KESC

KOREA ELECTRICAL SAFETY CODE

「전기설비 검사 및 점검의 방법·절차 등에 관한 고시」
제25조에 따른 세부 검사·점검 기준

II

KESCO 한국전기안전공사

◉ 한국전기안전공사 공고 제2024-2호

「전기안전관리법」(이하 '법'이라 한다) 제18조 및 「전기설비 검사 및 점검의 방법·절차 등에 관한 고시」(이하 '고시'라 한다) 제25조에 따른 전기설비에 대한 KESC(Korea Electrical Safety Code : 전기설비 검사·점검기준)를 다음과 같이 개정 공고합니다.

2024년 7월 31일

한국전기안전공사 사장

KESC(전기설비 검사·점검기준)

제정 한국전기안전공사 사장 공고 제2021 - 1호(2021.12.31.)
제1차 개정 한국전기안전공사 사장 공고 제2022 - 1호(2022.12.30.)
제2차 개정 한국전기안전공사 사장 공고 제2023 - 1호(2023.07.01.)
제3차 개정 한국전기안전공사 사장 공고 제2023 - 2호(2023.09.07.)
제4차 개정 한국전기안전공사 사장 공고 제2023 - 3호(2023.12.29.)
제5차 개정 한국전기안전공사 사장 공고 제2024 - 1호(2024.07.04.)
제6차 개정 한국전기안전공사 사장 공고 제2024 - 2호(2024.07.31.)

1. 개정이유

○ 법 제8조부터 제15조 및 「전기사업법」 제63조에 따른 자가용·일반용·사업용 전기설비의 안전확보 및 안전사고 예방을 위한 시설기준을 마련하고 기술기준·KEC 개정사항을 반영하여 현행화하고자 함

2. 주요 개정내용

○ 차단기 규약동작전류 선정 기준 명확화(240.3.1)
○ 폐쇄 수·배전반 경보장치 시설기준 마련(350.2.1)
○ 지락차단장치 시설 예외기준 명확화(350.3.4)
○ 고압 및 특고압 옥내배선 시설기준 추가(350.8)
○ 배전반 최소 이격거리 및 예비 지중전선로 시설 권장(370.6)
○ 저압 배선설비와 다른 공급설비와의 이격거리 기준(380.17)

○ 전기차 충전기 케이블 인출부 높이 기준 완화(520.10.4)
○ 영유아 시설의 벽부 콘센트 높이 기준 완화(530.15.6)
○ 고압이상 기계기구 시험성적서 확인방법 부합화(610.3)
○ 연료전지 제조시설사후검사 주기 완화 기준 마련(730.10.2.1)
○ 연료전지 설비의 "가연성 가스 감지 시스템" 적용 기준 개선(730.1.8.7)
○ 직류송전 변환설비 및 유연송전설비 검사기준 마련(820.8)

부 칙(제2021-1호, 2021. 12. 31.)

제1조(시행일) 이 공고는 2022년 1월 1일부터 시행한다.

부 칙(제2022-1호, 2022. 12. 30.)

제1조(시행일) 이 공고는 2023년 1월 1일부터 시행한다. 다만, 330절(피뢰시스템)은 「전기안전관리법 시행규칙」 개정 이후부터 시행한다.

부 칙(제2023-1호, 2023. 7. 1.)

제1조(시행일) 이 공고는 2023년 7월 1일부터 시행한다. 다만, 각 호의 시행일은 별도로 한다.

1. 710.1부터 710.5까지의 개정 규정은 2023년 4월 17일부터 시행한다.
2. 710.1.5.5(재사용 이차전지의 시설)의 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」의 안전성검사대상 전기용품은 2023년 10월 19일부터 시행한다.

제2조(경과조치) ① 이 공고 시행 전에 전기설비 공사계획 인가(신고), 사업승인, 건축허가(신고) 등을 신청하거나 신고한 것에 대해서는 종전의 기준을 따른다.

② 이 공고 시행 전에 제1항에 따라 신청하거나 신고를 한 경우라도 개정 규정이 종전의 기준에 비해 관계인에게 유리한 경우에는 개정 규정을 따를 수 있다.

제3조(재사용 이차전지의 전기용품 안전확인 시험에 관한 특례) 710.1.5.5(재사용 이차전지의 시설)의 개정 규정에 따른 재사용 이차전지의 적합성 인증은 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」 또는 한국산업표준(KS)이 시행 전까지는 제조사가 정한 기준에 적합한 것을 전기용품 안전확인시험에 합격한 것으로 본다.

부 칙(제2023-2호, 2023. 9. 7.)

제1조(시행일) 이 공고는 2023년 9월 7일부터 시행한다. 다만, 350.7(옥외 H형 주상설비 시설) 및 520.10.4부터 520.10.6(전기차 충전설비)까지의 개정 규정은 2024년 1월 1일부터 시행한다.

제2조(경과조치) ① 이 공고의 시행 전에 전기설비 공사계획 인가(신고), 사업승인, 건축허가(신고) 등을 신청하거나 신고한 것에 대해서는 종전의 기준을 따른다.

② 이 공고 시행 전에 제1항에 따라 신청하거나 신고를 한 경우라도 개정 규정이 종전의 기준에 비해 관계인에게 유리한 경우에는 개정 규정을 따를 수 있다.

부 칙(제2023-3호, 2023. 12. 29.)

제1조(시행일) 이 공고는 2024년 1월 1일부터 시행한다. 다만, 각 호의 시행일은 별도로 한다.

1. 350.7 옥외 H형 주상설비 시설(공고 제2023-2호, 2023. 9. 7.)은 2024년 7월 1일부터 시행한다.
2. 630.2의 1의 '나', '다'(태양광설비 전력변환장치 KS인증 및 시험성적서)는 2024년 8월 1일부터 시행한다.

제2조(경과조치) ① 이 공고의 시행 전에 전기설비 공사계획 인가(신고), 사업승인, 건축허가(신고) 등을 신청하거나 신고한 것에 대해서는 종전의 기준을 따른다.

② 이 공고 시행 전에 제1항에 따라 신청하거나 신고를 한 경우라도 개정 규정이 종전의 기준에 비해 관계인에게 유리한 경우에는 개정 규정을 따를 수 있다.

제3조(내화구조에 관한 적용례) 520.10.6의 5의 '다'(전기차 충전설비 충전장소)의 규정은 한국전기설비규정(KEC) 개정 공고 시행일 이후에 사업승인, 건축허가(신고) 등을 신청하거나 신고한 신축 건물에 적용한다.

부 칙(제2024-1호, 2024. 7. 4.)

제1조(시행일) 이 공고는 2024년 7월 5일부터 시행한다.

제2조(경과조치) 이 공고의 시행 전에 이미 시설되어 있거나, 전기설비 공사계획 인가(신고), 사업승인, 건축허가(신고) 등을 신청하거나 신고한 것에 대해서는 종전의 기준을 따른다.

부 칙(제2024-2호, 2024. 7. 31.)

제1조(시행일) 이 공고는 2024년 8월 1일부터 시행한다. 다만, 350.2.1의 '3'(특고압 폐쇄 수·배전반 경보장치 시설)은 2026년 8월 1일부터 시행한다.

제2조(경과조치) 이 공고의 시행 전에 이미 시설되어 있거나, 전기설비 공사계획 인가(신고), 사업승인, 건축허가(신고) 등을 신청하거나 신고한 것에 대해서는 종전의 기준을 따른다.

3. 참고사항 (제2차 ~ 제5차 주요 개정내용)

□ 제2차 주요 개정내용(2023.07.01.)

○ 재사용 이차전지 안전 확보를 위한 규정 마련(710.1.5.5)
○ IT 접지계통의 절연저항 등에 대한 보호장치 기준 개선(710.1.5.7의 7)
○ 화재확산 방지를 위한 내화구조 격벽 설치 의무화(710.2.4.1의 8)
○ ESS 그룹별 명판부착 및 설비별 오결선 방지 설치기준 마련(710.1.3의 4)
○ 이차전지실 內 배기시설 및 자체 소화설비 설치 의무화(710.2.3)
○ ESS 안전관리를 위한 운영관리 기준 개선(710.2.5, 710.3, 710.4)
○ 이차전지 종류별 특성을 고려한 세부 기준 마련(710.3, 710.4)
○ 이동형 ESS 특성을 고려한 안전기준 마련(710.5)
○ ESS 온라인 무정전 정기검사 기준 마련(710.6)
○ 풍력발전설비 제품검사 세부기준 마련(740.5)

□ 제3차 주요 개정내용(2023.09.07.)

○ 접지도체 단면적 및 예상접촉전압 계산방식 명확화(220.2.3)
○ 비상용 예비발전설비 연결 부하 중 불필요한 용어 삭제(220.3.2)
○ 피뢰기 최소 공칭방전전류 기준 마련(230.6.3)
○ 전선의 선정 및 확인 기준과 전선의 종류 기준 통합(310.1)
○ 옥외 H형 지지물의 주상설비 시설기준 도입(350.7)
○ 발열선 시공 자격 기준 마련(520.9.2의 5)
○ 무정전전원장치의 안전 확보를 위한 시설기준 마련(520.18)
○ BIPV 태양광발전설비 KS인증제품 외 시험성적서 인정 기준 확대(630.1)

○ 법령 개정에 따른 분산형 전원설비 용어 명확화(700.2)
○ 태양광모듈의 울타리·담 등 높이 기준 명확화(720.1.2)
○ 태양광발전설비 계측장치 시설 기준 신설(720.2.10)
○ 연료전지발전설비 표시 정보 및 제품검사 기준 명확화(730.1.9.5)
○ 발전전용 수전해설비 검사기준 마련(750절)
○ 지중케이블 접속함 보호방법 적용기준 보완(810.3.3.3)

□ **제4차 주요 개정내용(2023.12.29.)**

○ 비상용 예비발전설비 정전 시 필요부하 수용률 기준 변경(220.3.2)
○ H형 주상설비 시설기준 개정 및 유예기간 연장(350.7)
○ 전주외등 연결 전선 굵기 기준 변경(530.1.9.3)
○ 재사용 이차전지 인정방안 추가(630.1)
○ 태양광, 소형풍력발전설비 KS인증 미취득 시 예외규정 마련(630.2, 630.4)
○ 연료전지설비 용량 구분에 따른 시험성적서 인정방법 세분화(630.3)
○ ESS 전용건물에 시설 시 높이, 깊이 구체화(710.2.4.1)
○ 태양광설비 직류 전로의 지락보호장치 인정기준 확대(720.2.6)
○ 액화가스 연료연소설비 등 용어의 정의 명확화(900.3)
○ 기술기준 및 한국전기설비규정(KEC) 개정사항 반영

□ **제5차 주요 개정내용(2024.07.04.)**

○ 지하도로 배수펌프 시설기준 마련(510.8.9)
○ 사우나, 목욕장 등 감전보호 시설기준 개선(530.8.3)

※ KESC 전문은 한국전기안전공사 홈페이지(www.kesco.or.kr)에서 열람하실 수 있습니다.

Contents

제 8 장 송·변·배전설비

제800절 통칙 ····· 12
800.1 목 적 ····· 12
800.2 적용범위 ····· 12
800.3 용어의 정의 ····· 12

제810절 송전설비 ····· 18
810.1 송전설비 일반 ····· 18
810.1.1 목적 ····· 18
810.1.2 전선 ····· 18
810.1.3 접지시스템 ····· 18
810.1.4 접지저항의 측정 ····· 24
810.1.5 전로에 시설하는 피뢰기의 접지저항 ·· 24
810.1.6 기타 기술기준 적합여부 ····· 25
810.2 가공 송전선로 ····· 25
810.2.1 일반규격 ····· 25
810.2.2 외관검사 ····· 25
810.2.3 지지물 기초 ····· 26
810.2.4 철타브이 구조 ····· 28
810.2.5 볼트·너트의 적용 ····· 30
810.2.6 특고압 가공전선로의 내장형 등의 지지물 시설 ····· 31
810.2.7 가공전선의 굵기 및 종류 ····· 32
810.2.8 가공케이블의 시설 ····· 32
810.2.9 시가지 등에서 특고압 가공전선로의 시설 ·· 33
810.2.10 가공전선과 다른 시설물 접근·교차 시 이격거리 등 ····· 36
810.2.11 특고압 가공전선과 지지물 등의 이격거리 ····· 36
810.2.12 특고압 가공전선의 높이 ····· 37
810.2.13 특고압 가공전선로의 가공지선 ····· 38
810.2.14 특고압 가공전선과 저고압 가공전선 등의 병행설치 ····· 38
810.2.15 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등의 공용설치 ····· 42
810.2.16 특고압 가공전선로의 지지물에 시설하는 저압 기계 기구 등의 시설 ····· 43
810.2.17 특고압 가공전선로의 경간 제한 ···· 44
810.2.18 특고압 가공전선로가 다른 시설물과 접근 교차하는 경우 보안공사의 시설 및 적용 ····· 45
810.2.19 특고압 가공전선과 건조물의 접근 ·· 48
810.2.20 특고압 가공전선과 도로 등의 접근 또는 교차 ····· 50
810.2.21 특고압 가공전선과 삭도의 접근 또는 교차 ·· 53
810.2.22 특고압 가공전선과 저·고압 가공전선 등의 접근 또는 교차 ····· 54
810.2.23 특고압 가공전선 상호 간의 접근 또는 교차 ····· 60
810.2.24 특고압 가공전선과 다른 시설물의 접근 ·· 62
810.2.25 특고압 가공전선과 식물의 이격거리 ·· 64
810.2.26 지선의 시설 ····· 65
810.2.27 송전선의 이도(Dip) ····· 66
810.2.28 가공전선로의 보호 ····· 66
810.2.29 애자장치 ····· 67
810.2.30 가공전선로 지지물의 철탑오름 및 전주오름 방지 ····· 70
810.2.31 표시찰 등 ····· 71
810.2.32 국가지점번호판 ····· 72
810.2.33 항공장애 표시등 및 항공장애 주간표지 ·· 72
810.2.34 전주와 지선 보호 ····· 74
810.2.35 가공송전선로용 차단기 ····· 73
810.2.36 보호계전장치 ····· 74
810.2.37 상회전 및 부하시험 ····· 74
810.2.38 울타리·담 등의 시설 ····· 74

810.3 지중 송전선로 ····· 75
810.3.1 일반규격 ····· 75
810.3.2 외관검사 ····· 75
810.3.3 지중 송전선로의 시설 ····· 76
810.3.4 지중함의 시설 ····· 79
810.3.5 지중전선의 피복금속체의 접지 ····· 79
810.3.6 지중약전류전선의 유도장해 방지 ····· 79
810.3.7 지상에 시설하는 전선로 ····· 80
810.3.8 다리에 시설하는 전선로 ····· 80
810.3.9 전선로 전용다리 등에 시설하는 전선로 ·· 81
810.3.10 가압장치 ····· 82
810.3.11 절연저항 및 절연내력 ····· 82
810.3.12 금구류 ····· 84
810.3.13 지중전선과 지중 약전류전선 등 또는 관과의 접근·교차 ····· 85
810.3.14 지중전선 상호간의 접근 또는 교차 ·· 87
810.3.15 케이블 보호대책 ····· 88
810.3.16 지중송전선로용 차단기 ····· 88
810.3.17 보호계전장치 ····· 89
810.3.18 상회전 및 부하시험 ····· 89
810.3.19 전력구(공동구) 내 부대설비 ····· 90
810.3.20 물밑전선로의 시설 ····· 90

