

● 산업통상자원부 공고 제2019-195호

전기사업법 제67조 및 같은 법 시행령 제43조, 전기설비기술기준(산업통상자원부 고시) 제4조에 따른 전기설비기술기준의 판단기준(산업통상자원부 공고 제2018-102호, 2018. 3. 9) 중 일부를 다음과 같이 개정·고합니다.

2019년 3월 25일  
산업통상자원부장관

### 전기설비기술기준의 판단기준

1. 전기설비
2. 발전용 화력설비
3. 발전용 수력설비
4. 발전설비 용접
5. 발전용 풍력설비

부 칙(제2007- 10호, 2007. 1. 17)

제1조(시행일) 이 공고는 2007년 1월 1일부터 시행한다.

부 칙(제2009- 60호, 2009. 2. 25)

이 공고는 공고한 날로부터 시행한다.

부 칙(제2010- 1호, 2010. 1. 8)

이 공고는 공고한 날로부터 시행한다.

부 칙(제2010-320호, 2010. 8. 3)

이 공고는 공고한 날부터 시행한다.

부 칙(제2011- 1호, 2011. 1. 5)

이 공고는 공고한 날부터 시행한다.

부 칙(제2012- 32호, 2012. 1. 31)

이 공고는 공고한 날부터 시행한다.

부 칙(제2013-101호, 2013. 3. 20)

이 공고는 공고한 날부터 시행한다.

부 칙(제2014-99호, 2014. 3. 13)

이 공고는 공고한 날로부터 시행한다.

부 칙(제2015-44호, 2015. 1. 30)

제1조(시행일) ① 이 공고는 공고한 날로부터 시행한다.

② 제38조제4항(주택용, 산업용 배선차단기의 시설장소 구분), 제41조제6항(주택용, 산업용 누전차단기의 시설장소 구분) 및 제171조제1항제4호(불연성 또는 난연성의 저압용 배전반 및 분전반 시설범위 확대)의 규정은 2017년 1월 1일부터 적용한다.

부 칙(제2016-34호, 2016. 1. 29)

이 공고는 공고한 날로부터 시행한다.

부 칙(제2017-104호, 2017. 3. 2)

이 공고는 공고한 날로부터 시행한다.

부 칙(제2017-500호, 2017. 11. 17)

이 공고는 공포 후 3개월이 경과한 날로부터 시행한다.

부 칙(제2018-102호, 2018. 3. 9)

제1조(시행일) 이 공고는 공고한 날로부터 시행한다.

제2조(경과조치) 제171조(옥내에 시설하는 저압용 배분전반 등의 시설)제1항제3호는 이 공고 시행당시 이미 시설되어 있거나 건축법 제11조(건축허가), 제14조(건축신고), 주택법 제15조(사업계획의 승인)에 따라 사업승인, 건축허가·신고를 받은 것에 대하여는 중전의 기준을 따를 수 있다.

## 1. 전기설비

### 제1장 총칙

### 제1절 통칙

**제1조(목적)** 이 관단기준은 전기설비기술기준(이하 “기술기준”이라 한다) 제1장 및 제2장에서 정하는 전기공급설비 및 전기사용설비의 안전성능에 대한 구체적인 기술적 사항을 정하는 것을 목적으로 한다.

**제2조(정의)** 이 관단기준에서 사용하는 용어의 정의는 다음 각 호와 같다.

1. “가공인입선”이란 가공전선로의 지지물로부터 다른 지지물을 거치지 아니하고 수용장소의 불입점에 이르는 가공전선을 말한다.
2. “전기철도용 급전선”이란 전기철도용 변전소로부터 다른 전기철도용 변전소 또는 전차선에 이르는 전선을 말한다.
3. “전기철도용 급전선로”란 전기철도용 급전선 및 이를 지지하거나 수용하는 시설물을 말한다.
4. “옥내배선”이란 옥내의 전기사용장소에 고정시켜 시설하는 전선[전기기계기구 안의 배선, 관등회로(管燈回路)의 배선, 엑스선관 회로의 배선, 제151조에 규정하는 전선로의 전선, 제206조제1항, 제211조제1항 또는 제232조제1항제2호에 규정하는 접촉전선, 제244조제1항에 규정하는 소세력회로(小勢力回路) 및 제245조에 규정하는 출퇴표시등회로(出退表示燈回路)의 전선을 제외한다]를 말한다.
5. “옥측배선”이란 옥외의 전기사용장소에서 그 전기사용장소에서의 전기사용을 목적으로 조영물에 고정시켜 시설하는 전선(전기기계기구 안의 배선, 관등회로의 배선, 제206조제1항 또는 제211조제1항에 규정하는 접촉 전선, 제244조제1항에 규정하는 소세력회로 및 제245조에 규정하는 출퇴표시등회로의 전선을 제외한다)을 말한다.
6. “옥외배선”이란 옥외의 전기사용장소에서 그 전기사용장소에서의 전기사용을 목적으로 고정시켜 시설하는 전선(옥측배선, 전기기계기구 안의 배선, 관등회로의 배선, 제206조제1항, 제211조제1항 또는 제232조제1항제2호에 규정하는 접촉전선, 제244조제1항에 규정하는 소세력회로 및 제245조에 규정하는 출퇴표시등회로의 전선을 제외한다)을 말한다.
7. “관등회로”란 방전등용 안정기(방전등용 변압기를 포함한다. 이하 같다)로부터 방전관까지의 전로를 말한다.
8. “지중 관로”란 지중 전선로·지중 약전류 전선로·지중 광섬유 케이블 선로·지중에 시설하는 수관 및 가스관과 이와 유사한 것 및 이들에 부착하는 지중함 등을 말한다.
9. “제1차 접근 상태”란 가공 전선이 다른 시설물과 접근(병행하는 경우를 포함하며 교차하는 경우 및 동일 지지물에 시설하는 경우를 제외한다. 이하 같다)하는 경우

에 가공 전선이 다른 시설물의 위쪽 또는 옆쪽에서 수평거리로 가공 전선로의 지지물의 지표상의 높이에 상당하는 거리 안에 시설(수평 거리로 3m 미만인 곳에 시설되는 것을 제외한다)됨으로써 가공 전선로의 전선의 절단, 지지물의 도괴 등의 경우에 그 전선이 다른 시설물에 접촉할 우려가 있는 상태를 말한다.

10. “제2차 접근상태”란 가공 전선이 다른 시설물과 접근하는 경우에 그 가공 전선이 다른 시설물의 위쪽 또는 옆쪽에서 수평 거리로 3m 미만인 곳에 시설되는 상태를 말한다.
11. “접근상태”란 제1차 접근상태 및 제2차 접근상태를 말한다.
12. “이격거리”란 떨어져야할 물체의 표면간의 최단거리를 말한다.
13. “가설선(架涉線)”이란 지지물에 가설되는 모든 선류를 말한다.
14. “분산형전원”이란 중앙급전 전원과 구분되는 것으로서 전력소비지역 부근에 분산하여 배치 가능한 전원(상용전원의 정전시에만 사용하는 비상용 예비전원을 제외한다)을 말하며, 신·재생에너지 발전설비, 전기저장장치 등을 포함한다.
15. “계통연계”란 분산형전원을 송전사업자나 배전사업자의 전력계통에 접속하는 것을 말한다.
16. “단독운전”이란 전력계통의 일부가 전력계통의 전원과 전기적으로 분리된 상태에서 분산형전원에 의해서만 가압되는 상태를 말한다.
17. “인버터”란 전력용 반도체소자의 스위칭 작용을 이용하여 직류전력을 교류전력으로 변환하는 장치를 말한다.
18. “접속설비”란 공용 전력계통으로부터 특정 분산형전원 설치자의 전기설비에 이르기까지의 전선로와 이에 부속하는 개폐장치, 모선 및 기타 관련 설비를 말한다.
19. “리플프리직류”는 교류를 직류로 변환할 때 리플성분이 10%(실효값) 이하 포함된 직류를 말한다.
20. “단순 병렬운전”이란 자가용 발전설비를 배전계통에 연계하여 운전하되, 생산한 전력의 전부를 자체적으로 소비하기 위한 것으로서 생산한 전력이 연계계통으로 유입되지 않는 병렬 형태를 말한다.

## 제2절 전선

**제3조(전선 일반 요건)** ① 전선은 다음 각 호의 어느 하나에 적합한 것을 사용하여야 한다.

1. 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 것 이외에는 한국산업표준(이하 “KS”라 한다)에 적합한 것.
  2. 한국전기기술기준위원회 표준에 적합한 것.
- ② 제1항에 의한 전선은 통상 사용상태에서의 온도에 견디는 것이어야 한다.
- ③ 전선은 설치장소의 환경조건에 적절하고 발생 할 수 있는 전기·기계적 응력에 견디는 능력이 있는 것을 선정하여야 한다.

**제4조(절연전선)** ① 절연전선은 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 것

이외에는 다음의 각 호에 적합한 것을 사용하여야 한다.

1. KS에 적합한 것으로서 450/750 V 비닐 절연전선·450/750 V 저독성 난연 폴리올레핀 절연전선·450/750 V 저독성 난연 가교폴리올레핀 절연전선·450/750 V 고무절연전선
  2. 제1호 이외의 것은 한국전기기술기준위원회 표준 KECS 1501-2009의 501.02에 적합한 특고압 절연전선·고압 절연전선·600 V급 저압 절연전선 또는 옥외용 비닐 절연전선
- ② 제1항에 따른 절연전선은 다음 각 호의 절연전선인 경우에는 예외로 한다.
1. 제31조제1항제6호에 의한 인하용 절연전선
  2. 제244조제1항제3호“나” 단서에 의한 절연전선
  3. 제244조제1항제6호“나”에 의하여 제244조제1항제3호“나” 단서에 의한 절연전선
  4. 제245조제4호“가”에 의한 절연전선

**제5조(다심형 전선)** 절연물로 피복한 도체와 절연물로 피복하지 아니한 도체로 구성되는 전선(이하 “다심형 전선”이라 한다)에는 한국전기기술기준위원회 표준 KECS 1501-2009의 501.03에서 정하는 표준에 적합한 것을 사용하여야 한다.

**제6조(코드)** ① 코드는 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」에 의한 안전인증을 받은 것을 사용하여야 한다.

② 코드는 이 판단기준에서 허용된 경우에 한하여 사용할 수 있다.

**제7조(캡타이어케이블)** 캡타이어케이블은 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 것 이외에는 KS C IEC 60502-1 “정격전압 1kV ~ 30kV 압출 성형 절연 전력 케이블 및 그 부속품-제1부: 정격 전압 1kV 및 3kV 케이블”에 적합한 것을 사용하여야 한다.

**제8조(저압 케이블)** ① 사용전압이 저압인 전로(전기기계기구 안의 전로를 제외한다)의 전선으로 사용하는 케이블은 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 것 이외에는 KS에 적합한 것으로 0.6/1 kV 연피(鉛皮)케이블·알루미늄피케이블·클로로프렌외장(外裝)케이블·비닐외장케이블·폴리에틸렌외장케이블·저독성 난연 폴리올레핀외장케이블, 300/500 V 연결 비닐 시스 케이블, 제2항에 따른 미네랄인슈레이션케이블, 제3항에 따른 유선텔레비전용 급전검용 동축 케이블(그 외부도체를 접지하여 사용하는 것에 한한다)·제4항에 따른 가요성 알루미늄피케이블을 사용하여야 한다. 다만, 다음 각 호의 케이블을 사용하는 경우에는 적용하지 않는다.

1. 제146조제2항에 따른 물밀케이블
2. 제204조에 따른 선박용 케이블
3. 제207조에 따른 엘리베이터용 케이블
4. 제235조제1항제3호에 따른 발열선 접속용 케이블
5. 제244조 또는 제245조에 따른 통신용 케이블
6. 제247조제4호에 따른 용접용 케이블

② 미네랄인슈레이션케이블(MI 케이블)은 한국전기기술기준위원회 표준 KECS

1501-2009의 501.05에 적합한 것을 사용하여야 한다.

- ③ 유선텔레비전용 급전겸용 동축케이블은 KS C 3339(1997) "CATV용(급전겸용)알루미늄파이프형 동축케이블"에 적합한 것을 사용한다.
- ④ 개요성 알루미늄피복케이블은 한국전기기술기준위원회 표준 KECS 1501-2009의 501.06에 적합한 것을 사용하여야 한다.

**제9조(고압케이블 및 특고압케이블)** ① 사용전압이 고압인 전로(전기기계기구 안의 전로를 제외한다)의 전선으로 사용하는 케이블은 KS C IEC 60502에 적합한 0.6/1kV 또는 6/10kV 연피복케이블·알루미늄피복케이블·클로로프렌외장케이블·비닐외장케이블·폴리에틸렌외장케이블·콤바인 덕트 케이블 또는 이들에 보호 피복을 한 것을 사용하여야 한다. 다만, 제69조제3항에 따라 반도체성 외장 조가용 고압케이블을 사용하는 경우, 제242조제1호"가"에 따라 비행장등화용 고압케이블을 사용하는 경우 또는 제146조제2항에 따라 물밀케이블을 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다.

② 사용전압이 특고압인 전로(전기기계기구 안의 전로를 제외한다)에 전선으로 사용하는 케이블은 절연체가 부틸고무혼합물·에틸렌 프로필렌고무혼합물 또는 폴리에틸렌 혼합물인 케이블로서 선심위에 금속제의 전기적 차폐층을 설치한 것이거나 파이프형 압력 케이블·연피복케이블·알루미늄피복케이블 그 밖의 금속피복을 한 케이블을 사용하여야 한다. 다만, 제146조제3항에 따른 특고압 물밀전선로의 전선에 사용하는 케이블에는 절연체가 부틸고무혼합물·에틸렌 프로필렌고무혼합물 또는 폴리에틸렌 혼합물인 케이블로서 금속제의 전기적 차폐층을 설치하지 아니한 것을 사용할 수 있다.

- ③ 특고압 전로에 사용하는 수밀형케이블은 다음 각 호에 적합한 것을 사용하여야 한다.
  1. 사용전압은 25 kV 이하일 것.
  2. 도체는 경알루미늄선을 소선으로 구성된 원형압축 연선으로 할 것. 또한, 연선 작업 전의 경알루미늄선의 기계적, 전기적 특성은 KS C 3111(전기용 경알루미늄선)에 적합하여야 하며, 도체 내부의 흠에 물이 쉽게 침입하지 않도록 수밀성 컴파운드 또는 이와 동등이상의 컴파운드를 충전할 것.
  3. 내부 반도체층은 절연층과 완전 밀착되는 압출 반도체층으로 두께의 최소값은 0.5 mm 이상일 것.
  4. 절연층은 가교폴리에틸렌을 동심원상으로 피복하며, 절연층 두께의 최소값은 표 9-1의 90 % 이상일 것.
  5. 외부 반도체층은 절연층과 밀착되어야 하고, 또한 절연층과 쉽게 분리되어야 하며, 두께의 최소값은 0.5 mm 이상일 것.
  6. 시스는 절연층 위에 흑색 반도체성 고밀도폴리에틸렌을 동심 원상으로 압출 피복하여야 하며, 시스 두께의 최소값은 표 9-1의 90 % 이상일 것.

[표 9-1]

구 분	전 선			
	50 mm <sup>2</sup>	95 mm <sup>2</sup>	150 mm <sup>2</sup>	240 mm <sup>2</sup>
도체 외경(mm)	8.2	11.8	14.7	18.3
절연층 두께(mm)	6.6	6.6	6.6	6.6
시스 두께(mm)	1.6	1.6	1.6	1.6

7. 조가선(중성선과 겸용)의 구조는 KS D 3559(경강선재) 또는 동등 이상의 강선을 중심으로 그 위에 KS D 2315(전기용 알루미늄)에 적합한 알루미늄을 균일하게 밀착 피복한 알루미늄피복강선을 동심원으로 연합한 것으로 피치는 외경의 16 배 이하로 하고 끈 것.

**제10조(나전선 등)** 나전선(버스터트의 도체 기타 구부리기 어려운 전선, 라이팅덕트의 도체 및 절연트롤리선의 도체를 제외한다) 및 지선·가공지선·보호도체·보호망·전력보안 통신용 약전류전선 기타의 금속선(절연전선·다심형 전선·코드·캡타이어케이블 및 제244조제1항제3호"나"의 단서에 따라 사용하는 피복선을 제외한다)은 KS에 적합한 것 또는 한국전기기술기준위원회 표준 KECS 1501-2009의 501.07에 적합한 것을 사용하여야 한다.

**제11조(전선의 접속법)** 전선을 접속하는 경우에는 제244조 또는 제245조의 규정에 의하여 시설하는 경우 이외에는 전선의 전기저항을 증가시키지 아니하도록 접속하여야 하며 또한 다음 각 호에 따라야 한다.

1. 나전선(다심형 전선의 절연물로 피복되어 있지 아니한 도체를 포함한다. 이하 이 조에서 같다) 상호 또는 나전선과 절연전선(다심형 전선의 절연물로 피복한 도체를 포함한다. 이하 이 조에서 같다) 캡타이어케이블 또는 케이블과 접속하는 경우에는 다음에 의할 것.
  - 가. 전선의 세기[인장하중(引張荷重)으로 표시한다. 이하 같다]를 20 % 이상 감소시키지 아니할 것. 다만, 점퍼선을 접속하는 경우와 기타 전선에 가하여지는 장력이 전선의 세기에 비하여 현저히 작을 경우에는 그러하지 아니하다.
  - 나. 접속부분은 접속관 기타의 기구를 사용 할 것. 다만, 가공전선 상호, 전차선 상호, 또는 광산의 갱도 안에서 전선 상호를 접속하는 경우에 기술상 곤란할 때에는 그러하지 아니하다.
2. 절연전선 상호·절연전선과 코드, 캡타이어케이블 또는 케이블과를 접속하는 경우에는 제1호의 규정에 준하는 이외에 접속부분의 절연전선에 절연물과 동등 이상의 절연효력이 있는 접속기를 사용하는 경우 이외에는 접속부분을 그 부분의 절연전선의 절연물과 동등 이상의 절연효력이 있는 것으로 충분히 피복할 것.
3. 코드 상호, 캡타이어케이블 상호, 케이블 상호 또는 이들 상호를 접속하는 경우에는 코드 접속기·접속함 기타의 기구를 사용할 것. 다만, 공칭단면적이 10 mm<sup>2</sup> 이상인 캡타이어케이블 상호를 접속하는 경우에는 접속부분을 제1호 및 제2호의 규정에 준하여 시설하고 또한 절연피복을 완전히 유화(硫化)하거나 접속부분의 위에 견고한 금속제의 방호장치를 할 때 또는 금속 피복이 아닌 케이블상호를 제1호 및

제2호의 규정에 준하여 접속하는 경우에는 그러하지 아니하다.

4. 도체에 알루미늄(알루미늄 합금을 포함한다. 이하 이조에서 같다)을 사용하는 전선과 동(동합금을 포함한다)을 사용하는 전선을 접속하는 등 전기 화학적 성질이 다른 도체를 접속하는 경우에는 접속부분에 전기적 부식(電氣的腐蝕)이 생기지 아니하도록 할 것.
5. 도체에 알루미늄을 사용하는 절연전선 또는 케이블을 옥내배선· 옥층배선 또는 옥외배선에 사용하는 경우에 그 전선을 접속할 때에는 KS C IEC 60998-1(가정용 및 이와 유사한 용도의 저전압용 접속기구)의 “11 구조”, “13 절연저항 및 내전압”, “14 기계적 강도”, “15 온도 상승”, “16 내열성”에 적합한 기구를 사용할 것.
6. 두개 이상의 전선을 병렬로 사용하는 경우에는 다음 각 목에 의하여 시설할 것.
  - 가. 병렬로 사용하는 각 전선의 굵기는 동선 50 mm<sup>2</sup> 이상 또는 알루미늄 70 mm<sup>2</sup> 이상으로 하고, 전선은 같은 도체, 같은 재료, 같은 길이 및 같은 굵기의 것을 사용할 것.
  - 나. 같은 극의 각 전선은 동일한 터미널러그에 완전히 접속할 것.
  - 다. 같은 극인 각 전선의 터미널러그는 동일한 도체에 2개 이상의 리벳 또는 2개 이상의 나사로 접속할 것.
  - 라. 병렬로 사용하는 전선에는 각각에 퓨즈를 설치하지 말 것.
  - 마. 교류회로에서 병렬로 사용하는 전선은 금속관 안에 전자적 불평형이 생기지 않도록 시설할 것.
7. 밀폐된 공간에서 전선의 접속부에 사용하는 테이프 및 튜브 등 도체의 절연에 사용되는 절연 피복은 KS C IEC 60454에 적합한 것을 사용할 것.

### 제3절 전로의 절연 및 접지

**제12조(전로의 절연)** 전로는 다음 각 호의 부분 이외에는 대지로부터 절연하여야 한다.

1. 제22조제1항, 제23조제2항 및 제3항, 제43조제2호“가”, 제123조, 제206조제7항제2호“다” 또는 제247조제5호에 따라 저압전로에 접지공사를 하는 경우의 접지점
2. 제23조제1항, 제27조 또는 제215조제1항제8호에 따라 전로의 중성점에 접지공사를 하는 경우의 접지점
3. 제26조에 따라 계기용변성기의 2차측 전로에 접지공사를 하는 경우의 접지점
4. 제120조제1항제5호“가”에 따라 저압 가공 전선의 특고압 가공 전선과 동일 지지물에 시설되는 부분에 접지공사를 하는 경우의 접지점
5. 중성점이 접지된 특고압 가공선로의 중성선에 제135조제2항 및 제4항제11호에 따라 다중 접지를 하는 경우의 접지점
6. 제236조제3항제7호에 따라 시설하는 소구경관(小口經管)(박스를 포함한다)에 접지공사를 하는 경우의 접지점
7. 저압전로와 사용전압이 300 V 이하의 저압전로[자동제어회로·원방조작회로·원

방감시장치의 신호회로 기타 이와 유사한 전기회로(이하 “제어회로 등”이라 한다)에 전기를 공급하는 전로에 한한다]를 결합하는 변압기의 2차측 전로에 접지공사를 하는 경우의 접지점

8. 다음과 같이 절연할 수 없는 부분

- 가. 시험용 변압기, 제17조 단서에 규정하는 전력선 반응용 결합 리액터, 제231조 제3항에 규정하는 전기올타리용 전원장치, 엑스선발생장치(엑스선관, 엑스선관용 변압기, 음극 가열용 변압기 및 이의 부속 장치와 엑스선관 회로의 배선을 말한다. 이하 같다), 제243조에 규정하는 전기부식방지용 양극, 단선식 전기철도의 귀선(가공 단선식 또는 제3레일식 전기 철도의 레일 및 그 레일에 접속하는 전선을 말한다. 이하 같다) 등 전로의 일부를 대지로부터 절연하지 아니하고 전기를 사용하는 것이 부득이한 것.
- 나. 전기욕기(電氣浴器)·전기로·전기보일러·전해조 등 대지로부터 절연하는 것이 기술상 곤란한 것.

9. 제289조에 의하여 직류계통에 접지공사를 하는 경우의 접지점

**제13조(전로의 절연저항 및 절연내력)** ① 사용전압이 저압인 전로의 절연성능은 기술기준 제52조를 충족하여야 한다. 다만, 저압 전로에서 정전이 어려운 경우 등 절연저항 측정이 곤란한 경우 저항성분의 누설전류가 1mA 이하이면 그 전로의 절연성능은 적합한 것으로 본다.

② 고압 및 특고압의 전로(제12조 각 호의 부분, 회전기, 정류기, 연료전지 및 태양전지 모듈의 전로, 변압기의 전로, 기구 등의 전로 및 직류식 전기철도용 전자선을 제외한다)는 표 13-1에서 정한 시험전압을 전로와 대지 사이(다심케이블은 심선 상호간 및 심선과 대지 사이)에 연속하여 10분간 가하여 절연내력을 시험하였을 때에 이에 견디어야 한다. 다만, 전선에 케이블을 사용하는 교류 전로로서 표 13-1에서 정한 시험전압의 2배의 직류전압을 전로와 대지 사이(다심케이블은 심선 상호간 및 심선과 대지 사이)에 연속하여 10분간 가하여 절연내력을 시험하였을 때에 이에 견디는 것에 대하여는 그러하지 아니하다.

[표 13-1]

전로의 종류	시험전압
1. 최대사용전압 7kV 이하인 전로	최대사용전압의 1.5배의 전압
2. 최대사용전압 7kV 초과 25kV 이하인 중성점 접지식 전로(중성선을 가지는 것으로서 그 중성선을 다중접지 하는 것에 한한다)	최대사용전압의 0.92배의 전압
3. 최대사용전압 7kV 초과 60kV 이하인 전로(2란의 것을 제외한다)	최대사용전압의 1.25배의 전압(10,500 V 미만으로 되는 경우는 10,500 V)
4. 최대사용전압 60kV 초과 중성점 비접지식전로(전위 변성기를 사용하여 접지하는 것을 포함한다)	최대사용전압의 1.25배의 전압
5. 최대사용전압 60kV 초과 중성점 접지식 전로(전위 변성기를 사용하여 접지하는 것 및 6란과 7란의 것을 제외한다)	최대사용전압의 1.1배의 전압(75kV 미만으로 되는 경우에는 75kV)
6. 최대사용전압이 60kV 초과 중성점 직접접지식 전로(7란의 것을 제외한다)	최대사용전압의 0.72배의 전압

전 로 의 종 류	시 험 전 압
7. 최대사용전압이 170 kV 초과 중성점 직접 접지식 전로로서 그 중성점이 직접 접지되어 있는 발전소 또는 변전소 혹은 이에 준하는 장소에 시설하는 것.	최대사용전압의 0.64배의 전압
8. 최대사용전압이 60 kV를 초과하는 정류기에 접속되고 있는 전로	교류측 및 직류 고전압측에 접속되고 있는 전로는 교류측의 최대사용전압의 1.1배의 직류전압 직류측 중성선 또는 귀선이 되는 전로(이하 이장에서 "직류 저압측 전로"라 한다)는 아래에 규정하는 계산식에 의하여 구한 값

표 13-1의 제8호에 따른 직류 저압측 전로의 절연내력시험 전압의 계산방법은 다음과 같이 한다.

$$E = V \times \frac{1}{\sqrt{2}} \times 0.5 \times 1.2$$

E : 교류 시험 전압(V를 단위로 한다)

V : 역변환기의 전류(轉流) 실패시 중성선 또는 귀선이 되는 전로에 나타나는 교류성 이상전압의 파고 값(V를 단위로 한다). 다만, 전선에 케이블을 사용하는 경우 시험전압은 E의 2배의 직류전압으로 한다.

- ③ 최대사용전압이 60 kV를 초과하는 중성점 직접접지식 전로에 사용되는 전력케이블은 정격전압을 24시간 가하여 절연내력을 시험하였을 때 이에 견디는 경우, 제2항의 규정에 의하지 아니할 수 있다.(참고표준 : IEC 62067 및 IEC 60840)
- ④ 최대사용전압이 170 kV를 초과하고 양단이 중성점 직접접지 되어 있는 지중전선로는, 최대사용전압의 0.64배의 전압을 전로와 대지 사이(다심케이블에 있어서는, 심선 상호 간 및 심선과 대지 사이)에 연속 60분간 절연내력시험을 했을 때 견디는 것인 경우 제2항의 규정에 의하지 아니할 수 있다.
- ⑤ 특고압전로와 관련된 절연내력에 있어 한국전기기술기준위원회 표준 KECS 1201-2011(전로의 절연내력 확인방법)에서 정하는 방법에 따르는 경우는 제2항(표 13-1의 제1호를 제외한다)의 규정에 의하지 아니할 수 있다.
- ⑥ 고압 및 특고압의 전로에 전선으로 사용하는 케이블의 절연체가 XLPE 등 고분자 재료인 경우 0.1 Hz 정현파전압을 상전압의 3배 크기로 전로와 대지 사이에 연속하여 1시간 가하여 절연내력을 시험하였을 때 이에 견디는 것에 대하여는 제2항의 규정에 따르지 아니할 수 있다.

**제14조(회전기 및 정류기의 절연내력)** 회전기 및 정류기는 표 14-1에서 정한 시험방법으로 절연내력을 시험하였을 때 이에 견디어야 한다. 다만, 회전변류기 이외의 교류의 회전기로 표 14-1에서 정한 시험전압의 1.6배의 직류전압으로 절연내력을 시험하였을 때 이에 견디는 것을 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

[표 14-1]

종 류		시 험 전 압		시 험 방 법
회 전 기	발전기·전동기·조상기·기타 회전기(회전변류기를 제외한다)	최대사용전압 7kV 이하	최대사용전압의 1.5배의 전압(500 V 미만으로 되는 경우에는 500 V)	권선과 대지 사이에 연속하여 10분간 가한다.
	회전변류기	최대사용전압 7kV 초과	최대사용전압의 1.25배의 전압(10,500 V 미만으로 되는 경우에는 10,500 V)	
정 류 기	최대사용전압이 60 kV 이하	직류측의 최대사용전압의 1배의 교류전압(500 V 미만으로 되는 경우에는 500 V)	충전부분과 외함 간에 연속하여 10분간 가한다.	교류측 및 직류고전압측 단자와 대지 사이에 연속하여 10분간 가한다.
	최대사용전압 60 kV 초과	교류측의 최대사용전압의 1.1배의 교류전압 또는 직류측의 최대사용전압의 1.1배의 직류전압		

**제15조(연료전지 및 태양전지 모듈의 절연내력)** 연료전지 및 태양전지 모듈은 최대사용전압의 1.5배의 직류전압 또는 1배의 교류전압(500 V 미만으로 되는 경우에는 500 V)을 충전부분과 대지 사이에 연속하여 10분간 가하여 절연내력을 시험하였을 때 이에 견디는 것이어야 한다.

**제16조(변압기 전로의 절연내력)** ① 변압기(방전등용 변압기·엑스선관용 변압기·흡상 변압기·시험용 변압기·계기용 변성기와 제246조제1항에 규정하는 전기집진 응용 장치용의 변압기 기타 특수 용도에 사용되는 것을 제외한다. 이하 이장에서 같다)의 전로는 표 16-1에서 정하는 시험전압 및 시험방법으로 절연내력을 시험하였을 때 이에 견디어야 한다.

[표 16-1]

권 선 의 종 류	시 험 전 압	시 험 방 법
1. 최대 사용전압 7kV 이하	최대 사용전압의 1.5배의 전압(500 V 미만으로 되는 경우에는 500 V) 다만, 중성점이 접지되고 다중접지된 중성선을 가지는 전로에 접속하는 것은 0.92배의 전압(500 V 미만으로 되는 경우에는 500 V)	시험되는 권선과 다른 권선, 철심 및 외함 간에 시험전압을 연속하여 10분간 가한다.
2. 최대 사용전압 7kV 초과 25kV 이하의 권선으로서 중성점접지식전로(중성선을 가지는 것으로서 그 중성선에 다중접지를 하는 것에 한한다)에 접속하는 것.	최대 사용전압의 0.92배의 전압	
3. 최대 사용전압 7kV 초과 60kV 이하의 권선(2란의 것을 제외한다)	최대 사용전압의 1.25배의 전압(10,500 V 미만으로 되는 경우에는 10,500 V)	
4. 최대 사용전압이 60 kV를	최대 사용전압의 1.25배의 전압	

권선의 종류	시험 전압	시험 방법
초과하는 권선으로서 중성점 비접지식 전로(전위 변성기를 사용하여 접지하는 것을 포함한다. 8란의 것을 제외한다)에 접속하는 것.		
5. 최대 사용전압이 60 kV를 초과하는 권선(성형결선, 또는 스콧결선의 것에 한한다)으로서 중성점 접지식 전로(전위 변성기를 사용하여 접지 하는 것. 6란 및 8란의 것을 제외한다)에 접속하고 또한 성형결선(星形結線)의 권선의 경우에는 그 중성점에, 스콧결선의 권선의 경우에는 T와 권선과 주와 권선의 접속점에 피뢰기를 시설하는 것.	최대 사용전압의 1.1배의 전압(75 kV 미만으로 되는 경우에는 75 kV)	시험되는 권선의 중성점단자(스콧결선의 경우에는 T과권선과 주와권선의 접속점 단자, 이하 이 표에서 같다) 이외의 임의의 1단자, 다른 권선(다른 권선이 2개 이상 있는 경우에는 각권선)의 임의의 1단자, 철심 및 외함을 접지하고 시험되는 권선의 중성점 단자 이외의 각 단자에 3상교류의 시험 전압을 연속하여 10분간 가한다. 다만, 3상교류의 시험전압 가하기 곤란할 경우에는 시험되는 권선의 중성점 단자 및 접지되는 단자 이외의 임의의 1단자와 대지 사이에 단상교류의 시험전압을 연속하여 10분간 가하고 다시 중성점 단자와 대지 사이에 최대 사용전압의 0.64배(스콧결선의 경우에는 0.96배)의 전압을 연속하여 10분간 가할 수 있다.
6. 최대 사용전압이 60 kV를 초과하는 권선(성형결선의 것에 한한다. 8란의 것을 제외한다)으로서 중성점 직접 접지식전로에 접속하는 것. 다만, 170 kV를 초과하는 권선에는 그 중성점에 피뢰기를 시설하는 것에 한한다.	최대 사용전압의 0.72배의 전압	시험되는 권선의 중성점단자, 다른 권선(다른 권선이 2개 이상 있는 경우에는 각 권선)의 임의의 1단자, 철심 및 외함을 접지하고 시험되는 권선의 중성점 단자이외의 임의의 1단자와 대지 사이에 시험전압을 연속하여 10분간 가한다. 이 경우에 중성점에 피뢰기를 시설하는 것에 있어서는 다시 중성점 단자의 대지 간에 최대 사용전압의 0.3배의 전압을 연속하여 10분간 가한다.
7. 최대 사용전압이 170 kV를 초과하는 권선(성형결선의 것에 한한다. 8란의 것을 제외한다)으로서 중성점직접접지식 전로에 접속하고 또한 그 중성점을 직접 접지하는 것.	최대 사용전압의 0.64배의 전압	시험되는 권선의 중성점 단자, 다른 권선(다른 권선이 2개 이상 있는 경우에는 각 권선)의 임의의 1단자, 철심 및 외함을 접지하고 시험되는 권선의 중성점 단자 이외의 임의의 1단자와 대지 사이에 시험전압을 연속하여 10분간 가한다.
8. 최대 사용전압이 60 kV를 초과하는 정류기에 접속하는 권선	정류기의 교류측의 최대 사용전압의 1.1배의 교류전압 또는 정류기의 직류측의 최대 사용전압의 1.1배의 직류전압	시험되는 권선과 다른 권선, 철심 및 외함 간에 시험전압을 연속하여 10분간 가한다.
9. 기타 권선	최대 사용전압의 1.1배의 전압	시험되는 권선과 다른 권선, 철심 및

권선의 종류	시험 전압	시험 방법
	(75 kV 미만으로 되는 경우는 75 kV)	외함 간에 시험전압을 연속하여 10분간 가한다.

② 특고압전로와 관련되는 절연내력에 있어 한국전기기술기준위원회 표준 KECS 1201-2011(전로의 절연내력 확인방법)에서 정하는 방법에 따르는 경우는 제1항의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

**제17조(기구 등의 전로의 절연내력)** ① 개폐기·차단기·전력용 커패시터·유도전압조정기·계기용변성기 기타의 기구의 전로 및 발전소·변전소·개폐소 또는 이에 준하는 곳에 시설하는 기계기구의 접속선 및 모선(전로를 구성하는 것에 한한다. 이하 이 조에서 “기구 등의 전로”라 한다)은 표 17-1에서 정하는 시험전압을 충전 부분과 대지 사이(다시케이블은 심선 상호 간 및 심선과 대지 사이)에 연속하여 10분간 가하여 절연내력을 시험하였을 때에 이에 견디어야 한다. 다만, 접지형계기용변압기·전력선 반송용 결합커패시터·뇌서지 흡수용 커패시터·지락검출용 커패시터·제기전압 억제용 커패시터·피뢰기 또는 전력선반송용 결합리액터로서 다음 각 호에 따른 표준에 적합한 것 혹은 전선에 케이블을 사용하는 기계기구의 교류의 접속선 또는 모선으로서 표 17-1에서 정한 시험전압의 2배의 직류전압을 충전부분과 대지 사이(다시케이블에서는 심선 상호 간 및 심선과 대지 사이)에 연속하여 10분간 가하여 절연내력을 시험하였을 때에 이에 견디도록 시설할 때에는 그러하지 아니하다.

[표 17-1]

종 류	시험 전압
1. 최대 사용전압이 7 kV 이하인 기구 등의 전로	최대 사용전압이 1.5배의 전압(직류의 충전 부분에 대하여는 최대 사용전압의 1.5배의 직류전압 또는 1배의 교류전압) (500 V 미만으로 되는 경우에는 500 V)
2. 최대 사용전압이 7 kV를 초과하고 25 kV 이하인 기구 등의 전로로서 중성점 접지식 전로(중성선을 가지는 것으로서 그 중성선에 다중접지하는 것에 한한다)에 접속하는 것.	최대 사용전압의 0.92배의 전압
3. 최대 사용전압이 7 kV를 초과하고 60 kV 이하인 기구 등의 전로(2란의 것을 제외한다)	최대 사용전압의 1.25배의 전압(10,500 V 미만으로 되는 경우에는 10,500 V)
4. 최대 사용전압이 60 kV를 초과하는 기구 등의 전로로서 중성점 비접지식 전로(전위변성기를 사용하여 접지하는 것을 포함한다. 8란의 것을 제외한다)에 접속하는 것.	최대 사용전압의 1.25배의 전압
5. 최대 사용전압이 60 kV를 초과하는 기구 등의 전로로서 중성점 접지식전로(전위변성기를 사용하여 접지하는 것을 제외한다)에 접속하는 것.(7란과 8란의 것을 제	최대 사용전압의 1.1배의 전압(75 kV 미만으로 되는 경우에는 75 kV)

종 류	시 험 전 압
외한다)	
6. 최대 사용전압이 170 kV를 초과하는 기구 등의 전로서 중성점직접접지식 전로에 접속하는 것(7란과 8란의 것을 제외한다)	최대 사용전압의 0.72배의 전압
7. 최대 사용전압이 170 kV를 초과하는 기구 등의 전로서 중성점직접접지식 전로 중 중성점이 직접접지 되어 있는 발전소 또는 변전소 혹은 이에 준하는 장소의 전로에 접속하는 것(8란의 것을 제외한다).	최대 사용전압의 0.64배의 전압
8. 최대 사용전압이 60 kV를 초과하는 정류기의 교류측 및 직류측 전로에 접속하는 기구 등의 전로	교류측 및 직류 고전압측에 접속하는 기구 등의 전로는 교류측의 최대 사용전압의 1.1배의 교류전압 또는 직류측의 최대 사용전압의 1.1배의 직류전압
	직류 저압측전로에 접속하는 기구 등의 전로는 제13조제 2항에 규정하는 계산식으로 구한 값.

- 단서의 규정에 의한 접지형계기용변압기의 표준은 KS C 1706(2007) “계기용변성기(표준용 및 일반 계기용)”의 “6.2.3 내전압” 또는 KS C 1707(2007) “계기용변성기(전력수급용)”의 “6.2.4 내전압”에 적합할 것.
- 단서의 규정에 의한 전력선 반응용 결합커패시터의 표준은 고압단자와 접지된 저압단자간 및 저압단자와 외함 간의 내전압이 각각 KS C 1706(2007) “계기용변성기(표준용 및 일반 계기용)”의 “6.2.3 내전압”에 규정하는 커패시터형 계기용변압기의 주 커패시터 단자 간 및 1차접지측 단자와 외함 간의 내전압의 표준에 준할 것.
- 단서의 규정에 의한 뇌서지흡수용 커패시터·지락검출용 커패시터·계기전압역제용 커패시터의 표준은 다음과 같다.
  - 사용전압이 고압 또는 특고압일 것.
  - 고압단자 또는 특고압단자 및 접지된 외함 사이에 표 17-2에서 정하고 있는 공칭전압의 구분 및 절연계급의 구분에 따라 각각 같은 표에서 정한 교류전압 및 직류전압을 다음과 같이 일정시간 가하여 절연내력을 시험하였을 때에 이에 견디는 것일 것.
    - 교류전압에서는 1분간
    - 직류전압에서는 10초간

[표 17-2]

공칭전압의 구분[kV]	절연계급의 구분	시험전압	
		교류[kV]	직류[kV]
3.3	A	16	45
	B	10	30
6.6	A	22	60
	B	16	45

공칭전압의 구분[kV]	절연계급의 구분	시험전압	
		교류[kV]	직류[kV]
11	A	28	90
	B	28	75
22	A	50	150
	B	50	125
	C	50	180
33	A	70	200
	B	70	170
	C	70	240
66	A	140	350
	C	140	420
77	A	160	400
	C	160	480

비교 A : B 또는 C 이외의 경우

B : 뇌서지전압의 침입이 적은 경우 또는 파괴기 등의 보호장치에 의해서 이상전압이 충분히 낮게 억제되는 경우

C : 파괴기 등의 보호장치의 보호범위 외에 시설되는 경우

- 단서의 규정에 의한 직렬 갭이 있는 파괴기의 표준은 다음과 같다.

가. 건조 및 주수상태에서 2분 이내의 시간간격으로 10회 연속하여 상용주파 방전개시전압을 측정하였을 때 표 17-3의 상용주파 방전개시전압의 값 이상일 것.

나. 직렬 갭 및 특성요소를 수납하기 위한 자기용기 등 평상시 또는 동작시에 전압이 인가되는 부분에 대하여 표 17-3의 “상용주파전압”을 건조상태에서 1분간, 주수상태에서 10초간 가할 때 섬락 또는 파괴되지 아니할 것.

다. 나목과 동일한 부분에 대하여 표 17-3의 “뇌임펄스전압”을 건조 및 주수상태에서 정·부양극성으로 뇌임펄스전압(파두장 0.5  $\mu$ s 이상 1.5  $\mu$ s 이하, 파미장 32  $\mu$ s 이상 48  $\mu$ s 이하인 것. 이하 이호에서 같다)에서 각각 3회 가할 때 섬락 또는 파괴되지 아니할 것.

라. 건조 및 주수상태에서 표 17-3의 “뇌임펄스 방전개시전압(표준)”을 정·부양극성으로 각각 10회 인가하였을 때 모두 방전하고 또한, 정·부양극성의 뇌임펄스전압에 의하여 방전개시전압과 방전개시시간의 특성을 구할 때 0.5  $\mu$ s에서의 전압 값은 같은 표의 “뇌임펄스방전개시전압(0.5  $\mu$ s)”의 값 이하일 것.

마. 정·부양극성의 뇌임펄스전류(파두장 0.5  $\mu$ s 이상 1.5  $\mu$ s 이하, 파미장 32  $\mu$ s 이상 48  $\mu$ s 이하의 파형인 것)에 의하여 제한전압과 방전전류와의 특성을 구할 때, 공칭방전전류에서의 전압 값은 표 17-3의 “제한전압”의 값 이하일 것.



[표 17-3]

피뢰기 정격전압 (실효값) [kV]	상용주파 방전 개시전압 (실효값) [kV]	내 전압[kV]			충격방전개시전압 (과고값) [kV]		제한전압(과고값) [kV]		
		상용주파 전압 (실효값) [kV]	충격전압(과고값) [kV]		1.2× 50 μs	250× 2500 μs	10 KA	5 KA	2.5 KA
			1.2× 50 μs	250× 2500 μs					
7.5	11.25	21 (20)	60	-	27	-	27	27	27
9	13.5	27 (24)	75	-	32.5	-	-	-	32.5
12	18	50 (45)	110	-	43	-	43	43	-
18	27	42 (36)	125	-	65	-	-	-	65
21	31.5	70 (60)	120	-	76	-	76	76	-
24	26	70 (60)	150	-	87	-	87	87	-
72 75	112.5	175 (145)	350	-	270	-	270	270	-
138 144	207	325 (325)	750	-	460	-	460	-	-
288	432	450 (450)	1175	950	725	695	690	-	-

비고 : ( )안의 숫자는 주수시험시 적용

5. 단서의 규정에 의한 전력선 반송용 결합리액터의 표준은 다음과 같다.
  - 가. 사용전압은 고압일 것.
  - 나. 60 Hz의 주파수에 대한 임피던스는 사용전압의 구분에 따라 전압을 가하였을 때에 표 17-4에서 정한 값 이상일 것.

[표 17-4]

사용전압의 구분	전 압	임피던스
3,500 V 이하	2,000 V	500 kΩ
3,500 V 초과	4,000 V	1,000 kΩ

다. 권선과 철심 및 외함 간에 최대사용전압이 1.5배의 교류전압을 연속하여 10분 간 가하였을 때에 (이에) 견딜 것.

- ② 특고압전로와 관련된 절연내력에 있어 한국전기기술기준위원회 표준 KECS 1201-2011(전로의 절연내력 확인방법)에서 정하는 방법에 따르는 경우는 제1항의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

**제18조(접지공사의 종류)** ① 접지공사는 표 18-1에서 정한 것으로 하며 각 접지공사 별 접지저항 값은 표 18-1에서 정한 값 이하로 유지하여야 한다. 다만, 다음 각 호의 접지공사는 예외로 한다.

1. 제12조제7호 및 제8호“가”의 것을 접지하는 경우
2. 제22조, 제27조제1항, 제2항, 제4항 및 제6항, 제43조제2호“가” 및 제3호“가”, “나”, 제249조에 의해 접지하는 경우
3. 중성점이 접지된 특고압 가공전선로의 중성선에 제135조제2항 및 제4항제11호에 따라 접지하는 경우
4. 저압 가공전선을 특고압 가공전선과 동일 지지물에 시설되는 부분에 접지공사를 하는 경우
5. 제6항 및 제7항에 따른 공통접지, 통합접지 및 제22조의 2에 따라 접지공사를 하는 경우
6. 제289조에 따라 직류계통을 접지하는 경우

[표 18-1]

접지공사의 종류	접지저항 값
제1종 접지공사	10 Ω
제2종 접지공사	변압기의 고압측 또는 특고압측의 전로의 1선 지락전류의 암페어 수로 150(변압기의 고압측 전로 또는 사용전압이 35 kV 이하의 특고압측 전로가 저압측 전로와 혼축하여 저압측 전로의 대지전압이 150 V를 초과하는 경우에, 1초를 초과하고 2초 이내에 자동적으로 고압전로 또는 사용전압이 35 kV 이하의 특고압 전로를 차단하는 장치를 설치할 때는 300, 1초 이내에 자동적으로 고압전로 또는 사용전압 35 kV 이하의 특고압전로를 차단하는 장치를 설치할 때는 600)을 나눈 값과 같은 오수
제3종 접지공사	100 Ω
특별 제3종 접지공사	10 Ω

- ② 제1항의 제2종 접지공사의 접지저항 값은 제23조 또는 제24조의 규정에 의하여 접지공사를 하는 경우에는 제1항의 규정에 불구하고 5 Ω 미만의 값이 아니어도 된다.
- ③ 제1항의 고압측 전로의 1선 지락전류는 실측치 또는 다음 계산식에 의하여 계산한 값으로 한다.

1. 중성점 비접지식 고압전로(제2호에 규정하는 것을 제외한다)

가. 전선에 케이블 이외의 것을 사용하는 전로.

$$I_1 = 1 + \frac{\frac{V}{3}L - 100}{150}$$

우변의 제2항의 값은 소수점 이하는 절상한다. I<sub>1</sub>이 2 미만으로 되는 경우에는 2로 한다.

나. 케이블을 사용하는 전로

$$I_1 = 1 + \frac{\frac{V}{3} L' - 1}{2}$$

우변의 제2항의 값은 소수점 이하는 절상한다.  $I_1$ 이 2미만으로 되는 경우에는 2로 한다.

다. 전선에 케이블 이외의 것을 사용하는 전로와 전선에 케이블을 사용하는 전로로 되어 있는 전로

$$I_1 = 1 + \frac{\frac{V}{3} L - 100}{150} + \frac{\frac{V}{3} L' - 1}{2}$$

우변의 제2항 및 제3항의 값은 각각의 값이 마이너스로 되는 경우에는 0으로 한다.

$I_1$ 의 값은 소수점 이하는 절상한다.  $I_1$ 이 2 미만으로 되는 경우에는 2로 한다.

$I_1$  : 일선지락 전류(A를 단위로 한다)

V : 전로의 공칭전압을 1.1로 나눈 전압(kV를 단위로 한다)

L : 동일모선에 접속되는 고압전로(전선에 케이블을 사용하는 것을 제외한다)의 전선연장(km를 단위로 한다.)

L' : 동일모선에 접속되는 고압전로(전선에 케이블을 사용하는 것에 한한다)의 선로연장(km를 단위로 한다)

2. 중성점 접지식 고압전로(다중접지 중성선을 가지는 것을 제외한다) 및 대지로부터 절연하지 아니하고 사용하는 전기보일러·진기로 등을 직접 접속하는 중성점 비접지식 고압전로

$$I_2 = \sqrt{I_1^2 + \frac{V^2}{3R^2} \times 10^6}$$

(소수점 이하는 절상한다)

$I_2$  : 일선지락 전류(A를 단위로 한다)

$I_1$  : 제1호에 의하여 계산한 일선지락 전류

V : 전로의 공칭전압(kV를 단위로 한다)

R : 중성점에 사용하는 저항기의 전기저항 값(중성점의 접지공사의 접지저항 값을 포함하는 것으로 하며  $\Omega$ 을 단위로 한다)

3. 중성점 리액터 접지식 고압전로

$$I_3 = \sqrt{\left[ \frac{\frac{V}{\sqrt{3}} \cdot R}{R^2 + X^2} \times 10^3 \right]^2 + \left[ I_1 - \frac{\frac{V}{\sqrt{3}} \cdot X}{R^2 + X^2} \times 10^3 \right]^2}$$

(소수점 이하는 절상한다.  $I_3$ 이 2미만으로 되는 경우에는 2로 한다)

$I_3$  : 일선지락 전류(A를 단위로 한다)

$I_1$  : 제1호에 의하여 계산한 전류 값

V : 전로의 공칭전압(kV를 단위로 한다)

R : 중성점에 사용하는 리액터의 전기저항 값(중성점의 접지공사의 접지저항 값을 포함하는 것으로 하며  $\Omega$ 을 단위로 한다)

X : 중성점에 사용하는 리액터의 유도 리액턴스의 값( $\Omega$ 을 단위로 한다)

④ 제1항의 특고압측의 전로의 1선 지락전류는 실측치에 의하는 것으로 한다. 다만, 실측치를 측정하기 곤란한 경우에는 선로정수(線路定數) 등에 의하여 계산한 값에 의할 수 있다.

⑤ 저압전로에서 그 전로에 지락이 생겼을 경우에 0.5초 이내에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설하는 경우에는 제1항의 규정에 불구하고 제3종 접지공사와 특별 제3종 접지공사의 접지저항 값은 자동 차단기의 정격감도전류에 따라 표 18-2에서 정한 값 이하로 하여야 한다.

[표 18-2]

정격감도전류(mA)	접지저항 값( $\Omega$ )	
	물기 있는 장소, 전기적 위험도가 높은 장소	그의 다른 장소
30 이하	500	500
50	300	500
100	150	500
200	75	250
300	50	166
500	30	100

⑥ 고압 및 특고압과 저압 전기설비의 접지극이 서로 근접하여 시설되어 있는 변전소 또는 이와 유사한 곳에서는 다음 각 호에 적합하게 공통접지공사를 할 수 있다.

1. 저압 접지극이 고압 및 특고압 접지극의 접지저항 형성영역에 완전히 포함되어 있다면 위험전압이 발생하지 않도록 이들 접지극을 상호 접속하여야 한다.
2. 제1호에 따라 접지공사를 하는 경우 고압 및 특고압계통의 지락사고로 인해 저압 계통에 가해지는 상용주파 과전압은 표 18-3에서 정한 값을 초과해서는 안 된다.

[표 18-3]

고압계통에서 지락고장시간(초)	저압설비의 허용 상용주파 과전압(V)
>5	$U_o + 250$
$\leq 5$	$U_o + 1,200$

중성선 도체가 없는 계통에서  $U_o$ 는 선간전압을 말한다.

비고 1. 이 표의 1행은 중성점 비접지나 소호리액터 접지된 고압계통과 같이 긴 차단시간을 갖는 고압계통에 관한 것이다. 2행은 저저항 접지된 고압계통과 같이 짧은 차단시간을 갖는 고압계통에 관한 것이다. 두 행 모두 순시 상용주파 과전압에 대한 저압기기의 절연 설계기준과 관련된다.

비고 2. 중성선이 변전소 변압기의 접지계에 접속된 계통에서 외함이 접지되어 있지 않은 건물 외부에 위치한 기기의 절연에도 일시적 상용주파 과전압이 나타날 수 있다.

3. 그 밖에 공통접지와 관련된 사항은 KS C IEC 60364-4-44 및 KS C IEC 61936-1의 10에 따른다.

⑦ 전기설비의 접지계통과 건축물의 피뢰설비 및 통신설비 등의 접지극을 공용하는 통합접지공사를 할 수 있다. 이 경우 제6항의 규정을 따르며, 낙뢰 등에 의한 과전압으로부터 전기설비 등을 보호하기 위해 KS C IEC 60364-5-53(534. 과전압 보호장치) 또는 한국전기기술기준위원회 기술지침 KECG 9102-2015에 따라 서지보호장치(SPD)를 설치하여야 한다.

⑧ 제7항의 서지보호장치(SPD)는 KS C IEC 61643-11에 적합한 것이어야 한다.

**제19조(각종 접지공사의 세목)** ① 제18조제1항의 접지공사의 접지선[제2항에서 규정하는 것 및 제211조제6항(제224조제8항에서 준용하는 경우를 포함한다)에서 규정하는 것을 제외한다]은 표 19-1에서 정한 굵기의 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 쉽게 부식하지 않는 금속선으로서 고장시 흐르는 전류를 안전하게 통할 수 있는 것을 사용하여야 한다.

[표 19-1]

접지공사의 종류	접지선의 굵기
제1종 접지공사	공칭단면적 6 mm <sup>2</sup> 이상의 연동선
제2종 접지공사	공칭단면적 16 mm <sup>2</sup> 이상의 연동선(고압전로 또는 제135조제1항 및 제4항에 규정하는 특고압 가공전선로의 전로와 저압 전로를 변압기에 의하여 결합하는 경우에는 공칭단면적 6 mm <sup>2</sup> 이상의 연동선)
제3종 접지공사 및 특별 제3종 접지공사	공칭단면적 2.5 mm <sup>2</sup> 이상의 연동선

② 이등하여 사용하는 전기기계기구의 금속체 외함 등에 제18조제1항의 접지공사를 하는 경우에는 각 접지공사의 접지선 중 가요성을 필요로 하는 부분에는 표 19-2에서 정한 값 이상의 단면적을 가지는 접지선으로서 고장 시에 흐르는 전류를 안전하게 통할 수 있는 것을 사용하여야 한다.

[표 19-2]

접지공사의 종류	접지선의 종류	접지선의 단면적
제1종 접지공사 및 제2종 접지공사	3종 및 4종 클로로프렌캡타이어케이블, 3종 및 4종 클로로설폴리메틸렌캡타이어케이블의 일심 또는 다심 캡타이어케이블의 차폐 기타의 금속체	10 mm <sup>2</sup>
제3종 접지공사 및 특별 제3종 접지공사	다심 코드 또는 다심 캡타이어케이블의 일심	0.75 mm <sup>2</sup>
	다심 코드 및 다심 캡타이어케이블의 일심 이외의 가요성이 있는 연동연선	1.5 mm <sup>2</sup>

③ 제1종 접지공사 또는 제2종 접지공사에 사용하는 접지선을 사람이 접촉할 우려가 있는 곳에 시설하는 경우에는 제2항의 경우 이외에는 다음 각 호에 따라야 한다. 다만, 발전소·변전소·개폐소 또는 이에 준하는 곳에 접지 극을 제27조제1항제1호의 규정에 준하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 접지극은 지하 75 cm 이상으로 하되 동결 깊이를 감안하여 매설할 것
2. 접지선을 철주 기타의 금속체를 따라서 시설하는 경우에는 접지극을 철주의 밑면(底面)으로부터 30 cm 이상의 깊이에 매설하는 경우 이외에는 접지극을 지중에서 그 금속체로부터 1 m 이상 떼어 매설할 것
3. 접지선에는 절연전선(옥외용 비닐절연전선을 제외한다), 캡타이어케이블 또는 케이블(통신용 케이블을 제외한다)을 사용할 것. 다만, 접지선을 철주 기타의 금속체를 따라서 시설하는 경우 이외의 경우에는 접지선의 지표상 60 cm를 초과하는 부분에 대하여는 그러하지 아니하다.
4. 접지선의 지하 75 cm로부터 지표상 2 m까지의 부분은 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 합성수지관(두께 2 mm 미만의 합성수지제 전선관 및 난연성이 없는 콤팩트덕트를 제외한다) 또는 이와 동등 이상의 절연효력 및 강도를 가지는 몰드로 덮을 것.

④ 제1종 접지공사 또는 제2종 접지공사에 사용하는 접지선을 시설한 지지물에는 피뢰침용 지선을 시설하여서는 아니 된다.

⑤ 제18조제6항·제7항 및 제22조의2에 따라 접지공사를 하는 경우의 보호도체(PE) 단면적은 다음 각 호에 따라 결정한 것으로서 고장시에 흐르는 전류를 안전하게 통과할 수 있는 것을 사용하여야 한다. 다만 불평형 부하, 고조파전류 등을 고려하는 경우는 상도체와 같게 하고, 이때 전압강하에 의한 단면적 증가는 고려하지 않는다.

1. 표 19-3에서 정한 값 이상의 단면적

[표 19-3]

상도체의 단면적 S (mm <sup>2</sup> )	대응하는 보호도체의 최소 단면적(mm <sup>2</sup> )	
	보호도체의 재질이 상도체와 같은 경우	보호도체의 재질이 상도체와 다른 경우
$S \leq 16$	S	$\frac{k_1}{k_2} \times S$
$16 < S \leq 35$	16 <sup>a</sup>	$\frac{k_1}{k_2} \times 16$
$S > 35$	$\frac{S^a}{2}$	$\frac{k_1}{k_2} \times \frac{S}{2}$

여기서,

$k_1$  : 도체 및 절연의 재질에 따라 KS C IEC 60364-5-54 부속서 A(규정)의 표 A54.1 또는 IEC 60364-4-43의 표 43A에서 선정된 상도체에 대한 k값

$k_2$  : KS C IEC 60364-5-54 부속서 A(규정)의 표 A54.2 ~ A54.6에서 선정된 보호도체에 대한 k값

<sup>a</sup> PEN도체의 경우 단면적의 축소는 중성선의 굵기결정에 대한 규칙에만 허용된다.

2. 계산식에서 정한 값 이상의 단면적

차단 시간이 5초 이하인 경우에만 다음 계산식을 적용한다.

$$S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k}$$

S : 단면적(mm<sup>2</sup>)

I : 보호장치를 통해 흐를 수 있는 예상고장전류[A]

t : 자동차단을 위한 보호장치 동작시간(s)

[비고] 회로 임피던스에 의한 전류제한 효과와 보호장치의 I<sup>2</sup>t의 한계를 고려해야 한다.

k : 보호도체, 절연, 기타 부위의 재질 및 초기온도와 최종온도에 따라 정해지는 계수(k값의 계산은 KS C IEC 60364-5-54 부속서 A 참조)

⑥ 제18조제6항 및 제7항에 따라 접지공사를 하는 경우에는 KS C IEC 60364-4-41(안전을 위한 보호-감전에 대한 보호)에 적합하도록 시설하여야 한다.

**제20조(제3종 접지공사 등의 특례)** ① 제3종 접지공사를 하여야 하는 금속체와 대지 사이의 전기저항 값이 100 Ω 이하인 경우에는 제3종 접지공사를 한 것으로 본다.

② 특별 제3종 접지공사를 하여야 하는 금속체와 대지 사이의 전기저항 값이 10 Ω 이하인 경우에는 특별 제3종 접지공사를 한 것으로 본다.

**제21조(수도관 등의 접지극)** ① 지중에 매설되어 있고 대지와 전기저항 값이 3 Ω 이하의 값을 유지하고 있는 금속제 수도관로는 이를 제1종 접지공사·제2종 접지공사·제3종 접지공사·특별 제3종 접지공사 기타의 접지공사의 접지극으로 사용할 수 있다.

② 제1항의 규정에 의하여 금속제 수도관로를 접지공사의 접지극으로 사용하는 경우에는 다음 각 호에 따라야 한다.

1. 접지선과 금속제 수도관로의 접속은 안지름 75 mm 이상인 금속제 수도관의 부분 또는 이로부터 분기한 안지름 75 mm 미만인 금속제 수도관의 분기점으로부터 5m 이내의 부분에서 할 것. 다만, 금속제 수도관로와 대지 사이의 전기저항 값이 2 Ω 이하인 경우에는 분기점으로부터의 거리는 5m를 넘을 수 있다.
  2. 접지선과 금속제 수도관로의 접속부를 수도계량기로부터 수도 수용가측에 설치하는 경우에는 수도계량기를 사이에 두고 양측 수도관로를 전기적으로 확실하게 연결할 것.
  3. 접지선과 금속제 수도관로의 접속부를 사람이 접촉할 우려가 있는 곳에 설치하는 경우에는 손상을 방지하도록 방호장치를 설치할 것.
  4. 접지선과 금속제 수도관로의 접속에 사용하는 금속체는 접속부에 전기적 부식이 생기지 아니하는 것일 것.
- ③ 대지와 대지와의 사이에 전기저항 값이 2 Ω 이하인 값을 유지하는 건물의 철골 기타의 금속체는 이를 비접지식 고압전로에 시설하는 기계기구의 철대(鐵臺) 또는 금속체 외함에 실시하는 제1종 접지공사나 비접지식 고압전로와 저압전로를 결합하는 변압기의 저압전로에 시설하는 제2종 접지공사의 접지극으로 사용할 수 있다.
- ④ 제1항 또는 제3항의 규정에 의하여 금속제 수도관로 또는 철골 기타의 금속체를 접지극으로 사용한 제1종 접지공사 또는 제2종 접지공사는 제19조제3항의 규정에 의하지 아니할 수 있다. 이 경우에 접지선은 제19조제1항(제4호 및 제5호를 제외한다)의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

**제22조(수용장소의 인입구의 접지)** ① 수용장소의 인입구 부근에서 다음 각 호의 것을 접지극으로 사용하여 이를 제2종 접지공사를 한 저압전로로의 중성선 또는 접지축 전선에 추가로 접지공사를 할 수 있다.

1. 제21조제1항의 금속제 수도관로가 있는 경우
  2. 대지 사이의 전기저항 값이 3 Ω 이하인 값을 유지하는 건물의 철골이 있는 경우
  3. 제22조의2에 따라 TN-C-S 접지계통으로 시설하는 저압수용장소의 접지극
- ② 제1항의 규정에 의하여 접지공사를 할 경우의 접지선은 공칭단면적 6mm<sup>2</sup> 이상의 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 쉽게 부식하지 않는 금속선으로서 고장시 흐르는 전류를 안전하게 통할 수 있는 것이어야 한다. 이 경우에 접지선을 사람이 접촉할 우려가 있는 곳에 시설할 때에는 접지선은 제19조제1항(제4호 및 제5호는 제외한다)의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

**제22조의2(주택 등 저압수용장소 접지)** ① 주택 등 저압수용장소에서 TN-C-S 접지방식으로 접지공사를 하는 경우에 보호도체는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 보호도체의 최소 단면적은 제19조제5항에서 정한 값 이상이어야 한다.
  2. 중성선 겸용 보호도체(PEN)는 고정 전기설비에만 사용할 수 있고, 그 도체의 단면적이 구리는 10 mm<sup>2</sup> 이상, 알루미늄은 16 mm<sup>2</sup> 이상이어야 하며, 그 계통의 최고전압에 대하여 절연시켜야 한다.
- ② 제1항에 따라 접지공사를 하는 경우에는 보호 등전위본딩을 하여야 한다. 다만, 이

조건을 충족시키지 못하는 경우에 중성선 겸용 보호도체를 수용장소의 인입구 부근에 추가로 접지하여야 하며, 그 접지저항 값은 접촉전압을 허용접촉전압 범위내로 제한하는 값 이하여야 한다.

**제23조(고압 또는 특고압과 저압의 혼촉에 의한 위험방지 시설)** ① 고압전로 또는 특고압전로와 저압전로를 결합하는 변압기(제24조에 규정하는 것 및 철도 또는 궤도의 신호용 변압기를 제외한다)의 저압측의 중성점에는 제2종 접지공사(사용전압이 35 kV 이하의 특고압전로로서 전로에 지락이 생겼을 때에 1초 이내에 자동적으로 이를 차단하는 장치가 되어 있는 것 및 제135조제1항 및 제4항에 규정하는 특고압 가공전선로의 전로 이외의 특고압전로와 저압전로를 결합하는 경우에 제18조제1항의 규정에 의하여 계산한 값이 10을 넘을 때에는 접지저항 값이 10 Ω 이하인 것에 한한다)를 하여야 한다. 다만, 저압전로의 사용전압이 300 V 이하인 경우에 그 접지공사를 변압기의 중성점에 하기 어려울 때에는 저압측의 1단자에 시행할 수 있다.

② 제1항의 접지공사는 변압기의 시설장소마다 시행하여야 한다. 다만, 토지의 상황에 의하여 변압기의 시설장소에서 제18조제1항에 규정하는 접지저항 값을 얻기 어려운 경우에 인장강도 5.26 kN 이상 또는 지름 4 mm 이상의 가공 접지선을 제71조제2항, 제72조, 제73조, 제75조, 제79조부터 제84조까지 및 제87조의 저압가공전선에 관한 규정에 준하여 시설할 때에는 변압기의 시설장소로부터 200 m까지 떼어놓을 수 있다.

③ 제1항의 접지공사를 하는 경우에 토지의 상황에 의하여 제2항의 규정에 의하기 어려울 때에는 다음 각 호에 따라 가공공동지선(架空共同地線)을 설치하여 2 이상의 시설장소에 공통의 제2종 접지공사를 할 수 있다.

1. 가공공동지선은 인장강도 5.26 kN 이상 또는 지름 4 mm 이상의 경동선을 사용하여 제71조제2항, 제72조, 제75조, 제79조부터 제84조까지 및 제87조의 저압가공전선에 관한 규정에 준하여 시설할 것.
2. 접지공사는 각 변압기를 중심으로 하는 지름 400 m 이내의 지역으로서 그 변압기에 접속되는 전선로 바로 아래의 부분에서 각 변압기의 양쪽에 있도록 할 것. 다만, 그 시설장소에서 접지공사를 한 변압기에 대하여는 그러하지 아니하다.
3. 가공공동지선과 대지 사이의 합성 전기저항 값은 1 km를 지름으로 하는 지역 안마다 제18조제1항에 규정하는 제2종 접지공사의 접지저항 값을 가지는 것으로 하고 또한 각 접지선을 가공공동지선으로부터 분리하였을 경우의 각 접지선과 대지 사이의 전기저항 값은 300 Ω 이하로 할 것.

④ 제3항의 가공공동지선에는 인장강도 5.26 kN 이상 또는 지름 4 mm의 경동선을 사용하는 저압 가공전선의 1선을 겸용할 수 있다.

⑤ 직류단선식 전기철도용 회전변류기·전기로·전기보일러 기타 상시 전로의 일부를 대지로부터 절연하지 아니하고 사용하는 부하에 공급하는 전용의 변압기를 시설한 경우에는 제1항의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

**제24조(혼촉방지판이 있는 변압기에 접속하는 저압 옥외전선의 시설 등)** 고압전로 또는 특고압전로와 비접지식의 저압전로를 결합하는 변압기(철도 또는 궤도의 신호용변압기

를 제외한다)로서 그 고압권선 또는 특고압권선과 저압권선 간에 금속제의 혼촉방지판(混觸防止板)이 있고 또한 그 혼촉방지판에 제2종 접지공사(사용전압이 35 kV 이하의 특고압전로로서 전로에 지락이 생겼을 때 1초 이내에 자동적으로 이것을 차단하는 장치를 한 것과 제135조제1항 및 제4항에 규정하는 특고압 가공전선로의 전로 이외의 특고압전로와 저압전로를 결합하는 경우에 제18조제1항의 규정에 의하여 계산한 값이 10을 넘을 때에는 접지저항 값이 10 Ω 이하인 것에 한한다)를 한 것에 접속하는 저압전선을 옥외에 시설할 때에는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 저압전선은 1구내에만 시설할 것.
2. 저압 가공전선로 또는 저압 옥상전선로의 전선은 케이블일 것.
3. 저압 가공전선로와 고압 또는 특고압의 가공전선을 동일 지지물에 시설하지 아니할 것. 다만, 고압 가공전선로 또는 특고압 가공전선로의 전선이 케이블인 경우에는 그러하지 아니하다.

**제25조(특고압과 고압의 혼촉 등에 의한 위험방지 시설)** ① 변압기(제23조제5항에 규정하는 변압기를 제외한다)에 의하여 특고압전로(제135조제1항에 규정하는 특고압 가공전선로의 전로를 제외한다)에 결합되는 고압전로에는 사용전압의 3배 이하인 전압이 가하여진 경우에 방전하는 장치를 그 변압기의 단자에 가까운 1극에 설치하여야 한다. 다만, 사용전압의 3배 이하인 전압이 가하여진 경우에 방전하는 피뢰기를 고압전로의 모선의 각상에 시설하거나 특고압권선과 고압권선 간에 혼촉방지판을 시설하여 제1종 접지공사 또는 제18조제1항제5호에 따른 접지공사를 한 경우에는 그러하지 아니하다.

② 제1항에서 규정하고 있는 장치의 접지는 제1종 접지공사에 의하여야 한다.

**제26조(계기용변성기의 2차측 전로의 접지)** ① 고압의 계기용변성기의 2차측 전로에는 제3종 접지공사를 하여야 한다.

② 특고압 계기용변성기의 2차측 전로에는 제1종 접지공사를 하여야 한다.

**제27조(전로의 중성점의 접지)** ① 전로의 보호 장치의 확실한 동작의 확보, 이상 전압의 억제 및 대지전압의 저하를 위하여 특히 필요한 경우에 전로의 중성점에 접지공사를 할 경우에는 다음 각 호에 따라야 한다.

1. 접지극은 고장시 그 근처의 대지 사이에 생기는 전위차에 의하여 사람이나 가축 또는 다른 시설물에 위험을 줄 우려가 없도록 시설할 것.
2. 접지선은 공칭단면적 16 mm<sup>2</sup> 이상의 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 쉽게 부식하지 아니하는 금속선(저압 전로의 중성점에 시설하는 것은 공칭단면적 6 mm<sup>2</sup> 이상의 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 쉽게 부식하지 않는 금속선)으로서 고장시 흐르는 전류가 안전하게 통할 수 있는 것을 사용하고 또한 손상을 받을 우려가 없도록 시설할 것.
3. 접지선에 접속하는 저항기·리액터 등은 고장시 흐르는 전류를 안전하게 통할 수 있는 것을 사용할 것.
4. 접지선·저항기·리액터 등은 취급자 이외의 자가 출입하지 아니하도록 설비한 곳에 시설하는 경우 이외에는 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설할 것.

② 제1항에 규정하는 경우 이외의 경우로서 저압전로에 시설하는 보호 장치의 확실한 동작을 확보하기 위하여 특히 필요한 경우에 전로의 중성점에 접지공사를 할 경우 (저압전로의 사용전압이 300 V 이하의 경우에 전로의 중성점에 접지공사를 하기 어려울 때에 전로의 1단자에 접지공사를 시행할 경우를 포함한다) 접지선은 공칭단면적 6mm<sup>2</sup> 이상의 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 쉽게 부식하지 않는 금속선으로서 고장시 흐르는 전류가 안전하게 통할 수 있는 것을 사용하고 또한 제19조제3항의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

③ 변압기의 안정권선(安定卷線)이나 유희권선(遊休卷線) 또는 전압조정기의 내장권선(內藏卷線)을 이상전압으로부터 보호하기 위하여 특히 필요할 경우에 그 권선에 접지공사를 할 때에는 제1종 접지공사를 하여야 한다.

④ 특고압의 직류전로의 보호 장치의 확실한 동작의 확보 및 이상전압의 억제 위하여 특히 필요한 경우에 대해 그 전로에 접지공사를 시설할 때에는 제1항 각 호에 따라 시설하여야 한다.

⑤ 연료전지에 대하여 전로의 보호장치의 확실한 동작의 확보 또는 대지전압의 저하를 위하여 특히 필요할 경우에 연료전지의 전로 또는 이것에 접속하는 직류전로에 접지공사를 할 때에는 제1항 각 호에 따라 시설하여야 한다.

⑥ 계속적인 전력공급이 요구되는 화학공장·시멘트공장·철강공장 등의 연속공정설비 또는 이에 준하는 곳의 전기설비로서 지락전류를 제한하기 위하여 저항기를 사용하는 중성점 고저항 접지계통은 다음 각 호에 따를 경우 300 V 이상 1kV 이하의 3상 교류계통에 적용할 수 있다.

1. 자격을 가진 기술원("계통 운전"에 필요한 지식 및 기능을 가진 자"를 말한다)이 설비를 유지관리 할 것.
2. 계통에 지락검출장치가 시설될 것.
3. 전압선과 중성선 사이에 부하가 없을 것.
4. 고저항 중성점접지계통은 다음 각 목에 적합할 것.
  - 가. 접지저항기는 계통의 중성점과 접지극 도체와의 사이에 설치할 것. 중성점을 얻기 어려운 경우에는 접지변압기에 의한 중성점과 접지극 도체 사이에 접지저항기를 설치한다.
  - 나. 변압기 또는 발전기의 중성점에서 접지저항기에 접속하는 접까지의 중성선은 동선 10mm<sup>2</sup> 이상, 알루미늄선 또는 동복 알루미늄선은 16mm<sup>2</sup> 이상의 절연전선으로서 접지저항기의 최대정격전류이상일 것.
  - 다. 계통의 중성점은 접지저항기를 통하여 접지할 것.
  - 라. 변압기 또는 발전기의 중성점과 접지저항기 사이의 중성선은 별도로 배선할 것.
  - 마. 최초 개폐장치 또는 과전류장치와 접지 저항기의 접지축 사이의 기기 본딩 접퍼(기기접지도체와 접지저항기 사이를 잇는 것)는 도체에 접속점이 없어야 한다.
  - 바. 접지 극 도체는 접지저항기의 접지 축과 최초 개폐장치의 접지 접속점 사이에 시설할 것.

사. 기기 본딩 접퍼의 굵기는 다음의 (1) 또는 (2)에 의할 것.

- (1) 접지 극 도체를 접지 저항기에 연결할 때는 기기 접지 접퍼는 다음 (가), (나), (다)의 예외사항을 제외하고 표 27-1에 의할 굵기일 것.
  - (가) 접지극 전선이 접지봉, 관, 판으로 연결될 때는 16mm<sup>2</sup> 이상일 것.
  - (나) 콘크리트 매입 접지극으로 연결될 때는 25mm<sup>2</sup> 이상일 것.
  - (다) 접지링으로 연결되는 접지극 전선은 접지링과 같은 굵기 이상일 것.

[표 27-1]

상전선 최대 굵기(mm <sup>2</sup> )	접지극 전선(mm <sup>2</sup> )
30 이하	10
38 또는 50	16
60 또는 80	25
80 초과 175까지	35
175 초과 300까지	50
300 초과 550까지	70
550 초과	95

- (2) 접지극 도체가 최초 개폐장치 또는 과전류장치에 접속될 때는 기기 본딩 접퍼의 굵기는 10mm<sup>2</sup> 이상으로서 접지저항기의 최대전류 이상의 허용전류를 갖는 것일 것.

#### 제4절 기계 및 기구

**제28조(특고압용 변압기의 시설 장소)** 특고압용 변압기는 발전소·변전소·개폐소 또는 이에 준하는 곳에 시설하여야 한다. 다만, 다음 각 호의 변압기는 각각의 규정에 따라 필요한 장소에 시설할 수 있다.

1. 제29조에 따라 시설하는 배전용 변압기
2. 제135조제1항 및 제4항에 규정하는 다중접지식 특고압 가공전선로에 접속하는 변압기
3. 교류식 전기철도용 신호회로 등에 전기를 공급하기 위한 변압기

**제29조(특고압 배전용 변압기의 시설)** 특고압 전선로(제135조제1항 및 제4항에 규정하는 특고압 가공전선로를 제외한다)에 접속하는 배전용 변압기(발전소·변전소·개폐소 또는 이에 준하는 곳에 시설하는 것을 제외한다. 이하 같다)를 시설하는 경우에는 특고압 전선에 특고압 절연전선 또는 케이블을 사용하고 또한 다음 각 호에 따라야 한다.

1. 변압기의 1차 전압은 35kV 이하, 2차 전압은 저압 또는 고압일 것.
2. 변압기의 특고압측에 개폐기 및 과전류차단기를 시설할 것. 다만, 변압기를 다음 각 목에 따라 시설하는 경우는 특고압측의 과전류차단기를 시설하지 아니할 수 있다.
  - 가. 2 이상의 변압기를 각각 다른 회선의 특고압 전선에 접속할 것.

나. 변압기의 2차측 전로에는 과전류차단기 및 2차측 전로로부터 1차측 전로에 전류가 흐를 때에 자동적으로 2차측 전로를 차단하는 장치를 시설하고 그 과전류 차단기 및 장치를 통하여 2차측 전로를 접속할 것.

3. 변압기의 2차 전압이 고압인 경우에는 고압측에 개폐기를 시설하고 또한 쉽게 개폐할 수 있도록 할 것.

**제30조(특고압을 직접 저압으로 변성하는 변압기의 시설)** 특고압을 직접 저압으로 변성하는 변압기는 다음 각 호의 것 이외에는 시설하여서는 아니 된다.

1. 전기로 등 전류가 큰 전기를 소비하기 위한 변압기
2. 발전소·변전소·개폐소 또는 이에 준하는 곳의 소내용 변압기
3. 제135조제1항 및 제4항에 규정하는 특고압 전선로에 접속하는 변압기
4. 사용전압이 35 kV 이하인 변압기로서 그 특고압측 권선과 저압측 권선이 혼촉한 경우에 자동적으로 변압기를 전로로부터 차단하기 위한 장치를 설치한 것.
5. 사용전압이 100 kV 이하인 변압기로서 그 특고압측 권선과 저압측 권선사이에 제2종 접지공사(제18조제1항의 규정에 의하여 계산한 값이 10을 초과하는 경우에는 접지저항 값이 10 Ω 이하인 것에 한한다)를 한 금속체의 혼촉방지판이 있는 것.
6. 교류식 전기철도용 신호회로에 전기를 공급하기 위한 변압기

**제31조(특고압용 기계기구의 시설)** ① 특고압용 기계기구(이에 부속하는 특고압의 전기로 충전하는 전선으로서 케이블 이외의 것을 포함한다. 이하 이 조에서 같다)는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우, 발전소·변전소·개폐소 또는 이에 준하는 곳에 시설하는 경우, 제246조제1항제2호 단서 또는 제248조제2항 및 제3항의 규정에 의하여 시설하는 경우 이외에는 시설하여서는 아니 된다.

1. 기계기구의 주위에 제44조제1항, 제2항 및 제4항의 규정에 준하여 울타리·담 등을 시설하는 경우
2. 기계기구를 지표상 5m 이상의 높이에 시설하고 충전부분의 지표상의 높이를 표 31-1에서 정한 값 이상으로 하고 또한 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우

[표 31-1]

사용전압의 구분	울타리의 높이와 울타리로부터 충전부분까지의 거리의 합계 또는 지표상의 높이
35 kV 이하	5m
35 kV 초과 160 kV 이하	6m
160 kV 초과	6m에 160 kV를 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 12 cm를 더한 값

3. 공장 등의 구내에서 기계기구를 콘크리트제의 합 또는 제1종 접지공사를 한 금속제의 합에 넣고 또한 충전부분이 노출하지 아니하도록 시설하는 경우
4. 옥내에 설치한 기계기구를 취급자 이외의 사람이 출입할 수 없도록 설치한 곳에

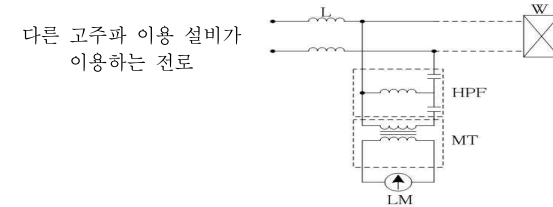
시설하는 경우

5. 충전부분이 노출하지 아니하는 기계기구를 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우

6. 제135조제1항 및 제4항에 규정하는 특고압 가공전선로에 접속하는 기계기구를 제36조(제1항제2호의 “고압 인하용 절연전선”은 “특고압 인하용 절연전선”으로 제1항제5호의 “제3종 접지공사”는 “제1종 접지공사”로 한다)의 규정에 준하여 시설하는 경우

② 특고압용 기계기구는 노출된 충전부분에 취급자가 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하여야 한다.

**제32조(고주파 이용 설비의 장애방지)** 고주파 이용 설비에서 다른 고주파 이용 설비에 누설되는 고주파 전류의 허용한도는 그림 32-1의 측정 장치 또는 이에 준하는 측정 장치로 2회 이상 연속하여 10분간 측정하였을 때에 각각 측정값의 최대값에 대한 평균값이 -30 dB(1mW를 0 dB로 한다)일 것



[그림 32-1]

- LM : 선택 레벨계
- MT : 정합변성기(整合變成器)
- L : 고주파대역의 하이임피던스장치(고주파 이용 설비가 이용하는 전로와 다른 고주파 이용 설비가 이용하는 전로와의 경계점에 시설할 것)
- HPF : 고역여파기
- W : 고주파 이용 설비

**제33조(기계기구의 철대 및 외함의 접지)** ① 전로에 시설하는 기계기구의 철대 및 금속제 외함(외함이 없는 변압기 또는 계기용변성기는 철심)에는 다음 각 호의 어느 하나에 따라 접지공사를 하여야 한다.

1. 표 33-1에서 정한 접지공사

[표 33-1]

기계기구의 구분	접지공사의 종류
400 V 미만인 저압용의 것	제3종 접지공사
400 V 이상의 저압용의 것	특별 제3종 접지공사
고압용 또는 특고압용의 것	제1종 접지공사

2. 제18조제6항·제7항, 제22조의2 및 제249조에 따른 접지공사

② 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 제1항제1호의 규정에 따르지 않을 수 있다.

1. 사용전압이 직류 300 V 또는 교류 대지전압이 150 V 이하인 기계기구를 건조한 곳에 시설하는 경우
2. 저압용의 기계기구를 건조한 목재의 마루 기타 이와 유사한 절연성 물건 위에서 취급하도록 시설하는 경우
3. 저압용이나 고압용의 기계기구, 제29조에 규정하는 특고압 전선로에 접속하는 배전용 변압기나 이에 접속하는 전선에 시설하는 기계기구 또는 제135조제1항 및 제4항에 규정하는 특고압 가공전선로의 전로에 시설하는 기계기구를 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 목주 기타 이와 유사한 것의 위에 시설하는 경우
4. 철대 또는 외함의 주위에 적당한 절연대를 설치하는 경우
5. 외함이 없는 계기용변성기가 고무·합성수지 기타의 절연물로 피복한 것일 경우
6. 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 2중 절연구조로 되어 있는 기계기구를 시설하는 경우
7. 저압용 기계기구에 전기를 공급하는 전로의 전원측에 절연변압기(2차 전압이 300 V 이하이며, 정격용량이 3 kVA 이하인 것에 한한다)를 시설하고 또한 그 절연변압기의 부하측 전로를 접지하지 않은 경우
8. 물기 있는 장소 이외의 장소에 시설하는 저압용의 개별 기계기구에 전기를 공급하는 전로에 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 인체감전보호용 누전차단기(정격감도전류가 30 mA 이하, 동작시간이 0.03초 이하의 전류동작형에 한한다)를 시설하는 경우
9. 외함을 충전하여 사용하는 기계기구에 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설하거나 절연대를 시설하는 경우

**제34조(전기기계기구의 열적 강도)** 전로에 시설하는 변압기, 차단기, 개폐기, 전력용 커패시터, 계기용변성기 기타의 전기기계기구는 한국전기기술기준위원회 표준 KECS 1202-2006(전기기계기구의 열적강도 확인방법)에서 정하는 방법에 규정하는 열적강도에 적합할 것.

**제35조(아크를 발생하는 기구의 시설)** 고압용 또는 특고압용의 개폐기·차단기·피뢰기 기타 이와 유사한 기구(이하 이 조에서 “기구 등”이라 한다)로서 동작시에 아크가 생기는 것은 목재의 벽 또는 천장 기타의 가연성 물체로부터 표 35-1에서 정한 값 이상 이격하여 시설하여야 한다.

[표 35-1]

기구 등의 구분	이격거리
고압용의 것.	1 m 이상
특고압용의 것.	2 m 이상(사용전압이 35 kV 이하의 특고압용의 기구 등으로서 동작할 때에 생기는 아크의 방향과 길이를 화재가 발생할 우려가 없도록 제한하는 경우에는 1 m 이상)

**제36조(고압용 기계기구의 시설)** ① 고압용 기계기구(이에 부속하는 고압의 전기로 충전하는 전선으로서 케이블 이외의 것을 포함한다. 이하 이 조에서 같다)는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우와 발전소·변전소·개폐소 또는 이에 준하는 곳에 시설하는 경우 이외에는 시설하여서는 아니 된다.

1. 기계기구의 주위에 제44조제1항·제2항 및 제4항의 규정에 준하여 울타리·담 등을 시설하는 경우
2. 기계기구(이에 부속하는 전선에 케이블 또는 고압 인하용 절연전선을 사용하는 것에 한한다)를 지표상 4.5 m(시가지 외에는 4 m) 이상의 높이에 시설하고 또한 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우
3. 공장 등의 구내에서 기계기구의 주위에 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 적당한 울타리를 설치하는 경우
4. 옥내에 설치한 기계기구를 취급자 이외의 사람이 출입할 수 없도록 설치한 곳에 시설하는 경우
5. 기계기구를 콘크리트제의 함 또는 제3종 접지공사를 한 금속제 함에 넣고 또한 충전부분이 노출하지 아니하도록 시설하는 경우
6. 충전부분이 노출하지 아니하는 기계기구를 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우
7. 충전부분이 노출하지 아니하는 기계기구를 온도상승에 의하여 또는 고장시 그 근처의 대지와 사이에 생기는 전위차에 의하여 사람이나 가축 또는 다른 시설물에 위험의 우려가 없도록 시설하는 경우

② 제1항에서 정하는 인하용 고압 절연전선은 KS C IEC 60502-2에서 정하는 6/10 kV 인하용 절연전선에 적합한 것이거나 한국전기기술기준위원회 표준 KECS 1501-2009의 501.02.2에 적합한 것이어야 한다.

③ 고압용의 기계기구는 노출된 충전부분에 취급자가 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하여야 한다.

**제37조(개폐기의 시설)** ① 전로 중에 개폐기를 시설하는 경우(이 기준에서 개폐기를 시설하도록 정하는 경우에 한한다)에는 그곳의 각 극에 설치하여야 한다. 다만, 다음의 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 제176조제1항제2호 단서(제176조제2항에서 준용하는 경우를 포함한다)의 규정에



의하여 개폐기를 시설하는 경우

2. 제179조제2항(제218조제1항에서 준용하는 경우를 포함한다) 및 제3항(제218조제1항에서 준용하는 경우를 포함한다)의 규정에 의하여 개폐기를 시설하는 경우
3. 제135조제1항 및 제4항에 규정하는 특고압 가공전선로서 다중 접지를 한 중성선을 가지는 것의 그 중성선 이외의 각 극에 개폐기를 시설하는 경우
4. 제어회로 등에 조작용 개폐기를 시설하는 경우
- ② 고압용 또는 특고압용의 개폐기는 그 작동에 따라 그 개폐상태를 표시하는 장치가 되어 있는 것이어야 한다. 다만, 그 개폐상태를 쉽게 확인할 수 있는 것은 그러하지 아니하다.
- ③ 고압용 또는 특고압용의 개폐기로서 중력 등에 의하여 자연히 작동할 우려가 있는 것은 자물쇠장치 기타 이를 방지하는 장치를 시설하여야 한다.
- ④ 고압용 또는 특고압용의 개폐기로서 부하전류를 차단하기 위한 것이 아닌 개폐기는 부하전류가 통하고 있을 경우에는 개로(開路)할 수 없도록 시설하여야 한다. 다만, 개폐기를 조작하는 곳의 보기 쉬운 위치에 부하전류의 유무를 표시한 장치 또는 전화기 기타의 지령 장치를 시설하거나 터블렛 등을 사용함으로써 부하전류가 통하고 있을 때에 개로조작을 방지하기 위한 조치를 하는 경우는 그러하지 아니하다.
- ⑤ 전로에 이상이 생겼을 때 자동적으로 전로를 개폐하는 장치를 시설하는 경우에는 그 개폐기의 자동 개폐 기능에 장애가 생기지 않도록 시설하여야 한다.

**제38조(저압전로 중의 과전류차단기의 시설)** ① 과전류차단기로 저압전로에 사용하는 퓨즈(「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 것, 배선용차단기와 조합하여 하나의 과전류차단기로 사용하는 것 및 제5항에 규정하는 것을 제외한다)는 수평으로 붙인 경우(판상 퓨즈는 판면을 수평으로 붙인 경우)에 다음 각 호에 적합한 것이어야 한다.

1. 정격전류의 1.1배의 전류에 견딜 것.
2. 정격전류의 1.6배 및 2배의 전류를 통한 경우에 표 38-1에서 정한 시간 내에 용단될 것.

[표 38-1]

정격전류의 구분	시 간	
	정격전류의 1.6배의 전류를 통한 경우	정격전류의 2배의 전류를 통한 경우
30 A 이하	60분	2분
30 A 초과 60 A 이하	60분	4분
60 A 초과 100 A 이하	120분	6분
100 A 초과 200 A 이하	120분	8분
200 A 초과 400 A 이하	180분	10분
400 A 초과 600 A 이하	240분	12분
600 A 초과	240분	20분

- ② 제1항 이외의 IEC 표준을 도입한 과전류차단기로 저압전로에 사용하는 퓨즈(「전기용품 및 생활용품 안전관리법」 및 제5항에 규정하는 것을 제외한다)는 표 38-2에 적합한 것이어야 한다.

[표 38-2]

정격전류의 구분	시 간	정격전류의 배수	
		불용단전류	용단전류
4 A 이하	60분	1.5배	2.1배
4 A 초과 16 A 미만	60분	1.5배	1.9배
16 A 이상 63 A 이하	60분	1.25배	1.6배
63 A 초과 160 A 이하	120분	1.25배	1.6배
160 A 초과 400 A 이하	180분	1.25배	1.6배
400 A 초과	240분	1.25배	1.6배

- ③ 과전류차단기로 저압전로에 사용하는 배선용차단기(「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 것 및 제5항에 규정하는 것을 제외한다)는 다음 각 호에 적합한 것이어야 한다.

1. 정격전류에 1배의 전류로 자동적으로 동작하지 아니할 것.
2. 정격전류의 1.25배 및 2배의 전류를 통한 경우에 표 38-3에서 정한 시간 내에 자동적으로 동작할 것.

[표 38-3]

정격전류의 구분	시 간	
	정격전류의 1.25배의 전류를 통한 경우	정격전류의 2배의 전류를 통한 경우
30 A 이하	60분	2분
30 A 초과 50 A 이하	60분	4분
50 A 초과 100 A 이하	120분	6분
100 A 초과 225 A 이하	120분	8분
225 A 초과 400 A 이하	120분	10분
400 A 초과 600 A 이하	120분	12분
600 A 초과 800 A 이하	120분	14분
800 A 초과 1,000 A 이하	120분	16분
1,000 A 초과 1,200 A 이하	120분	18분
1,200 A 초과 1,600 A 이하	120분	20분
1,600 A 초과 2,000 A 이하	120분	22분
2,000 A 초과	120분	24분

④ 제3항 이외의 IEC 표준을 도입한 과전류차단기로 저압전로에 사용하는 배선차단기(「전기용품 및 생활용품 안전관리법」 및 제5항에 규정하는 것을 제외한다) 중 산업용은 표 38-4에, 주택용은 표 38-5 및 표 38-6에 적합한 것이어야 한다. 다만, 일반인이 접촉할 우려가 있는 장소(세대내 분전반 및 이와 유사한 장소)에는 주택용 배선차단기를 시설하여야 한다.

[표 38-4]

정격전류의 구분	시 간	정격전류의 배수 (모든 극에 통전)	
		부동작 전류	동작 전류
63 A 이하	60분	1.05배	1.3배
63 A 초과	120분	1.05배	1.3배

[표 38-5]

형	순시트립범위
B	$3I_n$ 초과 ~ $5I_n$ 이하
C	$5I_n$ 초과 ~ $10I_n$ 이하
D	$10I_n$ 초과 ~ $20I_n$ 이하

비고 1. B, C, D : 순시트립전류에 따른 차단기 분류

2.  $I_n$  : 차단기 정격전류

[표 38-6]

정격전류의 구분	시 간	정격전류의 배수(모든 극에 통전)	
		부동작 전류	동작 전류
63 A 이하	60분	1.13배	1.45배
63 A 초과	120분	1.13배	1.45배

⑤ 과전류차단기로 저압전로에 시설하는 과부하 보호장치(전동기가 손상될 우려가 있는 과전류가 생겼을 경우에 자동적으로 이것을 차단하는 것에 한한다. 이하 이 항에서 같다)와 단락보호 전용 차단기 또는 과부하 보호장치와 단락보호 전용 퓨즈를 조합한 장치는 전동기 만에 이르는 저압전로[제175조(제218조제1항에서 준용하는 경우를 포함한다)에 규정하는 저압 옥내 간선을 제외한다]에 사용하고 또한 다음 각 호에 적합한 것이어야 한다.

1. 과부하 보호장치(「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 전자개폐기를 제외한다.)는 다음에 적합한 것일 것.

가. 구조는 KS C 4504(2007) “교류전자개폐기” “부속서 단락 보호전용 차단기와 조합하여 사용하는 교류전자개폐기”의 “6. 구조”에 적합한 것일 것.

나. 완제품은 KS C 4504(2007) “교류전자개폐기” “부속서 단락 보호전용 차단기와 조합하여 사용하는 교류전자개폐기”의 “7. 시험방법”에 의해 시험하였을 때에 “5. 성능”에 적합한 것일 것.

2. 단락보호전용 차단기는 다음 표준에 적합한 것일 것.

가. 정격전류의 1배의 전류에서 자동적으로 작동하지 아니할 것.

나. 정정전류 값은 정격전류의 13배 이하일 것.

다. 정정전류 값의 1.2배의 전류를 통하였을 경우에 0.2초 이내에 자동적으로 작동할 것.

3. 단락보호전용 퓨즈는 다음에 적합한 것일 것.

가. 정격전류의 1.3배의 전류에 견딜 것.

나. 정정전류의 10배의 전류를 통하였을 경우에 20초 이내에 용단될 것.

4. 제3호 이외에 IEC 표준을 도입한 산업용 단락보호전용 퓨즈는 표 38-7의 용단 특성에 적합한 것일 것.

[표 38-7]

정격전류의 배수	불용단시간	용단시간
4배	60초 이내	-
6.3배	-	60초 이내
8배	0.5초 이내	-
10배	0.2초 이내	-
12.5배	-	0.5초 이내
19배	-	0.1초 이내

5. 과부하 보호장치와 단락보호 전용 차단기 또는 단락보호 전용 퓨즈를 하나의 전용함 속에 넣어 시설한 것일 것.

6. 과부하 보호장치가 단락전류에 의하여 손상되기 전에 그 단락전류를 차단하는 능력을 가진 단락보호 전용 차단기 또는 단락보호 전용 퓨즈를 시설한 것일 것.

7. 과부하 보호장치와 단락보호 전용 퓨즈를 조합한 장치는 단락보호 전용 퓨즈의 정격전류가 과부하 보호장치의 정정전류(整定電流)의 값 이하가 되도록 시설한 것(그 값이 단락보호 전용 퓨즈의 표준 정격에 해당하지 아니하는 경우는 단락보호 전용 퓨즈의 정격전류가 그 값의 바로 상위의 정격이 되도록 시설한 것을 포함한다)일 것.

⑥ 저압전로에 시설하는 과전류차단기는 이를 시설하는 곳을 통과하는 단락전류를 차단하는 능력을 가지는 것이어야 한다. 다만, 그 곳을 통과하는 최대단락전류가 10 kA를 초과하는 경우에 과전류차단기로서 10 kA 이상의 단락전류를 차단하는 능력을 가지는 배선용차단기를 시설하고 그 곳으로부터 전원측의 전로에 그 배선용차단기의 단락전류를 차단하는 능력을 초과하고 그 최대단락전류 이하의 단락전류를 그

배선용차단기보다 빨리 또는 동시에 차단하는 능력을 가지는 과전류차단기를 시설하는 때에는 그러하지 아니하다.

⑦ 비포장 퓨즈는 고리퓨즈가 아니면 사용하여서는 아니 된다. 다만, 다음 각 호의 것을 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 로우렛 또는 이와 유사한 것에 넣는 정격전류가 5 A 이하인 것.
2. 경(硬)금속제로서 단자 사이의 간격은 그 정격전류에 따라 다음 각 목의 값 이상인 것.
  - 가. 정격전류 10 A 미만 10 cm
  - 나. 정격전류 20 A 미만 12 cm
  - 다. 정격전류 30 A 미만 15 cm

**제39조(고압 및 특고압 전로 중의 과전류차단기의 시설)** ① 과전류차단기로 시설하는 퓨즈 중 고압전로에 사용하는 포장 퓨즈(퓨즈 이외의 과전류 차단기와 조합하여 하나의 과전류 차단기로 사용하는 것을 제외한다)는 정격전류의 1.3배의 전류에 견디고 또한 2배의 전류로 120분 안에 용단되는 것 또는 다음에 적합한 고압전류제한퓨즈이어야 한다.

1. 구조는 KS C 4612(2006) “고압전류제한퓨즈”의 “7. 구조”에 적합한 것일 것.
2. 완성품은 KS C 4612(2006) “고압전류제한퓨즈”의 “8. 시험방법”에 의해서 시험하였을 때 “6. 성능”에 적합한 것일 것.

② 과전류차단기로 시설하는 퓨즈 중 고압전로에 사용하는 비포장 퓨즈는 정격전류의 1.25배의 전류에 견디고 또한 2배의 전류로 2분 안에 용단되는 것이어야 한다.

③ 고압 또는 특고압의 전로에 단락이 생긴 경우에 동작하는 과전류차단기는 이것을 시설하는 곳을 통과하는 단락전류를 차단하는 능력을 가지는 것이어야 한다.

④ 고압 또는 특고압의 과전류차단기는 그 동작에 따라 그 개폐상태를 표시하는 장치가 되어있는 것이어야 한다. 다만, 그 개폐상태가 쉽게 확인될 수 있는 것은 적용하지 않는다.

**제40조(과전류차단기의 시설 제한)** 접지공사의 접지선, 다선식 전로의 중성선 및 제23조 제1항부터 제3항까지의 규정에 의하여 전로의 일부에 접지공사를 한 저압 가공전선로의 접지측 전선에는 과전류차단기를 시설하여서는 안 된다. 다만, 다선식 전로의 중성선에 시설한 과전류차단기가 동작한 경우에 각 극이 동시에 차단될 때 또는 제27조제1항(제27조제4항에서 준용하는 경우를 포함한다.)의 규정에 의한 저항기·리액터 등을 사용하여 접지공사를 한 때에 과전류차단기의 동작에 의하여 그 접지선이 비접지 상태로 되지 아니할 때는 적용하지 않는다.

**제41조(지락차단장치 등의 시설)** ① 금속제 외함을 가지는 사용전압이 50 V를 초과하는 저압의 기계 기구로서 사람이 쉽게 접촉할 우려가 있는 곳에 시설하는 것에 전기를 공급하는 전로(제2항, 제166조제2항제2호, 제189조제1항제8호, 제202조제2항, 제225조제4항, 제234조제4항, 제235조제1항제11호, 제3항 및 제4항, 제236조제1항제9호, 제2항, 제3항 및 제4항, 제237조제3항제2호 및 제4항제3호, 제241조제1항

제6호, 제249조제3항에 규정하는 것 및 관등회로를 제외한다. 이하 이 항에서 같다)에는 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 하여야 한다. 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우는 적용하지 않는다.

1. 기계기구를 발전소·변전소·개폐소 또는 이에 준하는 곳에 시설하는 경우.
2. 기계기구를 건조한 곳에 시설하는 경우.
3. 대지전압이 150 V 이하인 기계기구를 물기가 있는 곳 이외의 곳에 시설하는 경우
4. 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 2중 절연구조의 기계기구를 시설하는 경우
5. 그 전로의 전원측에 절연변압기(2차 전압이 300 V 이하인 경우에 한한다)를 시설하고 또한 그 절연변압기의 부하측의 전로에 접지하지 아니하는 경우.
6. 기계기구가 고무·합성수지 기타 절연물로 피복된 경우
7. 기계기구가 유도전동기의 2차측 전로에 접속되는 것일 경우
8. 기계기구가 제12조제8호에 규정하는 것일 경우
9. 기계기구내에 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 누전차단기를 설치하고 또한 기계기구의 전원연결선이 손상을 받을 우려가 없도록 시설하는 경우

② 특고압전로, 고압전로 또는 저압전로에 변압기에 의하여 결합되는 사용전압 400 V 이상의 저압전로 또는 발전기에서 공급하는 사용전압 400 V 이상의 저압전로(발전소 및 변전소와 이에 준하는 곳에 있는 부분의 전로를 제외한다. 이하 이항에서 같다)에는 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설하여야 한다.

③ 고압 및 특고압 전로 중 다음 각 호에 열거하는 곳 또는 이에 근접한 곳에는 전로(제2호의 곳 또는 이에 근접한 곳에 시설하는 경우에는 수전점의 부하측의 전로, 제3호의 곳 또는 이에 근접한 곳에 시설하는 경우에는 배전용 변압기의 부하측의 전로, 이하 이 항 및 제4항에서 같다)에 지락(전기철도용 급전선에 있어서는 과전류)이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설하여야 한다. 다만, 전기사업자로부터 공급을 받는 수전점에서 수전하는 전기를 모두 그 수전점에 속하는 수전장에서 변성하거나 또는 사용하는 경우는 그러하지 아니하다.

1. 발전소·변전소 또는 이에 준하는 곳의 인출구
  2. 다른 전기사업자로부터 공급받는 수전점
  3. 배전용변압기(단권변압기를 제외한다)의 시설 장소
- ④ 저압 또는 고압전로로서 비상용 조명장치·비상용승강기·유도등·철도용 신호장치, 300 V 초과 1 kV 이하의 비접지 전로, 제27조제6항의 규정에 의한 전로, 기타 그 정지가 공공의 안전 확보에 지장을 줄 우려가 있는 기계기구에 전기를 공급하는 것에는 전로에 지락이 생겼을 때에 이를 기술원 감시소에 경보하는 장치를 설치한 때에는 제1항부터 제3항까지에 규정하는 장치를 시설하지 않을 수 있다.
- ⑤ 다음 각 호의 전로에는 전기용품안전기준 “KC60947-2의 부속서 P”의 적용을 받는

자동복구 기능을 갖는 누전차단기를 시설할 수 있다.

1. 독립된 무인 통신중계소·기지국
2. 관련법령에 의해 일반인의 출입을 금지 또는 제한하는 곳
3. 옥외의 장소에 무인으로 운전하는 통신중계기 또는 단위기기 전용회로, 단, 일반인이 특정한 목적을 위해 지체하는(머물러 있는) 장소로서 버스정류장, 횡단보도 등에는 시설할 수 없다.

⑥ IEC 표준을 도입한 누전차단기로 저압전로에 사용하는 경우 일반인이 접촉할 우려가 있는 장소(세대내 분전반 및 이와 유사한 장소)에는 주택용 누전차단기를 시설하여야 한다.

**제42조(피뢰기의 시설)** ① 고압 및 특고압의 전로 중 다음 각 호에 열거하는 곳 또는 이에 근접한 곳에는 피뢰기를 시설하여야 한다.

1. 발전소·변전소 또는 이에 준하는 장소의 가공전선 인입구 및 인출구
2. 가공전선로에 접속하는 제29조의 배전용 변압기의 고압측 및 특고압측
3. 고압 및 특고압 가공전선로로부터 공급을 받는 수용장소의 인입구
4. 가공전선로와 지중전선로가 접속되는 곳

② 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 제1항의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

1. 제1항 각 호의 곳에 직접 접속하는 전선이 짧은 경우
2. 제1항 각 호의 경우 피보호기기가 보호범위 내에 위치하는 경우

**제43조(피뢰기의 접지)** 고압 및 특고압의 전로에 시설하는 피뢰기에는 제1종 접지공사를 하여야 한다. 다만, 고압가공전선로에 시설하는 피뢰기(제42조제1항의 규정에 의하여 시설하는 것을 제외한다. 이하 이 조에서 같다)를 제23조제2항 및 제3항의 규정에 의하여 제2종 접지공사를 한 변압기에 근접하여 시설하는 경우에는 다음 각 호의 어느 하나에 해당할 때 또는 고압가공전선로에 시설하는 피뢰기(제23조제1항부터 제3항까지의 규정에 의하여 제2종 접지공사를 한 변압기에 근접하여 시설하는 것을 제외한다)의 제1종 접지공사의 접지선이 그 제1종 접지공사 전용의 것인 경우에 그 제1종 접지공사의 접지저항 값이 30 Ω 이하인 때에는 그 제1종 접지공사의 접지저항 값에 관하여는 제18조제1항의 규정을 적용하지 아니한다.

1. 피뢰기의 제1종 접지공사의 접지극을 변압기의 제2종 접지공사의 접지극으로부터 1m 이상 격리하여 시설하는 경우에 그 제1종 접지공사의 접지저항 값이 30 Ω 이하인 때
2. 피뢰기의 제1종 접지공사의 접지선과 변압기의 제2종 접지공사의 접지선을 변압기에 근접한 곳에서 접속하여 다음에 의하여 시설하는 경우에 그 제1종 접지공사의 접지저항 값이 75 Ω 이하인 때 또는 그 제2종 접지공사의 접지저항 값이 65 Ω 이하인 때
  - 가. 변압기를 중심으로 하는 반지름 50m의 원과 반지름 300m의 원으로 둘러 싸여지는 지역에서 그 변압기에 접속하는 제2종 접지공사가 되어있는 저압 가공

전선(인장강도 5.26 kN 이상인 것 또는 지름 4 mm 이상의 경동선에 한한다)의 한 곳 이상에 제19조제3항 및 제4항의 규정에 준하는 접지공사(접지선으로 공칭단면적 6 mm<sup>2</sup> 이상인 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굽기의 쉽게 부식하지 않는 금속선을 사용하는 것에 한한다)를 할 것. 다만, 그 제2종 접지공사의 접지선이 제23조제3항 및 제4항에 규정하는 가공 공동지선(그 변압기를 중심으로 하는 지름 300m의 원 안에서 제2종 접지공사가 되어 있는 것에 한한다)인 경우에는 그러하지 아니하다.

나. 피뢰기의 제1종 접지공사, 변압기의 제2종 접지공사, “가”의 규정에 의하여 저압가공 전선에 제19조제3항 및 제4항의 규정에 준하여 행한 접지공사 및 “가” 단서의 가공 공동지선에서의 합성 접지저항 값은 20 Ω 이하일 것.

3. 피뢰기의 제1종 접지공사의 접지선과 제23조제2항 및 제3항에 의하여 제2종 접지공사가 시설된 변압기의 저압가공전선 또는 가공공동지선과를 그 변압기가 시설된 지지물 이외의 지지물에서 접속하고 또한 다음에 의하여 시설하는 경우에 그 제1종 접지공사의 접지저항 값이 65 Ω 이하인 때

가. 변압기에 접속하는 저압가공전선 및 그것에 시설하는 접지공사 또는 그 변압기에 접속하는 가공공동지선은 제2호 “가”의 규정에 의하여 시설할 것.

나. 피뢰기의 제1종 접지공사는 변압기를 중심으로 하는 반지름 50m 이상의 지역으로 또한 그 변압기와 “가”의 규정에 의하여 시설하는 접지공사와의 사이에 시설할 것. 다만, 가공공동지선과 접속하는 그 피뢰기의 제1종 접지공사는 변압기를 중심으로 하는 반지름 50m 이내 지역에 시설할 수 있다.

다. 피뢰기의 제1종 접지공사, 변압기의 제2종 접지공사, “가”의 규정에 의하여 저압가공전선에 시설한 접지공사 및 “가”의 규정에 의한 가공공동지선의 합성저항 값은 16 Ω 이하 일 것.

**제2장 발전소·변전소·개폐소 또는 이에 준하는 곳의 시설**

**제44조(발전소 등의 울타리·담 등의 시설)** ① 고압 또는 특고압의 기계기구·모선 등을 옥외에 시설하는 발전소·변전소·개폐소 또는 이에 준하는 곳에는 다음 각 호에 따라 구내에 취급자 이외의 사람이 들어가지 아니하도록 시설하여야 한다. 다만, 토지의 상황에 의하여 사람이 들어갈 우려가 없는 곳은 그러하지 아니하다.

1. 울타리·담 등을 시설할 것.
2. 출입구에는 출입금지의 표시를 할 것.
3. 출입구에는 자물쇠장치 기타 적당한 장치를 할 것.

② 제1항의 울타리·담 등은 다음의 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 울타리·담 등의 높이는 2m 이상으로 하고 지표면과 울타리·담 등의 하단사이의 간격은 15cm 이하로 할 것.

2. 울타리·담 등과 고압 및 특고압의 충전 부분이 접근하는 경우에는 울타리·담 등의 높이와 울타리·담 등으로부터 충전부분까지 거리의 합계는 표 44-1에서 정한 값 이상으로 할 것.

[표 44-1]

사용전압의 구분	울타리·담 등의 높이와 울타리·담 등으로부터 충전부분까지의 거리의 합계
35 kV 이하	5 m
35 kV 초과 160 kV 이하	6 m
160 kV 초과	6 m에 160 kV를 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 12 cm를 더한 값

③ 고압 또는 특고압의 기계기구, 모선 등을 옥내에 시설하는 발전소·변전소·개폐소 또는 이에 준하는 곳에는 다음 각 호의 어느 하나에 의하여 구내에 취급자 이외의 자가 들어가지 아니하도록 시설하여야 한다. 다만, 제1항의 규정에 의하여 시설한 울타리·담 등의 내부는 그러하지 아니하다.

1. 울타리·담 등을 제2항의 규정에 준하여 시설하고 또한 그 출입구에 출입금지 표시와 자물쇠장치 기타 적당한 장치를 할 것.
2. 견고한 벽을 시설하고 그 출입구에 출입금지 표시와 자물쇠장치 기타 적당한 장치를 할 것.

④ 고압 또는 특고압 가공전선(전선에 케이블을 사용하는 경우는 제외함)과 금속제의 울타리·담 등이 교차하는 경우에 금속제의 울타리·담 등에는 교차점과 좌, 우로 45m 이내의 개소에 제1종 접지공사를 하여야 한다. 또한 울타리·담 등에 문 등이 있는 경우에는 접지공사를 하거나 울타리·담 등과 전기적으로 접속하여야 한다. 다만, 토지의 상황에 의하여 제1종 접지저항 값을 얻기 어려운 경우에는 제3종 접지공사에 의하고 또한 고압 가공전선로는 고압보안공사, 특고압 가공전선로는 제2종 특고압 보안공사에 의하여 시설할 수 있다.

⑤ 공장 등의 구내(구내 경계 전반에 울타리, 담 등을 시설하고, 일반인이 들어가지 않게 시설한 것에 한한다)에 있어서 옥외 또는 옥내에 고압 또는 특고압의 기계기구 및 모선 등을 시설하는 발전소·변전소·개폐소 또는 이에 준하는 곳에는 “위험” 경고 표시를 하고 제31조 및 제36조 규정에 준하여 시설하는 경우에는 제1항 및 제3항의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

⑥ 기술기준 제21조제5항에 따라 내진설계를 하는 경우에는 한국전기기술기준위원회 표준 KECG 9701-2014 및 KECC 7701-2014를 참고할 수 있다.

**제45조(절연유의 구외 유출방지)** 사용전압이 100kV 이상의 변압기를 설치하는 곳에는 절연유의 구외 유출 및 지하침투를 방지하기 위하여 다음 각 호에 따라 절연유 유출 방지설비를 하여야 한다.

1. 변압기 주변에 집유조 등을 설치할 것.
2. 절연유 유출방지설비의 용량은 변압기 탱크 내장유량의 50% 이상으로 할 것. 다

만, 주수식(注水式)의 소화설비 사용이 예상될 경우는 초기소화 및 공공소방차의 방수소요량을 고려할 것.

3. 위의 2호에서 변압기 탱크가 2개 이상일 경우에는 공동의 집유조 등을 설치할 수 있으며 그 용량은 변압기 1 탱크 내장유량이 최대인 것의 50% 이상일 것.

**제46조(특고압전로의 상 및 접속 상태의 표시)** ① 발전소·변전소 또는 이에 준하는 곳의 특고압전로에는 그의 보기 쉬운 곳에 상별(相別) 표시를 하여야 한다.

② 발전소·변전소 또는 이에 준하는 곳의 특고압전로에 대하여는 그 접속 상태를 모의모선(模擬母線)의 사용 기타의 방법에 의하여 표시하여야 한다. 다만, 이러한 전로에 접속하는 특고압전선로의 회선수가 2 이하이고 또한 특고압의 모선이 단일모선인 경우에는 그러하지 아니하다.

**제47조(발전기 등의 보호장치)** ① 발전기에는 다음 각 호의 경우에 자동적으로 이를 전로로부터 차단하는 장치를 시설하여야 한다.

1. 발전기에 과전류나 과전압이 생긴 경우
2. 용량이 500kVA 이상의 발전기를 구동하는 수차의 압유 장치의 유압 또는 전동식 가이드밴 제어장치, 전동식 니이틀 제어장치 또는 전동식 디플렉터 제어장치의 전원전압이 현저히 저하한 경우
3. 용량 100kVA 이상의 발전기를 구동하는 풍차(風車)의 압유장치의 유압, 압축 공기장치의 공기압 또는 전동식 브레이드 제어장치의 전원전압이 현저히 저하한 경우
4. 용량이 2,000kVA 이상인 수차 발전기의 스톱베어링의 온도가 현저히 상승한 경우
5. 용량이 10,000kVA 이상인 발전기의 내부에 고장이 생긴 경우
6. 정격출력이 10,000kW를 초과하는 증기터빈은 그 스톱베어링이 현저하게 마모되거나 그의 온도가 현저히 상승한 경우

② 연료전지는 다음 각 호의 경우에 자동적으로 이를 전로에서 차단하고 연료전지에 연료가스 공급을 자동적으로 차단하며 연료전지내의 연료가스를 자동적으로 배제하는 장치를 시설하여야 한다.

1. 연료전지에 과전류가 생긴 경우
2. 발전요소(發電要素)의 발전전압에 이상이 생겼을 경우 또는 연료가스 출구에서의 산소농도 또는 공기 출구에서의 연료가스 농도가 현저히 상승한 경우
3. 연료전지의 온도가 현저하게 상승한 경우

③ 상용 전원으로 쓰이는 축전지에는 이에 과전류가 생겼을 경우에 자동적으로 이를 전로로부터 차단하는 장치를 시설하여야 한다.

**제48조(특고압용 변압기의 보호장치)** 특고압용의 변압기에는 그 내부에 고장이 생겼을 경우에 보호하는 장치를 표 48-1과 같이 시설하여야 한다. 다만, 변압기의 내부에 고장이 생겼을 경우에 그 변압기의 전원인 발전기를 자동적으로 정지하도록 시설한 경우에는 그 발전기의 전로로부터 차단하는 장치를 하지 아니하여도 된다.

[표 48-1]

뱅크용량의 구분	동작조건	장치의 종류
5,000 kVA 이상 10,000 kVA 미만	변압기내부고장	자동차단장치 또는 경보장치
10,000 kVA 이상	변압기내부고장	자동차단장치
타냉식변압기(변압기의 권선 및 철심을 직접 냉각시키기 위하여 봉입한 냉매를 강제 순환시키는 냉각 방식을 말한다)	냉각장치에 고장이 생긴 경우 또는 변압기의 온도가 현저히 상승한 경우	경보장치

제49조(조상설비의 보호장치) 조상설비에는 그 내부에 고장이 생긴 경우에 보호하는 장치를 표 49-1과 같이 시설하여야 한다.

[표 49-1]

설비종별	뱅크용량의 구분	자동적으로 전로부터 차단하는 장치
전력용 커패시터 및 분로리액터	500 kVA 초과 15,000 kVA 미만	내부에 고장이 생긴 경우에 동작하는 장치 또는 과전류가 생긴 경우에 동작하는 장치
	15,000 kVA 이상	내부에 고장이 생긴 경우에 동작하는 장치 및 과전류가 생긴 경우에 동작하는 장치 또는 과전압이 생긴 경우에 동작하는 장치
조상기(調相機)	15,000 kVA 이상	내부에 고장이 생긴 경우에 동작하는 장치

제50조(계측장치) ① 발전소에는 다음 각 호의 사항을 계측하는 장치를 시설하여야 한다. 다만, 태양전지 발전소는 연계하는 전력계통에 그 발전소 이외의 전원이 없는 것에 대하여는 그러하지 아니하다.

- 발전기·연료전지 또는 태양전지 모듈(복수의 태양전지 모듈을 설치하는 경우에는 그 집합체)의 전압 및 전류 또는 전력
  - 발전기의 베어링(수중 메탈을 제외한다) 및 고정자(固定子)의 온도
  - 정격출력이 10,000 kW를 초과하는 증기터빈에 접속하는 발전기의 진동의 진폭(정격출력이 400,000 kW 이상의 증기터빈에 접속하는 발전기는 이를 자동적으로 기록하는 것에 한한다)
  - 주요 변압기의 전압 및 전류 또는 전력
  - 특고압용 변압기의 온도
- ② 정격출력이 10 kW 미만의 내연력 발전소는 연계하는 전력계통에 그 발전소 이외의 전원이 없는 것에 대해서는 제1항제1호 및 제4호의 사항 중 전류 및 전력을 측

정하는 장치를 시설하지 아니할 수 있다.

- 동기발전기(同期發電機)를 시설하는 경우에는 동기검정장치를 시설하여야 한다. 다만, 동기발전기를 연계하는 전력계통에는 그 동기발전기 이외의 전원이 없는 경우 또는 동기발전기의 용량이 그 발전기를 연계하는 전력계통의 용량과 비교하여 현저히 적은 경우에는 그러하지 아니하다.
- 변전소 또는 이에 준하는 곳에는 다음 각 호의 사항을 계측하는 장치를 시설하여야 한다. 다만, 전기철도용 변전소는 주요 변압기의 전압을 계측하는 장치를 시설하지 아니할 수 있다.
  - 주요 변압기의 전압 및 전류 또는 전력
  - 특고압용 변압기의 온도
- 동기조상기를 시설하는 경우에는 다음 각 호의 사항을 계측하는 장치 및 동기검정장치를 시설하여야 한다. 다만, 동기조상기의 용량이 전력계통의 용량과 비교하여 현저히 적은 경우에는 동기검정장치를 시설하지 아니할 수 있다.
  - 동기조상기의 전압 및 전류 또는 전력
  - 동기조상기의 베어링 및 고정자의 온도

제51조(수소냉각식 발전기 등의 시설) 수소냉각식의 발전기·조상기 또는 이에 부속하는 수소 냉각 장치는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

- 발전기 또는 조상기는 기밀구조(氣密構造)의 것이고 또한 수소가 대기압에서 폭발하는 경우에 생기는 압력에 견디는 강도를 가지는 것일 것.
- 발전기축의 밀봉부에는 질소 가스를 봉입할 수 있는 장치 또는 발전기축의 밀봉부로부터 누설된 수소 가스를 안전하게 외부에 방출할 수 있는 장치를 설치할 것.
- 발전기안 또는 조상기안의 수소의 순도가 85 % 이하로 저하한 경우에 이를 경보하는 장치를 시설할 것.
- 발전기안 또는 조상기안의 수소의 압력을 계측하는 장치 및 그 압력이 현저히 변동한 경우에 이를 경보하는 장치를 시설할 것.
- 발전기안 또는 조상기안의 수소의 온도를 계측하는 장치를 시설할 것.
- 발전기안 또는 조상기 안으로 수소를 안전하게 도입할 수 있는 장치 및 발전기안 또는 조상기안의 수소를 안전하게 외부로 방출할 수 있는 장치를 시설할 것.
- 수소를 통하는 관은 동관 또는 이음매 없는 강관이여야 하며 또한 수소가 대기압에서 폭발하는 경우에 생기는 압력에 견디는 강도의 것일 것.
- 수소를 통하는 관·밸브 등은 수소가 새지 아니하는 구조로 되어 있을 것.
- 발전기 또는 조상기에 붙인 유리제의 점검 창 등은 쉽게 파손되지 아니하는 구조로 되어 있을 것.

제52조(가스절연기기 등의 압력용기의 시설) ① 발전소·변전소·개폐소 또는 이에 준하는 곳에 시설하는 가스 절연기기는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

- 100 kPa를 초과하는 절연가스의 압력을 받는 부분으로써 외기에 접하는 부분은 다음 각 목의 어느 하나에 적합하여야 한다.

가. 최고사용압력의 1.5배의 수압(수압을 연속하여 10분간 가하여 시험을 하기 어려울 때에는 최고사용압력의 1.25배의 기압)을 연속하여 10분간 가하여 시험하였을 때 이에 견디고 또한 새지 아니하는 것일 것. 다만, 가스 압축기에 접속하여 사용하지 아니하는 가스절연기기는 최고사용압력의 1.25배의 수압을 연속하여 10분간 가하였을 때 이에 견디고 또한 누설이 없는 경우에는 그러하지 아니하다.

나. 정격전압이 52 kV를 초과하는 가스절연기기로서 용접된 알루미늄 및 용접된 강판 구조일 경우는 설계압력의 1.3배, 주물형 알루미늄 및 복합알루미늄(composite aluminium) 구조일 경우는 설계압력의 2배를 1분 이상 가하였을 때 파열이나 변형이 나타나지 않을 것.

2. 절연가스는 가연성·부식성 또는 유독성의 것이 아닐 것.
3. 절연가스 압력의 저하로 절연과괴가 생길 우려가 있는 것은 절연가스의 압력저하를 경보하는 장치 또는 절연가스의 압력을 계속하는 장치를 설치할 것.
4. 가스 압축기를 가지는 것은 가스 압축기의 최종단(最終段) 또는 압축절연 가스를 통하는 관의 가스 압축기에 근접하는 곳 및 가스절연기기 또는 압축 절연가스를 통하는 관의 가스 절연기기에 근접하는 곳에는 최고사용압력 이하의 압력으로 동작하고 또한 KS B 6216 “증기용 및 가스용 스프링 안전밸브”에 적합한 안전밸브를 설치할 것.

② 발전소·변전소·개폐소 또는 이에 준하는 곳에서 개폐기 또는 차단기에 사용하는 압축공기장치는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 공기압축기는 최고 사용압력의 1.5배의 수압(수압을 연속하여 10분간 가하여 시험을 하기 어려울 때에는 최고 사용압력의 1.25배의 기압)을 연속하여 10분간 가하여 시험을 하였을 때 이에 견디고 또한 새지 아니할 것.
2. 공기탱크는 제1호의 규정에 준하는 이외에 다음에 의할 것.

가. 재료는 KS B 6750(2012) “압력용기-설계 및 제조 일반”의 “5 재료”에 적합한 것이어야 하고, 재료의 허용응력은 KS B 6750(2012) “압력용기-설계 및 제조 일반”의 “6 설계”또는 최대 허용 응력 값”에 적합한 것일 것.

나. 구조는 다음 표준에 적합한 것일 것.

- (1) 동체는 원통형으로 그 진원도는 KS B 6750(2012) “압력용기-설계 및 제조 일반”의 “7.1.6 원통형, 원추형 및 구형 동체의 허용 진원도 편차”에 적합할 것.
- (2) 동관의 두께는 KS B 6750(2012) “압력용기-설계 및 제조 일반”의 “6.1.1 일반사항 (b) 압력 유지 구성품의 최소 두께”, “6.1.10 부식” 및 “6.1.12 내압을 받는 동체의 두께”에 적합할 것.
- (3) 경관의 모양은 KS B 6750(2012) “압력용기-설계 및 제조 일반”의 “7.1.7 성형 경관의 허용오차”에 적합할 것.
- (4) 경관의 두께는 KS B 6750(2012) “압력용기-설계 및 제조 일반”의 “6.3.2

경관 설계”에 적합할 것.

- (5) 평관의 두께는 KS B 6750(2012) “압력용기-설계 및 제조 일반”의 “6.1.9 스테어로 지지되지 않는 평 경관 및 덮개 (C)두께”에 적합할 것.
- (6) 구멍은 KS B 6750(2012) “압력용기-설계 및 제조 일반”의 “6.1.21 구멍 및 보강”에 적합할 것.
- (7) 용접 이음의 효율은 KS B 6750(2012) “압력용기-설계 및 제조 일반”의 “6.2.5 용접 이음 효율”에 준할 것.
- (8) 주요 재료의 수치의 허용차는 KS B 6750(2012) “압력용기-설계 및 제조 일반”의 “6.1.1 일반사항 c) 관의 미달 허용오차, d) 관의 미달 허용오차”에 준할 것.

다. 사용 압력에서 공기의 보급이 없는 상태로 개폐기 또는 차단기의 투입 및 차단을 연속하여 1회 이상 할 수 있는 용량을 가지는 것일 것.

라. 내식성을 가지지 아니하는 재료를 사용하는 경우에는 외면에 산화방지를 위한 도장을 할 것.

3. 압축공기를 통하는 관은 제1호 및 제2호 “가”의 규정에 준하는 이외에 KS B 6750 (2012) “압력용기-설계 및 제조 일반”의 “11 동체-튜브식 열교환기” 및 KS B 6281 “냉동용 압력용기의 구조”의 “5.4.9 관의 강도” 또는 제2호 “나”의 (6)부터 (8)까지의 표준에 적합한 구조로 되어 있을 것.
4. 공기압축기·공기탱크 및 압축공기를 통하는 관은 용접에 의한 잔류응력이 생기거나 나사의 조임에 의하여 무리한 하중이 걸리지 아니하도록 할 것.
5. 공기압축기의 최종단(最終段) 또는 압축공기를 통하는 관의 공기압축기에 근접하는 곳 및 공기탱크 또는 압축공기를 통하는 관의 공기탱크에 근접하는 곳에는 최고 사용압력 이하의 압력으로 동작하고 또한 KS B 6216 “증기용 및 가스용 스프링 안전밸브”에 적합한 안전밸브를 시설할 것. 다만, 압력 1 MPa 미만인 압축공기장치는 최고사용압력 이하의 압력으로 동작하는 안전장치로서 이에 갈음할 수 있다.
6. 주 공기탱크의 압력이 저하한 경우에 자동적으로 압력을 회복하는 장치를 시설할 것.
7. 주 공기탱크 또는 이에 근접한 곳에는 사용압력의 1.5배 이상 3배 이하의 최고 눈금이 있는 압력계를 시설할 것.

**제53조(배전반의 시설)** ① 발전소·변전소·개폐소 또는 이에 준하는 곳에 시설하는 배전반에 붙이는 기구 및 전선(관에 넣은 전선 및 제136조제4항제2호에 규정하는 개장한 케이블을 제외한다)은 점검할 수 있도록 시설하여야 한다.

② 제1항의 배전반에 고압용 또는 특고압용의 기구 또는 전선을 시설하는 경우에는 취급자에게 위험이 미치지 아니하도록 적당한 방호장치 또는 통로를 시설하여야 하며, 기기조작에 필요한 공간을 확보하여야 한다.

**제54조(태양전지 모듈 등의 시설)** ① 태양전지 발전소에 시설하는 태양전지 모듈, 전선 및 개폐기 기타 기구는 다음의 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 충전부분은 노출되지 아니하도록 시설할 것.

2. 태양전지 모듈에 접속하는 부하측의 전로(복수의 태양전지 모듈을 시설한 경우에는 그 집합체에 접속하는 부하측의 전로)에는 그 접속점에 근접하여 개폐기 기타 이와 유사한 기구(부하전류를 개폐할 수 있는 것에 한한다)를 시설할 것.
3. 태양전지 모듈을 병렬로 접속하는 전로에는 그 전로에 단락이 생긴 경우에 전로를 보호하는 과전류차단기 기타의 기구를 시설할 것. 다만, 그 전로가 단락전류에 견딜 수 있는 경우에는 그러하지 아니하다.
4. 전선은 다음에 의하여 시설할 것. 다만, 기계기구의 구조상 그 내부에 안전하게 시설할 수 있을 경우에는 그러하지 아니하다.
  - 가. 전선은 공칭단면적 2.5mm<sup>2</sup> 이상의 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 것일 것.
  - 나. 옥내에 시설할 경우에는 합성수지관공사, 금속관공사, 가요전선관공사 또는 케이블공사로 제183조, 제184조, 제186조 또는 제193조, 제195조제2항 및 제196조제2항, 제3항의 규정에 준하여 시설할 것.
  - 다. 옥측 또는 옥외에 시설할 경우에는 합성수지관공사, 금속관공사, 가요전선관공사 또는 케이블공사로 제183조, 제184조, 제186조 또는 제218조제1항제7호 및 제195조제2항, 제196조제2항 및 제3항의 규정에 준하여 시설할 것.
5. 태양전지 모듈 및 개폐기 그 밖의 기구에 전선을 접속하는 경우에는 나사 조임 그 밖에 이와 동등 이상의 효력이 있는 방법에 의하여 견고하고 또한 전기적으로 완전하게 접속함과 동시에 접속점에 장력이 가해지지 않도록 시설하며 출력배선은 극성별로 확인 가능토록 표시할 것.
6. 태양전지 모듈의 프레임은 지지물과 전기적으로 완전하게 접속하여야 한다.
7. 태양전지 발전설비의 직류 전로에 지락이 발생했을 때 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설해야 한다.

② 태양전지 모듈의 지지물은 자중, 적재하중, 적설 또는 풍압 및 지진 기타의 진동과 충격에 대하여 안전한 구조의 것이어야 한다.

**제55조(상주 감시를 하지 아니하는 발전소의 시설)** ① 발전소의 운전에 필요한 지식 및 기능을 가진 자(이하 이 조에서 "기술원"이라 한다)가 그 발전소에서 상주 감시를 하지 아니하는 발전소는 다음 각 호의 어느 하나에 의하여 시설하여야 한다.

1. 원동기 및 발전기 또는 연료전지에 자동부하조정장치 또는 부하제한장치를 시설하는 수력발전소, 풍력발전소, 내연력발전소, 연료전지발전소(출력 500kW 미만으로서 연료개질계통설비의 압력이 100kPa 미만의 인산형의 것에 한 한다. 이하 이 조에서 같다) 및 태양전지발전소로서 전기공급에 지장을 주지 아니하고 또한 기술원이 그 발전소를 수시 순회하는 경우
  2. 수력발전소, 풍력발전소, 내연력발전소, 연료전지발전소 및 태양전지발전소로서 그 발전소를 원격감시 제어하는 제어소(이하 이 조 및 제153조에서 "발전제어소"라 한다)에 기술원이 상주하여 감시하는 경우
- ② 제1항에 규정하는 발전소는 비상용 예비 전원을 얻을 목적으로 시설하는 것 이외

에는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 다음과 같은 경우에는 발전기를 전로에서 자동적으로 차단하고 또한 수차 또는 풍차를 자동적으로 정지하는 장치 또는 내연기관에 연료 유입을 자동적으로 차단하는 장치를 시설할 것. 다만, "가" "나" 또는 "다"의 경우 수차의 무구속회전이 정지될 때까지의 사이에 회전부가 구조상 안전하고 또 이 사이에 하류에 방류로 인한 인체에 위해를 미치지 않으며 또한 물건에 손상을 줄 위험이 없을 경우에는 "가" "나" 또는 "다"의 경우에, 발전기를 자동적으로 무부하 또는 무여자(無勵磁)로 하는 장치를 시설하는 경우에는 "다"의 경우에, 수차의 스톱스트 베어링이 구조상 과열의 우려가 없는 경우에는 "라"의 경우의 수차를 자동적으로 정지시키는 장치의 시설을 하지 아니하여도 된다.
  - 가. 원동기 제어용의 압유장치의 유압, 압축 공기장치의 공기압 또는 전동 제어 장치의 전원 전압이 현저히 저하한 경우
  - 나. 원동기의 회전속도가 현저히 상승한 경우
  - 다. 발전기에 과전류가 생긴 경우
  - 라. 정격 출력이 500kW 이상의 원동기(풍차를 시가지 그 밖에 인가가 밀집된 지역에 시설하는 경우에는 100kW 이상) 또는 그 발전기의 베어링의 온도가 현저히 상승한 경우
  - 마. 용량이 2,000kVA 이상의 발전기의 내부에 고장이 생긴 경우
  - 바. 내연기관의 냉각수 온도가 현저히 상승한 경우 또는 냉각수의 공급이 정지된 경우
  - 사. 내연기관의 윤활유 압력이 현저히 저하한 경우
  - 아. 내연력 발전소의 제어회로 전압이 현저히 저하한 경우
  - 자. 시가지 그 밖에 인가 밀집지역에 시설하는 것으로서 정격 출력이 10kW 이상의 풍차의 중요한 베어링 또는 그 부근의 축에서 회전중에 발생하는 진동의 진폭이 현저히 증대된 경우
2. 다음의 경우에 연료전지를 자동적으로 전로로부터 차단하여 연료전지, 연료 개질계통 설비 및 연료기화기에의 연료의 공급을 자동적으로 차단하고 또한 연료전지 및 연료 개질계통 설비의 내부의 연료가스를 자동적으로 배제하는 장치를 시설할 것.
  - 가. 발전소의 운전 제어 장치에 이상이 생긴 경우
  - 나. 발전소의 제어용 압유장치의 유압, 압축 공기 장치의 공기압 또는 전동식 제어장치의 전원전압이 현저히 저하한 경우
  - 다. 설비내의 연료가스를 배제하기 위한 불활성 가스 등의 공급 압력이 현저히 저하한 경우
3. 다음의 경우에 제1항제2호의 발전소에서는 발전 제어소에 경보하는 장치를 시설할 것. 다만, "다" 또는 "라"의 경우에 수력발전소 또는 풍력발전소의 발전기 및 변압기를 전로에서 자동적으로 차단하고 또한 수차 또는 풍차를 자동적으로 정지하는 장치를 시설하는 경우에는 발전 제어소에 경보하는 장치의 시설을 하지 아니



하여도 된다.

가. 원동기가 자동정지한 경우

나. 운전조작에 필요한 차단기가 자동적으로 차단된 경우(차단기가 자동적으로 재폐로 된 경우를 제외한다)

다. 수력발전소 또는 풍력발전소의 제어회로 전압이 현저히 저하한 경우

라. 특고압용 타냉식 변압기(他冷式變壓器)의 온도가 현저히 상승한 경우 또는 냉각장치가 고장인 경우

마. 발전소 안에 화재가 발생한 경우

바. 내연기관의 연료유면(燃料油面)이 이상 저하된 경우

사. 가스절연기기(압력의 저하에 따라 절연과괴 등이 생길 우려가 없는 것을 제외한다)의 절연가스의 압력이 현저히 저하한 경우

4. 제1항제2호의 발전소에 대하여는 발전 제어소에 다음의 장치를 시설할 것. 다만, “라”의 차단기중 자동재폐로 장치를 한 고압 또는 25 kV 이하인 특고압의 배전선로용의 것은 이를 조작하는 장치의 시설을 하지 아니하여도 된다.

가. 원동기 및 발전기, 연료전지 또는 태양전지 모듈(복수의 태양전지 모듈을 시설하는 경우에는 그 집합체)의 부하를 조정하는 장치

나. 운전 및 정지를 조작하는 장치 및 감시하는 장치

다. 운전 조작에 상시 필요한 차단기를 조작하는 장치 및 개폐상태를 감시하는 장치

라. 고압 또는 특고압의 배전선로용 차단기를 조작하는 장치 및 개폐를 감시하는 장치

**제56조(상주 감시를 하지 아니하는 변전소의 시설)** ① 변전소(이에 준하는 곳으로서 50 kV를 초과하는 특고압의 전기를 변성하기 위한 것을 포함한다. 이하 이 조에서 같다)의 운전에 필요한 지식 및 기능을 가진 자(이하 이 조에서 “기술원”이라고 한다)가 그 변전소에 상주하여 감시를 하지 아니하는 변전소는 다음 각 호에 따라 시설하는 경우에 한한다.

1. 사용전압이 170 kV 이하의 변압기를 시설하는 변전소로서 기술원이 수시로 순회하거나 그 변전소를 원격감시 제어하는 제어소(이하 이 조 및 제153조에서 “변전 제어소”라 한다)에서 상시 감시하는 경우

2. 사용전압이 170 kV를 초과하는 변압기를 시설하는 변전소로서 변전제어소에서 상시 감시하는 경우

② 제1항제1호에 규정하는 변전소는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 다음의 경우에는 변전제어소 또는 기술원이 상주하는 장소에 경보장치를 시설할 것.  
가. 운전조작에 필요한 차단기가 자동적으로 차단한 경우(차단기가 재폐로한 경우를 제외한다)

나. 주요 변압기의 전원측 전로가 무전압으로 된 경우

다. 제어 회로의 전압이 현저히 저하한 경우

라. 옥내변전소에 화재가 발생한 경우

마. 출력 3,000 kVA를 초과하는 특고압용변압기는 그 온도가 현저히 상승한 경우

바. 특고압용 타냉식변압기는 그 냉각장치가 고장 난 경우

사. 조상기는 내부에 고장이 생긴 경우

아. 수소냉각식조상기는 그 조상기안의 수소의 순도가 90 % 이하로 저하한 경우, 수소의 압력이 현저히 변동한 경우 또는 수소의 온도가 현저히 상승한 경우

자. 가스절연기기(압력의 저하에 의하여 절연과괴 등이 생길 우려가 없는 경우를 제외한다)의 절연가스의 압력이 현저히 저하한 경우

2. 수소냉각식 조상기를 시설하는 변전소는 그 조상기안의 수소의 순도가 85 % 이하로 저하한 경우에 그 조상기를 전로로부터 자동적으로 차단하는 장치를 시설할 것.

3. 전기철도용 변전소는 주요 변성기기에 고장이 생긴 경우 또는 전원측 전로의 전압이 현저히 저하한 경우에 그 변성기기를 자동적으로 전로로부터 차단하는 장치를 할 것. 다만, 경미한 고장이 생긴 경우에 기술원주재소에 경보하는 장치를 하는 때에는 그 고장이 생긴 경우에 자동적으로 전로로부터 차단하는 장치의 시설을 하지 아니하여도 된다.

③ 제1항제2호에 규정하는 변전소는 제2항 각 호의 규정에 준하는 외에 2 이상의 신호전송경로[적어도 1경로가 무선, 전력선(특고압 전선에 의하는 것에 한한다) 통신용 케이블 또는 광섬유 케이블인 것에 한한다]에 의하여 원격감시제어 하도록 시설하여야 한다.

### 제3장 전선로

#### 제1절 통칙

**제57조(전파장해의 방지)** ① 가공전선로는 무선설비의 기능에 계속적이고 또한 중대한 장해를 주는 전파를 발생할 우려가 있는 경우에는 이를 방지하도록 시설하여야 한다.

② 제1항의 경우에 1kV초과의 가공전선로에서 발생하는 전파장해 측정용 루우프 안테나의 중심은 가공전선로의 최외측 전선의 직하로부터 가공전선로와 직각방향으로 외측 15m 떨어진 지점의 지표상 2m에 있게 하고 안테나의 방향은 잡음전계강도가 최대로 되도록 조정하며 측정기의 기준 측정주파수는 0.5 MHz ± 0.1 MHz 범위에서 방송주파수를 피하여 정한다.

③ 1kV초과의 가공전선로에서 발생하는 전파의 허용한도는 531 kHz에서 1,602 kHz까지의 주파수대에서 신호대잡음비(SNR)가 24 dB이상 되도록 가공전선로를 설치해야 하며 잡음강도(N)는 청명시의 준침두치(Q.P.)로 측정하되 장기간 측정에 의한 통계적 분석이 가능하고 정규분포에 해당 지역의 기상조건이 반영될 수 있도록 충분한 주기로 샘플링 데이터를 얻어야 하고 또한 지역별 여건을 고려하지 않은 단일 기준으로 전파장해를 평가할 수 있도록 신호강도(S)는 저잡음지역의 방송전계강도인 71

dB $\mu$ V/m(전계강도)로 한다.

**제58조(가공전선 및 지지물의 시설)** ① 가공전선로의 지지물은 다른 가공전선, 가공약전류전선, 가공광섬유케이블, 약전류전선 또는 광섬유케이블 사이를 관통하여 시설하여서는 아니 된다.

② 가공전선은 다른 가공전선로, 가공전차전로, 가공약전류전선로 또는 가공광섬유케이블선로의 지지물을 사이에 두고 시설하여서는 아니 된다.

③ 가공전선과 다른 가공전선, 가공약전류전선, 가공광섬유케이블 또는 가공전차선을 동일지지물에 시설하는 경우에는 제1항 및 제2항에 의하지 아니할 수 있다.

**제59조(가공전선의 분기)** 가공전선의 분기는 제69조에 의하여 시설하는 경우 또는 분기점에서 전선에 장력이 가하여지지 않도록 시설하는 경우 이외에는 그 전선의 지지점에서 하여야 한다.

**제60조(가공전선로 지지물의 승탑 및 승주방지)** 가공전선로의 지지물에 취급자가 오르고 내리는데 사용하는 발판 볼트 등을 지표상 1.8m 미만에서 시설하여서는 아니 된다. 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당되는 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 발판 볼트 등을 내부에 넣을 수 있는 구조로 되어 있는 지지물에 시설하는 경우
2. 지지물에 승탑 및 승주 방지장치를 시설하는 경우
3. 지지물 주위에 취급자이외의 자가 출입할 수 없도록 울타리·담 등의 시설을 하는 경우
4. 지지물이 산간(山間) 등에 있으며 사람이 쉽게 접근할 우려가 없는 곳에 시설하는 경우

**제61조(옥의 H형 지지물의 주상설비 시설)** 고압 또는 특고압 옥의 H형 지지물에 가대 등을 시설하여 주상설비를 시설할 경우에는 점검 및 작업을 안전하게 할 수 있도록 하여야 한다.

**제62조(풍압하중의 종별과 적용)** ① 가공 전선로에 사용하는 지지물의 강도 계산에 적용하는 풍압하중은 다음의 3종으로 한다.

1. 갑종 풍압하중  
표 62-1에서 정한 구성재의 수직 투영면적 1 m<sup>2</sup>에 대한 풍압을 기초로 하여 계산한 것.

[표 62-1]

풍압을 받는 구분		구성재의 수직 투영면적 1 m <sup>2</sup> 에 대한 풍압		
목 주		588 Pa		
지지물	철 주	원형의 것	588 Pa	
		삼각형 또는 마름모형의 것	1,412 Pa	
		강관에 의하여 구성되는 4각형의 것	1,117 Pa	
		기타의 것	복재(腹材)가 전·후면에 걸치는 경우에는 1,627 Pa, 기타의 경우에는 1,784 Pa	
	철근콘크리트주	원형의 것	588 Pa	
		기타의 것	882 Pa	
	철 탑	단주(완철류는 제외함)	원형의 것	588 Pa
			기타의 것	1,117 Pa
		강관으로 구성되는 것(단주는 제외함)		1,255 Pa
		기타의 것		2,157 Pa
전선 기타 가설선	다도체(구성하는 전선이 2가닥마다 수평으로 배열되고 또한 그 전선 상호 간의 거리가 전선의 바깥지름의 20배 이하인 것에 한한다. 이하 같다)를 구성하는 전선		666 Pa	
	기타의 것		745 Pa	
애자장치(특고압 전선용의 것에 한한다)			1,039 Pa	
목주·철주(원형의 것에 한한다) 및 철근 콘크리트주의 완금류(특고압 전선로용의 것에 한한다)			단일계로서 사용하는 경우에는 1,196 Pa, 기타의 경우에는 1,627 Pa	

2. 을종 풍압하중  
전선 기타의 가설선(架涉線) 주위에 두께 6mm, 비중 0.9의 빙설이 부착된 상태에서 수직 투영면적 372 Pa(다도체를 구성하는 전선은 333 Pa), 그 이외의 것은 제1호 풍압의 2분의 1을 기초로 하여 계산한 것.
  3. 병종 풍압하중  
제1호의 풍압의 2분의 1을 기초로 하여 계산한 것.
- ② 제1항의 각 호의 풍압은 가공전선로의 지지물의 형상에 따라 다음과 같이 가하여지는 것으로 한다.
1. 단주형상의 것.
    - 가. 전선로와 직각의 방향에서는 지지물·가설선 및 애자장치에 제1항의 풍압의 1배
    - 나. 전선로의 방향에서는 지지물·애자장치 및 완금류에 제1항의 풍압에 1배
  2. 기타 형상의 것.
    - 가. 전선로와 직각의 방향에서는 그 방향에서의 전면 결구(結構)·가설선 및 애자장치에 제1항의 풍압의 1배

나. 전선로의 방향에서는 그 방향에서의 전면 결구 및 애자장치에 제1항의 풍압의 1배

- ③ 제1항 풍압하중의 적용은 다음 각 호에 따른다.
  - 1. 빙설이 많은 지방이외의 지방에서는 고온계절에는 갑종 풍압하중, 저온계절에는 병종 풍압하중
  - 2. 빙설이 많은 지방(제3호의 지방은 제외한다)에서는 고온계절에는 갑종 풍압하중, 저온계절에는 을종 풍압하중
  - 3. 빙설이 많은 지방 중 해안지방 기타 저온계절에 최대풍압이 생기는 지방에서는 고온계절에는 갑종 풍압하중, 저온계절에는 갑종 풍압하중과 을종 풍압하중 중 큰 것.
- ④ 인가가 많이 연결되어 있는 장소에 시설하는 가공전선로의 구성재 중 다음 각 호의 풍압하중에 대하여는 제3항의 규정에 불구하고 갑종 풍압하중 또는 을종 풍압하중 대신에 병종 풍압하중을 적용할 수 있다.
  - 1. 저압 또는 고압 가공전선로의 지지물 또는 가설선
  - 2. 사용전압이 35 kV 이하의 전선에 특고압 절연전선 또는 케이블을 사용하는 특고압 가공전선로의 지지물, 가설선 및 특고압 가공전선을 지지하는 애자장치 및 완금류

**제63조(가공전선로 지지물의 기초의 안전율)** 가공전선로의 지지물에 하중이 가하여지는 경우에 그 하중을 받는 지지물의 기초의 안전율은 2(제117조제1항에 규정하는 이상 시 상정하중이 가하여지는 경우의 그 이상 시 상정하중에 대한 철탑의 기초에 대하여는 1.33) 이상이어야 한다. 다만, 다음 각 호에 따라 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

- 1. 강관을 주체로 하는 철주(이하 “강관주”라 한다.) 또는 철근 콘크리트주로서 그 전체길이 16 m 이하, 설계하중이 6.8 kN 이하인 것 또는 목주를 다음에 의하여 시설하는 경우
  - 가. 전체의 길이가 15 m 이하인 경우는 땅에 묻히는 깊이를 전체길이의 6분의 1 이상으로 할 것.
  - 나. 전체의 길이가 15 m를 초과하는 경우는 땅에 묻히는 깊이를 2.5 m 이상으로 할 것.
  - 다. 논이나 그 밖의 지반이 연약한 곳에서는 견고한 근가(根架)를 시설할 것.
- 2. 철근 콘크리트주로서 그 전체의 길이가 16 m 초과 20 m 이하이고, 설계하중이 6.8 kN 이하의 것을 논이나 그 밖의 지반이 연약한 곳 이외에 그 묻히는 깊이를 2.8 m 이상으로 시설하는 경우
- 3. 철근 콘크리트주로서 전체의 길이가 14 m 이상 20 m 이하이고, 설계하중이 6.8 kN 초과 9.8 kN 이하의 것을 논이나 그 밖의 지반이 연약한 곳, 이외에 시설하는 경우 그 묻히는 깊이는 제1호 “가” 및 “나”에 의한 기준보다 30 cm를 가산하여 시설하는 경우
- 4. 철근 콘크리트주로서 그 전체의 길이가 14 m 이상 20 m 이하이고, 설계하중이 9.81 kN 초과 14.72 kN 이하의 것을 논이나 그 밖의 지반이 연약한 곳 이외에 다

음과 같이 시설하는 경우

- 가. 전체의 길이가 15 m 이하인 경우에는 그 묻는 깊이를 제1호 “가”에 규정한 기준보다 50 cm를 더한 값 이상으로 할 것.
- 나. 전체의 길이가 15 m 초과 18 m 이하인 경우에는 그 묻히는 깊이를 3 m 이상으로 할 것.
- 다. 전체의 길이가 18 m을 초과하는 경우에는 그 묻히는 깊이를 3.2 m 이상으로 할 것.

**제64조(철주 또는 철탑의 구성 등)** ① 가공 전선로의 지지물로 사용하는 철주 또는 철탑은 다음 제1호부터 제3호까지에서 정하는 표준에 적합한 강판(鋼板)·형강(形鋼)·평강(平鋼)·봉강(棒鋼)(볼트재를 포함한다. 이하 같다)·강관(鋼管)(콘크리트 또는 몰탈을 충전한 것을 포함한다. 이하 같다) 또는 리벳제로서 구성하여야 한다. 다만, 강관주로서 제4호에서 정하는 표준에 적합한 것을 가공전선로의 지지물로 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다.

- 1. 철주 또는 철탑을 구성하는 강판(鋼板)·형강(形鋼)·평강(平鋼)·봉강(棒鋼)의 표준은 다음과 같다.
  - 가. 강재는 다음 중 어느 하나에 의할 것.
    - (1) KS D 3503(2014)에 규정하는 “일반구조용 압연강재” 중 SS400, SS490 또는 SS540
    - (2) KS D 3515(2014)에 규정하는 “용접구조용 압연강재”
    - (3) KS D 3529(2014)에 규정하는 “용접구조용 내후성(耐候性) 열간 압연강재”
    - (4) KS D 3752(2007)에 규정하는 “기계구조용 탄소강재” 중 SM 55C
    - (5) KS D 3867(2007)에 규정하는 “크롬 강재” 중 SCr 430
    - (6) KS D 3867(2007)에 규정하는 “크롬몰리브덴강 강재” 중 SCM 435
  - 나. 두께는 다음 값 이상의 것일 것.

- (1) 철주의 주주재(主柱材)(완금주재를 포함한다. 이하 이 조에서 같다)로 사용하는 것은 4 mm
- (2) 철탑의 주주재로 사용하는 것은 5 mm
- (3) 기타의 부재로 사용하는 것은 3 mm

다. 압축재의 세장비(細長比)는 주주재로 사용하는 것은 200 이하, 주주재이외의 압축재(보조재를 제외한다.)로 사용하는 것은 220 이하, 보조재(압축재로 사용하는 것에 한한다.)로 사용하는 것은 250 이하일 것.

2. 철주 또는 철탑을 구성하는 강관의 표준은 다음과 같다.

- 가. 강재는 다음 중 어느 하나에 의할 것.
  - (1) KS D 3515(2014)에 규정하는 “용접구조용 압연강재”를 관상으로 용접한 것
  - (2) KS D 3566(2012)에 규정하는 “일반구조용 탄소강 강관” 중 STK 400, STK 490 또는 STK 540
  - (3) KS D 3777(2014)에 규정하는 “철탑용 고장력강 강관”

나. 두께는 다음 값 이상일 것.

- (1) 철주의 주주재로 사용하는 것은 2 mm
- (2) 철탑의 주주재로 사용하는 것은 2.4 mm
- (3) 기타의 부재(部材)로 사용하는 것은 1.6 mm

다. 압축재의 세장비는 주주재로 사용하는 것은 200 이하, 주주재이외의 압축재(보조재를 제외한다)로 사용하는 것은 220 이하, 보조재(압축재로 사용하는 것에 한한다)로 사용하는 것은 250 이하일 것.

라. 콘크리트를 충전하는 경우의 콘크리트의 배합은 단위 시멘트량이 350 kg 이상이고 또한 물과 시멘트 비율이 50 % 이하인 것일 것.

마. 몰탈을 충전하는 경우의 몰탈의 배합은 단위 시멘트량이 810 kg 이상이며, 또한 물과 시멘트 비율이 50 % 이하의 것일 것.

3. 철주 또는 철탑을 구성하는 리벳재의 표준은 KS D 3557(2007)에 규정하는 “리벳용 원형강”중 SV 400에 관계되는 것으로 한다.

4. 강관주의 표준은 다음과 같다.

가. 강관은 다음 중 어느 하나에 의할 것.

- (1) KS D 3503(2014)에 규정하는 “일반구조용 압연강재”중 SS 400, SS 490 또는 SS 540을 관상으로 용접한 것.
- (2) KS D 3515(2014)에 규정하는 “용접구조용 압연강재”를 관상으로 용접한 것.
- (3) KS D 3566(2012)에 규정하는 “일반구조용 탄소 강관” 중 STK 400, STK 490 또는 STK 500
- (4) KS D 3517(2008)에 규정하는 “기계구조용 탄소 강관” 중 13중·14중·15중·16중 또는 17중

나. 강관의 두께는 2.3 mm 이상일 것.

다. 강관은 그 안쪽면 및 외면에 녹이 슬지 아니하도록 도금 또는 도장을 한 것일 것.

라. 완성품은 주의 밑 부분으로부터 전체길이의 6분의 1(2.5 m을 초과하는 경우에는 2.5 m)까지의 관에 변형이 생기지 아니하도록 고정시키고 꼭대기 부분에서 30 cm의 점에서 주의 축에 직각으로 설계하중의 3배의 하중을 가하였을 때에 이에 견디는 것일 것.

② 제1항 본문의 강관·형강·평강·봉강·강관 및 리벳재의 허용 응력은 다음 각 호와 같다.

1. 철주 또는 철탑을 구성하는 강관·형강·평강·봉강 및 강관의 허용응력은 다음과 같다.

가. 허용인장응력·허용압축응력·허용굽힘응력·허용전단응력 및 허용지압응력은 표 64-1에서 정한 값일 것.

[표 64-1]

허용응력의 종류		허용응력 ((N/mm <sup>2</sup> ))
허용인장응력	$\frac{1}{1.5}\sigma_Y \leq \frac{0.7}{1.5}\sigma_B$ 의 경우	$\frac{1}{1.5}\sigma_Y$
	$\frac{1}{1.5}\sigma_Y > \frac{0.7}{1.5}\sigma_B$ 의 경우	$\frac{0.7}{1.5}\sigma_B$
허용압축응력 또는 허용굽힘응력		$\frac{1}{1.5}\sigma_Y$
허용전단응력	$\frac{1}{1.5}\sigma_Y \leq \frac{0.7}{1.5}\sigma_B$ 의 경우	$\frac{1}{1.5\sqrt{3}}\sigma_Y$
	$\frac{1}{1.5}\sigma_Y > \frac{0.7}{1.5}\sigma_B$ 의 경우	$\frac{0.7}{1.5\sqrt{3}}\sigma_B$
허용지압응력		$1.1\sigma_Y$

비고 : 1.  $\sigma_Y$ 는 강재의 항복점(N/mm<sup>2</sup>를 단위로 한다)

2.  $\sigma_B$ 는 강재의 인장강도(N/mm<sup>2</sup>를 단위로 한다)

나. 허용좌굴응력(許容座屈應力)은 다음 계산식으로 계산한 값일 것. 다만, 편플랜지 접합산형구조재(接合山形構造材)로 사용하는 경우에 다음 계산식에 의하여 계산한 값이 표 64-2의 허용좌굴응력의 상한치를 초과하는 때에는 그 상한치로 한다.

(1)  $0 < \lambda_x < \Lambda$ 의 경우

$$\sigma K_a = \sigma K_{a0} - K_1 \left[ \frac{\lambda_x}{100} \right] - K_2 \left[ \frac{\lambda_x}{100} \right]^2$$

(2)  $\lambda_x \geq \Lambda$ 의 경우

$$\sigma k a = \frac{93}{\left( \frac{\lambda_x}{100} \right)^2}$$

$\lambda_x$ 는 부재의 유효세장비로 다음 계산식에 의하여 계산한 값

$$\lambda_x = \frac{lK}{\gamma}$$

$\Lambda$ 는  $\lambda_x$ 의 경계치

$lk$ : 부재의 유효좌굴장(有效座屈長)으로 부재의 지지점 간 거리(cm를 단위로 한다) 다만, 부재의 지지점의 상태에 따라서 주주재에 있어서는 부재의 지지점 간 거리의 0.9배, 복재(腹材)에 있어서는 부재의 지지점 간 거리의 0.8배(철주의 복재로 지지점의 양쪽 끝이 용접되어 있는 것에 있어서는 0.7배)까지로 할 수 있다.

$\gamma$ : 부재의 단면의 회전반경(cm를 단위로 한다) 다만, 콘크리트(몰탈을 포함한다. 이하 이 항에서 같다)를 충전한 강관은 부재의 단면의 등가회전 반경으로 할 수 있다.

$\sigma K_a$ : 부재의 허용좌굴응력[부재의 유효단면적(콘크리트를 충전한 강관은 등가유효단면적)에 대하여 N/mm<sup>2</sup>를 단위로 한다]

$\Lambda \cdot \sigma K_a \cdot K_1$  및  $K_2$ : 구성재의 구분재 및 항복점에 따라 각각 표 64-2의 값

[표 64-2]

항복점 (N/mm)	구성제 의구분				강관·상형단면제·심자형단면 제 기타의 편심이 극히 적은 것				단일 산형 강주주제 기타의 편심이 비교적 적은 것				편측 플랜지 접합 산형 강복제 기타의 편심이 많은 것				
	Λ	$\sigma K a_0$ (N/mm)	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	Λ	$\sigma K a_0$ (N/mm)	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	Λ	$\sigma K a_0$ (N/mm)	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	Λ	$\sigma K a_0$ (N/mm)	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	$\sigma K a_0$ 의 상한값 (N/mm)
235	100	156	0	63	110	148	2	57	140	147	71	0	94				
245	95	163	0	66	105	154	2	61	135	153	76	0	98				
255	95	170	0	74	105	160	2	67	135	159	80	0	102				
265	95	176	0	81	100	166	2	71	130	165	85	0	106				
275	90	183	0	84	100	173	3	77	130	172	90	0	110				
285	90	190	0	93	100	179	3	83	125	178	95	0	114				
295	90	196	0	100	95	185	3	88	125	184	100	0	118				
305	85	203	0	103	95	192	3	95	125	190	104	0	122				
315	85	210	0	112	95	198	3	102	120	197	110	0	126				
325	85	216	0	121	90	204	3	107	120	203	115	0	130				
335	85	223	0	130	90	211	4	114	115	209	121	0	134				
345	80	230	0	132	90	217	4	122	115	215	126	0	138				
355	80	236	0	142	90	223	4	129	115	222	132	0	142				
365	80	243	0	153	85	229	4	134	115	228	137	0	146				
375	80	250	0	164	85	236	4	144	110	234	143	0	150				
380	80	253	0	168	85	239	4	148	110	237	146	0	152				
390	75	260	0	168	85	245	4	156	110	244	152	0	156				
400	75	266	0	179	85	252	5	165	105	250	158	0	160				
410	75	273	0	191	80	258	5	170	105	256	163	0	164				
420	75	280	0	204	80	264	5	179	105	262	169	0	168				
430	75	286	0	215	80	270	5	189	105	269	176	0	172				
440	70	293	0	211	80	277	5	200	100	275	182	0	176				
450	70	300	0	225	80	283	5	209	100	281	188	0	180				
460	70	306	0	237	80	289	6	217	100	287	194	0	184				
470	70	313	0	251	75	296	6	224	100	294	201	0	188				
480	70	320	0	266	75	302	6	235	100	300	207	0	192				
490	70	326	0	278	75	308	6	246	95	306	214	0	196				
520	-	-	-	-	75	327	7	278	95	325	234	0	208				

다. 제2호의 경우에 콘크리트를 충전한 강관부재의 허용좌굴응력의 계산에 사용되는 등가회전반경은 다음“(1)”의 계산식, 등가유효단면적은 다음“(2)”의 계산식에 의한다.

$$(1) \quad \gamma = \sqrt{\frac{I_s + \frac{1}{8} I_c}{A_s + \frac{1}{8} A_c}}$$

$$(2) \quad A = A_s + \frac{1}{8} A_c$$

γ : 등가회전 반지름(cm를 단위로 한다)

A : 등가단면적(cm<sup>2</sup>를 단위로 한다)

I<sub>s</sub> : 강관의 단면 2차 모멘트(cm<sup>4</sup>를 단위로 한다)

I<sub>c</sub> : 콘크리트의 단면 2차 모멘트(cm<sup>4</sup>를 단위로 한다)

A<sub>s</sub> : 강관의 단면적(cm<sup>2</sup>를 단위로 한다)

A<sub>c</sub> : 콘크리트의 단면적(cm<sup>2</sup>를 단위로 한다)

2. 철주 또는 철탑을 구성하는 리벳제의 허용응력은 다음과 같다.

가. 허용전단응력은 107 N/mm<sup>2</sup> 일 것.

나. 허용지압응력은 245 N/mm<sup>2</sup> 일 것.

**제65조(철근 콘크리트주의 구성 등)** ① 가공전선로의 지지물로 사용되는 철근 콘크리트주는 콘크리트 및 다음 제1호에서 정하는 표준에 적합한 형강·평강 또는 봉강으로 구성하여야 한다. 다만, 공장제조 철근 콘크리트주 또는 강관을 조합한 철근 콘크리트주(이하 “복합 철근 콘크리트주”라고 한다)로서 다음 제2호 및 제3호에서 정하는 표준에 적합한 것을 가공전선로의 지지물로 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 철근 콘크리트주를 구성하는 평강 및 봉강의 표준은 다음 각 목에 의할 것.

가. KS D 3503(2014)에 규정하는 “일반구조용 압연강재” 중 SS.400 또는 SS.490

나. KS D 3504(2011)에 규정하는 “철근 콘크리트용 봉강” 중 열간 압연봉강 또는 열간압연이형봉강(SD 20A, SD 30B, SD 35에 한한다)

2. 공장제조 철근 콘크리트주의 표준은 KS F 4304(2012) “프리텐션방식 원심력 PC전주”의 “4.2. 휨강도”, “6. 재료”, “7. 제조방법” 및 “8. 휨강도의 시험방법”의 1종에 관계되는 것으로 한다.

3. 복합 철근 콘크리트주의 표준은 다음과 같다.

가. 강관은 다음 중 어느 하나에 의할 것.

(1) KS D 3503(2014)에 규정하는 “일반구조용 압연강재” 중 SS 400, SS 490 또는 SS 540을 관상으로 용접한 것.

(2) KS D 3515(2014)에 규정하는 “용접구조용 압연강재”

(3) KS D 3566(2012)에 규정하는 “일반구조용 탄소강관” 중 STK 400, STK 490 또는 STK 500

(4) KS D 3517(2008)에 규정하는 “기계구조용 탄소강관” 중 13종·14종·15종·16종 또는 17종

(5) 규소가 0.4% 이하, 인이 0.06% 이하 및 유황이 0.06% 이하인 강으로서 인장강도가 539 N/mm<sup>2</sup> 이상, 항복점이 392 N/mm<sup>2</sup> 및 신장률이 8% 이상인 것을 관상으로 용접한 것.

나. 강관의 두께는 1mm 이상일 것.

다. 철근 콘크리트는 KS F 4304(2012) “프리텐션방식 원심력 PC전주”의 “6. 재료” 및 “7. 제조방법”에 적합한 것일 것.

라. 완성품은 주의 밑 부분으로부터 6분의 1(2.5m)을 초과하는 경우에는 2.5m)까지를 관에 변형이 생기지 아니하도록 고정시키고 꼭대기부분으로부터 30cm의 점에서 주의 축에 직각으로 설계하중의 2배의 하중을 가하였을 때에 이에 견디는 것일 것.

② 제1항 본문의 콘크리트와 형강·평강 및 봉강의 허용응력은 다음과 같다.

1. 콘크리트의 허용굽힘 압축응력 및 허용전단응력은 표 65-1에 규정한 값일 것.
2. 콘크리트의 형강·평강 또는 봉강에 대한 허용부착응력은 표 65-2에 규정한 값일 것.
3. 형강·평강 또는 봉강의 허용인장응력 및 허용압축응력은 표 65-3에 규정한 값일 것.

[표 65-1]

공시체의 압축강도(MPa)	허용굽힘압축응력(MPa)	허용 전단응력(MPa)
17.7 이상 20.6 미만	5.88	0.59
20.6 이상 23.5 미만	6.86	0.64
23.5 이상	7.84	0.69

비고 : 공시체의 압축강도는 제령 28일의 3개 이상의 공시체를 KS F 2405(2010)에 규정한 콘크리트의 압축강도 시험방법에 의하여 시험을 구한 압축강도의 평균값으로 한다.

[표 65-2]

콘크리트의 압축강도 (MPa)	부착응력 (MPa)		
	형강 또는 평강의 경우	봉강의 경우	이형봉강의 경우
17.7 이상 20.6 미만	0.34	0.69	1.37
20.6 이상 23.5 미만	0.36	0.74	1.47
23.5 이상	0.39	0.78	1.57

비고 : 콘크리트의 압축강도는 제령 28일의 3개 이상의 공시체를 KS F 2405(2010)에 규정한 콘크리트의 압축강도 시험방법에 의하여 시험을 하여 구한 압축강도의 평균값으로 한다.

[표 65-3]

종 류	기 호	두께 (mm)	허용인장 응력(MPa)	허용압축 응력(MPa)
일반구조용 압연강재 KS D 3503	SS 400	16 이하	161.8	161.8
		16 초과 40 이하	156.9	156.9
	SS 490	16 이하	186.3	186.3
		16 초과 40 이하	181.4	181.4
철근 콘크리트 용봉강 KS D 3504	열간압연 봉강	SR 24	-	156.9
		SR 30	-	196.1
	열간압연 이형봉강	SD 24	-	156.9
		SD 30	-	196.1
		SD 35	-	225.5
		SD 35	-	225.5

제66조(목주의 강도 계산) 가공 전선로의 지지물로 사용하는 목주의 가공 전선로와 직각 방향의 풍압하중에 대한 강도 계산 방법은 다음 각 호와 같다.

1. 저압 또는 고압의 가공전선로의 경우에는 다음에 의할 것.  
가. 지선이 없는 단주

$$\frac{P}{F} \geq 10K \frac{30D_0H^2 - 18H^3 + S(\sum 7.6dh)}{(D_0')^3}$$

S : 양측경간의 2분의 1을 더한 것.(m을 단위로 한다)

d : 전선 기타의 가선헌선에 바깥지름(mm를 단위로 하고 울중 풍압하중의 경우에는 빙설이 부착한 값으로 한다)

h : 전선 기타의 가선헌선 지지점 간의 지표상 높이(m을 단위로 한다)

H : 목주의 지표상 높이(m을 단위로 한다)

D<sub>0</sub> : 지표면의 목주지름(cm를 단위로 한다.)으로 다음 계산식에 의하여 계산한 값(cm를 단위로 한다)

$$D_0 = D + 0.9H$$

D : 목주의 말구(cm를 단위로 한다)

D<sub>0</sub>' : 지표면에서 목주가 부식되어 있는 경우에 지표면의 단면적에서 그 부식된 부분을 뺀 면적의 목주 원지름(cm를 단위로 한다)

P : 목주의 굽힘에 대한 파괴강도로 표 66-1에서 정한 값 이하로 할 것.

[표 66-1]

목 주 의 종 류	파괴강도 (N/mm <sup>2</sup> )
삼목	39
노송나무 및 밤나무	44
가문비나무	42
미송	55
기타	위에 준하는 값

F : 목주의 안전율

K : 계수로 갑종 풍압하중의 경우에는 1, 을종 풍압하중 또는 병종 풍압하중의 경우에는 0.5

나. 지선이 있는 단주

$$\frac{P}{F} \geq 10K \frac{15D_0H^2 - 9H^3 + 0.5S(\sum 7.6dh)}{(D_0')^3}$$

S · d · h · H · D<sub>0</sub> · D<sub>0</sub>' · P · F 및 K는 각각 “가”에 의한다.

다. 지선이 없는 H주 또는 A주

$$\frac{P}{F} \geq 10K \frac{30D_0H^2 - 18H^3 + 0.5S(\sum 7.6dh)}{(D_0')^3}$$

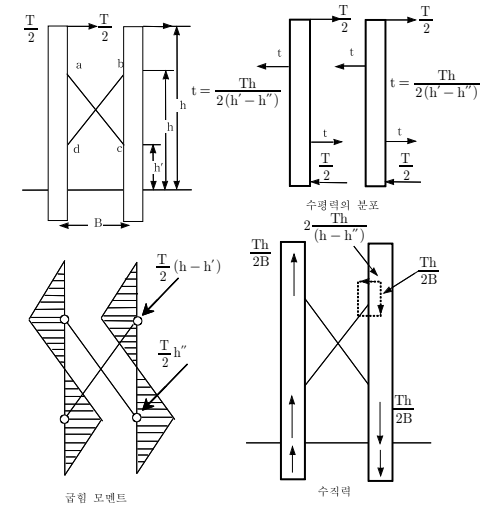
S · d · h · H · D<sub>0</sub> · D<sub>0</sub>' · P · F 및 K는 각각 “가”에 의한다.

라. 지선이 있는 H주 또는 A주

$$\frac{P}{F} \geq 10K \frac{15D_0H^2 - 9H^3 + 0.25S(\sum 7.6dh)}{(D_0')^3}$$

S · d · h · H · D<sub>0</sub> · D<sub>0</sub>' · P · F 및 K는 각각 “가”에 의한다.

마. 중복제를 사용하는 H주 또는 A주



앞의 그림에 의하여 굽힘 모멘트 및 수직력을 계산하고 다음 (1)의 계산식 및 (2)의 계산식에 의할 것.

$$(1) \frac{P}{F} \geq \frac{Mb}{Zb} + \frac{Vb}{Ab}$$

$$(2) \frac{P}{F} \geq \frac{Mc}{Zc} + \frac{Vc}{Ac}$$

M<sub>b</sub> : b점에서 굽힘 모멘트 (N · cm를 단위로 한다)

M<sub>c</sub> : c점에서 굽힘 모멘트 (N · cm를 단위로 한다)

V<sub>b</sub> : b점에서 수직력 (N을 단위로 한다)

다만, 목주의 자중 기타의 수직하중을 가산할 것.

V<sub>c</sub> : c점에서 수직력 (N을 단위로 한다)

다만, 목주의 자중 기타의 수직하중을 가산할 것.

Z<sub>b</sub> : b점에서 단면계수 (cm<sup>3</sup>을 단위로 한다)

Z<sub>c</sub> : c점에서 단면계수 (cm<sup>3</sup>을 단위로 한다)

A<sub>b</sub> : b점에서 단면적 (cm<sup>2</sup>을 단위로 한다)

A<sub>c</sub> : c점에서 단면적 (cm<sup>2</sup>을 단위로 한다)

P 및 F : 각각 “가”에 의한다.

2. 특고압 가공전선로의 경우에는 제1호의 규정에 준할 것. 이 경우에 애자장치 및 완금류에 대한 풍압하중도 가산한다.

3. 제1호 및 제2호의 경우의 지선에 대한 강도계산은 다음에 의한다.

가. 단주에 사용되는 지선

$$anp \geq \frac{K}{h_0 \times 10^3} [12.5S(\sum 7.6dh) + 375D_0H^2 - 225H^3] \text{Cos}ec\theta$$

a : 연선의 인장하중 감소계수

n : 지선의 안전율을 2.5로 한 경우의 소선의 가닥수

P : 소선의 인장강도(kg을 단위로 한다)

h<sub>0</sub> : 지선의 붙임점의 지표상의 높이(m을 단위로 한다)

θ : 지선과 전주와의 각도

S · d · H · D<sub>0</sub> 및 K는 각각 제1호 “가”에 의한다.

나. H주 또는 A주에 사용되는 지선

$$anp \geq \frac{K}{h_0 \times 10^3} [12.5S(\sum 7.6dh) + 750D_0H^2 - 450H^3] \text{Cos}ec\theta$$

a · n · p · h<sub>0</sub> 및 θ는 각각 “가”에서 S · d · h · H · D<sub>0</sub> 및 K는 각각 제1호 “가”에 의한다.

**제67조(지선의 시설)** ① 가공전선로의 지지물로 사용하는 철탑은 지선을 사용하여 그 강도를 분담시켜서는 아니 된다.

② 가공전선로의 지지물로 사용하는 철주 또는 철근 콘크리트주는 지선을 사용하지 아니하는 상태에서 2분의 1이상의 풍압하중에 견디는 강도를 가지는 경우 이외에는 지선을 사용하여 그 강도를 분담시켜서는 아니 된다.

③ 가공전선로의 지지물에 시설하는 지선은 다음 각 호에 따라야 한다.

1. 지선의 안전율은 2.5(제6항에 의하여 시설하는 지선은 1.5) 이상일 것. 이 경우에 허용 인장하중의 최저는 4.31 kN으로 한다.

2. 지선에 연선을 사용할 경우에는 다음에 의할 것.

가. 소선(素線) 3가닥 이상의 연선일 것.

나. 소선의 지름이 2.6mm 이상의 금속선을 사용한 것일 것. 다만, 소선의 지름이 2mm 이상인 아연도강연선(亞鉛鍍鋼鋼線)으로서 소선의 인장강도가 0.68 kN/mm<sup>2</sup> 이상인 것을 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다.

3. 지중부분 및 지표상 30cm까지의 부분에는 내식성이 있는 것 또는 아연도금을 한 철봉을 사용하고 쉽게 부식되지 아니하는 근가에 견고하게 붙일 것. 다만, 목주에 시설하는 지선에 대해서는 그러하지 아니하다.

4 지선근가는 지선의 인장하중에 충분히 견디도록 시설할 것.

④ 도로를 횡단하여 시설하는 지선의 높이는 지표상 5m 이상으로 하여야 한다. 다만, 기술상 부득이한 경우로서 교통에 지장을 초래할 우려가 없는 경우에는 지표상 4.5m 이상, 보도의 경우에는 2.5m 이상으로 할 수 있다.

⑤ 저압 및 고압 또는 제135조에 의한 25kV 미만인 특고압 가공전선로의 지지물에 시설하는 지선으로서 전선과 접촉할 우려가 있는 것에는 그 상부에 애자를 삽입하여야 한다. 다만, 저압 가공전선로의 지지물에 시설하는 지선은 눈이나 습지 이외의 장소에 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

⑥ 고압 가공전선로 또는 특고압 전선로의 지지물로 사용하는 목주 · A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주(이하 이 조에서 “목주 등”이라 한다)에는 다음 각 호에 따라 지선을 시설하여야 한다.

1. 전선로의 직선 부분(5도 이하의 수평각도를 이루는 곳을 포함한다)에서 그 양쪽의 경간차가 큰 곳에 사용하는 목주 등에는 양쪽의 경간 차에 의하여 생기는 불평균 장력에 의한 수평력에 견디는 지선을 그 전선로의 방향으로 양쪽에 시설할 것.

2. 전선로 중 5도를 초과하는 수평각도를 이루는 곳에 사용하는 목주 등에는 전 가섭선(全架涉線)에 대하여 각 가섭선의 상정 최대장력에 의하여 생기는 수평횡분력(水平橫分力)에 견디는 지선을 시설할 것

3. 전선로 중 가섭선을 인류(引留)하는 곳에 사용하는 목주 등에는 전 가섭선에 대하여 각 가섭선의 상정 최대장력에 상당하는 불평균 장력에 의한 수평력에 견디는 지선을 그 전선로의 방향에 시설할 것.

⑦ 가공전선로의 지지물에 시설하는 지선은 이와 동등이상의 효력이 있는 지주로 대체할 수 있다.

## 제2절 저압 및 고압의 가공전선로

**제68조(가공 약전류전선로의 유도장해 방지)** ① 저압 가공전선로(전기철도용 급전선로는 제외한다) 또는 고압 가공전선로(전기철도용 급전선로는 제외한다)와 기설 가공약전류전선로가 병행하는 경우에는 유도작용에 의하여 통신상의 장해가 생기지 아니하도록 전선과 기설 약전류 전선간의 이격거리는 2m 이상이어야 한다. 다만, 저압 또는 고압의 가공전선이 케이블인 경우 또는 가공약전류 전선로의 관리자의 승낙을 받은 경우에는 그러하지 아니하다.

② 제1항 본문에 따라 시설하더라도 기설 가공약전류전선로에 장해를 줄 우려가 있는 경우에는 다음 각 호 중 한 가지 또는 두 가지 이상을 기준으로 하여 시설하여야 한다.

1. 가공전선과 가공약전류 전선간의 이격거리를 증가시킬 것.

2. 교류식 가공전선로의 경우에는 가공전선을 적당한 거리에서 연가 할 것.

3. 가공전선과 가공약전류전선 사이에 인장강도 5.26kN 이상의 것 또는 지름 4mm 이상인 경동선의 금속선 2가닥 이상을 시설하고 이에 제3종 접지공사를 할 것.

**제69조(가공케이블의 시설)** ① 저압 가공전선[저압옥축전선로(저압의 인입선 및 연결인입선의 옥축 부분을 제외한다. 이하 이 장에서 같다) 또는 제151조제2항의 규정에 의하여 시설하는 저압 전선로에 인접하는 1경간의 전선, 가공 인입선 및 연결 인입선의



가공부분을 제외한다. 이하 이 절에서 같다] 또는 고압 가공전선[고압 옥축전선로(고압 인입선의 옥축부분을 제외한다. 이하 이 장에서 같다) 또는 제151조제2항의 규정에 의하여 시설하는 고압 전선로에 인접하는 1경간의 전선 및 가공 인입선을 제외한다. 이하 이 절에서 같다]에 케이블을 사용하는 경우에는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 케이블은 조가용선에 행거로 시설할 것. 이 경우에는 사용전압이 고압인 때에는 그 행거의 간격을 50 cm 이하로 시설하여야 한다.
  2. 조가용선은 인장강도 5.93 kN 이상의 연선 또는 단면적 22 mm<sup>2</sup> 이상인 아연도철 연선일 것.
  3. 조가용선 및 케이블의 피복에 사용하는 금속체에는 제3종 접지공사를 할 것. 다만, 저압 가공전선에 케이블을 사용하고 조가용선에 절연전선 또는 이와 동등 이상의 절연내력이 있는 것을 사용할 때에 조가용선에 제3종 접지공사를 하지 아니할 수 있다.
  4. 고압 가공전선에 케이블을 사용하는 경우의 조가용선은 제71조제1항의 규정에 준하여 시설할 것. 이 경우에 조가용선의 중량 및 조가용선에 대한 수평풍압에는 각각 케이블의 중량[제71조제1항제2호 또는 제3호에 규정하는 빙설이 부착한 경우에는 그 피빙전선(被氷電線)의 중량] 및 케이블에 대한 수평풍압(제71조제1항제2호 또는 제3호에 규정하는 빙설이 부착한 경우에는 그 피빙전선에 대한 수평풍압)을 가산한다.
- ② 조가용선의 케이블에 접촉시켜 그 위에 쉽게 부식하지 아니하는 금속 테이프 등을 20 cm 이하의 간격을 유지하며 나선상으로 감는 경우, 조가용선을 케이블의 외장에 견고하게 붙이는 경우 또는 조가용선과 케이블을 꼬아 합쳐 조가하는 경우에 그 조가용선이 인장강도 5.93 kN 이상의 금속선의 것 또는 단면적 22 mm<sup>2</sup> 이상인 아연도강연선의 경우에는 제1항제1호 및 제2호의 규정에 의하지 아니할 수 있다.
- ③ 고압 가공전선에 반도체성 외장 조가용 고압케이블을 사용하는 경우는 제1항제2호부터 제4호까지의 규정에 준하여 시설하는 이외에 조가용선을 반도체성 외장조가용 고압 케이블에 접속시켜 그 위에 쉽게 부식하지 아니하는 금속 테이프를 6 cm 이하의 간격을 유지하면서 나선상으로 감아 시설하여야 한다.
- ④ 제3항에서 규정하는 반도체성 외장 조가용 고압케이블은 KS C IEC 60502에 적합한 것이어야 한다.

**제70조(저고압 가공전선의 굵기 및 종류)** ① 저압 가공전선은 나선전(중성선 또는 다중 접지된 접지축 전선으로 사용하는 전선에 한한다), 절연전선, 다심형 전선 또는 케이블을, 고압 가공전선은 고압 절연전선, 특고압 절연전선, 또는 케이블(제69조제3항에 규정하는 반도체성 외장 조가용 고압 케이블을 포함한다. 이하 이 절 및 제102조에서 같다)을 사용하여야 한다.

② 사용전압이 400 V 미만인 저압 가공전선은 케이블인 경우를 제외하고는 인장강도 3.43 kN 이상의 것 또는 지름 3.2 mm (절연전선인 경우는 인장강도 2.3 kN 이상의

것 또는 지름 2.6 mm 이상의 경동선)이상의 것이어야 한다.

- ③ 사용전압이 400 V 이상인 저압 가공전선 또는 고압 가공전선은 케이블인 경우 이외에는 시가지에 시설하는 것은 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5 mm 이상의 경동선, 시가지 외에 시설하는 것은 인장강도 5.26 kN 이상의 것 또는 지름 4 mm 이상의 경동선이어야 한다.
- ④ 사용전압이 400 V 이상인 저압 가공전선에는 인입용 비닐절연전선 또는 다심형 전선을 사용하여서는 아니 된다.
- ⑤ 사용전압이 400 V 미만인 저압 가공전선에 다심형 전선을 사용하는 경우에 그 절연물로 피복되어 있지 아니한 도체는 제2종 접지공사를 한 중성선이나 접지축 전선 또는 제3종 접지공사를 한 조가용선으로 사용하여야 한다.

**제71조(저고압 가공전선의 안전율)** ① 고압 가공전선은 케이블인 경우 이외에는 다음 각 호에 규정하는 경우에 그 안전율이 경동선 또는 내열 동합금선은 2.2 이상, 그 밖의 전선은 2.5 이상이 되는 이도(弛度)로 시설하여야 한다.

1. 빙설(氷雪)이 많은 지방이외의 지방에서는 그 지방의 평균온도에서 전선의 중량과 그 전선의 수직 투영면적 1 m<sup>2</sup> 에 대하여 745 Pa 의 수평풍압과의 합성하중을 지지하는 경우 및 그 지방의 최저온도에서 전선의 중량과 그 전선의 수직 투영면적 1 m<sup>2</sup>에 대하여 372 Pa의 수평풍압과의 합성하중을 지지하는 경우
2. 빙설이 많은 지방(제3호의 지방을 제외한다)에서는 그 지방의 평균온도에서 전선의 중량과 그 전선의 수직 투영면적 1 m<sup>2</sup>에 대하여 745 Pa 의 수평풍압과의 합성하중을 지지하는 경우 및 그 지방의 최저온도에서 전선의 주위에 두께 6 mm, 비중 0.9의 빙설이 부착한 때의 전선 및 빙설의 중량과 그 피빙전선의 수직 투영면적 1 m<sup>2</sup>에 대하여 372 Pa의 수평풍압과의 합성하중을 지지하는 경우
3. 빙설이 많은 지방 중 해안지방, 기타 저온계절에 최대풍압이 생기는 지방에서는 그 지방의 평균온도에서 전선의 중량과 그 전선의 수직 투영면적 1 m<sup>2</sup>에 대하여 745 Pa의 수평풍압과의 합성하중을 지지하는 경우 및 그 지방의 최저온도에서 전선의 중량과 그 전선의 수직 투영면적 1 m<sup>2</sup>에 대하여 745 Pa의 수평풍압과의 합성하중 또는 전선의 주위에 두께 6 mm, 비중 0.9의 빙설이 부착한 때의 전선 및 빙설의 중량과 그 피빙전선의 수직 투영면적 1 m<sup>2</sup>에 대하여 372 Pa의 수평풍압과의 합성하중 중 어느 것이나 큰 것을 지지하는 경우

② 저압 가공전선이 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 제1항의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

1. 다심형 전선인 경우
2. 사용전압이 400 V 이상인 경우

**제72조(저고압 가공전선의 높이)** ① 저압 가공전선 또는 고압 가공전선 높이는 다음 각 호에 따라야 한다.

1. 도로[농로 기타 교통이 빈잡하지 아니한 도로 및 횡단보도교(도로·철도·궤도 등의 위를 횡단하여 시설하는 다리모양의 시설물로서 보행용으로만 사용되는 것을

말한다. 이하 같다)를 제외한다. 이하 같다]를 횡단하는 경우에는 지표상 6 m 이상

- 2. 철도 또는 궤도를 횡단하는 경우에는 레일면상 6.5 m 이상
- 3. 횡단보도교의 위에 시설하는 경우에는 저압 가공전선은 그 노면상 3.5 m [전선이 저압 절연전선 (인입용 비닐절연전선·450/750 V 비닐절연전선·450/750 V 고무절연전선·옥외용 비닐 절연전선을 말한다. 이하 같다)·다심형 전선·고압 절연전선·특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 3 m] 이상, 고압 가공전선은 그 노면상 3.5 m 이상
- 4. 제1호부터 제3호까지 이외의 경우에는 지표상 5 m 이상. 다만, 저압 가공전선을 도로 이외의 곳에 시설하는 경우 또는 절연전선이나 케이블을 사용한 저압 가공전선으로서 옥외 조명용에 공급하는 것으로 교통에 지장이 없도록 시설하는 경우에는 지표상 4 m 까지로 감할 수 있다.
- ② 다리의 하부 기타 이와 유사한 장소에 시설하는 저압의 전기철도용 급전선은 제1항제4호의 규정에도 불구하고 지표상 3.5 m 까지로 감할 수 있다.
- ③ 저압 가공전선 또는 고압 가공전선을 수면 상에 시설하는 경우에는 전선의 수면상의 높이를 선박의 항해 등에 위험을 주지 아니하도록 유지하여야 한다.
- ④ 고압 가공전선로를 빙설이 많은 지방에 시설하는 경우에는 전선의 적설상의 높이를 사람 또는 차량의 통행 등에 위험을 주지 않도록 유지하여야 한다.

**제73조(고압 가공전선로의 가공지선)** 고압 가공전선로에 사용하는 가공지선은 인장강도 5.26 kN 이상의 것 또는 지름 4 mm 이상의 나경동선을 사용하고 또한 이를 제71조제1항의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

**제74조(저고압 가공전선로의 지지물의 강도 등)** ① 저압 가공전선로의 지지물은 목주인 경우에는 풍압하중의 1.2배의 하중, 기타의 경우에는 풍압하중에 견디는 강도를 가지는 것이어야 한다.

- ② 고압 가공전선로의 지지물로서 사용하는 목주는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.
  - 1. 풍압하중에 대한 안전율은 1.3 이상일 것.
  - 2. 굽기는 말구(末口) 지름 12 cm 이상일 것.
- ③ 제63조 단서의 규정에 의하여 시설하는 철주(이하 "A종 철주"라 한다) 또는 철근 콘크리트주(이하 "A종 철근 콘크리트주"라 한다)중 복합 철근 콘크리트주로서 고압 가공전선로의 지지물로 사용하는 것은 풍압하중 및 제116조제1항제1호 "가"에 규정하는 수직하중에 견디는 강도를 가지는 것이어야 한다.
- ④ A종 철근 콘크리트주중 복합 철근 콘크리트주이외의 것으로서 고압 가공전선로의 지지물로 사용하는 것은 풍압하중에 견디는 강도를 가지는 것이어야 한다.
- ⑤ A종 철주이외의 철주(이하 "B종 철주"라 한다)·A종 철근 콘크리트주 이외의 철근 콘크리트주(이하 "B종 철근 콘크리트주"라 한다) 또는 철탑으로서 고압 가공전선로의 지지물로 사용하는 것은 제116조제1항에 규정하는 상시 상정하중에 견디는 강도를 가지는 것이어야 한다.

**제75조(저고압 가공전선 등의 병가)** ① 저압 가공전선(다중접지된 중성선은 제외한다. 이

하 같다)과 고압 가공전선을 동일 지지물에 시설하는 경우에는 다음 각 호에 따라야 한다.

- 1. 저압 가공전선을 고압 가공전선의 아래로 하고 별개의 완금류에 시설할 것.
- 2. 저압 가공전선과 고압 가공전선 사이의 이격거리는 50 cm 이상일 것. 다만, 각도주(角度柱)·분기주(分岐柱) 등에서 혼촉(混觸)의 우려가 없도록 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
- ② 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 제1항에 의하지 아니할 수 있다.
  - 1. 고압 가공전선에 케이블을 사용하고 또한 그 케이블과 저압 가공전선 사이의 이격거리를 30 cm 이상으로 하여 시설하는 경우
  - 2. 저압 가공 인입선을 분기하기 위하여 저압 가공전선을 고압용의 완금류에 견고하게 시설하는 경우
- ③ 저압 또는 고압의 가공전선과 교류전차선 또는 이와 전기적으로 접속되는 조가용선, 브래킷이나 장선(이하 "교류전차선 등"이라 한다)을 동일 지지물에 시설하는 경우에는 제120조제1항제2호부터 제4호까지의 규정에 준하여 시설하는 이외에 저압 또는 고압의 가공전선을 지지물이 교류전차선 등을 지지하는 쪽의 반대쪽에서 수평거리를 1 m 이상으로 하여 시설하여야 한다. 이 경우에 저압 또는 고압의 가공전선을 교류전차선 등의 위로 할 때에는 수직거리를 수평거리의 1.5배 이하로 하여 시설하여야 한다.
- ④ 저압 또는 고압의 가공전선과 교류전차선 등의 수평거리를 3 m 이상으로 하여 시설하는 경우 또는 구내 등에서 지지물의 양쪽에 교류전차선 등을 시설하는 경우에 다음 각 호에 따라 시설할 때에는 제3항의 규정에 불구하고 저압 또는 고압의 가공전선을 지지물의 교류전차선 등을 지지하는 쪽에 시설할 수 있다.
  - 1. 저압 또는 고압의 가공전선로의 경간은 60 m 이하일 것.
  - 2. 저압 또는 고압 가공전선은 인장강도 8.71 kN 이상의 것 또는 단면적 22 mm<sup>2</sup> 이상의 경동연선일 것. 다만, 저압 가공전선을 교류전차선 등의 아래에 시설할 경우는 저압 가공전선에 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5 mm (저압 가공전선로의 경간이 30 m 이하인 경우에는 인장하중 5.26 kN 이상의 것 또는 지름 4 mm 이상의 경동선)이상의 경동선을 사용할 수 있다.
  - 3. 저압 가공전선을 제71조제1항의 규정에 준하여 시설할 것.

**제76조(고압 가공전선로 경간의 제한)** ① 고압 가공전선로의 경간은 표 76-1에서 정한 값 이하이어야 한다.

[표 76-1]

지지물의 종류	경 간
목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주	150 m
B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주	250 m
철탑	600 m

② 고압 가공전선로의 경간이 100 m을 초과하는 경우에는 그 부분의 전선로는 다음

각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 고압 가공전선은 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5 mm 이상의 경동선의 것.
2. 목주의 풍압하중에 대한 안전율은 1.5 이상일 것.
- ③ 고압 가공전선로의 전선에 인장강도 8.71 kN 이상의 것 또는 단면적 22 mm<sup>2</sup> 이상의 경동연선의 것을 다음 각 호에 따라 지지물을 시설하는 때에는 제1항의 규정에 의하지 아니할 수 있다. 이 경우에 그 전선로의 경간은 그 지지물에 목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주를 사용하는 경우에는 300 m 이하, B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주를 사용하는 경우에는 500 m 이하이어야 한다.
  1. 목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주에는 전 가섭선마다 각 가섭선의 상정 최대장력의 3분의 1에 상당하는 불평균 장력에 의한 수평력에 견디는 지선을 그 전선로의 방향으로 양쪽에 시설할 것. 다만, 토지의 상황에 의하여 그 전선로중의 경간에 근접하는 곳의 지지물에 그 지선을 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
  2. B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주에는 제115조제1항 또는 제2항의 규정에 준하는 강도를 가지는 제114조제4호의 규정에 준하는 내장형의 철주나 철근 콘크리트주 혹은 이와 동등 이상의 강도를 가지는 형식의 철주나 철근 콘크리트주를 사용하거나 제1호 본문의 규정에 준하는 지선을 시설할 것. 다만, 토지의 상황에 의하여 그 전선로중의 경간에 근접하는 곳의 지지물에 그 철주나 철근 콘크리트주를 사용하거나 그 지선을 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
  3. 철탑에는 제115조제3항의 규정에 준하는 강도를 가지는 형식의 것을 사용할 것.

**제77조(저압 보안공사)** 저압 보안공사는 다음 각 호에 따라야 한다.

1. 전선은 케이블인 경우 이외에는 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5 mm (사용전압이 400 V 미만인 경우에는 인장강도 5.26 kN 이상의 것 또는 지름 4 mm 이상의 경동선)이상의 경동선이어야 하며 또한 이를 제71조제1항의 규정에 준하여 시설할 것.
2. 목주는 다음에 의할 것.
  - 가. 풍압하중에 대한 안전율은 1.5 이상일 것.
  - 나. 목주의 굽기는 말구(末口)의 지름 12 cm 이상일 것.
3. 경간은 표 77-1에서 정한 값 이하일 것. 다만, 전선에 인장강도 8.71 kN 이상의 것 또는 단면적 22 mm<sup>2</sup> 이상의 경동연선을 사용하는 경우에는 제76조제1항 또는 제3항의 규정에 준할 수 있다.

**【표 77-1】**

지지물의 종류	경 간
목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주	100 m
B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주	150 m
철 탑	400 m

**제78조(고압 보안공사)** 고압 보안공사는 다음 각 호에 따라야 한다.

1. 전선은 케이블인 경우 이외에는 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5 mm 이상의 경동선일 것.
2. 목주의 풍압하중에 대한 안전율은 1.5 이상일 것.
3. 경간은 표 78-1에서 정한 값 이하일 것. 다만, 전선에 인장강도 14.51 kN 이상의 것 또는 단면적 38 mm<sup>2</sup> 이상의 경동연선을 사용하는 경우로서 지지물에 B종 철주·B종 철근 콘크리트주 또는 철탑을 사용하는 때에는 그러하지 아니하다.

**【표 78-1】**

지지물의 종류	경 간
목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주	100 m
B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주	150 m
철 탑	400 m

**제79조(저고압 가공 전선과 건조물의 접근)** ① 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 건조물(사람이 거주 또는 근무하거나 빈번히 출입하거나 모이는 조영물을 말한다. 이하 같다)과 접근 상태로 시설되는 경우에는 다음 각 호에 따라야 한다.

1. 고압 가공전선로(고압 옥측 전선로 또는 제151조제2항의 규정에 의하여 시설하는 고압 전선로에 인접하는 1경간의 전선 및 가공 인입선을 제외한다. 이하 이 절에서 같다)는 고압 보안공사에 의할 것.
2. 저압 가공전선과 건조물의 조영체 사이의 이격거리는 표 79-1에서 정한 값 이상일 것.

**【표 79-1】**

건조물 조영체의 구분	접근형태	이 격 거 리
상부 조영체[자붕·첸(차양 : 遮陽)·옷마리는 곳 기타 사람이 올라갈 우려가 있는 조영체를 말한다. 이하 같다]	위쪽	2m (전선에 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 1m)
	옆쪽 또는 아래쪽	1.2m (전선에 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설한 경우에는 80 cm, 고압절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 40 cm)
기타의 조영체		1.2m (전선에 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설한 경우에는 80 cm, 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 40 cm)

3. 고압 가공전선과 건조물의 조영체 사이의 이격거리는 표 79-2에서 정한 값 이상일 것.

[표 79-2]

건조물 조영제의구분	접근형태	이 격 거 리
상부 조영제	위쪽	2 m (전선이 케이블인 경우에는 1 m)
	옆쪽 또는 아래쪽	1.2 m (전선에 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설한 경우에는 80 cm, 케이블인 경우에는 40 cm)
기타의 조영제		1.2 m (전선에 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설한 경우에는 80 cm, 케이블인 경우에는 40 cm)

② 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 건조물과 접근하는 경우에 저압 가공 전선 또는 고압가공 전선이 건조물의 아래쪽에 시설될 때에는 저압 가공 전선 또는 고압 가공 전선과 건조물 사이의 이격거리는 표 79-3에서 정한 값 이상으로 하고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.

[표 79-3]

가공 전선의 종류	이 격 거 리
저압 가공 전선	60 cm (전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 30 cm)
고압 가공 전선	80 cm (전선이 케이블인 경우에는 40 cm)

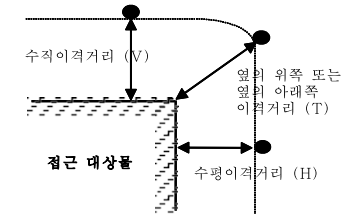
③ 저압 가공 전선 또는 고압 가공 전선이 건조물에 시설되어 있는 간이한 돌출간판 기타 사람이 올라갈 우려가 없는 조영제와 접근하는 경우에 다음 각 호의 어느 하나에 의하여 시설할 때에는 저압 가공 전선 또는 고압 가공 전선과 그 조영제 사이의 이격거리에 대하여는 제1항제2호 및 제3호와 제2항의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

1. KS C IEC 61235(활선작업-전기용 절연 중공관)에 적합한 방호구이거나 한국전기기술기준위원회 표준 KECS 1501-2009의 501.27에 적합한 방호구에 의하여 방호된 절연전선, 다심형 전선 또는 케이블(이하 “저압 방호구에 넣은 절연전선 등”이라 한다)을 사용하는 저압 가공전선을 그 조영제에 접촉하지 아니하도록 시설하는 경우
2. 제1호에 규정하는 방호구에 의하여 충전 부분이 쉽게 노출되지 아니하도록 방호된 나전선(이하 “저압 방호구에 넣은 나전선”이라 한다) 또는 저압 절연전선을 사용하는 저압 가공 전선과 그 조영제 사이의 이격거리를 40 cm 이상으로 하여 시설하는 경우
3. KS C IEC 61235(활선작업-전기용 절연 중공관)에 적합한 방호구이거나 한국전기기술기준위원회 표준 KECS 1501-2009의 501.27에 적합한 방호구에 의하여 방

호된 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블(이하 “고압 방호구에 넣은 고압 절연전선 등”이라 한다)을 사용하는 고압 가공전선을 그 조영제에 접촉하지 아니하도록 시설하는 경우

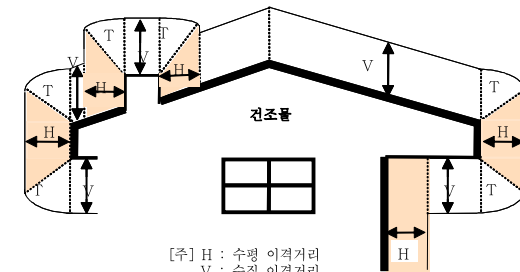
④ 제1항 및 2항에서 규정하는 가공전선과 건조물의 조영제 사이의 이격거리 산정방법(이하 이조와 제80조, 제126조, 제131조, 제135조제4항제2호에서 같다)은 다음 각 호와 같다.

1. 수직이격거리는 건조물의 조영제로부터 수직방향으로 떨어져야 할 거리, 수평이격거리는 수평방향으로 떨어져야할 거리를 말하며 이격거리의 관계는 그림 79-1과 같다.



[그림 79-1]

2. 옆의 위쪽 또는 옆의 아래쪽에서 이격거리 적용범위는 건조물의 조영제 모서리에서 수직이격거리를 반지름으로 하는 원호와 수평이격거리의 수직 연장선과 교차하는 점을 연결하는 사선이 이루는 영역으로 하고, 이 사선과 수평이격거리의 수직 연장선이 이루는 영역은 그림 79-2와 같이 수평이격거리 적용범위로 한다. 다만, 수평이격거리가 수직이격거리보다 클 경우에는 수직이격거리와 수평이격거리를 바꾸어 적용한다.



[그림 79-2]

**제80조(저고압 가공전선과 도로 등의 접근 또는 교차)** ① 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 도로·횡단보도교·철도·케도·삭도[반기(搬器)를 포함하고 삭도용 지주를 제외한다. 이하 같다] 또는 저압 전차선(이하 이 조에서 “도로 등”이라 한다)과 접근 상태로 시설되는 경우에는 다음 각 호에 따라야 한다.

1. 고압 가공전선로는 고압 보안공사에 의할 것.
2. 저압 가공전선과 도로 등의 이격거리(도로나 횡단보도교의 노면상 또는 철도나 케도의 레일면상의 이격거리를 제외한다. 이하 이 항에서 같다)는 표 80-1에서 정한 값 이상일 것. 다만, 저압 가공전선과 도로·횡단보도교·철도 또는 케도와의 수평 이격거리가 1m 이상인 경우에는 그러하지 아니하다.

[표 80-1]

도로 등의 구분	이격거리
도로·횡단보도교·철도 또는 케도	3 m
삭도나 그 지주 또는 저압 전차선	60 cm (전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 30 cm)
저압 전차선로의 지지물	30 cm

3. 고압 가공전선과 도로 등의 이격거리는 표 80-2에서 정한 값 이상일 것. 다만, 고압 가공전선과 도로·횡단보도교·철도 또는 케도와의 수평 이격거리가 1.2m 이상인 경우에는 그러하지 아니하다.

[표 80-2]

도로 등의 구분	이격거리
도로·횡단보도교·철도 또는 케도	3 m
삭도나 그 지주 또는 저압 전차선	80 cm (전선이 케이블인 경우에는 40 cm)
저압 전차선로의 지지물	60 cm (고압 가공전선이 케이블인 경우에는 30 cm)

- ② 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 도로 등과 교차하는 경우(동일 지지물에 시설되는 경우를 제외한다. 이하 같다)에 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 도로 등의 위에 시설되는 때에는 제1항 각 호(도로·횡단보도교·철도 또는 케도와의 이격거리)에 관한 부분을 제외한다)의 규정에 준하여 시설하여야 한다.
- ③ 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 도로·횡단보도교·철도 또는 케도와 접근하

는 경우에 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 도로·횡단보도교·철도 또는 케도의 아래쪽에 시설될 때에는 상호 간의 이격거리는 제79조제2항의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

- ④ 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 삭도와 접근하는 경우에는 저압 가공전선 또는 고압 가공전선은 삭도의 아래쪽에 수평거리로 삭도의 지주의 지표상의 높이에 상당하는 거리 안에 시설하여서는 아니 된다. 다만 가공전선과 삭도의 수평거리가 저압은 2m 이상, 고압은 2.5m 이상이고 또한 삭도의 지주의 도괴 등의 경우에 삭도가 가공전선에 접촉할 우려가 없는 경우 또는 가공전선이 삭도와 수평거리로 3m 미만에 접근하는 경우에 가공전선의 위쪽에 견고한 방호장치를 그 전선과 60cm(전선이 케이블인 경우에는 30cm) 이상 떨어져 시설하고 또한 금속제 부분에 제3종 접지공사를 한 때에는 그러하지 아니하다.
- ⑤ 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 삭도와 교차하는 경우에는 저압 가공전선 또는 고압 가공전선은 삭도의 아래에 시설하여서는 아니 된다. 다만, 가공전선의 위쪽에 견고한 방호장치를 그 전선과 60cm(전선이 케이블인 경우에는 30cm) 이상 떨어져 시설하고 또한 그 금속제 부분에 제3종 접지공사를 한 경우에는 그러하지 아니하다.

**제81조(저고압 가공전선과 가공약전류전선 등의 접근 또는 교차)** ① 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 가공약전류 전선 또는 가공 광섬유 케이블(이하 “가공약전류 전선 등”이라 한다)과 접근상태로 시설되는 경우에는 다음 각 호에 따라야 한다.

1. 고압 가공전선은 고압 보안공사에 의할 것. 다만, 고압 가공전선이 제154조에 규정하는 전력보안 통신선(고압 또는 특고압의 가공전선로의 지지물에 시설하는 것에 한한다)이나 이에 직접 접속하는 전력보안 통신선과 접근하는 경우에는 고압 보안공사에 의하지 아니할 수 있다.
2. 저압 가공전선이 가공약전류 전선등과 접근하는 경우에는 저압 가공전선과 가공약전류 전선 등 사이의 이격거리는 60cm [가공약전류 전선로 또는 가공 광섬유 케이블 선로(이하 “가공약전류 전선로 등”이라 한다)로서 가공약전류전선 등이 절연전선과 동등 이상의 절연효력이 있는 것 또는 통신용 케이블인 경우는 30cm] 이상일 것. 다만, 저압 가공전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우로서 저압 가공전선과 가공약전류전선 등 사이의 이격거리가 30cm (가공약전류 전선 등이 절연전선과 동등 이상의 절연효력이 있는 것 또는 통신용 케이블인 경우에는 15cm)이상인 경우에는 그러하지 아니하다.
3. 고압 가공전선이 가공약전류 전선 등과 접근하는 경우는 고압 가공전선과 가공약전류전선 등 사이의 이격거리는 80cm (전선이 케이블인 경우에는 40cm) 이상일 것.
4. 가공전선과 약전류전선로 등의 지지물 사이의 이격거리는 저압은 30cm 이상, 고압은 60cm (전선이 케이블인 경우에는 30cm) 이상일 것.
- ② 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 가공약전류전선 등과 교차하는 경우, 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 가공약전류전선 등의 위에 시설될 때는 제1항의 규정

에 준하여 시설하여야 한다. 이 경우 저압 가공전선로의 중성선에는 절연전선을 사용하여야 한다.

- ③ 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 가공 약전류전선 등과 접근하는 경우에는 저압 가공전선 또는 고압 가공전선은 가공 약전류전선 등의 아래쪽에서 수평거리로 가공 약전류전선 등의 지지물의 지표상의 높이에 상당하는 거리 안에 시설하여서는 아니 된다. 다만, 기술상 부득이한 경우로서 제1항제2호부터 제4호까지의 규정에 준하는 이외에 다음 각 호의 어느 하나에 따라 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
  1. 가공약전류 전선로 등을 제63조, 제74조제2항부터 제5항까지 및 제67조제6항의 규정에 준하고 또한 위험의 우려가 없도록 시설할 경우. 다만, 가공전선이 저압 가공전선인 경우에는 그러하지 아니하다.
  2. 고압가공전선과 가공약전류전선 등 사이의 수평거리가 2.5m 이상이고 또한 가공 약전류전선 등의 지지물의 도괴 등이 발생될 때 가공약전류전선 등이 고압가공전선과 접촉할 우려가 없도록 시설할 경우
- ④ 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 가공 약전류전선 등과 교차하는 경우에 저압 가공전선 또는 고압 가공전선은 가공 약전류전선 등의 아래에 시설하여서는 아니 된다. 다만, 기술상 부득이한 경우로서 제1항제2호부터 제4호까지 및 제3항제1호의 규정에 준하여 시설할 때는 그러하지 아니하다.

**제82조(저고압 가공전선과 안테나의 접근 또는 교차)** ① 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 안테나와 접근상태로 시설되는 경우에는 다음 각 호에 따라야 한다.

1. 고압 가공전선로는 고압 보안공사에 의할 것.
  2. 가공전선과 안테나 사이의 이격거리(가섭선에 의하여 시설하는 안테나에 있어서는 수평 이격거리)는 저압은 60cm(전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 30cm) 이상, 고압은 80cm(전선이 케이블인 경우에는 40cm) 이상일 것.
- ② 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 가섭선에 의하여 시설하는 안테나와 교차하는 경우에 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 안테나의 위에 시설되는 때에는 제1항(제2호에 있어서는 이격거리에 관한 부분에 한한다)의 규정에 준하여 시설하여야 한다.
  - ③ 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 안테나와 접근하는 경우에는 저압 가공전선 또는 고압 가공전선은 안테나의 아래쪽에서 수평거리로 안테나의 지주의 지표상의 높이에 상당하는 거리 안에 시설하여서는 아니 된다. 다만, 기술상 부득이한 경우에는 제1항의 규정에 준하여 시설하고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하는 이외에 가섭선에 의하여 시설하는 안테나는 그 안테나를 제81조제3항제1호의 가공약전류전선 등의 규정에 준하여 시설하는 때 또는 고압 가공전선과 안테나 사이의 수평거리가 2.5m 이상이고 또한 안테나의 지주의 도괴 등의 경우에 안테나가 가공전선에 접촉할 우려가 없는 경우에는 그러하지 아니하다.
  - ④ 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 가섭선으로 시설하는 안테나와 교차하는 경

우에는 저압 가공전선 또는 고압 가공전선은 안테나의 아래에 시설하여서는 아니 된다.

- ⑤ 제3항 단서의 규정은 제4항의 경우에 준용한다. 이 경우에 “수평거리”는 “이격거리”로 본다.

**제83조(저고압 가공전선과 교류전차선 등의 접근 또는 교차)** ① 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 교류 전차선 등과 접근하는 경우에 저압 가공전선 또는 고압 가공전선은 교류 전차선의 위쪽에 시설하여서는 아니 된다. 다만, 가공전선과 교류 전차선등의 수평거리가 3m 이상인 경우에는 가공전선로의 전선의 절단, 지지물의 도괴 등의 경우에 가공전선이 교류 전차선 등과 접촉할 우려가 없을 때 또는 다음 각 호에 따라 시설하는 때에는 그러하지 아니하다.

1. 저압 가공전선로(저압 옥측 전선로 또는 제151조제2항의 규정에 의하여 시설하는 저압 전선로에 인접하는 1경간의 전선, 가공 인입선, 연결 인입선의 가공 부분을 제외한다. 이하 이 절에서 같다)는 저압 보안공사(전선에 관한 부분을 제외한다), 고압 가공전선로는 고압 보안공사에 의할 것.
  2. 저압 가공전선은 케이블인 경우 이외에는 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5mm 이상의 경동선의 것.
  3. 저압 가공전선은 케이블인 경우에는 제69조제1항제4호, 케이블 이외의 것인 경우에는 제71조제1항의 규정에 준하여 시설할 것.
  4. 가공전선로의 지지물(철탑은 제외한다)에는 교류 전차선 등과 접근하는 반대쪽에 지선을 시설할 것. 다만, 제116조에서 규정하는 상시 상정하중에 1.96 kN의 수평하중을 가산한 하중에 의하여 나타나는 부재응력(部材應力)의 1배의 응력에 대하여 견디는 B중 철주 또는 B중 철근 콘크리트주를 지지물로 사용하는 때에는 그러하지 아니하다.
- ② 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 교류 전차선 등과 교차하는 경우에 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 교류 전차선 등의 위에 시설되는 때에는 다음 각 호에 따라야 한다.
    1. 저압 가공전선에는 케이블을 사용하고 또한 이를 단면적 38mm<sup>2</sup> 이상인 아연도강연선으로서 인장강도 19.61 kN 이상인 것(교류 전차선 등과 교차하는 부분을 포함하는 공간에 접촉점이 없는 것에 한한다)으로 조가하여 시설할 것.
    2. 고압 가공전선은 케이블인 경우 이외에는 인장강도 14.51 kN 이상의 것 또는 단면적 38mm<sup>2</sup> 이상의 경동연선(교류 전차선 등과 교차하는 부분을 포함하는 공간에 접촉점이 없는 것에 한한다)일 것.
    3. 고압 가공전선이 케이블인 경우에는 이를 단면적 38mm<sup>2</sup> 이상인 아연도강연선으로서 인장강도 19.61 kN 이상인 것(교류 전차선 등과 교차하는 부분을 포함하는 공간에 접촉점이 없는 것에 한한다)으로 조가하여 시설할 것.
    4. 제1호 및 제3호의 조가용선은 제69조제1항제4호의 규정에 준하는 이외에 이를 교류 전차선 등과 교차하는 부분이 양쪽의 지지물에 견고하게 인류하여 시설할 것.

5. 케이블 이외의 것을 사용하는 고압 가공전선 상호 간의 간격은 65cm 이상일 것.
  6. 고압 가공전선로의 지지물은 전선이 케이블인 경우 이외에는 내장에자장치(耐張 碍子装置)가 되어 있는 것일 것.
  7. 가공전선로의 지지물에 사용하는 목주의 풍압하중에 대한 안전율은 2 이상일 것.
  8. 가공전선로의 경간은 지지물로 목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주를 사용하는 경우에는 60m 이하, B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주를 사용하는 경우에는 120m 이하일 것.
  9. 고압 가공전선로의 완금류에는 견고한 금속제의 것을 사용하고 이에 제3종 접지 공사를 할 것.
  10. 가공전선로의 지지물(철탑을 제외한다)에는 가공전선로의 방향과 교차하는 쪽의 반대쪽 및 가공전선로와 직각 방향에 그 양쪽에 지선을 시설할 것. 다만, 가공전선로가 전선로의 방향에 대하여 10도 이상의 수평각도를 이루는 경우에 전선로의 방향에 교차하는 쪽의 반대쪽 및 수평각도를 이루는 쪽의 반대쪽에 지선을 시설할 때 또는 제116조에 규정하는 상시 상정하중에 1.96 kN의 수평횡하중을 가산한 하중에 의하여 나타나는 부재응력의 1배의 응력에 대하여 견디는 B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주를 지지물로 사용하는 때에는 그러하지 아니하다.
  11. 가공전선로의 전선·완금류·지지물·지선 또는 지주와 교류 전차선 등 사이의 이격거리는 2m 이상일 것.
- ③ 저압 가공전선 또는 고압 가공전선이 교류 전차선 등과 접근하는 경우에 저압 가공전선 또는 고압 가공전선은 교류 전차선 등과 옆쪽 또는 아래쪽에 수평거리로 교류 전차선 등의 지지물의 지표상의 높이에 상당하는 거리 이내에 시설하여서는 아니 된다. 다만, 가공전선과 교류 전차선 등의 수평거리가 3m 이상인 경우에 교류 전차선 등의 지지물에 철근 콘크리트주 또는 철주를 사용하고 또한 지지물의 경간이 60m 이하이거나 교류 전차선 등의 지지물의 도괴 등의 경우에 교류 전차선 등이 가공 전선에 접촉할 우려가 없을 때 또는 가공전선과 교류전차선 등 사이의 수평거리가 3m 미만인 경우에 다음 각 호에 따라 시설하는 때에는 그러하지 아니하다.
1. 전차선로의 지지물에는 철주 또는 철근 콘크리트주를 사용하고 또한 그 경간이 60m 이하일 것.
  2. 전차선로의 지지물[문형구조(門型構造)로 되어 있는 것은 제외한다]에는 가공전선과 접근하는 쪽의 반대쪽에 지선을 시설할 것. 다만, 지지물에 기초의 안전율이 2 이상인 철주 또는 철근 콘크리트주를 사용하는 경우에 그 철주 또는 철근 콘크리트주가 제116조에 규정하는 상시 상정하중에 1.96 kN의 수평횡하중을 가산한 하중에 의하여 나타나는 부재응력의 1배의 응력에 대하여 견디는 것인 때에는 그러하지 아니하다.
  3. 교류 전차선 등과 가공전선 사이의 수평 이격거리는 2m 이상일 것. 다만, 교류 전차선 등과 가공전선 사이의 이격거리가 2m 이상인 경우에 보호망이 가공전선

의 위쪽에 제129조제4항 및 제5항의 규정에 준하여 시설되는 때에는 그러하지 아니하다.

**제84조(저압 가공전선 상호 간의 접근 또는 교차)** 저압 가공전선이 다른 저압 가공전선과 접근상태로 시설되거나 교차하여 시설되는 경우에는 저압 가공전선 상호 간의 이격거리는 60cm(어느 한 쪽의 전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에 30cm) 이상, 하나의 저압 가공전선과 다른 저압 가공전선로의 지지물 사이의 이격거리는 30cm 이상이어야 한다.

**제85조(고압가공전선 등과 저압가공전선 등의 접근 또는 교차)** ① 고압 가공전선이 저압 가공전선 또는 고압 전차선(이하 이 조에서 “저압 가공전선 등”이라 한다)과 접근상태로 시설되거나 고압 가공전선이 저압 가공전선 등과 교차하는 경우에 고압 가공전선 등의 위에 시설되는 때에는 다음 각 호에 따라야 한다.

1. 고압 가공전선로는 고압 보안공사에 의할 것. 다만, 그 전선로의 전선이 제23조제1항부터 제3항까지의 규정에 의하여 전선로의 일부에 접지공사를 한 저압 가공전선과 접근하는 경우에는 그러하지 아니하다.
2. 고압 가공전선과 저압 가공전선 등 또는 그 지지물 사이의 이격거리는 표 85-1에서 정한 값 이상일 것.

[표 85-1]

저압 가공전선 등 또는 그 지지물의 구분	이격거리
저압 가공전선 등	80 cm (고압 가공전선이 케이블인 경우에는 40 cm)
저압 가공전선 등의 지지물	60 cm (고압 가공전선이 케이블인 경우에는 30 cm)

- ② 고압 가공전선 또는 고압 전차선(이하 이 조에서 “고압 가공전선 등”이라 한다)이 저압 가공전선과 접근하는 경우에는 고압 가공전선 등은 저압 가공전선의 아래쪽에 수평거리로 그 저압 가공전선로의 지지물의 지표상의 높이에 상당하는 거리 안에 시설하여서는 아니 된다. 다만, 기술상의 부득이한 경우에 저압 가공전선이 다음 각 호에 따라 시설되는 경우 또는 고압 가공전선 등과 저압 가공전선과의 수평거리가 2.5m 이상인 때에 저압 가공전선로의 전선 절단·지지물의 도괴 등에 의하여 저압 가공전선이 고압가공전선 등에 접촉할 우려가 없는 경우에는 그러하지 아니하다.
1. 저압 가공전선로는 저압 보안공사에 의할 것. 다만, 제23조제1항부터 제3항까지의 규정에 의하여 전로의 일부에 접지공사를 한 경우에는 그러하지 아니하다.
  2. 저압 가공전선과 고압 가공전선 등 또는 그 지지물 사이의 이격거리는 표 85-2에서 정한 값 이상일 것.

[표 85-2]

고압 가공전선 등 또는 그 지지물의 구분	이격거리
고압 가공전선	80 cm (고압 가공전선이 케이블인 경우에는 40 cm)
고압 전차선	1.2 m
고압 가공전선 등의 지지물	30 cm

3. 저압 가공전선로의 지지물과 고압 가공전선 등 사이의 이격거리는 60 cm(고압 가공전선로가 케이블인 경우에는 30 cm) 이상일 것.

③ 저압 가공전선과 고압 가공전선 등 사이의 수평거리가 2.5 m 이상인 경우 또는 수평거리가 1.2 m 이상이고 또한 수직거리가 수평거리의 1.5배 이하인 경우에는 제2항 제1호 본문의 규정에 불구하고 저압 가공전선로는 저압 보안공사(전선에 관한 부분에 한한다)에 의하지 아니할 수 있다.

④ 고압 가공전선 등이 저압 가공전선과 교차하는 경우에는 고압 가공전선 등은 저압 가공전선의 아래에 시설하여서는 아니 된다. 이 경우에 제2항 단서의 규정을 준용한다.

**제86조(고압 가공전선 상호 간의 접근 또는 교차)** 고압 가공전선이 다른 고압 가공 전선과 접근상태로 시설되거나 교차하여 시설되는 경우에는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 위쪽 또는 옆쪽에 시설되는 고압 가공전선로는 고압 보안공사에 의할 것.
2. 고압 가공전선 상호 간의 이격거리는 80 cm(어느 한쪽의 전선이 케이블인 경우에는 40 cm) 이상, 하나의 고압 가공전선과 다른 고압 가공전선로의 지지물 사이의 이격거리는 60 cm(전선이 케이블인 경우에는 30 cm) 이상일 것.

**제87조(저압 가공전선과 다른 시설물의 접근 또는 교차)** ① 저압 가공전선이 건조물·도로·횡단보도교·철도·궤도·삭도·가공약전류 전선로 등·안테나·교류 전차선 등·저압 또는 고압의 전차선·다른 저압 가공전선·고압 가공전선 및 특고압 가공전선 이외의 시설물(이하 이 조에서 “다른 시설물”이라 한다)과 접근상태로 시설되는 경우에는 저압 가공전선과 다른 시설물 사이의 이격거리는 표 87-1에서 정한 값 이상이어야 한다.

[표 87-1]

다른 시설물의 구분	접근형태	이격거리
조영물의 상부조영제	위쪽	2 m (전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 1 m)
	옆쪽 또는 아래쪽	60 cm (전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 30 cm)
조영물의 상부조영제 이외의 부분 또는 조영물 이외의 시설물		60 cm (전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 30 cm)

② 저압 가공전선이 다른 시설물의 위에서 교차하는 경우에는 제1항의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

③ 저압 가공전선이 다른 시설물과 접근하는 경우에 저압 가공전선이 다른 시설물의 아래쪽에 시설되는 때에는 상호 간의 이격거리를 60 cm(전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에 30 cm) 이상으로 하고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.

④ 저압 가공전선을 다음 각 호의 어느 하나에 따라 시설하는 경우에는 제1항부터 제3항까지(이격거리에 관한 부분에 한한다)의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

1. 저압 방호구에 넣은 저압 가공나전선을 건축 현장의 비계틀 또는 이와 유사한 시설물에 접촉하지 아니하도록 시설하는 경우
2. 저압 방호구에 넣은 저압 가공절연전선 등을 조영물에 시설된 간이한 돌출간판 기타 사람이 올라갈 우려가 없는 조영제 또는 조영물 이외의 시설물에 접촉하지 아니하도록 시설하는 경우
3. 저압 절연전선 또는 저압 방호구에 넣은 저압 가공 나전선을 조영물에 시설된 간이한 돌출간판 기타 사람이 올라갈 우려가 없는 조영제에 30 cm 이상 이격하여 시설하는 경우

**제88조(고압 가공전선과 다른 시설물의 접근 또는 교차)** ① 고압 가공전선이 건조물·도로·횡단보도교·철도·궤도·삭도·가공약전류 전선 등·안테나·교류 전차선 등·저압 또는 전차선·저압 가공전선·다른 고압 가공전선 및 특고압 가공전선 이외의 시설물(이하 이 조에서 “다른 시설물”이라 한다)과 접근상태로 시설되는 경우에는 고압 가공전선과 다른 시설물의 이격거리는 표 88-1에서 정한 값 이상으로 하여야 한다. 이 경우에 고압 가공전선로의 전선의 절단, 지지물이 도로 등에 의하여 고압 가공전선이 다른 시설물과 접촉함으로써 사람에게 위험을 줄 우려가 있을 때에는 고압 가공전선로는 고압 보안공사에 의하여야 한다.

[표 88-1]

다른 시설물의 구분	접근형태	이격거리
조영물의 상부 조영제	위쪽	2 m (전선이 케이블인 경우에는 1 m)
	옆쪽 또는 아래쪽	80 cm (전선이 케이블인 경우에는 40 cm)
조영물의 상부조영제 이외의 부분 또는 조영물 이외의 시설물		80 cm (전선이 케이블인 경우에는 40 cm)

② 고압 가공전선이 다른 시설물의 위에서 교차하는 경우에는 제1항의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

③ 고압 가공전선이 다른 시설물과 접근하는 경우에 고압 가공전선이 다른 시설물의



아래쪽에 시설되는 때에는 상호 간의 이격거리를 80 cm(전선이 케이블인 경우에는 40 cm) 이상으로 하고 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.

- ④ 고압 방호구에 넣은 고압 가공절연전선을 조영물에 시설된 간이한 돌출간판 기타 사람이 올라갈 우려가 없는 조영물 또는 조영물 이외의 시설물에 접촉하지 아니하도록 시설하는 경우에는 제1항부터 제3항까지(이격거리에 관한 부분에 한한다)의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

**제89조(저고압 가공전선과 식물의 이격거리)** 저압 또는 고압 가공전선은 상시 부는 바람 등에 의하여 식물에 접촉하지 않도록 시설하여야 한다. 다만, 저압 또는 고압 가공절연전선을 방호구에 넣어 시설하거나 절연내력 및 내마모성이 있는 케이블을 시설하는 경우는 그러하지 아니하다.

**제90조(저고압 옥축전선로 등에 인접하는 가공전선의 시설)** ① 저압 옥축 전선로 또는 제151조제2항의 규정에 의하여 시설하는 저압 전선로에 인접하는 1경간의 가공전선은 제100조의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

- ② 고압 옥축 전선로 또는 제151조제2항의 규정에 의하여 시설하는 고압 전선로에 인접하는 1경간의 가공전선은 제102조의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

**제91조(저고압 가공전선과 가공약전류 전선 등의 공가)** 저압 가공전선 또는 고압 가공전선과 가공약전류전선 등(전력보안 통신용의 가공약전류전선은 제외한다. 이하 이 조에서 같다)을 동일 지지물에 시설하는 경우에는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 전선로의 지지물로서 사용하는 목주의 풍압하중에 대한 안전율은 1.5 이상일 것.
2. 가공전선을 가공약전류전선 등의 위로하고 별개의 완금류에 시설할 것. 다만, 가공약전류 전선로의 관리자의 승낙을 받은 경우에 저압 가공전선에 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블을 사용하는 때에는 그러하지 아니하다.
3. 가공전선과 가공약전류전선 등 사이의 이격거리는 가공전선에 유선 텔레비전용 급전겸용 동축케이블을 사용한 전선으로서 그 가공전선로의 관리자와 가공약전류 전선로 등의 관리자가 같을 경우 이외에는 저압(다중 접지된 중성선을 제외한다)은 75 cm 이상, 고압은 1.5 m 이상일 것. 다만, 가공약전류전선 등이 절연전선과 동등 이상의 절연효력이 있는 것 또는 통신용 케이블인 경우에 이격거리를 저압 가공전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 30 cm, 고압 가공전선이 케이블인 때에는 50 cm 까지, 가공약전류 전선로 등의 관리자의 승낙을 얻은 경우에는 이격거리를 저압은 60 cm, 고압은 1 m 까지로 각각 감할 수 있다.
4. 가공약전류전선 등의 관리자의 승낙을 얻은 경우에 가공약전류전선 등이 광섬유 케이블이고 제155조제1항제2호·제3호 및 제161조제1항의 규정에 준하여 시설하는 경우에는 제3호의 규정에 의하지 아니할 수 있다.
5. 가공전선이 가공약전류전선에 대하여 유도작용에 의한 통신상의 장애를 줄 우려가 있는 경우에는 제68조제2항의 규정에 준하여 시설할 것.
6. 가공전선로의 수직배선[지지물의 길이의 방향으로 시설되는 약전류 전선 및 광섬유 케이블(이하 “약전류 전선 등”이라 한다) 및 전선과 그 부속물을 말한다. 이하

같다]은 다음과 같이 시설할 것.

가. 가공전선로의 수직배선과 가공약전류 전선로 등의 수직배선을 동일 지지물에 시설하는 경우에는 지지물을 사이에 두고 시설하고 또한 지표상 4.5m 안에 있어서는 가공전선로의 수직배선을 도로측에 돌출시키지 아니할 것. 다만, 가공전선로의 수직배선이 가공약전류전선로 등의 수직배선으로부터 1m 이상 떨어져 있을 때 또는 가공전선로의 수직배선과 가공약전류 전선 등의 수직배선이 케이블인 경우에 이들이 직접 접촉될 우려가 없도록 지지물이나 완금류에 견고하게 시설한 때에는 지지물의 같은 쪽에 시설할 수 있다.

나. 지지물의 표면에 붙이는 가공전선로의 수직배선에는 가공약전류 전선 등의 시설자가 지지물에 시설한 것의 1m 위로부터 전선로의 수직배선의 맨 아래까지의 사이에는 저압은 절연전선 또는 케이블, 고압은 케이블을 사용할 것.

다. 지지물의 표면에 붙이는 가공약전류전선 등의 수직배선에는 가공약전류전선 등의 관리자와 가공전선로의 관리자가 상호 승낙을 받았을 경우에 가공 약전류 전선 등의 수직배선을 케이블 또는 충분한 절연내력이 있는 것에 넣어 가공전선과 직접 접촉할 우려가 없도록 지지물 또는 완금류에 견고하게 시설할 경우에는 제2호 및 제3호에 의하지 아니할 수 있다

7. 가공전선로의 접지선에 절연전선 또는 케이블을 사용하고 또한 가공전선로의 접지선 및 접지극과 가공약전류 전선로 등의 접지선 및 접지극과는 각각 별개로 시설할 것.
8. 전선로의 지지물은 그 전선로의 공사, 유지 및 운용에 지장을 줄 우려가 없도록 시설할 것.

**제92조(농사용 저압 가공전선로의 시설)** 농사용 전등·전동기 등에 공급하는 저압 가공전선로는 그 저압 가공전선이 건조물의 위에 시설되는 경우, 도로·철도·케도·삭도·가공약전류 전선 등·안테나·다른 가공전선 또는 전차선과 교차하여 시설되는 경우 및 수평거리로 이와 그 저압 가공전선로의 지지물의 지표상 높이에 상당하는 거리 안에 접근하여 시설되는 경우 이외의 경우에 한하여 다음 각 호에 따라 시설하는 때에는 제69조 제1항 및 제72조의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

1. 사용전압은 저압일 것
2. 저압 가공전선은 인장강도 1.38 kN 이상의 것 또는 지름 2 mm 이상의 경동선일 것.
3. 저압 가공전선의 지표상의 높이는 3.5 m 이상일 것. 다만, 저압 가공전선을 사람이 쉽게 출입하지 아니하는 곳에 시설하는 경우에는 3 m 까지로 감할 수 있다.
4. 목주의 굵기는 말구 지름이 9 cm 이상일 것.
5. 전선로의 경간은 30 m 이하일 것.
6. 다른 전선로에 접속하는 곳 가까이에 그 저압 가공전선로 전용의 개폐기 및 과전류 차단기를 각 극(과전류 차단기는 중성극을 제외한다)에 시설할 것.

**제93조(구내에 시설하는 저압 가공전선로)** ① 1구내에만 시설하는 사용전압이 400 V 미만인 저압 가공전선로의 전선이 건조물의 위에 시설되는 경우, 도로(폭이 5 m를 초과

하는 것에 한한다)· 횡단보도교· 철도· 궤도· 삭도· 가공약전류 전선 등· 안테나· 다른 가공전선 또는 전차선과 교차하여 시설되는 경우 및 이들과 수평거리로 그 저압 가공전선로의 지지물의 지표상 높이에 상당하는 거리 이내에 접근하여 시설되는 경우 이외에 한하여 다음 각 호에 따라 시설하는 때에는 제70조 및 제87조제1항부터 제3항까지의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

1. 전선은 지름 2mm 이상의 경동선의 절연전선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 절연전선 일 것. 다만, 경간이 10m 이하인 경우에 한하여 공칭단면적 4mm<sup>2</sup> 이상의 연동 절연전선을 사용할 수 있다.
2. 전선로의 경간은 30m 이하일 것.
3. 전선과 다른 시설물과의 이격거리는 표 93-1에서 정한 값 이상일 것.

[표 93-1]

다른 시설물의 구분	접근형태	이격거리
조영물의 상부조영제	위쪽	1 m
	옆쪽 또는 아래쪽	60 cm (전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 30 cm)
조영물의 상부조영제 이외의 부분 또는 조영물 이외의 시설물		60 cm (전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 30 cm)

② 1구내에만 시설하는 사용전압이 400V 미만인 저압 가공전선로의 전선은 그 저압 가공전선이 도로(폭이 5m를 초과하는 것에 한한다)· 횡단보도교· 철도 또는 궤도를 횡단하여 시설하는 경우 이외의 경우에 한하여 다음 각 호에 따라 시설하는 때에는 제72조제1항의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

1. 도로를 횡단하는 경우에는 4m 이상이고 교통에 지장이 없는 높이일 것.
2. 도로를 횡단하지 않는 경우에는 3m 이상의 높이일 것.

**제3절 옥측전선로· 옥상전선로· 인입선 및 연접인입선**

**제94조(저압 옥측전선로의 시설)** ① 저압 옥측 전선로는 다음 각 호의 어느 하나에 해당 하는 경우에 한하여 시설할 수 있다.

1. 1 구내 또는 동일 기초구조물 및 여기에 구축된 복수의 건물과 구조적으로 일체화된 하나의 건물(이하 이 조에서 "1 구내 등"이라 한다)에 시설하는 전선로의 전부 또는 일부로 시설하는 경우
2. 1 구내 등 전용의 전선로 중 그 구내에 시설하는 부분의 전부 또는 일부로 시설하는 경우

② 저압 옥측전선로는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 저압 옥측전선로는 다음 각 목의 어느 하나에 의한 것.
  - 가. 애자사용공사(전개된 장소에 한한다)
  - 나. 합성수지관공사
  - 다. 금속관공사(목조 이외의 조영물에 시설하는 경우에 한한다)
  - 라. 버스덕트공사[목조 이외의 조영물(점검할 수 없는 은폐된 장소를 제외한다)에 시설하는 경우에 한한다]
  - 마. 케이블공사(연피 케이블· 알루미늄 피 케이블 또는 미네랄인슈레이션케이블을 사용하는 경우에는 목조 이외의 조영물에 시설하는 경우에 한한다)
2. 애자사용공사에 의한 저압 옥측전선로는 제195조제1항과 다음에 의하고 또한 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설할 것.
  - 가. 전선은 공칭단면적 4mm<sup>2</sup> 이상의 연동 절연전선(옥외용 비닐절연전선 및 인입용 절연전선을 제외한다)일 것.
  - 나. 전선 상호 간의 간격 및 전선과 그 저압 옥측전선로를 시설하는 조영체 사이의 이격거리는 표 94-1에서 정한 값 이상일 것.

[표 94-1]

시설장소	전선 상호 간의 간격		전선과 조영체 사이의 이격거리	
	사용전압이 400V 미만인 경우	사용전압이 400V 이상인 경우	사용전압이 400V 미만인 경우	사용전압이 400V 이상인 경우
비나 이슬에 젖지 아니 하는 장소	6 cm	6 cm	2.5 cm	2.5 cm
비나 이슬에 젖는 장소	6 cm	12 cm	2.5 cm	4.5 cm

- 다. 전선의 지지점 간의 거리는 2m 이하일 것.
- 라. 전선에 인장강도 1.38kN 이상의 것 또는 지름 2mm 이상의 경동선을 사용하고 또한 전선 상호 간의 간격을 20cm 이상, 전선과 저압 옥측전선로를 시설한 조영체 사이의 이격거리를 30cm 이상으로 하여 시설하는 경우에 한하여 옥외용 비닐절연전선을 사용하거나 지지점 간의 거리를 2m를 초과하고 15m 이하로 할 수 있다.
- 마. 사용전압이 400V 미만인 경우에 다음에 의하고 또한 전선을 손상할 우려가 없도록 시설할 때에는 "가" 및 "나"(전선 상호 간의 간격에 관한 것에 한한다)에 의하지 아니할 수 있다.

- (1) 전선은 공칭단면적 4mm<sup>2</sup> 이상의 연동 절연전선 또는 지름 2mm 이상의 인입용 비닐절연전선일 것.
- (2) 전선을 바인드선에 의하여 애자에 붙이는 경우에는 각각의 선심을 애자의 다른 홈에 넣고 또한 다른 바인드선으로 선심 상호 간 및 바인드선 상호 간에 접촉하지 아니하도록 견고하게 시설할 것.
- (3) 전선을 접속하는 경우에는 각각의 선심의 접속점은 5cm 이상 띄울 것.

(4) 전선과 그 저압 옥축전선로를 시설하는 조영재 사이의 이격거리는 3cm 이상 일 것

바. "마"에 의하는 경우로 전선과 그 저압 옥축전선로를 시설하는 조영재 사이의 이격거리를 30cm 이상으로 시설하는 경우에는 지지점 간의 거리를 2m를 초과하고 15m 이하로 할 수 있다.

사. 애자는 절연성·난연성 및 내수성이 있는 것일 것.

3. 합성수지관공사에 의한 저압 옥축전선로는 제183조 및 제195조제2항의 규정에 준하여 시설할 것.

4. 금속관공사에 의한 저압 옥축전선로는 제184조의 규정에 준하여 시설할 것.

5. 버스덕트공사에 의한 저압 옥축전선로는 제188조의 규정에 준하여 시설하는 이외의 덕트는 물이 스며들어 고이지 아니하는 것일 것.

6. 케이블 공사에 의한 저압 옥축전선로는 제195조제2항의 규정에 준하여 시설하고 또한 다음 각 목의 어느 하나에 의하여 시설할 것.

가. 케이블을 조영재에 따라서 시설할 경우에는 제193조제1항의 규정에 준하여 시설할 것.

나. 케이블을 조가용선에 조가하여 시설할 경우에는 제69조(제1항제4호 및 제3항을 제외한다)의 규정에 준하여 시설하고 또한 저압 옥축 전선로에 시설하는 전선은 조영재에 접촉하지 아니하도록 시설할 것.

③ 저압 옥축전선로의 전선이 그 저압 옥축전선로를 시설하는 조영물에 시설하는 다른 저압 옥축전선(저압 옥축 전선로의 전선·저압의 인입선 및 연결 인입선의 옥축부분과 저압 옥축배선을 말한다. 이하 같다)·관등회로의 배선·약전류전선 등 또는 수관·가스관이나 이들과 유사한 것과 접근하거나 교차하는 경우에는 제196조의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

④ 제3항의 경우 이외에는 애자사용공사에 의한 저압 옥축전선로의 전선이 다른 시설물[그 저압 옥축전선로를 시설하는 조영재·가공전선·고압 옥축전선(고압 옥축전선로의 전선·고압 인입선의 옥축부분 및 고압 옥축배선을 말한다. 이하 같다)·특고압 옥축전선(특고압 옥축전선로의 전선·특고압 인입선의 옥축부분 및 특고압 옥축배선을 말한다. 이하 같다) 및 옥상전선을 제외한다. 이하 이 항에서 같다]과 접근하는 경우 또는 애자사용공사에 의한 저압 옥축전선로의 전선이 다른 시설물의 위나 아래에 시설되는 경우에 저압 옥축전선로의 전선과 다른 시설물 사이의 이격거리는 표 94-2에서 정한 값 이상이어야 한다.

[표 94-2]

다른 시설물의 구분	접근형태	이격거리
조영물의 상부조영재	위쪽	2m (전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 1m)
	옆쪽 또는 아래쪽	60cm (전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 30cm)
조영물의 상부조영재 이외의 부분 또는 조영물 이외의 시설물		60cm (전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 30cm)

⑤ 애자사용공사에 의한 저압 옥축전선로의 전선과 식물 사이의 이격거리는 20cm 이상이어야 한다. 다만, 저압 옥축전선로의 전선이 고압 절연전선 또는 특고압 절연전선인 경우에 그 전선을 식물에 접촉하지 아니하도록 시설하는 때에는 그러하지 아니하다.

제95조(고압 옥축전선로의 시설) ① 고압 옥축전선로는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에 한하여 시설할 수 있다.

1. 1구내 또는 동일 기초 구조물 및 여기에 구축된 복수의 건물과 구조적으로 일체화된 하나의 건물(이하 이 조문에서 "1구내 등"이라 한다)에 시설하는 전선로의 전부 또는 일부로 시설하는 경우

2. 1구내 등 전용의 전선로 중 그 구내에 시설하는 부분의 전부 또는 일부로 시설하는 경우

3. 옥외에 시설한 복수의 전선로에서 수전하도록 시설하는 경우

② 고압 옥축전선로는 전개된 장소에 제195조제2항의 규정에 준하여 시설하고 또한 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 전선은 케이블일 것.

2. 케이블은 견고한 관 또는 트라프에 넣거나 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설할 것.

3. 케이블을 조영재의 옆면 또는 아랫면에 따라 붙일 경우에는 케이블의 지지점 간의 거리를 2m (수직으로 붙일 경우에는 6m)이하로 하고 또한 피복을 손상하지 아니하도록 붙일 것.

4. 케이블을 조가용선에 조가하여 시설하는 경우에 제69조(제3항을 제외한다)의 규정에 준하여 시설하고 또한 전선이 고압 옥축 전선로를 시설하는 조영재에 접촉하지 아니하도록 시설할 것.

5. 관 기타의 케이블을 넣는 방호장치의 금속제 부분·금속제의 전선 접속함 및 케이블의 피복에 사용하는 금속제에는 이들의 방식조치를 한 부분 및 대지와 사이의 전기저항 값이 10Ω 이하인 부분을 제외하고 제1종 접지공사(사람이 접촉할 우려가 없도록 시설할 경우에는 제3종 접지공사)를 할 것.

③ 고압 옥축전선로의 전선이 그 고압 옥축전선로를 시설하는 조영물에 시설하는 특고압 옥축전선·저압 옥축전선·관등회로의 배선·약전류 전선 등이나 수관·가스관 또는 이와 유사한 것과 접근하거나 교차하는 경우에는 고압 옥축전선로의 전선과 이들 사이의 이격거리는 15cm 이상이어야 한다.

④ 제3항의 경우 이외에는 고압 옥축전선로의 전선이 다른 시설물(그 고압 옥축전선로를 시설하는 조영물에 시설하는 다른 고압 옥축전선, 가공전선 및 옥상전선을 제외한다. 이하 이 조에서 같다)과 접근하는 경우에는 고압 옥축전선로의 전선과 이들 사이의 이격거리는 30cm 이상이어야 한다.

⑤ 고압 옥축전선로의 전선과 다른 시설물 사이에 내화성이 있는 견고한 격벽(隔壁)을 설치하여 시설하는 경우 또는 고압 옥축전선로의 전선을 내화성이 있는 견고한

관에 넣어 시설하는 경우에는 제3항 및 제4항의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

**제96조(특고압 옥축전선로의 시설)** 특고압 옥축전선로(특고압 인입선의 옥축부분을 제외한다. 이하 이 장에서 같다)는 시설하여서는 아니 된다. 다만, 사용전압이 100 kV 이하이고 제95조의 규정에 준하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다. 이 경우에 제95제2항제4호의 “제69조(제3항을 제외한다)”는 “제106조”로 본다.

**제97조(저압 옥상전선로의 시설)** ① 저압 옥상 전선로(저압의 인입선 및 연결인입선의 옥상부분을 제외한다. 이하 이 장에서 같다)는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에 한하여 시설할 수 있다.

1. 1구내 또는 동일 기초 구조물 및 여기에 구축된 복수의 건물과 구조적으로 일체화된 하나의 건물(이하 이 조문에서 “1구내 등”이라 한다)에 시설하는 전선로의 전부 또는 일부로 시설하는 경우
2. 1구내 등 전용의 전선로 중 그 구내에 시설하는 부분의 전부 또는 일부로 시설하는 경우

② 저압 옥상전선로는 전개된 장소에 다음 각 호에 따르고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.

1. 전선은 인장강도 2.30 kN 이상의 것 또는 지름 2.6 mm 이상의 경동선의 것.
2. 전선은 절연전선일 것.
3. 전선은 조영체에 견고하게 붙인 지지주 또는 지지대에 절연성·난연성 및 내수성이 있는 애자를 사용하여 지지하고 또한 그 지지점 간의 거리는 15 m 이하일 것.
4. 전선과 그 저압 옥상 전선로를 시설하는 조영체와의 이격거리는 2 m (전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 1 m) 이상일 것.

③ 전선이 케이블인 저압 옥상 전선로는 다음 각 호의 어느 하나에 해당할 경우에 한하여 시설할 수 있다.

1. 전선을 전개된 장소에 제69조(제1항제4호는 제외한다)의 규정에 준하여 시설하는 외에 조영체에 견고하게 붙인 지지주 또는 지지대에 의하여 지지하고 또한 조영체 사이의 이격거리를 1 m 이상으로 하여 시설하는 경우
2. 전선을 조영체에 견고하게 붙인 견고한 관 또는 트라프에 넣고 또한 트라프에는 취급자 이외의 자가 쉽게 열 수 없는 구조의 철회 또는 철근 콘크리트제 기타 견고한 뚜껑을 시설하는 외에 제193조제1항제4호 및 제5호의 규정에 준하여 시설하는 경우

④ 저압 옥상전선로의 전선이 저압 옥축전선·고압 옥축전선·특고압 옥축전선·다른 저압 옥상전선로의 전선·약전류 전선 등·안테나나 수관·가스관 또는 이들과 유사한 것과 접근하거나 교차하는 경우에는 저압 옥상전선로의 전선과 이들 사이의 이격거리는 1 m (저압 옥상전선로의 전선 또는 저압 옥축전선이나 다른 저압 옥상전선로의 전선이 저압 방호구에 넣은 절연전선 등·고압 절연전선·특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 30 cm) 이상이어야 한다.

⑤ 제4항의 경우 이외에는 저압 옥상전선로의 전선이 다른 시설물(그 저압 옥상전선

로를 시설하는 조영체·가공전선 및 고압의 옥상 전선로의 전선을 제외한다)과 접근하거나 교차하는 경우에는 그 저압 옥상 전선로의 전선과 이들 사이의 이격거리는 60 cm (전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 30 cm) 이상이어야 한다.

⑥ 저압 옥상전선로의 전선은 상시 부는 바람 등에 의하여 식물에 접촉하지 아니하도록 시설하여야 한다.

**제98조(고압 옥상전선로의 시설)** ① 고압 옥상전선로(고압 인입선의 옥상부분은 제외한다. 이하 이 장에서는 같다)는 제95조제1항의 규정에 준하여 시설하는 이외에 케이블을 사용하고 또한 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에 한하여 시설할 수 있다.

1. 전선을 전개된 장소에서 제69조(제3항은 제외한다)의 규정에 준하여 시설하는 외에 조영체에 견고하게 붙인 지지주 또는 지지대에 의하여 지지하고 또한 조영체 사이의 이격거리를 1.2 m 이상으로 하여 시설하는 경우
2. 전선을 조영체에 견고하게 붙인 견고한 관 또는 트라프에 넣고 또한 트라프에는 취급자 이외의 자가 쉽게 열 수 없는 구조의 철회 또는 철근 콘크리트제 기타 견고한 뚜껑을 시설하는 외에 제95조제2항제5호의 규정에 준하여 시설하는 경우

② 고압 옥상 전선로의 전선이 다른 시설물(가공전선을 제외한다)과 접근하거나 교차하는 경우에는 고압 옥상 전선로의 전선과 이들 사이의 이격거리는 60 cm 이상이어야 한다. 다만, 제1항제2호에 의하여 시설하는 경우로 제140조, 제141조(제2항부터 제4항까지를 제외한다) 및 제142조의 규정에 준하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

③ 고압 옥상전선로의 전선은 상시 부는 바람 등에 의하여 식물에 접촉하지 아니하도록 시설하여야 한다.

**제99조(특고압 옥상전선로의 시설)** 특고압 옥상전선로(특고압의 인입선의 옥상부분을 제외한다)는 시설하여서는 아니 된다.

**제100조(저압 인입선의 시설)** ① 저압 가공인입선은 제79조부터 제84조까지·제87조 및 제89조의 규정에 준하여 시설하는 이외에 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 전선이 케이블인 경우 이외에는 인장강도 2.30 kN 이상의 것 또는 지름 2.6 mm 이상의 인입용 비닐절연전선일 것. 다만, 경간이 15 m 이하인 경우는 인장강도 1.25 kN 이상의 것 또는 지름 2 mm 이상의 인입용 비닐절연전선일 것.
2. 전선은 절연전선, 다심형 전선 또는 케이블일 것.
3. 전선이 옥외용 비닐절연전선인 경우에는 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설하고, 옥외용 비닐절연전선 이외의 절연전선인 경우에는 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설할 것.
4. 전선이 케이블인 경우에는 제69조(제1항제4호는 제외한다)의 규정에 준하여 시설할 것. 다만, 케이블의 길이가 1 m 이하인 경우에는 조가하지 아니하여도 된다.
5. 전선의 높이는 다음에 의할 것.

가. 도로(차도와 보도의 구별이 있는 도로인 경우에는 차도)를 횡단하는 경우에는

노면상 5m (기술상 부득이한 경우에 교통에 지장이 없을 때에는 3m) 이상  
 나, 철도 또는 궤도를 횡단하는 경우에는 레일면상 6.5m 이상  
 다, 횡단보도교의 위에 시설하는 경우에는 노면상 3m 이상  
 라, “가”, “나” 및 “다” 이외의 경우에는 지표상 4m (기술상 부득이한 경우에 교  
 통에 지장이 없을 때에는 2.5m) 이상

- ② 저압 가공 인입선을 직접 인입한 조영물에 대하여는 위험의 우려가 없을 경우에 한하여 제1항에서 준용하는 제79조제1항제2호 및 제87조제1항의 규정은 적용하지 아니한다.
- ③ 기술상 부득이한 경우에 저압 가공 인입선을 직접 인입한 조영물 이외의 시설물 (도로·횡단보도교·철도·궤도·삭도·교류 전차선 저압 및 고압의 전차선·저압 가공전선·고압 가공전선 및 특고압가공전선을 제외한다. 이하 이 항에서 “다른 시설물”이라 한다)에 대하여는 위험의 우려가 없는 경우에 한하여 제1항에서 준용하는 제79조(제3항은 제외한다)·제80조부터 제84조까지·제87조(제4항은 제외한다)의 규정은 적용하지 아니한다. 이 경우에 저압 가공 인입선과 다른 시설물 사이의 이격거리는 표 100-1에서 정한 값 이상이어야 한다.

[표 100-1]

다른 시설물의 구분	접근형태	이격거리
조영물의 상부 조영체	위쪽	2m (전선이 다심형 전선, 옥외용 비닐절연전선 이외의 저압 절연전선인 경우에는 1m, 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 50cm)
	옆쪽 또는 아래쪽	30cm (전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 15cm)
조영물의 상부 조영체 이외의 부분 또는 조영물 이외의 시설물		30cm (전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 15cm)

- ④ 저압 인입선의 옥측부분 또는 옥상부분은 제94조제2항부터 제4항까지의 규정에 준하여 시설하여야 한다.
- ⑤ 제93조에서 규정하는 저압 가공전선에 직접 접속하는 가공 인입선은 제1항의 규정에 불구하고 제93조의 규정에 준하여 시설할 수 있다.

**제101조(저압 연결 인입선의 시설)** 저압 연결 인입선은 제100조의 규정에 준하여 시설하는 이외에 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 인입선에서 분기하는 점으로부터 100m 을 초과하는 지역에 미치지 아니할 것.
2. 폭 5m을 초과하는 도로를 횡단하지 아니할 것.
3. 옥내를 통과하지 아니할 것.

**제102조(고압 인입선 등의 시설)** ① 고압 가공인입선은 제72조·제79조부터 제83조까지·제85조·제86조·제88조 및 제89조의 규정에 준하여 시설하는 이외에 전선에는 인장강도 8.01kN 이상의 고압절연전선, 특고압 절연전선 또는 지름 5mm 이상의 경동선의 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 제36조제1항제2호에서 규정하는 인하용 절연전선을 애자사용공사에 의하여 시설하거나 케이블을 제69조의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

- ② 고압 가공인입선을 직접 인입한 조영물에 관하여는 위험의 우려가 없는 경우에 한하여 제1항에서 준용하는 제79조제1항제3호 및 제88조제1항의 규정은 적용하지 아니한다.
- ③ 고압 가공인입선의 높이는 제1항에서 준용하는 제72조제1항제4호의 규정에도 불구하고 지표상 3.5m 까지로 감할 수 있다. 이 경우에 그 고압 가공인입선이 케이블이외의 것인 때에는 그 전선의 아래쪽에 위험 표시를 하여야 한다.
- ④ 고압 인입선의 옥측부분 또는 옥상부분은 제95조제2항부터 제5항까지의 규정에 준하여 시설하여야 한다.
- ⑤ 고압 연결인입선은 시설하여서는 아니 된다.

**제103조(특고압 인입선 등의 시설)** ① 변전소 또는 개폐소에 준하는 곳에 인입하는 특고압 가공 인입선은 제107조부터 제110조까지, 제112조, 제126조부터 제131조까지 및 제133조의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

- ② 변전소 또는 개폐소에 준하는 곳 이외의 곳에 인입하는 특고압 가공 인입선은 사용전압이 100kV 이하이며 또한 전선에 케이블을 사용하는 이외에 제110조, 제126조부터 제131조까지 및 제133조의 규정에 준하여 시설하여야 한다.
- ③ 특고압 가공 인입선을 직접 인입한 조영물은 위험의 우려가 없는 경우에 한하여 제1항 및 제2항에서 준용하는 제126조(이격거리에 관한 부분에 한한다) 및 제131조(이격거리에 관한 부분에 한한다)의 규정은 적용하지 아니한다.
- ④ 사용전압이 35kV 이하이고 또한 전선에 케이블을 사용하는 경우에 특고압 가공 인입선의 높이는 그 특고압 가공 인입선이 도로·횡단보도교·철도 및 궤도를 횡단하는 이외의 경우에 한하여 제1항 및 제2항에서 준용하는 제110조제1항의 규정에 불구하고 지표상 4m 까지로 감할 수 있다.
- ⑤ 특고압 인입선의 옥측부분 또는 옥상부분은 사용전압이 100kV 이하이며 또한 제95조제2항부터 제5항까지의 규정에 준하여 시설하여야 한다. 이 경우에 제95조제2항제4호의 조문 중 “제69조(제3항은 제외한다)”는 제106조로 본다.
- ⑥ 특고압 연결 인입선은 시설하여서는 아니 된다.
- ⑦ 제135조제1항 및 제4항에 규정하는 특고압 가공 전선로의 전선에 접속하는 특고압 인입선은 제1항부터 제5항까지의 규정에 불구하고 제102조의 규정에 준하여 시설할 수 있다.

제 4 절 특고압 가공전선로

제104조(시가지 등에서 특고압 가공전선로의 시설) ① 특고압 가공전선로는 전선이 케이 블인 경우 또는 전선로를 다음과 같이 시설하는 경우에는 시가지 그 밖에 인가가 밀 집한 지역에 시설할 수 있다.

1. 사용전압이 170 kV 이하인 전선로를 다음에 의하여 시설하는 경우.
  - 가. 특고압 가공전선을 지지하는 애자장치는 다음 중 어느 하나에 의할 것.
    - (1) 50 % 충격섬락전압 값이 그 전선의 근접한 다른 부분을 지지하는 애자장 치 값의 110 % (사용전압이 130 kV 를 초과하는 경우는 105 %) 이상인 것.
    - (2) 아크 혼을 붙인 현수애자·장간애자(長幹碍子) 또는 라인포스트애자를 사 용하는 것.
    - (3) 2련 이상의 현수애자 또는 장간애자를 사용하는 것.
    - (4) 2개 이상의 편애자 또는 라인포스트애자를 사용하는 것.
  - 나. 특고압 가공전선로의 경간은 표 104-1에서 정한 값 이하일 것.

[표 104-1]

지지물의 종류	경 간
A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주	75 m
B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주	150 m
철 탐	400 m (단주인 경우에는 300 m) 다만, 전선이 수평 으로 2이상 있는 경우에 전선 상호 간의 간격 이 4 m 미만인 때에는 250 m

- 다. 지지물에는 철주·철근 콘크리트주 또는 철탐을 사용할 것.
- 라. 전선은 단면적이 표 104-2에서 정한 값 이상일 것.

[표 104-2]

사용전압의 구분	전선의 단면적
100 kV 미만	인장강도 21.67 kN 이상의 연선 또는 단면적 55 mm <sup>2</sup> 이상의 경동연선
100 kV 이상	인장강도 58.84 kN 이상의 연선 또는 단면적 150 mm <sup>2</sup> 이상의 경동연선

마. 전선의 지표상의 높이는 표 104-3에서 정한 값 이상일 것. 다만, 발전소·변전 소 또는 이에 준하는 곳의 구내와 구외를 연결하는 1경간 가공전선은 그러하지 아니하다.

[표 104-3]

사용전압의 구분	지표상의 높이
35 kV 이하	10 m (전선이 특고압 절연전선인 경우에는 8 m)
35 kV 초과	10 m에 35 kV를 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 12 cm를 더한 값

- 바. 지지물에는 위험 표시를 보기 쉬운 곳에 시설할 것. 다만, 사용전압이 35 kV 이하의 특고압 가공전선로의 전선에 특고압 절연전선을 사용하는 경우는 그러 하지 아니하다.
- 사. 사용전압이 100 kV를 초과하는 특고압 가공전선에 지락 또는 단락이 생겼을 때에는 1초 이내에 자동적으로 이를 전로로부터 차단하는 장치를 시설할 것.
2. 사용전압이 170 kV 초과하는 전선로를 다음에 의하여 시설하는 경우.
  - 가. 전선로는 회선수 2 이상 또는 그 전선로의 손괴에 의하여 현저한 공급지장이 발생하지 않도록 시설할 것.
  - 나. 전선을 지지하는 애자(碍子)장치에는 아크 혼을 취부한 현수애자 또는 장간 (長幹)애자를 사용할 것.
  - 다. 전선을 인류(引留)하는 경우에는 압축형 클램프, 췌기형 클램프 또는 이와 동 등이상의 성능을 가지는 클램프를 사용할 것.
  - 라. 현수애자 장치에 의하여 전선을 지지하는 부분에는 아머로드를 사용할 것.
  - 마. 경간 거리는 600 m 이하일 것.
  - 바. 지지물에는 철탐을 사용할 것.
  - 사. 전선은 단면적 240 mm<sup>2</sup> 이상의 강심알루미늄선 또는 이와 동등이상의 인장강 도 및 내(耐)아크 성능을 가지는 연선(撚線)을 사용할 것.
  - 아. 전선로에는 가공지선을 시설할 것.
  - 자. 전선은 압축접속에 의하는 경우 이외에는 경간 도중에 접속점을 시설하지 아 니할 것.
  - 차. 전선의 지표상의 높이는 10 m에 35 kV를 초과하는 10 kV 마다 12 cm를 더한 값 이상일 것.
  - 차. 지지물에는 위험표시를 보기 쉬운 곳에 시설할 것.
  - 카. 전선로에 지락 또는 단락이 생겼을 때에는 1초 이내에 그리고 전선이 아크전 류에 의하여 용단될 우려가 없도록 자동적으로 전로에서 차단하는 장치를 시 설 할 것.
- ② 시가지 그 밖에 인가가 밀집한 지역이란 특고압 가공전선로의 양측으로 각각 50 m, 선로방향으로 500 m를 취한 50,000 m<sup>2</sup>의 장방형의 구역으로 그 지역(도로부분을 제외한다)내의 건폐율{(조영물이 점하는 면적)/(50,000 m<sup>2</sup>-도로면적)}이 25 % 이상 인 경우로 한다.

**제105조(유도장해의 방지)** ① 특고압 가공 전선로는 다음 각 호에 따르고 또한 기설 가공 전화선로에 대하여 상시정전유도작용(常時靜電誘導作用)에 의한 통신상의 장애가 없도록 시설하여야 한다. 다만, 가공 전화선이 통신용 케이블인 때 가공 전화선로의 관리자로부터 승낙을 얻은 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 사용전압이 60 kV 이하인 경우에는 전화선로의 길이 12 km 마다 유도전류가 2  $\mu$ A 를 넘지 아니하도록 할 것.
2. 사용전압이 60 kV를 초과하는 경우에는 전화선로의 길이 40 km 마다 유도전류가 3  $\mu$ A 을 넘지 아니하도록 할 것.
- ② 특고압 가공전선로는 기설 통신선로에 대하여 상시정전 유도작용에 의하여 통신상의 장애를 주지 아니하도록 시설하여야 한다.
- ③ 특고압 가공 전선로는 기설 약전류 전선로에 대하여 통신상의 장애를 줄 우려가 없도록 시설하여야 한다.
- ④ 제1항의 유도전류의 계산방법은 다음과 같다.
  1. 특고압 가공전선로의 사용전압이 25 kV 이하인 경우에는 다음에 의할 것.
    - 가. 유도전류는 다음의 계산식에 의할 것.

$$i_T = V_K \times 10^{-3} \left( 2.5n + 2.76 \sum \frac{l_1 \log \frac{b_2}{b_1}}{b_2 - b_1} + 1.2 \sum \frac{l}{b} + 18 \sum \frac{l_1}{b_1 b_2} + 18 \sum \frac{l}{b^2} \right)$$

교 차	불 병 행 부 분	병 행 부 분	불 병 행 부 분	병 행 부 분
	┌──────────┐		┌──────────┐	
	15 m 이하		15 m 초과	

- $i_T$  : 수화기에 통하는 유도전류( $\mu$ A를 단위로 한다)  
 $V_K$  : 전선로의 사용전압(1 kV를 단위로 한다)  
 $b_1, b_2$  : 전선로와 전화선로가 병행하지 아니하는 부분의 전선과 전화선 사이의 이격거리(m를 단위로 한다)  
 $l_1$  :  $b_1, b_2$ 간의 전화선로의 길이 (m를 단위로 한다. 전선로와 전화선로가 교차하는 경우에는 교차점의 전후 각 25m의 부분은 이 계산에 가산하지 아니할 것.  
 $b$  : 전선로와 전화선로가 병행하는 부분의 전선과 전화선 사이의 이격거리 (m을 단위로 한다)  
 $l$  : 전선로와 전화선로가 병행하는 부분의 전화선로의 길이(m을 단위로 한다)  
 $n$  : 교차점의 수
- 나. 전화선로와 60 m 이상 떨어져 있는 전선로의 부분은 “가”의 계산에서 생략할 것.
2. 특고압 가공전선로의 사용전압이 25 kV를 초과하는 경우에는 다음에 의할 것.
    - 가. 유도전류는 다음의 계산식에 의하여 계산할 것.

$$i_T = V_K D_1 \times 10^{-3} \left( 0.33n + 26 \sum \frac{l_1}{b_1 b_2} \right)$$

- $i_T$  : 수화기에 통하는 유도전류( $\mu$ A을 단위로 한다)  
 $V_K$  : 전선로의 사용전압(1 kV을 단위로 한다)  
 $D_1$  : 전선로의 선간거리(m을 단위로 한다)  
 $b_1$  : 전선과 전화선사이의 이격거리(m을 단위로 한다)  
 $l_1$  :  $b_1, b_2$ 간의 전화선로의 길이(m을 단위로 한다)  
 전선로와 전화선로가 교차하는 경우에는 사용전압이 60 kV 이하인 때에는 교차점의 전후 각 50m, 사용전압이 60 kV를 초과하는 때에는 교차점의 전후 각 100m의 부분은 이 계산에 가산하지 아니할 것.  
 $n$  : 교차점의 수

나. 표 105-1에서 정한 거리이상 전화선로와 떨어져 있는 전선로의 부분은 “가”의 계산에서 생략할 것.

[표 105-1]

사용전압	전선로와 전화선로 사이의 거리(m)
25 kV 이하	60
25 kV 초과 35 kV 이하	100
35 kV 초과 50 kV 이하	150
50 kV 초과 60 kV 이하	180
60 kV 초과 70 kV 이하	200
70 kV 초과 80 kV 이하	250
80 kV 초과 120 kV 이하	350
120 kV 초과 160 kV 이하	450
160 kV 초과	500

**제106조(특고압 가공케이블의 시설)** 특고압 가공전선로는 그 전선에 케이블을 사용하는 경우에는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 케이블은 다음 각 목의 어느 하나에 의하여 시설할 것.
  - 가. 조가용선에 행거에 의하여 시설할 것. 이 경우에 행거의 간격은 50cm 이하로 하여 시설하여야 한다.
  - 나. 조가용선에 접촉시키고 그 위에 쉽게 부식되지 아니하는 금속 테이프 등을 20cm 이하의 간격을 유지시켜 나선형으로 감아 붙일 것.
2. 조가용선은 인장강도 13.93 kN 이상의 연선 또는 단면적 22 mm<sup>2</sup> 이상의 아연도강연선일 것.
3. 조가용선은 제71조제1항의 규정에 준하여 시설할 것. 이 경우에 조가용선의 중량

및 조가용선에 대한 수평풍압에는 각각 케이블의 중량(제71조제1항제2호 또는 제3호에 규정하는 방식이 부족한 경우에는 그 피빙전선의 중량) 및 케이블에 대한 수평풍압(제71조제1항제2호 또는 제3호에 규정하는 방식이 부족한 경우에는 그 피빙전선에 대한 수평풍압)을 가산한 것으로 한다.

4. 조가용선 및 케이블의 피복에 사용하는 금속체에는 제3종 접지공사를 할 것.

**제107조(특고압 가공전선의 굵기 및 종류)** 특고압 가공전선(특고압 옥축전선로 또는 제151조제2항의 규정에 의하여 시설하는 특고압 전선로에 인접하는 1경간의 가공전선 및 특고압 가공인입선을 제외한다. 이하 이 절에서 같다)은 케이블인 경우 이외에는 인장강도 8.71 kN 이상의 연선 또는 단면적이 22mm<sup>2</sup> 이상의 경동연선이어야 한다.

**제108조(특고압 가공전선과 지지물 등의 이격거리)** 특고압 가공전선(케이블 및 제135조제1항에 규정하는 특고압 가공전선로의 전선은 제외한다)과 그 지지물·완금류·지주 또는 지선 사이의 이격거리는 표 108-1에서 정한 값 이상이어야 한다. 다만, 기술상 부득이한 경우에 위험의 우려가 없도록 시설한 때에는 표 108-1에서 정한 값의 0.8배까지 감할 수 있다.

[표 108-1]

사 용 전 압	이격거리(cm)
15 kV 미만	15
15 kV 이상 25 kV 미만	20
25 kV 이상 35 kV 미만	25
35 kV 이상 50 kV 미만	30
50 kV 이상 60 kV 미만	35
60 kV 이상 70 kV 미만	40
70 kV 이상 80 kV 미만	45
80 kV 이상 130 kV 미만	65
130 kV 이상 160 kV 미만	90
160 kV 이상 200 kV 미만	110
200 kV 이상 230 kV 미만	130
230 kV 이상	160

**제109조(특고압 가공전선의 안전울)** 특고압 가공전선은 제71조제1항의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

**제110조(특고압 가공전선의 높이)** ① 특고압 가공전선(제135조제1항에 규정하는 특고압 가공전선로의 중성선으로서 다중 접지를 한 것을 제외한다)의 지표상(철도 또는 케도를 횡단하는 경우에는 레일면상, 횡단보도교를 횡단하는 경우에는 그 노면상)의 높이는 표 110-1에서 정한 값 이상이어야 한다.

[표 110-1]

사용전압의 구분	지표상의 높이
35 kV 이하	5 m (철도 또는 케도를 횡단하는 경우에는 6.5 m, 도로를 횡단하는 경우에는 6 m, 횡단보도교의 위에 시설하는 경우로서 전선이 특고압절연전선 또는 케이블인 경우에는 4 m)
35 kV 초과 160 kV 이하	6 m (철도 또는 케도를 횡단하는 경우에는 6.5 m, 산지(山地) 등에서 사람이 쉽게 들어갈 수 없는 장소에 시설하는 경우에는 5 m, 횡단보도교의 위에 시설하는 경우 전선이 케이블인 때는 5 m)
160 kV 초과	6 m (철도 또는 케도를 횡단하는 경우에는 6.5 m, 산지 등에서 사람이 쉽게 들어갈 수 없는 장소에 시설하는 경우에는 5 m)에 160 kV를 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 12 cm를 더한 값

② 특고압 가공전선을 수면상에서 시설하는 경우에는 전선의 수면상의 높이를 선박의 항해 등에 위험을 주지 아니하도록 유지하여야 한다.

③ 특고압 가공전선로를 방식이 많은 지방에 시설하는 경우에는 전선의 적설상의 높이를 사람 또는 차량의 통행 등에 위험을 주지 아니하도록 유지하여야 한다.

**제111조(특고압 가공전선로의 가공지선)** 특고압 가공전선로에 사용하는 가공지선(架空地線)은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 가공지선에는 인장강도 8.01 kN 이상의 나선 또는 지름 5 mm 이상의 나경동선을 사용하고 또한 이를 제71조제1항의 규정에 준하여 시설할 것.
2. 지지점 이외의 곳에서 특고압 가공전선과 가공지선 사이의 간격은 지지점에서의 간격보다 적게 하지 아니할 것.
3. 가공지선 상호를 접속하는 경우에는 접속관 기타의 기구를 사용할 것.

**제112조(특고압 가공전선로의 애자장치 등)** ① 특고압 가공전선(제135조제1항 및 제4항에 규정하는 특고압 가공전선로의 중성선으로서 다중 접지를 한 것을 제외한다)을 지지하는 애자장치는 다음 하중이 전선의 붙임점에 가하여지는 것으로 계산한 경우에 안전율이 2.5 이상으로 되는 강도를 유지하도록 시설하여야 한다.

1. 전선을 인류하는 경우에는 전선의 상정 최대장력에 의한 하중
2. 전선을 조하하는 경우에는 전선 및 애자장치에 가하여 지는 풍압하중(풍압이 전선로에 직각 방향으로 가하여지는 것으로 하여 제62조의 규정에 준하여 계산한다. 이하 이 조에서 같다)과 같은 수평 횡하중과 전선의 중량[풍압하중으로서 율중 풍압하중을 채택하는 경우에는 전선의 피빙(두께 6 mm, 비중 0.9의 것으로 한다)의 중량을 가산한다] 및 애자장치 중량과의 합과 같은 수직하중과의 합성하중. 다만, 전선로에 수평각도가 있는 경우에는 전선의 상정 최대장력에 의하여 생기는 수평 횡분력과 같은 수평 횡하중을 전선로에 현저한 수직각도가 있는 경우에는 이에 수



직하중을 각각 가산한다.

3. 기타의 경우에는 전선 및 애자장치에 가하여지는 풍압하중과 같은 수평횡하중과 전선로에 수평각도가 있는 경우의 전선의 상정 최대장력에 의하여 생기는 수평횡 분력과 같은 수평횡하중과의 합과 같은 수평횡하중

② 특고압 가공전선(제135조제1항에 규정하는 특고압 가공전선로의 전선은 제외한다)을 지지하는 애자장치를 붙이는 완금류에는 제3종 접지공사를 하여야 한다.

③ 특고압 가공전선로(제135조제1항에 규정하는 특고압 가공전선로를 제외한다)의 지지물로 사용하는 목주에 핀애자 또는 라인포스트애자를 직접 붙이는 경우에는 붙임 금구에 제3종 접지공사를 하여야 한다.

**제113조(특고압 가공전선로의 목주 시설)** 특고압 가공전선로의 지지물로 사용하는 목주는 다음 각 호에 따르고 또한 견고하게 시설하여야 한다.

1. 풍압하중에 대한 안전율은 1.5 이상일 것.
2. 굵기는 말구 지름 12cm 이상일 것.

**제114조(특고압 가공전선로의 철주·철근 콘크리트주 또는 철탑의 종류)** 특고압 가공전선로의 지지물로 사용하는 B종 철근·B종 콘크리트주 또는 철탑의 종류는 다음과 같다.

1. 직선형  
전선로의 직선부분(3도 이하인 수평각도를 이루는 곳을 포함한다. 이하 이 조에서 같다)에 사용하는 것. 다만, 내장형 및 보강형에 속하는 것을 제외한다.
2. 각도형  
전선로중 3도를 초과하는 수평각도를 이루는 곳에 사용하는 것.
3. 인류형  
전가섭선을 인류하는 곳에 사용하는 것.
4. 내장형  
전선로의 지지물 양쪽의 경간의 차가 큰 곳에 사용하는 것.
5. 보강형  
전선로의 직선부분에 그 보강을 위하여 사용하는 것.

**제115조(특고압 가공전선로의 철주·철근 콘크리트주 또는 철탑의 강도)** ① 특고압 가공전선로의 지지물로 사용하는 철주 또는 철근 콘크리트주(제65조제1항 단서에 규정하는 것 중 공장제조 철근 콘크리트주를 제외한다)의 강도는 고온계절이나 저온계절의 어느 계절에서도 제116조에 규정하는 상시 상정하중(A종 철주 또는 복합철근 콘크리트주인 A종 철근 콘크리트주에 있어서는 풍압하중 및 제116조제1항제1호 “가”에 규정하는 수직하중, 복합 철근 콘크리트주 이외의 A종 철근 콘크리트주에 있어서는 풍압하중)에 의하여 생기는 부재응력의 1배의 응력에 견디는 것이어야 한다.

② 특고압 가공전선로의 지지물로 사용하는 제65조제1항 단서에 규정하는 공장에서 제조한 철근 콘크리트주로서 A종 철근 콘크리트주는 풍압하중에, B종 철근 콘크리트주는 제116조에 규정하는 상시 상정하중에 견디는 강도의 것이어야 한다.

③ 특고압 가공전선로의 지지물로 사용하는 철탑은 고온계절이나 저온계절의 어느 계절에서도 제116조에 규정하는 상시 상정하중 또는 제117조에 규정하는 이상 시 상정하중의 3분의 2배(완금류에 대하여는 1배)의 하중 중 큰 것에 견디는 강도의 것이어야 한다.

**제116조(상시 상정하중)** ① 철주·철근 콘크리트주 또는 철탑의 강도계산에 사용하는 상시 상정하중은 풍압이 전선로에 직각 방향으로 가하여지는 경우의 하중, 전선로의 방향으로 가하여지는 경우의 하중 및 전선로에 경사 방향으로 가하여지는 경우의 하중을 각각 다음 각 호에 따라 계산하여 각 부재에 대한 이들의 하중 중 그 부재에 큰 응력이 생기는 쪽의 하중을 채택한다.

1. 풍압이 전선로에 직각 방향으로 가하여지는 경우의 하중은 각 부재에 대하여 그 부재가 부담하는 다음 하중이 동시에 가하여지는 것으로 계산할 것.

가. 수직하중

가섭선·애자장치·지지물 부재(철근 콘크리트주에 대하여는 완금류를 포함한다) 등의 중량에 의한 하중. 다만, 전선로에 현저한 수직각도가 있는 경우에는 이에 의한 수직하중을, 철주 또는 철근 콘크리트주로 지선을 사용하는 경우에는 지선의 장력에 의하여 생기는 수직분력에 의한 하중을, 풍압하중으로서 을 중 풍압하중을 채택하는 경우는 가섭선의 피빙(두께 6mm, 비중 0.9의 것으로 한다)의 중량에 의한 하중을 각각 가산한다.

나. 수평 횡하중

제62조제2항제1호 “가” 또는 제2호 “가”의 풍압하중 및 전선로에 수평각도가 있는 경우에는 가섭선의 상정 최대장력(고온계절과 저온계절별로 그 계절에서의 상정 최대장력으로 한다. 이하 같다)에 의하여 생기는 수평 횡분력에 의한 하중

2. 풍압이 전선로의 방향으로 가하여지는 경우의 하중은 각 부재에 대하여 그 부재가 부담하는 다음의 하중이 동시에 가하여지는 것으로 계산할 것.

가. 수직하중

제1호 “가”의 하중

나. 수평 횡하중

전선로에 수평각도가 있는 경우에 가섭선의 상정 최대장력에 의하여 생기는 수평횡분력에 의한 하중

다. 수평 종하중

제62조제2항제1호 “나” 또는 제2호 “나”의 풍압하중

3. 풍압이 전선로에 경사 방향으로 가하여지는 경우의 하중은 각 부재에 대하여 그 부재가 부담하는 다음의 하중이 동시에 가하여지는 것으로 계산할 것.

가. 수직하중

제1호 “가”의 하중

나. 수평 횡하중

제1호 “나”의 하중을 기준으로 경사풍향에 해당하는 하중계수를 곱하여 계산할 것.

② 인류형·내장형 또는 보강형·직선형·각도형의 철주·철근 콘크리트주 또는 철탑의 경우에는 제1항의 하중에 다음 각 호에 따라 가설선의 불평균 장력에 의한 수평 종하중을 가산한다.

1. 인류형의 경우에는 전가설선에 관하여 각 가설선의 상정 최대장력과 같은 불평균 장력의 수평 종분력에 의한 하중
2. 내장형·보강형의 경우에는 전가설선에 관하여 각 가설선의 상정 최대장력의 33%와 같은 불평균 장력의 수평 종분력에 의한 하중
3. 직선형의 경우에는 전가설선에 관하여 각 가설선의 상정 최대장력의 3%와 같은 불평균 장력의 수평 종분력에 의한 하중. 단 내장형은 제외한다.
4. 각도형의 경우에는 전가설선에 관하여 각 가설선의 상정 최대장력의 10%와 같은 불평균 장력의 수평 종분력에 의한 하중.

③ 지지물에서 가설선의 배치가 대칭(對稱)이 아닌 철주·철근 콘크리트주 또는 철탑의 경우에는 제1항 및 제2항의 하중 이외에 수직편심하중(垂直偏心荷重)도 가산하고 또한 비틀림 힘에 의한 하중도 가산한다.

**제117조(이상 시 상정하중)** ① 철탑의 강도계산에 사용하는 이상 시 상정하중은 풍압이 전선로에 직각방향으로 가하여지는 경우의 하중과 전선로의 방향으로 가하여지는 경우의 하중을 각각 다음 각 호에 따라 계산하여 각 부재에 대한 이들의 하중 중 그 부재에 큰 응력이 생기는 쪽의 하중을 채택한다.

1. 풍압의 전선로에 직각 방향으로 가하여지는 경우의 하중은 각 부재에 대하여 그 부재가 부담하는 다음 하중이 동시에 가하여지는 것으로 하여 계산할 것.

가. 수직하중

제116조제1항제1호 “가”의 하중

나. 수평 횡하중

제62조제2항제2호 “가”의 풍압하중, 전선로에 수평각도가 있는 경우의 가설선의 상정 최대장력에 의하여 생기는 수평 횡분력에 의한 하중 및 가설선의 절단에 의하여 생기는 비틀림 힘에 의한 하중

다. 수평 종하중

가설선의 절단에 의하여 생기는 불평균 장력의 수평 종분력(水平從分力)에 의한 하중 및 비틀림 힘에 의한 하중

2. 풍압이 전선로의 방향으로 가하여지는 경우의 하중은 각 부재에 대하여 그 부재가 부담하는 다음 하중이 동시에 가하여지는 것으로 하여 계산할 것.

가. 수직하중

제116조제1항제1호 “가”의 하중

나. 수평 횡하중

전선로에 수평각도가 있는 경우의 가설선의 상정 최대장력에 의하여 생기는

수평 횡분력에 의한 하중 및 가설선의 절단에 의하여 생기는 비틀림 힘에 의한 하중

다. 수평 종하중

제62조제2항제2호 “나”의 풍압하중이나 가설선의 절단에 의하여 생기는 불평균 장력의 수평종분력에 의한 하중 및 비틀림 힘에 의한 하중

② 제1항의 가설선의 절단에 의하여 생기는 불평균장력은 가설전선의 상(회선마다의 상)을 말한다. 이하 같다)의 총수에 따라 다음 각 호에 따라 가설선이 절단되는 것으로 하고 또한 그 가설선의 절단에 의하여 생기는 각 부재에 대한 불평균장력의 크기는 가설선의 상정 최대장력과 같은 값(가설선을 붙이는 방법 때문에 가설선이 절단된 때에 그 지지점이 이동하거나 가설선이 지지점에서 미끄러지는 경우에는 상정 최대장력의 0.6배의 값)으로 계산한다. 이 경우에 가공지선은 전선과 동시에 절단되지 아니하는 것으로 하고 또한 1가닥이 절단되는 것으로 한다.

1. 가설전선의 상의 총수가 12 이하인 경우에는 각 부재에 생기는 응력이 최대로 될 수 있는 1상(다도체는 인류형 이외의 철탑의 경우에는 1상중 2가닥)
2. 가설선의 상의 총수가 12를 넘을 경우(제3호에 규정하는 경우를 제외한다)는 각 부재에 생기는 응력이 최대로 되는 회선을 달리 하는 2상(다도체는 인류형 이외의 철탑의 경우에는 1상마다 2가닥)
3. 가설전선이 세로로 9상 이상이 걸리고 또한 가로로 2상이 걸리어 있는 경우에는 그 세로로 걸린 9상 이상 중 위쪽의 6상에서 1상(다도체는 인류형 이외의 철탑의 경우에는 1상중 2가닥) 및 기타의 상에서 1상(다도체는 인류형 이외의 철탑의 경우에는 1상중 2가닥)으로서 각 부재에 생기는 응력이 최대로 되는 것.

**제118조(특고압 가공전선로의 철탑의 착설시 강도 등)** 대형하천 횡단부와 그 주변 등 지형적으로 이상착설이 발달하기 쉬운 개소에 특고압 가공전선로를 시설하는 경우 그 지지물로 사용하는 철탑 및 그 기초는 당해개소의 지형 등으로 상정되는 이상 착설시의 하중에 견디는 강도로 하여야 한다. 이 경우에 유효한 난착설화 대책을 함으로써 착설시의 하중의 저감을 고려할 수도 있다.

**제119조(특고압 가공전선로의 내장형 등의 지지물 시설)** ① 특고압 가공전선로(제135조 제1항에 규정하는 특고압 가공전선로를 제외한다. 이하 이 조에서 같다)중 지지물로 목주·A종 철주·A종 철근콘크리트주를 연속하여 5기 이상 사용하는 직선부분(5도 이하의 수평각도를 이루는 곳을 포함한다)에는 다음 각 호에 따라 목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주를 시설하여야 한다. 다만, 사용전압이 35kV 이하인 특고압 가공전선로에 있어서는 제1호(제135조제4항에 규정하는 특고압 가공전선로를 시가지에 시설하는 경우에는 제1호 및 제2호)의 목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주 시설을 하지 아니하여도 된다.

1. 5기 이하마다 지선을 전선로와 직각 방향으로 그 양쪽에 시설한 목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주 1기
2. 연속하여 15기 이상으로 사용하는 경우에는 15기 이하마다 지선을 전선로의 방향

으로 그 양쪽에 시설한 목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주 1기

- ② 제1항의 목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주는 제130조제1항제2호 및 제132조의 지선을 시설한 목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주에 그 지선의 반대쪽에 지선을 더 시설함으로써 같음 할 수 있다.
- ③ 특고압 가공전선로 중 지지물로서 B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주를 연속하여 10기 이상 사용하는 부분에는 10기 이하마다 내장형의 철주 또는 철근 콘크리트주 1기를 시설하거나 5기 이하마다 보강형의 철주 또는 철근 콘크리트주 1기를 시설하여야 한다.
- ④ 특고압 가공전선로 중 지지물로서 직선형의 첩탑을 연속하여 10기 이상 사용하는 부분에는 10기 이하마다 내장 애자장치가 되어 있는 첩탑 또는 이와 동등이상의 강도를 가지는 첩탑 1기를 시설하여야 한다.

**제120조(특고압 가공전선과 저고압 가공전선의 병가)** ① 사용전압이 35kV 이하인 특고압 가공전선과 저압 또는 고압의 가공전선을 동일 지지물에 시설하는 경우에는 제4항의 경우 이외에는 다음 각 호에 따라야 한다.

- 1. 특고압 가공전선은 저압 또는 고압 가공전선의 위에 시설하고 별개의 완금류에 시설할 것. 다만, 특고압 가공전선이 케이블인 경우로서 저압 또는 고압 가공전선이 절연전선 또는 케이블인 경우에는 그러하지 아니하다.
- 2. 특고압 가공전선은 연선일 것.
- 3. 저압 또는 고압 가공전선은 인장강도 8.31 kN 이상의 것 또는 케이블인 경우 이외에는 다음에 해당하는 것.
  - 가. 가공전선로의 경간이 50m 이하인 경우에는 인장강도 5.26 kN 이상의 것 또는 지름 4mm 이상의 경동선
  - 나. 가공전선로의 경간이 50m 을 초과하는 경우에는 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5mm 이상의 경동선
- 4. 특고압 가공전선과 저압 또는 고압 가공전선사이의 이격거리는 1.2m 이상일 것. 다만, 특고압 가공전선이 케이블로서 저압 가공전선이 절연전선이거나 케이블인 때 또는 고압 가공전선이 고압 절연전선, 특고압 절연전선 또는 케이블인 때는 50cm 까지로 감할 수 있다.
- 5. 저압 또는 고압 가공전선은, 특고압 가공전선로(특고압 가공전선에 특고압 절연전선을 사용하는 것에 한한다)를 제104조제1항 각 호의 규정에 적합하고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하는 경우 또는 특고압 가공전선이 케이블인 경우 이외에는 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 것일 것.
  - 가. 특고압 가공전선과 동일 지지물에 시설되는 부분에 제19조제3항의 규정에 준하여 접지공사(접지저항 값이 10 Ω 이하로서 접지선은 공칭단면적 16mm<sup>2</sup> 이상의 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굽기의 쉽게 부식하지 않는 금속선으로서 고장 시에 흐르는 전류를 안전하게 통할 수 있는 것을 사용한 것에 한한다)를 한 저압 가공전선("나"에 규정하는 것을 제외한다)

나. 제23조제1항부터 제3항까지의 규정에 의하여 접지공사(제18조제1항의 규정에 의하여 계산한 값이 10을 초과하는 경우에는 접지저항 값이 10 Ω 이하인 것에 한한다)를 한 저압 가공전선

다. 제25조제1항에 규정하는 장치를 한 고압 가공전선  
라. 직류 단선식 전기철도용 가공전선 그 밖의 대지로부터 절연되어 있지 아니하는 전로에 접속되어 있는 저압 또는 고압 가공전선

② 사용전압이 35kV를 초과하고 100 kV 미만인 특고압 가공전선과 저압 또는 고압 가공전선을 동일 지지물에 시설하는 경우에는 제4항의 경우 이외에는 제1항제3호 및 제5호의 규정에 준하여 시설하고 또한 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

- 1. 특고압 가공전선로는 제2종 특고압 보안공사에 의할 것.
  - 2. 특고압 가공전선과 저압 또는 고압 가공전선 사이의 이격거리는 2m 이상일 것. 다만, 특고압 가공전선이 케이블인 경우에 저압 가공전선이 절연전선 혹은 케이블인 때 또는 고압 가공전선이 절연전선 혹은 케이블인 때에는 1m 까지 감할 수 있다.
  - 3. 특고압 가공전선은 케이블인 경우를 제외하고는 인장강도 21.67 kN 이상의 연선 또는 단면적이 55mm<sup>2</sup> 이상인 경동연선일 것.
  - 4. 특고압 가공전선로의 지지물은 철주·철근 콘크리트주 또는 첩탑일 것.
- ③ 사용전압이 100 kV 이상인 특고압 가공전선과 저압 또는 고압 가공전선은 제4항의 경우 이외에는 동일 지지물에 시설하여서는 아니 된다.

④ 특고압 가공전선과 특고압 가공전선로의 지지물에 시설하는 저압의 전기기계기구에 접속하는 저압 가공전선을 동일 지지물에 시설하는 경우에는 제1항제1호부터 제3호까지의 규정에 준하여 시설하는 이외에 특고압 가공전선과 저압 가공전선 사이의 이격거리는 표 120-1에서 정한 값 이상이어야 한다.

**[표 120-1]**

사용전압의 구분	이 격 거 리
35 kV 이하	1.2m (특고압 가공전선이 케이블인 경우에는 0.5m)
35 kV 초과 60 kV 이하	2m (특고압 가공전선이 케이블인 경우에는 1m)
60 kV 초과	2m (특고압 가공전선이 케이블인 경우에는 1m)에 60 kV을 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 12cm을 더한 값

**제121조(특고압 가공전선과 저고압 전차선의 병가)** 특고압 가공전선과 저압 또는 고압의 전차선을 동일 지지물에 시설하는 경우에는 제120조제1항부터 제3항까지를 준용한다.

**제122조(특고압 가공전선과 가공 약전류전선 등의 병가)** ① 사용전압이 35kV 이하인 특고압 가공전선과 가공약전류 전선 등(전력보안 통신선 및 전기철도의 전용부지 안에 시설하는 전기철도용 통신선을 제외한다. 이하 이 조에서 같다)을 동일 지지물에 시설하는 경우에는 다음 각 호에 따라야 한다.

1. 특고압 가공전선로는 제2종 특고압 보안공사에 의할 것.
  2. 특고압 가공전선은 가공약전류 전선 등의 위로하고 별개의 완금류에 시설할 것.
  3. 특고압 가공전선은 케이블인 경우 이외에는 인장강도 21.67 kN 이상의 연선 또는 단면적이 55 mm<sup>2</sup> 이상인 경동연선일 것.
  4. 특고압 가공전선과 가공약전류 전선 등 사이의 이격거리는 2 m 이상으로 할 것. 다만, 특고압 가공전선이 케이블인 경우에는 50 cm까지로 감할 수 있다.
  5. 가공약전류 전선을 특고압 가공전선이 케이블인 경우 이외에는 금속제의 전기적 차폐층이 있는 통신용 케이블일 것. 다만, 가공약전류 전선로의 관리자의 승낙을 얻은 경우에 특고압 가공전선로(특고압 가공전선에 특고압 절연전선을 사용하는 것에 한한다)를 제104조제1항 단서 각 호의 규정에 적합하고 또한 위험의 우려가 없도록 시설할 때는 그러하지 아니하다.
  6. 특고압 가공전선로의 수직배선은 가공약전류 전선 등의 시설자가 지지물에 시설한 것의 2 m 위에서부터 전선로의 수직배선의 맨 아래까지의 사이는 케이블을 사용할 것.
  7. 특고압 가공전선로의 접지선에는 절연전선 또는 케이블을 사용하고 또한 특고압 가공전선로의 접지선 및 접지극과 가공약전류 전선로 등의 접지선 및 접지극은 각각 별개로 시설할 것.
  8. 전선로의 지지물은 그 전선로의 공사·유지 및 운용에 지장을 줄 우려가 없도록 시설할 것.
- ② 사용전압이 35 kV를 초과하는 특고압 가공전선과 가공약전류 전선 등은 동일 지지물에 시설하여서는 아니 된다.
- ③ 가공약전류 전선 등이 가공지선을 이용하여 시설하는 광섬유 케이블로서 제155조 제1항제4호, 제5호 및 제155조제2항의 규정에 준하여 시설한 것일 때에는 제1항 및 제2항의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

**제123조(특고압 가공전선로의 지지물에 시설하는 저압 기계기구 등의 시설)** 특고압 가공전선로(제135조제1항 및 제4항에 규정하는 특고압 가공전선로는 제외한다)의 전선의 위쪽에서 지지물에 저압의 기계기구를 시설하는 경우에는 특고압 가공전선이 케이블인 경우 이외에는 다음 각 호에 따라야 한다.

1. 저압의 기계기구에 접속하는 전로에는 다른 부하를 접속하지 아니할 것
2. 제1호의 전로와 다른 전로를 변압기에 의하여 결합하는 경우에는 절연 변압기를 사용할 것.
3. 제2호의 절연 변압기의 부하측의 1단자 또는 중성점 및 제1호의 기계기구의 금속제 외함에는 제1종 접지공사를 하여야 한다.

**제124조(특고압 가공전선로의 경간 제한)** ① 특고압 가공전선로의 경간은 표 124-1에서 정한 값 이하이어야 한다.

[표 124-1]

지지물의 종류	경 간
목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주	150 m
B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주	250 m
철 탐	600 m (단주인 경우에는 400 m)

- ② 특고압 가공전선로의 전선에 인장강도 21.67 kN 이상의 것 또는 단면적이 55 mm<sup>2</sup> 이상인 경동연선을 사용하는 경우로서 그 지지물을 다음 각 호에 따라 시설할 때에는 제1항의 규정에 의하지 아니할 수 있다. 이 경우에 그 전선로의 경간은 그 지지물에 목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주를 사용하는 경우에는 300 m 이하, B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주를 사용하는 경우에는 500 m 이하이어야 한다.
1. 목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주에는 전가설선에 대하여 각 가설선의 상정 최대장력의 3분의 1과 같은 불평균 장력에 의한 수평력에 견디는 지선을 그 전선로의 방향으로 그 양쪽에 시설할 것. 다만, 토지의 상황에 의하여 그 전선로 중 그 경간에 근접하는 곳의 지지물에 그 지선을 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
  2. B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주에는 내장형의 철주나 철근 콘크리트주를 사용하거나 제1호 본문의 규정에 준하여 지선을 시설할 것. 다만, 토지의 상황에 의하여 그 전선로 중 그 경간에 근접하는 곳의 지지물에 그 철주 또는 철근 콘크리트주를 사용하거나 그 지선을 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
  3. 철탐에는 내장형의 철탐을 사용할 것. 다만, 토지의 상황에 의하여 그 전선로 중 그 경간에 근접하는 곳의 지지물에 내장형의 철탐을 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다.

**제125조(특고압 보안공사)** ① 제1종 특고압 보안공사는 다음 각 호에 따라야 한다.

1. 전선은 케이블인 경우 이외에는 단면적이 표 125-1에서 정한 값 이상일 것.

[표 125-1]

사용전압	전 선
100 kV 미만	인장강도 21.67 kN 이상의 연선 또는 단면적 55 mm <sup>2</sup> 이상의 경동연선
100 kV 이상 300 kV 미만	인장강도 58.84 kN 이상의 연선 또는 단면적 150 mm <sup>2</sup> 이상의 경동연선
300 kV 이상	인장강도 77.47 kN 이상의 연선 또는 단면적 200 mm <sup>2</sup> 이상의 경동연선

2. 전선에는 압축 접속에 의한 경우 이외에는 경간의 도중에 접속점을 시설하지 아니할 것.

- 3. 전선로의 지지물에는 B종 철주·B종 철근 콘크리트주 또는 철탑을 사용할 것.
- 4. 경간은 표 125-2에서 정한 값 이하일 것. 다만, 전선의 인장강도 58.84 kN 이상의 연선 또는 단면적이 150 mm<sup>2</sup> 이상인 경동연선을 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다.

[표 125-2]

지지물의 종류	경 간
B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주	150 m
철탑	400 m (단주인 경우에는 300 m)

- 5. 전선이 다른 시설물과 접근하거나 교차하는 경우에는 그 전선을 지지하는 애자장치는 다음 각 목의 어느 하나에 의할 것.
  - 가. 현수애자 또는 장간애자를 사용하는 경우, 50 % 충격섬락전압(衝擊閃絡電壓) 값이 그 전선의 근접하는 다른 부분을 지지하는 애자장치의 값의 110 % (사용전압이 130 kV를 초과하는 경우는 105 %) 이상인 것.
  - 나. 아크혼을 붙인 현수애자·장간애자 또는 라인포스트애자를 사용한 것.
  - 다. 2련 이상의 현수애자 또는 장간애자를 사용한 것.
- 6. 제5호의 경우에 지지선을 사용할 때에는 그 지지선에는 본선과 동일한 강도 및 굵기의 것을 사용하고 또한 본선과의 접속은 견고하게 하여 전기가 안전하게 전도 되도록 할 것.
- 7. 전선로에는 가공지선을 시설할 것. 다만, 사용전압이 100 kV 미만인 경우에 애자에 아크혼을 붙인 때 또는 전선에 아마로드를 붙인 때에는 그러하지 아니하다.
- 8. 특고압 가공전선에 지락 또는 단락이 생겼을 경우에 3초(사용전압이 100 kV 이상인 경우에는 2초) 이내에 자동적으로 이것을 전로로부터 차단하는 장치를 시설할 것.
- 9. 전선은 바람 또는 눈에 의한 요동으로 단락될 우려가 없도록 시설할 것.

② 제2종 특고압 보안공사는 다음 각 호에 따라야 한다.

- 1. 특고압 가공전선은 연선일 것.
- 2. 지지물로 사용하는 목주의 풍압하중에 대한 안전율은 2 이상일 것.
- 3. 경간은 표 125-3에서 정한 값 이하일 것. 다만, 전선에 인장강도 38.05 kN 이상의 연선 또는 단면적이 100 mm<sup>2</sup> 이상인 경동연선을 사용하고 지지물에 B종 철주·B종 철근 콘크리트주 또는 철탑을 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다.

[표 125-3]

지지물의 종류	경 간
목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주	100 m
B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주	200 m
철탑	400 m (단주인 경우에는 300 m)

- 4. 전선이 다른 시설물과 접근하거나 교차하는 경우에는 그 특고압 가공전선을 지지하는 애자장치는 다음 각 목의 어느 하나에 의할 것.
    - 가. 50 % 충격섬락전압 값이 그 전선의 근접하는 다른 부분을 지지하는 애자장치의 값의 110 % (사용전압이 130 kV를 초과하는 경우에는 105 %) 이상인 것.
    - 나. 아크혼을 붙인 현수애자·장간애자 또는 라인포스트애자를 사용한 것.
    - 다. 2련 이상의 현수애자 또는 장간애자를 사용한 것.
    - 라. 2개 이상의 편애자 또는 라인포스트애자를 사용한 것.
  - 5. 제4호의 경우에 지지선을 사용할 때에는 그 지지선에는 본선과 동일한 강도 및 굵기의 것을 사용하고 또한 본선과의 접속은 견고하게 하여 전기가 안전하게 전도 되도록 할 것.
  - 6. 전선은 바람 또는 눈에 의한 요동으로 단락될 우려가 없도록 시설할 것.
- ③ 제3종 특고압 보안공사는 다음 각 호에 따라야 한다.
- 1. 특고압 가공전선은 연선일 것.
  - 2. 경간은 표 125-4에서 정한 값 이하일 것. 다만, 전선의 인장강도 38.05 kN 이상의 연선 또는 단면적이 100 mm<sup>2</sup> 이상인 경동연선을 사용하고 지지물에 B종 철주·B종 철근 콘크리트주 또는 철탑을 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다.
  - 3. 전선은 바람 또는 눈에 의한 요동으로 단락될 우려가 없도록 시설할 것.

[표 125-4]

지지물 종류	경 간
목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주	100 m (전선의 인장강도 14.51 kN 이상의 연선 또는 단면적이 38 mm <sup>2</sup> 이상인 경동연선을 사용하는 경우에는 150 m)
B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주	200 m (전선의 인장강도 21.67 kN 이상의 연선 또는 단면적이 55 mm <sup>2</sup> 이상인 경동연선을 사용하는 경우에는 250 m)
철탑	400 m (전선의 인장강도 21.67 kN 이상의 연선 또는 단면적이 55 mm <sup>2</sup> 이상인 경동연선을 사용하는 경우에는 600 m) 다만, 단주의 경우에는 300 m (전선의 인장강도 21.67 kN 이상의 연선 또는 단면적이 55 mm <sup>2</sup> 이상인 경동연선을 사용하는 경우에는 400 m)

**제126조(특고압 가공전선과 건조물의 접근)** ① 특고압 가공전선이 건조물과 제1차 접근 상태로 시설되는 경우에는 다음 각 호에 따라야 한다.

1. 특고압 가공전선로는 제3종 특고압 보안공사에 의할 것.
2. 사용전압이 35 kV 이하인 특고압 가공전선과 건조물의 조영제 이격거리는 표 126-1에서 정한 값 이상일 것.

[표 126-1]

건조물과 조영제의 구분	전선종류	접근형태	이격거리
상부 조영제	특고압 절연전선	위쪽	2.5 m
		옆쪽 또는 아래쪽	1.5 m (전선에 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설한 경우는 1 m)
	케이블	위쪽	1.2 m
		옆쪽 또는 아래쪽	0.5 m
기타전선		3 m	
기타 조영제	특고압 절연전선		1.5 m (전선에 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설한 경우는 1 m)
	케이블		0.5 m
	기타 전선		3 m

3. 사용전압이 35 kV를 초과하는 특고압 가공전선과 건조물과의 이격거리는 건조물의 조영제 구분 및 전선종류에 따라 각각 제2호의 규정 값에 35 kV 을 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 15 cm을 더한 값 이상일 것.

② 사용전압이 35 kV 이하인 특고압 가공전선이 건조물과 제2차 접근상태로 시설되는 경우에는 다음 각 호에 따라야 한다.

1. 특고압 가공전선로는 제2종 특고압 보안공사에 의할 것.
2. 특고압 가공전선과 건조물 사이의 이격거리는 제1항제2호의 규정에 준할 것.

③ 사용전압이 35 kV 초과 400 kV 미만인 특고압 가공전선이 건조물(제199조제1항 및 제2항·제200조 또는 제201조에 규정하는 장소가 있는 건물 및 제202조제1항에 규정하는 건물은 이를 제외하며, 또한 제2차 접근상태로 있는 부분의 상부조영제가 불연성 또는 자소성이 있는 난연성의 건축 재료로 건조된 것에 한한다)과 제2차 접근상태에 있는 경우에는 다음 각 호에 따라 시설하여야 하며, 이 경우 이외에는 건조물과 제2차 접근상태로 시설하여서는 아니 된다.

1. 특고압 가공전선로는 제1종 특고압 보안공사에 의할 것.
2. 특고압 가공전선과 건조물 사이의 이격거리는 제1항제2호 및 제3호의 규정에 준할 것.
3. 특고압 가공전선에는 아마로드를 시설하고 애자에 아크혼을 시설할 것. 또는 다음 각 목에 따라 시설할 것.

가. 특고압 가공전선로에 가공지선을 시설하고 특고압 가공전선에 아마로드를 시설할 것.

나. 특고압 가공전선로에 가공지선을 시설하고 애자에 아크혼을 시설할 것.

다. 애자에 아크혼을 시설하고 압축형 클램프 또는 썬기형 클램프를 사용하여 전선을 인류 할 것.

4. 건조물의 금속제 상부조영제 중 제2차 접근상태에 있는 것에는 제3종 접지공사를 할 것.

④ 사용전압이 400 kV 이상의 특고압 가공전선이 건조물과 제2차 접근상태로 있는 경우에는 다음 각 호에 따라 시설하여야 하며, 이 경우 이외에는 건조물과 제2차 접근상태로 시설하여서는 아니 된다.

1. 제3항제1호부터 제4호까지의 기준에 따라 시설할 것.
2. 전선높이가 최저상태일 때 가공전선과 건조물 상부(지붕·쟁(차양 : 遮蔭)·옷달리는 곳 기타 사람이 올라갈 우려가 있는 개소를 말한다)와의 수직거리가 28 m 이상일 것.
3. 독립된 주거생활을 할 수 있는 단독주택, 공동주택 및 학교, 병원 등 불특정 다수가 이용하는 다중 이용 시설의 건조물이 아닐 것.
4. 건조물은 「건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙」 제3조(내화구조)에 적합할 것.
5. 제199조, 제200조, 제201조, 제202조 규정에 따라 폭연성 분진, 가연성 가스, 인화성물질, 석유류, 화약류 등 위험물질을 다루는 건조물에 해당되지 아니할 것.
6. 건조물 최상부에서 전계(3.5 kV/m) 및 자계(83.3 μT)를 초과하지 아니할 것.
7. 특고압 가공전선은 제62조, 제63조, 제109조, 제112조, 제115조 규정에 따라 풍압 하중, 지지물 기초의 안전율, 가공전선의 안전율, 애자장치의 안전율, 철탑의 강도 등의 안전율 및 강도이상으로 시설하여 전선의 단선 및 지지물 도괴의 우려가 없도록 시설할 것.

⑤ 특고압 가공전선이 건조물과 접근하는 경우에 특고압 가공전선이 건조물의 아래쪽에 시설될 때에는 상호 간의 수평 이격거리는 3 m 이상으로 하고 또한 상호 간의 이격거리는 제1항제2호 및 제3호의 규정에 준하여 시설하여야 한다. 다만, 특고압 절연전선 또는 케이블을 사용하는 35 kV 이하인 특고압 가공전선과 건조물 사이의 수평 이격거리는 3 m 이상으로 하지 아니하여도 된다.

**제127조(특고압 가공전선과 도로 등의 접근 또는 교차)** ① 특고압 가공전선이 도로·횡단보도교·철도 또는 궤도(이하 이 조에서 “도로 등”이라 한다)와 제1차 접근상태로 시설되는 경우에는 다음 각 호에 따라야 한다.

1. 특고압 가공전선로는 제3종 특고압 보안공사에 의할 것.
2. 특고압 가공전선과 도로 등 사이의 이격거리(노면상 또는 레일면상의 이격거리를 제외한다. 이하 이 조에서 같다)는 표 127-1에서 정한 값 이상일 것. 다만, 특고압 절연전선을 사용하는 사용전압이 35 kV 이하의 특고압 가공전선과 도로 등 사이

의 수평 이격거리가 1.2m 이상인 경우에는 그러하지 아니하다.

[표 127-1]

사용전압의 구분	이 격 거 리
35 kV 이하	3m
35 kV 초과	3m에 사용전압이 35 kV를 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 15cm를 더한 값

- ② 특고압 가공전선이 도로 등과 제2차 접근상태로 시설되는 경우에는 다음 각 호에 따라야 한다.
1. 특고압 가공전선로는 제2종 특고압 보안공사(특고압 가공전선이 도로와 제2차 접근상태로 시설되는 경우에는 애자장치에 관계되는 부분을 제외한다)에 의할 것.
  2. 특고압 가공전선과 도로 등 사이의 이격거리는 제1항제2호의 규정에 준할 것.
  3. 특고압 가공전선중 도로 등에서 수평거리 3m 미만으로 시설되는 부분의 길이가 연속하여 100m 이하이고 또한 1경간 안에서의 그 부분의 길이의 합계가 100m 이하일 것. 다만, 사용전압이 35 kV 이하인 특고압 가공전선로를 제2종 특고압 보안공사에 의하여 시설하는 경우 또는 사용전압이 35 kV를 초과하고 400 kV 미만인 특고압 가공전선로를 제1종 특고압 보안공사에 의하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
- ③ 특고압 가공전선이 도로 등과 교차하는 경우에 특고압 가공전선이 도로 등의 위에 시설되는 때에는 다음 각 호에 따라야 한다.
1. 특고압 가공전선로는 제2종 특고압 보안공사(특고압 가공전선이 도로와 교차하는 경우에는 애자장치에 관계되는 부분을 제외한다)에 의할 것. 다만, 특고압 가공전선과 도로 등 사이에 다음에 의하여 보호망을 시설하는 경우에는 제2종 특고압 보안공사(애자장치에 관계되는 부분에 한한다)에 의하지 아니할 수 있다.
    - 가. 보호망은 제1종 집지공사를 한 금속제의 망상장치로 하고 견고하게 지지할 것.
    - 나. 보호망을 구성하는 금속선은 그 외주(外周) 및 특고압 가공전선의 직하에 시설하는 금속선에는 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5mm 이상의 경동선을 사용하고 그 밖의 부분에 시설하는 금속선에는 인장강도 5.26 kN 이상의 것 또는 지름 4mm 이상의 경동선을 사용할 것.
    - 다. 보호망을 구성하는 금속선 상호의 간격은 가로, 세로 각 1.5m 이하일 것.
    - 라. 보호망이 특고압 가공전선의 외부에 뻗은 폭은 특고압 가공전선과 보호망과의 수직거리의 2분의 1 이상일 것. 다만, 6m를 넘지 아니하여도 된다.
    - 마. 보호망을 운전이 빈번한 철도선로의 위에 시설하는 경우에는 경동선 그 밖에 쉽게 부식되지 아니하는 금속선을 사용할 것.
  2. 특고압 가공전선이 도로 등과 수평거리로 3m 미만에 시설되는 부분의 길이는 100m를 넘지 아니할 것. 사용전압이 35 kV 이하인 특고압 가공전선로를 시설하

는 경우 또는 사용전압이 35 kV를 초과하고 400 kV 미만인 특고압 가공전선로를 제1종 특고압 보안공사에 의하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

- ④ 특고압 가공전선이 도로 등과 접근하는 경우에 특고압 가공전선을 도로 등의 아래쪽에 시설할 때에는 상호 간의 수평 이격거리는 3m 이상으로 하고 또한 상호의 이격거리는 제126조제1항제2호 및 제3호의 규정에 준하여 시설하여야 한다. 다만, 특고압 절연전선 또는 케이블을 사용하는 사용전압이 35 kV 이하인 특고압 가공전선과 도로 등 사이의 수평 이격거리는 3m 이상으로 하지 아니하여도 된다.

제128조(특고압 가공전선과 삭도의 접근 또는 교차) ① 특고압 가공전선이 삭도와 제1차 접근상태로 시설되는 경우에는 다음 각 호에 따라야 한다.

1. 특고압 가공전선로는 제3종 특고압 보안공사에 의할 것.
2. 특고압 가공전선과 삭도 또는 삭도용 지주 사이의 이격거리는 표 128-1에서 정한 값 이상일 것.

[표 128-1]

사용전압의 구분	이 격 거 리
35 kV 이하	2m (전선이 특고압 절연전선인 경우는 1m, 케이블인 경우는 50cm)
35 kV 초과 60 kV 이하	2m
60 kV 초과	2m에 사용전압이 60 kV를 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 12cm를 더한 값

- ② 특고압 가공전선이 삭도와 제2차 접근상태로 시설되는 경우에는 다음 각 호에 따라야 한다.
1. 특고압 가공전선로는 제2종 특고압 보안공사에 의할 것.
  2. 특고압 가공전선과 삭도 또는 그 지주 사이의 이격거리는 제1항제2호의 규정에 준할 것.
  3. 특고압 가공전선 중 삭도에서 수평거리로 3m 미만으로 시설되는 부분의 길이가 연속하여 50m 이하이고 또한 1경간 안에서의 그 부분의 길이의 합계가 50m 이하일 것. 다만, 사용전압이 35 kV 이하인 특고압 가공전선로를 시설하는 경우 또는 사용전압이 35 kV를 초과하는 특고압 가공전선로를 제1종 특고압 보안공사에 의하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
- ③ 특고압 가공전선이 삭도와 교차하는 경우에 특고압 가공전선이 삭도의 위에 시설되는 때에는 다음 각 호에 따라야 한다.
1. 특고압 가공전선은 제2종 특고압 보안공사에 의할 것. 다만, 특고압 가공 전선과 삭도 사이에 제127조제3항제1호 단서의 규정에 준하여 보호망을 시설하는 경우에는 제2종 특고압 보안공사(애자장치에 관한 부분에 한한다)에 의하지 아니할 수 있다.
  2. 특고압 가공전선과 삭도 또는 삭도용 지주 사이의 이격거리는 제1항제2호의 규정

에 준할 것.

3. 삭도의 특고압 가공전선으로부터 수평거리로 3m 미만에 시설되는 부분의 길이는 50m를 넘지 아니할 것. 다만, 사용전압이 35kV 이하인 특고압 가공전선로를 시설하는 경우 또는 사용전압이 35kV를 초과하는 특고압 가공전선로를 제1종 특고압 보안공사에 의하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

④ 특고압 가공전선이 삭도와 접근하는 경우에는 특고압 가공전선은 삭도의 아래쪽에서 수평거리로 삭도의 지주의 지표상의 높이에 상당하는 거리 안에 시설하여서는 아니 된다. 다만, 특고압 가공전선과 삭도 사이의 수평거리가 3m 이상인 경우에 삭도의 지주의 도피 등에 의하여 삭도가 특고압 가공전선과 접촉할 우려가 없을 때 또는 다음 각 호에 따라 시설한 때에는 그러하지 아니하다.

