

1 장 공통사항

(100 총칙)

101 목적

이 한국전기설비규정(Korea Electro-technical Code, KEC)은 전기설비기술기준 고시(이하 “기술기준”이라 한다)에서 정하는 전기설비(“발전·송전·변전·배전 또는 전기 사용을 위하여 설치하는 기계·기구·댐·수로·저수지·전선로·보안통신선로 및 그 밖의 설비”를 말한다)의 안전성능과 기술적 요구사항을 구체적으로 정하는 것을 목적으로 한다.

102 적용범위

한국전기설비규정은 다음에서 정하는 전기설비에 적용한다.

1. 공통사항
2. 저압전기설비
3. 고압·특고압전기설비
4. 전기철도설비
5. 분산형전원설비
6. 발전용 화력설비
7. 발전용 수력설비
8. 그 밖에 기술기준에서 정하는 전기설비

(110 일반사항)

111 통칙

111.1 적용범위

1. 이 규정은 인축의 감전에 대한 보호와 전기설비 계통, 시설물, 발전용 수력설비, 발전용 화력설비, 발전설비 용접 등의 안전에 필요한 성능과 기술적인 요구사항에 대하여 적용한다.
2. 이 규정에서 적용하는 전압의 구분은 다음과 같다.
 - 가. 저압: 교류는 1 kV 이하, 직류는 1.5 kV 이하인 것.
 - 나. 고압: 교류는 1 kV를, 직류는 1.5 kV를 초과하고, 7 kV 이하인 것.
 - 다. 특고압: 7 kV를 초과하는 것.

112 용어 정의

이 규정에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

“가공인입선”이란 가공전선로의 지지물로부터 다른 지지물을 거치지 아니하고 수용 장소의 붙임점에 이르는 가공전선을 말한다.

“가섭선(架渉線)”이란 지지물에 가설되는 모든 선류를 말한다.

“계통연계”란 둘 이상의 전력계통 사이를 전력이 상호 융통될 수 있도록 선로를 통하여 연결하는 것으로 전력계통 상호간을 송전선, 변압기 또는 직류-교류변환설비 등에 연결하는 것을 말한다. 계통연락이라고도 한다.

“계통외도전부(Extraneous Conductive Part)”란 전기설비의 일부는 아니지만 지면에 전위 등을 전해줄 위험이 있는 도전성 부분을 말한다.

“계통접지(System Earthing)”란 전력계통에서 돌발적으로 발생하는 이상현상에 대비하여 대지와 계통을 연결하는 것으로, 중성점을 대지에 접속하는 것을 말한다.

“고장보호(간접접촉에 대한 보호, Protection Against Indirect Contact)”란 고장 시 기기의 노출도전부에 간접 접촉함으로써 발생할 수 있는 위험으로부터 인축을 보호하는 것을 말한다.

“관등회로”란 방전등용 안정기 또는 방전등용 변압기로부터 방전관까지의 전로를 말한다.

“급수설비”란 수차(펌프수차) 및 발전기(발전전동기)등의 발전소 기기에 냉각수, 봉수 등을 급수하는 설비를 말하며, 급수펌프, 스트레이너, 샌드세퍼레이터, 급수관 등을 포함하는 것으로 한다.

“기본보호(직접접촉에 대한 보호, Protection Against Direct Contact)”란 정상운전 시 기기의 충전부에 직접 접촉함으로써 발생할 수 있는 위험으로부터 인축을 보호하는

것을 말한다.

“**내부 피뢰시스템(Internal Lightning Protection System)**”이란 등전위본딩 및/또는 외부피뢰시스템의 전기적 절연으로 구성된 피뢰시스템의 일부를 말한다.

“**노출도전부(Exposed Conductive Part)**”란 충전부는 아니지만 고장 시에 충전될 위험이 있고, 사람이 쉽게 접촉할 수 있는 기기의 도전성 부분을 말한다.

“**단독운전**”이란 전력계통의 일부가 전력계통의 전원과 전기적으로 분리된 상태에서 분산형전원에 의해서만 운전되는 상태를 말한다.

“**단순 병렬운전**”이란 자가용 발전설비 또는 저압 소용량 일반용 발전설비를 배전계통에 연계하여 운전하되, 생산한 전력의 전부를 자체적으로 소비하기 위한 것으로서 생산한 전력이 연계계통으로 송전되지 않는 병렬 형태를 말한다.

“**동기기의 무구속속도**”란 전력계통으로부터 떨어져 나가고, 또한 조속기가 작동하지 않을 때 도달하는 최대회전속도를 말한다.

“**등전위본딩(Equipotential Bonding)**”이란 등전위를 형성하기 위해 도전부 상호 간을 전기적으로 연결하는 것을 말한다.

“**등전위본딩망(Equipotential Bonding Network)**”이란 구조물의 모든 도전부와 충전도체를 제외한 내부설비를 접지극에 상호 접속하는 망을 말한다.

“**리플프리(Ripple-free)직류**”란 교류를 직류로 변환할 때 리플성분의 실효값이 10 % 이하로 포함된 직류를 말한다.

“**무구속속도**”란 어떤 유효낙차, 어떤 수구개도 및 어떤 흡출높이에서 수차가 무부하로 회전하는 속도(*rpm*)를 말하며, 이들 중 일어날 수 있는 최대의 것을 최대 무구속속도라 한다. 여기서, 수구란 가이드 베인, 노즐, 러너 베인 등 유량조정 장치의 총칭을 말한다.

“**배관**”이란 발전용기기 중 증기, 물, 가스 및 공기를 이동시키는 장치를 말한다.

“**배수설비**”란 수차(펌프수차)내부의 물 및 상부커버 등으로부터 누수를 기외로 배출하는 설비, 또는 소내 배수피트에 모아지는 발전소 건물로부터의 누수나 수차 기기로부터의 배수를 소외로 배수하는 설비를 말하며, 배수펌프, 유수분리기, 수위검출기, 배수관 등을 포함하는 것으로 한다.

기술기준 제73조 및 제162조에서 언급하는 “보일러”란 발전소에 속하는 기기 중 보일러, 독립과열기, 증기저장기 및 작동용공기가열기를 말한다.

“**보호도체(PE, Protective Conductor)**”란 감전에 대한 보호 등 안전을 위해 제공되는 도체를 말한다.

“**보호등전위본딩(Protective Equipotential Bonding)**”이란 감전에 대한 보호 등과 같이 안전을 목적으로 하는 등전위본딩을 말한다.

“**보호본딩도체(Protective Bonding Conductor)**”란 보호등전위본딩을 제공하는 보호도체를 말한다.

“**보호접지(Protective Earthing)**”란 고장 시 감전에 대한 보호를 목적으로 기기의 한 점 또는 여러 점을 접지하는 것을 말한다.

“**분산형전원**”이란 중앙급전 전원과 구분되는 것으로서 전력소비지역 부근에 분산하여 배치 가능한 전원을 말한다. 상용전원의 정전시에만 사용하는 비상용 예비전원은 제외하며, 신·재생에너지 발전설비, 전기저장장치 등을 포함한다.

“**서지보호장치(SPD, Surge Protective Device)**”란 과도 과전압을 제한하고 서지전류를 분류하기 위한 장치를 말한다.

“**수로**”란 취수설비, 침사지, 도수로, 헤드탱크, 서지탱크, 수압관로 및 방수로를 말한다.

- (1) “**취수설비**”란 발전용의 물을 하천 또는 저수지로부터 끌어들이는 설비를 말한다. 그리고 취수설비 중 “**보(weir)**”란 하천에서 발전용 물의 수위 또는 유량을 조절하여 취수할 수 있도록 설치하는 구조물을 말한다.
- (2) “**침사지**”란 발전소의 도수설비의 하나로, 수로식 발전의 경우에 취수구에서 도수로에 토사가 유입하는 것을 막기 위하여 도수로의 도중에서 취수구에 가급적 가까운 위치에 설치하는 연못을 말한다.
- (3) “**도수로**”란 발전용의 물을 끌어오기 위한 구조물을 말하며, 취수구와 상수조(또는 상부 Surge Tank)사이에서 위치하고 무압도수로와 압력도수로가 있다.
- (4) “**헤드탱크(Head Tank)**”란 도수로에서의 유입수량 또는 수차유량의 변동에 대하여 수조내 수위를 거의 일정하게 유지하도록 도수로 종단에 설치한 구조물을 말한다.
- (5) “**서지탱크(Surge Tank)**”란 수차의 유량급변의 경우에 탱크내의 수위가 자동적으로 상승하여 도수로, 수압관로 또는 방수로에서의 과대한 수압의 변화를 조절하기 위한 구조물을 말한다. Surge Tank 중에서 수압관로측에 있는 것을 상부 Surge Tank, 방수로측에 있는 것을 하부 Surge Tank라고 말한다.
- (6) “**수압관로**”란 상수조(또는 상부 Surge Tank) 또는 취수구로부터 압력상태하에서 직접 수차에 이르기까지의 도수관 및 그것을 지지하는 구조물을 일괄하여 말한다.
- (7) “**방수로**”란 수차를 거쳐 나온 물을 유도하기 위한 구조물을 말하며, 무압 방수로와 압력 방수로가 있다. 방수로의 시점은 흡출관의 출구로 한다. 또한 “**방수구**”란 수차의 방수를 하천, 호소, 저수지 또는 바다로 방출하는 출구를 말한다.

“**수뢰부시스템(Air-termination System)**”이란 낙뢰를 포착할 목적으로 돌침, 수평도체, 메시도체 등과 같은 금속 물체를 이용한 외부피뢰시스템의 일부를 말한다.

“**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, 압유장치, 유회유장치, 급수장치, 배수장치, 수위조정기, 운전제어장치 등이 포함된다.

“**수차의 유효낙차**”란 사용상태에서 수차의 운전에 이용되는 전 수두(m)로서, 수차의

- 고압측 지정점과 저압 측 지정점과의 전 수두를 말한다.
- 수차를 최대출력으로 운전할 때 유효낙차 중 최대의 것을 최고유효낙차, 최소의 것을 최소유효낙차라 한다.
- “스트레스전압(Stress Voltage)”이란 지락고장 중에 접지부분 또는 기기나 장치의 외함과 기기나 장치의 다른 부분 사이에 나타나는 전압을 말한다.
- “압력용기”란 발전용기기 중 내압 및 외압을 받는 용기를 말한다.
- “액화가스 연료연소설비”란 액화가스를 연료로 하는 연소설비를 말한다.
- “양수발전소”란 수력발전소 중, 상부조정지에 물을 양수하는 능력을 가진 발전소를 말한다.
- “옥내배선”이란 건축물 내부의 전기사용장소에 고정시켜 시설하는 전선을 말한다.
- “옥외배선”이란 건축물 외부의 전기사용장소에서 그 전기사용장소에서의 전기사용을 목적으로 고정시켜 시설하는 전선을 말한다.
- “옥측배선”이란 건축물 외부의 전기사용장소에서 그 전기사용장소에서의 전기사용을 목적으로 조영물에 고정시켜 시설하는 전선을 말한다.
- “외부피뢰시스템(External Lightning Protection System)”이란 수뢰부시스템, 인하도선 시스템, 접지극시스템으로 구성된 피뢰시스템의 일종을 말한다.
- “운전제어장치”란 수차 및 발전기의 운전제어에 필요한 장치로써 전기적 및 기계적 응동기기, 기구, 밸브류, 표시장치 등을 조합한 것을 말한다.
- “유량”이란 단위시간에 수차를 통과하는 물의 체적(m^3/s)을 말한다.
- “유압장치”란 조속기, 입구밸브, 제압기, 운전제어장치 등의 조작에 필요한 압유를 공급하는 장치를 말하며 유압펌프, 유압탱크, 집유탱크 냉각장치, 유관 등을 포함한다.
- “윤활설비”란 수차(펌프수차) 및 발전기(발전전동기)의 각 베어링 및 습동부에 윤활유를 급유하는 설비를 말하며, 윤활유 펌프, 윤활유 탱크, 유냉각장치, 그리스 윤활장치, 유관 등을 포함하는 것으로 한다.
- “이격거리”란 떨어져야 할 물체의 표면간의 최단거리를 말한다.
- “인하도선시스템(Down-conductor System)”이란 뇌전류를 수뢰부시스템에서 접지극으로 흘리기 위한 외부피뢰시스템의 일부를 말한다.
- “임펄스내전압(Impulse Withstand Voltage)”이란 지정된 조건하에서 절연파괴를 일으키지 않는 규정된 파형 및 극성의 임펄스전압의 최대 파고 값 또는 충격내전압을 말한다.
- “입구밸브”란 수차(펌프수차)에 통수 또는 단수할 목적으로 수차(펌프수차)의 고압측 지정점 부근에 설치한 밸브를 말하며 주밸브, 바이패스밸브(Bypass Valve), 서보모터(Servomotor), 제어장치 등으로 구성된다.
- “전기철도용 급전선”이란 전기철도용 변전소로부터 다른 전기철도용 변전소 또는 전차선에 이르는 전선을 말한다.

“전기철도용 급전선로”란 전기철도용 급전선 및 이를 지지하거나 수용하는 시설물을 말한다.

“접근상태”란 제1차 접근상태 및 제2차 접근상태를 말한다.

- (1) “제1차 접근상태”란 가공 전선이 다른 시설물과 접근(병행하는 경우를 포함하며 교차하는 경우 및 동일 지지물에 시설하는 경우를 제외한다. 이하 같다)하는 경우에 가공 전선이 다른 시설물의 위쪽 또는 옆쪽에서 수평거리로 가공 전선로의 지지물의 지표상의 높이에 상당하는 거리 안에 시설(수평 거리로 3 m 미만인 곳에 시설되는 것을 제외한다)됨으로써 가공 전선로의 전선의 절단, 지지물의 도괴 등의 경우에 그 전선이 다른 시설물에 접촉할 우려가 있는 상태를 말한다.
- (2) “제2차 접근상태”란 가공 전선이 다른 시설물과 접근하는 경우에 그 가공 전선이 다른 시설물의 위쪽 또는 옆쪽에서 수평 거리로 3 m 미만인 곳에 시설되는 상태를 말한다.

“접속설비”란 공용 전력계통으로부터 특정 분산형전원 전기설비에 이르기까지의 전선로와 이에 부속하는 개폐장치, 모선 및 기타 관련 설비를 말한다.

“접지도체”란 계통, 설비 또는 기기의 한 점과 접지극 사이의 도전성 경로 또는 그 경로의 일부가 되는 도체를 말한다.

“접지시스템(Earthing System)”이란 기기나 계통을 개별적 또는 공통으로 접지하기 위하여 필요한 접속 및 장치로 구성된 설비를 말한다.

“접지전위 상승(EPR, Earth Potential Rise)”이란 접지계통과 기준대지 사이의 전위차를 말한다.

“접촉범위(Arm's Reach)”란 사람이 통상적으로 서있거나 움직일 수 있는 바닥면상의 어떤 점에서라도 보조장치의 도움 없이 손을 뻗어서 접촉이 가능한 접근구역을 말한다.

“정격전압”이란 발전기가 정격운전상태에 있을 때, 동기기 단자에서의 전압을 말한다.

“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.

“조속기”란 수차의 회전속도 및 출력을 조정하기 위하여 자동적으로 수구 개도를 가감하는 장치를 말하며, 속도검출부, 배압밸브, 서보모터, 복원부, 속도제어부, 부하 제어부, 수동조작 기구 등으로 구성된다.

“중성선 다중접지 방식”이란 전력계통의 중성선을 대지에 다중으로 접속하고, 변압기의 중성점을 그 중성선에 연결하는 계통접지 방식을 말한다.

“지락전류(Earth Fault Current)”란 충전부에서 대지 또는 고장점(지락점)의 접지된 부분으로 흐르는 전류를 말하며, 지락에 의하여 전로의 외부로 유출되어 화재, 사람

이나 동물의 감전 또는 전로나 기기의 손상 등 사고를 일으킬 우려가 있는 전류를 말한다.

“**지중 관로**”란 지중 전선로·지중 약전류 전선로·지중 광섬유 케이블 선로·지중에 시설하는 수관 및 가스관과 이와 유사한 것 및 이들에 부속하는 지중함 등을 말한다.

“**지진력**”이란 지진이 발생할 경우 지진에 의해 구조물에 작용하는 힘을 말한다.

“**충전부(Live Part)**”란 통상적인 운전 상태에서 전압이 걸리도록 되어 있는 도체 또는 도전부를 말한다. 중성선을 포함하나 PEN 도체, PEM 도체 및 PEL 도체는 포함하지 않는다.

“**특별저압(ELV, Extra Low Voltage)**”이란 인체에 위험을 초래하지 않을 정도의 저압을 말한다. 여기서 SELV(Safety Extra Low Voltage)는 비접지회로에 해당되며, PELV(Protective Extra Low Voltage)는 접지회로에 해당된다.

“**펌프수차**”란, 수차 및 펌프 양쪽에 가역적으로 사용하는 회전기계를 말하며, 펌프 수차 본체와 부속장치로 구성된다.

(1) “**펌프수차본체**”란 일반적으로 케이싱, 커버, 가이드베인, 러너, 흡출관, 주축, 주축 베어링 등으로 구성된다.

(2) “**부속장치**”란 일반적으로 입구밸브, 조속기, 유압장치, 윤활유장치, 급수장치, 배수장치, 흡출관 수면압하장치, 운전제어장치 등으로 구성된다.

“**피뢰등전위본딩(Lightning Equipotential Bonding)**”이란 뇌전류에 의한 전위차를 줄이기 위해 직접적인 도전접속 또는 서지보호장치를 통하여 분리된 금속부를 피뢰시스템에 본딩하는 것을 말한다.

“**피뢰레벨(LPL, Lightning Protection Level)**”이란 자연적으로 발생하는 뇌방전을 초과하지 않는 최대 그리고 최소 설계 값에 대한 확률과 관련된 일련의 뇌격전류 매개변수(파라미터)로 정해지는 레벨을 말한다.

“**피뢰시스템(LPS, lightning protection system)**”이란 구조물 뇌격으로 인한 물리적 손상을 줄이기 위해 사용되는 전체시스템을 말하며, 외부피뢰시스템과 내부피뢰시스템으로 구성된다.

“**피뢰시스템의 자연적 구성부재(Natural Component of LPS)**”란 피뢰의 목적으로 특별히 설치하지는 않았으나 추가로 피뢰시스템으로 사용될 수 있거나, 피뢰시스템의 하나 이상의 기능을 제공하는 도전성 구성부재

“**하중**”이란 구조물 또는 부재에 응력 및 변형을 발생시키는 일체의 작용을 말한다.

“**활동**”이란 흙에서 전단파괴가 일어나서 어떤 연결된 면을 따라서 엇갈림이 생기는 현상을 말한다.

“**PEN 도체(protective earthing conductor and neutral conductor)**”란 교류회로에서 중성선 겸용 보호도체를 말한다.

“PEM 도체(protective earthing conductor and a mid-point conductor)”란 직류회로에서 중간선 검용 보호도체를 말한다.

“PEL 도체(protective earthing conductor and a line conductor)”란 직류회로에서 선도체 검용 보호도체를 말한다.

113 안전을 위한 보호

113.1 일반 사항

안전을 위한 보호의 기본 요구사항은 전기설비를 적절히 사용할 때 발생할 수 있는 위험과 장애로부터 인축 및 재산을 안전하게 보호함을 목적으로 하고 있다. 가축의 안전을 제공하기 위한 요구사항은 가축을 사육하는 장소에 적용할 수 있다.

113.2 감전에 대한 보호

1. 기본보호

기본보호는 일반적으로 직접접촉을 방지하는 것으로, 전기설비의 충전부에 인축이 접촉하여 일어날 수 있는 위험으로부터 보호되어야 한다. 기본보호는 다음 중 어느 하나에 적합하여야 한다.

가. 인축의 몸을 통해 전류가 흐르는 것을 방지

나. 인축의 몸에 흐르는 전류를 위험하지 않는 값 이하로 제한

2. 고장보호

고장보호는 일반적으로 기본절연의 고장에 의한 간접접촉을 방지하는 것이다.

가. 노출도전부에 인축이 접촉하여 일어날 수 있는 위험으로부터 보호되어야 한다.

나. 고장보호는 다음 중 어느 하나에 적합하여야 한다.

(1) 인축의 몸을 통해 고장전류가 흐르는 것을 방지

(2) 인축의 몸에 흐르는 고장전류를 위험하지 않는 값 이하로 제한

(3) 인축의 몸에 흐르는 고장전류의 지속시간을 위험하지 않은 시간까지로 제한

113.3 열 영향에 대한 보호

고온 또는 전기 아크로 인해 가연물이 발화 또는 손상되지 않도록 전기설비를 설치하여야 한다. 또한 정상적으로 전기기기가 작동할 때 인축이 화상을 입지 않도록 하여야 한다.

113.4 과전류에 대한 보호

1. 도체에서 발생할 수 있는 과전류에 의한 과열 또는 전기·기계적 응력에 의한 위험으로부터 인축의 상해를 방지하고 재산을 보호하여야 한다.

2. 과전류에 대한 보호는 과전류가 흐르는 것을 방지하거나 과전류의 지속시간을 위험하지 않는 시간까지로 제한함으로써 보호할 수 있다.

113.5 고장전류에 대한 보호

1. 고장전류가 흐르는 도체 및 다른 부분은 고장전류로 인해 허용온도 상승 한계에 도달하지 않도록 하여야 한다. 도체를 포함한 전기설비는 인축의 상해 또는 재산의 손실을 방지하기 위하여 보호장치가 구비되어야 한다.
2. 도체는 113.4에 따라 고장으로 인해 발생하는 과전류에 대하여 보호되어야 한다.

113.6 과전압 및 전자기 장애에 대한 대책

1. 회로의 충전부 사이의 결함으로 발생한 전압에 의한 고장으로 인한 인축의 상해가 없도록 보호하여야 하며, 유해한 영향으로부터 재산을 보호하여야 한다.
2. 저전압과 뒤이은 전압 회복의 영향으로 발생하는 상해로부터 인축을 보호하여야 하며, 손상에 대해 재산을 보호하여야 한다.
3. 설비는 규정된 환경에서 그 기능을 제대로 수행하기 위해 전자기 장애로부터 적절한 수준의 내성을 가져야 한다. 설비를 설계할 때는 설비 또는 설치 기기에서 발생하는 전자기 방사량이 설비 내의 전기사용기기와 상호 연결 기기들이 함께 사용되는 데 적합한지를 고려하여야 한다.

113.7 전원공급 중단에 대한 보호

전원공급 중단으로 인해 위험과 피해가 예상되면, 설비 또는 설치기기에 적절한 보호장치를 구비하여야 한다.

(120 전선)

121 전선의 선정 및 식별

121.1 전선 일반 요구사항 및 선정

1. 전선은 통상 사용 상태에서의 온도에 견디는 것이어야 한다.
2. 전선은 설치장소의 환경조건에 적절하고 발생할 수 있는 전기·기계적 응력에 견디는 능력이 있는 것을 선정하여야 한다.
3. 전선은 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 것 이외에는 한국산업표준(이하 “KS” 라 한다)에 적합한 것을 사용하여야 한다.

121.2 전선의 식별

1. 전선의 색상은 표 121.2-1에 따른다.

표 121.2-1 전선식별

상(문자)	색상
L1	갈색
L2	흑색
L3	회색
N	청색
보호도체	녹색-노란색

2. 색상 식별이 종단 및 연결 지점에서만 이루어지는 나도체 등은 전선 종단부에 색상이 반영구적으로 유지될 수 있는 도색, 밴드, 색 테이프 등의 방법으로 표시해야 한다.
3. 제1 및 제2를 제외한 전선의 식별은 KS C IEC 60445(인간과 기계 간 인터페이스, 표시 식별의 기본 및 안전원칙—장비단자, 도체단자 및 도체의 식별)에 적합하여야 한다.

122 전선의 종류

122.1 절연전선

1. 저압 절연전선은 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 것 이외에는 KS에 적합한 것으로서 450/750 V 비닐절연전선 · 450/750 V 저독성 난연 폴리올레핀 절연전선 · 450/750 V 저독성 난연 가교폴리올레핀절연전선 · 450/750 V 고무절연전

선을 사용하여야 한다.

2. 고압·특고압 절연전선은 KS에 적합한 또는 동등 이상의 전선을 사용하여야 한다.
3. 제1 및 제2에 따른 절연전선은 다음 절연전선인 경우에는 예외로 한다.

가. 234.13.3의 1의 “가”에 의한 절연전선

나. 241.14.3의 1의 “나”의 단서에 의한 절연전선

다. 241.14.3의 4의 “나”에 의하여 241.14.3의 1의 “나”의 단서에 의한 절연전선

라. 341.4의 1의 “바”에 의한 특고압인하용 절연전선

122.2 코드

1. 코드는 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」에 의한 안전인증을 취득한 것을 사용하여야 한다.
2. 코드는 이 규정에서 허용된 경우에 한하여 사용할 수 있다.

122.3 캡타이어케이블

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

122.4 저압케이블

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, 클로로프렌외장(外裝)케이블, 비닐외장케이블, 폴리에틸렌외장케이블, 무기물 절연케이블, 금속외장케이블, 저독성 난연 폴리올레핀외장케이블, 300/500 V 연결 비닐시스케이블, 제2에 따른 유선텔레비전용 급전겸용 동축 케이블(그 외부도체를 접지하여 사용하는 것에 한한다)을 사용하여야 한다. 다만, 다음의 케이블을 사용하는 경우에는 예외로 한다.

가. 232.82에 따른 선박용 케이블

나. 232.89에 따른 엘리베이터용 케이블

다. 234.13 또는 241.14에 따른 통신용 케이블

라. 241.10의 “라”에 따른 용접용 케이블

마. 241.12.1의 “다”에 따른 발열선 접속용 케이블

바. 335.4의 2에 따른 물밀케이블

2. 유선텔레비전용 급전겸용 동축케이블은 KS C 3339(2012)[CATV용(급전겸용) 알루미늄파이프형 동축케이블]에 적합한 것을 사용한다.

122.5 고압 및 특고압케이블

1. 사용전압이 고압인 전로(전기기계기구 안의 전로를 제외한다)의 전선으로 사용하는 케이블은 KS에 적합한 것으로 연피케이블·알루미늄피케이블·클로로프렌외장케이블·비닐외장케이블·폴리에틸렌외장케이블·저독성 난연 폴리올레핀외장케이블·콤바인 덕트 케이블 또는 KS에서 정하는 성능 이상의 것을 사용하여야 한다. 다만, 고압 가공전선에 반도체성 외장 조가용 고압케이블을 사용하는 경우, 241.13의 1의 “가” (1)에 따라 비행장등화용 고압케이블을 사용하는 경우 또는 물밑전선로의 시설에 따라 물밑케이블을 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다.
2. 사용전압이 특고압인 전로(전기기계기구 안의 전로를 제외한다)에 전선으로 사용하는 케이블은 절연체가 에틸렌 프로필렌고무혼합물 또는 가교폴리에틸렌 혼합물인 케이블로서 선심 위에 금속제의 전기적 차폐층을 설치한 것이거나 파이프형 압력 케이블·연피케이블·알루미늄피케이블 그 밖의 금속피복을 한 케이블을 사용하여야 한다. 다만, 물밑전선로의 시설에서 특고압 물밑전선로의 전선에 사용하는 케이블에는 절연체가 에틸렌 프로필렌고무혼합물 또는 가교폴리에틸렌 혼합물인 케이블로서 금속제의 전기적 차폐층을 설치하지 아니한 것을 사용할 수 있다.
3. 특고압 전로의 다중접지 지중 배전계통에 사용하는 동심중성선 전력케이블은 다음에 적합한 것을 사용하여야 한다.

가. 최대사용전압은 25.8 kV 이하일 것.

나. 도체는 연동선 또는 알루미늄선을 소선으로 구성한 원형 압축연선으로 할 것. 연선 작업 전의 연동선 및 알루미늄선의 기계적, 전기적 특성은 각각 KS C 3101(전기용 연동선) 및 KS C 3111(전기용 경알루미늄선) 또는 이와 동등 이상이어야 한다. 도체 내부의 홈에는 물이 쉽게 침투하지 않도록 수밀 혼합물(컴파운드, 파우더 또는 수밀 테이프)을 충전할 것.

다. 절연체는 동심원상으로 동시압출(3중 동시압출)한 내부 반도체층, 절연층 및 외부 반도체층으로 구성하여야 하며, 건식 방식으로 가교할 것.

- (1) 내부 반도체층은 흑색의 반도체 열경화성 컴파운드를 사용하며, 도체 위에 동심원상으로 완전 밀착되도록 압출성형하고, 도체와는 쉽게 분리되어야 한다. 도체에 접하는 부분에는 반도체성 테이프에 의한 세퍼레이터를 둘 수 있다.
- (2) 절연층은 가교폴리에틸렌(XLPE) 또는 수트리억제 가교폴리에틸렌(TR-XLPE)을 사용하며, 도체 위에 동심원상으로 형성할 것.
- (3) 외부 반도체층은 흑색의 반도체 열경화성 컴파운드를 사용하며, 절연층과 밀착되고 균일하게 압출성형하며, 접속작업 시 제거가 용이하도록 절연층과 쉽게 분리되어야 한다.

라. 중성선 수밀층은 물이 침투하면 자기부풀음성을 갖는 부풀음 테이프를 사용하며, 구조는 다음 중 하나에 따라야 한다.

- (1) 충실외피를 적용한 충실 케이블은 반도체성 부풀음 테이프를 외부 반도체층 위에 둘 것.
 - (2) 충실외피를 적용하지 않은 케이블은 중성선 아래 및 위에 두며, 중성선 아래층은 반도체성으로 할 것.
- 마. 중성선은 반도체성 부풀음 테이프 위에 형성하여야 하며, 꼬임방향은 Z 또는 S-Z 꼬임으로 할 것. 충실외피를 적용한 충실 케이블의 S-Z 꼬임의 경우 중성선위에 적당한 바인더 실을 감을 수 있다. 피치는 중성선 층 외경의 6~10배로 꼬임할 것.
- 바. 외피
- (1) 충실외피를 적용한 충실 케이블은 중성선 위에 흑색의 폴리에틸렌(PE)을 동심원상으로 압출 피복하여야 하며, 중성선의 소선 사이에도 틈이 없도록 폴리에틸렌으로 채울 것. 외피 두께는 중성선 위에서 측정하여야 한다.
 - (2) 충실외피를 적용하지 않은 케이블은 중성선 위에 흑색의 폴리염화비닐(PVC) 또는 할로젠 프리 폴리올레핀을 동심원상으로 압출 피복할 것.

122.6 나전선 등

나전선(버스덕트의 도체, 기타 구부리기 어려운 전선, 라이팅덕트의 도체 및 절연트롤리선의 도체를 제외한다) 및 지선·가공지선·보호도체·보호망·전력보안 통신용 약전류전선 기타의 금속선(절연전선·캡타이어케이블 및 241.14.3의 1의 “나” 단서에 따라 사용하는 피복선을 제외한다)은 KS에 적합한 것을 사용하여야 한다.

123 전선의 접속

전선을 접속하는 경우에는 234.9 또는 241.14의 규정에 의하여 시설하는 경우 이외에는 전선의 전기저항을 증가시키지 아니하도록 접속 하여야 하며, 또한 다음에 따라야 한다.

1. 나전선 상호 또는 나전선과 절연전선 또는 캡타이어 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 적용하지 않는다.
 - 나. 접속부분은 접속관 기타의 기구를 사용할 것. 다만, 가공전선 상호, 전차선 상호 또는 광산의 갱도 안에서 전선 상호를 접속하는 경우에 기술상 곤란할 때에는 적용하지 않는다.
2. 절연전선 상호·절연전선과 코드, 캡타이어 케이블과 접속하는 경우에는 제1의 규정에 준하는 이외에 접속되는 절연전선의 절연물과 동등 이상의 절연성능이 있는 접속기를 사용하거나 접속부분을 그 부분의 절연전선의 절연물과 동등 이상의 절연

성능이 있는 것으로 충분히 피복할 것.

3. 코드 상호, 캡타이어 케이블 상호 또는 이들 상호를 접속하는 경우에는 코드 접속기·접속함 기타의 기구를 사용할 것. 다만 공칭단면적이 10 mm² 이상인 캡타이어 케이블 상호를 접속하는 경우에는 접속부분을 제1 및 제2의 규정에 준하여 시설하고 또한, 절연피복을 완전히 유화(硫化)하거나 접속부분의 위에 견고한 금속제의 방호장치를 할 때 또는 금속 피복이 아닌 케이블 상호를 제1 및 제2의 규정에 준하여 접속하는 경우에는 적용하지 않는다.
4. 도체에 알루미늄(알루미늄 합금을 포함한다. 이하 같다)을 사용하는 전선과 동(동합금을 포함한다.)을 사용하는 전선을 접속하는 등 전기화학적 성질이 다른 도체를 접속하는 경우에는 접속부분에 전기적 부식(電氣的腐蝕)이 생기지 않도록 할 것.
5. 도체에 알루미늄을 사용하는 절연전선 또는 케이블을 옥내배선·옥측배선 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. 두 개 이상의 전선을 병렬로 사용하는 경우에는 다음에 의하여 시설할 것.
 - 가. 병렬로 사용하는 각 전선의 굵기는 동선 50 mm² 이상 또는 알루미늄 70 mm² 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 60454(전기용 점착 테이프)에 적합한 것을 사용할 것.

(130 전로의 절연)

131 전로의 절연 원칙

전로는 다음 이외에는 대지로부터 절연하여야 한다.

1. 수용장소의 인입구의 접지, 고압 또는 특고압과 저압의 혼축에 의한 위험방지 시설, 피뢰기의 접지, 특고압 가공전선로의 지지물에 시설하는 저압 기계기구 등의 시설, 옥내에 시설하는 저압 접촉전선 공사 또는 아크 용접장치의 시설에 따라 저압전로에 접지공사를 하는 경우의 접지점
2. 고압 또는 특고압과 저압의 혼축에 의한 위험방지 시설, 전로의 중성점의 접지 또는 옥내의 네온 방전등 공사에 따라 전로의 중성점에 접지공사를 하는 경우의 접지점
3. 계기용변성기의 2차측 전로의 접지에 따라 계기용변성기의 2차측 전로에 접지공사를 하는 경우의 접지점
4. 특고압 가공전선과 저고압 가공전선의 병가에 따라 저압 가공 전선의 특고압 가공 전선과 동일 지지물에 시설되는 부분에 접지공사를 하는 경우의 접지점
5. 중성점이 접지된 특고압 가공선로의 중성선에 25 kV 이하인 특고압 가공전선로의 시설에 따라 다중 접지를 하는 경우의 접지점
6. 파이프라인 등의 전열장치의 시설에 따라 시설하는 소구경관(박스를 포함한다)에 접지공사를 하는 경우의 접지점
7. 저압전로와 사용전압이 300 V 이하의 저압전로[자동제어회로·원방조작회로·원방감시 장치의 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, 기구 등의 전로의 절연내력 단서에 규정하는 전력선 반송용 결합 리액터, 전기울타리의 시설에 규정하는 전기울타리용 전원장치, 엑스선발생장치(엑스선관, 엑스선관용변압기, 음극 가열용 변압기 및 이의 부속 장치와 엑스선관 회로의 배선을 말한다. 이하 같다), 전기부식방지 시설에 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·전기로·전기보일러·전해조 등 대지로부터 절연하는 것이 기술상 곤란한 것.
9. 저압 옥내직류 전기설비의 접지에 의하여 직류계통에 접지공사를 하는 경우의 접지점

132 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 1 mA 이하이면 그 전로의 절연성능은 적합한 것으로 본다.

- 고압 및 특고압의 전로(131, 회전기, 정류기, 연료전지 및 태양전지 모듈의 전로, 변압기의 전로, 기구 등의 전로 및 직류식 전기철도용 전차선을 제외한다)는 표 132-1에서 정한 시험전압을 전로와 대지 사이(다심케이블은 심선 상호 간 및 심선과 대지 사이)에 연속하여 10분간 가하여 절연내력을 시험하였을 때에 이에 견디어야 한다. 다만, 전선에 케이블을 사용하는 교류 전로로서 표 132-1에서 정한 시험전압의 2배의 직류전압을 전로와 대지 사이(다심케이블은 심선 상호 간 및 심선과 대지 사이)에 연속하여 10분간 가하여 절연내력을 시험하였을 때에 이에 견디는 것에 대하여는 그러하지 아니하다.

표 132-1 전로의 종류 및 시험전압

전 로 의 종 류	시 험 전 압
1. 최대사용전압 7 kV 이하인 전로	최대사용전압의 1.5배의 전압
2. 최대사용전압 7 kV 초과 25 kV 이하인 중성점 접지식 전로(중성선을 가지는 것으로서 그 중성선을 다중접지 하는 것에 한한다)	최대사용전압의 0.92배의 전압
3. 최대사용전압 7 kV 초과 60 kV 이하인 전로(2란의 것을 제외한다)	최대사용전압의 1.25배의 전압(10.5 kV 미만으로 되는 경우는 10.5 kV)
4. 최대사용전압 60 kV 초과 중성점 비접지식전로(전위 변성기를 사용하여 접지하는 것을 포함한다)	최대사용전압의 1.25배의 전압
5. 최대사용전압 60 kV 초과 중성점 접지식 전로(전위 변성기를 사용하여 접지하는 것 및 6란과 7란의 것을 제외한다)	최대사용전압의 1.1배의 전압 (75 kV 미만으로 되는 경우에는 75 kV)
6. 최대사용전압이 60 kV 초과 중성점 직접접지식 전로(7란의 것을 제외한다)	최대사용전압의 0.72배의 전압
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 132-1의 8에 따른 직류 저압측 전로의 절연내력시험 전압의 계산방법은 다음과 같
이 한다.

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

E : 교류 시험 전압(V 를 단위로 한다)

V : 역변환기의 전류 실패 시 중성선 또는 귀선이 되는 전로에 나타나는 교류성 이
상전압의 파고 값(V 를 단위로 한다). 다만, 전선에 케이블을 사용하는 경우 시
험전압은 E 의 2배의 직류전압으로 한다.

3. 최대사용전압이 60 kV를 초과하는 중성점 직접접지식 전로에 사용되는 전력케이블
은 정격전압을 24시간 가하여 절연내력을 시험하였을 때 이에 견디는 경우, 제2의
규정에 의하지 아니할 수 있다(참고표준: IEC 62067 및 IEC 60840).
4. 최대사용전압이 170 kV를 초과하고 양단이 중성점 직접접지 되어 있는 지중전선로
는, 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 제2의 규정에 의하지 아니할 수 있다.
5. 특고압전로와 관련되는 절연내력은 설치하는 기기의 종류별 시험성적서 확인 또는
절연내력 확인방법에 적합한 시험 및 측정을 하고 결과가 적합한 경우에는 제2(표
132-1의 1을 제외한다)의 규정에 의하지 아니할 수 있다.
6. 고압 및 특고압의 전로에 전선으로 사용하는 케이블의 절연체가 XLPE 등 고분자재
료인 경우 0.1 Hz 정현파전압을 상전압의 3배 크기로 전로와 대지사이에 연속하여
1시간 가하여 절연내력을 시험하였을 때에 이에 견디는 것에 대하여는 제2의 규정
에 따르지 아니할 수 있다.

133 회전기 및 정류기의 절연내력

회전기 및 정류기는 표 133-1에서 정한 시험방법으로 절연내력을 시험하였을 때에 이
에 견디어야 한다. 다만, 회전변류기 이외의 교류의 회전기로 표 133-1에서 정한 시험
전압의 1.6배의 직류전압으로 절연내력을 시험하였을 때 이에 견디는 것을 시설하는
경우에는 그러하지 아니하다.

표 133-1 회전기 및 정류기 시험전압

종 류			시 험 전 압	시 험 방 법
회 전 기	발전기·전동기·조상기·기타회전기(회전변류기를 제외한다)	최대사용전압 7 kV 이하	최대사용전압의 1.5배의 전압(500 V 미만으로 되는 경우에는 500 V)	권선과 대지 사이에 연속하여 10분간 가한다.
		최대사용전압 7 kV 초과	최대사용전압의 1.25배의 전압(10.5 kV 미만으로 되는 경우에는 10.5 kV)	
	회전변류기		직류측의 최대사용전압의 1배의 교류전압(500 V 미만으로 되는 경우에는 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.
	최대사용전압 60 kV 초과		교류측의 최대사용전압의 1.1배의 교류전압 또는 직류측의 최대사용전압의 1.1배의 직류전압	교류측 및 직류고전압측 단자와 대지 사이에 연속하여 10분간 가한다.