제820절 변전설비 ····· 92
820.1 변전설비 일반 ····· 92
820.1.1 목적 ····· 92
820.1.2 기계기구의 시설 ····· 92
820.1.3 개폐기·차단기 ····· 91
820.1.4 피뢰기류 ····· 93
820.1.5 계기용변성기 ····· 94
820.1.6 변압기 ····· 94
820.1.7 발·변전소 등의 전기설비 ····· 95
820.2 전력용변압기 ····· 96
820.2.1 일반규격 ····· 96
820.2.2 외관검사 ····· 97
820.2.3 절연저항 ····· 97
820.2.4 특성시험 ····· 97
820.2.5 절연유 내압 ····· 98
820.2.6 절연내력시험 ····· 98
820.2.7 보호장치 ····· 99
820.2.8 제어 및 계측장치 ····· 101
820.2.9 상회전 및 부하시험 ····· 102
820.3 모선설비 ····· 102
820.3.1 일반규격 ····· 102
820.3.2 외관검사 ····· 103
820.3.3 절연저항 ····· 103
820.3.4 절연내력시험 ····· 103
820.3.5 보호계전장치 ····· 103
820.3.6 CT, VT 회로 ····· 105
820.3.7 제어 및 계측장치 ····· 105
820.3.8 경보장치 검사 ····· 105
820.3.9 상회전 및 부하시험 ····· 106
820.4 전력용차단기 ····· 106
820.4.1 일반규격 ····· 106
820.4.2 외관검사 ····· 106
820.4.3 절연저항 ····· 106
820.4.4 절연내력시험 ····· 106
820.4.5 특성시험 ····· 106
820.4.6 보호계전장치 ····· 107
820.4.7 CT, VT 회로 ····· 108
820.4.8 제어 및 계측장치 ····· 108
820.4.9 경보장치 ····· 109
820.4.10 상회전 및 부하시험 ····· 109
820.5 조상설비 ····· 110
820.5.1 일반규격 ····· 110

Contents

820.5.2 외관검사 ····· 110
820.5.3 절연저항 ····· 110
820.5.4 특성시험 ····· 111
820.5.5 절연유 내압 ····· 111
820.5.6 절연내력시험 ····· 111
820.5.7 보호장치 ····· 111
820.5.8 상회전 및 부하시험 ····· 113
820.6 접지설비 ····· 113
820.6.1 접지시스템 요구사항 ····· 13
820.6.2 접지공사의 대상 ····· 13
820.6.3 접지극의 시설 ····· 114
820.6.4 접지극 부품 및 접속 ····· 114
820.6.5 주접지단자 ····· 114
820.6.6 접지도체 ····· 114
820.6.7 보호도체 ····· 114
820.6.8 겸용도체 ····· 114
820.6.9 등전위본딩 ····· 114
820.6.10 접지시스템의 구분 ····· 114
820.6.11 기타 접지사항 ····· 115
820.7 주파수조정용(FR용) 전기저장장치 ····· 116
820.8 직류송전 변환설비 ····· 116
820.8.1 일반규격 ····· 116
820.8.2 외관검사 ····· 117
820.8.3 절연저항 ····· 117
820.8.4 특성시험 ····· 117
820.8.5 절연내력시험 ····· 117
820.8.6 보호계전장치 ····· 117
820.8.7 제어 및 계측장치 ····· 118
820.8.8 경보장치 ····· 118
820.8.9 필터장치 ····· 118
820.8.10 냉각장치 ····· 119
820.8.11 상회전 및 부하시험 ····· 119
820.9 유연송전설비 ····· 119
820.9.1 일반규격 ····· 119
820.9.2 외관검사 ····· 119
820.9.3 절연저항 ····· 120
820.9.4 특성시험 ····· 120
820.9.5 절연내력시험 ····· 120
820.9.6 보호계전장치 ····· 120
820.9.7 제어 및 계측장치 ····· 120
820.9.8 경보장치 ····· 121
820.9.9 냉각장치 ····· 121
820.9.10 상회전 및 부하시험 ····· 121
820.10 변전소 부대설비 ····· 121
820.10.1 외관검사 ····· 121
820.10.2 조명, 환기, 배수설비의 설치 및 동작 ·· 121
820.10.3 소내 전원설비의 설치 및 동작 ···· 122
820.10.4 방재설비 시공 ····· 122
820.10.5 절연저항 및 절연내력 ····· 122
820.10.6 접지시공 및 단자접속 ····· 122
820.10.7 개폐기 및 누전차단기 동작 ····· 122

제830절 배전설비 ····· 123

830.1 배전설비 일반 ····· 123
830.1.1 목적 ····· 123
830.1.2 전선 ····· 123
830.1.3 접지시스템 ····· 123
830.1.4 접지저항의 측정 ····· 123
830.1.5 전로에 시설하는 피뢰기의 접지저항 123
830.1.6 기타 기술기준 적합여부 ····· 123
830.2 가공 배전선로 ····· 124
830.2.1 일반규격 ····· 124
830.2.2 외관검사 ····· 124
830.2.3 가공 배전선로의 시설 ····· 127
830.2.4 기계기구의 시설 ····· 142

830.2.5 보호 및 제어·계측장치 ····· 145
830.2.6 상회전 및 부하시험 ····· 145
830.3 지중 배전선로 ····· 145
830.3.1 일반규격 ····· 145
830.3.2 외관검사 ····· 145
830.3.3 지중 배전선로의 시설 ····· 147
830.3.4 지중함의 시설 ····· 151
830.3.5 지중약전류전선의 유도장해 방지 (誘導障害防止) ····· 151
830.3.6 지상에 시설하는 전선로 ····· 151
830.3.7 다리에 시설하는 전선로 ····· 151
830.3.8 전선로 전용다리 등에 시설하는 전선로 ·· 151
830.3.9 지중선전과 지중 약전류전선 등 또는 관과의 접근·교차 ····· 151
830.3.10 지중전선 상호간의 접근 또는 교차 ·· 152
830.3.11 기계기구의 시설 ····· 152
830.3.12 보호 및 제어·계측장치 ····· 153
830.3.13 전력구(공동구) 내 부대설비 ····· 154
830.3.14 상회전 및 부하시험 ····· 154

제 9 장 화력·수력 발전설비

제900절 통칙 ····· 158
900.1 목적 ····· 158
900.2 적용범위 ····· 158
900.3 용어의 정의 ····· 158

제910절 화력발전설비 ····· 164
910.1 화력설비 일반 ····· 164
910.1.1 목적 ····· 164
910.1.2 일반사항 ····· 164
910.2 터빈 기초 및 조립설치 ····· 165
910.2.1 터빈기초 ····· 165
910.2.2 터빈 및 발전기 조립설치 ····· 170
910.2.3 터빈 및 발전기 조립설치 검사항목 및 수검자 준비자료 ····· 171
910.3 액화가스 연료연소설비 ····· 172
910.3.1 액화가스 연료연소설비의 재료 ····· 172
910.3.2 액화가스 연료연소설비의 구조 ····· 173
910.3.3 압력방출장치 ····· 173
910.3.4 가스의 누설대책 ····· 174
910.3.5 경보 및 비상장치 ····· 174
910.3.6 정전기 제거 ····· 174
910.3.7 차단장치 ····· 174
910.3.8 가스의 치환 ····· 175
910.3.9 표시 ····· 175
910.3.10 연료 연소설비의 안전장치의 검사항목 및 수검자 준비자료 ····· 175
910.4 보일러 및 부속설비 ····· 176
910.4.1 안전밸브 ····· 176
910.4.2 안전밸브의 요건 ····· 177
910.4.3 과열기 및 재열기 ····· 183
910.4.4 안전밸브의 설치 ····· 185
910.4.5 안전밸브의 작동 ····· 187
910.4.6 안전밸브의 용량 ····· 188
910.4.7 허용 가능한 안전밸브 및 압력방출밸브 ·· 188
910.4.8 안전밸브 시험 ····· 189
910.4.9 보조기기 안전밸브 시험 ····· 190
910.4.10 수검자 준비자료 ····· 191
910.4.11 급수장치 ····· 192
910.4.12 증기 및 급수의 차단 ····· 193
910.4.13 보일러 수 배출장치 ····· 196

Contents

910.4.14 보일러 안전장치의 검사항목 및 수검자준비자료 ····· 197
910.4.15 보일러 팽창량 측정 ····· 200
910.4.16 계측장치 ····· 200
910.5 기타 보일러 및 부속설비 ····· 205
910.5.1 가스화로설비 및 부속설비 ····· 205
910.5.2 열병합발전 보일러 및 부속설비 ···· 209
910.5.3 폐기물에너지 회수설비 ····· 218
910.6 증기터빈 및 부속설비 ····· 220
910.6.1 증기터빈 및 부속설비의 재료 ····· 220
910.6.2 증기터빈 및 부속설비의 구조 ····· 221
910.6.3 경보 및 비상정지장치 ····· 224
910.6.4 과압방지장치 ····· 227
910.6.5 계측장치 ····· 227
910.6.6 증기터빈 안전장치의 검사항목 및 수검자 준비자료 ····· 228
910.6.7 발전기 등의 보호장치 ····· 232
910.6.8 계측장치 ····· 232
910.7 가스터빈 및 부속설비 ····· 233
910.7.1 가스터빈 및 부속설비의 재료 ····· 233
910.7.2 가스터빈 및 부속설비의 구조 ····· 233
910.7.3 경보 및 비상정지장치 ····· 236
910.7.4 과압방지장치 ····· 237
910.7.5 계측장치 ····· 237
910.7.6 가스터빈 비상정지 및 안전장치 시험 ·· 238
910.8 기타 발전설비 및 부속설비 ····· 239
910.8.1 내연기관 및 부속설비 ····· 239
910.8.2 스털링엔진 및 부속설비 ····· 244
910.8.3 가스감압터빈 및 부속설비 ····· 245
910.8.4 바이오(혐기성 소화) 설비 ····· 248
910.9 탈황·탈질설비 ····· 250
910.9.1 탈황, 탈질설비의 재료 ····· 250
910.9.2 탈황, 탈질설비의 구조 ····· 250
910.9.3 안전장치 ····· 251
910.9.4 가스의 누설대책 ····· 252
910.9.5 계측장치 ····· 252
910.9.6 탈황·탈질·집진설비 안전장치의 검사항목 및 수검자 준비자료 ····· 253
910.10 종합연동 ····· 255
910.11 조속장치 ····· 256
910.11.1 부하차단시험 ····· 256
910.12 부하운전 ····· 257

제920절 수력발전설비 ····· 259
920.1 일반사항 ····· 259
920.2 댐 ····· 260
920.2.1 본체에 작용하는 하중의 조합 ····· 260
920.2.2 하중의 계산방법 ····· 260
920.2.3 여유 높이 ····· 263
920.2.4 기초지반 ····· 264
920.2.5 댐 콘크리트의 재료 ····· 266
920.2.6 시멘트 및 골재의 규격 및 강도기준 ·· 267
920.2.7 누수의 방지 ····· 267
920.2.8 감시장치 ····· 267
920.2.9 여수로 ····· 269
920.2.10 여수로·수로 등 콘크리트 구조물의 설계 ····· 270
920.2.11 흐르는 물을 안전하게 흘려보냄 ·· 271
920.2.12 수문의 개폐 ····· 271
920.2.13 여수로 수문에 사용하는 재료의 규격 ·· 271
920.2.14 여수로 수문에 사용하는 재료의 허용응력 및 용접기준 ····· 274
920.2.15 여수로 이외의 방류설비 ····· 277
920.2.16 저수지 및 조정지 ····· 277
920.2.17 콘크리트 중력댐 본체의 강도 ····· 278
920.2.18 콘크리트 중력댐에 대한 본체의 콘크리트 허용응력 ····· 278

920.2.19 콘크리트 중력댐에 대한 전단마찰 안전율의 계산식 ····· 278
920.2.20 콘크리트 중력댐 본체의 시설 ····· 279
920.2.21 양압력의 저감 ····· 279
920.2.22 콘크리트 중력댐의 구조상 안전 ·· 279
920.2.23 아치댐 본체의 강도 ····· 280
920.2.24 아치댐에 대한 본체의 콘크리트 허용응력 ····· 280
920.2.25 아치댐에 대한 전단마찰 안전율의 계산식 ····· 280
920.2.26 아치댐 본체의 시설 ····· 280
920.2.27 아치댐의 구조상 안전 ····· 281
920.2.28 필댐의 축제재료 ····· 281
920.2.29 필댐 본체의 안정도 ····· 281
920.2.30 필댐에 대한 사면활동 안전율의 계산식 ····· 281
920.2.31 필댐 본체의 시설 ····· 283
920.2.32 필댐의 차수벽 ····· 283
920.2.33 차수벽에 사용하는 재료 ····· 283
920.2.34 필댐 방류설비 ····· 284
920.2.35 필댐 방류설비 등의 시설제한 ····· 284
920.2.36 조력댐 본체의 구성 ····· 284
920.2.37 조력댐 하중의 계산 ····· 284
920.2.38 조력댐에 사용하는 재료 ····· 285
920.2.39 조력댐 고조물의 형태에 따른 적용 ·· 285
920.2.40 댐 제체의 검사항목 및 수검자 준비자료 ····· 285
920.2.41 해양에너지 기초구조물의 검사항목 및 수검자 준비자료 ····· 286
920.3 수로 ····· 288
920.3.1 설계일반 ····· 288
920.3.2 배수처리 ····· 288
920.3.3 수로에 사용하는 재료의 규격 ····· 288
920.3.4 수문 및 취수설비 ····· 290
920.3.5 수문에 사용하는 재료의 허용응력 및 용접기준과 내식성 재료 ····· 291
920.3.6 취수설비의 구조상 안전가 수문설치 ·· 291
920.3.7 보(Weir) ····· 291
920.3.8 보(Weir)의 수리적 안전과 구조상 안정 ····· 292
920.3.9 침사지 ····· 292
920.3.10 침사지의 구조상 안전과 침전능력 ·· 293
920.3.11 도수로 ····· 294
920.3.12 도수로의 구조상 안전 ····· 294
920.3.13 헤드탱크 ····· 297
920.3.14 헤드탱크의 구조상 안전 ····· 297
920.3.15 서지탱크 ····· 297
920.3.16 서지탱크의 구조상 안전 ····· 298
920.3.17 서지탱크의 수위변동을 계산하는 경우의 조도계수 ····· 298
920.3.18 수압관로 ····· 298
920.3.19 관본체에 사용하는 재료의 허용응력 및 용접기준 ····· 300
920.3.20 관본체의 구조 ····· 304
920.3.21 관본체의 고정 ····· 305
920.3.22 앵커블록의 구조상 안전 ····· 305
920.3.23 받침대의 구조상 안전 ····· 305
920.3.24 방수로 ····· 306
920.3.25 방수로의 구조상 안전 ····· 306
920.3.26 수압관로 터널 검사항목 및 수검자 준비자료 ····· 306
920.4 수력설비 및 보조설비 ····· 307
920.4.1 수차의 재료 ····· 307
920.4.2 수차 및 발전기의 구조 ····· 309
920.4.3 보조설비 및 보조기기 ····· 311