1. 특고압 가공전선이 케이블인 경우 이외에는 특고압 가공전선의 위쪽에 견고하게 방호장치를 설치하고 또한 그 금속제 부분에 제3종 접지공사를 할 것.
2. 특고압 가공전선과 삭도 또는 그 지주 사이의 이격거리는 제1항제2호의 규정에 준할 것.

⑤ 특고압 가공전선이 삭도와 교차하는 경우에는 특고압 가공전선은 삭도의 아래에 시설하여서는 아니 된다. 다만, 제4항 각 호의 규정에 준하는 이외에 위험의 우려가 없도록 시설하는 경우는 그러하지 아니하다.

**제129조(특고압 가공전선과 저고압 가공전선 등의 접근 또는 교차)** ① 특고압 가공전선이 가공 약전류 전선 등 저압 또는 고압의 가공전선이나 저압 또는 고압의 전차선(이하 이 조에서 “저고압 가공전선 등”이라 한다)과 제1차 접근상태로 시설되는 경우에는 다음 각 호에 따라야 한다.

1. 특고압 가공전선로는 제3종 특고압 보안공사에 의할 것.
2. 특고압 가공전선과 저고압 가공 전선 등 또는 이들의 지지물이나 지주 사이의 이격거리는 표 129-1에서 정한 값 이상일 것.

[표 129-1]

사용전압의 구분	이 격 거 리
60 kV 이하	2 m
60 kV 초과	2 m에 사용전압이 60 kV를 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 12 cm을 더한 값

3. 특고압 절연전선 또는 케이블을 사용하는 사용전압이 35kV 이하인 특고압 가공 전선과 저고압 가공전선 등 또는 이들의 지지물이나 지주 사이의 이격거리는 제2호의 규정에 불구하고 표 129-2에서 정한 값까지로 감할 수 있다.

[표 129-2]

저고압 가공전선 등 또는 이들의 지지물이나 지주의 구분	전선의 종류	이격거리
저압 가공전선 또는 저압이나 고압의 전차선	특고압 절연전선	1.5 m (저압 가공전선이 절연전선 또는 케이블인 경우는 1 m)
	케이블	1.2 m (저압 가공전선이 절연전선 또는 케이블인 경우는 0.5 m)
고압 가공 전선	특고압 절연전선	1 m
	케이블	0.5 m
가공 약전류 전선 등 또는 저고압 가공전선 등의 지지물이나 지주	특고압 절연전선	1 m
	케이블	0.5 m

② 특고압 가공전선이 저고압 가공전선 등과 제2차 접근상태로 시설되는 경우에는 다음 각 호에 따라야 한다.

1. 특고압 가공전선로는 제2종 특고압 보안공사에 의할 것. 다만, 사용전압이 35kV 이하인 특고압 가공전선과 저고압 가공전선 등 사이에 보호망을 시설하는 경우에는 제2종 특고압 보안공사(애자장치에 관한 부분에 한한다)에 의하지 아니할 수 있다.
2. 특고압 가공전선과 저고압 가공전선 등 또는 이들의 지지물이나 지주 사이의 이격거리는 제1항제2호 및 제3호의 규정에 준할 것.
3. 특고압 가공전선과 저고압 가공전선 등과의 수평 이격거리는 2m 이상일 것. 다만, 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.
  - 가. 저고압 가공전선 등이 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5mm 이상의 경동선이나 케이블인 경우
  - 나. 가공약전류 전선 등을 인장강도 3.64 kN 이상의 것 또는 지름 4mm 이상의 아연도철선으로 조가하여 시설하는 경우 또는 가공약전류 전선 등이 경간 15m 이하의 입일선인 경우
  - 다. 특고압 가공전선과 저고압 가공전선 등의 수직거리가 6m 이상인 경우라. 저고압 가공전선 등의 위쪽에 보호망을 시설하는 경우
  - 마. 특고압 가공전선이 특고압 절연전선 또는 케이블을 사용하는 사용전압 35kV 이하의 것인 경우
4. 특고압 가공전선중 저고압 가공전선 등에서 수평거리로 3m 미만으로 시설되는 부분의 길이가 연속하여 50m 이하이고 또한 1경간 안에서의 그 부분의 길이의 합계가 50m 이하일 것. 다만, 사용전압이 35kV 이하인 특고압 가공전선로를 제2종 특고압 보안공사에 의하여 시설하는 경우 또는 사용전압이 35kV를 초과하는 특고압 가공전선로를 제1종 특고압 보안공사에 의하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.



- ③ 특고압 가공전선이 저고압 가공전선 등과 교차하는 경우에 특고압 가공전선이 저고압 가공전선 등의 위에 시설되는 때에는 다음 각 호에 따라야 한다.
1. 특고압 가공전선로는 제2종 특고압 보안공사에 의할 것. 다만, 특고압 가공전선과 저고압 가공전선 등 사이에 보호망을 시설하는 경우에는 제2종 특고압 보안공사(에자장치에 관한 부분에 한한다)에 의하지 아니할 수 있다.
  2. 특고압 가공전선과 저고압 가공전선 등 또는 이들의 지지물이나 지주 사이의 이격거리는 제1항제2호 및 제3호의 규정에 준할 것.
  3. 특고압 가공전선이 가공약전류 전선(통신용 케이블을 사용하는 것은 제외한다)이나 저압 또는 고압 가공전선과 교차하는 경우에는 특고압 가공전선의 양외선이 바로 아래에 제3종 접지공사를 한 인장강도 8.01 kN 이상 또는 지름 5mm 이상의 경동선을 약전류 전선이나 저압 또는 고압의 가공전선과 60 cm 이상의 이격거리를 유지하여 시설할 것. 다만, 다음 중 1에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.
    - 가. 가공약전류 전선(수직으로 2 이상 있는 경우에는 맨 위의 것)이나 저압 또는 고압의 가공전선(수직으로 2 이상 있는 경우에는 맨 위의 것)이 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5mm 이상의 경동선이나 케이블인 경우
    - 나. 가공약전류 전선(수직으로 2 이상 있는 경우에는 맨 위의 것)을 인장강도 3.64 kN 이상 또는 지름 4mm 이상의 아연도철선으로 조가하여 시설하는 경우 또는 가공약전류 전선이 경간 15m 이하인 인입선인 경우
    - 다. 특고압 가공전선과 가공약전류 전선이나 저압 또는 고압의 가공전선 사이의 수직거리가 6m 이상인 경우
    - 라. 특고압 가공전선과 가공약전류 전선이나 저압 또는 고압의 가공전선 사이에 보호망을 시설하는 경우
    - 마. 특고압 가공전선이 특고압 절연전선 또는 케이블을 사용하는 사용전압 35kV 이하의 것인 경우
  4. 저고압 가공전선 등이 특고압 가공전선으로부터 수평거리로 3m 미만으로 시설되는 부분의 길이는 50m 이하일 것. 다만, 사용전압이 35kV 이하인 특고압 가공전선로를 시설하는 경우, 또는 사용전압이 35kV를 초과하는 특고압 가공전선로를 제1종 특고압 보안공사에 의하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
- ④ 제2항제1호 단서, 제3호 “라”, 제3항제1호 단서 및 제3호 “라”의 보호망은 제1종 접지공사를 한 금속제의 망상장치(網狀裝置)로 하고 또한 다음 각 호에 따라 시설하는 이외에 견고하게 지지하여야 한다.
1. 보호망을 구성하는 금속선은 그 외주(外周) 및 특고압 가공전선의 바로 아래에 시설하는 금속선에 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5mm 이상의 경동선을 사용하고 기타 부분에 시설하는 금속선에 인장강도 3.64 kN 이상 또는 지름 4mm 이상의 아연도철선을 사용할 것.
  2. 보호망을 구성하는 금속선 상호 간의 간격은 가로세로 각 1.5m 이하일 것. 다만, 특고압 가공전선이 저고압 가공전선 등과 45도를 초과하는 수평각도로 교차하는

- 경우에는 특고압 가공전선과 같은 방향의 금속선은 그 외주에 시설하는 금속선 및 특고압 가공전선의 양외선의 바로 아래에 시설하는 금속선(외주에 시설하는 금속선 사이의 간격이 1.5m를 초과하는 것에 한한다) 이외의 것은 시설하지 아니하여도 된다.
3. 보호망과 저고압 가공전선 등과의 수직 이격거리는 60cm 이상일 것.
  4. 보호망이 저고압 가공전선 등의 밖으로 뻗은 폭은 저고압 가공전선 등과 보호망 사이의 수직거리의 2분의 1 이상일 것.
  5. 보호망이 특고압 가공전선의 밖으로 뻗은 폭은 특고압 가공전선과 보호망 사이의 수직거리의 2분의 1 이상일 것. 다만, 6m를 넘지 아니하여도 된다.
- ⑤ 제2항제1호 단서 및 제2호 “라”, 제3항제1호 단서 및 제3호 “라”의 보호망과 제3항제3호의 금속선을 운전이 빈번한 철도선로의 위에 시설하는 경우에는 경동선 기타 쉽게 부식하지 아니하는 금속선을 사용하여야 한다.
- ⑥ 특고압 가공전선이 가공약전류 전선 등 또는 저압이나 고압의 가공전선과 접근하는 경우에는 특고압 가공전선은 가공약전류 전선 등 또는 저압이나 고압의 가공전선의 아래쪽에 수평거리로 이들의 지지물의 지표상의 높이에 상당하는 거리 안에 시설하여서는 아니 된다. 다만, 특고압 가공전선과 가공약전류 전선 등 또는 저압이나 고압의 가공전선 사이의 수평거리가 3m 이상인 경우에 이들의 지지물의 도피 등에 의하여 가공약전류 전선로 등이나 저압 또는 고압의 가공전선로가 특고압 가공전선과 접촉할 우려가 없을 때 또는 다음 각 호에 따라 시설하는 때에는 그러하지 아니하다.
1. 가공약전류 전선로 등 및 저압이나 고압의 가공전선로는 다음에 의하여 시설할 것. 다만, 특고압 가공전선이 케이블을 사용하는 사용전압 35kV 이하의 것인 때에는 그러하지 아니하다.
    - 가. 가공약전류 전선 등 또는 저압이나 고압의 가공전선에는 케이블을 사용하는 경우 이외에는 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5mm 이상의 경동선을 사용하고 또한 이를 제71조제1항의 규정에 준하여 시설할 것.
    - 나. 가공약전류 전선로 등 또는 저압이나 고압의 가공전선로의 지지물로 사용하는 목주의 풍압하중에 대한 안전율은 1.5 이상일 것.
    - 다. 가공약전류 전선로 등의 지지물은 제63조·제74조제2항제2호·제3항부터 제5항까지 및 제67조제6항의 규정에 준하여 시설할 것.
    - 라. 저압 가공전선로의 지지물은 제74조제2항제2호·제3항부터 제5항까지 및 제67조제6항의 규정에 준하여 시설할 것.
    - 마. 가공약전류 전선 등 또는 저압이나 고압의 가공전선로의 경간은 지지물에 목주·A종 철근 또는 A종 철근 콘크리트주(가공약전류 전선로 등은 이에 준하는 것)를 사용하는 경우에는 100m 이하, B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주(가공약전류 전선로 등은 이에 준하는 것)를 사용하는 경우에는 150m 이하일 것.
    - 바. 가공약전류 전선로 등 또는 저압이나 고압의 가공전선로에는 제132조제1항의

규정에 준하여 지선을 시설할 것.

2. 특고압 가공전선과 가공약전류전선이나 저압 또는 고압의 가공전선이나 이들의 지지물 사이의 이격거리는 제128조제1항제2호의 규정에 준할 것.

㉞ 특고압 가공전선이 가공약전류 전선 등(가공지선을 이용하여 시설하는 광섬유 케이블 또는 특고압 가공 케이블에 복합된 광섬유 케이블을 제외한다. 이하 이 항에서 같다) 또는 저압이나 고압의 가공전선과 교차하는 경우에는 특고압 가공 전선은 가공약전류 전선 등 또는 저압이나 고압이 가공전선의 아래에 시설되어서는 아니 된다. 다만, 제6항 각 호에 따라 시설하는 경우에 특고압 가공전선이 케이블을 사용하는 사용전압 35 kV 이하의 것인 때 또는 사용전압이 35 kV 이하인 특고압 가공전선의 위쪽에 견고한 방호장치를 설치하고 또한 그 금속제 부분에 제3종 접지공사를 한 경우에는 그러하지 아니하다.

㉟ 특고압 가공전선이 제85조제1항제1호 단서에 규정하는 가공전선, 제123조에 규정하는 저압의 기계기구에 접속하는 저압 가공전선 또는 제154조에 규정하는 전력보안 통신선(특고압 가공전선로의 지지물에 시설하는 것 및 이에 직접 접속하는 것에 한한다)과 접근하거나 교차하는 경우에는 제1항부터 제3항까지의 규정(이격거리에 관한 부분은 제외한다)에 의하지 아니할 수 있다.

**제130조(특고압 가공전선 상호 간의 접근 또는 교차)** ① 특고압 가공전선이 다른 특고압 가공전선과 접근상태로 시설되거나 교차하여 시설되는 경우에는 제3항의 경우 이외에는 다음 각 호에 따라야 한다.

1. 위쪽 또는 옆쪽에 시설되는 특고압 가공전선로는 제3종 특고압 보안공사에 의한 것.
2. 위쪽 또는 옆쪽에 시설되는 특고압 가공전선로의 지지물로 사용하는 목주·철주 또는 철근 콘크리트주에는 다음에 의하여 지선을 시설할 것. 다만, 지지물로 B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주를 사용하는 경우에 제116조에 규정하는 상시 상정하중에 1.96 kN의 수평 횡하중을 가산한 하중에 의하여 생기는 부재응력의 1배의 응력에 대하여 견디는 B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주를 사용할 때에는 그러하지 아니하다.

가. 특고압 가공전선이 다른 특고압 가공전선과 접근하는 경우에는 위쪽 또는 옆쪽에 시설되는 특고압 가공전선로의 접근하는 쪽의 반대쪽에 시설할 것. 다만, 위쪽이나 옆쪽에 시설되는 특고압 가공전선로가 다른 특고압 가공전선로와 접근하는 쪽의 반대쪽에 10도 이상의 수평각도를 이루는 경우 또는 특고압 가공전선로의 사용전압이 35 kV 이하인 경우에는 그러하지 아니하다.

나. 특고압 가공전선이 다른 특고압 가공전선과 교차하는 경우에는 위에 시설되는 특고압 가공전선로의 방향에 교차하는 쪽의 반대쪽 및 위에 시설되는 특고압 가공전선로와 직각 방향으로 그 양쪽에 시설할 것. 다만, 위에 시설되는 특고압 가공전선로의 사용전압이 35 kV를 초과하는 경우에 위에 시설되는 특고압 가공전선로가 전선로의 방향에 대하여 10도 이상의 수평각도를 이루는 때에는 위에 시설되는 특고압 가공전선로와 직각 방향의 지선 중 수평각도를 이루는 쪽

의 지선을, 위에 시설되는 특고압 가공전선로의 사용전압이 35 kV 이하인 경우에는 위에 시설되는 특고압 가공전선로와 직각 방향의 지선을 시설하지 아니하여도 된다.

3. 특고압 가공전선과 다른 특고압 가공전선 사이의 이격거리는 제129조제1항제2호의 규정에 준할 것. 다만, 각 특고압 가공전선의 사용전압이 35 kV 이하로서 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 경우는 그러하지 아니하다

가. 특고압 가공전선에 케이블을 사용하고 다른 특고압 가공전선에 특고압 절연전선 또는 케이블을 사용하는 경우로 상호 간의 이격거리가 50 cm 이상인 경우  
나. 각각의 특고압 가공전선에 특고압 절연전선을 사용하는 경우로 상호 간의 이격거리가 1 m 이상인 경우

4. 특고압 가공전선과 다른 특고압 가공전선로의 지지물 사이의 이격거리는 제128조제1항제2호의 규정에 준할 것.

㉞ 특고압 가공전선이 다른 특고압 가공전선로의 가공지선과 접근상태로 시설되거나 교차하여 시설되는 경우에는 제3항에 규정하는 경우 이외에는 특고압 가공전선과 가공지선 사이의 이격거리에 대하여는 제128조제1항제2호의 규정을 준용한다.

㉟ 특고압 가공전선(제135조제1항에 규정하는 특고압 가공전선을 제외한다)이 제135조제1항에 규정하는 특고압 가공전선로의 전선과 접근상태로 시설되거나 교차하여 시설되는 경우에는 특고압 가공전선(제135조제1항에 규정하는 특고압 가공전선을 제외한다)은 제129조의 규정 중 고압 가공전선에 관한 부분에 준하여 시설하여야 한다.

**제131조(특고압 가공전선과 다른 시설물의 접근 또는 교차)** ① 특고압 가공전선이 건조물·도로·횡단보도교·철도·레도·삭도·가공약전류 전선로 등·저압 또는 고압의 가공전선로·저압 또는 고압의 전차선로 및 다른 특고압 가공전선로 이외의 시설물(이하 이 조에서 “다른 시설물”이라 한다)과 제1차 접근상태로 시설되는 경우에는 특고압 가공전선과 다른 시설물 사이의 이격거리는 제129조제1항제2호의 규정에 준하여 시설하여야 한다. 이 경우에 특고압 가공전선로의 전선의 절단, 지지물의 도괴 등에 의하여 특고압 가공전선이 다른 시설물에 접촉함으로써 사람에게 위험을 줄 우려가 있는 때에는 특고압 가공전선로는 제3종 특고압 보안공사에 의하여야 한다.

② 특고압 절연전선 또는 케이블을 사용하는 사용전압이 35 kV 이하의 특고압 가공전선과 다른 시설물 사이의 이격거리는 제1항의 규정에 불구하고 표 131-1에서 정한 값까지 감할 수 있다.

**【표 131-1】**

다른 시설물의 구분	접근형태	이격거리
조영물의 상부조영재	위쪽	2m (전선이 케이블 인 경우는 1.2m)
	옆쪽 또는 아래쪽	1m (전선이 케이블인 경우는 50cm)
조영물의 상부조영재 이외의 부분 또는 조영물 이외의 시설물		1m (전선이 케이블인 경우는 50cm)

③ 특고압 가공전선로가 다른 시설물과 제2차 접근상태로 시설되는 경우 또는 다른 시설물의 위쪽에서 교차하여 시설되는 경우에는 특고압 가공전선과 다른 시설물 사이의 이격거리는 제1항 및 제2항의 규정에 준하여 시설하여야 한다. 이 경우에 특고압 가공전선로의 전선의 절단·지지물의 도괴 등에 의하여 특고압 가공전선이 다른 시설물에 접촉함으로써 사람에게 위험을 줄 우려가 있는 때에는 특고압 가공전선로는 제2종 특고압 보안공사에 의하여야 한다.

④ 특고압 가공전선이 다른 시설물과 접근하는 경우에 특고압 가공전선이 다른 시설물의 아래쪽에 시설되는 경우에는 상호 간의 수평 이격거리는 3m 이상으로 하고 또한 상호 간의 이격거리는 제128조제1항제2호의 규정에 준하여 시설하여야 한다. 다만, 특고압 절연전선 또는 케이블을 사용하는 사용전압이 35kV 이하인 특고압 가공전선과 다른 시설물 사이의 수평 이격거리는 3m 이상으로 하지 아니하여도 된다.

**제132조(특고압 가공전선로의 지선의 시설)** ① 특고압 가공전선이 건조물·도로·횡단보도·교·철도·케도·삭도·가공약전류 전선 등·저압이나 고압의 가공전선 또는 저압이나 고압의 가공 전차선(이하 이 조에서 “건조물 등”이라 한다)과 제2차 접근상태로 시설되는 경우 또는 사용전압이 35kV를 초과하는 특고압 가공전선이 건조물 등과 제1차 접근상태로 시설되는 경우에는 특고압 가공전선로의 지지물(철탑을 제외한다. 이하 이 조에서 같다)에는 건조물 등과 접근하는 쪽의 반대쪽(건조물의 위에 시설되는 경우에는 특고압 가공전선로의 방향으로 건조물이 있는 쪽의 반대쪽 및 특고압 가공전선로와 직각 방향으로 그 양쪽)에 지선을 시설하여야 한다. 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 특고압 가공전선로가 건조물 등과 접근하는 쪽의 반대쪽에 10도 이상의 수평 각도를 이루는 경우
2. 특고압 가공전선로의 지지물로 제116조에 규정하는 상시 상정하중에 1.96kN의 수평 횡하중을 가산한 하중에 의하여 생기는 부재응력의 1배의 응력에 대하여 견디는 B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주를 사용하는 경우
3. 특고압 가공전선로가 특고압 절연전선(그 특고압 가공전선로의 지지물과 이에 인접한 지지물과의 공간이 어느 것이나 75m 이하의 경우에 한한다) 또는 케이블을 사용하는 사용전압이 35kV 이하의 것인 경우로서 지지물로 제116조에 규정하는 상시 상정하중에 의하여 생기는 부재응력의 1.1배의 응력에 대하여 견디는 B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주를 사용하는 때

② 특고압 가공전선이 건조물 등과 교차하는 경우에는 특고압 가공전선로의 지지물에는 특고압 가공전선로의 방향에 교차하는 쪽의 반대쪽 및 특고압 가공 전선로와 직각 방향으로 그 양쪽에 지선을 시설하여야 한다. 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 특고압 가공전선로가 전선로의 방향에 대하여 10도 이상의 수평각도를 이루는 경우에 전선로의 방향에 교차하는 쪽의 반대쪽 및 수평각도를 이루는 쪽의 반대쪽에 지선을 설치한 때

2. 사용전압이 35kV 이하인 특고압 가공전선로가 도로·횡단보도·교·저압이나 고압의 가공전선 또는 저압이나 고압의 전차선과 교차하는 경우에 특고압 가공전선로의 방향에 교차하는 쪽의 반대쪽에 지선을 설치한 때.

3. 제1항제2호 또는 제3호에 규정하는 B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주를 사용하는 경우

**제133조(특고압 가공전선과 식물의 이격거리)** 특고압 가공전선과 식물 사이의 이격거리에 대하여는 제129조제1항제2호의 규정을 준용한다. 다만, 사용전압이 35kV 이하인 특고압 가공전선을 다음 각 호의 어느 하나에 따라 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 고압 절연전선을 사용하는 특고압 가공전선과 식물 사이의 이격거리가 50cm 이상인 경우
2. 특고압 절연전선 또는 케이블을 사용하는 특고압 가공전선과 식물이 접촉하지 않도록 시설하는 경우 또는 특고압 수밀형 케이블을 사용하는 특고압 가공전선과 식물의 접촉에 관계없이 시설하는 경우

**제134조(특고압 옥축전선로 등에 인접하는 가공전선의 시설)** 특고압 옥축 전선로 또는 제151조제2항의 규정에 의하여 시설하는 특고압 전선로에 인접하는 1경간의 가공전선은 제103조(제1항은 제외한다)의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

**제135조(25 kV 이하인 특고압 가공전선로의 시설)** ① 사용전압이 15kV 이하인 특고압 가공전선로(중성선 다중접지식의 것으로서 전로에 지락이 생겼을 때 2초 이내에 자동적으로 이를 전로로부터 차단하는 장치가 되어 있는 것에 한한다. 이하 제1항부터 제3항까지에서 같다)는 그 전선에 고압 절연전선(중성선은 제외한다), 특고압 절연전선(중성선은 제외한다) 또는 케이블을 사용하고 또한 제79조부터 제83조까지, 제85조, 제86조, 제88조 및 제89조의 고압 가공전선로의 규정에 준하여 시설하는 경우에는 제104조, 제126조제1항, 제2항 및 제4항, 제127조제1항제1호, 제2항제1호, 제3항 및 제4항, 제128조제1항부터 제5항까지, 제129조제1항부터 제3항까지 및 제6항, 제130조제1항, 제131조제1항부터 제4항까지, 제132조제1항 및 제2항 및 제133조의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

② 사용전압이 15kV 이하인 특고압 가공전선로의 중성선의 다중접지 및 중성선의 시설은 다음에 의할 것.

1. 접지선은 공칭단면적 6mm<sup>2</sup> 이상의 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 쉽게 부식하지 않는 금속선으로서 고장 시에 흐르는 전류를 안전하게 통할 수 있는 것일 것.
2. 접지공사는 제19조제3항의 규정에 준하고 또한 접지한 곳 상호 간의 거리는 전선로에 따라 300m 이하일 것.
3. 각 접지선을 중성선으로부터 분리하였을 경우의 각 접지점의 대지 전기저항 값과 1km 마다의 중성선과 대지사이의 합성 전기저항 값은 표 135-1에서 정한 값 이하일 것.

[표 135-1]

각 접지점의 대지 전기저항 값	1 km 마다의 합성 전기저항 값
300 Ω	30 Ω

4. 특고압 가공전선로의 다중접지를 한 중성선은 제71조제2항·제72조·제75조·제79조부터 제84조까지·제86조 및 제89조의 저압 가공전선의 규정에 준하여 시설할 것.
  5. 다중접지한 중성선은 저압전로의 접지측 전선이나 중성선과 공용할 수 있다.
- ③ 사용전압이 15kV 이하의 특고압 가공전선로의 전선과 저압 또는 고압의 가공전선과를 동일 지지물에 시설하는 경우에 다음 각 호에 따라 시설할 때는 제120조제1항의 규정에 의하지 아니할 수 있다.
1. 특고압 가공전선과 저압 또는 고압의 가공전선 사이의 이격거리는 75cm 이상일 것. 다만, 각도주, 분기주 등에서 혼촉할 우려가 없도록 시설할 때는 그러하지 아니하다.
  2. 특고압 가공전선은 저압 또는 고압의 가공전선의 위로하고 별개의 완금류에 시설할 것.
- ④ 사용전압이 15kV를 초과하고 25kV 이하인 특고압 가공전선로(중성선 다중접지식의 것으로서 전로에 지락이 생겼을 때에 2초 이내에 자동적으로 이를 전로로부터 차단하는 장치가 되어 있는 것에 한한다. 이하 제4항 및 제5항에서 같다)를 다음 각 호에 따라 시설하는 경우에는 제104조, 제126조, 제127조, 제128조, 제129조, 제130조제1항, 제131조, 제132조 및 제133조의 규정에 의하지 아니할 수 있다.
1. 특고압 가공전선이 건조물·도로·횡단보도교·철도·궤도·삭도·가공약전류 전선 등·안테나·저압이나 고압의 가공전선 또는 저압이나 고압의 전차선과 접근 또는 교차상태로 시설되는 경우의 경간은 표 135-2에서 정한 값 이하일 것. 다만, 특고압 가공전선이 인장강도 14.51 kN 이상의 것 또는 지름 38mm<sup>2</sup> 이상의 경동연선으로서 지지물에 B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주 또는 철탑을 사용하는 때에는 제76조의 규정에 의할 수 있다.

[표 135-2]

지지물의 종류	경 간
목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주	100 m
B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주	150 m
철 탑	400 m

2. 특고압 가공전선(다중접지를 한 중성선을 제외한다. 이하 이 조에서 같다)이 건조물과 접근하는 경우에 특고압 가공전선과 건조물의 조영체 사이의 이격거리는 표 135-3에서 정한 값 이상일 것.

[표 135-3]

건조물의 조영체	접근형태	전선의 종류	이격거리
상부 조영체	위쪽	나전선	3 m
		특고압 절연전선	2.5 m
		케이블	1.2 m
	옆쪽 또는 아래쪽	나전선	1.5 m
특고압 절연전선		1.0 m	
케이블		0.5 m	
기타의 조영체		나전선	1.5 m
		특고압 절연전선	1.0 m
		케이블	0.5 m

3. 특고압 가공전선이 도로, 횡단보도교, 철도, 궤도(이하 이 호에서 “도로 등”이라 한다)와 접근하는 경우에는 다음에 의할 것.
  - 가. 특고압 가공전선이 도로 등과 접근상태로 시설되는 경우 도로 등 사이의 이격거리(노면상 또는 레일면상의 이격거리를 제외한다)는 3m 이상일 것. 다만, 특고압 가공전선이 특고압 절연전선인 경우 수평 이격거리를 1.5m 이상, 케이블인 경우 수평이격거리를 1.2m 이상으로 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
  - 나. 특고압 가공전선이 도로 등의 아래쪽에서 접근하여 시설될 때에는 상호 간의 이격거리는 표 135-4에서 정한 값 이상으로 하고 또한 위험의 우려가 없도록 시설할 것.

[표 135-4]

전선의 종류	이격거리
나전선	1.5 m
특고압 절연전선	1.0 m
케이블	0.5 m

4. 특고압 가공전선이 삭도와 접근 또는 교차하는 경우에는 다음에 의할 것.
  - 가. 특고압 가공전선이 삭도와 접근상태로 시설되는 경우에 삭도 또는 그 지주 사이의 이격거리는 표 135-5에서 정한 값 이상일 것.

[표 135-5]

전선의 종류	이격거리
나전선	2.0 m
특고압 절연전선	1.0 m
케이블	0.5 m

나. 특고압 가공전선이 삭도의 아래쪽에서 접근하여 시설될 때에는 가공전선은 수평거리로 삭도의 지지물 또는 지주의 지표상의 높이에 상당하는 거리 안에 시설하지 아니할 것. 다만, 다음의 경우에는 그러하지 아니하다.

- (1) 특고압 가공전선과 삭도의 수평거리가 2.5 m 이상이고 삭도의 지지물이나 지주가 도괴 되었을 경우에 삭도가 특고압 가공전선에 접촉할 우려가 없는 경우
- (2) 특고압 가공전선이 삭도와 수평거리로 3 m 미만에 접근하는 경우에 특고압 가공전선과 삭도 또는 그 지주 사이의 이격거리를 1.5 m 이상으로 하고 특고압 가공전선의 위쪽에 표 135-6에서 정한 값 이상의 거리에 견고한 방호장치를 설치하고, 그 금속계 부분에 제3종 접지공사를 하고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하는 경우

[표 135-6]

전선의 종류	이격거리
나전선, 특고압 절연전선	75 cm
케이블	50 cm

다. 특고압 가공전선이 삭도와 교차하는 경우에 특고압 가공전선이 삭도의 위에 시설될 때는 “가”의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

라. 특고압 가공전선은 삭도의 아래에서 삭도와 교차하여서는 아니 된다. 다만, “나”의 (2)의 규정에 준하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

5. 특고압 가공전선이 가공약전류 전선 등·저압 또는 고압의 가공전선·안테나(가섭선에 의하여 시설하는 것을 포함한다. 이하 이 호에서 같다) 저압 또는 고압의 전차선(이하 이 호에서 “저고압 가공전선 등”이라 한다)과 접근 또는 교차하는 경우에는 다음에 의할 것.

가. 특고압 가공전선이 저고압 가공전선 등과 접근상태로 시설되는 경우에 이의 이격거리(가공약전류 전선 등과 가섭선에 의하여 시설하는 안테나는 수평 이격거리)는 표 135-7에서 정한 값 이상일 것. 다만, 가공약전류전선 등이 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

- (1) 특고압 가공전선과 가공약전류 전선 등의 수직 이격거리가 6 m 이상인 때
- (2) 가공약전류 전선로 등의 관리자의 승낙을 얻은 경우에 특고압 가공전선과 가공약전류 전선등과의 이격거리가 2.0 m 이상인 때

[표 135-7]

구 분	가공전선의 종류	이격(수평이격)거리
가공약전류 전선 등·저압 또는 고압의 가공전선·저압 또는 고압의 전차선·안테나	나전선	2.0 m
	특고압 절연전선	1.5 m
	케이블	0.5 m
가공약전류 전선로 등·저압 또는 고압의 가공전선로·저압 또는 고압의 전차선로의 지지물	나전선	1.0 m
	특고압 절연전선	0.75 m
	케이블	0.5 m

나. 특고압 가공전선이 저고압 가공전선 등의 아래쪽에 시설될 때에는 특고압 가공전선은 수평거리로 저고압 가공전선 등의 지지물 또는 지주의 지표상의 높이에 상당하는 거리 안에 시설하지 아니할 것. 다만, 전차선을 제외한 저고압 가공전선 등을 다음에 의하고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하는 경우 또는 특고압 가공전선과 저고압 가공 전선 등 사이의 수평거리가 2.5 m 이상이고 또한 저고압 가공전선 등의 지지물 또는 지주의 도괴 등에 의하여 저고압 가공전선 등이 특고압 가공전선에 접촉할 우려가 없는 경우에는 그러하지 아니하다.

- (1) 특고압 가공전선과 저고압 가공전선 등 사이의 이격거리는 “가” 본문에 준할 것.
- (2) 가공약전류 전선로 등 또는 저압 가공전선로는 제129조제6항제1호 “나”, “다” 및 “라”의 규정에 준하여 시설할 것.
- (3) 특고압 가공전선이 가공약전류 전선 등 또는 가섭선에 의하여 시설하는 안테나와 수평거리로 2.5 m 미만으로 접근하는 경우에는 특고압 가공전선의 위쪽에 제129조제4항의 규정에 준하는 보호망을 특고압 가공전선이나 가공약전류 전선 등 또는 가섭선에 의하여 시설되는 안테나와 수직 이격거리가 60 cm (가공약전류 전선로 등 가섭선에 의하여 시설되는 안테나의 관리자의 승낙을 얻은 경우에는 30 cm) 이상이 되도록 떼어서 시설할 것. 다만, 다음 중 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.
  - (가) 특고압 가공전선과 가공약전류 전선 등 사이의 수평거리가 2.0 m 이상이고, 수직거리가 수평거리의 1.5배 이하인 경우
  - (나) 특고압 가공전선과 가공약전류 전선 등 또는 가섭선에 의하여 시설하는 안테나 사이의 수직거리가 6 m 이상이고 또한 가공약전류 전선 등이나 가섭선에 의하여 시설하는 안테나가 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5.0 mm 이상의 경동선이나 통신용 케이블인 경우
  - (다) 특고압 가공전선이 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우
- (4) 저압 가공전선로는 저압 보안공사, 고압 가공전선로는 고압 보안공사에 의

할 것.

다. 특고압 가공전선이 저고압 가공전선 등(안테나는 가섭선에 의하여 시설하는 것에 한한다)과 교차하는 경우로서 특고압 가공전선이 저고압 가공전선 등의 위에 시설되는 때에는 다음과 같이 시설할 것.

(1) 특고압 가공전선과 저고압 가공전선 등 사이의 이격거리는 “가” 본문에 의할 것. 다만, 가공약전류 전선 등 및 가섭선에 의하여 시설하는 안테나의 경우 수평 이격거리는 이격거리로 본다.

(2) 특고압 가공전선과 가공약전류 전선로 등 및 저압이나 고압의 가공전선로의 지지물 사이의 이격거리는 “가” 본문에 준할 것.

(3) 특고압 가공전선과 가공약전류 전선 등 또는 가섭선에 의하여 시설하는 안테나와의 사이에는 다음 중 어느 하나에 해당하는 경우 이외에는 제129조 제4항의 규정에 준하는 보호망, 제129조제3항제3호 본문 및 제5항의 규정에 준하는 보호선 또는 제129조제3항제3호 본문 및 제5항의 규정에 준하는 금속선을 특고압 가공전선과 가공약전류 전선 등 또는 가섭선에 의하여 시설하는 안테나 사이의 수직 이격거리가 60cm(가공약전류 전선로 등 및 가섭선에 의하여 시설하는 안테나의 관리자의 승낙을 얻은 경우에는 30cm) 이상이 되도록 시설할 것.

(가) 특고압 가공전선이 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우

(나) 가공약전류전선에 통신케이블을 사용하는 경우

(다) 가공약전류전선 등(수직으로 2가닥 이상 있는 경우에는 맨 위의 것)이 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5mm 이상의 경동선이나 통신용 케이블인 경우

(라) 가공약전류전선 등(수직으로 2가닥 있는 경우에는 맨 위의 것)이 인장강도 3.64 kN 이상의 것 또는 지름 4mm 이상의 아연도철선으로 조가하여 시설되는 경우

(마) 특고압 가공전선과 가공약전류 전선 등 또는 가섭선에 의하여 시설하는 안테나 사이의 수직거리가 6m 이상인 경우

(바) 특고압 가공전선과 가공약전류 전선 등 또는 가섭선에 의하여 시설하는 안테나와의 사이에 2가닥 이상의 가공전선(절연전선을 사용하는 것에 한한다)이 있는 경우

라. 특고압 가공전선은 저고압 가공전선 등(전차선을 제외하며 안테나는 가섭선에 의하여 시설하는 것에 한한다)과 교차하는 경우에 특고압 가공전선은 이들의 아래에서 교차하여서는 아니 된다. 다만, 전차선을 제외한 저고압 가공전선 등을 다음에 의하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

(1) 가공약전류 전선로 등 및 저압 가공전선로는 제129조제6항제1호 “나”, “다” 및 “라”의 규정에 준하여 시설할 것.

(2) 안테나의 지지물은 제63조·제74조제2항부터 제5항까지 및 제67조제6항의

규정에 준하여 시설할 것.

(3) 특고압 가공전선과 가공약전류 전선 등 가섭선에 의하여 시설하는 안테나 및 저압이나 고압의 가공전선 사이의 이격거리 및 특고압 가공전선과 가공약전류 전선로 등 및 저압이나 고압의 가공전선로의 지지물 사이의 이격거리는 “가” 본문에 준할 것. 다만, 가공약전류전선 등의 경우 수평 이격거리는 이격거리로 본다.

(4) 저압 가공전선로는 저압 보안공사, 고압 가공전선로는 고압 보안공사에 의할 것.

(5) 특고압 가공전선이 가공약전류 전선 등의 아래쪽에서 교차하는 경우에는 특고압 가공전선의 위에 제129조제4항에서 규정하는 보호망을, 특고압 가공전선과 가공약전류 전선 등 사이의 수직 이격거리가 60cm(가공약전류 전선로 등의 관리자의 승낙을 얻은 경우에는 30cm) 이상이 되도록 시설할 것. 다만, 다음 중 어느 하나에 해당하는 경우에는 보호망을 생략할 수 있다.

(가) 특고압 가공전선이 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우

(나) 특고압 가공전선과 가공약전류 전선 등 또는 가섭선에 의하여 시설하는 안테나 사이의 수직거리가 6m 이상이고 또한 가공약전류 전선 등이나 가섭선에 의하여 시설하는 안테나가 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5.0 mm 이상의 경동선이나 통신용 케이블인 경우

(다) 특고압 가공전선이 가공약전류 전선 등 또는 가섭선에 의하여 시설하는 안테나와 45도를 초과하는 수평각도로 교차하는 경우에 특고압 가공전선과 가공약전류 전선 등 또는 가섭선에 의하여 시설하는 안테나 사이에 제129조제3항제3호 본문의 규정에 준하는 금속선을, 특고압 가공전선과 가공약전류 전선 등 사이의 수직 이격거리를 60cm(가공약전류 전선로 등의 관리자의 승낙을 얻은 경우에는 30cm) 이상으로 시설하는 경우

(라) 가공약전류 전선 등이 광섬유 케이블인 경우

6. 특고압 가공전선이 교류 전차선 등과 접근 또는 교차하는 경우에는 다음에 의할 것.

가. 특고압 가공전선이 교류 전차선 등과 접근하는 경우에 특고압 가공전선을 교류 전차선의 위쪽에 시설하여서는 아니 된다. 다만, 특고압 가공전선과 교류 전차선 등 사이의 수평거리가 3m 이상인 경우로서 다음 중 어느 하나에 의하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

(1) 특고압 가공전선로의 전선의 절단 지지물의 도괴 등의 경우에 특고압 가공전선이 교류 전차선 등과 접촉할 우려가 없는 경우

(2) 특고압 가공전선로의 지지물(철탑은 제외한다)에는 교류 전차선 등과 접근하는 반대쪽에 지선을 시설하는 경우, 다만, 제116조에서 규정하는 상시 상정하중에 1.96 kN의 수평회하중을 가산한 하중에 의하여 나타나는 부재응력의 1배의 응력에 견디는 B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주를 지지물

로 사용하는 경우에는 지선을 생략할 수 있다.

나. 특고압 가공전선이 교류 전차선 등과 접근하는 경우에 특고압 가공전선은 교류 전차선 등의 옆쪽 또는 아래쪽에 수평거리로 교류 전차선 등의 지지물의 지표상의 높이에 상당하는 거리 이내에 시설하여서는 아니 된다. 다만, 다음 중 어느 하나에 의하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

- (1) 특고압 가공전선과 교류 전차선 등의 수평거리가 3m 이상으로서 교류 전차선 등의 지지물에 철근 콘크리트주 또는 철주를 사용하고 또한 지지물의 경간이 60m 이하이거나 교류 전차선 등의 지지물의 도괴 등의 경우 교류 전차선 등이 특고압 가공전선에 접촉할 우려가 없는 경우
- (2) 특고압 가공전선과 교류 전차선 사이의 수평거리는 3m 미만일 때에 다음에 의하여 시설하는 경우
  - (가) 교류 전차선로의 지지물에는 철주 또는 철근 콘크리트주를 사용하고 또한 그 경간이 60m 이하일 것.
  - (나) 교류 전차선로의 지지물(문형구조의 것은 제외한다)에는 특고압 가공전선과 접근하는 쪽의 반대쪽에 지선을 시설할 것. 다만, 지지물로 기초의 안전율이 2 이상인 철주 또는 철근 콘크리트주를 사용하는 경우에 그 철주 또는 철근 콘크리트주가 제116조에 규정하는 상시 상정하중에 1.96 kN의 수평횡하중을 가산한 하중에 의하여 나타나는 부재응력의 1배의 응력에 견디는 것인 경우에는 그러하지 아니하다.
  - (다) 특고압 가공전선과 교류 전차선 등 사이의 수평 이격거리는 2m 이상일 것. 다만, 특고압 가공전선과 교류 전차선 등 사이의 이격거리가 2m 이상인 경우에 보호망이 특고압 가공전선의 위쪽에 제129조제4항의 규정에 준하여 시설되는 경우에는 그러하지 아니하다.

다. 특고압 가공전선이 교류 전차선과 교차하는 경우에 특고압 가공전선이 교류 전차선의 위에 시설되는 경우에는 다음에 의하여야 한다.

- (1) 특고압 가공전선은 케이블인 경우 이외에는 인장강도 14.5 kN 이상의 것 또는 단면적 38 mm<sup>2</sup> 이상의 경동선(교류 전차선과 교차하는 부분을 포함하는 경간에 접속점이 없는 것에 한한다)일 것.
- (2) 특고압 가공전선이 케이블인 경우에는 이를 인장강도가 19.61 kN 이상의 것 또는 단면적 38 mm<sup>2</sup> 이상의 강연선인 것(교류 전차선과 교차하는 부분을 포함하는 경간에 접속점이 없는 것에 한한다)으로 조가하여 시설할 것.
- (3) “(2)”의 조가용선은 제69조제1항제4호의 규정에 준하는 이외에 이를 교류 전차선 등과 교차하는 부분의 양쪽의 지지물에 견고하게 인류하여 시설할 것.
- (4) 케이블 이외의 것을 사용하는 특고압 가공전선 상호 간의 간격은 65 cm 이상일 것.
- (5) 특고압 가공전선로의 지지물은 전선이 케이블인 경우 이외에는 내장 예차장치가 되어 있는 것일 것.

(6) 특고압 가공전선로의 지지물에 사용하는 목주의 풍압하중에 대한 안전율은 2.0 이상일 것.

(7) 특고압 가공전선로의 경간은 표 135-8에서 정한 값 이하일 것.

[표 135-8]

지지물의 종류	경 간
목주 · A종 철주 · A종 철근 콘크리트주	60 m
B종 철주 · B종 철근 콘크리트주	120 m

(8) 특고압 가공전선로의 완금류에는 견고한 금속제의 것을 사용하고 이에 제3종 접지공사를 할 것.

(9) 특고압 가공전선로의 지지물(철탑은 제외한다)에는 특고압 가공전선로의 방향에 교류 전차선과 교차하는 쪽의 반대쪽 및 특고압 가공전선로와 직각 방향으로 그 양쪽에 지선을 시설할 것. 다만, 특고압 가공전선로가 전선로의 방향에 대하여 10도 이상의 수평각도를 이루는 경우에 특고압 가공전선로의 방향에 교류 전차선과 교차하는 쪽의 반대쪽 및 수평각도를 이루는 쪽의 반대쪽에 지선을 시설하는 경우 또는 제116조에 규정하는 상시 상정하중에 1.96 kN의 수평횡하중을 가산한 하중에 의하여 나타나는 부재응력의 1배의 응력에 대하여 견디는 B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주를 지지물로 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다.

(10) 특고압 가공전선로의 전선, 완금류, 지지물, 지선 또는 지주와 교류 전차선 사이의 이격거리는 2.5 m 이상일 것.

7. 특고압 가공전선로가 상호 간 접근 또는 교차하는 경우에는 다음에 의할 것

가. 특고압 가공전선이 다른 특고압 가공전선과 접근 또는 교차하는 경우의 이격거리는 표 135-9에서 정한 값 이상일 것.

[표 135-9]

사용전선의 종류	이격거리
어느 한쪽 또는 양쪽이 나선선인 경우	1.5 m
양쪽이 특고압 절연전선인 경우	1.0 m
한쪽이 케이블이고 다른 한쪽이 케이블이거나 특고압 절연전선인 경우	0.5 m

나. 특고압 가공전선과 다른 특고압 가공전선로의 지지물 사이의 이격거리는 1 m (사용전선이 케이블인 경우에는 60 cm) 이상일 것.

8. 특고압 가공전선이 건조물 · 도로 · 횡단보도교 · 철도 · 궤도 · 삭도 · 가공약전류 전선로 등 · 안테나 · 저압 또는 고압의 전차선로 · 저압 또는 고압의 가공전선로 및 다른 특고압 가공전선로 이외의 시설물(이하 이 호에서 “다른 시설물”이라 한다)과 접근 또는 교차하는 경우에는 다음에 의할 것.

가. 특고압 가공전선이 다른 시설물과 접근상태로 시설되는 경우 또는 다른 시설물의 위쪽으로 교차하여 시설되는 경우의 이격거리는 제2호의 규정에 준하여 시설할 것. 이 경우에 지지물의 경간은 특고압 가공전선로의 전선의 절단, 지지물의 도피 등에 의하여 특고압 가공전선이 다른 시설물과 접촉하는 것에 의하여 사람에게 위험을 줄 우려가 있을 경우에는 제1호의 규정에 준하여 시설할 것.

나. 특고압 가공전선을 다음 중 어느 하나에 의하여 시설하는 경우에는 “가”의 이격거리 규정에 의하지 아니할 수 있다.

- (1) 고압 방호구에 넣은 나전선 등을 사용하는 특고압 가공전선을 건축현장의 비계틀 또는 이와 유사한 시설물에 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우
- (2) 고압 방호구에 넣은 나전선 등을 사용하는 특고압 가공전선을 조영물에 시설되는 간이한 돌출 관판, 기타 사람이 올라갈 우려가 없는 조영체와 75 cm 이상 떨어져서 시설하는 경우

다. 특고압 가공전선이 다른 시설물과 접근하는 경우에 특고압 가공전선로가 다른 시설물의 아래쪽에 시설되는 경우 상호 간의 이격거리는 표 135-10에서 정한 값 이상으로 하고 또한 위험의 우려가 없도록 시설할 것.

[표 135-10]

사용전의 종류	이격거리
나전선	2.0 m
특고압 절연전선	1.0 m
케이블	0.5 m

9. 특고압 가공전선과 식물 사이의 이격거리는 1.5 m 이상일 것. 다만, 특고압 가공전선이 특고압 절연전선이거나 케이블인 경우로서 특고압 가공전선을 식물에 접촉하지 아니하도록 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

10. 특고압 가공전선로의 중성선의 다중 접지는 다음에 의할 것.

가. 접지선은 공칭단면적 6 mm<sup>2</sup> 이상의 연동선 또는 이와 동등이상의 세기 및 굵기의 쉽게 부식하지 않는 금속선으로서 고장 시에 흐르는 전류가 안전하게 통할 수 있는 것일 것.

나. 접지공사는 제19조제3항의 규정에 준하고 또한 각각 접지한 곳 상호 간의 거리는 전선로에 따라 150 m 이하일 것.

다. 각 접지선을 중성선으로부터 분리하였을 경우의 각 접지점의 대지 전기저항 값과 1 km 마다 중성선과 대지 사이의 합성전기저항 값은 표 135-11에서 정한 값 이하일 것.

[표 135-11]

각 접지점의 대지 전기저항 값	1 km 마다의 합성전기저항 값
300 Ω	15 Ω

11. 특고압 가공전선로의 다중접지를 한 중성선은 제71조제2항·제72조·제75조·제79조부터 제84조까지·제87조 및 제89조의 저압 가공전선의 규정에 준하여 시설할 것.

12. 특고압 가공전선의 세기, 굵기의 종류는 제107조, 전선의 높이는 제110조, 전선로의 경간(제1호의 경우를 제외한다)은 제124조의 규정에 준하여 시설할 것.

⑤ 특고압 가공전선과 저압 또는 고압의 가공전선을 동일 지지물에 병가하여 시설하는 경우로서 다음 각 호에 따라 시설하는 경우에는 제120조제1항의 규정에 의하지 아니할 수 있다. 다만, 특고압 가공전선의 다중접지한 중성선은 저압전선의 접지축 전선이나 중성선과 공용할 수 있다.

1. 특고압 가공전선과 저압 또는 고압의 가공전선 사이의 이격거리는 1 m 이상일 것. 다만, 특고압 가공전선이 케이블이고 저압 가공전선이 저압 절연전선이거나 케이블인 때 또는 고압 가공전선이 고압 절연전선이거나 케이블인 때에는 50 cm 까지 감할 수 있다.
2. 각도주, 분기주 등에서 혼축의 우려가 없도록 시설하는 경우에는 제1호의 규정에 의하지 아니할 수 있다.
3. 특고압 가공전선은 저압 또는 고압의 가공전선 위로하고 별개의 완금류로 시설할 것.

### 제5절 지중 전선로

제136조(지중 전선로의 시설) ① 지중 전선로는 전선에 케이블을 사용하고 또한 관로식·암거식(暗渠式) 또는 직접 매설식에 의하여 시설하여야 한다.

② 지중 전선로를 관로식 또는 암거식에 의하여 시설하는 경우에는 다음 각 호에 따라야 한다.

1. 관로식에 의하여 시설하는 경우에는 매설 깊이를 1.0 m 이상으로 하되, 매설 깊이가 충분하지 못한 장소에는 견고하고 차량 기타 중량물의 압력에 견디는 것을 사용할 것. 다만 중량물의 압력을 받을 우려가 없는 곳은 60 cm 이상으로 한다.
2. 암거식에 의하여 시설하는 경우에는 견고하고 차량 기타 중량물의 압력에 견디는 것을 사용할 것.

③ 지중 전선을 냉각하기 위하여 케이블을 넣은 관내에 물을 순환시키는 경우에는 지중 전선로는 순환수 압력에 견디고 또한 물이 새지 아니하도록 시설하여야 한다.

④ 지중 전선로를 직접 매설식에 의하여 시설하는 경우에는 매설 깊이를 차량 기타 중량물의 압력을 받을 우려가 있는 장소에는 1.2 m 이상, 기타 장소에는 60 cm 이상으로 하고 또한 지중 전선을 견고한 트라프 기타 방호물에 넣어 시설하여야 한다. 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 지중전선을 견고한 트라프 기타 방호물에 넣지 아니하여도 된다.

1. 저압 또는 고압의 지중전선을 차량 기타 중량물의 압력을 받을 우려가 없는 경우에 그 위를 견고한 판 또는 물드로 덮어 시설하는 경우.
2. 저압 또는 고압의 지중전선에 콤팩트 케이블 또는 제5호부터 제7호까지에서



정하는 구조로 개장(錯裝)한 케이블을 사용하여 시설하는 경우.

3. 특고압 지중전선은 제2호에서 규정하는 개장한 케이블을 사용하고 또한 견고한 판 또는 몰드로 지중 전선의 위와 옆을 덮어 시설하는 경우.
4. 지중 전선에 파이프형 압력케이블을 사용하거나 최대사용전압이 60 kV를 초과하는 연피케이블, 알루미늄피케이블 그 밖의 금속피복을 한 특고압 케이블을 사용하고 또한 지중 전선의 위를 견고한 판 또는 몰드 등으로 덮어 시설하는 경우.
5. 제2호(제218조제3항·제225조제3항·제242조제1항·제246조제3항제2호“나” 및 제265조제4항제3호에서 준용하는 경우를 포함한다) 제193조제2항제1호 및 제244조제1항제4호 “나”의 규정에 의한 개장 중 보호층에 겹쳐 감은 강대(鋼帶) 또는 황동대(黃銅帶)(성형가공을 한 것을 제외한다)를 사용하는 것의 구조는 다음과 같다.
  - 가. 케이블의 외장 위에 강대 또는 황동대를 그 폭의 3분의 1이하의 길이에 상당하는 간격을 두고 나선상으로 감고 다음에 그 간격의 중앙부를 가리도록 강대 또는 황동대로 감고 또한 그 위에 방식층을 입힌 것일 것. 이 경우에 연피 케이블 또는 알루미늄피 케이블 외장의 위에 강대 또는 황동대를 사용하는 때에는 연피 또는 알루미늄피와 강대 또는 황동대간에 좌상(座床)을 만들어야 한다.
  - 나. “가”에 규정하는 강대 또는 황동대는 표 136-1에 규정하는 값 이상의 두께의 것일 것.

[표 136-1]

외층의 바깥지름(mm)	주트의 두께 (mm)	강대 또는 황동대의 두께 (mm)
12 이하	1.5	0.5 (0.4)
12 초과 25 이하	1.5	0.6 (0.4)
25 초과 40 이하	1.5	0.6
40 초과	2.0	0.8

비고 : 괄호 내의 수치는 절연물에 절연지를 사용한 케이블 이외의 것에 적용한다.

다. “가”에 규정하는 방식층은 비닐혼합물·폴리에틸렌혼합물 또는 클로로프렌 고무혼합물은 표 136-2에 규정하는 값 이상, 주트(방부성 콤파운드를 침투시킨 것에 한한다)는 표 136-3에 규정하는 값 이상의 두께의 것. 이 경우에 두께의 허용차는 두께의 평균치가 표 136-2 또는 표 136-3 에 규정하는 값의 90% 이상일 경우에 한하여 -30%로 한다.

[표 136-2]

사용전압의 구분 (V)	비닐혼합물·폴리에틸렌혼합물 또는 클로로프렌혼합물의 두께(mm)	
	포테이프층이 있는 것	포테이프층이 없는 것
7,000 이하	2.0	2.5
7,000 초과 100,000 이하	3.0	3.5
100,000 초과	4.0	4.5

[표 136-3]

주트층의 안지름(mm)	주트층의 두께(mm)
70 이하	1.5
70 초과	2.0

라. “가”에 규정하는 좌상은 주트(강대 또는 황동대의 위에 입힌 방식층에 주트를 사용하는 경우에는 방부성 콤파운드를 침투시킨 것에 한한다)에 있어서는 표 136-1에 규정하는 값 이상, 비닐혼합물·폴리에틸렌혼합물 또는 클로로프렌 고무혼합물에 있어서는 표 136-2에 규정하는 값 이상의 두께의 것일 것. 이 경우에 두께의 허용차는 두께의 평균치가 표 136-1 또는 표 136-2에 규정하는 값의 90% 이상일 경우에 한하여 -30%로 한다.

6. 제2호(제218조제3항·제225조제3항·제242조제1항·제246조제3항 제2호 “나” 및 제265조제4항제3호에서 준용하는 경우를 포함한다)·제193조제2항제1호 및 제234조제1항제4호 “나”의 규정에 의한 개장 중 성형가공을 한 강대 및 황동대를 사용하는 것의 구조는 다음과 같다.

가. 비닐 외장 케이블·폴리에틸렌 외장 케이블 또는 클로로프렌 외장 케이블의 선심 또는 외장의 위에 성형가공을 한 강대 또는 황동대를 진후가 완전히 맞물리도록 나선상으로 감긴 것일 것. 이 경우에 선심의 위에 감는 경우에는 선심과 강대 또는 황동대간에 그 선심을 손상시키지 아니하도록 좌상을 만들고 외장의 위에 감는 경우에는 그 강대 또는 황동대의 위에 방식층을 만들어야 한다.

나. “가”에 규정하는 강대 또는 황동대는 표 136-1에 규정하는 값 이상의 두께인 것일 것.

다. “가”에 규정하는 방식층은 비닐혼합물·폴리에틸렌혼합물 또는 클로로프렌 고무혼합물은 표 136-2에 규정하는 값 이상의 두께인 것. 이 경우에 두께의 허용차는 두께의 평균치가 표 136-2에 규정하는 값의 90% 이상일 경우에 한하여 -30%로 한다.

7. 제2호(제218조제3항·제225조제3항·제242조제1항·제246조 제3항 제2호 “나” 및 제265조제4항제3호에서 준용하는 경우를 포함한다)·제146조제2항·제193조제2항제1호 및 제244조제1항제4호 “나”의 규정에 의한 개장 중 보호층에 강관을 사용하는 것의 구조는 다음과 같다.

가. 클로로프렌 외장 케이블·비닐 외장 케이블 또는 폴리에틸렌 외장 케이블의 선심 또는 외장의 위를 강관으로 피복한 것일 것. 이 경우에 선심의 위에 피복하는 경우에는 선심과 강관간에 그 선심을 손상시키지 아니하도록 좌상을 만들고 외장의 위에 피복하는 경우에는 그 강관의 위에 방식층을 만들어야 한다.

나. “가”에 규정하는 강관은 다음에 적합한 것일 것.

- (1) 강대를 원통상(圓筒狀)으로 성형하고 합치는 부분을 계속하여 용접한 후 파상가공을 한 것으로서 다음 계산식에 의하여 계산한 값 이상의 두께일

것. 이 경우에 두께의 허용차는 두께의 평균치가 90 % 이상일 경우에 한하여 -15 %로 한다.

$$T = \frac{D}{270} + 0.25$$

T : 강관의 두께 (mm를 단위로 하며 소수점 2자리 이하는 4사5입 한다)

D : 강관의 안지름(mm를 단위로 한다)

(2) 2매의 철판을 평행으로 하여 그 사이에 길이 500mm 이상인 시료를 끼우고 실온에서 관축과 직각 방향의 투영면적 1m<sup>2</sup>마다 294.2kN의 하중을 판면과 직각 방향으로 가하였을 때에 그 바깥지름이 5% 이상 감소하지 아니할 것.

(3) 실온에서 강관의 바깥지름의 20배의 지름을 가지는 원통의 주위에 180도 구부린 후 직선상으로 환원시키고 다음에 반대방향으로 180도 구부린 후 직선상으로 환원시키고 다음에 반대방향으로 180도 구부린 후 직선상으로 환원시키는 조작을 5회 반복하였을 때에 굽이 가거나 갈리지는 등의 이상이 생기지 아니할 것.

다. “가”에 규정하는 방식층은 클로로프렌 고무혼합물·비닐혼합물 또는 폴리에틸렌혼합물로서 표 136-2에 규정하는 값 이상의 두께의 것일 것. 이 경우에 두께의 허용차는 두께의 평균치가 표 136-2에 규정하는 값의 90% 이상일 경우에 한하여 -30%로 한다.

⑤ 암거에 시설하는 지중전선은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 난연조치를 하거나 암거내에 자동소화설비를 시설하여야 한다.

1. 불연성 또는 자소성이 있는 난연성 피복이 된 지중전선을 사용할 것.
2. 불연성 또는 자소성이 있는 난연성의 연소방지(延燒防止)테이프, 연소방지(延燒防止)시트, 연소방지(延燒防止)도료 기타 이와 유사한 것으로 지중전선을 피복 할 것.
3. 불연성 또는 자소성이 있는 난연성의 관 또는 트라프에 넣어 지중전선을 시설할 것.

⑥ 제5항제1호부터 제3호까지에서 규정한 「불연성」 또는 「자소성이 있는 난연성」은 다음 각 호에 따른다.

1. 「불연성의 피복」, 「불연성의 연소방지테이프, 연소방지사트, 연소방지 도료, 기타 이와 유사한 것」 및 「불연성의 관 또는 트라프」는 건축법 시행령 제20조제1항제10호의 불연재료로 만들어진 것 또는 이와 동등 이상의 성능을 가진 것.

2. 「자소성(自消性)이 있는 난연성」은 대상물에 따라 아래와 같다.

가. 지중전선의 피복 또는 지중전선을 피복한 상태에서의 연소방지테이프, 연소방지사트, 연소방지도료, 기타 이와 유사한 것은 KS C IEC 60332-3-24 표준에 적합한 것 또는 이와 동등 이상의 성능을 갖는 것.

나. 관 또는 트라프는 KS C IEC 60614-1 전기설비용 전선관 - 제1부 일반요구사항의 '11. 내화성'에 적합한 것 또는 이와 동등 이상의 성능을 갖는 것.

**제137조(지중함의 시설)** 지중전선에 사용하는 지중함은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 지중함은 견고하고 차량 기타 중량물의 압력에 견디는 구조일 것.
2. 지중함은 그 안의 고인 물을 제거할 수 있는 구조로 되어 있을 것.
3. 폭발성 또는 연소성의 가스가 침입할 우려가 있는 것에 시설하는 지중함으로서 그 크기가 1m<sup>3</sup> 이상인 것에는 통풍장치 기타 가스를 방산시키기 위한 적당한 장치를 시설할 것.
4. 지중함의 뚜껑은 시설자 이외의 자가 쉽게 열 수 없도록 시설할 것.
5. 지중함의 뚜껑은 KS D 4040에 적합하여야 하며, 저압지중함의 경우에는 절연성이 있는 고무판을 주철(강)제의 뚜껑 아래에 설치할 것.
6. 차도 이외의 장소에 설치하는 저압 지중함은 절연성능이 있는 재질의 뚜껑을 사용할 수 있다.

**제138조(케이블 가압장치의 시설)** 압축가스를 사용하여 케이블에 압력을 가하는 장치(이하 이 조에서 “가압장치”라 한다)는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 압축가스 또는 압유(壓油)를 통하는 관(이하 이 조에서 “압력관”이라 한다), 압축 가스탱크 또는 압유탱크(이하 이 조에서 “압력탱크”라 한다) 및 압축기는 각각의 최고 사용압력의 1.5배의 유압 또는 수압(유압 또는 수압으로 시험하기 곤란한 경우에는 최고 사용압력의 1.25배의 기압)을 연속하여 10분간 가하여 시험을 하였을 때 이에 견디고 또한 누설하지 아니하는 것일 것.

2. 압력탱크 및 압력관은 용접에 의하여 잔류응력(殘留應力)이 생기거나 나사조임에 의하여 무리한 하중이 걸리지 아니하도록 할 것.

3. 가압장치에는 압축가스 또는 유압의 압력을 계측하는 장치를 설치할 것.

4. 압축가스는 가연성 및 부식성의 것이 아닐 것.

5. 자동적으로 압축가스를 공급하는 가압장치로서 감압밸브가 고장 난 경우에 압력이 현저히 상승할 우려가 있는 것은 다음에 의할 것.

가. 압력관으로서 최고 사용압력이 294 kPa 이상인 것 및 압력탱크의 재료와 구조는 제6호 및 제8호에서 정하는 표준에 적합한 것일 것. 이 경우에 재료의 허용응력(許容應力)은 제7호에서 정한다.

나. 압력탱크 또는 압력관에 근접하는 곳 및 압축기의 최종단(最終段) 또는 압력관에 근접하는 곳에는 제10호에서 정하는 표준에 적합한 안전밸브를 설치할 것. 다만, 압력이 980 kPa 미만인 압축기는 최고 사용압력 이하로 작동하는 안전장치로 갈음할 수 있다.

6. 제5호 “가” 전단의 규정에 의한 재료의 표준은 KS B 6750(2012) “압력용기-설계 및 제조 일반”의 “5 설계”에 적합한 것일 것.

7. 제5호 “가” 후단의 규정에 의한 재료의 허용응력은 KS B 6750(2012) “압력용기-설계 및 제조 일반”의 “6 설계” 또는 “최대 허용 응력 값”에 적합할 것.

8. 제5호 “가” 전단의 규정에 의한 압력탱크의 구조 및 압력탱크의 구조와 표준은 제52조제2항제2호 나목에 적합할 것.

9. 제5호 “가” 전단의 규정에 의한 압력관의 구조의 표준은 KS B 6750-1(2012)

“고압가스 및 전기설비용 압력용기”의 “11 동체-튜브식 열교환기” 및 KS B 6281(2008) “냉동용 압력 용기의 구조”의 “5.4.9 관의 강도” 또는 제52조제2항제2호“나”목의 (6) ~ (8)의 규정에 준하는 것으로 한다.

10. 제5호 “나” 본문의 규정에 의한 안전밸브의 표준은 KS B 6216(2008) “증기용 및 가스용 스프링 안전밸브”에 적합할 것.

**제139조(지중전선의 피복금속체 접지)** 관·암거·기타 지중전선을 넣은 방호장치의 금속체부분(케이블을 지지하는 금구류는 제외한다)·금속체의 전선 접속함 및 지중전선의 피복으로 사용하는 금속체에는 제3종 접지공사를 하여야 한다. 다만, 이에 방식조치(防蝕措置)를 한 부분에 대하여는 그러하지 아니하다.

**제140조(지중 약전류전선에의 유도장해의 방지)** 지중전선로는 기설 지중 약전류 전선로에 대하여 누설전류 또는 유도작용에 의하여 통신상의 장애를 주지 아니하도록 기설 약전류 전선로로부터 충분히 이격시키거나 기타 적당한 방법으로 시설하여야 한다.

**제141조(지중전선과 지중 약전류전선 등 또는 관과의 접근 또는 교차)** ① 지중전선이 지중약전류 전선 등과 접근하거나 교차하는 경우에 상호 간의 이격거리가 저압 또는 고압의 지중전선은 30cm 이하, 특고압 지중전선은 60cm 이하인 때에는 지중전선과 지중약전류 전선 등 사이에 견고한 내화성(콘크리트 등의 불연재료로 만들어진 것으로 케이블의 허용온도 이상으로 가열시킨 상태에서도 변형 또는 파괴되지 않는 재료를 말한다)의 격벽(隔壁)을 설치하는 경우 이외에는 지중전선을 견고한 불연성(不燃性) 또는 난연성(難燃性)의 관에 넣어 그 관이 지중약전류전선 등과 직접 접촉하지 아니하도록 하여야 한다. 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 지중 약전류전선 등이 전력보안 통신선인 경우에 불연성 또는 자소성이 있는 난연성의 재료로 피복한 광섬유케이블인 경우 또는 불연성 또는 자소성이 있는 난연성의 관에 넣은 광섬유 케이블인 경우
2. 지중전선이 저압의 것이고 지중 약전류전선 등이 전력보안 통신선인 경우
3. 고압 또는 특고압의 지중전선을 전력보안 통신선에 직접 접촉하지 아니하도록 시설하는 경우
4. 지중 약전류전선 등이 불연성 또는 자소성이 있는 난연성의 재료로 피복한 광섬유케이블인 경우 또는 불연성 또는 자소성이 있는 난연성의 관에 넣은 광섬유케이블로서 그 관리자와 협의한 경우
5. 사용전압 170kV 미만의 지중전선으로서 지중 약전류전선 등의 관리자와 협의하여 이격거리를 10cm 이상으로 하는 경우

② 특고압 지중전선이 가연성이나 유독성의 유체(流體)를 내포하는 관과 접근하거나 교차하는 경우에 상호 간의 이격거리가 1m 이하(단, 사용전압이 25kV 이하인 다중접지방식 지중전선로인 경우에는 50cm 이하)인 때에는 지중전선과 관 사이에 견고한 내화성의 격벽을 시설하는 경우 이외에는 지중전선을 견고한 불연성 또는 난연성의 관에 넣어 그 관이 가연성이나 유독성의 유체를 내포하는 관과 직접 접촉하지 아니하도록 시설하여야 한다.

③ 특고압 지중전선이 제2항에 규정하는 관 이외의 관과 접근하거나 교차하는 경우에 상호 간의 이격거리가 30cm 이하인 경우에는 지중전선과 관 사이에 견고한 내화성 격벽을 시설하는 경우 이외에는 견고한 불연성 또는 난연성의 관에 넣어 시설하여야 한다. 다만, 제2항에 규정한 관 이외의 관이 불연성인 경우 또는 불연성의 재료로 피복된 경우에는 그러하지 아니하다.

**제142조(지중전선 상호 간의 접근 또는 교차)** ① 지중전선이 다른 지중전선과 접근하거나 교차하는 경우에 지중함 내 이외의 곳에서 상호 간의 이격거리가 저압 지중전선과 고압 지중전선에 있어서는 15cm 이상, 저압이나 고압의 지중전선과 특고압 지중전선에 있어서는 30cm 이상이 되도록 시설하여야 한다. 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 예외로 할 수 있다.

1. 각각의 지중전선이 다음 중 어느 하나에 해당하는 경우
    - 가. 다음의 시험에 합격한 난연성의 피복이 있는 것을 사용하는 경우
      - 1) 사용전압 6.6kV 이하의 저압 및 고압케이블 : KS C 3341(2002)의 6.12 또는 KS C IEC 60332-3-24(2003) “화재조건에서의 전기케이블 난연성 시험 제3-24부 : 수직 배치된 케이블 또는 전선의 불꽃시험-카테고리 C”
      - 2) 사용전압 66kV이하의 특고압 케이블 : KS C 3404(2000)의 부속서 2
      - 3) 사용전압 154kV 케이블 : KS C 3405(2000)의 부속서 2
    - 나. 견고한 난연성의 관에 넣어 시설하는 경우
  2. 어느 한쪽의 지중전선에 불연성의 피복으로 되어 있는 것을 사용하는 경우
  3. 어느 한쪽의 지중전선을 견고한 불연성의 관에 넣어 시설하는 경우
  4. 지중전선 상호 간에 견고한 내화성의 격벽을 설치할 경우
- ② 사용전압이 25kV 이하인 다중접지방식 지중전선로를 관로식 또는 직접매설식으로 시공할 경우, 그 이격거리가 10cm 이상이 되도록 시설하여야 한다.

## 제6절 터널 안 전선로

**제143조(터널 안 전선로의 시설)** ① 철도·케도 또는 자동차도 전용터널 안의 전선로는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 저압 전선은 다음 중 1에 의하여 시설할 것.
  - 가. 인장강도 2.30kN 이상의 절연전선 또는 지름 2.6mm 이상의 경동선의 절연전선을 사용하고 제181조(제1항제1호·제4호 및 제5호를 제외한다)의 규정에 준하는 애자사용 공사에 의하여 시설하여야 하며 또한 이를 레일면상 또는 노면상 2.5m 이상의 높이로 유지할 것.
  - 나. 제183조의 규정에 준하는 합성수지관 공사·제184조의 규정에 준하는 금속관 공사·제186조의 규정에 준하는 가요전선관 공사 또는 제193조(제3항은 제외한다)의 규정에 준하는 케이블 공사에 의하여 시설할 것.
2. 고압 전선은 제95조제2항의 규정에 준하여 시설할 것. 다만, 인장강도 5.26kN 이

상의 것 또는 지름 4 mm 이상의 경동선의 고압 절연전선 또는 특고압 절연전선을 사용하여 제209조제1항제2호(“가” 및 “나”는 제외한다)의 규정에 준하는 여자 사용 공사에 의하여 시설하고 또한 이를 레일면상 또는 노면상 3 m 이상의 높이로 유지하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

3. 특고압 전선은 제95조제2항의 규정에 준하여 시설할 것. 이 경우 제95조제2항제4호 조문 중의 “제69조(제3항은 제외한다)”는 제106조로 본다.

② 사람이 상시 통행하는 터널 안의 전선로 사용전압은 저압 또는 고압에 한하며, 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 저압 전선은 다음 중 1에 의하여 시설할 것.

가. 인장강도 2.30 kN 이상의 절연전선 또는 지름 2.6 mm 이상의 경동선의 절연전선을 사용하여 제181조(제1항제1호, 제4호 및 제5호는 제외한다)의 규정에 준하는 여자사용공사에 의하여 시설하고 또한 노면상 2.5 m 이상의 높이로 유지할 것.

나. 제183조의 규정에 준하는 합성수지관 공사·제184조의 규정에 준하는 금속관 공사·제186조의 규정에 준하는 가요전선관 공사 또는 제193조(제3항은 제외한다)의 규정에 준하는 케이블 공사에 의한 것.

2. 고압전선은 제95조제2항의 규정에 준하여 시설할 것.

③ 제1항 및 제2항에 규정하는 터널 안 전선로 이외의 터널 안 전선로의 사용전압은 저압 또는 고압에 한하며, 전선은 케이블을 사용하고 또한 사용전압이 저압인 것은 제193조(제3항은 제외한다), 사용전압이 고압인 것은 제95조제2항의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

**제144조(터널 안 전선로의 전선과 약전류전선 등 또는 관 사이의 이격거리)** ① 터널 안의 전선로의 저압전선이 그 터널 안의 다른 저압전선(관등회로의 배선은 제외한다. 이하 이 조에서 같다)·약전류전선 등 또는 수관·가스관이나 이와 유사한 것과 접근하거나 교차하는 경우에는 제196조의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

② 터널 안의 전선로의 고압 전선 또는 특고압 전선이 그 터널 안의 저압 전선·고압 전선(관등회로의 배선은 제외한다. 이하 이 조에서 같다)·약전류전선 등 또는 수관·가스관이나 이와 유사한 것과 접근하거나 교차하는 경우에는 제95조제3항 및 제5항의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

## 제7절 수상전선로 및 물밑전선로

**제145조(수상전선로의 시설)** ① 수상전선로를 시설하는 경우에는 그 사용전압은 저압 또는 고압인 것에 한하며 다음 각 호에 따르고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.

1. 전선은 전선로의 사용전압이 저압인 경우에는 클로로프렌 캡타이어 케이블이어야 하며, 고압인 경우에는 캡타이어 케이블일 것.
2. 수상전선로의 전선을 가공전선로의 전선과 접속하는 경우에는 그 부분의 전선은

접속점으로부터 전선의 절연 피복 안에 물이 스며들지 아니하도록 시설하고 또한 전선의 접속점은 다음의 높이로 지지물에 견고하게 붙일 것.

가. 접속점이 육상에 있는 경우에는 지표상 5 m 이상. 다만, 수상전선로의 사용전압이 저압인 경우에 도로상 이외의 곳에 있을 때에는 지표상 4 m 까지로 감할 수 있다.

나. 접속점이 수면에 있는 경우에는 수상전선로의 사용전압이 저압인 경우에는 수면상 4 m 이상, 고압인 경우에는 수면상 5 m 이상

3. 수상전선로에 사용하는 부대(浮臺)는 쇠사슬 등으로 견고하게 연결한 것일 것.
4. 수상전선로의 전선은 부대의 위에 지지하여 시설하고 또한 그 절연피복을 손상하지 아니하도록 시설할 것.

② 제1항의 수상전선로에는 이와 접속하는 가공전선로에 전용개폐기 및 과전류 차단기를 각 극(과전류 차단기는 다선식 전로의 중성극을 제외한다)에 시설하고 또한 수상전선로의 사용전압이 고압인 경우에는 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하기 위한 장치를 시설하여야 한다.

**제146조(물밑전선로의 시설)** ① 물밑전선로는 손상을 받을 우려가 없는 곳에 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.

② 저압 또는 고압의 물밑전선로의 전선은 제4항부터 제5항까지에서 표준에 적합한 물밑케이블 또는 제136조제4항제5호부터 제7호까지에서 정하는 구조로 개장한 케이블이어야 한다. 다만, 다음 각 호 어느 하나에 의하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 전선에 케이블을 사용하고 또한 이를 견고한 관에 넣어서 시설하는 경우
2. 전선에 지름 4.5 mm 아연도철선 이상의 기계적 강도가 있는 금속선으로 개장한 케이블을 사용하고 또한 이를 물밑에 매설하는 경우
3. 전선에 지름 4.5 mm(비행장의 유도로 등 기타 표지 등에 접속하는 것은 지름 2 mm) 아연도철선 이상의 기계적 강도가 있는 금속선으로 개장하고 또한 개장 부위에 방식피복을 한 케이블을 사용하는 경우

③ 특고압 물밑전선로는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 전선은 케이블일 것.
2. 케이블은 견고한 관에 넣어 시설할 것. 다만, 전선에 지름 6 mm의 아연도철선 이상의 기계적강도가 있는 금속선으로 개장한 케이블을 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다.

④ 제2항(제218조에서 준용하는 경우를 포함한다)에 의한 물밑 케이블의 표준은 제5항에 규정하는 것을 제외하고는 다음과 같다.

1. 도체는 KS C IEC 60228 '절연 케이블용 도체'에서 정하는 연동선을 소선으로 한 연선(절연체에 부틸고무 혼합물 또는 에틸렌 프로필렌 고무혼합물을 사용하는 것은 주석이나 납 또는 이들의 합금으로 도금한 것에 한한다)일 것.
2. 절연체는 다음에 적합한 것일 것.

가. 재료는 폴리에틸렌혼합물·부틸고무 혼합물 또는 에틸렌 프로필렌 고무혼합물로서 KS C IEC 60811-1-1의 “9. 절연체 및 시스의 기계적 특성시험”에 규정하는 시험을 한 때에 이에 적합한 것일 것

나. 두께는 표 146-1에 규정하는 값(도체에 접하는 부분에 반도전층을 입힌 경우에는 그 두께를 감한 값) 이상일 것.

[표 146-1]

사용전압구분 (V)	도체의 공칭 단면적 (mm <sup>2</sup> )	절연체의 두께 (mm)	
		폴리에틸렌혼합물 또는 에틸렌프로필렌 고무혼합물의 경우	부틸고무 혼합물의 경우
600 이하	8 이상 80 이하	2.0	2.5
	80 초과 100 이하	2.5	2.5
	100 초과 325 이하	2.5	2.5
600 초과 3,500 이하	8 이상 100 이하	3.5	4.5
	100 초과 325 이하	3.5	4.5
3,500 초과	8 이상 325 이하	5.0	6.0

3. 개장은 2본 또는 3본의 선심을 슈트 기타의 섬유질의 물질과 함께 꼬아서 원형으로 다듬질한 것 위에 방부처리를 한 슈트 또는 폴리에틸렌혼합물·폴리프로필렌혼합물이나 비닐혼합물의 섬유질의 것(이하 이 조에서 “슈트 등”이라 한다)을 두께 2mm 이상으로 감고 그 위에 지름 6mm 이상의 방식성 콤파운드를 도포한 아연도금 철선을 사용하고 또한 슈트 등을 두께 3.5mm 이상으로 감은 것일 것. 이 경우에 슈트를 감은 경우는 아연도금 철선의 상부 및 최외층은 방부성 콤파운드를 도포한 것이어야 한다.

4. 완성품은 맑은 물속에 1시간 담근후 도체 상호 간 및 도체와 대지 사이에 18kV (사용전압이 600V 이하인 것은 3kV, 600V를 초과하고 3,500V 이하인 것은 10kV)의 교류전압을 연속하여 10분간 가하였을 때 이에 견디고 다시 도체와 대지 사이에 100V의 직류전압을 1분간 가한 후 측정된 절연체의 절연저항이 한국전기기술기준위원회 표준 KECS 1501-2009의 표 A2-8에 규정하는 값 이상의 것일 것.

⑤ 제2항(제218조제3항에서 준용하는 경우를 포함한다)의 규정에 의한 물밀 케이블(전력보안 통신선을 복합하는 것에 한한다)의 표준은 다음과 같다.

1. 고압 전선의 도체는 KS C IEC 60228 “절연 케이블용 도체”에서 정하는 연동선을 소선으로 한 연선(절연체에 부틸고무 혼합물 또는 에틸렌 프로필렌 고무혼합물을 사용하는 것은 주석이나 납 또는 이들의 합금으로 도금한 것에 한한다)일 것.

2. 고압 전선의 절연체는 다음에 적합한 것일 것.

가. 재료는 폴리에틸렌혼합물, 부틸고무 혼합물 또는 에틸렌프로필렌 고무혼합물로서 KS C IEC 60811-1-1의 “9. 절연체 및 시스의 기계적 특성시험”에 규정하는 시험을 하였을 때 이에 적합한 것일 것.

나. 두께는 표 146-1에서 정한 값(도체에 접하는 부분에 반 도전층을 두는 경우에는 그 두께를 감한 값) 이상일 것.

3. 개장은 고압 전선에 사용하는 2줄 또는 3줄의 선심을 슈트 기타 섬유질의 것과 함께 꼬아서 원형으로 만든 것 위에 방부처리를 한 슈트 등을 두께 2mm 이상으로 감고 그 위에 지름 6mm 이상의 방식성 콤파운드를 도포한 아연도금 철선을 입힌 뒤 다시 슈트 등을 두께 3.5mm 이상으로 감은 것. 이 경우에 슈트를 감은 것은 아연도금 철선의 윗부분 및 최외층은 방부성 콤파운드를 도포한 것이어야 한다.

4. 완성품은 다음에 적합한 것일 것.

가. 고압 전선에 사용하는 선심의 절연저항은 KS C IEC 60502-2에서 정하는 시험전압으로 시험하였을 때 그 요건을 충족하는 것일 것.

나. 전력보안 통신선에 사용하는 선심은 맑은 물속에 1시간 담근 후 도체 상호 간 및 차폐가 있는 경우에는 도체와 차폐 사이에 2kV의 교류전압을 연속하여 1분간 가하였을 때 이에 견디고, 다시 도체와 대지 및 차폐가 있는 경우에는 차폐와 대지 사이에 4kV의 교류전압을 연속하여 1분간 가하였을 때 이에 견디는 것일 것.

### 제8절 특수 장소의 전선로

제147조(지상에 시설하는 전선로) ① 지상에 시설하는 저압 또는 고압의 전선로는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우 이외에는 시설하여서는 아니 된다.

1. 1구내에만 시설하는 전선로의 전부 또는 일부로 시설하는 경우
2. 1구내 전용의 전선로 중 그 구내에 시설하는 부분의 전부 또는 일부로 시설하는 경우
3. 지중전선로와 교량에 시설하는 전선로 또는 전선로 전용교 등에 시설하는 전선로와의 사이에서 취급자 이외의 자가 출입하지 않도록 조치한 장소에 시설하는 경우

② 제1항의 전선로는 교통에 지장을 줄 우려가 없는 곳에서는 제139조부터 제141조까지의 규정에 준하는 이외에 다음 각 호에 따르고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.

1. 전선은 케이블 또는 클로로프로펜 캡타이어 케이블일 것.
2. 전선이 케이블인 경우에는 제142조의 규정에 준하여 시설하는 이외에 철근 콘크리트제의 견고한 개거(開渠) 또는 트라프에 넣어야 하며 개거 또는 트라프에는 취급자이외의 자가 쉽게 열 수 없는 구조로 된 철제 또는 철근 콘크리트제 기타 견고한 뚜껑을 설치할 것.
3. 전선이 캡타이어 케이블인 경우에는 다음에 의할 것.

가. 전선의 도중에는 접속점을 만들지 아니할 것.

나. 전선은 손상을 받을 우려가 없도록 개거 등에 넣을 것. 다만, 취급자이외의 자가 출입할 수 없도록 설치한 곳에 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

다. 전선로의 전원측 전로에는 전용의 개폐기 및 과전류 차단기를 각 극(과전류 차단기는 다선식 전로의 중성극을 제외한다)에 시설할 것.

라. 사용전압이 400 V 초과하는 저압 또는 고압의 전로 중에는 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설할 것. 다만, 전선로의 전원측의 접속점으로부터 1 km 안의 전원측 전로에 전용 절연변압기를 시설하는 경우로서 전로에 지락이 생겼을 때에 기술원 주재소에 경보하는 장치를 설치한 때에는 그러하지 아니하다.

- ③ 지상에 시설하는 특고압 전선로는 제1항 각 호의 어느 하나에 해당하고 또한 사용 전압이 100 kV 이하인 경우 이외에는 시설하여서는 아니 된다.
- ④ 제3항의 전선로는 전선에 케이블을 사용하고 또한 제2항제2호·제95조제2항제5호·제140조 및 제141조의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

**제148조(교량에 시설하는 전선로)** ① 교량(제149조에 규정하는 것은 제외한다. 이하 이 조에서 같다)에 시설하는 저압 전선로는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

- 1. 교량의 윗면에 시설하는 것은 다음에 의하는 이외에 전선의 높이를 교량의 노면상 5 m 이상으로 하여 시설할 것.
  - 가. 전선은 케이블인 경우 이외에는 인장강도 2.30 kN 이상의 것 또는 지름 2.6 mm 이상의 경동선의 절연전선일 것.
  - 나. 전선과 조영재 사이의 이격거리는 전선이 케이블인 경우 이외에는 30 cm 이상일 것.
  - 다. 전선은 케이블인 경우 이외에는 조영재에 견고하게 붙인 완금류에 절연성·난연성 및 내수성의 애자로 지지할 것.

라. 전선이 케이블인 경우에는 제69조(제1항제4호는 제외한다)의 규정에 준하는 이외에 전선과 조영재 사이의 이격거리를 15 cm 이상으로 하여 시설할 것.

- 2. 교량의 옆면에 시설하는 것은 제1호 또는 제94조제2항부터 제5항까지의 규정에 준하여 시설할 것.
- 3. 교량의 아랫면에 시설하는 것은 제196조의 규정에 준하는 이외에 제183조의 규정에 준하는 합성수지관 공사, 제184조의 규정에 준하는 금속관 공사, 제186조의 규정에 준하는 가요전선관 공사 또는 193조(제3항은 제외한다)의 규정에 준하는 케이블 공사에 의하여 시설할 것.

② 교량에 시설하는 고압전선로는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

- 1. 교량의 윗면에 시설하는 것은 다음에 의하는 이외에 전선의 높이를 교량의 노면상 5 m 이상으로 할 것.
  - 가. 전선은 케이블일 것. 다만, 철도 또는 궤도 전용의 교량에는 인장강도 5.26 kN 이상의 것 또는 지름 4 mm 이상의 경동선을 사용하고 또한 이를 제71조제1항의 규정에 준하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
  - 나. 전선이 케이블인 경우에는 제69조의 규정에 준하는 이외에 전선과 조영재 사이의 이격거리는 30 cm 이상일 것.
  - 다. 전선이 케이블 이외의 경우에는 이를 조영재에 견고하게 붙인 완금류에 절연

성·난연성 및 내수성의 애자로 지지하고 또한 전선과 조영재 사이의 이격거리는 60 cm 이상일 것.

- 2. 교량의 옆면에 시설하는 것은 제1호 또는 제95조제2항부터 제5항까지의 규정에 준하여 시설할 것.
- 3. 교량의 아랫면에 시설하는 것은 제95조제2항부터 제5항까지의 규정에 준하여 시설할 것.

③ 교량에 시설하는 특고압 전선로는 교량의 옆면 또는 아랫면에 시설하는 경우에 한하고 또한 제95조제2항부터 제5항까지의 규정에 준하여 시설하여야 한다. 이 경우 제95조제2항제4호 조문 중 “제69조(제3항은 제외한다)”는 제106조로 본다.

**제149조(전선로 전용교량 등에 시설하는 전선로)** ① 전선로 전용의 교량·파이프스탠드·기타 이와 유사한 것에 시설하는 저압 전선로는 다음 각 호에 따르고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.

- 1. 버스덕트 공사에 의하는 경우는 다음에 의할 것.
  - 가. 1구내에만 시설하는 전선로의 전부 또는 일부로 시설할 것.
  - 나. 제188조의 규정에 준하여 시설하는 이외에 덕트에 물이 스며들어 고이지 아니할 것.
- 2. 버스덕트 공사에 의하는 경우 이외의 경우에 전선은 케이블 또는 클로로프렌 캡타이어 케이블일 것.
- 3. 전선이 케이블인 경우에는 제193조제1항제2호부터 제5호까지의 규정에 준하여 시설할 것.
- 4. 전선이 캡타이어 케이블인 경우에는 제147조제2항제3호의 규정에 준하여 시설할 것.

② 전선로 전용의 교량·파이프스탠드 기타 이와 유사한 것에 시설하는 고압 전선로는 다음 각 호에 따르고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.

- 1. 전선은 고압용 케이블 또는 고압용의 클로로프렌 캡타이어 케이블일 것.
  - 2. 전선이 케이블인 경우에는 제95조제2항부터 제5항까지의 규정에 준하여 시설할 것.
  - 3. 전선이 캡타이어 케이블인 경우에는 제147조제2항제3호의 규정에 준하여 시설할 것.
- ③ 전선로 전용의 교량이나 이와 유사한 것에 시설하는 특고압 가공전선로, 파이프스탠드 또는 이와 유사한 것에 시설하는 사용전압이 100 kV 이하인 특고압 가공전선로는 제95조제2항부터 제5항까지의 규정에 준하고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다. 이 경우에 제95조제2항제4호 조문 중 “제69조(제3항은 제외한다)”는 제106조로 본다.

**제150조(급경사지에 시설하는 전선로의 시설)** ① 급경사지에 시설하는 저압 또는 고압의 전선로는 그 전선이 건조물의 위에 시설되는 경우, 도로·철도·궤도·삭도·가공약전류 전선 등·가공전선 또는 전차선과 교차하여 시설되는 경우 및 수평거리로 이들(도로를 제외한다)과 3 m 미만에 접근하여 시설되는 경우 이외의 경우로서 기술상 부득이한 경우 이외에는 시설하여서는 아니 된다.

② 제1항의 전선로는 제69조(제3항은 제외한다)부터 제72조까지 및 제89조의 규정에 준하는 이외에 다음 각 호에 따르고 시설하여야 한다.

1. 전선의 지지점 간의 거리는 15 m 이하일 것.
2. 전선은 케이블인 경우 이외에는 바람에 견고하게 붙인 금속제 완급류에 절연성·난연성 및 내수성의 애자로 지지할 것.
3. 전선에 사람이 접촉할 우려가 있는 곳 또는 손상을 받을 우려가 있는 곳에 시설하는 경우에는 적당한 방호장치를 시설할 것.
4. 저압 전선로와 고압 전선로를 같은 바람에 시설하는 경우에는 고압 전선로를 저압 전선로의 위로하고 또한 고압전선과 저압전선 사이의 이격거리는 50 cm 이상일 것.

**제151조(옥내에 시설하는 전선로)** ① 옥내(제199조부터 제202조까지 규정하는 장소는 제외한다)에 시설하는 전선로는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우 이외에는 시설하여서는 아니 된다.

1. 1구내 또는 동일 기초 구조물 및 여기에 구축된 복수의 건물과 구조적으로 일체화된 하나의 건물(이하 이 조문에서 "1구내 등"이라 한다)에 시설하는 전선로의 전부 또는 일부로 시설하는 경우
2. 1구내 등 전용의 전선로 중 그 1구내에 시설하는 부분의 전부 또는 일부로 시설하는 경우
3. 옥외에 시설된 복수의 전선로로부터 수전하도록 시설하는 경우

② 제1항의 전선로는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 저압 전선로는 제175조·제180조(합성수지몰드 공사·금속몰드 공사 및 라이팅턱트공사에 관한 부분은 제외한다)·제181조·제183조·제184조·제186조·제187조·제188조·제190조·제191조·제193조 및 제195조의 규정에 준하는 이외에 저압 전선로의 전선이 다른 저압 옥내전선(제1항의 전선로의 저압 전선 및 저압 옥내배선을 말한다. 이하 같다)·약전류전선 등 또는 수관·가스관이나 이와 유사한 것과 접근하거나 교차하는 경우에는 제196조의 규정에 준하여 시설할 것.
2. 고압 전선로는 제195조 및 제209조제1항의 규정에 준하는 이외에 고압 전선로의 전선이 다른 고압 옥내전선(제1항의 전선로의 고압 전선 및 고압 옥내배선을 말한다. 이하 같다)·저압 옥내전선·약전류 전선 등 또는 수관·가스관이나 이와 유사한 것과 접근하거나 교차하는 경우에는 제209조제2항의 규정에 준하여 시설할 것.
3. 특고압 전선로는 제195조 및 제212조제1항의 규정에 준하는 이외에 특고압 전선로의 전선이 저압 옥내전선·고압 옥내전선·약전류 전선 등 또는 수관·가스관이나 이와 유사한 것과 접근하거나 교차하는 경우에는 제212조제2항의 규정에 준하여 시설할 것.
4. 전선로는 케이블을 사용하여 전선로 전용의 견고하고 또한 내화성의 구조물로 구성된 장소에 시설하는 경우에는 제1호부터 제3호까지의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

**제152조(임시 전선로의 시설)** ① 가공전선로의 지지물로 사용하는 철탑은 사용기간이 6월 이내의 것에 한하여 제67조제1항의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

② 가공전선로의 지지물로 사용하는 철탑·철주 또는 철근 콘크리트주에 시설하는 지

선은 사용기간이 6월 이내의 것에 한하여 제67조제3항제3호 본문의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

③ 저압 가공전선 또는 고압 가공전선에 케이블을 사용하는 경우에 그 설치공사가 완료한 날로부터 2월 이내에 한하여 사용하는 것은 제69조제1항(제94조제2항제6호 "나"·제95조제2항제4호·제97조제3항제1호·제98조제1항·제100조제1항제4호·제102조제1항·제148조제2항제1호"나"·제150조제2항·제243조제1항제6호·제244조제1항제6호"바"(2) 및 제265조제4항제2호에서 준용하는 경우를 포함한다)의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

④ 재해후의 복구에 사용하는 특고압 가공전선로서 전선에 케이블을 사용하는 경우 그 설치공사가 완료한 날로부터 2월 이내에 한하여 사용하는 경우에는 제106조(제96조, 제103조제5항, 제148조제3항에서 준용하는 경우를 포함한다)의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

⑤ 저압 방호구에 넣은 절연전선 등을 사용하는 저압 가공전선 또는 고압 방호구에 넣은 고압 절연전선 등을 사용하는 고압 가공전선과 조영물의 조영재 사이의 이격거리는 방호구의 사용기간이 6월 이내의 것에 한하여 제79조·제87조 및 제88조의 규정에 불구하고 표 152-1에서 정한 값까지 감할 수 있다.

[표 152-1]

조영물 조영재의 구분		접근형태	이격거리
건조물	상부 조영재	위쪽	1 m
		옆쪽 또는 아래쪽	0.4 m
	상부이외의 조영재		0.4 m
건조물 이외의 조영물	상부 조영재	위쪽	1 m
		옆쪽 또는 아래쪽	0.4 m (저압 가공전선은 0.3 m)
	상부 조영재 이외의 조영재		0.4 m (저압 가공전선은 0.3 m)

⑥ 사용전압이 400 V 미만인 저압 인입선의 옥측부분 또는 옥상부분으로서 그 설치공사가 완료한 날로부터 4월 이내에 한하여 사용하는 것을 비 또는 이슬에 젖지 아니하는 장소에 애자사용공사에 의하여 시설하는 경우에는 제100조제4항(제101조에서 준용하는 경우를 포함한다)에서 준용하는 제94조제2항제2호 "나"의 규정에 불구하고 전선 상호 간 및 전선과 조영재 사이를 이격하지 아니하고 시설할 수 있다.

⑦ 지상에 시설하는 저압 또는 고압의 전선로 및 재해복구를 위하여 지상에 시설하는 특고압전선로로서 그 공사가 완료한 날로부터 2월 이내에 한하여 사용하는 것을 다음 각 호에 따라 시설하는 경우에는 제147조의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

1. 전선은 전선로의 사용전압이 저압인 경우는 케이블 또는 공칭단면적 10 mm<sup>2</sup> 이상인 클로로프렌 캡타이어케이블, 고압인 경우는 케이블 또는 고압용의 클로로프

렌 케이블이 케이블, 특고압인 경우는 케이블일 것.

2. 전선을 시설하는 장소에는 취급자 이외의 자가 쉽게 들어 갈 수 없도록 울타리·담 등을 설치하고 또한 사람이 보기 쉽도록 적당한 간격으로 위험 표시를 할 것.
3. 전선은 중량물의 압력 또는 현저한 기계적 충격을 받을 우려가 없도록 시설할 것.

### 제9절 직류 전선로

**제152조의2(1.5 kV 이하 직류 가공전선로의 시설)** 사용전압 1.5 kV 이하인 직류 가공전선로는 다음과 같이 시설하여야 하며 이 조에서 정하지 않은 사항은 관련 판단기준을 준용하여 시설하여야 한다.

- ① 전로의 전선 상호간 및 전로와 대지 사이의 절연저항은 기술기준 제52조의 표에서 정한 값 이상이어야 한다.
- ② 가공전선로의 접지시스템은 KS C IEC 60364-5-54에 따라 시설하여야 한다.
- ③ 전로에 지락이 생겼을 때에는 자동으로 전선로를 차단하는 장치를 시설하여야 하며 IT 계통인 경우에는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.
  1. 전로의 절연상태를 지속적으로 감시할 수 있는 장치를 설치하고 지락 발생 시 전로를 차단하거나 고장이 제거되기 전까지 관리자가 확인할 수 있는 음향 또는 시각적인 신호를 지속적으로 보낼 수 있도록 시설하여야 한다.
  2. 한 상의 지락고장이 제거되지 않은 상태에서 다른 상의 전로에 지락이 발생했을 때에는 전로를 자동적으로 차단하는 장치를 시설하여야 한다.
- ④ 전로에는 과전류차단기를 설치하여야 하고 이를 시설하는 곳을 통과하는 단락전류를 차단하는 능력을 가지는 것이어야 한다.
- ⑤ 낙뢰 등의 서지로부터 전로 및 기기를 보호하기 위해 서지보호장치를 설치하여야 한다.
- ⑥ 기기 외함은 충전부에 일반인이 쉽게 접촉하지 못하도록 공구 또는 열쇠에 의해서만 개방할 수 있도록 설치하고, 옥외에 시설하는 기기 외함은 충분한 방수 보호등급(IPX4 이상)을 갖는 것이어야 한다.
- ⑦ 가공 전선로와 건조물·저고압 가공전선·가공약전류전선 등의 높이와 이격거리는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.
  1. 사용전압이 750V 이하인 가공 전선로는 제72조, 제74조, 제75조, 제77조, 제79조부터 제84조, 제87조, 제89조부터 제94조, 제97조, 제100조, 제101조의 저압 전선로의 규정에 따라 시설하여야 한다.
  2. 사용전압이 750V를 초과하고 1,500V 이하인 가공 전선로는 제72조부터 제76조, 제78조부터 제83조, 제85조, 제86조, 제88조부터 제91조, 제95조, 제98조, 제102조의 고압 전선로의 규정에 따라 시설하여야 한다.
- ⑧ 교류 전로와 동일한 지지물에 시설되는 경우 직류 전로를 구분하기 위한 표시를 하고, 모든 전로의 중단 및 접속점에서 극성을 식별하기 위한 표시(양극 - 적색, 음

극 - 백색, 중점선/중성선 - 청색)를 하여야 한다.

### 제4장 전력보안 통신설비

**제153조(전력보안 통신용 전화설비의 시설)** ① 다음 각 호에 열거하는 곳에는 전력 보안통신용 전화 설비를 시설하여야 한다.

1. 원격감시 제어가 되지 아니하는 발전소·원격 감시제어가 되지 아니하는 변전소(이에 준하는 곳으로서 특고압의 전기를 변성하기 위한 곳을 포함한다)·발전제어소·변전제어소·개폐소 및 전선로의 기술원 주재소와 이를 운용하는 급전소간. 다만, 다음 중의 어느 항목에 적합한 것은 그러하지 아니하다.
  - 가. 원격감시 제어가 되지 않는 발전소로 전기의 공급에 지장을 주지 않고 또한 급전소와의 사이에 보안상 긴급 연락의 필요가 없는 곳.
  - 나. 사용전압이 35kV 이하의 원격감시제어가 되지 아니하는 변전소에 준하는 곳으로서, 기기를 그 조작 등에 의하여 전기의 공급에 지장을 주지 아니하도록 시설한 경우에 전력보안 통신용 전화설비에 갈음하는 전화설비를 가지고 있는 것.
2. 2 이상의 급전소 상호 간과 이들을 총합 운용하는 급전소 간
3. 제2호의 총합 운용을 하는 급전소로서 서로 연계가 다른 전력 계통에 속하는 것의 상호 간
4. 수력설비 중 필요한 곳, 수력 설비의 보안상 필요한 양수소(量水所) 및 강수량 관측소와 수력발전소 간
5. 동일 수계에 속하고 보안상 긴급 연락의 필요가 있는 수력발전소 상호 간.
6. 동일 전력계통에 속하고 또한 보안상 긴급연락의 필요가 있는 발전소·변전소(이에 준하는 곳으로서 특고압의 전기를 변성하기 위한 곳을 포함한다)·발전제어소·변전제어소 및 개폐소 상호 간
7. 발전소·변전소·발전제어소·변전제어소 및 개폐소와 기술원 주재소간. 다만, 다음 어느 항목에 적합하고 또한 휴대용 또는 이동용 전력 보안통신 전화설비에 의하여 연락이 확보된 경우에는 그러하지 아니하다.
  - 가. 발전소로서 전기의 공급에 지장을 미치지 않는 것.
  - 나. 제56조제1항제1호에 규정하는 변전소(사용전압이 35kV 이하의 것에 한한다)로서 그 변전소에 접속되는 전선로가 동일 기술원 주재소에 의하여 운용되는 곳.
8. 발전소·변전소(이에 준하는 곳으로서 특고압의 전기를 변성하기 위한 곳을 포함한다)·발전제어소·변전제어소·개폐소·급전소 및 기술원 주재소와 전기설비의 보안상 긴급 연락의 필요가 있는 기상대·측후소·소방서 및 방사선 감시계측 시설물 등의 사이
9. 특고압 전력계통에 연계하는 분산형전원과 이를 운용하는 급전소 사이. 다만, 다음 각 목을 충족하는 경우에는 일반가입전화 및 휴대전화를 사용할 수 있다.



가. 분산형전원 설치자 측의 교환기를 이용하지 않고 직접 기술원과 통화가 가능한 방식인 경우(교환기를 이용하는 대표번호방식이 아닌 기술원과 직접 연결되는 단번방식)

나. 통화중에 다른 전화 착신이 가능한 방식으로 하는 경우

- ② 특고압 가공전선로 및 선로길이 5 km 이상의 고압가공 전선로에는 보안상 특히 필요한 경우에 가공 전선로의 적당한 곳에서 통화할 수 있도록 휴대용 또는 이동용의 전력보안 통신용 전화설비를 시설하여야 한다.
- ③ 고압 및 특고압 지중전선로가 설치되어 있는 전력구내에서 보안상 특히 필요한 경우에는 전력구내의 적당한 곳에서 통화할 수 있도록 전력보안 통신용 전화설비를 시설하여야 한다.

**제154조(통신선의 시설)** ① 중량물의 압력 또는 심한 기계적 충격을 받을 우려가 있는 장소에 시설하는 전력 보안 통신선(이하 이 장에서는 “통신선” 이라고 한다)에는 적당한 방호장치를 하든가 또는 이들에 건디는 보호 피복을 한 것을 사용하여야 한다.

② 전력보안 가공통신선(이하 이 장에서 “가공통신선”이라 한다)은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다. 다만, 가공지선을 이용하여 광섬유 케이블을 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

- 1. 통신선을 조가용 선으로 조가 할 것. 다만, 통신선(케이블은 제외한다)을 인장강도 2.30 kN의 것 또는 지름 2.6 mm의 경동선을 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다.
- 2. 조가용 선은 금속선으로 된 연선일 것. 다만, 광섬유 케이블을 조가 할 경우에는 그러하지 아니하다.
- 3. 조가용 선은 제71조제1항의 규정에 준하여 시설할 것. 이 경우 조가선의 중량 및 조가선에 대한 수평풍압에는 각각 통신선의 중량(제71조제1항제2호 또는 제3호에 규정하는 방식이 부착된 경우에는 그 피빙 통신선의 중량) 및 통신선에 대한 수평풍압(제71조제1항제2호 또는 제3호에 규정하는 방식이 부착된 경우에는 그 피빙 통신선에 대한 수평 풍압)을 가산한 것으로 한다.
- ③ 가공 전선로의 지지물에 시설하는 가공 통신선에 직접 접속하는 통신선(옥내에 시설하는 것을 제외한다)은 절연전선, 일반통신용 케이블 이외의 케이블 또는 광섬유 케이블이어야 한다.
- ④ 암거에 시설하는 경우는 통신선에 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 난연 조치를 할 것.
  - 1. 불연성 또는 자소성이 있는 난연성의 피복을 가지는 통신선을 사용할 것.
  - 2. 불연성 또는 자소성이 있는 난연성의 연소방지 테이프, 연소방지 시트, 연소방지 도료 그 외에 이들과 비슷한 것으로 통신선을 피복할 것.
  - 3. 불연성 또는 자소성이 있는 난연성의 관 또는 트라프에 통신선을 수용하여 설치할 것.
- ⑤ 전항의 「불연성」 또는 「자소성이 있는 난연성」 이란 제136조제6항에서 정한 바에 의한다.

**제155조(가공전선과 첨가 통신선과의 이격거리)** ① 가공전선로의 지지물에 시설하는 통신선은 다음 각 호에 따른다.

- 1. 통신선은 가공전선의 아래에 시설할 것. 다만, 가공전선에 케이블을 사용하는 경우 또는 통신선에 가공지선을 이용하여 시설하는 광섬유 케이블을 사용하는 경우 또는 수직 배선으로 가공전선과 접촉할 우려가 없도록 지지물 또는 완금류에 견고하게 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
- 2. 통신선과 저압 가공전선 또는 제135조제1항 및 제4항에 규정하는 특고압 가공전선로의 다중 접지를 한 중성선 사이의 이격거리는 60 cm 이상일 것. 다만, 저압 가공전선이 절연전선 또는 케이블인 경우에 통신선이 절연전선과 동등 이상의 절연효력이 있는 것인 경우에는 30 cm(저압 가공전선이 인입선이고 또한 통신선이 첨가 통신용 제2종 케이블 또는 광섬유 케이블일 경우에는 15 cm) 이상으로 할 수 있다.
- 3. 통신선과 고압 가공전선 사이의 이격거리는 60 cm 이상일 것. 다만, 고압 가공전선이 케이블인 경우에 통신선이 절연전선과 동등 이상의 절연효력이 있는 것인 경우에는 30 cm 이상으로 할 수 있다.
- 4. 통신선은 고압 가공전선로 또는 제135조제1항 및 제4항에 규정하는 특고압 가공전선로의 지지물에 시설하는 기계기구에 부속되는 전선과 접촉할 우려가 없도록 지지물 또는 완금류에 견고하게 시설할 것.
- 5. 통신선과 특고압 가공전선(제135조제1항 및 제4항에 규정하는 특고압 가공전선로의 다중 접지를 한 중성선을 제외한다) 사이의 이격거리는 1.2 m(제135조제1항 및 제4항에 규정하는 특고압 가공전선은 75 cm) 이상일 것. 다만, 특고압 가공전선이 케이블인 경우에 통신선이 절연전선과 동등 이상의 절연효력이 있는 것인 경우에는 30 cm 이상으로 할 수 있다.
- ② 제91조제6호 “가”의 규정은 가공전선로의 지지물에 시설하는 통신선의 수직배선에 준용한다.

**제156조(가공 통신선의 높이)** ① 전력 보안 가공통신선(이하 이 장에서 “가공통신선”이라 한다)의 높이는 제2항에 규정하는 경우 이외에는 다음 각 호에 따른다.

- 1. 도로(차도와 도로의 구별이 있는 도로는 차도) 위에 시설하는 경우에는 지표상 5 m 이상. 다만, 교통에 지장을 줄 우려가 없는 경우에는 지표상 4.5 m까지로 감할 수 있다.
- 2. 철도의 궤도를 횡단하는 경우에는 레일면상 6.5 m 이상
- 3. 횡단보도교 위에 시설하는 경우에는 그 노면상 3 m 이상
- 4. 제1호부터 제3호까지 이외의 경우에는 지표상 3.5 m 이상
- ② 가공전선로의 지지물에 시설하는 통신선 또는 이에 직접 접속하는 가공 통신선의 높이는 다음 각 호에 따라야 한다.
  - 1. 도로를 횡단하는 경우에는 지표상 6 m 이상 다만, 저압이나 고압의 가공전선로의 지지물에 시설하는 통신선 또는 이에 직접 접속하는 가공통신선을 시설하는 경우에 교통에 지장을 줄 우려가 없을 때에는 지표상 5 m까지로 감할 수 있다.

- 2. 철도 또는 궤도를 횡단하는 경우에는 레일면상 6.5m 이상
- 3. 횡단보도교의 위에 시설하는 경우에는 그 노면상 5m 이상 다만, 다음 중 1에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.
  - 가. 저압 또는 고압의 가공전선로의 지지물에 시설하는 통신선 또는 이에 직접 접속하는 가공통신선을 노면상 3.5m(통신선이 절연전선과 동등 이상의 절연효력이 있는 것인 경우에는 3m) 이상으로 하는 경우
  - 나. 특고압 전선로의 지지물에 시설하는 통신선 또는 이에 직접 접속하는 가공통신선으로서 광섬유 케이블을 사용하는 것을 그 노면상 4m 이상으로 하는 경우
- 4. 제1호부터 제3호까지 이외의 경우에는 지표상 5m 이상. 다만, 저압이나 고압의 가공전선로의 지지물에 시설하는 통신선 또는 이에 직접 접속하는 가공통신선이 다음 중 1에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.
  - 가. 횡단보도교의 하부 기타 이와 유사한 곳(차도를 제외한다)에 시설하는 경우에 통신선에 절연전선과 동등 이상의 절연효력이 있는 것을 사용하고 또한 지표상 4m 이상으로 할 때
  - 나. 도로 이외의 곳에 시설하는 경우에 지표상 4m(통신선이 광섬유 케이블인 경우에는 3.5m)이상으로 할 때나 광섬유 케이블인 경우에는 3.5m이상으로 할 때.
- ③ 가공통신선을 수면상에 시설하는 경우에는 그 수면상의 높이를 선박의 항해 등에 지장을 줄 우려가 없도록 유지하여야 한다.

**제157조(특고압전선로 첨가통신선과 도로·횡단보도교·철도 및 다른 전선로와의 접근 또는 교차)** ① 특고압 가공전선로의 지지물에 시설하는 통신선 또는 이에 직접 접속하는 통신선이 도로·횡단보도교·철도의 레일·삭도·가공전선·다른 가공약전류 전선 등(특고압 가공전선로의 지지물에 시설하는 통신선 또는 이에 직접 접속하는 통신선을 제외한다. 이하 이 조 및 제158조에서 같다) 또는 교류 전차선 등과 교차하는 경우에는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

- 1. 통신선이 도로·횡단보도교·철도의 레일 또는 삭도와 교차하는 경우에는 통신선은 지름 4mm의 절연전선과 동등 이상의 절연 효력이 있는 것, 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5mm의 경동선일 것.
- 2. 통신선과 삭도 또는 다른 가공약전류 전선 등 사이의 이격거리는 80 cm(통신선이 케이블 또는 광섬유 케이블일 때는 40 cm) 이상으로 할 것.
- 3. 통신선이 저압 가공전선 또는 다른 가공약전류 전선 등과 교차하는 경우에는 그 위에 시설하고 또한 통신선은 제1호에 규정하는 것을 사용할 것. 다만, 저압 가공전선 또는 다른 가공약전류 전선 등이 절연전선과 동등 이상의 절연 효력이 있는 것, 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5 mm의 경동선인 경우에는 통신선을 그 아래에 시설할 수 있다.
- 4. 통신선(가공지선을 이용하여 시설하는 광섬유 케이블을 제외하고, 제154조제2항 제2호의 규정에 의하여 그 통신선을 조가하는 조가용 선을 포함한다. 이하 이 항에서 같다)이 다른 특고압 가공전선과 교차하는 경우에는 그 아래에 시설하고 또

한 통신선과 그 특고압 가공전선 사이에 다른 금속선이 개재하지 아니하는 경우에는 통신선(수직으로 2 이상 있는 경우에는 맨 위의 것)은 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5mm의 경동선일 것. 다만, 특고압 가공전선과 통신선 사이의 수직거리가 6 m 이상인 경우에는 그러하지 아니하다.

- 5. 통신선이 교류 전차선 등과 교차하는 경우에는 제83조제2항(제5호를 제외한다)의 고압가공 전선의 규정에 준하여 시설할 것.
- ② 특고압 가공 전선로의 지지물에 시설하는 통신선에 직접 접속하는 통신선이 건조물·도로·횡단보도교·철도의 레일·삭도·저압이나 고압의 전차선·다른 가공약전류선 등·교류 전차선 등 또는 저압가공 전선과 접근하는 경우에는 제79조·제80조제1항, 제3항 및 제4항·제81조제1항, 제3항·제83조제1항 및 제3항과 제85조제1항부터 제3항까지의 고압 가공전선로의 규정에 준하여 시설하여야 한다. 이 경우에 “케이블”이라고 한 것은 “케이블 또는 광섬유 케이블”로 본다.

**제158조(가공통신 인입선 시설)** ① 가공통신선(제2항에 규정하는 것을 제외한다)의 지지물에서의 지지점 및 분기점 이외의 가공통신 인입선 부분의 높이는 교통에 지장을 줄 우려가 없을 때에 한하여 제156조제1항 및 제2항의 규정에 의하지 아니할 수 있다. 이 경우에 차량이 통행하는 노면상의 높이는 4.5 m 이상, 조영물의 붙임점에서의 지표상의 높이는 2.5 m 이상으로 하여야 한다.

- ② 특고압 가공전선로의 지지물에 시설하는 통신선 또는 이에 직접 접속하는 가공통신선(제160조에 규정하는 것을 제외한다)의 지지물에서의 지지점 및 분기점 이외의 가공통신 인입선 부분의 높이 및 다른 가공약전류 전선 등 사이의 이격거리는 교통에 지장이 없고 또한 위험의 우려가 없을 때에 한하여 제156조제2항 및 제157조제1항제2호의 규정에 의하지 아니할 수 있다. 이 경우에 노면상의 높이는 5 m 이상, 조영물의 붙임점에서의 지표상의 높이는 3.5 m 이상, 다른 가공약전류 전선 등 사이의 이격거리는 60 cm 이상으로 하여야 한다.

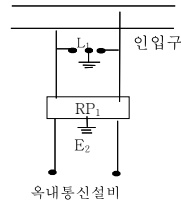
**제159조(특고압 가공전선로 첨가 통신선의 시가지 인입 제한)** ① 특고압 가공 전선로의 지지물에 첨가하는 통신선 또는 이에 직접 접속하는 통신선은 시가지에 시설하는 통신선(특고압 가공전선로의 지지물에 첨가하는 통신선은 제외한다. 이하 이 항에서 “시가지의 통신선”이라 한다)에 접속하여서는 아니 된다. 다만, 다음 각 호 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

- 1. 특고압 가공전선로의 지지물에 첨가하는 통신선 또는 이에 직접 접속하는 통신선과 시가지의 통신선과의 접속점에 제3항에서 정하는 표준에 적합한 특고압용 제1종 보안장치, 특고압용 제2종 보안장치 또는 이에 준하는 보안장치를 시설하고 또한 그 중계선륜(中繼線輪) 또는 배류 중계선륜(排流中繼線輪)의 2차측에 시가지의 통신선을 접속하는 경우
- 2. 시가지의 통신선이 절연전선과 동등 이상의 절연효력이 있는 것
- ② 시가지에 시설하는 통신선은 특고압 가공전선로의 지지물에 시설하여서는 아니 된다. 다만, 통신선이 절연전선과 동등 이상의 절연효력이 있고 인장강도 5.26 kN 이

상의 것 또는 지름 4mm 이상의 절연전선 또는 광섬유 케이블인 경우에는 그러하지 아니하다.

③ 제1항제1호, 제160조제1호 및 제161조제1항 및 제2항의 규정에 의한 보안장치의 표준은 다음과 같다.

1. 제2호에서 제4호까지에 열거하는 통신선 이외의 통신선인 경우에는 다음의 급전 전용통신선용 보안장치일 것.



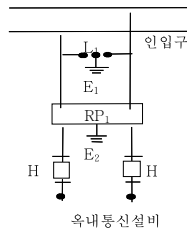
RP<sub>1</sub> : 교류 300 V 이하에서 동작하고, 최소 감도 전류가 3 A 이하로서 최소 감도 전류 때의 응답시간이 1사이클 이하이고 또한 전류 용량이 50 A, 20초 이상인 자복성(自復性)이 있는 릴레이 보안기

L<sub>1</sub> : 교류 1 kV 이하에서 동작하는 피뢰기

E<sub>1</sub> 및 E<sub>2</sub> : 접지

[그림 159-1]

2. 저압 가공전선로의 지지물에 시설하는 통신선 또는 이것에 직접 접속하는 통신선인 경우에는 다음의 저압용 보안장치일 것.



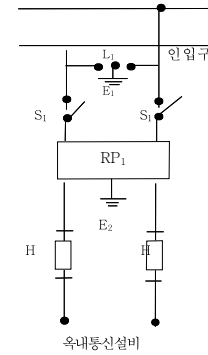
H : 250mA 이하에서 동작하는 열 코일

RP<sub>1</sub>, L<sub>1</sub>, E<sub>1</sub> 및 E<sub>2</sub> : 각각 제1호에 정하는 바에 따른다.

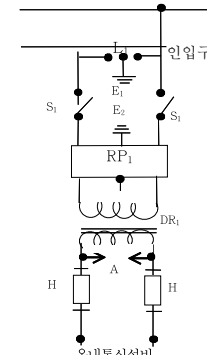
[그림 159-2]

3. 고압 가공전선로의 지지물에 시설하는 통신선 또는 이것에 직접 접속하는 통신선인 경우에는 다음의 보안장치일 것.

가. 고압용 제1종 보안 장치



나. 고압용 제2종 보안 장치



S<sub>1</sub> : 인입용 개폐기

A : 교류 300 V 이하에서 동작하는 방전갭

DR<sub>1</sub> : 고압용 배류 증계 코일(선로측 코일과 옥내측 코일사이 및 선로측 코일과 대지사이의 절연내력은 교류 3kV의 시험전압으로 시험하였을 때 연속하여 1분간 이에 견디는 것일 것)

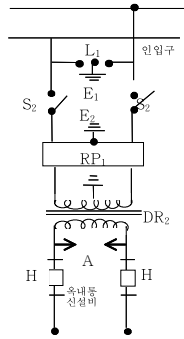
RP<sub>1</sub>, L<sub>1</sub>, E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub> 및 H : 각각 제1호 및 제2호에서 정하는 바에 따른다. 이 경우에 고압용 제2종 보안장치에 RP<sub>1</sub>이 최소 감도전류 0.5 A 이하인 것일 때는 H를 생략할 수 있다.

S<sub>1</sub> : L<sub>1</sub>보다 인입구 측에 설치할 수가 있다.

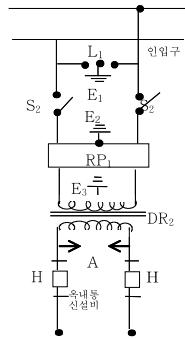
[그림 159-3]

4. 특고압 가공전선로의 지지물에 시설하는 통신선 또는 이것에 직접 접속하는 통신선인 경우에는 다음의 보안 장치일 것.

가. 특고압용 제1종 보안장치



나. 특고압용 제2종 보안장치



S<sub>2</sub> : 인입용 고압개폐기

DR<sub>2</sub> : 특고압용 배류 증계 코일(선로측 코일과 옥내측 코일 사이 및 선로측 코일과 대지사이의 절연내력은 교류 6kV의 시험전압으로 시험하였을 때 연속하여 1분간 이에 견디는 것일 것)

E<sub>3</sub> : 접지

RP<sub>1</sub>, L<sub>1</sub>, E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, H, 및 A : 각각 제1호, 제2호 및 제3호에 정하는 바에 따른다.

[그림 159-4]

**제160조(25 kV 이하인 특고압 가공전선로 첨가 통신선의 시설에 관한 특례)**

제135조제1항 및 제4항에 규정하는 특고압 가공전선로의 지지물에 시설하는 통신선 또는 이에 직접 접속하는 통신선을 다음 각 호에 따라 시설하는 경우에는 제155조 제1항제5호·제156조제2항제1호 본문, 제3호 본문 및 제4호 본문·제157조·제159조 및 제162조의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

1. 통신선은 광섬유 케이블일 것. 다만, 통신선은 광섬유 케이블 이외의 경우에 이를 제159조제3항에서 정하는 표준에 적합한 특고압용 제2종 보안장치 또는 이에 준하는 보안장치를 시설할 때에는 그러하지 아니하다.
2. 통신선은 제155조제1항제3호·제156조제2항제1호 단서, 제3호 “가” 및 제4호 단서의 규정에 준하여 시설할 것

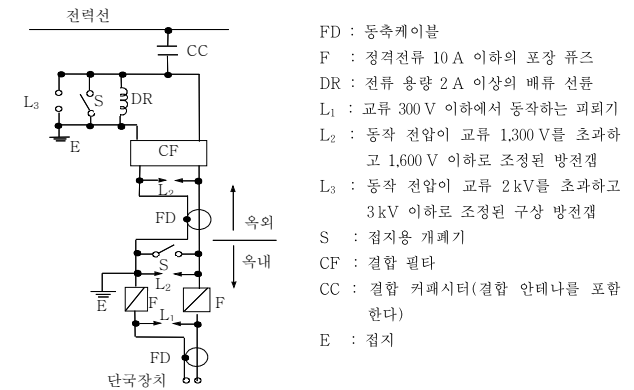
**제161조(전력보안 통신설비의 보안장치)** ① 통신선(광섬유 케이블을 제외한다. 이하 이 항 및 제2항에서 같다)에 직접 접속하는 옥내통신 설비를 시설하는 곳에는 통신선의 구별에 따라 제159조제3항에서 정하는 표준에 적합한 보안장치 또는 이에 준하는 보안장치를 시설하여야 한다. 다만, 통신선이 통신용 케이블인 경우에 뇌(雷) 또는 전선과의 혼촉에 의하여 사람에게 위험을 줄 우려가 없도록 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

② 특고압 가공전선로(제135조제1항 및 제4항에 규정하는 것을 제외한다)의 지지물에 시설하는 통신선 또는 이에 직접 접속하는 통신선에 접속하는 휴대전화기를 접속하는 곳 및 옥외 전화기를 시설하는 곳에는 제159조제3항에서 정하는 표준에 적합한 특고압용 제1종 보안장치, 특고압용 제2종 보안장치 또는 이에 준하는 보안장치를 시설하여야 한다.

**제162조(특고압 가공전선로 첨가 통신선에 직접 접속하는 옥내 통신선의 시설)**

특고압 가공전선로의 지지물에 시설하는 통신선(광섬유 케이블을 제외한다. 이하 이 조에서 같다) 또는 이에 직접 접속하는 통신선 중 옥내에 시설하는 부분은 제180조·제181조·제183조·제184조·제186조부터 제188조까지·제193조부터 제196조까지 및 제199조부터 제202조까지의 400 V 이상의 저압 옥내배선의 규정에 준하여 시설하여야 한다. 다만, 취급자 이외의 사람이 출입할 수 없도록 시설한 곳에서 위험의 우려가 없도록 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다. 옥내에 시설하는 통신선(광섬유 케이블 포함)에는 식별 인식표를 부착하여 오인하여 절단 또는 충격을 받지 않도록 하여야 한다.

**제163조(전력선 반송 통신용 결합장치의 보안장치)** 전력선 반송통신용 결합 커넥터(고장점 표점장치 기타 이와 유사한 보호장치에 병용하는 것을 제외한다)에 접속하는 회로에는 그림 163-1의 보안장치 또는 이에 준하는 보안장치를 시설하여야 한다.



- FD : 동축케이블
- F : 정격전류 10 A 이하의 포장 퓨즈
- DR : 전류 용량 2 A 이상의 배류 선류
- L<sub>1</sub> : 교류 300 V 이하에서 동작하는 퍼뢰기
- L<sub>2</sub> : 동작 전압이 교류 1,300 V를 초과하고 1,600 V 이하로 조정된 방전점
- L<sub>3</sub> : 동작 전압이 교류 2 kV를 초과하고 3 kV 이하로 조정된 구상 방전점
- S : 접지용 개폐기
- CF : 결합 필타
- CC : 결합 커넥터(결합 안테나를 포함한다)
- E : 접지

[그림 163-1]

**제164조(무선용 안테나 등을 지지하는 철탑 등의 시설)** 전력 보안통신 설비인 무선통신용 안테나 또는 반사판 (이하 “무선용 안테나 등”이라 한다)을 지지하는 목주·철탑·철탑 콘크리트주 또는 철탑은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다. 다만, 무선용 안테나 등이 전선로의 주위상태를 감시할 목적으로 시설되는 것일 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 목주는 제63조, 제66조 및 제74조제2항제2호의 규정에 준하여 시설하는 외에 풍

압하중에 대한 안전율은 1.5 이상이어야 한다.

2. 철주·철근 콘크리트주 또는 철탑의 기초의 안전율은 1.5 이상이어야 한다.

3. 제64조의 규정은 철주 또는 철탑의 구성 등에 준용한다.

4. 제65조의 규정은 철근 콘크리트주의 구성 등에 준용한다.

5. 철주(강관주를 제외한다)·철근 콘크리트주(제65조제1항 단서의 규정에 준하는 것을 제외한다) 또는 철탑은 다음의 하중의 3분의 2배의 하중에 견디는 강도를 가지는 것이어야 한다.

가. 수직하중

무선용 안테나 등 및 철주·철근 콘크리트주 또는 철탑의 부재 등의 중량에 의한 하중

나. 수평하중

제7호의 풍압하중

6. 강관주 또는 철근 콘크리트주로서 제65조제1항 단서의 규정에 준하는 것은 다음의 하중에 견디는 강도를 가지는 것이어야 한다.

가. 수직하중

무선용 안테나 등의 중량에 의한 하중

나. 수평하중

제7호의 풍압하중

7. 목주·철주·철근 콘크리트주 또는 철탑의 강도 계산에 적용하는 풍압하중은 다음의 풍압을 기초로 하여 제62조제2항의 규정에 준하여 계산하는 것으로 한다.

가. 목주·철주·철근 콘크리트주 또는 철탑과 가설선·애자장치 및 완금류에 관하여는 제62조제1항제1호의 규정에 준하는 풍압의 2.25배의 풍압

나. 파라보라 안테나 또는 반사판에 관하여는 그 수직 투영면적 1m<sup>2</sup> 당 파라보라 안테나는 4,511 Pa(레이도음이 붙은 것은 2,745 Pa), 반사판은 3,922 Pa 의 풍압

**제165조(무선용 안테나 등의 시설 제한)** 무선용 안테나 및 화상감시용 설비 등은 전선로의 주위 상태를 감시할 목적으로 시설하는 것 이외에는 가공전선로의 지지물에 시설하여서는 아니 된다.

## 제5장 전기사용장소의 시설

### 제1절 옥내의 시설

**제166조(옥내전로의 대지 전압의 제한)** ① 백열전등(전기스탠드 및 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 장식용의 전등기구를 제외한다. 이하 이 조에서 같다) 또는 방전등(방전관·방전등용 안정기 및 방전관의 점등에 필요한 부속품과 관등회로의 배선을 말하며 전기스탠드 기타 이와 유사한 방전등 기구를 제외한다. 이하 같다)에 전기를 공급하는 옥내(전기사용장소의 옥내의 장소를 말한다. 이하 이 장에서 같다)의 전로(주택

의 옥내 전로를 제외한다)의 대지 전압은 300 V 이하이어야 하며 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다. 다만, 대지전압 150 V 이하의 전로인 경우에는 다음 각 호에 따르지 아니할 수 있다.

1. 백열전등 또는 방전등 및 이에 부속하는 전선은 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설할 것
  2. 백열전등(기계 장치에 부속하는 것을 제외한다) 또는 방전등용 안정기는 저압의 옥내배선과 직접 접속하여 시설할 것.
  3. 백열전등의 전구소켓은 키나 그 밖의 점멸기구가 없는 것일 것.
- ② 주택의 옥내전로(전기기계기구의 전로를 제외한다)의 대지전압은 300 V 이하이어야 하며 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다. 다만, 대지전압 150 V 이하의 전로인 경우에는 다음 각 호에 따르지 아니할 수 있다.
1. 사용전압은 400 V 미만일 것.
  2. 주택의 전로 인입구에는 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」에 적용을 받는 인체 감전보호용 누전차단기를 시설할 것. 다만, 전로의 전원측에 정격용량이 3kVA 이하인 절연변압기(1차 전압이 저압이고 2차 전압이 300 V 이하인 것에 한한다)를 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하고 또한 그 절연변압기의 부하측 전로를 접지하지 아니하는 경우에는 그러하지 아니하다.
  3. 제2호의 누전차단기를 건축법에 의한 재해관리구역 안의 지하주택에 시설하는 경우에는 침수시 위험의 우려가 없도록 지상에 시설할 것.
  4. 전기기계기구 및 옥내의 전선은 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설할 것. 다만, 전기기계기구로서 사람이 쉽게 접촉할 우려가 있는 부분이 절연성이 있는 재료로 견고하게 제작되어 있는 것 또는 건조한 곳에서 취급하도록 시설된 것 및 제33조제2항제8호에 준하여 시설된 것은 그러하지 아니하다.
  5. 백열전등의 전구소켓은 키나 그 밖의 점멸기구가 없는 것일 것.
  6. 정격 소비 전력 3kW 이상의 전기기계기구에 전기를 공급하기 위한 전로에는 전원의 개폐기 및 과전류 차단기를 시설하고 그 전로의 옥내배선과 직접 접속하거나 적정 용량의 진용콘센트를 시설할 것.
  7. 주택의 옥내를 통과하여 그 주택 이외의 장소에 전기를 공급하기 위한 옥내배선은 사람이 접촉할 우려가 없는 은폐된 장소에 합성수지관 공사·금속관 공사 또는 케이블 공사에 의하여 시설할 것.
  8. 주택의 옥내를 통과하여 제151조의 규정에 의하여 시설하는 전선로는 사람이 접촉할 우려가 없는 은폐된 장소에 제183조의 규정에 준하는 합성수지관 공사 제184조의 규정에 준하는 금속관 공사나 제193조(제3항을 제외한다)의 규정에 준하여 케이블 공사에 의하여 시설할 것.
- ③ 주택 이외의 곳의 옥내(여관, 호텔, 다방, 사무소, 공장 등 또는 이와 유사한 곳의 옥내를 말한다. 이하 같다)에 시설하는 가정용 전기기계기구(소형 전동기·전열기·라디오 수신기·전기스탠드·「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 장

식용 전등기구 기타의 전기기계기구로서 주로 주택 그 밖에 이와 유사한 곳에서 사용하는 것을 말하며 백열전등과 방전등을 제외한다. 이하 같다)에 전기를 공급하는 옥내전로의 대지전압은 300 V 이하이어야 하며, 가정용 전기기계기구와 이에 전기를 공급하기 위한 옥내배선과 배선기구(개폐기·차단기·접속기 그 밖에 이와 유사한 기구를 말한다. 이하 같다)를 제2항제1호, 제3호부터 제5호까지의 규정에 준하여 시설하거나 또는 취급자 이외의 자가 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하여야 한다.

〈삭제〉

④ 주택의 태양전지모듈에 접속하는 부하측 옥내배선(복수의 태양전지모듈을 시설하는 경우에는 그 집합체에 접속하는 부하 측의 배선)을 다음 각 호에 따라 시설하는 경우에 주택의 옥내전로의 대지전압은 직류 600 V 까지 적용할 수 있다.

1. 전로에 지락이 생겼을 때 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설할 것.
2. 사람이 접촉할 우려가 없는 은폐된 장소에 합성수지관공사, 금속관공사 및 케이블 공사에 의하여 시설하거나, 사람이 접촉할 우려가 없도록 케이블 공사에 의하여 시설하고 전선에 적당한 방호장치를 시설할 것.

**제167조(나전선의 사용 제한)** 옥내에 시설하는 저압전선에는 나전선을 사용하여서는 아니 된다. 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 제181조의 규정에 준하는 애자사용공사에 의하여 전개된 곳에 다음의 전선을 시설하는 경우
  - 가. 전기로용 전선
  - 나. 전선의 피복 절연물이 부식하는 장소에 시설하는 전선
  - 다. 취급자 이외의 자가 출입할 수 없도록 설비한 장소에 시설하는 전선
2. 제188조의 규정에 준하는 버스덕트공사에 의하여 시설하는 경우
3. 제189조의 규정에 준하는 라이팅덕트공사에 의하여 시설하는 경우
4. 제206조의 규정에 준하는 접촉 전선을 시설하는 경우
5. 제232조제1항제2호의 규정에 준하는 접촉 전선을 시설하는 경우

**제168조(저압 옥내배선의 사용전선)** ① 저압 옥내배선의 전선은 다음 각 호 어느 하나에 적합한 것을 사용하여야 한다.

1. 단면적 2.5 mm<sup>2</sup> 이상의 연동선 또는 이와 동등 이상의 강도 및 굵기의 것.
  2. 단면적이 1 mm<sup>2</sup> 이상의 미네랄인슈레이션케이블
- ② 옥내배선의 사용 전압이 400 V 미만인 경우로 다음 각 호 어느 하나에 해당하는 경우에는 제1항을 적용하지 않는다.
1. 전광표시 장치·출퇴 표시등(出退表示燈) 기타 이와 유사한 장치 또는 제어 회로 등에 사용하는 배선에 단면적 1.5 mm<sup>2</sup> 이상의 연동선을 사용하고 이를 합성수지관 공사·금속관 공사·금속 몰드 공사·금속 덕트 공사·플로어 덕트 공사 또는 셀룰러 덕트 공사에 의하여 시설하는 경우
  2. 전광표시 장치·출퇴 표시등 기타 이와 유사한 장치 또는 제어회로 등의 배선에 단면적 0.75 mm<sup>2</sup> 이상인 다심케이블 또는 다심 캡타이어 케이블을 사용하고 또한

과전류가 생겼을 때에 자동적으로 전로에서 차단하는 장치를 시설하는 경우

3. 제205조의 규정에 의하여 단면적 0.75 mm<sup>2</sup> 이상인 코드 또는 캡타이어케이블을 사용하는 경우

4. 제207조의 규정에 의하여 리프트 케이블을 사용하는 경우

**제169조(저압 옥내전로 인입구에서의 개폐기의 시설)** ① 저압 옥내전로(제202조제1항에 규정하는 화약류 저장소에 시설하는 것을 제외한다. 이하 이 조에서 같다)에는 인입구에 가까운 곳으로서 쉽게 개폐할 수 있는 곳에 개폐기(개폐기의 용량이 큰 경우에는 적정 회로로 분할하여 각 회로별로 개폐기를 시설할 수 있다. 이 경우에 각 회로별 개폐기는 집합하여 시설하여야 한다)를 시설하여야 한다.

② 사용전압이 400 V 미만인 옥내 전로로서 다른 옥내전로(정격전류가 15 A 이하인 과전류 차단기 또는 정격전류가 15 A를 초과하고 20 A 이하인 배선용 차단기로 보호되고 있는 것에 한한다)에 접속하는 길이 15m 이하의 전로에서 전기의 공급을 받는 것은 제1항의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

③ 저압 옥내전로에 접속하는 전원측의 전로(그 전로에 가공 부분 또는 옥상 부분이 있는 경우에는 그 가공 부분 또는 옥상 부분보다 부하측에 있는 부분에 한한다)의 그 저압 옥내 전로의 인입구에 가까운 곳에 전용의 개폐기를 쉽게 개폐할 수 있는 곳에 시설하는 경우에는 제1항의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

**제170조(옥내에 시설하는 저압용의 배선기구의 시설)** ① 옥내에 시설하는 저압용의 배선기구는 그 충전 부분이 노출하지 아니하도록 시설하여야 한다. 다만, 취급자 이외의 자가 출입할 수 없도록 시설한 곳에서는 그러하지 아니하다.

② 옥내에 시설하는 저압용의 비포장 퓨즈는 불연성의 것으로 제작한 합 또는 안쪽면 전체에 불연성의 것을 사용하여 제작한 합 내부에 시설하여야 한다. 다만, 사용전압이 400 V 미만인 저압 옥내 전로에 다음 각 호에 적합한 기구 또는 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 기구에 넣어 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 극과 극 사이에는 개폐하였을 때 또는 퓨즈가 용단되었을 때 생기는 아크가 다른 극에 미치지 않도록 절연성의 격벽을 시설한 것일 것.
2. 커버는 내(耐)아크성의 합성수지로 제작한 것이어야 하며 또한 진동에 의하여 떨어지지 않는 것일 것.
3. 완성품은 KS C 8311(2005) “커버 나이프 스위치”의 “3.1 온도상승”, “3.6 내열”, “3.5 단락차단” 및 “3.8 커버의 강도”에 적합한 것일 것.

③ 옥내의 습기가 많은 곳 또는 물기가 있는 곳에 시설하는 저압용의 배선기구에는 방습 장치를 하여야 한다.

④ 옥내에 시설하는 저압용의 배선 기구에 전선을 접속하는 경우에는 나사로 고정시키거나 기타 이와 동등 이상의 효력이 있는 방법에 의하여 견고하고 또한 전기적으로 완전히 접속하고 접속점에 장력이 가하여지지 아니하도록 하여야 한다.

⑤ 저압 콘센트는 제33조제2항의 경우를 제외하고 접지극이 있는 것을 사용하여 접지

하여야 한다. 다만, 주택의 옥내전로에는 제33조제2항의 경우에도 불구하고 접지극이 있는 콘센트를 사용하여 접지하여야 한다.

⑥ 옥조나 샤워시설이 있는 욕실 또는 화장실 등 인체가 물에 젖어있는 상태에서 전기를 사용하는 장소에 콘센트를 시설하는 경우에는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 인체감전보호용 누전차단기(정격감도전류 15mA 이하, 동작시간 0.03초 이하의 전류동작형의 것에 한한다) 또는 절연변압기(정격용량 3kVA 이하인 것에 한한다)로 보호된 전로에 접속하거나, 인체감전보호용 누전차단기가 부착된 콘센트를 시설하여야 한다.
2. 콘센트는 접지극이 있는 방적형 콘센트를 사용하여 접지하여야 한다.

**제171조(옥내에 시설하는 저압용 배분전반 등의 시설)** ① 옥내에 시설하는 저압용 배·분전반의 기구 및 전선은 쉽게 점검할 수 있도록 하고 다음 각 호에 따라 시설할 것.

1. 노출된 충전부가 있는 배전반 및 분전반은 취급자 이외의 사람이 쉽게 출입할 수 없도록 설치하여야 한다.
2. 한 개의 분전반에는 한 가지 전원(1회선의 간선)만 공급하여야 한다. 다만 안전확보가 충분하도록 격벽을 설치하고 사용전압을 쉽게 식별할 수 있도록 그 회로의 과전류차단기 가까운 곳에 그 사용전압을 표시하는 경우에는 그러하지 아니하다.
3. 주택용 분전반은 노출된 장소(신발장, 옷장 등의 은폐된 장소는 제외한다)에 시설하며 구조는 KS C 8326 “7. 구조, 치수 및 재료”에 의한 것일 것.
4. 옥내에 설치하는 배전반 및 분전반은 불연성 또는 난연성[KS C 8326의 8.10 케비닛의 내연성 시험에 합격한 것을 말한다]이 있도록 시설할 것.

② 옥내에 시설하는 저압용 전기계량기와 이를 수납하는 계기함을 사용할 경우는 쉽게 점검 및 보수할 수 있는 위치에 시설하고, 계기함은 KS C 8326 “7.20 재료”와 동등 이상의 것으로서 KS C 8326 “6.8 내연성”에 적합한 재료일 것.

**제172조(옥내에 시설하는 저압용 기계기구 등의 시설)** ① 옥내에 시설하는 저압용의 백열전등(전기스텐드·휴대용 전등 및 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 장식용 전등기구를 제외한다. 이하 같다) 또는 방전등(관등회로의 배선을 제외한다) 또는 가정용 전기기계기구는 그 충전부분이 노출되지 아니하도록 시설하여야 한다. 다만, 전열기 중 전기풍로 등 그 충전부분을 노출하여 전기를 사용하여야 하는 것의 그 노출부분이 대지전압이 150V 이하인 경우에는 그러하지 아니하다.

② 옥내에 시설하는 저압용의 업무용전기기계기구(배선기구·백열전등·방전등 및 가정용전기기계기구 이외의 전기기계기구를 말한다. 이하 같다)는 그 충전부분이 노출되지 아니하도록 시설하여야 한다. 다만, 전기로·전기 용접기·전동기·전해조(電解槽)나 전격살충기(電擊殺蟲器)로서 그 충전부분의 일부를 노출하여 전기를 사용하여야 하는 것의 노출부분 또는 취급자 이외의 자가 출입할 수 없도록 설비된 곳에 시설하는 것은 그러하지 아니하다.

③ 금속망 또는 금속판을 사용한 목조의 조영물에 저압용의 배선기구·가정용전기기

계기구 또는 업무용전기기계기구를 시설하는 경우에는 금속망 또는 금속판과 저압용의 배선기구·가정용 전기기계기구 또는 업무용전기기계기구의 금속제 부분과는 전기적으로 접속하지 아니하도록 시설하여야 한다.

④ 옥내에는 통전 부분에 사람이 드나드는 가정용 전기기계기구 또는 업무용 전기기계기구를 시설하여서는 아니 된다. 다만, 제238조, 제239조나 제240조의 규정에 의하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

⑤ 옥내에 시설하는 전기사용기계기구(백열전등·방전등·가정용 전기기계기구 및 업무용전기기계기구를 말한다. 이하 같다)에 전선을 접속하는 경우에는 나사로 고정시키거나 기타 이와 동등 이상의 효력이 있는 방법에 의하여 견고하고 또한 전기적으로 완전히 접속하고 접속점에 장력이 가하여지지 아니하도록 하여야 한다.

**제173조(고주파 전류에 의한 장애의 방지)** ① 전기기계기구가 무선설비의 기능에 계속적이고 또한 중대한 장애를 주는 고주파 전류를 발생시킬 우려가 있는 경우에는 이를 방지하기 위하여 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 형광 방전등에는 적당한 곳에 정전용량이 0.006  $\mu\text{F}$  이상 0.5  $\mu\text{F}$  이하[예열시동식(豫熱始動式)의 것으로 글로우램프에 병렬로 접속할 경우에는 0.006  $\mu\text{F}$  이상 0.01  $\mu\text{F}$  이하]인 커패시터를 시설할 것.
2. 사용전압이 저압으로서 정격출력이 1kW 이하인 교류직권전동기(전기드릴용의 것을 제외한다. 이하 이 조에서 “소형교류직권전동기”라 한다)는 다음 중 1에 의할 것.

가. 단자 상호 간 및 각 단자의 소형교류직권전동기를 사용하는 전기기계기구(이하 이 조에서 “기계기구”라 한다)의 금속제 외함이나 소형교류직권전동기의 외함 또는 대지 사이에 각각 정전용량이 0.1  $\mu\text{F}$  및 0.003  $\mu\text{F}$  인 커패시터를 시설할 것.  
나. 금속제 외함·절대 등 사람이 접촉할 우려가 있는 금속제 부분으로부터 소형교류직권전동기의 외함이 절연되어 있는 기계기구는 단자 상호 간 및 각 단자와 외함 또는 대지 사이에 각각 정전용량이 0.1  $\mu\text{F}$  인 커패시터 및 정전용량이 0.003  $\mu\text{F}$ 을 초과하는 커패시터를 시설할 것.

다. 각 단자와 대지와 사이에 정전용량이 0.1  $\mu\text{F}$ 인 커패시터를 시설할 것.  
라. 기계기구에 근접할 곳에 기계기구에 접속하는 전선 상호 간 및 각 전선과 기계기구의 금속제 외함 또는 대지 사이에 각각 정전 용량이 0.1  $\mu\text{F}$  및 0.003  $\mu\text{F}$ 인 커패시터를 시설할 것.

마. 기계기구에 근접할 곳에 기계기구에 접속하는 전선 상호 간 및 각 전선과 기계기구의 금속제 외함 또는 대지 사이에 각각 정전 용량이 0.1  $\mu\text{F}$  및 0.003  $\mu\text{F}$ 인 커패시터를 시설할 것.

3. 사용전압이 저압이고 정격 출력이 1kW 이하인 전기드릴용의 소형교류직권전동기에는 단자 상호 간에 정전용량이 0.1  $\mu\text{F}$  무유도형 커패시터를, 각 단자와 대지와 사이에 정전용량이 0.003  $\mu\text{F}$ 인 충분한 축로효과가 있는 관통형 커패시터를 시설할 것.

4. 네온점멸기에는 전원단자 상호 간 및 각 접점에 근접하는 곳에서 이들에 접속하는 전로에 고주파전류의 발생을 방지하는 장치를 할 것.
- ㉔ 제1항제1호부터 제3호까지의 규정에 의하여 시설하여도 무선설비의 기능에 계속적이고 또한 중대한 장애를 주는 고주파전류를 발생시킬 우려가 있는 경우에는 그 전기기계기구에 근접한 곳에, 이에 접속하는 전로에는 고주파전류의 발생을 방지하는 장치를 하여야 한다. 이 경우에 고주파전류의 발생을 방지하는 장치의 접지측 단자는 접지공사를 하지 아니한 전기기계기구의 금속제 외함·철탄 등 사람이 접촉할 우려가 있는 금속제 부분과 접속하여서는 아니 된다.
- ㉕ 제1항제2호 및 제3호의 커패시터(전로와 대지 사이에 시설하는 것에 한한다)와 제1항제4호 및 제2항의 고주파 발생을 방지하는 장치의 접지측 단자에는 제3종 접지공사를 하여야 한다.
- ㉖ 제1항제1호부터 제3호까지의 커패시터는 표 173-1에서 정하는 교류전압을 커패시터의 양단자 상호 간 및 각 단자와 외함 간에 연속하여 1분간 가하여 절연내력을 시험하였을 때에 이에 견디는 것이어야 한다.

[표 173-1]

정격 전압(V)	시험 전압(V)	
	단자 상호 간	인출 단자 및 일괄과 접지 단자 및 케이스 사이
110	253	1,000
220	506	1,000

- ㉗ 제1항제4호 및 제2항의 고주파전류의 발생을 방지하는 장치의 표준은 다음 각 호에 적합한 것일 것.
1. 네온점멸기의 각 접점에 근접하는 곳에서 이들에 접속하는 전로에 시설하는 경우에는 SPS-KTC-C6104-6553 “C형 표준방송 수신장해방지기”의 “4.구조” 및 “5.성능”의 DCR 2-10 또는 DCR 3-10에 관한 것에 적합한 것일 것.
  2. 네온점멸기의 전원단자 상호 간에 시설하는 경우에는 SPS-KTC-C6104-6553 “C형 표준방송 수신 장해방지기”의 “4.구조” 및 “5.성능”의 DCB 3-66에 관한 것 또는 SPS-KTC-C6105-6552 “F형 표준방송 수신장해방지기”의 “4.구조” 및 “5.성능”에 적합한 것일 것.
  3. 예열기동열음극형광방전등(豫熱起動熱陰極螢光放電燈) 또는 교류직권전동기에 근접하는 곳에서 이들에 접속하는 전로에 시설하는 경우에는 SPS-KTC-C6104-6553 “C형 표준방송 수신장해방지기”에 “5.7 연속내용성(連續耐用性)”에 적합한 것일 것.

**제174조(전동기의 과부하 보호 장치의 시설)** 옥내에 시설하는 전동기(정격 출력이 0.2 kW 이하인 것을 제외한다. 이하 이 조에서 같다)에는 전동기가 손상될 우려가 있는 과전류가 생겼을 때에 자동적으로 이를 저지하거나 이를 경보하는 장치를 하여야 한다. 다만, 다음 각

호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 전동기를 운전 중 상시 취급자가 감시할 수 있는 위치에 시설하는 경우
2. 전동기의 구조나 부하의 성질로 보아 전동기가 손상될 수 있는 과전류가 생길 우려가 없는 경우
3. 단상전동기[KS C 4204(2008)의 표준정격의 것을 말한다]로써 그 전원측 전로에 시설하는 과전류 차단기의 정격전류가 15 A(배선용 차단기는 20 A) 이하인 경우

**제175조(옥내 저압 간선의 시설)** 저압 옥내간선은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 저압 옥내간선은 손상을 받을 우려가 없는 곳에 시설할 것.
2. 전선은 저압 옥내간선의 각 부분마다 그 부분을 통하여 공급되는 전기사용기계기구의 정격전류의 합계 이상인 허용전류가 있는 것일 것. 다만, 그 저압 옥내간선에 접속하는 부하 중에서 전동기 또는 이와 유사한 기동전류(起動電流)가 큰 전기기계기구(이하 이 조 및 제176조에서 “전동기 등”이라 한다)의 정격전류의 합계가 다른 전기사용기계기구의 정격전류의 합계보다 큰 경우에는 다른 전기사용기계기구의 정격전류의 합계에 다음 값을 더한 값 이상의 허용전류가 있는 전선을 사용하여야 한다.
  - 가. 전동기 등의 정격전류의 합계가 50 A 이하인 경우에는 그 정격전류의 합계의 1.25배
  - 나. 전동기 등의 정격전류의 합계가 50 A를 초과하는 경우에는 그 정격전류의 합계의 1.1배
3. 제2호의 경우에 수용률·역률 등이 명확한 경우에는 이에 따라 적당히 수정된 부하전류 값 이상인 허용전류의 전선을 사용할 수 있다.
4. 저압 옥내간선의 전원측 전로에는 그 저압 옥내간선을 보호하는 과전류차단기를 시설할 것. 다만, 다음 중 1에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.
  - 가. 저압 옥내 간선의 허용전류가 그 저압 옥내 간선의 전원측에 접속하는 다른 저압 옥내 간선을 보호하는 과전류 차단기의 정격전류의 55% 이상인 경우
  - 나. 과전류 차단기에 직접 접속하는 저압 옥내간선 또는 “가”에 열거한 저압 옥내 간선에 접속하는 길이 8 m 이하의 저압 옥내 간선으로 그 저압 옥내 간선의 허용전류가 그 저압 옥내 간선의 전원측에 접속하는 다른 저압 옥내 간선을 보호하는 과전류 차단기의 정격전류의 35% 이상인 경우
  - 다. 과전류 차단기에 직접 접속하는 저압 옥내간선 또는 “가”나 “나”에 열거한 저압 옥내 간선에 접속하는 길이가 3 m 이하의 저압 옥내 간선으로 그 저압 옥내 간선의 부하측에 다른 저압 옥내 간선을 접속하지 아니할 경우
  - 라. 저압 옥내간선(그 저압 옥내 간선에 전기를 공급하기 위한 전원에 태양전지 이외의 것이 포함되지 아니하는 것에 한한다)의 허용전류가 그 간선을 통과하는 최대 단락 전류 이상일 경우
5. 제4호의 과전류 차단기는 저압 옥내 간선의 허용전류 이하인 정격전류의 것일 것. 다만, 저압 옥내 간선에 전동기 등의 접속되는 경우에는 그 전동기 등의 정격



전류의 합계의 3배에 다른 전기사용기계기구의 정격전류의 합계를 가산한 값(그 값이 그 저압 옥내 간선의 허용전류의 2.5배의 값을 초과하는 경우에는 그 허용전류의 2.5배의 값) 이하인 정격전류의 것(그 저압 옥내 간선의 허용전류가 100 A를 넘을 경우로서 그 값이 과전류 차단기의 표준 정격에 해당하지 아니할 경우에는 그 값에 가장 가까운 상위의 정격의 것을 포함한다)을 사용할 수 있다.

6. 제4호의 과전류 차단기는 각 극(다선식 전로의 중성극을 제외한다)에 시설할 것. 다만, 대지 전압이 150 V 이하인 저압 옥내 전로의 접지측 전선 이외의 전선에 시설한 과전류 차단기가 동작한 경우에 각극이 동시에 차단될 때에는 그 전로의 접지측 전선에 과전류 차단기를 시설하지 아니할 수 있다.

**제176조(분기회로의 시설)** ① 저압 옥내간선에서 분기하여 전기사용기계기구에 이르는 저압 옥내 전로는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 저압 옥내간선과의 분기점에서 전선의 길이가 3m 이하인 곳에 개폐기 및 과전류 차단기를 시설할 것. 다만, 분기점에서 개폐기 및 과전류 차단기까지의 전선의 허용전류가 그 전선에 접속하는 저압 옥내간선을 보호하는 과전류 차단기의 정격전류의 55%(분기점에서 개폐기 및 과전류 차단기까지의 전선의 길이가 8m 이하인 경우에는 35%) 이상일 경우에는 분기점에서 3m를 초과하는 곳에 시설할 수 있다.

2. 제1호의 개폐기는 각극에 시설할 것. 다만, 다음의 전선의 극에는 이를 시설하지 아니할 수 있다.

가. 제23조제1항부터 제3항까지 또는 제27조의 규정에 의하여 접지공사를 한 저압 전로에 접속하는 옥내배선의 중성선 또는 접지측 전선에 접속하는 분기회로의 전선으로서 분기 회로용 배전반(저압 옥내 간선에서 옥내 전로를 분기하기 위하여 시설하는 분전반 및 캐비닛을 말한다. 이하 같다)의 내부에 그 옥내배선의 인입구측의 각극에 개폐기를 시설할 것.

나. 제22조·제23조제1항부터 제3항까지 또는 제27조의 규정에 의하여 접지공사를 한 저압 전로(전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설하지 아니할 경우에는 접지공사의 접지저항 값이 3 Ω 이하인 것에 한한다)에 접속하는 옥내배선의 중성선 또는 접지측 전선에 접속하는 분기회로의 전선으로서 개폐기의 시설 장소에 중성선 또는 접지측 전선에 전기적으로 완전히 접속하고 또한 중성선 또는 접지측 전선으로부터 쉽게 분리시킬 수 있는 것.

3. 제1호의 과전류 차단기에 플러그 퓨즈를 사용하는 등 절연저항의 측정 등을 할 때에 그 저압 옥내 전로를 개폐할 수 있도록 하는 경우에는 제1호의 개폐기의 시설을 하지 아니하여도 된다.

4. 제1호의 과전류 차단기는 각 극(다선식 전로의 중성극 및 제2호 단서의 접지측 전선의 극을 제외한다)에 시설할 것. 다만, 대지 전압이 150 V 이하인 저압 옥내 전로의 접지측 전선 이외의 전선에 시설한 과전류차단기가 동작한 경우에 각 극이 동시에 차단될 때에는 그 전로의 접지측 전선에 과전류차단기를 시설하지 아니할 수 있다.

5. 정격전류가 50 A를 초과하는 하나의 전기사용기계기구(전동기 등을 제외한다. 이하 이 호에서 같다)에 이르는 저압 옥내 전로는 다음에 의하여 시설할 것.

가. 저압 옥내 전로에 시설하는 제1호의 과전류 차단기는 그 정격전류가 그 전기사용기계기구의 정격전류를 1.3배 한 값을 넘지 아니하는 것(그 값이 과전류 차단기의 표준 정격에 해당하지 아니할 때에는 그 값에 가장 가까운 상위의 정격의 것을 포함한다)일 것.

나. 저압 옥내전로에 그 전기사용기계기구 이외의 부하를 접속시키지 아니할 것. 다. 저압 옥내배선의 허용전류는 그 전기사용기계기구 및 그 저압 옥내전로에 시설하는 제1호의 과전류 차단기의 정격전류 이상일 것.

6. 전동기 등에만 이르는 저압 옥내 전로는 다음에 의하여 시설할 것.

가. 제1호의 과전류 차단기는 그 과전류 차단기에 직접 접속하는 부하측의 전선의 허용전류를 2.5배(제38조제5항에 규정하는 과전류 차단기에 있어서는 1배)한 값 이하인 정격전류의 것(그 전선의 허용전류가 100 A를 넘을 경우로서 그 값이 과전류 차단기의 표준 정격에 해당하지 아니할 때에는 그 값에 가장 가까운 상위의 정격의 것을 포함한다)일 것.

나. 전선은 간헐사용(間歇使用) 기타의 특수한 사용 방법에 의한 경우 이외에는 저압 옥내배선의 각 부분마다 그 부분을 통하여 공급되는 전동기 등의 정격전류의 합계의 1.25배(그 전동기 등의 정격전류의 합계가 50 A를 넘을 경우에는 1.1배)의 값 이상인 허용전류의 것일 것.

7. 제5호 및 제6호에 규정하는 저압 옥내전로 이외의 저압 옥내전로는 다음에 의하여 시설할 것.

가. 저압 옥내전로에 시설하는 제1호의 과전류차단기의 정격전류는 50 A 이하일 것. 나. 저압 옥내전로에 접속하는 콘센트·나사 접속기 및 소켓은 표 176-1에서 정한 것일 것.

[표 176-1]

저압 옥내전로의 종류	콘센트	나사 접속기 또는 소켓
정격전류가 15 A 이하인 과전류 차단기로 보호되는 것	정격전류가 15 A 이하인 것	나사형의 소켓으로서 공칭 지름이 39 mm 이하인 것이나 나사형 이외의 소켓 또는 공칭 지름이 39 mm 이하인 나사 접속기
정격전류가 15 A를 초과하고 20 A 이하인 배선을 차단기로 보호되는 것	정격전류가 20 A 이하인 것	
정격전류가 15 A를 초과하고 20 A 이하인 과전류 차단기(배선용 차단기를 제외한다)로 보호되는 것	정격전류가 20 A인 것(정격전류가 20 A 미만의 콧임 플러그가 접속될 수 있는 것은 제외한다)	
정격전류가 15 A를 초과하고 30 A 이하의 과전류 차단기로 보호되는 것	정격전류가 20 A 이상 30 A 이하의 것(정격전류가 20 A 미만의 콧임 플러그가 접속될 수 있는 것은 제외한다)	할로겐 전구용의 소켓이나 할로겐 전구용 이외의 백열전등용·방전등용의 소켓으로서 공칭 지름이 39 mm인 것 또는 공칭 지름이 39 mm인 나사접속기
정격전류가 30 A를 초과하고 40 A 이하인 과전류 차단기로 보호되는 것	정격전류가 30 A 이상 40 A 이하인 것	
정격전류가 40 A를 초과하고 50 A 이하인 과전류 차단기로 보호되는 것	정격전류가 40 A 이상 50 A 이하인 것	

다. 저압 옥내배선은 표 176-2에서 정한 굵기의 연동선 또는 제178조의 규정에서 정한 저압 옥내배선의 허용전류 이상인 것일 것. 다만, 저압 옥내전로중 하나의 나사 접속기, 하나의 소켓 또는 하나의 콘센트에서 그 분기점에 이르는 부분의 전선(그 부분의 전선의 길이가 3m 이하인 것에 한한다)에 표 176-2에서 열거한 굵기의 연동선이나 이와 동등 이상의 허용전류가 있는 것을 사용하는 경우 또는 저압 옥내전로의 사용전압이 400 V 미만인 경우에 제168조제2항 각 호의 어느 하나에 해당하는 때에는 그러하지 아니하다.

[표 176-2]

저압 옥내전로의 종류	저압 옥내배선의 굵기	하나의 나사 접속기, 하나의 소켓 또는 하나의 콘센트에서 그 분기점에 이르는 부분의 전선의 굵기
정격전류가 15 A 이하인 과전류 차단기로 보호되는 것	단면적 2.5 mm <sup>2</sup> (미네랄인슈레이션 케이블은 단면적 1 mm <sup>2</sup> )	
정격전류가 15 A를 초과하고 20 A 이하인 배선용 차단기로 보호되는 것		
정격전류가 15 A를 초과하고 20 A 이하인 과전류 차단기(배선용 차단기를 제외한다)로 보호되는 것	단면적 4 mm <sup>2</sup> (미네랄인슈레이션 케이블은 단면적 1.5 mm <sup>2</sup> )	단면적 2.5 mm <sup>2</sup> (미네랄인슈레이션 케이블은 단면적 1 mm <sup>2</sup> )
정격전류가 20 A를 초과하고 30 A 이하인 과전류 차단기로 보호되는 것	단면적 6 mm <sup>2</sup> (미네랄인슈레이션 케이블은 단면적 2.5 mm <sup>2</sup> )	
정격전류가 30 A를 초과하고 40 A 이하인 과전류 차단기로 보호되는 것	단면적 10 mm <sup>2</sup> (미네랄인슈레이션 케이블에 있어 단면적 6 mm <sup>2</sup> )	단면적 4 mm <sup>2</sup> (미네랄인슈레이션 케이블은 단면적 1.5 mm <sup>2</sup> )
정격전류가 40 A를 초과하고 50 A 이하인 과전류 차단기로 보호되는 것	단면적 16 mm <sup>2</sup> (미네랄인슈레이션 케이블은 단면적 10 mm <sup>2</sup> )	

② 제1항의 규정은 인입구에서 저압 옥내간선을 거치지 아니하고 전기사용 기계기구에 이르는 저압 옥내전로에 준용한다.

**제177조(점멸장치와 타임스위치 등의 시설)** ① 조명용 전등에는 다음 각 호에 따라 점멸장치를 시설하여야 한다.

1. 가정용 전등은 등기구마다 점멸이 가능하도록 할 것. 다만, 장식용 등기구(상들리에, 스포트라이트, 간접조명등, 보조등기구 등) 및 발코니 등기구는 예외로 할 수 있다.
2. 국부 조명설비는 그 조명대상에 따라 점멸할 수 있도록 시설할 것.
3. 공장·사무실·학교·병원·상점·기타 많은 사람이 함께 사용하는 장소(극장의 관객석·역사의 대합실 주차장, 강당, 기타 이와 유사한 장소 및 자동 조명 제어장치가 설치된 장소를 제외한다)에 시설하는 전체 조명용 전등은 부분 조명이 가능하도록 전등군을 구분하여 점멸이 가능하도록 하되, 창(태양광선이 들어오는 창에

한한다. 이하 이 호에서 같다)과 가장 가까운 전등은 따로 점멸이 가능하도록 할 것. 다만, 등기구 배열이 1렬로 되어 있고 그 열이 창 의 면과 평행이 되는 경우에 창과 가장 가까운 전등은 따로 점멸이 가능하도록 하지 아니할 수 있다.

4. 광 천장 조명 또는 간접 조명을 위하여 전등을 격등 회로로 시설하는 경우에는 제3호의 규정을 적용하지 아니할 수 있다.
  5. 공장의 경우 건물구조가 창문이 없거나 제품 생산이 연속공정으로 한 줄에 설치되어 있는 전등을 동시에 점멸하여야 할 필요가 있는 장소에 한하여 제3호의 규정을 적용하지 아니할 수 있다.
  6. 가로등, 보안등 또는 옥외에 시설하는 공중전화기를 위한 조명등용 분기회로에는 주광센서를 취부하여 주광에 의해서 자동 점멸하도록 시설할 것. 다만, 타이머를 설치하거나 집중제어방식을 이용하여 점멸하는 경우에는 그러하지 아니하다.
  7. 가로등, 경기장, 공장, 아파트 단지 등의 일반조명을 위하여 시설하는 고효율전등은 그 효율이 70 ℓm/W 이상의 것이어야 한다.
  8. 관광진흥법과 공중위생법에 의한 관광숙박업 또는 숙박업(여인숙업을 제외한다)에 이용되는 시설로서 객실수가 30실 이상이 되는 시설의 각 객실의 조명전원(타임 스위치를 설치한 입구 등의 조명전원을 제외한다)은 객실의 출입문 개폐용 기구 또는 집중제어방식을 이용한 시설 기타 시·도지사가 이와 유사하다고 인정하는 기구나 시설에 의하여 자동 또는 반자동의 점멸이 가능하도록 할 것.
- ② 조명용 전등을 설치할 때에는 다음 각 호에 따라 타임스위치를 시설하여야 한다.
1. 관광진흥법과 공중위생법에 의한 관광숙박업 또는 숙박업(여인숙업을 제외한다)에 이용되는 객실의 입구 등은 1분 이내에 소등되는 것일 것.
  2. 일반주택 및 아파트 각 호실의 환관등은 3분 이내에 소등되는 것일 것.
- 제178조(저압 옥내배선의 허용전류)** 저압 옥내배선에 사용하는 450/750 V 이하 얇화비닐 절연전선, 450/750 V 이하 고무 절연전선, 1kV부터 3kV까지의 압출 성형 절연 전력케이블의 허용전류 및 보정계수는 KS C IEC 60364-5-52의 부속서 B(허용전류)에 따른다. 다만, 600 V급 절연전선에 관한 허용전류는 한국전기기술기준위원회 표준 KECS 1501-2009에 따른다.
- 제179조(옥내 저압용 개폐기 시설방법의 예외)** ① 저압 옥내간선에 시설하는 개폐기는(제169조제1항의 규정에 의하여 시설하는 것은 제외한다) 제176조제1항제2호“나”의 전선에는 시설하지 아니하여도 된다.
- ② 사용전압이 400 V 미만인 저압 2선식 옥내전로에 시설하는 저압용의 개폐기는(저압 옥내간선에 시설하는 것과 제176조제1항제1호 또는 제206조제9항의 규정에 의하여 시설하는 것은 제외한다) 단극에 시설할 수 있다.
  - ③ 저압의 다선식 옥내배선에 시설하는 개폐기는(저압 옥내간선에 시설하는 것과 제176조제1항제1호 또는 제206조제9항의 규정에 의하여 시설하는 것은 제외한다) 제176조제1항제2호“나”의 전선에는 시설하지 아니하여도 된다.
  - ④ 사용전압이 각각 다른 개폐기는 식별이 쉽게 시설하여야 한다.

제180조(저압 옥내배선의 시설장소별 공사의 종류) ① 저압 옥내배선(제199조부터 제202조까지에 규정하는 장소와 제205조에 정하는 경우를 제외한다)은 합성수지관 공사·금속관 공사·가요전선관(可撓電線管) 공사나 케이블 공사 또는 표 180-1에서 정하는 시설 장소 및 사용전압의 구분에 따른 공사에 의하여 시설하여야 한다.

[표 180-1]

시설장소		사용전압	
		400 V 미만	400 V 이상
전개된 장소	건조한 장소	애자사용공사·합성수지몰드공사·금속몰드공사·금속덕트공사·버스티트공사 또는 라이팅 덕트공사	애자사용공사·금속덕트공사 또는 버스티트공사
	기타 장소	애자사용공사, 버스티트공사	애자사용공사
점검할 수 있는 은폐된 장소	건조한 장소	애자사용공사·합성수지몰드공사·금속몰드공사·금속덕트공사·버스티트공사·셀룰라덕트공사 또는 라이팅덕트공사	애자사용공사·금속덕트공사 또는 버스티트공사
	기타 장소	애자사용공사	애자사용공사
점검할 수 없는 은폐된 장소	건조한 장소	플로어덕트공사 또는 셀룰라덕트공사	

② 제1항 이외의 저압 옥내배선은 표 180-2와 표 180-3과 같이 선정 및 시공하며, KS C IEC 60364-5-52에 따라 시설하여야 한다.

[표 180-2]

시설장소의 구분	공사방법
건축물 빈공간	고정하지 않은 공사, 전선관공사, 케이블 덕트공사, 케이블트레이(사다리형, 선반형 포함)공사
케이블 채널	고정하는 공사, 고정하지 않은 공사, 전선관공사, 케이블 덕트공사, 케이블트레이(사다리형, 선반형 포함)공사
지중매설	고정하지 않은 공사, 전선관공사, 케이블 덕트공사,
콘크리트 매설	고정하는 공사, 고정하지 않은 공사, 전선관공사, 케이블트렁킹(몰드형, 바닥매입형 포함)공사, 케이블 덕트공사
노출배선	고정하는 공사, 전선관공사, 케이블트렁킹(몰드형, 바닥매입형 포함)공사, 케이블 덕트공사, 케이블트레이(사다리형, 선반형 포함)공사, 애자사용공사
가공	케이블트렁킹(몰드형, 바닥매입형 포함)공사, 케이블트레이(사다리형, 선반형 포함)공사, 애자사용공사, 지지용선 공사
수중	고정하는 공사, 고정하지 않은 공사

[표 180-3]

전선의 구분		공사방법
나전선		애자사용공사
절연선		전선관공사, 케이블트렁킹(몰드형, 바닥매입형 포함)공사, 케이블 덕트공사, 애자사용공사
외장 케이블(금속외장 및 무기절연 포함)	다심	고정하는 공사, 고정하지 않은 공사, 전선관공사, 케이블트렁킹(몰드형, 바닥매입형 포함)공사, 케이블 덕트공사, 케이블트레이(사다리형, 선반형 포함)공사, 지지용선공사
	단심	고정하는 공사, 전선관공사, 케이블트렁킹(몰드형, 바닥매입형 포함)공사, 케이블 덕트공사, 케이블트레이(사다리형, 선반형 포함)공사, 지지용선공사

③ 제2항에 따라 저압 옥내배선 공사를 하는 경우에 명시되지 않은 지지간격 등의 세부 시설방법은 제181조부터 제194조까지의 배선공사 방법을 준용한다.

제181조(애자사용 공사) ① 애자사용공사에 의한 저압 옥내배선은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 전선은 제167조제1호 “가”부터 “다”까지의 것 이외에는 절연전선(옥외용 비닐 절연전선 및 인입용 비닐 절연전선을 제외한다)일 것.
2. 전선 상호 간의 간격은 6 cm 이상일 것.
3. 전선과 조영체 사이의 이격거리는 사용전압이 400 V 미만인 경우에는 2.5 cm 이상, 400 V 이상인 경우에는 4.5 cm(건조한 장소에 시설하는 경우에는 2.5 cm) 이상일 것.
4. 전선의 지지점 간의 거리는 전선을 조영체의 뒷면 또는 옆면에 따라 붙일 경우에는 2 m 이하일 것.
5. 사용전압이 400 V 이상인 것은 제4호의 경우 이외에는 전선의 지지점 간의 거리는 6 m 이하일 것.
6. 저압 옥내배선은 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설할 것. 다만, 사용전압이 400 V 미만인 경우에 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 때에는 그러하지 아니하다.
7. 전선이 조영체를 관통하는 경우에는 그 관통하는 부분의 전선을 전선마다 각각 별개의 난연성 및 내수성이 있는 절연관에 넣을 것. 다만, 사용전압이 150 V 이하인 전선을 건조한 장소에 시설하는 경우로서 관통하는 부분의 전선에 내구성이 있는 절연 테이프를 감을 때에는 그러하지 아니하다.

② 애자 사용 공사에 사용하는 애자는 절연성·난연성 및 내수성의 것이어야 한다.

제182조(합성수지 몰드 공사) ① 합성수지 몰드 공사에 의한 저압 옥내배선은 다음 각 호에 따라 시설할 것.

1. 전선은 절연전선(옥외용 비닐 절연전선을 제외한다)일 것.

2. 합성수지 몰드 안에는 전선에 접속점이 없도록 할 것. 다만, 합성수지 몰드 안의 전선을 KS C 8436(2006) “합성수지제 박스 및 커버”의 “5. 성능”, “6. 겉모양 및 모양”, “7. 치수” 및 “8. 재료”에 적합한 합성 수지제의 조인트 박스를 사용하여 접속할 경우에는 그러하지 아니하다.
3. 합성수지 몰드는 홈의 폭 및 깊이가 3.5 cm 이하의 것일 것. 다만, 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우에는 폭이 5 cm 이하의 것을 사용할 수 있다.
4. 합성수지 몰드 상호 간 및 합성수지 몰드와 박스 기타의 부속품과는 전선이 노출되지 아니하도록 접속할 것.

② 합성수지 몰드 공사에 사용하는 합성수지 몰드 및 박스 기타의 부속품(몰드 상호 간을 접속하는 것 및 몰드 끝에 접속하는 것에 한한다)은 한국전기기술기준위원회 표준 KECS 1502-2009에 적합한 것일 것. 다만, 부속품 중 콘크리트 안에 시설하는 금속제의 박스에 대하여는 그러하지 아니하다.

**제183조(합성수지관 공사)** ① 합성수지관 공사에 의한 저압 옥내배선은 다음 각 호에 따르고 또한 증량물의 압력 또는 현저한 기계적 충격을 받을 우려가 없도록 시설하여야 한다.

1. 전선은 절연전선(옥외용 비닐 절연전선을 제외한다)일 것.
  2. 전선은 연선일 것. 다만, 다음의 것은 적용하지 않는다.
    - 가. 짧고 가는 합성수지관에 넣은 것.
    - 나. 단면적 10 mm<sup>2</sup>(알루미늄선은 단면적 16 mm<sup>2</sup>) 이하의 것.
  3. 전선은 합성수지관 안에서 접속점이 없도록 할 것.
- ② 합성수지관 공사에 사용하는 합성수지관 및 박스 기타 부속품(관 상호 간을 접속하는 것 및 관의 끝에 접속하는 것에 한하며 리듀서를 제외한다)은 다음 각 호에 적합한 것이어야 한다.

1. 합성수지제의 전선관 및 박스 기타의 부속품은 다음 가목에 적합한 것일 것. 다만, 부속품 중 금속제의 박스 및 다음 나목에 적합한 분진방폭형(粉塵防爆型) 플렉시블피팅은 그러하지 아니하다.

가. 합성수지제의 전선관 및 박스 기타의 부속품

(1) 합성수지제의 전선관

- (가) KS C 8431 “경질 폴리염화비닐 전선관”의 “7. 성능” 및 “8구조”
- (나) KS C 8454(2006) “합성 수지제 휘(가요) 전선관”의 “4. 일반 요구사항”, “7. 성능”, “8. 구조” 및 “9. 치수”
- (다) KS C 8455 “파상형 경질 폴리에틸렌 전선관”의 “7. 재료 및 제조방법”, “8. 치수”, “10. 성능” 및 “11. 구조”

(2) 박스

KS C 8436 “합성수지제 박스 및 커버”의 “5. 성능”, “6. 겉모양 및 모양”, “7. 치수” 및 “8. 재료”

(3) 부속품

KS C IEC 61386-21(2014) “전기설비용 전선관 시스템-제21부 경질 전선관

시스템의 개별 요구사항”의 “4. 일반요구사항”, “6. 분류”, “9. 구조” 및 “10. 기계적 특성”, “11. 전기적 특성”, “12. 내열 특성”

나. 분진방폭형(粉塵防爆型) 플렉시블피팅

(1) 구조

이음매 없는 단동(丹銅)·인청동(隣靑銅)이나 스테인리스의 가요관에 단동·황동이나 스테인리스의 편조피복을 입힌 것 또는 제186조제2항제1호에 적합한 2중 금속제의 가요전선관에 두께 0.8 mm 이상의 비닐 피복을 입힌 것의 양쪽 끝에 커넥터 또는 유니온 카플링을 견고히 접속하고 안쪽면은 전선을 넣거나 바깥 때에 전선의 피복을 손상하지 아니하도록 매끈한 것일 것.

(2) 완성품

실온에서 그 바깥지름의 10배의 지름을 가지는 원통의 주위에 180도 구부린 후 직선상으로 환원시키고 다음에 반대방향으로 180도 구부린 후 직선상으로 환원시키는 조작을 10회 반복하였을 때에 금이 가거나 갈라지는 등의 이상이 생기지 아니하는 것일 것.

2. 관의 끝부분 및 안쪽 면은 전선의 피복을 손상하지 아니하도록 매끈한 것일 것.
3. 관(합성 수지제 휘(가요) 전선관을 제외한다)의 두께는 2 mm 이상일 것. 다만, 전개된 장소 또는 점검할 수 있는 은폐된 장소로서 건조한 장소에 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설한 경우(옥내배선의 사용전압이 400 V 미만인 경우에 한한다)에는 그러하지 아니하다.

③ 제2항의 합성수지관 및 박스 기타의 부속품은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 관 상호 간 및 박스와의 관을 삽입하는 깊이를 관의 바깥 지름의 1.2배(접착제를 사용하는 경우에는 0.8배) 이상으로 하고 또한 꽃음 접속에 의하여 견고하게 접속할 것.
2. 관의 지지점 간의 거리는 1.5 m 이하로 하고, 또한 그 지지점은 관의 끝·관과 박스의 접속점 및 관 상호 간의 접속점 등에 가까운 곳에 시설할 것.
3. 습기가 많은 장소 또는 물기가 있는 장소에 시설하는 경우에는 방습 장치를 할 것.
4. 저압 옥내배선의 사용전압이 400 V 미만인 경우에 합성수지관을 금속제의 박스에 접속하여 사용하는 때 또는 제2항제1호 단서에 규정하는 분진방폭형 플렉시블 피팅을 사용하는 때는 박스 또는 분진 방폭형 플렉시블 피팅에는 제3종 접지공사를 할 것. 다만, 다음 중 1에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

가. 건조한 장소에 시설하는 경우

나. 옥내배선의 사용전압이 직류 300 V 또는 교류 대지 전압이 150 V 이하인 경우에 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우

5. 사용전압이 400 V 이상인 경우에 합성수지관을 금속제의 박스에 접속하여 사용하는 때 또는 제2항제1호 단서에 규정하는 분진 방폭형 플렉시블피팅을 사용하는 때에는 박스 또는 분진 방폭형 플렉시블피팅에 특별 제3종 접지공사를 할 것. 다만, 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설하는 때에는 제3종 접지공사에 의할 수 있다.

6. 합성수지관을 풀박스에 접속하여 사용하는 경우에는 제1호의 규정에 준하여 시설할 것. 다만, 기술상 부득이한 경우에 관 및 풀박스를 건조한 장소에서 불연성의 조영체에 견고하게 시설하는 때에는 그러하지 아니하다.
7. 난연성이 없는 콤파인 덕트관은 직접 콘크리트에 매입(埋入)하여 시설하는 경우 이외에는 전용의 불연성 또는 난연성의 관 또는 덕트에 넣어 시설할 것.
8. 합성 수지제 휨(가요) 전선관 상호 간은 직접 접속하지 말 것.

**제184조(금속관 공사) ①** 금속관 공사에 의한 저압 옥내배선은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 전선은 절연전선(옥외용 비닐절연전선을 제외한다)일 것.
  2. 전선은 연선일 것. 다만, 다음의 것은 적용하지 않는다.
    - 가. 짧고 가는 금속관에 넣은 것.
    - 나. 단면적 10mm<sup>2</sup>(알루미늄선은 단면적 16mm<sup>2</sup>) 이하의 것.
  3. 전선은 금속관 안에서 접속점이 없도록 할 것.
- ② 금속관공사에 사용하는 금속관과 박스 기타의 부속품(관 상호 간을 접속하는 것 및 관의 끝에 접속하는 것에 한하며 리듀서를 제외한다)은 다음 각 호에 적합한 것이어야 한다.
1. 다음 가목에 정하는 표준에 적합한 금속제의 전선관(가요전선관을 제외한다) 및 금속제박스 기타의 부속품 또는 황동이나 동으로 견고하게 제작한 것일 것. 다만, 분진방폭형플렉시블피팅 기타의 방폭형의 부속품으로서 다음 “나”목과 “다”목에 적합한 것과 절연부싱은 그러하지 아니하다.
    - 가. 금속제의 전선관 및 금속제박스 기타의 부속품은 다음에 적합한 것일 것.

(1) 강제 전선관

KS C 8401(2005) “강제전선관”의 “4. 굽힘성”, “5. 내식성”, “7. 치수, 무게 및 유효 나사부의 길이와 바깥지름 및 무게의 허용차”의 “표 1, 표 2 및 표 3의 호칭방법, 바깥지름, 바깥지름의 허용차, 두께, 유효나사부의 길이(최소치)”, “8. 겉모양”, “9.1 재료”와 “9.2 제조방법”의 9.2.2, 9.2.3 및 9.2.4

(2) 알루미늄 전선관

KS C IEC 60614-2-1(2014) “전선관-제2-1부: 금속제 전선관의 개별 규정”의 “7. 치수”, “8. 구조”, “9. 기계적 특성”, “10. 내열성”, “11. 내화성”

(3) 금속제 박스

KS C 8458(2002) “금속제 박스 및 커버”의 “4. 성능”, “5. 구조”, “6. 모양 및 치수” 및 “7. 재료”

(4) 부속품

KS C 8460(2005) “금속제 전선관용 부속품”의 7. 성능, 8. 구조, 9. 모양 및 치수, 및 10. 재료

나. 금속관의 방폭형 부속품중 플렉시블 피팅의 표준은 다음에 적합한 것일 것.

- (1) 분진방폭형의 플렉시블 피팅은 다음에 적합할 것.

(가) 구조는 이음매 없는 단동·인칭동이나 스테인리스의 가요관에 단동·황동이나 스테인레스의 편조 피복을 입힌 것 또는 표 184-1에 적합한 2중 금속제의 가요전선관에 두께 0.8mm 이상의 비닐 피복을 입힌 것의 양쪽 끝에 커넥터 또는 유니온 카플링을 견고히 접속하고 안쪽면은 전선을 넣거나 바꿀 때에 전선의 피복을 손상하지 아니하도록 매끈한 것일 것.

(나) 완성품은 실온에서 그 바깥지름의 10배의 지름을 가지는 원통의 주위에 180도 구부린 후 직선상으로 환원시키고 다음에 반대방향으로 180도 구부린 후 직선상으로 환원시키는 조작을 10회 반복하였을 때에 금이 가거나 갈라지는 등의 이상이 생기지 아니하는 것일 것.

(2) 내압(耐壓)방폭형의 플렉시블 피팅은 다음에 적합할 것.

(가) 구조는 이음매 없는 단동·인칭동이나 스테인리스의 가요관에 단동·황동이나 스테인리스의 편조피복을 입힌 것의 양쪽 끝에 커넥터 또는 유니온 카플링을 견고히 접속하고 안쪽면은 전선을 넣거나 바꿀 때에 전선의 피복을 손상하지 아니하도록 매끈한 것일 것.

(나) 완성품은 실온에서 그 바깥지름의 10배의 지름을 가지는 원통의 주위에 180도 구부린 후 직선상으로 환원시키고 다음에 반대방향으로 180도 구부린 후 직선상으로 환원시키는 조작을 10회 반복한 후 196N/cm<sup>2</sup>의 수압을 내부에 가하였을 때에 금이 가거나 갈라지는 등의 이상이 생기지 아니하는 것일 것.

(3) 안전중 방폭형의 플렉시블 피팅은 다음에 적합할 것.

(가) 구조는 표 184-1의 표준에 적합한 1중 금속제의 가요전선관에 단동·황동이나 스테인레스의 편조 피복을 입힌 것 또는 표 184-1의 표준에 적합한 2중 금속제의 가요전선관에 두께 0.8mm 이상의 비닐을 피복한 것의 양쪽 끝에 커넥터 또는 유니온 카플링을 견고히 접속하고 안쪽 면은 전선을 넣거나 바꿀 때에 전선의 피복을 손상하지 아니하도록 매끈한 것일 것.

(나) 완성품은 실온에서 그 바깥지름의 10배의 지름을 가지는 원통의 주위에 180도 구부린 후 직선상으로 환원시키고 다음에 반대방향으로 180도 구부린 후 직선상으로 환원시키는 조작을 10회 반복하였을 때 금이 가거나 갈라지는 등의 이상이 생기지 아니하는 것일 것.

[표 184-1]

1종 금속제 가요전선관	KS C 8422(2005) “금속제 가요전선관”의 “7. 성능” 표 1의 “내식성, 인장, 굽힘”, “8.1 가요관의 내면”, “9. 치수” 표 2 “1종 가요관의 호칭, 재료의 최소두께, 최소 안지름, 바깥지름, 바깥지름의 허용차” 및 “10. 재료 a”의 규정에 적합한 것이어야 하며 조편의 이음매는 심하게 두께가 늘어나지 아니하고 1종 금속제 가요전선관의 세기를 감소시키지 아니하는 것일 것.
2종 금속제 가요전선관	KS C 8422(2005) “금속제 가요전선관”의 “7. 성능” 표 1의 “내식성, 인장, 압축, 전기저항, 굽힘, 내수”, “8.1 가요관의 내면”, “9. 치수” 표 3 “2종 가요관의 호칭, 최소 안지름, 바깥지름, 바깥지름의 허용차” 및 “10. 재료 b”의 규정에 적합한 것일 것.
금속제 가요전선관용 부속품	KS C 8459(2005) “금속제 가요전선관용 부속품”의 “7. 성능”, “8. 구조”, “9. 모양 및 치수”, 그림 4~15 및 “10. 재료”에 적합한 것일 것.

다. 금속관의 방폭형 부속품중 나목에 규정하는 것 이외의 것은 다음의 표준에 적합할 것.

- (1) 재료는 건식아연도금법에 의하여 아연도금을 한 위에 투명한 도료를 칠하거나 기타 적당한 방법으로 녹이 스는 것을 방지하도록 한 강 또는 가단주철(可鍛鑄鐵)일 것.
- (2) 안쪽면 및 끝부분은 전선을 넣거나 바깥 때에 전선의 피복을 손상하지 아니하도록 매끈한 것일 것.
- (3) 전선관과의 접속부분의 나사는 5터 이상 완전히 나사결합이 될 수 있는 길이일 것.
- (4) 접합면(나사의 결합부분을 제외한다)은 KS C IEC 60079-1(2007) “내압방폭구조(d)” 5. 방폭접합”의 5.1 일반 요구사항에 적합한 것일 것. 다만, 금속·석면·유리섬유·합성고무 등의 난연성 및 내구성이 있는 패키징을 사용하고 이를 견고히 접합면에 붙일 경우에 그 틈새가 있을 경우 이 틈새는 KS C IEC 60079-1(2007) “내압방폭구조(d)” 5.2.2 틈새의 표 1 및 표 2의 최대 값을 넘지 않아야 한다.
- (5) 접합면 중 나사의 접합은 KS C IEC 60079-1(2007) “내압방폭구조(d)”의 5.3 나사 접합 표 3 및 표 4에 적합한 것일 것.
- (6) 완성품은 KS C IEC 60079-1(2007) “내압방폭구조(d)”의 15.1.2 폭발압력(기준압력)측정 및 15.1.3 압력시험에 적합한 것일 것.

2. 관의 두께는 다음에 의할 것.

가. 콘크리트에 매설하는 것은 1.2 mm 이상

나. “가” 이외의 것은 1 mm 이상. 다만, 이음매가 없는 길이 4 m 이하인 것을 건조하고 전개된 곳에 시설하는 경우에는 0.5 mm까지로 감할 수 있다.

3. 관의 끝부분 및 안쪽 면은 전선의 피복을 손상하지 아니하도록 매끈한 것일 것.

③ 제2항의 금속관과 박스 기타의 부속품은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 관 상호 간 및 관과 박스 기타의 부속품과는 나사접속 기타 이와 동등 이상의 효

력이 있는 방법에 의하여 견고하고 또한 전기적으로 완전하게 접속할 것.

2. 관의 끝 부분에는 전선의 피복을 손상하지 아니하도록 적당한 구조의 부싱을 사용할 것. 다만, 금속관공사로부터 애자사용공사로 옮기는 경우에는 그 부분의 관의 끝부분에는 절연부싱 또는 이와 유사한 것을 사용하여야 한다.

3. 습기가 많은 장소 또는 물기가 있는 장소에 시설하는 경우에는 방습 장치를 할 것.

4. 저압 옥내배선의 사용전압이 400 V 미만인 경우 관에는 제3종 접지공사를 할 것. 다만, 다음 중 1에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

가. 관의 길이(2개 이상의 관을 접속하여 사용하는 경우에는 그 전체의 길이를 말한다. 이하 같다)가 4 m 이하인 것을 건조한 장소에 시설하는 경우

나. 옥내배선의 사용전압이 직류 300 V 또는 교류 대지 전압 150 V 이하인 경우에 그 전선을 넣는 관의 길이가 8 m 이하인 것을 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 때 또는 건조한 장소에 시설하는 때

5. 저압 옥내배선의 사용전압이 400 V 이상인 경우 관에는 특별 제3종 접지공사를 할 것. 다만, 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우에는 제3종 접지공사에 의할 수 있다.

6. 금속관을 금속제의 폴박스에 접속하여 사용하는 경우에는 제1호의 규정에 준하여 시설할 것. 다만, 기술상 부득이한 경우에는 관 및 폴박스를 건조한 곳에서 불연성의 조영체에 견고하게 시설하고 또한 관과 폴박스 상호 간을 전기적으로 접속하는 때에는 그러하지 아니하다.

제185조(금속몰드 공사) ① 금속몰드 공사에 의한 저압 옥내배선은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 전선은 절연전선(옥외용 비닐절연 전선을 제외한다)일 것.

2. 금속 몰드 안에는 전선에 접속점이 없도록 할 것. 다만, 한국전기기술기준위원회 표준 KECS 1502-2009에 적합한 2종 금속제 몰드를 사용하고 또한 다음에 의하여 시설하는 경우는 그러하지 아니하다.

가. 전선을 분기하는 경우일 것.

나. 접속점을 쉽게 점검할 수 있도록 시설할 것.

다. 몰드에는 제3항제2호의 단서의 규정에 불구하고 제3종 접지공사를 할 것.

라. 몰드 안의 전선을 외부로 인출하는 부분은 몰드의 관통 부분에서 전선이 손상될 우려가 없도록 시설할 것.

② 금속몰드 공사에 사용하는 금속 몰드 및 박스 기타의 부속품(몰드 상호 간을 접속하는 것 및 몰드의 끝에 접속하는 것에 한한다)은 다음 각 호에 적합한 것이어야 한다.

1. 한국전기기술기준위원회 표준 KECS 1502-2009에서 정하는 표준에 적합한 금속제의 몰드 및 박스 기타 부속품 또는 황동이나 동으로 견고하게 제작한 것으로서 안쪽면이 매끈한 것일 것.

2. 황동제 또는 동제의 몰드는 폭이 5 cm 이하, 두께 0.5 mm 이상인 것일 것.

- ③ 제2항의 금속몰드 및 박스 기타의 부속품은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.
1. 몰드 상호 간 및 몰드 박스 기타의 부속품과는 견고하고 또한 전기적으로 완전하게 접속할 것.
  2. 몰드에는 제3종 접지공사를 할 것. 다만, 다음 중 1에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.
    - 가. 몰드의 길이(2개 이상의 몰드를 접속하여 사용하는 경우에는 그 전체의 길이를 말한다. 이하 같다)가 4m 이하인 것을 시설하는 경우
    - 나. 옥내배선의 사용전압이 직류 300V 또는 교류 대지 전압이 150V 이하인 경우에 그 전선을 넣는 관의 길이가 8m 이하인 것을 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 때 또는 건조한 장소에 시설하는 때

**제186조(가요전선관 공사)** ① 가요전선관 공사에 의한 저압 옥내배선은 다음 각 호에 따르고 또한 중량물의 압력 또는 현저한 기계적 충격을 받을 우려가 없도록 시설하여야 한다.

1. 전선은 절연전선(옥외용 비닐 절연전선을 제외한다)일 것.
  2. 전선은 연선일 것. 다만, 단면적  $10\text{mm}^2$ (알루미늄선은 단면적  $16\text{mm}^2$ ) 이하인 것은 그러하지 아니하다.
  3. 가요전선관 안에는 전선에 접속점이 없도록 할 것.
  4. 가요전선관은 2종 금속제 가요 전선관일 것. 다만, 전개된 장소 또는 점검할 수 있는 은폐된 장소(옥내배선의 사용전압이 400V 이상인 경우에는 전동기에 접속하는 부분으로서 가요성을 필요로 하는 부분에 사용하는 것에 한한다)에는 1종 가요 전선관(습기가 많은 장소 또는 물기가 있는 장소에는 비닐 피복 1종 가요 전선관에 한한다.)을 사용할 수 있다.
- ② 가요전선관 공사에 사용하는 가요전선관 및 박스 기타의 부속품(관 상호 및 관의 끝에 접속하는 것에 한한다)은 다음 각 호에 적합한 것이어야 한다.
1. 표 184-1에 적합한 금속제 가요 전선관 및 박스 기타의 부속품일 것.
  2. 안쪽면은 전선의 피복을 손상하지 아니하도록 매끈한 것일 것.
- ③ 제2항의 가요전선관 및 박스 기타의 부속품은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.
1. 관 상호 간 및 관과 박스 기타의 부속품과는 견고하고 또한 전기적으로 완전하게 접속할 것.
  2. 가요전선관의 끝부분은 피복을 손상하지 아니하는 구조로 되어 있을 것.
  3. 2종 금속제 가요 전선관을 사용하는 경우에 습기 많은 장소 또는 물기가 있는 장소에 시설하는 때에는 비닐 피복 2종 가요 전선관일 것.
  4. 1종 금속제 가요 전선관에는 단면적  $2.5\text{mm}^2$  이상의 나연동선을 전체 길이에 걸쳐 삽입 또는 첩가하여 그 나연동선과 1종 금속제 가요 전선관을 양쪽 끝에서 전기적으로 완전하게 접속할 것. 다만, 관의 길이가 4m 이하인 것을 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
  5. 저압 옥내배선의 사용전압이 400V 미만인 경우에는 가요 전선관에 제3종 접지공사를 할 것. 다만, 관의 길이가 4m 이하인 것을 시설하는 경우에는 그러하지

아니하다.

6. 저압 옥내배선의 사용전압이 400V 이상인 경우에는 가요전선관에 특별 제3종 접지공사를 할 것. 다만, 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우에는 제3종 접지공사에 의할 수 있다.

**제187조(금속 덕트 공사)** ① 금속 덕트 공사에 의한 저압 옥내배선은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 전선은 절연전선(옥외용 비닐절연전선을 제외한다)일 것.
  2. 금속 덕트에 넣은 전선의 단면적(절연피복의 단면적을 포함한다)의 합계는 덕트의 내부 단면적의 20%(전광표시 장치·출퇴표시등 기타 이와 유사한 장치 또는 제어회로 등의 배선만을 넣는 경우에는 50%) 이하일 것.
  3. 금속 덕트 안에는 전선에 접속점이 없도록 할 것. 다만, 전선을 분기하는 경우에는 그 접속점을 쉽게 점검할 수 있는 때에는 그러하지 아니하다.
  4. 금속 덕트 안의 전선을 외부로 인출하는 부분은 금속 덕트의 관통부분에서 전선이 손상될 우려가 없도록 시설할 것.
  5. 금속 덕트 안에는 전선의 피복을 손상할 우려가 있는 것을 넣지 아니할 것.
- ② 금속 덕트 공사에 사용하는 금속덕트는 다음 각 호에 적합한 것이어야 한다.
1. 폭이 5cm를 초과하고 또한 두께가 1.2mm 이상인 철판 또는 동등 이상의 세기를 가지는 금속제의 것으로 견고하게 제작한 것일 것.
  2. 안쪽 면은 전선의 피복을 손상시키는 돌기(突起)가 없는 것일 것.
  3. 안쪽 면 및 바깥 면에는 산화 방지를 위하여 아연도금 또는 이와 동등 이상의 효과를 가지는 도장을 한 것일 것.
- ③ 제2항의 금속 덕트는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.
1. 덕트 상호 간은 견고하고 또한 전기적으로 완전하게 접속할 것.
  2. 덕트를 조영체에 붙이는 경우에는 덕트의 지지점 간의 거리를 3m(취급자 이외의 자가 출입할 수 없도록 설비한 곳에서 수직으로 붙이는 경우에는 6m) 이하로 하고 또한 견고하게 붙일 것.
  3. 덕트의 뚜껑은 쉽게 열리지 아니하도록 시설할 것.
  4. 덕트의 끝부분은 막을 것.
  5. 덕트 안에 먼지가 침입하지 아니하도록 할 것.
  6. 덕트는 물이 고이는 낮은 부분을 만들지 않도록 시설할 것.
  7. 저압 옥내배선의 사용전압이 400V 미만인 경우에는 덕트에 제3종 접지공사를 할 것.
  8. 저압 옥내배선의 사용전압이 400V 이상인 경우에는 덕트에 특별 제3종 접지공사를 할 것. 다만, 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우에는 제3종 접지공사에 의할 수 있다.
- ④ 금속 덕트에 의하여 저압 옥내배선이 건축물의 방화 구획을 관통하거나 인접 조영물로 연장되는 경우에는 그 방화벽 또는 조영물 벽면의 덕트 내부는 불연성의 물질

로 차폐하여야 한다.

⑤ 옥내에 연결하여 설치되는 등기구(서로 다른 끝을 연결하도록 설계된 등기구로서 내부에 전원공급용 관통배선을 가지는 것, “연접설치 등기구”라 한다)는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 등기구는 레이스웨이(raceway)로 사용할 수 없다. 다만, 「**전기용품 및 생활용품 안전관리법**」에 의한 안전인증을 받은 등기구로서 다음에 의하여 시설하는 경우에는 예외로 한다.

가. 연접설치 등기구는 IEC 60598-1(2006, Ed. 6.1)의 “12. 열(온도상승) 시험”에 접합한 것일 것.

나. 현수형 연접설치 등기구는 개별 등기구에 대해 KS C 8465(2008) “레이스웨이”에 규정된 “6.3 정하중”에 적합한 것일 것.

다. 연접설치 등기구는 “연접설치 적합” 표시와 “최대연접설치 가능한 등기구의 수”를 표기할 것.

라. 제1항 및 제3항에 따라 시설할 것.

마. 연접설치 등기구는 KS C IEC 61084-1(2004) “전기설비용 케이블 트렁킹 및 덕트 시스템 제1부 : 일반요구사항”의 “12. 전기적 특성”에 적합하거나, 접지선으로 연결할 것.

2. 그 밖에 설치장소의 환경조건을 고려하여 감전화재 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.

**제188조(버스 덕트 공사)** ① 버스 덕트 공사에 의한 저압 옥내배선은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 덕트 상호 간 및 전선 상호 간은 견고하고 또한 전기적으로 완전하게 접속할 것.  
2. 덕트를 조영체에 붙이는 경우에는 덕트의 지지점 간의 거리를 3m(취급자 이외의 자가 출입할 수 없도록 설비한 곳에서 수직으로 붙이는 경우에는 6m) 이하로 하고 또한 견고하게 붙일 것.

3. 덕트(환기형의 것을 제외한다)의 끝부분은 막을 것.

4. 덕트(환기형의 것을 제외한다)의 내부에 먼지가 침입하지 아니하도록 할 것.

5. 저압 옥내배선의 사용전압이 400 V 미만인 경우에는 덕트에 제3종 접지공사를 할 것.

6. 저압 옥내배선의 사용전압이 400 V 이상인 경우에는 덕트에 특별 제3종 접지공사를 할 것. 다만, 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우에는 제3종 접지공사에 의할 수 있다.

7. 습기가 많은 장소 또는 물기가 있는 장소에 시설하는 경우에는 옥외용 버스 덕트를 사용하고 버스 덕트 내부에 물이 침입하여 고이지 아니하도록 할 것.

② 버스 덕트 공사에 사용하는 버스 덕트는 다음에 적합한 것일 것.

1. 도체는 단면적 20 mm<sup>2</sup> 이상의 띠 모양, 지름 5 mm 이상의 관모양이나 등골고린 막대 모양의 동 또는 단면적 30 mm<sup>2</sup> 이상의 띠 모양의 알루미늄을 사용한 것

일 것.

2. 도체 지지물은 절연성·난연성 및 내수성이 있는 견고한 것일 것.

3. 덕트는 표 188-1의 두께 이상의 강판 또는 알루미늄판으로 견고히 제작한 것일 것.

**[표 188-1]**

덕트의 최대 폭(mm)	덕트의 판 두께(mm)		
	강 판	알루미늄판	합성수지판
150 이하	1.0	1.6	2.5
150 초과 300 이하	1.4	2.0	5.0
300 초과 500 이하	1.6	2.3	-
500 초과 700 이하	2.0	2.9	-
700 초과하는 것	2.3	3.2	-

4. 구조는 KS C IEC 60439-2(2008) “저전압 개폐장치 및 제어장치 부속품-제2부 : 부스바 트렁킹 시스템의 개별 요구사항”의 구조에 적합할 것.

5. 완성품은 KS C IEC 60439-2(2008) “저전압 개폐장치 및 제어장치 부속품-제2부 : 부스바 트렁킹 시스템의 개별 요구사항”의 “8. 시험 표준서”에 적합한 것일 것.

**제189조(라이팅 덕트 공사)** ① 라이팅 덕트 공사에 의한 저압 옥내배선은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 덕트 상호 간 및 전선 상호 간은 견고하게 또한 전기적으로 완전히 접속할 것.

2. 덕트는 조영체에 견고하게 붙일 것.

3. 덕트의 지지점 간의 거리는 2m 이하로 할 것.

4. 덕트의 끝부분은 막을 것.

5. 덕트의 개구부(開口部)는 아래로 향하여 시설할 것. 다만, 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없는 장소에서 덕트의 내부에 먼지가 들어가지 아니하도록 시설하는 경우에 한하여 옆으로 향하여 시설할 수 있다.

6. 덕트는 조영체를 관통하여 시설하지 아니할 것.

7. 덕트에는 합성수지 기타의 절연물로 금속제 부분을 피복한 덕트를 사용한 경우 이외에는 제3종 접지공사를 할 것. 다만, 대지전압이 150 V 이하이고 또한 덕트의 길이(2분 이상의 덕트를 접속하여 사용할 경우에는 그 전체 길이를 말한다)가 4 m 이하인 때는 그러하지 아니하다.

8. 덕트를 사람이 용이하게 접촉할 우려가 있는 장소에 시설하는 경우에는 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설할 것.

② 라이팅 덕트 공사에 사용하는 라이팅 덕트 및 부속품은 KS C IEC 60570(2003) 또는 한국전기기술기준위원회 표준 KECS 1205-2009에 적합할 것.

**제190조(플로어 덕트 공사)** ① 플로어 덕트 공사에 의한 저압 옥내배선은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 전선은 절연전선(옥외용 비닐 절연전선을 제외한다)일 것.



2. 전선은 연선일 것. 다만, 단면적 10 mm<sup>2</sup>(알루미늄선은 단면적 16 mm<sup>2</sup>) 이하인 것은 그러하지 아니하다.
  3. 플로어 덕트 안에는 전선에 접속점이 없도록 할 것. 다만, 전선을 분기하는 경우에 접속점을 쉽게 점검할 수 있을 때에는 그러하지 아니하다.
- ② 플로어 덕트 공사에 사용하는 플로어 덕트 및 박스 기타의 부속품(플로어 덕트 상호 간을 접속하는 것 및 플로어 덕트의 끝에 접속하는 것에 한한다)은 한국전기기술기준위원회 표준 KECS 1502-2009에 적합한 것이어야 한다.
- ③ 제2항의 플로어 덕트와 박스 기타 부속품은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.
1. 덕트 상호 간 및 덕트와 박스 및 인출구와는 견고하고 또한 전기적으로 완전하게 접속할 것.
  2. 덕트 및 박스 기타의 부속품은 물이 고이는 부분이 있도록 시설하여서는 아니 된다.
  3. 박스 및 인출구는 마루 위로 돌출하지 아니하도록 시설하고 또한 물이 스며들지 아니하도록 밀봉할 것.
  4. 덕트의 끝부분은 막을 것.
  5. 덕트는 제3종 접지공사를 할 것.

**제191조(셀룰러 덕트 공사)** ① 셀룰러 덕트 공사에 의한 저압 옥내배선은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 전선은 절연전선(옥외용 비닐 절연전선을 제외한다)일 것.
  2. 전선은 연선일 것. 다만, 단면적 10 mm<sup>2</sup>(알루미늄선은 단면적 16 mm<sup>2</sup>) 이하의 것은 그러하지 아니하다.
  3. 셀룰러 덕트 안에는 전선에 접속점을 만들지 아니할 것. 다만, 전선을 분기하는 경우 그 접속점을 쉽게 점검할 수 있을 때에는 그러하지 아니하다.
  4. 셀룰러 덕트 안의 전선을 외부로 인출하는 경우에는 그 셀룰러 덕트의 관통 부분에서 전선이 손상될 우려가 없도록 시설할 것.
- ② 셀룰러 덕트 공사에 사용하는 셀룰러 덕트의 부속품(셀룰러 덕트 상호 간을 접속하는 것과 셀룰러 덕트 끝에 접속하는 것에 한한다)은 다음 각 호에 적합할 것.
1. 강판으로 제작한 것일 것.
  2. 덕트 끝과 안쪽면은 전선의 피복이 손상하지 아니하도록 매끈한 것일 것.
  3. 덕트의 안쪽면 및 외면은 방청을 위하여 도금 또는 도장을 한 것일 것. 다만, KS D 3602(1978) “강제감관” 중 SDP 3에 적합한 것은 그러하지 아니하다.
  4. 셀룰러 덕트의 판 두께는 표 191-1에서 정한 값 이상일 것.

**[표 191-1]**

덕트의 최대 폭	덕트의 판 두께
150 mm 이하	1.2 mm
150 mm 초과 200 mm 이하	1.4(KS D 3602(1981) “강제감관”중 SDP 2, SDP 3 또는 SDP 2G에 적합한 것은 1.2) mm
200 mm 초과하는 것	1.6 mm

5. 부속품의 판 두께는 1.6 mm 이상일 것.
6. 저판을 덕트에 붙인 부분은 다음 계산식에 의하여 계산한 값의 하중을 저판에 가할 때 덕트의 각부에 이상이 생기지 않을 것.

$$P = 5.88 D$$

P : 하중(N/m)

D : 덕트의 단면적(cm<sup>2</sup>)

- ③ 제2항의 셀룰러 덕트 및 부속품은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.
1. 덕트 상호 간, 덕트와 조영물의 금속 구조체, 부속품 및 덕트에 접속하는 금속체와는 견고하게 또한 전기적으로 완전하게 접속할 것.
  2. 덕트 및 부속품은 물이 고이는 부분이 없도록 시설할 것.
  3. 인출구는 바닥 위로 돌출하지 아니하도록 시설하고 또한 물이 스며들지 아니하도록 할 것.
  4. 덕트의 끝부분은 막을 것.
  5. 덕트는 제3종 접지공사를 할 것.

**제192조 <삭제>**

**제193조(케이블 공사)** ① 케이블 공사에 의한 저압 옥내배선(제2항 및 제3항에 규정하는 것을 제외한다)은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 전선은 케이블 및 캡타이어케이블일 것.
2. 중량물의 압력 또는 현저한 기계적 충격을 받을 우려가 있는 곳에 시설하는 케이블에는 적당한 방호 장치를 할 것.
3. 전선을 조영체의 아랫면 또는 옆면에 따라 붙이는 경우에는 전선의 지지점 간의 거리를 케이블은 2m(사람이 접촉할 우려가 없는 곳에서 수직으로 붙이는 경우에는 6m) 이하 캡타이어 케이블은 1m 이하로 하고 또한 그 피복을 손상하지 아니하도록 붙일 것.
4. 저압 옥내배선은 사용전압이 400 V 미만인 경우에는 관 기타의 전선을 넣는 방

호 장치의 금속제 부분·금속제의 전선 접속함 및 전선의 피복에 사용하는 금속제에는 제3종 접지공사를 할 것. 다만, 다음 중 1에 해당할 경우에는 관 기타의 전선을 넣는 방호 장치의 금속제 부분에 대하여는 그러하지 아니하다.

가. 방호 장치의 금속제 부분의 길이가 4m 이하인 것을 건조한 곳에 시설하는 경우나, 옥내배선의 사용전압이 직류 300 V 또는 교류 대지 전압이 150 V 이하인 경우에 방호 장치의 금속제 부분의 길이가 8m 이하인 것을 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우 또는 건조한 곳에 시설하는 경우

5. 저압 옥내배선은 사용전압이 400 V 이상인 경우에는 관 그 밖에 전선을 넣는 방호 장치의 금속제 부분·금속제의 전선 접속함 및 전선의 피복에 사용하는 금속제에는 특별 제3종 접지공사를 할 것. 다만, 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우에는 제3종 접지공사에 의할 수 있다.

② 전선을 직접 콘크리트에 매입하여 시설하는 저압 옥내배선은 제1항제4호 및 제5호의 규정에 준하여 시설하는 이외에 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 전선은 미네랄인슈레이션케이블·콘크리트 직매용(直埋用) 케이블 또는 제136조 제4항제5호부터 제7호까지 정하는 구조의 개장을 한 케이블일 것.
2. 공사에 사용하는 박스는 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 금속제이거나 합성 수지제의 것 또는 황동이나 동으로 견고하게 제작한 것일 것.
3. 전선을 박스 또는 풀박스 안에 인입하는 경우는 물이 박스 또는 풀박스 안으로 침입하지 아니하도록 적당한 구조의 부싱 또는 이와 유사한 것을 사용할 것.
4. 콘크리트 안에는 전선에 접속점을 만들지 아니할 것.

③ 전선을 건조물의 전기 배선용의 파이프 샤프트 안에 수직으로 매어 달아 시설하는 저압 옥내배선은 제1항제2호·제4호 및 제5호의 규정에 준하여 시설하는 이외의 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 전선은 제5항에서 정하는 표준에 적합한 케이블일 것.
2. 전선 및 그 지지부분의 안전율은 4 이상일 것.
3. 전선 및 그 지지부분은 충전부분이 노출되지 아니하도록 시설할 것.
4. 전선과의 분기부분에 시설하는 분기선(제5호에서 “분기선”이라 한다)은 케이블일 것.
5. 분기선은 장력이 가하여지지 아니하도록 시설하고 또한 전선과의 분기부분에는 진동 방지장치를 시설할 것.
6. 제5호의 규정에 의하여 시설하여도 전선에 손상을 입힐 우려가 있을 경우에는 적당한 개소에 진동 방지장치를 더 시설할 것.

④ 제3항에 규정하는 케이블은 제199조부터 제202조까지 규정한 장소에 시설하여서는 아니 된다.

⑤ 제3항제1호에서 규정하는 전선의 표준은 다음 중 1에 적합할 것.

1. KS C IEC 60502에 적합한 비닐외장케이블 또는 클로로프렌외장케이블(도체에 연알루미늄선, 반경 알루미늄선 또는 알루미늄 성형단선을 사용하는 것 및 제2호

에 규정하는 강심 알루미늄 도체 케이블을 제외한다)로서 도체에 동을 사용하는 경우는 공칭단면적 25 mm<sup>2</sup> 이상, 도체에 알루미늄을 사용한 경우는 공칭단면적 35 mm<sup>2</sup> 이상의 것.

2. 강심알루미늄 도체 케이블은 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」 또는 한국전기기술기준위원회 표준 KECS 1501-2009의 501.05에 적합할 것.

3. 수직조가용선 부(付) 케이블로서 다음에 적합할 것.

가. 케이블은 인장강도 5.93 kN 이상의 금속선 또는 단면적이 22 mm<sup>2</sup> 아연도강연선으로서 단면적 5.3 mm<sup>2</sup> 이상의 조가용선을 비닐외장케이블 또는 클로로프렌외장케이블의 외장에 견고하게 붙인 것일 것.

나. 조가용선은 케이블의 중량(조가용선의 중량을 제외한다)의 4배의 인장강도에 견디도록 붙인 것일 것.

4. KS C IEC 60502에 적합한 비닐외장케이블 또는 클로로프렌외장케이블의 외장 위에 그 외장을 손상하지 아니하도록 좌상을 시설하고 또 그 위에 한국전기기술기준위원회 표준 KECS 1501-2009의 501.07에 규정하는 아연도금을 한 철선으로서 인장강도 294 N 이상의 것 또는 지름 1mm 이상의 금속선을 조밀하게 연합한 철선 개장 케이블

**제193조의2(케이블 트렌치 공사)** ① 케이블 트렌치(옥내배선공사를 위하여 바닥을 파서 만든 도랑 및 부속설비를 말하며 수용가의 옥내 수전설비 및 발전설비 설치장소에만 적용한다)에 의한 옥내배선은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 케이블 트렌치 내의 사용 전선 및 시설방법은 제194조를 준용한다. 단, 전선의 접속부는 방습 효과를 갖도록 절연 처리하고 접점이 용이하도록 할 것
2. 케이블은 배선 회로별로 구분하고 2 m 이내의 간격으로 받침대 등을 시설할 것
3. 케이블 트렌치에서 케이블 트레이, 덕트, 전선관 등 다른 배선공사 방법으로 변경되는 곳에는 전선에 물리적 손상을 주지 않도록 시설할 것
4. 케이블 트렌치 내부에는 전기배선설비 이외의 수관·가스관 등 다른 시설물을 설치하지 말 것

② 케이블 트렌치는 다음 각 호에 적합한 구조이어야 한다.

1. 케이블 트렌치의 바닥 또는 측면에는 전선의 하중에 충분히 견디고 전선에 손상을 주지 않는 받침대를 설치할 것
2. 케이블 트렌치의 뚜껑, 받침대 등 금속제는 내식성의 재료이거나 방식처리를 할 것
3. 케이블 트렌치 굴곡부 안쪽의 반경은 통과하는 전선의 허용곡률반경 이상이어야 하고 배선의 절연피복을 손상시킬 수 있는 돌기가 없는 구조일 것
4. 케이블 트렌치의 뚜껑은 바닥 마감면과 평평하게 설치하고 장비의 하중 또는 통행 하중 등 충격에 의하여 변형되거나 파손되지 않도록 할 것
5. 케이블 트렌치의 바닥 및 측면에는 방수처리하고 물이 고이지 않도록 할 것
6. 케이블 트렌치는 외부에서 고형물이 들어가지 않도록 IP2X 이상으로 시설할 것

③ 케이블 트레이가 건축물의 방화구획을 관통하는 경우 관통부는 불연성의 물질로 충전(充填)하여야 한다.

④ 케이블 트레이의 부속설비에 사용되는 금속재는 제33조에 의한 접지공사를 하여야 한다.

**제194조(케이블 트레이 공사)** ① 케이블 트레이(케이블을 지지하기 위하여 사용하는 금속재 또는 불연성 재료로 제작된 유닛 또는 유닛의 집합체 및 그에 부속하는 부속재 등으로 구성된 견고한 구조물을 말하며 사다리형, 편칭형, 통풍 채널형, 바닥밀폐형 기타 이와 유사한 구조물을 포함한다)에 의한 저압 옥내배선은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 전선은 연피 케이블, 알루미늄피 케이블 등 난연성 케이블(난연성 케이블이란 제 142조제1호가목의 시험방법에 의한 시험에 합격한 케이블을 말한다), 기타 케이블(적당한 간격으로 연소(延燒)방지 조치를 하여야 한다) 또는 금속관 혹은 합성수지관 등에 넣은 절연전선을 사용하여야 한다.
2. 제1호의 각 전선은 관련되는 각 조항에서 사용이 허용되는 것에 한하여 시설할 수 있다.
3. 케이블트레이 안에서 전선을 접속하는 경우에는 전선 접속부분에 사람이 접근할 수 있고 또한 그 부분이 측면 레일 위로 나오지 않도록 하고 그 부분을 절연처리하여야 한다.
4. 수평으로 포설하는 케이블 이외의 케이블은 케이블 트레이의 가로대에 견고하게 고정시켜야 한다.
5. 저압 케이블과 고압 또는 특고압 케이블은 동일 케이블 트레이 안에 시설하여서는 아니 된다. 다만, 견고한 불연성의 격벽을 시설하는 경우 또는 금속 외장 케이블인 경우에는 그러하지 아니하다.
6. 동일 케이블트레이에 시설할 수 있는 다심케이블의 수는 다음 중 1에 의하여야 한다.

가. 사다리형 또는 편칭형 케이블트레이내에 전력용 또는 전등용 다심케이블을 시설하는 경우 혹은 전력용, 전등용, 제어용, 신호용의 다심케이블을 함께 시설하는 경우의 케이블의 최대수는 다음 중 1에 적합하여야 한다.

- (1) 모든 케이블이 단면적(공칭단면적을 말한다. 이하 이 조에서 같다) 120 mm<sup>2</sup> 이상의 케이블인 경우에는 이들 케이블의 지름(케이블의 완성품의 바깥지름을 말한다. 이하 이 조에서 같다)의 합계는 케이블 트레이의 내측폭 이하로 하고 단층으로 시설할 것.
- (2) 모든 케이블이 공칭단면적 120 mm<sup>2</sup> 미만의 케이블인 경우에는 이들 케이블의 단면적의 합계(케이블의 완성품의 단면적의 합계를 말한다. 이하 이 조에서 같다)는 표 194-1에 표시하는 최대허용 케이블 점유면적 이하로 할 것.

[표 194-1]

최대허용 케이블 점유면적

트레이 내측폭[mm]	150	200	300	400	500
점유면적[mm <sup>2</sup> ]	4,500	6,000	9,000	12,000	15,000
트레이 내측폭[mm]	600	700	800	900	1,000
점유면적[mm <sup>2</sup> ]	18,000	21,000	24,000	27,000	30,000

(3) 단면적 120 mm<sup>2</sup> 이상의 케이블, 단면적 120 mm<sup>2</sup> 미만의 케이블과 함께 동일 케이블 트레이 안에 시설하는 경우에는 단면적 120 mm<sup>2</sup> 미만의 케이블들의 단면적의 합계는 표 194-2에 표시하는 계산식에 의하여 구한 최대허용 케이블 점유면적 이하로 하여야 하며 단면적 120 mm<sup>2</sup> 이상의 케이블은 단층으로 시설하고 그 위에 다른 케이블을 얹지 말 것.

[표 194-2]

최대허용 케이블 점유면적

트레이내측폭[mm]	150	200	300	400	500
점유면적[mm <sup>2</sup> ]	4,500-30 ×sd	6,000-30 ×sd	9,000-30 ×sd	12,000-30 ×sd	15,000-30 ×sd
트레이내측폭[mm]	600	700	800	900	1,000
점유면적[mm <sup>2</sup> ]	18,000-30 ×sd	21,000-30 ×sd	24,000-30 ×sd	27,000-30 ×sd	30,000-30 ×sd

여기서, sd는 120 mm<sup>2</sup> 이상인 다심케이블의 바깥지름의 합계치를 말한다.

나. 내부깊이 150 mm 이하의 사다리형 또는 편칭형 케이블 트레이 안에 다심 제어용 케이블 또는 다심 신호용 케이블만을 넣는 경우 혹은 이들 케이블을 함께 넣는 경우에는 모든 케이블의 단면적의 합계는 케이블 트레이의 내부 단면적의 50 % 이하로 하여야 한다. 이 경우 내부깊이가 150 mm를 초과하는 케이블 트레이의 경우에는 트레이의 내부단면적의 계산에는 깊이를 150 mm로 하여 계산할 것.

다. 바닥밀폐형 케이블 트레이 안에 전력용 또는 전등용의 다심케이블을 시설하는 경우 또는 전력용, 전등용, 제어용 및 신호용의 다심케이블을 함께 시설하는 경우에는 케이블의 최대수는 다음중 1에 적합하여야 한다.

- (1) 모든 케이블이 단면적 120 mm<sup>2</sup> 이상의 케이블인 경우에는 케이블들의 지

름의 합계는 케이블 트레이의 내측 폭의 90 % 이하로 하고 케이블을 단층으로 시설할 것.

- (2) 모든 케이블이 단면적 120 mm<sup>2</sup> 미만의 케이블인 경우에는 케이블들의 단면적의 합계는 표 194-3에 표시하는 최대 허용 케이블 점유면적 이하로 할 것.

[표 194-3]

최대허용 케이블 점유면적

트레이내측폭 [mm]	150	200	300	400	500
점유면적 [mm <sup>2</sup> ]	3,750	5,000	7,500	10,000	12,500
트레이내측폭 [mm]	600	700	800	900	1,000
점유면적 [mm <sup>2</sup> ]	15,000	17,500	20,000	22,500	25,000

- (3) 단면적 120 mm<sup>2</sup> 이상인 케이블을 단면적 120 mm<sup>2</sup> 미만의 케이블과 함께 동일 케이블 트레이내에 시설한 경우에는 단면적 120 mm<sup>2</sup> 미만의 케이블들의 단면적의 합계는 표 194-4에 표시하는 계산식에 의하여 구한 최대 허용 점유면적이하로 하여야 하며 단면적 120 mm<sup>2</sup> 이상의 케이블은 단층으로 시설하고 그 위에 다른 케이블을 얹지 말 것.

[표 194-4]

최대허용 케이블 점유면적

트레이내측폭 [mm]	150	200	300	400	500
점유면적 [mm <sup>2</sup> ]	3,750-(25×sd)	5,000-(25×sd)	7,500-(25×sd)	10,000-(25×sd)	12,500-(25×sd)
트레이내측폭 [mm]	600	700	800	900	1,000
점유면적 [mm <sup>2</sup> ]	15,000-(25×sd)	17,500-(25×sd)	20,000-(25×sd)	22,500-(25×sd)	25,000-(25×sd)

여기서, sd는 120 mm<sup>2</sup> 이상인 다심케이블의 바깥지름의 합계치를 말한다.

라. 내부깊이 150 mm 이하의 바닥밀폐형 케이블 트레이에 제어용 또는 신호용 다심케이블만을 시설하는 경우 혹은 제어용 및 신호용 다심케이블을 함께 시설하는 경우에는 이들 케이블의 단면적의 합계는 그 케이블 트레이의 내부단면적의 40 % 이하로 할 것. 이 경우 내부깊이가 150 mm를 초과하는 케이블 트레이의

경우에는 트레이의 내부단면적의 계산에는 깊이를 150 mm로 하여 계산할 것.

다. 통풍채널형 케이블 트레이 안에 다심케이블을 시설하는 경우에는 모든 케이블의 단면적의 합계는 케이블 트레이의 내측 폭이 75 mm는 850 mm<sup>2</sup> 이하, 100 mm는 1,600 mm<sup>2</sup> 이하, 150 mm는 2,450 mm<sup>2</sup> 이하로 할 것. 다만, 다심케이블 1 조만을 시설하는 경우에는 케이블 트레이의 내측 폭이 75 mm는 1,500 mm<sup>2</sup> 이하, 100 mm는 2,900 mm<sup>2</sup> 이하, 150 mm는 4,500 mm<sup>2</sup> 이하로 할 수 있다.

7. 동일 케이블 트레이내에 시설할 수 있는 단심케이블의 수는 다음 중 1에 의하여야 한다. 단심케이블 또는 단심케이블을 조합한 것은 케이블 트레이내에 평탄하게 횡단되도록 배치하여야 한다.

가. 사다리형 또는 편칭형 케이블 트레이내에 단심케이블을 시설하는 경우에는 단심케이블의 최대수는 다음 중 1에 적합하여야 한다.

- (1) 모든 케이블이 단면적 500 mm<sup>2</sup> 이상의 케이블인 경우에는 이들 단심케이블의 지름의 합계는 케이블 트레이의 내측폭 이하가 되도록 할 것.  
 (2) 모든 케이블이 단면적 120 mm<sup>2</sup> 초과 500 mm<sup>2</sup> 미만의 케이블인 경우에는 단심케이블의 단면적의 합계는 표 194-5에 표시하는 최대허용 케이블 점유면적 이하로 할 것.

[표 194-5]

최대허용 케이블 점유면적

트레이 내측폭[mm]	150	200	300	400	500
점유면적[mm <sup>2</sup> ]	4,200	5,600	8,400	11,200	14,000
트레이 내측폭[mm]	600	700	800	900	1,000
점유면적[mm <sup>2</sup> ]	16,800	19,600	22,400	25,200	28,000

- (3) 단면적 500 mm<sup>2</sup> 이상의 단심케이블을 단면적 500 mm<sup>2</sup> 미만의 단심케이블과 함께 동일 케이블 트레이내에 시설하는 경우에는 단면적 500 mm<sup>2</sup> 미만의 단심케이블들의 단면적의 합계는 표 194-6에 표시하는 계산식에 의하여 구한 최대허용 케이블 점유면적 이하로 할 것.

[표 194-6]

최대허용 케이블 점유면적

트레이 내측폭 [mm]	150	200	300	400	500
점유면적 [mm <sup>2</sup> ]	4,200-(28×sd)	5,600-(28×sd)	8,400-(28×sd)	11,200-(28×sd)	14,000-(28×sd)

트레이 내측폭 [mm]	600	700	800	900	1,000
접유면적 [mm <sup>2</sup> ]	16,800- 28×sd	19,600- 28×sd	22,400- 28×sd	25,200- 28×sd	28,000- 28×sd

여기서, sd는 500 mm<sup>2</sup> 이상인 단심케이블의 바깥지름의 합계 값을 말한다.

(4) 단면적 50 mm<sup>2</sup> 이상 120 mm<sup>2</sup> 이하의 케이블인 경우에는 이들 단심케이블의 지름의 합계는 케이블 트레이 내측폭 이하로 할 것.

나. 75 mm, 100 mm 또는 150 mm 폭의 통풍채널형 케이블트레이 안에 단심케이블을 시설하는 경우에는 단심케이블들의 지름 합계는 그 채널의 내측폭 이하로 할 것.

8. 단심케이블과 단심케이블을 동일 케이블 트레이 안에 시설하는 경우에는 제1호부터 제7호까지의 각각의 규정에 적합하여야 한다.

② 케이블 트레이공사에 사용하는 케이블 트레이는 다음 각 호에 적합하여야 한다.

1. 수용된 모든 전선을 지지할 수 있는 적합한 강도의 것이어야 한다. 이 경우 케이블 트레이의 안전율은 1.5 이상으로 하여야 한다.
2. 지지대는 트레이 자체하중과 포설된 케이블 하중을 충분히 견딜 수 있는 강도를 가져야 한다.
3. 전선의 피복 등을 손상시킬 돌기 등이 없이 매끈하여야 한다.
4. 금속제의 것은 적절한 방식처리를 한 것이거나 내식성 재료의 것이어야 한다.
5. 측면 레일 또는 이와 유사한 구조재를 취부 하여야 한다.
6. 배선의 방향 및 높이를 변경하는데 필요한 부속제 기타 적당한 기구를 갖춘 것이어야 한다.
7. 비금속제 케이블 트레이는 난연성 재료의 것이어야 한다.
8. 금속제 케이블 트레이 계통은 기계적 및 전기적으로 완전하게 접속하여야 하며 저압육내배선의 사용전압이 400 V 미만인 경우에는 금속제 트레이에 제3종 접지공사, 사용전압이 400 V 이상인 경우에는 특별 제3종 접지공사를 하여야 한다.
9. 케이블이 케이블 트레이 계통에서 금속관, 합성수지관 등 또는 함으로 옮겨가는 개소에는 케이블에 압력이 가하여지지 않도록 지지하여야 한다.
10. 별도로 방호를 필요로 하는 배선부분에는 필요한 방호력이 있는 불연성의 커버 등을 사용하여야 한다.
11. 케이블 트레이가 방화구획의 벽, 마루, 천장 등을 관통하는 경우에 관통부는 불연성의 물질로 충전(充填)하여야 한다.
12. 케이블트레이공사에 사용하는 케이블 트레이 및 그 부속제의 표준은 KS C 8464 또는 산업통상자원부장관이 지정하는 자가 전력산업계의 의견 수렴을 거쳐 정한 전력산업기술기준(KEPIC) ECD 3000을 준용할 수 있다.

③ 저압 육내 배선의 케이블 트레이 공사의 경우 KS C IEC 60364-5-52에 의한 시설 방법을 적용할 수 있다.

제195조(금속망 사용 등의 목조 조영물에서의 시설) ① 금속망 또는 금속관을 사용한 목조 조영물에 예자 사용 공사로 저압 육내배선을 시설하는 경우에는 다음 각 호에 따라야 한다.

1. 전선을 시설하는 부분의 금속망 또는 금속관의 윗면을 목관·합성 수지관 기타 절연성 및 내구성이 있는 물질로 덮어 시설할 것.
  2. 전선이 금속망 또는 금속관을 사용한 목조의 조영체를 관통할 경우에는 그 관통하는 부분의 전선을 전선마다 각각 별개의 난연성 및 내수성이 있는 견고한 절연관에 넣어 시설할 것.
- ② 금속망 또는 금속관을 사용한 목조의 조영물에 합성수지 몰드 공사·합성수지관 공사·금속관 공사·금속 몰드 공사·가요 전선관 공사·금속 덕트 공사·버스 덕트 공사·케이블 공사·케이블 트레이 공사 또는 라이팅 덕트 공사에 의하여 저압 육내배선을 시설하는 경우에는 다음 각 호에 따라야 한다.
1. 금속망 또는 금속관과 다음의 것과는 전기적으로 접속하지 아니하도록 시설할 것.
    - 가. 금속관 공사에 사용하는 금속관, 금속 몰드 공사에 사용하는 금속 몰드, 가요 전선관 공사에 사용하는 가요 전선관 또는 합성수지관 공사에 사용하는 분진 방폭형 플렉시블 피팅
    - 나. 합성수지관 공사에 사용하는 합성수지관, 금속관 공사에 사용하는 금속관 또는 가요 전선관 공사에 사용하는 가요 전선관에 접속하는 금속제의 풀박스
    - 다. 합성수지 몰드 공사에 사용하는 합성수지 몰드를 조영체에 붙이기 위한 금속제의 나사 또는 이와 유사한 것으로 합성수지 몰드 안의 전선에 접촉할 우려가 있는 것.
    - 라. 합성수지 몰드 공사에 사용하는 합성수지 몰드, 금속관 공사에 사용하는 금속관, 금속 몰드 공사에 사용하는 금속몰드 또는 가요 전선관 공사에 사용하는 가요 전선관에 접속하는 금속제의 부속품
    - 마. 금속 덕트 공사·버스 덕트 공사 또는 라이팅 덕트 공사에 사용하는 덕트
    - 바. 케이블 공사에 사용하는 관 기타의 전선을 넣은 방호 장치의 금속제 부분 또는 금속제의 전선 접속함
    - 사. 케이블의 피복에 사용하는 금속제
      - 아. 케이블트레이 공사에 사용하는 금속제 부분
  2. 전선이 금속관 공사·가요 전선관 공사·금속 덕트 공사 또는 케이블 트레이 공사·케이블 공사(금속으로 피복된 케이블을 사용하는 공사에 한한다)에 의하여 금속망 또는 금속관을 사용한 조영체를 관통하는 경우에는 그 부분의 금속망 또는 금속관을 충분히 절개(切開)하고 또한 그 부분의 금속관·가요 전선관·금속 덕트·버스 덕트·금속제 케이블트레이 또는 케이블에 내구성이 있는 절연관을 끼우거나 내구성이 있는 절연테이프를 감아서 금속망 또는 금속관과 전기적으로 접속하지 아니하도록 시설할 것.

**제196조(저압 옥내배선과 약전류 전선 등 또는 관과의 접근 또는 교차)** ① 저압 옥내배선이 약전류 전선 등 또는 수관·가스관이나 이와 유사한 것과 접근하거나 교차하는 경우에 저압 옥내배선을 애자사용 공사에 의하여 시설하는 때에는 저압 옥내배선과 약전류 전선 등 또는 수관·가스관이나 이와 유사한 것과의 이격거리는 10cm(전선이 나전선인 경우에 30cm) 이상이어야 한다. 다만, 저압 옥내배선의 사용전압이 400V 미만인 경우에 저압 옥내배선과 약전류 전선 등 또는 수관·가스관이나 이와 유사한 것과의 사이에 절연성의 격벽을 견고하게 시설하거나 저압 옥내배선을 충분한 길이의 난연성 및 내수성이 있는 견고한 절연관에 넣어 시설하는 때에는 그러하지 아니하다.

② 저압 옥내배선이 약전류 전선 또는 수관·가스관이나 이와 유사한 것과 접근하거나 교차하는 경우에 저압 옥내배선을 합성수지몰드 공사·합성수지관공사·금속관공사·금속몰드공사·가요전선관공사·금속덕트공사·비스덕트공사·플로어덕트공사·셀룰러덕트공사·케이블공사·케이블 트레이공사 또는 라이팅덕트공사에 의하여 시설할 때에는 제3항 각 호의 경우 이외에는 저압 옥내배선이 약전류 전선 또는 수관·가스관이나 이와 유사한 것과 접촉하지 아니하도록 시설하여야 한다.

③ 저압 옥내배선을 합성수지몰드공사·합성수지관공사·금속관공사·금속몰드공사·가요전선관공사·금속덕트공사·비스덕트공사·플로어덕트공사·케이블트레이공사 또는 셀룰러덕트공사에 의하여 시설하는 경우에는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우 이외에는 전선과 약전류 전선을 동일한 관·몰드·덕트·케이블 트레이나 이들의 박스 기타의 부착품 또는 폴 박스 안에 시설하여서는 아니 된다.

1. 저압 옥내배선을 합성수지관공사·금속관공사·금속몰드공사 또는 가요전선관공사에 의하여 시설하는 전선과 약전류 전선을 각각 별개의 관 또는 몰드에 넣어 시설하는 경우에 전선과 약전류 전선 사이에 견고한 격벽을 시설하고 또한 금속제 부분에 특별 제3종 접지공사를 한 박스 또는 폴박스 안에 전선과 약전류 전선을 넣어 시설할 때
2. 저압 옥내배선을 금속덕트공사·플로어덕트공사 또는 셀룰러덕트공사에 의하여 시설하는 경우에 전선과 약전류 전선 사이에 견고한 격벽을 시설하고 또한 특별 제3종 접지공사를 한 덕트 또는 박스 안에 전선과 약전류 전선을 넣어 시설할 때
3. 저압 옥내배선을 비스덕트공사 및 케이블 트레이공사 이외의 공사에 의하여 시설하는 경우에 약전류 전선이 제어회로 등의 약전류 전선이고 또한 약전류 전선에 절연전선과 동등 이상의 절연효력이 있는 것(저압 옥내배선과 식별이 쉽게 될 수 있는 것에 한한다)을 사용할 때
4. 저압 옥내배선을 비스덕트공사 및 케이블 트레이공사 이외에 공사에 의하여 시설하는 경우에 약전류 전선에 특별 제3종 접지공사를 한 금속제의 전기적 차폐층이 있는 통신용 케이블을 사용할 때
5. 저압 옥내배선을 케이블 트레이 공사에 의하여 시설하는 경우에 약전류 전선이 제어회로 등의 약전류 전선이고 또한 약전류 전선을 금속관 또는 합성수지관에 넣

어 케이블 트레이에 시설할 때

④ 저압 옥내배선이 다른 저압 옥내배선 또는 관등회로의 배선과 접근하거나 교차하는 경우에 애자사용 공사에 의하여 시설하는 저압 옥내배선과 다른 저압 옥내배선 또는 관등회로의 배선 사이의 이격거리는 10cm(애자사용 공사에 의하여 시설하는 저압 옥내배선이 나전선인 경우에는 30cm) 이상이어야 한다. 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 애자사용 공사에 의하여 시설하는 저압 옥내배선과 다른 애자사용 공사에 의하여 시설하는 저압 옥내배선 사이에 절연성의 격벽을 견고하게 시설하거나 어느 한쪽의 저압 옥내배선을 충분한 길이의 난연성 및 내수성이 있는 견고한 절연관에 넣어 시설하는 경우
  2. 애자사용 공사에 의하여 시설하는 저압 옥내배선과 애자사용 공사에 의하여 시설하는 다른 저압 옥내배선 또는 관등회로의 배선이 병행하는 경우에 상호 간의 이격거리를 6cm 이상으로 하여 시설할 때
  3. 애자사용 공사에 의하여 시설하는 저압 옥내배선과 다른 저압 옥내배선(애자사용 공사에 의하여 시설하는 것을 제외한다) 또는 관등회로의 배선 사이에 절연성의 격벽을 견고하게 시설하거나 애자사용 공사에 의하여 시설하는 저압 옥내배선이나 관등회로의 배선을 충분한 길이의 난연성 및 내수성이 있는 견고한 절연관에 넣어 시설하는 경우
- ⑤ 가스계량기 및 가스관의 이음부(용접이음매를 제외한다)와 전기설비의 이격거리는 다음 각 호에 따라야 한다.
1. 가스계량기 및 가스관의 이음부와 전력량계 및 개폐기의 이격거리는 60cm 이상
  2. 가스계량기와 접멸기 및 접속기의 이격거리는 30cm 이상
  3. 가스관의 이음부와 접멸기 및 접속기의 이격거리는 15cm 이상

**제197조(옥내 저압용의 전구선의 시설)** ① 옥내에 시설하는 사용전압이 400V 미만인 전구선(전기사용장소에 시설하는 전선 중 조영물에 고정시키지 아니하는 백열전등에 이르는 것으로서 조영물에 고정시켜 시설하지 아니하는 것을 말하며 전기사용기계기구 안의 전선을 제외한다. 이하 같다)은 고무코드 또는 0.6/1kV EP 고무 절연 클로로프렌캡타이어케이블로서 단면적이 0.75mm<sup>2</sup> 이상인 것이어야 한다. 다만, 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 전구선에는 단면적이 0.75mm<sup>2</sup> 이상인 450/750V 내열성에틸렌아세테이트 고무절연전선(출구부의 전선의 간격이 10mm 이상인 전구 소켓에 부착하는 전선은 단면적이 0.75mm<sup>2</sup> 이상인 450/750V 내열성에틸렌아세테이트 고무절연전선 또는 450/750V 일반용 단심 비닐절연전선)을 사용할 수 있다.

② 옥내에 시설하는 사용전압이 400V 미만인 저압 전구선과 옥내배선의 접속은 그 접속점에 전구 또는 기구의 중량을 옥내배선에 지지시키지 아니하도록 하여야 한다.

③ 사용전압이 400V 이상인 전구선은 옥내에 시설하여서는 아니 된다.

**제198조(옥내 저압용 이동전선의 시설)** ① 옥내에 시설하는 저압의 이동전선(전기사용장소에 시설하는 전선 중 조영물에 고정시키지 아니하는 것을 말하며 전구선 및 전기사용기계

구 안의 전선을 제외한다. 이하 같다)은 제244조제1항제7호(제245조에서 준용하는 경우를 포함한다)에 규정하는 이동전선을 제외하고는 다음 각 호의 것이어야 한다.

1. 옥내에 시설하는 사용전압이 400 V 미만인 이동전선은 고무코드 또는 0.6/1 kV EP 고무 절연 클로로프렌 캡타이어케이블로서 단면적이 0.75 mm<sup>2</sup> 이상인 것일 것. 다만, 전기면도기·전기이발기 기타 이와 유사한 가정용 전기기계기구에 부착하는 이동전선에 길이 2.5 m 이하인 금사(金絲) 코드를 사용하고 또한 이를 건조한 장소에서 사용하는 경우, 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 장식용 전등 기구(직렬식의 것에 한한다)에 부착된 이동용 전선을 건조한 장소에서 사용하는 경우, 제207조의 규정에 의하여 리프트 케이블을 사용하는 경우 또는 제247조의 규정에 의하여 용접용 케이블을 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다.
  2. 옥내에 시설하는 사용전압이 400 V 이상인 저압의 이동 전선은 0.6/1 kV EP 고무 절연 클로로프렌 캡타이어케이블로서 단면적이 0.75 mm<sup>2</sup> 이상인 것일 것. 다만, 전기를 열로 이용하지 아니하는 전기기계기구에 부착된 이동 전선은 단면적이 0.75 mm<sup>2</sup> 이상인 0.6/1 kV 비닐절연 비닐캡타이어 케이블을 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다.
- ② 방전등·라디오 수신기·선풍기·전기 이발기·전기스탠드 기타 전기를 열로 이용하지 아니하는 전기사용기계기구·전기 이불·전기온수기 기타 고온부가 노출하지 아니하고 또한 이에 전선이 접촉할 우려가 없는 구조의 전열기(전열기와 이동 전선의 접속부의 온도가 80℃ 이하이고 또한 전열기의 외면의 온도가 100℃를 초과할 우려가 없는 것에 한한다) 또는 이동 점멸기에 부착된 이동 전선에는 제1항의 규정에 불구하고 단면적이 0.75 mm<sup>2</sup> 이상인 유연성 비닐 절연전선(코드) 또는 0.6/1 kV 비닐절연 비닐캡타이어 케이블을 사용할 수 있다.
- ③ 옥내에 시설하는 저압의 이동전선에 접속하는 전기사용기계기구의 금속제 외함에 제33조제1항의 규정에 의하여 접지공사를 하는 경우에 그 이동전선으로 사용하는 다심코드 또는 다심 캡타이어 케이블의 선심의 하나를 접지선으로 사용하는 때에는 그 선심과 전기사용기계기구의 외함 및 조영물에 고정되어 있는 접지선과의 접속에는, 다심 코드 또는 다심 캡타이어 케이블과 전기사용기계기구 또는 옥내배선과의 접속에 사용하는 꽃음 접속기 기타 이와 유사한 기구의 1극을 사용하여야 한다. 다만, 다심 코드 또는 다심 캡타이어 케이블과 전기사용기계기구를 나사로 고정하여 접속하는 경우에는 다심 코드 또는 다심 캡타이어 케이블과 전기사용 기구와의 접속에 대하여는 그러하지 아니하다.
- ④ 제3항의 꽃음 접속기 기타 이와 유사한 기구의 접지선에 접속하는 1극은 다른 극과 명확하게 구별할 수 있는 구조로 되어 있는 것이어야 한다.
- ⑤ 옥내에 시설하는 저압의 이동전선과 저압 옥내배선과의 접속에는 꽃음 접속기 기타 이와 유사한 기구를 사용하여야 한다. 다만, 이동전선을 조가용선에 조가하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
- ⑥ 옥내에 시설하는 저압의 이동전선과 전기사용기계기구의 접속에는 꽃음 접속기 기

타 이와 유사한 기구를 사용하여야 한다. 다만, 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설한 단자 금속물에 코드를 나사로 고정시키는 경우에는 그러하지 아니하다.

**제199조(먼지가 많은 장소에서의 저압의 시설)** ① 폭연성 분진(마그네슘·알루미늄·티탄·지르코늄 등의 먼지가 쌓여있는 상태에서 불이 붙었을 때에 폭발할 우려가 있는 것을 말한다. 이하 같다) 또는 화약류의 분말이 전기설비가 발화원이 되어 폭발할 우려가 있는 곳에 시설하는 저압 옥내 전기설비(사용전압이 400 V 이상인 방전 등을 제외한다. 이하 이 조부터 제202조까지에서 같다)는 다음 각 호에 따르고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.

1. 저압 옥내배선, 저압 관등회로 배선, 제244조제1항에 규정하는 소세력 회로의 전선 및 제245조에 규정하는 출퇴 표시등 회로의 전선(이하 이 조 및 제200조에서 “저압 옥내배선 등”이라 한다)은 금속관 공사 또는 케이블 공사(캡타이어 케이블을 사용하는 것을 제외한다)에 의할 것.
2. 금속관 공사에 의하는 때에는 다음에 의하여 시설할 것.
  - 가. 금속관은 박강 전선관(薄鋼電線管) 또는 이와 동등 이상의 강도를 가지는 것일 것.
  - 나. 박스 기타의 부착품 및 풀박스는 쉽게 마모·부식 기타의 손상을 일으킬 우려가 없는 패키징을 사용하여 먼지가 내부에 침입하지 아니하도록 시설할 것.
  - 다. 관 상호 간 및 관과 박스 기타의 부착품·풀박스 또는 전기기계기구와는 5푼 이상 나사조임으로 접속하는 방법 기타 이와 동등 이상의 효력이 있는 방법에 의하여 견고하게 접속하고 또한 내부에 먼지가 침입하지 아니하도록 접속할 것.
  - 라. 전등기에 접속하는 부분에서 가요성을 필요로 하는 부분의 배선에는 제184조 제2항제1호 단서에 규정하는 방폭형의 부착품 중 분진 방폭형 플렉시블 피팅을 사용할 것.
3. 케이블 공사에 의하는 때에는 다음에 의하여 시설할 것.
  - 가. 전선은 제136조제4항제2호에 규정하는 개장된 케이블 또는 미네랄인슈레이션 케이블을 사용하는 경우 이외에는 관 기타의 방호 장치에 넣어 사용할 것.
  - 나. 전선을 전기기계기구에 끌어낼 때에는 패키징 또는 충전제를 사용하여 인입구로부터 먼지가 내부에 침입하지 아니하도록 하고 또한 인입구에서 전선이 손상될 우려가 없도록 시설할 것.
4. 이동 전선은 제3호“나”의 규정에 준하여 시설하는 이외에 접속점이 없는 0.6/1 kV EP 고무절연 클로로프렌 캡타이어케이블을 사용하고 또한 손상을 받을 우려가 없도록 시설할 것.
5. 전선과 전기기계기구는 진동에 의하여 헐거워지지 아니하도록 견고하고 또한 전기적으로 완전하게 접속할 것.
6. 전기기계기구는 제4항에서 정하는 표준에 적합한 분진 방폭 특수 방진 구조로 되어 있을 것.
7. 백열전등 및 방전등용 전등기구는 조영제에 직접 견고하게 붙이거나 또는 전등을

다는 관·전등 완관(電燈腕管) 등에 의하여 조영재에 견고하게 붙일 것.

8. 전동기는 과전류가 생겼을 때에 폭연성 분진에 착화할 우려가 없도록 시설할 것.

② 가연성 분진(소맥분·전분·유황 기타 가연성의 먼지로 공중에 떠다니는 상태에서 착화하였을 때에 폭발할 우려가 있는 것을 말하며 폭연성분진을 제외한다. 이하 같다)에 전기설비가 발화원이 되어 폭발할 우려가 있는 곳에 시설하는 저압 옥내 전기설비는 제1항제5호, 제7호 및 제8호의 규정에 준하여 시설하는 이외에 다음 각 호에 따르고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.

1. 저압 옥내배선 등은 합성수지관 공사(두께 2mm 미만의 합성수지 전선관 및 난연성이 없는 콤팩트 덕트관을 사용하는 것을 제외한다)·금속관 공사 또는 케이블 공사에 의한 것.

2. 합성수지관 공사에 의하는 때에는 다음에 의하여 시설할 것.

가. 합성수지관 및 박스 기타의 부속품은 손상을 받을 우려가 없도록 시설할 것.

나. 박스 기타의 부속품 및 폴박스는 쉽게 마모·부식 기타의 손상이 생길 우려가 없는 패킹을 사용하는 방법, 틈새의 깊이를 길게 하는 방법, 기타 방법에 의하여 먼지가 내부에 침입하지 아니하도록 시설할 것.

다. 관과 전기기계기구는 제183조제3항제1호의 규정에 준하여 접속할 것.

라. 전동기에 접속하는 부분에서 가요성을 필요로 하는 부분의 배선에는 제183조 제2항제1호 단서에 규정하는 분진방폭형 플레시블 피팅을 사용할 것.

3. 금속관 공사에 의하는 때에는 제1항제2호 “가” 및 “라”와 제2호 “나”의 규정에 준하여 시설하는 이외에 관 상호 간 및 관과 박스 기타 부속품·폴박스 또는 전기기계기구와는 5척 이상 나사 조임으로 접속하는 방법 기타 이와 동등 이상의 효력이 있는 방법에 의하여 견고하게 접속할 것.

4. 케이블 공사에 의하는 때에는 제1항제3호 “가”의 규정에 준하여 시설하는 이외에 전선을 전기기계기구에 끌어낼 때에는 인입구에서 먼지가 내부로 침입하지 아니하도록 하고 또한 인입구에서 전선이 손상될 우려가 없도록 시설할 것.

5. 이동 전선은 제4호(제1항제3호 “가”의 규정을 준용하는 부분을 제외한다)의 규정에 준하여 시설하는 외에 접속점이 없는 0.6/1kV EP 고무 절연 클로로프렌 캡타이어 케이블 또는 0.6/1kV 비닐 절연 비닐캡타이어 케이블을 사용하고 또한 손상을 받을 우려가 없도록 시설할 것.

6. 전기기계기구는 제5항에서 정하는 표준에 적합한 분진방폭형 보통 방진구조로 되어 있을 것.

③ 제1항 및 제2항에 규정하는 곳 이외의 곳으로서 먼지가 많은 곳에 시설하는 저압 옥내전기설비는 제1항제5호의 규정에 준하여 시설하는 이외에 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다. 다만, 유효한 제진장치를 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 저압 옥내배선 등은 애자사용 공사·합성수지관 공사·금속관 공사·가요전선관 공사·금속덕트 공사·버스덕트 공사(환기형의 덕트를 사용하는 것을 제외한다) 또는 케이블 공사에 의하여 시설할 것.

2. 전기기계기구로서 먼지가 부착함으로써 온도가 비정상적으로 상승하거나 절연 성능 또는 개폐 기구의 성능이 나빠질 우려가 있는 것에는 방진장치를 할 것.

3. 먼·마·건 기타 타기 쉬운 섬유류의 먼지가 있는 곳에 전기기계기구를 시설하는 경우에는 먼지가 착화할 우려가 없도록 시설할 것.

④ 제1항제6호에 의한 분진 방폭 특수방진구조는 다음 각 호에 적합한 것일 것.

1. 용기(전기기계기구의 외함·외피·보호커버 등 그 전기기계기구의 방폭 성능을 유지하기 위한 포피부분(包被部分)을 말하며 단자함을 제외한다. 이하 이 항 및 제2항에서 같다)는 전폐구조로서 전기가 통하는 부분이 외부로부터 손상을 받지 아니하도록 한 것일 것.

2. 용기의 전부 또는 일부에 유리·합성수지 등 손상을 받기 쉬운 재료가 사용되고 있는 경우에는 이들의 재료가 사용되고 있는 곳을 보호하는 장치를 붙일 것. 다만, 그 부분의 재료가 KS L 2002(2006) “강화유리”에 적합한 강화유리·KS L 2004(2009) “접합유리”에 적합한 접합유리나 이들과 동등 이상의 강도를 가지는 것일 경우 또는 그 부분이 용기의 구조상 외부로부터 손상을 받을 우려가 없는 위치에 있을 경우에는 그러하지 아니하다.

3. 볼트·너트·작은 나사·틀어 끼는 덮개 등의 부재로서 용기의 방폭 성능의 유지를 위하여 필요한 것은 일반 공구를 가지고는 쉽게 풀거나 조작할 수 없도록 한 구조(이하 이 조에서 “자물쇠식 죄임구조”라 한다)여야 하며 또한 그 부재가 사용 중 헐거워질 우려가 있는 경우에는 스톱너트·스프링좌금·설부좌금(舌付座金) 또는 할핀(割핀)을 사용하는 등의 방법에 의하여 그 부재에 헐거워짐 방지를 한 구조(이하 이 조에서 “헐거워짐 방지구조”라 한다)일 것.

4. 접합면(조작축 또는 회전기축과 용기사이의 접합면을 제외한다)은 패킹을 붙이고 또한 그 패킹이 이탈하거나 헐거워질 우려가 없도록 하는 방법, KS B ISO 4287 “제품의 형상 명세(GPS)-표면조직-프로파일법:용어, 정의 및 표면 조직의 파라미터”의 거칠기의 표시와 구분의 항에 정하는 18-S 이상으로 다듬질하고 그 들어가는 깊이를 15mm 이상으로 하고 또한 상호 간 밀접시키는 방법 등에 의하여 외부로부터 먼지가 침입하지 아니하도록 한 구조일 것.

5. 조작축과 용기사이의 접합면은 그 들어가는 깊이를 10mm 이상으로 하고 또한 패킹 누르기를 사용하여 그 접합면에 패킹을 붙이는 방법 또는 이와 동등 이상의 방폭 성능을 유지할 수 있는 방법으로 외부로부터 먼지가 침입하지 아니하도록 한 구조일 것.

6. 회전기축과 용기사이의 접합면은 패킹을 2단 이상 붙이는 방법, 간격이 0.5mm 이하이고 들어가는 깊이가 45mm 이상인 라비린스 구조로 하는 방법 등으로 외부로부터 먼지가 침입하지 아니하도록 한 구조일 것.

7. 용기의 일부에 관통나사를 사용하거나 용기의 일부가 틀어 끼는 결합방식으로 결합되어 있는 것으로서 나사 결합부분을 통하여 외부로부터 먼지가 침입할 우려가 있는 경우에는 5척 이상의 나사결합이나 패킹 또는 스톱너트를 사용하는 등의 방



- 법으로 외부로부터 먼지가 침입하지 아니하도록 한 구조일 것.
8. 용기외면의 온도상승 한도의 값은 용기외부의 폭연성 먼지에 착화할 우려가 없는 값일 것.
  9. 단자함은 부재상호 간의 접합면에 패킹을 붙이는 방법 또는 이와 동등 이상의 방폭 성능을 유지할 수 있는 방법으로 외부로부터 먼지가 침입하지 아니하도록 한 구조의 것일 것.
  10. 전선이 관통하는 부분의 용기의 구조는 전선과 외함 간에 절연물의 충전하든가 패킹을 붙이고 또한 전선·절연물·패킹 및 외함 상호의 접촉면에 들어가는 깊이를 표 199-1에서 정한 값 이상으로 하는 등의 방법으로 외부로부터 먼지가 침입하지 아니하도록 한 것일 것.

[표 199-1]

접촉면의 외주의 구분	접촉면에 들어가는 깊이
30 cm 이하	5 mm
30 cm 초과 50 cm 이하	8 mm
50 cm를 초과하는 것	10 mm

11. 전기를 통하는 부분 상호 간은 나사 조임·리벳 조임·슬리브 또는 바인드선으로 보강한 납땀·용접 등의 방법으로 견고히 접속한 것일 것.
  12. 전기를 통하는 부분에 대한 연면거리(沿面距離) 및 절연 공간거리는 그 부분의 정격전압 및 절연물의 종류에 따라 필요한 절연효력을 유지할 수 있는 값일 것.
  13. 패킹은 다음에 적합한 것일 것.
    - 가. 재료는 접합면의 온도상승에 의한 열에 견디고 또한 쉽게 마모되거나 부식되는 등의 손상이 생기지 아니하는 것일 것.
    - 나. 접합면의 형상에 적합한 형상의 것일 것.
  14. 전기기계기구는 그 보기 쉬운 곳에 그 전기기계기구가 분진방폭 특수 방진 구조임을 표시한 것일 것.
- ⑤ 제2항제6호에 의한 분진 방폭형 보통방진구조는 다음 각 호에 적합한 것일 것.
1. 용기는 전폐구조(全閉構造)로서 전기를 통하는 부분이 외부로부터 손상을 받지 아니하도록 한 구조일 것.
  2. 용기의 전부 또는 일부에 유리·합성수지 등 손상을 받기 쉬운 재료가 사용되고 있는 경우에는 이들의 재료가 사용되고 있는 곳을 보호하는 장치를 붙일 것. 다만, 그 곳의 재료가 KS L 2002(2006) “강화유리”에 적합한 강화유리, KS L 2004(2009) “접합유리”에 적합한 접합유리나 이와 동등 이상의 강도를 가지는 것일 경우 또는 그곳이 그 용기의 구조상 외부로부터 손상을 받을 우려가 없는 위치에 있는 경우에는 그러하지 아니하다.
  3. 볼트·너트·작은 나사·틀어 끼는 덮개 등의 부재로 용기의 성능을 유지하기 위

하여 필요한 것으로서 사용 중 헐거워질 우려가 있는 것은 헐거워짐 방지구조로 한 것일 것.

4. 접합면(조작축 또는 회전기축과 용기사이의 접합면을 제외한다)은 패킹을 붙이고 또한 그 패킹이 이탈하거나 헐거워질 우려가 없도록 하는 방법, KS B 0161(2009) “표면거칠기 정의 및 표시”의 거칠기 표시와 구분의 항에 정하는 35-S 이상으로 다듬질하고 그 들어가는 깊이를 10 mm(푸시버튼스위치 기타 정격용량이 적은 전기기계기구의 접합면에 대하여는 KS B 0161(2009) “표면 거칠기 정의 및 표시”의 거칠기의 표시와 구분의 항에 정하는 18-S 이상으로 다듬질하는 경우에는 6 mm 이상으로 하고 또한 상호 간 밀접시키는 방법 등에 의하여 외부로부터 먼지가 침입하지 아니하도록 한 구조일 것.
  5. 조작축과 용기사이의 접합면은 패킹누르기 또는 패킹 놀리개를 사용하여 그 접합면에 패킹을 붙이는 방법, 조작축의 바깥쪽에 고무 카버를 붙이는 방법 등에 의하여 외부로부터 먼지가 침입하지 아니하도록 한 구조일 것.
  6. 회전기축과 용기사이 접합면은 패킹을 붙이는 방법, 라비린스 구조로 하는 방법 등에 의하여 외부로부터 먼지가 침입하지 아니하도록 한 구조일 것.
  7. 용기를 관통하는 나사구멍과 볼트 또는 작은 나사와는 5턱 이상의 나사 결합으로 된 것일 것.
  8. 용기바깥면의 온도 상승한도의 값은 용기외부의 가연성먼지에 착화할 우려가 없는 것일 것.
  9. 단자함은 부재상호 간의 접합면에 패킹을 붙이는 방법 또는 이와 동등 이상의 방폭 성능을 유지할 수 있는 방법으로 외부로부터 먼지가 침입하지 아니하도록 한 구조의 것일 것.
  10. 전선이 관통하는 부분의 용기의 구조는 전선과 외함 간에 절연물을 충전하는 방법, 패킹을 붙이는 방법, 전선과 외함 사이의 접합면의 들어가는 깊이를 길게 하는 방법 등에 의하여 외부로부터 먼지가 침입하지 아니하도록 한 것일 것.
  11. 패킹은 다음에 적합한 것일 것.
    - 가. 재료는 접합면의 온도상승에 의한 열에 견디고 또한 쉽게 마모되거나 부식되는 등의 손상이 생기지 아니하는 것일 것.
    - 나. 접합면의 형상에 적합한 형상의 것일 것.
  12. 전기기계기구는 그 보기 쉬운 곳에 그 전기기계기구가 분진방폭 보통방진 구조임을 표시한 것일 것.
- ⑥ KS C IEC 61241-1-1(2003)의 구조 및 KS C IEC 61241-1-14(2006) “분진방폭 전기기계기구 제14부 선철 및 설치”에 의하여 시설하는 경우에는 제1항부터 제5항까지의 규정에 따르지 않을 수 있다.

**제200조(가연성 가스 등이 있는 곳의 저압의 시설)** ① 가연성 가스 또는 인화성 물질의 증기(이하 “가스 등”이라 한다)가 새거나 체류하여 전기설비가 발화원이 되어 폭발할 우려가 있는 곳(프로판 가스 등의 가연성 액화 가스를 다른 용기에 옮기거나 나누는 등의 작업을

하는 곳, 에탄올·메탄올 등의 인화성 액체를 옮기는 곳 등)에 있는 저압 옥내전기설비는 제199조제1항제1호, 제5호, 제7호 및 제8호의 규정에 준하여 시설하는 이외에 다음 각 호에 따르고 또한 위협의 우려가 없도록 시설하여야 한다.

1. 금속관 공사에 의하는 때에는 제199조제1항제2호 “가”의 규정에 준하여 시설하는 이외에 다음에 의할 것.
    - 가. 관 상호 간 및 관과 박스 기타의 부속품·폴박스 또는 전기기계기구와는 5터 이상 나사 조임으로 접속하는 방법 기타 이와 동등 이상의 효력이 있는 방법에 의하여 견고하게 접속할 것.
    - 나. 전동기에 접속하는 부분으로 가요성을 필요로 하는 부분의 배선에는 제184조 제2항제1호 단서에 규정하는 방폭형의 부속품 중 내압(耐壓)의 방폭형 또는 안전증가 방폭형(安全增加 防爆型)의 플레시블 피팅을 사용할 것.
  2. 케이블 공사에 의하는 때에는 제199조제1항제3호 “가”의 규정에 준하여 시설하는 이외에 전선을 전기기계기구에 끌어넣는 때에는 인입구에서 전선이 손상될 우려가 없도록 할 것.
  3. 저압 옥내배선 등을 넣는 관 또는 덕트는 이들을 통하여 가스 등이 이 조에서 규정하는 장소 이외의 장소에 새지 아니하도록 시설할 것.
  4. 이동 전선은 접속점이 없는 0.6/1 kV EP 고무 절연 클로로프렌 캡타이어케이블을 사용하는 이외에 제199조제2항제4호(제199조제1항제3호“가”의 규정을 준용하는 부분을 제외한다)의 규정에 준하여 시설할 것.
  5. 전기기계기구는 제2항, 제3항 및 제4항에 적합한 내압(耐壓)방폭구조(d)·압력방폭구조(p)나 유입방폭구조(油入防爆構造)(o) 또는 이들의 구조와 다른 구조로서 이와 동등 이상의 방폭 성능을 가지는 구조로 되어 있는 것. 다만, 통상의 상태에서 불꽃 또는 아크를 일으키거나 가스 등에 착화할 수 있는 온도에 달한 우려가 없는 부분은 제5항에 규정하는 안전증 방폭구조(e)라고 할 수 있다.
- ② 제1항제5호의 규정에 의한 내압(耐壓)방폭구조의 표준은 KS C IEC 60079-1(2012) 방폭기기 제1부(내압방폭구조 “d”)의 기기의 구조 및 시험에 관한 요구사항에 적합하여야 한다.
- ③ 제1항제5호 본문에 규정하는 압력방폭구조의 표준은 KS C IEC 60079-2(2012) 폭발성 분위기 제2부(압력방폭구조 “p”)의 전기기기의 구조와 시험에 관한 요구사항에 적합하여야 한다.
- ④ 제1항제5호 본문에 규정하는 유입방폭구조(油入防爆構造)의 표준은 KS C IEC 60079-6(2007) 방폭기기 제6부(유입방폭구조“o”)의 폭발성가스·증기·입자 등에 의한 잠재적인 위험분위기에서 사용하는 유입방폭구조(o)의 기기 및 그 일부 방폭 부품 등의 설치와 시험에 관한 요구사항에 적합하여야 한다.
- ⑤ 제1항제5호 단서에 규정하는 안전증 방폭구조의 표준 KS C IEC 60079-7(2012) 제7부(안전증 방폭구조“e”)는 폭발성 가스 분위기에서 사용하는 안전증 방폭구조의 기기의 설계, 구조, 시험, 표시에 관한 요구사항(적류 및 교류 11 kV 실효 값 이하

인 기기에 한함)에 적합하여야 한다.

⑥ KS C IEC 60079-14(2007)의 표준에 의하여 폭발위험장소에서의 전기설비의 설계·선정 및 설치에 관한 요구사항에 따라 시공한 경우에는 제1항의 규정에 따르지 않을 수 있다. 다만, 다음의 장소에서는 적용하지 않는다.

1. 폭발성 메탄가스가 존재할 우려가 있는 광산. 다만, 광산의 지상에 설치하는 전기설비 및 폭발성 메탄가스 이외의 폭발성가스가 존재할 우려가 있는 광산은 제외한다.
2. 가연성 분진 또는 섬유가 존재하는 지역(분진폭발 위험장소)
3. 폭발성 물질의 제조 및 취급 공정과 같은 근원적인 폭발 위험장소
4. 의학적 목적으로 하는 진료실 등

**제201조(위험물 등이 있는 장소의 저압의 시설)** ① 셀룰로이드·성냥·석유류 기타 타기 쉬운 위험한 물질(이하 이 조에서 “위험물”이라 한다)을 제조하거나 저장하는 곳(제199조, 제200조 및 제202조에서 규정하는 곳을 제외한다)에 시설하는 저압 옥내 전기설비는 제199조제1항제2호 “가”, 제3호 “가” 제5호 및 제7호와 제199조제2항제1호 및 제2호 “가”의 규정에 준하여 시설하는 이외에 다음 각 호에 따르고 또한 위협의 우려가 없도록 시설하여야 한다.

1. 이동전선은 접속점이 없는 0.6/1 kV EP 고무 절연 클로로프렌 캡타이어 케이블 또는 0.6/1 kV 비닐 절연 비닐캡타이어 케이블을 사용하고 또한 손상을 받을 우려가 없도록 시설하는 이외에 이동전선을 전기기계기구에 끌어넣을 때에는 인입구에서 손상을 받을 우려가 없도록 시설할 것.
2. 통상의 사용 상태에서 불꽃 또는 아크를 일으키거나 온도가 현저히 상승할 우려가 있는 전기기계기구는 위험물에 착화할 우려가 없도록 시설할 것.

② 화약류를 제조하는 건물 내로서 제199조제1항이나 제200조에 규정하는 장소 이외 또는 화약류를 제조하는 건물을 제외한 화약류가 있는 장소(제202조에서 규정하는 것을 제외한다)에 시설하는 저압 옥내 전기설비는 제1항의 규정에 준하여 시설하는 이외에 다음 각 호에 따라야 한다.

1. 전열 기구 이외의 전기기계기구는 전폐형(全閉型)의 것일 것.
2. 전열 기구는 사이즈선 기타의 충전부가 노출되어 있지 아니한 발열체를 사용한 것이어야 하며 또한 온도의 현저한 상승 기타의 위험이 생길 우려가 있는 경우에 전로를 자동적으로 차단하는 장치가 되어 있는 것일 것.

**제202조(화약류 저장소에서 전기설비의 시설)** ① 화약류 저장소(「총포·도검·화약류 등 단속법」 제24조에 규정하는 화약류 저장소(이하 이 조에서 “화약류 저장소”라 한다) 안에는 전기설비를 시설하여서는 아니 된다. 다만, 백열전등이나 형광등 또는 이들에 전기를 공급하기 위한 전기설비(개폐기 및 과전류 차단기를 제외한다)는 제199조제1항제1호, 제2호 “가”, 제3호 “가”, 제5호 및 제7호의 규정에 준하여 시설하는 이외에 다음 각 호에 따라 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 전로에 대지전압은 300 V 이하일 것.
2. 전기기계기구는 전폐형의 것일 것.

3. 케이블을 전기기계기구에 인입할 때에는 인입구에서 케이블이 손상될 우려가 없도록 시설할 것.

② 화약류 저장소 안의 전기설비에 전기를 공급하는 전로에는 화약류 저장소 이외의 곳에 전용 개폐기 및 과전류 차단기를 각 극(과전류 차단기는 다선식 전로의 중성극을 제외한다)에 취급자 이외의 자가 쉽게 조작할 수 없도록 시설하고 또한 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하거나 경보하는 장치를 시설하여야 한다.

**제203조(홍행장의 저압 공사)** ① 상설 극장·영화관 기타 이들과 유사한 것(이하 “홍행장”이라 한다)에 시설하는 저압 전기설비는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 무대·무대마루 밑·오케스트라박스·영사실 기타 사람이나 무대 도구가 접촉할 우려가 있는 곳에 시설하는 저압 옥내배선·전구선 또는 이동전선은 사용전압이 400 V 미만일 것.
2. 제1호에 규정하는 저압 옥내배선에는 전선의 피복을 손상하지 아니하도록 적당한 장치를 할 것.
3. 무대마루 밑에 시설하는 전구선은 300/300 V 편조 고무코드 또는 0.6/1 kV EP 고무 절연 클로로프렌 캡타이어 케이블일 것.
4. 제1호의 곳에 시설하는 이동전선(제5호에 규정하는 것을 제외한다)은 0.6/1 kV EP 고무 절연 클로로프렌 캡타이어 케이블 또는 0.6/1 kV 비닐 절연 비닐캡타이어 케이블일 것.
5. 보더라이트에 부착된 이동 전선은 0.6/1 kV EP 고무 절연 클로로프렌 캡타이어 케이블 것.
6. 플라이 덱트를 시설하는 경우는 다음에 의하여 시설할 것.

가. 플라이 덱트는 다음에서 정하는 표준에 적합한 것일 것.

- (1) 내부배선에 사용하는 전선은 절연전선(옥외용 비닐절연전선을 제외한다) 또는 이와 동등 이상의 절연효력이 있는 것일 것.
- (2) 덱트는 두께 0.8 mm 이상의 철판 또는 다음 각 호에 적합한 것으로 견고하게 제작한 것일 것.
  - (가) 덱트의 재료는 금속재일 것.
  - (나) 덱트에 사용하는 철판 이외의 금속 두께는 다음 계산식에 의하여 계산한 것일 것.

$$t \geq \frac{270}{\sigma} \times 0.8$$

여기서

t : 사용금속판 두께 (mm)

σ : 사용금속판의 인장강도 (N/mm<sup>2</sup>)

- (3) 덱트의 안쪽면은 전선의 피복을 손상하지 아니하도록 돌기(突起) 등이 없는 것일 것.
- (4) 덱트의 안쪽면과 외면은 녹이 슬지 않게 하기 위하여 도금 또는 도장을 한

것일 것.

(5) 덱트의 끝부분은 막을 것.

나. 플라이 덱트 안의 전선을 외부로 인출할 경우는 1종 캡타이어 케이블을 사용하고 또한 플라이 덱트의 관통 부분에서 전선이 손상될 우려가 없도록 시설할 것.  
다. 플라이 덱트는 조영제 등에 견고하게 시설할 것.

7. 무대·무대마루 밑·오케스트라 박스 및 영사실의 전로에는 전용 개폐기 및 과전류 차단기를 시설할 것.
- ② 무대용의 콘센트 박스·플라이 덱트 및 보더라이트의 금속제 외함에는 제3종 접지 공사를 하여야 한다.

**제204조(작업선 등의 실내 배선 공사)** 수상 또는 수중에 있는 작업선 등의 저압 옥내배선 및 저압 관동회로 배선의 케이블 공사에는 다음 각 호의 표준에 적합한 선박용 케이블을 사용할 수 있다.

1. 정격전압은 600 V일 것.
2. 재료 및 구조는 KS C IEC 60092-350(2006) “선박용 전기설비- 제350부 : 선박용 케이블의 구조 및 시험에 관한 일반요구사항”의 “제2부, 구조”에 적합할 것.
3. 완성품은 KS C IEC 60092-350(2006) “선박용 전기설비- 제350부 : 선박용 케이블의 구조 및 시험에 관한 일반요구사항”의 “제3부 시험요구사항”에 적합한 것일 것.

**제205조(진열장 안의 배선 공사)** ① 건조한 곳에 시설하고 또한 내부를 건조한 상태로 사용하는 진열장 안의 사용전압이 400 V 미만인 저압 옥내배선은 외부에서 보기 쉬운 곳에 한하여 코드 또는 캡타이어 케이블을 조영제에 접촉하여 시설할 수 있다.

② 제1항에 규정하는 배선은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 전선은 단면적이 0.75 mm<sup>2</sup> 이상인 코드 또는 캡타이어 케이블일 것.
2. 전선은 건조한 목재·석재 등 기타 이와 유사한 절연성이 있는 조영제에 그 피복을 손상하지 아니하도록 적당한 기구로 붙일 것.
3. 전선의 붙임점 간의 거리는 1 m 이하로 하고 또한 배선에는 전구 또는 기구의 중량을 지지시키지 아니할 것.

③ 제1항에 규정하는 배선 또는 이에 접속하는 이동전선과 다른 사용전압이 400 V 미만인 저압 옥내배선과의 접속은 꽃음 접속기 기타 이와 유사한 기구로 하여야 한다.

**제206조(옥내에 시설하는 저압 접촉전선 공사)** ① 이동기중기·자동정소기 그 밖에 이동하며 사용하는 저압의 전기기계기구에 전기를 공급하기 위하여 사용하는 접촉전선(전차선 및 제232조제1항제2호에 규정하는 접촉전선을 제외한다. 이하 이 조에서 “저압 접촉전선”이라 한다)을 옥내에 시설하는 경우에는 기계기구에 시설하는 경우 이외에는 전개된 장소 또는 점검할 수 있는 은폐된 장소에 애자사용 공사 또는 버스덕트 공사 또는 절연 트롤리 공사에 의하여야 한다.

② 저압 접촉전선을 애자사용 공사에 의하여 옥내의 전개된 장소에 시설하는 경우에는 기계기구에 시설하는 경우 이외에는 다음 각 호에 따라야 한다.

1. 전선의 바닥에서의 높이는 3.5 m 이상으로 하고 또한 사람이 접촉할 우려가 없도

록 시설할 것. 다만, 전선의 최대 사용전압이 60 V 이하이고 또한 건조한 장소에 시설하는 경우로서 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

2. 전선과 건조물 또는 주행 크레인에 설치한 보도·계단·사다리·점검대(전선 전용 점검대로서 취급자 이외의 자가 쉽게 들어갈 수 없도록 자물쇠 장치를 한 것은 제외한다)이거나 이와 유사한 것 사이의 이격거리는 위쪽 2.3 m 이상, 1.2 m 이상으로 할 것. 다만, 전선에 사람이 접촉할 우려가 없도록 적당한 방호장치를 시설한 경우는 그러하지 아니하다.
3. 전선은 인장강도 11.2 kN 이상의 것 또는 지름 6 mm 의 경동선으로 단면적이 28 mm<sup>2</sup> 이상인 것일 것. 다만, 사용전압이 400 V 미만인 경우에는 인장강도 3.44 kN 이상의 것 또는 지름 3.2 mm 이상의 경동선으로 단면적이 8 mm<sup>2</sup> 이상인 것을 사용할 수 있다.
4. 전선은 각 지지점에 견고하게 고정시켜 시설하는 것 이외에는 양쪽 끝을 내장 애자 장치에 의하여 견고하게 인류(引留)할 것.
5. 전선의 지지점간의 거리는 6 m 이하일 것. 다만, 전선에 구부리기 어려운 도체를 사용하는 경우 이외에는 전선 상호 간의 거리를, 전선을 수평으로 배열하는 경우에는 28 cm 이상, 기타의 경우에는 40 cm 이상으로 하는 때에는 12 m 이하로 할 수 있다.
6. 전선 상호 간의 간격은 전선을 수평으로 배열하는 경우에는 14 cm 이상, 기타의 경우에는 20 cm 이상일 것. 다만, 다음 중 1에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.
  - 가. 전선 상호 간 및 집전장치(集電裝置)의 충전부분과 극성이 다른 전선 사이에 절연성이 있는 견고한 격벽을 시설하는 경우
  - 나. 전선을 표 206-1에서 정한 값 이하의 간격으로 지지하고 또한 동요하지 아니하도록 시설하는 이외에 전선 상호 간의 간격을 6 cm 이상으로 하는 경우

[표 206-1]

단면적의 구분	지지점 간격
1 cm <sup>2</sup> 미만	1.5m(굴곡 반지름이 1m 이하인 곡선 부분에서는 1m)
1 cm <sup>2</sup> 이상	2.5m(굴곡 반지름이 1m 이하인 곡선 부분에서는 1m)

다. 사용전압이 150 V 이하인 경우로서 건조한 곳에 전선을 50 cm 이하의 간격으로 지지하고 또한 집전장치의 이동에 의하여 동요하지 아니하도록 시설하는 이외에 전선 상호 간의 간격을 3 cm 이상으로 하고 또한 그 전선에 전기를 공급하는 옥내배선에 정격전류가 60 A 이하인 과전류 차단기를 시설하는 경우

7. 전선과 조영제 사이의 이격거리 및 그 전선에 접촉하는 집전장치의 충전부분과 조영제 사이의 이격거리는 습기가 많은 곳 또는 물기가 있는 곳에 시설하는 것은 4.5 cm 이상, 기타의 곳에 시설하는 것은 2.5 cm 이상일 것. 다만, 전선 및 그 전선에 접촉하는 집전장치의 충전부분과 조영제 사이에 절연성이 있는 견고한 격벽을 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
8. 애자는 절연성, 난연성 및 내수성이 있는 것일 것.
- ③ 저압 접촉전선을 애자사용 공사에 의하여 옥내의 점검할 수 있는 은폐된 장소에 시설하는 경우에는 기계기구에 시설하는 경우 이외에는 제2항제3호, 제4호 및 제8호의 규정에 준하여 시설하는 이외에 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.
  1. 전선에는 구부리기 어려운 도체를 사용하고 또한 이를 표 206-1에서 정한 값 이하의 지지점 간격으로 동요하지 아니하도록 견고하게 고정시켜 시설할 것.
  2. 전선 상호 간의 간격은 12 cm 이상일 것.
  3. 전선과 조영제 사이의 이격거리 및 그 전선에 접촉하는 집전장치의 충전부분과 조영제 사이의 이격거리는 4.5 cm 이상일 것. 다만, 전선 및 그 전선에 접촉하는 집전장치의 충전부분과 조영제 사이에 절연성이 있는 견고한 격벽을 시설하는 경우에 그러하지 아니하다.
- ④ 저압 접촉전선을 버스덕트 공사에 의하여 옥내에 시설하는 경우에, 기계기구에 시설하는 경우 이외에는 제188조제1항제1호 및 제2호의 규정에 준하여 시설하는 이외에 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.
  1. 버스덕트는 다음에 적합한 것일 것.
    - 가. 도체는 단면적 20 mm<sup>2</sup> 이상의 띠 모양 또는 지름 5 mm 이상의 관모양이나 둥글고 긴 막대 모양의 동 또는 황동을 사용한 것일 것.
    - 나. 도체지지물은 절연성·난연성 및 내수성이 있는 견고한 것일 것.
    - 다. 덕트는 그 최대 폭에 따라 표 188-1의 두께 이상의 강관·알루미늄관 또는 합성수지관(최대 폭이 300 mm 이하의 것에 한한다)으로 견고히 제작한 것일 것.
    - 라. 구조는 KS C 8449(2007) “트롤리버스관로”의 “6. 구조”에 적합한 것일 것.
    - 마. 완성품은 KS C 8449(2007) “트롤리버스관로”의 “8. 시험방법”에 의하여 시험하였을 때에 “5. 성능”에 적합한 것일 것.
  2. 덕트의 개구부는 아래를 향하여 시설할 것.
  3. 덕트의 끝 부분은 충전부분이 노출하지 아니하는 구조로 되어 있을 것.
  4. 사용전압이 400 V 미만인 경우에는 금속제 덕트에 제3종 접지공사를 할 것.
  5. 사용전압이 400 V 이상인 경우에는 금속제 덕트에 특별 제3종 접지공사를 할 것. 다만, 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우에는 제3종 접지공사에 의할 수 있다.
- ⑤ 제4항의 경우에 전선의 사용전압이 직류 30 V(사람이 전선에 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우에는 60 V) 이하로서 덕트 내부에 먼지가 쌓이는 것을 방지하기 위한 조치를 강구하고 또한 다음 각 호에 따라 시설할 때에는 제4항 각 호에 따르

지 아니할 수 있다.

1. 버스덕트는 다음에 적합한 것일 것.

가. 도체는 단면적 20mm<sup>2</sup> 이상의 띠 모양 또는 지름 5mm 이상의 관모양이나 등골고 긴 막대 모양의 동 또는 황동을 사용한 것일 것.

나. 도체 지지물은 절연성·난연성 및 내수성이 있고 견고한 것일 것.

다. 덕트는 그 최대폭에 따라 표 188-1의 두께 이상의 강판 또는 알루미늄판으로 견고하게 제작한 것일 것.

라. 구조는 다음에 적합한 것일 것.

(1) KS C 8449(2007) “트롤리버스관로”의 “6. 구조”[이극 나충전부(異極裸充電部) 상호 간 및 나충전부와 비충전 금속부간의 거리에 관한 부분은 제외한다]에 적합한 것일 것.

(2) 나충전부 상호 간 및 나충전부와 비충전 금속부간의 연면거리 및 공간거리는 각각 4mm 및 2.5mm 이상일 것.

(3) 사람이 쉽게 접촉할 우려가 있는 장소에 덕트를 시설할 경우는 도체 상호 간에 절연성이 있는 견고한 격벽을 만들고 또한 덕트와 도체간에 절연성이 있는 개재물이 있을 것.

마. 완성품은 KS C 8449(2007) “트롤리버스관로”의 “8. 시험방법(금속계 관로와 트롤리의 금속 프레임간의 접촉저항 시험에 관한 부분은 제외한다)”에 의하여 시험하였을 때에 “5. 성능”에 적합한 것일 것.

2. 덕트는 견조한 장소에 시설할 것.

3. 버스덕트에 전기를 공급하기 위해서 1차측 전로의 사용전압이 400V 미만인 절연변압기를 사용할 것.

4. 제3호의 절연 변압기의 2차측 전로는 접지하지 아니할 것.

5. 제3호의 절연 변압기는 1차권선과 2차권선 사이에 금속제 혼촉방지판을 설치하고 또한 이것에 제1종 접지공사를 할 것.

6. 제3호의 절연 변압기 교류 2kV의 시험전압을 하나의 권선과 다른 권선, 철심 및 외함 간에 연속하여 1분간 가하여 절연내력을 시험하였을 때 이에 견디는 것일 것.

⑦ 저압 접촉전선을 절연 트롤리 공사에 의하여 시설하는 경우에는 기계기구에 시설하는 경우 이외에는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 절연 트롤리선은 사람이 쉽게 접할 우려가 없도록 시설할 것.

2. 절연 트롤리 공사에 사용하는 절연 트롤리선 및 그 부속품(절연 트롤리선을 상호 접속하는 것, 절연 트롤리선의 끝에 붙이는 것 및 행거에 한한다)과 콜렉터는 다음에 적합한 것일 것.

가. 절연트롤리선의 도체는 지름 6mm의 경동선 또는 이와 동등 이상의 세기의 것으로서 단면적이 28mm<sup>2</sup> 이상의 것일 것.

나. 재료는 KS C 3134(2008) “절연트롤리장치”의 “7. 재료”에 적합할 것.

다. 구조는 KS C 3134(2008) “절연트롤리장치”의 “6. 구조”에 적합할 것.

라. 완성품은 KS C 3134(2008) “절연트롤리장치”의 “8. 시험방법”에 의하여 시험하였을 때에 “5. 성능”에 적합할 것.

3. 절연 트롤리선의 개구부는 아래 또는 옆으로 향하여 시설할 것.

4. 절연 트롤리선의 끝 부분은 충전부분이 노출되지 아니하는 구조의 것일 것.

5. 절연 트롤리선은 각 지지점에서 견고하게 시설하는 것 이외에 그 양쪽 끝을 내장 인류장치에 의하여 견고하게 인류할 것.

6. 절연 트롤리선 지지점 간의 거리는 표 206-2에서 정한 값 이상일 것. 다만, 절연 트롤리선을 제5호의 규정에 의하여 시설하는 경우에는 6m를 넘지 아니하는 범위 내의 값으로 할 수 있다.

【표 206-2】

도체 단면적의 구분	지지점 간격
500mm <sup>2</sup> 미만	2m (굴곡 반지름이 3m 이하의 곡선 부분에서는 1m)
500mm <sup>2</sup> 이상	3m (굴곡 반지름이 3m 이하의 곡선 부분에서는 1m)

7. 절연 트롤리선 및 그 절연 트롤리선에 접촉하는 집전장치는 조영재와 접촉되지 아니하도록 시설할 것.

8. 절연 트롤리선을 습기가 많은 장소 또는 물기가 있는 장소에 시설하는 경우에는 2호에서 정하는 표준에 적합한 옥외용 행거 또는 옥외용 내장 인류장치를 사용할 것.

⑦ 옥내에서 사용하는 기계기구에 시설하는 저압 접촉전선은 다음 각 호에 따라야 하며 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.

1. 전선은 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설할 것. 다만, 취급자 이외의 자가 쉽게 접근할 수 없는 곳에 취급자가 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

2. 전선은 절연성·난연성 및 내수성이 있는 애자로 기계기구에 접촉할 우려가 없도록 지지할 것. 다만, 건조한 목재의 마루 또는 이와 유사한 절연성이 있는 것 위에서 취급하도록 시설된 기계기구에 시설되는 주행 레일을 저압 접촉전선으로 사용하는 경우에 다음에 의하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

가. 사용전압은 400V 미만일 것.

나. 전선에 전기를 공급하기 위하여 변압기를 사용하는 경우에는 절연 변압기를 사용할 것. 이 경우에 절연 변압기의 1차측의 사용전압은 대지전압 300V 이하이어야 한다.

다. 전선에는 제1종 접지공사(접지저항 값이 3Ω 이하인 것에 한한다)를 할 것.

⑧ 옥내에 시설하는 접촉전선(기계기구에 시설하는 것을 제외한다)이 다른 옥내전선(제211조에 규정하는 고압 접촉전선을 제외한다. 이하 이 항에서 같다), 약전류 전선 등 또는 수관·가스관이나 외와 유사한 것(이하 이 항에서 “다른 옥내전선 등”

이라 한다)과 접근하거나 교차하는 경우에는 상호 간의 이격거리는 30 cm(가스계량기 및 가스관의 이음부와의 60 cm) 이상이어야 한다. 다만, 저압 접촉전선을 절연 트롤리 공사에 의하여 시설하는 경우에 상호 간의 이격거리는 10 cm(가스계량기 및 가스관의 이음부는 제외) 이상으로 할 때, 또는 저압 접촉전선을 버스덕트 공사에 의하여 시설하는 경우 버스덕트 공사에 사용하는 덕트가 다른 옥내전선 등(가스계량기 및 가스관의 이음부는 제외)과 접촉하지 아니하도록 시설하는 때에는 그러하지 아니하다.

- ㉠ 옥내에 시설하는 저압 접촉전선에 전기를 공급하기 위한 전로에는 접촉전선 전로의 개폐기 및 과전류 차단기를 시설하여야 한다. 이 경우에 개폐기는 저압 접촉전선에 가까운 곳에 쉽게 개폐할 수 있도록 시설하고, 과전류 차단기는 각 극(다선식 전로의 중성극을 제외한다)에 시설하여야 한다.
- ㉡ 저압 접촉전선은 제199조부터 제202조까지(제199조제3항을 제외한다)에서 규정하는 옥내에 시설하여서는 아니 된다.
- ㉢ 저압 접촉전선은 옥내의 전개된 곳에 저압 접촉전선 및 그 주위에 먼지가 쌓이는 것을 방지하기 위한 조치를 강구하고 또한 면·마·견 그 밖의 타기 쉬운 섬유류의 먼지가 있는 곳에서는 저압 접촉전선과 그 접촉전선에 접촉하는 집전장치가 사용 상태에서 떨어지지 아니하도록 시설하는 경우 이외에는 제199조제3항에 규정하는 곳에 시설하여서는 아니 된다.
- ㉣ 옥내에 시설하는 저압 접촉전선(제7항제2호 단서의 규정에 의하여 시설하는 것을 제외한다)과 대지 사이의 절연저항은 기술기준 제52조 표에서 정한 값 이상이어야 한다.

**제207조(엘리베이터·덤웨어 등의 승강로 안의 저압 옥내배선 등의 시설)** 엘리베이터·덤웨어 등의 승강로 내에 시설하는 사용전압이 400 V 미만인 저압 옥내배선, 저압의 이동전선 및 이에 직접 접속하는 리프트 케이블은 이에 적합한 KS C IEC 60227-6 (비닐리프트 케이블) 또는 KS C IEC 60245-5(2005) ( 고무리프트 케이블)를 사용하여야 한다.

**제208조(옥내에서의 전열 장치의 시설)** ① 옥내에는 다음 각 호의 경우 이외에는 발열체를 시설하여서는 아니 된다.

- 1. 기계기구의 구조상 그 내부에 안전하게 시설할 수 있는 경우
- 2. 제235조(제3항을 제외한다), 제236조 또는 제237조의 규정에 의하여 시설하는 경우
- ② 옥내에 시설하는 저압의 전열장치에 접속하는 전선은 열로 인하여 전선의 피복이 손상되지 아니하도록 시설하여야 한다.

**제209조(고압 옥내배선 등의 시설)** ① 고압 옥내배선은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

- 1. 고압 옥내배선은 다음 중 1에 의하여 시설할 것.
  - 가. 애자사용 공사(건조한 장소로서 전개된 장소에 한한다)
  - 나. 케이블 공사
  - 다. 케이블 트레이 공사

2. 애자사용 공사에 의한 고압 옥내배선은 다음에 의하고, 또한 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설할 것.

가. 전선은 공칭단면적 6 mm<sup>2</sup> 이상의 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 고압 절연전선이나 특고압 절연전선 또는 제36조제2항에 규정하는 인하용 고압 절연전선일 것.

나. 전선의 지지점 간의 거리는 6 m 이하일 것. 다만, 전선을 조영재의 면을 따라 붙이는 경우에는 2 m 이하이어야 한다.

다. 전선 상호 간의 간격은 8 cm 이상, 전선과 조영재 사이의 이격거리는 5 cm 이상일 것

라. 애자사용 공사에 사용하는 애자는 절연성·난연성 및 내수성의 것일 것.

마. 고압 옥내배선은 저압 옥내배선과 쉽게 식별되도록 시설할 것.

바. 전선이 조영재를 관통하는 경우에는 그 관통하는 부분의 전선을 전선마다 각각 별개의 난연성 및 내수성이 있는 견고한 절연관에 넣을 것.

3. 케이블 공사에 의한 고압 옥내배선은 제193조제1항제2호 및 제3호(전선을 건조물의 전기 배선용 파이프 샤프트내의 수직으로 매어 달아 시설하는 경우에는 제193조제3항)의 규정에 준하여 시설하는 이외에 전선에 케이블을 사용하고 또한 관 기타의 케이블을 넣는 방호장치의 금속제 부분, 금속제의 전선 접속함 및 케이블의 피복에 사용하는 금속제에는 제1종 접지공사를 할 것. 다만, 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우에는 제3종 접지공사에 의할 수 있다.

4. 케이블 트레이 공사에 의한 고압 옥내배선은 제194조(케이블 트레이 공사)제1항제3호, 제4호, 제5호, 제2항(제7호 및 제8호를 제외한다)의 규정에 준하여 시설하는 외에 다음에 의하여 시설하여야 한다.

가. 전선은 연피 케이블, 알루미늄피 케이블 등 난연성 케이블, 기타 케이블(적당한 간격으로 연소(延燒)방지 조치를 하여야 한다)를 사용하여야 한다.

나. 금속제 케이블 트레이 계통은 기계적 및 전기적으로 완전하게 접속하여야 하며 금속제 트레이에는 제1종 접지공사로 접지하여야 한다.

다. 동일 케이블 트레이 내에 시설하는 케이블의 수는 단심 및 다심 케이블들의 지름(완성품의 바깥지름을 말한다. 이하 이 조에서 같다)의 합계가 케이블 트레이의 내측 폭 이하가 되도록 하고 케이블은 단층으로 시설할 것. 단심 케이블을 트리플렉스형, 쿼드라플렉스형으로 하거나 또는 회로군으로 일괄하여 묶은 경우에는 이들 단심케이블의 지름의 합계가 케이블 트레이의 내측 폭 이하가 되도록 하고 단층배열로 시설하여야 한다.

② 고압 옥내배선이 다른 고압 옥내배선·저압 옥내전선·관등회로의 배선·약전류 전선 등 또는 수관·가스관이나 이와 유사한 것과 접근하거나 교차하는 경우에는 고압 옥내배선과 다른 고압 옥내배선·저압 옥내전선·관등회로의 배선·약전류 전선 등 또는 수관·가스관이나 이와 유사한 것 사이의 이격거리는 15 cm (애자사용 공사에 의하여 시설하는 저압 옥내전선이 나전선인 경우에는 30 cm, 가스계량기 및

가스관의 이음부와 전력량계 및 개폐기와는 60 cm) 이상이어야 한다. 다만, 고압 옥내배선을 케이블 공사에 의하여 시설하는 경우에 케이블과 이들 사이에 내화성이 있는 견고한 격벽을 시설할 때, 케이블을 내화성이 있는 견고한 관에 넣어 시설할 때 또는 다른 고압 옥내배선의 전선이 케이블일 때에는 그러하지 아니하다.

③ 제195조·제199조부터 제201조까지의 규정은 옥내에 시설하는 고압 전기설비(이동전선·접촉전선·방전등 및 제151조제1항에 규정하는 전선로를 제외한다)에 준용한다.

**제210조(옥내 고압용 이동전선의 시설)** ① 옥내에 시설하는 고압의 이동전선은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 전선은 고압용의 캡타이어케이블일 것.
2. 이동전선과 전기사용기계기구와는 볼트 조임 기타의 방법에 의하여 견고하게 접속할 것.
3. 이동전선에 전기를 공급하는 전로(유도 전동기의 2차측 전로를 제외한다)에는 전용 개폐기 및 과전류 차단기를 각급(과전류 차단기는 다선식 전로의 중성극을 제외한다)에 시설하고, 또한 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설할 것.

② 제199조부터 제201조까지 규정은 옥내에 시설하는 고압의 이동전선에 준용한다.

**제211조(옥내에 시설하는 고압접촉전선 공사)** ① 이동 기중기 기타 이동하여 사용하는 고압의 전기기계기구에 전기를 공급하기 위하여 사용하는 접촉전선(전차선을 제외한 다. 이하 “고압접촉전선”이라 한다)을 옥내에 시설하는 경우에는 전개된 장소 또는 점검할 수 있는 은폐된 장소에 애자사용공사에 의하고 또한 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 전선은 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설할 것.
2. 전선은 인장강도 2.78 kN 이상의 것 또는 지름 10 mm의 경동선으로 단면적이 70 mm<sup>2</sup> 이상인 구부리기 어려운 것일 것.
3. 전선은 각 지지점에서 견고하게 고정시키고 또한 집전장치의 이동에 의하여 동요하지 아니하도록 시설할 것.
4. 전선 지지점 간의 거리는 6 m 이하일 것.
5. 전선 상호 간의 간격 및 집전장치의 충전 부분 상호 간 및 집전장치의 충전 부분과 극성이 다른 전선 사이의 이격거리는 30 cm 이상일 것. 다만, 전선 상호 간 집전장치의 충전 부분 상호 간 및 집전장치의 충전부분과 극성이 다른 전선 사이에 절연성 및 난연성이 있는 견고한 격벽을 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
6. 전선과 조영제(애자를 지지하는 것을 제외한다. 이하 이 호에서 같다)와의 이격거리 및 그 전선에 접촉하는 집전장치의 충전부분과 조영제사이의 이격거리는 20 cm 이상일 것. 다만, 전선 및 그 전선에 접촉하는 집전장치의 충전 부분과 조영제 사이에 절연성 및 난연성이 있는 견고한 격벽을 설치하는 경우에는 그러하지 아니하다.
7. 애자는 절연성·난연성 및 내수성이 있는 것일 것.

② 옥내에 시설하는 고압접촉전선 및 그 고압접촉전선에 접촉하는 집전장치의 충전 부분이 다른 옥내 전선·약전류 전선 등 또는 수관·가스관이나 이와 유사한 것과 접근 또는 교차하는 경우에는 상호 간의 이격거리는 60 cm 이상이어야 한다. 다만, 옥내에 시설하는 고압 접촉 전선과 다른 옥내 전선이나 약전류 전선 등 사이에 절연성 및 난연성이 있는 견고한 격벽을 설치하는 경우에는 30 cm 이상으로 할 수 있다.

③ 옥내에 시설하는 고압접촉전선에 전기를 공급하기 위한 전로에는 전용 개폐기 및 과전류 차단기를 시설하여야 한다. 이 경우에 개폐기는 고압접촉전선에 가까운 곳에 쉽게 개폐할 수 있도록 시설하고 과전류 차단기는 각 극(다선식 전로의 중성극을 제외한다)에 시설하여야 한다.

④ 제3항의 전로 중에는 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설하여야 한다. 다만, 고압접촉전선의 전원측 접속점에서 1 km 안의 전원측 전로에 전용의 절연 변압기를 시설하는 경우로서 전로에 지락이 생겼을 때에 이를 기술된 주재소에 경보하는 장치를 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

⑤ 옥내에 시설하는 고압접촉전선은 그 고압접촉전선에 접촉하는 집전장치의 이동에 의하여 무선설비의 기능에 계속적이고 또한 중대한 장애를 줄 우려가 없도록 시설하여야 한다.

⑥ 옥내에 시설하는 고압접촉전선에서 전기의 공급을 받는 전기기계기구에 접지공사를 할 경우에는 그 전기기계기구에서 접지극에 이르는 접지선을 집전장치를 사용하고 또한 제1항제1호부터 제4호까지의 규정에 준하여 시설할 수 있다.

⑦ 옥내에 시설하는 고압접촉전선은 제199조부터 제201조까지에 규정하는 곳에 시설하여서는 아니 된다.

**제212조(특고압 옥내 전기설비의 시설)** ① 특고압 옥내배선은 제246조의 규정에 의하여 시설하는 경우 이외에는 다음 각 호에 따르고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.

1. 사용전압은 100 kV 이하일 것. 다만, 케이블 트레이 공사에 의하여 시설하는 경우에는 35 kV 이하일 것.
2. 전선은 케이블일 것.
3. 케이블은 철재 또는 철근 콘크리트제의 관·덕트 기타의 견고한 방호장치에 넣어 시설할 것. 다만, 제1호 단서의 케이블 트레이 공사에 의하는 경우에는 제209조제1항제4호에 준하여 시설할 것.
4. 관 그 밖에 케이블을 넣는 방호장치의 금속체 부분·금속체의 전선 접속함 및 케이블의 피복에 사용하는 금속체에는 제1종 접지공사를 할 것. 다만, 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우에는 제3종 접지공사에 의할 수 있다.
5. 제3호의 덕트에 의한 특고압 옥내배선을 시설하는 경우 제187조 4항에 준하여 시설할 것.

② 특고압 옥내배선이 저압 옥내전선·관등회로의 배선·고압 옥내전선·약전류 전선 등 또는 수관·가스관이나 이와 유사한 것과 접근하거나 교차하는 경우에는 다음 각 호에 따라야 한다.

1. 특고압 옥내배선과 저압 옥내전선·관등회로의 배선 또는 고압 옥내전선 사이의 이격거리는 60 cm 이상일 것. 다만, 상호 간에 견고한 내화성의 격벽을 시설할 경우에는 그러하지 아니하다.
2. 특고압 옥내배선과 약전류 전선 등 또는 수관·가스관이나 이와 유사한 것과 접촉하지 아니하도록 시설할 것.
- ③ 특고압의 이동전선 및 접촉전선(전차선을 제외한다)은 이동전선을 제246조제1항제6호의 규정에 의하여 시설하는 경우 이외에는 옥내에 시설하여서는 아니 된다.
- ④ 제195조제2항의 규정은 옥내에 시설하는 특고압 전기설비(방전등·엑션 발생장치 및 제151조제1항의 전선로를 제외한다. 이하 이 조에서 같다)에 준용한다.
- ⑤ 제246조제1항제5호의 규정에 의하여 시설하는 경우 이외에는 제199조부터 제202조까지에 규정하는 곳에 특고압 옥내 전기설비를 시설하여서는 아니 된다.
- ⑥ 옥내 또는 옥외에 시설하는 예비 케이블은 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설하고 접지공사를 하여야 한다.

**제213조(옥내 방전등 공사)** 옥내에 시설하는 관등회로의 사용전압이 1,000 V 이하인 방전등(관등회로의 배선을 제외한다)으로서 방전관에 내온방전관 이외의 것을 사용하는 것은 제172조제1항의 규정에 준하여 시설하는 이외에 다음의 각 호에 따르고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.

1. 방전등용 안정기는 방전등용 전등기구에 넣는 경우 이외에는 견고한 내화성의 외함에 넣은 것을 사용하고 또한 다음에 의하여 시설할 것.
  - 가. 전개된 곳에 시설하는 경우에는 외함을 가연성의 조영체로부터 1 cm 이상 이격하여 견고하게 붙일 것.
  - 나. 간접조명을 시설하는 경우 및 진열장 안의 은폐된 장소에 시설하는 경우에는 외함을 가연성의 조영체로부터 1 cm 이상 이격하여 견고하게 붙이고 또한 쉽게 점검할 수 있도록 시설할 것.
  - 다. 은폐된 장소에 시설하는 경우(“나”에 규정하는 경우를 제외 한다)에는 외함을 다시 내화성의 함에 넣고 그 함은 가연성의 조영체로부터 1 cm 이상 떨어져서 견고하게 붙이고 또한 쉽게 점검할 수 있도록 시설할 것.
2. 금속망 또는 금속판을 사용한 목조의 조영물에 방전등을 붙이는 경우에는 금속망 또는 금속판과 방전등용 안정기의 외함(제1호 “다”의 규정에 의하여 외함을 다시 넣는 내화성의 함을 포함한다. 이하 이 조에서 같다)이나 방전등용 전등기구의 금속제 부분과는 전기적으로 접속하지 아니하도록 시설할 것.
3. 관등회로의 사용전압이 400 V 이상인 경우에는 방전등용 변압기를 사용할 것.
4. 제3호의 방전등용 변압기는 절연 변압기일 것. 다만, 방전관을 떼어냈을 때에 1차측 전로를 자동적으로 차단하도록 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
5. 방전등용 안정기의 외함 및 방전등용 전등기구의 금속제 부분에는 관등회로의 사용전압이 고압이고 또한 방전등용 변압기의 2차 단락전류 또는 관등회로의 동작전류가 1 A를 초과하는 경우에는 제1종 접지공사, 관등회로의 사용전압이 400 V 이

상의 저압이고 또한 방전등용 변압기의 2차 단락전류 또는 관등회로의 동작전류가 1 A를 초과하는 경우에는 특별 제3종 접지공사, 기타의 경우에는 제3종 접지공사를 할 것. 다만, 다음 중 1에 해당하는 경우에는 접지공사를 하지 아니하여도 된다.

- 가. 관등회로의 사용전압이 대지전압 150 V 이하인 방전등을 건조한 장소에 시설할 때
  - 나. 관등회로의 사용전압이 400 V 미만인 방전등을 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없는 건조한 장소에 시설하는 경우에 그 방전등용 안정기의 외함 및 방전등용 전등기구의 금속제 부분이 금속제의 조영체와 전기적으로 접속하지 아니하도록 시설할 때
  - 다. 관등회로의 사용전압이 400 V 미만 또는 방전등용 변압기의 2차 단락전류나 관등회로의 동작전류가 50 mA 이하인 방전등을 시설하는 경우에 방전등용 안정기를 외함에 넣고 또한 그 외함과 방전등용 안정기를 넣을 방전등용 전등기구를 전기적으로 접속하지 아니하도록 시설할 때
  - 라. 건조한 곳에 시설하는 목제의 진열장 안에 방전등용 안정기의 외함 및 이와 전기적으로 접속하는 금속제 부분을 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설할 때
6. 습기가 많은 곳 또는 물기가 있는 곳에 시설하는 방전등에는 적절한 방습장치를 할 것.

**제214조(옥내 방전등 배선공사)** ① 옥내에 시설하는 사용전압이 400 V 미만인 관등회로의 배선은 제180조부터 제193조까지(제3항을 제외한다), 제195조, 제196조 및 제205조의 규정에 준하여 시설하는 이외에 전선에 형광등 전선 또는 공칭단면적 2.5 mm<sup>2</sup> 이상의 연동선과 동등 이상의 세기 및 굵기의 절연전선(옥외용 비닐절연전선 및 인입용 비닐절연전선은 제외한다), 캡타이어 케이블 또는 케이블을 사용하여 시설하여야 한다. 다만, 방전관에 내온방전관을 사용하는 것은 제외한다.

② 옥내에 시설하는 사용전압이 400 V 이상, 1 kV 이하인 관등회로의 배선은 제195조 및 제196조의 규정에 준하여 시설하는 이외에 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다. 다만, 방전관에 내온방전관을 사용하는 것은 제외한다.

1. 관등회로의 배선은 제9호 및 제10호의 규정에 의하여 시설하는 경우 이외에는 합성수지관 공사·금속관 공사·가요전선관 공사나 케이블 공사 또는 표 214-1에서 정한 공사에 의하여 시설할 것.

[표 214-1]

시설장소의 구분		공사의 종류
전개된 장소	건조한 장소	애자사용공사·합성수지물드공사 또는 금속물드공사
	기타의 장소	애자사용공사
점검할 수 있는 은폐된 장소	건조한 장소	애자사용공사·합성수지물드공사 또는 금속물드공사
	기타의 장소	애자사용공사



2. 애자사용공사에 의한 관등회로의 배선은 제181조제1항제2호, 제3호 및 제7호와 제2항의 규정에 준하는 이외에 다음에 의하여 시설하고 또한 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설할 것.
  - 가. 전선은 형광등 전선일 것. 다만, 전개된 장소에 관등회로의 사용전압이 600 V 이하인 경우에는 단면적 2.5 mm<sup>2</sup> 이상의 연동선과 동등 이상의 세기 및 굵기의 절연전선(옥외용 비닐절연전선 및 인입용 비닐절연전선은 제외한다)을 사용할 수 있다.
  - 나. 전선을 조영제의 표면에 따라 붙이는 경우에는 전선의 지지점 간의 거리는 관등회로의 사용전압이 600 V 이하인 경우에는 2m 이하, 600 V를 초과하는 경우에는 1m 이하일 것.
3. 합성수지몰드 공사에 의한 관등회로의 배선은 제182조(제1항제1호를 제외한다) 및 제2호“가”의 규정에 준하여 시설할 것.
4. 합성수지관 공사에 의한 관등회로의 배선은 제183조(제1항제1호, 제3항제4호 및 제5호를 제외한다) 및 제2호“가”의 규정에 준하여 시설하고 또한 합성수지관을 금속제의 플박스 또는 제183조제2항제1호 단서의 규정에 준하는 분진방폭형 플렉시블 피팅에 접속하여 사용하는 경우에는 플박스 또는 분진방폭형 플렉시블 피팅에는 제3종 접지공사를 할 것.
5. 금속관 공사에 의한 관등회로의 배선은 제184조(제1항제1호, 제3항제4호 및 제5호를 제외한다) 및 제2호“가”의 규정에 준하여 시설하고 또한 금속관에는 제3종 접지공사를 할 것. 다만, 관의 길이가 4m 이하인 것을 건조한 곳에 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우에는 접지공사를 하지 아니하여도 된다.
6. 금속몰드 공사에 의한 관등회로의 배선은 제185조(제1항제1호 및 제3항제2호를 제외한다) 및 제2호“가”의 규정에 준하여 시설하고 또한 금속몰드에는 제3종 접지공사를 할 것. 다만, 몰드의 길이가 4m 이하인 것을 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우에는 접지공사를 하지 아니하여도 된다.
7. 가요전선관 공사에 의한 관등회로의 배선은 제186조(제1항제1호 및 제3항제4호부터 제6호까지를 제외한다) 및 제2호“가”의 규정에 준하여 시설하는 이외에 다음에 의하여 시설할 것.
  - 가. 1종 금속제 가요전선관에는 공칭단면적 2.5 mm<sup>2</sup>의 나연동선을 전체의 길이에 걸쳐서 삽입 또는 첨가하여 그 나연동선과 1종 금속제 가요전선관을 양쪽 끝에서 전기적으로 완전하게 접속할 것. 다만, 관의 길이가 4m 이하인 것을 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
  - 나. 가요전선관에는 제3종 접지공사를 할 것. 다만, 관의 길이가 4m 이하인 것을 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
8. 케이블 공사에 의한 관등회로의 배선은 제193조(제1항제4호 및 제5호와 제3항을 제외한다)의 규정에 준하여 시설하고 또한 관 기타의 전선을 넣는 방호장치의 금속제 부분·금속제의 전선 접속함 및 전선의 피복으로 사용하는 금속제에는 제3종

접지공사를 할 것. 다만, 길이가 4m 이하인 방호장치의 금속제 부분 또는 길이가 4m 이하인 전선을 건조한 곳에 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우에는 그 금속제 부분 또는 그 전선의 피복으로 사용하는 금속제에는 접지공사를 하지 아니하여도 된다.

9. 건조한 곳에 시설하고 또한 내부를 건조한 상태로 사용하는 진열장 안의 관등회로의 배선을 외부로부터 보기 쉬운 곳의 조영제에 접촉하여 시설하는 경우에는 제205조제2항제2호 및 제3호의 규정에 준하는 이외에 다음에 의하여 시설할 것.
    - 가. 전선은 형광등 전선일 것.
    - 나. 전선에는 방전등용 안정기의 출구선 또는 방전등용 소켓의 출구선과의 접속점 이외의 접속점을 만들지 아니할 것.
    - 다. 전선의 접속점을 조영제로부터 떼어서 시설할 것.
  10. 건조한 곳에 시설하는 에스컬레이터 안의 관등회로의 배선(점검할 수 있는 은폐된 장소에 시설하는 것에 한한다)을 압출 튜브에 넣어 시설하는 경우에는 다음에 의할 것.
    - 가. 전선은 형광등 전선을 사용하고 또한 각 전선을 별개의 압출 튜브에 넣을 것.
    - 나. 압출 튜브는 KS C IEC 60684-3-100 “플렉시블 절연 슬리빙 제3부(슬리빙의 개별 형태에 대한 사양) 제100절(압출 염화비닐 슬리빙)”의 “4. 시험조건”에 의하여 시험하였을 때에 “5. 제품품질”에 적합할 것.
    - 다. 전선에는 방전등용 안정기의 출구선 또는 방전등용 소켓의 출구선과의 접속점 이외의 접속점을 만들지 아니할 것.
    - 라. 전선과 접속하는 금속제의 조영제에는 제3종 접지공사를 할 것.
- 제215조(옥내의 네온 방전등 공사)** ① 옥내에 시설하는 관등회로의 사용전압이 1kV를 초과하는 방전등으로서 방전관에 네온 방전관을 사용한 것은 제172조제1항·제196조와 제213조제1항제2호 및 제6호의 규정에 준하는 이외에 다음 각 호에 따르고 또한 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없는 곳에 위험의 우려가 없도록 시설할 것.
1. 방전등용 변압기는 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 네온 변압기일 것.
  2. 관등회로의 배선은 전개된 장소 또는 점검할 수 있는 은폐된 장소에 시설할 것.
  3. 관등회로의 배선은 애자 사용 공사에 의하여 시설하고 또한 다음에 의할 것.
    - 가. 전선은 네온 전선일 것.
    - 나. 전선은 조영제의 옆면 또는 아랫면에 붙일 것. 다만, 전선을 전개된 장소에 시설하는 경우에 기술상 부득이한 때에는 그러하지 아니하다.
    - 다. 전선의 지지점 간의 거리는 1m 이하일 것.
    - 라. 전선 상호 간의 간격은 6cm 이상일 것.
    - 마. 전선과 조영제 사이의 이격거리는 전개된 곳에서 표 215-1에서 정한 값 이상, 점검할 수 있는 은폐된 장소에서는 6cm 이상일 것.
    - 바. 애자는 절연성·난연성 및 내수성이 있는 것일 것.

[표 215-1]

사용전압의 구분	이격거리
6kV 이하	2cm
6kV 초과 9kV 이하	3cm
9kV 초과	4cm

4. 관등회로와 배선 중 방전관의 관극 사이를 접속하는 부분, 방전관 불임틀 안에 시설하는 부분 또는 조영체에 따라 시설하는 부분(방전관으로부터의 길이가 2m 이하인 부분에 한한다)을 다음에 의하여 시설할 경우에는 제3호(“마”를 제외한다)의 규정에 의하지 아니할 수 있다.
    - 가. 전선은 두께 1mm 이상의 유리관에 넣어 시설할 것. 다만, 전선의 길이가 10cm 이하인 경우에는 그러하지 아니하다.
    - 나. 유리관 지지점 사이의 거리는 50cm 이하일 것.
    - 다. 유리관의 지지점 중 가장 관의 끝에 가까운 것은 관의 끝으로부터 8cm 이상 12cm 이하의 부분에 시설할 것.
    - 라. 유리관은 조영체에 견고하게 붙일 것.
  5. 관등회로의 배선 또는 방전관의 관극 부분이 조영체를 관통하는 경우에는 그 부분을 난연성 및 내수성이 있는 견고한 절연 관에 넣을 것.
  6. 방전관은 조영체와 접촉하지 아니하도록 시설하고 또한 방전관의 관극 부분과 조영체 사이의 이격거리는 제3호 “마”의 규정에 준할 것.
  7. 네온변압기의 외함에는 제3종 접지공사를 할 것.
  8. 네온변압기의 2차측 전로를 접지하는 경우에는 다음에 의할 것.
    - 가. 2차측 전로에 지락이 발생했을 때 자동적으로 그 전로를 차단하는 장치를 시설할 것.
    - 나. 접지선은 인장강도 0.39kN 이상의 쉽게 부식되지 않는 금속선 또는 공칭단면적 2.5mm<sup>2</sup> 이상의 연동선으로서 고장 시에 흐르는 전류를 안전하게 통할 수 있는 것을 사용할 것.
- ② 옥내에 시설하는 일부 개방된 간판(간판을 붙이는 조영체측의 옆면에 개방부를 시설하는 것에 한한다. 이하 이조에서 같다) 또는 밀폐된 간판의 틀 안에 시설되는 관등회로의 사용전압이 1kV 이하의 방전등으로서 방전관에 네온방전관을 사용하는 것은 제172조제1항, 제196조 및 제213조제6호의 규정에 준하는 이외에 다음 각 호에 따르고 또한 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없는 장소에 위험의 우려가 없도록 시설할 것.
1. 방전등용 변압기는 다음 중 1에 의할 것.
    - 가. 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 네온 변압기
    - 나. 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 형광등용안정기(정격 2차 단락전류가 1회로에 대해서 50mA 이하의 절연변압기를 말한다)
  2. 관등회로의 배선은 다음에 의할 것.