134 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 대지사이에 연속하여 10분간 가하여 절연내력을 시험하였을 때에 이에 견디는 것이어야 한다.

135 변압기 전로의 절연내력

1. 변압기[방전등용 변압기·엑스선관용 변압기·흡상 변압기·시험용 변압기·계기용변성기와 241.9에 규정(241.9.1의 2 제외)하는 전기집진 응용장치용의 변압기 기타 특수 용도에 사용되는 것을 제외한다. 이하 같다]의 전로는 표 135-1에서 정하는 시험전압 및 시험방법으로 절연내력을 시험하였을 때에 이에 견디어야 한다.

표 135-1 변압기 전로의 시험전압

권 선 의 종 류	시 험 전 압	시 험 방 법
1. 최대 사용전압 7 kV 이하	최대 사용전압의 1.5배의 전압(500 V 미만으로 되는 경우에는 500 V) 다만, 중성점이 접지되고 다중접지	시험되는 권선과 다른 권선, 철심 및 외함 간에 시험전압을 연속하여 10분간 가한다.

권 선 의 종 류	시 험 전 압	시 험 방 법
	된 중성선을 가지는 전로에 접속하는 것은 0.92배의 전압(500 V 미만으로 되는 경우에는 500 V)	
2. 최대 사용전압 7 kV 초과 25 kV 이하의 권선으로서 중성점접지식전로(중성선을 가지는 것으로서 그 중성선에 다중접지를 하는 것에 한한다)에 접속하는 것.	최대 사용전압의 0.92배의 전압	
3. 최대 사용전압 7 kV 초과 60 kV 이하의 권선(2란의 것을 제외한다)	최대 사용전압의 1.25배의 전압(10.5 kV 미만으로 되는 경우에는 10.5 kV)	
4. 최대 사용전압이 60 kV를 초과하는 권선으로서 중성점 비접지식 전로(전위 변성기를 사용하여 접지하는 것을 포함한다. 8란의 것을 제외한다)에 접속하는 것.	최대 사용전압의 1.25배의 전압	
5. 최대 사용전압이 60 kV를 초과하는 권선(성형결선, 또는 스코트결선의 것에 한한다)으로서 중성점 접지식 전로(전위 변성기를 사용하여 접지하는 것, 6란 및 8란의 것을 제외한다)에 접속하고 또한 성형결선의 권선의 경우에는 그 중성점에, 스코트결선의 권선의 경우에는 T좌권선과 주좌권선의 접속점에 피뢰기를 시설하는 것.	최대 사용전압의 1.1배의 전압 (75 kV 미만으로 되는 경우에는 75 kV)	시험되는 권선의 중성점단자(스코트결선의 경우에는 T좌권선과 주좌권선의 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 시험전압을 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(스코트결선의 경우에는 0.96배)의 전압을 연속하여 10분간 가할 수 있다.
6. 최대 사용전압이 60 kV를 초과하는 권선(성형	최대 사용전압의 0.72배의 전압	시험되는 권선의 중성점단자, 다른 권선(다른 권선이 2개 이상 있

권 선 의 종 류	시 험 전 압	시 험 방 법
결선의 것에 한한다. 8란의 것을 제외한다)으로서 중성점 직접접지식 전로에 접속하는 것. 다만, 170 kV를 초과하는 권선에는 그 중성점에 피뢰기를 시설하는 것에 한한다.		는 경우에는는 각 권선)의 임의의 1단자, 철심 및 외함을 접지하고 시험되는 권선의 중성점 단자 이외의 임의의 1단자와 대지 사이에 시험전압을 연속하여 10분간 가한다. 이 경우에 중성점에 피뢰기를 시설하는 것에 있어서는 다시 중성점 단자의 대지 간에 최대사용전압의 0.3배의 전압을 연속하여 10분간 가한다.
7. 최대 사용전압이 170 kV를 초과하는 권선(성형 결선의 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 교류 전압 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(75 kV 미만으로 되는 경우는 75 kV)	시험되는 권선과 다른 권선, 철심 및 외함 간에 시험전압을 연속하여 10분간 가한다.

2. 특고압전로와 관련되는 절연내력은 설치하는 기기의 종류별 시험성적서 확인 또는 절연내력 확인방법에 적합한 시험 및 측정을 하고 결과가 적합한 경우에는 제1의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

136 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 “기구 등의 전로”라 한다)은 표 136-1에서 정하는 시험전압을 충전 부분과 대지 사이(다심케이블은 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·재기전압 억제용 커패시터·피뢰기 또는 전력선반송용 결합리액터로서 다음에 따른 표준에 적합한 것 혹은 전선에 케이블을 사용하는 기계기구

의 교류의 접속선 또는 모선으로서 표 136-1에서 정한 시험전압의 2배의 직류전압을 충전부분과 대지 사이(다심케이블에서는 심선 상호 간 및 심선과 대지 사이)에 연속하여 10분간 가하여 절연내력을 시험하였을 때에 이에 견디도록 시설할 때에는 그러하지 아니하다.

표 136-1 기구 등의 전로의 시험전압

종 류	시 험 전 압
1. 최대 사용전압이 7 kV 이하인 기구 등의 전로	최대 사용전압이 1.5배의 전압(직류의 충전 부분에 대하여는 최대 사용전압의 1.5배의 직류 전압 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 (10.5 kV 미만으로 되는 경우에는 10.5 kV)
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 접지식 전로(전위변성기를 사용하여 접지하는 것을 제외한다)에 접속하는 것.(7란과 8란의 것을 제외한다)	최대 사용전압의 1.1배의 전압 (75 kV 미만으로 되는 경우에는 75 kV)
6. 최대 사용전압이 170 kV를 초과하는 기구 등의 전로로서 중성점 직접접지식 전로에 접속하는 것(7란과 8란의 것을 제외한다)	최대 사용전압의 0.72배의 전압
7. 최대 사용전압이 170 kV를 초과하는 기구 등의 전로로서 중성점 직접접지식 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 3100-2에서 규정하는 계산식으로 구한 값.

- 가. 단서의 규정에 의한 접지형계기용변압기의 표준은 KS C 1706(2013)[계기용변성기 (표준용 및 일반 계기용)]의 “6.2.3 내전압” 또는 KS C 1707(2011)[계기용변성기 (전력수급용)]의 “6.2.4 내전압”에 적합할 것.
- 나. 단서의 규정에 의한 전력선 반송용 결합커패시터의 표준은 고압단자와 접지된 저압단자간 및 저압단자와 외함 간의 내전압이 각각 KS C 1706(2013)[계기용변성기 (표준용 및 일반 계기용)]의 “6.2.3 내전압”에 규정하는 커패시터형 계기용변압기의 주 커패시터 단자 간 및 1차 접지측 단자와 외함 간의 내전압의 표준에 준할 것.
- 다. 단서의 규정에 의한 뇌서지흡수용 커패시터·지락검출용 커패시터·재기전압억제용 커패시터의 표준은 다음과 같다.
- (1) 사용전압이 고압 또는 특고압일 것.
 - (2) 고압단자 또는 특고압단자 및 접지된 외함 사이에 표 136-2에서 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.
- (가) 교류전압에서는 1분간
- (나) 직류전압에서는 10초간

표 136-2 뇌서지흡수용·지락검출용·재기전압억제용 커패시터의 시험전압

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
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

A: B 또는 C 이외의 경우

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

C: 피뢰기 등의 보호장치의 보호범위 외에 시설되는 경우

라. 단서의 규정에 의한 직렬 갭이 있는 피뢰기의 표준은 다음과 같다.

- (1) 건조 및 주수상태에서 2분 이내의 시간간격으로 10회 연속하여 상용주파 방전개시전압을 측정하였을 때 표 136-3의 상용주파 방전개시전압의 값 이상일 것.
- (2) 직렬 갭 및 특성요소를 수납하기 위한 자기용기 등 평상시 또는 동작시에 전압이 인가되는 부분에 대하여 표 136-3의 “상용주파전압”을 건조상태에서 1분간, 주수상태에서 10초간 가할 때 섬락 또는 파괴되지 아니할 것.
- (3) (2)와 동일한 부분에 대하여 표 136-3의 “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.
- (4) 건조 및 주수상태에서 표 136-3의 “뇌임펄스 방전개시전압(표준)”을 정·부양극성으로 각각 10회 인가하였을 때 모두 방전하고 또한, 정·부양극성의 뇌임펄스전압에 의하여 방전개시전압과 방전개시시간의 특성을 구할 때 $0.5 \mu s$ 에서의 전압 값은 같은 표의 “뇌임펄스방전개시전압($0.5 \mu s$)”의 값 이하일 것.
- (5) 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 136-3의 “제한전압”의 값 이하일 것.

마. 단서의 규정에 의한 전력선 반송용 결합리액터의 표준은 다음과 같다.

- (1) 사용전압은 고압일 것.
- (2) 60 Hz의 주파수에 대한 임피던스는 사용전압의 구분에 따라 전압을 가하였을 때에 표 136-4에서 정한 값 이상일 것.
- (3) 권선과 철심 및 외함 간에 최대사용전압이 1.5배의 교류전압을 연속하여 10분간 가하였을 때에 (이에) 견딜 것

2. 특고압전로와 관련되는 절연내력은 설치하는 기기의 종류별 시험성적서 확인 또는 절연내력 확인방법에 적합한 시험 및 측정을 하고 결과가 적합한 경우에는 제1의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

표 136-3 직렬 갭이 있는 피뢰기의 상용주파 방전개시전압

피뢰기 정격전압 (실효값) [kV]	상용주파 방전 개시전압 (실효값) [kV]	내전압[kV]			충격방전 개시전압 (파고값)[kV]		제한전압(파고값) [kV]		
		상용주파 전압 (실효값) [kV]	충격전압 (파고값)[kV]						
				1.2× 50 μs	250× 2500 μs	1.2× 50 μs	250× 2500 μs	10 kA	5 kA
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 주수시험 시 적용

표 136-4 전력선 반송용 결합리액터의 판정 임피던스

사용전압의 구분	전 압	임피던스
3.5 kV 이하	2 kV	500 kΩ
3.5 kV 초과	4 kV	1,000 kΩ

(140 접지시스템)

141 접지시스템의 구분 및 종류

1. 접지시스템은 계통접지, 보호접지, 피뢰시스템 접지 등으로 구분한다.
2. 접지시스템의 시설 종류에는 단독접지, 공통접지, 통합접지가 있다.

142 접지시스템의 시설

142.1 접지시스템의 구성요소 및 요구사항

142.1.1 접지시스템 구성요소

1. 접지시스템은 접지극, 접지도체, 보호도체 및 기타 설비로 구성하고, 140에 의하는 것 이외에는 KS C IEC 60364-5-54(저압전기설비-제5-54부:전기기기의 선정 및 설치—접지설비 및 보호도체)에 의한다.
2. 접지극은 접지도체를 사용하여 주접지단자에 연결하여야 한다.

142.1.2 접지시스템 요구사항

1. 접지시스템은 다음에 적합하여야 한다.
 - 가. 전기설비의 보호 요구사항을 충족하여야 한다.
 - 나. 지락전류와 보호도체 전류를 대지에 전달할 것. 다만, 열적, 열·기계적, 전기·기계적 응력 및 이러한 전류로 인한 감전 위험이 없어야 한다.
 - 다. 전기설비의 기능적 요구사항을 충족하여야 한다.
2. 접지저항 값은 다음에 의한다.
 - 가. 부식, 건조 및 동결 등 대지환경 변화에 충족하여야 한다.
 - 나. 인체감전보호를 위한 값과 전기설비의 기계적 요구에 의한 값을 만족하여야 한다.

142.2 접지극의 시설 및 접지저항

1. 접지극은 다음에 따라 시설하여야 한다.
 - 가. 토양 또는 콘크리트에 매입되는 접지극의 재료 및 최소 굵기 등은 KS C IEC 60364-5-54(저압전기설비-제5-54부:전기기기의 선정 및 설치—접지설비 및 보호도체)의 “표 54.1(토양 또는 콘크리트에 매설되는 접지극으로 부식방지 및 기계적 강도를 대비하여 일반적으로 사용되는 재질의 최소 굵기)”에 따라야 한다.
 - 나. 피뢰시스템의 접지는 152.1.3을 우선 적용하여야 한다.
2. 접지극은 다음의 방법 중 하나 또는 복합하여 시설하여야 한다.
 - 가. 콘크리트에 매입된 기초 접지극
 - 나. 토양에 매설된 기초 접지극
 - 다. 토양에 수직 또는 수평으로 직접 매설된 금속전극(봉, 전선, 테이프, 배관, 판 등)

- 라. 케이블의 금속외장 및 그 밖에 금속피복
- 마. 지중 금속구조물(배관 등)
- 바. 대지에 매설된 철근콘크리트의 용접된 금속 보강재. 다만, 강화콘크리트는 제외한다.
3. 접지극의 매설은 다음에 의한다.
- 가. 접지극은 매설하는 토양을 오염시키지 않아야 하며, 가능한 다습한 부분에 설치한다.
- 나. 접지극은 동결 깊이를 감안하여 시설하되 고압 이상의 전기설비와 142.5에 의하여 시설하는 접지극의 매설깊이는 지표면으로부터 지하 0.75 m 이상으로 한다. 다만, 발전소·변전소·개폐소 또는 이에 준하는 곳에 접지극을 322.5의1의 “가”에 준하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
- 다. 접지도체를 철주 기타의 금속체를 따라서 시설하는 경우에는 접지극을 철주의 밑면으로부터 0.3 m 이상의 깊이에 매설하는 경우 이외에는 접지극을 지중에서 그 금속체로부터 1 m 이상 떼어 매설하여야 한다.
4. 접지시스템 부식에 대한 고려는 다음에 의한다.
- 가. 접지극에 부식을 일으킬 수 있는 폐기물 집하장 및 변화한 장소에 접지극 설치는 피해야 한다.
- 나. 서로 다른 재질의 접지극을 연결할 경우 전식을 고려하여야 한다.
- 다. 콘크리트 기초접지극에 접속하는 접지도체가 용융아연도금강제인 경우 접속부를 토양에 직접 매설해서는 안 된다.
5. 접지극을 접속하는 경우에는 발열성 용접, 압착접속, 클램프 또는 그 밖의 적절한 기계적 접속장치로 접속하여야 한다.
6. 가연성 액체나 가스를 운반하는 금속제 배관은 접지설비의 접지극으로 사용 할 수 없다. 다만, 보호등전위본딩은 예외로 한다.
7. 수도관 등을 접지극으로 사용하는 경우는 다음에 의한다.
- 가. 지중에 매설되어 있고 대지와 전기저항 값이 $3\ \Omega$ 이하의 값을 유지하고 있는 금속제 수도관로가 다음에 따르는 경우 접지극으로 사용이 가능하다.
- (1) 접지도체와 금속제 수도관로의 접속은 안지름 75 mm 이상인 부분 또는 여기에서 분기한 안지름 75 mm 미만인 분기점으로부터 5 m 이내의 부분에서 하여야 한다. 다만, 금속제 수도관로와 대지 사이의 전기저항 값이 $2\ \Omega$ 이하인 경우에는 분기점으로부터의 거리는 5 m을 넘을 수 있다.
 - (2) 접지도체와 금속제 수도관로의 접속부를 수도계량기로부터 수도 수용가 측에 설치하는 경우에는 수도계량기를 사이에 두고 양측 수도관로를 등전위본딩 하여야 한다.
 - (3) 접지도체와 금속제 수도관로의 접속부를 사람이 접촉할 우려가 있는 곳에 설치하는 경우에는 손상을 방지하도록 방호장치를 설치하여야 한다.
 - (4) 접지도체와 금속제 수도관로의 접속에 사용하는 금속제는 접속부에 전기적 부

식이 생기지 않아야 한다.

- 나. 건축물·구조물의 철골 기타의 금속제는 이를 비접지식 고압전로에 시설하는 기계기구의 철대 또는 금속제 외함의 접지공사 또는 비접지식 고압전로와 저압전로를 결합하는 변압기의 저압전로의 접지공사의 접지극으로 사용할 수 있다. 다만, 대지와와의 사이에 전기저항 값이 $2\ \Omega$ 이하인 값을 유지하는 경우에 한한다.

142.3 접지도체·보호도체

142.3.1 접지도체

1. 접지도체의 선정

- 가. 접지도체의 단면적은 142.3.2의 1에 의하며 큰 고장전류가 접지도체를 통하여 흐르지 않을 경우 접지도체의 최소 단면적은 다음과 같다.

- (1) 구리는 $6\ \text{mm}^2$ 이상
- (2) 철제는 $50\ \text{mm}^2$ 이상

- 나. 접지도체에 피뢰시스템이 접속되는 경우, 접지도체의 단면적은 구리 $16\ \text{mm}^2$ 또는 철 $50\ \text{mm}^2$ 이상으로 하여야 한다.

2. 접지도체와 접지극의 접속은 다음에 의한다.

- 가. 접속은 견고하고 전기적인 연속성이 보장되도록, 접속부는 발열성 용접, 압착접속, 클램프 또는 그 밖에 적절한 기계적 접속장치에 의하여 한다. 다만, 기계적인 접속장치는 제작자의 지침에 따라 설치하여야 한다.

- 나. 클램프를 사용하는 경우, 접지극 또는 접지도체를 손상시키지 않아야 한다. 납땜에만 의존하는 접속은 사용해서는 안 된다.

3. 접지도체를 접지극이나 접지의 다른 수단과 연결하는 것은 견고하게 접속하고, 전기적, 기계적으로 적합하여야 하며, 부식에 대해 적절하게 보호되어야 한다. 또한, 다음과 같이 매입되는 지점에는 “안전 전기 연결” 라벨이 영구적으로 고정되도록 시설하여야 한다.

- 가. 접지극의 모든 접지도체 연결지점

- 나. 외부도전성 부분의 모든 본딩도체 연결지점

- 다. 주 개폐기에서 분리된 주접지단자

4. 접지도체는 지하 0.75 m 부터 지표 상 2 m 까지 부분은 합성수지관(두께 2 mm 미만의 합성수지제 전선관 및 가연성 콤팩트덕트관은 제외한다) 또는 이와 동등 이상의 절연효과와 강도를 가지는 몰드로 덮어야 한다.

5. 특고압·고압 전기설비 및 변압기 중성점 접지시스템의 경우 접지도체가 사람이 접촉할 우려가 있는 곳에 시설되는 고정설비인 경우에는 다음에 따라야 한다. 다만, 발전소·변전소·개폐소 또는 이에 준하는 곳에서는 개별 요구사항에 의한다.

- 가. 접지도체는 절연전선(옥외용 비닐절연전선은 제외) 또는 케이블(통신용 케이블은

제외)을 사용하여야 한다. 다만, 접지도체를 철주 기타의 금속체를 따라서 시설하는 경우 이외의 경우에는 접지도체의 지표상 0.6 m를 초과하는 부분에 대하여는 절연전선을 사용하지 않을 수 있다.

나. 접지극 매설은 142.2의 3에 따른다.

6. 접지도체의 굵기는 제1의 “가” 에서 정한 것 이외에 고장 시 흐르는 전류를 안전하게 통할 수 있는 것으로서 다음에 의한다.

가. 특고압·고압 전기설비용 접지도체는 단면적 6 mm² 이상의 연동선 또는 동등 이상의 단면적 및 강도를 가져야 한다.

나. 중성점 접지용 접지도체는 공칭단면적 16 mm² 이상의 연동선 또는 동등 이상의 단면적 및 세기를 가져야 한다. 다만, 다음의 경우에는 공칭단면적 6 mm² 이상의 연동선 또는 동등 이상의 단면적 및 강도를 가져야 한다.

(1) 7 kV 이하의 전로

(2) 사용전압이 25 kV 이하인 특고압 가공전선로. 다만, 중성선 다중접지 방식의 것으로서 전로에 지락이 생겼을 때 2초 이내에 자동적으로 이를 전로로부터 차단하는 장치가 되어 있는 것.

다. 이동하여 사용하는 전기기계기구의 금속제 외함 등의 접지시스템의 경우는 다음의 것을 사용하여야 한다.

(1) 특고압·고압 전기설비용 접지도체 및 중성점 접지용 접지도체는 클로로프렌 캡타이어케이블(3종 및 4종) 또는 클로로설폰네이트폴리에틸렌캡타이어케이블(3종 및 4종)의 1개 도체 또는 다심 캡타이어케이블의 차폐 또는 기타의 금속체로 단면적이 10 mm² 이상인 것을 사용한다.

(2) 저압 전기설비용 접지도체는 다심 코드 또는 다심 캡타이어케이블의 1개 도체의 단면적이 0.75 mm² 이상인 것을 사용한다. 다만, 기타 유연성이 있는 연동연선은 1개 도체의 단면적이 1.5 mm² 이상인 것을 사용한다.

142.3.2 보호도체

1. 보호도체의 최소 단면적은 다음에 의한다.

가. 보호도체의 최소 단면적은 “나” 에 따라 계산하거나 표 142.3-1에 따라 선정할 수 있다. 다만, “다” 의 요건을 고려하여 선정한다.

표 142.3-1 보호도체의 최소 단면적

선도체의 단면적 S (mm ² , 구리)	보호도체의 최소 단면적(mm ² , 구리)	
	보호도체의 재질	
	선도체와 같은 경우	선도체와 다른 경우
$S \leq 16$	S	$(k_1/k_2) \times S$
$16 < S \leq 35$	16 ^a	$(k_1/k_2) \times 16$
$S > 35$	$S^a/2$	$(k_1/k_2) \times (S/2)$
<p>여기서, k_1: 도체 및 절연의 재질에 따라 KS C IEC 60364-5-54(저압전기설비-제5-54부:전기기기의 선정 및 설치-접지설비 및 보호도체)의 “표 A54.1(여러 가지 재료의 변수 값)” 또는 KS C IEC 60364-4-43(저압전기설비-제4-43부:안전을 위한 보호-과전류에 대한 보호)의 “표 43A(도체에 대한 k값)” 에서 선정된 선도체에 대한 k값 k_2: KS C IEC 60364-5-54(저압전기설비-제5-54부:전기기기의 선정 및 설치-접지설비 및 보호도체)의 “표 A.54.2(케이블에 병합되지 않고 다른 케이블과 묶여 있지 않은 절연 보호도체의 k값) ~ 표 A.54.6(제시된 온도에서 모든 인접 물질에 손상 위험성이 없는 경우 나도체의 k값)” 에서 선정된 보호도체에 대한 k값 a: PEN 도체의 최소단면적은 중성선과 동일하게 적용한다[KS C IEC 60364-5-52(저압전기설비-제5-52부:전기기기의 선정 및 설치-배선설비) 참조].</p>		

나. 차단시간이 5초 이하인 경우에만 다음 계산식을 적용한다.

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

여기서,

S: 단면적(mm²)

I: 보호장치를 통해 흐를 수 있는 예상 고장전류 실효값(A)

t: 자동차단을 위한 보호장치의 동작시간(s)

k: 보호도체, 절연, 기타 부위의 재질 및 초기온도와 최종온도에 따라 정해지는 계수로 KS C IEC 60364-5-54(저압전기설비-제5-54부:전기기기의 선정 및 설치-접지설비 및 보호도체)의 “부속서 A(기본보호에 관한 규정)” 에 의한다.

다. 보호도체가 케이블의 일부가 아니거나 선도체와 동일 외함에 설치되지 않으면 단면적은 다음의 굵기 이상으로 하여야 한다.

- (1) 기계적 손상에 대해 보호가 되는 경우는 구리 2.5 mm², 알루미늄 16 mm² 이상
- (2) 기계적 손상에 대해 보호가 되지 않는 경우는 구리 4 mm², 알루미늄 16 mm² 이상
- (3) 케이블의 일부가 아니라도 전선관 및 트렁킹 내부에 설치되거나, 이와 유사한 방법으로 보호되는 경우 기계적으로 보호되는 것으로 간주한다.

라. 보호도체가 두 개 이상의 회로에 공통으로 사용되면 단면적은 다음과 같이 선정

하여야 한다.

(1) 회로 중 가장 부담이 큰 것으로 예상되는 고장전류 및 동작시간을 고려하여 “가” 또는 “나”에 따라 선정한다.

(2) 회로 중 가장 큰 선도체의 단면적을 기준으로 “가”에 따라 선정한다.

2. 보호도체의 종류는 다음에 의한다.

가. 보호도체는 다음 중 하나 또는 복수로 구성하여야 한다.

(1) 다심케이블의 도체

(2) 충전도체와 같은 트렁킹에 수납된 절연도체 또는 나도체

(3) 고정된 절연도체 또는 나도체

(4) “나” (1), (2) 조건을 만족하는 금속케이블 외장, 케이블 차폐, 케이블 외장, 전선묶음(편조전선), 동심도체, 금속관

나. 전기설비에 저압개폐기, 제어반 또는 버스덕트와 같은 금속제 외함을 가진 기기가 포함된 경우, 금속함이나 프레임이 다음과 같은 조건을 모두 충족하면 보호도체로 사용이 가능하다.

(1) 구조·접속이 기계적, 화학적 또는 전기화학적 열화에 대해 보호할 수 있으며 전기적 연속성을 유지 하는 경우

(2) 도전성이 제1의 “가” 또는 “나”의 조건을 충족하는 경우

(3) 연결하고자 하는 모든 분기 접속점에서 다른 보호도체의 연결을 허용하는 경우

다. 다음과 같은 금속부분은 보호도체 또는 보호본딩도체로 사용해서는 안 된다.

(1) 금속 수도관

(2) 가스·액체·분말과 같은 잠재적인 인화성 물질을 포함하는 금속관

(3) 상시 기계적 응력을 받는 지지 구조물 일부

(4) 가요성 금속배관. 다만, 보호도체의 목적으로 설계된 경우는 예외로 한다.

(5) 가요성 금속전선관

(6) 지지선, 케이블트레이 및 이와 비슷한 것

3. 보호도체의 전기적 연속성은 다음에 의한다.

가. 보호도체의 보호는 다음에 의한다.

(1) 기계적인 손상, 화학적·전기화학적 열화, 전기역학적·열역학적 힘에 대해 보호되어야 한다.

(2) 나사접속·클램프접속 등 보호도체 사이 또는 보호도체와 타 기기 사이의 접속은 전기적연속성 보장 및 충분한 기계적강도와 보호를 구비하여야 한다.

(3) 보호도체를 접속하는 나사는 다른 목적으로 겸용해서는 안 된다.

(4) 접속부는 납땜(soldering)으로 접속해서는 안 된다.

나. 보호도체의 접속부는 검사와 시험이 가능하여야 한다. 다만 다음의 경우는 예외로 한다.

- (1) 화합물로 충전된 접속부
 - (2) 캡슐로 보호되는 접속부
 - (3) 금속관, 덕트 및 버스덕트에서의 접속부
 - (4) 기기의 한 부분으로서 규정에 부합하는 접속부
 - (5) 용접(welding)이나 경납땜(brazing)에 의한 접속부
 - (6) 압착 공구에 의한 접속부
4. 보호도체에는 어떠한 개폐장치를 연결해서는 안 된다. 다만, 시험목적으로 공구를 이용하여 보호도체를 분리할 수 있는 접속점을 만들 수 있다.
 5. 접지에 대한 전기적 감시를 위한 전용장치(동작센서, 코일, 변류기 등)를 설치하는 경우, 보호도체 경로에 직렬로 접속하면 안 된다.
 6. 기기·장비의 노출도전부는 다른 기기를 위한 보호도체의 부분을 구성하는데 사용할 수 없다. 다만, 제2의 “나”에서 허용하는 것은 제외한다.

142.3.3 보호도체의 단면적 보장

1. 보호도체는 정상 운전상태에서 전류의 전도성 경로(전기자기간섭 보호용 필터의 접속 등으로 인한)로 사용되지 않아야 한다.
2. 전기설비의 정상 운전상태에서 보호도체에 10 mA를 초과하는 전류가 흐르는 경우, 다음에 의해 보호도체를 증강하여 사용하여야 한다.
 - 가. 보호도체가 하나인 경우 보호도체의 단면적은 전 구간에 구리 10 mm² 이상 또는 알루미늄 16 mm² 이상으로 하여야 한다.
 - 나. 추가로 보호도체를 위한 별도의 단자가 구비된 경우, 최소한 고장보호에 요구되는 보호도체의 단면적은 구리 10 mm², 알루미늄 16 mm² 이상으로 한다.

142.3.4 보호도체와 계통도체 겸용

1. 보호도체와 계통도체를 겸용하는 겸용도체(중성선과 겸용, 선도체와 겸용, 중간도체와 겸용 등)는 해당하는 계통의 기능에 대한 조건을 만족하여야 한다.
2. 겸용도체는 고정된 전기설비에서만 사용할 수 있으며 다음에 의한다.
 - 가. 단면적은 구리 10 mm² 또는 알루미늄 16 mm² 이상이어야 한다.
 - 나. 중성선과 보호도체의 겸용도체는 전기설비의 부하 측으로 시설하여서는 안 된다.
 - 다. 폭발성 분위기 장소는 보호도체를 전용으로 하여야 한다.
3. 겸용도체의 성능은 다음에 의한다.
 - 가. 공칭전압과 같거나 높은 절연성능을 가져야 한다.
 - 나. 배선설비의 금속 외함은 겸용도체로 사용해서는 안 된다. 다만, KS C IEC 60439-2(저전압 개폐장치 및 제어장치 부속품-제2부: 버스바 트렁킹 시스템의 개별 요구사항)에 의한 것 또는 KS C IEC 61534-1(전원 트랙-제1부: 일반요구사항)에 의한 것은 제외한다.
4. 겸용도체는 다음 사항을 준수하여야 한다.

가. 전기설비의 일부에서 중성선·중간도체·선도체 및 보호도체가 별도로 배선되는 경우, 중성선·중간도체·선도체를 전기설비의 다른 접지된 부분에 접속해서는 안 된다. 다만, 겸용도체에서 각각의 중성선·중간도체·선도체와 보호도체를 구성하는 것은 허용한다.

나. 겸용도체는 보호도체용 단자 또는 바에 접속되어야 한다.

다. 계통외도전부는 겸용도체로 사용해서는 안 된다.

142.3.5 보호접지 및 기능접지의 겸용도체

1. 보호접지와 기능접지 도체를 겸용하여 사용할 경우 142.3.2에 대한 조건과 143 및 153.2(피뢰시스템 등전위본딩)의 조건에도 적합하여야 한다.
2. 전자통신기기에 전원공급을 위한 직류귀환 도체는 겸용도체(PEL 또는 PEM)로 사용 가능하고, 기능접지도체와 보호도체를 겸용할 수 있다.

142.3.6 감전보호에 따른 보호도체

과전류보호장치를 감전에 대한 보호용으로 사용하는 경우, 보호도체는 충전도체와 같은 배선설비에 병합시키거나 근접한 경로로 설치하여야 한다.

142.3.7 주접지단자

1. 접지시스템은 주접지단자를 설치하고, 다음의 도체들을 접속하여야 한다.

가. 등전위본딩도체

나. 접지도체

다. 보호도체

라. 관련이 있는 경우, 기능성 접지도체

2. 여러 개의 접지단자가 있는 장소는 접지단자를 상호 접속하여야 한다.
3. 주접지단자에 접속하는 각 접지도체는 개별적으로 분리할 수 있어야 하며, 접지저항을 편리하게 측정할 수 있어야 한다. 다만, 접속은 견고해야 하며 공구에 의해서만 분리되는 방법으로 하여야 한다.

142.4 전기수용가 접지

142.4.1 저압수용가 인입구 접지

1. 수용장소 인입구 부근에서 다음의 것을 접지극으로 사용하여 변압기 중성점 접지를 한 저압전선로의 중성선 또는 접지측 전선에 추가로 접지공사를 할 수 있다.

가. 지중에 매설되어 있고 대지와의 전기저항 값이 $3\ \Omega$ 이하의 값을 유지하고 있는 금속제 수도관로

나. 대지 사이의 전기저항 값이 $3\ \Omega$ 이하인 값을 유지하는 건물의 철골

2. 제1에 따른 접지도체는 공칭단면적 $6\ \text{mm}^2$ 이상의 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굽기의 쉽게 부식하지 않는 금속선으로서 고장 시 흐르는 전류를 안전하게 통할 수 있는 것이어야 한다. 다만, 접지도체를 사람이 접촉할 우려가 있는 곳에 시

설할 때에는 접지도체는 142.3.1의 6에 따른다.

142.4.2 주택 등 저압수용장소 접지

1. 저압수용장소에서 계통접지가 TN-C-S 방식인 경우에 보호도체는 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 보호도체의 최소 단면적은 142.3.2의 1에 의한 값 이상으로 한다.

나. 중성선 겸용 보호도체(PEN)는 고정 전기설비에만 사용할 수 있고, 그 도체의 단면적이 구리는 10 mm² 이상, 알루미늄은 16 mm² 이상이어야 하며, 그 계통의 최고전압에 대하여 절연되어야 한다.

2. 제1에 따른 접지의 경우에는 감전보호용 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 이하로 하여야 한다.

142.5 변압기 중성점 접지

1. 변압기의 중성점접지 저항 값은 다음에 의한다.

가. 일반적으로 변압기의 고압·특고압측 전로 1선 지락전류로 150을 나눈 값과 같은 저항 값 이하

나. 변압기의 고압·특고압측 전로 또는 사용전압이 35 kV 이하의 특고압전로가 저압측 전로와 혼촉하고 저압전로의 대지전압이 150 V를 초과하는 경우는 저항 값은 다음에 의한다.

(1) 1초 초과 2초 이내에 고압·특고압 전로를 자동으로 차단하는 장치를 설치할 때는 300을 나눈 값 이하

(2) 1초 이내에 고압·특고압 전로를 자동으로 차단하는 장치를 설치할 때는 600을 나눈 값 이하

2. 전로의 1선 지락전류는 실측값에 의한다. 다만, 실측이 곤란한 경우에는 선로정수 등으로 계산한 값에 의한다.

142.6 공통접지 및 통합접지

1. 고압 및 특고압과 저압 전기설비의 접지극이 서로 근접하여 시설되어 있는 변전소 또는 이와 유사한 곳에서는 다음과 같이 공통접지시스템으로 할 수 있다.

가. 저압 전기설비의 접지극이 고압 및 특고압 접지극의 접지저항 형성영역에 완전히 포함되어 있다면 위험전압이 발생하지 않도록 이들 접지극을 상호 접속하여야 한다.

나. 접지시스템에서 고압 및 특고압 계통의 지락사고 시 저압계통에 가해지는 상용주파 과전압은 표 142.6-1 에서 정한 값을 초과해서는 안 된다.

표 142.6-1 저압설비 허용 상용주파 과전압

고압계통에서 지락고장시간 (초)	저압설비 허용 상용주파 과전압 (V)	비 고
>5	$U_0 + 250$	중성선 도체가 없는 계통에서 U_0 는 선간전압을 말한다.
≤ 5	$U_0 + 1,200$	
1. 순시 상용주파 과전압에 대한 저압기기의 절연 설계기준과 관련된다. 2. 중성선이 변전소 변압기의 접지계통에 접속된 계통에서, 건축물외부에 설치한 외함이 접지되지 않은 기기의 절연에는 일시적 상용주파 과전압이 나타날 수 있다.		

다. 고압 및 특고압을 수전 받는 수용가의 접지계통을 수전 전원의 다중접지된 중성선과 접속하면 “나”의 요건은 충족하는 것으로 간주할 수 있다.

라. 기타 공통접지와 관련한 사항은 KS C IEC 61936-1(교류 1 kV 초과 전력설비-제1부:공통규정)의 “10 접지시스템”에 의한다.

2. 전기설비의 접지설비, 건축물의 피뢰설비·전자통신설비 등의 접지극을 공용하는 통합접지시스템으로 하는 경우 다음과 같이 하여야 한다.

가. 통합접지시스템은 제1에 의한다.

나. 낙뢰에 의한 과전압 등으로부터 전기전자기기 등을 보호하기 위해 153.1의 규정에 따라 서지보호장치를 설치하여야 한다.

142.7 기계기구의 철대 및 외함의 접지

1. 전로에 시설하는 기계기구의 철대 및 금속제 외함(외함이 없는 변압기 또는 계기용 변성기는 철심)에는 140에 의한 접지공사를 하여야 한다.

2. 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에는 제1의 규정에 따르지 않을 수 있다.

가. 사용전압이 직류 300 V 또는 교류 대지전압이 150 V 이하인 기계기구를 건조한 곳에 시설하는 경우

나. 저압용의 기계기구를 건조한 목재의 마루 기타 이와 유사한 절연성 물건 위에서 취급하도록 시설하는 경우

다. 저압용이나 고압용의 기계기구, 341.2에서 규정하는 특고압 전선로에 접속하는 배전용 변압기나 이에 접속하는 전선에 시설하는 기계기구 또는 333.32의 1과 4에서 규정하는 특고압 가공전선로의 전로에 시설하는 기계기구를 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 목주 기타 이와 유사한 것의 위에 시설하는 경우

라. 철대 또는 외함의 주위에 적당한 절연대를 설치하는 경우

마. 외함이 없는 계기용변성기가 고무·합성수지 기타의 절연물로 피복한 것일 경우

바. 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 적용을 받는 이중절연구조로 되어 있는 기계기구를 시설하는 경우

사. 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

- 아. 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
- 자. 외함을 충전하여 사용하는 기계기구에 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설하거나 절연대를 시설하는 경우

143 감전보호용 등전위본딩

143.1 등전위본딩의 적용

1. 건축물·구조물에서 접지도체, 주접지단자와 다음의 도전성부분은 등전위본딩 하여야 한다. 다만, 이들 부분이 다른 보호도체로 주접지단자에 연결된 경우는 그러하지 아니하다.
 - 가. 수도관·가스관 등 외부에서 내부로 인입되는 금속배관
 - 나. 건축물·구조물의 철근, 철골 등 금속보강재
 - 다. 일상생활에서 접촉이 가능한 금속제 난방배관 및 공조설비 등 계통외도전부
2. 주접지단자에 보호등전위본딩 도체, 접지도체, 보호도체, 기능성 접지도체를 접속하여야 한다.

143.2 등전위본딩 시설

143.2.1 보호등전위본딩

1. 건축물·구조물의 외부에서 내부로 들어오는 각종 금속제 배관은 다음과 같이 하여야 한다.
 - 가. 1 개소에 집중하여 인입하고, 인입구 부근에서 서로 접속하여 등전위본딩 바에 접속하여야 한다.
 - 나. 대형건축물 등으로 1 개소에 집중하여 인입하기 어려운 경우에는 본딩도체를 1 개의 본딩 바에 연결한다.
2. 수도관·가스관의 경우 내부로 인입된 최초의 밸브 후단에서 등전위본딩을 하여야 한다.
3. 건축물·구조물의 철근, 철골 등 금속보강재는 등전위본딩을 하여야 한다.

143.2.2 보조 보호등전위본딩

1. 보조 보호등전위본딩의 대상은 전원자동차단에 의한 감전보호방식에서 고장 시 자동차단시간이 211.2.3의 3에서 요구하는 계통별 최대차단시간을 초과하는 경우이다.

- 제1의 차단시간을 초과하고 2.5 m 이내에 설치된 고정기기의 노출도전부와 계통외도전부는 보조 보호등전위본딩을 하여야 한다. 다만, 보조 보호등전위본딩의 유효성에 관해 의문이 생길 경우 동시에 접근 가능한 노출도전부와 계통외도전부 사이의 저항 값(R)이 다음의 조건을 충족하는지 확인하여야 한다.

$$\text{교류 계통: } R \leq \frac{50 \text{ V}}{I_a} (\Omega)$$

$$\text{직류 계통: } R \leq \frac{120 \text{ V}}{I_a} (\Omega)$$

I_a : 보호장치의 동작전류(A)

(누전차단기의 경우 $I_{\Delta n}$ (정격감도전류), 과전류보호장치의 경우 5초 이내 동작전류)

143.2.3 비접지 국부등전위본딩

- 절연성 바닥으로 된 비접지 장소에서 다음의 경우 국부등전위본딩을 하여야 한다.
 - 전기설비 상호 간이 2.5 m 이내인 경우
 - 전기설비와 이를 지지하는 금속체 사이
- 전기설비 또는 계통외도전부를 통해 대지에 접촉하지 않아야 한다.