Contents

920.5 양수발전 및 보조설비 ····· 318
920.5.1 펌프수차의 재료 ····· 318
920.5.2 펌프수차의 구조 ····· 318
920.5.3 양수보조설비 및 보조기기 ····· 319
920.6 기타 시설 ····· 321
920.6.1 발전소 시설의 안정성 ····· 321
920.7 종합연동 및 부하차단 ····· 322
920.7.1 종합연동시험 ····· 322
920.7.2 부하차단시험 ····· 323
920.8 부하운전 ····· 323

제930절 내진설계 ····· 325
930.1 내진설계 일반 ····· 325
930.1.1 목적 ····· 325
930.1.2 일반사항 ····· 325
930.1.3 지반조사 ····· 327
930.1.4 지진구역 ····· 327
930.1.5 지반의 분류 ····· 328
930.1.6 설계지반운동의 정의와 고려사항 ··· 329
930.1.7 설계지반운동의 특성 표현 ····· 330
930.1.8 지진해일 ····· 333
930.1.9 내진설계 방법 및 절차 ····· 333
930.1.10 지진해석 ····· 334
930.1.11 성능기반 내진설계 ····· 335
930.1.12 지진보호장치 ····· 336
930.1.13 액상화 ····· 339
930.1.14 건물외구조물 ····· 343
930.2 정착부 내진설계 ····· 343
930.2.1 목적 ····· 343
930.2.2 기본방침 ····· 343
930.2.3 적용범위 ····· 344
930.2.4 설비 정착부의 내진설계절차 ····· 344
930.2.5 관련 기준 ····· 345
930.2.6 지진위험도 ····· 345
930.2.7 내진등급 및 관리등급 ····· 345
930.2.8 설비 정착부의 내진성능목표 ····· 346
930.2.9 설비 등급 분류 ····· 349
930.2.10 설비 등급별 중요도계수 ····· 349
930.2.11 설비 정착부의 내진설계 여부 ····· 349
930.2.12 지진구역 및 지진구역계수 ····· 350
930.2.13 유효수평지반가속도 ····· 350
930.2.14 지반분류 ····· 351
930.2.15 설비 정착부의 설계지진력 및 변위 산정 ····· 352
930.2.16 정착부 하중조합 ····· 356
930.2.17 정착부 설계 일반사항 ····· 357
930.2.18 용접 및 볼트 정착부 설계 ····· 357
930.2.19 콘크리트 정착부 설계 ····· 357
930.2.20 정착부 설계 및 시공 자료검사 ···· 357
930.2.21 정착부 현장검사 ····· 358
930.2.22 설비정착부 검사항목 및 수검자 준비자료 ····· 368
930.3 정착부 내진성능평가 ····· 369
930.3.1 총칙 ····· 369
930.3.2 지진하중 및 내진성능목표 ····· 371
930.3.3 설비 정착부 내진설계 ····· 377
930.3.4 설비 정착부 내진성능 해석 및 평가 ·· 377

제940절 용접 ····· 383
940.1 일반사항 ····· 383
940.1.1 용접시공법 ····· 383
940.1.2 비파괴검사 일반사항 ····· 447
940.1.3 방사선투과검사 ····· 449
940.1.4 초음파탐상검사 ····· 471
940.1.5 자분탐상검사 ····· 501
940.1.6 침투탐상검사 ····· 519

940.1.7 육안검사 ····· 530
940.1.8 누설검사 ····· 534
940.2 보일러 ····· 540
940.2.1 보일러 및 부속설비 ····· 540
940.3 압력용기 ····· 577
940.3.1 압력용기 및 부속설비 ····· 577
940.4 배관 ····· 601
940.4.1 배관 및 부속설비 ····· 601
940.5 연료가스용 배관 ····· 616
940.5.1 액화가스 연료연소설비 ····· 616
940.5.2 매설배관의 설치 ····· 644
940.5.3 노출배관의 설치 ····· 646

부 록

3. 발전설비 용접방법 및 절차 ····· 650
3.1 인용사항 ····· 650
3.2 용접방법별 용접절차시방서의 용접변수 ··· 651
3.2의 비고. 용접변수에 대한 사용법 ····· 674
3.3 서식 ····· 707

4. 방사선투과검사 ····· 713
4.1 파이프 또는 튜브 용접부에 대한 촬영 기법 ···· 713
4.2 상질계의 수(특별한 경우) ····· 716
4.3 금속 주조품의 방사선투과검사 ····· 718
4.4 인광화상판을 사용한 방사선투과검사 ····· 720
4.5 원형지시 합격기준 ····· 730
4.6 디지털 검출기 시스템을 사용한 방사선투과검사 ····· 735

5. 초음파탐상검사 ····· 747
5.1 스크린 높이 직선성 ····· 747
5.2 진폭 조정 직선성 ····· 748
5.3 비행-회절시간(TOFD) 기법 ····· 748
5.4 위상배열 E-주사 및 S-주사 선형주사 검사 기법 ····· 758
5.5 사각빔 교정을 위한 탐상기법 ····· 761
5.6 수직빔 교정을 위한 탐상기법 ····· 773
5.7 대체 교정시험편의 형상 ····· 776
5.8 검사 숙련도에 기반한 합격기준의 초음파탐상검사 요건 ····· 779
5.9 파괴역학 기반의 합격기준에 대한 초음파탐상검사 요건 ····· 784
5.10 결정크기 측정 및 분류를 위한 절차서 인정 요건 ····· 790
5.11 파괴역학 기반 초음파탐상검사(보일러 적용) ····· 794
5.12 대체 초음파 탐상검사 합격기준의 사용(배관 적용) ····· 806

6. 침투탐상검사 ····· 812
6.1 비표준온도에서의 인정시험 기법 ····· 812

KOREA
ELECTRICAL
SAFETY
CORPORATION

제 8 장

송·변·배전설비

제800절 통칙

800.1 목 적
800.2 적용범위
800.3 용어의 정의

제810절 송전설비

810.1 송전설비 일반
810.2 가공 송전선로
810.3 지중 송전선로

제820절 변전설비

820.1 변전설비 일반
820.2 전력용변압기
820.3 모선설비
820.4 전력용차단기
820.5 조상설비
820.6 접지설비
820.7 주파수조정용(FR용) 전기저장장치
820.8 직류송전 변환설비
820.9 유연송전설비
820.10 변전소 부대설비

제830절 배전설비

830.1 배전설비 일반
830.2 가공 배전선로
830.3 지중 배전선로

08 송·변·배전설비

관 련 근 거

800 통칙

800.1 목 적

이 장은 송·변·배전설비에 대한 사용전검사 및 정기검사 업무수행에 필요한 기준을 제시하여 송·변·배전설비의 전기적, 구조적 안전성을 확보하는 것을 목적으로 한다.

800.2 적용범위

이 장은 다음의 송·변·배전설비에 대한 사용전검사 및 정기검사 업무에 적용한다.

1. 송전설비
2. 변전설비
3. 배전설비

800.3 용어의 정의

1. '개폐소'란 다음과 같은 곳의 전압 5만 볼트 이상의 송전선로를 연결하거나 차단하기 위한 전기설비를 말한다.
   가. 발전소 상호간
   나. 변전소 상호간
   다. 발전소와 변전소 간

   전기사업법 시행규칙 제2조

2. '계통연계'란 둘 이상의 전력계통 사이를 전력이 상호 융통될 수 있도록 선로를 통하여 연결하는 것으로 전력계통 상호간을 송전선로, 변압기 또는 직류-교류변환설비 등에 연결하는 것을 말한다.

   KEC 112

3. '관로'란 케이블을 수용하기 위해 설치하는 관(Pipe) 또는 그 집합체를 말한다.

   韓技 6001

	관련근거
4. '관로의 허용 굽은 부분 반지름'이란 관로의 곡선부 원호의 반경을 굽은 부분 반지름이라 하고 케이블 포설이 가능한 허용최소반경을 말한다.	韓技 6001
5. '다리첨가식 전선로'란 케이블 및 그 부속재로 철도교, 도로교 및 이와 유사한 구조물에 시설하는 전선로를 말한다.	韓技 6001
6. '국가지점번호판'이란 국토 및 이와 인접한 해양을 격자형으로 일정하게 구획한 지점마다 부여된 번호를 주소정보시설규칙에 따라 제작한 번호판을 말한다.	도로명주소법 제23조
7. '덕트(Duct)'란 케이블을 수용하기 위해 상부를 개폐할 수 있는 전력구를 말한다.	韓技 6001
8. '매설깊이'란 지표면과 지중전선로 구조물의 최상단과의 최단 거리를 말한다.	韓技 6001
9. '맨홀(Manhole)'이란 케이블의 인입, 인출, 접속 등의 공사와 점검 기타 보수작업을 용이하게 할 수 있도록 시설한 구조물을 말한다.	韓技 6001
10. '물밑전선로'란 케이블 및 그 부속재를 바다, 하천 등의 물밑에 시설하는 전선로를 말한다.	韓技 6001
11. '변전소'란 변전소의 밖으로부터 전압 5만 볼트 이상의 전기를 전송받아 이를 변성(전압을 올리거나 내리는 것 또는 전기의 성질을 변성시키는 것을 말한다)하여 변전소 밖의 장소로 전송할 목적으로 설치하는 변압기와 그 밖의 전기설비 전체를 말한다.	전기사업법 시행규칙 제2조
12. '전력구(電力溝)'란 다회선의 케이블 및 부속재 등을 수용하고 케이블의 접속공간을 겸하는 기능을 가진 구조물을 말하며 시공공법에 따라 개착식 전력구와 터널식 전력구로 구분한다.	韓技 6001
13. '전력보안 통신설비'란 전력의 수급에 필요한 급전·운전·보수 등의 업무에 사용되는 전화 및 원격지에 있는 설비의 감시·제어·계측·계통보호를 위해 전기적·광학적으로 신호를 송·수신하는 제어 장치·전송로 설비 및 전원 설비 등을 말한다.	電技 제3조

08 송·변·배전설비

관 련 근 거

14. '전용다리식 전선로'란 케이블 및 그 부속재를 하천횡단 등의 경우에 시설한 전선로 전용의 다리 및 이와 유사한 구조물에 시설하는 전선로를 말한다. — 韓技 6001

15. '조상설비'란 무효전력을 조정하는 전기기계기구를 말한다. — 電技 제3조

16. '지상전선로'란 케이블 및 그 부속재와 이를 수용하는 설비의 일부 또는 전부가 지상에 시설되는 전선로를 말한다. — 韓技 6001

17. '지중 관로'란 지중 전선로·지중 약전류 전선로·지중 광섬유 케이블 선로중에 시설하는 수관 및 가스관과 이와 유사한 것 및 이들에 부속하는 지중함 등을 말한다. — 韓技 6001

18. '지중전선로'란 케이블 및 그 부속재를 관로식, 전력구식, 덕트식 또는 직접매설식에 의하여 시설하는 전선로를 말한다. — 韓技 6001

19. '케이블의 허용 굽은 부분 반지름'이란 케이블의 포설 및 접속시 굽은부분에서 전기적, 기계적 특성을 저하시키지 않는 최소굽은 부분 반지름을 말한다. — 韓技 6001

20. '항공장애 주간표지'란 주간에 비행 중인 조종사에게 지상이동 및 항행에 위험요소로 평가되는 모든 물체 또는 그 일부인 장애물의 존재를 알리기 위하여 설치하는 등화 이외의 시각적인 표시로 색채 표지(Color), 장애표지물(Marker), 기(Flag) 등이 있다. — 항공장애표시등과 항공장애주간표지시의 설치 및 관리기준 제2조

21. '항공장애 표시등'이란 비행 중인 조종사에게 장애물의 존재를 알리기 위하여 사용되는 등화를 말한다.

22. 'A종 철근 콘크리트주'는 전체 길이가 20 m 이하, 설계하중이 14.72 kN 이하인 철근 콘크리트주 중 다음의 것을 말한다. — KEC 331.7 KEC 332.7

    가. 전체 길이가 16 m 이하, 설계하중이 6.8 kN 이하이면서 목주의 경우와 똑같이 땅에 묻히는 깊이를 일률적으로 전체 길이의 1/6 이상(전체 길이가 15 m를 초과하는 경우 2.5 m)으로 시설하고, 만약 논이나 그 밖의 지반이 연약한 곳에서는 견고한 전주버팀대를 시설한 것

관련근거

나. 전체 길이가 16 m 초과 20 m 이하이고, 설계하중이 6.8 kN 이하의 것을 논이나 그 밖의 지반이 연약한 곳 이외에 그 묻히는 깊이를 2.8 m 이상으로 시설한 것

다. 전체 길이가 14 m 이상 20 m 이하이고, 설계하중이 6.8 kN 초과 9.8 kN 이하의 것을 논이나 그 밖의 지반이 연약한 곳. 이외에 시설하는 경우 그 묻히는 깊이는 '가'에 의한 기준보다 0.3 m를 가산하여 시설한 것

라. 전체 길이가 14 m 이상 20 m 이하이고, 설계하중이 9.81 kN 초과 14.72 kN 이하의 것을 논이나 그 밖의 지반이 연약한 곳 이외에 다음과 같이 시설하는 경우

1) 전체 길이가 15 m 이하인 경우에는 그 묻는 깊이를 '가'에 규정한 기준보다 0.5 m를 더한 값 이상으로 할 것

2) 전체 길이가 15 m 초과 18 m 이하인 경우에는 그 묻히는 깊이를 3 m 이상으로 할 것

3) 전체의 길이가 18 m을 초과하는 경우에는 그 묻히는 깊이를 3.2 m 이상으로 할 것

마. 논이나 그 밖의 지반이 연약한 곳 이외의 개소란 보통 토질(토질 계수 2.9 × 107 N/m4 이상)을 말한다.

23. 'A종 철주'는 기초강도를 계산하지 않고 목주의 경우와 똑같이 근입을 일률적으로 전장 1/6(전장이 15 m를 초과하는 경우 2.5 m) 이상으로 시설하는 강판 조립주 또는 강관주를 말한다. KEC 332.7

24. 'B종 철근 콘크리트주'는 A종 철근 콘크리트주를 제외한 철근 콘크리트주를 말한다. KEC 332.7

25. 'B종 철주'는 A종 철주를 제외한 강판 조립주 또는 강관주를 말한다. KEC 332.7

26. 특고압 가공전선로의 지지물로 사용하는 철탑의 종류는 다음과 같다. KEC 333.11

관 련 근 거

가. '직선형'

직선형 철탑(Straight tower) 선로의 직선 부분이라든가 또는 수평 각도 3°이내의 장소에 사용되는 철탑으로, 이 철탑의 기호를 A로 나타내어 A형 철탑이라고 부르기도 한다. 다만, 내장형 및 보강형에 속하는 것을 제외한다.

나. '각도형'

각도형 철탑(Angle tower)이란, 전선로의 수평각도가 3°를 넘는 장소에 세워지는 철탑으로, 20° 이하의 경각도로 설계한 것이 B형 철탑이며, 20°를 넘고 30° 이하의 중각도로 설계한 것이 C형 철탑이라 하며, 애자련은 모두 내장형 Type으로 사용한다.