- 가. 전선은 형광등 전선 또는 네온전선일 것.
  - 나. 전선은 간판 틀 안에 옆면 또는 아랫면에 붙이고 또한 전선과 간판 틀과는 직접 접촉하지 않도록 시설할 것.
  - 다. 전선의 지지점 사이의 거리는 1m 이하일 것.
3. 관등회로 배선 중에 방전관의 관극 사이를 접속하는 부분을 다음에 의하여 시설하는 경우는 제2호의 규정에 의하지 아니할 수 있다.
- 가. 전선은 두께 1mm 이상의 유리관에 넣어 시설할 것. 다만, 전선의 길이가 10cm 이하인 경우에는 그러하지 아니하다.
  - 나. 유리관 지지점 사이의 거리는 50cm 이하일 것.
  - 다. 유리관의 지지점 중 가장 관의 끝에 가까운 것은 관의 끝으로부터 8cm 이상 12cm 이하의 부분에 시설할 것.
  - 라. 유리관은 간판 틀 안에 견고하게 붙일 것.
4. 관등회로의 배선 또는 방전관의 관극 부분이 간판 틀을 관통하는 경우에는 그 부분을 난연성 및 내수성이 있는 견고한 절연 관에 넣을 것.
5. 방전관은 간판의 틀이나 조영체와 접촉하지 않도록 시설하고 또한 방전관의 관극 부분과 간판 틀 또는 조영체사이의 이격거리는 2cm 이상일 것.
6. 방전등용 변압기의 외함 및 금속제의 간판 틀에는 제3종 접지공사를 할 것.

**제216조(옥내 방전등 공사의 시설 제한)** ① 관등회로의 사용전압이 400V 이상인 방전등은 제199조부터 제202조까지에서 규정하는 곳에 시설하여서는 아니 된다.

② 관등회로의 사용전압이 1kV를 초과하는 방전등으로서 방전관에 네온 방전관 이외의 것을 사용한 것은 기계기구의 구조상 그 내부에 안전하게 시설 할 수 있는 경우 또는 제225조제2항(제1호, 제4호 및 제6호를 제외한다)의 규정에 준하여 시설하고 또한 방전관에 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우 이외에는 옥내에 시설하여서는 아니 된다.

## 제2절 옥외의 시설

**제217조(옥외등의 인화선의 시설)** 옥외 백열전등의 인화선으로서 지표상의 높이 2.5m 미만의 부분은 전선에 공칭단면적 2.5mm<sup>2</sup> 이상의 연동선과 동등 이상의 세기 및 굵기의 절연전선(옥외용 비닐절연전선은 제외한다)을 사용하고 또한 사람이 쉽게 접촉할 우려가 있는 곳에 시설하는 경우에는 사람의 접촉 또는 전선의 손상을 방지하도록 시설하여야 한다. 다만, 제193조(제3항은 제외한다)의 규정에 준하는 케이블 공사에 의하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

**제218조(옥출배선 또는 옥외배선의 시설)** ① 저압의 옥출배선 또는 옥외배선(제231조·제234조 및 제242조에 규정하는 것을 제외한다. 이하 이 조에서 같다)은 제168조·제175조부터 제179조까지 및 제195조의 규정에 준하여 시설하는 이외에 다음 각 호에 따르고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.

1. 저압의 옥측배선 또는 옥외배선은 합성수지관 공사·금속관 공사·가요전선관 공사·케이블 공사 또는 표 218-1에서 정한 시설장소 및 사용전압의 구분에 따른 공사에 의하여 시설할 것.

[표 218-1]

시설장소의 구분 \ 사용전압의 구분	400 V 미만인 것	400 V 이상인 것
전개된 장소	에자사용공사 또는 버스티트공사	에자사용공사 버스티트공사
점검할 수 있는 은폐된 장소	에자사용공사 또는 버스티트공사	버스티트공사

2. 에자사용공사에 의한 저압의 옥측배선 또는 옥외배선은 제181조의 규정에 준하여 시설할 것. 이 경우에 제181조제1항제3호 중의 “건조한 장소”는 “비 또는 이슬 등에 맞지 아니하는 장소”로 본다.

3. 합성수지관 공사에 의한 저압의 옥측배선 또는 옥외배선은 제183조의 규정에 준하여 시설할 것.

4. 금속관 공사에 의한 저압의 옥측배선 또는 옥외배선은 제184조의 규정에 준하여 시설할 것.

5. 가요전선관 공사에 의한 저압의 옥측배선 또는 옥외배선은 제186조의 규정에 준하여 시설할 것.

6. 버스티트 공사에 의한 저압의 옥측배선 또는 옥외배선은 다음에 의하여 시설할 것.

가. 제188조의 규정에 준하여 시설할 것.

나. 옥외용 버스티트를 사용하여 덕트 안에 물이 스며들어 고이지 아니하도록 한 구조일 것.

다. 저압의 옥측배선 또는 옥외배선의 사용전압이 400 V 이상인 경우는 다음에 의하여 시설할 것.

(1) 목조 외의 조영물(점검할 수 없는 은폐장소를 제외)에 시설할 것.

(2) 버스티트는 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설할 것.

(3) 버스티트는 옥외용 버스티트를 사용하여 덕트 안에 물이 스며들어 고이지 아니하도록 한 것일 것.

(4) 버스티트는 KS C IEC 60529(2006)에 의한 보호등급 IPX4에 적합할 것.

7. 케이블 공사에 의한 저압의 옥측배선 또는 옥외배선은 제193조(제3항과 제5항은 제외한다)의 규정에 준하여 시설하는 이외에 전선은 케이블·캡타이어케이블일 것.

8. 저압의 옥측배선 또는 옥외배선의 개폐기 및 과전류 차단기는 옥내 전로용의 것과 겸용하지 아니할 것. 다만, 그 배선의 길이가 옥내전로의 분기점으로부터 8m 이하인 경우에 옥내 전로용의 과전류 차단기의 정격전류가 15 A(배선용 차단기는 20 A)이하인 경우에는 그러하지 아니하다.

② 저압의 옥측배선·약전류 전선 등 또는 수관·가스관이나 이와 유사한 것과 접근하거나 교차하는 경우에는 제196조의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

③ 제95조의 규정은 고압 또는 사용전압이 35 kV 이하인 특고압 옥측배선에, 제136조부터 제142조까지 및 제145조부터 제149조까지 규정은 고압 또는 사용전압이 35 kV 이하인 특고압 옥외배선(제242조에 규정하는 것을 제외한다)에 준용한다.

④ 사용전압이 35 kV를 초과하는 특고압 옥측배선 또는 옥외배선은 제246조제3항 단서의 규정에 의하여 시설하는 경우 이외에는 시설하여서는 아니 된다.

**제219조(옥측 또는 옥외에 시설하는 전구선의 시설)** ① 옥측 또는 옥외(전기사용장소 중 옥외의 장소를 말하며 옥측을 제외한다. 이하 이 장에서 같다)에 시설하는 사용전압이 400 V 미만인 전구선은 0.6/1 kV EP 고무 절연 클로로프렌 캡타이어케이블로서 공칭 단면적 0.75 mm<sup>2</sup> 이상의 것이어야 한다. 다만, 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우는 다음 각 호에 따라 시설할 수 있다.

1. 공칭단면적이 0.75 mm<sup>2</sup> 이상인 450/750 V 내열성에틸렌아세테이트 고무절연전선(출구부의 전선의 간격이 10 mm 이상인 전구 소켓에 부착하는 전선은 단면적이 0.75 mm<sup>2</sup> 이상인 450/750 V 내열성에틸렌아세테이트 고무절연전선 또는 450/750 V 일반용 단심 비닐절연전선)을 비나 이슬에 맞지 않도록 시설하는 경우(옥측에 시설하는 경우에 한한다)
  2. 공칭단면적 0.75 mm<sup>2</sup> 이상인 300/300 V 편조 고무코드 또는 0.6/1 kV EP 고무 절연 클로로프렌 캡타이어케이블을 시설하는 경우
- ② 옥측 또는 옥외에 시설하는 사용전압이 400 V 미만인 전구선과 옥측배선과의 접속은 제197조제2항의 규정에 준하여 시설하여야 한다.
- ③ 사용전압이 400 V 이상인 전구선은 옥측 또는 옥외에 시설하여서는 아니 된다.

**제220조(옥측 또는 옥외에 이동전선의 시설)** ① 옥측 또는 옥외에 시설하는 저압의 이동전선은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 옥측 또는 옥외에 시설하는 사용전압이 400 V 미만인 이동전선은 제247조의 규정에 의하여 용접용 케이블을 사용하는 경우 이외에는 0.6/1 kV EP 고무 절연 클로로프렌 캡타이어케이블로서 단면적 0.75 mm<sup>2</sup> 이상의 것일 것. 다만, 제198조제2항에 규정하는 기구에 접속하여 시설하는 경우에는 단면적 0.75 mm<sup>2</sup> 이상의 0.6/1 kV 비닐절연 비닐캡타이어 케이블을, 옥측에 시설하는 경우 비나 이슬에 맞지 아니하도록 시설할 때는 단면적 0.75 mm<sup>2</sup> 이상의 300/300 V 편조 고무코드 또는 0.6/1 kV 비닐절연 비닐캡타이어케이블을 사용할 수 있다.
  2. 옥측 또는 옥외에 시설하는 사용전압이 400 V 이상인 이동전선은 제198조제1항 제2호의 규정에 준할 것.
- ② 옥측 또는 옥외에 시설하는 저압의 이동전선에 접속하여 사용하는 전기기계기구는 제198조제3항 및 제4항의 규정에 준하여 시설하여야 한다.
- ③ 옥측 또는 옥외에 시설하는 저압의 이동전선과 저압의 옥측배선이나 옥외배선 또는 전기사용기계기구와의 접속은 제198조제5항 및 제6항의 규정에 준하여 시설하여

야 한다. 이 경우에 저압의 이동전선과 저압의 옥측 배선이나 옥외 배선과의 접속에는 꽃음 접속기를 사용하고, 옥외에 노출되어 사용하는 경우에는 방수형 꽃음 접속기를 사용하여야 한다.

④ 옥측 또는 옥외에 시설하는 고압의 이동전선은 제210조제1항의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

⑤ 특고압 이동전선은 옥측 또는 옥외에 시설하여서는 아니 된다.

**제221조(옥측 또는 옥외에 배·분전반 및 배선기구 등의 시설)** ① 옥측 또는 옥외에 시설하는 배분전반은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 제171조의 규정을 준용할 것.
2. 배분전반 안에 물이 스며들어 고이지 아니하도록 한 구조일 것.
3. 배분전반은 KS C 8324(2007) "가로등용 분전함"의 "7.10 외부분전함에 대한 보호", "7.11 방수성", "7.12 방청처리"에 적합할 것.

② 옥외에 시설하는 배선기구 및 전기사용기계기구는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 전기기계기구 안의 배선 중 사람이 쉽게 접촉할 우려가 있거나 손상을 받을 우려가 있는 부분은 제184조의 규정에 준하는 금속관 공사 또는 제193조(제3항을 제외한다)의 규정에 준하는 케이블 공사(전선을 금속제의 관 기타의 방호 장치에 넣는 경우에 한한다)에 의하여 시설할 것.
2. 전기기계기구에 시설하는 개폐기·접속기·점멸기 기타의 기구는 손상을 받을 우려가 있는 경우에는 이에 견고한 방호장치를 하고, 물기 등이 유입될 수 있는 곳에서는 방수형이나 이와 동등한 성능이 있는 것을 사용할 것.

③ 제166조제1항의 규정은 옥측 또는 옥외에 시설하는 백열전등에 제170조 및 제172조제3항의 규정은 옥측 또는 옥외에 시설하는 배선기구에 제172조의 규정은 옥측 또는 옥외에 시설하는 전기기계기구에 준용한다.

④ 옥측 및 옥외에 시설하는 저압의 전기간판에 전기를 공급하는 전로에는 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설하여야 한다.

**제222조(옥측 또는 옥외에 전열장치의 시설)** ① 옥측 또는 옥외에 시설하는 발열체는 구조상 그 내부에 안전하게 시설하거나 다음 각 호의 어느 하나에 따라 시설하여야 한다.

1. 제235조(제3항을 제외한다), 제236조 또는 제237조의 규정에 의하여 시설할 것.
2. 선로변환장치(線路變換裝置) 등의 적설 또는 빙결을 방지하기 위하여 철도의 전용부지 안에 시설할 것.
3. 발전용 댐, 수로 등의 옥외 시설의 적설 또는 빙결을 방지하기 위하여 댐, 수로 등의 유지 운용에 종사하는 사람 이외의 사람이 쉽게 출입할 수 없는 장소에 시설할 것.

② 옥측 또는 옥외에 시설하는 전열 장치에 접속하는 전선은 열로 인하여 전선의 피복이 손상되지 아니하도록 시설하여야 한다.

**제223조(옥측 또는 옥외의 먼지가 많은 장소 등의 시설)** ① 제199조부터 제201조까지의 규정

은 옥측 또는 옥외에 시설하는 저압 또는 고압의 전기설비(관동회로의 사용전압이 400 V 이상인 방전등을 제외한다)에 준용한다.

② 특고압 옥측 전기설비 및 특고압 옥외 전기설비는 제246조제1항제5호의 규정에 의하여 시설하는 경우 이외에는 제199조부터 제201조까지 규정하는 곳에 시설하여서는 아니 된다.

**제224조(옥측 또는 옥외에 시설하는 집축전선의 시설)** ① 저압 집축전선을 옥측 또는 옥외에 시설하는 경우에는 기계기구에 시설하는 경우 이외에는 애자사용 공사, 버스덕트 공사 또는 절연 트롤리 공사에 의하여 시설하여야 한다.

② 저압 집축전선을 애자사용 공사에 의하여 옥측 또는 옥외에 시설하는 경우에는 제3항에 규정하는 경우 및 기계기구에 시설하는 경우 이외에는 제206조제2항(제6호 및 제7호를 제외한다)의 규정에 준하는 이외에 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 전선 상호 간의 간격은 전선을 수평으로 배열하는 경우에는 14 cm 이상, 기타의 경우에는 20 cm 이상일 것. 다만, 다음 중 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

가. 전선 상호 간 및 집전장치의 충전부분과 극성이 다른 전선 사이에 견고한 절연성이 있는 격벽을 설치하는 경우

나. 전선을 표 224-1에서 정한 값 이하의 간격으로 지지하고 또한 동요하지 아니하도록 시설하는 이외에 전선 상호 간의 간격을 6 cm(비나 이슬에 맞는 장소에 시설하는 경우에는 12 cm) 이상으로 하는 경우

**[표 224-1]**

단면적의 구분	지지점 간격
1 cm <sup>2</sup> 미만	1.5 m(굴곡 반지름이 1 m 이하인 곡선 부분에서는 1 m)
1 cm <sup>2</sup> 이상	2.5 m(굴곡 반지름이 1 m 이하인 곡선 부분에서는 1 m)

2. 전선과 조영제 사이의 이격거리 및 그 전선에 접촉하는 집전장치의 충전부분과 조영제 사이의 이격거리는 4.5 cm 이상일 것. 다만, 전선 및 그 전선에 접촉하는 집전장치의 충전부분과 조영제 사이에 견고한 절연성이 있는 격벽을 설치하는 경우에는 그러하지 아니하다.

③ 저압 집축전선을 애자사용 공사에 의하여 옥측 또는 옥외에 시설하는 경우에 덕트 안 그 밖의 은폐된 장소에 시설할 때에는 기계기구에 시설하는 경우 이외에는 제206조제3항의 규정에 준하여 시설하여야 한다. 이 경우에 그 은폐된 장소는 점검할 수 있고 또한 물이 고이지 아니하도록 시설한 것이어야 한다.

④ 저압 집축전선을 버스덕트 공사에 의하여 옥측 또는 옥외에 시설하는 경우에는 기계기구에 시설하는 경우 이외에는 제206조제4항의 규정에 준하는 이외에 버스덕트 안에 빛물이 들어가지 아니하도록 시설하여야 한다. 이 경우에 버스덕트 안 기타의 은폐된 장소에 시설하는 때에는 그 은폐된 장소는 점검할 수 있고 또한 물이 고이지 아니하도록 시설한 것이어야 한다.

⑤ 저압 접촉전선을 절연 트롤리 공사에 의하여 옥측 또는 옥외에 시설하는 경우에는 기계기구에 시설하는 경우 이외에는 제206조제6항의 규정에 준하는 이외에 절연 트롤리선에 물이 스며들어 고이지 아니하도록 시설하여야 한다. 이 경우에 절연 트롤리선을 덕트안 기타 은폐된 장소에 시설할 때는 점검할 수 있고 또한 물이 고이지 아니하도록 시설한 것이어야 한다.

⑥ 옥측 또는 옥외에서 사용하는 기계기구에 시설하는 저압 접촉전선은 제206조제7항(제2호 단서를 제외한다)의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

⑦ 옥측 또는 옥외에 시설하는 저압 접촉전선에 전기를 공급하기 위한 전로에는 전용 개폐기 및 과전류 차단기를 시설하여야 한다. 이 경우에 개폐기는 저압 접촉전선에 가까운 곳에 쉽게 개폐할 수 있도록 시설하고, 과전류 차단기는 각 극(다선식 전로의 중성극을 제외한다)에 시설하여야 한다.

⑧ 제206조제8항 및 제10항부터 제12항까지의 규정은 옥측 또는 옥외에 시설하는 저압 접촉전선에, 제211조의 규정은 옥측 또는 옥외에 시설하는 고압 접촉전선에 준용한다.

⑨ 특고압 접촉전선(전차선을 제외한다)은 옥측 또는 옥외에 시설하여서는 아니 된다.

**제225조(옥측 또는 옥외의 방전등 공사)** ① 옥측 또는 옥외에 시설하는 관등회로의 사용전압이 1kV 이하인 방전등으로서 내온방전관 이외의 것을 사용하는 것은 제166조제1항, 제213조 및 제214조의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

② 옥측 또는 옥외에 시설하는 관등회로의 사용전압이 1kV를 초과하는 방전등으로서 방전관에 내온 방전관 이외의 것을 사용하는 것은 제95조, 제136조부터 제142조까지, 제148조, 제149조, 제172조제1항 및 제213조제2호에 따라 시설하는 이외에 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 방전등에 전기를 공급하는 전로의 사용전압은 저압 또는 고압일 것.
2. 관등회로의 사용전압은 고압일 것.
3. 방전등용 변압기는 다음 각 호에 적합한 절연 변압기일 것.
  - 가. 금속제의 외함에 넣고 또한 이에 공칭단면적 6.0 mm<sup>2</sup>의 도체를 붙일 수 있는 황동제의 접지용 단자를 설치한 것일 것.
  - 나. 가목의 금속제의 외함에 철심은 전기적으로 완전히 접속한 것일 것.
  - 다. 권선 상호 간 및 권선과 대지 사이에 최대 사용전압의 1.5배의 교류전압(500V 미만일 때에는 500V)을 연속하여 10분간 가하였을 때에 이에 견디는 것일 것.
4. 방전관은 금속제의 견고한 기구에 넣고 또한 다음에 의하여 시설할 것.
  - 가. 기구는 지표상 4.5m 이상의 높이에 시설할 것.
  - 나. 기구와 기타 시설물(가공전선을 제외한다) 또는 식물 사이의 이격거리는 60cm 이상일 것.
5. 방전등에 전기를 공급하는 전로에는 전용 개폐기 및 과전류 차단기를 각 극(과전류 차단기는 다선식 전로의 중성극을 제외한다)에 시설할 것.
6. 방전등에는 적절한 방수장치를 한 옥외형의 것을 사용할 것.

③ 옥측 또는 옥외에 시설하는 관등회로의 사용전압이 1kV를 초과하는 방전등으로서 방전관에 내온 방전관을 사용하는 것은 제215조의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

④ 가로등, 보안등, 조경등 등으로 시설하는 방전등에 공급하는 전로의 사용전압이 150V를 초과하는 경우에는 제1항부터 제3항까지의 규정에 준하는 외에 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치(「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 것)를 각 분기회로에 시설하여야 한다.
  2. 전로의 길이는 상시 충전전류에 의한 누설전류로 인하여 누전차단기가 불필요하게 동작하지 않도록 시설할 것.
  3. 사용전압 400V 이하인 관등회로의 배선에 사용하는 전선은 제1항의 규정에 관계없이 케이블을 사용하거나 이와 동등 이상의 절연성능을 가진 전선을 사용할 것.
  4. 가로등주, 보안등주, 조경등 등의 등주 안에서 전선의 접속은 절연 및 방수성능이 있는 방수형 접속재[레진충전식, 실리콘 수밀식(젤타입) 또는 자기용착테이프와 비닐절연테이프의 이중절연 등]을 사용하거나 적절한 방수함 안에서 접속할 것.
  5. 가로등, 보안등, 조경등 등의 금속제 등주에는 제33조제1항의 규정에 의한 접지공사를 할 것.
  6. 보안등의 개폐기 설치 위치는 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없는 개폐 가능한 곳에 시설할 것.
  7. 가로등, 보안등에 LED 등기구를 사용하는 경우에는 KS C 7658(2009) “LED 가로등 및 보안등기구의 안전 및 성능요구사항”에 적합한 것을 시설할 것.
- ⑤ 옥측 또는 옥외에 시설하는 관등회로의 사용전압이 400V 이상인 방전등은 제199조부터 제202조까지에 규정하는 곳에 시설하여서는 아니 된다.

### 제3절 터널·갱도 기타 이와 유사한 장소의 시설

**제226조(사람이 상시 통행하는 터널 안의 배선의 시설)** 사람이 상시 통행하는 터널 안의 배선(전기기계기구 안의 배선, 관등회로의 배선, 제244조제1항에 규정하는 소세력 회로의 전선 및 제245조에 규정하는 출퇴표시등 회로의 전선을 제외한다. 이하 이 절에서 같다)은 그 사용전압이 저압의 것에 한하고 또한 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 전선은 다음 중 하나에 의하여 시설할 것.
  - 가. 제143조제2항제1호“나”의 규정에 의하여 시설할 것.
  - 나. 공칭단면적 2.5 mm<sup>2</sup>의 연동선과 동등 이상의 세기 및 굽기의 절연 전선(옥외용 비닐 절연전선 및 인입용 비닐 절연전선을 제외한다)을 사용하여 제181조제1항(제1호를 제외한다) 및 제2항의 규정에 준하는 예차 사용 공사에 의하여 시설하고 또한 이를 노면상 2.5m 이상의 높이로 할 것.
2. 전로에는 터널의 입구에 가까운 곳에 전용 개폐기를 시설할 것.

**제227조(광산 기타 갱도안의 시설)** ① 광산 기타 갱도안의 배선은 사용전압이 저압 또는 고

압의 것에 한하고 또한 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 저압 배선은 제193조(제3항을 제외한다)의 규정에 준하는 케이블 공사에 의하여 시설할 것. 다만, 사용전압이 400 V 미만인 저압 배선에 공칭단면적 2.5 mm<sup>2</sup> 연동선과 동등 이상의 세기 및 굽기의 절연전선(옥외용 비닐 절연 전선 및 인입용 비닐 절연전선을 제외한다)을 사용하고 전선 상호 간의 사이를 적당히 떨어지게 하고 또한 암석 또는 목재와 접촉하지 않도록 절연성·난연성 및 내수성의 애자로 이를 지지할 경우에는 그러하지 아니하다.
  2. 고압 배선은 제209조제1항제3호(제193조제3항의 규정을 준용하는 부분을 제외한다)의 규정에 준하는 케이블 공사에 의하여 시설할 것.
  3. 전로에는 갭 입구에 가까운 곳에 전용 개폐기를 시설할 것.
- ② 제199조부터 제202조까지의 규정은 광산 기타의 갭도 내에 시설하는 저압 또는 고압의 전기설비에 준용한다.

**제228조(터널 등의 배선과 약전류 전선 등 또는 관과의 접근 교차)** ① 터널·갱도 기타 이와 유사한 곳(철도 또는 궤도의 전용 터널을 제외한다. 이하 이 절에서 “터널 등”이라 한다)에 시설하는 저압 배선이 그 터널 등에 시설하는 다른 저압 전선·약전류 전선 등 또는 수관·가스관이나 이와 유사한 것과 접근하거나 교차하는 경우에는 제196조의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

② 터널 등에 시설하는 고압배선이 그 터널 등에 시설하는 다른 고압 배선·저압 배선·약전류 전선 등 또는 수관·가스관이나 이와 유사한 경우에는 제209조제2항의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

**제229조(터널 등의 전구선 또는 이동전선 등의 시설)** ① 터널 등에 시설하는 사용전압이 400 V 미만인 저압의 전구선 또는 이동전선은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 전구선은 단면적 0.75 mm<sup>2</sup> 이상의 300/300 V 편조 고무코드 또는 0.6/1 kV EP 고무 절연 클로로프렌 캡타이어 케이블일 것. 다만, 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우에는 단면적 0.75 mm<sup>2</sup> 이상의 연동연선을 사용하는 450/750 V 내열성에틸렌아세테이트 고무절연전선(출구부의 전선의 간격이 10 mm 이상인 전구 소켓에 부속하는 전선은 단면적이 0.75 mm<sup>2</sup> 이상인 450/750 V 내열성에틸렌아세테이트 고무절연전선 또는 450/750 V 일반용 단심 비닐절연전선)을 사용할 수 있다.
  2. 이동전선은 제247조의 규정에 의하여 용접용 케이블을 사용하는 경우 이외에는 300/300 V 편조 고무코드, 비닐 코드 또는 캡타이어 케이블일 것. 다만, 비닐 코드 및 비닐 캡타이어 케이블은 제198조제2항에 규정하는 이동전선에 한하여 사용할 수 있다.
  3. 전구선 또는 이동전선을 현저히 손상시킬 우려가 있는 곳에 설치하는 경우에는 이를 제186조제2항의 규정에 준하는 가요 전선관에 넣거나 이에 강한 외장을 할 것.
- ② 터널 등에 시설하는 사용전압이 400 V 이상인 저압의 이동전선은 제198조제1항제2호의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

- ③ 터널 등에 시설하는 저압의 이동전선에 접속하여 사용하는 전기기계기구는 제198조제3항 및 제4항의 규정에 준하여 시설하여야 한다.
- ④ 터널 등에 시설하는 저압의 이동전선과 터널 등에 시설하는 저압 배선 또는 전기 사용 기계기구와의 접속은 제198조제5항 및 제6항의 규정에 준하여 시설하여야 한다. 이 경우에 이동전선과 저압 배선과의 접속에는 콧집속기를 사용하여야 한다.
- ⑤ 터널 등에 시설하는 고압의 이동전선은 제210조의 규정에 준하여 시설하여야 한다.
- ⑥ 특고압의 이동전선은 터널 등에 시설하여서는 아니 된다.

**제230조(터널 등에 시설하는 배선 기구 등의 시설)** 제221조 및 제225조의 규정은 터널 등에 시설하는 배선 기구 및 전기사용기계기구에 준용한다.

### 제4절 특수시설

**제231조(전기울타리의 시설)** ① 전기울타리는 다음 각 호에 따르고 또한 견고하게 시설하여야 한다.

1. 전기울타리는 사람이 쉽게 출입하지 아니하는 곳에 시설할 것.
  2. 전기울타리를 시설한 곳에는 사람이 보기 쉽도록 KS C IEC 60335-2-76 “가정용 및 이와 유사한 전기기기의 안전성-제2-76부: 전기 울타리의 개별 요구사항”에 따라 적당한 간격으로 경고표시 그림 또는 글자로 위험표시를 시설 할 것.
  3. 전선은 인장강도 1.38 kN 이상의 것 또는 지름 2mm 이상의 경동선일 것.
  4. 전선과 이를 지지하는 기둥 사이의 이격거리는 2.5 cm 이상일 것.
  5. 전선과 다른 시설물(가공 전선을 제외한다) 또는 수목 사이의 이격거리는 30 cm 이상일 것.
- ② 전기울타리에 전기를 공급하는 전기 울타리용 전원 장치는 KS C IEC 60335-2-76에 적합한 것을 사용하여야 한다.
- ③ 전기울타리용 전원 장치 중 충격 전류가 반복하여 생기는 것은 그 장치 및 이에 접속하는 전로에서 생기는 전파 또는 고주파 전류가 무선설비의 기능에 계속적이고 또한 중대한 장애를 줄 우려가 있는 곳에는 시설하여서는 아니 된다.
- ④ 전기울타리에 전기를 공급하는 전로에는 쉽게 개폐할 수 있는 곳에 전용 개폐기를 시설하여야 한다.
- ⑤ 전기울타리용 전원 장치에 전기를 공급하는 전로의 사용전압은 250 V 이하이어야 한다.

**제232조(유회용 전차의 시설)** ① 유회용 전차(유원지·유회장 등의 구내에서 유회용으로 시설하는 것을 말한다. 이하 이 조에서 같다)안의 전로 및 여기에 전기를 공급하기 위하여 사용하는 전기설비는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 유회용 전차에 전기를 공급하는 전로의 사용전압은 직류의 경우는 60 V 이하, 교류의 경우는 40 V 이하일 것.
2. 유회용 전차에 전기를 공급하기 위하여 사용하는 접촉전선(이하 이 조에서 “접촉

전선"이라 한다)은 제3레일 방식에 의하여 시설할 것.

3. 레일 및 접촉전선은 사람이 쉽게 출입할 수 없도록 설비한 곳에 시설할 것.
  4. 유희용 전차에 전기를 공급하는 전로의 사용전압으로 전기를 변성하기 위하여 사용하는 변압기의 1차 전압은 400 V 미만일 것.
  5. 유희용 전차 안에 승압용 변압기를 시설하는 경우에는 그 변압기의 2차 전압은 150 V 이하일 것.
  6. 제4호 및 제5호의 변압기는 절연 변압기일 것.
  7. 전로의 일부로서 사용하는 레일은 용접(이음판의 용접을 포함한다)에 의한 경우 이외에는 적당한 본드로 전기적으로 접속할 것.
  8. 변압기·정류기 등과 레일 및 접촉선을 접속하는 전선 및 접촉 전선 상호 간을 접속하는 전선은 케이블 공사에 의하여 시설하는 경우 이외에는 사람이 쉽게 접속할 우려가 없도록 시설할 것.
  9. 유희용 전차에 전기를 공급하는 전로에는 전용 개폐기를 시설할 것.
  10. 유희용 전차안의 전로는 취급자이외의 자가 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설할 것.
- ② 접촉전선과 대지 사이의 절연저항은 사용전압에 대한 누설전류가 레일의 연장 1km 마다 100 mA를 넘지 아니하도록 유지하여야 한다.
- ③ 유희용 전차안의 전로와 대지 사이의 절연저항은 사용전압에 대한 누설전류가 규정 전류의 5,000분의 1을 넘지 아니하도록 유지하여야 한다.

**제233조(전격살충기의 시설)** ① 전격살충기(電擊殺蟲器)는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 전격살충기는 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 것일 것.
  2. 전격살충기에 전기를 공급하는 전로에는 전용 개폐기를 전격살충기에서 가까운 곳에 쉽게 개폐할 수 있도록 시설할 것.
  3. 전격살충기는 전격격자(電擊格子)가 지표상 또는 마루위 3.5m 이상의 높이가 되도록 시설할 것. 다만, 2차측 개방 전압이 7kV 이하인 절연변압기를 사용하고 또한 보호격자의 내부에 사람이 손을 넣거나 보호격자에 사람이 접촉할 때에 절연 변압기의 1차측 전로를 자동적으로 차단하는 보호장치를 설치한 것은 지표상 또는 마루위 1.8m 높이까지로 감할 수 있다.
  4. 전격살충기의 전격격자와 다른 시설물(가공전선을 제외한다) 또는 식물 사이의 이격거리는 30 cm 이상일 것.
  5. 전격살충기를 시설한 곳에는 위험표시를 할 것.
- ② 전격살충기는 그 장치 및 이에 접속하는 전로에서 생기는 전파 또는 고주파 전류가 무선설비의 기능에 계속적이고 또한 중대한 장애를 줄 우려가 있는 곳에 시설하여서는 아니 된다.

**제234조(교통신호등의 시설)** ① 교통신호등 회로[교통신호등의 제어장치(제어기·정리기 등을 말한다. 이하 이 조에서 같다)로부터 교통신호등의 전구까지의 전로를 말한다. 이하 이 조에서 같다]의 사용전압은 300 V 이하이어야 한다.

② 교통신호등 회로의 배선(인하선을 제외한다)은 제3항에 규정하는 경우 이외에는 제72조 및 제89조의 규정에 준하는 이외에 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 전선은 케이블인 경우 이외는 공칭단면적 2.5 mm<sup>2</sup> 연동선과 동등 이상의 세기 및 굵기의 450/750 V 일반용 단심 비닐절연전선 또는 450/750 V 내열성에틸렌아세테이트 고무절연전선일 것.
  2. 전선이 450/750 V 일반용 단심 비닐절연전선 또는 450/750 V 내열성에틸렌아세테이트 고무절연전선인 경우에는 이를 인장강도 3.70 kN의 금속선 또는 지름 4mm 이상의 아연도금철선 또는 이와 동등 이상의 부식방지 성능이 있는 철선을 2가닥 이상을 끈 금속선에 매달 것.
  3. 제2호에 규정하는 전선을 매다는 금속선에는 지지점 또는 이에 근접하는 곳에 애자를 삽입할 것.
  4. 전선이 케이블인 경우에는 제69조(제1항제4호를 제외한다)의 규정에 준하여 시설할 것.
- ③ 교통신호등 회로의 인하선은 제2항제1호 및 제89조의 규정에 준하는 이외에 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.
1. 전선의 지표상의 높이는 2.5m 이상일 것. 다만, 전선을 제184조의 규정에 준하는 금속관 공사 또는 제193조(제3항을 제외한다)의 규정에 준하는 케이블 공사에 의하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
  2. 전선을 애자사용 공사에 의하여 시설하는 경우에는 전선을 적당한 간격마다 묶을 것.
- ④ 교통신호등 제어장치의 진원측에는 전용 개폐기 및 과전류 차단기를 각 극에 시설하여야 하며 또한 교통신호등 회로의 사용전압이 150 V를 초과하는 경우에는 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치(「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 것)를 시설할 것.
- ⑤ 교통신호등 제어장치의 금속제 외함에는 제3종 접지공사를 하여야 한다.
- ⑥ 교통신호등 회로의 배선이 건조물·도로·횡단보도교·철도·궤도·삭도·가공 약전류 전선 등·안테나·가공전선 및 전차선 또는 다른 교통신호등 회로의 배선과 접근하거나 교차하는 경우에는 제79조부터 제84조까지의 지압 가공전선의 규정에 준하여 시설하여야 한다.
- ⑦ 교통신호등 회로의 배선이 건조물·도로·횡단보도교·철도·궤도·삭도·가공 약전류 전선 등·안테나·가공전선 및 전차선 이외의 시설물과 접근하거나 교차하는 경우에는 교통신호등 회로의 배선과 이들 사이의 이격거리는 60 cm(교통신호등 회로의 배선이 케이블인 경우에는 30 cm) 이상이어야 한다.
- ⑧ LED를 광원으로 사용하는 교통신호등의 설치에 KS C 7528 “LED 교통신호등”에 적합할 것.

**제235조(도로 등의 전열장치의 시설)** ① 발열선을 도로(농로 기타 교통이 빈번하지 아니하는 도로 및 횡단보도교를 포함한다. 이하 이 조에서 같다), 주차장 또는 조영물의 조영제에 고정시켜 시설하는 경우에는 다음 각 호에 따라야 한다.

1. 발열선에 전기를 공급하는 전로의 대지전압은 300 V 이하일 것.
  2. 발열선은 미네랄인슈레이션 케이블 등 KS C IEC 60800(2009) “정격전압 300/500 V 이하 보온 및 결빙 방지용 케이블(Heating Cables)”에 규정된 발열선으로서 노출 사용하지 아니하는 것은 B종 발열선을 사용하고, 동 규격의 부속서 A (규정) “사용 지침”에 따라 적용하여야 한다.
  3. 발열선(발열선에 직접 접속하는 전선인 Cold Lead 포함)의 구조 및 재료는 KS C IEC 60800(2009)의 “제2장 특별규정” 및 “1.7 케이블 구조의 일반적 요구사항”에 적합할 것. 다만, 규정되지 않은 절연 및 비금속 외부시스 재료는 1.7.2.1(절연 재료) 및 1.7.5.1 (비금속 외부시스 재료)에 따른다.
  4. 발열선의 도체는 KS C IEC 60228 또는 한국전기기술기준위원회 표준 KECS 1501-2009에 적합한 연동선 또는 이를 소선으로 한 연선(절연체에 에틸렌프로필렌 고무혼합물·부틸고무혼합물을 사용한 것은 주석이나 납 또는 이들의 합금으로 도금한 것에 한한다)일 것.
  5. 완성품은 KS C IEC 60800(2009)의 3.4.3의 “실내 온도에서의 전압시험”에 적합할 것.
  6. 발열선은 사람이 접촉할 우려가 없고 또한 손상을 받을 우려가 없도록 콘크리트 기타 견고한 내열성이 있는 것 안에 시설할 것.
  7. 발열선은 그 온도가 80 ℃를 넘지 아니하도록 시설할 것. 다만, 도로 또는 옥외주차장에 금속피복을 한 발열선을 시설할 경우에는 발열선의 온도를 120 ℃ 이하로 할 수 있다.
  8. 발열선은 다른 전기설비·약전류 전선 등 또는 수관·가스관이나 이와 유사한 것에 전기적·자기적 또는 열적인 장애를 주지 아니하도록 시설할 것.
  9. 발열선 상호 간 또는 발열선과 전선을 접속할 경우에는 전류에 의한 접속부분의 온도상승이 접속부 이외의 온도상승보다 높지 아니하도록 하고 또한 다음에 의할 것.
    - 가. 접속부분에는 접속관 기타의 기구를 사용하거나 또는 납땀을 하고 또한 그 부분을 발열선의 절연물과 동등 이상의 절연효력이 있는 것으로 충분히 피복할 것.
    - 나. 발열선 또는 발열선에 직접 접속하는 전선의 피복에 사용하는 금속체 상호 간을 접속하는 경우에는 그 접속부분의 금속체를 전기적으로 완전히 접속할 것.
  10. 발열선 또는 발열선에 직접 접속하는 전선의 피복에 사용하는 금속체에는 사용전압이 400 V 미만인 것에는 제3종 접지공사, 사용전압이 400 V 이상인 것에는 특별 제3종 접지공사를 할 것.
  11. 발열선에 전기를 공급하는 전로에는 전용 개폐기 및 과전류 차단기를 각 극(과전류 차단기는 다선식 전로의 중성극을 제외한다)에 시설하고 또한 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설할 것.
- ② 콘크리트의 양생 기간에 콘크리트의 보온을 위하여 발열선을 시설하는 경우에는 제 1항의 규정에 준하여 시설하는 경우 이외에는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.
1. 발열선에 전기를 공급하는 전로의 대지전압은 300 V 이하일 것.

2. 발열선은 「**전기용품 및 생활용품 안전관리법**」의 적용을 받는 것 이외에는 한국전기기술기준위원회 표준 KECS 1204-2009에 적합한 것일 것.
  3. 발열선을 콘크리트 속에 매입하여 시설하는 경우 이외에는 발열선 상호 간의 간격을 5 cm 이상으로 하고 또한 발열선이 손상을 받을 우려가 없도록 시설할 것.
  4. 발열선에 전기를 공급하는 전로에는 전용 개폐기 및 과전류 차단기를 각 극(과전류 차단기는 다선식 전로의 중성극을 제외한다)에 시설할 것. 다만, 발열선에 접속하는 이동전선과 옥내배선, 옥측배선 또는 옥외배선을 뜻함 접속기 기타 이와 유사한 기구를 사용하여 접속하는 경우에는 전용 개폐기의 시설을 하지 아니하여도 된다.
- ③ 전열 보드 또는 전열 시트를 조영물의 조영체에 고정시켜 시설하는 경우에는 제 1항제8호 및 제11호에 준하는 이외에 다음 각 호에 따라야 한다.
1. 전열 보드 또는 전열 시트에 전기를 공급하는 전로의 사용전압은 300 V 이하일 것.
  2. 전열 보드 또는 전열 시트는 「**전기용품 및 생활용품 안전관리법**」의 적용을 받는 것일 것.
  3. 전열 보드의 금속체 외함 또는 전열 시트의 금속 피복에는 제3종 접지공사를 할 것.
- ④ 도로 또는 옥외 주차장에 표피전류가열장치(表皮電流加熱裝置)(소구경 관의 내부에 발열선을 시설한 것을 말한다. 이하 이 항 및 제236조제3항에서 같다)를 시설하는 경우에는 제1항제8호 및 제11호에 준하는 이외에 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.
1. 발열선에 전기를 공급하는 전로의 대지전압은 교류(주파수가 60 Hz의 것에 한한다) 300 V 이하일 것.
  2. 발열선과 소구경관은 전기적으로 접속하지 아니할 것.
  3. 소구경관은 다음에 의하여 시설할 것.
    - 가. 소구경관은 KS D 3507(2008)에 규정하는 “배관용 탄소강관”에 적합한 것일 것.
    - 나. 소구경관은 그 온도가 120 ℃를 넘지 아니하도록 시설할 것.
    - 다. 소구경관에 부착하는 박스는 강관으로 견고하게 제작한 것일 것.
    - 라. 소구경관 상호 간 및 소구경관과 박스의 접속은 용접에 의할 것.
  4. 발열선은 다음에 정하는 표준에 적합한 것으로서 그 온도가 120 ℃를 넘지 아니하도록 시설할 것.
    - 가. 발열체는 KS C IEC 60228 또는 한국전기기술기준위원회 표준 KECS 1501-2009에 적합한 연동선 또는 이를 소선으로 한 연선(절연체에 에틸렌프로필렌고무혼합물 또는 규소고무혼합물을 사용한 것은 주석이나 납 또는 이들의 합금으로 도금한 것, 불소수지 혼합물을 사용한 것은 니켈이나 은 또는 이들의 합금으로 도금한 것에 한한다)일 것.
    - 나. 절연체와 외장은 다음에 적합한 것일 것.
      - (1) 절연체 재료는 내열비닐혼합물·가교폴리에틸렌혼합물 또는 에틸렌프로필렌고무혼합물을 사용한 경우는 내열비닐 혼합물·가교폴리에틸렌혼합물 또는 에틸렌프로필렌고무혼합물로서 KS C IEC 60811-1-1의 “9. 절연체 및시스



의 기계적 특성시험"에 규정하는 시험을 하였을 때 이에 적합한 것일 것.

- (2) 외장의 재료는 절연체에 내열비닐혼합물·가교폴리에틸렌혼합물 또는 에틸렌프로필렌고무혼합물을 사용한 경우는 내열비닐혼합물·가교폴리에틸렌혼합물 또는 에틸렌프로필렌고무혼합물로서 KS C IEC 60811-1-1의 "9. 절연체 및 시스의 기계적 특성시험"에 규정하는 시험을 하였을 때 이것에 적합한 것. 절연체에 고무 혼합물 또는 불소수지 혼합물을 사용한 경우는 내열성이 있는 것으로 조밀하게 편조한 것 또는 이와 동등 이상의 내열성 및 세기를 가지는 것일 것.

다. 완성품은 사용전압이 600 V를 초과하는 것은 접지한 금속평판 위에 케이블을 2m 이상 밀착시켜 도체와 접지 판 사이에 표 235-1에서 정한 시험전압까지 서서히 전압을 가하여 코로나 방전량을 측정하였을 때 방전량이 30 pC 이하일 것.

[표 235-1]

사용전압의 구분	시험방법
600 V 초과 1.5kV 이하	1.5 kV
1.5 kV 초과 3.5 kV 이하	3.5 kV

5. 표피 전류 가열장치는 사람이 접촉할 우려가 없고 또한 손상을 받을 우려가 없도록 콘크리트 기타 견고하고 내열성이 있는 것 안에 시설할 것.

6. 발열선에 직접 접속하는 전선은 발열선과 동등 이상의 절연효력 및 내열성을 가지는 것일 것.

7. 발열선 상호 간 또는 발열선과 전선을 접속하는 경우에는 전류에 의한 접속부분의 온도상승이 접속부분 이외의 온도상승보다 높지 아니하도록 하고 또한 다음에 의할 것.

가. 접속은 접속관 기타의 기구를 사용하거나 또는 납땜 접합할 것.

나. 접속은 강관으로 견고하게 제작된 박스 안에서 할 것.

다. 접속부분은 발열선의 절연물과 동등 이상의 절연효력을 가지는 것으로 충분히 피복할 것.

8. 소구경관(박스를 포함한다)에는 사용전압이 400 V 미만인 것에는 제3종 접지공사, 사용전압이 400 V 이상인 것에는 특별 제3종 접지공사를 할 것.

**제236조(파이프라인 등의 전열장치의 시설)** ① 파이프라인 등(도관 및 기타의 시설물에 의하여 액체를 수송하는 시설의 총체를 말한다. 이하 이 조에서 같다)에 발열선을 시설하는 경우(제4항에 따라 시설하는 경우를 제외한다)에는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 발열선에 전기를 공급하는 전로의 사용전압은 저압일 것.

2. 발열선은 미네랄인슈레이션케이블 또는 다음에 적합한 것일 것.

가. 노출하여 사용하지 않는 것은 B종 발열선을 사용하고 제235조제1항제2호 및 제3호에 적합할 것.

나. 노출하여 사용하는 것은 C종 발열선을 사용하고 제235조제1항제2호 및 제3호에 적합할 것.

3. 발열선에 직접 접속하는 전선은 제235조제1항제3호에서 정하는 표준에 적합한 발열선 접속용 케이블일 것.

4. 발열선은 사람이 접촉할 우려가 없고 또한 손상을 받을 우려가 없도록 시설할 것.

5. 발열선은 그 온도가 피 가열 액체의 발화 온도의 80%를 넘지 아니하도록 시설할 것.

6. 발열선은 다른 전기설비·약전류 전선 등 다른 파이프라인 등 또는 가스관이나 이와 유사한 것에 전기적·자기적 또는 열적 장애를 주지 아니하도록 시설할 것.

7. 발열선 상호 간 또는 발열선과 전선을 접속하는 경우에는 전류에 의한 접속부분의 온도상승이 접속부분 이외의 온도상승보다 높지 아니하도록 하고 또한 다음에 의할 것.

가. 접속부분에는 접속관 기타의 기구를 사용하거나 납땜을 하고 또한 그 부분을 발열선의 절연물과 동등 이상의 절연효력이 있는 것으로 충분히 피복할 것.

나. 발열선 또는 발열선에 직접 접속하는 전선의 피복에 사용하는 금속체 상호 간을 접속하는 경우에는 그 접속부분의 금속체를 전기적으로 완전히 접속할 것.

8. 발열선 또는 발열선에 직접 접속하는 전선의 피복에 사용하는 금속체·파이프라인 등에는 사용전압이 400 V 미만인 것에는 제3종 접지공사, 400 V 이상인 것에는 특별 제3종 접지공사를 할 것.

9. 발열선에 전기를 공급하는 전로에는 전용 개폐기 및 과전류 차단기를 각 극(과전류 차단기는 다선식 전로의 중성극을 제외한다)에 시설하고 또한 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설할 것.

10. 파이프라인 등에는 사람이 보기 쉬운 곳에 발열선이 시설되어 있음을 표시할 것.

② 파이프라인 등에 전류를 직접 흘려서 파이프라인 등 자체를 발열체로 하는 장치(이하 이 항에서 "직접 가열장치"라 한다)를 시설하는 경우에는 제1항제5호, 제6호, 제9호 및 제10호에 따라 시설하는 이외에 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 발열체에 전기를 공급하는 전로의 사용전압은 교류(주파수가 60 Hz의 것에 한한다)의 저압일 것.

2. 직접 가열장치에 전기를 공급하기 위해서 전용의 절연 변압기를 사용하고 또한 그 변압기의 부하측의 전로는 접지하지 아니할 것.

3. 발열체가 되는 파이프라인 등은 다음에 의하여 시설할 것.

가. 파이프라인 등은 다음에 적합한 것일 것.

(1) 도체 부분의 재료는 다음 중 어느 하나에 의할 것.

(가) KS D 3507(2008)의 "배관용 탄소강관"

(나) KS D 3562(2009)의 "압력배관용 탄소강관"

(다) KS D 3583(2008)의 "배관용 아크용접 탄소강관"

(라) KS D 3576(2008)의 "배관용 스테인레스강관"

(2) 절연체[(3)의 것은 제외한다]의 두께는 0.5mm 이상이어야 하며, 재료는 다음 중 어느 하나에 적합할 것.

(가) KS C IEC 60394-2(2006)의 “전기용 바니시 처리된 직물류”

(나) KS C 2344(2003)의 “전기용 폴리에스테르 필름”

(다) KS C 2347(2003)의 “전기절연용 폴리에스테르 필름 접착테이프”

(라) KS C IEC 60811-1-1의 “9. 절연체 및 시스의 기계적 특성시험”에 따른 시험을 하였을 때 이에 적합한 폴리에틸렌 혼합물

(3) 발열체 상호 간의 프렌지 접합부 및 발열체와 벤트관 드레인관 등의 부속물과의 접속부분에 삽입하는 절연체는 다음에 적합한 것일 것.

(가) 재료는 KS M 3337(2007)의 “열경화성수지 적층판” 중 유리섬유천기재 구조수지 적층판·유리섬유천기재 에폭시수지 적층판 또는 유리 매트기재 폴리에스테르 수지 적층판일 것.

(나) 두께는 1mm 이상일 것.

(4) 완성품은 KS C IEC 60800(2009)의 3.4.3의 “실내 온도에서의 전압시험”에 적합할 것.

나. 발열체 상호 간의 접속은 용접 또는 프렌지 접합에 의한 것.

다. 발열체에는 슈를 직접 붙이지 아니할 것.

라. 발열체 상호 간의 프렌지 접합부 및 발열체와 통기관·드레인관 등의 부속물과의 접속부분에는 발열체가 발생하는 열에 충분히 견디는 절연물을 삽입할 것.

마. 발열체에는 사람이 접촉할 우려가 없도록 절연물로 충분히 피복할 것.

4. 발열체와 전선을 접속하는 경우에는 다음에 의한 것.

가. 발열체에는 전선의 절연이 손상되지 아니하도록 충분한 길이의 단자를 납땜 또는 용접할 것.

나. 단자는 발열체에 절연물과 동등 이상의 절연효력이 있는 것으로 충분히 피복하고 그 위를 견고하게 비금속제의 보호관으로 보호할 것.

5. 발열체의 단열재의 금속제 외피 및 발열체와 절연물을 중간에 둔 파이프라인 등의 금속제 비충전부분에는 사용전압이 400V 미만인 것에는 제3종 접지공사, 사용전압이 400V 이상인 것에는 특별 제3종 접지공사를 할 것.

③ 파이프라인 등에 표피전류가열장치를 시설하는 경우에는 제1항제5호, 제6호, 제9호 및 제10호에 따라 시설하는 이외에 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 발열선에 전기를 공급하는 전로의 사용전압은 교류(주파수가 60Hz의 것에 한한다)의 저압 또는 고압일 것.

2. 표피전류가열장치에 전기를 공급하기 위해서 전용의 절연 변압기를 사용하고 또 한 그 변압기로부터 발열선에 이르는 전로는 접지하지 아니할 것. 다만, 발열선과 소구경관을 전기적으로 접속하지 아니하는 것은 그러하지 아니하다.

3. 소구경관은 다음에 의하여 시설할 것.

가. 소구경관은 KS D 3507(2008)의 “배관용 탄소강관”에 적합한 것일 것

나. 소구경관에 부착하는 박스는 강관으로 견고하게 제작한 것일 것.

다. 소구경관 상호 간 및 소구경관과 박스의 접속은 용접에 의한 것.

라. 소구경관을 파이프라인 등에 따라 시설하는 경우에는 납땜 또는 용접에 의하여 발생하는 열을 파이프라인 등에 균일하게 전도되도록 할 것.

4. 발열선은 제235조제4항제4호에서 정하는 표준에 적합한 것일 것.

5. 소구경관 또는 발열선에 직접 접속하는 전선은 발열선과 동등 이상의 절연효력 및 내열성을 가지는 것일 것.

6. 발열선 상호 간 또는 전선과 발열선이나 소구경관(박스를 포함한다)을 접속하는 경우에는 전류에 의한 접속부분의 온도상승이 접속부분 이외의 온도상승보다 높아 아니하도록 하고 또한 다음에 의한 것.

가. 접속부분은 접속관 기타의 기구를 사용하거나 또는 납땜할 것.

나. 접속부분에는 강관으로 견고하게 제작한 박스를 사용할 것.

다. 발열선 상호 간 또는 발열선과 전선의 접속부분은 발열선의 절연물과 동등 이상의 절연효력이 있는 것으로 충분히 피복할 것.

7. 소구경관(박스를 포함한다)에는 사용전압이 400V 미만인 것에는 제3종 접지공사, 사용전압이 400V 이상인 저압의 것에는 특별 제3종 접지공사, 사용전압이 고압인 것에는 제1종 접지공사를 할 것.

④ 발열선을 송배수관 또는 수도관에 고정시켜 시설하는 경우(「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 수도 동결방지기를 사용하는 경우를 제외한다)에는 제2항 또는 제3항에 따라 시설하는 경우 이외에는 제1항제4호, 제6호, 제7호 및 제9호에 준하여 시설하는 이외에 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 발열선에 전기를 공급하는 전로의 사용전압은 400V 미만일 것.

2. 발열선은 제1항제2호에서 정하는 표준에 적합한 것일 것.

3. 발열선에 직접 접속하는 전선은 제235조제1항제3호에서 정하는 표준에 적합한 발열선 접속용 케이블일 것.

4. 발열선은 그 온도가 80℃를 넘지 아니하도록 시설할 것.

5. 발열선 또는 발열선에 직접 접속하는 전선의 피복에 사용하는 금속제에는 제3종 접지공사를 할 것.

⑤ 제2항, 제3항 및 제4항의 시설은 제199조부터 제201조(제1항을 제외한다)까지에서 규정하는 장소(제209조제3항 및 제223조제1항에서 준용하는 장소를 포함한다)에 시설하여서는 아니 된다.

제237조(전기온상 등의 시설) ① 전기온상 등(식물의 재배 또는 양잠·부화·육추 등의 용도로 사용하는 전열장치를 말하며 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 것을 제외한다. 이하 이 조에서 같다)은 제235조제1항 또는 제3항의 규정에 준하여 시설하는 경우 이외에는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 전기온상 등에 전기를 공급하는 전로의 대지전압은 300V 이하일 것.

2. 발열선 및 발열선에 직접 접속하는 전선은 전기온상선(電氣溫床線)일 것.

3. 발열선 및 발열선에 직접 접촉하는 전선은 손상을 받을 우려가 있는 경우에는 적당한 방호장치를 할 것.
  4. 발열선은 그 온도가 80℃를 넘지 아니하도록 시설할 것.
  5. 발열선은 다른 전기설비·약전류 전선 등 또는 수관·가스관이나 이와 유사한 것에 전기적·자기적 또는 열적인 장애를 주지 아니하도록 시설할 것.
  6. 발열선이나 발열선에 직접 접촉하는 전선의 피복에 사용하는 금속체 또는 제3호에 규정하는 방호장치의 금속체 부분에는 제3종 접지공사를 할 것.
  7. 전기온상 등에 전기를 공급하는 전로에는 전용 개폐기 및 과전류 차단기를 각 극(과전류 차단기는 다선식 전로의 중성극을 제외한다)에 시설할 것. 다만, 전기온상 등에 과전류 차단기를 시설하고 또한 전기온상 등에 부속하는 이동전선과 옥내배선·옥측배선 또는 옥외배선을 꿰뚫음 접속기 기타 이와 유사한 기구를 사용하여 접속하는 경우에는 그러하지 아니하다.
- ② 발열선을 공중에 시설하는 전기온상 등은 제1항의 규정에 의하는 이외에 다음 각 호 어느 하나에 따라 시설하여야 한다.
1. 발열선을 애자로 지지하고 또한 다음에 의하여 시설할 것.
    - 가. 발열선은 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설할 것. 다만, 취급자 이외의 자가 출입할 수 없도록 설비된 곳에 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
    - 나. 발열선은 전개된 곳에 시설할 것. 다만, 목재 또는 금속체의 견고한 구조의 함(이하 이 항에서 “함”이라 한다)에 시설하고 또한 금속체 부분에 제3종 접지공사를 할 경우에는 그러하지 아니하다.
    - 다. 발열선 상호 간의 간격은 3cm(함안에 시설하는 경우에는 2cm) 이상일 것. 다만, 발열선을 함안에 시설하는 경우로서 발열선 상호 간의 사이에 40cm 이하마다 절연성·난연성 및 내수성이 있는 이격물을 설치하는 경우에는 그 간격을 1.5cm까지로 감할 수 있다.
    - 라. 발열선과 조영재 사이의 이격거리는 2.5cm 이상일 것.
    - 마. 발열선을 함안에 시설하는 경우에는 발열선과 함의 구성재 사이의 이격거리는 1cm 이상일 것.
    - 바. 발열선의 지지점 간의 거리는 1m 이하일 것. 다만, 발열선 상호 간의 간격이 6cm 이상인 경우에는 2m 이하로 할 수 있다.
    - 사. 애자는 절연성·난연성 및 내수성이 있는 것일 것.
  2. 발열선을 금속관에 넣고 또한 제184조제2항(제2호 “가”를 제외한다) 및 제3항(제5호를 제외한다)의 규정에 준하여 시설할 것.
- ③ 발열선을 콘크리트 속에 시설하는 전기온상 등은 제1항의 규정에 의하는 외에 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.
1. 발열선은 합성수지관 또는 금속관에 넣고 또한 제183조제2항 및 제3항(제5호를 제외한다) 또는 제184조제2항(제2호 “나”를 제외한다) 및 제3항(제4호 “가” 및 제5호를 제외한다)의 규정에 준하여 시설할 것.

2. 발열선에 전기를 공급하는 전로에는 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하거나 경보하는 장치를 시설할 것.
- ④ 제2항 및 제3항에 규정하는 전기온상 등 이외의 것은 제1항의 규정에 의하는 외에 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.
1. 발열선 상호 간은 접촉하지 아니하도록 시설할 것.
  2. 발열선을 시설하는 곳에는 발열선이 시설되어 있다는 표시를 할 것.
  3. 발열선에 전기를 공급하는 전로에는 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설할 것. 다만, 대지전압이 150V 이하의 발열선을 지하에 시설하는 경우로서 발열선을 시설한 곳에 취급자 이외의 자가 들어가지 못하도록 주위에 적당한 울타리를 설치할 때에는 그러하지 아니하다.

**제238조(전극식 온천용 승온기의 시설)** 수관을 통하여 공급되는 온천수의 온도를 올려서 수관을 통하여 욕탕에 공급하는 전극식의 온수기(이하 이 조에서 “승온기”라 한다)는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 승온기의 사용전압은 400V 미만일 것.
2. 승온기 또는 이에 부속하는 급수 펌프에 직결되는 전동기에 전기를 공급하기 위하여는 사용전압이 400V 미만인 절연 변압기를 사용할 것.
3. 제2호의 절연 변압기의 1차측 전로에는 개폐기 및 과전류 차단기를 각 극(과전류 차단기는 다선식의 중성극을 제외한다)에 시설할 것.
4. 제2호의 절연 변압기의 2차측 전로에는 승온기 및 이에 부속하는 급수 펌프에 직결하는 전동기 이외의 전기사용 기계기구를 접속하지 아니할 것.
5. 제2호의 절연 변압기의 철심 및 금속체 외함에는 제3종 접지공사를 할 것.
6. 제2호의 절연 변압기는 교류 2kV의 시험전압을 하나의 권선과 다른 권선, 철심 및 외함과의 사이에 연속하여 1분간 가하여 절연내력을 시험하였을 때에 이에 견디는 것일 것.
7. 승온기의 온천수 유입구 및 유출구에는 차폐장치를 설치할 것. 이 경우에 차폐장치와 승온기 및 차폐장치와 욕탕 사이의 거리는 각각 수관에 따라 50cm 이상 및 1.5m 이상이어야 한다.
8. 승온기에 부속하는 급수 펌프는 승온기와 차폐장치 사이에 시설하고 또한 그 급수 펌프 및 이에 직결하는 전동기는 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설할 것. 다만, 그 급수 펌프에 특별 제3종 접지공사를 할 경우에는 그러하지 아니하다.
9. 승온기에 접속하는 수관중 승온기와 차폐장치 사이 및 차폐장치로부터 수관에 따라 1.5m까지의 부분은 절연성 및 내수성이 있는 견고한 것일 것. 이 경우에 그 부분에는 수전(水鎗) 등을 시설하여서는 아니 된다.
10. 차폐장치의 전극에는 제1종 접지공사를 할 것. 이 경우에 접지공사의 접지극은 제21조의 규정에 의하여 수도관로를 접지극으로 사용하는 경우 이외에는 다른 접지공사의 접지극과 공용하여서는 아니 된다.
11. 승온기 및 차폐장치의 외함은 절연성 및 내수성이 있는 견고한 것일 것.

**제239조(전기욕기의 시설)** 전기욕기는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

전기욕기에 전기를 공급하기 위한 전기욕기용 전원장치(내장되어 있는 전원 변압기의 2차측 전로의 사용전압이 10V 이하인 것에 한한다)는 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」에 의한 안전기준에 적합한 것.

1. 전기욕기용 전원장치의 금속제 외함 및 전선을 넣는 금속관에는 제3종 접지공사를 할 것.
2. 전기욕기용 전원장치는 욕실 이외의 건조한 곳으로서 취급자 이외의 자가 쉽게 접촉하지 아니하는 곳에 시설할 것.
3. 욕탕안의 전극간의 거리는 1m 이상일 것.
4. 욕탕안의 전극은 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설할 것.
5. 전기욕기용 전원장치로부터 욕탕안의 전극까지의 배선은 공칭단면적 2.5mm<sup>2</sup> 이상의 연동선과 동등 이상의 세기 및 굵기의 절연전선(욕외용 비닐절연전선을 제외한다) 또는 케이블 또는 공칭단면적이 1.5mm<sup>2</sup> 이상의 캡타이어 케이블을 사용하고 합성수지관 공사, 금속관 공사 또는 케이블 공사에 의하여 시설하거나 또는 공칭단면적이 1.5mm<sup>2</sup> 이상의 캡타이어 코드를 합성수지관(두께 2mm 미만의 합성수지제 전선관 및 난연성이 없는 폼바인 덕트관을 제외한다) 또는 금속관에 넣고 관을 조영재에 견고하게 붙일 것. 다만, 전기욕기용 전원장치로부터 욕탕에 이르는 배선을 건조하고 전개된 장소에 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
6. 전기욕기용 전원장치로부터 욕조안의 전극까지의 전선 상호 간 및 전선과 대지 사이의 절연저항 값은 0.1MΩ 이상일 것.

**제240조(은 이온 살균장치의 시설)** 은 이온 살균장치는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 은 이온 살균장치에 전기를 공급하기 위해서는 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」에 적합한 전기욕기용 전원장치를 사용할 것.
2. 전기욕기용 전원장치의 금속제 외함 및 전선을 넣는 금속관에는 제3종 접지공사를 할 것.
3. 전기욕기용 전원장치는 욕실 이외의 건조한 장소로서 취급자 이외의 자가 쉽게 접촉하지 아니하는 개소에 시설할 것.
4. 욕조내의 전극은 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설할 것.
5. 전기욕기용 전원장치로부터 욕조내의 이온 발생기까지의 배선은 공칭단면적이 1.5mm<sup>2</sup> 이상의 캡타이어 코드 또는 이와 동등 이상의 절연효력 및 세기를 갖는 것을 사용하고 합성수지관(두께 2mm 미만의 합성수지제 전선관 및 난연성이 없는 폼바인 덕트관을 제외한다) 또는 금속관내에 넣고 관을 조영재에 견고하게 붙일 것.
6. 전기욕기용 전원장치로부터 욕조내의 전극까지의 전선 상호 간 및 전선과 대지 사이의 절연저항 값은 0.1MΩ 이상일 것.

**제241조(풀용 수증조명등 등의 시설)** ① 풀용 수증조명등 기타 이에 준하는 조명등은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 조명등은 다음에 적합한 용기에 넣어야 하며 또한 이를 손상 받을 우려가 있는 곳에 시설하는 경우에는 적당한 방호장치를 할 것.
  - 가. 조사용장(照射用窓)에 있어서는 유리 또는 렌즈, 기타의 부분에 있어서는 녹슬지 아니하는 금속 또는 카드뮴 도금·아연도금·도장 등으로 녹방지 처리를 한 금속으로 견고히 제작한 것일 것.
  - 나. 내부의 적당한 위치에 KS C IEC 60173(2003) “유연성케이블 및 코드의 선심 색상”의 접지단자에 적합한 접지용 단자를 설치한 것일 것. 이 경우에 접지용 단자의 나사는 지름이 4mm 이상인 것이어야 한다.
  - 다. 조명등의 나사 접속기 및 소켓(형광등용 소켓을 제외한다)은 자기제(磁器製)의 것일 것.
  - 라. 완성품은 도전부분과 도전부분 이외의 부분사이에 2kV의 교류전압을 연속하여 1분간 가하여 절연내력을 시험하였을 때에 이에 견디는 것일 것.
  - 마. 완성품은 최대 적용 전등의 와트수의 전등을 달고 또한 정격 최대수심이 15cm를 초과하는 것은 그 정격최대수심 이상, 정격 최대수심이 15cm 이하인 것은 15cm 이상의 깊이로 물속에 넣고 그 전등의 정격전압에 상당하는 전압으로 30분간 전기를 공급하고 다음에 30분간 전기의 공급을 중지하는 조작을 6회 반복하였을 때에 용기 안에 물이 침입하는 등의 이상이 없는 것일 것.
  - 바. 최대 적용 전등의 와트수 및 정격최대수심을 보기 쉬운 곳에 표시한 것일 것.
2. 조명등에 전기를 공급하기 위해서는 1차측 전로의 사용전압 및 2차측 전로의 사용전압이 각각 400V 미만 및 150V 이하인 절연 변압기를 사용할 것.
3. 제2호의 절연 변압기는 다음에 의하여 시설할 것.
  - 가. 절연 변압기의 2차측 전로는 접지하지 아니할 것.
  - 나. 절연 변압기는 그 2차측 전로의 사용전압이 30V 이하인 경우에는 1차 권선과 2차권선 사이에 금속제의 혼촉방지판을 설치하여야 하며 또한 이를 제1종 접지공사를 할 것. 이 경우에 제1종 접지공사에 사용하는 접지선을 사람이 접촉할 우려가 있는 곳에 시설할 때에는 접지선은 450/750V 일반용 단심비닐절연전선, 캡타이어케이블 또는 케이블이어야 한다.
4. 제2호의 절연 변압기는 교류 5kV의 시험전압을 하나의 권선과 다른 권선, 철심 및 외함 사이에 연속하여 1분간 가하여 절연내력을 시험하였을 때에 이에 견디는 것일 것.
5. 제2호의 절연 변압기의 2차측 전로에는 개폐기 및 과전류 차단기를 각 극에 시설할 것.
6. 제2호의 절연 변압기의 2차측 전로의 사용전압이 30V를 초과하는 경우에는 그 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 할 것.
7. 제5호의 개폐기나 과전류 차단기 또는 제6호의 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치는 견고한 금속제의 외함에 넣고 또한 그 외함에 특별 제3종 접지공사를 할 것.

8. 제2호의 절연 변압기의 2차측 배선은 금속관 공사에 의할 것.
  9. 제1호의 조명등에 전기를 공급하기 위한 이동전선에는 접속점이 없는 단면적 2.5mm<sup>2</sup> 이상의 0.6/1kV EP 고무절연 클로로프렌 캡타이어케이블을 사용하여야 하며 또한 이를 손상 받을 우려가 있는 곳에 시설하는 경우에는 적당한 방호장치를 할 것.
  10. 제9호의 이동전선과 제8호의 배선과의 접속에는 꽃음 접속기를 사용하고 또한 이를 물이 스며들기 어려운 구조로 되어 있는 금속제 외함에 넣고 수중 또는 이에 준하는 곳 이외의 곳에 시설할 것.
  11. 제1호의 용기 및 방호장치의 금속제 부분에는 특별 제3종 접지공사를 할 것. 이 경우에 제9호의 이동전선의 선심의 하나를 접지선으로 사용하고 이와 제1호의 용기의 금속제 부분 및 이를 놓는 외함 및 조명물에 고정되어 있는 접지선과의 접속에는 제10호의 꽃음 접속기의 1극을 사용하여야 한다.
  12. 제1호의 용기의 금속제 부분 제1호 및 제9호의 방호장치의 금속제 부분, 제7호·제10호 및 제11호의 금속제의 외함, 제8호의 배선에 사용하는 금속관 및 제11호의 접지선과의 접속에 사용하는 꽃음 접속기의 1극은 전기적으로 상호 간 완전하게 접속할 것
- ② 수중 또는 이에 준하는 곳에 조명등을 다음 각 호에 따라 시설하는 경우에 그곳에 사람이 출입할 우려가 없을 때에는 제1항의 규정에 의하지 아니할 수 있다.
1. 조명등은 다음에 적합한 용기에 넣어 시설할 것.
    - 가. 조사용 창(전등의 유리부분이 외부에 노출되는 것을 제외한다)은 유리 또는 렌즈, 기타의 부분은 녹슬지 아니하는 금속·카드뮴 도금·아연도금·도장 등으로 녹방지 처리를 한 금속 또는 플라스틱으로 견고히 제작한 것일 것.
    - 나. 조명등의 나사 접속기 및 소켓(형광등용 소켓을 제외한다)은 자기제의 것일 것.
    - 다. 완성품은 도전부분과 도전부분 이외의 부분사이에 2kV의 교류전압을 연속하여 1분간 가하여 절연내력을 시험하였을 때 이에 견딜 것.
    - 라. 완성품은 최대적용 전등의 와트수의 전등을 달고 또한 정격최대수심이 15cm를 초과하는 것은 그 정격최대수심 이상, 정격최대수심이 15cm 이하의 것은 15cm 이상의 깊이로 물속에 넣고 그 전등의 정격전압에 상당하는 전압으로 30분간 전기를 공급하고 다음에 30분간 전기의 공급을 중지하는 조작을 6회 반복하였을 때에 용기 안에 물이 침입하는 등의 이상이 없는 것일 것.
    - 마. 최대적용 전등의 와트수 및 정격최대수심을 보기 쉬운 곳에 표시한 것일 것.
  2. 조명등에 전기를 공급하는 전도의 대지전압은 150V 이하일 것.
  3. 조명등에 전기를 공급하기 위한 이동전선은 다음에 의하여 시설할 것.
    - 가. 전선은 단면적 0.75mm<sup>2</sup> 이상의 0.6/1kV EP 고무 절연 클로로프렌 캡타이어 케이블일 것.
    - 나. 전선에는 접속점이 없을 것.
  4. 조명등의 용기의 금속제 부분에는 특별 제3종 접지공사를 할 것.

**제242조(비행장 등화 배선의 시설)** ① 비행장 구내로서 비행장 관계자 이외의 자가 출입할 수

없는 장소에 비행장 등화(야간 또는 계기 비행 기상상태 하에서 항공기의 이륙 또는 착륙을 돕기 위한 등화시설을 말한다. 이하 이 조에서 같다)에 접속하는 지중의 저압 또는 고압의 배선은 제136조, 제137조 및 제139조부터 제142조까지의 규정에 준하여 시설하여야 한다. 다만, 다음 각 호 어느 하나에 따라 시설하는 경우에는 제136조 및 제137조의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

1. 직접 매설에 의하여 차량 기타의 중량물의 압력을 받을 우려가 없는 장소에 저압 또는 고압의 배선을 다음에 의하여 시설할 경우
    - 가. 전선은 클로로프렌 외장 케이블일 것.
    - 나. 전선의 매설장소를 표시하는 적당한 표시를 할 것.
    - 다. 매설깊이는 항공기 이동지역에서는 50cm, 그 밖의 지역에서는 75cm 이상으로 할 것.
  2. 활주로·유도로 기타의 포장된 노면에 만든 배선 통로에 저압의 배선을 다음에 의하여 시설하는 경우
    - 가. 전선은 공칭단면적 4.0mm<sup>2</sup> 이상의 연동선을 사용한 450/750V 일반용 단심 비닐절연전선 또는 450/750V 내열성에틸렌아세테이트 고무절연전선일 것.
    - 나. 전선에는 다음에 적합한 보호 피복을 할 것.
      - (1) 재료는 폴리아미드로서 KS M ISO 1874-2(2008) "플라스틱-폴리아미드(PA) 성형 및 압출 재료 - 제2부 : 시험편 제작 및 물성 측정"의 "5. 물성의 측정"의 시험을 하였을 때 용점이 210℃ 이상의 것일 것.
      - (2) 두께는 0.2mm 이상의 것일 것.
      - (3) 보호피복을 한 450/750V 일반용 단심 비닐절연전선에 대하여 KS C 3006(2006) "에나멜 동선 및 에나멜 알루미늄선 시험방법"의 "10. 내마모"의 시험방법에 의하여 추의 질량을 1.5kg으로 하고 보호피복이 닳아 절연체가 노출될 때까지 시험을 하였을 때 그 평균 회수가 300 이상일 것.
    - 다. 배선 통로에는 전선이 손상을 받을 우려가 없도록 견고하게 내열성이 있는 것으로 채울 것.
- ② 비행장 등화용 직렬 회로(비행장에서 사용하는 정전류 조정기 2차측 회로, 및 등화용 변압기를 포함한다)는 표 242-1에서 정한 시험전압을 도체와 대지 사이에 연속하여 5분간 가하였을 때 이에 견디고 또한 케이블 도체간 및 도체와 대지 사이에 측정된 절연저항이 50MΩ 이상일 것.

[표 242-1]

종 류	시험전압	
	최초시험	정기시험
진입등 전체 (5kV 1차 리드선이 있는 변압기)	9kV D.C	5kV D.C
접지대등 및 중심선등 회로 (5kV 1차 리드선이 있는 변압기)	9kV D.C	5kV D.C
고광도 활주로등 회로 (5kV 1차 리드선이 있는 변압기)	9kV D.C	5kV D.C
중광도 활주로등 및 유도로등 및 회로 (5kV 1차 리드선이 있는 변압기)	6kV D.C	3kV D.C
600 V 회로	1.8kV D.C	600 V D.C
5kV 정격 케이블	10kV D.C	10kV D.C
5kV 초과 전력 케이블	(정격전압×2)+1kV	(정격전압×2)+1kV

**제243조(전기부식방지 시설)** ① 전기부식방지 시설[지중 또는 수중에 시설되는 금속체(이하 이 조에서 “피방식체”라 한다)의 부식을 방지하기 위하여 지중 또는 수중에 시설하는 양극과 피방식체간에 방식 전류를 통하는 시설을 말하며 전기부식방지용 전원장치를 사용하지 아니하는 것을 제외한다. 이하 이 조에서 같다]는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 전기부식방지 회로(전기부식방지용 전원 장치로부터 양극 및 피방식체까지의 전로를 말한다. 이하 이 조에서 같다)의 사용전압은 직류 60 V 이하일 것.
2. 양극(陽極)은 지중에 매설하거나 수중에서 쉽게 접촉할 우려가 없는 곳에 시설할 것.
3. 지중에 매설하는 양극(양극의 주위에 도전 물질을 채우는 경우에는 이를 포함한다)의 매설깊이는 75 cm 이상일 것.
4. 수중에 시설하는 양극과 그 주위 1 m 이내의 거리에 있는 임의점과의 사이의 전위차는 10 V를 넘지 아니할 것. 다만, 양극의 주위에 사람이 접촉되는 것을 방지하기 위하여 적당한 울타리를 설치하고 또한 위험 표시를 하는 경우에는 그러하지 아니하다.
5. 지표 또는 수중에서 1 m 간격의 임의의 2점(제4호의 양극의 주위 1 m 이내의 거리에 있는 점 및 울타리의 내부점을 제외한다)간의 전위차가 5 V를 넘지 아니할 것.
6. 전기부식방지 회로의 전선중 가공으로 시설하는 부분은 제69조(제1항제4호를 제외한다)·제72조·제79조부터 제84조까지 및 제89조의 저압 가공전선의 규정에 준하는 이외에 다음에 의하여 시설할 것.  
가. 전선은 케이블인 경우 이외에는 지름 2mm의 경동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 옥외용 비닐절연전선 이상의 절연효력이 있는 것일 것.  
나. 전기부식방지 회로의 전선과 저압 가공전선을 동일 지지물에 시설하는 경우에는 전기부식방지 회로의 전선을 밑으로 하여 별개의 완금류에 시설하고 또한

전기부식방지 회로의 전선과 저압 가공전선 사이의 이격거리는 30 cm 이상일 것. 다만, 전기부식방지 회로의 전선 또는 저압 가공전선이 케이블인 경우에는 그러하지 아니하다.

- 다. 전기부식방지 회로의 전선과 고압 가공전선 또는 가공약전류 전선 등을 동일 지지물에 시설하는 경우에는 각각 제75조 또는 제91조의 저압 가공전선의 규정에 준하여 시설할 것. 다만, 전기부식방지 회로의 전선이 450/750 V 일반용 단심 비닐절연전선 또는 케이블인 경우에는 전기부식방지 회로의 전선을 가공약전류 전선 등의 밑으로 하고 또한 가공약전류 전선 등과의 이격거리를 30 cm 이상으로 하여 시설할 수 있다.
7. 전기부식방지 회로의 전선중 지중에 시설하는 부분은 제136조제1항·제2항 및 제137조의 규정에 준하는 이외에 다음에 의하여 시설할 것.  
가. 전선은 공칭단면적 4.0 mm<sup>2</sup>의 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 것일 것. 다만, 양극에 부속하는 전선은 공칭단면적 2.5 mm<sup>2</sup> 이상의 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 것을 사용할 수 있다.  
나. 전선은 450/750 V 일반용 단심 비닐절연전선, 클로로프렌 외장 케이블, 비닐외장 케이블 또는 폴리에틸렌 외장 케이블일 것.  
다. 전선을 직접 매설시에 의하여 시설하는 경우에는 전선을 피방식체의 아랫면에 밀착하여 시설하는 경우 이외에는 매설깊이를 차량 기타의 중량물의 압력을 받을 우려가 있는 곳에서는 1.2 m 이상, 기타의 곳에서는 30 cm 이상으로 하고 또한 전선을 돌·콘크리트 등의 판이나 몰드로 전선의 위와 옆을 덮거나 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 합성수지관이나 이와 동등 이상의 절연효력 및 강도를 가지는 관에 넣어 시설할 것. 다만, 차량 기타의 중량물의 압력을 받을 우려가 없는 것에 매설깊이를 60 cm 이상으로 하고 또한 전선의 위를 견고한 판이나 몰드로 덮어 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.  
라. 입상(立上)부분의 전선중 깊이 60 cm 미만인 부분은 사람이 접촉할 우려가 없고 또한 손상을 받을 우려가 없도록 적당한 방호장치를 할 것.
8. 전기부식방지 회로의 전선중 지상의 입상부분에는 제7호 “가” 및 “나”의 규정에 준하는 이외에 지표상 2.5 m 미만의 부분에는 사람이 접촉할 우려가 없고 또한 손상을 받을 우려가 없도록 적당한 방호장치를 할 것.
9. 전기부식방지 회로의 전선중 수중에 시설하는 부분은 다음에 의하여 시설할 것.  
가. 전선은 제7호“가” 및 “나”의 규정한 것일 것.  
나. 전선은 KS C 8431에 적합한 합성수지관이나 이와 동등 이상의 절연효력 및 강도를 가지는 관 또는 한국전기기술기준위원회 표준 KECS 1502-2009에 적합한 금속관에 넣어 시설할 것. 다만, 전선을 피방식체의 아랫면이나 옆면 또는 수저(水底)에서 손상을 받을 우려가 없는 곳에 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
10. 전기부식방지용 전원장치는 다음에 적합한 것일 것.

가. 견고한 금속제의 외함에 넣고 또한 이에 제3종 접지공사를 한 것일 것.

나. 변압기는 절연변압기이고 또한 교류 1kV의 시험전압을 하나의 권선과 다른 권선, 철심 및 외함 사이에 연속하여 1분간 가하여 절연내력을 시험하였을 때 이에 견디는 것일 것.

다. 1차측 전로에는 개폐기 및 과전류 차단기를 각 극(과전류 차단기는 다선식 전로의 중성극을 제외한다)에 시설한 것일 것.

11. 전기부식방지용 전원장치에 전기를 공급하는 전로의 사용전압은 저압일 것.

② 전기부식방지 시설을 사용함으로써 다른 시설물에 전식작용에 의한 장애를 줄 우려가 있는 경우에는 이를 방지하기 위하여 그 시설물과 피방식체를 전기적으로 접속하는 등 적당한 방지방법을 시행하여야 한다.

③ 기계기구의 금속제 부분(지중 또는 수중에 시설되는 것을 제외한다)의 부식을 방지하기 위하여 지중 또는 수중에 시설하는 양극과 기계기구의 금속제 부분 사이에 방식 전류를 통하는 시설로서 전기부식방지용 전원장치를 사용하는 것은 제1항 및 제2항의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

**제244조(소세력 회로의 시설)** ① 전자 개폐기의 조작회로 또는 초인벨·경보벨 등에 접속하는 전로로서 최대 사용전압이 60V 이하인 것(최대 사용전류가, 최대 사용전압이 15V 이하인 것은 5A 이하, 최대 사용전압이 15V를 초과하고 30V 이하인 것은 3A 이하, 최대 사용전압이 30V를 초과하는 것은 1.5A 이하인 것에 한한다)으로 대지전압이 300V 이하인 강 전류 전기의 전송에 사용하는 전로와 변압기로 결합되는 것(이하 이 조 및 제245조에서 “소세력 회로”라 한다)은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 소세력 회로(少勢力回路)에 전기를 공급하기 위한 변압기는 절연 변압기일 것.
2. 제1호의 절연변압기의 2차 단락전류는 표 244-1에서 정한 값 이하의 것일 것. 다만, 그 변압기의 2차측 전로에 표 244-1에서 정한 값 이하의 과전류 차단기를 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

[표 244-1]

소세력 회로의 최대 사용전압의 구분	2차 단락전류	과전류 차단기의 정격전류
15V 이하	8A	5A
15V 초과 30V 이하	5A	3A
30V 초과 60V 이하	3A	1.5A

3. 소세력 회로의 전선을 조영체에 붙여 시설하는 경우에는 다음에 의하여 시설할 것.  
가. 전선은 케이블(통신용 케이블을 포함한다)인 경우 이외에는 공칭단면적 1.0 mm<sup>2</sup> 이상의 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 것일 것.

나. 전선은 코드·캡타이어 케이블 또는 케이블 일 것. 다만, 절연전선이나 통신용 케이블로서 다음에 적합한 것을 사용하는 경우 또는 건조한 조영체에 시설하는 최대 사용전압이 30V 이하인 소세력 회로의 전선에 피복선을 사용하는 경우에

는 그러하지 아니하다.

(1) 절연전선

(가) 도체는 균질한 금속제의 단선 또는 이것을 소선으로 한 연선일 것.

(나) 절연체는 비닐 혼합물·폴리에틸렌 혼합물 또는 고무혼합물로서 KS C IEC 60811-1-1의 “9. 절연체 및 시스의 기계적 특성시험”에 규정한 시험을 하였을 때에 이에 적합한 것일 것.

(다) 완성품은 맑은 물속에 1시간 담근 후 도체와 대지 사이에 1,500V(옥내 전용의 것은 600V)의 교류전압을 연속하여 1분간 가하였을 때에 이에 견디는 것일 것.

(2) 통신용 케이블

(가) 도체는 KS C IEC 60228 또는 한국전기기술기준위원회 표준 KECS 1501-2009에 적합한 연동선 또는 이것을 소선으로 한 연선(절연체에 천연고무혼합물·스틸렌부타디엔고무혼합물·에틸렌프로필렌고무혼합물 또는 규소고무혼합물을 사용하는 것은 주석이나 납 또는 이들의 합금으로 도금한 것에 한한다)일 것.

(나) 절연체는 외장이 금속 테이프 또는 피복상의 금속체로 절연체를 밀봉하는 것 이외에는 비닐 혼합물·폴리에틸렌 혼합물 또는 고무혼합물로 KS C IEC 60811-1-1의 “9. 절연체 및 시스의 기계적 특성시험”에 규정한 시험을 하였을 때에 이에 적합한 것일 것.

(다) 외장은 다음에 적합한 것일 것.

i. 재료는 금속 또는 비닐 혼합물·폴리에틸렌혼합물이나 클로로프렌고무혼합물로 KS C IEC 60811-1-1의 “9. 절연체 및 시스의 기계적 특성시험”에 규정한 시험을 하였을 때에 이에 견디는 것일 것.

ii. 외장의 두께는 금속을 사용하는 것은 0.72mm 이상, 비닐혼합물·폴리에틸렌혼합물 또는 클로로프렌혼합물을 사용하는 것은 0.9mm 이상인 것.

(라) 완성품은 외장이 금속인 것 또는 차폐를 한 것은 도체 상호 간 및 도체와 외장의 금속제 또는 차폐간에, 기타의 것은 맑은 물속에 1시간 담근 후 도체 상호 간 및 도체와 대지 사이에 350V의 교류전압 또는 500V의 직류전압을 연속하여 1분간 가하였을 때에 이에 견디는 것일 것.

다. 전선이 손상을 받을 우려가 있는 곳에 시설하는 경우에는 적절한 방호장치를 할 것.

라. 전선을 방호장치에 넣어 시설하는 경우 및 전선이 캡타이어 케이블 또는 케이블(통신용 케이블을 포함한다. 이하 이 호에서 같다)인 경우 이외에는 전선이 금속망 또는 금속판을 사용한 조영체를 관통하는 경우에는 제195조제1항의 규정에 준하여 시설할 것.

마. 전선은 금속망 또는 금속판을 사용한 목조 조영물에 시설하는 경우에 다음 중 1에 해당할 때에는 제195조제2항의 규정에 준하여 시설할 것.

- (1) 전선을 금속제의 방호장치에 넣어 시설하는 경우
  - (2) 전선이 금속피복으로 되어 있는 케이블인 경우
  - 바. 전선을 금속망 또는 금속판을 사용한 목조 조영체에 붙이는 경우에는 전선을 방호장치에 넣어 시설하는 경우 및 전선에 캡타이어 케이블 또는 케이블을 사용하는 경우 이외에는 절연성·난연성 및 내수성이 있는 애자로 지지하고 조영체 사이의 이격거리를 6mm 이상으로 할 것.
  - 사. 전선은 금속제의 수관·가스관 또는 이와 유사한 것과 접촉하지 아니하도록 시설할 것.
4. 소세력 회로의 전선을 지중에 시설하는 경우에는 다음에 의하여 시설할 것.
- 가. 전선은 450/750 V 일반용 단심 비닐절연전선·캡타이어케이블(외장이 천연고무 혼합물의 것은 제외한다) 또는 케이블 일 것. 다만, 제3호“나” 단서에 규정하는 통신용 케이블(외장이 금속 클로로프렌·비닐 또는 폴리에틸렌의 것에 한한다)을 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다.
  - 나. 전선을 차량 기타 중량물의 압력에 견디는 견고한 관·트랩프 기타의 방호장치에 넣어 시설하는 경우 이외에는 매설깊이는 30cm(차량 기타의 중량물이 압력을 받을 우려가 있는 곳에 시설하는 경우에는 1.2m) 이상으로 하고 또한 제136조제4항제5호부터 제7호까지에서 정하는 구조로 개장한 케이블을 사용하여 시설하는 경우 이외에는 전선이 위를 건조한 판 또는 몰드로 덮여 손상을 방지할 것.
5. 소세력 회로의 전선을 지상에 시설하는 경우에는 제4호 “가”의 규정에 준하는 이외에 전선을 견고한 트라프 또는 개거에 넣어 시설할 것.
6. 소세력 회로의 전선을 가공으로 시설하는 경우에는 다음에 의하여 시설할 것.
- 가. 전선은 인장강도 508 N 이상의 것 또는 지름 1.2mm의 경동선일 것. 다만, 인장강도 2.36 kN 이상의 금속선 또는 지름 3.2mm의 아연도철선으로 매달아 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
  - 나. 전선은 제3호 “나” 단서에 규정하는 절연전선·캡타이어 케이블 또는 케이블(제3호 “나” 단서에 규정하는 통신용 케이블을 포함한다. 이하 이 호에서 같다)일 것. 다만, 인장강도 2.30 kN 이상의 것 또는 지름 2.6mm 이상의 경동선을 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다.
  - 다. 전선이 케이블인 경우에는 인장강도 2.36 kN 이상의 금속선 또는 지름 3.2mm의 아연도철선으로 매달아 시설할 것. 다만, 전선이 금속 피복 이외의 것으로 피복된 케이블인 경우에 전선의 지지점 간의 거리가 10m 이하인 때에는 그러하지 아니하다.
  - 라. 전선의 높이는 다음에 의할 것.
    - (1) 도로를 횡단하는 경우에는 지표상 6m 이상
    - (2) 철도 또는 궤도를 횡단하는 경우에는 레일면상 6.5m 이상
    - (3) (1) 및 (2) 이외의 경우에는 지표상 4m 이상, 다만, 전선을 도로 이외의

- 곳에 시설하는 경우에는 지표상 2.5m까지로 감할 수 있다.
  - 마. 전선의 지지물의 풍압하중에 견디는 강도를 가지는 것일 것. 이 경우에 풍압하중은 제62조의 규정에 준하여 계산하여야 한다.
  - 바. 전선의 지지점 간의 거리는 15m 이하일 것. 다만, 다음 중 1에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.
    - (1) 전선을 제70조제1항의 규정에 준하여 시설하는 이외에 전선이 나전선인 경우에는 제71조제1항의 규정에 준하여 시설할 때
    - (2) 전선이 절연전선 또는 케이블인 경우에 전선의 지지점 간의 거리를 25m 이하로 할 때 또는 전선을 제69조(제1항제4호를 제외한다)의 규정에 준하여 시설할 때
  - 사. 전선이 약전류 전선 등과 접근하거나 교차하는 경우 또는 전선이 다른 시설물 [전선(다른 소세력 회로의 전선을 제외한다) 및 약전류 전선 등을 제외한다. 이하 이 호에서 같다]과 접근하거나 전선이 다른 시설물의 위에 시설되는 경우에 전선이 절연전선·캡타이어 케이블 또는 케이블이고 또한 전선과 약전류 전선 등 또는 다른 시설물 사이의 이격거리가 30cm 이상인 경우 이외에는 제79조부터 제84조까지 및 제87조의 저압 가공전선의 규정에 준하여 시설할 것.
  - 아. 전선이 나전선인 경우에는 전선과 식물 사이의 이격거리는 30cm 이상일 것.
7. 소세력 회로의 이동전선은 코드·캡타이어 케이블 또는 제3호 “나” 단서에 규정하는 절연전선이나 통신용 케이블일 것. 이 경우에 절연전선은 적절한 방호장치에 넣어 사용하여야 한다.
- ② 제183조·제184조·제186조 및 제193조의 규정은 제199조부터 제202조(제199조제3항을 제외한다)까지에 규정하는 곳에 시설하는 소세력 회로에 준용한다.
- 제245조(출퇴표시등 회로의 시설)** 출퇴표시등 기타 이와 유사한 장치에 접속하는 전로로서 최대 사용전압이 60V 이하이고 또한 정격전류가 5A 이하인 과전류 차단기로 보호된 것(소세력 회로를 제외한다. 이하 이 조에서 “출퇴표시등”이라 한다)은 제244조제1항제3호(“가” 및 “나”를 제외한다) 및 제4호부터 제7호까지 및 제2항의 규정에 준하여 시설하는 이외에 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.
1. 출퇴표시등 회로에 전기를 공급하기 위한 변압기는 1차측 전로의 대지전압이 300V 이하, 2차측 전로의 사용전압이 60V 이하인 절연 변압기일 것.
  2. 제1호의 절연 변압기는 「**전기용품 및 생활용품 안전관리법**」의 적용을 받는 것 이외에는 권선의 정격전압이 150V 이하인 경우에는 교류 1,500V, 150V를 초과하는 경우에는 교류 2kV의 시험전압을 하나의 권선과 다른 권선, 철심 및 외함 사이에 연속하여 1분간 가하여 절연내력을 시험한 때에 이에 견디는 것일 것.
  3. 제1호의 절연 변압기의 2차측 전로의 각 극에는 그 변압기에 근접하는 곳에 과전류 차단기를 시설할 것.
  4. 출퇴표시등 회로의 전선을 조영체에 붙여 시설하는 경우에는 다음에 의할 것.
    - 가. 전선은 단면적 1.0mm<sup>2</sup> 연동선과 동등 이상의 세기 및 굵기의 코드·캡타이어



어케이블·케이블이나 제244조제1항제3호“나” 단서에서 규정하는 절연전선 또는 지름 0.65mm의 연동선과 동등 이상의 세기 및 굵기의 통선용 케이블일 것. 나. 전선은 캡타이어 케이블 또는 케이블인 경우 이외에는 합성수지몰드·합성수지관·금속관·금속몰드·가요전선관·금속덕트 또는 플로어덕트에 넣어 시설할 것.

**제246조(전기집진장치 등의 시설)** ① 사용전압이 특고압의 전기집진장치·정전도장장치(靜電塗裝裝置)·전기탈수장치·전기선별장치 기타의 전기집진 응용장치(특고압의 전기로 충전하는 부분이 장치의 외함 밖으로 나오지 아니하는 것을 제외한다. 이하 이 조에서 “전기집진 응용장치”라 한다) 및 이에 특고압의 전기를 공급하기 위한 전기설비는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 전기집진 응용장치에 전기를 공급하기 위한 변압기의 1차측 전로에는 그 변압기에 가까운 곳으로 쉽게 개폐할 수 있는 곳에 개폐기를 시설할 것.
  2. 전기집진 응용장치에 전기를 공급하기 위한 변압기·정류기 및 이에 부속하는 특고압의 전기설비 및 전기집진 응용장치는 취급자 이외의 자가 출입할 수 없도록 설비한 곳에 시설할 것. 다만, 충전부분에 사람이 접촉한 경우에 사람에게 위험을 줄 우려가 없는 전기집진응용장치는 그러하지 아니하다.
  3. 변압기로부터 정류기에 이르는 전선 및 정류기로부터 전기집진응용장치에 이르는 전선은 다음에 의하여 시설할 것. 다만, 취급자 이외의 자가 출입할 수 없도록 설비한 곳에 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
    - 가. 전선은 케이블일 것.
    - 나. 케이블은 손상을 받을 우려가 있는 곳에 시설하는 경우에는 적당한 방호장치를 할 것.
    - 다. 케이블을 넣는 방호장치의 금속제 부분 및 방식 케이블 이외의 케이블의 피복에 사용하는 금속체에는 제1종 접지공사를 할 것. 다만, 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우에는 제3종 접지공사에 의할 수 있다.
  4. 잔류전하(殘留電荷)에 의하여 사람에게 위험을 줄 우려가 있는 경우에는 변압기의 2차측 전로에 잔류전하를 방전하기 위한 장치를 할 것.
  5. 정전도장장치 및 이에 특고압의 전기를 공급하기 위한 전선을 제200조에 규정하는 곳에 시설하는 경우에는 가스 등에 착화할 우려가 있는 불꽃이나 아크를 발생하거나 가스 등에 접촉되는 부분의 온도가 가스 등의 발화점 이상으로 상승할 우려가 없도록 시설할 것.
  6. 이동전선은 충전부분에 사람이 접촉할 경우에 사람에게 위험을 줄 우려가 없는 전기집진 응용장치에 부속하는 이동전선 이외에는 시설하지 아니할 것.
- ② 제16조의 규정은 제1항제1호에 규정하는 변압기에 관하여 준용한다.
- ③ 전기집진응용장치 및 이에 특고압의 전기를 공급하기 위한 전기설비는 옥측 또는 옥외에 시설하여서는 아니 된다. 다만, 사용전압이 특고압의 전기집진 장치 및 이에 전기를 공급하기 위한 정류기로부터 전기집진장치에 이르는 전선을 다음 각 호에

따라 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 전기집진장치는 그 충전부에 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설할 것.
2. 정류기로부터 전기집진장치에 이르는 전선은 다음에 의하여 시설할 것.
  - 가. 옥측에 시설하는 것은 제1항제3호(단서를 제외한다)의 규정에 준하여 시설할 것
  - 나. 옥외중 지중에 시설하는 것은 제136조 및 제139조, 지상에 시설하는 것은 제147조, 전선로 전용의 교량에 시설하는 것은 제149조(제1항을 제외한다)의 규정에 준하여 시설할 것.

**제247조(아크 용접장치의 시설)** 가반형(可搬型)의 용접전극을 사용하는 아크 용접장치는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 용접변압기는 절연변압기일 것.
2. 용접변압기의 1차측 전로의 대지전압은 300V 이하일 것.
3. 용접변압기의 1차측 전로에는 용접변압기에 가까운 곳에 쉽게 개폐할 수 있는 개폐기를 시설할 것.
4. 용접변압기의 2차측 전로중 용접변압기로부터 용접전극에 이르는 부분 및 용접변압기로부터 피용접체에 이르는 부분(전기기계기구 안의 전로를 제외한다)은 다음에 의하여 시설할 것.
  - 가. 전선은 용접용 케이블이고 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 것, KS C IEC 60245-6(2005)의 용접용 케이블에 적합한 것 또는 캡타이어케이블(용접변압기로부터 용접전극에 이르는 전로는 0.6/1kV EP 고무 절연 클로로프렌 캡타이어케이블에 한한다)일 것. 다만, 용접 변압기로부터 피용접체에 이르는 전로에 전기적으로 완전하고 또한 견고하게 접속된 철골 등을 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다.
  - 나. 전로는 용접시 흐르는 전류를 안전하게 통할 수 있는 것일 것.
  - 다. 중량물이 압력 또는 현저한 기계적 충격을 받을 우려가 있는 곳에 시설하는 전선에는 적당한 방호장치를 할 것.
5. 피용접체 또는 이와 전기적으로 접속되는 받침대·정반 등의 금속체에는 제3종 접지공사를 할 것.

**제248조(엑스선 발생장치의 설치)** ① 엑스선 발생장치는 다음 두 가지 종류로 한다.

1. 제1종 엑스선 발생장치
 

취급자 이외의 자가 출입할 수 없도록 설비한 곳 및 마루 위의 높이 2.5m를 초과하는 곳에 설치하는 부분 이외에는 노출된 충전부분이 없고 또한 엑스선관에 절연성 피복을 하고 이를 금속체로 둘러싼 엑스선 발생장치
  2. 제2종 엑스선 발생장치
 

제1종 엑스선 발생장치 이외의 엑스선 발생장치
- ② 제1종 엑스선 발생장치는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.
1. 엑스선관 회로의 배선(엑스선관 도선을 제외한다. 이하 이 조에서 같다)은 제2호

에 정하는 표준에 적합한 엑스선용 케이블을 사용하는 경우 이외에는 다음에 의하여 시설할 것. 다만, 상호 간에 절연성의 격벽을 견고히 붙이거나 전선을 충분한 길이의 난연성 및 내수성이 있는 견고한 절연관에 넣었을 경우에는 “나” 및 “다”의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

가. 전선의 마루 위의 높이는 엑스선관의 최대 사용전압(과고치로 표시한다. 이하 이 조에서 같다)이 100 kV 이하인 경우에는 2.5 m 이상, 100 kV를 초과하는 경우에는 2.5 m에 10 kV를 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 2 cm를 더한 값 이상일 것. 다만, 취급자 이외의 자가 출입할 수 없도록 설비된 곳에 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

나. 전선과 조영제의 이격거리는 엑스선관의 최대 사용전압이 100 kV 이하인 경우에는 30 cm 이상, 100 kV를 초과하는 경우에는 30 cm에 100 kV를 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 2 cm를 더한 값 이상일 것.

다. 전선 상호 간의 간격은 엑스선관의 최대 사용전압이 100 kV 이하인 경우에는 45 cm 이상, 100 kV를 초과하는 경우에는 45 cm에 100 kV를 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 3 cm를 더한 값 이상일 것.

2. 제1호의 엑스선용케이블의 표준은 다음에 적합할 것.

가. 구조는 KS C 3612(2008) “엑스선용 고전압 케이블”의 “5. 재료·구조 및 가공방법”에 적합한 것일 것.

나. 완성품은 KS C 3612(2008) “엑스선용 고전압 케이블”의 “4. 특성”에 적합한 것일 것.

3. 엑스선관 회로의 배선이 저압 옥내전선·고압 옥내전선·관등회로의 배선·약전류 전선 등 또는 수관·가스관이나 이와 유사한 것과 접근하거나 교차하는 경우에는 상호 간의 이격거리는 제1호 “다”의 규정에 준할 것. 다만, 배선에 제1호에 규정하는 엑스선용 케이블을 사용하는 경우 또는 상호 간에 절연성의 격벽을 견고하게 붙이거나 배선을 충분한 길이의 난연성 및 내수성이 있는 견고한 절연관에 넣어 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

4. 엑스선관 도선에는 금속 피복을 한 케이블을 사용하고 엑스선관 및 엑스선 회로의 배선과의 접속을 완전히 할 것.

5. 엑스선관용 변압기 및 음극 가열 변압기의 1차측 전로에는 개폐기를 쉽게 개폐할 수 있는 곳에 시설할 것.

6. 하나의 특고압 전기 발생장치로서 2 이상의 엑스선관을 사용하는 경우에는 분기점에 가까운 곳의 각 엑스선관 회로에 개폐기를 시설할 것.

7. 특고압 전로에 시설하는 커패시터에는 잔류전하를 방전하는 장치를 할 것.

8. 엑스선 발생장치의 다음의 부분에는 제3종 접지공사를 할 것.

가. 변압기 및 커패시터의 금속제 외함(대지로부터 충분히 절연하여 사용하는 것을 제외한다)

나. 엑스선관 도선에 사용하는 케이블의 금속 피복

다. 엑스선관을 포함한 금속체

라. 배선 및 엑스선관을 지지하는 금속체

9. 엑스선 발생장치의 특고압 전로는 그 최대 사용전압의 1.05배의 시험전압을 엑스선관의 단자간에 연속하여 1분간 가하여 절연내력을 시험한 때에 이에 견디는 것일 것.

③ 제2종 엑스선 발생장치는 제2항 각 호(제3호를 제외한다)에 따라 시설하는 이외에 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 변압기 및 특고압의 전기로 충전하는 기타의 기구(엑스선관을 제외한다)는 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 그 주위에 울타리를 시설하거나 함에 넣는 등 적당한 방호장치를 할 것. 다만, 취급자 이외의 자가 출입하지 못하도록 설비한 곳에 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

2. 엑스선관 및 엑스선관 도선은 사람이 접촉할 우려가 없도록 적당한 방호장치를 하는 등 위험의 우려가 없도록 시설할 것. 다만, 취급자 이외의 자가 출입하지 못하도록 설비한 곳에 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

3. 엑스선관 도선에는 금속 피복을 한 케이블을 사용하고 엑스선관 및 엑스선 회로의 배선과의 접속을 완전히 할 것. 다만, 엑스선관을 인체로부터 20 cm 안에 접근하여 사용하는 경우 이외에는 충분한 가요성이 있는 단면적 1.2 mm<sup>2</sup>의 연동선을 사용할 수 있다.

4. 엑스선관 도선의 노출된 충전부분과 조영제, 엑스선관을 지지하는 금속체 및 침대의 금속체 부분과의 이격거리는 엑스선관의 최대 사용전압이 100 kV 이하인 경우에는 15 cm 이상, 100 kV를 초과하는 경우에는 15 cm에 100 kV를 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 2 cm를 더한 값 이상일 것. 다만, 상호 간에 절연성이 격벽을 견고하게 붙인 경우에는 그러하지 아니하다.

5. 엑스선관 도선이 연동연선일 경우에는 엑스선관의 이동 등으로 전선이 늘어지지 아니하도록 적당한 감는 장치를 할 것.

6. 연동연선을 사용하는 엑스선관 도선의 노출된 충전부분으로부터 1 m 안에 접근하는 금속체에는 제3종 접지공사를 할 것.

7. 엑스선관을 인체로부터 20 cm 안에 접근하여 사용하는 경우에는 그 엑스선관에 절연성 피복을 하고 이를 금속체로 둘러쌀 것.

④ 엑스선 발생장치는 제199조부터 제202조까지 규정하는 곳에 시설하여서는 아니 된다.

**제249조(의료장소 전기설비의 시설)** ① 의료장소[병원이나 진료소 등에서 환자 진단, 치료(미용치료 포함), 감시, 간호 등의 의료행위를 하는 장소를 말한다. 이하 이 조에서 같다]에는 다음 각 항에 따라 전기설비를 시설하여야 한다. 의료장소는 의료용 전기기기의 장착부(의료용 전기기기의 일부로서 환자의 신체와 필연적으로 접촉되는 부분)의 사용방법에 따라 다음과 같이 구분한다.

1. 일반병실, 진찰실, 검사실, 처치실, 재활치료실 등 장착부를 사용하지 않는 의료장소 : 그룹 0

2. 분만실, MRI실, X선 검사실, 회복실, 구급처치실, 인공투석실, 내시경실 등 장착 부를 환자의 신체 외부 또는 심장 부위를 제외한 환자의 신체 내부에 삽입시켜 사용하는 의료장소 : 그룹 1

3. 관상동맥질환 처치실(심장카테터실), 심혈관조영실, 중환자실(집중치료실), 마취실, 수술실, 회복실 등 장착부를 환자의 심장 부위에 삽입 또는 접촉시켜 사용하는 의료장소 : 그룹 2

② 제1항의 의료장소별로 다음과 같이 접지계통을 적용한다.

1. 그룹 0 : TT 계통 또는 TN 계통.
2. 그룹 1 : TT 계통 또는 TN 계통. 다만, 전원자동차단에 의한 보호가 의료행위에 중대한 지장을 초래할 우려가 있는 의료용 전기기기를 사용하는 회로에는 의료 IT 계통을 적용할 수 있다.
3. 그룹 2 : 의료 IT 계통. 다만, 이동식 X-레이 장치, 정격출력이 5 kVA 이상인 대형 기기용 회로, 생명유지 장치가 아닌 일반 의료용 전기기기에 전력을 공급하는 회로 등에는 TT 계통 또는 TN 계통을 적용할 수 있다.
4. 의료장소에 TN 계통을 적용할 때에는 주배전반 이후의 부하 계통에서는 TN-C 계통으로 시설하지 말 것.

③ 의료장소의 안전을 위한 보호설비는 다음과 같이 시설한다.

1. 그룹 1 및 그룹 2의 의료 IT 계통은 다음과 같이 시설할 것.
  - 가. 전원측에 KS C IEC 61558-2-15에 따라 이중 또는 강화절연을 한 비단락보증 절연변압기를 설치하고 그 2차측 전로는 접지하지 말 것.
  - 나. 의료용 절연변압기는 함 속에 설치하여 충전부가 노출되지 않도록 하고 의료장소의 내부 또는 가까운 외부에 설치할 것.
  - 다. 의료용 절연변압기의 2차측 정격전압은 교류 250 V 이하로 하며 공급방식 및 정격출력은 단상 2선식, 10 kVA 이하로 할 것.
  - 라. 3상 부하에 대한 전력공급이 요구되는 경우 의료용 3상 절연변압기를 사용할 것.
  - 마. 의료용 절연변압기의 과부하 및 온도를 지속적으로 감시하는 장치를 적절한 장소에 설치할 것.
  - 바. 의료 IT 계통의 절연상태를 지속적으로 계측, 감시하는 장치를 다음과 같이 설치할 것.
    - (1) KS C IEC 60364-7-710에 따라 의료 IT 계통의 절연저항을 계측, 지시하는 절연감시장치를 설치하여 절연저항이 50 kΩ 까지 감소하면 표시설비 및 음향설비로 경보를 발하도록 할 것.
    - (2) 의료 IT계통에서 절연감시장치와 절연고장 위치 탐지장치를 설치하는 경우에는 KS C IEC 61557-8, KS C IEC 61557-9에 적합하도록 시설할 것.
    - (3) (1), (2)의 표시설비 및 음향설비를 적절한 장소에 배치하여 의료진에 의하여 지속적으로 감시될 수 있도록 할 것.
    - (4) 표시설비는 의료 IT 계통이 정상일 때에는 녹색으로 표시되고 의료 IT 계

통의 절연저항이 (1), (2)의 조건에 도달할 때에는 황색으로 표시되도록 할 것. 또한 각 표시들은 정지시키거나 차단시키는 것이 불가능한 구조일 것.

(5) 수술실 등의 내부에 설치되는 음향설비가 의료행위에 지장을 줄 우려가 있는 경우에는 기능을 정지시킬 수 있는 구조일 것.

사. 의료 IT 계통의 분전반은 의료장소의 내부 혹은 가까운 외부에 설치할 것.

아. 의료 IT 계통에 접속되는 콘센트는 TT 계통 또는 TN 계통에 접속되는 콘센트와 혼용됨을 방지하기 위하여 적절하게 구분 표시할 것.

2. 그룹 1과 그룹 2의 의료장소에서 사용하는 교류 콘센트는 KS C 8305에 따른 배선용 콘센트를 사용할 것. 다만 플러그가 빠지지 않는 구조의 콘센트가 필요한 경우에는 걸림형을 사용한다.

3. 그룹 1과 그룹 2의 의료장소에 무영등 등을 위한 특별저압(SELV 또는 PELV) 회로를 시설하는 경우, 사용전압은 교류 실효값 25 V 또는 직류 비백동 60 V 이하로 할 것.

4. 의료장소의 전로에는 정격 감도전류 30 mA 이하, 동작시간 0.03초 이내의 누전차단기를 설치할 것. 다만, 다음의 경우는 그러하지 아니하다.

가. 의료 IT 계통의 전로

나. TT 계통 또는 TN 계통에서 전원자동차단에 의한 보호가 의료행위에 중대한 지장을 초래할 우려가 있는 회로에 누전경보기를 시설하는 경우

다. 의료장소의 바닥으로부터 2.5m를 초과하는 높이에 설치된 조명기구의 전원회로라. 건조한 장소에 설치하는 의료용 전기기기의 전원회로

④ 의료장소와 의료장소 내의 전기설비 및 의료용 전기기기의 노출도전부, 그리고 계통외도전부에 대하여 다음과 같이 접지설비를 시설하여야 한다.

1. 접지설비란 접지극, 접지도체, 기준접지 바, 보호도체, 등전위본딩도체를 말한다.

2. 의료장소마다 그 내부 또는 근처에 기준접지 바를 설치할 것. 다만, 인접하는 의료장소와의 바닥 면적 합계가 50 m<sup>2</sup> 이하인 경우에는 기준접지 바를 공용할 수 있다.

3. 의료장소 내에서 사용하는 모든 전기설비 및 의료용 전기기기의 노출도전부는 보호도체에 의하여 기준접지 바에 각각 접속되도록 할 것.

가. 콘센트 및 접지단자의 보호도체는 기준접지 바에 직접 접속할 것.

나. 보호도체의 공칭 단면적은 제19조제5항의 표 19-3에 따라 선정할 것.

4. 그룹 2의 의료장소에서 환자환경(환자가 점유하는 장소로부터 수평방향 2.5m, 의료장소의 바닥으로부터 2.5m 높이 이내의 범위) 내에 있는 계통의 도전부와 전기설비 및 의료용 전기기기의 노출도전부, 전자기장해(EMI) 차폐선, 도전성 바닥 등은 등전위본딩을 시행할 것.

가. 계통외도전부와 전기설비 및 의료용 전기기기의 노출도전부 상호 간을 접속한 후 이를 기준접지 바에 각각 접속할 것.

나. 한 명의 환자에게는 동일한 기준접지 바를 사용하여 등전위본딩을 시행할 것.

다. 등전위본딩도체는 제3호 “나”의 보호도체와 동일 규격 이상의 것으로 선정할 것.

5. 접지도체는 다음과 같이 시설할 것.

가. 접지도체의 공칭단면적은 기준접지 바에 접속된 보호도체 중 가장 큰 것 이상으로 할 것.

나. 철골, 철근 콘크리트 건물에서는 철골 또는 2조 이상의 주철근을 접지도체의 일부분으로 활용할 수 있다.

6. 보호도체, 등전위본딩도체 및 접지도체의 종류는 450/750 V 일반용 단심 비닐 절연전선으로서 절연체의 색이 녹/황의 줄무늬이거나 녹색인 것을 사용할 것.

⑤ 상용전원 공급이 중단될 경우 의료행위에 중대한 지장을 초래할 우려가 있는 전기 설비 및 의료용 전기기기에는 다음 각 호 및 KS C IEC 60364-7-710에 따라 비상전원을 공급하여야 한다.

1. 절환시간 0.5초 이내에 비상전원을 공급하는 장치 또는 기기

가. 0.5초 이내에 전력공급이 필요한 생명유지장치.

나. 그룹 1 또는 그룹 2의 의료장소의 수술등, 내시경, 수술실 테이블, 기타 필수 조명.

2. 절환시간 15초 이내에 비상전원을 공급하는 장치 또는 기기

가. 15초 이내에 전력공급이 필요한 생명유지장치.

나. 그룹 2의 의료장소에 최소 50%의 조명, 그룹 1의 의료장소에 최소 1개의 조명.

3. 절환시간 15초를 초과하여 비상전원을 공급하는 장치 또는 기기

가. 병원기능을 유지하기 위한 기본 작업에 필요한 조명

나. 그밖의 병원기능을 유지하기 위하여 중요한 기기 또는 설비

제250조(임시 배선의 시설) ① 사용전압이 400 V 미만인 저압 옥내배선으로서 그 설치공사가 완료된 날로부터 4월 이내에 한하여 사용하는 것을 건조하고 전개된 곳에 시설하는 경우에, 옥내배선이 절연전선(옥외용 비닐절연전선을 제외한다)일 때에는 제181조제1항제1호부터 제4호까지의 규정을 적용하지 아니할 수 있다.

② 사용전압이 400 V 미만인 옥외배선으로서 그 설치공사가 완료된 날로부터 4월 이내에 한하여 사용하는 것을 다음 각 호의 어느 하나에 따라 시설하는 경우에는 제218조제1항제2호의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

1. 전선에 절연전선(옥외용 비닐절연전선 및 인입용 비닐절연전선을 제외한다)을 사용하고 또한 이를 전개된 장소로서 비 또는 이슬에 맞는 장소에 애자사용 공사에 의하여 시설하는 경우에 전선 상호 간의 간격을 3 cm 이상, 전선과 조영재사이의 이격거리를 6 mm 이상으로 하여 시설할 때

2. 전선에 절연전선(옥외용 비닐절연전선을 제외한다)을 사용하고 또한 이를 전개된 장소로서 비 또는 이슬에 맞지 아니하는 장소에 애자사용 공사에 의하여 시설할 때

③ 사용전압이 150 V 이하인 옥외배선으로서 그 설치공사가 완료한 날로부터 4월 이내에 한하여 사용하는 것을 전선이 손상을 받을 염려가 없도록 시설하는 경우에는 그 옥외배선에 절연전선(옥외용 비닐절연전선을 제외한다)을 사용하고 또한 그 옥

외배선에 전원측의 전선로 또는 다른 배선에 접속하는 장소에 가까운 곳의 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치, 전용 개폐기 및 과전류 차단기를 각 극(과전류 차단기는 다선식 전로의 중성극을 제외한다)에 시설한 때에 한하여 제193조제1항제2호의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

④ 사용전압이 400 V 미만인 저압 옥내배선으로서 그 설치공사가 완료한 날로부터 1년 이내에 한하여 사용하는 것을 다음 각 호에 따라 콘크리트에 직접 매설하여 시설하는 경우에는 제193조제2항의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

1. 전선은 케이블일 것.

2. 그 배선은 분기회로에만 시설하는 것일 것.

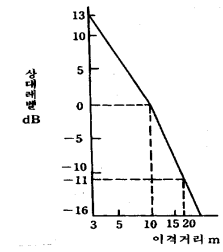
3. 그 전로의 전원측에는 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치·개폐기 및 과전류차단기를 각극(과전류차단기는 다선식 전로의 중성극을 제외한다)에 시설할 것.

## 제6장 전기철도 등

### 제1절 통칙

제251조(전파 장애의 방지) ① 전차선로는 무선설비의 기능에 계속적이고 또한 중대한 장애를 주는 전파가 생길 우려가 있는 경우에는 이를 방지하도록 시설하여야 한다.

② 제1항의 경우에 전차선로에서 발생하는 전파의 허용한도는 전차선의 직하로부터 전차선과 직각의 방향으로 10 m 떨어진 지점에서 방해파 측정기의 틀형 공중선의 면을 전차선로에 평행으로 하고 6회 이상 측정할 때에 각 회의 측정값의 최대 값의 평균값(전차선의 직하로부터 전차선과 직각의 방향으로 10 m 떨어진 지점에서 측정하기가 어려운 경우에는 임의의 지점에서 방해파 측정기의 틀형 공중선의 면을 전차선로에 평행으로 하고 6회 이상 측정할 경우 각 회의 측정값의 최대 값의 평균값에 그림 251-1)의 횡축에 표시한 이격거리에 따라 각각 그림의 종축에 표시한 값으로 보정한 값)이 300 kHz부터 3,000 kHz까지의 주파수대에서 36.5 dB(준첨두 값)일 것.



[그림 251-1]

## 제2절 직류식 전기철도

**제252조(직류 전차선로의 시설 제한)** ① 직류 전차선은 열차의 속도, 노반의 형태, 부하전류 특성에 따라 적합한 방식으로 하며, 가공방식(전차선을 터널·갱도 기타 이와 유사한 장소내의 윗면에 시설하는 방식을 포함한다. 이하 같다)·강체방식(剛體方式) 또는 제3레일 방식에 의하여 시설하여야 한다.

② 가공 방식에 의하여 시설하는 직류식 전기 철도용 전차 선로(이하 “가공 직류 전차선로”라 한다)로서 사용전압이 직류 고압인 것은 전기 철도의 전용 부지 안에 시설하여야 한다.

③ 제3레일 방식에 의하여 시설하는 직류식 전기 철도용 전차 선로는 지하철도·고가철도 기타 사람이 쉽게 출입할 수 없는 전기철도의 전용 부지 안에 시설하여야 한다.

④ 강체방식에 의하여 시설하는 직류식 전기 철도용 전차 선로는 전차선의 높이가 지표상 5m(도로 이외의 곳에 시설하는 경우로서 아랫면에 방호판을 시설할 때에는 3.5m) 이상인 경우 및 전차선을 수면상에 시설하는 경우로서 선박의 항해 등에 위험을 주지 아니하도록 시설한 경우 이외에는 사람이 쉽게 출입할 수 없는 전용 부지 안에 시설하여야 한다.

**제253조(통신상의 유도 장애방지 시설)** ① 직류식 전기 철도용 급전선로·직류식 전기 철도용 전차선로 또는 가공 직류 절연 귀선(架空直流絶緣歸線)이 기설 가공약전류 전선로(단선식 전화 선로를 제외한다. 이하 이 조에서 같다)와 병행하는 경우에는 유도작용에 의한 통신상의 장애를 주지 아니하도록 전선과 기설 약전류 전선 사이의 이격거리는 다음 각 호에 따라야 한다. 다만, 가공약전류 전선이 통신용 케이블인 경우 또는 가공약전류 전선로의 관리자의 승낙을 얻은 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 직류 복선식 전기철도용 급전선 또는 전차선의 경우에는 2 m 이상
2. 직류 단선식 전기철도용 급전선·전차선 또는 가공 직류 절연 귀선의 경우에는 4 m 이상

② 제1항 본문의 규정에 의하여 시설하여도 기설 가공약전류 전선에 대하여 장애를 줄 우려가 있는 경우에는 필요에 따라 다시 다음 각 호의 하나 또는 둘 이상을 기준으로 하여 시설하여야 한다.

1. 전선과 가공 약전류 전선 등 사이의 이격거리를 증가시킬 것.
2. 직류 전원의 전압 파형이 평활하게 되도록 할 것.
3. 직류 단선식 전기 철도용 급전선·직류 단선식 전기 철도용 전차선 또는 가공 직류 절연귀선의 경우에는 귀선의 레일 근접 부분 및 대지에 흐르는 전류를 감소시킬 것.
4. 직류 단선식 전기 철도용 급전선·직류 단선식 전기 철도용 전차선 또는 가공 직류 절연귀선의 경우에는 약전류 전선로의 접지극과 귀선 사이의 거리를 증가시킬 것.

**제254조(가공 직류 전차선의 굵기)** 가공 직류 전차선은 사용전압이 저압인 경우 지름 7 mm의 경동선, 고압인 경우 지름 7.5mm의 경동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및

굵기가 유지되어야 한다.

**제255조(도로에 시설하는 가공 직류 전차 선로의 공간)** 도로에 시설하는 가공 직류 전차 선로의 공간은 60 m 이하로 하여야 한다.

**제256조(가공 직류 전차선의 레일면상의 높이)** 가공 직류 전차선의 레일면상의 높이는 4.8 m 이상, 전용의 부지위에 시설될 때에는 4.4m 이상이어야 한다(IEC 60913 표준 참조). 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 터널 안의 윗면, 교량의 아랫면 기타 이와 유사한 곳 또는 이에 인접하는 곳에 시설하는 경우로서 3.5 m 이상일 때
2. 광산 기타의 갱도 안의 윗면에 시설하는 경우로서 1.8 m 이상일 때

**제257조(가공 직류 전차선과 약전류 전선 등의 혼촉에 의한 위험 방지 시설)**

가공 직류 전차선 또는 이와 전기적으로 접속하는 조가용선(장선을 포함한다. 이하 이 조에서 같다)이 가공약전류 전선 등과 접근하거나 교차하는 경우에는 다음 각 호에 따라야 한다.

1. 전차선 또는 이와 전기적으로 접속하는 조가용선이 가공약전류전선 등과 수평거리로, 전차 선로의 사용전압이 저압인 경우에는 2 m 이내, 고압인 경우에는 2.5 m 이내로 접근하는 경우 또는 45도 이하의 수평 각도로 교차하는 경우에는 다음 중 어느 하나에 의할 것.

가. 전차선 또는 이와 전기적으로 접속하는 조가용선이 가공약전류전선 등과의 사이의 수평거리가, 전차 선로의 사용전압이 저압인 경우에는 1m 이상, 고압인 경우에는 1.2m 이상이고 또한 수직거리가 수평거리의 1.5배 이하로 할 것.

나. 전차 선로의 사용전압이 저압인 경우에 가공약전류전선 등이 절연전선과 동등 이상의 절연 효력이 있는 것 또는 통신용 케이블을 사용할 것.

다. 전차선 또는 이와 전기적으로 접속하는 조가용선과 가공 약전류전선 등 사이의 수직거리가 6 m 이상이고 또한 가공약전류 전선 등이 지름 5 mm (전차선로의 사용전압이 저압인 경우는 4 mm)의 경동선이나 이와 동등 이상의 세기의 것, 통신용 케이블 또는 광섬유 케이블을 사용할 것.

라. 전차선 또는 이와 전기적으로 접속하는 조가용선과 가공 약 전류전선 등과의 수직거리가 2 m 이상이고 또한 가공약전류 전선 등을 제269조제2항에 준하여 시설할 것.

2. 전차선로의 사용전압이 저압이고 전차선 또는 이와 전기적으로 접속하는 조가용선과 가공약전류 전선 등이 45도를 초과하는 수평각도로 교차할 경우에는 다음 중 어느 하나에 의할 것.

가. 제1호 ‘라’에 의하여 시설할 것.

나. 가공약전류 전선 등의 관리자의 승낙을 받을 것.

**제258조(조가용선 및 장선의 접지)** ① 직류 전기 철도용 급전선과 가공 직류 전차선을 접속하는 전선을 추가하는 금속선은 그 전선으로부터 애자로 절연하고 또한 이에 제3종 접지공사를 하여야 한다. 다만, 직류 전기 철도용 급전선과 가공 직류 전차선을 접

속하는 전선을 조가하는 금속선에 애자를 2개 이상 접근하여 직렬로 붙일 경우에는 접지공사를 하지 아니하여도 된다.

② 가공 직류 전차선의 장선에는, 가공 직류 전차선간 및 가공 직류 전차선으로부터 60 cm 이내의 부분 이외에는 제3종 접지공사를 하여야 한다. 다만, 장선을 접지할 필요가 없는 부분의 길이는, 집전장치에 뷔겔 또는 팬터그래프를 사용하는 경우에는 가공 직류 전차선으로부터 1 m 까지, 가공 단선식 전기 철도의 반지름이 작은 궤도 곡선 부분에서 전차 포울의 이탈에 의하여 장애가 생길 우려가 있는 경우에는 가공 직류 전차선으로부터 1.5 m 까지로 증가할 수 있다.

③ 제2항의 장선(가공 직류 전차선과 전기적으로 접속하는 부분을 제외한다)이 단선 되었을 때에 가공 직류 전차선에 접촉할 우려가 있는 경우에는 그 장선의 지지점 가까이 애자를 붙이고 또한 제2항의 접지공사는 장선의 지지점과 애자 사이의 부분에서만 시설하여야 한다.

④ 가공 직류 전차선의 장선에 애자를 2개 이상 접근하여 직렬로 붙일 경우에는 제2항의 접지공사를 하지 아니하여도 된다.

⑤ 가공 직류 전차선로에 접근하여 가공약전류 전선 등이 시설되어 있지 아니하는 시가지 이외의 곳에 시설되는 가공 직류 전차선의 장선에 관하여는 제2항 및 제3항의 규정을 적용하지 아니한다.

**제259조(직류식 전기 철도용 전차선로의 절연저항)** 직류식 전기철도용 전차선로의 절연 부분과 대지 사이의 절연저항은 사용전압에 대한 누설전류가 궤도의 연장 1 km마다 가공 직류 전차선(강제조가식을 제외한다)은 10 mA, 기타의 전차선은 100 mA를 넘지 아니하도록 유지하여야 한다.

**제260조(가공 직류 절연 귀선의 시설)** 가공 직류 절연 귀선은 저압 가공 전선에 준하여 시설하여야 한다.

**제261조(전기부식방지를 위한 절연)** 직류 귀선은 귀선용 레일과 레일간 및 레일의 바깥쪽 30 cm 이내에 시설하는 부분(이하 이 장에서 "궤도 근접 부분"이라 한다) 이외에는 대지로부터 절연하여야 한다.

**제262조(전기부식방지를 위한 이격거리)** ① 직류 귀선은 궤도 근접 부분이 금속제 지중관로와 접근하거나 교차하는 경우에는 상호 간의 이격거리는 1 m 이상이어야 한다. 다만, 다음 각 호에 따라 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 귀선의 궤도 근접 부분과 지중 관로사이에 부도체의 격리물을 시설하여 전류가 지중 1 m 이상을 통과하지 아니하면 양자간을 유통할 수 없도록 할 것.
  2. 제1호의 부도체의 격리물은 아스팔트 및 모래로 된 두께 6 cm 이상의 절연물을 콘크리트 기타의 물질로 견고하게 보호하고 또한 균열이 생기지 아니하도록 시설한 것 또는 이와 동등 이상의 절연성·내구성 및 기계적 강도를 가지는 것일 것.
- ② 직류 귀선과 금속제 관로를 동일한 철교에 시설하는 경우에는 직류 귀선과 교량구성재 사이의 누설 저항을 충분히 크게 하도록 시설하여야 한다.

**제263조(전기부식방지를 위한 귀선의 시설)** ① 직류 귀선의 궤도 근접 부분이 금속제 지

중 관로와 1 km 안에 접근하는 경우에는 금속제 지중관로에 대한 전식작용에 의한 장애를 방지하기 위하여 그 구간의 귀선은 제264조의 규정에 의한 경우 이외에는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 귀선은 부극성(負極性)으로 할 것.
2. 귀선용 레일의 이음매의 저항을 합친 값은 그 구간의 레일 자체의 저항의 20 % 이하로 유지하고 또한 하나의 이음매의 저항은 그 레일의 길이 5 m의 저항에 상당한 값 이하일 것.
3. 귀선용 레일은 특수한 곳 이외에는 길이 30 m 이상이 되도록 연속하여 용접할 것. 다만, 단면적 115 mm<sup>2</sup> 이상, 길이 60 cm 이상의 연동 연선을 사용한 본드 2개 이상을 용접하거나 또는 볼트로 조여 붙임으로서 레일의 용접에 갈음할 수 있다.
4. 귀선용 레일의 이음매에는 제3호의 규정에 의하여 시설하는 경우 이외에는 "가" 및 "나"의 본드를 용접하여 2중으로 붙일 것. 다만, 단면적 190 mm<sup>2</sup> 이상, 길이 60 cm 이상의 연동 연선을 사용한 본드를 용접하여 붙이는 경우에는 그러하지 아니하다.

가. 연동선을 사용하는 경우에는 지름 1.4 mm 이하의 굵기의 소선으로 된 연선을 사용하고 또한 진동에 대하여 내구력을 크게 할 수 있는 길이 및 연선을 사용하고 또한 진동에 대하여 내구력을 크게 할 수 있는 길이 및 구조로 되어 있는 단소(短小)한 본드 또는 이와 동등 이상의 효력이 있는 것.

나. 단면적 60 mm<sup>2</sup> 이상, 길이 60 cm 이상의 연동 연선을 사용한 본드 또는 이와 동등 이상의 효력이 있는 것.

5. 귀선의 궤도 근접 부분에 1년간의 평균 전류가 통할 때에 생기는 전위차는 다음에 정하는 방법에 의하여 계산하고 그 구간 안의 어느 2점 사이에서도 2 V 이하일 것.

가. 평균전류는 차량운전에 요하는 직류측에서의 1년간의 소비전력량(kWh를 단위로 한다)을 8,760으로 나눈 것을 기초로 하여 계산할 것.

나. 귀선의 전류는 누설되지 아니하는 것으로 계산할 것.

다. 레일의 저항은 다음의 계산식에 의하여 계산한 것으로 한다.

$$R = \frac{1}{W}$$

R : 이음매의 저항을 포함하는 단궤도 1 km의 저항(Ω을 단위로 한다) W는 레일 1 m의 중량(kg을 단위로 한다)

② 제1항에서 규정하는 그 구간이란 1번전소의 급전 구역안에 지중관로로부터 1 km 이내의 거리에 있는 하나의 연속된 귀선 부분을 말한다. 다만, 귀선과 지중관로가 100 m 이내로 2회 이상 접근할 때에는 그 접근 부분의 중간에서 이격거리가 1 km를 초과하는 경우에도 그 전부를 1구간으로 한다.

③ 지중관로의 관리자의 승낙을 얻은 경우에는 제1항의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

**제264조(전기부식방지를 위한 귀선용 레일의 시설 등)** ① 레일과 지면 사이를 자갈·침목 등으로 두께 30 cm 이상 이격하여 시설하거나 이와 동등 이상의 절연성을 가지는 콘크리트제 도상(道床) 등의 위에 시설하는 직류 귀선의 궤도 근접 부분이 금속제 지중 관로와 1 km 이내에 접근하는 경우에는 금속제 지중 관로에 대한 전식 작용에 의한 장해를 방지하기 위하여 그 구간의 귀선은 제263조제1항제1호 및 제2호의 규정에 준하는 이외에 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 귀선용 레일은 특수한 곳 이외에는 길이 20 m 이상에 달하도록 연속하여 용접할 것. 다만, 단면적 115 mm<sup>2</sup> 이상, 길이 60 cm 이상의 연동 연선을 사용한 본드 2개 이상을 용접하여 붙임으로써 레일의 용접에 갈음할 수 있다.
2. 귀선용 레일의 이음매에는 제1호의 규정에 의하여 시설하는 경우 이외에는 제263조제1항제4호 “가”의 본드를 용접하여 붙일 것. 다만, 독립된 길이 60 cm 이상의 본드 2개 이상을 견고하게 붙일 경우에는 그러하지 아니하다.
3. 귀선의 궤도 근접 부분은 1년간의 평균 전류가 통할 때에 생기는 전위차는 제263조제1항제5호에서 정하는 방법에 의하여 계산하고 궤도의 선로 길이 1 km에 대하여 2.5 V 이하이고 또한 그 구간 안의 어느 2점 사이에서도 15 V 이하일 것.
4. 직류 귀선의 궤도 근접 부분은 제265조제1항의 단서에서 규정하는 경우 이외에는 대지 사이의 전기 저항 값이 낮은 금속체와 전기적으로 접촉할 우려가 없도록 시설할 것. 다만, 차고 기타 이와 유사한 곳에서 금속제 지중 관로의 전식 방지를 위하여 귀선을 개폐하는 장치(전기 철도용 급전선을 동시에 개폐할 수 있는 것에 한한다) 또는 이와 유사한 장치를 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

② 제1항의 규정에 의하여 시설하여도 장해를 줄 우려가 있는 경우에는 방지 방법을 보강하여야 한다.

③ 제1항의 그 구간이란 1변전소의 전기 철도용 급전구역 안에 그 지중 관로로부터 2 km 이내의 거리에 있는 하나의 연속된 귀선의 부분을 말한다.

④ 지중 관로의 관리자의 승낙을 받은 경우에는 제1항의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

**제265조(배류 접속)** ① 직류 귀선과 지중 관로는 전기적으로 접속하여서는 아니 된다. 다만, 직류 귀선을 제263조 또는 제264조의 규정에 의하여 시설하여도 계속 금속제 지중 관로에 대하여 전식 작용에 의한 장해를 줄 우려가 있는 경우에 다음 각 호에 따라 시설할 때에는 그러하지 아니하다.

1. 배류 시설은 다른 금속제 지중 관로 및 귀선용 레일에 대한 전식 작용에 의한 장해를 현저히 증가시킬 우려가 없도록 시설할 것.
2. 배류 시설에는 선택 배류기를 사용할 것. 다만, 선택 배류기를 설치하여도 전식 작용에 의한 장해를 방지할 수 없을 경우 한하여 강제 배류기를 설치할 수 있다.
3. 배류선을 귀선에 접속하는 위치는 귀선용 레일의 전위 분포를 현저히 악화시키지 아니하도록 하고 또한 전기 철도의 자동신호 장치의 기능에 장애가 생기지 아니하도록 정할 것.
4. 배류 회로는 배류선과 금속제 지중 관로 및 귀선과의 접속점을 제외하고 대지로

부터 절연할 것.

② 제1항제2호의 선택 배류기는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 선택 배류기는 귀선에서 선택 배류기를 거쳐 금속제 지중 관로로 통하는 전류를 저지하는 구조로 할 것.
2. 전기적 접점(퓨즈 홀더를 포함한다)은 선택 배류기 회로를 개폐할 경우에 생기는 아크에 대하여 견디는 구조의 것으로 할 것.
3. 선택 배류기를 보호하기 위하여 적절한 과전류 차단기를 시설할 것.
4. 선택 배류기는 제3종 접지공사를 한 금속제 외함 기타 견고한 함에 넣어 시설하거나 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설할 것.

③ 제1항제2호 단서의 규정에 의한 강제 배류기는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 귀선에서 강제배류기를 거쳐 금속제 지중 관로로 통하는 전류를 저지하는 구조로 할 것.
2. 강제배류기를 보호하기 위하여 적절한 과전류 차단기를 시설할 것.
3. 강제배류기는 제3종 접지공사를 한 금속제 외함 기타 견고한 함에 넣어 시설하거나 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설할 것.
4. 강제배류기용 전원장치는 다음에 적합한 것일 것.

가. 변압기는 절연 변압기일 것.

나. 1차측 전로에는 개폐기 및 과전류 차단기를 각 극(과전류 차단기는 다선식 전로의 중성극을 제외한다)에 시설한 것일 것.

④ 제1항의 배류선은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 배류선은 가공으로 시설하거나 지중에 매설하여 시설할 것. 다만, 전기 철도의 전용부지 내에 시설하는 부분에 절연전선(옥외용 비닐 절연전선을 제외한다)·캡타이어 케이블 또는 케이블을 사용하고 또한 손상을 받을 우려가 없도록 시설할 경우에는 그러하지 아니하다.
2. 가공으로 시설하는 배류선은 제69조(제1항제4호를 제외한다)·제72조·제79조부터 제82조까지·제87조·제89조의 저압 가공 전선의 규정과 제84조 및 제253조의 규정에 준하는 이외에 다음에 의하여야 하고 또한 위험의 우려가 없도록 시설할 것.

가. 배류선은 케이블인 경우 이외에는 지름 4 mm의 경동선이나 이와 동등 이상의 세기 및 굽기의 것일 것.

나. 배류선은 배류 전류를 안전하게 흘릴 수 있는 것일 것.

다. 배류선과 고압 가공전선 또는 가공약전류 전선 등을 동일 지지물에 시설하는 경우에는 각각 제75조 또는 제91조의 저압 가공 전선의 규정에 준하여 시설할 것. 다만, 배류선이 450/750 V 일반용 단심 비닐절연전선 또는 케이블인 경우에는 배류선을 가공약전류 전선 등의 밑으로 하거나 가공약전류 전선 등과의 이격거리를 30 cm 이상으로 하여 시설할 수 있다.

라. 배류선을 전용의 지지물에 시설하는 경우에는 제58조부터 제66조까지의 규정에 준하여 시설할 것.

3. 지중에 매설하여 시설하는 배류선에는 다음에 열거하는 전선으로서 배류 전류를 안전하게 흘릴 수 있는 것을 사용하고 또한 이를 제136조·제140조 및 제141조의 규정에 준하여 시설할 것.

가. 450/750 V 일반용 단심 비닐절연전선

나. 캡타이어 케이블

다. 저압 케이블로서 외장이 클로로프렌·비닐 또는 폴리에틸렌인 것.

4. 배류선의 상층 부분 중 지표상 2.5m 미만의 부분은 절연전선(옥외용 비닐 절연 전선을 제외한다)·캡타이어 케이블 또는 케이블을 사용하고 사람이 접촉할 우려가 없고 또한 손상을 받을 우려가 없도록 시설할 것.

### 제3절 교류식 전기철도

**제266조(교류 전차선로의 시설 제한)** 교류식 전기철도의 전차선로는 전기철도의 전용부지 내에 시설하고 전차선은 열차의 속도, 노반의 형태, 부하전류 특성에 따라 적합한 방식으로 하며, 가공방식(전차선을 터널·궤도 기타 이와 유사한 장소내의 윗면에 시설하는 방식을 포함한다. 이하 같다)·강체방식(剛體方式) 또는 제3레일 방식에 의하여 시설하여야 한다.

**제267조(전압불평형에 의한 장애방지)** ① 교류식 전기철도는 그 단상 부하에 의한 전압 불평형의 허용한도는 교류식 전기철도 변전소의 변압기 결선방식에 따라 다음의 계산식에 의하여 계산하며 그 변전소의 수전점에서 3% 이하일 것.

1. 단상 결선인 경우

$$K = ZP \times 10^{-4}$$

K : 백분율로 표시한 전압불평형률

Z : 변전소의 수전점에서의 3상 전원계통의 10,000 kVA를 기준으로 하는 퍼센트 임피던스 또는 퍼센트 리액턴스

P : 전기철도용 급전 전구역에서의 연속 2시간의 평균부하(kVA를 단위로 한다)

2. T결선인 경우

$$K = Z(P_A - P_B) \times 10^{-4}$$

P<sub>A</sub>, P<sub>B</sub> : 각각의 전기철도용 급전 구역에서의 연속 2시간 평균부하(kVA를 단위로 한다)

K, Z : 각각 제1호에 정하는 바에 의한다.

3. V결선인 경우

$$K = Z \sqrt{P_A^2 - P_A P_B + P_B^2} \times 10^{-4}$$

K, Z : 각각 제1호에, P<sub>A</sub> 및 P<sub>B</sub>는 각각 제2호에 정하는 바에 의한다.

**제268조(통신상의 유도 장애방지 시설)** 교류식 전기철도용 급전선로(이하 이 절에서 “교류 급전선로”라 한다), 교류식 전기철도용 전차선로(이하 이 절에서 “교류 전차선로”라 한다), 교류식 전차선로 상호 간을 접촉하는 전선로 또는 교류식 전기철도용 가공 절연 귀선(이하 이 절에서 “가공 교류 절연 귀선”이라 한다)은 기설 가공약전류 전선로(단선식 전차선로를 제외한다. 이하 이 조에서 같다)에 대하여 유도작용에 의한 통신상의 장애가 생기지 아니하도록 기설 가공약전류 전선로에서 충분히 떼고, 귀선의 궤도 근접부분 및 대지에 흐르는 전류를 제한하거나 기타의 적당한 방법으로 시설하여야 한다.

**제269조(전차선 등과 약전류 전선 등의 접근 또는 교차)** ① 교류 전차선 등이 가공약전류 전선 등(안테나를 포함하고 가공전선로의 지지물에 시설하는 전력보안 가공통신선 및 이에 직접 접촉하는 전력보안 가공통신선을 제외한다. 이하 이 조에서 같다)과 접근하는 경우에는 교류 전차선 등은 가공약전류 전선 등과 수평거리로 교류 전차선로 또는 가공약전류 전선로 등의 지지물의 지표상의 높이에 상당하는 거리 안에 시설하여서는 아니 된다. 다만, 교류 전차선 등과 가공약전류 전선 등 사이의 수평거리가 3m 이상이고 또한 교류 전차선 등 또는 가공약전류 전선 등의 절단, 이들의 지지물의 도괴 등에 의하여 교류 전차선 등이 가공약전류 전선 등과 접촉할 우려가 없는 경우에는 그러하지 아니하다.

② 교류 전차선 등은 가공약전류 전선 등과 교차하여 시설하여서는 아니 된다. 다만, 가공약전류 전선로 등을 제63조·제74조제2항제2호 및 제3항부터 제5항까지·제83조제2항제7호, 제8호, 제10호 및 제11호의 규정에 준하는 이외에 다음 각 호에 따라 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 가공약전류 전선 등에는 폴리에틸렌절연비닐외장의 통신용 케이블 또는 광섬유 케이블을 사용하고 또한 이를 단면적 38 mm<sup>2</sup> 이상의 아연도금 강연선으로서 인장강도가 29.45 kN 이상인 것(교류 전차선등과 교차하는 부분을 포함하는 공간에 접촉점이 없는 것에 한한다)으로 조가 할 것.

2. 제1호의 조가용선은 제69조제1항제4호의 규정에 준하는 이외에 이를 교류 전차선 등과 교차하는 부분의 양쪽은 지지물에 견고하게 인유하여 시설할 것.

**제270조(전차선 등과 건조물 기타의 시설물과의 접근 또는 교차)** ① 교류 전차선 등이 건조물·도로 또는 삭도(이하 이 조에서 “건조물 등”이라 한다)와 접근할 경우에 교류 전차선 등이 그 건조물 등의 위쪽 또는 옆쪽에서 수평거리로 교류 전차선로의 지지물의 지표상의 높이에 상당하는 거리 안에 시설되는 때(제2항에 규정하는 경우를 제외한다)에는



교류 전차선로의 지지물에는 철주 또는 철근 콘크리트주를 사용하고 또한 그 경간을 60 m 이하로 시설하여야 한다. 다만, 교류 전차선 등의 절단·교류 전차선로의 지지물의 도괴 등에 의하여 교류 전차선로 등이 건조물 등에 접촉할 우려가 없는 경우에는 그러하지 아니하다.

② 교류 전차선 등이 건조물 등과 접근하는 경우에 교류 전차선 등이 건조물 등의 위쪽 또는 옆쪽에서 수평거리로 3m 미만에 시설되는 때에는 제83조제3항제1호 및 제2호의 규정에 준하는 이외에 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 교류 전차선 등과 건조물과의 이격거리는 3m 이상일 것.
2. 교류 전차선 등과 삭도 또는 그 지주 사이의 이격거리는 2m 이상일 것.

③ 교류 전차선 등이 삭도와 접근하는 경우에는 교류 전차선 등은 삭도의 아래쪽에서 수평거리로 삭도의 지주의 지표상의 높이에 상당하는 거리 안에 시설하여서는 아니된다. 다만, 교류 전차선 등과 삭도 사이의 수평거리가 3m 이상인 경우에 삭도의 지주의 도괴 등에 의하여 삭도가 교류 전차선 등과 접촉할 우려가 없을 때 또는 교류 전차선등의 위쪽에 견고한 방호장치를 시설하고 또한 금속제 부분에 제3종 접지공사를 할 때에는 그러하지 아니하다.

④ 교류 전차선 등은 삭도와 교차하여 시설하여서는 아니 된다. 다만, 다음 각 호에 따르고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하는 때에는 그러하지 아니하다.

1. 교류 전차선 등과 삭도 또는 그 지주 사이의 이격거리는 2 m 이상일 것.
2. 교류 전차선 등의 위에 견고한 방호장치를 시설하고 또한 금속제 부분에 제3종 접지공사를 할 것.

⑤ 교류 전차선 등이 교량 기타 이와 유사한 것(이하 이 조에서 “교량 등”이라 한다)의 밑에 시설되는 경우에는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 교류 전차선 등과 교량 등 사이의 이격거리는 30cm 이상일 것. 다만, 기술상 부득이한 경우에는 사용전압이 25kV인 교류 전차선 또는 이와 전기적으로 접속하는 조가용선, 브래킷 혹은 장선과 교량 등 사이의 이격거리를 25cm까지로 감할 수 있다.
2. 교량의 가터 등의 금속제 부분에는 제3종 접지공사를 할 것.
3. 교량 등의 위에서 사람이 교류 전차선 등에 접촉할 우려가 있는 경우에는 적당한 방호장치를 시설하고 또한 위험표시를 할 것.

⑥ 제1항부터 제5항까지의 경우 이외에 교류 전차선 등이 다른 시설물(가공전선, 가공약전류 전선 등 안테나 및 가공 직류 전차선을 제외한다)과 접근하거나 교차하는 경우에는 상호 간의 이격거리는 2m 이상이어야 한다.

**제271조(전차선 등과 식물사이의 이격거리)** 교류 전차선 등과 식물사이의 이격거리는 2m 이상이어야 한다.

**제272조(전차선과 병행하는 금속물의 접지 등)** ① 교류 전차선과 병행하는 교량의 금속제 난간 기타 사람이 접촉할 우려가 있는 금속물에는 유도에 의한 위험 전압이 생길 우려가 있는 경우에는 이를 방지하기 위하여 제3종 접지공사를 하여야 한다.

② 교류 전차선과 병행하는 저압 또는 고압의 가공전선에는 유도에 의한 위험 전압이 생길 우려가 있는 경우에는 이를 방지하기 위하여 차폐선의 시설 등 적당한 시설을 하여야 한다.

**제273조(흡상 변압기 등의 시설)** 교류 전차선로의 전로에 시설하는 흡상 변압기(吸上變壓器)·직렬커패시터나 이에 부속된 기구 또는 전선이나 교류식 전기철도용 신호 회로에 전기를 공급하기 위한 특고압용의 변압기를 옥외에 시설하는 경우에는 시가지 이외에서 지표상 5m 이상의 높이에 시설하여야 한다. 다만, 시가지 이외에서 사람이 접촉하는 것을 방지하기 위하여 그 주위에 제44조의 규정에 준하여 울타리를 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

**제274조(가공 교류 절연 귀선의 시설)** 가공 교류절연귀선은 고압 가공전선에 준하여 시설하여야 한다. 다만, 가공 교류 절연 귀선이 교류 전차선과 동일 지지물에 시설되는 경우에는 제75조제3항 또는 제4항의 규정에, 가공 교류 절연 귀선이 교류 전차선 등과 접근하거나 교차되어 시설되는 경우에는 제83조의 규정에 준하여 시설하지 아니하여도 된다.

## 제4절 강색 철도

**제275조(강색 차선의 시설)** 강색 철도의 전차선(이하 “강색 차선”이라 한다)은 다음 각 호에 따르고 또한 가공방식에 의하여 시설하여야 한다.

1. 강색 차선은 지름 7mm의 경동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 것일 것.
2. 강색 차선의 레일면상의 높이는 4m 이상일 것. 다만, 터널 안, 교량아래 그 밖에 이와 유사한 곳에 시설하는 경우에는 3.5m 이상으로 할 수 있다.

**제276조(강색 차선과 가공약전류 전선 등의 접근 또는 교차)** ① 제253조의 규정은 강색 차선과 가공약전류 전선 등이 병행하는 경우에 준용한다.

② 제257조의 규정은 강색 차선 또는 이와 전기적으로 접속하는 조가용선(장선을 포함한다)과 가공약전류 전선 등이 접근하거나 교차하는 경우에 준용한다.

**제277조(레일 등의 시설)** 강색 철도의 레일로서 전로로 사용하는 것과 이에 접속하는 전선(이하 “레일 등”이라 한다)은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 레일에 접속하는 전선은 레일 사이 및 레일의 바깥쪽 30cm 안에 시설하는 것 이외에는 대지로부터 절연할 것.
2. 레일에 접속하는 전선으로서 가공으로 시설하는 것을 가공 직류 전기철도용 급전선에 준하여 시설할 것.
3. 레일 및 레일에 접속하는 전선으로 레일 사이 및 레일의 바깥쪽 30cm 안에 시설하는 것과 금속제 지중 관로가 접근하거나 교차하는 경우에, 전식 작동에 의한 장애의 우려가 있는 경우에는 제264조제1항의 규정에 준하여 시설할 것.

**제278조(강색 차선의 절연저항)** 강색 차선과 대지 사이의 절연저항은 사용전압에 대한 누설 전류가 궤도의 연장 1km마다 10mA를 넘지 아니하도록 유지하여야 한다.

제7장 국제표준도입

제279조(1 kV 이하 전기설비의 시설) ① 수용 장소에 시설하는 1kV 이하 전기설비는 표 279-1의 IEC 60364에 따라 시설할 수 있다. 다만, 전기사업자의 전기설비와 직접 접속하는 경우에는 전기사업자의 전기공급과 관련된 설비의 접지방식과 협조를 이루어야 한다.

② 동일한 전기사용장소에서는 제1항의 규정과 제3조부터 제278조까지의 규정을 혼용하여 1kV 이하의 전기설비를 시설하여서는 아니 된다. 다만, IEC 표준을 도입한 조항은 예외로 한다.

[표 279-1]

IEC표준번호(제정년도)	KS표준번호(제정년도)	규격명
IEC 60364-1(2001) (다만, 313.2를 제외한다)	KS C IEC 60364-1(2005) (다만, 313.2를 제외한다)	건축전기설비 - 제1부: 기본원칙, 일반특성평가 및 용어정의
IEC 60364-4-41(2001)	KS C IEC 60364-4-41(2005)	건축전기설비 - 제4 - 제41부 : 안전을 위한 보호 - 감전에 대한 보호
IEC 60364-4-42(2001) (다만, 422.1, 422.2, 422.2.1, 422.2.2, 422.2.3, 422.3, 422.3.5, 422.3.6, 422.3.7, 422.5, 422.5.1을 제외한다)	KS C IEC 60364-4-42(2005) (다만, 422.1, 422.2, 422.2.1, 422.2.2, 422.2.3, 422.3, 422.3.5, 422.3.6, 422.3.7, 422.5, 422.5.1을 제외한다)	건축전기설비 - 제4 - 42부 : 안전을 위한 보호 - 열 영향에 대한 보호
IEC 60364-4-43(2001)	KS C IEC 60364-4-43(2005)	건축전기설비 - 제4 - 43부 : 안전을 위한 보호 - 과전류에 대한 보호
IEC 60364-4-44(2001)의 442	KS C IEC 60364-4-44(2005)의 442	건축전기설비 - 제4 - 44부 안전을 위한 보호 : 전압 및 전자기장해에 대한 보호 제442절 : 고압계통과 접지사이의 순시과전압 및 고장에 대한 저압설비의 보호
IEC 60364-5-51(2001)(다만, 515.3 제외)	KS C IEC 60364-5-51(2005) (다만, 515.3 제외)	건축전기설비 - 제5 - 제51부 : 전기기기의 선정 및 시공 - 공통 규칙
IEC 60364-5-52(2001)	KS C IEC 60364-5-52(2004)	건축전기설비 - 제5 - 52부 : 전기기기의 선정 및 시공 - 배선시스템
IEC 60364-5-53(2002) (단 534절, 535절 제외)	KS C IEC 60364-5-53(2005) (단 534절, 535절 제외)	건축전기설비 - 제5 - 53부 : 전기기기의 선정 및 시공 - 절연, 개폐 및 제어
IEC 60364-5-54(2002)	KS C IEC 60364-5-54(2005)	건축전기설비 - 제5 - 54부 전기기기의 선정 및 시공 - 접지배치, 보호도체 및 결합도체
IEC 60364-5-55(2002) 의 551절, 559절	KS C IEC 60364-5-55(2005)의 551절, 559절	건축전기설비 - 제5 - 제55부 전기기기의 선정 및 시공 - 기타기기 제551절: 저압발전장치, 제559절: 조명기구 및 조명설비
IEC 60364-6-61(2001)	KS C IEC 60364-6-61(2005)	건축전기설비 - 제6 - 61부 검사 - 최종 검사
IEC 60364-7-701(1984)	KS C IEC 60364-7-701(2002)	건축전기설비 - 제7부 특수설비 또는 특수 장소의 요구사항 - 제701절 육조 또는 사위육조의 전기설비
IEC 60364-7-702(1983)	KS C IEC 60364-7-702(2002)	건축전기설비 - 제7부 특수설비 또는 특수 장소

IEC표준번호(제정년도)	KS표준번호(제정년도)	규격명
Amd.2(1997)		의 요구사항 - 제702절 수영장 및 기타 수조
IEC 60364-7-703(1984)	KS C IEC 60364-7-703(2002)	건축전기설비 - 제7부 특수설비 또는 특수 장소의 요구사항 - 제703절 사우나히터의 전기설비
IEC 60364-7-704(1999)	KS C IEC 60364-7-704(2005)	건축전기설비 - 제7 - 704부 특수설비 또는 특수 장소의 요구사항 - 건설현장 및 해체현장에서의 설비
IEC 60364-7-705(1984)	KS C IEC 60364-7-705(2002)	건축전기설비 - 제7부 특수설비 또는 특수 장소의 요구사항 - 제705절 농업 및 원예용 전기설비
IEC 60364-7-706(1983)	KS C IEC 60364-7-706(2002)	건축전기설비 - 제7부 특수설비 또는 특수 장소의 요구사항 - 제706절 제한된 도전성 장소
IEC 60364-7-707(1984)	KS C IEC 60364-7-707(2002)	건축전기설비 - 제7부 특수설비 또는 특수 장소의 요구사항 - 제707절 데이터 처리기기설비의 접지
IEC 60364-7-708(1988) Amd.1(1993)	KS C IEC 60364-7-708(2002)	건축전기설비 - 제7부 특수설비 또는 특수 장소의 요구사항 - 제708절 이동식 숙박차량 및 정박지의 전기설비
IEC 60364-7-709(1994)	KS C IEC 60364-7-709(2002)	건축전기설비 - 제7부 특수설비 또는 특수 장소의 요구사항 - 제709절 마리나 및 레저용 선박의 전기설비
IEC 60364-7-710(2002)	KS C IEC 60364-7-710(2005)	건축전기설비 - 제7 - 710부 특수설비 또는 특수장소에 대한 요구사항 - 의료장소
IEC 60364-7-711(1998)	KS C IEC 60364-7-711(2002)	건축전기설비 - 제7부 특수설비 또는 특수 장소의 요구사항 - 제711절 전시회, 쇼 및 공연장의 전기설비
IEC 60364-7-712(2002)	KS C IEC 60364-7-712(2005)	건축전기설비 - 제7 - 712부 특수설비 또는 특수장소에 대한 요구사항 - 태양전지(PV) 전원 시스템
IEC 60364-7-714(1996)	KS C IEC 60364-7-714(2002)	건축전기설비 - 제7부 특수설비 또는 특수장소의 요구사항 - 제714절 옥외조명용 전기설비
IEC 60364-7-715(1995)	KS C IEC 60364-7-715(2003)	건축전기설비 - 제7 - 715부 특수설비 또는 특수장소에 대한 요구사항 - 초저압 조명설비
IEC 60364-7-717(2001)	KS C IEC 60364-7-717(2004)	건축전기설비 - 제7 - 717부 특수설비 또는 특수장소에 대한 요구사항 - 이동식 또는 운반식 장치
IEC 60364-7-740(2000)	KS C IEC 60364-7-740(2004)	건축전기설비 - 제7 - 740부 특수설비 또는 특수장소에 대한 요구사항 - 박람회, 유원지 및 서커스 장소의 구조물, 오락장치 및 부스용 임시 전기설비

비고 : 이 표 중에서 적용이 제외된 표준은 표 중의 표준에서 인용된 경우에도 적용이 제외된다.

제280조(1 kV 초과 전기설비의 시설) ① 1kV 초과 전기설비(수용장소 이외에 시설하는 전선로는 제외한다)는 표 280-1의 IEC 61936-1(2010)에 따라 시설할 수 있다. 다만, 표 280-1에서 IEC 표준에 대응하는 판단기준이 표기된 것은 제3조부터 제278조까지의 해당 규정에 따라 시설하여야 한다.

② 동일한 출입제한 전기운전구역에서는 제1항 단서를 제외하고 IEC 61936-1과 제3조부터 제278조까지의 규정을 혼용하여 시설하여서는 아니 된다. 다만, IEC 표준을 적용한 조항은 예외로 한다.

③ 제1항에 따라 시설하는 1 kV 초과 전기설비에 1 kV 이하 전기설비를 접속할 경우 고장시 발생하는 과전압에 의해 1 kV 이하 전기설비에 위협의 우려가 없도록 시설하여야 한다.

[표 280-1]

IEC 61936-1	대응하는 판단기준
1 Scope	-
3 Terms and Definitions	-
4 Fundamental requirements	-
4.1 General	-
4.2 Electrical requirements	-
4.2.1 Methods of neutral earthing	-
4.2.2 Voltage classification	제13조(전로의 절연저항 및 절연내력) 제14조(회전기 및 정류기의 절연내력) 제15조(연료전지 및 태양전지 모듈의 절연내력) 제16조(변압기 전로의 절연내력) 제17조(기구 등의 전로의 절연내력)
4.2.3 Current in normal operation	-
4.2.4 Short-circuit current	-
4.2.5 Rated frequency	-
4.2.6 Corona (※1)	제57조(전파 장애의 방지)
4.2.7 Electric and magnetic fields	-
4.2.8 Overvoltages	제42조(피뢰기의 시설)
4.2.9 Harmonics	-
4.3 Mechanical requirements	제54조제2항(태양전지 모듈 등의 시설) 제62조(풍압하중의 종별과 적용)
4.4 Climatic and environmental conditions	-
4.4.1 General	제62조(풍압하중의 종별과 적용) 제71조(저고압 가공전선의 안전율) 제164조(무선용 안테나 등을 지지하는 철탑 등의 시설)
4.4.2 Normal conditions (※2, ※3)	제200조(가연성 가스 등이 있는 곳의 저압의 시설)
4.4.3 Special conditions (※2)	-
4.5 Special requirements	-
4.5.1 Effects of small animals and micro-organisms	-
4.5.2 Noise level (※4)	-
5 Insulation	-
5.1 General	-
5.2 Selection of installation level	-

IEC 61936-1	대응하는 판단기준
5.3 Verification of withstand values	-
5.4 Minimum clearances of live parts	-
5.5 Minimum clearances between parts under special conditions	-
5.6 Tested connection zones	-
6. Equipment	-
6.1 General requirements	-
6.2 Specific requirements	-
6.2.1 Switching devices	제35조(아크를 발생하는 기구의 시설)
6.2.2 Power transformers and reactors	-
6.2.3 Prefabricated type-tested switchgear	제52조(가스절연기기 등의 압력용기의 시설)제1항
6.2.4 Instrument transformers	-
6.2.5 Surge arresters	-
6.2.6 Capacitors	-
6.2.8 Insulators	-
6.2.9 Insulated cables	제9조(고압케이블 및 특고압케이블) 제136조(지중 전선로의 시설) 제137조(지중함의 시설) 제139조(지중전선의 피복금속체 접지) 제140조(지중 약전류전선에의 유도장해 방지) 제141조(지중전선과 지중 약전류전선 등 또는 관과의 접근 또는 교차) 제142조(지중전선 상호 간의 접근 또는 교차) 제151조(옥내에 시설하는 전선로)제2항 제209조(고압 옥내배선 등의 시설)제1항, 제2항 제210조(옥내 고압용 이동전선의 시설)제1항 제212조(특고압 옥내 전기설비의 시설)제1항, 제2항 제220조(옥축 또는 옥외에 시설하는 이동 전선의 시설) 제4항, 제5항
6.2.10 Conductors and accessories	-
6.2.11 Rotating electrical machines	제31조(특고압용 기계기구의 시설) 제36조(고압용 기계기구의 시설) 제47조(발전기 등의 보호장치)제1항 제48조(특고압용 변압기의 보호장치) 제49조(조상설비의 보호장치) 제174조(전동기의 과부하 보호 장치의 시설)
6.2.12 Generating units	제47조(발전기 등의 보호장치)제1항 제51조(수소냉각식 발전기 등의 시설) 제55조(상주 감시를 하지 아니하는 발전소의 시설)
6.2.13 Generating unit main connections	-
6.2.14 Static converters	제31조(특고압용 기계기구의 시설) 제36조(고압용 기계기구의 시설)

IEC 61936-1	대응하는 판단기준
6.2.15 Fuses	제31조(특고압용 기계기구의 시설) 제35조(아크를 발생시키는 기구의 시설) 제36조(고압용 기계기구의 시설)
6.2.16 Electrical and mechanical interlocking	-
7 Installations	-
7.1 General requirements	-
7.1.1 Circuit arrangement	제41조(지락차단장치 등의 시설) 제2항, 제3항, 제4항
7.1.2 Documentation	-
7.1.3 Transport routes (7.1.3.1을 제외한다)	-
7.1.4 Aisles and access areas	-
7.1.5 Lighting	-
7.1.7 Labelling	-
7.2 Outdoor installations of open design	-
7.2.1 Protection barrier clearance	-
7.2.2 Protective obstacle clearance	-
7.2.4 Minimum height over access areas	-
7.2.6 External fences or walls and access doors	-
7.3 Indoor installations of open design	-
7.4 Installation of prefabricated type-tested switchgear	-
7.4.1 General	-
7.4.2 Additional requirements for gas-insulated metal-enclosed switchgear (7.4.2.2는 제외한다.)	-
7.6 High voltage/low voltage prefabricated substations	-
8 Safety measures	-
8.1 General	-
8.2 Protection against direct contact	-
8.2.1 Measures for protection against direct contact	-
8.2.2 Protection requirement (※5, ※6)	-
8.3 Means to protect persons in case of indirect contact	-
8.4 Means to protect persons working on electrical installations (8.4.6은 제외한다.)	-
8.5 Protection from danger resulting from arc fault	-
8.6 Protection against direct lightning strokes	-
8.7 Protection against fire	-
8.7.3 Cables	제136조(지중 전선로의 시설)제4항, 제5항, 제6항 제141조(지중전선과 지중 약전류전선 등 또는 관과

IEC 61936-1	대응하는 판단기준
	의 접근 또는 교차) 제142조(지중전선 상호 간의 접근 또는 교차) 제199조(먼지가 많은 장소에서의 저압의 시설) 제200조(가연성 가스 등이 있는 곳의 저압의 시설) 제201조(위험물 등이 있는 곳에서의 저압의 시설) 제209조(고압 옥내배선 등의 시설) 제2항 제210조(옥내 고압용 이동전선의 시설) 제2항
8.8 Protection against leakage of insulating liquid and SF6	-
8.9 Identification and marking(8,9,5는 제외한다.)	-
9 Protection, control and auxiliary systems	-
9.1 Monitoring and control systems (※2)	제39조(고압 및 특고압 전로 중의 과전류차단기의 시설)제3항, 제4항 제40조(과전류차단기의 시설 제한) 제41조(지락차단장치 등의 시설) 제47조(발전기 등의 보호장치)제1항 제48조(특고압용 변압기의 보호장치) 제49조(조상설비의 보호장치) 제55조(상주 감시를 하지 아니하는 발전소의 시설) 제56조(상주 감시를 하지 아니하는 변전소의 시설)
9.2 DC and AC supply circuits	-
9.3 Compressed air systems	제35조(아크를 발생시키는 기구의 시설) 제52조(가스절연기기 등의 압력용기의 시설)
9.4 SF6 gas handling plants	-
9.5 Hydrogen handling plants	-
9.6 Basic rules for electromagnetic compatibility of control systems	-
10 Earthing systems	-
10.1 General	-
10.2 Fundamental requirements	-
10.3 Design of earthing systems	제27조(전로의 중성점의 접지)
10.4 Construction of earthing systems	-
10.5 Measurements	-

- ※ 1 : 가공 전선로로부터의 전파 장애의 방지에 대해서는 제57조에 따른 것.
- ※ 2 : 지진에 의한 진동을 고려할 것.
- ※ 3 : 풍속에 대한 조건은 기술기준 제33조 및 기술기준 제45조에 적합할 것.
- ※ 4 : 소음·진동규제법 및 동 시행규칙의 규정에 적합할 것.
- ※ 5 : 상부 이격거리에 대해서는 제31조제1항, 제36조제1항 또는 제44조제5항에 따른 것.
- ※ 6 : 7.2.4 및 7.2.5의 참조와 관련된 부분은 제외한다.

비고 1. IEC(International Electrotechnical Commission: 국제전기위원회)

2. KS C IEC 61936-1(2007)을 참고한다.

## 제8장 지능형전력망

### 제1절 분산형전원 계통연계설비의 시설

**제281조(저압 계통연계시 직류유출방지 변압기의 시설)** 분산형전원을 인버터를 이용하여 배전 사업자의 저압 전력계통에 연계하는 경우 인버터로부터 직류가 계통으로 유출되는 것을 방지하기 위하여 접속점(접속설비와 분산형전원 설치자측 전기설비의 접속점을 말한다)과 인버터 사이에 상용주파수 변압기(단권변압기를 제외한다)를 시설하여야 한다. 다만, 다음 각 호를 모두 충족하는 경우에는 예외로 한다.

1. 인버터의 직류 측 회로가 비접지인 경우 또는 고주파 변압기를 사용하는 경우
2. 인버터의 교류출력 측에 직류 검출기를 구비하고, 직류 검출시에 교류출력을 정지하는 기능을 갖춘 경우

**제282조(단락전류 제한장치의 시설)** 분산형전원을 계통연계하는 경우 전력계통의 단락용량이 다른 자의 차단기의 차단용량 또는 전선의 순시허용전류 등을 상회할 우려가 있을 때에는 그 분산형전원 설치자가 한류리액터 등 단락전류를 제한하는 장치를 시설하여야 하며, 이러한 장치로도 대응할 수 없는 경우에는 그 밖에 단락전류를 제한하는 대책을 강구하여야 한다.

**제283조(계통연계용 보호장치의 시설)** ① 계통연계하는 분산형전원을 설치하는 경우 다음 각 호의 1에 해당하는 이상 또는 고장 발생시 자동적으로 분산형전원을 전력계통으로부터 분리하기 위한 장치 시설 및 해당 계통과의 보호협조를 실시하여야 한다.

1. 분산형전원의 이상 또는 고장
2. 연계한 전력계통의 이상 또는 고장
3. 단독운전 상태

② 제1항제2호에 따라 연계한 전력계통의 이상 또는 고장 발생시 분산형전원의 분리시점은 해당 계통의 제폐로 시점 이전이어야 하며, 이상 발생 후 해당 계통의 전압 및 주파수가 정상 범위 내에 들어올 때까지 계통과의 분리상태를 유지하는 등 연계한 계통의 제폐로방식과 협조를 이루어야 한다.

③ 단순 병렬운전 분산형전원의 경우에는 역전력 계전기를 설치한다. 단, 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법 제2조 제1호 및 제2호의 규정에 의한 신·재생에너지를 이용하여 동일 전기사용장소에서 전기를 생산하는 합계 용량이 50kW 이하의 소규모 분산형 전원(단, 해당 구내계통 내의 전기사용 부하의 수전계약전력이 분산형전원 용량을 초과하는 경우에 한한다)으로서 제1항 제3호에 의한 단독운전 방지 기능을 가진 것을 단순 병렬로 연계하는 경우에는 역전력계전기 설치를 생략할 수 있다.

**제284조(특고압 송전 계통연계시 분산형전원 운전제어 장치의 시설)** 분산형전원을 송전사업자의 특고압 전력계통에 연계하는 경우 계통안정화 또는 조류억제 등의 이유로 운전제어가 필요할 때에는 그 분산형전원에 필요한 운전제어 장치를 시설하여야 한다.

**제285조(연계용 변압기 중성점의 접지)** 분산형전원을 특고압 전력계통에 계통연계하는 경우 연

계용 변압기 중성점의 접지는 전력계통에 연결되어 있는 다른 전기설비의 정격을 초과하는 과전압을 유발하거나 전력계통의 지락고장 보호협조를 방해하지 않도록 시설하여야 한다.

### 제2절 전기자동차 전원설비

**제286조(전기자동차 충전설비의 시설)** ① 전기자동차를 충전하기 위한 저압전로는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 전용의 개폐기 및 과전류차단기를 각 극(과전류차단기는 다선식 전로의 중성극을 제외한다.)에 시설하고 또한 전로에 지락이 생겼을 때 자동적으로 그 전로를 차단하는 장치를 시설할 것.
2. 배선기구는 제170조 및 제221조에 따라 시설할 것.

② 전기자동차 충전장치는 다음 각 호에서 정하는 바에 따라 시설하여야 한다.

1. 충전부분이 노출되지 않도록 시설하고, 외함은 제33조에 따라 접지공사를 할 것.
2. 외부 기계적 충격에 대한 충분한 기계적 강도(IK07 이상)를 갖는 구조일 것.
3. 침수 등의 위험이 있는 곳에 시설하지 말아야 하며, 옥외에 설치 시 강우, 강설에 대하여 충분한 방수 보호등급(IPX4 이상)을 갖는 것일 것.
4. 분진이 많은 장소, 가연성 가스나 부식성 가스 또는 위험물 등이 있는 장소에 시설하는 경우에는 통상의 사용상태에서 부식이나 감전, 화재, 폭발의 위험이 없도록 제199조부터 제202조까지의 규정에 따라 시설할 것.
5. 충전장치에는 전기자동차 전용임을 나타내는 표지를 쉽게 보이는 곳에 설치할 것.
6. 전기자동차의 충전장치는 쉽게 열 수 없는 구조일 것.

③ 충전 케이블 및 부속품(플러그와 커플러를 말한다)은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 충전장치와 전기자동차의 접속에는 연장코드를 사용하지 말 것.
2. 충전 케이블은 유연성이 있는 것으로서 통상의 충전전류를 흘릴 수 있는 충분한 굵기의 것일 것.
3. 커플러[충전 케이블과 전기자동차를 접속 가능하게 하는 장치로서 충전 케이블에 부착된 커넥터(Connector)와 전기자동차의 접속구(Inlet) 두 부분으로 구성되어 있다]는 다음 각 목에 적합할 것.
  - 가. 다른 배선기구와 대체 불가능한 구조로서 극성의 구분이 되고 접지극이 있는 것일 것.
  - 나. 접지극은 투입 시 먼저 접속되고, 차단 시 나중에 분리되는 구조일 것.
  - 다. 의도하지 않은 부하의 차단을 방지하기 위해 잠금 또는 탈부착을 위한 기계적 장치가 있는 것일 것.
  - 라. 커넥터(충전 케이블에 부착되어 있으며, 전기자동차 접속구에 접속하기 위한 장치를 말한다)가 전기자동차 접속구로부터 분리될 때 충전 케이블의 전원공급을 중단시키는 인터록 기능이 있는 것일 것.

- 4. 커넥터 및 플러그(충전 케이블에 부착되어 있으며, 전원측에 접속하기 위한 장치를 말한다)는 낙하 충격 및 눌림에 대한 충분한 기계적 강도를 가진 것일 것.
- ④ 충전장치의 부대설비는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.
  1. 충전 중 차량의 유동을 방지하기 위한 장치를 갖추어야 하며, 자동차 등에 의한 물리적 충격의 우려가 있는 경우에는 이를 보호하는 장치를 시설할 것.
  2. 충전 중 환기가 필요한 경우에는 충분한 환기설비를 갖추어야 하며, 환기설비임을 나타내는 표지를 쉽게 보이는 곳에 설치할 것.
  3. 충전 중에는 충전상태를 확인할 수 있는 표시장치를 쉽게 보이는 곳에 설치할 것.
  4. 충전 중 안전과 편리를 위하여 적절한 밝기의 조명설비를 설치할 것.
- ⑤ 그 밖에 전기자동차 충전설비와 관련된 사항은 KS C IEC 61851-1, KS C IEC 61851-21 및 KS R IEC 61851-22 표준을 참조한다.

### 제3절 저압 옥내직류 전기설비

**제287조(저압 옥내직류 전기설비의 시설)** 제8장 제3절에서 정하지 않은 저압 옥내직류 전기설비는 각 관련 판단기준을 준용하여 시설하여야 한다.

**제288조(전기품질)** ① 저압 옥내직류 전로에 교류를 직류로 변환하여 공급하는 경우 직류는 KS C IEC 60364-4-41에 따른 리플프리직류이어야 한다.  
 ② 제1항에 따라 직류를 공급하는 경우 고조파전류는 KS C IEC 61000-3-2 및 KS C IEC 61000-3-12에 정한 값 이하이어야 한다.

**제289조(저압 옥내직류 전기설비의 접지)** ① 저압 옥내직류 전기설비는 전로보호장치의 확실한 동작의 확보, 이상전압 및 대지전압의 억제를 위하여 직류 2선식의 임의의 한 점 또는 변환장치의 직류측 중간점, 태양전지의 중간점 등을 접지하여야 한다. 다만, 직류 2선식을 다음 각 호에 의하여 시설하는 경우는 그러하지 아니하다.

1. 사용전압이 60 V 이하인 경우
  2. 접지검출기를 설치하고 특정구역내의 산업용 기계기구에만 공급하는 경우
  3. 제23조의 규정에 적합한 교류계통으로부터 공급을 받는 정류기에서 인출되는 직류계통
  4. 최대전류 30 mA 이하의 직류화재경보회로
  5. 절연감시장치 또는 절연고장검출장치를 설치하여 관리자가 확인할 수 있도록 경보장치를 시설하는 경우
- ② 제1항의 접지공사는 제21조, 제22조, 제22조의2 및 제27조제2항을 준용하여 접지하여야 한다.  
 ③ 직류전기설비의 접지시설을 양(+)도체를 접지하는 경우는 감전에 대한 보호를 하여야 한다.  
 ④ 직류전기설비의 접지시설을 음(-)도체를 접지하는 경우는 제293조에 준용하여 전기부식방지를 하여야 한다.

- ⑤ 직류접지계통은 교류접지계통과 같은 방법으로 금속제 외함, 교류접지선 등과 본딩하여야 하며 교류접지가 피뢰설비, 통신접지 등과 통합접지되어 있는 경우는 제18조 제7항에 따라 시설하여야 한다.

**제290조(저압 직류과전류차단장치)** ① 제38조에 의하여 직류전로에 과전류차단기를 설치하는 경우 직류단락전류를 차단하는 능력을 가지는 것이어야 하고 “직류용” 표시를 하여야 한다.

- ② 다중원전전로의 과전류차단기는 모든 전원을 차단할 수 있도록 시설하여야 한다.

**제291조(저압 직류지락차단장치)** 제41조 및 제166조제4항제1호에 의하여 직류전로에는 지락이 생겼을 때에 자동으로 전로를 차단하는 장치를 시설하여야 하며, “직류용” 표시를 하여야 한다.

**제292조(저압 직류개폐장치)** ① 직류전로에 사용하는 개폐기는 직류전로 개폐시 발생하는 아크에 견디는 구조이어야 한다.

- ② 다중원전전로의 개폐기는 개폐할 때 모든 전원이 개폐될 수 있도록 시설하여야 한다.

**제293조(저압 직류전기설비의 전기부식방지)** 제289조에 의하여 직류전로를 접지하는 경우는 직류누설전류의 전기부식작용으로 다른 금속체에 손상의 위험이 없도록 시설하여야 한다. 다만, 제291조의 직류지락차단장치를 시설한 경우는 그러하지 아니하다.

**제294조(축전지실 등의 시설)** ① 30 V를 초과하는 축전지는 비접지측 도체에 쉽게 차단할 수 있는 곳에 개폐기를 시설하여야 한다.

- ② 옥내전로에 연계되는 축전지는 비접지측 도체에 과전류보호장치를 시설하여야 한다.
- ③ 축전지실 등은 폭발성의 가스가 축적되지 않도록 환기장치 등을 시설하여야 한다.

### 제4절 이차전지를 이용한 전기저장장치의 시설

**제295조(전기저장장치 일반 요건)** ① 이차전지를 이용한 전기저장장치는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 충전부분이 노출되지 않도록 시설하고, 금속제의 외함 및 이차전지의 지지대는 제 33조에 따라 접지공사를 할 것.
2. 이차전지를 시설하는 장소는 폭발성 가스의 축적을 방지하기 위한 환기시설을 갖추고 적절한 온도와 습도를 유지할 것.
3. 이차전지를 시설하는 장소는 보수점검을 위한 충분한 작업공간을 확보하고 조명설비를 시설할 것.
4. 이차전지의 지지물은 부식성 가스 또는 용액에 의하여 부식되지 아니하도록 하고 적재하중 또는 지진 등 기타 진동과 충격에 대하여 안전한 구조일 것.
5. 침수의 우려가 없는 곳에 시설할 것.

② 제8장 제4절에서 정하지 않은 전기저장장치의 시설은 관련 판단기준을 준용하여 시설하여야 한다.

**제296조(제어 및 보호장치)** ① 전기저장장치를 계통에 연계하는 경우 제 283조 제1항 및

제2항에 따라 시설하여야 한다.

② 전기저장장치가 비상용 예비전원 용도를 겸하는 경우에는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 상용전원이 정전되었을 때 비상용 부하에 전기를 안정적으로 공급할 수 있는 시설을 갖추어야 한다.
2. 관련 법령에서 정하는 전원유지시간 동안 비상용 부하에 전기를 공급할 수 있는 충전용량을 상시 보존하도록 시설하여야 한다.

③ 전기저장장치의 접속점에는 쉽게 개폐할 수 있는 곳에 개방상태를 육안으로 확인할 수 있는 전용의 개폐기를 시설하여야 한다.

④ 전기저장장치의 이차전지에는 다음 각 호에 따라 자동적으로 전로로부터 차단하는 장치를 시설하여야 한다.

1. 과전압 또는 과전류가 발생한 경우
2. 제어장치에 이상이 발생한 경우
3. 이차전지 모듈의 내부 온도가 급격히 상승할 경우

⑤ 제38조에 의하여 직류 전로에 과전류차단기를 설치하는 경우 직류 단락 전류를 차단하는 능력을 가지는 것이어야 하고 “직류용” 표시를 하여야 한다.

⑥ 제41조에 의하여 직류전로에는 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설하여야 한다.

**제297조(계측장치)** ① 전기저장장치를 시설하는 곳에는 다음 각 호의 사항을 계측하는 장치를 시설하여야 한다.

1. 이차전지 집합체의 출력 단자의 전압, 전류, 전력 및 충·방전 상태
2. 주요변압기의 전압, 전류 및 전력

② 발전소·변전소 또는 이에 준하는 장소에 전기저장장치를 시설하는 경우 전로가 차단되었을 때에 관리자가 확인할 수 있도록 경보 장치를 시설하여야 한다.

## 2. 발전용 화력설비

## 제1장 총 칙

**제1조 (목적)** 이 판단기준은 전기설비기술기준(이하 “기술기준”이라 한다) 제3장(발전용 화력설비)에서 정한 안전성능에 대하여 구체적인 기술적 사항을 정하는 것을 목적으로 한다.

**제2조 (용어의 정의)** ① 기술기준 제73조에서 언급하는 “보일러”란 발전소에 속하는 기기 중 보일러, 독립과열기, 증기저장기 및 작동용공기가열기를 말한다.

② “압력용기”란 발전용기기 중 내압 및 외압을 받는 용기를 말한다.

③ “배관”이란 발전용기기 중 증기, 물, 가스 및 공기를 이동시키는 장치로 보일러 외부배관 및 비 보일러 외부배관을 말한다.

④ “액화가스 연료연소설비”란 액화가스를 연료로 하는 연소설비를 말한다.

**제3조 (적용 범위)** ① 이 판단기준은 기술기준 제3장(발전용 화력설비)에서 정한 안전 성능에 대하여 보다 구체적인 실현수단을 규정한 것으로 발전용 화력설비를 설계, 제작, 설치 및 검사하는데 적용한다.

② 판단기준에 명시되지 않은 사항이라 하더라도 기술기준에 적합하도록 하기 위하여 국제표준 및 이에 근접한 기술요건 중 안전수준을 확보할 기술적 근거가 충분하다면 이 판단기준 이외의 다른 규정을 적용할 수 있다.

③ 판단기준은 계약일을 기준으로 최신판을 적용함을 원칙으로 한다. 다만 현장적용상 문제가 있는 경우에는 계약 당사자의 상호 협의 하에 6개월 이전의 판을 적용할 수 있다.

④ 이 판단기준에서 사용하는 단위는 SI단위 외에 미국상용단위를 참조단위로 병행하여 사용할 수 있다.

## 제2장 보일러 및 부속설비

**제4조 (보일러 및 부속설비의 재료)** ① 기술기준 제73조에서 “안전한 화학적 성분 및 기계적 강도를 가지는 것”이란 용접성, 인장강도, 연성, 인성 및 경도 등이 동등 이상의 것을 말하며, 보일러에 적합한 재료는 제5조부터 제9조까지 만족하는 것을 말한다.

② 기술기준 제73조에서 규정하는 “압력을 받는 부분”은 용기 및 관의 내면에 0.1MPa을 초과하는 압력을 받는 부분을 말한다.

③ 1.1 MPa 및/또는 온도 120℃를 초과하는 고온수 보일러

**제5조 (재료사용의 일반)** ① 압력으로 인한 응력을 받고 있는 재료는 달리 허용된 것을 제외하고는 KS B 6750 부표 1 및 ASME Sec II, Part D 1A, 1B의 것으로 하여야 하며, 재료는 응력값이 제한되는 곳 이상의 온도에서 사용되어서는 아니된다.

② 이 판단기준에서 규정하는 재료는 특별히 규정하지 않는 한 제작방법에 대해서는 제한받지 않는다.

③ 보일러 제조 기술의 발달에 의해 재료기술기준에 명기되어 있지 않은 재료를 사용할 필요가 있을 때에는 별도의 적절한 인증절차를 거쳐 사용할 수 있다. 이 경우 보일러 제조자는 주문자와 협의하고 또한 그 재료는 시방에 합격한 것이어야 한다.

④ 재료의 치수 허용차 및 무게 허용차는 각 재료의 규격에 따르지만 벽두께는 최소두께보다 작아서는 아니 된다. 다만, 강관인 경우 실제두께가 최소두께에 미치지 않는 것이라도 실제두께와 최소두께의 차이가 0.3mm 이내의 것은 사용할 수 있다.

⑤ 탄소 함량이 0.35 %를 초과하는 탄소강 또는 합금강은 용접 설계·제작에 사용하지 않아야 하며, 산소 절단 또는 다른 가열 절단 공정으로 가공하지 않아야 한다.

⑥ 오스테나이트 계 합금강의 사용은 정상운전 중 수증기와 접촉되는 보일러 압력부품에 대해서만 허용되며, 일반적인 용도에서 물과 접촉되는 보일러 압력부품의 경우 오스테나이트 계 합금강은 사용하지는 아니 된다.

⑦ P-번호 15E, 그룹 1 재료

1. 제조공정중이거나 용접부가 없는 부품의 일부로 설치되는 중에 800℃ (1,470°F)를 초과하면, 다음 중 한 가지 조치를 수행하여야 한다.

가. 부품은 재료규격요건에 따라 전체적으로 재 오스테나이트화하고 재 템퍼링 하여야 한다.

나. 국부적인 가열에 의해 형성된 열영향부를 포함하여 800℃(1,470°F)를 초과하여 가열된 부품 부위는 교체하거나 제거하고 규격요건에 따라 재 오스테나이트화 하고 재 템퍼링 된 부품으로 대체되어야 한다.

다. 설계온도에서 사용되는 허용응력이 ASME Section II, Part D, Table 1A Gr-9(예, SA-213 T9, SA-335 P9, 또는 동등 재료규격)에서 제공

하는 값 이하일 경우, 800℃(1,470°F)를 초과하여 가열된 부품 부위를 재료규격요건에 따라 재 템퍼링 한 경우, 위에서 규정한 요건은 면제할 수 있다.

2. 제조공정중이거나 용접부가 부품의 일부로 설치되는 중에 785 ℃(1,445 °F)를 초과하여 가열되면, P-번호 15E, 그룹 1 재료는 용접기술기준의 판단기준 제31조 제2항 4.1.(3) 및 (4)에서 요구될 때 재열처리하여야 한다.

**제6조 (판재)** 압력을 받는 보일러의 모든 부품에 대한 강관은, 화염 또는 연소생성물의 노출여부에 관계없이, 아래 표 1의 재료규격중 하나를 사용하여야 한다. 다만, KS 재료를 사용하는 경우에는 별표 3의 대비표에 따라 사용할 수 있다.

[표 1] 판재 규격

규격번호	규격명
SA-204	Pressure Vessel Plates, Alloy Steel, Molybdenum(압력용기용 몰리브덴 합금강판)
SA-240 (405 계열 만)	Pressure Vessel Plates, Alloy Steel(Ferritic Stainless), Chromium [압력용기용 크롬 합금강판(페라이트계 스테인리스강)]
SA-285	Pressure Vessel Plates, Carbon steel, Low- and Intermediate-Tensile Strength (압력용기용 저, 중 인장강도 탄소강판)
SA-299	Pressure Vessel Plates, Carbon Steel, Manganese-Silicon (압력용기용 망간-규소 탄소강판)
SA-302	Pressure Vessel Plates, Alloy Steel, Manganese-Molybdenum and Manganese-Molybdenum-Nickel (압력용기용 망간-몰리브덴 및 망간-몰리브덴-니켈 합금강판)
SA-387	Pressure Vessel Plates, Alloy Steel, Chromium-Molybdenum (압력용기용 크롬-몰리브덴 합금강판)
SA-515	Pressure Vessel Plates, Carbon Steel, for Intermediate- and higher- Temperature Service(압력용기용 중, 고온 탄소강판)
SA-516	Pressure Vessel Plates, Carbon Steel, for Moderate- and Lower-Temperature Service (압력용기용 중, 저온 탄소 강판)
SA/AS-1548	Fine Grained, Weldable Steel Plates for Pressure Equipment(미세 결정립 용접성 압력용기용 강판)
SA/EN-10028-2	Flat Products Made of Steels for Pressure Purposes(압력용 강으로 제조된 강판)
SA/GB 713	Steel Plates for Boilers and Pressures Vessels(보일러 및 압력용기용 강판)
SA/JIS G 3118	Carbon Steel Plates for Pressure Vessel For Intermediate and Moderate Temperature Service (압력용기용 중온 탄소강판)

**제7조 (관, 튜브 및 압력부품)** ① 보일러 부품은 표 2의 재료를 사용하여야 하며, 관류 보일러(once-through boiler)의 보일러 부품은 표 2, 표 2.1에 열거한 재료를



사용하여야 한다. 다만, KS 재료를 사용하는 경우에는 별표 3의 대비표에 따라 사용할 수 있다.

1. 원격 수위감지 장치용 연결 파이프, 튜브 및 압력부에 사용하는 재료는 표 2 또는 아래 표 2.2 재료규격 중 하나에 따라야 한다.
- ② 과열기 부품은 표 2 또는 표 3에 열거한 재료규격 중 하나를 사용하여야 한다. 다만, KS 재료를 사용하는 경우에는 별표 3의 대비표에 따라 사용할 수 있다.
- ③ 전기저항용접(Electric Resistance Welding, ERW) 제품은 내압용 부품의 경우 최대 두께를 13mm로 제한한다. 외압용 부품의 경우, ERW 제품은 최대 두께 13mm 및 최대 파이프 크기 DN 600으로 제한한다.
- ④ 이 기준에 허용된 다른 재료 이외에도 아래의 티타늄 합금 중 한 가지로 부품이 제작될 수도 있다.
  1. SB-265, 티타늄 및 티타늄 스트립, 시트 및 합금판
  2. SB-338, 용접 및 이음매 없는 티타늄 및 티타늄 합금 응축기와 열교환기 튜브
  3. SB-348, 티타늄 및 티타늄 합금 바와 빌렛
  4. SB-861, 이음매 없는 티타늄 및 티타늄합금 관
  5. SB-862, 용접된 티타늄 및 티타늄합금 관

[표 2] 보일러 부품 재료규격

규격번호	규격명
SA-53	Welded and Seamless Steel Pipe (excluding galvanized) [용접 및 이음매 없는 강관(아연도금강관 제외)]
SA-105	Forgings, Carbon Steel, for Piping Components (배관 부품용 탄소강 단조품)
SA-106	Seamless Carbon Steel Pipe for High-Temperature Service (고온용 이음매 없는 탄소강관)
SA-178	Electric-Resistance-Welded Carbon Steel Boiler Tubes [전기저항용접 탄소강 보일러 튜브]
SA-181	Forged or Rolled Steel Pipe Flanges, Forged Fittings, and Valves and Parts for General Service(일반용 단조 또는 압연 강관 플랜지, 플랜지볼이 관이음쇠와 밸브 및 부품)
SA-182	Forged or Rolled Alloy-steel Pipe Flanges, Forged Fittings, and Valves and Parts for High-Temperature Service (ferritic only) [고온용 단조 및 압연 합금강 관 플랜지, 단조 관이음쇠와 밸브 및 부품(페라이트계만 허용)]
SA-192	Seamless Carbon Steel Boiler Tubes for High Pressure Service (고압용 이음매 없는 탄소강 보일러 튜브)

규격번호	규격명
SA-209	Seamless Carbon-Molybdenum Alloy-Steel Boiler and Superheater Tubes(이음매 없는 탄소-몰리브덴 합금강 보일러 및 과열기 튜브)
SA-210	Seamless Medium Carbon Steel boiler and Superheater Tubes (이음매 없는 중탄소강 보일러 및 과열기 튜브)
SA-213	Seamless Ferritic and Austenitic Alloy-Steel Boiler, Superheater and Heat Exchanger Tubes (ferritic only) [이음매 없는 페이르트계 및 오스테나이트계 합금강 보일러, 과열기 및 열교환기 튜브(페라이트계만 허용)]
SA-216	Carbon Steel Castings Suitable for Fusion Welding for High-Temperature Service(고온용 용융 용접 탄소강 주조품)
SA-217	Alloy-Steel Castings for Pressure-Containing Parts Suitable for High-Temperature Service (고온 압력유지부품용 합금강 주조품)
SA-234	Piping Fittings of Wrought Carbon Steel and Alloy Steel for Moderate and Elevated Temperatures(중온 및 고온용 단련 탄소강 및 합금강의 배관 이음쇠)
SA-250	Electric-Resistance-Welded Ferritic Alloy Steel Boiler and Superheater Tubes (전기저항용접 페라이트계 합금강 보일러 및 과열기 튜브)
SA-266	Carbon Steel Seamless Drum Forgings (이음매 없는 탄소강 드럼 단조품)
SA-268	Seamless and Welded Ferritic Stainless Steel Tubing for General Service(일반용 용접 및 이음매 없는 페라이트계 스테인리스강 튜브)
SA-333	저온용 탄소강 및 이음매 없는 합금강 및 용접 파이프
SA-335	Seamless Ferritic Alloy Steel Pipe for High-Temperature Service (고온용 이음매 없는 페라이트계 합금강관)
SA-336	Alloy Steel Seamless Drum Forgings (ferritic only) [이음매 없는 합금강 드럼 단조품 (페라이트계만 허용)]
SA-423	Seamless and Electric Welded Low Alloy Steel Tubes (전기용접 및 이음매 없는 저합금강 튜브)
SA-660	Centrifugally Cast Carbon Steel Pipe for High-Temperature Service (고온용 원심주조 탄소강관)
SA-731	Seamless, Welded Ferritic, and Martensitic Stainless Steel Pipe (이음매 없는, 용접 페라이트계 및 마르텐사이트계 스테인리스강관)

규격번호	규격명
SA/EN 10216-2	Seamless Steel Tubes for Pressure Purpose: Technical Delivery Conditions for Non-Alloy and Alloy Steel Tubes with Specified Elevated Temperature Properties (압력용 이음매 없는 강재 튜브 : 규정 고온성질을 가진 비합금 및 합금강 튜브에 대한 기술적 공급조건)
SA/EN 10222-2	Steel Forgings for Pressure Purpose : Ferritic and Martensitic Steels with Specified Elevated Temperature Properties (압력용 강재 단조품 : 규정고온성질을 가진 페라이트 강 및 마르텐사이트 강)

[표 2.1] 관류보일러용 재료규격

규격번호	규격명
SB-407	Nickel-Iron-Chromium Alloy Seamless Pipe and Tube (이음매 없는 니켈-철-크롬 합금강관 및 튜브)
SB-408	Nickel-Iron-Chromium Alloy Rod and Bar (니켈-철-크롬 합금 로드 및 바)
SB-409	Nickel-Iron-Chromium Alloy Plate, Sheet, and Strip (니켈-철-크롬 합금판, 시트 및 스트립)
SB-423	Nickel-Iron-Chromium-Molybdenum Seamless Pipe and Tube (이음매 없는 니켈-철-크롬-몰리브덴 관 및 튜브)
SB-424	Nickel-Iron-Chromium-Copper Alloy Plate, Sheet, and Strip (니켈-철-크롬-동(Cu) 합금판, 시트 및 스트립)
SB-425	Nickel-Iron-Chromium-Copper Alloy Rod and Bar (니켈-철-크롬-동(Cu) 합금 로드 및 바)
SB-515	Welded Nickel-Iron-Chromium Alloy Tubes (용접 니켈-철-크롬 합금 튜브)
SB-564	Nickel Alloy Forgings (니켈 합금 단조품)

[표 2.2] 원격 수위감지 장치용 재료규격

규격번호	규격명
SA 213	Seamless Ferritic, Austenitic, and Alloy Steel Boiler, Superheater, and Heat Exchanger Tubes (보일러, 과열기, 및 열교환기용 이음매 없는 페라이트계 및 오스테나이트계 합금강 튜브)
SA 312	Seamless and Welded Austenitic Stainless Steel Pipe 용접 및 이음매 없는 오스테나이트 스테인리스강 관)
SA 163	Seamless Nickel and Nickel Alloy Condenser and Heat Exchanger Tubes (이음매 없는 니켈 및 니켈합금 복수기 및 열교환기용 튜브)
SA 167	Nickel-Chrome-Iron Alloys Seamless Pipe and Tube (니켈-크롬-철 합금(UNS N06600, N06601, N06690, N06025, N06045) 이음매 없는 관 및 튜브)
SA 407	Nickel-Chrome-Iron Alloy Seamless Pipe and Tube (니켈-철-크롬 합금 이음매 없는 관 및 튜브)
SA 423	Nickel-Iron-Chrome-Molybdenum Seamless Pipe and Tube (니켈-철-크롬-몰리브덴 이음매 없는 관 및 튜브)
SA 515	Welded Nickel-Iron-Chrome Alloy Tubes (니켈-철-크롬 합금 용접 튜브)
SA 516	Welded Nickel-Chrome-Iron Alloy Tubes (니켈-크롬-철 합금(UNS N06600, UNS N06025, UNS N06045) 용접 튜브)
SA 517	Welded Nickel-Chrome-Iron Alloy Pip (니켈-크롬-철 합금(UNS N06600, UNS N06025, UNS N06045) 용접 관)
SA 619	Welded Nickel and Nickel-Cobalt Alloy Pipe (니켈 및 니켈-코발트 합금 용접 관)
SA 622	Seamless Nickel and Nickel-Cobalt Alloy Pipe (니켈 및 니켈-코발트 합금 이음매 없는 관)
SA 626	Welded Nickel and Nickel-Cobalt Alloy Tube (니켈 및 니켈-코발트 합금 용접 튜브)

[표 3] 과열기용 재료규격

규격번호	규격명
SA-182	Forged or Rolled Alloy-steel Pipe Flanges, Forged Fittings, and Valves and Parts for High-Temperature Service (고온용 단조 및 압연 합금강관 플랜지, 단조 관이음쇠와 밸브 및 부품)
SA-213	Seamless Ferritic and Austenitic Alloy-Steel Boiler, Superheater and Heat Exchanger Tube(이음매 없는 페이라트게 및 오스테나이트계 합금강 보일러, 과열기 및 열교환기 튜브)
SA-240	Stainless and Heat-Resisting Chromium and Chromium-Nickel Steel Plates, Sheet and Strip for Fusion-Welded Unfired Pressure Vessels (용융 용접된 비연소 압력용기용 스테인리스 및 내열 크롬 및 크롬-니켈 강판, 시트 및 스트립)
SA-249	Welded Austenitic Steel Boiler, Superheater, Heat Exchanger, and Condenser Tubes (용접용 오스테나이트계 스테인리스강 보일러, 과열기, 열교환기 및 응축기 튜브)
SA-312	Seamless and Welded Austenitic Stainless Steel Pipe (이음매 없는 용접용 오스테나이트계 스테인리스강관)
SA-351	Ferritic and Austenitic Steel Castings for High-Temperature Service (고온용 페라이트계 및 오스테나이트계 스테인리스강 주조품)
SA-369	Ferritic Alloy Steel Forged and Bored Pipe for High-Temperature Service(고온용 단조 및 보어 가공한 페라이트계 합금강관)
SA-376	Seamless Austenitic Steel Pipe for High-Temperature Central-Station Service (이음매 없는 고온 중앙 스테이션용 오스테나이트계 스테인리스강관)
SA-479	Stainless and Heat-Resisting Steel Bars and Shapes for Use in Boilers and Other Pressure Vessels(보일러 및 기타 압력용기용 스테인리스 및 내열강 바 및 형강)
SA-965	Alloy Steel Seamless Drum Forgings (이음매 없는 합금강 드럼 단조품)
SA/JIS G4303	Specification for Stainless Steel Bars (스테인리스 바)
SB-163	Seamless Nickel and Nickel Alloy Condenser and Heat Exchanger Tubes(이음매 없는 니켈 및 니켈 합금 응축기 및 열교환기 튜브)
SB-166	Nickel-Chromium-Iron Alloys and Nickel-Chromium-Cobalt-Molybdenum Alloy Rod, Bar and Wire(니켈-크롬 철 합금 및 니켈-크롬-코발트-몰리브덴 합금 로드, 바 및 와이어)
SB-167	Nickel-Chromium Iron Alloys Seamless Pipe and Tube(이음매 없는 니켈-크롬 철 합금관 및 튜브)
SB-168	Nickel-Chromium-Iron Alloys and Nickel-Chromium-Cobalt-Molybdenum Alloy Plate, Sheet, and Strip(니켈-크롬-철 합금 및 니켈-크롬-코발트-몰리브덴 합금판, 시트 및 스트립)
SB-366	Factory-Made Wrought Nickel and Nickel Alloy Fittings

규격번호	규격명
	(공장 제조 단련 니켈 및 니켈 합금 관이음쇠)
SB-435	N06002, W06230, and R30556 Plate, Sheet, and Strip (N06002, W09230, 및 R30556 판, 시트, 및 스트립)
SB-443	N066625 판, 박판 및 스트립
SB-444	N066625 파이프 및 튜브
SB-446	N066625 로드 및 바
SB-462	부식환경, 고온용 단조 또는 압연 합금 파이프 플랜지, 단조피팅, 밸브 및 부품
SB 511	Nickel-Iron-Chromium-Silicon Alloy Bars and Shapes (니켈-철-크롬-실리콘 바)
SB-516	Welded Nickel-Chromium-Iron Alloy Tubes (용접 니켈-크롬-철 합금, UNS N06025 및 UNS N06045 튜브)
SB-517	Welded Nickel-Chromium-Iron Alloy (용접 니켈-크롬-철 합금, UNS N06025 및 UNS N06045 판)
SB 535	Nickel-Iron-Chromium-Silicon Alloys Seamless Pipe and Tube (니켈-철-크롬-실리콘 합금 심레스 파이프 및 튜브)
SB 536	Nickel-Iron-Chromium-Silicon Alloys Plate, Sheet, and Strip(니켈-철-크롬-실리콘 합금 판, 박판 및 스트립)
SB-572	Nickel-Molybdenum-Chromium-Iron Alloy Rod(니켈-몰리브덴-크롬-철합금 봉)
SB-574	Low Carbon Nickel-Molybdenum-Chromium Alloy Rod(저탄소 니켈-몰리브덴-크롬-합금봉)
SB-575	Low Carbon Nickel-Molybdenum-Chromium Alloy Plate, Sheet and Strip(저탄소 니켈-몰리브덴-크롬 합금 판, 시트와 스트립)
SB-619	Welded Nickel and Nickel-Cobalt Alloy Pipe(용접용 니켈 및 니켈-코발트 합금 관)
SB-622	Seamless Nickel and Nickel-Cobalt Alloy Pipe and Tube (이음매 없는 니켈 및 니켈-코발트 합금관 및 튜브)
SB-626	Welded Nickel and Nickel-Cobalt Alloy Tube(용접용 니켈 및 니켈-코발트 합금 튜브)

제8조 (단조품) ① SA-266 탄소강 및 SA-336 합금강으로 제조되는 경우, 이음매

없는 드럼 단강품은 보일러의 모든 부품에 사용할 수 있다.

② 단조 플랜지, 관이음쇠(fittings), 노즐, 밸브 및 보일러의 기타 압력부품은 제7조에서 열거한 단조품 재료규격 중 하나를 사용하여야 한다.

③ 드럼(drum), 동체(shell) 또는 돔(dome)은 사용재료가 이 기준의 요건에 따른다면 이음매 없는 인발 구조로 할 수 있다.

**제9조 (주조품)** ① 보일러용기 및 용기부품의 제작에 사용되는 주조재는 제7조에 열거한 재료규격 중 하나를 사용하여야 하며, 최대허용응력값은 주철을 제외하고 모든 주조재에 대해 해당 주조품질계수를 곱하여야 한다.

1. 주강품이 해당 재료에 대한 재료규격의 최소요건에 의해서만 검사되는 경우에는 80% 이하의 품질계수를 적용하여야 한다. 다만 주강품이 다음의 요건을 만족하는 경우, 100% 이하의 품질계수를 적용할 수 있다.

가. 부속서 4(ASME B 16.5)를 따르는 강 플랜지 및 이음쇠와 부속서 11(ASME B 16.34)을 따르는 밸브 이외에, 몸체의 공칭두께가 114mm (4<sup>1</sup>/<sub>2</sub> in.) 이하인 모든 주강품을 다음과 같이 검사하는 경우

(1) 모든 게이트(gate)의 접속부, 라이저(riser) 및 단면 또는 방향의 급격한 변화부 및 용접 끝단 가공부를 포함한 모든 중요한 부위는 “발전설비 용접 기술기준의 판단기준 부록1”에 따라 방사선투과시험을 하여야 한다. 또한 방사선 투과 사진은 단면 두께에 따라 부속서 16(ASME E-446) [벽두께 51mm(2 in.) 이하 주강품의 참고 방사선투과사진 표준] 및 부속서14 (ASTM E-186)[벽두께 51mm~114mm(2~4<sup>1</sup>/<sub>2</sub> in.) 주강품의 참고 방사선투과사진 표준]의 요건을 만족하여야 한다. 100% 품질계수 적용 허용 중요도 수준은 다음과 같다.

ASTM E-446의 적용(두께 51mm(2 in.) 이하의 주강품)

불안전부 분류	중요도 수준	
	두께 25mm(1 in.)이하	두께 25mm(1 in.) 초과
A	1	2
B	2	3
C(종류 1, 2, 3 및 4)	1	3
D, E, F, G	-	-

ASTM E-186의 적용(두께 51mm~114mm(2~4<sup>1</sup>/<sub>2</sub> in.)의 주강품)

불안전부 분류	중요도 수준
A 및 B, C의 종류 1 및 2	2
C의 종류 3	3
D, E 및 F	기준 없음

(2) 개스킷 자리 가공표면을 포함하여 각 주강품의 모든 표면은 열처리후

에 아래(가)에 따른 자분탐상시험을 하거나 (나)에 따른 침투탐상시험을 실시하여야 한다.

(가) 자분탐상시험 방법은 “발전설비 용접 기술기준의 판단기준 부록 3”을 따라야 한다. ASTM E-125, Standard Reference Photographs for Magnetic Particle Indications on Ferrous Castings (철 주조품 자분지시에 대한 표준대비사진)의 종류 I의 등급 1, 종류 II의 등급 2 및 종류 III의 등급 3을 초과하고, 종류 IV 및 V의 등급 1을 초과하는 자분지시 요인이 되는 불안전부는 불합격으로 한다.

(나) 침투탐상시험 방법은 “발전설비 용접 기술기준의 판단기준 부록 4”를 따라야 한다. 침투탐상시험에서 관정되는 표면지시가 다음의 조건을 초과한다면 불합격으로 한다.

(a) 모든 균열(crack) 및 열간 터짐(hot tear)  
 (b) 직사각형의 면적이 38mm × 150mm(1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> in. × 6 in.) 또는 지름이 89mm(3<sup>1</sup>/<sub>2</sub> in.) 이하인 원형면적 내에 (a)의 불연속부 이외에 6개를 초과하는 선형지시의 모든 그룹, 이러한 면적은 평가하는 지시와 관련하여 가장 불리한 위치에서 취하여야 한다.

(c) 기타 선형지시로 두께가 19mm(3/4 in.) 이하인 경우 길이가 6mm를 초과하는 것, 두께가 19mm(3/4 in.) 초과~57mm(2<sup>1</sup>/<sub>4</sub> in.) 이하인 경우 길이가 두께의 1/2 초과하는 것 및 두께가 57mm(2 1/4 in.) 초과한 경우 길이가 19mm(3/4 in.)를 초과하는 것(긴 쪽 지시의 길이이상 서로 떨어진 허용 가능한 선상 지시는 합격으로 한다.)

(d) 5mm(3/16 in.)초과하는 모든 비선형 불안전부 지시

(3) 특별한 설계로 두 개 이상의 주강품을 생산하는 경우, 처음 5개의 주강품은 위에서와 같이 각각 검사하여야 한다. 5개를 초과하는 주강품을 생산하는 경우, 매 5개의 추가 주강품을 대표하기 위해 처음 5개 주강품에 하나의 주강품을 추가하여 검사가 실시되어야 한다. 이러한 추가 주강품이 불합격으로 판명된다면, 그 그룹에 있는 나머지 주강품 각각을 검사 하여야 한다.

(4) 모재를 검사한 후 불안전부를 제거하거나 허용 가능한 크기로 줄이기 위해 주강품을 용접으로 수리한 후 (1) 및 (2)에서 허용하는 최대치를 초과하는 지시는 불합격으로 한다. 완전히 수리된 것은 처음 검사에 사용된 것과 동일한 방법으로 재검사를 받아야하고 수리된 주강품은 용접후열처리를 하여야 한다.

(5) 모든 용접은 “용접 기술기준의 판단기준”에 따라 인정된 용접절차서

를 사용하여 실시하여야 한다. 절차서 인정은 동일한 재료규격의 주조제 시험편으로 실시하여야 하고, 용접 전·후 실제 작업에 적용되는 것과 동일한 열처리를 실시하여야 한다. 이러한 용접을 실시하는 모든 용접사 및 자동용접사는 “용접 기술기준의 판단기준”에 따라 인정되어야 한다.

나. 몸체의 공칭두께가 114mm(4½ in.)를 초과하는 모든 주강품은 아래(1) 또는 위 가(5)에 따라 검사하여야 한다.

- (1) 캐스킷 자리 가공표면을 포함하여 각 주강품의 모든 표면은 열처리 후에 위 가(2)(가)에 따른 자분탐상시험을 하거나 가(2)(나)에 따른 침투탐상시험을 하여야 한다.
- (2) 주강품의 모든 부품은 완전방사선투과시험을 하여야 하며 방사선투과사진은 부속서15 (ASTM E-280, [벽두께 114mm~305mm(4½ in. ~ 12 in.)주강품의 참고 방사선투과사진 표준]의 요건에 만족하여야 한다. 100%의 품질계수에 대한 최대 허용중요도 수준은 다음과 같다.

불완전부 분류	중요도 수준
A 및 B, C의 종류 1, 2 및 3 D, E 및 F	2 기준 없음

- (3) 나(1) 및 나(2)에서 허용하는 최대치를 초과하는 모든 지시는 불합격이다. 불완전부를 제거하거나 허용 가능한 크기로 줄이기 위해 모재를 자분탐상시험 및 침투탐상시험을 한 후 주강품을 용접으로 수리할 수 있다.
- (4) 25mm(1”) 또는 단면 두께의 20% 중 작은 값을 초과하는 깊이의 모든 용접 수리부는 나(2)에 따라 방사선투과시험을 실시하여야 하고 최종 용접표면은 자분탐상시험 및 침투탐상시험을 실시하여야 한다. 25mm(1”) 또는 단면 두께의 20% 중 작은 값 미만인 깊이의 모든 용접 수리부와 효과적으로 방사선투과시험을 실시할 수 없는 모든 용접 수리부는 첫 번째 용접층(layer), 매 6mm(¼”)의 용착 용접금속 두께 및 최종 용접부 표면에 대해 자분탐상시험 또는 침투탐상시험을 실시하여야 한다. 최종 용접 표면의 자분탐상시험 또는 침투탐상시험은 용접 후열처리 후에 실시하여야 한다.
- (5) 수리용접이 주강품의 열처리 후에 실시되는 경우, 주강품은 용접후열처리를 하여야 한다.
- (6) 모든 용접은 “발전설비 용접 기술기준의 판단기준”에 따라 인정된 용접절차서를 사용하여 실시하여야 한다. 절차서인정은 동일한 재료규격의 주조제 시험편으로 실시하여야 하고, 용접 전·후 실제 작업에 적용되는 것과 동일한 열처리를 실시하여야 한다.

② 주철은 압력 또는 온도에 관계없이 보일러에 직접 부착되는 노즐 또는 플랜

지용으로 사용하여서는 아니 된다.

1. SA-278에 명시된 주철, 즉, 압력유지부품용 회주철은 압력이 1.7 MPa 이하에서 수증기 온도가 230℃를 초과하지 않는다면, 관 이음쇠, 수주, 밸브 및 밸브 덮개와 같은 압력을 받는 보일러 및 과열기의 연결부에 사용할 수 있다.

③ 구상흑연주철 SA-395에 명시된 구상흑연 주철은 압력이 2.5 MPa 이하에서 수증기 온도가 230℃를 초과하지 않는다면, 관이음쇠, 수주, 밸브 및 밸브 덮개와 같은 압력을 받는 보일러 및 과열기의 연결부에 사용할 수 있다.

**제10조 (재료의 허용응력)** ① 기술기준 제74조에서 규정하는 재료의 “허용응력”가운데 최대 허용인장응력은 KS B 6750 부표 1 및 ASME Sec II, Part D 1A, 1B에서 규정하는 값으로 한다.

② 용접이음부 강도 감소계수

높은 온도에서, 용접이음부의 장기 강도(long-term strength)는 모재의 장기 강도보다 낮을 수 있다. 아래표에 크리프 영역에서 운전하는 부품의 요구 두께를 결정하는데 있어 이러한 낮아진 장기강도의 계산에 사용되는 용접이음부 강도감소계수(w)를 규정하였다. 이 계수는 길이방향 맞대기 용접이 있는 원통체 설계에, 그리고 용접이음 세그먼트로 구성된 반구형 경판이나 기타 다른 구형부품에 적용하여야 한다.

[표] 길이방향 용접(Longitudinal Seam Weld)으로 제작되는 기기의 최대 허용 사용압력 또는 최대 요구두께를 계산할 때 적용되는 용접이음부 강도감소계수

온도, °C	371	384	427	454	482	510	538	566	593	621	649	677	704	732	760	788	816	843	871	899
온도, °F	700	733	804	853	900	950	1,000	1,050	1,100	1,150	1,200	1,250	1,300	1,350	1,400	1,450	1,500	1,550	1,600	1,650
강종	용접 이음부 강도 감소계수[주 (1) ~ (6)]																			
C-Mn 주 (7)	...	...	1.00	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
Cr-Mo [주 (8) ~ (9)]	...	...	1.00	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	0.73	0.68	0.64	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
CSEF(N+T) [주 (9) ~ (11)]	...	...	...	...	...	1.00	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
CSEF(아염계)[주 (9), (11), (12)]	...	...	...	...	...	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
오스테나이트계 스테인리스 강 및 합금 800H(N08810 및 N08811) [주 (13) ~ (14)]	...	...	...	...	...	1.00	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	0.73	0.68	0.64	0.59	0.55	0.50	NP	NP	NP
무용가게 용접(Autogenously welded) 오스테나이트계 스테인리스 강[주 (15)]	...	...	...	...	...	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	NP	NP	NP
니켈기(Nickel based) 합금																				
N06045	...	...	1.00	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	0.73	0.68	0.64	0.59	0.55	0.50	0.50	0.50	0.50	NP	NP	NP
N06600	...	...	1.00	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	0.73	0.68	0.64	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP

N06690	...	...	...	1.00	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	0.73	0.68	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
N06601	...	...	...	1.00	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	0.73	0.68	0.64	0.59	0.55	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
N06025	...	...	...	...	1.00	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	0.73	0.68	0.64	0.59	0.55	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
N10276	...	...	...	...	1.00	0.95	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
N06022	...	...	...	...	1.00	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
N06230	...	...	...	...	1.00	0.95	0.91	0.86	0.82	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
N06625	...	...	...	...	...	...	...	1.00	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
N06617(SAW 제외) [주 (16)]	...	...	...	...	...	...	...	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
N06617 (SAW) [주 (17)]	...	...	...	...	...	...	...	1.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
N07740	...	...	...	...	...	...	...	1.00	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	NP	NP	NP	NP	NP	NP
무용가재 용접 니켈기(Nickel based) 합금 [주 (15)]	...	...	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

- (1) 주의 : 상승된 온도에서 용접 이음부의 수명에 영향을 미치는 요소는 다양하며, 용접이음부 강도감소계수 표에서 이 모든 요소를 다룰 수는 없다. 예를 들어, 파이프의 진원도[예 : 길이방향 용접이음매의 첨두부위(peaking)로 부터의 편차 또는 용접 이음부에서의 오프셋같은 제작문제는 운전수명을 감소시킬 수 있는 응력증가를 유발할 수 있으며, 이러한 편차의 조정이 권고된다.
- (2) NP = 허용되지 않음.
- (3) 탄소강 파이프와 튜브는 ②항 및 표 요건에서 면제된다.
- (4) 크리프 지배범위에서 운전하는, 이 표에서 다루어지지 않는 재료에 대한 파이프에서의 길이 방향 심용접은 허용되지 않는다. 이 표의 목적에 따라, 크리프 지배영역 온도범위는 관련된 기초재료에 대한 ASME Section II, Part D 설계 물성표 상에 기술된 T-note 온도에서 25°C (50°F)를 뺀 온도에서 시작하는 것으로 정의한다.
- (5) 모든 용가재는 Cr-Mo 및 CSEF 재료에 대해 최저 탄소함량이 0.05%이어야 하고, 오스테나이트 계 스테인리스강에 대해서 최저 탄소함량은 0.04%이어야 한다.
- (6) 용접 이음부 강도 감소계수(WSRFs)가 작성될 때 이러한 온도이하에서, 이 판단기준 규정에 의해 요구될 때 계수 w에 대한 값으로 1.0을 사용하여야한다. 그러나 이 표와 비교의 추가적인 규정은 적용하지 않는다.
- (7) Cr-Mo 강은 1Cr-1Mo, 1Cr-3Mo, 14Cr-1Mo-Si, 24Cr-1Mo, 3Cr-1Mo 및 5Cr-1Mo를 포함한다. 길이 방향용접은 합금에 대해 노멀라이징, 노멀라이징 및 템퍼링, 또는 적절한 아임계 용접후열처리를 수행하여야 한다.
- (8) C-1Mo 강에 대한 길이방향 심 용접(Seam Fusion Weld) 조건은 허용되지 않는다.
- (9) SAW 플럭스의 염기도지수  $\geq 1.0$ .
- (10) N + T = 노멀라이징 + 템퍼링 후열처리.
- (11) 크립 강도 강화 페라이트 계(CSEF) 강은 등급 91, 92, 911, 122 및 23을 포함한다.
- (12) subcrit. = 아임계 용접후열처리가 요구될, 용접후열처리 면제는 허용되지 않는다. 용접후열처리 시간과 온도는 용접판단기준 제31조 요건을 만족하여야 한다. 또한 용접판단기준 제31조 ②항 8의 대체 용접후열처리 요건은 허용되지 않는다.
- (13) 오스테나이트 계 스테인리스강의 특정 히트는, 특히 내템퍼링성(temper-resistant) 카바이드 및 탄화질소화물의 석출에 의해 크립강도가 강화된 등급은 높은 온도에서 운전하는 용접된

부품을 너무 빨리 손상시키는 용접 열영향부의 취성조건을 견딜 수 있게 한다. 용접부의 고용화 어닐링 열처리가 이러한 민감성을 완화시켜 준다.

- (14) 대안으로 용접물이 용접후 고용화 어닐링이 수행될 때 다음 계수들을 재료와 용접재료(welding consumables)에 대한 용접이음부 강도감소계수로 사용할 수 있다.

온도, °C	510	538	566	593	621	649	677	704	732	760	788	816
온도, °F	950	1,000	1,050	1,100	1,150	1,200	1,250	1,300	1,350	1,400	1,450	1,500
재 료	용접강도 감소계수											
SFA-522 EXXXT -G (16-8-2 chemistry), SFA 54E 16-8-2 및 SFA-5.9 ER 16-8-2 로 용접된 타입 304 스테인리스 강	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-
SFA-522 EXXXT -G (16-8-2 chemistry), SFA 54E 16-8-2, and SFA-5.9 ER 16-8-2로 용접된 타입 316 스테인리스 강	1.00	0.85	0.90	0.97	0.99	1.00	-	-	-	-	-	-

- (15) 816°C (1,500°F)까지의 오스테나이트계 스테인리스 강과 899°C (1,650°F)까지의 니켈기 합금의 무용가재 용접은, 제품이 재료규격에 따라 용접 후 고용화 어닐링하고 비파괴 전기저항시험(nondestructive electric examination)을 수행할 때, 816°C (1,500°F)까지 용접강도 감소계수가 1.00으로 지정된다.
- (16) 무용가재 용접과 용가재를 사용한 SMAW, GTAW, GMAW
- (17) 용가재를 사용한 SAW 용접

**제11조 (보일러 및 부속설비의 구조)** ① 기술기준 제74조에서 “안전한 것”이란 기술 기준의 판단기준 제12조부터 제32조까지 규정 한 구조로 되어 있고 제33조의 수압시험에 합격한 것을 말한다.

- ② 보일러 및 다른 압력부품의 설계는 아래의 설계요건을 만족하여야 한다.
1. 압력을 받는 모든 보일러용 판재의 최소두께는 “전기보일러에 대한 요건”의 규정에 의해 제작되는 전기보일러를 제외하고 6mm( $\frac{1}{4}$  in.) 이상이어야 한다. 원통형 외부 동체 이외에 사용되는 스테이용 판재의 최소두께는 8mm(5/16 in.) 이어야 한다. DN 125(NPS 5)를 초과하는 파이프가 압력을 받는 원통형 기기의 동체용 부품으로 판재 대신에 사용되는 경우, 그것의 최소벽두께는 6mm( $\frac{1}{4}$  in.) 이어야 한다.
  2. 재료규격에서 판두께를 0.3mm(0.01 in.)까지 허용한다면 두께계산식으로 계산된 두께보다 0.3mm(0.01 in.) 까지 얇은 판재는 이 규격에 따른 제작에 사용할 수 있다.
  3. 파이프 또는 튜브 재료는 이 규격의 해당 식으로 계산된 두께보다 얇게 주문해서는 아니 된다. 주문한 재료는 해당 파이프 또는 튜브의 재료규격에서 ASME Sec II에 주어진 대로 허용된 제조상의 하한 공차를 감안하여야 한다.
- ③ 각각의 제작방법에 적용되는 규정을 따르고 보일러가 가장 엄격한 요건을 가진 제작방법으로 허용된 사용조건으로 제한된다면, 보일러 및 그 부품은 이 규격에 주어진 제작방법의 조합으로 설계되고 제작할 수 있다.

다만 이 규정은 설계에 있어서 가능한 모든 상세사항 규정을 포함하고 있는 것은 아니다. 상세 규정이 주어지지 않은 경우, 제조자는 규정에 따른 경우와 같은 정도의 안전성을 갖도록, 설계에 대한 상세사항을 마련해야 한다.

④ 오스테나이트 계 합금으로 제조된 압력유지부재의 냉간 성형 부위는 다음과 같은 조건인 경우에는 아래 표에 주어진 온도에서 두께 25 mm(1 in.)당 20분 또는 10분 중 더 긴 시간으로 열처리하여야 한다.

1. 최종성형온도가 아래 표에 주어진 최소열처리온도 이하인 경우
  2. 설계금속온도 및 성형변형률이 아래 표에 제시한 한도를 초과한 경우의 성형 변형률은 다음과 같이 계산하여야 한다.
- 가. 판재로 성형한 원통

$$\text{변형률}(\%) = \frac{50t}{R_f} \left( 1 - \frac{R_f}{R_o} \right)$$

나. 판재로 성형한 구형 또는 접시형 경관

$$\text{변형률}(\%) = \frac{75t}{R_f} \left( 1 - \frac{R_f}{R_o} \right)$$

다. 튜브 및 파이프 굽힘 부재

$$\text{변형률}(\%) = \frac{100r}{R}$$

여기서 사용된 기호의 정의는 다음과 같다.

$R$  = 관 또는 튜브의 중심선에 대한 호칭굽힘반지름

$R_f$  = 성형후의 평균반지름

$R_o$  = 성형전 평균반지름(평판의 경우 무한대)

$r$  = 관 또는 튜브의 호칭바깥반지름

$t$  = 성형전 판재, 관 또는 튜브의 호칭두께

3. 성형변형률을 ④항으로 계산할 수 없을 때, 제조자는 최대성형 변형률을 결정할 책임이 있다.
4. 플래어, 스웨이징, 또는 업셋트는 응력의 크기에 관계없이 아래 표에 따라서 열처리하여야 한다.

[표] 냉간성형후 변형률 한도 및 열처리 요건

등급	UNS No	저온 범위의 한도			고온 범위의 한도		설계온도 및 성형변형률 한도가 초과될 때, 최소열처리온도 ℃(비고 2, 3)
		설계온도의 경우		성형 변형률 초과, %	설계온도 초과, ℃	성형 변형률 초과, %	
		초과, ℃	이하, ℃				
304	S30400	580	675	20	675	10	1040
304H	S30409	580	675	20	675	10	1040
....	S30432	540	675	15	675	10	1095
304N	S30451	580	675	15	675	10	1040
309S	S30908	580	675	20	675	10	1095
310H	S31009	580	675	20	675	10	1095
310S	S31008	580	675	20	675	10	1095
310HCbN	S31042	540	675	15	675	10	1095
316	S31600	580	675	20	675	10	1040
316H	S31609	580	675	20	675	10	1040
316N	S31651	580	675	15	675	10	1040
321	S32100	540	675	15(비고3)	675	10	1040
321H	S32109	540	675	15(비고3)	675	10	1095
347	S34700	540	675	15	675	10	1040
347H	S34709	540	675	15	675	10	1095
347HFG	S34710	540	675	15	675	10	1180
348	S34800	540	675	15	675	10	1040
348H	S34809	540	675	15	675	10	1175
230	N06230	595	760	15	760	10	1205
600	N06600	580	650	20	650	10	1040
601	N06601	580	650	20	650	10	1040
617	N06617	650	760	15	760	10	1150
690	N06690	580	650	20	649	10	1040
800	N08800	595	675	15	675	10	980
800H	N08810	595	675	15	675	10	1120
	N08811	595	675	15	675	10	1150
	S30815	580	675	15	675	10	1050
C-22	N06022	590	675	15			1120

비고 : 제시한 한도는 판재로 성형한 원통, 판재로 성형한 구형 또는 접시형 경관, 튜브 또는 관 굽힘 부재의 경우이다. 성형변형률이 ④항으로 계산할 수 없을 때, 성형변형률 한도는 이 표에 열거한 값의 1/2 이어야 한다.

1. 열처리온도에서 냉각속도는 특별한 제약을 받지 않는다.
2. 최소열처리온도가 규정되어 있는 한, 열처리온도 범위는 최소 85℃ 이상[347, 347H, 348 및 348H의 경우 140℃의 온도 범위]으로 제한하는 것이 바람직하다.
3. 바깥지름이 89mm(3 1/2 in.) 미만인 튜브 또는 관의 단순굽힘의 경우, 이 한도는 20%이다.

- ⑤ 최대 허용사용압력은 이 기준에서 지정하는 허용응력값, 설계 규정 및 치수를 적용하여 결정된 압력이다(최대 허용사용압력이라는 용어가 이 규격에서 사용될 때마다, 게이지(gage) 압력 또는 kN/mm<sup>2</sup> 단위로 대기압을 초과하는 압력을 말한다)
- 1. 제35조 규정을 만족하는 증기와 물의 경계선이 고정되지 않은 강제유동 증기발생기(관류형 보일러)를 제외하고, 어떤 보일러도 최대 허용사용압력보다 높은 압력으로 작동되어서는 아니 된다. 단, 안전밸브나 압력방출밸브 또는 밸브들이 방출하고 있을 때는 예외이며, 이때에는 최대 허용사용압력에서 6%를 초과하지 않아야 한다.
- 2. 증기 및 수위가 고정되지 않은 강제순환 증기발생기에서, 물-증기 유동 경로를 따라 서로 다른 압력수준으로 압력부품을 설계하는 것이 허용된다. 모든 부품의 최대 허용사용압력은 그 부품이 받게 되는 압력 및 온도의 예상되는 최대 유지조건에 대해 제35조 ④항의 규정에서 요구되는 것이 상이어야 한다.
- ⑥ 특별히 언급되지 않는 한 필요 최소두께를 계산할 때 정압수두로 인한 응력을 고려하여야 한다. 작동압력 또는 정압수두 이외의 요인으로 발생된 추가 응력은 허용작동응력의 10%를 초과할 정도로 평균응력을 증가시킬 경우 그것도 고려하여야 한다. 추가응력의 요인은 기기 및 그 내용물의 무게와 지지 방법 등이 포함된다.
- ⑦ ASME Sec II, Part D의 표 1A 및 1B의 최대허용응력값은 압력부품의 필요최소두께 또는 최대 허용사용압력을 계산하기 위해 이 규격의 식에서 사용될 단위 응력이다(ASME Sec II, Part D 참조).
- ⑧ 크리프 강도가 증강된 페라이트 합금으로 제조한 압력유지 구성부품의 냉간 성형 부위는 아래표에 따라 열처리를 하여야 한다. 냉간 성형은 705°C(1,300°F) 미만의 온도에서 수행되어야하며 냉간성형 후 변형율은 위 ④항 표에 따라 계산하여야 한다.

[표] 냉간 성형 후 변형 한계와 열처리 요건

등급	UNS 번호	보다 낮은 온도 범위에서 제한				보다 높은 온도범위에서 제한			설계온도와 성형변형 한계가 초과되었을 때 요구되는 열처리
		설계온도에 대해서				다음을 초과하는 설계온도에 대해서			
		초과		이하		성형 변형률	성형 변형률	성형 변형률	
°C	°F	°C	°F	°C	°F				
91	K90001	540	(1,000)	600	(1,115)	>25%	600	(1,115)	>20%
		540	(1,000)	600	(1,115)		>5~≤25%	600	

비고: 제시한 한계는 관재로 성형한 원통, 구형, 집시형 경관 및 튜브와 관의 굽힘부재의 경우이다. 성형변형율을 계산할 수 없을 경우 제한 값은 표 값의 1/2로 하여야 한다. 705°C(1300°F) 이상에서 성형된 재료들과 냉간 압착, 플래어 또는 업셋 성형한 경우, 변형율의 크기와 관계없이 노멀라이징후 템퍼링이 요구된다.

- 주: (1) 노멀라이징과 템퍼링은 모재 재료 규격의 요건들에 따라서 실시하여야 하며, 국부적으로 실시하여서는 안 된다. 그 재료는 전체를 열처리하거나, 튜브나 구성부품으로부터 냉간 변형부위(변형되지 않은 부분으로의 천이부분 포함)를 절단해 따로 열처리를 하여야 한다.
- (2) 급랭 후 열처리는 730°C ~ 775°C(1350°F ~ 1425°F)에서 1 시간/25 mm(1 시간/in.) 또는 최소 30분 동안 실시하여야 한다. 그 대안으로는, 모재 재료 규격의 요건들에 따른 노멀라이징과 템퍼링을 실시할 수 있다.
- (3) 설계온도가 600°C(1,115°F) 이하에서 5% 초과 25% 미만의 변형률을 가진 재료는 부품의 한 부분이 위에서 허용하는 처리온도를 초과하여 가열되면, 다음 중 하나의 조치를 취하여야 한다.
  - (a) 그 구성부품의 전체를 다시 노멀라이징후 템퍼링을 하여야만 한다.
  - (b) 허용응력은 그 설계온도에서 등급 9 재료(즉, SA-213 T9, SA-335 P9 또는 동등한 재료 규격)에 대한 것 이어야 한다. 다만 최대유지온도를 초과하는 온도까지 가열된 부품이 위의 주(2)에서 요구하는 온도범위와 시간으로 최종 열처리를 하여야 한다.
- (4) 냉간 변형 한 재료의 일부를 길이방향으로 용접 하면, 용접 전 또는 후에 노멀라이징후 템퍼링을 하여야 한다. 이 노멀라이징과 템퍼링은 국부적으로 하여서는 안 된다.

⑨ 기술기준 제21조 5항에 따라 보일러 및 부속설비에 대한 내진설계를 하는 경우에는 [국토교통부](#)고시 “건축구조기준 0306(지진하중)”을 적용할 수 있다.

제12조 (내압을 받는 원통체의 두께) ① 배관, 튜브, 동체, 드럼 및 헤더(가장 취약한 부분의 강도를 기준함)의 두께는 다음 식을 사용하여 계산하여야 한다.

$$t = \frac{PD}{2SE + 2yP} + C \quad \text{또는} \quad \frac{PR}{SE - (1-y)P} + C$$

$$P = \frac{2SE(t-C)}{D - 2y(t-C)} \quad \text{또는} \quad \frac{SE(t-C)}{R + (1-y)(t-C)}$$

비고1. E = 이음매 없는 원통 또는 용접된 원통의 경우 1.00, 또는 구멍간의 리저먼트 효율  
 비고2. C 값은 표 4와 같으며, 부식 또는 침식의 여유 값을 포함하는 것은 아니다.

[표 4]

나사불이 관, mm(in.)	C의 값, mm(in.)
호칭지름 D ≤ 19 (3/4)	1.65 (0.065)
호칭지름 D > 19 (3/4)	나사깊이 h

비고 3. y = 표5의 값을 갖는 계수이며, 표에 열거한 온도간의 y값은 보간법으로 결정할 수 있다. 비철금속재료의 경우, y = 0.4.

[표 5]



구 분	온도, °C(°F)							
	480 이하 (900)	510 (950)	540 (1,000)	565 (1,050)	595 (1,100)	620 (1,150)	650 (1,200)	675 이상 (1,250)
페라이트강	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
오스테나이트강	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7
800,801	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7
800H, NO8801	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7
825	0.4	0.4	0.4	...	...	...	...	...
N06230	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7
N06022	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7
N06025	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7
N06045	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7
N06600	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	...
N06601	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	...
N06625	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	...	...	...
N06690	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	...
617 합금	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7
S31803	0.4							

② 바깥지름 125mm 까지 클래드 강도를 포함시키지 않을 경우, 튜브 및 바이메탈튜브는 다음 식을 사용하여 계산하여야 한다.

$$t = \frac{PD}{2Sw + P} + 0.005D + e$$

$$P = Sw \left[ \frac{2t - 0.01D - 2e}{D - (t - 0.005D - e)} \right]$$

1. 클래드 강도를 포함시키는 경우에는 바이메탈 튜브에 대해서는 다음 식을 적용한다.

$$tb + tc' = \frac{PD}{2Sb + P} + 0.005D + e$$

$$tc' = tc \left[ \frac{Sc}{2Sb + P} \right]$$

$$t = tb + tc$$

$$P = Sw \left[ \frac{2t - 0.01D - 2e}{D - (t - 0.005D - e)} \right]$$

비고 1. 튜브의 최대허용응력값  $S$ 를 선택하는데 사용되는 금속의 온도는 예상되는 최대평균 벽온도 즉, 튜브의 외면온도 및 내면온도의 합을 2로 나눈 값 이상이어야 한다. 열을 흡수하지 않는 튜브의 경우, 금속온도는 튜브 내 유체의 온도로 하여도 좋지만 포화 온도 보다 낮지 않아야 한다.

비고 2.  $e = 1.0\text{mm}$ , 튜브시트에 확관된 튜브의 경우에 25mm(1 in.)를 더한 시트의 길이와 최소한 같은 길이를 초과하는 경우, 단 다음의 경우는 예외이다.

= 0, 튜브 시트에 확관된 튜브의 경우에 25mm(1 in.)를 더한

시트의 길이를 초과하는 튜브 끝단부의 두께가 표6의 값 이상인 경우

= 0, 헤더 및 드럼에 내력 용접된 튜브의 경우

[표 6]

튜브 바깥지름, mm(in.)	튜브 두께, mm(in.)
32mm(1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ) 이하	2.41(0.095)
32mm(1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ) 초과 50mm(2) 이하	2.67(0.105)
50mm(2) 초과 75mm(3) 이하	3.05(0.120)
75mm(3) 초과 100mm(4) 이하	3.43(0.135)
100mm(4) 초과 125mm(5) 이하	3.81(0.150)

③ 동체의 두께가 동체의 안쪽 반지름의 1/2을 초과하는 경우, 원통형 단면의 보일러 부품에 대한 최대 허용사용압력은 다음의 식으로 계산하여야 한다.

$$t = (\sqrt{Z1} - 1)R = \left( \frac{\sqrt{Z1} - 1}{\sqrt{Z1}} \right) Ro \quad \text{또는} \quad P = SE \frac{Z_2 - 1}{Z_2 + 1}$$

④ ①, ② 및 ③항에 사용된 기호의 정의는 다음과 같다.

$t$  = 가장 취약한 동체 단에서 판의 최소 두께, mm

$R$  = 가장 취약한 동체 단에서 안쪽 반지름, mm

$Ro$  = 가장 취약한 동체 단에서 바깥쪽 반지름, mm

$P$  = 최대 허용사용압력, MPa

$D$  = 원통의 바깥지름, mm

$E$  = 길이방향 이음부의 효율 또는 구멍 사이의 리거먼트의 효율

= 이음매 없는 원통으로, 리거먼트가 있는 경우 제26조 및 제27조에 따른 리거먼트 효율

=  $w$ , 길이방향 용접 원통으로 리거먼트가 없는 경우 제26조에 따른 용접이음부 강도 감소계수길이방향 용접 원통으로 리거먼트가 있는 경우, 길이방향 용접 이음매가 리거먼트를 구성하는 구멍에 의해 관통하는 부위가 없을 경우,  $E$ 는  $w$  또는 제26조 또는 제27조로부터의 리거먼트 효율중 보다 작은 쪽을 택하여야 한다. 만일 길이방향 용접 이음매 중 어느 한 부분이라도 리거먼트를 구성하는 구멍에 의해 관통된다면,  $E$ 는  $w$ 에 리거먼트 효율을 곱한 값으로 한다.

$S$  = KS B 6750 부표 1 및 ASME Sec II, Part D 1A, 1B에 규정된 표에서 열거한 금속의 설계온도에서의 최대허용응력값, MPa

$C$  = 나사가공 및 구조적 안정성을 위한 최소허용공차, mm

$e$  = 확관 튜브 끝단부에 대한 두께 계수

$y$  = 온도계수

$S_b$  = 클래드 강도를 포함시켜야 하는 바이메탈 튜브의 경우, ASME Sec.II Part D 표1A 및 1B 표에 있는 모재의 설계 온도에서 최대 허용 응력값

$S_c$  = 클래드 강도를 포함시켜야 하는 바이메탈 튜브의 경우, ASME Sec.II Part D 표 1A 및 1B 있는 클래드 금속의 설계 온도에서 최대 허용 응력값

$t_b$  = 클래드 강도를 포함시켜야 하는 바이메탈 튜브에 대한 모재의 최소 요구 두께

$t_c$  = 클래드 강도를 포함시켜야 하는 바이메탈 튜브에 대한 클래드의 최소 요구 두께

$t'_c$  = 클래드 강도를 포함시켜야 하는 바이메탈 튜브에 대한 강도 목적의 최소 유효 클래드 두께

$w$  = 용접 이음부 강도 감소계수

$$Z_1 = \frac{(SE + P)}{(SE - P)}$$

$$Z_2 = \left[ \frac{(R + t)}{R} \right]^2 = \left( \frac{Ro}{R} \right)^2$$

**제13조 (접시형 경관)** ① 오목한 면에 내압을 받는 구멍이 없고 스테이로 지지되지 않는 접시형 경관의 두께는 그것이 구의 일부본인 경우에는 다음의 식으로 계산하여야 한다. 접시형경관의 구형부분에 국부적으로 얇은 부분이 있다면 요구 두께는 아래식으로 구한 두께보다 적어도 된다.

$$t = \frac{5PL}{4.8Sw}$$

1. 접시형 경관의 반지름은 경관의 플랜지 부분의 바깥지름을 초과하지 않아야 한다. 두 개의 반지름이 사용되는 경우, 더 큰 값이 위 식의  $L$ 값으로 취하여야 한다.
2. 구형의 일부본인 접시형 경관이 모든 치수에서 150mm를 초과하는 플랜지 불이 맨홀 또는 출입구가 있는 경우, 두께는 위의 식으로 계산한 구멍 없는 경관에 대한 요구두께의 15% 이상이 되도록 증가시켜야 하지만, 어떠한 경우에도 구멍이 없는 경관에 대한 추가두께는 3mm 이상이어야 한다. 접시형 경관이 부착관에 의해 지지되는 플랜지불이 구멍이 있는 경우, 구멍 없는 경관에 대한 두께의 증가는 필요하지 않다. 경관에 한 개 이상의 맨홀이 있는 경우, 이 식으로 계산한 두께의 구멍 간 최소 거리는 경관 바깥지름의  $\frac{1}{4}$  이상이어야 한다.
3. 구형의 일부본인 접시형 경관, 타원형 경관 및 완전 반구형 경관에 위치한 보강이 필요한 모든 구멍은 제16조에 따라 보강하여야 한다.
4. 접시형 경관의 반지름  $L$ 이 경관바깥 지름의 80% 미만인 경우, 플랜지삽

입형 맨홀 구멍이 있는 경관의 두께는 최소한  $L$ 을 경관바깥 지름의 80%와 같게 하고 맨홀에 대한 추가두께를 더한 것이어야 한다. 이러한 두께는 모든 경관 형상에 대해 플랜지불이 맨홀 구멍이 있는 경관의 최소두께이어야 하고, 또한 최대 허용사용응력은 별표 1 및 ASME Sec II, Part D의 1A, 1B에 주어진 값을 초과해서는 아니 된다.

5. 완전 반구형 경관을 제외한 다른 경관은 동일한 지름의 이음매 없는 동체에서 요구되는 두께보다 작아서는 아니 된다.
6. 만일 기준요건을 만족시키는 플랜지불이 맨홀 타원형 경관에 있다면, 그 경관의 두께는 그 접시의 반지름이 그 경관의 바깥지름의 8/10과 같고, 제1항제2호에서 규정대로 맨홀에 대한 추가두께가 있는 구형의 일부로서 접시형으로 된 경관의 두께와 동일하여야 한다.
7. 경관이 근사타원형으로 만들어지는 경우, 경관의 내면은 장축이 경관의 안지름과 같고, 단축의  $\frac{1}{2}$ 이 경관의 깊이와 같도록 그린 실제 타원의 안쪽이 아닌 바깥쪽에 놓아야 한다. 이러한 실제 타원과의 최대편차는 경관의 안지름의 0.0125배를 초과해서는 아니 된다.
- ② 블록면에 압력을 받는 스테이로 지지되지 않는 접시형 경관의 최대 허용사용압력은 오목면에 압력을 받는 동일한 치수의 경관에 대한 값의 60% 이어야 한다. 반구형 경관에 대한 제13조제3항과 반 타원형에 대한 제13조제1항 제6호에서 식을 사용하여 얻어진 경관 두께는 블록면에 압력을 받는 경관에 적용하지 않는다.
- ③ 오목면에 압력을 받는 구멍이 없고 스테이로 지지되지 않는 완전 반구형 경관의 두께는 다음의 식으로 계산하여야 한다.

$$t = \frac{PL}{2Sw - 0.2P}$$

위의 식은 이러한 식으로 주어진 경관의 요구두께가 안쪽 반지름의 35.6%를 초과하는 경우에는 사용되어서는 안 되며, 대신에 다음의 식이 사용되어야 한다.

$$t = L(Y^{1/3} - 1)$$

여기에서,  $Y = \frac{2(Sw + P)}{2Sw - P}$

1. 규격요건을 만족시키는 플랜지삽입 맨홀이 완전한 반구형 경관에 있다면, 그 경관의 두께는 그 접시의 반지름이 그 경관의 바깥지름의 8/10과 같고, 위 제①항 제2호에서 규정된 바와 같이 맨홀에 대한 추가두께가 있는 구형의 일부로서 접시형으로 된 경관에 대한 것과 동일해야 한다.
2. 스테이로 지지되지 않는 접시형 경관의 오목한 면에서 측정된 경관의 모서리 반지름은 그 경관 재료 두께의 3배 이상이어야 하지만, 어떠한 경우에도 그 경관 바깥지름의 6% 이상이어야 한다. 어떠한 경우에도 그 너를 부분을 구성하는 원환체의 일부분에 의해서 둘러싸인 구형의 일부분으로 구

성되는 모든 접시형 경관의 너클 부분의 성형공정으로 제13조제1항의 공식으로 계산한 요구두께의 10%를 초과하는 두께감소가 있어서는 안 된다. 다른 형식의 경관들은 성형 후에 해당 공식에서 요구하는 두께 이상이어야 한다.

④ 제①항·제②항 및 제③항에서 사용된 기호의 정의는 다음과 같다.

$P$  = 최대 허용사용압력, MPa (정압수두 하중은 포함할 필요가 없다)

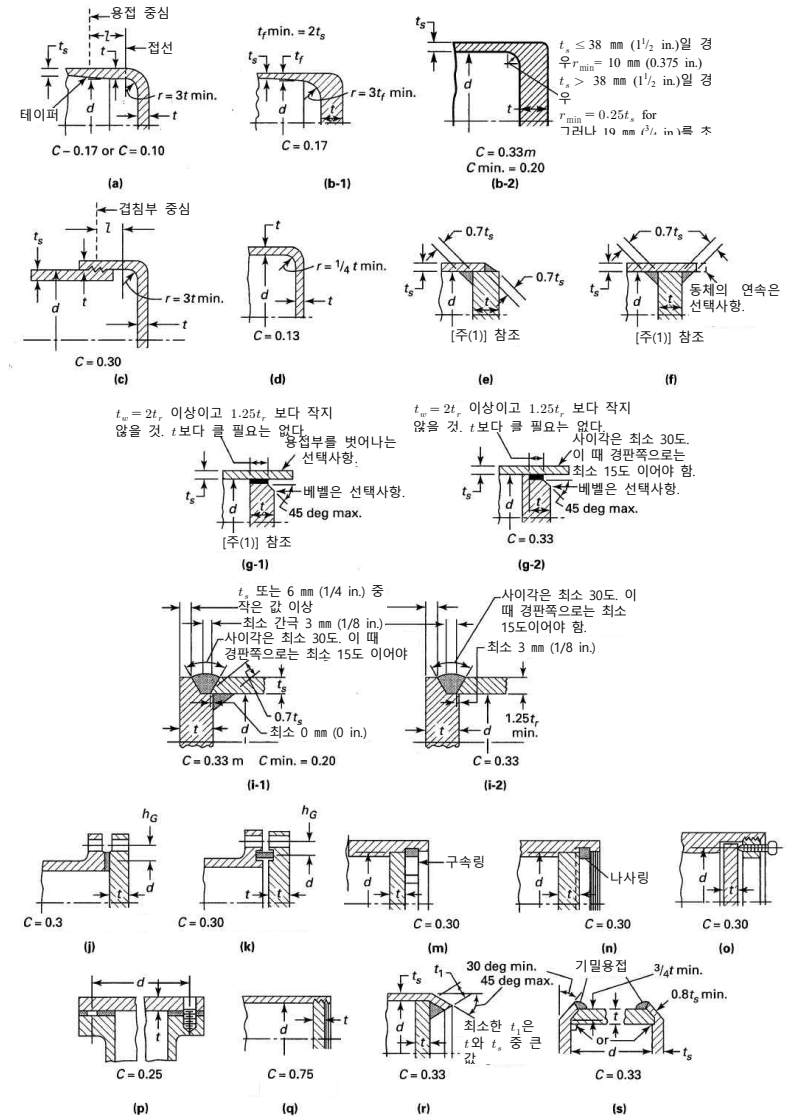
$L$  = 경관의 오목한 면에서 측정된 반지름, mm

$S$  = 최대 허용응력, MPa, (KS B 6750 부표 1 및 ASME Sec II, Part D 1A, 1B에 주어진 값을 사용)

$w$  = 제10조②항의 용접이음부 강도 감소계수

$t$  = 경관의 최소두께

**제14조 (스테인로 지지되지 않는 평경관 및 덮개)** ① 그림 1과 같은 스테이로 지지되지 않은 평경관, 덮개 판, 및 블라인드(blind) 플랜지의 최소두께는 다음의 주어진 요건을 만족하여야 한다. 이러한 요건은 원형 및 비원형 경관 및 덮개 양쪽 모두에 적용된다. 그림 1에 여러 가지 사용 가능한 형태의 평경관과 덮개가 나타나 있다. 이 그림에서 용접치수는 부식 및/또는 침식에 대한 어떠한 여유도 포함하지 않으므로, 여유없이 해당하는 경우 추가용접이 요구된다.



비고 1. (e), (f), 및 (g-1)의 원형 덮개, C = 0.33m, 최소 C = 0.20; 비원형 덮개, C = 0.33

[그림 1] 스테이로 지지되지 않은 평경관 및 덮개의 형태

② 제 14 조에 사용되는 기호의 정의는 다음과 같다.

$C$  = 경관의 부착 방법과 동체, 관, 또는 헤더 치수에 따른 계수 및 제4항에 열거한 바와 같이 기타 항목에 따른 무차원 계수, 용접된 덮개에 대한 계수는 구조에 대해 허용응력을 1.5S로 효과적으로 증가시키는 0.667의 계수를 포함한다.

$D$  = 짧은 스펠(span)에 대해 수직으로 측정된 비원형 경관 또는 덮개의 긴 스펠, mm

$d$  = 그림1에 나타난 대로 측정된 지름 또는 짧은 스펠, mm

$h_G$  = 그림1의 (j) 및 (k)에 나타난 대로 볼트의 중심선에서 개스킷 작용선까지의 반지름 거리와 같은 개스킷 모멘트 암(moment arm), mm

$L$  = 볼트구멍의 중심을 따라 측정된 비원형 볼트체결 경관의 둘레길이, mm

$l$  = 그림1의 (a) 및 (c)에 나타난 대로 너클의 접선(tangent line)으로부터 측정된 플랜지볼이 경관의 플랜지 길이, mm

$m$  =  $t_r/t_s$ 의 비, 무차원

$P$  = 최대 허용사용압력, MPa

$r$  = 플랜징(flanging) 또는 단조에 의해 성형한 경관의 안쪽 모서리의 반지름, mm

$S$  = 별표 1 및 ASME Sec II, Part D의 표 1A에 주어진 값을 사용한 최대 허용응력, MPa

$t$  = 평경관 또는 덮개의 최소요구두께, mm

$t_f$  = 그림 1의 (b)에 나타난 대로 대단부에서 단조 경관에 대한 플랜지의 호칭 두께, mm

$t_h$  = 평경관 또는 덮개의 호칭 두께, mm

$t_r$  = 이음매 없는 동체, 관, 또는 헤더의 압력에 대한 요구두께, mm

$t_s$  = 동체, 관, 또는 헤더의 규정 최소두께, mm

$t_w$  = 그림 1의 (g-1), (g-2)에 나타난 대로 경관 가장자리를 드럼, 관 또는 헤더의 내면까지 연결하는 용접두께, mm

$t_j$  = 그림 1의 (r)에 나타난 대로 마감 용접부 목치수, mm

$W$  = 제3항제2호에 정의한 대로 총 볼트하중, N

$Z$  = 제3항에 주어진 대로 짧은 스펠과 긴 스펠의 비에 따라 결정되는 비원형 경관 및 덮개에 대한 무차원 계수

③ 스테이로 지지되지 않은 평경관, 덮개 및 블라인드(blind) 플랜지의 두께는 다음 요건중 하나를 만족하여야 한다.

1. 부속서 4(ASME B16.5)에 따르는 철강재료의 원형블라인드 플랜지는 그

림 1의 (j) 및 (k)에 나타난 종류의 경우, 부속서 4(ASME B16.5)의 표 2에 있는 지름 및 압력-온도 등급을 허용한다.

2. 스테이로 지지되지 않은 원형의 평경관, 덮개 및 블라인드 플랜지의 필요 최소두께는 다음 식으로 계산하여야 한다.

$$t = d\sqrt{\frac{CP}{S}} \quad (1)$$

다만, 경관, 덮개 또는 블라인드 플랜지가 가장자리 모멘트[그림 1의 (j) 및 (k)]를 일으키는 볼트로 체결하는 경우는 예외이며, 이 경우, 두께는 다음 식으로 계산하여야 한다.

$$t = d\sqrt{\frac{CP}{S} + 1.9\frac{Wh_g}{Sd^3}} \quad (2)$$

식 (2)를 사용할 때, 두께  $t$ 는 설계조건 및 개스킷 자리(Seating)조건 양쪽 모두에 대해 계산하여야 하며, 두 값 중 더 큰 것이 사용되어야 한다. 설계조건에서 계산하는 경우,  $P$ 의 값은 최대 허용사용압력이고, 설계온도에서의  $S$ 값이 사용되어야 하며,  $W$ 는 끝단부의 압력 하중을 견디고 개스킷의 밀착성을 유지하기 위해 필요한 볼트 하중의 합이어야 한다. 개스킷 자리에서 계산하는 경우,  $P$ 는 0이고, 대기온도에서의  $S$ 값이 사용되어야 하며,  $W$ 는 필요한 볼트하중과 실제로 사용되는 볼트면적에 대해 유효한 하중의 평균을 적용하여야 한다.

3. 스테이로 지지되지 않은 평경관, 덮개 또는 블라인드 플랜지는 정사각형, 직사각형, 타원형, 비원형(obround), 부채꼴 또는 다른 비원형(noncircular) 하여도 좋다. 이들의 요구두께는 다음 식으로 계산하여야 한다.

$$t = d\sqrt{\frac{ZCP}{S}} \quad (3)$$

$$Z = 3.4 - \frac{2.4d}{D} \quad (4)$$

$Z$ 는 2.5를 초과할 필요가 없다.

식 (3)은 가장자리 모멘트[그림1의 (j) 및 (k)]를 일으키는 볼트로 체결하는 비원형 경관, 덮개 또는 블라인드 플랜지에는 적용하지 않는다. 이러한 형태의 비원형 경관의 경우, 요구두께는 다음 식으로 계산하여야 한다.

$$t = d\sqrt{\frac{ZCP}{S} + 6\frac{Wh_g}{SLd^2}} \quad (5)$$

식 (5)를 이용할 때, 두께  $t$ 는 식 (2)에 대해 위에서 규정한 것과 같은 동일한 방법으로 계산하여야 한다.

④ 그림 1에 나타난 구조물의 형태에 대해, 식 (1), (2), (3) 및 (5)에서 사용되는  $C$ 의 최소값은 다음과 같다.

1. 그림 1의 (a)

C = 0.17 동체, 관, 또는 헤더와 일체형 단조 또는 맞대기 용접되고, 안쪽 모서리의 반지름이 경관 요구두께의 3배 이상이며, 플랜지 길이와 관련한 어떠한 특별요건도 없는 플랜지불이 원형 및 비원형 경관의 경우, 용접은 “용접기술기준의 판단기준”에 주어진 원주 이음부에 대한 모든 요건을 만족하여야 한다.

C = 0.10 원형 경관의 경우, 위의 설계조건의 경관에 대한 플랜지 길이는 식 (6)의 값 이상이어야 한다.

$$l = (1.1 - 0.8 \frac{t_s^2}{t_h^2}) \sqrt{dt_h} \quad (6)$$

C = 0.10이 사용될 때, 테이퍼(tapered) 부분의 기울기는 1:3을 초과해서는 아니 된다.

### 2. 그림 1의 (b-1)

C = 0.17 동체, 관 또는 헤더와 일체형 단조를 하거나 맞대기 용접하여 만든 원형 및 비원형 경관의 경우 안쪽모서리 반지름은 플랜지두께의 3배 이상이어야 한다.

#### 그림 1의 (b-2)

C = 0.33m C=0.20이상 동체, 관 또는 헤더와 맞대기 용접하거나 일체형으로 만든 단조 원형 및 비원형 경관의 경우, 허브 플랜지 두께는 동체 두께 이상이고, 안쪽 모서리 반지름은 다음보다 작지 않다.

$t_{min} = t_s \leq 38 \text{ mm}(1\frac{1}{2} \text{ in.})$ 의 경우  $10 \text{ mm}(0.375 \text{ in.})$

$t_{min} = t_s > 38 \text{ mm}(1\frac{1}{2} \text{ in.})$ 의 경우  $0.25t_s$  그러나  $19 \text{ mm}(3/4 \text{ in.})$ 를 초과할 필요는 없다.

허브는 단조 블랭크를 기계가공하거나 직접 단조 작업으로 형성해도 된다. 이 그림은 관, 바, 또는 로드와 함께 사용해서는 안된다.

### 3. 그림 1의 (c)

C = 0.30, 동체, 관 또는 헤더의 끝단부에 나사로 연결되고, 안쪽 모서리 반지름이  $3t$  이상인 플랜지불이 원형 평판의 경우, 압력으로 인한 끝단부의 힘에 의해 발생하는 전단, 인장 또는 압축에 의한 파손에 대비한 나사 체결부의 설계는 최소 안전율 4를 기준으로 하고, 나사 부품은 최소한 동일 지름의 표준 배관에 대한 나사만큼의 강도를 가져야 한다. 필요한 경우 기밀용접이 사용될 수 있다.

### 4. 그림 1의 (d)

C = 0.13 치수  $d$ 가 600 mm 이하이고, 경관의 두께와 치수  $d$ 의 비가 0.05 이상 0.25 이하이고, 경관의 두께  $t_h$ 가 동체 두께  $t_s$  이상이고, 안쪽 모서리 반지름이  $0.25t$  이상이며 또한, 구조는 헤더의 끝단부를 막는

데 사용되는 특수 기법으로서 동체, 관 또는 헤더의 끝단부를 업세팅(upsetting) 및 스피닝(spinning)하여야 한다.

### 5. 그림 1의 (e), (f), 및 (g-1)

원형관의 경우 C=0.33m, 최소값은 0.20, 비원형 평판의 경우 C=0.33, 드럼, 관 또는 헤더 안쪽에 용접되고 그 외에 용접보일러 드럼의 각 형태의 요건에 대해 만족시키는 경우에 적용한다, 드럼에 필요한 경우, 용접후열처리가 포함되나 체적검사는 생략한다.  $t$ 를 계산할 때 1 미만인  $m$  값이 사용되면, 동체두께  $t_s$ 는 경관의 내면으로부터 안쪽으로 최소한  $2\sqrt{dt_s}$ 와 같은 거리에 걸쳐 유지되어야 한다. (e) 및 (f)의 필릿 용접부의 목두께는 최소한  $0.7t_s$  이상이어야 한다. (g-1)의 용접부  $t_w$ 의 크기는 이음매 없는 동체의 요구두께의 2배 이상이어야 하고, 동체 공칭두께의 1.25배 이상이어야 하지만, 경관두께를 초과할 필요는 없다. 용접부는 그림에서 나타난 것처럼 경관의 안쪽 면에서 용접부의 루트(root)가 있는 용접 그루브(groove)에 용착되어야 한다.

### 6. 그림 1의 (g-2)

가. C = 0.33 드럼, 관 또는 헤더 안쪽에 용접되고, 용접 보일러 드럼의 개별 형식에 대한 요건을 충족시키는 원형 판의 경우, 드럼에 요구되는 용접 후 열처리는 포함시키고 체적비파괴시험은 생략한다. 헤더의 내면에 용착되지 않을 때는, 용접이 되지 않는 경관의 두께는 제3항제 2호에 따라 계산한 경관의 두께에 추가하여야 한다. 드럼이나 헤더는 NPS 4 이하로 제한한다.

나. C = 0.33, 드럼, 관 또는 헤더의 안쪽에 용접되고, 그밖에, 드럼에 필요한 경우 용접후열처리를 실시하여야 하지만 체적비파괴시험(삭제)을 생략하여도 되는 용접 보일러 드럼의 각 형태에 대한 요건을 만족하는 비원형 평판의 경우, (e) 및 (f)의 필릿 용접부의 목두께는 최소한  $0.7t_s$  이상이어야 한다. (g-1)의 용접부  $t_w$ 의 크기는 이음매 없는 동체의 요구두께의 2배 이상이어야 하고, 동체 공칭두께의 1.25배 이상이어야 하지만, 경관두께를 초과할 필요는 없다. 용접부는 그림에서 나타난 것처럼 경관의 안쪽 면에서 용접부의 루트(root)가 있는 용접 그루브(groove)에 용착되어야 한다.

### 7. 그림 1의 (i)

C = 0.33m 최소값은 0.2  $0.7t_s$ 의 최소 목 두께를 가진 안쪽 용접부를 사용할 때 드럼, 관 또는 헤더의 끝단부에 용접되는 원형 평판의 경우, 용접 그루브(groove) 바닥의 폭은 3mm 이상이어야 하며, 노출된 가장 자리는  $t_s$  또는 6mm 중 작은 값 이상이어야 한다. 다만,  $t_s$ 가 1.25 $t_s$  이상이고 계수 C를 0.33으로 택한다면 안쪽 필릿용접은 생략해도 된다.

8. 그림 1의 (j) 및 (k)

C = 0.3 그림에 나타난 대로 동체, 플랜지 또는 측면판에 볼트로 체결된 원형 및 비원형 경관 및 덮개의 경우, 볼트 체결로 덮개에 작용하는 추가 모멘트 때문에 식 (2) 또는 (5)를 사용하여야 한다. (k)에 나타난 바와 같이 덮개 판에 원둘레 개스킷을 위한 홈이 있는 경우, 홈 아래 또는 홈과 덮개 판의 바깥쪽 가장자리 사이의 덮개 판의 순 두께는 다음의 값 이상이어야 한다.

- 원형 경관 및 덮개의 경우,  $t = d\sqrt{1.9\frac{Wh_g}{Sd^3}}$   
 - 비원형 경관 및 덮개의 경우,  $t = d\sqrt{6\frac{Wh_g}{SLd^2}}$

9. 그림 1의 (m), (n), 및 (o)

C = 0.3 동체, 관 또는 헤더의 끝에 원형 평판이 삽입되고 확실한 기계적 잠금장치로 제 자리에 고정된 원형 평판의 경우, 그리고 압력과 서로 상이한 열팽창으로 인한 전단, 인장, 압축 또는 플레어링을 포함하는 반지름 방향의 변형에 의한 모든 가능한 파손 수단이 적어도 4의 안전계수로 지지될 필요한 경우 누설방지 용접을 사용할 수 있다.

10. 그림 1의 (p)

C = 0.25 동체, 플랜지 또는 측면 판에 전면 개스킷과 함께 볼트 체결한 원형 및 비원형 덮개의 경우.

11. 그림 1의 (q)

C = 0.75 안지름  $d$ 가 300mm 이하인 동체, 관 또는 헤더의 끝단부에 나사 체결한 원형 평판의 경우: 안지름  $d$ 가 300mm 이하인 동체, 관 또는 헤더의 끝단부에 나사 체결한 일체형 플랜지가 있는 경관의 헤더의 경우, 압력과 서로 다른 열팽창계수로 인해 전단, 인장, 압축 또는 플레어링(flaring)을 포함한 반지름 방향의 변형에 의한 파손에 대비한 나사 체결부의 설계가 최소한 안전율 4를 기준으로 하는 경우.

12. 그림 1의 (r)

C = 0.33 지름  $d$ 가 450mm 이하인 동체, 관 또는 헤더에 삽입하고, 그림에서 나타난 대로 용접하며, 그밖에, 용접후열처리를 실시하여야 하지만 방사선투과시험을 생략하여도 되는 용접 보일러 드럼에 대한 요건을 만족하는 원형 평판의 경우, 동체, 관 또는 헤더의 끝단부는 최소한 30°이상 45°이하로 크림핑(crimping)하여야 한다. 크림핑 작업은 금속에 손상을 주지 않을 때만 냉간가공으로 할 수 있다. 용접부의 목두께는 평경판이나 동체, 관 또는 헤더 중 더 큰 쪽의 두께 이상이어야 한다.

13. 그림 1의 (s)

C = 0.33 지름  $d$ 가 450mm 이하이고 동체, 관 또는 헤더 내에 삽입하며, 동체, 관 및 헤더의 끝단부를 최소한 30°이상 45°이하로 크림핑하고, 또한 베벨(bevel) 평판 설치를 위한 자리파기 후의 두께가 동체두께의 최소한 80% 이상이어야 하는 원형 베벨 평판의 경우, 베벨링은 경관두께의 75% 이상이어야 한다. 크림핑은 원통의 전체 원주가 사용된 재료의 적절한 단조 온도로 균일하게 가열될 때 실시하여야 한다. 이러한 구조의 경우,  $ts/d$ 의 비는 P/S의 비 이상이고 0.05 이상이어야 한다. 또한 최대 허용사용압력은  $P = 5S/d(125S/d)$  이하이어야 한다.

제15조 (동체, 헤더 및 접시형 경관의 구멍) ① 제15조부터 제22조에 있는 구멍 및 보강에 대한 규정은 제13조제1항제2호, 제13조제1항제6호, 제13조제3항제1호, 및 아래 제2항, 제4항, 제5항에서 달리 규정한 경우를 제외하고는 동체, 헤더 및 경관의 모든 구멍에 적용하여야 하며, 제2항부터 사용되는 기호의 정의는 다음과 같다.

$D$  = 구멍을 내포하는 동체, 헤더, 또는 접시형 경관의 바깥지름, mm (in.)  
 $d$  = 완성구멍의 지름, mm (in.) (제16조제3항 참조)  
 $d_{max}$  = 비보강 구멍에 대해 최대 허용 완성구멍 지름, mm (in.) (아래 제2항 참조)

$K$  = 구멍에서

가. 원통형 동체와 헤더와 접시형 경관에 있는 구멍의 경우,  $K = K_1$

나. 온반구형 경관에 있는 구멍의 경우,  $K = K_2$

$K_1 = 0.990$  또는  $PD/(1.82St)$  중 작은 값

$K_2 = 0.990$  또는  $PD/(3.64St)$  중 작은 값

$P$  = 최대허용 사용압력

$S$  = ASME B&PV Code Section II, Part D 표 1A와 1B에서 취한 최대 허용응력 값

$t$  = 경관, 동체 또는 헤더의 호칭두께, mm (in.)

$X$  = 용기 벽에 평행한 보강한계 (제19조제2항 참조)

② 그룹 내에서 최대 완성구멍의 지름이 다음 식에서 허용하는 값을 초과하지 않을 경우, 구멍 그룹을 제26조 또는 제27조의 리거먼트 규정에 따라 설계해도 좋다.

$d_{max} = 8.08[Dt(1-k)]^{1/3}$  (SI 단위)

$d_{max} = 2.75[Dt(1-k)]^{1/3}$  (미국 관습단위)

리거먼트에 의해 설계하지 않은 다수 구멍들은 제21조에 따라야 한다.

③ 단일 구멍 : 단일 구멍은 인접한 구멍들 간의 최소 중심-중심 거리가  $L_{co}$

이상인 구멍으로 정의한다.

여기에서,

$$L_{co} = X_1 + X_2$$

④ 동체와 헤더 내 구멍

제16조제3항에 정의한 완성구멍의 지름 d가 다음 둘 중 큰 값을 초과하지 않을 경우, 동체나 헤더에 있어서 제21조, 제26조 및 제27조에 의해 수용되지 않는 단일 구멍(제15조제3항)에 대해 보강의 유효성을 결정하는 계산을 할 필요가 없다.

1. 동체나 헤더 안지름의 1/4로써 60 mm (2<sup>3</sup>/<sub>8</sub> in.) 이하 또는
2. 위1.에 해당되지 않는 단일구멍(제15조제3항)으로 위 제2항에 의해 계산한  $d_{max}$  값

⑤ 접시형 경관의 단일구멍 대해 성형경관에 있는 구멍의 지름이 위 제4항에 허용하는 값을 초과하지 않을 경우 아래요구사항에 일치할 경우에는 보강계산을 하지 않아도 된다.

1. 온반구형 경관을 제외한 접시형 경관에 대해, 허용하는 최대 구멍지름은 동일한 재료와 바깥지름, 경관의 최대허용사용압력으로 제작된 동등 동체의 경우  $K = K_1$ 를 사용하여 제15조제4항에서 허용하는 값을 초과하지 않아야 한다.
2. 온반구형 경관에 대해서, 허용하는 최대 구멍지름은 동일한 재료와 바깥지름, 경관의 최대허용사용압력으로 제작된 동등 동체의 경우  $K = K_2$ 를 사용하여 제15조제4항에서 허용하는 값을 초과하지 않아야 한다.

⑥ 구멍의 형상은 다음과 같아야 한다.

1. 압력용기의 원통부분 또는 성형 경관에 있는 구멍은 가능한 원형, 타원형 또는 비원형(obround)이어야 하며, 타원형 또는 비원형 구멍의 장축 치수가 단축 치수의 2배를 초과하는 경우, 단축에 대한 보강은 비틀림 모멘트로 인한 과도한 변형에 대비하기 위해 필요한 만큼 증가시켜야 한다.
2. 구멍은 위의 1에 제시한 것과 다른 형상일 수 있으며 모든 모서리는 적절한 반지름을 주어야 한다.

⑦ 원통형 및 구형 동체에 설치되는 구멍의 크기는 다음 1에 따라야 한다.

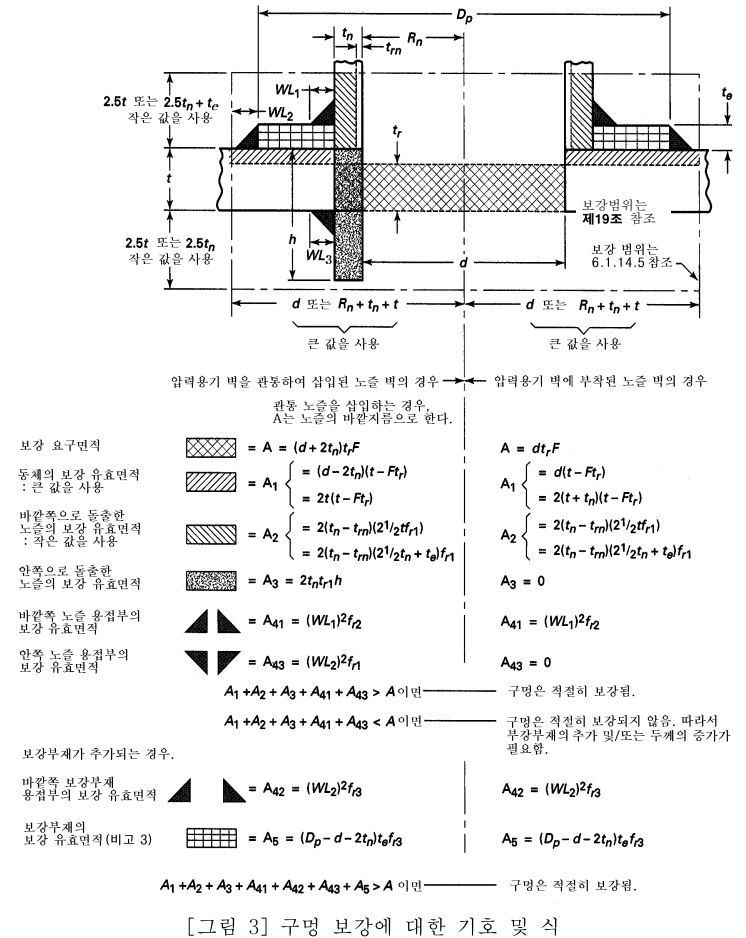
1. 동체에 설치하는 구멍의 최대 지름
  - 가. 동체 안지름이 1,500mm 이하인 경우: 동체안지름의 1/2(최대 500mm이하)
  - 나. 동체 안지름이 1,500mm 초과인 경우: 동체안지름의 1/3(최대 1000mm이하)
2. 1에 표시하는 지름을 초과하는 경우, 필요 보강의 약 2/3를 마무리된 구멍의 각 면에 노즐 지름의 1/4의 거리 이내에 있도록 하여야 한다.

**제16조 (동체 및 접시형 경관의 구멍에 요구되는 보강)** ① 관, 용기의 동체 및 경관에 구멍을 설치하는 경우 다음의 경우를 제외하고는 보강하여야 한다.

1. 제13조제1항제2호·제6호 및 제3항제1호에 의해 설치되는 플랜지붙이 구

멍의 경우

2. 제18조에 의해 설치되는 평 경관의 경우
  3. 제15조제2항, 제4항 및 제5항에 해당하는 경우
- ② 내부압력을 받는 용기에 대해 주어진 어떤 평면에서 요구되는 전체 보강 단면적은 그림 3에서 규정된 것처럼 A값 이상이어야 한다.



③ 사용되는 기호의 정의는 다음과 같다.

$t_e$  = 부착된 보강관의 두께나 압력용기 및 노즐의 바깥지름에 돌출된 표면

내 있고 일체형 보강 면적 내에 완전하게 놓여있는 가장 큰 60°각 삼각형의 높이, mm(그림 4참조)

$t$  = 압력용기 벽의 두께, mm

$t_r$  = 지정된 압력에 대해 계산된 이음매 없는 동체 또는 경관의 요구두께, mm. 다만, 다음의 a) 및 b)는 예외로 한다.

a) 구멍 및 그 보강이 점시형(torispherical) 경관내에 있고, 구형 부분에 완전히 들어있는 경우,  $t_r$  은 구형 부분에 있는 것과 동일한 반지름의 이음매 없는 반구형 경관의 요구두께이다. 여기에서 반구형 경관의 반지름은 점시형 경관 구형 부분의 반지름과 같은 값이다.

b) 구멍 및 그 보강이 타원형 경관(단축의  $\frac{1}{2}$ 이 안지름의  $\frac{1}{2}$ 과 같은)에 있고, 경관의 중심과 일치하는 중심에서 지름이 동체 안지름의 80%인 원 내에 완전히 위치하는 경우,  $t_r$ 은 반지름이 동체 안지름의 90%인 이음매 없는 반구형 경관의 요구두께이다.

$t_n$  = 노즐 벽의 공칭 두께, mm

$t_m$  = 이음매 없는 노즐 벽의 요구두께, mm. 동체에 대한  $t_r$ 식을 사용하고 계수 C( $t_m$ 을 결정하기 위해 사용하는 S 값은 노즐재료를 근거로 하여야 한다)를 제외한 식에 의해 구할 수 있다. 안쪽부에 덮개를 가지고 안쪽으로 돌출된 맨홀 및 핸드홀링의 벽두께에 대한  $t_m$  값은 0으로 하여야 한다.

$D_p$  = 보강 부재의 바깥지름, mm.

$d$  = 고려하고 있는 평면에서 마무리된 구멍의 지름, mm(그림3참조)

= 고려하고 있는 평면에서 마무리된 구멍에서, 안쪽에 탭이 있는 NPT 관이음쇠에 대한 나사의 최대 지름, mm

$F$  = 그림5의 계수. 이것은 원통형 동체의 길이방향 축에 대해 다른 평면에서 압력에 의한 응력에 대한 차를 보상한 것이다. 성형 경관 또는 평경관의 경우,  $F = 1.0$ 이다.

$h$  = 압력용기 벽의 바깥쪽 표면에서 안쪽으로 돌출한 노즐 거리, mm.

$R_p$  = 고려되는 노즐의 안쪽 반지름, mm

$S$  = 별표 또는 ASME Sec II, Part D, 표 1A 및 1B의 허용인장응력값, MPa

$S_n$  = 노즐의 허용응력, MPa(위의 S 참조)

$S_v$  = 압력용기의 허용응력, MPa(위의 S 참조)

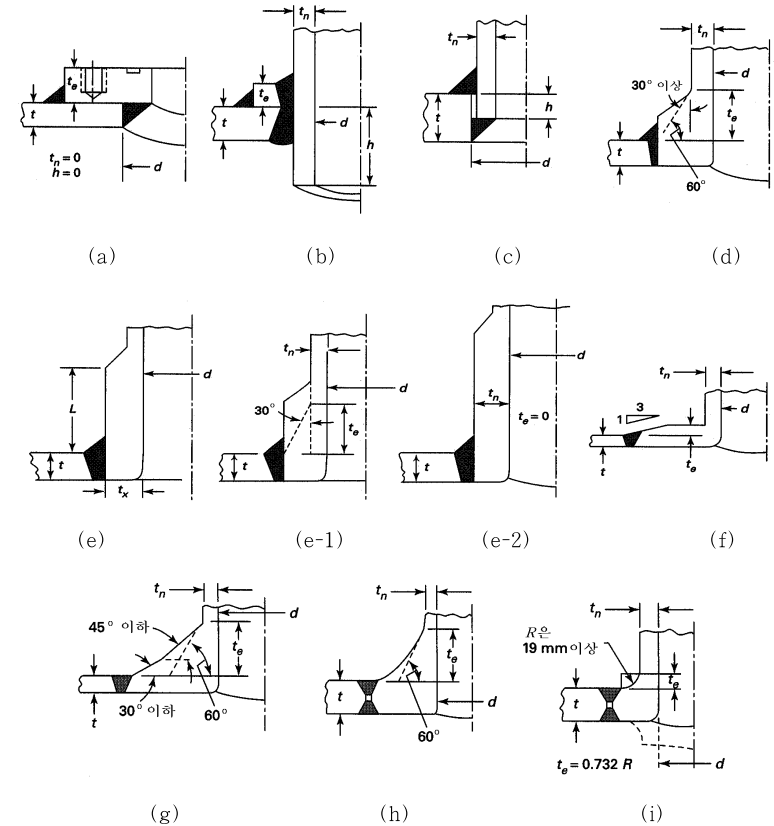
$S_p$  = 보강 부재(판)의 허용응력, MPa(위의 S 참조)

$f_t$  = 1.0을 초과하지 않는 강도 감소계수(그림3 참조)

$f_{11}$  = 압력용기 벽을 관통하여 삽입되는 노즐벽의 경우  $S_n/S_v$

$f_{12}$  = ( $S_n$  또는  $S_p$  중 작은 값)/ $S_v$

$f_{13}$  =  $S_p/S_v$



[그림 4] 치수  $t_n$ ,  $h$  및  $d$ 를 설명하는 대표적 형상

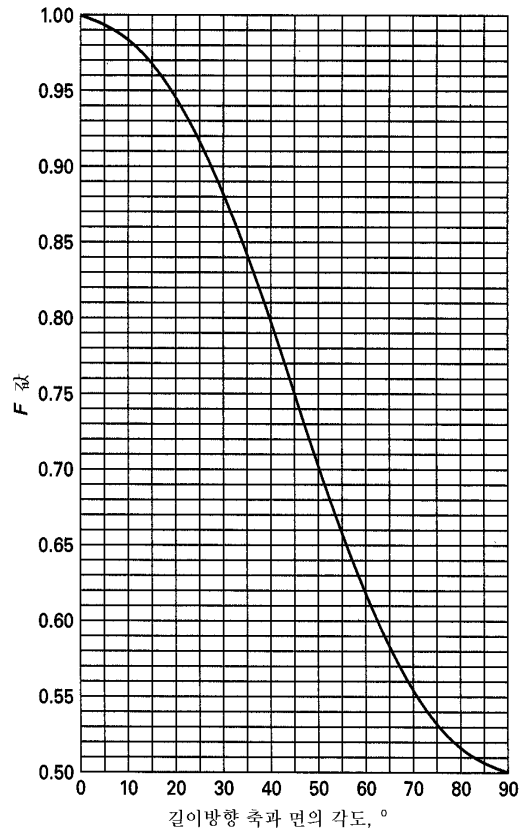
비고 (e-1) 또는 (e-2) 중 어떤 것을 적용할 지 결정하기 위해 (e)를 사용한다.

a)  $L < 2.5 t_r$  이면 (e-1)를 사용한다.

b)  $L \geq 2.5 t_r$  이면 (e-2)를 사용한다.

c) 그림 e)에 보인 최소 30 도 기울기는 스케치 (e-1)과 (e-2)에도 같이 적용된다.





[그림 5] F값을 결정하기 위한 도표

**제17조 (성형 경판에 설치되는 플랜지볼이 구멍)** ① 접시형(torispherical), 타원형 및 반구형 경판에 있는 모든 구멍은 제16조에 따라 보강하여야 한다. 다만, 제2항, 제13조제1항제2호, 제13조제1항제6호 및 제13조제3항 중 어느 하나의 요건을 만족하는 경우에는 보강하지 않아도 된다.

② 접시형 경판에 있는 플랜지볼이 맨홀 구멍은 두께가 38 mm이하인 판재의 경우 플랜지 깊이는 경판의 요구두께의 3배 이상이어야 한다. 또한 두께가 38 mm를 초과하는 판재의 경우, 플랜지 깊이는 판재두께에 75 mm를 더하여야 한다.

**제18조 (스테이가 있거나 또는 없는 평 경판에 있는 구멍에 요구되는 보강)** ① 제15조제3항제1호에 포함된 작은 구멍 이외의 평 경판에 설치하는 모든 구멍은 보강되어야 한다.

② 스테이가 없는 평 경판 : 지름이나 가장 짧은 스패น(span)의  $\frac{1}{2}$  을 초과하지 않는 지름의 구멍이 있는 평 경판은 제16조제2항에 규정한 요구면적의 0.5 배 이상의 총 보강 단면적을 가져야 한다. 두께는 아래의 1 및 2와 같이 필요한 구멍 보강을 위해 증가시킬 수 있다.

1. 제 14 조 ③항의 경판 두께를 계산하기 위한 식(1) 또는 (3)에서 C를 사용하는 대신 2C 또는 0.75 중 작은 값을 사용하거나 또는
2. 제 14 조 ③항의 식(2) 또는 (5)에서 제공된 값에 2배로 계산하여야 한다.

③ 제 14 조 ③항에 규정한 스테이 없는 평 경판으로서 그 안에 있는 단일구멍의 지름이 경판 지름이나 가장 짧은 축의 경판 폭(비원형 경판의 경우)의 1/2을 넘을 경우, 제11조③항에 주어진 방법으로 설계하여야 한다.

**제19조 (보강에 대한 금속의 유효범위)** ① 용기 벽에 수직하고 구멍의 중심을 통과하는 모든 평면에서 금속 보강의 유효범위는 그림 3과 같아야 한다.

② 용기 벽과 평행한 방향의 보강범위는 구멍 축을 중심으로 양방향에 대해 다음의 1 및 2 중 큰 것과 같은 거리에 있어야 한다.

1. 가공이 완료된 구멍의 지름.
2. 가공된 구멍의 반지름에 용기 벽의 두께와 노즐 벽의 두께를 더한 값

③ 용기 면에 수직인 방향의 보강 한계는 표면의 윤곽에 따라 각 면으로부터 다음 중 작은 값으로 한다.

1. 동체 공칭두께의 2.5배
2. 노즐 벽두께의 2.5배에 모든 추가 보강두께의 합

④ 보강의 범위 내에 보강에 유효한 것으로 간주되는 금속은 다음 사항을 포함하여야 한다.

1. 용기 벽에서 압력을 견디는데 필요한 두께를 초과하는 금속, 보강에 유효한 용기 벽의 면적은 그림 3에 나타난 식에서 주어진 A1 값 중 큰 값이다.
2. 용기 벽의 바깥쪽으로 돌출된 노즐 부분에서 압력을 견디는데 필요한 두께를 초과하는 금속, 보강에 유효한 노즐 벽의 최대 면적은 그림 3에 나타난 식에서 주어진 A2 값 중 작은 값이다.  
용기 벽의 안쪽으로 돌출된 노즐 벽의 모든 금속은 보강면적으로 포함시킬 수 있다. 안쪽으로 돌출된 노즐에서의 차압이 구멍 주위의 동체에서 생기는 응력에 반대되는 응력을 발생시킬 수 있는 경우에는 보강면적으로 취해서는 아니 된다.
3. 압력용기 및 노즐 양쪽 모두에 용접된 경우 보강(노즐에 대해 연속적으로)에 추가된 금속과 부착 용접으로 제공된 금속.

**제20조 (보강의 강도)** ① 보강에 사용하는 재료의 허용응력 값은 용기 벽의 허용응력 값 이상이어야 한다. 다만, 보강의 낮은 허용응력값을 보상하기 위해 두 재료의 허용응력값의 비에 반비례하여 보강의 면적이 증가된다면, 낮은 강도의 재료도 사용할 수 있다. 압력용기 벽의 허용응력값 보다 높은 허용응력값을 가진 보강을 하더라도 추가적인 강도를 고려해서는 아니 된다. 압력용기 벽이나 보강을 위해 사용하는 보강판의 외부에 용착된 용접금속은 용접으로 접합된 재료 중 약한 쪽의 허용응력값과 동등한 허용응력값을 갖는 것으로 산정하여야 한다. 용기 벽 또는 보강판 내에 압력용기-노즐 또는 보강판-노즐 간 부착 용접금속은 각각 용기 벽 또는 보강판의 허용응력값과 동등한 허용응력값을 갖는 것으로 볼 수 있다.

② 용기 벽에 일체형이 아닌 보강부재를 부착하는 용접부는 다음 식으로 규정된 부재들에 의해 전달되는 하중 이상의 강도 W 값을 가져야 한다.

$$W = (A - A_1) S_v$$

여기에서, A, A1, 및 Sv는 제16조 및 그림3 을 참조한다.

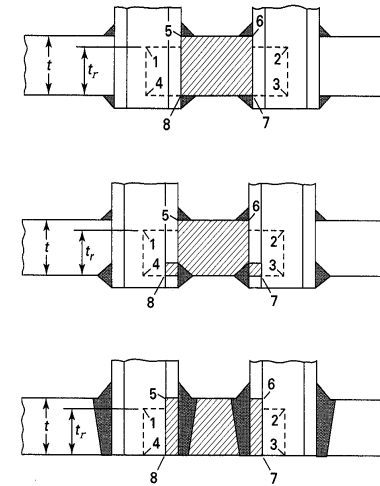
**제21조 (다수 구멍에 대한 보강)** ① 보강이 필요한 어떤 2개의 인접 구멍의 간격이 제19조제2항에서 규정한 거리의 2배보다 작은 경우, 2개의 구멍(또는 이와 유사한 더 큰 구멍의 그룹)은 각각 필요한 보강면적의 합과 같은 면적을 가지는 보강으로 제 15 조에 따라 보강되어야 한다. 단면의 어떠한 부분도 1개 이상의 구멍에 적용하는 것으로 간주되어서는 안 되며, 조합 면적에 대해 1번만 평가하여야 한다. 면적이 겹치는 개구부 사이에 경관 또는 동체의 유효면적은 지름의 비율에 따라 두 개구부 간에 비례하여야 한다.

② 3개 이상의 구멍이 제19조제2항에 정의한 거리의 2배 미만 간격으로 배치되어 보강한계가 서로 중첩되고(그림 6-2) 조합 보강을 해야 하는 경우, 이들 구멍 중 어느 둘의 중심간 거리는 이들 구멍 평균지름의 1½배 이상 이어야 하며, 두 구멍 사이의 보강 면적은 두 구멍에 대해 요구되는 총 보강면적의 50% 이상이어야 한다. 이러한 두 구멍간 중심거리가 이들 구멍 평균지름의 1½배 미만일 경우, 이들 구멍 간 재료의 어느 부분도 보강으로 인정해서는 안 된다. 이러한 구멍은 제21조제3항에서 기술한 바대로 보강해야 한다.

③ 대안으로, 임의의 배열의, 임의의 수와 인접한 구멍은 이러한 구멍을 모두 포함한 것으로 가정한 하나의 구멍으로 간주하여 보강할 수 있다. 가정한 구멍의 보강한계는 제19조제2항제1호와 제19조제3항제1호에 주어진 것이어야 한다. 실제 구멍의 노즐벽은 보강값을 가진 것으로 간주해서는 안 된다. 동체와 헤더의 경우, 가정한 구멍의 지름이 제15조제7항제1호의 한계를 초과할 경우, 제15조제7항제2호의 권고사항을 고려할 수 있다.

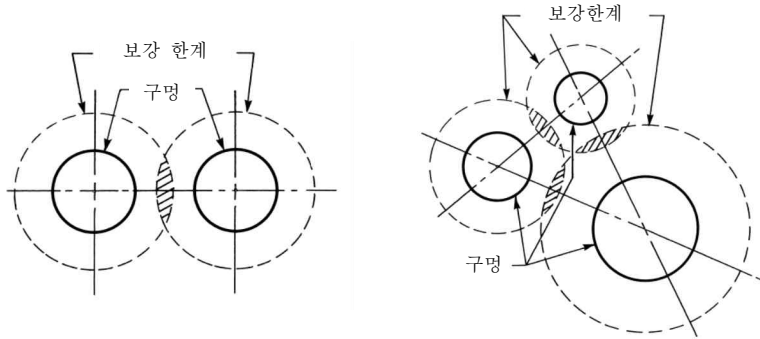
④ 동체 또는 드럼에 일정한 형태로 일련의 구멍(3개 이상)가 있는 경우, 어떤 두 개의 인접한 마무리된 개구부의 중심 간 거리는 평균 지름의 1½배보다 작지 않아야 하고, 어떤 두 개의 마무리된 개구부에 대해 제21조제1항에 따라 보

강하여야 한다. 또한, 실제 동체 벽 내에 어떠한 2개의 마무리된 구멍사이의 순단면적은(동체 벽에 용접되지 않는 보강부분을 제외하고) 이음매 없는 동체의 요구두께에 구멍 중심간의 거리를 곱하여 얻은 단면적에 0.7F를 곱한 값과 최소한 같아야 한다. 계수 F는 그림 5로부터 얻는다(그림 6 참조). 대체적으로 제 5조제2항에 따라, 구멍의 그룹은 제26조 또는 제27조에서 리거먼트에 대한 규정에 따라 설계해도 된다.



[그림 6] 제4항에 주어진 규정의 설명

비고 5, 6, 7 및 8에서 나타낸 단면적은 1, 2, 3 및 4에서 나타낸 사각형의 면적에 0.7F를 곱한 값과 최소한 같아야 한다. 여기에서, F는 그림5에서의 값, t\_r은 이음매 없는 동체의 요구두께이다.



[그림 6-1] 보강한계가 중첩되는 두 구멍 [그림 6-2] 보강한계가 중첩되는 세 개  
간격의 예 이상 구멍 간격의 예

**제22조 (용기 벽에 관 및 노즐을 부착하는 방법)** ① 동체, 드럼 및 헤더에 부착하는 노즐 및 다른 연결부는 그림 4와 같이 한쪽 또는 양쪽에서 적용하는 완전 용입용접, 양쪽에서 적용하는 부분 용입용접, 양쪽에서 적용하는 필릿용접, 반대쪽에서 필릿용접 및 부분 용입용접으로 부착하여야 한다.

② 볼트 스테드를 이용한 연결

1. 용기는 동체, 빌트-업 패드(built-up pad) 또는 부착된 판재나 관 이음쇠에 가공된 평면이 있어야 한다.
2. 평행나사를 위해 탭 가공된 드릴 구멍은 압력용기의 안쪽표면으로부터 벽 두께의 4 이상 관통해서는 아니 된다. 그렇지 않을 경우 최소한 위에서 요구하는 최소요구 두께가 용기의 안쪽표면에 금속을 부착시켜 유지되도록 하여야 한다.
3. 탭 가공된 구멍이 스테드를 위해 제공되는 경우, 나사는 전 길이에 걸쳐 있어야 하고 결함이 없어야 하며,  $d_s$  또는 다음 값 중 큰 값 이상의 길이로 스테드를 체결하여야 한다.

$$0.75d_s \times \frac{\text{설계온도에서 스테드 재료의 최대허용응력값}}{\text{설계온도에서 탭 가공된 재료의 최대허용응력값}}$$

여기에서,  $d_s$ 는 스테드의 지름이며, 나사 물림이  $1.5d_s$ 를 초과할 필요는 없다. 스테드 연결은 보강의 요건을 만족하여야 하며, 스테드만으로 부착된 면적은 보강면적에 포함하지 않는다.

**제23조 (관이음쇠, 플랜지 및 밸브)** ① 모든 관 이음쇠, 플랜지 및 밸브는 특별히 표시하지 않는 한 압력-온도 등급 및 표시를 근거로 정한 아래의 표준 요건을 만족하여야 하고, 표준 내에 들어있는 제한사항을 포함한 특기사항을 만족하여

야 한다.

1. KS B 1511 철강제관 플랜지의 기본치수
2. ASME B16.1, Cast Iron Pipe Flanges and Flanged Fittings (주철관 플랜지 및 플랜지식 관이음쇠)(부속서-1)
3. ASME B16.3, Malleable Iron Threaded Fittings, Classes 150 and 300 (가단 주철 나사식 관이음쇠, 클래스 150 및 300)(부속서-2)
4. ASME B16.4, Gray Iron Threaded Fittings (회주철 나사식 관이음쇠) (부속서-3)
5. ASME B16.5, Pipe Flanges and Flanged Fittings (관 플랜지 및 플랜지식 관이음쇠)(부속서-4)
6. ASME B16.9, Factory-Made Wrought Steel Butt Welding Fittings (공장가공 맞대기 용접 관이음쇠)(부속서-5)
7. ASME B16.11, Forged Fittings, Socket Welding and Threaded (소켓 용접 및 나사식 단조 관이음쇠)(부속서-6)
8. ASME B16.15, Case Bronze Threaded Fittings, Classes 125 and 250 (주조 구리합금 나사식 피팅, 클래스 125 및 250)(부속서-7)
9. ASME B16.20, Metallic Gaskets for Pipe Flanges (관 플랜지용 금속 개스킷 - 링 조인트, 스파이럴 무너 및 재킷형)(부속서-8)
10. ASME B16.24, Cast Copper Alloy Pipe Flanges and Flanged Fittings (주조동합금 관 플랜지 및 플랜지붙이 관이음쇠)(부속서-9)
11. ASME B16.25, Butt Welding Ends (맞대기 용접 끝단부)(부속서-10)
12. ASME B16.34, Valves—Flanged, Threaded, and Welding End (플랜지붙이, 나사 붙이 및 용접 밸브)(부속서-11)
13. ASME B16.42, Ductile Iron Pipe Flanges and Flanged Fittings, Classes 150 and 300 (덕타일 주철 관 플랜지 및 플랜지붙이 관이음쇠, 클래스 150 및 300)(부속서-12)
14. ASME B16.47 Large Diameter Steel Flanges (대 구경 강관 플랜지)(부속서-13)

② 플랜지는 이 기준에서 허용하는 재료 또는 위에서 기술한 해당 제품표준에 열거한 재료로 제작하여야 한다. 다만, 특별히 사용을 금지하거나 이 기준에서 열거한 사용한계를 벗어나는 재료를 사용해서는 아니 된다. 압연 또는 단조 플랜지는 이렇게 허용된 재료 중에서 임의의 단조 규격에 따르는 재료로 제조할 수도 있다. 다만, SA-181은 압력 등급이 클래스 300 이상이 되는 플랜지에 사용해서는 아니 된다. 허브(hub)형 플랜지는 판재로부터 절단하

거나 기계가공해서도 아니 된다.

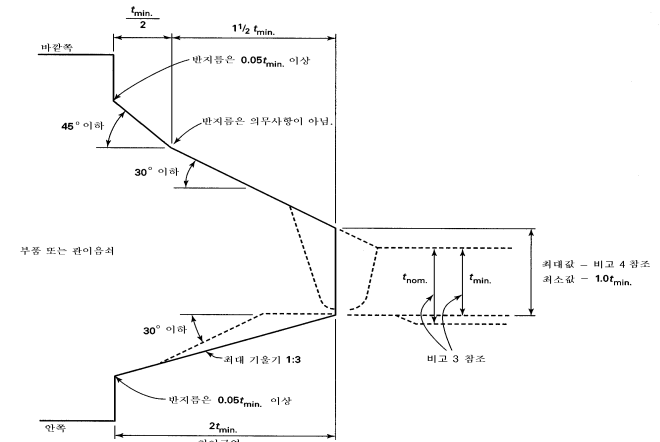
- ③ 이 기준에서 허용하는 다른 재료로 제작된 플랜지는 최소한 해당 규격의 강도 요건을 만족하여야 한다. 또한, 플랜지의 면 치수 및 볼트 원(circle)은 별도로 요구하는 표준에 따라야 한다.
1. 압력을 받는 모든 관 이음쇠 및 밸브 몸체의 두께는 사용 재료에 해당하는 최대 허용사용압력 및 온도에 대해 위에 열거한 해당 표준에서 요구하는 것 이상이어야 한다.
  2. 부속서 4(ASME B 16.5) 또는 부속서 11(B 16.34)에 따르는 주강제 용접형 밸브 및 관이음쇠의 원통형 끝단부는, 이들 부위가 내부 및 외부 양쪽 모두 다듬질 가공되고, 또한 용접 끝단 천이부의 윤곽이 제3호를 만족한다면, 100%의 주물 품질계수를 적용하여도 된다.
  3. 관이음쇠 및 밸브와 같은 부품 몸체의 용접 끝단부는 인접한 관에서 부품 몸체에 이르기까지 두께가 점진적으로 변하도록 하여야 한다. 그림 7에 나타내는 포락선에 완전히 놓이는 용접 끝단 천이부의 형상이 다음 사항을 만족한다면 허용된다.
    - 가. 천이구역의 벽두께는 제1호 및 제2호에서 요구되는 관이음쇠 및 밸브두께는 그림 7에서 정의한 관 두께  $t_{min}$ 의 최소값 중 작은 값 이상이 되어야 한다.
    - 나. 용접 이음부를 포함한 천이구역은 예리한 오목각과 기울기의 급격한 변화를 피하여야 한다. 테이퍼 천이부에서 임의의 두 인접 표면사이의 끼인각이 150°미만인 경우, 용접 덧살을 제외한 교차부 또는 모서리의 반지름은 최소한  $0.05t_{min}$ 이어야 한다.
  4. 부속서 4(ASME B 16.5)의 요건을 만족하는 플랜지 및 플랜지볼이 관이음쇠나 (부속서 11)(ASME B 16.34)의 요건을 만족하는 밸브는 이들 표준에서 설정한 압력-온도 등급에서 사용할 수 있다. 표준 클래스, 특수 클래스 또는 제한된 클래스의 밸브는 그것이 사용되는 곳에서 모든 밸브의 부품이 압력-온도 조건에 적합하다면 사용하여도 된다. 중간 등급 또는 클래스의 밸브는 부속서 11(ASME B 16.34)에 규정한 대로 허용된다.
  5. 사용요건이 부속서 4(ASME B 16.5) 또는 부속서 11(ASME B 16.34)에서 주어진 허용 값을 초과하는 경우, 부속서 4(ASME B 16.5) 또는 부속서 11(ASME B 16.34)의 가장 근접한 압력 등급 클래스보다 처짐 한계가 더 크지 않고, 안전계수가 작지 않도록 볼트재료, 플랜지 두께 및 몸체 두께가 증가되었다면, 이 기준 요건을 만족하는 것으로 한다.
  6. 강재 맞대기 용접 관이음쇠는 최소한 부속서 5(ASME B 16.9)의 요건과 같다면 사용하여도 된다.
  7. ASME 표준 삽입 플랜지는 DN 100을 초과해서는 아니 된다. 삽입 플랜지는 양면 필릿용접으로 부착하여야 한다. 필릿용접부의 목두께는 플랜지

가 부착되는 부품 두께의 0.7배 이상 되어야 한다.

8. ASME 표준 소켓용접 플랜지는, 플랜지 치수가 클래스 600 이하의 경우 DN 80을 초과하지 않고, 클래스 900 및 1,500의 경우 DN 65를 초과하지 않으면, 배관 또는 보일러 노즐에 사용하여도 된다.
9. 클래스 125, 150, 250 및 300 압력 등급에 대한 ASME 표준 요건을 만족하는 주철 또는 가단 주철재의 나사볼이 관이음쇠는 별도로 사용을 금지하거나 특별히 플랜지볼이 관이음쇠가 요구되는 경우를 제외하고는 사용할 수 있으나 230℃를 초과하는 온도에서 사용해서는 아니 된다.
10. 별도로 요구되는 ASME 표준 관이음쇠의 강도요건에 최소한 동일한 주강품 또는 단강품 나사 볼이 관이음쇠 또는 밸브는 플랜지볼이 관이음쇠가 특별히 요구되는 경우를 제외하고 모든 경우에 사용할 수 있다.

**제24조 (노즐 넥 두께) ① 적용 가능한 경우, 모든 노즐 넥의 최소두께, 출입구, 및 검사용 구멍은 부식과 침식 여유를 포함하여 모든 적용 가능한 하중에 대해 요구된 두께보다 작아서는 안 된다. 출입구와 검사용 구멍을 제외하고, 노즐 넥의 최소두께는 다음 중 값 중에서 작은 것보다 커야 한다.**

1. 노즐 넥이 부착되는 이음매 없는 동체의 최소요구두께에 부식 또는 침식 여유를 추가(해당하는 경우)
2. ASME B 36.10에 열거된 표준관의 최소 벽 두께에 부식 및 침식 여유를 추가(해당하는 경우)



[그림 7] 용접 끝단 천이부의 최대범위

- 비고 1. 용접 베벨(bevel)은 단지 설명을 위해 나타내었다.
- 보강 덧살은 허용되는 천이부의 최대범위 밖에 있어도 된다.
- $t_{min}$  값은 다음 값 중 하나로 한다.

- a) 주문한 관의 최소 벽두께
  - b) 주문한 튜브의 최소 벽두께
  - c) -12.5%의 공차를 갖는 관 스케줄 벽두께로 주문한 관 공칭 벽두께의 0.875배
  - d) 이음부가 두 부재 사이에 있는 경우, 부재 또는 관이음쇠(또는 둘 중 얇은쪽)의 원통형 용접 끝단부의 주문한 최소 벽두께
4. 부재의 끝단에서의 최대 두께는 다음 중 하나로 한다.
- a) 최소 벽두께로 주문한 경우, ( $t_{min} + 4$  mm) 또는  $1.15t_{min}$  중 큰 값
  - b) 공칭 벽두께로 주문한 경우, ( $t_{nom} + 4$  mm) 또는  $1.10t_{nom}$  중 큰 값

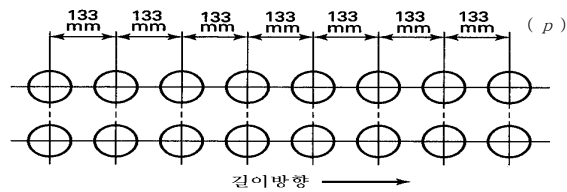
**제25조 (검사 구멍)** ① 보일러 또는 부품은 시험 또는 청소를 하기 위한 맨홀, 핸드홀 또는 다른 검사 구멍이 있어야 한다. 다만, 구멍이 명백하게 필요 없거나 사용되지 않는 특별한 형태의 보일러는 검사구멍이 없어도 된다.

1. 타원형 맨홀 구멍의 크기는 300mm × 400mm 이상이어야 한다.
  2. 원형 맨홀 구멍의 지름은 380mm 이상이어야 한다.
  3. 보일러 드림 또는 동체에 있는 핸드홀 구멍은 70mm × 89mm 이상이어야 한다.
- ② 맨홀 및 핸드홀의 덮개판과 요크는 압연, 단조, 또는 주강을 사용하여야 한다. 다만, 압력이 1.7 MPa를 초과하지 않는 경우 또는 온도가 230℃를 초과하지 않는 경우, 핸드홀 덮개판과 요크 둘 중 하나는 SA-278에 적합한 주철로 제조해도 된다. 볼트와 요크를 포함한 부품(사용하는 경우)의 강도는 이 부품이 사용되는 조건에 맞아야 한다.
- ③ 맨홀 구멍에 개스킷을 위한 지지면의 최소 폭은 17mm 이상이어야 한다. 보일러의 맨홀 또는 핸드홀에 사용하는 어떠한 개스킷도 압축할 때 두께가 6mm를 초과해서는 아니 된다.

**제26조 [규칙배열 리거먼트(ligament)]** ① 제 15 조 ②항에 만족하면, 압력부품에 규칙적으로 배열되는 튜브 구멍사이의 리거먼트 효율은 다음과 같이 계산하여야 한다.

1. 용기 축에 평행한 구멍
  - 가. 그림 8에서와 같이 모든 튜브 열에서 튜브구멍의 피치가 동일한 경우에는 다음의 식으로 한다.

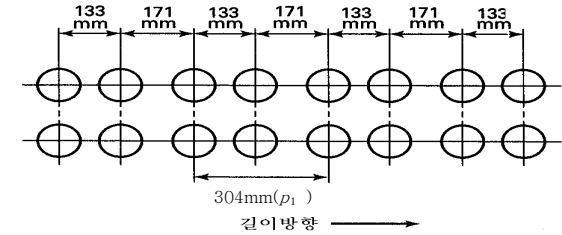
$$E(\text{리거먼트 효율}) = \frac{p-d}{p}$$



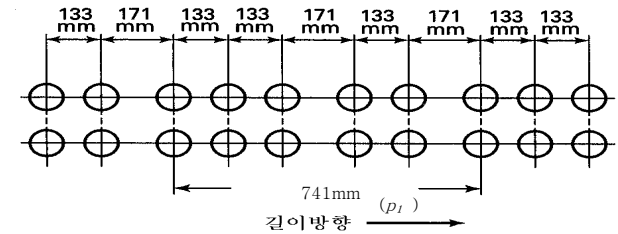
[그림 8] 모든 열에서 구멍의 피치가 동일한 튜브 간격의 예

- 나. 그림 9.1 또는 그림 9.2에서와 같이 어느 한 열에서 튜브 구멍의 피치가 동일하지 않는 경우에는 다음의 식으로 한다.

$$E(\text{리거먼트 효율}) = \frac{p_1 - nd}{p_1}$$



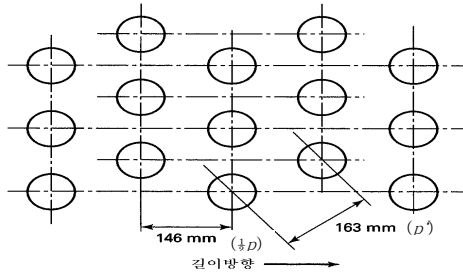
[그림 9.1] 매 2열마다 구멍의 피치가 다른 튜브



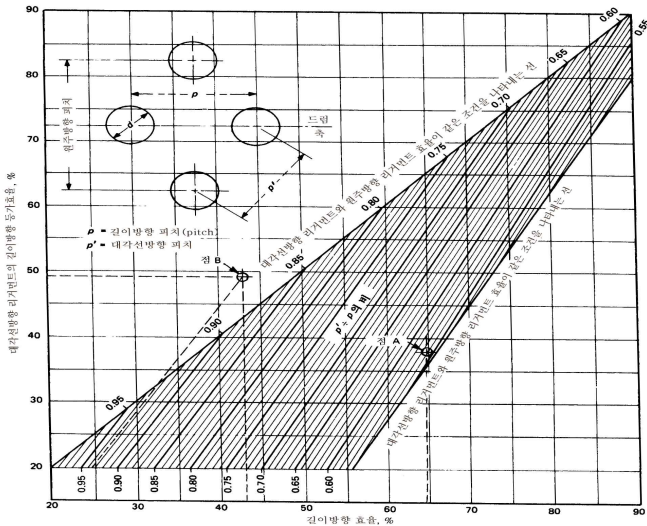
[그림 9.2] 2열 및 3열에서 구멍의 피치가 변하는 튜브

- ② 용기의 축에 수직인 구멍의 경우, 길이방향 응력을 받는 튜브 구멍 사이의 리거먼트 강도는 최소한 원주방향 응력을 받는 튜브 구멍 사이에 요구되는 리거먼트 강도의 1/2 배로 하여야 한다.
- ③ 그림 10에서 나타난 것처럼 동체 또는 드림에 대각선 방향으로 튜브 구멍을 드릴 가공하는 경우, 리거먼트 효율은 그림 11의 도표 값으로 하여야 한다. 가로좌표 값  $(p-d)/p$  및  $p'/p$ 의 비율(ratio)을 계산 한다. 이러한 값을 이용하여 리거먼트 효율은 세로좌표로부터 읽는다. 만일 교점이 대각선 및 길이방향의 리거먼트에 대해 동일한 효율 곡선 위에 있다면, 길이방향의 리거먼트가 대각선방향의 리거먼트보다 더 약하다. 이러한 경우 효율은 다음의 식으로 계산한다.

$$\frac{p-d}{p}$$



[그림 10] 대각선 방향에 튜브 구멍이 있는 튜브



[그림 11] 원통형 동체에 있는 구멍 사이의 길이방향 및 대각선 방향의 리거먼트 효율을 결정하기 위한 도표

비고 1. 다음의 비고 2, 3. 및 4의 식은 사용자의 선택에 따라 도표 대신 사용하여도 된다. 이들 식은 이 도표의 범위를 벗어나는 경우에도 적용할 수 있다.

$$2. \text{ 대각선방향 효율, \%} = \frac{J + 0.25 - (1 - 0.01E_{\text{길이방향}}) \sqrt{0.75 + J}}{0.00375 + 0.005J}$$

$$\text{여기에서, } J = (p'/p_1)^2$$

3. 대각선방향 및 원주방향의 리거먼트 효율이 동일한 조건의 곡선

$$\text{대각선방향 효율, \%} = \frac{200M + 100 - 2(100 - E_{\text{길이방향}}) \sqrt{1 + M}}{(1 + M)}$$

$$\text{여기에서, } M = [(100 - E_{\text{길이방향}}) / (200 - 0.5E_{\text{길이방향}})]^2$$

$$4. \text{ 길이방향 효율, \%} = E_{\text{길이방향}} = [(p_1 - d) / p_1] \cdot 100$$

④ 튜브 또는 구멍이 축에 평행한 선을 따라 대칭인 그룹을 이루어 드럼 또는

동체에 배열되고, 각 그룹의 간격이 동일한 경우, 그룹 중 하나의 효율은 최대 허용사용압력을 근거로 한 효율 이상이어야 한다.

⑤ 제1항부터 제4항까지의 식에서 사용된 기호의 정의는 다음과 같다.

$p$  = 인접 구멍의 길이방향 피치, mm

$p'$  = 인접 구멍의 대각선방향 피치, mm

$p_1$  = 일련의 대칭적인 구멍 그룹에서 해당 구멍 사이의 피치, mm

$d$  = 구멍의 지름, mm

$n$  = 길이  $p_1$  내에 있는 구멍의 수

$E$  = 리거먼트 효율

피치는 원통의 평균 반지름으로 결정하여야 한다.

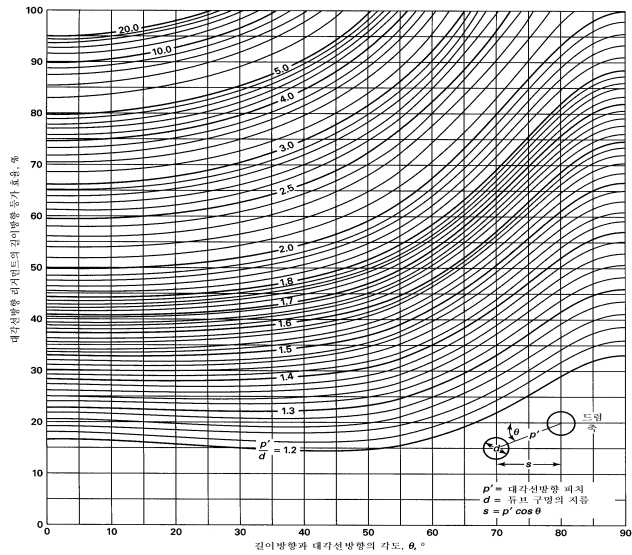
제27조 (불규칙 배열 리거먼트) ① 제15조제2항에 만족하면, 압력 부품에 불규칙적으로 배열되는 3개 이상 튜브 구멍사이의 리거먼트의 효율은 다음과 같이 계산하여야 한다.

1. 3개 이상 튜브 또는 구멍의 배열이 불규칙적이거나 비대칭인 경우, 평균 리거먼트 효율은 다음에 주어진 값 이상이어야 한다.