143.3 등전위본딩 도체

143.3.1 보호등전위본딩 도체

- 주접지단자에 접속하기 위한 등전위본딩 도체는 설비 내에 있는 가장 큰 보호접지 도체 단면적의 1/2 이상의 단면적을 가져야 하고 다음의 단면적 이상이어야 한다.
 - 구리도체 6 mm²
 - 알루미늄 도체 16 mm²
 - 강철 도체 50 mm²
- 주접지단자에 접속하기 위한 보호본딩도체의 단면적은 구리도체 25 mm² 또는 다른 재질의 동등한 단면적을 초과할 필요는 없다.
- 등전위본딩 도체의 상호접속은 153.2.1의 2를 따른다.

143.3.2 보조 보호등전위본딩 도체

- 두 개의 노출도전부를 접속하는 경우 도전성은 노출도전부에 접속된 더 작은 보호도체의 도전성보다 커야 한다.
- 노출도전부를 계통외도전부에 접속하는 경우 도전성은 같은 단면적을 갖는 보호도체의 1/2 이상이어야 한다.
- 케이블의 일부가 아닌 경우 또는 선로도체와 함께 수납되지 않은 본딩도체는 다음 값 이상 이어야 한다.

가. 기계적 보호가 된 것은 구리도체 2.5 mm², 알루미늄 도체 16 mm²

나. 기계적 보호가 없는 것은 구리도체 4 mm², 알루미늄 도체 16 mm²

(150 피뢰시스템)

151 피뢰시스템의 적용범위 및 구성

151.1 적용범위

다음에 시설되는 피뢰시스템에 적용한다.

1. 전기전자설비가 설치된 건축물·구조물로서 낙뢰로부터 보호가 필요한 것 또는 지상으로부터 높이가 20 m 이상인 것
2. 전기설비 및 전자설비 중 낙뢰로부터 보호가 필요한 설비

151.2 피뢰시스템의 구성

1. 직격뢰로부터 대상물을 보호하기 위한 외부피뢰시스템
2. 간접뢰 및 유도뢰로부터 대상물을 보호하기 위한 내부피뢰시스템

151.3 피뢰시스템 등급선정

피뢰시스템 등급은 대상물의 특성에 따라 KS C IEC 62305-1(피뢰시스템-제1부:일반원칙)의 “8.2 피뢰레벨”, KS C IEC 62305-2(피뢰시스템-제2부:리스크관리), KS C IEC 62305-3(피뢰시스템-제3부:구조물의 물리적 손상 및 인명위험)의 “4.1 피뢰시스템의 등급”에 의한 피뢰레벨 따라 선정한다. 다만, 위험물의 제조소 등에 설치하는 피뢰시스템은 II 등급 이상으로 하여야 한다.

152 외부피뢰시스템

152.1 수뢰부시스템

1. 수뢰부시스템의 선정은 다음에 의한다.

- 가. 돌침, 수평도체, 메시도체의 요소 중에 한 가지 또는 이를 조합한 형식으로 시설하여야 한다.
- 나. 수뢰부시스템 재료는 KS C IEC 62305-3(피뢰시스템-제3부:구조물의 물리적 손상 및 인명위험)의 “표 6(수뢰도체, 피뢰침, 대지 인입봉과 인하도선의 재료, 형상과 최소단면적)”에 따른다.
- 다. 자연적 구성부재가 KS C IEC 62305-3(피뢰시스템-제3부:구조물의 물리적 손상 및 인명위험)의 “5.2.5 자연적 구성부재”에 적합하면 수뢰부시스템으로 사용할 수 있다.

2. 수뢰부시스템의 배치는 다음에 의한다.

- 가. 보호각법, 회전구체법, 메시법 중 하나 또는 조합된 방법으로 배치하여야 한다. 다만, 피뢰시스템의 보호각, 회전구체 반경, 메시 크기의 최대값은 KS C IEC

62305-3(피뢰시스템-제3부:구조물의 물리적 손상 및 인명위험)의 “표 2(피뢰시스템의 등급별 회전구체 반지름, 메시 치수와 보호각의 최대값)” 및 “그림 1(피뢰시스템의 등급별 보호각)”에 따른다.

나. 건축물·구조물의 뾰족한 부분, 모서리 등에 우선하여 배치한다.

3. 지상으로부터 높이 60m를 초과하는 건축물·구조물에 측뢰 보호가 필요한 경우에는 수뢰부시스템을 시설하여야 하며, 다음에 따른다.

가. 전체 높이 60 m를 초과하는 건축물·구조물의 최상부로부터 20 % 부분에 한하며, 피뢰시스템 등급 IV의 요구사항에 따른다.

나. 자연적 구성부재가 제1의 “다”에 적합하면, 측뢰 보호용 수뢰부로 사용할 수 있다.

4. 건축물·구조물과 분리되지 않은 수뢰부시스템의 시설은 다음에 따른다.

가. 지붕 마감재가 불연성 재료로 된 경우 지붕표면에 시설할 수 있다.

나. 지붕 마감재가 높은 가연성 재료로 된 경우 지붕재료와 다음과 같이 이격하여 시설한다.

(1) 초가지붕 또는 이와 유사한 경우 0.15 m 이상

(2) 다른 재료의 가연성 재료인 경우 0.1 m 이상

5. 건축물·구조물을 구성하는 금속판 또는 금속배관 등 자연적 구성부재를 수뢰부로 사용하는 경우 제1의 “다” 조건에 충족하여야 한다.

152.2 인하도선시스템

1. 수뢰부시스템과 접지시스템을 전기적으로 연결하는 것으로 다음에 의한다.

가. 복수의 인하도선을 병렬로 구성해야 한다. 다만, 건축물·구조물과 분리된 피뢰시스템인 경우 예외로 할 수 있다.

나. 도선경로의 길이가 최소가 되도록 한다.

다. 인하도선시스템 재료는 KS C IEC 62305-3(피뢰시스템-제3부:구조물의 물리적 손상 및 인명위험)의 “표 6(수뢰도체, 피뢰침, 대지 인입봉과 인하도선의 재료, 형상과 최소단면적)”에 따른다.

2. 배치 방법은 다음에 의한다.

가. 건축물·구조물과 분리된 피뢰시스템인 경우

(1) 뇌전류의 경로가 보호대상물에 접촉하지 않도록 하여야 한다.

(2) 별개의 지주에 설치되어 있는 경우 각 지주마다 1가닥 이상의 인하도선을 시설한다.

(3) 수평도체 또는 메시도체인 경우 지지 구조물마다 1가닥 이상의 인하도선을 시설한다.

나. 건축물·구조물과 분리되지 않은 피뢰시스템인 경우

(1) 벽이 불연성 재료로 된 경우에는 벽의 표면 또는 내부에 시설할 수 있다. 다

만, 벽이 가연성 재료인 경우에는 0.1 m 이상 이격하고, 이격이 불가능 한 경우에는 도체의 단면적을 100 mm² 이상으로 한다.

(2) 인하도선의 수는 2가닥 이상으로 한다.

(3) 보호대상 건축물·구조물의 투영에 따른 둘레에 가능한 한 균등한 간격으로 배치한다. 다만, 노출된 모서리 부분에 우선하여 설치한다.

(4) 병렬 인하도선의 최대 간격은 피뢰시스템 등급에 따라 I·II 등급은 10 m, III 등급은 15 m, IV 등급은 20 m 로 한다.

3. 수뢰부시스템과 접지극시스템 사이에 전기적 연속성이 형성되도록 다음에 따라 시설하여야 한다.

가. 경로는 가능한 한 루프 형성이 되지 않도록 하고, 최단거리로 곧게 수직으로 시설 하여야 하며, 처마 또는 수직으로 설치 된 홈통 내부에 시설하지 않아야 한다.

나. 철근콘크리트 구조물의 철근을 자연적구성부재의 인하도선으로 사용하기 위해서는 해당 철근 전체 길이의 전기저항 값은 0.2 Ω 이하가 되어야하며, 전기적 연속성은 KS C IEC 62305-3(피뢰시스템-제3부:구조물의 물리적 손상 및 인명위험)의 “4.3 철근콘크리트 구조물에서 강제 철골조의 전기적 연속성” 에 따라야 한다.

다. 시험용 접속점을 접지극시스템과 가까운 인하도선과 접지극시스템의 연결부분에 시설하고, 이 접속점은 항상 폐로 되어야 하며 측정 시에 공구 등으로만 개방할 수 있어야 한다. 다만, 자연적 구성부재를 이용하거나, 자연적 구성부재 등과 본딩을 하는 경우에는 예외로 한다.

4. 인하도선으로 사용하는 자연적 구성부재는 KS C IEC 62305-3(피뢰시스템-제3부:구조물의 물리적 손상 및 인명위험)의 “4.3 철근콘크리트 구조물에서 강제 철골조의 전기적 연속성” 과 “5.3.5 자연적 구성 부재” 의 조건에 적합해야 하며 다음에 따른다.

가. 각 부분의 전기적 연속성과 내구성이 확실하고, 제1의 “다” 에서 인하도선으로 규정된 값 이상인 것

나. 전기적 연속성이 있는 구조물 등의 금속제 구조체(철골, 철근 등)

다. 구조물 등의 상호 접속된 강제 구조체

라. 건축물 외벽 등을 구성하는 금속 구조재의 크기가 인하도선에 대한 요구사항에 부합하고 또한 두께가 0.5 mm 이상인 금속판 또는 금속관

마. 인하도선을 구조물 등의 상호 접속된 철근·철골 등과 본딩하거나, 철근·철골 등을 인하도선으로 사용하는 경우 수평 환상도체는 설치하지 않아도 된다.

바. 인하도선의 접속은 152.4에 따른다.

152.3 접지극시스템

1. 뇌전류를 대지로 방류시키기 위한 접지극시스템은 다음에 의한다.
 - 가. A형 접지극(수평 또는 수직접지극) 또는 B형 접지극(환상도체 또는 기초접지극) 중 하나 또는 조합하여 시설할 수 있다.
 - 나. 접지극시스템의 재료는 KS C IEC 62305-3(피뢰시스템-제3부:구조물의 물리적 손상 및 인명위험)의 “표 7(접지극의 재료, 형상과 최소치수)”에 따른다.
2. 접지극시스템 배치는 다음에 의한다.
 - 가. A형 접지극은 최소 2개 이상을 균등한 간격으로 배치해야 하고, KS C IEC 62305-3(피뢰시스템-제3부:구조물의 물리적 손상 및 인명위험)의 “5.4.2.1 A형 접지극 배열”에 의한 피뢰시스템 등급별 대지저항률에 따른 최소길이 이상으로 한다.
 - 나. B형 접지극은 접지극 면적을 환산한 평균반지름이 KS C IEC 62305-3(피뢰시스템-제3부:구조물의 물리적 손상 및 인명위험)의 “그림 3(LPS 등급별 각 접지극의 최소길이)”에 의한 최소길이 이상으로 하여야 하며, 평균반지름이 최소길이 미만인 경우에는 해당하는 길이의 수평 또는 수직매설 접지극을 추가로 시설하여야 한다. 다만, 추가하는 수평 또는 수직매설 접지극의 수는 최소 2개 이상으로 한다.
 - 다. 접지극시스템의 접지저항이 $10\ \Omega$ 이하인 경우 제2의 “가”와 “나”에도 불구하고 최소 길이 이하로 할 수 있다.
3. 접지극은 다음에 따라 시설한다.
 - 가. 지표면에서 0.75 m 이상 깊이로 매설 하여야 한다. 다만, 필요시는 해당 지역의 동결심도를 고려한 깊이로 할 수 있다.
 - 나. 대지가 암반지역으로 대지저항이 높거나 건축물·구조물이 전자통신시스템을 많이 사용하는 시설의 경우에는 환상도체접지극 또는 기초접지극으로 한다.
 - 다. 접지극 재료는 대지에 환경오염 및 부식의 문제가 없어야 한다.
 - 라. 철근콘크리트 기초 내부의 상호 접속된 철근 또는 금속제 지하구조물 등 자연적 구성부재는 접지극으로 사용할 수 있다.

152.4 부품 및 접속

1. 재료의 형상에 따른 최소단면적은 KS C IEC 62305-3(피뢰시스템-제3부:구조물의 물리적 손상 및 인명위험)의 “표 6(수뢰도체, 피뢰침, 대지 인입 봉괴 인하도선의 재료, 형상과 최소단면적)”에 따른다.
2. 피뢰시스템용의 부품은 KS C IEC 62305-3(구조물의 물리적 손상 및 인명위험) 표 5(피뢰시스템의 재료와 사용조건)에 의한 재료를 사용하여야 한다. 다만, 기계적, 전기적, 화학적 특성이 동등 이상인 경우 다른 재료를 사용할 수 있다.
3. 도체의 접속부 수는 최소한으로 하여야 하며, 접속은 용접, 압착, 봉합, 나사 조임, 볼트 조임 등의 방법으로 확실하게 하여야 한다. 다만, 철근콘크리트 구조물 내부의

철골조의 접속은 152.2의 3의 “나”에 따른다.

152.5 옥외에 시설된 전기설비의 피뢰시스템

1. 고압 및 특고압 전기설비에 대한 피뢰시스템은 152.1내지 152.4에 따른다.
2. 외부에 낙뢰차폐선이 있는 경우 이것을 접지하여야 한다.
3. 자연적구성부재의 조건에 적합한 강철제 구조체 등을 자연적 구성부재 인하도록 사용할 수 있다.

153 내부피뢰시스템

153.1 전기전자설비 보호

153.1.1 일반사항

1. 전기전자설비의 뇌서지에 대한 보호는 다음에 따른다.
 - 가. 피뢰구역의 구분은 KS C IEC 62305-4(피뢰시스템-제4부:구조물 내부의 전기전자 시스템)의 “4.3 피뢰구역(LPZ)”에 의한다.
 - 나. 피뢰구역 경계부분에서는 접지 또는 본딩을 하여야 한다. 다만, 직접 본딩이 불가능한 경우에는 서지보호장치를 설치한다.
 - 다. 서로 분리된 구조물 사이가 전력선 또는 신호선으로 연결된 경우 각각의 피뢰구역은 153.1.3의 2의 “다”에 의한 방법으로 서로 접속한다.
2. 전기전자기기의 선정 시 정격 임펄스내전압은 KS C IEC 60364-4-44(저압설비 제 4-44부:안전을 위한 보호-전압 및 전기자기 방행에 대한 보호)의 표 44.B(기기에 요구되는 정격 임펄스 내전압)에서 제시한 값 이상이어야 한다.

153.1.2 전기적 절연

1. 수뢰부 또는 인하도록선과 건축물·구조물의 금속부분, 내부시스템 사이의 전기적인 절연은 KS C IEC 62305-3(피뢰시스템-제3부:구조물의 물리적 손상 및 인명위험)의 “6.3 외부 피뢰시스템의 전기적 절연”에 의한 이격거리로 한다.
2. 제1에도 불구하고 건축물·구조물이 금속제 또는 전기적연속성을 가진 철근콘크리트 구조물 등의 경우에는 전기적 절연을 고려하지 않아도 된다.

153.1.3 접지와 본딩

1. 전기전자설비를 보호하기 위한 접지와 피뢰등전위본딩은 다음에 따른다.
 - 가. 뇌서지 전류를 대지로 방류시키기 위한 접지를 시설하여야 한다.
 - 나. 전위차를 해소하고 자계를 감소시키기 위한 본딩을 구성하여야 한다.
2. 접지극은 152.3에 의하는 것 이외에는 다음에 적합하여야 한다.
 - 가. 전자·통신설비(또는 이와 유사한 것)의 접지는 환상도체접지극 또는 기초접지극으로 한다.

나. 개별 접지시스템으로 된 복수의 건축물·구조물 등을 연결하는 콘크리트덕트·금속제 배관의 내부에 케이블(또는 같은 경로로 배치된 복수의 케이블)이 있는 경우 각각의 접지 상호 간은 병행 설치된 도체로 연결하여야 한다. 다만, 차폐케이블인 경우는 차폐선을 양끝에서 각각의 접지시스템에 등전위본딩 하는 것으로 한다.

3. 전자·통신설비(또는 이와 유사한 것)에서 위험한 전위차를 해소하고 자계를 감소시킬 필요가 있는 경우 다음에 의한 등전위본딩망을 시설하여야 한다.

가. 등전위본딩망은 건축물·구조물의 도전성 부분 또는 내부설비 일부분을 통합하여 시설한다.

나. 등전위본딩망은 메시 폭이 5 m 이내가 되도록 하여 시설하고 구조물과 구조물 내부의 금속부분은 다중으로 접속한다. 다만, 금속 부분이나 도전성 설비가 피뢰구역의 경계를 지나가는 경우에는 직접 또는 서지보호장치를 통하여 본딩 한다.

다. 도전성 부분의 등전위본딩은 방사형, 메시형 또는 이들의 조합형으로 한다.

153.1.4 서지보호장치 시설

1. 전기전자설비 등에 연결된 전선로를 통하여 서지가 유입되는 경우, 해당 선로에는 서지보호장치를 설치하여 한다.

2. 서지보호장치의 선정은 다음에 의한다.

가. 전기설비의 보호는 KS C IEC 61643-12(저전압 서지 보호 장치-제12부:저전압 배전 계통에 접속한 서지보호 장치-선정 및 적용 지침)와 KS C IEC 60364-5-53(건축 전기 설비-제5-53부:전기 기기의 선정 및 시공-절연, 개폐 및 제어)에 따르며, KS C IEC 61643-11(저압 서지보호장치-제11부:저압전력 계통의 저압 서지보호장치-요구사항 및 시험방법)에 의한 제품을 사용하여야 한다.

나. 전자·통신설비(또는 이와 유사한 것)의 보호는 KS C IEC 61643-22(저전압 서지보호장치-제22부:통신망과 신호망 접속용 서지보호장치-선정 및 적용지침)에 따른다.

3. 지중 저압수전의 경우, 내부에 설치하는 전기전자기기의 과전압범주별 임펄스내전압이 규정 값에 충족하는 경우는 서지보호장치를 생략할 수 있다.

153.2 피뢰등전위본딩

153.2.1 일반사항

1. 피뢰시스템의 등전위화는 다음과 같은 설비들을 서로 접속함으로써 이루어진다.

가. 금속제 설비

나. 구조물에 접속된 외부 도전성 부분

다. 내부시스템

2. 등전위본딩의 상호 접속은 다음에 의한다.

가. 자연적 구성부재로 인한 본딩으로 전기적 연속성을 확보할 수 없는 장소는 본딩 도체로 연결한다.

나. 본딩도체로 직접 접속할 수 없는 장소의 경우에는 서지보호장치를 이용한다.

다. 본딩도체로 직접 접속이 허용되지 않는 장소의 경우에는 절연방전갯(ISG)을 이용한다.

3. 등전위본딩 부품의 재료 및 최소 단면적은 KS C IEC 62305-3(피뢰시스템-제3부:구조물의 물리적 손상 및 인명위험)의 “5.6 재료 및 치수”에 따른다.
4. 기타 등전위본딩에 대하여는 KS C IEC 62305-3(피뢰시스템-제3부:구조물의 물리적 손상 및 인명위험)의 “6.2 피뢰등전위본딩”에 의한다.

153.2.2 금속제 설비의 등전위본딩

1. 건축물·구조물과 분리된 외부피뢰시스템의 경우, 등전위본딩은 지표면 부근에서 시행하여야 한다.
2. 건축물·구조물과 접속된 외부피뢰시스템의 경우, 피뢰등전위본딩은 다음에 따른다.
 - 가. 기초부분 또는 지표면 부근 위치에서 하여야하며, 등전위본딩도체는 등전위본딩바에 접속하고, 등전위본딩 바는 접지시스템에 접속하여야 한다. 또한 쉽게 점검할 수 있도록 하여야 한다.
 - 나. 153.1.2의 전기적 절연 요구조건에 따른 안전이격거리를 확보할 수 없는 경우에는 피뢰시스템과 건축물·구조물 또는 내부설비의 도전성 부분은 등전위본딩 하여야 하며, 직접 접속하거나 충전부인 경우는 서지보호장치를 경유하여 접속하여야 한다. 다만, 서지보호장치를 사용하는 경우 보호레벨은 보호구간 기기의 임펄스내전압보다 작아야 한다.
3. 건축물·구조물에는 지하 0.5 m와 높이 20 m 마다 환상도체를 설치한다. 다만 철근 콘크리트, 철골구조물의 구조체에 인하도선을 등전위본딩하는 경우 환상도체는 설치하지 않아도 된다.

153.2.3 인입설비의 등전위본딩

1. 건축물·구조물의 외부에서 내부로 인입되는 설비의 도전부에 대한 등전위본딩은 다음에 의한다.
 - 가. 인입구 부근에서 143.1에 따라 등전위본딩 한다.
 - 나. 전원선은 서지보호장치를 사용하여 등전위본딩 한다.
 - 다. 통신 및 제어선은 내부와의 위험한 전위차 발생을 방지하기 위해 직접 또는 서지보호장치를 통해 등전위본딩 한다.
2. 가스관 또는 수도관의 연결부가 절연체인 경우, 해당설비 공급사업자의 동의를 받아 적절한 공법(절연방전갯 등 사용)으로 등전위본딩 하여야 한다.

153.2.4 등전위본딩 바

1. 설치위치는 짧은 도전성경로로 접지시스템에 접속할 수 있는 위치이어야 한다.
2. 접지시스템(환상접지전극, 기초접지전극, 구조물의 접지보강재 등)에 짧은 경로로 접속하여야 한다.

3. 외부 도전성 부분, 전원선과 통신선의 인입점이 다른 경우 여러 개의 등전위본딩 바를 설치할 수 있다.

(160 발전설비 용접)

161 용접시공법

161.1 용접절차시방서

161.1.1 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 용접 후열처리요건 등을 포함시켜야 한다.

161.1.2 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.

161.1.3 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 가스텅스텐아크용접(GTAW)을 위해 필요한 자료를 포함하고 있다. 이 서식은 단지 참조용이며 다른 용접법에서 요구하는 모든 자료의 목록은 아니다.

161.1.4 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.

161.2 용접절차인정기록서

161.2.1 절차인정기록서(Procedure Qualification Record, PQR)는 시험재의 용접에 사용된 용접데이터를 기록한 문서이며, 시험재를 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.

161.2.2 절차인정기록서의 내용

절차인정기록서에는 시험재 용접 시 사용된 각 용접법에 대하여 별표 1에서 규정하고 있는 모든 필수변수 및 추가필수변수(요구될 경우)가 기록되어야 한다. 시험재의 용접 중 사용된 비필수변수 또는 기타 변수는 제조자 또는 계약자의 선택에 따라 기록할 수 있다. 기록을 하여야 할 경우 모든 변수는 시험재의 용접 중에 사용된 실제 변수(범위를 포함하여)를 기록하여야 한다.

161.2.3 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 어떠한 서식으로 작성할 수 있다.

161.2.4 절차인정기록서의 변경

다음에 규정된 것을 제외하고는 절차인정기록서를 변경해서는 안된다. 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-No.를 잘못 지정하는 것과 같은 경우이다. 개정의 예로는 규격변경으로 발생하는 변경이 있다. 예를 들면, 이 규격에서 용가재에 새로운 F-No. 등을 지정하거나 또는 기존 F-No.에 새로운 용가재를 채택하는 경우이다. 이와 같은 경우에 특정 제작 규격요건에 따라 제조자 또는 계약자는 규격개정 이전에 인정하였던 특정 F-No.에 속하는 다른 용가재를 사용할 수 있다.

161.3 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 1.5~5 mm 및 5~32 mm의 두께범위에 대한 복수의 절차인정기록서가 있는 경우, 하나의 용접절차시방서에서 1.5~32 mm의 두께범위를 다룰 수 있다.)

161.4 용접절차시방서의 조합

161.4.1 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 경

우, 표 161.5-1부터 표 161.5-4는 각 용접법 또는 용접절차시방서에서 인정한 모재의 두께범위 및 용착금속의 최대두께범위를 결정하는데 사용할 수 있다. (삭제) 인장 및 굽힘시험편과 충격시험편(요구될 경우)은 각 용접법 또는 용접절차시방서의 용착 금속 부를 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 161.5-1부터 표 161.5-4까지에서 모재 및 용착 용접금속 두께의 제한 요건이 적용된 경우

161.4.2 161.4.1의 대안으로 가스텅스텐아크용접(GTAW), 피복금속아크용접(SMAW), 가스금속아크용접 (GMAW), 플라즈마아크용접(PAW) 및 서브머지드아크용접(SAW) 혹은 이와 같은 용접법을 조합하여 루트 용착을 인정하는 경우, 시험재의 두께가 최소 13 mm 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 13 mm 미만일 경우 인정시험재 두께의 1.1배 미만 초과하는 두께의 증가, 13 mm 이상의 용착금속두께에 대하여는 표 161.5-1 및 표 161.5-2를 사용한다) 용접하는데 사용할 수 있다. 다만, 이 모재의 최대두께는 용접절차시방서를 인정하기 위하여 사용된 다른 절차인정기록서에 의해서 인정된 최대두께를 말한다.

161.5 용접절차시방서의 인정방법

161.5.1 “용접절차시방서(WPS)와 절차인정기록서(PQR)” 는 용접할 용접물이 요구되는 성질을 가지고 있는지를 결정하는 것으로 161.5.2부터 161.5.5까지를 조합하여 시험재를 용접하고 시험편을 채취하여 기계시험 또는 비파괴시험 실시결과 판정기준에 적합하여야 한다.

161.5.2 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. 스터드용접(SW)
10. 관성 및 연속구동 마찰용접(DFW)
11. 전기저항용접(ERW)
12. 레이저빔용접(LBW)/저전력밀도 레이저빔용접(LLBW)
13. 폭발용접(EW)

161.5.3 용접법별 확인항목의 기록

용접법이 선택되면 별표 1을 참조하여 WPS 및 PQR에 “필수변수와 추가필수변수” 항목을 기술한다.

161.5.4 소재의 구분

특별한 경우를 제외하고는 별표 2(소재의 구분 P-No) 및 별표 2.1(ASME 소재의 구분) “소재의 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 소재

가. 소재는 별표 2 및 별표 2.1에 따라 소재의 P-No.가 지정된다. 별표 2 및 별표 2.1에 규정되어 있지 않은 소재는 미지정 소재로 간주한다. 용접절차시방서 및 절차 인정기록서에는 미지정 소재의 규격, 형식 및 등급 혹은 화학적 성분 및 기계적 특성이 기록되어야 한다. 만약 재료규격에서 소재의 인장강도가 규정되어 있지 않다면, 미지정 재료를 규정한 기관에서 해당 미지정 소재의 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

161.5.5 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 실시되었더라도 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. 가.에 있어서 예열을 실시하는 경우는 그 온도의 하한을 1구분으로 한다.

다. 가.에도 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. 가.에 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. 가.에 있어서 보호가스를 사용하는 경우는 보호가스 종류의 조합을 1구분으로 한다.

8. 표면 또는 뒷면실드 구분은 다음에 의한다.

가. 표면 또는 뒷면에서 가스보호 사용 혹은 미사용 구분으로 한다.

나. 가.에도 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. 가.에 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 (클래드용접의 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. 가.에도 불구하고 시험에 적합한 전압 및 전류 값에 대하여 $\pm 15\%$ 범위 내에 있을 때는 동일구분으로 한다.
17. 파형(Oscillation) 구분은 다음에 의한다.
 - 가. 파형(Oscillation) 실시 및 미실시를 구분한다.
 - 나. 가.에 있어 파형을 실시하는 경우 파형폭, 빈도 및 정지시간 조합을 1구분으로 한다.
18. 받침쇠 구분은 다음에 의한다.
 - 가. 받침쇠 사용 및 미사용으로 구분한다.
 - 나. 가.에서 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.

161.5.6 용접절차에 인정되는 자세

용접변수에 의해서 특별히 요구하지 않는다면, 임의의 자세에서의 인정은 모든 자세에서의 용접절차시방서를 인정하는 것이다. 용접법 및 전극봉은 용접절차시방서에서 허용한 자세에서 사용이 적합하여야 한다.

161.5.7 요구되는 시험의 종류 및 시험편 수량은 아래와 같다.

1. 기계적 시험

용접되는 시험재의 두께에 따라 기계시험을 위한 시험편의 종류 및 수량은 표 161.5-1에서 표 161.5-4까지와 같다.

표 161.5-1 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 횟수 (인장 및 형틀 굽힘시험)(2)			
	최 소	최 대	최 대	인장	측면굽힘	표면굽힘	루트굽힘
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(6)	5	1.33T	t < 19 경우, 2t	2(4)	4	-	-
150 초과(6)	5	1.33T	t ≥ 19 경우, 1.33T	2(4)	4	-	-

- 주(1) 다음 변수는 고려중인 용접법에 대해 별표1에 언급될 경우에, 이표에서 보여진 제한요건들에 더해 추가로 제한한다.: 별표1의 부록 (3)9, (3)10, (4)32 (삭제) 가 해당되며 또한, 161.9.1은 이표의 제한 요건들을 대체하는 면제사항을 제공한다.
- (2) 용접절차의 조합에 관한 사항은 161.4를 참조한다.
- (3) SMAW, SAW, GMAW, PAW 및 GTAW, LLBW에만 적용하고, 그 이외에는 주(1) 또는 2T, 혹은 2t 중 하나를 적용한다.
- (4) 시험재 두께가 25 mm를 초과할 경우, 분할 복수시험편에 대한 상세한 세부요건은 161.5.7의 2.가~다.까지 참조한다.
- (5) 두께 T가 10 mm 이상인 경우, 표면 및 루트 굽힘 시험 대신에 4개의 측면 굽힘 시험을 실시할 수 있다.
- (6) 시험재 두께가 150 mm 초과할 경우, 시험재의 전체 두께를 용접해야 한다.

표 161.5-2 그루브 용접부 인장시험 및 세로 굽힘시험

용접시험재의 두께 T, mm	인정되는 모재두께 T의 범위, mm(1)(2)		인정되는 용착 금속의 두께 t, mm(1)(2)	시험의 종류 및 횟수 (인장 및 형틀 굽힘시험)		
	최 소	최 대	최 대	인장	표면굽힘	루트굽힘
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 161.5-1의 주(1)과 같다.

(2) 용접 절차의 조합은 표 1의 주(2)와 같다.

표 161.5-3 필릿 용접부 시험

이음의 종 류	용접된 시험재의 두께	인정되는 범위	시험의 종류 및 횟수 별도그림36 또는 별도그림39 매크로 시험
필릿	별도그림36에 따름	모재의 모든 두께 및 지름에 대한 모든 크기의 필릿	5
필릿	별도그림39에 따름		4

표 161.5-4 그루브 용접부 시험에 의해 인정되는 필릿용접부

용접된 시험재(판 또는 관)의 두께 T	인정되는 범위	시험의 종류 및 횟수
모든 그루브 용접시험	모재의 모든 두께 및 지름에 대한 모든 크기의 필릿	그루브 용접이 표161.5-1 또는 2에 따라서 인정된 경우에 필릿 용접은 인정된다.

2. 인장시험 판 또는 관 인장시험편은 별도그림 40부터 별도그림 44 중 하나를 따라야 하며, 161.6의 요건에 만족하여야 한다.

가. 판의 감소단면 시험편 : 별도그림 40의 요건에 적합한 감소단면 시험편은 모든 두께의 판에 대한 인장시험에 사용될 수 있다.

(1) 두께가 25 mm이하인 판의 경우, 요구되는 각 인장시험에서는 판의 전 두께시험편(full thickness specimen)을 사용하여야 한다.

(2) 두께가 25 mm를 초과하는 판의 경우, 아래 (3) 및 (4)요건에 적합하다면 전 두

꺼시험편 또는 분할시험편을 사용할 수 있다.

- (3) 전 두꺼시험편 대신에 분할시험편을 사용할 경우, 각 분할시험편의 한 세트는 하나의 전 두꺼인장시험편을 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, 161.6의 요건에 만족하여야 한다.

나. 관의 감소단면 시험편 : 별도 그림 41의 요건에 적합한 감소단면 시험편은 바깥지름이 75 mm를 초과하는 모든 두께의 관에 대한 인장시험에 사용할 수 있다.

- (1) 관의 두께가 25 mm이하인 경우, 요구되는 각 인장시험에서는 전 두꺼시험편을 사용하여야 한다.
- (2) 관의 두께가 25 mm를 초과하는 경우, 아래 (3) 및 (4)의 요건에 적합하다면 전 두꺼시험편 또는 분할시험편을 사용할 수 있다.
- (3) 전 두꺼시험편 대신에 분할시험편을 사용할 경우, 각 시험편 한 세트는 하나의 전 두꺼인장시험편을 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, 161.6의 요건에 만족하여야 한다.
- (5) 바깥지름이 75 mm이하인 관의 경우에는 별도그림 42의 요건에 적합한 감소단면시험편을 사용할 수 있다.

다. 봉형시험편 : 별도그림43의 요건에 적합한 봉형 시험편은 인장시험에 사용할 수 있다.

- (1) 두께가 25 mm 이하인 경우, 요구되는 각 인장시험에서는 1개의 봉형시험편을 사용할 수 있으며, 시험편은 시험재 두께에서 별도그림 43의 최대지름(D)을 갖는 시험편이어야 한다.
- (2) 두께가 25 mm를 초과할 경우, 분할시험편은 시험편의 중심이 모재표면과 평행하고 간격이 25 mm를 초과하지 않도록 용접부 전체두께를 절단하여야 한다. 모재표면에 인접한 시험편의 중심은 표면으로부터 16 mm를 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, 161.6의 요건에 만족하여야 한다.

라. 관의 전체 단면시험편 : 별도그림 44에 규정된 치수에 적합한 인장시험편은 바깥

지름 75 mm이하인 관의 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 굽힘 시험편은 5가지 종류이고, 그 분류는 용접부의 축이 시험편 길이방향에 대하여 직각 또는 평행, 그리고 어느 면(측면, 표면 또는 이면)이 굽혀진 시험편의 볼록한 쪽(바깥쪽)에 있는가에 따라 구분된다. 5가지 종류에 대한 정의는 다음과 같다.

가. 횡방향 측면 굽힘시험편

용접부가 시험편 길이방향에 직각이고, 한 측면이 굽혀진 시험편의 볼록면이 되도록 굽힌다. 횡방향 측면 굽힘 시험편은 별도그림 33에 규정된 치수를 만족하여야만 한다. 모재금속 두께가 38 mm($1\frac{1}{2}$ in.) 또는 그이상인 시험편은 시험을 위하여 너비가 19 mm($\frac{3}{4}$ in.)와 38 mm($1\frac{1}{2}$ in.) 사이의 대략 같은 너비의 스트립으로 절단하거나, 전 너비로 굽힐 수 있다. 전체 용접부와 열 영향부가 굽힌 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 161.13.1의 요건을 충족하여야 한다.

나. 횡방향 표면 굽힘시험편

용접부가 시험편의 길이방향에 직각이고, 표면이 굽혀진 시험편의 볼록면이 되도록 굽힌다. 표면 굽힘시험편은 별도그림 34에 규정된 치수를 만족하여야 한다.

다. 횡방향 루트 굽힘시험편

용접부가 시험편의 길이방향에 직각이고, 루트면이 굽혀진 시험편의 볼록면이 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 볼록면이 되도록 굽힌다. 종방향 굽힘시험편은 별도그림 35에 규정된 치수를 만족하여야 한다.

사. 종방향 루트 굽힘시험편

용접부가 시험편의 길이방향에 평행이고, 루트면이 굽혀진 시험편의 볼록면이 되

도록 굽힌다. 종방향 루트 굽힘시험편은 별도그림 35에 규정된 치수를 만족하여야 한다.

161.5.8 시험편 채취방법은 아래와 같다.

1. 판두께 19 mm 미만 용접절차 인정시험편 채취방법은 별도그림 9에 따른다.
2. 판두께 19 mm 초과 및 10 mm~19 mm이하인 대체두께 용접절차 인정시험편 채취방법은 별도그림 10에 따른다.
3. 판에 대한 용접절차 종방향 인정 시험편의 채취방법은 별도그림11에 따른다.
4. 19 mm 미만두께의 판 시험재에 대한 용접절차 인정시험편의 채취방법은 별도그림 12에 따른다.
5. 19 mm 이상두께에 대한 판 시험재의 용접절차 인정시험편의 채취방법은 별도그림 13에 따른다.
6. 노치-인성 시험편의 채취는 별도그림 14에 따른다.

161.6 용접절차인정 합격기준

161.6.1 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

161.6.2 굽힘시험

용접 굽힘시험편의 용접부 및 열영향부는 시험 후 시험편의 굽혀진 부분 안에 완전히 들어가 있어야 한다.

형틀 굽힘시험편은 굽힘시험 후 시험편의 볼록한 면에서 어느 방향으로 측정하여도 용접부 또는 열영향부 안에 3 mm를 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 고려되지 않아야 한다. 내식육성 용접클래딩의 경우에는 어느 방향으로 측정하여도 클래딩 내에 1.5 mm를 초과하는 열린 불연속부가 없어야 한다. 접합부에는 3 mm를 초과하는 열린 불연속부가 없어야 한다.

161.6.3 특별히 요구되는 경우, 노치인성시험(샤르피 V-노치, 낙하시험) 규정된 요건에

따라 노치 인성시험을 실시하여야 하고 관련규격의 요구조건에 만족하여야 한다.

161.6.4 스테드용접부 시험

1. 용접절차 인정 시험편

가. 각 용접절차를 인정하기 위해서는 10개의 스테드용접부 시험이 필요하다. 스테드 용접에 사용하는 장비는 용접 시작시의 수동조작을 제외하고는 완전히 자동이어야 한다. 10개의 스테드용접부 중 한 개씩 걸러(5개의 이음) 스테드 길이의 1/4이 시험재 위에서 평평하게 될 때까지 그 위를 햄머링하여 시험하거나 또는 별도그림 28에 따라 시험지그 및 어댑터(adapter)를 사용하여 스테드를 최소한 15° 각도로 굽힌 후 원래의 위치로 되돌려 놓는 굽힘시험을 실시하여야 한다. 남은 5개의 스테드용접부는 별도그림 29에 따라 비틀림 시험 장치를 사용하여 비틀림시험을 실시하여야 한다. 비틀림시험이 적절하지 않을 경우에는 인장시험을 실시할 수 있으며, 인장시험용 고정도구는 별도그림 28.에 있는 것과 비슷한 것이어야 한다. 다만, 머리부분이 없는 스테드는 용접되지 않은 끝 부분을 인장시험기의 물림장치에 물려도 된다.

나. 굽힘 및 햄머시험 합격기준. 5개 시험편 각각 스테드용접부 및 열영향부를 굽힌 다음 원래 위치로 복귀 또는 햄머링 후 육안으로 보이는 분리나 파괴가 없어야 한다.

다. 비틀림시험 합격기준

5개 시험편이 각각 스테드용접부는 파괴가 일어나기 전에 아래 표 161.6-A, B에 명시된 비틀림력을 견딜 수 있어야 한다. 비틀림시험이 적합하지 않은 경우에는 인장시험으로 대체 할 수 있다. 탄소강 스테드의 파괴강도는 240 MPa(35,000 psi) 이상이고, 오스테나이트 계 스테인리스강 스테드의 파괴강도는 210 MPa(30,000 psi) 이상이어야 한다. 기타 금속의 파괴강도는 규정된 최소인장강도의 1/2이상이어야 한다. 파괴강도는 수나사가 있는 스테드의 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 스테드 부분의 원래 단면적을 기준으로 한다.