다. '잡아 당김형'

전가섭선을 잡아당기는 곳에 사용하는 것

라. '내장형'

내장형 철탑(Strain tower) 선로의 보강용으로 세워지는 것으로서, 가령 직선철탑이 다수 연속될 경우에는 약 10기마다 1기의 비율로 이 내장 철탑을 세워 나간다. 이 철탑의 기호는 E로 나타내어 E형 철탑이라고 하며, 또한 애자련은 내장형을 사용한다.

마. '보강형'

전선로 직선부분을 보강하기 위해 사용하는 내장 애자장치 철탑

바. '특수철탑'

강을 건너거나 골짜기를 넘게 되는 장경간의 장소라든가, 기타 특수한 장소에 세워지는 철탑

27. '변환소(Converter Station)'란 변환용 밸브, 변압기, 필터 등의 직류송전 변환설비와 그 밖의 기계기구를 시설하여 교류를 직류로, 혹은 그 반대로 변환하거나 주파수를 변경하는 곳을 말한다.

관 련 근 거

28. ‘직류송전 변환설비’란 직류송전을 위해 교류를 직류로, 또는 직류를 교류로 변환하는 설비를 말한다.

29. ‘유연송전설비(FACTS)’란 무효전력을 공급하여 전기의 흐름을 제어함으로써 송전 용량을 증대시키고, 전압 등을 조정하는 설비를 말한다.

08 송·변·배전설비

관 련 근 거

810 송전설비

810.1 송전설비 일반

810.1.1 목적

전기사업용 송전설비에 대한 사용전검사 및 정기검사 시 적용하는 검사 기준을 정하는 것을 목적으로 한다.

810.1.2 전선

전선은 제310절의 기준에 따른다.

810.1.2.1 전선의 선정 및 확인

KEC 121.1

1. 「산업융합촉진법」에 따라 '실증을 위한 규제 특례'와 '임시허가'된 전선은 310.1의 '1'과 '2'를 적용하지 않고 특례 또는 임시허가된 기간과 범위를 확인한다.
2. 기타 전선의 선정 및 확인은 310.1에 따른다.

810.1.3 접지시스템

접지시스템은 제320절의 기준에 따른다.

810.1.3.1 접지시스템의 요구사항

KEC 142.1.2

1. 접지시스템은 다음에 적합하여야 한다.
   가. 전기설비의 보호 요구사항을 충족할 것
   나. 지락전류와 보호도체 전류를 대지에 전달할 것. 다만, 열적, 열·기계적, 전기·기계적 응력 및 이러한 전류로 인한 감전 위험이 없어야 한다.

관 련 근 거

다. 전기설비의 기능적 요구사항을 충족할 것

2. 접지저항 값은 다음에 의한다.
   가. 부식, 건조 및 동결 등 대지환경 변화에 충족할 것
   나. 인체감전보호를 위한 값과 전기설비의 기계적 요구에 의한 값을 만족할 것

810.1.3.2 접지극의 시설

KEC 142.2
KEC 152.3
韓技 1101

1. 철탑 및 철주의 접지극 시설 방법은 320.2의 '1'부터 '4'까지, 320.2의 '6'과 다음 사항을 만족하여야 한다.
   가. 지지물에는 침상접지봉을 기본적으로 매설하고 매설 시 철탑은 각 다리, 철주 및 강관주는 기초에 4개의 침상접지봉을 그림 810-1과 같이 매설한다. 다만, 대지저항률 500 Ω·m 미만 개소와 논, 밭 등은 침상접지봉 1개를 매설한다.

韓技 DS-1101 (가공송전선 지지물 접지기준)의 4.1

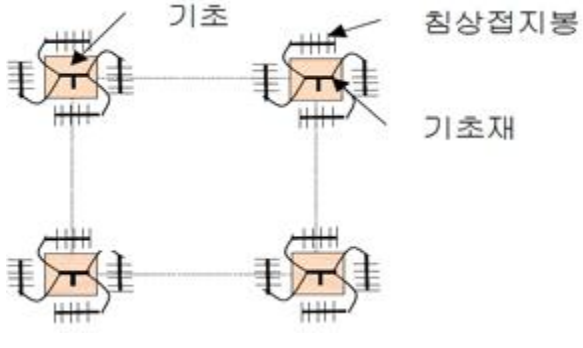


그림 810-1 철탑 침상접지봉 매설

   나. 침상접지봉은 연결선이 연결된 상태로 철탑(철주)의 앵커재에 압축단자로 연결하고 추가로 침상접지봉을 사용할 경우는 매설지선 취부용 접지단자 구멍을 이용하여 압축단자를 취부하며 매설깊이는 0.75 m 이상으로 한다.

韓技 DS-1101 (가공송전선 지지물 접지기준)의 6.1

관 련 근 거

다. 철탑(철주)의 앵커재는 철탑기초 콘크리트의 철근에 접지한다. 이때 앵커재와 철근은 35 ㎟ 연동연선을 사용하여 접속하며, 앵커재의 접속은 압축단자를 이용하여 볼트로 연결하고 철근과의 접속은 접지 슬리브를 이용하여 압축 접속한다.

韓技 DS-1101 (가공송전선 지지물 접지기준)의 6.2

라. 철탑조립 후 측정한 접지저항이 설계값을 만족하도록 매설지선과 접지저항저감제 등을 활용할 수 있다. 이때, 매설지선은 그림 810-2와 같이 분포접지나 집중접지로 포설할 수 있다.

韓技 DS-1101 (가공송전선 지지물 접지기준)의 6.3, 6.4

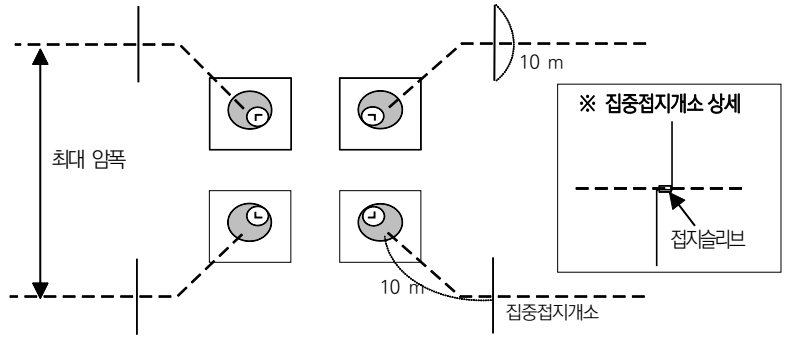


그림 810-2 분포접지와 집중접지

2. 뇌전류를 대지로 방류시키기 위한 접지극시스템은 다음에 따른다.

가. A형 접지극(수평 또는 수직접지극)과 B형 접지극(환상도체 또는 기초접지극) 중 하나 또는 조합한 시설로 하여야 한다.

나. 접지극시스템의 재료는 KS C IEC 62305-3(피뢰시스템-제3부 : 구조물의 물리적 손상 및 인명위험)의 '표7(접지극의 재료, 형상과 최소치수)'에 따르며, 대지에 환경오염 및 부식의 문제가 없어야 한다.

다. 대지가 암반지역으로 대지저항이 높은 경우에는 환상도체접지극 또는 기초접지극으로 시설하여야 한다.

관 련 근 거

라. 철근콘크리트 기초 내부의 상호 접속된 철근 또는 금속제 지하 구조물 등 자연 구성부재는 접지극으로 사용할 수 있다.

3. 뇌전류를 대지로 방류시키기 위한 접지극시스템 배치는 다음에 의한다. KEC 152.3

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 Ω 이하인 경우 '가'와 '나'에도 불구하고 최소 길이 이하로 할 수 있다.

810.1.3.3 접지극 부품 및 접속 KEC 152.4

1. 재료의 형상에 따른 최소단면적은 표 810-1(KS C IEC 62305-3 표6)에 따른다.

표 810-1 공수뢰도체, 피뢰침, 대지 인입 붕괴 인하도선의 재료, 형상과 최소단면적주[1)]

재료	형상	최소단면적 (㎟)
구리, 주석도금한 구리	테이프형 단선	50
	원형 단선주[2)]	50
	연선주[2)]	50
	원형 단선주[3)]	176

관 련 근 거

표 810-1 계속

재료	형상	최소단면적 (㎟)
알루미늄	테이프형 단선	70
	원형 단선	50
	연선	50
알루미늄합금	테이프형 단선	50
	원형 단선	50
	연선	50
	원형 단선주[3]	176
구리피복 알루미늄합금	원형 단선	50
용융아연도금강	테이프형 단선	50
	원형 단선	50
	연선	50
	원형 단선주[3]	176
구리피복강	원형 단선	50
	테이프형 단선	50
스테인리스강	테이프형 단선주[4]	50
	원형 단선주[4]	50
	연선	70
	원형 단선주[3]	176

【주】
1) 내식, 기계적 및 전기적 특성은 KS C IEC 62561 시리즈의 요구사항을 따라야 한다.
2) 기계적 강도가 요구되지 않는 경우, 단면적 50 ㎟ (지름 8 mm)을 25 ㎟ 로 줄여도 된다. 이 경우, 죔쇠 사이의 간격도 줄인다.
3) 피뢰침 및 대지 인입 봉에 적용할 수 있다. 풍압 하중과 같은 기계적 응력이 크게 작용하지 않는 경우에는 지름 9.5 mm, 최대 길이가 1 m인 피뢰침을 부가적으로 고정하여 사용할 수 있다.
4) 열적 및 기계적 고려가 중요하다면 75 ㎟ 로 증가될 수 있다.

2. 피뢰시스템용의 부품은 표 810-2(KS C IEC 62305-3 표5)에 의한 재료 또는 기계적, 전기적, 화학적 특성이 동등한 재료를 사용하여야 한다.

관 련 근 거

표 810-2 피뢰시스템의 재료와 사용조건[주1)]

재료	사용			부식		
	대기 중	지중	콘크리트내	내성	진행성	전해대상
구리	단선 연선	피복된 단선, 연선	피복된 단선, 연선	대부분 환경에서 양호	황화합물 유기물	-
용융아연 도금강[주3),4),5)]	단선 연선[2)]	단선	단선 연선주[2)]	대기 중, 콘크리트내, 일반 토양 허용	높은 염화물 용액	구리
구리전착강	단선	단선	단선	대부분 환경에서 양호	황화합물	-
스테인리스강	단선 연선	단선 연선	단선 연선	대부분 환경에서 양호	높은 염화물 용액	구리
알루미늄	단선 연선	부적합	부적합	낮은 농도의 유황과 염화물의 대기 중에 양호	알칼리용액	구리
납	피복된 단선	피복된 단선	부적합	높은 농도의 황산염의 대기 중에 양호	산성 토양	구리 스테인 리스강

【주】
1) 이 표는 일반적인 지침이다. 특별한 환경에서는 부식의 면역성에 대하여 보다 주의 깊은 고려가 요구된다. (KS C IEC 62305-3 부속서 E 참조)
2) 연선은 단선보다 부식에 약하며, 또한 연선의 부식성은 대지에서 콘크리트로의 인입 또는 인출 위치에서 취약하다. 따라서 아연도금강 연선을 지중에 시설하는 것은 바람직하지 않다.
3) 아연도금강은 점토질 또는 습지의 토양에서 부식된다.
4) 콘크리트 내부의 아연도금강은 콘크리트 내부 철근과 아연도금강의 접촉은 콘크리트를 손상시킨다.
5) 환경적 고려로 지중에 납의 사용은 종종 금지되거나 제한된다.

3. 도체의 접속부 수는 최소한으로 하여야 하며, 접속은 용접, 눌러 붙임, 봉합, 나사 조임, 볼트 조임 등의 방법으로 확실하게 하여야 한다.

관 련 근 거

810.1.4 접지저항의 측정

韓技 1101

철탑, 철주 또는 그와 유사한 지지물에 시설한 접지시스템의 접지저항 측정은 다음에 따른다.

1. 정상접지저항의 측정은 전선 설치 공사 착수 전에 실시하거나 전력선이나 가공지선을 분리한 다음 측정하여야 한다.
2. 과도접지저항의 측정은 가공지선 설치 후에 측정하도록 한다.

810.1.5 전로에 시설하는 피뢰기의 접지저항

KEC 341.14

고압 및 특고압의 전로에 시설하는 피뢰기 접지저항 값은 표 810-3에 따른다.

표 810-3 전로에 시설하는 피뢰기 접지공사의 접지저항

시설 조건		접지저항 기준
고압 및 특고압의 전로에 시설하는 피뢰기		10 Ω 이하
고압·특고압전로와 저압전로를 결합하는 다음 조건의 변압기에 근접하여 고압가공전선로에 시설하는 피뢰기 - 저압측 중성점에 접지공사 실시 - 혼촉방지판이 없는 변압기	1. 피뢰기 접지공사의 접지극을 변압기 중성점 접지용 접지극으로부터 1 m 이상 격리하여 시설	30 Ω 이하
	2. 피뢰기 접지공사의 접지도체와 변압기의 중성점 접지용 접지도체를 변압기에 근접한 곳에서 접속하여 다음 중 하나에 의하여 시설하는 경우	피뢰기 접지공사의 접지저항 값 75 Ω 이하
	가. 변압기를 중심으로 하는 반지름 50 m의 원과 반지름 300 m의 원으로 둘러 싸여지는 지역에서 그 변압기에 중성점 접지공사가 되어있는 저압 가공전선[1]의 한 곳 이상에 제320절에 준하는 접지공사[2]를 할 것	변압기 중성점에 연결하는 피뢰기 접지공사의 접지저항 값 65 Ω 이하
	나. 변압기 중성점 접지공사의 접지도체를 가공 공동지선[3]으로 할 것	2의 '가', '나'의 합성접지저항 값 20 Ω 이하
	3. 피뢰기 접지공사의 접지도체와 조건1의 중성점 접지공사가 시설된 변압기의 저압가공전선 또는 가공공동지선과를 그 변압기가 시설된 지지물 이외의 지지물에서 접속하고 또한 다음에 의하여 시설하는 경우	피뢰기 접지공사의 접지저항 값 65 Ω 이하

관 련 근 거

표 810-3 계속

시설 조건		접지저항 기준
고압·특고압전로와 저압전로를 결합하는 다음 조건의 변압기에 근접하여 고압가공전선로에 시설하는 피뢰기 - 저압측 중성점에 접지공사 실시 - 혼촉방지판이 없는 변압기	가. 변압기에 접속하는 저압가공전선 및 그것에 시설하는 접지공사 또는 그 변압기에 접속하는 가공공동지선은 시설 조건2의 '가'에 의하여 시설할 것 나. 피뢰기 접지공사는 변압기를 중심으로 하는 반지름 50 m 이상의 지역으로 또한 그 변압기와 '가'에 의하여 시설하는 접지공사와의 사이에 시설할 것. 다만, 가공공동지선과 접속하는 그 피뢰기 접지공사는 변압기를 중심으로 하는 반지름 50 m 이내 지역에 시설할 수 있다.	3의 '가'와 피뢰기 접지공사의 합성접지저항 값 16 Ω 이하
전용 접지공사를 한 고압 가공전선로에 시설하는 피뢰기		30 Ω 이하

【주】
1) 인장강도 5.26 kN 이상인 것 또는 지름 4 ㎜ 이상의 경동선에 한한다.
2) 접지도체로 공칭단면적 6 ㎟ 이상인 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 쉽게 부식하지 않는 금속선을 사용하는 것에 한한다.
3) KEC 322.1의 '3' 및 '4'에 규정하는 공동지선으로서 그 변압기를 중심으로 하는 지름 300 m의 원 안에서 접지공사가 되어 있는 것에 한한다.