가. 최소효율을 보이는 위치에서 길이가 드럼의 안지름과 동일한 경우, 효율은 최대 허용사용압력을 근거로 한 효율보다 작아서는 아니 된다. 드럼의 지름이 1500mm를 초과하는 경우, 이 규정에 적용하는 길이는 1500mm로 하여야 한다.

나. 최소효율을 나타내는 위치에서 길이가 드럼의 안쪽 반지름과 동일한 경우, 효율은 최대 허용사용압력을 근거로 한 효율의 80% 이상이어야 한다. 드럼의 반지름이 750mm를 초과하는 경우, 이 규정에 적용하는 길이는 750mm로 하여야 한다.

2. 구멍이 드럼을 따라 길이방향으로 배열되어 있지만 일직선상에 있지 않는 경우, 효율을 계산하기 위한 규정은 대각선방향 리거먼트의 길이방향 등가폭이 사용되는 것을 제외하고 위의 규정을 사용하여야 한다. 등가폭을 구하기 위해, 대각선방향 리거먼트를 갖는 두 구멍의 길이방향 피치는 대각선방향의 리거먼트 효율을 곱하여야 한다. 대각선방향의 리거먼트를 위해 사용하는 효율은 그림 12를 사용한다.



[그림 12] 원통형 동체에 있는 구멍 사이의 대각선방향 리거먼트에 대한 길이방향 증가효율을 결정하기 위한 도표

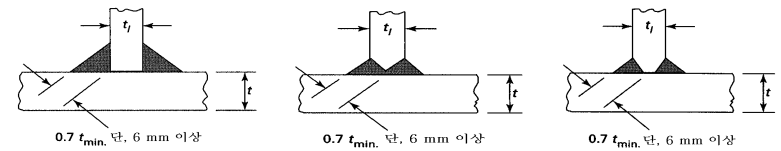
비고 1. 다음의 비고 2의 식은 사용자의 선택에 따라 도표 대신 사용하여도 된다. 이 식은 도표의 가로좌표 및 세로좌표의 범위를 벗어나게 사용하여서는 아니 된다.

2. 대각선방향 리거먼트의 길이방향 증가효율,

$$\% = \frac{\sec^2\theta + 1 - \left(\frac{\sec\theta}{P'/d}\right)\sqrt{3 + \sec^2\theta}}{0.015 + 0.005\sec^2\theta}$$

**제28조 (지지물 및 부착 러그)** ① 동체, 드럼, 헤더에 용접되는 러그, 행거 또는 브래킷(bracket)은 완전 용입용접, 그루브 및 필릿의 조합용접 또는 전 둘레 또는 접촉 가장자리를 따라 필릿 용접으로 부착하여야 한다.

- ② 필릿 용접에 대한 허용 하중은 최소 다리(Leg) 치수를 근거로 한 용접면적, 용접된 재료의 허용인장응력 값 및 계수 0.55를 곱한 값 이상이어야 한다.
- ③ DN50 이하이고 두께가 6mm이하인 동체, 드럼, 헤더에 용접되는 러그, 행거 또는 브래킷에 대해 허용 가능한 형상 및 목두께는 그림 13과 같이 하여야 한다.



[그림 13] 동체, 드럼, 헤더에 용접되는 러그, 행거 및 브래킷의 허용형태

비고 1.  $t_{min}$  은 필릿, 단일베벨, 단일 J형 용접으로 이음한 용접부품의 어느 한쪽 두께 또는 19mm 중 작은 값

**제29조 (판재 및 자재의 절단)** ① 판재는 기계가공, 펀칭(punching), 전단(shearing), 전기아크 또는 가스로 절단할 수도 있다. 다만, 제30조를 만족하기 위한 충분한 가공여유가 있어야 한다.

② 완성된 용기의 노즐 또는 맨홀 넥(neck) 끝 면이 용접되지 않은 상태로 남아있는 경우, 끝 면을 매끈하게 마무리하는 방법으로 제거할 수 있는 3.0mm 이상의 여유 금속을 남겨두지 않는다면 전단으로 절단해서는 아니 된다.

**제30조 (튜브 구멍의 가공)** ① 튜브구멍은 평판으로부터 드릴 가공하여 최종치수를 맞추어야 한다.

- ② 지름은 최종크기보다 최소한 13mm 작게 펀칭(punching)한 다음 드릴링(drilling), 리밍(reaming) 또는 회전 절삭기로 최종크기를 마무리하여야 한다.
- ③ 열-아크 또는 플라즈마-아크 절단 방법으로 구멍을 내는 경우에는 절단시 발생하는 기계적 및 금속적 성질에 영향을 받은 모든 부분을 후속 기계가공에 의해 완전히 제거되도록 구멍지름을 최종치수에 비해 충분히 작게 뚫어야 한다.
- ④ 재료두께가 튜브 확관에 의해 적절한 지지력을 얻는데 필요한 두께보다 큰 경우, 튜브 끝이 적절히 확관 되도록 좁은 쪽의 튜브자리를 만들기 위해 튜브구멍을 카운터보링(counterboring)하여도 된다. 다만, 이 경우 튜브 끝에 적절한 양의 플레어(flare)를 주기 위한 공간이 있어야 한다.

**제31조 (원통형 동체의 허용 진원도)** ① 드럼, 헤더, 동체의 원통형 단면과 유사한 부품은 어떤 단면의 최소평균지름과 최대 평균지름 사이의 차이를 기준으로 어느 단면에서든지 평균지름의 1% 이내이어야 한다. 지름에서 이 차이를 결정하기 위한 측정은 내경 또는 외경을 측정할 수 있고 그 부품이 동일하지 않은 두께로 만들 경우 그 측정은 그들이 적용한데서 그 판재의 중간선을 결정하도록 판재 두께를 보정하여야 한다.

1. 이 기준을 만족하기 위해 필요하다면 재가열, 재압연(롤링) 또는 재성형하여도 된다.

2. 지름간의 차이 측정은 원통형동체의 안쪽이나 바깥쪽에서 측정하여도 된다.
3. 두께가 다른 판재로 제작된 경우, 판 두께 중심선에서 지름을 구하는 경우에는 판 두께에 대해 보정하여야 한다.

② 외부압력을 받는 용접된 원통형 로(Furnace) 및 기타 원통형 부품은 (+) 및 (-) 최대 편차가 다음 값을 초과하지 않는 실질적인 진원이 되도록 압연하여야 한다.

1. 바깥지름이 600mm를 초과하는 부재의 경우, 최대 허용편차 "e"는 그림 14로부터 구한다.
2. 바깥지름이 600mm 이하인 부재의 경우, 최대 허용편차는 바깥지름의 1%를 초과해서는 아니 된다.
3. 기호의 정의는 아래와 같다.

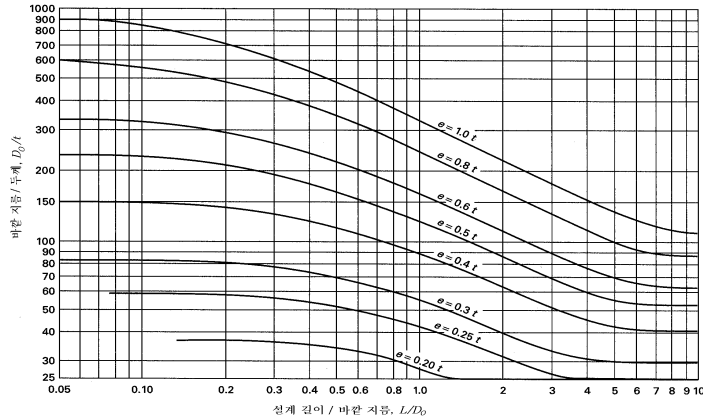
$D_o$  = 원통형 로 또는 튜브의 바깥지름, mm

$L$  = 튜브시이트 사이의 로 또는 튜브의 총 길이 또는 다음 중 가장 큰 값을 취하는 로의 설계 길이, mm

가. 임의의 근접한 두 개의 보강링 사이의 중심에서 중심까지의 최대 거리  
나. 튜브시이트와 첫 번째 보강링의 중심사이의 거리 (아답슨 또는 링 보강의 경우)

다. 첫 번째 보강링의 중심에서 경관 접선으로부터 깊이의  $\frac{1}{8}$  로 성형된 경관의 원주선까지의 거리

$t_s$  = 원통형 로 또는 튜브의 공칭 두께, mm



[그림 14] 외부압력을 받는 원통체의 진원에 대한 최대 허용편차

비고 1. 위의 도표(chart)는 바깥지름이 600mm를 초과하는 원통에 적용한다.

2. 이 곡선을 벗어나 위·아래에 있는 점에 대해서는 각각 곡선  $e = 1.0t_s$  또는  $e = 0.2t_s$ 를 사용한다.

**제32조 (성형 경관의 공차)** 경관을 타원형으로 만들 경우, 경관의 안쪽 면은 타원의 큰지름이 경관 안지름과 같고 짧은 지름의  $\frac{1}{3}$ 이 경관 깊이와 같게 그린 진 타원의 바깥쪽에 있도록 하여야 한다. 진 타원과의 최대 편차는 경관 안지름의 0.0125배를 초과하여서는 아니 된다.

**제33조 <삭제>**

**제34조 (안전밸브)** 기술기준 제75조에서 요구하는 안전밸브의 요건은 제 35 조부터 제 40 조까지 규정한 사항에 만족하는 것을 말한다.

**제35조 (안전밸브의 요건)** ① 보일러에는 최소한 하나의 안전밸브 또는 압력방출밸브를 설치하여야 한다. 가열면적이  $47\text{m}^2(500\text{ft}^2)$  이상이고 보일러의 설계 증기 발생 용량이  $1800\text{kg/hr}(4000\text{lb/hr})$ 을 초과하는 경우에는 2개 이상의 안전밸브 또는 압력방출밸브가 필요하다.

② 보일러(제4항에 기술된 사항은 제외)에 대한 안전밸브 또는 압력방출밸브 용량은 안전밸브 또는 밸브 설정압력 중 최고압력의 6%를 초과하지 않도록 보일러에서 생성될 수 있는 모든 증기를 방출할 수 있어야 하고, 어떤 경우에도 최대 허용사용압력의 6%를 초과하여 설정하여서는 아니 된다.

1. 모든 보일러에 대한 안전밸브 또는 압력방출밸브의 최소요구 방출용량은 보일러 제조자가 결정한 최대설계 증기발생량 이상이어야 한다.

2. 폐열 보일러에 대한 최소요구 방출용량은 보일러 제조자가 결정하여야 한다. 보조연소가 폐열회수와 조합하여 사용될 경우, 보일러 제조자가 결정한 최대출력은 전체 요구용량에서 보조연소의 영향을 포함하여야 한다. 보조 연소가 폐열회수를 대신하여 사용될 경우, 최소요구 방출용량은 보조 연소나 폐열회수 중 높은 것을 기준으로 하여야 한다.

3. 보일러로부터 차단되어 화염 압력용기가 될 수 있는 질탄기는 한 개 이상의 압력방출밸브가 있어야 한다. 여기서, 압력방출밸브 총 방출용량  $\text{kg/hr}(\text{lb/hr})$ 은 보일러제조자가 결정한 예상최대흡수열량  $W(\text{Btu/h})$ 을  $646(1000)$ 으로 나누어 계산한 것이다.

4. 과열기 또는 재열기 표면 유로의 하류에 증기 발생 표면이 위치하는 보일러에 설치된 모든 압력방출밸브를 전 양정에서 방출시킬 경우 증기발생량은 최고허용사용압력(MAWP)에서의 최대설계증기용량을 초과하여도 된다. 이 경우 제조자는 아래 방법 중 하나로 조치하여야 한다.

가. 모든 압력방출밸브의 최소 방출용량은 전 양정에서 방출할 때 발생할 수 있는 증기의 양 이상이어야 한다. 1차 열원과 함께 보조연소를 사용하는 보일러는 제조자가 총 요구용량에 이러한 연소의 영향을 포함시켜야 한다.

나. 모든 압력방출밸브의 최소요구방출용량은 보일러의 최고허용사용압력에서의 최대증기발생용량 이상이어야 하며, 그 보일러는 증기압에 따라 제어되는 다음기능을 상회하는 장치를 설치하여야 한다.



- (1) 증기발생량이 보일러의 최고허용사용압력에서 최대증기발생용량을 초과하지 않도록 보일러의 총 열입력을 감소시키는 제어장치
  - (2) 증기 압력이 보일러 최고허용사용압력의 106%에 도달하면, 보일러의 열입력을 차단하는 제어장치
- ③ 보일러 본체에 있는 한 개 이상의 안전밸브는 최대 허용사용압력 이하로 설정하여야 한다.(제4항에 기술된 사항은 제외) 추가 밸브가 사용되면, 최고 설정압력은 최대 허용사용압력의 3%이상 초과해서는 아니 된다. 보일러에 있는 모든 포화증기 안전밸브의 전체 압력 설정범위는 밸브 설정압력 중 최고압력의 10% 이상 초과해서는 아니 된다.
1. ②항 3에 의해 요구되는 질단기 압력방출장치는 질단기의 최대허용사용압력을 이용하여 이보다 더 높게 설정하여야 한다.
- ④ 증기압력에 응동하는 자동제어 및 보호 인터록(interlock) 장치가 장착된 관류보일러의 안전밸브는 제1항부터 제3항까지에서 기술한 내용에 따라 설치하거나 또는 아래와 같은 보호 장치를 하여야 한다.
1. 동력작동(power actuated) 압력방출밸브
- 가. 한 개 이상의 동력작동 압력방출밸브는 보일러압력부와 직접 교신할 수 있어야 하며, 과열기 출구에서 최대 허용사용압력을 초과하는 경우, 밸브를 개방하기 위한 제어 임펄스(impulse) 신호를 받도록 하여야 한다. 동력작동 압력방출밸브의 총 방출용량은 보일러제조자가 결정한 모든 작동조건하에서 보일러의 최대설계 증기발생량의 10% 이상이어야 한다. 밸브는 과압을 방출시킬 수 있는 압력부 계통에 설치하여야 한다.
  - 나. 동일한 용량의 대체 동력작동 압력방출밸브가 가의 기준에 따라 보일러와 직접 통신하도록 설치된다면, 수리가 가능하도록 바깥나사-요크형 또는 불형태의 격리용 스톱밸브(stop valve)를 동력작동 압력방출밸브와 보일러 사이에 설치하여도 된다.
  - 다. 격리용 스톱밸브의 배출구 면적은 동력작동 압력방출밸브의 입구 면적과 최소한 같아야 한다. 격리용 스톱밸브가 불형태인 경우, 밸브의 개폐 위치를 확실히 식별할 수 있도록 하여야 한다. 격리용 스톱밸브가 동력 작동형(공압, 모터, 유압 등)인 경우, 수동 보강원충기드(override) 기구가 있어야 한다.
  - 라. 안전밸브 기능을 가진 고압바이패스 장치는 동력작동 압력방출밸브 용량으로 산정할 수 있으며, 아래 항목에 모두 만족하는 경우에는 동력작동 압력방출밸브만으로 최대설계 증기발생량의 100% 이상이 되도록 할 수 있다.
  - 마. 동력작동 압력방출밸브는 아래와 같은 기능을 가져야 한다.
    - (1) 전기, 압축공기, 증기, 가압수, 압력유의 동력원에 의하여 밸브를 개폐하는 것으로서 검출부의 증기압력이 규정분출압력에 도달할 때에 즉

- 시 열리는 것이어야 할 것.
  - (2) 밸브는 증기 압력의 변화만을 검출하는 장치를 별개로 가지는 것이어야 할 것.
  - (3) 압력릴리프장치에 있어서는 대기에, 안전밸브 기능을 가진 바이패스 장치에 있어서는 대기 또는 저압용기에 배기를 방출하는 구조이어야 할 것.
2. 스프링식(spring-loaded) 안전밸브
- 가. 1호에 의해 설치된 동력작동 압력방출용량의 값을 포함하여 총 조합방출용량은 보일러제조자가 결정한 최대설계 증기발생량의 100% 이상이 되도록 하여야 한다. 이러한 총합에서, 실제 설치된 동력작동 압력방출밸브에 대해 총 요구 방출용량의 30%를 초과하도록 허용해서는 아니 된다. 다만, 1호 라목에 따라 설계되는 경우에는 그러하지 아니하며, 아래 다목의 대체 기준을 만족하는 경우는 제외한다.
  - 나. 스프링식 안전밸브의 일부 또는 전부는 그들이 연결된 부품의 최대 허용사용압력을 초과하여 설정하여도 되지만, 그러나 설정 압력은 동력작동 압력방출밸브와 함께 이들 밸브의 전부가 작동할 때 압력이 보일러의 모든 부분에서 최대 허용사용압력의 20% 이상 상승하지 않도록 하여야 한다.
  - 다. 스프링식 안전밸브의 총 설치 용량은 다음 조건 전부를 만족한다면 위의 가목의 요건보다 작아도 된다.
    - (1) 보일러의 증기 발생량이 450,000 kg/hr 이상이어야 하고 동력발생이 단일시스템으로 되어 있을 것(1대의 보일러와 1대의 터빈발전기로 구성)
    - (2) 보일러는 증기 압력의 변화에 대응하는 다음을 포함하는 자동 장치가 있을 것.
      - (가) 원하는 작동범위에서 증기압력을 유지 할 수 있고, 변화하는 증기 출력에 비례하여 연소량 및 급수 유량을 조정 할 수 있어야 한다.
      - (나) 증기압력이 최대 허용사용압력의 10%를 초과할 때, (가)의 제어와 관계없이 연료량 및 급수유량을 감소시킬 수 있어야 한다.
      - (다) 독립적인 압력 감지장치를 사용하여 위 (나)의 설정 압력보다 높은 압력에서 보일러로 유입되는 연료 및 급수의 흐름을 차단하는 과압방지 작동기구를 설치하여야 한다.
    - (3) 스프링식 안전밸브가 2개 이상이고, 안전밸브의 총 정격 방출용량이 제조자가 결정한 보일러의 최대설계 증기발생량의 10% 이상일 때, (스프링식 안전밸브는 그것이 연결된 부품의 최대 허용사용압력을 초과하여 설정하여도 되지만, 최대 허용사용압력을 초과하여 20% 보다 높지 않은 압력에서 열리도록 설정하여야 한다)
    - (4) 최소한 2개의 스프링식 안전밸브가 보일러로 유입되는 연료 및 급수

의 흐름을 차단하는 제어기에 직접 밸브 스템(stem)의 개방 동작을 전달할 수 있는 장치를 설치한 때,

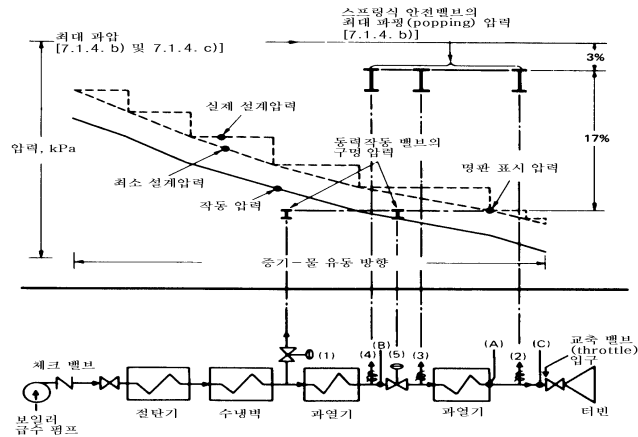
(5) 나목에서 요구하는 모든 제어기 및 장치에 대한 동력공급이 보일러와 동일한 설비 내에 있고, 다른 동력원의 파손이나 중단에도 제어기와 장치를 지속적으로 작동하도록 하는 동력원이 있을 때,

라. 스톱 밸브가 고정 증기나 수위가 없는 강제유동 증기발생기의 두 부분 사이의 증기-물 흐름 경로에 설치되는 경우, 다음 사항을 모두 만족하여야 한다.

(1) 제1호에서 요구되는 동력작동 압력방출밸브는, 스톱밸브의 상류에서 최저 압력수준을 갖는 기기의 최대 허용사용압력이 초과할 때, 개방을 위한 제어 임펄스를 수신할 것.

(2) 스프링식 안전밸브는 2. 가 또는 2. 나 및 2. 다의 압력보호 요건에 맞게 설치할 것.

3. 강제유동 증기발생기(관류형 보일러)에 대한 안전밸브의 요건은 아래 그림 15를 참조하여야 한다.



[그림 15] 강제순환 증기발생기에 대한 과압보호 조건

비고

1. 압력

- (A) = 최대허용사용 압력
- (B) = 임구에서 스톱밸브 (5)까지의 기기 설계 압력 [④항 2.라.(1)]
- (C) = 터빈 교축 밸브 임구 압력

2. 압력방출밸브

- (1) = 동력작동 밸브[④ 1.]
- (2), (3) 및 (4) = 스프링식 안전밸브[④ 2.가]
- (5) = 과열기 스톱 밸브[④항 2.라]

3. 방출밸브 흐름 용량(보일러의 정격 용량에 근거한 최소 값)

- (1) = 10~30% [④ 1.]
- (2) = 한 개 밸브의 최소 값(제37조 ①항)
- (2) + (3)[스톱밸브 (5) 방향으로 흐름 때] = 독립적으로 연소되는 과열기에 필요한 양(제37조 ③)
- (2) + (3) + (4) = 100% - (1)[④ 2.가]

4. 방출밸브 개방 압력(최대)

- (1) = (A) 및 스톱밸브 (5)가 있을 때 (B)[④ 1.]
- (2), (3) 및 (4) = (A) + 17% [④ 2.가]
- (5) = (A)[④ 1.]

5. 안전밸브 흐름 용량(보일러의 정격 용량에 근거한 최소 값)

- (1) = 10~30% [④ 1.]
- (2) = 한 개 밸브의 최소 값(제37조 ①항)
- (2) + (3)[스톱밸브 (5) 방향으로 흐름 때] = 독립적으로 연소되는 과열기에 필요한 양(제37조 ③항)
- (4) = 스톱밸브 (5)가 있을 때 2개의 밸브 최소 값의 총 10%
- (2) + (4) = 스톱밸브 (5)가 없을 때 2개의 밸브 최소 값의 총 10% [④항 2. 다. (3)]

6. 방출밸브 개방 압력(최대)

- (1) = (A) 및 스톱밸브 (5)가 있을 때 (B)[④ 1.]
- (2), (3) 및 (4) = (A) + 20% [④항 2. 다 (3)]
- (5) = (A)[④ 1.]

7. 자동 압력 제어[7.1.4 b) 2)]

- (a) (C)에서 부하상태에서의 정상운전 [④항 2. 다. (2) (가)]
- (b) (A) + 10%에서 (a)의 제어를 무시 [④항 2. 다 (2) (나)]
- (c) (A) + 20%에서 연료 및 급수의 흐름 차단 [④항 2. 다 (2) (다)]
- (d) (4)에서 안전밸브가 "폐일-세이프" 동력 회로에 의해 연료 및 급수의 흐름 차단 [④항 2. 다 (4)]

**제36조 (과열기 및 재열기의 안전밸브)** ① 모든 과열기는 과열기 출구와 첫 번째 스톱밸브 사이의 증기 흐름경로에 한 개 이상의 안전밸브가 있어야 한다.

밸브의 위치는 사용 목적에 적합하여야 하고, 필요한 과압 보호를 하여야 한다. 만일 과열기 출구 헤더(header)가 끝에서 끝까지 전 구경 증기 자유통로이고, 과열기 튜브와 헤더를 통해 증기가 균일한 흐름이 되도록 헤더의 전 길이에 걸쳐 실제로 같은 간격으로 증기가 공급되도록 구성되어 있다면, 안전밸브 또는 다른 밸브는 헤더 길이 내의 어느 곳에 설치하여도 된다.

② 과열기에 부착되어 있는 안전밸브 또는 다른 밸브의 방출 용량은 보일러에 대한 안전밸브의 수량과 크기를 정하는데 포함하여도 된다. 다만, 과열기 안전밸브와 보일러 사이에 중간 밸브가 없어야 하고, 과열기와는 별도로 보일러에 있는 안전밸브 또는 다른 밸브의 방출용량이 최소한 요구되는 총 밸브 용량의 75% 이상이어야 한다.

③ 보일러로부터 차단되어 화염 압력용기로 될 수 있는 모든 독립 화염식 과열기는, 방출용량이 고온 가스에 노출된 부분에서 측정된 과열기 표면적(m<sup>2</sup>) 당/시간당 29 kg의 증기를 방출하는 한 개 이상의 안전밸브가 있어야 한다.

대안으로, 제조자가 결정한 예상최대흡수열  $W(\text{Btu/h})$ 을 646(1000)으로 나누어 계산해도 좋으며 설치한 안전밸브의 개수와 총용량은 방출증기용량보다 커야 하며, 분리형 직화식 과열기에 사용되는 안전밸브는 ①항의 규정에 따라 위치를 정하고, 제38조에 따라 설치하여야 한다.

- ④ 모든 재열기는 총 방출 용량이 재열기 설계시에 최대 증기 흐름량과 최소한 같도록 한 개 이상의 안전밸브가 있어야 한다. 재열기 안전밸브의 용량은 보일러 및 과열기에 대한 요구 방출 용량을 포함해서는 아니 된다. 조합한 방출 용량이 총 요구량의 15% 이상이 되는 한 개 이상의 밸브는 재열기 출구와 첫 번째 스텝밸브사이의 증기 흐름경로를 따라 설치하여야 한다.
- ⑤ 수트블로어(soot blower) 연결부는 안전밸브 연결부로 사용되는 과열기나 재열기의 출구와 동일한 출구에 부착하여야 한다.
- ⑥ 230℃를 초과하는 온도에서 과열된 증기를 방출하는 과열기와 재열기에 사용되는 모든 안전밸브는 강, 합금강 또는 이와 동등한 내열재료로 제작되어야 하며, 밸브의 입구는 플랜지볼이 연결 또는 맞대기용접 연결로 되어야 한다. 또한 밸브는 적절한 열 침식 및 부식 저항 재료로 된 시트(seat)나 디스크(disk)가 있어야 하고, 스프링은 배출 증기와의 접촉으로부터 보호되도록 밸브 케이싱의 외측으로 완전히 노출되어야 한다.

**제37조 (안전밸브의 용량)** 제35조제1항에서 요구되는 최소 수량을 조건으로 하여, 필요한 안전밸브 및 압력방출밸브의 개수는 보일러 제조자가 결정한 최대설계 증기발생량과 제조자의 밸브에 표시되는 방출용량을 기준으로 계산하여야 한다.

**제38조 (안전밸브의 설치)** ① 한대의 보일러에 2개 이상의 안전밸브가 사용되는 경우, 그것을 분리하여 설치하거나, Y-형체에 개별 밸브를 설치하여 만든 트윈( $t_{win}$ )밸브 또는 동일한 몸체 케이싱에 2개 밸브가 있는 복식 밸브로 설치하여도 된다. Y-형체에 개별 밸브를 설치하여 만든 트윈밸브나 동일 몸체 케이싱에 2개 밸브가 있는 복식 밸브는 동일한 용량이어야 한다. 크기가 다른 2개의 밸브를 설치하는 경우, 작은 밸브의 방출용량은 큰 밸브 방출용량의 50% 이상이어야 한다.

- ② 안전밸브 또는 압력방출밸브는 다른 연결부와는 독립적으로 보일러에 연결하여야 하고, 불필요한 중간 관 또는 관 이음쇠를 거치지 않고 보일러 또는 정상적인 증기 흐름경로에 가능한 한 가깝게 부착하여야 한다. 모든 안전밸브 또는 압력방출밸브는 스피들(spindle)이 수직이 되도록 연결하여야 한다.
- ③ 보일러와 안전밸브 또는 압력방출밸브 사이의 연결부 출구면적은 최소한 밸브 입구의 면적과 같아야 한다.
  1. 안전밸브 또는 압력방출밸브와 보일러 사이에 어떤 종류의 밸브도 설치해서는 안 되며 또한 안전밸브 또는 압력방출밸브와 대기사이 방출관에도 밸브를 설치해서는 아니 된다.
  2. 방출관이 사용되는 경우, 그 단면적은 밸브 출구의 전체면적이나 그 안에

서 방출하는 여러 개 밸브 출구의 총 면적 이상이어야 한다.

- 3. 방출관은 가능한 한 짧고 직선이어야 하며, 밸브에 과도한 응력을 주지 않도록 배치하여야 한다.
- ④ 소용기가 안전밸브 또는 압력방출밸브에 사용된다면, 밸브의 적절한 작동과 방출용량을 방해함으로써 발생하는 배압을 방지하기 위해 소용기의 출구 면적을 충분히 크게 하여야 한다.
  1. 소용기 판 또는 소용기의 다른 장치는 침전물에 의해 증기통과를 제한하지 않도록 제작하여야 한다.
  2. 안전밸브 또는 압력방출밸브는 그것의 작동에 영향을 줄 수 있는 옥외형 기기에 노출되는 경우, 적절한 덮개로 밸브를 보호하여야 하며, 보호물 또는 덮개는 벤트(vent)가 잘되고, 밸브의 기능 발휘 및 정상 운전이 잘 되도록 배치하여야 한다.
- ⑤ 보일러가 한 개의 연결부에 2개 이상의 안전밸브 또는 압력방출밸브가 연결되는 경우, 이 보일러의 연결부는 그것이 연결되는 모든 안전밸브 또는 압력방출밸브의 입구 연결부의 면적 이상의 단면적을 가져야 한다.
- ⑥ 모든 보일러는 다른 외부 증기 연결부와 독립적인 안전밸브 또는 압력방출밸브를 위한 적절한 출구 연결부가 있어야 하며, 출구면적은 부착되는 모든 안전밸브 또는 압력방출밸브 입구 연결부의 총 면적과 최소한 같아야 한다.
- ⑦ 안전밸브가 별개의 증기 드럼 또는 돔(dome)에 부착되는 경우, 보일러 본체 및 증기 드럼 또는 돔 사이의 구멍은 제6항에서 요구되는 것 이상이어야 한다.

**제39조 (안전밸브의 작동)** ① 안전밸브 또는 압력방출밸브는 체터링이 없고, 최소배출압력 15 kPa 또는 설정압력의 2% 중 큰 쪽의 배출압력으로 작동되고, 밸브 설정압력의 3% 보다 높지 않은 압력에서 완전히 개방되어지고 작동되는 구조로 설계, 제작 되어야 한다. 다만 압력방출밸브는 견본제품 2개를 선정하여 용량인증시험을 하여야 한다. 이 견본들의 최대 블로우다운은 다음 표 7에 명시된 값을 초과하지 말아야 한다.

[표 7] 안전밸브의 최대 블로우다운

설정압력, kPa (psi)	최대방출
< 500(67)	30 kPa(4 psi)
≥ 500(67)과 ≤ 1700(250)	설정압력의 6%
> 1700(250)과 < 2500(375)	100 kPa(15 psi)
≥ 2500(375)	설정압력의 4%

- ② 압력방출밸브의 최대블로우다운은 다음 표 8에 명시된 값을 초과하지 말아야 한다.
- ③ 고정된 수증기와 수위가 없는 강제순환식 증기발생기나 고온 온수 보일러에

사용하도록 설계된 밸브의 블로우다운은 설정압력의 10%를 초과하지 말아야 한다.

[표 8] 안전밸브의 분출점 허용공차

설정압력,MPa (psi)	설정압력의 (+) 또는 (-) 허용공차
≤ 0.5(70)	15 KPa (2 psi)
> 0.5(70)와 ≤ 2.1(300)	설정압력의 3%
> 2.1(300)와 ≤ 7.0(1000)	70 KPa (10 psi)
> 7.0(1000)	설정압력의 1%

**제40조 (안전밸브 및 압력방출밸브의 기계적 요구조건)** ① 밸브의 설계는 확실한 작동 및 기밀을 확보하는데 필요한 안내 정렬구조를 적용하여야 한다.

② 스프링은 완전 리프트 스프링 압축량이 공칭 밀착(solid) 변형량의 80% 이하가 되도록 설계하여야 한다. 스프링의 영구변형(스프링 자유높이와 스프링이 실온에서 미리 설정한 후 3회 밀착 압출한 다음 10분 후에 측정된 높이와의 차로 정의함)은 자유높이의 0.5%를 초과해서는 아니 된다.

③ 밸브 부품이 자유로이 움직이는지를 확인하기 위한 방법으로, 모든 안전밸브 또는 압력방출밸브는 실질적인 리프팅(lifting) 장치가 있어야 한다. 그것은 작동될 경우, 밸브가 최소한 설정압력의 75% 압력을 받을 때 디스크의 닫힘력(seating force)을 제거한다. 리프팅 장치는 외부 리프팅 힘이 제거되었을 때 밸브 디스크를 올라간 위치에 고정시키거나 유지시킬 수 없도록 하여야 한다.

④ 안전밸브의 시트(seat)는 리프팅 될 가능성이 없도록 밸브 몸체에 고정시켜야 한다.

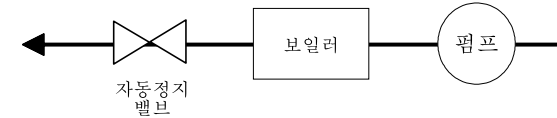
**제41조 (급수장치)** ① 기술기준 제76조는 보일러 손상을 방지할 수 있는 충분한 용량의 급수공급을 요구하는 조항으로 제2항에 지정하는 것을 제외하고는 아래와 같이 보일러에는 최대증발량을 발생시키는데 필요한 최소한 2가지 방법을 가져야 한다.

1. 각 급수원은 보일러에 설치된 안전밸브의 최고 설정압력보다 3% 높은 압력으로 보일러에 물을 공급할 수 있어야 한다.
2. 비 부유상태의 고체연료를 연소하는 보일러의 경우와 급수가 차단되면 보일러를 손상시킬 정도의 충분한 열을 계속 공급할 수 있는 환경 또는 열원을 가진 보일러의 경우에는 한 쪽의 급수장치는 다른 쪽에서와 같이 동일한 급수 차단이 생기지 않아야 하며, 또한 각각의 급수장치는 보일러의 손상을 방지 할 수 있도록 충분한 물을 공급할 수 있어야 한다.

② 가스, 액체 또는 부유상태의 고체연료로 연소되거나 연소터빈엔진 배기로 가열되는 보일러는 급수펌프를 1대만 설치하여도 된다. 다만, 이 경우에는

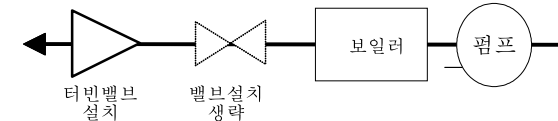
수위가 최저설정 허용위치에 도달하기 전에 입열을 차단하는 장치를 설치하여야 한다.

**제42조 (증기 및 급수의 차단)** ① 기술기준 제77조제1항은 보일러의 증기출구(안전밸브로부터의 증기출구 및 재열기로부터의 증기출구를 제외)는 보일러를 계통으로부터 분리할 수 있도록 아래 그림 16에 나타낸 것처럼 증기의 유출을 차단할 수 있는 구조로 하여야 한다.



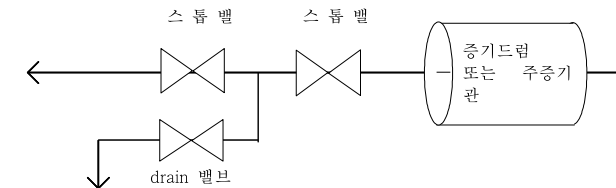
[그림 16] 보일러 출구를 차단하는 구조

1. 그림 17에 나타난 것처럼 1대의 보일러만으로 발생시킨 증기를 공급하는 경우에는 공급을 받는 설비 측에 증기의 유입을 차단할 수 있는 구조로 되어 있는 경우에는 해당 보일러의 스톱밸브를 설치하지 않아도 된다.



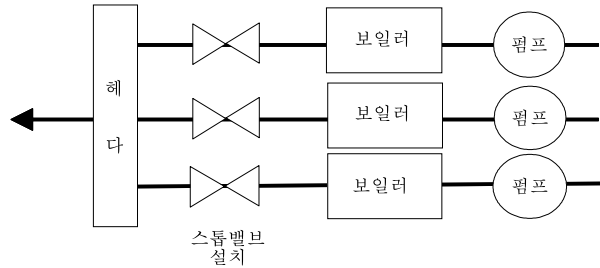
[그림 17] 공급을 받는 설비의 입구 차단기능을 가진 구조의 경우

2. 2대 이상의 보일러가 공통 증기 헤더에 연결되거나, 단일 보일러를 다른 증기발생원이 있는 헤더에 연결하는 경우(예를 들어, 터빈 추출 관), 맨홀 구멍이 있는 각 보일러의 연결부는 2개의 스톱밸브를 설치하여야 하며, 두 개의 밸브사이에는 충분한 용량의 자유분출 드레인(free-blow drain)밸브를 설치하여야 한다.



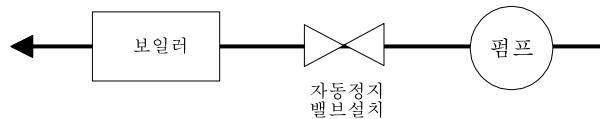
[그림 18] 2대 이상의 보일러가 공통 증기헤더에 연결되는 경우

3. 그림 19에 나타난 것처럼 여러대의 보일러를 공통헤더에 연결하여 독립 연소·운전 제어를 실시해 각각의 보일러에서 발생시킨 증기를 출구에서 공통의 증기관에 합류시키고 이 공통 증기관으로부터 그 밖에 곳에 공급하는 경우에 있어서는 해당 각 보일러의 증기출구에 증기 유출을 차단할 수 있는 밸브를 설치하여야 한다.



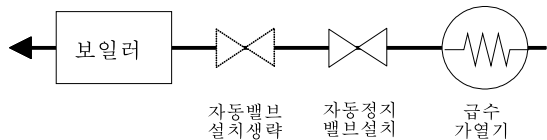
[그림 19] 여러대의 보일러(관마다 독립된 연소운전 제어)의 경우

② 기술기준 제77조제2항은 보일러 급수의 입구는 보일러를 계통으로부터 분리할 수 있도록 그림 20과 같이 급수의 유로를 신속하게 자동으로 확실하게 차단할 수 있는 구조로 하여야 한다.



[그림 20] 보일러 입구로부터 차단하는 구조(자동정지 밸브 설치)

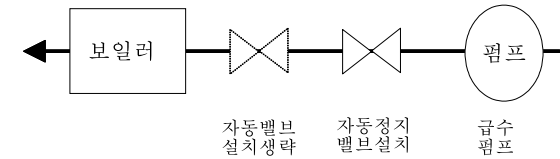
1. 그림 21에 나타난 것 같이 보일러에 가장 가까운 급수가열기의 출구에 설치시 보일러 입구측에는 자동정지밸브를 설치하지 않아도 된다.



[그림 21] 급수가열기의 출구에 자동정지 밸브를 설치하는 경우

2. 그림 22에 나타난 것 같이 급수장치의 출구에 자동 스톱밸브가 설치되어

있는 경우에는 보일러입구의 자동 스톱 밸브는 설치하지 않아도 된다.



[그림 22] 급수펌프의 출구에 자동정지 밸브를 설치하는 경우

3. 고정 증기 및 수위가 없는 강제유동 증기발생기의 급수관은 보일러에 인접한 스톱밸브까지를 포함하여 연결하여도 되며, 보일러에 인접한 체크 밸브는 없어도 된다. 단 보일러 입구 설계압력 이상인 압력등급을 가진 체크 밸브는 보일러 급수펌프의 배출 측이나 급수 펌프 및 급수 스톱밸브 사이의 급수관 어딘가에 설치하여야 한다.

**제43조 (보일러 수 배출장치)** ① 순환보일러에는 아래와 같이 보일러 수의 농축을 방지하거나 수위를 조정하기 위하여 보일러 외부배관에 밸브를 설치하여 보일러 내의 물이 압력을 받은 상태에서 이 외부배관을 통하여 방출되도록 하여야 한다.

1. 응축수 배출 배관치수는 DN 65 이하이어야 하며, 내부관 및 그것과 외부관을 이어 주는 연결관은 연속통로가 되어야 한다. 이때, 이들 끝단 간에는 여유를 두어 어느 한 쪽이 제거 되어도 다른 쪽에 방해가 되지 않도록 하여야 한다.
2. 보일러내 드레인을 할 수 없는 모든 수냉벽과 수냉막, 그리고 보일러와 일체로 된 구조의 모든 절단기에는 블로우오프 관이나 드레인관을 위한 출구 연결부를 설치하여야 한다.
3. 모든 보일러에는 DN 25 이상, DN 65 이하의 블로우오프 연결관을 붙여야 한다. 다만, 전열면적이 9.3㎡ 이하의 보일러는 블로우오프 연결관의 최소 치수를 DN 20로 할 수 있다.
4. 응축수 회수관은 여기에서 규정한 크기와 동일하거나 그 보다 큰 치수를 사용하여도 좋으며, 여기에 블로우오프 관을 연결하여도 된다. 이 경우 블로우오프 관은 연결부가 완전히 배수될 수 있도록 적당한 위치에 설치하여야 한다.
5. 하부 블로우오프 관이 로의 열에 직접 노출되어 있을 경우에는 내화벽돌 (firebrick)이나 기타 내열재로 보호하여야 하며, 관 검사가 가능하도록 설치하여야 한다.

**제44조 (계측장치)** 기술기준 제79조에서 언급된 “운전상태를 계측하는 장치”는 다음과 같은 것을 말한다.

1. 순환 보일러의 계측장치 설치는 아래와 같이 하여야 한다.

가. 수위(증기 및 물의 경계)가 고정되지 않은 모든 보일러는 최소한 하나의 유리 수면계(수위의 육안 측정이 가능한 투명한 장치)

- (1) 유리 수면계의 식별 가능한 최저 수위는 보일러 제조자가 정한 허용 최저수위를 초과하여 최소한 50mm 이상이 되어야 한다.
- (2) 여러 튜브 부분으로 된 유리 수면계는 수위가 식별될 수 있는 부분은 최소 25mm 이상을 증첩하여야 한다.
- (3) 포트(port)형 게이지 또는 끝단 연결 스트립 게이지와 같은 조각(segment)형 게이지는 각 부분에서 물과 증기 사이에 확실한 육안식별이 가능하도록 설치하여야 한다.

나. 최대허용사용압력이 3 MPa를 초과하는 보일러는 두 개의 유리 수면계 다만, 필요한 두 개의 유리 수면계 중 하나를 대신하여, 다음조건이 만족한다면, 두 개의 독립적인 원격 수위계(수위를 연속적으로 측정하고, 전송하며, 표시할 수 있는 두 개의 분리된 시스템)를 사용할 수 있다.

- (1) 최소한 하나의 유리 수면계의 수위가 조작 작업이 시작되는 곳에서 운전자가 쉽게 확인할 수 없는 경우, 광신호의 전기적인 변경이 없는 광섬유 케이블이나 유리 중의 하나를 조작 지역에서 수위의 광학영상을 전달할 수 있어야 한다. 대안으로, 다음의 두가지를 임의로 조합 사용하여도 된다.
  - (가) 독립적인 원격 수위계
  - (나) 유리 수면계내의 수위의 영상을 독립적인 일련의 전송과 표시
- (2) 두 개의 독립적인 원격 수위계가 신뢰할 만한 작동(연속적으로 지시하는 수위)을 하는 경우, 필요한 유리 수면계 중 하나는 닫혀있어도 되지만 사용가능한 상태로 유지하여야 한다.
- (3) 원격 수위계의 표시는 보일러 제조자가 정한대로 허용되는 최저 수위를 초과하여 최소한 50mm에 대비되는 최소 수위를 명확히 표시하여야 한다.

다. 각각의 유리 수면계는 청소를 용이하게 하기위해 지름이 6mm 이상의 자유 배수구를 가진 드레인 콕(cock) 또는 밸브를 함께 설치하여야 한다. 보일러 최대 허용사용압력이 700 kPa을 초과하는 경우, 유리 수면계는 안전 배출구에 밸브가 부착된 드레인을 설치하기 위한 연결부가 있어야 한다.

라. 각각의 보일러는 다음과 같이 압력계를 설치하여야 한다.

- (1) 압력계는 보일러의 압력을 항상 표시할 수 있도록 설치하여야 한다.
- (2) 증기구역 수주 또는 그것의 증기관에 압력계를 설치하여야 한다.
- (3) 밸브 또는 콕은 압력계에 인접한 게이지 연결부에 설치하여야 한다.
- (4) 다른 어떠한 차단 밸브도 압력계와 보일러 사이에 위치해서는 아니 된다.
- (5) 관 연결관은 충분한 크기이어야 하고 블로우오프에 의해 청소 될 수

있도록 배치하여야 한다.

- (6) 압력계의 측정범위는 안전밸브 설정압력의 1.5 ~ 2배 정도이어야 하며, 어떠한 경우에도 설정압력의 1.5배 이상이 되어야 한다.

마. 과열기 및 재열기 출구에는 증기의 온도를 측정할 수 있는 장치가 있어야 한다.

2. 관류 보일러에서의 설치기준은 아래와 같다.

가. 다음의 위치에 압력계 또는 다른 압력측정 장치를 설치하여야 한다.

- (1) 보일러 또는 과열기의 출구(마지막 열 흡수 구역 다음)
- (2) 보일러 또는 절탄기의 입구(열 흡수 구역 이전)
- (3) 열 흡수 표면의 임의의 두 부분사이에 사용될 수 있는 차단 밸브의 상류

나. 과열기 및 재열기 출구에는 증기의 온도를 측정할 수 있는 장치가 있어야 한다.

### 제3장 압력용기 및 부속설비

**제45조 (압력용기 및 부속설비의 재료)** ① 기술기준 제73조에서 “안전한 화학적 성분 및 기계적강도를 가지는 것”이란 용접성, 인장강도, 연성, 인성 및 경도 등이 동등 이상의 것을 말하며, 압력용기에 적합한 재료는 제46조부터 제50조까지 만족하는 것을 말한다.

② 기술기준 제73조에서 규정하는 “압력을 받는 부분”은 용기의 내면 또는 외면에 0.1MPa를 초과하는 압력을 받는 부분을 말한다.

**제46조 (재료사용의 일반)** ① 압력에 의하여 응력을 받는 재료는 달리 허용된 경우를 제외하고는 KS B 6750 부표 1 및 ASME Sec II, Part D Table 1A, 1B에서 열거한 재료규격 중의 하나를 사용하여야 한다.

② KS B 6750 부표 1 및 ASME Sec II, Part D Table 1A, 1B에서 확인되지 않은 재료의 허용응력 값은 KS B 6750 부표 1 및 ASME Sec II, Part D Table 1A, 1B에서 사용되는 재료와 유사한 재료에서 허용된 최대허용응력 값의 80% 이하이어야 한다.

③ 이 기준에서 규정한 재료는 재료규격의 요건에 만족하는 한 제작 방법에 대해서는 규제하지 않는다.

④ 이 기준에서 언급되지 않은 재료에 대해서도 안전한 화학적 성분 및 기계적 강도를 가지면 사용할 수 있다.

⑤ 이 기준에서 사용이 허용된 재료규격의 제목 및 적용범위에 규정된 크기 또는 두께에 대한 제한조건을 벗어나는 재료는 해당 재료규격의 다른 모든 요건에 적합하고 허용응력표에 크기 또는 두께에 대한 제한이 없으면 사용할 수 있다.

**제47조 (판재)** 압력을 받는 부품 제작에 사용되는 판재는 달리 규정된 경우를 제외하고, KS B 6750 부표 1 및 ASME Sec II, Part D Table 1A, 1B의 재료규격 중 하나를 사용하여야 한다.

**제48조 (단조품)** ① 단조재료는 충분히 단련 가공하고 거친 강괴(ingot) 부분을 제거하면 압력용기의 제작에 사용할 수 있다. 단조재료에 대한 재료규격 및 최대허용응력값은 KS B 6750 부표 1 및 ASME Sec II, Part D Table 1A, 1B에 따른다.

② 단조 로드(rod)나 바(bar)는 제한범위 내에서 사용될 수 있다.

**제49조 (주조품)** 주조재료는 압력용기 및 압력용기부품의 제작에 사용할 수 있다. 사용할 수 있는 주조재료에 대한 재료규격 및 최대허용응력값은 KS B 6750 부표 1 및 ASME Sec II, Part D Table 1A, 1B에 따른다. 이들 허용응력값은 주철을 제외한 모든 재료에 대해서는 제51조제4항에 주어진 주조품질계수를 곱하여야 한다.

**제50조 (관 및 튜브)** ① 이음매 없는 관 및 튜브는 또는 용접관 및 튜브는 압력용기

의 동체 및 다른 부품에 사용할 수 있다.

② 일체형 핀볼이 튜브는 이 기준에서 주어진 재료규격을 만족하는 튜브를 사용하여 제작할 수 있다. 이러한 튜브는 다음의 조건에서 사용할 수 있다.

1. 핀을 부착시킨 튜브는 적용 재료규격에서 템퍼링하거나 또는 적용 재료규격에서 규정된 것 중 하나의 조건을 만족하는 것이어야 한다. 또한 별도로 규정된 경우에는 제작된 상태(as-fabricated condition)로 공급할 수 있다. 여기에서 “제작된 상태”란 튜브에서 핀이 부착된 부분은 냉간 성형 가공된 상태이고 핀이 없는 부분은 핀 성형 전 템퍼링 상태에 있는 것을 말한다.
2. 핀 볼이 튜브에 대한 최대허용응력값은 핀 성형가공전의 튜브에 대하여 주어진 값을 사용하여야 한다.
3. 튜브 내·외의 최대허용사용압력은 핀이 부착된 부분의 골지름 및 최소벽두께를 사용하여 구하거나 또는 핀이 부착되지 않은 부분의 바깥지름 및 벽 두께를 사용하여 구한 압력 중에서 작은 값을 선택하여야 한다.
4. 핀 가공 후 각각의 튜브는 아래의 시험 중 하나를 실시하여야 한다.
  - 가. 누출 흔적 없이 5초 동안 1.7 MPa 이상의 내부기압시험
  - 나. 튜브의 누출을 완벽하게 검출할 수 있도록 제80조에 따른 개별 수압시험

**제51조 (압력용기 재료의 최대허용응력)** ① 기술기준 제74조에서 규정하는 “최대허용응력”가운데 허용인장응력은 KS B 6750 부표 1 및 ASME Sec II, Part D Table 1A, 1B에서 규정하는 값으로 한다.

② 제1항에 규정되어 있지 않은 재료로서 크리프영역에 이르지 않은 철강재료(주조품 및 용접관 제외) 및 비철금속재료(용접관 제외)의 허용인장응력 값은 아래에 기재된 값 중 최소의 것으로 한다.

1. 실온 이상의 설계온도에서의 기본허용응력은 다음의 값 중 최소값 이하로 한다.
  - 가. 상온에서 규정 최소 인장강도의 1/3.5
  - 나. 설계 온도에서의 인장강도의 1/3.5
  - 다. 상온에서의 규정최소 항복강도 또는 0.2% 내구력의 2/3
  - 라. 설계 온도에서의 항복강도 또는 0.2% 내구력의 2/3

단 오스테나이트계 스텐레스강 강재로서 사용장소에 따라 약간 큰 변형이 허용되는 부재에 대해서는 설계온도에서의 0.2% 내구력의 0.9 배까지 취할 수 있다.
2. 실온 미만의 설계 온도에서의 기본 허용 응력은 제1호가목 또는 나목의 값 중 작은 값 이하로 한다.
- ③ 철강 재료 및 비철금속 재료 용접관의 기본 허용 응력은 다음과 같다.
  1. 실온 이상의 설계 온도에서의 기본 허용 응력은 다음 값 중 최소값 이하

로 한다.

가. 상온에서의 규정 최소 인장 강도의 0.85/3.5

나. 설계 온도에서의 인장 강도의 0.85/3.5

다. 상온에서의 규정 최소 항복점 또는 0.2% 내구력의 0.85/1.5

라. 설계 온도에서의 항복점 또는 0.2% 내구력의 0.85/1.5 또는 0.85×0.9

2. 실온 미만의 설계 온도에서의 기본 허용 응력은 제1호가목 또는 나목의 값 중 작은 값 이하로 한다.

④ 주강품 및 비철 금속 주조품의 설계 온도에서의 기본 허용 응력은 제2항에 따라 구한 값에 다음의 주조 품질 계수를 곱한 값으로 한다.

1. 비과괴시험을 할 정적주조품(static casting)의 경우에는 0.8 이하

2. 모든 표면이 열처리 후에 기계가공에 의해서 6.35µm의 평균조도보다 거칠지 않게 표면가공되는 원심주조품의 경우에는 0.85 이하

3. 비철금속 및 구상흑연주철 재료의 경우에는 제1호 및 제2호의 요건에 추가하여 다음의 조건이 만족된다면, 0.9 이하

가. 각각의 주조품의 모든 표면, 특히 기계가공이나 드릴링에 의해서 노출되는 표면을 면밀히 검사했을 때 어떠한 결함도 있어서는 아니 된다.

나. 새로운 설계나 변경된 설계로부터 제조된 5개의 주조품으로 이루어진 첫 번째 로트를 대표하는 최소한 3개의 파일럿 주조품(새로운 주형을 사용하여 주조한 최초의 주조품 중 임의의 1개)에 대해서는, 모든 취약 부분을 절단하거나 또는 방사선투과시험을 했을 때 어떠한 결함도 있어서는 아니 된다.

다. 그 다음의 5개로 이루어진 각각의 로트로부터 임의로 선택하여 추가한 1개의 주조품에 대해서 모든 취약부분을 절단하거나 또는 방사선투과시험을 했을 때 어떠한 결함도 있어서는 아니 된다.

라. 방사선투과시험을 실시하는 주조품 이외의 모든 주조품은 모든 단면에 대해서 자분탐상시험 또는 침투탐상시험을 실시하여야 한다.

4. 비철금속과 구상흑연주철 재료의 경우, 모든 단면에 대해서 방사선투과시험을 하고 결함이 없음을 확인한 단일 주조품에 대해서는 0.9 이하

5. 비철금속과 구상흑연주철 재료의 경우, 주조품의 벽두께보다 작은 간격으로 구멍을 낸 관판(tube sheet)에서와 같이 모든 단면이 전체적인 벽두께에 걸쳐서 검사가 가능하게 노출되도록 기계 가공되는 주조품에 대해서는 0.9 이하

⑤ 회 주철품 및 가단 주철품의 기본 허용 응력은 다음과 같다.

1. 실온 이상의 설계 온도에서 기본 허용응력은 다음의 값 중 최소값 이하로 한다.

가. 상온에서의 규정 최소 인장강도의 1/6.25

나. 설계 온도에서의 인장강도의 1/6.25

다. 상온에서의 규정 최소 항복강도 또는 0.2% 내구력의 1/1.5

라. 설계 온도에서의 항복강도 또는 0.2% 내구력의 1/1.5

2. 실온 미만의 설계 온도에서의 기본 허용 응력은 제1호가목 또는 나목의 값 중 작은 값 이하로 한다.

⑥ 구상 흑연 주철품 및 흑심 가단 주철품의 기본 허용응력은 설계 온도에서의 인장 강도의 1/8이하로 한다.

⑦ 크리프 영역의 설계 온도에서의 기본 허용응력은 다음의 값 중 최소값 이하로 한다. 단 주철품, 가단 주철품, 덩타일 철주조품, 맬리어블 철주조품 및 구조용 품질의 재료에는 적용하지 않는다.

1. 설계 온도에서 1000시간에 0.01%의 크리프 변형이 생기는 응력 평균값의 100%

2. 설계 온도에서 100000시간에서의 크리프 파단 응력 평균값의 67%

3. 설계 온도에서 100000시간에서의 크리프 파단 응력 최소값의 80%

**제52조 (압력용기 및 부속설비의 구조)** ① 기술기준 제74조에서 “안전한 것”이란 제2항요건 외 제53조부터 제73조까지에 규정한 구조로 되어 있고, 제73조부터 제78조까지에 따라 제작, 시험되고, 제79조부터 제81조까지의 요구조건에 따라 내압시험에 합격한 것을 말한다.

② 설계온도

1. 최고온도 : 설계에 사용되는 최고온도는 고려하는 부품의 운전조건하에서 예상되는 두께에 따른 평균 금속온도보다 낮아서는 아니 된다. 필요시 금속온도는 계산 또는 동등한 운전조건하에서 사용되는 기기의 온도 측정에 의하여 구해져야 한다.

2. 최저온도 : 설계에 사용되는 최저금속온도는 사용중 예측되는 가장 낮은 온도로 한다. 최저운전온도, 운전조건외 급격한 변화(upset), 자동냉동, 대기온도 및 기타 냉각원을 고려하여야 한다.

3. ASME Sec. II Part D 표 1A, 1B, 2A, 2B, 3, 4, U의 규정에 있는 적용한도를 초과하는 설계온도는 허용되지 않는다. 또한, 외압을 받는 압력용기의 설계온도는 외압곡선에 주어진 최고온도를 초과해서는 아니 된다.

4. 압력용기 각부의 금속온도가 다를 경우 각각의 온도에 근거하여 그 부분을 설계할 수 있다.

③ 설계 압력 :

1. 각각의 압력용기 부품은 통상 운전시 예견되는 압력과 온도에 일치하는 가장 가혹한 조건으로 설계 되어야 한다.

2. 압력용기는 정상적인 운전상태의 운전압력으로 운전온도에서 가장 엄격한 조건에 대해서 설계하여야 한다. 이러한 조건에 있어서 압력용기의 내·외 또는 2실 이상으로 구분되는 압력용기에 대해서는 두 압력실 사이의 최대 압력 차를 고려하여야 한다.



④ 하중 : 압력용기 설계에서 고려할 하중에는 다음의 하중을 포함하여야 한다.

1. 내압 또는 외압의 설계압력
2. 운전조건 또는 시험조건하에서의 압력용기 및 내용물의 중량
3. 전동기, 기계장치, 압력용기, 배관, 라이닝, 단열재와 같은 부착물의 중량에 의하여 증첩되는 정하중
4. 내장품, 러그, 링, 스커트, 새들(saddle) 및 레그(leg)와 같은 압력용기의 지지 구조물과 같은 부착물에 의한 하중
5. 압력변동 및 온도변화 혹은 압력용기에 부착된 장비 및 기계적 하중에 의해 반복되는 동하중
6. 필요한 경우 바람, 눈 및 지진에 의한 하중
7. 유체의 충격과 같은 충격하중
8. 온도 변화 및 열팽창의 차이
9. 폭연에 의한 압력과 같은 비정상적인 압력
10. 시험압력과 시험 중 동시에 작용하는 정수두

⑤ 특수 설계 및 제작

1. 복합 용기.

복합용기는 두개 이상의 독립되거나 독립되지 않은 압력실로 구성되고 압력 및 온도가 동일하거나 다른 조건으로 운전되는 압력용기이다. 공통부재(common element)란 각각을 독립된 압력실로 분리하는 부품을 말하며, 공통부재를 포함한 모든 부재는 정상 운전 중 동시에 발생할 수 있는 압력과 온도 변화에 가장 가혹한 조건으로 설계되어야 한다.

가. 공통부재의 설계

공통부재는 인접한 압력실 설계압력의 최고값보다 낮은 차압(차압설계)과 설계온도의 최고값보다 낮은 평균 금속온도로(평균 금속온도설계) 설계하는 것이 허용된다. 이 경우 용기는 공통부재 설계조건을 조절하는 계통 내에 설치되어야 한다.

나. 차압설계

차압설계 시 공통부재의 설계압력은 인접한 압력실 사이의 예상되는 최대 설계압력 차이여야 하며, 차압은 공통부재 설계압력을 초과하지 않도록 조절되어야 한다.

다. 평균금속온도설계

평균금속온도설계 시 위②항1.에 따라서 정해진 최고 공통부재설계온도는 그 인접한 압력실의 최고설계온도 중 가장 높은 온도보다 낮을 수 있으나 가장 낮은 온도보다 높아야 된다. 필요하다면 유체의 온도, 유량과 압력은 공통부재 설계압력을 초과하지 않도록 조절되어야 한다.

2. 특수한 형상

원통형 및 구형 이외의 압력용기는 일반적으로 주어진 조건하에서 설계할 수 있다.

3. 압력용기 및 부품의 강도를 정확히 계산할 수 없을 경우, 완성된 압력용기의 최대허용사용압력을 결정하기 위해 적합한 시험을 하여야 한다.

⑥ 설계 일반.

1. 압력을 받는 동체 및 경관의 최소두께

성형 후의 동체 및 경관에 허용되는 최소두께는 제품의 형태나 재질에 관계없이 부식여유를 제외하고 1.5 mm이어야 한다. 다만, 아래에 열거한 특별한 경우는 이 최소두께 규정을 적용하지 않는다.

가. 관형 열교환기의 열전달관

나. 이중관형 열교환기의 안쪽 관 및 기계적 손상으로부터 동체, 케이싱 또는 덕트에 의해 보호되는 관 및 튜브로 공칭지름이 DN 150 이하의 것. 이 규정에 따라 제조되는 열교환기의 다른 모든 압력부품은 최소두께 1.5 mm를 만족하여야 한다.

다. 비직화식 증기보일러의 동체 및 경관의 최소두께는 부식여유를 제외하고 6 mm 이상 이어야 한다.

2. 가공 하한공차

판재는 설계두께보다 두껍게 구매하여야 한다. 판재로 제작되는 용기의 구매두께는 0.25mm 또는 6% 중 작은 값의 하한을 허용하고 구매된 판재는 모든 설계압력에서 사용할 수 있다.

3. 관의 하한허용오차

관 또는 튜브를 공칭 벽두께로 주문하는 경우에는 제63조 및 제66조에 따른 노즐벽의 보강범위에 대한 요건을 제외하고 그 벽두께에 대한 제작상의 하한허용오차를 고려하여야 하며, 한단계 위의 두꺼운 상용 벽두께를 허용한다. 최소두께를 결정한 후, 해당하는 관의 규격에서 허용하는 제작상의 하한허용오차를 제외하고 충분히 두꺼운 두께의 규격으로 증가시켜야 한다.

4. 설계식의 부식여유

이 규정에서 쓰인 모든 설계식의 치수는 부식된 상태에서의 치수를 나타낸다.

⑦ 기술기준 제21조 5항에 따라 압력용기 및 부속설비에 대한 내진설계를 하는 경우에는 **국토교통부**고시 “건축구조기준 0306(지진하중)”을 적용할 수 있다.

**제53조 (내압을 받는 원통체의 두께)** ① 내압을 받는 동체의 두께는 다음 식에 의해 시 계산된 값 이상이어야 한다.

1. 원통형동체의 최소두께 또는 최대 허용사용압력은 아래 가 또는 나에 따른다.

가. 원주방향 응력(길이방향 이음) 원통형동체의 두께가 안쪽 반지름의  $\frac{1}{3}$  초과하지 않거나 또는 P가 0.385 SE를 초과하지 않을 경우에는 다음 식을 적용하여야 한다.

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P} \quad \text{또는} \quad P = \frac{SEt}{R + 0.6t}$$

나. 길이방향응력(원주방향 이음) 원통형동체의 두께가 안쪽 반지름의  $\frac{1}{2}$  초과하지 않거나 또는 P가 1.25 SE를 초과하지 않을 경우에는 다음 식을 적용하여야 한다.

$$t = \frac{PR}{2SE + 0.4P} \quad \text{또는} \quad P = \frac{2SEt}{R - 0.4t}$$

2. 완전한 구형 압력용기의 동체 두께가 0.356 R 초과하지 않거나 또는 P가 0.665 SE를 초과하지 않을 경우에는 다음 식을 적용하여야 한다.

$$t = \frac{PR}{2SE - 0.2P} \quad \text{또는} \quad P = \frac{2SEt}{R + 0.2t}$$

② 바깥반지름을 기준으로 하는 경우에는 제1항의 식 대신 다음의 식을 사용하여야 한다.

1. 원통형동체 및 구형동체의 두께

가. 원통형동체(원주방향 응력)의 경우,

$$t = \frac{PR_o}{SE + 0.4P} \quad \text{또는} \quad P = \frac{SEt}{R_o - 0.4t} \quad (1)$$

여기에서,

$R_o$  = 동체 바깥반지름, mm

나. 구형동체의 경우,

$$t = \frac{PR_o}{2SE + 0.8P} \quad \text{또는} \quad P = \frac{2SEt}{R_o - 0.8t} \quad (2)$$

2. 두꺼운 원통형동체

가. 길이방향 이음에 내부압력을 받는 원통형동체의 두께가 안쪽반지름의  $\frac{1}{2}$  을 초과하는 경우 또는 P가 0.385SE를 초과하는 경우에는 다음의 식을 적용하여야 한다.

(1) P를 알고 t를 계산할 경우 :

$$t = R \left( \exp \left[ \frac{P}{SE} \right] - 1 \right) = R_o \left( 1 - \exp \left[ \frac{-P}{SE} \right] \right) \quad (1)$$

(2) t를 알고 P를 계산할 경우 :

$$P = SE \log_e \left( \frac{R+t}{R} \right) = SE \log_e \left( \frac{R_o}{R_o-t} \right) \quad (2)$$

나. 원주방향 이음에 내부압력을 받는 원통형동체의 두께가 안쪽반지름의  $\frac{1}{2}$  을 초과하는 경우 또는 P가 1.25SE를 초과하는 경우에는 다음의 식을 적용하여야 한다.

(1) P를 알고, t를 구하는 경우,

$$t = R(Z^2 - 1) = R_o \left( \frac{Z^2 - 1}{Z^2} \right) \quad (3)$$

여기에서,

$$Z = \left( \frac{P}{SE} + 1 \right)$$

(2) t를 알고, P를 구하는 경우,

$$P = SE(Z - 1) \quad (4)$$

여기에서,

$$Z = \left( \frac{R+t}{R} \right)^2 = \left( \frac{R_o}{R_o-t} \right)^2$$

3. 두꺼운 구형동체

가. 내부압력을 받는 완전 구형인 압력용기의 동체 또는 반구형경판의 두께가 0.356R을 초과하는 경우 또는 P가 0.665SE를 초과하는 경우에는 다음의 식을 적용하여야 한다.

(1) P를 알고 t를 계산할 경우 :

$$t = R \left( \exp \left[ \frac{0.50P}{SE} \right] - 1 \right) = R_o \left( 1 - \exp \left[ \frac{-0.50P}{SE} \right] \right) \quad (1)$$

(2) t를 알고 P를 계산할 경우 :

$$P = 2.0 SE \log_e \left( \frac{R+t}{R} \right) = 2.0 SE \log_e \left( \frac{R_o}{R_o-t} \right) \quad (2)$$

③ 제1항 및 제2항에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

t = 동체의 최소요구두께, mm

P = 설계 내압, MPa

R = 동체의 안쪽 반지름(관에서의 안쪽 반지름 R은 공칭바깥반지름에서 공칭 벽두께를 뺀 값)mm

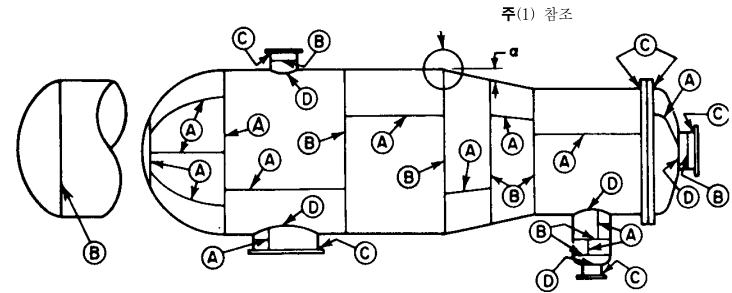
S = 최대허용응력값, MPa

E = 원통이나 구형동체의 이음효율 또는 구멍 사이의 리거먼트 효율 중에서 작은 효율로서 용접으로 제작되는 압력용기의 이음효율은 그림 23의 용접이음의 분류에 따라 표 9에서 규정한 효율, 구멍사이의 리거먼트에 대해서는 제73조에 주어진 규정으로부터 계산한 효율을 말한다.

[표 9] 아크 및 가스용접 이음에 대한 최대 허용 이음효율

형식 번호	이음의 방법	제한조건	이음의 분류	방사선투과시험의 정도		
				(a) 완전	(b) 부분	(c) 해당없음
(1)	내,외부 용접면에 용착된 용접금속과 동일한 성질을 얻을 수 있는 양면용접 또는 다른 방법으로 이루어진 맞대기 이음.(위치를 고정시키는 금속 받침쇠를 사용하는 용접은 제외된다)	없음	A, B, C, D	1.00	0.85	0.70
(2)	형식에 포함되지 않는 받침쇠를 갖는 한면용접 맞대기 이음	(a) 아래 (b)를 제외하고는 없음	A, B, C, D	0.90	0.80	0.65
		(b) 단일판 읍셋을 갖는 원주맞대기 이음: 그림30의 (k) 참조	A, B, C	0.90	0.80	0.65
(3)	받침쇠를 사용하지 않는 한면 용접 맞대기 이음	두께 16mm 및 바깥지름 600mm 이하의 원주 맞대기 이음에만 적용	A, B 및 C	해당없음	해당없음	0.60
(4)	전길이 양면필릿 겹치기 이음	(a) 두께 10mm 이하의 길이방향 이음	A	해당없음	해당없음	0.55
		(b) 두께 16mm 이하의 원주방향 이음	B 및 C(3)	해당없음	해당없음	0.55
(5)	플러그 용접으로 된 전체 한면 필릿 겹치기 이음	(a) 두께 13mm 이하의 동체에 바깥지름 600mm를 넘지 않는 경관부착을 위한 원주방향 이음(1)	B	해당없음	해당없음	0.50
		(b) 플러그 용접중심에서 관 가장자리까지의 거리가 플러그 용접을 위한 구멍 지름의 1.5배거리를 갖고 공칭두께 16mm를 넘지 않는 제킷의 동체에 부착을 위한 원주방향 이음	C	해당없음	해당없음	0.50
(6)	플러그 용접을 사용하지 않는 전체 한면 필릿 겹치기 용접	(a) 동체 내부에 필릿용접만을 사용하고, 요구두께 16mm 이하인 동체에 압력을 받게 하기 위해 볼록한 경관을 부착하는 경우	B	해당없음	해당없음	0.45
		(b) 단지, 경관 플랜지 외부에 필릿용접한 요구두께 6mm 및 안지름 600mm 이하인 동체에 대하여 둘 중에서 어느 한쪽이 압력을 받는 동체를 부착하는 경우	C	해당없음	해당없음	0.45

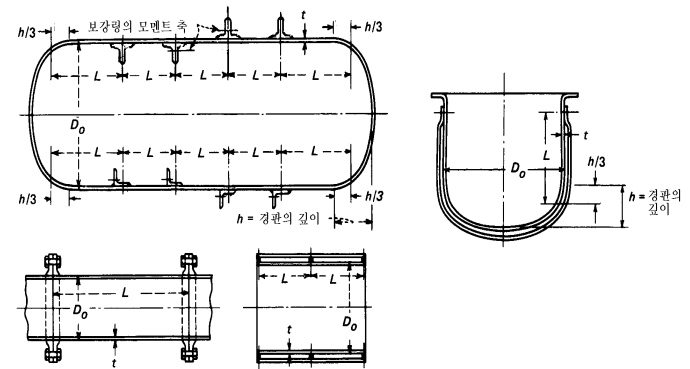
- 주 (1) 반구형 경관을 동체에 부착시키는 이음은 제외된다.  
 (2) 압축상태에 있는 맞대기 이음의 경우는  $E=1.0$   
 (3) 형식번호 (4) 분류 C이음은 볼트조임 플랜지연결에는 적용하지 않는다.



[그림 23] 용접 이음부의 분류(A, B, C 및 D의 위치의 일반적인 예)

주 (1) 맞대기 용접이음 분류 B에서 원통부에 지름변화부를 연결하는 앵글 이음각도  $\alpha$ 는  $30^\circ$  이내이다.

제54조 (외압을 받는 동체와 튜브의 두께) ① 외압을 받는 동체 또는 튜브에 대한 설계 규정은 그림 24와 같이 보강링이 있거나 없는 원통형동체, 튜브 및 구형동체에만 적용한다. 이들 구성품의 최소요구두께 결정은 부도를 사용한다.



[그림 24] 외압을 받는 원통형 용기의 설계 변수를 나타내는 개략도

1. 원통형동체 및 튜브 : 이음부가 없거나 또는 길이방향으로 맞대기이음이 있고, 외압을 받는 원통형동체의 최소요구두께는 다음의 절차에 따른다.  
 가.  $D_o/t \geq 10$ 인 원통  
 순서 1.  $t$ 를 가정하고  $L/D_o$  및  $D_o/t$ 를 구한다.  
 순서 2. 순서 1에서 구한  $L/D_o$ 을 부도의 세로축에서 찾는다.

$L/Do > 50$ 인 경우에는  $L/Do = 50$ 을 사용하고,  $L/Do < 0.05$ 인 경우에는  $L/Do = 0.05$ 를 사용한다

순서 3. 순서 1에서 구한  $Do/t$  에 대한 선까지 수평으로 이동한다.  $Do/t$  의 중간값에 대해서는 보간법을 사용할 수 있다. 그러나 외삽법은 허용되지 않는다. 이 교점으로부터 아래 방향으로 수직이동하여 계수  $A$  를 구한다.

순서 4. 순서 3에서 계산된  $A$ 를 부도의 해당 재료에 대한 곡선의 가로축에서 찾는다. 수직 이동하여 설계온도에 대한 재료-온도 곡선과의 교점을 구한다. 중간온도에 대해서는 곡선들 사이에서 보간법을 사용할 수 있다.  $A$ 가 재료-온도 곡선의 오른쪽을 벗어나는 경우에는 재료-온도 곡선의 오른쪽의 끝으로부터 수평으로 연장한 선과의 교점을 구한다.  $A$  가 재료-온도 곡선의 왼쪽을 벗어나는 경우는 순서 7로 간다.

순서 5. 순서 4에서 구한 교점으로부터 왼쪽으로 수평 이동하여 계수  $B$  를 읽는다.

순서 6.  $B$  를 가지고 다음 식을 사용하여 최대허용사용외압  $Pa$  를 계산한다.

$$Pa = \frac{4B}{3(Do/t)}$$

순서 7.  $A$  가 해당 재료-온도 곡선의 왼쪽을 벗어나는 경우에는 다음의 식을 사용하여  $Pa$  를 계산할 수 있다.

$$Pa = \frac{2AE}{3(Do/t)}$$

순서 8. 순서 6 또는 순서 7에서 계산된  $Pa$  와  $P$  를 비교한다.  $Pa$  가  $P$  보다 작으면 보다 큰  $t$  를 선택하여  $Pa$  가  $P$  이상이 될 때까지 계산절차를 반복한다.

나.  $Do/t < 10$ 인 원통

순서 1. 가에 주어진 것과 같은 절차를 사용하여  $B$  를 구한다.  $Do/t$  가 4보다 작은 경우에는 계수  $A$  를 다음 식을 사용하여 계산할 수 있다.  $A = \frac{1.1}{(Do/t)^2}$

$$A = \frac{1.1}{(Do/t)^2}$$

$A$  가 0.10보다 크면 0.10을 사용한다.

순서 2. 순서 1에서 얻은  $B$  를 가지고 다음 식을 사용하여  $Pa_1$  을 계산한다.

$$Pa_1 = \left( \frac{2.167}{Do/t} - 0.0833 \right) B$$

순서 3. 다음 식을 사용하여  $Pa_2$  를 계산한다.

$$Pa_2 = \frac{2S}{Do/t} \left( 1 - \frac{1}{Do/t} \right)$$

여기에서,  $S$  는 설계금속온도에서 최대허용응력의 2배 또는 설계온도에서 재료 항복강도의 0.9배 중에서 작은 값이다. 항복강도는 다음과 같이 적용외부압력으로부터 구한다.

㉠ 주어진 온도곡선의 왼쪽 끝점에 해당하는  $B$  를 구한다.

㉡ 항복강도는 위의 ㉠에서 구한  $B$  의 2배로 한다.

순서 4. 순서 2에서 계산된  $Pa_1$  또는 순서 3에서 계산된  $Pa_2$  중에서 작은 값을 최대 허용사용외압  $Pa$  로 사용하여야 한다.  $Pa$  와 비교해서  $Pa$  가  $P$  보다 작으면 보다 큰  $t$  를 선택하여  $Pa$  가  $P$  이상이 될 때까지 계산절차를 반복한다.

2. 구형동체 : 이음부가 없거나 맞대기 이음구조로 제조하고 외압을 받는 구형동체의 최소 요구두께는 다음의 절차에 따라서 결정하여야 한다.

순서 1.  $t$  를 가정하고 다음 식을 사용하여 계수  $A$  를 구한다.

$$A = \frac{0.125}{(Ro/t)}$$

순서 2. 순서 1에서 계산된  $A$  를 부도의 해당 재료곡선의 가로축에서 찾는다. 수직이동하여 설계온도에 대한 재료-온도 곡선과의 교점을 구한다. 중간 온도에 대해서는 곡선 사이에서 보간법을 사용할 수 있다.  $A$ 가 재료-온도 곡선의 오른쪽을 벗어나는 경우에는 재료-온도 곡선의 오른쪽 끝에서부터 수평으로 연장한 선과의 교점을 구한다.  $A$ 가 재료-온도 곡선의 왼쪽을 벗어나는 경우에는 순서 5로 간다.

순서 3. 순서 2에서 구한 교점으로부터 오른쪽으로 수평 이동하여 계수  $B$  를 읽는다.

순서 4. 순서 3에서 얻은  $B$  를 다음 식에 대입하여 최대 허용외압  $Pa$  를 계산한다.

$$Pa = \frac{B}{(Ro/t)}$$

순서 5.  $A$ 가 해당 재료-온도 곡선의 왼쪽을 벗어나는 경우에는 다음 식을 사용하여  $Pa$ 를 계산할 수 있다.

$$Pa = \frac{0.0625E}{(Ro/t)^2}$$

순서 6. 순서 4 또는 순서 5에서 얻은  $Pa$ 와  $P$ 를 비교한다.  $Pa$ 가  $P$ 보다 작으면 보다 큰  $t$ 를 선택하여  $Pa$ 가  $P$  이상이 될 때까지 계산절차를 반복한다.

3. 설계외압 또는 최대허용사용외압은 어떤 경우에도 압력용기의 운전압력에 따라 용기의 외측과 내측사이에 발생하는 예측 최대차압 이상이어야 한다.

4. 위 1 및 2의 식에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

$A$  = 부도로부터 결정되는 계수로서, 부도의 해당 재료에 대한 곡선을 이용하는데 사용된다. 원통형의 경우에  $Do/t$ 의 값이 10보다 작을 때에는 1.가 를 참조한다.

$B$  = 동체 또는 보강링에 사용되는 재료의 최고설계금속온도에 대하여 부도의 해당 재료에 대한 곡선으로부터 결정되는 계수, MPa

$Do$  = 원통형동체 또는 튜브의 바깥지름, mm

$E$  = 설계온도에서 재료의 탄성계수, MPa, 기준에 따라 외압설계를 할 경우에 사용 할 탄성계수는 부도의 해당 재료에 대한 도표로부터 선택하여야 한다.(중간 온도에 대해서는 곡선들 사이에는 보간법을 사용할 수 있다.)

$L$  = 원추 또는 원추 부분의 축방향 길이(그림25 참조)

관 사이 튜브의 전체 길이(mm) 또는 압력용기부분에서 지지선 사이의 설계길이(mm). 여기에서 지지선이란 다음을 말한다.

1) 그림 24 에 표시된 것과 같이 경관(원추경관은 제외)의 탄젠트라인(tangent line)으로부터 경관 깊이의  $1/3$  에 위치한 경관의 원주방향의 선

2) 제55조의 요건을 만족하는 보강링

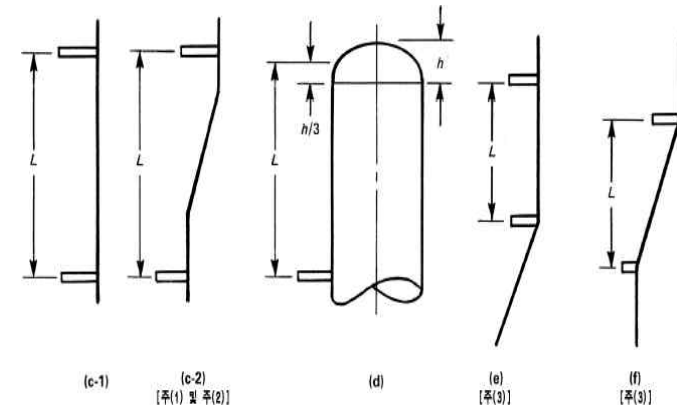
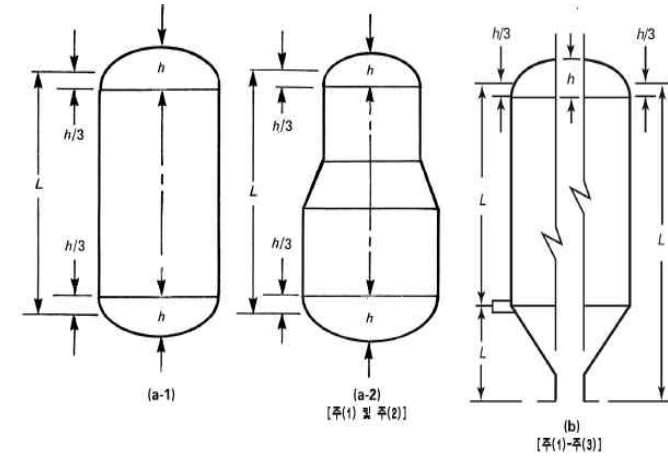
$P$  = 설계외압, MPa

$Pa$  = 가정된 t에 대해서 계산된 허용사용외압, MPa

$Ro$  = 구형동체의 바깥 반지름, mm

$t$  = 원통형동체, 튜브 또는 구형동체의 최소요구두께, mm

$t_s$  = 원통형동체 또는 튜브의 공칭두께, mm



[그림 25] 외압을 받는 원통형 압력용기의 설계에서 지지선을 나타내는 개략도  
주 (1) 원추와 원통의 접합부 또는 너클과 원통의 접합부가 지지선(line of support)이 아닌 경우에는 원추, 너클 또는 접시원추형 부분의 공칭두께는 이웃하는 원통형동체의 최소요구두께 이상이어야 한다.  
(2) 치수 L로 표시된 각부의 지름과 이 지름에 대응하는 두께를 사용하여 계산하여야 한다.  
(3) 원추-원통의 접합부 또는 너클-원통의 접합부가 지지선인 경우에는 관성모멘트를 적용하여야 한다.(제59조제5항 참조)

제55조 (의압을 받는 원통형동체의 보강링) ① 제6항에서 면제되는 경우를 제외하고 원주방향 보강링의 관성모멘트는 다음 두 가지 식 중 하나에 의해 구해지는 값 이상이어야 한다.

$$I_s = [Do^2 L_s(t + A_s / L_s)A] / 14$$

$$I_s' = [Do^2 L_s(t + A_s / L_s)A] / 10.9$$

$I_s$  = 동체의 축과 평행한 중립축 주위의 보강링 단면의 요구되는 관성모멘트, mm<sup>4</sup>

$I_s'$  = 동체 축과 평행한 중립축 주위의 조합된 링-동체단면의 요구되는 관성모멘트, mm<sup>4</sup>

$I$  = 동체 축과 평행한 중립축 주위와 보강링 횡단면의 사용될 수 있는 관성모멘트, mm<sup>4</sup>

$I'$  = 동체의 축과 평행한 중립축 주위의 조합된 링-동체횡단면의 사용될 수 있는 관성모멘트, mm<sup>4</sup> 공칭 동체 두께  $t_s$ 가 사용되어야 하고, 조합된 단면의 관성모멘트에 영향을 미치는 것으로 생각되는 동체의 폭은  $1.10\sqrt{Do t_s}$ 보다 작아야 하며, 링 중심의 양쪽에 1/2 씩 놓여야 한다.

1. 최대허용유효동체부분이 보강재의 한면 혹은 양면에 중첩되도록 보강재가 위치되어야 한다면, 이 보강재의 유효동체부분은 각 중첩의 0.5배로 짧게 하여야 한다.

$A_s$  = 보강링의 단면적, mm<sup>2</sup>

$A$  = 아래의 계수  $B$  와 고려중에 있는 동체에 대한 설계온도에 해당하는, 보강링에서 사용되는 재료에 대해 부도에 있는 적용곡선으로부터 구해진 계수

$B$  = 보강링에 대해 사용되는 재료에 대해 부도에 있는 적용곡선으로부터 구해진 계수, MPa

$L_s$  = 보강링의 중심으로부터 한면 위에 있는 지지물의 다음 선까지 거리의 1/2 에 보강링의 다른면 위에 있는 지지물의 다음 선까지의 중심 선거리의 1/2 을 추가한 값, mm

$P, Do, E, t$  와  $t_s$  는 제54조에 정의된 바와 같다. 보강링을 위한 관성모멘트의 적합성은 다음 절차에 의해 결정되어야 한다.

순서 1. 동체의 설계가 완료되어  $Do, L_s$  및  $t$  를 알고 있다고 가정하고, 보강링에 사용할 부재를 선택하고 보강링의 단면적  $A_s$  를 결정한다. 이후에 다음 식을 사용하여 계수  $B$  를 계산한다.

$$B = \frac{3}{4} \left( \frac{PDo}{t + A_s / L_s} \right)$$

순서 2. 순서 1에 의해서 구한  $B$  를 사용하려는 재료에 대한 부도의 해당 적용곡선의 오른쪽에서 찾는다. 만약 동체와 보강링에 상이한 재료를 사용할 경우에는 아래 순서 4에서 더 큰  $A$  를 얻는 적용곡선을 사용한다.

순서 3. 왼쪽으로 수평 이동하여 설계금속온도에 대한 재료-온도 곡선과의 교점을 구한다.  $B$  가 재료-온도 곡선의 왼쪽 끝을 벗어나는 경우에는 순서 5로 옮겨간다.

순서 4. 적용곡선의 아래 방향으로 수직 이동하여  $A$  를 읽는다.

순서 5.  $B$  가 설계온도에 대한 재료-온도 곡선의 왼쪽 끝을 벗어나는 경우에  $A$  는 다음 식을 사용하여 계산할 수 있다.

$$A = \frac{2B}{E}$$

순서 6a. 단지 보강링만 고려하는 경우에는 위의 ①항에 주어진  $I_s$  에 대한 식을 사용하여 요구관성모멘트를 계산한다.

순서 6b. 보강링과 동체를 동시에 고려하는 경우에는 위의 ①항에 주어진  $I_s'$  에 대한 식을 사용하여 요구관성모멘트를 계산한다.

순서 7a. 단지 보강링만 고려하는 경우에는 순서 6a에서 사용한 단면에 대응하는 보강링의 단면을 사용하여 유효관성모멘트  $I$  를 계산한다.

순서 7b. 보강링과 동체를 동시에 고려하는 경우에는 순서 6b에서 사용한 단면에 대응하는 보강링과 동체의 단면을 이용하여 유효관성모멘트  $I'$  를 계산한다.

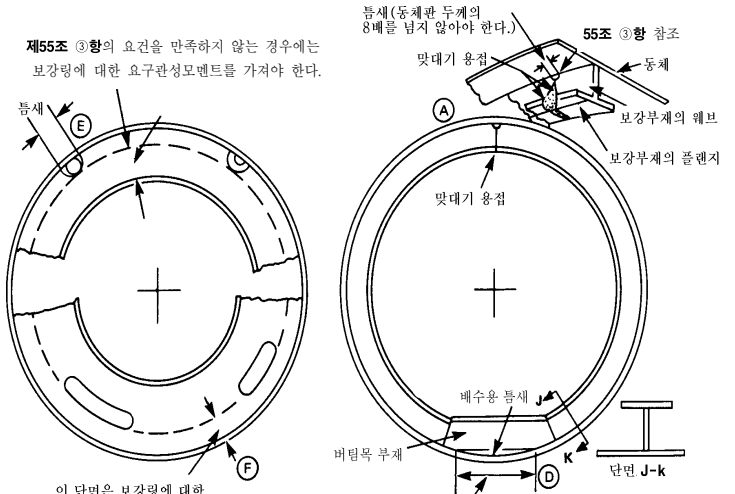
순서 8. 보강링이 부착되어 있지 않거나 또는 보강링과 동체의 복합 강도를 고려하지 않는 경우로서 요구관성모멘트가 선정된 단면의 유효관성모멘트보다 큰 경우에는 더 큰 관성모멘트를 갖는 새로운 단면을 선정하거나 보강링을 동체에 확실히 부착시키고 복합 강도를 고려하거나 또는 전에 고려하지 않았던 보강링과 동체의 복합강도를 고려하여야 한다. 보강링과 동체를 동시에 고려하는 경우로서 요구관성모멘트가 유효관성모멘트보다 큰 경우에는 더 큰 관성모멘트를 갖는 새로운 보강링 단면을 선정하여야 한다. 새로운 단면이 사용될 때에는 보강링 또는 보강링과 동체를 조합한 새로운 단면 특성을 사용하여 모든 계산을 반복하여야 한다. 요구관성모멘트가 보강링 또는 보강링과 동체의 조합 단면에 대해 실제의 관성모멘트보다 작다면 보강링 단면 또는 조합 단면은 만족스러운 것으로 본다.

② 보강링은 원통의 원주 전체에 걸쳐서 제4항에서 허용하는 경우를 제외하고 완전히 둘러싸여 있어야 한다. 그림 26 ㉠ 및 ㉡와 같이 보강링의 양단 또는 부분 사이의 이음 및 그림 26 ㉢와 같이 동체의 안쪽 또는 바깥쪽에 있는 보강링의 인접 부분 사이의 연결은 어떠한 이음이나 연결에서도 보강링과 동체의 결합된 조합 단면에 의한 요구관성모멘트가 유지 되어야 한다.

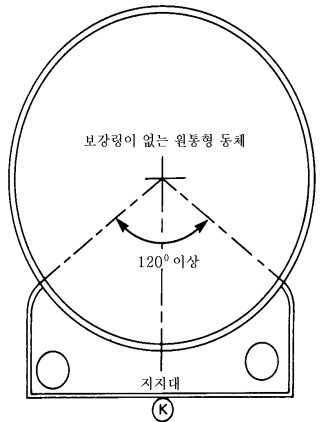
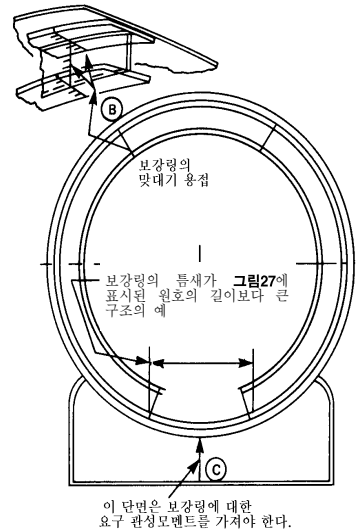
③ 그림 26 ㉔와 같이 보강링의 요구관성모멘트 또는 그림 26 ㉕와 같이 보강링과 동체 조합 단면의 요구관성모멘트가 표시된 단면 내에 유지된다면 압력용기의 안쪽에 놓이는 보강링은 그림 26 ㉔와 ㉕와 같이 배치할 수 있다. ㉔ 또는 ㉕에서의 간격이 동체 판 두께의 8배를 넘지 않는 경우에는 동체와 강화 부재의 복합관성모멘트를 이용할 수 있다. 그림 26 ㉖ 및 ㉗와 같이 동체를 지지하는 보강링 부분에 있는 어떠한 간격도 그림 27에 주어진 원호의 길이를 초과해서는 아니 된다. 다만, 그림 26 ㉔처럼 추가 보강을 하는 경우 및 다음 조건을 모두 만족하는 경우에는 예외로 한다.

- 1) 지지되지 않는 동체 원호는 보강링당 하나만이 허용되는 경우
- 2) 지지되지 않는 동체 원호의 중심각이 90°를 초과하지 않는 경우
- 3) 이웃하는 보강링에서 지지되지 않는 동체 원호가 180° 엇갈려 있는 경우
- 4) 제54조에서 정의한 치수 L 을 다음 중에서 큰 값을 선택한 경우
  - 4.1) 하나 거른 보강링사이의 거리 또는
  - 4.2) 경판의 탄젠트라인으로부터 두번째 보강링까지의 거리에 경판 깊이의 1/2 을 더한 거리

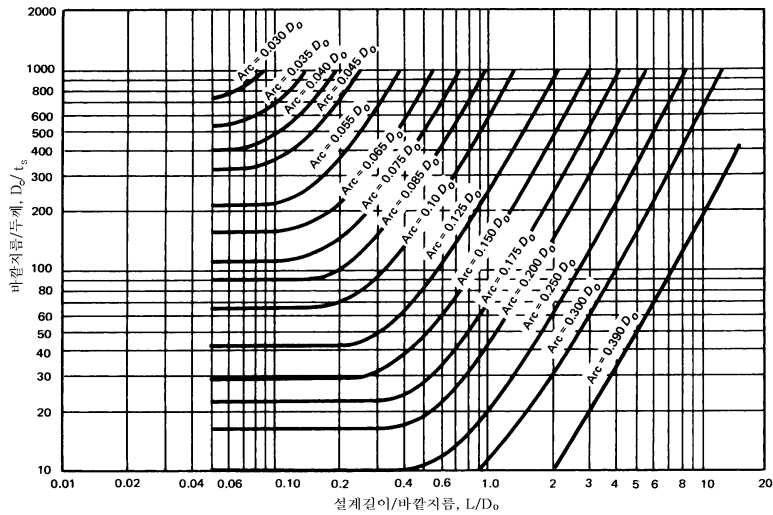
- ④ 버블(bubble) 트레이 또는 배플판(baffle plates)과 같은 원통의 길이방향 축에 수직인 내부 평면 구조물을 압력용기에 사용할 경우에는 그 구조물이 보강링의 기능을 갖도록 설계한다면 구조물이 보강링으로서 역할을 한다고 본다.
- ⑤ 동체의 보강링으로 사용되는 내부 스테이나 지지물은 실질적으로 연속적인 링을 매개로 하여 압력용기의 동체를 지지하여야 한다.
- ⑥ 봉합봉(closure bar)이나 또는 다른 링재가 압력용기의 동체 안쪽 및 바깥쪽 재킷에 부착되는 경우로서 재킷과 동체 내부 사이의 공간에 압력이 걸리는 구조는 적절한 자체의 강도를 가지고 있으므로 위의 규정들을 적용하지 않는다.



지지되지 않는 동체의 틈새 길이는 그림27에 표시된 원호의 길이보다 커서는 아니 된다.

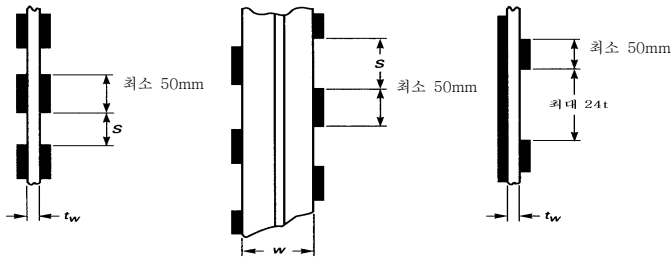


[그림 26] 외압을 받는 원통형동체에 대한 보강링의 배열 방법



[그림 27] 외압을 받는 원통형동체에서 보강링의 틈새로 인한 지지되지 않는 동체 원호의 최대 길이

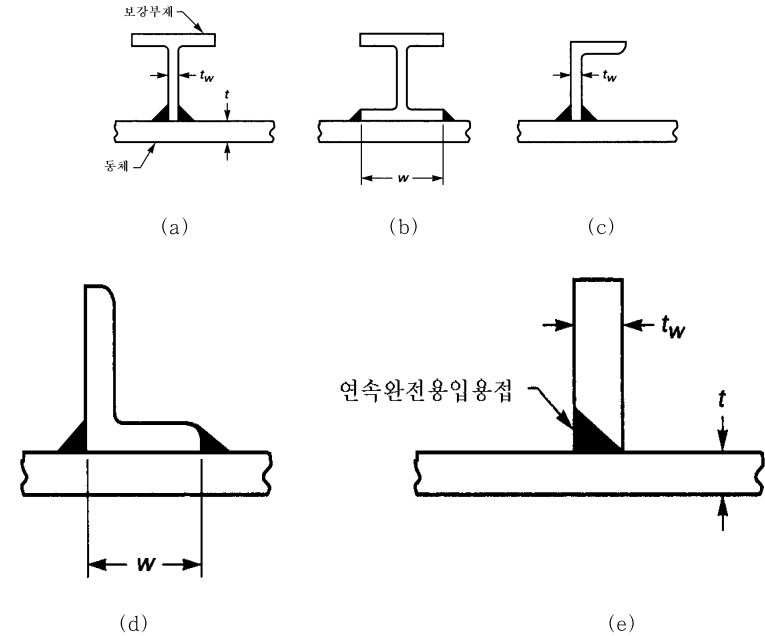
- 제56조 (보강링의 부착)** ① 보강링은 압력용기의 안쪽이나 바깥쪽에 설치할 수 있고 용접으로 동체에 부착시켜야 한다. 보강링은 반드시 동체와 결합시켜야 하고 제55조제2항 및 제3항에 만족하여야 한다.
- ② 보강링은 연속, 단속 또는 연속과 단속의 조합 용접으로 동체에 부착할 수 있다. 보강링을 부착하는 방법은 그림 28과 같이 하여야 한다.



평행한 단속용접 잇갈린 단속용접 한쪽은 연속필릿용접 다른 한쪽은 단속용접

$$s \leq 8t \text{ 바깥쪽 보강 부재}$$

$$s \leq 12t \text{ 안쪽 보강 부재}$$



[그림28] 허용하는 보강링 부착 방법의 예

- ③ 단속 용접은 보강 부재의 양쪽에 실시하여야 하며, 병렬식이나 지그재그식으로 하여도 좋다. 각 필릿용접 세그먼트(segments)의 길이는 50mm 이상이고, 인접한 용접 세그먼트(segments)의 끝단부 사이의 최대 간격은 외부링의 경우에는  $8t$ , 내부링의 경우에는  $12t$  이하이어야 한다. 여기에서  $t$ 는 부착 동체의 두께이며, 보강링의 각각 편측 용접부 길이의 합은 다음과 같이 하여야 한다.
1. 바깥쪽에 설치하는 보강링은 최소한 압력용기의 바깥 원둘레의  $\frac{1}{2}$  이상이어야 한다.
  2. 안쪽에 설치하는 보강링은 최소한 압력용기의 원둘레의  $\frac{1}{2}$  이상이어야 한다.
- ④ 연속적으로 완전용입 용접하는 것은 그림 28 (e)에서와 같이 허용된다. 그림 28 (a), (b), (c) 및 (d)에서 보는 바와 같은, 보강부재의 한쪽을 연속적



으로 필릿용접 또는 단속 용접 하는 것은 허용된다. 다만, 이때에 튀어나온 보강부재의 두께  $t_w$  [그림 28 (a) 및 (c)] 또는 동체에 접하고 있는 보강부재의 폭  $w$  [그림 28 (b) 및 (d)]가 25mm보다 커서는 아니 된다. 용접 세그먼트의 길이는 50mm 이상이어야 한다. 인접한 용접 세그먼트의 끝점 사이의 최대 간격은  $24t$ 가 되어야 한다.

⑤ 부착용접의 최소 필릿용접의 다리길이는 다음에 주어진 값 중에서 제일 작은 값 이상이어야 한다.

1. 6mm
2. 용접부 위치에서의 압력용기 두께
3. 용접부 위치에서의 보강재의 두께

**제57조 (튜브 또는 동체로 사용되는 튜브 및 관)** ① 내압을 받는 튜브와 관의 요구되는 벽두께는 제53조의 동체에 대한 규정에 따라서 결정 한다.

② 외압을 받는 튜브와 관의 요구 벽두께는 제54조에 따라서 결정 한다.

③ 제1항 및 제2항에 의해서 결정된 두께는 다음 요건을 만족하기 위하여 필요하다면 증가 시켜야 한다.

1. 부식, 침식, 세척작업 등에 의해서 마모가 예상될 경우 벽두께를 증가시켜야 한다.
2. 튜브 끝단에서 나사이름이 될 경우 증가시킬 벽두께는  $20/n$  mm 이다[여기에서  $n$ 은 25.4mm당의 나사산의 수를 말한다].

**제58조 (내압을 받는 성형경관 및 용기)** ① 내압을 받는 타원형, 반구형, 원추형, 접시형 및 접시원추형경관에서 성형 후에 가장 얇은 부분의 요구두께는 다음의 식으로 계산하여야 한다. 다만 볼트체결형 플랜지를 가진 경관은 제61조 요건에 따른다.

1. 타원형경관

가.  $ts/L \geq 0.002$ 의 타원형 경관 : 경관의 안쪽 깊이에서 스킵트 길이를 뺀 길이, 즉 단축의  $\frac{1}{2}$ 이 경관 스킵트 안지름의  $\frac{1}{4}$ 이 되는 반타원형 형태의 접시형경관의 요구두께는 다음 식에 의해서 결정 한다.

$$t = \frac{PD}{2SE - 0.2P} \quad \text{또는} \quad P = \frac{2SEt}{D + 0.2t} \quad (1)$$

나. 2:1의 타원형경관으로 근사화할 수 있는 것을 너클 반지름이  $0.17D$ 이고, 구형 부분의 반지름이  $0.90D$ 인 경관을 말한다.

2. 접시형경관

가.  $ts/L \geq 0.002$ 의 접시형 경관 : 너클 반지름이 크라운 안쪽 반지름의 6% 이상이고, 크라운 안쪽 반지름이 스킵트의 바깥지름과 같은 접시형경관의 요구두께는 다음 계산식에 의해서 결정하여야 한다.

$$t = \frac{0.885 PL}{SE - 0.1P} \quad \text{또는} \quad P = \frac{SEt}{0.885L + 0.1t} \quad (2)$$

나. 규정 최소 인장강도가 500MPa를 초과하는 재료로 제작할 접시형 경관은 실내온도인 경우에는  $S$  값을 150MPa로 하고 실온이 아닌 경우에는 별표 1, 2 및 ASME Sec II, Part D의 1A, 1B 에서 해당 온도의 최대허용응력값이 감소하는 비율로 줄인  $S$  값을 사용하여 설계하여야 한다.

3. 반구형경관

반구형경관의 두께가  $0.356L$  이상이거나 또는  $P$ 가  $0.665SE$  이하인 경우에는 다음의 식을 적용하여야 한다.

$$t = \frac{PL}{2SE - 0.2P} \quad \text{또는} \quad P = \frac{2SEt}{L + 0.2t} \quad (3)$$

4. 원추형경관과 그 부분(천이 너클이 없는 경우)

가. 반쪽지각의  $\alpha$ 가  $30^\circ$ 보다 작은 원추형경관 또는 원추형동체 부분의 요구두께는 다음 식에 의하여 결정하여야 한다.

$$t = \frac{PD}{2 \cos \alpha (SE - 0.6P)} \quad \text{또는} \quad P = \frac{2SEt \cos \alpha}{D + 1.2t \cos \alpha} \quad (4)$$

나. 반쪽지각의  $\alpha$ 가  $30^\circ$ 보다 큰 원추형경관 또는 원추형동체부분(천이 너클이 없는 부분)의 요구두께는 위의 가에 주어진 식과 빔-탄성-기초해석과 같은 특별한 해석에 기초하여 설계한다면 불연속부에서 계산된 국부응력은 다음 값 이하이어야 한다.

(1) (원주방향 멤브레인 응력)+(원주방향 평균 불연속 응력)은  $1.5SE$  이하. 여기에서, “원주방향 평균 불연속 응력”이란 표면에서의 길이방향 응력에 포아송 비를 곱한 효과를 무시한 접속부에서 불연속에 기인한 벽 두께에 걸친 평균 원주방향 응력이다.

(2) (길이방향 멤브레인 응력)+(굽힘에 기인한 길이방향 불연속 응력)은  $4SE$  이하원추 및 원통 사이의 앵글이음은 양면 맞대기 용접 이음과 동등하게 설계하여야 하고, 높은 굽힘응력 때문에 앵글이음의 주위에는 취약한 구역이 있어서는 아니 된다. 원통의 두께는 앵글이음이 완만한 곡면을 갖도록 두께차이를 줄이기 위하여 증가시킬 수 있다. 이음효율  $E$ 는 표9에 따라야 한다.

5. 접시원추형경관

가. 너클 반지름이 경관 스킵트 바깥지름의 6% 이상이며, 또한 너클 두께의 3배보다 작지 않은 접시형 원추경관에서 원추 부분의 요구두께는 위의 4에 주어진 식에 의해서 결정하여야 한다. 이 경우  $D$ 대신에  $D_i$ 를 사용한다.

나. 너클의 요구두께는 제58조제2항의 식(3)에 의해서 결정하여야 한다. 이때  $L$ 은 다음 식으로 정의한다.

$$L = \frac{D_i}{2 \cos \alpha}$$

다. 접시원추형경관은  $\alpha \leq 30^\circ$ 일 경우에도 사용할 수 있으며, 원추형경관의 설계에 있어서  $\alpha$ 가  $30^\circ$ 를 초과할 경우에는 제58조제1항제4호나목에 따르는 경우를 제외하고는, 반드시 접시원추형경관으로 설계하여야 한다.

6. 제1호부터 제5호까지의 식에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

$t$  = 성형후 경관의 최소요구두께, mm

$t_s$  = 성형 후 경관의 최소규정두께,  $t_s$ 는  $t$  이상이어야 한다.

$P$  = 설계 내압, MPa

$D$  = 경관 스커트의 안지름(mm) 또는 타원형경관 장축의 안쪽길이(mm) 또는 원추형경관에서 길이방향 축에 수직으로 측정된 해당부위에서의 안쪽 반지름, mm

$D_j$  = 접시원추형경관에서 원추의 축에 수직으로 측정된 너클과의 접촉 점에서의 원추 부분의 안쪽 반지름  $[D-2r(1-\cos \alpha)]$ , mm

$r$  = 너클안쪽 반지름, mm

$S$  = 인장시의 최대허용응력, MPa

$E$  = 경관에 있는 이음의 최저효율: 구형경관에 대해서 이것은 경관과 동체이음을 포함하고 용접된 압력용기에 대해서는 표9에 규정된 효율을 사용하여야 한다.

$L$  = 구 또는 크라운에서의 안쪽 반지름, mm

$\alpha$  = 경관의 중심선에 있는 원추 사이각의  $\frac{1}{2}$

② 그림 29 에서 주어진 것 이외의 비율을 갖는 성형경관의 설계는 다음에 따른다.

1. 타원형경관( $t/L \geq 0.002$ 의 타원형 경관)

가.  $K > 1.0$  으로 설계된 타원형경관 및 규정최소인장강도가 485MPa를 초과하는 재료로 만들어진 모든 접시형경관은 별표 1, 2에서 나타낸 재료에 대한 실내온도에서 138 MPa와 동등한 S 값을 사용하여 설계되어야 하고, 그리고 별표 1, 2의 해당온도에서 최대허용응력값이 감소하는 것에 비례하여 줄여야 한다.

$$t = \frac{PDK}{2SE-0.2P} \quad \text{또는} \quad P = \frac{2SEt}{KD+0.2t} \quad (1)$$

$$t = \frac{PD_oK}{2SE+2P(K-0.1)} \quad \text{또는} \quad P = \frac{2SEt}{KD_o-2t(K-0.1)} \quad (2)$$

여기에서

$$K = \frac{1}{6} \left[ 2 + \left( \frac{D}{2h} \right)^2 \right]$$

나. 계수 K의 수치는 아래 표 10 에 주어져 있다.

[표 10] 계수 K의 값 (D/2h의 가장 근사치를 사용한다 : 보간법은 필요없음)

D/2h	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0
k	1.83	1.73	1.64	1.55	1.46	1.37	1.29	1.21	1.14	1.07	1.00
D/2h	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	...
k	0.93	0.87	0.81	0.76	0.71	0.66	0.61	0.57	0.53	0.50	...

2. 접시구형경관( $t/L \geq 0.002$ 의 접시형 경관)

가.  $K > 1.0$  으로 설계된 타원형경관 및 규정최소인장강도가 482 MPa를 초과하는 재료로 만들어진 모든 접시형경관은 별표1, 2에서 나타낸 재료에 대한 실내온도에서 138 MPa와 동등한 S 값을 사용하여 설계되어야 하고, 그리고 별표1, 2의 해당온도에서 최대허용응력 값이 감소하는 것에 비례하여 줄여야 한다.

$$t = \frac{PLM}{2SE-0.2P} \quad \text{또는} \quad P = \frac{2SEt}{LM+0.2t} \quad (3)$$

$$t = \frac{PL_oM}{2SE+P(M-0.2)} \quad \text{또는} \quad P = \frac{2SEt}{ML_o-t(M-0.2)} \quad (4)$$

여기에서,

$$M = \frac{1}{4} \left( 3 + \sqrt{\frac{L}{r}} \right)$$

나. 계수 M의 수치는 아래 표 11에 주어져 있다.

[표 11] 계수 M 값 (L/r의 가장 근사치를 사용한다 : 보간법은 필요없음)

L/r	1.0	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
M	1.00	1.03	1.06	1.08	1.10	1.13	1.15	1.17	1.18	1.20	1.22	1.25	1.28	1.31	1.34	1.36	1.39
L/r	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	16%	
M	1.41	1.44	1.46	1.48	1.50	1.52	1.54	1.56	1.58	1.60	1.62	1.65	1.69	1.72	1.75	1.77	

3. 원추형경관

$$t = \frac{PD}{2\cos\alpha(SE-0.6P)} \quad \text{또는} \quad P = \frac{2SEt\cos\alpha}{D+1.2t\cos\alpha} \quad (5)$$

$$t = \frac{PD_o}{2\cos\alpha(SE+0.4P)} \quad \text{또는} \quad P = \frac{2SEt\cos\alpha}{D_o-0.8t\cos\alpha} \quad (6)$$

4. 제1호부터 제3호까지의 식에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

$t$  = 성형후 경관에 대한 최소요구두께, mm.

$P$  = 내부설계압력, MPa

D = 경관 스킨의 안지름 또는 타원형경관의 장축 내부길이 또는 길이 방향축에 수직하게 측정된 원추형경관의 안지름, mm.

Do = 경관 스킨의 바깥지름, 타원형경관의 장축 외부길이 또는 길이방향 축에 수직하게 측정된 원추형경관의 바깥지름, mm.

S = 최대허용사용응력, MPa

E = 경관에 있는 분류 A 이음의 최저이음효율(반구형경관의 경우, 이것은 경관-동체 이음을 포함한다), 용접 압력용기의 경우는 표9에 규정된 효율을 사용한다.

r = 너클 안쪽반지름, mm.

L = 접시형 및 반구형경관에 대한 구형 또는 크라운의 안쪽반지름, mm.

= 타원형 경관의 경우  $K_1D$ 이며,  $K_1$ 은 표 13에서 구함

Lo = 구형 또는 크라운의 바깥반지름, mm

L/r = 표 11에서 사용된 크라운 안쪽반지름을 너클 안쪽반지름으로 나눈 비율

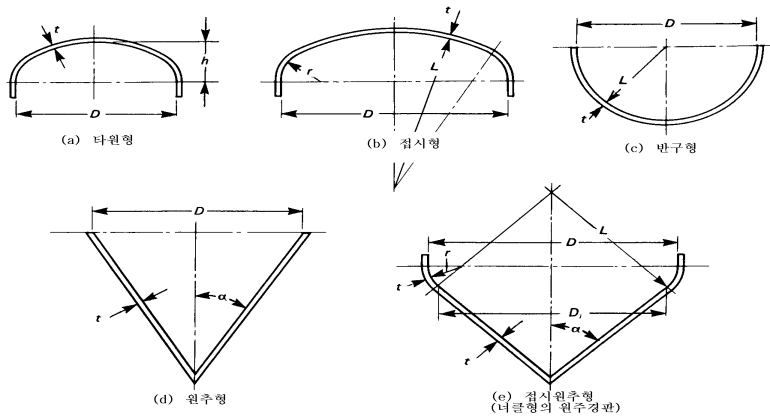
M = 경관 비율 L/r에 좌우되는 접시형경관에 대한 식에서의 계수

h = 타원형경관의 단축 길이의 1/2 또는 탄젠트라인(경관-굽힘선)으로부터 측 정된 타원형경관의 내부길이, mm

K = 경관 비율 D/2h에 좌우되는 타원형경관에 대한 식에서의 계수

D/2h = 경관 내부길이(높이)의 2배로 나누어지는 경관 스킨의 안지름과 동일하고, 또한 표10에서 사용되는 타원형경관 장축에 대한 단축의 비율

a = 경관의 중심선에서 원추 꼭지각의 1/2

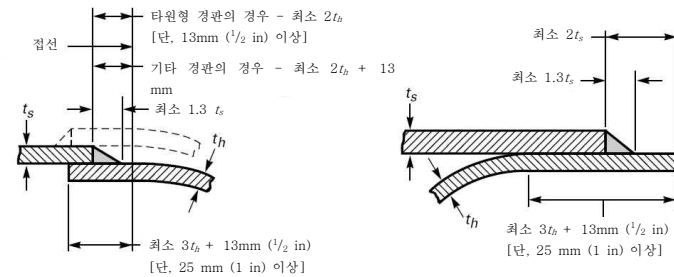


[그림 29] 일반적인 경관의 주요 치수

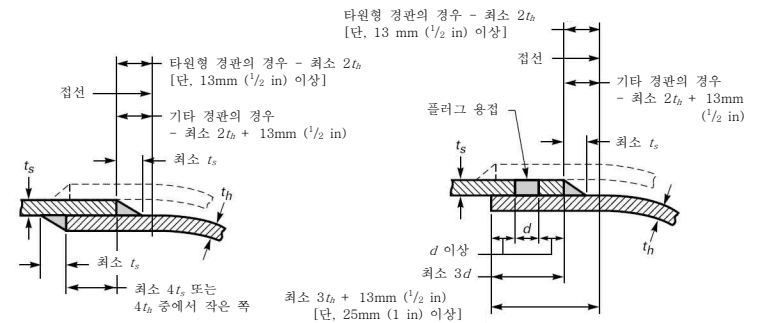
③ 타원형, 접시형, 반구형, 원추형 또는 접시원추형경관이 제58조에 따라서 구한 요구두께보다 작은 경우에는 평판으로 간주하여 브레이스 또는 스테이로 지지되는 평판에 대한 규정에 따라서 스테이로 지지하여야 한다.

④ 접시형경관으로서 스테이로 지지되지 않는 경우에 안쪽 크라운 반지름은 경관 스킨의 바깥쪽 지름보다 커서는 아니 된다. 접시형경관의 너클 안쪽 반지름은 경관 스킨의 바깥쪽 지름의 6% 이상, 경관 두께의 3배 이상이어야 한다.

⑤ 동체보다 두껍고 내압을 받으며 맞대기 용접으로 부착하는 모든 성형경관들은 테이퍼에 의한 두께 변화부가 필요할 경우 그림 30의 요건을 만족시키기에 충분한 길이의 스킨트를 가져야 한다. 경관의 두께가 동체의 두께 이하인 경우 내압을 받으며 맞대기 용접으로 부착하는 모든 성형경관은 일체형 스킨트를 가질 필요가 없다. 스킨트를 줄 경우, 스킨트의 두께는 최소한 같은 지름의 이음매 없는 동체에 대한 요구두께와 같아야 한다.



(a) 한쪽면 필릿 겹치기 용접

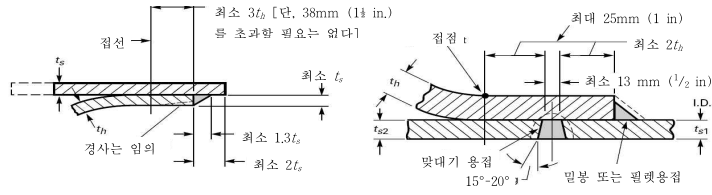


(b) 양면 필릿 겹치기 용접

(c) 플러그 용접이 있는 한쪽면 필릿 겹치기 용접

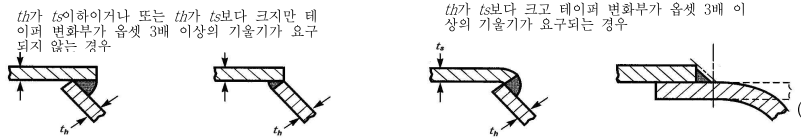


(d) 맞대기 용접



(e) 한쪽면 필릿 겹치기 용접

(f) 중간경판

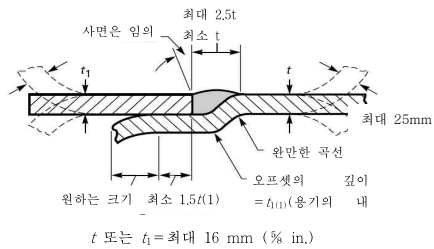


(g-1)

(g-2)

(h)

(j)



(k) 한쪽면 가장자리 치우침을 가진 맞대기 용접

주 (1) \$t\$ 또는 \$t\_1\$ = 최대 16mm 다만, 반구형경관을 동체에 연결하는 이음에 대해서는 다음을 적용하여야 한다.

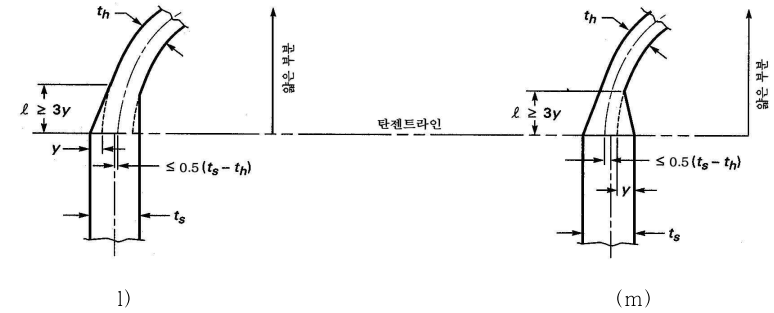
a) \$t\$ 또는 \$t\_1\$ = 최대 10mm

b) \$t\$ 또는 \$t\_1\$의 최대 두께 차이 = 2.4mm

비고1. 그림 (f)에서, 맞대기 용접 및 필릿용접이 사용될 경우에는 존재할 수 있는 차압의 1.5배에 해당하는 전단응력을 견딜 수 있도록 설계되어야 한다.

2. 그림 (f)에서 \$t\_s\$와 \$t\_h\$는 다를 수 있다.

3. 그림 (g-1), (g-2), (h) 및 (j)는 허용되지 않는 형태이다.



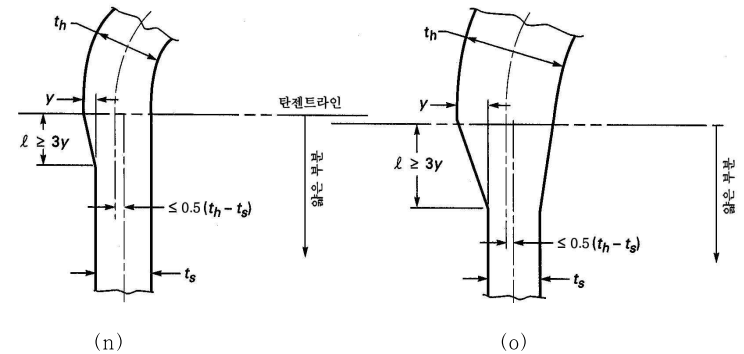
(l)

(m)

비고1. 요구되는 테이퍼의 길이, \$l\$은 용접의 폭을 포함할 수 있다.

2. 어떠한 경우에도 테이퍼된 길이 \$l\$은 \$3y\$ 이상이어야 한다.

3. 동체 판 중심선은 경관 중심선의 내, 외부 어느 쪽으로 하여도 좋다.



(n)

(o)

비고1. \$t\_h\$가 \$t\_s\$보다 클 때에는 어떠한 경우에도 길이 \$l\$은 \$3y\$ 이상이어야 한다. 스커트의 최소길이는 \$3t\_b\$이다. 그러나 요구되는 테이퍼의 길이를 제공하기에 필요한 경우를 제외하고는 38mm를 초과할 필요가 없다.

2. \$t\_h\$가 \$1.25t\_s\$ 이하인 경우에도 스커트의 길이는 요구되는 어떠한 테이퍼에 대해서도 충분하여야 한다.

3. 요구되는 테이퍼의 길이, \$l\$은 용접부의 폭을 포함할 수 있다. 동체 판 중심선은 경관 중심선의 내, 외부 어느 쪽으로 하여도 좋다.

[그림 30] 동체에 부착되는 경관 (제한사항은 표9. 참조)

⑥ 접시형, 타원형 또는 반구형의 경관이 평평한 곳이나 표면을 갖게 성형되는 경우에 평평한 곳의 지름은 제60조의 식(1)에서 \$C = 0.25\$를 사용하여 구한 평경관에 대해서 허용되는 값을 초과해서는 아니 된다.

⑦ 내압을 받는 성형경관 구멍들은 제62조부터 제72조까지의 요건을 만족하여야 한다.

**제59조 (블록면이 압력을 받는 성형경관)** ① 블록면이 압력을 받는 타원형, 접시형, 반구형, 접시원추형 그리고 원추형경관과 원추형부분에 있어서 성형 후 가장 얇은 부분의 요구두께는 다음 식으로 계산하여야 한다. 다만, 볼트체결형 플랜지를 가진 경관은 제61조 요건에 따른다.

1. 타원형경관과 접시형경관의 경우, 요구두께는 아래 가 와 나 중에서 큰 값이어야 한다. 타원형경관 또는 접시형경관의 블록한 면에 대한 최대허용사용압력을 결정할 경우 가목 및 나목의 절차를 역순으로 구한 압력 중에서 작은 값을 사용하여야 한다.

가. 블록면에 대한 설계압력의 1.67배한 값을 설계압력으로 사용하여 오목면에 압력을 받는 경우에 대한 제58조의 절차로 계산한 두께. 이때에는 모든 경우에 있어서 이음효율, E = 1.0으로 가정한다.

나. 제3항 및 제4항에 주어진 절차로 계산한 두께

2. 반구형경관의 요구두께는 제54조제1항제2호에 주어진 절차에 따라 결정하여야 한다.

3. 원추형경관과 접시원추형경관 그리고 원추부분의 요구두께는 제5항에 주어진 규정에 따라서 결정하여야 한다.

② 블록면이 압력을 받는 반구형경관의 요구두께는 제54조제1항제2호에 주어진 구형동체의 두께를 결정하는 방법에 따라서 결정하여야 한다.

③ 이음부가 없거나 맞대기 이음으로 제작되는 타원형경관으로 외면에 압력을 받는 경우의 요구두께는 다음 절차에 따라 구한 값이상 이어야 한다.

순서 1.  $t$  를 가정하고 다음 식을 사용하여 계수 A를 계산한다.

$$A = \frac{0.125}{(Ro/t)}$$

순서 2. 순서 1에서 계산된 A를 사용하여, 제54조제1항제2호에 주어진 구형동체에 대한 순서 2에서 순서 6까지의 절차와 동일한 절차를 따른다.

④ 이음부가 없거나 또는 맞대기 이음으로 제작되는 접시형경관으로 외면에 압력을 받을 경우의 요구두께는 제3항에 주어진 타원형경관의 설계절차에 적당한 Ro를 사용하여 구한 값 이상이어야 한다.

⑤ 원추-원통 접합부가 지지선이 아닌 경우에는 외면에 압력을 받는 원추형 경관 또는 원추부분의 요구두께는 이음부가 없거나 맞대기이음부로 제작되어도 인접한 원통형 동체의 최소요구두께 이상이어야 하며, 원추-원통 접합부가 지지선인 경우의 요구두께는 다음의 절차에 따라서 결정하여야 한다.

1.  $\alpha \leq 60^\circ$ 인 경우

가.  $D_L/t_e \geq 10$ 인 원추

순서 1.  $t_e$  를 가정하고  $L_e/D_L$ 과  $D_L/t_e$  의 비율을 계산한다.

순서 2. 순서1에서 계산된  $L_e/D_L$ 과 같은  $L/Do$  을 부도1에 넣는다.  $L_e/D_L$  이 50보다 큰 경우에는  $L_e/D_L = 50$ 을 사용한다.

순서 3. 순서 1에서 계산된  $D_L/t_e$ 와 같은  $Do/t$  에 대응하는 선까지 수평선을 연장한다. 그러나 외삽법은 허용되지 않는다. 이 교점에서 아래 방향으로 수직선을 내려서 계수 A를 결정한다.  $D_L/t_e$ 의 중간값에 대해서는 보간법으로 계산할 수 있다.

순서 4. 순서 3에서 계산된 A를 부도의 해당 재료곡선에 넣는다. 설계온도에 대한 재료-온도 선까지 수직선을 긋고 그 교점을 구한다. 중간온도에 대해서는 선들 사이에서 보간법을 사용할 수 있다. A가 재료-온도 선의 우측 끝을 벗어나는 경우에는 재료-온도 선의 상단에서부터 수평으로 연장한 선과의 교점을 가정한다. 재료-온도 선의 좌측을 벗어나는 A에 대해서는 순서 7을 참조한다.

순서 5. 순서 4에서 구한 교점에서 우측으로 수평 이동하여 계수 B를 읽는다.

순서 6. 순서 5에서 구한 B를 다음 식에 대입하여 최대 허용외압  $Pa$ 를 계산한다.  $Pa = \frac{4B}{3(D_L/t_e)}$

순서 7. A가 해당 재료-온도 선의 좌측을 벗어나는 경우의  $Pa$ 는 다음 식을 사용하여 계산 할 수 있다.

$$Pa = \frac{2AE}{3(D_L/t_e)}$$

순서 8. 순서 6 또는 7에서 구한  $Pa$ 와 P를 비교한다. 만약  $Pa$ 가 P보다 작다면, 더 큰  $t$ 를 선택하여  $Pa$ 가 P 이상의 값이 구해질 때까지 계산 절차를 반복한다.

순서 9. 원추-원통의 접합부에는 충분한 관성모멘트를 고려하여 보강하여야 한다. 너클이 있는 접합부는 보강 계산이 필요 없으며, 관성모멘트는 너클의 존재를 감안하여 계산하거나, 존재하지 않지만 그 원추가 인접 원통과 교차한다고 가정하여서 계산을 한다.

나.  $D_L/t_e < 10$ 인 원추

순서 1. 위의 가. 에서와 같은 절차를 사용하여 B를 구한다.  $D_L/t_e$  가 4보다 작은 경우의 계수 A 는 다음 식을 사용하여 계산할 수 있다.

$$A = \frac{1.1}{(D_L/t_e)^2}$$

A가 0.10보다 큰 경우에는 0.10을 사용한다.

순서 2. 순서 1에서 구한 B 를 사용하여 다음 식으로  $Pa_1$  을 계산한다.

$$Pa_1 = \left( \frac{2.167}{D_L/t_c} - 0.0833 \right) B$$

순서 3. 다음 식을 사용하여  $Pa_2$ 를 계산한다.

$$Pa_2 = \frac{2S}{D_L/t_c} \left( 1 - \frac{1}{D_L/t_c} \right)$$

여기에서,  $S$ 는 부도에 참조된 곡선으로부터 구한 설계금속온도에서의 최대 허용응력의 2배 또는 설계온도에서 재료의 항복강도의 0.9배 중에서 작은 값, MPa, 항복강도의 값들은 해당 곡선으로부터 다음과 같이 구한다.

1) 주어진 온도 곡선에 대해서 곡선의 오른쪽 방향의 끝점과 일치하는  $B$ 를 결정한다.

2) 항복강도는 위의 1)에서 구한  $B$ 의 2배이다.

순서 4. 순서 2에서 계산한  $Pa_1$ 과 순서 3에서 구한  $Pa_2$ 중에서 작은 값을 최대허용외압  $Pa$ 로 사용하여야 한다.  $Pa$ 와  $P$ 를 비교하여,  $Pa$ 가  $P$ 보다 작으면 더 큰 값의  $t$ 를 선택하여,  $Pa$ 가  $P$ 이상으로 될 때까지 계산 절차를 반복한다.

순서 5. 원추-원통의 접합부에는 충분한 관성모멘트를 고려하여 보강하여야 한다. 너클이 있는 접합부는 그 보강을 계산이 필요 없으며, 관성모멘트는 너클의 존재를 감안하여 계산하거나, 존재하지 않지만 그 원추가 인접 원통과 교차한다고 가정하여 계산한다.

2. 원추의  $\alpha$ 가  $60^\circ$  보다 클 경우, 원추 두께는 그 지름이 원추의 최대 지름과 같은 외압을 받는 평경관의 요구두께와 같아야 한다.
3. 편심원추의 두께는 가장 작은  $\alpha$ 를 사용하여 구한 두께와 가장 큰  $\alpha$ 를 사용하여 구한 두께 중에서 큰 값을 선택하여야 한다.

⑥ 이음부가 없거나 맞대기 이음으로 제작된 접시원추형경관의 외면에 압력을 받는 경우의 요구두께는 제5항으로부터 결정되는 두께 이상이어야 한다. 그러나 이 경우 제5항에서 요구두께 계산에 사용될  $L_c$ 는 다음 식으로 결정하여야 한다.

1. 그림 31 (c)의 경우

$$L_c = r_1 \sin \alpha + \frac{L_c}{2} \left( \frac{D_L + D_s}{D_{Ls}} \right)$$

2. 그림 31 (d)의 경우

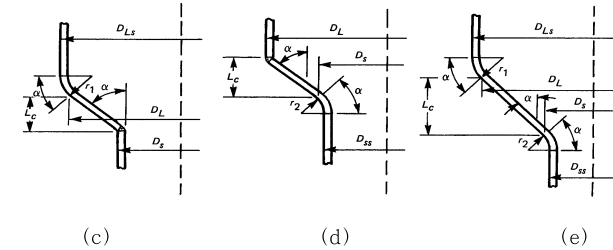
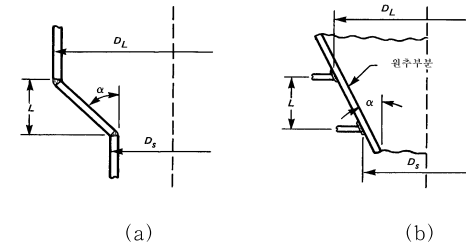
$$L_c = r_2 \frac{D_{ss}}{D_L} \sin \alpha + \frac{L_c}{2} \left( \frac{D_L + D_s}{D_L} \right)$$

3. 그림 31 (e)의 경우

$$L_c = (r_1 + r_2 \frac{D_{ss}}{D_{Ls}}) \sin \alpha + \frac{L_c}{2} \frac{(D_L + D_s)}{D_{Ls}}$$

4. 그림 31 (a) 및 (b)의 경우

$$L_c = (L_c/2)(1 + D_s/D_L)$$



[그림 31] 외압을 받는 원추부분의 길이  $L_c$ 에 대한 정의

⑦ 제1항부터 제6항까지의 식에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.  $A, B, E$ 와  $P$ 는 제54조와 같다. 대표적인 경관의 주요 치수는 그림 29와 같다.

$Do$  = 경관 스커트의 바깥지름, mm

$Do/2ho$  = 타원형경관의 단축에 대한 장축의 비. 경관 스커트의 바깥쪽 지름을 경관 높이의 2배로 나눈 것과 같다(표12 참조).

$t_c$  = 원추 부분의 유효 두께 (=  $t \cos \alpha$ ), mm

$L_c$  = 접시원추형경관 또는 부분에서 너클을 제외한 원추 부분의 축방향 길이(그림 31 참조), mm

$L$  = 원추 또는 원추부분의 축 방향 길이 (그림31 참조)<삭제>

$D_{ss}$  = 해당 원추부분 소단부의 바깥지름, mm

$D_L$  = 해당 원추부분의 대단부 바깥지름, mm

$ho$  = 타원형경관의 바깥쪽 단축 길이의 반 또는 단젠트라인에서 측정한 타원형경관의 바깥쪽 높이, mm

$Ko$  = 타원형경관에 대한 형태의 비율  $Do/2ho$ 에 의존하는 계수[표 12 참조]

$Ro$  = 반구형경관의 경우에는 바깥 반지름, 타원형경관의 경우에는  $Ko Do$ 로서 구해지는 구의 바깥쪽 동등 반지름 또는 접시형경관의

경우에는 경관의 크라운 부분의 바깥 반지름, mm

$t$  = 성형 후 경관의 최소요구두께, mm

$a$  = 원추형경관과 원추 부분에서의 반폭지각

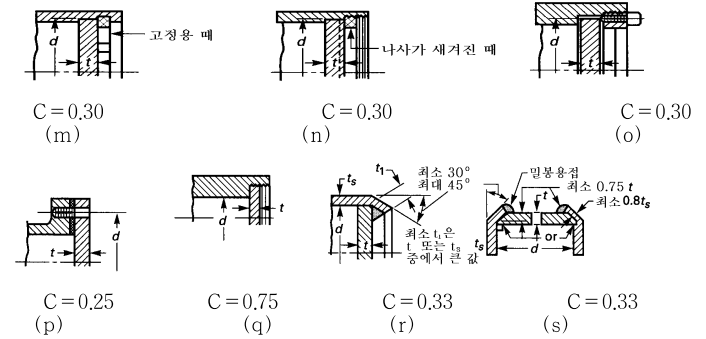
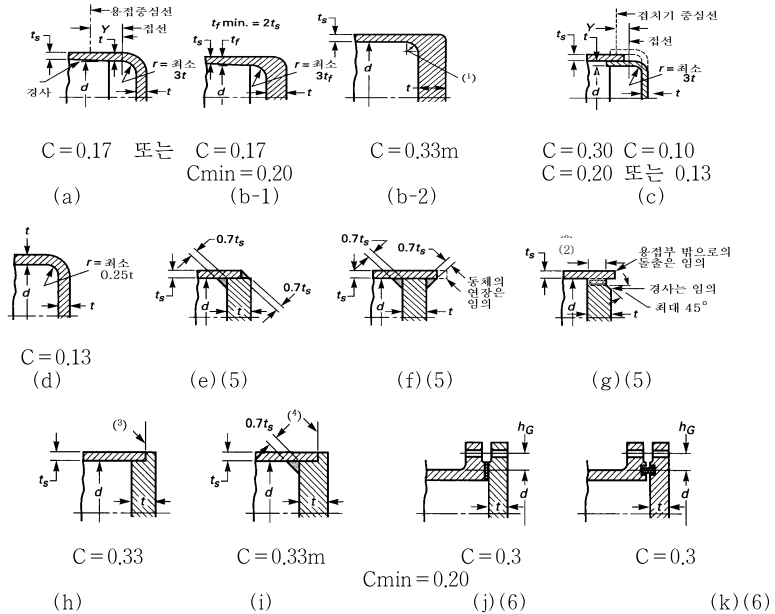
[표 12] 블록면에 압력을 받은 타원형경관에 대한 구의 반지름 계수  $Ko$ 의 값  
(중간값에 대해서는 보간법을 사용한다)

$Do / 2 ho$	...	3.0	2.8	2.6	2.4	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
$Ko$	...	1.36	1.27	1.18	1.08	0.99	0.90	0.81	0.73	0.65	0.57	0.50

⑧ 외압을 받는 성형경관 구조 또는 원추형경관의 세로 이음에 겹치기 이음을 사용할 경우에 경관의 두께는 위에서 서술한 규정에 의해서 결정하여야 한다. 다만, 요구두께를 구하기 위해서  $P$  대신에  $2P$  를 사용하여야 한다.

⑨ 외면에 압력을 받는 경관에 설치한 구멍들은 제62조부터 제72조까지의 요건을 만족하여야 한다.

**제60조 (스테인로 지지되지 않는 평경관 및 덮개판)** ① 스테이로 지지되지 않는 그림32와 같은 평경관, 덮개판 및 블라인드 플랜지의 최소두께는 다음의 요건에 따라야 한다. 이 요건은 원형 및 비원형 경관과 덮개에도 적용된다.



[그림 32] 스테이로 지지되지 않는 평관 및 덮개의 허용되는 부착 방법

- 주 (1)  $t_s \leq 38\text{mm}$ 인 경우에는  $r_{\min} = 10\text{mm}$ ,  $t_r > 38\text{mm}$ 인 경우에는  $r_{\min} = 0.25 t_s$  다만, 19mm보다 클 필요는 없다.
- (2)  $t_w$ 는 최소  $2t_r$  또는  $1.2 t_s$  이상이어야 한다. 다만,  $t$  보다 클 필요는 없다.
- (3)  $t_s$ 는  $1.25 t_r$  이상이어야 한다.
- (4) 바깥쪽 용접이음에 대한 상세 사항은 그림 33 (a) ~ (g)를 참조할 것.
- (5) 원형 덮개의 경우에  $C = 0.33m$ ,  $C_{\min} = 0.2$
- (6) 식 (2) 또는 (5)를 사용할 것.

1. 스테이로 지지되지 않는 평경관, 덮개와 블라인드 플랜지의 두께는 다음 3 가지 요건 중의 하나에 따라야 한다.

가. 원형의 블라인드 플랜지가 그림 32의 (j) 및 (k)에 있는 형식일 경우에는 해당되는 플랜지 규격에 규정된 지름과 압력-온도 등급을 만족하여야 한다.

나. 스테이로 지지되지 않는 원형평경관, 덮개와 블라인드 플랜지의 최소 요구두께는 다음 식으로 계산하여야 한다.

$$t = d \sqrt{\frac{CP}{SE}} \quad (1)$$

다만, 경관, 덮개 또는 블라인드 플랜지가 가장자리 모멘트[그림32 (j) 및 (k)]를 발생시키는 볼트에 의해서 부착되는 경우는 제외하며, 이런 경우의 두께는 다음 식으로 계산하여야 한다.

$$t = d \sqrt{\frac{CP}{SE} + \frac{1.9 Wh_G}{SEd^3}} \quad (2)$$

식 (2)를 사용할 경우에 두께  $t$ 는 사용조건 및 개스킷 시트(자리)에 대해서 계산하여 두 값 중에서 큰 값을 사용하여야 한다. 여기에서, 사용조건은  $P$ 는 설계압력이고,  $S$ 는 설계온도에서의 허용인장응력

이다. 개스킷 시트의 경우,  $P$ 는 0이고,  $S$ 는 대기 온도에서의 허용인장 응력이며,  $W$ 는 운전조건에서 요구되는 최소 볼트하중을 사용하여야 한다.

- 3) 스테어로 지지되지 않는 평경판, 덮개 또는 블라인드 플랜지의 형상은 정사각형, 직사각형, 타원형, 비원형(obround), 세그먼트형(segmental) 또는 기타 비원형 일 수 있다. 이 경우의 요구두께는 다음 식으로 계산하여야 한다

$$t = d \sqrt{\frac{ZCP}{SE}} \quad (3)$$

여기에서,

$$Z = 3.4 - \frac{2.4 d}{D} \quad (4)$$

이며,  $Z$ 의 값은 2.5보다 클 필요가 없다는 제한조건을 갖는다.

식 (3)은 가장자리 모멘트를 발생시키는 볼트에 의해서 부착된 비원형 경판, 덮개 또는 블라인드 플랜지에는 적용하지 않는다. 이러한 형식의 비원형 경판에 대한 요구두께는 다음 식으로 계산하여야 한다

$$t = d \sqrt{\frac{ZCP}{SE} + \frac{6Wh_c}{SELD^2}} \quad (5)$$

식 (5)를 사용할 경우에 두께  $t$ 는 위의 식 (2)에서 규정한 것과 같은 방식으로 계산하여야 한다.

2. 그림 32에 나타낸 각 구조 형식에 대한 위의 식 (1), (2), (3), 및 (5)에서 사용되는  $C$ 의 최소값은 다음과 같다.

가. 그림 (a)

- (1)  $C = 0.17$  : 압력용기와 일체로 단조되거나, 압력용기에 맞대기 이음으로 용접되는 플랜지불이 원형 및 비원형경판으로서, 모서리의 안쪽 반지름이 경판의 요구두께의 3배 이상이며, 플랜지의 길이에 대해서는 특별한 요건이 없고, 원주방향 이음에 대해서는 용접에 관한 이 기준의 모든 요건을 만족하는 경우
- (2)  $C = 0.10$  : 위의 (1)과 같이 설계된 경판으로서, 플랜지 길이가 다음 식으로 계산되는 값보다 큰 원형경판

$$Y = \left(1.1 - 0.8 \frac{t_s^2}{t_h^2}\right) \sqrt{dt_h} \quad (6)$$

- (3)  $C = 0.10$  : 플랜지 길이  $Y$ 가 식 (6)에 주어진 요건보다 작지만, 최소한 압력용기의 길이  $2\sqrt{dt_s}$ 에 걸쳐서 동체의 두께가 다음 식으로 계산되는 값 이상인 원형경판

$$t_s = 1.12 t_h \sqrt{1.1 - \frac{Y}{\sqrt{dt_h}}} \quad (7)$$

$C = 0.10$  이 사용될 경우 테이퍼길이는 최소한 1 : 3이 되어야 한다.

나. 그림 (b-1)

$C = 0.17$  : 압력용기와 일체로 단조되거나 압력용기에 맞대기 이음으로 용접되는 단조된 원형 및 비원형경판으로서, 플랜지 두께가 동체 두께의 2배 이상이며, 모서리 부분의 안쪽 반지름이 최소한 플랜지 두께의 3배 이상이고, 원주방향 이음에 대해서는 용접에 관한 이 기준의 모든 요건을 만족하는 경우

다. 그림 (b-2)

$C = 0.33 m$ 으로 0.20 이상인 값 : 압력용기와 일체로 단조되거나 압력용기에 맞대기 이음으로 용접되는 단조된 원형 및 비원형경판으로서, 플랜지 두께가 동체 두께 이상이며, 원주방향 이음에 대해서는, 용접에 관한 이 기준의 모든 요건을 만족하고, 모서리에서의 안쪽 반지름이 다음 식으로 주어지는 값 이상인 경우.

$$t_s \leq 38\text{mm인 경우 } r_{\min} = 10.0\text{mm}$$

$$t_s > 38\text{mm인 경우 } r_{\min} = 0.25 t_s$$

그러나 후자의 경우에 최소 반지름이 19mm보다 클 필요는 없다.

라. 그림 (c)

- (1)  $C = 0.13$  : 동체에 겹치기 이음으로 용접되는 원형경판으로서, 모서리 부분의 반지름이  $3t$  이상이며, 플랜지의 길이  $Y$ 가 식(6)에 의해서 요구되는 값 이상이고 이 기준을 만족하는 경우
- (2)  $C = 0.20$  : 위의 (1)과 같은 겹치기 이음으로 용접되는 원형 및 비원형경판으로서, 길이  $Y$ 에 관한 특별한 요건이 없는 경우
- (3)  $C = 0.30$  : 압력용기 끝 부분의 외부에 나사이음 되는 원형의 플랜지불이 평판으로서, 모서리 부분에서의 안쪽 반지름이  $3t$  이상인 경우, 이 경우에 압력으로 인한 단부에서의 힘(end force) 때문에 발생하는 전단, 인장 및 압축에 의한 파손을 방지하기 위한 나사이음의 설계에 있어서는 최소한 4의 안전계수를 주어야 하며, 나사 부분의 강도는 최소한 같은 지름의 표준형 관용 나사의 강도와 같아야 한다. 필요하다면, 누출방지용접을 할 수 있다.

마. 그림 (d)

$C = 0.13$  : 일체형 원형 평경판의 경우로서,  $d$ 가 600mm를 넘지 않고,  $d$ 에 대한 경판 두께의 비가 0.05 이상이고 0.25 이하이며, 경판 두께  $t_h$ 가 동체 두께  $t_s$  이상이며, 모서리 부분의 안쪽 반지름이 0.25  $t$  이상이며, 그 구조가 헤더의 끝을 폐쇄하는 것과 같은 방법으로 동체의 끝부분을 읍셋팅 및 스피닝하는 특수한 성형기법을 사용하여 제조하는 경우



바. 그림 (e), (f) 및 (g)

(1)  $C = 0.33 m$ 으로 0.2 이상인 값 : 압력용기의 안쪽에 용접된 원형 평판으로서, 기타의 용접에 대해서는 용접압력용기의 각 형식에 대한 요건을 만족하는 경우,  $t$  를 계산할 때 1보다 작은  $m$ 을 사용할 경우에는 경판의 안쪽 면에서부터 안쪽으로 최소한  $2\sqrt{dt_s}$  와 같은 거리에 걸쳐서 동체의 두께  $t_s$ 를 유지하여야 한다. 그림32의 (e) 및 (f)에 있는 필릿용접의 목 두께는 최소한 0.7  $t_s$ 가 되어야 한다. 그림32 (g)에 있는 용접의 크기  $t_w$ 는 이음매 없는 동체의 요구두께의 2배 이상이고, 또한 동체의 공칭두께의 1.25배보다 커야 하지만, 경판의 두께보다 클 필요는 없다. 용접금속은 그림32에서 보는 것과 같이 경판의 안쪽 면에서 용접그루브의 용접부 루트에 용착하는 것이어야 한다.

(2)  $C = 0.33$  : 압력용기의 안쪽에 용접된 비원형 평판으로서, 기타의 용접에 대해서는 용접압력용기의 각 형식에 대한 요건을 만족하는 경우, 그림32 (e) 및 (f)에 있는 필릿용접의 목 두께는 최소한 0.7  $t_s$ 이어야 한다. 그림32 (g)에 있는 용접의 크기  $t_w$ 는 이음매 없는 동체의 요구두께의 2배 이상이고, 또한 동체의 공칭두께의 1.25배 이상이어야 하지만, 경판 두께보다 클 필요는 없다. 용접금속은 그림32에서 보는 것과 같이 경판의 안쪽 면에서 용접그루브의 용접부 루트에 용착하여야 한다.

사. 그림 (h)

$C = 0.33$  : 동체의 끝 부분에 용접되는 원형평판으로서,  $t_s$ 가 최소한 1.25  $t_r$ 이고, 용접에 대한 상세한 사항들이 그림33 (a)~(g)까지의 요건에 따르는 경우

아. 그림 (i)

$C = 0.33 m$ 으로 0.2 이상인 값 : 원형평판으로서, 안쪽 필릿용접의 최소 목두께가 0.7  $t_r$ 이고, 바깥쪽 용접에 대한 상세 사항은 그림33 (a)에서 (g)의 요건을 따르는 경우, 안쪽 용접은 치수  $a$ 와  $b$ 의 합계에 의해서  $t_s$ 와 같은 양만큼 기여하는 것으로 생각할 수 있다

자. 그림 (j) 및 (k)

$C = 0.3$  : 압력용기에 볼트 이음되는 원형 및 비원형경판과 덮개로서, 볼트이음에 의해서 덮개에 여분의 모멘트가 작용하기 때문에 식(2) 또는 (5)를 사용하여야 한다는 점을 유의하여야 한다. 그림 (k)에서 보는 바와 같이, 가장자리에 개스킷을 설치하기 위하여 덮개판에 그루브를 판다면, 그루브 아래 또는 그루브와 덮개판 바깥쪽 테두리 사이의 덮개판의 외부 끝 사이에서의 순수 덮개판 두께는 다음 식에서 주어지는 값 이상이어야 한다.

(1) 원형경판 및 덮개의 경우

$$d \sqrt{\frac{1.9W h_G}{Sd^3}}$$

(2) 비원형경판 및 덮개의 경우

$$d \sqrt{\frac{6W h_G}{SLd^2}}$$

차. 그림 (m), (n) 및 (o)

$C = 0.30$  : 압력용기의 끝 부분에 삽입되고, 확실한 기계적 잠금 기구에 의하여 유지되는 원형평판으로서, 모든 가능한 파손형식들(압력과 열팽창의 차이에 의해서 발생하는 전단, 인장, 압축 또는 플래어링(flaring)을 포함하는 반지름 방향의 변형)은 최소한 4의 안전계수를 주어야 한다.

파. 그림 (p)

$C = 0.25$  : 동체, 플랜지 또는 측면판에 전면 개스킷으로 볼트이음하는 원형 및 비원형 덮개의 경우

하. 그림 (q)

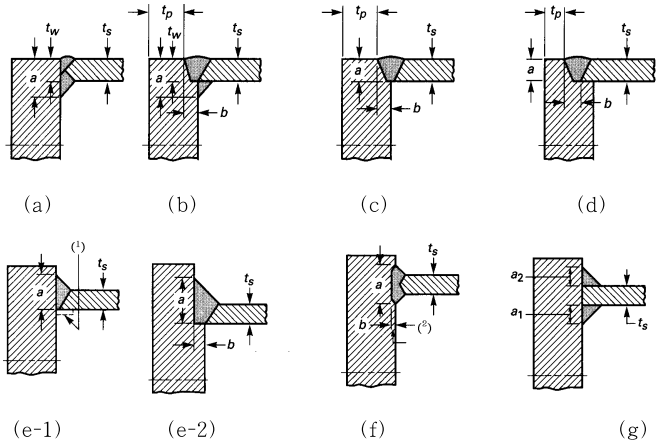
$C = 0.75$  : 안지름  $d$ 가 300mm 이하인 압력용기의 끝 부분에 나사이음되는 원형평판 또는 안지름  $d$ 가 300mm 이하인 압력용기의 끝 부분에 나사이음되는 일체형 플랜지를 갖는 경판, 압력과 열팽창의 차이에 의해서 발생하는 전단만, 인장, 압축 또는 플래어링(flaring)을 포함하는 반지름 방향의 변형에 의한 파손을 방지하기 위한 나사이음의 설계에 있어서는 최소한 4의 안전계수를 주어야 한다.

거. 그림 (r)

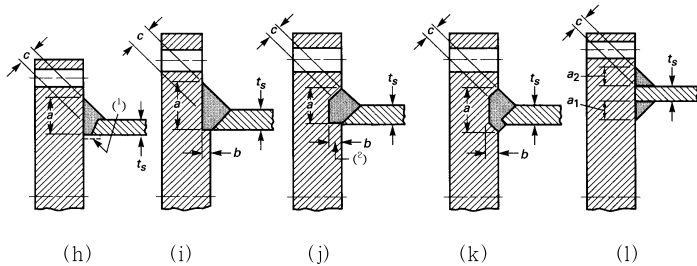
$C = 0.33$  : 지름  $d$ 가 450mm 이하인 압력용기에 삽입되는 원형평판으로서 용접압력용기의 각 형식에 대한 요건을 만족하는 경우 압력용기의 끝 부분은 최소한 30°이상 45°이하로 구부려야 한다. 이 공정에서 재료에 손상이 가지 않는다면 구부리는 것은 냉간가공 하여도 좋다. 용접의 목 두께는 평경판과 동체 두께 중에서 더 큰 것 이상이어야 한다.

너. 그림 (s)

$C = 0.33$  : 지름  $d$ 가 450mm 이하인 가장자리 면을 개선가공한 압력용기에 삽입되는 원형평판으로서 압력용기의 끝 부분은 최소한 30°이상 45°이하로 고정하기 위하여 두께를 감소시키는 가공을 한 후에도 최소한 동체 두께의 80%를 유지하는 경우 개선가공은 경판 두께의 75% 이상이어야 한다. 구부리는 것은 원통의 전체원주를 사용 재료에 대하여 단조하기에 적절한 온도로 균일하게 가열한 후에 실시하여야 한다. 이 구조의 경우 비  $t_s/d$ 는 비  $P/S$  이상이어야 하고, 0.05보다 작아서는 아니 되며, 최대 허용압력  $P = S/5d$ 를 넘지 않아야 한다. 이 구조는 압연판으로부터 가공하는 경우에는 허용되지 않는다.



대표적인 스테어로 지지되지 않는 평경판 및 볼트조임 플랜지가 없이 지지되거나 지지되지 않는 관판 또는 직사각형 압력용기의 측면판



대표적인 볼트이음 플랜지를 가진 지지되는 또는 지지되지 않는 관판

[그림 33] 모서리 이음의 평판과 압력부품의 부착  
 주 (1) 받침쇠를 사용할 수 있다.  
 (2) 이 용접금속은 이음을 완성하기 전에 용착되어도 좋다

② 제1항의 식에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

$C$  = 경판의 부착 방법, 동체의 치수 및 제1항제2호에 열거된 다른 항목들에 의존하는 계수로서 무차원 상수이다. 용접된 덮개에 대한 계수들은 0.667의 계수를 포함한다.

$D$  = 비원형경판 또는 덮개의 짧은 스펠에 대하여 직각으로 측정된 긴 스펠 (span), mm

$d$  = 지름이나 짧은 스펠으로 그림32에서와 같이 측정된 길이, mm  
 $E$  = 그림 23에서 정의한 분류 A의 용접에 대해서 표9로부터 구하는 이음 효율  
 $h_G$  = 개스킷 모멘트의 팔 길이로 볼트들의 중심선으로부터 개스킷 반력의 기준선까지의 반지름방향 거리, mm  
 $L$  = 볼트이음 비원형경판에서 볼트 구멍의 중심을 따라 측정된 경판의 둘레 길이, mm  
 $m$  = 두께의 비 [  $t_r / t_s$  ], 무차원 상수  
 $P$  = 설계 내압, MPa  
 $r$  = 플랜지 이음 또는 단조에 의한 성형경판의 모서리 부분의 안쪽 반지름, mm  
 $S$  = 최대허용응력값, MPa  
 $t$  = 평경판 또는 덮개의 최소요구두께, mm  
 $t_f$  = 단조된 경판의 대단부 플랜지의 공칭 두께로서, 그림 32 (b)에 표시된 두께, mm  
 $t_b$  = 평경판 또는 덮개의 공칭 두께, mm  
 $t_r$  = 압력을 받는 이음대 없는 동체의 요구두께, mm  
 $t_s$  = 동체의 공칭두께, mm  
 $t_w$  = 그림32 (g)에 예시된 바와 같이 경판의 끝을 압력용기의 내부에 접합시키는 용접 용입부의 두께, mm  
 $t_1$  = 폐쇄용접의 목 치수로 그림32 (r)에 표시된 것과 같은 길이, mm  
 $W$  = 총 볼트하중, N  
 $Y$  = 너클의 탄젠트라인으로부터 측정된 플랜지 경판에서의 플랜지 길이로, 그림32 (a)와 (c)에 표시된 것과 같은 길이, mm  
 $Z$  = 긴 스펠에 대한 짧은 스펠의 비율에 따라 결정되는 비원형경판과 덮개의 계수로 ①항 1에서 구해지는 무차원 상수

**제61조 (볼트체결 접시형 경판)** ① 내압 및 외압을 받는 그림 34와 같은 볼트체결 플랜지볼이 구형 접시형경판은 다음의 식에 따라서 설계하여야 한다.

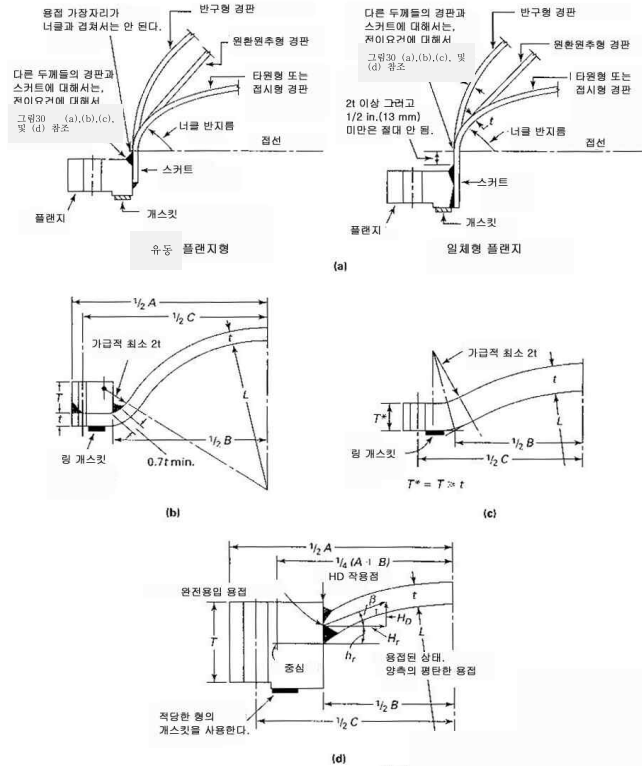
1. 그림 34 (a) 형식의 경판

가. 경판의 두께  $t$ 는 내면에 압력을 받는 경우 제58조의 적당한 식으로 계산하여야 하고, 외면에 압력을 받는 경우 제59조제1항제1호의 방법에 따라 계산하여야 한다. 스킨트의 두께는 오목 면에 작용하는 압력에 대해서는 제53조, 볼록 면에 작용하는 압력에 대해서는 제54에 있는 원통형 동체에 대한 공식으로 산정하여야 한다.

나. 경관의 반지름  $L$  또는 너클의 반지름  $r$ 은 제58조에 주어진 제한조건에 따라야 한다.

2. 그림 34 (b) 형식의 경관 (이음효율계수는 필요 없음)

가. 경관의 두께



[그림 34] 볼트체결 플랜지를 갖는 접시형 경관

(1) 오목한 면에 압력을 받는 경우

$$t = \frac{5PL}{6S} \quad (1)$$

(2) 볼록한 면에 압력을 받는 경우, 경관의 두께는 구형경관 부분의 바깥 반지름을 사용하여 제59조제1항제2호의 방법에 따라 계산하여야 한다.

3. 그림 34 (c) 형식의 경관(이음효율계수는 필요 없음)

가. 경관의 두께

(1) 오목한 면에 압력을 받는 경우

$$t = \frac{5PL}{6S} \quad (2)$$

(2) 볼록한 면에 압력을 받는 경우, 경관의 두께는 구형경관 부분의 바깥 반지름을 사용하여 제59조제4항제2호의 방법에 따라 계산하여야 한다.

4. 그림 34 (d) 형식의 경관 (이음효율계수는 필요 없음)

가. 경관의 두께

(1) 오목한 면에 압력을 받는 경우

$$t = \frac{5PL}{6S} \quad (3)$$

(2) 볼록한 면에 압력을 받는 경우, 경관의 두께는 구형경관 부분의 바깥 반지름을 사용하여 제59조제1항제2호의 방법에 따라 계산하여야 한다.

② 위 식에서 사용되는 용어는 다음과 같다

$A$  = 플랜지 바깥지름,  $B$  = 플랜지 안지름,  $C$  = : 볼트 중심원(mm)

$t$  = 성형 후 경관의 최소요구두께, mm.

$L$  = 구형 또는 크라운 부분의 안쪽 반지름, mm.

$r$  = 너클의 안쪽 반지름, mm.

$P$  = 오목한 면에 압력을 받는 경우에는 내압, 볼록한 면에 압력을 받는 경우에는 외압, MPa.

$S$  = 최대허용응력값, MPa

$T$  = 플랜지 두께, mm.

$M_o$  = 총모멘트,  $N \cdot m$

$H_r$  = 접시형 덮개의 두께 중앙선과 플랜지링 내면교차점에서 작용하는 구형부분의 멤브레인 하중의 반지름방향 성분,  $N$

$hr$  = 플랜지 링의 중심에 대한 힘  $H_r$ 의 모멘트 암길이, mm

$HD$  = 플랜지 링의 내면에 작용하는 구형부분에서 멤브레인 하중의 축방향 성분,  $N = 0.785B^2 P$

$hD$  = 볼트 원에서부터 플랜지 링의 내면까지의 반지름방향 길이, mm

$\beta_1$  = 플랜지 링과 교차되는 지점에서 접시형 덮개의 두께 중앙선이 접시형 덮개 축에 수직인 선의 법선과 만들어지는 각도

$$= \arcsin\left(\frac{B}{2L+t}\right)$$

**제62조 (압력용기의 구멍)** ① 압력용기의 원통 또는 원추부분이나 성형경관에 설치하는 구멍은 원형이나 타원형 또는 장원형(두 개의 평행한 변과 양 끝에 반원으로 이루어진 구멍)으로 하여야 한다. 타원 또는 비원형 구멍에 있어서 긴 축의 길이가 짧은 축의 길이보다 2배 이상으로 클 경우에는 비틀림 모멘트에 의해서 발생하는 과도한 변형을 방지하기 위하여 짧은 축을 가로지르는 방향으로 필요한 만큼 보강을 하여야 한다. 압력용기에 연결되는 배관의 열팽창 또는 지지되지 않은 자중에 의한 것과 같은 외적하중은 고려하고 있지 않다.

② 구멍의 형상은 제1항에 열거한 형상 이외의 다른 형상으로 할 수 있지만, 그 경우에는 모든 모서리 부위에 적절한 크기의 반지름을 주어야 한다. 구멍이 정확한 강도계산을 할 수 없는 구조로 되어 있거나 구멍으로 인해 용기의 안전이 의심스러운 경우에는 실증시험을 실시하여야 한다.

③ 구멍의 크기

1. 원통형 및 원추형 동체에 있는 적절히 보강된 구멍은 다음의 규정을 제외하고는 그 크기를 제한하지 않는다. 제62조에서 제69조까지의 규정은 다음의 크기보다 작은 구멍에 적용한다.

가. 안지름이 1500mm 이하인 압력용기의 경우에는 압력용기 지름의 1/2 이하이고 500mm 이하인 구멍

나. 안지름이 1500mm를 초과하는 압력용기의 경우에는 압력용기 지름의 1/3 이하이고 1000mm 이하인 구멍

2. 성형경관 및 구형동체에 있는 보강된 구멍은 크기에 제한을 받지 않는다. 한쪽 끝의 덮개(end closure)에 있는 구멍이 동체 안지름의 1/2 보다 클 경우에는 다음 방법 중 하나를 사용함으로써 보강을 대체할 수 있다.

가. 그림35 (a)와 같은 원추 부분

나. 그림35 (b)와 같은 대단부에 너클 반지름이 있는 원추

다. 그림35 (c) 및 (d)와 같은 역방향으로 구부러진 부분

라. 그림35 (d)와 같이 소단부의 플레어 반경을 사용

이와 같은 경우, 설계는 리듀서 부분에 대한 모든 요건[제6항 참조]에 따라야 한다.

3. 원통형동체에서 큰 구멍에 대한 조치는 다음과 같이 하여야 한다.

가. 제3항제1호에 주어진 치수한계를 초과하는 원통형동체에서의 큰 구멍은 다음 조항을 만족하는 보강을 하여야 하며 요구되는 보강의 2/3 는 다음 한계 이내에 있어야 한다.

(1) 압력용기 벽에 평행한 범위 : 제66조제2항제1호에 주어진 제한 값의 3/4배 또는 제66조제2항제2호의 제한 값과 같은 것 중에서 큰 것.

(2) 압력용기 벽에 직각인 범위 : 제66조제3항제1호 또는 제2호의 제한 값 중에서 작은 것

나. 제3항제1호에 규정된 제한 값을 초과하는 반지름방향 노즐의 구멍 및 다음의 제한사항에서 규정된 범위 이내의 것은 아래 다 및 라의 요건을 만족하여야 한다.

(1) 압력용기 안지름이 1500mm보다 크거나

(2) 노즐 안지름이 1000mm를 초과하고, 또한  $3.4\sqrt{Rt}$ 를 초과할 경우 : 용어  $R$  및  $t$ 는 그림 35.1 및 그림 35.2를 참조한다.

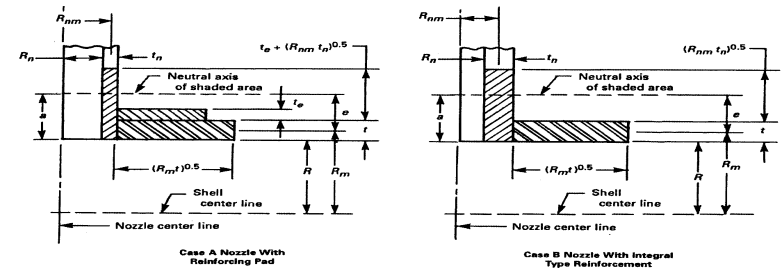
(3)  $R_n/R$ 의 비율이 0.7 이하일 경우 :  $R_n/R$ 이 0.7을 초과하는 노즐 구멍의 경우에는 아래 바.를 참조한다.

이 조항은 내부에 돌출되지 않고, 외부로 적용된 기계적인 하중으로부터 응력 결과에 대한 분석을 포함하지 않는 원통형동체에 있는 반지름 방향 노즐에 한정된다.

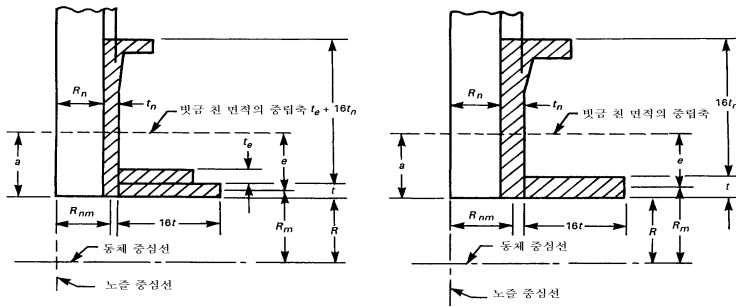
다. 아래 라.(1)의 식 (1) 또는 (2)에 의해 계산되는 멤브레인 응력  $S_m$ 은 사용재료의 설계조건에서 제63조에 정의된  $S$  이하이어야 하고, 최대 조합 멤브레인 응력  $S_m$  및 굽힘응력  $S_b$ 는 설계조건에서 1.5  $S$  이하이어야 하며,  $S_b$ 는 아래 라. (3)의 식(5)에 의해 계산하여야 한다.

라. 멤브레인 응력 계산의 경우에는 그림35.1에 규정한 한계 값을 사용하고 보강의 강도와 제63조의 요건을 만족하여야 한다. 굽힘 응력 계산의 경우에 그림 35.1 및 35.2 에 규정한 한계 값 중에서 보다 큰 것을 사용할 수 있다. 강도 감소비의 제67조의 요건은 동체의 재료 허용응력으로 세분된 노즐 넥, 노즐 단조품, 보강패드 및 노즐 플랜지에서 재료의 허용응력비가 최소한 0.80 인 경우에는 적용하지 않아도 된다.

비고, 식 (5)에 따라 계산된 굽힘 응력  $S_b$ 는 단지 노즐넥-동체 접속부에서만 효과가 있고 또한 적용할 수 있다. 최초굽힘응력은 보강의 측정이 식 (3)에 의해 계산된 굽힘 모멘트에 의하여 노즐-동체 교차부의 길이방향 축 접속부에서 평형을 유지하도록 요구되기 때문이다.



[그림35.1]



A의 경우 : 보강 패드를 한 노즐      B의 경우 : 일체형으로 보강된 노즐  
[그림 35.2]

비고, 플랜지의 어떤 부분이라도 그림 35.1 또는 35.2의 '경우 A'에서 나타낸 한계값  $\sqrt{R_{nm}t_n} + t_e$  또는  $16t_n + t_e$  중 큰 값 내에 있거나, 그림 35.1 또는 35.2의 '경우 B'에서  $\sqrt{R_{nm}t_n}$  또는  $16t_n$  중 큰 값 내에 있을 경우, 플랜지는 굽힘 모멘트에 저항하는 부분의 부품으로 포함할 수 있다.

(1) 경우 A (그림35.1 참조)

$$S_m = P \left( \frac{R(R_n + t_n + \sqrt{R_{nm}t}) + R_n(t + t_e + \sqrt{R_{nm}t_n})}{A_s} \right) \quad (1)$$

(2) 경우 B (그림35.2 참조)

$$S_m = P \left( \frac{R(R_n + t_n + \sqrt{R_{nm}t}) + R_n(t + \sqrt{R_{nm}t_n})}{A_s} \right) \quad (2)$$

(3) 경우 A 및 B (그림35.1 또는 그림35.2 참조)

$$M = \left( \frac{R_n^3}{6} + R R_n e \right) P \quad (3)$$

$$a = e + \frac{t}{2} \quad (4)$$

$$S_b = \frac{Ma}{I} \quad (5)$$

마. 그림 35.1 및 그림 35.2에 사용된 용어의 정의는 제63조 및 다음의 정의와 같다.

$A_s$  = A 또는 B의 경우, 그림 35.1의 빗금친 면적, mm<sup>2</sup>

$I$  = 중심축에 대하여 그림 35.1 또는 그림35.2의 빗금친 면적의 관성 모멘트, mm<sup>4</sup>

$a$  = 그림 35.1 또는 그림 35.2의 빗금친 면적의 중립축과 압력용기의 내벽사이의 거리,

$R_m$  = 동체의 중간 반지름, mm.

$R_{nm}$  = 노즐넥의 중간 반지름, mm.

$e$  = 빗금친 면적의 중립축과 동체의 두께 중심 사이의 거리, mm.

$S_m$  = 식 (1) 또는 (2)에 의해서 계산된 멤브레인 응력, MPa

$S_b$  = 압력용기 동체의 길이방향 축을 따라 노즐넥의 내면 및 압력용기 동체 내면의 교차부 굽힘응력, MPa

$S_y$  = 시험온도에서 재료의 항복강도, 부도 2 참조, MPa

바. 제작 세부사항과 큰 구멍에 대한 검사는 특별한 주의를 하여야 한다. 압력용기 원둘레방향(course)에 대하여 좀더 두꺼운 동판을 사용하거나 또는 국부적으로 구멍 주위에만 두꺼운 판을 사용하여 요구되는 보강을 하여야 하며, 용접부는 오목하게 갈아내고 구멍의 내부 모서리는 응력 집중을 줄일 수 있도록 완만한곡률로 등글게 하여야 한다.

용접부에 대한 방사선투과시험이 비현실적인 경우, 비자성체 재료는 침투탐상시험을 사용할 수 있고 자성체 재료는 침투탐상시험 또는 자분탐상시험을 사용할 수 있으며, 자분탐상시험을 사용하는 경우에는 프로드법을 사용한다.

#### ④ 완성된 구멍의 강도와 설계

1. 그림 36에서의 치수는 부식여유를 제외한 최종 치수이다. 설계 목적을 위하여 부식여유로 포함된 재료는 보강재로 고려해서는 아니 된다.
2. 원통형 및 원추형동체 또는 성형경관에 있는 구멍은 아래 4의 규정의 한 경우를 제외하고는 제63조의 요건을 만족하도록 보강하여야 한다.
3. 평경관에 있는 구멍은 제65조의 요건을 만족하도록 보강하여야 한다.
4. 급격한 압력 변동을 받지 않는 압력용기에 있는 구멍은 다음과 같은 조건을 만족할 경우 원래 형성된 구멍 구조 외에 추가보강은 하지 않아도 된다.

가. 해당 규정에 따라 용접, 경납땜, 플루우(flued)연결로서 완성된 구멍의 크기가 다음보다 크지 않은 경우

(1) 최소요구두께가 10mm 이하인 압력용기 동체 또는 경관에 있는 지름 89mm의 구멍

(2) 최소요구두께가 10mm를 초과하는 압력용기 동체 또는 경관에 있는 지름 60mm의 구멍

나. 동체나 경관의 절단면 직경이 60mm 이하인 나사연결, 스테드 연결 또는 확관 연결

다. 위의 가 및 나에 따른 독립된 보강되지 않은 임의의 두 구멍 중심 사이의 거리는 두 구멍의 지름의 합 보다 더 커야 한다.

라. 세 개 이상의 구멍 집단에 있어서, 위의 가 및 나에 따른 보강되지 않은 임의의 두 구멍의 중심 사이의 거리는 다음에 주어지는 거리 이상이어야 한다.

(1) 원통형 및 원추형동체의 경우

$$L = (1 + 1.5 \cos \theta)(d_1 + d_2)$$

여기에서,  $L$  = 임의의 두 구멍의 중심거리이다.

(2) 2중 곡선의 동체 또는 경관의 경우

$$L = 2.5(d_1 + d_2)$$

여기에서,  $\theta$  = 구멍들의 중심을 연결하는 선과 동체의 길이방향 축 사이의 각도

$d_1, d_2$  = 인접하는 두 구멍의 최종 지름

⑤ 용접이음부를 관통하는 구멍의 경우, 방사선투과시험을 하고 이에 합격한 경우에는 구멍을 설치할 수 있다.

⑥ 내압을 받는 리듀서 부분

1. 이 조항에서의 식과 규정은 동심의 리듀서 부분에 적용되며, 이 때 길이방향의 모든 하중은 전부 리듀서의 동체를 통해서 전달된다. 만일 하중의 일부 또는 전부가 다른 요소(내부 동체와 스테이 또는 튜브)에 의해서 전달된다면 이 규정들은 적용하지 않는다.

2. 제4호에서 정의하는 내압을 받는 리듀서 각 요소의 두께는 해당 식에 의해서 계산한 것 이상이어야 한다. 추가로 다른 하중이 작용하는 경우에는 이들 하중에 대해서 고려하여야 한다.

3. 이 조항에서 사용하는 용어는 제58조 및 아래와 같다.(그림 34 참조)

$t$  = 성형후 최소요구두께, mm

$R_s$  = 작은 원통의 안쪽 반지름, mm

$R_L$  = 큰 원통의 안쪽 반지름, mm

$r_L$  = 큰 쪽 원통에서 너클의 안쪽 반지름, mm

$\alpha$  = 원추 또는 원추 부분의 반쪽지각,

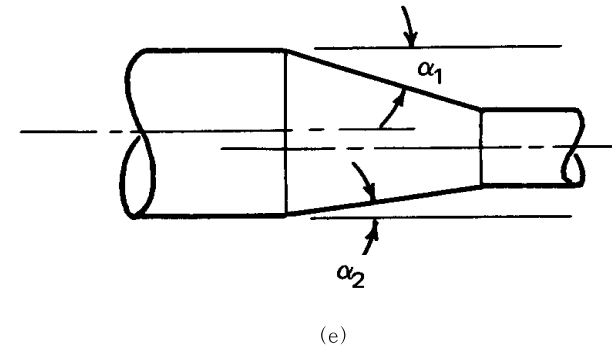
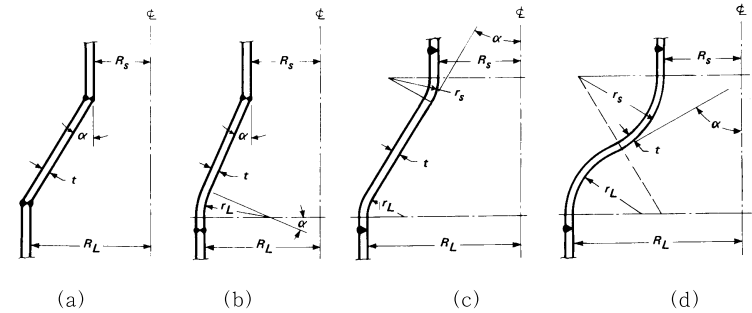
$r_s$  = 작은 끝에서 플레어(flare) 내면에 대한 반경, mm

4. 아래 조항의 요건을 만족하면 공통의 축을 갖는 지름이 다른 두 개의 원통형동체 부분을 연결하기 위하여 하나 이상의 요소로 이루어진 지름이 변화하는 리듀서를 사용할 수 있다.

가. 원추형동체의 요구두께 또는 주어진 두께의 원추 부분에 대한 허용사용 압력은 제58조제1항제4호에 주어진 식에 따라서 결정하여야 한다.

나. 너클을 리듀서 부분의 대단부에 사용하는 경우에 연결부의 모양은 타원형, 반구형, 접시형경관의 부분과 같은 형상이어야 한다. 두께 및 기타 치수는 제58조에 주어진 해당 식과 규정들의 요건을 만족시켜야 한다.

5. 다른 두께를 갖는 제4호에 주어진 요소를 조합해서 리듀서를 형성할 경우에는 요구하는 테이퍼(웁셋 길이보다 3배 이상)를 포함한 이음들은 결합되는 요소 중에서 얇은 쪽의 제한조건 내에 있어야 한다.



[그림 35] 경관의 큰 구멍 - 역방향 굴곡 리듀서 및 원추동체 리듀서 부분

비고1. 그림 (a)-(d)에서  $r_L$ 의 치수는  $0.12(R_L + t)$  또는  $3t$ 중에서 큰 값보다 커야된다.

$r_s$ 에 대한 치수요건은 없다.

2. 그림 (e)에서  $\alpha_1 > \alpha_2$ 인 경우에는 설계식에서는  $\alpha_1$ 을 사용한다.

5.1) 반쪽지각  $\alpha$ 가  $30^\circ$  보다 크지 않은 경우, 그림 35 (a)와 같은 너클이 없는 단순 원추형 동체 부분을 리듀서로 사용할 수 있다. 특별히 요구하는 경우에는 리듀서의 양쪽 단부나 또는 한쪽 단부에 보강링을 설치하여야 한다.

5.2) 반쪽지각  $\alpha$ 가  $30^\circ$  보다 크지 않은 경우, 그림 35 (b)의 접시형원추 리듀서는 제58조제1항제5호의 접시형원추경관의 일부분으로, 반구형경관의 일부분에 원추경관의 부분을 합친 모양 또는 타원형 경관의 일부분에 원추경관의 부분을 합친 모양으로 만들 수 있다. 특별히 보강링이 요구되는 경우에는 리듀서 원추 요소의 소단부에 보강링을 설치하여야 한다.

5.3) 그림35 (c) 및 (d)와 같은 역방향 굴곡 리듀서도 사용할 수 있다.

⑦ 외압을 받는 리듀서의 설계는 제59조제5항을 만족하여야 한다.

⑧ 내압을 받는 경사진 원추형동체 부분은 다음의 요건을 만족한다면 지름과 축이 각각 다른 2개의 원통형동체 부분을 연결하기 위하여 경사진(oblique) 원추동체 부분으로 이루어진 지름이 변화하는 리듀서를 사용할 수 있다.

1. 요구두께는 제58조제1항제4호의 식에 따라서 결정하여야 한다.
2. 비대칭 원추와 접속된 원통 부분 사이의 최대 내각을 각도  $\alpha$ 로 사용하여야 하며, 이 각도는  $30^\circ$  보다 커서는 아니 된다.
3. 설계식에서 사용하는 지름은 원추가 접속되는 원통의 축에 직각으로 측정하여야 한다.

**제63조 (동체 및 성형경관의 구멍에 요구되는 보강)** ① 원통형동체 및 성형경관에 있는 구멍의 보강은 다음과 같은 구멍을 제외한 모든 경우에 적용한다.

1. 제62조제4항가목에서 규정하는 소형 구멍
  2. 제65조에서 규정하는 평경관의 구멍
  3. 제62조제6항에서 규정하는 리듀서 부분으로 설계하는 구멍
  4. 제62조제3항제2호에서 규정하는 경관의 큰 구멍
  5. 제73조의 규정에 따르는 구멍들 사이에 리가먼트를 갖는 튜브 구멍
- ② 보강면적에 대한 조건이 구멍의 중심을 통과하고 압력용기의 표면에 직각인 모든 평면에서 만족하도록 보강의 양과 분포를 가지고 보강을 하여야 한다. 원통형동체에 있는 원형 구멍의 경우에는 동체의 축을 포함하는 면이 압력에 의해서 가장 큰 하중을 받는다. 요구보강량의  $\frac{1}{2}$  보다 적지 않은 보강을 단일 구멍 중심선의 양측에 적용하여야 한다.
- ③ 내압을 받는 동체 또는 성형경관의 구멍을 통과하는 임의의 평면에 있어서 총 요구보강 단면적  $A$ 는 최소한 다음 식에 의해서 구해지는 값 이상이어야 한다.

$$A = dt_r F + 2t_n t_r F(1 - f_{r1})$$

- ④ 외압에 대한 설계
1. 외압을 받는 단일 벽의 압력용기에 있는 구멍에 대한 보강은 제3항에서 규정한 내압에 대한 보강량의 50%만을 필요로 한다. 여기에서,  $t_r$ 은 외압을 받는 압력용기에 대한 규정에 따라서 구한 압력용기벽의 요구두께이며, 모든 외압에 대한  $F$  값은 1.0을 사용하여야 한다.
  2. 여러 개의 벽으로 이루어진 압력용기의 각 동체에 있는 구멍에 대한 보강은 그 동체가 외압을 받을 경우에는 위 1의 요건을 따라야 하며, 동체가 내압을 받을 경우에는 제3항의 요건에 따라야 한다. 이때, 1개 이상의 동체에 강도융접으로 부착된 공동 노즐의 존재여부는 관계되지 않는다.
- ⑤ 내압과 외압이 교대로 작용하는 압력용기를 보강하는 경우에는 내압에 관해서는 제3항의 요건을, 외압에 관해서는 제4항의 요건을 따라야 한다.
- ⑥ 용기의 바깥쪽에 부착하는 노즐의 보강관과 새들에는 용기의 안쪽과 밀봉하는 용접부의 기밀을 시험하기 위한 압축공기와 비눗물로 시험을 위하여 탭 나사로 적어도 1개의 누설검지공[최대 지름 11mm(7/16 in.)]을 구비하여야 한다. 이 누설검지공은 그 용기를 사용하는 중에 열어 두거나 플러그를 채워 둘 수 있다. 만일 그 구멍을 플러그를 채우면, 이에 사용하는 플러그 재료는

보강관과 용기 벽 사이에 압력을 유지할 수 없어야 한다.

- ⑦ 여기에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다
- $A$  = 고려하고 있는 평면에 대한 총 요구보강 단면적 (그림 36 참조)  
( $S_n/S_v < 1.0$ 이면 동체를 관통하는 노즐면적을 고려한다), mm<sup>2</sup>
- $A_1$  = 보강에 이용될 수 있는 압력용기벽의 초과두께 면적 (그림 36 참조)  
( $S_n/S_v < 1.0$ 이면 동체를 관통하는 노즐면적을 고려한다), mm<sup>2</sup>
- $A_2$  = 보강에 이용될 수 있는 노즐벽의 초과두께 면적 (그림 36 참조), mm<sup>2</sup>
- $A_3$  = 노즐이 압력용기벽 안쪽까지 돌출된 경우에 보강으로 이용될 수 있는 면적  
(그림 36 참조), mm<sup>2</sup>
- $A_{41}, A_{42}, A_{43}$  = 보강에 이용될 수 있는 여러 용접부분의 단면적(그림 36 참조), mm<sup>2</sup>
- $A_5$  = 보강용으로 추가된 재료의 단면적 (그림 36 참조), mm<sup>2</sup>
- $c$  = 부식여유, mm
- $D$  = 동체의 안지름, mm
- $D_p$  = 보강요소의 바깥지름, mm
- $d$  = 원형 구멍의 완성된 지름 또는 고려하고 있는 평면에서의 구멍중심축이 용기 중심축을 따르지 않는 구멍의 완성된 치수(보강에 유효한 초과두께를 제외한 두께 중간 면에서의 현의 길이)(그림 36 참조), mm
- $E$  =  $t_r$ 과  $t_{rn}$ 의 정의 참조 (= 1.0)
- $E_1$  = 일체판(solid plate) 이나 분류 B의 맞대기 이음이 있는 경우에는 1.0을 적용한다.  
= 0.85, 구멍이 ERW 또는 무용가제 용접의 관이나 튜브에 있는 경우, 만일 ERW 또는 무용가제 용접 이음이 분명히 확인가능하고 구멍이 용접 이음을 통과하지 않음을 알 수 있으면,  $E_1$ 은 이 절의 다른 규정을 이용하여 결정할 수 있다. 또는,  
= 구멍의 임의의 부분이 다른 용접이음을 지날 경우, 표 9에서 구하는 이음효율
- $F$  = 압력용기의 축과 다른 평면에 작용되는 압력에 의한 응력의 변화를 보상하기 위한 보정계수. 원통형동체 및 원추에 있는 일체형으로 보강된 구멍에 대해서는 그림 37을 적용할 수 있고, 그 외의 경우에는 모든 형상에 대해서 1.0을 사용하여야 한다.
- $f_r$  = 1.0 보다 작은 강도감소계수
- $f_{r1}$  = 압력용기벽을 관통하여 삽입된 노즐벽에 대한 경우로  $S_n/S_v$  이다.

$f_{r1}$  = 압력용기벽에 맞대어진(관통하지 않은) 노즐벽에 대한 경우에는 1.0을 적용한다.

$$f_{r2} = S_n / S_v$$

$$f_{r3} = (S_n \text{ 또는 } S_v \text{ 중 작은 값}) / S_v$$

$$f_{r4} = S_p / S_v$$

$h$  = 압력용기벽의 안쪽 면에 돌출한 노즐의 돌출거리 (압력용기벽의 안쪽 면으로 돌출한 치수에는 제한이 없다. 그러나, 보강을 계산할 때에는 제한범위를 벗어난 부분은 보강면적에 포함하여서는 아니 된다)

$K_1$  = 구형일 경우 반지름 계수 ( $t_r$ 에 대한 정의 및 표 13 참조)

[표 13] 타원형경관의 구형 반지름 계수  $K_1$ 의 값

$D/2h$	-	3.0	2.8	2.6	2.4	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
$K_1$	-	1.36	1.27	1.18	1.08	0.99	0.90	0.81	0.73	0.65	0.57	0.50

비고1.  $K_1 D$  = 등가 구형 반지름

2.  $D/2h$  = 축비

3. 사용되는 용어의 정의는 제58조 ②항 2를 참조할 것.

4. 중간값에 대해서는 보간법을 사용할 수 있다.

$P$  = 설계압력, MPa

$R$  = 동체의 안지름, mm

$R_n$  = 노즐의 안쪽 반지름, mm

$S$  = 해당 별표(또는 ASME Section II)로부터 구하는 재료의 허용응력, MPa.

$S_n$  = 노즐 재료의 허용응력 (위의  $S$ 에 대한 정의 참조), MPa

$S_v$  = 압력용기 재료의 허용응력 (위의  $S$ 에 대한 정의 참조), MPa

$S_p$  = 보강부재 재료의 허용응력 (위의  $S$ 에 대한 정의 참조), MPa

$t$  = 압력용기벽의 공칭두께, mm

$t_r$  =  $E=1.0$ 을 사용하여 이 기준의 규정에 따라서 계산된 설계압력에 대한 이음매 없는 동체에서의 원주방향 응력에 근거한 요구두께 또는 성형경관의 요구두께(mm). 다만, 다음 사항은 예외이다.

1) 구멍과 그 구멍의 보강이 접시형경관의 구형부분에 완전히 포함되는 경우에는  $t_r$ 은  $M=1.0$ 을 사용하여 구하는 제58조제2항제2호에 따른 요

구두께이다.

2) 구멍이 원추에 있는 경우에는  $t_r$ 은 지름이  $D$ 인 이음매 없는 원추의 요구두께이다. 이때, 지름  $D$ 는 노즐 축이 원추 안쪽 벽을 관통하는 곳에서 측정된 값이다.

3) 구멍과 그 구멍의 보강이 타원형경관에 있고 경관의 중심과 일치하는 중심에서 동체 지름의 80%인 지름을 갖는 원내에 완전히 포함되는 경우에는  $t_r$ 은 반지름  $K_1 D$ 를 갖는 이음매 없는 구형동체에 대한 요구두께이다. 이때  $D$ 는 동체 지름이며,  $K_1$ 은 표 13에 주어진 계수이다.

$t_n$  = 노즐벽 두께(관의 경우 공칭두께, 그 외는 성형감소여분을 제외한 두께), mm

$t_{rn}$  = 이음매 없는 노즐 벽의 요구두께, mm

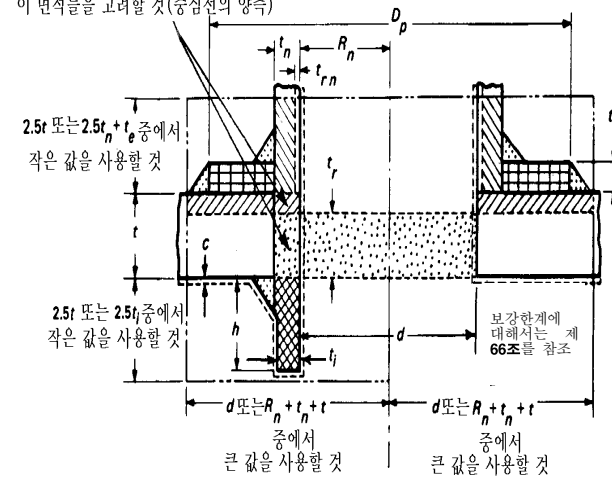
$t_e$  = 보강부재의 두께 또는 높이, mm

$t_i$  = 노즐벽 내부 돌출부의 두께, mm

$W$  = 접합된 용접부가 받는 총 하중, kN

$S_n/S_v < 1.0$ 인 경우

이 면적들을 고려할 것(중심선의 양측)



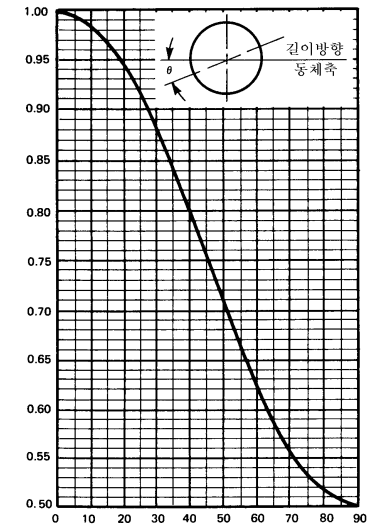
용기벽에 관통 삽입된 노즐 벽의 경우 ← 용기벽에 맞대기 용접되는 노즐 벽의 경우



보강부재가 없는 경우		
	$= A = dt_r F + 2t_n t_r F(1 - f_{r1})$	요구면적
	$= \frac{A_1}{d(E_1 t - Ft_r) - 2t_n(E_1 t - Ft_r)(1 - f_{r1})}$ $= \frac{A_1}{2(t + t_n)(E_1 t - Ft_r) - 2t_n(E_1 t - Ft_r)(1 - f_{r1})}$	동체내의 유효면적 : 큰쪽의 값을 사용할 것
	$= A_2 = 5(t_n - t_{rn})f_{r2}t$ $= 5(t_n - t_{rn})f_{r2}t_n$	압력용기 바깥쪽으로 돌출한 노즐내의 유효면적 : 작은 쪽의 값을 사용할 것
	$= A_3 = 5t t_r f_{r2} = 5t t_r f_{r2} = 2ht_i f_{r2}$	안쪽 노즐내의 유효면적
	$= A_{41} = \text{바깥쪽 노즐 용접부} = \text{용접부} = (\text{leg})^2 f_{r2}$	바깥쪽 용접부내의 유효면적
	$= A_{43} = \text{안쪽 노즐 용접부} = (\text{leg})^2 f_{r2}$	안쪽 용접부내의 유효면적
$A_1 + A_2 + A_3 + A_{41} + A_{43} \geq A$ 인 경우		구멍이 적절히 보강됨
$A_1 + A_2 + A_3 + A_{41} + A_{43} < A$ 인 경우		구멍이 적절하게 보강되지 않으므로 보강부재를 덧붙이거나 또는 두께가 증가되어야됨
덧붙혀진 보강부재가 있는 경우		
	$A =$ 위의 $A$ 와 같다.	요구면적
	$A_1 =$ 위의 $A_1$ 와 같다.	유효면적
	$= A_2 = 5(t_n - t_{rn})f_{r2}t$ $= A_2 = 2(t_n - t_{rn})(2.5t_n + t_e)f_{r2}$	바깥쪽으로 돌출한 노즐내의 유효면적 작은 쪽의 면적을 사용할 것
	$= A_3 =$ 위의 $A_3$ 와 같음	안쪽 노즐내의 유효면적
	$= A_{41} = \text{바깥쪽 노즐 용접부} = (\text{leg})^2 f_{r3}$	바깥쪽 용접부 내의 유효면적(노즐부)
	$= A_{42} = \text{바깥쪽 노즐 용접부} = (\text{leg})^2 f_{r4}$	바깥쪽 용접부 내의 유효면적(동체부)
	$= A_{43} = \text{안쪽 노즐 용접부} = (\text{leg})^2 f_{r2}$	안쪽 용접부 내의 유효면적
	$= A_5 = (D_o - d - 2t_n)t_e f_{r4}$	부재 내의 유효면적
$A_1 + A_2 + A_3 + A_{41} + A_{43} + A_5 \geq A$ 인 경우		구멍이 적절히 보강됨

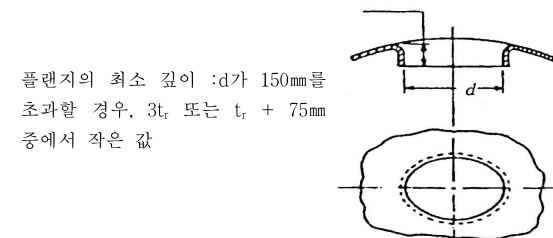
[그림 36] 구멍 보강에서의 기호 및 식

비고 1. 이 식은 보강 한계내에 있는 직사각형 단면적의 부재에 대해서 적용할 수 있다.



길이방향 축과 면의 각도,  $\theta$   
[그림 37] F의 값을 결정하기 위한 곡선

**제64조 (동체 및 성형경판에 있는 안쪽으로 오픈된 구멍)** ① 동체 및 성형경판에 있는 안쪽으로 오픈된 구멍은 제63조의 보강에 대한 규정을 만족하여야 한다. 안쪽으로 오픈된 플랜지의 두께에 대해서는 경우에 따라 제53조 또는 제54조의 요건을 만족하여야 한다. 제54조에서 사용된 길이  $L$ 은 그림 38에 표시된 플랜지 최소 길이이다. 외압 및 내압 모두를 받는 압력용기에 있는 안쪽으로 오픈된 플랜지의 최소 두께는 위에서 구한 2개의 두께 중에서 큰 쪽을 선택하여야 한다.



플랜지의 최소 길이 :  $d$ 가 150mm를 초과할 경우,  $3t_r$  또는  $t_r + 75\text{mm}$  중에서 작은 값

[그림 38] 구멍에서 안쪽으로 오픈된 플랜지의 최소 길이

- ② 임의의 내부 치수가 150mm를 초과하는 구멍에 있는 끼워 맞춤 플랜지의 최소 깊이는  $3 t_r$  또는  $( t_r + 75 \text{ mm})$ 중에서 작은 값과 같아야 한다. 이때, 플랜지는 부착된 관 또는 안쪽으로 오므린 스테어로 지지되지 않는 경우이며,  $t_r$ 은 동체 또는 경관의 요구두께이다. 플랜지의 깊이는 안쪽으로 오므린 구멍의 반대쪽에서 장축에 따라 직선자를 대고 이 직선자로부터 플랜지 구멍의 가장자리까지를 측정하여야 한다.(그림 38 참조)
- ③ 안쪽으로 오므린 플랜지의 최소 깊이에 대한 요건은 없다.
- ④ 자기누출방지형(self-sealing)의 안쪽으로 오므린 플랜지 구멍의 개스킷 패키징에 필요한 지지면은 최소 폭 17mm의 개스킷 폭을 가져야 한다.

**제65조 (평 경관의 구멍 보강)** ① 단일 소형 구멍의 크기가 제62조제4항제4호가목의 규정 이하인 것과 경관 지름의  $\frac{1}{4}$  또는 가장 짧은 스패(span) 이하인 것을 제외한 평경관 내의 모든 구멍에 적용한다.

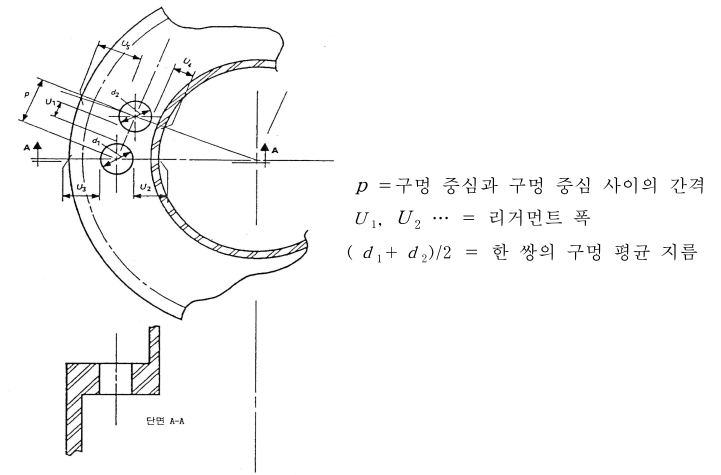
- ② 경관 지름의  $\frac{1}{4}$  이하인 지름을 갖는 평 경관의 단일 및 다수의 구멍은 다음과 같이 보강할 수 있다.

1. 경관 지름의  $\frac{1}{4}$  또는 가장 짧은 스패 이하인 지름의 단일 구멍이 있는 제 60조 에서 규정한 평 경관은 구멍의 중심을 지나는 모든 평면에 대하여 다음 식으로 구해지는 값 이상인 보강 총 단면적을 가져야 한다.

$$A = 0.5dt + t_n(1 - f_{r1})$$

다만,  $d$ ,  $t_n$  및  $f_{r1}$ 의 정의는 제63조를 참조하고,  $t$ 의 정의는 제60조를 참조한다.

2. 각각의 구멍 지름이 경관 지름의  $\frac{1}{4}$  을 초과하지 않으며 인접한 한 쌍의 두 구멍 평균지름이 경관 지름의  $\frac{1}{4}$  보다 작은 다수의 구멍은 임의의 인접한 한 쌍의 두 구멍 사이의 간격이 그 두 구멍의 평균지름의 2배 이상인 경우에는 제1호에서 요구하는 것과 같이 개별적으로 보강할 수 있다. 인접한 두 구멍 사이의 간격이 두 구멍 평균지름의 2배보다 작고 1.4배 이상인 경우에는 각각의 구멍에 대해서 제1호에 의하여 결정된 요구 보강량을 함께 합산하여야 하고, 그 합의 50%가 두 구멍사이에 위치하도록 분포시켜야 한다.
3. 인접한 두 구멍사이의 리거먼트 폭은 어떠한 경우에도 두 구멍 중에서 작은 구멍 지름의  $\frac{1}{4}$  이상이어야 한다. 그림 39의 U3와 U5에서와 같이 평경관의 가장자리와 한 구멍의 가장자리 사이의 리거먼트의 폭은 그 한 구멍 지름의  $\frac{1}{4}$  이상이어야 한다.



[그림 39] 중앙에 큰 구멍이 있는 경관 가장자리의 여러개의 구멍

- ③ 경관 지름의  $\frac{1}{4}$  또는 가장 짧은 스패를 초과하는 지름의 구멍이 있는 제60조에서 규정한 평경관은 다음과 같이 설계하여야 한다.
  1. 경관-동체의 집합부는 그림 32 (a), (b-1), (b-2), (d) 및 (g)에서 보는 것과 같이 일체형으로 할 수 있다. 또한 경관은 맞대기 용접 또는 그림 33 (a), (b), (c), (d) (e) 또는 (f) 와 같은 이음들과 유사한 완전용입 모서리용접에 의해서 부착할 수 있다. 경관과 동심인 큰 구멍에는 일체로 성형하거나 또는 완전 용입용접에 의해서 일체로 부착된 노즐이 있을 수도 있고 또는 노즐이나 허브를 부착하지 않은 상태일 수 있다.
  2. 구멍이 그림 39에서 보는 것과 같이 경관과 동심인 중앙 구멍주위의 가장자리(rim) 공간에 위치할 수 있다. 이러한 구멍들은 제2항제1호의 규정을 만족하는 경관의 요구두께를 사용하여 제2항제1호의 식에 따라서 면적 대체법에 의해서 보강할 수 있다. 다수의 가장자리 구멍들은 제2항제2호 및 제3호의 간격에 관한 규정을 만족하여야 한다.
  3. 큰 구멍의 형상이 제3항제1호에서 설명한 것과 다를 경우에는 제조자가 안전한 설계를 입증하여야 한다.
- ④ 제2항제1호에 대한 대안으로서 필요한 보강을 하기 위하여 경관 지름의  $\frac{1}{4}$  이하인 지름을 갖는 단일 구멍을 가진 평경관 및 뒷개의 두께를 다음과 같이 증가시킬 수 있다.

- 제60조제1항제1호의 식 (1) 또는 (3)에서,  $C$  대신에  $2C$  또는 0.75중에서 작은 값을 사용한다. 다만, 그림32 (b-1), (b-2), (e), (f), (g) 및 (i)에 대해서는  $2C$  또는 0.50중에서 작은 값을 사용한다.
- 제60조제1항제1호의 식 (2) 또는 (5)에서 제곱근 안의 값을 2배하여 계산한다.
- 각각의 구멍 지름이 경관 지름의  $\frac{1}{2}$  을 초과하지 않으며 인접한 한 쌍의 두 구멍 평균지름이 경관 지름의  $\frac{1}{4}$  배보다 작은 다수의 구멍들은 아래와 같이 보강할 수 있다.
  - 입의 인접한 한 쌍의 두 구멍 사이의 간격이 그 두 구멍 평균지름의 2 배 이상인 경우에는 경관의 두께를 제4항에 의해서 결정할 수 있다.
  - 인접한 두 구멍 사이의 간격이 두 구멍 평균지름의 2배보다 작고 1배 이상인 경우에는 경관의 요구두께는 제4항에 의해서 결정되는 두께에 아래의 계수  $h$ 를 곱하여 산출하여야 한다. 여기에서,

$$h = \sqrt{\frac{0.5}{e}}$$

$$e = \left[ \frac{(p - d_{ave})}{p} \right] \text{최소}$$

$e$  = 경관에 있는 인접한 두 구멍의 최소 리거먼트 효율

$p$  = 인접한 두 구멍 중심사이의 간격

$d_{ave}$  = 고려하고 있는 인접한 두 구멍의 지름

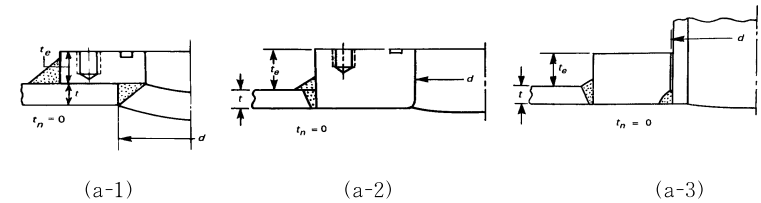
- 인접한 두 구멍 중심사이 간격이 두 구멍 평균지름의 1.4배보다 작은 경우 제조자가 설계의 안전성을 입증하여야 한다.
- 인접한 두 구멍사이의 리거먼트 폭은 어떠한 경우에도 두 구멍 중에서 작은 구멍지름의  $\frac{1}{4}$  이상이어야 한다.
- 그림 39의 U3 또는 U5와 같은 입의 한 구멍의 가장자리와 평경관의 가장자리 사이의 리거먼트 폭은 그 구멍지름의  $\frac{1}{4}$  이상이어야 한다.

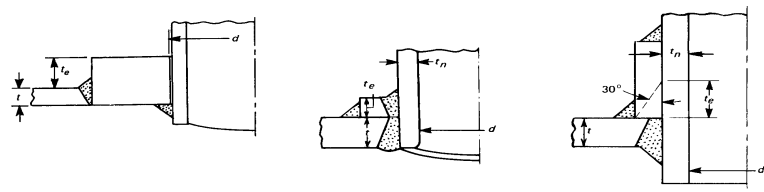
**제66조 (보강의 유효범위)** ① 압력용기 벽에 직각이고 구멍의 중심을 통과하는 입의 평면에 있어서 재료가 보강재로서 가치를 갖기 위한 단면적의 경계를 해당 평면에 대한 보강의 한계로 정의한다(그림 36 참조). 그림 40은 두께  $t$ ,  $t_e$  와  $t_n$  또는  $t_i$  와 지름  $d$ 를 사용하여 보강의 한계를 결정하는 것을 보여준다. 모든 치수는 부식된 상태이며, 용어의 정의는 제63조를 참조한다.

- ② 압력용기 벽에 평행한 방향으로 측정된 보강의 한계는 구멍 축을 중심으로 좌우 각 방향으로 다음에 주어진 값 중에서 큰 값을 취한다.
  1. 완성된 구멍 지름  $d$
  2. 완성된 구멍의 반지름  $R_n$  에 압력용기 벽의 두께  $t$  와 노즐 벽의 두께  $t_n$  를 더한 길이

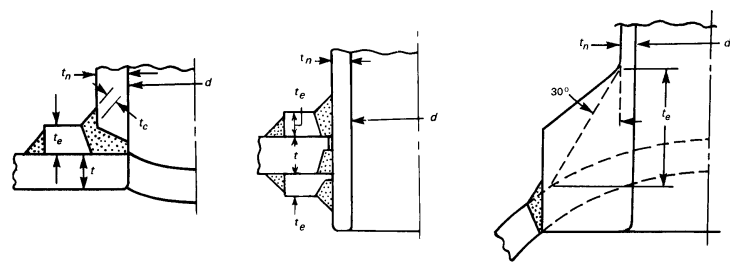
③ 압력용기 벽에 직각인 방향으로 측정된 보강의 한계는 각 면으로부터 윤곽에 따라 다음에 주어진 값 중에서 작은 값만큼 떨어진 길이로 한다.

1. 압력용기 벽두께  $t$  의 2배
2. 노즐벽 두께  $t_n$  의 2배에 여기에서 정의한  $t_e$ 를 더한 길이
- ④ 보강의 범위 내에 있는 금속으로서 보강에 유효한 것으로 생각할 수 있는 금속에는 다음과 같은 것을 포함하여야 한다.
  1. 압력을 견디기 위해서 필요한 두께와 부식여유로 규정된 두께보다 더 두꺼운 압력 용기 벽의 금속, 보강으로서 유효한 압력용기 벽의 면적은 그림36의 식으로 구한  $A_1$ 중에서 큰 값으로 한다.
  2. 압력을 견디기 위해서 필요한 두께와 부식여유로 규정된 두께보다 더 두꺼운 압력용기 벽 바깥으로 돌출한 노즐 벽 내의 금속, 보강으로서 유효한 노즐 벽의 최대 면적은 그림 36의 식으로 구한  $A_2$  중에서 작은 값으로 한다.
  3. 압력용기벽 내부로 돌출한 노즐 벽의 모든 금속  $A_3$ 는 노출되어 있는 모든 표면에서 부식여유를 적절히 뺀 후에 포함시킬 수 있다. 내부로 돌출한 노즐에 작용하는 압력 차이에 의하여 구멍 주위의 동체에 발생하는 응력에 반대되는 응력을 유발시킬 수 있는 경우에는 이를 보강으로 고려하여서는 아니 된다.
  4. 부착용접의 금속  $A_4$  및 보강으로 추가된 금속  $A_5$
- ⑤ 보강한계 내에 있는 볼트조임 플랜지 재료는, 스티드 출구형 플랜지를 제외하고는, 보강에 유효한 것으로 고려해서는 아니 된다. 일체형 허브의 범위 내에 포함되는 재료 이외에, 관관 또는 평경관의 어떠한 재료도 인접한 동체나 경관 구멍에 대한 보강으로 신뢰해서는 안 된다.

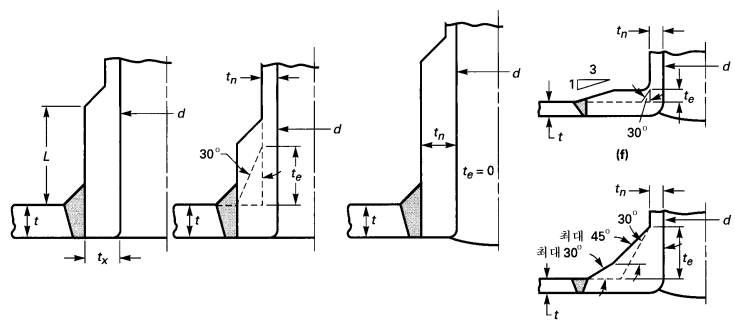




(a-4) (b-1) (b-2)

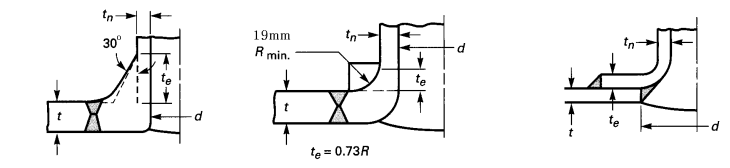


(b-3) (c) (d)

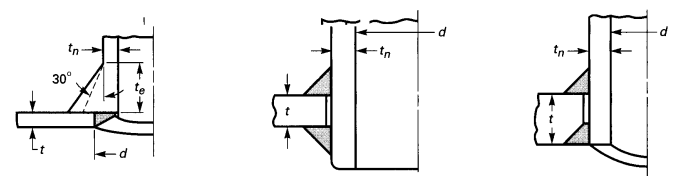


(e) (e-1) (e-2) (f)

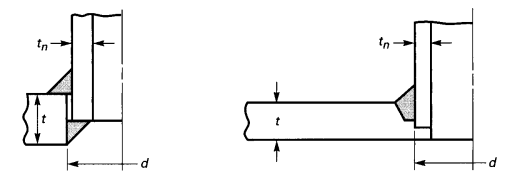
그림 [(e),(e-1) 및 (e-2)]  
 $L < 2.5t_x$  그림 (e-1) 사용  
 $L \geq 2.5t_x$  그림 (e-2) 사용



(h) (i) (J)



(k) (l) (m)



(n) (o)

[그림 40] 보강치수  $t_e$  및 구멍치수  $d$  를 설명하는 형상

**제67조 (보강의 강도)** ① 보강에 사용되는 재료의 허용응력은 압력용기 벽 재료의 허용응력과 같거나 큰 값을 가져야 한다. 다만, 이러한 재료를 구입하기 어려운 경우에는 낮은 강도의 재료를 사용하여 보강할 수 있으나 이 경우에는 그 재료의 낮은 허용응력을 보상하기 위해서 두 금속의 허용응력 비율에 반비례하여 보강재의 면적을 증가시켜야 한다.

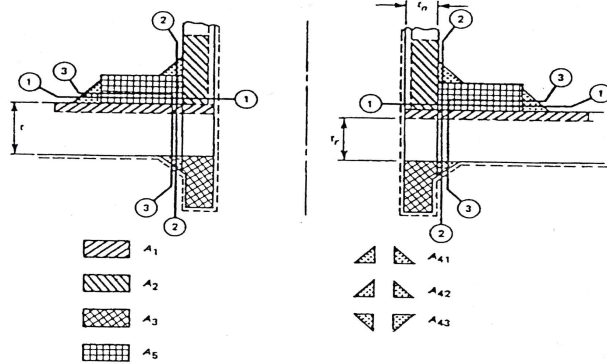
② 제66조제1항에서 정의한 평면의 각 방향에서, 압력용기 벽과 보강재 또는 부착되는 보강재의 임의의 두 부분을 연결하는 부착부의 강도는 다음 중 작은 값 이상이어야 한다.

1. 계산하고 있는 보강요소에 대한 단면의 인장강도(그림 41의  $W_{1-1}$ ,  $W_{2-2}$ ,  $W_{3-3}$  참조)
2. 제66조제4항에 의해서 허용되는 것과 같이 압력용기 벽과 일체인 보강면

적의 인장강도를 뺀 제63조에서 정의한 면적의 인장강도

- ③ 부착이음의 강도는 제66조에 정의된 보강면적 평면의 각 방향에서 부착이음의 전체 길이에 대해서 고려하여야 한다. 비원형 구멍의 경우에는 구멍의 평행한 면을 가로지르고 구멍 반원의 중심을 통과하는 평면의 한 면에서의 부착이음 강도에 대해서도 고려하여야 한다.

(a) 압력용기벽에 관통하여 삽입된 노즐벽을 갖는 노즐부 상세



$$W = \text{총 용접하중} [② 2.]$$

$$= (A - A_1 + 2t_n f_{rx} (E_1 t - Ft_r)) S_v$$

$$W_{1-1} = \text{강도 단면 1-1에 대한 용접하중} [② 1.]$$

$$= (A_2 + A_5 + A_{41} + A_{42}) S_v$$

$$W_{2-2} = \text{강도 단면 2-2에 대한 용접하중} [② 1.]$$

$$= (A_2 + A_3 + A_{41} + A_{43} + 2t_n t_{r1}) S_v$$

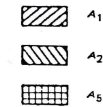
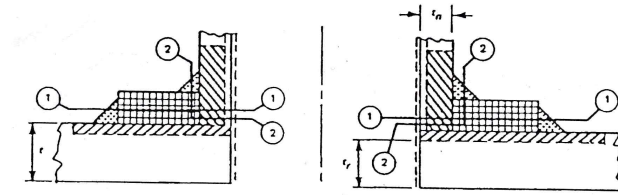
$$W_{3-3} = \text{강도 단면 3-3에 대한 용접하중} [② 1.]$$

$$= (A_2 + A_3 + A_5 + A_{41} + A_{42} + A_{43} + 2t_n t_{r1}) S_v$$

비고1.  $A_1, A_2, A_3, A_5$  및  $A_{4i}$ 는 계수  $f_{rx}$ 에 의해서 보정된다.

2. 용어의 정의는 제63조 및 그림 36에서 설명한 것과 같다.

(b) 압력용기벽에 맞대기 용접된 노즐벽을 갖는 노즐부 상세



$$W = \text{총 용접하중} [② 2.]$$

$$= (A - A_1) S_v$$

$$W_{1-1} = \text{강도 단면 1-1에 대한 용접하중} [② 1.]$$

$$= (A_2 + A_3 + A_{41} + A_{42}) S_v$$

$$W_{2-2} = \text{강도 단면 2-2에 대한 용접하중} [② 1.]$$

$$= (A_2 + A_{41}) S_v$$

비고1.  $A_1, A_2, A_3$  및  $A_{4i}$ 는 계수  $f_{rx}$ 에 의해서 보정된다.

2. 용어의 정의는 제63조 및 그림 36에서 설명한 것과 같다.

[그림 41] 노즐 부착 용접에서의 하중과 용접강도

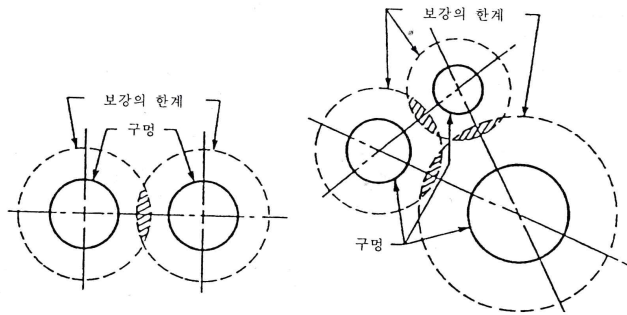
**제68조 (다수 구멍의 보강)** ① 임의의 두 구멍이 보강한계가 겹칠 정도의 간격으로 위치해 있으면[그림 42 (a) 참조] 두 구멍은 중심을 연결하는 평면에서 제63조, 제64조, 제66조 및 제67조에 따라, 그리고 각각의 해당 규정 및 각각의 구멍에 대해서 요구되는 보강 면적의 합계 이상의 면적을 갖는 복합된 보강면적으로 보강하여야 한다. 단면의 어느 부분도 하나 이상의 구멍 보강에 기여하는 것으로 생각해서는 안 되며, 또한 복합 면적도 한번 이상 고려해서는 아니 된다.

1. 겹칠 면적은 두 구멍에 대해서 그 지름의 비로 배분하여야 한다.
2. 원통형과 원추형에 대해서는 두 구멍사이의 보강면적이 두 구멍에 대해서 요구되는 전체면적의 50% 미만이면 제62조제3항제3호가목의 규정을 따라야 한다.
3. 동일 중심선 상에 있는 일련의 모든 구멍은 연속적으로 짝을 이루는 구멍으로 취급하여야 한다.

② 3개 이상의 구멍이제1항과 같이 배치되어 있고[그림 42 (b) 참조], 결합된 한 개의 보강면적으로 보강하는 경우에는 임의의 두 구멍 중심 사이의 최소

거리는 평균 지름의 1½배 이상이어야 하고, 두 구멍에 대해서 요구되는 보강면적은 최소한 50%는 두 구멍 사이에 있어야 한다. 만일 두 구멍 사이의 거리가 평균 지름의 ½ 배보다 작은 경우에는 이들 구멍 사이에 있는 재료를 보강으로 고려해서는 아니 된다. 이러한 구멍은 제3항에 따라서 보강하여야 한다.

- ③ 대체 방법으로서, 임의로 배치된 임의의 개수의 인접한 구멍들은 모든 구멍을 포함하는 하나의 큰 구멍으로 가정하여 보강할 수 있다. 가정한 구멍의 보강한계는 제66조제2항제1호 및 제66조제3항제1호에 따라야 한다. 가정한 구멍지름이 제62조제3항제1호의 한계를 초과할 경우에는 제62조제3항제3호가목의 규정을 따라야 한다.
- ④ 다수의 구멍이 동체 또는 경관 안쪽으로 맞대기 용접된 두꺼운 부분으로 보강할 경우에는 삼입하는 부분의 가장자리는 접합단면과 인접 표면사이의 윗셋 길이보다 3배 이상인 테이퍼 변화부를 갖도록 하여야 한다.
- ⑤ 원통형 또는 원추형동체에 두 개 이상의 연속된 구멍이 규칙적으로 배치되어 있는 구멍들에 대해서는 제73조의 리거먼트에 대한 규정에 따라서 보강할 수 있다.



(a) 2개의 구멍이 그 평균지름의 2배보다 작은 간격으로 배치된 경우  
 (b) 3개 이상의 구멍이 그 평균지름의 2배보다 작은 간격으로 배치된 경우

[그림 42] 다수 구멍의 예

**제69조 (압력용기벽에 관과 노즐넥을 부착하는 방법)** 압력용기벽에 관과 노즐넥을 부착하는 방법은 제22조를 준용한다.

**제70조 (플랜지 및 관이음)** ① 아래의 규격은 플랜지 및 관이음쇠에 사용할 수 있다. 압력-온도 등급은 해당 규격에 따라야 한다. 다만, 부속서 5(ASME B 16.9) 및 부속서 6(ASME B 16.11)의 이음쇠에 대한 압력-온도 등급은 해당

재료의 최대허용응력을 사용하여 이 규격의 규정에 따라서 이음매 없는 직관으로 계산하여야 하며 ASME 규격에서의 두께에 대한 허용공차를 적용하여야 한다.

1. 부속서 4(ASME/ANSI B 16.5), 관 플랜지와 플랜지 관이음쇠
2. 부속서 5(ASME B 16.9), 공장제작 단강제의 맞대기 용접이음쇠
3. 부속서 6(ASME B 16.11), 소켓용접 및 나사이음하는 단조이음쇠
4. 부속서 7(ANSI/ASME B 16.15), 청동 주조 나사이음쇠, Cl. 125 및 250
5. 부속서 8(ASME B 16.20), 관플랜지용 금속 개스킷 - 링 조인트, 나선형 감김 및 재킷형
6. 부속서 9(ASME B 16.24), 동합금 주조 관 플랜지 및 플랜지 이음쇠, Cl. 150, 300, 400, 600, 900, 1500 및 2500
7. 부속서 12(ASME/ANSI B 16.42), 덕타일주철 관 플랜지 및 플랜지 관이음쇠, Cl. 150 및 300
8. 부속서 13(ASME B 16.47), 대구경 강제 플랜지, 공칭지름 DN 650부터 DN 1500까지

② 단조된 노즐 플랜지는 다음 사항의 모든 것을 만족할 때 부속서 4(ASME B 16.5) 및 부속서 13(B 16.47)의 플랜지 재료 사용의 압력-온도 등급을 사용할 수 있다.

1. 단조된 노즐 플랜지는 안지름을 제외하고 부속서 4(ASME B 16.5)의 플랜지이음의 모든 치수 요구사항에 적합하여야 한다. 단조된 노즐 플랜지의 안지름은 부속서 4(ASME B 16.5)에 주어진 분류 랩조인트 플랜지 안지름이나, 그와 같은 크기의 안지름을 초과하지 않아야 한다.
2. 단조 노즐넥의 바깥지름은 부속서 4(ASME B 16.5)에 분류된 랩조인트 플랜지와 허브 지름과 같은 크기와 최소한 같아야 한다. 더 큰 허브 지름은 멈춤장치의 지름에 제한되어야 한다.

**제71조 (노즐넥의 두께)** ① 출입 및 검사용 구멍의 경우, 노즐 넥의 최소벽두께는 아래와 같이 결정한다.

$$\text{노즐넥의 두께} = t_a$$

② 기타 구멍의 경우, 노즐 넥의 최소벽두께는 아래와 같이 결정한다.

$$t_b = \min[t_{b3}, \max(t_{b1}, t_{b2})]$$

$$\text{노즐넥의 두께} = \max(t_a, t_b)$$

여기서

$t_a$  = 제53조 및 제54조에서와 같이 내압과 외압을 받는 최소 노즐 넥 두께 (부식 및 나사가공 여유 포함). 추가하중은 제52조제4항과 같은 기타하중으로부터의 외력과 모멘트의 영향을 고려하여야 한다. 제52조제4항에 의해 발생하는 전단응력은 그 노즐 재료의 허용인장응력의 70%를 초과하지 않아야 한다.

$t_{b1}$  = 내압을 받는 용기의 경우

노즐 넥 또는 다른 연결부가 압력용기에 부착되는 위치에서 동체, 또는 경관의 압력(E=1.0으로 가정)에 요구되는 두께(부식여유 포함), 그러나 어떠한 경우에도 제52조제6항제1호에서 그 재료는 규정된 최소두께 이상.

$t_{b2}$  = 외압을 받는 용기의 경우

노즐 넥 또는 다른 연결부가 압력용기에 부착되는 위치에서 동체 또는 경관에 대한 공식에서 등가설계내압(E=1.0으로 가정)으로서 설계외압을 사용하여 얻는 요구되는 두께(부식여유 추가), 그러나 어떠한 경우에도 제52조제6항제1호에서 그 재료에 대해서 규정된 최소두께 이상.

$t_{b3}$  = 아래 표의 두께 + 부식여유

[표] 노즐 최소두께 요건

공칭크기	최소벽두께 [ 52조제6항제3호 참조 ]
	mm
DN 6	1.51
DN 8	1.96
DN 10	2.02
DN 15	2.42
DN 20	2.51
DN 25	2.96
DN 32	3.12
DN 40	3.22
DN 50	3.42
DN 65	4.52
DN 80	4.80
DN 90	5.02
DN 100	5.27
DN 125	5.73
(DN 150)	6.22
(DN 200)	7.16
DN 250	8.11
DN 300	8.34

비 고 : 표준 DN의 바깥지름과 동일하지 않은 특정 바깥지름을 가진 노즐의 경우, 표로부터 선택한 DN는 노즐 바깥지름보다 큰 바깥지름을 가진 것이어야 한다.

**제72조 (검사용 구멍)** ① 압축공기용으로 사용되는 모든 압력용기 및 침식 또는 기계적 마모가 되는 부품을 갖거나 내부가 부식되는 압력용기에는 검사나 청소를 위하여 맨홀, 핸드홀 또는 다른 검사용 구멍을 설치하여야 하며, 검사용 구멍은 제2항에 규정된 압력용기와 고정 관관식 열교환기의 동체 쪽에는 생략할 수 있다.

② 감지구멍을 둘 경우 용기의 안지름이 900mm를 넘지 않으며 오직 부식만이 문제가 되는 압력용기에는 제1항에서 요구하는 검사용 구멍을 설치하지 않아도 좋다. 다만, 부식이 예상되는 압력용기 내부 표면적의 0.9㎡당 한 개의 비율로 구멍을 배치하고 또한, 압력용기당 균일하게 배치된 감지구멍이 최소한 4개 이상 있어야 한다. 이항은 압축공기를 내장하는 용기에는 적용하지 않는다.

③ 고유의 운전조건 때문에 부식을 방지하는 물질을 포함하고 공기압을 받는 안지름이 300mm 이상인 압력용기는 검사용만으로 한정된 구멍은 필요하지 않다. 다만, 압력용기에는 검사를 용이하게 할 수 있는 적당한 구멍이 있고, 또한 그 구멍이 제6항의 검사용 구멍에 대한 요건과 동등한 치수와 수량인 경우에 한한다.

④ 안지름이 300mm 또는 그 이하인 압력용기는, 분리가 가능한 공칭지름 DN 20 이상인 관 연결부가 최소한 두 개 이상 있는 경우에는 검사전용 구멍은 생략할 수 있다.

⑤ 용기의 안지름이 300mm 초과 400mm 미만인 압력용기에는 최소한 두 개의 핸드홀 또는 공칭지름 DN 40 이상인 나사식 관마개 검사용구멍이 최소한 두 개 있어야 한다. 다만, 다음에서 허용하는 경우에는 예외이다. 안지름이 300mm 초과 400mm 미만까지의 압력용기를 검사할 때 압력용기를 조립체로부터 분리하지 않고는 검사할 수 없도록 되어 있을 경우에는 분리 가능한 공칭지름 DN 40 이상인 관 연결부가 최소한 두 개 있으면 검사전용 구멍은 생략할 수 있다.

⑥ 출입용 또는 검사용 구멍을 필요로 하는 압력용기에는 다음과 같은 것을 설치하여야 한다.

1. 안지름이 300mm 초과 450mm 미만인 모든 압력용기는 최소 두 개의 핸드홀 또는 공칭지름이 DN 40이상인 두 개의 나사식 관마개가 있는 검사용 구멍을 설치하여야 한다.

2. 안지름이 450mm에서 900mm까지의 모든 압력용기는 한 개의 맨홀 또는 최소한 두 개의 핸드홀 또는 공칭지름 DN 50 이상인 최소한 두 개의 나사식 관마개가 있는 검사용 구멍을 설치하여야 한다.

3. 안지름이 900mm를 초과하는 모든 압력용기는 한 개의 맨홀이 있어야 한다. 다만, 압력용기의 모양 또는 용도에 의해서 맨홀의 설치가 곤란한 경우에는 최소한 두 개의 100mm × 150 mm 크기의 핸드홀 또는 동등한 면적을 갖

는 최소한 2개의 구멍을 설치하여야 한다.

- 4. 맨홀을 대신하여 핸드홀이나 나사식 관마개 구멍이 검사용 구멍으로 사용할 수 있도록 허용되는 경우에는 한 개의 핸드홀 또는 한 개의 나사식 관마개 구멍을 각각의 경관 또는 각 경관 근처의 동체에 설치하여야 한다.
- 5. 다른 목적으로 사용하는 분리가 가능한 경관이나 덮개관의 구멍이 최소한 요구되는 검사용 구멍의 크기와 동일하다면, 이 구멍을 검사용 구멍 대신으로 사용할 수 있다.
- 6. 분리가 가능한 경관이나 덮개관의 단일 구멍이 최소한 검사용 구멍과 동등한 정도로 내부점검이 가능한 위치와 크기를 갖는다면 이 단일 구멍을 모든 소형 검사용 구멍 대신 사용할 수 있다.
- 7. 배관, 기기류 또는 이와 비슷한 부착물들과 연결되는 분리가 가능한 플랜지 연결부 또는 나사연결부가 다음을 만족한다면, 이들 연결부를 요구되는 검사용 구멍 대신으로 사용할 수 있다.
  - 가. 연결부는 요구되는 구멍의 크기와 최소한 동등하여야 한다.
  - 나. 연결부가 요구되는 검사용 구멍과 동등하게 내부점검이 가능하도록 위치하고 적절한 크기를 가져야 한다.

⑦ 검사용 및 출입용 구멍이 필요할 경우 구멍은 최소한 다음 요건에 따라야 한다.

- 1. 타원형 또는 비원형(abround) 맨홀은 300mm × 400mm보다 커야하고 원형 맨홀은 안지름이 400mm 이상이어야 한다.
- 2. 핸드홀용 구멍은 50mm × 75mm 이상이어야 하나, 구멍의 위치와 압력용기의 크기에 부합하는 크기이어야 한다.

⑧ 동체 또는 스테일로 지지되지 않는 경관의 모든 출입용과 검사용 구멍은 이 기준의 규정에 따라서 설계하여야 한다.

⑨ 나사식 구멍이 검사용 또는 청소용으로 사용될 경우, 누출방지용 플러그나 캡은 압력을 견딜수 있는 적합한 재료로 제작하여야 하고, 어떠한 재료도 이 기준에서 허용하는 최고온도를 초과하는 온도에서 사용해서는 아니 된다. 나사는 표준 테이퍼 관이나사이어야 한다. 다만, 누출을 방지하는 다른 누출방지 수단을 사용하는 경우에는 최소한 동일 강도의 곧은 나사를 사용할 수 있다.

⑩ 내압이 덮개관을 평판 개스킷 쪽으로 압착하는 형태의 맨홀은 최소 17mm의 개스킷 지지폭을 가져야 한다.

**제73조 (리거먼트)** ① 규칙배열 리거먼트는 제26조를 준용한다.

② 불규칙배열 리거먼트는 제27조를 준용한다.

**제74조 (판재 및 재료의 절단)** ① 판, 경관의 가장자리 및 기타 부품은 기계가공, 전단 및 연삭 등의 기계적인 방법과 산소절단 또는 아크절단에 의해서 소정의 형상 및 치수로 절단할 수 있다. 산소절단 또는 아크절단 후에, 모든 슬래그

또는 용해된 재료의 유해한 번색부분은 다음 제작공정 또는 사용 전에 기계적인 방법으로 제거하여야 한다.

- ② 완성된 압력용기에서 용접되지 않고 남아 있는 노즐 및 맨홀 벽의 끝 부분의 여분의 재료를 다른 방법으로 매끄럽게 제거한다면, 전단가공으로 절단할 수 있다.
- ③ 노출된 안쪽 가장자리는 모따기를 하거나 곡면으로 가공하여야 한다.

**제75조 (동체부분 및 경관의 성형)** ① 열처리에 의해서 인장성능이 향상된 모든 탄소강과 저합금강, 비철합금, 고합금강 및 페라이트강의 냉간가공은 아래의 요건에 따라야 한다.

- 1. 탄소강 및 저합금강 판은 타격에 의하여 냉간 성형해서는 아니 된다.
- 2. 탄소강 및 저합금강 판은 타격에 의한 성형이 판에 해로운 변형을 주지 않고 용접후열처리를 실시하는 경우에는 단조온도에서 타격으로 성형할 수 있다.
- 3. 원통형 압력용기의 길이방향 이음부 가장자리는 완성된 이음부를 따라 좋지 않은 평평한 부분이 발생되지 않도록 하기 위해 예비 압연 또는 성형에 의해서 먼저 적당한 곡률로 성형하여야 한다.

② 냉간 성형으로 제작되는 탄소강판 및 저합금 강판의 압력용기 동체 부분, 경관, 기타 압력을 받는 부재는 냉간 성형 결과로 최대 신장율(extreme fiber elongation)이 압연상태를 기준하여 5%를 초과하고 다음 조건 중의 어느 하나라도 해당하는 경우에는 냉간 성형 이후에 열처리를 하여야 한다.

- 1. 압력용기가 액체 또는 기체상태의 치사적 물질을 저장할 때
  - 2. 재료의 충격시험이 요구될 때
  - 3. 냉간 성형 전 부품의 두께가 16mm를 초과할 때
  - 4. 압연상태의 두께를 기준으로 냉간 성형에 의한 두께감소가 10% 이상 일 때
  - 5. 성형 중에 재료의 온도가 120℃ ~ 480℃의 범위 일 때
  - 6. P-No. 1, Gr No. 1 및 2의 재료는 제1호부터 제5호까지에 열거한 조건에 해당되지 않아도 최대 신장율이 40% 초과하면 열처리를 실시하여야 한다.
- 가. 재료의 최대신장율은 다음의 식으로 계산하여야 한다.

(1) 단일 곡면의 경우 (예 : 원통)

$$\text{최대 신장율}(\%) = \frac{50t}{R_f} \left( 1 - \frac{R_f}{R_o} \right)$$

(2) 이중 곡면의 경우 (예 : 경관)

$$\text{최대 신장율}(\%) = \frac{75t}{R_f} \left( 1 - \frac{R_f}{R_o} \right)$$

여기에서,  $t$  = 판 두께, mm

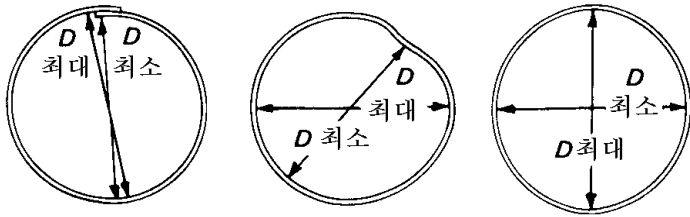
$R_f$  = 최종 중심선의 반지름, mm

$R_o$  = 최초 중심선의 반지름(평판의 경우는 무한대), mm



제76조 (원통형, 원추형 및 구형동체의 허용진원도) ① 내압을 받는 완성된 압력용기의 동체는 실질적으로 둥근 형상이어야 하고, 그림 43과 같이 임의의 단면에서 최대 및 최소 안지름의 차이는 해당 단면에서 내면 또는 외면 측정 어느 경우라도 공칭지름의 1% 이하이어야 한다.

1. 단면이 구멍이 만들어진 곳을 통과하거나 또는 단면이 구멍 중심으로부터 측정하여 구멍 안지름의 1배까지는 위에 주어진 안지름의 허용차는 구멍 안지름의 2% 만큼 늘일 수 있다.
2. 경관과 동체의 이음부를 포함한 다른 임의의 단면이 압력용기의 축에 수직으로 통과하는 경우, 그 임의의 단면에서의 지름의 차이는 1% 이하이어야 한다.
3. 길이방향 겹치기 이음을 하는 압력용기에 대해서, 안지름의 허용차는 판의 공칭두께 만큼 크게 할 수 있다.



[그림 43] 원통형, 원추형 및 구형 동체의 최대 및 최소 안지름의 차이

② 외압을 받는 압력용기의 동체는 임의의 단면에서 다음 요건들을 만족하여야 한다.

1. 제1항에서 규정하는 진원도에 대한 값
2. 압력용기 내·외면에서 반지름 방향으로 측정된 진원형상으로부터의 양 또는 음의 최대 편차는 그림 14로부터 얻어지는 최대 허용편차 e 이하여야 한다.
  - 가. 곡선의 위쪽 또는 아래쪽에 오는 점들에 대해서는 각각 다음의 값을 사용하여야 한다.
 
$$e = 1.0 t \quad \text{또는} \quad e = 0.2 t$$
  - 나. 측정은 설계 안쪽반지름 또는 바깥반지름(측정하는 곳이 어딘가에 따라)을 갖고 그림 27에서 구한 원호길이의 2배와 같은 현의 길이를 갖는 활꼴의 원형평판을 가지고 실시하여야 한다. 그림 27 및 그림 14에 있는 L 및 Do의 값은 다음과 같이 결정하여야 한다.
- 다. 원통형의 경우에는 제54조에서 정의한 L 및 Do

라. 원추형 또는 원추형 단면의 경우에는 그림에서 사용되는 L 및 Do 값은 제59조에 정의된 용어로서 아래에 주어진다.

아래의 모든 경우에 대해서,

$$Le = 0.5L \left( 1 + \frac{D_s}{D_L} \right)$$

(1) 큰 지름 단부에서는

$$L = Le$$

$$Do = DL$$

(2) 작은 지름 단부에서는

$$L = Le \left( \frac{D_L}{D_s} \right)$$

$$Do = Ds$$

(3) 중간 지름에서는

$$L = Le \left[ \frac{2D_L}{(D_L + D_s)} \right]$$

$$Do = 0.5(DL + Ds)$$

(4) 바깥지름이 Dx인 임의의 단면에서는

$$L = Le \left( \frac{D_L}{D_x} \right)$$

$$Do = Dx$$

다. 구형 동체의 경우에 L은 바깥지름 Do의 1/2이다.

3. 원통 및 구형의 경우 t 값은 다음과 같이 결정한다.

가. 맞대기 이음을 하는 압력용기의 경우, t는 판의 공칭두께에서 부식여유를 제외한 두께이다.

나. 길이방향 겹치기 이음을 하는 압력용기의 경우, t는 판의 공칭두께이고, 허용편차는 t + e이다.

다. 임의의 단면에서 동체가 두께가 다른 판으로 제작되는 경우, t는 가장 얇은 판의 공칭두께에서 부식여유를 제외한 두께이다.

4. 원추형 및 원뿔형 단면부의 경우, t 값은 제2항제3호에 따른다. 다만, 이 경우 제2항제3호가목부터 다목까지의 t 값은 제59조에서 정의한 te 값으로 대체하여야 한다.

5. 제2항제2호의 요건은 원통 및 원추에 대해서 회전축에 직각인 임의의 평면에서 그리고 구형에 대해서 임의의 큰 원을 형성하는 평면에서 만족하여야 한다. 원추 및 원추부의 경우, 제2항제2호라목 (1), 제2항제2호라목 (2) 및 제2항제2호라목 (3) 위치에서 확인하여야 한다.

6. 측정은 용접선 위나 또는 다른 돌출부가 아닌 모재의 표면에서 실시하여야 한다.

7. 원통형 압력용기의 실제 사용 철판의 공칭두께가, 제54조에 따라 외압으로

설계된 최소 요구 두께를 초과하고 그 초과 두께에 부식여유와 압축력을 유발하는 하중이 요구되지 않을 경우, 공칭두께를 사용하여 결정한 최대 허용 편차  $e$ 는 공칭 두께의 B값을 최소 요구두께의 B값으로 나눈 비율만큼 증가시킬 수 있으며, 최대  $e$ 값을 측정하기 위한 현의 길이는 실제 사용한 철판의 공칭두께를 이용한  $Do/t$ 에 의해 결정하여야 한다.

8. 내압 또는 외압을 받는 관 또는 튜브로 제작된 용기와 구성부품은 제작 표준의 허용 범위에 따라 지름(측정된 바깥지름)의 변동이 있을 수 있다

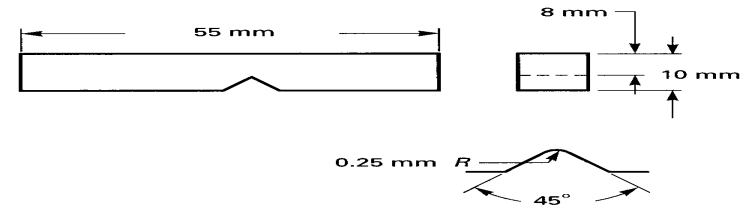
**제77조 (성형경관의 공차)** ① 접시형, 접시원추형, 반구형 또는 타원형 경관의 내면은 규정된 형상으로부터 바깥쪽으로  $D$ 의 1.25%를 초과하거나 또는 안쪽으로  $D$ 의 0.625%를 초과하는 오차가 생겨서는 아니 된다. 여기에서  $D$ 는 부착 부분에서 압력용기 동체의 공칭 안지름이다. 이러한 오차는 규정된 형상에 대하여 수직으로 측정하여야 하고 급격한 변화가 있어서는 아니 된다. 너클의 반지름은 규정 값 이상이어야 한다.

- ② 외압에 대하여 설계된 반구형 경관 또는 접시형 경관의 임의의 구형부분 또는 타원형 경관은, 제1항을 만족함과 동시에,  $L/Do$ 에 대해서 0.5의 값을 사용하여 제76조제2항의 구형 동체에 대하여 규정한 공차를 만족하여야 한다.  
 ③ 제1항에서 규정한 오차를 구하기 위한 측정은 모재의 표면에서 하여야하고 용접부에서 측정해서는 아니 된다.  
 ④ 경관 스킵트는 최대 및 최소 안지름의 차이가 공칭지름의 1% 이하가 되도록 충분한 진원이 되어야 한다.  
 ⑤ 스테이로 지지되지 않는 임의의 성형경관의 스킵트를 동체의 안쪽 또는 바깥쪽으로 억지끼워 맞추기 위하여 기계가공을 하는 경우에는 그 두께는 본래 경관두께의 90% 보다 또는 부착부분의 동체 두께보다 얇아서는 아니 된다. 이러한 기계가공을 한 경우에는 가공두께로부터 경관의 처음 두께까지 치수변화가 급격해서는 안 되며, 최소한 그 두께 차이의 3배 이상 거리로 경사지게 하여야 한다.

**제78조 (샤르피 충격시험)** ① 사용재료의 종류와 관련한 규정에서 요구되는 경우, 압력에 의하여 응력을 받는 동체, 경관, 노즐 및 기타 압력용기 부품 재료에 대하여 실시하여야 한다.

- ② 충격시편은 샤르피 V-노치 형식으로 하고, 1조는 3개로 구성하여야 하며, 그림 44에 있는 모든 치수를 만족하여야 하며, 충격시험의 절차와 장치는 SA-370 또는 ISO 148 (파트 1, 2, 3)의 해당 규정을 만족하여야 한다.  
 1. 채취가 가능한 경우, 표준시편(10mm×10mm)은 제2호에서 달리 허용된 경우를 제외하고 공칭두께가 11mm 이상인 재료를 사용하여야 한다.  
 2. 규정된 시험온도에서 10mm×10mm의 표준규격 시편을 사용하여 시험할 때, 흡수 에너지가 일반적으로 240J을 넘는 재료의 경우에는 표준규격 시편 대신에 소형시편(10mm × 6.7mm)을 사용할 수 있다. 다만, 소형시편을 선택

한 경우에는 각 시편에 대한 합격 값을 100J로 하여야 하고, 또한 횡 팽창량을 mm 단위로 측정하여야 한다.



[그림 44] 단순 빔의 충격시편 (샤르피 V노치형 충격시험)

**제79조 (최대 허용사용압력)** ① 압력용기의 최대 허용사용압력이란, 그 압력에 규정된 지정 온도에서 압력용기가 정상운전 상태일 때의 압력용기 최상부에서 허용되는 최대압력을 말한다. 이것은 제2항에 주어진 원칙에 의해서 압력용기 주요 부분 중 임의의 부분에 허용되는 최대 허용사용압력값 및 압력용기의 고려된 부분과 최정상부의 사이에 존재할 수 있는 정수두압의 차이를 조정된 값 중에서 최소값이다.

- ② 압력용기부품의 최대허용사용압력이란, 지정된 온도에서 이 기준의 규정 또는 식에 의해서 결정되는 해당 부분의 정수두압을 포함한 최대내압 또는 외압이고, 임의의 하중 조합의 영향을 고려한 것을 말한다. 다만, 부식여유로 지정된 금속두께는 제외한다.  
 ③ 최대허용사용압력은 각각의 온도에서 해당 허용응력값을 사용하여 한개 이상의 지정된 운전온도에 대하여 결정될 수 있다.

**제80조 <삭제>**

**제81조 <삭제>**

**제82조 (압력방출장치)** ① 비직화식 증기보일러 이외의 모든 압력용기는 크거나 압력에 상관없이 제4항부터 제7항까지의 요건에 부합하는 과압보호장치를 설치하여야 한다.

1. 요구되는 과압보호장치가 최초로 운전하기 전에 적절히 설치되어 있다는 것을 확인하는 것은 사용자의 책임이다.
2. 그 의도된 사용에 근거하여 과압보호장치의 크기를 정하고 선택하는 것은 사용자의 책임이다. 의도된 사용에 대한 고려는 다음 가. 나. 다.를 포함하되 반드시 이에 국한되서는 아니 된다.
  - 가. 정상운전 및 혼란상태(upsetting condition)
  - 나. 유체
  - 다. 유체의 상
3. 이 과압보호장치는 용기 제조자가 공급하여야 할 필요는 없다.
4. 별도로 정의되어 있지 않으면, 부속서 18(ASME PTC 25의 Section 2)

의 압력방출장치에 관한 정의를 적용하여야 한다.

5. 각 밸브의 압력유지부품은 설계압력의 최소 1.5배로 수압시험을 하여야 한다.
- ② 비직화식 증기보일러 이외의 모든 압력용기는 다음 각 호의 어느 하나에서 허용되는 경우를 제외하고는 압력용기내의 압력이 최대허용사용압력보다 10% 또는 20kPa 이상의 값 중 큰 값을 초과하지 않도록 압력방출장치에 의해서 보호되어야 한다.
  1. 다중의 압력방출장치가 설치되고 제8항제1호에 따라서 압력이 설정되어 있는 경우, 이 압력방출장치들은 최대허용사용압력보다 16% 또는 30kPa 이상의 값 중 큰 값을 초과하지 않도록 압력상승을 방지하는 경우
  2. 화염 또는 예상 못한 다른 외부 열원에 노출되어 부가적인 재해가 발생될 수 있는 곳에 설치된 압력용기의 보조 압력방출장치가 최대허용사용압력의 21% 이상 상승하는 일이 없도록 압력상승을 방지할 수 있도록 한 경우
- ③ 압력용기 또는 압력용기 계통에 접속되는 압력방출장치들의 총 용량은 압력방출장치가 동작되어 분출하고 있을 때에 최대허용사용압력의 16% 이상으로 압력용기 내의 압력이 상승하지 않도록 부착된 장치에서 생성되거나 공급되는 최대 용량을 처리하는데 충분한 것이어야 한다.

1. 제2항제2호에서 허용된 압력방출장치와 같이 화염 또는 다른 외부 열원에 노출되어 발생하는 과압으로부터 보호하기 위한 압력방출장치는 모든 압력방출장치가 동작하고 있는 경우의 압력이 최대허용사용압력의 21% 이상을 상회하지 않도록 충분한 방출용량을 가져야 한다.

④ 압력방출밸브(\*)

1. 안전밸브, 압력방출밸브 및 릴리프밸브는 모두 직접 스프링식 이어야 한다.
2. 파일럿이 자력구동식이고, 주 밸브가 설정압력 이하에서 자동적으로 열리며, 파일럿의 주요부품이 고장난다하더라도 그것의 전체 정격용량을 방출할 경우에는 파일럿 구동식 압력방출밸브를 사용할 수 있다.
3. 압력방출밸브에 사용되는 스프링의 설정압력이 밸브 제조자가 제공한 스프링의 설계범위 이내에 있지 않거나 또는 제조자가 인정할 수 없는 경우에는 그 스프링의 설정압력을 밸브에 표시된 압력의 ±5% 이내의 압력으로 설정하여야 한다.
4. 압력방출밸브 설정압력의 ±공차는 설정압력이 500 kPa이하인 경우에는 15 kPa을, 설정압력이 500 kPa을 초과하는 경우에는 3%를 초과해서는 안 된다.

주(\*) 안전밸브는 입구 측의 정압력으로 작동되고, 급속 개방 또는 순간적인 작동(pop action)의 특성이 있는 압력방출밸브이다. 릴리프밸브(relief valve)는 입구 측의 정압력으로 작동되는 압력방출밸브로서, 개방압력을 초과하는 압력증가에 비례하여 개방된다. 압력방출밸브는 적용에 따라 급속 개방 또는 순간적인 작동의 특성을 가지는 또는 개방압력을 초과하는 압력증가에 비례하여 개방을 하는 특성을 가지는 압력방출밸브이다. 파일럿 구동식 압력

방출밸브는 그 주요 방출장치가 자력구동식 보조압력방출밸브와 결합되어 자력구동식 보조 압력방출밸브에 의해 제어되는 압력방출밸브를 말한다.

⑤ 파열판장치

1. 파열판장치는 규정된 파열판 온도에서 파열압력의 공차는 표시 파열압력이 300kPa이하인 경우 ±15 kPa를 초과해서는 안 되고, 표시되는 파열압력이 300 kPa보다 큰 경우 ±5%를 초과해서는 안 된다.
2. 파열판장치를 단독 방출장치로 사용하는 압력방출계통의 정격 용량은 다음 요건에 따라 결정하여야 한다.
  - 가. 파열판장치는 압력용기 노즐 입구로부터 관지름의 8배 이내에 설치하고, 방출관의 길이는 파열판장치를 연결하는 관지름의 5배 이하이어야 한다.
  - 나. 입구 및 방출 배관의 호칭지름이 핀장치에 스템핑한 호칭지름 [DN(NPS)] 이상인 경우, 압력방출시스템의 계산된 방출용량은 여러 매체에 해당되는 이론적인 유동방정식에 의해 계산된 값에 방출계수  $K = 0.62$ 를 곱한 값보다 커서는 안된다.
3. 각 파열판 홀더의 압력유지 부품은 설계압력의 최소 1.5배로 수압시험을 하여야 한다.

⑥ 핀장치(Pin Device)

1. 모든 핀장치 설정압력 공차는, 표시되는 설정압력이 300 kPa(40 psi) 이하에서는 ± 15 kPa(± 2 psi)를 초과해서는 안 되고, 표시되는 설정압력이 300 kPa(40 psi)보다 큰 경우에는 ± 5 %를 초과해서는 안된다.
2. 방출용량. 핀장치는 아래 가.의 요건에 따라 유동저항법을 이용하여 하거나, 나.의 요건에 따라 방출계수법을 이용하여 인증해야한다.
  - 가. 핀장치를 단독 방출장치로 사용하는 압력방출계통의 정격 용량은 아래 1) 또는 2) 요건에 따라 결정하여야 한다.
    - (1) 대기로 직접 방출하는 파열판
      - 가) 핀장치가 용기노즐 입구로부터 관지름의 8배 이내에 설치되며
      - 나) 방출관의 길이가 핀장치로부터 관지름의 5배 이하이고
      - 다) 입구 및 방출 배관의 호칭지름이 핀장치에 스템핑한 호칭지름 [DN(NPS)] 이상인 경우, 압력방출시스템의 계산된 방출용량은 여러 매체에 해당되는 이론적인 유동방정식에 의해 계산된 값에 방출계수  $K = 0.62$ 를 곱한 값보다 커서는 안된다.
    - (2) 임의의 압력방출계통의 계산 용량은 전체 계통에 대한 유동저항을 해석하여 결정하여도 된다. 이러한 해석에서는 핀장치, 배관, 그리고 용기의 출구노즐, 엘보우, 티, 리듀서 및 밸브를 포함한 배 관요소의 유동저항을 고려하여야 한다.
  - 나. 핀장치를 단독 방출장치로 사용하는 압력방출계통의 방출용량은 장치에

표시된 인증용량과, 계통유체 및 핀장치 상하단 계통부품의 특성을 고려하여 결정해야 한다.

### 3. 핀장치의 적용

가. 핀장치는 하나의 용기에 대하여 단독의 압력방출장치로 사용할 수 있다.  
나. 다음을 만족하는 경우, 핀장치는 압력방출밸브와 용기 사이에 설치할 수 있다.

- (1) 압력방출밸브와 핀장치와의 조합이 ③항의 요건을 만족시키기에 충분한 용량인 경우.
  - (2) 압력방출밸브와 핀장치의 조합용량은, 장치의 해당하는 저항계수  $K_{RG}$ ,  $K_{RGL}$  또는  $K_{RL}$ 가 0.6 보다 작을 경우 밸브의 정격용량에 0.90을 곱해야 한다.
  - (3) 핀장치와 압력방출밸브 사이에는 압력계, 검출코크, 프리 벤트 또는 적절한 알람지시구를 설치하여야 한다.
  - (4) 작동 후에 핀장치에 생기는 구멍은 밸브의 용량[위의 (2)]과 같은 용량을 확보할 수 있는 충분한 크기의 것이고, 또한 밸브의 정상적인 기능을 방해하지 않아야 한다.
  - (5) 핀장치의 설정압력은 압력방출밸브의 설정압력의 90 % 이상으로 한다.
- 다. 핀장치는 용기에서 압력의 직접 작용에 의해 개방되는 압력방출장치의 출구 측에 설치해서는 안 된다.
- 라. 핀 작동 파일럿 구동 압력방출장치는, 파일럿 구동 압력방출밸브에 관한 ②, ④, ⑤, ⑧, ⑨, ⑩항의 요건을 만족하는 경우, 과압보호요건을 만족시키기 위해 사용할 수 있다.

[표 13] 파괴핀의 정격압력

정격압력, MPa		± 공차 MPa
최소	최대	
200	1000	35
1000	1900	70
1900	2600	100

### ⑦ 스프링식 되닫힘되지 않는 압력방출장치

1. 장치의 스프링 하중을 받는 부분이 규정된 설정압력에서 열려 수동으로 리셋(reset)될 때까지 개방된 상태로 있는 스프링식 되닫힘되지 않는 압력방출장치가 그 구동수단이 고장날 경우, 설정압력 또는 그 이하의 압력에서 완전 개방되도록 설계되어 있다면 이것을 사용할 수 있다. 이러한 장치는 다른 압력방출장치와 함께 사용할 수 없으며, 개방압력의 공차는

±5%를 초과해서는 아니 된다.

2. 스프링식 되닫힘되지 않는 압력방출장치의 계산 정격용량은 여러 매체에 대한 해당 이론식에 근거하는 값에 계수  $K = 0.62$ 를 곱한 값을 초과해서는 아니 된다. 이론식에서 면적  $A$  mm<sup>2</sup>는 스프링식 되닫힘되지 않는 압력방출장치의 최소구멍을 통과하는 유동단면적이어야 한다.

### ⑧ 압력방출장치의 압력설정

1. 1개의 압력방출장치를 사용할 경우, 압력방출장치에 표시되는 설정압력은 압력용기의 최대허용사용압력을 초과하지 않도록 하여야 한다. 필요한 용량을 2개 이상의 압력방출장치로서 확보하는 경우에는 1개의 압력방출장치는 최대허용사용압력 이하로 설정할 필요가 있다. 추가의 압력방출장치는 이것보다 높은 압력에서 개방되도록 설정할 수 있지만, 제2호에서 규정하는 경우를 제외하고는 어떠한 경우에도 최대허용사용압력의 105% 보다 높은 압력에서 개방되도록 설정해서는 아니 된다.
2. 화염 또는 다른 외부 열원에 노출되어 발생하는 과압을 방지하기 위해서 제2항제2호에서 허용하는 압력방출장치의 경우, 장치에 표시되는 설정압력은 압력용기의 최대허용사용압력의 110%를 넘지 않도록 하여야 한다.
3. 압력방출밸브의 설정압력 공차는 500 MPa 이하의 압력에 대해서는 ±15 MPa, 500MPa를 초과하는 압력에 대해서는 ±3%를 초과해서는 아니 된다.
4. 규정된 파열판 온도에서 되닫힘되지 않는 압력방출장치의 파열압력 공차는, 300 kPa (40 psi) 이하에서는 ±15 kPa(2 psi)을, 그리고 300 kPa(40 psi)을 초과하는 압력에 대해서는 표시된 파열압력의 ±5 %를 각각 초과해서는 안 된다.
5. 특정 핀 온도에서 핀장치의 설정압력 공차는, 300 kPa(40 psi) 이하에서는 ±15 kPa (2 psi)을, 그리고 300 kPa(40 psi)을 초과하는 압력에 대해서는 표시된 설정압력의 ±5 %를 각각 초과해서는 안 된다.

⑨ 설치 : 압축 유체용으로 사용되는 압력방출장치는 수용된 액체 상부의 증기 공간내의 압력용기에 연결하거나 또는 보호하고자 하는 압력용기 내의 증기 공간에 접속된 관에 연결하여야 한다. 액체용으로 사용되는 압력방출장치는 정상상태에서의 액면보다 아래 쪽 위치에 연결하여야 한다.

### ⑩ 재료의 선택

1. 주철재 시트 및 디스크의 사용은 허용되지 않는다.
2. 안내부 및 디스크 또는 디스크 홀더 같이 서로 인접한 미끄럼 면은 양쪽 모두 내식성 재료로 제작되어야 하고, 스프링은 내식성 재료 또는 내식 코팅을 한 것이어야 한다. 압력방출밸브의 디스크 및 시트는 사용 유체에 의한 부식에 견디는 적합한 재료이어야 한다.
3. 밸브 몸통 및 보닛(bonnets) 또는 요크(yoke)에 사용되는 재료는 KS 및 ASME Section II.의 규격에 열거된 재료이어야 한다.

4. 압력방출밸브의 외부 구조에 포함되어 노즐, 디스크 및 기타 부품에 사용하는 재료는 다음 범주 중의 하나이어야 한다.

가. 이 규격에 주어진 재료 또는 Section II에 주어진 재료

나. ASTM 규격에 주어진 재료

다. 최소한 ASTM 규격과 동등한 화학적 성질, 물리적 성질 및 품질의 관리를 보장하는 재료규격에 의해서 압력방출밸브의 제조자가 관리하는 재료

⑩ 개방형 유로 또는 배기구

1. 대기중으로 직접 또는 간접적으로 개방된 유로나 배기구를 용기에서 단독 압력방출장치로 사용할 수 있다.

2. 압력방출계통의 계산 용량은 유동에 대한 총 계통저항의 해석에 의해 결정할 수 있다. 이 해석에는 용기, 엘보, 티, 리듀서, 밸브의 출구 노즐을 포함하여 배관과 배관부품의 유동저항을 고려해야 한다. 계산은 배관계통을 통한 유체 유량을 결정하는데 허용되는 공학적 경험을 이용하여 수행해야 한다. 이 방법이 가지고 있는 불확실도를 고려하기 위해 이 계산된 방출 용량에 0.90 이하의 계수를 곱해야 한다.

3. 개방형 유로 또는 배기구의 총 용량은 ②항에서 규정한 압력을 초과하는 과압을 예방하는데 충분해야 한다. 최대 허용 사용압력이 105kPa(15 psi) 이하 일 때, 어떠한 경우에도 압력이 최대 허용 사용압력의 21 %를 초과하여 상승하는 것은 허용해서는 안 된다.

제 4 장 배관 및 부속설비

**제83조 (배관 및 부속설비의 재료)** ① 기술기준 제73조에서 “안전한 화학적 성분 및 기계적 강도를 가지는 것”이란 용접성, 인장강도, 연성, 인성 및 경도 등이 동등 이상의 것을 말하며, 배관에 적합한 재료는 제84조를 만족하는 것을 말한다.

② 기술기준 제73조에서 규정하는 “압력을 받는 부분”은 관의 내면에 0.1 MPa를 초과하는 압력을 받는 부분을 말한다.

**제84조 (재료사용의 일반)** ① 압력에 의하여 응력을 받는 재료는 달리 허용된 경우를 제외하고는 KS B 6750 부표 1 및 ASME B31.1 Appendix A의 표에 열거한 재료, 또는 ASTM 재료규격과 같은 규격번호를 가지는 ASME 재료도 허용되나 주어진 응력 값 이상의 설계 온도에서 사용해서는 아니 된다.

② 설계 시 저온 사용 온도에서의 취성 파괴 가능성을 고려하여야 한다.

③ ASME B31T의 배관에 대한 표준 인성요건을 만족하여야 한다.

④ 탄소 함유량이 0.35%를 초과하는 탄소강 또는 합금강은 용접 구조물로 사용되어서는 아니 되며, 산소 절단법(oxygen cutting process) 또는 기타 열절단법(thermal cutting process)으로 형상을 성형해서도 아니 된다.

⑤ 합금 2% 크롬강이 454℃를 초과하는 온도에서 사용되는 경우, 모재와 용가제의 탄소 함유량은 0.05% 이상이어야 한다.

**제85조(배관 및 부속설비의 구조)** ① 기술기준 제74조에서 “안전한 것”이란 제86조부터 제92조까지 규정한 구조로 되어 있고 발전설비 용접 제5장 배관 제73조부터 제75조까지의 내압시험에 합격한 것을 말한다.

② 기술기준 제21조 5항에 따라 배관에 대한 내진설계를 하는 경우에는 [국토교통부](#) 고시 “건축구조기준 0306(지진하중)”을 적용할 수 있다.

**제86조 (내압을 받는 직관의 두께)** ① 내압을 받는 직관의 최소 두께는 기계적 강도에 대한 여유값을 포함하여 허용응력표에 기재된 재료의 온도범위를 넘지 않은 설계온도 및 설계압력에 대해 아래 식 (3) 또는 (3-1)에 의해서 구해진 값 이상이어야 한다.

$$t_m = \frac{PD_o}{2(SE+Py)} + A \quad (3)$$

$$t_m = \frac{Pd + 2SEA + 2yPA}{2(SE + Py - P)} \quad (3-1)$$

② 설계압력은 다음 식에서 구한 값을 초과해서는 아니 된다.

$$P = \frac{2SE(t_m - A)}{D_o - 2y(t_m - A)} \quad (4)$$

$$P = \frac{2SE(t_m - A)}{d - 2y(t_m - A) + 2t_m} \quad (4-1)$$

③ 여기에서 사용된 기호의 정의는 다음과 같다.

$t_m$  : 최소 두께, mm

$P$  : 설계내압, MPa

$Do$  : 관의 바깥지름, mm

$d$  : 관의 안지름, mm

$SE$  또는  $SF$  : 설계온도에서 내압 및 이음 효율계수(또는 주조 품질계수)에 대한 재료의 최대 허용응력, MPa

$A$  : 추가 두께, mm

$y$  : 표14에 주어진 계수

[표 14]  $y$  값

재료	온도 °C							
	482 이하	510	538	566	593	621	649	677 이상
- 페라이트강	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
- 오스테나이트강	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7
- 니켈 합금 UNS No. N08800, N08810, N08825	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7
- 주철	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
- 기타 재료	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4

비고1.  $y$ 값은 28°C 증분 간격이며 그 사이값은 보간법으로 계산한다. 주철 및 비철금속재료의  $y$ 값은 0이다.

2.  $\frac{Do}{t_m}$  값이 6보다 작은관에 대해서, 480°C 이하 온도에서 설계되는 페라이트 및 오스테나이트강의  $y$ 값은 아래와 같이 구한다.

$$y = \frac{d}{d + Do} \quad (5)$$

**제87조 (외압을 받는 직관의 두께 및 보강)** 외압을 받는 직관에 대한 두께 및 보강요건은 제54조, 제55조 및 제56조를 준용한다.

**제88조 (곡관)** ① 관의 굽힘이 완료된 부분의 두께는 어느 부위에서도 제86조제1항에서 구한 값 보다 작아서는 아니 된다.

**제89조 (굽힘 및 성형)** ① 설계자가 관을 주문하기 전 최소 두께를 결정하기 위한 기준은 표 15와 같다. 표 15에 기재된 직관의 최소 두께는 공급자의 제조공정에 의한 경험 값이기 때문에 굽히는데 충분하다. 완성된 곡관의 최소두께는 제86조제1항의 최소두께 요건을 만족하여야 한다.

② 곡관을 만들 때에 곡관 외곽부의 얇아짐에 대한 보상으로 표 15에 있는 여유값을 사용하면 유해한 결함 없이 굽힐 수 있다.

[표 15] 굽힘전 최소권장 두께

굽힘 반지름	굽힘전 최소 권장두께
관지름의 6배 이상	1.06 $t_m$
관지름의 5배	1.08 $t_m$
관지름의 4배	1.14 $t_m$
관지름의 3배	1.25 $t_m$

비고1. 굽힘 반지름의 중간값은 보간법으로 구한다.

2.  $t_m$ 은 제86조제1항에서 구한 값이다.

3. 관지름은 ASME B 36.10M 및 ASME B 36.19M에 수록한 공칭지름을 사용하며 이 표에 수록되지 않은 관지름을 갖는 배관 및 튜브의 공칭지름은 바깥지름과 일치한다.

③ 관은 설계상에 명시된 검사방법으로 확인하였을 때 굽혀진 표면에 균열이 생기지 않고, 좌굴이 심하게 생기지 않는다면 열간 또는 냉간 방법을 사용하여 어떠한 반지름으로 구부러도 된다. 이러한 굽힘은 제86조제1항의 설계요건을 만족하여야 한다.

④ 성형된 표면이 균일하고 설계에 규정된 검사방법으로 확인하였을 때 균열이나 기타 결함이 없는 공정이라면 적절한 열간 또는 냉간가공 방법으로 배관 부품을 성형[관 끝의 스웨이징(swedging), 꺾치기, 업셋팅(upsetting) 및 목의 돌출 등]해도 된다.

⑤ 성형 부품은 다음의 열처리조건을 만족하여야 한다.

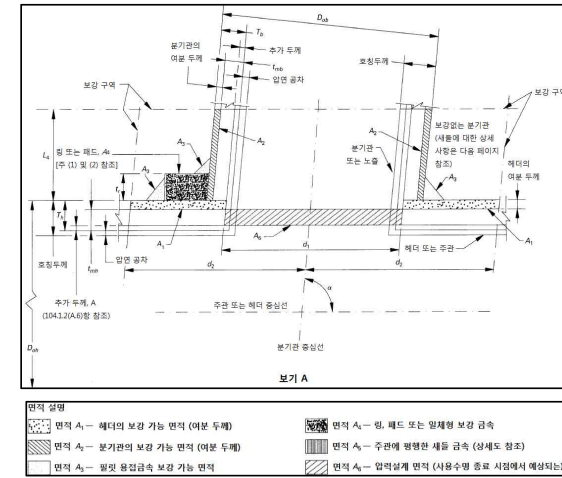
1. 페라이트계 합금강(P-No. 15E)이 아닌 경우, 열간 굽힘이나 열간 성형은  $T_{crit} - 56^\circ\text{C}$  이상의 온도에서 수행되며, 냉간 굽힘이나 냉간 성형은  $T_{crit} - 56^\circ\text{C}$  미만의 온도에서 수행되어야 한다. 여기서  $T_{crit}$ 는 재료의 하부 임계 온도를 말하며 하부 임계온도는 표 16과 같다. 페라이트계 합금강(P-No. 15E)인 경우, 열간 굽힘이나 열간 성형은  $705^\circ\text{C}$  이상, 냉간 굽힘이나 냉간 성형은  $705^\circ\text{C}$  미만에서 수행되어야 한다.

[표 16] 하부 임계온도

재 료	하부 임계온도(1), ℃
탄소강 (P-No. 1)	725
탄소 - 몰리브덴강 (P-No. 3)	730
1Cr - ½Mo (P-No. 4, Gr. No. 1)	745
¼Cr - ½Mo (P-No. 4, Gr. No. 1)	775
2¼Cr - 1Mo, 3Cr - 1Mo (P-No. 5A)	805
5Cr - ½Mo (P-No. 5B, Gr. No. 1)	820
9Cr	800
9Cr-1Mo-V, 9Cr-2W (P-No. 15E)	800

- 주1. 이 값은 단지 지침용으로 사용자는 이 값 대신에 특정 재료에 대해 얻어진 값을 적용할 수 있다
2. 900℃ 이상의 온도에서 굽힘 및 성형작업을 수행하지 않고 완성하지 않는 한, 공칭두께 19mm를 초과하는 모든 탄소강(P-번호 1) 재료는 용접기술기준의 판단기준에 따라 열처리를 하여야한다.
3. DN 100 이상의 관 또는 공칭두께가 12.7mm 이상의 모든 페라이트계 합금강 (P-번호 1, P-번호 15E 제외) 재료에 대해서는 아래와 같은 성형 또는 굽힘 후 열처리를 하여야 한다.
- 가. 열간 굽힘 또는 성형을 수행할 경우, 그 재료는 설계자가 규정한 완전 어닐링, 노멀라이징-템퍼링 또는 템퍼링 열처리를 받아야 한다.
- 나. 냉간 굽힘 또는 성형을 수행한 경우, 열처리는 용접기술기준의 판단기준에 따라 열처리를 하여야한다.
4. 기타 재료의 굽힘 또는 성형 후 열처리는 KEPIC MGE 129.3을 따라야 한다.

**제90조 (분기관관의 연결)** ① 내압을 받는 분기관 연결부품에 처음부터 보강에 대한 대비가 없고 분기관축과 주관축이 이루는 각이 45°~90°사이의 경우 그림 45와 같이 내압에 견딜 수 있는 보강을 하여야 한다.



[그림45] 분기관 연결부의 보강(1)

1. 주관의 길이방향 이음매가 분기관과 교차되지 않는 경우, 보강 계산을 위해 tmh값을 구할 때에는 해당 등급의 이음매 없는 관의 응력값을 사용하여도 좋다.
2. 분기관이 주관의 길이방향 이음매와 교차할 경우 또는 분기관이 길이방향 이음매를 포함할 경우, 두 관 모두 또는 두 관 중 하나에 대해 용접이음 효율을 계산에 포함하여야 한다. 주관 및 분기관이 모두 길이방향의 용접부를 포함하면 각각의 용접부가 교차하지 않도록 주의하여야 한다.
3. 분기관 연결부의 요구 보강면적은 아래와 같아야 한다.

$$A_7 = A_6(2 - \sin \alpha) = (t_{mh} - A)d_1(2 - \sin \alpha)$$

직각 연결부의 요구 보강면적은,

$$A_7 = A_6 = (t_{mh} - A)d_1$$

보강구역은 평행사변형이며 그 폭은 분기관 중심선의 양측으로 각각 d2 까지 이고, 높이는 주관의 내부 표면에서 시작되며, 주관의 외부 표면으로부터 L4 거리까지의 범위이다.

4. 요구되는 보강은 그림 615.8에 나타난 면적 A1, A2, A3, A4 및 A5의 조합에 의해서 계산되어야 하며, A1, A2, A3, A4 및 A5는 아래와 같이 정의한다.

$$A_1 : \text{주관의 여분 두께에 해당하는 면적, mm}^2 \\ = (2d_2 - d_1)(T_h - t_{mh})$$

A2 : 주관에서 L4 거리에 있는 분기관의 여분 두께에 해당하는 면적, mm<sup>2</sup>

$$= \frac{2L_4(T_b - t_{mh})}{\sin \alpha}$$

$A_3$  : 주관 및 분기관 바깥지름 밖의 용착금속 면적과 링, 패드 및 새들의 필릿용접부의 용착금속 면적,  $mm^2$

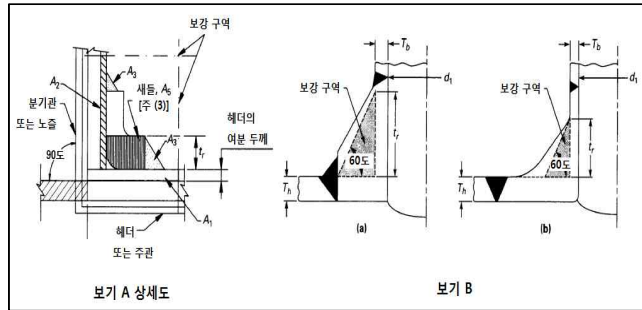
$A_4$  : 보강링, 보강패드 또는 일체형 보강재에 의한 면적,  $mm^2$

$A_5$  : 새들(saddle)에 의한 직각연결부 면적,  $mm^2$   
 $= (\text{새들의 바깥지름} - D_{ob})t_r$

$A_6$  : 사용수명 종료 시점에서 예상되는 압력설계 면적,  $mm^2$   
 $= (t_{mh} - A)d_1$

요구 보강면적 =  $t_{mh}d(2 - \sin \alpha) = A_7$

보강면적 =  $A_1, A_2, A_3, A_4$  및  $A_5$



[그림45] 분기관 연결부의 보강 (2)

일반 주:

(a) 이 그림은 제 90조의 용어를 그림으로 표시함

(b) 요구 보강면적 =  $A_7 = A_6(2 - \sin \alpha) = (t_{mh} - A)d_1(2 - \sin \alpha)$

(c) 유효 보강면적 =  $A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5$  (해당되는 면적만) 적용

(d) 유효 보강면적  $\geq$  요구 보강면적

주(1) 보강 새들은 90° 분기관에만 사용한다.(그림45(2) 보기 A 상세도 참조)

(2) 링이나 패드가 보강용으로 사용될 때[그림 45 (2)], 보강 면적의 값은 용접시 분기관, 주관 및 링이나 패드가 완전히 용용되는 경우, 주관의 여분두께를 고려할 때와 같은 방법으로 구하여도 된다.

(3) 링과 패드의 폭 대 높이의 비는 주관을 따라 보강구역 한계 내에서 가능한 수평공간과 맞추고 분기관의 바깥지름이 허용하는 범위 내에서 4대 1에 가까운 비율이 바람직하다. 그러나 그 비가 어떠한 경우에도 1대 1보다 작아서는 아니 된다.

위 그림에 사용된 용어의 정의는 아래와 같다.

$\alpha$  : 주관축과 분기관축이 이루는 각, °

$b$  : 분기관을 나타내는 아래 첨자

$D_{ob}$  : 분기관 바깥지름, mm

$D_{oh}$  : 주관 바깥지름, mm

$d_1$  : 주관축에 대하여 길이방향의 분기관 구멍의 최종 안쪽치수, mm

$d_2$  : 보강구역 폭의  $\frac{1}{2}$ , mm

또는  $(T_b - A) + (T_h - A) + \frac{d_1}{2}$  중 큰 값. 다만, 어떠한 경우도  $D_{oh}$  를 초과

해서는 안 됨.

$h$  : 주관 및 헤더를 나타내는 아래 첨자

$L_4$  : 주관 외부의 보강구역 높이, mm

:  $2.5(T_b - A) + t_r$  또는  $2.5(T_h - A)$  중 작은 값

$t_r$  : 그림45(2) 보기 A에서 부착된 보강패드의 두께 또는 보기B에서 완전히 일체형 보강재 면적 내에 있고 주관 및 분기관의 바깥지름에 투영된 면에 의하여 지지되는 각이 최대 60°인 직각 삼각형의 높이, mm

$T_b, T_h$  : 허용할 수 있는 분기관 또는 주관의 최소 두께 또는 실제로 측정된 두께, mm

$t_{mb}, t_{mh}$  : 제86조의 식 (3) 또는 (3-1)에서 구한 주관 또는 분기관의, mm

5. 다수 구멍의 보강 시 필요에 따라 KEPIC MGE 104.3.1을 따라야 한다.

② 외압을 받는 분기관 연결부에 대한 보강면적은 보강이 필요한경우 다음의 계산식에 따른다.

$$0.5 t_{mh} d_1 (2 - \sin \alpha)$$

③ 일체형보강 돌출 출구축이 주관축과 교차하고 또한 수직인 경우에는 그림47과 같이 보강하여야 한다.

1. 요구 보강면적은 아래와 같으며 아래 2에 정의된 보강면적이 요구 보강면적 이상이 되어야 한다.

$$A_7 = K(t_{mh} - A)d_c$$

K는  $\frac{D_{ob}}{D_{oh}}$  가 0.60 을 초과할 때,  $K = 1.00$

$\frac{D_{ob}}{D_{oh}}$  가 0.15 를 초과하고 0.60 이하일 때,  $K = 0.6 + \frac{2}{3} \frac{D_{ob}}{D_{oh}}$

$\frac{D_{ob}}{D_{oh}}$  가 0.15 이하일 때,  $K = 0.70$

2. 보강면적은 아래에 정의한 각 면적의 합이다.

$$A_1 + A_2 + A_4$$

가. 면적  $A_1$  은 주관의 여분두께로 보강구역 내에 있는 면적

$$A_1 = d_c (T_h - t_{mh})$$

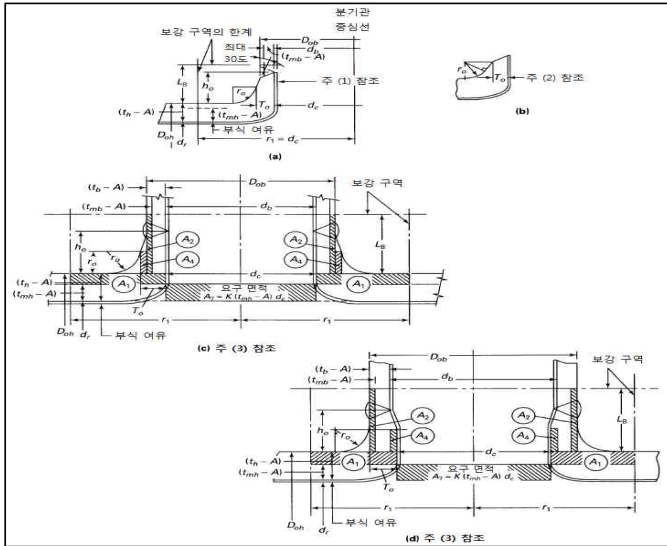


나. 면적  $A_2$  는 분기관의 여분두께로 보강구역 내에 있는 면적

$$A_2 = 2L_8 (T_b - t_{mb})$$

다. 면적  $A_4$  는 돌출출구 립(lip)의 여분두께로 보강구역 내에 있는 면적

$$A_4 = 2r_o [T_o - (T_b - A)]$$



[그림 47] 보강된 돌출 출구

- (1) 분기관과 일치시키기 위해 (필요시) 안지름을 최대 1:3 테이퍼 가공함.
- (2) 테이퍼가 크로치(crotch) 반지름을 침범하였을 때  $T_o$  의 설정 방법을 나타내는 그림
- (3) 상기 상세도는  $k = 1.00$  인 경우

비고

$D_{ob}$  : 분기관의 바깥지름.

$D_{oh}$  : 주관의 바깥지름.

$d_b$  : 부식 여유를 제외한 분기관의 안지름.

$d_c$  : 부식 여유를 제외한 주관의 안지름.

$d_o$  : 부식 여유를 제외한 주관의 외부표면에서 측정된 돌출출구의 안지름.

$h_o$  : 돌출 립(extruded lip)의 높이(  $r_o$  보다 크거나 같아야 한다)

$L_8$  : 보강 구역의 높이.  $0.7\sqrt{dT_o}$

$t_{mb} - A$  : 제86조 식 (3) 또는 (3-1)의 공식에 따라 요구되는 분기관의 두께. 단, 부식 여유는 제외한다.

$t_b - A$  : 부식 여유가 포함되지 않은 분기관의 실제두께.

$t_{mh} - A$  : 제86조 식 (3) 또는 (3-1)의 공식에 따라 요구되는 주관의 두께. 단, 부식 여유는 제외한다.

$t_b - A$  : 부식 여유가 포함되지 않은 주관의 실제두께.

$T_o$  : 부식 여유를 제외한 주관의 외부 표면으로부터  $r_o$  되는 높이에서 측정된 돌출출구의 가공 두께.

$r_1$  : 보강구역 폭의  $\frac{1}{2}(d_c$ 와 같다).

$r_o$  : 주관과 분기관의 축을 포함한 평면에서 측정된 출구 외곽의 곡률 반지름을 나타내고 다음과 같은 제한을 받는다.

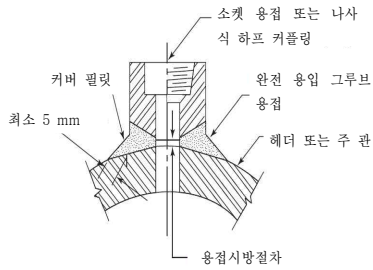
가. 최소 반지름 : 이 치수는 분기관이 DN 750 보다 큰 경우를 제외하고는  $0.05D_{ob}$ 보다 작아서는 안되며, 38mm를 초과하지 않아도 된다.

나. 최대 반지름 : DN 150 이상인 출구관에 대해서는  $0.10D_{ob} + 12.7\text{mm}$  를 초과 해서는 아니 된다. 관이 DN 150 미만인 출구관에 대해서는 32mm 보다 커서는 안된다.

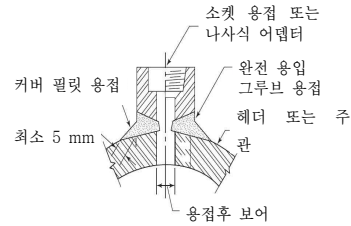
다. 분기관의 외곽이 2개 이상의 곡률 반지름을 가질 때 대략 45°부채꼴 모양의 반지름은 위의 가. 와 나. 의 요건을 따른다. 외곽선이 연속적으로 변하는 반지름을 가질 때, 외곽선의 모든 점의 곡률 반지름은 위의 가. 와 나. 의 요건을 만족하여야 한다.

④ 다음과 같은 분기관 연결부에 대해서는 보강을 생략할 수 있다.

1. KS B 6750 부표 1 및 ASME B 31.1 Appendix A 에 열거한 재료(호환성 ASTM 재료포함)로서 압력-온도정격의 제한범위 내에서 지정된 기준에 따라 제조된 티(tee), 경사티(lateral), 크로스(cross) 또는 용접형 분기관(branch weld-on) 등의 이음쇠를 사용하여 만든 분기관 연결부.
2. 분기관 DN 50 또는 주관 공칭지름의  $\frac{1}{4}$  값 중 작은 값을 초과하지 않는 경우에 그림 48 (a) 및 (b)와 같이 커플링 또는 하프 커플링을 주관에 직접 용접하여 만든 분기관 연결부. 보강 구역 어느 곳에서나 커플링의 최소 두께는 나사가 없는 부위의 분기관 두께보다 작아서는 아니 된다. 어떠한 경우에도 커플링의 두께는 압력등급 3000 또는 스케줄 XS(extra heavy) 보다 작아서는 아니 된다. 그림 48 (c)와 같이 DN 50 이하인 분기관 연결부는  $t_w$ 가 분기관 크기의 스케줄 160의 두께 보다 작지 않다면 사용여도 좋다.
3. 주관에 직접 용접된 일체형 보강 이음쇠(integrally reinforced fittings).



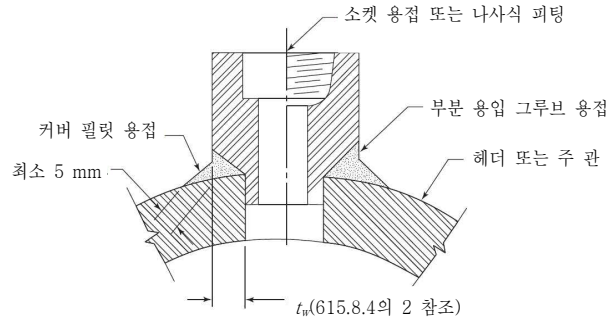
(a) ASME B16.11의 단조강 소켓 용접 또는 나사식 하프커플링의 분기관 연결부<sup>(1)</sup>



(b) ASME B16.11의 단조강 이음쇠에서 허용된 것보다 높은 압력 및 온도조건을 가지는 단조강 소켓용접 또는 나사식 어댑터의 분기관 연결부

주(1) 보강재 계산이 요구되지 않은 분기관 연결부에 대해서는 [제90조제4항제2호를](#) 참조

[그림 48-1] DN 80 이하의 하프커플링 또는 어댑터의 대표적인 완전 용입 분기관 용접연결부



[그림 48-2] DN 50 이하의 하프커플링 또는 어댑터의 대표적인 부분용입 분기관 용접연결부

**제91조 (플랜지)** ① 제23조를 준용한다.

② 부속서 4(ASME B 16.5)의 삽입식(slip-on) 플랜지는 압력등급 300 이하의 주 사용압력 정격범위 내에서만 사용한다.

**제92조 (증기배관)** ① 증기드럼 또는 과열기 입구측 헤더에 연결되는 첫 번째 스톱밸브까지의 증기배관에 대한 설계압력(P)은 드럼 안전밸브가 작동하도록 설정된 최저 압력값보다 높아야 되며 허용응력(S)은 해당 포화증기 온도에서 허용하

는 값을 초과해서는 아니 된다.

② 과열기 출구 헤더에서 첫 번째 스톱밸브사이의 증기배관에 대한 설계압력은 제4항에서 다르게 규정한 것 이외에는 과열기의 안전밸브가 열리도록 설정된 최저 압력값 또는 드럼 안전밸브가 작동하도록 설정된 최저 압력값의 85% 보다 높아야 한다.

③ 첫 번째 스톱밸브와 제 2의 스톱밸브사이의 증기배관에 대한 설계 압력값은 예상 최대 운전압력 또는 드럼 안전밸브가 작동하도록 설정된 최저 압력값의 85% 보다 높아야 한다. 그리고 사용된 재료에 대한 허용응력값은 예상되는 증기온도에 대한 허용값을 초과해서는 안 된다.

④ 단위 계통(1대의 보일러와 1대의 터빈 또는 기타 주요 원동기)에 설치되고 증기헤더 압력에 연동되는 자동 연소 제어장치가 설치된 보일러에 대한 증기배관의 설계 압력 값은 입구 교축(throttle) 설계압력에 5%를 더한 값, 드럼 안전밸브가 작동하도록 설정된 최저 압력값의 85% 또는 배관계통 내 임의 지점상의 예상 최대 운전압력값 보다 높아야 한다. 그리고 사용된 재료에 대한 허용응력값은 과열기 출구에서 예상되는 증기온도에 대한 허용값을 초과해서는 안되며 관류형 보일러의 설계압력은 예상 최대연속운전압력보다 작아서는 안 된다.

⑤ 어떠한 운전조건이나 재료에 대해서도 설계압력은 0.7 MPa 보다 높아야 한다.

**제93조 (급수배관)** ① 보일러에서 스톱밸브 및 체크밸브까지의 배관에 대한 최소 설계압력(P) 값은 보일러의 최대 허용 사용압력값의 1.25배 또는 보일러의 최대 허용 사용압력값 + 1.55 MPa중 작은 값보다 커야 한다. 다만, 보일러와 절단기 사이에 밸브가 없는 일체형 절단기로 설치된 경우에는 절단기 입구측 헤더에서 스톱밸브 및 체크밸브까지의 배관에 대해서만 적용한다.

② 차단밸브까지의 바이패스 배관을 포함하여 체크밸브와 글로브밸브 또는 조정밸브사이의 배관에 대한 설계압력(P) 값은 보일러에 급수하기 위하여 필요한 압력보다 작아서는 아니 된다.

③ 어떠한 운전조건이나 재료에 대해서 설계압력은 0.7 MPa보다 높아야 하며 또한, 보일러에 급수하는 압력보다 높아야 한다.

④ 보일러와 첫 번째 밸브 또는 분기급수관 연결부사이 급수배관의 크기는 최소한 보일러 연결부와 같아야 한다.

**제94조 <삭제>**

**제95조 <삭제>**

**제96조 <삭제>**

**제5장 증기터빈 및 부속설비**

- 제97조 (증기터빈 및 부속설비의 재료)** ① 기술기준 제81조에서 “안전한 화학적 성분 및 기계적 강도를 가지는 것”은 제4조제1항을 준용한다.  
 ② 기술기준 제81조에서 “압력을 받는 부분”에 대한 정의는 제4조제2항을 준용한다.  
 ③ 제5조부터 제9조까지, 제46조부터 제50조까지와 제84조는 해당되는 경우 증기터빈 및 부속설비에 준용한다.

**제98조 (증기터빈 및 부속설비의 구조)** ① 기술기준 제82조제1항 및 제4항에서 규정하는 “비상조속장치가 작동하였을 때 도달하는 회전속도”란 비상조속장치가 작동한 시점으로부터 관성에 의해 상승하는 경우의 회전속도를 포함하는 것을 말하며, 어떠한 원인으로 증기터빈이 정격회전속도를 초과하여 비상조속장치가 작동하였을 경우 상승한 속도에서도 기계가 손상되지 않아야 한다.

- ② 기술기준 제82조제2항의 “최대의 진동”이란 터빈의 기동 및 정지과정을 포함한 운전중 발생하는 진동값 중 최대의 것을 말하며, 증기터빈은 기동 및 정지과정을 포함한 모든 운전상태에서 발생하는 진동에 대하여 충분히 기계적으로 강하고 견고하여야 한다.  
 ③ 기술기준 제82조제3항에서 규정하는 “이상 마모, 변형 및 과열이 생기지 않는 것”이란 다음의 장치를 구비하는 것을 말한다.  
 1. 통상 운전시에 증기터빈에 급유를 행하기 위한 주 윤활유 펌프  
 2. 주 윤활유 펌프의 출구 압력이 현저하게 저하하였을 경우에 자동적으로 증기터빈에 급유하기 위한 보조윤활유 펌프  
 3. 주 윤활유 펌프 및 보조윤활유 펌프가 고장이 발생하는 경우에 증기터빈을 안전하게 정지하기 위한 비상용 윤활유 펌프 또는 수동 보조윤활유 펌프(단 10,000 kW 이하의 증기터빈에는 필요하지 않다)  
 4. 증기터빈의 정지 중에도 통상 운전시에 필요한 윤활유를 모아두기 위한 저장 탱크  
 5. 윤활유를 청정하게 유지하기 위한 장치  
 6. 윤활유의 온도를 조정하기 위한 장치

④ 기술기준 제82조제4항의 “조속장치에 의해 조정할 수 있는 회전속도 중 최소의 것”이란 유도 발전기와 결합하는 증기터빈 이외의 증기터빈에서는 속도조정률로 정해지는 회전속도의 범위 중 최소의 것을 말하며, 유도 발전기와 결합하는 증기터빈에서는 유도 발전기가 접속되는 계통의 주파수로 발전할 수 있는 최소의 회전속도를 말하며, “충분한 대책을 강구하였을 경우”란 2차 이상의 진동모드의 진동에 대하여 회전기계의 위험속도 근처에서 불균형 변화를 하기 쉬운 정도 또는 그 불균형에 대한 진동감도의 평가치에 대해 일반적 지침을 제시하는 KS B 0704(기계적 진동-기계의 불평형변화감도

및 기계진동의 불평형민감도)에 준한 측계 설계로 공진배율을 낮추는 등 충분한 대책이 강구되어 안전성이 실증되어 있는 경우를 말한다.

- ⑤ 기술기준 제82조제5항의 “안전한 것”은 아래에 열거하는 것을 말한다.  
 1. 증기터빈 및 그 부속설비(증기터빈 차실(turbine casing), 밸브본체(Valve box), 복수기본체(condenser shell) 및 복수기 수실(condenser water box) 제외)에서는 제12조부터 제32조까지(보일러 등과 관련되는 부분을 제외)를 충족시키는 것을 말한다.  
 2. 증기터빈 및 그 부속설비의 “내압시험”은 제80조 또는 제81조를 준용할 수 있다.  
 ⑥ 기술기준 제21조 5항에 따라 증기터빈 및 부속설비에 대한 내진설계를 하는 경우에는 [국토교통부](#)고시 “건축구조기준 0306(지진하중)”을 적용할 수 있다.

**제99조 (조속장치)** 조속장치는 그 기능으로서 증기터빈의 부하가 변동될 때 속도 또는 출력이 난조(hunting)를 일으켜서는 안 되며, 정격부하에서의 부하 차단 시 회전속도 최대상승값은 비상조속장치의 작동 회전속도 미만으로 하여야 한다. 다만, 발전기가 유도발전기인 경우에는 다음의 이유에 의해 조속장치를 필요로 하지 않는다.

1. 유도 발전기는 그 자체로 회전 자계를 발생하는 기능이 없기 때문에 부하 변동에 대한 속도 조정은 필요하지 않다.  
 2. 동기 발전기와 병렬 운전 중 터빈출력(유도 발전기 출력)의 변동분은 동기 발전기에 흡수되므로 증기터빈의 속도 및 부하는 변동하지 않는다. 따라서 출력을 조정하는 장치는 필요가 없다.

**제100조 (경보 및 비상정지장치)** ① 기술기준 제84조제1항에서 “운전 중에 지장을 미칠 우려가 있는 진동”이란 증기터빈 또는 이것에 접속하는 그 외의 회전체를 동일한 축으로 결합한 것으로 주요한 베어링 또는 그 부근의 축에서 회전 중에 발생하는 진동에 대한 전진폭의 최대값이 다음 표 17에 명시된 측정 장소 및 정격회전속도에 대하여 경보값을 초과하는 경우를 말한다.

[표 17] 측정장소별 경보값

측정 장소	정격회전속도	경보값	
		회전속도가 정격 회전속도 미만일 때	회전속도가 정격 회전속도 이상일 때
베어링	매분 3,600회전 마다	0.075mm	0.075mm
	매분 1,800회전 마다	0.105mm	0.087mm
축	매분 3,600회전 마다	0.15mm	0.125mm
	매분 1,800회전 마다	0.21mm	0.175mm

② 기술기준 제84조제2항에서 규정하는 “과속도”란 증기터빈의 회전속도가 정

격 회전속도를 초과하는 경우를 말하며, “그 외의 이상”이란 다음에 열거하는 경우를 말한다.

1. 용량이 10,000 kVA 이상의 발전기의 내부에 고장이 발생한 경우
2. 정격출력이 10,000 kW 를 넘는 증기터빈의 복수기 진공도가 현저하게 저하하였을 경우
3. 정격출력이 10,000 kW 를 넘는 증기터빈의 트러스트(thrust)베어링이 현저하게 마모되거나 또는 그 온도가 현저하게 상승하였을 경우
- ③ 기술기준 제84조제2항에서 규정하는 “신속하게”란 증기터빈의 회전속도가 정격 회전속도를 초과하는 경우에는 정격 회전속도의 1.11배를 넘기 이전의 시점을 말하며, 그 외의 경우에는 이상이 발생한 시점을 말한다.

**제101조 (과압방지장치)** ① 기술기준 제85조에서 규정하는 “과압”이란 통상의 상태에서 최고사용압력을 초과하는 압력을 말한다.

- ② 기술기준 제85조에서 규정하는 “적당한 과압방지장치”란 증기터빈에서는 그 배기 압력의 상승시에 과압을 방지할 수 있는 용량의 크기를 갖고 최고사용압력 이하로 작동하는 파열판장치 또는 파괴핀 장치를 말하며, 그 중 어느 쪽을 채용하여도, 안전성이 충분하다면 자동이 아니어도 된다.
- ③ 증기터빈의 부속설비에서 파열판장치 또는 파괴핀 장치의 설치는 제82조를 준용 할 수 있다.
- ④ 복수 터빈의 배기압력 또는 배압터빈의 배압의 이상 상승에 의한 차실, 용기, 관등의 파손의 위험을 방지하기 위해서 설치된 안전밸브 등은 여기에서 말하는 과압방지장치로 인정 된다.

**제102조 (계측장치)** 기술기준 제87조에서 규정하는 “운전 상태를 계측하는 장치”란 다음에 열거하는 사항을 계측하는 것을 말한다.

1. 증기터빈의 회전속도
2. 주증기 스톱밸브, 재열증기 스톱밸브 앞의 증기압력 및 온도
3. 증기터빈의 배기 압력
4. 증기터빈 베어링 입구의 윤활유 압력
5. 증기터빈 베어링 출구의 윤활유 온도 또는 베어링금속 온도
6. 증기유량제어 밸브의 개도
7. 증기터빈 진동의 진폭

## 제6장 가스터빈 및 부속설비

**제103조 (가스터빈 및 부속설비의 재료)** ① 기술기준 제88조에서 “안전한 화학적 성분 및 기계적 강도를 가지는 것”은 제4조제1항을 준용한다.

② 기술기준 제88조에서 “압력을 받는 부분”에 대한 정의는 제4조제2항을 준용한다.

③ 제5조부터 제9조까지, 제46조부터 제50조까지와 제84조는 해당하는 경우 가스터빈 및 부속설비에 준용할 수 있다.

**제104조 (가스터빈 및 부속설비의 구조)** ① 기술기준 제89조제1항에서 규정하는 “비상조속장치가 작동하였을 때에 도달하는 회전속도”란 비상조속장치가 작동된 시점으로부터 관성에 의해 상승하는 경우의 회전속도를 포함하는 것을 말하며, 어떠한 원인으로 가스터빈이 정격회전속도를 초과하여 비상조속장치가 작동하였을 경우 상승한 속도에서도 기계가 손상되는 일이 없어야 한다는 것을 말한다.

② 기술기준 제89조제2항은 가스터빈의 베어링 구조상의 안전성에 대하여 규정하고 있으며, “이상 마모, 변형 및 과열이 생기지 않는 것”이란 다음의 장치를 구비하는 것을 말한다.

1. 통상 운전시 가스터빈에 윤활유를 공급하기 위한 주 윤활유 펌프
2. 주 윤활유 펌프의 출구 압력이 현저하게 저하하였을 경우에 자동적으로 가스터빈에 급유하기 위한 보조윤활유 펌프
3. 주 윤활유 펌프 및 보조윤활유 펌프가 고장 났을 경우에 가스터빈을 안전하게 정지하기 위한 비상용 윤활유펌프 또는 수동 보조윤활유 펌프(단 10,000 kW 이하의 가스터빈에는 필요하지 않다)
4. 가스터빈 정지 중에도 통상 운전 시 필요한 윤활유를 모아 두기 위한 저장 탱크
5. 윤활유를 청정하게 유지하기 위한 장치
6. 윤활유의 온도를 조정하기 위한 장치

다만, 윤활유 펌프의 출구 압력이 현저하게 저하 할 경우에 연료의 유입을 자동적으로 차단하는 장치가 설치되고 안전하게 정지할 수 있는 경우에는 2의 보조윤활유펌프를 설치하지 않아도 된다. 또한 보조윤활유 펌프 없이 안전하게 정지할 수 있는 베어링을 가지는 것에서는 3의 장치를 설치하지 않아도 된다.

③ 기술기준 제89조제4항의 “조속장치에 의해 조정할 수 있는 회전속도 중 최소의 것”이란 유도 발전기와 결합하는 가스터빈 이외의 가스터빈에서는 속도조정률로 정해지는 회전속도의 범위 중 최소의 것을 말한다.

1. 유도 발전기와 결합하는 가스터빈에서는 유도 발전기가 접속되는 계통의 주파수로 발전할 수 있는 최소의 회전속도를 말하며, “충분한 대책을 강구

하였을 경우”란 2차 이상의 진동 모드에 대하여 공진 배율을 낮추는 등의 대책에 의해 충분한 안전성이 실증되고 있는 경우를 말한다.

④ 기술기준 제89조제4항의 “안전한 것”은 아래에 열거하는 것을 말한다.

1. 가스터빈 및 그 부속설비에서는 제12조부터 제32조까지(보일러와 관련된 부분을 제외)를 충족시키는 것을 말한다.
2. 가스터빈 및 그 부속설비의 “내압시험”은 제80조 또는 제81조를 준용할 수 있다. 다만, 대기 개방의 가스터빈 차실(casing)은 다음의 어느 한쪽에 적합하다면 수압시험은 필요 없다.

가. 해당 기종과 동일한 재료, 구조를 가지는 가스터빈 차실에 있어 제80조 또는 제81조에 만족하는 수압시험의 실적이 있을 때

나. 상온에서 수압시험 압력에 견디는 것이 강도 계산 등으로 확인 되었을 때

3. 가스터빈 본체는 구조적으로 단순한 압력 용기가 아니기 때문에 수압시험에 대해서는 육안으로 압력을 받는 부분의 영구 변형이 생기거나 용접부 등의 누락은 없는가를 확인하는 것만으로 충분하며, 볼트 체결부 및 기계적 연결부에서는 수압시험에 지장이 없는 정도의 누설이 있어도 지장이 없다. 또한 배기차실, 공기압축기 및 흡입 케이싱 등 항시 대기 개방된 곳은 수압시험의 대상이 되지 않는다.

⑤ 기술기준 제21조 5항에 따라 가스터빈 및 부속설비에 대한 내진설계를 하는 경우에는 [국토교통부](#)고시 “건축구조기준 0306(지진하중)”을 적용할 수 있다.

**제105조 (조속장치)** 조속장치는 그 기능으로서 가스터빈의 부하가 변동될 때 회전속도 또는 출력의 난조(hunting)를 방지하기 위하여 연료의 유입을 자동적으로 조정할 수 있고, 정격부하에서의 부하 차단 시 회전속도 최대상승 값을 비상조속장치의 작동 회전속도 미만으로 할 수 있어야 한다.

**제106조 (비상정지장치)** ① 기술기준 제91조에서 규정하는 “과속도”란 가스터빈의 회전속도가 정격 회전속도를 초과하는 경우를 말한다.

② 그 외의 이상이란 다음에 열거하는 경우를 말한다.

1. 용량이 10,000 kVA 이상의 발전기 내부에 고장이 발생하는 경우
2. 가스의 온도가 현저하게 상승하는 경우

③ 기술기준 제91조에서 규정하는 “신속하게”란 증기터빈의 회전속도가 정격 회전속도를 초과하는 경우에 있어서 정격 회전속도의 1.11배(항공 전용형의 가스터빈 등의 다축형 가스터빈과 발전기가 결합된 것은 1.16배, 발전기와 결합되지 않은 것은 그 강도에 대하여 충분한 검증을 실시하여 안전성이 실증된 최대의 회전속도)를 초과하기 이전의 시점을 말한다. 그 외의 경우에는 이상이 발생한 시점을 말한다.

**제107조 (과압방지장치)** ① 기술기준 제92조에서 규정하는 “과압”이란 통상의 상태

에서 최고사용압력을 초과하는 압력을 말한다.

② 기술기준 제92조에서 규정하는 “적당한 과압방지장치”는 제35조부터 제40조(보일러 등과 관련되는 부분을 제외)까지 및 제82조의 규정을 준용할 수 있다.

**제108조 (계측 장치)** 기술기준 제93조에 규정하는 “운전 상태를 계측하는 장치”란 다음에 열거하는 사항을 계측하는 것을 말한다.

1. 가스터빈의 회전속도
2. 가스터빈의 공기압축기 토출 압력
3. 가스터빈 입구의 가스온도(출구의 가스온도를 계측해 입구의 가스온도를 산출하는 방법에 따르는 것을 포함한다)
4. 가스터빈 베어링 입구의 윤활유 압력
5. 가스터빈 베어링 출구의 윤활유 온도 또는 베어링금속 온도

## 제7장 내연기관 및 부속설비

**제109조 (내연기관 및 부속설비의 재료)** ① 기술기준 제94조에서 “안전한 화학적 성분 및 기계적 강도를 가지는 것”은 제4조제1항을 준용한다.

② 기술기준 제94조에서 “압력을 받는 부분”에 대한 정의는 제4조제2항을 준용한다.

③ 제5조부터 제9조까지, 제46조부터 제50조까지와 제84조는 해당하는 경우 내연기관 및 부속설비에 준용할 수 있다.

**제110조 (내연기관 및 부속설비의 구조)** ① 기술기준 제95조제1항에 규정하는 “비상 조속장치가 작동하였을 때에 도달하는 회전속도”란 제98조제1항과 같다.

② 기술기준 제95조제2항에 규정하는 “이상마모, 변형 및 과열이 생기지 않는 것”이란, 다음에 열거하는 장치를 가지는 것을 말한다.

1. 통상 운전 시에 내연기관에 윤활유를 공급하기 위한 주 윤활유 펌프
2. 내연기관이 정지 중에도 통상 운전 시에 필요한 윤활유를 저장하기 위한 저장 탱크
3. 윤활유의 청정을 유지하기 위한 장치
4. 윤활유의 온도를 조정하기 위한 장치

③ 기술기준 제95조제3항에 규정하는 “안전한 것”은 아래에 열거하는 것을 말한다.

1. 내연기관 및 그 부속설비는 제12조부터 제32조까지(보일러와 관련되는 부분을 제외)를 충족시키는 것을 말한다.
2. 내연기관 및 그 부속설비의 “내압시험”은 제33조를 준용할 수 있다. 다만, 다음 중 하나에 적합한 경우에는 수압시험을 필요로 하지 않는다.
  - 가. 해당 기종과 동일한 재료, 구조를 가지는 내연기관 케이싱에 대하여 제80조 또는 제81조에 만족하는 수압시험의 실적을 가지고 있는 것
  - 나. 상온에서 수압시험 압력에 견디는 것이 강도 계산 등으로 확인 되었을 때

④ 기술기준 제21조 5항에 따라 내연기관 및 부속설비에 대한 내진설계를 하는 경우에는 국토교통부고시 “건축구조기준 0306(지진하중)”을 적용할 수 있다.

**제111조 (조속장치)** 조속장치는 그 기능으로서 가스터빈의 부하가 변동될 때 회전속도 또는 출력의 난조(hunting)를 방지하기 위하여 연료의 유입을 자동적으로 조정할 수 있고, 정격부하에서의 부하 차단 시 회전속도 최대상승 값을 비상 조속장치의 작동 회전속도 미만으로 할 수 있어야 한다.

**제112조 (비상정지장치)** ① 기술기준 제97조에서 비상정지장치는 정격출력이 500kW를 초과하는 내연기관에만 적용한다.

② 기술기준 제97조에서 “과속도”란 내연기관의 회전속도가 정격 회전속도를

초과하는 경우를 말하며 “그 외의 이상”이란 냉각수 온도나 비정상적으로 상승하는 경우 또는 냉각수 공급이 정지되는 경우를 말한다.

③ 기술기준 제97조에서 “신속하게”란 내연기관의 회전속도가 정격 회전속도를 초과하는 경우는 정격 회전속도의 1.16배를 초과하기 이전의 시점을 말하며, 그 외의 경우는 이상이 발생한 시점을 말한다.

**제113조 (과압방지장치)** ① 기술기준 제98조에서 규정하는 “과압”이란 통상의 상태에서 최고사용압력을 초과하는 압력을 말한다.

② 기술기준 제98조에서 규정하는 “과압이 발생할 우려가 있는 것”이란 내연기관의 실린더 지름이 230mm를 초과하고 최고 사용 압력이 3.4 MPa 이상의 내연기관의 실린더 (다만, 가스 연료를 이용하는 가스엔진은 제외한다) 및 실린더의 지름이 250mm를 초과하는 내연기관의 밀폐식 크랭크실을 말한다.

③ 기술기준 제98조에서 규정하는 “적당한 과압방지장치”는 해당 실린더 또는 밀폐식 크랭크실의 압력이 상승할 때에 과압을 방지할 수 있는 용량을 가지고 또한, 최고 사용압력 이하로 동작하는 릴리프 밸브를 말하며 제35조부터 제40조까지(보일러 등과 관련되는 부분을 제외) 및 제82조의 규정을 준용할 수 있다.

**제114조 (계측장치)** 기술기준 제99조에 규정하는 “운전 상태를 계측하는 장치”란 다음에 열거하는 것을 계측하는 것을 말한다.

1. 내연기관의 회전속도 또는 주파수
2. 내연기관 출구의 냉각수 온도
3. 내연기관 입구의 윤활유 압력
4. 내연기관 출구의 윤활유 온도

제8장 액화가스 연료연소설비

**제115조 (액화가스 연료연소설비의 재료)** ① 기술기준 제100조에서 “안전한 화학적 성분 및 기계적 강도를 가지는 것”이란 용접성, 인장강도, 연성, 인성 및 경도 등이 동등 이상의 것을 말하며, 액화가스연료연소설비에 적합한 재료는 제116조부터 제117조까지의 규정을 만족하는 것을 말한다.

② 기술기준 100조에서 규정하는 “압력을 받는 부분”은 용기 및 관의 내면에 0.1MPa를 초과하는 압력을 받는 부분을 말한다.

**제116조 (재료의 허용응력)** 액화가스설비용 배관에 적용하는 “허용응력”은 ASME Sec II, Part D Table 1A, 1B에서 규정하는 수치로 한다.

**제117조 (재료사용의 일반)** ① 압력에 의하여 응력을 받는 재료는 달리 허용된 경우를 제외하고는 별표 2에 지정한 재료를 사용하여야 한다.

② 비 지정재료는 화학적, 물리적 및 기계적 성질, 제조방법과 공정, 열처리 및 품질관리를 다루는 출간된 규격에 적합하면 그리고 다른 방법으로 이 기준의 요건을 충족하면 사용할 수 있다.

③ 알려지지 않은 규격의 재료는 내압 배관 구성부품에 사용하지 않아야 한다.

④ 재생 관과 기타 배관구성부품은 지정되거나 제1항 또는 제2항에 적합한 것으로 적절히 식별되어 있거나 다른 방법으로 이 기준의 요건을 충족시킨다면 사용할 수 있다. 다만 최소벽두께와 사용목적에 사용할 수 없는 결함이 없다는 것을 판정하기 위하여 충분한 청소와 검사를 실시하여야 한다.

⑤ 지정재료는 그 응력 값이나 등급이 나타나 있는 최고온도 이상에서 다음의 조건 하에서 사용할 수도 있다.

1. 별표 2 또는 그밖의 다른 규정에서 금지하지 않는 경우
2. 설계자가 그 재료의 사용성을 입증하는 경우

⑥ 받침재료는 다음과 같아야 한다.

1. 영구적인 받침들과 억제장치들은 사용조건에 적합한 재료로 되어야 한다. 만일 강재가 그 두께의 2배 미만의 중심선 반지름으로 냉간 성형이 되었으면 그것은 성형 후에 어닐링을 하거나 노멀라이징을 하여야 한다.
2. 주철, 연철과 가단철은 주로 압축하중을 받는 롤러, 롤러 베이스, 앵커 베이스 및 기타 받침요소들에 사용될 수 있다. 만일 배관이 맥동이나 진동으로부터 발생하는 충격형 하중을 받을 수 있으면 주철은 사용하지는 아니 된다. 연철과 가단철은 관과 보의 클램프, 행거 플랜지, 클립, 브래킷과 스위블 링에 사용할 수 있다.
3. 알려지지 않은 규격의 강재는 내압 배관 구성요소에 직접 용접되지 않는 관 받침요소들에 사용할 수 있다. 인장이나 압축의 기본허용응력은 82MPa를 초과하지 않아야 하며 받침의 온도는 -29℃부터 343℃의 범위내에 있어야 한다. 전단과 지지의 응력 값은 별표 5에 기록된 기본허용응력

의 0.8배로 하며 지지의 허용응력은 그 값의 1.6배로 한다.

4. 목재나 다른 재료들은 받침요소가 온도, 강도 및 내구성을 고려하여 적절히 설계되었다면 관 받침요소들에 사용할 수 있다.

5. 배관에 용접하거나 접촉하는 부착물은 배관과 그 사용에 용화성이 있는 재료로 되어야 한다.

6. 특정사용요건

가. 연철(ductile iron), 연철은 -29℃ 미만(오스테나이트 연철은 제외) 또는 343℃를 넘는 온도에서는 내압 부품에 사용하지 않아야 한다. ASTM A 571에 적합한 오스테나이트 연철은 그 규격에 따라서 충격시험을 하는 온도까지 사용가능하나 -196℃ 미만의 온도에서는 사용할 수 없다. ASTM A 395에 적합하고 부속서 12(ASME B 16.42)의 요건과 부속서 11(ASME B 16.34) 표준 클래스, API 594, API 599 또는 API 609의 추가적 요건들을 충족시키는 재료들로 만든 몸통과 보트 또는 커버를 가진 밸브들은 부속서 12(ASME B 16.42)에서 주어진 압력-온도 등급 이내에서 사용할 수 있다. 연철 구성부품의 제작이나 보수 또는 배관계에 있는 연철부품을 조립시에는 용접을 해서는 안된다.

나. 주철은 다음의 조건 하에서 사용하여서는 아니 된다.

- (1) 주철은 149℃를 넘는 온도 또는 1035 kPa를 초과하는 계기압력에서 탄화수소나 기타 인화성 유체 취급 용도로 공정단위 경계 내의 지상에서 사용해서는 아니 된다. 다른 구역에서의 압력제한은 2760kPa 이어야 한다.
- (2) 가단철은 -29℃ 미만 또는 343℃를 초과하는 온도에서 어느 유체용도에서나 사용해서는 안 되고, 149℃를 초과하는 온도 또는 2760 kPa를 초과하는 계기압력에서도 인화성 유체용도로 사용해서는 아니 된다.
- (3) 고실리콘철(14.5% 실리콘)은 인화성유체용도에서 사용해서는 아니 된다.

**제118조 (액화가스 연료연소설비의 구조)** ① 기술기준 제101조에서 “안전한 것”이란 제119조 및 제120조에 만족한 것을 말한다.

② 기술기준 제21조 5항에 따라 액화가스연료연소설비에 대한 내진설계를 하는 경우에는 [국토교통부](#)고시 “건축구조기준 0306(지진하중)”을 적용할 수 있다.

**제119조 (직관)** ① 관의 직관부분의 요구두께는 아래 (1)식에 따라서 산정하여야 한다.

$$t_m = t + c \tag{1}$$

1. 선택된 관의 최소두께  $T$ 는 제작자의 마이너스 허용오차를 고려하여  $t_m$ 보다 작아서는 아니 된다.

2. 다음의 기호가 직관의 압력설계를 위한 방정식에서 사용된다.