표 161.6-A 나사진 탄소강 스테르드의 최소 필요 비틀림력

스터드 공칭 지름, mm	나사산 수 및 나사표시	시험토오크 J	스터드 공칭 지름, mm	나사산 수 및 나사표시	시험토오크 J
6.4 6.4	28 UNF 20 UNC	6.8 5.7	14.3 14.3	18 UNF 12 UNC	81.4 73.2
7.9 7.9	24 UNF 18 UNC	12.9 11.7	15.9 15.9	18 UNF 11 UNC	114.0 100.0
9.5 9.5	24 UNF 16 UNC	23.0 20.3	19.1 19.1	16 UNF 10 UNC	200.0 180.0
11.1 11.1	20 UNF 14 UNC	36.6 32.5	22.2 22.2	14 UNF 9 UNC	320.0 285.0
12.7 12.7	20 UNF 13 UNC	57.0 50.2	25.4 25.4	12 UNF 8 UNC	470.0 430.0

표 161.6-B 나사진 오스테나이트계 스테인리스강 스테르드의 최소 필요 비틀림력

스터드 공칭 지름, mm	나사산 수 및 나사표시	시험토오크 J	스터드 공칭 지름, mm	나사산 수 및 나사표시	시험토오크 J
6.4 6.4	28 UNF 20 UNC	6.1 5.4	15.9 15.9	18 UNF 11 UNC	108.5 96.3
7.9 7.9	24 UNF 18 UNC	12.2 10.8	19.1 19.1	16 UNF 10 UNC	189.8 169.5
9.5 9.5	24 UNF 16 UNC	22.4 19.7	22.2 22.2	14 UNF 9 UNC	302.3 273.9
11.1 11.1	20 UNF 14 UNC	35.3 31.2	25.4 25.4	12 UNF 8 UNC	459.6 410.8
12.7 12.7	20 UNF 13 UNC	54.2 48.1	-	-	-

라. 매크로시험 합격기준

스터드를 P-No.1 이외의 모재에 용접할 경우에는 각각 5 개의 스테르드용접부 및 열영향부 절단면에 대하여 배율 10배의 금속현미경으로 시험을 실시하여야 하고, 시험의 결과 균열이 없어야 한다.

161.6.5 튜브와 튜브시트 시험

1. 용접절차 인정시험편

각각의 용접절차를 인정하기 위하여 10개의 실물모형 용접이 요구된다. 실물모형의 조립은 161.8.4의 3.의 필수 변수 한계 내에서 튜브 구멍 형상과 튜브-튜브시트 이음부 설계는 반드시 동일하여야 한다. 실물모형의 튜브시트 두께는 제품의 두께와 동등 이상이어야 하나, 50 mm(2 in.)보다 두꺼울 필요는 없으며 클래딩(피복)은 클래딩 성분과 동등한 화학성분을 갖는 소재로 대체할 수 있다. 그 실물모형 용접은 다음의 시험용으로 제출되어야 하며 적용되는 합격기준에 부합 하여야 한다.

2. 육안검사 합격기준

육안검사는 175 요건에 따르며, 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. 5 mm(3/16 in.)를 초과하는 원형 지시

다. 원형지시의 간격이 1.5 mm(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 용접 된 용착부가 완전용융 될 것

라. 이음부 루트 0.4 mm(1/64 in.) 이내로 용착금속의 완전용입 될 것

마. 기공은 요구된 최소 기밀유지 용접층의 두께 이하로 용접 목두께를 감소시키지 않을 것

161.7 용접설비

161.7.1 기술기준 제 163 조에서 언급된 “용접시공법에 적정한 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.15F와 P-No.41~P-No.49 금속에 각각 사용할 수 있는 용접기로 인정된다. P-No.51~P-No.53 및 P-No.61, 62,에 대한 인정은 P-No.51~P-No.53 및 P-No.61, 62, 금속에 사용할 수 있는 용접기로 인정된다.

161.7.2 적정한 열처리설비는 열처리 온도 및 유지시간의 진행과정을 확인할 수 있는 기록계가 장치된 것을 말한다.

161.8 용접사 기량 인정시험방법

161.8.1 용접사 및 자동용접사의 기량인정시험 시 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 인정 하는 것이 된다.

161.8.2 용접절차시방서와 절차인정시험재를 준비한 용접사는 별표 5에서 지정하는 제

한 범위 내에서만 인정된다.

161.8.3 시험기록 서식 3, 4 용접사 또는 자동용접사 기량인정시험(Welder or Welding Operator Performance Qualification, WPQ)기록에는 필수변수, 시험 종류 및 시험 결과와 각 용접사 및 자동용접사가 161.9에 따라 인정되는 범위가 포함되어야 한다.

161.8.4 각 용접법의 규정된 필수변수가 하나 이상 변경될 경우, 용접사는 재 인정되어야 한다.

1. 수동용접사의 용접법별 필수변수는 아래 표 161.8-5에서 표 161.8-10까지이며, 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, 용가재의 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 표 161.8-10을 따라야 한다.

4. 튜브와 튜브시트 용접절차 필수 변수는 아래와 같다.

가. 모든 용접법

(1) 용접법 변경 시

(2) 용가재의 추가 또는 삭제, 그루브 깊이 증가, 그루브 각도 감소 또는 그루브 형식 변경과 같은 용접이음 형상변경(제조오차 벗어난 것)

(3) 규정 벽두께 2.5 mm 이하인 튜브의 경우, 규정 벽두께의 10%이상 증감. 규정 벽두께가 2.5 mm를 초과하는 튜브를 사용하여 시험하는 경우, 하나의 인정시험

으로 2.5 mm를 초과하는 모든 두께에 대해 인정.

- (4) 규정직경 50 mm 이하이고 규정벽두께가 2.5 mm 이하의 튜브에 대하여는 튜브 직경의 10% 보다 크게 감소할 때 벽두께 2.5 mm 초과 튜브에 대하여 직경은 필수변수가 아니다.
- (5) 튜브간 중심거리(리저먼트)가 10 mm 또는 규정된 벽두께의 3배보다 작을 때는 리저먼트의 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 자재가 용접 부분인 경우), 튜브시트 클래딩 자재의 P-No. 또는 A No. 변경 시(클래딩 자재가 용접부분 일 경우) 또는 그 자재가 P-No. 또는 A-No.가 없는 자재를 변경 시
- (10) 만약 용가재가 추가된다면 용착부의 A-No. 변경 또는 용착부의 A-No.가 없을 경우 용착부의 공칭 성분 변경 시
- (11) 예열온도가 55℃ 보다 큰 온도로 감소 시 또는 인정된 WPS의 층간온도가 5℃ 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 확관 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, 플라스마, 가스 메탈 아크 용접

- (1) 금속삽입재의 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 플라스마 아크 용접은 용가재의 삭제 또는 추가 시
- (5) 가스텅스텐 아크 용접 또는 플라스마 아크 용접은 용접봉 또는 용가재의 공칭 직경 변경 시
- (6) PQR 인정 시 보조차폐가스를 사용한 경우 그 시스템 제거 시

(7) 용접봉 또는 용가재의 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

161.8.5 용접사 및 자동용접사의 식별표시. 기량이 인정된 각 용접사 및 자동용접사에 게 식별번호, 문자 또는 기호를 부여하여야 하며, 이 식별표시는 용접사 또는 자동용접사가 제작한 용접물을 식별하는데 사용하여야 한다.

161.8.6 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 161.8-5 산소가스용접(OFW)의 용접사 인정 필수변수

항 목		변수의 개요
이음(2)	7	+ 받침
모재(3)	2	인정 최대두께 T
	18	∅ P-No.
용가재(4)	14	\pm 용가재
	15	∅ F-No.
	31	∅ 용착금속두께 t
자세(5)	1	+ 자세
가스(8)	7	∅ 가스 종류

기호 설명 : ∅ 변경, +추가, -제거, ↑상진, ↓하진

표 161.8-6 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 161.8-7 반자동 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 161.8-8 반자동 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.
용가재(4)	15	∅ F-No.
	30	∅ 용착금속두께 t
	32	t제한(단락아크)
자세(5)	1	+ 자세
	3	∅ ↑↓수직용접
가스(8)	8	- 백킹가스(backing gas)
전기적 특성(9)	2	∅ 이행방식

기호 설명 : ∅ 변경, + 추가, - 제거, ↑상진, ↓하진

표 161.8-9 수동 및 반자동 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 삼입물
	23	∅ 용가재의 제품형태
	30	∅ 용착금속두께 t
자세(5)	1	+ 자세
	3	∅ ↑↓수직용접
가스(8)	8	－ 백킹가스(backing gas)
전기적 특성(9)	4	∅ 전류 또는 극성

기호 설명. ∅ 변경, +추가, -제거, ↑상진, ↓하진

표 161.8-10 수동 및 반자동 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 삼입물
	23	∅ 용가재의 제품형태
	30	∅ 용착금속두께 t
자세(5)	1	+ 자세
	3	∅ ↑↓수직용접
가스(8)	8	－ 백킹가스(backing gas)

기호 설명 : ∅ 변경, +추가, -제거, ↑상진, ↓하진

161.9 인정되는 자세 및 지름의 범위

161.9.1 그루브 용접 별표 5 좌측의 인정시험을 통과한 용접사는 별표 5 우측의 범위 까지도 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 161.5-1. 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 6 mm 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 161.5-1.에서 허용한 범위 내에 있어야 한다. 다만, 두께가 38 mm 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.

161.9.2 필릿 용접

별표 5 좌측의 인정시험을 통과한 용접사 또는 자동용접사는 별표 5 우측의 범위까지도 인정된다. 다만, 표 161.10-15에 따라 적용될 필수변수의 인정 범위내에 있는 재료의 두께, 필릿용접의 크기와 바깥지름이 73 mm 이상인 관 및 튜브의 필릿용접부 만을 제작하는 것이 인정된다. 바깥지름이 73 mm 미만인 관 또는 튜브에 필릿용접을 실시하는 용접사 또는 자동용접사는 표 161.10-14에 따라 규정된 시험을 통과하여야 한다.

161.9.3 특수 자세

특수한 방위로 용접을 하는 제조자는 본 특수 방위에 대한 기량 인정 시험을 하여야 한다. 이러한 자격인증은 실제로 시험한 자세와 아래보기 자세에 대하여 유효하나 별도그림 1과 별도그림 2에 명시된 바와 같이 용접면의 회전 방향과 용접축에 기운 방향과 $\pm 15^\circ$ 까지는 허용된다.

161.9.4 스티드 용접 자세

4S 자세에서 자격인증은 1S 자세를 인정한다. 4S 와 2S 자세의 인정은 모든 자세에 대한 검증을 인증한다.

161.9.5 튜브와 튜브시트 용접사 및 자동용접사 인증

적용되는 규격에서 튜브 와 튜브시트 실증 인증시험이 요구될 때에는 161.6.5의 1.을 적용하여야 한다. 만약 특수한 인증시험 요건이 적용되는 규격에 규정되지 않았다면 용접사와 자동용접사는 아래의 방법 중 하나로 검증되어야 한다.

1. 161.9.1의 1.의 그루브 용접 요건
2. 161.6.5의 요건대비 실증시험

161.10 기량 인정두께의 제한범위 및 시험편

161.10.1 제품용접에서 용접사는 인정된 각 용접법에 대하여 표 161.10-11부터 표 161.10-16에서 허용한 두께를 초과하여 용접할 수 없다.

1. 그루브 굽힘시험은 표 161.10-11에 따른다.

표 161.10-11 굽힘시험

구 분	요구된 시험편과 시험의 종류 및 횟수			
용접금속 두께(mm)	육안시험	측면굽힘 별도그림 33 (1)	표면굽힘 별도그림 34, 35 (1),(2)	루트굽힘 별도그림 34, 35 (1),(2)
10 mm미만	X	...	1	1
10이상 19 mm미만	X	2(3)	(3)	(3)
19 mm 이상	X	2

주(1) 5G또는 6G 자세 인정을 위해 총 4개의 굽힘시험편이 요구된다. 단독 시험재에서 2G 그리고 5G의 조합 사용을 인정하기 위해 총 6개의 굽힘시험편이 요구된다.

- (2) 표면과 루트굽힘에 의한 시험재는 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 대체 할 수 있다.

표 161.10-12 용접 금속 인정 두께

시험재에서 용접금속의 두께 t(mm)	인정되는 용접금속의 두께
모든 두께 13 mm 그리고 최소 3층 이상	2 t 용접되는 최대 두께

주(1) 1명 이상의 용접사가 용접할 경우, 각 용접사가 각각의 용접법으로 용접한 용착 금속의 두께 t 는 “두께 t ” 칸의 요건에 따라 개별적으로 적용하고 사용하여야 한다.

- (2) 다른 두께의 용접금속을 가진 2개 이상의 관 시험재가, 인정되는 용접금속의 두께를 결정하기 위해 사용될 수 있으며, 그때의 두께는, 표 161.10-13에 따라 용접사가 인정되기 위한 최소직경의 제품용접에 적용될 수 있다.
- (3) 사용된 용접법과 상관없이 3명 이상의 용접사 조합을 인정하기 위해서는 두께 19 mm 이상의 시험재를 사용하여야 한다.

표 161.10-13 관 그루브 용접 허용한계

시험재의 바깥지름, mm	인정되는 바깥지름, mm	
	최 소	최 대
25 미만	용접된 치수	제한없음
25 이상 73 미만	25	제한없음
73 이상	73	제한없음

주(1) 시험의 종류 및 횟수는 표 161.10-11에 따라야 한다.

(2) 바깥지름 73 mm는 DN 65와 동등한 것으로 간주한다.

2. 소구경 필릿 용접시험범위는 표 161.10-14에 따른다.

표 161.10-14 소구경 필릿 용접시험

시험재의 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 161.10-15에 따른다.

(2) 바깥지름 73 mm는 DN 65와 동등한 것으로 간주된다.

3. T 필릿 용접시험은 표 161.10-15에 따른다.

표 161.10-15 T 필릿 용접시험

이음의 종류	용접된 시험재의 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) 시험재의 준비는 판재의 경우 별도그림37, 관은 별도그림38을 따른다.

(2) 바깥지름 73 mm는 DN 65와 동등한 것으로 간주된다. 바깥지름 73 mm보다 작은 소구경 관에 대한 인정의 경우에는 표 161.10-14 또는 표 161.10-16을 참조한다.

4. 그루브 용접시험에 의한 필릿 인정범위는 표 161.10-16에 따른다.

표 161.10-16 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 또는 자동용접사를 인정한 경우에는 필릿용접도 인정된다.

161.11 인정시험재료

161.11.1 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.

161.11.2 받침이 있는 용접 그루브

양쪽면 그루브 용접 또는 받침이 있는 한쪽면 그루브 용접에 대한 인정시험용 시험재의 용접그루브 치수는 조직이 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.

161.11.3 받침이 없는 한쪽면 그루브 용접에 대한 인정시험용 시험재의 용접그루브 치수는 제조자가 인정한 용접절차시방서의 치수와 같거나 또는 별도그림 32에 따른다.

161.11.4 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 161.11-1 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.

161.12 요구되는 시험의 종류

161.12.1 기계적 시험

기계적 시험에 대한 시험편의 종류 및 수량은 표 161.10-11에서 표 161.10-16까지이고 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 채취

하여야 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 161.5.7의 3.을 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 3 mm 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 38 mm를 초과하는 시험편을 굽힐 때에는 시험지그 맨드렐(mandrel)은 최소한 시험편 폭보다 6 mm 이상 넓어야 한다.

161.12.2 RW의 금속조직시험

1. 용접부는 횡단면을 만들어 광택이 나게 다듬고, 용접금속이 드러나게 에칭을 하여야 하며, 단면은 10배율로 검사하여야 한다. 용접 단면은 균열, 불완전용입, 날림(expulsion)과 개재물(inclusion)이 없어야 한다. 기공은 시험편의 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 너깃의 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, 너깃의 폭은 프로젝션 폭의 80% 이상이 되어야 한다.

161.13 기량인정시험 합격기준

161.13.1 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 3 mm를 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 3 mm를 초과하는 열린 불연속부가 없어야 한다.

161.13.2 필릿용접부 시험

용접사 기량인정용 필릿용접 시험재의 치수 및 가공은 별도그림 37 또는 별도그림 38의 요건을 만족하여야 한다. 판-판의 시험재는 용접부의 직각방향으로 중심 부분에서 약 100 mm 길이 및 양쪽 끝 부분의 약 25 mm 길이를 절단하여야 한다. 관-관 또는 관-판의 시험재는 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 100 mm의 수직 부분 또는 별도그림 38에 명시된 1/4 부분의 수직부분은 용접루트가 인장력을 받는 방법과 같은 방법으

로 측면부에 하중을 받아야 한다. 하중은 시험편이 파괴되거나 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 10 mm 이하 또는 별도그림 38의 경우 1/4 부분의 10% 이하이어야 한다.

2. 매크로시험

기량인정 시험편 별도그림 37의 판 시험재에서 끝 부분 약 25 mm를 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 1.5 mm를 초과하는 오목면 또는 볼록면이 없고 필릿의 다리길이 차이는 3 mm 이하이어야 한다.

161.13.3 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 161.8에 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.

161.13.4 튜브와 튜브시트 시험

1. 용접사 기량인정 시험편

수동 또는 자동용접사의 인정을 위하여 5개의 실물모형의 용접이 요구되며, 시험은 용접절차인정(161.6.5의 1.)과 동일한 규정을 따라야 한다. 161.15.1 및 161.15.2의 요건에 의해 자격상실 또는 인정유효기간이 지난 경우에 한하여 하나의 실물모형 용접이 수동 용접사 또는 자동 용접사 자격 갱신용으로 요구된다.

161.14 체적 비파괴검사에 의한 합격기준

161.14.1 방사선투과검사

용접사 또는 자동용접사가 방사선투과검사에 의해서 인정될 경우에 시험될 시험재의 최소길이는 150 mm이고, 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, 융합부족 또는 불안전용입은 허용되지 않는다.

나. 다음 길이를 초과하는 가늘고 긴 슬래그 개재물은 허용되지 않는다.

(1) t 가 10 mm 이하인 경우에는 3 mm

(2) t 가 10 mm 초과 57 mm 이하인 경우에는 $1/3t$

(3) t 가 57 mm 초과할 경우에는 19 mm

다. 선상으로 형성되어 있는 슬래그 개재물 그룹에서 12t 길이 내에 결함의 길이 합계가 t 를 초과하는 것은 허용되지 않는다. 다만, 슬래그 개재물 그룹 중 가장 긴 결함의 길이를 L 이라고 할 때, 연속된 결함사이의 거리가 $6L$ 을 초과할 경우에는 제외한다.

2. 원형지시

가. 원형지시의 최대 허용치수는 t 의 20% 또는 3 mm 중 큰 치수는 허용되지 않는다.

나. 재료의 두께가 3 mm미만인 용접부의 경우, 인정할 수 있는 원형지시의 최대 수는 길이 150 mm의 용접부에서 12개를 초과해서는 아니 된다. 길이 150 mm 미만의 용접부에서는 인정할 수 있는 원형지시의 수를 비례적으로 감소하여 적용한다.

다. 두께가 3 mm 이상인 재료에서의 최대지름이 0.8 mm 미만인 원형지시는 용접사 및 자동용접사의 방사선투과검사 합격기준으로 고려하지 않는다.

161.14.2 초음파탐상검사

용접사 및 자동용접사의 초음파탐상검사에 의한 인정은 두께 6 mm 이상의 시험 용접부에 실시할 수 있다.

1. 초음파탐상검사의 방법, 절차 및 인정에 대해서는 172에 따라야 한다.

2. 제조자는 용접사와 자동용접사의 기량 인정을 위해 초음파탐상검사원의 자격과 인증이 적절한 절차에 따라 수행되었음을 입증하여야 한다.

3. 인정시험 용접부에 대한 합격기준

가. 균열, 융합부족 또는 불안전용입의 모든 지시는 그 길이에 관계없이 불합격으로 한다.

나. 길이 3 mm를 초과하는 관련지시는 그 길이가 다음을 초과하면 불합격으로 한다.

(1) t 가 10 mm 이하인 경우에는 3 mm

(2) t 가 10 mm 초과 57 mm 이하인 경우에는 $1/3t$

(3) t 가 57 mm 초과할 경우에는 19 mm

여기서, t 는 허용되는 덧살을 제외한 용접부의 두께이며, 두께가 다른 두 부재의 맞대기 용접부의 경우, t 는 두 부재 중 얇은 것으로 한다. 만일 완전용입 용접부가 필릿용접부를 포함하면, 그 필릿의 목두께는 t 에 포함시켜야 한다.

161.15 인정의 지속 및 취소

161.15.1 지속 : 용접사 또는 자동용접사에 대한 기량인정은, 자격인정 용접법으로 인증기관 또는 참여기관의 감독 및 관리 하에, 마지막 용접을 실시한지 6개월 이내인 경우 유효하다.

1. 수동 또는 반자동 용접을 수행하는 용접사
2. 기계 또는 자동 용접을 수행하는 자동용접사
3. 용접절차시방서에 적합한 용접을 수행하는 용접사 또는 자동용접사의 능력을 의심할 만한 특정한 이유가 있을 경우, 그 용접사 또는 자동용접사가 실시하는 용접에 대한 인정은 무효로 한다. 의심스럽지 않은 모든 다른 인정은 유효한 것으로 한다.

161.15.2 인정의 갱신 : 161.15.1의 1.에 따라 만료된 기량인정은 임의의 자세에서 임의의 재질, 두께 또는 지름의 판 혹은 관 중 하나의 단일 시험재를 사용하여 161.8에 따라 용접하고 161.12에 따라 시험되어야 한다.

161.16 작업범위

161.8에 의한 기량 시험 후 161.12의 요구조건에 합격한 자가 할 수 있는 용접의 자세 및 그에 사용되는 모재의 두께는 해당 용접절차시방서에서 지정하는 범위로 한다.

(170 발전설비 비파괴검사)

170.1 적용범위

이 요건은 비파괴검사에 대한 방법과 비파괴검사원 자격의 대해 규정한다. 한국전기설비규정에서 규정하는 비파괴검사 방법은 재료, 용접부, 부품과 기기의 표면 및 내부 불완전부를 검출하는데 이용한다. 한국전기설비규정에서 규정하는 비파괴검사 방법은 방사선투과검사, 초음파탐상검사, 자분탐상검사, 침투탐상검사, 육안검사, 누설시험이다.

170.2 일반사항

1. 한국전기설비규정의 비파괴검사와 관련하여 적용기준에서 특정의 비파괴검사 기준을 적용하도록 규정하는 경우 해당 비파괴검사 기준에서 명시하고 있는 다른 기준도 함께 적용할 수 있다.
2. SI 단위를 우선적으로 사용한다.

170.3 비파괴검사원 자격요건

비파괴검사를 실시하는 비파괴검사원은 국가기술자격법에 따라 자격을 취득하였거나, 대통령령(비파괴검사기술의 진흥 및 관리에 관한 법률 시행령 제11조)이 정하는 바에 따라 이에 준하는 자격을 취득한 자이어야 한다.

170.4 절차서

발전설비 비파괴검사를 준용하여 수행하는 모든 비파괴검사는 절차서에 따라 수행하여야 한다.

170.5 교정

공급자는 한국전기설비규정에서 요구하는 모든 장비의 교정을 보증하여야 한다.

170.6 합격기준

한국전기설비규정에서 규정한 각 비파괴검사 방법에 대한 합격기준은 적용되는 문서를 따른다.

170.7 기록/문서화

기록과 문서는 적용되는 기준과 해당 요건에 명시한 대로 작성하여야 한다. 사용자는 문서와 기록 유지에 대한 책임을 가진다. 검사기록은 최소한 아래의 정보를 포함하여야 한다.

1. 검사일자
2. 검사를 수행한 비파괴검사원의 이름, 소속, 자격등급
3. 용접번호, 일련번호 또는 기타 식별을 포함한 검사 대상의 용접부, 부품 또는 구성품의 식별
4. 검사방법, 기법, 절차서 식별번호와 개정번호
5. 검사결과

171 방사선투과검사

171.1 일반요건

171.1.1 적용

1. 주조품 및 용접부를 포함한 재료의 방사선투과검사는 이 절차에 따라 실시하여야 하며, 검사절차서에는 최소한 다음의 정보를 포함하여야 한다. 다만, 이 절차에서 언급하지 않은 특수방사선(이동방사선, 실시간방사선등) 투과검사 등에 대해서는 별도 지정 절차에 따른다.

가. 재료 종류 및 두께 범위

나. 사용된 동위원소 또는 최대 X-선 전압

다. 선원-검사체 간의 거리(171.4.2항의 D)

라. 검사체의 선원측 면에서 필름까지의 거리(171.4.2항의 d)

마. 선원의 크기(171.4.2항의 F)

바. 필름상표 및 명칭

사. 사용 증감지

171.1.2 표면 준비

1. 주조품을 포함한 재료

재료 표면은 요철이 방사선투과사진의 상이 임의의 불연속부의 상을 가리거나 혼동되지 않도록 적절한 방법으로 추가 표면처리를 하여 해당 재료규격의 요구조건에 만족하여야 한다.

2. 용접부

안쪽(접근 가능한 경우) 및 바깥쪽의 용접 결(weld ripples) 또는 용접부 표면은 방사선투과사진의 상이 임의의 불연속부의 상을 가리거나 혼동되는 경우 임의의 적절한 방법으로 제거하여야 한다.

171.1.3 후방산란 방사선

후방산란 방사선이 필름에 노출되는 것을 확인하기 위해 최소치수가 높이 13 mm, 두께 1.5 mm인 납 기호 “B”를 촬영 동안 각 필름 홀더(film holder)의 뒤에 부착하여야 한다.

171.1.4 식별표시 시스템

각 방사선투과사진에서 계약, 구성품, 용접부 또는 용접심(weld seam) 혹은 부품번호를 적절히 추적할 수 있는 영구 식별 시스템을 사용하여야 한다. 추가로, 제조자의 기호 또는 제조자 명 및 방사선투과사진의 촬영일자가 분명하고 영구적으로 방사선투과사진에 나타나야 한다. 다만, 어떤 경우든 이 정보가 판독범위를 가려서는 아니 된다.

171.1.5 방사선투과사진의 농도제한 감시

필름농도를 측정하기 위해 농도계 또는 스텝웨지 비교필름을 사용하여야 한다.

171.2 장비 및 자재

171.2.1 필름

방사선투과사진은 공업용 방사선헤름을 사용하여야 한다.

171.2.2 증감지는 이 절차서에 따라서 방사선투과검사를 실시하는 경우에 사용할 수 있다.

171.2.3 상질계의 설계

- 표준 상질계는 유공형 또는 선형이어야 한다. 표준 상질계는 유공형의 경우 표 171.2.3-1의 것으로, 선형의 경우 표 171.2.3-2의 것으로 구성하여야 한다.

표 171.2.3-1 유공형 상질계 번호, 두께 및 구멍지름(단위: mm)

상질계 번호	상질계 두께	1T 구멍지름	2T 구멍지름	4T 구멍지름
5	0.13	0.25	0.51	1.02
7	0.19	0.25	0.51	1.02
10	0.25	0.25	0.51	1.02
12	0.32	0.32	0.64	1.27
15	0.38	0.38	0.76	1.52
17	0.44	0.44	0.89	1.78
20	0.51	0.51	1.02	2.03
25	0.64	0.64	1.27	2.54
30	0.76	0.76	1.52	3.05
35	0.89	0.89	1.78	3.56
40	1.02	1.02	2.03	4.06
45	1.14	1.14	2.29	4.57
50	1.27	1.27	2.54	5.08
60	1.52	1.52	3.05	6.10
70	1.78	1.78	3.56	7.11
80	2.03	2.03	4.06	8.13
100	2.54	2.54	5.08	10.16
120	3.05	3.05	6.10	12.19
140	3.56	3.56	7.11	14.22
160	4.06	4.06	8.13	16.26
200	5.08	5.08	10.16	-
240	6.10	6.10	12.19	-
280	7.11	7.11	14.22	-

표 171.2.3-2 선형 상질계 지정선, 선 지름 및 선 번호

A 형		B 형		C 형		D 형	
선 지름(mm)	선 번호	선 지름(mm)	선 번호	선 지름(mm)	선 번호	선 지름(mm)	선 번호
0.08	1	0.25	6	0.81	11	2.54	16
0.10	2	0.33	7	1.02	12	3.20	17
0.13	3	0.41	8	1.27	13	4.06	18
0.16	4	0.51	9	1.60	14	5.08	19
0.20	5	0.64	10	2.03	15	6.35	20
0.25	6	0.81	11	2.54	16	8.13	21

2. 대체 상질계의 설계

다른 국가 또는 국제 표준에 따라 설계되고 제조된 상질계가 이 절차의 재료요건에 만족하다면 사용할 수 있다.

171.2.4 방사선투과사진의 관찰설비

방사선투과사진 관찰설비는 판독을 방해하는 방사선투과사진상의 반사, 그림자 또는 눈부심을 발생시키지 않을 정도의 부드러운 배경조명을 제공하여야 한다. 방사선투과사진의 판독을 위하여 사용되는 기기는 규정 농도 범위에 대하여 상질계의 필수 구멍이나 지정된 선을 보기에 충분한 가변성 광원을 제공하여야 한다. 사진을 보는 상태는 사진의 가장자리 주위로부터 또는 사진의 낮은 농도부분을 통하여 들어오는 빛이 판독을 방해하지 않아야 한다.

171.3 농도계 및 스텝웨지 비교필름

171.3.1 농도계

농도계는 사용되는 동안 최소한 매 90일에 한 번씩 다음과 같이 교정하여야 한다.

1. 공인기관 표준

스텝 태블릿(tablet)으로 추적할 수 있고, 최소한 1.0~4.0의 중간농도를 갖는 최소한 5단계로 된 공인기관 표준 스텝 태블릿 또는 스텝웨지 교정필름이 사용되어야 한다. 스텝웨지 교정필름은 최초 사용 전에 제조자가 제공한 빛이 보이지 않고 물로부터 밀봉되어 유지되지 않았다면, 공인기관 표준 스텝 태블릿과 비교하여 개봉 후 일 년 이내에 검증된 것이어야 한다.

2. 농도계의 사용에 대해서는 농도계 제조자의 단계별 사용설명서를 따라야 한다.

3. 공인기관 표준 스텝 태블릿 또는 스텝웨지 교정필름상의 1.0, 2.0, 3.0 및 4.0에 가장 근접한 농도단계를 읽어야 한다.

4. 농도계는 읽은 농도 값이 공인기관 표준 스텝 태블릿 또는 스텝웨지 교정필름 상에 표시된 실제 농도와 비교하여 ± 0.05 농도 이내이어야 한다.

171.3.2 스텝웨지 비교필름

스텝웨지 비교필름은 제조자에 의해 검증되지 않았다면 처음 사용 전에 다음과 같이

확인하여야 한다.

1. 스텝웨이 비교필름상의 각 단계의 농도는 교정된 농도계로 확인하여야 한다.
2. 스텝웨이 비교필름은 읽은 농도 값이 스텝웨이 비교필름 상에 표시된 농도로부터 ± 0.1 농도 이내이어야 한다.

171.3.3 주기적인 확인

1. 농도계의 주기적인 교정확인 점검은 매 판독시작 시점, 8시간 연속사용 후 또는 렌즈구경 변경 후 등 어느 것이든지 처음 도래하는 것에 대해 171.3.1에서 설명한대로 실시하여야 한다. 농도계를 읽은 값은 171.3.1 3항에서 측정하여 읽은 교정 값의 ± 0.05 이내이어야 한다.
2. 스텝웨이 비교필름 확인 점검은 매년 171.3.2에 따라 실시하여야 한다.

171.4 검사

171.4.1 방사선투과검사 기법

단일벽 촬영기법을 원칙으로 하나, 단일벽 촬영기법을 사용하기가 곤란할 경우에는, 이중벽 촬영기법을 사용할 수 있다. 파이프 또는 튜브 용접부에 대한 선원 및 필름배치와 적정촬영횟수는 부록 171-1 파이프 또는 튜브 용접부에 대한 촬영기법에 따른다.

1. 단일벽 촬영 기법

단일벽 촬영기법에서 방사선은 용접부의 한쪽 벽만을 투과하며, 이는 방사선투과사진의 합부판정을 위해 촬영된다.

2. 이중벽 촬영기법

단일벽 촬영기법을 사용하는 것이 곤란할 때는, 다음의 이중벽 촬영기법 중 하나가 사용되어야 한다.

가. 단일벽 관찰

검사체내의 재료 및 용접부의 경우 방사선이 두 벽을 투과하고 필름측 벽의 용접부 만이 방사선투과사진의 합부판정을 위해 관찰되는 촬영기법이 사용될 수 있다. 전 구간 촬영범위가 원주용접부에 요구되는 경우, 원주 용접부 각각에 대해 120° 간격으로 최소 3회의 촬영이 실시되어야 한다.

나. 이중벽 관찰

공칭 바깥지름이 89mm 이하인 검사체내의 재료 및 용접부의 경우, 방사선이 두 벽을 투과하고 양쪽 벽의 용접부가 동일한 방사선투과사진에서 합부판정을 위해 관찰되는 촬영기법이 사용될 경우, 상질계는 선원 측에만 사용되어야 하며, 요구되는 기하학적 불선명도를 초과하지 않도록 확인하는 것이 바람직하다. 만일 기하학적 불선명도 요건이 만족되지 않는 경우에는 단일벽 관찰이 사용되어야 한다.

- (1) 용접부의 경우, 방사선 빔은 관독될 부위가 겹치지 않도록 용접부의 필름측 및 선원측 부분의 상을 분리하기 충분한 각도로 용접부 면으로부터 경사지게 할 수 있다. 전구간 촬영범위가 원주 용접부에서 요구되는 경우, 각각에 대해 90° 간격으로 최소한 2회의 촬영이 각 이음부에 대해 실시되어야 한다.
- (2) 다른 방법으로서, 용접부는 두 벽의 상이 겹치도록 놓인 방사선 빔으로 방사선투과검사를 할 수 있다. 전구간 촬영이 요구되는 경우, 각 이음부에 대해서는 각각 60° 또는 120° 간격으로 최소 3회의 촬영이 실시되어야 한다.
- (3) 요구된 방사선투과사진 촬영범위가 위의 나. (1) 또는 나. (2)에 나타난 최소 촬영 횟수를 이용하여 포함될 수 없는 경우에는, 추가 촬영을 실시하여야 한다.

171.4.2 기하학적 불선명도

방사선투과사진의 기하학적 불선명도는 다음과 같이 결정하여야 한다.

$$U_g = \frac{Fd}{D}$$

여기서 U_g = 기하학적 불선명도,

F = 선원의 크기 : 촬영할 용접부 또는 검사체로부터 거리 D 에 수직인 평면의 방사선원(또는 유효 초점)에 대한 최대 투영치수, mm,

D = 방사선원에서 촬영할 용접부 또는 검사체까지의 거리, mm,

d = 촬영할 용접부 또는 검사체의 선원측에서 필름까지의 거리, mm.

171.4.3 위치마커

필름상에 방사선투과사진의 상으로 나타나는 위치마커는 그림171.4.3-1과 같이 노출홀더/카세트가 아닌 부품위에 놓아야 하며, 이들 위치는 방사선투과사진의 요구된 보관기간 동안 촬영할 부품의 표면에 영구적으로 표시하거나, 허용된다면 방사선투과사진의 관독범위에 부품의 그 위치를 정확하게 추적할 수 있도록 인정되는 방법으로 배치도면에 영구적으로 표시하여야 한다. 위치마커는 다음과 같이 놓아야 한다.

1. 단일벽 관찰

가. 선원측 위치마커

다음과 같이 방사선투과촬영의 경우, 위치마커는 선원측에 놓아야 한다.

- (1) 편평한 검사체나 혹은 원통형 또는 원추형 검사체의 길이 이음부. 그림 171.4.3-1 (a).
- (2) 오목한 면이 선원 측으로 향해 있고 선원-재료의 거리가 검사체의 안쪽 반지름보다 작은 곡선형 또는 구형인 검사체. 그림171.4.3-1 (b).
- (3) 볼록한 면이 선원 측으로 향해 있는 곡선형 또는 구형인 검사체. 그림 171.4.3-1 (c).

나. 필름측 위치마커

- (1) 오목한 면이 선원 측으로 향해 있고, 선원-재료의 거리가 검사체의 안쪽 반지름보다 큰 곡선형 또는 구형인 검사체를 방사선투과 촬영하는 경우, 위치마커는 필름측에 놓아야 한다. 그림 171.4.3-1 (d).
- (2) 171.4.3 1. 가. (1)의 선원측에 배치하는 것 대신, 방사선투과사진이 그림 171.4.3-1의 (e)와 같이 위치마커를 초과한 범위를 나타내는 경우, 위치마커는 필름 측에 놓을 수 있다.

다. 위치마커를 어느 쪽에 놓아도 좋은 경우

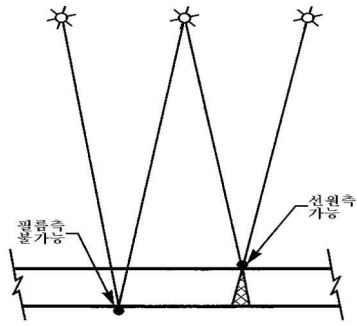
오목한 면이 선원 측으로 향해 있고, 선원-재료의 거리가 검사체의 안쪽 반지름과 같은 곡선형 또는 구형인 검사체를 방사선투과 촬영하는 경우, 위치마커는 선원측 또는 필름측에 놓을 수 있다. 그림 171.4.3-1 (f).

2. 이중벽 관찰

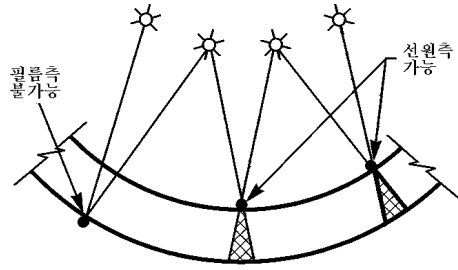
이중벽 관찰의 경우, 각 방사선투과사진에 대하여 최소한 한 개의 위치마커를 용접부(또는 판독범위내의 재료 상에)와 인접한 곳에 놓아야 한다.

3. 위치마커의 배치도

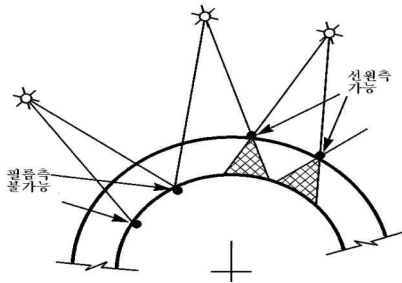
작성 접근할 수 없거나 또는 다른 제한사항이 171.4.3의 1 및 171.4.3의 2에 규정된 대로 위치마커를 배치할 수 없는 경우, 전구간 범위가 포함되었다는 것을 보여주기 위해 실제 위치마커 배치의 치수가 표시된 배치도를 방사선투과사진에 첨부하여야 한다.



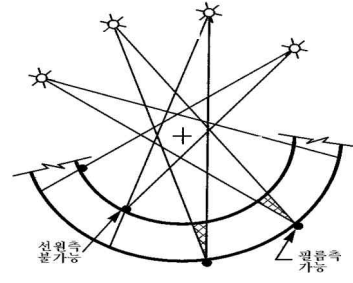
편평한 검사체 또는 길이방향 용접심 [171.4.3의 1. 가. (1) 참조] [대체용으로는 스케치 (e) 참조]
(a)



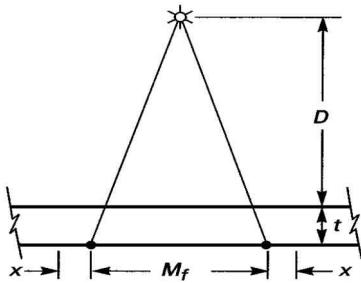
선원-필름간 거리가 검사체의 반지름보다 짧은 곡면 검사체 [171.4.3의 1. 가. (2) 참조]
(b)



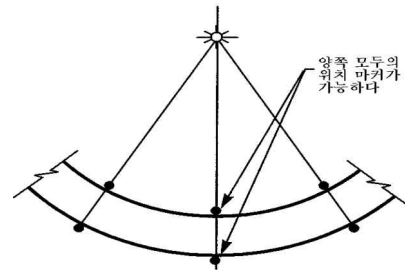
불록한 면이 선원측을 향해 있는 곡면 검사체 [171.4.3의 1. 가. (3) 참조]
(c)



선원-필름간 거리가 검사체의 반지름보다 긴 곡면 검사체 [171.4.3의 1. 나. (1) 참조]
(d)



평면기기 또는 길이방향 용접심
평판 검사체 또는 길이방향 용접심
 $x = (t/D)(M_f/2)$
 x = 필름측 위치마커밖의 추가 요구범위
 t = 검사체의 두께, D = 선원-검사체간 거리
 M_f = 필름측 위치마커의 간격
[171.4.3의 1. 나. (2) 참조]
(e)



선원이 곡면중심에 있는 곡면 검사체 [171.4.3의 1. 다. 참조]
(f)

기호설명: 선원- π
위치마커- \bullet
검사체의 중심- $+$

그림 171.4.3-1 위치마커 스케치

171.4.4 상질계(IQD) 선택

1. 상질계 재료

상질계는 유공형의 경우 ASTM E-1025 또는 선형의 경우 ASTM E-747에서 규정한 동일한 합금재료 그룹 또는 등급이거나 촬영되는 재료보다 방사선 흡수가 적은 합금재료로 선택하여야 한다.