810.1.6 기타 기술기준 적합여부

1. 전력보안통신설비 및 계통보호전송장치에 대한 설치 및 동작상태를 확인한다.
2. 유도장해검토(합의)서의 내용을 검토하여 적합여부를 확인한다.

810.2 가공 송전선로

810.2.1 일반규격

계통전압, 회선 및 선로길이, 전선 종류, 지지물 수량, 경과지 등 일반규격은 공사계획인가(신고) 및 설계도서와 일치하여야 한다.

관 련 근 거

810.2.2 외관검사

1. 전선로의 종류, 배치의 적정성 여부, 각 지지물의 종류 및 수량, 애자 설치의 적정성, 미풍진동 방지시설의 배치, 항공장애식별 장치의 적용 여부, 건조물과 전선로 간의 이격거리 등이 설계도서와 일치하여야 한다.
2. 울타리·담 등의 출입구에는 시건장치와 출입금지 표시 등이 시설되어야 한다.
3. 지지물 조립 시 중요개소의 체결은 나사풀림을 방지하도록 시공되어야 한다.
4. 아킹혼 등 애자련 보호장치의 시설상태는 설계도서 또는 조립 시방서와 일치하여야 한다.

810.2.3 지지물 기초

810.2.3.1 철탑 기초지반

1. 기초 지반 상태를 확인하기 위한 지질조사를 실시하고 지지층까지의 각 지반층의 심도와 두께를 확인할 수 있는 자료를 보유하여야 한다.
2. 지반에 따라 선정된 기초 공법을 확인한다.

비고

■ 철탑 기초 종류의 (예시)

하중전달에 따른 분류	공법에 따른 분류
얕은 기초	역T형 기초
깊은 기초	심형 기초, 파일 기초, 우물통 기초, Rock Anchor 기초, 강관주 기초

관 련 근 거

810.2.3.2 콘크리트 압축강도

1. 구조물 계산서 등 설계도서에서 콘크리트 압축강도의 설계값이 제시되어야 한다.
2. 콘크리트 압축강도(28일)의 시험값은 설계값 이상이어야 한다.

810.2.3.3 콘크리트 배합

1. 콘크리트 압축강도의 설계값에 따른 콘크리트 배합 기준이 제시되어야 한다.
2. 시공시점의 기후 등 환경에 따라 보정한 콘크리트 배합기록을 확인할 수 있도록 보존하여야 한다.

810.2.3.4 철근 재질 및 규격

KS D 3504

1. 구조물 계산서 등 설계도서에서 사용하는 철근 재질 및 규격이 제시되어야 한다.

비고

■ 이형 봉강의 종류 및 기호

종 류		기 호
이형 봉강	일반용	SD300 SD400 SD500 SD600 SD700
	용접용	SD400 W SD500 W
	특수내진용	SD400 S SD500 S SD600 S SD700 S

관 련 근 거

2. 철근 재질의 이상유무는 재질 규격에 따른 시험성적서 또는 감리 결과보고서를 제시받아 확인한다.

810.2.3.5 시공상태

1. 기초 콘크리트는 파손, 갈라짐, 공극이 없어야 한다.
2. 지지물의 시설에 의한 훼손지의 복구는 다음에 따른다.
   가. 경작지는 소유주와의 협의에 따라 복구하며, 소유주의 별도의 요구가 없는 경우 원토로 복구하는 것을 원칙으로 한다.
   나. 토양 침식, 사면 안정성을 고려하여 다음의 구조물을 시설할 수 있으며 붕괴, 낙석 등의 우려가 없도록 시공하여야 한다.
      1) 돌망태 옹벽
      2) 돌망태 심줄막이
      3) 목책
      4) 산돌 쌓기
      5) 식생토낭·식생마대 쌓기
      6) 그 밖의 사면안정 공법
   다. 철탑 주변의 훼손지에는 계획우수량을 고려한 배수로를 시설하여 표면수의 침투, 지하수 유입에 따른 지반 지지력 약화, 비탈면의 유실 등을 방지하여야 한다.

810.2.4 철탑의 구조

韓技 1111

1. 철탑의 구조는 그림 810-3과 같이 상부와 기초부로 구분한다. 상부는 주주재(Main post), 암(Arm), 사재, 수평재, 보조재, 접속판(Plate)으로 구성되며(이하 '철탑 부재'라고 한다) 견고하게 체결하여야 한다.

관 련 근 거

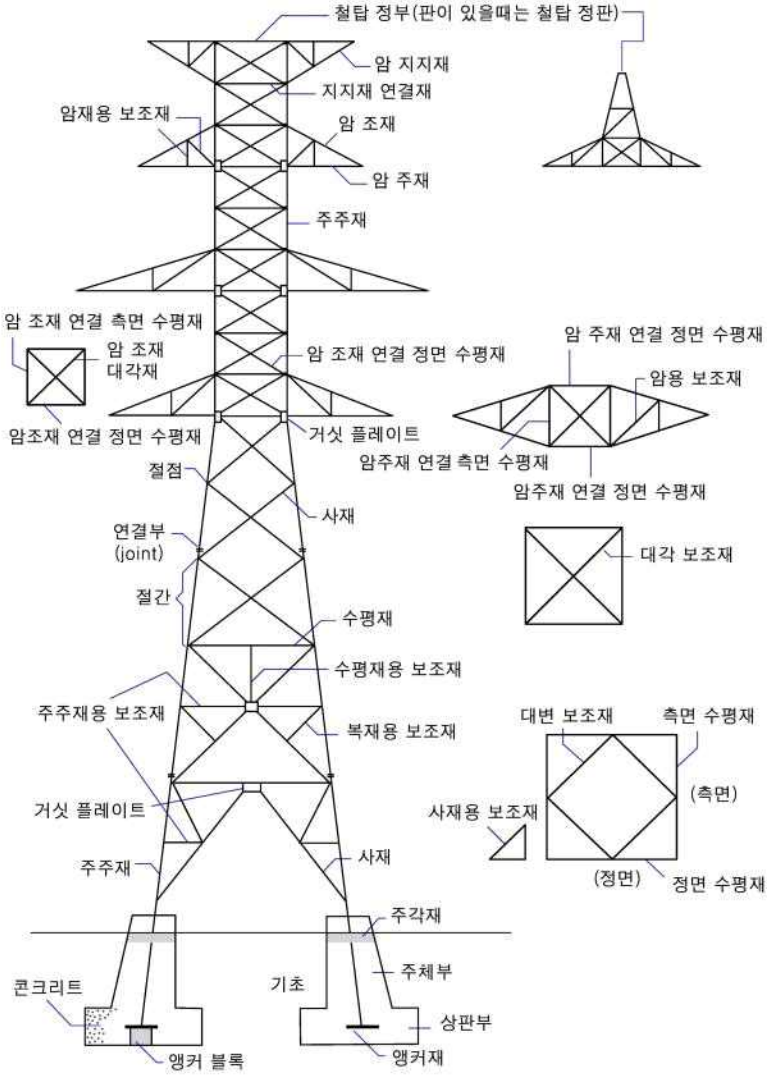


그림 810-3 철탑의 구조(예시)

2. 철탑각의 부호는 철탑 정중앙에서 부하측을 보면서 시계방향으로 좌측을 A, B, 우측을 C, D각으로 그림 810-4와 같다.

관 련 근 거

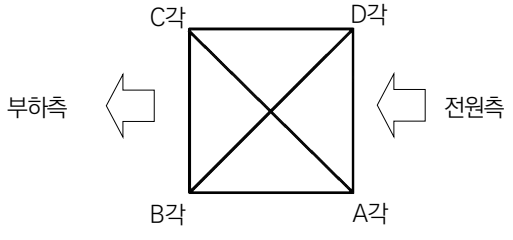


그림 810-4 철탑각의 부호

3. 철탑 중요개소의 체결부위는 나사머리부 - 평와셔 - 철탑부재 - 스프링와셔 - 너트 - 로킹너트 순으로 조립한다. 너트는 철탑 외부 또는 상부에 나오도록 조립하는 것을 원칙으로 한다.

4. 철탑 부재는 다음을 만족하여야 한다.
   가. 철탑 부재의 설치 수량은 설계도서와 비교하여 누락이 없을 것
   나. 철탑 부재의 외형은 손상, 변형 및 휨이 없을 것
   다. 철탑 부재의 도금상태는 벗겨지거나 변형되지 않을 것

810.2.5 볼트·너트의 적용

KOSHA GUIDE
볼트·너트의 선정 및 체결에 관한 기술지침

1. 철탑, 철주 등 지지물에 볼트·너트가 체결된 주요 부위는 풀림에 의한 도괴 등 위험을 방지하기 위하여 이중너트 또는 로킹너트 등을 적용하여 풀림을 방지할 수 있도록 고려하여야 한다.

2. 볼트·너트의 끼워맞춤을 확실하게 하기 위해 수나사의 끝은 너트의 윗면에서 2산 이상 나오게 하며, 이 경우 나사끝의 돌출이 작업자에게 위해를 줄 염려가 있는 경우에는 캡너트를 사용한다.

3. 볼트·너트를 체결할 때에는 가능한 볼트머리를 아래쪽에 위치하도록 하여 풀림을 육안으로 확인할 수 있도록 하는 것을 권장한다.

관 련 근 거

KEC 333.16

810.2.6 특고압 가공전선로의 내장형 등의 지지물 시설

1. 특고압 가공전선로중 지지물로 목주·A종 철주·A종 철근콘크리트주를 연속하여 5기 이상 사용하는 직선부분(5° 이하의 수평각도를 이루는 곳을 포함한다)에는 다음에 따라 목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주를 시설하여야 한다.
   가. 5기 이하마다 지선을 전선로와 직각 방향으로 그 양쪽에 시설한 목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주 1기(사용전압이 35 kV 이하인 특고압 가공전선로는 적용하지 않음)
   나. 연속하여 15기 이상으로 사용하는 경우에는 15기 이하마다 지선을 전선로의 방향으로 그 양쪽에 시설한 목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주 1기(사용전압이 25 kV 이하인 시가지에 시설한 특고압 가공전선로이면서 중성선 다중접지 방식으로 전로에 지락이 생겼을 때 2초 이내에 자동적으로 전로로부터 차단하는 장치가 되어 있는 경우는 적용하지 않음)
2. 건조물, 도로, 횡단보도교, 철도 등과 접근하는 경우 또는 서로 접근·교차하는 경우에 지선을 시설한 목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주에 그 지선의 반대쪽에 지선을 더 시설함으로써 갈음할 수 있다.
3. 특고압 가공전선로 중 지지물로서 B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주를 연속하여 10기 이상 사용하는 부분에는 10기 이하마다 장력에 견디는 형태의 철주 또는 철근 콘크리트주 1기를 시설하거나 5기 이하마다 보강형의 철주 또는 철근 콘크리트주 1기를 시설하여야 한다.
4. 특고압 가공전선로 중 지지물로서 직선형의 철탑을 연속하여 10기 이상 사용하는 부분에는 10기 이하마다 장력에 견디는 애자장치가 되어 있는 철탑 또는 이와 동등 이상의 강도를 가지는 철탑 1기를 시설하여야 한다.

관 련 근 거

810.2.7 가공전선의 굵기 및 종류

KEC 222.5
KEC 332.3
KEC 333.4

1. 특고압 가공전선은 케이블인 경우 이외에는 인장강도 8.71 kN 이상의 연선 또는 단면적이 22 ㎟ 이상의 경동연선 또는 동등 이상의 인장강도를 갖는 알루미늄 전선이나 절연전선이어야 한다.
2. 기타 가공전선의 굵기 및 종류는 340.2.8에 따른다.

810.2.8 가공케이블의 시설

KEC 333.2
KEC 333.3
電技 제7조

1. 가공전선에 케이블을 사용하는 경우에는 다음에 따라 시설하여야 한다.
   가. 조가선의 최소 강도는 표 810-4와 같다.

표 810-4 조가선의 최소 강도

전압의 종류	조가선
특고압	인장강도 13.93 kN 이상의 것 또는 단면적 22 ㎟ 이상의 아연도강연선
저압, 고압	인장강도 5.93 kN 이상의 것 또는 단면적 22 ㎟ 이상의 아연도강연선

   나. 케이블은 조가선에 행거를 시설하는 경우, 행거의 간격은 표 810-5에 따른다.

표 810-5 조가선에 시설하는 행거의 가격

전압의 종류	행거의 간격
특고압	0.5 m 이하
고압	0.5 m 이하 권장
저압	제한 없음

관 련 근 거

다. 행거를 사용하지 않고 조가선의 케이블에 접촉시켜 그 위에 쉽게 부식하지 아니하는 금속 테이프 등을 0.2 m 이하의 간격을 유지하며 나선상으로 감아서 케이블의 외장에 견고하게 붙여서 시공할 수 있다. 다만, 저압 및 고압 케이블은 조가선과 케이블을 꼬아 합쳐 조가하는 방법도 가능하다.

라. 고압 가공전선에 반도전성 외장 조가용 고압케이블을 사용하는 경우는 조가선을 반도전성 외장조가용 고압 케이블에 접속시켜 그 위에 쉽게 부식하지 아니하는 금속 테이프를 0.06 m 이하의 간격을 유지하면서 나선상으로 감아 시설하여야 한다.

2. 조가선 및 케이블의 피복에 사용하는 금속체에는 제320절의 기준에 따르는 접지공사를 하여야 한다. 다만, 저압 가공전선에 케이블을 사용하고 조가선에 절연전선 또는 이와 동등 이상의 절연내력이 있는 것을 사용할 때에 조가선에는 적용하지 아니한다.

810.2.9 시가지 등에서 특고압 가공전선로의 시설

KEC 333.1
電技 제35조

1. 특고압 가공전선로는 전선이 케이블인 경우 또는 전선로를 다음과 같이 시설하는 경우에는 시가지 또는 인가가 밀집한 지역에 시설할 수 있다.

가. 사용전압이 170 kV 이하인 전선로를 다음에 의하여 시설하는 경우

1) 특고압 가공전선을 지지하는 애자장치는 다음 중 어느 하나에 의할 것

가) 50 % 충격불꽃방전전압 값이 그 전선의 근접한 다른 부분을 지지하는 애자장치 값의 110 %(사용전압이 130 kV를 초과하는 경우는 105 %) 이상인 것

나) 아킹혼을 붙인 현수애자·긴애자 또는 라인포스트애자를 사용하는 것

다) 2련 이상의 현수애자 또는 긴애자를 사용하는 것

관 련 근 거

라) 2개 이상의 핀애자 또는 라인포스트애자를 사용하는 것

2) 특고압 가공전선로의 경간은 표 810-6에서 정한 값 이하일 것

표 810-6 시가지 등에서 170 kV 이하 특고압 가공전선로의 경간 제한

지지물의 종류	경 간
A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주	75 m
B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주	150 m
철탑	400 m (단주인 경우에는 300 m) 다만, 전선이 수평으로 2이상 있는 경우에 전선 상호 간의 간격이 4 m 미만인 때에는 250 m

3) 지지물에는 철주·철근 콘크리트주 또는 철탑을 사용할 것

4) 전선은 단면적이 표 810-7에서 정한 값 이상일 것

표 810-7 시가지 등에서 170 kV 이하 특고압 가공전선로 전선의 단면적

사용전압	전선의 단면적
100 kV 미만	인장강도 21.67 kN 이상의 연선 또는 단면적 55 ㎟ 이상의 경동연선 또는 동등이상의 인장강도를 갖는 알루미늄 전선이나 절연전선
100 kV 이상	인장강도 58.84 kN 이상의 연선 또는 단면적 150 ㎟ 이상의 경동연선 또는 동등이상의 인장강도를 갖는 알루미늄 전선이나 절연전선

5) 전선의 지표상의 높이는 표 810-8에 따른다. 다만, 발전소·변전소 또는 이에 준하는 곳의 구내와 구외를 연결하는 1경간 가공전선은 그러하지 아니하다.