$c$  = 기계적 여유(나사높이 또는 홈 깊이)에 부식 및 침식 여유를 더한 합. 나사가 있는 구성부품에 대해서는, 공칭나사높이(ASME B 1.20.1의 치수  $h$  또는 동등한 것)를 적용하여야 한다. 허용오차가 명시되지 않은 기계가공을 한 표면이나 홈에 대해서는, 허용오차는 명시된 절단깊이에 0.5mm를 추가한 것으로 가정하여야 한다.

$D$  = 표준이나 규격의 표에 기록되었거나 실측한 관 바깥지름

$d$  = 관의 안지름. 압력설계 계산에 대해서는, 관의 안지름은 구매규격에서 허용되는 최대 값 이다.

$E$  = 별표 6.1 또는 별표 6.2로부터의 품질계수

$P$  = 내부설계계기압력

$S$  = 별표 4 재료의 응력 값

$T$  = 관 벽두께(실측치 또는 구매규격의 최소치)

$t$  = 내압에 대해서는 제2항에 따라 계산한, 외압에 대해서는 제3항에 따라 산정한 압력설계두께

$t_m$  = 기계적, 부식 및 침식 여유를 포함한 최소요구두께

$W$  = 용접이음강도감소계수

$Y$  =  $t < D/6$ 인 경우 표18에서 제시된 재료에 대해 유효한 계수. 중간온도에 대해서는  $Y$ 의 값을 보간법으로 할 수 있다.

[표 18]  $t < D/6$ 에 대한 계수  $Y$ 의 값

재료	온도, °C (°F)					
	482이하 (900이하)	510 (950)	538 (1000)	566 (1050)	593 (1100)	621이상 (1150이상)
페라이트강	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7
오스테나이트강	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7
기타 연성금속	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
주철	0.0	...	...	...	...	...

$t \geq D/6$ 에 대해서는,

$$Y = \frac{d+2c}{D+d+2c}$$

② 내압을 받는 직관

1.  $t < D/6$ 에 대해서는, 직관에 대한 내압설계두께는 방정식 (3a) 또는 (3b)에 따라서 계산한 것보다 작아서는 아니 된다.

$$t = \frac{PD}{2(SE+PY)} \quad (3a)$$

$$t = \frac{P(d+2c)}{2[SEW-P(1-Y)]} \quad (3b)$$

2.  $t \geq D/6$  또는  $P/SE > 0.385$ 에 대해서는, 직관에 대한 압력설계두께의 계산은 파괴이론, 피로영향과 열응력과 같은 특별한 고려가 요구된다.

③ 외압을 받는 직관 : 외압을 받는 직관의 벽두께와 보강요건을 결정하기 위해서는, 판단기준 제54조부터 제56조까지의 절차에 따르고, 판단기준 제55조에 따라서 보강한 어느 두 부분 사이의 직선으로 쥘 중심선 길이를 설계길이  $L$  로서 사용하여야 한다. 한 가지 예외로서,  $D_o/t < 10$ 인 관에 대해서는,  $P_{a2}$ 를 계산하는데 사용하는  $S$ 의 값은 설계온도에 있는 관 재료에 대한 다음 값들 중 작은 것이 되어야 한다.

1. ASME Section II, Part D Table 1A, 1B 응력 값의 1.5배

2. ASME Section II, Part D Table Y-1에 기록된 재료들에 대한 그 표에 있는 항복강도의 0.9배

**제120조 (관 곡관)** ① 굽힘 후 완성된 형태의 곡관의 최소요구두께  $t_m$ 은 제119조의 방정식 (1) 또는 아래 방정식(3c)에 따라서 산정하여야 한다.

$$t = \frac{PD}{2[(SEW/D)+PY]} \quad (3c)$$

여기서, 곡관의 안쪽 반지름에서

$$I = \frac{4(R_1/D)-1}{4(R_1/D)-2} \quad (3d)$$

그리고 곡관의 바깥 반지름에서는

$$I = \frac{4(R_1/D)+1}{4(R_1/D)+2} \quad (3d)$$

그리고 곡관의 중심선 반지름에 있는 측벽에서는,  $I = 1.0$

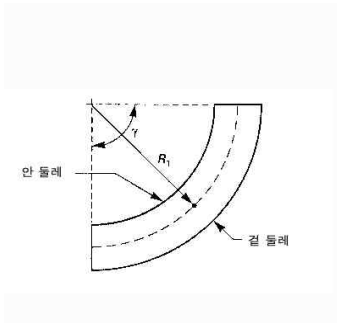
$R_1$  = 용접 엘보나 관 곡관의 굽힘 반지름

1. 안쪽 반지름으로부터 바깥 반지름까지 그리고 곡관의 길이에 따라 있는 두께의 변동은 점진적이어야 한다. 두께 요건은 곡관의 중간 길이  $\sqrt{r}$ 의 안쪽 반지름, 바깥 반지름 및 곡관 중심선 반지름에서 적용한다. 끝 접선에서의 최소두께는 직관에 대한 제119조제1항의 요건보다 작아서는 아니 된다(아래 그림 참조).

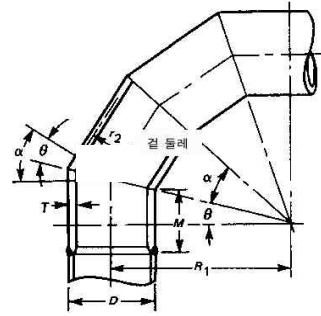
② 엘보. 별표 2에 따르지 않게 제조되는 엘보는 부속서 5(ASME B 16.9)에서 규정된 것을 제외하고는 제120조제1항에 따라서 설계하여야 한다.

③ 마이터 곡관 : 3° 이하의 각도 오프셋(그림 120-2.에서 각도  $\alpha$ )은 마이터 곡관으로서 설계에 대한 고려를 요구하지 않는다. 복수와 단일 마이터 곡관의 압력설계에 대한 방법들이 아래 (a)와 (b)에 주어져 있다.





[그림120-1] 관 곡관의 기호설명



[그림120-2] 마이터 곡관의 기호설명

가. 복수 마이터 곡관. 최고허용내압은 방정식 (4a)와 (4b)로 계산한 값들 중 작은 것이어야 한다. 이 방정식은  $\theta$ 가  $22.5^\circ$ 를 초과할 때는 적용할 수 없다.

$$P_m = \frac{SEW(T-c)}{r_2} \left( \frac{T-c}{(T-c) + 0.643 \tan \theta \sqrt{r_2(T-c)}} \right) \quad (4a)$$

$$P_m = \frac{SEW(T-c)}{r_2} \left( \frac{R_1 - r_2}{R_1 - 0.5r_2} \right) \quad (4b)$$

나. 단일 마이터 곡관

(1)  $\theta$ 가  $22.5^\circ$  이하인 단일 마이터 곡관에 대한 최고허용내압은 방정식 (4a)로 계산하여야 한다.

(2)  $\theta$ 가  $22.5^\circ$ 를 초과하는 단일 마이터 곡관에 대한 최고허용내압은 방정식 (4c)로 계산하여야 한다.

$$P_m = \frac{SEW(T-c)}{r_2} \left( \frac{T-c}{(T-c) + 1.25 \tan \theta \sqrt{r_2(T-c)}} \right) \quad (4c)$$

다. 방정식 (4a), (4b) 및 (4c)에서 사용하는 마이터 관 벽두께  $T$ 는 마지막 마이터 용접부의 안쪽 가랑이로부터  $M$  이상의 거리를 연장하여야 한다.

여기서,  $M = 2.5(r_2 T)^{0.5}$  또는  $\tan \theta (R_1 - r_2)$  중 큰 값

마이터 관의 끝에서의 테이퍼의 길이는 거리  $M$ 에 포함될 수도 있다.

라. 다음과 같은 기호가 마이터 곡관의 압력설계에 대한 방정식 (4a), (4b) 및 (4c)에서 사용된다.

$c$  = 제119조 1항에서의 정의와 같음.

$E$  = 제119조 1항에서의 정의와 같음.

$P_m$  = 마이터 곡관에 대한 최고허용내압

$R_1$  = 관의 중심선으로부터 인접한 마이터 이음들의 평면들의 교차점까지

의 최단거리로 정의되는 마이터 곡관의 유효 반지름.

$r_2$  = 공칭 벽 두께  $T$ 를 사용하는 관의 평균반지름

$S$  = 제119조 1항에서의 정의와 같음.

$T$  = 마이터 관 벽두께 (실측치 또는 구매규격의 최소치)

$W$  = 제119조 1항에서의 정의와 같음.

$\alpha$  = 마이터 이음에서 방향변화각도 =  $2\theta$

$\theta$  = 마이터 절단각도

이 기준에 적합하기 위해서,  $R_1$ 의 값은 방정식 (5)로 계산한 것보다 작아서는 아니 된다.

$$R_1 = \frac{A}{\tan \theta} + \frac{D}{2} \quad (5)$$

여기서  $A$ 는 다음의 경험치들을 갖는다.

1) SI 미터단위에 대해서,

$(T-c), \text{ mm}$	$A$
$\leq 13$	$\frac{A}{25}$
$13 < (T-c) < 22$	$2(T-c)$
$\geq 22$	$[2(T-c)/3] + 30$

2) 미국관습단위에 대해서,

$(T-c), \text{ in}$	$A$
$\leq 0.5$	$1.0$
$0.5 < (T-c) < 0.88$	$2(T-c)$
$\geq 0.88$	$[2(T-c)/3] + 1.17$

④ 외압을 받는 관의 곡선 및 마이터 부분 : 외압을 받는 관의 곡선 및 마이터 부분의 벽두께는 제119조3항에서 직관에 대해서 규정한 것과 같이 산정할 수 있다.

**제121조 (압력방출장치)** ① 기술기준 제102조에서 규정하는 “과압”이란 통상의 상태에서 최고사용압력을 초과하는 압력을 말한다.

② 액화가스 연료연소설비에서 요구하는 압력방출장치 요건은 압력용기 및 부속설비 제82조(압력방출장치) 제2항부터 제8항까지의 요건에 부합하는 압력방출장치를 설치하여야 한다.

**제122조 (가스의 누설대책)** 기술기준 제103조에서 규정하는 “적절한 조치”란 다음과 같은 것을 말한다.

1. 가연성 가스(가스에 의한 압력이 0.1 MPa 미만의 것이며 지표면에 체류할 우려가 없는 것은 제외)가 통과하는 배관설비 외면으로부터 화기를 취급하는 설비에 대하여 8m 이상의 거리를 가지도록 하는 것.

2. 가스의 잔류를 방지하기 위한 구조로 하는 것.
  3. 해당 설비에서 누설된 가스가 잔류할 우려가 있는 장소에 해당 가스의 누설을 검출하여 경보하기 위한 설비를 설치하는 것.
  4. 지하 매설관의 경우 환기장치를 설치하는 것.
- 제123조 (경보 및 비상장치)** ① 액화가스 배관설비에는 압력이나 온도의 기준값을 벗어나는 즉시 경보하는 장치를 설치하여야 한다.
- ② 액화가스 사용 중에 이상이 발생시는 액화가스의 유입, 유출을 신속하고 안전하게 차단함으로써 재해의 확대를 방지하기 위한 긴급 차단장치를 설치하여야 하며 원격 및 수동으로 조작할 수 있어야 한다.

## 제9장 연료전지설비

- 제124조 (연료전지 설비의 재료)** ① 기술기준 제109조에서 “안전한 화학적 성분 및 기계적 강도를 가지는 것”은 제4조제1항을 준용한다.
- ② 기술기준 제109조에서 “압력을 받는 부분”에 대한 정의는 제4조제2항을 준용한다.
- ③ 제5조부터 제9조까지, 제46조부터 제50조까지와 제84조는 해당하는 경우 연료전지설비에 준용할 수 있다.

- 제125조 (연료전지설비의 구조)** ① 기술기준 제110조에서 “안전한 것”이란 연료전지설비에 속하는 용기 및 관에서는 제12조부터 제32조까지(보일러와 관련된 부분 제외)에 규정한 구조로 되어 있고 제80조 및 제81조의 내압 및 기밀과 관련된 성능을 가지는 것을 말한다.
- ② 기술기준 제110조에서 규정하는 “허용응력”은 별표 1, 2 및 ASME Sec II, Part D의 1A, 1B에 규정하는 수치로 한다.
- ③ 내압을 받는 용기구조는 제53조부터 제73조까지를 준용한다.
- ④ 내압시험은 연료전지 설비의 내압 부분중 최고 사용압력이 0.1 MPa 이상의 부분은 최고 사용압력의 1.5배의 수압(수압으로 시험을 실시하는 것이 곤란한 경우는 최고 사용압력의 1.25배의 기압)까지 가압하여 압력이 안정된 후 최소 10분간 유지하는 시험을 실시하였을 때 이것에 견디고 누설이 없어야 한다.
- ⑤ 기밀시험은 연료전지 설비의 내압 부분중 최고 사용압력이 0.1 MPa 이상의 부분(액체 연료 또는 연료가스 혹은 이것을 포함한 가스를 통하는 부분에 한정한다.)의 기밀시험은 최고 사용압력의 1.1배의 기압으로 시험을 실시하였을 때 누설이 없어야 한다.

- 제126조 (안전밸브)** ① 기술기준 제111조에서 규정하는 “과압”이란 통상의 상태에서 최고사용압력을 초과하는 압력을 말한다.
- ② 기술기준 제111조에서 규정하는 “적당한 안전밸브”는 제3항의 요건 외에 제35조부터 제40조까지(보일러 등과 관련된 부분을 제외) 및 제82조의 규정을 준용할 수 있다.
- ③ 안전밸브의 분출압력은 아래와 같이 설정하여야 한다.
1. 안전밸브가 1개인 경우는 그 배관의 최고사용압력 이하의 압력으로 한다. 다만, 배관의 최고사용압력 이하의 압력에서 자동적으로 가스의 유입을 방지하는 장치가 있는 경우에는 최고사용압력의 1.03배 이하의 압력으로 할 수 있다.
  2. 안전밸브가 2개 이상인 경우에는 1개는 제1호 규정에 준하는 압력으로 하고 그 이외의 것은 그 배관의 최고사용압력의 1.03배 이하의 압력이어야 한다.

**제127조 (가스의 누설 대책)** “연료가스가 누설 하였을 경우의 위해를 방지하기 위한 적절한 조치”란 다음에 열거하는 것을 말한다.

1. 연료가스를 통하는 부분은 최고사용 압력에 대하여 기밀성을 가지는 것이어야 한다.
2. 연료전지 설비를 설치하는 장소는 연료가스가 누설 되었을 때 체류하지 않는 구조의 것이어야 한다.
3. 연료전지 설비로부터 누설되는 가스가 체류 할 우려가 있는 장소에 해당 가스의 누설을 감지하고 경보하기 위한 설비를 설치하여야 한다.

**제128조 (비상정지장치)** 기술기준 제113조에서 규정하는 “운전 중에 일어나는 이상”이란 다음에 열거하는 경우를 말한다.

1. 연료 계통 설비내의 연료가스의 압력 또는 온도가 현저하게 상승하는 경우.
2. 증기계통 설비내의 증기의 압력 또는 온도가 현저하게 상승하는 경우
3. 실내에 설치되는 것에서는 연료가스가 누설 하는 경우

## 제10장 탈황, 탈질설비

**제129조 (탈황, 탈질설비의 재료)** ① 탈황, 탈질설비의 재료는 제5조부터 제9조까지, 제46조부터 제50조까지와 제84조에 해당하는 경우, 이를 준용할 수 있으나 배연 가스에 의한 부식 및 마모발생이 적은 재료를 선정하여야 한다.

② 재료의 허용응력은 KS B 6750 부표 1, 부표 2 및 ASME Sec II, Part D Table 1A, 1B에서 규정하는 값으로 한다. 다만 안전율을 적용하는 경우에는 제51조제2항을 적용하여 계산할 수 있다.

**제130조 (탈황, 탈질설비의 구조)** ① 탈황, 탈질설비에 속하는 용기 및 관의 구조는 제12조에서 제32조까지(보일러와 관련된 부분 제외), 제53조부터 77조까지와 86조부터 93조에 해당하는 경우, 이를 준용한다.

② 내압 부분중 최고 사용압력이 0.1MPa 이상의 부분으로 최고 사용압력의 1.5배의 수압(수압으로 시험을 실시하는 것이 곤란한 경우는 최고 사용압력의 1.25배의 기압)까지 가압하여 압력이 안정된 후 최소 10분간 유지하는 시험을 실시하였을 때 이것에 견디고 누설이 없어야 한다.

③ 기밀시험을 할 경우에는 최고 사용압력의 1.1배의 기압으로 시험을 실시하였을 때 누설이 없어야 한다.

④ 내압을 받는 용기 및 관은 보일러 등 가스발생설비의 기동정지, 부하변화 등 운전조건변화에 대해 안정된 배연처리 성능을 유지하여야 하며 연료의 종류와 성상, 연소방식에 따른 가스발생 내용을 설계에 반영하여야 한다.

⑤ 가스터빈 플랜트에서의 탈황, 탈질설비는 보일러 부하가 최대가 되는 지점에서 최저 배기온도 조건의 배기 가스량을 기초로 설정하여야 한다.

**제131조 (안전장치)** 탈황, 탈질설비에 속하는 용기 및 관에는 과도한 압력을 분출하는 안전장치를 다음과 같이 설치하여야 한다.

1. 안전장치가 밸브인 경우에는 제35조부터 제40조까지 해당하는 부분을 준용하여 설치할 수 있다.
2. 기타 방출장치인 경우에는 제82조를 준용할 수 있다.

**제132조 (가스의 누설대책)** 탈황, 탈질설비는 가스 누설의 방지를 위해 다음과 같은 대책을 수립하여야 한다.

1. 가스를 통하는 부분은 최고사용 압력에 대하여 기밀성을 가지는 것이어야 한다.
2. 가스가 누설 되었을 때 체류하지 않는 구조의 것이어야 한다.
3. 누설되는 가스가 체류 할 우려가 있는 장소에 해당 가스의 누설을 감지하고 경보하기 위한 설비를 설치하여야 한다.

**제133조 (비상정지 및 경보장치)** 탈황, 탈질설비는 다음과 같은 비상정지 및 경보장치를 설치하여야 한다.

① 탈황설비 비상정지장치(비상뎀퍼 연동)

## 제11장 가스화로설비 및 부속설비

1. 탈황설비 내부고장 또는 이상에 의한 Interlock Trip
2. 보일러 Master Fuel Trip

### ② 탈질설비 비상정지장치(암모니아 차단밸브 연동)

1. 탈질설비 내부고장 또는 이상에 의한 Interlock Trip
2. 보일러 Master Fuel Trip

### ③ 탈황설비 경보장치

1. 탈황장치의 온도 고점
2. 탈황장치 입구가스온도 고점

### ④ 탈질설비 경보장치

1. 출구 농도 고점
2. 반응기 출입구 차압 최대치
3. 반응기입구 가스온도 저점

**제134조 (계측장치)** 탈황, 탈질설비에서는 운전 상태를 측정하는 다음과 같은 계측 장치를 설치하여야 한다.

#### ① 탈황설비

1. 배연탈황설비 입, 출구 가스 온도
2. 배연탈황설비 입, 출구 가스 압력
3. 배연탈황설비 입, 출구 SO<sub>x</sub> 농도
4. 처리가스 유량

#### ② 탈질설비

1. 배연탈질설비 입, 출구 가스 온도 및 압력
2. 암모니아 회석 공기 유량
3. 암모니아 기화기 온도
4. 암모니아 탱크 압력 및 온도
5. 배연탈질설비 입, 출구 NO<sub>x</sub> 농도
6. 배연탈질설비 출구 암모니아 농도

**제135조 (용기 부품의 제작에 허용되는 재료)** ① 가스화로설비 제작에 허용되는 재료는 제136조부터 제146조까지 만족하는 것을 말한다.

**제136조 (재료사용의 일반)** ① 압력을 받는 부분의 제작에 사용되는 재료는 “기술기준의 판단 기준 발전설비 용접 별표2.1”(이하 “발전설비 용접”이라 한다)에 주어진 규격 중 하나에 적합하여야 하며, 달리 허용하는 경우를 제외하고는 표3A에 표시된 재료규격으로 제한되어야 한다.

② “발전설비 용접”에 주어진 재료규격의 제목이나 범위를 규정하고 제1항에 의해 허용된 크기, 두께 또는 무게의 한계 밖에 있는 재료는, 그 재료가 규격의 다른 요건을 준수하고, 표 7.2에서 크기, 두께 또는 무게를 제한하고 있지 않다면 사용될 수 있다.

③ 재료규격에서 요구하는 재료 제조자의 식별표시는 다음의 요건이 만족되지 않는다면 두께가 6mm(1/4in.) 미만인 판재에는 표시를 하여서는 안 된다.

1. 재료는 P-No.1 그룹No.1 및 2로 한정되어야 한다.
2. 최소공칭판재 두께가 5 mm 이거나 최소공칭관벽 두께가 4mm(0.154in.) 이어야 한다.
3. 최소설계금속온도(MDMT)는 -29℃(-20°F) 이상이어야 한다.

④ 용탕분석(heat analysis)으로 0.35%를 초과하는 탄소함량을 가진 탄소강과 저합금강은 달리 허용하는 경우를 제외하고는 용접구조에서 사용되거나 산소절단 하여서는 안 된다.

**제137조 (용접재료)** ① 압력을 받는 부분의 제작에 사용되는 용접재료는 “발전설비 용접” 및 해당 인정된 용접절차시방서의 요건을 따라야 한다.

**제138조 (판재)** ① 판재는 설계두께보다 두껍게 구매하여야 한다. 재료규격이 설계두께보다 0.3mm 또는 구매 두께의 6% 중 작은 값의 하한공차까지 허용한다면, 그 판재로 제작된 용기는 전 설계압력에 사용할 수 있다. 만일 구매한 판재 규격이 설계 두께보다 더 큰 하한공차를 허용하면, 0.3mm 또는 설계 두께의 6% 중 작은 값의 하한공차를 가지기 위해 설계 두께보다 두꺼워야 한다.

② 판재의 초음파탐상검사 기준은 다음과 같다.

아래1호에서 허용된 것을 제외하고는, 공칭두께가 50mm(2 in) 이상인 모든 판재는 SA-578의 요건에 따라서 초음파탐상검사를 하여야 한다. 합격기준은 SA-578의 수준 B가 되어야 한다.

1. 설계규정에서 SA-263, SA-264 및 SA-265를 준수하는 판재 위의 클래딩 두께를 인정을 할 때에는, SA-578의 요건에 따라서 모재 판재 및 모재 판재와 클래딩 사이의 접합부는 초음파탐상검사를 하여야 한다. 합격기준은 최소한 SA-578의 수준 B가 되어야 한다. 대안으로 수준 C의 합격기준을 적용해도 된다.

**제139조 (관 및 튜브)** 관 또는 튜브를 공칭두께로 구매한다면, 벽 두께에 대한 제작

하한공차를 감안하여야 한다. 최소 요구 벽 두께가 결정된 후, 구매 공칭두께는 관 및 튜브 규격에서 허용되는 제조 하한공차를 감안하여 충분히 증가시켜야 한다.

**제140조 (단조품)** ① 단조품의 초음파탐상검사 기준은 다음과 같다.

1. 공칭두께가 50mm(2in) 이상인 모든 단조품은 SA-388에 따라서 초음파탐상검사를 하여야 한다.
  - 가. 링, 플랜지 및 기타 속이 빈 단조품은 사각탐상검사(angle beam technique)을 사용하여 검사하여야 한다. 다른 단조품에 대해서는 수직탐상검사(straight beam technique)을 사용하여야 한다.
  - 나. 기준 시험편은 시험할 단조품과 동일한 공칭두께, 조성, P-No. 그룹이어야 한다.
2. 초음파탐상검사 결과가 다음과 같으면 불합격이다.
  - 가. 수직탐상검사 결과, 기하학적 형상이 원인이거나 기하학적 형상과 무관한 후방반사(back reflection)의 완전한 손실이 동반되는 지시를 발생시키는 하나 이상의 불연속부가 나타난 경우.
  - 나. 사각탐상검사 결과, 교정노치로부터의 지시를 초과하는 진폭의 지시를 발생시키는 하나 이상의 불연속부를 나타난 경우.
3. 사각탐상검사의 경우, 단조품의 선적 전에 다음의 조건을 구매자에게 검토와 승인을 위하여 보고하여야 한다.
  - 가. 교정 블록 진폭의 50%를 초과하는 진폭을 가진 지시군
  - 나. 교정 노치 진폭의 50% 미만의 진폭을 가진 단조품의 좁은 면적 내에 위치한 지시군. 지시군은 표준교정노치 진폭의 10%를 초과하고 한 번이 약 50mm(2in)이하인 작은 육면체 안에 위치한 3개 이상의 지시라고 정의한다.

② 단조품의 자분탐상검사와 침투탐상검사 기준은 다음과 같다.

1. 형단조를 하거나 기계가공하는 형상 노즐(contour nozzles), 두꺼운 관판, 플랜지 및 두껍고 복잡한 단조품은 최종 기계가공 후 열처리하기 전에 ASTM A 275/A 275M에 따른 자분탐상법 또는 ASTM E 165에 따른 침투탐상법으로 검사를 하여야 한다. 자분탐상검사 또는 침투탐상검사로 검출한 지시의 평가와 합격기준은 “발전설비 용접” 제115조에 따라야 한다.
2. 불합격 대상 결함은 제거하여야 하며 그 부위는 그 불합격 대상 결함의 완전한 제거를 확인하기 위하여 재시험을 실시하여야 한다. 재료규격이 허용하면, 단조품은 용기 제조자의 승인 하에서 보수용접을 할 수 있다. 보수는 “발전설비 용접”에 따라서 인정을 받은 용접절차를 사용하여 실시하여야 한다. 보수된 단조품은 이장의 모든 요건을 만족시켜야 한다.

**제141조 (주조품)** ① 각 주조품은 제조자의 명칭, 상표 또는 다른 제조자의 추적 가능한 식별표시와 재료 지정을 포함하는 주조품식별 표시를 하여야 한다. 주

조품 제조자는 각 주조품이 주조규격과 이장의 모든 해당 요건에 적합하도록 하여야 한다. 주조품 보수시 보수부의 특징, 위치 및 범위를 표시하여야 하며, 용접을 하는 주조품은 용접 가능품이어야 한다.

② 철계 주조품에 대한 요건은 다음과 같다.

1. 원심 주조 주강품  
재료규격의 최소요건에 추가하여, 원심 주조품의 모든 표면은 열처리후 산술평균치 6.35 $\mu$ m(250 $\mu$ in)이하의 거칠기로 마무리 되도록 기계 가공을 하여야 한다.
2. 철계 주조품의 비파괴검사
  - 가. 일반사항  
주조품은 방사선투과법, 초음파탐상법, 자분탐상법 및 침투탐상법으로 검사하여야 하고, 아래 나.부터 라.까지의 요건을 만족시켜야 한다. 주조품에 방사선투과검사 또는 초음파탐상검사가 요구되는 경우, 적어도 한번의 오스테나이트화 열처리 후에 실시하여야 하며, 열처리를 요구하지 않는 오스테나이트계 주조품은 제조과정 중 어느 단계에서나 방사선투과검사나 초음파탐상검사를 실시할 수 있다. 자분탐상검사 또는 침투탐상검사는 최종 열처리 후에, 기계 가공 부위는 최종 기계 가공 후에 실시하여야 한다.
  - 나. 방사선투과검사  
철계 주조품의 모든 부품은 두께에 관계없이 “발전설비 용접 부록1”의 절차에 따라서 전부분에 방사선투과검사를 하여야 한다. 방사선투과사진은 아래에 표시한 해당 방사선 표준사진과 비교하여야 하며, 결함에 대한 최대허용범위는 다음과 같아야 한다.
    - (1) 50mm(2in)미만의 방사선투과 두께를 가진 주조품은 부속서 16(ASM E 446)에 의한 두께가 50mm(2in)까지의 주강품에 대한 표준참고방사선사진과 표 3.9에서 나타난 최대허용범위
    - (2) 50mm(2in)부터 305mm(12in)까지의 방사선투과 두께를 가진 주조품에 대해서는, ASTM E 186에 의한 50mm(2in) 부터 115mm(4.5in)의 두꺼운 벽 주강품에 대한 표준참고방사선사진, 또는 부속서 15(ASM E 280)에 의한 115mm(4.5in) 부터 305mm(12in)의 두꺼운 벽 주강품에 대한 표준참고방사선사진 중 적절한 것과 표 3.10에서 나타난 최고심각도수준
  - 다. 초음파탐상검사  
두께 30 mm(1.2in)를 초과하는 모든 철계 주조품의 부품은 “발전설비 용접 부록2”의 절차에 따라서 초음파탐상법으로 검사하여야 한다. 그 반사가 정상 후방 반사의 20%와 같은 높이를 초과하거나 변환기를 어떤 방향으로든 50mm(2in) 이동하는 동안에 후방반사의 높이가 30%를 초

과하여 감소되는 불연속부로 나타나는 결함이 있는 주조품은, 방사선투과검사와 같은 다른 비파괴검사 방법의 지시가 검사원이 만족하지 못한다면 불합격 대상이다.

라. 자분탐상검사

자성재료의 주조품은 “발전설비 용접 부록3”에 따라서 자분탐상법으로 모든 표면 위에서 검사하여야 한다. 타입 1 지시나 ASTM E 125 자분 지시에 대한 기준 사진의 타입 II, III, IV 및 V의 1등급을 초과하는 지시에 의하여 보이는 결함을 가진 주조품은 불합격 대상이다.

마. 침투탐상검사

비자성재료의 주조품은 “발전설비 용접 부록4”에 따라서 침투탐상법으로 모든 표면 위에서 검사하여야 한다. 다음의 한계를 초과하는 균열과 선형 결함을 가진 주조품은 불합격 대상이다.

- (1) 평가를 하는 지시와 관련하여 가장 형편이 나쁜 부분으로 40mm×150mm(1-1/2in×6in) 사각형 또는 지름 90mm(3.5in)의 원 내에 6 개를 넘는 지시로 나타나는 선형 지시,
- (2) 19mm(3/4in)까지의 두께의 경우, 길이가 6mm를, 19mm(3/4 in)부터 57mm(2.25in)까지의 두께의 경우, 길이가 두께의 1/3을, 57mm(2.25in)를 초과하는 두께의 경우, 길이가 19mm(3/4in)를 초과하는 지시로 나타나는 선형 결함, 그러나 긴 쪽의 결함의 길이와 같은 거리로 서로 떨어져 있는 한 줄로 늘어서 있는 허용할 수 있는 결함은 합격 대상이다.
- (3) 2.5mm(0.0938in)를 초과하는 치수를 가진 것으로 지시되는 모든 비선형 결함.

3. 철계 주조품의 보수

가. 불합격 대상 결함이 있는 주조품은 보수할 수 있다. 한 결함이 제거되고 용접에 의한 보수가 필요하지 않을 때는 언제나 그 영향 부위는 날카로운 노치, 틈 또는 모서리가 없도록 그라인더 등으로 주위 표면과 조화되어야 한다.

나. 용접에 의한 철계 주조품의 보수

위 제2호에서 허용된 최대크기를 초과하는 결함을 가진 주조품은 그 결함이 제거되고 사전승인을 용기 제작자로부터 받았다면 보수할 수 있다. 보수를 하기 전에 결함의 완전한 제거를 확인하기 위하여, 그 모재는 자분탐상법이나 침투탐상법으로 검사하여야 한다.

(1) 주조품 보수의 검사 요건

10mm(3/8in) 또는 단면두께의 20% 중 작은 값을 초과하는 깊이의 모든 용접 보수는 방사선투과법, 자분탐상법 또는 침투탐상법으로 검사하여야 한다. 보수의 깊이가 단면 두께의 20% 또는 25mm(1in) 중 작은 값 미만인 곳으로 보수된 단면을 효과적으로 방사선투과검사를

할 수 없는 곳에서는, 각 6mm 두께 용착금속의 초층을 자분탐상법 또는 침투탐상법으로 검사를 하여야 한다. 마무리된 표면의 시험은 주조품에 실시하는 열처리 작업 후에 실시하여야 하며, 초음파탐상검사로 발견된 용접 보수부위는 동일한 초음파탐상검사 방법으로 검사하여야 한다.

(2) 보수된 주조품의 용접후열처리

주조품을 열처리 후 보수 용접을 하였을 경우에는 보수 용접 후에 재열처리를 하여야 한다.

(3) 필요한 용접절차 인정과 용접사 인정

모든 용접은 “발전설비 용접”에 따라서 인정된 용접절차로 실시하여야 한다. 절차인정시험은 같은 규격의 주조재료 시험편으로 실시하여야 하며, 제품에 적용되는 것과 같은 용접 전후와 같은 열처리를 하여야 한다. 또한 용접을 하는 모든 용접사와 자동 용접사는 “발전설비 용접”에 따라서 자격이 부여되어야 한다.

(4) 용접 보수부 위치와 범위는 보수절차와 시험결과가 함께 증명서의 일부로서 기록, 보관되어야 한다.

③ 비철 주조품에 대한 요건은 다음과 같다.

1. 모든 비철 주조품은 다음에 따라서 시험하여야 한다.

가. 각 주조품은 제141조제2항제2호의 마에 따라서 모든 표면을 100% 육안으로 검사하고 침투탐상검사를 실시하여야 한다. 이와 같은 검사는 주조품에 실시하는 최종 열처리 후에 실시하여야 한다.

나. 주조품의 모든 부분은 100% 방사선투과검사를 받아야 하며, 방사선투과사진은 “ASTM E 272, 고강도 동 및 동-니켈 주조품의 검사를 위한 기준 방사선투과사진의 방사선투과 표준”과 비교하여야 한다. 합격 주조품은 ASTM 규격에서 규정하는 대로 벽 두께가 25mm(1in) 미만이면 클래스 1 표준, 그 벽 두께가 25 mm(1in) 이상이면 클래스 2 표준을 만족시켜야 한다.

다. 두께가 305mm(12in)를 초과하는 주조품의 모든 부분은 ASTM SE-114에서 주어진 절차에 따라서 초음파탐상검사를 하여야 한다. 그 반사가 정상 후방 반사의 20%와 같은 높이를 초과하지 않거나 변환기를 어떤 방향으로든 50mm(2in) 이동하는 동안에 후방반사의 높이가 30%를 초과하여 감소되지 않는 불연속부로 나타나는 결함은 합격으로 간주 한다.

2. 용기 제조자의 승인이 있으면, 이 시험으로 불합격 대상인 주조품은 다음 요건에 따라서 보수할 수 있다.

가. 제141조제3항제1호에서 허용하는 최대크기를 초과하는 결함을 가진 주조품은 그 결함이 제거되고 사전승인을 그 용기 제작자로부터 받았다면 보수할 수 있다. 보수를 하기 전에 그러한 결함의 완전한 제거를 확인

하기 위하여, 그 모재는 침투탐상법으로 검사하여야 한다.

나. 10mm(3/8in) 또는 단면두께의 20% 중 작은 것을 초과하는 깊이의 모든 용접 보수는 방사선투과법 그리고 침투탐상법으로 제141조제3항제1호에 따라서 검사하여야 한다. 보수의 깊이가 단면 두께의 20% 또는 25mm(1in) 중 작은 값 미만인 곳, 그리고 보수된 단면을 효과적으로 방사선투과를 할 수 없는 곳에서는, 각 6 mm 두께의 용착금속의 초층과 마무리 용접 표면은 침투탐상법으로 검사하여야 한다. 작업이 완료된 표면의 시험은 구조물에 실시하는 열처리 작업 후에 실시하여야 한다. 초음파탐상검사로 발견되고 보수된 용접부는 초음파탐상법으로 검사하여야 한다.

다. 구조물을 열처리 후 보수 용접을 하였을 경우에는 보수 용접 후에 재열처리를 하여야 한다.

라. 모든 용접은 “발전설비 용접”에 따라서 인정된 용접절차로 실시하여야 한다. 그 절차인정시험은 같은 규격의 구조재료 시험편으로 실시하여야 하며, 그 제품에 적용되는 것과 같은 용접 전후의 같은 열처리를 받아야 한다. 이 용접을 하는 모든 용접사와 자동 용접사는 역시 “발전설비 용접”에 따라서 자격이 인정되어야 한다.

마. 용접 보수부 위치와 범위는 보수절차와 시험결과가 함께 증명서의 일부로서 기록, 보관되어야 한다.

**제142조 (크롬몰리브덴 강)** ① 크롬-몰리브덴강에 대한 제작과 시험에 대한 보충적 요건을 포함한다. 이 조에서 취급하는 재료와 해당 규격은 표 3.1을 참조한다.

② 최종 용접후열처리는 발전설비 용접 제110조의 요건에 따라야 한다.

③ 시험편 열처리하는 다음 기준을 따른다.

1. 인장시험편 두 조와 샤르피 충격시험편 한 조를 시험하여야 한다. 한 조의 인장시험편은 열처리 조건 A에 따라야 하고, 두 번째 조의 인장시험편과 한 조의 샤르피 충격시험편은 열처리 조건 B에 따라야 한다.

가. 조건 A

온도는 실제 최고 용기부분 온도에서 14℃(25°F)를 뺀 것보다 낮아서는 안 된다. 그 온도에서의 시간은 최고 용기부분 온도에 노출되는 용기부분의 실제 유지시간의 80% 이상이 되어야 한다.

나. 조건 B

온도는 실제 최저 용기부분 온도에서 14℃(25°F)를 더한 것보다 높아서는 안 된다. 그 온도에서의 시간은 최저 용기부분 온도에 노출되는 용기부분의 실제 유지시간의 120% 이하가 되어야 한다.

2. 시험편의 열처리 매개변수를 설정하기 위한 절차는 아래와 같다.

가. 경험과 기기에 근거하여 용기/구성부품에 대한 최고 및 최저 온도와 유

지시간을 설정한다.

나. 시험편의 열처리를 위한 조건 A와 조건 B를 결정한다.

다. 용기 열처리 온도와 유지시간의 제한 및 시험편 조건 A와 조건 B는 그림 3.1과 같다.

④ 용접절차 인정과 용가제시험 기준은 다음과 같다.

1. 제작 용가제를 사용하는 용접절차의 인정은 그 자체 또는 다른 재료에 용접하는 재료에 대해서 실시하여야 한다. 그 인정은 “발전설비용접”의 요건에 적합하여야 하며, 실온에서의 최대인장응력은 (열처리 조건 A와 B에 대해서) 760MPa(110ksi)가 되어야 한다. 용접은 3Cr-1Mo-1/4V-Ti-B 재료만에 대하여 서브머지드 아크 용접(SAW)과 피복아크용접(SMAW)으로 제한되어야 한다.

2. 용접봉과 용가 와이어 플럭스 조합의 각 히트나 로트로부터의 용접금속을 시험하여야 한다. 최소 및 최대 인장성질이 용접후열처리 조건 A와 B에서 만족되어야 한다. 최소 샤르피 V 노치 충격 성질이 용접후열처리 조건 B에서 만족되어야 한다. 시험은 피복 용접봉의 경우, “발전설비 용접” 표 3A-1 SFA-5.5, 용가 와이어 플럭스 조합의 경우, “발전설비 용접” 표 3A-1 SFA-5.23에 적합하여야 한다.

3. 용접후열처리 조건 A와 용접후열처리 조건 B(제3항참조)의 이증시험이 요구된다. 모재에 대한 최소인장강도와 샤르피 충격성질이 만족되어야 하며, 샤르피 충격시험은 조건 B만 요구된다.

4. 24Cr-1Mo-4V의 용접금속은 표 3.2에 표시된 조성의 요건을 만족시켜야 한다. 모든 다른 재료의 용접금속 최소탄소함량은 0.05%이다.

5. 24Cr-1Mo과 24Cr-1Mo-4V 재료, 440℃(825°F)을 초과하는 설계온도에 범주 A에 추가하여, 제작에서 사용되는 용가 와이어와 플럭스 조합의 각 히트는 다음에 따라서 용접 축에 평행하게(모든 용접금속 시험편) 그리고 횡단하여(각 한 시험편) 기계 가공한 시험편에 용접금속 응력-파열 시험으로 인정되어야 한다.

가. 표점간의 거리 이내의 시험편 지름은 13 mm(1/2 in) 이상이어야 한다.

두께가 19 mm(3/4 in) 이상인 재료에 대해서는, 그 시험편의 중심선이 0.25-t 두께 위치(또는 중심에 더 가깝게)에 위치하여야 한다.

나. 가로방향 시험편에 대한 표점간의 거리는 용접부와 용융선에 인접한 모재의 적어도 19 mm(3/4 in)를 포함하여야 한다.

다. 시험재료는 조건 A로 용접후열처리가 되어야 한다.

라. 24Cr-1Mo 재료에 대한 응력-파열시험의 조건은 510℃(950°F)에서 210 MPa(30 ksi)이어야 한다. 파괴시간은 650 시간을 초과하여야 한다.

마. 24Cr-1Mo-4V 재료에 대한 응력-파열시험의 조건은 540℃(1,000°F)에서 210 MPa(30 ksi)이어야 한다. 파괴시간은 900 시간을 초과하여야 한다.

⑤ 모의 시험한 용접후열처리 조건 B에 노출된 후에, 모재, 용접금속 및 열영향부에 대한 최소인성 요건은 표 3.3에 나와 있다. 재료규격이나 이장의 다른 부분에서 보다 높은 인성 요구조건이 있으면, 그것을 만족시켜야 한다.

⑥ 초음파탐상검사기준은 다음과 같다.

1. 24Cr-1Mo-V 용기의 서브머지드아크 용접부는 “발전설비 용접” 제115조 제5호에 따른다.
2. 24Cr-1Mo-V 용기의 서브머지드아크 용접은, 제작과 관련된 균열의 가능성이 존재한다. 이 균열을 검출하기 위해서는, 시험기법, 주사, 교정 및 합격기준을 선택하여야 한다.

**제143조 (켄칭-템퍼링 된 강재)** ① 켄칭-템퍼링으로 향상된 인장성질을 갖는 페라이트 계 강에 적용되며, 이장의 다른 요건과 연관하여 사용하여야 한다.

1. 이 강재에 대한 재료규격은 표 3.A.2 를 참조한다.
2. 이 조의 요건은 더 얇은 단면을 노멀라이징하여 얻을 수 있는 것과 비교할 수 있는 구조를 얻기 위하여 급냉과 액체 켄칭을 포함하는 열처리를 한 표 3.A.1에 표시된 두께의 강재를 적용하는 것은 아니다.

② 표 3.A.2에 나오는 고강도의 켄칭-템퍼링이 된 강재는 이장의 요건과 제한하는 것에 따라서 용기 또는 다른 등급의 켄칭-템퍼링이 된 강재 또는 표 3.A.1, 3.A.3 및 3.A.6에 표시된 규격에 적합한 강재와 연결되는 용기의 개별 부품으로 사용될 수 있다.

③ 구조적 부착물에 대한 기준은 다음과 같다.

1. 아래 제2호에서 허용된 것을 제외하고는 압력을 받는 부분에 직접 용접되는 모든 영구적 구조 부착물과 보강 링은 그 규정최소항복강도가 그것이 부착되는 재료의 규정최소항복강도의  $\pm 20\%$  이내에 있는 재료로 제작되어야 한다.
2. SA-333 8등급, SA-334 8등급, SA-353, SA-522, SA-533 및 SA-645 등급 A에 일치하는 재료로 제작된 동체나 경판에 직접 용접되는 모든 영구적 구조 부착물은 동일한 재료 또는 니켈합금 UNS N06625, N10276 또는 단조 된 비경화성 오스테나이트 계 스테인리스강으로부터 제조되어야 한다. 오스테나이트 계 스테인리스강이 사용되면 부착물과 동체 사이에 부수적으로 발생하는 열팽창에 의한 용접응력을 고려하여야 한다.

**제144조 (비 철금속 재료 요구조건)** ① 비철재료는 표 3.A.4, 3.A.5, 3.A.6 및 3.A.7에 표시된 규격의 하나에 적합하여야 하며, 이장의 다른 요건과 연관하여 사용하여야 한다.

② 판재의 초음파탐상검사 기준은 다음과 같다.

공칭두께가 50 mm(2 in) 이상인 모든 판재는 아래에 표시한 ASTM 표준과 ASME 규격의 해당 요건에 따라서 초음파탐상검사를 실시하여야 한다.

1. ASTM SE-114 직접접촉으로 유발되는 길이방향 맥파를 사용하는 반사방

법에 의한 초음파탐상검사(Ultrasonic Testing by the Reflection Method Using Pulsed Longitudinal Waves Induced by Direct Contact)

2. ASTM E 214 길이방향 맥파를 사용하는 반사방법에 의한 침지 초음파탐상검사(Immersed Ultrasonic Testing by the Reflection Method Using Pulsed Longitudinal Waves)

3. ASTM E 127 알루미늄 합금 초음파 표준 기준 블록의 제작과 점검 (Fabricating and Checking Aluminum Alloy Ultrasonic Standard Reference Blocks)

4. SB-548 알루미늄 판의 초음파탐상검사(Ultrasonic Testing of Aluminum Plate)

③ 단조품의 초음파탐상검사 기준은 다음과 같다.

1. 사각형 단조품은 대략 직각에서 두 방향으로부터 수직탐상기법으로 검사하여야 한다. 공칭두께가 50 mm 이상인 플랜지 또는 링과 같은 속이 빈 단조품은 접촉방법 또는 침지방법의 사각탐상기법을 사용하여 검사하여야 한다. 벽두께나 기하학적 형상에 의해 사각탐상검사를 할 수 없을 경우에는, 기준시험편과 합격기준은 원주방향에 있는 축에 직각인 한 면이나 표면으로부터 시험하여야 한다. 디스크 형 단조품은 한 편평한 면으로부터 그리고 원주 방향 표면으로부터 시험하여야 한다.

2. 제조과정 중 한 단계에서 금속의 전체 체적에 대해 초음파탐상검사를 하여야 한다. 열처리된 재료에 대해서는, 최종 열처리 후의 시험이 선호되지만, 단조물의 윤곽이 제조과정에서 시험을 방해한다면, 최종 열처리 후에 단조품의 가능한 최대 체적범위를 재시험하여야 한다.

3. 단조품의 시험에서 사용되는 방법은 다음의 요건에 적합하여야 한다.

가. 수직탐상검사서서, 그 변환기는 지름이 19mm 부터 29mm(3/4 in 부터 1-1/8 in)이거나 25mm(1in)의 정사각형이어야 한다. 공칭 주파수는 시험을 하는 재료에 적절하여야 한다. 그 계기는 변환기를 그 단조품의 지시가 없는 곳에 놓았을 때 처음 후방반사가 스크린 높이의 75 $\pm$ 5%가 되도록 설정하여야 한다.

나. 접촉방법에 의한 사각탐상검사에서는, 25 mm $\times$ 25 mm(1 in $\times$ 1 in) 또는 25 mm $\times$ 38mm(1in $\times$ 1-1/2in), 45° 변환기를 적절한 주파수에서 사용하여야 한다.

다. 침지 방법에 의한 사각탐상검사에서는, 대략적인 경사각도로 방위를 잡은 19mm (3/4 in) 지름의 변환기를 대략적인 주파수에서 사용하여야 한다.

라. 사각탐상검사는 그 깊이가 10mm(3/8in) 또는 그 공칭단면두께의 3% 중 작은 것과 같고, 깊이가 약 25mm(1in)이고, 폭이 깊이의 2배 이하인 노치로 교정하여야 한다.

4. 수직탐상검사 결과가 기하학적 형상과 연관되지 않거나 그것에 기인하지



않는 후방반사의 완전한 손실이 동반된 지시를 발생시키는 하나 이상의 불연속부를 나타낸다면, 또는 사각탐상검사 결과가 교정 노치의 지시를 능가하는 지시를 발생시키는 하나 이상의 불연속부를 나타내면, (이장의 규정에 따라서 보수하지 않는다면,) 그 재료는 불합격 대상이다.

④ 단조품의 침투탐상검사기준은 다음과 같다.

1. 형단조를 하거나 기계가공하는 형상 노즐(contour nozzles), 두꺼운 관판, 플랜지 및 두껍고 복잡한 단조품의 표면은 최종 기계가공후 열처리 하기 전에 ASTM E 165에 따른 침투탐상법으로 검사를 하여야 한다.
2. 침투탐상법으로 검출한 지시의 평가와 합격기준은 “발전설비 용접”제115 조제7항에 따라야 한다.
3. 불합격 대상 결함은 제거하여야 하며, 그 부위는 불합격 대상 결함의 완전한 제거를 확인하기 위하여 재시험을 실시하여야 한다. 용접을 허용하면, 단조품은 용기 제조자의 승인 하에서 보수용접을 할 수 있다. 보수는 “발전설비 용접”에 따라서 인정을 받은 용접절차를 사용하여 실시하여야 한다. 보수된 단조품은 이장의 모든 요건을 만족시켜야 한다.

**제145조 (판재로부터 기계가공한 허브)** ① 판재는 재료규격에서 규정하는 것과 동등한 두께의 성질을 가진 재료를 제작하는 공정으로 제조되어야 한다. 이와 같은 판재는 일렉트로슬래그(electroslag: ESR)와 진공 아크 재용해(vacuum arc re-melt: VAR)와 같은 방법으로 제작된 것을 포함하나 그것에 국한되지는 않는다. 판재는 재료규격의 요건과 다음 항에서 규정하는 보충적 요건에 따라서 시험하고 검사하여야 한다.

1. 시험편은, 재료규격에서 요구하는 것에 추가하여, 그림 3.2에서 나타나는 것처럼 허브의 축에 평행한 방향에서 가능한 한 허브에 가깝게 채취하여야 한다. 적어도 두 개의 인장 시험편 중 한 개의 시험편은 압연된 판재의 폭의 중앙 1/3로부터, 그리고 두 번째 시험편은 다른 시험편으로부터 원주를 따라 90°에서 취하여, 그 허브의 인근에 있는 판재로부터 채취해야 한다. 두 시험편은 모두 그 재료규격의 기계적 성질 요건을 만족시켜야 하며, 탄소강과 저합금강의 경우, 면적의 감소는 30% 이상이어야 하고, 그 재료규격이 30%를 초과하는 면적감소 값을 요구하는 재료에 대해서는 더 높은 값이 만족되어야 한다.
2. SA-370, 그림 5의 요건에 적합한 별개의 시험편을 사용할 수 있으며, 그 경우에 재료규격이 요구하는 50 mm(2 in) 내의 백분율 연신에 대한 값은 SA-370, 그림 5에서 규정된 표점간의 거리에 적용하여야 한다.
3. 인장 시험편의 위치는 그림 3.2에 나와 있다.

② 두께에 관계없이, 기계 가공한 부품은 SA-388에 따라서 수직탐상검사기법으로 초음파탐상검사를 하여야 한다. 시험은 대략 직각에 있는 두 방향, 즉 허브의 원통형 또는 편평한 사각형 평면으로부터 그리고 허브의 축 방향에

서 하여야 하며, 다음과 같은 경우에 불합격 대상이다.

1. 시험결과가 기준 후방반사의 60%보다 큰 후방반사의 손실이 동반하는 하나 이상의 지시를 나타낸다.
2. 시험결과가 후방반사의 40% 손실이 동반될 때 기준 후방반사의 40%보다 큰 지시를 나타낸다.

③ 관판 플랜지나 평 경판의 허브를 인접한 동체에 용접하기 전에, 그 허브는 자분탐상법 또는 침투탐상법에 의해서 “발전설비 용접 부록4”에 따라 검사하여야 한다.

④ 용접을 한 후에, 그 용접부와 용접부의 가장자리로부터 적어도 13 mm(1/2 in)에 대한 허브 부위는 “발전설비 용접 부록1”에 따라서 100% 방사선투과 검사를 하여야 한다. 한 대안으로서, 용접부와 인접한 허브 부위는 “발전설비 용접부록2”에 따라서 초음파탐상검사를 할 수 있다.

**제146조 (샤르피 충격시험)** ① 이 조에 의해서 면제되지 않으면, 동체, 경판, 노즐 및 기타 압력 방호 부품과 용기의 구조적 건전성에 필수적인 구조 부재에 사용하는 재료에 샤르피 V-노치 충격시험을 실시하여야 한다.

1. 표 3.A.1에 표시된 재료(볼트 재료를 제외한 [탄소강 및 저합금강](#))에 대한 인성 요건이 제2항에 나와 있다.
2. 표 3.A.2에 표시된 재료([퀵칭-템퍼링을 한 고강력강](#))에 대한 인성 요건이 제3항에 나와 있다.
3. 표 3.A.3에 표시된 재료(볼트 재료를 제외한 [고합금강](#))에 대한 인성 요건이 제4항에 나와 있다.
4. 표 3.A.4 부터 표 3.A.7에 표시된 재료(비철 합금)에 대한 인성 요건이 제5항에 나와 있다.
5. 모든 볼트 재료에 대한 인성 요건이 제6항에 나와 있다.
6. 용접의 충격시험과 철재료의 용기 시험편에 대한 인성시험 절차와 요건에 대해 제7항 및 제8항에 각각 나와 있다.

② 볼트를 제외한 탄소강과 저합금강에 대한 인성 요건

1. 아래 [제3호부터](#) 제5호까지와 제8호에 의해서 면제되는 것을 제외하고는, 재료의 모든 조합과 최저설계금속온도에 대하여 충격시험을 표 3.A.1에 표시한 탄소강과 저합금강 재료에 실시하여야 한다.

가. 충격시험이 필요할 때에는, 다음의 인성 값이 요구된다.

- (1) 규정최소인장강도가 655MPa(95ksi) 미만이면, 모든 시험편 크기에 대한 요구되는 최소에너지요건은, 아래 제7항제2호.나.에서 다르게 규정된 것을 제외하고는, 용접후열처리를 하지 않는 용기부품과 용접 후열처리를 하는 용기 부품에 대해서 각각 그림 3.3과 그림 3.4에서 보는 것에 완전한 크기의 시험편 폭에 대한 노치에 의한 실제 시험편 폭의 비율을 곱한 것이어야 한다.

- (2) 규정최소인장강도가 655MPa(95ksi) 이상이면, 모든 시험편 크기에 대한 노치의 반대 쪽 최소 횡팽창량(그림 3.5 참조)은 그림 3.6에서 보는 값보다 작아서는 안 된다.
2. 최저설계금속온도, 두께 및 항복강도에 근거하여 요구되는 충격시험
- 가. 용접이음 또는 비용접 부분의 적용 두께(아래 제3호나.참조)가 100mm(4in)를 초과하고 설계최저금속온도가 32℃(90°F)보다 저온이라면 충격시험이 요구된다.
- 나. 용접후열처리를 하지 않는 부품 그림 3.7 또는 용접후열처리를 하는 부품과 비용접 부품 그림 3.8에서 특별히 면제되지 않는 한, 450MPa(65ksi)를 초과하는 규정최소항복강도를 가진 재료는 충격시험을 하여야 한다.
3. 최저설계금속온도, 두께 및 재료규격에 근거한 충격시험의 면제
- 가. 용접후열처리를 하지 않는 부품 그림 3.7 또는 용접후열처리를 하는 부품 그림 3.8은 재료규격과 등급 또는 강재의 클래스, 용접된 부품의 적용 두께에 대한 충격시험 면제곡선에 근거하여 충격시험 면제를 결정하기 위하여 사용하여야 한다. 그 금속에 대한 최저설계금속온도와 두께의 조합이 그림 3.7이나 그림 3.8의 해당 충격시험 면제곡선 상이나 또는 그 이상에 있다면 용접금속과 열영향부는 제8항이 요구하는 것을 제외하고는 충격시험이 요구되지 않는다.
- 나. 용접된 부품의 적용 두께  $t_y$ 는 다음의 기준을 사용하여 결정한다. 일부 전형적인 용기의 상세에 대한 적용 두께의 사례는 그림 3.9, 3.10 및 3.11에 나와 있다.
- (1) 구조품을 제외한 모든 제품 형상
- (가) 평 경판과 관판에 있는 것을 제외한 맞대기이음에 가장 두꺼운 용접이음의 공칭 두께 [그림 3.9, 스케치 (a) 참조]
- (나) 위 제2항제1호에서 규정하는 부착물을 포함하는 모서리, 필릿 또는 겹치기 용접이음은 이어진 두 부품 중 더 얇은 쪽
- (다) 평 경판이나 관판은 위 (나) 또는 편평한 구성부품의 두께를 4로 나눈 값 중에 큰 것
- (2) 구조품의 적용 두께는 가장 큰 공칭두께로 한다.
- (3) 볼트체결 플랜지, 관판 및 평 경판과 같이 편평한 비용접 부품의 적용 두께는 편평한 구성부품의 두께를 4로 나눈 값
- (4) 비용접 접시형 경판의 적용 두께는 평 경판 두께를 4로 나눈 값 또는 접시형 부분의 최소두께 중 큰 것
- 다. 용기의 구조적 건전성에 필수적인 동체, 경판, 노즐, 통로, 보강 패드, 보강 링, 플랜지, 관판, 평 경판, 받침쇠 및 부착물과 같은 구성부품을 압력유지 구성품에 용접할 때, 각 구성부품은 별개의 구성품으로 취급하여

야 한다. 각 구성부품은 개별적 재료 분류, 적용 두께(위 제3호나.참조) 및 최저설계금속온도에 근거하여 충격시험 요건에 대하여 평가되어야 한다. 두 개 이상의 부품으로 구성 용접된 조립체(예를 들어, 보강 패드가 있는 노즐-동체의 이음)는 그 조립품의 개별 용접이음 각 적용 두께와 허용 최저설계금속온도를 결정하고, 가장 높은 최저설계금속온도를 그 용접된 조립체의 허용 최저설계금속온도로서 사용하여야 한다.

라. 그림 3.7은 38mm(1-1/2in)까지의 용접후열처리를 하지 않는 용접된 부품의 최대 공칭 적용 두께의 한계이다. 어떤 용기는 그 두께가 38mm(1-1/2in)의 공칭 적용 두께를 초과하고 용접후열처리를 하지 않는 용접 압력부품일 수 있다. 그 예로서는 두꺼운 관판, 평 경판, 노즐 또는 하중을 지탱하는 구조적 부착물이 있는 두꺼운 삽입판이다. 이렇게 용접되고 용접후열처리를 하지 않는 압력부품은 충격시험을 받아야 하고, 이 장의 충격시험 요건을 만족시켜야 한다.

마. 두께가 2.5mm(0.099in)이하인 재료에는 충격시험이 요구되지 않는다. 이렇게 면제된 재료는 -48℃(-55°F)보다 저온의 설계금속온도에서는 사용하지 않아야 한다. DN100(NPS4)이하의 관으로 제작된 구성부품, P-No1 재료의 튜브와 동등한 크기는 -104℃(-155°F) 이상의 금속온도에 대한 그 재료의 규정최소항복강도의 함수로서, 다음과 같은 경우 충격시험을 면제한다.

- (1) 140MPa와 240MPa(20ksi와 35ksi) 사이의 규정최소항복강도의 경우, 충격시험에 대한 면제두께는 6mm(1/4in)이다.
- (2) 250MPa와 310MPa(36ksi와 45ksi) 사이의 규정최소항복강도의 경우, 충격시험에 대한 면제두께는 3.2mm(1/8in)이다.
- (3) 314MPa(46ksi)이상의 규정최소항복강도의 경우, 충격시험에 대한 면제두께는 2.5mm(0.099in)이다.

4. 재료규격과 제품형상에 근거한 충격시험의 면제

가. 아래에 표시한 페라이트 계 강 플랜지가 열처리된 상태(노멀라이징, 노멀라이징과 템퍼링, 또는 퀴칭-템퍼링)에서 공급되고 -29℃(-20°F)이상 그리고 -18℃(0°F)이하의 설계온도에서 사용될 때는 충격시험이 요구되지 않는다.

- (1) 부속서 4(ASME B16.5 플랜지)
- (2) 부속서13(ASME B16.47 플랜지)
- (3) 부속서4(ASME B16.5)의 플랜지식 관 이음쇠의 치수 요건을 만족시키는 단조 된 노즐로서 정의되는 긴 용접 벙 플랜지, 벙의 안지름은 그 플랜지의 공칭크기 이상이어야 하며, 그 벙의 바깥지름과 노즐 보강은 부속서4에서 규정된 것처럼 허브의 지름을 초과하지 않아야 한다.

나. 아래에 표시된 규격의 요건에 따라서 제작되고 충격시험을 받는 재료는 그 규격이 요구하는 시험온도보다 3°C(5°F)이하 낮은 최저설계금속온도에서는 이장의 규정에 의해서 충격시험이 면제된다.

- (1) SA-320
- (2) SA-333
- (3) SA-334
- (4) SA-350
- (5) SA-352
- (6) SA-420
- (7) SA-437
- (8) SA-508 5 등급 2 클래스
- (9) SA-540
- (10) SA-723
- (11) SA-765

5. 설계응력 값에 근거한 충격시험의 면제

가. 구성부품에 대한 위 제2항제2호 또는 제3호보다 낮은 최저설계금속온도는 아래의 요약된 절차에 따라서 결정될 수 있다.

- (1) 1 단계 - 용접된 부품은 위 제2항제3호나를 사용하여 그 부품의 공칭 두께,  $t_n$ 과 그 부품의 요구되는 적용 두께,  $t_g$ 를 결정한다.
- (2) 2 단계 - 용접후열처리를 하지 않는 부품은 그림 3.7에서, 용접후열처리를 하는 부품은 그림 3.8에서 사용할 해당 재료 인성곡선을 결정한다.
- (3) 3 단계 - 해당 인성곡선과 적용 두께,  $t_g$ 에 근거하여, 용접후열처리를 하지 않는 부품은 그림 3.7에서, 용접후열처리를 하는 부품은 그림 3.8에서 최저설계금속온도를 결정한다.
- (4) 4 단계 - 최저설계금속온도에서의 설계하중조건에 근거하여, 아래의 방정식 중 하나를 사용하여 응력비율,  $R_{ts}$ 를 결정한다. 이 비율은 ASME/ANSI 압력-온도 등급 내의 설계규정에 근거하여, 요구되는 설계두께와 공칭두께, 적용응력과 허용설계응력, 또는 적용압력과 최고허용사용압력의 항으로서 계산될 수 있다.

$$R_{ts} = \frac{t_r E^*}{t_n - CA} \quad (\text{두께 기준}) \quad (3.1)$$

$$R_{ts} = \frac{S^* E^*}{SE} \quad (\text{응력 기준}) \quad (3.2)$$

$$R_{ts} = \frac{P_a}{P_{rating}} \quad (\text{압력-온도 등급 기준}) \quad (3.3)$$

(5) 5 단계 - 최종 최저설계금속온도 값의 결정과 결과의 평가

- (가) 4 단계로부터의  $R_{ts}$ 비율의 계산 값이 0.24 이하이면, 최저설계금속온도를 -104°C (-155°F)로 설정한다. 더 낮은 최저설계금속온도가 요구되지 않으면, 충격시험은 요구되지 않는다.
- (나) 4 단계로부터의  $R_{ts}$ 비율의 계산 값이 0.24를 초과하면, 온도감소  $T_R$ 을 결정한다. 규정최소항복강도가 450MPa(65ksi) 이하이면, 4 단계로부터의  $R_{ts}$ 비율에 근거하여, 용접후열처리를 하지 않는 부품은 그림 3.12 또는 용접후열처리를 하는 부품에 대해서는 그림 3.13으로부터  $T_R$ 을 결정한다. 만일 규정최소항복강도가 450MPa(65ksi)를 초과하면, 방정식(3.4)로부터 온도감소  $T_R$ 을 결정한다. 최저설계금속온도의 최종 계산 값은 방정식(3.5)를 사용하여 계산한다. 방정식(3.5)로 주어진 최저설계금속온도의 감소는 55°C(100°F)를 초과하지 않아야 한다. 규정 최저설계금속온도가 계산된 최저설계금속온도보다 높으면, 충격시험은 요구되지 않는다. 그러나 규정 또는 계산 최저설계금속온도가 -48°C(-55°F)보다 낮다면, 충격시험이 요구된다.

$$T_R = \frac{\left( \frac{-27.20656 - 76.98828R_{ts} + 103.0922R_{ts}^2 + 7.433649(10)^{-3}S_y}{1 - 1.986738R_{ts} - 1.758474(10)^{-2}S_y} \right)}{\left( \frac{6.479033(10)^{-5}S_y^2}{1 - 1.986738R_{ts} - 1.758474(10)^{-2}S_y} \right)} \quad (^\circ\text{F.ksi}) \quad (3.4)$$

$$MDMT = MDMT_{STEP3} - T_R \quad (3.5)$$

- 나. 위의 제2항제5호가.의 절차는 각 용접된 부품마다 반복되고 모든 용접된 부품의 가장 높은 최저설계금속온도가 그 용기에 대한 최저설계금속온도이다.
- 다. 용접으로 부착된 플랜지는 그 플랜지가 부착되는 벽이나 동체에 대하여 결정한 것같이 온도감소를 결정하기위해 위의 제2항제5호가.의 절차를 사용할 수 있다. 플랜지에 대하여 온도감소를 결정할 때는 볼트 체결 조건을 고려하지 않아도 된다.
- 라. 용접후열처리를 하지 않는 부품 그림 3.12와 용접 후 열처리를 하는 부품 그림 3.13은 평 경관, 커버, 관관 및 플랜지(볼트와 너트 포함)와 같은 1차 막 인장응력에서 응력을 받지 않는 구성부품에 사용할 수 있다. 최저설계금속온도는 그림 3.12와 그림 3.13으로부터 결정된 온도감소를 뺀 충격시험온도보다 낮아서는 안 된다. 제2항제5호가.의 4 단계에서 사용하는 비율은 그 최저설계금속온도에서의 그 구성부품의 최고허용압력에 대한 최저설계금속온도에서의 최고설계압력의 비율이어야 한다.

6. 충격시험을 한 재료에 대한 최저설계금속온도의 조정

가. 충격시험을 한 구성부품은 용접후열처리를 하지 않는 부품 그림 3.12 또는 용접후열처리를 하는 부품 그림 3.13의 응력비율이 1보다 작고 그 최저설계금속온도가 -104℃(-155°F)보다 낮지 않다면, 구성부품은 충격시험온도보다 낮은 최저설계금속온도에서 사용될 수 있다. 그러한 구성부품은 그 최저설계금속온도는 제2항제5호(즉, 3 단계에서 최저설계금속온도 계산을 위한 출발점이 충격시험 온도이다)로부터 결정된 온도감소를 뺀 충격시험온도보다 낮아서는 안 된다.(제2항제4호나, 참조)

나. 제2항제5호 및 제2항제6호의 면제 조항은 압력이 그 내용물의 증기압에 좌우되는 용기(예를 들어, 냉동공장에 있는 용기와 낮은 계절적 대기온도에 노출되는 것)에 일반적으로 적용한다. 이러한 용도는 보통 최소 두께는 부속서 3.A의 해당 응력강도 값을 사용하여 적용할 재료 그룹에 대해(용접된 상태의 부품에 대해서) 그림 3.3 또는 (응력 제거한 부품에 대해서) 그림 3.4의 선 위에서 예상되는 최고온도에 상응하는 최고설계압력에 대해서 계산한다. 그리고 난 뒤 두께는 감소된 설계응력 값을 사용하여 적용할 재료 그룹에 대해 그림 3.3 또는 3.4 선 아래에서 예상되는 온도에 상응하는 최고설계압력에 대해서 계산한다. 그렇게 계산된 두께 중의 더 큰 값을 사용하여야 한다. 압력에 의해서 발생하는 하중이 미미할 때는 응력비율에 대한 압력비율의 비교로 충분할 수 있다.

7. 최저설계금속온도 아래에서 운전하는 용기 또는 구성부품

용기나 구성부품은 다음과 같은 경우에는 명판에 표시된 최저설계금속온도보다 낮은 온도에서 운전될 수 있다.

가. 최저설계금속온도와 같은 낮아진 운전온도를 사용할 때는 제2항의 규정은 만족되지만 어떤 경우에서도 그 운전온도는 -104℃(-155°F)보다 낮아서는 안 된다.

나. 그 두께가 압력하중을 기초로 한 용기나 구성부품은 그 압력에 상응하는 운전온도는 명판에 표시된 최저설계금속온도에서 제2항제5호로부터 결정된 허용 온도감소를 뺀 온도처럼 낮은 온도일 수 있다. 제2항제5호의 절차의 4 단계에서 사용된 비율은 그 표시된 최저설계금속온도에서의 그 용기의 설계압력에 상응하는 운전온도에서의 최고압력의 비율이지만, 어느 경우에서도 그 운전온도는 -104℃(-155°F)보다 낮아서는 안 된다.

8. 파괴역학 방법을 사용하는 최저설계금속온도의 설정

가. 제2항제1호 부터 제7호까지의 절차 대신에, 파괴역학(fracture mechanics)의 접근법을 사용하여 최저설계금속온도를 설정할 수 있다.

나. 최저설계금속온도를 결정하기 위하여 사용되는 평가는 취성파괴에 대한 민감도를 제어하는 모든 요인, 예를 들어, 열응력을 포함하는 적용하중

으로부터의 응력, 결함 크기, 모재와 용접이음의 파괴인성, 열처리 및 부하율의 체계적인 평가를 포함하여야 한다.

다. 파괴역학 평가에서 사용되는 기준결합크기는  $a = \min[t/4, 25 \text{ mm}(1 \text{ in.})]$  의 깊이와  $2c = 6a$ 의 길이를 가진 표면결합이어야 한다. 사용자가 승인한다면, 용기의 인증을 위하여 사용되고 확인되는 용접이음형상과 비파괴검사에 근거하여 대안적인 기준결합크기를 사용할 수 있다. (발전설비 용접 제115조 참조)

라. 재료 파괴인성은 그 재료에 대한 면제곡선(그림 3.7과 그림 3.8의 주를 참조)을 사용하여 정해야 한다. 사용자가 승인한다면, 파괴인성 시험결과에 근거하여 대안적인 재료 파괴인성을 사용할 수 있다.

마. 파괴역학 접근법을 이용하여 정한 최저설계금속온도는 제2항제1호마에서 주어진 것보다 낮아서는 안 된다.

9. 저온용도 재료의 용접후열처리 요건

가. 최저설계금속온도가 -48℃(-55°F)보다 낮고, 용접후열처리를 하지 않는 부품 그림 3.12 또는 용접후열처리를 하는 부품 그림 3.13의 응력비율이 0.24 이상이면, 용접이음은 발전설비 용접 제110조의 요건에 따라서 용접후열처리를 하여야 한다.

나. 위 가.의 요건은 제2항제1호에 따라서 최저설계금속온도 또는 그 이하에서 충격시험을 한 P-No.1 재료로 제작한 용기나 용기부품에서 아래의 (1) 및 (2)에 표시된 용접이음에는 적용하지 않는다. 모재, 용접금속 및 열영향부에 대한 최소평균에너지요구는 용접후열처리를 하지 않는 부품 그림 3.3 또는 용접후열처리를 하는 부품 그림 3.4에서 보는 값 대신에 41J (30 ft-lb)이어야 한다.

(1) 100% 방사선투과시험을 한 원추-원통 이음부를 제외한 타입 1 범주 A 및 B 이음부, 두께가 같지 않은 단면을 연결하는 범주 A 및 B 이음부는 3:1을 초과하지 않는 경사를 가진 천이부가 있어야 한다.

(2) 부착물의 용접이 제2항과 제8항의 요건을 만족한다면, 가벼운 하중이 걸리는 부착물은 10mm(3/8 in)를 초과하지 않는 각장을 가진 필릿 용접 (여기에서, 가벼운 하중이 걸리는 부착물이란 그 부착물 용접부내의 응력이 허용응력의 25%를 초과하지 않는 부착물로 정의한다.) 모든 용접부는 "발전설비용접"에 따라서 침투탐상법 또는 자분탐상법으로 검사하여야 한다.

10. 용접절차의 충격시험

가. 용접 구조에 대한 용접절차 인정은 다음의 규정이 요구할 때 용접부와 열영향부의 충격시험을 포함하여야 한다.

나. 다음의 어느 것이 해당될 때는, 용가재와 함께 용접한 용접부는 제2항제1호에 따라서 충격시험을 하여야 한다.

- (1) 이장에서 모재의 충격시험을 요구할 때,
- (2) 최저설계금속온도 이하의 온도에서 해당 SFA 규격에 의해서 충격시험으로 분류된 용가제가 사용되지 않는다면, 그림 3.7 또는 그림 3.8 곡선 C 또는 D로부터의 모재 또는 제2항제4호나.에 의해서 충격시험이 면제된 금속을 이을 때 그리고 그 최저설계금속온도가 -29℃(-20°F)보다 낮으나 -48(-55°F)보다 낮지 않을 때
- (3) 최저설계금속온도가 -48℃(-55°F)보다 낮을 때 제2항제3호부터 제5호에 의해서 충격시험이 면제된 모재를 연결할 때

다. 모든 최저설계금속온도에서 용접부의 두께가 13mm(1/2 in)를 초과할 때 또는 용접부의 두께가 8mm(5/16in)를 초과하고 최저설계금속온도가 10℃(50°F)보다 낮을 때에 용가제를 사용하지 않고 용접한 재료의 용접부. 이 요건은 재료규격의 일부로서 용접한 용접부에는 적용하지 않는다.

라. 용가제를 사용하거나 또는 사용하지 않은 용접 열영향부는 다음의 어느 것이 해당될 때에는 충격시험을 하여야 한다.

- (1) 이장에서 모재의 충격시험을 요구할 때,
- (2) 용접부의 어느 개별 용접층의 두께가 13mm(1/2in)를 초과하고, 최저설계금속온도가 21℃(70°F)보다 낮을 때,
- (3) 최저설계금속온도가 -48℃(-55°F)보다 낮을 때 제2항제4호나.에 의해서 충격시험이 면제된 모재를 이을 때,

마. 제8항제4호에 따른 제작 용기의 충격시험은 다음 중 어느 것이 해당되면 생략할 수 있다.

- (1) 최저설계금속온도가 -29℃(-20°F) 이상일 때, 제2항제3호부터 제5호에 의해서 충격시험이 면제된 강재의 용접
- (2) 제2항제10호나2) 및 3)에서 정의하는 용접금속,
- (3) 제2항제10호나3)에 해당되는 경우를 제외하고는, 제2항제3호부터 제5호에 의해서 충격시험이 면제된 강재의 열영향부

③ 퀴칭-템퍼링을 한 강재

1. 퀴칭-템퍼링을 한 페라이트 계 강에 대한 인성 요건

가. 표 3.A.2에 표시된 퀴칭-템퍼링을 한 모든 강재는 샤르피 V-노치 시험을 하여야 한다.

나. 충격시험은 설계에서 결정된 최저설계금속온도보다 낮은 온도에서 실시하여야 한다. 그러나 어떤 경우에도 최저설계금속온도는 0℃(32°F)보다 높아서는 안 된다.

다. 재료는 아래에서 허용된 최저설계금속온도보다 낮은 온도에서 사용할 수 있다.

- (1) 용접후열처리를 하지 않는 부품 그림 3.12 또는 용접후열처리를 하는

부품 그림 3.13에서 규정하는 응력비율이 0.24이하일 때는, 그 상응하는 최저설계금속온도는 -104℃(-155°F)보다 낮아서는 안 된다.

- (2) 용접후열처리를 하지 않는 부품 그림 3.12 또는 용접후열처리를 받은 부품 그림 3.13에서 규정하는 응력비율이 0.24를 초과할 때는, 그 상응하는 최저설계금속온도는 그 충격시험온도에서 열처리를 하지 않는 부품 그림 3.12 또는 용접후열처리를 하는 부품 그림 3.13에서 허용하는 허용온도감소를 뺀 값보다 낮아서는 안 되며, 어느 경우에도 -104℃(-155°F)보다 낮아서는 안 된다.

2. 충격시험

가. 시험편의 준비

모든 시험편은 제7항제2호에 따라 최종 열처리 상태에 있는 재료로부터 준비하여야 한다.

나. 충격시험의 회수와 시험편

샤르피 V-노치 충격시험은 3개의 시험편으로 구성되어야 한다. 압연 상태의 판재의 경우, V-노치 시험은 각 압연 상태의 강판으로부터 실시하여야 한다. (노멀라이징, 노멀라이징 및 템퍼링 또는 퀴칭-템퍼링이 된) 열처리를 한 강판의 경우, 샤르피 V-노치 시험은 각 열처리 된 상태의 강판으로부터 실시하여야 한다. 샤르피 V-노치 시험은 하나의 열처리 로트에 포함된 봉재, 관, 튜브, 압연형강, 단조품 또는 주조품의 각 히트로부터 실시하여야 한다. 충격시험의 회수는 재료규격이 요구하는 것보다 적어서는 안 된다.

다. 시험편의 위치와 방향

시험편의 위치와 방향은, 판재로부터의 시험편은 최종 압연방향에 수직 방향이어야 하고 단조품과 관은 주요 가공방향에 수직방향이어야 한다는 것을 제외하고는 제7항제2호 및 제3호의 샤르피 충격시험에 대한 요건을 따라야 한다.

라. 최소 횡팽창량은 제2항제1호가에 따라야 한다.

마. 재시험은 제7항제6호에 따라야 한다.

3. 낙하시험

가. 최저설계금속온도가 -29℃(-20°F)보다 낮을 때에는 “ASTM E 208, 페라이트 계 강의 무연성 전이 온도를 결정하기 위한 낙하시험의 실시 (Conducting Drop-Weight Test to Determine Nil-Ductility Transition Temperature of Ferritic Steels)”에서 규정되는 낙하시험을 표 3.A.2에 표시된 모든 재료에 실시하여야 하되, 다음 경우에는 낙하시험을 하지 않는다.

- (1) SA-522는 어떤 경우에도 미 실시
- (2) SA-353과 SA-553는 온도가 -196℃(-320°F) 이상일 때 미 실시

(3) SA-645 등급 A 온도가 -170℃(-275°F) 이상일 때 미 실시

나. 판재에 대한 시험 회수

두께가 16 mm(5/8 in) 이상인 판재의 경우, 열처리된 상태(제3항제2호 참조)의 각 판재에 대해서 1회의 낙하시험(시험편 2개)을 실시하여야 한다.

다. 단조품과 주조품에 대한 시험 회수

모든 두께의 단조품과 주조품의 경우, 어느 한 열처리 로트 내의 각 히트에 대해서는 1회의 낙하시험(시험편 2개)을 실시하여야 한다. 시료채취절차는 ASTM E 208의 요건에 따라야 한다.

라. 요구되는 시험결과

두 시험편은 시험온도에서 ASTM E 208에 규정하는 “무파단(no-break)” 기준을 만족하여야 한다.

④ 볼트를 제외한 고합금강

1. 고합금강에 대한 인성 요건

가. 충격시험은, 아래 제3호 및 제5호에 의하여 면제된 것을 제외하고는, 모든 재료와 최저설계금속온도의 조합은 표 3.A.3에 표시된 고합금 재료에 실시하여야 한다.

나. 충격시험이 요구되는 때는, 노치 반대쪽의 최소 횡팽창량은 -196℃(-320°F) 이상의 최저설계금속온도에 대해서 0.38mm(0.015in)이어야 한다. 이 온도보다 낮은 최저설계금속온도는 제조 용접의 경우, 피복아크용접(SMAW), 가스금속아크용접(GMAW), 서브머지드 아크용접(SAW), 플라즈마 아크용접(PAW) 및 가스텅스텐아크용접(GTAW)으로 제한한다. 용가재와 용가재/플럭스 조합의 각 히트, 로트 또는 일괄처리하는 아래 제5호라.1) 부터 3)이 요구하는 것처럼 사용 전에 시험한다. 아래 제5호라.4) 및 5)가 허용하는 사용 전 시험으로부터의 면제는 적용되지 않는다. 노치 인성시험은 아래 1) 또는 2)항에서 규정하는 대로 실시되어야 한다.

(1) Type 316L 용가재

(가) 제작에 사용되는 용가재 금속의 각 히트는 AWS A4.2에 따라서 교정한 페라이트 계 스코프(ferritescope) 또는 마그나 게이지(magna gauge)로 측정하거나 또는 그림 3.15에 따른 시험 용접부의 화학조성을 적용하여 결정하는 경우 페라이트 계 번호가 5를 초과하지 않아야 한다.

(나) 모재, 용접금속 및 열영향부의 노치 인성시험은 -196℃(-320°F)의 시험온도를 사용하여 실시하여야 한다.

(다) 각 시험조 3개 시험편의 각각은 0.53 mm(0.021in) 이상의 노치 반대 쪽 횡팽창이 있어야 한다.

(2) Type 316L 이외의 용가재를 사용하거나, 또는 모재, 용접금속 또는 열영향부가 위 1)항의 요건을 만족할 수 없다면,

(가) 노치 인성시험은 최저설계금속온도 이하의 시험온도에서 ASTM E 1820 JIC 방법을 사용하여 실시하여야 한다.

(나) 한조의 두 시험편은 KIC(JIC)가 132MPa√m(120 ksi√in)이상인 TL 방향에서 시험하여야 한다.

(다) 제작에서 사용되는 오스테나이트 계 스테인리스강 용가재의 각 히트 또는 로트의 페라이트 계 번호는 해당 시험 용접부에서 결정된 페라이트 계 번호보다 크지 않아야 한다.

2. 열처리를 실시할 때 요구되는 충격시험

다음의 재료는 명시된 온도범위 내에서 열처리가 적용될 때 마다 21℃(70°F) 또는 최저설계금속온도 중 더 낮은 온도에서 충격시험이 요구된다.

가. 480℃~900℃(900°F~1650°F)의 온도에서 열처리되는 Type 304, 304L, 316 및 316L 스테인리스강을 제외한 480℃~705℃(900°F~1300°F)의 온도에서 열처리된 오스테나이트 계 스테인리스강은 최저설계금속온도가 -29℃(-20°F)보다 높고, 용기 제작 충격시험이 범주 A와 B 용접 이음에 대하여 실시된다면 충격시험이 면제된다.

나. 315℃~955℃(600°F~1750°F)의 온도에서 열처리되는 오스테나이트-페라이트 이상계 스테인리스강

다. 425℃~730℃(800°F~1350°F)의 온도에서 열처리되는 페라이트계 크롬 스테인리스강과 마르텐사이트계 크롬 스테인리스강 재료의 열처리에는 열 절단은 포함하지 않는다.

3. 모재와 열영향부에 대한 충격시험 면제

위 제2호에서 한정된 경우를 제외하고는 다음과 같이 모재, 열영향부(용접된 경우) 및 최저설계금속온도의 조합에서는 충격시험이 요구되지 않는다. 가. 다음과 같은 오스테나이트 계 크롬-니켈 스테인리스강

(1) -196℃(-320°F)이상의 최저설계금속온도에서의 Type 304, 304L, 316, 316L, 321 및 347

(2) 위 가.에 표시되지 않고 -196℃(-320°F)이상의 최저설계금속온도에서 0.1%를 초과하지 않는 탄소함량을 가진 재료(탄소함량의 값은 구매자가 규정할 수 있거나, 재료규격의 한계 이내에 있어야만 한다.)

(3) -48℃(-55°F) 이상의 최저설계금속온도에서 0.1%를 초과하지 않는 탄소함량을 가진 재료(탄소함량의 값은 구매자가 규정한 것과 같을 수 있다)

(4) -29℃(-20°F) 이상의 최저설계금속온도에서의 주조품

나. 다음과 같은 오스테나이트계 크롬-망간-니켈 스테인리스강 (200 시리즈)

- (1) -196℃(-320°F) 이상의 최저설계금속온도에서 0.1%를 초과하지 않는 탄소함량의 재료
- (2) -48℃(-55°F) 이상의 최저설계금속온도에서 0.1%를 초과하는 탄소함량의 재료
- (3) -29℃(-20°F) 이상의 최저설계금속온도에서 주조품

다. -29℃(-20°F) 이상의 최저설계금속온도에서 모든 제품 형상강재

- (1) 10mm(3/8in)이하의 공칭재료두께를 가진 오스테나이트-페라이트 페라이트 이상 계 강재
- (2) 3mm(1/8in)이하의 공칭재료두께를 가진 페라이트 계 크롬 스테인리스강
- (3) 6mm(1/4in)이하의 공칭재료두께를 가진 마르텐사이트 계 크롬 스테인리스강

라. 최대 얻을 수 있는 샤프피 시험편이 노치쪽 폭이 2.5mm(0.099in) 미만인 시험편인 경우 충격시험은 요구되지 않는다.

마. 허용인장응력에 대한 적용 인장응력의 동시 비율이 0.24 미만일 때는 위 2.에서 한정된 경우를 제외하고는 충격시험은 요구되지 않는다.

#### 4. 용접절차 인정을 위한 충격시험의 면제

용접절차 인정의 경우, 제4항제2호에서 한정된 경우를 제외하고는, 용접금속과 최저설계금속온도의 다음 조합에 대하여 충격시험이 요구되지 않는다.

가. 0.1%를 초과하지 않는 탄소함량을 가진 오스테나이트 계 크롬-니켈 스테인리스강 모재의 경우, -104℃(-155°F) 이상의 최저설계금속온도에서 용가제의 추가 없이 용접

나. 오스테나이트 용접금속

- (1) 0.1%를 초과하지 않는 탄소함량을 가지고 -104℃(-155°F) 이상의 최저설계금속온도에서 SFA-5.4, SFA-5.9, SFA-5.11, SGA-5.14 및 SFA-5.22에 적합한 용가제 금속 용접
- (2) 0.1%를 초과하는 탄소함량을 가지고 -48℃(-55°F) 이상의 최저설계금속온도에서 SFA-5.4, SFA-5.9, SFA-5.11, SGA-5.14 및 SFA-5.22에 적합한 용가제 금속 용접

다. 다음 용접금속의 경우, 유사한 화학조성의 모재가 위 제3호다.에서 서술한 대로 면제된다면, 그 용접금속도 -29℃(-20°F) 이상의 최저설계금속온도에서 면제되어야 한다.

- (1) 오스테나이트-페라이트 계 합금 강재
- (2) 페라이트 계 크롬 스테인리스강
- (3) 마르텐사이트 계 크롬 스테인리스강

라. -104℃(-155°F)아래의 최저설계금속온도에서 오스테나이트 계 스테인리

스강 용가제에 요구되는 충격시험 -104℃(-155°F)아래의 최저설계금속온도에서의 제품 용접부는 다음의 모든 조건이 만족되어야 한다.

- (1) 용접법은 피복금속아크용접(SMAW), 가스금속아크용접(GMAW), 서브머지드아크용접(SAW), 가스텅스텐아크용접(GTAW) 및 플라즈마아크용접(PAW)으로 제한된다.
- (2) 해당 용접절차시방서(제4항제1호의 합격기준을 사용하는)는 최저설계금속온도 이하에서 제7항의 요건에 따른 충격시험이 포함된 또는 이장의 다른 규정에 충격시험이 면제된 절차인정기록서(PQR)를 보조한다.
- (3) (용가제의 사용 또는 사용이 없는 경우) 탄소함량은 용접금속의 0.1% 이하이어야 한다.
- (4) 용접금속은 아래의 조합과 같이 SFA-5.4, SFA-5.9, SFA-5.11, SFA- 5.14 및 SFA-5.22에 적합한 용가제 금속에 의해서 생성한다.
  - (가) 피복금속아크용접(SMAW), 및 가스금속아크용접(GMAW) 공정의 제조 용접에서 사용되는 용가제의 각 히트 및/또는 로트는 그 최저설계금속온도 이하에서의 충격시험으로 사용 전 시험을 실시하여야 한다. 시험 쿠폰은 SFA-5.4, A9.12에 따라서 준비하여야 한다. 합격기준은 제4항제1호에 따라야 한다.
  - (나) 서브머지드 아크용접 공정의 제조 용접에서 사용될 용가제 금속과 플럭스 조합의 각 히트는 그 최저설계금속온도 이하에서의 충격시험으로 사용 전 시험을 실시하여야 한다. 시험 쿠폰은 SFA-5.4, A9.12에 따라서 준비하여야 한다. 합격기준은 제4항제1호에 따라야 한다.
  - (다) 두 용접법 이상 또는 두 히트, 로트 조합 이상의 용접재료를 단일 시험 쿠폰으로 조합하는 것은 허용되지 않는다. 제조자 검사증명서가 용가제와 함께 공급된다면, 최저설계금속온도 이하에서의 사용 전 시험은 용가제 제조자가 실시할 수 있다.
  - (라) 최저설계금속온도 이하에서 제8항에 따르는 절차인정 충격시험이 동일한 제조자 상품명과 종류의 용가제 금속을 사용하여 실시된다면, 각 히트, 로트의 사용 전 시험이 없이, 다음의 용가제 금속을 사용할 수 있다: ENiCrFe-2, ENiCrFe-3, ENiCrMo-3, ENiCrMo-4, ENiCrMo-6, ERNiCr-3, ERNiCrM0-3, ERNiCrM0-4, SFA-5.4, E310-15 또는 16
  - (마) 최저설계금속온도 이하에서 제8항에 따르는 절차인정 충격시험이 실시된다면, 각 히트의 사용 전 시험이 없이, 다음의 용가제 금속을 사용할 수 있다: 가스텅스텐아크용접(GTAW)과 플라즈마아크용접(PAW) 공정과 함께 사용되는 ER308L, ER316L 및 ER310.

⑤ 비철합금

1. 표 3.A.4 부터 표 3.A.7 에 표시된 비철재료는 그 표의 재료에 대한 조성 범위 이내 용착 용접금속과 함께 영하의 온도의 충격저항에서 현저한 저하를 받지 않는다. 따라서 다음에 대한 추가적 요건은 규정되지 않는다.
  - 가. -269°C (-452°F)까지의 온도에서 단조 알루미늄합금이 사용될 때,
  - 나. -198°C (-325°F)까지의 온도에서 동 및 동합금, 니켈 및 니켈합금 그리고 주조 알루미늄합금이 사용될 때,
  - 다. -59°C (-75°F)까지의 온도에서 티타늄 또는 지르코늄과 지르코늄 합금이 사용될 때
2. 표 3.A.4 부터 표 3.A.7 내에 표시된 비철재료는, 그 사용자가 인장 연신률의 결정과 (노치가 없는 인장강도와 비교하여) 예리한 노치의 인장강도와 같은 적절한 시험결과로 그 재료가 그 설계온도에서 적절한 연성을 가지고 있다는 것에 대하여 자신을 납득시킬 수 있다면, 여기에서 규정된 온도보다 더 낮은 온도에서 그리고 다른 용접금속 조성에 대해서 사용될 수 있다.

⑥ 볼트 재료

1. 설계기준에 따라 설계된 플랜지 연결에 사용하기 위한 볼트재료
  - 가. 표 3.4, 3.5, 3.6 및 3.7에 표시된 볼트재료는 이 표 내의 것과 같거나 높은 최저설계금속온도에서 사용될 때는 충격시험이 요구되지 않는다.
  - 나. 표 3.4, 3.5, 3.6 및 3.7에서 나타난 것보다 낮은 온도에서 사용될 볼트 재료는, 인성 표준이 제2항 또는 제4항에 따른 합격기준이 있는 샤프피 V-노치이어야 한다는 것을 제외하고는, SA-320에 적합하여야 한다.
2. 설계해석에 따라 설계된 플랜지 연결에 사용하기 위한 볼트재료
  - 가. 설계해석에 따라 설계된 플랜지 연결에 사용하기 위한 표 3.A.11에 표시된 철계 볼트 재료는 충격시험이 요구된다. 3개의 샤프피 V-노치 충격시험편의 평균은 적어도 41J(30ft-lb)이어야 하고, 개별 시험편의 최소값은 34J(25ft-lb)이상이어야 한다.

⑦ 인성시험 절차

1. 시험절차
  - 가. 충격시험 절차와 장치는 SA-370 또는 ISO 148(1, 2 및 3부)의 요구에 따라야 한다.
  - 나. 충격시험 온도는 그 최저설계금속온도보다 높아서는 안 된다
2. 시험편
  - 가. 충격시험의 각조는 3개의 시험편으로 구성되어야 한다.
  - 나. 충격시험 시험편은 샤프피 V-노치 형식이어야 하며, (A형 시험편에 대하여) SA-370의 시험편 요건에 적합하여야 한다. 표준의 전체크기 (10mm×10mm) 시험편을 얻을 수 있을 때는 그것을 사용하여야 한다.

규정시험온도에서 전체크기 시험편을 사용하여 시험하였을 때 244J(180ft-lb)을 초과하는 흡수 에너지를 갖는 보통 재료에 대해서는, 소형의(10mm×6.7mm) 시험편을 전체크기 시험편 대신에 사용할 수 있다. 그러나 이 선택 안을 사용할 때는, 그 합격기준은 각 시험편에 대하여 최소 102J(75ft-lb)이 되어야 한다.

- 다. 재료의 형상 또는 두께로 인하여 전체크기 시험편을 얻을 수 없는 재료에서는 시험편이 얻을 수 있는 가능한 가장 큰 크기의 시험편이든지, 표면의 불규칙 부분을 제거하기 위하여 기계 가공을 하여야 하는 전체 재료두께이어야 한다.[아래 제5호의 시험온도기준이, 그 노치에 연한 폭이 그 재료의 두께의 80% 미만일 때, 655MPa(95ksi) 미만의 규정최소인장강도를 가진 탄소강과 저합금강 재료에 적용되어야 한다.] 대안으로서, 이러한 재료는 가능한 가장 큰 샤프피 소형의 시험편을 만들기 위하여 두께를 감소시킬 수 있다. 얻을 수 있는 최대 샤프피 시험편이 노치에 연한 2.5mm(0.099in) 미만의 폭을 갖는 곳에서는 인성시험이 요구되지 않는다. 그러나 충격시험에 너무 얇은 탄소강은 제2항제9호에 의해서 제공되는 면제를 전제로, -48°C (-55°F)보다 낮은 설계온도에 대해서 사용하지 않아야 한다.

3. 제품 형상

- 가. 각 제품형상의 충격시험편은 채취절차 요건에 따라 정해진 방향과 위치에 따라야 한다.
- 나. 주조 및 단조에 의한 작은 부품의 제조자는 동일한 규격, 재료의 히트 및 열처리를 포함한 제작 공정이 그 로트의 모두에 사용되었다면, 임의로 채취한 부품으로부터 얻은 충격시험편 한 조의 결과에 따라 20개 이하의 복제 부품의 로트를 인정할 수 있다. 그 부품이 제7항제2호에서 지시하는 최소크기의 시험편 3개를 제공하기에 너무 작을 때는, 충격시험은 실시할 필요가 없다(제7항제2호다, 참조).

4. 충격시험 요건과 일치의 인증

- 가. 재료 제조자가 인증한 충격시험 보고서는 그 재료가 이 호의 요건을 만족시킨다는 것을 보증하려면 아래 요건을 충족해야한다.
  - (1) 취한 시험편이 공급된 재료(제7항제3호가 참조)를 대표하는 것이며, 그 재료는 그 충격성질을 상당히 감소시킬 제작 도중 또는 후의 열처리를 하지 아니한다.
  - (2) 시험편을 채취하는 재료는 그것이 완성된 용기의 재료를 대표하도록 분리하여 열처리 되었다.
- 나. 시험의 회수와 시험편 채취방법이 그 재료 제조자를 위하여 규정된 것과 같다면 용기 제조자는 재료 제조자가 충격시험을 하지 않은 재료의 적합성을 확인하기 위하여 충격시험을 하게 할 수 있다.



## 5. 충격시험의 온도기준

모든 샤르피 충격시험은 다음의 시험온도기준이 준수되어야 한다.

- 가. 10mm(0.394in) 이상 두께의 재료 - 채취할 수 있는 가장 큰 샤르피 V-노치 시험편이 적어도 8mm(0.315in)의 노치에 연한 폭을 가진 곳에서의 샤르피 충격시험은 최저설계금속온도 이하의 온도에서 실시하여야 한다. 채취할 수 있는 가장 큰 샤르피 V-노치 시험편이 8mm(0.315in) 미만의 노치에 연한 폭은 그 시험편 폭에 최저설계금속온도보다 표 3.11에서 나타내는 온도만큼 더 낮은 온도에서 실시하여야 한다.
- 나. 10 mm(0.394 in) 미만 두께의 재료 - 채취할 수 있는 가장 큰 샤르피 V-노치 시험편이 그 재료 두께의 적어도 80%가 되는 노치에 연한 폭을 가진 곳에서의 샤르피 충격시험은 최저설계금속온도 이하의 온도에서 실시하여야 한다. 채취할 수 있는 가장 큰 샤르피 V-노치 시험편이 8mm(0.315in) 미만의 노치에 연한 폭을 가진 곳에서는, 655MPa(95ksi) 미만의 규정최소인장강도를 가진 탄소강과 저합금 재료에 대한 시험은 그 시험편 폭에 대하여 최저설계금속온도보다 실제 재료두께에 상응하는 온도감소와 실제 시험한 샤르피 시험편 폭에 상응하는 온도감소 사이의 차이(표 3.11 참조)만큼 더 낮은 온도에서 실시하여야 한다. 제7항 제2호나의 선택 안이 사용될 때에는 이 요건은 적용되지 않는다. 표 3.A.2. 655MPa(95ksi) 이상의 규정최소인장강도를 가진 탄소강과 저합금강 재료 및 고합금강 재료와 향상된 인장성질을 가진 퀸칭-템퍼링을 한 재료에 대한, 시험은 최저설계금속온도 이하의 온도에서 실시되어야 한다.

## 6. 제시험

가. 흡수에너지 기준 - 흡수에너지기준이 만족되지 못 하면, SA-370의 해당 절차에 따르는 제시험이 허용되어야 한다.

나. 횡팽창 기준 - 제시험은 다음과 같이 실시되어야 한다.

- (1) 3개의 시험편 평균값이 요구 값 이상이면, 제시험이 허용된다.
- (가) 655MPa(95ksi) 이상의 규정최소인장강도를 가진 표 3.A.1(탄소강 및 저합금강)의 재료 및 표 3.A.2(퀸칭-템퍼링을 한 고장력강) 재료의 경우, 3개의 한 그룹 내에서 하나의 시험편에 대한 횡팽창의 측정값이 그림 3.6에서 요구되는 것보다 낮으면,
- (나) 최저설계금속온도가  $-196^{\circ}\text{C}(-320^{\circ}\text{F})$  이상인 표 3.A.3(고합금강)의 재료의 경우, 3개의 한 그룹 내에서 하나의 시험편에 대한 횡팽창의 측정값이 0.38mm(0.015in) 미만이나 요구되는 값의 2/3 미만이면,
- (다) 최저설계금속온도가  $-196^{\circ}\text{C}(-320^{\circ}\text{F})$  미만인 표 3.A.3(고합금강)의 재료의 경우, 3개의 하나의 그룹 내의 한 시험편에 대한 횡팽창의

측정값이 0.53mm(0.021in) 미만이면,

(라) 표 3.A.2 (퀸칭-템퍼링을 한 고장력강)의 재료의 경우, 3개의 한 그룹 내에서 하나의 시험편에 대한 횡팽창의 측정값이 그림 3.6에서 요구되는 것보다 작으나 그 요구되는 값의 2/3 이상이면,

- (2) 제시험은 3개의 추가 시험편으로 구성되어야 한다. 655MPa(95ksi) 이상의 규정최소인장강도를 가진 표 3.A.1(탄소강 및 저합금강)의 재료 및 표 3.A.2(퀸칭-템퍼링을 한 고장력강) 재료의 경우, 각 시험편의 제시험 값은 용접후열처리를 하지 않는 시험편에 대한 표 3.3과 용접후열처리를 하는 시험편에 대한 표 3.4에서 요구되는 값 이상이어야만 한다. 표 3.A.3(고합금강)의 재료의 경우, 각 시험편에 대한 제시험 값은  $-196^{\circ}\text{C}(-320^{\circ}\text{F})$  이상인 최저설계금속온도는 0.38mm(0.015in) 이상이어야만 한다.  $-196^{\circ}\text{C}(-320^{\circ}\text{F})$  이하인 최저설계금속온도에 대해서는 제2항제1호가.(2) 및 제4항제1호나.를 참조한다.

- (3) 열처리에 의해서 향상된 성질을 가지는 재료의 경우, 요구되는 값이 제시험에서 얻어지지 않거나 또는 첫 시험에서의 값이 제시험에서 요구되는 값보다 낮으면, 그 재료는 재열처리를 하여 제시험할 수 있다. 재열처리 후에, 3개의 시험편을 만들어야 하며, 합격하기 위해서는 그 시험편 각각의 횡팽창은 그림 3.6에서 요구하는 값 이상이어야만 한다.

다. 결함이 있는 시험편에 불규칙한 결과가 발생하거나 시험절차에 불확실성이 있을 때에는 제시험이 허용된다. 제7항제2호나의 선택 안이 첫 시험을 위하여 사용되고 102J(75 ft-lb)의 합격기준이 얻어지지 않을 때는, 전체크기 시험편(10mm×10mm)을 사용하는 제시험이 허용된다.

## ⑧ 용접절차의 충격시험과 철 재료의 시험편

### 1. 충격시험

가. 용접구조의 강제 용기는 절차인정 시험편과 용기 시험편(제품 충격 시험편)의 용접부와 열영향부의 충격인성은 이 항에서의 요구에 따라 결정하여야 한다.

나. 모든 시험편은 실제 제작에서 사용하기 위하여 제조자가 정한 냉각속도와 온도 또는 온도에서의 합계시간을 포함하여 열처리를 하여야 한다. P-No.3 그룹1, 그룹2 및 그룹3의 재료는 표 6.8에서 규정되고 표 6.16에서 허용된 온도와 시간에서 그 시험편의 용접후열처리 후에 충격성질이 결정되었다면, 용접절차 인정과 제조 시험편의 용접부와 열영향부의 충격시험은 반복할 필요가 없다.

### 2. 용접부 충격시험의 위치, 방향, 온도 및 값

가. 모든 충격시험은 다음의 요건을 따라야 한다.

나. 용접금속 충격 시험편의 각 조는 그 노치가 용착부 내에 있게 하여 용접부를 가로질러 채취해야 한다. 각 시험편은 그 노치가 재료의 표면에

직각이 되도록 방향을 잡아야 하며, 시험편의 한 면이 재료 표면의 1.5mm(1/16in) 이내에 있어야 한다. 질차시험을 두께가 38mm(1-1/2in)를 초과하는 재료에 할 때는, 충격 시험편의 두 조를 그 용접부로부터 채취하되, 한 조는 그 재료의 한 쪽 표면으로부터 1.5mm(1/16in) 이내에 위치하여야 하고, 다른 한 조는 위에서 설명한 것처럼 반대 측 표면과 두께 중심 사이의 가능한 한 중간에 가깝게 채취해야 한다.

다. 열영향부 충격 시험편의 각 조는 용접부를 가로지르고 에칭 후에 그 노치가 열영향부에 위치하도록 충분한 길이를 가져야 한다. 노치는 파단시 가능한 한 많은 열영향부가 포함되게 하는 방식으로 재료 표면에 대략 직각으로 잘라야 한다.

라. 전기저항 용접 관에 대해서와 같은 고상용접(solid state welding) 공법의 용접부는 노치가 용접부의 중앙선에 위치하도록 용접부를 가로질러 취한 3개 시험편의 한 조만으로 용접 충격시험이 구성되어야 한다. 각 시험편은 노치가 재료의 표면에 직각이 되도록 방향을 잡아야 하며, 시험편의 한 면이 그 재료 표면의 1.5mm(1/16in) 이내에 있어야 한다.

마. 용접부와 열영향부에 대한 시험온도는 모재보다 높아서는 안 된다.

바. 충격값은 적어도 모재에서 요구되는 값과 같아야 한다.

#### 3. 용접절차를 위한 충격시험

가. 제4항제4호 및 제2항제10호에 의해서 면제되는 것을 제외하고는, 모재가 충격시험을 받도록 요구될 때, 용접부와 열영향부에 용접절차 충격시험을 실시하여야 한다.

나. 용착부에 대해서 충격시험이 요구되나 그 모재가 충격시험이 면제되면, 용접절차 시험편을 만들어야 한다. 시험편 재료는 용기에서 사용되는 동일한 P-No와 그룹 No.의 재료이어야 한다. 충격 시험편의 한 조를 노치가 용접금속의 중앙이 되고 표면에 직각이 되도록 취하여야 한다. 열영향부는 충격시험이 필요 없다.

다. 제작용접을 위하여 채택된 용접절차가 필릿 용접부 만을 위하여 사용될 때에는, 그것은 흡용접 인정시험으로 인정되어야 한다. 충격시험이 요건일 때는, 인정 시험편이나 관 재료는 제7항의 요건을 만족시켜야 한다.

라. 충격시험에 대해서 “발전설비 용접 별표1”에서 규정된 추가적 필수변수가 요구된다.

마. 하한 임계온도에서 용접후열처리를 하는 시험편이나 관은 그 인정된 최대두께는 그 시험편이나 관의 두께이다.

바. 표 3.A.1([탄소강 및 저합금강](#))의 재료의 경우, 시험편은 제조에서 사용되는 재료에 관계되는 다음의 요건 모두를 만족시켜야 한다.

(1) 동일한 P-No.와 그룹No.이어야 한다.

(2) 동일한 열처리 상태에 있어야 한다.

(3) 절차에 의해서 인정된 모재의 범위의 가장 두꺼운 재료에 대한 제2, 3 및 4항의 최소인성요건

#### 4. 용기 시험관의 충격시험

가. 모재가 충격시험을 받도록 요구되는 때는, 용접부와 열영향부의 충격시험은 각 용기에 사용되는 인정된 각 용접절차에 대해서 제8항제2호에 따라서 범주 A 및 B 이음부에 실시하여야 한다. 시험편은 용기나 용기 그룹에 사용되는 강재의 히트 중 하나로부터 나와야 하며, 제조 이음부에서 사용될 장비, 용접재료 및 절차를 사용하여 할 수 있는 곳에서는 제작 범주 A 이음부의 끝에 연장하여 용접하여야 한다.

나. 범주 A 이음부에 사용하였던 것과는 다른 용접절차를 사용하여 용접된 범주 B 이음부의 경우, 그 용기에 사용된 제조 용접조건 하에서 동일한 종류의 장비를 사용하고 같은 위치에서 이음부에 사용된 동일한 용접절차를 사용하여 시험편을 용접하여야 하며, 제조 용접부와 동시에 또는 실제로 할 수 있는 한 제조 용접의 시작에 가깝게 용접하여야 한다.

다. 요구되는 충격 시험편의 개수

(1) 용기가 아래 2)에서 규정된 여러 개 중 하나가 아니라면, 각 용기의 경우, 범주 A와 범주 B 이음부에 대해서 사용된 각 용접절차에 대하여 한 개의 시험편을 만들어야 한다. 이에 추가하여, 범주 A와 범주 B 이음부에 대해서는 다음의 요건이 적용되어야 한다.

(가) 자동용접 또는 반자동용접이 실시되면, 용기 용접에서 채택된 각 자세에서 시험편을 제작하여야 한다.

(나) 수동용접이 채택되면, 아래보기자세에서만 시험편을 제작하여야 한다. 용접이 다른 자세에서도 실시될 것이라면, 시험편은 수직 자세에서만 제작할 필요가 있다(여기서 용접 층의 대부분이 수직상향방향으로 용착된다). 수직으로 용접한 시험편이 모든 자세에서의 수동용접을 인정할 것이다.

(다) 용기 시험편은 “발전설비 용접” 제8조제7항제1호에 따라서 용기 재료 두께에 대한 충격요건을 인정하여야 한다. 두께가 16mm(5/8in) 미만이면, 시험재료의 두께가 인정된 최소두께이다.

(2) 한 위치에서 3개월 기간 이내에 용접된 여러 개의 용기 또는 용기 부품의 경우, 6mm(1/4in) 또는 25% 중 더 큰 것을 초과하여 변동하지 않고, 같은 규격과 재료 등급인 판 두께에 대해서는 같은 절차로 용접된 이음부의 매 122m(400ft)에 대하여 시험편을 만들어야 한다.

라. 용기 시험편이 충격 요건을 만족시키지 못 한다면, 시험편으로 대표되는 용접부는 불합격 대상이 되며, 재열처리와 재시험 또는 재시험이 허용된다.

**제147조 (가스화로설비 및 부속설비의 구조) ①** 기술기준 제119조에서 “안전한 것”

이란 가스화로설비 제148조부터 제159조까지로 설계된 것을 말한다.

**제148조 (설계일반 요건) ① 최소두께 요건.**

성형 후 제품형상 및 재료에 관계없이 동체와 경판에 대하여 허용되는 최소두께는 부식여유를 제외하고 1.6 mm이어야 한다. 아래의 경우는 예외이다.

1. 이 최소두께는 판형 열교환기의 열전달 판에는 적용되지 않는다.
2. 이 최소두께는 이중 관 열교환기의 내부 관, 동체, 케이싱 또는 닥트에 의해서 둘러싸이고 보호되는 그 크기가 DN 150 이하인 관, 튜브에는 적용되지 않으며, 기타 모든 열교환기의 압력부품은 1.6 mm의 최소두께 요건을 반드시 만족시켜야 한다.
3. 탄소강이나 저합금강으로 제작된 압축공기, 수증기 및 물에 사용하는 동체와 경판의 최소두께는 부식여유를 제외하고 2.4 mm가 되어야 한다.
4. 최소두께가 아래 규정을 모두 만족한다면 공랭식 또는 냉각탑식 열교환기의 튜브에는 적용되지 않는다.
  - 가. 튜브가 핀 또는 기타 기계적 방법으로 보호되어야 한다.
  - 나. 튜브 바깥지름이 최소 10 mm, 최대 38 mm가 되어야 한다.
  - 다. 최소두께는 제150조 제3항의 식으로 계산한 값 이상이어야 하며, 20℃에서 3.5MPa의 압력을 사용하여 계산한 최소두께 또는 0.5 mm 보다 커야한다.

**② 재료두께 요건은 아래와 같다**

1. 제작여유  
재료 두께는 성형, 열처리 및 기타 제작공정이 그 재료의 두께를 최소요구 두께 이하로 감소되어서는 아니 된다.
2. 판재의 하한공차  
판재는 설계두께보다 두껍게 구매하여야 한다. 재료규격이 설계두께보다 0.3mm 또는 6%중 보다 작은 값으로 공급된다면, 그 판재로 제작된 용기는 전 설계압력에 사용할 수 있다. 만일 구매한 판재 규격이 설계 두께보다 더 큰 하한공차를 허용한다면, 구매 두께는 설계 두께보다 더 커야하며 공급되는 두께는 설계두께의 0.3mm 또는 6% 중 작은 값이어야 한다.
3. 관의 하한공차  
관 또는 튜브를 공칭벽두께로 구매한다면, 벽두께에 대한 제작 하한공차 (manufacturing under-tolerance)를 감안하여야 한다. 최소벽두께를 결정한 후, 구매 두께는 관 또는 튜브의 구매 규격에서 허용하는 제작 하한공차를 감안하여 충분히 증가시켜야 한다.

**③ 부식여유는 사용자가 그 용기의 사용기간을 감안하여 부식여유를 결정하여야 하며, 사용자 설계시방에 명시하여야 한다. 제조자는 최소주문 판재두께에 맞추기 위해 모든 최소요구두께에 부식여유를 더 하여야하나, 부식여유가 용기의 모든 부분에 대하여 동일할 필요는 없다.**

**④ 용기부품의 설계두께는 아래1.에서 규정하는 하중 및 하중조합으로 결정하여야 한다. 하중해석에 의한 설계 절차를 사용하여 설계두께를 결정할 수 있으나 어떤 경우에도 그 설계두께는 위 ①항에서 규정하는 최소두께보다 작아서는 안 된다.**

1. 설계하중과 하중조합  
압력용기 구성부분의 최소벽두께를 결정하기 위한 설계 시 적용되는 모든 하중과 하중조합을 감안하여야 한다.  
가. 설계에서 고려하여야 할 하중은 표 4.1.1에 필요시 표시되지 않은 기타 하중도 감안하여야 한다.  
나. 하중조합은 표 4.1.2에 필요시 표시되지 않은 기타 하중도 감안하여야 한다.  
다. 하중조합을 해석할 때에는, 허용응력의 값을 설정온도에서 평가하여야 한다.  
라. 최대두께를 결정하기 위해서는 하중의 조합을 평가하여야 한다. 하중평가에서 압력(P)을 포함하는 경우 압력이 영(0)이 되는 영향을 감안하여야 한다.  
마. 적용되는 하중과 하중조합을 사용자 설계시방에 명기하여야 한다.  
바. 용기나 그 부품에 반복하중이 가해지고 피로해석이 요구된다면, 압력주기 도수분포그래프와 상응하는 열주기 도수분포그래프를 사용자 설계시방에 제공하여야 한다.

**⑤ 설계허용응력은 아래와 같다.**

1. 설계조건  
모든 재료에 대한 허용응력 값은 표 3.A.1 ~ 3.A.11에 따르고, 1차 응력을 유발하고 운전 중에 동시에 발생할 것으로 예상되는 어느 하중의 조합(④항 참조)에 대하여 제147조~제159조로 계산한 용기의 벽두께는 아래 식을 만족하여야 한다.

$$P_m \leq S \tag{4.1}$$

$$P_m + P_b \leq 1.5S \tag{4.2}$$

2. 시험조건  
시험조건에 대한 허용응력은 아래 요건으로 결정하여야 한다. 이 허용응력이 초과되지 않도록 시험압력을 제한할 수 있는 제어장치를 설치해야한다. 필요 시 정수압과 추가 압력하중을 포함시켜야 한다.

가. 정수압으로 시험하는 용기  
정수압 시험이 발전설비 용접 제119조~제121조에 따라서 실시될 때에는, 완성된 용기의 정수압 시험압력은 다음의 등가 응력한계에 도달하는 값을 초과하지 말아야 한다.

(1) 계산된  $P_m$ 이 아래의 해당 한계를 초과해서는 안 된다.

$$P_m \leq 0.95S_y \quad (4.3)$$

(2) 계산된  $P_m + P_b$ 가 아래의 해당 한계를 초과해서는 안 된다.

$$P_m \leq 0.67S_y \text{에 대해서}$$

$$P_m + P_b \leq 1.43S_y \quad (4.4)$$

$$0.67S_y < P_m \leq 0.95S_y \text{에 대해서}$$

$$P_m + P_b \leq (2.43S_y - 1.5P_m) \quad (4.5)$$

나. 공기압으로 시험하는 용기

공기압 시험이 발전설비 용접 제119조~제121조에 따라서 실시될 때에는, 완성된 용기의 공기압 시험압력은 다음의 등가 응력한계에 도달하는 값을 초과하지 않아야 한다.

(1) 계산된  $P_m$ 이 아래의 해당 한계를 초과해서는 안 된다.

$$P_m \leq 0.8S_y \quad (4.6)$$

(2) 계산된  $P_m + P_b$ 가 아래의 해당 한계를 초과해서는 안 된다.

$$P_m + P_b \leq 1.20S_y \text{에 대해서}$$

$$P_m + P_b \leq 1.20S_y \quad (4.7)$$

$$0.67S_y < P_m \leq 0.8S_y \text{에 대해서}$$

$$P_m + P_b \leq (2.20S_y - 1.5P_m) \quad (4.8)$$

### 3. 1차 및 2차응력의 합

설계온도에서 허용 1차 및 2차응력의 합은 다음 식으로 계산하여야 한다.

$$S_{PS} = \max.[3S, 2S_y] \quad (4.9)$$

그러나 다음의 경우에는 SPS = 3S로 제한하여야 한다.

가. 최소규정항복강도와 극한인장강도의 상온비율이 0.70을 초과하는 경우  
나. 허용응력이 시간-종속 특성에 의해 지배를 받는 경우

### ⑥ 클래딩과 용접 덧씌우기

1. 클래드 판재의 설계계산은 모재의 공칭두께에 클래딩 공칭두께의  $S_C/S_B$ 배를 더한 것에서 부식여유를 뺀 것과 같다.

가. 클래드 판재는 표3.A.1 ~ 표3.17에 표시된 규격중 하나에 적합하거나, 덧씌우기 용접 클래드 판재이다.

나. 클래딩을 복구하기 위해 모재에 내식성 용접금속을 용착시켜 이음부를 완성한다.

다. 약한 재료의 허용응력은 강한 재료의 허용응력의 최소 70%가 되어야 한다.

2.  $S_C$ 가  $S_B$ 보다 클 때에는, 승수  $S_C/S_B$ 는 1과 같아야 한다.

⑦ 용기의 벽 두께를 계산할 때 내식성, 내마모성 라이닝은 벽 두께에 포함하지 않는다.

⑧ 가스화로설비 내부의 열교환용 튜브 및 헤더는 제2장 “보일러 및 부속설비”를 준용한다.

⑨ 플랜지와 관이음쇠는 다음 표준의 사용이 인정된다.

1. 부속서4(ASME B16.5) Pipe Flanges and Flanged Fittings
2. 부속서5(ASME B16.9) Factory-Made Wrought Steel Butt-Welding Fittings
3. 부속서6(ASME B16.11) Forged Fittings, Socket-Welding and Threaded
4. 부속서7(ASME B16.15) Cast Bronze Threaded Fittings, Classes 125 and 250
5. 부속서8(ASME B16.20) Metallic Gaskets for Pipe Flanges - Ring-Joint, Spiral-Wound, and Jacketed
6. 부속서9(ASME B16.24) Cast Copper Alloy Pipe Flanges and Flanged Fittings, Class 150, 300, 400, 600, 900, 1500 and 2500
7. 부속서13(ASME B16.47) Large Diameter Steel Flanges, NPS 26 Through 60

### ⑩ 기호설명

- $P_m$  : 일반 1차 막응력  
 $P_m + P_b$  : 일반 1차 막응력 + 1차 굽힘 응력  
 $S_B$  : 설계온도에서의 모재 판재에 대한 설계온도에서의 표 3.A.1 ~ 3.A.11로부터의 허용응력  
 $S_C$  : 클래딩에 대한 설계온도에서의 표 3.A.1 ~ 3.A.11로부터의 허용응력, 또는 용접 덧씌우기에 대하여 그 화학적 성질이 설계온도에서 클래딩의 화학적 성질과 가장 밀접하게 근사한 단조재료의 허용응력  
 $S$  : 설계온도에서의 표 3.A.1 ~ 3.A.11로부터의 허용응력  
 $S_y$  : 시험온도에서의 항복강도  
 $S_{PS}$  = 설계온도에서의 허용 1차 및 2차응력의 합

**제149조 (용접이음의 설계)** ① 용접범주는 이음 형식과 압력 용접이음, 시험에 대한 특별요건의 규정에 사용하기 위한 것이다. 두께에 근거한 이 특별요건이 용접이음마다 적용되는 것은 아니기 때문에, 특별요건이 적용되는 이음만이 범주에 포함된다. 용접범주는 표 4.2.1에서 정의되고, 그림 4.2.1에 나와 있다.

- ② 용접이음 형식은 압력 또는 비압력부분 사이의 용접 형식을 정의하며, 표 4.2.2에 나와 있다.
- ③ 용접이음의 효율은 수치로서 나타내며, 이음 설계에서 표 3.A.1 ~ 3.A.11에서 해당 허용응력 값의 승수로서 사용한다.
- ④ 허용되는 이음 형식은 아래와 같다.

#### 1. 범주 A

- 가. 범주 A의 모든 이음은 형식1 맞대기이음이어야 한다.  
 나. 인정할 수 있는 범주 A 용접은 표 4.2.4 및 표 4.2.5에 나와 있다.  
 다. 두께가 상이한 단면 사이의 천이 이음 - 두께가 얇은 쪽 단면의 두께

1/4 또는 3 mm을 초과하는 다른 단면 이음에는 기울기가 있는 천이가 마련되어야 한다. 그 천이는 균일한 기울기를 만들 수 있는 어떠한 공정에서나 성형할 수 있다. 피로해석이 요구되지 않을 때에는, 아래의 추가적 요건이 적용되어야 한다.

- (1) 맞대기용접으로 부착하는 동체 단면에서 기울기가 요구될 때는, 그 천이 형상은 표 4.2.4의 4, 5 및 6에 따라야 한다.
- (2) 맞대기용접으로 부착하는 반구형 경관에 기울기가 요구될 때는, 그 천이 형상은 표 4.2.4의 2, 3, 4 및 5에 따라야 한다.
- (3) 남은 두께가 같은 지름의 동체에 대해서 요구되는 두께와 같다면, 안지름의 원통보다 더 두꺼운 두께를 가진 반구형 경관은 그 원통의 바깥지름까지 기계가공을 할 수 있다.
- (4) 용접 가장자리를 추가 용접금속으로 천이를 성형할 때는, 추가적 용착금속 덧살붙임은 발전설비용접 제95조 ~ 제113조의 요건을 따라야 한다. 그 맞대기용접은 부분적으로 또는 모든 부위의 경사진 부분에 할 수 있다.
- (5) 이 항의 요건은 플랜지 허브에는 적용되지 않는다.

## 2. 범주 B

가. 범주 B의 이음은 아래 형식 중 하나를 따라야 한다.

- (1) 형식 1 맞대기이음
- (2) 아래 제6호에서 제한한 것을 제외하고는, 형식2. 맞대기이음
- (3) 두께 16 mm 이하 및 지름 610 mm 이하의 동체에는 형식 3. 맞대기이음만을 따라야 한다.

나. 인정할 수 있는 범주 B 용접은 표 4.2.4 및 표 4.2.5에 나와 있다.

다. 형식2.의 맞대기이음 받침쇠는 제거하여야 한다. 만일 받침쇠가 있는 형식2. 맞대기이음의 피로해석이 요구된다면, 막 응력에 대해서는 2.0의 응력집중계수를, 굽힘응력에 대해서는 2.5의 응력집중계수를 적용하여야 한다.

라. 두께가 상이한 동체 단면 사이의 천이 이음은 위1.다의 요건을 만족시켜야 하고, 표 4.2.4와 표 4.2.5를 따라야 한다. 남은 두께가 같은 지름의 동체에 대해서 요구되는 두께와 같다면 안지름의 원통보다 더 두꺼운 두께를 가진 접시형 경관은 그 원통의 바깥지름까지 기계가공을 할 수 있다.

마. 두께가 상이한 노즐 벽과 부착되는 관 사이의 천이이음은 표 4.2.4의 7 및 8에 의해 기울기가 있는 천이를 사용하여 만들어야 한다.

바. 맞대기이음 형식 1. 요건을 만족하고, 범주 B에 대해서 맞대기이음이 요구될 때 지름 내 천이를 원통에 연결하는 각 이음 요건을 만족시키는 것으로 간주하여야 한다. 맞대기 이음에 관한 모든 요건을 각 이음에 적용하여야 한다.

## 3. 범주 C

가. 범주 C의 이음은 아래 형식의 하나일 수 있다.

- (1) 형식1. 맞대기이음
- (2) 아래6.에서 제한한 것을 제외하고는, 완전용입 모서리이음
- (3) 다음의 제한이 있는, 표 4.2.9 분리형(loose type) 플랜지 부착을 위한 필릿용접이음
  - (가) 플랜지와 용접 부품의 재료는 형식1 재료이다.
  - (나) 플랜지와 용접부품 재료의 최소규정항복강도는 552 MPa 미만이다.
  - (다) 플랜지와 용접부품 재료의 최소 연신율은 측정길이 50 mm에서 12%이다.
  - (라) 플랜지가 용접되는 재료의 두께는 32 mm를 초과하지 않아야 한다.
  - (마) 필릿용접 치수는 표 4.2.9의 요건을 만족시켜야 한다.
  - (바) 피로해석 요구 결정을 위한 피로심사기준에 피로해석이 요구되면 그 해석은 제159조 제1항에 따라서 실시하여야 한다.
  - (사) 부속서4 (ASME B16.5)에 적합하지 않은 분리형(loose type) 플랜지는 다음의 두 요건이 다 만족될 때에만 허용된다.
    - 플랜지 제작 재료는 다음 식을 만족시켜야 한다.

$$\frac{S_{UT}}{S_u} \leq 0.625$$

- 그 구성부품이 반복적 용도가 아니다. 즉 피로해석이 제159조 제1항에 따라서 요구되지 않는다.

나. 허용할 수 있는 범주 C 용접은 다음 표에서 나와 있다.

- (1) 표 4.2.4 - 동체 이음매에 허용할 수 있는 일부 용접이음들
- (2) 표 4.2.6 - 스테이가 없는 평경관, 볼트조임 플랜지가 없는 관관 및 사각형 압력용기의 측관에 허용할 수 있는 일부 용접이음들
- (3) 표 4.2.7 - 맞대기용접 허브에 허용할 수 있는 일부 용접이음
- (4) 표 4.2.8 - 볼트조임 플랜지가 있는 관관의 부착에 허용할 수 있는 일부 용접이음
- (5) 표 4.2.9 - 플랜지 부착에 허용할 수 있는 일부 용접이음

다. 평경관, 랩 조인트 스테이브 엔드 및 맞대기이음을 위한 허브가 있는 관관

- (1) 인접 동체, 경관 또는 표 4.2.7에 나와 있는 관관 및 평경관과 같은 기타 압력부품에 맞대기용접을 위한 허브는 단조나 평판으로 기계가공을 하여야 한다. 단조 허브 재료는 용기의 축에 평행한 방향으로 규정된 최소인장강도와 연신율이 나오도록 단조하여야 한다. 평판으로 기계가공을 한 허브는 제144조의 요건을 만족시켜야 한다.

(2) 표 4.2.9, 상세 6, 7 및 8에서 허브가 있는 플랜지는 판재로부터 기계 가공을 해서는 안 된다.

라. 모서리 이음 - 동체, 경관 또는 기타 압력부품을 표 4.2.6과 표 4.2.8과 같은 모서리 이음으로 성형하기 위하여 단조 또는 압연 판재에 용접한다면, 그 용접은 아래의 요건을 만족시켜야 한다.

(1) 용접이음 단면에서, 용착금속과 부착되는 단조 또는 압연 판재 사이의 선, 치수 a와 b를 각각 결정하기 위해서, 부착되는 판재의 표면에 평행한 평면과 수직인 평면에 표시하여야 한다.(표4.2.6 및 표4.2.8 참조)

(2) a와 b에 대한 치수요건은 표 4.2.6과 표 4.2.8 내의 해당 요건을 만족시켜야 한다.

(3) 동체, 경관 또는 기타 압력부품의 두께보다 작은 이음 또는 편심이 되게 부착하는 용접이음 상세는 허용되지 않는다.

(4) 일체형 관관이 두 동체, 경관 또는 기타 압력부품 사이에 위치한다면, 표 4.2.6에 용접 부착 상세 대해서 사용하여야 한다.

#### 4. 범주 D

가. 범주 D의 이음은 다음 형식의 어느 하나일 수 있다.

(1) 형식1. 맞대기이음(아래 나. 참조)

(2) 아래6.에서 제한된 것을 제외하고는, 완전용입 모서리이음

(3) 노즐 넥 또는 필릿용접에서 또는 두 용접 모두 완전용입 모서리이음

(4) 노즐 넥에서 부분용입 모서리이음.

나. 허용할 수 있는 범주 D용접이 다음 표에 나와 있다.

(1) 표 4.2.4 - 동체 이음매에 대해서 허용할 수 있는 일부 용접이음

(2) 표 4.2.10 - 방사선투과시험을 할 수 없는 완전용입 용접 노즐의 일부 부착

(3) 표 4.2.11 - 동체의 일부 패드 용접 노즐 부착과 기타 연결

(4) 표 4.2.12 - 동체의 일부 이음쇠 형식 용접 노즐 부착과 기타 연결

(5) 표 4.2.13 - 방사선투과시험을 할 수 있는 일부 용접 노즐의 부착

(6) 표 4.2.14 - 일부 부분용입 노즐 부착

다. 노즐용접에 대한 요건이 아래에 제시되어 있다.

(1) 동체의 구멍두께가 64 mm이상일 때, 형식1. 맞대기이음이나 완전용입 이음을 사용하여야 한다.

(2) 보강이 없는 용기 벽과 접하는 노즐 넥 - 보강이 없는 용기 벽에 접하는 노즐 넥은 완전용입 그루브 용접으로 부착하여야 한다. 한쪽 면에서만 용접이 가능한 경우와 완전용입을 육안으로 확인할 수 없을 때는 받침쇠를 사용하여야 한다. 받침쇠를 사용하였을 때는 용접 후에 제거하여야 하며, 허용할 수 있는 용접 부착 형식은 표 4.2.10, 상세 1, 2 및 8에 나와 있다.

(3) 보강이 없는 삽입 노즐 넥 - 용기 벽에 뚫은 구멍 내에 일부 또는 삽입된 보강요소가 없는 노즐 넥의 경우에는 완전용입 그루브 용접으로 부착하여야 한다. 받침쇠를 사용하였을 때는 용접 후에 제거하여야 하며, 허용할 수 있는 용접 부착 형식은 표 4.2.10의, 상세 3, 4, 5, 6, 7 및 9에 나와 있다.

(4) 보강이 있는 삽입 노즐 넥 - 하나 이상의 보강요소가 있는 삽입형 노즐 넥은 그 보강판의 바깥 가장자리와 노즐 넥 둘레에서 용접으로 부착하여야 한다. 분리된 보강과 비일체형 부착 노즐의 설계 시에는 피로해석 심사기준을 적용하여야 한다. 넥을 용기 벽과 보강에 부착하는 용접은 완전 용입 그루브 용접으로 사용하여야 한다. 허용할 수 있는 용접부착 형식은 표 4.2.11, 상세 1, 2 및 3에 나와 있다(아래 라. 참조).

(5) 스티드 패드 형식 연결부 - 외부에서 가해지는 하중을 가질 수 있는 스티드 연결부는 표 4.2.11의, 상세 5에 따라서 완전용입 용접을 사용하여 부착하여야 한다. 점검구멍, 열전대 연결부 등으로 사용되는 통로 및 핸드 홀과 같이 외부하중이 없는 스티드 패드 형식 연결부는 표 4.2.11, 상세 4에 따라서 필릿용접을 사용하여 부착할 수 있다.

(6) 암나사가 있는 관이음쇠 - 암나사가 있는 관이음쇠는 DN 50 이하로 제한하여야 한다. 허용할 수 있는 용접 부착 형식은 표 4.2.12에 나와 있다.

(7) 일체형 보강이 있는 노즐 - 일체형 보강이 있는 노즐은 맞대기용접 형식 No.1에 따라부착할 수 있다. 모서리 용접으로 부착된 일체형 보강이 있는 노즐 또는 기타 연결부는 완전용입 모서리용접을 사용하여 부착하여야 한다. 허용할 수 있는 용접부착 형식은 표 4.2.13에 나와 있다.

(8) 부분용입으로 부착되는 노즐 - 부분용입 용접은 근본적으로 외부에서 가해지는 기계적 하중이 없고 용기 자체에 큰 열응력이 없는 계장용 구멍, 점검구멍 등의 노즐부착에만 사용할 수 있다. 허용할 수 있는 용접부착 형식은 표 4.2.14에 나와 있다. 만일 표 4.2.14의 상세 3과 4가 사용된다면, 넥 안의 재료는 보강면적계산에 포함하지 말아야 한다.

라. 용기와 노즐이 다음 요건 모두를 만족시킨다면, 제150조 제10항 및 11항, 제151조 제12항 및 제13항의 요건에 따라서 보강된 원추의 소단부에 있는 노즐을 제외하고, 분리된 보강판이나 패드의 형태로 추가된 보강을 사용할 수 있다.

(1) 노즐, 패드 및 용기 벽체의 재료는 표 4.2.3에 나와 있는 재료 형식 1 및 형식 4에 대해서는 발전설비용접 부록2.1에 적합하여야 한다.

(2) 노즐, 패드 및 용기 벽체 재료의 규정최소인장강도는 550 MPa를 초과하지 않아야 한다.

(3) 노즐,패드 및 용기 벽체 재료의 최소연신율은 50 mm에서 12%를 초과하지 않아야한다.

(4) 추가된 보강의 두께는 용기 벽두께의 1.5배를 초과하지 않아야한다.

#### 5. 범주 E

가. 부착 방법 - 비압력 부품의 부착은 아래의 요건을 따라야 한다.

(1) 비압력 부품, 지지물, 러그, 브래킷 및 보강재는 맞대기용접, 완전용입 그루브 용접, 부분용입 용접, 필릿용접 또는 스테드 용접을 사용하여 안쪽 또는 바깥쪽에 부착할 수 있다.

(2) 저항용접 스테드는, 재료 표 4.2.3 의 형식 2에 포함된 것을 제외하고는, 모든 재료에 대해서 비압력 부품의 경미한 부착에만 사용할 수 있다.

(3) 지지물, 러그, 브래킷, 보강재 및 기타 부착물은 용기 벽의 안쪽 또는 바깥쪽에 스테드 볼트로 부착할 수 있다.

(4) 모든 부착물은 동체의 곡률에 일치하여야 한다.

(5) 경미한 부착물을 압력부품에 연결하는 용접은 재료 표 4.2.3의 형식 1, 3 및 4에 연속 또는 비연속용접으로 할 수 있다.

(6) 압력부품에 비압력부품을 부착하는 용접은 재료 표 4.2.3의 형식 2에 연속용접으로 하여야 한다.

(7) 압력부품에 비압력부품을 부착하는 일부 용접의 허용할 수 있는 형식 및 최소용접크기가 그림 4.2.2에 나와 있다(제한사항에 대하여 아래 마. 및 바. 참조).

(8) 보강 링을 부착하는 허용할 수 있는 방법의 일부가 그림 4.2.3에 나와 있다(제한사항에 대하여 아래 마. 및 바. 참조).

나. 압력부품주요 부착 재료 - 압력부품에 직접 용접되는 부착재료는 표 3.A.1 ~ 3.A.11에 나와 있다.

(1) 재료와 용착금속은 그 압력부품의 재료와 호환성이 있어야 한다.

(2) 재료는 표 4.2.3의 형식 2에 대해서는, 압력부품에 직접 용접되는 구조 부착물은 그 규정최소항복강도가  $\pm 20\%$  이내인 재료이어야 한다. 이 요건에 대한 예외 조건은 SA-240, SA-312 또는 SA-479에 적합한 비경화성 오스테나이트계 스테인리스강의 경하중용 부착물로 SA-353, SA-553 Type 1, Type 2 또는 SA-645에 적합한 압력부품에 필릿용접을 하는 것은 허용된다.

다. 압력부품의 경미한 부착 재료 - 위 나.에 의하여 제한되는 것 또는 단조 제작(발전설비용접 제112조 제7항)에 대한 것을 제외하고는, 아래의 요건이 만족된다면 경미한 부착물은 비인증 재료로 만들 수 있으며, 압력부품에 직접 용접할 수 있다.

(1) 재료가 식별되어 있으며 용접에 적당하다.

(2) 재료가 압력부품의 재료와 용접 호환성이 있어야 한다.

(3) 용접부는 용접후열처리를 하여야 한다.

라. 비압력부품에 용접되는 부착재료 - 비압력부품에 용접되는 부착물은 재료가 식별되고, 용접에 적당하고, 부착되는 재료와 호환성이 있다면 비인증 재료로 만들 수 있다.

마. 표 4.2.3의 재료 형식 1 및 4의 압력부품부착용접- 압력부품에 비압력부품이나 보강재를 부착하는 용접은 아래 중 하나이어야 한다.

(1) 각장이 13 mm 이하이고 용접 끝이 큰 구조적 불연속으로부터  $\sqrt{Rt_s}$ 보다 가깝지 않은 필릿용접

(2) 부분용입 용접 + 필릿용접 : 부착부품의 두께가 38 mm(1.5 in.)이하인 부품

(3) 완전용입 홈 용접 + 양면 필릿용접

(4) 완전용입 맞대기용접 : 비파괴시험으로 완전용입 맞대기용접의 용접부를 검사한다면 맞대기용접을 위한 돌출부는 사전에 용착이 가능하며, 용접덧살 부위에 대한 열처리를 감안하여야 한다.

(5) 위(3) 및 (4)의 용접 형식에 추가하여, 부착방향이 유사한 지지 스킵트 또는 기타 지지물의 부착을 위하여, 다리 치수나 연결되는 부분의 각도와 베벨을 증가시켜 얻는 것과 같은 90° 필릿용접 보다 더 큰 유효목이  $t_u$ (그림 4.2.4 참조)인 곳에서 사용될 수 있다. 그러나 위 (2)의 두께에 대한 제한이 적용되어야 한다.

(6) 구조용 재료가 식 (1)을 만족시키고 구성부품이 반복하중을 받지 않을 때, 보강 링은 단속용접을 할 수 있다.

바. 재료 표 4.2.3의 형식 2 및 3의 압력부품의 부착용접 - 비압력부품이나 보강재를 압력부품에 부착하는 용접은 다음 중 하나이어야 한다.

(1) 아래 (2)에서 허용하는 것을 제외하고는, 필릿용접은 누설방지 용접 또는 다리치수 10 mm 이하인 용접 크기로 경하중 부착물에 대해서만 허용되며, 그 필릿용접 끝이 큰 구조적 불연속으로부터  $\sqrt{Rt_s}$ 보다 멀지 않게 위치하여야 한다.

(2) SA-333, 334 등급 8, SA-353, SA-522, SA-553 및 SA-645의 재료는 그 필릿용접 다리치수가 13 mm 이하이고 용접 끝이 큰 구조적 불연속으로부터  $\sqrt{Rt_s}$ 보다 멀지 않다면, 필릿용접이 허용된다.

(3) 부분용입 용접 + 필릿용접: 두께 19 mm 이하 부품의 부착으로 제한

(4) 완전용입 홈 용접 + 양면 필릿용접

(5) 완전용입 맞대기용접 (돌출부 요건에 대해서는 마.(4)참조)

(6) 부착방향이 유사한 지지 스킵트 또는 기타 지지물의 부착을 위하여, 위 (5)에서 허용되는 용접에 추가하여, 90° 필릿용접보다 더 큰 유효목치수의 용접 목이 최소한  $t_u$ (그림 4.2.4 참조)인 곳에서 사용될 수 있다. 이 그림 내의 상세는 부착용접이 양면용접이 아니라면 두께 19

mm이하의 부품의 부착으로 제한된다.

사. 용접재료의 응력 값 - 부착하는 용접 재료의 강도는 연결되는 두 재료 중 약한 것에 대한 공칭용접면적과 표 3.A.1 ~ 3.A.11에서 허용응력 값을 근거하여야 하고 아래에서 보는 감소계수  $W_r$ 로 곱해야 한다.

- (1) 완전용입 맞대기 또는 홈 용접 -  $W_r = 1.0$  : 공칭용접면적은 용접의 깊이에 용접길이를 곱한 것이다.
- (2) 부분용입 홈 또는 부분용입 홈 + 필릿용접 -  $W_r = 0.75$  : 공칭용접면적은
  - (가) 홈 용접 - 용입깊이에 용접길이를 곱한 것
  - (나) 홈 용접 + 필릿용접 - 살돋음을 뺀 목과 용입깊이에 용접길이를 곱한 것
  - (다) 필릿용접 -  $W_r = 0.5$  : 공칭용접면적은 목 면적이다.

아. 용접 덧씌우기와 클래드 구조

- (1) 부착물은 용접 덧씌우기 용착에 제한 없이 직접 용접할 수 있다.
- (2) 클래딩 두께에 대한 설계상 클래드 구조는 부착물 또는 클래딩 재료의 설계허용응력 값의 10%를 초과하든 적든 부착용접 내의 1차 응력을 발생시키지 않는 하중에 클래딩에 직접 부착용접을 할 수 있다. 대안으로 용접 덧씌우기의 국부적 부위는 부착위치를 제공하기 클래딩 이내에 위치할 수 있다.
- (3) 부착된 라이닝은 해석, 시험 없이 또는 라이닝에 직접 부착한 부착물의 적합성과 신뢰성이 확인된 방법을 수행되면, 부착은 모재에 직접 하여야 한다.

자. 용접후열처리 요건 - 용접 후의 열처리에 대해서는, 용기 모재의 가공요건이 적용되어야 한다.

차. 피로해석 필요성의 평가 - 제159조 피로심사해석을 적용하는 데 있어서, 필릿용접과 불완전용입 용접은 아래의 용접 제외하고는 비밀체형 부착으로 한다.

- (1) 위 다, 마.(1), 바.(1) 및 (2)에서 다루는 용접
- (2) 위 마.(5) 및 바.(6)에서 다루는 용접은 일체형이다.

6. 켈칭-템퍼링을 한 고강도 강재의 이음에 대한 특별제한

가. 아래 나.에서 허용된 것을 제외하고는, 켈칭-템퍼링을 한 고강도 강재로 만든 용기와 용기부품에서, 범주 A, B 및 C의 모든 이음과 범주 지정에서 규정되지 않은 압력방호 용기의 모든 용접이음은 형식1이어야 한다.

- (1) 만일 동체 판 두께가 50 mm(2 in.) 이하이면, 모든 범주 D 용접은 표 4.2.13의 형식 1이어야 한다.
- (2) 만일 동체 판 두께가 50 mm(2 in.)를 초과하면, 그 용접 상세는 표

4.2.10 또는 표 4.2.13에서 노즐에 대해서 허용한 대로 할 수 있다.

나. SA-333 등급 8, SA-334 등급 8, SA-353, SA-522, SA-553 및 SA-645의 재료는 용접이음은 다음과 같아야 한다.

- (1) 범주 A의 모든 이음들은 형식 No.1이어야 한다.(표 4.2.10 또는 표 4.2.13 참조)
- (2) 범주 B의 모든 이음들은 형식 No.1 또는 No.2이어야 한다.(표 4.2.10 또는 표 4.2.13 참조)
- (3) 범주 C의 모든 이음들은 그 이음의 전체 단면을 통과하여 연장되는 완전용입 용접이어야 한다.(범주 C의 나. 참조)
- (4) 노즐 넥을 용기 벽에 그리고 만일 사용하는 경우에는 보강 패드에 부착하는 범주 D의 모든 이음들은 완전용입 그루브 용접이어야 한다.(범주 D의 나. 참조)

⑤ 기호설명

- $a$  : 해당되는 대로, 두께 천이나 요구되는 용접크기에 대한 길이요건을 결정하기 위해서 사용하는 형상 매개변수
- $b$  : 해당되는 대로, 두께 천이나 요구되는 용접크기에 대한 길이요건을 결정하기 위해서 사용하는 형상 매개변수
- $c$  : 용접크기 매개변수
- $R$  : 동체의 평균 반지름
- $S_{yT}$  : 설계온도에서 최소규정항복강도
- $S_u$  : 최소규정인장강도
- $t_a$  : 부착된 부재의 두께
- $t_c$  : 모서리용접의 목 치수
- $t_e$  : 보강요소의 두께
- $t_h$  : 경관의 공칭두께
- $t_n$  : 해당되는 대로, 동체나 노즐의 두께
- $t_p$  : 평경판, 플랜지 또는 다른 부분의 바깥표면으로부터 용접의 가장자리나 중심까지의 거리
- $t_{pipe}$ : 연결관의 최소두께
- $t_r$  : 동체의 요구두께
- $t_s$  : 동체의 공칭두께
- $t_w$  : 용접의 용입두께
- $t_x$  : 일체형 플랜지로서 설계 계산이 되었을 때 두께  $g_o$  2배 또는 루스 플랜지로 설계 계산이 되었을 때 내압에 대하여 요구되는 동체노즐의 노즐두께의 2배, 그러나 어느 경우에도 6 mm이상
- $T$  : 해당되는 대로, 평경판, 덮개, 플랜지 또는 관판의 최소두께
- $W_r$  : 용접형식 감소계수



제150조 (내압을 받는 동체의 설계) ① 동체 허용오차는 아래와 같다.

1. 완성된 동체는 아래의 요건을 만족시켜야 한다.

가. 어느 단면에서의 최대안지름과 최소안지름 사이의 차이는 검토 단면의 공칭단면의 1%를 초과하여서는 안 된다. 그 지름은 용기의 안쪽 또는 바깥쪽에서 측정할 수 있다. 만일 바깥쪽에서 측정하였으면, 검토대상 단면에서의 판 두께에 대해서 보정하여야 한다.

나. 단면이 구멍을 통과하거나 구멍의 중심으로부터 측정된 구멍의 안지름 이내에 있으면, 주어진 안지름 사이의 허용 차이는 그 구멍 안지름의 2%만큼 증가시킬 수 있다. 그 단면이 경관-동체 집합부를 포함하여 그 용기의 축에 직각인 어느 다른 위치를 통과할 때, 그 지름 사이의 차이는 1%를 초과하여서는 안 된다.

2. 성형경관의 허용오차는 아래의 요건을 만족시켜야 한다.

가. 접시형, 원환원추형, 반구형 또는 타원형 경관의 안쪽 표면은 규정된 형상에서 바깥쪽으로 D의 1.25% 및 안쪽으로 D의 0.625%를 초과하여 벗어나서는 안 된다. 여기서 D는 부착점에서의 용기 동체 공칭안지름이며, 편차는 규정된 형상에 수직으로 측정하여야 하며, 경사가 커서는 안 된다. 또한 너를 반지름은 규정된 것보다 작아서는 안 된다.

나. 위 가.에서 규정하는 편차 측정은 모재의 표면에서 하여야 하고 용접부에서 하여서는 안 된다.

다. 스테이가 없는 성형경관의 플랜지(straight flange)를 동체에 램 조인트 방식으로 연결하기 위해 기계 가공할 때는, 그 두께를 블랭크 경관(blank head) 또는 부착점에서 동체 두께의 90% 미만으로 감소시켜서는 안 된다. 기계 가공을 할 때, 기계 가공된 두께로부터 경관의 원래 두께로의 천이는 경사가 크지 않고 두께 차이의 적어도 3배되는 길이로 경사시켜야 한다.

② 원통형 동체는 아래와 같이 설계하여야 한다.

1. 요구두께 - 내압을 받는 원통형 동체의 최소요구두께는 아래식을 사용하여 결정하여야 한다.

$$t = \frac{D}{2} \left( \exp \left[ \frac{P}{SE} \right] - 1 \right) \quad (1)$$

2. 조합하중 - 내압과 다른 하중을 받는 원통형 동체는 아래 제9항의 요건을 만족시켜야 한다.

③ 원추형 동체는 아래와 같이 설계하여야 한다.

1. 요구두께 - 내압을 받는 원추형 동체(그림 4.3.1 참조)의 최소요구두께는 아래식을 사용하여 결정하여야 한다.

$$t = \frac{D}{2 \cos[\alpha]} \left( \exp \left[ \frac{P}{SE} \right] - 1 \right) \quad (2)$$

2. 오프셋 천이 - 오프셋 원추에 대한 원통은 그림 4.3.2에 나와 있는 최소반

지름의 차이 이하의 거리만큼 서로 평행한 중심선을 가져야 한다. 오프셋 원추는 식(3)에 각  $\alpha$ 를 사용하여 동심원 원추로서 설계하여야 한다.

$$\alpha = \max[\alpha_1, \alpha_2] \quad (3)$$

3. 조합하중 - 외압과 다른 하중을 받는 원추형 동체는 아래 제9항의 요건을 만족시켜야 한다.

④ 구형 동체와 반구형 경관은 아래와 같이 설계하여야 한다.

1. 구형 동체와 반구형 경관의 최소요구두께는 다음 아래식을 사용하여 결정하여야 한다.

$$t = \frac{D}{2} \left( \exp \left[ \frac{0.5P}{SE} \right] - 1 \right) \quad (4)$$

2. 조합하중 - 내압과 다른 하중을 받는 구형 동체와 반구형 경관은 아래 9항의 요건을 만족시켜야 한다.

⑤ 접시형 경관은 아래와 같이 설계하여야 한다.

1. 중앙부와 너를 두께를 가진 접시형 경관 - 내압을 받는 접시형 경관(그림 4.3.3 참조)의 최소요구두께는 다음의 절차를 사용하여 계산하여야 한다.

순서 1 - 안지름  $D$ 를 결정하고, 중앙부 반지름  $L$ , 너를 반지름  $r$  및 벽두께  $t$ 를 가정한다.

순서 2 - 경관의  $L/D$ ,  $r/D$  및  $L/t$  비율을 계산하고 아래식으로 만족여부를 결정하고 만족한다. 식에 만족하면, 순서 3.으로 진행한다.

$$0.7 \leq \frac{L}{D} \leq 1.0 \quad (5)$$

$$\frac{r}{D} \geq 0.06 \quad (6)$$

$$20 \leq \frac{L}{t} \leq 2000 \quad (7)$$

순서 3 - 다음의 형상계수를 계산한다.

$$\beta_{th} = \arccos \left[ \frac{0.5D-r}{L-r} \right], \text{radians} \quad (8)$$

$$\phi_{th} = \frac{\sqrt{Lt}}{r}, \text{radians} \quad (9)$$

$$\phi_{th} < \beta_{th} \text{는 } R_{th} = \frac{0.5D-r}{\cos[\beta_{th} - \phi_{th}]} + r \quad (10)$$

$$\phi_{th} \geq \beta_{th} \text{는 } R_{th} = 0.5D \quad (11)$$

순서 4 - 다음 식을 사용하여 계수  $C_1$ 과  $C_2$ 를 계산한다.

$$\frac{r}{D} \leq 0.08 \text{는 } C_1 = 9.31 \left( \frac{r}{D} \right) - 0.086 \quad (12)$$

$$\frac{r}{D} > 0.08 \text{는 } C_1 = 0.692 \left( \frac{r}{D} \right) + 0.605 \quad (13)$$

$$\frac{r}{D} \leq 0.08 \text{는 } C_2 = 1.25 \quad (14)$$

$$\frac{r}{D} > 0.08 \text{는 } C_2 = 1.46 - 2.6\left(\frac{r}{D}\right) \quad (15)$$

순서 5 - 너클의 탄성좌굴을 일으킬 것으로 예상되는 내압의 값을 계산한다.

$$P_{cth} = \frac{C_1 E r t^2}{C_2 R_{th} \left( \frac{R_{th}}{2} - r \right)} \quad (16)$$

순서 6 - 그 재료의 항복강도와 같은 최대응력을 초래할 내압의 값을 계산한다.

$$P_y = \frac{C_3 t}{C_2 R_{th} \left( \frac{R_{th}}{2} - 1 \right)} \quad (17)$$

설계온도에서 허용응력이 시간에 영향을 받는다면,  $C_3$ 는 설계온도에서의 그 재료의 항복강도이다, 즉  $C_3 = S_y$ , 설계온도에서 허용응력이 시간에 영향을 받는다면,  $C_3$ 는 다음과 같이 정해진다.

(1) 만일 허용응력이 90% 항복 기준에 결정된다면,  $C_3$ 는 설계온도에서 그 재료의 허용응력에 1.1로 곱한 값이다.

$$\text{즉 } C_3 = 1.1 S$$

(2) 만일 허용응력이 67% 항복 기준에 결정된다면,  $C_3$ 는 설계온도에서 그 재료의 허용응력에 1.5로 곱한 값이다.

$$\text{즉 } C_3 = 1.5 S$$

순서 7 - 너클의 좌굴과피를 일으킬 것으로 예상되는 내압의 값을 계산한다.

$$G \leq 1.0 \text{에 대해서, } P_{ck} = 0.6 P_{cth} \quad (18)$$

$G > 1.0$ 에 대해서,

$$P_{ck} = \left( \frac{0.77508G - 0.20354G^2 + 0.019274G^3}{1 + 0.19014G - 0.089534G^2 + 0.0093965G^3} \right) P_y \quad (19)$$

여기서,

$$G = \frac{P_{cth}}{P_y} \quad (20)$$

순서 8 - 너클의 좌굴과피에 근거한 허용압력을 계산한다.

$$P_{ak} = \frac{P_{ck}}{1.5} \quad (21)$$

순서 9 - 중앙부의 파열에 근거한 허용압력을 계산한다.

$$P_{ac} = \frac{2SE}{\frac{L}{t} + 0.5} \quad (22)$$

순서 10 - 최고허용내압을 계산한다.

$$P_a = \min [P_{ak}, P_{ac}] \quad (23)$$

순서 11 - 만일 순서 10으로부터 계산한 허용내압이 설계압력 이상이면, 설계는 완료된다. 만일 순서 10으로부터 계산한 허용내압이 설계압력 미만이면, 경판두께를 증가시키고, 순서 2부터 순서 10을 반복한다. 허용할 수 있는 설계가 이루어질 때까지 이 과정을 반복한다.

2. 중앙부와 너클의 두께가 상이한 접시형 경판 - 그림 4.3.4과 같이 여러 개의 용접된 구성부품으로 성형된 접시형 경판은 너클부위보다 구형의 중앙부가 얇을 수 있다. 그 두께의 천이는 두꺼운 부분의 안쪽 표면에 위치하여야 하며, 기울기가 1 : 3을 초과하지 않아야 한다.

가. 경판의 구형 중앙부의 최소두께는 위 4항에 따라서 결정하여야 한다.

나. 경판의 너클 부위의 최소두께는 제5항 1. 순서 2.에 따라서 결정하여야 한다.

3. 조합하중 - 내압과 다른 하중을 받는 접시형 경판은 아래 9항의 요건을 만족시켜야 한다. 이 계산에서, 그 접시형 경판은  $L$ 과 같은 반지름을 가진 등가 구형 동체(equivalent spherical shell)와 비슷하여야 한다.

⑥ 타원형 경판은 아래와 같이 설계하여야 한다.

1. 요구두께 - 내압을 받는 타원형 경판(그림 4.3.5 참조)의 최소요구두께는  $r$ 과  $L$ 에 다음을 대입하여서 위 5항의 식을 사용하여 계산하여야 한다.

$$r = D \left( \frac{0.5}{k} - 0.08 \right) \quad (24)$$

$$L = D(0.44k + 0.02) \quad (25)$$

여기서

$$k = \frac{D}{2h} \quad (26)$$

이 항의 요건은 아래식(27)을 만족시키는 타원형 경판에 적용할 수 있다.

$$1.7 \leq k \leq 2.2 \quad (27)$$

2. 조합하중 - 내압과 다른 하중을 받는 타원형 경판은 아래 9항의 요건을 만족시켜야 한다. 이 계산에서, 그 타원형 경판은  $L$ 과 같은 반지름을 가진 등가 구형 동체와 비슷하여야 한다.

⑦ 국부적으로 얇은 부위는 아래와 같이 설계하여야 한다.

1. 국부적으로 얇은 부위의 평가는 아래12항에 따른다.

2. 그림 4.3.6에서처럼 원통형 동체의 용접이음에서 감소된 두께가 원둘레를 완전히 감싸는 국부적으로 얇은 띠는 아래의 모든 요건이 만족된다면 허용된다.

가. 감소된 두께의 띠 설계는 한계하중이나 탄소성해석(elastic plastic analysis)으로 평가하여야 하며, 응력해석과 피로해석에 대한 해당 요건을 만족시켜야 한다.

나. 원통형 형상은  $R_m/t \geq 10$ 을 만족시켜야 한다.

다. 감소된 동체부위의 두께는 위 제2항에 따라서 결정된 원통 요구두께의

2/3 이상이어야 한다.

라. 감소된 두께 부위는 그 모재에서 3 : 1의 최소기울기천이를 가지며 그 용기의 바깥쪽에 있어야 한다.

마. 각 얇은 부위의 총 길이방향 길이는  $\sqrt{R_m t}$  (그림 4.3.6 참조)를 초과해서는 안 된다.

바. 기울기의 두꺼운 쪽 가장자리로부터 불연속까지의 길이방향 최소거리는  $2.5\sqrt{R_m t}$  또는 1차 막응력강도가 1.1S를 초과하는 겹침 부위가 생기지 않는 거리 중에서 큰 값이 되어야 한다.

⑧ 용기의 벽을 관통하지 않는 드릴구멍은 다음과 같이 설계되어야 한다.

1. 용기의 벽을 완전히 관통하지 않고 부분적으로 뚫린 드릴구멍에 대한 설계요건이 이 항에 제시되어 있다. 이 요건은 스티드가 있는 연결부나 누설검지공에는 적용되지 않는다.

2. 원통형 및 구형 동체에 부분적으로 뚫린 방사상드릴구멍은 다음의 요건이 만족된다면 사용할 수 있다.

가. 드릴구멍 지름이 50 mm(2 in.) 이하이다.

나. 두께에 대한 동체 안지름의 비율은 10 이상이어야 한다.

다. 부분적으로 뚫린 두 드릴구멍 사이 또는 부분적으로 뚫린 드릴구멍과 보강하지 않은 구멍 사이의 중심선 거리는 제152조 제12항의 요건을 만족시켜야 한다.

라. 부분적으로 뚫리는 구멍은 보강된 구멍의 보강판 내에 있어서는 안 된다.

마. 구멍의 바깥쪽 가장자리는 모 따기를 하여야 한다. 편평한 바닥을 가진 구멍의 안쪽 바닥 모서리는 아래의 최소반지름  $r_{hr}$ 을 가져야 한다.

$$r_{hr} = \min\left[\frac{d}{4}, 6\text{ mm}\right] \quad (28)$$

바. 부분적으로 뚫린 드릴구멍의 위치에서 최소허용잔여두께  $t_{rw}$ 는 아래와 같이 결정하여야 한다.

$$t_{rw} \geq \max[t_{rw1}, 6\text{ mm}] \quad (29)$$

여기서

$$t_{rw1} = t\left(-1.2261727 + 1.9842895\left(\frac{d}{D}\right) - 2.236553\left(\frac{d}{D}\right)^{0.5} \ln\left[\frac{d}{D}\right]\right) \quad (30)$$

사. 아래에서 결정된 것과 같은 계산된 평균전단응력은 0.8S를 초과하지 말아야 한다.

$$\tau_{pd} = \frac{Pd}{4t_{rw}} \quad (31)$$

⑨ 조합하중과 허용응력은 아래와 같다.

1. 일반사항 - 이 항의 요건은 내압과 그림 4.3.7과 같이 적용된 단면 축방향력(net section axial force), 굽힘 모멘트 및 비틀림 모멘트의 추가하중을 받는 원통형, 구형 및 원추형 동체의 두께요건을 결정하기 위하여 사용하여

야 한다. 아래에서 보는 요건이 만족된다면, 이 요건을 적용할 수 있다.

가. 요건은 주요 구조적 불연속으로부터  $2.5\sqrt{Rt}$  인 동체 부위에 적용한다. 나. 전단력은 일반적으로 무시할 수 있기 때문에, 이 요건은 전단력을 감안하지 않는다.

다. 두께에 대한 동체 안지름의 비율은 3.0보다 크다.

2. 다음의 절차는 내압과 아래에서 보는 것과 같이 정미단면축력, 굽힘 모멘트 및 비틀림 모멘트의 추가하중을 받는 원통형, 구형 및 원추형 동체를 설계하기 위하여 사용하여야 한다.

순서 1. 막응력을 계산한다.

(1) 원통형 동체

$$\sigma_{\theta m} = \frac{P}{E \cdot \ln\left[\frac{D_o}{D}\right]} \quad (32)$$

$$\sigma_{sm} = \frac{1}{E}\left(\frac{PD^2}{D_o^2 - D^2} + \frac{4F}{\pi(D_o^2 - D^2)} + \frac{32MD_o \cos[\theta]}{\pi(D_o^4 - D^4)}\right) \quad (33)$$

$$\tau = \frac{16M_t D_o}{\pi(D_o^4 - D^4)} \quad (34)$$

(2) 구형 동체

$$\sigma_{\theta m} = \frac{P}{2E \cdot \ln\left[\frac{D_o}{D_i}\right]} \quad (35)$$

$$\sigma_{sm} = \frac{1}{E}\left(\frac{P}{2\ln\left[\frac{D_o}{D}\right]} + \frac{4F}{\pi(D_o^2 - D^2)\sin^2[\phi]} + \frac{32MD_o \cos[\theta]}{\pi(D_o^4 - D^4)\sin^3[\phi]}\right) \quad (36)$$

$$\tau = \frac{32MD_o \cos[\phi]}{\pi(D_o^4 - D^4)\sin^3[\phi]} \sin[\theta] + \frac{16M_t D_o}{\pi(D_o^4 - D^4)\sin^2[\phi]} \quad (37)$$

(3) 원추형 동체

$$\sigma_{\theta m} = \frac{P}{E \cdot \ln\left[\left(\frac{D_o}{D} - 1\right)\cos[\alpha] + 1\right]} \quad (38)$$

$$\sigma_{sm} = \frac{1}{E}\left(\frac{PD^2}{(D_o^2 - D^2)\cos[\alpha]} + \frac{4F}{\pi(D_o^2 - D^2)\cos[\alpha]} + \frac{32MD_o \cos[\theta]}{\pi(D_o^4 - D^4)\cos[\alpha]}\right) \quad (39)$$

$$\tau = \frac{32MD_o}{\pi(D_o^4 - D^4)} \tan[\alpha] \sin[\theta] + \frac{16M_t D_o}{\pi(D_o^4 - D^4)} \quad (40)$$

순서 2. 주응력을 계산한다.

$$\sigma_1 = 0.5(\sigma_{\theta m} + \sigma_{sm} + \sqrt{(\sigma_{\theta m} - \sigma_{sm})^2 + 4\tau^2}) \quad (41)$$

$$\sigma_2 = 0.5(\sigma_{\theta m} + \sigma_{sm} - \sqrt{(\sigma_{\theta m} - \sigma_{sm})^2 + 4\tau^2}) \quad (42)$$

$$\sigma_3 = -0.5P \quad (43)$$

순서 3. 동체의 어느 점에서나 다음의 한계를 만족시켜야 한다.

$$\frac{1}{\sqrt{2}} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]^{0.5} \leq S \quad (43)$$

순서 4. - 원통형 및 원추형 동체는 자오선 응력(meridional stress)  $\sigma_{sm}$ 이 압축이면,  $\lambda = 0.15$  값으로 제151조 제11항 2.를 사용하여  $F_{xa}$ 를 평가하는 식(44)을 만족하여야 하며, 구형 동체는 제151조 제11항 4.의 허용압축응력기준을 만족하여야 한다. 이 경우에 대한 지배적 조건이 내압이 없는 조합하중일 수 있다는 것을 감안하여야 한다.

$$\sigma_{sm} \leq F_{xa} \quad (44)$$

⑩ 너클이 없는 원통형-원추형 동체의 천이 **접합부는 다음을** 따른다.

1. 내압과 정미단면축력, 굽힘 모멘트의 하중을 받는 대단부에 너클이나 소단부에 플레어가 없는 원추형 천이부 또는 원형 단면의 설계에 다음의 요건을 적용할 수 있다. 허용할 수 있는 원추형 천이부 상세내용은 그림 4.3.8에 나와 있다. 대단부의 너클이나 소단부의 플레어에 대한 설계는 아래 11항에 제시되어 있다.
2. 그림 4.3.9에 원통-원추 천이 접합부 상세에 대한 설계규정에 제시되어 있다.
3. 원추의 표면에서 평행하게 측정된 원추형 동체의 길이는 다음 값 이상이 되어야 한다.

$$L_c \geq 2.0 \sqrt{\frac{R_L t_c}{\cos[\alpha]}} + 1.4 \sqrt{\frac{R_s t_c}{\cos[\alpha]}} \quad (45)$$

4. 너클이 없는 원통-원추 접합부의 설계를 위해서 사용하여야 하는 절차는 아래와 같다.

순서 1 - 위 2항을 사용하여 대단부 원통두께  $t_L$ 을 계산한다.

순서 2 - 원추 꼭지각의 반  $\alpha$ 를 결정하고, 대단부에서의 원추두께  $t_c$ 를 위 3항을 사용하여 계산한다.

식(45)과 다음 식이 만족되도록 원추형상의 비례를 정한다. 만일 이 설계 식 모두가 만족되지 않으면, 계산에서

$0^\circ < \alpha \leq 10^\circ$  이라면,  $\alpha = 10^\circ$  를 사용한다.

$$20 \leq \frac{R_L}{t_L} \leq 500 \quad (46)$$

$$1 \leq \frac{t_C}{t_L} \leq 2 \quad (47)$$

$$\alpha \leq 60^\circ \quad (48)$$

순서 4 - 원추형 천이부에 적용되는 정미단면축력  $F_L$ 과 굽힘 모멘트  $M_L$ 을 결정한다. 압력으로 인한 추력 하중은 축력  $F_L$ 의 일부로서 포함시키지 말아야 한다. 식(49)를 사용하여 등가  $X_L$ 을 결정한다.

$$X_L = \frac{F_L}{2\pi R_L} \pm \frac{M_L}{\pi R_L^2} \quad (49)$$

순서 5 - 접합부의 천이 설계 매개변수를 계산한다. 표 4.3.3 및 표 4.3.4에

제시된 것 이외의  $n$ 의 계산 값에 대해서는, 설계식 계수  $C_L$ 의 선형보간이 허용된다.

$$n = \frac{t_C}{t_L} \quad (50)$$

$$H = \sqrt{\frac{R_L}{t_L}} \quad (51)$$

$$B = \tan[\alpha] \quad (52)$$

순서 6 - 표 4.3.1에 있는 식을 사용하여 접합부에서의 원통과 원추의 응력을 계산한다. 인장응력에 대한 허용응력기준이 표 4.3.1에 제시되어 있다. 만일 접합부에서의 평균 원둘레 막응력  $\sigma_{\theta am}$ 이나 평균 길이방향 막응력  $\sigma_{sam}$ 이 압축이면, 국부적 좌굴의 조건을 고려하여야 한다. 만일 제151조 제12항 2.를 사용하여  $F_{ha}$ 를 평가하고,  $\lambda = 0.15$ 로 제151조 제12항 2. 나.를 사용하여  $F_{xa}$ 를 평가하여 다음 한계가 만족된다면, 국부적 좌굴은 고려하지 않아도 되며, 만일 허용기준의 응력이 만족된다면, 그 접합부의 설계는 완료된다.

$$\sigma_{\theta am} \leq F_{ha} \quad (53)$$

$$\sigma_{sam} \leq F_{xa} \quad (54)$$

순서 7 - 만일 순서 6.의 응력허용기준이 만족된다면, 그 설계는 완료되며, 순서 6.의 응력허용기준이 만족되지 않는다면, 접합부 인근의 원통두께나 원추두께를 응력허용기준이 만족될 때까지 증가시킬 수 있다. 그 원통과 원추에 대하여 증가시킨 두께의 구간은 그림 4.3.9에서 보는 것처럼 그 접합부로부터 최소거리를 연장하여야 한다. 새로운 벽두께로 계산을 반복하기 위해서는 순서 3.으로 간다.

5. 플레어가 없는 원통-원추 접합부의 소단부를 설계하기 위하여 사용하여야 하는 절차가 아래에 기술되어 있다.

순서 1 - 위 2항을 사용하여 소단부 원통두께  $t_s$ 를 계산한다.

순서 2 - 원추의 꼭지각의 반  $\alpha$ 를 결정하고, 위 3항을 사용하여 소단부에서의 원추두께  $t_c$ 를 계산한다.

순서 3 - 식(45)과 다음 식이 만족되도록 원추형상의 비례를 정한다. 만일 이 식 모두가 만족되지 않으면, 그 계산에서  $0^\circ < \alpha \leq 10^\circ$  이라면,  $\alpha = 10^\circ$  를 사용한다.

$$20 \leq \frac{R_S}{t_S} \leq 500 \quad (55)$$

$$1 \leq \frac{t_C}{t_S} \leq 2 \quad (56)$$

$$\alpha \leq 60^\circ \quad (57)$$

순서 4 - 원추형 천이부에 작용하는 정미단면축력  $F_s$ 과 굽힘 모멘트  $M_s$ 을

결정한다. 압력으로 인한 추력 하중은 축력  $F_s$ 의 일부로서 포함시키지 말아야 한다. 식(58)을 사용하여 등가  $X_s$ 을 결정한다.

$$X_s = \frac{F_s}{2\pi R_s} \pm \frac{M_s}{\pi R_s^2} \quad (58)$$

순서 5 - 접합부의 천이 설계 매개변수를 계산한다. 표 4.3.5 및 표 4.3.6에 제시된 것 이외의  $n$ 의 계산 값에 대해서는, 방정식 계수  $C_i$ 의 선형보간이 허용된다.

$$n = \frac{t_C}{t_S} \quad (59)$$

$$H = \sqrt{\frac{R_s}{t_S}} \quad (60)$$

$$B = \tan[\alpha] \quad (61)$$

순서 6 - 표 4.3.2에 있는 식을 사용하여 접합부에서의 원통과 원추의 응력을 계산한다. 인장응력에 대한 허용응력기준이 표 4.3.2에 제시되어 있다. 만일 접합부에서의 평균 원둘레 막응력  $\sigma_{\theta am}$ 이나 평균 길이방향 막응력  $\sigma_{sam}$ 이 압축이면, 제151조 제11항2. 아.의 압축응력기준이 만족되어야 한다.

순서 7 - 만일 순서 6.의 응력허용기준이 만족된다면, 그 설계는 완료되며, 순서 6.의 응력허용기준이 만족되지 않는다면, 접합부 인근의 원통두께나 원추두께를 응력허용기준이 만족될 때까지 증가시킬 수 있다. 그 원통과 원추에 대하여 증가시킨 두께의 구간은 그림 4.3.9에서 보는 것처럼 그 접합부로부터 최소거리를 연장하여야 한다. 새로운 벽두께로 계산을 반복하기 위해서는 순서 3.으로 간다.

⑩ 너클이 있는 원통형-원추형 동체의 천이 접합부는 아래에 따른다.

1. 일반사항 - 내압과 정미단면축력, 굽힘 모멘트의 하중을 받는 대단부에 너클이나 소단부에 플레어가 있는 원형단면의 원추형 천이부의 설계에 다음의 요건을 적용할 수 있다. 허용할 수 있는 원추형 천이부의 설계 상세내용은 그림 4.3.10에 나와 있다. 대단부에 너클이 없거나 소단부에 플레어가 없는 천이 접합부에 대한 설계규정이 위 10항에 제시되어 있다.

2. 너클이 있는 원통-원추 접합부의 대단부의 설계를 위해서 사용하여야 하는 절차가 아래와 같다.

순서 1 - 위 2항을 사용하여 대단부 원통두께  $t_L$ 을 계산한다.

순서 2 - 원추 꼭지각의 반  $\alpha$ 을 결정하고, 대단부에서의 원추두께  $t_C$ 를 위 ③항을 사용하여 계산한다.

다음의 식이 만족되도록 너클 반지름  $r_k$ 와 너클 두께  $t_k$ 에 대하여 값을 가정하여 천이 형상의 비례를 정한다.

$$t_k \geq t_L \quad (62)$$

$$r_k > 3t_k \quad (63)$$

$$\frac{r_k}{R_L} > 0.03 \quad (64)$$

$$\alpha \leq 60^\circ \quad (65)$$

순서 4 - 너클 위치에서 원추형 천이부에 작용하는 정미단면축력  $F_L$ 과 굽힘 모멘트  $M_L$ 을 결정한다. 압력으로 인한 추력 하중은 축력  $F_L$ 의 일부로서 포함시키지 말아야 한다.

순서 5 - 표 4.3.7에 있는 식을 사용하여 접합부에서의 원통, 너클 및 원추내의 응력을 계산한다. 인장응력에 대한 허용응력기준은 표 4.3.7에 제시되어 있다. 만일 접합부에서의 평균 원둘레 막응력  $\sigma_{\theta am}$ 이나 평균 길이방향 막응력  $\sigma_{sam}$ 이 압축이면, 식(66, 67)를 사용하여 국부적 좌굴의 조건을 감안하여야 한다. 식(66)에 있는 매개변수  $F_{ha}$ 는 제151조 제12항 2.를 사용하여 평가하고, 식(67)에 있는 매개변수  $F_{xa}$ 는  $\lambda = 0.15$ 로 제151조 제11항 2. 나.를 사용하여 평가한다.

$$\sigma_{\theta am} \leq F_{ha} \quad (66)$$

$$\sigma_{sam} \leq F_{xa} \quad (67)$$

순서 6 - 만일 순서 5.의 응력허용기준이 만족된다면, 그 설계는 완료되며, 순서 5.의 응력허용기준이 만족되지 않는다면, 접합부 인근의 너클두께, 원통두께 또는 원추두께를 응력허용기준이 만족될 때까지 증가시킬 수 있다. 만일 원통이나 원추의 두께가 증가되면, 그 증가된 두께 구간은 식(68, 69)에 의해서 각각 주어진 길이만큼 연장하여야 한다. 새로운 벽두께로 계산을 반복하기 위해서는 순서 3.으로 간다.

$$L_{reg} = K_m \sqrt{R_L t_L} \quad (68)$$

$$L_{rco} = K_m \sqrt{L_k t_C} \quad (69)$$

3. 플레어가 있는 원통-원추 접합부의 소단부를 설계하기 위하여 사용하여야 하는 절차가 아래에 기술되어 있다.

순서 1 - 위 2항을 사용하여 소단부 원통두께  $t_s$ 를 계산한다.

순서 2 - 원추의 꼭지각의 반  $\alpha$ 를 결정하고, 위 3항을 사용하여 소단부에서의 원추두께  $t_c$ 를 계산한다.

순서 3 - 아래식이 만족되도록 플레어 반지름  $r_f$  및 플레어 두께  $t_f$ 를 가정하여 천이형상의 비례를 정한다.

$$t_f \geq t_s \quad (70)$$

$$r_f > 3t_f \quad (71)$$

$$\frac{r_f}{R_s} > 0.03 \quad (72)$$

$$\alpha \leq 60^\circ \quad (73)$$

순서 4 - 너클 위치에서 원추형 천이부에 작용하는 정미단면축력  $F_s$ 과 굽

힘 모멘트  $M_s$ 을 결정한다. 압력으로 인한 추력 하중은 축력  $F_s$ 의 일부로서 포함시키지 말아야 한다.

순서 5 - 표 4.3.8에 있는 식을 사용하여 집합부에서의 원통, 플레어 및 원추 내의 응력을 계산한다. 인장응력에 대한 허용응력기준은 표 4.3.8에 제시되어 있다. 만일 집합부에서의 평균 원둘레 막응력  $\sigma_{\theta am}$ 이나 평균 길이방향 막응력  $\sigma_{sam}$ 이 압축이면, 위 11항2. 순서-5.의 압축응력기준이 만족되어야 한다.

순서 - 만일 순서 5.의 응력허용기준이 만족된다면, 그 설계는 완료되며, 순서 5.의 응력허용기준이 만족되지 않는다면, 집합부 인근의 너클두께, 원통두께 또는 원추두께를 응력허용기준이 만족될 때까지 증가시킬 수 있다. 만일 원통이나 원추의 두께가 증가되면, 그 증가된 두께 구간은 식 (74, 75)에 의해서 각각 주어진 길이만큼 연장하여야 한다. 새로운 벽두께로 계산을 반복하기 위해서는 순서 3으로 간다.

$$L_{req} = K_m \sqrt{R_s t_s} \quad (74)$$

$$L_{req} = K_m \sqrt{L_f t_c} \quad (75)$$

㉔ 공차를 벗어난 압력용기의 평가는 다음에 따를 수 있다.

1. 동체 공차(Shell Tolerances)는 사용자가 동의 한다면, API 579-1/ASME FFS-1에 있는 평가 절차가 위 제1항과 제151조 제3항에 있는 제작 공차를 만족하지 않는 동체 공차를 갖는 부품설계를 인정 하도록 사용될 수 있다. 만약 API579-1/ASME FFS-1 가 평가에 사용된다면 다른 평가 값에 대한 사용자 동의가 없는 경우, 잔류응력 상수 0.95를 계산 시 사용되어야 한다. 그렇다 하더라도, 그 잔류응력 상수는 0.90 보다 작아서는 안 된다. 추가 사항으로는 피로 해석이 적용 되는 경우 API 579-1/ASME FFS-1 에 따라서 이행되어야 한다.
2. 국부적으로 얇은 구역은 사용자가 동의 한다면 API 579-1/ASME FFS-1에 따라 국부적으로 얇은 구역의 부품 설계인정에 사용될 수 있다. 국부적으로 얇은 구역(LTA)은 제150조 및 제151조에서 요구되는 것 보다 작은 두께를 가지는 부품에서 금속의 손실 지역이다. 만일 API 579-1/ASME FFS-1이 평가에 사용된다면 다른 평가 치에 대한 사용자의 동의가 없는 경우 0.98의 잔류응력 상수가 계산 시 사용되어야 한다. 그렇다 하더라도 잔류응력 상수는 0.90 보다 작아서는 안된다. 추가 사항으로 피로 해석이 적용 되는 경우 API 579-1/ASME FFS-1 에 따라서 이행되어야 한다.
3. 국부적으로 얇은 구역(LTA) 과 두꺼운 표면사이의 변위는 국부적으로 얇은 구역 깊이의 3배 보다 경사길이가 작아서는 안 된다. 최소한의 바닥 경계 반경은 국부적으로 얇은 구역(LTA) 깊이의 2배 이상이어야 한다. (그림 4.14.1참조)

㉕ 기호설명

$A_R$  : 집합부에서의 보강 링의 단면적

$\alpha$  : 원추형 동체의 꼭지각의 1/2

$\alpha_1$  : 오프셋 천이의 원추 각

$\alpha_2$  : 오프셋 천이의 원추 각

$B$  : 곡선맞춤 형상 상수

$\beta_{co}$  : 원추의 형상계수

$\beta_{cy}$  : 원통의 형상계수

$\beta_f$  : 플레어가 있을 때 원추 천이의 계산에서 사용하는 각도

$\beta_{f1}$  : 플레어가 있을 때 원추 천이의 계산에서 사용하는 각도

$\beta_{f2}$  : 플레어가 있을 때 원추 천이의 계산에서 사용하는 각도

$\beta_k$  : 너클이 있을 때 원추 천이의 계산에서 사용하는 각도

$\beta_{k1}$  : 너클이 있을 때 원추 천이의 계산에서 사용하는 각도

$\beta_{k2}$  : 너클이 있을 때 원추 천이의 계산에서 사용하는 각도

$\beta_{th}$  : 접시형 경관의 계산에서 사용하는 각도

$C_1$  : 접시형 경관의 계산에서 사용하는 각도상수

$C_2$  : 접시형 경관의 계산에서 사용하는 각도상수

$C_3$  : 접시형 경관의 계산에서 사용하는 강도 매개변수

$d$  : 동체를 완전히 관통하지 않는 드릴구멍의 지름

$D$  : 동체나 경관의 안지름

$D_o$  : 동체나 경관의 바깥지름

$E_T$  : 최고설계온도에서의 탄성계수

$E_{RT}$  : 실온에서의 탄성계수

$E$  : 검토대상 용접이음매(즉 길이방향, 원둘레)에 대해서 해당되는 대로 용접이음계수 (제149조㉓항 참조), 리거먼트 효율(제157조㉑항 참조) 또는 구조품질계수

$F$  : 검토대상 점에 작용하는 정미단면축력, 양(+의) 힘은 원통 내에서 축방향 인장응력을 발생시킨다.

$F_L$  : 대단부 원통형 동체에 작용하는 정미단면축력, 양(+의) 힘은 원통 내에서 축 방향 인장응력을 발생시킨다.

$F_s$  : 소단부 원통형 동체에 작용하는 정미단면축력, 양(+의) 힘은 원통 내에서 축 방향 인장응력을 발생시킨다.

$F_{ha}$  : 제151조에서 주어진 것과 같은 허용압축 후프 막응력

$F_{sa}$  : 제151조에서 주어진 것과 같은 허용압축 축방향 막응력

$G$  : 접시형 경관의 계산에서 사용하는 상수

$H$  : 곡선맞춤 형상 상수

$h$  : 안쪽 표면으로 측정된 타원형 경관의 높이

$I_R$  : 집합부에서의 보강 링의 관성모멘트  
 $j_k$  : 조밀하지 않은 너클이 존재할 때 원추형 천이의 응력계산에서 사용되는, 평가하여야 할 너클 둘레 위치의 수  
 $j_f$  : 조밀하지 않은 플레이어가 존재할 때 원추형 천이의 응력계산에서 사용되는, 평가하여야 할 플레이어 둘레 위치의 수  
 $k$  : 접시형 및 타원형 경관의 계산에서 사용되는 각도 상수  
 $K_m$  : 플레어나 너클이 존재할 때 원추형 천이의 계산에서 사용하는 길이 계수  
 $K_{pc}$  : 원통-원추 집합부의 소성보정계수  
 $\lambda$  : 압축응력계수  
 $L$  : 접시형 경관의 안쪽 반지름  
 $L_c$  : 원추형 동체의 투영길이  
 $L_f$  : 플레이어가 존재할 때 원추형 천이의 응력계산에서 사용되는 길이  
 $L_{1f}$  : 플레이어가 존재할 때 원추형 천이의 응력계산에서 사용되는 길이  
 $L_{1f}^j$  : 플레이어가 존재할 때 원추형 천이의 응력계산에서 사용되는 길이  
 $L_k$  : 너클이 존재할 때 원추형 천이의 응력계산에서 사용되는 길이  
 $L_{1k}$  : 너클이 존재할 때 원추형 천이의 응력계산에서 사용되는 길이  
 $L_{1k}^j$  : 너클이 존재할 때 원추형 천이의 응력계산에서 사용되는 길이  
 $M$  : 검토대상 점에 작용하는 정미단면 굽힘 모멘트  
 $M_{cs}$  : 원추에 작용하는 총 합성 자오선 모멘트  
 $M_{csP}$  : 내압으로 인하여 원추에 작용하는 원통-원추 집합부의 합성 자오선 모멘트  
 $M_{csX}$  : 등가 선하중으로 인하여 원추에 작용하는 원통-원추 집합부의 합성 자오선 모멘트  
 $M_s$  : 원통에 작용하는 총 합성 자오선 모멘트  
 $M_{sP}$  : 내압으로 인하여 원통에 작용하는 원통-원추 집합부의 합성 자오선 모멘트  
 $M_{sX}$  : 등가 선하중으로 인하여 원통에 작용하는 원통-원추 집합부의 합성 자오선 모멘트  
 $M_{sN}$  : 원통에 작용하는 정규화 곡선맞춤 합성 자오선 모멘트  
 $M_L$  : 대단부 원통형 동체에 작용하는 정미단면 굽힘 모멘트  
 $M_S$  : 소단부 원통형 동체에 작용하는 정미단면 굽힘 모멘트  
 $M_t$  : 동체 단면에 작용하는 정미단면 비틀림 모멘트  
 $N_{cs}$  : 압력과 등가 선하중으로 인하여 원추에 작용하는 합성 자오선 막 힘  
 $N_{cb}$  : 압력과 등가 선하중으로 인하여 원추에 작용하는 합성 원둘레 막 힘  
 $N_s$  : 압력과 등가 선하중으로 인하여 원통에 작용하는 합성 자오선 막 힘

$N_\theta$  : 압력과 등가 선하중으로 인하여 원추에 작용하는 합성 원둘레 막 힘  
 $n$  : 원통두께에 대한 원추두께의 비율  
 $P$  : 설계내압  
 $P_{ac}$  : 돔 부분의 파열파괴에 지배되는 접시형 경관의 허용내압  
 $P_{ah}$  : 접시형 경관의 허용내압  
 $P_{ak}$  : 너클 부위의 파괴에 지배되는 접시형 경관의 허용내압  
 $P_{ac}$  : 중앙부에서 접시형 경관의 파괴가 생길 것으로 예상되는 내압의 값  
 $P_e$  : 너클이나 플레이어가 존재할 때 원추형 천이의 응력계산에서 사용되는 등가 설계압력  
 $P_e^j$  : 너클이나 플레이어가 존재할 때 원추형 천이의 응력계산에서 사용되는 그 너클이나 플레이어 주변 위치에서의 등가 설계압력  
 $P_{eth}$  : 접시형 경관의 계산에 사용되는 압력  
 $P_y$  : 접시형 경관에서 재료의 항복강도와 같은 최고응력이 생길 것으로 예상되는 내압의 값  
 $\phi$  : 구형 동체에서 원둘레방향 단면의 위치를 정하는 각도  
 $\phi_f$  : 플레이어가 존재할 때 원추형 천이의 계산에서 사용하는 각도  
 $\phi_f^j$  : 조밀하지 않은 플레이어가 존재할 때 원추형 천이의 계산에서 사용하는 각도  
 $\phi_f^e$  : 조밀하지 않은 플레이어가 존재할 때 원추형 천이의 계산에서 사용하는 각도  
 $\phi_f^s$  : 조밀하지 않은 플레이어가 존재할 때 원추형 천이의 계산에서 사용하는 각도  
 $\phi_k$  : 너클이 존재할 때 원추형 천이의 계산에서 사용하는 각도  
 $\phi_k^j$  : 조밀하지 않은 너클이 존재할 때 원추형 천이의 계산에서 사용하는 각도  
 $\phi_k^e$  : 조밀하지 않은 너클이 존재할 때 원추형 천이의 계산에서 사용하는 각도  
 $\phi_k^s$  : 조밀하지 않은 너클이 존재할 때 원추형 천이의 계산에서 사용하는 각도  
 $\phi_{eh}$  : 접시형 경관의 계산에 사용하는 각도  
 $Q$  : 원통에 작용하는 총 합성 전단력  
 $Q_c$  : 원추에 작용하는 총 합성 전단력  
 $Q_N$  : 원통에 작용하는 정규화 곡선맞춤 합성 전단력  
 $Q_P$  : 내압으로 인하여 원통에 작용하는 원통-원추 집합부 합성 전단력  
 $Q_X$  : 등가 선하중으로 인하여 원통에 작용하는 원통-원추 집합부 합성 전단력

$R_c$  : 원추의 등가 반지름  
 $R_f$  : 플레어에 대한 만곡 중심 반지름  
 $R_k$  : 너클에 대한 만곡 중심 반지름  
 $R_L$  : 원추형 천이의 대단부 안쪽 반지름  
 $R_m$  : 원통의 평균반지름  
 $R_S$  : 원추형 천이의 소단부 안쪽 반지름  
 $R_{th}$  : 접시형 경관의 계산에서 사용하는 반지름  
 $r$  : 접시형 경관의 계산에서 사용하는 너클의 안쪽 반지름  
 $r_{hr}$  : 최소 구멍 반지름  
 $r_k$  : 원환원추형 천이의 대단부의 너클 안쪽 반지름  
 $r_f$  : 원환원추형 천이의 소단부의 플레어 안쪽 반지름  
 $R_R$  : 보강 링 도심으로부터 원통과 원추의 교차점까지 원통을 따라 측정된 거리  
 $S$  : 설계온도에서 평가한 부속서 3.A로부터의 허용응력 값  
 $S_a$  : 허용응력 진폭  
 $S_{ps}$  : 설계온도에서 평가한 허용 1차 + 2차 응력  
 $S_y$  : 설계온도에서 평가한 부속서 표3.A.1 ~ 표3.17로부터의 항복강도  
 $\sigma_s$  : 동체 내의 자오선 응력  
 $\sigma_{sam}$  : 원추형 천이의 접합부에서 평균 자오선 막응력  
 $\sigma_{sm}$  : 동체 내의 자오선 막응력  
 $\sigma_{sb}$  : 동체 내의 굽힘 응력  
 $\sigma_\theta$  : 동체 내의 원둘레 응력  
 $\sigma_{\theta am}$  : 원추형 천이 접합부에서의 평균 원둘레 막응력  
 $\sigma_{\theta m}$  : 동체 내의 원둘레 막응력  
 $\sigma_{\theta b}$  : 동체 내의 원둘레 굽힘 응력  
 $\sigma_1$  : 1-방향의 주응력  
 $\sigma_2$  : 2-방향의 주응력  
 $t$  : 동체의 최소요구두께  
 $t_C$  : 원추형 천이 내의 원추의 두께  
 $t_L$  : 원추형 천이 내의 대단부 원통의 두께  
 $t_S$  : 원추형 천이 내의 소단부 원통의 두께  
 $t_j$  : 원환원추형 천이의 접합부에서 해당되는 대로 원통, 너클 또는 플레어의 두께,  $t_j \geq t$  및  $t_j \geq t_c$   
 $t_{rw}$  : 부분적으로 뚫린 드릴구멍 위치에서의 남은 벽두께  
 $t_{rw1}$  : 부분적으로 뚫린 드릴구멍 위치에서의 남은 벽두께  
 $\tau$  : 동체 내의 비틀림 전단응력

$\tau_{pl}$  : 부분적으로 뚫린 드릴구멍 위치(추가하중을 받는 동체에 대해서 응력을 계산하는 위치)에서의 동체 내의 평균 전단응력. 영(0)의 값은 정미단면 굽힘 모멘트로부터의 최대 양(+)의 길이방향 응력의 위치를 규정한다.

$\nu$  : 포아송비

$X_L$  : 축력과 굽힘 모멘트로 인하여 대단부 원통에 작용하는 등가 선하중

$X_S$  : 축력과 굽힘 모멘트로 인하여 소단부 원통에 작용하는 등가 선하중

**제151조 (외압을 받는 동체의 설계와 허용압축응력)** ① 허용응력은 예상 좌굴응력에 설계계수(design factor, FS)를 적용하여 결정하여야 한다. 설계계수의 값은 좌굴 응력이 탄성일 때는 2.0, 예상 좌굴응력이 설계온도에서의 규정보소항복강도와 같을 때는 1.667을 적용하여야 한다. 설계계수에 대한 식은 아래와 같으며, 여기서  $F_{ic}$ 는 허용응력 식에서 설계계수를 1로 결정한 예상 좌굴응력이다. 설계하중과 지지하중 또는 풍하중의 조합에 대해서는 아래의 식(181, 182, 183, 186, 187 및 188) 내에서  $F_{bha}$  또는  $F_{ba}$ 에 대한 허용응력은 1.2의 계수로 증가시킬 수 있다.

$F_{ic} \leq 0.55S_y$ 에 대해서

$$FS = 2.0 \quad (76)$$

$0.55S_y < F_{ic} < S_y$ 에 대해서

$$FS = 2.407 - 0.741 \left( \frac{F_{ic}}{S_y} \right) \quad (77)$$

$F_{ic} = S_y$ 에 대해서

$$FS = 1.667 \quad (78)$$

② 허용압축응력에 대한 식은 탄소강과 저합금강 관계를 기초로 한 것으로, 이 재료의 허용 최고온도한계는 표 4.4.1의 요건에 따라야 한다.

1. 탄소강이나 저합금강 이외의 재료는 허용응력의 수정이 요구된다. 허용응력의 수정을 위한 절차는 탄소강과 저합금강을 기초로 허용압축응력을 계산한 후 다음과 같이 조정을 하여야 한다.

가. 축 방향 압축 허용응력 조정

$$F_{xa} = \frac{F_{xc} E_t}{FS E_y} \quad (79)$$

$$F_{ba} = F_{xa} (80)$$

나. 외압에서의 허용응력 조정

$$F_{ha} = \frac{F_{hc} E_t}{FS E_y} \quad (81)$$

다. 전단에서의 허용응력 조정

$$F_{va} = \frac{F_{vc} E_t}{FS E_y} \quad (82)$$

2. 허용압축응력에 대한 식은 표 4.4.1과 같은 구조 재료에 대해서 시간 독립 영역에 사용할 수 있다. 만일 설계된 부품이 시간 의존적 영역



(Time-Dependent)(즉, 확실한 크리프영역 일 경우) 내에 있다면, 시간 의  
존적 반응의 영향을 고려하여야 한다.

③ 동체 허용공차

1. 원통형, 원추형 및 구형 동체의 허용 진원도

외압을 받는 완성된 용기는 어느 단면에서나 다음 요건을 만족시켜야 한다.  
가. 제150조 제①항 제1호의 진원도 요건을 만족시켜야 한다.

나. (측정을 하는 위치에 따라) 설계 안지름과 바깥지름을 가진 부분 원형  
형판(segmental circular template)으로 측정 한 진원으로부터의 최대  
(+) 또는 (-) 편차  $e$ 와 현의 길이  $L_{ec}$ 는 다음 값을 초과해서는 안 된다.

$$e = \min[e_c, 2t] \quad (83)$$

여기서

$0.2t \leq e_c \leq 0.0242R$ 에 대해서 유효한

$$e_c = 0.0165t \left( \frac{L_{ec}}{\sqrt{Rt}} + 3.25 \right)^{1.069} \quad (84)$$

$$L_{ec} = 2R \sin \left[ \frac{\pi}{2n} \right] \quad (85)$$

$2 \leq n \leq 1.41 \sqrt{\frac{R}{t}}$ 에 대해서 유효한

$$n = \xi \left( \sqrt{\frac{R}{t}} \cdot \left( \frac{R}{L} \right)^\psi \right) \quad (86)$$

$$\xi = \min \left[ 2.28 \left( \frac{R}{t} \right)^{0.54}, 2.80 \right] \quad (87)$$

$$\psi = \min \left[ 0.38 \left( \frac{R}{t} \right)^{0.044}, 0.485 \right] \quad (88)$$

다. 위의 식에서 사용하는 두께  $t$ 의 값은 다음과 같이 결정하여야 한다.

(1) 맞대기 이음 용기의 경우  $t$ 는, 공칭 판 두께에서 부식여유를 뺀 것.

(2) 겹치기 이음 용기의 경우  $t$ 는, 공칭 판 두께이고 허용편차는  $e+t$ .

(3) 어느 단면에서의 동체가 상이한 두께의 판재로 제작될 경우  $t$ 는 가장  
얇은 판재의 공칭 판 두께에서 부식여유를 뺀 것.

라. 원추와 원추형 단면에서는,  $t$ 가  $t_c$ 로 대체되는 것을 제외하고는 위의 다  
항을 사용하여  $t$ 를 결정하여야 한다.

마. 진원도 측정은 용접부나 구성부품의 들은 부분이 아닌 모재의 표면에서  
하여야 한다.

바. 완성된 용기 치수를 맞추기 위해서 재료의 강도를 저해시키지 않는 어  
떤 공정으로도 가능하다.

사. 예리한 굽힘이나 편평한 점은 설계시 반영되지 않았다면 허용되지 않  
으며, 아래2. 또는 4.의 허용공차를 만족시켜야 한다.

아. 관으로 제작된 용기는 관 제작에 관한 규정에서 허용하는 것에 따라

바깥지름에서 허용할 수 있는 변동이 있을 수 있다.

2. 균일한 축 방향 압축을 받는 원통 및 원추형 동체와 굽힘 모멘트로 인한  
축 방향 압축

제150조 제①항 제1호의 허용공차 요건을 만족하여야 한다. 추가로, 표점간  
거리  $L_x$ 에 걸쳐 자오선을 따라 측정 한 직선으로부터의 국부적인 내향 편차  
 $e_x$ 는 아래에서 주어진 최대허용편차  $e_x$ 를 초과해서는 안 된다.

$$e_x = 0.002R_m \quad (89)$$

원통형 동체에 대하여

$$L_x = \min [4\sqrt{R_m t}, L] \quad (90)$$

원추형 동체에 대하여

$$L_x = \min \left[ 4\sqrt{\frac{R_m t_c}{\cos[\alpha]}}, \frac{L_c}{\cos[\alpha]} \right] \quad (91)$$

원둘레방향 용접부를 가로질러

$$L_x = 25t \quad (92)$$

3. 외압과 균일한 축 방향 압축을 받는 원통형 및 원추형 동체의 굽힘 모멘  
트로 인한 축 방향 압축 - 위 제③항 제1호 및 제2호의 모든 허용공차 요  
건을 만족하여야 한다.

4. 구형 동체와 성형 경판

제150조 제①항 제2호의 허용오차 요건을 만족하여야 한다. 추가로, 구형동  
체와 성형경판 구형 부의 진원 형상으로부터의 최대국부편차  $e$ 는 동체두께  
를 초과해서는 안 된다. 최대국부편차를 정하는 측정은 다음 식에서 주어지  
는 현의 길이  $L_c$ 를 가진 형판으로 하여야 한다.

$$L_c = 3.72\sqrt{R_m t} \quad (93)$$

④ 원통형 동체는 다음과 같이 설계하여야 한다.

1. 요구두께 - 외압하중을 받는 원통형 동체의 요구두께는 다음 절차에 따라  
결정하여야 한다.

순서 1 - 초기 두께  $t$ 와 지지되지 않은 길이  $L$ 를 가정한다.(그림 4.4.1과  
4.4.2 참조)

순서 2 - 예상되는 탄성좌굴응력  $F_{hc}$ 를 계산한다.

$$F_{hc} = \frac{1.6C_h E_y t}{D_o} \quad (94)$$

$$M_x = \frac{L}{\sqrt{R_o t}} \quad (95)$$

$M_x \geq 2 \left( \frac{D_o}{t} \right)^{0.94}$ 에 대해서

$$C_h = 0.55 \left( \frac{t}{D_o} \right) \quad (96)$$

13 < M<sub>x</sub> < 2( $\frac{D_o}{t}$ )<sup>0.94</sup> 에 대해서

$$C_h = 1.12M_x^{-1.058} \quad (97)$$

1.5 < M<sub>x</sub> ≤ 13에 대해서

$$C_h = \frac{0.92}{M_x - 0.579} \quad (98)$$

M<sub>x</sub> ≤ 1.5에 대해서

$$C_h = 1.0 \quad (99)$$

순서 3 - 예상되는 좌굴응력 F<sub>ic</sub>을 계산한다.

$\frac{F_{he}}{S_y} \geq 2.439$ 에 대해서

$$F_{ic} = S_y \quad (100)$$

0.552 <  $\frac{F_{he}}{S_y}$  < 2.439에 대해서

$$F_{ic} = 0.7S_y \left( \frac{F_{he}}{S_y} \right)^{0.4} \quad (101)$$

$\frac{F_{he}}{S_y} \leq 0.552$ 에 대해서

$$F_{ic} = F_{he} \quad (102)$$

순서 4 - 제151조 제①항에 따라서 설계계수 FS의 값을 계산한다.

순서 5 - 허용외압 P<sub>a</sub>를 계산한다.

$$P_a = 2F_{ha} \left( \frac{t}{D_o} \right) \quad (103)$$

여기서

$$F_{ha} = \frac{F_{ic}}{FS} \quad (104)$$

순서 6 - 만일 허용외압 P<sub>a</sub>가 설계외압 보다 낮을 경우, 동체두께를 증가시키거나 (보강 링 등을 추가시켜) 동체의 지지되지 않은 길이를 감소시키고, 순서 2부터 재 설계하여야 하며, 허용외압이 설계외압 이상이 될 때까지 반복하여야 한다.

## 2. 보강 링의 크기

보강 링의 크기를 결정하기 위해서 다음 식을 사용하여야 한다.

가. 보강 링의 형상

동체 길이에 걸쳐 큰 보강 링과 작은 보강 링의 조합을 사용할 수도 있다. 만일, 단일 크기의 보강 링을 사용한다면, 작은 보강 링을 기준으로 크기를 결정하여야 한다. 대안으로 작은 보강 링의 크기를 줄이기 위해서 크고 작은 보강 링의 조합을 사용할 수 있다. 설계에서 선택한 동체두

께와 하중조합을 고려하여, 큰 보강 링은 양 끝의 보강재나 격벽으로 기능을 하게하고 그 양 끝의 보강 링 사이에 작은 보강 링을 배치하도록 크기를 결정할 수도 있다.

나. 작은 보강 링

유효 보강 링(즉, 실제 보강 링 + 동체의 유효길이, 그림 4.4.3 참조)의 요구되는 관성모멘트는 식(105)을 만족시켜야 한다. M<sub>x</sub> = L<sub>s</sub>/√R<sub>o</sub>t로서 위 1.의 식을 사용하여 매개변수 F<sub>he</sub>를 평가하여야 한다.

$$I_s^C \geq \frac{1.5F_{he}L_sR_o^2t}{E_y(n^2-1)} \quad (105)$$

여기서

$$n = \sqrt{\frac{2D_o^{1.5}}{3L_Bt^{0.5}}} \quad (106)$$

여기서 n은 정수, n < 2에 대해서는 n = 2를 사용한다.

그리고 n > 10에 대해서는 n = 10을 사용한다. 동심 축에 대한 작은 보강 링과 동체의 유효길이를 구성되는 합성단면의 실제 관성모멘트는 식(107)을 사용하여 계산하여야 한다.

$$I_s^C = I_s + A_sZ_s^2 \left( \frac{L_e t}{A_s + L_e t} \right) + \frac{L_e t^3}{12} \quad (107)$$

여기서

$$L_e = 1.1\sqrt{D_o t} \quad (108)$$

다. 큰 보강 링 또는 격벽

유효 보강 링(즉, 실제 보강 링 + 동체의 유효길이, 식 109 참조)의 요구되는 관성모멘트는 식(109)을 만족시켜야 한다. 매개변수 F<sub>hef</sub>는 M<sub>x</sub> = L<sub>F</sub>/√R<sub>o</sub>t로서 위 1.의 식을 사용하여 길이 L<sub>F</sub>에 걸쳐 평가한 후프 좌굴응력 F<sub>he</sub>의 평균값이다.

$$I_L^C \geq \frac{F_{hef}L_FR_o^2t}{2E_y} \quad (109)$$

동심 축에 대한 큰 보강 링과 동체의 유효길이를 구성된 합성단면의 실제 관성모멘트는 식(110)을 사용하여 계산하여야 한다.

$$I_L^C = I_L + A_LZ_L^2 \left( \frac{L_e t}{A_L + L_e t} \right) + \frac{L_e t^3}{12} \quad (110)$$

여기서

$$L_e = 1.1\sqrt{D_o t} \left( \frac{A_s + L_s t}{A_L + L_s t} \right) \quad (111)$$

라. 모든 하중조건에 대한 국부 보강재의 형상요건

보강 링의 안정성을 위해 다음 식이 만족하여야 한다.

(1) 평강 보강재, 티(T) 형강의 플렌지 및 앵글 보강재의 돌출 레그(Leg)

(그림 4.4.3 참조)

$$\frac{h_1}{t_1} \leq 0.375 \left( \frac{E_y}{S_y} \right)^{0.5} \quad (112)$$

(2) 동체에 부착한 티 보강재 웨브 또는 앵글 보강재의 레그(Leg) (그림 4.4.3 참조)

$$\frac{h_2}{t_2} \leq \left( \frac{E_y}{S_y} \right)^{0.5} \quad (113)$$

마. 길이방향 허용압축응력을 증가시키기 위한 보강재의 크기

굽힘에 의하여 균일한 축 방향 압축을 받는 원통형 또는 원추형 동체에 길이 방향 허용압축응력을 증가시키기 위하여 링 보강재를 사용할 수 있다. 보강재의 요구 크기는 다음 식을 만족시켜야 한다. 추가로, 보강재의 간격은  $M_s \leq 15$ 의 값이 되도록 하여야 한다. 여기서  $M_s$ 는 식(117)에 의해서 주어진다.

$$A_s \geq \left( \frac{0.334}{M_s^{0.6}} - 0.063 \right) L_s t \quad (114)$$

$$A_s \geq 0.06 L_s t \quad (115)$$

$$I_s^C \geq \frac{5.33 L_s t^3}{M_s^{1.8}} \quad (116)$$

$$M_s = \frac{L_s}{\sqrt{R_o t}} \quad (117)$$

바. 전단에 대한 보강재의 크기

보강재의 크기는  $M_x = M_s$ 로 식 (156) 부터 (159)를 사용하여  $C_v$ 를 평가 하는 다음 식을 만족하여야 한다.  $M_s$ 는 식 (117)에 의해서 주어진다.

$$I_s^C \geq 0.184 C_v M_s^{0.8} t^3 L_s \quad (118)$$

사. 보강 링의 배치

(1) 그림 4.4.4와 같이, 위치(A)와 (B)에서 보강 링의 끝이나 단면 사이의 이음 그리고 위치(C)에서 동체의 안쪽과 바깥쪽에 설치된 보강 링의 인접부 사이의 연결부는 조합된 링-동체 단면의 관성모멘트가 유지 되도록 설치되어야 한다. 위치 (D)에서 지주가 있는 단면에 대하여 요구되는 관성모멘트는 지주 단독으로 만족되어야 한다.

(2) 그림 4.4.4와 같이, 위치(E)에서의 링 또는 위치(F)에서의 조합된 링-동체 단면의 관성모멘트가 지시된 단면 이내에서 유지된다는 전제하에, 용기의 안쪽 보강 링은 위치 (E)와 (F)에서 보는 것처럼 배치할 수 있다. 위치(A) 또는 (E)에서의 간격이 동체 판 두께의 8배를 초과하지 않는 곳은 동체와 보강재의 조합된 관성모멘트를 사용할 수도 있다.

(3) 아래 내용을 제외하고 보강 링은 용기전체의 둘레에 걸쳐 연장되어야 한다. 그림 4.4.4의 위치(D)와 (E)에서 보는 것처럼 동체를 지지하

고 있는 보강 링부의 간격은, 위치(C)에서 보는 것처럼 추가적인 보강이 되지않거나 또는 다음 요건이 만족되지 않는다면, 그림 4.4.5의 호의 길이를 초과해서는 안 된다.

(가) 지지되지 않는 동체 호가 링 당 단 하나만 허용한다.

(나) 지지되지 않는 동체 호의 길이는 90°를 초과하지 않아야 한다.

(다) 인접하는 보강 링 내의 지지되지 않는 동체의 호는 180°만큼 서로 엇갈려야 한다.

(라) 치수  $L$ 는 번갈아 있는 보강 링 사이의 거리 또는 경관 굽힘 선으로부터 둘째 보강 링까지의 거리에 경관 깊이의 1/3을 더한 것 중에서 큰 것을 취하여야 한다.

(4) 버블 트레이 또는 배플 판과 같이 용기의 길이방향 축에 직각인 내부 평면 구조물이 용기 내에서 사용될 때에는, 그것이 보강재 기능을 하도록 설계된 경우에는 보강 링으로 간주할 수 있다.

(5) 사용하는 내부의 스테이나 지지물은 상당히 연속적인 링 매체를 통하여 그 용기의 동체를 지탱하여야 한다.

아. 보강 링의 부착

보강 링은 용기의 바깥쪽이나 안쪽에 연속용접으로 부착하여야 한다. 만일 구성부품이 반복하중을 받지 않는다면 단속용접으로 부착할 수 있다.

3. 조합하중

외압과 기타 하중을 받는 원통형 동체는 아래 제④항의 요건을 만족하여야 한다.

⑤ 원추형 동체는 다음과 같이 설계하여야 한다.

1. 요구두께

외압하중을 받는 원추형 동체의 두께는 아래의 요건을 대입한 식을 사용하여 결정하여야 한다.

가. 위 제④항의 식에서  $t$ 에  $t_c$ 의 값을 대입한다.

나. 옅은 원추에 대해서는, 원추각도  $\alpha$ 는 제150조 제③항의 요건을 만족시켜야 한다.

다. 위 제④항의 식에서  $D_o$ 에

$$0.5(D_L + D_S)/\cos[\alpha] \text{의 값을 대입한다.}$$

라. 위 제④항의 식에서  $L$ 에  $L_{ce}/\cos[\alpha]$ 의 값을 대입하며, 여기서  $L_{ce}$ 는 아래와 같이 결정한다.

(1) 그림 4.4.7의 (a)와 (e)에 대해서

$$L_{ce} = L_c \quad (119)$$

(2) 그림 4.4.7의 (b)에 대해서

$$L_{ce} = r_k \sin[\alpha] + L_c \quad (120)$$

(3) 그림 4.4.7의 (c)에 대해서

$$L_{cc} = r_f \sin[\alpha] + L_c \quad (121)$$

(4) 그림 4.4.7의 (d)에 대해서

$$L_{cc} = (r_k + r_f) \sin[\alpha] + L_c \quad (122)$$

마. 동체의 형상을 알면 원추형 천이부 꼭지각의 반을 다음 식으로 계산할 수 있다. 이식은 원추형 천이부가 원추부, 너클 또는 플레어를 포함한다는 가정 하에서 개발되었다. 만일 천이부에 가 너클이나 플레어가 없다면, 꼭지각의 반(그림 4.4.7 참조)을 계산할 때에 이 구성부품의 반지름은 영(0)으로 설정하여야 한다.

(1) 만일  $(R_L - r_k) \geq (R_S + r_f)$ 이면,

$$\alpha = \beta + \phi \quad (123)$$

$$\beta = \arctan \left[ \frac{(R_L - r_k) - (R_S + r_f)}{L_{cc}} \right] \quad (124)$$

(2) 만일  $(R_L - r_k) < (R_S + r_f)$ 이면,

$$\alpha = \phi - \beta \quad (125)$$

$$\beta = \arctan \left[ \frac{(R_S + r_f) - (R_L - r_k)}{L_{cc}} \right] \quad (126)$$

(3) 위에서 보는 두 경우 모두에서, 각도  $\phi$ 는 다음 식으로 주어진다.

$$\phi = \arcsin \left[ \frac{(r_f + r_k) \cos \beta}{L_{cc}} \right] \quad (127)$$

### 2. 작은 보강 링

원추형 천이 내의 중간 원둘레방향 보강 링은 식(105)을 사용하여 결정하며, 여기서  $L_s$ 는 위 1. 나.로부터 결정되고,  $t_c$ 는 링의 위치에서 원추의 두께이다.

### 3. 조합하중

외압과 기타 하중을 받는 원추형 동체는 아래 제⑩항의 요건을 만족시켜야 한다.

⑥ 구형 동체와 반구형 경판은 다음과 같이 설계하여야 한다.

1. 요구두께 - 외압 하중을 받는 구형 동체 및 반구형 경판의 두께는 다음 절차를 사용하여 결정하여야 한다.

순서 1 - 구형 동체에 대해서 초기 두께  $t$ 를 가정한다.

순서 2 - 예상 탄성좌굴응력  $F_{hc}$ 를 계산한다.

$$F_{hc} = 0.075 E_y \left( \frac{t}{R_o} \right) \quad (128)$$

순서 3 - 예상 좌굴응력  $F_{ic}$ 를 계산한다.

$$\frac{F_{hc}}{S_y} \geq 6.25 \text{에 대해서} \quad (129)$$

$$F_{ic} = S_y$$

$1.6 < \frac{F_{hc}}{S_y} < 6.25$ 에 대해서

$$F_{ic} = \frac{1.31 S_y}{\left( 1.15 + \frac{F_{hc}}{S_y} \right)} \quad (130)$$

$0.55 < \frac{F_{hc}}{S_y} \leq 1.6$ 에 대해서

$$F_{ic} = 0.18 F_{hc} + 0.45 S_y \quad (131)$$

$\frac{F_{hc}}{S_y} \leq 0.55$ 에 대해서

$$F_{ic} = F_{hc} \quad (132)$$

순서 4 - 위 제①항에 따라서 설계계수  $FS$ 의 값을 계산한다.

순서 5 - 허용외압  $P_a$ 을 계산한다.

$$P_a = 2 F_{ha} \left( \frac{t}{R_o} \right) \quad (133)$$

여기서

$$F_{ha} = \frac{F_{ic}}{FS} \quad (134)$$

순서 6 - 만일 허용외압  $P_a$ 가 설계외압 보다 낮을 경우, 동체두께를 증가시키거나 (보강 링을 추가시켜) 동체의 지지되지 않은 길이를 감소시키고, 순서 2부터 재 설계하여야 하며, 허용외압이 설계외압 이상이 될 때까지 반복하여야 한다.

2. 조합하중 - 외압과 기타 하중을 받는 구형 동체와 반구형 경판은 아래 제⑩항의 요건을 만족시켜야 한다.

⑦ 접시형 경판은 다음과 같이 설계하여야 한다.

1. 요구두께 - 외압하중을 받는 접시형 경판의 요구두께는 위 제⑥항의 구형 동체에 대한 식을 사용하여  $R_o$ 에 바깥쪽 중앙 만곡부의 반지름을 대입하여 결정하여야 한다.

2. 접시형 경판의 형상에 대한 제한 - 제150조 제⑤항의 제한 요건을 적용하여야 한다.

3. 조합하중 - 외압과 기타 하중을 받는 접시형 경판은 아래 제⑩항의 요건을 만족하여야 한다.

⑧ 타원형 경판은 다음과 같이 설계하여야 한다.

1. 요구두께 - 외압하중을 받는 타원형 경판의 요구두께는 위 제⑥항의 구형 동체에 대한 식을 사용하여  $R_o$ 에  $K_o D_o$ 를 대입하여 결정하여야 하며, 여기서  $K_o$ 는 다음 식으로 주어진다.

$$K_o = 0.25346 + 0.13995 \left( \frac{D_o}{2h_o} \right) + 0.12238 \left( \frac{D_o}{2h_o} \right)^2 - 0.015297 \left( \frac{D_o}{2h_o} \right)^3 \quad (135)$$

2. 조합하중 - 외압과 기타 하중을 받는 타원형 경관은 아래 제⑩항의 요건을 만족시켜야 한다.

⑨ 국부적으로 얇은 부위는 제150조 제⑫항에 따른다.

⑩ 용기를 관통하지 않은 부분적으로 뚫린 드릴구멍에 대한 설계요건은 제150조 제⑧항에 따른다.

⑪ 조합하중과 허용압축응력은 다음과 같이 설계되어야 한다.

1. 위 제①항부터 제⑩항의 규정들은 외압하중에 대해 적용하여야 하며, 본항의 규정은 조합하중을 대한 추가하중을 받는 동체의 설계를 위하여 사용하여야 하는 허용압축응력을 제시한다.

2. 원통형 동체 - 원통형 동체에 대한 허용압축응력은 하중조건에 근거한 다음 규정을 사용하여 계산하여야 한다. 각 하중조건에서 사용하는 공통 매개변수는 아래 표에 주어져 있다.

가. 단독으로 작용하는 외압 - 단독으로 작용하는 외압을 받는 원통의 허용압축응력,  $F_{ha}$ 는 위 제④항 제1호의 식을 사용하여 계산한다.

나. 단독으로 작용하는 축 방향 압축응력 - 단독으로 작용하는 축 방향 압축하중을 받는 원통의 축 방향 허용압축응력  $F_{xa}$ 는 다음 식을 사용하여 계산한다.

(1)  $\lambda_c \leq 0.15$  (국부 좌굴)에 대하여

$$F_{xa} = \min[F_{xa1}, F_{xa2}] \quad (136)$$

$\frac{D_o}{t} \leq 135$ 에 대해서

$$F_{xa1} = \frac{S_y}{FS} \quad (137)$$

$135 < \frac{D_o}{t} < 600$ 에 대해서

$$F_{xa1} = \frac{466S_y}{FS\left(331 + \frac{D_o}{t}\right)} \quad (138)$$

$600 \leq \frac{D_o}{t} \leq 2000$ 에 대해서

$$F_{xa1} = \frac{0.5S_y}{FS} \quad (139)$$

$$F_{xa2} = \frac{F_{xc}}{FS} \quad (140)$$

$$F_{xc} = \frac{C_x E_y t}{D_o} \quad (141)$$

$\frac{D_o}{t} < 1247$ 에 대해서

$$C_x = \min \left[ \frac{409\bar{c}}{\left(389 + \frac{D_o}{t}\right)}, 0.9 \right] \quad (142)$$

$1247 \leq \frac{D_o}{t} \leq 2000$ 에 대해서

$$C_x = 0.25\bar{c} \quad (143)$$

$M_x \leq 1.5$ 에 대해서

$$\bar{c} = 2.64 \quad (144)$$

$1.5 < M_x < 15$ 에 대해서

$$\bar{c} = \frac{3.13}{M_x^{0.42}} \quad (145)$$

$M_x \geq 15$ 에 대해서

$$\bar{c} = 1.0 \quad (146)$$

(2)  $\lambda_c > 1.5$ 와  $K_u L_u / r_g < 200$  (기둥 좌굴)에 대해서

$0.15 < \lambda_c < 1.147$ 에 대해서

$$F_{ca} = F_{xa} [1 - 0.74(\lambda_c - 0.15)]^{0.3} \quad (147)$$

$\lambda_c > 1.147$ 에 대해서

$$F_{ca} = \frac{0.88F_{xa}}{\lambda_c^2} \quad (148)$$

다. 압축굽힘응력 - 전체 원형단면에 걸쳐 작용하는 굽힘 모멘트를 받는 원통형 동체의 축 방향 허용압축응력  $F_{ba}$ 는 다음 식을 사용하여 계산하여야 한다.

$135 \leq \frac{D_o}{t} \leq 2000$ 에 대해서

$$F_{ba} = F_{xa} \quad (149)$$

$100 \leq \frac{D_o}{t} < 135$ 에 대해서

$$F_{ba} = \frac{466S_y}{FS\left(331 + \frac{D_o}{t}\right)} \quad (150)$$

$\frac{D_o}{t} < 100$ 과  $\gamma \geq 0.11$ 에 대해서

$$F_{ba} = \frac{1.081S_y}{FS} \quad (151)$$

$\frac{D_o}{t} < 100$ 과  $\gamma < 0.11$ 에 대해서

$$F_{ba} = \frac{S_y(1.4 - 2.9\gamma)}{FS} \quad (152)$$

$$\gamma = \frac{S_y D_o}{E_v t} \quad (153)$$

라. 전단응력 - 원통형 동체의 허용전단응력  $F_{va}$ 은 다음 식을 사용하여 계산하여야 한다.

$$F_{va} = \frac{\eta_\nu F_{vc}}{FS} \quad (154)$$

$$F_{vc} = \alpha_\nu C_\nu E_y \left( \frac{t}{D_o} \right) \quad (155)$$

$M_x \leq 1.5$ 에 대해서

$$C_\nu = 4.454 \quad (156)$$

$1.5 < M_x < 26$ 에 대해서

$$C_\nu = \left( \frac{9.64}{M_x^2} \right) (1 + 0.0239 M_x^2)^{0.5} \quad (157)$$

$26 \leq M_x < 4.347 \left( \frac{D_o}{t} \right)$ 에 대해서

$$C_\nu = \frac{1.492}{M_x^{0.5}} \quad (158)$$

$M_x \geq 4.347 \left( \frac{D_o}{t} \right)$ 에 대해서

$$C_\nu = 0.716 \left( \frac{t}{D_o} \right)^{0.5} \quad (159)$$

$\frac{D_o}{t} \leq 500$ 에 대해서

$$\alpha_\nu = 0.8 \quad (160)$$

$\frac{D_o}{t} > 500$ 에 대해서

$$\alpha_\nu = 1.389 - 0.218 \log_{10} \left( \frac{D_o}{t} \right) \quad (161)$$

$\frac{F_{vc}}{S_y} \leq 0.48$ 에 대해서

$$\eta_\nu = 1.0 \quad (162)$$

$0.48 < \frac{F_{vc}}{S_y} < 1.7$ 에 대해서

$$\eta_\nu = 0.43 \left( \frac{S_y}{F_{vc}} \right) + 0.1 \quad (163)$$

$\frac{F_{vc}}{S_y} \geq 1.7$ 에 대해서

$$\eta_\nu = 0.6 \left( \frac{S_y}{F_{vc}} \right) \quad (164)$$

마. 축 방향 압축응력과 후프압축 - 축 방향 압축과 후프압축의 조합에 대

한 허용후프압축응력  $F_{xha}$ 은 다음 식을 사용하여 계산하여야 한다.

(1)  $\lambda_c \leq 0.15$ 에 대해서, 각각 위 가. 및 나.(1)의 식을 사용하여 평가한  $F_{ha}$ 와  $F_{ba}$ 를 가지고 다음 식을 사용하여  $F_{xha}$ 를 계산하여야 한다.

$$F_{xha} = \left[ \left( \frac{1}{F_{xa}^2} \right) - \left( \frac{C_1}{C_2 F_{xa} F_{ha}} \right) + \left( \frac{1}{C_2^2 F_{ha}^2} \right) \right]^{-0.5} \quad (165)$$

$$C_1 = \frac{(F_{xa} \cdot FS + F_{ha} \cdot FS)}{S_y} - 1.0 \quad (166)$$

$$C_2 = \frac{f_x}{f_h} \quad (167)$$

$f_x \leq F_{xha}$ 에 대해서

$$f_x = f_a + f_q \quad (168)$$

매개변수  $f_a$ 와  $f_q$ 는 아래 타.에서 정의하고 있다.

(2)  $0.15 < \lambda_c \leq 1.2$ 에 대해서,  $f_x = f_a$ 와 위 (1)의 식으로 평가한

$F_{ah1} = F_{xha}$ , 그리고 위 나.(2)의 식으로 평가한  $F_{ca}$ 를 가지고 다음 식으로부터  $F_{xha}$ 를 계산한다. 외압으로 인하여 원통 끝에 작용하는 하중은 기둥 좌굴에 기여하지 않으므로  $F_{ah1}$ 는  $f_x$ 보다는  $f_a$ 와 비교한다. 그러나 압력하중으로 인한 응력은 유효항복응력을 낮추며,  $(1 - f_q/S_y)$  내의 양이 이 감소를 나타낸다.

$$F_{xha} = \min [F_{ah1}, F_{ah2}] \quad (169)$$

$$F_{ah2} = F_{ca} \left( 1 - \frac{f_q}{S_y} \right) \quad (170)$$

(3)  $\lambda_c \leq 0.15$ 에 대해서, 허용후프압축응력  $F_{hxa}$ 는 다음 식으로 주어진다.

$$F_{hxa} = \frac{F_{xha}}{C_2} \quad (171)$$

바. 압축 굽힘 응력과 후프압축 - 굽힘 모멘트와 후프 압축으로 인한 축 방향 압축 조합에 대한 허용압축응력은 다음 식을 사용하여 계산하여야 한다.

(1) 각각 위 가. 및 다.의 식으로 평가한  $F_{ha}$ 와  $F_{xa}$ 를 가지고  $C_3$ 에 대한 식을 풀기 위하여 반복해법절차(iteration solution procedure)가 사용된다.

$$F_{bha} = C_3 C_4 F_{ba} \quad (172)$$

$$C_4 = \left( \frac{f_b}{f_h} \right) \left( \frac{F_{ha}}{F_{ba}} \right) \quad (173)$$

$$C_3^2 (C_4^2 + 0.6 C_4) + C_3^{2n} - 1 = 0 \quad (174)$$

$$n = 5 - \frac{4 F_{ha} \cdot FS}{S_y} \quad (175)$$

(2) 허용후프압축응력  $F_{hba}$ 는 다음 식으로 주어진다.

$$F_{hba} = F_{bha} \left( \frac{f_h}{f_b} \right) \quad (176)$$

사. 전단응력과 후프압축 - 전단과 후프압축의 조합에 대한 허용압축응력  $F_{vha}$ 는 다음 식을 사용하여 계산하여야 한다.

(1) 각각 위 가. 및 라.의 식으로 평가한  $F_{ha}$ 와  $F_{va}$ 를 가지고 다음 식에 의해서 허용전단응력이 주어진다.

$$F_{vha} = \left[ \left( \frac{F_{va}^2}{2C_5 F_{ha}} \right)^2 + F_{va}^2 \right]^{0.5} - \frac{F_{va}^2}{2C_5 F_{ha}} \quad (177)$$

$$C_5 = \frac{f_v}{f_h} \quad (178)$$

(2) 허용후프압축응력  $F_{hva}$ 는 다음 식으로 주어진다.

$$F_{hva} = \frac{F_{vha}}{C_5} \quad (179)$$

아. 축 방향 압축응력, 압축 굽힘 응력, 전단응력 및 후프압축 - 축 방향 압축, 굽힘 모멘트로 인한 축 방향 압축 및 후프 압축 하의 전단 조합에 대한 허용압축응력은 다음 식을 사용하여 계산하여야 한다.

(1) 전단계수는 위 라.의  $F_{va}$ 를 가지고 다음 식을 사용하여 결정하여야 한다.

$$K_s = 1.0 - \left( \frac{f_v}{F_{va}} \right)^2 \quad (180)$$

(2)  $\lambda_c \leq 0.15$ 에 대해서, 각각  $f_a$ 와  $f_b$ 인 축 방향 압축과 굽힘 응력을 받는 부재의 수용은 각각 위 마.(1) 및 바.(1)의 식으로 평가된  $F_{xha}$ 와  $F_{bha}$ 를 가지고 다음의 식을 사용하여 결정하여야 한다.

$$\left( \frac{f_a}{K_s F_{xha}} \right)^{1.7} + \left( \frac{f_b}{K_s F_{bha}} \right) \leq 1.0 \quad (181)$$

(3)  $0.15 < \lambda_c \leq 1.2$ 에 대해서, 각각  $f_a$ 와  $f_b$ 인 축 방향 압축과 굽힘 응력을 받는 부재의 수용은 각각 위 마.(2) 및 바.(1)의 식으로 평가된  $F_{xha}$ 와  $F_{bha}$ 를 가지고 다음의 식을 사용하여 결정하여야 한다.

$$\frac{f_a}{K_s F_{xha}} \geq 0.2 \text{에 대해서} \quad \left( \frac{f_a}{K_s F_{xha}} \right) + \left( \frac{8}{9} \frac{\Delta f_b}{K_s F_{bha}} \right) \leq 1.0 \quad (182)$$

$$\frac{f_a}{K_s F_{xha}} < 0.2 \text{에 대해서} \quad \left( \frac{f_a}{2K_s F_{xha}} \right) + \left( \frac{\Delta f_b}{K_s F_{bha}} \right) \leq 1.0 \quad (183)$$

$$\Delta = \frac{C_m}{1 - \left( \frac{f_a \cdot FS}{F_c} \right)} \quad (184)$$

$$F_c = \frac{\pi^2 E_y}{\left( \frac{K_u L_u}{r_g} \right)^2} \quad (185)$$

자. 축 방향 압축응력, 압축 굽힘 응력 및 전단 - 축 방향 압축, 굽힘 모멘트로 인한 축 방향 압축 및 후프 압축이 존재하지 않는 전단 조합에 대한 허용압축응력은 다음 식을 사용하여 계산하여야 한다.

(1) 전단계수는 위 라.의  $F_{va}$ 를 가지고 아.(1)의 식을 사용하여 결정하여야 한다.

(2)  $\lambda_c \leq 0.15$ 에 대해서, 각각  $f_a$ 와  $f_b$ 인 축 방향 압축과 굽힘 응력을 받는 부재의 수용은 각각 위 나.(1) 및 다.의 식으로 평가된  $F_{xa}$ 와  $F_{ba}$ 를 가지고 다음 식을 사용하여 결정하여야 한다.

$$\left( \frac{f_a}{K_s F_{xa}} \right)^{1.7} + \left( \frac{f_b}{K_s F_{ba}} \right) \leq 1.0 \quad (186)$$

(3)  $0.15 < \lambda_c \leq 1.2$ 에 대해서, 각각  $f_a$ 와  $f_b$ 인 축 방향 압축과 굽힘 응력을 받는 부재의 수용은 각각 위 나.(2) 및 다.의 식으로 평가된  $F_{xa}$ 와  $F_{ba}$ 를 가지고 다음 식을 사용하여 결정한다. 계수  $\Delta$ 는 위 아.(3)의 식을 사용하여 평가하여야 한다.

$$\frac{f_a}{K_s F_{ca}} \geq 0.2 \text{에 대해서} \quad \left( \frac{f_a}{K_s F_{ca}} \right) + \left( \frac{8}{9} \frac{\Delta f_b}{K_s F_{ba}} \right) \leq 1.0 \quad (187)$$

$$\frac{f_a}{K_s F_{ca}} < 0.2 \text{에 대해서} \quad \left( \frac{f_a}{2K_s F_{ca}} \right) + \left( \frac{\Delta f_b}{K_s F_{ba}} \right) \leq 1.0 \quad (188)$$

차. 만일 최대 축 방향 응력이 축 방향 압축에 대해서만 설계한 등체에 대해서  $F_{xa}$ 값보다 작거나 축 방향 압축과 외압에 대해서 설계한 등체에 대해서  $F_{xha}$ 값보다 작으면, 최대편차  $e$ 는 위 제③항 2.에서 주어진  $e_x$ 의 값을 초과할 수 있다. 좌굴응력의 변화  $F'_{xa}$ 는 식 (189)로 계산하며, 감소된 허용좌굴응력  $F_{xa(\text{감소})}$ 는 식 (190)으로 결정한다. 식에서  $e$ 는 새로운 최대편차이고,  $F_{xa}$ 는 식(136)으로 결정하며,  $FS_{xa}$ 는  $F_{xa}$ 를 결정하기 위해서 사용된 응력감소계수의 값이다.

$$F'_{xe} = \left( 0.944 - \left| 0.286 \log \left[ \frac{0.0005e}{e_x} \right] \right| \right) \left( \frac{E_y t}{R} \right) \quad (189)$$

$$F_{xa(\text{감소})} = \frac{F_{xa} \cdot FS_{xa} - F'_{xe}}{FS_{xa}} \quad (190)$$

식 (189)내의 양  $0.286\log[0.0005(e/e_x)]$ 은 절대수이다(즉, 아주 작은 수의  $\log$ 는 음이다). 예를 들어,  $e = e_x$ 이면, 식 (189)를 사용하여 계산한 좌굴응력의 변화는  $F'_{xc} = 0.086E_y(t/R)$ 이다.

카. 단면 성질, 응력 및 좌굴 매개변수 - 단면 성질, 공칭 동체 응력 및 좌굴 매개변수에 대한 식은 아래에 따라 계산하여야 한다.

$$A = \frac{\pi(D_o^2 - D_i^2)}{4} \quad (191)$$

$$S = \frac{\pi(D_o^4 - D_i^4)}{32D_o} \quad (192)$$

$$f_h = \frac{PD_o}{2t} \quad (193)$$

$$f_b = \frac{M}{S} \quad (194)$$

$$f_a = \frac{F}{A} \quad (195)$$

$$f_q = \frac{P\pi D_i^2}{4A} \quad (196)$$

$$f_v = \frac{V\sin[\phi]}{A} \quad (197)$$

$$r_g = 0.25\sqrt{D_o^2 + D_i^2} \quad (198)$$

$$M_x = \frac{L}{\sqrt{R_o t}} \quad (199)$$

$$\lambda_c = \frac{K_u L_u}{\pi r_g} \left( \frac{F_{xa} \cdot FS}{E_y} \right)^{0.5} \quad (200)$$

3. 원추형 동체 - 꼭지각의 반  $\alpha$ 가  $60^\circ$  미만인 원추형 동체의 보강을 하지 않은 원추형 천이부 또는 보강 링 사이의 원추부는 아래의 요건을 대입하여 위 2.의 식으로 등가 원통(equivalent cylinder)으로서 평가하여야 한다. 원추 길이의 모든 단면은 본 항의 동체 허용공차와 응력기준을 모두 만족하여야 한다.

가. 허용압축응력을 결정하기 위해서  $t$ 에  $t_c$ 의 값을 대입한다.

나. 허용압축응력을 결정하기 위해서  $D_o$ 에  $D/\cos\alpha$ 의 값을 대입하며, 여기서  $D$ 는 검토하는 점에서의 원추의 바깥지름이다.

다.  $L$ 에  $L_c/\cos\alpha$ 의 값을 대입하며, 여기서  $L_c$ 는 원추 축에 연한 두 보강 링 사이의 거리이다.

4. 구형 동체와 경관 - 허용압축응력은 두 개의 주응력 비에 따라 다음과 같이 계산한다.

가. 두 개의 주응력이 같은 경우 - 균일한 외압을 받는 구형 동체에 대한 허용압축응력  $F_{ha}$ 은 위 제⑥항의 식으로 계산한다.

나. 두 개의 주응력이 크기가 다르고 모두 압축인 경우 - 두 개의 주응력

이 모두 작용하중으로부터 발생하는 압축응력이 크기가 다르고 모두 압축인 경우  $\sigma_1$ 과  $\sigma_2$ 를 받는 구형 동체에 대한 허용압축응력은 아래의 식으로 계산한다. 이 식에서  $F_{ha}$ 는 위 제⑥항을 사용하여 결정한다.  $F_{1a}$ 는  $\sigma_1$  방향의 허용압축응력이고,  $F_{2a}$ 는  $\sigma_2$  방향의 허용압축응력이다.

$$F_{1a} = \frac{0.6F_{ha}}{1-0.4k} \quad (201)$$

$$F_{2a} = kF_{1a} \quad (202)$$

$k = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$  여기서

$$|\sigma_1| > |\sigma_2| \quad (203)$$

다. 두 주응력의 크기가 다르고 하나는 인장이고 다른 하나는 압축인 경우 - 두 개의 주응력이 모두 작용하중으로부터 발생하는 각각 크기가 다르고 하나는 인장이고 다른 하나는 압축인 경우 두 개의 주응력이  $\sigma_1$ 과  $\sigma_2$ 를 받는 구형 동체에 대한 허용압축응력은 아래 식으로 계산한다. 이 식에서  $F_{ha}$ 는 위 제⑥항으로 계산한다.  $F_{1a}$ 는  $\sigma_1$  방향의 허용압축응력이며, 다음 식으로 계산한  $F_{he}$ 를 가지고 위 제⑥항을 사용하여 결정한  $F_{ha}$ 의 값이다.

$$F_{he} = \frac{(C_o + C_p)E_y t}{R_o} \quad (204)$$

$\frac{R_o}{t} < 622$ 에 대해서

$$C_o = \frac{102.2}{195 + \frac{R_o}{t}} \quad (205)$$

$622 \leq \frac{R_o}{t} \leq 1000$ 에 대해서

$$C_o = 0.125 \quad (206)$$

$$C_p = \frac{1.06}{3.24 + \left( \frac{E_y t}{\sigma_2 R_o} \right)} \quad (207)$$

⑫ 너클이 없는 원통-원추 동체 천이 접합부의 설계는 다음과 같다.

1. 제150조 제⑩항의 규정을 만족하여야 하며, 이 계산에서, 압력의 음(-)의 값을 모든 해당 식에서 사용하여야 한다.

2. 만일 제150조제⑩항의 압축응력 요건이 만족하지 않는다면, 원추-원통 접합부에 보강 링을 부착하여야 한다. 이 보강 링에 대한 설계요건은 아래와 같다.

가. 만일  $f_h < F_{ha}$ 이면, 원추-원통 접합부(대단부 및 소단부)에서 보강 링이 요구되지 않는다. 여기서  $f_h$ 는 식(208)에 의해 계산되어지는 접합부



에서의 원추 내 압축후프응력이고,  $F_{ha}$ 는  $t_c$ 와  $C_h = 0.55\cos\alpha(t_c/D_o)$ 로 평가한  $F_{hc}$ 를 가지고 위 제④항 제1호의 식을 사용하여 결정한다. 여기서  $D_o$ 는 접합부에서 원통형 동체의 바깥지름이다.

$$f_h = \frac{PD_o}{2t_c\cos[\alpha]} \quad (208)$$

나. 만일 원추-원통 접합부에서 보강 링이 요구된다면, 합성 보강 링 단면의 관성모멘트는 식(209)를 만족시켜야 한다. 원통에 대한 탄성후프응력 좌굴응력  $F_{hc}$ 는 식(209)를 만족시켜야 하며, 원추에 대한 탄성후프응력 좌굴응력  $F_{hec}$ 는 등가 원통(제151조 제5항 참조)을 사용하여 식(94)로 계산하여야 한다.

$$I_c \geq \frac{D_o^2}{16E_y} \left( tL_1F_{hc} + \frac{t_cL_cF_{hec}}{\cos^2[\alpha]} \right) \quad (209)$$

⑬ 너클이 있는 원통 및 원추형 동체 천이 접합부의 설계는 제150조 제①항의 설계규정에 만족하여야 하며, 이 계산에서 모든 해당 식에서 음(-)의 값의 압력을 사용하여야 한다.

⑭ 기호설명

$A$  : 원통의 단면적

$A_s$  : 작은 보강 링의 단면적

$A_L$  : 격벽으로서 작용하는 큰 보강 링의 단면적

$\alpha$  : 원추형 동체의 꼭지각의 1/2(°)

$C_m$  : 그 값이 아래와 같이 정해지는 계수

= (옆쪽으로) 병진운동을 건디는 골조 내의 압축부재에 대해서 0.85

= 병진운동을 방지하기 위하여 브레이싱을 하고 굽힘의 평면에서 그 지지물 사이에서 가로 하중을 받지 않는 골조 내의 회전이 억제된 부재에 대해서는  $0.6 - 0.4(M_1/M_2)$ .

이 식에서,  $M_1/M_2$ 는 검토대상의 굽힘 평면에서 브레이싱을 하지 않은 부재 부분의 끝에서 큰 굽힘 모멘트에 대한 작은 굽힘 모멘트의 비율이다(부재가 역 방향 만곡으로 굽어질 때는  $M_1/M_2$ 는 양(+)이고 단일 만곡으로 굽어질 때는 음(-)이다).

= 병진운동을 방지하기 위하여 브레이싱을 하고 그 지지물 사이에 가로 하중을 받는 골조 내의 압축 부재에 대해서 0.85. 그 부재의 끝은 굽힘 평면 내에서 회전에 대해서 억제된다.

= 병진운동을 방지하기 위하여 브레이싱을 하고 그 지지물 사이에 가로 하중을 받는 골조 내의 압축 부재에 대해서 1.0 그 부재의 끝은 굽힘 평면 내에서 회전에 대해서 억제되지 않는다.

= 억제되지 않은 스킨트르 지지된 용기에 대해서 1.0

$c$  : 중립축으로부터 검토대상 점까지의 거리

$D_c$  : 바깥쪽 보강 링에 대해서 합성 보강 링 단면의 도심까지의 지름, 또는 안쪽 보강 링에 대해서 안쪽지름(그림 4.4.6 참조)

$D_i$  : 원통의 안지름(부식영향을 포함)

$D_o$  : 원통의 바깥지름

$D_e$  : 원추나 원추형 단면을 설계하기 위하여 가정하는 등가 원통의 바깥지름

$D_S$  : 지지선 사이의 원추나 원추형 단면의 소단부에서의 바깥지름

$D_L$  : 지지선 사이의 원추나 원추형 단면의 대단부에서의 바깥지름

$E_y$  : 설계온도에서 재료의 탄성계수

$E_t$  : 설계온도에서 재료의 접선탄성계수

$F$  : 작용하는 정미단면 축 방향 압축하중

$f_a$  : 작용하는 축 방향 하중으로부터 발생하는 축 방향 압축응력

$f_b$  : 작용하는 굽힘 모멘트로부터 발생하는 축 방향 압축응력

$f_h$  : 외압으로부터의 원통 내의 후프압축응력

$f_q$  : 원통의 끝 위의 압력하중  $Q_p$ 로부터 발생하는 축 방향 압축응력

$f_v$  : 작용 하중으로부터의 전단응력

$FS$ : 설계계수

$F_{ba}$  : 다른 하중이 없이 정미단면 굽힘 모멘트를 받는 원통의 허용압축응력

$F_{ca}$  :  $\lambda_c = 0.15$ 인 축 방향 압축하중으로 인한 원통의 허용압축응력

$F_{baa}$  : 후프압축이 있는데 굽힘을 받는 원통의 축 방향 허용압축응력

$F_{bba}$  : 정미단면 굽힘 모멘트로 인한 길이 방향 압축이 있는 원통의 축 방향 허용압축응력

$F_{he}$  : 외압만을 받는 원통이나 성형경관의 탄성후프압축파괴응력

$F_{ha}$  : 외압만을 받는 원통이나 성형경관의 허용후프압축응력

$F_{hef}$  : 길이  $L_f$ 에 걸쳐 평균을 낸 후프좌굴응력  $F_{he}$ 의 평균 값. 여기서  $F_{he}$ 는 식(94)로부터 결정된다.

$F_{hva}$  : 전단응력이 있는 원통의 허용후프압축응력

$F_{hxa}$  : 축 방향 하중이 있는 원통의 허용후프압축응력

$F_{ic}$  : 허용응력 식에서  $FS=1.0$ 이 되게하여 결정하는 예상 좌굴응력

$F_{ta}$  : 허용인장응력

$F_{va}$  : 전단하중만을 받는 원통의 허용전단응력

$F_{ve}$  : 전단하중만을 받는 원통의 탄성전단좌굴응력

$F_{vha}$  : 후프압축이 있는데 전단응력을 받는 원통의 허용전단응력

$F_{xa}$  :  $\lambda_c \leq 0.15$ 인 축 방향 압축하중으로 인한 원통의 허용압축응력

$F_{xc}$  : 다른 하중이 없는 원통의 축 방향 탄성파괴응력(국부좌굴)

$F_{xha}$  :  $\lambda_c \leq 0.15$ 에 대해서 후프압축이 있는 원통의 축 방향 허용압축응력

$\gamma$  : 좌굴 매개변수  
 $h_o$  : 바깥쪽 표면으로 측정된 타원형 경관의 높이  
 $h_1$  : 해당되는 대로, 평강 보강재, 앵글 보강재의 락 또는 티 보강재의 플랜지의 길이  
 $h_2$  : 해당되는 대로, 보강재의 앵글 락의 길이 또는 웨브  
 $I$  : 원통이나 원추의 단면의 관성모멘트  
 $I_L$  : 큰 보강 링의 실제 관성모멘트  
 $I_L^C$  : 큰 보강 링과 동체의 유효길이를 구성된 합성단면의 도심 축에 대한 실제 관성모멘트  
 $I_s$  : 작은 보강 링의 실제 관성모멘트  
 $I_s^C$  : 작은 보강 링과 동체의 유효길이를 구성된 합성단면의 도심 축에 대한 실제 관성모멘트  
 $K_o$  : 타원형 경관 계수  
 $K_u$  : 축 방향 압축을 받는 부재의 끝 조건에 근거한 계수  
 = 하나의 자유단과 하나의 고정단을 가진 부재에 대해서 2.10. 이 경우 “부재”는 기호설명에서 정의하는 것처럼 브레이싱을 하지 않은 원통형 동체 또는 원통형 동체 부분.  
 = 양단이 핀 구조인 부재에 대해서 1.00.  
 = 일단이 핀 구조 타단이 고정인 부재에 대해서 0.80.  
 = 양단 고정의 부재에 대해서 0.65.  
 $L, L_1, L_2, \dots$  지지선 사이의 보강하지 않은 용기 부분의 설계길이(그림 4.4.2 참조). 지지선은 (1)접선으로부터 측정된 경관의 깊이의 1/3에 있는 경관(원추형 경관 제외) 상의 원둘레 선, (2)제151조 제④항 나.의 요건을 만족시키는 작은 보강 링 또는 (3) 판판이다.  
 $L_B, L_{B1}, L_{B2}$  격벽 또는 격벽으로서 작용하도록 지정된 큰 보강 링 사이의 원통의 설계길이.  
 $L_c$  : 원추나 보강을 하지 않은 원추에 대한 원추부분의 길이 또는 보강을 한 원추에서 원추-원통 접합부로부터 그 원추의 첫 보강 링까지의 길이(그림 4.4.6 및 4.4.7 참조)  
 $L_e$  : 동체의 유효길이  
 $L_F$  : 큰 보강 링의 어느 쪽이던 큰 보강 링의 중심선으로부터 경관 지지선의 다음 큰 보강 링까지의 거리  $L_B$ 의 합의 1/2  
 $L_s$  : 한 보강 링의 중심선으로부터 그 보강 링의 어느 한 쪽에 있는 다음 지지선까지 그 원통의 축에 평행하게 측정된 길이의 합의 1/2. 지지선은  $L$ 의 정의에서 정의되어 있다.  
 $L_t$  : 용기의 총길이

$L_u$  : 기둥 좌굴을 받는 원통형 부재의 옆 방향으로 브레이싱을 하지 않은 거리, 외압만을 받는 용기 동체를 평가할 때는 영(0)과 같다.  
 $\lambda_c$  : 기둥 좌굴에 대한 세장계수  
 $M$  : 작용하는 정미단면 굽힘 모멘트  
 $M_x$  : 동체 매개변수  
 $P$  : 작용 외압  
 $P_a$  : 다른 하중이 없을 때의 허용외압  
 $\phi$  : 작용하는 전단력의 방향으로부터 검토대상 점까지 원둘레를 따라 측정된 각도  
 $r_f$  : 플레어의 안쪽 반지름  
 $r_g$  : 선회반지름(Radius Of Gyration)  
 $r_k$  : 너클의 안쪽 반지름  
 $R$  : 동체 중심선까지의 반지름  
 $R_c$  : 보강 링과 동체 유효길이의 조합의 도심까지의 반지름,  $R_c = R + Z_c$ (그림 4.4.3 참조)  
 $R_L$  : 대단부에서의 안쪽 반지름,  $R_L = D_L/2$   
 $R_o$  : 원통형 또는 구형 동체의 바깥반지름  
 $R_S$  : 소단부에서의 안쪽 반지름,  $R_S = D_S/2$   
 $S$  : 동체의 단면계수  
 $S_y$  : 규정설계금속온도에서 최소규정항복강도  
 $\sigma_1$  : 1-방향의 주압축응력  
 $\sigma_2$  : 2-방향의 주압축응력  
 $V$  : 정미단면 전단력  
 $t$  : 동체두께  
 $t_c$  : 원추두께  
 $t_L$  : 원추형 천이에서 대단부 원통의 두께  
 $t_S$  : 원추형 천이에서 소단부 원통의 두께  
 $t_1$  : 평강 보강재, 앵글 보강재의 레그(Leg) 락 또는 티 보강재의 플랜지의 두께  
 $t_2$  : 앵글 레그(Leg)나 보강재 웨브의 두께  
 $Z_c$  : 동체의 중심선으로부터 보강 링과 동체 유효길이의 조합단면까지의 반지름 방향 거리  
 $Z_L$  : 동체의 중심선으로부터 큰 보강 링의 도심까지의 반지름 방향 거리  
 $Z_s$  : 동체의 중심선으로부터 작은 보강 링의 도심까지의 반지름 방향 거리  
**제152조 (동체와 경관 내의 구멍에 대한 설계)** ① 노즐 치수와 모양은 제150조와 제151조에서 제시된 모양의 용기를 가진 원형 또는 타원형 원통과 교차하여 생기는

원형, 타원형 또는 다른 모양이어야 한다. 본 항의 설계규정은 그 동체의 안지름과 두께 비율이 400이하인 경우에만 적용하여야 한다. 추가로, 완성된 노즐 구멍의 단축 길이에 대한 장축의 길이 비율이 1.5 이하이어야 한다.

② 노즐 부착 방법은 아래와 같다.

1. 노즐은 용기의 동체 또는 경관에 다음 방법으로 부착하여야 한다.

가. 용접형 접합부

용접에 의한 노즐의 부착은 제149조 제①항의 요건에 따라야 한다.

나. 스테드형 접합부

노즐을 스테드 패드형 접합부를 이용하여 만들 수도 있다. 용기는 동체, 덧살 붙인 패드, 또는 부착한 관 위 또는 이음쇠 위에 기계가공을 한 편평한 표면이 있어야 한다. 나사를 내는 드릴구멍은 용기의 안쪽 표면에 금속을 추가하여 위에서 요구된 최소두께가 되지 않는다면 안쪽 표면으로부터 부식여유를 뺀 후 벽두께의 1/4 이내로 관통해서는 안 된다. 스테드를 위하여 나사구멍 나사는 아래 식으로 규정하는 길이  $L_{st}$  만큼 스테드와 체결되어야 한다.

$$L_{st} = \min[L_{st1}, 1.5d_{st}] \quad (210)$$

여기서

$$L_{st1} = \max\left[d_{st}, 0.75\left(\frac{S_{st}}{S_{tp}}\right)\right] \quad (211)$$

다. 나사형 접합부

일반 관용 나사에 적합한 관, 튜브 및 기타 나사형 접합부는 접합부의 크기가 DN 50 이하이고 용기의 벽 곡률에 대한 여유가 감안된 후 표 4.5.1에 규정된 최소수의 나사산이 맞물린다는 보장하에 용기 벽의 나사구멍에 나사로 접합할 수 있다. 누설방지를 위하여 다른 밀봉수단이 제공된다면 적어도 같은 강도의 평행나사를 사용할 수 있는 경우를 제외하고, 나사는 관용 테이퍼나사이어야 한다. 요구 금속두께와 표 4.5.1에서 요구하는 나사산수를 확보하기 위해서 또는 보강을 위해 덧살 붙인 패드나 부착한 관 또는 이음쇠를 사용할 수 있다.

라. 확관형 접합부

지름이 관 크기 DN50 이하라는 전제하에 관, 튜브를 보강하지 않은 구멍속으로 삽입하고 동체에 확관하여 용기의 벽에 관이나 튜브를 부착할 수 있다. 바깥지름이 150 mm 이하인 관, 튜브 또는 단조품의 보강을 한 구멍속으로 삽입하고 동체에 확관하여 용기의 벽에 부착할 수 있다. 확관형 접합부는 다음 방법 중 하나를 사용하여 제작하여야 한다.

(1) 견고한 롤링과 비딩

(2) 롤링, 비딩 그리고 비드 가장자리를 따라 누설방지 용접

(3) 구멍의 지름에 걸친 3 mm 이상의 확관과 확장

(4) 롤링, 확관과 용접

(5) 확관이나 비딩이 없는 롤링과 용접의 경우, 단 끝이 6mm이상 10mm 이하로 동체를 통과하여 연장되고 그 용접 목이 5mm이상 8mm 이하가 되어야 한다.

2. 노즐 접합부에 대한 추가적 요건은 다음과 같다.

가. 튜브나 관 바깥지름이 38mm 이하일 때, 동체는 적어도 튜브나 관 두께와 같은 깊이까지 모 따기를 하거나 오목하게 만들어서 튜브나 관을 롤링 및 용접할 수 있으며, 튜브나 관의 끝은 어떠한 경우에도 동체의 안지름을 지나 10mm이상으로 연장되어서는 안 된다.

나. 튜브나 관을 롤링하거나 확관하는 동체의 구멍은 흠파기가 허용된다.

다. 접합부에 누설방지 용접을 하지 않는 경우에는, 인화성 및/또는 유독성 가스와 액체의 처리 또는 저장을 위해서 사용하는 용기에 부착하는 방법으로서 확관형 접합부를 사용하여서는 안 된다.

라. 용기의 바깥쪽에 부착하는 보강 판이나 새들에는 용기의 기밀시험을 위한 적어도 한 개의 배기용 나사구멍이 있어야 한다.

③ 노즐 벽의 최소두께 요건

1. 출입구와 점검구를 제외한 노즐의 최소 벽 두께는 제150조와 제151조를 사용하여 내압과 외압에 대해서 계산되어야 하며, 이 계산에서는 부식여유와 추가 하중으로부터의 외력과 모멘트의 영향을 고려하여야 한다. 노즐 벽 두께는 동체 두께나 표 4.5.2에 주어진 두께 중 얇은 것 보다 얇아서는 안 된다. 노즐 벽의 최소두께에 부식여유를 추가하여야 한다.

2. 출입구와 점검구에 대한 최소 벽 두께는 제150조와 제151조를 사용하여 내압과 외압에 대해서 계산되어야 하며, 이 계산에서 부식여유를 고려하여야 한다.

④ 원통형 동체의 방사상노즐

1. 압력하중을 받는 원통형 동체의 방사상노즐 설계절차는 아래와 같다. 이 설계절차에서 사용하는 매개변수는 그림 4.5.1, 4.5.2 및 4.5.3에 나와 있다. 순서 1 - 용기 벽 보강의 한계를 계산한다.

(1) 일체형 보강 노즐

$$L_R = \min\left[\sqrt{R_{eff}t}, 2R_n\right] \quad (212)$$

(2) 보강 패드가 있는 노즐

$$L_{R1} = \sqrt{R_{eff}t} + W \quad (213)$$

$$L_{R2} = \sqrt{(R_{eff} + t)(t + t_c)} \quad (214)$$

$$L_{R3} = 2R_n \quad (215)$$

$$L_R = \min[L_{R1}, L_{R2}, L_{R3}] \quad (216)$$

순서 2 - 용기의 표면에서 밖으로 튀어나오는 노즐 벽 보강의 한계를 계산한다.

$$L_{H1} = t + t_e + \sqrt{R_n t_n} \quad (217)$$

용기의 벽을 통과하여 삽입된 노즐에 대해서

$$L_{H2} = L_{pr1} + t \quad (218)$$

용기의 벽을 접하는 노즐에 대해서

$$L_{H2} = L_{pr1} \quad (219)$$

$$L_{H3} = 8(t + t_e) \quad (220)$$

$$L_H = \min[L_{H1}, L_{H2}, L_{H3}] \quad (221)$$

순서 3 - 해당된다면, 용기의 표면 안쪽으로 튀어나오는 노즐 벽 보강의 한계를 계산한다.

$$L_{I1} = \sqrt{R_n t_n} \quad (222)$$

$$L_{I2} = L_{pr2} \quad (223)$$

$$L_{I3} = 8(t + t_e) \quad (224)$$

$$L_I = \min[L_{I1}, L_{I2}, L_{I3}] \quad (225)$$

순서 4 - 노즐 구멍 부근의 총 이용가능 면적을 결정한다.(그림 4.5.1 참조)

$$A_T = A_1 + f_{rn}(A_2 + A_3) + A_{41} + A_{42} + A_{43} + f_{rp}A_5 \quad (226)$$

$$A_1 = (tL_R) \cdot \max\left[\left(\frac{\lambda}{5}\right)^{0.85}, 1.0\right] \quad (227)$$

$$\lambda = \min\left[\left\{\frac{(2R_n + t_n)}{\sqrt{(D_i + t_{eff})t_{eff}}}\right\}, 12.0\right] \quad (228)$$

$L_H > L_{pr3} + t$ 인 곳에서 가변적인 두께의 구멍에 대해서

$$A_2 = t_n(L_{pr3} + t) + 0.78\left(\frac{t_{n2}^2}{t_n}\right)\sqrt{R_n t_{n2}} \quad (229)$$

$L_H > L_{pr3} + t$ 인 곳에서 가변적인 두께의 구멍에 대해서, 또는 균일 두께 구멍에 대해서

$$A_2 = t_n L_H \quad (230)$$

$$A_3 = t_n L_I \quad (231)$$

$$A_{41} = 0.5L_{41}^2 \quad (232)$$

$$A_{42} = 0.5L_{42}^2 \quad (233)$$

$$A_{43} = 0.5L_{43}^2 \quad (234)$$

$$A_{5a} = Wt_e \quad (235)$$

용기의 벽을 통과하여 삽입된 노즐에 대해서

$$A_{5b} = L_R t_e \quad (236)$$

용기의 벽을 접하는 노즐에 대해서

$$L_{5b} = (L_R - t_n)t_e \quad (237)$$

$$A_5 = \min[A_{5a}, A_{5b}] \quad (238)$$

$$f_{rn} = \frac{S_n}{S} \quad (239)$$

$$f_{rp} = \frac{S_p}{S} \quad (240)$$

순서 5 - 동체의 유효반지름을 다음과 같이 결정한다.

(1) 원통형 동체

$$R_{eff} = 0.5D_i \quad (241)$$

(2) 원추형 동체에 대해서  $R_{eff}$ 는 노즐 중심선에서 원추 접합부 원추형 동체의 안쪽 반지름이다. 반지름은 그 원추형 동체의 길이방향 축에 직각으로 측정한다.

순서 6 - 원통형 또는 원추형 동체에서 노즐에 대한 유효두께를 다음과 같이 결정한다.

$$t_{eff} = t \left( \frac{tL_R + A_5 f_{rp}}{tL_R} \right) \quad (242)$$

순서 7 - 해당하는 힘을 결정한다.

$$f_N = PR_{xn}(L_H - t) \quad (243)$$

$$f_S = PR_{xs}(L_R + t_n) \quad (244)$$

$$f_Y = PR_{xs}R_{nc} \quad (245)$$

$$R_{xn} = \frac{t_n}{\ln\left[\frac{R_n + t_n}{R_n}\right]} \quad (246)$$

$$R_{xs} = \frac{t_{eff}}{\ln\left[\frac{R_{eff} + t_{eff}}{R_{eff}}\right]} \quad (247)$$

순서 8 - 용기 내의 평균 국부 1차막응력과 일반 1차막응력을 결정한다.

$$\sigma_{avg} = \frac{(f_N + f_S + f_Y)}{A_T} \quad (248)$$

$$\sigma_{circ} = \frac{PR_{xs}}{t_{eff}} \quad (249)$$

순서 9 - 노즐 교차점에서 최대 국부 1차막응력을 결정한다.

$$P_L = \max[(2\sigma_{avg} - \sigma_{circ}), \sigma_{circ}] \quad (250)$$

순서 10 - 계산된 최대 국부 1차막응력  $S_{allow}$ 은 식(251)를 만족하여야 한다.

만일 노즐이 내압을 받는다면, 허용응력은 식(252)으로 주어지며, 여기서  $F_{ha}$ 는 평가되는 동체형상(예를 들어, 원통, 구형 동체 또는 성형경관)에 대해서 제151조에서 평가된다.

$$P_L \leq S_{allow} \quad (251)$$

여기서

내압에 대해서

$$S_{allow} = 1.5SE \quad (252)$$

외압에 대해서

$$S_{allow} = F_{ha} \quad (253)$$

순서 11 - 노즐의 최대허용사용압력을 결정한다.

$$P_{max1} = \frac{S_{allow}}{\frac{2A_p}{A_T} - \frac{R_{xs}}{t_{eff}}} \quad (254)$$

$$P_{max2} = S \left( \frac{t}{R_{xs}} \right) \quad (255)$$

$$P_{max} = \min[P_{max1}, P_{max2}] \quad (256)$$

여기서

$$A_p = R_{xn}(L_H - t) + R_{xs}(L_R + t_n + R_{nc}) \quad (257)$$

2. 만일 노즐이 제147조에서 규정하는 것처럼 추가하중으로부터 외력과 모멘트를 받는다면, 노즐-동체 교차점에서의 국부응력은 아래 제④항에 따라서 평가하여야 한다.

⑤ 원통형 동체의 경사면 노즐(그림 4.5.4 참조)에 대해서는, 위 제④항의 설계절차에 다음을 대입하여 사용하여야 한다.

$$R_{nc} = \max \left[ \left( \frac{R_{ncd}}{2} \right), R_n \right] \quad (258)$$

여기서

$$R_{ncd} = R_{eff}(\theta_1 - \theta_2) \quad (259)$$

$$\theta_1 = \cos^{-1} \left[ \frac{D_X}{R_{eff}} \right] \quad (260)$$

$$\theta_2 = \cos^{-1} \left[ \frac{D_X + R_n}{R_{eff}} \right] \quad (261)$$

⑥ 길이 방향 축으로부터 각도가 있는 방향의 원통형 동체의 노즐에 대해서는, 위 제④항의 설계절차에 다음을 대입하여 사용하여야 한다.(그림 4.5.5 참조)

$$R_{nc} = \frac{R_n}{\sin[\theta]} \quad (262)$$

⑦ 원추형 동체의 방사상노즐(그림 4.5.6 참조)에 대해서는, 위 제④항의 설계절차에 다음을 대입하여 사용하여야 한다.

$$f_S = \frac{P}{\cos[\alpha]} \left( R_{eff} + \frac{L_c}{2} \sin[\alpha] \right) (L_R + t_n) \quad (263)$$

$$f_Y = \frac{P \left( R_{eff} + \frac{R_{nc}}{2} \sin[\alpha] \right) R_{nc}}{\cos[\alpha]} \quad (264)$$

$$\sigma_{circ} = \frac{P(R_{eff} + L_c \sin[\alpha])}{t_{eff} \cos[\alpha]} \quad (265)$$

$$P_{max} = \frac{S_{allow}}{\frac{2A_p}{A_T} - \frac{R_{c} \sin[\alpha]}{t_{eff} \cos[\alpha]}} \quad (266)$$

$$A_p = \left[ R_{xn}(L_H - t) + \left( R_{eff} + \frac{L_c}{2} \sin[\alpha] \right) \left( \frac{L_R + t_n}{\cos[\alpha]} \right) + \frac{R_{nc}(R_{eff} + 0.5R_{nc} \sin[\alpha])}{\cos[\alpha]} \right] \quad (267)$$

$$L_c = L_R + t_n + R_{nc} \quad (268)$$

⑧ 원추형 동체의 노즐

1. 만일 원추형 동체의 노즐이 길이 방향 축에 대해서 직각 방향에 있으면 (그림 4.5.7 참조), 위 제⑦항의 설계절차에 다음을 대입하여 사용하여야 한다.

$$R_{nc} = \frac{R_n}{\cos[\alpha]} \quad (269)$$

2. 만일 원추형 동체의 노즐이 길이 방향 축에 대해서 평행인 방향에 있으면 (그림 4.5.8 참조), 위 제⑦항의 설계절차에 다음을 대입하여 사용하여야 한다.

$$R_{nc} = \frac{R_n}{\sin[\alpha]} \quad (270)$$

⑨ 구형 동체나 성형 경관의 방사상 노즐

1. 압력하중을 받는 구형 동체나 성형 경관의 방사상 노즐의 설계절차는 아래와 같다. 이 설계절차에서 사용하는 매개변수는 그림 4.5.9에 나와 있다. 순서 1 - 동체나 성형 경관의 유효 반지름을 다음과 같이 결정한다.

(1) 구형 동체

$$R_{eff} = 0.5D_i \quad (271)$$

(2) 타원형 경관

$$R_{eff} = \frac{0.9D_i}{6} \left[ 2 + \left( \frac{D_i}{2h} \right)^2 \right] \quad (272)$$

(3) 접시형 경관

$$R_{eff} = L \quad (273)$$

순서 2 - 용기의 벽 보강의 한계를 계산한다.

(1) 구형 동체와 타원형 경관의 일체형으로 보강된 노즐

$$L_R = \min[\sqrt{R_{eff}t}, 2R_n] \quad (274)$$

(2) 접시형 경관의 일체형으로 보강된 노즐

$$L_{R1} = \frac{D_i}{2} - (D_R + R_n + t_n) \quad (275)$$

$$L_{R2} = \min[\sqrt{R_{eff}t}, 2R_n] \quad (276)$$

$$L_R = \min [L_{R1}, L_{R2}] \quad (277)$$

(3) 패드로 보강한 노즐

$$L_{R1} = \sqrt{R_{eff}t} + W \quad (278)$$

$$L_{R2} = \sqrt{(R_{eff} + t)(t + t_e)} \quad (279)$$

$$L_{R3} = 2R_n \quad (280)$$

$$L_R = \min [L_{R1}, L_{R2}, L_{R3}] \quad (281)$$

순서 3 - 동체 바깥으로 튀어나온 노즐 벽 보강의 한계를 계산한다.

용기의 벽을 통과하여 삽입한 노즐에 대해서

$$L_H = \min [t + t_e + F_p \sqrt{R_n t_n}, L_{pr1} + t] \quad (282)$$

용기의 벽을 접하는 노즐에 대해서

$$L_H = \min [t + t_e + F_p \sqrt{R_n t_n}, L_{pr1}] \quad (283)$$

타원형 및 접시형 경관

$X_o > 0.35D_i$ 에 대해서

$$F_p = \min [C_n, C_p] \quad (284)$$

$X_o \leq 0.35D_i$ 에 대해서

$$F_p = C_n \quad (285)$$

타원형 경관에 대해서

$$C_p = \exp \left[ \frac{0.35D_i - X_o}{16t} \right] \quad (286)$$

접시형 경관에 대해서

$$C_p = \exp \left[ \frac{0.35D_i - X_o}{8t} \right] \quad (287)$$

$$X_o = D_R + R_n + t_n \quad (288)$$

구형 동체와 경관에 대해서

$$F_p = C_n \quad (289)$$

매개변수  $C_n$ 은 식(290)에 의해 계산한다

$$C_n = \min \left[ \left( \frac{t + t_e}{t_n} \right)^{0.35}, 1.0 \right] \quad (290)$$

순서 4 - 해당된다면, 동체 안쪽으로 튀어나온 노즐 벽보강의 한계를 계산한다.

$$L_I = \min [F_p \sqrt{R_n t_n}, L_{pr2}] \quad (291)$$

순서 5 - 노즐 구멍 부근의 총 이용가능 면적을 결정한다(그림 4.5.1 참조).

여기서  $f_{rn}$ 과  $f_{rp}$ 는 각각 식 (239)과 (240)에 의해 계산하여야 한다.

$$A_T = A_1 + f_{rn}(A_2 + A_3) + A_{41} + A_{42} + A_{43} + f_{rp}A_5 \quad (292)$$

$$A_1 = tL_R \quad (293)$$

$L_H > L_{pr3} + t$ 인 곳에서 가변적인 두께의 구멍에 대해서

$$A_2 = t_n(L_{pr3} + t) + 0.78 \left( \frac{t_n^2}{t_n} \right) \sqrt{R_n t_n} \quad (294)$$

$L_H \leq L_{pr3} + t$ 인 곳에서 가변적인 두께의 구멍 또는 균일 두께 구멍에 대해서

$$A_2 = t_n L_H \quad (295)$$

$$A_3 = t_n L_I \quad (296)$$

$$A_{41} = 0.5L_{41}^2 \quad (297)$$

$$A_{42} = 0.5L_{42}^2 \quad (298)$$

$$A_{43} = 0.5L_{43}^2 \quad (299)$$

$$A_{5a} = Wt_e \quad (300)$$

용기의 벽을 통과하여 삽입한 노즐에 대해서는

$$A_{5b} = L_R t_e \quad (301)$$

용기의 벽을 접하는 노즐에 대해서는

$$A_{5b} = (L_R - t_n)t_e \quad (302)$$

$$A_5 = \min [A_{5a}, A_{5b}] \quad (303)$$

바. 순서 6 - 해당하는 힘을 결정한다.

$$f_N = PR_{xn}(L_H - t) \quad (304)$$

$$f_S = \frac{PR_{xs}(L_R + t_n)}{2} \quad (305)$$

$$f_Y = \frac{PR_{ys}R_{nc}}{2} \quad (306)$$

$$R_{xn} = \frac{t_n}{\ln \left[ \frac{R_n + t_n}{R_n} \right]} \quad (307)$$

$$R_{xs} = \frac{t_{eff}}{\ln \left[ \frac{R_{eff} + t_{eff}}{R_{eff}} \right]} \quad (308)$$

순서 7 - 구형 동체, 타원형 경관 또는 접시형 경관의 노즐에 대한 유효두께를 다음과 같이 결정한다.

$$t_{eff} = t \left( \frac{tL_R + A_5 f_{rp}}{tL_R} \right) \quad (309)$$

순서 8 - 용기 내의 평균 국부 1차막응력과 일반 1차막응력을 결정한다.

$$\sigma_{avg} = \frac{(f_N + f_S + f_Y)}{A_T} \quad (310)$$

$$\sigma_{circ} = \frac{PR_{xs}}{2t_{eff}} \quad (311)$$

순서 9 - 노즐 교차점에서 최대 국부 1차막응력을 결정한다.

$$P_L = \max [\{2\sigma_{avg} - \sigma_{circ}\}, \sigma_{circ}] \quad (312)$$

순서 10 - 계산한 최대 국부 1차막응력은 식(313)를 만족시켜야 한다. 만일 노즐이 내압을 받는다면, 허용응력  $S_{allow}$ 는 식(252)에 의해 계산하고 노즐이 외압을 받는다면, 그 허용응력은 식(253)에 의해 계산한다.

$$P_L \leq S_{allow} \quad (313)$$

순서 11 - 노즐의 최대허용사용압력을 결정한다.

$$P_{max1} = \frac{S_{allow}}{\frac{2A_p}{A_T} - \frac{R_{xs}}{2t_{eff}}} \quad (314)$$

$$P_{max2} = 2S \left( \frac{t}{R_{xs}} \right) \quad (315)$$

$$P_{max} = \min[P_{max1}, P_{max2}] \quad (316)$$

여기서

$$A_p = R_{xn}(L_H - t) + \frac{R_{xs}(L_R + t_n + R_{nc})}{2} \quad (317)$$

2. 만일 노즐이 제148조에서 규정한 것처럼 추가하중으로부터 외력과 모멘트를 받는다면, 노즐-동체의 교차점에서의 국부응력은 아래 제⑩항에 따라서 평가하여야 한다.

⑩ 성형 경관의 경사면 또는 수직 노즐

1. 만일 경사면 또는 수직 노즐이 타원형 경관(그림 4.5.10 참조)에 위치하여 있다면, 위 제⑨항의 설계절차에 다음을 대입하여 사용하여야 한다.

$$D_R = \frac{D_t}{2} \sqrt{1 - \frac{D_t^2}{h^2}} \quad (318)$$

2. 만일 타원형 경관이 아닌 다른 경관(그림 4.5.10 참조)에 경사면 또는 수직 노즐이 위치하여 있다면, 위 제⑨항의 설계절차에 다음을 대입하여 사용하여야 한다.

$$R_{nc} = R_{eff}(\theta_1 - \theta_2) \quad (319)$$

$$\theta_1 = \cos^{-1} \left[ \frac{D_R}{D_{eff}} \right] \quad (320)$$

$$\theta_2 = \cos^{-1} \left[ \frac{D_R + R_n}{D_{eff}} \right] \quad (321)$$

⑪ 평경관의 원형 노즐

1. 압력하중을 받는 평경관의 노즐 설계절차는 아래와 같다. 이 설계절차에서 사용되는 매개변수는 그림 4.5.9에 나와 있다. 대안으로, 일체형 평경관 내의 중앙 노즐은 제153조제⑤항의 절차를 사용하여 설계하여야 한다.

순서 1 - 노즐 교차점에서의 최대단위모멘트를 계산한다.

$$M_o = \frac{St_{rf}^4}{6(t + C_p t_e)^2} \quad (322)$$

$$C_p = \min \left[ \left\{ \frac{(w + 0.5L_{42})t_e}{R_n t} \right\}, 0.6 \right] \quad (323)$$

순서 2 - 노즐의 매개변수를 계산한다.

$$\lambda_n = \frac{1.285}{\sqrt{R_{nm} t_n}} \quad (324)$$

$$C_1 = \sinh^2[C_L] + \sin^2[C_L] \quad (325)$$

$$C_2 = \sinh^2[C_L] - \sin^2[C_L] \quad (326)$$

$$C_L = \min[\{\lambda_n(L_{pr1} + t + L_{pr2})\}, 6.0] \quad (327)$$

$$C_3 = \frac{L_{pr1} + t}{L_{pr1} + t + \min[(\lambda_n)^{-1}, L_{pr2}]} \quad (328)$$

$$R_{nm} = R_n + 0.5t_n \quad (329)$$

$$R_{xn} = \frac{t_n}{\ln \left[ \frac{R_n + t_n}{R_n} \right]} \quad (330)$$

용기의 벽을 통과하여 삽입한 노즐에 대해서

$$x_t = 0.5\lambda_n(t + t_e + L_{41} + L_{43}) \quad (331)$$

용기의 벽을 접하는 노즐에 대해서

$$x_t = 0.5\lambda_n(t_e + L_{41}) \quad (332)$$

$$C_t = \exp[-x_t] \quad (333)$$

순서 3 - 교차점에서 노즐 내의 최대 국부 1차막응력을 결정한다.

$$P_L = \frac{2M_o \lambda_n^2 R_{nm} C_t C_1 C_3}{t_n C_2} + \frac{PR_{xn}}{t_n} \quad (334)$$

순서 4 - 노즐의 교차점에서의 최대 국부 1차막응력은 식(335)을 만족하여야 한다. 만일 노즐이 내압을 받는다면, 허용응력  $S_{allow}$ 는 식(252)에 의해 계산하고 노즐이 외압을 받는다면, 허용응력은 식(253)에 의해 계산한다.

$$P_L \leq S_{allow} \quad (335)$$

2. 만일 노즐이 제148조에서 규정한 것처럼 추가하중으로부터 외력과 모멘트를 받는다면, 노즐-동체의 교차점에서의 국부응력은 아래 제⑩항에 따라서 평가하여야 한다.

⑫ 노즐의 간격 조건은 아래와 같다.

1. 원통형 또는 원추형 동체의 노즐은 위 제④항에 따라서 또는 구형 경관, 성형 경관의 노즐에 대해서는 위 제⑨항에 따라서 결정한 보강의 경계가 겹치지 않는다면, 추가적 해석은 하지 않아도 된다. 만일 보강의 경계가 겹친다면, 다음 절차에 따라야 한다.

2. 최대 국부 1차막응력과 노즐의 최대허용사용응력은 아래와 같이 결정된  $L_R$ 의 값을 가지고 각 개별 노즐에 대해서 위 제④항 또는 위 제⑨항을 따

라서 결정하여야 한다.

가. 겹치는 보강 경계를 가진 두 구멍(그림 4.5.11 참조)

노즐 A에 대해서

$$L_R = L_S \left( \frac{R_{na}}{R_{na} + R_{nb}} \right) \quad (336)$$

노즐 B에 대해서

$$L_R = L_S \left( \frac{R_{nb}}{R_{na} + R_{nb}} \right) \quad (337)$$

나. 겹치는 보강 경계를 가진 세 구멍(그림 4.5.12 참조)

노즐 A에 대해서

$$L_R = \min \left[ L_{S1} \left( \frac{R_{na}}{R_{na} + R_{nb}} \right), L_{S2} \left( \frac{R_{na}}{R_{na} + R_{nc}} \right) \right] \quad (338)$$

노즐 B에 대해서

$$L_R = \min \left[ L_{S1} \left( \frac{R_{nb}}{R_{na} + R_{nb}} \right), L_{S3} \left( \frac{R_{nb}}{R_{na} + R_{nc}} \right) \right] \quad (339)$$

노즐 C에 대해서

$$L_R = \min \left[ L_{S2} \left( \frac{R_{nc}}{R_{na} + R_{nc}} \right), L_{S3} \left( \frac{R_{nc}}{R_{nb} + R_{nc}} \right) \right] \quad (340)$$

다. 겹치는 보강 경계를 가진 구멍이 3개를 초과하는 경우에는, 인접한 노즐의 각 쌍에 대해서 위의 절차를 반복한다.

### ㉓ 노즐 부착 용접의 강도

1. 노즐 부착 용접의 강도는 아래 2.에서 결정된 원통형, 원추형 또는 구형 동체, 성형 경판에 부착된 노즐에 대해서 가해지는 불연속성 힘을 견디기에 충분하여야 한다. 평경판에 부착된 노즐은 아래 3.에서 결정된 부착 용접의 강도를 평가하여야 하며, 추가하중으로부터의 외력과 모멘트의 영향을 고려하여야 한다.
2. 압력하중을 받는 원통형, 원추형 또는 구형 동체, 성형 경판 노즐의 부착 용접을 평가하기 위한 절차가 아래와 같다.

순서 1 - 불연속 힘 계수를 결정한다.

(1) 용기 벽을 접하는 노즐

$$k_y = 1.0 \quad (341)$$

(2) 용기의 벽을 통과하여 삽입된 노즐

$$k_y = \frac{R_{nc} + t_n}{R_{nc}} \quad (342)$$

순서 2 - 불연속 힘을 저항하는 용접 길이를 계산한다.

(1) 노즐-동체 용접의 용접 길이

방사상 노즐에 대해서

$$L_r = \frac{\pi}{2} (R_n + t_n) \quad (343)$$

비방사상 노즐에 대해서

$$L_r = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{(R_{nc} + t_n)^2 + (R_n + t_n)^2}{2}} \quad (344)$$

(2) 패드-동체 용접의 용접 길이

방사상 노즐에 대해서

$$L_{rp} = \frac{\pi}{2} (R_n + t_n + W) \quad (345)$$

비방사상 노즐에 대해서

$$L_{rp} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{(R_{nc} + t_n + W)^2 + (R_n + t_n + W)^2}{2}} \quad (346)$$

순서 3 - 용접 목의 치수를 계산한다.(순서이동)

$$L_{41T} = 0.7071 L_{41} \quad (347)$$

$$L_{42T} = 0.7071 L_{42} \quad (348)$$

$$L_{43T} = 0.7071 L_{43} \quad (349)$$

순서 4 - 용접 크기를 허용할 수 있는지 결정한다.

- (1) 만일 노즐이 일체형으로 보강되고 식(350)로 계산된 용접부 내의 전단응력이 식(351)를 만족시킨다면, 그 설계는 완료된 것이다. 만일 용접부 내의 전단응력이 식(351)를 만족하지 않으면, 그 용접의 크기를 증가시키고 순서 3으로 돌아간다. 경판의 노즐에 대해서는  $F_p = 1.0$ 을 사용하여  $A_2$ 와  $A_3$ 을 계산하고,  $f_{welds}$ 를 계산할 때에는 식(352)을 사용한다.

$$\tau = \frac{f_{welds}}{L_r(0.49L_{41T} + 0.6t_{w1} + 0.49L_{43T})} \quad (350)$$

$$\tau \leq S \quad (351)$$

여기서

$$f_{welds} = \min[f_y k_y, 1.5S_n(A_2 + A_3)] \quad (352)$$

- (2) 노즐이 패드로 보강되고 식(353)부터(355)로 계산된 용접부 내의 전단응력이 식(356)을 만족시킨다면, 설계는 완료된 것이다. 만일 용접부 내의 전단응력이 식(356)을 만족하지 않으면, 용접의 크기를 증가시키고 순서 3으로 돌아간다.

$$\tau_1 = \frac{f_{ws}}{L_r(0.6t_{w1} + 0.49L_{43T})} \quad (353)$$

$$\tau_2 = \frac{f_{wp}}{L_r(0.6t_{w2} + 0.49L_{41T})} \quad (354)$$

$$\tau_3 = \frac{f_{wp}}{L_r(0.49L_{42T})} \quad (355)$$

$$\max[\tau_1, \tau_2, \tau_3] \leq S \quad (356)$$

여기서



$$f_{ws} = \frac{f_{wcls}k_y t \cdot S}{t \cdot S + t_c S_p} \quad (357)$$

$$f_{wp} = \frac{f_{wcls}k_y t_c S_p}{t \cdot S + t_c S_p} \quad (358)$$

(3) 노즐이 패드로 보강되고 식 (359)으로 계산된 노즐 벽 내의 전단응력이 식(360)을 만족시킨다면, 설계는 완료된 것이다. 만일 노즐 벽 내의 전단응력이 식(360)을 만족하지 않으면, 노즐 두께를 위 제③항에 따라서 증가시킨다.

$$\tau_n = \frac{\left(P_L - \frac{PR_n}{t_n}\right)t_c}{1.4t_n} \quad (359)$$

$$\tau_n \leq 1.5S_n \quad (360)$$

3. 압력하중을 받는 평경관의 부착 용접을 평가하는 절차는 아래에 따른다.

순서 1 - 용접 목의 치수를 계산한다.

$$L_{41T} = 0.7071L_{41} \quad (361)$$

$$L_{42T} = 0.7071L_{42} \quad (362)$$

$$L_{43T} = 0.7071L_{43} \quad (363)$$

순서 2 - 용접 크기가 허용할 수 있는지 결정한다.

(1) 노즐이 일체형으로 보강되고 평경관을 통과하여 삽입되었으며, 식 (364) 및 (365)에 의해서 계산된 전단응력이 식(366)을 만족시키면, 설계는 완료된 것이다. 만일 용접부 내의 전단응력이 식(366)을 만족하지 않으면, 용접 크기를 증가시키고, 순서 1로 돌아간다.

$$\tau_1 = \frac{V_s}{0.6t_{x1} + 0.49L_{43T}} \quad (364)$$

$$\tau_2 = \frac{V_s}{0.6t_{x2} + 0.49L_{41T}} \quad (365)$$

$$\max[\tau_1, \tau_2] \leq S \quad (366)$$

여기서

$$V_s = \frac{0.3St_f^4}{t^3} \quad (367)$$

$$t_{x1} = \min[t_{w1}, 0.5t] \quad (368)$$

$$t_{x2} = \min[\max[(t_{w1} - 0.5t), 0], 0.5t] \quad (369)$$

(2) 만일 노즐이 패드로 보강되고 평경관을 통과하여 삽입되었으며, 식 (370) 부터 (372)에 의해서 계산된 전단응력이 식(373)을 만족시키면, 설계는 완료된 것이다. 만일 그 용접부 내의 전단응력이 식(373)을 만족하지 않으면, 용접 크기를 증가시키고, 순서 1로 돌아간다.

$$\tau_1 = \frac{V_s}{0.6t_{w1} + 0.49L_{43T}} \quad (370)$$

$$\tau_2 = \frac{V_s}{0.6t_{w2} + 0.49L_{41T}} \quad (371)$$

$$\tau_3 = \frac{V_s(R_n + t_n)}{0.49L_{42T}(R_n + t_n + W)} \quad (372)$$

$$\max[\tau_1, \tau_2, \tau_3] \leq S \quad (373)$$

매개변수  $V_s$ 는 식(367)로 주어진다.

(3) 만일 노즐이 일체형으로 보강되고 평경관을 접하고, 식(374)에 의해서 계산된 전단응력이 식(375)을 만족시키면, 설계는 완료된 것이다. 만일 용접부 내의 전단응력이 식(375)을 만족하지 않으면, 용접 크기를 증가시키고, 순서 1로 돌아간다.

$$\tau = \frac{2M_o}{t(0.6t_{w1} + 0.49L_{41T})} \quad (374)$$

$$\tau \leq S \quad (375)$$

⑭ 외부하중으로 인한 동체 및 성형 경관 노즐 내의 극부응력은 아래의 방법 중 하나를 사용하여 평가하여야 한다.

1. 원통형 동체의 노즐 - 응력 계산은 WRC 107 또는 WRC 297을 따라야 한다.
2. 성형 경관의 노즐 - 응력 계산은 WRC 107을 따라야 한다.
3. 모든 형상과 위 1. 및 2.에 대한 한 가지 대안으로, 응력 계산은 유한요소 해석 방법과 같은 수치해석을 사용하여 실시할 수 있다.

⑮ 점검구멍

1. 압축공기를 사용하는 모든 압력용기의 내부 부식이 발생하는 것, 침식 또는 기계적 마모가 있는 부품을 가진 것은 본 항에서 허용하는 것을 제외하고는 검사와 청소를 위해서 적당한 맨홀, 핸드 홀 또는 기타 점검구멍을 가져야 한다.
2. 점검구멍이나 점검구멍이 요구되는 용기는 다음사항을 준수하여야 한다.
  - 가. 안지름이 300mm 초과 450mm 미만인 모든 용기는 DN 40 이상 두 개의 핸드 홀 또는 플러그를 설치할 수 있는 두 개의 나사붙이 점검구멍을 가져야 한다.
  - 나. 안지름이 450 mm 이상 900 mm 이하인 모든 용기는 하나의 맨홀 또는 DN 40 이상 두 개의 핸드 홀 또는 플러그를 설치할 수 있는 두 개의 나사붙이 점검구멍을 가져야 한다.
  - 다. 안지름이 900 mm을 초과하는 모든 용기는 하나의 맨홀을 가져야 하며, 맨홀의 모양이나 용도가 하나로 만드는 것이 비실용적인 용기는 100 mm×150 mm 크기의 두 개의 핸드 홀 또는 동등한 면적을 가진 두 개의 같은 구멍을 가져야 한다.
  - 라. 맨홀 대신에 핸드 홀이나 관 플러그 구멍이 점검구멍로서 허용될 때는, 하나의 핸드 홀 또는 관 플러그 구멍이 각 경관 또는 경관 인근 동체에

있어야 한다.

마. 다른 용도의 제거할 수 있는 경판이나 덮개 판이 있는 구멍은 점검구멍의 크기와 같다면 점검구멍 대신에 사용할 수 있다.

바. 제거할 수 있는 경판이나 덮개 판이 있는 단일 구멍은 크기와 위치가 내부를 같이 점검할 수 있다면 보다 작은 모든 점검구멍 대신 사용될 수 있다.

사. 아래와 같은 경우, 배관, 계기 또는 유사한 부착물을 제거할 수 있는 플랜지형 및/또는 나사붙이 연결부는 점검구멍 대신에 사용할 수 있다.

(1) 연결부가 요구하는 구멍의 크기와 적어도 같다.

(2) 연결부의 크기와 위치가 요구하는 점검구멍과 내부 점검을 가능하게 한다.

3. 점검구멍이나 접근구멍이 요구될 때는, 다음의 요건에 적합하여야 한다.

가. 타원형 또는 장원형 맨홀은 300 mm × 400 mm 이상이 되어야 하며, 원형 맨홀은 안지름이 400 mm 이상이 되어야 한다.

나. 핸드 홀 구멍은 50 mm × 75 mm 이상이 되어야 하나, 용기의 크기와 구멍의 위치와 조화가 되게 커야 한다.

⑩ 압축응력을 받는 구멍의 보강

1. 원통 지름의 25% 또는 구멍이 놓이는 링 간격의 80%를 초과하지 않는 압축응력을 받는 원통형 또는 원추형 용기의 구멍에 대한 보강은 다음 절차에 따라서 설계하여야 한다.

2. 외압만을 받도록 설계된 원통형 또는 원추형 용기의 노즐구멍에 대한 보강은 위 ④항부터 ⑧항의 요건을 따라야 한다. 요구두께는 위 ③항에 따라서 결정하여야 한다.

3. 외압이 없이 축 방향 압축(축 방향 하중 및/또는 모멘트를 포함)만을 받도록 설계된 원통형 또는 원추형 용기에 대해서는, 구멍의 보강은 다음에 따라야 한다.

$d \leq 0.4\sqrt{Rt}$  에 대해서

$$A_r = 0 \quad (376)$$

$d > 0.4\sqrt{Rt}$  및  $\gamma_n \leq \left(\frac{R/t}{291} + 0.22\right)^2$  에 대해서

$$A_r = 0.5dt_r \quad (377)$$

$d > 0.4\sqrt{Rt}$  및  $\gamma_n > \left(\frac{R/t}{291} + 0.22\right)^2$  에 대해서

$$A_r = dt_r \quad (378)$$

여기서

$$\gamma_n = \left(\frac{d}{2\sqrt{Rt}}\right) \quad (379)$$

4. 보강은 구멍의 가장자리로부터  $0.75\sqrt{Rt}$  의 거리 이내에 있어야 한다. 노즐

넥 보강은 노즐 부착 위치에서 동체의 두께를 초과하지 않는 두께로 제한되어야 하고 용기의 바깥표면에 수직하게  $0.5\sqrt{(d/2)t_n}$  의 한계 내에 있어야 한다. 그러나  $2.5t_n$  을 넘지 않는 한계 내에 놓여야 한다.

5. 외압과 조합된 축 방향 압축에 대해서 설계된 원통형 또는 원추형 용기에 대해서는, 보강은 위 2.의 요구되는 것과 위 3.의 요구되는 것 중 큰 것이어야 한다. 보강은 위 4.에서 기술한 한계 내에 위치하여야 한다.

⑪ 기호설명

$A_1$  : 용기의 벽이 기여하는 면적

$A_2$  : 용기의 벽 바깥에서 노즐이 기여하는 면적

$A_3$  : 용기의 벽 안쪽에서 노즐이 기여하는 면적

$A_{41}$  : 바깥 노즐 필릿용접이 기여하는 면적

$A_{42}$  : 패드-용기 필릿용접이 기여하는 면적

$A_{43}$  : 안쪽 노즐 필릿용접이 기여하는 면적

$A_5$  : 보강 패드가 기여하는 면적

$A_p$  : 노즐구멍 불연속의 힘을 결정하기 위해서 사용되는, 압력을 저항하는 면적

$A_r$  : 요구되는 보강면적

$A_T$  : 보강 경계이내의 총면적

$\alpha$  : 원추형 동체의 꼭지각의 1/2

$D_i$  : 동체나 경판의 안지름

$D_D$  : 주요 구조적 불연속으로부터 노즐 중심선까지의 거리

$D_R$  : 경판 중심선으로부터 노즐 중심선까지의 거리

$D_T$  : 경판 접선으로부터 노즐 중심선까지의 거리

$D_X$  : 원통 중심선으로부터 노즐 중심선까지의 거리

$d$  : 구멍의 안지름

$d_{st}$  : 스테드의 공칭지름

$E$  : 용접이음계수 (제149조 참조), 만일 노즐이 용접이음매와 교차하지 않으면  $E = 1.0$

$E_{st}$  : 스테드의 맞물린 길이

$F_p$  : 노즐부착계수

$F_{na}$  : 설계온도에서 평균한 제151조의 동체와 노즐 재료의 허용압축응력의 최소값

$f_N$  : 용기의 바깥 노즐 내의 내압으로부터의 힘

$f_{rn}$  : 노즐재료계수

$f_{rp}$  : 패드재료계수

$f_S$  : 동체 내의 내압으로부터의 힘

$f_y$  : 압력으로부터의 불연속 힘  
 $f_Y$  : 내압으로부터의 불연속 힘  
 $f_{ws}$  : 용접부  $t_{w1}$  및  $L_{43}$ 이 지탱하는 불연속 힘  
 $f_{wn}$  : 용접부  $L_{41}$ 과  $t_{w2}$ 와  $L_{42}$ 가 지탱하는 불연속 힘  
 $F_p$  : 노즐부착계수  
 $h$  : 안쪽 표면으로 측정된 타원형 경관의 깊이  
 $k_y$  : 노즐 바깥지름으로 불연속 힘을 조정하는 불연속 힘 계수  
 $L_{41}$  : 바깥노즐 필릿용접의 용접 다리길이  
 $L_{42}$  : 패드-용기 필릿용접의 용접 다리길이  
 $L_{43}$  : 안쪽 노즐 필릿용접의 용접 다리길이  
 $L$  : 접시형 경관의 중앙 만곡부의 안반지름  
 $L_H$  : 용기 밖 노즐벽의 유효길이  
 $L_I$  : 용기 안 노즐벽의 유효길이  
 $L_{41T}$  : 바깥 노즐 필릿용접의 목 치수  
 $L_{42T}$  : 패드-용기 필릿용접의 목 치수  
 $L_{43T}$  : 안쪽노즐 필릿용접의 목 치수  
 $L_R$  : 용기 벽의 유효길이  
 $L_{pr1}$  : 용기 벽 바깥으로부터의 노즐 돌출  
 $L_{pr2}$  : 용기 벽 안쪽으로부터의 노즐 돌출  
 $L_{pr3}$  : 용기 벽 바깥으로부터 가변적 두께  $t_n$ 의 길이  
 $L_r$  : 노즐-동체 용접의 용접 길이  
 $L_{rp}$  : 패드-동체 용접의 용접 길이  
 $P$  : 설계 내압 또는 외압  
 $P_{max}$  : 노즐의 최고허용압력  
 $P_L$  : 노즐 교차점에서의 최대 국부 1차막응력  
 $R$  : 용기의 안반지름  
 $R_m$  : 용기의 평균반지름  
 $R_{eff}$  : 유효압력반지름  
 $R_n$  : 노즐의 안반지름  
 $R_{nc}$  : 긴 현에 의한 용기 노즐구멍의 반지름, 방사상 노즐에 대해서  $R_{nc} = R_n$   
 $R_{nm}$  : 노즐 평균반지름  
 $R_{xn}$  : 힘 계산을 위한 노즐 반지름  
 $R_{xs}$  : 힘 계산을 위한 동체 반지름  
 $S$  : 용기에 대한 부속서 3.A으로부터의 설계온도에서의 허용응력  
 $S_n$  : 노즐에 대한 부속서 3.A으로부터의 설계온도에서의 허용응력  
 $S_p$  : 패드에 대한 부속서 3.A으로부터의 설계온도에서의 허용응력

$S_{st}$  : 스티드 재료에 대한 부속서 3.A으로부터의 설계온도에서의 허용응력  
 $S_{sp}$  : 나사를 낸 재료에 대한 부속서 3.A으로부터의 설계온도에서의 허용응력  
 $\sigma_{avg}$  : 평균1차막응력  
 $\sigma_{circ}$  : 일반1차막응력  
 $\theta$  : 노즐 중심선과 동체 중심선 사이의 각도  
 $t$  : 용기 벽의 공칭두께  
 $t_e$  : 보강패드의 두께  
 $t_{eff}$  : 노즐구멍 부근 압력응력의 계산에 사용되는 유효두께  
 $t_n$  : 노즐 벽의 공칭두께  
 $t_{n2}$  : 가변적 두께의 노즐의 얇은 부분의 공칭벽두께  
 $t_r$  : 외압이 없는 축 방향 압축하중에 대해서 요구되는 동체의 두께  
 $t_{rf}$  : 제153조에서 요구하는 것과 같은 부식여유를 제외한 최소 요구 평경관 두께  
 $t_{w1}$  : 노즐-동체 홈 용접 깊이  
 $t_{w2}$  : 노즐-보강패드 홈 용접 깊이  
 $\tau$  : 압력으로 인한 용접부 내의 평균 "유효" 전단응력(이음효율 포함)  
 $V_s$  : 전단하중  
 $W$  : 보강패드의 폭  
 $X_o$  : 노즐 바깥지름으로부터 경관 중심까지의 거리

**제153조 (평 경관에 대한 설계) ①** 스테이가 없는 원형 평경관

1. 가장자리 모멘트가 발생하는 볼트 조임으로 부착하지 않는 스테이가 없는 원형 평경관 또는 덮개의 최소요구두께는 다음 식으로 계산 한다.

$$t = d \sqrt{\frac{CP}{S_{ho}E}} \quad (380)$$

2. 가장자리 모멘트(표 4.6.1의 상세 7 참조)가 발생하는 볼트 조임으로 부착하는 스테이가 없는 원형 평경관, 덮개 또는 막음 플랜지의 최소요구두께는 다음 식으로 계산하여야 한다. 이 식에서 운전 및 개스킷 시팅 볼트하중  $W_o$ 와  $W_g$  그리고 이 하중의 모멘트 암(arm)  $h_G$ 는 ASME Sec. VIII Div.2 (4.16항 참조)에서 서술한 플랜지 형상과 개스킷 재료에 따라서 계산하여야 한다.

$$t = \max[t_o, t_g] \quad (381)$$

여기서

$$t_o = d \sqrt{\frac{CP}{S_{ho}E} + \frac{1.9 W_o h_G}{S_{ho} E d^3}} \quad (382)$$

$$t_g = d \sqrt{\frac{1.9 W_g h_G}{S_{hg} E d^3}} \quad (383)$$

**② 스테이가 없는 비원형 평경관**

1. 가장자리 모멘트가 발생하는 볼트 조임으로 부착하지 않는 스테이가 없는 비원형 평경판 또는 덮개의 최소요구두께는 다음 식으로 계산하여야 한다.

$$t = d \sqrt{\frac{ZCP}{S_{ho}E}} \quad (384)$$

여기서

$$Z = 3.4 - \frac{2Ad}{D} \quad (385)$$

2. 가장자리 모멘트(표 4.6.1의 상세 7 참조)가 발생하는 볼트 조임으로 부착하는 스테이가 없는 비원형 평경판, 덮개 또는 막음 플랜지의 최소요구두께는 다음 식으로 계산하여야 한다. 이 식에서 운전 및 개스킷 시팅 볼트 하중  $W_o$ 와  $W_g$  그리고 이 하중의 모멘트 암(arm)  $h_G$ 는 ASME Sec. VIII Div.2 (4.16항 참조)에서 서술한 플랜지 형상과 개스킷 재료에 근거하여 계산하여야 한다.

$$t = \max[t_o, t_g] \quad (386)$$

여기서

$$t_o = d \sqrt{\frac{ZCP}{S_{ho}E} + \frac{6W_o h_G}{S_{ho}ELd^2}} \quad (387)$$

$$t_g = d \sqrt{\frac{6W_g h_G}{S_{hg}ELd^2}} \quad (388)$$

매개변수  $Z$ 는 식(385)에서 주어진다.

③ 중앙에 구멍이 있는 일체형 평경판

1. 중앙에 경관지름의 1/2를 초과하는 단일 원형 구멍이 있는 평경판은 다음 규정에 따라서 설계하여야 한다. 중앙 구멍에 부착한 노즐이 있거나 없는 일체형 평경판의 배치는 그림 4.6.1에 나타나 있다.

가. 동체-평경판의 접합은 표 4.6.1, 상세 1, 2, 3 및 4처럼 일체형이어야 하지만, 표 4.6.1, 상세 5 및 6에서의 이음매와 유사한 맞대기 용접 또는 완전용입 모서리 용접을 사용할 수도 있다.

나. 평경판의 중앙 구멍에는 일체형 노즐 또는 완전용입 용접으로 부착한 노즐 또는 일체형이 아닌 용접(즉, 양면 필릿용접 또는 부분용입 용접)으로 부착한 노즐이 있을 수 있거나 부착한 노즐이나 허브가 없는 구멍일 수 있다. 비일체형 용접으로 부착한 노즐의 경우에는 경판은 부착된 노즐이나 허브가 없는 경판으로 설계한다.

2. 경판 두께는 위 ①항 또는 ②항의 규정은 만족 하지 않아도 되지만, 평경판 두께와 기타 형상 매개변수는 표 4.6.3의 허용응력 한계는 만족하여야 한다.

3. 단일 원형 구멍이 중앙에 있는 일체형 평경판을 설계하기 위하여 사용할 수 있는 절차는 아래와 같다.

순서 1 - 평경판 구멍의 설계 압력과 온도를 결정한다.

순서 2 - 평경판 구멍의 형상을 결정한다(그림 4.6.1 참조).

순서 3 - 다음의 식을 사용하여 운전 모멘트  $M_o$ 를 계산한다.

$$M_o = 0.785B_n^2 P \left( R + \frac{g_{1n}}{2} \right) + 0.785(B_s^2 - B_n^2) P \left( \frac{R + g_{1n}}{2} \right) \quad (389)$$

여기서

$$R = \frac{B_s - B_n}{2} - g_{1n} \quad (390)$$

순서 4 - ASME Sec. VIII Div.2 Tables 4.16.4 및 4.16.5의 식을 사용하여  $B_n$ ,  $g_{1n}$ ,  $g_{0n}$  및  $h_n$ 를 근거로  $F$ ,  $V$  및  $f$ 를 계산하고, 그 결과값을  $F_n$ ,  $V_n$  및  $f_n$ 이라 지정한다.

순서 5 - ASME Sec. VIII Div.2 Tables 4.16.4 및 4.16.5의 식을 사용하여  $B_s$ ,  $g_{1s}$ ,  $g_{0s}$  및  $h_s$ 를 근거로  $F$ ,  $V$  및  $f$ 를 계산하고, 그 결과값을  $F_s$ ,  $V_s$  및  $f_s$ 이라 지정한다.

순서 6 - ASME Sec. VIII Div.2 Table 4.16.4의 식을 사용하여  $K = A/B_n$ 를 근거로  $Y$ ,  $T$ ,  $U$ ,  $Z$ ,  $L$ ,  $e$  및  $d$ 를 계산한다.

순서 7 - 다음 식 중 하나를 사용하여  $(E\theta)^*$ 의 크기를 계산한다.

일체형으로 부착된 노즐에 구멍이 있는 경우

$$(E\theta)^* = \frac{0.91 \left( \frac{g_{1n}}{g_{0n}} \right)^2 (B_n + g_{0n}) V_n}{f_n \sqrt{B_n g_{0n}}} S_H \quad (391)$$

여기서  $S_H$ 는 표 4.6.2의 식을 사용하여 평가한다.

부착된 노즐이 없거나 비일체형 용접으로 부착한 노즐이나 허브가 있는 구멍은

$$(E\theta)^* = \frac{B_n S_T}{t} \quad (392)$$

여기서  $S_T$ 는 표 4.6.2의 식을 사용하여 평가한다.

순서 8 - 다음 식을 사용하여  $M_H$ 의 크기를 계산한다.

$$M_H = \frac{(E\theta)^*}{\frac{1.74 V_s \sqrt{B_s g_{0s}}}{g_{0s}^3 (B_s + g_{0s})} + \frac{(E\theta)^*}{M_o} \left( 1 + \frac{F_s t}{\sqrt{B_s g_{0s}}} \right)} \quad (393)$$

순서 9 - 다음 식을 사용하여  $X_1$ 의 크기를 계산한다.

$$X_1 = \frac{M_o - M_H \left( 1 + \frac{F_s t}{\sqrt{B_s g_{0s}}} \right)}{M_o} \quad (394)$$

순서 10 - 표 4.6.2를 사용하여 동체-평경판 접합부와 구멍-평경판 접합부의 응력을 계산한다.

순서 11 - 표 4.6.3의 응력허용기준을 점검한다. 응력기준이 만족되면, 설계는 완료되고, 만일 응력기준이 만족되지 않으면, 평경판 또는

구멍 치수의 비율을 다시 정하고 순서 3으로 돌아간다.

④ 기호설명

- $A$  : 동체의 바깥지름
- $B_s$  : 동체의 안지름
- $B_n$  : 구멍의 안지름
- $C$  : 표 4.6.1에서 서술된 경관의 부착 방법, 동체 치수 및 기타 항목에 따른 계수. 용접된 덮개에 대한  $C$ 의 값은 구조에 대한 허용응력을 1.5S로 효과적으로 증가시키는 0.667의 계수를 포함한다.
- $D$  : 비원형 경관 또는 덮개의 짧은 공간에 직각으로 켜진 경관의 길이
- $d$  : 표 4.6.1의 그림에 표시된 것처럼 측정된 지름 또는 짧은 공간
- $E$  : 이음계수
- $e$  : 플랜지 응력계수
- $f_n$  : 노즐구멍-평경관 접합에 대한 허브응력 보정계수
- $f_s$  : 동체-평경관 접합에 대한 허브응력 보정계수
- $E$  : 용접이음계수 (제149조 참조)
- $F_n$  : 노즐구멍-평경관 접합에 대한 플랜지 응력계수
- $F_s$  : 동체-평경관 접합에 대한 플랜지 응력계수
- $g_{1s}$  : 동체-평경관 접합의 대단부에서의 허브두께
- $g_{0n}$  : 노즐구멍-평경관 접합의 소단부에서의 허브두께
- $g_{0s}$  : 동체-평경관 접합의 소단부에서의 허브두께
- $g_{1n}$  : 노즐구멍-평경관 접합의 대단부에서의 허브두께
- $g_{1s}$  : 동체-평경관 접합의 대단부에서의 허브두께
- $h_G$  : 개스킷의 모멘트 암(arm) (ASME Sec. VIII Div.2 Table 4.16.8 참조)
- $h_n$  : 노즐구멍-평경관 접합의 대단부에서의 허브길이
- $h_s$  : 동체-평경관 접합의 대단부에서의 허브길이
- $L$  : 볼트구멍의 중심을 따라서 측정된 비원형 볼트 조임 경관의 둘레, 또는 플랜지 응력계수
- $M_o$  : 운전 모멘트
- $M_H$  : 동체-평경관 접합에서 작용하는 모멘트
- $m$  : 두께비율  $t_r/t_s$
- $P$  : 설계내압
- $r$  : 플랜지나 단조로 성형한 경관의 모서리 안지름
- $S_{ho}$  : 설계온도에서 경관에 대해서 평가한 부속서 3.A의 허용응력
- $S_{hg}$  : 개스킷 시팅 조건에서 경관에 대해서 평가한 부속서 3.A의 허용응력
- $T$  : 플랜지 응력계수
- $t$  : 평경관이나 덮개의 최소요구두께

- $t_g$  : 개스킷 시팅 조건에 대한 평경관이나 덮개의 요구두께
- $t_o$  : 설계운전조건에 대한 평경관이나 덮개의 요구두께
- $t_f$  : 대단부에서 단조 경관 위 플랜지의 공칭두께
- $t_h$  : 평경관이나 덮개의 공칭두께
- $t_r$  : 이음매 없는 동체의 요구두께
- $t_s$  : 동체의 공칭두께
- $t_1$  : 봉합 용접부의 목 치수
- $U$  : 플랜지 응력계수
- $V_n$  : 노즐구멍-평경관 접합에 대한 플랜지 응력계수
- $V_s$  : 동체-평경관 접합에 대한 플랜지 응력계수
- $W_o$  : 설계운전조건에서의 운전 볼트하중
- $W_g$  : 설계 개스킷 시팅 조건에서의 개스킷 시팅 볼트하중
- $Y$  : 너클의 접선으로부터 측정된 플랜징 가공 경관의 플랜지 길이 또는 플랜지 응력계수
- $Z$  : 긴 공간에 대한 짧은 공간의 비율에 따른 비원형 경관 또는 덮개에 대한 계수
- $Z_I$  : 일체형 평경관의 응력계수
- $(E\theta)^*$  : 경관의 바깥지름에서 일체형 동체의 상호작용을 무시하고 탄성계수로 곱한 가운데 구멍이나 노즐이 있는 경관의 경사

**제154조 (구형 접시형 볼트 조임 덮개 판)** ① 형식 A 경관 형상(그림 4.7.1 참조)에 대한 경관과 스커트의 두께는 내압(오목면 위의 압력)은 제150조의 규정, 외압(볼록면 위의 압력)은 제151조의 규정에 따라서 결정하여야 한다. 스커트의 두께는 원통형 동체에 대한 공식을 사용하여 결정하여야 한다. 경관의 반지름  $L$ 과 너클 반지름  $r$ 은 이 조의 제한을 따라야 한다.

1. 형식 A 경관 형상에 대한 경관의 플랜지 두께는 ASME Sec. VIII Div.2 (4.16항 참조)의 규정에 따라서 결정하여야 한다. ASME Sec. VIII Div. 2 Table 1.1에서 열거된 표준에 적합한 슬립 온(slip-on) 플랜지를 사용할 때는 설계 압력-온도가 그 플랜지 표준에서 허가된 압력-온도 등급의 범위 이내에 있다면 ASME Sec. VIII Div.2 (4.16항 참조)에 따른 설계계산은 할 필요가 없다.
2. 그림 4.7.1 내의 상세 (a)는 다음 요건이 둘 다 만족되면 허용된다.
  - 가. 제조 재료가 다음 식을 만족할 경우

$$\frac{S_{yT}}{S_u} \leq 0.625 \quad (395)$$

나. 구성부품이 반복하중을 받지 않을 경우

② 형식 B 경관의 두께 요건

1. 형식 B 경관 형상(그림 4.7.2 참조)에 대한 경관 두께는 다음 식으로 결정

하여야 한다.

가. 내압(오목면 위의 압력)

$$t = \frac{5PL}{6S} \quad (396)$$

나. 외압 (볼록면 위의 압력) - 경판 두께는 제151조에 따라서 결정하여야 한다.

2. 형식 B 경판 형상의 플랜지 두께는 다음 식으로 결정하여야 하며, 여기서 운전조건과 개스킷 시팅 조건에 대한 플랜지 모멘트  $M_o$ 와  $M_g$ 는 각각 ASME Sec. VIII Div.2 (4.16항 참조)으로부터 결정된다.

가. 링 개스킷에 대한 플랜지 두께

$$T = \max[T_g, T_o] \quad (397)$$

여기서

$$T_g = \sqrt{\frac{M_g}{S_{fg}B} \left( \frac{A+B}{A-B} \right)} \quad (398)$$

$$T_o = \sqrt{\frac{M_o}{S_{fo}B} \left( \frac{A+B}{A-B} \right)} \quad (399)$$

나. 전면형 개스킷에 대한 플랜지 두께

$$T = 0.6 \sqrt{\frac{|P|}{S_{fo}} \left( \frac{B(A+B)(C-B)}{A-B} \right)} \quad (400)$$

3. 위 ①항2.의 두 요건이 다 만족할 경우에만 형식 B 경판을 사용하여도 된다.

③ 형식 C 경판의 두께 요건

1. 형식 C 경판 형상(그림 4.7.3 참조)에 대한 경판 두께는 다음 식으로 결정하여야 한다.

가. 내압(오목면 위의 압력) - 경판 두께는 식(396)을 사용하여 결정하여야 한다.

나. 외압(볼록면 위의 압력) - 경판 두께는 제151조에 따라서 결정하여야 한다.

2. 형식 C 경판 형상의 플랜지 두께는 다음 식으로 결정하여야 하며, 여기서 운전조건과 개스킷 시팅 조건에 대한 플랜지 모멘트  $M_o$ 와  $M_g$ 는 각각 ASME Sec. VIII Div.2 (4.16항 참조)으로부터 결정된다.

가. 둥근 볼트구멍이 있는 경판에 대한 링 개스킷에 대한 플랜지 두께

$$T = \max[T_g, T_o] \quad (401)$$

여기서

$$T_g = \sqrt{\frac{1.875M_g}{S_{fg}B} \left( \frac{C+B}{7C-5B} \right)} \quad (402)$$

$$T_o = Q + \sqrt{\frac{1.875M_o}{S_{fo}B} \left( \frac{C+B}{7C-5B} \right)} \quad (403)$$

$$Q = \frac{|P|L}{4S_{fo}} \left( \frac{C+B}{7C-5B} \right) \quad (404)$$

나. 경판 가장자리를 통과하는 긴 볼트구멍이 있는 경판에 대한 전면 개스킷에 대한 플랜지 두께

$$T = \max[T_g, T_o] \quad (405)$$

여기서

$$T_g = \sqrt{\frac{1.875M_g}{S_{fg}B} \left( \frac{C+B}{3C-B} \right)} \quad (406)$$

$$T_o = Q + \sqrt{\frac{1.875M_o}{S_{fo}B} \left( \frac{C+B}{3C-B} \right)} \quad (407)$$

$$Q = \frac{|P|L}{4S_{fo}} \left( \frac{C+B}{3C-B} \right) \quad (408)$$

다. 둥근 볼트구멍이 있는 경판에 대한 전면형 개스킷에 대한 플랜지 두께

$$T = Q + \sqrt{Q^2 + \frac{3BQ(C-B)}{L}} \quad (409)$$

매개변수  $Q$ 는 식(404)에 의해서 주어진다.

라. 경판 가장자리를 통과하는 긴 볼트구멍이 있는 경판에 대한 링 개스킷에 대한 플랜지 두께

$$T = Q + \sqrt{Q^2 + \frac{3BQ(C-B)}{L}} \quad (410)$$

매개변수  $Q$ 는 식(408)에 의해서 주어진다.

④ 형식 D 경판의 두께 요건

1. 형식 D 경판 형상(그림 4.7.4 참조)에 대한 경판 두께는 다음 식으로 결정하여야 한다.

가. 내압(오목면 위의 압력) - 경판 두께는 식(396)을 사용하여 결정하여야 한다.

나. 외압(볼록면 위의 압력) - 경판 두께는 제151조에 따라서 결정하여야 한다.

2. 형식 D 경판 형상에 대한 경판의 플랜지 두께는 다음 식으로 결정하여야 한다.

$$T = \max[T_g, T_o] \quad (411)$$

여기서

$$T_g = \sqrt{\frac{M_g}{S_{fg}B} \left( \frac{A+B}{A-B} \right)} \quad (412)$$

$$T_o = Q + \sqrt{Q^2 + \frac{M_o}{S_{fo}B} \left( \frac{A+B}{A-B} \right)} \quad (413)$$

$$Q = \frac{|P|B\sqrt{4L^2 - B^2}}{8S_{fo}(A-B)} \quad (414)$$

ASME Sec. VIII Div.2 (4.16항 참조)에 따라 설계조건에 대한 플랜지 설계 모멘트  $M_o$ 를 결정할 때, 다음과 같이 수정하여 적용하여야 한다. 모멘트 암(arm)  $h_D$ 는 식 (415)을 사용하여 계산하여야 한다. 식 (416)를 사용하여 계산한 추가적인 모멘트 항  $M_r$ 은 ASME Sec. VIII Div.2 (4.16항 참조)에서 규정하는대로  $M_o$ 에 더하여야 한다. ASME Sec. VIII Div.2 (4.16항 참조)에서 규정하는 대로  $M_o$ 에 대한 식 내의  $M_{oe}$  항은 이 계산에서 영(0)으로 설정하여야 한다. 이 항은  $t_\nu$ ,  $R$ ,  $A_R$ 의 방향에 따라서 양(+) 또는 음(-)이 될 수 있다.

$$h_D = 0.5(C - B) \quad (415)$$

$$M_r = (0.785B^2 P \cot[\beta])h_r \quad (416)$$

여기서

$$\beta = \arcsin \left[ \frac{B}{2L+t} \right] \quad (417)$$

3. 형식 D 경관의 요구 경관 두께와 플랜지 두께를 결정하기 위해서 다음의 절차를 위 1. 및 2.의 규정의 대안으로서 사용할 수 있다. 이 절차는 플랜지 링과 경관 사이의 연속성을 감안하여 보다 정확한 해석방법을 보여준다.