2. 크기

지정된 유공형 상질계 또는 필수 선은 표171.4.4-1에 명시된 것과 같아야 한다. 동등한 상질계 감도가 유지된다면, 표171.4.4-1에 나열된 단면 두께에 대해 얇거나 두꺼운 유공형 상질계로 대체해도 된다. 171.5.3의 2 참조

가. 덧살이 있는 용접부

상질계 선택의 근거가 되는 두께는 공칭 단일벽 재료 두께에 용접부의 양쪽면 (안지름과 바깥지름)에 존재하는 것으로 추정되는 실제 용접부 덧살 두께를 더한 것으로 한다. 용접부 덧살 두께에 사용된 추정값은 적용 기준에서 허용된 최대값을 초과하지 않아야 한다. 용접부의 실제 덧살에 대한 물리적인 추정은 요구되지 않는다. 받침링 또는 받침쇠는 상질계 선택에서 두께 부분으로 고려하지 않는다.

나. 덧살이 없는 용접부

상질계 선택의 근거가 되는 두께는 공칭 단일벽 재료두께이다. 받침링 또는 받침쇠는 상질계 선택에서 두께 부분으로 고려하지 않는다.

다. 실제값

위의 (a)와 (b)에 관해서는, 실제 재료/용접부 두께를 측정할 때, 상질계 선택은 이러한 알려진 값을 기본으로 해도 된다.

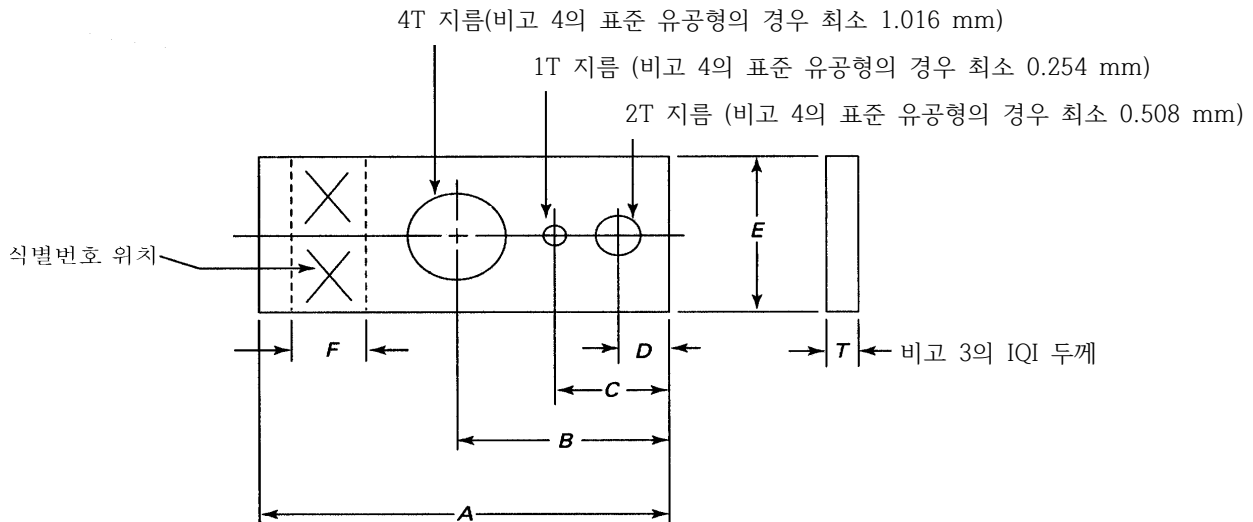
표 171.4.4-1 상질계 선택

공칭 단일벽의 재료두께 범위 (mm)	선원측 상질계			필름측 상질계		
	유공형의 번호	필수 구멍	선형의 필수 선 번호	유공형의 번호	필수 구멍	선형의 필수 선 번호
6.4 이하	12	2T	5	10	2T	4
6.4 초과 9.5 이하	15	2T	6	12	2T	5
9.5 초과 12.7 이하	17	2T	7	15	2T	6
12.7 초과 19.0 이하	20	2T	8	17	2T	7
19.0 초과 25.4 이하	25	2T	9	20	2T	8
25.4 초과 38.1 이하	30	2T	10	25	2T	9
38.1 초과 50.8 이하	35	2T	11	30	2T	10
50.8 초과 63.5 이하	40	2T	12	35	2T	11
63.5 초과 101.6 이하	50	2T	13	40	2T	12
101.6 초과 152.4 이하	60	2T	14	50	2T	13
152.4 초과 203.2 이하	80	2T	16	60	2T	14
203.2 초과 254.0 이하	100	2T	17	80	2T	16
254.0 초과 304.8 이하	120	2T	18	100	2T	17
304.8 초과 406.4 이하	160	2T	20	120	2T	18
406.4 초과 508.0 이하	200	2T	21	160	2T	20

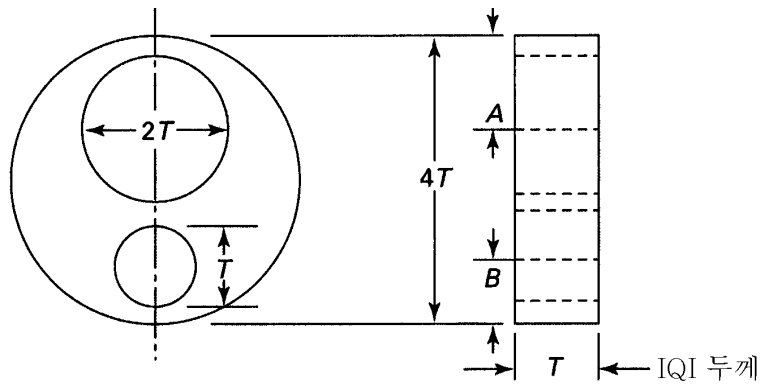
3. 유공형 상질계 요건

가. 치수 요건

유공형 상질계는 그림171.4.4-2 상질계의 치수 요건을 만족하여야 한다.



(a) 식별번호가 160 이하인 상질계의 형상



(b) 식별번호가 160 초과하는 상질계의 형상

- 비고 1. 상질계 두께와 구멍지름에 대한 공차
 2. 진원 T-구멍지름, 상질계 두께와 구멍지름의 공차는 $\pm 10\%$ 이어야 한다.
 3. XX 식별번호는 0.0254 mm의 T와 같다.
 4. 상질계 번호 1번~9번은 1T, 2T 및 4T가 아니다.
 5. 구멍은 진원이고 상질계에 수직이어야 한다. 모따기 금지

식별번호, T (비고 3)	A mm	B mm	C mm	D mm	E mm	F mm	허용오차 (비고 2)
1-4	38.1 ± 0.38	19.05 ± 0.38	11.13 ± 0.38	6.35 ± 0.38	12.7 ± 0.38	6.35 ± 0.76	$\pm 10\%$
5-20	38.1 ± 0.38	19.05 ± 0.38	11.13 ± 0.38	6.35 ± 0.38	12.7 ± 0.38	6.35 ± 0.76	± 0.127
21-50	38.1 ± 0.38	19.05 ± 0.38	11.13 ± 0.38	6.35 ± 0.38	12.7 ± 0.38	6.35 ± 0.76	± 0.635
50 초과- 160	57.15 ± 0.762	34.93 ± 0.762	19.05 ± 0.762	9.53 ± 0.762	25.4 ± 0.762	9.53 ± 0.762	± 0.127
160 초과	1.330T ± 0.127	0.830T ± 0.127	-	± 0.254

그림 171.4.4-2. 상질계의 치수 요건

나. 직사각형 및 원형의 상질계는 납 또는 이와 유사한 방사선 흡수도를 갖는 재료로 만든 번호로 식별하여야 한다. 투과사진 상에서 상질계를 식별할 수 있도록 식별표시는 직사각형 상질계의 경우 상질계 위에 직접 위치시키고, 원형 상질계의 경우 인접하여 놓아야 한다. 식별번호는 상질계 두께의 0.0254 mm 단위로 나타낸다. 즉, 상질계 번호 10은 두께가 0.254 mm인 상질계를 나타내고, 상질계 번호 100은 두께가 2.54 mm인 상질계를 나타낸다.

4. 선형 상질계 요건

가. 치수 요건

- (1) 상질계는 지름이 작은 것에서 지름이 점점 큰 순서대로 1.25×인 등비수열로 배열한 선의 조합으로 구성하여야 하며, 표171.2.3-2에 규정한 지름을 가져야 한다.
- (2) 선지름의 허용오차는 표171.4.4-2에 만족하여야 한다.

표 171.4.4-2 선 지름의 허용오차

선 지름(d), mm	허용오차, mm
$0.000 < d \leq 0.125$	± 0.0025
$0.125 < d \leq 0.25$	± 0.005
$0.25 < d \leq 0.5$	± 0.01
$0.50 < d \leq 1.6$	± 0.02
$1.6 < d \leq 4.0$	± 0.03
$4.0 < d \leq 8$	± 0.05

나. 상질 수준 선형 상질계의 사용에 요구되는 상질수준은 유공형 상질 수준의 2-2T 수준과 동등하여야 하며, 표171.4.4-3는 여러 가지 유공형 상질계를 나타내고 있고 상질계에서 1T, 2T 및 4T 구멍에 대응하는 등가 상질계(투과도계) 감도(EPS)의 선지름을 나타내고 있다. 이 표는 1T, 2T 및 4T 품질수준을 결정하는데 사용할 수 있다.

표 171.4.4-3 유공형 상질계의 1T, 2T 및 4T에 대응하는 등가 선 지름

상질계 두께, mm	상질계 번호	유공형 상질계의 구멍에 대응되는 등가 상질계(투과도계) 감도의 선 지름, mm		
		1T	2T	4T
0.13	5		0.09	0.15
0.16	6		0.10	0.18
0.20	8	0.08	0.13	0.20
0.23	9	0.09	0.14	0.23
0.25	10	0.10	0.15	0.25
0.30	12	0.13	0.20	0.28
0.38	15	0.16	0.25	0.41
0.43	17	0.19	0.28	0.51
0.51	20	0.25	0.38	0.63
0.64	25	0.33	0.51	0.81
0.76	30	0.41	0.63	1.02
0.89	35	0.51	0.81	1.27
1.02	40	0.63	1.02	1.57
1.27	50	0.81	1.27	2.03
1.52	60	1.02	1.57	2.54
1.78	70	1.27	2.03	3.20
2.03	80	1.57	2.54	4.06
2.54	100	2.03	3.20	5.08
3.05	120	2.54	4.06	6.35
3.56	140	3.20	5.08	8.13
4.06	160	4.06	6.35	-
5.08	200	5.08	8.13	-
6.10	240	6.35	-	-
7.11	280	8.13	-	-

171.4.5 상질계의 사용

1. 상질계의 배치

가. 선원측 상질계

아래의 나.에 기술된 조건을 제외하고, 상질계는 검사하는 부품의 선원측에 놓아야 한다. 부품이나 용접부의 형상 또는 크기 때문에 상질계를 부품 또는 용접부에 위치시키기 어려운 경우, 상질계는 별도의 블록(block)위에 놓을 수 있다. 별도의 블록은 부품과 같거나 방사선적으로 유사한 재료로 만들어야 하고, 상질계 배치를 용이하게 활용할 수 있다. 171.5.2 2항의 상질계/판독범위 농도 허용오차 요건이 만족된다면, 별도 블록의 두께에 대한 제한은 없다.

- (1) 별도 블록의 선원측 상질계는 촬영할 부품의 선원측보다 필름측에 더 가깝게 놓아서는 아니 된다
- (2) 별도 블록은 촬영할 부품에 가능한 한 가깝게 놓아야 한다.
- (3) 유공형 상질계를 사용할 때, 별도 블록의 치수는 최소한 상질계 상의 세 번의 윤곽이 방사선투과사진에서 나타나도록 상질계 치수보다 커야 한다.

나. 필름측 상질계

선원측에 상질계를 놓을 수 없는 경우, 상질계는 검사하는 부품에 접촉시켜 필름측에 놓아야 한다. 납 기호 “F”는 상질계의 인접부위 또는 상질계 위에 놓아야 한다. 그러나, 유공형 상질계를 이용한 경우, 납 글자는 필수구멍을 가려서는 아니 된다.

다. 용접부에 대한 상질계 배치-유공형 상질계

상질계는 용접부의 인접부위 또는 용접부 위에 놓을 수 있다. 기하학적 형상에 의해 배치가 불가능할 경우를 제외하고, 식별기호 및 납 기호(사용되는 경우) “F”는 판독범위에 있어서는 아니 된다.

라. 용접부에 대한 상질계 배치-선형 상질계

선형상질계는 선의 길이 방향이 용접부의 길이방향에 수직이 되도록 용접부 위에 놓아야 한다. 상질계 식별기호와 납기호 “F”(사용할 경우)는 기하학적 형상으로 인해 배치가 불가피한 경우를 제외하고는 판독범위에 놓을 수 없다.

마. 용접부 이외의 재료에 대한 상질계의 배치

상질계의 식별기호 및 납 기호(사용되는 경우) “F”는 판독범위에 놓을 수 있다.

2. 상질계의 수.

한번 촬영에 1개 이상의 필름 홀더가 사용되는 경우, 아래의 나.에 설명한 것을 제외하고, 최소한 1개 이상의 상질계의 상이 각각의 방사선투과사진에 나타나야 한다.

가. 복수의 상질계

171.5.2의 요건이 2개 이상의 상질계를 사용하여 만족되는 경우, 하나는 가장 밝은 판독범위를 나타내고, 다른 하나는 가장 어두운 판독범위를 나타내야 한다. 방사선투과사진에서 중간범위의 농도는 허용농도를 만족하는 것으로 간주하여야 한다.

나. 특수한 경우는 부록 171-3 상질계의 수에 따른다.

(1) 원통형 검사체에서 선원을 검사체의 축 위에 놓고 한번의 노출로 촬영하기 위해, 다음의 경우 3개 이상의 상질계를 약 120° 간격으로 배치한다.

(가) 1개 이상의 필름홀더를 사용하여 전체원주를 촬영하는 경우 또는

(나) 가장 바깥쪽 부분의 끝부분 사이의 길이가 240° 이상인 큰 원주부분이 1개 이상의 필름 홀더를 사용하여 촬영하는 경우. 필름의 위치는 필요한 상질계 간격을 유지하기 위해 필름을 추가로 더 놓을 수 있다.

(2) 원통형 검사체에서 선원을 검사체의 축 위에 놓고 한번의 노출로 촬영하기 위해, 다음의 경우 3개 이상의 상질계를 사용하여 1개는 촬영부위의 중앙에 배치하고, 다른 2개의 상질계는 양끝에 각각 배치한다.

(가) 120° 초과 240° 미만의 길이인 원주부분이 1개의 필름 홀더를 사용하여 촬영되는 경우 또는

(나) 가장 바깥쪽 부분 범위의 끝 부분 사이의 길이가 240° 미만인 작은

원주부분이 1개 이상의 필름 홀더를 사용하여 촬영하는 경우.

- (3) 위의 (1) 및 (2)에서, 원주방향 용접부와 연결된 길이방향 용접부의 부분이 원주방향 용접부와 동시에 촬영되는 경우, 추가 상질계는 촬영할 원주방향 용접부로부터 가장 멀리 떨어진 각 길이방향 용접부의 끝 부분에 놓아야 한다.
- (4) 원통형 검사체에서 선원을 검사체의 축 위에 놓고 한번의 노출로 촬영하기 위해, 다음의 경우 3개 이상의 상질계를 약 120° 간격으로 배치한다.
 - (가) 1개 이상의 필름홀더를 사용하여 전체원주를 촬영하는 경우 또는
 - (나) 가장 바깥쪽 부분의 끝부분 사이의 길이가 240° 이상인 큰 원주부분을 1개 이상의 필름 홀더를 사용하여 촬영하는 경우. 필름의 위치는 필요한 상질계 간격을 유지하기 위해 필름을 추가로 더 놓을 수 있다.
- (5) 원통형 검사체에서 선원을 검사체의 축 위에 놓고 한번의 노출로 촬영하기 위해, 다음의 경우 3개의 상질계 중 1개는 촬영부위의 중앙에 위치하고, 다른 2개의 상질계는 양끝에 각각 위치한다.
 - (가) 120° 초과 240° 미만의 길이인 원주부분을 1개의 필름 홀더를 사용하여 촬영하는 경우 또는
 - (나) 가장 바깥쪽 부분 범위의 끝 부분 사이의 길이가 240° 미만인 작은 원주부분을 1개 이상의 필름 홀더를 사용하여 촬영하는 경우.
- (6) 위의 (4) 및 (5)에서, 기타 용접부가 원주방향 용접부와 동시에 촬영되는 경우, 한 개의 추가 상질계를 각 기타 용접부에 놓아야 한다.
- (7) 선원이 용접길이의 중앙에 수직하게 위치한 상태에서 3개 이상의 필름 홀더를 사용하여 한 번의 노출로 검사가 이루어지는 형상이 편평하거나 커브(즉, 타원체, 원환체, 원뿔체 등)인 기기의 일부분을 검사할 경우에는 3개 이상의 상질계를 사용하고, 이중 하나는 촬영할 부위의 가운데에, 다른 두 개는 각 양끝에 놓아야 한다.
- (8) 한 원주 내에 배열된 검사체가 촬영되는 경우, 최소한 1개의 상질계가 각 검사체의 상에 나타나야 한다.
- (9) 후속 촬영과 관련된 기록의 연속성을 유지하기 위하여, (1)~(7)에 따라 허용된 기법에 해당하는 상질계를 나타내는 모든 방사선투과사진은 보유하여야 한다.

3. 유공형 상질계 사용 시의 심(shim)

용접부의 경우, 필요하다면, 용접금속과 방사선투과촬영상 유사한 재료의 심을 상질계 및 부품 사이에 놓아야 하고, 관심부위를 투과한 방사선투과사진의 농도는 필수 구멍에 인접한 지정 상질계를 투과한 농도보다 -15%를 초과(더 밝음)하지 않도록 한다. 심의 치수는 최소한 상질계 상의 세 변의 윤곽이 방사선투과사진에서 나타나

도록 상질계 치수보다 커야 한다.

171.5 평가

171.5.1 방사선투과사진의 품질

모든 방사선투과사진은 촬영하는 검사체의 판독범위에서 어떠한 불연속부를 가리거나 혼동되지 않도록 그 범위에서 기계적, 화학적 또는 기타 손상이 없어야 한다. 이러한 손상에는 다음과 같은 것들이 있으나, 이것으로만 한정되는 것은 아니다.

1. 뿌옇(fogging)
2. 줄무늬, 물마크(water mark) 또는 화학적 얼룩과 같은 현상처리 결함
3. 긁힘, 지문, 주름, 오물, 정전기 마크, 얼룩 또는 찢어짐
4. 불량 스크린으로 인한 의사지시.

171.5.2 방사선투과사진의 농도

1. 농도 제한

필수구멍에 인접한 지정 유공형 상질계 본체 또는 선형 상질계의 필수선에 인접한 방사선투과사진을 투과한 필름농도와 관심영역의 필름농도는 X-선원으로 만든 방사선투과사진의 경우 한 장의 필름 관찰에 대해서는 최소 1.8이고, 또한 감마선원으로 만든 방사선투과사진의 경우는 최소 2.0이어야 한다. 복수의 필름으로 촬영한 것을 조합하여 관찰하는 경우, 조합된 세트의 각각의 필름은 최소 농도가 1.3이 되어야 한다. 한 장 또는 중첩관찰 시 최대 농도는 4.0이어야 한다. 농도계서 읽은 값의 판독오차의 허용값은 0.05 이내이다.

2. 농도변화

가. 방사선투과사진의 농도는 관심부위를 투과한 어느 곳이라도 다음과 같아서는 안 된다.

- (1) 필수구멍에 인접한 지정 유공형 상질계 또는 선형 상질계의 필수선에 인접한 상질계 본체를 투과한 농도보다 -15% 또는 +30%를 초과한 농도변화
- (2) 175.5.2 1항에 규정된 최소/최대 허용 농도범위를 초과. 허용 가능한 농도변화를 계산할 경우, 171.5.2 1항에 규정된 범위 내에서 0.1단위로 반올림하여 계산할 수 있다.

나. 위 가. 의 요건을 만족하지 못할 경우, 이때는 각각의 예외적인 부위에 대해 상질계를 추가로 사용해야 하며 방사선투과사진을 재촬영하여야 한다.

다. 심이 유공형 상질계와 함께 사용될 경우, 위 가. 의 +30% 농도제한을 초과할 수도 있으며, 171.5.3 1항의 요구 상질계 감도가 만족된다면 171.5.2 1항의 최소 농도요건은 상질계에 적용하지 않는다.

171.5.3 상질계 감도

1. 요구 감도

방사선투과촬영 기법은 지정된 유공형 상질계의 상과 필수 구멍 또는 선형 상질계의 필수 선을 나타내기에 충분한 감도의 기법으로 실시하여야 한다. 방사선투과사진은 또한 상질계의 식별번호 및 글자를 나타내어야 한다. 유공형 상질계의 상과 필수구멍 또는 선형 상질계의 필수 선이 어떤 필름에서도 단독적으로는 나타나지는 않지만, 조합된 필름 관찰시에 나타나는 경우, 판독은 조합된 필름 관찰에 의해서만 인정하여야 한다.

2. 등가 유공형 상질계 감도

동등하거나 또는 더 우수한 상질계 감도를 얻을 수 있고 방사선투과사진 촬영을 위한 기타 모든 다른 요건을 만족한다면, 표171.5.3에 제시된 것과 같이 지정 상질계를 더 얇거나 두꺼운 유공형 상질계로 대체할 수 있다. 등가 상질계 감도가 표 171.5.3의 각 열에 나타나 있으며, 각 열은 요구되는 상질계와 구멍을 포함하고 있다. 만약 지정 상질계와 구멍이 표에 제시되어 있지 않을 경우, 동등 상질계 감도를 설정하기 위해서 표171.5.3에서 다음으로 더 얇은 상질계 열을 사용할 수 있다.

표 171.5.3 등가 유공형 상질계 감도

유공형 상질계 번호 2T 구멍	등가 유공형 상질계 번호	
	1T 구멍	4T 구멍
10	15	5
12	17	7
15	20	10
17	25	12
20	30	15
25	35	17
30	40	20
35	50	25
40	60	30
50	70	35
60	80	40
80	120	60
100	140	70
120	160	80
160	240	120
200	280	140

171.5.4 기하학적 불선명도의 제한

방사선투과사진의 기하학적 불선명도는 표171.5.4의 값을 초과해서는 아니 된다.

표 171.5.4 불선명도 값

재료두께, mm	Ug 최대값, mm
50 미만	0.51
50 이상 75 이하	0.76
75 초과 100 이하	1.02
100 초과	1.78

비고 재료두께는 상질계에 기초를 둔 두께이다.

171.6 문서화

171.6.1 방사선투과검사 실시자는 다음의 방사선투과촬영 기법의 세부사항을 작성하고 기록하여야 한다.

1. 170.7의 요건
2. 171.1.4의 식별시스템
3. 171.4.3의 3에 따른 위치마커의 배치도
4. 방사선투과사진의 수(촬영횟수)
5. X-선 장비 전압 또는 사용한 동위원소 종류
6. 선원크기(171.4.2항의 F)
7. 모재 종류 및 두께, 용접부 두께, 용접부 덧살 두께(적용 시)
8. 선원-검사체 간의 거리(171.4.2항의 D)
9. 검사체의 선원측에서 필름 간의 거리(171.4.2항의 d)
10. 필름 제조자와 제조자가 지정한 종류/명칭
11. 각 필름 홀더/카세트 당 필름의 수
12. 단일 또는 이중벽 촬영
13. 단일 또는 이중벽 관찰

171.6.2 방사선투과사진 검사성적서 작성

방사선투과검사 실시자는 다음의 사항에 대한 검사성적서를 작성하여야 한다.

1. 각 방사선투과사진 위치 목록
2. 검사성적서 양식에 정보를 포함시키거나 또는 참고로 방사선투과기법의 세부 기술서를 첨부한 171.6.1에서 요구하는 정보
3. 검사한 재료 또는 용접부의 평가 및 처리
4. 방사선투과사진의 최종 합부판정을 수행하는 제조자의 대리인 식별(성명)
5. 제조자의 평가 일자

172 초음파탐상검사

172.1 일반요건

172.1.1 적용

이 절차는 강 용접부에 대한 초음파탐상검사에 적용하며, 초음파탐상 시에는 다음의 요건이 확인되어야 한다. 다만, 이 절차에서 언급하지 않은 비행-회절시간(TOFD) 기법은 부록 172-3에, 인코더를 이용한 위상배열 선형주사기법은 부록 172-4에서 기술하며 기타 특수 초음파탐상(컴퓨터 영상처리기법 등) 검사 등에 대해서는 별도 지정 절차에 따른다.

1. 검사요원의 자격인정/인증 요건
2. 절차서 요건/증명, 인정, 합격기준
3. 검사시스템 특성
4. 교정시험편의 보존 및 관리
5. 검사 범위 및/또는 주사할 체적
6. 합격기준
7. 기록의 보존
8. 보고서 요건

172.1.2 절차서 요건

초음파탐상검사는 최소한 다음의 요건을 포함하여 수행하여야 한다.

요건	필수요건	비필수요건
두께 치수와 모재의 제품형태를 포함한 검사할 용접부 형상(파이프, 튜브, 판 등)	○	
검사할 표면	○	
기법(수직빔, 사각빔, 접촉 및/또는 수침법)	○	
재료에서 음파 진행의 각도와 모드	○	
탐촉자, 주파수와 진동자 크기/형태	○	
특수 탐촉자, 웨지, 슈 또는 새들(사용 시)	○	
초음파 장비	○	
교정(교정시험편 및 기법)	○	
주사 방향 및 범위	○	
주사(수동, 자동)	○	
결점 지시와 기하학적 형상을 구별하는 방법	○	
지시 크기 측정법	○	
강화된 컴퓨터 자료 획득(사용 시)	○	
주사 중첩(감소만 해당)	○	
검사원 기량요건(요구 시)	○	
검사원 자격인정 요건		○
표면 조건(시험표면, 교정시험편)		○
접촉매질: 상표명 또는 형태		○
시험 후 세척 기법		○
자동 경보 및/또는 기록 장치, (적용 시)		○
기록되어야 할 최소 교정 데이터(예, 기기 설정)를 포함한 기록		○

172.2 장비

172.2.1 장치 요건

1. 펄스-에코방식의 초음파탐상장치를 사용하여야 한다.
2. 장치는 최소한 1 MHz~5 MHz 범위의 주파수에서 작동할 수 있어야 하며, 2.0 dB 이하의 단위로 단계별로 조절되는 이득(gain) 조정기가 내장되어 있어야 한다. 장치에 댄핑(damping) 조정기가 있는 경우, 검사의 감도를 떨어뜨리지 않는다면 사용하여도 된다.
3. 리젝션(rejection) 조정기는 검사의 직선성에 영향을 주지 않는다고 실증되지 않는 한, 검사 동안에는 “꺼짐” 위치에 있어야 한다.

172.2.2 탐촉자

1. 제품 재료의 입자 구조와 같은 변수로 인해 적절한 투과력이나 더 나은 분해능을 확보하기 위해 다른 주파수의 사용이 요구되지 않는 한, 공칭 주파수는 1 MHz~5 MHz 이어야 한다.
2. 아래 ‘가’와 ‘나’에서 규정한 것과 같이, 검사 표면의 지름이 350 mm미만인 곡률을 가진 기기에서 수행하는 검사는 기기의 원주방향을 따라 움직일 경우, 초음파 음향 결합이 충분하게 이루어지는 것을 보장하고 탐촉자의 어떤 잠재적 흔들림을 억제하기 위해 형상 웨지를 사용하여 수행하여야 한다.

가. 탐촉자는 아래 공식에서 요구하는 곡률 형상이어야 한다.

$$D \leq \left[\frac{(A \times A)}{2.87 \text{ mm}} \right]$$

여기에서

A = 원주방향 주사 동안 탐촉자 접촉면의 길이 또는 축방향으로 주사할 때 폭, mm

D = 검사 표면(안지름/바깥지름)에서 기기 지름, mm

접촉면은 기기의 곡률방향에서 탐촉자의 물리적 치수로 정의한다.

나. 탐촉자 곡률 형상 치수는 아래 표(1)과 표(2)로부터 선정해야 하고, 검사를 수행하고자 하는 기기와 동일한 치수(안지름 또는 바깥지름)를 사용하여 결정하여야 한다.

(1) 바깥지름에서 검사를 수행하는 최대 곡률 형상

기기의 실제 바깥지름 mm	기기 바깥지름을 초과하여 허용 가능한 곡률 형상 지름의 증가값, mm
<100	<25
≥100~250	<50
>250	<100

(2) 안지름에서 검사를 수행하는 최소 곡률 형상

기기의 실제 안지름 mm	기기 안지름 미만인 허용 가능한 곡률 형상 지름의 감소값, mm
<100	<25
≥ 100 ~ 250	<50
>250	<100

3. 용접 금속 오버레이 클래딩용 탐촉자는 경사각 송수신(pitch-catch)법을 사용하는 분할형 수직 빔 탐촉자가 사용되어야 한다. 탐촉자 소자 사이의 내각은 탐촉자의 유효 초점거리가 관심부위의 중앙에 위치하도록 해야 한다.

172.2.3 접촉매질

1. 일반사항

첨가물이 포함된 접촉매질은 검사되는 재료에 해롭지 않아야 한다.

2. 오염 물질 관리

가. 니켈 기지 합금에 사용되는 접촉매질은 황이 250 ppm 이하이어야 된다.

나. 오스테나이트계 스테인리스강 또는 티타늄에 사용되는 접촉매질은 할로젠화물 (염화물과 불화물의 혼합물)이 250 ppm 이하이어야 한다.

172.2.4 교정시험편

1. 일반사항

가. 반사체

장비의 주 대비응답을 설정하기 위해 이미 알고 있는 반사체(즉, 측 면 드릴구멍, 평저구멍, 노치 등)를 사용하여야 한다. 대체 안으로 반사체는 규정 반사체(즉 노치 대신 측면드릴 구멍, 측면 드릴구멍 대신에 평저구멍)보다 감도가 크거나 동일한 대체반사체를 사용할 수도 있다.

나. 재료

(1) 유사금속 용접부

교정시험편 제작을 위한 재료는 시험대상 재료와 동일한 제품 형태 및 동일한 재료규격 또는 동등한 모재 구분번호(P-number grouping)이어야 한다. 이 절에서는 P-No. 1, 3, 4, 5A ~ 5C 및 15A ~ 15F의 재료를 동일 재료로 간주한다.

(2) 이종금속 용접부

시험재료선정은 시험이 수행될 용접부 쪽의 재료를 기본으로 하여야 한다. 시험이 용접부 양쪽에서 수행될 경우, 교정반사체는 두 재료 양쪽에 만들어야 한다.

(3) 전이보상

시험편 재료가 동일한 제품형태가 아니거나 동일한 열처리를 받지 않았을 경우, 모든 다른 시험편 요건을 만족하고 음향 특성 차이에 대한 전이보상

을 사용하였다면 이 시험편 재료는 사용해도 된다. 전이보상은 검사에 사용한 동일한 진동자와 웨지를 사용하여 아래의 둘 중 하나로부터 얻어진 신호 응답간의 차이를 주의하여 결정해야 한다.

(가) 기본 교정시험편과 검사 대상 기기에서 해당 대비반사체(동일한 형태와 치수)

(나) 기본 교정시험편과 검사 대상 기기에서 동일한 방향으로 위치한 두 개 탐촉자

검사 감도의 차이는 조정해야 한다.

다. 품질

교정시험편의 제작 전에, 교정시험편 재료는 수직 탐촉자를 사용하여 전체적으로 시험하여야 한다. 잔여 저면 반사를 초과하는 지시를 포함하는 부위는 여러 교정반사체에 도달하는데 필요한 빔 경로에서 제외하여야 한다.

라. 클래딩(cladding)

시험대상 기기 재료가 클래드 재료인 경우, 교정시험편은 생산부품과 동일한 용접방법으로 클래드 된 것이어야 한다. 클래딩이 자동 용접법으로 용착되는 경우와 교정시험편의 크기로 인해 자동 용접법이 비 실질적인 경우, 클래드의 용착은 수동 용접으로 하여도 된다.

마. 열처리

교정시험편은 종류 및 등급에 따라 최소한 재료규격에서 요구되는 최저 템퍼링(tempering) 처리를 하여야 한다. 교정시험편이 클래딩 이외의 용접부를 포함하고, 시험 시점에서 구성품의 용접부가 열처리된다면, 교정시험편도 동일하게 열처리를 하여야 한다.

바. 표면마무리

교정시험편의 주사면 마무리는 시험할 구성품의 주사면 마무리를 대표하여야 한다.

2. 교정시험편의 곡률

가. 시험 표면의 지름이 500mm를 초과하는 재료를 시험하는 경우, 기본적으로 동일한 곡률의 교정시험편을 사용하거나, 대안으로 평판을 기본 교정시험편으로 사용하여도 된다.

나. 시험면의 지름이 500mm 이하인 재료를 시험하는 경우, 곡면 시험편이 사용되어야 한다. 이 절차서에서 달리 규정한 경우를 제외하고, 하나의 곡면 기본 교정시험편이 그 기본 교정시험편 지름의 0.9~1.5배인 곡률 범위의 시험을 위해 사용될 수 있다. 지름이 24mm~500mm인 곡률 범위는 각 두께범위에 대한 그림172.2.4-1에서 나타난 것처럼 6개의 교정시험편 곡률이 요구된다.

다. 볼록면에 대한 대체요건 수직 빔 직접 접촉법에 의해 볼록 표면으로부터 시

험할 때 172.2.4 2.1의 요건에 대한 대체 방법으로서, 부록 172-7 사용한다.

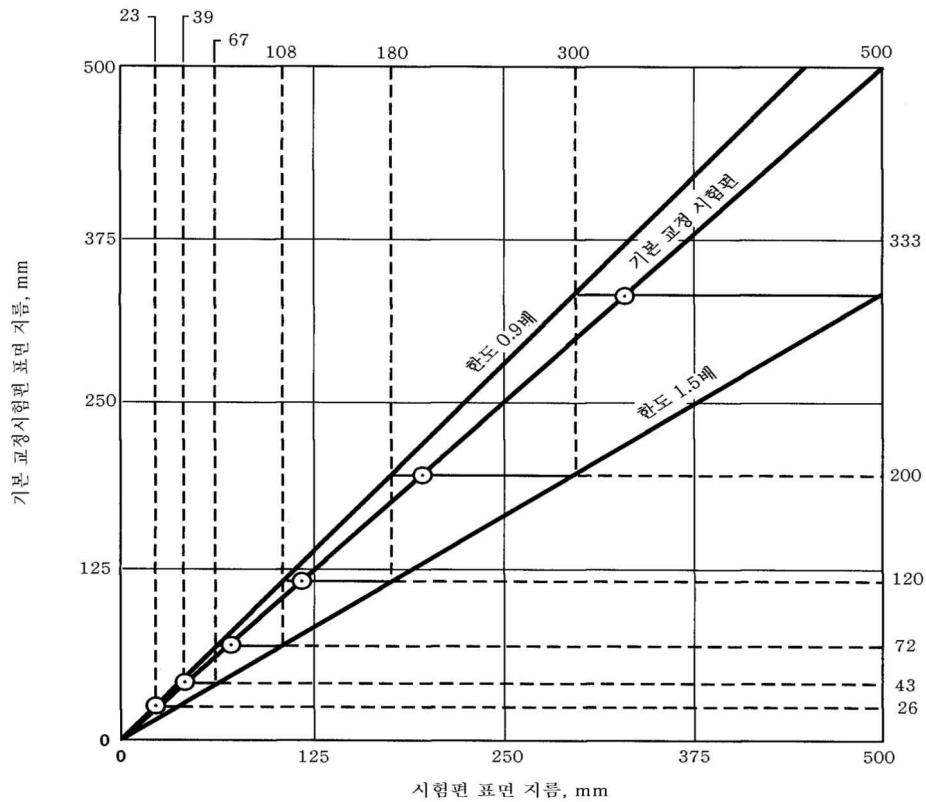


그림 172.2.4-1. 곡률 표면에 대한 제한을

3. 평판형 교정시험편

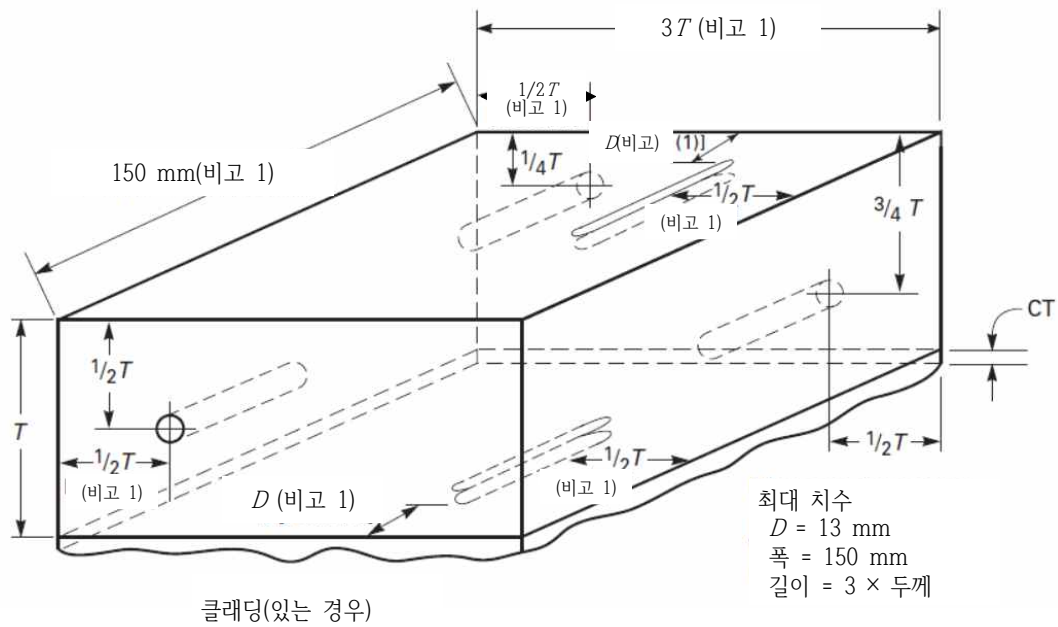
가. 기본 교정검사편의 형상과 반사체는 그림172.2.4-2에 나타난 대로 하여야 한다. 교정시험편 크기와 반사체 위치는 사용되는 빔 각도와 거리 범위에 대한 교정을 수행하기에 적당하여야 한다.

나. 교정시험편 두께

시험편 두께(T)는 그림172.2.4-2에 따라야 한다.

다. 대체 교정시험편

대안으로, 교정시험편은 그림172.2.4-3와 같이 제작해도 된다.