관 련 근 거

표 810-8 시가지 등에서 170 kV 이하 특고압 가공전선로 높이

사용전압	지표상의 높이
35 kV 이하	10 m 이상 (전선이 특고압 절연전선인 경우에는 8 m 이상)
35 kV 초과	10 m에 35 kV를 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 0.12 m를 더한 값 이상

【비고】 사용전압 35 kV 초과 개소의 계산 (예시)

사용전압	계산식
154 kV	10 + (초과값의 단수 × 0.12) = 10 + 1.44 = 11.44 m ※ 초과값의 단수 = (154 − 35) / 10 = 11.9 ⇒ 12 적용

6) 지지물에는 위험표시를 보기 쉬운 곳에 시설할 것. 다만, 사용전압이 35 kV 이하의 특고압 가공전선로의 전선에 특고압 절연전선을 사용하는 경우는 그러하지 아니하다.

7) 사용전압이 100 kV를 초과하는 특고압 가공전선에 지락 또는 단락이 생겼을 때에는 1초 이내에 자동적으로 이를 전로로부터 차단하는 장치를 시설할 것

나. 사용전압이 170 kV 초과하는 전선로를 다음에 의하여 시설하는 경우

1) 전선로는 회선수 2 이상 또는 그 전선로의 손상에 의하여 현저한 공급지장이 발생하지 않도록 시설할 것

2) 전선을 지지하는 애자(碍子)장치에는 아크 혼을 부착한 현수애자 또는 장간(長幹)애자를 사용할 것

3) 전선을 잡아당기는 경우에는 압축형 클램프, 쐐기형 클램프 또는 이와 동등 이상의 성능을 가지는 클램프를 사용할 것

4) 현수애자 장치에 의하여 전선을 지지하는 부분에는 아마로드를 사용할 것

5) 경간 거리는 600 m 이하일 것

6) 지지물은 철탑을 사용할 것

관 련 근 거

7) 전선은 단면적 240 ㎟ 이상의 강심알루미늄선 또는 이와 동등 이상의 인장강도 및 내(耐)아크 성능을 가지는 연선(撚線)을 사용할 것
8) 전선로에는 가공지선을 시설할 것
9) 전선은 압축접속에 의하는 경우 이외에는 경간 도중에 접속점을 시설하지 아니할 것
10) 전선의 지표상의 높이는 10 m에 35 kV를 초과하는 10 kV마다 0.12 m를 더한 값 이상일 것
11) 지지물에는 위험표지를 보기 쉬운 곳에 시설할 것
12) 전선로에 지락 또는 단락이 생겼을 때에는 1초 이내에 그리고 전선이 아크전류에 의하여 용단될 우려가 없도록 자동적으로 전로에서 차단하는 장치를 시설할 것

2. 시가지 그 밖에 인가가 밀집한 지역이란 특고압 가공전선로의 양측으로 각각 50 m, 선로방향으로 500 m을 취한 50,000 ㎡의 장방형의 구역으로 그 지역(도로부분을 제외한다)내의 건폐율{(조영물이 점하는 면적) / (50,000 ㎡-도로면적)}이 25 % 이상인 경우로 한다.

810.2.10 가공전선과 다른 시설물 접근·교차 시 이격거리 등

저·고압 가공전선로와 25 kV 이하인 특고압 가공전선로(중성선 다중접지 방식의 것으로서 전로에 지락이 생겼을 때에 2초 이내에 자동적으로 이를 전로로부터 차단하는 장치가 시설되어 있는 것에 한정한다)은 830.2.3.1부터 830.2.3.12까지 따를 수 있다. 그 외 특고압 가공송전선로는 810.2.11부터 810.2.25까지 따른다.

810.2.11 특고압 가공전선과 지지물 등의 이격거리

KEC 333.5

특고압 가공전선과 그 지지물·완금류·지지기둥 또는 지선 사이의 이격거리는 표 810-9에 따른다.

관 련 근 거

표 810-9 특고압 가공전선과 지지물 등의 이격거리

사용전압	이격거리(m)	
	일 반	기술상 부득이한 경우에 위험 우려가 없도록 시설한 경우
15 kV 미만	0.15 이상	0.12 이상
15 kV 이상 25 kV 미만	0.2 이상	0.16 이상
25 kV 이상 35 kV 미만	0.25 이상	0.2 이상
35 kV 이상 50 kV 미만	0.3 이상	0.24 이상
50 kV 이상 60 kV 미만	0.35 이상	0.28 이상
60 kV 이상 70 kV 미만	0.4 이상	0.32 이상
70 kV 이상 80 kV 미만	0.45 이상	0.36 이상
80 kV 이상 130 kV 미만	0.65 이상	0.52 이상
130 kV 이상 160 kV 미만	0.9 이상	0.72 이상
160 kV 이상 200 kV 미만	1.1 이상	0.88 이상
200 kV 이상 230 kV 미만	1.3 이상	1.04 이상
230 kV 이상	1.6 이상	1.28 이상

810.2.12 특고압 가공전선의 높이

KEC 333.7

1. 특고압 가공전선의 지표상(철도 또는 궤도를 횡단하는 경우에는 레일면상, 횡단보도교를 횡단하는 경우에는 그 노면상)의 높이는 표 810-10에 따른다.

표 810-10 특고압 가공전선의 높이

사용전압	지표상의 높이
35 kV 이하	5 m 이상 (철도 또는 궤도를 횡단하는 경우에는 6.5 m 이상, 도로를 횡단하는 경우에는 6 m 이상, 횡단보도교의 위에 시설하는 경우로서 전선이 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우에는 4 m 이상)
35 kV 초과 160 kV 이하	6 m 이상 (철도 또는 궤도를 횡단하는 경우에는 6.5 m 이상, 산지(山地) 등에서 사람이 쉽게 들어갈 수 없는 장소에 시설하는 경우에는 5 m 이상, 횡단보도교의 위에 시설하는 경우 전선이 케이블일 때는 5 m 이상)
160 kV 초과	6 m 이상 (철도 또는 궤도를 횡단하는 경우에는 6.5 m, 산지 등에서 사람이 쉽게 들어갈 수 없는 장소를 시설하는 경우에는 5 m)에 160 kV를 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 0.12 m를 더한 값 이상

관 련 근 거

표 810-10 계속

【비고】 사용전압 160 kV 초과 개소의 계산 (예시)

사용전압	계산식
345 kV	일반 : 6 + (초과값의 단수 × 0.12) = 6 + 2.28 = 8.28 m 철도·궤도 횡단 : 6.5 + (초과값의 단수 × 0.12) = 6.5 + 2.28 = 8.78 m 산지 등 : 5 + (초과값의 단수 × 0.12) = 5 + 2.28 = 7.28 m
	※ 초과값의 단수 = (345 − 160) / 10 = 18.5 ⇒ 19 적용

2. 특고압 가공전선을 수면상에 시설하는 경우에는 전선의 수면상의 높이를 선박의 항해 등에 위험을 주지 아니하도록 유지하여야 한다.
3. 특고압 가공전선로를 빙설이 많은 지방에 시설하는 경우에는 전선과 적설면상의 높이를 사람 또는 차량의 통행 등에 위험을 주지 아니하도록 유지하여야 한다.

810.2.13 특고압 가공전선로의 가공지선

KEC 333.8

특고압 가공전선로에 사용하는 가공지선(架空地線)은 다음에 따라 시설하여야 한다.

1. 가공지선에는 인장강도 8.01 kN 이상의 나선 또는 지름 5 mm 이상의 나경동선, 22 ㎟ 이상의 나경동연선, 아연도강연선 22 ㎟, 또는 OPGW 전선을 사용할 것
2. 지지점 이외의 곳에서 특고압 가공전선과 가공지선 사이의 간격은 지지점에서의 간격보다 적게 하지 아니할 것
3. 가공지선 상호를 접속하는 경우에는 접속관 기타의 기구를 사용할 것

810.2.14 특고압 가공전선과 저고압 가공전선 등의 병행설치

KEC 333.17
KEC 333.18
電技 제32조

1. 100 kV 미만 특고압 가공전선과 저압 또는 고압의 가공전선을 동일 지지물에 시설하려는 경우에는 다음을 따른다.

관 련 근 거

가. 특고압 가공전선과 저압 또는 고압의 가공전선 사이 이격거리는 표 810-11에 따른다.

표 810-11 특고압 가공전선과 저압 또는 고압의 가공전선 사이 이격거리

사용전압	이격거리
35 kV 이하	1.2 m 이상 ※ 다만, 특고압 가공전선이 케이블이면 다음의 조건에서 0.5 m로 감할 수 있다. 1. 저압 가공전선이 절연전선이거나 케이블일 때 2. 고압 가공전선이 고압·특고압 절연전선이거나 케이블일 때
35 kV 초과 100 kV 미만	2 m 이상 ※ 다만, 특고압 가공전선이 케이블이면 다음의 조건에서 1 m까지 감할 수 있다. 1. 저압 가공전선이 절연전선이거나 케이블일 때 2. 고압 가공전선이 절연전선이거나 케이블일 때

나. 병행하는 저압 또는 고압 가공전선의 제한은 표 810-12에 따른다.

표 810-12 병행하는 저압 또는 고압 가공전선의 제한

경 간	병행하는 저압 또는 고압 가공전선의 제한
경간 구분없음	인장강도 8.31 kN 이상 또는 케이블인 경우
50 m 이하	인장강도 5.26 kN 이상 또는 지름 4 mm 이상 경동선
50 m 초과	인장강도 8.01 kN 이상 또는 지름 5 mm 이상 경동선

다. 병행하는 저압 또는 고압 가공전선로의 시공은 표 810-13의 어느 하나에 해당하여야 한다. 다만, 다음의 조건에는 이 조항을 적용하지 않는다.

1) 특고압 절연전선을 사용한 특고압 가공전선로를 810.2.9의 '1'에 적합하고 위험의 우려가 없도록 시설하는 경우
2) 특고압 케이블을 사용한 특고압 가공전선로

관 련 근 거

표 810-13 병행하는 저압 또는 고압 가공전선로의 시공

전선로 구분	병행하는 저압 또는 고압 가공전선로의 시공
저압전선로	특고압 가공전선과 동일 지지물에 시설되는 부분에 제320절에 준하여 접지공사를 한 저압 가공전선 다만, 특고압 가공전선이 연선인 경우는 제외하며, 접지저항 값은 10 Ω 이하로서 접지도체는 공칭단면적 16 ㎟ 이상의 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 쉽게 부식하지 않는 금속선으로서 고장 시에 흐르는 전류를 안전하게 통할 수 있는 것을 사용한 것에 한한다.
	KEC 322.1의 규정에 의하여 접지공사를 한 저압 가공전선 다만, 제320절에 따라 계산한 접지저항 값이 10 Ω을 초과하는 경우에는 실제 접지저항 값이 10 Ω 이하인 것에 한한다.
	직류 단선식 전기철도용 가공전선 또는 그 밖의 대지로부터 절연되어 있지 아니하는 전로에 접속되어 있는 전선로
고압전선로	특고압과 고압의 혼촉 등에 의한 위험방지 시설하는 장치를 한 고압 가공전선
	직류 단선식 전기철도용 가공전선 또는 그 밖의 대지로부터 절연되어 있지 아니하는 전로에 접속되어 있는 전선로

라. 병행하는 특고압 가공전선로의 시공은 표 810-14에 따른다.

표 810-14 병행하는 특고압 가공전선로의 시공

사용전압	병행하는 특고압 가공전선로의 시공
35 kV 이하	특고압 가공전선은 저압 또는 고압 가공전선의 위에 시설하고 별개의 완금류에 시설할 것 다만, 특고압 가공전선이 케이블이고 저·고압 가공전선이 절연전선 또는 케이블인 경우에는 적용하지 않을 수 있다.
	특고압 가공전선은 연선일 것
35 kV 초과 100 kV 미만	제2종 특고압 보안공사에 의할 것
	인장강도 21.67 kN 이상의 연선 또는 단면적 50 ㎟ 이상 경동연선 다만, 케이블인 경우 제외한다.
	지지물은 철주, 철근 콘크리트주 또는 철탑일 것

2. 사용전압이 100 kV 이상인 특고압 가공전선과 저압 또는 고압 가공전선은 '4'의 경우 이외에는 동일 지지물에 시설하여서는 아니 된다.

관 련 근 거

3. 특고압 가공전선과 저압·고압 전차선을 동일 지지물에 시설하는 경우에는 '1'과 '2'에 따른다.

4. 특고압 가공전선로의 지지물에 시설하는 저압 전기기계기구에 접속하는 저압 가공전선을 동일 지지물에 시설 할 경우 특고압 가공전선과 저고압 가공전선 사이의 이격거리는 표 810-15에 따른다. 다만, 다음에 준하여 시설하는 경우는 예외로 한다.

   가. 특고압 가공전선은 저압 또는 고압 가공전선의 위에 시설하고 별개의 완금류에 시설할 것. 다만, 특고압 가공전선이 케이블이고 저·고압 가공전선이 절연전선 또는 케이블인 경우에는 적용하지 않을 수 있다.