순서 1 - 플랜지 이음의 설계 압력과 온도를 결정한다. 만일 그 압력이 음(-)이면, 이 절차의 모든 식에서  $P$ 에 대해서 음(-)의 값을 사용하여야만 한다.

$$\text{내압에 대해서 } P_c = 0.0 \quad (418)$$

$$\text{외압에 대해서 } P_c = P \quad (419)$$

순서 2 - 형식 D 경관의 초기 형상(그림 4.7.5 참조)을 결정한다. 다음과 같은 형상 매개변수가 요구된다.

- (1) 플랜지 안지름  $B$
- (2) 볼트 원 지름  $C$
- (3) 플랜지 바깥지름  $A$
- (4) 플랜지 두께  $T$
- (5) 평균 경관 반지름  $R$
- (6) 경관 두께  $t$
- (7) 경관 바닥까지의 플랜지 깊이  $q$

순서 3 - 개스킷 형상을 선택하고, ASME Sec. VIII Div.2 (4.16항 참조)의 규정에 따라 개스킷 반력  $G$ 의 위치, 개스킷 시팅에 대한 설계 볼트하중  $W_g$ , 그리고 운전조건  $W_o$ 를 결정한다.

순서 4 - 형상 매개변수를 결정한다.

$$h_1 = \frac{(C - G)}{2} \quad (420)$$

$$h_2 = \frac{(G - B)}{2} \quad (421)$$

$$d = \frac{(A - B)}{2} \quad (422)$$

$$n = \frac{T}{t} \quad (423)$$

$$K = \frac{A}{B} \quad (424)$$

$$\phi = \arcsin \left[ \frac{B}{2R} \right] \quad (425)$$

$$e = q - \frac{1}{2} \left( T - \frac{t}{\cot[\phi]} \right) \quad (426)$$

$$k_1 = 1 - \left( \frac{1 - 2\nu}{2\lambda} \right) \cot[\phi] \quad (427)$$

$$k_2 = 1 - \left( \frac{1 + 2\nu}{2\lambda} \right) \cot[\phi] \quad (428)$$

$$\lambda = \left[ 3(1 - \nu^2) \left( \frac{R}{t} \right)^2 \right]^{0.25} \quad (429)$$

순서 5 - 동체의 불연속 형상 계수를 결정한다.

$$C_1 = \frac{0.275n^3 t \cdot \ln[K]}{k_1} - e \quad (430)$$

$$C_2 = \frac{1.1\lambda n^3 t \cdot \ln[K]}{Bk_1} + 1 \quad (431)$$

$$C_4 = \frac{\lambda \sin[\phi]}{2} \left( k_2 + \frac{1}{k_1} \right) + \frac{B}{4nd} + \frac{1.65e}{tk_1} \quad (432)$$

$$C_5 = \frac{1.65}{tk_1} \left( 1 + \frac{4\lambda e}{B} \right) \quad (433)$$

순서 6 - 운전 및 개스킷 조건에 대한 동체 불연속 하중계수를 결정한다.

$$C_{3o} = \frac{\pi B^2 P}{4} \left( e \cdot \cot[\phi] + \frac{2q(T - q)}{B} - h_2 \right) - W_o h_1 \quad (434)$$

$$C_{6o} = \frac{\pi B^2 P}{4} \left( \frac{4q - B \cdot \cot[\phi]}{4nd} - \frac{0.35}{\sin[\phi]} \right) \quad (435)$$

$$C_{3g} = -W_g h_1 \quad (436)$$

$$C_{6g} = 0.0 \quad (437)$$

순서 7 - 운전 및 개스킷 조건에 대한 동체 불연속 힘과 모멘트를 결정한다.

$$V_{do} = \frac{C_2 C_{6o} - C_{3o} C_5}{C_2 C_4 - C_1 C_5} \quad (438)$$

$$M_{do} = \frac{C_1 C_{6o} - C_{3o} C_4}{C_2 C_4 - C_1 C_5} \quad (439)$$

$$V_{dg} = \frac{C_2 C_{6g} - C_{3g} C_5}{C_2 C_4 - C_1 C_5} \quad (440)$$

$$M_{dg} = \frac{C_1 C_{6g} - C_{3g} C_4}{C_2 C_4 - C_1 C_5} \quad (441)$$

순서 8 - 표 4.7.1을 사용하여 경관과 경관-플랜지 접합부에서의 응력을 계산하고, 그 응력 허용기준을 점검한다. 만일 그 응력 허용기준이 만족되면, 그 설계는 완료되고, 만일 그 응력 허용기준이 만족되지 않으면, 그 볼트 조임 경관 치수의 비례를 다시 정하고 순서 3으로 돌아간다.

⑤ 기호설명

- A* : 플랜지의 바깥지름
- B* : 플랜지의 안지름
- $\beta$  : 플랜지 링과의 교차점에서 접시형 덮개 두께의 중심선에 대한 접선과 접시형 덮개의 축에 직각인 선으로 이루어지는 각도
- C* : 볼트 원의 지름
- C*<sub>1</sub> : 형식 D 경관의 대안 설계 절차를 위한 동체 불연속 형상 매개변수
- C*<sub>2</sub> : 형식 D 경관의 대안 설계 절차를 위한 동체 불연속 형상 매개변수
- C*<sub>3g</sub> : 형식 D 경관의 대안 설계 절차를 위한 개스킷 시팅 조건에 대한 동체 불연속 하중계수
- C*<sub>3o</sub> : 형식 D 경관의 대안 설계 절차를 위한 설계 운전 조건에 대한 동체 불연속 하중계수
- C*<sub>4</sub> : 형식 D 경관의 대안 설계 절차를 위한 동체 불연속 형상 매개변수
- C*<sub>5</sub> : 형식 D 경관의 대안 설계 절차를 위한 동체 불연속 형상 매개변수
- C*<sub>6g</sub> : 형식 D 경관의 대안 설계 절차를 위한 개스킷 시팅 조건에 대한 동체 불연속 하중계수
- C*<sub>6o</sub> : 형식 D 경관의 대안 설계 절차를 위한 설계 운전 조건에 대한 동체 불연속 하중계수
- e* : 형식 D 경관의 대안 설계 절차를 위한 형상 매개변수
- h<sub>r</sub>* : 경관 반력의 모멘트 암(arm)
- h*<sub>1</sub> : 형식 D 경관의 대안 설계 절차를 위한 형상 매개변수
- h*<sub>2</sub> : 형식 D 경관의 대안 설계 절차를 위한 형상 매개변수
- k*<sub>1</sub> : 형식 D 경관의 대안 설계 절차를 위한 형상 매개변수
- k*<sub>2</sub> : 형식 D 경관의 대안 설계 절차를 위한 형상 매개변수
- K* : 형식 D 경관의 대안 설계 절차를 위한 형상 매개변수
- L* : 중앙 만곡부 안반지름
- $\lambda$  : 형식 D 경관의 대안 설계 절차를 위한 형상 매개변수
- M*<sub>dg</sub> : 개스킷 시팅 조건에 대한 동체 불연속 모멘트
- M*<sub>do</sub> : 설계 운전조건에 대한 동체 불연속 모멘트
- M<sub>g</sub>* : ASME Sec. VIII Div.2 (4.16항 참조)에 따라 결정하는 개스킷 시팅 조건에 대한 플랜지 설계 모멘트

- M<sub>o</sub>* : ASME Sec. VIII Div.2 (4.16항 참조)에 따라 결정하는 설계 운전조건에 대한 플랜지 설계 모멘트 (예외에 대해서 제154조④항2. 참조)
- M<sub>r</sub>* : 경관 반력으로부터의 모멘트
- n* : 형식 D 경관의 대안 설계 절차를 위한 형상 매개변수
- $\nu$  : 포아송비
- P* : 설계압력
- P<sub>e</sub>* : 외압에 대한 설계규정을 조정하기 위한 압력계수
- $\phi$  : 형식 D 경관의 대안 설계 절차를 위한 경관의 중심각의 1/2
- q* : 경관 바닥까지의 플랜지 안쪽 깊이
- R* : 형식 D 경관의 평균 반지름
- r* : 너클의 안반지름
- S<sub>fg</sub>* : 개스킷 시팅 조건에서 평가한 플랜지에 대한 부속서 3.A로부터의 허용응력
- S<sub>fm</sub>* : 플랜지 안의 막응력
- S<sub>fmbi</sub>* : 플랜지 안쪽 표면상의 막응력+ 굽힘응력
- S<sub>fmbo</sub>* : 플랜지 바깥 표면상의 막응력+ 굽힘응력
- S<sub>fo</sub>* : 설계온도에서 평가한 플랜지에 대한 부속서 3.A로부터의 허용응력
- S<sub>hb</sub>* : 경관-플랜지 접합부에서의 굽힘 응력
- S<sub>hg</sub>* : 개스킷 시팅 조건에서 평가한 경관에 대한 부속서 3.A로부터의 허용응력
- S<sub>hm</sub>* : 경관 막응력
- S<sub>hl</sub>* : 경관-플랜지 접합부에서의 국부 막응력
- S<sub>hbi</sub>* : 경관의 안쪽 표면상 경관-플랜지 접합부에서 국부 막응력 + 굽힘 응력
- S<sub>hbo</sub>* : 경관의 바깥 표면상 경관-플랜지 접합부에서 국부 막응력 + 굽힘 응력
- S<sub>ho</sub>* : 설계온도에서 평가한 경관에 대한 부속서 3.A로부터의 허용응력
- S<sub>yT</sub>* : 설계온도에서 평가한 부속서 3.A로부터의 항복강도
- S<sub>u</sub>* : 부속서 3.A로부터의 최소규정극한인장강도
- T* : 플랜지 두께
- T\** : 형식 C 경관에 대한 플랜지 두께
- T<sub>g</sub>* : 개스킷 시팅 조건에 대한 요구 플랜지 두께
- T<sub>o</sub>* : 설계 운전조건에 대한 요구 플랜지 두께
- t* : 요구 경관두께
- V<sub>dg</sub>* : 스킷 시팅 조건에 대한 동체 불연속 전단력
- V<sub>do</sub>* : 설계 운전조건에 대한 동체 불연속 전단력
- W<sub>g</sub>* : 개스킷 시팅 조건에 대한 볼트하중



IV. : 설계 운전조건에 대한 볼트하중

**제155조 (급속작동 개폐장치에 대한 설계)** ① 급속작동 개폐장치는 압력을 가하기 전 또는 가하자마자 잠금 요소가 맞물리고 압력이 방출될 때까지는 떨어지지 않도록 설계되어야 한다.

1. 급속작동 개폐장치는 그 용기가 가압되어 있는(또는 닫힘 상태에서 작용하는 유체의 정압을 포함하는) 동안 단일 잠금 구성부품의 고장으로 다음과 같은 사항이 발생되지 하지 않도록 설계되어야 한다.  
가. 덮개가 열리거나 누설  
나. 다른 잠금 구성부품이나 지지요소의 고장 야기  
다. 그 구성부품의 허용응력보다 50% 이상 다른 잠금 구성부품이나 지지요소 내의 응력을 증가
2. 급속작동 개폐장치는 그 지지요소가 만족스러운 상태에 있다는 것을 외부에서 육안으로 관찰 할 수 있게 설계하고 설치하여야 한다.
3. 급속작동 개폐장치는 그 용기에 압력을 가하기 전에 모든 잠금 구성요소가 완전히 잠기도록 설계하여야 한다.
4. 급속작동 개폐장치를 가진 모든 용기는 설치되었을 때, 운전 지역에서 보이도록 개폐장치에 압력을 점검할 수 있는 압력지시장치를 설치하여야 한다.

② 특수 설계요건

1. 확동 잠금 장치에 의해서 제 위치에 고정되고 개폐장치 자체 또는 잠금 기구의 부분적 회전이나 제한된 구동에 의해서 완전히 열리는 급속작동 개폐장치와 수동으로 운전하는 것 외의 개폐장치는 그 용기를 설치할 때 다음의 조건을 만족하도록 설계하여야 한다.  
가. 압력을 용기에 가하기 전에 그 개폐장치와 지지요소는 의도된 운전 위치에서 완전히 잠겨있어야 한다.  
나. 개폐장치를 열리게 하거나 용기의내용물을 배출시키기 쉬운 압력은 접근을 위해서 개폐장치가 완전히 열릴 수 있기 전에 방출되어야 한다.  
다. 위 가. 및 나.의 준수가 그 개폐장치와 지지요소의 설계에 필수적인 것이 아닌 경우, 용기를 설치할 때 위 가. 및 나.의 요건을 달성할 수 있는 장치가 추가될 수 있게 조치를 하여야 한다.
2. 이 규정의 ASME Sec. VIII Div.2 (4.16항 참조) 설계규정은 급속작동 또는 급속개방 개폐장치의 설계에 적용되지 않을 수 있다.
3. 설계자는 지지 및 잠금 구성부품에서의 반복하중, 기타 하중 및 기계적 마모의 영향을 고려하여야 한다.
4. 급속 접근을 위하여 사용되는 장치의 다양성을 다루거나 부주위한 운전을 방지 또는 안전장치 고장을 방지하기 위한 요건을 기록하는 것은 비실용적이다. 위 1호의 가, 나 및 다.에서 서술된 안전수단을 제공하면 그 장치는 설계요건을 만족시킬 수 있는 것으로 간주한다.

③ 수동운전 개폐장치에 대한 대안 설계

1. 수동운전을 하도록 설계된 잠금 기구에 의해서 제 위치에 고정되어 있는 급속작동 개폐장치는 용기에 압력이 차있을 때 그 덮개를 열려면 잠금 장치가 완전히 풀리고 개폐장치가 열리기 전에 개폐장치가 누설하도록 설계하여야 한다. 개폐장치와 용기는 누설물이 정상적인 운전원의 위치에서 벗어나는 방향을 향하도록 설계하여야 한다.
2. 수동운전 개폐장치는 위 제②항제1호의 요건을 만족시킬 필요는 없으나, 유지요소와 잠금 장치가 완전히 자리에 잠기기 전에 용기에 압력이 차거나 용기 내의 압력이 방출되기 전에 잠금 장치를 해제시키려 한다면 운전자에게 경고를 보내는 청각 또는 시각 경고 장치를 설치하여야 한다.

**제156조 (브레이싱과 스테이를 한 표면에 대한 설계)** ① 이 규정에 따라 대칭적으로 배열된 브레이싱과 균일한 지름의 스테이볼트가 있는 평판으로서 스테이를 요구하는 브레이싱과 스테이를 한 평판과 그 부품에 대한 최소두께는 다음 식으로 계산하여야 한다.

$$t = P_s \sqrt{\frac{P}{SC}} \quad (442)$$

1. 두 판을 연결하기 위해서 스테이를 사용하고, 이 판 중 하나만이 스테이 설치가 필요할 때에 C의 값은 스테이 설치를 필요로 하는 판의 두께에 따라 결정되어야 한다.

② 스테이볼트와 스테이의 요구 치수와 배치

1. 보통 나사골에 위치하는 부식여유를 제외한 최소단면적의 스테이볼트 또는 스테이 요구면적은 아래 2.에 따라서 계산한 스테이볼트 상의 하중을 그 스테이볼트 재료의 허용인장응력으로 나누고 그 결과에 1.10을 곱하여 계산하여야 한다.
2. 스테이볼트나 스테이 하나가 지지하는 면적은 피치 치수에 근거하여 계산하여야 하며 그 스테이가 점유하는 면적은 빼야 한다. 한 스테이가 지지하는 하중은 그 스테이에 의해서 지지되는 면적과 그 최고허용사용압력을 곱한 것이다. 동체에 대한 스테이볼트나 스테이가 다른 구조적 상세와의 간섭 때문에 비대칭일 때는, 그 스테이볼트나 스테이에 의해서 지지되는 면적은 그 스테이볼트나 스테이의 한 쪽에 있는 간격의 중심으로부터 다른 쪽에 있는 간격의 중심까지의 거리를 취하여 계산하여야 한다.
3. 스테이를 설치한 평판의 가장자리에 플랜지를 붙일 때에는 가장 밖 쪽에 있는 스테이의 중심으로부터 그 지지 플랜지의 안쪽까지의 거리는 그 스테이의 피치에 그 플랜지의 안반지름을 더한 것보다 커서는 안 된다.

③ 용접한 스테이볼트와 용접한 스테이에 대한 요건

1. 다음의 요건이 만족된다는 전제하에서 용접하는 스테이볼트를 사용할 수 있다.  
가. 형상은 그림 4.9.1의 배치를 따른다.

- 나. 판의 요구두께는 38 mm를 초과하지 말아야 한다.
- 다. 최대피치는 그 스테이블트 지름의 15배를 초과하지 말아야 한다. 그러나 판 두께가 19 mm를 넘으면, 스테이블트 피치는 508 mm를 초과하지 말아야 한다.
- 라. 부착용접의 크기는 그림 4.9.1 이상이다.
- 마. 용접부에 걸리는 허용하중은 (스테이블트에 평행한 용접치수에 근거한) 용접면적, 용접 재료의 허용인장응력, 용접이음계수의 60%를 초과하지 말아야 한다.

2. 다음의 요건이 만족된다는 전제하에서 용접용 스테이를 사용할 수 있다.

- 가. 형상은 그림 4.9.1의 배치를 따라야 한다.
- 나. 압력은 2 MPa를 초과하지 않는다.
- 다. 판의 요구두께가 13 mm를 초과하지 말아야 한다.
- 라. 필릿용접의 크기는 스테이를 요구하는 그 판 두께 이상이다.
- 마. 닫는 판을 부착하기 전에 안쪽 용접부는 육안으로 검사한다.
- 바. 필릿용접부 상의 허용하중은 (최소 다리치수에 근거한) 용접면적, 용접 재료의 허용인장응력, 용접이음계수의 55%를 초과하지 말아야 한다.
- 사. 판 내의 구멍의 최대 지름이나 폭은 32 mm를 초과하지 말아야 한다.
- 아. 최대피치  $p_s$ 는 판 두께가 11 mm 이하인 경우는  $C = 2.1$ , 그리고 모든 다른 판 두께에 대해서는  $C = 2.2$ 로 하여서 식(442)로 결정한다.

④ 기호설명

- $C$  : 브레이스 및 스테이를 설치한 표면에 대한 응력계수 (표 4.9.1 참조)
- $P$  : 설계압력
- $p_s$  : 최대피치. 최대피치는 인접한 줄 안에 있는 스테이블트의 중심을 통과하는 평행한 직선의 어느 조 사이의 최대거리이다. 수평면, 수직면 및 경사면 안에 있는 3개의 평행한 조의 각 피치를 고려하여야 한다.
- $S$  : 설계온도에서 평가한 부속서 3.A로부터의 허용응력
- $t$  : 최소 요구 판 두께
- $t_s$  : 스테이를 설치한 보다 얇은 쪽 판의 공칭두께 (그림 4.9.1 참조)

**제157조 (리거먼트에 대한 설계)** ① 리거먼트 효율은 아래와 같다.

- 1. 그림 4.10.1 부터 4.10.3에서처럼 동체의 전 길이에 걸쳐 그 동체의 축에 평행한 일직선으로 드릴구멍을 뚫을 때에는 튜브 구멍 사이의 리거먼트의 효율은 아래와 같이 결정하여야 한다.
- 가. 각 줄의 튜브구멍의 피치가 동일할 때(그림 4.10.1)의 리거먼트 효율은 다음과 같다.

$$E = \frac{p-d}{p} \quad (443)$$

나. 튜브구멍의 피치가 어느 한 줄에서 같지 않을 때(그림 4.10.2 및 그림

4.10.3)의 리거먼트 효율은 다음과 같다.

$$E = \frac{p_1 - nd}{p_1} \quad (444)$$

다. 인접한 길이방향 줄에 위 나.에서 서술한 것처럼 드릴구멍이 뚫렸을 때는, 대각선 방향 및 원둘레 방향 리거먼트 역시 조사를 하여야 한다. 최소요구두께와 최고허용압력을 결정하기 위해서는 최소 등가 길이방향 효율을 사용하여야 한다.

라. 원통형 동체가 그림 4.10.4에서처럼 대각선 리거먼트를 형성하도록 드릴구멍이 뚫렸을 때는, 이 리거먼트의 효율은 그림 4.10.5 및 4.10.6에 의해서 결정되어야 한다. 그림 4.10.5는 대각선과 길이방향 리거먼트의 동등한 효율의 조건이 한 경계를 형성하고 대각선과 원둘레방향 리거먼트의 동등한 효율의 조건이 다른 경계를 형성하는 제한적인 경계를 가진 길이방향 및 대각선 리거먼트의 효율을 결정하기 위해서 사용된다. 그림 4.10.6은 대각선 방향 리거먼트의 등가 길이방향 효율을 결정하기 위해서 사용한다. 이 효율은 최소요구두께를 설정하기 위한 식에서 사용된다.

- (1) 그림 4.10.5는 길이방향 및 원둘레방향 리거먼트 중 한 가지 또는 두 가지가 대각선 리거먼트와 함께 있을 때 사용된다. 그림 4.10.5를 사용하기 위하여,  $p^*/p_1$ 의 값과 길이방향 리거먼트의 효율을 역시 계산한다. 도표에서 리거먼트의 길이방향 효율에 해당하는 수직선을 찾아서, 그것이  $p^*/p_1$ 의 비율을 나타내는 대각선과 교차하는 점까지 수직으로 이동한다. 그리고 나서 이 점을 왼쪽으로 수평으로 투영하여 그 도표의 가장 자리에 있는 척도 상의 리거먼트의 대각선 효율을 읽는다. 그 최소동체 두께와 최고허용사용압력은 보다 낮은 효율을 가진 리거먼트에 근거하여야 한다.
- (2) 그림 4.10.6은 일직선상에 있지 않은 구멍 또는 원통형 동체를 따라 길이방향으로 배치된 구멍에 사용한다. 도표는 길이방향 평면과 원둘레방향 평면 사이의 모든 평면에 대한 구멍의 짝에 대해서 사용할 수 있다. 그림 4.10.6을 사용하기 위해서, 길이방향 동체 축과 구멍 중심 사이의 선 사이의 각도  $\theta$ 를 결정하고  $p^*/d$ 의 값을 계산한다. 도표에서  $\theta$ 의 값에 상응하는 수직선을 찾아 이 선을 따라  $p^*/d$ 의 값을 대표하는 선까지 수직으로 이동한다. 그리고 나서 이 점을 왼쪽으로 수평으로 투영하여 대각선 리거먼트의 등가 길이방향 효율을 읽는다. 최소동체두께와 최고허용사용압력은 이 등가 길이방향 효율을 사용하여 결정한다.
- 마. 원통형 동체 내의 튜브구멍이 축에 평행한 선을 따라 동체의 안지름보다 큰 길이에 걸쳐 대칭 그룹으로 배열되고 각 그룹의 구멍이 같은 간격이 사용될 때, 하나의 그룹에 대한 효율은 최고허용사용압력에 근거를

둔 효율 이상이어야 한다.

바. 튜브구멍이 균일하거나 불균일한 간격으로 축에 평행한 선을 따라 배열되는 원통형 동체 내의 평균 리거먼트 효율은 아래 규정을 따라 계산하고 모두의 요건을 만족시켜야 한다. 이 규정은 튜브구멍 사이의 리거먼트에 적용되지 단일 구멍에게는 적용되지 않는다. 어떤 경우에는 위 마.처럼 그 동체의 안지름보다 큰 거리에 걸쳐 연장하는 대칭 그룹에 대한 것보다 낮은 효율을 나타낼 수 있다. 이런 일이 발생하면, 위 1. 나.의 규정으로 계산한 효율로 결정하여야 한다.

(1) 동체의 안지름과 같은 길이에 대해 최소효율을 나타내는 위치의 효율은 그 최고허용사용압력에 근거를 둔 효율 이상이 되어야 한다. 동체의 안지름이 1520 mm를 초과할 때는 그 길이는 1520 mm로 취하여야 한다.

(2) 동체의 안지름과 같은 길이에 대해 최소효율을 나타내는 위치의 효율은 그 최고허용사용압력이 근거를 둔 효율의 80% 이상이 되어야 한다. 동체의 안쪽반지름이 762 mm를 초과할 때는 그 길이는 762 mm로 취하여야 한다.

② 리거먼트 효율과 용접이음계수에 대해 용접 관이나 튜브로 만든 원통형 동체에 리거먼트가 생기고 그 계산 효율이 85% (길이방향) 또는 50% (원둘레방향) 미만일 때는, 최소요구두께를 결정하기 위해서 제150조에서 사용하는 효율은 계산된 리거먼트 효율이다. 이 경우, 인장 축의 적절한 응력 값은 계수 1.18로 곱할 수 있다.

③ 기호설명

$d$  : 튜브구멍의 지름

$E$  : 길이방향 리거먼트 효율

$E_{long}$  : 백분율로 나타낸 길이방향 리거먼트 효율

$p$  : 튜브구멍의 길이방향 피치

$p_1$  : 리거먼트의 단위길이

$p^*$  : 튜브구멍의 대각선방향 피치

$\theta$  : 길이방향 선에 대한 대각선방향 피치의 각도

$s$  : 대각선방향 피치의 길이방향 치수,  $p^* \cos \theta$

$n$  : 길이  $p_1$  내의 튜브구멍의 수

**제158조 (재킷형 용기에 대한 설계)** ① 재킷을 가진 동체와 재킷을 가진 경관의 설계

1. 동체와 경관의 두께는 제150조와 제151조에 따라 결정하여야 한다. 제148조의 하중을 고려하여, 국부적 내압과 외압 하중과 열팽창 차이의 영향에 주의하여야 한다.
2. 재킷 내의 점검구멍에 대한 요건은 용기 재킷 부분 점검구멍의 최대크기

가 모든 용기에 대해서 DN 50 초과할 필요가 없다는 것을 제외하고 제 152조 제⑤항을 따라야 한다.

3. 증기가 응축되는 매체(즉, 수증기)에 대해서는, 내부 벽의 침식을 감소시키기 위해서 재킷의 입구 연결부에 충격 판이나 흐름조절 판을 사용하는 것을 고려하여야 한다.
4. 재킷을 가진 용기의 평판 부위는 제156조에 따라서 브레이스나 스테이를 설치한 표면으로서 설계할 수 있다.

② 용기 재킷의 봉합부재의 설계

1. 재킷 봉합부재의 설계는 표 4.11.1과 ②의 추가적 요건을 따라야 한다.
2. 봉합부재 내의 레이디얼(Radial) 용접은 그 부재의 전 두께를 용입하는 맞대기용접이음이어야 하며 부착용접을 하는 곳은 평면으로 같아야 한다.
3. 다음 두 요건이 다 만족될 때는 부분용입과 필릿용접이 허용된다.
  - 가. 제작 재료가 다음 식을 만족시킬 경우,

$$\frac{S_{yT}}{S_u} \leq 0.625 \quad (445)$$

나. 그 구성부품이 반복하중을 받지 않을 경우,

4. 압력과 힘을 보완하기 위해 전체 재킷에 스테이 볼트가 설치된다면, 어떤 형식의 스테이볼트 재킷 봉합부는 그림 4.11.1의 형식 1 재킷의 요건에 따라서 설계할 수 있다.

③ 재킷을 통과하는 관통부의 설계

1. 재킷 공간을 통과하는 구멍의 설계는 제152조에 따라야 한다. 봉합부재의 노즐이나 넥이 그 구멍의 스테이 역할을 하기 때문에, 표 4.11.2에서 보는 형식의 관통부에 대해서는 재킷 내의 구멍의 보강이 요구되지 않는다.
2. 표 4.11.2에서 보는 재킷 관통부 봉합부재의 설계는 이 표에 규정된 다음 요건과 다음의 규정에 적합하여야 한다. 도해된 것에 대한 대안 형상의 설계가 제159조에 근거한 것이라면 그 대안 형상을 사용할 수 있다.
  - 가. 재킷 관통부 봉합부재의 최소두께는 압력 막 하중만을 고려한다. 제148조에서 주어진 축 방향 압력 하중과 이차적 하중은 설계에서 고려하여야 한다.

나. 표 4.11.2에서 보는 설계 상세 2, 3, 4, 5 및 6은 다소 유연성이 있다. 관통부 봉합부재의 최소두께를 결정하기 위해서 압력 막 하중만이 고려된다.

다. 구멍의 밀봉재 막 내의 모든 레이디얼(Radial) 용접은 그 부재의 전 두께를 관통하는 맞대기용접이음이어야 한다.

라. 봉합부재 용접부는 가능한 곳에서는 그 모양이 원형, 타원형 또는 장원형이어야 한다. 그 모서리를 적당한 반지름으로 둥글게 한다는 전제하에서 사각형 부재 용접이 허가된다.

마. 위 ②항3.의 요건을 만족한다.

④ 부분 재킷의 설계

1. 부분 재킷은 용기의 완전한 원둘레에 미치지 못하는 부분을 감싸는 재킷을 포함한다. 그 일부 변형이 그림 4.11.2에 나와 있다.
2. 앞의 항에 있는 재킷형 용기의 구조에 대한 규정은 다음의 예외를 제외하고는 부분 재킷에 역시 적용된다.  
가. 스테이를 설치하는 부분 재킷은 156조에 따라서 설계하고 제작하여야 하며 그 봉합부는 위 ②항에 따라서 설계하여야 한다.

⑤ 반 조각 관 재킷의 설계

1. 이 절의 규정은 DN 50, 80 또는 100 관으로 제작되고 내압 하중을 받는 반 조각 관 재킷의 설계에 적용할 수 있다(그림 4.11.3 참조).
2. 반 조각 관 재킷을 부착하는 필릿용접은 재킷이나 동체의 두께 중 작은 것 이상의 목 두께를 가져야 한다. 반 조각 관 재킷의 용접사의 접근을 위하여 피치 선정을 고려하여야 한다. 이에 추가하여 위 ②항3.의 요건을 만족하여야 한다.
3. 반 조각 관 재킷의 최소요구두께는 다음 식으로 구한다. 그 설계가 인정되기 위해서는  $P_j \leq P_{jpm}$  이라는 추가적 조건이 반드시 만족되어야 한다. 여기서  $P_{jpm}$ 은 식(447)으로 구한다.

$$t_{rp} = \frac{P_j r_p}{0.85S_j - 0.6P_j} \quad (446)$$

4. 반 조각 관 재킷에서 최고허용압력  $P_{jpm}$ 은 다음 식을 사용하여 결정하여야 한다.

$$P_{jpm} = \frac{F_p}{K_p} \quad (447)$$

여기서

$$F_p = \max[(1.5S - S^*), 1.5S] \quad (448)$$

$$K_p = C_1 + C_2 D^{0.5} + C_3 D + C_4 D^{1.5} + C_5 D^2 + C_6 D^{2.5} + C_7 D^3 + C_8 D^{3.5} + C_9 D^4 + C_{10} D^{4.5} \quad (449)$$

식 (449)의 계수가 표 4.11.3에 나타나 있다.

- ⑥ 그림 4.11.1에서 보는 재킷형 용기는 아래와 같이 5 가지 형식으로 분류한다. 이 형식의 용기에 대해서는, 재킷은 형식 1, 2, 4 또는 5에 대해서는 원둘레방향으로 연속적이어야 하고, 형식 3에 대해서는 그 단면이 원형이어야 한다. 각 형식에 대한 요건이 만족된다는 전제 하에서, 보여진 형식의 어떠한 조합도 단일 용기에서 허가된다. 형식 1, 2, 4 또는 5 재킷에 있으며 용기의 동체나 경판을 역시 관통하는 노즐이나 구멍은 제152조에 따라서 설계하여야 한다.

1. 형식 1 - 원통형 동체에 전적으로 국한된 어느 길이의 재킷

2. 형식 2 - 원통형 동체의 일부와 한쪽 경판을 덮는 재킷

3. 형식 3 - 한쪽 경판의 일부를 덮는 재킷

4. 형식 4 - 유효길이를 감소시키기 위해서 원통형 동체 부분에 스테이나 균형 링을 추가한 재킷

5. 형식 5 - 원통형 동체와 어느 경판의 일부를 덮는 재킷

⑦ 기호설명

$D$  : 내부 용기의 안지름

$D_{pj}$  : 반 조각 관 재킷의 공칭 관 크기

$K_p$  : 반 조각 관 재킷 등급계수

$P_j$  : 재킷 실내의 설계압력

$P_{jpm}$  : 재킷과 동체의 형상에 근거한 허용 재킷 압력

$j$  : 재킷의 안반지름에서 내부 용기의 바깥반지름을 뺀 것으로 정의되는 재킷 공간

$L$  : 재킷의 길이

$t_c$  : 봉합부재의 공칭두께

$t_j$  : 외부 재킷 벽의 공칭두께

$t_n$  : 노즐의 공칭두께

$t_s$  : 동체 내부 벽의 공칭두께

$t_{rj}$  : 외부 재킷 벽의 최소요구두께

$t_{rc}$  : 봉합부재의 최소요구두께

$t_{rp}$  : 반 조각 관 재킷의 최소요구두께

$R_j$  : 재킷의 안반지름

$R_p$  : 재킷 관통부에서의 재킷 내 구멍의 반지름

$R_s$  : 내부 용기의 바깥반지름

$r$  : 원환면 봉합재의 모서리 반지름

$r_p$  : 반 조각 관 재킷의 안반지름

$S$  : 설계온도에서의 부속서 3.A의 내부동체의 허용응력

$S_c$  : 설계온도에서의 부속서 3.A의 재킷 봉합재의 허용응력

$S_j$  : 설계온도에서의 부속서 3.A의 재킷의 허용응력

$S_{yT}$  : 설계온도에서의 부속서 3.A의 항복강도

$S_u$  : 부속서 3.A의 규정최소극한인장강도

$S^*$  : 내압과 축 방향의 기타 힘으로 인한 경판 또는 동체 내의 실제 길이방향 인장응력, 축 방향 힘이 무시할 수 있는 정도일 때는  $S^* = PD/4t_s$ , 만일 축 방향 힘과 압력의 조합이  $S^*$ 의 음(-)의 값으로 귀결되면  $S^* = 0$

제159조 (피로해석 및 평가) ① 심사기준

1. 피로해석에 대한 심사 기준은 아래와 같다.

가. 피로해석이 용기 설계의 일부로서 요구되는지를 결정하기 위한 심사기준의 대안이 아래에 서술되어 있다. 만일 심사기준의 대안 중 하나가 만족된다면, 피로해석은 용기 설계의 일부로서 요구되지 않는다.

- (1) 아래 2.의 규정, 유사한 조건 하에서 운전하는 유사한 기기의 경험
- (2) 아래 3.의 규정, 제작 재료(제한적 적용성), 구조 상세, 하중 막대그래프 및 평활한 봉의 피로곡선 자료에 근거한 방법 A
- (3) 아래 4.의 규정, 제작 재료(무제한적 적용성), 구조 상세, 하중 막대그래프 및 평활한 봉의 피로곡선 자료에 근거한 방법 B

나. 피로해석의 면제는 구성부품이나 부품 별로 한다. 한 구성부품(일체형)은 면제될 수 있는 반면에 다른 구성부품(비일체형)은 면제되지 않는다. 만일 어떤 구성부품이 면제되지 않으면, 그 구성부품에 대해서 피로평가를 실시하여야 한다.

다. 만일 규정된 사이클의 수가  $10^6$ 을 초과하면, 피로해석 심사기준은 적용되지 않으며 피로해석이 요구된다.

2. 비교 가능한 기기의 경험에 근거한 피로해석심사

만일 유사한 하중 막대그래프와 같은 하중을 받으며 사용자 설계사양(user's Design Specification)에서 다루어진 유사한 기기로 충분한 기간에 걸친 경험이 있다면, 피로해석은 용기 설계의 일부로서 요구되지 않는다. 계획하는 설계와 용도에 관련이 있는 유사한 조건에서 운전하는 비교할 만한 기기의 경험을 평가할 때는, 다음 설계특성이 갖는 가능한 유해 영향을 평가하여야 한다.

가. 일체형 구조에 반대되는 패드 형 보강이나 필릿용접 부착 사용과 같은 비일체형 구조의 사용

나. 70 mm를 초과하는 지름에 대해서 관 나사 연결의 사용

다. 스테드 볼트를 사용하는 부착의 사용

라. 부분 용입 용접의 사용

마. 인접한 부재 사이의 중요한 두께 변화

바. 성형 경관의 너클 부위에 있는 부착물과 노즐

3. 피로해석 심사, 방법 A

552 MPa(80,000 psi) 이하인 규정최소인장강도를 가진 재료에 대해서 다음 절차만을 사용할 수 있다.

순서 1 - 사용자 설계사양에 있는 정보에 근거한 하중 이력을 결정한다. 하중 이력은 그 구성부품에 작용하는 모든 반복적 운전하중과 결과를 포함하여야 한다.

순서 2 - 순서 1의 하중 이력에 근거하여, 시동 및 운전정지를 포함한 전체 범위의 압력 사이클의 예상(설계) 수를 결정하고, 이 값을  $N_{\Delta FP}$ 로서 지정한다.

순서 3 - 순서 1의 하중 이력에 근거하여, 압력 변동 범위가 일체형 구조

에 대해서 설계압력의 20% 또는 비일체형 구조에 대해서 설계압력의 15%를 초과하는 운전압력 사이클의 예상 수를 결정하고, 이 값을  $N_{\Delta FO}$ 로서 지정한다. 압력변동이 설계압력의 백분율을 초과하지 않는 압력 사이클과 대기 조건의 변동으로 발생하는 압력 사이클은 이 평가에서 고려할 필요가 없다.

순서 4 - 순서 1의 하중 이력에 근거하여, 아래에서 규정하는 두 인접한 점 사이의 금속 온도 차이  $\Delta T_E$ 의 변화 유효 수를 결정하고, 이 값을  $N_{\Delta TE}$ 로서 지정한다. 그러한 변화의 유효 수는 어떤 크기의 금속온도 차이 내의 변화의 수에 ASME Sec. VIII Div. 2 Table 5.8에 주어진 계수를 곱함으로써 또는 결과로 나온 수를 더함으로써 결정한다. 인접한 점 사이의 온도 차이의 계산에서, 전도에 의한 열전달은 용접되지 않은 접촉 표면(즉, 용기 동체와 보강 패드)을 통한 전도에 의한 열전달을 참작하지 않고 용접되거나 일체형인 단면을 통과하는 전도에 의한 열전달만을 고려하여야 한다.

(1) 표면 온도 차이에 대해서, 점이 다음과 같이 계산한 거리  $L$  이내에 있으면, 그 점은 인접한 것으로 간주한다. 자오선 또는 원둘레방향에 있는 동체와 접시형 경관에 대해서

$$L = 2.5 \sqrt{Rt} \quad (450)$$

그리고 평판에 대해서

$$L = 3.5a \quad (451)$$

(2) 두께에 걸친 온도 차이에 대해서, 인접한 점은 그 구성부품의 어느 표면에 직각인 한 선 위의 어느 두 점으로서 정의한다.

순서 5 - 순서 1의 하중 이력에 근거하여,  $(\alpha_1 - \alpha_2)\Delta T$ 의 값이 0.00034를 초과하는 다른 열팽창 계수를 가진 재료 사이의 용접에 관련된 구성부품에 대한 온도 사이클의 수를 결정하고, 이 값을  $N_{\Delta T\alpha}$ 로서 지정한다.

순서 6 - 순서 2, 3, 4 및 5로부터의 운전 사이클의 예상 수가 ASME Sect. VIII Div. 2 Table 5.9 내의 기준을 만족시킨다면, 피로해석은 용기 설계의 일부로서 요구되지 않는다. 만일 이 기준이 만족되지 않으면, 피로해석은 용기 설계의 일부로서 요구된다. 비일체형 부착의 사례로는 나사식 캡, 나사식 플러그, 전단 링 봉합부, 필릿 용접 부착물 그리고 마개 잠금(breech lock) 봉합부가 있다.

4. 피로해석 심사, 방법 B

다음 절차는 모든 재료에 대해서 사용할 수 있다.

순서 1 - 사용자 설계사양에 있는 정보에 근거한 하중 이력을 결정한다. 그 하중 막대그래프는 그 구성부품에 작용하는 모든 반복적 운전하중과 사건을 포함하여야 한다. 식 (452)에서  $S_e$ 의 응력진폭에서 평가한 해당 설계피로곡선(부속서 3.F 참조)의 사이클 수는  $N(S_e)$ 로서 정의한다.

순서 2 - ASME Sect. VIII Div. 2 Table 5.10에 따라서 구조의 형식에 근거하여, 피로심사 기준 계수  $C_1$ 과  $C_2$ 를 결정한다.

순서 3 - 순서 1의 하중 막대그래프에 근거하여, 시동과 운전정지를 포함한 전체 범위의 압력 사이클의 설계 수  $N_{\Delta FP}$ 를 결정한다. 만일 다음 식이 만족되면 순서 4로 진행한다. 그렇지 않으면, 용기는 상세한 피로해석이 요구된다.

$$N_{\Delta FP} \leq N(C_1 S) \quad (452)$$

순서 4 - 순서 1의 하중 막대그래프에 근거하여, 시동과 운전정지를 제외한 정상 운전 동안의 압력변동의 최대범위  $\Delta P_N$ 를 결정하고, 이에 상응하는 사이클의 수  $N_{\Delta P}$ 를 결정한다. 압력변동 사이클은 압력 범위가 설계압력의  $S_{as}/3S$  배를 초과하는 사이클로서 정의한다. 만일 다음 식이 만족되면 순서 5로 진행한다. 그렇지 않으면, 그 용기는 상세한 피로해석이 요구된다.

$$\Delta P_N \leq \frac{P}{C_1} \left( \frac{S_a(N_{\Delta P})}{S} \right) \quad (453)$$

순서 5 - 순서 1의 하중 막대그래프에 근거하여, 정상 운전 동안 그리고 시동과 운전정지 운전 동안의 용기의 두 인접한 점 사이의 최대 온도 차이  $\Delta T_N$ 를 결정하고, 이에 상응하는 사이클의 수  $N_{\Delta TN}$ 를 결정한다. 만일 다음 식이 만족되면 순서 6으로 진행한다. 그렇지 않으면, 그 용기는 상세한 피로해석이 요구된다.

$$\Delta T_N \leq \left( \frac{S_a(N_{\Delta TN})}{C_2 E_{ym} \alpha} \right) \quad (454)$$

순서 6 - 순서 1의 하중 막대그래프에 근거하여, 시동과 운전정지를 제외한 정상 운전 동안의 용기의 두 인접한 점(위 제3호 순서 4 참조) 사이의 온도 차이 변동 최대 범위  $\Delta T_R$ 를 결정하고, 이에 상응하는 사이클의 수  $N_{\Delta TR}$ 를 결정한다. 이 순서에서의 온도 차이 변동 사이클은 온도 범위가  $S_{as}/2E_{ym}\alpha$ 을 초과하는 사이클로서 정의한다. 만일 다음 식이 만족되면 순서 7로 진행한다. 그렇지 않으면, 그 용기는 상세한 피로해석이 요구된다.

$$\Delta T_R \leq \left( \frac{S_a(N_{\Delta TR})}{C_2 E_{ym} \alpha} \right) \quad (455)$$

순서 7 - 순서 1의 하중 막대그래프에 근거하여, 정상 운전 동안 다른 제작 재료로부터 만든 구성부품에 대해서 두 인접한 점(위 제3호 순서 4 참조) 사이의 온도 차이 변동의 범위  $\Delta T_M$ 를 결정하고, 이에 상응하는 사이클의 수  $N_{\Delta TM}$ 를 결정한다. 이 순서에서의 온도 차이 변동 사이클은 온도 범위가  $S_{as}/[2(E_{y1}\alpha_1 - E_{y2}\alpha_2)]$ 을 초과하는 온도 범위로서 정의한다. 만일 다음 식이 만족되면 순서 8로 진행한다. 그렇지 않으면, 그 용기는 상세한 피로해석이 요구된다.

$$\Delta T_M \leq \left( \frac{S_a(N_{\Delta TM})}{C_2 (E_{y1}\alpha_1 - E_{y2}\alpha_2)} \right) \quad (456)$$

순서 8 - 순서 1의 하중 막대그래프에 근거하여, 압력은 제외하나 배관 반력을 포함하는 기계적 하중의 규정된 전체 범위로부터 계산한 등가응력 범위  $\Delta S_{ML}$ 와 사이클의 등가 수  $N_{\Delta S}$ 를 결정한다. 이 순서에서의 기계적 하중 범위 사이클은 응력 범위가  $S_{as}$ 를 초과하는 사이클로서 정의한다. 만일 다음 식이 만족되면 순서 8로 진행한다. 그렇지 않으면, 그 용기는 상세한 피로해석이 요구된다. 만일 하중 변동의 총 규정 수가 해당 피로곡선에서 규정된 사이클의 최대 수를 초과한다면, 그 피로곡선에 규정된 사이클의 최대 수에 상응하는  $S_{as}$  값을 사용하여야 한다. 만일 다음 식이 만족되면 피로해석은 요구되지 않고, 그렇지 않으면, 그 용기는 상세한 피로해석이 요구된다.

$$\Delta S_{ML} \leq S_a(N_{\Delta S}) \quad (457)$$

## ② 피로 평가 - 탄성응력해석과 등가응력

1. 선형 탄성 응력해석(linear elastic stress analysis)으로 얻은 결과에 대해서 피로 손상을 평가하기 위해서 유효 총 등가응력진폭(effective total equivalent stress amplitude)을 사용한다. 피로 평가를 위한 주응력은 하중 막대그래프 내의 각 사이클에 대해서 계산한 유효 총등가응력범위( $P_L + P_R + Q + F$ )의 1/2로 정의되는 유효 총등가응력진폭이다.
2. 1차+2차+최대 등가 응력(ASME Sect. VIII Div. 2 Figure 5.1 참조)은 규정운전압력과 기타 기계 하중에 의해서 그리고 일반적 및 국부적 열 영향에 의해서 생긴 그리고 전반적 및 국부적 구조적 불연속의 영향을 포함하는 모든 1차, 2차 및 최대 응력 조합 단면의 두께에 걸쳐 가장 높은 값으로부터 도출된 등가 응력이다. 대표적인 압력용기 구성부품에 대해서 이 응력 범주에 대한 하중 조합의 사례는 ASME Sect. VIII Div. 2 Table 5.3에 나타나 있다.

## ③ 볼트에 대한 추가 요건

### 1. 설계 요건

가. 설계압력을 저항하기 위해서 요구되는 볼트의 개수와 단면적은 ASME Sec. VIII Div.2 (4.16항 참조)의 절차에 따라서 결정하여야 한다. 그 허용 볼트응력은 표3으로부터 얻는다.

나. 밀봉이 개스킷 대신에 밀봉용접으로 이루어 질 때는, 그 개스킷 계수  $m$ 과 최소 개스킷 시팅 응력  $y$ 는 영(0)으로 취할 수 있다.

다. 개스킷이 사용 전 시험에만 사용될 때는, 영(0)과 같은  $m$ 과  $y$ 에 대해서 위의 요건이 만족된다면 그 설계는 만족스러운 것이며, 적절한  $m$ 과  $y$  계수를 그 시험 개스킷에 대해서 사용할 때 1. 및 2.의 요건은 만족된다.

2. 사용응력 요건

예비하중(pre-load), 압력 및 차등 팽창의 조합에 의해서 발생하는 것과 같은 볼트 내의 실제 사용응력은 (ASME Sec. VIII Div.2 부속서 3.A 참조)에서 주는 허용응력 값보다 높을 수 있다.

가. 볼트 단면적에 걸쳐 평균적이며 응력집중을 무시한 사용응력의 최대값은 부속서 3.A의 3.A.2.2항의 허용응력 값 2배를 초과해서는 안 된다.

나. 아래 3. 및 4.에 의해서 제한되는 것을 제외하고는, 직접 인장과 굽힘으로부터 생기고 응력집중을 무시한 볼트 단면 주변에서의 사용응력의 최대값은 부속서 3.A의 3.A.2.2항의 허용응력 값 3배를 초과해서는 안 된다. 잔류 비틀림을 최소화하는 가열기, 신장기 또는 기타 수단 이외의 방법으로 볼트를 조일 때는, 평가에서 사용하는 응력 측정값은 식

$$S_e = \sigma_e = \frac{1}{\sqrt{2}} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]^{0.5} \text{ 와 같은 등가 응력이어야 한다.}$$

3. 볼트의 피로 평가

용기가 위 ①항의 모든 조건을 만족시키지 않는다면(피로해석은 요구되지 않는다), 반복 운전에 대한 볼트의 적합성은 다음 절차에 따라서 평가하여야 한다.

가. 689 MPa(100,000 psi) 미만의 규정최소인장강도를 가진 재료로 만든 볼트는 위 ②항의 방법 및 해당 설계피로곡선(ASME Sec. VIII Div.2 부속서 3.F 참조)을 사용해서 반복운전에 대해서 평가하여야 하며, 보다 낮은 값이 적합하다는 것을 해석이나 시험으로 보일 수 없다면, 평가에서 사용하는 피로강도감소계수는 4.0 이상이어야 한다.

나. 고강도 합금강 볼트와 스테드는 위 ②항의 방법을 사용하여 ASME Sec. VIII Div.2 부속서 3.F의 해당 설계피로곡선으로 반복운전에 대하여 다음의 모든 것이 사실이라는 전제하에서 평가하여야 한다.

- (1) 재료는 다음 중 하나이다 : SA-540의 제5절에 따라서 열처리된 SA-196 등급 B7 또는 B16, SA-320 등급 L43, SA-540 등급 B23 및 B24
- (2) (직접 인장과 굽힘으로부터 생기고 응력집중을 무시한) 볼트 단면 주변에서 사용응력의 최대값은, 만일 부속서 3.F에서 주어진 고강도 볼트재료에 대한 두 설계피로곡선 중 보다 높은 것이 사용된다면(직접 인장에 대한 2S의 경계는 변함이 없다), 2.7S를 초과하지 말아야 한다.
- (3) 나사는 V 형이어야 하며, 최소 나사 뿌리 반지름은 0.076 mm 이상이어야 한다.
- (4) 생크(shank)의 끝에서 필릿 반지름은 생크 지름에 대한 필릿 반지름의 비율이 0.060 이상인 것이어야 한다.
- (5) 평가에서 사용하는 피로강도 감소계수는 4.0 이상이어야 한다.

④ 다공관에 대한 추가 요건 : 다공관은 만일 그 구멍이 응력해석을 위해서 사용하는 수치모델에 명백히 포함되어 있다면 이 부분 내의 절차 중 어느 것을 사용하여 해석할 수 있다. 유효 충실 판(effective solid plate)의 개념을 사용하는 탄성응력해석 대안이 (ASME Sec. VIII Div.2 부속서 5.E 참조)에 서술되어 있다.

⑤ 다층 용기에 대한 추가 요건 : 이 부문에서 나타나는 중실 벽체의 원통형 동체, 구형 동체 또는 경관을 위해서 개발한 식을 각층에서 평면 내의 전단력이 그 용접이음에 의해서 충분히 지지된다는 전제하에서 다층 원통형 용기, 구형 용기 또는 경관에 대해서 적용할 수 있다. 이에 추가하여, 하중 적용 부위의 구조적 상세에 대해서 고려하여야 한다. 위에서 언급한 다층 원통형 동체, 구형 동체 또는 경관에 대한 충실 벽의 등가성(equivalence)을 보장하기 위해서, 방사상 힘 및/또는 불연속성이나 외부 하중으로 인한 길이 방향 굽힘 모멘트를 받는 모든 원통형 동체, 구형 동체 또는 경관은 그 단면에 작용하는 방사상 힘 및/또는 길이 방향 굽힘 모멘트로부터 발생하는 길이 방향 전단력을 저항하기 위해서 모든 층이 충분히 결합되어야 한다. 예를 들어서, 층을 결합하기 위한 둘레 용접의 사용이 ASME Sect. VIII Div. 2 Figure 5.2, 5.3 및 5.4에 나와 있다. 용접 깊이의 중간점에서의 요구 용접 폭은 식 (458)로 주어진다.

$$w = 1.88 \left( \frac{M_o}{t \cdot S} \right) \tag{458}$$

식 (458)에서, 매개변수  $M_o$ 는 다층 원통형 동체, 구형 동체 또는 경관의 용접 결합부에 존재하는 원둘레의 단위 길이 당 길이 방향 굽힘 모멘트이다. 이 매개변수는 압력 하중과  $M_1$ ,  $Q_1$  및  $F_1$ 과 같은 외부 하중을 고려하는 응력해석으로부터 결정된다.

[표3.A.1] 탄소강 및 저합금강 재료

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SA-36	---	K02600	Carbon steel	Str.Plates
SA-105	---	K03504	Carbon steel	Forgings
SA-106	A	K02501	Carbon steel	Smls. Pipe
SA-106	B	K03006	Carbon steel	Smls. Pipe
SA-106	C	K03501	Carbon steel	Smls. Pipe
SA-178	C	K03503	Carbon steel	Wld. Tube
SA-181	60	K03502	Carbon steel	Forgings
SA-181	70	K03502	Carbon steel	Forgings
SA-182	F1	K12822	C-1/2Mo	Forgings
SA-182	F2	K12122	1/2Cr-1/2Mo	Forgings
SA-182	F3V	K31830	3Cr-1Mo-4V-Ti-B	Forgings
SA-182	F5	K41545	5Cr-1Mo	Forgings

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SA-182	F5a	K42544	5Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Forgings
SA-182	F9	K90941	9Cr-1Mo	Forgings
SA-182	F12.Cl.1	K11562	1Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Forgings
SA-182	F12.Cl.2	K11564	1Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Forgings
SA-182	F11.Cl.1	K11597	1 $\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo-Si	Forgings
SA-182	F11.Cl.2	K11572	1 $\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo-Si	Forgings
SA-182	F21	K31545	3Cr-1Mo	Forgings
SA-182	F22.Cl.1	K21590	2 $\frac{1}{2}$ Cr-1Mo	Forgings
SA-182	F22.Cl.3	K21590	2 $\frac{1}{2}$ Cr-1Mo	Forgings
SA-182	F22V	K31835	2 $\frac{1}{2}$ Cr-1Mo- $\frac{1}{2}$ V	Forgings
SA-182	F91	K90901	9Cr-1Mo-V	Forgings
SA-182	FR	K22035	2Ni-1Cu	Forgings
SA-203	A	K21703	2 $\frac{1}{2}$ Ni	Plate
SA-203	B	K22103	2 $\frac{1}{2}$ Ni	Plate
SA-203	D	K31718	3 $\frac{1}{2}$ Ni	Plate
SA-203	E	K32018	3 $\frac{1}{2}$ Ni	Plate
SA-203	F	---	3 $\frac{1}{2}$ Ni	Plate
SA-204	A	K11820	C- $\frac{1}{2}$ Mo	Plate
SA-204	B	K12020	C- $\frac{1}{2}$ Mo	Plate
SA-204	C	K12320	C- $\frac{1}{2}$ Mo	Plate
SA-209	T1	K11522	C- $\frac{1}{2}$ Mo	Smls.Tube
SA-209	T1a	K12023	C- $\frac{1}{2}$ Mo	Smls.Tube
SA-209	T1b	K11422	C- $\frac{1}{2}$ Mo	Smls.Tube
SA-210	A-1	K02707	Carbon steel	Smls.Tube
SA-210	C	K03501	Carbon steel	Smls.Tube
SA-213	T2	K11547	$\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Smls.Tube
SA-213	T5	K41545	5Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Smls.Tube
SA-213	T5b	K41545	5Cr- $\frac{1}{2}$ Mo-Si	Smls.Tube
SA-213	T5c	K41245	5Cr- $\frac{1}{2}$ Mo-Ti	Smls.Tube
SA-213	T9	K90941	9Cr-1Mo	Smls.Tube
SA-213	T11	K11597	1 $\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo-Si	Smls.Tube
SA-213	T12	K11562	1Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Smls.Tube
SA-213	T21	K31545	3Cr-1Mo	Smls.Tube
SA-213	T22	K21590	2 $\frac{1}{2}$ Cr-1Mo	Smls.Tube
SA-213	T91	K90901	9Cr-1Mo-V	Smls.Tube
SA-216	WCA	J02502	Carbon steel	Castings
SA-216	WCB	J03002	Carbon steel	Castings
SA-216	WCC	K02503	Carbon steel	Castings
SA-217	C5	J42045	5Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Castings
SA-217	C12	J82090	9Cr-1Mo	Castings
SA-217	WC1	J12524	C- $\frac{1}{2}$ Mo	Castings
SA-217	WC4	J12082	1N- $\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Castings
SA-217	WC5	J22000	$\frac{1}{2}$ Ni-1Mo- $\frac{1}{2}$ Cr	Castings

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SA-217	WC6	J12072	1 $\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Castings
SA-217	WC9	J21890	2 $\frac{1}{2}$ Cr-1Mo	Castings
SA-225	C	K12524	Mn- $\frac{1}{2}$ Ni-V	Plate
SA-234	WPB	K03006	Carbon steel	Fittings
SA-234	WPC	K03501	Carbon steel	Fittings
SA-234	WP1	K12821	C- $\frac{1}{2}$ Mo	Fittings
SA-234	WP5	K41515	5Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Fittings
SA-234	WP9	K90941	9Cr-1Mo	Fittings
SA-234	WP11.cl.1	---	1 $\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo-Si	Fittings
SA-234	WP12.Cl.1	K12062	1Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Fittings
SA-234	WP22.Cl.1	K21590	2 $\frac{1}{2}$ Cr-1Mo	Fittings
SA-266	1	K03506	Carbon steel	Forgings
SA-266	2	K03506	Carbon steel	Forgings
SA-266	3	K05001	Carbon steel	Forgings
SA-266	4	K03017	Carbon steel	Forgings
SA-283	B	---	Carbon steel	Str.Plate
SA-283	D	---	Carbon steel	Str.Plate
SA-285	A	K01700	Carbon steel	Plate
SA-285	B	K02200	Carbon steel	Plate
SA-285	C	K02801	Carbon steel	Plate
SA-299	---	K02803	Carbon steel	Plate
SA-302	A	K12021	Mn- $\frac{1}{2}$ Mo	Plate
SA-302	B	K12022	Mn- $\frac{1}{2}$ Mo	Plate
SA-302	C	K12039	Mn- $\frac{1}{2}$ Mo- $\frac{1}{2}$ Ni	Plate
SA-302	D	K12054	Mn- $\frac{1}{2}$ Mo- $\frac{1}{2}$ Ni	Plate
SA-333	1	K03008	Carbon steel	Smls.pipe
SA-333	3	K31918	3 $\frac{1}{2}$ Ni	Smls.pipe
SA-333	4	K11267	$\frac{3}{4}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Ni-Cu-Al	Smls.pipe
SA-333	6	K03006	Carbon steel	Smls.pipe
SA-333	9	K22035	2Ni-1Cu	Smls.pipe
SA-333	1	K03008	Carbon steel	Wld.Pipe
SA-334	1	K03008	Carbon steel	Wld.Pipe
SA-334	1	K03008	Carbon steel	Smls.Tube
SA-334	3	K31918	3 $\frac{1}{2}$ Ni	Smls.Tube
SA-334	9	K22035	2Ni-1Cu	Smls.Tube
SA-335	P1	K11522	C- $\frac{1}{2}$ Mo	Smls.Pipe
SA-335	P2	K11547	$\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Smls.Pipe
SA-335	P5	K41545	5Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Smls.Pipe
SA-335	P5b	K51545	5Cr- $\frac{1}{2}$ Mo-Si	Smls.Pipe
SA-335	P5c	K41245	5Cr- $\frac{1}{2}$ Mo-Ti	Smls.Pipe
SA-335	P9	K90941	9Cr-1Mo	Smls.Pipe
SA-335	P11	K11597	1 $\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo-Si	Smls.Pipe
SA-335	P12	K11562	1Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Smls.Pipe



재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SA-335	P21	K31545	3Cr-1Mo	Smls.Pipe
SA-335	P22	K21590	2½Cr-1Mo	Smls.Pipe
SA-335	P91	K90901	9Cr-1Mo-V	Smls.Pipe
SA-336	F1	K11564	1Cr-½Mo	Forgings
SA-336	F3V	K31830	3Cr-1Mo-½V-Ti-B	Forgings
SA-336	F5	K41545	5Cr-1Mo	Forgings
SA-336	F5A	K42544	5Cr-1Mo	Forgings
SA-336	F9	K90941	9Cr-1Mo	Forgings
SA-336	F11,Cl.2	K11572	1¼Cr-½Mo-Si	Forgings
SA-336	F11,Cl.3	K11572	1¼Cr-½Mo-Si	Forgings
SA-336	F12	K11564	1Cr-½Mo	Forgings
SA-336	F21,Cl.1	K31545	3Cr-1Mo	Forgings
SA-336	F21,Cl.3	K31545	3Cr-1Mo	Forgings
SA-336	F22,Cl.1	K21590	2½Cr-1Mo	Forgings
SA-336	F22,Cl.3	K21590	2½Cr-1Mo	Forgings
SA-336	F22V	K31835	2½Cr-1Mo-½V	Forgings
SA-350	LF1	K03009	Carbon steel	Forgings
SA-350	LF2	K03011	Carbon steel	Forgings
SA-350	LF3	K32025	3½Ni	Forgings
SA-350	LF9	K22036	2Ni-1Cu	Forgings
SA-352	LCB	J03003	Carbon steel	Castings
SA-352	LC1	J12522	C-½Mo	Castings
SA-352	LC2	J22500	2%Ni	Castings
SA-352	LC3	J31550	3½Ni	Castings
SA-369	FP1	K11522	C-½Mo	Forged pipe
SA-369	FP2	K11547	½Cr-½Mo	Forged pipe
SA-369	FP5	K41545	5Cr-1Mo	Forged pipe
SA-369	FP9	K90941	9Cr-1Mo	Forged pipe
SA-369	FP11	K11597	1¼Cr-½Mo-Si	Forged pipe
SA-369	FP12	K11562	1Cr-½Mo	Forged pipe
SA-369	FP21	K31545	3Cr-1Mo	Forged pipe
SA-369	FP22	K21590	2½Cr-1Mo	Forged pipe
SA-372	A	K03002	Carbon steel	Forgings
SA-372	B	K04001	Carbon steel	Forgings
SA-372	C	K04801	Carbon steel	Forgings
SA-372	D	K10508	Mn-½Mo	Forgings
SA-387	2,Cl.1	K12143	½Cr-½Mo	Plate
SA-387	2,Cl.2	K12143	½Cr-½Mo	Plate
SA-387	5,Cl.1	K41545	5Cr-½Mo	Plate
SA-387	5,Cl.2	K41545	5Cr-½Mo	Plate
SA-387	11,Cl.1	K11789	1¼Cr-½Mo-Si	Plate
SA-387	11,Cl.2	K11789	1¼Cr-½Mo-Si	Plate
SA-387	12,Cl.1	K11757	1Cr-½Mo	Plate

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SA-387	12,Cl.2	K11757	1Cr-½Mo	Plate
SA-387	21,Cl.1	K31545	3Cr-1Mo	Plate
SA-387	21,Cl.2	K31545	3Cr-1Mo	Plate
SA-387	22,Cl.1	K21590	2½Cr-1Mo	Plate
SA-387	22,Cl.2	K21590	2½Cr-1Mo	Plate
SA-387	91	K90901	9Cr-1Mo-V	Plate
SA-420	WPL3	---	3½Ni	Fittings
SA-420	WPL6	---	Carbon steel	Fittings
SA-420	WPL9	K22035	2Ni-Cu	Fittings
SA-423	1	K11535	¾Cr-½Ni-Cu	Smls.Tube
SA-423	2	K11540	¾Ni-½Cu-Mo	Smls.Tube
SA-487	1,Cl.A	J13002	Mn-V	Castings
SA-487	4,Cl.A	J13047	½Ni-½Cr-½Mo-V	Castings
SA-487	8,Cl.A	J22091	2½Cr-1Mo	Castings
SA-508	1	K13502	Carbon steel	Forgings
SA-508	1A	K13502	Carbon steel	Forgings
SA-508	2,Cl.1	K12766	¾Ni-½Mo-½Cr-V	Forgings
SA-508	2,Cl.2	K12766	¾Ni-½Mo-½Cr-V	Forgings
SA-508	3,Cl.1	K12042	¾Ni-½Mo-Cr-V	Forgings
SA-508	3,Cl.2	K12042	¾Ni-½Mo-Cr-V	Forgings
SA-508	3V	K31830	3Cr-1Mo-½V-Ti-B	Forgings
SA-508	4N,Cl.3	K22375	3½Ni-1¼Cr-½Mo-V	Forgings
SA-508	22,Cl.3	K215909	2½Cr-1Mo	Forgings
SA-515	60	K02401	Carbon steel	Plate
SA-515	65	K02800	Carbon steel	Plate
SA-516	55	K01800	Carbon steel	Plate
SA-516	60	K02100	Carbon steel	Plate
SA-516	65	K02403	Carbon steel	Plate
SA-516	70	K02700	Carbon steel	Plate
SA-524	I	K02104	Carbon steel	Smls.Pipe
SA-524	II	K02104	Carbon steel	Smls.Pipe
SA-533	A,Cl.1	K12521	Mn-½Mo	Plate
SA-533	A,Cl.2	K12521	Mn-½Mo	Plate
SA-533	B,Cl.1	K12539	Mn-½Mo-½Ni	Plate
SA-533	B,Cl.2	K12539	Mn-½Mo-½Ni	Plate
SA-533	C,Cl.1	K12554	Mn-½Mo-¾Ni	Plate
SA-533	C,Cl.2	K12554	Mn-½Mo-¾Ni	Plate
SA-533	D,Cl.2	K12529	Mn-½Mo-½Ni	Plate
SA-537	Cl.1	K12437	Carbon steel	Plate
SA-537	Cl.2	K12437	Carbon steel	Plate
SA-537	Cl.3	K12437	Carbon steel	Plate
SA-541	1	K03506	Carbon steel	Forgings
SA-541	1A	K03020	Carbon steel	Forgings
SA-541	2,Cl.1	K12765	¾Ni-½Mo-½Cr-V	Forgings
SA-541	2,Cl.2	K12765	¾Ni-½Mo-½Cr-V	Forgings
SA-541	3,Cl.1	K12045	¾Ni-½Mo-V	Forgings

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SA-541	3.Cl.2	K12045	½Ni-½Mo-V	Forgings
SA-541	3V	K31830	3Cr-1Mo-½V-Ti-B	Forgings
SA-541	22.Cl.3	K21390	2½Cr-1Mo	Forgings
SA-541	22V	K31835	2½Cr-1Mo-½V	Forgings
SA-542	B.Cl.4	---	2½Cr-1Mo	Plate
SA-542	C.Cl.4a	----	2½Cr-1Mo-½V	Plate
SA-542	D.Cl.4a	---	3Cr-1Mo-½V-Ti-B	Plate
SA-612	---	K02900	Carbon steel	Plate
SA-662	A	K10701	Carbon steel	Plate
SA-662	B	K02203	Carbon steel	Plate
SA-662	C	K02007	Carbon steel	Plate
SA-675	45	---	Carbon steel	Bar,shapes
SA-675	50	---	Carbon steel	Bar,shapes
SA-675	55	---	Carbon steel	Bar,shapes
SA-675	60	---	Carbon steel	Bar,shapes
SA-675	65	---	Carbon steel	Bar,shapes
SA-675	70	---	Carbon steel	Bar,shapes
SA-727	---	K02506	Carbon steel	Forgings
SA-737	B	K12001	C-Mn-Si-Cb	Plate
SA-737	C	K12202	C-Mn-Si-V	Plate
SA-738	A	K12447	Carbon steel	Plate
SA-738	B	K12007	Carbon steel	Plate
SA-738	C	---	Carbon steel	Plate
SA-739	B11	K11797	1½Cr-½Mo	Bar
SA-739	B22	K2139*0	2½Cr-1Mo	Bar
SA-765	I	K03046	Carbon steel	Forgings
SA-765	II	K03047	Carbon steel	Forgings
SA-765	III	K32026	3½Ni	Forgings
SA-765	IV	K02009	Carbon steel	Forgings
SA-832	21V	K31830	3Cr-1Mo-½V-Ti-B	Plate
SA-832	22V	K31835	2½Cr-1Mo-V	Plate
SA/En10028-2	P355GH	---	Carbon steel	Plate

[표3.A.2] 퀸칭-템퍼링 된 고강력강

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SA-333	8	K81340	9Ni	Smls.Pipe
SA-333	8	K81340	9Ni	Smls.Pipe
SA-334	8	K81340	9Ni	Smls.Tube
SA-334	8	K81340	9Ni	Smls.Tube
SA-353	---	K81340	9Ni	Plate
SA-372	D	K14508	Mn-½Mo	Forgings
SA-372	E.Cl.70	K13047	1Cr-½Mo	Forgings
SA-372	F.Cl.70	G41350	1Cr-½Mo	Forgings
SA-372	G.Cl.70	K13049	½Cr-½Mo	Forgings
SA-372	H.Cl.70	K13547	½Cr-½Mo	Forgings
SA-372	J.Cl.70	K13548	1Cr-½Mo	Forgings
SA-372	J.Cl.110	G41370	1Cr-½Mo	Forgings
SA-420	WPL8	K81340	9Ni	Smls.Pipe
SA-508	4N.Cl.1	K22375	3½Ni-1½Cr-½Mo-V	Forgings
SA-508	4N.Cl.2	K22375	3½Ni-1½Cr-½Mo-V	Forgings
SA-517	A	K11856	½Cr-½Mo-Si	Plate
SA-517	B	K11630	½Cr-½Mo-V	Plate
SA-517	E	K21604	1½Cr-½Mo-Ti	Plate
SA-517	F	K11576	¾Ni-½Cr-½Mo-V	Plate
SA-517	J	K11625	C-½Mo	Plate
SA-517	P	K21650	1½Ni-1Cr-½Mo	Plate
SA-522	I	K81340	9Ni	Forgings
SA-533	B.Cl.3	K12554	Mn-½Mo-¾Ni	Plate
SA-533	D.Cl.3	K12529	Mn-½Mo-¾Ni	Plate
SA-543	B.Cl.1	K42339	3Ni-1½Cr-½Mo	Plate
SA-543	B.Cl.2	K42339	3Ni-1½Cr-½Mo	Plate
SA-543	B.Cl.3	K42339	3Ni-1½Cr-½Mo	Plate
SA-543	C.Cl.1	---	2¾Ni-1½Cr-½Mo	Plate
SA-543	C.Cl.2	---	2¾Ni-1½Cr-½Mo	Plate
SA-543	C.Cl.3	---	2¾Ni-1½Cr-½Mo	Plate
SA-553	I	K81340	9Ni	Plate
SA-592	A	K11856	½Cr-½Mo-Si	Forgings
SA-592	E	K11695	1½Cr-½Mo-Cu	Forgings
SA-592	F	K11576	¾Ni-½Cr-½Mo-V	Forgings
SA-645	A	K41583	5Ni-½Mo	Plate
SA-723	1.Cl.1	K23550	2Ni-1½Cr-½Mo-V	Forgings
SA-723	1.Cl.2	K23550	2Ni-1½Cr-½Mo-V	Forgings
SA-723	2.Cl.1	K34035	2¾Ni-1½Cr-½Mo-V	Forgings
SA-723	2.Cl.2	K34035	2¾Ni-1½Cr-½Mo-V	Forgings
SA-723	3.Cl.1	K44045	4Ni-1½Cr-½Mo-V	Forgings
SA-723	3.Cl.2	K44045	4Ni-1½Cr-½Mo-V	Forgings
SA-724	A	K11831	Carbon steel	Plate
SA-724	B	K12031	Carbon steel	Plate
SA-724	C	K12037	Carbon steel	Plate

[표 3.A.3] 고합금강

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SA-182	FXM-11	S21904	21Cr-6Ni-9Mn	Forgings
SA-182	FXM-19	S20910	22Cr-12Ni-Mn	Forgings
SA-182	F6a.Cl.1	S41000	13Cr	Forgings
SA-182	F6a.Cl.2	S41000	13Cr	Forgings
SA-182	F51	S31803	22Cr-5Ni-3Mo-N	Forgings
SA-182	F304	S30400	18Cr-8Ni	Forgings
SA-182	F304H	S30409	18Cr-8Ni	Forgings
SA-182	F304L	S30403	18Cr-8Ni	Forgings
SA-182	F310	S31000	25Cr-20Ni	Forgings
SA-182	F310MoLN	S31050	25Cr-22Ni-2Mo-N	Forgings
SA-182	F316	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Forgings
SA-182	F316H	S31609	16Cr-12Ni-2Mo	Forgings
SA-182	F316L	S31603	16Cr-12Ni-2Mo	Forgings
SA-182	F321	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Forgings
SA-182	F321H	S32109	18Cr-10Ni-Ti	Forgings
SA-182	F347	S34700	18Cr-10Ni-Cb	Forgings
SA-182	F347H	S34909	18Cr-10Ni-Cb	Forgings
SA-182	F348	S34800	18Cr-10Ni-Cb	Forgings
SA-182	F348H	S34809	18Cr-10Ni-Cb	Forgings
SA-213	TP304	S30400	18Cr-8Ni	Smls.Tube
SA-213	TP304H	S30409	18Cr-8Ni	Smls.Tube
SA-213	TP304L	S30403	18Cr-8Ni	Smls.Tube
SA-213	TP304N	S30451	18Cr-8Ni-N	Smls.Tube
SA-213	TP309Cb	S30940	23Cr-12Ni-Cb	Smls.Tube
SA-213	TP309H	S30909	23Cr-112Ni	Smls.Tube
SA-213	TP309S	S30908	23Cr-112Ni	Smls.Tube
SA-213	TP310H	S31009	25Cr-20Ni	Smls.Tube
SA-213	TP310MoLN	S31050	25Cr-22Ni-2Mo-N	Smls.Tube
SA-213	TP310S	S31008	25Cr-20Ni	Smls.Tube
SA-213	TP316	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Smls.Tube
SA-213	TP316H	S31609	16Cr-12Ni-2Mo	Smls.Tube
SA-213	TP316L	S31603	16Cr-12Ni-2Mo	Smls.Tube
SA-213	TP316N	S31651	16Cr-12Ni-2Mo-N	Smls.Tube
SA-213	TP321	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Smls.Tube
SA-213	TP321H	S32109	18Cr-10Ni-Ti	Smls.Tube
SA-213	TP347	S34700	18Cr-10Ni-Cb	Smls.Tube
SA-213	TP347H	S34709	18Cr-10Ni-Cb	Smls.Tube

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SA-213	TP348	S34800	18Cr-10Ni-Cb	Smls.Tube
SA-213	TP348H	S34809	18Cr-10Ni-Cb	Smls.Tube
SA-213	XM-15	S38100	18Cr-18Ni-2Si	Smls.Tube
SA-217	CA15	J9115	13Cr	Castings
SA-240	XM-15	S38100	18Cr-18Ni-2Si	Plate
SA-240	XM19	S20910	22Cr-13Ni-5Mn	Plate
SA-240	XM-29	S24000	18Cr-3Ni-12Mn	Plate
SA-240	XM-29	S24000	18Cr-3Ni-12Mn	Sheet&Strip
SA-240	201N	S20153	16Cr-4Ni-6Mn	Plate
SA-240	302	S30200	18Cr-8Ni	Plate
SA-240	304	S30400	18Cr-8Ni	Plate
SA-240	304H	S30409	18Cr-8Ni	Plate
SA-240	304L	S30403	18Cr-8Ni	Plate
SA-240	304N	S30451	18Cr-8Ni-N	Plate
SA-240	...	S30601	17.5Cr-17.5Ni-5.3Si	Plate
SA-240	309Cb	S30940	23Cr-12Ni-Cb	Plate
SA-240	309H	S30909	23Cr-12Ni	Plate
SA-240	309S	S30908	23Cr-12Ni	Plate
SA-240	310H	S31009	25Cr-20Ni	Plate
SA-240	310MoLN	S31050	25Cr-22Ni-2Mo-N	Plate
SA-240	310S	S31008	25Cr-20Ni	Plate
SA-240	316	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Plate
SA-240	316L	S31603	16Cr-12Ni-2Mo	Plate
SA-240	316N	S31651	16Cr-12Ni-2Mo-N	Plate
SA-240	317	S31700	18Cr-13Ni-3Mo	Plate
SA-240	317L	S31703	18Cr-13Ni-3Mo	Plate
SA-240	321	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Plate
SA-240	321H	S32109	18Cr-10Ni-Ti	Plate
SA-240	347	S34700	18Cr-10Ni-Cb	Plate
SA-240	347H	S34709	18Cr-10Ni-Cb	Plate
SA-240	348	S34800	18Cr-10Ni-Cb	Plate
SA-240	405	S40500	13Cr-1Al	Plate
SA-240	410	S41000	13Cr	Plate
SA-240	410S	s41008	13Cr	Plate
SA-240	429	S42900	15Cr	Plate
SA-240	430	S430	17Cr	Plate
SA-240	...	S31803	22Cr-5Ni-3Mo-N	Plate
SA-240	26-3-3	S44660	26Cr-3Ni-3Mo	Plate
SA-240	26-3-3	S44660	26Cr-3Ni-3Mo	Plate
SA-249	TPXM-15	S38100	18Cr-18Ni-2Si	Wld.Tube
SA-249	TPXM-19	S20910	22Cr-13Ni-5Mn	Wld.Tube
SA-249	TP304	S30400	18Cr-8Ni	Wld.Tube
SA-249	TP304H	S30409	18Cr-8Ni	Wld.Tube
SA-249	TP304L	S30403	18Cr-8Ni	Wld.Tube
SA-249	TP304N	S30451	18Cr-8Ni-N	Wld.Tube
SA-249	TP309Cb	S30940	23Cr-12Ni-Cb	Wld.Tube

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SA-249	TP309H	S30909	23Cr-12Ni	Wld.Tube
SA-249	TP309S	S30908	23Cr-12Ni	Wld.Tube
SA-249	TP310Cb	S31040	25Cr-20Ni-Cb	Wld.Tube
SA-249	TP310H	S31009	23Cr-12Ni	Wld.Tube
SA-249	TP310H	S31009	23Cr-12Ni	Wld.Tube
SA-249	TP310MoLN	S31050	25Cr-22Ni-2Mo-N	Wld.Tube
SA-249	TP310S	S31008	23Cr-12Ni	Wld.Tube
SA-249	TP316	S31600	16Cr12Ni-2Mo	Wld.Tube
SA-249	TP316H	S31609	16Cr12Ni-2Mo	Wld.Tube
SA-249	TP316L	S31603	16Cr12Ni-2Mo	Wld.Tube
SA-249	TP316N	S31651	16Cr-12Ni-2Mo-N	Wld.Tube
SA-249	TP317	S31700	18Cr-3Ni-3Mo	Wld.Tube
SA-249	TP321	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Wld.Tube
SA-249	TP321H	S32109	18Cr-10Ni-Ti	Wld.Tube
SA-249	TP347	S34700	1810Ni-Cb	Wld.Tube
SA-249	TP347H	S34703	1810Ni-Cb	Wld.Tube
SA-249	TP348	S34800	1810Ni-Cb	Wld.Tube
SA-249	TP348H	S34809	1810Ni-Cb	Wld.Tube
SA-268	TP405	S40500	12Cr-1Al	Smls.Tube
SA-268	TP410	S41000	13Cr	Smls.Tube
SA-268	TP429	S42900	15Cr	Smls.Tube
SA-268	TP430	S43000	17Cr	Smls.Tube
SA-268	26-3-3	S44660	26Cr-3Ni-3Mo	Smls.Tube
SA-268	26-3-3	S44660	26Cr-3Ni-3Mo	Wld.Tube
SA-312	TPXM-11	S21904	21Cr-6Ni-9Mn	Smls.Tube
SA-312	TPXM-15	S38100	18Cr-18Ni-2Si	Smls.Tube
SA-312	TPXM-19	S20910	22Cr-13Ni-5Mn	Smls.Tube
SA-312	TP304	S30400	18Cr-8Ni	Smls.Tube
SA-312	TP304H	S30409	18Cr-8Ni	Smls.Tube
SA-312	TP304L	S30403	18Cr-8Ni	Smls.Tube
SA-312	TP304N	S30451	18Cr-8Ni-N	Smls.Tube
SA-312	TP309Cb	S30940	23Cr-12Ni-Cb	Smls.Tube
SA-312	TP309H	S30909	23Cr-12Ni	Smls.Tube
SA-312	TP309S	S30908	23Cr-12Ni	Smls.Tube
SA-312	TP310H	S31009	23Cr-12Ni	Smls.Tube
SA-312	TP310S	S31008	23Cr-12Ni	Smls.Tube
SA-312	TP316	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Smls.Tube
SA-312	TP316H	S31609	16Cr-12Ni-2Mo	Smls.Tube
SA-312	TP316L	S31603	16Cr-12Ni-2Mo	Smls.Tube
SA-312	TP316N	S31651	16Cr-12Ni-2Mo-N	Smls.Tube
SA-312	TP317	S31700	18Cr-3Ni-3Mo	Smls.Tube
SA-312	TP321	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Smls.Tube
SA-312	TP321H	S32109	18Cr-10Ni-Ti	Smls.Tube
SA-312	TP321	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Smls.Tube
SA-312	TP321H	S32109	18Cr-10Ni-Ti	Smls.Tube
SA-312	TP321H	S32109	18Cr-10Ni-Ti	Smls.Tube
SA-312	TP347	S34700	18Cr-10Ni-Cb	Smls.Tube
SA-312	TP347H	S34709	18Cr-10Ni-Cb	Smls.Tube

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SA-312	TP348	S34800	18Cr-10Ni-Cb	Smls.Tube
SA-312	TP348H	S34809	18Cr-10Ni-Cb	Smls.Tube
SA-312	TPXM-11	S21094	21Cr-6Ni-9Mn	Smls.Tube
SA-312	TPXM-15	S38100	18Cr-18Ni-2Si	Smls.Tube
SA-312	TPXM-19	S20910	22Cr-13Ni-5Mn	Smls.Tube
SA-312	TP304	S30400	18Cr-8Ni	Smls.Tube
SA-312	TP304H	S30409	18Cr-8Ni	Smls.Tube
SA-312	TP304L	S30403	18Cr-8Ni	Smls.Tube
SA-312	TP304N	S30451	18Cr-8Ni-N	Smls.Tube
SA-312	TP309Cb	S30940	23Cr-12Ni-Cb	Smls.Tube
SA-312	TP309H	S30909	23Cr-12Ni	Smls.Tube
SA-312	TP309S	S30908	23Cr-12Ni	Smls.Tube
SA-312	TP310Cb	S31040	25Cr-20Ni-Cb	Wld.Pipe
SA-312	TP310H	S31009	23Cr-12Ni	Wld.Pipe
SA-312	TP310MoLN	S31050	25Cr-22Ni-2Mo-N	Wld.Pipe
SA-312	TP310MoLN	S31050	25Cr-22Ni-2Mo-N	Wld.Pipe
SA-312	TP310S	S31008	23Cr-12Ni	Wld.Pipe
SA-312	TP316	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Wld.Pipe
SA-312	TP316H	S31609	16Cr-12Ni-2Mo	Wld.Pipe
SA-312	TP316L	S31603	16Cr-12Ni-2Mo	Wld.Pipe
SA-312	TP316N	S31651	16Cr-12Ni-2Mo-N	Wld.Pipe
SA-312	TP317	S31700	18Cr-3Ni-3Mo	Wld.Pipe
SA-312	TP321	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Wld.Pipe
SA-312	TP321H	S32109	18Cr-10Ni-Ti	Wld.Pipe
SA-312	TP347	S34700	18Cr-10Ni-Cb	Wld.Pipe
SA-312	TP347H	S34709	18Cr-10Ni-Cb	Wld.Pipe
SA-312	TP34800	S34800	18Cr-10Ni-Cb	Wld.Pipe
SA-312	TP348H	S34809	18Cr-10Ni-Cb	Wld.Pipe
SA-336	FXM-11	S23904	21Cr-6Ni-9Mn	Forgings
SA-336	FXM-19	S20910	22Cr-13Ni-5Mn	Forgings
SA-336	F6	S41000	13Cr	Forgings
SA-336	F304	S30400	18Cr-8Ni	Forgings
SA-336	F304H	S30409	18Cr-8Ni	Forgings
SA-336	F304L	S30403	18Cr-8Ni	Forgings
SA-336	F304N	S30451	18Cr-8Ni-N	Forgings
SA-336	F310	S31000	25Cr-20Ni	Forgings
SA-336	F316	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Forgings
SA-336	F316H	S31609	16Cr-12Ni-2Mo	Forgings
SA-336	F316L	S31603	16Cr-12Ni-2Mo	Forgings
SA-336	F316N	S31651	16Cr-12Ni-2Mo-N	Forgings
SA-336	F321	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Forgings
SA-336	F321H	S32109	18Cr-10Ni-Ti	Forgings
SA-336	F347	S34700	18Cr-10Ni-Cb	Forgings
SA-336	F347H	S34709	18Cr-10Ni-Cb	Forgings
SA-351	CF3	J92500	18Cr-8Ni	Castings
SA-351	CF8	J92600	18Cr-8Ni	Castings
SA-351	CF8C	J92710	18Cr-10Ni-Cb	Castings
SA-351	CF8M	J92900	18Cr-12Ni-2Mo	Castings
SA-351	CF10	J92590	19Cr-9Ni-0.5Mo	Castings

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SA-351	CH8	J93400	25Cr-12Ni	Castings
SA-351	CH20	J93402	25Cr-12Ni	Castings
SA-351	CK20	J94202	25Cr-20Ni	Castings
SA-376	TP304	S30400	18Cr-8Ni	Smls.Pipe
SA-376	TP304H	S30409	18Cr-8Ni	Smls.Pipe
SA-376	TP304N	S30451	18Cr-8Ni-N	Smls.Pipe
SA-376	TP316	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Smls.Pipe
SA-376	TP316H	S31609	16Cr-12Ni-2Mo	Smls.Pipe
SA-376	TP316N	S31651	16Cr-12Ni-2Mo-N	Smls.Pipe
SA-376	TP321	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Smls.Pipe
SA-376	TP321	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Smls.Pipe
SA-376	TP321H	S32109	18Cr-10Ni-Ti	Smls.Pipe
SA-376	TP321H	S32109	18Cr-10Ni-Ti	Smls.Pipe
SA-376	TP347	S34700	18Cr-10Ni-Cb	Smls.Pipe
SA-376	TP347H	S34709	18Cr-10Ni-Cb	Smls.Pipe
SA-376	TP348	S34800	18Cr-10Ni-Cb	Smls.Pipe
SA-403	XM-19	S20910	22Cr-13Ni-5Mn	Fittings
SA-403	304	S30400	18Cr-8Ni	Fittings
SA-403	304H	S30409	18Cr-8Ni	Fittings
SA-403	304L	S30403	18Cr-8Ni	Fittings
SA-403	304N	S30451	18Cr-8Ni-N	Fittings
SA-403	309	S30900	23Cr-12Ni	Fittings
SA-403	310	S31000	25Cr-20Ni	Fittings
SA-403	316	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Fittings
SA-403	316L	S31603	16Cr-12Ni-2Mo	Fittings
SA-403	316N	S31651	16Cr-12Ni-2Mo-N	Fittings
SA-403	317	S31700	18Cr-13Ni-3Mo	Fittings
SA-403	317L	S31700	18Cr-13Ni-3Mo	Fittings
SA-403	321	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Fittings
SA-403	321H	S32109	18Cr-10Ni-Ti	Fittings
SA-403	347	S34700	18Cr-10Ni-Cb	Fittings
SA-403	347H	S34709	18Cr-10Ni-Cb	Fittings
SA-403	348	S34800	18Cr-10Ni-Cb	Fittings
SA-403	348H	S34809	18Cr-10Ni-Cb	Fittings
SA-403	XM-19	S20910	22Cr-13Ni-5Mn	Wld.Fittings
SA-403	304	S30400	18Cr-8Ni	Wld.Fittings
SA-403	304H	S30409	18Cr-8Ni	Wld.Fittings
SA-403	304N	S30451	18Cr-8Ni-N	Wld.Fittings
SA-403	309	S30900	23Cr-12Ni	Wld.Fittings
SA-403	310	S31000	25Cr-20Ni	Wld.Fittings
SA-403	316L	S31603	16Cr-12Ni-2Mo	Wld.Fittings
SA-403	316N	S31651	16Cr-12Ni-2Mo-N	Wld.Fittings
SA-403	321	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Wld.Fittings
SA-403	321H	S32109	18Cr-10Ni-Ti	Wld.Fittings
SA-403	347	S34700	18Cr-10Ni-Cb	Wld.Fittings
SA-403	347H	S34709	18Cr-10Ni-Cb	Wld.Fittings
SA-403	348	S34800	18Cr-10Ni-Cb	Wld.Fittings
SA-403	348H	S34809	18Cr-10Ni-Cb	Wld.Fittings
SA-479	XM-19	S20910	22Cr-13Ni-5Mn	Bar

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SA-479	309H	S30909	23Cr-12Ni	Bar
SA-666	XM-11	S21904	21Cr-6Ni-9Mn	Plate
SA-688	TP304	S30400	18Cr-8Ni	Wld.Tube
SA-688	TP304L	S30403	18Cr-8Ni	Wld.Tube
SA-688	TP316	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Wld.Tube
SA-688	TP316L	S31603	16Cr-12Ni-2Mo	Wld.Tube
SA-789	---	S31500	18Cr-5Ni-3Mo-N	Smls.Tube
SA-789	...	S31803	22Cr-5Ni-3Mo-N	Smls.Tube
SA-789	---	S31500	18Cr-5Ni-3Mo-N	Wld.Tube
SA-789	---	S31803	22Cr-5Ni-3Mo-N	Wld.Tube
SA-790	---	S31500	18Cr-5Ni-3Mo-N	Smls.Pipe
SA-790	...	S31803	22Cr-5Ni-3Mo-N	Smls.Pipe
SA-790	---	S31500	18Cr-5Ni-3Mo-N	Wld.Pipe
SA-790	...	S31803	22Cr-5Ni-3Mo-N	Wld.Pipe
SA-803	26-3-3	S44660	26Cr-3Ni-3Mo	Wld.Tube
SA-813	TP309Cb	S30940	23Cr-12Ni-Cb	Wld.Pipe
SA-813	TP309S	S30908	23Cr-12Ni	Wld.Pipe
SA-813	TP310Cb	S31040	25Cr-20Ni-Cb	Wld.Pipe
SA-813	TP310S	S31008	25Cr-20Ni	Wld.Pipe
SA-814	TP309Cb	S30940	23Cr-12Ni-Cb	Wld.Pipe
SA-814	TP309S	S30908	23Cr-12Ni	Wld.Pipe
SA-814	TP310Cb	S31040	25Cr-20Ni-Cb	Wld.Pipe
SA-814	TP310S	S31008	25Cr-20Ni	Wld.Pipe
SA-965	FXM-11	S21904	21Cr-6Ni-9Mn	Forgings
SA-965	FXM-19	S20910	22Cr-13Ni-5Mn	Forgings
SA-965	F6	S41000	13Cr	Forgings
SA-965	F304	S30400	18Cr-8Ni	Forgings
SA-965	F304H	S30409	18Cr-8Ni	Forgings
SA-965	F304L	S30403	18Cr-8Ni	Forgings
SA-965	F304N	S30451	18Cr-8Ni-N	Forgings
SA-965	F310	S31000	25Cr-20Ni	Forgings
SA-965	F316	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Forgings
SA-965	F316H	S31609	16Cr-12Ni-2Mo	Forgings
SA-965	F316L	S31603	16Cr-12Ni-2Mo	Forgings
SA-965	F316N	S31651	16Cr-12Ni-2Mo-N	Forgings
SA-965	F321	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Forgings
SA-965	F321H	S32109	18Cr-10Ni-Ti	Forgings
SA-965	F347	S34700	18Cr-10Ni-Cb	Forgings
SA-965	F347H	S34909	18Cr-10Ni-Cb	Forgings

[표 3.A.4] 알루미늄합금

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SB-209	3003	A93003	Al-Mn-Cu	Plate, sheet
SB-209	3004	A93004	Al-Mn-Mg	Plate, sheet
SB-209	5052	A95052	Al-2.5Mg	Plate, sheet
SB-209	5083	A95083	Al-4.4Mg-Mn	Plate, sheet
SB-209	5086	A95086	Al-4.0Mg-Mn	Plate, sheet
SB-209	5454	A95454	Al-2.7Mg-Mn	Plate, sheet
SB-209	6061	A96061	Al-Mg-Si-Cu	Plate, sheet
SB-210	Allclad 3003	---	Al-Mn-Cu	Smls, drawn tube
SB-210	3003	A93003	Al-Mn-Cu	Smls, drawn tube
SB-210	6061	A96061	Al-Mg-Si-Cu	Smls, drawn tube
SB-210	6063	A96063	Al-Mg-Si	Smls, drawn tube
SB-221	3003	A93003	Al-Mn-Cu	Bar, rod, shapes
SB-221	5083	A95083	Al-4.4Mg-Mn	Bar, rod, shapes
SB-221	5454	A95454	Al-2.7Mg-Mn	Bar, rod, shapes
SB-221	6061	A96061	Al-Mg-Si-Cu	Bar, rod, shapes
SB-221	6063	A96063	Al-Mg-Si	Bar, rod, shapes
SB-241	Allclad 3003	---	Al-Mn-Cu	Smls, extr. tube
SB-241	3003	A93003	Al-Mn-Cu	Smls, extr. tube
SB-241	3003	A93003	Al-Mn-Cu	Smls, Pipe
SB-241	5083	A95083	Al-4.4Mg-Mn	Smls, extr. tube
SB-241	5454	A95454	Al-2.7Mg-Mn	Smls, extr. tube
SB-241	6061	A96061	Al-Mg-Si-Cu	Smls, extr. tube/pipe
SB-241	6061	A96061	Al-Mg-Si-Cu	Smls, drawn pipe
SB-241	6063	A96063	Al-Mg-Si	Smls, extr. tube/pipe
SB-308	6061	A96061	Al-Mg-Si-Cu	Shapes

[표 3.A.5] 구리합금

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SB-96	---	C65500	97Cu-3.3Si	Plate, sheet
SB-98	---	C65100	98.5Cu-1.5Si	Rod, bar & shapes
SB-98	---	C65500	97Cu-3Si	Rod, bar & shapes
SB-98	---	C66100	94Cu-3Si	Rod, bar & shapes
SB-111	---	C28000	60Cu-20Zn	Smls, Tube
SB-111	---	C44300	71Cu-28Zn-1Sn-0.06As	Smls, Tube
SB-111	---	C44400	71Cu-28Zn-1Sn-0.06Sb	Smls, Tube
SB-111	---	C44500	71Cu-28Zn-1Sn-0.06P	Smls, Tube
SB-111	---	C60800	95Cu-5Al	Smls, Tube
SB-111	---	C70600	90Cu-10Ni	Cond. Tube
SB-111	---	C71500	70Cu-30Ni	Cond. Tube
SB-169	---	C61400	90Cu-7Al-3Fe	Plate, sheet
SB-171	---	C46400	60Cu-39Zn-Sn	Plate
SB-171	---	C70600	90Cu-10Ni	Plate
SB-171	---	C71500	70Cu-30Ni	Plate
SB-187	---	C10200	99.95Cu-P	Rod & bar
SB-187	---	C11000	99.9Cu	Rod & bar
SB-395	---	C70600	90Cu-10Ni	Smls, U-bend tube
SB-395	---	C71500	70Cu-30Ni	Smls, U-bend tube

[표3.A.6] 비철합금

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SB-127	---	N04400	67Ni-30Cu	Plate
SB-160	---	N02200	99Ni	Bar,rod
SB-160	---	N02201	99Ni-LowC	Bar,rod
SB-161	---	N02200	99Ni	Smls.pipe&tube
SB-161	---	N02201	99Ni-LowC	Smls.pipe&tube
SB-162	---	N02200	99Ni	Plate,sheet,strip
SB-162	---	N02201	99Ni-LowC	Plate,sheet,strip
SB-163	---	N02200	99Ni	Smls,Tube
SB-163	---	N02201	99Ni-LowC	Smls,Tube
SB-163	---	N04400	67Ni-30Cu	Smls,Tube
SB-163	---	N06600	72Ni-15Cr8Fe	Smls,Tube
SB-163	---	N08800	33Ni-42Fe-21Cr	Smls,Tube
SB-163	---	N08810	33Ni-42Fe-21Cr	Smls,Tube
SB-163	---	N08825	42Ni-21.5Cr-3Mo-2.3Cu	Smls,Tube
SB-164	---	N04400	67Ni-30Cu	Bar,rod
SB-164	---	N04405	67Ni-30Cu-S	Bar,rod
SB-165	---	N04400	67Ni-30Cu	Smls.pipe&tube
SB-166	---	N06600	72Ni-15Cr-8Fe	Bar,rod
SB-167	---	N06600	72Ni-15Cr-8Fe	Smls.pipe&tube
SB-168	---	N06600	72Ni-15Cr-8Fe	Plate
SB-333	---	N10001	62Ni-28Mo-5Fe	Plate,strip
SB-333	---	N10665	65Ni-28Mo-2Fe	Plate,strip
SB-335	---	N10001	62Ni-28Mo-5Fe	Rod
SB-335	---	N10665	62Ni-28Mo-5Fe	Rod
SB-366	...	N06022	55Ni-21Cr-13.5Mo	Smls.&wld.fittings
SB-366	...	N06059	59Ni-23Cr-16Mo	Smls.fittings
SB-366	...	N10276	54Ni-16Mo-15Cr	Smls.fittings
SB-366	...	N10665	65Ni-28Mo-2Fe	Smls.fittings
SB-366	...	N06059	59Ni-23Cr-16Mo	Wld.fittings
SB-366	...	N10276	54Ni-16Mo-15Cr	Wld.fittings
SB-366	...	N10665	65Ni-28Mo-2Fe	Wld.fittings

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SB-407	---	N08800	33Ni-42Fe-21Cr	Smls.Pipe&tube
SB-407	---	N08810	33Ni-42Fe-21Cr	Smls.Pipe&tube
SB-408	---	N08800	33Ni-42Fe-21Cr	Bar,rod
SB-408	---	N08810	33Ni-42Fe-21Cr	Bar,rod
SB-409	---	N08800	33Ni-42Fe-21Cr	Plate
SB-409	---	N08810	33Ni-42Fe-21Cr	Plate
SB-423	---	N08825	42Ni-21.5Cr-3Mo-2.3Cu	Smls.pipe&tube
SB-424	---	N08825	42Ni-21.5Cr-3Mo-2.3Cu	Plate,sheet,strip
SB-425	---	N08825	42Ni-21.5Cr-3Mo-2.3Cu	Bar,rod
SB-434	---	N10003	70Ni-16Mo-7Cr-5Fe	Plate,sheet,strip
SB-435	---	N06002	47Ni-22Cr-9Mo-18Fe	Sheet
SB-435	---	N06002	47Ni-22Cr-9Mo-18Fe	Plate
SB-462	...	N06022	55Ni-21Cr-13.5Mo	Forgings
SB-462	...	N06059	59Ni-23Cr-16Mo	Forgings
SB-462	...	N10276	54Ni-16Mo-15Cr	Forgings
SB-462	...	N10665	65Ni-28Mo-2Fe	Forgings
SB-511	---	N08330	35Ni-19Cr-1.25Si	Bar
SB-514	---	N08800	33Ni-42Fe-21Cr	Welded pipe
SB-514	---	N08810	33Ni-42Fe-21Cr	Welded pipe
SB-515	---	N08800	33Ni-42Fe-21Cr	Welded tube
SB-515	---	N08810	33Ni-42Fe-21Cr	Welded tube
SB-516	---	N06600	72Ni-15Cr-8Fe	Welded tube
SB-517	---	N06600	72Ni-15Cr-8Fe	Welded tube
SB-535	---	N08330	35Ni-19Cr-14Si	Smls.&welded pipe
SB-536	---	N08330	35Ni-19Cr-14Si	Plate,sheet,strip
SB-564	---	N04400	67Ni-30Cu	Forgings
SB-564	...	N06022	55Ni-21Cr-13.5Mo	Forgings
SB-564	...	N06059	59Ni-23Cr-16Mo	Forgings
SB-564	---	N06600	72Ni-15Cr-8Fe	Forgings
SB-564	---	N08800	33Ni-42Fe-21Cr	Forgings
SB-564	---	N08810	33Ni-42Fe-21Cr	Forgings
SB-572	---	N06002	47Ni-22Cr-9Mo-18Fe	Rod
SB-573	---	N10003	70Ni-16Mo-7Cr-5Fe	Rod

[표3.A.7] 티타늄 및 티타늄합금

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SB-574	...	N06022	55Ni-21Cr-13.5Mo	Rod
SB-574	...	N06059	59Ni-23Cr-16Mo	Rod
SB-574	---	N06455	61Ni-16Mo-16Cr	Rod
SB-574	---	N10276	54Ni-16Mo-15Cr	Rod
SB-575	...	N06022	55Ni-21Cr-13.5Mo	Plate, sheet & strip
SB-575	...	N06059	59Ni-23Cr-16Mo	Plate, sheet & strip
SB-575	---	N06455	61Ni-16Mo-16Cr	Plate, sheet & strip
SB-575	---	N10276	54Ni-16Mo-15Cr	Plate, sheet & strip
SB-581	---	N06007	47Ni-22Cr-19Fe-6Mo	Rod
SB-582	---	N06007	47Ni-22Cr-19Fe-6Mo	Plate, sheet, strip
SB-619	---	N06002	47Ni-22Cr-9Mo-18Fe	Welded pipe
SB-619	---	N06007	47Ni-22Cr-19Fe-6Mo	Welded pipe
SB-619	...	N06022	55Ni-21Cr-13.5Mo	Welded pipe
SB-619	...	N06059	59Ni-23Cr-16Mo	Welded pipe
SB-619	---	N06455	61Ni-16Mo-16Cr	Welded pipe
SB-619	---	N10001	62Ni-28Mo-5Fe	Welded pipe
SB-619	---	N10276	54Ni-16Cr-16Mo-5.5Fe	Welded pipe
SB-619	---	N10665	65Ni-28Mo-2Fe	Welded pipe
SB-622	---	N06002	47Ni-22Cr-9Mo-18Fe	Smls, pipe & tube
SB-622	---	N06007	47Ni-22Cr-19Fe-6Mo	Smls, pipe & tube
SB-622	...	N06022	55Ni-21Cr-13.5Mo	Smls, pipe & tube
SB-622	...	N06059	59Ni-23Cr-16Mo	Smls, pipe & tube
SB-622	---	N06455	61Ni-16Mo-16Cr	Smls, pipe & tube
SB-622	---	N10001	62Ni-28Mo-5Fe	Smls, pipe & tube
SB-622	---	N10276	54Ni-16Cr-16Mo-5.5Fe	Smls, pipe & tube
SB-622	---	N10665	65Ni-28Mo-2Fe	Smls, pipe & tube
SB-626	---	N06002	47Ni-22Cr-9Mo-18Fe	Welded tube
SB-626	---	N06007	47Ni-22Cr-19Fe-6Mo	Welded tube
SB-626	...	N06022	55Ni-21Cr-13.5Mo	Welded tube
SB-626	...	N06059	59Ni-23Cr-16Mo	Welded tube
SB-626	---	N06455	61Ni-16Mo-16Cr	Welded tube
SB-626	---	N10001	62Ni-28Mo-5Fe	Welded tube
SB-626	---	N10276	54Ni-16Cr-16Mo-5.5Fe	Welded tube

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SB-265	1	R50250	Ti	Plate, sheet, strip
SB-265	2	R50400	Ti	Plate, sheet, strip
SB-265	3	R50550	Ti	Plate, sheet, strip
SB-265	7	R52400	Ti-Pd	Plate, sheet, strip
SB-265	16	R52402	Ti-Pd	Plate, sheet, strip
SB-265	12	R53400	Ti-0.3Mo-0.8Ni	Plate, sheet, strip
SB-338	1	R50250	Ti	Smls, Tube
SB-338	2	R50400	Ti	Smls, Tube
SB-338	3	R50550	Ti	Smls, Tube
SB-338	7	R52400	Ti-Pd	Smls, Tube
SB-338	16	R52402	Ti-Pd	Smls, Tube
SB-338	12	R53400	Ti-0.3Mo-0.8Ni	Smls, Tube
SB-338	1	R50250	Ti	Wld, Tube
SB-338	2	R50400	Ti	Wld, Tube
SB-338	3	R50550	Ti	Wld, Tube
SB-338	7	R52400	Ti-Pd	Wld, Tube
SB-338	16	R52402	Ti-Pd	Wld, Tube
SB-338	12	R53400	Ti-0.3Mo-0.8Ni	Wld, Tube
SB-348	1	R50250	Ti	Bar, billet
SB-348	2	R50400	Ti	Bar, billet
SB-348	3	R50550	Ti	Bar, billet
SB-348	7	R52400	Ti-Pd	Bar, billet
SB-348	16	R52402	Ti-Pd	Bar, billet
SB-348	12	R53400	Ti-0.3Mo-0.8Ni	Bar, billet
SB-381	F1	R50250	Ti	Forgings
SB-381	F2	R50400	Ti	Forgings
SB-381	F3	R50550	Ti	Forgings
SB-381	F7	R52400	Ti-Pd	Forgings
SB-381	F16	R52402	Ti-Pd	Forgings
SB-381	F12	R53400	Ti-0.3Mo-0.8Ni	Forgings
SB-861	1	R50250	Ti	Smls, Pipe
SB-861	2	R50400	Ti	Smls, Pipe
SB-861	3	R50550	Ti	Smls, Pipe
SB-861	7	R52400	Ti-Pd	Smls, Pipe
SB-861	12	R53400	Ti-0.3Mo-0.8Ni	Smls, Pipe
SB-862	1	R50250	Ti	Wld, Pipe
SB-862	2	R50400	Ti	Wld, Pipe
SB-862	3	R50550	Ti	Wld, Pipe
SB-862	7	R52400	Ti-Pd	Wld, Pipe
SB-862	12	R53400	Ti-0.3Mo-0.8Ni	Wld, Pipe



[표 3.A.8] 철볼트 설계

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
저합금강볼트				
SA-193	B5	K50100	5Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Bolting
SA-193	B7	G41400	1Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Bolting
SA-193	B7M	G41400	1Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Bolting
SA-193	B16	K14072	1Cr- $\frac{1}{2}$ Mo-V	Bolting
SA-320	L7	G41400	1Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Bolting
SA-320	L7A	G40370	C- $\frac{1}{2}$ Mo	Bolting
SA-320	L7M	G41400	1Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Bolting
SA-320	L43	G43400	1 $\frac{1}{2}$ Ni- $\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Bolting
SA-325	1	K02706	Carbon steel	Bolting
SA-354	BC	K04100	Carbon steel	Bolting
SA-354	BD	K04100	Carbon steel	Bolting
SA-437	B4B	K91352	12Cr-1Mo-V-W	Bolting
SA-437	B4C	K91352	12Cr-1Mo-V-W	Bolting
SA-449	---	K04200	Carbon steel	Bolting
SA-449	---	K04200	Carbon steel	Bolting
SA-449	---	K04200	Carbon steel	Bolting
SA-508	5,Cl.2	K42365	3 $\frac{1}{2}$ Ni-1 $\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo-V	Bolting
SA-540	B21,Cl.1	K14073	1Cr- $\frac{1}{2}$ Mo-V	Bolting
SA-540	B21,Cl.2	K14073	1Cr- $\frac{1}{2}$ Mo-V	Bolting
SA-540	B21,Cl.3	K14073	1Cr- $\frac{1}{2}$ Mo-V	Bolting
SA-540	B21,Cl.4	K14073	1Cr- $\frac{1}{2}$ Mo-V	Bolting
SA-540	B21,Cl.5	K14073	1Cr- $\frac{1}{2}$ Mo-V	Bolting
SA-540	B23,Cl.1	H43400	2Ni- $\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Bolting
SA-540	B23,Cl.2	H43400	2Ni- $\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Bolting
SA-540	B23,Cl.3	H43400	2Ni- $\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Bolting
SA-540	B23,Cl.4	H43400	2Ni- $\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Bolting
SA-540	B23,Cl.5	H43400	2Ni- $\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Bolting
SA-540	B24,Cl.1	K24054	2Ni- $\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Bolting
SA-540	B24,Cl.2	K24054	2Ni- $\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Bolting
SA-540	B24,Cl.3	K24054	2Ni- $\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Bolting
SA-540	B24,Cl.4	K24054	2Ni- $\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Bolting
SA-540	B24,Cl.5	K24054	2Ni- $\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Bolting
SA-540	B24V,Cl.3	K24070	2Ni- $\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo-V	Bolting
저합금강너트				
SA-194	2	---	---	Nuts
SA-194	2H	---	---	Nuts
SA-194	2HM	---	---	Nuts
SA-194	3	---	---	Nuts
SA-194	4	---	---	Nuts
SA-194	7	---	---	Nuts
SA-194	7M	---	---	Nuts
SA-194	16	---	---	Nuts

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SA-194	B21	---	---	Nuts
SA-194	B23	---	---	Nuts
SA-540	B24	---	---	Nuts
	B24V	---	---	Nuts
고합금강볼트				
SA-193	B6	S41000	13Cr	Bolting
SA-193	B8,Cl.1	S30400	18Cr-8Ni	Bolting
SA-193	B8,Cl.2	S30400	18Cr-8Ni	Bolting
SA-193	B8C,Cl.1	S34700	18Cr-10Ni-Cb	Bolting
SA-193	B8C,Cl.2	S34700	18Cr-10Ni-Cb	Bolting
SA-193	B8M,Cl.1	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Bolting
SA-193	B8M2	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Bolting
SA-193	B8M2	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Bolting
SA-193	B8M2	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Bolting
SA-193	B8MNA,Cl.1A	S31651	16Cr-12Ni-2Mo-N	Bolting
SA-193	B8NA,Cl.1A	S30451	18Cr-8Ni-N	Bolting
SA-193	B8P,Cl.1	S30500	18Cr-11Ni	Bolting
SA-193	B8P,Cl.2	S30500	18Cr-11Ni	Bolting
SA-193	B8S	S21800	18Cr-8Ni-4Si-N	Bolting
SA-193	B8SA	S21800	18Cr-8Ni-4Si-N	Bolting
SA-193	B8T,Cl.1	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Bolting
SA-193	B8T,Cl.2	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Bolting
SA-320	B8,Cl.1	S30400	18Cr-8Ni	Bolting
SA-320	B8,Cl.2	S30400	18Cr-8Ni	Bolting
SA-320	B8A,Cl.1A	S30400	18Cr-8Ni	Bolting
SA-320	B8C,Cl.1	S34700	18Cr-10Ni-Cb	Bolting
SA-320	B8C,Cl.2	S34700	18Cr-10Ni-Cb	Bolting
SA-320	B8CA,Cl.1A	S34700	18Cr-10Ni-Cb	Bolting
SA-320	B8F,Cl.1	S30323	18Cr-8Ni-S	Bolting
SA-320	B8FA,Cl.1A	S30323	18Cr-8Ni-S	Bolting
SA-320	B8M,Cl.1	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Bolting
SA-320	B8M,Cl.2	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Bolting
SA-320	B8MA,Cl.1A	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Bolting
SA-320	B8T,Cl.1	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Bolting
SA-320	B8T,Cl.2	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Bolting
SA-320	B8TA,Cl.1A	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Bolting
SA-453	651,Cl.A	S63198	19Cr-9Ni-Mo-W	Bolting
SA-453	651,Cl.B	S63198	19Cr-9Ni-Mo-W	Bolting
SA-453	660,Cl.A	S66286	25Ni-15Cr-2Ti	Bolting
SA-453	660,Cl.B	S66286	25Ni-15Cr-2Ti	Bolting
SA-479	XM-19	S20910	22Cr-13Ni-5Mn	Bolting
SA-564	630	S17400	17Cr-4Ni-4Cu	Bolting
SA-705	630	S17400	17Cr-4Ni-4Cu	Bolting

[표3.A.9] 알루미늄합금 및 구리합금 볼트재료 설계

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SB-211	2014	A92014	---	Bolting
SB-211	2024	A92024	---	Bolting
SB-211	6061	A96061	---	Bolting
SB-98	---	C65100	98.5Cu-1.5Si	Rod
SB-98	---	C65500	97Cu-3Si	Rod
SB-98	---	C66100	94Cu-3Si	Rod
SB-150	---	C61400	90Cu-7Al-3Fe	Bar,
SB-150	---	C61400	90Cu-7Al-3Fe	Rod
SB-150	---	C62300	81Cu-10Al-5Ni-3Fe	Bar
SB-150	---	C63000	81Cu-10Al-5Ni-3Fe	Rod
SB-150	---	C63000	81Cu-10Al-5Ni-3Fe	Bar
SB-150	---	C64200	91Cu-7Al-2Si	Bar
SB-150	---	C64200	91Cu-7Al-2Si	Rod
SB-150	---	C10200	99.95Cu-P	Rod
SB-150	---	C11000	99.9Cu	Rod

[표3.A.10] 니켈 및 니켈합금볼트재료 설계

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SB-160	---	N02200	99Ni	Bolting
SB-160	---	N02201	99Ni-LowC	Bolting
SB-164	---	N04400	67Ni-30Cu	Bolting
SB-164	---	N04405	67Ni-30Cu	Bolting
SB-166	---	N06600	72Ni-15Cr-8Fe	Bolting
SB-335	---	N10001	62Ni-28Mo-5Fe	Bolting
SB-335	---	N10665	65Ni-28Mo-2Fe	Bolting
SB-408	---	N08800	33Ni-42Fe-21Cr	Bolting
SB-408	---	N08810	33Ni-42Fe-21Cr	Bolting
SB-425	---	N08825	42Ni-21.5Cr-3Mo-2.3Cu	Bolting
SB-446	1	N06625	60Ni-22Cr-9Mo-3.5Cb	Bolting
SB-572	---	N06002	47Ni-22Cr-9Mo-18Fe	Bolting
SB-572	---	R30556	21Ni-30Fe-22Cr-18Co-3Mo-3W	Bolting
SB-573	---	N10003	70Ni-16Mo-7Cr-5Fe	Bolting
SB-574	---	N06022	55Ni-21Cr-13.5Mo	Bolting
SB-574	---	N06455	61Ni-16Mo-16Cr	Bolting
SB-574	---	N10276	54Ni-16Mo-15Cr	Bolting
SB-581	---	N06007	47Ni-22Cr-19Fe-6Mo	Bolting
SB-581	---	N06030	40Ni-29Cr-15Fe-5Mo	Bolting
SB-581	---	N06975	49Ni-25Cr-18Fe-6Mo	Bolting
SB-621	---	N08320	26Ni-43Fe-22Cr-5Mo	Bolting
SB-637	---	N07718	53Ni-19Cr-19Fe-Cb-Mo	Bolting
SB-637	2	N07750	70Ni-16Cr-7Fe-Ti-Al	Bolting

[표3.A.11] 볼트재료설계

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
저합금강볼트				
SA-193	B5	K50100	5Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Bolting
SA-193	B7	G41400	1Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Bolting
SA-193	B7M	G41400	1Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Bolting
SA-193	B16	K14072	1Cr- $\frac{3}{4}$ Mo-V	Bolting
SA-320	L43	G43400	1 $\frac{1}{2}$ Ni- $\frac{3}{4}$ Cr- $\frac{3}{4}$ Mo	Bolting
SA-437	B4B	K91352	12Cr-1Mo-V-W	Bolting
SA-437	B4C	K91352	12Cr-1Mo-V-W	Bolting
SA-540	B21Cl.1	K14073	12Cr- $\frac{3}{4}$ Mo-V	Bolting
SA-540	B21Cl.2	K14073	12Cr- $\frac{3}{4}$ Mo-V	Bolting
SA-540	B21Cl.3	K14073	12Cr- $\frac{3}{4}$ Mo-V	Bolting
SA-540	B21Cl.4	K14073	12Cr- $\frac{3}{4}$ Mo-V	Bolting
SA-540	B21Cl.5	K14073	12Cr- $\frac{3}{4}$ Mo-V	Bolting
SA-540	B22Cl.1	K41420	1Cr-1Mn- $\frac{3}{4}$ Mo	Bolting
SA-540	B22Cl.2	K41420	1Cr-1Mn- $\frac{3}{4}$ Mo	Bolting
SA-540	B22Cl.3	K41420	1Cr-1Mn- $\frac{3}{4}$ Mo	Bolting
SA-540	B22Cl.4	K41420	1Cr-1Mn- $\frac{3}{4}$ Mo	Bolting
SA-540	B22Cl.5	K41420	1Cr-1Mn- $\frac{3}{4}$ Mo	Bolting
SA-540	B23Cl.1	H43400	2Ni- $\frac{3}{4}$ Cr- $\frac{3}{4}$ Mo	Bolting
SA-540	B23Cl.2	H43400	2Ni- $\frac{3}{4}$ Cr- $\frac{3}{4}$ Mo	Bolting
SA-540	B23Cl.3	H43400	2Ni- $\frac{3}{4}$ Cr- $\frac{3}{4}$ Mo	Bolting
SA-540	B23Cl.4	H43400	2Ni- $\frac{3}{4}$ Cr- $\frac{3}{4}$ Mo	Bolting
SA-540	B23Cl.5	H43400	2Ni- $\frac{3}{4}$ Cr- $\frac{3}{4}$ Mo	Bolting
SA-540	B24Cl.1	K24064	2Ni- $\frac{3}{4}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Bolting
SA-540	B24Cl.2	K24064	2Ni- $\frac{3}{4}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Bolting
SA-540	B24Cl.3	K24064	2Ni- $\frac{3}{4}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Bolting
SA-540	B24Cl.4	K24064	2Ni- $\frac{3}{4}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Bolting
SA-540	B24Cl.5	K24064	2Ni- $\frac{3}{4}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	Bolting

재료규격	형식/등급/분류	UNS No.	공칭성분	생산형태
SA-540	B24VCl.3	K24070	2Ni-#Cr- 1/2Mo-V	Bolting
코합금강볼트				
SA-193	B6	S41000	13Cr	Bolting
SA-193	B8Cl.1	S30400	18Cr-8Ni	Bolting
SA-193	B8CCl.1	S34700	18Cr-10Ni-Cb	Bolting
SA-193	B8MCl.1	S31600	16Cr-12Ni-2Mo	Bolting
SA-193	B8MNAcl.1A	S31651	16Cr-12Ni-2Mo-N	Bolting
SA-193	B8NAcl.1A	S30451	18Cr-8Ni-N	Bolting
SA-193	B8S	S21800	18Cr-8Ni-4Si-N	Bolting
SA-193	B8SA	S21800	18Cr-8Ni-4Si-N	Bolting
SA-193	B8TCl.1	S32100	18Cr-10Ni-Ti	Bolting
SA-193	B8R.Cl.1C	S20910	22Cr-13Ni-5Mn	Bolting
SA-193	B8RA	S20910	22Cr-13Ni-5Mn	Bolting
SA-453	651Cl.A	S63198	19Cr-9Ni-Mo-W	Bolting
SA-453	651Cl.B	S63198	19Cr-9Ni-Mo-W	Bolting
SA-453	660Cl.A	S66286	25Ni-15Cr-2Ti	Bolting
SA-453	660Cl.B	S66286	25Ni-15Cr-2Ti	Bolting
SA-564	630	S17400	17Cr-4Ni-4Cu	Bolting
SA-564	TemperH1100	S17400	17Cr-4Ni-4Cu	Bolting
SA-705	630	S17400	17Cr-4Ni-4Cu	Bolting
SA-705	TemperH1100	S17400	17Cr-4Ni-4Cu	Bolting
니켈 합금볼트				
SB-164	---	N04400	67Ni-30Cu	Bolting
SB-164	---	N04405	67Ni-30Cu-S	Bolting
SB-637	---	N07718	53Ni-19Cr-19Fe-Cb-Mo	Bolting
SB-637	2	N07750	70Ni-16Cr-7Fe-Ti-Al	Bolting

[표 3.1] 재료규격

공칭 조성	타입/등급	규격	제품 형식
24Cr-1Mo	등급 22, Cl.3	SA-508	단조품
	등급 22, Cl.3	SA-541	단조품
	B형, Cl.4	SA-542	관재
24Cr-1Mo-4V	등급 F22V	SA-182	단조품
	등급 F22V	SA-336	단조품
	등급 22V	SA-541	단조품
	D형, Cl.4a	SA-542	관재
	등급 22V	SA-832	관재
3Cr-1Mo-4V-Ti-B	등급 F3V	SA-182	단조품
	등급 F3V	SA-336	단조품
	등급 3V	SA-508	단조품
	등급 3V	SA-541	단조품
	C형, Cl.4a	SA-542	관재
	등급 21V	SA-832	관재

[표 3.2] 2.25Cr-1Mo-0.25V 용접금속에 대한 조성 요건

용접 공정	C	Mn	Si	Cr	Mo	P	S	V	Cb
SAW	0.05-0.15	0.50-1.30	0.05-0.35	2.00-2.60	0.90-1.20	최대0.015	최대0.015	0.20-0.40	0.010-0.040
SMAW	0.05-0.15	0.50-1.30	0.20-0.50	2.00-2.60	0.90-1.20	최대0.015	최대0.015	0.20-0.40	0.010-0.040
GTAW	0.05-0.15	0.30-1.10	0.05-0.35	2.00-2.60	0.90-1.20	최대0.015	최대0.015	0.20-0.40	0.010-0.040
GMAW	0.05-0.15	0.30-1.10	0.20-0.50	2.00-2.60	0.90-1.20	최대0.015	최대0.015	0.20-0.40	0.010-0.040

[표 3.3] 2.25Cr-1Mo 재료에 대한 인성 요건

시험편의 개수	충격에너지, Joules (ft-lb)
평균 3	54(40)
한 조에 단 하나	48(35)

주: 최저설계금속온도에서 시험되는 전체크기 샤프피 V-노치, 가로방향

[표 3.4] 저합금 볼트재료

재료규격	재료 형/등급	지름 mm(in)	충격시험이 없는 최저 설계금속온도(°F)
저합금 볼트			
SA-193	B5	102(4)까지, 102를 포함	-29 (-20)
		64(2-1/2) 이하	-48 (-55)
	B7	64초과 102(2-1/2 - 4)까지, 102를 포함	-40 (-40)
		102초과 178(4-7)까지, 178을 포함	-40 (-40)
	B7M	64(2-1/2) 이하	-48 (-55)
	B16	64(2-1/2) 이하	-29 (-20)
64초과 102까지(2-1/2 - 4), 102 포함		-29 (-20)	
		102초과 178까지(4 - 7), 178 포함	-29 (-20)
SA-320	L7	64(2-1/2) 이하	화력설비 146조제2항제4호나, 참조
	L7A	64(2-1/2)까지, 64 포함	화력설비 146조제2항제4호나, 참조
	L7M	64(2-1/2) 이하	화력설비 146조제2항제4호나, 참조
	L43	25(1) 이하	화력설비 146조제2항제4호나, 참조
SA-325	1	13부터 38까지 (1/2 - 1-1/2), 38을 포함	-29 (-20)
SA-354	BC	102(4)까지	-18 (0)
	BD	102(4)까지, 102를 포함	-7 (+20)
SA-437	B4B, B4C	모든 지름	화력설비 146조제2항제4호나, 참조
SA-449	-	76(3)까지, 76포함	-29 (-20)
SA-508	5 Cl.2	모든 지름	화력설비 146조제2항제4호나, 참조
SA-540	B21	모든 지름	충격시험이 요구된다.
		B23 Cl. 1&2	모든 지름
	B23 Cl. 3&4	152(6)까지, 152 포함	화력설비 146조제2항제4호나, 참조
		152초과 241까지(6 - 9-1/2), 241 포함	충격시험이 요구된다.
	B23 Cl.5	203(8)까지, 203 포함	화력설비 146조제2항제4호나, 참조
		203 초과 241(8 - 9-1/2)까지, 241 포함	충격시험이 요구된다.
	B24 Cl.1	152(6)까지, 152 포함	화력설비 146조제2항제4호나, 참조
		152 초과 203(6 - 8)까지, 203 초과	충격시험이 요구된다.
	B24 Cl.2	178(7)까지, 178 포함	화력설비 146조제2항제4호나, 참조
		178 초과 241(7 - 9-1/2)까지, 241 포함	충격시험이 요구된다.
	B24 Cl.3&4	203(8)까지, 203 포함	화력설비 146조제2항제4호나, 참조
		203 초과 241(8 - 9-1/2)까지, 241 포함	충격시험이 요구된다.
B24 Cl.5	241(9-1/2)까지, 241 포함	화력설비 146조제2항제4호나, 참조	
B24 Cl.3	모든 지름	화력설비 146조제2항제4호나, 참조	
저합금강 너트			
SA-194	2, 2H, 2HM, 3, 4, 7, 7M, 16	모든 지름	-48 (-55)
SA-540	B21, B23, B24, B24V	모든 지름	-48 (-55)

[표 3.5] 고합금 볼트재료

재료규격	재료 타입/등급	지름 mm(in)	충격시험이 없는 최저 설계금속온도(°F)
SA-193	B6	102(4) 이하	-29 (-20)
	B8 Cl. 1	모든 지름	-254 (-425)
	B8 Cl. 2	38(1-1/2)까지, 38 포함	충격시험이 요구된다.
	B8C Cl. 1	모든 지름	-254 (-425)
	B8C Cl. 2	19 - 38(0.75 - 1-1/2), 38 포함	충격시험이 요구된다.
SA-193	B8M Cl. 1	모든 지름	-254 (-425)
	B8M2	51 - 64 (2 - 2-1/2), 64 포함	충격시험이 요구된다.
	B8MNA Cl. 1A	모든 지름	-196 (-320)
	B8NA Cl. 1A	모든 지름	-196 (-320)
	B8P Cl. 1	모든 지름	충격시험이 요구된다.
	B8P Cl. 2	38(1-1/2)까지, 38 포함	충격시험이 요구된다.
	B8S, 88SA	모든 지름	충격시험이 요구된다.
	B8T Cl. 1	모든 지름	-254 (-425)
B8T Cl. 2	19 - 25(3/4 - 1), 25 포함	충격시험이 요구된다.	
SA-320	B8 Cl. 1	모든 지름	화력설비 146조제2항제4호나, 참조
	B8 Cl. 2	25(1)까지, 25 포함	화력설비 146조제2항제4호나, 참조
	B8A Cl. 1A	모든 지름	화력설비 146조제2항제4호나, 참조
	B8C Cl. 1&1A	모든 지름	화력설비 146조제2항제4호나, 참조
	B8C Cl. 2	25(1)까지, 25 포함	화력설비 146조제2항제4호나, 참조
	B8CA Cl. 1A	모든 지름	화력설비 146조제2항제4호나, 참조
	B8F Cl. 1	모든 지름	화력설비 146조제2항제4호나, 참조
	B8FA Cl. 1A	모든 지름	화력설비 146조제2항제4호나, 참조
	B8M Cl. 1	모든 지름	화력설비 146조제2항제4호나, 참조
	B8M Cl. 2	38(1-1/2)까지, 38 포함	화력설비 146조제2항제4호나, 참조
	B8MA Cl. 1A	모든 지름	화력설비 146조제2항제4호나, 참조
	B8T Cl. 1	모든 지름	화력설비 146조제2항제4호나, 참조
	B8T Cl. 2	38(1-1/2)까지, 38 포함	화력설비 146조제2항제4호나, 참조
B8TA Cl. 1A	모든 지름	화력설비 146조제2항제4호나, 참조	
SA-453	651 Cl. A&B, 660 Cl. A&B	모든 지름	충격시험이 요구된다.
SA-479	XM-19	203(8)까지, 203 포함	충격시험이 요구된다.
SA-564	630	203(8)까지, 203 포함	충격시험이 요구된다.
SA-705	630	203(8)까지, 203 포함	충격시험이 요구된다.

[표 3.6] 알루미늄, 동 및 알루미늄합금 볼트재료

재료 규격	UNS
SB-98	C65100, C65500, C66100
SB-150	C61400, C62300, C63000, C64200
SB-187	C10200, C11000
SB-211	A92014, A92024, A96061

주: 이 표 내에 기재된 모든 볼트 재료에 대한 최저설계금속온도는 -196℃(-320°F)이다.

[표 3.7] 니켈 및 니켈합금 볼트재료

재료 규격	UNS
SB-160	N02200, N02201
SB-164	N04400, N04405
SB-166	N06600
SB-335	N10001, N10665
SB-408	N08800, N08810
SB-425	N08825
SB-446	N06625
SB-572	N06002, R30556
SB-573	N10003
SB-574	N06022, N06455, N10276
SB-581	N06007, N06030, N06975
SB-621	N08320
SB-637	N07718, N07750

주: 이 표 내에 기재된 모든 볼트 재료에 대한 최저설계금속온도는 -196℃(-320°F)이다.

[표 3.8] 플랜지와 함께 사용하기 위한 볼트 재료

재료 규격	재료 등급
SA-193	B5, B6, B7, B7M, B8, B8M, B8, B8C, B8M, B8MNA, B8NA, B8R, B8RA, B8S, B8SA, B8T, B16
SA-320	L43
SA-437	B4B, B4C
SA-453	651, 660
SA-540	B21, B22, 823, B24, B24V
SA-564	630
SA-705	630
SA-164	N04400, N04405
SA-637	N07718, N07750

주: 충격시험 요구사항에 대해서는 화력설비 146조제6항제2호 참조한다.

[표 3.9] 50 mm(2 in) 미만의 두께를 가진 구조물에 대한 최고심각도 수준

결함의 종류	두께 < 25 mm (1 in)	두께 25 mm < 50 mm (1 in < 2 in)
A - 가스 다공성	1	2
B - 모래와 슬래그	2	3
C - 수축 (4 종류)	1	3
D - 균열	0	0
E - 열간 인열	0	0
F - 삽입물	0	0
G - 반점	0	0

[표 3.10] 50 ~ 305 mm(2~12 in)의 두께를 가진 구조물에 대한 최고심각도 수준

결합의 종류	두께 50 mm - 115 mm (2 in - 4-1/2 in)	두께 >115 mm - 305 mm ( >4-1/2 in - 12 in)
A - 가스 다공성	2	2
B - 모래와 슬래그	2	2
C - 수축, 1형	1	2
C - 수축, 2형	2	2
C - 수축, 3형	3	2
D - 균열	0	0
E - 열간 인열	0	0

[표 3.11] 최저설계금속온도 아래에서 샤르피 충격시험 온도감소 (1)

실제 재료두께 (발전용 화력설비 146조제7항제5호나, 참조) 또는 노치에 의한 샤르피 충격 시험편의 폭		온도 감소	
mm	in.	°C	°F
10 (전체크기 표준 봉재)	0.394	0	0
9	0.354	0	0
8	0.315	0	0
7.5 (3/4 크기 봉재)	0.295	3	5
7	0.276	4	8
6.65 (2/3 크기 봉재)	0.262	6	10
6	0.236	8	15
5(1/2 크기 봉재)	0.197	11	20
4	0.158	17	30
3.33 (1/3 크기 봉재)	0.131	19	35
3	0.118	22	40
2.5 (1/4 크기 봉재)	0.099	28	50

주:  
 1) 서브사이즈 샤르피 충격 시험편의 폭이 그 재료 두께의 80% 미만일 때 655 MPa (95 ksi)미만의 규정최소 인장강도를 가진 탄소강과 저합금 재료  
 2) 중간 값은 직선보간이 허용된다.

[표 3.12] 최소규정항복강도의 합수로서 탄소강 및 저합금강에 대한 전체 크기 시험편에 대한 샤르피 V-노치 충격시험 요건

- 용접후열처리를 받지 않는 부품 (그림 3.3과 3.3M 참조)

두께 (mm)	샤르피 V-노치 (J)					두께 (in)	샤르피 V-노치 (ft-lbs)				
	규정최소항복강도 (MPa)						규정최소항복강도 (ksi)				
	205	260	345	450	550		30	38	50	65	80
6	27	27	27	27	27	0.25	20	20	20	20	20
10	27	27	27	27	31	0.375	20	20	20	20	23
13	27	27	27	27	36	0.5	20	20	20	20	27
16	27	27	27	29	43	0.625	20	20	20	21	32
19	27	27	27	34	51	0.75	20	20	20	25	37
25	27	27	27	45	62	1	20	20	20	33	46
32	27	27	34	53	72	1.25	20	20	25	39	53
38	27	27	40	61	82	1.5	20	20	30	45	60

주: 이 표에서 주어진 샤르피 V-노치 값은 그림 3.3과 3.3M에서 원활한 곡선을 나타낸다.

[표 3.13] 최소규정항복강도의 함수로서 탄소강 및 저합금강에 대한 전체 크기 시험편에 대한 샤르피 V-노치 충격시험 요건

- 용접후열처리를 받는 부품 (그림 3.4와 3.4M 참조)

두께 (mm)	샤르피 V-노치 (J)					두께 (in)	샤르피 V-노치 (ft-lbs)				
	규정최소항복강도 (MPa)						규정최소항복강도 (ksi)				
	205	260	345	450	550		30	38	50	65	80
6	27	27	27	27	27	0.25	20	20	20	20	20
10	27	27	27	27	27	0.375	20	20	20	20	20
13	27	27	27	27	27	0.5	20	20	20	20	20
16	27	27	27	27	27	0.625	20	20	20	20	20
19	27	27	27	27	27	0.75	20	20	20	20	20
25	27	27	27	27	27	1	20	20	20	20	20
32	27	27	27	27	34	1.25	20	20	20	20	25
38	27	27	27	27	40	1.5	20	20	20	20	30
44	27	27	27	31	47	1.75	20	20	20	23	35
51	27	27	27	35	52	2	20	20	20	26	38
57	27	27	27	40	56	2.25	20	20	20	29	41
64	27	27	27	43	60	2.5	20	20	20	32	44
70	27	27	29	46	64	2.75	20	20	21	34	47
76	27	27	31	49	68	3	20	20	23	36	50
83	27	27	33	52	71	3.25	20	20	25	38	52
89	27	27	35	54	74	3.5	20	20	26	40	54
95	27	27	37	56	76	3.75	20	20	27	42	56
102	27	27	38	58	78	4.0	20	20	28	43	58
108	27	27	39	59	80	4.25	20	20	29	44	59
114	27	27	40	60	81	4.5	20	20	29	45	60
121	27	27	40	61	82	4.75	20	20	30	45	60
127	27	27	41	61	82	5	20	20	30	45	61
133	27	27	41	61	82	5.25	20	20	30	45	61
140	27	27	41	61	82	5.5	20	20	30	45	61
146	27	27	41	61	82	5.75	20	20	30	45	61
152	27	27	41	61	82	6	20	20	30	45	61
159	27	27	41	61	82	6.25	20	20	30	45	61
165	27	27	41	61	82	6.5	20	20	30	45	61
171	27	27	41	61	82	6.75	20	20	30	45	61
178	27	27	41	61	82	7	20	20	30	45	61

주: 이 표에서 주어진 샤르피 V-노치 값은 그림 3.4과 3.4M에서 원활한 곡선을 나타낸다.

[표 3.14] 충격시험 면제곡선

- 용접후열처리를 받지 않는 부품 (그림 3.7 및 3.7M 참조)

두께 (mm)	면제 곡선 (°C)				두께 (in)	면제 곡선 (°F)			
	A	B	C	D		A	B	C	D
0	20.5	-0.6	-21.7	-36.1	0	68.9	30.9	-7.1	-33.1
10	20.5	-0.6	-21.7	-36.1	0.394	68.9	30.9	-7.1	-33.1
13	22.9	1.8	-19.3	-33.7	0.5	73.3	35.3	-2.7	-28.7
16	26.3	5.1	-16.0	-30.4	0.625	79.3	41.3	3.3	-22.7
19	29.6	8.5	-12.6	-27.1	0.75	85.3	47.3	9.3	-16.7
25	35.2	14.1	-7.0	-21.4	1	95.4	57.4	19.4	-6.6
32	39.7	18.6	-2.6	-17.0	1.25	103.4	65.4	27.4	1.4
38	43.4	22.3	1.2	-13.2	1.5	110.2	72.2	34.2	8.2

주: 이 표에서 주어진 샤르피 V-노치 값은 그림 3.7과 3.7M에서 원활한 곡선을 나타낸다.

[표 3.15] 충격시험 면제곡선

- 용접후열처리를 받는 부품과 비용접 부품(그림 3.8 및 3.8M 참조)

두께 (mm)	면제 곡선 (°C)				두께 (in)	면제 곡선 (°F)			
	A	B	C	D		A	B	C	D
0	0.6	-20.5	-41.6	-48.3	0	33.2	-4.8	-42.8	-55.0
10	0.6	-20.5	-41.6	-48.3	0.394	33.2	-4.8	-42.8	-55.0
13	3.8	-17.3	-38.4	-48.3	0.5	38.9	0.9	-37.1	-55.0
16	7.9	-13.2	-34.3	-48.3	0.625	46.2	8.2	-29.8	-55.0
19	11.7	-9.4	-30.5	-45.0	0.75	53.0	15.0	-23.0	-49.0
25	17.5	-3.6	-24.7	-39.2	1	63.5	25.5	-12.5	-38.5
32	21.7	0.5	-20.6	-35.0	1.25	71.0	33.0	-5.0	-31.0
38	24.9	3.8	-17.3	-31.8	1.5	76.8	38.8	0.8	-25.2
44	27.7	6.6	-14.6	-29.0	1.75	81.8	43.8	5.8	-20.2
51	30.1	9.0	-12.1	-26.5	2	86.2	48.2	10.2	-15.8
57	32.4	11.3	-9.9	-24.3	2.25	90.3	52.3	14.3	-11.7
64	34.4	13.3	-7.8	-22.3	2.5	93.9	55.9	17.9	-8.1
70	36.2	15.1	-6.0	-20.5	2.75	97.2	59.2	21.2	-4.8
76	37.8	16.7	-4.4	-18.9	3	100.0	62.0	24.0	-2.0
83	39.2	18.1	-3.0	-17.5	3.25	102.6	64.6	26.6	0.6
89	40.4	19.3	-1.8	-16.3	3.5	104.7	66.7	28.7	2.7
95	41.4	20.3	-0.8	-15.3	3.75	106.5	68.5	30.5	4.5
102	42.2	21.1	-0.1	-14.5	4	107.9	69.9	31.9	5.9

주: 이 표에서 주어진 샤르피 V-노치 값은 그림 3.8과 3.8M에서 원활한 곡선을 나타낸다.

[표 3.16] 충격시험 없는 최저설계금속온도의 감소

- 용접후열처리를 받지 않는 부품 (그림 3.12 및 3.12 M 참조)

응력 또는 두께 비율	$T_R(^{\circ}\text{C})$		$T_R(^{\circ}\text{F})$	
	규정최소항복강도(MPa)		규정최소항복강도(ksi)	
	$\leq 345 \text{ MPa}$	$> 345 \text{ MPa}$ $\leq 450 \text{ MPa}$	$\leq 50 \text{ ksi}$	$> 50 \text{ ksi}$ $\leq 65 \text{ ksi}$
1.000	0.0	0.0	0.0	0.0
0.940	2.7	2.5	4.9	4.5
0.884	5.2	4.7	9.3	8.4
0.831	7.3	6.6	13.2	11.9
0.781	9.3	8.4	16.7	15.1
0.734	11.1	10.0	20.0	18.1
0.690	12.8	11.5	23.0	20.8
0.648	14.3	13.0	25.8	23.3
0.610	15.8	14.3	28.5	25.7
0.573	17.2	15.5	31.0	27.9
0.539	18.5	16.7	33.3	30.0
0.506	19.7	17.7	35.5	31.9
0.476	20.9	18.8	37.6	33.8
0.447	22.0	19.7	39.6	35.5
0.421	23.1	20.6	41.5	37.1
0.395	24.0	21.5	43.3	38.7
0.372	25.0	22.3	45.0	40.1
0.349	25.9	23.1	46.6	41.5
0.328	26.7	23.8	48.1	42.8
0.309	27.5	24.5	49.6	44.0
0.290	28.3	25.1	50.9	45.2
0.273	29.0	25.7	52.2	46.3
0.256	29.7	26.3	53.5	47.3
0.241	30.4	26.8	54.6	48.3

주: 이 표에서 주어진 온도 감소 값은 그림 3.12 및 3.12 M에서 원활한 곡선을 나타낸다.

[표 3.17] 충격시험 없는 최저설계금속온도의 감소

- 용접후열처리를 받는 부품과 비용접 부품 (그림 3.13 및 3.13 M 참조)

응력 또는 두께 비율	$T_R(^{\circ}\text{C})$		$T_R(^{\circ}\text{F})$	
	규정최소항복강도(MPa)		규정최소항복강도(ksi)	
	$\leq 345 \text{ MPa}$	$> 345 \text{ MPa}$ $\leq 450 \text{ MPa}$	$\leq 50 \text{ ksi}$	$> 50 \text{ ksi}$ $\leq 65 \text{ ksi}$
1.000	0.0	0.0	0.0	0.0
0.940	3.0	2.6	5.4	4.6
0.884	5.9	5.0	10.6	8.9
0.831	8.7	7.3	15.6	13.1
0.781	11.5	9.5	20.7	17.2
0.734	14.3	11.7	25.8	21.1
0.690	17.3	13.9	31.1	25.0
0.648	20.3	16.1	36.5	29.0
0.610	23.5	18.3	42.2	32.9
0.573	26.9	20.5	48.4	36.8
0.539	30.6	22.7	55.0	40.9
0.506	34.7	25.0	62.5	45.0
0.476	39.5	27.3	71.1	49.2
0.447	45.3	29.8	81.6	53.6
0.421	52.9	32.3	95.2	58.1
0.395	-	35.0	-	62.9
0.372	-	37.8	-	68.1
0.349	-	40.9	-	73.6
0.328	-	44.3	-	79.7
0.309	-	48.0	-	86.4
0.290	-	52.3	-	94.2
0.273	-	-	-	-
0.256	-	-	-	-
0.241	-	-	-	-

주: 이 표에서 주어진 온도 감소 값은 그림 3.13 및 3.13 M에서 원활한 곡선을 나타낸다.



[표 4.1.1] 설계하중

설계하중 매개변수	내용
$P$	규정 설계내압 또 설계외압
$P_s$	액체 또는 포장하지 않은 내용물(예, 촉매)의 정수두
$D$	다음을 포함하는 관심 위치에서의 용기, 내용물 및 부속품의 사하중 · 내장 부품 및 지지물(예, 스킵트, 러그, 새들 및 다리)과 부속품(예, 플랫폼, 사다리, 등) · 운전 및 시험 조건에서의 용기 내용물의 무게 · 내화물 라이닝, 단열재 · 모터, 기계, 다른 용기 및 배관과 같은 부착 기기의 중량으로부터 정적 반력
$L$	· 부속품 활하중 · 유체 흐름의 영향
$E$	지진하중
$W$	풍하중
$S$	설하중
$F$	폭연으로 인한 하중

[표 4.1.2] 설계하중의 조합

설계하중의 조합(1)	일반 1차 허용응력 (2)
$P + P_s + D$	$S$
$P + P_s + D + L$	$S$
$P + P_s + D + S$	$S$
$0.9P + P_s + 0.75L + 0.75S$	$S$
$0.9P + P_s + D + (W \text{ 또는 } 0.72E)$	$S$
$0.9P + P_s + D + 0.75(W \text{ 또는 } 0.72E) + 0.75L + 0.75S$	$S$
$0.6D + (W \text{ 또는 } 0.72E) \text{ (3)}$	$S$
$P_s + D + F$	

주

- 1) 설계하중의 조합 칸에서 사용하는 매개변수들은 표 4.1.1에 정의되어 있다.
- 2)  $S$ 는 그 하중조합에 대한 허용응력이다(제148조 제4항1. 다. 참조).
- 3) 이 하중조합은 전복조건을 다룬다. 만일 설계에 앵커가 포함되어 있으면, 이 하중조합의 고려는 필요하지 않다.

[표 4.2.1] 용접범주의 정의

용접범주	내용
A	· 주 동체, 통로 압력실(1), 지름의 천이부 또는 노즐 이내의 길이방향 및 나선방향 용접이음 · 구 이내, 성형경관 또는 평 경관 이내 또는 사각형 용기의 측판(2) 이내에 있는 어느 용접이음 · 반구형 경관을 주 동체, 지름의 천이부, 노즐 또는 통로 압력실에 연결하는 원둘레 용접이음
B	· 대단부 또는 소단부에서 천이부와 원통 사이의 이음을 포함한, 주 동체, 통로 압력실(1), 노즐 또는 지름의 천이 이내의 원둘레 용접이음 · 주 동체, 지름의 천이부, 노즐 또는 통로 압력실에 반구형이 아닌 성형 경관을 연결하는 원둘레 용접이음
C	· 주 동체, 성형 경관, 지름의 천이부, 노즐 또는 통로 압력실(1)에 플랜지, 반 스톤 랩(Van Stone lap), 관관 또는 평경관을 연결하는 용접이음 · 사각형 용기의 한 측판(1)을 다른 측판에 연결하는 어느 용접이음
D	· 주 동체, 구, 지름의 천이부, 경관 또는 사각형 용기에 통로 압력실(1)이나 노즐을 연결하는 용접이음 · 노즐을 통로 압력실(1)에 연결하는 용접이음(지름 천이부의 소단부에 있는 노즐에 대해서, 범주 B 참조)
E	· 비압력부품과 보강재를 부착하는 용접이음

비고:

1. 통로 압력실은 용기의 동체나 경관을 가로지르고 압력방호 밀폐공간의 일체형 부분을 형성하는 그 용기의 부속품으로 정의한다.
2. 사각형 용기의 측판은 한 압력방호 밀폐공간을 형성하는 평판들 중 어느 하나로서 정의한다.

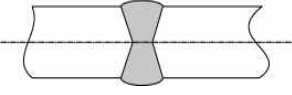
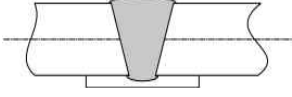
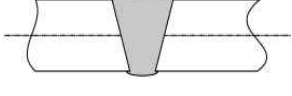
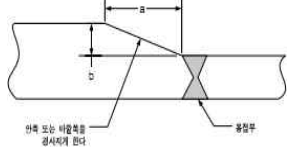
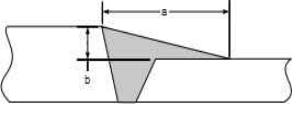
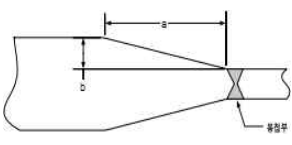
[표 4.2.2] 용접이음 형식의 정의

용접이음 형식	내용
1	양쪽 면 용접이나 안쪽 및 바깥쪽 표면에 같은 품질의 용착금속을 만드는 다른 수단들로 만드는 맞대기이음 및 원추 꼭지각의 반이 30° 이하인 각 이음. 제자리에 남아 있는 받침쇠를 사용하는 용접은 형식 No.1 맞대기이음으로서 자격이 없다.
2	제자리에 남아 있는 받침쇠가 있는 한쪽으로부터 용접하여 만드는 맞대기이음.
3	받침쇠가 없이 한쪽으로부터 용접하여 만드는 맞대기이음.
7	커버 필릿용접이 있거나 없이 완전용입 용접으로 제작되는 모서리이음.
8	원추 꼭지각의 반이 30°를 초과하는 곳에서 완전용입 용접으로 제작되는 각 이음.
9	커버 필릿용접이 있거나 없이 부분용입 용접으로 제작되는 모서리이음.
10	필릿용접.

[표 4.2.3] 용접과 제작 요건에 대한 재료 형식의 정의

재료 형식	내용
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>· P-No. 1, 그룹 1, 2 및 3</li> <li>· SA-302를 제외한 P-No. 3, 그룹 3</li> <li>· P-No. 4, 그룹 1, SA-378, 등급 12 만</li> <li>· P-No. 8, 그룹 1 및 2</li> <li>· P-No. 9A, 그룹 1</li> </ul>
2	재료 형식 1, 3 및 4에 포함되지 않은 재료들
3	담금질과 템퍼링을 한 고강도강(표 3.A.4 참조), 단조 용기와 사용할 때는 SA-372, 형식 IV 및 V 제외
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>· P-No. 21 부터 P-No. 25</li> <li>· P-No. 31 부터 P-No. 35</li> <li>· P-No. 41 부터 P-No. 45</li> </ul>

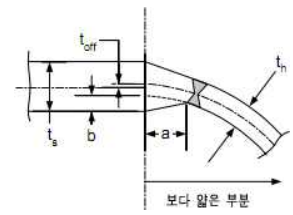
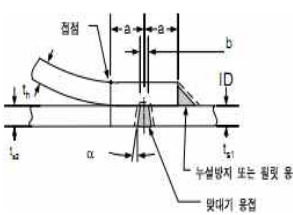
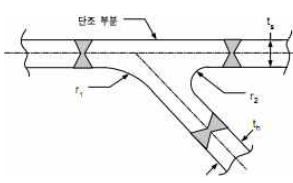
[표 4.2.4] 동체 이음매에 대해서 허용할 수 있는 일부 용접이음들

상세	이음 형식	이음 범주	설계 주	그림
1	1	A,B,C,D		
2	2	B		
3	3	B		
4	1	A,B,C,D	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <math>a \geq 3b</math></li> <li>· 테이퍼의 길이 <math>a</math>는 용접을 포함할 수 있다.</li> </ul>	
5	1	A,B,C,D	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 이음 형식 2와 형식 3은 허용할 수 있다. 제한에 대하여 제149조 제4항1.~5. 참조.</li> </ul>	
6	1	A,B,C,D	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <math>a \geq 3b</math></li> <li>· 테이퍼의 길이 <math>a</math>는 용접을 포함할 수 있다.</li> <li>· 이음 형식 2와 형식 3은 허용할 수 있다. 제한에 대하여 제149조 제4항1.~5. 참조.</li> </ul>	

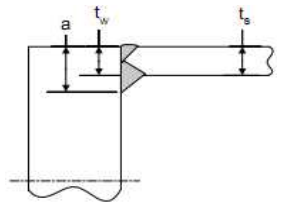
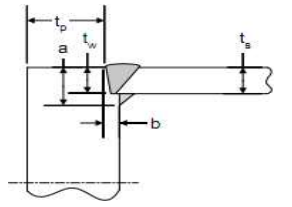
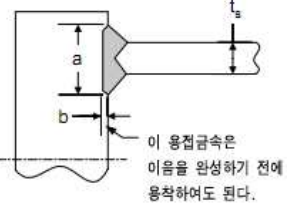
상세	이음 형식	이음 범주	설계 주	그림
7	1	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 용접 배벨은 도해만을 위해서 나타낸다.</li> <li>· <math>t_1 \geq \max[0.8t_m, t_{pipe}]</math></li> <li>· <math>\alpha \leq 30^\circ</math></li> <li>· <math>\beta, 14^\circ \leq \beta \leq 18.5^\circ</math></li> <li>· r, 6 mm 최소 반지름</li> <li>· 이음 형식 2와 3은 허용할 수 있다. 제한에 대하여 제149조 제4항 1.~5. 참조.</li> </ul>	
8	1	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <math>t_1 \geq \max[0.8t_m, t_{pipe}]</math></li> <li>· <math>\alpha \leq 30^\circ</math></li> <li>· <math>\beta, 14^\circ \leq \beta \leq 18.5^\circ</math></li> <li>· r, 6 mm 최소 반지름</li> <li>· 이음 형식 2와 3은 허용할 수 있다. 제한에 대하여 제149조 제4항 1.~5. 참조.</li> </ul>	
9	1	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <math>\alpha \leq 30^\circ</math></li> <li>· 4.2.5.3.f항 참조.</li> <li>· 이음 형식 2와 3은 허용할 수 있다. 제한에 대하여 제149조 제4항 1.~5. 참조.</li> </ul>	
10	8	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <math>\alpha &gt; 30^\circ</math></li> </ul>	
11	1	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <math>\alpha \leq 30^\circ</math></li> <li>· 4.2.5.3.f항 참조.</li> <li>· 이음 형식 2와 3은 허용할 수 있다. 제한에 대하여 제149조 제4항 1.~5. 참조.</li> </ul>	
12	8	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <math>\alpha &gt; 30^\circ</math></li> </ul>	

[표 4.2.5] 성형 경관에 대해서 허용할 수 있는 일부 용접이음들

상세	이음 형식	이음 범주	설계 주	그림
1	1	A, B	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 이음 형식 2와 3은 허용할 수 있다. 제한에 대하여 제149조 제4항 1.~5. 참조.</li> </ul>	
2	1	A, B	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <math>t_h</math>가 <math>t_s</math>를 초과할 때, <math>a \geq 3b</math></li> <li>· <math>t_{off} \leq 0.5(t_h - t_s)</math></li> <li>· 요구되는 테이퍼 길이를 제공하기 위해서 필요할 때를 제외하고는 스킵트 최소길이는 <math>\min[3t_h, 38mm]</math>이다.</li> <li>· 만일 <math>t_h \leq 1.25t_s</math> 이상이면, 스킵트의 길이는 어느 요구되는 테이퍼에 대해서도 충분하여야 한다.</li> </ul>	
3	1	A, B	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 테이퍼 길이 a는 용접 폭을 포함할 수 있다.</li> <li>· 동체 판의 중심선은 경관 중심선의 어느 쪽에나 있을 수 있다.</li> <li>· 이음 형식 2와 3은 허용할 수 있다. 제한에 대하여 제149조 제4항 1.~5. 참조.</li> </ul>	
4	1	A, B	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <math>a \geq 3b</math></li> <li>· <math>t_{off} \leq 0.5(t_h - t_s)</math></li> <li>· 테이퍼 길이 a는 용접 폭을 포함할 수 있다.</li> <li>· 동체 판의 중심선은 경관 중심선의 어느 쪽에나 있을 수 있다.</li> <li>· 이음 형식 2와 3은 허용할 수 있다. 제한에 대하여 제149조 제4항 1.~5. 참조.</li> </ul>	

상세	이음 형식	이음 범주	설계 주	그림
5	1	A, B		
6	2	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 맞대기용접과 만일 사용한다면 필릿용접은 설계차압의 1.5 배에서 전단하중을 취하도록 설계하여야 한다.</li> <li>· <math>a \geq \min[2t_b, 25mm]</math></li> <li>· b는 최소한 13 mm.</li> <li>· 동체두께 <math>t_{s1}</math>과 <math>t_{s2}</math>와 다를 수 있다.</li> <li>· <math>\alpha, 15^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ</math></li> </ul>	
7	1	A, B	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <math>r_1 \geq 2r_2</math></li> <li>· <math>r_2 \geq \min[t_s, t_b]</math></li> </ul>	

[표 4.2.6] 스테이가 없는 평경관, 볼트조임 플랜지가 없는 관관 및 사각형 압력용기의 측판에 대해서 허용할 수 있는 일부 용접이음들

상세	이음 형식	이음 범주	설계 주	그림
1	7	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <math>a \geq 2t_s</math></li> <li>· <math>t_w \geq t_s</math></li> </ul>	
2	7	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <math>a+b \geq 2t_s</math></li> <li>· <math>t_w \geq t_s</math></li> <li>· <math>t_p \geq \min[t_s, 6mm]</math></li> <li>· 치수 b는 개선에 의해서 생기며, 맞춘 뒤 그리고 용접 전에 입증하여야 한다.</li> </ul>	
3	7	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <math>a+b \geq 2t_s</math></li> <li>· b=0가 허용된다.</li> <li>· 치수 b는 개선에 의해서 생기며, 맞춘 뒤 그리고 용접 전에 입증하여야 한다.</li> </ul>	 <p>이 용접공속은 이음을 완성하기 전에 용착하여야 된다.</p>

[표 4.2.7] 맞대기용접 허브에 허용할 수 있는 일부 용접이음들

상세	이음 형식	이음 범주	설계 주	그림
1	1	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>t_s \leq 38mm</math>에 대해서 <math>r \geq 10mm</math></li> <li>• <math>t_s &gt; 38mm</math>에 대해서 <math>r \geq \min[0.25t_s, 19mm]</math></li> </ul>	
2	1	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>t_s \leq 38mm</math>에 대해서 <math>r \geq 10mm</math></li> <li>• <math>t_s &gt; 38mm</math>에 대해서 <math>r \geq \min[0.25t_s, 19mm]</math></li> <li>• <math>e \geq \max[t_s, T]</math></li> </ul>	
3	1	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>h = \max[1.5t_s, 19mm]</math></li> </ul> 그러나 51 mm를 초과할 필요 는 없다.	

[표 4.2.8] 볼트조임 플랜지가 있는 관관의 부착에 대해서 허용할 수 있는 일부 용접이음들

상세	이음 형식	이음 범주	설계 주	그림
1	7	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>a + b \geq 2t_s</math></li> <li>• <math>b = 0</math>가 허용된다.</li> <li>• 치수 <math>b</math>는 개선에 의해서 생기 며, 맞춘 뒤 그리고 용접 전 에 입증하여야 한다.</li> <li>• <math>c \geq \min[0.7t_s, 1.4t_r]</math></li> </ul>	

[표 4.2.9] 플랜지 부착에 허용할 수 있는 일부 용접이음들

상세	이음 형식	이음 범주	설계 주	그림
1	10	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 루스 플랜지</li> <li>· <math>t_c \geq 0.7t_n</math></li> <li>· <math>c \leq t_n + 6mm</math> 최대</li> <li>· <math>r \geq \max[0.25g_1, 5mm]</math></li> </ul>	
2	10	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 루스 플랜지</li> <li>· <math>t_c \geq 0.7t_n</math></li> <li>· <math>c \leq t_n + 6mm</math> 최대</li> </ul>	
3	7	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 루스 플랜지</li> <li>· <math>t_c \geq 0.7t_n</math></li> <li>· <math>c \leq 0.5t</math> 최대</li> <li>· <math>r \geq \max[0.25g_1, 5mm]</math></li> </ul>	
4	7	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 루스 플랜지</li> <li>· <math>t_c \geq 0.7t_n</math></li> <li>· <math>c \leq 0.5t</math> 최대</li> </ul>	

[표 4.2.9] 플랜지 부착에 대해서 허용할 수 있는 일부 용접이음들

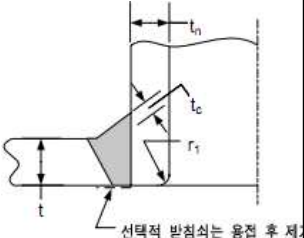
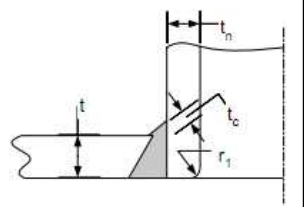
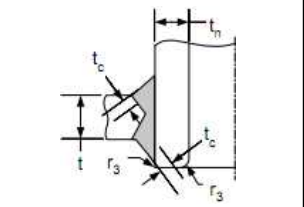
상세	이음 형식	이음 범주	설계 주	그림
5	7	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 루스 플랜지</li> <li>· <math>t_c \geq 0.7t_n</math></li> <li>· <math>t_1 \leq t_n + 5mm</math></li> </ul>	<p>· 반쪽 면 또는 양쪽 면 원관용접 용접부. 원관용접부는 <math>t_1</math> 또는 <math>t_2</math>를 초과할 수 있다.</p> <p>· 이 용접부는 표준 필 조인트 플랜지에 맞도록 모서리 반지름으로 기계가공을 할 수 있다.</p>
6	1	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 일체형 플랜지</li> <li>· <math>c \geq 1.5g_o</math> 최소</li> <li>· <math>r \geq \max[0.25g_1, 5mm]</math></li> </ul>	<p>· 경사: 1:3 최대</p>
7	1	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 일체형 플랜지</li> <li>· <math>c \geq 1.5g_o</math> 최소</li> </ul>	<p>· 경사가 1:3을 초과</p>

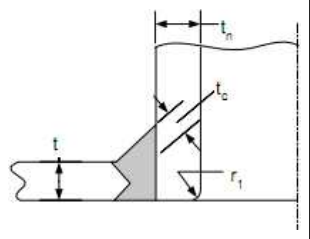
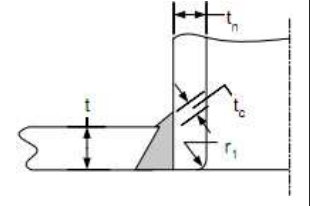
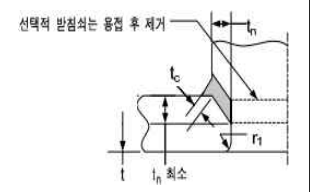
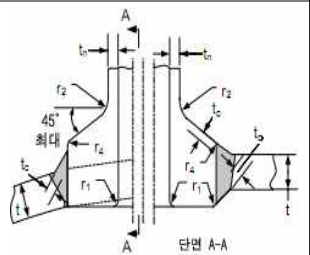
상세	이음 형식	이음 범주	설계 주	그림
8	1	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 일체형 플랜지</li> <li>· <math>c \geq 1.5g_o</math> 최소</li> </ul>	
9	7	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 일체형 플랜지</li> <li>· <math>c \geq \min [0.25g_o, 6mm]</math></li> </ul>	
10	7	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 일체형 플랜지</li> <li>· <math>a + b \geq 3t_n</math></li> <li>· <math>t_p \geq \min [t_n, 6mm]</math></li> <li>· <math>c \geq \min [t_n, 6mm]</math></li> </ul>	

[표 4.2.10] 허용할 수 있는 쉽게 방사선투과시험을 할 수 없는 완전용입 용접 노즐의 일부 부착

상세	이음 형식	이음 범주	설계 주	그림
1	7	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <math>t_c \geq \min [0.7t_n, 6mm]</math></li> <li>· <math>0.125t \leq r_1 \leq 0.5t</math></li> </ul>	
2	7	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <math>t_c \geq \min [0.7t_n, 6mm]</math></li> <li>· <math>0.125t \leq r_1 \leq 0.5t</math></li> </ul>	

[표 4.2.10] 허용할 수 있는 쉽게 방사선투과시험을 할 수 없는 완전용입 용접 노즐의 일부 부착

상세	이음 형식	이음 범주	설계 주	그림
3	7	D	$\cdot t_c \geq \min [0.7t_n, 6mm]$ $\cdot 0.125t \leq r_1 \leq 0.5t$	
4	7	D	$\cdot t_c \geq \min [0.7t_n, 6mm]$ $\cdot 0.125t \leq r_1 \leq 0.5t$	
5	7	D	$\cdot t_c \geq \min [0.7t_n, 6mm]$ $\cdot r_3 \geq \min [6mm, 0.5t_n]$ 다른 대안으로서 45°에서 $r_3 \geq \min [6mm, 0.25t_n]$ 의 모서리 따기	

상세	이음 형식	이음 범주	설계 주	그림
6	7	D	$\cdot t_c \geq \min [0.7t_n, 6mm]$ $\cdot 0.125t \leq r_1 \leq 0.5t$	
7	7	D	$\cdot t_c \geq \min [0.7t_n, 6mm]$ $\cdot 0.125t \leq r_1 \leq 0.5t$	
8	7	D	$\cdot t_c \geq \min [0.7t_n, 6mm]$ $\cdot 0.125t \leq r_1 \leq 0.5t$	선택적 받침쇠는 용접 후 제거 
9	7	D	$\cdot t_c \geq \min [0.7t_n, 6mm]$ $\cdot 0.125t \leq r_1 \leq 0.5t$ $\cdot r_2 \geq 19mm$ $\cdot r_4 \geq 6mm$	 단면 A-A 원통형 용기의 축에 수직인 단면 및 평행한 단면



[표 4.2.11] 허용할 수 있는 동체의 일부 패드 용접 노즐 부착과 기타 연결부

상세	이음 형식	이음 범주	설계 주	그림
1	7	D	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>t_c \geq \min [0.7t_n, 6mm]</math></li> <li><math>t_{f1} \geq \min [0.6t_e, 0.6t]</math></li> <li><math>r_3 \geq \min [6mm, 0.5t_n]</math></li> </ul> 다른 대안으로서 45°에서 $r_3 \geq \min [6mm, 0.25t_n]$ 의 모서리 따기	
2	7	D	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>t_c \geq \min [0.7t_n, 6mm]</math></li> <li><math>t_{f1} \geq \min [0.6t_e, 0.6t]</math></li> <li><math>0.125t \leq r_1 \leq 0.5t</math></li> </ul>	
3	7	D	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>t_c \geq \min [0.7t_n, 6mm]</math></li> <li><math>t_{f1} \geq \min [0.6t_e, 0.6t]</math></li> <li><math>r_3 \geq \min [6mm, 0.5t_n]</math></li> </ul> 다른 대안으로서 45°에서 $r_3 \geq \min [6mm, 0.25t_n]$ 의 모서리 따기	
4	10	D	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>t_{f2} \geq \min [0.7t_e, 0.7t]</math></li> </ul>	
5	7	D	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>t_{f2} \geq \min [0.7t_e, 0.7t]</math></li> <li><math>0.125t \leq r_1 \leq 0.5t</math></li> </ul>	

[표 4.2.12] 허용할 수 있는 동체의 일부 관이음쇠 형식 용접 노즐 부착과 기타 연결부

상세	이음 형식	이음 범주	설계 주	그림
1	7	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>DIN 50이하로 제한</li> <li><math>t_c \geq \min [0.7t_n, 6mm]</math></li> </ul>	
2	7	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>DIN 50이하로 제한</li> <li><math>t_c \geq \min [0.7t_n, 6mm]</math></li> </ul>	
3	7	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>DIN 50이하로 제한</li> <li><math>t_c \geq \min [0.7t_n, 6mm]</math></li> </ul>	
4	10	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>DIN 50이하로 제한</li> <li><math>t_c \geq \min [0.7t_n, 6mm]</math></li> <li><math>t_{f2} \geq \min [0.7t_e, 0.7t]</math></li> </ul>	
5	9	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>DIN 50이하로 제한</li> <li>홈 용접 <math>t_y</math>는 스케줄 160의 두께 이상이                      어야 한다.</li> <li><math>t_c \geq \min [0.7t_n, 6mm]</math></li> </ul>	

[표 4.2.13] 허용할 수 있는 쉽게 방사선투과시험을 할 수 있는 일부 용접 노즐 부착

상세	이음 형식	이음 범주	설계 주	그림
1	1	D	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>\cdot 0.125t \leq r_1 \leq 0.5t</math></li> <li><math>\cdot r_2 \geq \min[0.25t_n, 19mm]</math></li> </ul>	
2	1	D	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>\cdot 0.125t \leq r_1 \leq 0.5t</math></li> <li><math>\cdot r_2 \geq \min[0.25t_n, 19mm]</math></li> </ul>	
3	1	D	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>\cdot 0.125t \leq r_1 \leq 0.5t</math></li> <li><math>\cdot r_2 \geq \min[0.25t_n, 19mm]</math></li> <li><math>\cdot t_3 + t_4 \leq 0.2t</math></li> <li><math>\cdot a_1 + a_2 \leq 18.5^\circ</math></li> </ul>	
4	1	D	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>\cdot 0.125t \leq r_1 \leq 0.5t</math></li> <li><math>\cdot r_2 \geq \min[0.25t_n, 19mm]</math></li> </ul>	
5	1	D	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>\cdot r_2 \geq \min[0.25t_n, 19mm]</math></li> </ul>	
6	1	D	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>\cdot r_2 \geq \min[0.25t_n, 19mm]</math></li> </ul>	

[표 4.2.14] 허용할 수 있는 일부 부분용입 노즐 부착

상세	이음 형식	이음 범주	설계 주	그림
1	9	D	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>\cdot t_c \geq \min[0.7t_n, 6mm]</math></li> <li><math>\cdot t_w \geq 1.25t_n</math></li> </ul>	
2	9	D	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>\cdot t_c \geq \min[0.7t_n, 6mm]</math></li> <li><math>\cdot t_w \geq 1.25t_n</math></li> </ul>	
3	9	D	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>\cdot 0.125t \leq r_1 \leq 0.5t</math></li> <li><math>C_{max}</math>는 아래와 같이 정의</li> <li>0.25 mm, <math>D_o \leq 25mm</math></li> <li>0.51mm, <math>25mm &lt; D_o \leq 102mm</math></li> <li>0.76 mm, <math>D_o &gt; 102mm</math></li> <li>0.01 in, <math>D_o \leq 1</math> in</li> <li>0.02 in, <math>1 \text{ in} &lt; D_o \leq 4</math> in</li> <li>0.03 in, <math>D_o &gt; 4</math> in</li> </ul>	
4	9	D	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>\cdot t_{f2} \geq \min[0.7t_c, 0.7t]</math></li> <li><math>\cdot 0.125t \leq r_1 \leq 0.5t</math></li> <li><math>C_{max}</math>는 아래와 같이 정의</li> <li>0.25 mm, <math>D_o \leq 25mm</math></li> <li>0.51mm, <math>25mm &lt; D_o \leq 102mm</math></li> <li>0.76 mm, <math>D_o &gt; 102mm</math></li> <li>0.01 in, <math>D_o \leq 1</math> in</li> <li>0.02 in, <math>1 \text{ in} &lt; D_o \leq 4</math> in</li> <li>0.03 in, <math>D_o &gt; 4</math> in</li> </ul>	

[표 4.3.1] 대단부 접합부

원통	원추
<p>응력 합성력 계산</p> $M_{sP} = Pt_L^2 M_{sN}, \text{ 표 4.3.3 참조}$ $M_{sX} = X_L t_L M_{sN}, \text{ 표 4.3.4 참조}$ $M_s = M_{sP} + M_{sX}$ $Q_p = Pt_L Q_N, \text{ 표 4.3.3 참조}$ $Q_X = X_L Q_N, \text{ 표 4.3.4 참조}$ $Q = Q_P + Q_X$ $\beta_{cy} = \left[ \frac{3(1-\nu^2)}{R_L^2 t_L^2} \right]^{0.25}$ $N_s = \frac{PR_L}{2} + X_L$ $N_\theta = PR_L + 2\beta_{cy} R_L (-M_s \beta_{cy} + Q)$ $K_{pc} = 1.0$	<p>응력 합성력 계산</p> $M_{csP} = M_{sP}$ $M_{csX} = M_{sX}$ $M_{cs} = M_{csP} + M_{csX}$ $Q_c = Q \cos[\alpha] + N_s \sin[\alpha] \quad (1)$ $R_C = \frac{R_L}{\cos[\alpha]}$ $\beta_{co} = \left[ \frac{3(1-\nu^2)}{R_C^2 t_C^2} \right]^{0.25}$ $N_{cs} = N_s \cos[\alpha] - Q \sin[\alpha] \quad (2)$ $N_{c\theta} = \frac{PR_L}{\cos[\alpha]} + 2\beta_{co} R_C (-M_{cs} \beta_{co} - Q_c)$ $K_{cpc} = 1.0$
<p>응력 계산</p> $\sigma_{sm} = \frac{N_s}{t_L}$ $\sigma_{sb} = \frac{6M_s}{t_L^2 K_{pc}}$ $\sigma_{\theta m} = \frac{N_\theta}{t_L}$ $\sigma_{\theta b} = \frac{6\nu M_s}{t_L^2 K_{pc}}$	<p>응력 계산</p> $\sigma_{sm} = \frac{N_{cs}}{t_C}$ $\sigma_{sb} = \frac{6M_{cs}}{t_C^2 K_{cpc}}$ $\sigma_{\theta m} = \frac{N_{c\theta}}{t_C}$ $\sigma_{\theta b} = \frac{6\nu M_{cs}}{t_C^2 K_{cpc}}$
<p>허용기준</p> $\sigma_{sm} \leq 1.5S$ $\sigma_{sm} \pm \sigma_{sb} \leq S_{PS}$ $\sigma_{\theta m} \leq 1.5S$ $\sigma_{\theta m} \pm \sigma_{\theta b} \leq S_{PS}$	<p>허용기준</p> $\sigma_{sm} \leq 1.5S$ $\sigma_{sm} \pm \sigma_{sb} \leq S_{PS}$ $\sigma_{\theta m} \leq 1.5S$ $\sigma_{\theta m} \pm \sigma_{\theta b} \leq S_{PS}$
<p>주:</p> <p>1. 원추에서 합성 전단력 <math>Q_c</math>을 결정하기 위하여 사용되는 <math>Q</math> 및 <math>N_s</math>의 값들은 원통에 대해서 규정된 것들과 같다.</p> <p>2. 원추에서 합성 자오선 막 힘 <math>N_{cs}</math>을 결정하기 위하여 사용되는 <math>Q</math> 및 <math>N_s</math>의 값들은 원통에 대해서 규정된 것들과 같다.</p>	

[표 4.3.2] 소단부 접합부

원통	원추
<p>응력 합성력 계산</p> $M_{sP} = Pt_S^2 M_{sN}, \text{ 표 4.3.5 참조}$ $M_{sX} = X_S t_S M_{sN}, \text{ 표 4.3.6 참조}$ $M_s = M_{sP} + M_{sX}$ $Q_p = Pt_S Q_N, \text{ 표 4.3.5 참조}$ $Q_X = X_S Q_N, \text{ 표 4.3.6 참조}$ $Q = Q_P + Q_X$ $\beta_{cy} = \left[ \frac{3(1-\nu^2)}{R_S^2 t_S^2} \right]^{0.25}$ $N_s = \frac{PR_S}{2} + X_S$ $N_\theta = PR_S + 2\beta_{cy} R_S (-M_s \beta_{cy} - Q)$ $K_{pc} = 1.0$	<p>응력 합성력 계산</p> $M_{csP} = M_{sP}$ $M_{csX} = M_{sX}$ $M_{cs} = M_{csP} + M_{csX}$ $Q_c = Q \cos[\alpha] + N_s \sin[\alpha] \quad (1)$ $R_C = \frac{R_S}{\cos[\alpha]}$ $\beta_{co} = \left[ \frac{3(1-\nu^2)}{R_C^2 t_C^2} \right]^{0.25}$ $N_{cs} = N_s \cos[\alpha] - Q \sin[\alpha] \quad (2)$ $N_{c\theta} = \frac{PR_S}{\cos[\alpha]} + 2\beta_{co} R_C (-M_{cs} \beta_{co} + Q_c)$ $K_{cpc} = 1.0$
<p>응력계산</p> $\sigma_{sm} = \frac{N_s}{t_S}$ $\sigma_{sb} = \frac{6M_s}{t_S^2 K_{pc}}$ $\sigma_{\theta m} = \frac{N_\theta}{t_S}$ $\sigma_{\theta b} = \frac{6\nu M_s}{t_S^2 K_{pc}}$	<p>응력계산</p> $\sigma_{sm} = \frac{N_{cs}}{t_C}$ $\sigma_{sb} = \frac{6M_{cs}}{t_C^2 K_{cpc}}$ $\sigma_{\theta m} = \frac{N_{c\theta}}{t_C}$ $\sigma_{\theta b} = \frac{6\nu M_{cs}}{t_C^2 K_{cpc}}$
<p>허용기준</p> $\sigma_{sm} \leq 1.5S$ $\sigma_{sm} \pm \sigma_{sb} \leq S_{PS}$ $\sigma_{\theta m} \leq 1.5S$ $\sigma_{\theta m} \pm \sigma_{\theta b} \leq S_{PS}$	<p>허용기준</p> $\sigma_{sm} \leq 1.5S$ $\sigma_{sm} \pm \sigma_{sb} \leq S_{PS}$ $\sigma_{\theta m} \leq 1.5S$ $\sigma_{\theta m} \pm \sigma_{\theta b} \leq S_{PS}$
<p>주:</p> <p>1. 원추에서 합성 전단력 <math>Q_c</math>을 결정하기 위하여 사용되는 <math>Q</math> 및 <math>N_s</math>의 값들은 원통에 대해서 규정된 것들과 같다.</p> <p>2. 원추에서 합성 자오선 막 힘 <math>N_{cs}</math>을 결정하기 위하여 사용되는 <math>Q</math> 및 <math>N_s</math>의 값들은 원통에 대해서 규정된 것들과 같다.</p>	

[표 4.3.3] 대단부 집합부에 작용하는 압력

집합부 모멘트 합성력 - $M_{s,N}$ (1)					
방정식 계수 - $C_i$	$n$				
	1	1.25	1.5	1.75	2
1	-3.065534	-3.113501	-3.140885	-3.129850	-3.115764
2	3.642747	3.708036	3.720338	3.674582	3.623956
3	0.810048	0.736679	0.623373	0.490738	0.360998
4	-0.221192	-0.239151	-0.241393	-0.224678	-0.209963
5	-0.081824	-0.075734	-0.056744	-0.034581	-0.013613
6	0.035052	0.083171	0.157222	0.240314	0.316184
7	0.025775	0.027432	0.027393	0.025163	0.023508
8	-0.015413	-0.015659	-0.017311	-0.019456	-0.021796
9	0.002102	0.000993	-0.004600	-0.011145	-0.017172
10	-0.005587	-0.013283	-0.025609	-0.039144	-0.050859
집합부 전단력 합성력 - $Q_N$ (1)					
1	-1.983852	-1.911375	-1.893640	-1.852083	-1.816642
2	2.410703	2.292069	2.253430	2.184549	2.126469
3	0.626443	0.478030	0.364794	0.251818	0.152468
4	-0.119151	-0.079165	-0.075123	-0.059024	-0.048876
5	-0.115841	-0.074658	-0.047032	-0.024214	-0.007486
6	0.122993	0.219247	0.282565	0.343492	0.390839
7	0.012160	0.007250	0.007505	0.006116	0.005632
8	-0.016987	-0.021607	-0.024667	-0.027144	-0.029118
9	0.010919	-0.003818	-0.012439	-0.018971	-0.023076
10	-0.016653	-0.033814	-0.043500	-0.052435	-0.058417

주: (1)  $M_{s,N}$ 과  $Q_N$ 을 결정하는 식이 아래에 나와 있다.

$$M_{s,N}, Q_N = - \exp \left[ \begin{array}{l} C_1 + C_2 \ln [H] + C_3 \ln [B] + C_4 (\ln [H])^2 + C_5 (\ln [B])^2 + C_6 \ln [H] \ln [B] + \\ C_7 (\ln [H])^3 + C_8 (\ln [B])^3 + C_9 \ln [H] (\ln [B])^2 + C_{10} (\ln [H])^2 \ln [B] \end{array} \right]$$

[표 4.3.4] 대단부 집합부에 작용하는 등가 선하중

집합부 모멘트 합성력 - $M_{s,N}$ (1)					
방정식 계수 - $C_i$	$n$				
	1	1.25	1.5	1.75	2
1	-5.697151	-5.727483	-5.893323	-6.159334	-6.532748
2	0.003838	0.006762	0.012440	0.019888	0.029927
3	0.476317	0.471833	0.466370	0.461308	0.454550
4	-0.213157	-0.213004	-0.211065	-0.207037	-0.200411
5	2.233703	2.258541	2.335015	2.449057	2.606550
6	0.000032	0.000010	-0.000006	-0.000008	-0.000004
7	0.002506	0.003358	0.004949	0.007005	0.009792
8	-0.001663	-0.002079	-0.003105	-0.004687	-0.007017
9	-0.212965	-0.216613	-0.224714	-0.235979	-0.251220
10	0.000138	-0.000108	-0.000721	-0.001597	-0.002797
11	-0.106203	-0.106269	-0.107142	-0.108733	-0.110901
집합부 전단력 합성력 - $Q_N$ (1)					
1	-4.774616	-5.125169	-5.556823	-6.113380	-6.858200
2	0.000461	0.021875	0.049082	0.084130	0.131374
3	-0.002831	-0.055928	-0.127941	-0.225294	-0.361885
4	-0.197117	-0.196848	-0.196204	-0.194732	-0.193588
5	1.982132	2.156708	2.378102	2.668633	3.069269
6	0.000069	-0.000450	-0.001077	-0.001821	-0.002760
7	-0.000234	0.000188	0.000821	0.001694	0.002958
8	-0.003536	-0.005341	-0.007738	-0.010934	-0.015089
9	-0.202493	-0.223872	-0.251223	-0.287283	-0.337767
10	-0.000088	-0.002426	-0.005428	-0.009440	-0.015045
11	0.001365	0.012698	0.027686	0.047652	0.075289

주: (1)  $M_{s,N}$ 과  $Q_N$ 을 결정하는 식이 아래에 나와 있다.

$$M_{s,N}, Q_N = - \exp \left[ \frac{C_1 + C_3 \ln [H^2] + C_5 \ln [\alpha] + C_7 (\ln [H^2])^2 + C_9 (\ln [\alpha])^2 + C_{11} \ln [H^2] \ln [\alpha]}{1 + C_2 \ln [H^2] + C_4 \ln [\alpha] + C_6 (\ln [H^2])^2 + C_8 (\ln [\alpha])^2 + C_{10} \ln [H^2] \ln [\alpha]} \right]$$

[표 4.3.5] 소단부 접합부에 작용하는 압력

접합부 모멘트 합성력 - $M_{s,N}$ (1)					
방정식 계수 - $C_i$	$n$				
	1	1.25	1.5	1.75	2
1	-9.603864	-10.120204	-11.590094	-14.736086	-19.665953
2	1.757570	1.865549	2.194962	3.000388	4.147060
3	3.922662	4.216682	4.896021	6.275540	8.608657
4	-0.044136	-0.054687	-0.083049	-0.159865	-0.251860
5	-1.030010	-1.096878	-1.215038	-1.433226	-1.814677
6	-0.009443	-0.035894	-0.129454	-0.354361	-0.716397
7	0.004233	0.004680	0.005673	0.008393	0.010707
8	0.114139	0.120581	0.128474	0.140881	0.162459
9	0.014907	0.016652	0.024109	0.041024	0.069480
10	-0.007855	-0.006866	-0.003471	0.006310	0.021241
접합부 전단력 합성력 - $Q_N$ (1)					
1	0.028230	0.138738	0.229994	0.324683	0.572060
2	0.000020	0.000018	0.000017	0.000012	-0.000020
3	0.001668	0.004442	0.007178	0.009745	0.010806
4	0.002986	0.003013	0.003070	0.003111	0.002863
5	0.001134	0.003375	0.006121	0.008046	0.002508
6	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
7	0.000001	-0.000002	-0.000005	-0.000007	-0.000008
8	-0.000122	-0.000121	-0.000120	-0.000120	-0.000118
9	-0.000181	-0.000185	-0.000204	-0.000217	-0.000152
10	0.000001	0.000001	0.000001	0.000000	0.000001
11	-0.004724	-0.004449	-0.004196	-0.003937	-0.003618

주:

- $M_{s,N}$ 을 결정하는 식이 아래에 나와 있다.  

$$M_{s,N} = -\exp \left[ \begin{aligned} &C_1 + C_2 \ln[H^2] + C_3 \ln[\alpha] + C_4 (\ln[H^2])^2 + C_5 (\ln[\alpha])^2 + C_6 \ln[H^2] \ln[\alpha] + \\ &C_7 (\ln[H^2])^3 + C_8 (\ln[\alpha])^3 + C_9 \ln[H^2] (\ln[\alpha])^2 + C_{10} (\ln[H^2])^2 \ln[\alpha] \end{aligned} \right]$$
- $Q_N$ 을 결정하는 식이 아래에 나와 있다.  

$$Q_N = \left( \frac{C_1 + C_3 H^2 + C_5 \alpha + C_7 H^4 + C_9 \alpha^2 + C_{11} H^2 \alpha}{1 + C_2 H^2 + C_4 \alpha + C_6 H^4 + C_8 \alpha^2 + C_{10} H^2 \alpha} \right)$$

[표 4.3.6] 소단부 접합부에 작용하는 등가 선하중

접합부 모멘트 합성력 - $M_{s,N}$ (1)					
방정식 계수 - $C_i$	$n$				
	1	1.25	1.5	1.75	2
1	-0.000770	0.000047	0.002404	0.005739	0.009883
2	-0.000631	-0.000328	-0.000039	0.000228	0.000461
3	-0.001225	-0.001188	-0.001078	-0.000947	-0.000863
4	0.141992	0.132422	0.125807	0.121793	0.120862
5	0.010694	0.009782	0.009838	0.010624	0.010828
6	0.000013	0.000006	-0.000002	-0.000009	-0.000015
7	-0.000006	-0.000005	-0.000006	-0.000008	-0.000008
8	0.009692	0.008832	0.007578	0.006250	0.005050
9	0.006265	0.005445	0.003695	0.001526	0.000428
10	-0.000046	0.000013	0.000088	0.000174	0.000228
11	0.202184	0.208296	0.205158	0.197030	0.186569
접합부 전단력 합성력 - $Q_N$ (1)					
1	-0.460610	-0.444728	-0.428725	-0.412018	-0.396044
2	-0.002334	0.006653	0.013482	0.019474	0.026267
3	-0.400914	-0.376108	-0.353457	-0.331001	-0.309053
4	0.001527	-0.000645	-0.002211	-0.003547	-0.005263
5	-0.140077	-0.129461	-0.121073	-0.113194	-0.105461
6	0.000783	0.001952	0.002208	0.002162	0.002317
7	-0.000215	-0.000027	0.000105	0.000213	0.000373
8	-0.019079	-0.017116	-0.015814	-0.014700	-0.013625
9	0.000385	0.000618	0.000739	0.000806	0.000860
10	0.000105	0.000005	0.000038	0.000103	0.000115

주:

- $M_{s,N}$ 을 결정하는 식이 아래에 나와 있다.  

$$M_{s,N} = \left( \frac{C_1 + C_3 H + C_5 B + C_7 H^2 + C_9 B^2 + C_{11} HB}{1 + C_2 H + C_4 B + C_6 H^2 + C_8 B^2 + C_{10} HB} \right)$$
- $Q_N$ 을 결정하는 식이 아래에 나와 있다.  

$$Q_N = \left[ \frac{C_1 + C_3 \ln[H] + C_5 \ln[B] + C_7 (\ln[H])^2 + C_9 (\ln[B])^2 + C_{11} \ln[H] \ln[B]}{C_2 (\ln[H])^3 + C_4 (\ln[B])^3 + C_6 \ln[H] (\ln[B])^2 + C_{10} (\ln[H])^2 \ln[B]} \right]$$

[표 4.3.7] 응력계산 - 너클 - 대단부 원통

조밀한 너클 - $\alpha r_k < 2K_m(\{R_k(\alpha^{-1}\tan[\alpha])^{0.5} + r_k\}t_k)^{0.5}$ 여기서 $K_m = 0.7$	
응력계산	
$\sigma_{\theta m} = \frac{PK_m(R_L\sqrt{R_L t_L} + L_k\sqrt{L_k t_C}) + \alpha(PL_1 r_k - 0.5P_e L_1^2)}{K_m(t_L\sqrt{R_L t_L} + t_C\sqrt{L_k t_C}) + \alpha t_k r_k}$	
$\sigma_{sm} = \frac{P_e L_1 k}{2t_k}$	
$P_e = P + \frac{F_L}{\pi L_1^2 \cos^2\left[\frac{\alpha}{2}\right]} \pm \frac{2M_L}{\pi L_1^3 \cos^3\left[\frac{\alpha}{2}\right]}$	
$L_k = \frac{R_k}{\cos[\alpha]} + r_k$	
$L_{1k} = R_k(\alpha^{-1} \cdot \tan[\alpha])^{0.5} + r_k$	
허용기준	
$\sigma_{\theta m} \leq S \qquad \qquad \qquad \sigma_{sm} \leq S$	
조밀하지 않은 너클 - $\alpha r_k \geq 2K_m(\{R_k(\alpha^{-1} \cdot \tan[\alpha])^{0.5} + r_k\}t_k)^{0.5}$ 여기서 $K_m = 0.7$	
TL-1에서 응력계산	TL-2에서 응력계산
$\sigma_{\theta m} = \frac{PR_L K_m \sqrt{R_L t_L} + \beta_k (PL_1 r_k - 0.5P_e L_1^2)}{K_m(t_L\sqrt{R_L t_L} + t_k\sqrt{L_1 k t_k})}$	$\sigma_{\theta m} = \frac{PL_k K_m \sqrt{L_k t_C} + (\alpha - \beta_k)(PL_1 r_k - 0.5P_e L_1^2)}{K_m(t_C\sqrt{L_k t_C} + t_k\sqrt{L_1 k t_k})}$
$\sigma_{sm} = \frac{P_e L_1 k}{2t_k}$	$\sigma_{sm} = \frac{P_e L_1 k}{2t_k}$
$P_e = P + \frac{F_L}{\pi L_1^2 \cos^2\left[\frac{\beta_k}{2}\right]} \pm \frac{2M_L}{\pi L_1^3 \cos^3\left[\frac{\beta_k}{2}\right]}$	$P_e = P + \frac{F_L}{\pi L_1^2 \cos^2[\phi_k]} \pm \frac{2M_L}{\pi L_1^3 \cos^3[\phi_k]}$
$L_1 k = R_k(\beta_k^{-1} \cdot \tan[\beta_k])^{0.5} + r_k$	$L_k = \frac{R_k}{\cos[\alpha]} + r_k$
$\beta_k = \left(\frac{K_m}{r_k}\right)\sqrt{R_L t_k}$	$L_{1k} = R_k(\{\tan[\alpha] - \tan[\beta_k]\}\{\alpha - \beta_k\}^{-1})^{0.5} + r_k$
	$\beta_k = \alpha - \left(\frac{K_m}{r_k}\right)\sqrt{L_k t_k}$
	$\phi_k = \frac{(\alpha + \beta_k)}{2}$

[표 4.3.7] 응력계산 - 너클 - 대단부 원통

조밀하지 않은 너클 부위 내의 응력계산	
주: 평가를 하여야 할 너클 부위의 위치들의 수는 다음 식으로 주어진다.	
$j_k = 2\left(\text{int}\left[\frac{\alpha - \beta_{k1} - \beta_{k2}}{\beta_{k1} + \beta_{k2}}\right] + 1\right) + 1$	
여기서	
$\beta_{k1} = \frac{K_m}{r_k}\sqrt{R_L t_k}$	
$\beta_{k2} = \frac{K_m}{r_k}\sqrt{L_k t_k}$	
$L_k = \frac{R_k}{\cos[\alpha]} + r_k$	
j = 1, ..., j <sub>k</sub> 에 대해서 계산한다.	
$\sigma_{\theta m}^j = \frac{PL_{1k}^j}{t_k} - \frac{P_e^j(L_{1k}^j)^2}{2r_k t_k}$	
$\sigma_{sm}^j = \frac{P_e^j L_1 k^j}{2t_k}$	
여기서	
$P_e = P + \frac{F_L}{\pi(L_{1k}^j)^2 \cos^2[\phi_k^j]} \pm \frac{2M_L}{\pi(L_{1k}^j)^3 \cos^3[\phi_k^j]}$	
$L_{1k}^j = \frac{R_k}{\cos[\phi_k^j]} + r_k$	
$\phi_k^j = \phi_k^s + (j-1)\left(\frac{\phi_k^s - \phi_k^c}{j_k - 1}\right)$	
$\phi_k^s = \frac{K_m \sqrt{L_{1k} t_k}}{r_k}$	
$\phi_k^c = \alpha - \phi_k^s$	
허용기준	
$\sigma_{\theta m} \leq S \qquad \qquad \qquad \sigma_{sm} \leq S$	
$\sigma_{\theta m}^j \leq S \qquad \qquad \qquad \sigma_{sm}^j \leq S$	

[표 4.3.8] 응력계산 - 플레어 - 소단부 원통

조밀한 너클 - $\alpha r_f < 2K_m(\{R_f(\alpha^{-1} \cdot \tan[\alpha])^{0.5} + r_f\}t_f)^{0.5}$ 여기서 $K_m = 0.7$	
응력계산 $\sigma_{\theta m} = \frac{PK_m(R_S\sqrt{R_S t_S}) + \alpha(PL_{1f}r_f + 0.5P_e L_{1f}^2)}{K_m(t_S\sqrt{R_S t_S} + t_C\sqrt{L_f t_C}) + \alpha t_f r_f}$ $\sigma_{sm} = \frac{P_e L_{1f}}{2t_f}$ $P_e = P + \frac{F_S}{\pi L_{1f}^2 \cos^2\left[\frac{\alpha}{2}\right]} \pm \frac{2M_S}{L_{1f}^3 \cos^3\left[\frac{\alpha}{2}\right]}$ $L_k = \frac{R_f}{\cos[\alpha]} - r_f$ $L_{1f} = R_f(\alpha^{-1} \cdot \tan[\alpha])^{0.5} - r_f$	
허용기준 $\sigma_{\theta m} \leq S$ <span style="margin-left: 150px;"><math>\sigma_{sm} \leq S</math></span>	
조밀하지 않은 너클 - $\alpha r_f < 2K_m(\{R_f(\alpha^{-1} \cdot \tan[\alpha])^{0.5} - r_f\}t_f)^{0.5}$ 여기서 $K_m = 0.7$	
TL-3에서 응력계산 $\sigma_{\theta m} = \frac{PL_f K_m \sqrt{L_f t_C} + (\alpha - \beta_f)(PL_{1f} r_f + 0.5P_e L_{1f}^2)}{K_m(t_C \sqrt{L_f t_C} + t_f \sqrt{L_{1f} t_f})}$ $\sigma_{sm} = \frac{P_e L_{1f}}{2t_f}$ $P_e = P + \frac{F_S}{\pi L_{1f}^2 \cos^2[\phi_f]} \pm \frac{2M_S}{\pi L_{1f}^3 \cos^3[\phi_f]}$ $L_f = \frac{R_f}{\cos[\alpha]} - r_f$ $L_{1f} = R_f(\{\tan[\alpha] - \tan[\beta_f]\}(\alpha - \beta_f)^{-1})^{0.5} - r_f$ $\beta_f = \alpha - \left(\frac{K_m}{r_f}\right)\sqrt{L_f t_f}$ $\phi_f = \frac{(\alpha + \beta_f)}{2}$	TL-4에서 응력계산 $\sigma_{\theta m} = \frac{PR_S K_m \sqrt{R_S t_S} + \beta_f(PL_{1f} r_f + 0.5P_e L_{1f}^2)}{K_m(t_C \sqrt{R_S t_S} + t_f \sqrt{L_{1f} t_f})}$ $\sigma_{sm} = \frac{P_e L_{1f}}{2t_f}$ $P_e = P + \frac{F_S}{\pi L_{1f}^2 \cos^2\left[\frac{\beta_f}{2}\right]} \pm \frac{2M_S}{\pi L_{1f}^3 \cos^3\left[\frac{\beta_f}{2}\right]}$ $L_{1f} = R_f(\beta_f^{-1} \tan[\beta_f])^{0.5} - r_f$ $\beta_f = \left(\frac{K_m}{r_f}\right)\sqrt{R_S t_f}$

[표 4.3.8] 응력계산 - 플레어 - 소단부 원통

조밀하지 않은 플레어 부위 내의 응력계산 주: 평가를 하여야 할 플레어 부위의 위치들의 수는 다음 식으로 주어진다. $j_k = 2\left(\text{int}\left[\frac{\alpha - \beta_{f1} - \beta_{f2}}{\beta_{f1} + \beta_{f2}}\right] + 1\right) + 1$ 여기서 $\beta_{f1} = \frac{K_m}{r_f} \sqrt{L_f t_f}$ $\beta_{f2} = \frac{K_m}{r_f} \sqrt{R_S t_f}$ $L_k = \frac{R_f}{\cos[\alpha]} + r_f$ $j = 1, \dots, j_f$ 에 대해서 계산한다. $\sigma_{\theta m}^j = \frac{PL_{1f}^j}{t_f} - \frac{P_e^j (L_{1f}^j)^2}{2r_f t_f}$ $\sigma_{sm}^j = \frac{P_e^j L_{1f}^j}{2t_f}$ 여기서 $P_e^j = P + \frac{F_S}{\pi (L_{1f}^j)^2 \cos^2[\phi_f^j]} \pm \frac{2M_S}{\pi (L_{1f}^j)^3 \cos^3[\phi_f^j]}$ $L_{ik}^j = \frac{R_f}{\cos[\phi_f^j]} - r_f$ $\phi_f^j = \phi_f^s - (j-1)\left(\frac{\phi_f^s - \phi_f^c}{j_f - 1}\right)$ $\phi_f^s = \alpha - \frac{K_m \sqrt{L_f t_f}}{r_f}$ $\phi_f^c = \frac{K_m}{r_f} \sqrt{R_S t_f}$	
허용기준 $\sigma_{\theta m} \leq S$ <span style="margin-left: 150px;"><math>\sigma_{sm} \leq S</math></span> $\sigma_{\theta m}^j \leq S$ <span style="margin-left: 150px;"><math>\sigma_{sm}^j \leq S</math></span>	

[표 4.4.1] 압축응력 규칙에 대한 최고금속온도

재료	온도한계	
	℃	℉
탄소강과 저합금강	425	800
고합금강	425	800
담금질과 템퍼링을 한 강	370	700
알루미늄과 알루미늄합금	150	300
동과 동합금	65	150
니켈과 니켈합금	480	900
티타늄과 티타늄합금	315	600
지르코늄	315	600

[표 4.5.1] 접합부에 대한 관 나사산의 최소수

관 크기	맞물리는 나사산	요구되는 최소 관 두께
DIN 15, 20 (NPS 0.5, 0.75 in.)	6	11 mm(0.43 in.)
DIN 25, 32, 40 (NPS 1.0, 1.25, 1.5 in.)	7	16 mm(0.61 in.)
DIN 50 (NPS 2 in.)	8	18 mm(0.70 in.)

[표 4.5.2] 노즐의 최소두께 요건

공칭크기	최소두께
NNS ≤ 50 mm (2 in.)	4 mm (0.154 in.)
50 mm < NNS ≤ 100 mm (4 in.)	6 mm (0.237 in.)
100 mm < NNS ≤ 150 mm (6 in.)	7 mm (0.280 in.)
150 mm < NNS ≤ 250 mm (10 in.)	8 mm (0.322 in.)
NNS > 250 mm (10 in.)	10 mm (0.375 in.)

주: NNS는 파이프로 만든 노즐에 대해서 그 공칭 파이프 크기로 취할 수 있는 공칭 노즐 크기(nominal nozzle size)이다. 판재로 만든 노즐에 대해서는, NNS는 실제 노즐 바깥지름보다 큰 가장 큰 표준 파이프 공칭지름과 같게 정한다.

[표 4.6.1] 평경관의 설계를 위한 매개변수 C

상세	요건	그림
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>플랜지 길이에 대한 특별한 요건이 없이, 요구경관 두께의 3배 이상인 모서리 안반지름으로 용기와 일체로 단조하거나 맞대기 용접을 한 플랜징 가공을 한 원형 또는 비원형 경관에 대해서 <math>C = 0.17</math></li> <li>위의 설계로 된 경관에 대한 플랜지 길이가 다음 이상일 때, 원형 경관에 대해서 <math>C = 0.10</math></li> </ul> $Y = \left( 1.1 - 0.8 \left( \frac{t_s}{t_h} \right)^2 \right) \sqrt{dt_h}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>플랜지 길이 <math>Y</math>가 위의 방정식 내의 요건보다 작으나 동체 두께가 적어도 <math>2\sqrt{dt_s}</math> 인 거리에 대해서 <math>t_s = 1.12t_h \sqrt{1.1 - Y/\sqrt{dt_h}}</math> 이상일 때, 원형 경관에 대해서 <math>C = 0.10</math></li> <li><math>r</math>은 최소한 <math>3t</math>를 사용하여야 한다.</li> </ul>	
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>용기와 일체로 또는 용기에 맞대기 용접을 한 단조된 원형 및 비원형 경관에 대해서 <math>C = 0.17</math>, 여기서 플랜지 두께는 동체 두께의 2배 이상, 모서리 안반지름은 플랜지 두께의 3배 이상이다.</li> <li><math>r = 3t_f</math> (최소)이어야 한다.</li> </ul>	
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>용기와 일체로 또는 용기에 맞대기 용접을 한 단조된 원형 및 비원형 경관에 대해서 <math>C = \max[0.33m, 0.2]</math>, 여기서 플랜지 두께는 동체 두께 이상이고 모서리 안반지름은 다음이상이다.</li> <li><math>t_s \leq 38mm</math>에 대해서 <math>r = 10mm</math></li> <li><math>t_s &gt; 38mm</math>에 대해서 <math>r = \min[0.25t_s, 19mm]</math></li> </ul>	
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>다음의 조건에서 일체형 원형 평경관에 대해서 <math>C = 0.17</math></li> <li>- 치수 <math>d</math>는 610 mm를 초과하지 않는다.</li> <li>- 치수 <math>d</math>에 대한 경관 두께의 비율은 0.05 이상 0.25 이하이다.</li> <li>- 경관 두께 <math>t_h</math>는 동체 두께 <math>t_s</math> 이상이다.</li> <li>- 이 구조는 헤더의 끝을 폐쇄할 때에 사용하는 것과 같은 동체의 끝을 업세팅 가공 또는 회전 성형과 같은 특수기법으로 만들어 진다.</li> <li><math>r = 3t_f</math> (최소)이어야 한다.</li> </ul>	



상세	요건	그림
5	$t_s$ 가 적어도 $1.25t_r$ 이고 용접 상세가 제149조의 요건에 적합할 때 등체의 끝에 용접한 원형 판에 대해서 $C = 0.33$	<p>용접이음의 상세에 대해서 4.2항 참조, <math>t_s \geq 1.25 t_r</math></p>
6	만일 최소 목 두께가 $0.7t_s$ 인 안쪽 필릿용접을 사용하고 바깥 용접의 상세가 제149조의 요건들에 적합하다면 원형 판에 대해서 $C = \max[0.33m, 0.2]$	<p>용접이음의 상세에 대해서 4.2항 참조</p>
7	<ul style="list-style-type: none"> <li>그림들에서 보는 것처럼 용기에 볼트 조임을 한 원형 및 비원형 경판과 덮개에 대해서 <math>C = 0.3</math></li> <li>덮개 판이 외주 개스킷을 위하여 홈이 파졌을 때, 홈 밑 또는 홈과 덮개 판 가장자리 사이의 정미 덮개 판 두께는 다음 두께 이상이 되어야 한다.</li> </ul> <p>원형 경판과 덮개 판</p> $t_o = d \sqrt{\frac{1.9 W_o h_G}{S_{ha} d^3}}$ <p>비원형 경판과 덮개 판</p> $t_o = d \sqrt{\frac{6 W_o h_G}{S_{ha} L d^2}}$	

상세	요건	그림
8	온면형 개스킷과 함께 등체와 플랜지에 볼트 조임이 된 원형 덮개 판에 대해서 $C = 0.25$	
9	(압력과 부등 열팽창으로 인하여 생기는 전단, 인장, 압축 또는 플레어링을 포함하는 방사상 변형으로든지 간에) 모든 가능한 파괴의 수단이 적어도 4인 안전계수로 지지될 때에 용기의 끝 속에 삽입되어 확실한 기계적 잠금 조치로 제 자리에 고정되는 원형 덮개 판에 대해서 $C = 0.30$	

[표 4.6.2] 구멍이 있는 일체형 평경관에 대한 집합부 응력 방정식

경관-동체 집합부 응력	구멍-경관 집합부 응력
$S_{HS} = \frac{1.1f_s X_1 (E\theta)^* \sqrt{B_s g_{0s}}}{\left(\frac{g_{1s}}{g_{0s}}\right)^2 B_s V_s}$	$S_{HO} = X_1 S_H$
$S_{RS} = \frac{1.91M_H \left(1 + \frac{F_s t}{\sqrt{B_s g_{0s}}}\right)}{B_s t^2} + \frac{0.64F_s M_H}{B_s \sqrt{B_s g_{0s}} t}$	$S_{RO} = X_1 S_R$
$S_{TS} = \frac{X_1 (E\theta)^* t}{B_s} - \frac{0.57M_H \left(1 + \frac{F_s t}{\sqrt{B_s g_{0s}}}\right)}{B_s t^2} + \frac{0.64ZF_s M_H}{B_s \sqrt{B_s g_{0s}} t}$	$S$ 여기서 $S_H = \frac{f_n M_o}{Lg_{1n}^2 B_n}$
	$S_R = \frac{(1.33t_c + 1)M_o}{L^2 B_n}$
	$S_T = \frac{YM_o}{t^2 B_n} - ZS_R$
	$Z_1 = \frac{2K^2}{K^2 - 1}$
	주: 노즐이 없는 구멍의 경우에 대해서 $S_R = S_H = 0.0$

[표 4.6.3] 구멍이 있는 일체형 평경관에 대한 응력허용기준

경관-동체 집합부 응력	구멍-경관 집합부 응력
$S_{HS} \leq 1.5S_{ho}$	$S_{HO} \leq 1.5S_{ho}$
$S_{RS} \leq S_{ho}$	$S_{RO} \leq S_{ho}$
$S_{TS} \leq S_{ho}$	$S_{TS} \leq S_{ho}$
$\frac{(S_{HS} + S_{RS})}{2} \leq S_{ho}$	$\frac{(S_{HO} + S_{RO})}{2} \leq S_{ho}$
$\frac{(S_{HS} + S_{TS})}{2} \leq S_{ho}$	$(S_{HO} + S$

[표 4.7.1] 형식 D 경관에 대한 집합부 응력 방정식과 허용기준

운전조건	개스킷 시팅 조건
$S_{hm} = \frac{PR}{2t} + P_e$	$S_{hm} = 0.0$
$S_{hl} = \frac{PR}{2t} + \frac{V_{do} \cos[\phi]}{\pi B t} + P_e$	$S_{hl} = \frac{V_{dg} \cos[\phi]}{\pi B t}$
$S_{hb} = \frac{6M_{do}}{\pi b t^2}$	$S_{hb} = \frac{6M_{dg}}{\pi b t^2}$
$S_{hlibi} = S_{hl} + S_{hb}$	$S_{hlibi} = S_{hl} + S_{hb}$
$S_{hlbo} = S_{hl} - S_{hb}$	$S_{hlbo} = S_{hl} - S_{hb}$
$S_{fm} = \frac{1}{\pi B T} \left( \frac{\pi B^2 P}{4} \left( \frac{4q}{B} - \cot[\phi] \right) - V_{do} \right) \left( \frac{K^2 + 1}{K^2 - 1} \right) + P_e$	$S_{fm} = \frac{1}{\pi B T} (-V_{dg}) \left( \frac{K^2 + 1}{K^2 - 1} \right)$
$S_{fb} = \frac{0.525n}{B t k_1} \left( V_{do} - \frac{4M_{do} \lambda}{B} \right)$	$S_{fb} = \frac{0.525n}{B t k_1} \left( V_{dg} - \frac{4M_{dg} \lambda}{B} \right)$
$S_{fmbo} = S_{fm} - S_{fb}$	$S_{fmbo} = S_{fm} - S_{fb}$
$S_{fmibi} = S_{fm} + S_{fb}$	$S_{fmibi} = S_{fm} + S_{fb}$
허용기준	
$S_{hm} \leq S_{ha}$	$S_{hm} \leq S_{hg}$
$S_{hl} \leq 1.5S_{ha}$	$S_{hl} \leq 1.5S_{hg}$
$S_{hlibi} \leq 1.5S_{ha}$	$S_{hlibi} \leq 1.5S_{hg}$
$S_{hlbo} \leq 1.5S_{ha}$	$S_{hlbo} \leq 1.5S_{hg}$
$S_{fm} \leq S_{fo}$	$S_{fm} \leq S_{fg}$
$S_{fmbo} \leq 1.5S_{fo}$	$S_{fmbo} \leq 1.5S_{fg}$
$S_{fmibi} \leq 1.5S_{fo}$	$S_{fmibi} \leq 1.5S_{fg}$

[표 4.9.1] 브레이스와 스테이를 설치한 표면에 대한 응력계수

브레이스와 스테이를 설치한 표면의 구조	C
두께 11 mm 이하의 판을 관통하여 용접하는 스테이	2.1
두께 11 mm를 초과하는 판을 관통하여 용접하는 스테이	2.2

[표 4.11.1] 재킷을 동체에 통합하는 부재의 설계

상세	요건	그림
1	<p>통합부 상세 (a)와 (b)는 제25조②항3.의 요건들이 만족될 때에만 사용하여야 한다.</p> <p>이 통합부들은 그림 4.11.1에서 보는 것처럼 형식 1, 2 및 4의 재킷형 용기들에서 사용할 수 있으며, 적어도 <math>t_{rj}</math>와 같은 <math>t_{rc}</math>를 가져야 하고, 모서리 반지름 <math>r</math>은 <math>3t_c</math> 이상이 되어야 한다.</p> <p>이 통합부 설계는 <math>t_{rc}</math> 최대두께가 16 mm로 제한된다.</p> <p>이 구조가 형식 1 재킷형 용기에서 사용될 때는 그 용접치수 <math>Y</math>는 <math>0.7t_c</math> 이상이 되어야 하고, 형식 2와 4 재킷형 용기에서 사용될 때는 그 용접치수 <math>Y</math>는 <math>0.83t_c</math> 이상이 되어야 한다.</p>	<p>(a) 형식 1 재킷</p> <p>(b) 형식 2와 형식 4 재킷</p>

상세	요건	그림
2	<p>이 통합부들은 적어도 <math>t_{rj}</math>와 같은 <math>t_{rc}</math>를 가져야 한다. 상세 (c)에 대해서는 이에 추가하여 <math>t_{rc}</math>는 다음 이상이어야 한다.</p> $t_{rc} = 0.707j\sqrt{\frac{P_j}{S_c}}$ <p>통합부를 내부 용기에 부착하고 통합부의 두께 <math>t_c</math>를 완전 용입하는 홈 용접은 그림 4.11.1에서 보는 재킷형 용기의 어느 형식과도 사용할 수 있다. 그러나 최소목치수 <math>0.7t_c</math>를 가진 필릿용접도 그림 4.11.1의 형식 1 재킷형 내부 용기의 통합부를 연결하기 위해서 역시 사용할 수 있다.</p> <p>통합부와 재킷 동체는 단일 구조이거나 완전 용입 맞대기용접을 사용하여 용접할 수도 있다. 받침쇠를 사용할 수도 있다.</p>	<p>(a)</p> <p>(b)</p> <p>(c)</p>
3	<p>이 통합부는 그림 4.11.1에서 보는 형식 1 재킷형 용기에만 사용하여야 한다.</p> <p>통합부 두께 <math>t_{rc}</math>는 제150조의 원추형 동체에 대한 방정식을 사용하여 계산하여야 하나 <math>t_{rj}</math> 이상이 되어야 한다. 각도 <math>\theta</math>는 최대 <math>30^\circ</math>로 제한하여야 한다.</p>	

상세	요건	그림
4	<p>봉합부 상세 (a), (b) 및 (c)는 제158조②항3.의 요건들이 만족될 때에만 사용하여야 한다.</p> <p>이 봉합부들은 그림 4.11.1에서 보는 것처럼 형식 1의 재킷형 용기들에만 사용하여야 하며, <math>t_{rj}</math>가 16 mm를 초과하지 않는다는 추가적 제한이 있다.</p> <p>이 봉합 부에 대한 최소요구두께는 다음과 같아야 한다.</p> $t_{rc} = \max \left[ 2t_{rj}, 0.707j \sqrt{\frac{P_j}{S_c}} \right]$ <p>필릿용접 크기는 다음과 같아야 한다.  <math>Y \geq \min [0.75t_c, 0.75t_s]</math> 그리고  <math>C = 0.7 Y \min</math>  <math>Z \geq t_j</math> 그리고 <math>b = 0.7Z \min</math></p>	
5	<p>봉합부 상세 (a), (b) 및 (c)는 제158조②항3.의 요건들이 만족될 때에만 사용하여야 한다.</p> <p>이 봉합부들은 그림 4.11.1에서 보는 재킷형 용기의 어느 형식이나 사용할 수 있다. 형식 1의 재킷형 용기에 대해서는, 요구 최소 봉합 부 두께는 표 4.11.1의 방정식들로부터 결정하여야 한다.</p> <p>다른 모든 형식의 재킷형 용기들에 대해서는, 요구 최소 봉합 부 두께와 그 재킷 공간의 최대허용폭은 다음 방정식들로부터 결정하여야 한다.</p> $t_{rc} = 1.414 \sqrt{\frac{P_j R_s j}{S_c}}$ $j = \frac{2S_c t_c^2 (t_s - t_j)}{P_j R_j - \frac{t_s - t_j}{2}}$ <p>봉합 부를 내부 용기에 연결하는 용접크기는 다음과 같아야 한다.  <math>Y \geq \min [1.5t_c, 1.5t_s]</math> 그리고 보는 것처럼 치수 a와 치수 b의 합으로서 측정하여야 한다.</p> <p>Z는 최소 요구 Y 치수를 유지하기 위해서 홈 용접 또는 다른 필릿 용접과 연관하여 사용할 때 필요한 최소 필릿 크기이다.</p>	

상세	요건	그림
6	<p>봉합부 상세 (a), (b) 및 (c)는 제158조②항3.의 요건들이 만족될 때에만 사용하여야 한다.</p> <p>상세 (a), (b) 및 (c)에서 보는 재킷-봉합 부 부착용접은 그림 4.11.1에서 보는 재킷형 용기의 어느 형식이나 사용할 수 있다. 상세 (d), (e) 및 (f)에서 보는 부착용접은 그림 4.11.1에서 보는 재킷형 용기의 어느 형식이나 사용할 수 있으며, 여기서 <math>t_{rj}</math>는 16 mm를 초과하지 않는다.</p> <p>요구 최소 봉합 부 두께와 그 재킷 공간의 최대허용폭은 다음 방정식들로부터 결정하여야 한다.</p> $t_{rc} = 1.414 \sqrt{\frac{P_j R_s j}{S_c}}$ $j = \frac{2S_c t_c^2 (t_s - t_j)}{P_j R_j - \frac{t_s - t_j}{2}}$	
7	<p>봉합부 상세 (a), (b) 및 (c)는 제158조②항3.의 요건들이 만족될 때에만 사용하여야 한다.</p> <p>이 봉합부들은 그림 4.11.1에서 보는 형식 3 재킷형 용기들에 사용할 수 있으며, 상세 (a), (b) 및 (c)에 따르는 부착용접을 하여야 한다.</p> <p>이 구조는 <math>t_{rj}</math>가 16 mm를 초과하지 않는 재킷들로 제한된다.</p> <p>접시형, 타원형 그리고 반구형 경판들에 대해서는, 재킷 경판의 바깥지름은 그 용기 경판의 바깥지름보다 커서는 안 되거나, 재킷 경판의 안지름이 용기 경판의 바깥지름과 공칭적으로 같아야 한다.</p>	
8	<p>원추형 또는 원환 원추형 재킷을 위한 봉합부는 그림 4.11.1에서 보는 형식 2 재킷형 용기에 대한 요건들에 적합하여야 한다.</p>	

[표 4.11.2] 재킷 관통부 상세의 설계

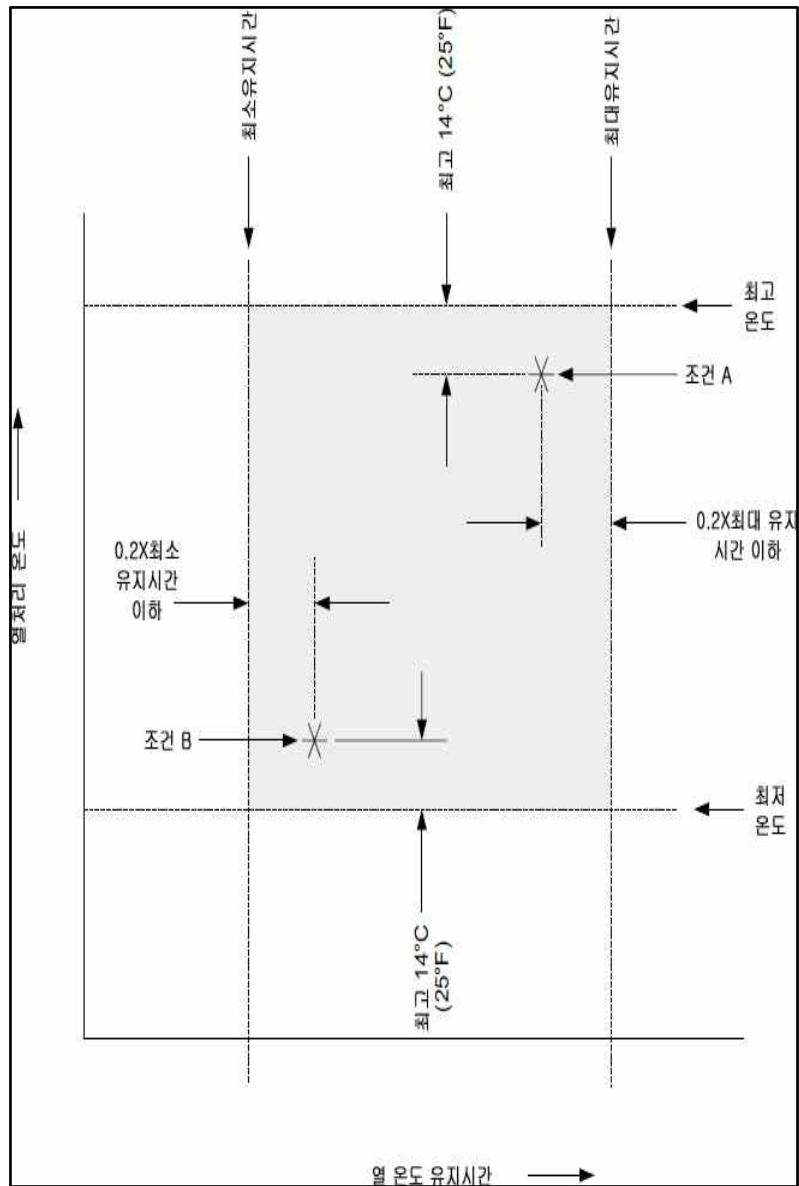
상세	요건	그림
1	이 봉합부의 상세는 제158조②항3.의 요건들이 만족될 때에만 사용하여야 한다. 재킷이 노즐에 용접될 때, 그 노즐의 벽을 봉합 부재로서 사용할 수 있다. $a = 2t_j$ 그리고 $b = t_j \min$	
2	이 봉합부의 상세는 제158조②항3.의 요건들이 만족될 때에만 사용하여야 한다. 형상들에 대한 최소요구두께는 제151조에 따라서 외압을 받는 동체로서 계산하여야 한다. $a = 2t_j$ 그리고 $b = t_j \min$ 부착물 A는 표 4.2.6의 상세들을 사용하여 만들어야 한다.	
3	이 봉합부의 상세는 제158조②항3.의 요건들이 만족될 때에만 사용하여야 한다. 최소요구두께 $t_{rc}$ 는 $t_{rj}$ 와 같아야 한다. 부착물 A는 표 4.2.6의 상세들을 사용하여 만들어야 한다.	
4	이 봉합부의 상세는 제158조②항3.의 요건들이 만족될 때에만 사용하여야 한다. 최소요구두께 $t_{rc}$ 는 제151조에 따라서 외압을 받는 동체로서 계산하여야 한다. 부착물 A는 표 4.2.6의 상세들을 사용하여 만들어야 한다.	

상세	요건	그림
5	이 봉합부의 상세는 제158조②항3.의 요건들이 만족될 때에만 사용하여야 한다. 내부 용기에 부착된 봉합부재의 요구두께 $t_{rc1}$ 은 제151조에 따라서 외압을 받는 동체로서 계산하여야 한다. 가요성 부재의 요구두께 $t_{rc2}$ 는 다음과 같이 결정하여야 한다. 재킷과 원환체 사이에 튜브형 단면이 존재하지 않을 때: $t_{rc2} = \frac{Pr}{S_c E - 0.6 P_j}$ 재킷과 원환체 사이에 튜브형 단면이 존재할 때: $t_{rc2} = \frac{P_j R_p}{S_c E - 0.6 P_j}$ $a = 2t_j$ , $b = t_j$ 그리고 $c = 1.25t_{c1}$ 부착물 A는 표 4.2.6의 상세들을 사용하여 만들어야 한다.	<p>(a)</p> <p>(b)</p>
6	이 봉합부의 상세는 제158조②항3.의 요건들이 만족될 때에만 사용하여야 한다. 최소요구두께 $t_{rc}$ 는 제151조에 따라서 외압을 받는 반지름 $R_p$ 의 동체로서 계산하여야 한다. $a = 2t_j$ 그리고 $b = t_j$ 부착물 A는 표 4.2.6의 상세들을 사용하여 만들어야 한다.	

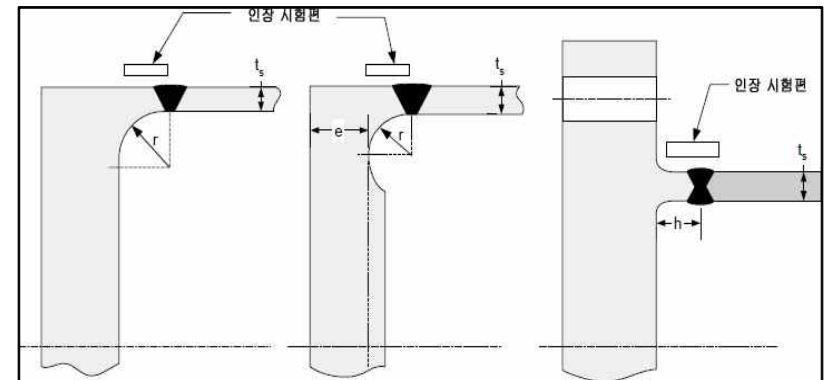
[표 4.11.3] 방정식(448)의 계수

Dpj	계수	동체 두께			
		5 mm	6 mm	10 mm	13 mm
DN50 NPS 2	C1	-3.6674510E+01	-1.8874043E+04	4.0083779E+02	-2.6447784E+02
	C2	1.2306994E+01	1.7869518E+04	-5.7029108E+02	1.8066952E+02
	C3	3.5701684E+00	-7.2846419E+03	3.1989698E+02	-4.9294965E+01
	C4	-7.9516583E-01	1.6723763E+03	-9.4286208E+01	7.1522422E+00
	C5	5.8791041E-02	-2.3648930E+02	1.6391764E+01	-5.7900069E-01
	C6	-1.5365397E-03	2.1101742E+01	-1.7431218E+00	2.4758486E-02
	C7	0.0000000E+00	-1.1608890E+00	1.1160179E-01	-4.3667599E-04
	C8	0.0000000E+00	3.6022711E-02	-3.9549592E-03	0.0000000E+00
	C9	0.0000000E+00	-4.8303253E-04	5.9644209E-05	0.0000000E+00
	C10	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
DN80 NPS 3	C1	-3.7588705E+03	-1.2551406E+04	-3.8104460E+04	-1.4263782E+04
	C2	2.9919870E+03	1.2149900E+04	4.0491537E+04	1.6228077E+04
	C3	-9.4177823E+02	-5.0657776E+03	-1.8844078E+04	-8.0227888E+03
	C4	1.5278500E+02	1.1910361E+03	5.0415301E+03	2.2676555E+03
	C5	-1.3452359E+01	-1.7255075E+02	-8.5435371E+02	-4.0440980E+02
	C6	6.1167422E-01	1.5770136E+01	9.5115501E+01	4.7257835E+01
	C7	-1.1235632E-02	-8.8782173E-01	-6.9588768E+00	-3.6233229E+00
	C8	-2.1465752E-06	2.8148933E-02	3.2277515E-01	1.7597455E-01
	C9	0.0000000E+00	-3.8488963E-04	-8.6172557E-03	-4.9179021E-03
	C10	0.0000000E+00	0.0000000E+00	1.0094910E-04	6.0315412E-05
DN100 NPS 4	C1	-2.1336346E+04	7.3995872E+03	8.3115447E+02	-4.0097574E+02
	C2	1.5982068E+04	-6.7592710E+03	-7.6253222E+02	4.2602525E+02
	C3	-4.9936486E+03	2.6131811E+03	2.9500674E+02	-1.7446665E+02
	C4	8.4914220E+02	-5.4873257E+02	-6.1135935E+01	3.7753845E+01
	C5	-8.4931392E+01	6.7571708E+01	7.4233181E+00	-4.6748939E+00
	C6	5.0044853E+00	-4.8769663E+00	-5.2938127E-01	3.3376011E-01
	C7	-1.6105634E-01	1.9112909E-01	2.0558271E-02	-1.2795569E-02
	C8	2.1857714E-03	-3.1412698E-03	-3.3593696E-04	2.0405896E-04
	C9	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
	C10	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00

Dpj	계수	동체 두께			
		5 mm	6 mm	10 mm	13 mm
DN50 NPS 2	C1	-4.0085121E+02	3.6782666E+00	1.0000000E+00	---
	C2	3.5652906E+02	-1.2669560E+00	0.0000000E+00	---
	C3	-1.3171601E+02	4.5491492E-01	0.0000000E+00	---
	C4	2.6480374E+01	-6.2883969E-02	0.0000000E+00	---
	C5	-3.1258388E+00	3.9401350E-03	0.0000000E+00	---
	C6	2.1680455E-01	-9.3433360E-05	0.0000000E+00	---
	C7	-8.1908188E-03	0.0000000E+00	0.0000000E+00	---
	C8	1.3019970E-04	0.0000000E+00	0.0000000E+00	---
	C9	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	---
	C10	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	---
DN80 NPS 3	C1	-1.5045135E+03	8.1206324E+00	-3.2789303E+03	---
	C2	1.4487653E+03	-8.3943593E+00	3.4419302E+03	---
	C3	-5.9846696E+02	3.7870074E+00	-1.5852932E+03	---
	C4	1.3910417E+02	-7.0886182E-01	4.2063167E+02	---
	C5	-1.9888205E+01	6.6972430E-02	-7.0855807E+01	---
	C6	1.7922925E+00	-3.1488859E-03	7.8593168E+00	---
	C7	-9.9521276E-02	5.8511141E-05	-5.7415834E-01	---
	C8	3.1164737E-03	0.0000000E+00	2.6647325E-02	---
	C9	-4.2181627E-05	0.0000000E+00	-7.1319265E-04	---
	C10	0.0000000E+00	0.0000000E+00	8.3899940E-06	---
DN100 NPS 4	C1	-3.5172282E+00	-2.5016604E+02	-5.3121462E+00	---
	C2	4.3499616E+00	1.7178270E+02	3.4090615E+00	---
	C3	-2.7157682E-01	-4.6844914E+01	-5.5605535E-01	---
	C4	1.1186450E-02	6.6874346E+00	4.2156128E-02	---
	C5	-7.1328067E-04	-5.2507555E-01	-1.2921987E-03	---
	C6	2.2962890E-05	2.1526948E-02	6.6740230E-06	---
	C7	0.0000000E+00	-3.6091550E-04	0.0000000E+00	---
	C8	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	---
	C9	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	---
	C10	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	---

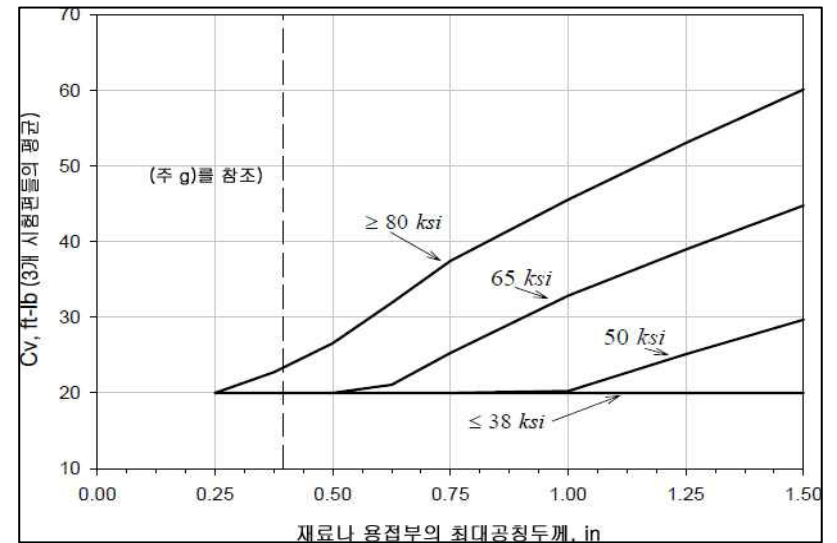


[그림 3.1] 크롬-몰리브덴 열처리 기준

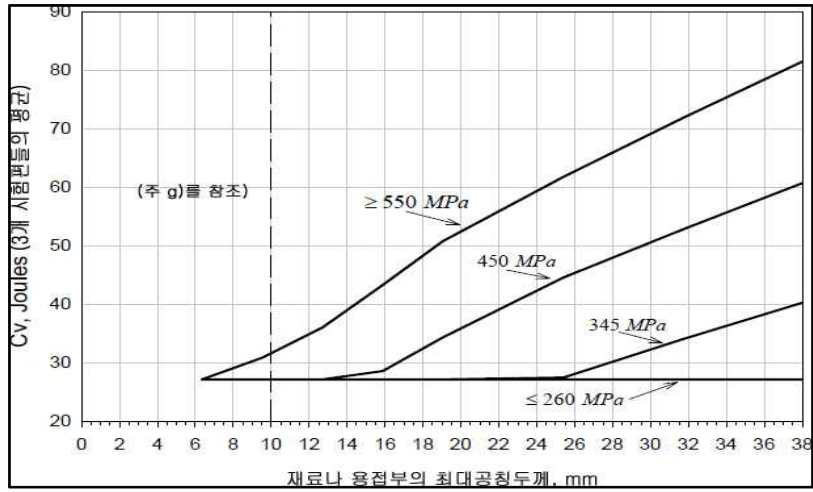


주: 만일 발진용 화력설비 제145조의 요건이 만족되지 않는다면, 이들 상서는 판재로부터 기계 가공이 허용되지 않는다.

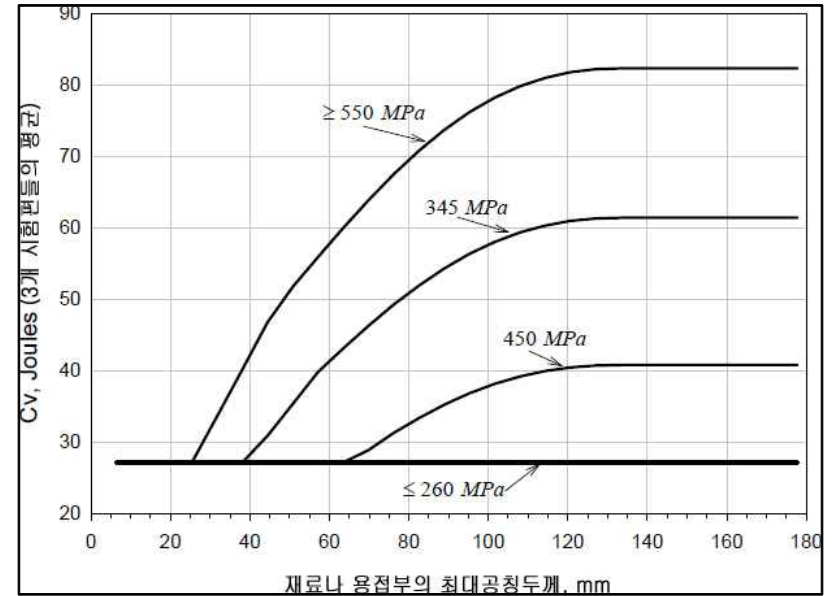
[그림 3.2] 인장시험편을 위한 전형적인 위치



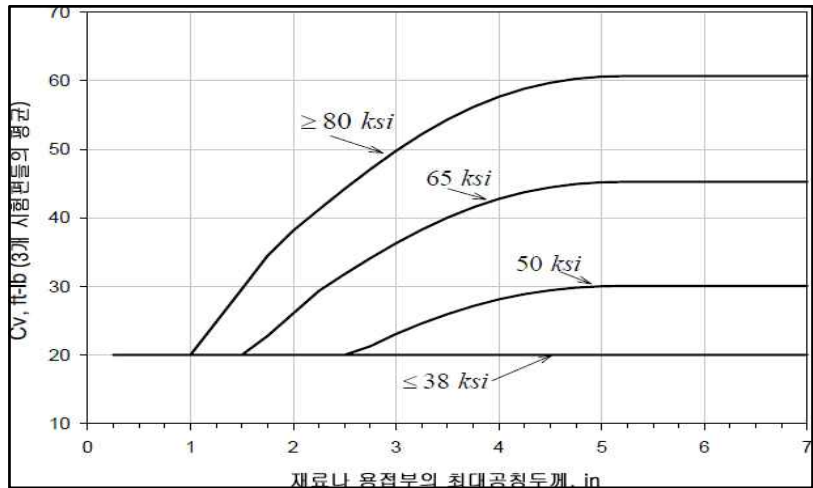
[그림 3.3] 규정최소항복강도의 함수로서 탄소강과 저합금강에 대한 전체크기 시험편에 대한 샤르피 V-노치 충격시험의 요건 - 용접후열처리를 받지 않는 부품



[그림 3.3M] 규정최소항복강도의 함수로서 탄소강과 저합금강에 대한 전체크기 시험편에 대한 샤르피 V-노치 충격시험의 요건 - 용접후열처리를 받지 않는 부품



[그림 3.4M] 규정최소항복강도의 함수로서 탄소강과 저합금강에 대한 전체크기 시험편에 대한 샤르피 V-노치 충격시험의 요건 - 용접후열처리를 받는 부품

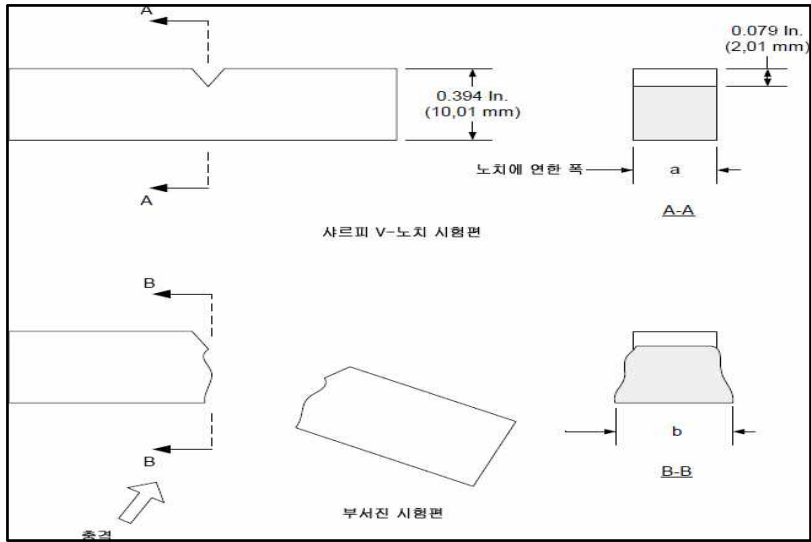


[그림 3.4] 규정최소항복강도의 함수로서 탄소강과 저합금강에 대한 전체크기 시험편에 대한 샤르피 V-노치 충격시험의 요건 - 용접후열처리를 받는 부품

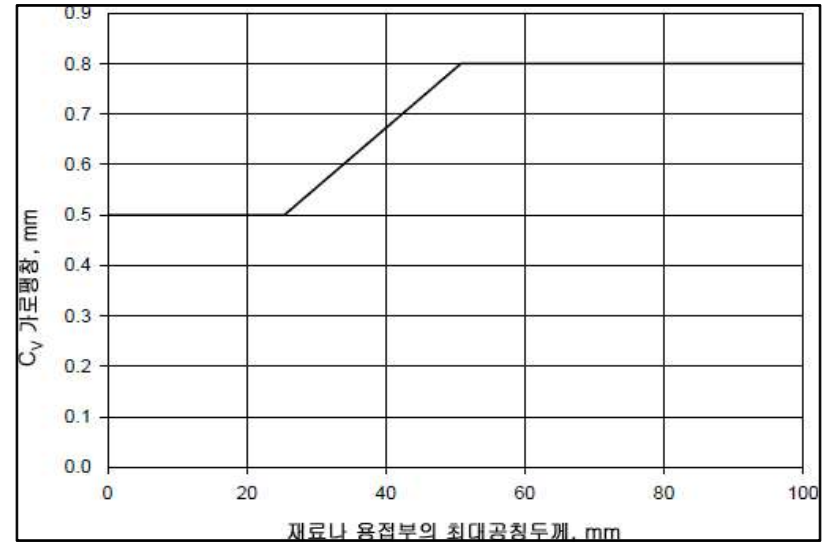
그림 3.3, 3.3M, 3.4 및 3.4M에 대한 주

- a) 항복강도 값들 사이에 보간이 허용된다.
- b) 한 시험편에 대한 최소충격에너지는 3개의 시험편들에 요구된 평균충격에너지의 2/3 미만이 되어서는 안 된다.
- c) SA-320, SA-333, SA-334, SA-350, SA-352, SA-420, SA-437, SA-508 등급 5 클래스 2, SA-540(규격 내의 표 2, 주 4 하에서 생산된 재료들을 제외하고), SA-723 및 SA-765에 따라서 생산되고 충격시험이 된 재료는 이 에너지 값을 만족시켜야 하는 것은 아니다. 이 규격에 따라 생산된 재료는 해당 규격이 요구하는 에너지 값이 만족 되었을 때는 시험온도 이상의 최저설계금속온도에서 사용하도록 허용된다.
- d) 만일 재료의 규정최소 인장강도가 655 MPa(95 ksi) 이상이면 그 재료의 인성 요건은 발전용 화력설비 제146조제2항제1호2)에 따라야 한다.
- e) 그림 3.3과 3.3M의 자료는 표 3.12에 나와 있다.
- f) 그림 3.4과 3.4M의 자료는 표 3.13에 나와 있다.
- g) 10 mm(0.394 in) 미만의 샤르피 V-노치 시험편 두께에 대해서는 발전용 화력설비 제146조제2항1호1)을 참조한다.

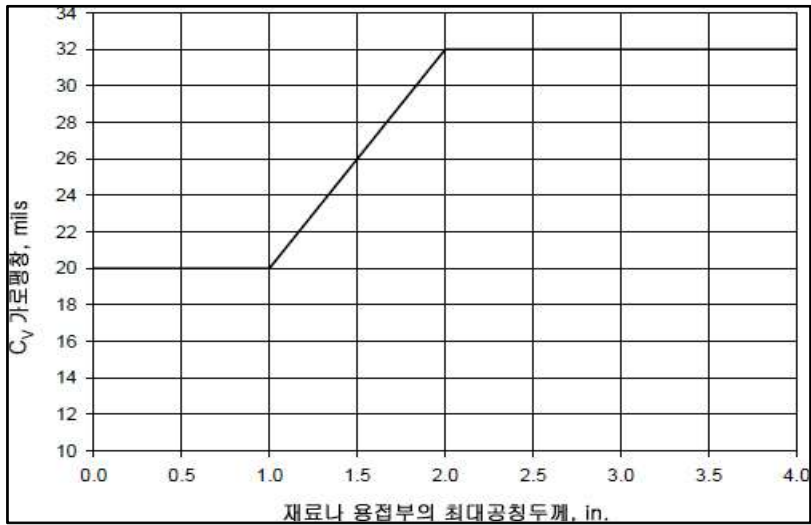




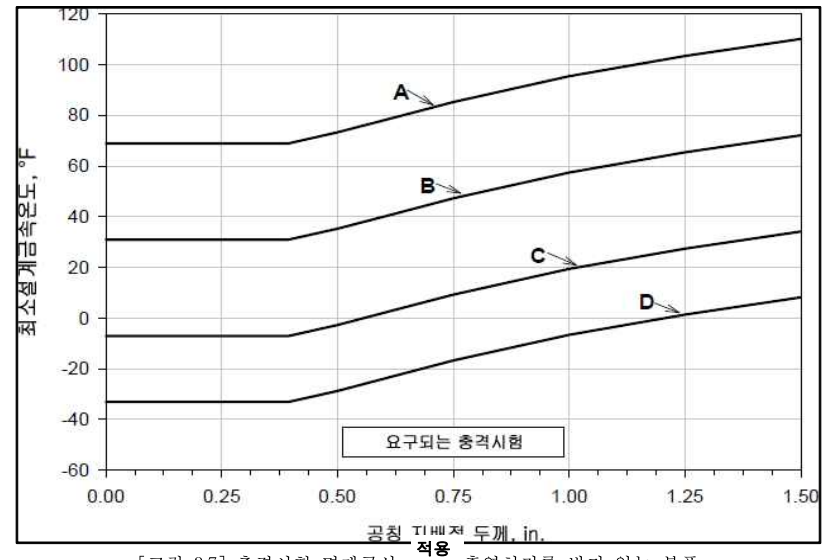
[그림 3.5] 부서진 샤르피 V-노치 시험편 내의 가로팽창의 그림설명



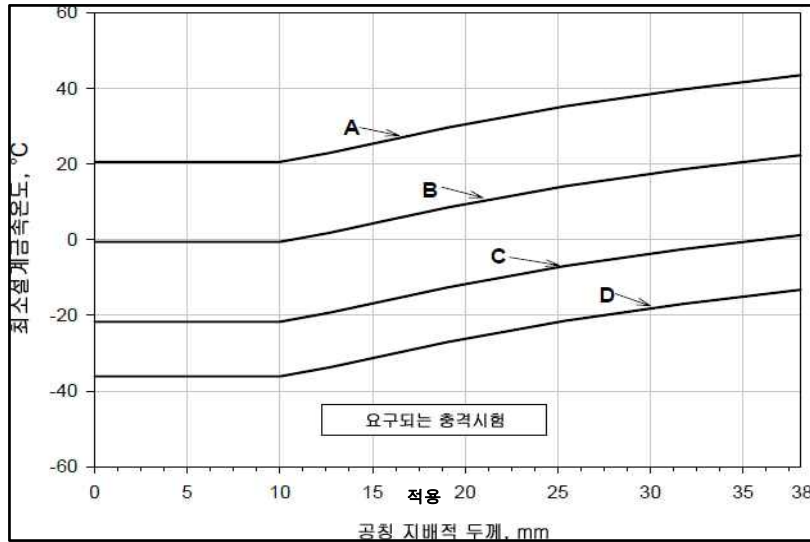
[그림 3.6M] 가로팽창 요건



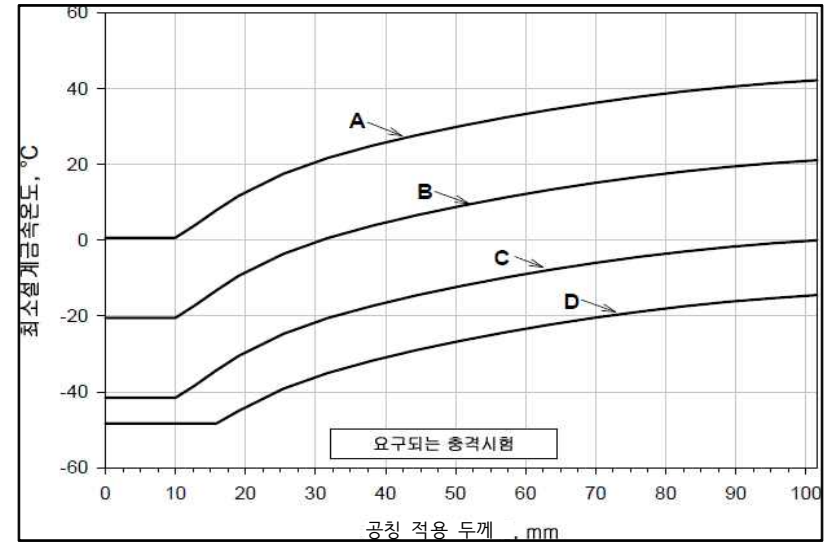
[그림.3.6] - 가로팽창 요건



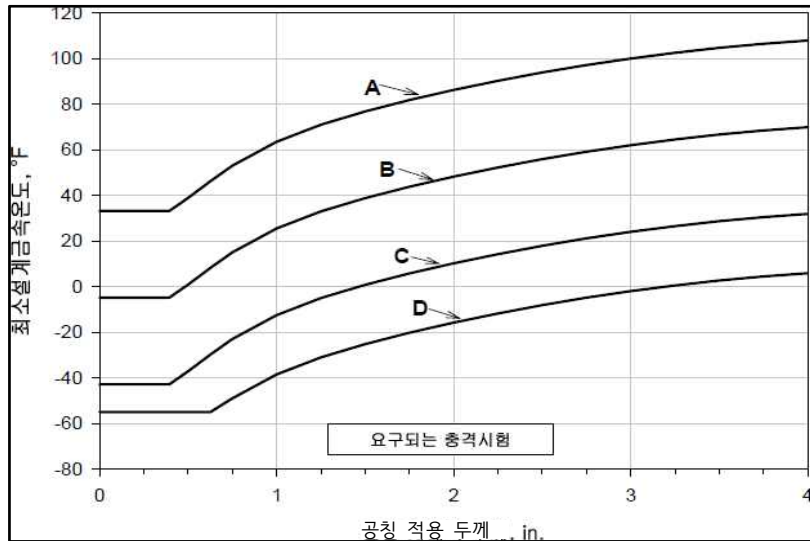
[그림 3.7] 충격시험 면제곡선 - 용접 후열처리를 받지 않는 부품



[그림 3.7M] 충격시험 면제곡선 - 용접후열처리를 받지 않는 부품



[그림 3.8M] 충격시험 면제곡선 - 용접후열처리를 받는 부품과 비용접 부품

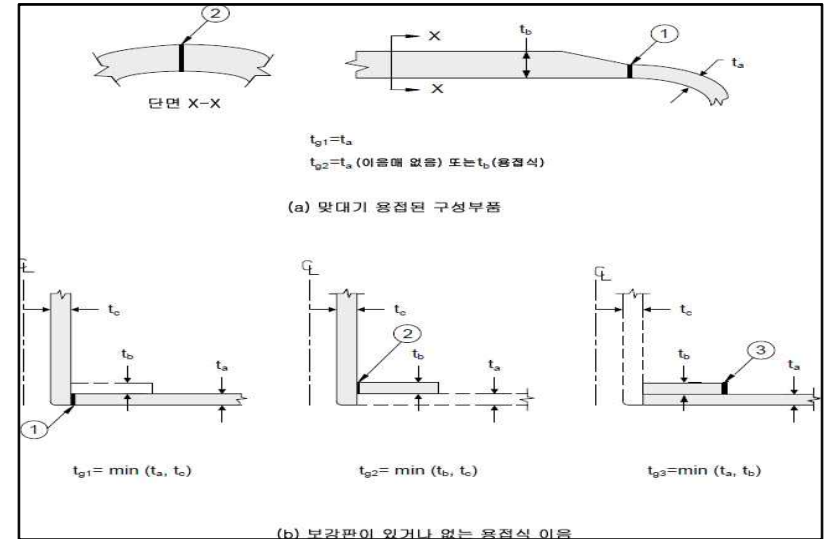


[그림 3.8] 충격시험 면제곡선 - 용접후열처리를 받는 부품과 비용접 부품

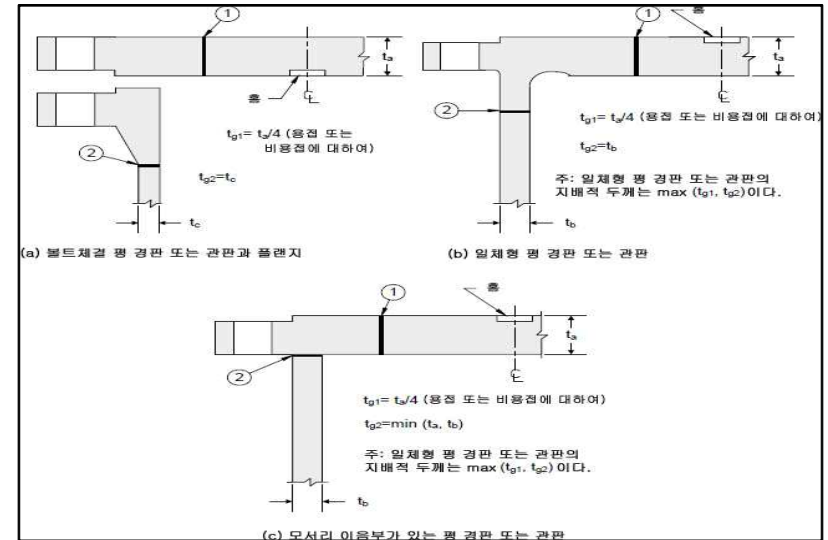
그림 3.7, 3.7M, 3.8 및 3.8M의 면제곡선과 주에 근거한 재료 지정 표

곡선	재료 지정
A	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) 아래의 곡선들 B, C 및 D에 기재되지 않은 모든 탄소강과 모든 저합금강의 강판, 형강 및 봉강</li> <li>b) 만일 노멀라이징과 템퍼링 또는 물 퀴칭-템퍼링이 되었으면, SA-217 등급 WCB 및 WCC, 노멀라이징과 템퍼링 또는 물 퀴칭-템퍼링이 되었으면, SA-217 등급 WC6</li> </ul>
B	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) 만일 노멀라이징과 템퍼링 또는 물 퀴칭-템퍼링이 되었으면, SA-216 등급 WCA, 그리고 50 mm(2 in)를 초과하지 않는 두께에 대해서 미립자이고 물 퀴칭과 템퍼링이 되었으면 등급 WCB와 WCC.</li> <li>b) 노멀라이징과 템퍼링이 되었으면 SA-217, 등급 WC9</li> <li>c) SA-285 등급 A 및 B</li> <li>d) SA-414, 등급 A</li> <li>e) SA-515, 등급 60</li> <li>f) 만일 노멀라이징이 안 되었으면 SA-516, 등급 65 및 70</li> <li>g) 만일 노멀라이징이 안 되었으면 SA-662, 등급 B</li> <li>h) 압연된 상태의 SA/EN 10028-2 등급 P355GH</li> <li>i) 주장을 제외하고는, 만일 미립자이고 노멀라이징이 되고 아래의 곡선 C와 D에 기재되지 않았으면, 곡선 A의 모든 재료</li> <li>j) 아래의 곡선 C와 D에 기재되지 않은 관, 관부속, 단조품 및 튜브</li> </ul>

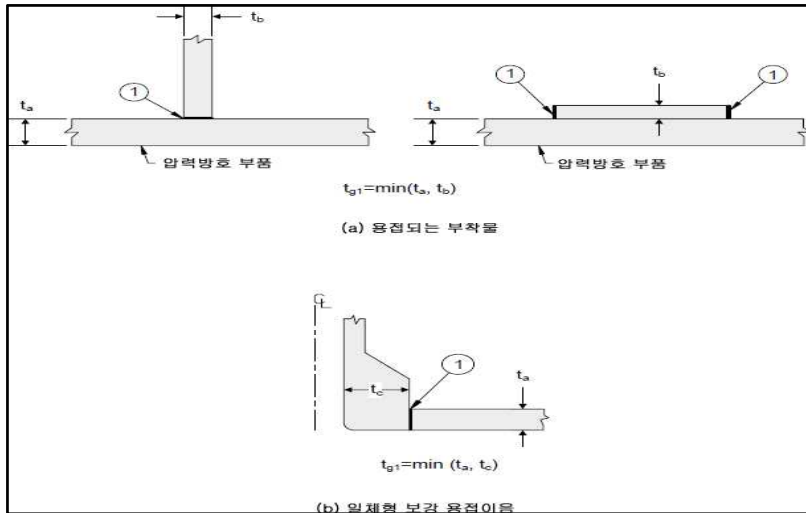
곡선	재료 지정
C	<p>a) 만일 노멀라이징과 템퍼링이 되었으면, SA-182, 등급 F21 및 F22</p> <p>b) SA-302 등급 C와 D</p> <p>c) 만일 노멀라이징과 템퍼링이 되거나 액체 퀘칭-템퍼링이 되었으면, SA-336, 등급 F21 및 F22</p> <p>d) 만일 노멀라이징과 템퍼링이 되거나 액체 퀘칭-템퍼링이 되었으면, SA-387, 등급 21과 22</p> <p>e) 만일 노멀라이징이 안 되었으면, SA-516 등급 55와 60</p> <p>f) SA-533 등급 B와 C</p> <p>g) SA-662 등급 A</p> <p>h) 재료규격에서 허용되는 것처럼 만일 미립자로 생산되어 노멀라이징, 노멀라이징과 템퍼링되고 아래 곡선 D에 기재되어 있지 않는다면, 곡선 B에 대한 (a) 내지 (g) 그리고 (i)에 기재된 모든 재료</p>
D	<p>a) SA-203</p> <p>b) SA-508 클래스 1</p> <p>c) 만일 노멀라이징 되었으면 SA-516</p> <p>d) SA-524, 클래스 1 및 2</p> <p>e) SA-537, 클래스 1, 2 및 3</p> <p>f) SA-20의 표 1의 각주에 있는 증가된 Cb 한계가 허용되지 않는 것을 제외하고 만일 노멀라이징 되었으면, SA-612</p> <p>g) 만일 노멀라이징 되었으면 SA-662</p> <p>h) SA-738 등급 A</p> <p>i) 재료규격의 규정에 따라서 추가된 Cb와 V가 있는 SA-738 등급 A, -29°C(-20°F) 이상</p> <p>j) -29°C(-20°F) 이상의 SA-738 등급 B</p> <p>k) 만일 노멀라이징 되었으면[주 d)3] 참조, SA/EN 10028-2 등급 P355GH</p>
주:	<p>a) 곡선 A 및 B로서 기재되지 않은 주요품은 충격시험을 하여야 한다.</p> <p>b) 볼트에 대해서는 발전용 화력설비 제146조를 참조한다.</p> <p>c) 재료 지정에서 클래스나 등급이 나오지 않을 때는 모든 클래스와 등급들이 지시된다.</p> <p>d) 다음은 모든 재료 지정 주에 적용된다.</p> <p>1) 재료규격이 허용하는 대로 공냉보다 빠른 냉각속도와 뒤이은 템퍼링은 노멀라이징과 템퍼링 열처리와 동등한 것으로 간주한다.</p> <p>2) 미립자 철차는 SA-20에서 기술하는 것처럼 미세한 오스테나이트 입자크기를 얻기에 필요한 절차로서 정의한다.</p> <p>3) 노멀라이징 압연조건은 노멀라이징과 동등한 것으로 간주하지 않는다.</p> <p>e) 그림 3.7 및 3.7M의 자료는 표 3.14에 나와 있다.</p> <p>f) 그림 3.8 및 3.8M의 자료는 표 3.15에 나와 있다.</p> <p>g) 450 MPa (65 ksi)를 초과하는 항복강도에 대해서는 발전용 화력설비 제146조제2항제5호5) 가)를 참조한다.</p>



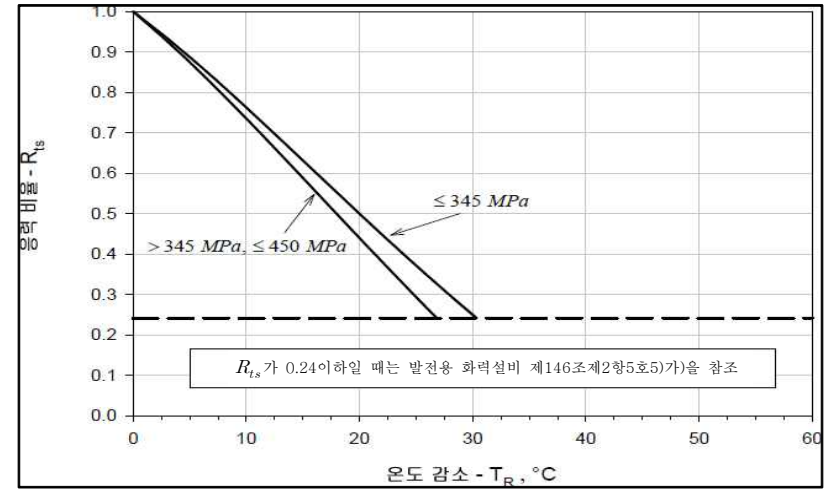
[그림 3.9] 적용 두께를 설명하는 전형적인 용기의 상세



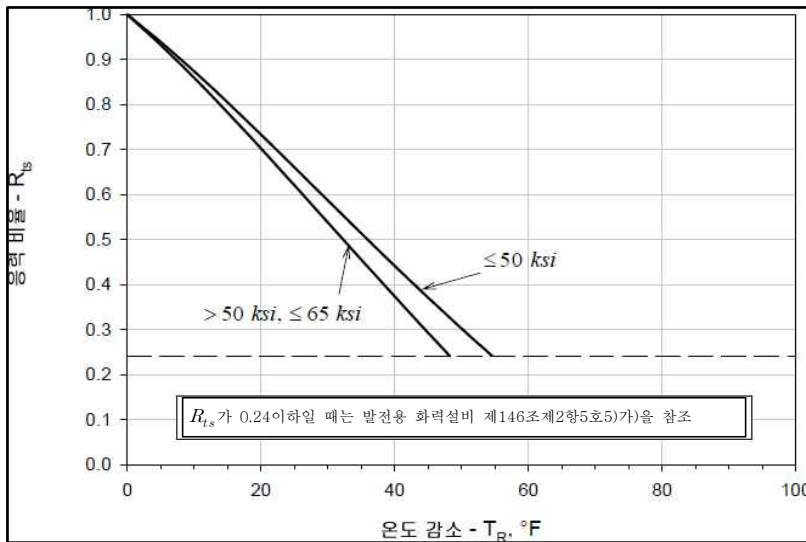
[그림 3.10] 적용 두께를 설명하는 전형적인 용기 상세



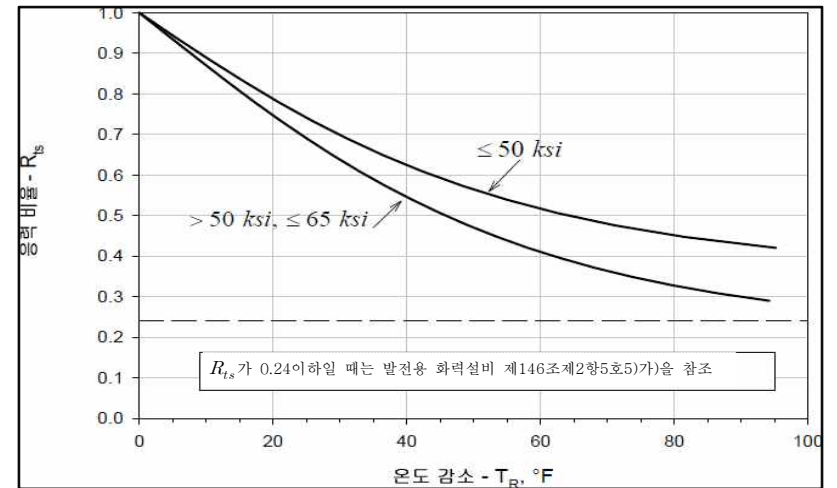
[그림 3.11] 적용 두께를 설명하는 전형적인 용기 상세



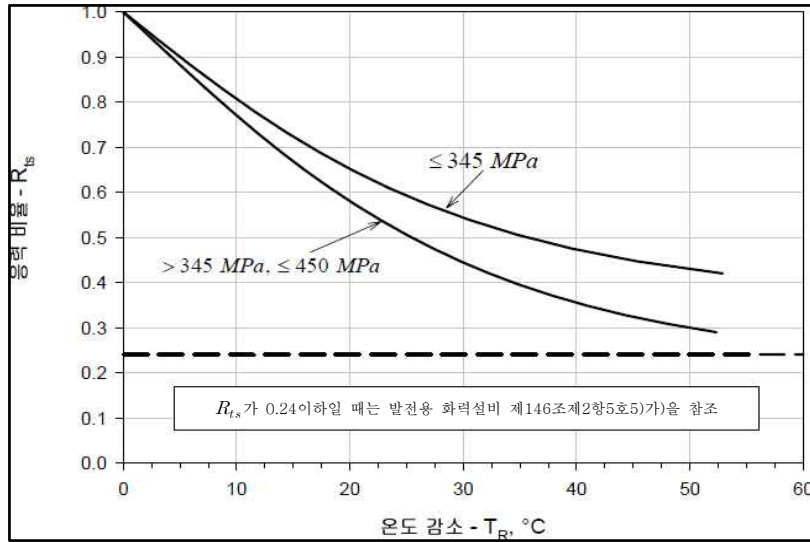
[그림 3.12M] 충격시험이 없는 최저설계금속온도의 감소  
 - 용접후열처리를 받지 않는 부품



[그림 3.12] 충격시험이 없는 최저설계금속온도의 감소 - 용접후열처리를 받지 않는 부품



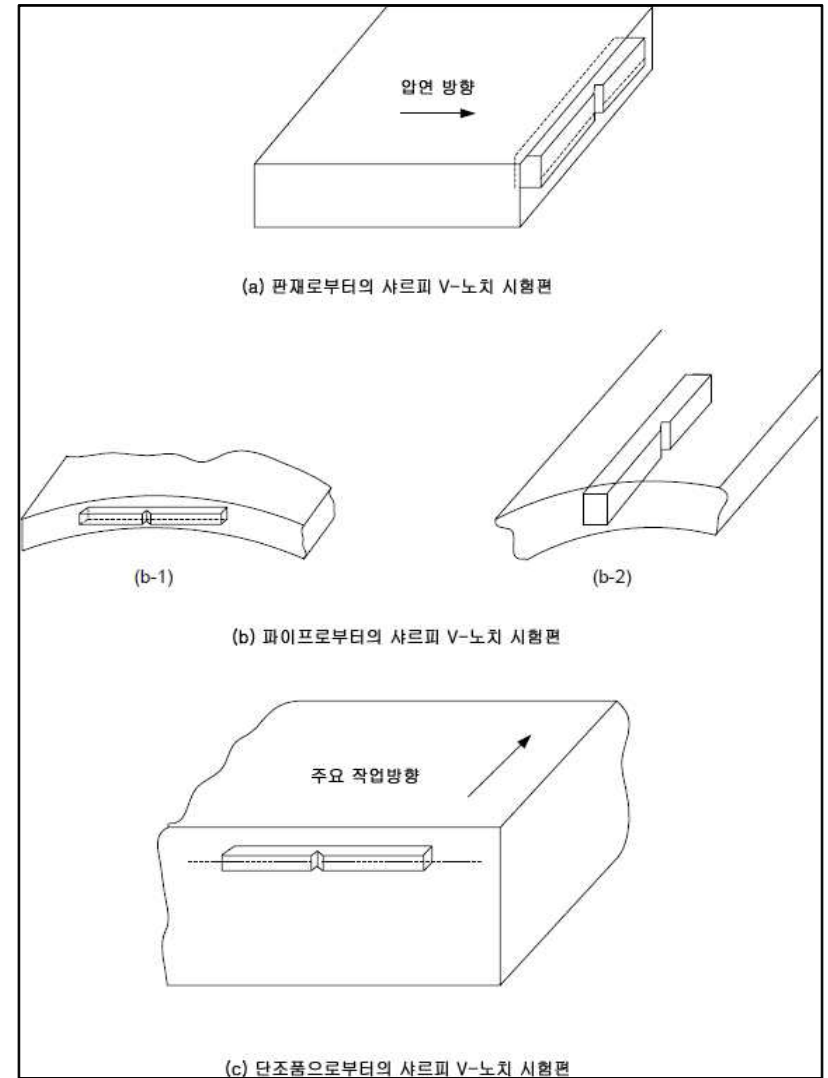
[그림 3.13] 충격시험이 없는 최저설계금속온도의 감소  
 - 용접후열처리를 받는 부품과 비용접 부품



[그림 3.13M] 충격시험이 없는 최저설계금속온도의 감소  
- 용접후열처리를 받는 부품과 비용접 부품

그림 3.12, 3.12M, 3.13 및 3.13M에 대한 주

- a) 항복강도 값들 사이의 보간이 허용된다.
- b) 발진용 화력설비 제146조제2항5호5)가 허용하는 것을 제외하고는 최저설계금속온도는 55°C (100°F)를 초과하지 말아야 한다.
- c) 그림 3.12 및 3.12M의 자료는 표 3.16에 나와 있다.
- d) 그림 3.13 및 3.13M의 자료는 표 3.17에 나와 있다.



주: 관 내의 샤르피 V-노치 시험편의 가로 방위는 스케치 (b-1)에서 보는 것과 같아야 한다. 만일 이 가로 시험편을 그 관 형상으로부터 얻을 수 없으면 스케치 (b-2)에서 보는 대안적 방위를 사용하여야 한다.

[그림 3.14] 가로 샤르피 V-노치 시험편의 방위와 위치



[그림 3.15] 용접금속의 델타 페라이트 함량

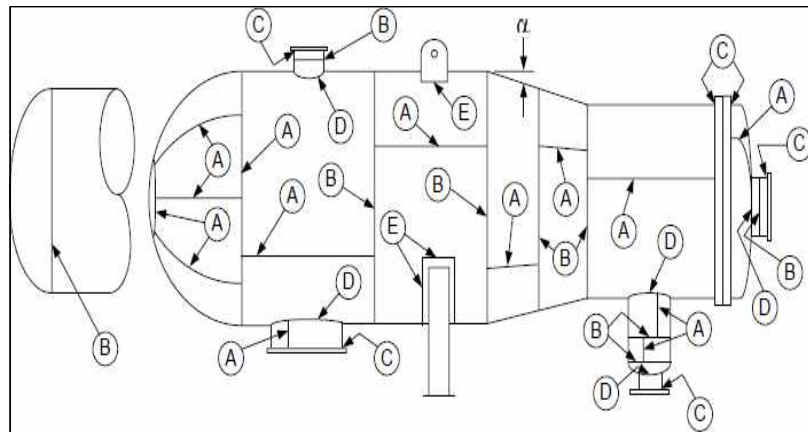
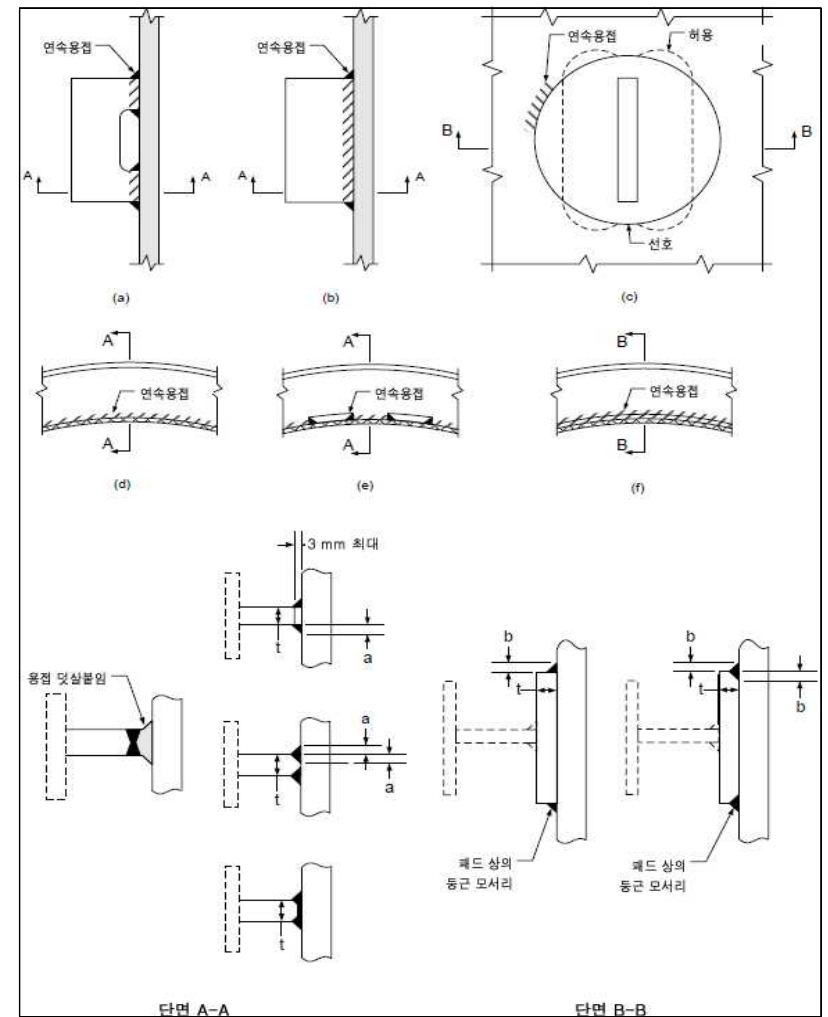


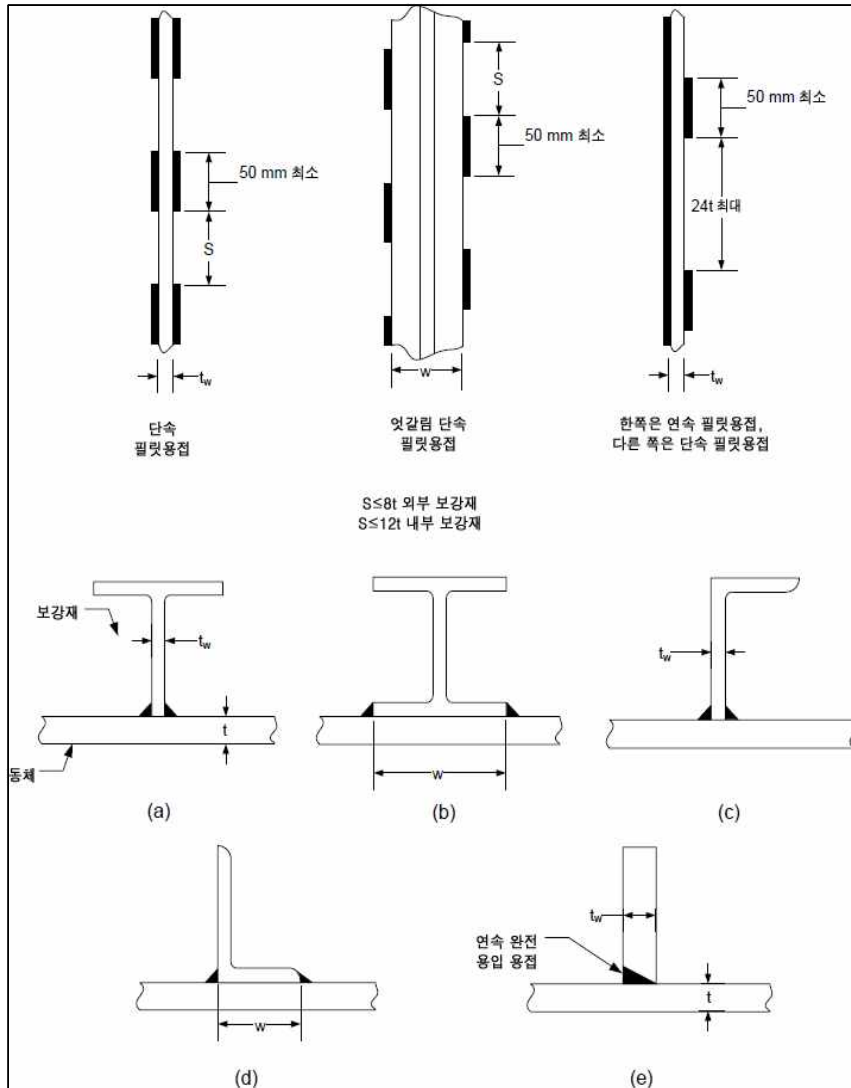
그림 4.2.1 - 범주 A, B, C, D 및 E의 대표적 용접이음 위치들



주:

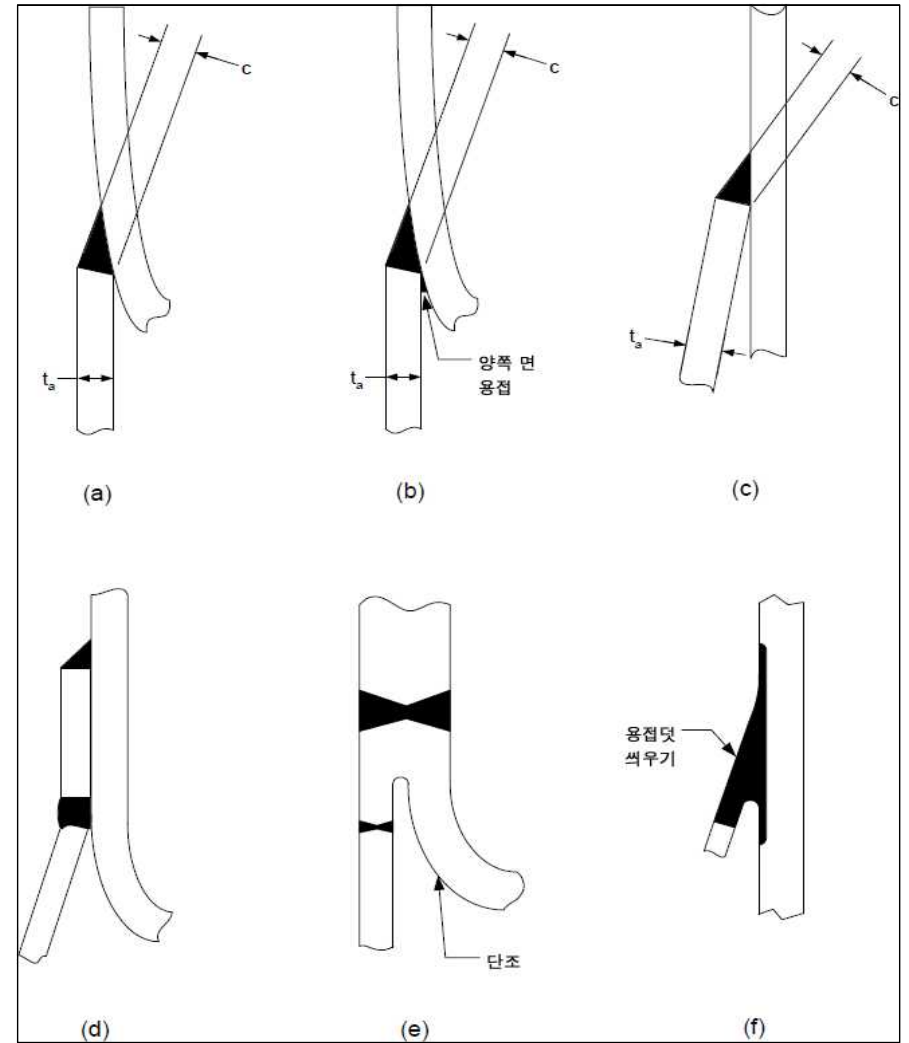
1. 부착용접크기:  $a \geq 0.25t$  및  $b \geq 0.5t$
2. 연속용접으로 부착한 페드에 대해서 통기구멍을 고려하여야 한다.
3. 위의 설계 (e)에 대해서는, 웨브의 최소한 50%는 동체 둘레에 따라서 균일한 간격으로 용접하여야만 한다.

그림 4.2.2 - 일부 브래킷, 러그 및 보강재의 부착 용접 상세들



주: 제한에 대해서는 16조④항5.마. 참조.

그림 4.2.3 허용할 수 있는 일부 보강 링의 부착 방법들



주:

1. 모든 용접은 연속용접이다.
2.  $c$ 는 용접의 루트로부터 용접면까지 용접금속의 최소두께이다.
3. 부착용접크기:  $c \geq t_a$

그림 4.2.4 - 스킨트 용접의 허용할 수 있는 일부 상세들

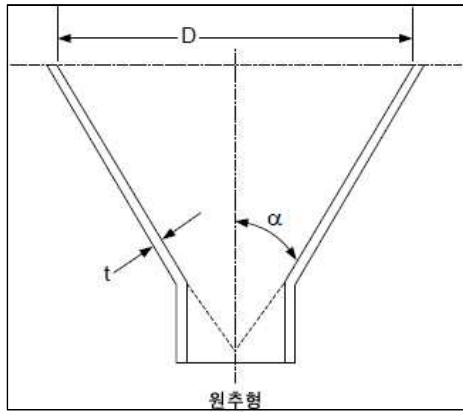


그림 4.3.1 - 원추형 동체

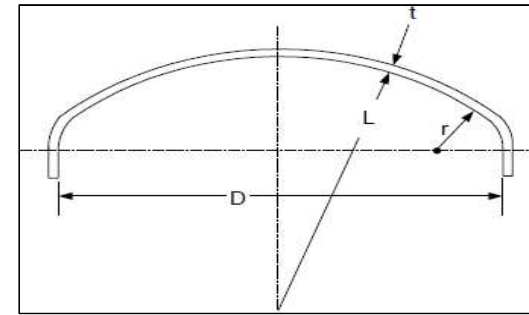


그림 4.3.3 - 균일 두께의 접시형 경관

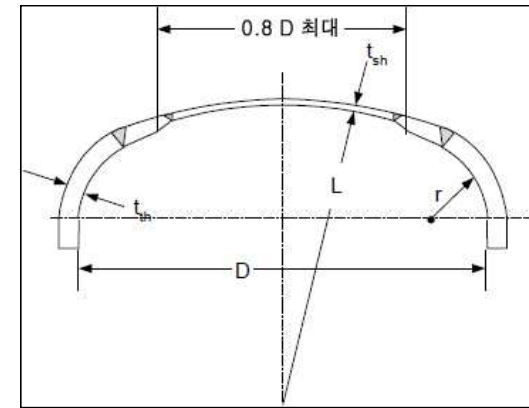


그림 4.3.4 - 상이한 두께의 돔 및 너클의 접시형 경관

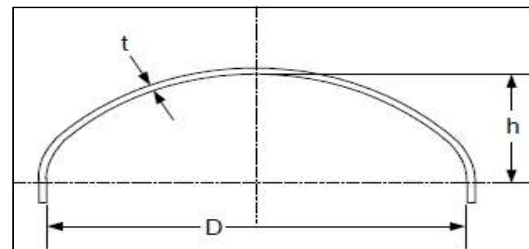


그림 4.3.5 - 타원형 경관

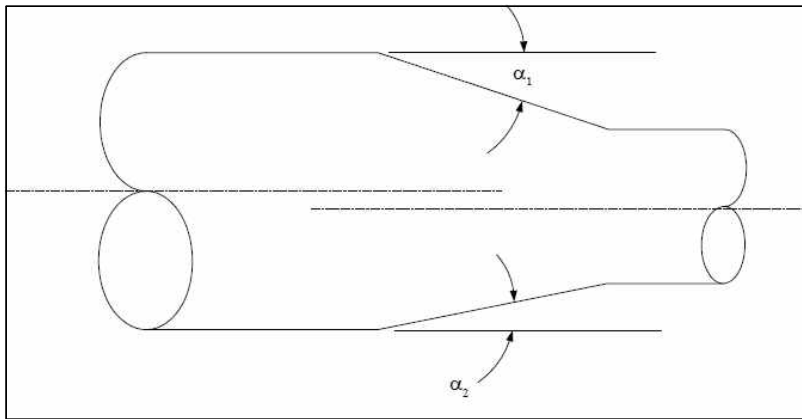


그림 4.3.2 오프셋 천이의 상세



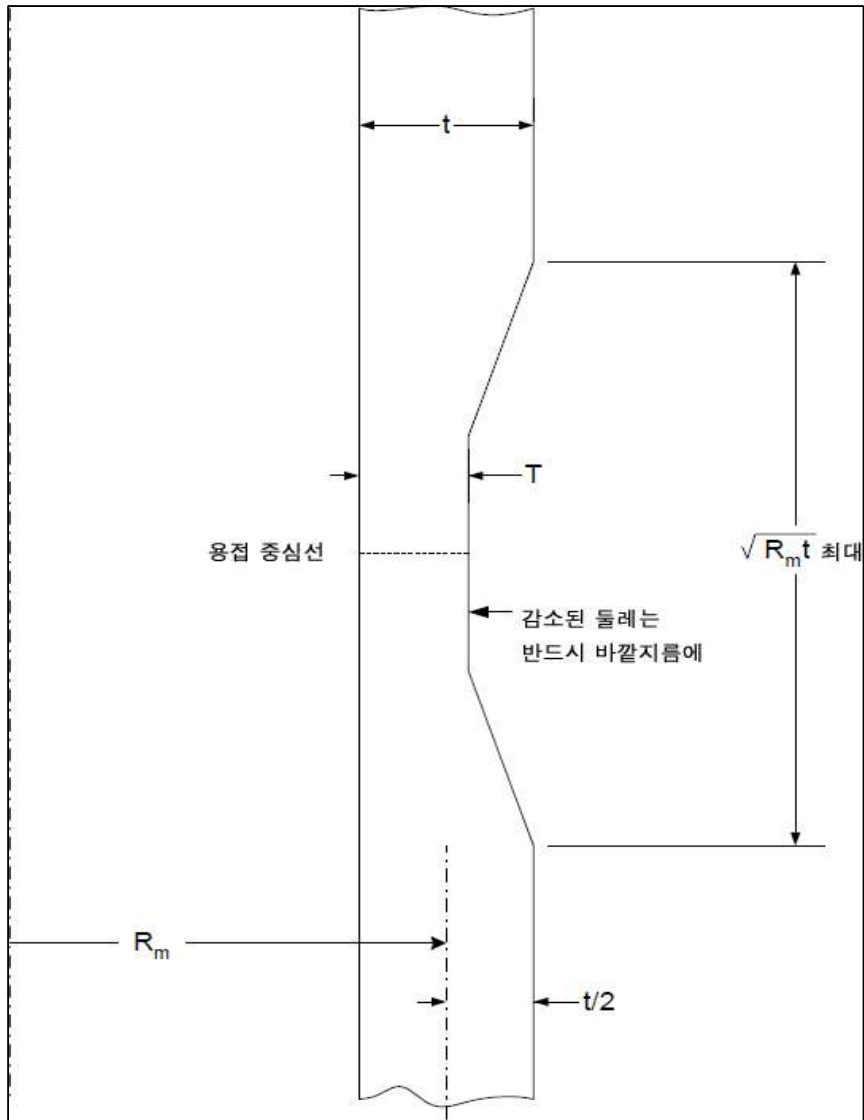


그림 4.3.6 - 원통형 동체 내의 국부적으로 얇은 띠

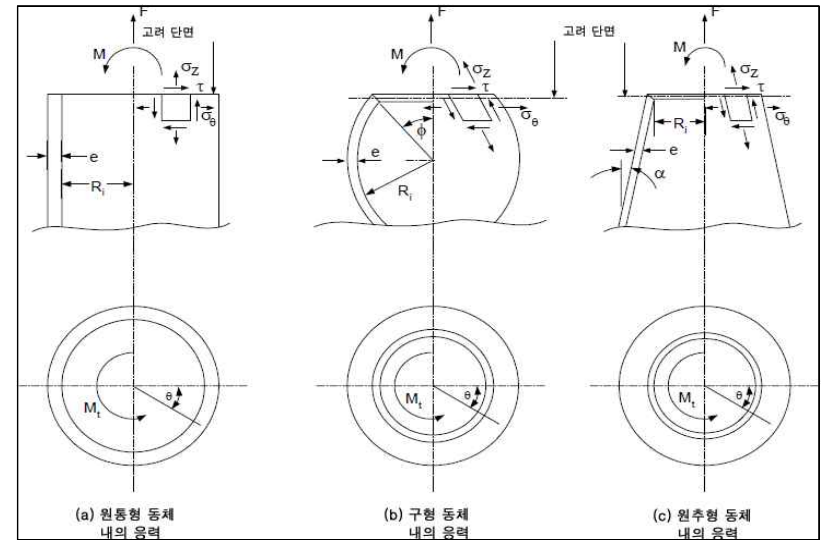


그림 4.3.7 - 추가 하중들을 받는 동체

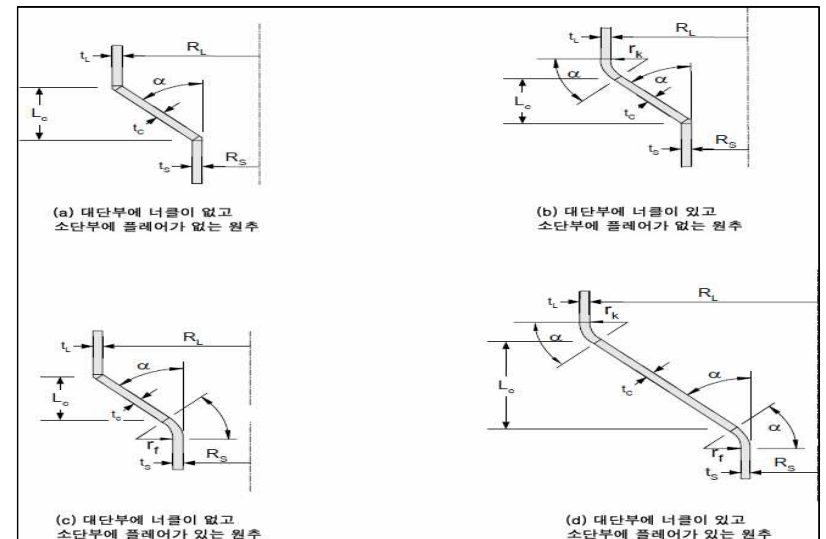


그림 4.3.8 - 원추형 천이의 상세

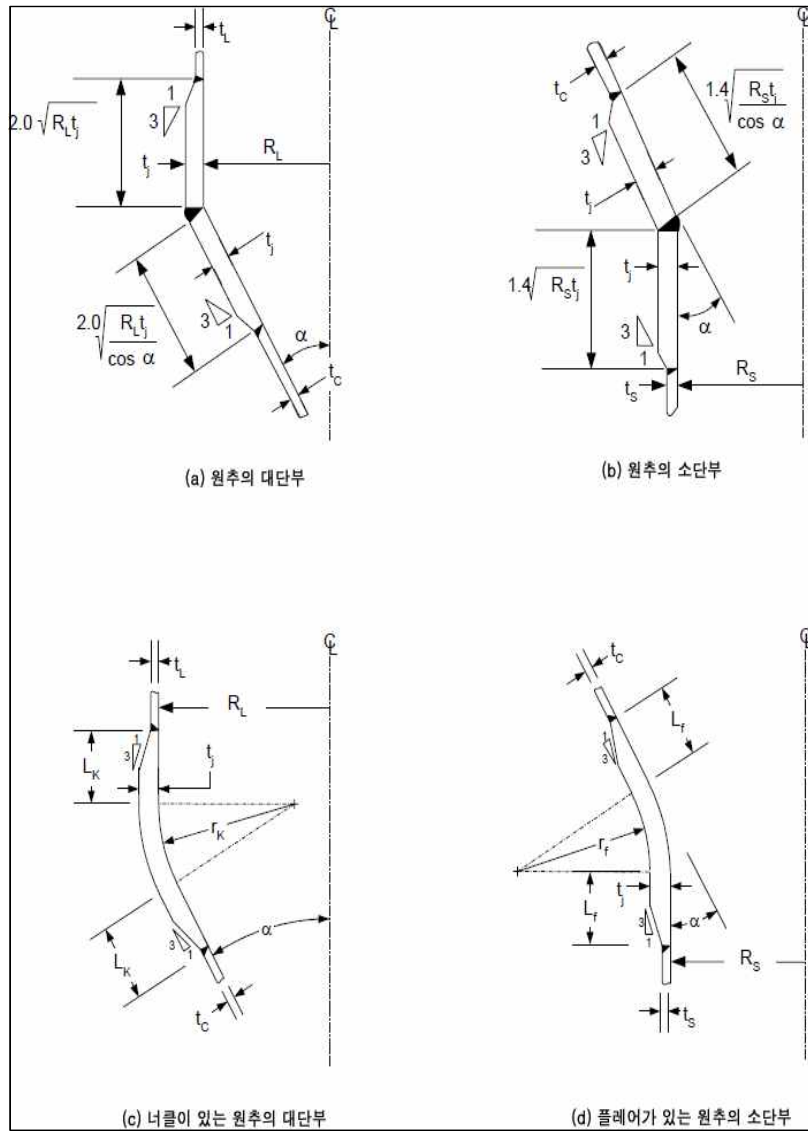


그림 4.3.9 - 원추형 천이 집합부의 보강 요건

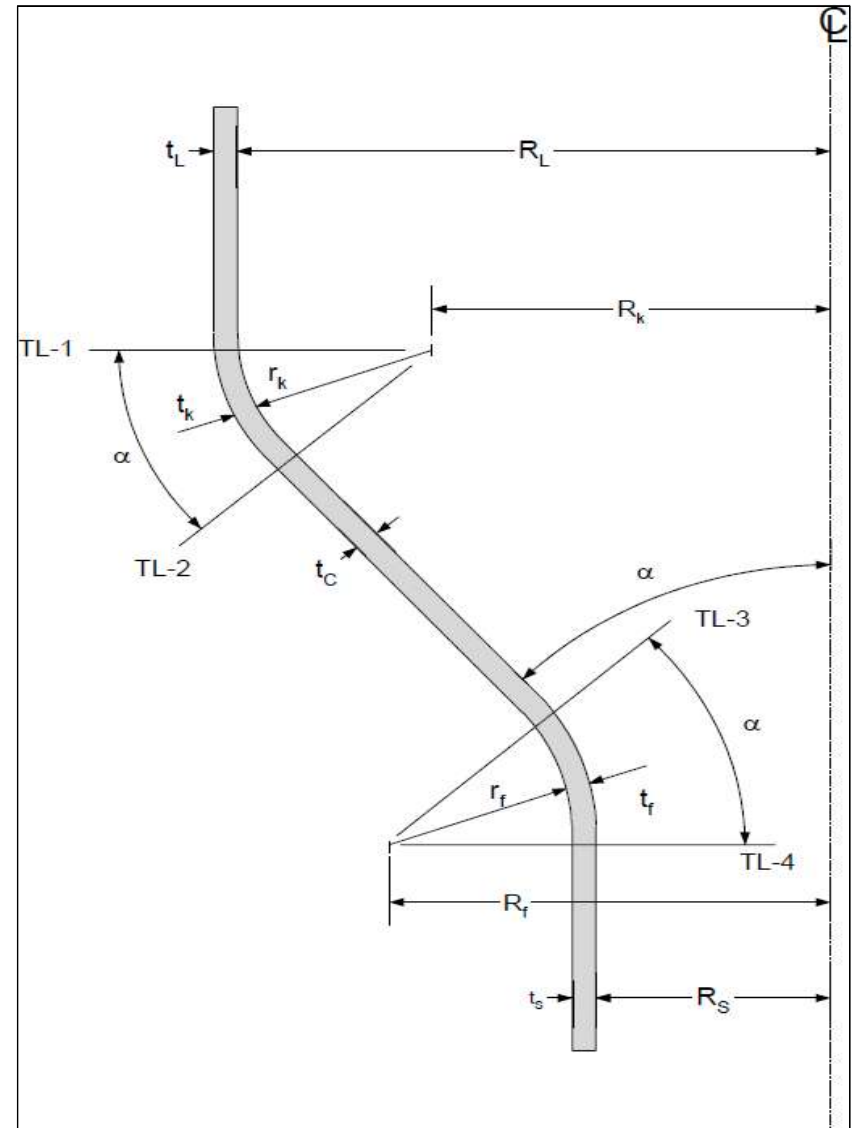


그림 4.3.10 - 너클과 플레어의 설계를 위한 매개변수들

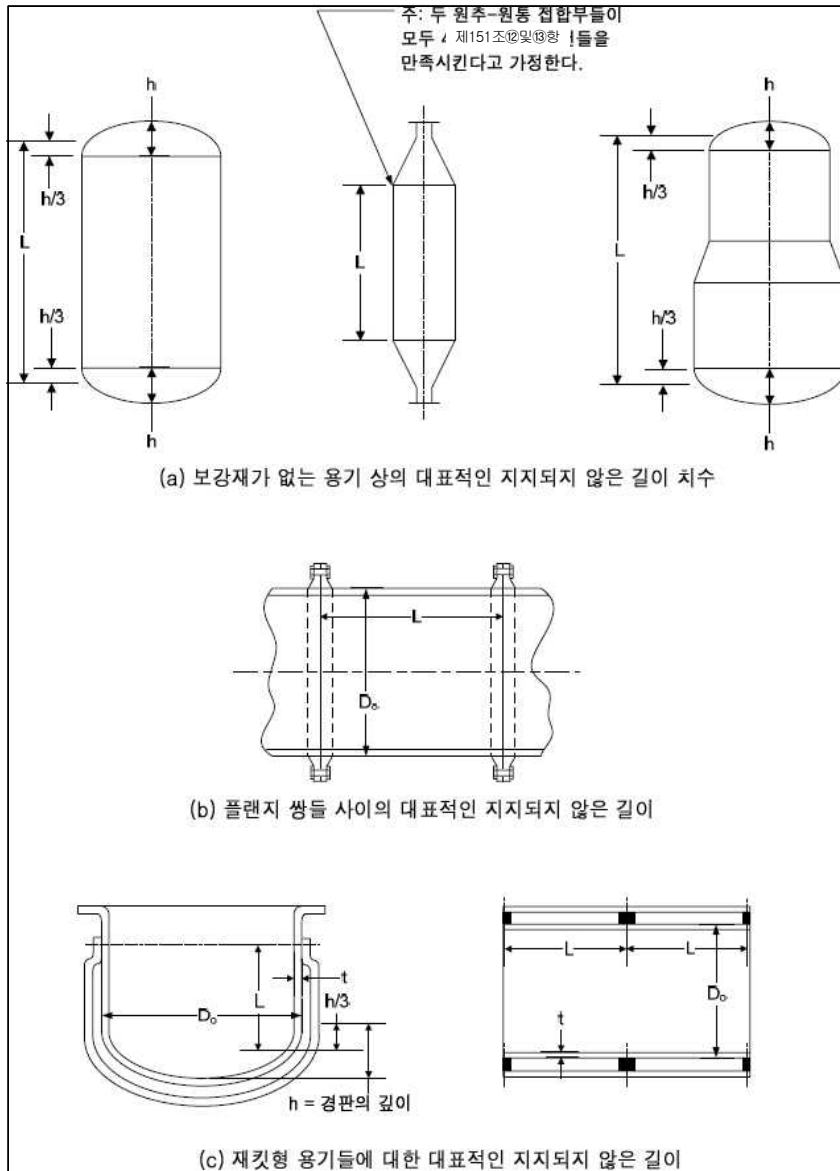
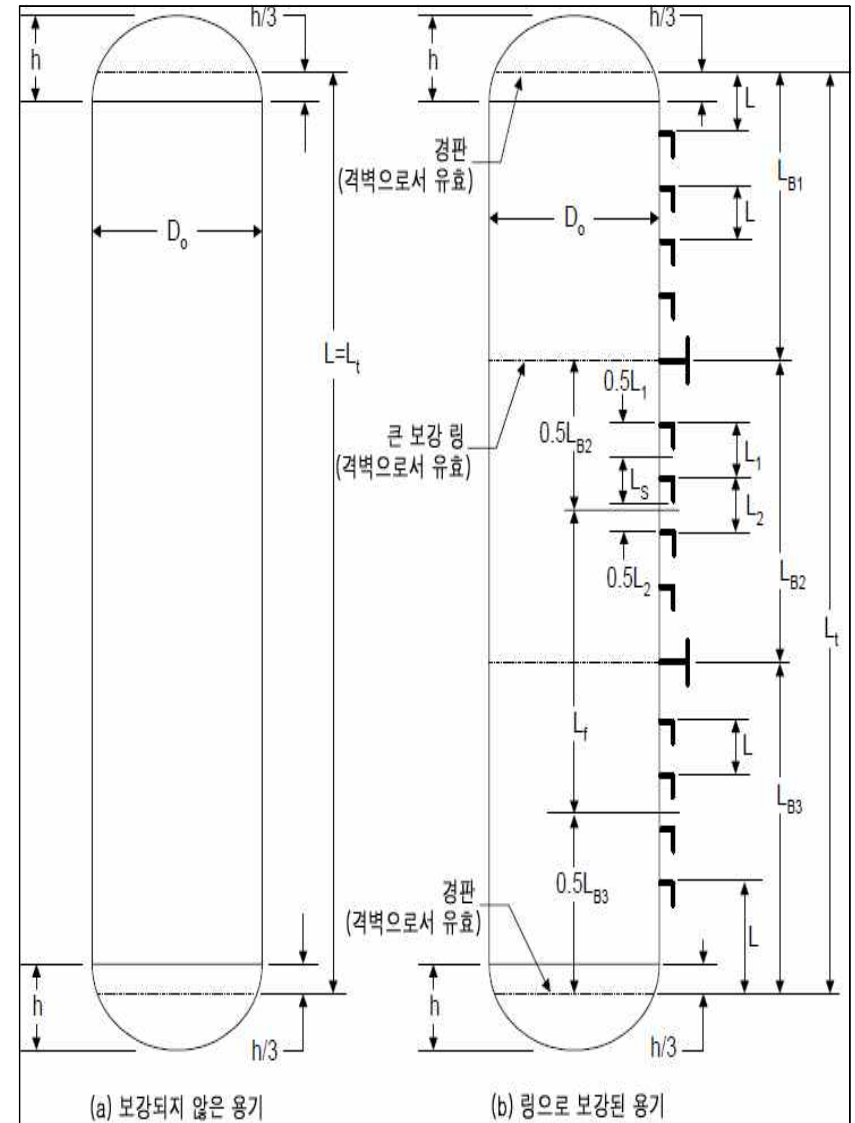


그림 4.4.1 - 대표적인 용기 형상들에 대한 지지선 또는 지지되지 않은 길이



4.4.2 - 보강되지 않은 원통형 용기 및 보강된 원통형 용기의 지지선 또는 지지되지 않은 길이

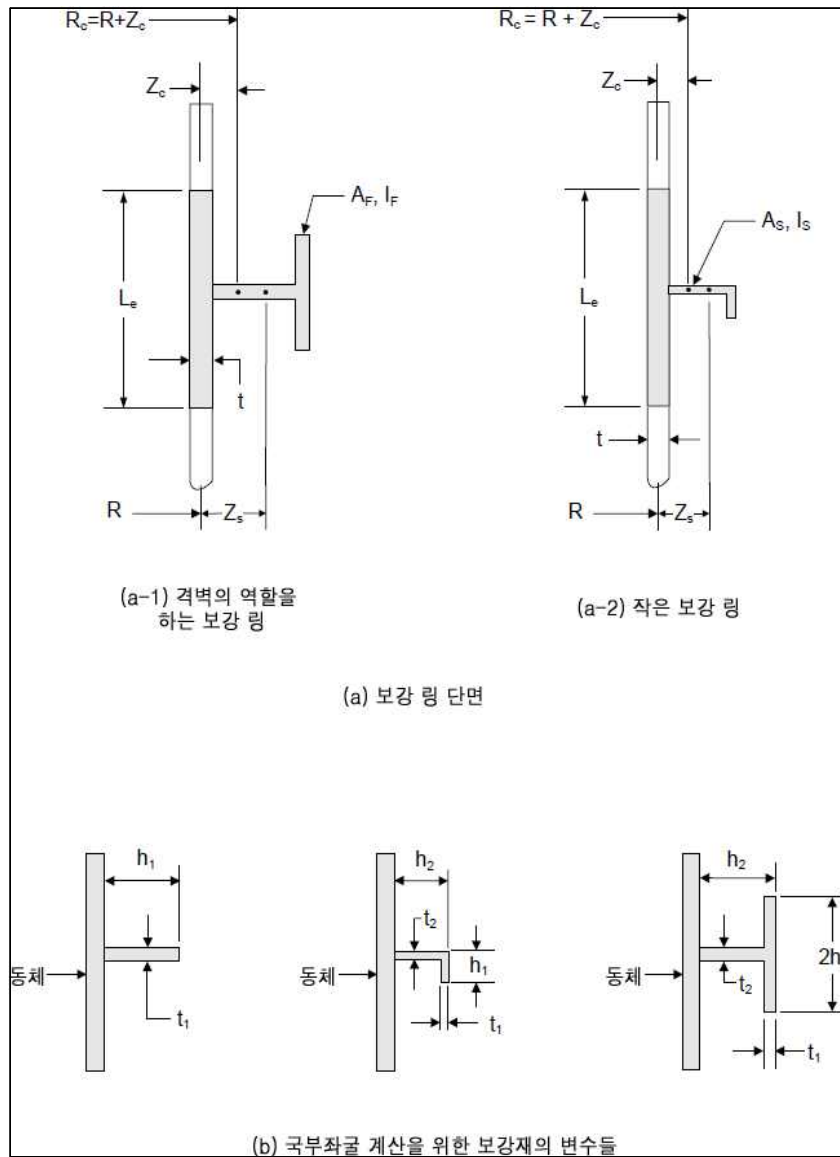


그림 4.4.3 - 보강 링 매개변수

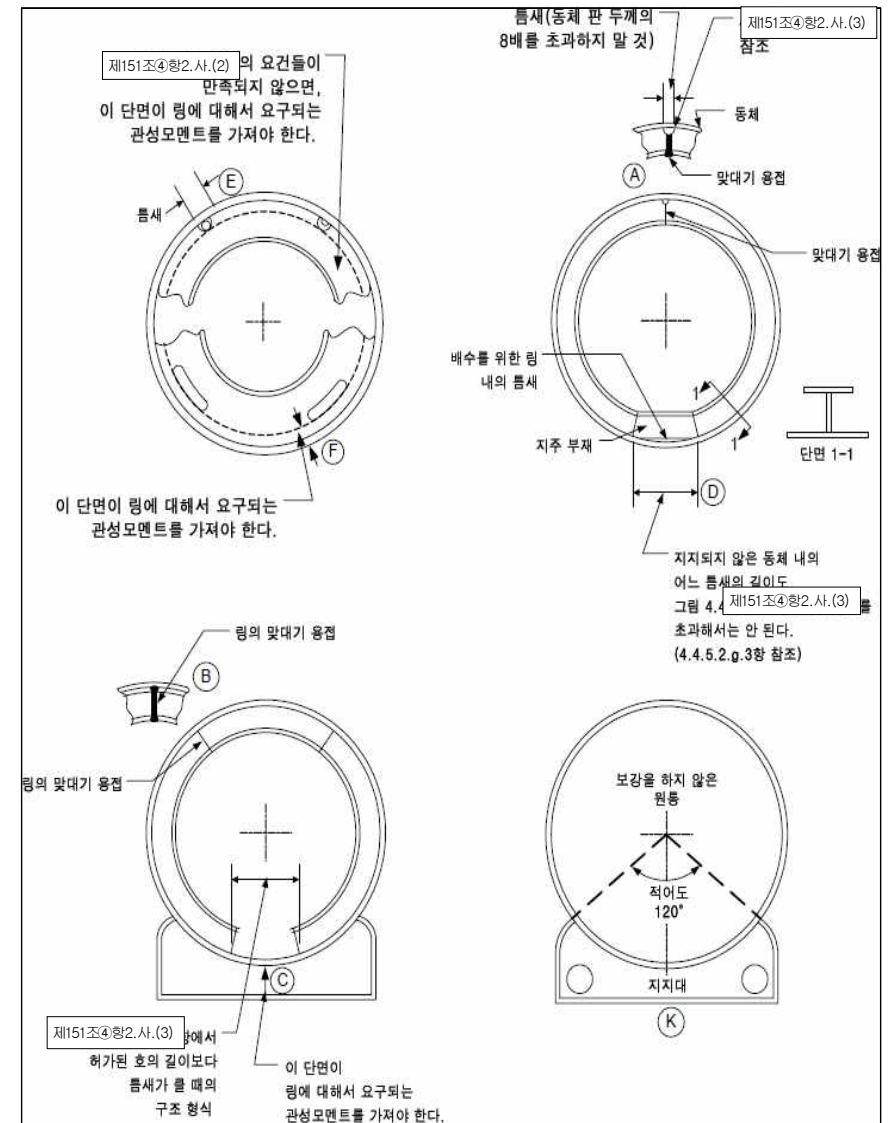
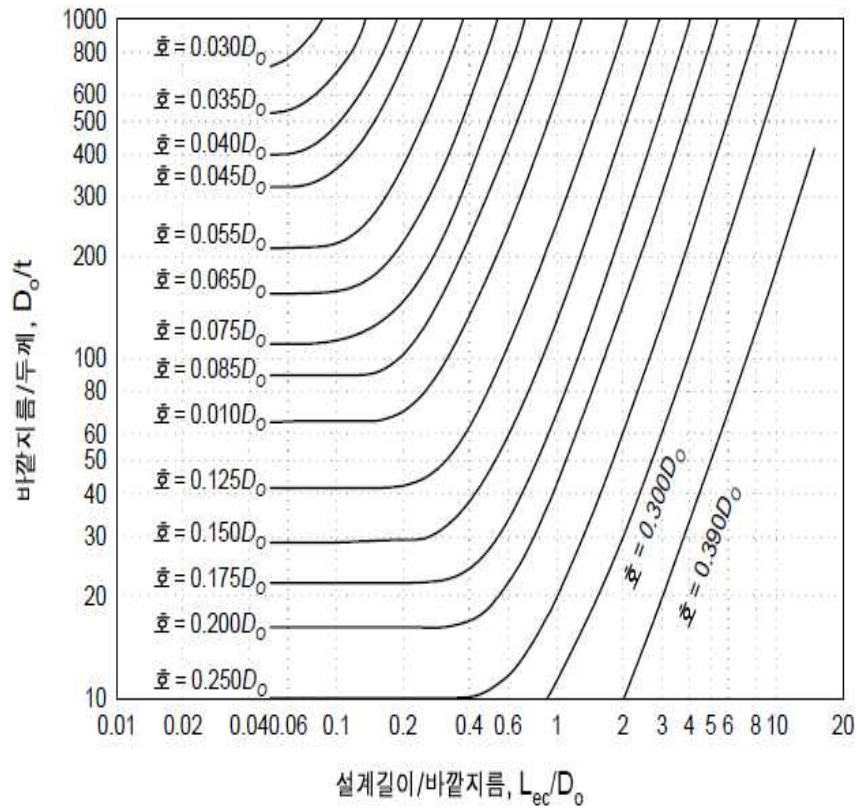


그림 4.4.4 - 외압을 받는 원통형 용기에 대한 보강 링들의 여러 가지 배치



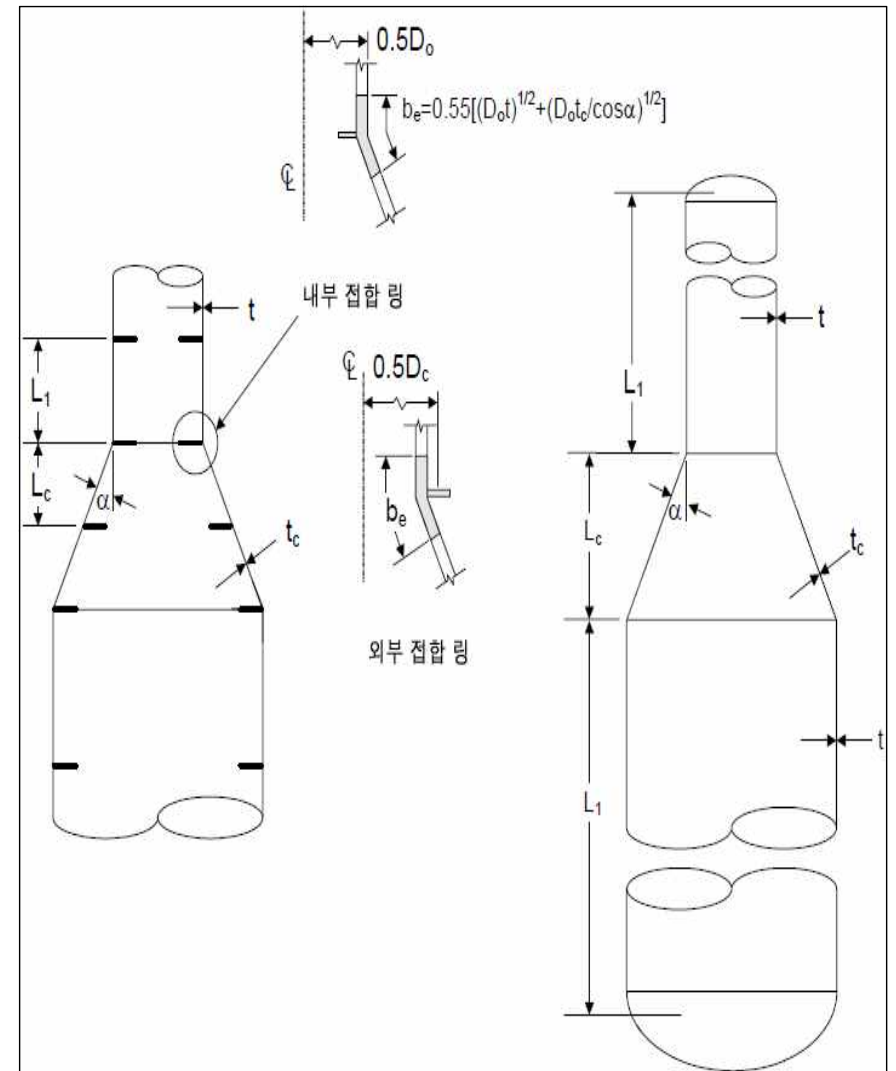
주:

1. 원통형 동체 -  $L_{ec}$ 는 원통의 보강을 하지 않은 길이이고  $D_o$ 는 바깥지름이다.
2. 원추형 동체 -  $L_{ec}$ 와  $D_o$ 는 지름  $D_x$ 를 가진 어느 단면에 대해서 다음 방정식들을 사용하여 결정한다. 이들 방정식에서  $D_L$ 과  $D_S$ 는 각각 원추의 대단부와 소단부의 지름들이고,  $L$ 은 검토 대상인 원추 부분의 지지되지 않은 길이이다.

$$L_{ec} = \left(\frac{L}{2}\right) \left(1 + \frac{D_S}{D_L}\right) \left(\frac{D_S}{D_L}\right)$$

$$D_o = \frac{0.5(D_L + D_S)}{\cos[\alpha]}$$

그림 4.4.5 - 외압을 받는 원통형 동체의 보강 링 내의 틈새 때문에 지지되지 않고 남겨지는 동체의 최대 호



(a) 보강된 동체

(b) 보강되지 않은 동체

그림 4.4.6 - 보강되지 않은 동체와 보강된 동체에 대한 지지선 또는 지지되지 않은 길이

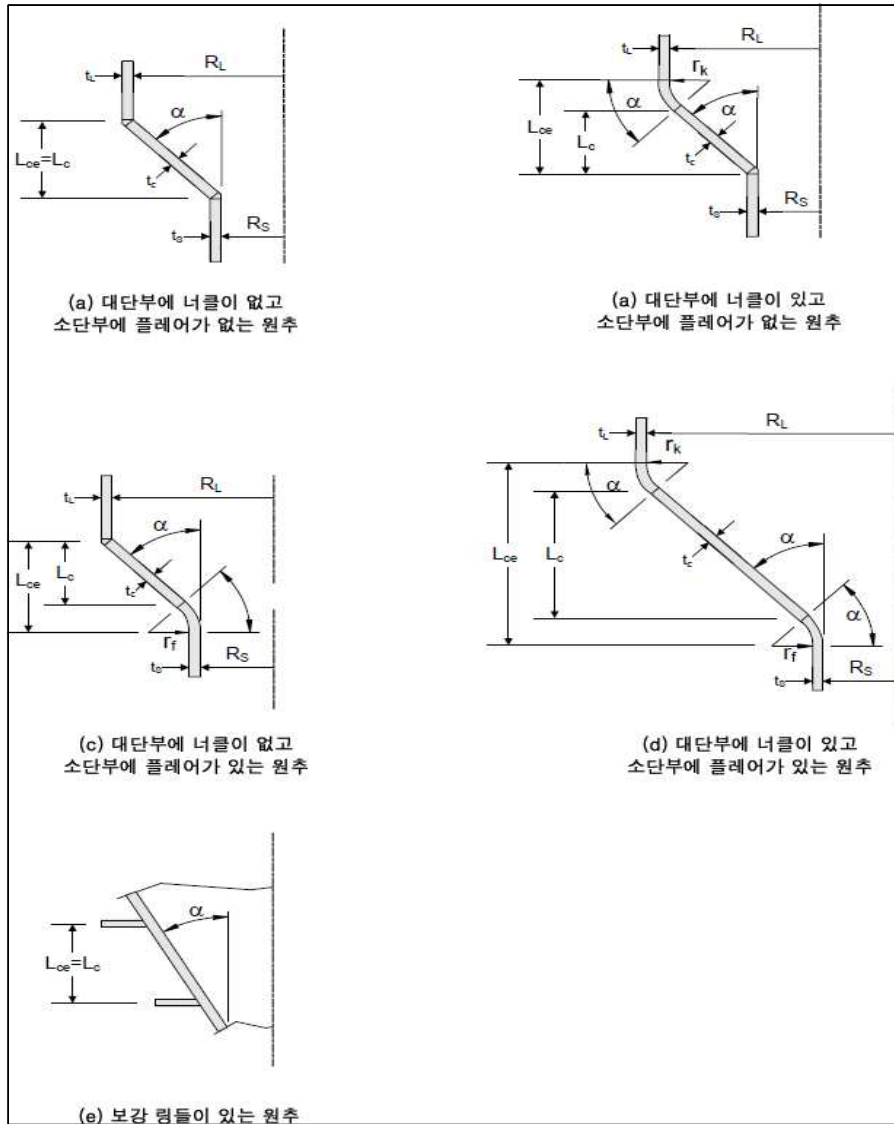
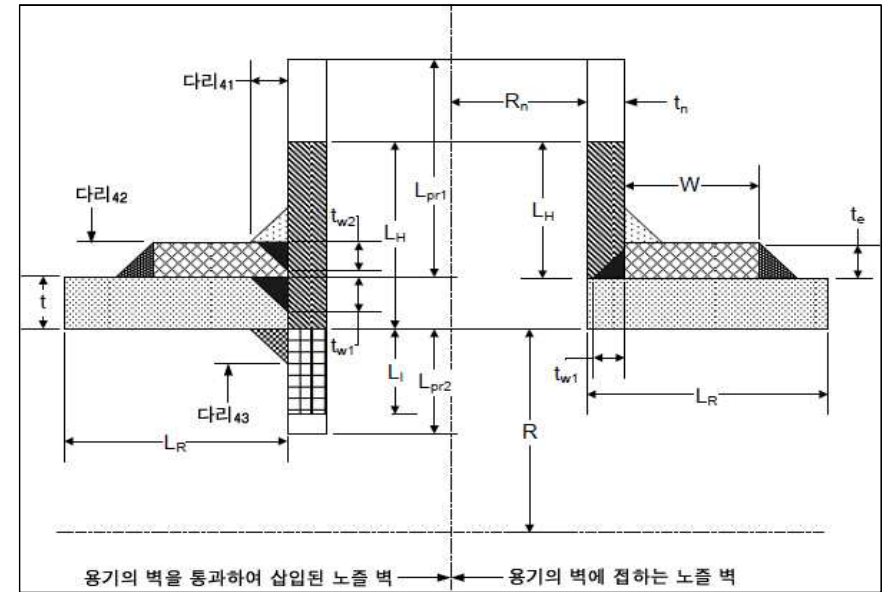


그림 4.4.7 - 너클이 있거나 없는 보강되지 않은 원추형 동체와 보강된 원추형 동체에 대한 지지선 또는 지지되지 않은 길이



해당되는 대로 기여 면적을 결정한다.  
여기서 LR, LH 및 LI는 제152조⑤항 및 ⑩항의 절차들로부터 결정한다.