용접부 두께, t	기본 교정시험편 두께, T	구멍지름	노치 치수
25mm 이하	19mm 또는 t	2.5mm	노치 깊이 = 1.6% T ~ 2.2% T
25mm 초과 50mm 이하	38mm 또는 t	3mm	노치 폭 = 최대 6mm
50mm 초과 100mm 이하	76mm 또는 t	5mm	노치 길이 = 최소 25mm
100 mm 초과	t ± 25mm	(비고 9)	

그림 172.2.4-2 평판형 교정검사편

- 비고 1. 구멍은 기본적으로 시험표면에 평행하고, 최소 38mm 깊이로 구멍을 내고 다듬질하여야 한다.
2. 지름 500mm 이하인 구성품의 경우, 교정시험편 지름은 그림172.2.4-1의 요건을 만족하여야 한다. 각각 서로 90° 방향으로 놓여있는 두 세트(set)의 교정반사체(구멍, 노치)가 사용되어야 한다. 대안으로 두 개의 곡률 시험편을 사용하여도 된다.
3. 구멍지름의 허용오차는 $\pm 0.8\text{mm}$ 이어야 한다. 교정시험편 두께(즉, 시험표면으로부터의 거리)에 걸쳐 구멍위치의 허용오차는 $\pm 3\text{mm}$ 이어야 한다.
4. 두께가 19mm미만인 교정시험편의 경우, $1/2T$ 측면 드릴구멍과 표면 노치만이 필요하다.
5. 교정하는 동안 하나의 반사체가 다른 하나의 반사체 지시를 가리지 않도록 하기 위해 모든 반사체(구멍, 노치)를 찾을 수 있도록 위치시킨다면, 모든 구멍은 교정시험편과 동일한 면에 있어도 된다.
6. 클래딩이 있는 경우, 블록의 클래딩 쪽 노치 깊이는 클래딩 두께, CT(즉, 1.6% T+최소 CT에서 2.2% T+최대 CT까지) 만큼 증가되어야 한다.
7. 노치의 최대폭은 중요하지 않다. 노치는 EDM 또는 지름 6.4 mm 이하의 엔드밀로 가공해도 된다.
8. 용접두께(t)는 용접덧살이 없는 용접부의 공칭 재질두께이다. 또는 용접덧살을 가진 용접부의 경우에는 용접부 공칭 재료두께에 추정 덧살 두께를 더한 값이 이 절차서에서 허용하는 최대치를 초과해서는 안 된다. 두께 이상의 모재두께가 포함된 경우의 교정시험편두께(T)는 용접부 평균두께에 의해 결정되어야 한다. 이의 대안으로, 만약 대비반사체 크기가 평균 용접부 두께를 기초로 정해졌다면 더 두꺼운 모재두께에 기초한 교정시험편을 사용해도 된다.
9. 용접부 두께가 100mm를 초과하여 50mm까지의 증가 마다, 구멍지름은 1.5mm씩 증가하여야 한다.

4. 대체 교정시험편은 아래 그림 172.2.4-3에 나타난 대로 제작하여야 한다.

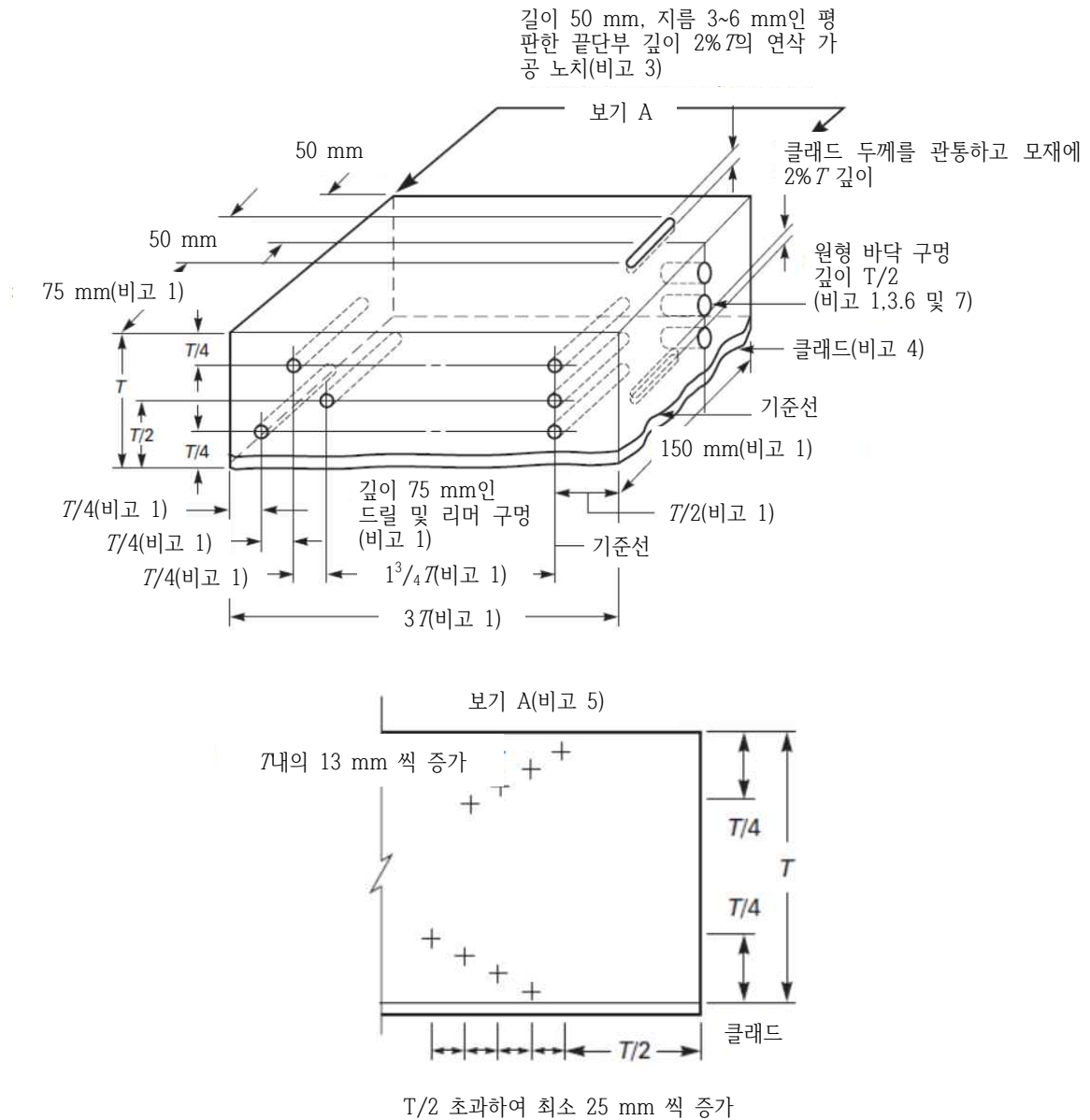


그림 172.2.4-3. 대체 교정시험편

용접부 두께(t, mm)	기본 교정시험편 두께(T, mm)	측면 드릴구멍 지름 (비고 3)	원형 바닥구멍 지름 (비고 3 및 6)
50 초과 100 이하	75 또는 t	5	10
100 초과 150 이하	125 또는 t	6	11
150 초과 200 이하	175 또는 t	8	13
200 초과 250 이하	225 또는 t	10	14
250 초과 300 이하	275 또는 t	11	16
300 초과 350 이하	325 또는 t	13	17
350 초과	$t \pm 25$	(비고 2)	(비고 2)

비고 1. 최소 치수

- 용접부 두께가 356mm를 넘는 경우 용접부 두께가 매 50mm 증가마다, 구멍의 지름은 1.5 mm 증가시켜야 한다.

- 구멍지름의 허용오차는 $\pm 0.8\text{mm}$ 로 하여야 한다 ; 노치 깊이의 허용오차는 $+10\%$ 및 -20% 로 하여야 한다(노치의 반사표면을 따라 가장 얇은 클래드 두께에서 취해져야 한다.); 두께방향에서 구멍위치의 허용오차는 $\pm 3\text{mm}$ 로 하여야 한다. 노치 반사표면에 수직 허용오차는 $\pm 2^\circ$ 로 하여야 한다. 노치 길이의 허용오차는 $\pm 6\text{mm}$ 로 하여야 한다.
- 클래드는 T에 포함해서는 안 된다.
- 최대지름이 3mm, 최소깊이가 38mm인 표면직하의 교정구멍은 클래드-모재의 경계면에서 13mm 간격으로 클래드 표면으로부터 T/4 위치까지 드릴 가공하여야 하고, 클래드 되지 않은 표면으로부터 13mm에서 13mm 간격으로 T/4위치까지 드릴 가공하여야 한다. 각각의 경우, 표면에 가장 가까운 구멍은 시험편의 가장자리로부터 T/2 위치에 드릴 가공하여야 한다. 표면 근처의 구멍으로부터 13mm 두께 방향에 있는 구멍은 T/2 위치로부터 최소 25mm 간격으로 드릴 가공하여야 한다.
- 원형(반구형) 바닥구멍은 빔 분산의 측정에 대해 해당 기준에서 요구하고, 부록 172-5 2.6의 기법이 사용되는 경우에만 드릴 가공하여야 한다. 원형 바닥구멍은 기본 교정시험편의 세트 중에서 가장 큰 시험편에 위치하거나, 검사할 최대 두께를 나타내는 별도의 시험편에 위치해도 된다.
- T/2의 구멍은 시험편의 반대쪽 끝에 위치해도 된다.

5. 배관용(piping) 교정시험편

기본 교정시험편의 형상과 반사체는 곡률 또는 벽두께가 허용된 경우 그림172.2.4-4 또는 대체시험편 그림172.2.4-5에 나타난 대로 하여야 한다. 기본 교정시험편 곡률은 172.2.4의 2항에 따라야 한다. 두께 T는 시험 대상기기 공칭두께의 $\pm 25\%$ 이어야 한다. 교정시험편 크기와 반사체 위치는 사용할 빔 각도와 거리범위에 대해 교정을 수행하기에 적합하여야 한다.

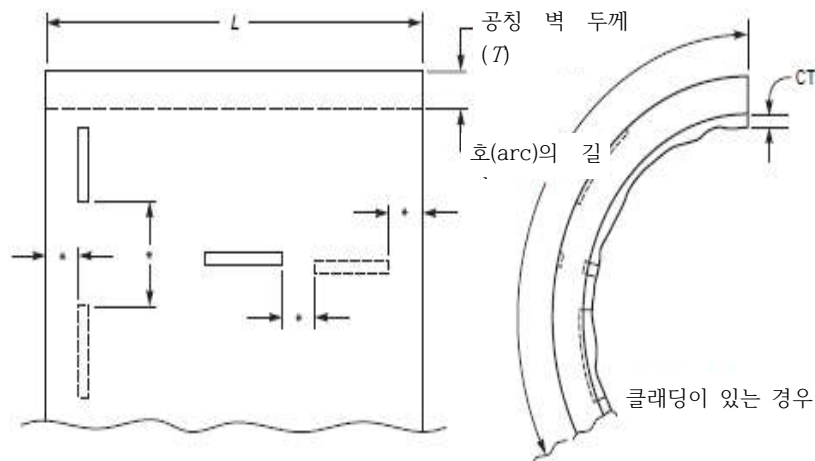


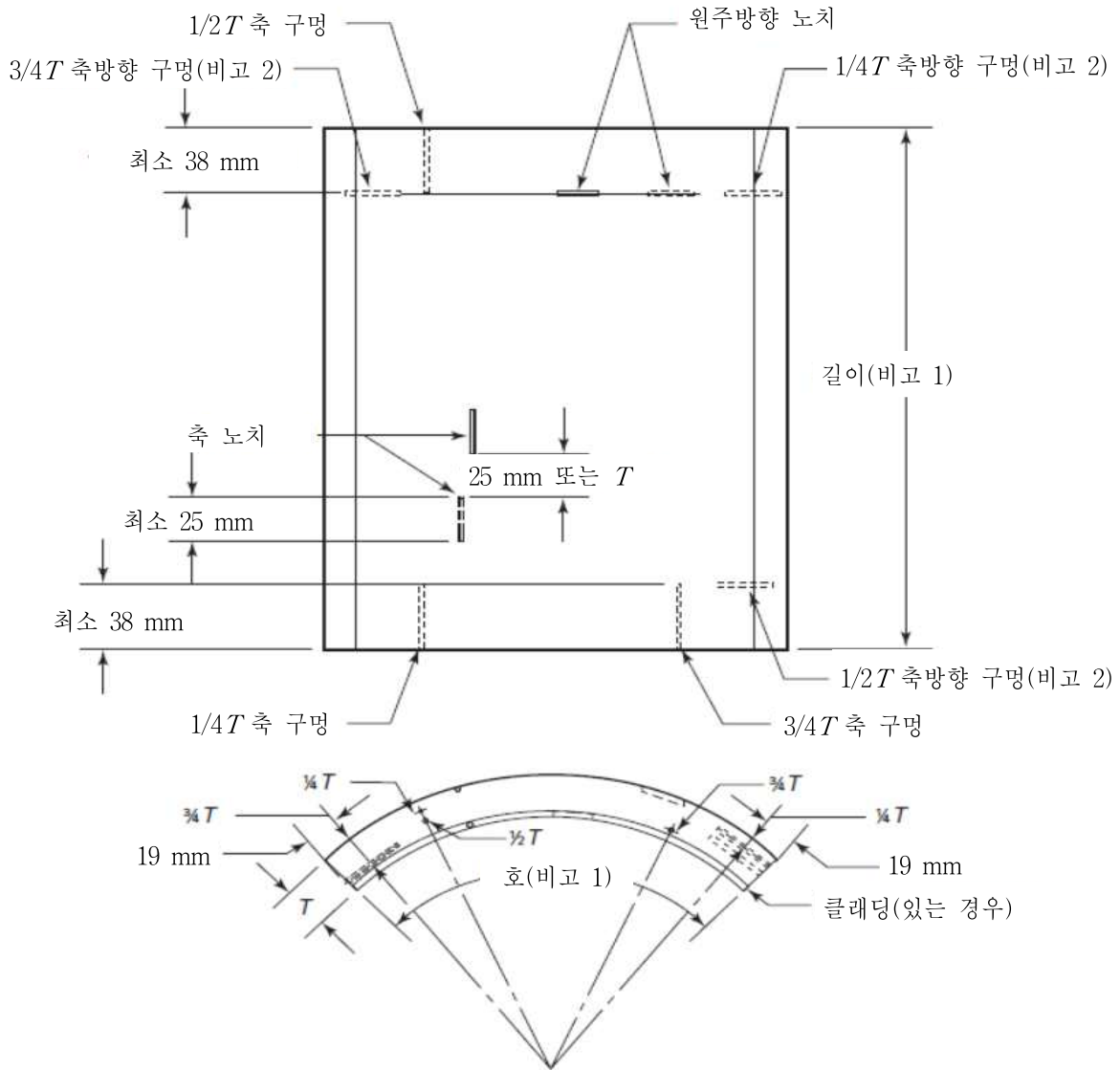
그림 172.2.4-4. 파이프용 교정시험편

- 비고
- 최소 교정시험편 길이(L)는 200mm 또는 8 T 중 더 큰 값으로 하여야 한다.
 - 바깥지름이 100mm 이하인 경우, 최소 원호(arc)의 길이는 원주의 75%이어야 한다. 바깥지름이 100mm를 초과하는 경우, 최소 원호의 길이는 200mm 또는 3T 중 큰 쪽 값으로 하여야 한다.
 - 노치 깊이는 최소 8%T 에서 최대 11%T이어야 한다. 클래딩이 있는 경우, 블록의 클래딩 쪽 노치 깊이는 클래딩 두께, CT(즉, 최소 8%T+CT에서 최대 11%T+CT까지)만큼 증가되어야 한다. 노치 폭은 최대 6 mm(1/4 in.)이어야 하며, 노치 길이는 최소 25 mm(1 in.)이어야 한다.
 - 최대 노치폭은 중요하지 않다. 노치는 EDM 또는 지름 6 mm 이하의 엔드밀로 가공해도 된다.
 - 최소 3:1의 신호 대 잡음비로 교정하기 위해 충분한 노치 길이를 제공해야 한다.
 - 서로 다른 두께의 재료를 용접하고 한 개의 시험편이 172.2.4의 5항을 만족하지 못할 때 시험편 2개를 사용하여야 한다.
 - 172.2.4의 2.가에서 허용된 것과 같은 편평한 시험편을 사용할 경우, 내경 및 외경 노치가 시험편의 반대쪽 검사표면에 위치한다면 2개의 축방향 노치는 생략되고 시험편의 폭은 100 mm로 감소

될 수 있다. 클래딩이 없을 경우, 교정하는 동안 각 검사 표면에 접근이 가능하다면 한 개 노치만 요구된다.

8. 노치는 교정시험편의 모든 가장자리나 다른 노치로부터 $1/2T$ 또는 13 mm 중 큰 쪽 값 이상 떨어져 위치하여야 한다.

6. 평판형 대체 교정시험편



비고 1. 두께가 19 mm보다 작은 시험편의 경우, $1/2T$ 의 측면드릴구멍만 요구된다.

2. 노치를 포함하는 것은 선택사항이다. 그림 172.2.4-4의 노치는 이 교정시험편과 함께 활용해도 된다.
3. 노치 깊이는 최소 8% T에서 최대 11% T 이어야 한다. 노치 폭은 최대 6 mm 이어야 한다. 노치길이는 최소 25 mm 이어야 한다.
4. 노치는 EDM 또는 지름 6 mm 이하의 엔드밀로 가공해도 된다.
5. 노치길이는 교정 시 신호-대-잡음비(S/N ratio)가 최소한 3:1로 교정되도록 충분히 길어야 한다.
6. 노치는 시험편의 가장자리나 다른 노치들로부터 T 또는 38 mm 중에서 큰 쪽보다 가깝지 않아야 한다.

주(1) 길이 및 호는 요구된 사각뿔을 교정하기에 충분해야 한다.

(2) 측면드릴구멍 지름, 길이 및 공차는 172.3.5의 1의 ‘나’ 에서 허용된 것과 같이 172.2.4의 3의 ‘가’ 를 따라야 한다. 1/4T, 1/2T, 및 3/4T에 위치한 접선 측면드릴구멍의 깊이는 각 구멍 길이의 1/2이어야 한다. 정확한 깊이는 측정된 깊이에 측면드릴구멍의 반지름을 추가해야 한다. 두께가 허용되지 않는 경우, 요구된 측면드릴구멍의 깊이 및 접선방향 위치는 시험편 표면위에 나타내야 한다.

그림 172.2.4-5 평판형 대체 교정시험편

7. 용접 금속 오버레이 클래딩 교정시험편

가. A형 교정시험편의 형상과 반사체는 그림 172.2.4-6에 나타난 것과 같아야 한다.

(1) 측면 드릴구멍 또는 평저구멍 중 하나를 사용하여도 된다.

(2) 용접 금속 오버레이의 두께는 최소한 시험되는 것과 같아야 한다.

(3) 모재의 두께는 용접 금속 오버레이 클래딩 두께의 2배 이상이어야 한다.

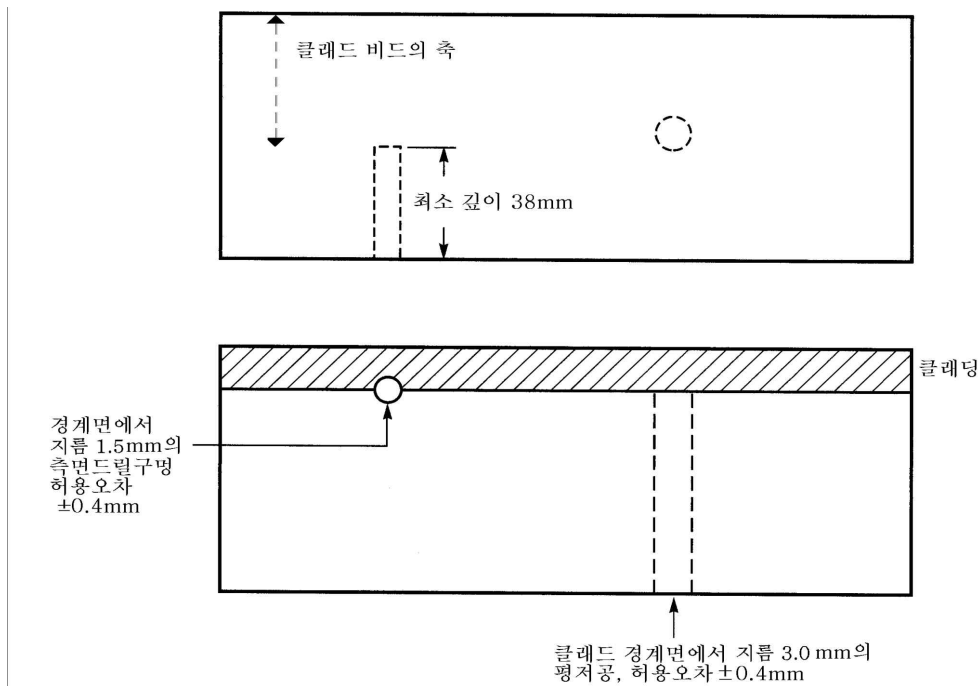


그림 172.2.4-6 A형 교정시험편

나. A형 교정시험편의 대체시험편은 그림 172.2.4-7 또는 그림 172.2.4-8에의 대체 교정시험편을 사용하여도 된다

(1) 용접 금속 오버레이의 두께는 최소한 시험되는 것과 같아야 한다.

(2) 재의 두께는 용접 금속 오버레이 클래딩 두께의 2배 이상이어야 한다.

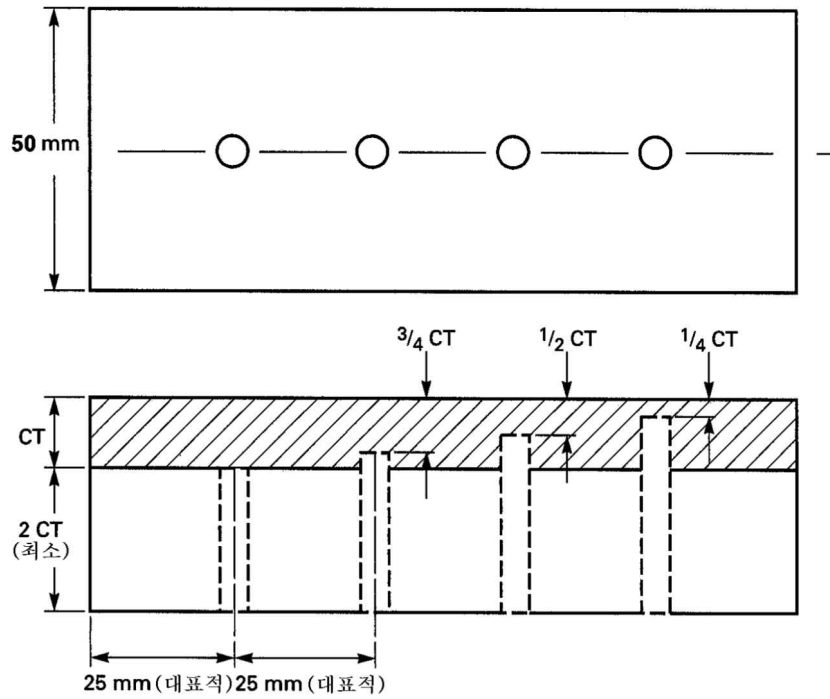


그림 172.2.4-7 A형 대체 교정시험편

비고. 모든 평저구멍의 지름은 3 mm이다. 교정시험편의 클래드 측에 대한 구멍 지름과 깊이의 허용공차는 ± 0.4 mm이다.

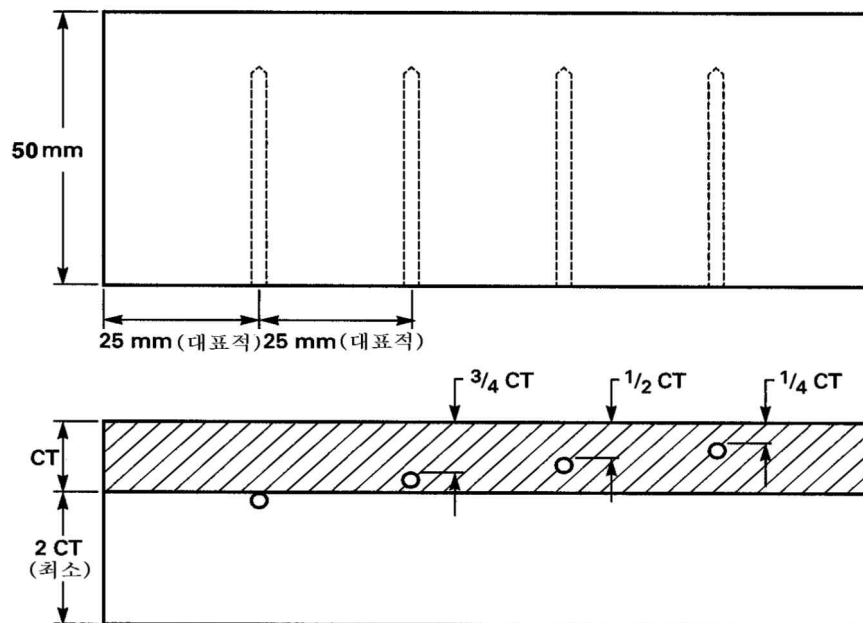


그림 172.2.4-8 A형 대체 교정시험편

비고. 모든 측면 드릴구멍의 지름은 1.5 mm이다. 구멍위치 공차는 ± 0.4 mm이다. 모든 구멍은 최소 깊이

38 mm로 드릴가공 되었다.

다. B형 교정시험편의 형상과 반사체는 그림 172.2.4-9에 나타난 것과 같아야 한다.

- (1) 용접/모재 금속 경계면에 드릴 가공된 평저구멍을 사용하여야 한다.
- (2) 용접 금속 오버레이의 두께는 최소한 시험되는 것과 같아야 한다.
- (3) 모재의 표면에서 시험이 실시되는 경우, 모재 두께는 교정시험편 두께의 25 mm 이내로 하여야 하며, 용접 금속 클래딩 표면에서 시험이 실시되는 경우, 교정시험편의 모재 두께는 용접 금속 클래딩 두께의 2배 이상이어야 한다.

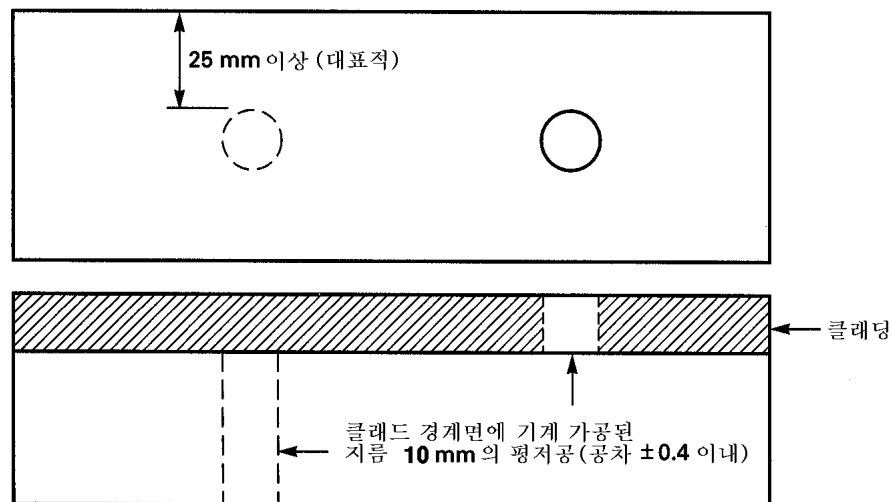


그림 172.2.4-9 B형 교정시험편

8. 노즐 측 용접 용융부 및 인접 노즐의 모재 금속 교정시험편

가. 교정시험편

(1) 형상

교정시험편의 형상은 그림 172.2.4-10과 같아야 한다. 시험편의 크기와 반사체 위치는 노즐 측 용접 용융부와 노즐 인접의 모재금속을 포함하여 교정을 하는데 적합해야 한다. 만약 검사하기 전에 노즐의 내면이 클래딩일 경우, 교정시험편의 내면은 클래딩되어야 한다.

(2) 시험편 두께

교정시험편은 노즐 용접부에 19mm (3/4 in.)를 더한 노즐 인접 벽의 최대 두께이어야 한다.

(3) 곡률(Curvature)

내경이 500 mm 이하인 노즐 검사의 경우, 시험편의 접촉면은 동일한 곡률을 갖거나 그림 172.2.4-1에 세부적으로 설명된 직경의 0.9~1.5배 범위 이내이어야 한다.

(4) 교정 반사체

교정반사체는 그림172.2.4-2의 노즐 벽두께 요건에 따른 측면드릴구멍(SDH)이어야 한다.

(5) 대체 시험편

시험편의 반사체에 대한 음파경로가 요구된 거리의 6 mm 이내이고, 측면드릴구멍(SDH)이 동일하거나 요구된 거리보다 작은 직경일 경우의 유사 검사 형태에 대해 현존하는 교정시험편을 사용해도 된다.

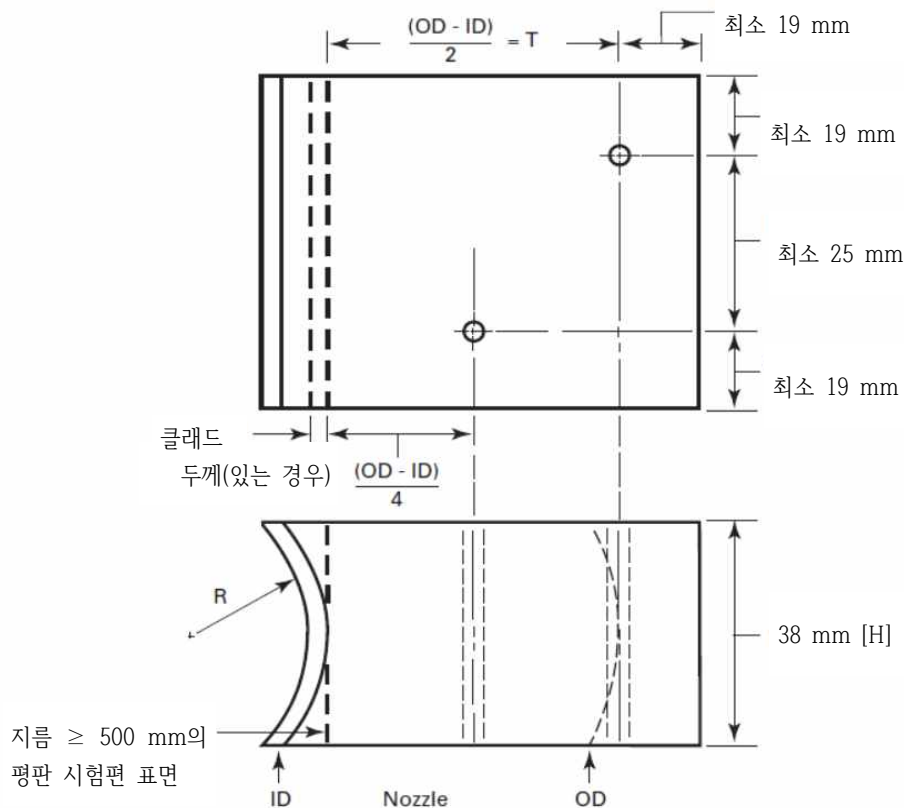


그림172.2.4-10 노즐 측 용접 용융부 및 노즐 인접의 모재금속의 수직탐상을 위한 교정시험편

- 비고 1. 교정시험편의 두께 $T=(OD-ID)/2$ 를 노즐 부착 용접부 하부의 최대 노즐 벽두께로 대해 선정되어야 한다.
2. 측면드릴구멍(SDH)은 시험편의 전체 높이를 드릴가공 후 리밍해야 한다.
3. 측면드릴구멍의 직경은 위의 1.과 그림172.2.4-9에 따라 최대 노즐 벽두께에 대해 선정 되어야 한다.
4. 노즐 측 검사의 경우, 시험편의 벽두께가 50mm(2 in.)를 초과할 때 아래 표 같이 추가적인 측면드릴구멍(SDH)을 가공해야 한다.

교정시험편 벽두께 mm(in.)	구멍 위치 5/8 T	구멍 위치 3/4 T	구멍 위치 7/8 T
> 50(2) 부터 75(3)	...	○	...
> 75(3)	○	○	○

172.3 교정

172.3.1 일반 요건

1. 초음파 시스템 교정은 전체 초음파탐상장비의 시스템을 포함하여야 하며 검사대상이 되는 두께 범위에 대해 시스템의 사용 전에 실시하여야 한다.
2. 교정표면 교정은 검사가 실시될 재료표면에 해당하는 표면(클래드되거나 클래드 안된; 블록 또는 오목)에서 실시하여야 한다.
3. 접촉매질
 - 가. 첨가물이 포함된 접촉매질은 검사되는 재료에 해롭지 않아야 한다.
 - 나. 니켈 합금에 사용되는 접촉매질은 황이 250 ppm을 초과하여 함유되어서는 아니 된다.
 - 다. 오스테나이트계 스테인리스강 또는 티타늄에 사용되는 접촉매질은 할로젠화합물(염화물과 불화물의 혼합물)이 250 ppm을 초과하여 함유되어서는 안 된다.
 - 라. 검사하는 동안 사용되는 것과 동일한 접촉매질을 교정 시에 사용하여야 한다.
4. 접촉웨지

검사하는 동안 사용되는 것과 동일한 접촉웨지를 교정 시에 사용하여야 한다.
5. 장치조정

장치 직선성에 영향을 주는 모든 조정기[예, 필터, 리젝션 또는 클리핑(clipping)]는 교정, 교정 점검, 장치 직선성 점검 및 검사시 동일한 위치에 있어야 한다.
6. 온도

직접 접촉법의 경우, 교정검사편 표면과 검사표면 사이의 온도차는 14℃ 이내로 하여야 한다. 수침법의 경우, 교정시 접촉매질의 온도와 실제 검사시 접촉매질의 온도와의 차는 14℃ 이내로 하여야 한다.

172.3.2 스크린높이 직선성

부록 172-1에 따른다.

172.3.3 진폭조정 직선성

부록 172-2에 따른다.

172.3.4 평판형의 교정

1. 거리 진폭기법을 이용하지 않은 시스템 교정

교정은 신호진폭의 감도 및 정확도와 검사시스템(출력, 기록 또는 자동 처리되는지

에 따라)의 시간 출력은 검사 때마다 재현되는지를 확인하기 위해 필요한 모든 활동을 포함한다. 교정은 인공적인 반사체 또는 불연속부 반사체가 있는 기본 교정검사편을 사용하여도 된다. 교정은 부록 172-5 사각 빔 교정을 위한 탐상기법 및 부록 172-6 수직 빔 교정을 위한 탐상기법에 따른다.

2. 거리 진폭기법을 이용한 시스템 교정

가. 교정은 그림 172.2.4-2에 나타난 교정검사편을 이용하여 실시하여야 한다.

나. 부록 172-5과 부록 172-6는 사각 빔과 수직 빔 교정에 대한 일반적인 기법을 제공하며, 다른 기법을 사용하여도 된다.

다. 사각 빔 교정

이 교정에서는 다음 중 해당되는 교정 또는 측정을 실시하여야 한다.

(1) 거리 범위 교정

(2) 거리-진폭교정

(3) 기본 교정검사편의 표면노치로부터 에코진폭 측정

전자식 거리-진폭교정 장치가 사용되는 경우, 기본 교정검사편으로부터의 주 대비응답은 검사를 실시할 거리범위에 걸쳐 동등하여야 한다. 응답 균등화선은 전 스크린 높이의 40~80% 사이의 스크린 높이로 하여야 한다.

라. 대체 사각빔 교정

용기 또는 다른 구성품의 두께가 13 mm (1/2 in.) 이하이고 지름이 500 mm (20 in.) 이하로 제작되는 경우, 거리-진폭 기법을 위한 사각빔 시스템 교정은 172.3.5의 1의 “가” (1) 및 172.3.5의 1의 “나” 요건을 사용하여 수행될 수 있다.

마. 수직 빔 교정 이 교정에서는 다음사항을 교정하여야 한다.

(1) 거리 범위 교정

(2) 거리-진폭교정

전자식 거리-진폭교정 장치가 사용되는 경우, 기본 교정검사편으로부터 주 대비응답은 검사에서 실시할 거리범위에 걸쳐 동등하여야 한다. 응답 균등화선은 전 스크린 높이의 40~80% 사이로 하여야 한다.

172.3.5 파이프용에 대한 교정

1. 거리 진폭기법을 이용한 시스템 교정

가. 교정검사편 : 교정은 그림 172.2.4-4에 나타난 교정검사편을 이용하여 실시하여야 한다.

나. 사각 빔 교정

사각 빔은 교정 반사체 쪽으로 향하게 하여 최대 응답을 나타내게 한다.

(1) 이득 조정은 반사체로부터의 응답이 전 스크린 높이의 $80 \pm 5\%$ 가 되도록 설정하여야 하며, 이것을 주 대비수준으로 한다.

(2) 장치의 설정을 변경하지 않은 상태에서 거리 진폭교정 곡선(DAC)의 3점을

만들기 위해 필요한 거리 증가분에서의 교정반사체로부터 최대 응답신호를 얻도록 탐촉자를 움직인다.

(3) 축 방향 및 원주방향의 노치 모두에 대해 별도의 교정을 실시하여야 한다.

(4) 거리 범위교정 및 거리 진폭교정 모두에 대해 교정을 실시하여야 한다.

다. 수직 빔 교정

필요한 경우, 수직 빔 교정은 부록 172-6 요건에 따라 실시하여야 한다. 거리 범위교정 및 거리 진폭교정 모두에 대해 교정을 실시하여야 한다.

2. 거리 진폭기법을 이용하지 않은 시스템 교정

교정은 신호진폭의 감도 및 정확도와 검사시스템(출력, 기록 또는 자동 처리되는지에 따라)의 시간 출력은 검사 때마다 재현되는지를 확인하기 위해 필요한 모든 활동을 포함한다. 교정은 인공적인 반사체 또는 불연속부 반사체가 있는 기본 교정검사편을 사용하여도 된다. 교정방법은 부록 172-5 및 부록 172-6에 따른다. 다른 교정방법에서는 검사 재료 등에 근거하여 감도 조절을 포함할 수 있다

172.3.6 용접 금속 오버레이 클래드 교정

1. A형 시험편에 의한 교정

교정은 그림172.2.4-6의 교정시험편을 이용하여 실시하여야 한다.

가. 탐촉자는 교정 반사체로부터 최대 응답을 얻는 곳에 위치시켜야 한다.

나. 이득 조정은 이러한 응답이 전 스크린 높이의 $80 \pm 5\%$ 가 되도록 설정하여야 하며, 이것을 주 대비수준으로 한다.

2. B형 시험편에 의한 교정

교정은 그림172.2.4-9의 교정시험편을 이용하여 실시하여야 한다.

가. 탐촉자는 교정 반사체의 저면으로부터 최초 분해가능한 지시의 최대 응답을 얻는 곳에 위치시켜야 한다.

나. 이득 조정은 이러한 응답이 전 스크린 높이의 $80 \pm 5\%$ 가 되도록 설정하여야 하며, 이것을 주 대비수준으로 한다.

3. A형 시험편의 대체 시험편

대체 교정시험편은 그림172.2.4-7 또는 그림172.2.4-8에 나타난 것과 같은 교정시험편을 이용하여 실시하여야 한다.

가. 탐촉자는 최대 진폭을 나타내는 반사체로부터 최대 응답을 얻도록 위치하여야 한다.

나. 이득 조정은 이러한 응답이 전 스크린 높이의 $80 \pm 5\%$ 가 되도록 설정하여야 하며, 이것을 주 대비수준으로 한다. 스크린 상에 지시의 피크(peak)를 표시한다

다. 장치 설정을 변경하지 않은 상태에서 각각의 다른 반사체로부터 최대 응답이 나타나도록 탐촉자를 위치시키고, 스크린 상에 지시의 피크를 표시한다.

라. 각 반사체에 대한 스크린 표시를 연결하여 DAC 곡선을 얻는다.

172.3.7 노즐 측 용접 용융부위 및 노즐 인접의 모재금속의 교정시험편

사용되는 교정 구멍의 개수는 검사요건에 따라 좌우된다. 만약 노즐 측 용융부를 검사한다면, 노즐 벽두께에서 오직 단일 측면드릴구멍(SDH)이 사용되는 것이 필요하다.

1. 단일 구멍

단일 측면구멍으로부터 응답을 전 스크린 높이(FSH)의 $80\% \pm 5\%$ 로 설정해야 한다. 이것이 주 대비수준이다.