   나. 특고압 가공전선은 연선일 것

   다. 병행하는 저압 또는 고압의 가공전선이 1의 '나'에 해당할 것

표 810-15 특고압 가공전선과 저고압 가공전선의 병행설치 시 이격거리

사용전압	이 격 거 리
35 kV 이하	1.2 m 이상 (특고압 가공전선이 케이블인 경우에는 0.5 m 이상)
35 kV 초과 60 kV 이하	2 m 이상 (특고압 가공전선이 케이블인 경우에는 1 m 이상)
60 kV 초과	2 m (특고압 가공전선이 케이블인 경우에는 1 m)에 60 kV을 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 0.12 m를 더한 값 이상

【비고】 사용전압 60 kV 초과 개소의 계산 (예시)

사용전압	계산식
154 kV	2 + (초과값의 단수 × 0.12) = 2 + 1.2 = 3.2 m (케이블은 2.2 m) ※ 초과값의 단수 = (154 − 60) / 10 = 9.4 ⇒ 10 적용
345 kV	2 + (초과값의 단수 × 0.12) = 2 + 3.48 = 5.48 m (케이블은 4.48 m) ※ 초과값의 단수 = (345 − 60) / 10 = 28.5 ⇒ 29 적용

관 련 근 거

KEC 333.19

810.2.15 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등의 공용설치

1. 사용전압이 35 kV 이하인 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등(전력보안 통신선은 제외한다. 이하 같다)을 동일 지지물에 시설하는 경우에는 다음에 따라야 한다.
   - 가. 특고압 가공전선로는 제2종 특고압 보안공사에 의할 것
   - 나. 특고압 가공전선은 가공약전류전선 등의 위로 하고 별개의 완금류에 시설할 것
   - 다. 특고압 가공전선은 케이블인 경우 이외에는 인장강도 21.67 kN 이상의 연선 또는 단면적이 50 ㎟ 이상인 경동연선일 것
   - 라. 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등 사이의 이격거리는 2 m 이상으로 할 것. 다만, 특고압 가공전선이 케이블인 경우에는 0.5 m 까지 감할 수 있다.
   - 마. 가공약전류전선을 특고압 가공전선이 케이블인 경우 이외에는 금속제의 전기적 차폐층이 있는 통신용 케이블일 것. 다만, 가공약전류전선로의 관리자의 승낙을 얻은 경우에 특고압 가공전선로(특고압 가공전선에 특고압 절연전선을 사용하는 것에 한한다)를 810.2.9의 '1'에 적합하고 또한 위험의 우려가 없도록 시설할 때는 그러하지 아니하다.
   - 바. 특고압 가공전선로의 수직배선은 가공약전류전선 등의 시설자가 지지물에 시설한 것의 2 m 위에서부터 전선로의 수직배선의 맨 아래까지의 사이는 케이블을 사용할 것
   - 사. 특고압 가공전선로의 접지도체에는 절연전선 또는 케이블을 사용하고 또한 특고압 가공전선로의 접지도체 및 접지극과 가공약전류전선로 등의 접지도체 및 접지극은 각각 별개로 시설할 것
   - 아. 전선로의 지지물은 그 전선로의 공사·유지 및 운용에 지장을 줄 우려가 없도록 시설할 것

관 련 근 거

2. 사용전압이 35 kV를 초과하는 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등은 동일 지지물에 시설하여서는 아니된다.

3. 가공약전류전선 등이 가공지선을 이용하여 시설하는 광섬유 케이블로서 KEC 362.2의 규정에 준하여 시설한 것일 때에는 '1'과 '2'에 의하지 아니할 수 있다.

810.2.16 특고압 가공전선로의 지지물에 시설하는 저압 기계기구 등의 시설

KEC 333.20

특고압 가공전선로의 전선의 위쪽에서 지지물에 저압의 기계기구를 시설하는 경우에는 표 810-16에 따른다.

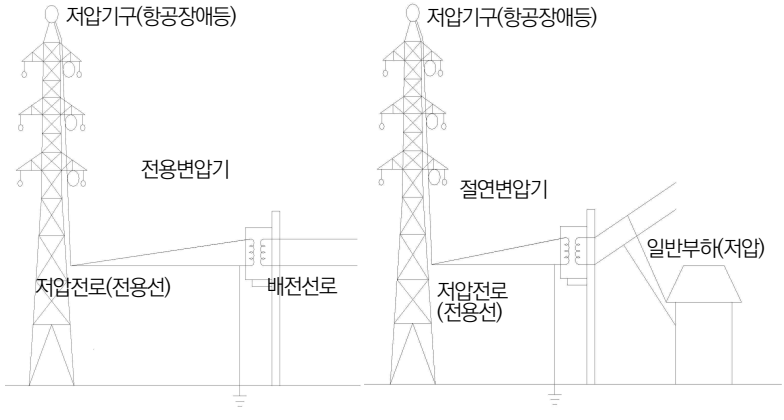
표 810-16 특고압 가공전선로 지지물에 시설하는 저압 기계기구 등의 시설

시설방법	비 고
저압 기계기구에 접속하는 전로에는 다른 부하를 접속하지 아니할 것	다음 특고압 가공전선로에는 본 조항을 적용하지 않는다. 1. 중성선 다중접지 방식의 것으로 전로에 지락이 생겼을 때 2초 이내에 자동적으로 전로로부터 차단하는 장치가 있는 25 kV 이하인 특고압 가공전선로 2. 특고압 가공전선이 케이블인 경우
저압 기계기구에 접속하는 전로와 다른 전로를 변압기에 의하여 결합하는 경우에는 절연 변압기를 사용할 것	
제320절에 준하는 접지공사를 다음 대상에 시공하여야 한다. 1. 저압 전로의 결합에 사용하는 절연 변압기의 부하측의 1단자 또는 중성점 2. 저압 기계기구의 금속제 외함	

관 련 근 거

비고

■ 특고압 가공전선로의 지지물에 시설하는 저압 기계기구 등의 시설 (예시)



810.2.17 특고압 가공전선로의 경간 제한

KEC 333.21

1. 특고압 가공전선로의 경간은 표 810-17에 따른다.

표 810-17 특고압 가공전선로의 경간 제한

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

2. 특고압 가공전선로의 전선에 인장강도 21.67 kN 이상의 것 또는 단면적이 50 ㎟ 이상인 경동연선을 사용하는 경우로서 그 지지물을 표 810-18에 따라 시설할 때는 특고압 가공전선로의 경간은 표 810-19에 따른다.

관 련 근 거

표 810-18 특고압 가공전선로의 장경간 개소 시공 방법

지지물의 종류	시공 방법
목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주	전 공중선에 대하여 각 공중선의 상정 최대장력의 3분의 1과 같은 불평균 장력에 의한 수평력에 견디는 지선을 그 전선로의 방향으로 그 양쪽에 시설할 것 다만, 토지의 상황에 의하여 그 전선로 중 그 경간에 근접하는 곳의 지지물에 그 지선을 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주	다음 중 하나를 적용한다. 1. 장력에 견디는 형태의 철주나 철근 콘크리트주를 사용 2. 상기 목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주의 시공 방법에 준하여 지선을 시설할 것 다만, 토지의 상황에 의하여 그 전선로 중 그 경간에 근접하는 곳의 지지물에 그 철주 또는 철근 콘크리트주를 사용하거나 그 지선을 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
철탑	장력에 견디는 형태의 철탑을 사용할 것 다만, 토지의 상황에 의하여 그 전선로 중 그 경간에 근접하는 곳의 지지물에 장력에 견디는 형태의 철탑을 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다.

표 810-19 특고압 가공전선로의 경간 제한

지지물의 종류	장경간 개소
목주·A종 철주 또는 A종 철근 콘크리트주	300 m 이하
B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주	500 m 이하
철탑	제한 없음

810.2.18 특고압 가공전선로가 다른 시설물과 접근 교차하는 경우 보안공사의 시설 및 적용

KEC 333.22
KEC 333.23
KEC 333.24
KEC 333.25
KEC 333.26
KEC 333.27
KEC 333.28
KEC 333.32
電技 제17조

1. 특고압 보안공사의 시설은 340.1.3부터 340.1.5에 따른다.
2. 특고압 가공전선로가 다른 시설물과 접근하는 경우 보안공사는 표 810-20과 같다.

관 련 근 거

표 810-20 특고압 가공전선로가 다른 시설물과 접근하는 경우 보안공사

다른 시설물 / 전압 / 접근상태	건조물			도로, 횡단보도교, 철도, 궤도			삭도			가공약전류전선 등 저고압 가공전선, 저고압전차선			다른 특고압 가공전선		다른 시설물 주2)
	35 kV 이하	35 kV ~ 400 kV	400 kV 이상	35 kV 이하	35 kV ~ 400 kV	400 kV 이상	35 kV 이하	35 kV ~ 60 kV	60 kV 초과	35 kV 이하	35 kV ~ 60 kV	60 kV 초과	15 kV 이하주1)	그외 특고압 전선	
제1차 접근상태	③			③			③			③			③	③ 위쪽 또는 옆쪽	③주7)
제2차 접근상태	②	①		②주3)			②	②주4)		②주5)	②주6)		②		②주7)

①: 제1종 보안공사 적용, ②: 제2종 보안공사 적용 ③: 제3종 보안공사 적용

【주】

1) 중성선 다중접지 방식의 것으로 전로에 지락이 생겼을 때 2초 이내에 자동적으로 전로로부터 차단하는 장치가 있는 15 kV 이하인 특고압 가공전선로
2) 특고압 가공전선이 건조물·도로·횡단보도교·철도·궤도·삭도·가공약전류전선로 등·저압 또는 고압의 가공전선로·저압 또는 고압의 전차선로 및 다른 특고압 가공전선로 이외의 시설물을 의미한다.
3) 제2차 접근상태로 다음과 같이 시설되는 경우 제2종 특고압 보안공사를 적용한다.
   1. 특고압 가공전선중 도로·횡단보도교·철도 또는 궤도 등에서 수평거리 3 m 미만으로 시설되는 부분의 길이가 연속하여 100 m 이하이고 또한 1경간 안에서의 그 부분의 길이의 합계가 100 m 이하일 것. 단, 도로의 경우 애자장치는 제2종 특고압 보안공사에서 제외하여 적용한다.
   2. '1'에서 100 m를 초과하는 경우, 사용전압이 35 kV 이하는 제2종 특고압 보안공사를 적용하고(도로는 애자장치를 포함) 사용전압이 35 kV를 초과하고 400 kV 미만인 특고압 가공전선로는 제1종 특고압 보안공사를 적용한다. 400 kV 이상은 100 m 초과하는 경우 제2차 접근상태로 시설할 수 없다.
4) 제2차 접근상태로 다음과 같이 시설되는 경우 제2종 특고압 보안공사를 적용한다.
   1. 특고압 가공전선 중 삭도에서 수평거리로 3 m 미만으로 시설되는 부분의 길이가 연속하여 50 m 이하이고 또한 1경간 안에서의 그 부분의 길이의 합계가 50 m 이하일 것
   2. '1'에서 50 m를 초과하는 경우, 제1종 특고압 보안공사를 적용한다.
5) 특고압 가공전선과 저고압 가공전선, 저고압 전차선 사이에 보호망을 시설하는 경우 애자장치에 관한 부분에 한정하여 제2종 특고압 보안공사 적용하지 않을 수 있다.
6) 제2차 접근상태로 다음과 같이 시설되는 경우 제2종 특고압 보안공사를 적용한다.
   1. 특고압 가공전선 중 저고압 가공전선 등에서 수평거리로 3 m 미만으로 시설되는 부분의 길이가 연속하여 50 m 이하이고 또한 1경간 안에서의 그 부분의 길이의 합계가 50 m 이하일 것
   2. '1'에서 50 m를 초과하는 경우, 사용전압이 35 kV 이하인 특고압 가공전선로는 제2종 특고압 보안공사를 적용하고(애자장치를 포함) 사용전압이 35 kV를 초과하는 특고압 가공전선로는 제1종 특고압 보안공사를 적용한다.
7) 특고압 가공전선로의 절단, 지지물의 도괴 등에 의하여 가공전선이 다른 시설물에 접촉함으로써 사람에게 위험을 줄 우려가 있는 경우에는 해당 보안공사를 적용하여야 한다.

관 련 근 거

3. 특고압 가공전선로가 다른 시설물과 교차하는 경우 보안공사는 표 810-21과 같다.

표 810-21 특고압 가공전선로가 다른 시설물과 교차하는 경우 보안공사

다른 시설물 / 전압 / 접근상태	건조물			도로, 횡단보도교, 철도, 궤도			삭도			가공약전류전선 등 저고압 가공전선, 저고압전차선			다른 특고압 가공전선		다른 시설물 주2)
	35 kV 이하	35 kV ~ 400 kV	400 kV 이상	35 kV 이하	35 kV ~ 400 kV	400 kV 이상	35 kV 이하	35 kV ~ 60 kV	60 kV 초과	35 kV 이하	35 kV ~ 60 kV	60 kV 초과	15 kV 이하주1)	그외 특고압 전선	
대상물 위에서 교차				②주3)			②	②주4)		②주5)	②주6)		②주5)	③ 위쪽 또는 옆쪽	②주7)

①: 제1종 보안공사 적용, ②: 제2종 보안공사 적용 ③: 제3종 보안공사 적용

【주】

1) 중성선 다중접지 방식의 것으로 전로에 지락이 생겼을 때 2초 이내에 자동적으로 전로로부터 차단하는 장치가 있는 15 kV 이하인 특고압 가공전선로
2) 특고압 가공전선이 건조물·도로·횡단보도교·철도·궤도·삭도·가공약전류전선로 등·저압 또는 고압의 가공전선로·저압 또는 고압의 전차선로 및 다른 특고압 가공전선로 이외의 시설물을 의미한다.
3) 특고압 가공전선과 교차되는 상태로 다음과 같이 시설되는 경우 제2종 특고압 보안공사를 적용한다.
   1. 특고압 가공전선중 도로·횡단보도교·철도 또는 궤도에서 수평거리로 3 m 미만에 시설되는 부분의 길이는 100 m 이하일 것. 단, 다음의 경우 제2종 특고압 보안공사에서 제외하여 적용한다.
      가. 애자장치와 관계되는 부분
      나. 특고압 가공전선과 교차하는 횡단보도교·철도 또는 궤도 사이에 보호망을 시설하는 경우 해당하는 특고압 가공전선
   2. '1'에서 100 m를 초과하는 경우, 사용전압이 35 kV 이하는 제2종 특고압 보안공사를 적용하고(애자장치를 포함) 사용전압이 35 kV를 초과하고 400 kV 미만인 특고압 가공전선로는 제1종 특고압 보안공사를 적용한다. 400 kV 이상은 100 m 초과하는 경우 도로·횡단보도교·철도 또는 궤도를 교차할 수 없다.
4) 특고압 가공전선이 삭도와 교차하는 경우에 특고압 가공전선이 삭도의 위에 시설되는 상태로 다음과 같은 경우 제2종 특고압 보안공사를 적용한다.
   1. 삭도의 특고압 가공전선으로부터 수평거리로 3 m 미만으로 시설되는 부분의 길이는 50 m 이하일 것. 단, 특고압 가공전선과 삭도 사이에 보호망을 시설하는 경우에는 애자장치와 관계되는 부분은 제2종 특고압 보안공사에서 제외할 수 있다.
   2. '1'에서 50 m를 초과하는 경우, 제1종 특고압 보안공사를 적용한다.
5) 특고압 가공전선과 저고압 가공전선, 저고압 전차선 사이에 보호망을 시설하는 경우 애자장치에 관한 부분에 한정하여 제2종 특고압 보안공사 적용하지 않을수 있다.
6) 저고압 가공전선, 저고압 전차선이 특고압 가공전선으로부터 수평거리로 3 m 미만으로 시설되는 부분의 길이는 50 m 이하일 것. 50 m를 초과하는 경우, 제1종 특고압 보안공사를 적용한다.
7) 특고압 가공전선로의 절단, 지지물의 도괴 등에 의하여 가공전선이 다른 시설물에 접촉함으로써 사람에게 위험을 줄 우려가 있는 경우에는 해당 보안공사를 적용하여야 한다.

관 련 근 거

KEC 333.23
電技 제36조

810.2.19 특고압 가공전선과 건조물의 접근

1. 특고압 가공전선이 건조물과 제1차 및 제2차 접근상태로 시설되는 경우에는 특고압 가공전선과 건조물의 조영재 이격거리는 표 810-22에 따른다.