	= A <sub>1</sub> 동체가 기여하는 면적
	= A <sub>2</sub> 밖으로 돌출한 노즐이 기여하는 면적
	= A <sub>3</sub> 안으로 돌출한 노즐이 기여하는 면적
	= A <sub>41</sub> 바깥쪽 용접부가 기여하는 면적
	= A <sub>42</sub> 패드-용기 용접부가 기여하는 면적
	= A <sub>43</sub> 안쪽 용접부가 기여하는 면적
	= A <sub>5</sub> 보강패드스가 기여하는 면적
	A <sub>T</sub> 기여하는 총 면적

주: 1. LR, LH 및 LI로 규정된 한계의 밖에 속하는 어떤 면적도 포함시키지 않는다. 예를 들어서 만일  $W \geq LR$ 이면,  $W = LR$ 이고  $A_{42} = 0.0$ 이다.  
2. 4.1.4.1항에 따라서, 모든 치수들은 부식이 완료된 상태에서의 치수들이다.

그림 4.5.1 - 보강된 구멍에 대한 기호설명

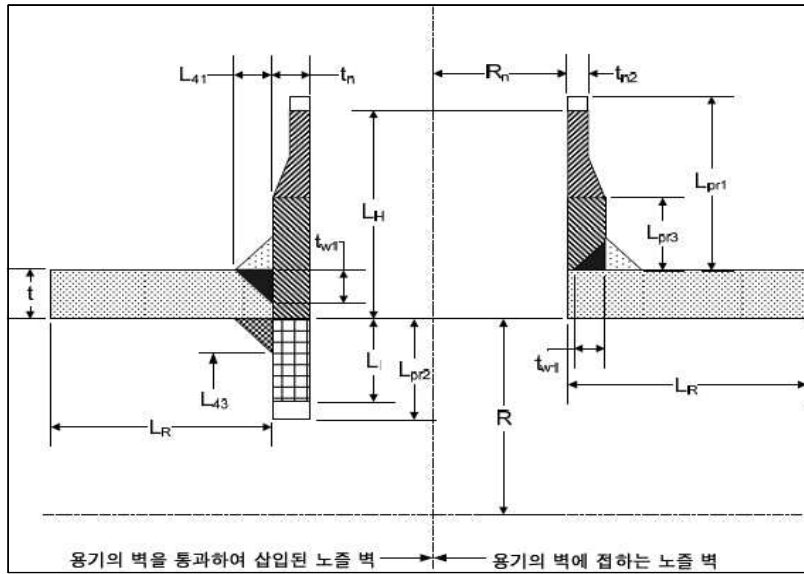


그림 4.5.2 - 두께가 가변적인 구멍에 대한 기호설명

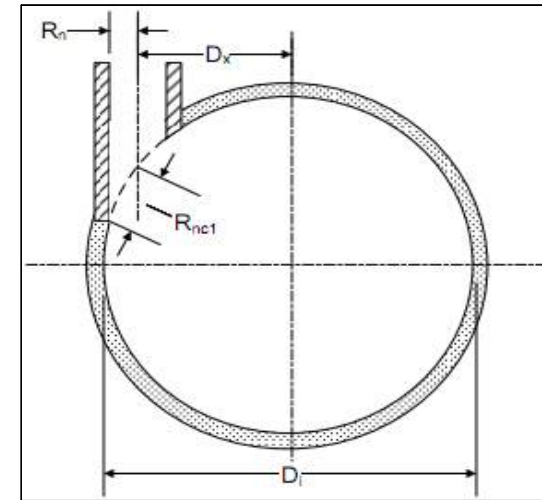


그림 4.5.4 - 원통형 동체의 경사면 노즐

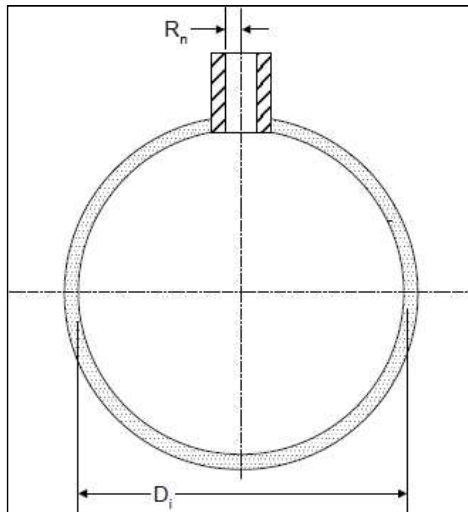


그림 4.5.3 - 원통형 동체의 방사상 노즐

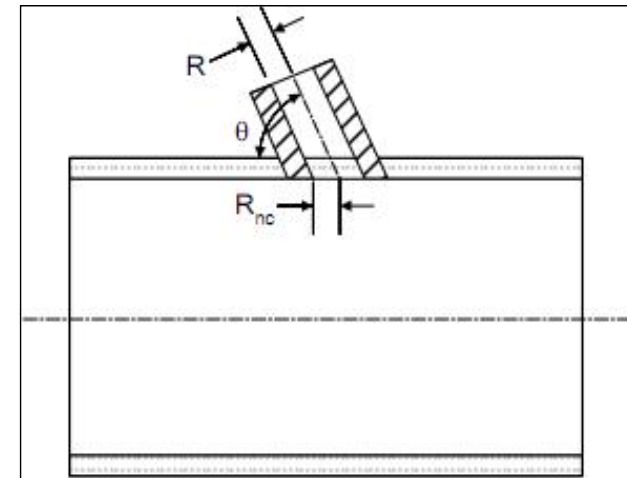


그림 4.5.5 - 길이 방향 축과 각도가 있는 방향의 원통형 동체의 노즐

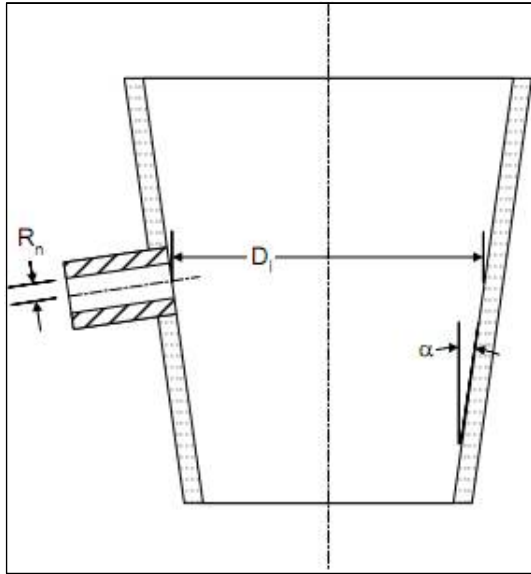


그림 4.5.6 원추형 동체의 방사상 노즐

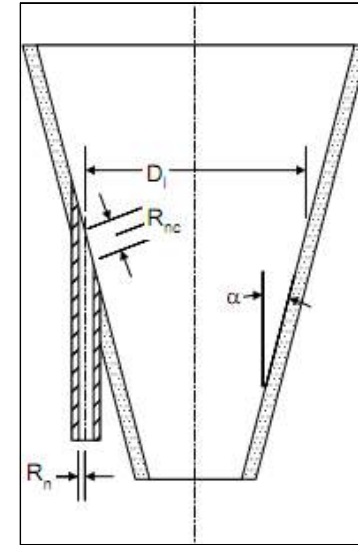


그림 4.5.8 - 길이 방향 축과 평행한 방향의 원추형 동체의 노즐

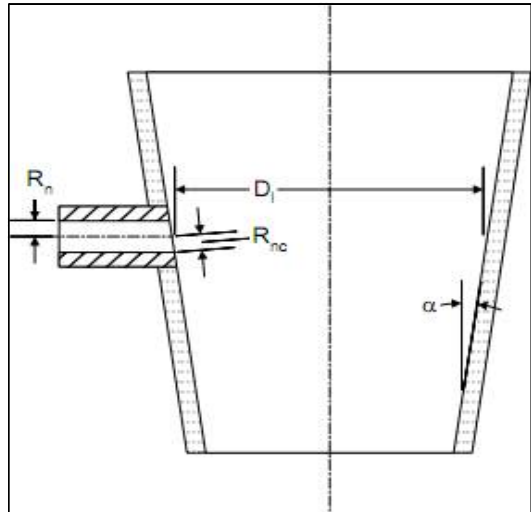


그림 4.5.7 - 길이 방향 축에 수직 방향인 원추형 동체의 노즐

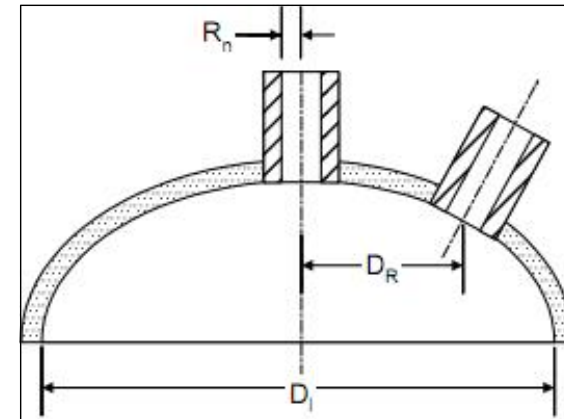


그림 4.5.9 - 성형 경판의 방사상 노즐



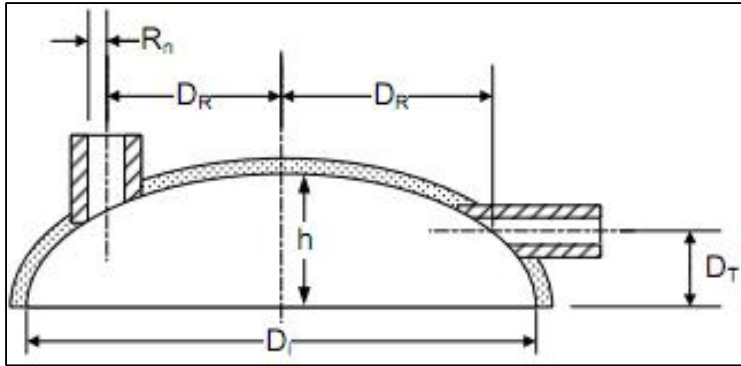


그림 4.5.10 - 성형 경판의 경사면 또는 수직 노즐

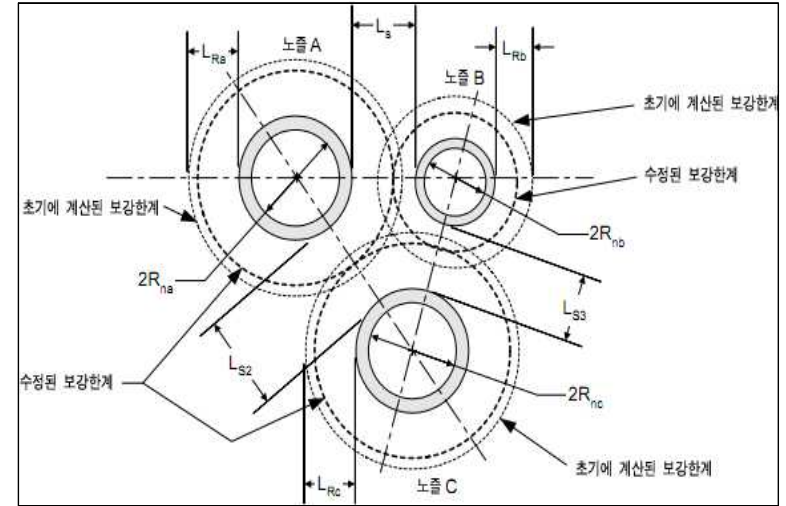


그림 4.5.12 - 인접한 3개의 노즐 구멍들의 사례

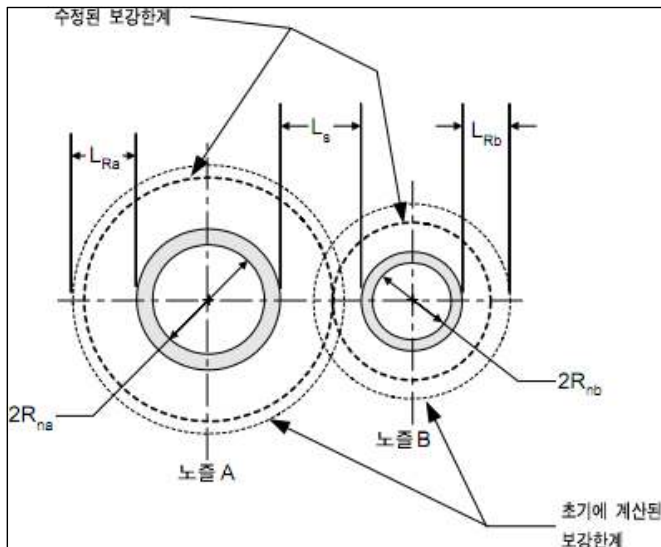


그림 4.5.11 - 인접한 두 노즐 구멍들의 사례

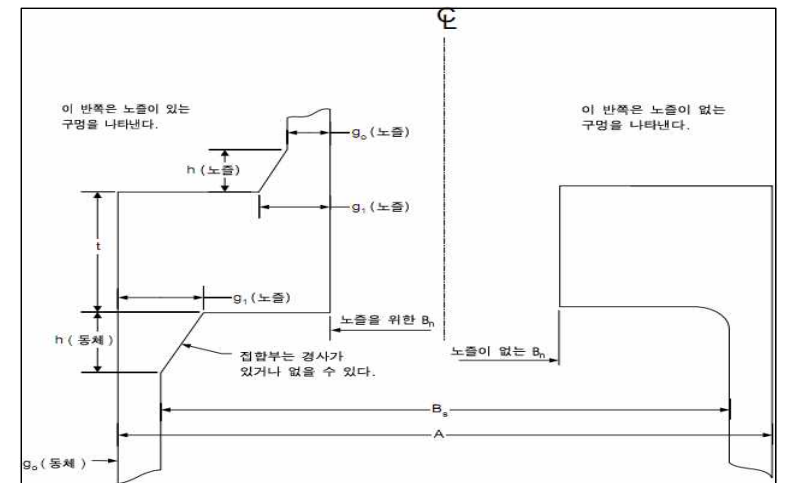
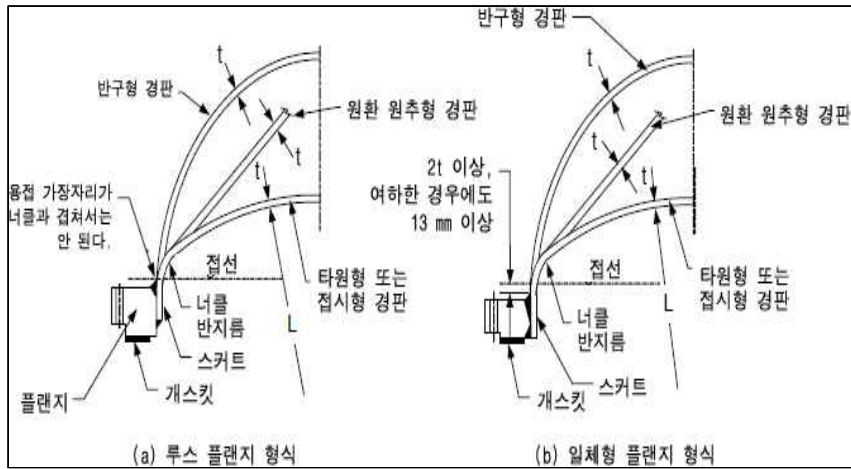


그림 4.6.1 - 큰 중앙 구멍이 있는 일체형 평경판



주: 상이한 두께의 경판과 스커트에 대한 천이요건에 대하여 표 4.2.5의 상세 2와 3을 참조한다.

그림 4.7.1 - 볼트 조임 플랜지가 있는 형식 A 접시형 덮개

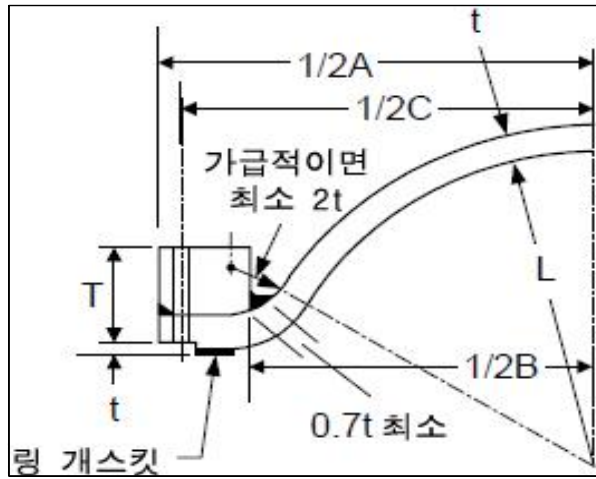


그림 4.7.2 - 볼트 조임 플랜지가 있는 형식 B 구형 접시형 덮개

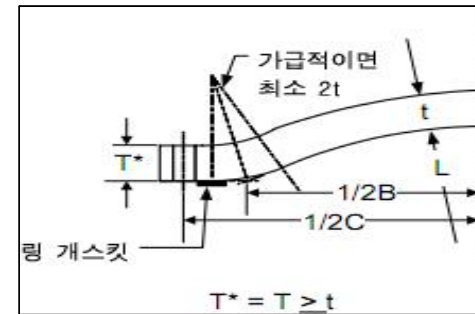


그림 4.7.3 - 볼트 조임 플랜지가 있는 형식 C 구형 접시형 덮개

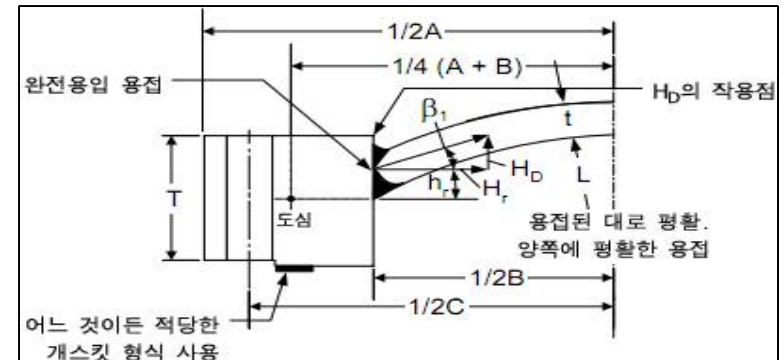


그림 4.7.4 - 볼트 조임 플랜지가 있는 형식 D 구형 접시형 덮개

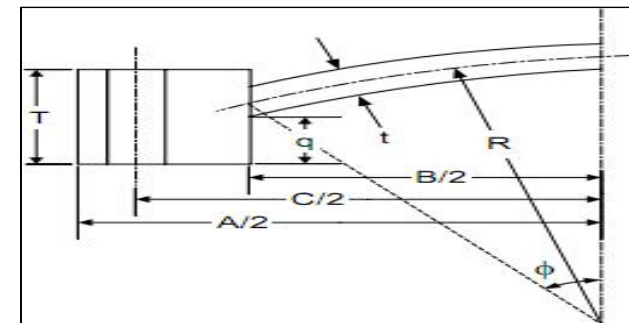
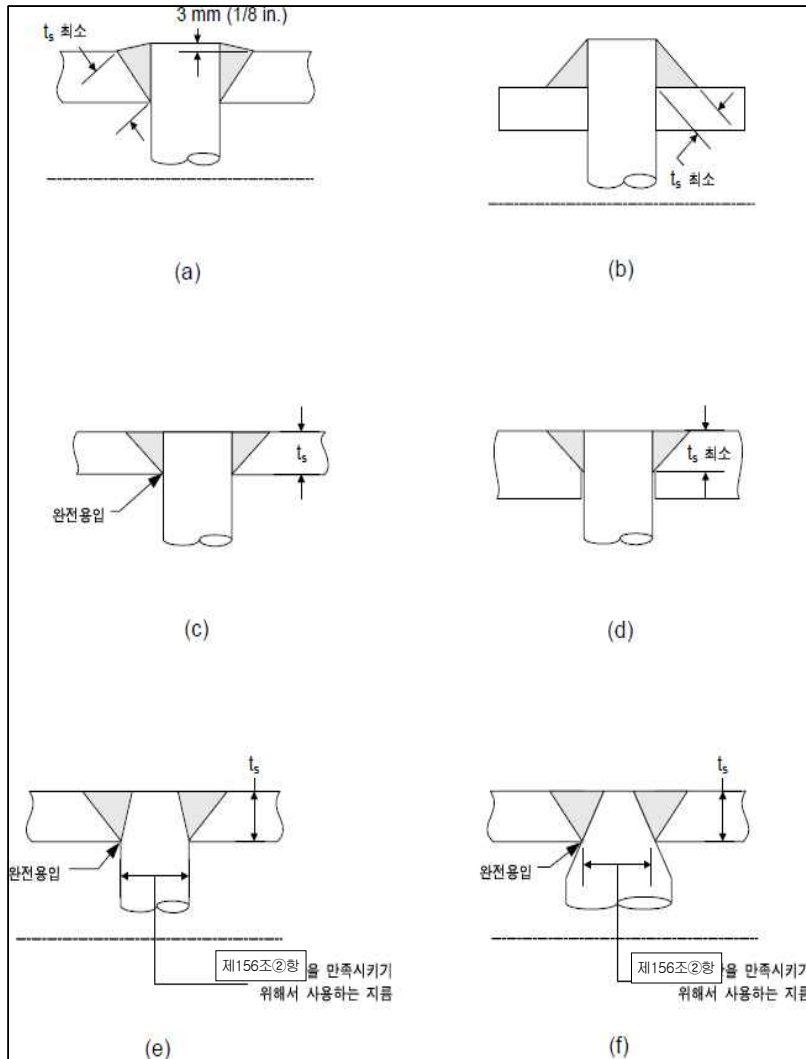
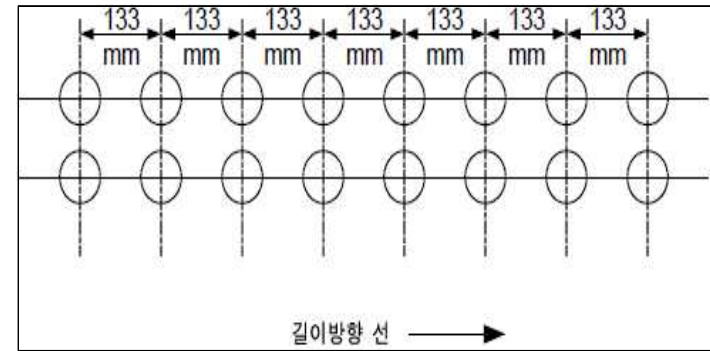


그림 4.7.5 - 대안적 설계절차를 위한 형식 D 경판 형상



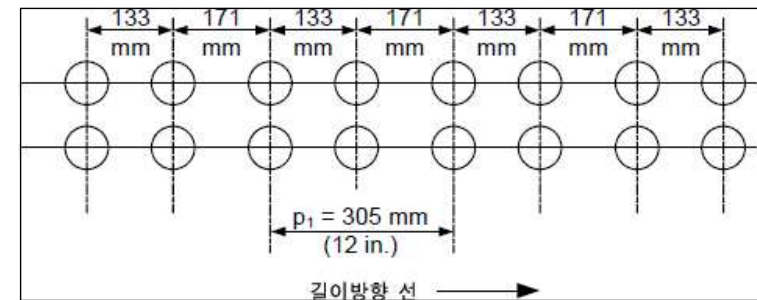
주:  $t_s$ 는 스테이를 설치한 얇은 쪽 판의 공칭두께이다.

그림 4.9.1 - 용접용 스테이 볼트의 대표적 형상



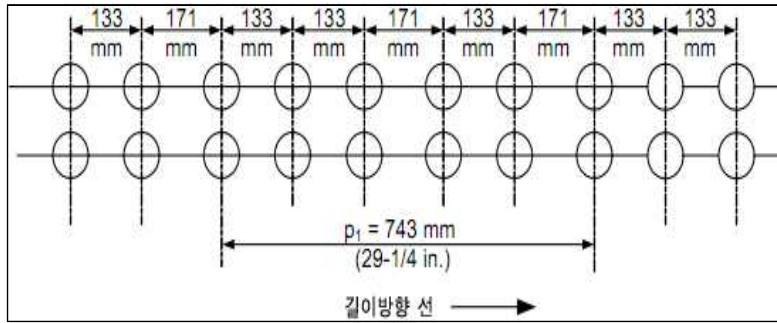
일반 주: 133 mm (4-1/4 in.)

그림 4.10.1 - 매 줄에서 같은 구멍 피치를 가진 튜브 간격의 사례



일반 주: 133 mm (4-1/4 in.) 171 mm (6-3/4 in.)

그림 4.10.2 - 매 둘째 줄에서 상이한 구멍 피치를 가진 튜브 간격의 사례



일반 주: 133 mm (4-1/4 in.), 171 mm (6-3/4 in.)

그림 4.10.3 - 매 둘째 줄과 셋째 줄에서 변하는 구멍 피치를 가진 튜브 간격의 사례

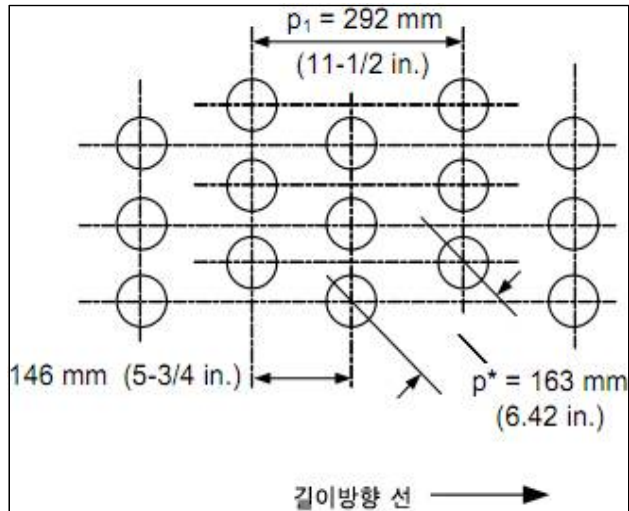
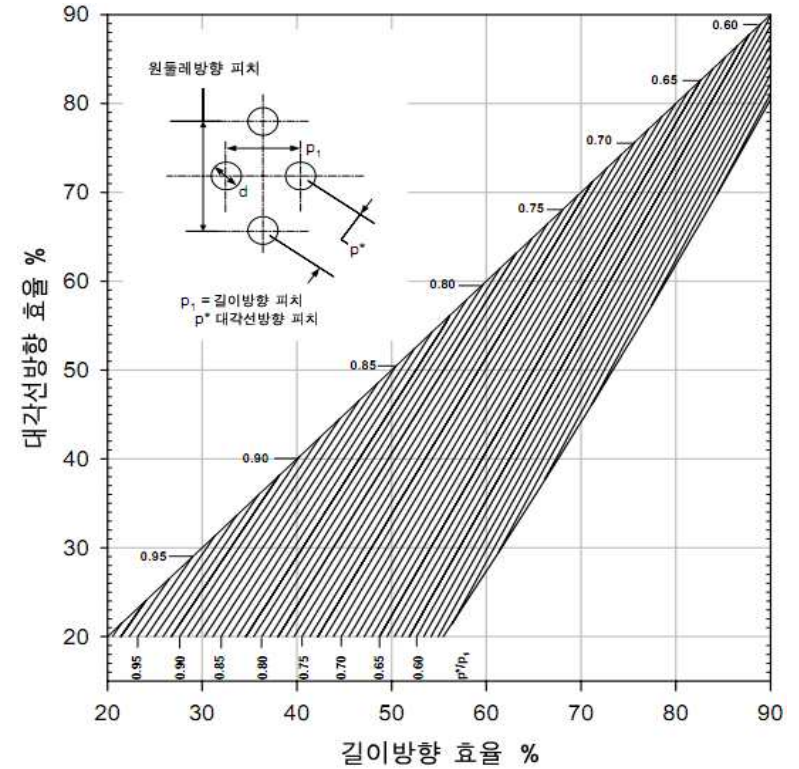


그림 4.10.4 - 대각선들 위에 튜브구멍들이 있는 튜브 간격의 사례



주:

1. 위의 곡선에 대해서 방정식들이 제시된다. 이 곡선에서 보이는 값들을 초과하는 값들에 대해서 이 방정식들을 사용하는 것이 허가된다.

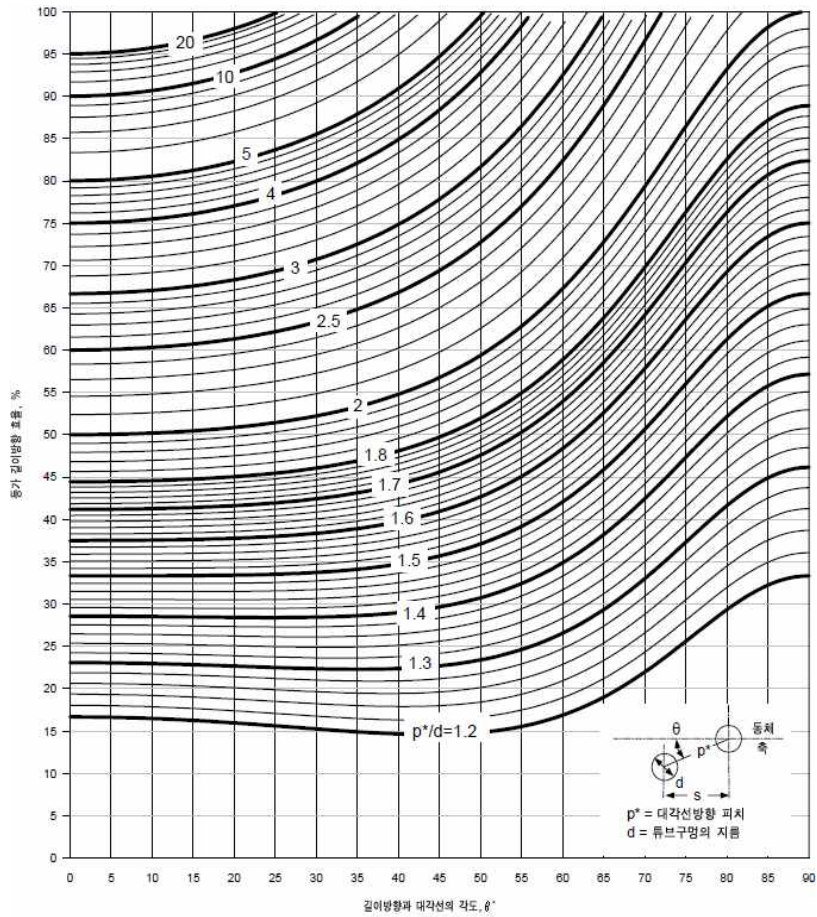
2. 대각선방향 효율:  $\% = \frac{J + 0.25 - (1 - 0.01 E_{long}) \sqrt{0.75 + J}}{0.00375 + 0.005J}$  여기서  $J = \left(\frac{p^*}{p_1}\right)^2$

3. 대각선방향 및 원둘레방향 리저먼트들의 같은 효율의 조건에 대한 곡선이 다음 식으로 주어진다.

$$\% = \frac{200M + 100 - 2(100 - E_{long}) \sqrt{1 + M}}{1 + M} \quad \text{여기서 } M = \left(\frac{100 - E_{long}}{200 - 0.5E_{long}}\right)^2$$

4.  $E_{long} = 100 \left(\frac{p_1 - d}{p_1}\right)$

그림 4.10.5 - 원통형 동체 내 구멍들 사이의 길이방향 및 대각선방향 리저먼트 효율을 결정하기 위한



주:  
 1. 위의 곡선에 대해서 방정식들이 제시된다. 이 곡선에서 보이는 값들을 초과하는 값들에 대해서 이 방정식들을 사용하는 것이 허가된다.

$$2. \text{등가 길이방향 효율: \%} = \frac{\sec^2\theta + 1 - \left(\frac{\sec\theta}{p^*/d}\right)\sqrt{3 + \sec^2\theta}}{0.015 + 0.005\sec^2\theta}$$

그림 4.10.6 - 원통형 동체 내 구멍들 사이의 대각선방향 리거먼트들의 등가효율을 결정하기 위한 도표

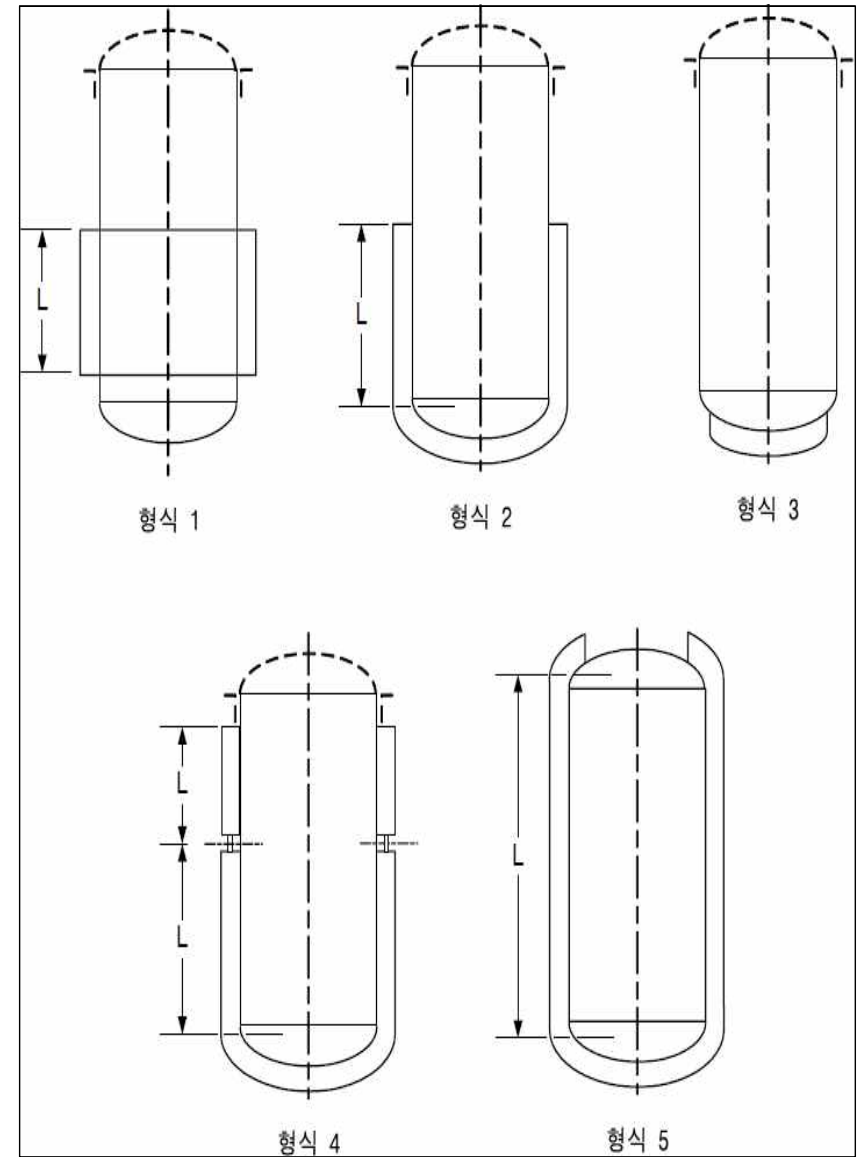


그림 4.11.1 - 재킷형 용기의 형식들

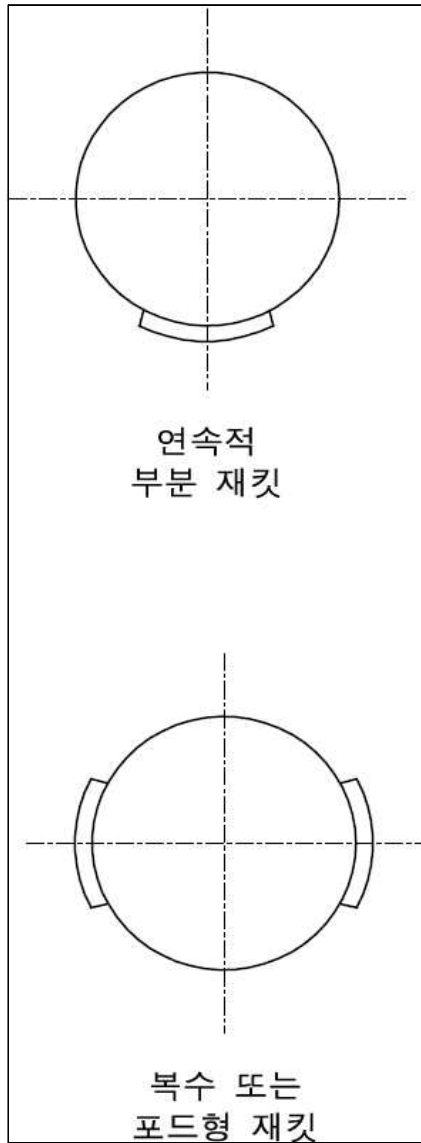


그림 4.11.2 - 부분 재킷의 형식들

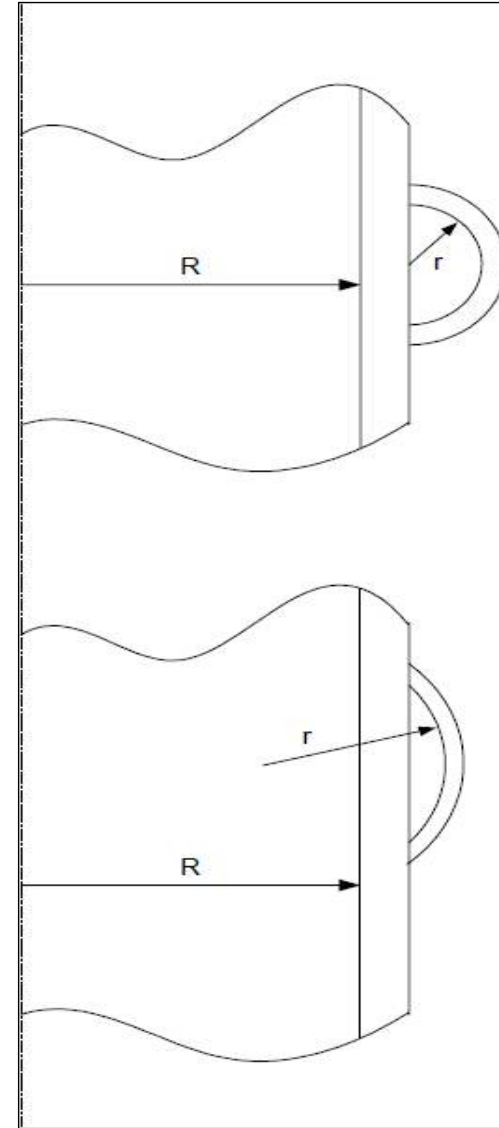


그림 4.11.3 - 반 조각 파이프 재킷

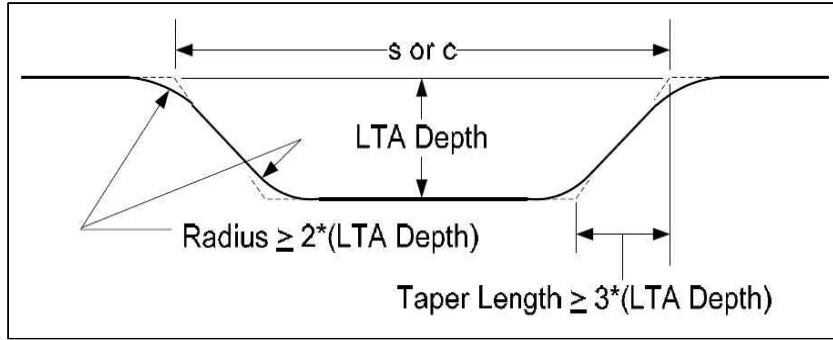


그림 4.14.1 -- 국부적으로 얇은 구역 정정 작업 반경 조건

### 3. 발전용 수력설비

#### 제1장 총 칙

**제1조 (목적)** 이 판단기준은 전기설비기술기준(이하 “기술기준”이라 한다) 제4장 (발전용 수력설비)에서 정하는 안전성능에 대한 구체적인 기술적 사항을 정함을 목적으로 한다.

**제2조 (정의)** 이 판단기준에서 사용하는 용어의 정의는 다음 각 호와 같다.

1. “하중”이란 구조물 또는 부재에 응력 및 변형을 발생시키는 일체의 작용을 말한다.
2. “지진력”이란 지진이 발생할 경우 지진에 의해 구조물에 작용하는 힘을 말한다.
3. “활동”이란 흙에서 전단파괴가 일어나서 어떤 연결된 면을 따라서 엇갈림이 생기는 현상을 말한다.
4. “수로”란 취수설비, 침사지, 도수로, 헤드탱크, 서지탱크, 수압관로 및 방수로를 말한다.
  - 가. “취수설비”란 발전용의 물을 하천 또는 저수지로부터 끌어들이는 설비를 말한다.
  - 나. “침사지”란 발전소의 도수설비의 하나로, 수로식 발전의 경우에 취수구에서 도수로에 토사의 유입을 막고 유사 등을 충분히 침전시킬 수 있는 수조 형태로 도수로 구간 중 취수구에 가급적 인접한 위치에 설치한다.
  - 다. “도수로”란 발전용의 물을 끌어오기 위한 공작물을 말하며, 취수구와 상수조(또는 상부 Surge Tank)사이에 위치하고 무압도수로와 압력도수로가 있다.
  - 라. “헤드탱크(Head Tank)”란 도수로에서의 유입수량 또는 수차유량의 변동에 대하여 수조내 수위를 거의 일정하게 유지하도록 도수로 종단에 설치한 공작물을 말한다.
  - 마. “서지탱크(Surge Tank)”란 수차의 유량급변의 경우에 탱크내의 수위가 자동적으로 상승하여 도수로, 수압관로 또는 방수로에서의 과도한 수압의 변화를 조절하기 위한 공작물을 말한다. Surge Tank 중에서 수압관로측에 있는 것을 상부 Surge Tank, 방수로측에 있는 것을 하부 Surge Tank라고 말한다.
  - 바. “수압관로”란 상수조(또는 상부 Surge Tank) 또는 취수구로부터 압력상태하에서 직접 수차에 이르기까지의 도수관 및 그것을 지지하는 공작물을 일괄하여 말한다.
  - 사. “방수로”란 수차를 거쳐 나온 물을 유도하기 위한 구조물을 말하며, 무

압 방수로와 압력 방수로가 있다. 방수로의 시점은 흡출관의 출구로 한다. 또한 “방수구”란 수차의 방수를 하천, 호소, 저수지 또는 바다로 방출하는 출구를 말한다.

5. “설계홍수위(flood water level : FWL)”란 설계홍수량이 저수지로 유입될 경우에 여수로 방류량과 저수지내의 저류효과를 고려하여 상승할 수 있는 가장 높은 수위를 말한다. 일반적으로 설계홍수량은 빈도별 홍수량을 기준으로 산정한다.
6. “최고수위(maximum water level : MWL)”란 가능최대홍수량이 저수지로 유입될 경우에 여수로 방류량과 저수지내의 저류효과를 고려하여 상승할 수 있는 가장 높은 수위를 말한다. 최고수위는 설계홍수위와 같거나, 빈도홍수를 설계홍수량으로 채택한 법의 경우는 설계홍수위보다 높다.
7. “가능최대홍수량(probable maximum flood : PMF)”이란 가능최대강수량(probable maximum precipitation : PMP)으로 인한 홍수량을 말하며, 유역에서의 가능최대 강수량이란 주어진 지속시간 동안 어느 특정 위치에 주어진 유역면적에 대하여 연중 어느 지정된 기간에 물리적으로 발생할 수 있는 이론적 최대 강수량을 말한다.
8. “수차”란 물이 가지고 있는 에너지를 기계적 일로 변환하는 회전기계를 말하며 수차 본체와 부속장치로 구성된다. 수차 본체는 일반적으로 케이싱, 커버, 가이드베인, 노즐, 디플렉터, 러너, 주축, 베어링 등으로 구성되며 부속장치는 일반적으로 입구밸브, 조속기, 제압기, 암유장치, 윤활유장치, 급수장치, 배수장치, 수위조정기, 운전제어장치 등이 포함된다.
9. “유량”이란 단위시간에 수차를 통과하는 물의 체적( $m^3/s$ )을 말한다.
10. “총낙차”란 취수구 수면과 방수구 수면의 표고차( $m$ )를 말한다.
11. “수차의 유효낙차”란 사용상태에서 수차의 운전에 이용되는 전 수두( $m$ )를 말한다.
12. “정격회전속도”란 수차에 지정된 회전속도( $rpm$ )를 말한다.
13. “무구속속도”란 어떤 유효낙차, 어떤 가이드베인개도 및 어떤 흡출높이에서 수차가 무부하로 회전하는 속도( $rpm$ )를 말한다.
14. “비속도”란 기준유효낙차 및 기준출력에서의 값( $m$ - $kW$ 기준)을 말한다.
15. “수차효율”이란 수차출력과 수차입력과의 비를 말한다. 수차입력은 유효낙차와 유량과 물의 밀도와 중력가속도와의 상승적으로 표시된 동력을 말한다.

(비고) 수차입력의 실용단위는 ( $kW$ )이며 다음식으로 표시한다.

$$P_h = \rho g Q H \times 10^{-3}$$

여기서  $P_h$  : 수차입력( $kW$ )

$\rho$  : 물의 밀도( $kg/m^3$ )



$g$  : 중력가속도( $m/s^2$ )  
 $Q$  : 유량( $m^3/s$ )  
 $H$  : 유효낙차( $m$ )

16. “입구밸브”란 수차에 통수 또는 단수할 목적으로 수차의 고압측 지정점 부근에 설치한 밸브를 말하며 주밸브, 바이패스밸브(Bypass Valve), 서보모터(Servomotor), 제어장치 등으로 구성된다.
17. “제압기”란 케이싱 및 수압관로의 수압상승을 경감할 목적으로 가이드베인을 급속히 폐쇄할 때에 이와 연동하여 관로내의 물을 급속히 방출하고 가이드베인 폐쇄 후 서서히 방출을 중지하도록 케이싱 또는 그 부근의 수압관로에 설치한 자동배수장치를 말한다.
18. “압유장치”란 조속기, 입구밸브, 제압기, 운전제어장치 등의 조작에 필요한 압유를 공급하는 장치를 말하며 압유펌프, 압유탱크, 집유탱크, 유냉각장치, 유관 등을 포함한다.
19. “운전제어장치”란 수차 및 발전기의 운전제어에 필요한 장치로써 전기적 및 기계적 응동기기, 기구, 밸브류, 표시장치 등을 조합한 것을 말한다.

## 제2장 댐

### 제1절 일반사항

**제3조 (본체에 작용하는 하중의 조합)** 기술기준 제130조에 규정하는 하중의 조합은 다음과 같다.

수위 조건	댐의 종류	콘크리트 중력댐	아치댐	필댐
수위가 상시만수위 또는 서차지수위인 경우		자중, 정수압, 동수압, 퇴사압, 지진력, 양압력, 풍하중, 온도하중, 파압 및 빙압	자중, 정수압, 동수압, 퇴사압, 지진력, 양압력 및 온도하중	자중, 정수압, 지진력 및 간극수압
수위가 설계홍수위인 경우		자중, 정수압, 퇴사압, 양압력, 풍하중, 온도하중 및 파압	자중, 정수압, 퇴사압, 양압력 및 온도하중	자중, 정수압 및 간극수압
수위가 비어있는 경우		자중, 지진력, 풍하중 및 온도하중	자중, 지진력 및 온도하중	간극수압, 자중, 지진력
수위가 상시만수위로 부터 최저수위까지 급격히 저하하는 경우				자중, 정수압, 지진력 및 간극수압

**제4조 (하중의 계산방법)** 기술기준 제130조제1항에 규정하는 하중의 계산방법은 다음과 같다.

1. 자중은 댐 재료의 단위중량을 적용하여 계산하며 실제로 사용하는 재료의 배합시험에 의하여 결정한다. 콘크리트댐의 경우 예비설계 등에서 미리 시험을 할 수 없을 때에는 본체의 단위중량을  $23kN/m^3$ 로 한다.
2. 정수압은 댐과의 접촉면에 대하여 수직으로 작용하는 것으로 하며 다음식에 의하여 계산한다.

$$P = W_w h$$

여기에서  $P$  : 수심 $h$ 인 점에서의 정수압(Pa)

$W_w$  : 물의 단위중량( $N/m^3$ )

$h$  : 설계수위로부터 임의의 점까지의 수심(m)

3. 지진력이 작용하는 경우에 발생하는 동수압은 연직단면에 작용하는 것으로 하며 “가”의식에 의하여 계산한다. 다만, 댐축 방향으로 1m 폭을 갖는 연직면에 수평으로 작용하는 총 동수압은 “나”의식에 의하여 계산한다.

$$\text{가. } P = W_w K$$

$$나. P_t = \frac{7}{12} W_w K_1 H^{1/2} h^{3/2}$$

여기에서 P : 지진 시 저수에 의한 동수압(kN/m<sup>2</sup>)

W<sub>w</sub> : 물의 단위중량(kN/m<sup>3</sup>)

K : 제4호에서 정하는 설계진도

: 상시만수위에서 기초지반까지의 수심(m)

h : 상시만수위에서 임의의 점까지의 수심(m)

P<sub>t</sub> : 수심 h까지의 총 동수압(kN/m<sup>2</sup>)

#### 4. 지진력

가. 지진력은 본체의 자중에 설계진도를 곱하여 계산하며 설계진도는 다음 식에 의하여 계산한다.

설계진도 = 지진구역계수 × 위험도계수 × 기초지반 분류에 따른 지반계수 × 댐형식별 할증계수

(1) 지진구역계수(재현주기 500년에 해당)

지진구역	I	II
구역계수	0.11	0.07

우리나라의 지진구역은 다음과 같이 2개 구역으로 나눈다.

지진구역	행정구역	
I	시	서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시, 울산광역시, 광주광역시
	도	경기도, 강원도 남부(1), 충청남도, 충청북도, 경상북도, 경상남도, 전라북도, 전라남도 북동부(2)
II	도	강원도 북부(3), 전라남도 남서부(4), 제주도

주 : (1) 강원도 남부(군, 시) : 영월군, 정선군, 삼척시, 강릉시, 동해시, 원주시, 태백시

(2) 전라남도 북동부(군, 시) : 장성군, 담양군, 곡성군, 구례군, 장흥군, 보성군, 여천군, 화순군, 광양시, 나주시, 여천시, 여수시, 순천시

(3) 강원도 북부(군, 시) : 홍천군, 철원군, 화천군, 횡성군, 평창군, 양구군, 인제군, 고성군, 양양군, 춘천시, 속초시

(4) 전라남도 남서부(군, 시) : 무안군, 신안군, 완도군, 영광군, 진도군, 해남군, 영암군, 강진군, 고흥군, 함평군, 목포시

(2) 위험도계수

재현주기(년)	500	1000	2400
위험도계수	1	1.4	2.0

댐의 내진등급은 다음과 같이 댐의 중요도에 따라 내진I등급 및 내진특등급의 두 가지 등급으로 분류하며 내진등급별로 규정된 평균재현주기를 갖는 설계지진에 대하여 설계되어야 한다.

내진등급	댐	설계지진의 평균재현주기
내진특등급 댐	- 사회, 안보, 경제적인 측면에서 특별한 댐으로 발주처가 지정하는 댐 - 법에 의하여 다목적댐으로 분류한 댐 - 높이가 45m 이상이고 총저수량이 5천만 m <sup>3</sup> 이상인 댐	1000년
내진 I 등급댐	내진특등급 댐 이외의 모든 댐	500년

(3) 기초지반 분류에 따른 지반계수

지반의 종류	지표면 아래 30m 토층에 대한 평균값			지반계수	
	전단파속도 (m/s)	표준관입시험 (N치) (1)	비배수전단강도 (kPa)	I구역	II구역
경암지반	1,500 이상	-	-	0.8	0.7
보통암지반	760~1,500	-	-	1.0	1.0
연암지반 및 매우조밀한 토사지반	360 ~ 760	> 50	> 100	1.2	1.1
단단한 토사지반	180 ~ 360	15 ~ 50	50 ~ 100	1.5	1.6

주 : (1) 비점확성 토층만을 고려한 평균 N치

(4) 댐형식별 활중계수

콘크리트 중력댐이나 록필댐(표면차수벽형 석괴댐 포함)으로 설계하는 경우는 1배, 흙댐은 1.2배, 아치댐의 경우는 2배의 활중계수를 적용해야 한다.

나. 지진력계산의 일반적인 사항은 국토교통부 승인 「KDS 54 댐설계기준」 “KDS 54 17 00 댐 내진설계” 를 준용한다.

5. 퇴사압에서 연직력은 퇴사의 수중단위중량을 적용하여 계산하고, 수평력은 다음 식에 의하여 계산한다.

$$P_e = C_e W_s h$$

여기에서  $P_e$  : 퇴사압의 수평력(Pa)

$C_e$  : 토압계수

: 안식각(도)

$W_s$  : 퇴사의 수중단위중량(N/m<sup>3</sup>)

$h$  : 퇴사의 깊이(m)

6. 양압력은 댐 단면의 전면적에 연직상방향으로 작용하는 것으로 하고 아래 표의 배수공 조건에 따라 계산한다.

배수공 조건	댐 단면 위치별 양압력			비고
	상류단	배수공 위치	하류단	
배수공이 있는 댐의 단면	상류단의 수압	상류단의 수압과 하류단의 수압과의 차의 1/5의 값에 하류단의 수압을 더한 값	하류단의 수압	망가된 지점 이외의 양압력은 비례법에 의하여 계산한다
배수공이 없는 댐의 단면	상류단의 수압과 하류단의 수압과의 차의 1/3의 값에 하류단의 수압을 더한 값	상류단과 하류단 양압력의 직선 비례		

배수공이 없는 댐의 양압력은 다음 식에 의하여 계산할 수 있다.

$$W_u = W_w CA \left[ H_2 + \frac{1}{2} \tau (H_1 - H_2) \right]$$

여기에서  $W_u$  : 전 양압력(N)

$W_w$  : 물의 단위중량(N/m<sup>3</sup>)

$C$  : 정수압이 작용하는 면적비율

$A$  : 양압력을 받는 저부면적(수중단면)(m<sup>2</sup>)

$\tau$  : 차수그라우트와 배수공의 작용에 의한 순수두(H - H')에 대한 비율

$H$  : 본체의 상류단 수심(m)

$H'$  : 본체의 하류단 수심(m)

7. 온도하중은 수축이음매 그라우팅시의 본체 내부의 온도와 그 후의 본체 내부의 최고온도 및 최저온도와의 차에 의하여 계산한다.

8. 간극수압은 유선 및 등수두선을 이용하여 계산한다.

제5조 (여유고) 기술기준 제131조에 규정하는 댐의 여유고는 다음과 같이 계산한다.

댐의종류	여유고
콘크리트 중력댐 및 아치댐	<ul style="list-style-type: none"> <li>설계홍수위(FWL) + <math>H_f</math>  <math>H_f \geq h_w + h_e + h_a</math> (<math>H_f &lt; 1.0</math> 일때는 <math>H_f = 1.0</math>)</li> <li>최고수위(MWL) + <math>H_f</math>  <math>H_f \geq h_w + h_a</math> (<math>H_f &lt; 1.0</math> 일때는 <math>H_f = 1.0</math>)</li> </ul>
필댐	<ul style="list-style-type: none"> <li>설계홍수위(FWL) + <math>H_f</math>  <math>H_f \geq R + h_e + h_a + h_i</math></li> <li>최고수위(MWL) + <math>H_f</math>  <math>H_f \geq R + h_a + h_i</math></li> </ul> <p>필댐 중 콘크리트 표면차수벽형 석괴댐의 여유고는 아래와 같이 계산한다.</p> <p>1. 수위 기준</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>설계홍수위(FWL)+<math>H_f</math>  <math>H_f \geq R + h_e + h_a + h_i</math></li> <li>최고수위(MWL)+<math>H_f</math>  <math>H_f \geq R + h_a + h_i</math></li> </ul> <p>2. 파랑방지벽 기준</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>H_p =</math> 설계홍수위(FWL) + <math>H_f</math>  <math>H_f \geq h_w + h_e + h_a + h_i</math></li> <li><math>H_p =</math> 최고수위(MWL) + <math>H_f</math>  <math>H_f \geq h_w + h_a + h_i</math></li> </ul>
	여기에서 $H_f$ : 여유고(m) $h_w$ : 유의파고 $h_e$ : 지진에 의한 파랑고(m) $h_a$ : 여수로 형식에 의한 안전고(m) (수문이 있을 경우 0.5m, 수문이 없을 경우 0m) $R$ : 물결의 처오름 높이를 포함한 파랑고(m) $h_i$ : 댐형식에 의한 안전고(보통 1.0m)

**제6조 (시멘트의 규격 및 강도기준)** 기술기준 제133조제1호에 규정하는 시멘트의 규격은 다음과 같다.

1. 한국산업표준 KS L 5201 “포틀랜드 시멘트”
2. 한국산업표준 KS L 5210 “고로 슬래그 시멘트”
3. 한국산업표준 KS L 5211 “플라이애시 시멘트”
4. 한국산업표준 KS L 5401 “포틀랜드 포졸란 시멘트”
5. 한국산업표준 KS L 5204 “백색 포틀랜드 시멘트”
6. 한국산업표준 KS F 4009 “레디믹스 콘크리트”
7. 한국산업표준 KS F 2405 “콘크리트 압축강도 시험방법”
8. 한국산업표준 KS F 2402 “콘크리트 슬럼프 시험방법”

**제7조 (매설계기)** 기술기준 제135조에 규정하는 댐의 건전성을 감시하는 매설계기란 다음과 같은 항목을 측정하기 위한 계측기이다.

콘크리트 중력댐		아치댐		필 댐	
50m 미만	50m 이상	30m 미만	30m 이상	본체에 대체적으로 균일한 재료를 사용한 것	그 밖의 것
누수량 및 양압력	누수량, 양압력, 변형, 응력, 온도 및 지진	누수량 및 변형	누수량, 양압력, 변형, 응력, 온도 및 지진	누수량, 변형 및 침윤선	누수량, 간극수압, 변형, 응력 및 지진

**제8조 (여수로·수로 등 콘크리트구조물의 설계)** 기술기준 제136조제1항제2호에 규정하는 하중에 대하여 안전한 것이란 국토교통부 제정 「콘크리트구조기준(2012)」이나 이와 동등한 기술자료를 이용하여 콘크리트 구조물을 설계한다.

**제9조 (유수를 안전하게 유하)** 기술기준 제136조제1항제3호에 규정하는 유수를 안전하게 유하할 수 있다고 하는 것은 다음과 같다.

1. 월류형 여수로의 인양식 수문을 최대로 인양할 때에 수문의 하단 및 월류형 여수로에 부속되어 설치된 다리, 권양기, 그 밖의 댐마루 구조물은 최대홍수위에 해당하는 유수의 월류수면에서 1.5미터 이상 떨어져 있을 것
2. 제1호에 있어서 월류수심이 2.5미터 이하인 경우에는 월류수면에서 1미터 이상 떨어져 있을 것

**제10 조 (수문의 개폐)** 기술기준 제136조제2항제2호에 규정하는 수문의 개폐가 쉽고 확실하다고 하는 것은 수문을 열 때에 동력설비를 사용할 경우 수문 개폐장치에는 주동력설비 외에 예비동력설비(동력설비가 전동식의 것인 경우는 예비전원장치)를 설비하는 것이다. 단, 수문의 규모가 작고 수동으로 조작하여도 확실하게 개폐할 수 있을 때에는 예비동력설비를 대신하여 수동개폐기구를

를 설치할 수 있다.

**제11 조 (여수로 수문에 사용하는 재료의 규격)** 기술기준 제136조제2항제3호에 규정하는 여수로 수문에 필요한 화학적 성분 및 기계적 성능을 가지는 재료는 다음 각 호에 정한 것 또는 동등 이상의 성질을 가지는 것이어야 한다.

1. 수문에 있어서 몸체, 문틀 및 그 밖의 구조상 중요한 부분에 사용하는 재료에 있어서는 다음에 의할 것
  - 가. 한국산업표준 KS D 3503 “일반구조용 압연강재” 중 SS275
  - 나. 한국산업표준 KS D 3515 “용접구조용 압연강재” 중 SM400A, SM400B, SM400C, SM490A, SM490B, SM490C, SM490YA, SM490YB, SM520B 및 SM520C
  - 다. 한국산업표준 KS D 3529 “용접구조용 내후성 열간 압연강재” 중 1종(SMA400AW, SMA400AP, SMA400BW, SMA400BP, SMA400CW, SMA400CP) 및 2종(SMA490AW, SMA490AP, SMA490BW, SMA490BP, SMA490CW 및 SMA490CP)
  - 라. 한국수출공업협동조합 SPS-KFCA-D4101-5004 “탄소강 주강품” 중 SC410, SC450 및 SC480
  - 마. 한국산업표준 KS D 3710 “탄소강 단강품” 중 SF440A
  - 바. 한국산업표준 KS D 4106 “용접구조용 주강품” 중 SCW410 및 SCW480
  - 사. 한국산업표준 KS D 3752 “기계구조용 탄소강재” 중 SM25C, SM35C 및 SM45C
2. 제1호에서 정한(몸체, 문틀 및 그 밖의 구조상 중요한 부분)것 이외의 부재는 다음에 의할 것
  - 가. 한국산업표준 KS D 3503 “일반 구조용 압연강재”
  - 나. 한국산업표준 KS D 3505 “PC 강봉”
  - 다. 한국산업표준 KS D 3507 “배관용 탄소강관”
  - 라. 한국산업표준 KS D 3514 “와이어 로프”
  - 마. 한국산업표준 KS D 3515 “용접 구조용 압연 강재”
  - 바. 한국산업표준 KS D 3529 “용접 구조용 내후성 열간 압연 강재”
  - 사. 한국산업표준 KS D 3557 “리벳용 원형강”
  - 아. 한국산업표준 KS D 3560 “보일러 및 압력 용기용 탄소강 및 몰리브덴 강 강관”
  - 자. 한국산업표준 KS D 3561 “마봉강”
  - 차. 한국산업표준 KS D 3562 “압력 배관용 탄소강관”
  - 카. 한국산업표준 KS D 3564 “고압 배관용 탄소강관”
  - 타. 한국산업표준 KS D 3566 “일반 구조용 탄소강관”
  - 파. 한국산업표준 KS D 3576 “배관용 스테인리스 강관”

- 하. 한국산업표준 KS D 3693 “스테인리스 클래드강”
- 가. 한국산업표준 KS D 3698 “냉간 압연 스테인리스강판 및 강대”
- 나. 한국산업표준 KS D 3705 “열간 압연 스테인리스강판 및 강대”
- 다. 한국산업표준 KS D 3706 “스테인리스 강봉”
- 라. 한국산업표준 KS D 3707 “크롬강재”
- 마. 한국산업표준 KS D 3708 “니켈크롬강 강재”
- 바. 한국산업표준 KS D 3709 “니켈크롬 몰리브덴강재”
- 샤. 한국산업표준 KS D 3710 “탄소강 단강품”
- 야. 한국산업표준 KS D 3711 “크롬 몰리브덴강재”
- 자. 한국산업표준 KS D 3752 “기계구조용 탄소강재”
- 차. 한국주물공업협동조합 SPS-KFCA-D4101-5004 “탄소강 주강품”
- 카. 한국주물공업협동조합 SPS-KFCA-D4102-5005 “구조용 고장력 탄소강 및 저합금강 주강품”
- 타. 한국주물공업협동조합 SPS-KFCA-D4103-5006 “스테인리스강 주강품”
- 파. 한국산업표준 KS D 4106 “용접 구조용 주강품”
- 하. 한국주물공업협동조합 SPS-KFCA-D4301-5015 KS D 4301 “회 주철 품”
- 거. 한국주물공업협동조합 SPS-KFCA-D4302-5016 “구상 흑연 주철품”
- 너. 한국산업표준 KS D 5201 “구리 및 구리의 판 및 띠”
- 더. 한국산업표준 KS D 6024 “구리 및 구리합금 주물”
- 러. 한국산업표준 KS D 7002 “PC 강선 및 PC 강연선”
- 머. 한국산업표준 KS R 9106 “보통 레일”
- 버. 한국산업표준 KS R 9221 “철도차량용 차륜”

**제12조 (여수로 수문에 사용하는 재료의 허용응력 및 용접기준) ①** 기술기준 제136

조제2항제4호에 규정하는 허용응력이란 동수압 및 지진력 이외의 하중에 대해서는 다음 각 호와 같다.

1. 이음부 이외의 부분에 있어서는 다음에 의할 것
- 가. 구조용 강재의 허용응력

(단위 : MPa)

강재의 종류 응력의 종류	SS400, SM400, SMA400		SM490		SMA490	
	두께 40mm 이하	두께 40mm 초과	두께 40mm 이하	두께 40mm 초과	두께 40mm 이하	두께 40mm 초과
축방향 인장응력 및 휨인장응력 (순 단면적에 대하여)	118	왼쪽값의 0.92배	158	왼쪽값의 0.94배	178	왼쪽값의 0.95배

강재의 종류 응력의 종류	SS400, SM400, SMA400		SM490		SMA490		
	두께 40mm 이하	두께 40mm 초과	두께 40mm 이하	두께 40mm 초과	두께 40mm 이하	두께 40mm 초과	
압축응력 (국부좌굴을 고려하지 않은 경우)	축방향 압축응력 (순 단면적에 대하여)	≤20일 때 118	“	≤15일 때 158	“	≤14일 때 178	
	압축부재 (국부좌굴을 고려하지 않은 경우)	20 < ≤93 일 때	“	15 < ≤80 일 때	“	14 < ≤76 일 때	“
		ℓ : 부재의 유효좌굴 길이(mm)	118-0.73( -20)	“	158-1.09( -15)	“	178-1.30( -14)
		ℓ : 부재 총단면의 단면2차모멘트 (mm)	93 < 일 때 $\frac{1,000,000}{6,700+( )}$	“	80 < 일 때 $\frac{1,000,000}{5,000+( )}$	“	76 < 일 때 $\frac{1,000,000}{4,500+( )}$
압축보강재	118	“	158	“	178	“	
휨압축응력	보의 압축연단 (순 단면적에 대하여)	≤ 일 때 118	“	≤ 일 때 158	“	≤ 일 때 178	
	ℓ : 압축플랜지 고정점간의 거리(mm) b : 압축플랜지의 폭 (mm) Aw : 웨브의 총단면적(mm) Ac : 압축플랜지의 총단면적(mm) K = 단: <2인 경우 K=2로 한다. 스킨플레이트 등에 직접 고정되는 경우	< ≤30 일 때	“	< ≤30 일 때	“	< ≤27 일 때	“
		118-1.1(K -9)	“	158-1.6(K -8)	“	178-1.9(K -7)	“
		118	“	158	“	178	“
전단응력 (순 단면적에 대하여)	68	“	91	“	102	“	
지압응력	176	“	236	“	266	“	

나. 접합용 강재의 허용응력

(단위 : MPa)

강재의 종류 응력의 종류		강재 재료 : SS400, SM400		강재 재료 : SM490	
		두께 40mm 이하	두께 40mm 초과	두께 40mm 이하	두께 40mm 초과
		볼트 재료 : SS400, SM20C		볼트 재료 : SM35C	
전단응력	다듬질한 볼트	76		98	
	앵커볼트	53		69	
지압응력	다듬질한 볼트	177	왼쪽값의 0.92배	230	왼쪽값의 0.94배
	핀	177	왼쪽값의 0.92배	230	왼쪽값의 0.94배

다. 단강품, 주강품 및 기계구조용 탄소강재의 허용응력

(단위 : MPa)

응력의 종류	강재의 종류	주강품			기계구조용 탄소강		
	단강품	SF440A	SC450	SCW410	SC480	SM25C	SM35C
축방향 인장응력	113	113	118	122	133	153	173
축방향 압축응력	113	113	118	122	133	153	173
휨응력	113	13	118	122	133	153	173
전단응력	65	65	68	71	76	88	100
지압응력	169	169	176	184	199	229	259

2. 맞대기용접 및 필렛용접에 의한 이음부에 있어서는 제1호에서 규정 하는 값에 다음 표에서 정하는 값을 곱한 값으로 할 것

구 분		용접선 전체길이의 5%이상에 대해 방사선시험 또는 초음파탐상시험을 하는 경우	그 밖의 경우
맞대기 용접	공장에서 용접할 경우	0.95(1.0)	0.85
	현장에서 용접할 경우	0.90(0.95)	0.80
필렛 용접	공장에서 용접할 경우	0.95	
	현장에서 용접할 경우	0.90	

비고 : ( )의 값은 방사선시험 또는 초음파탐상시험을 용접선의 전체길이에 대해 시행할 경우의 값

- ② 여수로 수문의 구조상 안전을 위한 용접작업은 KS, KEPIC SWS 또는 AWS D 1.1(American Welding Society) 동등 이상의 기준에 따른다.
- ③ 동수압 및 지진력을 포함하는 하중에 대한 허용응력은 제1항에 규정하는 값의 1.5배로 할 수 있다.

## 제2절 콘크리트 중력댐

- 제13조 (콘크리트 중력댐에 대한 본체의 콘크리트 허용응력)** ① 기술기준 제139조제1항에 규정하는 콘크리트의 허용압축응력은 재령 91일의 지름 150mm, 높이 300mm의 공시체를 사용하여 한국산업표준 KS F 2405 "콘크리트의 압축강도 시험방법"에 의하여 시험을 하여 얻은 콘크리트 압축강도의 1/4의 값으로 한다.
- ② 기술기준 제139조제2항에 규정하는 콘크리트의 허용인장응력은 제1항에서 정한 시험을 하여 얻은 콘크리트 압축강도의 1/40의 값으로 한다.
- ③ 동수압 및 지진력을 포함하는 하중에 대한 허용압축응력은 제1항에 규정한 값의 1.3배로 할 수 있다.

**제14조 (콘크리트 중력댐에 대한 전단마찰 안전율의 계산식)** 기술기준 제140조에 규정하는 활동에 대해 안정되도록 적절한 전단마찰 안전율을 가지려면 다음의 계산식에 의한 전단마찰 안전율이 4이상 확보되어야 한다.

$$S \cdot F = \frac{f V + \tau l}{H} \geq 4$$

여기에서 S·F : 전단마찰 안전율

f : 댐 본체의 재료 또는 기초암반의 내부마찰계수

V : 전단면에 작용하는 전 연진력(N)

: 댐 본체의 재료 또는 기초암반의 순 전단강도(N/m<sup>2</sup>)

: 전단저항의 길이(m)

: 전단면에 작용하는 전 수평력(N)

**제15조 (양압력의 저감)** 기술기준 제141조제2호에 규정하는 과대한 양압력이 생기지 않도록 한다는 것은 높이가 30 m 이상의 콘크리트 중력댐에 점검통로 및 배수공을 설치하여 양압력을 저감시키는 것이다.

**제16조 (콘크리트 중력댐의 구조상 안전)** 기술기준 제141조제3호에 규정하는 구조상 안전한 것이란 해당 부위에 생기는 응력이 허용응력을 초과하지 않는 것 또는 콘크리트의 허용인장응력을 초과하는 부위에 있어서는 철근 등으로 적절하게 보강하는 것이다.

**제3절 아 치 댐**

**제17조 (아치댐에 대한 본체의 콘크리트 허용응력)** 기술기준 제142조에 규정하는 콘크리트 허용압축응력 및 허용인장응력은 제13조를 준용한다.

**제18조 (아치댐에 대한 전단마찰 안전율의 계산식)** 기술기준 제143조에 규정하는 활동에 대해 안정하려면 제14조의 계산식에 의한 전단마찰 안전율이 4이상 확보되어야 한다.

**제19조 (아치댐의 구조상 안전)** 기술기준 제144조제2호에 규정하는 구조상 안전한 것이란 제16조를 준용하여 설계하는 것이다.

**제4절 필 댐**

**제20조 (필댐에 대한 사면활동 안전율의 계산식)** ① 기술기준 제146조에 규정하는 사면활동에 대한 안전율은 다음의 식에 의하여 계산한다.

$$S \cdot F =$$

여기에서 S·F : 활동 안전율

N : 원호활동면상의 각 분할 부분에 작용하는 하중의 단위폭당 수직분력(N/m)

U : 원호활동면상의 각 분할 부분에 작용하는 하중의 단위폭당 간극수압(N/m)

φ : 원호활동면상의 각 분할 부분의 재료의 내부마찰각(도)

C : 원호활동면상의 각 분할 부분의 재료의 점착력(N/m<sup>2</sup>)

ℓ : 원호활동면상의 각 분할 부분의 길이(m)

T : 원호활동면상의 각 분할 부분에 작용하는 하중의 단위폭당 접선분력(N/m)

② 재료의 시험과 안정계산의 정밀도가 불충분하거나 연약지반 위의 댐과 같이 불안정 요소가 포함되었다고 판단되는 경우에는 활동에 대한 최소 안전율을 1.5로 취하되 그 밖의 경우에는 다음 표를 기준으로 한다.

구분	본체조건	저수상태	지진	안전율	
				상류	하류
1	완성 직후	바닥상태	고려함	1.3	1.3
2	완성 직후	일부저수 (1)	고려하지 않음	1.3	-
3	평상시	설계홍수위	고려하지 않음	1.2	1.2
4	평상시	만수	고려함	1.2	1.2
5	평상시	일부저수 (2)	고려함	1.15	-
6	평상시	급강하	고려함	1.2	-

주 : (1) 상류측 비탈면의 하부가 암석 등으로 되어 있어 간극수압이 발생하지 않을 경우에 한함

(2) 수위는 보통 댐 높이의 45~50%를 취하여 계산함

**제21조 (차수벽에 사용하는 재료)** 기술기준 제148조제3호에 규정하는 댐의 안정에 필요한 수밀성, 강도 및 내구성을 가지려면 다음과 같다.

1. 필댐의 차수벽에 아스팔트를 사용하는 경우에 아스팔트 재료는 아래에 정하는 것일 것

가. 아스팔트의 규격은 한국산업표준 KS M 2201 “스트레이트 아스팔트” 종류 중 40~60, 60~80, 80~100을 적용할 것

나. 골재는 깨끗하고 단단하며 적당한 입도와 내구성을 가지고 가열에 의해 품질 변화를 일으키지 않는 것으로 점토, 실트, 유기물 등의 유해양을 포함하지 않을 것

다. 필러는 한국산업표준 KS F 3501 “역청 포장용 채움재”에 적합하고, 쓰레기, 진흙, 유기물, 덩어리로 된 미립자 등 해로운 물질이 함유되어 있지 않을 것

2. 필댐의 차수벽에 콘크리트를 사용하는 경우에는 제8조를 준용할 것

**제5절 조력발전 구조물**

**제21의 2조(본체의 구성)** 조력댐에 작용하는 하중의 조합은 “항만 및 어항설계기준(2016. 4. 해양수산부)의 기준을 준용한다.

**제21의 3조(하중의 계산)** 조력댐 하중의 계산은 “항만 및 어항설계기준(2016. 4. 해양수산부)의 기준을 준용한다.

**제21의 4조(사용하는 재료)** 조력댐에 사용하는 재료는 “항만 및 어항설계기준(2016. 4. 해양수산부)의 기준을 준용한다.

**제21의 5조(구조물 형태에 따른 적용)** 조력댐 구조물 형태에 따라 “항만 및 어항설계기준(2016. 4. 해양수산부)의 기준을 적용한다.

### 제3장 수 로

**제22조 (배수처리)** 기술기준 제151조제2호에 규정하는 설계수량을 안전하게 배수할 수 있는 것이란 수로가 배수를 안전하게 처리할 수 있는 용량을 갖도록 하는 것이다.

**제23조 (수로에 사용하는 재료의 규격)** 기술기준 제151조제5호에 규정하는 수로에 필요한 화학적 성분 및 기계적 성능을 가지는 재료는 다음 각 호에 정한 것 또는 동등 이상의 성질을 가지는 것이어야 한다.

1. 한국산업표준 KS D 3503 “일반 구조용 압연강재” 중 SS275인 것
2. 한국산업표준 KS D 3515 “용접 구조용 압연강재” 중 SM400A, SM400B, SM400C, SM490A, SM490B, SM490C, SM490YA, SM490YB, SM520B, SM520C 및 SM570
3. 한국산업표준 KS D 3521 “압력 용기용 강관” SPPV 235, SPPV 315, SPPV 355 및 SPPV 450
4. 한국산업표준 KS D 3529 “용접 구조용 내후성 열간 압연강재” 중 1종(SMA400AW, SMA400AP, SMA400BW, SMA400BP, SMA400CW, SMA400CP), 2종(SMA490AW, SMA490AP, SMA490BW, SMA490BP, SMA490CW 및 SMA490CP) 및 3종(SMA570W 및 570P)
5. 한국산업표준 KS D 3507 “배관용 탄소강관”
6. 한국산업표준 KS D 3537 “수도용 아연도 강관”
7. 한국산업표준 KS D 3562 “압력배관용 탄소강관” 중 SPPS38 및 SPPS42
8. 한국산업표준 KS D 3564 “고압배관용 탄소강관” 중 SPPH38, SPPH42 및 SPPH49
9. 한국산업표준 KS D 3565 “상수도용 도복장 강관”
10. 한국산업표준 KS D 3576 “배관용 스테인리스 강관” 중 STS304TP
11. 한국산업표준 KS D 3611 “용접 구조용 고향복점 강관” 중 SHY685NS
12. 한국산업표준 KS D 3583 “배관용 아크용접 탄소강 강관” 중 SPW400
13. 한국산업표준 KS D 3588 “배관용 용접 대구경 스테인리스 강관” 중 STS304TPY
14. 한국산업표준 KS D 3589 “압출식 폴리에틸렌 피복강관” 중 P1H, P1F 및 P2S
15. 한국산업표준 KS D 3693 “스테인리스 클래드강”
16. 한국산업표준 KS D 3698 “냉연 압연 스테인리스강판 및 강대”
17. 한국산업표준 KS D 3705 “열간 압연 스테인리스강판 및 강대”
18. 한국산업표준 KS D 3710 “탄소강 단강품”
19. 한국주물공업협동조합 SPS-KFCA-D4101-5004 “탄소강 주강품”
20. 한국산업표준 KS D 4106 “용접 구조용 주강품”

21. 한국주물공업협동조합 SPS-KFCA-D4301-5015 “회 주철품”
22. 한국산업표준 KS D 4308 “수도용 덕타일 주철 이형관”
23. 한국산업표준 KS D 4311 “덕타일 주철관”
24. 한국산업표준 KS M 3370 “수도용 플라스틱 배관계-불포화 폴리에스테르 수지 유리섬유 강화 플라스틱(GRP)-압력 및 비압력 배관(수압철관은 제외)”

**제24조 (수문에 사용하는 재료의 허용응력 및 용접기준과 내식성 재료)** ① 기술기준 제151조제6호에 규정하는 허용응력은 제12조(제1항제1호“나”는 제외)를 준용한다.

- ② 수문의 구조상 안전을 위한 용접작업은 제12조 제2항을 준용한다.
- ③ 동수압 및 지진력을 포함하는 하중에 대한 허용응력은 제12조 제3항을 준용한다.
- ④ 기술기준 제 151조 제 7호에 규정하는 내식성 재료는 KS D 3003 “항만 및 해양 구조용 내식성 강재(HSM500)”와 KS D 3300 “항만 및 해양 구조용 내식성 강관(STKM500)” 또는 동등 이상의 성질을 갖는 것으로 한다.

**제25조 (취수설비의 구조상 안전과 수문설치)** ① 기술기준 제152조제1호에 규정하는 구조상 안전한 것이란 콘크리트를 사용하는 경우에는 제8조를 준용하여 설계하는 것이다.

- ② 제1항에서 강재를 사용하는 경우에는 제31조제1항 및 제3항을 준용한다.
- ③ 기술기준 제152조 제3호에 따라 취수설비에 수문이나 조절밸브를 설치할 경우, 부유물이 유입되는 것을 방지하기 위하여 상류측에 1/10 정도의 경사를 갖는 스크린을 설치한다.

**제26조 (침사지의 구조상 안전과 침전능력)** ① 기술기준 제153조제1호에 규정하는 구조상 안전한 것이란 콘크리트를 사용하는 경우에는 제8조를 준용하여 설계하는 것이다.

② 기술기준 제153조 제2호에 규정하는 토사를 침전시킬 수 있는 능력이란 다음과 같다.

1. 침사지는 장방향으로 흐름방향의 길이가 폭의 3~8배 정도로 하여 소요경의 토사를 침전시킬 수 있도록 하며, 침사지의 길이는 다음 식에 의해 결정한다.

$$L = k(h/u) V$$

여기에서  $L$ 는 침사지 길이(m),  $k$ 는 안전율(1.5~2.0),  $h$ 는 유효수심(m),  $u$ 는 모래의 침강속도(cm/s),  $V$ 는 침사지내 흐름의 평균속도(cm/s)이다.

**제27조 (도수로의 구조상 안전)** ① 기술기준 제154조제1호에 규정하는 구조상 안전한 것이란 콘크리트를 사용하는 경우에는 제8조를 준용하여 설계하는 것이다.

- ② 제1항에서 강재를 사용하는 경우에는 제31조제1항 및 제3항을 준용한다.
- ③ 기술기준 제154조 제4호에 의한 압력수로인 경우, 터널 벽면의 마모를 방지



할 수 있는 최대허용유속을 준수하여야 한다.

**제28조 (헤드탱크의 구조상 안전)** 기술기준 제155조제1호에 규정하는 구조상 안전한 것이란 콘크리트를 사용하는 경우에는 제8조를 준용하여 설계하는 것이다.

**제29조 (서지탱크의 구조상 안전)** ① 기술기준 제156조제1호에 규정하는 구조상 안전한 것이란 콘크리트를 사용하는 경우에는 제8조를 준용하여 설계하는 것이다.

② 제1항에서 강재를 사용하는 경우에는 제31조 제1항 및 제2항을 준용한다.

**제30조 (서지탱크의 수위변동을 계산하는 경우의 조도계수)** 기술기준 제156조제3호에 규정하는 조도계수는 도수로의 조도계수에 다음 표에 정한 각각의 조건별로 조도계수를 가감한 값으로 한다.

구 분		도수로의 조도계수에 가감하는 값
기술기준 제32조 제3호 “가”의 경우	철관의 경우	0.001을 감한다.
	콘크리트의 경우	0.0015를 감한다.
	라이닝을 하지 않는 경우	0.003을 감한다.
기술기준 제32조 제3호 “나”의 경우	철관의 경우	0.001을 더한다.
	콘크리트의 경우	0.0015를 더한다.
	라이닝을 하지 않는 경우	0.003을 더한다.
기술기준 제32조 제3호 “다”의 경우	철관의 경우	0.001을 감한다.
	콘크리트의 경우	0.0015를 감한다.
	라이닝을 하지 않는 경우	0.003을 감한다.

**제31조 (관본체에 사용하는 재료의 허용응력 및 용접기준)** ① 기술기준 제157조제1호에 규정하는 재료의 허용응력이란 지진력 이외의 하중에 대한 응력 중 강재를 사용하는 경우에는 다음과 같다.

1. 이음부 이외의 부분은 다음에 의할 것

재 료 의 종 류		두께 (mm)	허용 인장응력 (MPa)	허용 압축응력 (MPa)	허용 전단응력 (MPa)	허용 지압응력 (MPa)
한국산업표준 KS D 3503 “일반 구조용 압연강재”	SS 400	16이하	135	135	75	225
		16초과 40이하	130	130	75	220
		40초과	115	115	65	195
한국산업표준 KS D 3515 “용접구조용 압연강재” 및 KS D 3529 “용접구조용 내후성 열간압연강재”	SM 400A SM 400B SM 400C SMA 400AP SMA 400BP SMA 400CP SMA 400AW	16이하	135	135	75	225
		16초과 40이하	130	130	75	220
		40초과	115	115	65	195

재 료 의 종 류		두께 (mm)	허용 인장응력 (MPa)	허용 압축응력 (MPa)	허용 전단응력 (MPa)	허용 지압응력 (MPa)
한국산업표준 KS D 3521 “압력용기용 강판”	SMA 400BW SMA 400CW	16이하	180	180	100	305
		16초과 40이하	175	175	100	295
		40초과	160	160	90	270
	SM 490A SM 490B SM 490C SM 490YA SM 490YB	16이하	200	200	115	340
		16초과 40이하	195	195	110	330
		40초과	185	185	105	310
	SMA 490AP SMA 490BP SMA 490CP	16이하	200	200	115	340
		16초과 40이하	195	195	110	330
		40초과 75이하	185	185	105	310
	SMA 490AW SMA 490BW SMA 490CW SMA 520B SMA 520C	75초과 100이하	180	180	100	305
		16이하	249	240	135	405
		16초과 40이하	240	240	135	405
		40초과 75이하	235	235	135	395
	SM 570 SMA 570P SMA 570W	75초과 100이하	230	230	130	390
		SPPV 235	6이상 50이하	130	130	75
50초과 100이하			115	115	65	195
SPPV 315			6이상 50이하	175	175	100
	50초과 100이하	160	160	90	270	
	SPPV 355	6이상 50이하	195	195	110	330
50초과 100이하		185	185	105	310	
SPPV 450	6이상 50이하	240	240	135	405	

재 료 의 종 류		두께 (mm)	허용 인장응력 (MPa)	허용 압축응력 (MPa)	허용 전단응력 (MPa)	허용 지압응력 (MPa)
		50초과 100이하	235	235	135	395
한국산업표준 KS D 3611 "용접 구조용 고항복접 강관"	SHY 685NS	50이하	330	330	190	560
		50초과 100이하	320	320	180	540
한국산업표준 KS D 3698 "냉간압연 스테인레스강 관 및 강대" KS D 3705 "열간압연 스테인리스강 관 및 강대"	STS 304		110	110	60	185
한국산업표준 KS D 3693 "스테인리스클 래드강"			$\sigma_a$ (1)	허용인장응 력과 동일	$\sigma_a \times 1/\sqrt{3}$	$\sigma_a \times 1.7$
한국산업표준 KS D 3507 "배관용 탄소강관"	SPP		70	70	40	115
한국산업표준 KS D 3562 "압력배관용 탄소강관"	SPPS 38		115	115	65	195
	SPPS 42		135	135	75	225
한국산업표준 KS D 3564 "고압배관용 탄소강관"	SPPH 38		115	115	65	195
	SPPH 42		135	135	75	225
	SPPH 49		150	150	85	255
한국산업표준 KS D 3565 "상수도용 도복강 강관"	STWW 290		70	70	40	115
	STWW 370		115	115	65	195
	STWW 400		125	125	70	210
한국산업표준 KS D 3583 "배관용 아크용접 탄소강관"	SPW 400		125	125	70	210

재 료 의 종 류		두께 (mm)	허용 인장응력 (MPa)	허용 압축응력 (MPa)	허용 전단응력 (MPa)	허용 지압응력 (MPa)
한국산업표준 KS D 3576 "배관용 스테인리스강관" KS D 3588 "배관용 용접 대구경 스테인리스강관 "	STS 304TP STS 304TPY		110	110	60	185
한국산업표준 KS D 4311 "터타일주철관 "			120	120	70	200
한국산업표준 KS D 4308 "터타일주철이 형관"			105	105	60	175
한국산업표준 KS D 4101 "탄소강 주강품"	SC 410		65	65	35	110
	SC 450		75	75	40	125
	SC 480		80	80	45	135
한국산업표준 KS D 4106 "용접구조용 주강품"	SCW 410		100	100	55	170
	SCW 480		120	120	65	200
한국산업표준 KS D 3710 "탄소강 단강품"	SF 390A		105	105	60	175
	SF 440A		125	125	70	210
	SF 490A		135	135	75	225
	SF 540A		150	150	85	255
	SF 590A		160	160	90	270
한국산업표준 KS D 4301 "회주철품"	GC 200		20	20	10	30
	GC 250		25	25	10	40
	GC 300		30	30	15	50

주 : (1) 스테인리스 클래드강의 허용인장응력은 다음 식으로 구한다.

$$\sigma_a = \frac{\sigma_1 \cdot t_1 + \sigma_2 \cdot t_2}{t_1 + t_2}$$

여기에서  $\sigma_a$  : 스테인리스 클래드강의 허용인장응력(N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_1$  : 모재의 허용인장응력(N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_2$  : 클래드재의 허용인장응력(N/mm<sup>2</sup>)

$t_1$  : 모재의 두께(mm)

$t_2$  : 클래드재의 두께(mm)

2. 용접에 의한 이음부에는 제1호에 규정하는 값에 다음 표에 정하는 값을 곱한 값으로 할 것

구 분		용접선 전체길이의 5%이상에 대하여 방사선시험 또는 초음파 탐상시험을 하는 경우		기타의 경우	
		응력을 제거하는 경우	응력을 제거하지 않는 경우	응력을 제거하는 경우	응력을 제거하지 않는 경우
응력을 제거하는 경우	공장에서 용접할 경우	0.95(1.0)	0.90(0.95)	0.85	0.80
	현장에서 용접할 경우	0.90(0.95)	0.85(0.90)	0.80	0.75
기타의 경우	공장에서 용접할 경우	0.95(1.0)		0.85	
	현장에서 용접할 경우	0.90(0.95)		0.80	

비고 : 1. “응력을 제거하는 경우”란 한국산업표준 KS D 3611 “용접구조용 고품복합 강판”의 경우를 제외하고 용접 이음이 집중하여 잔류응력의 영향이 큰 경우 또는 관 두께가 32mm를 초과하는 관본체의 길이방향 이음으로 다음의 계산식에 해당하는 경우를 말한다.

여기에서 : 판의 두께(mm)

: 판의 안지름(mm)

2. 팔호안의 값은 용접선 전체길이에 대하여 방사선시험 또는 초음파탐상시험을 하는 경우의 값이다.

② 관본체의 구조상 안전을 위한 용접작업은 KS, KEPIC SWS 또는 AWS D 1.1(American Welding Society)과 동등 이상의 기준에 따른다.

③ 제1항에 있어서 콘크리트를 사용하는 경우에는 제8조를 준용한다.

④ 동수압 및 지진력을 포함하는 하중에 대한 허용응력은 제1항 및 제2항에서 정하는 값의 1.5배로 할 수 있다

**제32조 (관본체의 구조)** 기술기준 제157조제2호에 규정하는 진동, 좌굴 및 부식에 대해 안전한 것이라 다음과 같다.

1. 운전 중에 현저한 진동이 없을 것

2. 관본체는 외압의 1.5배의 압력에 대해 좌굴하지 않을 것

3. 내부 유수의 수소이온농도가 수소지수 4이하의 경우에는, 관의 안쪽면을 도료로 피복하거나 또는 부식을 경감할 수 있는 조치를 할 것

**제33조 (관본체의 고정)** 기술기준 제157조제5호“가”에 규정하는 관본체를 확실히 고정 하는 것이라 스톨스트 칼라, 앵커밴드 또는 앵커볼트에 의해 고정하는 것이다.

**제34조 (앵커블록의 구조상 안전)** 기술기준 제157조제5호“나”에 규정하는 구조상 안전한 것이라 콘크리트를 사용하는 경우에는 제8조를 준용하여 고정하는 것이다.

**제35조 (받침대의 구조상 안전)** ① 기술기준 제157조제6호“가”에 규정하는 구조상 안전한 것이라 콘크리트를 사용하는 경우에 있어서는 제8조를 준용하여 고정하는 것이다.

② 제1항에서 강재를 사용하는 경우에는 제31조제1항 및 제3항을 준용한다.

**제36조 (방수로의 구조상 안전)** 기술기준 제158조제2항에 규정하는 구조상 안전한 것이라 콘크리트를 사용하는 경우에는 제8조를 준용하여 고정하는 것이다.

**제4장 수차 및 기타설비**

**제37조 (물의 유입 또는 유출을 차단하는 시설)** ① 기술기준 제159조제1항제5호에 규정하는 수차 또는 양수용 펌프에 물의 유입 또는 유출을 신속하게 차단하는 시설이란 다음 중 하나로 한다.

1. 수차 또는 양수용 펌프를 설치하는 경우에는 비상시에 폐쇄하는 기능이 있는 가이드 베인, 니들 및 유수 차단능력이 있는 입구밸브 또는 토출밸브
2. 수로에 설치하는 경우에는 비상용 폐쇄장치가 있는 취수설비, 헤드탱크 및 서지탱크의 수문 또는 조절밸브
- ② 수차 무구속회전을 정지시킬 수 있을 때까지 회전부가 구조상 안전한 상태에서 방류 및 디플렉터 방류를 실시할 경우에는 수로나 수차 쪽으로 방류되지 않도록 차단시설이 있어야 한다.
- ③ 조력발전용 수차 및 부품의 재료는 아래 또는 이와 동등 이상의 내식성을 갖는 재료를 사용하여야 한다.

구분	ASTM 규격	KS/단체표준 규격	
		번호	명칭
수차날개 Runner Blade	A743 Gr.CA-6NM	SPS-KFCA-D4103	스테인리스 주강품
날개허브 Runner Hub	A743 Gr.CA-6NM	SPS-KFCA-D4103	스테인리스 주강품
날개콘 Runner Cone	A240 Type 304L	STS304L(D3705)	열간압연 스테인리스강관 및 강대
수차축 Turbine Shaft	A668 Class D	SF490A(D3710)	탄소강 단강품
수차발전기 지지대 Bulb Case	A283 Gr. C	SS275(D3503)	일반구조용 압연강재
유량조절장치 Wicket Gate (Shaft, Stem)	A995 UNS J 92205		duplex stainless steel
Wicket Gate (Shell Plate)	A240 Type 304L	STS304L(D3705)	열간압연 스테인리스강관 및 강대
유량조절장치 내관 Inner Gate Ring	A240 Type 304L	STS304L(D3705)	열간압연 스테인리스강관 및 강대
유량조절장치 외관 Outer Gate Ring	A240 Type 304L	STS304L(D3705)	열간압연 스테인리스강관 및 강대
수차날개 외관 Discharge Ring	A240 Type 304L	STS304L(D3705)	열간압연 스테인리스강관 및 강대
흡출관 라이너 Draft Tube Liner	A36		용접구조용 압연강재
고정자 프레임 Stator Frame	A283 Gr. C	SS275(D3503)	일반구조용 압연강재

발전기 점검구 Access Shaft	A283 Gr. C	SS275(D3503)	일반구조용 압연강재
발전기 전단 덮개판 Bulb Nose	A283 Gr. C	SS275(D3503)	일반구조용 압연강재
발전기하부 틈새판 Lower Pier Nose Liner	A283 Gr. C	SS275(D3503)	일반구조용 압연강재
발전기 반입구 Generator Hatch	A283 Gr. C	SS275(D3503)	일반구조용 압연강재

**제38조 (입구밸브 및 토출밸브에 사용하는 재료의 허용응력)** 기술기준 제159조제1항 제6호에 규정하는 재료는 제23조를 준용하고, 허용응력은 제12조를 준용한다.

**제39조 (수차의 보호장치)** ① 기술기준 제159조제2항에 규정하는 이상이 발생하는 경우란 다음과 같다.

1. 회전수가 현저하게 상승했을 경우
  2. 압력유장치의 유압 또는 전동식 가이드 베인, 전동식 니들 및 전동식 디플렉터의 전압이 현저하게 저하한 경우
  3. 용량이 2,000kVA 이상의 발전기 스러스트 베어링 온도가 현저하게 상승한 경우
  4. 용량이 10,000kVA 이상의 발전기 내부에 고장이 생긴 경우
- ② 제1항 제2호의 압력유장치, 전동식 가이드 베인, 전동식 니들 및 전동식 디플렉터는 수차를 확실하게 정지시키기 위해 다음과 같이 시설하여야 한다. 다만, 수암자기개폐식, 스프링폐쇄식 혹은 중추폐쇄식 가이드 베인을 설치하는 경우와 비상용 압력유탱크 혹은 비상용 서브모터가 있는 가이드 베인을 설치하는 경우는 그러하지 아니하다.
1. 압력유장치는 압력유탱크에 압력유의 공급이 없는 상태에서 수차 및 발전기를 정지시킬 수 있는 용량을 보유하고 있을 것
  2. 전동식 가이드 베인, 전동식 니들 및 전동식 디플렉터는 비상용 예비전원을 확보하고 있을 것

**제40조 (압력유장치 및 공기압축장치의 시설)** 기술기준 제159조제3항에 규정하는 압력유장치 및 공기압축장치는 내식성을 가지며 압력상승에 따른 파손이 없다는 것인 압력유탱크 및 압력유와 압축공기를 통하는 관을 다음에 의하여 시설하는 것이다.

1. 압력유탱크의 내압시험 및 누수시험은 KS B 6750 “압력용기의 내압시험 및 누수시험”을 준용하고, 시험결과 구조상 안전하고 누수되지 않을 것
2. 압력유탱크 또는 이에 가까운 곳에는 최고사용압력 이하의 압력으로 동작하는 안전밸브 또는 안전장치를 설치할 것
3. 압력유탱크의 유압이 저하하는 경우에 자동적으로 유압을 회복하는 장치를 설치할 것

- 4. 압력유탱크 또는 이에 가까운 곳에는 압력계를 설치할 것
- 5. 압력유탱크의 재료, 구조 등에 대해서는 KS B 6750 “압력용기(기반규격)”를 준용할 것

**제41조 (발전소의 구조상 안전)** 기술기준 제160조제2호에 규정하는 구조상 안전한 것이란 콘크리트를 사용하는 경우에는 제8조를 준용하여 설계하는 것이다.

## 4. 발전설비 용접

### 제1장 총 칙

**제1조 (목적)** 이 판단기준은 전기설비기술기준(이하 “기술기준”이라 한다) 제5장(발전설비 용접)에서 정한 안전성능을 입증하는 구체적인 기술적 사항을 정하는 것을 목적으로 한다.

**제2조 (용어의 정의)** ① 기술기준 제162조에서 언급하는 “보일러”란 발전소에 속하는 기기 중 보일러, 독립가열기, 증기저장기 및 작동용공기가열기를 말한다.

② “압력용기”란 발전용기기 중 내압 및 외압을 받는 용기를 말한다.

③ “배관”이란 발전용기기 중 증기, 물, 가스 및 공기를 이동시키는 장치로 보일러 외부배관 및 비 보일러 외부배관을 말한다.

④ “액화가스 연료연소설비”란 액화가스를 연료로 하는 연소설비를 말한다.

**제3조 (적용 범위)** ① 이 판단기준은 기술기준 제5장에서 정한 안전 성능에 대하여 보다 구체적인 실현수단을 규정한 것으로 발전설비를 설계, 제작, 검사 및 설치하는데 적용한다.

② 판단기준에 명시되지 않은 사항이라 하더라도 기술기준에 적합하도록 하기 위하여 국제표준 및 이에 근접한 기술요건 중 안전수준을 확보할 기술적 근거가 충분하다면 이 판단기준 이외의 다른 규정을 적용할 수 있다.

## 제2장 용접시공법

**제4조 (용접절차시방서)** ① 기술기준 제162조에서 언급하는 용접절차는 규정에 따라 제품용접을 실시하기 위해 지침을 제공하는 문서화 되어 인정된 용접절차시방서(Welding Procedure Specification, WPS)로서 여기에는 허용되는 모재, 사용되어야 할 용가재, 예열 및 용접후열처리요건 등을 포함시켜야 한다.

② 용접절차시방서의 내용

작성된 용접절차시방서에는 사용된 각 용접법에 대한 모든 필수변수, 비필수변수 및 추가필수변수(요구될 경우)를 기술하여야 한다. 이런 변수들은 별표 1 “용접법별 용접절차시방서의 용접변수”에서 규정하고 있으며, 용접절차시방서에는 이를 뒷받침하는 절차인정기록서가 명시되어야 한다.

③ 용접절차시방서 서식

서식 1은 용접절차시방서 작성을 위한 참조 서식이다. 별표 1에 규정된 모든 필수변수, 비필수변수 및 추가필수변수(요구될 경우)가 명시될 경우, 임의의 서식으로 문서화 또는 도표화할 수 있다. 이 서식은 피복금속아크용접(SMAW), 서브머지드아크용접(SAW), 가스금속아크용접(GMAW) 및 가스 텅스텐아크용접(GTAW)을 위해 필요한 자료를 포함하고 있다. 이 서식은 단지 참조용이며 다른 용접법에서 요구하는 모든 자료의 목록은 아니다.

④ 용접절차시방서의 변경

각 용접법에 대한 필수변수, 비필수변수 및 추가필수변수(요구될 경우)의 변경절차가 문서로 작성되어 있다면, 용접절차시방서의 비필수변수가 변경될 경우 용접절차시방서는 재인정 없이 제작요건에 적합하게 변경할 수 있다. 이와 같이 변경되는 용접절차시방서는 기존의 용접절차시방서를 개정하여 작성하거나 새로운 용접절차시방서로 작성될 수 있다. 그러나 필수변수 또는 추가필수변수(요구될 경우)를 변경할 경우에는 용접절차시방서의 재인정이 필요하다.

**제5조 (용접절차인정기록서)** ① 절차인정기록서(Procedure Qualification Record, PQR)는 시험체의 용접에 사용된 용접데이터를 기록한 문서이며, 시험체를 용접하는 동안에 적용된 용접변수를 기록한 기록서이다. 또한 절차인정기록서는 시험편의 시험결과를 포함하고 있으며, 기록된 변수는 일반적으로 제품용접에 사용될 실제 용접변수의 소범위 내에 있다. 제조자는 절차인정기록서를 정확하게 확인하여 인증하여야 한다.

② 절차인정기록서의 내용

절차인정기록서에는 시험체 용접 시 사용된 각 용접법에 대하여 별표 1에서 규정하고 있는 모든 필수변수 및 추가필수변수(요구될 경우)가 기록되어야 한다. 시험체의 용접 중 사용된 비필수변수 또는 기타 변수는 제조자 또는 계약자의 선택에 따라 기록할 수 있다. 기록을 하여야 할 경우 모든 변수는 시험체의

용접 중에 사용된 실제 변수(범위를 포함하여)를 기록하여야 한다.

③ 절차인정기록서 서식

서식 2는 “절차인정기록서”에 대한 관련지침을 제공한다. 별표 1에 규정된 모든 필수변수 및 추가필수변수가 포함되었다면, 절차인정기록서에서 요구되는 정보는 각 제조자 또는 계약자의 요구에 알맞은 어떤 서식으로 작성할 수 있다.

④ 절차인정기록서의 변경

다음에 규정된 것을 제외하고는 절차인정기록서를 변경하여서는 아니 된다. 절차인정기록서는 특정 용접시험 중에 발생한 사실을 기록한 문서이다. 절차인정기록서는 편집상의 수정이나 개정이 가능하다. 편집상 수정의 예로는 특정 모재 또는 용가재에 대하여 P-No, F-No, 또는 A-No를 잘못 지정하는 것과 같은 경우이다. 개정의 예로는 규격변경으로 발생하는 변경이 있다. 예를 들면, 이 규격에서 용가재에 새로운 F-No, 등을 지정하거나 또는 기존 F-No에 새로운 용가재를 채택하는 경우이다. 이와 같은 경우에 특정 제작규격요건에 따라 제조자 또는 계약자는 규격개정 이전에 인정하였던 특정 F-No에 속하는 다른 용가재를 사용할 수 있다.

**제6조 (용접절차시방서와 절차인정기록서의 관계)** 하나의 절차인정기록서에 있는 데이터를 이용하여 여러개의 용접절차시방서를 작성할 수 있다.(보기 : 판의 아래보기(1G)에 대한 절차인정기록서는 다른 모든 필수변수의 범위 내에서 판 또는 판의 아래보기(F), 수직(V), 수평(H) 및 위보기(O) 자세에 대한 용접절차시방서의 인정에 사용될 수 있다.) 만약 각각의 필수변수 및 추가필수변수(요구될 경우)를 인정하는 절차인정기록서가 있으면, 하나의 용접절차시방서가 여러 필수변수의 여러 범위를 포함하여도 된다.(보기 : 만약 1.5~5mm 및 5~32mm의 두께범위에 대한 복수의 절차인정기록서가 있는 경우, 하나의 용접절차시방서에 1.5~32mm의 두께범위를 다룰 수 있다.)

**제7조 (용접절차시방서의 조합)** ① 서로 다른 필수변수 또는 비필수변수를 가지는 하나 이상의 용접절차시방서는 하나의 용접이음부에 사용할 수 있다. 각 용접절차시방서는 하나의 용접법 또는 여러 용접법이나 용가재 또는 다른 변수의 조합으로 이루어 질 수 있다. 다른 용접법 또는 다른 필수변수가 포함된 두 개 이상의 용접절차시방서를 하나의 이음부에 사용할 경우, 표1부터 표4는 각 용접법 또는 용접절차시방서에서 인정한 모재의 두께범위 및 용착금속의 최대두께범위를 결정하는데 사용할 수 있다. 다만, 루트 용착에 대한 인정은 제2항에 따라 실시할 수 있다. 인장 및 굽힘시험편과 충격시험편(요구될 경우)은 각 용접법 또는 용접절차시방서의 용착 금속부를 포함하여야 한다. 인정된 용접절차시방서의 조합에서 하나 이상의 용접법 또는 절차를 삭제하고 사용할 수 있다. 그러한 각각의 용접법 또는 절차는 다음의 조건하에서 개별적으로 사용된다.

1. 남아있는 필수변수, 비필수변수 및 추가필수변수가 적용된 경우

2. 표 1부터 표 4까지에서 모재 및 용착 용접금속 두께의 제한 요건이 적용된 경우

② 가스텅스텐아크용접(GTAW), 피복금속아크용접(SMAW), 가스금속아크용접(GMAW), 플라즈마아크용접(PAW) 및 서브머지드아크용접(SAW) 혹은 이와 같은 용접법을 조합하는 경우, 시험재의 두께가 최소 13mm 이상인 용접법에 대한 절차인정기록서는 다른 용접법 및 보다 두꺼운 모재를 기록한 하나 이상의 절차인정기록서로 조합할 수 있다. 이 경우 첫 번째 절차인정기록서에 기록된 용접법을 사용하여 루트층을 모재의 최대두께에 대하여 용착금속두께의 2배까지(GMAW/FCAW의 단락아크 이행방식의 경우 용착금속의 두께가 13mm 미만일 경우 인정시험재 두께의 1.1배 미만 초과하는 두께의 증가, 13mm 이상의 용착금속두께에 대하여는 표1 및 표2를 사용한다) 용접하는데 사용할 수 있다. 다만, 이 모재의 최대두께는 용접절차시방서를 인정하기 위하여 사용된 다른 절차인정기록서에 의해서 인정된 최대두께를 말한다.

**제8조 (용접절차시방서의 인정방법)** ① “용접절차시방서(WPS)와 절차인정기록서(PQR)”는 용접할 용접물이 요구되는 성질을 가지고 있는지를 결정하는 것으로 ②항부터 ⑤항까지를 조합하여 시험재를 용접하고 시험편을 채취하여 기계시험 또는 비파괴시험 실시결과 판정기준에 적합하여야 한다.

② 용접법의 구분 시공에 사용될 용접법은 아래 용접법중 하나를 선택 한다.

1. 산소가스용접(OFW)
2. 피복금속아크용접(SMAW)
3. 서브머지드아크용접(SAW)
4. 가스금속아크용접(GMAW/FCAW)
5. 가스텅스텐아크용접(GTAW)
6. 플라즈마아크용접(PAW)
7. 일렉트로슬래그용접(ESW)
8. 전자빔용접(EBW)
9. 스티드용접(SW)
10. 관성 및 연속구동 마찰용접(DFW)
11. 전기저항용접(ERW)
12. 레이저빔용접(LBW)
13. 폭발용접(EW)
14. 점용접(SW)

③ 용접법별 확인항목의 기록. 용접법이 선택되면 별표 1을 참조하여 WPS 및 PQR에 “필수변수와 추가필수변수” 항목을 기술한다.

④ 모재의 구분 특별한 경우를 제외하고는 별표 2(KS 규격) 및 별표 2.1(ASME 규격) “모

재의 구분”에 따른다. 또한, 다른 규격 또는 인정된 코드에서 지정하는 같은 종류의 재료 사용도 허용된다. 다만 별표2.1에 최소 규정인장 값이 없는 재료는 그루브 용접 절차인정 목적으로 사용하여서는 안 된다.

1. 용접절차시방서에서 인정하는 모재

가. 모재는 별표 2 및 별표 2.1에 따라 모재의 P-No.가 지정된다. 별표 2 및 별표 2.1에 규정되어 있지 않은 모재는 미지정 모재로 간주한다. 용접절차시방서 및 절차인정기록서에는 미지정 모재의 규격, 형식 및 등급 혹은 화학적 성분 및 기계적 특성이 기록되어야 한다. 만약 재료규격에서 모재의 인장강도가 규정되어 있지 않다면, 미지정 재료를 규정한 기관에서 해당 미지정 모재의 최소인장강도를 결정하여야 한다.

인정시험재의 모재	인정되는 모재
한 P-No.의 금속과 동일한 P-No.의 임의의 금속	시험재와 동일한 P-No.의 모든 금속
P-No.15E의 한 금속과 다른 P-No.15E의 임의의 금속	모든 P-No.15E 또는 5B 금속과 P-No.15E 또는 5B 로 지정된 모든 금속
한 P-No.의 금속과 다른 P-No.의 임의의 금속	첫 번째 P-No.로 지정된 모든 금속과 두 번째 P-No.로 지정된 모든 금속
P-No.15E의 한 금속과 다른 P-No.의 임의의 금속	모든 P-No.15E 또는 5B 금속과 두 번째 P-No.로 지정된 모든 금속
P-No.3의 금속과 P-No.3의 임의의 금속	P-No.3의 모든 금속과 P-No.3 또는 P-No.1의 모든 금속
P-No.4의 금속과 P-No.4의 임의의 금속	P-No.4의 모든 금속과 P-No.4, P-No.3 또는 P-No.1의 모든 금속
P-No.5A의 금속과 동일한 P-No.5A의 금속	P-No.5A의 모든 금속과 P-No.5A, P-No.4, P-No.3 또는 P-No.1의 모든 금속
P-No.5A의 금속과 P-No.4, P-No.3 또는 P-No.1의 금속	P-No.5A의 모든 금속과 P-No.4, P-No.3, 또는 P-No.1의 모든 금속
P-No.4의 금속과 P-No.3 또는 P-No.1의 금속	P-No.4의 모든 금속과 P-No.3 또는 P-No.1의 모든 금속
임의의 미지정 금속과 동일한 임의의 미지정 금속	동일한 미지정 금속
임의의 미지정 금속과 임의의 P-No.의 금속	동일한 임의의 미지정 금속과 P-No.의 모든 금속
임의의 미지정 금속과 임의의 P-No.15E 금속	동일한 임의의 미지정 금속과 P-No.15E 또는 5B의 모든 금속
임의의 미지정 금속과 다른 임의의 미지정 금속	첫 번째 미지정 금속과 두 번째 미지정 금속

- ⑤ 용접법별 용접절차시방서의 용접변수 구분은 아래 내용을 참조하고 상세내용의 적용은 별표 1의 부록 “용접변수에 대한 사용법”에 따른다.
1. 모재 P-No. 모재구분은 별표 2 및 별표 2.1에서 임의의 한 P-No.에 속하는 모재에 다른 P-No.에 속하는 모재 또는 임의의 다른 모재로 변경, 서로 다른 P-No.의 모재로 용접된 경우, 비록 용접절차 인정시험이 각각의 두 모재에 대하여 실시되었다라도 용접절차 인정은 사용되는 P-No.의 조합에 대하여 실시되어야 한다. 다만 동표 구분에 없는 것은 모재 종류 및 성분조합을 1구분으로 하고 앞의 종류 및 성분조합이 다른 모재 조합을 1구분으로 한다.
  2. 용접봉(F-No.)  
용접봉 구분은 별표 3-1 및 별표 3A-1에 표시하는 구분에 대하여는 동표에 표시하는 구분으로 하고, 동표 구분에 없는 것은 용접봉 종류 및 성분조합을 1구분으로 하고 앞의 용접봉 종류 및 성분조합이 다른 모재 조합을 1구분으로 한다.
  3. 용가재 및 플럭스(Y, G-No.)  
용가재 구분은 별표 3-2, 3 및 4에 표시하는 구분으로 표에 표시하는 구분 및 표에 구분이 없으면 용가재 종류 및 성분 조합을 1구분으로 한다.
  4. 용접금속(A-No.)  
용접금속 구분은 별표4에 표시하는 구분으로 표에 표시하는 구분 및 표에 표시하는 구분이 없으면 각각 1구분으로 한다. 다만, 앞에 언급한 사항임에도 불구하고 A-1에서 A-5에 의한 용접금속에 있어서 해당시험에 적합한 용접금속과 그 보다 작은 A- No.는 동일한 구분으로 한다.
  5. 예열  
예열 구분은 다음에 의한다.  
가. 예열을 실시 혹은 미실시 구분으로 한다.  
나. 가목에 있어서 예열을 실시하는 경우는 그 온도의 하한을 1구분으로 한다.  
다. 가목에도 불구하고 시험에 적합한 하한온도보다 55℃ 범위까지 떨어지는 예열온도의 하한은 동일구분으로 한다.
  6. 용접후열처리  
용접후열처리 구분은 다음에 의한다.  
가. 용접후열처리 실시 혹은 미실시 구분으로 한다.  
나. 가목에 있어서 용접후열처리를 실시하는 경우는 유지온도의 하한 및 단위 용접부 두께의 최저 유지시간의 조합을 1구분으로 한다.
  7. 실드가스의 구분은 다음에 의한다.  
가. 실드가스 사용 혹은 미사용 구분으로 한다.  
나. 가목에 있어서 보호가스를 사용하는 경우는 보호가스 종류의 조합을 1

- 구분으로 한다.
8. 표면 또는 뒷면실드 구분은 다음에 의한다.  
가. 표면 또는 뒷면에서 가스보호 사용 혹은 미사용 구분으로 한다.  
나. 가목에도 불구하고 뒷면에서 가스보호를 실시하지 않아도 시험에 적합한 경우 뒷면에서 가스보호를 실시 할 때는 동일구분으로 한다.
  9. 용접인서트 구분은 다음에 의한다.  
가. 용접인서트 사용 혹은 미사용 구분으로 한다.  
나. 가목에 있어서 용접인서트를 사용하는 경우는 별표 3-2 및 3-3에 표시하는 구분으로 표에 표시하는 구분 및 표에 구분이 없으면 용접인서트 종류 및 성분 조합을 구분으로 한다.
  10. 전극  
전극의 수를 구분으로 한다.
  11. 심선 구분은 별표 3-2에 표시하는 구분으로 표에 표시하는 구분 및 표에 구분이 없으면 심선 종류 및 성분 조합을 1구분으로 한다.
  12. 용접기 구분은 자동 용접기 및 반자동용접기로 구분한다.
  13. 층의 구분은 다음에 의한다.  
가. 다층인지 단층인지 구분한다.  
나. 단층에서 시험에 적합한 경우에 있어서는 다층 용접을 할 때는 (클래드 용접의 경우는 제외한다.) 동일구분으로 한다.
  14. 모재두께의 구분은 모재두께 상한을 1구분으로 한다.
  15. 노즐의 구분은 노즐이 소모성인지 비소모성인지 구분한다.
  16. 전압 및 전류 구분은 다음에 의한다.  
가. 전류 및 전압의 값을 1구분으로 한다.  
나. 가목에도 불구하고 시험에 적합한 전압 및 전류 값에 대하여 ±15 % 범위 내에 있을 때는 동일구분으로 한다.
  17. 파형(Oscillation) 구분은 다음에 의한다.  
가. 파형(Oscillation) 실시 및 미실시를 구분한다.  
나. 가목에 있어 파형을 실시하는 경우 파형폭, 빈도 및 정지시간 조합을 1구분으로 한다.
  18. 받침쇠 구분은 다음에 의한다.  
가. 받침쇠 사용 및 미사용으로 구분한다.  
나. 가목에서 받침쇠를 사용하는 경우에는 비금속 또는 비용융성 금속으로 구분한다.
  19. 리가멘트폭의 구분은 리가멘트폭의 최소값을 1구분으로 한다.
  20. 충격시험 또는 파괴인성시험이 요구되는 경우에 있어서는 충격시험온도 하한을 구분으로 한다.
- ⑥ 용접절차에 인정되는 자재, 용접변수에 의해서 특별히 요구하지 않는다면,



임의의 자세에서의 인정은 모든 자세에서의 용접절차시방서를 인정하는 것이다. 용접법 및 전극봉은 용접절차시방서에서 허용한 자세에서 사용이 적합하여야 한다.

⑦ 요구되는 시험의 종류 및 시험편 수량은 아래와 같다.

1. 기계적 시험

용접되는 시험재의 두께에 따라 기계시험을 위한 시험편의 종류 및 수량은 표 1에서 표 4까지와 같다.

[표 1] 그루브 용접부 인장시험 및 횡굽힘시험

용접되는 시험재의 두께 T, mm	인정되는 모재 두께의 범위 T mm(1)(2)		인정되는 용착 금속의 최대두께 t mm(1)(2)	시험의 종류 및 횡수 (인장 및 형틀 굽힘시험)(2)			
	최 소	최 대		최 대	인장	측면굽힘	표면굽힘
1.5 미만	T	2T	2t	2	-	2	2
1.5 이상 10 이하	1.5	2T	2t	2	(5)	2	2
10 초과 19 미만	5	2T	2t	2	(5)	2	2
19 이상 38 미만	5	2T	t < 19 경우, 2t	2(4)	4	-	-
19 이상 38 미만	5	2T	t ≥ 19 경우, 2T	2(4)	4	-	-
38 이상 150 이하	5	200(3)	t < 19 경우, 2t	2(4)	4	-	-
38 이상 150 이하	5	200(3)	t ≥ 19 경우, 200(3)	2(4)	4	-	-
150 초과	5	1.33T(3)	t < 19 경우, 2t	2(4)	4	-	-
150 초과	5	1.33T(3)	t ≥ 19 경우, 1.33T	2(4)	4	-	-

주(1) 다음 변수는 고려중인 용접법에 대해 별표1에 언급될 경우에, 이표에서 보여진 제한요건들을 더욱 제한한다.: 별표1의 부록 (3)9, (3)10, (4)32, (7)4 가 해당되며 또한, 제 2 조 ①항 1은 이표의 제한 요건들을 대체하는 면제사항을 제공  
 (2) 용접절차의 조합에 관한 사항은 제7조 참조  
 (3) SMAW, SAW, GMAW, PAW 및 GTAW에만 적용하고, 그 이외에는 주(1) 또는 2T.

혹은 2t 중 하나를 적용한다.

(4) 시험재 두께가 25 mm를 초과할 경우, 분할 복수시험편에 대한 상세한 세부요건은 제 8 조 ⑦항 2.가에서 다까지 참조

(5) 두께 T가 10 mm 이상인 경우, 표면 및 루트 굽힘 시험 대신에 4개의 측면 굽힘 시험을 실시할 수 있다.

[표 2] 그루브 용접부 인장시험 및 세로 굽힘시험

용접시험재의 두께 T, mm	인정되는 모재두께 T의 범위, mm(1)		인정되는 용착 금속의 두께 t, mm(1)	시험의 종류 및 횡수 (인장 및 형틀 굽힘시험)		
	최 소	최 대		최 대	인장	표면굽힘
1.5 미만	T	2T	2t	2	2	2
1.5 이상 10 이하	1.5	2T	2t	2	2	2
10 초과	5	2T	2t	2	2	2

주(1) 인정되는 모재두께 범위 및 용착금속두께에 대한 추가적인 제한요건은 표 1의 주 (1)과 같다.

[표 3] 필릿 용접부 시험

이음의 종류	용접된 시험재의 두께	인정되는 범위	시험의 종류 및 횡수 별도그림36 또는 별도그림39 매크로 시험
필릿	별도그림36에 따름	모재의 모든 두께 및 지름에 대한 모든 크기의 필릿	5
필릿	별도그림39에 따름		4

[표 4] 그루브 용접부 시험에 의해 인정되는 필릿용접부

용접된 시험재(판 또는 관)의 두께 T	인정되는 범위	시험의 종류 및 횡수
모든 그루브 용접시험	모재의 모든 두께 및 지름에 대한 모든 크기의 필릿	그루브 용접이 표1 또는 표2에 따라서 인정된 경우에 필릿 용접은 인정된다.

2. 인장시험 판 또는 관 인장시험편은 별도그림 40부터 별도그림 44 중 하나를 따라야 하며, 제 9 조의 요건에 만족하여야 한다.

가. 판의 감소단면 시험편 : 별도그림 40의 요건에 적합한 감소단면 시험편은 모든 두께의 판에 대한 인장시험에 사용될 수 있다.

- (1) 두께가 25mm이하인 판의 경우, 요구되는 각 인장시험에서는 판의 전 두께시험편(full thickness specimen)을 사용하여야 한다.
- (2) 두께가 25mm를 초과하는 판의 경우, 아래 (3) 및 (4)요건에 적합하다면 전 두께시험편 또는 분할시험편을 사용할 수 있다.
- (3) 전 두께시험편 대신에 분할시험편을 사용할 경우, 각 분할시험편의 한 세트는 하나의 전 두께인장시험편을 대표하여야 한다. 한 위치에서 용접부의 전체두께를 대표하는데 필요한 모든 시험편들은 한 세트로 구성되어야 한다.
- (4) 분할시험편이 필요한 경우에는 사용될 인장시험기로 시험할 수 있는 거의 같은 치수의 최소 스트립 개수로 전체두께를 기계절단 하여야 한다. 세트의 각 시험편들은 각각 시험되고, 제9조의 요건에 만족하여야 한다.

나. 판의 감소단면 시험편 : 별도 그림 41의 요건에 적합한 감소단면 시험편은 바깥지름이 75mm를 초과하는 모든 두께의 판에 대한 인장시험에 사용할 수 있다.

- (1) 판의 두께가 25mm이하인 경우, 요구되는 각 인장시험에서는 전 두께 시험편을 사용하여야 한다.
- (2) 판의 두께가 25mm를 초과하는 경우, 아래 (3) 및 (4)의 요건에 적합하다면 전 두께시험편 또는 분할시험편을 사용할 수 있다.
- (3) 전 두께시험편 대신에 분할시험편을 사용할 경우, 각 시험편 한 세트는 하나의 전 두께인장시험편을 대표하여야 한다. 한 위치에서 용접부의 전체두께를 대표하는데 필요한 모든 시험편들은 한 세트로 구성되어야 한다.
- (4) 분할시험편이 필요한 경우에는 사용될 인장시험기로 시험할 수 있는 치수의 최소 스트립 개수로 전체두께를 기계절단 하여야 한다. 세트의 각 시험편은 각각 시험되고, 제 9 조의 요건에 만족하여야 한다.
- (5) 바깥지름이 75mm이하인 판의 경우에는 별도그림 42의 요건에 적합한 감소단면시험편을 사용할 수 있다.

다. 봉형시험편

별도그림43의 요건에 적합한 봉형 시험편은 인장시험에 사용할 수 있다.

- (1) 두께가 25mm 이하인 경우, 요구되는 각 인장시험에서는 1개의 봉형시험편을 사용할 수 있으며, 시험편은 시험재 두께에서 별도그림 43의 최대지름(D)을 갖는 시험편이어야 한다.
- (2) 두께가 25mm를 초과할 경우, 분할시험편은 시험편의 중심이 모재표면과 평행하고 간격이 25mm를 초과하지 않도록 용접부 전체두께를 절단하여야 한다. 모재표면에 인접한 시험편의 중심은 표면으로부터 16mm를 초과하지 않아야 한다.

(3) 분할시험편을 사용할 경우, 각 시험편 한 세트는 1개의 인장시험편을 대표하여야 한다. 한 위치에서 용접부의 전체두께를 대표하는데 필요한 모든 시험편들은 한 세트로 구성하여야 한다.

(4) 세트의 각 시험편들은 각각 시험되고, 제9조의 요건에 만족하여야 한다. 판의 전체 단면시험편 별도그림 44에 규정된 치수에 적합한 인장시험편은 바깥지름 75mm이하인 판의 인장시험에 사용될 수 있다.

3. 형틀 굽힘시험 : 시험편은 직사각형 단면 형태로 시험편 또는 시험관을 절단하여 형틀 굽힘시험편을 만들고, 절단면을 시험편의 측면으로 하여야 한다. 다른 두 표면 중 용접부의 넓은 면을 표면으로 하고, 다른쪽 면을 루트면으로 하여야 한다. 시험편 두께 및 굽힘반경은 별도그림 25, 26 및 별도그림 27에 따른다. 형틀 굽힘시험편은 5가지 종류이고, 그 분류는 용접부의 축이 시험편 길이방향에 대하여 직각 또는 평행, 그리고 어느 면(측면, 표면 또는 이면)이 굽혀진 시험편의 블록한 쪽(바깥쪽)에 있는가에 따라 구분된다. 5가지 종류에 대한 정의는 다음과 같다.

가. 횡방향 측면 굽힘시험편

용접부가 시험편 길이방향에 직각이고, 한 측면이 굽혀진 시험편의 블록면이 되도록 굽힌다. 횡방향 측면 굽힘 시험편은 별도그림 33에 규정된 치수를 만족하여야만 한다. 모재금속 두께가 38mm(1½in.) 또는 그이상인 시험편은 시험을 위하여 너비가 19mm(¾in.)와 38mm(1½in.) 사이의 대략 같은 너비의 스트립으로 절단 하거나, 전 너비로 굽힐 수 있다. 전체 용접부와 열 영향부가 굽힘 부분 안에 있도록 굽힘 시험편을 굽히는 것이 불가능할 만큼 용접부 폭이 클 때는, 용접부 및 열 영향부 전체가 포함될 수 있도록복수시험편을 사용해야 한다. 복수시험편을 사용하는 경우, 필요한 각 시험용으로 완전한 세트를 하나씩 만들어야 한다. 만일 시험편을 분할한 경우에는 각각의 시험편은 요구되는 각 시험을 하여 제 16 조 ①항의 요건을 충족하여야 한다.

나. 횡방향 표면 굽힘시험편. 용접부가 시험편의 길이방향에 직각이고, 표면이 굽혀진 시험편의 블록면이 되도록 굽힌다. 표면 굽힘시험편은 별도그림 34에 규정된 치수를 만족하여야 한다.

다. 횡방향 루트 굽힘시험편

용접부가 시험편의 길이방향에 직각이고, 루트면이 굽혀진 시험편의 블록면이 되도록 굽힌다. 루트 굽힘시험편은 별도그림 34에 규정된 치수에 만족하여야 한다.

라. 소형 횡방향 표면 및 루트 굽힘시험편은 별도그림 34의 비고 2에 따른다.

마. 종방향 굽힘시험편 : 종방향 굽힘시험은 두 모재 혹은 용접금속 및 모재 사이의 굽힘 특성이 현저히 다른 용접금속의 경우, 모재 조합의 횡방향 측면, 표면 및 루트 굽힘시험을 대신하여 사용할 수 있다.

바. 종방향 표면 굽힘시험편

용접부가 시험편의 길이방향에 평행이고, 표면이 굽혀진 시험편의 불록면이 되도록 굽힌다. 종방향 굽힘시험편은 별도그림 35에 규정된 치수를 만족하여야 한다.

사. 종방향 루트 굽힘시험편. 용접부가 시험편의 길이방향에 평행이고, 루트면이 굽혀진 시험편의 불록면이 되도록 굽힌다. 종방향 루트 굽힘시험편은 별도그림 35에 규정된 치수를 만족하여야 한다.

㉘ 시험편 채취방법은 아래와 같다.

1. 판두께 19mm 미만 용접절차 인정시험편 채취방법은 별도그림 9에 따른다.
2. 판두께 19mm 초과 및 10mm~19mm이하인 대체두께 용접절차 인정시험편 채취방법은 별도그림 10에 따른다.
3. 판에 대한 용접절차 종방향 인정 시험편의 채취방법은 별도그림11에 따른다.
4. 19mm 미만두께의 판 시험재에 대한 용접절차 인정시험편의 채취방법은 별도그림12에 따른다.
5. 19mm 이상두께에 대한 판 시험재의 용접절차 인정시험편의 채취방법은 별도그림13에 따른다.
6. 노치-인성 시험편의 채취는 별도그림 14에 따른다.

제9조 (용접절차인정 합격기준) ① 인장시험절차 인정을 위한 인장강도의 최소값은 아래에 규정된 값 이상의 인장강도를 가져야한다.

1. 규정된 모재의 최소인장강도
2. 규정된 최소인장강도가 서로 다른 두 모재를 사용한다면, 두 모재의 규정된 최소인장강도 중 작은 값
3. 실온에서 모재보다 더 낮은 강도를 가지는 용접금속의 사용을 관련 규격에서 규정할 경우, 용접금속의 규정된 최소인장강도
4. 시험편이 용접부 또는 용접부 경계 밖의 모재에서 파괴되는 경우, 그때의 강도가 모재의 규정된 최소인장강도의 95% 이상

각 재료별 인장강도 최소값은 별표 2.1을 참조 할 것

㉙ 굽힘시험

용접 굽힘시험편의 용접부 및 열영향부는 시험 후 시험편의 굽혀진 부분 안에 완전히 들어가 있어야 한다.

형틀 굽힘시험편은 굽힘시험 후 시험편의 불록한 면에서 어느 방향으로 측정하여도 용접부 또는 열영향부 안에 3mm를 초과하는 열린 불연속부가 있어서는 아니 된다. 시험 중 시험편의 모서리에 생기는 열린 불연속부는 그 열린 불연속부가 융합불량, 슬래그 개재물 또는 다른 내부결함의 결과로 인해 발생했다는 명확한 증거가 없는 한 고려되지 않아야 한다. 내식육성 용접클래딩의 경우에는 어느 방향으로 측정하여도 클래딩 내에 1.5mm를 초과하는 열린 불연속부가 없어야 한다. 접합부에는 3mm를 초과하는 열린 불연속부가

없어야 한다.

③ 특별히 요구되는 경우, 노치인성시험(샤르피 V-노치, 낙하시험) 규정된 요건에 따라 노치 인성시험을 실시하여야 하고 관련규격의 요구조건에 만족하여야 한다.

㉚ 스티드용접부 시험

1. 용접절차 인정 시험편

가. 각 용접절차를 인정하기 위해서는 10개의 스티드용접부 시험이 필요하다. 스티드 용접에 사용하는 장비는 용접 시작시의 수동조작을 제외하고는 완전히 자동이어야 한다. 10개의 스티드용접부 중 한 개씩 걸터(5개의 이음) 스티드 길이의 4이 시험재 위에서 평평하게 될 때까지 그 위를 햄머링하여 시험하거나 또는 별도그림 28에 따라 시험지그 및 어댑터(adapter)를 사용하여 스티드를 최소한 15° 각도로 굽힌 후 원래의 위치로 되돌려 놓는 굽힘시험을 실시하여야 한다. 남은 5개의 스티드용접부는 별도그림 29에 따라 비틀림 시험 장치를 사용하여 비틀림시험을 실시하여야 한다. 비틀림시험이 적절하지 않을 경우에는 인장시험을 실시할 수 있으며, 인장시험용 고정도구는 별도그림28에 있는 것과 비슷한 것이어야 한다. 다만, 머리부분이 없는 스티드는 용접되지 않은 끝부분을 인장시험기의 물립장치에 물려도 된다.

나. 굽힘 및 햄머시험 합격기준. 5개 시험편 각각 스티드용접부 및 열영향부를 굽힌 다음 원래 위치로 복귀 또는 햄머링 후 육안으로 보이는 분리나 파괴가 없어야 한다.

다. 비틀림시험 합격기준

5개 시험편이 각각 스티드용접부는 파괴가 일어나기 전에 아래 표 A, B에 명시된 비틀림력을 견딜 수 있어야 한다. 비틀림시험이 적합하지 않은 경우에는 인장시험으로 대체 할 수 있다. 탄소강 스티드의 파괴강도는 240 MPa(35,000 psi)이상이고, 오스테나이트 계 스테인리스강 스티드의 파괴강도는 210 MPa(30,000 psi)이상이어야 한다. 기타 금속의 파괴강도는 규정된 최소인장강도의 1/2이상이어야 한다. 파괴강도는 수나사가 있는 스티드의 나사진부분 중 최소지름을 기준[단, 축(shank) 지름이 최소지름보다 작은 경우는 제외한다]으로 하거나 혹은 파괴가 일어난 나사가 없는 부분, 암나사 부분 또는 지름이 감소된 스티드 부분의 원래 단면적을 기준으로 한다.

[표 A] 나사진 탄소강 스테드의 최소 필요 비틀림력

스텝드 공칭 지름, mm	나사산 수 및 나사표시	시험토크 J	스텝드 공칭 지름, mm	나사산 수 및 나사표시	시험토크 J
6.4	28 UNF	6.8	14.3	18 UNF	81.4
6.4	20 UNC	5.7	14.3	12 UNC	73.2
7.9	24 UNF	12.9	15.9	18 UNF	114.0
7.9	18 UNC	11.7	15.9	11 UNC	100.0
9.5	24 UNF	23.0	19.1	16 UNF	200.0
9.5	16 UNC	20.3	19.1	10 UNC	180.0
11.1	20 UNF	36.6	22.2	14 UNF	320.0
11.1	14 UNC	32.5	22.2	9 UNC	285.0
12.7	20 UNF	57.0	25.4	12 UNF	470.0
12.7	13 UNC	50.2	25.4	8 UNC	430.0

[표 B] 나사진 오스테나이트계 스테인리스강 스테드의 최소 필요 비틀림력

스텝드 공칭 지름, mm	나사산 수 및 나사표시	시험토크 J	스텝드 공칭 지름, mm	나사산 수 및 나사표시	시험토크 J
6.4	28 UNF	6.1	15.9	18 UNF	108.5
6.4	20 UNC	5.4	15.9	11 UNC	96.3
7.9	24 UNF	12.2	19.1	16 UNF	189.8
7.9	18 UNC	10.8	19.1	10 UNC	169.5
9.5	24 UNF	22.4	22.2	14 UNF	302.3
9.5	16 UNC	19.7	22.2	9 UNC	273.9
11.1	20 UNF	35.3	25.4	12 UNF	459.6
11.1	14 UNC	31.2	25.4	8 UNC	410.8
12.7	20 UNF	54.2	-	-	-
12.7	13 UNC	48.1	-	-	-

라. 매크로시험 합격기준

스텝드를 P-No.1 이외의 모재에 용접할 경우에는 각각 5 개의 스테드용 접부 및 열영향부 절단면에 대하여 배율 10배의 금속현미경으로 시험을 실시하여야 하고, 시험의 결과 균열이 없어야 한다.

⑤ 튜브와 튜브시트 시험

1. 용접절차 인정시험편

각각의 용접절차를 인정하기 위하여 10개의 실물모형 용접이 요구된다. 실물모형의 조립은 제11조제4항3호의 필수 변수 한계 내에서 튜브 구멍 형상과 튜브-튜브시트 이음부 설계는 반드시 동일하여야 한다.

실물모형의 튜브시트 두께는 제품의 두께와 동등 이상이어야 하나, 50mm(2 in.)보다 두꺼울 필요는 없으며 클래딩(피복)은 클래딩 성분과 동등한 화학성분을 갖는 모재로 대체할 수 있다. 그 실물모형 용접은 다음의 시험용으로 제출되어야 하며 적용되는 합격기준에 부합하여야 한다.

<삭제>

2. 육안검사 합격기준

용접부의 접근 가능한 표면은 확대경 없이 육안으로 검사되어야 한다. 그 용접은 충분한 용입을 보여야 하며 튜브 벽두께 전반에 열화의 증거가 보이지 않아야 하고 기공이나 균열이 없어야 한다.

3. 침투 탐상시험 합격기준

침투탐상시험은 부록4에 따르며, 용접표면은 아래의 지시는 허용되지 않는다.

가. 선형지시

나. 5mm(3/16 in.)를 초과하는 원형 지시

다. 원형지시의 간격이 1.5mm(1/16 in.)이하로, 동일선상에서 독립된 4개 이상의 원형 지시

4. 매크로시험(Macro Exam.) 합격기준

실물모형 용접부는 매크로시험을 위하여 튜브의 중심을 관통한 단면이어야 한다. 4개의 노출표면은 매끄러워야 하고 용접부와 열영향 부위가 뚜렷이 나타날 수 있도록 적절한 부식액으로 부식시켜야 한다. 최소 10~20배율의 확대경을 사용, 용접부의 노출된 절단면에 대해 다음 사항을 만족하여야 한다.

가. 설계에서 요구되는 최소 기밀유지 용접층의 치수가 설계요건 이상 일 것

나. 균열이 없을 것

다. 튜브시트와 튜브 벽면에 용접된 용착부가 완전용입 될 것

라. 이음부 루트 0.4mm(1/64 in.)이내로 용착금속의 완전용입 될 것

마. 기공은 요구된 최소 기밀유지 용접층의 두께 이하로 용접 목두께를 감소시키지 않을 것

**제10조 (용접설비)** ① 기술기준 제 163 조에서 언급된 “용접시공법에 적절한 것”이란 용접을 일관되게 재현할 수 있는 성능을 가진 설비를 말하며 용접작업자가

용접상태에 따라 용접전류의 세기를 조절할 수 있는 것을 말한다.

1. 각 저항용접기는 용접부를 일관되게 재현할 수 있는 성능을 가지고 있는지의 여부를 판정하기 위하여 시험되어야 한다.  
가. 예열 주기, 전극봉 압력, 용접 전류, 용접시간 주기 또는 후열 주기는 PQR에 기록된 값들로부터  $\pm 5\%$ 까지 변경할 수 있으며, 위의 설정들 중 한 가지만이 변화할 때는  $\pm 10\%$ 까지 변경할 수 있다.
  2. 용접기는 재조립, 전원의 변경이 수반되는 새로운 장소로의 이동, 전원의 변경 및 기기에 중대한 변경이 있을 때마다 재검정을 받아야 한다.
  3. 점 용접 및 프로젝션 용접기의 인정시험을 실시하기 위해서는 100개의 연속된 용접부를 만들어야 하며 이들 용접부 중 5번째 용접부마다 전단시험을 실시하여야 한다. 처음 5개 용접부 중 하나와 마지막 5개 용접부 중 하나가 포함된 5개의 시험편으로는 금속조직시험을 실시하여야 한다.
  4. P-No.21~P-No.26 알루미늄합금에 대한 인정은 모든 재료에 대하여 사용할 수 있는 용접기로 인정한다. P-No.1~P-No.15F 철계합금과 임의의 P-No.41~P-No.49 니켈합금 접합에 대한 인정은 모든 P-No.1~P-No.15F 과 P-No.41~P-No.49 금속에 각각 사용할 수 있는 용접기로 인정된다. P-No.51~P-No.53 및 P-No.61, 62에 대한 인정은 P-No.51~P-No.53 및 P-No.61, 62, 금속에 사용할 수 있는 용접기로 인정된다.
- ② 적절한 열처리설비는 열처리 온도 및 유지시간의 진행과정을 확인할 수 있는 기록계가 장치된 된 것을 말한다.

**제11조 (용접사 기량 인정시험방법)** ① 용접사 및 자동용접사의 기량인정시험은 시험용 재료 또는 초기 제작 용접부의 체적비파괴시험을 하거나 시험용 재료에서 채취한 시험편으로 굽힘시험하여 그 자격을 인정 받을 수 있다. 기량인정시험은 인정된 용접절차시방서에 따라서 수행되어야 한다. 또한, 기량인정시험이 예열 또는 용접후열처리를 요구하는 용접절차시방서에 따라 실시될 경우에는 예열 또는 용접후열처리를 생략 할 수 있다. 다만, 다른 규격을 적용시에는 해당규격에서 제시하는 기준에 적합하여야 한다.

1. 자동용접사는 사용할 각 용접기 형식에 대해서 인증시험을 받아야 한다. P-No.21에서 P-No.26 사이의 어떤 하나의 금속에 대한 자격시험을 통과한 자동용접사에게는 모든 금속에 대하여 그 자격이 인정되어야 한다. 임의의 P-No.1~P-No.15F 또는 P-No.41~P-No.49 금속에 대한 인정은 P-No.1~P-No.15F 또는 P-No.41~P-No.49 금속에 대하여 자동용접사를 인정하는 것이며, 임의의 P-No.51~P-No.53 및 P-No.61, 62에 대한 인정은 P-No.51~P-No.53 및 P-No.61, 62, 금속에 대하여 자동용접사를 인정하는 것이 된다.
- ② 용접절차시방서와 절차인정시험제를 준비한 용접사는 별표 5에서 지정하는 제한 범위 내에서만 인정된다.

③ 시험기록 서식 3, 4 용접사/자동용접사 기량인정시험(Welding or Welding Operator Performance Qualification, WPQ)기록에는 필수변수, 시험 종류 및 시험 결과와 각 용접사 및 자동용접사가 제 12 조에 따라 인정되는 범위가 포함되어야 한다.

④ 각 용접법의 규정된 필수변수가 하나 이상 변경될 경우, 용접사는 제 인정되어야 한다.

1. 수동용접사의 용접법별 필수변수는 아래 표 5에서 표 10까지이며, 필수변수의 적용에 대하여는 별표 1의 부록 “용접변수에 대한 사용법”에 따른다.
2. 자동용접사의 필수변수는 아래와 같다.  
가. 자동용접에서 기계용접으로의 변경  
나. 용접법의 변경  
다. EBW 및 LBW의 경우, 용가제의 추가 또는 삭제  
라. LBW의 경우, 레이저 종류의 변경(예 : CO2에서 YAG로의 변경)  
마. 마찰용접의 경우, 연속구동용접에서 관성용접으로의 변경 또는 그 반대의 변경
3. 기계용접의 필수변수는 아래와 같다.  
가. 용접법의 변경  
나. 직접 육안감시에서 원격 육안감시로 변경 및 원격 육안감시에서 직접 육안감시로 변경  
다. 가스텅스텐아크용접에 대한 자동 아크 전압 제어 시스템의 삭제  
라. 자동이음부 추적장치의 삭제  
마. 이미 인정된 것 이외의 용접자세의 추가  
바. 소모용 삽입물의 삭제. 다만, 필릿 용접 및 받침이 있는 용접 자격을 갖춘 소모용 삽입물 제외  
사. 받침의 삭제. 양쪽면 그루브용접은 받침이 있는 용접으로 간주한다.  
아. 측단 단일패스에서 측단 다중패스로 변경. 단, 그 반대의 경우는 해당되지 않는다.  
자. 하이브리드 플라즈마-GMAW 용접의 경우 자동용접사 자격을 위한 필수변수는 제11조의 표10을 따라야 한다.
4. 튜브와 튜브시트 용접절차 필수 변수는 아래와 같다.  
가. 모든 용접법  
(1) 용접법 변경 시  
(2) 용가제의 추가 또는 삭제, 그루브 깊이 증가, 그루브 각도 감소 또는 그루브 형식 변경과 같은 용접이음 형상변경(제조오차 벗어난 것)  
(3) 규정 벽두께 2.5mm 이하의 튜브에 대하여는 규정두께의 10% 이상 증감시이며 규 정두께가 2.5mm 초과와 튜브에 대해서는 하나의 인정

시험만 요구된다.

- (4) 규정직경 50mm 이하이고 규정벽두께가 2.5mm 이하의 튜브에 대하여는 튜브 직경의 10% 보다 크게 감소할 때 벽두께 2.5mm 초과와 튜브에 대하여 직경은 필수변수가 아니다.
- (5) 튜브간 중심거리(리거먼트)가 10mm 또는 규정된 벽두께의 3배보다 작을 때는 리거먼트의 규정된 폭이 10% 또는 그 이상 감소할 때.
- (6) 다중용접 패스에서 1회 용접패스 또는 그 반대로 변경 시
- (7) 별도그림 1.에 따라 인정된 튜브와 튜브시트 접합부의 용접자세 변경 시
- (8) 수직용접 자세에서의 방향 변경 시
- (9) 튜브 또는 튜브시트 P-No. 변경(튜브시트 자체가 용접 부분인 경우), 튜브시트 클래딩 자체의 P-No. 또는 A No. 변경 시(클래딩 자체가 용접부분 일 경우) 또는 그 자체가 P-No. 또는 A-No.가 없는 자체를 변경 시
- (10) 만약 용가제가 추가된다면 용착부의 A-No. 변경 또는 용착부의 A-No.가 없을 경우 용착부의 공칭 성분 변경 시
- (11) 예열온도가 55°C보다 큰 온도로 감소 시 또는 인정된 WPS의 층간 온도가 55°C 보다 큰 온도로 증가 시
- (12) 용접후열처리의 추가 또는 삭제 시
- (13) 인정된 WPS에서 10%이상 전류 증가 시
- (14) 인정 데이터로부터 극성 또는 전류 형식변경(AC 또는 DC)
- (15) 수동, 반자동, 또는 자동용접 방법의 적용 변경 시
- (16) 용접 전 튜브 환관 추가 시
- (17) 용접 전 클리닝(Cleaning) 방법 변경 시

나. 피복메탈 아크용접

- (1) 용접봉 직경 변경 시
  - (2) 용접봉의 F-No. 변경 시
- 다. 가스텅스텐, 플라즈마, 가스 메탈 아크 용접
- (1) 금속삽입제의 형상 또는 크기의 변경 시
  - (2) 하나의 차폐가스에서 다른 차폐가스 또는 혼합차폐가스로 변경 시
  - (3) 혼합가스 사용 시  $\pm 25\%$  증감 또는 2.5 L/min 중 큰 수치로 적은 함량의 가스유량 변경 시
  - (4) 가스텅스텐 아크 용접 또는 플라즈마 아크 용접은 용가제의 삭제 또는 추가 시
  - (5) 가스텅스텐 아크 용접 또는 플라즈마 아크 용접은 용접봉 또는 용가제의 공칭직경 변경 시
  - (6) PQR 인정 시 보조차폐가스를 사용한 경우 그 시스템 제거 시

(7) 용접봉 또는 용가제의 F-No. 변경 시

라. 폭발 용접

- (1) 모든 벽두께와 직경에 대해 규정 벽두께 또는 직경의 10% 변경되는 경우
  - (2) 압력적용 방법 변경 시
  - (3) 폭약 형식 변경 또는 에너지 함량이  $\pm 10\%$  변경 시
  - (4) 폭약투입 위치와 튜브시트 면과의 거리가  $\pm 10\%$  변경 시
  - (5) 튜브와 튜브시트의 규정된 공차가  $\pm 10\%$  변경 시
- ⑤ 용접사 및 자동용접사의 식별표시. 기량이 인정된 각 용접사 및 자동용접사에게 식별번호, 문자 또는 기호를 부여하여야 하며, 이 식별표시는 용접사 또는 자동용접사가 제작한 용접물을 식별하는데 사용하여야 한다.
- ⑥ 용접사 및 자동용접사 기량인정을 위한 특별 시험  
그루브 용접 기량을 인정하기 위하여, 허용 범위 내에서 기계적 시험 대신 방사선투과시험 또는 초음파탐상시험을 실시할 수 있다.

[표 5] 산소가스용접(OFW)의 용접사 인정 필수변수

항 목		변수의 개요
이음(2)	7	+ 받침
모재(3)	2	인정 최대두께 T
	18	$\emptyset$ P-No.
용가제(4)	14	$\pm$ 용가제
	15	$\emptyset$ F-No.
	31	$\emptyset$ 용착금속두께 t
자세(5)	1	+ 자세
가스(8)	7	$\emptyset$ 가스 종류

기호 설명 :  $\emptyset$ 변경, +추가, -제거,  $\uparrow$ 상진,  $\downarrow$ 하진

[표 6] 피복아크용접(SMAW)의 용접사 인정 필수변수

항 목		변수의 개요
이음(2)	4	- 받침
모재(3)	16	∅ 관 지름
	18	∅ P-No.
용가재(4)	15	∅ F-No.
	30	∅ 용착금속두께 t
자세(5)	1	+ 자세
	3	∅ ↑↓수직용접

기호 설명 : ∅변경, +추가, -제거, ↑상진, ↓하진

[표 7] 서브머지드아크용접(SAW)의 용접사 인정 필수변수

항 목		변수의 개요
모재(3)	16	∅ 관 지름
	18	∅ P-No.
용가재(4)	15	∅ F-No.
	30	∅ 용착금속두께 t
자세(5)	1	+ 자세

기호 설명 : ∅변경, +추가, -제거, ↑상진, ↓하진

[표 8] 가스메탈아크용접(GMAW)의 용접사 인정 필수변수

[플럭스코어드아크용접(FCAW)포함]

항 목		변수의 개요
이음(2)	4	- 받침
모재(3)	16	∅ 관 지름
	18	∅ P-No.
	15	∅ F-No.
용가재(4)	30	∅ 용착금속두께 t
	32	t제한(단락아크)
자세(5)	1	+ 자세
	3	∅ ↑↓수직용접
가스(8)	8	- 뒷면불활성가스
전기적 특성(9)	2	∅ 이행방식

기호 설명 : ∅변경, +추가, -제거, ↑상진, ↓하진

[표 9] 가스텅스텐아크용접(GTAW)의 용접사 인정 필수변수

항 목		변수의 개요
이음(2)	4	- 받침
모재(3)	16	∅ 관 지름
	18	∅ P-No.
용가재(4)	14	± 용가재
	15	∅ F-No.
	22	± 소모용 삽입물
	23	∅ 용가재의 제품형태
자세(5)	30	∅ 용착금속두께 t
	1	+ 자세
가스(8)	3	∅ ↑↓수직용접
	8	- 뒷면불활성가스
전기적 특성(9)	4	∅ 전류 또는 극성

기호 설명. ∅변경, +추가, -제거, ↑상진, ↓하진

[표 10] 플라즈마아크용접(PAW)의 용접사 인정 필수변수

항 목		변수의 개요
이음(2)	4	- 받침
모재(3)	16	∅ 관 지름
	18	∅ P-No.
용가재(4)	14	± 용가재
	15	∅ F-No.
	22	± 소모용 삽입물
	23	∅ 용가재의 제품형태
자세(5)	30	∅ 용착금속두께 t
	1	+ 자세
가스(8)	3	∅ ↑↓수직용접
	8	- 뒷면불활성가스

기호 설명 : ∅변경, +추가, -제거, ↑상진, ↓하진

제12조 (인정되는 자세 및 지름의 범위) ① 그루브 용접 별표 5 좌측의 인정시험을 통과한 용접사는 별표 5 우측의 범위까지도 인정된다.

1. 두께가 다른 모재의 용접

그루브 용접에 대한 인정된 용접절차시방서는 다음과 같은 규정에서 두께가 다른 모재 사이의 제작품 용접에 적용할 수 있다.

가. 얇은 재료의 두께는 표 1. 그루브 용접부 인장시험 및 굽힘시험에서 허용한 범위 내에 있어야 한다.

나. 두꺼운 재료의 두께는 다음의 규정을 따라야 한다.

(1) P-No.8, P-No.41, P-No.42, P-No.43, P-No.44, P-No.45, P-No.46, P-No.49, P-No.51, P-No.52, P-No.53, P-No.61 및 P-No.62 금속재료에 대해 두께 6mm 이상의 모재가 인정되었다면, 유사한 P-No.를 가진 재료의 이음부에서 사용될 더 두꺼운 재료에 대한 최대 두께를 제한할 필요는 없다.

(2) 기타 다른 모든 재료의 경우, 더 두꺼운 재료의 두께는 표 1.에서 허용한 범위 내에 있어야 한다. 다만, 두께가 38mm 이상에서 인정된 경우에는 더 두꺼운 재료의 최대두께를 제한 할 필요는 없다. 두께가 서로 다른 재료 조합을 인정하기 위하여 한 개 이상의 용접절차인정이 필요할 수 있다.

② 필릿 용접

별표 5 좌측의 인정시험을 통과한 용접사 또는 자동용접사는 별표 5 우측의 범위까지도 인정된다. 다만, 표 15에 따라 적용될 필수변수의 인정 범위내에 있는 재료의 두께, 필릿용접의 크기와 바깥지름이 73mm 이상인 관 및 튜브의 필릿용접부만을 제작하는 것이 인정된다. 바깥지름이 73mm 미만인 관 또는 튜브에 필릿용접을 실시하는 용접사 또는 자동용접사는 표 14에 따라 규정된 시험을 통과하여야 한다.

③ 특수 자세

특수한 방위로 용접을 하는 제조자는 본 특수 방위에 대한 기량 인정 시험을 하여야 한다. 이러한 자격인정은 실제로 시험한 자세와 아래보기 자세에 대하여 유효하나 별도그림 1과 별도그림 2에 명시된 바와 같이 용접면의 회전 방향과 용접축에 기운 방향과 ±15°까지는 허용된다.

④ 스테드 용접 자세. 4S 자세에서 자격인정은 1S 자세를 인정한다. 4S 와 2S 자세의 인정은 모든 자세에 대한 검증을 인증한다.

⑤ 튜브와 튜브시트 용접사 및 자동용접사 인증. 적용되는 규격에서 튜브 와 튜브시트 실증 인증시험이 요구될 때에는 제 9 조 ⑤항 1호를 적용하여야 한다. 만약 특수한 인증시험 요건이 적용되는 규격에 규정되지 않았다면 용접사와 자동용접사는 아래의 방법 중 하나로 검증되어야 한다.

1. 제1항제1호의 그루브 용접 요건
2. 제9조제5항제1호의 요건대비 실증시험



제13조 (기량 인정두께의 제한범위 및 시험편) ① 제품용접에서 용접사는 인정된 각 용접법에 대하여 표 11부터 표 16에서 허용한 두께를 초과하여 용접할 수 없다.

1. 그루브 굽힘시험은 표 11에 따른다.

[표 11] 굽힘시험

구 분	요구된 시험편과 시험의 종류 및 횟수			
	육안시험	측면굽힘 별도그림 33 (1)	표면굽힘 별도그림 34, 35 (1),(2)	루트굽힘 별도그림 34, 35 (1),(2)
용접금속 두께( mm)				
10 mm미만	x	...	1	1
10이상 19 mm미만	x	2(3)	(3)	(3)
19 mm 이상	x	2	...	...

주(1) 5G 또는 6G 자세 인정을 위해 총 4개의 굽힘시험편이 요구된다. 단독 시험제에서 2G 그리고 5G의 조합 사용을 인정하기 위해 총 6개의 굽힘시험편이 요구된다.

(2) 표면과 루트굽힘에 의한 시험제는 한명의 용접사가 하나 또는 두개의 용접법으로, 또는 두명의 용접사가 각각 하나의 용접법으로 만들도록 제한되어야 한다. 각 용접사와 각 용접법에 의해 만들어지는 용접은 적절한 굽힘시험편이 되도록 불룩한 표면을 가져야 한다.

(3) 하나의 표면 및 루트 굽힘시험은 두개의 측면 굽힘으로 대체할 수 있다.

[표 12] 용접 금속 인정 두께

시험제에서 용접금속의 두께 t ( mm)	인정되는 용접금속의 두께
모든 두께 13mm 그리고 최소 3층 이상	2 t 용접되는 최대 두께

주(1) 1명 이상의 용접사가 용접할 경우, 각 용접사가 각각의 용접법으로 용접한 용접금속의 두께 t는 " 두께 t " 칸의 요건에 따라 개별적으로 적용하고 사용하여야 한다.

(2) 다른 두께의 용접금속을 가진 2개 이상의 관 시험제가, 인정되는 용접금속의 두께를 결정하기 위해 사용될 수 있으며, 그때의 두께는, [표 13]에 따라 용접사가 인정되기 위한 최소직경의 제품용접에 적용될 수 있다.

(3) 사용된 용접법과 상관없이 3명 이상의 용접사 조합을 인정하기 위해서는 두께 19 mm 이상의 시험제를 사용하여야 한다.

[표 13] 관 그루브 용접 허용한계

시험제의 바깥지름, mm	인정되는 바깥지름, mm	
	최소	최대
25 미만	용접된 치수	제한없음
25 이상 73 미만	25	제한없음
73 이상	73	제한없음

주(1) 시험의 종류 및 횟수는 표 11에 따라야 한다.

(2) 바깥지름 73mm는 DN 65와 동등한 것으로 간주한다.

2. 소구경 필릿 용접시험범위는 표 14에 따른다.

[표 14] 소구경 필릿 용접시험

시험제의 바깥지름, mm	인정되는 최소 바깥지름, mm	인정된 두께
25 미만	용접되는 치수	모든 두께
25 이상 73 미만	25	모든 두께
73 이상	73	모든 두께

주(1) 시험의 종류 및 횟수는 표 15에 따른다.

(2) 바깥지름 73mm는 DN 65와 동등한 것으로 간주된다.

3. T 필릿 용접시험은 표 15에 따른다.

[표 15] T 필릿 용접시험

이음의 종류	용접된 시험제의 두께, mm	인정되는 범위, mm	시험의 종류 및 횟수 별도그림37 또는 별도그림38	
			매크로	파괴
T 필릿 [주(1)]	5이상	모재의 모든 두께, 필릿크기 그리고 73이상인 바깥지름 [주(2)]	1	1
	5 미만	T ~ 2T의 모재두께, 최대 필릿 크기 T 및 73 이상인 바깥지름[주(2)]	1	1

주(1) 판재는 별도그림37, 관은 별도그림38.에서의 시험제

(2) 바깥지름 73 mm는 DN 65와 동등한 것으로 간주된다. 바깥지름 73 mm보다 작은 소구경 관에 대한 인정의 경우에는 표 14 또는 표 16을 참조한다.

4. 그루브 용접시험에 의한 필릿 인정범위는 표 16에 따른다.

[표 16] 그루브 용접에 의한 필릿 인정

이음의 종류	용접시험재의 두께, mm	인정범위	시험의 종류 및 횟수
임의의 그루브	모든 두께	모든 모재두께, 필릿크기 및 지름	그루브 용접시험으로 용접사/자동용접사를 인정한 경우에는 필릿용접도 인정된다.

**제14조 (인정시험재료)** ① 시험재는 판, 관 또는 다른 제품의 형태일 수 있다. 2G 및 5G의 두 자세(별도그림 4)로 하나의 관 조립품을 용접하여 관에 대한 모든 자세를 인정하려고 하는 경우, 관의 구경에 따라 다음과 같이 시험재를 제작하여야 한다.

1. 관이 DN 250 이상인 경우에는 별도그림 20에 따라 시험재를 제작하여야 한다.
2. 관이 DN 150 또는 DN 200인 경우에는 별도그림 21에 따라 시험재를 제작하여야 한다.

② 받침이 있는 용접 그루브

양쪽면 그루브 용접 또는 받침이 있는 한쪽면 그루브 용접에 대한 인정시험용 시험재의 용접그루브 치수는 제조자가 인정한 용접절차시방서의 치수와 같거나 별도그림 31과 같아야 한다. 받침이 있는 한쪽면 그루브 용접 시험재 또는 양쪽면 그루브 용접 시험재는 받침이 있는 용접으로 간주하고, 또한 부분용입 그루브 용접 및 필릿 용접도 받침이 있는 용접으로 간주한다.

③ 받침이 없는 한쪽면 그루브 용접에 대한 인정시험용 시험재의 용접그루브 치수는 제조자가 인정한 용접절차시방서의 치수와 같거나 또는 별도그림 32에 따른다.

④ 용접사 기량인정에 사용되는 대체 모재는 아래에 따른다.

1. 용접사 기량인정에 사용되는 모재는 용접절차시방서에 규정된 P-No. 재료 대신에 아래에 적합한 재료를 사용할 수 있다.

[표 16.1] 용접사 인정용 모재와 대체 모재

용접사 인정용 모재	인정되는 제품의 모재
P-No.1~P-No.15F, P-No.34 및 P-No.41~P-No.49	P-No.1~P-No.15F, P-No.34, P-No.41~P-No.49
P-No.21~P-No.26	P-No.21~P-No.26
P-No.51~P-No.53 및 P-No.61~P-No.62	P-No.51~P-No.53 또는 P-No.61~P-No.62
임의의 미지정 금속과 그와 동일한 미지정 금속	해당 미지정 금속
임의의 미지정 금속과 임의의 P-No를 부여한 금속	미지정 금속과 P-No로 인정받은 임의의 금속
임의의 미지정 금속과 그 외 임의의 미지정 금속	첫 번째 미지정 금속과 두 번째 미지정 금속

2. 용접사 기량인정에 사용되는 재료가 국가 또는 국제규격에 적합하고, 지정된 금속의 기계적 또는 화학적 요건을 만족한다면 동일한 P-No.를 갖는 것으로 간주한다. 이 경우 모재의 재료규격 및 상응하는 P-No.를 인정기록서에 기록하여야 한다.

**제15조 (요구되는 시험의 종류)** ① 기계적 시험. 기계적 시험에 대한 시험편의 종류 및 수량은 표 11에서 표 16까지이고 아래 1 및 2에 적합하여야 한다.

1. 시험편 채취방법은 아래와 같다.

가. 그루브 용접 시험편은 별도그림 15에서부터 별도그림 22에 규정된 방법과 유사한 방법으로 채취하여야 한다.

나. 필릿 용접 시험편은 별도그림 36에서부터 별도그림 39 및 별도그림 22에 규정된 방법과 유사한 방법으로 채취하여야 한다.

다. 관 시험재

별도그림 4의 1G 또는 2G 자세로 관에서 제작된 시험재의 경우, 별도그림 18 또는 별도그림 19에 명시된 굽힘시험편(이 굽힘시험편은 위-오른쪽 및 아래-왼쪽의 사분면에 있는 시험편을 제외하고, 별도그림 18의 위-왼쪽 사분면에 있는 이면 굽힘 시험편을 표면 굽힘시험편으로 대체하여야 한다.)과 같이 2개의 시험편을 채취하여야 한다.

라. 별도그림 4의 5G 또는 6G 자세로 관에서 제작된 시험재의 경우, 시험편은 별도그림 18 또는 별도그림 19에 따라서 채취되어야 하고 4개의 모든 시험편은 시험에 합격하여야 한다. 1개의 관 시험재에서 2G 및 5G 두 자세로 제작된 시험재의 경우, 시험편은 별도그림 20 또는 별도그림

21에 따라 채취하여야 한다.

2. 형틀 굽힘시험편 종류 및 가공은 제 8 조 ⑦항 3호를 준용한다.
3. 형틀 굽힘시험은 다음과 같은 방법으로 실시한다.

가. 지그 형틀 굽힘시험편은 별도그림 25에 적합한 시험지그를 사용하여 굽혀야 한다. 별도그림 25 또는 별도그림 26에 명시된 지그를 사용할 경우, 지그 사이의 간격을 향해 굽혀지는 바깥면이 용접표면이 되면 표면 굽힘시험이고, 바깥면이 루트부가 되면 이면 굽힘시험이 된다. 측면 굽힘시험편에서 만약 불연속부가 있다면 더 큰 불연속부를 측면으로 하여야 한다. 별도그림 25의 지그를 사용할 경우에는 시험편의 곡률(curvature)이 시험편과 금형 사이에 3mm 지름의 와이어가 들어갈 수 없을 정도까지, 또는 별도그림 26의 로울러형 지그를 사용할 경우에는 시험편이 바닥에 나올 때까지 지그 숫놈에 하중을 가하여 시험편을 굽혀야 한다.

나. 별도그림 27의 로울러굽힘 지그를 사용할 경우에 로울러를 향해 굽혀지는 바깥면은 표면 굽힘시험편의 경우 용접표면이 되고, 이면굽힘시험편의 경우 루트면이 되어야 한다. 측면 굽힘시험편에서 불연속부가 있다면 더 큰 불연속부를 측면으로 하여야 한다. 별도그림 33에 허용된 것과 같이 폭의 길이가 38mm를 초과하는 시험편을 굽힐 때에는 시험지그 맨드릴(mandrel)은 최소한 시험편 폭보다 6mm 이상 넓어야 한다.

② RW의 금속조직시험

1. 용접부는 횡단면을 만들어 광택이 나게 다듬고, 용접금속이 드러나게 에칭을 하여야 하며, 단면은 10배율로 검사하여야 한다. 그 단면을 10 배율로 검사하여야 한다. 용접 단면은 균열, 불완전용입, 날림(expulsion)과 개재물(inclusion)이 없어야 한다. 기공은 시편의 가로방향 단면에 한 개의 공극 또는 길이방향 단면에 3개의 공극을 초과해서는 아니 된다. 어느 공극의 최대치수는 그 용접비드의 두께의 10%를 초과해서는 아니 된다.
2. 점용접과 이음매용접에 대해서는, 그 중 얇은 부재의 두께  $t$ 와의 관계에서 용접 너그의 최소폭은 다음과 같아야 한다.

재료두께, in. ( mm)	용접 너그의 폭
0,010 (0,25) 미만	6 t
0,010 (0,25) 이상과 0,02 (0,50) 미만	5 t
0,020 (0,50) 이상과 0,04 (1,00) 미만	4 t
0,040 (1,00) 이상과 0,069 (1,75) 미만	3 t
0,069 (1,75) 이상과 0,100 (2,54) 미만	2,50 t
0,100 (2,54) 이상과 0,118 (3,00) 미만	2,25 t
0,118 (3,00) 이상과 0,157 (4,00) 미만	2 t
0,157 (4,00) 이상	1,8 t

용접 깊이 (용융범위)는 최소한 (각 부재 내의) 보다 얇은 겹의 두께의 20%, 그리고 최대한으로 모든 겹의 총 두께의 80%가 되어야 한다.

3. 프로젝션 용접의 경우, 너그의 폭은 프로젝션 폭의 80% 이상이 되어야 한다.

제16조 (기량인정시험 합격기준) ① 그루브 용접-굽힘시험의 합격기준은 다음과 같다.

1. 용접 굽힘시험편의 용접부 및 열영향부는 시험 후 시험편의 굽혀진 부분 안에 완전히 들어가 있어야 한다.
2. 형틀 굽힘시험편은 굽힘시험 후 시험편의 볼록한 면에서 어느 방향으로 측정하여도 용접부 또는 열영향부 안에 3mm를 초과하는 열린 불연속부가 있어서는 아니 된다. 시험 중 시험편의 모서리에 생기는 열린 불연속부는 그 열린 불연속부가 용합불량, 슬래그 개재물 또는 다른 내부결함의 결과로 인해 발생했다는 명확한 증거가 없는 한 결함으로 인정되지 않는다.
3. 내식육성 용접클래딩의 경우에는 어느 방향으로 측정하여도 클래딩 내에 1.5 mm를 초과하는 열린 불연속부가 없어야 하며, 경계면에는 3mm를 초과하는 열린 불연속부가 없어야 한다.

② 필릿용접부 시험

용접사 기량인정용 필릿용접 시험체의 치수 및 가공은 별도그림 37 또는 별도그림 38의 요건을 만족하여야 한다. 관-관의 시험체는 용접부의 직각방향으로 중심 부분에서 약 100mm 길이 및 양쪽 끝 부분의 약 25mm 길이를 절단하여야 한다. 관-관 또는 관-관의 시험체는 각각의 반대 방향 1/4 부분에서 2개의 시험편을 제작하여야 한다. 시험편 중 하나는 아래 1의 요건에 따라 파괴시험을 실시하고 다른 시험편은 아래 2의 요건에 따라 매크로시험을 실시하여야 한다.

1. 파괴시험

별도그림 37에 명시된 기량인정시험편 중앙부 100mm의 수직 부분 또는 별도그림 38에 명시된 1/4 부분의 수직부분은 용접루트가 인장력을 받는 방법과 같은 방법으로 측면부에 하중을 받아야 한다. 하중은 시험편이 파괴

되거나 시험편이 편평하게 굽혀질 때까지 연속적으로 가해져야 한다. 시험편이 파괴될 경우, 파괴면에서는 균열 또는 불완전한 루트 용융부족의 흔적이 없어야 하고, 파괴면에 육안으로 확인할 수 있는 개재물 및 기공의 길이 합계가 별도그림 37의 경우 10mm 이하 또는 별도그림 38의 경우 1/4 부분의 10% 이하이어야 한다.

2. 메크로시험

기량인정 시험편 별도그림 37의 관 시험재에서 끝 부분 약 25mm를 절단한 2개의 시험편 중 1개의 한 절단면 또는 별도그림 37의 관 시험재에서 끝 부분 약 1/4를 절단한 시험편의 한 절단면은 매끄럽게 가공한 후 적절한 부식액으로 부식시켜 용접금속과 열영향부의 단면에 대한 육안시험에서 용융이 완전하여야 하고 균열이 없으며 용접부에는 1.5mm를 초과하는 오목면 또는 볼록면이 없고 필릿의 다리길이 차이는 3mm 이하이어야 한다.

③ 스티드 용접부 시험

기량 인정시험편 스티드

1. 시험요건

각 스티드 자동용접사를 인정하기 위해서는 5개의 스티드용접부 시험이 필요하다. SW에 사용되는 장비는 수동으로 조작하는 것을 제외하고는 모든 것이 자동이어야 한다. 기량인정시험은 제11조에 의해 인정된 용접절차시방서를 따라 용접되어야 한다.

각 스티드(5개의 이음부)는 스티드 길이의 1/4이 시험재 위에서 평평하게 될 때까지 그 위를 햄머링하여 시험을 실시하거나 또는 별도그림 28에 따라 시험지그 및 어댑터(adapter)를 사용하여 스티드를 최소한 15° 각도로 굽힌 후 원래의 위치로 되돌려 놓는 굽힘시험을 실시하여야 한다.

2. 굽힘 및 햄머시험 합격기준

각각의 5개 스티드 용접부 및 열영향부에는 굽힌 다음 원래 위치로 복귀 후 또는 햄머링 후 육안으로 보이는 분리나 파괴가 없어야 한다.

④ 튜브와 튜브시트 시험

1. 용접사 기량인정 시험편

수동 또는 자동용접사의 인정을 위하여 5개의 실물모형의 용접이 요구되며 시험은 용접절차인정(제 9 조 ⑤항 1호)과 동일한 규정을 따라야 한다. 제 18 조 ①항 및 ②항의 요건에 의해 자격상실 또는 인정유효기간이 지난 경우에 한하여 하나의 실물모형 용접이 수동 용접사 또는 자동 용접사 자격 갱신용으로 요구된다.

제17조 (체적 비파괴검사에 의한 합격기준) ① 방사선투과검사

용접사 또는 자동용접사가 방사선투과검사에 의해서 인정될 경우에 시험될 시험재의 최소길이는 150mm이고, 관의 경우에는 전체 원주용접부를 포함하여야 한다. 다만, 수동용접사의 경우 P-No.21~P-No.25, P-No.51~P-No.53, P-No.61~P-No.62 금속의 경우에는 제외되며, 자동용접사의 경우 P-No.21~P-No.25,

P-No.51~P-No.53, P-No.61~P-No.62 금속의 경우에 제외된다. 소구경 관의 경우에는 복수 시험재를 사용할 수 있으나 연속적으로 제작된 4개의 시험재를 초과할 필요는 없다. 방사선투과검사 합격기준은 아래 1 및 2와 같다.

1. 선형지시

가. 균열, 용합부족 또는 불안전용입은 허용되지 않는다.

나. 다음 길이를 초과하는 가늘고 긴 슬래그 개재물은 허용되지 않는다.

(1) t 가 10mm 이하인 경우에는 3mm

(2) t 가 10mm 초과 57mm 이하인 경우에는 1/3t

(3) t 가 57mm 초과할 경우에는 19mm

다. 선상으로 형성되어 있는 슬래그 개재물 그룹에서 12t 길이 내에 결함의 길이 합계가 t를 초과하는 것은 허용되지 않는다. 다만, 슬래그 개재물 그룹 중 가장 긴 결함의 길이를 L이라고 할 때, 연속된 결함사이의 거리가 6L을 초과할 경우에는 제외한다.

2. 원형지시

가. 원형지시의 최대 허용치수는 t의 20% 또는 3mm 중 큰 치수는 허용되지 않는다.

나. 재료의 두께가 3mm미만인 용접부의 경우, 인정할 수 있는 원형지시의 최대 수는 길이 150mm의 용접부에서 12개를 초과해서는 아니 된다. 길이 150mm 미만의 용접부에서는 인정할 수 있는 원형지시의 수를 비례적으로 감소하여 적용한다.

다. 두께가 3mm 이상인 재료에서의 최대지름이 0.8mm 미만인 원형지시는 용접사 및 자동용접사의 방사선투과검사 합격기준으로 고려하지 않는다.

② 초음파탐상검사

용접사 및 자동용접사의 초음파탐상검사에 의한 인정은 두께 13 mm 이상의 시험 용접부에 실시할 수 있다.

1. 초음파탐상검사의 방법, 절차 및 인정에 대해서는 부록2.에 따라야 한다.

2. 제조자는 용접사와 자동용접사의 기량 인정을 위해 초음파탐상검사의원의 자격과 인증이 적절한 절차에 따라 수행되었음을 입증하여야 한다.

3. 인정시험 용접부에 대한 합격기준

가. 균열, 용합부족 또는 불안전용입의 모든 지시는 그 길이에 관계없이 불합격으로 한다.

나. 길이 3 mm를 초과하는 관련지시는 그 길이가 다음을 초과하면 불합격으로 한다.

(1) t 가 10mm 이하인 경우에는 3mm

(2) t 가 10mm 초과 57mm 이하인 경우에는 1/3t

(3) t 가 57mm 초과할 경우에는 19mm

여기서, t는 허용되는 덧살을 제외한 용접부의 두께이며, 두께가 다른 두 부

재의 맞대기 용접부의 경우, t는 두 부재 중 얇은 것으로 한다. 만일 완전용입 용접부가 필릿용접부를 포함하면, 그 필릿의 목두께는 t에 포함시켜야 한다.

**제18조 (인정의 만료 및 갱신)** ① 용접사 및 자동용접사에 대한 기량인정은 다음의 조건에 따른다.

1. 용접사 또는 자동용접사가 인정된 용접법으로 6개월 이상 용접을 실시하지 않은 경우, 그 용접법에 대한 인정은 만료된다. 다만, 기량인정의 만료 전 6개월 이내에 자격인정에 참여한 제조자, 계약자 및 참여조직의 관리감독아래에 다음과 같은 용접을 실시한 경우, 그 용접법에 대한 인정은 추가로 6개월간 연장된다.

가. 용접사가 수동 및 반자동용접에 대한 인정을 유지하기 위하여 인정된 수동 또는 반자동용접법을 이용하여 용접한 경우

나. 자동용접사가 기계 및 자동용접에 대한 인정을 유지하기 위하여 인정된 기계 또는 자동용접법을 이용하여 용접한 경우

2. 용접절차서에서 적합한 용접을 수행하는 용접사 또는 자동용접사의 능력을 의심할만한 특별한 이유가 있을 경우, 의심되는 용접사 또는 자동용접사의 인정은 무효가 된다. 그러나 의심스럽지 않은 모든 다른 인정은 유효하다.

② 인정의 갱신 : ①항 1호에 따라 만료된 기량인정은 임의의 자세에서 임의의 재질, 두께 또는 지름의 판 혹은 관 중 하나의 단일 시험체를 사용하여 제11조에 따라 용접하고 제 15 조에 따라 시험되어야 한다.

**제19조 (작업범위)** 제 11 조에 의한 기량 시험 후 제 15 조의 요구조건에 합격한 자가 할 수 있는 용접의 자세 및 그에 사용되는 모재의 두께는 해당 용접절차서에서 지정하는 범위로 한다.

### 제3장 보 일 러

**제20조 (용접부의 형상)** 기술기준 제 164 조에서 규정한 “안전한 형상”이란 보일러 등에 관해서는 제 21 조부터 제 24 조까지에 적합한 것을 말한다.

**제21조 (용접부의 설계)** ① 보일러 등에 관계된 용기 또는 관의 길이이음 및 둘레이음의 용접부는 맞대기 양쪽면 용접, 받침쇠를 사용한 맞대기 한쪽면 용접 또는 초층 불활성가스 아크용접으로 설계하여야 한다. 다만, 앞에 언급된 이음 이외의 용접부는 모양과 형상에 따라 아래에 열거하는 방법으로 하여야 한다.

1. 관대 또는 관과 펌프, 밸브 및 그 밖에 이들에 유사한 것에 속하는 맞대기 용접에 의한 이음 용접부는 별도그림 45와 같아야 한다.

2. 플랜지를 설치하는 이음 용접부는 별도그림 46의 (1)에서 (7)까지와 같아야 한다.

3. 동체, 드림 및 헤다에 용접으로 부착하는 노즐 및 기타 연결부의 이음 용접부는 별도그림 47. (1)~(3), (5)~(18), (21)~(29)까지와 같아야 한다.

② 길이방향 용접부에 사용되었던 받침쇠는 제거되어야 하며, 필요하다면 방사선투과 시험을 할 수 있도록 준비되어야 한다.

**제22조 (정렬)** 보일러 등에 속하는 용기 또는 관의 맞대기용접에 의한 이음면의 어긋남은 아래 표 17의 모재의 두께(모재의 두께가 다를 경우는 얇은 쪽의 두께) 및 이음종류의 구분에 따라 각각 표의 어긋남의 값에 정하는 값을 초과해서는 아니 된다.

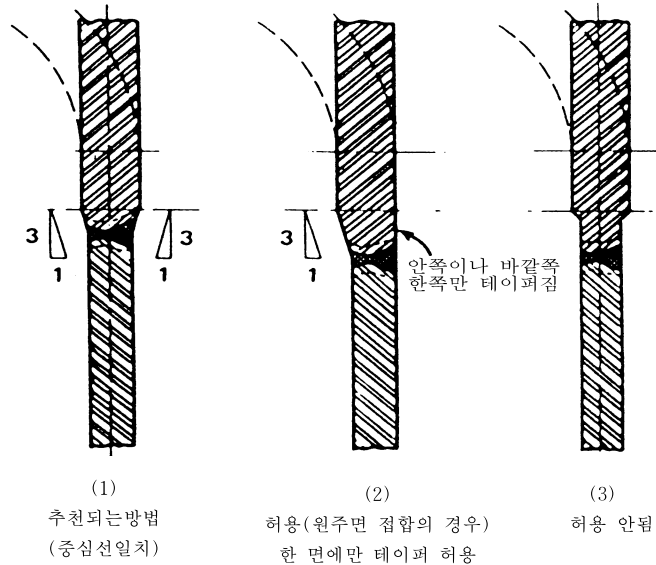
[표 17] 모재의 두께 및 이음 종류의 구분에 따른 어긋남의 값

단면 두께,mm	원통형 동체 내의 이음방향	
	길이방향	원주방향
13 이하	1/4 t	1/4 t
13 초과 19 이하	3mm	1/4 t
19 초과 38 이하	3mm	5mm
38 초과 50 이하	3mm	1/8 t
50 초과	1/16 t 또는 10mm 중 작은 값	1/8 t 또는 19mm 중 작은 값

**제23조 (두께가 다른 모재의 맞대기 용접)** ① 보일러 등에 속하는 용기 또는 관의 두께가 다른 모재의 맞대기 용접단면은 아래 그림 1의 (1)또는 (2)에 의하여야 한다. 이 경우 재료 이음매의 단면 두께 차가 얇은 쪽 재료 두께의 1/4을 넘거나 3mm를 넘는 경우, 아래 그림에서와 같이 테이퍼 천이부의 길이는 연결면 간 두께차의 3배 이상이 되어야 한다. 이와 같은 천이부는 균일한 테이퍼가 만들어지는 한 어떠한 공정으로 성형하여도 된다.

- ② 용접은 아래그림에서와 같이 천이부 또는 전부를 테이퍼 부분 안이나 그 인근에 두어야 한다.
- ③ 동체의 길이 방향 이음인 경우 용접하는 재료두께의 중앙선은 표 17에 있는 범위의 제작공차 내에 있어야 한다.

그림 1. 두께가 다른 맞대기용접 강판의 이음



**제24조 (이음부의 다듬질)** ① 보일러 등에 속하는 용기 또는 관의 용접부로서 비파괴 시험을 실시하는 표면은 매끈하고 모재의 표면보다 낮아서는 아니 된다. 또한, 모재의 표면과 층이 생기지 아니하도록 다듬질을 하여야 한다. 이 경우에 비파괴 시험을 필요로 하는 맞대기용접부의 용접 덧살 높이는 아래 표 18에 정하는 모재두께(모재의 두께가 다를 경우에는 얇은 모재의 두께)의 구분에 따라 각각 표의 용접 덧살 높이의 값 이하가 되어야 한다.

- ② 맞대기 용접은 완전용입 되어야 하며 용접부는 모든 부위에서 표면이 인접 모재의 표면보다 낮으면 안 된다. 용접부의 표면에 덧살을 용착하여도 무방하며, 용접상태 그대로의 표면도 허용된다. 그러나, 용접부 표면은 거친 파형, 그루브, 오버랩, 급격한 돌출 및 파인 곳이 없어야 한다. 또한, 언더컷이 0.8mm 또는 벽두께의 10% 중 작은 값을 초과하여서는 안 되며, 최소단면 두께를 잠식하여서도 안 된다.

[표 18] 용접 덧살 허용두께

재료의 공칭두께, mm	용접 덧살 최대 두께, mm	
	관 및 튜브의 원주방향 이음	기타 용접부
3 이하	2.5	2.5
3 초과 5 이하	3.0	2.5
5 초과 13 이하	4.0	2.5
13 초과 25 이하	5.0	2.5
25 초과 50 이하	6.0	3.0
50 초과 75 이하	*	4.0
75 초과 100 이하	*	5.5
100 초과 125 이하	*	6.0
125 초과	*	8.0

\* 6mm 또는 용접폭의 1/8중 큰 값

**제25조 (용접부의 균열)** 기술기준 제165조에서 규정한 “용접에 의한 균열이 없게”하기 위해서는 보일러 등에 관해서는 제26조부터 제31조까지의 요구조건에 적합하여야 한다.

**제26조 (용접면의 청결)** 보일러 등에 관계된 용기 또는 관 용접부의 개선면 및 인접부는 용접에 앞서 수분, 도료, 유지, 먼지, 유해한 녹, 용입찌꺼기 및 그 밖에 유해한 이물을 제거하여야 하며, 용접부의 뒷면 치핑을 실시하는 경우는 용입 불량부를 완전히 제거하여야 한다.

**제27조 <삭제>**

**제28조 (비파괴검사 범위)** ① 보일러 등에 속하는 용기 또는 관의 비파괴검사 해당 용접부는 표19의 용접형식 및 압력부품운전조건에 따라 각각 표의 규정검사에 언급한 비파괴검사를 실시하고, 요구조건에 적합하여야 한다.

[표 19] 맞대기 용접 이음부에 요구되는 체적 비파괴검사

맞대기 용접형식	압력부품 운전조건[주(1)]		
	로의 복사열을 받는 부품[주(2)]	로의 복사열을 받지 않는 부품[주(2)]	
	증기 및/또는 물 함유	불함유	증기함유
길이방향용접	모든 크기와 두께	모든 크기와 두께	모든 크기와 두께
드럼 및 동체의 원주방향용접	> DN 250 또는 > 두께 29 mm	> DN 250 또는 > 두께 29 mm	> DN 250 또는 > 두께 29 mm
관, 튜브 및 해대의 원주용접	> DN 100 또는 > 두께 13 mm	> DN 250 또는 > 두께 29 mm	> DN 400 또는 > 두께 41 mm

비고: (a) 이 표에 의해서 면제되지 않는 한, 모든 길이방향 및 원주방향 맞대기 용접 이음부는 그 전 길이에 걸쳐 체적 비파괴검사에 의해 검사되어야 한다.

(b) 체적 비파괴검사(방사선투과검사 또는 초음파탐상검사)는 크기 또는 벽두께의 한계가 초과되었을 때(즉, 지름과 두께의 제한들이 독립적으로 적용된다) 요구된다.

- (c) 방사선투과검사의 기하학적 불선명도가 1.8 mm를 초과하는 촬영 조건인 경우에는 초음파탐상검사를 시행하여야 한다.
- (d) 두께가 13 mm 미만인 곳에서는 방사선투과검사를 사용하여야 한다.
- (e) 일렉트로슬래그용접을 한 페라이트계 재료들의 용접부에 대해서는 방사선투과검사와 초음파탐상검사 모두를 시행하여야 한다. 만일 결정립 미세화(오스테나이트화) 열처리가 일렉트로슬래그용접부에 사용된다면, 초음파탐상검사는 열처리가 완료된 후에 실시해야 한다. 만일 오스테나이트화 열처리가 사용되지 않으면, 초음파탐상검사는 중간 용접후열처리 또는 최종 용접후열처리가 완료된 후에 실시해야 한다.
- (f) 관성 또는 연속구동 마찰용접을 사용하는 재료의 용접부에는 방사선투과검사와 초음파탐상검사 모두를 실시하여야 한다.

주: (1) 운전조건과 압력부품의 내용물은 설계자의 결정에 따른다.  
 (2) 압력부품의 일부와 가열로 사이에 5열 이상의 튜브가 있는 경우 용접부는 가열로로부터 복사열을 받지 않는다고 간주한다.

- ② 두께 13mm를 초과하는 평판이 평경관 연소실보일러의 워터레그 같은 모서리 이음부를 만들기 위해 다른 압력부품에 용접되는 경우, 용접 후 자분탐상검사나 침투탐상검사를 하여야 하며, 판재가 비자성체인 경우에는 침투탐상검사로 한다.
- ③ 기기 등의 구조상 규정된 비파괴검사를 시행하는 것이 현저하게 곤란할 경우에는 규정검사 내용으로 초음파탐상검사를 실시하여야 하며, 초음파탐상검사도 불가능 할 경우에는 자분탐상검사 또는 침투탐상검사를 실시하여 기준에 적합하여야 한다.

**제29조 (비파괴검사절차)** ① 방사선투과검사절차는 부록 1에 따른다. 다만 실시간 방사선투과검사절차는 부록 1. 규정부속서-1에 따르며, 이들 검사에 대한 디지털 영상수집, 영상표시 및 저장절차는 부록 1. 규정부속서-2에 따른다.

- ② 초음파탐상검사절차는 부록 2에 따른다.
- ③ 자분탐상검사절차는 부록 3에 따른다.
- ④ 침투탐상검사절차는 부록 4에 따른다.

**제30조 (비파괴검사 합격기준)** ① 방사선투과검사 및 실시간 방사선투과검사 용접부의 방사선 투과검사 및 투시검사결과 불완전으로 구별된 지시(indication)는 다음 조건에 해당될 경우 불합격으로 한다.

1. 균열, 용합불량 또는 용입부족으로 판정된 지시.
2. 그밖에 방사선 투과사진 상에 길게 나타난 지시로서, 길이가 다음 값보다 긴 경우.
  - 가. t가 19mm 이하인 경우 : 6mm
  - 나. t가 19mm 초과 57mm 이하인 경우 : 1/3t
  - 다. t가 57mm를 초과하는 경우 : 19mm 여기에서, t는 얇은 쪽 용접두께이다.
3. 12t 범위 내에서 일렬로 늘어진 지시군(indication Group)의 총 길이가 두께 t보다 긴 경우  
 다만, 지시군 내에서 가장 긴 불완전지시 길이를 L이라 할 때, 연속된 불

완전지시 사이의 거리가 6L을 초과하는 것은 제외한다.

4. 부록 5 원형지시 합격기준의 기준치를 초과하는 원형지시(rounded indication).

② 초음파탐상검사 : 대비레벨(reference level)의 20%를 초과하는 지시를 보이는 불완전부에 대한 검사는, 초음파탐상 검사원이 그 형태, 종류 및 위치를 파악하고 아래 1 및 2에 따라 판정한다.

1. 균열, 용융부족, 또는 용입부족은 길이에 관계없이 불합격.
2. 기타 불완전부 중 지시가 대비레벨을 초과하고 그 길이가 다음 값을 초과하는 경우는 불합격.

가. t가 19mm 이하인 경우 : 6mm

나. t가 19mm 초과 57 mm 이하인 경우 : 1/3 t

다. t가 57mm를 초과하는 경우 : 19mm. 여기에서, t는 검사하고 있는 용접부 두께이며, 서로 다른 두께의 부재를 연결하는 용접인 경우 t는 얇은 쪽 두께이다.

③ 자분탐상검사하는 모든 표면에 다음의 지시는 허용되지 않는다.

1. 선형지시
2. 5mm를 초과하는 원형지시
3. 원형지시의 간격이 1.5mm이하로, 동일선상에 독립된 4개 이상의 원형지시.

④ 침투탐상검사하는 모든 표면에 다음의 지시는 허용되지 않는다.

1. 선형지시
2. 5mm를 초과하는 원형지시
3. 원형지시의 간격이 1.5mm이하로, 동일선상에 독립된 4개 이상의 원형지시.

⑤ 비파괴검사절차에 다른 규격을 적용시에는 해당규격의 합격기준에 따른다.

**제31조 (용접후열처리)** ① P-No, Gr.No이 서로 다른 두 압력부를 용접 이음하는 경우 용접후열처리는, 아래에 설명하는 경우를 포함하여 ②항 및 해당 비고 난의 내용에 따른다.

1. 비압력부를 압력부에 용접하는 경우는 압력부의 용접후열처리 온도를 따라야 한다. 다만 크롬함량이 3% 이상인 페라이트 용가제를 사용한 압력부 용접 및 부착물 용접부는 용접후열처리를 하여야 하며 열처리온도 및 유지시간은 제2항 요건에 따른다.
2. P-No. 4 또는 P-No. 5A의 튜브와 관을 P-No.가 이보다 낮은 재료의 헤더에 필릿용접, 부분용입용접 및 완전용입용접으로 부착하는 경우, 용접후열처리 온도는 P-No.가 낮은 재료에 따라도 좋다. 다만, 이 경우 튜브와 관은 다음의 모든 조건에 만족하여야 한다.

가. 최대 크롬함유량 : 3.0%

나. 최대치수 : DN 100 (NPS 4, 바깥지름 100mm)

다. 최대두께 : 13mm

라. 최대 탄소함유량 : 0.15% 이하

3. 용접물은 ②항의 P-No.별로 규정한 온도까지 서서히 가열하여 규정시간 동안 유지시켜야 하며, 425℃까지로 서서히 냉각후 정적인 대기 중에서 냉각시켜야 한다.
4. 두께가 각기 다른 용접물을 같은 로 내에서 동시에 용접후열처리를 하여도 된다.
5. ②항에서 공칭두께는 용접두께, 압력유지부 두께, 이음 단면의 얇은 쪽 두께 중 가장 작은 값이다. 필릿용접에서의 공칭두께는 목두께이며, 부분용입 용접 및 재료 보수용접에서의 공칭두께는 용접그루브 또는 가공부의 깊이를 말한다. 그루브 및 필릿 조합용접에서의 공칭두께는 그루브 깊이와 필릿 목치수를 더한 용착금속의 전체 조합두께이다.
6. ②항에서 정한 바와 같은 규정 온도에서의 유지시간은 연속적이지 않아도 되며, 여러 번 용접후열처리를 한 경우 각 사이클의 시간의 합으로 하여도 좋다.
7. 용접물의 용접후열처리는 다음 중 한 가지 방법으로 실시하여야 한다.
  - 가. 건조품 전체를 동시에 가열
  - 나. 용접 제조물을 부분별로 용접후열처리 하는 경우 마지막 용접 이음부의 열처리는, 이음부의 각 방향으로 강판두께 3배 이상의 폭을 갖는 원주영역을 균일하게 가열하되, 원주영역 전체를 제2항에서 지정한 온도까지 상승시켜 규정 시간동안 유지시키는 방법으로 하여야 한다.
8. 용접후열처리를 필요로 하는 노즐 또는 기타 용접부착물은 국부적으로 용접후열처리를 하여도 좋으며, 이 경우 원주영역 폭의 중간에 위치한 용접연결부와 함께 용기 둘레전체에 걸친 원주영역을 가열하는 방법으로 하여야 한다. 원주영역의 폭은 노즐이나 기타 용접 부착물에 비해 용기두께의 3배 이상 넓어야 한다.
9. 관, 튜브 및 헤더의 용접이음부를 국부적으로 용접후열처리하는 경우, ②항에서 규정한 최소 온도까지 가열하고 해당 시간 동안 유지하는 원주영역의 폭은 용접그루브에서 가장 넓은 폭의 3배 이상으로 하되 용접덧살 폭의 2배보다 커야 한다.
10. 이음부 두께가 38mm를 넘는 페라이트계 재료의 일렉트로슬래그 용접부는 결정립미세화(오스테나이트화) 열처리를 하여야 한다.

② 재질별 열처리 요건은 아래와 같다.

1. P-No. 1

재료	최저유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50mm 이하	50mm 초과125mm 이하	125mm 초과
P-No. 1 Gr.No1.2,3	595	1시간/25mm, 최소 15분	2시간 + * 15분/25mm (* 50mm 초과분에 적용)	2시간 + * 15분/25mm (* 50mm 초과분에 적용)

가. 다음 조건에 해당되는 경우 P-No.1 재료에 대한 용접후열처리는 하지

않아도 된다.

- (1) 그루브 용접부 또는 그루브와 필릿 조합용접부의 공칭두께가 19 mm (3/4 in)를 초과하지 않고, 용접 이음부 모재의 공칭두께가 25 mm(1 in)를 초과하는 경우로서 최저 95 ℃(200 ℉)로 예열될 경우
  - (2) 그루브 용접부 또는 그루브와 필릿 조합용접부의 공칭두께가 19 mm (3/4 in) 보다 크고 38 mm(1 1/2)를 초과하지 않으며 다음 조건을 만족하는 경우,
    - (가) 용접되는 모재 어느 것이든 다음 식을 사용하여 계산한 탄소당량(CE)이 0.45 이하일 때
 
$$CE = C + (Mn + Si)/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$$

(주) 탄소당량 계산 시, 재료규격 상의 화학성분 최대값 또는 화학분석이나 재료시험 보고서 상의 실제값을 적용하여야 한다. 위 공식 뒤의 두 개 항에 필요한 화학성분을 구할 수 없으면, 아래와 같이 두 개 항 대신에 0.15 %를 적용하여야 한다.

$$CE = C + (Mn + Si)/6 + 0.15$$
    - (나) 최소 예열온도를 120 ℃ (250 ℉)로 했을 때
    - (다) 용접 패스의 개별 두께가 6 mm(1/4 in)를 초과하지 않을 때
  - (3) 비압력부를 압력부에 부착하는 필릿용접으로서 목두께가 13mm 이하이고, 압력부의 두께가 19mm를 초과하는 경우 95℃로 예열
- 나. 위 표에 규정한 온도에서 용접후열처리를 하는 것이 어려운 경우, 아래 8에 따라 좀더 낮은 온도에서 유지시간을 길게 하여 용접후열처리를 하여도 된다.

2. P-No. 3

재료	최저유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50mm 이하	50mm 초과 125mm 이하	125mm 초과
P-No. 3 Gr.1,2,3	595	1시간/25mm, 최소 15분	2시간 + * 15분/25mm (* 50 mm 초과분에 적용)	2시간 + * 15분/25mm (* 50 mm 초과분에 적용)

가. P-No.3 Gr.3 재료를 제외하고, 다음 조건에 해당되는 경우 P-No.3 재료에 대한 용접후열처리는 하지 않아도 된다.(P-No.3 Gr.3 재료는 두께에 상관없이 용접후열처리를 하여야 한다.)

- (1) 관, 튜브, 헤더의 원주방향 맞대기 용접부로서, 관, 튜브, 헤더의 공칭 두께가 16mm 이하이고, 최대 탄소함유량이 0.25% 이하.
- (2) 소켓용접 피팅에 사용하는 필릿 용접으로서 다음 조건들을 만족하는 경우.
  - (가) 모재두께에 관계없이 필릿 용접의 목두께 13mm 이하.
  - (나) 최대 탄소함유량이 0.25% 이하.
  - (다) 압력부의 용접두께가 16mm를 초과하는 경우 95℃ 이상으로 예열.



(3) 목두께가 13mm 이하인 필릿용접이나 용접두께가 13mm 이하인 그루브와 필릿 조합용접으로 비압력부를 부착하는 것으로서, 최대 탄소함유량이 0.25 % 이하이며, 압력부의 두께가 16mm 를 초과하는 경우 95℃ 이상으로 예열.

나. 위 표에 규정한 온도에서 용접후열처리를 하는 것이 어려운 경우, 아래 8에 따라 좀더 낮은 온도에서 유지시간을 길게 하여 용접후열처리를 하여도 된다.

다. 관성·연속구동 마찰용접법을 사용하는 용접부는 재료 두께에 관계없이 용접후열처리를 하여야 한다.

3. P-No. 4

재 료	최저 유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50mm 이하	50mm 초과 125mm 이하	125mm 초과
P-No. 4 Gr. 1.2	650	1시간/25mm, 최소 15분	1시간/25mm	5시간 + * 15분/25mm (* 125mm 초과분에 적용)

가. 다음 조건에 해당되는 경우 P-No. 4 재료에 대한 용접후열처리는 하지 않아도 된다.

(1) 관 및 튜브의 원주방향 맞대기용접으로서 관 및 튜브가 다음의 조건을 모두 만족하는 경우.

(가) 최대 두께 16mm

(나) 최대 탄소함유량이 0.15% 이하.

(다) 최저 예열온도가 120℃, 이러한 최소 예열온도는 다층 GTAW 공정을 사용하여 맞대기 용접하는 경우, 최대 바깥지름이 38mm 까지 그리고 최대 두께가 4.2mm까지의 SA-213 Gr T11 튜브 재료에 대해서는 요구되지 않는다.

(2) 소켓용접 피팅에 사용되는 필릿 용접으로서 다음 조건들을 만족하는 경우.

(가) 모재두께에 관계없이 필릿 용접의 목두께 13mm 이하.

(나) 최대 탄소함유량이 0.15% 이하.

(다) 최저 예열온도가 120℃.

(3) (1) (가)부터 (다)까지의 요건을 만족하는 관 및 튜브로서 다음 조건 중 하나에 해당되는 경우.

(가) 비압력부를 관 및 튜브에 부착하는 필릿 용접으로서 필릿 용접 목두께가 13mm 이하이고 예열온도가 120℃ 이상.

(나) 비압력부를 압력부에 부착하는 그루부와 필릿 조합용접으로서 용접두께가 13mm 이하이고 예열온도가 120℃ 이상.

나. 관성·연속구동 마찰용접법을 사용하는 용접부는 재료두께에 관계없이 용접후열처리를 하여야 한다.

4. P-No. 5

재 료	최저 유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50mm 이하	50mm 초과 125mm 이하	125mm초과
P-No. 5AGr.1, P-No. 5BGr.1	675	1시간/25mm, 최소 15분	1시간/25mm	5시간 + * 15분/25mm (* 125 mm 초과분에 적용)

가. P-No. 5B Gr.2 재료를 제외하고, 다음 조건에 해당되는 경우 용접후열처리를 하지 않아도 된다.

(1) 관, 튜브의 원주방향 맞대기용접으로서 관, 튜브가 다음의 조건을 모두 만족하는 경우.

(가) 최대 크롬함유량이 3.0%.

(나) 최대두께가 16mm

(다) 최대 탄소함유량이 0.15% 이하.

(라) 최소 예열온도가 150℃

(2) 소켓용접 피팅에 사용되는 필릿 용접으로서 다음 조건들을 만족하는 경우.

(가) 최대 크롬함유량이 3.0%.

(나) 모재두께에 관계없이 필릿 용접의 목두께가 13mm 이하.

(다) 최대 탄소함유량이 0.15% 이하.

(라) 최소 예열온도가 150℃

(3) (1) (가)에서 (라)까지의 요건을 만족하는 관 및 튜브로서 다음 조건 중 하나에 해당되는 경우.

(가) 비압력부를 관 및 튜브에 부착하는 필릿 용접으로서 필릿 용접 목두께가 13mm 이하이고 예열온도가 150℃ 이상.

(나) 비압력부를 압력부에 부착하는 그루부와 필릿 조합용접으로서 용접두께가 13mm 이하이고 예열온도가 150℃ 이상.

나. 관성·연속구동 마찰용접법을 사용하는 용접부는 재료 두께에 관계없이 용접후열처리를 하여야 한다.

4.1 P-No. 15E

재 료	최저유지온도℃ [주(1) 및 (2)]	최고유지온도℃ [주(3) 및 (4)]	(공칭) 용접두께에 대한 정상온도에서 최소유지시간	
			125mm까지	125mm초과
P-No. 15E Gr. No. 1	730	775	1시간/25mm, 최소 30분	5 시간 + * 15분/25mm (* 125mm 초과분에 적용)

주:

(1) 공칭용접두께가 13mm 미만이면, 최저유지온도는 720℃이다.

(2) 이종 금속의 용접(즉, P-No. 5B 그룹 No. 2와 크롬함량이 적은 페라이트, 오스테나이트 강 또는 니켈을 주성분으로 하는 합금)에 대해서는, 만일 용가제 금속의 크롬함량이 3% 미만이거나, 또는 용가제 금속이 니켈을 주성분으로 하는 합금 또는 오스테나이트 강 이면, 최저유지온도는 705℃가 되어야 한다.

(3) 명시된 최고유지온도는 용접 시 사용하는 적정 용가제의 실제 화학성분을 모를 경우에 사용한다. 만일 상대 용가제 금속의 실제 화학성분을 알고 있다면, 그 최고유지온도는 다음과 같이 올릴 수 있다.

(가) 만일 Ni + Mn이 1.5% 미만이지만 1.0% 이상이면, 최고용접후열처리온도는 790℃이다.

(나) 만일 Ni + Mn이 1.0% 미만이면, 최고용접후열처리온도는 800℃이다.

위의 (3)에 대한 설명: 상대 용가제 재료에 대한 보다 낮은 변태온도는 주로 Ni+Mn의 총계인 합금함량에 의해서 영향을 받는다. 최대유지온도는 임계구역 간의 열처리를 피하기 위해서 설정하여야 있다.

(4) 한 구성부품의 한 부분이 위에서 허용하는 열처리온도를 초과하여 가열된다면, 다음의 조치들 중 한 가지를 취하여야 한다.

(가) 그 구성부품 전체를 다시 노멀라이징과 템퍼링을 하여야만 한다.

(나) 만일 위의 표나 주 (3) (가)에 있는 최고유지온도를 초과한다면 용접 금속을 제거하고 다시 시공하여야 한다.

(다) 800℃를 초과하여 가열된 부분과 과열구역의 양쪽에서 적어도 75mm는 제거하고 다시 노멀라이징과 템퍼링을 하거나 재시공하여야 한다.

(라) 상기 허용온도보다 높은 열을 받은 부분은 위의 규정온도에 따른 열처리가 실시 되었을 경우, 이들에 대한 허용응력은 등급9 재료(즉, SA-213-T9, SA-335-P9, 또는 동등 재료)의 설계온도에서의 허용응력을 적용한다.

5. P-No. 6

재료	최저유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50mm 이하	50mm 초과 125mm 이하	125mm 초과
P-No. 6 Gr.1,2,3	760	1시간/25mm, 최소 15분	1시간/25mm	5시간 + 125mm 초과 25mm 당 15분

가. P-No. 6 재료로서 재료 및 제작이 다음 조건을 만족하는 타입 410 재료의 경우, 용접후열처리는 하지 않아도 된다.

(1) 최대 탄소함유량이 0.08% 이하.

(2) 사용한 용접봉이 오스테나이트 크롬-니켈 용착물 또는 비-공냉경화(non-air-hardening) 니켈-크롬-철 용착물을 생성하여야 하며, 다음 추가요건을 만족하는 경우.

(가) 용접이음부의 재료 두께가 10mm 이하.

(나) 재료두께가 10mm 초과 38mm 이하인 경우, 용접 중에 230℃의 예열온도를 유지하고 용접이음부는 전체길이에 걸쳐 체적 비파괴시험을 한 것.

나. 관성·연속구동 마찰용접법을 사용하는 용접부는 재료 두께에 관계없이 용접후열처리를 하여야 한다.

6. P-No. 7

재료	최저유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50mm 이하	50mm 초과 125mm 이하	125mm 초과
P-No. 7 Gr.1,2	730	1시간/25mm, 최소 15분	1시간/25mm	5시간 + 125mm 초과 25mm 당 15분

가. P-No.7 재료에 대한 용접후열처리는 제1항제3호부터 제6호까지에 명시한 바와 같이 시행하여야 한다. 다만, 650℃를 넘는 온도 범위에서는 냉각률을 최대 55℃/hr 로 하고, 그 이하의 온도 범위에서는 취성화를 방지하기 위해 냉각속도를 충분히 빠르게 하여야 한다.

나. P-No.7 재료로서 재료 및 제작이 다음 조건을 만족하는 타입 410 재료의 경우, 용접후열처리는 하지 않아도 된다.

(1) 최대 탄소함유량이 0.08% 이하.

(2) 사용한 용접봉이 오스테나이트 크롬-니켈 용착물 또는 비-공냉경화(non-air-hardening) 니켈-크롬-철 용착물을 생성하여야 하며, 다음 추가요건을 만족하는 경우.

(가) 용접이음부의 재료 두께가 10mm 이하.

(나) 재료두께가 10mm 초과 38mm 이하인 경우, 용접 중에 230℃의 예열온도를 유지하고 용접이음부는 전체길이에 걸쳐 체적 비파괴시험을 한 것.

6-1. P-No. 10

재료	최저 유지온도, ℃(°F)	호칭 용접두께에 대한 최소 유지시간 (호칭두께)		
		50mm(2 in.) 이하	50mm(2 in.)초과 125 mm (5 in.)이하	125mm(5 in.) 초과
P-No. 10H Gr. No. 1	없음	없음	없음	없음

주: 아래에 명시한 오스테나이트-페라이트계 듀플렉스 스테인레스강에 대하여, 용접후 열처리는 요구되지도 않고 금지되지도 않는다. 그러나 어떠한 열처리라도 적용할 경우, 아래와 같이 실시해야 하며 급속 냉각을 시켜야 한다.

합금	용접후 열처리, 온도, ℃(°F)
S31803	1,020-1,100(1,870-2,010)

7. P-No. 10

재 료	최저 유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50mm 이하	50mm 초과 125mm 이하	125mm 초과
P-No. 10I Gr.1	675	1시간/25mm, 최소 15분	1시간/25mm	1시간/25mm

가. P-No. 10I 재료 (ASME SA-268 TP 446에 한함)에 대한 용접후열처리는 제1항제3호부터 제6호까지에 명시한 바와 같이 시행하여야 한다. 다만, 650℃ 이상에서는 냉각속도를 55℃/hr 이하로 하고, 그 이후에는 취화(embrittlement)를 방지하기 위해 냉각속도를 충분히 빠르게 하여야 한다.

8. 탄소강과 저합금강에 대한 용접후열처리 대체 요건

최저 규정 온도로부터 감소되는 온도량 ℃	감소된 온도에서의 최소 유지시간(t), (시간/25mm 두께)	비고
28	2	
56	4	
83	10	(2)
111	20	(2)

가. 제2항에서 허용하는 경우에만 적용한다.

주(1) 두께 50mm 이하에서 25mm 당의 최소 유지시간이며, 50mm 초과분에 대해서는 25 mm 당 15분씩 추가한다.

(2) P-No. 1 Gr.1, 2 재료에 한해 감소온도로 용접후열처리가 허용된다.

**제32조 (완전한 용접시공을 위한 조치)** 기술기준 제166조에서 "용입이 충분하게"하기 위해서는 제2장 "용접시공법"(제4조부터 제18조까지), 제21조 "용접부의 설계" 및 제26조 "개선편의 체결"에 적합하여야 한다.

**제33조 (용접부의 결합)** "언더컷, 오버랩, 크레이터, 슬래그혼입, 블로우홀등 이와 유사한 결함으로 인해 건전한 용접부 확보에 지장이 없게" 하기 위해서는 제2장 "용접시공법"(제4조부터 제18조까지), 제 25조 "이음부분의 다듬질" 및 제28조 "비파괴검사"에 적합하여야 한다.

㉔ 결합의 보수

1. 육안검사, 누설검사 또는 제28조에 규정한 시험으로 검출되고, 불합격으로 판정된 균열, 기공, 용합불량과 같은 용접 결함부는 기계적 방법이나 열 그루빙(grooving) 방법으로 제거하여야 하고, 그 이음부는 재용접 및 재시험되어야 한다.
2. 튜브-헤더 또는 튜브-드림의 용접 이음부에 제31조제2항에서 요구하는 용접후열처리가 이미 실시되었을 경우, 이음부의 제작업 또는 필릿 용접부 형상을 개선하기 위해 국부적으로 실시한 추가 용접부에는 아래의 나.에 열거한 재료에서는 용접후열처리를 반복하지 않아도 된다. 이 경우, 다음의 모든 제한 조건을 만족하여야 한다.

가. 표면아래로부터 제작업 용접 깊이는 드림 또는 헤더 두께의 10 %나

튜브 벽두께의 50 % 중 작은 값 이하이어야 한다.

나. 제작업 용접을 할 부위는 재료에 나타낸 최소온도 이상으로 예열하여야 한다.

재료	최소에열온도℃(°F)
P-No.3, Gr. No.1 및 2	95(200)
P-No.4	120(250)
P-No.5A	150(300)

다. 튜브의 바깥지름이 100 mm를 초과하지 않아야 한다. 단, P-No. 1 재료의 경우, 170mm를 초과하지 않아야 한다.

라. 제작업 용접에 사용하는 용접절차서는 "발전설비 용접"의 요건에 따라 인정된 것이어야 한다.

3. P-No. 3 Gr. No. 1 및 2 재료의 결합과 이들 재료의 용접 접합부의 결합은 최종 용접후열처리 후에 재용접 보수 하여도 되지만, 최종 수압시험 이전에 실시되어야 한다. 용접 보수는 아래의 요건을 만족하여야 한다.

가. 모재의 결합 제거 : 결합은 제거되거나 허용크기 이하로 줄여야 한다. 용접 수리 전에, 이음부의 결합이 허용크기로 감소되었는지를 확인하기 위해 자분탐상법 또는 침투탐상법을 이용하여 검사하여야 한다. 재료가 비자성인 경우, 침투탐상법만을 사용하여야 한다. 자분탐상 및 침투탐상의 방법은 아래 제4호와 제5호를 따라야 한다. 그러나 검사에 대한 합격 기준은 원래의 모재규격 요건에 따라야 한다.

나. 용접부 및 용접 보수부의 결합 제거 : 결합은 제거되어야 하고, 이음부는 결합의 제거를 확인하기 위해 자분탐상법 또는 침투탐상법을 이용하여 검사하여야 한다. 재료가 비자성인 경우, 침투탐상시험만을 사용하여야 한다. 자분탐상시험 및 침투탐상시험의 방법은 아래 4 와 5를 따라야 한다.

다. 총 보수 깊이는 모재 두께의 10 %를 초과해서는 안 된다. 용접 보수의 총 깊이는 주어진 위치에서 용접부의 양쪽면에서 용접 보수한 깊이의 합으로 취하여야 한다. 이 경우 보수부의 총 면적은 0.065㎡를 초과해서는 안 된다.

라. 그루브 용접에 대해 용접절차시방서의 인정을 위한 판단기준의 요건에 추가하여, 다음 요건을 적용하여야 한다.

- (1) 용접절차시방서 인정은 보수할 재료와 동일한 P-No. 및 Gr. No.의 재료를 이용하여 실시한 것이어야 한다. 사용된 특정 용접기법 또는 용접기법의 조합은 용접 비드밀의 열영향부가 적절한 템퍼링 되도록 개발되고 시험된 것이어야 한다.
- (2) 용접 금속은 수동 SMAW으로 용착되어야 하며, 저수소계 용접봉만

이 사용되어야 한다. 또한 용접봉은 ASME Sec II, Part C, SFA-5.5의 부속서 A 6.12의 요건에 적합한 것이어야 한다.

- (3) 각 용접 층에 대한 최대 입열량은 용접절차시방서 인정시험에 사용된 것을 초과해서는 안된다.
- (4) 최대 용접 비드폭은 용접봉 심선 지름의 4배 이하로 하여야 한다.
- (5) 그루브의 어느 한쪽면에서, 폭이 100 mm 또는 용접 보수부 두께의 4배 중 큰 값과 (동일한 구역(band)을 포함한) 보수부위는 용접하는 동안 최소 175 °C로 예열 및 유지되어야 한다. 층간 최대 온도는 230 °C이어야 한다.
- (6) 용접보수 방법은 다음과 같이 하프비드 용접보수 기법으로 제한하여야 한다. 용착금속의 첫 층은 최대 지름이 3 mm 이내의 용접봉을 이용하여 전 면적에 걸쳐 용착시켜야 한다. 다음 층 두께의 약 1/2은 용접층을 용착시키기 전에 연삭으로 제거하여야 한다. 그 다음 용접층은 최대 지름이 4 mm 이내인 용접봉을 이용하여 이전의 용접 비드 및 열영향부를 템퍼링을 할 수 있는 방법으로 용착시켜야 한다. 최종 템퍼 용접 비드는 모재와의 접촉 없이 보수되는 표면 위쪽까지 적용하여야 하지만, 모재 열영향부의 드임을 확인하기 위해 용접비드 밑의 가장자리까지 충분히 밀착시켜야 한다.

마. 두께가 25 mm를 초과하는 재료의 경우, 모든 용접을 완료한 후, 보수부위를 230 °C ~ 290 °C까지 가열하고 최소 4시간 동안 그 온도로 유지하여야 한다.

바. 모든 최종 템퍼비드 덧살은 실질적으로 모재의 표면과 같은 높이로 제거하여야 한다.

사. 보수 용접 완료 후 상온에 도달하면 그루브를 검사하는데 사용된 것과 동일한 비파괴시험기법을 이용하여 나.의 요건에 따라 검사하여야 한다.

아. 용접보수 후에는 용접된 모든 드럼 및 기타 압력부품에 대해 최대허용사용압력의 1.5배 이상의 압력으로 수압시험을 하여야 한다.

#### 4. 자분탐상검사

##### 가. 결함지시의 평가

지시는 자분의 응집 형태로 나타난다. 그러나 이와 같은 모든 지시가 반드시 결함이라고 할 수는 없다. 표면이 아주 거칠거나 열영향부의 모서리와 같은 부위에서 투자율의 변화 등으로 인해 결함과 유사한 지시를 만들 수 있다. 어떤 결함에 대한 지시는 실제 결함보다 클 수 있지만, 지시의 크기는 합격 평가에 대한 기준이 된다. 1.5mm를 초과하는 치수의 지시는 아래를 참조하여 결함이 있는 것으로 간주하여야 한다.

- (1) 선형지시는 길이가 폭의 3배를 초과하는 경우

- (2) 원형지시는 길이가 폭의 3배 이하인 원형 또는 타원형의 경우

- (3) 의심스러운 지시는 결함과 관련한 것인지 판단하기 위하여 재검사하여야 한다.

#### 5. 침투탐상검사

##### 가. 결함지시의 평가

어떤 결함에 대한 지시는 실제 결함보다 클 수 있지만, 지시의 크기는 합격 평가에 대한 기준이 된다. 1.5mm를 초과하는 치수의 지시는 아래를 참조하여 결함이 있는 것으로 간주하여야 한다.

- (1) 선형지시는 길이가 폭의 3배를 초과하는 경우

- (2) 원형지시는 길이가 폭의 3배 이하인 원형 또는 타원형의 경우

- (3) 의심스러운 표시는 결함과 관련한 것인지 판단하기 위하여 재검사하여야 한다.

**제34조 (용접부의 강도)** 기술기준 제167조에서 “충분한 강도”란 보일러 등에 관계된 용기 또는 관의 용접부는 모재의 강도(모재의 강도가 다른 경우는 약한 쪽의 강도)와 동등 이상의 강도를 갖는 것으로 제2장 “용접시공법”(제4조부터 제18조까지), 제35조 “기계시험”, 제36조 “재시험” 및 제37조 “내압시험”에 적합하여야 한다.

**제35조 (기계시험)** ① 드럼이나 동체와 같이 용융용접에 의해 제작된 내압을 받는 원통형 용기의 압력부는 제2항부터 제9항까지의 요건에 만족하여야 한다. 다만, 관, 튜브 및 헤더와 같은 원통형 내압부를 가지고 있으나 P No. 1의 재료로 제작한 용기는 제외한다.

② 용접 시험관 : 그림 2와 같은 치수의 용접 시험관을 용접부와 같은 재료규격 및 용접부와 같거나 큰 두께의 강관으로, 그리고 동체 판에 사용하는 것과 같은 용접절차를 이용하여 준비하여야 한다. 강관의 용접은 다음의 방법 중 하나로 용접하여야 한다.

- 1. 용접할 가장자리가 대응하는 길이방향 이음부 가장자리에 연속되도록 시험관을 각 압력 용기의 한 쪽 길이방향 이음부의 한쪽 끝에 그림 3에 나타난 대로 부착한다. 이러한 경우에, 용착금속은 동체 이음부의 용착금속과 연속적으로 시험관의 용접 이음부에 용착되어야 한다. 이러한 방법은 원주방향 이음부만 있는 압력용기에는 적용하지 않는다.

- 2. 시험관 내의 이음부를 동체 판의 이음부에 연속으로 부착하지 않고 용접한다.

- ③ 비원통 압력부품이 압력용기와 일체형이 아닌 경우, 시험관의 두께는 압력부품의 두께 이상인 것으로 준비하여야 한다.

- ④ 동일한 설계의 압력부 여러 개를 연속하여 용접하는 경우, 그 판이 같은 용접절차에 포함되는 동일한 재료일 때, 주 용접이음 최대 60m 마다 한 개의 시험관을 만들어야 한다. 본체의 용접부에 대하여 용접후열처리를 하는 경

우에는 시험편은 이와 동등한 용접후열처리를 하여야 한다.

그림 2. 길이방향 용접부 시험편 채취위치 및 형상

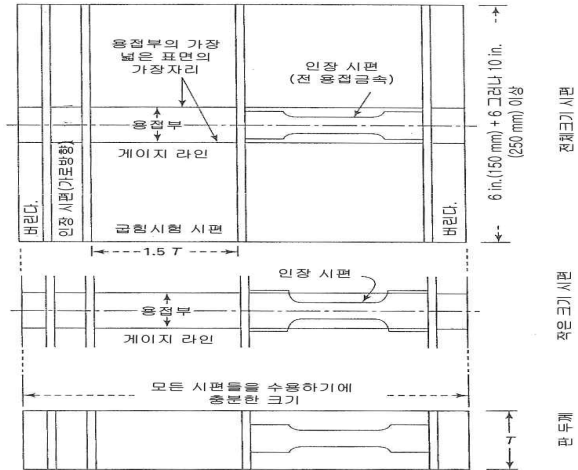
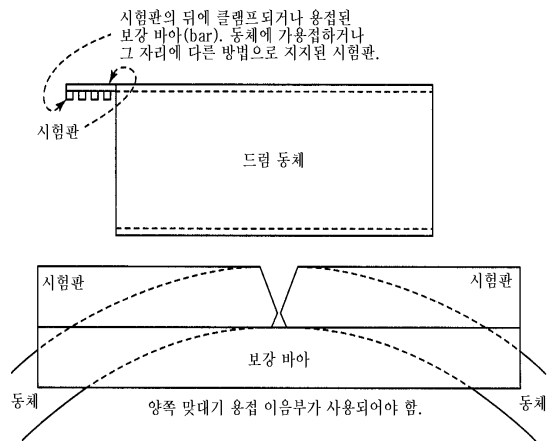


그림 3. 시험편의 부착방법



⑤ 하나의 압력용기에 1명 이상의 용접사 및 자동용접사가 작업할 때, 검사원

은 필요한 시험편을 만들어야 할 용접사 또는 자동용접사를 지정할 수 있다.

- ⑥ 용접으로 인해 시험편이 기준선에서 5°를 초과하지 않도록 시험편을 지지하여야 하며 시험편은 발생된 모든 휘어짐이 제거되도록 용접후열처리 전에 평평하게 하여야 한다. 시험편은 그것을 대표하는 압력용기와 동일한 예열처리와 동일한 용접후열처리를 하여야 한다. 어떠한 경우에도 예열 또는 용접후열처리의 온도가 압력용기에 적용하는 온도보다 높아서는 아니 된다.
- ⑦ 인장시험과 굽힘시험을 위한 시험편은 그림 2와 같이 채취하여야 하며, 그림 2, 그림 4 및 그림 4.1 같은 치수로 가공하여야 한다.

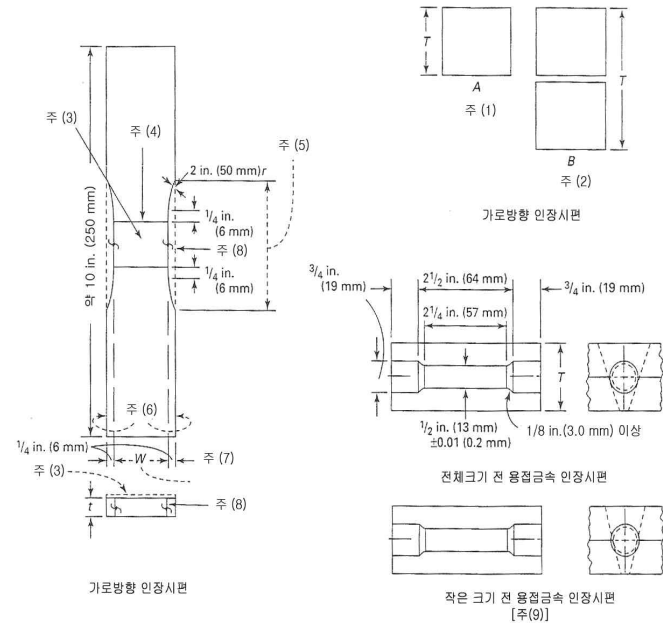


그림 4. 인장시험편의 상세치수

- (1) A - 인장시험편의 단면
- (2) B - 매우 두꺼운 판의 인장시험편의 단면
- (3) 용접 덧살은 모재와 동일평면이 되게 기계가공을 하여야 한다.
- (4) 용접부의 가장 넓은 면의 가장자리
- (5) 이 부분은 가급적이면 밀링으로 기계가공을 한다.(6) 이 가장자리는 화염절단을 해도 된다.
- (6) 만일  $t$ 가 1 in.(25mm)를 초과하지 않으면,  $W = 1\frac{1}{2}$  in.(38mm) ±

0.01 in.(0.2mm). 만일  $t$ 가 1 in.(25mm)를 초과하면,  $W = 1$  in.(25 mm)  $\pm$  0.01 in.(0.2mm) 단, 시험을 위해 모재두께의 시험편을 분할하는 경우  $t$ 는 분할한 후 시험편의 두께를 의미한다.

- (7) "f"는 가볍게 다듬질한 절단부를 나타낸다.
- (8) 시험편 치수는 SA-370에 따른다.

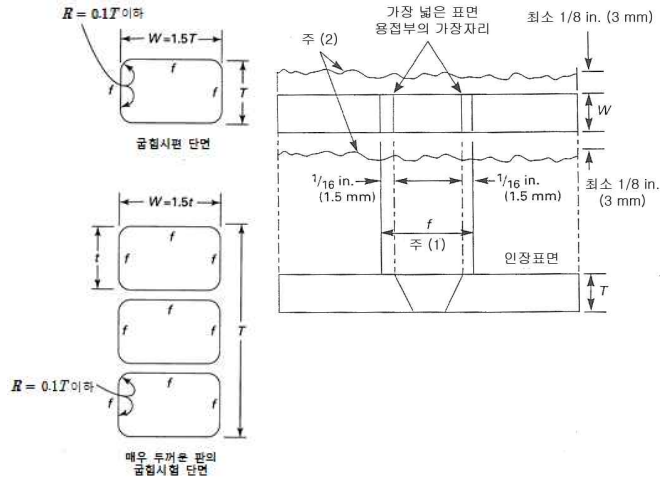


그림 4.1 압축시험편의 상세치수

- ⑧ 인장시험은 이음부 및 용착금속에 대하여 시험을 하여야한다.
  1. 이음부의 인장시험편은 용접이음의 가로방향으로 채취하여야 하며, 그 두께는 용접판 두께와 같아야 한다. 여기서 용접판 두께는 용접부 앞·뒷면을 강판 면과 평평하게 기계가공한 후의 두께이다. 사용할 시험장비의 용량이 용접판과 같은 두께의 시험편으로 시험하기 어려운 경우에는 시험편의 두께를 얇은 톱으로 필요한 수만큼 나누어도 되며, 나누어진 각 각 시험편하여 해당 요건에 만족하여야 한다.
  2. 그림 2와 같이 가로방향 인장시험 시험편이 용접부에서 파단 된다면, 그 인장강도는 모재의 규정인장범위의 최소 미만인 되어서는 아니 된다. (여기서 규정하는 이음시험편의 인장시험은 판재가 아닌 용접된 이음의 시험을 목적으로 하는 것이다.) 그 시험편이 그 모재의 규정인장강도의 95% 이상에서 그 용접부의 밖에서 파단하고 그 용접부가 아무런 약한 표식을 보이지 않는다면, 그 시험은 요건을 충족시키는 것으로 합격처리를 하여야 한다. 시험편이나 그 한 부분이 국부적 결함 때문에 그 강도 허용오차 아

래에서 모재가 파단 될 때는, 시험편 하나를 추가적으로 시험하고 그 요건을 충족시켜야 한다.

- 3. 용착금속에 대한 인장시험편은 시험편 전체를 용착금속에서 채취하여야 하고, 다음 요건을 만족하여야 한다.

가. 인장강도 = 모재의 최소 인장강도 이상

나. 최소 연신율(%), 50mm 길이내 = 20 또는,  $4,820/U + 10$ , 중 작은 값

여기서, U = 모재의 최소 인장강도로서 해당되는 응력표에 주어진 값, MPa

- 4. 강판 두께가 16mm 미만인 판의 경우 용착금속의 인장시험은 하지 않아도 된다.

- ⑨ 굽힘시험 : 시험편은 용접판과 같은 두께로서, 용접이음의 가로방향으로 채취하여야 하며, 폭이 시험편두께의 1.5배인 직사각형 단면이어야 한다.

- 1. 사용할 시험장비의 용량이 용접판과 같은 두께의 시험편을 시험하기 어려운 경우에는 시험편의 두께를 얇은 톱으로 필요한 수만큼 나누어도 되며, 나누어진 각 부분은 각각 시험하여 해당 요건에 만족하여야 한다.

가. 용접부의 앞·뒷면은 시험편의 면과 평평하게 가공하여야 한다. 이 면의 가장자리는 반지름이 시험편 두께의 10% 이하로 둥글게 가공하여야 한다.

나. 시험편은 굽힘 시험편의 바깥쪽 섬유조직에서 대략 전체 용접부 이내 또는 전체 용접부에 걸쳐 측정된 최소 연신율이 30% 또는  $4,820/U + 20\%$  중 작은 값에 이를 때까지 자유굽힘 상태에서 냉간 굽힘되어야 한다.

- 2. 제1호에 규정한 연신율에 이르기 전에 시험편 양끝 사이의 불룩면에 균열이 나타나면, 시험편을 불합격으로 판정하고 시험을 중단하여야 한다. 다만 시험편 모서리의 균열 및 불룩면에 나타나는 작은 불완전부는 그 크기가 3.0mm 이하인 경우 불합격으로 간주하지 않는다.

- 3. 시험편의 채취수량 및 시험 종류는 표 11에 의하며 합격기준은 제16조제1항을 준용한다.

**제36조 (재시험)** ① 시험편이 10% 초과하여 해당 요건을 만족시키지 못한 경우에는 재시험은 허용되지 않는다. 다만, 허용 가능한 형태의 불완전부로 인해 자유굽힘 시험편이 파손된 경우에는 재시험을 할 수 있다.

② 시험편이 10% 이내에서 해당요건을 만족시키지 못한 경우에는 재시험이 허용된다. 2번째 시험편의 용접작업은 앞서 불합격된 시험편을 용접했던 작업자가 하여야 하며, 재시험은 2번째 판에서 채취한 시험편으로 하여야 한다.

③ 재시험은 이전의 요건을 만족하여야 한다. 인장 재시험을 하는 경우 2개의 시험편은 2번째 판에서 채취되어야 하며, 2가지 모두 해당요건에 만족하여야 한다.

④ 같은 종류의 시험편이 2개 이상이고, 1개 이상의 시험편이 10% 이내에서

해당요건을 만족시키지 못한 경우, 고려하고 있는 용접에 대해 필요로 하는 각 시험편마다 재시험을 실시하여도 된다. 이 경우에도 각 시험편은 해당요건에 만족하여야 한다.

- ⑤ 용착금속 인장시험편의 연신율이 규정 값 미만이고 임의의 파괴부분이 시험편 표점거리 50mm의 중심에서 19mm 초과하여 떨어져 있다면 재시험이 허용된다.

**제37조 (수압시험)** ① 보일러를 완성한 후(제3항에 따르는 것 제외)에는 물로써 수압시험을 하여야 하며, 물의 온도는 주위온도 이상으로 하되 반드시 20℃ 이상이어야 한다. 또한, 수압시험을 실시하는 동안 보일러의 어느 부분이든 그 응력이 시험온도에서 항복강도(0.2% offset)의 90%를 초과하지 않아야 한다.

- ② 수압시험 방법 : 시험은 다음의 순서에 따라 2단계로 실시한다.
  1. 1단계 : 수압시험 압력은 최대허용사용압력(MAWP)의 1.5배까지 서서히 올려야 한다.
  2. 2단계 : 수압시험 압력을 최대허용사용압력까지 낮추고, 누수확인을 위한 육안검사를 실시한다. 보일러를 상세 검사할 동안 그 압력을 유지하여야 하며 근접 검사를 하는 동안 금속온도는 50℃를 초과하지 않아야 한다.
- ③ 관류형 보일러 수압시험 : 증기와 물의 경계선이 고정되지 않은 강제유동 증기발생기(관류형 보일러)로서 압력부가 물-증기 유동경로에 따라 서로 다른 압력으로 설계된 경우, 완성된 보일러의 수압시험은 다음 조건하에서 제2항에 따른다.
  1. 수압시험 압력은 과열기 출구 최대 허용사용압력의 1.5배 이상이 되어야 하나, 보일러의 어느 부분에 대해서든 최대 허용사용압력의 1.25배보다 낮지 않아야 한다.
  2. 수압시험 압력은 과열기 출구의 최대 허용사용압력보다는 높아야 한다.
- ④ 제3항의 규정에도 불구하고 시험을 하는 기기 등의 구조상 위항에서 규정하는 압력으로 시험하기가 곤란한 경우에는 시험 가능한 최고압력으로 시험을 하여 이에 견디고 또한 새지 아니하여야 하며 추가로 방사선투과시험, 초음파탐상시험, 자분탐상시험 또는 침투탐상시험중 적합한 한가지 시험을 하여 이에 적합한 경우에는 이를 합격한 것으로 한다.
- ⑤ 시험 계기 지지계기는 압력부에 연결하여야 하며, 계기의 정수두압은 요구되는 시험 압력이 보일러의 상부에서 가해지도록 고려하여야 한다.
  1. 시험에 사용하는 다이얼식 압력계기는 최대예상 시험압력의 약 2배 범위에 걸쳐 눈금이 있는 것이 좋으나, 적어도 1.5배 이상의 범위에 눈금이 있어야 한다.
  2. 측정값이 다이얼식 압력계로 얻는 것 이상의 정확도를 가지면, 압력 눈금 범위가 넓은 디지털식 압력계를 사용하여도 된다.

## 제4장 압력용기

**제38조 (용접부의 형상)** 기술기준 제164조에서 규정한 “안전한 형상”이란 압력용기에 관해서는 제39조부터 제42조까지에 적합한 것을 말한다.

**제39조 (용접부의 설계)** ① 압력용기의 길이어음 및 둘레이음의 용접부는 1 및 2를 제외하고는 맞대기 양쪽면 용접, 받침쇠를 사용한 맞대기 한쪽면 용접 또는 초층 불활성가스아크용접으로 설계하여야 한다.

1. 외경이 600mm 이하이며 모재의 두께(모재의 두께가 다른 경우는 두꺼운 쪽의 두께)가 16mm이하인 이음의 용접부 맞대기 한쪽면 용접. 다만, 모재의 구분이 별표2에 언급한 P-No.1 또는 P-No.3(Gr.1 및 Gr.2에 한한다) 이외의 것으로 만들어진 길이어음은 제외한다.
2. 모재의 두께가 16mm이하인 용기의 둘레이음의 용접부로서 양측 전두께 필릿 겹치기 이음용접[이 경우에 있어서 모재 겹침부의 길이는 모재 두께의 4배(25 mm 이하의 경우는 25mm) 이상이 되어야 한다.]

② 제1항 이외는 모양과 형상에 따라 아래에 열거하는 방법으로 하여야 한다.

1. 관대 또는 관과 펌프, 밸브 및 이들과 유사한 맞대기 용접에 의한 이음용접부는 별도그림 45와 같다.
2. 플랜지이음 용접부는 별도그림 46의 (1)에서 (7)까지와 같다.
3. 동체, 드럼 및 경판에 용접으로 부착되는 노즐 및 기타 연결부의 이음용접부는 별도그림 47 (1)에서 (30)까지와 같다.

**제40조 (정렬)** ① 압력용기의 맞대기용접에 의한 이음면의 어긋남은 그림 5의 용접 이음부 분류 및 아래 표 20의 모재의 두께(모재의 두께가 다를 경우는 얇은 쪽의 두께)구분에 따라 정하는 값을 초과해서는 아니 된다. 용접부의 단면두께 t는 이음부에서 얇은 쪽의 공칭두께이다.

[표 20] 모재의 두께 및 이음 종류의 구분에 따른 어긋남의 값(mm)

단면 두께	이음의 분류에 따른 어긋남 값	
	A	B, C 및 D
13 이하	1/4 t	1/4 t
13 초과 19 이하	3mm	1/4 t
19 초과 38 이하	3mm	5mm
38 초과 51이하	3mm	1/8 t
51 초과	1/16 t 또는 10mm 중 작은 값	1/8 t 또는 19 mm 중 작은 값

- ② 원형동체 압력용기의 허용진원도는 입의 단면에서 최대 및 최소 내경의 차이가 해당 단면에서 공칭지름의 1%이하이어야 한다.
- ③ 원주방향 용접이음에 있어서 선단각(half-apex angle)  $\alpha$ 가  $30^\circ$  이하이면 맞대기 용접이며,  $\alpha$ 가  $30^\circ$ 를 초과하면 앵글이음으로 한다.

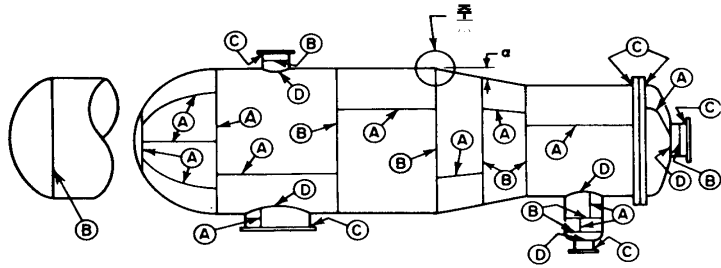


그림5. 분류 A, B, C 및 D의 용접 이음부 위치의 일반적인 예  
 주(1) 원통부에 지름변화부를 연결하는 맞대기 용접이음분류 B의 허용 이음 각도  $\alpha$ 는  $30^\circ$  이내이다.

**제41조 (두께가 다른 소재의 맞대기 용접)** ① 압력용기의 두께가 다른 소재의 맞대기 용접은 아래 그림6에 따라야 한다. 이 경우 재료 이음매의 단면 두께 차가 얇은 쪽 재료두께의 1/4을 넘거나 3mm를 넘는 경우, 그림 6에서와 같이 테이퍼 천이부의 길이는 연결면 간 두께차의 3배 이상이 되어야 한다. 이와 같은 균일한 테이퍼 천이부가 만들어지는 한 어떠한 공정으로 성형하여도 좋다.

② 동체의 길이 방향 이음인 경우 용접하는 재료 두께의 중앙선은 표 20에 있는 어긋남 제작공차 내에 있어야 한다.

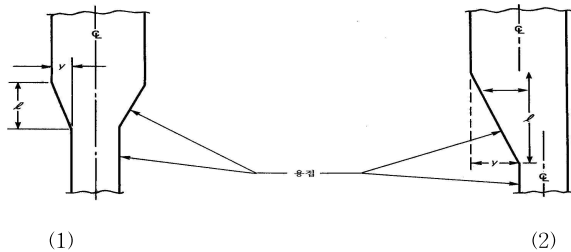
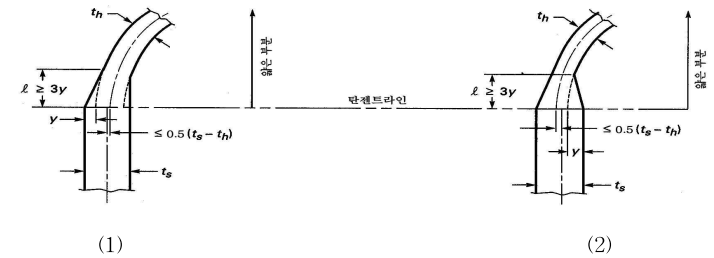


그림 6. 두께가 다른 맞대기용접 강판의 이음

- 비고 1. 어떠한 경우에도  $l \geq 3y$ 이어야 한다. 여기서  $l$ 는 테이퍼의 길이이고,  $y$ 는 두 부재 사이의 두께차이다.
- 2. 테이퍼의 길이  $l$ 은 용접폭을 포함할 수 있다.
  - 3. 테이퍼는 내부 또는 외부에 둘 수 있다.

- ③ 성형경관 및 동체 사이의 이음에 있어서 두께차이가 얇은 쪽 단면 두께의 1/4 또는 3mm 중에서 작은 값보다 큰 경우에는 그림 7 (1) 및 (2)에서와 같이 맞대기 이음부분의 윗쪽의 3배 이상 길이를 갖는 기울기 변화부를 가져야 한다. 그림 7 (3) 및 (4)에서처럼 맞대기용접으로 부착되는 동체보다 두꺼운 성형경관에 기울기가 요구되는 경우에는 기울기 변화부의 요구길이가 탄젠트라인을 넘지 않도록 스킵트는 충분한 길이로 한다. 동체와 경관의 중심선 어긋남은 그림 7 (1), (2), (3) 및 (4)에 나타난 것과 같이 실제 동체 두께와 경관두께 차의 1/2보다 커서는 아니 된다.



- 비고 1. 요구되는 테이퍼의 길이  $l$ 은 용접의 폭을 포함할 수 있다.
- 2. 어떠한 경우에도 테이퍼된 길이  $l$ 은  $3y$  이상이어야 한다.
  - 3. 동체 관 중심선은 경관 중심선의 어느 쪽에도 올 수 있다.

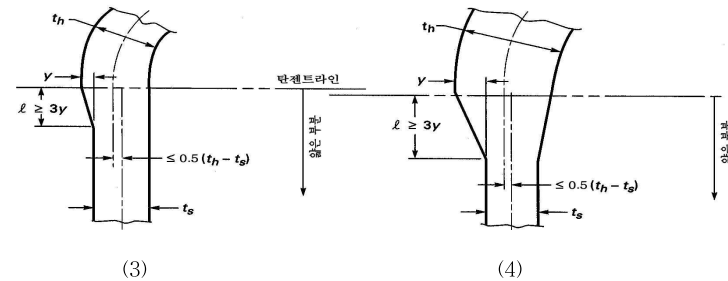


그림7. 두께가 다른 맞대기용접 경관

- 비고 1.  $t_b$ 가  $t_s$ 보다 클 때에는 어떠한 경우에도 길이  $l$ 은  $3y$  이상이어야 한다. 스킵트의 최소길이는  $3t_b$ 이다. 그러나 요구되는 테이퍼의 길이를 제공하기에 필요한 경우를 제외하고는 38mm를 초과할 필요는 없다.
- 2.  $t_b$ 가  $1.25t_s$  이하인 경우에도 스킵트의 길이는 요구되는 어떠한 테이퍼에 대해서도 충분하여야 한다.
  - 3. 요구되는 테이퍼의 길이,  $l$ 은 용접부의 폭을 포함할 수 있다. 동체 관 중심선은 경관 중심선의 어느 쪽에도 올 수 있다.



**제42조 (이음부의 다듬질)** ① 압력용기의 용접부로서 비파괴시험을 실시하는 표면은 매끈하고 모재의 표면보다 낮아서는 아니 된다. 또한, 모재의 표면과 층이 생기지 않도록 다듬질 하여야 한다. 이 경우에 비파괴시험을 필요로 하는 맞대기 용접부의 용접 덧살 높이는 아래 표 21에 정하는 모재의 두께(모재의 두께가 다를 경우에는 얇은 모재의 두께)의 구분에 따라 각각 표의 용접 덧살 높이의 값 이하가 되어야 한다.

[표 21] 용접 덧살 허용 두께(mm)

재료 공칭두께	최대 용접 덧살	
	분류 B 및 C의 맞대기 용접부	기타 용접부
2.4 미만	2.4	0.8
2.4 이상 4.8 이하	3.2	1.6
4.8 초과 13 이하	4.0	2.4
13 초과 25 이하	4.8	2.4
25 초과 51 이하	5	3.2
51 초과 76 이하	6	4
76 초과 102 이하	6	6
102 초과 127 이하	6	6
127 초과	8	8

\* 분류 B 및 C 는 그림5를 참조한다.

**제43조 (용접부의 균열)** 기술기준 제165조에서 규정한 “용접에 의한 균열이 없게”하기 위해서 압력용기에 관해서는 제44조부터 제49조까지의 요구조건에 적합하여야 한다.

**제44조 (용접면의 청결)** 압력용기 용접부의 개선면 및 인접부는 용접에 앞서 수분, 도료, 유지, 먼지, 유해한 녹, 용입찌꺼기 및 그 밖에 유해한 이물을 제거하여야 한다.

**제45조 <삭제>**

**제46조 (비파괴검사 범위)** ① 압력용기 중 다음의 용접이음에는 전체길이에 대하여 방사선투과시험을 하여야 한다.

1. 인체에 치명적인 물질을 포함하는 용기의 동체와 경관의 모든 맞대기 용접
2. 용접이음에서의 최소공칭두께가 38mm를 초과하는 압력용기
3. 탄소강 및 저합금강, 고합금강, 비철금속, 클래드 용기 및 열처리로 인장특성을 향상시킨 페라이트강의 용접이음으로서 판두께 또는 벽두께 중에서 얇은 쪽이 표 22에 주어진 두께의 한계를 초과하는 모든 맞대기 용접

[표 22] 맞대기용접의 완전 방사선투과시험을 하여야 하는 두께

재료의 분류		재료의 공칭두께(mm)
P-No.	Gr. No.	
1	1, 2, 3	32
3	1, 2, 3	19
4	1, 2	16
5A	1, 2	0
5B	1, 2	0
5C	1	0
9A	1	16
9B	1	16
10A	1	19
10B	1	16
10C	1	16
10F	1	19

4. 단일 패스로서 38mm보다 큰 일렉트로 가스용접으로 이음되는 용접 또는 임의두께의 일렉트로슬래그용접으로 이음되는 모든 맞대기 용접
5. 비철금속중 티타늄, 지르코늄, 티타늄과 지르코늄합금으로 된 압력용기 중 그림5의 용접이음 분류 A와 B
6. 비철금속중 합금 200(UNS No. N02200), 201(UNS No. N02201), 400(UNS No. N04400), 401(UNS No. N04401), 600(UNS No. N06600)을 제외한 별표2에 제시된 재료로 된 맞대기 용접 이음은 판이나 또는 용접 이음에서 압력용기의 외벽두께 중 얇은 쪽이 10mm를 초과할 경우
7. 고합금강재료의 압력용기 중 크롬 용접봉으로 용접되는 스테인리스강 계열과 기타 임의의 용접봉으로 용접되는 430 계열의 재료로 제조되는 압력용기의 모든 두께의 맞대기용접 이음. 다만, 이들 용접부에 대한 중요 보수 부위를 포함하여 크롬 페라이트 용접부에 대한 최종 방사선투과시험은 용접후열처리를 수행한 후에 실시하여야 한다.

② 다음의 용접이음에는 부분 방사선투과시험을 하여야 한다.

1. 그림 5의 용접이음 분류 A, B, C, D에서 용접이음효율을 0.85로 설계한 내,외부 용접면상에 용착된 용접금속과 동일한 성질을 얻을 수 있는 양쪽 면용접 또는 다른 방법으로 이루어진 맞대기이음(위치를 고정시키는 금속 받침쇠를 사용하는 용접은 제외)
2. 그림 5의 용접이음 분류 A, B, C, D에서 용접이음효율을 0.80으로 설계한 1.의 형식에 포함되지 않는 받침쇠를 갖는 한쪽면 용접 맞대기이음

- ③ 기기 등의 구조상 방사선투과시험을 시행하는 것이 현저하게 곤란할 경우에는 방사선투과시험 대응으로, 초음파탐상시험을 할 수 있다
- ④ 다음의 경우에는 추가적으로 초음파탐상시험을 하여야 한다.
  1. 전체길이 및 부분 방사선투과시험에 주어진 요건에 추가하여 EBW에 의하여 이루어진 모든 용접이음에 대하여는 그 용접이음의 전체 길이에 대하여 초음파탐상시험을 하여야한다.
  2. 방사선투과시험이 요구되는 용접이음으로서 관성·연속구동 마찰용접으로 용접이 이루어질 경우에는 그 용접이음의 전체 길이에 대하여 초음파탐상시험을 하여야한다.
- ⑤ 다음의 경우에는 자분탐상시험 또는 침투탐상시험을 실시하여야 한다.
  1. 열처리로 인장특성을 향상시킨 페라이트강 압력용기의 경우, 50mm이하의 안지름을 갖는 별도그림 47의 (1),(2),(3),(8),(9),(10)의 형상을 갖는 노즐
  2. 저온 압력용기의 경우 모든 접합용접 및 용접이음부가 압력을 받는 곳이라면 수압시험 이전 또는 이후 침투탐상시험
  3. UNS N06625(SB-443, SB-444, SB-44 중 Gr.2, 6) 및 UNS N10001, UNS N10665에 포함되는 재료로 된 압력용기의 그루브 용접부나 필릿용접부는 열처리 후에 균열을 찾기 위한 침투탐상시험
  4. 티타늄, 지르코늄, 티타늄과 지르코늄합금으로 된 압력용기의 모든 이음은 침투탐상시험
  5. 합금 200 (UNS No. N02200), 201(UNS No. N02201), 400 (UNS No. N04400), 401 (UNS No. N04401), 600 (UNS No. N06600)을 제외하고 별표2에 제시된 비철금속재료로 된 압력용기나 압력용기 부품의 용접 이음은 완전방사선검사를 요하지 않는 경우 침투탐상시험
  6. 열처리에 의해서 인장특성을 향상시킨 페라이트 강은 자분탐상시험 다만, 용착금속이 비자성체이기 때문에 자분탐상시험을 사용할 수 없는 경우에는 침투탐상시험
  7. SA-333 Gr.8, SA-334 Gr.8, SA-522 Gr. A, B 및 SA-645의 재료로 제조되는 압력용기에 있어서 방사선투과시험으로 검사하지 않은 용접부는 수압시험 전 또는 후에 침투탐상시험

**제47조 (비파괴검사 절차)** 방사선투과검사, 초음파 탐상검사, 자분탐상검사, 침투탐상검사의 방법 및 절차는 제29조에 따른다.

**제48조 (비파괴검사 합격기준)** ① 완전방사선투과검사, 초음파탐상검사, 자분탐상검사, 침투탐상검사의 합격기준은 제30조를 따른다.

- ② 부분 방사선투과시험 시 방사선투과시험의 최소길이는 150mm 이며, 판정기준은 아래와 같다.
  1. 지시가 균열, 용합불량의 부위 또는 용입부족의 부위로 판정되는 용접은 불합격

2. 슬래그가 있거나 공동(cavity)으로서 판정되는 지시가 있는 용접부는 지시의 길이가 %t보다 큰 경우 불합격으로 처리한다. 여기서, t 는 허용된 용접 너비를 제외한 용접두께이다. 용접부에서 두께가 서로 다른 2개의 부재를 이음하는 맞대기용접의 경우에는 t 를 이 두개의 두께 중에서 얇은 쪽으로 택하여야 한다. 완전용입 용접부가 필릿용접을 포함하는 경우에는 필릿의 목두께를 t 에 포함시켜야 한다. 위의 제한범위에 복수의 지시가 일직선상으로 존재하는 경우, 6t 의 길이 범위에 있는 이러한 복수지시 각각의 최대치수(각 지시마다 가장 긴 쪽의 치수)의 합계가 t 미만이고(6t보다 짧은 방사선투과시험에 대해서는 비율을 적용한다) 주목할 만한 각각의 최대지시가 허용할 수 있는 용접금속 길이의 최소한 3L의 간격으로 떨어져 있는 경우에는 그 용접부를 합격으로 한다. 여기서, L은 최대지시(지시 중에서 가장 큰 지시)의 길이이다. 허용할 수 있는 지시의 최대 길이는 19mm 이며, 길이가 6mm 미만인 지시는 판 두께와 상관없이 허용된다. 원형 지시는 완전방사선투과검사가 요구되지 않는 용접의 합격여부를 좌우하는 요소가 되지 못한다.
3. 제1호 및 제2호에 따라서 합격으로 판정한 경우에는 이 부분 방사선투과시험이 대표하는 용접길이 전체를 합격으로 하며, 제1호 및 제2호에서 요구되는 부분 방사선투과시험을 실시한 부분에서 최소품질 요건에 적합하지 않은 용접이 발견된 경우에는 이 부분 방사선투과시험이 대표하는 용접 길이내의 본래 검사 부분에 인접한 2개의 부위에서 추가로 부분 방사선투과시험을 하여야 한다.
4. 이들 2개의 추가 부분검사가 제1호 및 제2호에서 규정한 최소품질요건에 적합한 것으로 판정되는 경우에는 이들 3회의 방사선투과시험이 대표하는 용접 길이는 합격으로 한다. 다만, 최초의 부분 방사선투과시험에서 발견된 결함은 제거하여야 하고, 그 부분은 용접에 의해서 보수되어야 한다.
5. 2개의 추가부분 시험 중에서 하나라도 제1호 및 제2호에서 규정한 최소품질 요건에 적합하지 않은 용접으로 판정되는 경우에는 이 탐상시험들이 대표하는 용접 길이 전체를 허용하여서는 아니 된다.

**제49조 (용접후열처리)** ① 이 기준의 세부요건 및 예외사항을 적용하기 위해서는 용접절차시방서에 따라 용접작업이 수행되어야 하며 아래의 설명을 제외하고는 제2항 및 해당 비고란의 내용에 따라야 한다.

1. 전자빔 용접법으로 3mm보다 두꺼운 페라이트계 재료를 용접할 경우 또는 관성·연속구동마찰 용접법으로 임의 두께의 P-No 3, P-No 4, P-No 5A, 5B, 및 5C, 그리고 P-No. 15E의 재료를 용접할 경우에는 예외사항은 허용되지 않는다.
2. 이음부의 두께가 38mm보다 큰 페라이트계 재료의 일렉트로슬래그 용접부는 결정립 미세화(오스테나이트) 열처리를 하여야 한다. 임의의 단일 패스

의 크기가 38mm보다 큰 페라이트계 재료의 일렉트로가스 용접부는 결정립 미세화(오스테나이징) 열처리를 하여야 한다.

3. 탄소강 및 저합금강의 용접후열처리 공정은 다음 요건들에 따라서 수행하여야 한다.

가. 제조물 또는 부품이 로 속에 놓여질 때 로의 온도는 425℃를 초과해서는 아니 된다.

나. 425℃보다 높은 온도에서 가열속도는 222℃/hr를 동체 판 또는 경판 최대금속 두께의 계수(이 계수는 최대금속두께를 25mm로 나눈 값임)로 나눈 값보다 커서는 안 되며, 어떠한 경우에도 222℃/hr보다 커서는 아니 된다. 가열되는 동안에 제조물 전체에 걸쳐서 임의의 4, 6 m 간격에서 140℃ 보다 큰 온도 변화가 있어서는 아니 된다.

다. 제조물 또는 부품은 열처리를 하는 동안 최고 및 최저온도 차는 특별히 제한된 경우를 제외하고는 83℃ 이하이어야 한다.

라. 가열 및 온도유지기간 동안에 로 내의 대기는 제조물 표면에 과대한 산화를 피할 수 있도록 제어되어야 한다. 로는 제조물에 화염이 직접 닿지 않도록 설계된 것이어야 한다.

마. 425℃보다 높은 온도에서는, 냉각은 밀폐된 노 또는 냉각실에서 280℃/hr를 동체판 또는 경판의 최대 금속두께(이 계수는 최대금속두께를 25mm로 나눈 값임)로 나눈 것보다 크지 않은 속도로 하여야 하며, 어떠한 경우에도 280℃/hr보다 커서는 아니 된다. 425℃ 이하에서는 대기 속에서 냉각할 수 있다.

4. 본체의 용접부에 대하여 용접후열처리를 하는 경우는 시험편에 이와 동등한 용접후열처리를 하여야 한다.

5. 냉간 성형으로 제작되는 탄소강관 및 저합금 강관의 압력용기 동체 부분, 경판, 기타 압력경계 부품은 냉간 성형 결과로 최대연신율(extreme fiber elongation)이 압연상태를 기준하여 5%를 초과할 때는 열처리를 하여야 한다.

② 재질별 열처리 요건은 아래와 같다.

1. P-No. 1

재 료	최저유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50mm 이하	50mm 초과125mm 이하	125mm 초과
P-No. 1 Gr.No.1,2,3	595	1시간/25mm, 최소 15분	2시간 + * 15분/25 mm (* 50mm 초과분에 적용)	2시간 + * 15분/25mm (* 50mm 초과분에 적용)

가. 다음의 경우에는 용접후열처리를 실시하여야 한다.

- (1) 공칭두께가 38mm를 초과하는 재료
- (2) 공칭두께가 32mm 이상이고 38mm 이하인 재료로서 용접하는 동안에 최저온도 95℃에서 예열하지 않는 경우

나. 위 표에 규정된 온도에서 용접후열처리가 곤란한 경우에는 14에 따라서 더 낮은 온도에서 더 긴 시간에 걸쳐 용접후열처리를 할 수 있다.

2. P-No. 3

재 료	최저유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50mm 이하	50mm 초과125mm 이하	125mm 초과
P-No. 3 Gr.1,2,3	595	1시간/25mm, 최소 15분	2시간 + * 15분/25mm (* 50mm 초과분에 적용)	2시간 + * 15분/25mm (* 50mm 초과분에 적용)

가. 다음의 경우에는 용접후열처리를 실시하여야 한다.

(1) 공칭두께가 16mm를 초과하는 P-No. 3, Gr. 1 및 P-No. 3, Gr. 2의 재료

(2) 두께에 관계없이 특수한 조건에 의해 열처리가 요구되는 경우.

나. P-No. 3, Gr. 3의 재료에 대해서는 두께에 관계없이 용접후열처리를 실시하여야 한다.

다. 다음의 경우에는 용접후열처리를 하지 않아도 된다.

(1) 최대 탄소함유량이 0.25% 이하의 압력부품 또는 용접치수가 13mm 이하의 그루브용접 혹은 목두께가 13mm 이하의 필릿용접으로 비압력부품에 부착시킬 경우로서, 최저 95℃의 예열을 할 경우.

(2) 공칭 벽두께가 13mm 이하이고, 또한 최대 탄소함유량이 0.25% 이하의 관이나 튜브의 원주방향 맞대기 용접.

(3) 최대 탄소함유량이 0.25% 이하의 압력부품에 용접되는 스티드로서 최저95℃의 예열을 할 경우

(4) 최대 탄소함유량이 0.25% 이하의 압력부품에 용접될 경우의 내식성 용접금속 육성 클래딩 또는 내식성 라이닝을 부착시키는 용접으로서 초층을 용접할 때에 최저 95℃의 예열온도를 유지한 경우.

라. 위 표에 규정된 온도에서 용접후열처리가 곤란한 경우에는 14에 따라서 더 낮은 온도에서 더 긴 시간에 걸쳐 용접후열처리를 할 수 있다.

3. P-No. 4

재 료	최저유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50mm 이하	50mm 초과 125mm 이하	125mm 초과
P-No. 4 Gr.1,2	650	1시간/25mm, 최소 15분	1시간/25mm	5시간 + * 15분/25mm (* 125mm 초과분에 적용)

가. 다음의 경우에는 용접후열처리를 실시하여야 한다.

(1) 공칭두께가 16mm를 초과하는 SA-202 Gr. A 및 B의 재료

(2) P-No. 4, Gr. 1 및 2의 재료

(3) 두께에 관계없이 특수한 조건에 의해 열처리가 요구되는 경우

나. 다음의 경우에는 용접후열처리를 하지 않아도 된다.

(1) 아래의 모든 조건을 만족하는 P-No. 4 재료의 관이나 튜브에서의 원

주방향 맞대기용접의 경우.

(가) 최대 공칭지름이 DN 100

(나) 최대 공칭두께는 16mm

(다) 최대 탄소함유량이 0.15% 이하

(라) 최저 120℃ 이상 예열할 경우

(2) 위의 (가)에서 (다)까지의 조건을 만족하는 P-No. 4의 관이나 튜브의 재료로서, 필릿용접에 의한 비압력 부착물을 포함한 것으로 아래 사항을 만족하는 경우.

(가) 필릿용접부의 최대 목두께가 13mm

(나) 최저 121℃ 이상의 예열을 할 경우

4. P-No. 5

재 료	최저 유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50mm 이하	50mm 초과 125mm 이하	125mm 초과
P-No. 5AGr.1 P-No. 5BGr.1 P-No. 5CGr.1	675	1시간/25mm, 최소 15분	1시간/25mm	5시간 + * 15분/25mm (* 125mm 초과분에 적용)

가. 아래 나의 경우를 제외하고는 용접후열처리를 실시하여야 한다.

나. 다음의 경우에는 용접후열처리를 하지 않아도 된다.

(1) 아래의 조건을 모두 만족하는 관이나 튜브에서의 원주방향 맞대기용접의 경우.

(가) 최대 크롬함유량이 3.00%

(나) 최대 공칭지름이 DN 100

(다) 최대 공칭두께가 16mm

(라) 최대 탄소함유량이 0.15% 이하인 것

(마) 최저 예열 온도가 150℃ 이상

(2) 위의 (가)에서 (라)까지의 조건을 만족하는 관이나 튜브의 재료로서, 필릿 용접에 의하여 비압력 부착물을 포함하는 것으로서 아래사항에 만족하는 경우.

(가) 필릿용접의 최대 목두께가 13mm

(나) 최저 예열온도가 150℃ 이상

다. 위의 표에 규정된 온도에서 P-No. 5A, P-No. 5B Gr P-No. 1 및 P-No. 5C Gr No. 1의 재료를 용접후열처리 하는 것이 곤란할 경우에는 최저 650℃의 온도에서 용접후열처리 할 수 있으나, 공칭두께가 50mm 이하의 재료일 경우에는 유지시간을 최소 4시간 또는 두께의 4시간/25mm 중에서 큰 쪽의 값으로 증가시킬 수 있으며, 공칭두께가 50mm를 넘을 경우에는 규정의 유지시간에 4배로 할 수 있다.

4.1 P-No. 15E Gr. No. 1

재 료	최저 유지 온도	최고 유지 온도	공칭용접두께에 대한 최저유지온도에서의 최소 유지시간	
		아래 다 및 라	125mm 까지	125mm 초과
P-No. 15E Gr. No. 1	730℃	775℃	1시간/25mm 최소 30분	5시간 + 125mm 초과 25mm당 15분

가. 공칭두께가 13mm(0.5 in.) 이하일 때 최소 유지온도는 720℃

나. 이중금속 용접에 대해서는 (용접이 P No. 5 그룹 No. 2와 다른 금속 저 크롬 페라이 트, 또는 오스테나이트 또는 니켈포함 강재), 용가제 크롬 함량이 3% 미만이거나, 또는 용가 재가 니켈이나 오스테나이트를 바탕으로 한다면 최소 유지 온도는 750℃ 이어야 한다.

다. 상기 최고 유지 온도는 실제의 화학성분을 모르는 용가제인 경우 사용된다. 용접되는 용가제가 알려진 경우에는 최고 유지 온도는 아래와 같이 하여야 한다.

(1) 1.0% ≤ Ni+Mn < 1.50% 이면 최고 PWHT 유지온도는 790℃

(2) Ni+Mn < 1.0% 최고 PWHT 유지온도는 800℃

라. 부품이 위에 허용된 유지온도 이상 가열되었다면 다음 중 하나의 방법을 취하여야 한다.

(1) 그 부품 전체적으로 재 불림 및 뜨임 열처리가 되어야 한다.

(2) 최고 유지온도가 상기 및 3(1) 을 초과 하고 800℃ 미만이라면 그 용접금속은 제거 하고 교체되어야 한다.

(3) 800℃ 를 초과하여 가열된 부분은 과열구역의 양쪽 부분은 최소 75mm범위를 포함 하여 재 불림 및 뜨임하거나 또는 교체하여야 한다.

(4) 허용 응력은 설계온도 및 상기 허용온도로 재 열처리된 것보다 높은 온도로 열처리 된 부분에서 등급 9 자재(즉, SA-213-T9, SA-335-P9, 또는 제작사양과 동등)에 대한 것이어야 한다.

마. 용접 후열처리는 열 흡수 확산을 위하여 아래조건을 충족하는 때 관과 튜브에 부착하기 위해 사용된 전기저항 용접은 필수요건이 아니다.

(1) 관 및 튜브 최대 규격 100mm

(2) 최대 카본 함량 이 15% 미만.

(3) 최고 두께 3mm(1/8 in.)

(4) 용접절차 사용 전 제조자는 최소 벽두께까지는 열영향을 받지 않았다는 것을 증명하여야 한다.

5. P-No. 6

재 료	최저 유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50mm 이하	50mm 초과 125mm 이하	125mm 초과
P-No. 6 Gr.1,2,3	760	1시간/25mm, 최소 15분	2시간 + * 15분/25mm (* 50mm 초과분에 적용)	2시간 + * 15분/25mm (* 50mm 초과분에 적용)

가. 아래 나.의 경우를 제외하고는 용접후열처리를 실시하여야 한다.

나. 탄소함유량이 0.08% 이하인 SA-182 Gr. F6a, SA-240, SA-479 및 SA-268에 대한 410계열 재료로 제작되고, 오스테나이트 계 크롬-니켈 용착금속 또는 비공냉 경화성 니켈-크롬-철의 용착금속을 생성하는 용접봉으로 용접된 압력용기에 대해서는 용접후열처리를 하지 않아도 된다. 다만, 이 경우에는 용접이음에서의 판두께가 10mm를 초과하지 않아야 한다. 또한 두께 10mm 초과 38mm 이하의 판두께의 경우, 용접 중에 230℃의 예열을 유지하고 이음부 전체에 대해 방사선투과시험을 실시하면 용접후열처리를 하지 않아도 된다.

6. P-No. 7

재 료	최저유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50mm 이하	50mm 초과 125mm 이하	125mm 초과
P-No. 7 Gr.1	730	1시간/25mm, 최소 15분	2시간 + * 15분/25mm (* 50mm 초과분에 적용)	2시간 + * 15분/25mm (* 50mm 초과분에 적용)

가. 아래 나.의 경우를 제외하고는 용접후열처리를 실시하여야 한다.

나. 탄소함유량이 0.08% 이하인 SA-1010 UNS S41003, SA-240, SA-268의 Type 405, Type 410S 또는 Type 430Ti 재료로 제작되고, 오스테나이트계 크롬-니켈 용착금속 또는 비공냉 경화성 니켈-크롬-철의 용착금속을 생성하는 용접봉으로 용접된 압력용기에 대해서는 용접후열처리를 하지 않아도 된다. 다만, 이 경우에는 용접이음에서의 판두께가 10mm를 초과하지 않아야 한다. 또한 두께 10mm 초과 38mm 이하의 판두께의 경우, 용접 중에 230℃의 예열을 유지하고 이음부 전체에 대해 방사선투과시험을 실시하면 용접후열처리를 하지 않아도 된다.

7. P-No. 9A

재 료	최저 유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간
P-No. 9A Gr.1	595	최소 1시간 + 두께 25mm 초과마다 15분 추가

가. 다음의 경우에는 용접후열처리를 실시하여야 한다.

- (1) 공칭두께가 16mm를 넘는 재료
- (2) 두께에 관계없이 특수한 조건에 의해 열처리가 요구되는 경우

나. 다음의 경우에는 용접후열처리를 하지 않아도 된다.

- (1) 아래의 조건을 모두 만족하는 관이나 튜브에서의 원주방향 맞대기용접의 경우.
  - (가) 최대 공칭지름이 DN 100
  - (나) 최대 공칭두께가 13mm
  - (다) 최대 탄소함유량이 0.15% 이하인 것
  - (라) 최저 예열온도가 120℃

- (2) 위의 (가)에서 (다)까지의 조건을 만족하는 관이나 튜브의 재료로서, 필릿용접에 의한 부착물을 포함하는 경우에 아래사항을 만족하는 경우
  - (가) 필릿용접의 최대 목두께가 13mm 이하
  - (나) 재료를 최저 121℃에서 예열되고 필릿용접의 최대 목두께가 13mm 이하인 경우

다. 위 표에 규정된 온도에서 용접후열처리를 하는 것이 곤란한 경우에는 14에 따라서 더 낮은 온도(최소 538℃)에서 더 긴 시간으로 용접후열처리를 할 수 있다.

8. P-No. 9B

재 료	최저 유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간
P-No. 9B Gr.1	595	최소 1시간 + 두께 25mm 초과마다 15분 추가

가. 다음의 경우에는 용접후열처리를 실시하여야 한다.

- (1) 공칭두께가 16mm를 넘는 재료
- (2) 두께에 관계없이 특수한 조건에 의해 열처리가 요구되는 경우

나. 다음의 경우에는 용접후열처리를 하지 않아도 된다.

- (1) 비압력부품을 압력부품에 부착하기 위한 용접치수가 13mm 이하인 그루브용접 또는 목두께가 13mm 이하의 필릿용접으로서 최저 95℃의 예열을 할 경우
- (2) 압력부품에 용접된 스티드로서 최저 95℃의 예열을 할 경우

다. 위 표에 규정된 온도에서 용접후열처리를 하는 것이 곤란한 경우에는 제14호에 따라서 더 낮은 온도(최소 540℃)에서 더 긴 시간으로 용접후열처리를 할 수 있다.

9. P-No. 10A

재 료	최저 유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간
P-No. 10A Gr.1	595	최소 1시간 + 두께 25mm 초과마다 15분 추가

가. 다음의 경우에는 용접후열처리를 실시하여야 한다.

- (1) SA-487 Gr. 1Q 재료의 모든 두께
- (2) 공칭두께가 16mm 이상인 그 밖의 P-No. 10A 재료
- (3) 두께에 관계없이 특수한 조건에 의해 열처리가 요구되는 경우

나. 다음의 경우에는 용접후열처리를 하지 않아도 된다.

- (1) 최대 탄소함유량이 0.25% 이하의 압력부품 또는 용접치수가 13mm 이하인 그루브용접 혹은 목두께가 13mm 이하의 필릿용접으로 비압력부품에 부착시킬 경우로서, 최저 95℃의 예열을 할 경우
- (2) 공칭두께가 13mm 이하이고, 또한 최대 탄소함유량이 0.25% 이하의 관

이나 튜브의 원주방향 맞대기용접으로서 최저 95℃의 예열을 하는 경우

(3) 최대 탄소함유량이 0.25% 이하의 압력부품에 용접되는 스티드로서 최저 95℃의 예열을 할 경우

다. 위 표에 규정된 온도에서 용접후열처리를 하는 것이 곤란할 경우에는 제14호에 따라서 더 낮은 온도에서 더 긴 시간으로 용접후열처리를 할 수 있다.

라. 425℃와 유지온도 사이에서의 가열속도가 28℃/hr 미만인 경우, 또는 최저온도가 그 두께 전체에 걸쳐 도달 되었다는근거를 제조자가 제공할 수 있는 경우, 추가적인 15분/25mm 유지시간은 요구되지 않는다.

10. P-No. 10B

재 료	최저 유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간
P-No. 10B Gr.1	595	최소 1시간 + 두께 25mm 초과마다 15분 추가

가. P-No. 10B 재료는 두께에 관계없이 용접후열처리를 하여야 한다.

11. P-No. 10C

재 료	최저 유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간
P-No. 10C Gr.1	540	최소 1시간 + 두께 25mm 초과마다 15분 추가

가. 다음의 경우에는 용접후열처리를 실시하여야 한다.

(1) 공칭두께가 38mm를 초과하는 재료 또는 공칭두께가 32mm 이상이고 38mm 이하인 재료로서 용접시에 최저 95℃의 예열을 하지 않는 경우

(2) 두께에 관계없이 특수한 조건에 의해 열처리가 요구되는 경우

나. 다음의 경우에는 용접후열처리를 하지 않아도 된다.

(1) 최종 안지름이 50mm 이하인 노즐 접속부를 부착시키기 위한 용접치수가 13mm 이하인 그루브용접 혹은 목두께가 13mm 이하인 필릿용접으로서, 접속부에서 동체 및 경관의 두께를 증가시키는 리가먼트를 형성하지 않으며 최저 95℃의 예열할 경우

(2) 비압력부품을 압력부품에 부착시키기 위한 용접치수가 13mm 이하인 그루브용접 또는 목두께가 13mm 이하인 필릿용접으로서, 압력부품의 두께가 32 mm 이상인 때에는 최저 95℃의 예열할 경우

다. 가열속도가 425℃와 유지온도 사이에서 28℃/hr 미만인 경우, 또는 최저온도가 그 두께 전체에 걸쳐 도달 되었다는근거를 제조자가 제공할 수 있는 경우, 추가적인 15분/25 mm 유지시간은 요구되지 않는다.

12. P-No. 10F

재 료	최저 유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간
P-No. 10F Gr.1	540	최소 1시간 + 두께 25mm 초과마다 15분 추가

가. P-No. 10F 재료는 두께에 관계없이 용접후열처리를 실시하여야 한다.

나. 가열속도가 425℃와 유지온도 사이에서 28℃/hr 미만인 경우, 또는 최저온도가 그 두께 전체에 걸쳐 도달 되었다는근거를 제조자가 제공할 수 있는 경우, 추가적인 15분/25mm 유지시간은 요구되지 않는다.

13. P-No. 10I

재 료	최저 유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50mm 이하	50mm 초과 125mm 이하	125mm 초과
P-No. 10I Gr.1	730	1시간/25 mm, 최소 15분	1시간/25mm	1시간/25mm

14. 탄소강 및 저합금강의 선택적인 용접후열처리 요건

최저규정온도로부터 감소되는 온도량 ℃	감소된 온도에서의 최소 유지시간(1), hr	비고
28	2	...
56	4	...
83	10	(2)
111	20	(2)

주(1) 두께 25 mm 이하의 최소 유지시간, 두께가 25mm를 초과하는 경우에는 25mm 당 15분을 더한다.

(2) 낮은 용접후열처리 온도는 P-No. 1, Gr. 1 및 2 재료에만 허용된다.

**제50조 (완전한 용접시공을 위한 조치)** 기술기준 제166조에서 “용입이 충분하게” 하기 위해서는 제2장 “용접시공법”(제4조부터 제18조까지), 제39조 “용접부의 설계” 및 제44조 “개선면의 청결”에 적합하여야 한다.

**제51조 (용접부의 결함)** 언더컷, 오버랩, 크레이터, 슬래그혼입, 블로우홀 등 이와 유사한 결함으로 인해 건전한 용접부 확보에 지장이 없게”하기 위해서는 제2장 “용접시공법”(제4조부터 제18조까지), 제42조 “이음부분의 다듬질” 및 제46조 “비파괴 시험”에 적합하여야 한다.

**제52조 (용접부의 강도)** 기술기준 제167조에서 “충분한 강도”란 압력용기의 용접부는 모재의 강도(모재의 강도가 다른 경우는 약한 쪽의 강도)와 동등 이상의 강도를 갖는 것으로서 제2장 “용접시공법”(제4조부터 제18조까지), 제53조 “기계 시험”, 제54조 “재시험” 및 제55조 “내압시험”에 적합하여야 한다.

**제53조 (기계시험)** 압력용기의 기계시험은 제35조제2항부터 제9항까지를 준용한다. 다만 용착금속인장시험은 제외한다.

**제54조 (재시험)** 압력용기 기계시험의 재시험은 제36조를 준용한다.

**제55조 (내압시험)** ① 표준 수압시험은 압력용기의 각 부위에서 압력용기에 표시된

최대허용사용압력에 설계온도의 응력값 S에 대한 압력용기 시험온도의 응력값 S'의 최소비(압력용기의 제작에 사용되는 재료)를 곱한 값에 최소한 1.3배의 수압시험 압력을 가하여야 한다.

1. 수압시험압력을 적용한 후에는 모든 이음부 및 접속부에 대하여 누출검사를 실시하여야 한다. 이 검사는 시험압력을 1.3으로 나눈 값 이상인 압력에서 실시되어야 한다. 용접 접속을 위한 개구부의 임시 시험 마감부에서 발생할 수 있는 누출을 제외하고는 요구되는 육안검사부위에서 누출은 허용되지 않는다.
  2. 시험상태에서 압력용기의 모든 최상부에는 압력용기를 충수할 때 생기는 공기 포켓(Air Pocket)을 피하기 위해서 배기구를 설치하여야 한다.
  3. 가압하기 전 시험압력에 영향을 미쳐서는 안 되는 모든 저압 충수배관 및 기타 부속품이 분리되어 있는지를 확인하여야 한다.
- ② 기압시험 압력은 압력용기에 표시되는 최대허용사용압력에 설계온도에서의 응력 S에 대한 시험온도에서의 응력 S의 비에서 제일 작은 값(압력용기의 제작에 사용되는 재료에 대해서)을 곱한 값의 1.1배 이상이어야 한다.
1. 기압시험 중의 금속온도는 취성파괴의 위험을 피하기 위해서 최저금속설계온도보다 최소한 17℃ 높게 유지하여야 한다.
  2. 압력시험 절차 및 누출검사
    - 가. 압력용기내의 압력을 시험압력의 1/2까지 서서히 증가시킨 후, 요구되는 시험압력에 도달할 때까지 시험압력의 약 10%씩 단계적으로 증가시켜야 한다.
    - 나. 시험압력을 1.1배로 나눈 압력까지 감압시키고 압력용기에 대한 검사를 충분히 할 수 있는 시간동안 압력을 유지하여야 한다. 용접 접속을 위한 개구부의 임시 시험 마감부에 발생할 수 있는 누출을 제외하고는 요구되는 육안검사부위에서의 누출은 허용되지 않는다. 임시 밀봉으로부터의 누출을 즉시 제거하여 다른 이음부로부터의 누출감지를 방해하지 않도록 하여야 한다.
- ③ 제1항 및 제2항의 규정에도 불구하고 시험을 하는 기기 등의 구조상 규정하는 압력으로 시험하기가 곤란한 경우에는 시험 가능한 최고압력으로 시험을 하여 이에 견디고 또한 새지 아니하여야 하며 추가로 방사선투과시험, 초음파탐상시험, 자분탐상시험 또는 침투탐상시험 중 적합한 한 가지 시험을 하여 이에 적합한 경우에는 이를 합격한 것으로 한다.

## 제5장 배 관

**제56조 (용접부의 형상)** 기술기준 제164조에서 규정한 “안전한 형상”이란 배관에 대해서는 제57조부터 제59조까지에 적합한 것을 말한다.

**제57조 (용접부의 설계)** ① 관의 원주 및 길이방향 맞대기용접은 완전용입 용접으로 하여야 하고 용접이음부는 받침링이나 소모용 삼입물의 유무에 관계없이 V형, X형 또는 다른 적당한 형태의 그루브를 만들어 주어야 한다.

② 최종 용접부 외형(finished weld contour)의 급격한 변화를 피하기 위해 다음 사항을 따라야 한다.

1. 부품의 지름이 더 큰 용접부 끝은 용접분야 참조부속서 별도그림 45의 굽은선 범위 안에 있어야 한다.
2. 지름이 작은 부품과 지름이 큰 부품의 용접부 경사도가 30°를 넘지 않도록 하여야 한다. 이러한 조건을 충족시키기 위해 필요하다면 용접부의 모서리에 용가제를 첨가시킬 수 있다.
3. 용접할 두 부품 중 두꺼운 단면으로부터 용접그루브 가공부까지 천이부가 있는 경우, 용접부 표면과 각 부품 표면사이의 각은 150°이상이어야 한다.

**제58조 (이음부의 다듬질)** ① 용접부의 표면은 용접그루브의 상태도 허용되나, 용접부 표면은 거친 파형, 그루브, 오버랩 및 급격하게 돌출되거나 들어간 곳이 있어서는 안 된다.

② 용접 덧살은 아래 표 23의 허용 값 이하이어야 한다.

[표 23]

원주방향 및 길이방향 맞대기 용접부의 덧살 허용범위

모재의 두께, mm	설계 온도에 대한 덧살의 최대 두께, mm		
	400℃ 초과	175℃ ~ 400℃	175℃ 미만
3.0 이하	2.0	2.5	5.0
3.0 초과 ~ 5.0 이하	2.0	3.0	5.0
5.0 초과 ~ 13.0 이하	2.0	4.0	5.0
13.0 초과 ~ 25.0 이하	2.5	5.0	5.0
25.0 초과 ~ 50.0 이하	3.0	6.0	6.0
50.0 초과	4.0	6mm 또는 용접부 폭의 1/8배 중 큰 것	6mm 또는 용접부 폭의 1/8배 중 큰 것

비고 : 1. 덧살 허용범위는 용접되는 두 재료의 얇은 쪽 두께를 기준으로 한다.

2. 양쪽면 맞대기용접의 경우, 덧살허용범위는 용접이음의 안쪽과 바깥쪽에 적용한다.
3. 한쪽면 맞대기용접의 경우, 덧살허용범위는 바깥쪽에만 적용한다.
4. 용접덧살 두께는 인접한 두 용접부 중 높은 쪽으로 한다.
5. 필요한 경우, 용접덧살은 제거해도 된다.

③ 원주방향 맞대기 용접부 표면의 언더컷은 1.0mm를 초과하여서는 안 되며, 또한 최소 요구 단면두께를 잠식하여서도 안 된다.

④ 용접표면을 연삭하여야 하는 경우에는 용접부 또는 모재가 최소 두께 미만으로 감소되지 않도록 하여야 한다.

**제59조 (받침링의 사용)** ① 용접부의 영구부품이 되는 철강 받침링은 용접성이 좋고 모재와 부합하는 재료로 만들어져야 하며 황 함유량은 0.05%를 초과해서는 안 된다.

1. 받침링의 형태는 연속적으로 기계 가공된 것 또는 분할 밴드형
2. 두 개의 인접한 표면이 받침링으로 사용되는 세 번째 부재에 용접되는 경우, 세 개의 부재중 하나 또는 두 개가 페라이트계이고, 나머지 부재가 오스테나이트계의 경우에는 이들 재료의 사용상 적합여부는 제2장 제8조의 용접절차시방서 인정시험을 실시하여 결정하여야 한다.
3. 길이방향 용접이음에 사용된 받침쇠는 제거되어야 한다.

② 비철금속 및 비금속 받침링을 사용할 수 있으나 비금속 또는 비용융성 받침링은 제거하여야 한다.

**제60조 (정렬)** 맞대기용접 될 배관부품의 안지름은 지름, 두께 및 진원도에 대한 허용차 내에서 가능한 한 정확하게 정렬하여야 하며, 용접을 하는 동안에도 정렬이 유지되어야 한다.

1. 이음될 배관부품 끝의 내부 정렬차는 아래 그림8에서와 같이 2.0mm를 초과해서는 안 된다.
2. 내부 정렬차가 허용값을 초과한 경우에는, 부품의 튀어나온 안쪽면을 다듬질하여야 하고, 어떠한 경우에도 배관부품의 두께가 최소 설계두께보다 작아서는 안 되며, 외형선의 변화는 아래 그림 8에서와 같이 30°를 초과해서는 안 된다.

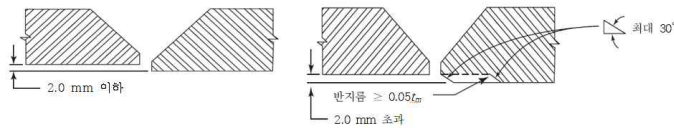


그림 8. 맞대기 용접 내부정렬 허용범위

**제61조 (용접부의 균열)** 기술기준 제165조에서 규정한 “용접에 의한 균열이 없게”하기 위해서는 배관 등에 관해서는 제62조부터 제67조까지의 요구조건에 적합하여야 한다.

**제62조 (용접면의 청결)** 관의 용접부 개선면 및 그 부근은 용접에 앞서 수분, 도료, 유지, 먼지, 유해한 녹, 용입찌꺼기 및 그 밖에 유해한 이물을 제거하여야 한다.

**제63조 <삭제>**

**제64조 (비파괴검사 범위)** ① 배관의 비파괴검사 해당 용접부는 표 24의 배관사용조

건에 따라 각각 표의 규정시험에 언급한 비파괴검사를 실시하고, 요구조건에 적합하여야 한다.

[표 24]

압력용접부 및 압력유지부품과의 용접부에 대한 비파괴검사 범위

용접부 형태	배관 설계 조건에 따른 비파괴검사		기 타
	모든 압력에서 400℃를 초과하는 온도	175~400℃의 온도와 7100 kPa를 초과하는 압력	
맞대기용접부 (원주방향 및 길이 방향)(1)	RT 또는 UT : DN 50을 초과 하는 경우 MT 또는 PT : DN 50 이하인 경우(2)	RT 또는 UT : DN 50을 초과하고 두께가 19mm를 초과하는 경우 VT : 두께 19mm 이하의 모든 크기	모든 크기 및 두께에 대해 육안검사
분기관 연결용접부 (표시한 크기는 분 기관크기 임)(3)(4)	RT 또는 UT : DN 100을 초과하는 경우 MT 또는 PT : DN 100 이하인 경우(2)	RT 또는 UT : DN 100을 초과하고 두께가 19mm를 초과하는 경우 MT 또는 PT : 두께가 19 mm를 초과하고 DN 100 이하인 경우 VT : 두께 19mm 이하의 모든 크기	모든 크기 및 두께에 대해 육안검사
필릿, 소켓, 부착물 및 누설방지용접부	PT 또는 MT : 모든 크기 및 두께(5)	VT : 모든 크기 및 두께	모든 크기 및 두께에 대해 육안검사

비고 1. 모든 용접부는 규정된 특성의 비파괴검사와 더불어 육안검사를 하여야 한다.

2. RT - 방사선투과검사, PT - 침투탐상검사, MT - 자분탐상검사, UT - 초음파탐상검사, VT는 - 육안검사를 말한다.

3. 표에서의 온도와 압력은 설계값

주(1) 맞대기 용접부의 두께는 용접그루브 가공 후에 인접한 두 끝단 중 더 두꺼운 부분을 말한다.

(2) 침투탐상검사 또는 자분탐상검사 대신에 방사선투과검사를 사용할 수 있다.

(3) 분기관 용접부의 방사선투과검사 및 초음파탐상검사는 비밀체형 보강재를 사용하기 전에 수행하여야 한다.

(4) 위 표에서 요구될 때 분기 연결용접부의 체적검사(RT, UT) 대신에 표면검사(PT, MT)를 할 수 있으며, 이때는 용접부두께의 절반과 12.5mm 중에서 작은 곳 및 접근할 수 있는 모든 최종 용접표면에 대하여 검사하여야 한다.

(5) 비압력유지부품의 영구부착물에 대해 목두께 6mm를 초과하지 않는 필릿용접을 사용하였을 경우, 위 표의 MT 또는 PT의 요건은 면제된다.

② 비파괴검사를 실시하는 비파괴검사원은 국가기술자격법에 따라 자격을 취득하였거나, 대통령령(비파괴검사기술의 진흥 및 관리에 관한 법률 시행령 11조)이 정하는 바에 따라 이에 준하는 자격을 취득한 자이어야 한다.



**제65조 (비파괴검사절차)** ① 방사선투과검사, 초음파 탐상검사, 자분탐상검사, 침투탐상검사의 방법 및 절차는 제29조를 따른다.

② P-No. 3, 4, 5A 및 5B 및 15E 재료의 용접부에 대한 비파괴검사는 설계에서 별도의 지침이 없다면 용접후열처리 후에 시행한다. 다른 재료의 용접부에 대한 비파괴검사는 용접후열처리 전이나 후에 시행할 수 있다.

**제66조 (비파괴검사 합격기준)** ① 방사선투과검사, 초음파탐상검사, 자분탐상검사, 침투탐상검사의 합격기준은 제30조를 따른다.

② 자분탐상검사와 침투탐상검사 시 결함의 평가와 관련하여 가장 열악한 위치로 선정된 긴 변의 길이가 150mm를 초과하지 않고 면적이 3870mm<sup>2</sup>인 임의 구역 내에 존재하는 10개 이상의 원형지시도 허용되지 않는다.

**제67조 (용접후열처리)** ① P-No. Gr.별 용접후열처리는 아래의 요건에 따른다.

[표25] 용접후열처리

P-No. 와 그룹 No.	유지온도 범위 (℃)	모재(용접부)두께*에 따른 최소 유지시간 <sup>[주(1)]</sup>	
		50 mm 이하	50 mm 초과
P-No.1, 그룹 1-3	595 ~ 650	1시간/25 mm, 최소 15분	2시간 + 15분 /25 mm(50 mm 초과두께)
P-No. 3, 그룹 1과 2	595 ~ 650		
P-No. 4, 그룹 1과 2	650 ~ 705		
P-No. 5A, 그룹 1	675 ~ 760		
P-No. 5B, 그룹 1	675 ~ 760		
P-No. 6, 그룹 1-3	760 ~ 800		
P-No. 7, 그룹 1과 2 <sup>[주(2)]</sup>	730 ~ 775		
P-No. 8, 그룹 1-4	용접시방절차서에서 요구하지 않는 경우, 용접후열처리는 요구되지 않음		
P-No. 9A, 그룹 1	595 ~ 650		
P-No. 9B, 그룹 1	595 ~ 630		
P-No. 10H, 그룹 1	용접시방절차서에 요구하지 않는 경우, 용접후열처리는 요구되지 않음. 실시하는 경우 <sup>[주(3)]</sup> 참조	1시간/25 mm, 최소 30분	125 mm까지는 25 mm당 1시간 125 mm를 초과하면 초과하는 25 mm당 15분 가
P-No. 10I, 그룹 1 <sup>[주(2)]</sup>	730 ~ 815		
P-No. 15E, 그룹 1	730 ~ 775 <sup>[주(4), 주(5)]</sup>		

그 외 재료	용접시방절차서에서 요구되는 용접후열처리	용접시방절차서에 따라	용접시방절차서에 따라
--------	-----------------------	-------------	-------------

비고. 용접후열처리의 면제에 대해서는 표615.19.3에 정의됨

주(1). 모재(용접부) 두께란 아래 (가)와 (나) 두께 중 작은 값을 말한다.

가. 모재(용접부)의 두께

나. 용접이음 모재 중 더 두꺼운 재료의 용접부 두께, 또는 압력유지부 재료에 비압력유지부 재료를 용접하는 경우 압력유지부 재료의 용접부 두께

주(2). 냉각속도는 650℃ 초과범위에서 55℃/hr를 초과해서는 안 되고 650℃미만에서는 취성의 방지를 위해 충분히 빨라야 한다.

주(3). 굽힘, 성형 또는 용접 후에 용접후열처리를 수행한다면, 특수한 합금에 대해 다음의 온도범위에서 빠른 냉각으로 실시하여야 한다.

합금 S31803, S322005 : 1020℃ ~ 1100℃

합금 S32250 : 1040℃ ~ 1120℃

합금 S32750 : 1025℃ ~ 1125℃

그 외 : 980℃ ~ 1040℃

주(4). 용접후열처리 최소 유지온도는 공칭두께 13 mm 이하에서 720℃로 해도 된다.

주(5). 설계자가 별도로 규정하지 않으면 용가재의 Ni+Mn 함량이 1.2%를 초과하지 않아야 한다. 이런 경우 용접후열처리를 하는 동안 도달하는 최대온도는 해석과 계산 또는 시험에 의해 결정된 용가재의 A<sub>1</sub>(하부 변태온도 또는 저온 임계온도)가 되어야 하지만 800℃를 초과해서는 안 된다. 800℃를 초과하지 않았지만 용가재의 A<sub>1</sub>을 초과하거나 용가재의 성분을 알 수 없으면, 적합한 용가재로 다시 용접하고 적절한 용접후열처리를 수행하여야 한다. 800℃ 한계를 초과했으면 용접부와 용접후열처리 영향을 받은 전부위를 제거하여야 하며, 만일 재사용하는 경우 재사용 전에 다시 노멀라이징 및 템퍼링을 하여야 한다.

[표 26] 탄소강 또는 저합금강의 대체 용접후열처리 요건

최소 규정온도로부터의 온도 감소값, ℃	감소된 온도에서의 최소 유지시간, hr <sup>[주(1)]</sup>
30	2
55	4
85 <sup>[주(2)]</sup>	10
110 <sup>[주(2)]</sup>	20

주(1) 위 표의 시간은 두께 ≤ 25 mm에 대해 적용한다. 모재(용접부) 두께 > 25 mm에 대해 25 mm마다 15분씩 추가한다.

(2) 최소 규정온도보다 56℃를 초과하는 온도의 감소는 단지 P-No.1의 그룹 1, 2에 대해서만 허용한다.

[표 27] 용접후열처리의 면제

P-No.와 그룹 No.	용접부두께 mm <sup>[주(1)]</sup>	용접종류	용접후열처리 면제에 필요한 추가 제한사항 <sup>[주(2),주(3)]</sup>
P-No. 모든 그룹	모든 두께	모든 용접	- 재료의 호칭두께가 25 mm를 초과하는 경우 용접 전 95℃ 예열적용 - 재료의 호칭두께가 5 mm를 초과하는 경우 다층용접을 사용한다. - 주(4). 참조
P-No.3, 그룹 1, 2	≤16 mm	모든 용접	- 재료의 호칭두께가 16 mm를 초과하는 경우 용접 전 95℃ 예열적용 - 모재의 규정 탄소 함유량이 0.25%이하 - 재료의 호칭두께가 5 mm를 초과하는 경우 다층용접을 사용한다. - 주(4). 참조
P-No.4, 그룹 1	≤16 mm	그루브 용접	- 용접후열처리를 의무조건으로 적용 - 모재의 규정 탄소 함유량이 0.25%이하 - 재료의 호칭두께가 5 mm를 초과하는 경우 다층용접을 사용한다. - 주(4). 참조
	≤16 mm 단, 소켓용접의 이음쇠 두께나 플랜지 두께는 고려하지 않음	소켓 용접, 필릿용접	- 용접후열처리를 의무조건으로 적용 - 필릿용접 또는 소켓용접의 목두께가 13 mm 이하 - 배관재료의 규정 탄소 함유량이 0.15%이하 - 배관의 호칭두께가 16 mm 이하 - 배관의 호칭두께가 5 mm를 초과하는 경우 다층용접을 사용한다. - 주(4). 참조
	≤16 mm	실(seal)용접, 하중을 받지 않는 부착물 <sup>[주(5)]</sup>	- 용접후열처리를 의무조건으로 적용 - 재료의 호칭두께가 5 mm를 초과하는 경우 다층용접을 사용한다. - 주(4). 참조

[표 27] 용접후열처리의 면제(계속)

P-No.와 그룹 No.	용접부두께 mm <sup>[주(1)]</sup>	용접종류	용접후열처리 면제에 필요한 추가 제한사항 <sup>[주(2),주(3)]</sup>
P-No.5A, 그룹 1	≤16 mm	그루브 용접	- 용접후열처리를 의무조건으로 적용 - 모재의 규정 탄소 함유량이 0.25%이하 - 재료의 호칭두께가 5 mm를 초과하

			는 경우 다층용접을 사용한다. - 주(4). 참조
	≤16 mm 단, 소켓용접의 이음쇠 두께나 플랜지 두께는 고려하지 않음	소켓용접, 필릿용접	- 용접후열처리를 의무조건으로 적용 - 필릿용접 또는 소켓용접의 목두께가 13 mm이하 - 파이프 재료의 규정 탄소 함유량이 0.15%이하 - 파이프의 호칭두께가 16 mm 이하 - 파이프의 호칭두께가 5 mm를 초과하는 경우 다층용접을 사용한다. - 주(4). 참조
	≤16 mm	실(seal)용접, 하중을 받지 않는 부착물 <sup>[주(5)]</sup>	- 용접후열처리를 의무조건으로 적용 - 재료의 호칭두께가 5 mm를 초과하는 경우 다층용접을 사용한다. - 주(4). 참조
P-No.5B, 그룹 1	면제되지 않음		-
P-No.6, 그룹 1~3	모든 두께	모든 용접	- 모재의 규정 탄소 함유량이 0.08%이하 - 재료의 호칭두께가 10 mm이하 - 용가제는 A-No.8, A-No.9 또는 F-No.43
P-No.7, 그룹 1	모든 두께	모든 용접	- 모재의 규정 탄소 함유량이 0.08%이하 - 재료의 호칭두께가 10 mm이하 - 용가제는 A-No.8, A-No.9 또는 F-No.43
P-No.7, 그룹 2	면제되지 않음		...
P-No.8, 모든 그룹	모든 두께	모든 용접	용접후열처리를 요구하거나 금지하지 않음

주(1) 모재(용접부) 두께란 아래 (가)와 (나) 두께 중 작은 값을 말한다.

가. 모재(용접부)의 두께

나. 용접이음 모재 중 더 두꺼운 재료의 용접부 두께, 또는 압력유지부 재료에 비압력유지부 재료를 용접하는 경우 압력유지부 재료의 용접부 두께

(2) 재료의 호칭두께는 용접으로 이음하는 압력유지부의 재료 중 두꺼운 측 재료의 두께를 의미한다.

(3) 설계자나 용접시방절차서에 의해 요구되는 용접후열처리에 대한 면제는 허용되지 않는다.

(4) ±10% 입열 단일패스 용접으로 용접시방절차서를 인정하여 다른 모든 면제 조건을

만족한 경우, 단층이나 단일패스 용접은 용접후열처리를 면제해도 된다.

(5) 하중을 받지 않는 부착물이란, 압력하중이나 유의미한 기계적 하중이 파이프나 압력부 재료에서 부착물을 통하여 전달되지 않는 것으로 정의한다.

② 315℃를 초과하는 온도에서 가열 및 냉각속도는 열처리하는 재료의 인치에 대한 최대두께의 1/2로 335℃/h를 나눈 값을 초과해서는 안 되며, 어떠한 경우에도 335℃/h를 초과해서는 안 된다.(P-No. 7 및 10I 재료에 대한 냉각속도의 요건은 위의 제1항에 따른다.)

③ P-번호가 다른 두 부품을 용접으로 이음할 때, 용접후열처리는 두 부품 중 더 높은 쪽의 용접후열처리 온도를 따라야 하며 그 온도가 해당재료의 하부 임계온도를 초과하지 않아야 한다. 비압력부품이 압력부품에 용접되고 용접후열처리가 어느 한 부품에 대하여 요구될 때, 최대 용접후열처리 온도는 압력부품에서 허용하는 최대 온도를 초과해서는 아니 된다.

**제68조 (완전한 용접을 위한 조치)** 기술기준 제166조에서 “용입이 충분하게” 하기 위해서는 제2장 “용접시공법”(제4조부터 제19조까지), 제57조 “용접부의 설계” 및 제62조 “용접면의 청결”에 적합하여야 한다.

**제69조 (용접부의 결함)** “언더컷, 오버랩, 크레이터, 슬래그혼입, 블로우홀 등 이와 유사한 결함으로 인해 건전한 용접부 확보에 지장이 없게”하기 위해서는 제2장 “용접시공법”(제4조부터 제19조까지), 제58조 “이음부분의 다듬질” 및 제64조 “비파괴검사 범위”에 적합하여야 한다.

**제70조 (용접부의 강도)** 기술기준 제167조에서 “충분한 강도”란 관의 용접부는 모재의 강도(모재의 강도가 다른 경우는 약한 쪽의 강도)와 동등 이상의 강도를 갖는 것으로 제2장 “용접시공법”(제4조부터 제19조까지), 제71조 “기계시험”, 제72조 “재시험” 및 제73조 “수압시험”에 적합하여야 한다.

**제71조 (기계시험)** 배관에 대한 기계시험은 제35조제2항부터 제9항까지를 준용한다. 다만 용착금속 인장시험은 제외한다.

**제72조 (재시험)** 배관에 속하는 기계시험의 재시험은 제36조를 준용한다.

**제73조 (수압시험)** ① 배관계통의 어느 위치에서도 수압시험 압력은 설계압력의 1.5배 보다 낮아서는 아니 된다. 그러나 용기, 펌프 또는 밸브 등과 같이 격리되지 않은 모든 기기의 최대 허용 시험압력을 초과해서는 아니 된다.

② 압력은 최소 10분간 계속 유지하여야 하며 누설확인을 위해 설계압력으로 줄여서 필요한 시간을 지속하여야 한다.

③ 누설확인은 모든 이음부 및 연결부에 대하여 검사하여야 하며 펌프 또는 밸브 패킹에서와 같은 국부적인 경우를 제외하고는 배관계통에서 누설이 있어서는 아니 된다.

④ 제1항 내지 제3항의 규정에도 불구하고 시험을 하는 기기 등의 구조상 규정하는 압력으로 시험하기가 곤란한 경우에는 시험 가능한 최고압력으로 시험

을 하여 이에 견디고 또한 새지 아니하여야 하며 추가로 방사선투과시험, 초음파탐상시험, 자분탐상시험 또는 침투탐상시험 중 적합한 한 가지 시험을 하여 이에 적합한 경우에는 이를 합격한 것으로 한다.

**제74조 (기압시험)** ① 기압시험은 배관계통이 물을 채울 수 없도록 설계되었을 경우 또는 배관계통이 운전 중에 시험매체의 잔류를 허용하지 않는 경우에만 수행할 수 있다.

② 시험매체로 사용되는 가스는 비발화성 및 비유독성이어야 한다.

③ 기압시험 압력은 배관계통 설계압력의 1.2배 이상, 1.5배 이하이어야 한다. 시험압력은 용기, 펌프 또는 밸브 등과 같이 격리되지 않은 모든 기기의 최대 허용 시험압력을 초과해서는 아니 된다. 계통에서의 압력은 시험압력의 1/2을 넘지 않게 점차적으로 증가시켜야 하고 그 후에는 요구되는 시험압력에 도달할 때까지 시험압력의 대략 1/10 씩 단계적으로 증가시켜야 한다. 압력은 최소 10분 동안 계속 유지하여야 한다. 그 후에 압력은 설계압력 또는 700 kPa 중 작은 압력까지 줄여야 하며 누설시험을 위해서 필요한 만큼의 시간동안 유지되어야 한다. 비누거품 또는 동등한 방법을 통한 누설시험은 모든 이음부와 연결부를 대상으로 수행하여야 한다 펌프나 밸브 패킹에서와 같은 국부적인 경우를 제외하고, 배관계통에서 누설이 있어서는 아니 된다.

④ 제1항 내지 제3항의 규정에도 불구하고 시험을 하는 기기 등의 구조상 규정하는 압력으로 시험하기가 곤란한 경우에는 시험 가능한 최고압력으로 시험을 하여 이에 견디고 또한 새지 아니하여야 하며 추가로 방사선투과시험, 초음파탐상시험, 자분탐상시험 또는 침투탐상시험 중 적합한 한 가지 시험을 하여 이에 적합한 경우에는 이를 합격한 것으로 한다.

**제75조 (질량분석 및 할로겐 시험)** ① 수압시험 또는 기압시험으로 얻을 수 있는 감도보다 더 높은 시험을 요구하는 운전 및 설계조건을 갖는 계통은 요구 감도를 가지는 헬륨 질량분석 시험 또는 할로겐 시험과 같은 방법으로 시험하여야 한다.

② 질량분석 또는 할로겐 시험을 수행할 경우에는 시험 장비 공급자의 지침에 따라 수행하여야 한다. 모든 경우에 있어서 교정된 기준누설을 사용하는 경우에 계통의 최대 허용 누설보다 크지 않은 누설율을 가져야 한다. 기준누설에 의해 교정된 장비는 기준누설의 누설율보다 크지 않게 결정된 장비로 계통의 누설을 측정하여야 한다.

## 제6장 액화가스 연료연소설비

**제76조 (용접부 형상)** 기술기준 제164조에서 규정한 “안전한 형상”이란 액화가스연소 설비 등에 관해서는 제77조부터 제79조까지에 적합한 것을 말한다.

**제77조 (용접부 설계)** ① 액화가스 연료연소설비에 속하는 용기 또는 관의 길이이음 및 플레이스의 용접부는 아래에 따라 설계하여야 한다.

### ② 압력-온도 설계기준

1. 규정된 등급이 있는 지정 구성부품. 화력판단기준 별표 2에 명시된 배관 구성부품에 대한 표준 압력-온도의 등급은 이 기준에 따르는 설계온도와 압력에 대하여 허용할 수 있다.

2. 특정 등급이 없는 지정 구성부품. 화력판단기준 별표 2에 명시된 구성부품에 대한 표준들의 일부(예. 부속서5(ASME B16.9), 부속서6(B16.11) 및 B16.28)는 이음매 없는 직관을 기준으로 압력-온도의 등급을 결정한다. 관과 같이 동일 허용응력을 가진 재료로 만든 구성부품은 그 관이음쇠의 스케줄, 무게 또는 압력 등급에 해당하는 이음매 없는 관의 공칭두께에서 그 관에 적용된 모든 여유(예: 나사의 길이 및/또는 부식여유)를 뺀 것의 87.5% 이하를 사용하여 등급을 결정하여야 한다.

3. 미등재 구성부품. 화력판단기준 별표 2에는 없으나 기타 규격이나 표준에 따르는 구성부품은 다음의 제한 내에서 사용할 수 있다.

가. 설계자가 이 기준에 따르는 지정 구성부품의 화학조성, 기계적 성질, 제조방법 및 품질관리가 해당 특성과 대등하다고 확신하는 경우

나. 압력설계가 화력판단기준 제119 및 120조에 따라서 입증되는 경우

4. 압력과 온도 변동에 대한 허용값. 압력 또는 온도의 우연한 변동이 배관계통에 발생할 경우 다음의 제한 전부에 충족되지 않으면, 동시에 발생할 수 있는 가장 가혹한 압력과 온도를 설계조건으로 결정하여야 한다.

가. 배관계통에는 주철 또는 기타 비연성 금속으로 만든 내압 구성부품이 없어야 한다.

나. 공칭응력은 그 온도에서의 항복강도를 초과하지 않아야 한다.(아래 제3항과 ASME Section II, Part D Table Y-1 내의  $S_y$  자료 참조)

다. 설계조건을 초과하는 압력-온도 변동의 총 회수는 배관계통의 수명동안에 1,000회를 초과하지 않아야 한다.

라. 어떠한 경우에도, 증가된 압력이 그 배관계통에 대해서 제94조에서 사용한 시험압력을 초과하지 않아야 한다.

마. 계통 내 모든 구성부품의 사용상 성능은 일정하거나 주기적인 변동에 대해 복합적인 영향 평가가 되어야한다.

바. 밸브의 압력-온도 등급을 초과하는 압력이 가해질 경우 일부 조건에서는 밸브 시트의 기밀의 손실이나 운전의 어려움을 초래할 수 있다. 밸브

폐쇄에 대한 차압은 밸브 제조자가 정한 최대차압등급을 초과하지 않아야 한다.

5. 사용조건이 다른 접속점에서의 등급. 다른 압력-온도 조건으로 운전되는 두 계통이 연결될 때, 두 계통을 분리하는 밸브는 더 가혹한 사용조건으로 등급을 정하여야 한다. 만일 그 밸브가 헤더나 기기로부터 떨어져 있기 때문에 다른 온도에서 운전되는 경우, 이 밸브 및 밸브와 집합하는 플랜지는 각각 요구되는 압력시험을 견딜 수 있다면 다른 온도 기준에서 선정하여야 한다. 그러나 그 밸브의 어느 한 쪽에 있는 배관의 경우, 각 계통은 그것이 연결되는 사용조건에 대해서 설계하여야 한다.

③ 아래에서 정의된 허용응력은 이 기준의 다른 규정에 의하여 수정되지 않는 한 설계계산 시 사용하여야 한다.

1. 인장. 각각 ASME Section II, Part D Table 1A, 1B에 명시된 금속의 인장 기본허용응력  $S$ 와 볼팅재료의 설계응력  $S$ 는 제4항에 따라서 정해진다.  $S$  값은 다음의 품질계수 중 하나를 곱한다.

가. 제5항에서 정의되고 KEPIC MBB KG-25에 여러 재료규격에 대해서 표로 만들어지고, 표 77-1의 여러 수준의 부가시험에 대한 구조품질계수  $E_c$ .

나. 제6항에서 정의되고 KEPIC MBB KG-26에 여러 재료규격과 클래스에 대해서 표로 만들어지고, 표77-3의 여러 종류의 이음매와 부가시험에 대한 길이방향 용접 이음매 품질계수  $E_j$ . ASME Section II, Part D Table 1A, 1B의 응력 값들은 재료와 제품 형태에 따라 분류되었다.

2. 전단과 지지. 전단허용응력은 ASME Section II, Part D Table 1A, 1B에 명시된 기본허용응력의 0.8배이어야 한다. 지지의 허용응력은 그 값의 1.6배이어야 한다.

3. 압축 : 압축의 허용응력은 ASME Section II, Part D Table 1A, 1B에 기록된 인장허용응력보다 커서는 아니 된다.

④ 설계응력의 기준. 볼팅재료에 대한 설계응력 값들과 이 기준 내에서의 다른 재료들에 대한 허용응력 값은 다음과 같다.

1. 볼팅재료: 설계 온도에서의 볼팅재료에 대한 설계응력 값은 다음 중 가장 낮은 것을 초과해서는 아니 된다.

가. 아래 다.에서 규정된 것을 제외하고는, 상온에서의 규정최소인장강도 ( $S_T$ )의 1/4과 설계 온도에서의 인장강도의 1/4 중 낮은 것

나. 아래 다.에서 규정된 것을 제외하고는, 상온에서의 규정최소항복강도 ( $S_y$ )의 2/3와 설계 온도에서의 항복강도의 2/3 중 낮은 것

다. 크리프 범위 아래 온도에서는, 열처리나 변형경화로 그 강도가 강화된 볼팅재료에 대해서는,  $S_T$ 의 1/5, 설계 온도에서의 인장강도의 1/4,  $S_y$

의 1/4, 설계 온도에서의 항복강도의 2/3 중 가장 작은 것(이들 값들이 어닐링 한 재료에 대한 해당 값들보다 낮지 않은 경우이며, 낮은 경우에는 어닐링 한 값을 사용하여야 한다).

라. 설계 온도에서의 항복강도의 2/3 [제4항제6호 참조]

마. 1000 시간 당 0.01%의 크리프율에 대한 평균응력의 100%

바. 100,000 시간 후 파열에 대한 평균응력의 67%

사. 100,000 시간 후 파열에 대한 최소응력의 80%

2. 주철 : 설계 온도에서의 주철에 대한 기본허용응력 값은 다음 중 낮은 것을 초과해서는 아니 된다.

가. 상온에서의 규정최소인장강도의 1/10

나. 설계 온도에서의 인장강도의 1/10

3. 가단철 : 설계 온도에서의 가단철에 대한 기본허용응력 값은 다음 중 낮은 것을 초과해서는 아니 된다.