2. 다중 구멍

수직범의 방향은 최대 응답을 나타내는 교정반사체를 향해야 한다. 이득조정은 이 응답이 전 스크린 높이(FSH)의 $80\% \pm 5\%$ 가 되도록 설정되어야 한다. 이것이 주 대비 기준 응답이다. 다음으로 거리진폭보정(DAC) 곡선을 작성하기 위해서 장치의 설정치가 변화되지 않고 다른 구멍으로부터 최대응답이 얻어지도록 탐촉자를 조작해야 한다.

172.3.8 교정 확인

1. 시스템 변경

검사 시스템의 어느 한 부분이 변경되는 경우, 거리 범위를 나타내는 점 및 감도 설정이 172.3.8의 4항의 요건을 만족하는 것을 확인하기 위해 기본 교정검사편에 대해 교정 점검을 실시하여야 한다.

2. 교정 점검

교정 점검은 기본 교정검사편에서 최소한 한 개의 기본 반사체 또는 모의장치를 이용하여 각 검사 또는 일련의 유사한 검사의 종료시와 검사원(자동검사 장비는 제외)이 교체될 때에 수행하여야 한다. 기록된 거리범위와 감도 설정값은 172.3.8의 4항의 요건을 만족하여야 한다.

3. 모의장치 점검

사용되는 모든 모의장치의 점검은 처음 교정하는 동안 기본 교정검사편에 대한 초기 교정과 관련되어야 한다. 모의장치 점검은 다른 종류의 교정반사체 또는 교정검사편(IIIW와 같은) 및/또는 전자적인 모의검사를 실시하여도 된다. 그러나, 시행한 모의검사는 교정성적서에서 식별 가능하여야 하며, 모의장치 점검은 전체 검사 시스템에 대해 실시하여야 한다. 전체 시스템은 한번의 작동으로 점검되지 않아도 되나 전체 시스템 점검의 경우, 탐촉자는 초음파탐상장비에 연결하고 교정반사체에 대해 점검하여야 한다. 모의장치 점검의 정확도는 각각의 연속 사용주기의 종료 시 또는 매 3개월 중 짧은 주기에서 기본 교정검사편을 사용하여 확인하여야 한다.

4. 허용 값의 확인

가. 거리 범위를 나타내는 점

거리범위가 스윕선에서 거리 판독값의 10% 초과 또는 전체 스윕의 5% 초과 값 중 큰 값으로 이동한다면, 거리 범위를 교정하고 검사 기록에서 보정을 기록한

다. 최종 유효교정 또는 교정점검 후 모든 기록된 지시는 재검사를 하여야하고 그 값은 데이터시트를 변경하거나 재기록을 하여야 한다.

나. 감도 설정

어떠한 감도 설정이 그 진폭의 20% 또는 2 dB 이상 변한다면, 감도 교정을 수정하고 검사 기록서에 수정사항을 기록한다. 감도 설정이 감소한다면, 최종 유효교정 및 교정점검 이후의 모든 자료 기록서는 무효로 표시하고 무효 자료로 다루어진 부분은 재검사하여야 한다. 감도 설정이 증가한다면, 최종 유효교정 및 교정점검 이후에 기록된 모든 지시는 재검사를 하여야 하고, 자료 기록서에서 그 교정 값을 수정하거나 다시 기록하여야 한다.

172.4 검사

172.4.1 일반검사 요건

1. 검사 적용범위

주사되는 검사체적은 각각의 필요한 탐촉자에 대해 전체 검사체적을 주사할 수 있도록 탐촉자를 주사표면위에서 이동하면서 검사하여야 한다.

가. 탐촉자의 각 주사 경로는 주사 방향과 수직으로 실제 진동자(압전소자) 치수의 최소 10% 이상 중첩하여야 한다.

나. 탐촉자의 각 주사 경로는 부록 172-5의 2.6에 규정한 대로 최소 빔 크기 미만의 치수를 중첩하여야 된다. 좀더 많은 검사범위가 포함되는 것이 실증되었다면, 탐촉자의 목돌림 주사가 허용된다.

2. 펄스 반복률

펄스 반복률은 검사체적의 최대 거리에 위치한 반사체로부터의 신호가 다음 펄스가 진동자에 위치하기 전에 탐촉자에 되돌아오는 것을 확인할 수 있도록 충분히 짧아야 한다.

3. 탐촉자 이동속도

탐촉자 이동속도(주사속도)는 다음 경우를 제외하고 150mm/s를 초과해서는 안 된다.

가. 초음파탐상장치의 펄스 반복률은 최대 주사속도에서 주사 방향과 평행하게 진동자(압전소자) 치수의 1/2을 이동하는데 필요한 시간 내에 탐촉자가 최소한 6번의 펄스를 발생하기에 충분하여야 한다.

나. 동적 교정은 정적 교정의 ± 2 dB 이내인 다중 반사체에서 실시하고, 펄스 반복률은 172.4.1의 2의 요건을 만족하여야 한다.

4. 주사 감도 수준

가. 거리 진폭기법

주사 감도수준은 대비수준 이득설정보다 최소 6 dB 높게 설정하거나 반자동 또는 자동 기법을 사용할 때 기준응답으로 설정해도 된다.

나. 거리 진폭기법 이외의 기법

주사를 위해 사용되는 이득 수준은 검사되는 형상에 대해 적절하여야 하며 최대 주사속도로 교정 반사체를 검출할 수 있어야 한다.

172.4.2 용접 이음부의 거리 진폭기법

거리 진폭기법이 규정되어있는 경우, 용접 이음부는 사각 빔 탐촉자를 이용하여 용접 부 측에 평행한 방향의 양쪽 모두 및 횡 방향의 양쪽 모두(4회 주사)에 대해 주사하여야 한다. 사각 빔 검사를 실시하기 전에, 용접부 체적을 검사할 때 사각 빔의 진행을 방해할 수 있는 모든 반사체의 위치표정을 위해 사각 빔이 통과하는 모재의 체적에 대해 수직 빔 검사를 실시하여야 한다. 여러 각도의 탐촉자를 사용하는 검사방법은 부록 172-8에 따른다.

1. 사각 빔 기법

가. 빔 각도

선정된 탐촉자와 빔 각은 검사되는 형상에 대해 45° 또는 적절한 각도이어야 하며, 정해진 사각 빔 경로상에서 교정 반사체를 검출할 수 있어야 한다.

나. 용접심(weld seam)에 평행한 반사체

사각 빔은 가능한 한 동일한 표면에서 용접부의 양쪽으로부터(즉, 두 방향으로부터) 용접부 측에 거의 수직이 되도록 향하여야 한다. 탐촉자는 초음파 에너지가 용접부와 인접한 모재의 정해진 체적을 통과하도록 조절하여야 한다.

다. 용접부 심에 횡방향의 반사체

(1) 용접덧살이 있는 경우의 주사

용접캡이 가공되지 않았거나 편평하게 연삭되지 않았을 경우, 용접 캡 양면의 모재로부터 검사가 수행되어야 한다. 용접부 측에 평행하게 주사하는 동안 사각 빔은 용접축에 대하여 0° ~60° 까지 향하도록 하고, 검사 체적을 통과하여야 한다.

(2) 용접덧살이 없는 경우의 주사

용접캡이 가공되거나 편평하게 연삭된 경우, 용접부에 대한 검사가 수행되어야 한다. 사각 빔은 양 축 방향 모두 용접축과 평행하게 향해야 한다. 탐촉자는 사각 빔이 요구되는 검사 체적을 통과하도록 조작되어야 한다.

2. 단면 접근 가능 용접부

사각법을 이용하여 두 방향에서 검사할 수 없는 용접부(예, 모서리 및 T 이음부)는 가능하면 수직법을 이용하여 검사하여야 한다. 이러한 접근이 제한된 부분은 검사 보고서에 기록하여야 한다.

3. 접근이 불가능한 용접부

사각법을 이용하여 최소한 한 쪽(가장자리)에서도 검사할 수 없는 용접부는 검사 보고서에 기록하여야 한다. 플랜지 용접부의 경우, 용접부는 검사체적이 포함될 수 있

다면 플랜지 면으로부터 수직 빔 또는 각도가 낮은 종파를 이용하여 검사하여도 된다.

172.4.3 용접 금속 오버레이 클래딩 기법

이 절차서에서 규정한 기법은 용접 금속 오버레이 클래딩의 검사가 요구되는 경우에 사용되어야 한다.

1. 결합부족과 용접 금속 오버레이 클래딩 결점지시에 대한 검사가 요구되는 경우, 검사는 분할형 탐촉자의 진동자를 분리하는 면이 용접 비드의 축과 평행하게 놓고 용접 금속 오버레이 클래드 표면에서 실시하여야 한다. 탐촉자는 용접부 방향에 수직으로 주사하여야 한다.
2. 결합부족에 대한 검사만이 요구되는 경우, 검사는 용접 금속 오버레이 클래드 또는 클래드 안된 표면중 어느 표면에서 실시하여도 되며, 탐촉자는 용접부 방향에 수직 또는 평행으로 주사하여도 된다.

172.4.4 거리 진폭기법 이외의 기법

용접부의 축에 평행 및 수직인 반사체들을 검출하기 위한 주사 방향 및 검사 각도는 합격기준에 규정된 최소 크기의 불합격 불연속부를 검출할 능력이 있다는 것을 실증하여야 한다.

172.4.5 노즐 측 용접 용융부 또는 노즐 인접의 모재금속 교정검사편

1. 탐촉자 위치

참조 규정에서 노즐 측 용접 용융부 또는 노즐 인접의 모재금속 쪽에서 초음파탐상 검사를 수행하도록 규정할 경우, 수직 빔 검사를 노즐 내면부터 한다.

2. 검사

172.4.1의 검사 일반요건을 적용할 수 있다. 용접부의 노즐 측 용융부에 25mm를 더한 전 부위를 검사할 수 있도록 전 원주노즐을 주사해야 한다. 탐촉자는 검사부위를 가로질러 원주방향 주위 또는 축 방향으로 움직일 수 있다. 스크린 범위는 전 노즐벽두께의 최소 1.1배를 나타낼 수 있어야 한다. 검사가 완전하게 되지 않는 노즐(즉, 탐촉자를 위치시키기 위해 손의 접근이 제한되는 곳)은 반드시 검사보고서에 기록으로 남긴다.

172.4.6 검사 후 세척

절차서에서 검사 후 세척이 요구될 때 검사체에 영향을 주지 않는 방법을 이용하여 평가 및 문서화 후 가능한 한 빨리 세척하여야 한다.

172.5 평가

172.5.1 일반사항

어떠한 야금학적 불연속부 및 기하학적 조건은 무관련지시를 만들 수도 있기 때문에, 모든 초음파의 반사체가 결함으로 나타내는 것이 아니다. 기하학적 지시를 발생시키

는 반사체의 식별, 최대진폭, 위치 및 범위는 기록하여야 한다.(예를 들어, 내부 부착물, 200% DAC, 용접부 중심선위의 25mm, 안쪽면, 90° ~ 95°). 지시가 기하학적인 것 인지를 분류하기 위해 다음의 단계를 거쳐야 한다.

1. 해당 검사절차서에 따라 반사체가 존재하는 부위를 판독한다.
2. 반사체의 좌표를 기입하고 확인한다. 반사체의 위치 및 루트와 카운트보어(counterbore)와 같은 표면 불연속부를 보여주는 스케치를 작성한다.
3. 제작도면 또는 용접 도면을 검토한다. 반사체의 실제 위치, 크기 및 방향을 결정하는데 있어서 다른 초음파탐상기법 또는 비파괴검사 방법이 도움을 줄 수 있다.

172.5.2 평가 레벨

1. 거리 진폭기법
대비 수준의 20%를 초과하는 모든 지시는 해당 기준의 합격기준에 따라 평가될 수 있는 정도까지 조사되어야 한다.
2. 거리 진폭기법 이외의 기법
불합격 결점 크기의 40% 보다 긴 모든 지시는 해당 기준의 합격기준에 따라 평가될 수 있는 정도까지 조사되어야 한다.

172.5.3 라미나 반사체의 평가

검사 체적의 주사를 방해하는 모재 내의 라미나 반사체로 평가되는 반사체는 사각 빔 검사 기법을 가능한 최대 체적을 검사할 수 있도록 하는 수정을 필요로 하며, 이를 검사기록에 나타나야 한다.

172.5.4 대체 평가

참조규격의 요건을 초과하는 반사체 치수는 참조규격에 제공되는 임의의 대체기준에 따라 평가할 수 있다.

172.6 문서화

172.6.1 지시의 기록

1. 합격지시
합격지시는 해당 기준에서 규정한 대로 기록하여야 한다.
2. 불합격지시
불합격 지시는 기록되어야 하며, 최소한 지시의 형태(즉, 균열, 비융합, 슬래그 등), 위치(즉, 길이) 및 범위를 기록하여야 한다.

172.6.2 검사 기록

각 초음파탐상검사의 경우, 170.7의 요건과 다음 정보를 기록하여야 한다.

- (1) 초음파탐상 장치 식별(제조사 일련번호 포함)
- (2) 탐촉자 식별(제조사 일련번호, 주파수, 크기 포함)
- (3) 사용한 빔 각도

- (4) 사용한 접촉매질, 상표명 또는 종류
- (5) 사용한 탐촉자 케이블, 종류 및 길이
- (6) 사용한 특수 장비(탐촉자, 웨지, 슈, 자동 주사장비, 기록 장비 등)
- (7) 사용한 컴퓨터 프로그램 식별과 개정번호
- (8) 교정시험편 식별
- (9) 사용한 시뮬레이션 시험편과 전자 시뮬레이터 식별
- (10) 기기 대비수준 이득과 사용시, 감쇠 및 리젝션 설정
- (11) 교정데이터(대비반사체, 지시 진폭, 거리 판독값 포함)
- (12) 사용 시, 초기 교정을 포함한 데이터 연관 시뮬레이션 시험편과 전자 시뮬레이터
- (13) 주사된 용접부 또는 체적의 식별과 지시
- (14) 표면 조건을 포함하여, 검사가 수행된 표면
- (15) 검출된 불합격 지시 또는 삭제된 부위의 맵 또는 기록
- (16) 제한된 접근 부위 또는 접근이 어려운 용접부

173 자분탐상검사

173.1 일반요건

173.1.1 적용

1. 이 절차는 강자성체 재료의 표면에 존재하는 균열 및 기타 불연속부를 검출하기 위한 비파괴검사 방법으로서 건식 및 습식 자분탐상검사 모두에 대한 기법을 규정한다.
2. 자분탐상검사는 최소한 다음의 필수 요건을 포함시킨 인정된 절차서에 따라 실시하여야 한다.
 - 가. 자화기법
 - 나. 자화전류 형식
 - 다. 표면 전처리
 - 라. 자분 종류
 - 마. 자분의 적용 방법
 - 바. 과잉자분의 제거방법
 - 사. 빛의 최소강도
 - 아. 인정범위를 초과하는 피복두께
 - 자. 성능검증(요구하는 경우)
 - 차. 인정범위를 초과하는 검사품 표면온도
3. 절차서 인정 절차 인정이 규정되어 있을 때에는, 173.1.1의 2항 요건의 변경은 절차

서의 재인정이 요구된다.

173.2 장비

검사품에 필요한 자속을 만들기 위해 173.4에 기술되고, 규정된 적절하고 적합한 방법 중 한 가지 이상의 기법을 이용하여 실시하여야 한다.

173.2.1 자분

자분은 검사품 표면의 배경에 대해 높은 콘트라스트를 만들기 위하여 색상을 첨가하도록 처리하여야 하며, 제조자가 정한 온도제한 범위 내에서 사용되어야 한다.

173.3 표면상태

173.3.1 표면준비

1. 표면 불규칙이 불연속부로부터의 지시를 가리게 되는 곳에서는 연삭, 기계가공에 의한 표면준비가 필요할 수 있다.
2. 자분탐상검사 전에, 검사할 표면과 그 표면에서 최소한 25mm 이내의 모든 인접부위는 건조시켜야 하고, 오물, 그리이스, 보푸라기, 스케일, 용접 플럭스, 용접 스파터, 기름, 또는 자분탐상검사를 방해하는 다른 이물질이 없어야 한다.
3. 세척은 세척제, 유기용매, 스케일 제거제, 페인트 제거제, 증기탈지, 모래 또는 그릿 블라스팅(grit blasting), 또는 초음파 세척법을 이용하여 실시할 수 있다.
4. 비자성 피복이 부품의 검사부위에 남아 있으면, 적용되는 최대 피복두께를 통하여 지시가 검출될 수 있다는 것을 실증하여야 한다.

173.3.2 표면 콘트라스트의 증대

비자성 피복이 자분의 콘트라스트를 증가하는데 충분한 양만큼 만 피복되지 않은 표면에 임시로 적용하였을 때, 증가된 피복을 통하여 지시가 검출될 수 있다는 것을 실증하여야 한다.

173.4 기법

다음의 다섯 가지 자화기법 중 한 가지 이상이 사용되어야 한다.

1. 프로드법
2. 선형자화법
3. 원형자화법
4. 요크법
5. 다축자화법

173.4.1 프로드(Prod)법

1. 자화절차

프로드법의 경우, 자화는 휴대용 프로드를 검사하는 부위의 표면에 눌러 전기적인

접촉을 시켜 실시한다. 아크 발생을 방지하기 위하여, 손잡이에 원격조정 스위치가 장착된 프로드를 사용하며, 검사할 부위에 적절하게 위치시킨 후에 통전하여야 한다.

2. 자화전류

직류 또는 정류 자화전류가 사용되어야 한다. 검사체의 두께가 19 mm 이상인 경우 자화전류는 프로드 간격에 따라 최소 3.9 A/mm~최대 4.9 A/mm이어야 한다. 검사체의 두께가 19mm 미만인 경우 자화전류는 프로드 간격에 따라 3.5 A/mm~4.3 A/mm이어야 한다.

3. 프로드 간격

프로드 간격은 200mm를 초과해서는 아니 된다. 짧은 간격은 검사하는 부위의 기하학적 제한을 조정하거나 감도를 올리기 위하여 사용될 수 있지만, 75 mm 미만의 프로드 간격은 프로드 주위에 자분집적을 방해하므로 일반적으로 사용하지 않는다. 프로드 팁은 청결하여야 하고 정돈되어 있어야 한다. 자화전류원의 개방회로 전압이 25 V를 초과하면, 검사품에 동(Cu)의 용착을 방지하기 위해, 납, 강, 또는 알루미늄 팁으로 된 프로드의 사용이 권고된다.

173.4.2 선형자화법

1. 자화절차

선형자화법의 경우, 자화는 부품 또는 검사할 부품의 일부를 둘러 감싼 여러 번 감긴 고정코일(케이블)을 통해 전류를 통과시켜 실시된다. 이것은 코일축에 평행한 선형자장을 형성한다. 미리 감긴 고정 코일이 사용되는 경우, 부품은 검사하는 동안 코일의 내면 근처에 놓아야 한다. 이것은 코일 단면적이 부품 단면적의 10배 이상일 때 특히 중요하다.

2. 자장강도

이 기법으로 부품을 자화할 경우에는 직류 또는 정류전류를 사용하여야 한다. 필요한 자장강도는 아래의 “가” 및 “나”에 따라 부품의 길이 L 및 지름 D를 근거로 계산하거나, “라” 및 “마”에서 정한대로 하여야 한다. 길이가 긴 부품은 460mm를 초과하지 않도록 부분으로 나누어 검사하여야 하고, 필요한 자장강도를 계산할 때 길이 L을 460mm로 하여야 한다. 비원통형 부품의 경우, D는 최대 단면적의 대각선 길이로 하여야 한다.

가. L/D 비(ratio)가 4 이상인 부품

자화전류는 다음과 같이 계산한 암페어 턴(turn) 값의 $\pm 10\%$ 이내로 하여야 한다.

$$\text{암페어 턴}(A-T) = \frac{35,000}{(L/D) + 2}$$

나. L/D 비가 2 이상이고 4 미만인 부품

자화전류는 다음과 같이 계산한 암페어 턴 값의 $\pm 10\%$ 이내로 하여야 한다.

$$\text{암페어 턴}(A-T) = \frac{45,000}{(L/D)}$$

다. L/D 비가 2 미만인 부품 코일 자화법을 사용할 수 없다.

라. 자화할 부위가 코일중심의 어느 쪽으로 225 mm를 초과하여 연장되어 있는 경우, 자장의 적정성은 173.5.4의 자분 지시계 또는 인공결합 심을 사용하여 실증하여야 한다.

마. 크기 또는 형상이 큰 부품의 경우, 자화전류는 1200~4500 암페어 턴(A-T)이어야 한다. 자장의 적정성은 173.5.4에 따라 인공 결합 심(shim) 또는 파이(Pie)형 자분지시계를 사용하여 실증하여야 한다. 홀(Hall)-효과 탐촉자 가우스미터는 원형 코일 자화법에 사용해서는 아니 된다.

3. 자화전류

필요한 자장강도를 얻는데 필요한 전류는 173.4.2의 2의 “가” 또는 2의 “나” 에서 얻은 암페어턴을 다음과 같이 코일의 감은 수로 나누어 결정하여야 한다.

$$\text{암페어(메타 눈금값)} = \frac{A-T}{\text{코일의 감은 수}}$$

173.4.3 원형자화법

1. 직접통전법

가. 자화절차

직접통전법의 경우, 검사할 부품에 전류를 통과 시켜 자화한다. 이 기법은 부품 내의 전류 방향에 거의 수직인 원형자장을 형성한다.

나. 자화전류

자화전류는 직류 또는 정류(반파 정류 또는 전파 정류)전류가 사용되어야 하고, 필요한 전류의 크기는 다음과 같다.

(1) 자화전류는 바깥지름 mm당 12 A/mm~31 A/mm 이어야 한다.

(2) 둥근모양 이외의 기하학적 형상을 가진 부품의 경우, 위(1)의 바깥지름 대신에 전류흐름과 직각인 평면에서 최대 단면 대각선을 사용하여야 한다.

(3) 위의(1)에 요구되는 전류 수준을 얻지 못할 경우, 얻을 수 있는 최대 전류가 사용되어야 하고, 또한 자장의 적정성은 173.5.4에 따라 실증되어야 한다.

2. 중심도체법

가. 자화절차

중심도체법의 경우, 원통형 또는 원형링(ring) 형상 부품의 내면을 검사하기 위해 중심도체가 사용된다. 중심도체법은 이러한 형상을 가진 검사품의 외면을 검사하기 위해서도 사용될 수 있다. 대구경 원통부품이 검사되는 경우, 중심도체는 원통부품의 내면 가까이 놓아야 한다. 중심도체가 중앙에 위치하지 않는 경우,

원통부품의 원주면은 구역을 나누어 검사하여야 하며, 자장의 적정성은 173.5.4에 따라 실증되어야 한다.

나. 자화전류

필요한 자장강도는 중심도체가 1회 감긴 경우 173.4.3의 1. 나.에서 결정된 값과 같아야 한다. 자장은 중공형 부품을 통과하는 중심도체 케이블의 감김 횟수에 비례하여 증가한다. 예를 들어, 1회의 중심도체를 사용하여 부품을 검사하는데 6000 A가 필요하다면, 2회 감김 관통케이블이 사용되는 경우 3000 A가 필요하게 되며, 또한 5회 감김 관통케이블이 사용되는 경우에 1200 A가 필요하다. 중심도체법이 사용되는 경우, 자장의 적정성은 173.5.4에 따라 자장 지시계를 사용하여 입증하여야 한다.

173.4.4 요크(Yoke)법

이 기법에는 교류 또는 직류 전자석 요크 또는 영구자석 요크를 사용하여야 한다.

173.4.5 다축자화법

1. 자화절차

다축자화법의 경우, 자화는 고전류의 전원함(power pack)에서 최대 3개의 회로에 순차적으로 빠른 속도로 한번의 자화 전류를 가하여 자화 시킨다. 이처럼 신속하게 교번되는 자화전류의 효과는 여러 방향으로 부품의 전체를 자화할 수 있게 한다. 173.4.2 및 173.4.3에 규정된 여러 기법을 사용하여 조합하므로 원형 또는 선형자장을 만들 수 있다.

2. 자장강도

3상 전파 정류전류만이 부품을 자화시키는데 사용되어야 한다. 각 회로에 대한 초기의 자화전류 요건(173.4.2 및 173.4.3 참조)은 앞에서 규정한 요건을 사용하여 정하여야 한다. 자장의 적정성은 173.5.4에 따라 인공 결함 심(shim) 또는 파이(Pie)형 자분지시계를 사용하여 실증하여야 한다. 홀(Hall)-효과 탐촉자 가우스미터(gaussmeter)는 다축자화법의 경우 자장의 적정성을 측정하는데 사용해서는 아니 된다. 적절한 자장이 최소한 거의 수직인 두 방향에서 얻어져야 하고, 또한 자장강도는 한 방향의 강한 자장이 다른 한 방향의 자장을 압도하지 않도록 자장강도의 균형을 맞추어야 한다. 적절한 자장강도를 실증할 수 없는 부위의 경우, 두 방향에 대한 자장의 적정성을 확인하기 위해 추가 자분탐상 기법이 사용되어야 한다.

173.5 교정

173.5.1 교정주기

1. 자화장비

가. 교정주기

전류계가 부착된 자화장비는 최소한 1년에 한번은 교정하여야 하며, 장비의 주

요 전기부품이 수리되었거나, 주기적인 정비 또는 손상을 입었을 때마다 교정하여야 한다. 장비가 1년 이상 사용되지 않았다면, 처음 사용하기 전에 교정이 실시되어야 한다.

나. 교정절차

장치의 계기에 대한 정밀도는 국가표준에 따라 추적 가능한 장비로 매년 입증하여야 한다. 사용 가능한 범위에 포함되는 최소한 3가지의 다른 전류출력 수준을 비교하여 읽은 값을 취하여야 한다.

다. 허용오차

장치의 계기 읽은 값은 검사계기에 나타난 실제 전류 값과의 차이가 최대 눈금 값의 $\pm 10\%$ 이상 벗어나지 않아야 한다.

2. 조도계

조도계는 최소한 1년에 한 번 또는 조도계가 수리되었을 때마다 교정해야 한다. 장비가 1년 이상 사용되지 않았다면, 사용하기 전에 교정을 실시해야 한다.

173.5.2 요크의 인상력(lifting power)

1. 전자기 요크의 자화력은 요크를 사용하기 전에 매일 확인하여야 한다. 모든 요크의 자화력은 요크가 손상되거나 수리되었을 때마다 확인하여야 한다.
2. 교류 전자기 요크는 사용할 최대 전극거리에서 최소한 4.5kg의 인상력을 가져야 한다.
3. 직류 또는 영구자석 요크는 사용할 최대 전극거리에서 최소한 18kg의 인상력을 가져야 한다.
4. 측정용 추는 공신력 있는 제조자의 저울로 무게를 측정하여야 하고, 처음 사용하기 전에 해당 공칭무게를 추에 기록해두어야 한다. 재료의 잠재적인 손실을 일으키는 정도로 손상되었다면 추의 무게는 다시 입증이 필요하다.

173.5.3 가우스메타(Gaussmeter)

173.4.2에 따라 자장강도를 확인하기 위해 사용되는 홀(Hall)-효과 탐촉자 가우스메타는 최소한 1년에 한번 교정하거나, 장비가 중대한 수리, 주기적인 정비, 또는 손상을 입었을 때마다 교정을 하여야 한다. 장비가 1년 이상 사용되지 않았다면, 처음 사용하기 전에 교정이 실시되어야 한다.

173.5.4 자화자장의 적합성 및 방향

1. 자장의 적합성 적용

자장은 만족스러운 지시를 만드는데 충분한 강도를 가져야 하지만, 무관한 자분집적에 의해 관련지시를 가리울 정도로 강해서는 아니 된다. 필요한 자장강도에 영향을 주는 인자는 부품의 크기, 형상 및 재료 투자율, 자화 기법, 피복, 자분의 적용방법, 검출할 불연속부의 종류 및 위치를 포함한다. 자장강도의 적정성을 입증하는 것이 필요하다면, 다음의 3가지 방법 중 한 개 이상을 사용하여 입증하여야 한다.

가. 파이(pie)형 자분지시계

그림173.5.4에 나타난 자분 지시계를 동(Cu) 도금되지 않은 면이 검사할 표면에 있도록 위치시켜야 한다. 자력을 발생시킴과 동시에 자분을 살포했을 때 자분 지시계의 동 도금된 면을 가로질러 선명한 자분의 경계선이 나타나면 자장의 강도는 적절한 것이다. 자분의 선명한 경계선이 형성되지 않는 경우, 필요하다면 자화기법을 변경하여야 한다. 파이(pie)형 자분 지시계는 건식자분과 함께 사용되는 것이 가장 좋다.

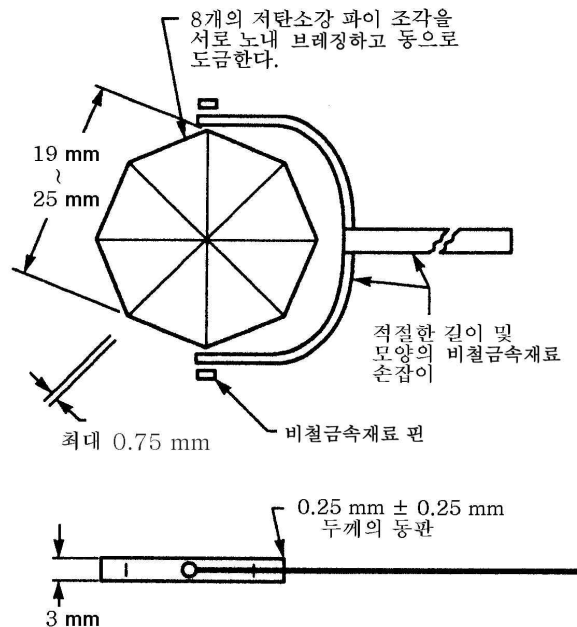


그림173.5.4. 파이(Pie)형 자분 지시계

나. 인공결합 심(shim)

그림173.5.4-2 또는 2.1에 나타난 심중에서 하나의 심이 사용되어야 하며, 이 심의 방향은 적용된 자장에 수직이 될 수 있어야 한다. 선형 노치가 있는 심은 최소한 하나의 노치가 적용된 자장에 수직방향이 되도록 놓여져야 한다. 원형 노치만 있는 심은 모든 방향에 사용될 수 있다. 심은 심의 인공결합 면이 검사 표면을 향하도록 심은 검사할 표면에 부착되어야 한다. 자력은 발생시킴과 동시에 자분을 살포하여 깊이 30% 결함을 나타내는 선명한 자분의 경계선이 심의 표면상에 나타나면 자장의 강도는 적절한 것이다. 선명한 자분의 경계선이 나타나지 않으면 자화기법을 필요한 만큼 변경하여야 한다. 심 형상의 자장지시계는 습식자분 사용 시에 가장 좋다.

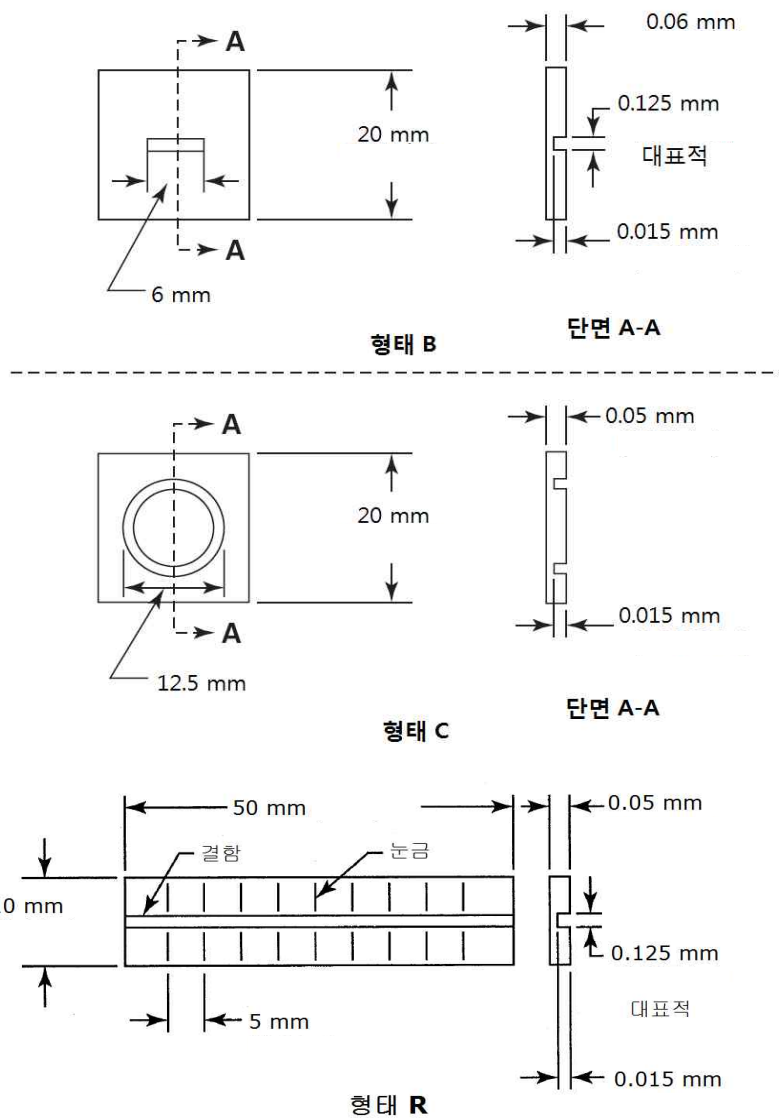


그림173.5.4-2. 인공 결함 심(shim)

비고. 그림은 자분탐상검사 시스템의 검증에 사용되는 인공결함 심의 예를 든 것이다(눈금치수 무시). 위심들은 저탄소 강(1005 박판강)으로 만들어진다. 인공결함은 박판의 한 쪽 면에 박판두께의 깊이 30 % 까지 예칭 또는 기계가공하여 만든다.

다. 홀(Hall)-효과

접선자장 탐촉자(probe) 가우스미터(gaussmeter) 및 홀(Hall)-효과 접선자장 탐촉자는 접선자장의 최고값(peak value)을 측정하기 위해 사용하여야 한다. 탐촉자(probe)는 검사할 부품의 표면에 위치시켜 최대 자장강도가 측정되도록 한다. 자력이 적용되는 동안 측정된 자장이 2.4 kAm-1~4.8 kAm-1의 범위이내면 자장강도는 적절한 것이다.

2. 자장 방향

자화 방향은 그림173.5.4 또는 그림173.5.4-2에 나타난 파이형 지시계 또는 심(shim) 형상 지시계를 사용하여 얻은 자분지시로 결정하여야 한다. 자분의 선명한 경계선이 형성되지 않은 경우, 필요하다면 자화기법을 변경하여야 한다.

가. 다축자화법의 경우, 자속선의 방향은 최소한 거의 수직한 두 방향으로 하여야 한다. 자분의 선명한 경계선이 최소한 거의 수직한 두 방향으로 형성되지 않은 경우, 필요하다면 자화기법을 변경하여야 한다.

3. 자장 지시계 또는 인공결합을 이용하여 자장의 적정성 및 방향의 결정은 173.4.2의 2. 라, 173.4.2의 2. 마. 173.4.3의 1. 나. (3), 173.4.3의 2. 가, 173.4.3의 2. 나 및 173.4.5의 2의 자화기법에 의해 특별히 인용되는 경우에만 인정된다.

173.6 검사

173.6.1 예비 검사

자분탐상검사가 실시되기 전에, 불연속부 폭으로 인해 자분이 모여 유지되지 않을 모든 표면 불연속부 개구부를 찾기 위해 검사표면을 확인하여야 한다.

173.6.2 자화 방향

각 부위에서 최소한 두 번의 별도검사가 실시되어야 한다. 두 번째 검사하는 자화 방향은 첫 번째 검사 시 사용된 자화 방향에 대해 거의 수직이 되어야 한다. 두 번째 검사의 경우 다른 자화기법이 사용될 수 있다.

173.6.3 검사 방법

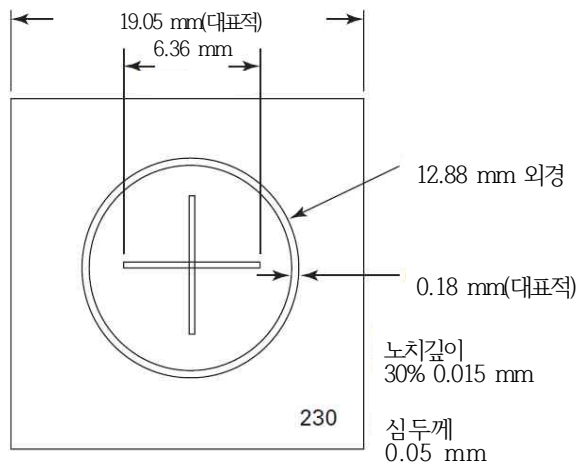
검사 매체로 사용되는 강자성체 자분은 습식 또는 건식으로 적용할 수 있고, 형광 또는 비형광으로 적용하여도 된다. 검사는 연속법으로 실시하여야 한다.

1. 건식 자분 검사

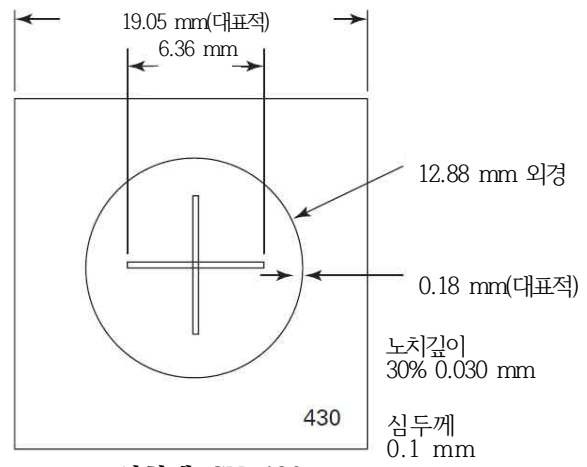
매체가 적용되고 모든 과잉 검사 매체가 제거되는 동안 자화 전류를 유지시켜야 한다.

2. 습식 자분

자분이 적용된 후에 자화전류를 통전하여야 한다. 자분의 유동은 자화 전류의 적용과 함께 멈추어야 한다. 에어졸 분무용기 또는 펌프 분사기로부터 적용된 습식 자분은 자화 전류가 적용되기 전 및/또는 적용 동안에 적용하여도 된다. 자분을 검사 부위에 직접 적용하지 않고 검사부위에 흘리거나 직접 적용하되 집적된 자분이 제거되지 않을 정도의 저속으로 적용된다면, 자화전류를 적용하면서 습식자분을 적용하여도 된다.

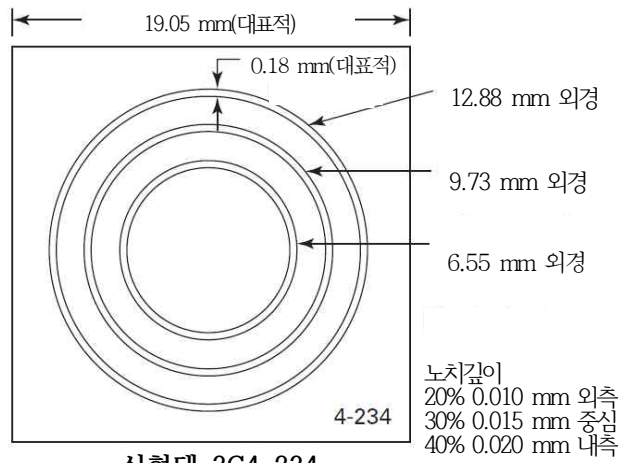


심형태 CX-230

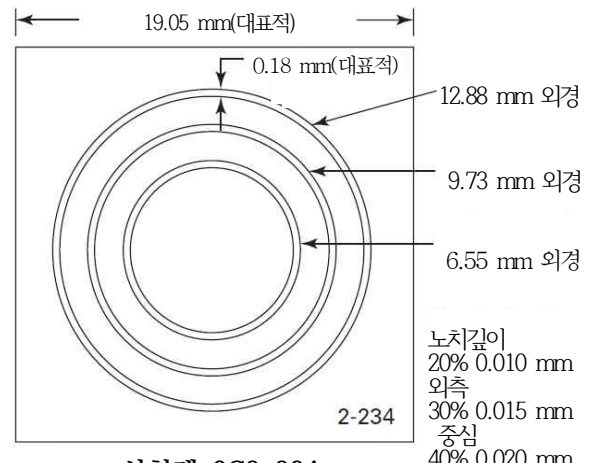


심형태 CX-430

(a)



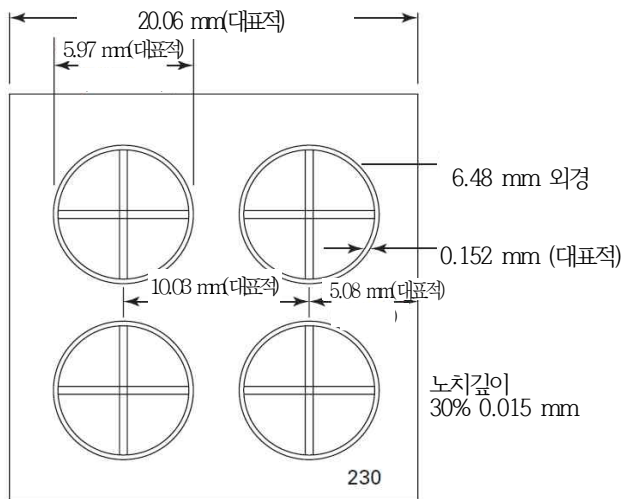
심형태 3C4-234



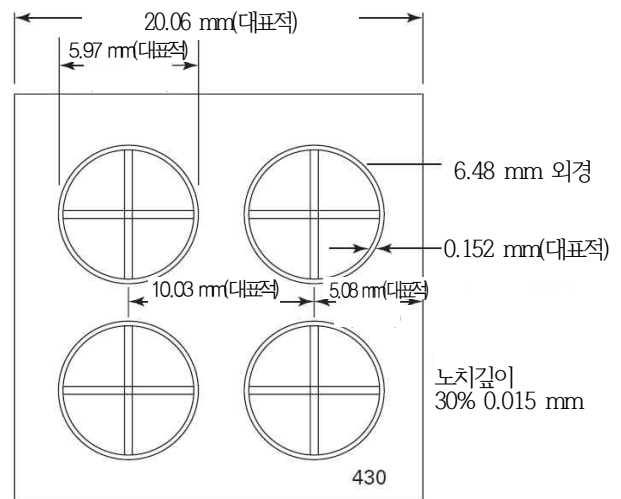
심형태 3C2-234

심두께 0.05 mm

(b)



심형태 CX-230



심형태 CX4-430

(c)

그림173.5.4-2.1 인공결함심

173.6.4 검사 범위

모든 검사는 필요한 감도에서 100% 검사범위를 포함하도록 자장을 충분히 중첩시켜 실시하여야 한다.

173.6.5 정류 전류

1. 자화전류로 직류가 요구될 때, 정류 전류가 사용될 수 있다. 자화에 사용되는 정류 전류는 3상(전과 정류된) 전류 또는 단상(반과 정류된) 전류로 하여야 한다.
2. 3상 전과 정류전류에 필요한 암페어수는 평균전류를 측정하여 실증하여야 한다.
3. 단상 반과 정류전류에 필요한 암페어수는 반 싸이클 동안의 평균 출력전류를 측정하여 실증하여야 한다.
4. 직류 검사계로 반과 정류전류를 측정할 때는, 읽은 값에 2배를 하여야 한다.

173.6.6 과잉자분의 제거

검사 시 과잉 건식자분의 집적은 벨브 또는 주사기 모양 기기로부터 약한 공기로 제거하거나 기타 저압의 건조한 공기원으로 제거하여야 한다. 검사 전류 또는 전원은 과잉 자분을 제거하는 동안 켜져 있어야 한다.

173.6.7 판독

판독은 지시가 의사지시, 무 관련지시 및 관련지시인지를 식별하여야 한다. 판독을 통해 지시의 특성을 식별하여야 한다.

1. 비형광 자분

표면 불연속부는 검사표면과 대비되는 자분의 흡착으로 나타난다. 자분의 색은 검사표면의 색과 현저히 달라야 한다. 검사 및 지시를 평가하는 동안 적당한 감도를 보증하기 위해 검사하여야 할 표면에서 백색광의 최소 강도는 1000 lx가 필요하다. 백색광원 또는 자연광은 지시를 평가하기 전에 백색광측정기로 측정하거나 확인된 광원을 사용하여야 한다, 광원의 검증은 1회만 요구되고 이 기록은 문서화하여 관리하여야 한다.

2. 자외선 조사장치를 이용한 형광자분

형광자분을 사용한 경우, 공정은 검사가 자외선 조사장치(black light)라 부르는 자외선 조사 등(즉, 공칭파장 365 nm)을 이용하는 것을 제외하면 173.6.7의 1.과 동일하다. 검사는 다음과 같이 실시하여야 한다.

가. 검사는 어두운 장소에서 실시하여야 한다.

나. 검사자는 그들의 눈이 어두운 곳에 적응하도록 검사 전에 적어도 5분 동안 어두운 곳에 있어야 한다. 검사자가 착용하는 안경이나 렌즈는 감광성이 없거나 형광성을 나타내지 않아야 한다.

다. 자외선 세기는 검사 전체 과정에 걸쳐 검사하는 부분의 표면에 최소 $1,000 \mu W/cm^2$ 를 나타내어야 한다.

라. 반사체, 필터, 안경 및 렌즈는 사용 전에 점검하여야 하고, 필요하면 청소를 하

여야 한다. 균열이 있거나 부서진 반사체, 필터, 안경 또는 렌즈는 즉시 교체하여야 한다.

마. 자외선의 세기는 사용 전, 전원이 차단되거나 변경되었을 때 마다, 그리고 검사이나 일련의 검사가 완료되었을 때 자외선 강도계로 측정하여야 한다.

173.6.8 탈자

부품내의 잔류자장이 후속공정 또는 후속사용을 방해할 우려가 있는 경우, 그 부품은 검사가 완료된 후에 반드시 탈자시켜야 한다.

173.7 평가

1. 모든 지시는 합격기준에 따라 평가하여야 한다.
2. 표면 또는 표면부근의 불연속부는 자분의 부착에 의해 지시가 나타난다. 그러나, 기계가공 흔적 또는 기타 표면조건으로 인한 국부적인 표면 불규칙은 의사지시를 만들 수도 있다.
3. 불연속부로부터의 지시를 가릴 수 있는 넓은 부위의 자분집적을 피하여야 하고, 그러한 부위는 세척하고 재검사하여야 한다.

173.8 문서화

173.8.1 지시의 기록

1. 합격지시

합격지시는 규정한 대로 기록하여야 한다.

2. 불합격지시

불합격지시는 기록되어야 하며, 최소한 지시의 종류, 위치 및 범위를 포함하여야 한다.

173.8.2 검사 기록

각 검사에 대해 다음 정보를 기록하여야 한다.

1. 절차서 번호 및 개정번호
2. 자분탐상장비 및 전류의 종류
3. 자분
4. 검사원 성명 및 레벨
5. 지시의 기록
6. 재료 및 두께
7. 조명장치
8. 검사일자

173.8.3 성능 실증

요구되는 경우, 성능 실증이 기록되어야 한다.

174 침투탐상검사

174.1 일반요건

174.1.1 적용

이 절차는 강용접부 및 재료의 균열, 라미네이션(lamination), 탕계(cold shut), 용접심(weld seam), 겹침(lap), 관통누설, 융합부족과 같은 표면에 개방된 불연속부를 검출하기 위한 침투탐상검사 절차에 적용한다.

1. 침투탐상검사는 최소한 다음의 필수 요건을 포함시킨 인정된 절차서에 따라 실시하여야 한다.

- 가. 탐상제의 종류
- 나. 표면처리
- 다. 침투제 적용방법
- 라. 과잉 침투제 제거방법
- 마. 유화제의 농도와 교반시간
- 바. 현상제의 적용방법
- 사. 각 단계의 최소 및 최대시간
- 아. 침투제 유지시간의 감소
- 자. 현상제 유지시간의 증가
- 차. 조명의 최소강도
- 카. 검사품 표면온도(10~52℃) 또는 인정범위
- 타. 성능검증(요구하는 경우)

2. 절차서 인정

절차 인정이 규정되어 있을 때에는, 174.1.1의 1항의 요건의 변경은 절차서의 재인정이 요구된다.

174.2 탐상제

침투탐상검사에 사용하는 탐상제는 침투제, 유화제, 용제제거제 또는 세척제 및 현상제 등을 말한다.

174.3 기타 요건

174.3.1 불순물의 관리

니켈기지합금, 오스테나이트계 스테인리스강 및 티타늄에 사용되는 모든 탐상제의 경우 불순물함량에 대한 검사성적서가 확보되어야 한다.

174.3.2 표면처리

1. 일반적으로, 부품의 표면이 용접, 압연, 주조 또는 단조된 상태일 때 만족한 결과가

얻어질 수 있다. 연삭, 기계가공 또는 기타 방법에 의한 표면처리는 표면 불규칙이 불합격 불연속부의 지시를 가리는 경우 요구될 수 있다.

2. 각 침투탐상검사 전에, 검사할 표면 및 최소한 25 mm 이내의 모든 인접부위는 건조되어야 하고, 오물, 그리이스, 보푸라기, 스케일, 용접 플럭스, 용접 스패터, 페인트, 기름, 및 표면 개구부를 불명확하게 하거나 침투탐상검사를 방해할 수 있는 기타 이물질이 없어야 한다.
3. 사용될 수 있는 대표적인 세척제는 세제, 유기용제, 스케일 제거용제, 페인트 제거제이다. 또한 증기 탈지법 및 초음파 세척법이 사용될 수 있다.
4. 세척용제는 174.3.1의 요건을 만족하여야 한다. 사용된 세척법은 검사공정의 중요한 부분이다.

174.3.3 표면처리 후 건조

세척 후, 검사할 표면의 건조는 자연증발로 수행하거나, 온풍강제순환 또는 냉풍강제순환을 함께 수행하여야 한다. 최소 건조시간은 세척용제가 침투제의 적용 전에 세척제가 증발되었다는 것을 확인하도록 설정하여야 한다.

174.4 기법

174.4.1 염색 침투제 또는 형광 침투제는 아래 3가지 침투탐상 공정중의 하나를 사용하여야 한다.

1. 수세성
2. 후유화성
3. 용제제거성

174.4.2 표준온도에서의 기법

표준기법으로서, 침투제 및 검사할 부품표면의 온도는 검사하는 동안 5~52℃ 사이로 유지하여야 한다. 국부가열 또는 냉각은 부품온도가 검사하는 동안에 5~52℃의 범위가 유지된다면 허용된다. 이 온도제한을 만족하는 것이 불가능한 경우, 174.4.3에 따른다면, 다른 온도 및 시간이 사용될 수 있다.

174.4.3 표준온도가 아닌 온도에서의 기법

침투탐상검사를 5~52℃의 온도범위 내에서 실시하는 것이 불가능한 경우, 제안된 온도보다 낮거나 높은 온도범위에서의 검사절차는 부록 174-1에 따라 침투제 및 처리방법의 인정이 필요하다.

174.4.4 기법 제한

형광법과 염색법이 병행될 경우, 형광침투탐상검사는 염색침투탐상검사 보다 먼저 실시하여야 한다. 다른 그룹 또는 제조자가 다른 탐상제의 혼합은 허용되지 않는다. 수세성탐상제를 이용한 재검사는 불순물로 인해 미세한 지시모양이 나타나지 않을 수 있다.

174.5 교정

조도계[가시광선 및 형광(자외선)]는 최소한 1년에 한번 또는 수리할 때마다 교정하여야 한다. 조도계를 1년 이상 사용하지 않았다면, 사용 전에 교정을 실시하여야 한다.

174.6 검사

174.6.1 침투제 적용

침투제는 담금(dipping), 솔질(brushing), 또는 분무(spraying)와 같은 적절한 방법으로 적용할 수 있다. 침투제가 압축 공기장치를 사용하여 분무법으로 적용한다면, 필터는 배관에 모일 수 있는 기름, 물, 오물 또는 침전물에 의한 침투제의 오염을 방지하기 위해 공기 취입구 근처의 위쪽에 설치하여야 한다.

174.6.2 침투시간

최소 침투시간은 표174.6.2-1에서 요구된 시간 또는 특별한 적용을 위해 검증에 의해 인정된 시간을 적용시간대로 하여야 한다.

표174.6.2-1. 최소 유지시간

재료	형상	불연속부의 종류	침투시간, 분(비고)
			침투제
알루미늄, 마그네슘, 강, 황동 및 청동, 티타늄 및 고온합금	주조품 및 용접부	콜드샷(cold shot), 기공, 융합부족, 균열(모든형태)	5
	단련재-압출, 단조, 판재	겉침, 균열(모든형태)	10
카바이트-팁 공구	-	융합부족, 기공, 균열	5
플라스틱	모든형상	균열	5
유리	모든형상	균열	5
세라믹	모든형상	기공, 균열	5

비고. 상기 표의 침투시간은 제품온도범위가 10~52 ℃일 때이며, 제품온도가 5~10 ℃일 때는 최소 침투시간은 표에 기술된 시간의 2배이어야 한다.

174.6.3 과잉 침투제의 제거

규정된 침투시간이 경과된 후, 표면에 잔류한 침투제는 불연속부로부터 침투제의 제거가 최소화되도록 주의하여 제거하여야 한다.

1. 수세성 침투제

가. 과잉 수세성 침투제는 물 분무기로 제거하여야 한다. 수압은 345 kPa을 초과하지 않아야 하고, 수온은 43℃를 초과해서는 안 된다.

나. ‘가’의 대안으로, 수세성 침투액은 침투액 흔적이 거의 없어질 때까지 깨끗하고 마른 보푸라기가 없는 천 또는 흡수성 종이를 닦는 작업을 반복하여 제거해 된다. 남아있는 흔적은 물을 살짝 적신 천 또는 흡수성 종이를 표면을 닦아 제거해

야 한다. 불연속부 내부의 침투제가 제거되는 것을 최소화 하기 위해, 과도한 물 사용은 피하도록 주의해야 한다.

2. 후유화성 침투제

가. 친유성 유화제

요구되는 침투제 유지시간이 지난 후, 표면의 과잉 침투제는 유화제에 부품을 담그거나, 흘림으로써 유화처리를 하여야 한다. 유화시간은 유화제의 종류 및 표면상태에 관련이 있다. 실제 유화시간은 경험적으로 결정하여야 한다. 유화처리 후에, 혼합액은 물에 담그거나 행귀서 제거하여야 한다. 물의 온도 및 압력은 제조자가 권고한대로 하여야 한다.

나. 친수성 유화제

요구되는 침투제 유지시간이 경과되고 유화처리 전, 부품은 수세성 침투제와 동일한 방법을 사용하여 물 분사로 예비 행굼을 하여야 한다. 예비행굼 시간은 2분을 초과해서는 아니 된다. 예비 행굼 후에, 표면의 과잉 침투제는 친수성유화제에 담그거나 분무시켜 유화처리를 하여야 한다. 액의 농도는 제조자 권고대로 하여야 한다. 유화처리 후, 혼합액은 물에 담그거나, 행귀서 제거하여야 한다. 물의 온도 및 압력은 제조자의 권고에 따라야 한다.

다. 용제제거성 침투제

과잉의 용제제거성 침투제는 침투제의 흔적이 대부분 제거될 때까지 형겔 또는 흡수성 종이를 이용하여 닦아내는 작업을 반복하여 제거하여야 한다. 잔류하고 있는 흔적은 용제를 묻힌 형겔 또는 흡수성 종이로 표면을 가볍게 닦아내어 제거하여야 한다. 불연속부로부터 침투제의 제거를 최소화하기 위해, 용제를 과도하게 사용하지 않도록 주의하여야 한다. 침투제 적용 후와 현상처리 전에, 용제를 표면에 흘리는 것은 금지된다.

174.6.4 과잉 침투제 제거 후의 건조

1. 수세성 기법 또는 후유화성 기법의 경우, 표면의 온도가 상승하여 52℃를 초과하지 않는 한, 표면은 깨끗한 재료로 빨아들이거나 순환공기를 이용하여 건조할 수 있다.
2. 용제제거성 기법의 경우, 표면은 자연증발, 빨아내기(blotting), 닦아내기(wiping), 또는 강제공기로 건조 시킬 수 있다.

174.6.5 현상

현상제는 침투제 제거 후에 가능한 한 빨리 적용하여야 한다. 그 시간은 절차서에서 규정된 시간을 초과해서는 아니 된다. 현상제의 피막두께가 불충분하면 불연속부의 밖으로 침투제를 끌어내지 못할 수 있고, 현상제의 피막두께가 두꺼우면 지시모양을 가릴 수 있다. 염색침투제를 사용하는 경우에는 습식현상제만을 사용하여야 하고, 형광침투제를 사용하는 경우에는 습식 또는 건식현상제가 사용될 수 있다.

1. 건식현상제의 적용

건식현상제는 부드러운 솔, 수동식 분무기, 분말 살포기, 또는 기타 방법을 이용하여 분말이 검사할 표면 전체에 균일하게 도포될 수 있도록 건조된 표면에만 적용하여야 한다.

2. 습식현상제의 적용

검사면에 현탁형 습식현상제를 적용하기 전에, 현탁된 입자가 잘 분산되도록 현상제를 충분히 교반하여야 한다.

가. 수성현상제의 적용

수성현상제는 습한 표면 또는 건조한 표면 양쪽 모두에 적용할 수 있다. 얇은 현상제 피복이 검사할 전체 표면에 형성된다면, 현상제를 담금, 솔질, 분무, 또는 기타 방법을 이용하여 적용하여야 한다. 부품의 표면온도가 상승하여 52℃를 초과하지 않는 한, 건조시간은 따뜻한 공기를 사용하여 단축할 수 있다. 빨아들이기(blotting)는 허용되지 않는다.

나. 비수성현상제의 적용

비수성현상제는 안전 또는 접근의 제한으로 인해 분무법을 배제하는 경우를 제외하고는 분무법으로 적용해야 한다. 분무법이 배제되는 경우 현상제는 솔질에 의해 적용할 수 있다. 수세성 또는 후유화성 침투제의 경우, 현상제는 건조한 표면에 대해서 적용해야 한다. 용제 제거성 침투제의 경우, 현상제는 가능한 한 과잉침투제가 제거된 후 바로 적용해야 하고 건조는 자연증발로 하여야 한다.

다. 현상시간

최종 판독을 위한 현상 시간은 건식 현상제를 적용한 직후 또는 습식 현상제의 현상막이 건조하자마자 시작된다.

174.6.6 판독

1. 최종 판독

최종 판독은 표1의 요건이 만족된 후 10~60분 이내에 실시하여야 한다. 흡출(bleed out)이 검사결과를 변화시키지 않는다면, 좀더 긴 시간도 허용된다. 검사할 표면이 규정된 또는 설정된 시간 내에 완전한 검사가 불가능할 정도로 아주 큰 제품인 경우, 검사는 단계적으로 실시하여야 한다.

2. 지시의 특징

침투제가 현상제 내에 과잉으로 퍼져 있다면 불연속부의 형태는 평가하기 어렵다. 이러한 상태가 발생한 경우, 현상제를 적용하는 동안에도 지시 형상에 대하여 자세한 관찰을 하여야 한다.

3. 염색침투제

염색침투제를 사용하는 경우, 현상제는 적당히 균일한 백색피막을 형성한다. 표면 불연속부는 일반적으로 현상제를 착색하는 질은 붉은 색으로 침투제의 흡출에 의해

나타난다. 열은 분홍색의 지시는 과도한 세척을 의미할 수도 있다. 부적절한 세척은 판독을 어렵게 하는 과도한 배경색을 남길 수 있다. 검사 및 지시를 평가하는 동안 적절한 감도를 확인할 수 있도록 검사할 표면에 최소 1000룩스의 조명강도가 필요하다.

4. 형광침투제

형광침투제를 사용하는 경우, 자외선조사등(black light)을 사용하는 것을 제외하면, 방법은 근본적으로 다. 와 같다. 판독은 다음과 같이 실시하여야 한다.

가. 어두운 장소에서 실시하여야 한다.

나. 검사원은 그의 눈이 어두운 곳에서 보기에 적응할 수 있도록 검사를 하기 전에 적어도 5분 동안 어두운 곳에 있어야 한다. 검사원이 착용하는 안경이나 렌즈는 감광성이 없어야 한다.

다. 자외선은 검사하는 전 과정에 걸쳐 검사하는 부분의 표면에 최소 $1,000 \mu W/cm^2$ 를 나타내어야 한다.

라. 반사체와 필터는 사용하기 전에 점검하여, 필요하면 청소를 하여야 한다. 균열이 있는 필터는 즉시 교체하여야 한다.

마. 자외선의 세기는 사용 전, 전원이 차단되거나 변경되었을 때 마다, 그리고 검사나 일련의 검사가 완료되었을 때 자외선 강도계로 측정하여야 한다.

174.6.7 검사 후처리

검사 후처리가 요구되는 경우, 평가 및 문서화 직후 부품에 악영향을 주지 않는 방법을 이용하여 가능한 한 빨리 실시하여야 한다.

174.7 평가

1. 모든 지시는 참조규격의 합격표준을 근거로 평가하여야 한다.
2. 표면에 있는 불연속부는 침투제의 흡출에 의해 나타난다. 그러나, 기계가공 흔적 또는 다른 표면상태에 의한 국부적인 표면 불규칙은 의사 지시를 만들 수도 있다.
3. 불연속부의 지시모양을 가릴 수 있는 형광제 또는 염색제의 넓게 퍼진 부위는 검사과정이 부적절하므로, 그러한 부위는 세척하고 재검사하여야 한다.

174.8 문서화

174.8.1 지시의 기록

1. 합격지시

합격지시는 규정한 대로 기록하여야 한다.

2. 불합격지시

불합격지시는 기록되어야 하며, 최소한 지시의 종류, 위치 및 범위를 포함하여야 한다.

174.8.2 검사 기록 각 검사에 대해 다음 사항을 기록하여야 한다.

1. 절차서 번호 및 개정번호
2. 탐상제의 종류(염색 또는 형광)
3. 사용 침투제, 제거제, 유화제 및 현상제의 종류
4. 검사요원 성명 및 레벨
5. 지시의 기록
6. 재료 및 두께
7. 조명기구
8. 검사일자

175 육안검사

175.1 적용범위

이 절차는 기준에서 육안검사를 요구하는 경우 적용하는 육안검사 방법과 요건을 규정한다.

175.2 일반사항

175.2.1 문서화된 절차서 요건

1. 요건

육안검사는 최소한 표175.2에 수록된 요건을 포함하는 문서화된 절차서에 따라 수행되어야 한다. 문서화된 절차서에는 각 요건에 대한 단일값 또는 어떤 범위의 값이 설정되어 있어야 한다.

2. 절차서 인정

표175.2에서 필수변수로 지정된 요건의 특정값 또는 값들의 범위를 변경하는 경우에는 실증에 의한 문서화된 절차서 재인정이 요구된다. 비필수변수로 지정된 요건의 특정값 또는 값들의 범위를 변경하는 경우에는 문서화된 절차서 재인정이 요구되지 않는다. 문서화된 절차서에 규정된 필수 또는 비필수변수의 특정값 또는 값들의 범위를 변경하는 경우에는 문서화된 절차서의 개정이 요구된다.

3. 절차서 검증

절차서는 검사절차서가 적합한지 여부를 실증하기 위해 사용된 보고서를 포함하거나 인용하여야 한다. 일반적으로 검사대상 검사체 표면 또는 이와 유사한 표면에 위치한 폭이 0.8 mm(1/32 in.) 이하인 미세한 선, 인공 결함 또는 모의 조건이 절차서의 검증방법으로 고려될 수 있다. 절차서를 검증하기 위해 이와 같은 상태 또는 인공 결함은 검사대상 부위 중에서 인지하기가 가장 어려운 위치에 있어야 한다.

175.3 장비

직접육안검사, 원격육안검사 또는 투시법(translucet)에 사용된 장비는 절차서에 규정된 성능을 가져야 한다. 성능은 적용 기준의 요건에 따라 관찰대상을 관찰, 확대, 식별, 측정 및/또는 기록하는 것 등을 포함한다.

표175.2 육안검사 절차서 요건

요건(해당 시)	필수변수	비필수변수
사용된 기법의 변경
직접육안검사서 투시육안검사로, 또는 투시육안검사서 직접육안검사로 변경	○	...
직접육안검사서 간접육안검사로 변경	○	...
간접육안검사 보조도구	○	...
필요시, 검사원의 기량요건	○	...
조명 강도 (감소시만 해당됨)	○	...
검사품의 형상과 모재의 가공형태(관, 판재, 단조 등)	...	○
조명장치	...	○
표면준비에 사용된 방법이나 기구	...	○
직접육안검사 기법에 사용된 장치나 기구	...	○
검사 순서	...	○

175.4 기법

175.4.1 적용

육안검사는 일반적으로 검사품의 표면상태, 접합면의 배열상태, 형상 또는 누설의 증거와 같은 것을 판정하는데 적용한다. 추가로 복합재료(투명 얇은 재료)의 표면적하 상태 결정에도 적용한다.

175.4.2 직접육안검사

직접육안검사는 일반적으로 검사 표면과 눈과의 거리가 610 mm(24 in.) 이내이고 눈과 검사 표면과의 각도가 30° 보다 크도록 충분히 접근할 수 있을 때 수행한다. 시각(視角)을 개선하기 위해 거울을 사용하거나 검사에 도움을 주는 확대경과 같은 보조기구를 사용 할 수 있다. 검사할 특정부품, 구조물, 용기나 이들의 일부에 대해 조명(자연 조명 또는 보조 백색등)이 필요하며, 검사 표면/현장에서의 최소 조도는 1000 lx(100 fc)이어야 한다. 광원, 사용기법, 조도 확인은 오직 한번의 검증이 필요하며 이를 문서화하여 문서철로 보관하여야 한다.

175.4.3 간접육안검사

어떠한 경우에는 직접육안검사를 간접육안검사로 대체해서 사용해도 무방하다. 간접 육안검사는 거울, 망원경, 보어 스코프, 파이버스코프, 카메라 또는 기타 적절한 기구 등과 같은 시각 보조도구를 사용해도 좋다. 이와 같은 장치는 직접 육안관찰로 얻을 수 있는 분해능과 동등 이상의 분해능을 가져야 한다.

175.4.4 투시육안검사

투시육안검사는 직접육안검사의 보조검사이다. 투시육안검사법은, 지향성 조명을 발하는 인공조명 보조기구를 사용한다. 이 조명기구는 검사 중에 일정 영역이나 구역에 균일하게 빛을 비추고 분산시키는 강도의 빛을 제공한다. 주변 불빛은 검사 중에 표면에서 번쩍거리거나 반사되는 것이 없도록 조종해야 하고, 검사 중에 일정 영역이나 구역에 비춰진 조명보다 세기가 낮아야 한다. 인공조명은 반투명인 판의 두께에 관계 없이 빛을 조사할 수 있는 충분한 세기를 갖추어야 한다.

175.5 평가

175.5.1 모든 검사는 적용 기준의 합격기준에 따라 평가하여야 한다.

175.5.2 육안검사를 계획하고 요구된 육안관찰이 수행되었는지를 확인하기 위해서 검사점검표를 사용하여야 한다. 이 검사점검표는 제작자가 공정중 수행할 최소 검사요건을 정하지만 제작자가 최대 검사요건을 정하지는 않는다.

175.6 문서화

175.6.1 비파괴검사 보고서

1. 비파괴검사 보고서에는 다음의 정보가 포함되어야 한다.

가. 검사일자

나. 사용한 절차서 식별번호 및 개정번호

다. 사용된 기법

라. 검사결과

마. 비파괴검사원 식별, 및 적용 기준이 요구할 경우 자격등급

바. 검사를 한 부품이나 기기의 식별

2. 비록 육안검사 과정에서 판정에 도움이 될 수 있는 치수 등은 기록되어야 하지만 모든 관찰 내용이나 치수 점검에 대한 증빙은 필요하지 않다. 적용 기준에 규정되어 있는 모든 관찰내용 및 치수점검 결과는 포함되어야 한다.

175.6.2 기록의 보관

기록은 적용 기준의 요건에 따라 보관해야 한다.

176 누설시험

176.1 적용범위

1. 이 기준은 누설시험을 수행하기 위한 요건을 규정한다.

2. 이 기준의 누설시험 방법 또는 기법을 적용할 경우, 170.1~170.7의 요건과 함께 사용하여야 한다.

3. 이 기준의 시험방법 또는 기법은 누설위치 또는 누설율 측정에 사용할 수 있다.

이 기준의 특정 시험방법 또는 기법은 이 기준에서 명시되지 않은 기준을 준용할 수 있다.

176.2 일반사항

176.2.1 문서화된 절차서 요건

176.2.2 요건

1. 문서화된 절차서에 따라 누설시험을 수행하여야 한다.
2. 문서화된 절차서에는 각 요건에 대한 단일 값 또는 값의 범위를 설정하여야 한다.

176.2.3 절차서 인정

1. 적용 기준에서 절차서 인정을 명시할 경우, 각 누설시험 방법 또는 기법에 명시된 시험 절차서의 필수요건이 변경되면 절차서를 검증하여 재인정하여야 한다.

176.2.4 적용 기준

1. 누설시험 방법이나 기법을 규정하는 경우, 다음 사항이 규정되어 있어야 한다.
 - 가. 검사원의 자격인정/인증 요건
 - 나. 기법/교정 표준
 - 다. 검사의 범위
 - 라. 허용 가능한 검사감도 또는 누설율
 - 마. 보고서 요건
 - 바. 기록의 보존

176.3 장비

176.3.1 게이지(gages)

1. 게이지 범위

누설시험에 다이얼 지시게이지 및 기록형 압력계를 사용하는 경우, 압력게이지의 범위는 지정된 최대압력의 약 2배를 가지는 것이 좋으며, 어떠한 경우에도 압력게이지의 범위는 지정된 최대압력의 $1\frac{1}{2}$ 배 미만 또는 4배를 초과하지 해서는 안 된다. 이 범위제한은 다이얼 지시게이지와 기록 진공 게이지에는 적용되지 않는다.

2. 게이지 위치

기기에 대해 압력/진공 누설시험을 수행할 때, 다이얼 지시 게이지는 기기를 가압, 진공화, 검사, 감압 및 배기하는 동안 압력/진공을 조절하는 검사원이 게이지를 쉽게 읽을 수 있도록 기기에 직접 연결하거나 또는 원격위치에 연결하여야 한다. 하나 이상의 게이지가 지정되거나 요구되는 대형 용기 또는 시스템의 경우, 기록형 게이지가 권장되며, 두 개 이상의 지시형 게이지 중 하나를 대신해도 된다.

3. 누설시험 방법 또는 기법에 따라 다른 형태의 게이지를 요구 시, 그 게이지는 함께 사용되거나 다이얼 지시형 또는 기록형 게이지 대신 사용해도 된다.

176.4 기타 요건

176.4.1 청결도

1. 시험할 대상의 표면은 누설을 가릴 수 있는 기름, 그리스(grease), 페인트 또는 다른 오염 물질이 없어야 한다. 누설시험 이전에 수압시험 또는 수기압 시험을 하거나 또는 액체를 이용하여 기기를 세척하였을 경우 누설시험을 수행하기 전에 기기를 건조시켜야 한다.

176.4.2 개구부

1. 모든 개구부는 검사가 완료된 후에 완벽하게 제거가 용이한 플러그(plug), 덮개, 밀봉 왁스(sealing wax), 시멘트 또는 기타 적합한 밀봉 재료를 사용하여 밀봉시켜야 한다. 밀봉재료는 추적가스가 없어야 한다.

176.4.3 온도

1. 누설시험 중에 모든 기기의 최저 금속온도는 압력기기 또는 부품의 수압, 수기압 또는 기압검사를 위해 누설시험 방법 또는 기법에 따라 규정한 온도 또는 적용 기준에서 규정한 온도이어야 한다. 누설시험을 수행하는 동안 최소 또는 최대 온도는 적용하는 누설시험 방법 또는 기법에서 허용하는 온도를 초과하여서는 안 된다.

176.4.4 압력/진공(압력 한계)

1. 누설시험 방법 또는 기법, 적용 기준에서 규정하지 않을 경우, 누설시험 시 기기에 가하는 압력은 설계 압력의 1.25배를 초과해서는 안 된다.

176.5 절차

176.5.1 예비 누설시험

1. 감도가 민감한 누설시험을 수행하기 전에, 예비시험을 실시하여 대량 누설을 탐지하고 사전에 조치를 취해도 된다.

176.5.2 시험순서

1. 누설시험은 수압시험 또는 수기압시험을 하기 전에 수행하는 것을 권장한다.

176.6 교정

176.6.1 압력/진공 게이지

1. 누설시험에 사용되는 모든 다이얼 지시형 및 기록형 게이지는 표준사하중(deadweight) 시험기, 교정된 기준(master) 게이지 또는 수은주와 비교하여 교정하고, 적용 기준, 누설검사 방법 또는 기법에서 규정하지 않을 경우 사용시 1년에 최소 한번은 재교정하여야 한다. 사용하는 모든 게이지는 제조사가 명시한 정확도에 있어야 하고, 오류가 있으면 재교정하여야 한다.
2. 만약 누설시험 방법 또는 기법에서 다른 형태의 다이얼 지시형 또는 기록형 게이지

를 요구하는 경우, 그 게이지는 해당 누설시험 방법 또는 기법의 요건에 따라 교정하여야 한다.

176.6.2 온도측정 장비

1. 적용 기준, 누설검사 방법 또는 기법에서 온도 측정을 요구할 경우에 온도측정 장비는 그 장비를 규정하는 기준, 누설시험 방법 또는 기법의 요건에 따라 교정하여야 한다.

176.7 누설표준 교정

176.7.1 저장조 누설표준

1. 이 누설표준은 누설에 연결된 추적가스 저장조가 있어야 한다. 누설표준은 다음과 같아야 한다.
 - 가. 이 누설표준은 적용 기준에서 규정하는 범위의 누설율과 추적가스 종류를 가져야 하며, 규정되어 있지 않은 경우에는 누설검사 방법 또는 기법에 따라야 한다.
 - 나. 이 누설표준은 진공 또는 공기환경의 101 kPa을 방출하여 시험 적용 또는 기기 유형과 일치하도록 교정하여야 한다.

176.7.2 비저장조 누설표준

1. 이 누설표준은 추적가스를 공급하도록 내재되어 있지 않다. 누설표준은 다음과 같아야 한다.
 - 가. 이 누설표준은 적용 기준에서 규정하는 범위의 누설율과 추적가스 종류를 가져야 하며, 또는 규정하지 않을 경우에는 누설검사 방법 또는 기법에 따라야 한다.
 - 나. 이 누설표준은 진공 또는 공기환경의 절대압 101 kPa을 방출하여 시험 적용 또는 기기 유형과 일치하도록 교정하여야 한다.
 - 다. 이 누설표준은 101 kPa(1 atm, 14.7 psi)의 누설에 대한 압력차 또는 특정시험절차에 사용되는 차압을 나타내는 차압으로 한다.

176.8 시험

1. 시험방법은 각 누설시험 방법 또는 기법에 따라 수행한다.

176.9 평가

176.9.1 합격기준

1. 적용 기준에서 별도로 규정하지 않을 경우, 각 누설시험 방법 또는 기법에 대해 주어진 합격기준을 적용해야 한다.

176.10 문서화

176.10.1 시험 보고서

1. 시험보고서는 해당 검사 또는 기법별로 최소한 다음과 같은 정보를 포함해야 한다.

가. 시험 일자

나. 시험자의 인증 자격등급 및 성명

다. 시험절차서(번호) 및 개정번호

라. 시험방법 또는 기법

마. 시험결과

바. 기기 식별

사. 시험장치, 표준누설 및 재료 식별

아. 시험조건, 시험압력, 추적가스 및 가스농도

자. 게이지 : 제조사, 모델, 범위 및 식별번호

차. 온도측정 기기 및 식별번호

카. 방법 또는 기법의 설정을 나타내는 스케치

176.10.2 기록의 보관

1. 시험보고서는 적용 기준 요건에 따라 유지하여야 한다.

(180 발전설비 내진)

181 내진등급 및 관리등급

발전시설의 내진등급 및 시설물 관리등급은 시설 중요도에 따라서 ‘내진특등급’, ‘내진I등급’ 2가지로 분류하며, 발전설비 용량별로 ‘핵심시설’, ‘중요시설’, ‘일반시설’의 3종류로 구분하여 관리한다.

표 181-1 내진등급 및 내진 대상 시설물의 관리등급

내진등급	관리등급	적용 대상 발전시설
‘특’ 등급	핵심시설	- 2017.10.1. 이후 신규 인허가를 취득한 발전시설로서, 사업구역 내 총 설비용량 ¹⁾ 이 3GW를 초과하는 시설
‘특’ 등급	중요시설	- 2017.10.1. 이후 신규 인허가를 취득한 발전시설로서, 사업구역 내 총 설비용량 ¹⁾ 이 20MW 초과 3GW 이하인 시설 - 2017.10.1. 이전 인허가를 취득한 발전시설로서, 사업구역 내 총 설비용량 ¹⁾ 이 20MW를 초과하는 시설(해당 시설이 2017. 10. 1. 이후 같은 사업구역 내에서 증설되어 그 총 설비용량의 합이 3GW를 초과하는 경우 포함)
‘I’ 등급	일반시설	- 사업구역내 총 설비용량 ¹⁾ 이 20MW 이하인 발전시설(해당 시설이 2017. 10. 1. 이후 같은 사업구역 내에서 증설되어 그 총 설비용량의 합이 20MW를 초과하는 경우 포함)

주 1) 사업구역 내 총 설비용량의 확인 : ‘전기사업허가’ (전기사업법), ‘전원개발사업 실시계획의 승인’ (전원개발촉진법), ‘산업단지설시계획의 승인’ (산업입지 및 개발에 관한 법률) 등에 의하여 발전설비를 설치·운영하기 위한 사업구역 내 설비용량

182 내진성능수준

발전시설의 관리등급별 내진성능수준은 ‘기능수행’, ‘즉시복구’, ‘장기복구/인명보호’, ‘붕괴방지’로 분류하고, 각 설계지진에 대하여 최소 다음의 내진성능을 만족하도록 하며, 세부적인 사항은 관계 법령에서 정하는 시설별 내진설계기준에 따른다.

표 182-1 시설물의 최소 내진성능수준

설계지진 재현주기	설계지진 (유효수평지 반가속도)	내진성능수준			
		기능수행	즉시복구	장기복구 /인명보호	붕괴방지
100년	0.063(g) 이상	일반시설			
200년	0.08(g) 이상	핵심·중요시설	일반시설		
500년	0.11(g) 이상		핵심·중요시설	일반시설	
1000년	0.154(g) 이상			핵심·중요시설	일반시설
2400년	0.22(g) 이상				중요시설
4800년	0.3(g) 이상				핵심시설

비고) 설계지진의 유효수평지반가속도는 지진구역(I)을 기준으로 산정한 값이다.

183 내진설계 및 내진성능평가

183.1 내진설계

발전설비에 대해 내진설계를 하는 경우, 「지진·화산재해대책법」 시행령 제10조의2(내진설계기준 공통적용사항)를 반영한 관계 법령에서 정하는 시설별 내진설계기준을 따른다. 다만 설비 정착부에 대한 내진설계를 하는 경우, “발전용 수력 및 화력시설 설비 정착부 내진설계지침”을 적용할 수 있다.

183.2 내진성능평가

「지진·화산재해대책법」 제15조(기존 시설물의 내진보강계획 수립 등)에 따라, 발전설비의 내진설계기준이 강화되어 기존 시설물을 대상으로 내진성능을 평가하여야 하는 경우, “발전용 수력 및 화력시설 설비 정착부 내진성능평가 지침” 및 “발전용 수력 및 화력시설 기존 건축물 내진성능평가 지침”을 참조할 수 있다. 다만, 전력수급기본계획에 의거 폐지가 결정된 잔존수명 5년 이하의 시설물 또는 재건축 등이 예정된 시설물은 내진성능평가 대상에서 제외한다.