가. 상온에서의 규정 최소인장강도의 1/5

나. 설계 온도에서의 인장강도의 1/5

4. 기타 재료 : 설계 온도에서의 불팅재료, 주철과 가단철 이외의 재료들에 대한 기본허용응력 값은 다음 중 가장 낮은 것을 초과해서는 아니 된다.

가.  $S_T$ 의 1/3과 설계 온도에서의 인장강도의 1/3 중 낮은 것

나. 아래 다.에서 규정하는 것을 제외하고는,  $S_Y$ 의 2/3과 설계 온도에서의 항복강도의 2/3 중 낮은 것

다. 유사한 응력-변형 거동을 가진 오스테나이트 스테인리스강과 니켈합금에 대해서는,  $S_Y$ 의 2/3와 설계 온도에서의 항복강도의 90 % 중 낮은 것 [아래5. 참조]

라. 1000 시간 당 0.01%의 크리프율에 대한 평균응력의 100%

마. 100,000 시간 후 파열에 대한 평균응력의 67%

바. 100,000 시간 후 파열에 대한 최소응력의 80%

사. 구조물 등급의 재료들에 대해서는, 기본허용응력은 4. 가부터 바에서 정하는 최저값의 0.92배이어야 한다.

아. 이 기준의 적용에서, 상온에서의 항복강도는  $S_Y R_Y$ 이고 상온에서의 인장강도는 1.1  $S_T R_T$  인 것으로 간주한다.

5. 적용한계 : 4. 다.에 따라서 정해진 응력 값들의 적용은 경미한 변형이 누설이나 기능장애를 일으킬 수 있는 플랜지불이 이음매나 기타 구성부품에 사용하는 것을 권장하지 않는다. 그 대신에 ASME Section II, Part D Table 1A, 1B의 응력 값의 75% 또는 ASME Section II, Part D Table Y-1에 기록된 온도에서의 항복강도의 2/3를 사용하여야 한다.

6. 미등재재료로 화학적, 물리적 및 기계적성질, 제조방법과 공정, 열처리 및

품질관리가 이루어진 재료에 대해서는, 설계 온도에서의 인장(항복)강도는 그 온도에서 예상되는 인장(항복)강도에 상온에서 예상되는 평균인장(항복)강도로 나눈  $S_T(S_Y)$ 의 비율로 곱해서 얻어야 한다.

⑤ 구조품질계수,  $E_c$  는 화력판단기준 별표2의 표준에 의하여 정해진 압력-온도등급을 갖지 않는 구조 구성부품들에 대하여 사용하여야 한다.

1. 기본품질계수. 지정된 규격들에 적합한 회주철과 가단철의 구조품은 (그들의 보수적인 허용응력 기준으로 인해서) 1.00의 기본구조품질계수가 주어진다. 재료규격에 적합하고 MSS SP-55 밸브, 플랜지, 관이음쇠 및 기타 배관구성부품에 대한 주강제품 품질표준 - 육안검사방법(Quality Standard for Steel Casings for Valves, Flanges and Fittings and Other Piping Components - Visual Method)이 요구하는 대로 육안검사를 받은 대부분의 기타 재료 및 정적인 구조품에 대해서는, 0.8의 구조품질계수  $E_c$ 가 주어진다. 화학성분, 인장, 정수압 및 편평시험과 육안검사에 대한 규격요건을 충족하는 원심주조품은 0.8의 기본구조품질계수가 주어진다. 기본구조품질계수는 화력판단기준 별표6.1에 기록된 규격들에 대해서 표에 기록되어 있다.

2. 품질계수의 증가(increased quality factors). 부가적 시험들이 각 구조품에 실시될 때 구조품질계수는 증가될 수 있다. 아래 표 77-1은 보조시험의 여러 조합에 대하여 사용할 수 있는 증가된 구조품질계수  $E_c$ 를 기술한다. 표 77-2는 표77-1의 주에서 규정하는 시험방법에 대한 합격기준을 기술한다. 표 77-1에서 보는 것보다 높은 품질계수는 (2)(a)와 (2)(b) 또는 (3)(a)와 (3)(b)의 조합으로부터 생기지 않는다. 어떠한 경우에도 품질계수는 1.00을 초과해서는 아니 된다. 화력판단기준 별표4.의 여러 규격들은 모든 표면의 기계가공과/또는 한 가지 또는 그 이상의 보조시험을 요구한다. 그런 경우의 해당하는 증가된 품질계수는 KEPIC MBB KG-25에 나타나 있다.

표 77-1. 증가된 구조품질계수

주에 따른 보조시험	계수 $E_c$
(1)	0.85
(2)(a) 또는 (2)(b)	0.85
(3)(a) 또는 (3)(b)	0.95
(1)과 (2)(a) 또는 (2)(b)	0.90
(1)과 (3)(a) 또는 (3)(b)	1.00
(2)(a) 또는 (2)(b)와 (3)(a) 또는 (3)(b)	1.00

(1) 모든 표면을  $6.3 \mu m R_a$  (ASME B46.1의  $250 \mu m R_a$ )의 마무리로 기계가공을 하여, 표면검사의 효율을 증가시킨다.

(2) (a) 각 주조품(자성재료만)의 모든 표면을 자분탐상검사로 ASTM E 709에 따라서 검사한다. ASTM E 125의 기준사진들을 사용하여 MSS-SP-53에 따라서 합격여부를 판정한다.

(b) 각 주조품의 모든 표면을 침투탐상법으로 ASTM E 165에 따라서 검사한다. ASTM E 125를 표면 흠에 대한 기준으로 하여 MSS-SP-53에 따라서 흠과 용접부수의 합격여부를 판정한다.

(3) (a) ASTM E 114에 따라서 각 주조품을 초음파로 전부 검사하여, 벽 두께의 5%를 초과하는 결함 깊이의 증거가 없을 때에만 합격처리한다.

(b) ASTM E 142에 따라서 각 주조품을 전부 방사선투과시험을 한다. 표 77-2에서 기술한 합격수준에 따라서 판정한다.

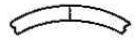
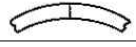


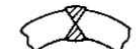
표 77-2. 주조품의 합격수준

검사한 재료 두께, $T$	해당 표준	합격수준 (또는클래스)	합격대상 불연속부
강 $T \leq 25 \text{ mm}$	부속서16 ASTM E 446	1	A, B, C 형
강 $T > 25 \text{ mm}$ , $\leq 51 \text{ mm}$	부속서16 ASTM E 446	2	A, B, C 형
강 $T > 51 \text{ mm}$ , $\leq 114 \text{ mm}$	부속서14 ASTM E 186	2	카테고리 A, B, C
강 $T > 114 \text{ mm}$ , $\leq 305 \text{ mm}$	부속서15 ASTM E 280	3	카테고리 A, B, C
알루미늄과 마그네슘	ASTM E 155	...	기준방사선 투과사진에 보임
구리, Ni-Cu	ASTM E 272	2	기준 A, Ba, Bb
청동	ASTM E 310	2	기준 A와 B

㉔ 용접이음 품질계수,  $E_j$

1. 기본품질계수. KEPIC MBB KG-26에 기록되어 있는 용접이음품질계수  $E_j$ 는 표 77-3의 내압 구성부품을 위한 직선 또는 나선형 길이방향 용접이음에 대한 기본계수이다.
2. 증가된 품질계수. 표 77-3의 제품규격이 요구하는 것보다 부가적 시험을 실시하는 경우의 용접에 대해서는 보다 높은 이음품질계수를 나타낸다.

표 77-3. 길이방향 용접이음 품질계수

번호	이음의 유형	이음매의 유형	검사	계수, $E_j$	
1	노대 맞대기 용접, 연속용접		직선	지정된 규격이 요구하는 대로	0.60
2	ERW		직선 또는 나선	지정된 규격이 요구하는 대로	0.85
3	전기용용용접				
	(a) 편면 맞대기 용접		직선 또는 나선	지정된 규격 또는 이 코드에 요구하는 대로	0.80
	(용가재가 있거나 없이)			(주1),(주2)에 따라 추가적으로 부분 방사선투과검사	0.90
				제85조2항 및 표 88에 따라 100% 방사선투과검사 추가 검사	1.00
(b) 양면 맞대기 용접		직선 또는 나선 [아래 4(a)에서 규정한 것은 제외]	지정된 규격 또는 이 코드에 요구하는 대로	0.85	
			(주1),(주2)에 따라 추가적으로 부분 방사선투과검사	0.90	
	(용가재가 있거나 없이)		제85조2항 및 표 88에 따라 100% 방사선투과검사 추가 검사	1.00	
4	특정 규격에 따라				
(a) API 5L	서브머즈드 아크용접(SAW) 가스금속아크용접(GMAW) GMAW와 SAW의 조합		한 두 이음매가 나선인 직선	규격이 요구하는 대로	0.95

(주1) 각 용접사나 자동용접사에 대해서 각 30m(100 ft)의 용접에 대해서 적어도 300 mm(1 ft)를 제85조 2항에 따라 방사선투과검사 시행

(주2) 원주방향 맞대기용접과 기타 용접. 검사의 범위는 각 용접사나 자동용접사에 대해서 매 20 용접 중 한 용접에 한 번 촬영

제78조 (정렬) ① 원주용접의 정렬은 아래에 따른다.

1. 원주방향이나 마이터 그루브 용접으로 연결되는 끝단의 구성부품의 내부 표면은 WPS 및 설계도면의 치수한계 내에서 정렬되어야 한다.
  2. 구성부품들의 외부표면이 정렬되지 않았다면, 그 부품을 접합하는 용접부는 테이퍼 지도록 용접하여야 한다.
- ② ASME Section II, Part D Table 1A, 1B 또는 별표 2에 명시된 표준에 따라서 제작되지 않은 길이방향 용접의 정렬은 제1항의 요건에 적합하여야 한다.
- ③ 분기관연결 용접은 아래에 따른다.
1. 주관의 외부표면에 맞닿는 분기관 연결부는 WPS 요건을 충족하는 그루브 용접을 위해서 윤곽이 만들어져야 한다[그림 78 (a) 및 (b) 참조].
  2. 주관의 구멍을 통하여 삽입되는 분기관 연결부는 모든 점들[그림 78 (c) 참조]에서 적어도 주관의 내부표면만큼 삽입하여야 하며, 그렇지 않으면 제3항제1호에 따라야 한다.
  3. 분기관 연결부의 주관의 구멍은 요구 윤곽에 비해 그림 78.에서 치수  $m$ 을 초과하여 벗어나지 않아야 한다. 어떠한 경우에도, 구멍 형상의 편차가 WPS 내의 루트간격 허용한계를 초과하게 해서는 아니 된다. 규정에 맞추기 위해 필요시 용접금속을 추가하거나 다시 마무리할 수 있다.
- ④ 이음부의 루트간격은 WPS 내의 허용공차 한도 내에 있어야 한다.

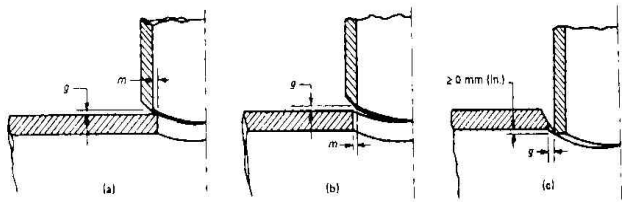


그림 78. 분기관 연결을 위한 준비

$g$  = 용접규격에 따른 루트 간격

$m = 3.2\text{mm}(1/8 \text{ in.})$  또는  $0.5 \sqrt{T_b}$  중 작은 것

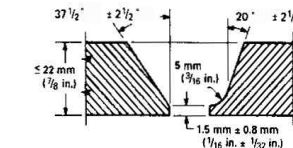
제79조 (개선) ① 개선(end preparation)은 그 표면이 매끄럽고 일정하며, 산소나 아크 절단시 슬래그가 절단표면에서 제거되어야 한다. 열 절단한 표면에 남아 있는 변색은 유해한 산화로 간주하지 않는다.

1. 부속서10(ASME B 16.25)에서 규정하는 그루브 용접을 위한 개선이나 WPS를 충족하는 것은 허용된다. 부속서10(ASME B 16.25)의 기본적인 베벨각도와 일부 추가적인 J 베벨각도는 아래 그림 79-1. (a)와 (b)에 나

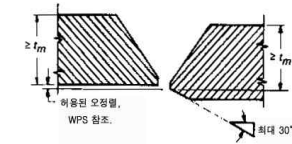
태내고 있다.

② 원주용접

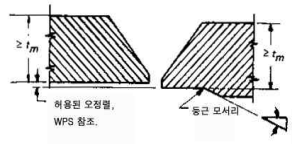
1. 구성부품의 끝부분이 그림 80. (a) 또는 (b)에서 보는 것처럼 받침 링이나 삽입 용가재에 맞도록 또는 내부의 오정렬을 바로잡기 위해서 다듬어져 있으면, 다듬질이 마무리된 벽 두께를 요구최저벽두께  $t_m$  아래로 감소시켜서는 아니 된다.
2. 구성부품의 끝단부는 가공된 끝단의 남은두께가  $t_m$ 보다 작지 않으면, 완전히 오목하게 들어가는 받침 링을 수용하도록 내면 가공할 수 있다.
3. 벽두께 요건이 유지된다면, 정렬을 보다 좋게 하기 위하여 같은 공칭 크기의 관 끝으로 치수를 정하는 것이 허용된다.
4. 필요하다면, 정렬을 위해서나 링이나 삽입물의 만족스러운 자리 잡기를 위해서 기계가공을 할 수 있도록, 용접금속을 구성부품의 안이나 밖에 용착할 수 있다.
5. 원주방향이나 마이터 그루브 용접이 두께가 같지 않은 구성부품을 연결하고 한 쪽의 두께가 다른 쪽의 1.5배를 초과할 때는, 그 개선과 형상은 부속서10(ASME B 16.25)의 불균등 벽 두께에 대해서 허용할 수 있는 설계에 따라야 한다.
6. 부속서5(ASME B 16.9)에 따라서 제조된 맞대기용접 관이음쇠는 연결된 두 부분들 사이에서 생길 총 각도 오프셋이  $3^\circ$ 를 초과하지 않는다면 관이나 다른 관이음쇠의 연결에서 각도 이음 오프셋을 만들기 위해서 다듬을 수 있다.



(a) 벽두께 6 mm 내지 22 mm (3/16 in. 내지 7/8 in.)



(b) 22 mm(7/8 in.)를 초과하는 벽두께



(c) 정렬을 위하여 인치를 가공한 보다 두꺼운 피이프

그림 79-1. 전형적인 맞대기용접 개선

그림 79-2. 다듬기와 허용된 오정렬

**제80조 (용접받침재료)** ① 받침 링이 사용될 때는 다음에 적합하여야 한다.

1. 철 금속 받침 링은 용접이 가능한 품질이어야 하며 유황성분이 0.05%를 초과해서는 아니 된다.
  2. 만일 두 개의 맞닿는 표면을 받침 링으로 사용되는 제3의 부재에 용접하려 하고, 그 3개의 부재들의 하나 또는 둘이 페라이트이고 다른 부재나 부재들이 오스테나이트이면, 그러한 재료들의 성공적인 사용을 위해 제2장에 따라 증명하여야 한다. 받침 링은 연속된 기계가공을 한 형이나 분할된 밴드형일 수 있다. 보통 사용하는 일부 형들이 그림 80.에 나타내고 있다.
  3. 비철 및 비금속 받침 링은 설계자가 그 사용을 승인하고 그것을 사용하는 용접절차가 제2장이 요구하는 대로 인정된다면 사용할 수 있다.
- ② 삽입 용가제는 용가제와 같은 공칭 성분이고 용접금속과 유해한 합금이 아니면 사용할 수 있다. 보통 사용하는 일부 형들이 그림 80.에 나타내고 있다.

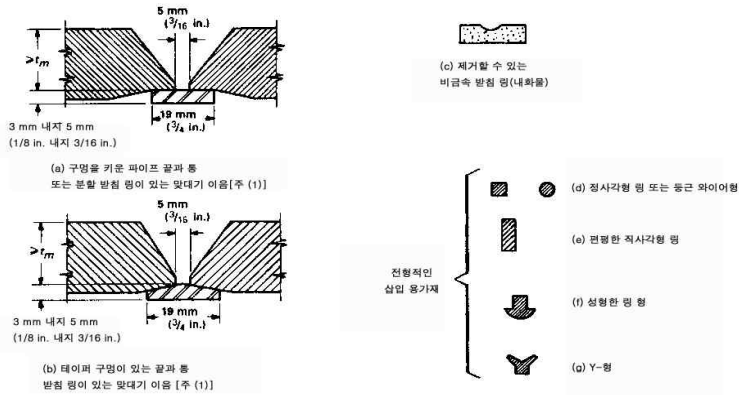


그림 80. 전형적인 받침 링과 삽입 용가제

(1) 용접하는 끝에 대한 상세한 치수 정보에 대해서는 부속서10(ASME B 16.25)을 참조한다.

**제81조 (굽힘과 성형)** ① 열간 또는 냉간 방법으로 관을 굽히거나 구성부품을 성형할 수 있으며, 이것은 소재의 유체사용, 가혹한 굽힘 또는 성형공정에 적합하여야 한다. 완성된 표면은 균열이 없어야 하고 좌굴이 없어야 한다. 굽힘이나 성형 후의 두께는 설계시의 요구 두께보다 작아서는 아니 된다.

② 굽힘의 편평도. 어느 단면에서의 최대지름과 최소지름 사이의 차이인 굽힘의 편평도(flattening)는 내압에 대해서는 공칭바깥지름의 8%, 외압에 대해서는 3%를 초과하지 않아야 한다. 이 요건을 달성하기 위해서 재료를 다음

질해서는 아니 된다.

③ 굽힘 온도. 페라이트 재료의 냉간 굽힘은 변태범위 미만의 온도에서 하여야 한다.

1. 열간 굽힘은 변태범위를 초과하는 온도에서, 어떤 경우에도 그 재료의 온도범위와 목적된 용도에 맞는 온도에서 하여야 한다.

④ 열간 굽힘과 성형 후에는, P-번호 3, 4, 5, 6 및 10A 재료에 대해서는 모든 두께에 대해서 열처리를 하여야 한다. 그 시간과 온도는 제88조에 따라야 한다.

⑤ 냉간 굽힘과 성형 후에는, 다음의 조건들 중 어느 것이 존재할 때는, (모든 두께에 대해서 그리고 표 88-1에서 주어진 온도와 시간으로) 열처리가 요구된다.

1. 굽힘이나 성형 후, 최대 계산된 섬유 연신율(가장 심한 성형방향에서)이 해당 규격, 등급 및 두께에 대한 규정기본최저연신율의 50%를 초과하는 P-번호 1 부터 6의 재료. 관의 선정과 굽힘이나 성형 공정의 선택이 완성된 상태에서 가장 심하게 변형된 재료가 적어도 10%의 연신율을 유지한다는 보장을 증명할 수 있으면, 이 요건은 적용하지 않을 수 있다.

2. 굽힘이나 성형 후에 계산된 최대섬유연신율이 초과하고 충격시험을 요구되는 재료

3. 기술설계에서 규정할 때

**제82조 (용접부의 균열)** 기술기준 제165조에서 규정한 “용접에 의한 균열이 없게” 하기 위해서 액화가스 연료연소설비 등에 대해서는 제83조부터 제88조까지의 요구조건에 적합하여야 한다.

**제83조 (청결)** 열 절단이나 용접할 내부 및 외부 표면들은 청소를 하여 가열할 때 용접금속이나 모재에 유해하게 될 페인트, 기름, 녹, 스케일과 기타 물질이 없어야 한다.

**제84조 (비파괴검사 범위)** ① 정상유체로 운전되는 배관의 비파괴검사범위는 다음과 같다.

② 원주방향 맞대기용접 및 마이터 그루브 용접부는 제85조 제2항에 따라서 100% 방사선투과검사 또는 제85조 제3항에 따라서 초음파탐상검사로 100% 검사하여야 한다.

1. 길이방향 용접과의 교차점들이 최대로 선택되도록 하여야 한다.

2. 길이방향 용접과 교차하는 원주방향 용접을 검사할 때에는, 각 교차용접부에 인접한 적어도 38mm를 검사하여야 한다.

③ 육안검사

1. ASME B&PV Code, Section V, Article 9에 따라서 수행하여야 한다.

2. 각 용접사 또는 자동용접사가 용접한 제작물의 용접부는 최소한 5%에 대해서는 검사되어야 한다.

3. 지정규격에 따라서 만든 구성부품의 용접부를 제외한 길이방향 용접부의 100%. 0.90의 이음계수  $E_1$ 에 요구되는 길이방향 용접검사는 다음을 참조



한다.

가. 길이방향 용접 : 0.9의 용접이음품질계수  $E_j$ 를 갖기 위해서 요구되는 길이방향 그루브 용접에 대한 부분 방사선투과시험은 각 용접사나 자동 용접사에 대해서 각 30m의 용접에 대해서 적어도 300mm를 제85조 제2항에 따라 검사하여야 한다.

4. 나사식, 볼트조임 및 기타 이음의 어셈블리들의 기밀시험을 하려 할 때는, 모든 나사식, 볼트조임 및 기타 기계식 이음들은 검사를 하여야 한다.
5. 정렬, 받침 및 콜드 스프링을 포함한 배관설치 중의 임의검사

**제85조 (비파괴검사 절차)** ① 주조품의 방사선투과검사는 제77조 5항을 따르며, 주조품 이외의 용접이나 구성부품의 방사선투과검사, 초음파탐상검사, 자분탐상검사, 침투탐상검사의 방법 및 절차는 제29조에 따른다.

- ② 용접부의 방사선투과검사를 시행할 때에는 아래 요건을 만족해야 한다.
  1. 100% 방사선투과검사. 원주방향용접과 마이터 그루브 용접 및 그림 85와 같이 제작한 분기관 연결용접에 적용한다.
  2. 임의 방사선투과검사. 원주방향용접과 마이터 그루브 용접에만 적용한다.
  3. 부분 방사선투과검사. 규정된 용접범위 이내의 점에서 제84조제4항에 따라서 단일 노출을 요구한다. 원주방향용접, 마이터 그루브 용접 및 분기관 그루브 용접에 대해서, 최소요건은 다음과 같다.

가. DN 65 이하의 크기에 대해서는, 전체 용접 원둘레를 둘러싸는 단일 타원형 노출  
 나. DN 65를 초과하는 크기에 대해서는, 안쪽 원둘레의 25% 또는 152mm 중 작은 것. 길이방향 용접에 대해서는 최소요건은 용접길이의 152mm 이다.

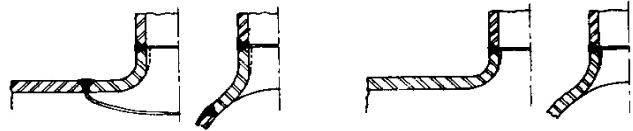


그림 85. 100% 방사선투과시험에 적합한 분기관 부착 상세

③ 초음파탐상검사를 시행할 때에는 아래 1과 2에서 규정하는 대안이 허용된다.

1. 기본교정블록이 열처리를 안 할 경우, 기본교정블록과 구성부품으로부터의 응답을 대비하기 위해서 감도보상전이법을 사용하여야 한다. 감도보상전이법은 기본교정블록 내와 구성부품 내에 있는 같은 반사체로부터 받은 응답들 사이의 차이를 주목하고 그 차이에 대해서 수정하여서 이루어진다.
2. 기준반사체는 V-노치(뒤에 제거하여야만 한다), 반사체 역할을 하는 사각용탐촉자, 또는 전달을 달성하는데 도움이 될 다른 반사체일 수 있다.
3. 감도보상전이법이 한 대안으로서 선택되었을 때는, 최소한 다음과 같이 사용하여야 한다.

가. DN 50 (NPS 2) 이하의 크기에 대해서는, 검사하는 매 10개 용접이음마다 1회

나. DN 50 초과 DN 450 이하의 크기에 대해서는, 검사하는 용접의 매 1.5m 에서 1회

다. DN 450을 초과하는크기에 대해서는, 검사하는 각 용접이음에 대해서 1회

**제86조 (비파괴검사 합격기준)** ① 비파괴검사의 합격기준은 제86조 2항을 따른다.

1. 용접결함에 대해서는 그림 86을 참조한다.
2. 주조품에 대한 합격기준은 제77조제5항에 규정되어 있다.

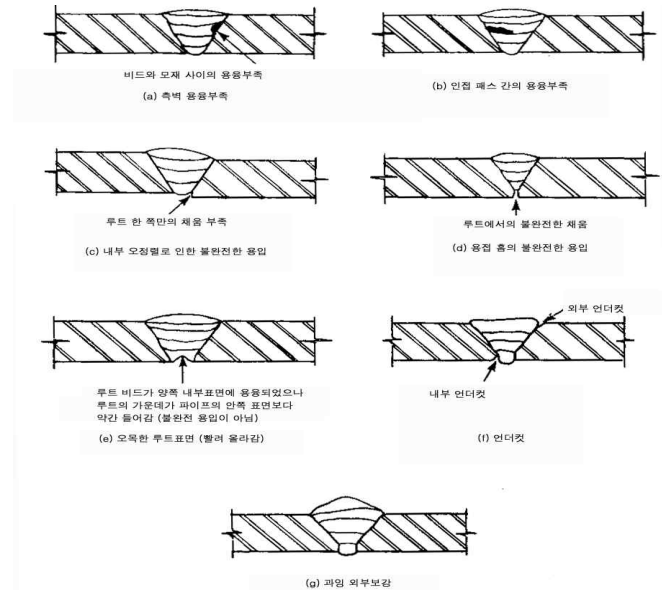


그림 86. 결함의 모양

② 방사선투과검사, 초음파탐상검사, 자분탐상검사, 침투탐상검사의 합격기준은 제30조를 따른다.

**제87조 (예열)** ① 예열은 열처리와 함께 고온 및 용접부 고유의 심한 열구배에 따른 유해한 영향을 최소화하기 위해 사용하여야 하며 가용접, 보수용접과 나사이음의 밀봉용접을 포함하는 모든 종류의 용접에 적용한다.

1. 여러 P-번호 재료들에 대한 요구되고 권장되는 최저예열온도는 표 87 요건에 따른다. 만일 주변온도가 0°C (32°F) 미만이면, 표87 내의 권장사항은 요건이 된다. 표 87에서 의미하는 두께는 그 이음에서 측정된 보다 두꺼운

구성부품의 두께이다.

2. 미등재 재료에 대한 예열요건은 WPS에서 규정한 온도로 하여야 한다.
- ② 예열온도는 WPS에서 규정하는 온도가 용접 전에 도달되고 용접 중에 유지되는지 확인하기 위해서 온도를 지시하는 크레용, 열전대 고온계 또는 기타 수단으로 점검하여야 한다.
  1. 열전대는 용접절차서나 검정없이 용접의 커패시터 방출 방법(capacitor discharge method)을 사용하여 내압용기에 임시적으로 직접 부착할 수 있다. 열전대를 제거한 후에는 보수할 결함의 증거를 찾기 위해서 그 부위를 육안으로 검사한다.
  - ③ 예열 부위는 용접의 각 가장자리를 지나 적어도 25mm를 넓게하여야 한다.
  - ④ 서로 다른 예열 요건을 가진 재료들이 함께 용접될 때는, 표 87에 있는 보다 높은 온도를 사용할 것을 권장한다.
  - ⑤ 만일 용접이 중단되면, 배관에 유해한 영향을 방지하도록 냉각속도를 제어하거나 다른 수단을 사용하여야 한다. 용접을 다시 시작하기 전에 WPS에 규정된 예열을 실시하여야 한다.

표87. 예열온도

P-번호 또는 S-번호 [주 (1)]	A-번호 [주(2)]	모재 그룹	공칭 벽두께		규정최소 인장강도, 모재		최소온도			
			mm	in.	MPa	ksi	요구		권장	
							℃	℉	℃	℉
1	1	탄소강	<25	<1	≤490	≤71	...	...	10	50
			≥25	≥1	모두	모두	...	...	79	175
			모두	모두	>490	>71	...	...	79	175
3	2, 11	합금강, $C_r \leq 1/2\%$	<13	<1/2	≤490	≤71	...	...	10	50
			≥13	≥1/2	모두	모두	...	...	79	175
			모두	모두	>490	>71	...	...	79	175
4	3	합금강, $1/2\% < C_r \leq 2\%$	모두	모두	모두	모두	149	300	...	...
5A, 5B, 5C	4, 5	합금강, $21\% < C_r \leq 10\%$	모두	모두	모두	모두	177	350	...	...
6	6	고합금강, 마르텐사이트	모두	모두	모두	모두	...	...	149 <sup>1</sup>	300 <sup>1</sup>
7	7	고합금강, 페라이트	모두	모두	모두	모두	...	...	10	50
8	8, 9	고합금강, 오스테나이트	모두	모두	모두	모두	...	...	10	50
9A, 9B	10	니켈합금강	모두	모두	모두	모두	...	...	93	200
10	...	Cr-Cu강	모두	모두	모두	모두	149-204	300-400	...	...
10I	...	27Cr강	모두	모두	모두	모두	149 <sup>3</sup>	300 <sup>3</sup>	...	...
11A SG 1	...	8Ni, 9Ni강	모두	모두	모두	모두	...	...	10	50
11A SG 2	...	5Ni강	모두	모두	모두	모두	10	50	...	...
21-52	...	...	모두	모두	모두	모두	...	...	10	50

주:

- (1) 별표 2.1로부터의 P-번호 또는 S-번호
- (2) 별표 4로부터 A-번호
- (3) 페이스 간 온도를 177 ℃ -232 ℃ (350 ℉ -450 ℉)로 유지.
- (4) 페이스 간 최고온도 316℃ (600℉).

**제88조 (용접후열처리)** ① 용접후열처리는, 표88 및 제6항부터 제9항까지 규정한 것을 제외하고는, 표88의 재료그룹과 두께범위에 따라야 한다.

1. 생산용접 후에 수행되는 열처리는 WPS에 명시되어야 하고, 용접절차인정에 적용되어야 한다.
2. 굽힘과 성형에 대한 열처리는 표 88에 따라야 한다.

② 구성부품들이 용접으로 연결될 때는, 표 88의 열처리 규정의 적용에서 사용될 두께는 다음을 제외하고는 이음에서 측정된 보다 두꺼운 구성부품의 두께이어야 한다.

1. 분기관 연결부의 경우, 분기관 관이음쇠의 일체로 된 부분으로서 또는 보강 패드나 새들로서 부착되었든, 보강으로서 추가된 (용접금속 이외의)금속은 열처리 요건의 결정에서 고려하지 않아야 한다. 그러나 이음부에 있는 구성부품의 두께가 최소두께보다 작을 지라도, 분기관을 통과하는 어느 평면 내의 용접부를 통과하는 두께가 열처리를 요구하는 최소재료두께의 두 배보다 클 때는 열처리가 요구된다.
2. 삽입 또는 쇼켓용접 플랜지에서의 필릿용접과 DN 50(NPS 2)이하의 배관 연결부의 경우는, DN 50 이하의 배관에서 나사이음의 밀봉용접에 대해서는, 그리고 모든 관 크기의 러그나 관 받침요소와 같은 외부의 비압력부의 부착에 대해서는, (비록 이음에서의 구성부품의 두께가 그 최소두께 미만일 지라도) 어느 평면 내의 용접을 통과하는 두께가 열처리를 요구하는 최소재료두께의 2배를 초과할 때, 다음을 제외하고는, 열처리가 요구된다.
  - 가. 모재의 두께에 상관없이 용접 목두께가 16mm 이하일 때, P-번호 1 재료에 대해서 요구하지 않는다.

나. 권장되는 예열 이상이 적용되고 모재의 규정최소인장강도가 490 MPa 이하라면, 모재의 두께에 상관없이 용접 목두께가 13mm 이하일 때, P-번호 3, 4, 5 또는 10A 재료에 대해서 요구하지 않는다.

다. 공랭경화하지 않는 용가재로 용접을 했을 때 페라이트 재료에 대해서 요구하지 않는다.

③ 가열과 냉각 : 가열방법은 요구금속온도, 금속온도 균일성 및 온도제어를 규정하여야 하고, 밀폐된 노, 국부화염가열, 전기저항, 전기유도 또는 발열화학반응을 포함할 수 있다. 냉각방법은 요구 또는 기대 냉각속도를 규정하여야 하고, 국부가열이나 단열을 통한 또는 다른 적당한 수단에 의한 노 내 또는 공기 중 냉각을 포함할 수 있다.

- ④ 열처리 온도는 WPS 요건들이 충족되는 것을 확인하기 위해서 열전대 고온 계로 또는 다른 적당한 방법으로 점검하여야 한다. 용접의 커패시터 배출 방법에 의한 열전대의 부착은 내압부분에 직접 부착한다.
- ⑤ 생산용접과 열간급힘 또는 열간성형 배관은 경도시험을 하여야 한다.
1. 표 88에서 경도한계가 규정된 곳에서는, 각 노의 열처리 배치(batch) 내의 용접, 열간급힘 및 열간성형 구성부품의 적어도 10 %와 국부 열처리한 것의 100 %를 시험하여야 한다.
  2. 이중 금속을 용접으로 연결한 곳에서는, 표 88 내의 모재와 용접금속에 대하여 규정한 경도한계가 각 재료에 대해서 충족되어야 한다.
- ⑥ 이중 페라이트 금속 간 또는 이중 페라이트 용가제를 사용하는 페라이트 금속 간의 용접이음의 열처리는 그 이음의 재료들에 대한 표 88 내의 온도범위들 중 보다 높은 온도범위에서 실시하여야 한다.
- 위들 중 보다 높은 온도범위에서 실시하여야 한다.
1. 페라이트와 오스테나이트 구성부품들과 용가제를 포함하는 용접이음의 열처리는 설계에서 별도로 명시하지 않은 경우, 페라이트 재료의 요구에 따른다.
- ⑦ 용접부가 열처리 전에 냉각되도록 허용된다면, 배관에 악영향을 방지하기 위해서 냉각속도를 제어하거나 다른 수단을 사용하여야 한다.
- ⑧ 부분 열처리. 배관 조립품이 통째로 노 내로 들어가지 못 할 때는, 두 번 이상으로 나누어 열처리를 하는 것이 허용된다. 이어지는 열처리에서 중첩부위는 적어도 300mm가 되어야하고 노 밖에 있는 조립품 부분은 유해한 온도구배로부터 보호하여야 한다.
- ⑨ 국부 열처리. 열처리를 국부적으로 할 때에는, 주관과 분기관의 가열영역이 전체 관 단면에 걸쳐 규정된 온도범위가 될 때까지 가열하여야 한다. 그 영역은 용접부나 급힘 부분이나 성형한 부분과 그 양끝에서 적어도 25mm를 포함하여야 하며, 그 것을 넘어서는 온도가 점진적으로 낮아져야 한다.

표 88. 열처리 요건

모재 P-번호 또는 S-번호 [주(1)]	A-번호 [주(2)]	모재 그룹	공칭 벽두께 mm	규정 최소 인장강도, 모재		금속온도 범위 °C	유지시간		브리넬 경도, 최고 [주(4)]	
				MPa	kpi		공칭 벽 [주(3)] min/mm	최소시간, hr		
1	1	탄소강	≤19 >19	모두 모두	모두 모두	없음 593-649	... 2.4	... 1	... 1	... ...
3	2, 11	합금강 $C_r \leq 1/2\%$	≤19 >19 모두	≤490 모두 >490	≤71 모두 >71	없음 593-718 593-718	2.4 2.4 2.4	... 1 1	... 1 1	... 225 225
4[주(5)]	3	합금강 $1/2\% < C_r \leq 2\%$	≤13 >13 모두	≤490 모두 >490	≤71 모두 >71	없음 704-746 704-746	... 2.4 2.4	... 1 1	... 2 2	... 225 225
5A, 5B, 5C [주(5)]	4, 5	합금강(2% $C_r \leq 10\%$ ) $\leq 3\%Cr$ 과 $\leq 0.15\%C$ $\leq 3\%Cr$ 과 $\leq 0.15\%C$ $>3\%Cr$ 또는 $>0.15\%C$	≤13 >13 모두	모두 모두 모두	모두 모두 모두	없음 704-760 704-760	... 2.4 2.4	... 1 1	... 2 2	... 241 241
6	6	고합금강, 마르텐사이트 A 240 Gr.429	모두 모두	모두 모두	모두 모두	732-788 621-663	2.4 2.4	1 1	2 2	241 241
7	7	고합금강, 페라이트	모두	모두	모두	없음	...	...	...	...
8	8, 9	고합금강, 오스테나이트	모두	모두	모두	없음	...	...	...	...
9A, 9B	10	니켈합금강	≤19 >19	모두 모두	모두 모두	없음 593-635	... 1.2	... 1/2	... 1	... ...
10	...	Cr-Cu강	모두	모두	모두	760-816 [주(6)]	1.2	1/2	1/2	...
10H	...	이상스테인리스강	모두	모두	모두	주(7)	1.2	1/2	1/2	...
10I	...	27Cr 강	모두	모두	모두	663-704 [주(8)]	2.4	1	1	...
11A SG 1	...	8Ni, 9Ni강	≤51 >51	모두 모두	모두 모두	없음 552-585 [주(9)]	... 2.4	... 1	... 1	... ...
11A SG 2	...	5Ni강	>51	모두	모두	552-585 [주(9)]	2.4	1	1	...
62	...	Zr R60705	모두	모두	모두	538-593 [주(10)]	주(10)	주(10)	1	...

주:

- (1) 별표 2.1로부터의 P-번호 또는 S-번호
- (2) 별표 4로부터 A-번호
- (3) 유지시간에 대해서, SI단위에서는 min/mm(분/두께 mm), 미국단위에서는 hr/in.두께를 사용한다.
- (4) 용접, 열간급힘 및 열간성형 부품은 적어도 10% 시험하여야 한다.
- (5) 일부 P-No. 4 및 No.5재료는 ASTM 규정 템퍼링온도보다 높을 수 있다.
- (6) 유지시간 후에 가능한 한 급속히 냉각한다.
- (7) 용접후열처리는 요구되지도 금지되지도 않는다. 그러나 적용된 열처리는 재료규격에서 요구되는 것과 같아야 한다.
- (8) 649°C(1200°F)로의 냉각속도는 56°C(100°F)/hr 미만이 되어야 한다. 그 뒤에는 냉각속도는 취성을 방지하기 위해서 충분히 빨라야 한다.
- (9) 냉각속도는 167°C(300°F)/hr 초과 316°C(600°F)/hr까지 이어야 한다.

**제89조 (완전한 용접시공을 위한 조치)** 기술기준 제166조에서 “용입이 충분하기”를 위해서는 제2장 용접시공법(제4조부터 제18조까지), 제77조 “용접부의 설계”, 제78조 “정렬”, 제79조 “개선”, 제80조 “받침재료”, 제81조 “굽힘 침 성형” 및 제83조 “청결”에 적합하여야 한다.

**제90조 (용접부의 결함)** 언더컷, 오버랩, 크레이터, 슬래그혼입, 블로우홀 등 이와 유사한 결함으로 인해 건전한 용접부 확보에 지장이 없게 하기 위해서는 제2장 “용접시공법”(제4조부터 제18조까지), 제77조 “용접부의 설계” 및 제84조 “비파괴검사 범위”에 적합하여야 한다.

**제91조 (용접부의 강도)** 기술기준 제167조에서 “충분한 강도”란 액화가스 연료연소 설비 등에 관계된 용기 또는 관의 용접부는 모재의 강도(모재의 강도가 다른 경우는 약한 쪽의 강도)와 동등 이상의 강도를 갖는 것으로 제2장 “용접시공법”(제4조부터18조), 제92조 “기계시험”, 제93조 “재시험” 및 제94조 “내압시험”에 적합하여야 한다.

**제92조 (기계시험)** ① 액화가스 연료연소설비에 대한 기계시험은 제35조제2항부터 제9항까지를 준용한다. 다만 충격시험은 아래 제2항에 따른다.

② 충격시험은 용접 금속부 및 열영향부에서 각각 3개의 시험편을 준비한다.

1. 액화가스용 연료연소설비에 속하는 용기 또는 관의 충격시험은 다음의 경우에는 하지 않아도 된다.

가. 두께가 4.5mm 미만의 용접부

나. 최저 사용온도가 -30℃보다 높은 용접부

다. 가. 또는 나. 이외의 용접부로서 다음 (1) 또는 (2)에 해당하는 것

(1) 열영향부로서 모재의 구분이 P-No. 8강재(탄소함유량이 0.10% 미만의 것에 한함) 또는 비철금속인 것.

(2) 용접금속부로서 용접금속이 오스테나이트계 스테인리스합금, 니켈 크롬 철 합금 또는 비철금속인 것.

**제93조 (재시험)** 액화가스 연료연소설비에 대한 기계시험의 재시험은 제36조를 준용한다.

**제94조 (내압시험)** ① 수압시험은 아래와 같이 수행하여야 한다.

1. 동결에 의한 손상의 가능성이나 배관이나 공정에 물의 악영향이 있지 아니하면, 사용유체는 물이어야 한다.

2. 아래 3에서 규정한 것을 제외하고는, 금속배관계통의 어느 점에서의 수압 시험압력은 다음과 같아야 한다.

가. 설계압력의 1.5배 이상

나. 시험온도를 초과하는 설계온도에 대해서는, 최저시험압력은 아래 방정식으로 계산하여야 한다. 단,  $S_T/S$ 의 값이 6.5를 초과하지 않아야 한다.

$$P_T = \frac{1.5PS_T}{S}$$

여기서

$P$  = 내부설계계기압력

$P_T$  = 최저시험계기압력

$S$  = 설계온도에서의 응력 값 (표 A-1 참조)

$S_T$  = 시험온도에서의 응력 값

다. 만일 위에서 정의한 시험압력이 시험온도에서의 항복강도를 초과하는 공칭응력이나 길이방향 응력을 생기게 하면, 그 시험압력은 시험온도에서의 항복강도를 초과하지 않을 최고압력으로 감소할 수 있다.

3. 용기와 용기에 부착된 배관의 내압시험을 동시에 할 수 있는 경우는 다음과 같다.

가. 배관의 시험압력이 그 용기의 시험압력 이하인 곳에서는, 그 배관과 용기를 배관시험압력으로 함께 시험할 수 있다.

나. 배관 시험압력이 용기의 시험압력을 초과하지만 용기에서 배관을 분리하는 것이 실용적이지 않을 때에는, 발주자가 승인하고 그 용기 시험압력이 제2항에 의해 계산한 배관시험압력의 77% 이상이라면, 그 배관과 용기를 용기시험압력으로 함께 시험할 수 있다.

② 기압시험은 아래와 같이 수행하여야 한다.

1. 압력방출장치를 설치하여야 하며, 그 설정압력은 시험압력에 345 kPa 또는 시험압력의 10% 중 낮은 값을 더한 것으로 한다.

2. 시험유체는 공기가 아니면 시험유체로 사용하는 가스는 비인화성 및 비독성이어야 한다.

3. 시험압력은 설계압력의 110%이어야 한다.

4. 압력은 시험압력의 50% 또는 170 kPa 중 낮은 것의 계기압력에 도달할 때까지 점진적으로 증가시켜야 한다. 그 이후에는, 압력은 시험압력에 도달할 때까지 단계적으로 점진적으로 증가시켜야 하며, 각 단계에서는 배관변형을 균일화하기에 충분하게 10분 이상 유지한 후 누설에 대해서 검사하기 전에 압력을 설계압력으로 감소시켜야 한다.

③ 수압-기압 조합시험은 아래와 같이 수행하여야 한다.

1. 수압-기압 조합시험을 사용하면, 제2항의 요건을 충족하여야 하고, 배관의 액체로 채워진 부분 내의 압력은 제1항제2호에서 기술한 한계를 초과하지 않아야 한다.

④ 제1항 내지 제3항의 규정에도 불구하고 시험을 하는 기기 등의 구조상 규정하는 압력으로 시험하기가 곤란한 경우에는 시험 가능한 최고압력으로 시험을 하여 이에 견디고 또한 새지 아니하여야 하며 추가로 방사선투과시험, 초음파탐상시험, 자분탐상시험 또는 침투탐상시험 중 적합한 한 가지 시험을 하여 이에 적합한 경우에는 이를 합격한 것으로 한다.

## 제7장 가스화로설비

**제95조 (재료의 식별)** ① 가스화로설비에 사용되는 재료는 아래와 같이 식별되어야 한다.

### 1. 재료의 표시

압력을 받는 재료에서 용기가 완성되었을 때의 규격에서 요구하는 원래의 식별 표시는 완전한 한 조각 분명히 보이도록 배치하여야 한다. 원래의 표시가 불가피하게 잘려 나가거나 재료가 두개 조각 이상으로 나누어 질 때에는, 압력용기 제조자는 재료를 절단하기 전에 완성된 상태의 용기에서 표시가 보이는 위치로 일련의 표시 내용을 정확히 이전 하든지, 용기 제작 과정에서 재료 조각을 식별하고, 완성된 용기에서 표시 사항을 식별할 수 있도록 검사원이 허용하는 부호화한 표시를 사용하여야 한다. 아래 제2호에서 지시된 것을 제외하고는, 재료는 검사원이 허용할 수 있는 방법으로 표시하여도 된다. 검사원은 표시의 옮김에 입회할 필요는 없으나, 그것이 정확하게 실시되었다는 것을 확인하여야 한다.

### 2. 표시의 이전방법

표시는 재료 절단 전에 옮겨야 한다. 사용조건이 재료의 식별을 위한 각인을 사용자가 금지 할 때에는 표시할 내용이 제공 되었을 때 확실한 식별을 할 수 있는 방식으로 판 위에 표시를 하여야 한다. 각 판은 검사원이 만족하도록 완성된 용기 내의 자리에서 확실히 식별되도록 표시하여야만 한다. 분할 될 재료에 대한 표시는 위 제1호에 따라서 옮겨야 한다.

### 3. 제조자가 아닌 제3자에 의한 표시의 이전

완성된 압력용기의 제조자 이외의 타인이 재료를 성형하려 하고, 해당 재료 규격이 요구하는 원래의 표시가 불가피하게 잘려 나가거나 그 재료가 두 개 이상으로 나누어 질 때에는, 그 성형품의 제조자는 다음 중 한 가지를 실시하여야 한다.

가. 원래의 식별 표시를 그 성형품 위의 다른 위치에 옮긴다.

나. 완성된 압력용기는 제조자와 합의되고 품질관리 시스템 내에서 기술된 표시방법을 사용하고 원래의 요구된 표시를 추적할 수 있는 부호화 된 표시를 사용하여 식별을 할 수 있게 한다.

### 4. 위의 수정된 표시 요건과 관련하여, 이 재료에 대한 재료시험보고서로 성형품을 식별할 수 있다.

### ② 결합이 있는 재료의 보수

용기 제조자는 결합을 제거하고 재료를 보수할 수 있으며, 재료규격에서 허용하면, 용기 제조자의 승인 하에 재료 제조자도 보수할 수 있다. 재료 규격에서 허용하는 것 이상의 재료 보수는 검사원이 만족하도록 실시하여야 한다. 모든 보수는 다음에 따라야 한다.

### 1. 결합부위의 검사

결합이 제거된 부위는 그 결합의 완전한 제거를 확인하기 위하여 자분탐상법 또는 침투탐상법으로 검사를 실시하여야 한다.

### 2. 용접에 의한 보수

용접에 의한 재료의 보수의 경우, 그 절차와 용접부는 “기술기준의 판단기준” “발전설비 용접”(이하 “발전설비 용접”이라 한다)의 제2장에 따라서 인정을 받아야 한다. 모재가 “기술기준의 판단기준 발전용 화력설비”(이하 “발전용 화력설비”라 한다)의 제146조에 의하여 충격시험이 요구될 경우, 용접절차 시험판도 용접하여 “발전용 화력설비”제146조에 따라 용착 금속에 대한 충격시험을 하여야 하고, 모재에서 요구하는 최소요건을 만족시켜야 한다. 보수된 재료가 용접후열처리를 요구할 때는 제110조의 용접후열처리 요건에 따라서 열처리를 실시하여야 한다.

### 3. 용접보수 후 표면 검사

가. 용접보수에 의해 완성된 표면은 제115조에 따라서 자분탐상검사 또는 침투탐상검사를 실시하여야 한다.

나. 용착금속의 깊이가 10 mm(3/8 in) 또는 재료 두께의 1/2을 초과하면, 용접으로 보수한 부위는 제115조에 따라서 방사선투과검사를 실시하여야 한다.

다. 재료에 대한 모든 보수내용은 문서로 남겨야 한다.

**제96조 (성형)** ① 동체 부분과 경관의 성형 - 동체 또는 경관 제조를 위한 모든 재료는 재료가 가진 기계적 성질을 유지할 수 있는 공정으로 성형하여야 한다.

### ② 성형 두께

재료의 선정된 두께는 모든 위치에서 성형공정으로 인해 설계계산에 의해 요구되는 최소값 미만으로 감소되지 않을 수 있는 두께이어야 한다.

### ③ 탄소강과 저합금강 부품의 성형

1. 판재는 타격방법으로 냉간 성형하지 않아야 한다.

2. 제110조의 용접후열처리 요건에 따라 열처리된다면, 판재는 재료에 주어진 단조온도에서 타격하여 성형할 수 있다.

3. P-No.1 그룹No.1 및 2의 재료로 제작할 때를 제외하고는, 냉간 성형으로 제작된 모든 용기 동체, 경관, 압력 경계 부품은 연신율(extreme fiber elongation)(가공변형량)이 압연된 상태로부터 5%를 초과할 때는 열처리를 하여야 한다. P-No.1 그룹No.1 및 2에 대해서는, 연신율이 40%를 초과하거나, 또는 연신율이 5%를 초과하고 다음 조건 중 어느 것에 해당된다면, 열처리가 요구된다.

가. “발전용 화력설비”제146조에 따라서 결정된 최저설계금속온도가 재료의 충격시험을 요구할 경우

나. 압연된 상태의 두께로부터 냉간 성형으로 인한 두께의 감소가 가공변형량이 5%를 초과하는 어느 위치에서나 10%를 초과한 경우

다. 성형하는 동안의 재료 온도가 120℃부터 480℃(250°F 부터 900°F)의 범위에 있는 경우, 모든 다른 P-No.와 그룹No.에 대해서는, 변형(연신율)이 5%를 초과하면 비록 가.부터 다.에 표시된 조건 중 어느 것에 포함되지 않는다 해도 성형된 부품에 적당한 열처리를 하여야 한다.

4. 연신율은 표 6.1에 있는 방정식으로 산정하여야 한다.
5. 탄소강이나 저합금강 강판의 용기 동체, 경판 또는 기타 압력부분이 용기 제조자 이외의 타인에 의해서 냉간 성형되었을 때에는, 그 성형 부품에 대한 증명서에서 부품이 열처리 되었는지 여부를 나타내야 한다.

④ 고합금강 재료 부품의 성형

다음의 조건을 만족한다면, 오스테나이트 계 합금으로 부터 제작된 압력유지 부품의 냉간 성형 부위는 표 6.2에 주어진 온도에서 두께의 0.8 min/mm(20 min/in) 또는 10분 중 더 긴 시간 동안 가열하여 용체화 어닐링(solution annealed) 후 급냉 시켜야 한다.

1. 마무리 성형온도가 표 6.2에서 주어진 최저 열처리온도 이하인 경우
2. 설계금속온도와 성형변형이 표 6.2에 나오는 한계를 초과한 경우, 성형변형은 표 6.1에 있는 방정식을 사용하여 계산하여야 하며, 만일 성형변형이 표같이 계산할 수 없으면, 제조자가 최대성형 변형을 결정하여야 한다.
3. 플레어, 스웨이징 또는 엽셋은 변형의 양에 관계없이 표 6.2에 따른 열처리를 적용하여야 한다.

⑤ 비철 재료 부품의 성형

1. 압연(rolling)으로 성형된 모든 동체 부분은 압축이나 압연으로 전 길이를 진원으로 만들 수 있다.

2. 다음의 조건을 만족한다면, 표 6.3에 표시된 합금으로 제작된 압력유지 부품의 냉간 성형 부위는 표 6.3에 주어진 온도에서 두께의 0.8 min/mm(20min/in) 또는 10분 중 더 긴 시간 동안 가열하여 용체화 어닐링을 하여야 하며, 뒤이어 급냉시켜야 한다.

가. 마무리 성형온도가 표 6.3에서 주어진 최저열처리온도 아래인 경우

나. 설계금속온도와 성형변형은 표 6.3에 나오는 한계를 초과한 경우, 그 성형변형은 표 6.1에 있는 방정식을 사용하여 계산하여야 하며, 만일 성형변형을 표 6.3에서 나타낸 것같이 계산할 수 없으면, 제조자가 최대 성형변형을 결정하여야 한다.

3. 플레어, 스웨이징 또는 엽셋은 변형의 양에 관계없이 표 6.3에 따른 열처리를 적용하여야 한다.

⑥ 압연할 판재 단면의 예비성형

판재를 압연하려 한다면, 원통형 용기의 길이방향 이음부의 인접 단면을 완

성된 이음부를 따라 편평한 부분은 예비 압연이나 성형을 통해서 적당한 곡률을 가진 모양을 만들어야 한다(아래 제7항 참조).

⑦ 용기 부품의 성형 공차는 다음의 요건을 따라야 한다.

1. 내압을 받는 동체와 경판  
내압을 받게 될 판재로 제작한 동체와 경판의 공차는 공칭단면의 1%이내, 모든 경판은 공칭안지름의 0.625%이내 이어야 한다.
2. 외압을 받는 동체와 경판  
외압을 받게 될 판재로 제작한 동체와 경판의 공차는 위 제1호에 따른다.
3. 관으로 제작한 동체에 대한 공차  
이상의 모든 다른 요건을 만족시키는 관으로 제작한 용기 동체는 해당 관의 규격에서 허용하는 범위의 지름 변경이 가능하다.
4. 관 캡으로 제작한 경판의 공차  
이 장의 모든 다른 요건을 만족시키는 관 캡으로 제작한 용기 경판은 해당 제품규격에서 허용하는 범위내에서 형상 변경이 가능하다.

⑧ 러그와 부착물

모든 러그, 브래킷, 새들형 노즐, 맨홀 골격, 개구부 주위의 보강 및 기타 부착물은 그것들이 부착되는 동체나 표면의 곡률에 맞도록 성형하고 부착하여야 한다.

1. 새들형 노즐, 맨홀 골격, 개구부 주위의 보강과 같은 압력부품이 압력유지 용접부를 지나 연장된다면, 이로 인하여 덮이게 되는 용접부는 주위와 같은 평면으로 연마하여야 한다.
2. 러그, 브래킷 및 지지 다리와 새들과 같은 비압력 부품이 압력유지 용접부를 지나 연장된다면, 이 용접부는 위 제1호에서 언급한 대로 주위와 같은 평면으로 연마하거나, 부품은 용접부와 간격을 유지하도록 노치를 만들거나 덮어 씌워야 한다.

⑨ 회전 구멍

성형을 편리하게 하기 위하여 경판의 중앙에 회전 구멍(spin hole)을 허용한다. 지름이 60 mm(2 3/8 in) 이하인 회전 구멍은 용접 플러그나 용접금속을 사용하여 완전 용입 용접으로 막을 수 있다. 용접부나 플러그의 두께는 회전 구멍에 인접한 경판 재료의 두께 이상이 되어야 한다. 완성된 용접부는 제 115조에 따라서 자분탐상검사 또는 침투탐상검사를 하여야 한다. 재료규격이 요구하는 검사에 추가하여 제115조에 따르는 용접부의 체적비파괴검사(full volumetric inspection)를 실시하여야 한다.

**제97조 (모재의 준비)** ① 압력용기의 제작에 사용되는 모든 재료는 용기의 안전에 영향을 미치는 결함을 검출할 목적으로 제작 전에 검사하여야 한다. 제작이 진행되면서, 제작 중에 들어난 결함을 검출하기 위하여, 용기 제조자는 (두께를 통과하여 절단한 개구부의 가장 자리를 포함하는) 모재의 가장 자리를 주의 깊

게 검사하여야 하며, 제95조제2항에 따라서 결함부를 보수하여야 한다.

1. 아래 제2호에서 요구되는 것을 제외하고는, 용접을 하게 될 38 mm(1 1/2 in)를 초과하는 두께를 가진 모재 내의 절단된 단면은 제115조에 따라서 자분탐상법이나 침투탐상법으로 불연속부검출을 위한 검사를 실시하여야 한다.
2. 개구부에 대해서는, 모든 두께의 모재 내의 절단된 단면은 제115조에 따라서 자분탐상법이나 침투탐상법으로 불연속부검출을 위한 검사를 실시하여야 한다. 층상 불연속부가 유해할 경우에는, 구매자는 제작 전 추가의 재료 시험(즉 SA-435 또는 SA-578에 따른 판재 및 SA-388에 따른 단조품의 초음파탐상검사)을 고려하여야 한다.
  - 가. 다른 유형의 개구부에서 지름이 75 mm(3 in) 이하의 개구부의 절단된 단면에 대해서는 이 시험은 요구되지 않는다.
  - 나. (재료 표면과 평행하지 않은, 길이를 가진) 비층상 불연속부는 제거하여야 한다.
  - 다. 어느 시험방법으로든 발견된 표면과 평행한 불연속부는 그 길이가 25 mm(1 in)를 초과하지 않으면 보수 하지 않아도 된다.
3. 한 압력부품이 모서리 이음을 만들기 위하여 설계 규정에 따라서 두께가 13 mm(1/2 in)를 넘는 평판에 용접된다면, 용접이음 가공과 모서리 이음을 형성하는 평판의 원주 방향 가장 자리는 용접하기 전에 제115조에 따라서 자분탐상법이나 침투탐상법으로 아래에서 기술하는 것과 같이 검사하여야 한다. 용접한 후에는, 평판의 원주 단면과 용접이음 가공은 아래에서 규정하는 대로 재검사를 하여야 한다.
  - 가. “발전용 화력설비” 표 4.2.6의 상세 1, 2, 3 및 표 4.2.8의 상세 1과 같이 평판 내의 대표적인 이음부 용접단(weld edge preparation)
  - 나. “발전용 화력설비” 표 4.2.6의 상세 1, 2와 같은 용접 후 평판의 바깥 원주 단면
  - 다. 용접부의 단면으로부터 그 평판의 원주 단면까지 거리가 그 평판의 두께 미만일 경우, “발전용 화력설비” 표 4.2.6의 상세 3과 같이 용접 후 평판의 바깥쪽 원주 단면
  - 라. “발전용 화력설비” 표 4.2.9의 상세 3, 4와 같이 용접 후 평판의 안쪽 원주 표면.

② 판재와 기타 저장품의 절단

1. 판재, 경판의 단면 및 기타 부품은 기계 가공, 전단 및 그라인딩과 같은 기계적 방법 또는 열 절단 방법을 통해 요구형상과 크기로 절단할 수 있다. 절단 작업 후에는, 모든 슬래그와 재료의 유해한 변색은 계속 가공하거나 사용하기 전에 기계적 방법으로 제거하여야 한다. 열 절단이 사용될 때는, 재료의 기계적 성질에 미칠 영향을 반영하여야 하며, 용접될 단면은 균

일하게 연마하여야 한다.

2. 비철 재료는 강재에 일반적으로 사용되는 재래식 산소절단 장비로는 절단할 수 없으며 산소-연료 분말 절단, 탄소 아크, 산소 아크 및 기타 방법으로 녹이고 절단할 수 있다. 열을 사용한 절단작업 후에는 절단 후 바로 사용하여야 하며, 다른 가공 전에는, 그라인딩, 기계 가공 또는 다른 기계적 방법으로 제거하여야 한다.

③ 노즐과 맨홀 넥의 전단

완성된 용기에서 용접되지 않은 채로 남아 있게 되는 노즐과 맨홀 넥의 끝은 충분한 여유를 주고 전단(shearing)할 수 있다. 절단된 단면은 제115조에 따라서 자분탐상법이나 침투탐상법으로 검사를 실시하여야 한다.

**제98조 (맞춤과 정렬)** ① 용접 될 부품은 용접작업 동안 제자리에 맞추어 정렬하고, 제 위치를 유지하여야 한다. 두 부품이 관성과 연속 구동 마찰 용접 공정으로 접합될 경우, 두 부품 중 하나는 고정 되어야 하고 다른 부품은 회전되어야 한다. 접합되는 두 면은 근본적으로 회전축에 필수적으로 대칭이어야만 한다. 해당 이음부의 기본적 형식의 일부는 둥근 충실(solid) 축과 충실 축, 튜브와 튜브, 충실 축과 튜브, 둥근 충실 축과 판재 및 튜브와 판재이다.

② 용접 중에 정렬을 유지하는 수단

용접되는 단면의 정렬을 유지하기 위하여 봉, 잭, 가용접 또는 기타 적절한 수단이 사용될 수 있다. 가용접은, 정렬을 유지하기 위하여 사용될 경우, 완전히 제거하거나 종점과 시점이 최종 용접부에 만족스럽게 혼입될 수 있도록 그라인딩이나 다른 적절한 방법으로 처리하여야 한다. 가용접부는 인정된 절차로 자격이 인정된 용접사가 용접하여야 하며, 결함에 대해서 육안검사를 하여야 하고, 결함이 발견되면 제거하여야 한다. 결함제거 부위는 제115조에 따라서 자분탐상법이나 침투탐상법으로 검사를 실시하여야 한다.

③ 맞대기 용접이음의 단면 정렬

맞대기 용접이음의 단면은 제100조에서 요구하는 공차가 맞대기 이음부에서 초과되지 않도록 용접 중에 고정되어 있어야 한다. 원주 이음부가 허용된 공차를 초과할 경우, 경판이나 동체 링, 어느 것이든 공차를 벗어난 것은 허용한도(제100조제1항제1호 참조)가 만족될 때까지 다시 성형해야 한다.

④ 임시 부착물의 제거

임시 부착물을 제거한 부위는 편평하게 다듬고 제115조에 따라서 자분탐상법이나 침투탐상법으로 검사를 실시하여야 한다. 결함은 제거하여야 하고, 결함이 제거된 것을 확인하기 위하여 재료를 검사하여야 한다. 용접보수가 필요하면, 그 보수는 인정된 용접절차를 사용하여 자격이 인정된 용접사가 실시하여야 하고, 그 보수부는 제95조제2항제3호에 따라서 검사하여야 한다.

**제 99 조 (용접할 표면의 청소)** ① 용접할 표면은 깨끗하고 스케일, 녹, 기름, 그리스, 슬래그, 유해한 산화물 등 해로운 이물질이 없어야 한다. 청소 방법과 범위는 용접할 재료와 제거하여야 할 오염물질에 따라서 결정하여야 한다. 용접금속

이 이전에 용접된 표면 위에 용착될 경우, 용접부에 불순물이 혼입되지 않도록 모든 슬래그는 끌, 치핑 해머, 또는 기타 적당한 수단으로 제거하여야 한다.

② 용접될 구조물의 표면은 구조 스케일을 제거하고 건전한 금속을 노출시키기 위해서 기계 가공, 치핑 또는 연마를 하여야 한다.

③ 완전용융과 용입이 되고 용접부가 결합이 없는 상태로 되는 용접법에는 위 제1항 및 제2항의 요건이 적용되는 것은 아니다.

**제100조 (맞대기 용접을 할 단면의 정렬 공차)** ① 맞대기 용접을 할 단면의 정렬은 최대 읍셋이 아래에 나와 있는 값들보다 크지 않아야 한다. 대안으로 아래에서 허용하는 값들보다 큰 읍셋은 용접하기 전에 검사원의 승인을 받고 “발전용 화력설비” 제150조제12항의 요건과 아래 제2항의 요건이 만족된다면 허용된다. 허용응력이 시간 종속적인 특성에 의해 주로 영향을 받는 온도범위에서 용기를 사용하거나, 피로해석이 요구되는 경우, 단면의 정렬을 설계에서 고려하여야 한다.

1. 원통형 동체

원통형 동체 내의 용접이음에서 최대 허용 읍셋은 표 6.4에 주어진 것과 같아야 한다.

2. 구형 동체와 원통형 동체에 용접하는 반구형 경관

구형 용기 내의 이음부, 경관 내의 이음부 및 원통형 동체와 반구형 경관 사이의 이음부는 표 6.4의 요건을 만족시켜야 한다.

3. 퀀칭-템퍼링을 한 고강도 강재에 대해서 맞대기 용접을 할 단면에서의 정렬공차는 제111조제5항제3호에 따라야 한다.

② 허용공차 이내 읍셋의 정형화

위에서 제시된 허용 공차 이내의 읍셋은 그 완성된 용접부의 폭에 걸쳐 3:1의 경사로 정형(fairing)을 시켜야 한다. 또는 필요시(용접부 단면이 되는 곳을 지나 용접금속을 추가하여 덧살붙임이 되면 이를 포함) 만일 용접금속이 덧살붙임으로 추가되면 제104조제9항의 요건을 만족해야 한다.

③ 내압을 받는 동체와 경관 내의 용접부의 돌출부

1. 피로해석이 요구되면, 범주 A 용접이음에서 돌출부 높이  $d_p$ 를 안쪽 형판 또는 바깥쪽 형판을 사용하여 측정하여야 한다. (그림 6.1 참조)

2. 모형판의 현 길이는  $d/6$  또는 300mm (12 in) 중 큰 것이어야 하나, 900mm (36 in)를 초과할 필요는 없다. 용접이음이 접시형 또는 반타원형 경관 내에 있으면, 안지름 D는 경관의 구형 부분의 지름과 같아야 한다. 용접이음이 2:1 반타원형 경관 내에 있으면, D는 부착된 원통형 동체의 공칭 안지름의 1.8배와 같아야 한다.

3. 피로해석이 요구되면,  $d_p$ 의 허용 값은 설계 요구조항에 따라 결정하여야 하고, 제조자의 설계보고서에 나와 있어야 한다.

**제101조 (용접법)** ① 이 장에 따르는 용기의 제작에 사용될 수 있는 용접법은 표

6.5와 같다. 이들 용접법의 변수가 포함된 용어의 정의는 “발전설비 용접” 제2장에 따른다. 하이브리드 용접법도 허용된다.

② 티타늄의 용접은 “발전설비 용접”에서 규정된 대로 GTAW, GMAW, PAW, EBW 또는 LBW법을 사용하여야 한다.

**제102조 (용접 인정과 기록)** ① 제조사 또는 부품 제조자는 조직이 수행하는 용접에 대하여 책임이 있다. 제조사 또는 부품 제조자는 용접절차를 인정하고 이 절차를 사용하는 용접사와 자동 용접사의 기량을 인정하기 위하여 “발전설비 용접” 제2장에서 요구하는 시험과 이 부문이 요구하는 추가시험에 대해서도 책임이 있다.

1. 다음의 조건이 만족될 경우, 이 장에 따라서 제작되는 압력용기를 제작하기 위하여, 제조사가 고용하고 있지 않은 용접사가 작업할 수 있다.

가. 제조자는 코드 기호의 표시와 적절하게 작성되고 검사원이 서명한 자료보고서 서식을 포함한 완성된 압력용기 또는 그 부품의 코드 일치성에 대한 책임이 있다.

나. 모든 용접은 “발전설비 용접”의 요건을 따르는 제조자의 용접절차서방서에 따라서 실시하여야 한다.

다. 모든 용접사에 대해서는 “발전설비 용접” 제2장의 요건에 따라 제조사가 자격을 인정하여야 한다.

② 인정시험의 제한

모든 시험쿠폰의 용접 및 시험은 제조자의 책임이어야 한다. 대안으로서, “발전설비 용접” 제2장을 사용할 수 있다.

③ 인정전의 제조용접

사용하게 될 용접절차가 인정되기 전 까지 제조용접을 하여서는 안 된다.

④ 용접절차의 인정

압력부품의 용접 및 부착물과 같은 내력 비압력 부품의 이음에서 사용되는 절차는 “발전설비 용접”에 따라서 인정을 받아야 한다.

1. “발전설비 용접”에 따라서 절차인정용 시험판을 만들 때에는, 실제 용접의 각도, 횡방향, 단말 구속의 영향을 반영하여야 한다. 이것은 550 MPa (80,000 psi) 이상의 최대인장강도를 가진 재료와 용접금속 그리고 낮거나 높은 인장강도 재료의 두꺼운 단면에 적용된다. 용접 중에 구속을 가하면 발생하지 않을 수 있는 균열을 일으킬 수 있다.

2. (연장된 열전달 표면, 단열재 지지 편, 등과 같이) 본질적으로 내력 기능이 없는 비압력-내력 부착물을 압력부품에 용접하는데 사용되는 절차는 다음의 요건을 만족시켜야 한다.

가. 용접법이 수동, 자동 또는 반자동이면, 그 절차인정이 “발전설비 용접”에 따라서 요구된다.

나. 용접이 용접절차서방서에 따라서 수행되는 자동용접법을 사용하여 수



행되면, 그 절차인정시험은 요구되지 않는다.

⑤ 용접사와 자동용접사의 시험

압력부품 및 부착물과 같은 내력 비압력 부품(부착물)의 이음에서 용접사와 자동용접사는 “발전설비 용접”에 따라서 인정을 받아야 한다.

1. 자동용접기에 대한 자동용접사 인정시험은 용접을 시작하기 전에 별도의 시험판 또는 첫 용접품에 실시하여야 한다.
2. 내력 스티드를 부착하기 위하여 스티드 용접을 사용할 때는, 그 절차와 자동용접사의 제조 스티드 용접시험을 각 교대조의 용접 시작 전에 별도의 시험판에 실시하여야 한다. 이 용접시험은 “발전설비 용접”에서 기술된 굽힘 또는 토크 스티드 용접시험에 따라서 용접되고 시험되는 5개의 스티드로 구성되어야 한다.
3. (열전달 표면의 확장, 단열재 지지 편, 등과 같이) 본질적으로 내력 기능이 없는 비압력-내력 부착물을 압력부품에 용접하는 용접사와 자동용접사는 다음에 따라야 한다.
  - 가. 용접법이 수동, 자동 또는 반자동이면, “발전설비 용접”에 따르는 인정이 요구된다.
  - 나. 용접이 자동용접법으로 수행되면, 기량인정시험은 요구되지 않는다.
  - 다. 스티드 용접이 사용된다면, 최종용도 적용 요건에 해당하는 제조 스티드 용접시험을 제조자가 규정하고, 각 교대조의 시작에서 별도의 시험판이나 튜브에 실시하여야 한다.

**제103조 (용접 전에 취할 사전조치)** ① 제조자는 용기의 제작에 사용될 용접봉과 기타 재료의 관리에 책임이 있으며, 용접봉, 플럭스 및 기타 용접재료의 식별, 취급 및 저장 유지관리를 하여야 한다. 용접봉과 플럭스는 습기의 흡수를 최소화하도록 사전조치를 취해야 한다.

② 허용최저용접온도

재료의 온도가 -20℃(-0°F)보다 낮을 때는 어떤 종류의 용접도 해서는 안 된다. 그 온도가 0℃(32°F)와 -20℃(-0°F) 사이이면, 용접이 시작될 시점에서 75 mm(3 in) 이내에 있는 모든 부위의 표면은 용접을 시작하기 전에 적어도 손이 따뜻한 온도(15℃(60°F)를 넘을 것으로 추산)를 느낄 때까지 가열하여야 한다. 표면이 젖거나 얼음으로 덮여 있을 때, 용접할 표면에 눈이 내릴 때, 또는 용접사 또는 자동용접사와 작업 대상물이 적절하게 보호되어 있지 않거나 강풍이 부는 동안에는 어떤 용접도 하여서는 안 된다.

**제104조 (용접이음에 대한 요구)** ① Type No.1 양쪽면 맞대기용접 이음부

용접부의 용입과 덧살 - 맞대기 용접이음은 완전용융 용입이 되어야 한다. 용접된 대로의 사용이 허용된다하더라도 용접 표면은 방사선투과검사 또는 기타 요구되는 비파괴검사를 할 수 있도록 거친 주름, 흠, 결침, 들연한 용기와 같이 없어야 한다. 방사선투과사진 상의 지시가 용접부의 표면상태 때문이라고 의심

이 되면, 판단을 돕기 위해서 그 방사선투과사진을 실제 용접표면과 비교하여야 한다.

1. 다음의 조건이 만족된다면, 용접법으로 인한 두께의 감소는 허용될 수 있다. 그러나 용접법으로 인한 두께 감소의 측정을 요구하는 것은 아니다. 두께 감소의 허용범위에 대하여 제조자와 검사원 사이에 이견이 있으면, 그 깊이는 실제로 측정하여 확인하여야 한다.
  - 가. 두께의 감소는 어느 점에서나 최소 요구두께 아래로 인접한 표면의 재료를 감소시켜서는 안 된다.
  - 나. 두께의 감소는 0.8 mm(1/32 in)와 인접한 표면의 공칭두께의 10% 중 작은 것을 초과해서는 안 된다.

2. 검사 요건

검사 요건은 제114조에 따라야 한다.

3. 용접부 덧살

용접 흠에 용접금속을 완전히 용착하여 용접부의 어느 위치에서도 용접금속의 표면이 인접 모재의 표면보다 낮지 않도록 용접부의 표면에 덧살을 용착할 수 있다. 한쪽 면에서 용접되는 원주 맞대기 용접부의 루트쪽에 용접법으로 인한 오목부는 용접된 두께가 접합하는 두 모재 중 얇은 쪽 모재의 두께 이상이고 오목부의 외형이 부드러운 경우 허용된다.

② Type No.2 받침쇠가 있는 한쪽면 맞대기 이음부 용입과 덧살

Type No.2 받침쇠가 있는 한쪽면 맞대기 이음부가 사용된다면, 그 전체 길이에 걸쳐 이음부의 바닥에서 완전한 용입과 용융이 되도록 맞대어진 구성 부품의 정렬과 간극 조정에 특별히 주의하여야 한다.

1. 받침쇠

받침쇠는 연속적이어야 하며 그 연결부는 맞대기 용접이 되어야 한다. 받침쇠를 형성하기 위하여 한 판의 윗면을 가진 원주 한쪽면용접 맞대기 이음부는 금지한다.

2. 검사 요건

검사 요건은 제114조를 따라야 한다.

③ 완전용입 모서리 이음부 용입과 용융

완전 용입 모서리 이음부 내의 용접부는 접합되는 부품의 적어도 하나를 완전히 통하여 연장되는 흠 용접부이어야 하며 각 부품이 완전히 용융되어야 하고, 검사 요건은 제114조를 따라야 한다.

④ 노즐 부착물을 위한 부분용입 모서리 이음부 용입 요건

부분용입 용접부는 별도그림 47 (19), (20), (26), (27)에서 요구하는 것과 같은 최소 용입깊이를 가져야 하며, 검사 요건은 제115조를 따라야 한다.

⑤ 필렛 용접이음

필렛 용접부의 용접금속이 그 용접부의 루트에서 모재 속으로 충분히 용입이

확보되는 방법으로 용착되어야 하며, 검사 요건은 제114조를 따라야 한다.

⑥ 노즐과 기타 연결부를 부착하는 용접부는 제조자의 설계 요건에 따라야 한다.

⑦ 비압력 부품과 보강재를 부착하는 용접부는 제조자의 설계 요건에 따라야 하며, 검사 요건은 제114조를 따라야 한다.

⑧ 오스테나이트 계 크롬-니켈 합금강 용접부

19 mm(0.75 in)를 초과하는 동체두께를 가진 부품 내의 맞대기와 필렛의 모든 오스테나이트 계 크롬-니켈 합금강 용접부는 침투탐상법으로 제115조에 따라서 검사를 실시하여야 한다. 열처리를 실시한다면, 이 검사는 열처리 후에 실시하여야 하며, 모든 균열은 보수하여야 한다.

⑨ 표면 용접금속의 덧살붙임

용접금속의 용착이 모재의 두께를 복원하거나 설계 요건의 구배가 있는 천이를 제공하기 위하여 용접이음의 형상을 수정하기 위한 목적으로 모재의 표면에 적용하는 덧살붙임 절차인정은 “발전설비 용접” 규정을 따르는 맞대기용접 절차의 인정을 제조용접 전에 용착되는 용접금속의 두께에 대해서 실시하여야 하며, 모든 용접금속의 덧살붙임은 자분탐상법이나 침투탐상법으로 제115조에 따라서 그 용착의 전 표면에 걸쳐 검사를 실시하여야 한다. 제115조에 따라서 방사선투과검사가 요구되는 용접이음에 표면 용접금속 덧살붙임이 사용될 때는, 용접금속 덧살붙임은 이 시험에 포함되어야 한다.

⑩ 양쪽면 용접이음의 반대쪽 가공

양쪽면 용접이음 후 반대쪽 뒷면은 용접작업을 시작하기 전에 앞면 용접에 의한 용접금속의 바탕에서 건전한 금속을 확보하도록 치핑, 그라인딩, 또는 가우징으로 가공하여야 한다. 이 요건은 용융용접법 등으로 얻어지는 용접부 바탕에 불순물이 없는 상태의 용접법에는 적용하지 않는다.

⑪ 한쪽면 용접이음의 구성부품의 정렬과 간극

한쪽면 용접이 사용된다면, 이음부의 바닥에서 그 전 길이에 걸쳐 완전한 용입과 용융이 되도록, 접합되는 구성 부품을 정렬하고 간극 조정되어야 한다.

⑫ 피닝

뒤틀림을 제어 및 잔류응력을 제거하고, 피로수명을 향상시키거나 용접의 품질을 향상시키기 위하여 필요하다 생각될 때는, 수동, 전기 또는 공압을 사용하여 용접금속과 열영향부를 피닝(peening)할 수 있다. 용접부가 뒤에 용접후열처리를 하지 않는다면, 피닝은 용접금속의 첫(루트) 층 또는 최종(표면) 층에는 사용해서는 안 된다. 그러나 어느 경우에서나 이 규정이 요구하는 용접후열처리 대신에 피닝을 실시하는 것은 아니다.

1. 용기나 용기 부품의 표면특성을 증강시키기만을 위해 조정장치에 의한 쇼트 피닝 또는 다른 유사한 방법은 이 규정이 요구하는 비파괴검사는 압력 시험 후에 실시하여야 한다.

**제105조 (허용되는 이음형태)** ① 허용된 이음부의 종류는 설계 요건에 따른다.

② 검사 요건은 제114조를 따라야 한다.

**제106조 (용접결함의 보수)** ① 불합격 대상 결함의 제거 - 육안 또는 제115조에 의한 검사로 검출한 불합격 대상 결함과 누설시험으로 검출한 결함은 기계적 수단 또는 열 가우징 공정으로 제거하여야 한다.

② 보수할 부위의 재용접

보수할 부위는 인정된 용접절차를 사용하여 자격이 인정된 용접사가 재용접을 하여야 한다.

③ 보수한 용접부의 검사

보수한 용접부는 최초의 검사 방법으로 재검사를 하여야 하며, 검사결과가 만족스럽지 않을 경우 합격처리를 하여서는 안 된다.

④ 보수된 용접부의 용접후열처리

제110조의 용접후열처리 규정은 모든 용접 보수에 적용되어야 한다.

**제107조 (티타늄 재료에 대한 시험편 용접)** ① 용접된 티타늄 용기가 범주 A 또는 B 용접이음을 포함하면 같은 규격, 등급 및 두께의 제조 시험편을 판의 두께에 따른 적어도 한 개의 표면 굽힘 시험편과 한 개의 루트굽힘 시험편 또는 두 개의 측면굽힘 시험편을 제공하기 위하여 충분한 크기로 제작하여야 한다. 길이방향 이음부에 관련된 곳에서는, 그 시험편을 길이방향 이음부의 한쪽 끝에 부착하고 이음부와 함께 계속해서 용접하여야 하고, 각각의 용접사 또는 자동용접사는 용접부에서 그 위치와 용착된 것에 비례하는 시험편에 용접금속을 용착시켜야 한다.

② 시험편은 각각의 용접법 또는 용접법의 조합 또는 자동용접으로부터 수동용접으로 또는 그 반대로의 변경을 나타낸다. 30 m(100 ft)를 넘지 않는 범주 A 또는 B 이음부가 관련되었다면, 각 용기에 대해서 적어도 하나의 시험편이 요구된다. 위에서 기술한 바와 같이 같은 요건을 만족시키는 한 추가 시험편은 관련된 범주 A 또는 B 이음부 매 30 m(100 ft) 추가분에 대해서 제작되어야 한다. 굽힘 시험편은 “발전설비 용접”에 따라서 준비하고 시험하여야 한다. 어느 한 쪽의 굽힘 시험편의 실패도 그 용접부 불합격의 원인이 된다.

**제108조 (튜브-관판 용접부 요건)** ① 튜브와 관판 또는 관판의 재료가 용접할 수 있는 재료라면, 튜브는 관판에 용접으로 부착할 수 있다.  
② 관판 내의 튜브 구멍은 재료의 물성을 손상시키지 않으며, 아래 제2호의 마무리 요건을 준수하는 튜브 구멍을 낼 수 있는 제조법으로 가공하여야 한다.  
1. 튜브의 바깥 표면과 튜브 구멍의 안쪽 표면사이의 간극은 용접절차인정시험에서 사용한 간극을 초과하지 않아야 한다.  
2. 용접할 쪽에 있는 튜브 구멍에서 관판의 단면은 거스러미가 없어야 하고, 용접부와 반대인 쪽의 튜브 구멍에서의 관판의 단면은 예리한 모서리가 제거되어야 한다. 관판 내의 튜브 구멍의 표면은 깨끗이 마무리가 되어야 한다.

③ 용접부 치수와 용접부 상세, 이음부 가공방법 등 필요항목은 용접절차시방서에 포함된 상세와 일치하여야 한다.

**제109조 (용접부의 예열)** ① 용접되는 재료에 대한 용접예열은 “발전설비 용접” 제2

장의 용접절차 인정요건을 따라야 한다. 용접절차가 예열을 요구하지 않는 곳에서는, 용접이음의 완성을 돕기 위하여 용접 중에 예열을 사용할 수 있다. 예열의 필요성과 예열 온도는 화학적 분석, 용접되는 부품의 구속 정도, 고온에서의 물리적 성질 및 재료두께와 같은 변수에 따라야 한다.

② “발전설비 용접” 제2장의 P-No.로 표시된 재료에 대한 예열은 표 6.7에 따른다. 이 표에서 나오는 예열 매개변수는 용접이음의 만족스러운 완성을 반드시 보장하지 않으며, P-No. 표시를 위한 개별 재료에 대한 요건은 더 제한적인 예열 요건을 가질 수 있다.

**제110조 (용접후열처리)** ① 이 항에 규정된 상세 요건과 면제사항들을 적용하기 전에, “발전설비 용접” 제2장의 변수들을 고려하여 적용할 용접절차를 적합하게 인정하여야 한다. 여기에는 용접후열처리에 대한 조건 또는 면제조건과 이 항에 규정된 제한사항들을 포함하여야 한다.

1. 모든 제작 재료에 대한 용접후열처리 요건은 아래와 같다.
  - 가. 표 3.A.4에 표시된 퀴칭-템퍼링을 한 고장력강의 용접후열처리 요건은 제111조제6항에 따른다.
  - 나. 비철 재료에 대한 용접후열처리 요건은 아래 제5항에 따른다.
  - 다. 24Cr-1Mo-4V 및 3Cr-1Mo-4V-B 재료의 최종 용접후열처리는 P-No.5C 재료 요건에 따라야 한다.
  - 라. 24Cr-1Mo 재료
 

표 3.1에 표시된 재료의 최종 용접후열처리 온도는 P-No.5A 재료는 허용할 수 있는 최소정상유지온도는 650℃(1200°F)이고 그 유지시간은 2.5 min/mm(1 hr/in)이어야 한다는 것을 제외하고는, 최종 용접후열처리 온도는 P-No.5A 재료에 대한 부분의 요건에 따라야 한다. 125 mm(5 in)를 넘는 두께에 대해서는, 유지시간은 5 시간 + 125mm를 초과하는 각 추가 mm 당 0.6 분(추가 in 당 15 분)이어야 한다.
  - 마. 모든 다른 재료에 대한 용접후열처리 요건은 아래에 열거하는 표에 따른다. 이 표에서 다르게 제시된 것을 제외하고는, 압력용기 또는 압력용기 부품 내의 모든 용접부는 아래 제6호에서 규정된 것 이상이 온도에서 용접후열처리를 하여야 한다. 아래의 재료는 “발전설비 용접”의 P-No.와 그룹No.로 식별되며, 각 재료 규격은 별표 2.1에 따라야 한다.
    - 1) 표 6.8 - P-No.1, 그룹No.1, 2, 3 재료
    - 2) 표 6.9 - P-No.3, 그룹No.1, 2, 3 재료
    - 3) 표 6.10 - P-No.4, 그룹No.1, 2 재료
    - 4) 표 6.11 - P-No.5A, P-No.5B 그룹1, P-No.5C 그룹1, P-No.15E 그룹1 재료
    - 5) 표 6.12 - P-No.6, 그룹No.1, 2, 3 재료
    - 6) 표 6.13 - P-No.7, 그룹No.1, 2 및 P-No.8 재료

- 7) 표 6.14 - P-No.9A1, 그룹No.1 및 P-No.9B, 그룹1, 재료
- 8) 표 6.15 - P-No.10A 그룹No.1, P-No.10B 그룹No. 2, P-No.10C 그룹No. 1, P-No.10E 그룹No.1, P-No.10F 그룹No.6, P-No.10G 그룹No.1, P-No. 10H 그룹No.1, P-No.10I 그룹No.1 및 P-No.10K 그룹No.1 및 P-No.45

- 9) 표 6.16 - 탄소강과 저합금강에 대한 선택적인 용접후열처리 요건.
2. 제110조제1항제1호마.에서 인용한 것과는 다른 부수적 용접후열처리 요건이 “발전용 화력설비”제146조의 요건에 근거하여 필수요건일 수 있다.
3. 제110조제1항제1호에서 허용된 용접후열처리 면제는 3 mm(1/8 in)를 초과하는 두께의 페라이트 계 재료를 EBW으로 용접할 때 또는 P-No.3, P-No.4, P-No.5A, P-No.5B, P-No.15E, P-No.5C, P-No.6, P-No.7(405형과 410S형은 제외) 및 P-No.10 재료를 관성 및 연속 구동 마찰 용접법으로 용접할 때는 허용되지 않는다.
4. 유지온도와 시간이 초과될 수 있을 때 제110조제1항제1호에서 금지된 곳을 제외하고는, 이 표에서 주어진 최소값을 초과하는 유지온도 또는 유지시간을 사용할 수 있다. 모든 용접후열처리의 시간-온도 기록은 검사원이 확인할 수 있도록 제공되어야 한다. 제110조제1항제1호의 표의 참조에서 규정된 온도에서의 유지시간은 연속적일 필요는 없으며, 용접후열처리 주기의 누적시간으로 표시할 수 있다.
5. 다른 P-No. 그룹으로 구성된 압력 부품의 열처리
 

두 가지의 다른 P-No. 그룹의 압력부품이 용접으로 접합될 때, 용접후열처리는 더 높은 용접후열처리 온도의 재료가 요구하는 온도이어야 한다. 비압력 부품이 압력부품에 용접될 때는 압력부품의 용접후열처리 온도를 적용하여야 한다.
6. 용접후열처리를 결정하는 공칭두께의 정의
 

공칭두께는 아래에서 정의된 용접이음의 두께이다. 노내에 장입 열처리되어야 할 압력용기나 압력용기 부품은 이전에 용접후열처리가 되지 않은 용기나 용기 부품 내의 가장 두꺼운 용접부 두께이다.

  - 가. 용접이음이 완전용입 맞대기용접 방법으로 같은 두께의 부품을 접합할 때의 공칭두께는 허용된 용접 덧살을 제외한 총 용접 깊이를 말한다.
  - 나. 홈 용접에 대한 공칭두께는 홈의 깊이를 말한다.
  - 다. 필렛용접부에 대한 공칭두께는 그 목 치수를 말한다. 홈 용접과 같이 필렛용접 할 경우, 공칭두께는 그 홈의 깊이 또는 목 치수 중 큰 것이다.
  - 라. 스티드 용접에 대한 공칭두께는 스티드의 지름을 말한다.

마. 두께가 다른 부품을 접합하는 용접이음의 공칭두께는 다음과 같아야 한다.

  - 1) 경판-동체 이음을 포함하는 두 인접한 맞대기용접 부품은 더 얇은 쪽

- 2) 관관, 평 경관, 덮개, 플랜지 또는 유사한 구조물이 동체에 연결된 경우 그 동체의 두께
- 3) 노즐은 노즐 벽, 동체, 경관, 보강 패드 또는 부착물 필렛용접부 중 어느 것이든 큰 것
- 4) 노즐 벽-플랜지 연결부 이음부에서는 노즐 벽의 두께
- 5) 비압력 부품이 압력부품에 용접되었을 때는 부착점에서의 용접 두께
- 6) 튜브-관관 연결부에서는 용접부의 두께

바. 보수부에 대한 공칭두께는 그 보수용접의 깊이를 말한다.

7. 페라이트 계 재료의 일렉트로슬래그 용접부의 열처리

이음부에서 두께가 38 mm(1-1/2 in)를 초과하는 페라이트 계 재료 내의 일렉트로슬래그 용접부는 세립화(오스테나이트징) 열처리를 하여야 한다. P-No.1 재료의 용접후열처리가 오스테나이트징 범위 내에 있을 때, 아래 제4항제2호 및 제5호의 가열 및 냉각 속도 제한은 적용되지 않는다.

㉔ 용접후열처리 절차

1. 용접후열처리는 아래 제2호부터 제7호까지 중의 하나에 따라 실시하여야 한다. 아래에 따라, 가열대(soak band)는 제110조제1항제1호에서 요구된 최저 용접후열처리 온도를 만족시키거나 초과하도록 요구된 금속의 체적으로 정의된다. 최소한, 가열대는 그 용접부, 열영향부 그리고 열처리되고 있는 용접부에 인접한 모재 부분을 포함하여야 한다. 이 체적의 최소폭은 용접부의 각 쪽 또는 끝에서의 가장 넓은 폭에 제110조제1항제6호에서 규정된 공칭두께 또는 50mm(2in) 중 작은 것을 더한 값이다.
2. 용접후열처리는 밀폐된 가열로 내에서 전체용기를 한번에 노내에서 가열한다.
3. 용기를 부분적으로 2회 이상 노내에서 가열하는 경우 용기의 가열될 부분이 적어도 1.5 m(5 ft) 이상 겹친다면, 용접후열처리는 2회 이상으로 나누어 실시한다. 이 절차를 사용할 때는, 가열로 밖에 있는 부분은 그 열 구배가 허용범위를 벗어나지 않도록 차폐시켜야 한다. 가열로 밖으로 튀어나오는 용기의 단면은 노즐이나 기타 구조적 불연속부와 교차하여서는 안 된다.
4. 접합 전 동체, 경관 및 기타 부분의 가열  
완성된 용기를 만들기 위하여 접합하기 전, 길이방향 이음부나 복잡한 용접 상세부의 용접후열처리는 동체, 경관 및/또는 용기의 각 부분을 나누어 용접후열처리를 실시한다. 완성된 용기 전체로 또는 제110조제2항제3호에서 규정하는 것같이 두 번 이상의 가열방식으로 용접후열처리가 어렵다면, 이전에 용접후열처리를 하지 않은 원주방향 이음부는 균일한 가열이 가능한 적절한 방법에 의해서 국부적으로 용접후열처리를 하여야 한다. 국부적 가열에서 가열대는 원주 주위로 충분히 연장되어야 한다. 가열대 바깥 부분의 온도구배는 규정범위 내로 하여야 한다.

5. 용기의 내부에서 가열

용기를 내부에서 가열하여 용접후열처리를 한다. 내부 가열은 적절한 수단으로 할 수 있다. 용기의 벽에서 균일한 온도 분포의 제어와 유지에 도움이 되도록 지지 및 온도기록 장치를 사용하여야 한다. 이 작업을 하기 전에, 용기는 단일 재료로 완전히 감싸야 한다.

6. 용기의 노즐과 외부 부착물의 국부가열

노즐과 부착물의 국부가열은 용접후열처리가 필요한 노즐과 기타 용접된 부착물을 포함하는 원주방향 대역 전체를 요구된 온도로 균일하게 온도를 올리고 규정된 시간 동안 유지하는 방식으로 가열하여 실시한다. 아래에 따르는 것을 제외하고는, 가열대는 전체 용기 주위를 포함하고 노즐이나 용접된 부착물을 포함하여야 한다.

가. 원주방향 가열대 바깥 부분은 온도구배가 유해하지 않도록 보호하여야 한다. 이 절차는 관, 튜브 또는 노즐 벽 내의 원주방향 이음부의 국부 열처리에 대해서도 사용될 수 있다. 후자의 경우, 동체에 근접한 부분에서는 열 구속이 증가되므로, 설계자는 노즐 부착부의 온도 구배를 규정범위 이내로 열처리를 할 수 있도록 충분한 여유길이를 준비하거나, 노즐을 포함한 동체 둘레의 전체를 원주 가열대로 가열하여야 한다.

나. 노즐이나 부착물 용접부 주위의 요구된 가열대 온도까지 가열되어 요구 시간 동안 유지될 경우, 용접후열처리가 필요한 노즐이나 부착물 용접부로부터 떨어진 원주 가열대의 폭이 같지 않아도 좋다. 가열대 폭을 다르게 할 수 있는 대안으로서, 노즐이나 부착물 용접부 주위의 요구된 가열대가 요구 온도까지 가열되어 요구 시간 동안 유지되며, 또한 온도구배가 가열 및 냉각 사이클동안에 계속 허용범위 이내일 경우, 노즐이나 부착물 용접부로부터 떨어진 원주 가열대 내의 온도는 같지 않아도 좋으며, 요구된 온도까지 도달할 필요가 없다. 원주 가열대의 용기 바깥 부분은 온도 구배가 유해하지 않도록 보호하여야 한다.

7. 이중 곡률 경관이나 동체의 국부면적 가열

이중 곡률 경관, 구형 동체 경관의 더 큰 반지름 부위에 있는 노즐이나 용접된 부착물 주위의 국부 면적을 요구된 온도로 균일하게 올리고 요구된 시간동안 유지하는 방식으로 가열하여 용접후열처리를 실시한다. 그 가열대는 노즐 또는 용접된 부착물을 포함하여야 한다. 최소 가열대 크기는 노즐, 보강관 또는 부착물을 동체에 부착하는 용접부의 가장 넓은 폭에 제110조제1항제6호에서 정의된 공칭두께 또는 50 mm(2 in) 중 작은 것을 더한 것을 반지름으로 하는 원이어야 한다. 가열대 바깥에 있는 용기 부분은 온도 구배가 유해하지 않도록 보호하여야 한다.

8. 다른 형상의 가열

열 구배, 모든 구조적 불연속부(노즐, 부착물, 경관-동체 이음부와 같은),

그리고 용접후열처리 동안에 존재할 수 있는 어떤 기계적 하중의 영향을 반영하는 (충분히 유사한 기록된 경험이나 평가를 기초로 한) 다른 조치가 취해졌다면, 제110조제2항제2호부터 제7호까지에 적용되지 않는 다른 형상의 국부 면적 가열에 의한 용접후열처리는 허용된다. 가열대의 밖에 있는 용기 부분은 온도 구배가 유해하지 않도록 보호하여야 한다. 그 가열대는 제110조제1항제6호에서 정의된 공칭두께 또는 50 mm(2 in) 중 작은 값만큼 부착 용접부의 모서리를 지나 모든 방향으로 확장된 원주를 포함하여야 한다.

③ 용접후열처리 작업

용접후열처리 작업은 다음의 요건에 따라서 제110조제2항에서 주어진 절차 중 하나로 실시하여야 한다.

1. 용접후열처리가 가열로(제110조제2항제3호 참조) 안에서 실시될 때, 가열로의 온도는 용기나 부품을 안에 놓았을 때 430℃(800°F)를 초과해서는 안 된다.
2. 430℃(800°F) 위에서, 가열속도는 220℃/hr (400°F/hr)을 inch로 표기된 동체나 경판의 최대 두께로 나눈 값 이하가 되어야 한다. 어떠한 경우에도 220℃/hr (400°F/hr)을 초과하지 않아야 하고 55℃/hr (100°F/hr)보다 높아야 한다. 가열하는 동안, 가열된 용기부분 전 길이에 걸쳐 4.6 m(15 ft) 길이 간격 내에서 140℃(250°F)를 초과하는 온도 변화가 없어야 한다.
3. 용기나 용기 부품은 제110조에서 규정된 온도 이상에서 이 항에서 규정된 시간 동안 유지되어야 한다. 유지시간 동안, 제110조에서 허용한 범위를 제외하고, 가열되고 있는 용기의 가장 높은 온도와 가장 낮은 온도 범위는 85℃(150°F)이내 이어야 한다.
4. 용접후열처리가 가열로(제110조제2항제3호 참조) 안에서 수행될 때, 가열 및 유지 시간 동안, 가열로의 용기 표면이 과도하게 산화되지 않도록 제어되어야 하며, 가열로는 화염이 직접 용기에 부딪치지 않도록 설계되어야 한다.
5. 430℃(800°F) 이상에서의 냉각은 280℃/hr (500°F/hr)을 inch로 환산한 동체나 경판의 최대두께로 나눈 값 이하가 되어야 하지만, 55℃/hr (100°F/hr)보다 높아야 한다. 이후 430℃(800°F)이하에서 용기는 대기중에서 냉각 하여도 된다.

④ 보수 후 용접후열처리

아래 제1호에서 허용된 것을 제외하고는, 제109조 및 제110조의 요건에 따라서 용접후열처리 된 용기나 용기 부품은 용접 보수를 실시한 후 재 용접후열처리가 되어야 한다.

1. 용접후열처리 후 실시한 용접 보수

P-No.1 그룹No. 1-3 재료와 P-No.3 그룹No.1-3 재료 그리고 이들 재료를

집합하기 위해 사용된 용접금속의 보수는 아래의 모든 요건이 만족한다면 최종 용접후열처리 후에 하여도 된다. 이 요건은 용접보수가 시공용 치구의 제거 후에 요구된 것과 같은 재료 표면의 경미한 복구이고 그 표면이 용기의 내용물에 노출되지 않는다면 적용하지 않는다.

가. 용접후열처리는 사용자가 규정하는 요건이 아니다.

나. “발전용 화력설비”의 제146조에 따른 재료의 인성검사에는 충격시험이 요구되지 않는다.

다. 제조자는 사용자 또는 지정 대리인에게 보수를 사전에 통보하고, 승인을 받을 때까지는 진행하지 않아야 한다. 이러한 보수는 자료보고서에 기록되어야 한다.

라. 총 보수깊이는 P-No.1 그룹No. 1-3 재료에 대해서 38 mm(1-1/2 in)를 그리고 P-No.3 그룹No. 1-3 재료에 대해서 16 mm(5/8 in)를 초과하지 않아야 한다. 용접보수의 총 깊이는 주어진 위치에서 용접부의 양쪽에서 실시된 보수 깊이의 합계이다.

마. 결함을 제거한 후에, 그 흠은 제115조에 따라서 자분탐상검사 또는 침투탐상검사를 하여야 한다.

바. 흠 용접부에 대한 용접절차시방서의 인정을 위한 “발전설비 용접”의 요건에 추가하여, 다음의 요건을 적용하여야 한다.

- 1) 용접부는 저수소 용접봉을 사용하여 수동 피복금속아크용접으로 용착하여야 한다. 용접봉은 SFA-5.5에 따라서 정확히 설정되어야 한다. 최대 비드 폭은 용접봉 심선 지름의 4배이어야 한다.
- 2) P-No.1 그룹No.1-3 재료에 대한 보수 부위는 예열하여 용접 중에 95℃(200°F)의 최저온도가 유지되어야 한다.
- 3) P-No.3 그룹No.1-3 재료에 대한 보수용접 방법은 SAW 반 비드 용접부 보수(half bead weld repair)와 용접부 템퍼 비드 보강기법(weld temper bead reinforcement technique)으로 제한되어야 한다. 보수 부위는 예열하여야 하며 용접 중에는 최저 175℃(350°F)이상의 온도에서 유지되어야 한다. 최대 층간온도는 230℃(450°F)이어야 한다. 초층 용접금속은 최대 지름 3 mm(1/8 in) 용접봉을 사용하여 전 길이에 대해 용착되어야 한다. 다음 층을 용착하기 전에 초층의 약 절반 두께를 그라인딩으로 제거하여야 한다. 다음 용접 층은 최대지름 4 mm(5/32 in) 용접봉을 사용하여 이전 용접비드와 열영향부가 템퍼링이 된 방식으로 용착하여야 한다. 최종 템퍼 비드 용접부는 모재와 접촉되지 않지만 모재 열영향부의 템퍼링을 보장하기 위하여 밑에 있는 용접 비드에 충분히 가깝게 보수되고 있는 표면 위 높이로 적용하여야 한다. 모든 용접을 완료한 후에, 보수부위는 205℃(400°F)부터 260℃(500°F)의 온도에서 최소 4 시간 동안 유지되어야 한다.

최종 템퍼 비드 덧살 층은 모재 표면이 들어나도록 동일 평면이 되게 제거하여야 한다.

사. 완성된 보수용접부가 상온에 도달한 후에, 제115조에 따라서 자분탐상 법이나 또는 침투탐상법을 사용하여 검사하여야 한다. 검사가 자분탐상 법에 의한다면, 교류 요크 타입만이 허용된다. P-No.3 그룹No. 3 재료의 검사는 시효경화에 의한 용접부의 지연균열 존재를 확인하기 위하여 상 온에서 최소 48 시간이 경과 된 후 실시하여야 한다. 이에 추가하여, 재 료 내 깊이가 10 mm(3/8 in)를 초과하는 용접보수 그리고 제115조를 따라서 방사선투과검사가 요구된 용접부 내의 용접보수는 제115조를 따 라서 방사선투과검사를 하여야 한다.

아. 용기는 용접 보수를 한 후에 수압시험을 하여야 한다.

#### ⑤ 비철 재료의 용접후열처리

아래 제1호부터 제3호까지에서 요구된 것을 제외하고, 용접후열처리는 일반 적으로 실시하지 않으나, 구매자와 제조자 사이에 합의에 의하여 실시할 수 있다. 열처리 온도, 시간 및 방법은 합의에 의해서 실시되어야 한다.

1. 용접이 완료 된 SB-148 및 합금 CDA 954의 주조품은 모든 용접 후 620 - 640°C(1150 - 1200°F)에서 25 mm(1 in)의 단면 두께는 1.5 시간 동안, 추가된 25 mm (1 in) 당 0.5 시간을 더한 시간 동안 열처리를 실시한 후 공냉시켜야 한다.
2. 용접 후 14 일내에, 지르코늄 그룹 R60705의 모든 제품은 500 - 610°C(1000 - 1100°F)에서 25 mm(1 in)까지의 단면두께는 최소 1 시간 동안, 추가된 25 mm (1 in) 당 0.5 시간을 더한 시간 동안 열처리하여야 한다. 430°C(800°F)이상에서의 냉각은 280°C/hr(500°F/hr)를 inch 단위(25mm) 로 환산된 동체나 경관의 최대두께로 나눈 온도 이하로 실시하여야 하고 어떠한 경우에도 280°C/hr(500°F/hr)를 초과해서는 안되며, 430°C(800°F) 부터는 바람이 없는 곳에서 공냉시켜야 한다.

#### 3. UNS No. N08800, N08810 및 N08811 합금의 용접후열처리

가. UNS No. N08800(합금 800), N08810(합금 800H) 및 N08811(합금 800HT)로 제작되고 설계온도가 540°C(1000°F)를 초과하는 용접부와 압 력경계 용접부는 용접후열처리를 하여야 한다. 용접후열처리는 25 mm (1 in)까지의 두께는 1.5 시간, 25 mm (1 in)를 초과하는 두께는 1.5 시 간에, 초과하는 두께의 mm당 0.04 hr/mm (1 hr/in) 추가한 시간동안, 최소885°C(1,625°F)로 가열하여야한다.

나. 아래 다.에서 허용된 것을 제외하고는, 이 항의 요건에 따라 용접후열 처리된 용기나 용기 부품은 용접 보수 후에 재 용접후열처리를 하여야 한다.

다. 이 재료를 연결하는 용접부의 용접금속과 열영향부에 대한 용접 보수

는 최종 용접후열처리 후 실시할 수 있으나, 최종 수압시험 전 이어야 하고 부수적 용접후열처리가 없어야 한다. 용접 보수는 아래의 요건을 만족시켜야 한다.

- 1) 제조자는 사용자에게 보수를 사전에 통보하고, 승인을 받을 때까지는 진행하지 않아야 한다.
- 2) 총 보수깊이는 13 mm(1/2 in) 또는 그 재료두께의 30% 중 작은 값을 초과하지 않아야 한다. 용접보수의 총 깊이는 주어진 위치에서 용 접부의 양면에서 실시된 보수 용접깊이의 합계이다.
- 3) 결함을 제거한 후, 흠은 검사를 실시하여야 한다. 용접 보수 부위는 제115조에 따라서 침투탐상검사를 실시하여야 한다.
- 4) 용기는 용접 보수를 실시한 후 수압시험을 실시하여야 한다.

#### 제115조 (인장강도가 향상된 Q-T(Quenching & Tempering) 페라이트 계 강재) ① 다음

의 보충 요건은 표 6.17과 표 3.A.2와 같이 퀴칭-템퍼링 열처리로 인장강도가 향상된 용접 용기 부품에 적합한 강재에 적용된다.

#### ② 판재와 기타 재료 표시

표시는 응력이 작용하지 않도록 실시하여야 한다. 두께 13 mm(1/2 in) 미만 의 재료에서는 모든 종류의 표시를 생략할 수 있다. 표시 대신에 적용하는 표시방법에 대한 요건은 제95조제1항에 따른다.

#### ③ 성형 후 열처리에 대한 요건

1. 표 6.1의 해당 방정식에 의해서 결정된 연신율이 5%를 초과할 때, 최종 템퍼링 온도보다 낮은 온도에서 퀴칭-템퍼링 후에 성형된 부분은 표 6.17 에 따라 열처리를 실시하여야 한다.
2. 템퍼링 온도 이상의 온도에서 성형된 부분은 용기에 용접하기 전 또는 후 에 해당 재료규격에 따라서 다시 퀴칭-템퍼링을 실시하여야 한다.

#### ④ 성형 후 최소두께

압력을 받는 단면의 성형 후 최소두께는 1.6 mm(1/16 in)이상 이어야 한다.

#### ⑤ 용접 요건

용접절차의 인정과 용접사의 자격인정은 “발전설비 용접”의 요건을 따라야 한다. 제품에 용접후열처리를 실시할 경우, 용접후열처리를 실시한 시험편으 로 인정 시험을 실시하여야 한다.

#### 1. 부수적 용접 요건

가. 바나듐 함량이 0.06%를 초과하는 용가재는 용접후열처리를 하는 용접 물에는 사용하지 않는다.

나. 표 6.18에 있는 재료는 아래에 주어진 조건에서 “발전용 화력설비”의 제146조에 따라 제조시 충격시험이 면제된다.

1) 표 6.19 내 고니켈합금 용가재 중 한 가지가 사용된다.

2) “발전용 화력설비”의 제146조에서 규정된 대로 요구된 모든 충격시

험이 절차인정시험의 일부로 실시되어야 한다.

3) “발전용 화력설비”의 제146조에 따라서 열영향부에 대한 제품 충격 시험이 실시되어야 한다.

4) 용접법이 GMAW, SMAW 및 GTAW으로 제한된다.

5) 용기의 최저설계금속온도가  $-195^{\circ}\text{C}$  ( $-320^{\circ}\text{F}$ )보다 높아야 한다.

다. SA-508과 SA-543 재료와 아래의 경우 용접절차의 재 인정에 요구하는 필수변수로 참조하여야 한다. (“발전설비 용접” 별표 1-1 ~ 1-15의 변수 참조)

1) 용가재 SFA 분류의 변경 또는 SFA 규격에 따르지 않는 용접금속으로 변경

2) 최고 층간온도의 증가 또는 최저 규정예열온도의 감소, 예열온도와 층간온도 사이의 규정된 범위는  $85^{\circ}\text{C}$  ( $150^{\circ}\text{F}$ )를 초과해서는 안 된다.

3) 열처리의 변경(절차인정시험은 온도 또는 여러 온도에서의 총 최대 누적시간과 냉각속도를 포함하여, 용기나 용기 부품의 제작에서 적용된 것과 동등한 열처리를 실시하여야 한다.)

4) 전류의 종류(교류 또는 직류), 극성의 변화 또는 전류, 전압 또는 운봉속도 규정 범위에서의 변화

5) 다음과 같은 용접절차 인정 시험판의 두께(t)의 변화

가) 용접 후 퀴칭-템퍼링이 실시된 용접이음에 대해서, 두께의 증가가 인정되는 최소두께는  $6\text{ mm}$  ( $1/4\text{ in}$ )이다.

나) 용접 후 퀴칭-템퍼링이 되지 않은  $16\text{ mm}$  ( $5/8\text{ in}$ ) 미만의 두께 t의 용접이음에 대하여, 두께의 감소가 인정되는 최대두께는  $2t$ 이다.

다) 용접 후 퀴칭-템퍼링이 되지 않은  $16\text{ mm}$  ( $5/8\text{ in}$ ) 이상의 두께 t의 용접이음에 대하여, 인정되는 두께범위는  $16\text{ mm}$  ( $5/8\text{ in}$ )에서 두배( $2t$ )까지 이다

## 2. 모재의 가공

모재 잘라내기와 관련된 판재의 끝 단부가공, 용접 베벨, 모 따기 및 유사한 작업은 기계 가공, 치핑, 그라인딩 또는 가스 절단이나 가우징으로 실시하여야 한다. 금속제거가 가스절단이나 아크 공기 가우징(arc air gouging)과 같은 용융 방법으로 실시된다면, 작업은 균열을 피하기 위한 적절한 사전조치와 함께 실시되어야 한다. 열 절단이 사용될 때는, 기계적 성질에 대한 영향을 반영하여야 하며, 용접할 단면은 균일하고 평활하여야 한다.

## 3. 이음부 정렬

가. 길이방향 이음부 정렬

제110조제1항 대신에 퀴칭-템퍼링을 실시한 강재에 대한 길이방향 이음부의 정렬불량 (misalignment)은 공칭 판 두께의 20% 또는 2.5

mm( $3/32\text{ in}$ )를 초과하지 않아야 한다.

나. 원주 이음부 정렬

퀴칭-템퍼링을 실시한 강재에 대한 원주방향 이음부의 정렬불량은 다음 값을 초과하지 않아야 한다.

1)  $t \leq 24\text{ mm}$  ( $15/16\text{ in}$ )일때, 공차는 판 두께의 20%이다.

2)  $24\text{ mm}$  ( $15/16\text{ in}$ )  $< t \leq 38\text{ mm}$  ( $1-1/2\text{ in}$ )일 때, 공차는  $5\text{ mm}$  ( $3/16\text{ in}$ )이다.

3)  $t > 38\text{ mm}$  ( $1-1/2\text{ in}$ )일때, 공차는 공칭 판 두께의 12.5%이며,  $6\text{ mm}$  ( $1/4\text{ in}$ )를 초과해서는 안 된다.

## 4. 용접부의 마무리

최대용접 덧살이 판 두께의 10% 또는  $3\text{ mm}$  ( $1/8\text{ in}$ ) 중 작은 값을 초과하지 않아야 하는 것을 제외하고는, 제104조제1항과 제115조제2항의 요건을 만족하여야 한다. 용접부 용착의 단면은 언더컷이나 급격한 천이 없이 모재에 매끄럽게 합쳐져야 한다. 이 요건은 맞대기 용접과 마찬가지로 필렛과 홈 용접에도 적용되어야 한다.

## ⑥ 용접후열처리

표 6.17에서 요구될 때, 두께  $3\text{ mm}$  ( $1/8\text{ in}$ )를 초과하는 페라이트 계 재료를 EBW으로 용접할 때, 그리고 모든 두께의 재료를 관성 및 연속 구동마찰용접으로 용접할 때, 퀴칭-템퍼링을 한 강재로 제작한 용기와 용기 부품은 용접후열처리를 실시하여야 한다. 용접후열처리 조건을 결정하기 위하여 사용하는 모재의 총 두께에는 클래드(clad) 또는 용접 덧씌우기를 포함하여야 한다.

### 1. 용접후열처리에 대한 요건

용접후열처리는 표 6.17 및 제6항에 따라서 실시하여야 한다. 어떤 경우에도 용접후열처리 온도가 템퍼링 온도를 초과해서는 안 된다. 용접후열처리와 템퍼링을 동시에 실시할 수 있다. 제110조제3항제5호에서 정해진 최대 냉각속도는 적용할 필요가 없다. 재료규격이 템퍼링 온도로부터 급속냉각을 요구하는 곳에서는, 동일한 최소냉각속도를 용접후열처리에 적용하여야 한다.

### 2. 연결부와 부착물의 용접후열처리

경관이나 동체의 부착점에서 재료의 가장 두꺼운 두께에 근거하여(제110조제1항제4호 및 제5호 참조), 표 6.17에서 요구 될 때는, 연결부나 부착물의 모든 용접은 용접후열처리를 실시하여야 한다.

### 3. 열처리 절차

가. 가열로

퀴칭-템퍼링을 위한 가열로는 온도의 자동기록을 위한 적절한 장비가 구비되어야 한다. 열처리하는 동안 용기나 용기부품의 금속표면온도를

기록하여야 하고, ±15℃(±25°F) 이내로 제어하여야 한다.

나. 평판이나 부품의 액체 퀀칭

평판이나 개별 부품의 액체 퀀칭은 해당 재료규격이 요구하는 대로 실시하여야 한다.

다. 동체 부분이나 경판의 퀀칭

동체나 경판용으로 성형된 판재는 분무나 침적으로 퀀칭할 수 있다.

라. 전체 용기의 퀀칭

모든 용접작업이 완료된 후 전체 용기를 분무나 침적으로 퀀칭할 수 있다.

**제112조 (단조 제작)** ① 아래 항은 용기, 용기의 중요부분 및 용기 부품, 그리고 액체 퀀칭-템퍼링 된 용접이음 없이 일체로 단조한 용기에 적용되며, 제95조부터 제100조까지에 주어진 제작에 대한 해당 요건을 보충하기 위하여 사용되어야 한다. 고합금강 단조 용기에 대해서는, “발전용 화력설비” 제135조부터 제146조까지의 해당 항 또한 적용된다.

② 초음파탐상검사

단조로 제작된 용기와 용기 부품에 대한 초음파탐상검사 요건은 제114조제10항제1호에 따라서 실시하여야 한다.

③ 인성 요건

1. SA-372, 그룹 J, 클래스 110 재료로 제작된 용기에 대해서는, 횡방향 충격 시험은 표 3.A 재료의 최저허용온도에서 실시되어야 하나, 어떠한 경우에도 시험온도는 -30℃(-20°F)보다 높아서는 안 된다. “발전용 화력설비” 제146조제2항가 및 제3항제3호는 적용하지 않는다.

2. SA-723, 클래스 1, 그룹 1, 2 및 3 또는 SA-723, 클래스 2, 그룹 1, 2 및 3 재료로 제작된 용기에 대해서는, “발전용 화력설비”의 제146조제3항의 충격 요건은 최고 4℃(40°F)에서 시험될 때 만족 하여야 한다.

④ 원통형 단조품의 공차

1. 국부적으로 얇은 부위

두께차가 나는 단조품의 경우, 얇은 부분이 설계규정을 충분히 만족시키는 두께를 가졌다면, 얇은 부위를 갖는 것을 허용한다.

2. 몸통 단조품의 공차

가. 공차를 만족시키기 위한 표면 불규칙성의 수정

표면의 불규칙성은 이 공차를 만족시키기 위하여 용접 또는 기타 수단으로 수정할 수 있다. 용접을 실시한다면, 제112조제7항의 요건을 만족시켜야 한다.

나. 저압축에 대한 진원도 불량 단조품의 사용

진원도 불량(out-of-roundness)이 제96조제7항의 한계를 초과하고 그 상태를 수정할 수 없으면, 단조품은 불합격 처리를 하여야 한다. 그러

나 진원도 불량 이 3%를 초과하지 않는다면, 단조품은 식 (6.1)과 (6.2)를 사용하여 계산한 감소된 압력,  $P^*$ 에 대해서 인증 받을 수 있다. 이 방정식에서 사용된 측정치는 규정된 부식여유를 반영하여 계산하여야 한다.

$$P^* = P \left( \frac{1.25}{S_b/S+1} \right) \quad S_b \geq 0.25S \text{ 일 때} \quad (6.1)$$

$$P^* = P \quad S_b < 0.25S \text{ 일 때} \quad (6.2)$$

$$S_b = \frac{1.5PR_1t(D_1 - D_2)}{t^3 + 3\left(\frac{P}{E_y}\right)(R_1R_a^2)} \quad (6.3)$$

$$R_1 = \frac{D_1 + D_2}{4} \quad (6.4)$$

$$R_a = R_1 + \frac{t}{2} \quad (6.5)$$

여기서

$D_1$  = 최대 안쪽 지름

$D_2$  = 최소 안쪽 지름

$E_y$  = 사용온도에서의 탄성계수

$P$  = 설계압력

$P^*$  = 원형 이탈로 인한 운전압력 감소

$R_a$  = 임계단면에서 동체 벽의 중간부 평균 반지름

$R_1$  = 임계단면에서 평균 안쪽 반지름

$S$  = 설계온도에서 평가한 허용응력

$S_b$  = 사용온도에서 원형 이탈로 인한 굽힘응력

$t$  = 판재, 관 또는 튜브의 성형 전 공칭두께

⑤ 단조 경판의 성형방법

경판은 독립적인 단조품, 또는 속이 빈 형태로 단조된 몸통의 끝을 원하는 최종 형상을 만들기 위하여 요구된 형상과 치수로 오프로서서 제작하여야 한다.

1. 경판 단조품의 공차

공차는 제96조제7항의 요건을 만족시켜야 한다.

2. 공차를 만족시키기 위한 표면 불규칙성은 제112조제4항제2호가.에 따라서 수정하여야 한다.

⑥ 단조 제작에 대한 열처리

1. 용접으로 제작된 용기의 열처리

열처리가 요구되는 단조품을 용접하여 제작한 용기는 해당 재료규격에 따라서 열처리를 실시하여야 한다.

가. 모든 용접이 완료된 후

나. 용접 전, 제110조에 따라서 완료된 용접부의 용접후열처리 전



2. 재료를 노멀라이징 또는 어닐링 할 경우의 열처리  
 모든 단조가 완료된 후에 용접하지 않고 제작된 각 용기 또는 용기 부품은 해당 재료 규격에 따라서 열처리를 실시하여야 한다. 불량 부분을 용접으로 수정 하였을 경우, 후속 열처리는 제112조제8항제3호나.에 따라야 한다.

3. 퀴칭-템퍼링 된 페라이트 계 재료의 열처리  
 최종 열처리 전이나 후에 실시될 수 있는 나사식 구멍의 누설방지 용접을 제외하고는, 액체 퀴칭-템퍼링이 될 SA-372 단조 재료로 제작된 용기는 모든 단조와 용접이 완료된 후에 해당 재료규격에 따라서 열처리를 실시하여야 한다.

가. 퀴칭-템퍼링 된 용기의 검사  
 최종 열처리 후, 동체와 경관의 외부 표면상 그리고 가능한 곳에서는 내부 표면상 균열의 존재에 대해서, 퀴칭-템퍼링이 된 용기에 검사를 실시하여야 한다. 이 검사는 제115조에 따라서 침투탐상검사나 자분탐상검사로 실시하여야 한다.

나. 경도시험에 의한 열처리의 점검  
 최종 열처리 후, 액체 퀴칭-템퍼링이 된 단조품은 오스테나이트 계 강으로 만든 것을 제외하고는 브리넬 경도시험을 하여야 한다. 경도시험은 열처리 된 단조품의 대략 중앙과 각 끝을 대표하는 3개소 이상의 다른 위치에서 최소한 4회 측정을 하여, 1.5 m(5 ft)의 간격으로 실시하여야 한다. 각 위치에서의 브리넬 경도의 평균은 재료의 규정최소인장강도에 상응하는 값의 90%이하이거나 125%이상이어서는 안 된다. 가장 높은 평균 경도 수치는 개별 용기 상의 가장 낮은 평균값의 40을 초과하여서는 안 된다. 다른 경도 시험방법을 사용할 수 있으며, ASTM E 140의 표를 사용하여 브리넬 값으로 변환할 수 있다.

4. 오스테나이트 계 재료의 열처리  
 오스테나이트 계 강의 경우, 사용하는 열처리 절차는 제109조 및 제110조에 따라야 한다.

5. 용접후열처리를 요구하지 않는 철 재료  
 열처리를 요구하지 않는 단조 부품의 용접으로 제작된 용기의 용접후열처리는 제109조의 요건을 만족시켜야 한다.

⑦ 제작을 위한 용접  
 1. 단조로 제작된 용기나 구성부품의 제작과 관련하여 사용된 모든 용접은 제101조부터 107조까지의 해당 요건에 따라야 한다.  
 2. 0.35%를 초과하는 탄소함량을 가진 철 재료의 제한 - 재료의 탄소함량이 용탕분석(Heat analysis) 으로 0.35%를 초과하는 용기는 용접 없이 제작되어야 한다. 다만 경미한 비압력 부착물에 대한 아래 제8항제3호에 따르는

보수, 6 mm(1/4 in)이하 목 치수의 필렛용접으로 제한된 나사식 구멍의 누설방지 용접 그리고 나사식, 프렌지 붙이 또는 스티드를 사용하는 구멍 보강재의 추가는 제외한다.

⑧ 재료 내 결함의 보수

1. 표면결함의 제거  
 치핑 자국, 흠 또는 기타 불규칙 부분과 같은 표면 결함은 그라인딩이나 기계 가공으로 제거할 수 있으며, 노출된 표면은 충분한 벽 두께가 제112조제4항제1호의 요건에 맞추어 얇은 부위를 허용할 때는 인접한 표면과 평활하게 조화시켜야 한다.

2. 용접에 의한 결함의 보수  
 결함을 제거하기 위하여 얇아지는 두께는 검사원의 승인 후에만 용접으로 보수할 수 있다. 결함은 건전한 금속부까지 제거되어야 하며, 산을 이용한 부식시험이나 다른 적당한 검사방법으로 확인되어야 한다. 용접은 아래 제3호 및 제4호의 요건을 만족시켜야 한다.

3. 탄소함량 0.35% 이하 금속 용접보수  
 용탕분석(Heat analysis)결과 탄소함량이 0.35% 이하인 금속은 제112조의 요건이 만족된다면 용접으로 보수할 수 있다.

가. 용접절차의 인정과 용접사의 자격인정  
 용접절차의 인정과 용접사의 자격인정은 “발전설비 용접”에 따라서 하여야 한다.

나. 용접후열처리  
 용접후열처리는 다음에 따라서 실시하여야 한다

- 1) 위 제110조에 해당 된다면, 모든 용접은 용접후열처리를 실시하여야 한다.
- 2) 필렛용접부는 위 1)이 요구하지 않거나 또는 필렛용접부가 제112조에 주어진 한계를 초과하지 않으면, 용접후열처리를 할 필요가 없다. 제112조에 주어진 한계를 초과하는 경우, 필렛용접부는 이 항의 요건에 따라서 열처리를 실시하여야 한다.
- 3) 보수용접은 한 지점에서 3,780 mm<sup>2</sup> (6 in<sup>2</sup>)을 초과하거나 최대깊이가 6 mm(1/4 in)를 초과하면, 위 제2호에서 요구할 때 용접후열처리를 실시하여야 한다.

다. 용접보수의 시험  
 제114조제10항제2호가에 따른다.

4. 탄소함량 0.35% 이상 금속의 용접보수  
 아래의 요건이 만족될 때는, 용탕분석(Heat analysis) 탄소함량이 0.35% 이상인 금속은 용접으로 보수할 수 있다.

가. 용접절차의 인정과 용접사의 인정

용접절차의 인정과 용접사의 인정은 “발전설비 용접”에 따라서 하여야 한다.

나. 용접후열처리

완성된 보수 용접부는 해당 재료규격이 요구하는 대로 용접후열처리를 하거나 그 이상의 열처리를 하여야 한다.

다. 용접보수의 검사

제114조제10항제2호나.에 따른다.

5. 용접결합의 보수

용탕분석(Heat analysis)으로 탄소함량이 0.35%을 초과하지 않는 단조품의 용접 보수는 제106조의 요건을 따라야 하고, 용탕분석(Heat analysis)으로 탄소함량이 0.35%을 초과하는 단조품의 용접 보수는 제107조의 요건을 따라야 한다.

**제113조 (다층 용기 제작)** ① 아래 조항에 있는 규정은 다층 동체, 다층 경판 및 다층 천이구간에 적용되어야 하며, 제101조부터 제111조까지 주어진 해당 요건을 보충하기 위하여 또는 그 대신에 사용되어야 한다.

② 다층 용기에 대한, 층에 허용된 최소두께는 3 mm(1/8 in)이다.

③ 용접 제작 요건

용접절차 인정 요건이 제113조와 같이 다층 구조는 수정된 것을 제외하고는, 용접 제작은 제101조부터 제107조까지를 따라야 한다.

**제114조 (용접이음의 검사)** ① 완성된 모든 용접부는 제115조제3항에 따라서 육안검사를 받아야 한다.

1. 완성된 모든 용접부는 아래 제3항에서 선택한 시험그룹과 설계에서 규정된 것과 같이 이음부 범주와 용접부 형식에 따라서 비파괴검사를 받아야 한다.

2. 모든 용접부는 용접 준비단계에서와 뒷면 가우징 공정 동안에 육안검사에 의해 검사를 받아야 한다.

② 압력용기에 대한 시험그룹

1. 표 7.1은 재료그룹에서 제조의 복잡성, 최대두께, 용접법 및 선택된 이음효율에 근거하여 용접이음에 지정된 시험그룹을 규정한다. 용접이음의 비파괴검사는 각 시험그룹에 대하여 제시된 대로 실시하여야 한다. 각 시험그룹의 재료의 균열 민감도를 반영하기 위하여 “a” 및 “b” 소그룹으로 더욱 작게 나눈다.

2. 표 7.2는 각 시험그룹에서 요구하는 비파괴검사, 이음 범주의 지정, 이음효율 및 허용할 수 있는 이음형식을 나타낸다.

3. 아래 4.에서 사용된 주 용접이음(governing welded joint)이란 선정된 이음 효율로 용접두께를 결정하는 용기부(예를 들어, 동체의 단이나 경판)의 용접이음이다.

4. 다수의 시험그룹

하나 이상의 주 용접이음이 한 압력용기 내에 위치할 때는, 표 7.1의 요건이 만족된다면, 시험그룹의 조합이 허용된다. 시험그룹의 조합이 한 단일 용기에서 사용된다면, 아래 요건이 만족되어야 한다.

가. 각 용기부에서, 주 용접이음의 시험그룹은 노즐 부착 용접부를 포함하여 용기부 모든 용접부에 적용하여야 한다.

나. 다른 시험그룹으로 지정된 두 용접부의 용접연결은 더 넓은 검사범위를 가진 시험그룹에 지정되어야 한다.

다. 하나의 용접된 부분을 이음부 없는 부분에 연결하거나 두 이음부 없는 부분을 연결하는 용접부는 이용 가능한 두께(공차와 부식여유를 뺀 용접부 두께)에 근거한 시험그룹에 지정되어야 한다. 이용 가능한 두께가 최소요구두께의 (1/0.85로부터 연유한)1.18 배보다 클 때는, 시험그룹 3이 지정될 수 있다. 이용 가능한 두께가 1.18에 최소요구두께를 곱한 것보다 작을 때에는, 시험그룹은 표 7.1에 의하여 지정되어야 한다.

③ 비파괴검사의 범위

1. 표 7.2 내 검사 범위는 용접이음 총 길이의 백분율이다.

2. 표 7.2 내 검사 요건은 모든 맞대기 용접이음과 관련된다.

3. 다음 용접법은 표 7.2의 요건에 따라서 전체 길이에 걸쳐서 검사하여야 한다. 한번 방사선투과검사를 실시하였다면, 후속 용접부는 제115조제4항 또는 제5항에 따라서 초음파탐상검사를 하여야 한다.

가. EBW법으로 용접한 용접부

나. 연속구동 마찰 용접법으로 용접한 용접부

4. 다음 용접절차는 표 7.2의 요건에 따라서 전체 길이에 대해 제115조제3항에 따라서 방사선투과검사를 하여야 하고, 제115조제4항, 제5항에 따라서 초음파탐상검사를 하여야 한다. 초음파탐상검사는 세립화(오스테나이트징) 열처리 또는 용접후열처리를 한 후에 실시하여야 한다.

가. 일렉트로슬래그 용접법으로 용접한 용접부

나. 페라이트 계 재료에서 38 mm(1-1/2 in)를 초과하는 단일 패스 두께를 가진 일렉트로가스 용접법으로 용접한 용접부.

5. 요구된 검사 범위가 100% 미만이면, 비파괴검사의 범위와 위치는 아래에 제시된 기준으로 결정하여야 한다.

가. 동체, 성형 경판, 연통 챔버(communicating chamber) 및 재킷은 아래 요건이 적용된다.

1) 비파괴검사는 길이방향 맞대기 용접부와 원주 맞대기 용접부의 모든 교차점에서 실시하여야 한다. 이 교차점에서 길이방향 이음부의 최소길이 150 mm (6 in)를 검사하여야 한다. 모든 교차점을 포함한 것이 표 7.2내의 백분율을 초과하는 곳에서는, 이보다 높은 값이

적용되어야 한다.

- 2) 표 7.2에서 요구하는 백분율을 달성하기 위하여 추가적 검사가 요구되면, 검사원이 선택한 맞대기 용접이음 상의 추가적 위치에 비파괴검사를 하여야 한다.
- 3) 각 용접사나 자동용접사가 용접한 용접부를 시험하기 위해서 충분한 횟수의 시험을 하여야 한다. 둘 이상의 용접사나 자동용접사가 층단위로 공동 용접하거나, 맞대기 이음의 양면을 각각 용접한 경우, 한 점(spot)이 각 용접사 또는 자동용접사의 용접능력으로 대표할 수 있다.
- 4) 주 (길이방향 또는 원주) 용접부 이내 또는 주 용접부로부터 13 mm(1/2 in) 이내에 구멍이 있을 때, 구멍의 단면 양쪽에서 구멍의 지름 이상의 길이에 대해서 주 용접부를 검사하여야 한다. 이 용접부는 표 7.2 내의 백분율에 추가로서 포함되어야 한다.

나. 용기에 부착된 노즐과 분기관 - 비파괴검사의 범위를 결정하기 위하여, 각 그룹 또는 부분적 그룹 내에서 적어도 한 노즐 또는 분기관의 완성된 원주 및 길이방향 맞대기 용접부를 아래에 제시된 것같이 검사하여야 한다.

- 1) 검사범위가 100%이면, 각 개별 노즐 또는 분기관을 검사하여야 한다.
- 2) 검사범위가 25%이면, 4 그룹 중 한 그룹에 대하여 하나의 완전한 노즐 또는 분기관을 검사하여야 한다.
- 3) 검사범위가 10%이면, 10 그룹 중 한 그룹에 대하여 하나의 완전한 노즐 또는 분기관을 검사하여야 한다.

다. 완전한 원주 및 길이방향 맞대기 용접부 또는 노즐의 수를 포함한 것이 표 7.2내의 백분율을 초과하면, 더 높은 값이 적용되어야 한다.

- ④ 내부(부피) 결함에 대한 검사방법의 선정 -내부 결함에 대한 체적비파괴시험(RT 또는 UT) 검사방법의 선정은 표 7.3을 따라야 한다.
- ⑤ 표면결함에 대한 검사방법  
비자성 또는 부분자성 재료나 용가재로 용접한 자성재료에 대해서는, 제115조제7항에 따른 침투탐상검사를 실시하여야 한다. 자성 강재에 대해서는, 해당 요건에 맞도록 제115조제6항과 제7항에 따른 자분탐상검사 또는 침투탐상검사를 각각 실시하여야 한다.
- ⑥ 표면조건과 준비  
표면의 요철이나 이물질로 인한 해당 비파괴검사 방법의 수행 또는 해석이 방해되지 않도록 검사표면을 준비하여야 한다.
- ⑦ 반복사용(Cyclic Service)에 대한 보충검사  
피로해석에 대한 심사기준 피로해석을 의무적으로 수행해야 하는 용기의 범주 A 및 B 용접부는 표 7.3에서 규정된 방법에 따라서 100% 검사하여야 한다. 범주 C, D 및 E 용접부는 각각 제115조 제6항과 제7항에 따라서 자분탐

상법 또는 침투탐상법으로 검사하여야 한다.

### ⑧ 보호 라이닝 및 클래딩 된 용기의 시험 및 검사

#### 1. 크롬합금 클래딩 또는 라이닝의 시험

크롬합금 클래딩 층 또는 라이너시트(sheet) 사이의 이음부는 다음과 같이 균열에 대한 시험을 실시하여야 한다.

가. 순수한 크롬합금 용가재로 용접한 이음부는 전체 길이에 걸쳐 시험하여야 한다. 모재의 용접부와 연속 접촉된 크롬합금 용접부는 방사선투과법이나 초음파탐상법으로 검사를 실시하여야 한다. 모재에 부착되지만 단순히 모재 내의 이음부를 가로지르는 라이너 용접부는 표면 균열을 확인할 수 있는 비파괴검사방법으로 검사할 수 있다

나. 오스테나이트 계 크롬-니켈강 용가재 또는 비공기경화 니켈-크롬-철 용가재로 용접한 이음부는 방사선투과법 또는 초음파탐상법으로 부분검사를 실시하여야 한다. 라이닝된 구조는 적어도 한 부분검사는 모재 내의 용접금속과 접촉하는 라이너 용접부의 일부를 포함하여야 한다. 매 15 m(50 ft)의 용접부마다 부분검사를 완료하여야 한다.

#### 2. 용기와 부품의 검사

가. 모재에 클래드 또는 용접 덧씌우기로 제작된 용기 또는 용기 부품은 제114조제1항부터 제7항에서 요구하는 방사선투과법 또는 초음파탐상법을 사용하여 용접이음부를 검사하여야 한다.

나. 대판 덮개(strip covering)로 보호된 모재의 시험

일체형 또는 용접금속 덧씌우기 클래드(clad) 또는 라이닝이 된 모재 용접부가 클래딩이나 라이닝을 완성하기 위하여 용접부 위에 걸쳐 적용된 내식성의 덮개 대판이나 시트로 보호되어 있으면, 제1항부터 제7항까지 요구된 방사선투과검사나 초음파탐상검사를 덮개가 부착되기 전에 모재 내의 완성된 용접부에 대하여 실시하여야 한다.

다. 합금 용접부로 보호된 모재의 검사

다음의 요건이 만족된다면, 합금 덮개를 용착하기 전에 모재 내의 용접부에 방사선투과검사 또는 초음파탐상검사를 실시할 수 있는 경우를 제외하고, 내식성 층을 포함한 이음부가 완성된 후에 제1항부터 제7항까지 요구된 방사선투과검사나 초음파탐상검사를 실시하여야 한다.

- 1) 용접이음에서의 모재의 두께는 설계에서 요구하는 것 이상
- 2) 내식성 합금 용접 용착부가 비공기경화성
- 3) 완성된 합금 용접 용착부는 제115조제7항에 따라 침투탐상검사를 실시한다.

#### 3. 검사와 시험

가. 일반 요건

다음 항의 요건은 클래드 또는 용접 덧씌우기 내식성 라이닝을 가진 용기의 검사와 시험에 적용되며, 각각 제114조부터 제121조에 규정된

검사와 시험에 대한 일반 조건과 함께 적용하여야 한다.

나. 설치된 라이닝의 기밀성

1) 의도한 용도에 맞게 설치된 라이닝의 기밀성(pressure tightness)에 대한 시험을 권장한다. 그러나 시험의 상세내용은 설계시방서에 규정하여야 한다.

주: 시험은 내력 모재를 손상시키지 않는 것이어야 한다.

2) 기밀성 시험 후 용기 내부의 검사

수압시험 후 라이닝 내의 이음부를 통하여 시험유체의 누설이 있는지 판정하기 위하여 용기 내부를 육안 검사하여야 한다.

3) 누설이 검출되었을 때의 조치

설치된 라이너의 뒤에서 누설이 검출된 경우, 용기의 라이너를 손상시키지 않고 용기의 모든 시험유체를 배출하기 위하여 충분한 시간동안 서서히 가열하여야 한다. 시험유체를 배출후 라이닝은 용접으로 보수하여야 한다. 보수 용접부가 모재 속으로 관통하는 결함을 발생시켰는지를 판정하기 위하여, 검사원은 라이닝의 보수 후에 방사선투과검사, 열처리 또는 용기의 수압시험의 반복이 필요한지를 결정하여야 한다.

⑨ 인장강도가 향상된 퀸칭-템퍼링된 용기의 시험과 검사

다음 항은 퀸칭-템퍼링으로 항복강도와 극한인장강도가 증강된 표 3.A.3에 표시된 페라이트 계 재료로 제작된 용기만 적용된다.

1. No.1 Type 용접이음

표 7.3에 따른 100% 시험이 요구된다. 시험은 모든 내식성 합금 덮개 용접이 용착된 후에 하여야 한다.

2. 노즐 부착 용접부

별도그림 47 (15-1.2.3)에서 규정된 노즐 부착 용접부는 제115조제3항, 제4항 또는 제5항(표 7.2와 표 7.3 참조)에 따라서 방사선투과법 또는 초음파탐상법으로 검사를 실시하여야 한다. 별도그림 47 (1), (2), (3), (8), (9)에 따라 두께가 50 mm(2 in)를 초과하는 동체에 있는 노즐 부착 용접부는 제115조제3항, 제4항에 따라서 방사선투과법 또는 초음파탐상법을 이용하여 검사하여야 하며, 안지름이 50 mm(2 in) 이하인 노즐에 대해서는 방사선투과검사 또는 초음파탐상검사가 생략될 수 있다. 요구된 방사선투과검사는 모든 내식성 합금 덮개 용접부가 용착된 후에 실시하여야 한다.

3. 용접부 시험

가. 아래 나.에서 허용된 것을 제외하고, 퀸칭-템퍼링 강재에 비압력부품을 부착하기 위한 용접을 포함한 모든 용접부는 압력시험 후 모든 노출된 표면을 제115조제6항에 따라서 자분탐상법으로 검사하여야 한다. 아크 스트라이크를 피하기 위한 자화방법(magnetization method)을 사용하

여야 한다. 균열과 같은 결함은 불합격 대상이며, 이를 제거하거나 보수하여야 한다. 보수 후 용기는 제119조에 따라서 재시험되어야 하며 용접부도 재시험하여야 한다. 별도그림 47 (1), (2)에 따른 노즐 부착의 경우 개구부에서용기 벽의 노출된 단면은 시험에 포함되어야 한다.

나. 침투탐상법의 대체 사용

자분탐상검사로 대체하거나 또는 용접 용착부의 비자성때문에 자분탐상검사가 가능하지 않은 경우, 침투탐상법을 사용하여야 한다. SA-333 등급 8, SA-334 등급 8, SA-353, SA-522, SA-553, I과 II형, 그리고 SA-645 등급 A의 재료로 제작된 용기에 대해서는, 표 7.2에 요구된 표면검사는 압력시험 전 또는 후에 침투탐상법으로 실시하여야 한다. 균열과 같은 결함은 불합격 대상이며, 제거하거나 보수하여야 한다. 보수 후 용기는 제119조에 따라 재검사하여야 하며, 용접부도 재검사하여야 한다.

4. 내식성 덧씌우기 용접금속의 시험

내식성 덧씌우기 용접금속은 제115조제7항에 따라서 침투탐상법으로 검사하여야 한다. 균열과 같은 결함은 불합격 대상이며, 제거하거나 보수하여야 한다. 용기는 보수 후 제119조부터 제121조에 따라 재시험하여야 하고 보수 용접부는 재검사 하여야 한다.

⑩ 일체형으로 단조된 용기의 시험과 검사

아래 조건은 일체형으로 단조된 용기의 비파괴검사에 적용된다.

1. 초음파탐상검사

가. 용기가 SA-372, 등급 J— 클래스 110의 재료로 제작되었으면, 열처리 후 완성된 용기는 “발전용 화력설비” 제138조제2항 및 제6조제1항에 따라서 초음파탐상검사를 하여야 한다. 교정 시험편은 용기를 대표하는 것과 동일한 공칭두께 및 조성을 갖고 열처리된 것이어야 한다. 사각 초음파탐상검사는 공칭단면두께의 5%와 같은 깊이, 약 25 mm(1 in)의 길이 그리고 그 깊이의 2배 이하의 폭을 가진 노치로 교정되어야 한다.

나. 용기가 SA-723, 클래스 1, 등급 1, 2 및 3, 그리고 SA-723, 클래스 2, 등급 1, 2 및 3의 재료로 제작되었으면, 완성된 용기는 두께에 관계없이 “발전용화력설비” 제140조 제1항에 따라서 시험하여야 한다.

다. 교정된 노치에 의한 진폭의 지시를 초과하는 지시를 발생시키는 하나 이상의 불연속이 검사 결과에서 나타나면, 용기는 불합격이다. 교정된 노치의 진폭을 초과하는 피트, 흠집 및 주변과 모나지 않은 부위와 같은 등근 바닥 표면 지시는, 지시 밀의 두께가 용기의 설계벽두께 이상이고 측면이 3대1이상의 비율로 평평하게 되었다면, 합격이다.

2. 용접보수의 시험

가. 0.35% 이하의 탄소함량을 가진 재료의 용접보수의 경우, 모든 용접보수는 제115조제3항, 제6항 및 제7항의 요건에 따라서 방사선투과법, 자분탐상법 또는 침투탐상법으로 검사를 실시하여야 한다. 용접보수의 깊이가 10 mm(3/8 in) 또는 재료 두께의 1/2 중 작은 것을 초과할 때는 방사선투과검사를 실시하여야 한다. 보수 용접부의 합격여부는 해당 항에서 제시된 합격기준에 따라 결정되어야 한다.

나. 0.35%를 초과하는 탄소함량을 가진 재료의 용접보수

1) 용접보수의 깊이가 6 mm(1/4 in) 또는 재료 두께의 1/2 중 작은 것을 초과하는 경우 방사선투과검사가 요구되는 것을 제외하고는, 켈칭-템퍼링한 재료 이외의 용접 보수부의 검사는 제114조제10항제2호가의 요건을 만족하여야 한다.

2) 용착 용접 깊이에 관계없이 방사선투과검사가 요구된 것을 제외하고, 액체 켈칭-템퍼링이 될 예정이거나 이미 된 재료의 용접보수에 대한 검사는 제114조제10항제2호가의 요건을 만족하여야 한다.

3. 시험편의 검사와 시험의 입회

시험편을 해당 재료규격에 따라 채취하고자 하는 경우, 검사원은 자신의 선택에 따라서 이 시험편의 선택, 식별 표시 및 시험을 입회할 수 있다. 시험과 재시험은 재료규격의 요건에 따라서 실시되어야 한다.

⑩ 제작된 다층 용기의 시험과 검사

1. 다음 항의 요건은 다층구조로 제작된 압력용기와 용기 부품의 비파괴검사에 적용된다. 다층용기 구조에 대한 시험 요건이 표 7.4에 나와 있다. 시험 그룹 1 또는 2에 대한 제114조제1항부터 제7항까지의 요건은 해당되는 다층 용기와 일체인 비다층 구조 부품에 적용하여야 한다.

2. 내부동체와 내부경관

층을 적용하기 전의다층동체 부분의 내부동체와 다층경관의 내부경관 내의 범주 A 및 B 이음부는 제115조제3항 또는 제5항(표 7.3 참조)에 따라서 방사선투과법 또는 초음파탐상법으로 전체 길이에 걸쳐 검사를 실시하여야 한다.

3. 용접이음

가. 선행 용접 표면에 두께 3 mm 부터 8 mm(1/8 in 부터 5/16 in)에 걸친 층의 범주 A 이음부는 제115조제6항에 따라서 자분탐상법으로 그 길이의 100%에 대하여 검사를 하여야 한다.

나. 이전 표면에 용접된 두께 8 mm 부터 16 mm(5/16 in 부터 5/8 in)에 걸친 층의 범주 A 이음부는 제115조제6항에 따라서 자분탐상법으로 그 길이의 100%에 대하여 검사를 하여야 한다. 이에 추가하여, 이 이음부는 임의의 길이 10%에 대해서 제115조 제4항에 따라서 초음파탐상법으로 검사를 실시하여야 한다. 다만 용접두께의 바닥 10%에 대해

서 거리진폭교정곡선(distance amplitude correction curve) 또는 기준 레벨은 6 dB만큼 올릴 수 있다. 이 임의의 부분검사는 아래 제10호에서 규정된 것에 따라 검사를 실시하여야 한다.

다. 이전의 표면에 용접된 두께 16 mm 부터 22 mm(5/8 in 부터 7/8 in)에 걸친 층의 범주 A 이음부는 제115조제4항에 따라서 초음파탐상법으로 그 길이의 100%에 대하여 검사를 실시하여야 한다. 다만 용접두께의 하부 10%에 대해서 거리진폭교정곡선(distance amplitude correction curve) 또는 기준 레벨은 6 dB만큼 올릴 수 있다.

라. 이전의 표면에 용접되지 않은 층 내의 범주 A 이음부는 제115조제3항, 제4항 또는 제5항(표 7.3 참조)에 따라서 방사선투과법 또는 초음파탐상법으로 그 길이의 100%에 대해서 검사하여야 한다.

마. 용기의 축 방향 중심선으로부터 측정하여 75° 이하 각도(나선각도)의 나선형으로 감은 대관 구조 내의 용접부는 범주 A로서 분류하여야 하며, 그에 따라서 검사하여야 한다.

4. 용접된 동체 원주 이음부

가. 두께 3 mm 부터 8 mm(1/8 in 부터 5/16 in)에 걸친 층의 범주 B 이음부는 제115조제6항에 따라서 자분탐상법(직류 만)으로 그 길이의 10%에 대하여 검사를 실시하여야 한다. 이 임의의 부분검사는 아래 제10호의 규정에 따라 실시하여야 한다.

나. 두께 8 mm 부터 16 mm(5/16 in 부터 5/8 in)에 걸친 층의 범주 B 이음부는 제115조제6항에 따라서 자분탐상법(직류 만)으로 그 길이의 100%에 대하여 검사를 실시하여야 한다.

다. 두께 16 mm 부터 22 mm(5/8 in 부터 7/8 in)에 걸친 층의 범주 B 이음부는 제115조제6항에 따라서 자분탐상법으로 그 길이의 100%에 대하여 검사를 실시하여야 한다. 이에 추가하여, 이 이음부는 임의의 길이 10%에 대해서 제115조제4항에 따라서 초음파탐상법으로 검사를 실시하여야 한다. 다만 용접두께의 바닥 10%에 대해서 거리진폭교정곡선 또는 기준 레벨은 6 dB만큼 올릴 수 있다. 이 임의의 부분검사는 아래 제10호에서 규정된 대로 실시하여야 한다.

라. 두께 22 mm(7/8 in)를 초과하는 층 내의 범주 B 이음부는 제115조제4항에 따라서 초음파탐상법으로 그 길이의 100%에 대하여 검사를 하여야 한다. 다만 용접두께의 바닥 10%에 대해서 거리진폭교정곡선 또는 기준 레벨은 6 dB만큼 올릴 수 있다.

5. 맞대기 이음

가. 다층단면에 층실단면의 전체두께 용접, 제114조제11항제2호에서 주어지는 다층두께의 다층단면에 층실단면을 부착하는 범주 A, B 및 D 이음부는 제115조제3항에 따라서 전체 길이에 대하여 방사선투과방법으로

로 검사하여야 한다.

나. 층의 침식(layer wash)이나 허용할 수 있는 틈새가 방사선사진에서 슬래그로부터 구별하기 어려운 지시로 나타날 수 있다. 층의 침식은 층계면에서 얇은 용입으로부터 생기는 지시로 정의한다. 합격은 그림 7.1 용접부 형상에 근거하여야 한다. 한 가지 대안으로서, 그림 7.2에서 보는 사각방사선투과기법(angle radiographic technique)을 그 지시의 허용여부를 결정하기 위해 개별 틈새의 위치를 찾는데 사용할 수 있다. 층을 감은 후에 이루어지는 범주 A 반구형 경관과 내부동체 또는 내부경관의 범주 B 용접이음은 제115조제3항에 따라서 방사선투과검사가 되었을 때는, 다층단면을 다층단면에 부착하는 범주 A 및 B 이음부는 완전히 용접된 후에 방사선투과검사를 할 필요는 없다.

다. 완성된 이음부에 대하여 방사선투과검사를 실시한 경우, 두께 22 mm(0.875 in)를 초과하는 내부동체 또는 내부경관 두께는 방사선투과검사를 실시할 필요가 없다. 내부동체 또는 내부경관의 층들이 감긴 후에 용접된 내부동체 또는 내부경관 내의 용접이음은 전체 길이에 걸쳐서 방사선투과검사를 실시하여야 하며, 제114조제11항제2호의 요건을 만족시켜야 한다.

#### 6. 평경관과 관관의 용접이음

평경관과 관관에 다층동체 또는 다층경관을 부착하는 범주 C 이음부는 범주 B 이음부에 대하여 제114조제11항제4호에 규정된 요건에 따라 검사하여야 한다.

#### 7. 노즐과 연통 챔버 용접이음

방사선투과검사를 요구하지 않는 다층동체 또는 다층경관 내의 범주 D 용접이음은 제115조제6항 또는 제7항에 따라서 자분탐상법 또는 침투탐상법으로 검사를 실시하여야 한다. 다층용기동체나 다층경관에 라이너 타입 노즐을 연결하는 부분용입 용접부는 제115조제6항 또는 제7항에 따라서 자분탐상법 또는 침투탐상법으로 검사를 실시하여야 한다.

#### 8. 비압력 부품과 보강재를 부착하는 용접부

가. 지지물, 러그, 브래킷, 보강재 및 기타 비압력 부착물을 압력부품에 부착하는 모든 용접부는 모든 노출된 표면에서 제115조 제6항 또는 제7항에 따라서 자분탐상법 또는 침투탐상법으로 검사를 실시하여야 한다.

나. 제104조 제7항에서 요구된 검사는 P-No. 5 등 재료의 부품에 부착된 비압력 부품과 보강재에 대한 용접후열처리 후에 실시되어야 한다.

#### 9. 천이 용접부

가. 층실 벽 단면 내의 모든 용접금속 덧살불임(buildup) 또는 다층 천이부 내의 필렛 용접부는 전체 용착 표면에 걸쳐 제115조제6항 또는 제7항에 따라서 자분탐상법 또는 침투탐상법으로 검사를 실시하여야 한다.

나. 방사선투과검사를 요구하는 용접이음에서 표면 용접금속 덧살 불임이

사용될 때는, 용접금속 육성부는 검사에 포함되어야 한다.

#### 10. 임의의 부분검사와 용접부의 보수

위 제114조제11항제3호나 및 다의 임의의 초음파탐상검사와 제114조제1호의 임의의 자분탐상검사는 다음과 같이 실시되어야 한다.

가. 임의의 부분 위치는 검사원이 선택하여야 한다. 검사원이 사전에 통보를 받았으나 참석을 할 수 없거나 선택을 할 수 없을 때는, 제작자가 임의의 부분 또는 부분의 선택에 있어 자신의 판단에 따를 수 있다. 그 부분의 최소 길이는 150 mm(6 in)가 되어야 한다.

나. 임의의 부분검사에서 제114조제11항제3호나,와 제4호가 및 제4호다,의 최소품질요건에 적합하지 못한 용접부가 나타난 경우, 같은 길이의 두 군데의 추가적 부분(spots)을 원래 부분으로부터 떨어진 위치에서 같은 용접부 단위에서 검사를 하여야 한다. 이 추가적 부분의 위치는 원래 부분검사에서 규정되었던 것같이 검사원이나 제작자가 선정하여야 한다.

다. 검사한 두 부분 중 어느 것이라도 제114조제11항제3호나,와 제4호가 및 제4호다,의 최소품질요건에 적합하지 못한 용접부가 나타나면, 대표된 용접부 전체 단위가 불합격 처리되어야 한다. 전체 불합격된 용접부는 제거되고 이음부는 다시 용접되거나, 제작자의 선택에 따라서, 대표된 용접부의 전체 단위를 완전히 검사하여 결함이 있는 용접만을 수정할 필요가 있다.

라. 보수용접은 인정된 절차를 사용하고 검사원에게 인정될 수 있는 방식으로 실시되어야 한다. 재용접된 이음부 또는 용접 보수된 부위는 제114조제11항제3호나,와 제4호가 및 제4호다,의 요건에 따라서 한 위치에서 임의의 부분검사를 실시하여야 한다.

#### 제115조 (검사방법과 합격기준) ① 비파괴검사 방법과 합격기준은 표 7.5와 같다.

##### ② 육안검사 합격기준

표 7.6에 주어진 기준을 초과하는 지시의 용접부는 불합격 대상이다. 불합격 대상 지시는 제거하거나 허용할 수 있는 크기의 지시로 감소시켜야 한다. 치핑이나 그라인딩으로 제거되고 후속 용접보수가 요구되지 않을 때는 언제나 그 부위는 노치, 틈새 또는 모서리를 피하도록 잘 다듬어야 한다. 지시를 제거한 후에 용접이 요구된 곳에서의 보수는 제106조에 따라서 실시되어야 한다.

##### ③ 방사선투과검사 합격기준

방사선투과사진에 나타나고 결함으로 인정된 용접부의 지시는 이 항에서 표시된 조건 하에서 불합격 대상이며, 제106조에 규정에 따라 보수하여야 한다. 보수된 용접부는 이 항에 따라서 방사선투과법으로 또는 제조자의 선택에 따라서 제115조제4항 또는 제5항에 따라서 초음파탐상법으로 그리고 이 항에서 규정된 표준에 따라 재검사를 하여야 한다. 초음파탐상검사가 실시된다면, 검사방법을 제조자 자료보고서 서식의 비교 칸에 기록하여야 한다.

##### 1. 선형 지시

가. 두께  $t$

허용된 덧살을 제외한 용접부의 두께. 두께가 다른 두 부재의 맞대기 용접부에서  $t$ 는 두께가 얇은 부재의 두께이다. 완전용입 용접부가 필렛 용접부를 포함하면, 필렛 용접부의 목두께는  $t$ 의 계산에 포함되어야 한다.

나. 합격/불합격 기준

- 1) 균열이나 융합불량 또는 용입부족 부위
- 2) 다음 보다 큰 길이를 가진 기타 선형 지시
  - 가) 19 mm(3/4 in) 이하의  $t$ 는 6 mm(1/4 in)
  - 나) 19 mm(3/4 in) 초과 57 mm(2-1/4 in) 이하의  $t$ 는  $t/3$
  - 다) 57 mm(2-1/4 in)를 초과하는  $t$ 는 19 mm(3/4 in)
- 3) 12 $t$ 의 길이에서  $t$ 를 초과하는 누적 길이를 가진 선으로 늘어진 지시의 집단. 단, 인접한 결함 사이의 거리가 6 $L$ 을 초과하는 곳은 제외. 여기서  $L$ 은 그 집단에 있는 가장 긴 결함의 길이이다.
- 4) 방사선투과사진에 나타난 농도 또는 상의 밝기가 급격하게 변화하지 않는다면, 내부 루트 용접부 상태는 허용될 수 있다. 급격한 변화 상태의 경계에 있는 방사선투과사진 상의 선형 지시는 이 항의 다른 부분에 따라서 평가하여야 한다.

2. 원형 지시 합격기준

가. 원형 지시 도표

결함으로서 인정된 원형 지시는 3 mm(1/8 in)를 초과하는 다른 용접 두께에 대하여 여러 종류의 다양하고, 임의로 퍼져있고, 밀집되어 있는 원형 지시를 그림으로 설명하는 그림 7.5 부터 그림 7.10 내에서 보이는 것을 초과하지 않아야 한다. 각 두께 범위에 대한 도표는 실물크기 150 mm(6 in) 방사선투과사진을 대표하며, 확대되거나 축소되어서는 안 된다. 보여진 분포는 반드시 방사선투과사진에서 나타날 수 있는 모형인 것은 아니지만, 허용된 지시의 전형적인 집중과 크기이다.

나. 관련 지시(사례에 대해서 표 7.7 참조)

다음 치수들을 초과하는 원형 지시만을 관련된 것으로 간주하여야 하고, 처분을 위하여 합격 도표에 비교하여야 한다.

- 1) 3 mm(1/8 in) 미만의  $t$ 는  $t/10$
- 2) 3 mm(1/8 in) 이상 6 mm(1/4 in)이하의  $t$ 는 0.4 mm(1/64 in)
- 3) 6 mm(1/8 in) 이상 50 mm(2 in)이하의  $t$ 는 0.8 mm (1/32 in)
- 4) 50 mm(2 in) 초과  $t$ 는 1.5 mm(1/16 in)
- 5) 원형 지시의 최대크기

모든 지시의 최대허용크기는  $t/4$  또는 4 mm(5/32 in) 중 작은 것이어야 한다. 다만, 인접한 지시로부터 25 mm 이상 떨어진 분리된

지시는  $t/3$  또는 6 mm(1/4 in) 중 작은 것이어야 한다. 50 mm(2 in)를 초과하는  $t$ 에 대해서는 분리된 지시의 최대크기는 10 mm(3/8 in)로 증가시켜야 한다.

6) 정렬된 원형지시

12 $t$ 의 거리 내에서 지시의 지름의 합계가  $t$  미만일 때, 정렬된 원형 지시는 허용될 수 있다. 정렬된 원형 지시 집단의 길이와 집단 사이의 간격은 그림 7.4의 요건을 만족하여야 한다.

7) 군집 지시

군집 지시에 대한 그림 설명은 임의 지시에 대한 그림 설명에서 보는 것과 같은 국부 면적 내의 지시의 4배를 나타낸다. 허용할 수 있는 군집부의 길이는 25 mm(1 in) 또는 2 $t$ (2배) 중 작은 것을 초과해서는 안 된다. 이 중 하나를 초과하는 군집부가 존재하는 경우, 군집부 길이의 합계는 150 mm(6 in) 길이의 용접부에서 25 mm(1 in)를 초과해서는 안 된다.

8) 3 mm(1/8 in) 미만의 용접두께 - 3 mm(1/8 in) 미만의 용접두께에 대해서는, 원형 지시의 최대 숫자는 길이 150 mm(6 in)에서 12를 초과해서는 안 된다. 길이 150 mm(6 in) 미만의 용접부에는 비례적으로 작은 수의 지시가 허용되어야 한다.

다. 상농도

지시의 상내 농도 또는 상의 밝기는 변동될 수 있으며, 합격이나 불합격의 기준이 아니다.

라. 간격

분리된 지시 또는 정렬된 지시의 집단에 대해서 요구하는 것을 제외하고는, 인접한 원형 지시 간의 거리는 합격 또는 불합격을 결정하는 요인이 아니다.

④ 초음파탐상검사 합격기준

특별히 규정되어 있지 않으면, 이 표준이 적용되어야 한다. 기준 레벨의 20% 보다 큰 진폭을 발생시키는 모든 결함은 검사자가 그러한 결함의 형상, 종류 및 위치를 결정할 수 있고 아래의 제1호 및 제2호에서 주어진 합격기준의 향에서 평가할 수 있는 범위까지 조사하여야 한다.

1. 균열, 융합불량 또는 용입 부족인 것으로 해석된 모든 결함은 길이에 관계 없이 불합격 대상이다.
2. 진폭이 기준 레벨을 초과하고 결함의 길이가 다음을 초과하면 모든 선형 결함은 불합격 대상이다.

가. 19 mm(3/4 in) 미만의  $t$ 는 6 mm(1/4 in)

나. 19 mm(3/4 in) 이상 57 mm(2-1/4 in) 이하의  $t$ 는  $t/3$

다. 57 mm(2-1/4 in)를 초과하는  $t$ 는 19 mm(3/4 in)

위의 기준에서,  $t$ 는 허용된 덧살을 제외한 용접부의 두께이다. 용접부에서 다

른 두께를 가진 두 부재를 연결하는 맞대기 용접에서  $t$ 는 이 두 두께 중 얇은 것이다. 완전용입 용접부가 필렛 용접부를 포함하면, 필렛 용접부의 목 두께는  $t$ 의 계산에 포함되어야 한다.

⑤ 방사선투과검사 대신에 사용된 초음파탐상검사 결함의 평가와 합격기준 결함은 표 7.8, 표 7.9 및 표 7.10의 해당 기준을 사용하고 다음의 추가적 요건으로 합격여부에 대한 평가를 하여야 한다. 합격 대상이 아닌 결함은 보수를 하여야 하고 보수된 용접부는 합격여부를 재평가하여야 한다.

1. 표면결함

초음파탐상검사 중에 표면결함으로 식별된 결함은 표면과 연결되었을 수도 그렇지 않을 수 있다. 초음파탐상검사 데이터 분석에서 결함이 표면과 연결되어 있지 않다는 것이 확인되지 않는다면, 표면과 연결되어 있거나 또는 표면으로 열려있는 결함으로 간주하여야 하며, 표면검사를 실시하지 않는 경우 불합격이다. 결함이 표면과 연결되어 있으면, 위의 요건이 적용된다. 그러나 어떠한 경우에도 결함은 사용하는 재료에 대한 이 부분의 합격기준을 초과하여서는 안 된다. 합격에 대한 표면시험 기법은 다음과 같다.

가. 아래 제6항에 따르는 자분탐상검사.

나. 아래 제7항에 따르는 침투탐상검사.

2. 복수의 결함

가. 인접한 결함 사이의 거리가 그림 7.12에 나와 있는 치수 S 이하인 불연속 결함은 단일 평면 결함으로 간주하여야 한다.

나. 주로 평행 평면에 위치하는 불연속 결함은 인접한 평면 사이의 거리가 13 mm (1/2 in)이하이면 단일 평면 결함으로 간주하여야 한다(그림 7.13 참조).

다. 구성부품의 벽을 통과하는 두께 방향에서 동일 평면상에 있으며 정렬되지 않은 불연속 결함은 인접 결함 사이의 거리가 그림 7.14에서 S 이하이면 단일 평면 결함으로 간주하여야 한다.

라. 서로 13 mm(1/2 in) 떨어진 (즉, 구성부품의 압력유지 표면에 직각인) 두 평행 평면 내에서 벽을 통과하는 방향에 있는 동일 평면상에 있는 불연속 결함은 결함의 추가적 결함 깊이 치수가 그림 7.15에서 보는 것을 초과하면 불합격 대상이다.

3. 표면 밀 결함

결함 길이는  $4t$ 를 초과하지 않아야 한다.

⑥ 자분탐상검사 합격기준

특별히 규정되어 있지 않으면, 다음의 합격 표준이 적용된다. 불합격 대상의 지시는 제거되거나 용인할 수 있는 크기의 지시로 감소시켜야 한다. 치핑이나 그라인딩으로 제거되고 후속으로 용접보수가 요구되지 않을 때는 언제나 파낸 부위는 노치, 틈새 또는 모서리를 피하도록 잘 다듬어야 한다. 지시의

제거 후에 용접보수가 요구되는 곳에서는 제106조에 따라 용접을 실시하여야 한다.

1. 모든 검사 대상 표면은 다음과 같은 지시가 없어야 한다.

가. 관련 선형지시.

나. 5 mm(3/16 in)를 초과하는 관련 원형지시.

다. 끝과 끝이 1.5 mm(1/16 in) 이하로 분리된 한 선 안에 있는 4개 이상의 관련 원형지시.

2. 표면의 상태와는 상관없이, 검출된 균열 같은 지시는 불합격 대상이다.

⑦ 침투탐상검사 합격기준

제한적인 표준이 특정 재료나 적용을 위하여 이 부분 이내에 규정되어 있지 않으면, 다음의 합격 표준이 적용된다. 불합격 대상의 지시는 제거되거나 용인할 수 있는 크기의 지시로 감소시켜야 한다. 치핑이나 그라인딩으로 제거되고 후속 용접보수가 요구되지 않을 때는 언제나 파낸 부위는 노치, 틈새 또는 모서리를 피하도록 잘 다듬어야 한다. 지시의 제거 후에 용접보수가 요구되는 곳에서는 제106조에 따라 용접을 실시하여야 한다.

1. 모든 검사 대상 표면은 다음과 같은 지시가 없어야 한다.

가. 관련 선형지시.

나. 5 mm(3/16 in)를 초과하는 관련 원형지시.

다. 끝과 끝이 1.5 mm(1/16 in) 이하로 분리된 한 선 안에 있는 4개 이상의 관련 원형지시.

2. 표면의 상태와는 상관없이, 검출된 균열 같은 지시는 불합격 대상이다.

**제116조(용기의 최종검사)** ① 용기의 일부에 대해서 피로분석이 요구되면, 해당부위에 대한 압력경계와 부착물 용접부의 모든 내부 및 외부 표면은 수압시험 후에 (강자성이면) 습식자분탐상법 또는 (비자성이면) 침투탐상법으로 검사를 실시하여야 한다. 합격기준은 제115조제6항 또는 제7항에 따라야 한다.

② 수압시험

수압시험 후 라이닝 된 용기 내부의 검사 - 수압시험 중 또는 후에 적용된 라이너의 뒤로 시험유체가 스며드는 것이 확인되면, 유체는 제거하고 라이닝은 제114조제8항제3호나.3)에 따라서 용접으로 보수하여야 한다.

**제117조 (누설시험)** 사용자의 설계시방서에 규정된 경우, 제119조에 따른 수압시험 또는 제120조에 따른 기압시험에 추가하여 비누거품을 통한 누설 또는 할로겐 가스검출 방법의 누설검사를 실시하여야 한다.

**제118조 (음향 방출(acoustic emission))** 사용자의 설계시방서에 규정된 경우, 수압시험 또는 기압시험 중에 음향방출검사를 실시할 수 있으며 합격기준은 사용자의 설계시방서에 따라야 한다.

**제119조 (수압시험)** ① 특정 구조의 용기 외에, 최저수압시험압력은 다음 중 높은 압력이어야 한다.



$$P_r = 1.43 \cdot MAWP \quad (8.1)$$

또는

$$P_r = 1.25 \cdot MAWP \cdot \left( \frac{S_T}{S} \right) \quad (8.2)$$

여기서

MAWP = 최고허용사용압력

$P_r$  = 최소시험압력

$S$  = 설계온도에서의 허용응력(표 3.A 참조)

$S_T$  = 시험온도에서의 허용응력(표 3.A 참조)

1. 방정식 (8.2) 내의  $S_T/S$  비율은 볼트 재료를 제외한 용기를 제작하는 압력경계 재료는 가장 낮은 비율이어야 한다.
2. 시험압력은 시험 중에 용기의 최상부에 적용된 압력이다. 이 압력과 정수압 헤드들 더한 압력이 시험상태에 있는 용기를 점검하기 위하여 해당 방정식에서 사용된다.
3. 위항의 요건은 요구된 최저수압시험압력을 나타낸다. 시험압력의 상한은 아래 방법을 사용하여 결정하여야 하며, 압력의 중간 값을 사용할 수 있다.
  - 가. 정수압으로 시험하는 용기 - 정수압 시험이 실시될 때에는, 완성된 용기의 정수압 시험압력은 다음의 등가 응력한계에 도달하는 값을 초과하지 않아야 한다.

- 1) 계산된  $P_m$ 이 아래의 해당 한계를 초과해서는 안 된다.

$$P_m \leq 0.95S_y$$

- 2) 계산된  $P_m + P_b$ 가 아래의 해당 한계를 초과해서는 안 된다.

$$P_m \leq 0.67S_y \text{에 대해서} \quad P_m + P_b \leq 1.43S_y$$

$$0.67S_y < P_m \leq 0.95S_y \text{에 대해서}$$

$$P_m + P_b \leq (2.43S_y - 1.5P_m)$$

4. 계산한 압력을 기초로 한 수압시험을 사용자와 제조자 사이의 합의로 사용할 수 있다. 용기의 최상부에서의 수압시험압력은 각 압력요소에 대하여 계산된 시험압력에 대한 기준을 1.43으로 곱하여 그리고 요소에 걸리는 정수압 헤드로 이 값을 감소시켜서 계산한 시험압력의 최소값이어야 한다.

### ② 시험 준비

시험압력을 가하기 전, 누설이 없는지 그리고 시험압력이 부과되지 않는 모든 저압라인과 기타 부속품이 밸브 또는 기타 적당한 수단으로 차단되거나 격리되었는지 확인하기 위하여 시험장비를 검사하여야 한다.

### ③ 시험유체

어느 온도에서나 위험하지 않은 액체는 비등점 아래에서 수압시험을 위하여 사용할 수 있다. 석유 증류 제품과 같이 인화점이 45°C (110°F) 미만인 가연성 액체는 상온 시험에 대해서만 사용될 수 있다.

### ④ 시험절차

수압시험 중 금속온도는 취성파괴의 위험을 줄이기 위하여 용기의 최저설계 재료표면온도는 적어도 17°C (30°F)로 유지되어야 하나 50°C (120°F)를 초과할 필요는 없다.

1. 용기와 시험유체가 거의 같은 온도가 되기 전, 시험압력으로 가하지 않아야 한다.
2. 수압압력은 시험압력에 도달할 때까지 점진적으로 증가시켜야 한다. 그리고 압력은 아래 제5항에 따라서 누설에 대해서 검사하기 전에 시험압력을 1.43으로 나눈 것 이상의 값으로 감소시켜야 한다.

### ⑤ 시험 검사와 합격기준

시험압력을 위 제4항제2호에서 지시한 수준으로 감소시킨 뒤에 검사원은 누설에 대한 육안검사를 이음부, 연결부 그리고 성형 경관의 너클, 원추-동체 연결부, 개구부 주위의 부위 및 두께가 변하는 부위와 같은 높은 응력이 걸리는 모든 부위에 대하여 검사를 실시하여야 한다.

1. 용접 연결을 계획하는 개구부를 위한 임시 시험용 덮개에서 발생할 수 있는 누설을 제외하고는, 존재하는 모든 누설 부분은 수정을 하고 용기는 재시험을 하여야 한다.
2. 만일 눈에 띄는 영구적 변형의 표시가 있으면, 검사원은 용기를 불합격시킬 수 있다.

**제120조 (기압시험)** ① 시험절차 - 시험압력이 용기 위에 적어도 최저허용사용압력으로 표시된 예나벨 칠을 한 용기를 제외하고는, 최저기압시험압력은 식 (8.3)으로 계산하여야 한다.

$$P_r = 1.15 \cdot MAWP \cdot \left( \frac{S_T}{S} \right) \quad (8.3)$$

1. 식 (8.3)의  $S_T/S$  비율은 볼트 재료를 제외한 용기를 제작하는 압력경계 재료는 가장 낮은 비율이어야 한다.
2. 위 제1항의 요건은 이 부분이 요구하는 최저기압시험압력을 나타낸다. 시험압력의 상한은 아래 방법을 사용하여 결정하여야 하며, 압력의 중간 값을 사용할 수 있다.

가) 공기압으로 시험하는 용기 - 공기압 시험이 실시될 때에는, 완성된 용기의 공기압 시험압력은 다음의 등가 응력한계에 도달하는 값을 초과하지 않아야 한다.

- 1) 계산된  $P_m$ 이 아래의 해당 한계를 초과해서는 안 된다.

$$P_m \leq 0.8S_y$$

- 2) 계산된  $P_m + P_b$ 가 아래의 해당 한계를 초과해서는 안 된다.

$$P_m \leq 0.67S_y \text{에 대해서} \quad P_m + P_b \leq 1.20S_y$$

$$0.67S_y < P_m \leq 0.8S_y \text{에 대해서}$$

$$P_m + P_b \leq (2.20S_y - 1.5P_m)$$

② 시험 준비

시험압력을 가하기 전에, 누설이 없는지 그리고 시험압력이 부과되지 않는 모든 저압라인과 기타 부속품이 밸브 또는 기타 적당한 수단으로 차단되거나 격리되었는지 확인하기 위하여 시험장비를 검사하여야 한다.

③ 시험유체

기압시험에서 사용하는 가압매체는 비인화성 및 비독성이어야 한다. 압축공기를 압력시험에 사용할 때, 다음을 반영하여야 한다.

1. ISO 8573-1에 따른 클래스 1, 2 또는 3 공기의 요건을 만족시키는 청결하고, 건조하고, 오일이 없는 공기만을 사용한다.
2. 공기의 이슬점은 -20℃와 -70℃(-4°F와 -94°F)의 사이이어야 한다.
3. 용기 내의 탄화수소 오염이나 기타 유기 잔류물은 폭발성 혼합물을 생성할 수 있으므로, 그것이 없다는 것을 확인하여야 한다.

④ 시험절차

취성파괴의 위험을 줄이기 위하여, 기압시험 중의 재료표면온도는 용기의 최저설계재료표면온도를 초과하는 17℃(30°F)이상의 온도로 유지하여야 한다.

1. 용기와 시험유체가 거의 같은 온도가 되기 전, 시험압력을 가하지 않아야 한다.
2. 시험압력은 시험압력의 1/2에 도달할 때까지 점진적으로 증가시켜야 한다. 그 후에 시험압력은 시험압력에 도달할 때까지 시험압력의 약 1/10 씩 단계적으로 증가시켜야 한다. 압력은 제119조제5항에 따라서 누설에 대해서 검사하기 전에 시험압력을 1.15로 나눈 것 이상의 값으로 감소시켜야 한다.

⑤ 시험에 대한 육안검사 및 합격기준

시험압력을 제120조제4항제2호에서 지시한 수준으로 감소시킨 후, 누설에 대한 육안검사를 실시하여야 한다. 검사원은 이 시험을 입회하여야 한다. 용접 연결을 계획하는 개구부를 위한 임시 시험용 덮개에서 발생할 수 있는 누설을 제외하고는, 요구된 육안검사 시 누설은 허용되지 않는다. 임시 밀봉장치로부터의 누설은 그것이 다른 이음부로부터의 누설을 가리지 않도록 다른 데로 보내야 한다.

1. 용접 연결을 계획하는 개구부를 위한 임시 시험용 덮개에서 발생할 수 있는 누설을 제외하고는, 존재하는 모든 누설 부분은 수정을 하고 용기는 재시험을 실시하여야 한다.
2. 만일 영구 변형이 발견되면, 검사원은 용기를 불합격시킬 수 있다.

**제121조 (대체 압력시험)** ① 수압-기압 시험 - 부분적으로 액체를 충전시켜 용기를 압력시험 하는 것이 바람직한 경우, 제120조의 요건이 만족되어야 한다. 다만, 액체 수위에 적용된 공기압은 일반 막 응력이 어느 점에서든 시험온도에서의

재료의 규정최소항복강도의 80%를 초과하게 하는 총 압력에 도달하여서는 안 된다.

② 누설방지시험(Leak Tightness Test)

누설방지시험은, 직접 압력시험과 진공거품시험 방법과 여러 가지 가스검출 시험을 포함하나 그것에 국한되지 않으며, 압력요소 내의 누설을 검출하기에 충분한 민감도가 있는 다양한 방법을 포함한다.

1. 채택할 누설방지시험의 선정은 시험을 하는 특정 압력요소에 대한 시험의 적합성에 근거를 두어야 한다.
2. 누설방지시험에 대한 재료표면온도는 제120조제4항에 따라야 한다. 추가적으로, 온도는 사용된 시험장비에 대하여 규정된 범위 내에서 유지되어야 한다.
3. 누설방지시험은 비누거품을 통한 누설 또는 할로겐가스검출 방법으로 실시하여야 한다.

[표 6.1] 성형 변형률 계산 방정식

성형되는 부품의 종류	성형 변형률
접시형 만들기와 냉간 회전성형을 포함하는 공정으로 성형된 이중 곡률 원주방향 제품 (예를 들어, 접시형 경판이나 냉간 회전성형 경판)	$\epsilon_f = 100 \ln \left( \frac{D_b}{D_o - 2t} \right)$
관재로부터 성형한 실린더	$\epsilon_f = \frac{50t}{R_f} \left( 1 - \frac{R_f}{R_o} \right)$
성형된 부분으로부터 조립된 경판(예를 들어, 구형 동체 판 또는 반타원형 또는 접시형 경판의 성형된 부분)	$\epsilon_f = \frac{75t}{R_f} \left( 1 - \frac{R_f}{R_o} \right)$
튜브와 관의 곡관	$\epsilon_f = \max \left[ \left( \frac{r}{R_f} \right), \left( \frac{t_A - t_B}{t_A} \right) \right] \cdot 100$
튜브 또는 관의 플레어, 스웨이 또는 업셋(그림 6.6 참조), 바깥지름 후프변형률, 안지름 후프변형률, 축방향 변형률 또는 반지름 방향 변형률이 가장 큰 것. 가장 큰 변형률의 절대 값은 평가를 위한 기준으로 사용될 것이다.	$\epsilon_f = \left( \frac{D - D_f}{D} \right) \cdot 100$ 바깥지름 후프 변형률 $\epsilon_f = \left( \frac{d - d_f}{d} \right) \cdot 100$ 안지름 후프 변형률 $\epsilon_f = \left( \frac{L - L_f}{L} \right) \cdot 100$ 축 방향 변형률 $\epsilon_f = \left( \frac{t - t_f}{t} \right) \cdot 100$ 반지름 방향 변형률

[표 6.2] 고합금 재료에 대한 제작 후 변형률 한계와 요구되는 열처리 (주1)

등급	UNS 번호	보다 낮은 온도범위 내의 제한 설계온도 C(°F)		성형 변형률 초과 %	보다 높은 온도범위 내의 제한		설계온도 한계와 성형변형률 한계가 초과될 때의 최저열처리온도 (주 3과 주 4) C(°F)
		초과	이하		초과하는 설계온도 C(°F)	초과하는 온도범위 C(°F)	
201-1	S20100 경판	모두	모두	모두	모두	모두	1065(1950)
201-1	S20100 모든 다른 것	모두	모두	4	모두	4	1065(1950)
201-2	S20100 경판	모두	모두	모두	모두	모두	1065(1950)
201-2	S20100 모든 다른 것	모두	모두	4	모두	4	1065(1950)
201LN	S20153 경판	모두	모두	모두	모두	모두	1065(1950)
201LN	S20153 모든 다른 것	모두	모두	4	모두	4	1065(1950)
204	S20400 경판	모두	모두	모두	모두	모두	1065(1950)
204	S20400 모든 다른 것	모두	모두	4	모두	4	1065(1950)
304	S30400	580(1075)	675(1250)	20	675(1250)	10	1040(1900)
304H	S30409	580(1075)	675(1250)	20	675(1250)	10	1040(1900)
304N	S30451	580(1075)	675(1250)	15	675(1250)	10	1040(1900)
309S	S30908	580(1075)	675(1250)	20	675(1250)	10	1095(2000)
310H	S31009	580(1075)	675(1250)	20	675(1250)	10	1095(2000)
310S	S31008	580(1075)	675(1250)	20	675(1250)	10	1095(2000)
316	S31600	580(1075)	675(1250)	20	675(1250)	10	1040(1900)
316H	S31609	580(1075)	675(1250)	20	675(1250)	10	1040(1900)
316N	S31651	580(1075)	675(1250)	15	675(1250)	10	1040(1900)
321	S32100	595(1100)	675(1250)	15(주5)	675(1250)	10	1040(1900)
321H	S32109	595(1100)	675(1250)	15(주5)	675(1250)	10	1040(1900)
347	S34700	595(1100)	675(1250)	15	675(1250)	10	1040(1900)
347H	S34709	595(1100)	675(1250)	15	675(1250)	10	1095(2000)
348	S34800	595(1100)	675(1250)	15	675(1250)	10	1040(1900)
348H	S34809	595(1100)	675(1250)	15	675(1250)	10	1095(2000)

주:  
1. 제시된 한계는 관재로부터 성형한 원통, 구형 및 접시형 경판, 그리고 튜브와 관의 곡관에 대한 것이다.  
2. (현재 사용하지 않음)  
3. 열처리 온도의 냉각속도는 특정 제어 한계 대상이 아니다.  
4. 최저 열처리 온도가 규정되어 있으나, 열처리 온도범위는 그 최저온도 위 85°C(150°F)로 제한할 것을 권장한다. 그 범위는 347, 347H, 348 및 348H에 대해서 최고온도범위 위 140°C(250°F)로 연장할 수 있다.  
5. 그 바깥지름이 90 mm(3-1/2 in) 미만인 튜브나 관의 단순한 곡관의 한계는 20%이다.

[표 6.3] 비철 재료에 대한 제작 후 변형률 한계와 요구되는 열처리 (주1)

등급	UNS 번호	보다 낮은 온도범위 내의 제한			보다 높은 온도범위 내의 제한		설계온도 한계와 성형변형률 한계가 초과될 때의 최저열처리온도 (주 3과 4) °C(°F)
		설계온도 °C(°F)		성형변형 률 초과 %	초과하는 설계온도 °C(°F)		
		초과	이하		초과하는 설계온도 °C(°F)	초과하는 성형변형 °C(°F)	
617	N06617	540(1000)	675(1250)	15	675(1250)	10	1150(2100)
800	N08800	595(1100)	675(1250)	15	675(1250)	10	985(1800)
800H	N08810	595(1100)	675(1250)	15	675(1250)	10	1120(2050)
800H T	N08811	595(1100)	675(1250)	15	675(1250)	10	1120(2050)

주:  
1. 제시된 한계는 판재로부터 성형한 원통, 구형 및 접시형 경관, 그리고 튜브와 관의 곡관에 대한 것이다.  
2. 열처리 온도의 냉각속도는 특정 제어 한계 대상이 아니다.

[표 6.4] 용접이음에서 최고허용 옵션

단면 두께	카테고리 A 이음	카테고리 B, C, D 이음
13 mm(1/2 in) ≤ t	t/4	t/4
13 mm(1/2 in) < t ≤ 19 mm(3/4 in)	3 mm(1/8 in)	t/4
19 mm(3/4 in) < t ≤ 38 mm(1-1/2 in)	3 mm(1/8 in)	5 mm(3/16 in)
38 mm(1-1/2 in) < t ≤ 50 mm(2 in)	3 mm(1/8 in)	t/8
t > 50 mm(2 in)	max[t/16, 10 mm(3/8 in)]	max[t/8, 19 mm(3/4 in)]

주: t는 용접이음에서 더 얇은 쪽 단면의 공칭두께이다.

[표 6.5] 허용 용접법과 제한

용접법	적용/제한	특수 열처리 요건
<ul style="list-style-type: none"> <li>가스금속아크</li> <li>가스팅스텐아크</li> <li>플라스마아크</li> <li>레이저 빔</li> </ul>	모든 재료	없음
<ul style="list-style-type: none"> <li>전자 빔</li> </ul>	모든 재료	두께가 3 mm(1/8 in)를 초과하는 페라이트 재료를 용접할 때는, 제110조에서 제시된 용접후열처리의 면제는 허용되지 않는다.
<ul style="list-style-type: none"> <li>피복아크</li> <li>서브머지드아크</li> <li>폭발용접</li> <li>유도</li> </ul>	티타늄을 제외한 모든 재료	없음
<ul style="list-style-type: none"> <li>일렉트로가스</li> <li>일렉트로슬래그</li> </ul>	페라이트강과 다음의 오스테나이트 강 내의 맞대기 용접만 <ul style="list-style-type: none"> <li>SA-240 - TP304, TP304L, TP316, TP316L</li> <li>SA-182 - F304, F304L, TP316, TP316L</li> <li>SA-351 - CF3, CF3A, CF3M, CF8, CF8A, CF8M</li> </ul>	이음부에서 두께 38 mm(1-1/2 in)를 초과하는 페라이트 재료 내의 일렉트로슬래그 용접 또는 38mm(1-1/2 in)를 초과하는 단일 패스의 일렉트로가스 용접의 이음부의 입자 정제 (오스테나이트 처리) 열처리를 받아야 한다.
<ul style="list-style-type: none"> <li>관성</li> <li>연속구동마찰</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>림드강, 세미킬드강 또는 티타늄을 제외한 IX절에서 P-No.가 지정된 재료</li> </ul>	P-No.3, 4, 5A, 5B, 5C, 6, 7(TP 405와 TP410S는 제외)을 용접할 때는, 발전설비 용접 제110조에서 제시된 열처리 면제는 허용되지 않는다.
<ul style="list-style-type: none"> <li>아크스터드</li> <li>저항스터드</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>철 재료의 경우 용기에서 사용되는 재료에 대한 발전설비 용접 제110조의 열처리 요건이 만족된다는 전제 하에서, 퀴어링-템퍼링을 한 고강도 강재를 제외한 내력 또는 비내력 기능을 가진 비압력 부품(표 3.A.4 참조)</li> <li>스터드는 둥근 스테드는 지름 25 mm(1 in), 다른 형상을 가진 스테드는 동등한 단면적으로 제한되어야 한다.</li> </ul>	철 재료의 경우에, 용기 내에 사용되는 재료에 대한 발전설비 용접 제110조제2항제6호와 제111조제6항제2호의 열처리 요건은 만족되어야 한다.

[표 6.6] 용접이음에 대한 최대 살돋음

단면 두께	관이나 튜브 내의 원주 방향 이음부	기타 용접
2.5 mm(3/32 in)<t	2.5 mm(3/32 in)	0.8 mm(1/32 in)
2.5 mm(3/32 in) ≤ t < 5 mm(3/16 in)	2.5 mm(3/32 in)	1.5 mm(1/16 in)
5 mm(3/16 in) ≤ t < 13 mm(1/2 in)	3 mm(1/8 in)	2.5 mm(3/32 in)
13 mm(1/2 in) ≤ t < 25 mm(1 in)	4.0 mm(5/32 in)	2.5 mm(3/32 in)
25 mm(1 in) ≤ t < 50 mm(2 in)	4.0 mm(5/32 in)	3 mm(1/8 in)
50 mm(2 in) ≤ t < 76 mm(3 in)	4.0 mm(5/32 in)	4.0 mm(5/32 in)
76 mm(3 in) ≤ t < 100 mm(4 in)	5.5 mm(7/32 in)	5.5 mm(7/32 in)
100 mm(4 in) ≤ t < 125 mm(5 in)	6 mm(1/4 in)	6 mm(1/4 in)
t ≥ 125 mm(5 in)	8 mm(5/16 in)	8 mm(5/16 in)

주: t는 용접이음에서 더 얇은 쪽 단면의 공칭두께이다.

[표 6.7] 용접을 위한 최저예열온도

P-No.	최저예열온도
1	0.3%를 초과하는 규정최대탄소함량과 25 mm(1 in)를 초과하는 두께의 이음은 80°C(175°F) 기타 모든 재료는 10°C(50°F)
3	480 MPa(70,000 psi)를 초과하는 규정최소인장강 또는 16 mm(5/8 in)를 초과하는 두께의 이음을 가진 재료는 80°C(175°F) 기타 모든 재료는 10°C(50°F)
4	410 MPa(60,000 psi)를 초과하는 규정최소인장강도 또는 13 mm(1/2 in)를 초과하는 두께의 이음을 가진 재료는 120°C(250°F), 기타 모든 재료는 10°C(50°F)
5A, 5B, 5C	410 MPa(60,000 psi)를 초과하는 규정최소인장강도 또는 6.0%를 초과하는 규정최소크롬함량과 13 mm(1/2 in)를 초과하는 두께의 이음을 다 가진 재료는 205°C(400°F), 기타 모든 재료는 150°C(300°F)
6	205°C(400°F)
7	없음
8	없음
9A 및 9B	150°C(300°F)
10A	175°C와 230°C(350°F와 450°F)사이에서 유지되는 중간온도에서 150°C(300°F)
10F	120°C(250°F)
11A	5%와 9% 니켈강에 대해서 예열은 규제하지 않는다.
11 B Gr 1-6	80°C(175°F)
21 ~ 24	없음
31 ~ 35	없음
41 ~ 44	없음

[표 6.8] P-No.1, 그룹No.1,2,3 재료에 대한 압력부품과 부착물의 용접후열처리에 대한 요건

용접후열처리 요건	유지시간과 공칭두께에 근거한 시간
a) 다음의 조건에 대하여 용접후열처리는 의무적이다. 1) 공칭두께 38mm(1-1/2 in)를 초과하는 용접이음 2) 용접 중에 95°C(200°F)의 최저 예열이 적용되지 않는다면, 32mm(1-1/4 in)를 초과하여 38mm(1-1/2 in)까지의 용접이음 b) 이 표에서 규정된 온도에서 용접후열처리를 실시하지 않을 때는, 표6.16에 따라서 보다 긴 시간 동안 더 낮은 온도에서 용접후열처리를 실시할 수 있다.	SI 단위 • $t_n \leq 50mm$ : 595°C, 0.04 hr/mm, 최소 15분 • $50mm < t_n \leq 125mm$ : 595°C, 2 시간 + 50 mm를 초과하는 매 mm 당 0.6 분 • $t_n > 125 mm$ : 595°C, 2 시간 + 50 mm를 초과하는 매 mm 당 0.6 분 미국관습단위 • $t_n \leq 2 in$ : 1100°F, 1 hr/in, 최소 15분 • $2 in < t_n \leq 5 in$ : 1100°F, 2 시간 + 2 in를 초과하는 매 in 당 15분 • $t_n > 5 in$ : 1100°F, 2 시간 + 2 in를 초과하는 매 in 당 15분

[표 6.9] P-No. 3, 그룹No.1, 2, 3 재료에 대한 압력부품과 부착물의 용접후열처리에 대한 요건

용접후열처리 요건	유지시간과 공칭두께에 근거한 시간
a) 모든 두께의 P-No.3 그룹No.3 재료는 용접후열처리는 의무적이다. b) 기타 P-No.와 그룹No. 조합에 대한 다음 조건 하에서 용접후열처리는 의무적이다. 1) 공칭 두께 16 mm(5/8 in)를 초과하는 P-No.3, 그룹No.1과 P-No.3, 그룹No.2 재료에, 발전설비 용접 제102조제4항에서 기술된 용접절차가 제품 용접 두께이상인정이 되지 않으면, 공칭 두께 16 mm(5/8 in)까지의 재료는 용접후열처리가 의무적이다. 2) 직화에 노출되는 압력부품 c) 압력부품에 연결부와 부착물의 용접은 아래에서 규정하는 조건 하에서 용접후열처리는	SI 단위 • $t_n \leq 50mm$ : 595°C, 0.04 hr/mm, 최소 15분 • $50mm < t_n \leq 125mm$ : 595°C, 2 시간 + 50 mm를 초과하는 매 mm 당 0.6 분 • $t_n > 125 mm$ : 595°C, 2 시간 + 50 mm를 초과하는 매 mm 당 0.6 분 미국관습단위 • $t_n \leq 2 in$ : 1100°F, 1 hr/in, 최소 15분 • $2 in < t_n \leq 5 in$ : 1100°F, 2 시간 + 2 in를 초과하는 매 in 당 15분

용접후열처리 요건	유지시간과 공칭두께에 근거한 시간
<p>의무적이 아니다.</p> <p>1) 95℃(200°F)의 최저온도로 예열이 된다 면, 0.25% 이하의 규정최소탄소함량(구매자가 규격 한계 내의 값으로 더 제한한 때를 제외하고는, SA 재료규격 탄소함량)을 가진 압력부품 또는 크기가 13 mm(1/2 in)이하의 홈 용접부 또는 목두께 13 mm (1/2 in)이하의 필릿 용접부를 가진 비압력 부품에 부착</p> <p>2) 13 mm(1/2 in)이하의 공칭 벽두께와 0.25% 이하의 규정최소탄소함량(구매자가 규격 한계 내의 값으로 더 제한한 때를 제외하고는, SA 재료규격 탄소함량)을 가진 관이나 튜브의 원주 맞대기 용접부</p> <p>3) 95℃(200°F)의 최저온도로 예열이 된다 면, 0.25% 이하의 규정최소탄소함량(구매자가 규격 한계 내의 값으로 더 제한할 때를 제외하고는, SA 재료규격 탄소함량)을 가진 압력부품에 용접된 스테드</p> <p>4) 95℃(200°F)의 최저온도로 예열이 초층을 용접하는 동안에 유지된다면, 0.25% 이하의 규정최소탄소함량(구매자가 규격 한계 내의 값으로 더 제한한 때를 제외하고는, SA 재료규격 탄소함량)을 가진 압력 부품에 용접될 때, 내식성 용접금속 덧씌우기 피복에 대하여 또는 내식성 라이닝을 부착하는 용접</p> <p>d) 만일 용접후열처리의 유지시간 동안에 어느 용기 구성부품의 최장시간 또는 최고온도가 발전용 화력설비 제142조제3항의 규정을 초과한다면, 추가적 시험루폰을 만들어 시험하여야 한다.</p> <p>e) 이 표에서 규정된 온도에서 용접후열처리를 실시하는 것이 불가능할 때는, 표6.16에 따라서 보다 긴 시간 동안 더 낮은 온도에서 용접후열처리를 실시할 수 있다. 용접후열처리가 이 규정에 따라서 실시될 때는, 설치된 라이닝도 요구하는 용기 시험관과 같은 열처리를 받아야 한다.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>t_n &gt; 5 \text{ in} : 1100^\circ\text{F}, 2 \text{ 시간} + 2 \text{ in}</math>를 초과하는 매 in 당 15분</li> </ul>

[표 6.10] P-No.4, 그룹No.1, 2 재료에 대한 압력부품과 부착물의 용접후열처리에 대한 요건

용접후열처리 요건	유지시간과 공칭두께에 근거한 시간
<p>a) 다음의 조건에 대하여 용접후열처리는 의무적이다.</p> <p>1) 공칭두께 16mm(5/8 in)를 초과하는 SA-202, 등급 A 및 B, 만일 발전설비 용접 제102조제4항에서 기술된 용접절차가 제품 용접 두께이상 인정이 되지 않으면, 용접후열처리는 공칭 두께 16 mm(5/8 in)까지의 재료는 의무적이다.</p> <p>2) 직화에 노출되는 압력부품의 모든 두께의 재료</p> <p>3) 모든 다른 P-No.4 등급 1 및 2 재료</p> <p>b) 용접후열처리는 아래에서 규정된 조건 하에서 의무적이 아니다.</p> <p>1) 관이나 튜브가 다음의 모든 조건을 준수하는 곳에서 P-No.4 재료의 관이나 튜브 내의 원주 방향 맞대기 용접부</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>i) 100 mm(4 in)의 최대공칭바깥지름</li> <li>ii) 16 mm(5/8 in)의 최대공칭두께</li> <li>iii) 0.15% 이하의 규정최소탄소함량(구매자가 규격 한계 내의 값으로 더 제한한 때를 제외하고는, SA 재료규격 탄소함량)</li> <li>iv) 120℃(250°F)의 최저예열</li> </ul> <p>2) 다음의 전제 하에서, 위의 a)1), a)2) 및 a)3)의 요건을 만족시키는 필릿 용접된 비압력 부착물을 갖는 P-No.4 관 또는 튜브 재료</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>i) 13 mm(1/2 in)의 최대목두께를 가진 필릿 용접부</li> <li>ii) 120℃(250°F)의 최저예열이 적용된다.</li> </ul> <p>3) 120℃(250°F)의 최저온도로 예열이 된다 면, 위의 a)1), a)2) 및 a)3)의 요건을 만족시키는 부착된 스테드를 가진 P-No.4 관 또는 튜브 재료</p> <p>c) 만일 용접후열처리의 유지시간 동안에 어느 용기 구성부품의 최장시간 또는 최고온도가 발전용 화력설비 제142조제3항의 규정을 초과한다면, 추가 시험루폰을 만들어 시험하여야 한다.</p>	<p>SI 단위</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>t_n \leq 50 \text{ mm} : 650^\circ\text{C}, 0.04 \text{ hr/mm}</math>, 최소 1 시간</li> <li>• <math>50 \text{ mm} &lt; t_n \leq 125 \text{ mm}</math> 당 : 650°C, 0.04 hrs/mm</li> <li>• <math>t_n &gt; 125 \text{ mm} : 650^\circ\text{C}, 5 \text{ 시간} + 125 \text{ mm}</math>를 초과하는 매 mm 당 0.6 분</li> </ul> <p>미국관습단위</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>t_n \leq 2 \text{ in} : 1200^\circ\text{F}, 1 \text{ hr/in}</math>, 최소 1 시간</li> <li>• <math>2 \text{ in} &lt; t_n \leq 5 \text{ in} : 1200^\circ\text{F}, 1 \text{ hr/in}</math></li> <li>• <math>t_n &gt; 5 \text{ in} : 1200^\circ\text{F}, 5 \text{ 시간} + 5 \text{ in}</math>를 초과하는 매 in 당 15분</li> </ul>

[표 6.11] P-No.5A, P-No.5B, 그룹No.1 및 P-No.5C, 그룹No.1의 재료에 대한 압력 부품과 부착물의 용접후열처리에 대한 요건

용접후열처리 요건	유지시간과 공칭두께에 근거한 시간
<p>a) 다음의 조건 하에서를 제외하고는, 용접후열처리는 의무적이다.</p> <p>1) 관이나 튜브가 다음의 모든 조건을 준수하는 곳에서 관이나 튜브 내의 원주 방향 맞대기 용접부</p> <p>i) 3.0%의 최대규정크롬함량</p> <p>ii) 100 mm(4 in)의 최대공칭바깥지름</p> <p>iii) 16 mm(5/8 in)의 최대공칭두께</p> <p>iv) 0.15% 이하의 규정최소탄소함량(구매자가 규격 한계 내의 값으로 더 제한한 때를 제외하고는 SA 재료규격 탄소함량)</p> <p>v) 150°C(300°F)의 최저예열이 적용된다.</p> <p>2) 다음의 전제하에서, 필릿 용접된 비압력 부착물을 가진 1)i), 1)ii), 1)iii) 및 1)iv)의 요건을 만족시키는 관이나 튜브 재료</p> <p>i) 13 mm(1/2 in)의 최대목 두께를 가진 필릿 용접부</p> <p>ii) 150°C(300°F)의 최저예열이 적용된다.</p> <p>3) 150°C(300°F)의 최저예열이 적용된다면, 용접된 스티드를 가진 1)i), 1)ii), 1)iii) 및 1)iv)의 요건을 만족시키는 관이나 튜브 재료</p> <p>b) 만일 용접후열처리의 유지시간 동안에 어느 용기 구성부품의 최장시간 또는 최고온도가 발전용 화력설비 제142조제3항의 규정을 초과한다면, 추가적 시험쿠폰을 만들어 시험하여야 한다.</p> <p>c) 이 표에서 규정된 온도에서 P-No.5A, 5B, 그룹No.1과 5C 그룹No.1의 재료를 용접후열처리를 실시하지 않을 때는, 공칭두께 50 mm(2 in)까지의 재료는 그 유지 시간을 최소 4 시간 또는 두께에 대하여 9.6 min/mm(4 hr/in) 중 긴 것으로 증가시킨다면, 50 mm(2 in)를 초과하는 재료는 그 규정유지시간을 4로 곱한다면, 용접후열처리를 최저 650°C(1200°F)에서 실시할 수 있다. 발전용 화력설비 제142조제3항의 요건은 용접후열처리 내의 이 감소에서 수용되어야만 한다.</p>	<p>SI 단위</p> <p>P-No. 5A, P-No.5B, 그룹No.1과 P-No.5C 그룹No.1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>t_n \leq 50\text{mm}</math> : 675°C, 0.04 hr/mm, 최소 1 시간</li> <li>• <math>50\text{mm} &lt; t_n \leq 125\text{mm}</math> : 675°C, 0.04 hrs/mm</li> <li>• <math>t_n &gt; 125\text{mm}</math> : 675°C, 5 시간 + 125 mm를 초과하는 매 mm 당 0.6 분</li> </ul> <p>미국관습단위</p> <p>P-No. 5A, P-No.5B, 그룹No.1과 P-No.5C 그룹No.1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>t_n \leq 2\text{ in}</math> : 1250°F, 1 hr/in, 최소 1 시간</li> <li>• <math>2\text{ in} &lt; t_n \leq 5\text{ in}</math> : 1250°F, 1 hr/in</li> <li>• <math>t_n &gt; 5\text{ in}</math> : 1250°F, 5 시간 + 5 in를 초과하는 매 in 당 15분</li> </ul>

[표 6.11.A] P-No.15E 그룹No.1의 재료에 대한 압력부품과 부착물의 용접후열처리에 대한 요건

용접후열처리 요건	유지시간과 공칭두께에 근거한 시간
<p>a) 만일 공칭두께가 <math>\leq 13\text{ mm}(1/2\text{ in})</math>이면, 그 최소유지온도는 720°C(1325°F)이다.</p> <p>b) 상이한 금속 용접부(예를 들어, P-No.15 E 그룹No.1과 다른 저크롬 페라이트, 오스테나이트 또는 니켈 기 강재)는 용가재 크롬함량이 3.0% 미만이거나 용가재가 니켈 기나 오스테나이트라면, 최저유지온도는 705°C(1300°F)가 되어야 한다.</p> <p>c) 위의 최고유지온도는 용접을 할 때 사용되는 상용 용가재의 실제 화학조성이 알려지지 않은 때 사용하는 것이다. 만일 상용하는 용가재의 화학조성이 알려지면, 그 최대유지온도는 다음과 같이 증가시킬 수 있다.</p> <p>1) 만일 <math>\text{Ni} + \text{Mn} &lt; 1.50\%</math> 이나 <math>\geq 1.0\%</math>이면, 최고 용접후열처리 온도는 790°C(1450°F)이다.</p> <p>2) 만일 <math>\text{Ni} + \text{Mn} &lt; 1.0\%</math> 이면, 최고 용접후열처리 온도는 800°C(1470°F)이다.</p> <p>3) 상용하는 용가재에 대한 낮은 변태온도는 합금성분, 주로 총 <math>\text{Ni} + \text{Mn}</math>에 의해서 영향을 받는다.</p> <p>d) 만일 한 구성부품의 일부가 위에서 허용된 열처리 온도 이상으로 가열되면, 다음 조치 중의 하나를 취하여야 한다.</p> <p>1) 그 구성부품 전체를 다시 노멀라이징하고 템퍼링하여야만 한다.</p> <p>2) 만일 표 또는 c)1)에 있는 최고유지시간이 초과되거나 800°C(1470°F)를 초과하지 않으면, 그 용접금속은 제거하고 교체하여야 한다.</p> <p>3) 800°C(1470°F)를 초과한 구성부품의 부분과 그 가열된 구역 양쪽의 75 mm(3 in)는 제거하고 다시 노멀라이징하고 템퍼링을 하거나, 교체되어야 한다.</p> <p>4) 위에서 허용한 것보다 높은 온도로 가열된 구성부품의 부분이 위에서 규정된 온</p>	<p>SI 단위</p> <p>P-No.15E 그룹No.1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>t_n \leq 125\text{mm}</math> : 최저 730°C 최고 775°C, 0.04 hr/mm, 최소 30 분</li> <li>• <math>t_n &gt; 125\text{mm}</math> : 최저 730°C 최고 775°C, 5 시간 + 125 mm를 초과하는 매 mm 당 0.6 분</li> </ul> <p>미국관습단위</p> <p>P-No.15E 그룹No.1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>t_n \leq 5\text{ in}</math> : 최소 1350°F 최고 1425°F, 1 hr/in, 최소 30 분</li> <li>• <math>t_n &gt; 5\text{ in}</math> : 1350°F, 5 시간 + 5 in를 초과하는 매 in 당 15분</li> </ul>

용접후열처리 요건	유지시간과 공칭두께에 근거한 시간
<p>도범위 이내에서 다시 열처리 된다면, 그 허용응력은 등급 9 재료(즉, SA-213-T9, SA-335-P9 또는 동등한 제품규격)에 대한 것이어야 한다.</p> <p>e) 다음의 요건이 만족된다면, 관과 튜브 재료에 연장되는 열 흡수 핀을 부착하기 위하여 사용되는 전기저항 용접부는 용접후열처리가 의무적이지 않다.</p> <p>1) 100 DN (NPS 4)의 최대 관 또는 튜브 크기</p> <p>2) 0.15% 이하의 규정최소탄소함량(구매자가 규격 한계 내의 값으로 더 제한한 때를 제외하고는, SA 재료규격 탄소함량)</p> <p>3) 3 mm (1/8 in)의 최대 핀 두께</p> <p>4) 용접절차를 사용하기 전에, 제조자는 그 열영향부가 최소 벽두께를 잠식하지 않는다는 것을 실증하여야 한다.</p>	

[표 6.12] P-No.6, 그룹No.1, 2, 3의 재료에 대한 압력부품과 부착물의 용접후열처리에 대한 요건

용접후열처리 요건	유지시간과 공칭두께에 근거한 시간
<p>a) 용접이음에서의 판의 두께가 10 mm(3/8 in)를 초과하지 않고, 10 mm(3/8 in)를 초과 38 mm(1-1/2 in)까지는 용접 동안에 230°C(450°F)의 예열이 유지되고 그 이음부가 완전히 방사선투과검사를 받는다면, 탄소함량이 0.08%를 초과하지 않는 419형 재료로 제작되고 오스테나이트 크롬-니켈 용접부 용착 또는 비공기경화 니켈-크롬 철 용접부 용착을 만드는 용접봉으로 용접한 용기는 용접후열처리가 요구되지 않는다.</p> <p>b) 만일 용접후열처리의 유지시간 동안에 어느 용기 구성부품의 최고 시간 또는 온도가 발전용 화력설비 제142조제3항의 규정을 초과한다면, 추가 시험쿠포를 만들어 시험하여야 한다.</p>	<p>SI 단위</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>t_n \leq 50mm</math> : 760°C, 0.04 hr/mm, 최소 1 시간</li> <li>• <math>50mm &lt; t_n \leq 125mm</math> : 760°C, 2 시간 + 50 mm를 초과하는 매 mm 당 0.6 분</li> <li>• <math>t_n &gt; 125 mm</math> : 760°C, 2 시간 + 50 mm를 초과하는 매 mm 당 0.6 분</li> </ul> <p>미국관습단위</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>t_n \leq 2 in</math> : 1400°F, 1 hr/in, 최소 1 시간</li> <li>• <math>2 in &lt; t_n \leq 5 in</math> : 1400°F, 2 시간 + 2 in를 초과하는 매 in 당 15 분</li> <li>• <math>t_n &gt; 5 in</math> : 1400°F, 2 시간 + 2 in를 초과하는 매 in 당 15분</li> </ul>

[표 6.13] P-No.7, 그룹No.1, 2 및 P-No.8의 재료에 대한 압력부품과 부착물의 용접후열처리에 대한 요건

용접후열처리 요건	유지시간과 공칭두께에 근거한 시간
재료: P-No.7, 그룹No.1, 2	
<p>a) 650°C(1200°F)를 초과하는 범위에서는 그 냉각속도가 최고 55°C/hr(100°F/hr)이어야 하고, 그 후에는 취화를 방지하기 위하여 냉각속도가 빨라야 한다는 것을 제외하고는, 용접후열처리는 발전설비 용접 제105조에서 규정하는 대로 실시되어야 한다.</p> <p>용접이음에서의 판의 두께가 3 mm(1/8 in)를 초과하지 않고, 3 mm(1/8 in)를 초과 38 mm(1-1/2 in)까지는 용접 동안에 230°C(450°F)의 예열이 유지되고 그 이음부가 완전히 방사선투과검사를 받는다면, 탄소함량이 0.08%를 초과하지 않는 405형과 410S형 재료로 제작되고 오스테나이트 크롬-니켈 용접부 용착 또는 비 공기경화 니켈-크롬 철 용접부 용착을 하는 용접봉으로 용접한 용기는 용접후열처리가 요구되지 않는다.</p> <p>b) 만일 용접후열처리의 유지시간 동안에 어느 용기 구성부품의 최고 시간 또는 온도가 발전용 화력설비 제142조제3항의 규정을 초과한다면, 추가적인 시험쿠포를 만들어 시험하여야 한다.</p>	<p>SI 단위</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>t_n \leq 50mm</math> : 730°C, 0.04 hr/mm, 최소 1 시간</li> <li>• <math>50mm &lt; t_n \leq 125mm</math> : 730°C, 2 시간 + 50 mm를 초과하는 매 mm 당 0.6 분</li> <li>• <math>t_n &gt; 125 mm</math> : 730°C, 2 시간 + 50 mm를 초과하는 매 mm에 당 0.6 분</li> </ul> <p>미국관습단위</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>t_n \leq 2 in</math> : 1350°F, 1 hr/in, 최소 1 시간</li> <li>• <math>2 in &lt; t_n \leq 5 in</math> : 1350°F, 2 시간 + 2 in를 초과하는 매 in 당 15 분</li> <li>• <math>t_n &gt; 5 in</math> : 1350°F, 2 시간 + 2 in를 초과하는 매 in 당 15분</li> </ul>
재료: P-No.8	
용접후열처리는 규제하지 않는다.	



[표 6.14] P-No.9A, 그룹No.1 및 P-No.9B, 그룹No.1의 재료에 대한 압력부품과 부착물의 용접후열처리에 대한 요건

용접후열처리 요건	유지시간과 공칭두께에 근거한 시간
재료: P-No.9A, 그룹No.1	
<p>a) 다음 조건 하에서는 용접후열처리는 의무적이다.</p> <p>1) 구매자 설계규격이 요구하면 모든 두께의 재료에</p> <p>2) 공칭두께 16 mm(5/8 in)을 초과하는 재료 위에 공칭두께 16 mm(5/8 in) 이하의 재료는 발전설비 용접 제102조제1항에서 기술된 용접절차 인정이 생산 용접부 이상의 두께에 실시되지 안 했으면, 용접후열처리는 의무적이다.</p> <p>3) 또는 직화에 노출되는 압력부품</p> <p>b) 아래에서 규정되는 조건 하에서 용접후열처리는 의무적이 아니다.</p> <p>1) 관이나 튜브가 다음 조건을 준수하는 곳에서는, 관이나 튜브 내의 원주 맞대기 용접부</p> <p>i) 100 mm(4 in)의 최대공칭바깥지름</p> <p>ii) 13 mm(1/2 in)의 최대두께</p> <p>iii) 0.15% 이하의 규정최소탄소함량(구매자가 규격 한계 내의 값으로 더 제한한 때를 제외하고는, SA 재료규격 탄소함량)</p> <p>iv) 120°C(250°F)의 최저예열</p> <p>2) 다음의 전제 하에서, 필릿 용접된 비압력 부착물을 가지는 위의 1)i), 1)ii) 및 1)iii)의 요건을 만족시키는 관 또는 튜브 재료</p> <p>i) 필릿 용접부가 13 mm(1/2 in)의 최대목두께를 가진다.</p> <p>ii) 그 재료가 최저 120°C(250°F)까지 예열된다. 건전한 용접이음을 생산하기 위하여 필요한 특징적으로 제어된 절차가 사용된다면, 더 낮은 예열온도를 사용할 수 있다. 그러한 절차는 다음을 포함하여야 하나 이들에 국한하지 않는다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 필릿 용접부의 목두께는 13 mm(1/2 in) 이하이어야 한다.</li> <li>• 필릿 용접부의 최대연속길이는 100 mm(4 in)를 초과해서는 안 된다.</li> <li>• ASME Sec. IX의 용접절차 인정을</li> </ul>	<p>SI 단위</p> <p>595°C, 최소 1 시간 + 25 mm를 초과하는 두께에 대하여 0.6 min/mm</p> <p>미국관습단위</p> <p>1100°F, 최소 1 시간 + 1 in를 초과하는 두께에 대하여 15 min/in</p>

용접후열처리 요건	유지시간과 공칭두께에 근거한 시간
<p>하기 위하여 사용되는 시험관의 두께는 용접할 재료의 두께 이상이어야 한다.</p> <p>3) 120°C(250°F)의 최저온도로 예열이 된다면, 크기 13 mm(1/2 in) 이하의 홈 용접 또는 13 mm(1/2 in) 이하의 목 두께를 가진 필릿 용접부로 압력부품에 비압력 부품의 부착</p> <p>4) 최저 95°C(200°F)의 온도로 예열이 된다면, 압력부품에 용접된 스티드</p> <p>5) 초층을 용접하는 동안에 최저 95°C(200°F)의 온도로 예열이 유지된다면, 내식성 용접금속 덧쇠우기 피복에 대하여 또는 내식성 라이닝을 부착하는 용접</p> <p>c) 만일 용접후열처리의 유지시간 동안에 어느 용기 구성부품의 최고 시간 또는 온도가 발전용 화력설비 제142조제3항의 규정을 초과한다면, 추가적인 시험쿠포를 만들어 시험하여야 한다.</p> <p>d) 430°C(800°F)와 유지온도 사이에서 가열속도가 30°C/hr(50°F/hr) 미만일 때는, 추가적인 0.60 min/mm(15 min/in)의 유지시간은 요구되지 않는다. 추가적으로, 최저온도가 전 두께에 걸쳐 달성되었다는 증거를 제조자가 제시할 수 있는 곳에서는, 0.60 min/mm(15 min/in)의 추가적 유지시간</p> <p>e) 이 표에서 규정된 온도에서 용접후열처리를 실시하는 것이 실제적이지 않을 때는, 표6.16에 따라서 보다 긴 시간 동안 더 낮은 온도 540°C(1000°F최소)에서 용접후열처리를 실시할 수 있다. 용접후열처리가 이 규정에 따라서 실시될 때는, 발전용 화력설비 제142조제3항이 요구하는 용기 시험관은 같은 열처리를 받아야 한다. 요구되지 않는다.</p>	

[표 6.14] P-No.9A, 그룹No.1 및 P-No.9B, 그룹No.1의 재료에 대한 압력부품과 부착 물의 용접후열처리에 대한 요건

용접후열처리 요건	유지시간과 공칭두께에 근거한 시간
재료: P-No.9B, 그룹No.1	
a) 용접후열처리는 다음 조건 하에서 의무적이다. 1) 공칭두께 16 mm(5/8 in)를 초과하는 재료 위 공칭두께 16 mm (5/8 in) 이하의 재료는 발전설비 용접 제102조제4항에서 기술하는 용접절차 인정이 제조 용접부 이상인 두께에서 실시되지 않으면, 용접후열처리는 의무적이다. 2) 직화에 노출되는 압력부품 위	SI 단위 595°C, 최소 1 시간 + 25 mm를 초과하는 두께에 대하여 0.6 min/mm  미국관습단위 1100°F, 최소 1 시간 + 1 in를 초과하는 두께에 대하여 15 min/in
b) 아래에서 규정된 조건 하에서는 용접후열처리는 의무적이지 않다. 1) 95°C(200°F)의 최저온도로 예열이 된다면, 크기 13 mm(1/2 in) 이하의 홈 용접 또는 13 mm(1/2 in) 이하의 목 두께를 가진 필릿 용접부로 압력부품에 비압력부품의 부착 2) 최저 95°C(200°F)의 온도로 예열이 된다면, 압력부품에 용접된 스테드 3) 초층을 용접하는 동안에 최저 95°C(200°F)의 온도로 예열이 유지된다면, 내식성 용접금속 덧씌우기 피복에 대하여 또는 내식성 라이닝을 부착하는 용접	
c) 용접후열처리를 위한 유지온도는 635°C(1175°F)를 초과하지 말아야 한다.	
d) 만일 용접후열처리의 유지시간 동안에 어느 용기 구성부품의 최장시간 또는 최고온도가 발전용 화력설비 제142조제3항의 규정을 초과한다면, 추가적 시험쿠폰을 만들어 시험하여야 한다.	
e) 430°C(800°F)와 유지온도 사이에서 가열속도가 30°C/hr(50°F/hr) 미만일 때는, 추가적인 0.60min/mm(15 min/in)의 유지시간은 요구되지 않는다. 추가적으로, 최저온도가 전 두께에 걸쳐 달성 되었다는 증거를 제조자가 제시할 수 있는 곳은 0.60 min/mm(15 min/in)의 추가적 유지시간이 요구되지 않는다.	
f) 이 표에서 규정된 온도에서 용접후열처리	

를 실시하지 않을 때는 표6.16에 따라서 보다 긴 시간 동안 더 낮은 온도 최저 540°C(1000°F)에서 용접후열처리를 실시할 수 있다. 용접후열처리가 이 규정에 따라서 실시될 때는 발전용 화력설비 제142조제3항이 요구하는 용기 시험관은 같은 열처리를 받아야 한다.	
--	--

[표 6.15] P-No.10A 그룹No.1, P-No.10B 그룹No.2, P-No.10C 그룹No.1, P-No.10E 그룹No.1, P-No.10F 그룹No.6, P-No.10G 그룹No.1, P-No.10H 그룹No.1, P-No.10I 그룹No.1, P-No.10K 그룹No.1의 재료에 대한 압력부품과 부착 물의 용접후열처리에 대한 요건

용접후열처리 요건	유지시간과 공칭두께에 근거한 시간
재료: P-No.10A 그룹No.1	
a) 용접후열처리는 다음 조건 하에서 의무적이다. 1) SA-487 1A형 재료의 모든 두께 2) 공칭두께 16 mm(5/8 in)를 초과하는 모든 다른 P-No.10A 재료 위에 재료는 발전설비 용접 제102조제4항에서 기술하는 용접절차 인정이 생산 용접부 이상인 두께에서 실시되지 않으면, 공칭두께 16 mm(5/8 in)까지의 재료에 용접후열처리는 의무적이다. 2) 직화에 노출되는 압력부품 위	SI 단위 595°C, 최소 1 시간 + 25 mm를 초과하는 두께에 대하여 0.6 min/mm  미국관습단위 1100°F, 최소 1 시간 + 1 in를 초과하는 두께에 대하여 15 min/in
b) 아래에서 규정된 조건 하에서는 용접후열처리는 의무적이지 않다. 1) 95°C(200°F)의 최저온도로 예열이 된다면, 0.25% 이하의 규정최소탄소함량(구매자가 규격 한계 내의 값으로 더 제한한 때를 제외하고는, SA 재료규격 탄소함량)을 가진 압력부품에 부착 또는 크기 13 mm(1/2 in)이하의 홈 용접부 또는 목두께 13 mm(1/2 in)이하의 필릿 용접부를 가진 비압력 부품에 부착	

용접 후열처리 요건	유지시간과 공칭두께에 근거한 시간
<p>2) 95°C(200°F)의 최저온도로 예열이 된다면, 관이나 튜브가 13 mm(1/2 in)이하의 공칭 벽두께와 0.25% 이하의 규정최소탄소함량(구매자가 규격 한계 내의 값으로 더 제한한 때를 제외하고는, SA 재료규격 탄소함량)을 가진 관이나 튜브의 원주 맞대기 용접부</p> <p>3) 최저 95°C(200°F)의 온도로 예열이 된다면, 0.25% 이하의 규정최소탄소함량(구매자가 규격 한계 내의 값으로 더 제한한 때를 제외하고는, SA 재료규격 탄소함량)을 가진 압력부품에 용접된 스티드</p> <p>4) 초층을 용접하는 동안에 최저 95°C(200°F)의 온도로 예열이 유지된다면, 0.25% 이하의 규정최소탄소함량(구매자가 규격 한계 내의 값으로 더 제한한 때를 제외하고는, SA 재료규격 탄소함량)을 가진 압력부품에 용접될 때, 내식성 용접급속 냉각유기 피복에 대하여 또는 내식성 라이닝을 부착하는 용접</p> <p>c) 용접후열처리가 최저온도에서 그리고 더 긴 유지시간 동안 보다 낮은 온도에서 실시될 때, 0.15%까지 바나듐을 포함하는 재료의 가능한 취화를 고려를 하여야 한다.</p> <p>d) 만일 용접후열처리의 유지시간 동안에 어느 용기 구성부품의 최장시간 또는 최고온도가 발전용 화력설비 제145조제8항제4호의 규정을 초과한다면, 추가 시험쿠폰을 만들어 시험하여야 한다.</p> <p>e) 430°C(800°F)와 유지온도 사이에서 가열속도가 30°C/hr(50°F/hr) 미만일 때는, 추가적인 0.60 min/mm(15 min/in)의 유지시간은 요구되지 않는다. 추가적으로, 최저온도가 전 두께에 걸쳐 달성되었다는 증거를 제조자가 제시할 수 있는 곳에서는, 0.60 min/mm(15 min/in)의 추가 유지시간은 요구되지 않는다.</p> <p>f) 이 표에서 규정된 온도에서 용접후열처리를 실시하지 않을 때는 표6.16에 따라서 보다 긴 시간 동안 더 낮은 온도에서 용접후열처리를 실시할 수 있다. 용접후열처리가</p>	

용접 후열처리 요건	유지시간과 공칭두께에 근거한 시간
<p>이 규정에 따라서 실시될 때는, 발전용 화력설비 제145조제8항제4호에 요구하는 용기 시험쿠폰은 같은 열처리를 받아야 한다.</p>	
재료: P-No.10B, 그룹No.2	
<p>a) P-No.10B 재료는 모든 두께는 용접후열처리가 의무적이다.</p> <p>b) 만일 용접후열처리의 유지시간 동안에 어느 용기 구성부품의 최고 시간 또는 온도가 발전용 화력설비 제145조제8항제4호의 규정을 초과한다면, 추가 시험쿠폰을 만들어 시험하여야 한다.</p> <p>c) 430°C(800°F)와 유지온도 사이에서 가열속도가 30°C/hr(50°F/hr) 미만일 때는 추가적인 0.60 min/mm(15 min/in)의 유지시간은 요구되지 않는다. 추가적으로, 최저온도가 전 두께에 걸쳐 달성되었다는 증거를 제조자가 제시할 수 있는 곳에서는, 0.60 min/mm(15 min/in)의 추가 유지시간은 요구되지 않는다.</p>	<p>SI 단위 595°C, 최소 1 시간 + 25 mm를 초과하는 두께에 대하여 0.6 min/mm</p> <p>미국관습단위 1100°F, 최소 1 시간 + 1 in를 초과하는 두께에 대하여 15 min/in</p>
재료: P-No.10C, 그룹No.1	
<p>a) 다음의 조건 하에서 용접후열처리는 의무적이다.</p> <p>1) 공칭두께 38 mm(1-1/2 in)를 초과하는 용접이음</p> <p>2) 용접 중에 최저 95°C(200°F)의 예열이 적용되지 않는다면, 공칭두께 32 mm(1-1/4 in)와 38 mm(1-1/2 in)사이의 용접이음</p> <p>b) 아래에서 규정된 조건 하에서는 용접후열처리는 의무적이지 아니다.</p> <p>1) 그 연결부가 동체나 경판의 두께 증가와 95°C(200°F)의 최저온도로 예열을 적용할 것을 요구하는 인대를 형성하지 않는다면, 50 mm (2 in) 이하의 마무리된 안지름을 가진 노즐 연결부를 부착하는 크기 13 mm(1/2 in) 이하의 홀 용접부 및 13 mm(1/2 in) 이하의 목을 가진 필릿 용접부</p> <p>2) 압력부품의 두께가 32 mm(1-1/4 in)를 초과할 때, 압력부품에 비압력부품을 부</p>	<p>SI 단위 540°C, 최소 1 시간 + 25 mm를 초과하는 두께에 대하여 0.6 min/mm</p> <p>미국관습단위 1000°F, 최소 1 시간 + 1 in를 초과하는 두께에 대하여 15 min/in</p>

용접후열처리 요건	유지시간과 공칭두께에 근거한 시간
<p>작하기 위하여 사용되고 95°C(200°F)의 최저온도로 예열이 적용되는 크기 13 mm(1/2 in) 이하의 홈 용접부 및 13 mm(1/2 in) 이하의 목을 가진 필릿 용접부</p> <p>3) 압력부품의 두께가 32 mm(1-1/4 in)를 초과할 때, 95°C(200°F)의 최저온도로 예열이 된다면, 압력부품에 용접되는 스티드</p> <p>4) 압력부품의 두께가 32 mm(1-1/4 in)를 초과할 때, 조층을 용접하는 동안에 최저 95°C(200°F)의 온도로 예열이 유지된다면, 내식성 용접금속 덧씌우기 피복에 대하여 또는 내식성 라이닝을 부착하는 용접</p> <p>c) 430°C(800°F)와 유지온도 사이에서 가열속도가 30°C/hr(50°F/hr) 미만일 때는 추가적인 0.60 min/mm(15 min/in)의 유지시간은 요구되지 않는다. 추가적으로, 최저온도가 전 두께에 걸쳐 달성되었다는 증거를 제조자가 제시할 수 있는 곳에서는, 0.60 min/mm(15 min/in)의 추가 유지시간은 요구되지 않는다.</p> <p>d) 이 표에서 규정된 온도에서 용접후열처리를 실시하는 것이 실제적이지 않을 때는 표 6.16에 따라서 보다 긴 시간 동안 더 낮은 온도에서 용접후열처리를 실시할 수 있다</p>	
재료: P-No.10E, 그룹No.1	
<p>a) SA-268 등급 TP446 재료만은 650°C(1200°F)를 초과하는 범위에서 그 냉각속도가 최고 55°C/hr(100°F/hr)이어야 하고, 그 후에는 취화를 방지하기 위하여 냉각속도가 빨라야 한다.</p> <p>b) 만일 용접후열처리의 유지시간 동안에 어느 용기 구성부품의 최고 시간 또는 온도가 발전용 화력설비 제145조제8항제4호의 규정을 초과한다면, 추가 시험쿠포를 만들어 시험하여야 한다.</p> <p>c) 430°C(800°F)와 유지온도 사이에서 가열속도가 30°C/hr(50°F/hr) 미만일 때는 추가적</p>	<p>SI 단위 675°C, 최소 1 시간 + 25 mm를 초과하는 두께에 대하여 0.6 min/mm</p> <p>미국관습단위 1250°F, 최소 1 시간 + 1 in를 초과하는 두께에 대하여 15 min/in</p>

용접후열처리 요건	유지시간과 공칭두께에 근거한 시간																
<p>인 0.60 min/mm(15 min/in)의 유지시간은 요구되지 않는다. 추가적으로, 최저온도가 전 두께에 걸쳐 달성되었다는 증거를 제조자가 제시할 수 있는 곳에서는, 0.60 min/mm(15 min/in)의 추가 유지시간은 요구되지 않는다.</p>																	
재료: P-No.10F, 그룹No.6																	
<p>a) P-No.10F 재료는 모든 두께에 대하여 용접후열처리가 의무적이다.</p> <p>b) 만일 용접후열처리의 유지시간 동안에 어느 용기 구성부품의 최고 시간 또는 온도가 발전용 화력설비 제145조제8항제4호의 규정을 초과한다면, 추가 시험쿠포를 만들어 시험하여야 한다.</p> <p>c) 430°C(800°F)와 유지온도 사이에서 가열속도가 30°C/hr(50°F/hr) 미만일 때는, 추가적인 0.60 min/mm(15 min/in)의 유지시간은 요구되지 않는다. 추가적으로, 최저온도가 전 두께에 걸쳐 달성되었다는 증거를 제조자가 제시할 수 있는 곳에서는, 0.60 min/mm(15 min/in)의 추가 유지시간은 요구되지 않는다.</p>	<p>SI 단위 595°C, 최소 1 시간 + 25 mm를 초과하는 두께에 대하여 0.6 min/mm</p> <p>미국관습단위 1100°F, 최소 1 시간 + 1 in를 초과하는 두께에 대하여 15 min/in</p>																
재료: P-No.10G, 그룹No.1																	
<p>a) 용접후열처리는 규제하지 않는다.</p> <p>b) 만일 용접후열처리의 유지시간 동안에 어느 용기 구성부품의 최고 시간 또는 온도가 발전용 화력설비 제146조제8항제4호의 규정을 초과한다면, 추가 시험쿠포를 만들어 시험하여야 한다.</p>																	
재료: P-No.10H 그룹No.1																	
<p>아래에 기재된 오스테나이트-페라이트 단조 또는 주조 이상 스테인리스강에 대해서는, 용접후열처리는 규제하지 않는다. 그러나 만일 열처리가 실시된다면, 그것은 아래에서 기재된 대로 실시되어야 하고, 다른 수단으로 액체 퀀칭이나 급속냉각이 뒤따라야 한다.</p>																	
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">합금</th> <th colspan="2">용접후열처리 온도</th> </tr> <tr> <th>°C</th> <th>°F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>S32550</td> <td>1030 - 1120</td> <td>1900 - 2050</td> </tr> </tbody> </table>	합금	용접후열처리 온도		°C	°F	S32550	1030 - 1120	1900 - 2050	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">합금</th> <th colspan="2">용접후열처리 온도</th> </tr> <tr> <th>°C</th> <th>°F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>S32550</td> <td>1030 - 1120</td> <td>1900 - 2050</td> </tr> </tbody> </table>	합금	용접후열처리 온도		°C	°F	S32550	1030 - 1120	1900 - 2050
합금		용접후열처리 온도															
	°C	°F															
S32550	1030 - 1120	1900 - 2050															
합금	용접후열처리 온도																
	°C	°F															
S32550	1030 - 1120	1900 - 2050															

용접후열처리 요건			유지시간과 공칭두께에 근거한 시간		
S31803	1020 - 1100	1870 - 2010	S31803	1020 - 1100	1870 - 2010
S32900 (0.08 최대 C)	940 - 955	1725 - 1750	S32900 (0.08 최대 C)	940 - 955	1725 - 1750
S31200	1040 - 1095	1900 - 2000	S31200	1040 - 1095	1900 - 2000
S31500	975 - 1025	1785 - 1875	S31500	975 - 1025	1785 - 1875
S32404	950N- 1025	1740 - 1920	S32404	950N- 1025	1740 - 1920
J93345	최소 1120	최소 2050	J93345	최소 1120	최소 2050
S32750	980 - 1125	1800 - 2060	S32750	980 - 1125	1800 - 2060
S32950	995 - 1025	1825 - 1875	S32950	995 - 1025	1825 - 1875
재료: P-No.10I, 그룹No.1					
<p>a) 650℃(1200°F)를 초과하는 범위에서 그 냉각속도는 최고 55℃/hr(100°F/hr)이어야 하고, 그 후에는 취화를 방지하기 위하여 냉각속도가 빨라야 한다.</p> <p>b) 13 mm 이하의 두께에 대해서는 용접후열처리는 규제하지 않는다.</p> <p>c) S44635 합금의 용접후열처리는 규제하지 않는 것을 제외하고 페라이트 크롬 스테인리스강에 대한 규칙이 적용되어야 한다. 만일 열처리가 성형 또는 용접 후에 실시된다면, 그것은 최저 1010℃(1850°F)에서 실시되어야 하고, 430℃(800°F)로 급속냉각이 하여야 한다.</p> <p>d) 만일 용접후열처리의 유지시간 동안에 어느 용기 구성부품의 최고 시간 또는 온도가 발전용 화력설비 제146조제8항제4호의 규정을 초과한다면, 추가 시험쿠폰을 만들어 시험하여야 한다.</p> <p>e) 430℃(800°F)와 유지온도 사이에서 가열속도가 30℃/hr(50°F/hr) 미만일 때는 추가적인 0.60 min/mm(15 min/in)의 유지시간은 요구되지 않는다. 추가적으로, 최저온도가 전 두께에 걸쳐 달성되었다는 증거를 제조자가 제시할 수 있는 곳에서는 0.60 min/mm(15 min/in)의 추가 유지시간은 요구되지 않는다.</p>			<p>SI 단위 730℃, 최소 1 시간 + 25 mm를 초과하는 두께에 대하여 0.6 min/mm 미국관습단위 1350°F, 최소 1 시간 + 1 in를 초과하는 두께에 대하여 15 min/in</p>		

용접후열처리 요건	유지시간과 공칭두께에 근거한 시간
재료: P-No.10K, 그룹No.1	
<p>a) S44660 합금의 용접후열처리는 규제하지 않는 것을 제외하고 페라이트 크롬 스테인리스강에 대한 규칙이 적용되어야 한다. 만일 열처리가 성형 또는 용접 후에 실시된다면, 그것은 815℃(1500°F) 내지 1065℃(1950°F)에서 10 분을 초과하지 않는 기간 동안 실시되어야 하고, 급속냉각을 하여야 한다.</p> <p>b) 만일 용접후열처리의 유지시간 동안에 어느 용기 구성부품의 최고 시간 또는 온도가 발전용 화력설비 제145조제8항제4호의 규정을 초과한다면, 추가 시험쿠폰을 만들어 시험하여야 한다.</p>	

[표 6.16] 대안적 용접후열처리 요건(표 6.8 부터 6.15까지에서 허용될 때만 적용가능)

최저규정온도 하에서 온도 감소 ℃(°F)	감소된 온도에서 최소유지시간(주1)
30(50)	2
55(100)	4
85(150) (주 2)	10
110(200) (주 2)	20
<p>주:</p> <p>1. 25 mm(1 in) 이하의 두께에 대한 최소유지시간, 25 mm(1 in)를 초과하는 두께에 대해서는 0.6 min/mm(15 min/in)를 더한다.</p> <p>2. 이 하한 용접후열처리 온도는 P-No.1, 그룹No.1, 2에 대해서만 허용된다.</p>	

[표 6.17] 표 3.A.4 내의 퀴칭-템퍼링 된 재료에 대한 용접후열처리 요건

규격	등급 또는 형	P-N0.와 그룹No.	용접후열처리를 요구하는 (공칭)두께, mm(in)	용접후열처리 온도 ℃(°F)	유지시간 hr/25mm m (hr/in)	최소 유지시간 hr
강판						
SA-353	9Ni	11A 그룹No.1	50(2) 초과	550 - 585 (1025 - 1085)	1	2
SA-517	등급 A	11B 그룹No.1	15(0.58) 초과	540 - 595 (1000 - 1100)	1	1/4
SA-517	등급 B	11B 그룹No.4	15(0.58) 초과	540 - 595 (1000 - 1100)	1	1/4
SA-517	등급 E	11B 그룹No.2	15(0.58) 초과	540 - 595 (1000 - 1100)	1	1/4
SA-517	등급 F	11B 그룹No.2	15(0.58) 초과	540 - 595 (1000 - 1100)	1	1/4
SA-517	등급 J	11B 그룹No.6	15(0.58) 초과	540 - 595 (1000 - 1100)	1	1/4
SA-517	등급 P	11B 그룹No.8	15(0.58) 초과	540 - 595 (1000 - 1100)	1	1/4
SA-533	등급 A, B, C & D, Cl.2	3 그룹No.3	모두	540 - 565 (1000 - 1050)	1/2	1/2
SA-533	등급 B&D, Cl.3	11A 그룹No.4	15(0.58) 초과	540 - 565 (1000 - 1050)	1/2	1/2
SA-543	B&C형, Cl.1	11A 그룹No.5	주 2	540 - 565 (1000 - 1050)	1	1
SA-543	B&C형, Cl.2	11A 그룹No.5	주 2	540 - 565 (1000 - 1050)	1	1
SA-543	B&C형, Cl.3	11A 그룹No.5	주 2	540 - 565 (1000 - 1050)	1	1
SA-553	I&II형	11A 그룹No.1	50(2) 초과	550 - 585 (1025 - 1085)	1	2
SA-645	등급 A	11A 그룹No.2	50(2) 초과	550 - 585 (1025 - 1085)	1	2
SA-724	등급 A&B	1 그룹No.4	없음(주 3)	주 1	주 1	주 1
SA-724	등급 A&B	1 그룹No.4	22(7/8) 초과 (주 3)	565 - 620 (1050 - 1150)		
SA-724	등급 C	1 그룹No.4	38(1-1/2) 초과	565 - 620 (1050 - 1150)	1	1/2
관 및 튜브						
SA-333	등급 8	11A 그룹No.1	50(2) 초과	550 - 585 (1050 - 1150)	1	2
SA-333	등급 8	11A 그룹No.1	50(2) 초과	550 - 585 (1050 - 1150)	1	2
단조품						
SA-372	등급 D			열처리 요건은 발전설비 용접 제112조제6항제3호 SA-372 참조		
SA-372	등급 E, Cl.70			열처리 요건은 발전설비 용접 제112조제6항제3호 SA-372 참조		

[표 6.17] 표 3.A.4 내의 퀴칭-템퍼링 된 재료에 대한 용접후열처리 요건

규격	등급 또는 타입	P-N0.와 그룹No.	용접후열처리를 요구하는 (공칭)두께, mm(in)	용접후열처리 온도 ℃(°F)	유지시간 hr/25mm m (hr/in)	최소 유지시간 hr
SA-372	등급 F, Cl.70			열처리 요건은 발전설비 용접 제112조제6항제3호와 SA-372 참조		
SA-372	등급 G, Cl.70			열처리 요건은 발전설비 용접 제112조제6항제3호 SA-372 참조		
SA-372	등급 H, Cl.70			열처리 요건은 발전설비 용접 제112조제6항제3호 SA-372 참조		
SA-372	등급 J, Cl.70			열처리 요건은 발전설비 용접 제112조제6항제3호 SA-372 참조		
SA-372	등급 J.C.I.110			열처리 요건은 발전설비 용접 제112조제6항제3호 SA-372 참조		
SA-508	등급 4N, Cl.1	11A 그룹No.5	주 2	540 - 565 (1000 - 1050)	1	1
SA-508	등급 4N, Cl.2	11A 그룹No.5	주 2	540 - 565 (1000 - 1050)	1	1
SA-522	1형	11A 그룹No.1	50(2) 초과	550 - 585 (1025 - 1085)	1	2
SA-592	등급 A	11A 그룹No.1	15(0.58) 초과	550 - 585 (1025 - 1085)	1	1/4
SA-592	등급 E	11A 그룹No.2	15(0.58) 초과	540 - 595 (1000 - 1100)	1	1/4
SA-592	등급 F	11A 그룹No.3	15(0.58) 초과	540 - 595 (1000 - 1100)	1	1/4

주:

1. NA는 '해당 없음'을 나타낸다.
2. 용접후열처리는 규제하지 않는다. 템퍼링 취화의 가능성을 고려하여야 한다. 용접후열처리를 할 때의 냉각속도는 정지상태의 공기 중 냉각보다 늦어서는 안 된다.
3. 22 mm(7/8 in)를 초과하는 두께에 요구되는 용접후열처리

[표 6.18] 생산 충격시험으로부터 조건 부 면제되는 퀀칭-템퍼링을 한 강재

규격	UNS	P-No./그룹No.
SA-353	K81340	11A/1
SA-522, I형	K81340	11A/1
SA-553, I형	K81340	11A/1
SA-553, II형	K71340	11A/1
SA-645, A형	K41583	11A/2

[표 6.19] 퀀칭-템퍼링을 한 강재를 위한 고니켈합금 용가재

규격	분류	F-번호
SFA-5.11	ENiCrFe-2	43
SFA-5.11	ENiCrFe-3	43
SFA-5.11	ENiCrMo-3	43
SFA-5.11	ENiCrMo-6	43
SFA-5.14	ERNiCr-3	43
SFA-5.14	ERNiCrFe-6	43
SFA-5.14	ERNiCrMo-3	43
SFA-5.14	ERNiCrMo-4	43

[표 6.20] 단조 제작에 대한 형틀 굽힘시험을 위한 심봉의 반지름

시험편 두께	심봉의 반지름, B(주 1)	다이의 반지름, D(주 1)
10 mm(3/8 in)	32 mm(1-1/4 in)	37 mm(1-11/16 in)
$t$	$\frac{10t}{3}$	$\frac{13t}{3} + 2mm$ ( $\frac{13t}{3} + 1/8$ in)

주: 별도그림 25의 P-NO11에 대한 치수 B와 D에 일치한다.

[표 7.1] 압력용기의 시험그룹

대개변 수	시험그룹(1)					
	1a	1b	2a	2b	3a	3b
허용된 재료 (1)(2)	부속서 3.A 내의 모든 재료	P-No.1 등급 1 및 2, P-No.8 등급 1	P-No.8 등급2, P-No.9A등급1, P-No.9B등급1, P-No.11A등급1, P-No.11A등급2, P-No.10H등급1	P-No.1등급1 및 2, P-No.8 등급1	P-No.8 등급2, P-No.9A등급1, P-No.9B등급1, P-No.10H등급1	P-No.1 등급 1 및 2, P-No.8 등급1
적용 용접이음의 최대두께	제한 없음 (4)		P-No.9A등급1 및 P-No.9B등급1에 대하여 30 mm (1-3/16 in), P-No.8 등급2(5), P-No.11A등급1, P-No.11A등급2, P-No.10H등급1에 대하여, 16 mm (5/8 in)	P-No.1등급1, P-No.8 등급1에 대하여 50 mm (2in), P-No.1 등급 2에 대하여 30mm(1-3/16)	P-No.8A 등급 및 P-No.9B등급에 대하여 30 mm (1-3/16in), P-No.8 등급2(5), P-No.10H등급1에 대하여 16mm(5/8 in)	P-No.1 등급 1 및 P-No.8 등급1에 대하여 50mm(2 in), P-No.1 등급 2에 대하여 30mm(1-3/16 in)
용접법	제한 없음 (4)		기계식 용접(3)		제한 없음 (4)	
설계기준 (6)	설계 또는 설계해석		설계 또는 설계해석		설계 또는 설계해석	

주:

- 모든 시험그룹은 가능한 최대범위까지 100% 육안검사를 요구한다.
- 허용된 재료는 표3그룹을 참조한다.
- “기계화”라는 기계 및/또는 자동 용접법을 의미한다.
- 이 표에서 제시된 것과 같은 용접부 적용 모드에 대해서 제한이 없다.
- 비파괴검사, 이음부 형상 그리고 시험그룹 1a와 시험그룹 1b사이에서 다른 허용할 수 있는 용접이음 상제에 대해서 표 7.2를 참조한다.
- 설계기준은 벽 두께를 정하기 위해서 사용된 분석방법이다.

[표 7.2] 비파괴검사

시험그룹			1a	1b	2a	2b	3a	3b		
허용되는 재료			부속서 3.A 내의 모든 재료	P-No.1 그룹No.1 및 2 P-No.8 그룹No.1	P-No.8 등급2 P-No.9A등급1 P-No.9B등급1 P-No.11A등급1 P-No.11A등급2 P-No.10H등급1	P-No.1등급1 및 2 P-No.8 등급1	P-No.8 등급2, P-No.9A등급1 P-No.9B등급1 P-No.10H등급 1	P-No.1 등급 1 및 2, P-No.8 등급1		
용접이음 효율			1.0	1.0	1.0	1.0	0.85	0.85		
이음부 카테고리	용접부의 종류(1)		비파괴검사의 종류(2)	비파괴검사의 범위(10)(11)(12)						
A	완전용접 맞대기 용접부	1	길이방향 이음부	RT 또는 UT MT 또는 PT	100% 10%	100% 10%(4)	100% 10%	100% 10%(4)	25% 10%	10% 10%(4)
B		1	동체 위 원주방향 이음부	RT 또는 UT MT 또는 PT	100% 10%	100% 10%(4)	100% 10%	100% 10%(4)	10% 10%	10%(3) 10%(4)
B		2,3	동체 위 받침쇠가 있는 원주방향 이음부(9)	RT 또는 UT MT 또는 PT	NA NA	100% 10%	NA NA	25% 10%	NA NA	25% 10%
B		1	d>150mm(6 in) 또는 t>16mm(5/8 in)인 곳에 서 노즐 위의 원주방향 이음부	RT 또는 UT MT 또는 PT	100% 10%	100% 10%(4)	100% 10%	100% 10%(4)	10% 10%	10%(3) 10%(4)
B		2,3	받침쇠가 있는	RT 또는	NA	100%	NA	25%	NA	25%

- 879 -

시험그룹			1a	1b	2a	2b	3a	3b		
허용되는 재료			부속서 3.A 내의 모든 재료	P-No.1 그룹No.1 및 2 P-No.8 그룹No.1	P-No.8 등급2 P-No.9A등급1 P-No.9B등급1 P-No.11A등급1 P-No.11A등급2 P-No.10H등급1	P-No.1등급1 및 2 P-No.8 등급1	P-No.8 등급2, P-No.9A등급1 P-No.9B등급1 P-No.10H등급 1	P-No.1 등급 1 및 2, P-No.8 등급1		
용접이음 효율			1.0	1.0	1.0	1.0	0.85	0.85		
이음부 카테고리	용접부의 종류(1)		비파괴검사의 종류(2)	비파괴검사의 범위(10)(11)(12)						
			d>150mm(6 in) 또는 t>16mm(5/8 in)인 곳에 서 노즐 위의 원주방향 이음부(9)	UT MT 또는 PT	NA	10%	NA	10%	NA	10%
B		1	d≤150mm(6 in) 또는 t ≤16mm(5/8 in)인 곳에 서 노즐 위의 원주방향 이음부	MT 또는 PT	100%	10%	100%	10%	10%	10%
A		1	구, 동체에 붙이는 경관과 반구형 경관 내의 모든 용접부	RT 또는 UT MT 또는 PT	100% 10%	100% 10%(4)	100% 10%	100% 10%(4)	25% 10%	10% 10%(4)
B		1	30° 이하의 각도에서 원추 형 동체와 원통형 동체의 부착	RT 또는 UT MT 또는 PT	100% 10%	100% 10%(4)	100% 10%	100% 10%(4)	10% 10%	10% 10%(4)
B		8	30°를 초과하는 각도에서 원추형 동체와 원통형 동	RT 또는 UT	100% 10%	100% 10%(4)	100% 10%	100% 10%(4)	25% 10%	10% 10%(4)

- 880 -



시험그룹				1a	1b	2a	2b	3a	3b	
허용되는 재료				부속서 3.A 내의 모든 재료	P-No.1 그룹No.1 및 2 P-No.8 그룹No.1	P-No.8 등급2 P-No.9A등급1 P-No.9B등급1 P-No.11A등급1 P-No.11A등급2 P-No.10H등급1	P-No.1등급1 및 2 P-No.8 등급1	P-No.8 등급2, P-No.9A등급1 P-No.9B등급1 P-No.10H등급 1	P-No.1 등급 1 및 2, P-No.8 등급1	
용접이음 효율				1.0	1.0	1.0	1.0	0.85	0.85	
이음부 카테고리	용접부의 종류(1)			비파괴검사의 종류(2)	비파괴검사의 범위(10)(11)(12)					
			체의 부착	MT 또는 PT						
C	원통형 동체와 평경관 또는 관관의 조립 또는 동체와 플랜지 또는 컬러의 조립	1, 2, 3, 7	완전용입으로	UT MT 또는 PT	100% 10%	100% 10%(4)	100% 10%	100% 10%(4)	25% 10%	10% 10%(4)
C		9, 10	만일 a>16mm(5/8 in)이면, 부분용입으로 (16)	UT MT 또는 PT	NA	NA	NA	NA	25% 10%	10% 10%
C	동체와 플랜지 또는 컬러의 조립	9, 10	만일 a≤16mm(5/8 in)이면, 부분용입으로	UT MT 또는 PT	NA	NA	NA	NA	10%	10%
C		노즐이 있는 플랜지	1, 2, 3, 7	완전용입으로	RT 또는 UT MT 또는	100% 10%	100% 10%(4)	100% 10%	100% 10%(4)	25% 10%

- 881 -

시험그룹				1a	1b	2a	2b	3a	3b	
허용되는 재료				부속서 3.A 내의 모든 재료	P-No.1 그룹No.1 및 2 P-No.8 그룹No.1	P-No.8 등급2 P-No.9A등급1 P-No.9B등급1 P-No.11A등급1 P-No.11A등급2 P-No.10H등급1	P-No.1등급1 및 2 P-No.8 등급1	P-No.8 등급2, P-No.9A등급1 P-No.9B등급1 P-No.10H등급 1	P-No.1 등급 1 및 2, P-No.8 등급1	
용접이음 효율				1.0	1.0	1.0	1.0	0.85	0.85	
이음부 카테고리	용접부의 종류(1)			비파괴검사의 종류(2)	비파괴검사의 범위(10)(11)(12)					
				PT						
C	또는 컬러의 조립	9, 10	부분용입으로	MT 또는 PT	NA	NA	NA	NA	10%	10%
C		9, 10	d≤150mm(6 in) 및 t≤16mm (5/8 in)이면, 완전용입 또는 부분용입으로	MT 또는 PT	10%	10%(4)	10%	10%(4)	10%	10%(4)
D	노즐 또는 지관 (5)	1, 2, 3, 7	d>150mm(6 in) 및 t>16mm (5/8 in)이면, 완전용입으로	RT 또는 UT MT 또는 PT	100% 10%	100% 10%(4)	100% 10%	100% 10%(4)	25% 10%	10% 10%(4)
D		1, 2, 3, 7	d≤150mm(6 in) 및 t≤16mm (5/8 in)이면, 완전용입으로	MT 또는 PT	100%	10%	100%	10%	10%	10%
D		9, 10	a>16mm(5/8 in)이면, 어느 d에 대해서나 부분용입으로 (17)	UT MT 또는 PT	100% 10%	100% 10%(4)	100% 10%	100% 10%(4)	25% 10%	10% 10%(4)

- 882 -

시험그룹				1a	1b	2a	2b	3a	3b	
허용되는 재료				부속서 3.A 내의 모든 재료	P-No.1 그룹No.1 및 2 P-No.8 그룹No.1	P-No.8 등급2 P-No.9A등급1 P-No.9B등급1 P-No.11A등급1 P-No.11A등급2 P-No.10H등급1	P-No.1등급1 및 2 P-No.8 등급1	P-No.8 등급2, P-No.9A등급1 P-No.9B등급1 P-No.10H등급 1	P-No.1 등급 1 및 2, P-No.8 등급1	
용접이음 효율				1.0	1.0	1.0	1.0	0.85	0.85	
이음부 카테고리	용접부의 종류(1)			비파괴검사의 종류(2)	비파괴검사의 범위(10)(11)(12)					
D		9, 10	d>150mm(6 in), a≤16mm(5/8 in)이면, 부분용입으로 (17)	MT 또는 PT	NA	NA	NA	NA	10%	10%
D		9, 10	d≤150mm(6 in), a≤16mm(5/8 in)이면, 부분용입으로	MT 또는 PT	100%	10%	100%	10%	10%	10%
D	튜브-관판 용접부		ASME Sec.Ⅲ Div.2(그룹 4.18.13과 표 4.C.1) 참조	MT 또는 PT	100%	100%	100%	100%	25%	10%
E	영구 부착물 (6)	1, 7, 9,10	완전용입 또는 부분용입으로(15)	RT 또는 UT MT 또는 PT	25%(7) 100%	10%(4) 10%	10% 100%	10%(4) 10%	10% 100%	10%(4) 10%(4)
NA	부착물 제거 후 압력유지 부위	NA		MT 또는 PT	100%	100%	100%	100%	100%	100%

- 883 -

시험그룹				1a	1b	2a	2b	3a	3b	
허용되는 재료				부속서 3.A 내의 모든 재료	P-No.1 그룹No.1 및 2 P-No.8 그룹No.1	P-No.8 등급2 P-No.9A등급1 P-No.9B등급1 P-No.11A등급1 P-No.11A등급2 P-No.10H등급1	P-No.1등급1 및 2 P-No.8 등급1	P-No.8 등급2, P-No.9A등급1 P-No.9B등급1 P-No.10H등급 1	P-No.1 등급 1 및 2, P-No.8 등급1	
용접이음 효율				1.0	1.0	1.0	1.0	0.85	0.85	
이음부 카테고리	용접부의 종류(1)			비파괴검사의 종류(2)	비파괴검사의 범위(10)(11)(12)					
-	용접에 의한 클래딩	-		RT 또는 UT MT 또는 PT	(13) 100%	(13) 100%	(13) 100%	(13) 100%	(13) 25%	(13) 100%
-	보수 (14)	-		RT 또는 UT MT 또는 PT	100% 100%	100% 100%	100% 100%	100% 100%	100% 100%	100% 100%

주:

- 4.2항 참조.
- RT = 방사선투과검사, UT = 초음파탐상검사, MT = 자분탐상검사, PT = 침투탐상검사
- P-No.1 등급 1 및 P-No.8 등급 1의 강제에 대해서는, 만일  $t \leq 30$  mm(1-3/16 in) 그리고 길이방향과 같은 용접절차시방서이면, 2%
- 만일  $t > 30$  mm(1-3/16 in)이면 10%, 만일  $t \leq 30$  mm(1-3/16 in)이면, 0%
- 표 내의 백분율은 모든 노즐의 누적 용접길이에 대한 것이다. 발전설비 용접 제114조제3항제5호 참조.
- 16 mm(5/8 in) 이하의 용접두께는 RT나 UT는 요구되지 않는다.
- P-No.8 등급 2, P-No.9A 등급 1, P-No.9B 등급 1, P-No.11A 등급 1, P-No.11A 등급 2, P-No.10H 등급 1의 강제는 10%
- (현재 사용되지 않음)
- 적용제한에 대해서는 설계부분 참조.

- 884 -

시험그룹		1a	1b	2a	2b	3a	3b
허용되는 재료		부속서 3.A 내의 모든 재료	P-No.1 그룹No.1 및 2 P-No.8 그룹No.1	P-No.8 등급2 P-No.9A등급1 P-No.9B등급1 P-No.11A등급1 P-No.11A등급2 P-No.10H등급1	P-No.1등급1 및 2 P-No.8 등급1	P-No.8 등급2, P-No.9A등급1 P-No.9B등급1 P-No.10H등급 1	P-No.1 등급 1 및 2, P-No.8 등급1
용접이음 효율		1.0	1.0	1.0	1.0	0.85	0.85
이음부 카테고리	용접부의 종류(1)	비파괴검사의 종류(2)	비파괴검사의 범위(10)(11)(12)				
<p>10. 표면시험의 백분율은 안쪽과 바깥 쪽 양쪽에 있는 용접부의 길이의 백분율을 나타낸다.</p> <p>11. RT와 UT는 부피 시험방법이고 MT와 PT는 표면 시험방법이다. 부피 시험방법과 표면 시험방법 둘 다 제시된 범위까지 적용할 것이 요구된다.</p> <p>12. NA는 "not applicable(해당 없음)을 의미한다. 모든 시험그룹은 가능한 최대범위까지 100% 육안검사를 요구한다.</p> <p>13. 상세한 시험요건은 발전설비 용접 제114조8항1호를 참조한다.</p> <p>14. 시험의 백분율은 보수 용접부와 원래 시험방법에 대해서만 나타낸다. 발전설비 용접 제106조제3항 참조.</p> <p>15. RT는 1형, 완전용입 용접부에만 적용할 수 있다.</p> <p>16. 그림 7.16에서 정의된 용어 "a"</p> <p>17. 그림 7.17에서 정의 용어 "a"</p>							

- 885 -

[표 7.3] 완전용입 이음부에 대한 비파괴검사 방법의 선택

이음부의 유형	동체 두께 - t	
	t<13 mm(1/2 in)	t≥13 mm(1/2 in)
1, 2, 3	방사선투과검사	발전설비 용접 제115조에 따라 방사선투과검사 또는 초음파탐상검사
7, 8	해당 없음	발전설비 용접 제115조에 따라 초음파탐상검사

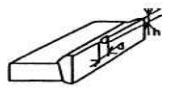
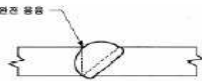
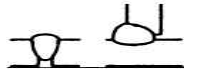
[표 7.4] 다층 용기의 비파괴검사

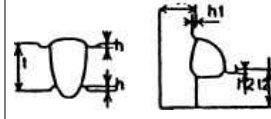
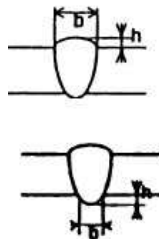
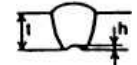
이음부 카테고리	용접이음 내용	비파괴검사의 유형	범위
A, B	내부동체와 내부경관 내의 카테고리 A 및 B 이음부	RT 또는 UT MT 또는 PT	100% 100%
A	두께 3 mm 내지 8 mm(1/8 in 내지 5/16 in) 층 내의 카테고리 A 이음부	RT 또는 UT MT (또는 PT)	NA 100%
A	두께 8 mm 내지 16 mm(5/16 in 내지 5/8 in) 층 내의 카테고리 A 이음부	UT MT (또는 PT)	10% 100%
A	두께 16 mm 내지 22 mm(5/8 in 내지 7/8 in) 층 내의 카테고리 A 이음부	UT MT (또는 PT)	100% NA
B	두께 3 mm 내지 8 mm(1/8 in 내지 5/16 in) 층 내의 카테고리 B 단계 용접된 동체들레 이음부	RT MT (또는 PT)	부분 100%
B	두께 8 mm 내지 16 mm(5/16 in 내지 5/8 in) 층 내의 카테고리 B 단계 용접된 동체들레 이음부	RT 또는 UT MT (또는 PT)	NA 100%
B	두께 16 mm 내지 22 mm(5/8 in 내지 7/8 in) 층 내의 카테고리 B 단계 용접된 동체들레 이음부	RT UT MT (또는 PT)	부분 10% 100%
B	두께 22 mm(7/8 in)를 초과하는 층 내의 카테고리 B 단계 용접된 동체들레 이음부	UT MT 또는 PT	100% NA
A, B, D	다단단면에 중실단면을 용접하는 카테고리 A, B, D 완전 두께 맞대기 용접	RT MT (또는 PT)	100% 100%
C	단계 용접된 동체들레 이음부의 평경관과 관관 용접 이음	카테고리 B 단계 용접된 동체들레 이음부와 같음	
D	다단동체 또는 다단경관에 연결된 노즐과 연동 플랜지	MT (또는 PT)	100%
E	압력경계에 용접되는 부속 용접부	MT (또는 PT)	100%

[표 7.5] 비파괴검사의 기법, 방법, 특성화 및 합격기준

비파괴검사 기법	방법	특성화 및 합격기준에 대한 항 참조
육안검사(VT)	-	발전설비 용접 제115조제2항
방사선투과검사(RT)	ASME Sec. V Art2	발전설비 용접 제115조제3항
초음파탐상검사(UT)	ASME Sec. V Art4	발전설비 용접 제115조제4항
초음파탐상검사(RT대신 사용될 때)	ASME Sec. V Art4와 발전설비 용접 제115조제5항	발전설비 용접 제115조제5항
자분탐상검사(MT)	ASME Sec. V Art7	발전설비 용접 제115조제6항
침투탐상검사(PT)	ASME Sec. V Art6	발전설비 용접 제115조제7항

[표 7.6] 육안검사 합격기준

No.	결합의 유형1	합격기준	
1	균열(모두)	-	허용 안 됨.
2	가스 공동(모두) 수축 공동(모두)		허용 안 됨.
3	슬래그 개재물(모두) 플럭스 개재물(모두) 산화물 개재물(모두) 금속 개재물(모두)	-	표면에서 발생 시 허용 안 됨 2)
4	불완전 용융(모두)		허용 안 됨
5	용입부족		완전용입 용접부를 요구하면 허용 안 됨.

No.	결합의 유형1	합격기준	
6	언더컷 	허용할 수 있는 언더컷에 대해서는 발전설비 용접 제104조제1항제1호 참조 방사선투과사건의 적절한 해석을 위한 발전설비 용접 제115조제3항내의 요건을 역시 만족시켜야 한다.	
7	용접 살돋움 	맞대기 용접이음에서 허용할 수 있는 용접 살돋움은 발전설비 용접 제104조제1항제3호에 따라야 한다. 평활한 전이가 요구된다.	
8	이음부 오프셋	-	맞대기 용접이음에서 허용할 수 있는 오프셋은 발전설비 용접 제100조를 참조한다.
9	피킹	-	맞대기 용접이음에서 허용할 수 있는 피킹은 발전설비 용접 제100조를 참조한다.
10	표유 플래시 또는 아크 스트라이크	-	허용되지 않음2)
11	스패터	-	스패터는 최소화되어야 한다.2)
12	찢어진 표면 그라인딩 자국 치평 자국	-	허용되지 않음2)
13	오목면 	허용할 수 있는 오목면은 발전설비 용접 제104조제1항제3호를 참조한다.	
<p>주:</p> <p>1) 이 표에서는 다음의 기호가 사용된다.  a - 공칭 필릿용접부 목두께  b - 용접부 살돋움의 폭  d - 기공의 지름  h - 결합의 높이  t - 벽 또는 판의 두께</p> <p>2) 이 결합은 어울리기 그라인딩으로 제거할 수 있다.</p>			

[표 7.7] 등근 지시에 대한 방사선투과사진 합격기준(사례일 뿐임)

두께 - t	허용할 수 있는 등근 지시의 최대크기		무관한 최대크기
	입의의	분리된	
3 mm(1/8 in) 미만	1/4 t	1/3 t	1/10 t
3 mm(1/8 in)	0.8 mm(1/32 in)	1.1 mm(3/64 in)	0.4 mm(1/64 in)
5 mm(3/16 in)	1.2 mm(3/64 in)	1.5 mm(1/16 in)	0.4 mm(1/64 in)
6 mm(1/4 in)	1.5 mm(1/16 in)	2.1 mm(3/32 in)	0.4 mm(1/64 in)
8 mm(5/16 in)	2.0 mm(5/64 in)	2.6 mm(7/64 in)	0.8 mm(1/32 in)
10 mm(3/8 in)	2.5 mm(3/32 in)	3.0 mm(1/8 in)	0.8 mm(1/32 in)
11 mm(7/16 in)	2.8 mm(7/64 in)	3.7 mm(5/32 in)	0.8 mm(1/32 in)
13 mm(1/2 in)	3.0 mm(1/8 in)	4.3 mm(11/64 in)	0.8 mm(1/32 in)
14 mm(9/16 in)	3.6 mm(5/64 in)	5.0 mm(3/16 in)	0.8 mm(1/32 in)
16 mm(5/8 in)	4.0 mm(5/32 in)	5.3 mm(7/32 in)	0.8 mm(1/32 in)
17 mm(11/16 in)	4.0 mm(5/32 in)	5.3 mm(15/64 in)	0.8 mm(1/32 in)
19 mm(3/4 in) 이상 50 mm(2 in) 이하	4.0 mm(5/32 in)	6.4 mm(1/4 in)	0.8 mm(1/32 in)
50 mm(2 in) 초과	4.0 mm(5/32 in)	10 mm(3/8 in)	1.5 mm(1/16 in)

[표 7.8] 13 mm(1/2 in)와 25 mm(1 in) 미만 사이 두께의 용접부에 대한 결함 합격기준

결함 유형	a/t	l
표면결함	≤0.087	≤6.4 mm(1/4 in)
표면 아래 결함	≤0.143	≤6.4 mm(1/4 in)

주:

- 1) 매개변수 t는 허용 살돈율을 제외한 용접부의 두께이고, 매개변수 l은 결함의 길이이다. 용접부에서 다른 두께를 가진 두 부재를 잇는 맞대기 용접부에서 t는 이 두 두께 중 더 얇은 것이다. 만일 완전용입 용접부가 필릿용접부를 포함하면, 그 필릿 용접부의 목두께는 t에 포함되어야 한다.
- 2) 표면 밑 지시는 구성부품의 가장 가까운 표면으로부터 지시의 분리(그림 7.11 안의 S)가 그 표면 밑 지시의 두께방향 치수(그림 7.11, 스케치(b) 안의 2d)의 반 이하이면, 표면결함으로서 간주하여야 한다.
- 3) 여기서 규정된 합격 한계는 작업기량에 근거한 것이며, 그 용기가 사용되기 시작한 후 식별되는 결함을 평가하는 것은 아니다.
- 4) a와 l은 그림 7.11 ~ 그림 7.15에 정의되어 있다.

[표 7.9] 25 mm(1 in)와 300 mm(12 in) 이하 사이 두께의 결함 합격기준

결함 세로가로비 a/t	25 mm(1 in) ≤ t < 64 mm(2-1/2 in)		100 mm(4 in) ≤ t < 300 mm(12 in)	
	표면결함 a/t	표면 밑 결함 a/t	표면결함 a/t	표면 밑 결함 a/t
0.00	0.031	0.034	0.019	0.020
0.05	0.033	0.038	0.020	0.022
0.10	0.036	0.043	0.022	0.025
0.15	0.041	0.049	0.025	0.029
0.20	0.047	0.057	0.028	0.033
0.25	0.055	0.066	0.033	0.038
0.30	0.064	0.078	0.038	0.044
0.35	0.074	0.090	0.044	0.051
0.40	0.083	0.105	0.050	0.058
0.45	0.085	0.123	0.051	0.067
0.50	0.087	0.143	0.052	0.076

주:

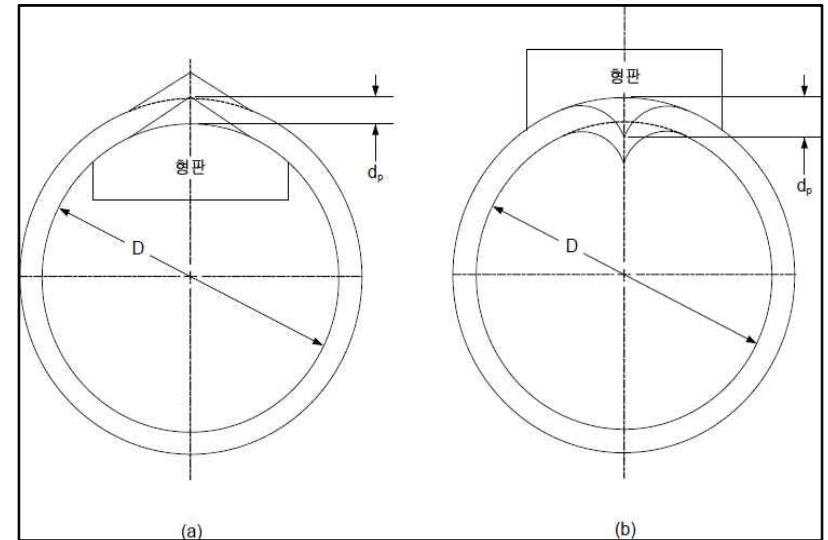
- 1) 매개변수 t는 허용 살돈율을 제외한 용접부의 두께이고, 매개변수 l은 결함의 길이이다. 용접부에서 다른 두께를 가진 두 부재를 잇는 맞대기 용접부에서 t는 이 두 두께 중 더 얇은 것이다. 만일 완전용입 용접부가 필릿용접부를 포함하면, 그 필릿 용접부의 목두께는 t에 포함되어야 한다.
- 2) 표면 밑 지시는 구성부품의 가장 가까운 표면으로부터 지시의 분리(그림 7.11 안의 S)가 그 표면 밑 지시의 두께방향 치수(그림 7.11, 스케치(b) 안의 2d)의 반 이하이면, 표면결함으로서 간주하여야 한다.
- 3) 여기서 규정된 합격 한계는 작업기량에 근거한 것이며, 그 용기가 사용되기 시작한 후 식별되는 결함을 평가하는 것은 아니다.
- 4) 중간 결함 세로가로비 a/l과 두께 t(64 mm(2-1/2 in) ≤ t < 100 mm(4 in))는 선형보간이 허용된다.
- 5) 만일 이 표내의 합격기준이 6.4 mm(0.25 in) 미만의 결함길이가 되면, 6.4 mm(0.25 in)의 값을 사용할 수 있다.
- 6) 극한인장강도가 655 Mpa(95 ksi)를 초과하는 재료의 이 표 사용은 200 mm(8 in)의 두께로 제한된다.

[표 7.10] 300 mm(12 in)를 초과하는 두께의 결함 합격기준

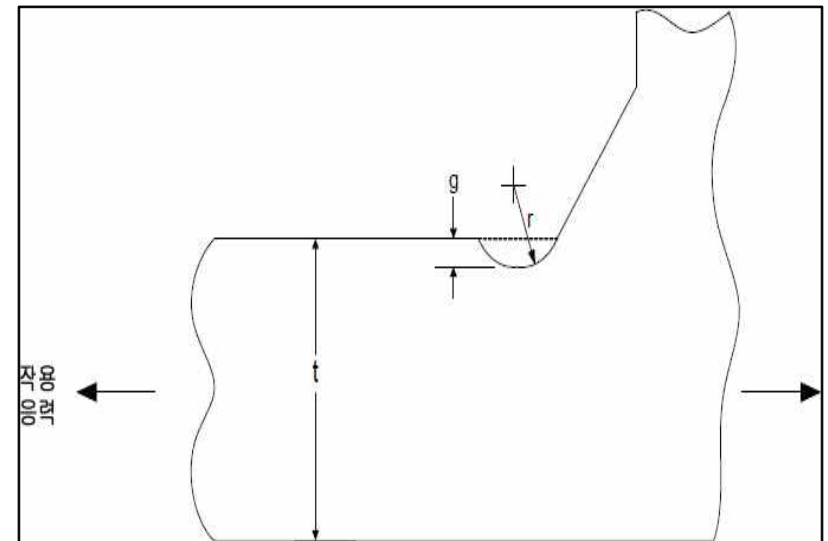
결함 세로가로비 $a/l$	표면결함 $a$	표면 밀 결함 $a$
0.00	5.8 mm (0.228 in)	6.1 mm (0.240 in)
0.05	6.1 mm (0.240 in)	6.7 mm (0.264 in)
0.10	6.7 mm (0.264 in)	7.6 mm (0.300 in)
0.15	7.6 mm (0.300 in)	8.8 mm (0.348 in)
0.20	8.5 mm (0.336 in)	10.1 mm (0.396 in)
0.25	10.1 mm (0.396 in)	11.6 mm (0.456 in)
0.30	11.6 mm (0.458 in)	13.4 mm (0.528 in)
0.35	13.4 mm (0.528 in)	15.5 mm (0.612 in)
0.40	15.2 mm (0.600 in)	17.7 mm (0.696 in)
0.45	15.5 mm (0.612 in)	20.4 mm (0.804 in)
0.50	15.8 mm (0.624 in)	23.2 mm (0.912 in)

주:

- 매개변수  $t$ 는 허용 살돈움을 제외한 용접부의 두께이고, 매개변수  $l$ 은 결함의 길이이다. 용접부에서 다른 두께를 가진 두 부재를 잇는 맞대기 용접부에서  $t$ 는 이 두 두께 중 더 얇은 것이다. 만일 완전용입 용접부가 필릿용접부를 포함하면, 그 필릿 용접부의 목두께는  $t$ 에 포함되어야 한다.
- 표면 밀 지시는 구성부품의 가장 가까운 표면으로부터 지시의 분리(그림 7.11 안의 S)가 그 표면 밀 지시의 두께방향 치수(그림 7.11, 스케치(b) 안의 2d)의 반 이하이면, 표면결함으로서 간주하여야 한다.
- 여기서 규정된 합격 한계는 작업기량에 근거한 것이며, 그 용기가 사용되기 시작한 후 식별되는 결함을 평가하는 것은 아니다.
- 결함 세로가로비  $a/l$ 의 중간 값에 대해서는, 선형보간이 허용된다.
- 극한인장강도가 655 Mpa(95 ksi)를 초과하는 재료에서 이 표는 적용되지 않는다.

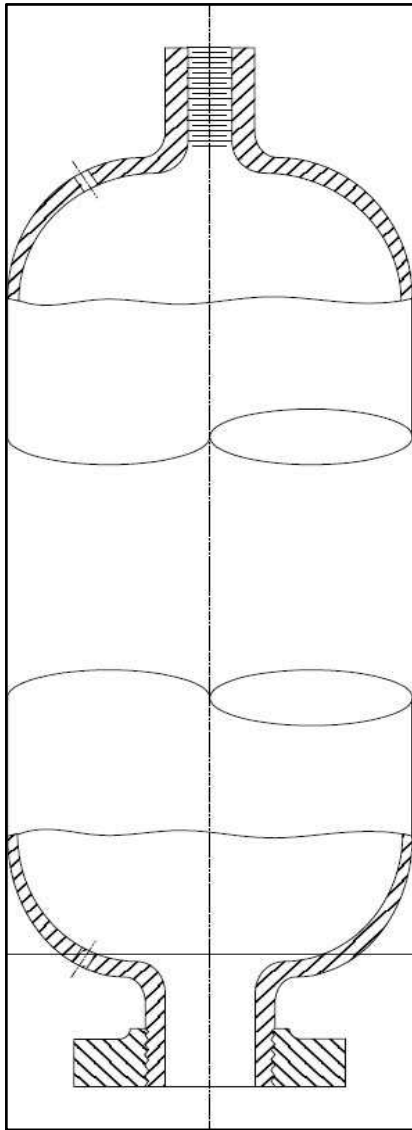


[그림 6.1] 카테고리 A 이음매에서의 돌출 높이

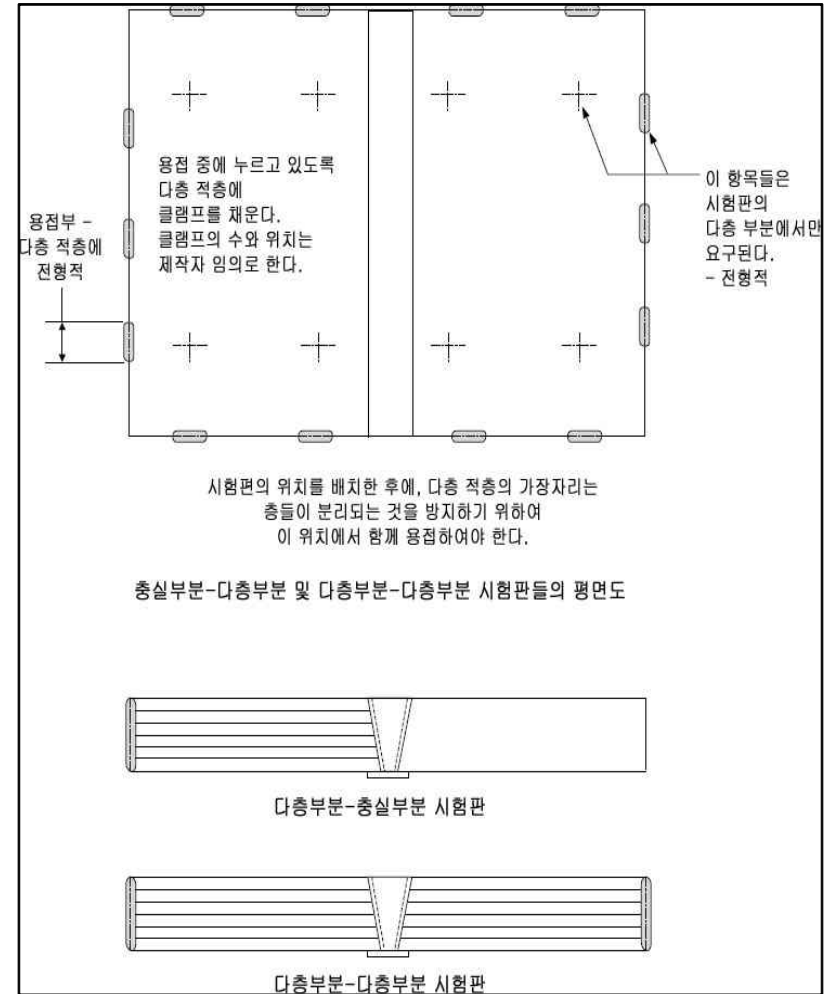


$$g = \text{언더컷 아래 } 0.5 \text{ mm}(0.02 \text{ in}) : r \geq 0.25t \geq 4g$$

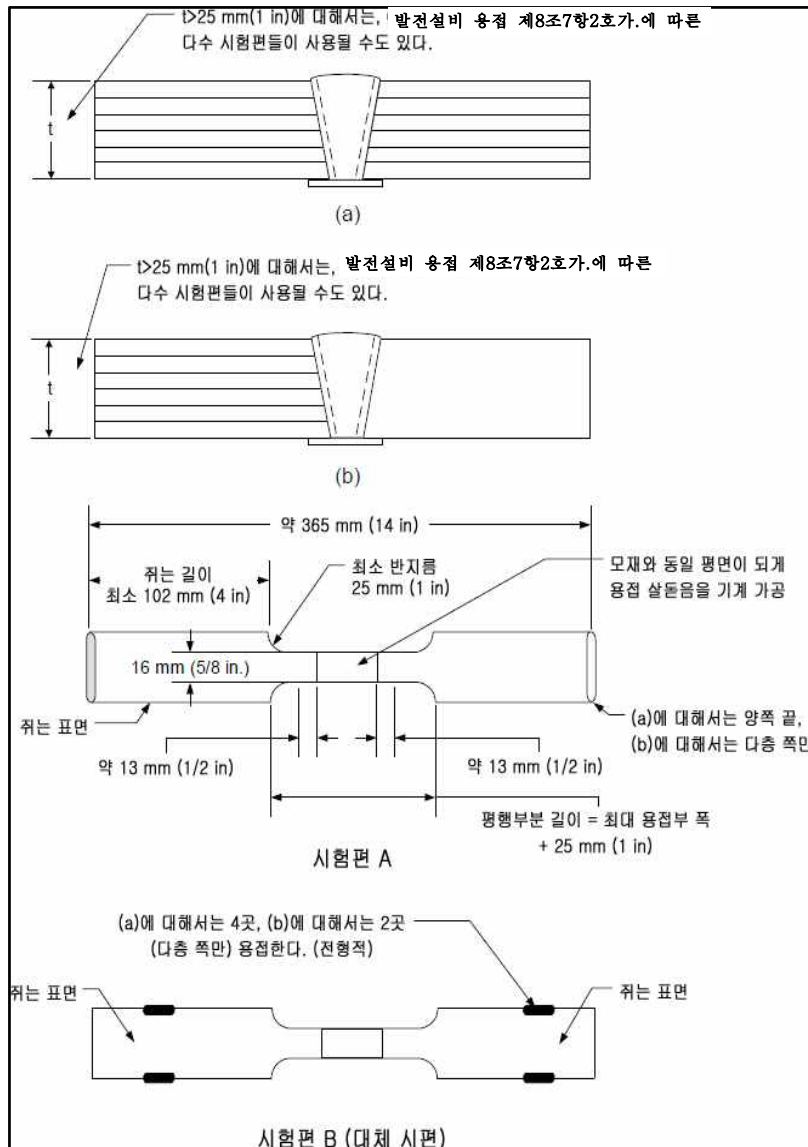
[그림 6.2] 용접부 끝의 다듬질



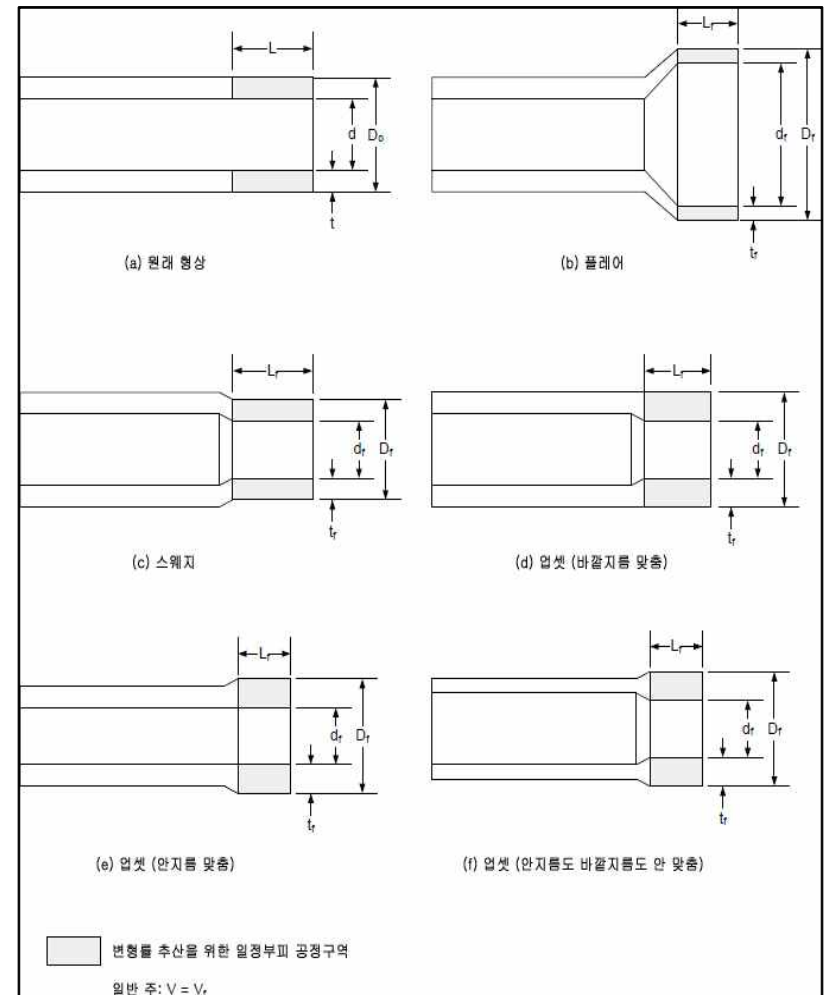
[그림 6.3] 단조된 용기의 구조



[그림 6.4] 충실단면-다층단면 및 다층단면-다층단면의 시험판

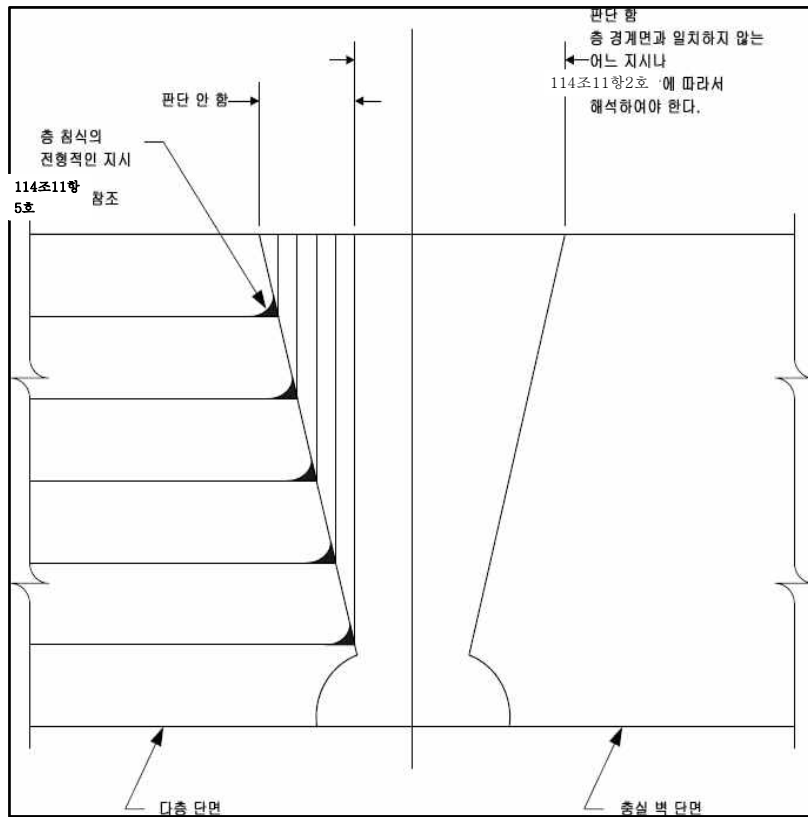


[그림 6.5] 다층 용기 구조의 인장 시험편

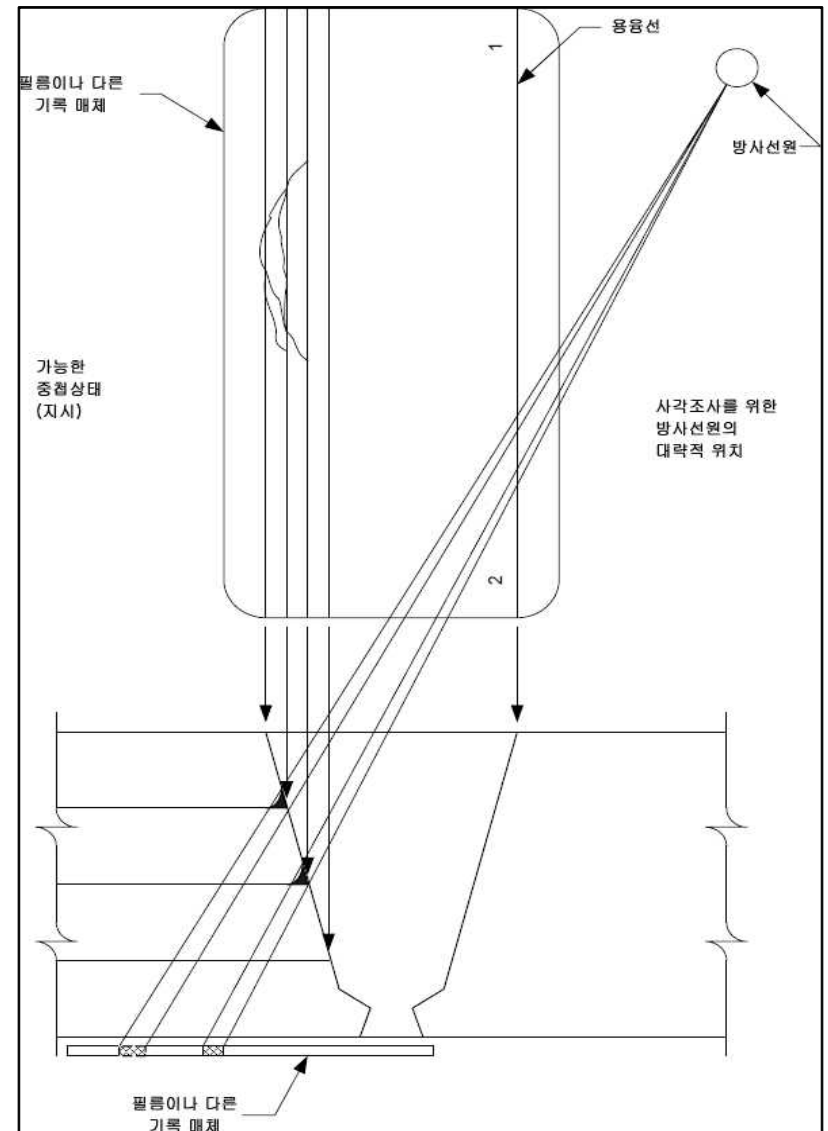


[그림 6.6] 튜브의 플레어, 스웨지 및 엷셋을 위한 냉간 성형작업



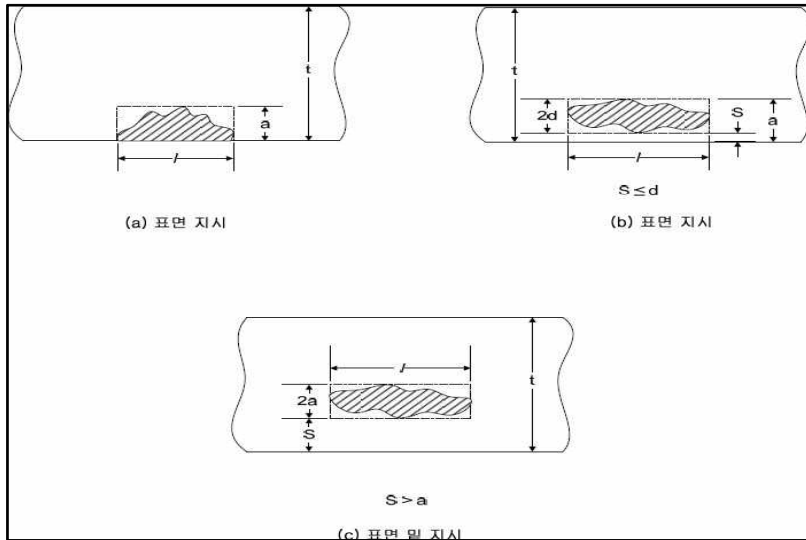


[그림 7.1] 다층 용기의 시험

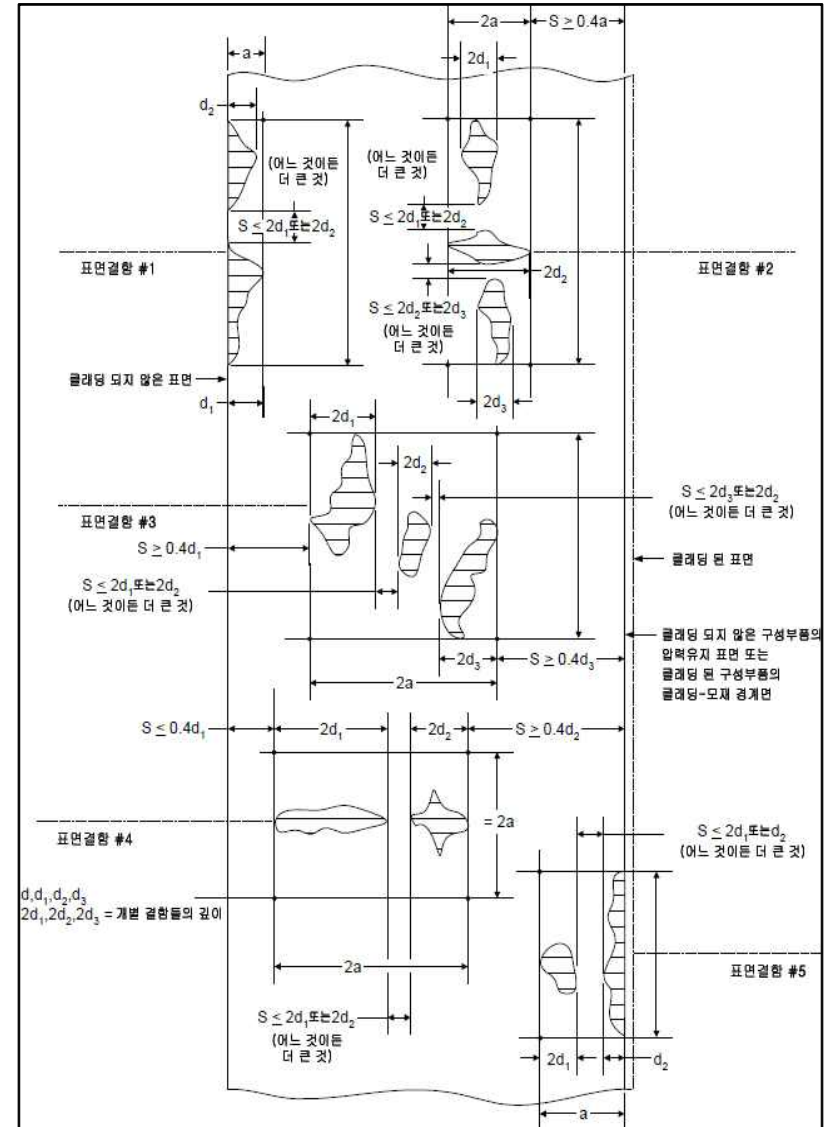


[그림 7.2] 다층 용기의 시험

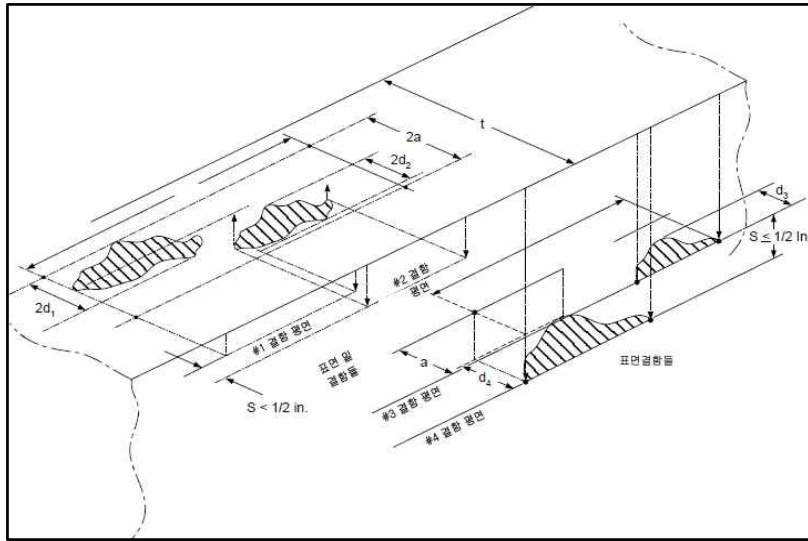
참 조	
[그림 7.3, 7.4] - 정렬된 등근 지시들	발전설비 용접 부록 5. 원형지시 합격기준 참조
[그림 7.5] 3 mm (1/8 in) 내지 6 mm (1/4 in) 이하 벽 두께에 대한 도표	발전설비 용접 부록 5.그림 3참조
[그림 7.6] 6 mm (1/4 in) 초과 10 mm (3/8 in) 이하 벽 두께에 대한 도표	발전설비 용접 부록 5.그림 4참조
[그림 7.7] 10 mm (3/8 in) 초과 19 mm (3/4 in) 이하 벽 두께에 대한 도표	발전설비 용접 부록 5.그림 5참조
[그림 7.8] 19 mm (3/4 in) 초과 50 mm (2 in) 이하 벽 두께에 대한 도표	발전설비 용접 부록 5.그림 6참조
[그림 7.9] 50 mm (2 in) 초과 100 mm (4 in) 이하 벽 두께에 대한 도표	발전설비 용접 부록 5.그림 7참조
[그림 7.10] 100 mm (4 in) 초과 벽 두께에 대한 도표	발전설비 용접 부록 5.그림 8참조



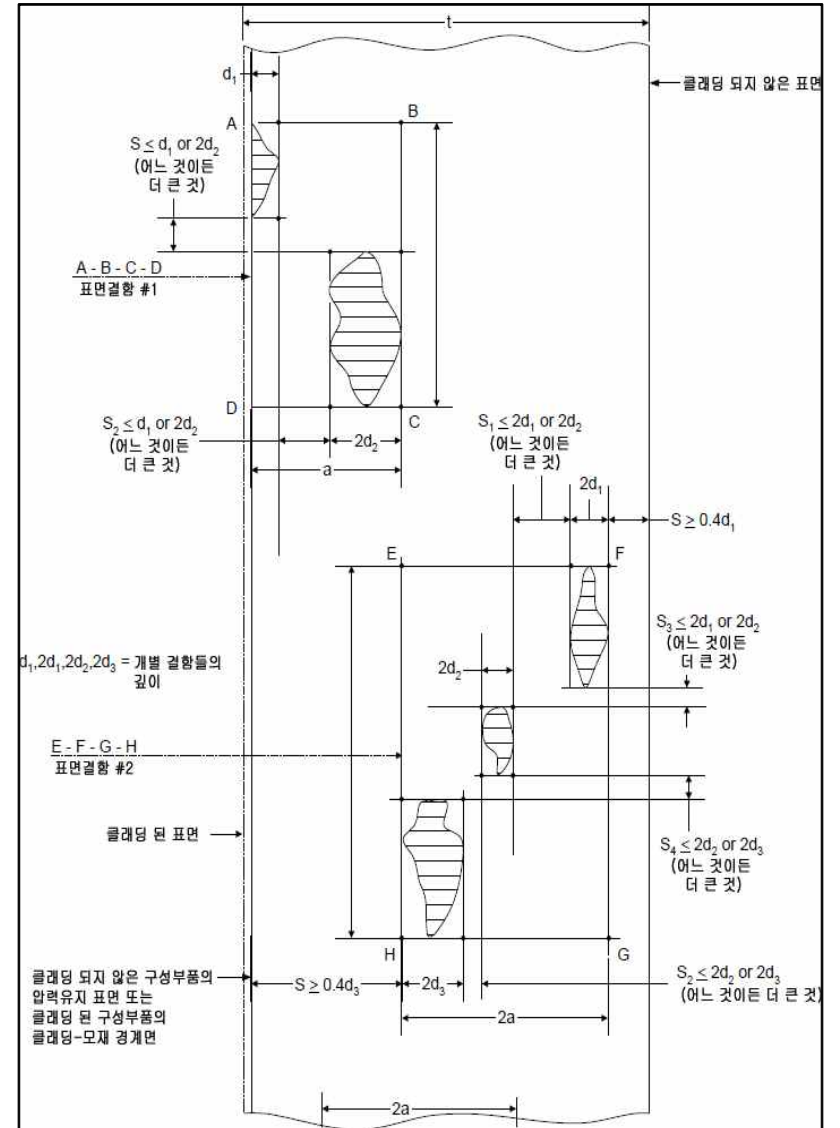
[그림 7.11] 단일 지시



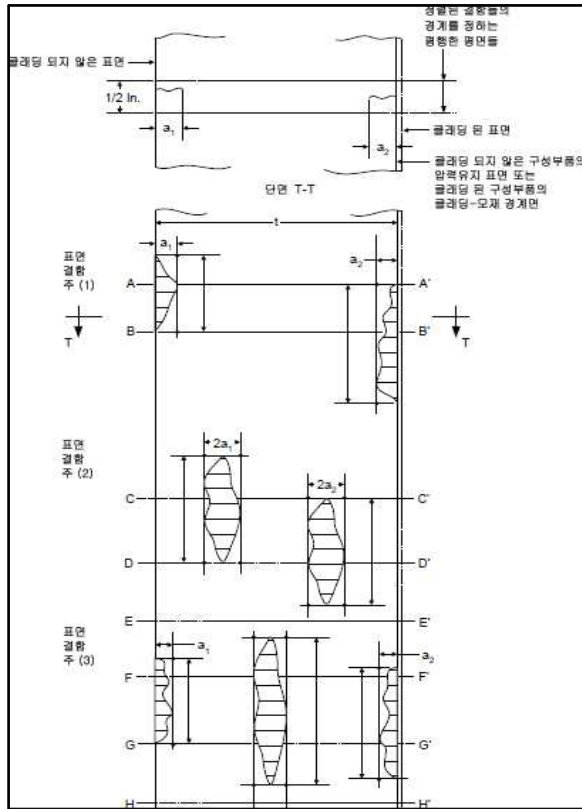
[그림 7.12] 압력유지 표면에 직각인 평면 내로 향한 복수의 평면 결함



[그림 7.13] 표면 결함과 표면 밑 결함



[그림 7.14] 압력유지 표면에 직각인 평면 내의 정렬되지 않은 동일평면상의 결함



주:

- 1) 이 그림설명은 두 표면 결함을 나타낸다. 첫  $a_1$ 은 바깥 표면위에 있고, 둘째  $a_2$ 는 안쪽 표면위에 있다. 평면  $A-A'$  및  $B-B'$ 이내에서  $(a_1 + a_2) \leq (a_s + a_s^*)/2$ 이다.
- 2) 이 그림설명은 두 표면 및 결함을 나타낸다. 평면  $C-C'$  및  $D-D'$ 이내에서  $(a_1 + a_2) \leq (a_e + a_e^*)/2$ 이다.
- 3) 이 그림설명은 두 표면 결함과 한 표면 및 결함을 나타낸다. 평면  $E-E'$  및  $F-F'$ 이내에서  $(a_1 + a_3) \leq (a_s + a_s^*)/2$   
 평면  $F-F'$  및  $G-G'$ 이내에서  $(a_1 + a_2) \leq (a_s + a_e + a_s^*)/2$   
 평면  $G-G'$  및  $H-H'$ 이내에서  $(a_2 + a_3) \leq (a_s^* + a_e)/2$

[그림 7.15] 복수의 정렬된 평면 결함

## 5. 발전용 풍력설비

**제 1 조 (목적)** 이 판단기준은 전기설비기술기준(이하 "기술기준"이라 한다) 제6장(발전용 풍력설비)에서 정한 안전성능에 대한 구체적인 기술적 사항을 정하는 것을 목적으로 한다.

**제 2 조 (용어의 정의)** 이 판단기준에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

1. "풍력터빈"이란 바람의 운동에너지를 기계적 에너지로 변환하는 장치(가동부 베어링, 나셀, 블레이드 등의 부속물을 포함)를 말한다.
2. "풍력터빈을 지지하는 구조물"이란 타워와 기초로 구성된 풍력터빈의 일부분을 말한다.
3. "풍력발전소"란 단일 또는 복수의 풍력터빈(풍력터빈을 지지하는 구조물을 포함)을 원동기로 하는 발전기와 그 밖의 기계기구를 시설하여 전기를 발생시키는 곳을 말한다.
4. "자동정지"란 풍력터빈의 설비보호를 위한 보호 장치의 작동으로 인하여 자동적으로 풍력터빈을 정지시키는 것을 말한다.

**제 3 조 (적용 범위)** ① 이 판단기준은 기술기준 제6장(발전용 풍력설비)에서 정한 안전성능에 대하여 보다 구체적인 실현수단을 규정한 것으로 발전용 풍력설비를 설계, 제작, 시설 및 검사하는데 적용한다.

- ② 이 판단기준에 명시되지 않은 사항이라 하더라도 기술기준에 적합하도록 하기 위하여 국제표준 및 이에 근접한 기술요건 중 안전수준을 확보할 기술적 근거가 충분하다면 이 판단기준 이외의 다른 규정을 적용할 수 있다.

**제 4 조 (안전조치)** 기술기준 제168조에 의한 안전조치는 제5조부터 제8조까지의 요건을 충족하는 것을 말한다.

**제 5 조 (급경사지 붕괴의 방지)** 급경사지 붕괴위험구역 내에 시설하는 풍력발전소는 해당구역 내의 급경사지의 붕괴를 조장하거나 또는 유발할 우려가 없도록 시설하여야 한다.

**제 6 조 (항공장애 표시등 시설)** 발전용 풍력설비의 항공장애 표시등 및 항공장애 주간표지는 「항공법」 제83조(항공장애 표시등의 설치 등)의 규정을 준용한다.

**제 7 조 (접근시설의 안전조치)** 나셀 등 풍력발전기 상부시설에 접근하기 위한 안전한 시설물을 강구하여야 한다.

**제 8 조 (피뢰설비)** 기술기준 제175조의 규정에 준하여 다음 각 호에 따라 피뢰설비를 시설하여야 한다.

1. 피뢰설비는 KS C IEC 61400-24에서 정하고 있는 피뢰구역(Lightning Protection Zones)에 적합하여야 하며, 다만 별도의 언급이 없다면 피뢰레벨(Lightning Protection Level : LPL)은 I 등급을 적용하여야 한다.
2. 풍력터빈의 피뢰설비는 다음 각 목에 따라 시설하여야 한다.
  - 가. 수리부를 풍력터빈 선단부분 및 가장자리 부분에 배치하되 뇌격전류에 의한

- 발열에 용손(溶損)되지 않도록 재질, 크기, 두께 및 형상 등을 고려할 것.
- 나. 풍력터빈에 설치하는 인하도선은 쉽게 부식되지 않는 금속선으로서 너격전류를 안전하게 흘릴 수 있는 충분한 굵기여야 하며, 가능한 직선으로 시설할 것.
- 다. 풍력터빈 내부의 계측 센서용 케이블은 금속관 또는 차폐케이블 등을 사용하여 뇌유도과전압으로부터 보호할 것.
- 라. 풍력터빈에 설치한 피뢰설비(리셉터, 인하도선 등)의 기능저하로 인해 다른 기능에 영향을 미치지 않을 것.
- 3. 풍향·풍속계가 보호범위에 들도록 나셀 상부에 피뢰침을 시설하고 피뢰도선은 나셀프레임에 접속하여야 한다.
- 4. 전력기기·제어기기 등의 피뢰설비는 다음 각 호의 따라 시설하여야 한다.
  - 가. 전력기기는 금속시스템케이블, 내뢰변압기 및 서지보호장치(SPD)를 적용할 것.
  - 나. 제어기기는 광케이블 및 포토커플러를 적용할 것.
  - 다. 시설방법은 판단기준 “1. 전기설비”에서 규정하는 방법을 준용할 것.
- 5. 풍력터빈의 접지는 타워기초를 이용한 통합접지공사를 하여야 하며, 설비 사이의 전위차로 인한 손상이 없도록 등전위본딩을 하여야 한다.

**제 9 조 (풍력터빈의 구조)** 기술기준 제169조에 의한 풍력터빈의 구조에 적합한 것은 제 10조부터 제12조까지에 의한 요건을 충족하는 것을 말한다.

**제 10 조 (풍력터빈의 선정)** 풍력터빈의 선정에 있어서는 시설장소의 풍황(風況)과 환경, 적용규모 및 적용형태 등을 고려하여 선정하여야 한다.

**제 11 조 (잠금장치의 시설)** 풍력터빈의 유지, 보수 및 점검 시 작업자의 안전을 위한 다음의 잠금장치를 시설하여야 한다.

1. 풍력터빈의 로터, 요 시스템 및 피치 시스템에는 각각 1개 이상의 잠금장치를 시설하여야 한다.
2. 잠금장치는 풍력터빈의 정지장치가 작동하지 않더라도 로터, 나셀, 블레이드의 회전을 막을 수 있어야 한다.

**제 12 조 (풍력터빈의 강도계산)** ① 최대풍압하중 및 운전 중의 회전력 등에 의한 풍력터빈의 강도계산에는 다음의 조건을 고려하여야 한다.

1. 사용조건
    - 가. 최대풍속
    - 나. 최대회전수
  2. 강도조건
    - 가. 하중조건
    - 나. 강도계산의 기준
    - 다. 피로하중
- ② 제1항의 강도계산은 다음 순서에 따라 계산하여야 한다.
1. 풍력터빈의 제어(블레이드 직경, 회전수, 정격출력 등)를 결정

2. 자중, 공기력, 원심력 및 이들에서 발생하는 모멘트를 산출
  3. 풍력터빈의 사용조건(최대풍속, 풍력터빈의 제어)에 의해 각부에 작용하는 하중을 계산
  4. 각부에 사용하는 재료에 의해 풍력터빈의 강도조건
  5. 하중, 강도조건에 의해 각부의 강도계산을 실시하여 안전함을 확인하여야 한다.
- ③ 제2항의 강도 계산개소에 가해진 하중의 합계는 다음 순서에 의하여 계산하여야 한다.
1. 바람 에너지를 흡수는 블레이드의 강도계산
  2. 블레이드를 지지하는 날개 축, 날개 축을 유지하는 회전축의 강도계산
  3. 블레이드, 회전축을 지지하는 나셀과 타워를 연결하는 요 베어링의 강도계산

**제 13 조 (풍력터빈 정지장치의 시설)** 기술기준 제170조에 따른 풍력터빈 정지장치는 표 13과 같이 자동으로 정지하는 장치를 시설하는 것을 말한다.

[표 13]

이 상 상 태	자동정지장치	비 고
풍력터빈의 회전속도가 비정상적으로 상승	○	
풍력터빈의 컷 아웃 풍속	○	
풍력터빈의 베어링 온도가 과도하게 상승	○	정격 출력이 500 kW 이상인 원동기 (풍력터빈은 시가지 등 인가가 밀집해 있는 지역에 시설된 경우 100 kW 이상)
풍력터빈 운전중 나셀진동이 과도하게 증가	○	시가지 등 인가가 밀집해 있는 지역에 시설된 것으로 정격출력 10 kW 이상의 풍력터빈
제어용 압유장치의 유압이 과도하게 저하된 경우	○	용량 100 kVA 이상의 풍력발전소를 대상으로 함.
압축공기장치의 공기압이 과도하게 저하된 경우	○	
전동식 제어장치의 전원전압이 과도하게 저하된 경우	○	

**제 14 조 (계측장치의 시설)** 풍력터빈에는 설비의 손상을 방지하기 위하여 운전 상태를 계측하는 다음의 계측장치를 시설하여야 한다.

1. 회전속도계
2. 나셀(nacelle) 내의 진동을 감시하기 위한 진동계
3. 풍속계
4. 압력계
5. 온도계

**제 15 조 (풍력터빈을 지지하는 구조물의 구조)** 기술기준 제172조에 의한 풍력터빈을 지지하는 구조물에 적합한 것은 제16조부터 제18조까지 충족하는 것을 말한다.

**제 16 조 (풍력터빈을 지지하는 구조물의 구조, 성능 및 시설조건)** ① 풍력터빈을 지지하는 구조물은 자중, 적재하중, 적설, 풍압, 지진, 진동 및 충격을 고려하여야 한다. 다만, 해상 및 해안가 설치시는 염해 및 파랑하중에 대해서도 고려하여야 한다.

② 동결, 착설 및 분진의 부착 등에 의한 비정상적인 부식 등이 발생하지 않도록 고려하여야 한다.

③ 풍속변동, 회전수변동 등에 의해 비정상적인 진동이 발생하지 않도록 고려하여야 한다.

**제 17 조 (풍력터빈을 지지하는 구조물의 강도계산)** ① 제16조에 의한 풍력터빈 및 지지물에 가해지는 풍하중의 계산방식은 다음 식과 같다.

$$P = C_q A$$

$P$  : 풍압력(N)

$C$  : 풍력계수

$q$  : 속도압(N/m<sup>2</sup>)

$A$  : 수평면적(m<sup>2</sup>)

1. 풍력계수  $C$ 는 풍동실험 등에 의해 규정되는 경우를 제외하고, [건축구조설계기준]을 준용한다.

2. 풍속압  $q$ 는 다음의 계산식 혹은 풍동실험 등에 의해 구하여야 한다.

가. 풍력터빈 및 지지물의 높이가 16 m 이하인 부분

$$q = 60 \left( \frac{V}{60} \right)^2 \cdot \sqrt{h}$$

나. 풍력터빈 및 지지물의 높이가 16 m 초과하는 부분

$$q = 120 \left( \frac{V}{60} \right)^2 \cdot {}^4\sqrt{h}$$

$V$ 는 지표면상의 높이 10 m에서의 재현기간 50년에 상당하는 순간최대 풍속(m/s)으로 하고 관측자료에서 산출한다.  $h$ 는 풍력터빈 및 지지물의 지표에서의 높이(m)로 하고 풍력터빈을 기타 시설물 지표면에서 돌출한 것의 상부에 시설하는 경우에는 주변의 지표면에서의 높이로 한다.

3. 수평면적  $A$ 는 수평면의 수직투영면적으로 한다.

② 풍력터빈 지지물의 강도계산에 이용하는 지진하중은 지역계수를 고려하여야 한다.

③ 풍력터빈의 적재하중은 컷아웃 시, 공진풍속 시, 폭풍 시 하중을 고려하여야 한다.

**제 18 조 (풍력터빈을 지지하는 구조물의 기초)** 풍력터빈을 지지하는 구조물 기초는 당해 구조물에 제16조 제1항의 규정에 의해 견디어야하는 하중에 대하여 충분한 안전율을 적용하여 시설하여야 한다.

**제 19 조 (제어장치의 시설)** 기술기준 제174조에서 요구하는 제어장치는 다음과 같은 기능 등을 제어하여야 한다.

1. 출력한계
2. 회전자 속도
3. 전기부하의 접속
4. 기동 및 정지 절차
5. 전력계통 또는 전력부하의 손실에 의한 정지
6. 케이블 꼬임 한계
7. 바람에 대한 조정

**제 20 조 (보호장치의 시설)** 기술기준 제174조에서 요구하는 보호장치는 다음과 같은 조건 등에 보호되어야 한다.

1. 과풍속
2. 발전기의 과부하 또는 고장
3. 과진동
4. 전력계통 손실 및 단절
5. 케이블 꼬임 한계

**제 21 조 (화재방호설비 시설)** 500 kW 이상의 풍력터빈은 나셀내부의 화재 발생 시 이를 감지하고 소화할 수 있는 화재방호설비를 시설하여야 한다.

**제 22 조 (주원원 개폐장치)** 풍력터빈은 작업자의 안전을 위하여 유지, 보수 및 점검 시 전원차단을 위해 풍력터빈 타워의 기저부에 개폐장치를 시설하여야 한다.