표 810-22 특고압 가공전선과 건조물의 이격거리

사용 전압	건조물과 조영재의 구분	전선종류	접근형태	이격거리
35 kV 이하	상부 조영재	특고압 절연전선	위쪽	2.5 m 이상
			옆쪽 또는 아래쪽	1.5 m 이상 (전선에 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설한 경우 1 m 이상)
		케이블	위쪽	1.2 m 이상
			옆쪽 또는 아래쪽	0.5 m 이상
		기타전선	-	3 m 이상
	기타 조영재	특고압 절연전선	-	1.5 m 이상 (전선에 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설한 경우 1 m 이상)
		케이블	-	0.5 m 이상
		기타 전선	-	3 m 이상
35 kV 초과	35 kV 이하인 경우의 각각 규정한 값에 35 kV 을 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 0.15 m를 더한 값 이상			

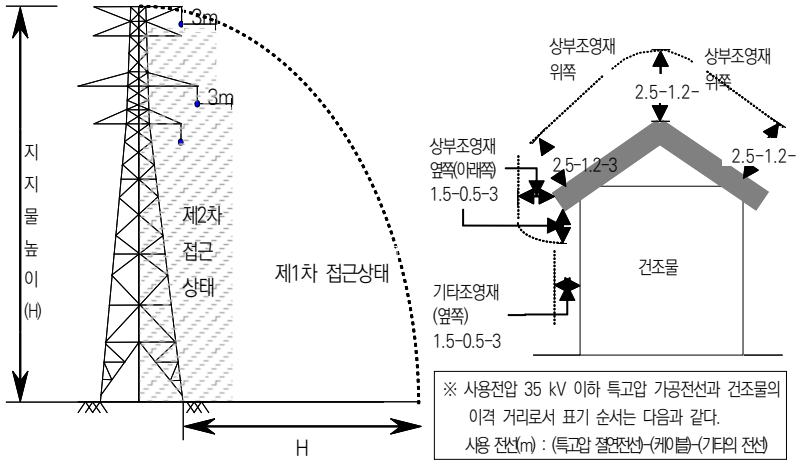
【비고】 사용전압 35 kV 초과 개소의 계산 (예시)

사용전압	계산식
154 kV	3 + (초과값의 단수 × 0.15) = 3 + 1.8 = 4.8 m ※ 초과값의 단수 = (154 − 35) / 10 = 11.9 ⇒ 12 적용
345 kV	3 + (초과값의 단수 × 0.15) = 3 + 4.65 = 7.65 m ※ 초과값의 단수 = (345 − 35) / 10 = 31 적용

관 련 근 거

비고

■ 제1, 2차 접근상태 및 특고압 가공전선과 건조물의 이격거리 (예시)



2. 사용전압이 35 kV 초과인 가공전선과 건조물이 제2차 접근상태로 설치하는 경우는 표 810-23에 따른다.

표 810-23 35 kV 초과 가공전선과 건조물이 제2차 접근상태일 때 제한

사용전압	35 kV 초과 가공전선과 건조물이 제2차 접근상태일 때 제한
35 kV 초과 400 kV 미만	1. 건조물은 제2차 접근상태로 있는 부분의 상부조영재가 불연성 또는 자기소화성이 있는 난연성의 건축 재료로 건조된 것에 한한다. 2. 특고압 가공전선에는 아마로드를 시설하고 애자장치에는 아킹혼을 시설하거나 다음에 따라 시설할 것 가. 특고압 가공전선로에 가공지선을 시설하고 특고압 가공전선에 아마로드를 시설 나. 특고압 가공전선로에 가공지선을 시설하고 애자에 아킹혼을 시설 다. 애자에 아킹혼을 시설하고 압축형 클램프 또는 쐐기형 클램프를 사용하여 전선을 잡아 당길 것 3. 건조물의 금속제 상부조영재 중 제2차 접근상태에 있는 것에는 제320절에 준하여 접지공사할 것 4. 폭연성 분진 위험장소, 가연성 분진 위험장소, 가연성 가스 등의 위험장소, 위험물 등이 존재하는 장소가 있는 건물 및 「총포·도검·화약류 등 단속법」 제24조에 규정하는 화약류 저장소는 제2차 접근상태로 시설해서는 안된다.

관 련 근 거

표 810-23 계속

사용전압	35 kV 초과 가공전선과 건조물이 제2차 접근상태일 때 제한
400 kV 이상	상기 35 kV 초과 400 kV 미만 제한사항 '1'부터 '4'에 따르며 다음을 추가 만족하여야 한다. 1. 전선높이가 최저상태일 때 가공전선과 건조물 상부와의 수직거리가 28 m 이상일 것. 단, 건조물 상부란 지붕·챙(차양: 遮陽)·옷 말리는 곳·기타 사람이 올라갈 우려가 있는 개소를 말한다. 2. 독립된 주거생활을 할 수 있는 단독주택, 공동주택 및 학교, 병원 등 불특정 다수가 이용하는 다중 이용 시설의 건조물이 아닐 것 3. 건조물은 「건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙」 제3조(내화구조)에 적합하고, 그 지붕 재질은 같은 규칙 제6조(불연재료)에 적합할 것 4. 폭연성 분진, 가연성 가스, 인화성물질, 석유류, 화학류 등 위험물질을 다루는 건조물에 해당되지 아니할 것 5. 건조물 최상부에서 교류 특고압 가공전선로에 의한 전계(3.5 kV/m) 및 자계(83.3 μT)를 초과하지 아니하며, 직류 특고압 가공전선로에 의한 전계(25 kV/m) 및 자계(400,000 μT)를 초과하지 아니할 것 6. 전선의 단선 및 지지물 도괴의 우려가 없도록 시설할 것

3. 특고압 가공전선이 건조물과 접근하는 경우에 특고압 가공전선이 건조물의 아래쪽에 시설될 때에는 상호 간의 수평 이격거리는 3 m 이상으로 하고 또한 상호 간의 이격거리는 표 810-22에 준하여 시설하여야 한다. 다만, 특고압 절연전선 또는 케이블을 사용하는 35 kV 이하인 특고압 가공전선과 건조물 사이의 수평 이격거리는 3 m 이상으로 하지 않을 수 있다.

810.2.20 특고압 가공전선과 도로 등의 접근 또는 교차

KEC 333.24

1. 특고압 가공전선이 도로·횡단보도교·철도 또는 궤도(이하 '도로 등'이라 한다)와 제1차 및 제2차 접근 상태 및 교차하여 시설되는 경우에는 특고압 가공전선과 도로 등 사이의 이격거리(노면상 또는 레일면상의 이격거리는 제외한다)는 표 810-24에 따른다.

관 련 근 거

표 810-24 특고압 가공전선과 도로 등과 접근 또는 교차 시 이격거리

사용전압	이 격 거 리
35 kV 이하	3 m 이상 (단, 특고압 절연전선을 사용할 경우 도로 등과의 수평 이격거리는 1.2 m 이상)
35 kV 초과	3 m에 사용전압이 35 kV를 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 0.15 m 을 더한 값 이상

【비고】 사용전압 35 kV 초과 개소의 계산 (예시)

사용전압	계산식
154 kV	3 + (초과값의 단수 × 0.15) = 3 + 1.8 = 4.8 m ※ 초과값의 단수 = (154 − 35) / 10 = 11.9 ⇒ 12 적용
345 kV	3 + (초과값의 단수 × 0.15) = 3 + 4.65 = 7.65 m ※ 초과값의 단수 = (345 − 35) / 10 = 31 적용

2. 특고압 가공전선이 도로 등과 제2차 접근상태로 시설되는 경우에는 표 810-20에 따른다.

3. 특고압 가공전선이 도로 등과 교차하는 경우에 특고압 가공전선이 도로 등의 위에 시설되는 때에는 표 810-21에 따르며, 보호망이 설치되는 경우에는 다음을 만족하여야 한다.

   가. 보호망은 제320절에 준하여 접지공사를 한 금속제의 망상장치로 하고 견고하게 지지할 것

   나. 보호망을 구성하는 금속선은 그 바깥둘레 및 특고압 가공전선의 직하에 시설하는 금속선에는 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5 mm 이상의 경동선을 사용하고 그 밖의 부분에 시설하는 금속선에는 인장강도 5.26 kN 이상의 것 또는 지름 4 mm 이상의 경동선을 사용할 것

   다. 보호망을 구성하는 금속선 상호의 간격은 가로, 세로 각 1.5 m 이하일 것

   라. 보호망이 특고압 가공전선의 외부에 뻗은 폭은 특고압 가공전선과 보호망과의 수직거리의 2분의 1 이상일 것. 다만, 6 m를 넘지 아니하여도 된다.

관 련 근 거

마. 보호망을 운전이 빈번한 철도선로의 위에 시설하는 경우에는 경동선 그 밖에 쉽게 부식되지 아니하는 금속선을 사용할 것

4. 특고압 가공전선을 도로 등의 아래쪽에 시설하여 접근하는 경우에는 표 810-25에 따른다.

표 810-25 특고압 가공전선을 도로 등의 아래쪽에 시설하여 접근하는 경우의 도로 등과 이격거리

사용전압	전선종류	수평 이격거리	상호간 이격거리
35 kV 이하	특고압 절연전선	제한 없음	1.5 m 이상 (전선에 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설한 경우 1 m 이상)
	케이블		0.5 m 이상
	기타전선	3 m 이상	3 m 이상
35 kV 초과	-	3 m 이상	35 kV 이하인 경우의 각각 규정한 값에 35 kV를 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 0.15 m를 더한 값 이상

【비고】 사용전압 35 kV 초과 개소의 계산 (예시)

사용전압	계산식
154 kV	3 + (초과값의 단수 × 0.15) = 3 + 1.8 = 4.8 m ※ 초과값의 단수 = (154 − 35) / 10 = 11.9 ⇒ 12 적용
345 kV	3 + (초과값의 단수 × 0.15) = 3 + 4.65 = 7.65 m ※ 초과값의 단수 = (345 − 35) / 10 = 31 적용

관 련 근 거

KEC 333.25

810.2.21 특고압 가공전선과 삭도의 접근 또는 교차

1. 특고압 가공전선이 삭도 또는 삭도용 지지기둥과 제1차 및 제2차 접근 상태 및 사이의 이격거리는 표 810-26에 따른다.

표 810-26 특고압 가공전선과 삭도의 접근·교차 시 이격거리

사용전압	이 격 거 리
35 kV 이하	2 m 이상 (전선이 특고압 절연전선인 경우는 1 m 이상, 케이블인 경우는 0.5 m 이상)
35 kV 초과 60 kV 이하	2 m 이상
60 kV 초과	2 m에 사용전압이 60 kV를 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 0.12 m 더한 값 이상

【비고】 사용전압 60 kV 초과 개소의 계산 (예시)

사용전압	계산식
154 kV	2 + (초과값의 단수 × 0.12) = 2 + 1.2 = 3.2 m ※ 초과값의 단수 = (154 − 60) / 10 = 9.4 ⇒ 10 적용
345 kV	2 + (초과값의 단수 × 0.12) = 2 + 3.48 = 5.48 m ※ 초과값의 단수 = (345 − 60) / 10 = 28.5 ⇒ 29 적용

2. 특고압 가공전선이 삭도와 제2차 접근상태로 시설되는 경우에는 표 810-20에 따른다.
3. 특고압 가공전선이 삭도와 교차하는 경우에 특고압 가공전선이 삭도의 위에 시설되는 때에는 표 810-21에 따른다.
4. 삭도의 아래쪽에서 특고압 가공전선이 접근 또는 교차하는 경우의 설치조건은 표 810-27에 따른다.

관 련 근 거

표 810-27 삭도의 아래쪽에서 특고압 가공전선이 접근 또는 교차하는 경우의 시설조건

조건	기본 원칙	예외적으로 시설할 수 있는 경우
특고압 가공전선이 삭도의 아래쪽에서 접근하는 경우	수평거리로 삭도지주의 지표상의 높이에 상당하는 거리 안에 시설하여서는 안된다.	1. 특고압 가공전선과 삭도 사이의 수평거리가 3 m 이상이며 삭도의 지지기둥의 도괴 등에 의하여 삭도가 특고압 가공전선과 접촉할 우려가 없을 때 2. 특고압 가공전선의 위쪽에 견고하게 방호장치를 설치하고 그 금속제 부분에 제320절에 준하여 접지공사를 하며, 표 810-26의 이격거리를 만족할 것
특고압 가공전선이 삭도의 아래쪽에서 교차하는 경우	특고압 가공전선은 삭도의 아래쪽에 시설하여서는 안된다.	상기 접근하는 경우에 준하여 시설하는 이외에 위험에 우려가 없도록 시설할 것

810.2.22 특고압 가공전선과 저·고압 가공전선 등의 접근 또는 교차

KEC 333.26

1. 특고압 가공전선이 가공약전류전선 등 저압 또는 고압의 가공전선이나 저압 또는 고압의 전차선(이하에서 '저고압 가공전선 등'이라 한다)과 제1차 또는 제2차 접근상태 또는 교차하여 시설되는 경우의 특고압 가공전선과 저고압 가공 전선 등 또는 이들의 지지물이나 지지기둥 사이의 이격거리는 표 810-28에 따른다.

표 810-28 특고압 가공전선과 저고압 가공전선 등의 접근 또는 교차 시 이격거리

사용전압	저고압 가공전선 등 또는 이들의 지지물이나 지지기둥의 구분	전선의 종류	이격거리
35 kV 이하	저압 가공전선 또는 저압이나 고압의 전차선	특고압 절연전선	1.5 m 이상 (저압 가공전선이 절연전선 또는 케이블인 경우는 1 m 이상)
		케이블	1.2 m 이상 (저압 가공전선이 절연전선 또는 케이블인 경우는 0.5 m 이상)
		그 외	2 m 이상

관 련 근 거

표 810-28 계속

사용 전압	저고압 가공전선 등 또는 이들의 지지물이나 지지기둥의 구분	전선의 종류	이격거리
35 kV 이하	고압 가공 전선	특고압 절연전선	1 m 이상
		케이블	0.5 m 이상
		그 외	2 m 이상
	가공 약전류 전선 등 또는 저고압 가공전선 등의 지지물이나 지지기둥	특고압 절연전선	1 m 이상
		케이블	0.5 m 이상
		그 외	2 m 이상
60 kV 이하	-		2 m 이상
60 kV 초과	-		2 m에 사용전압이 60 kV를 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 0.12 m 을 더한 값 이상

【비고】 사용전압 60 kV 초과 개소의 계산 (예시)

사용전압	계산식
154 kV	2 + (초과값의 단수 × 0.12) = 2 + 1.2 = 3.2 m ※ 초과값의 단수 = (154 − 60) / 10 = 9.4 ⇒ 10 적용
345 kV	2 + (초과값의 단수 × 0.12) = 2 + 3.48 = 5.48 m ※ 초과값의 단수 = (345 − 60) / 10 = 28.5 ⇒ 29 적용

2. 특고압 가공전선이 저고압 가공전선 등과 제2차 접근상태로 시설되는 경우에는 다음에 따라야 한다.
   가. 특고압 가공전선로가 다른 시설물과 접근하는 경우 표 810-20에 따른다.
   나. 특고압 가공전선과 저고압 가공전선 등과의 수평 이격거리는 2 m 이상일 것
   다. 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에는 '나'를 적용하지 않을 수 있다.
      1) 저고압 가공전선 등이 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5 mm 이상의 경동선이나 케이블인 경우

관 련 근 거

2) 가공약전류전선 등을 인장강도 3.64 kN 이상의 것 또는 지름 4 mm 이상의 아연도철선으로 조가하여 시설하는 경우 또는 가공약전류전선 등이 경간 15 m 이하의 인입선인 경우
3) 특고압 가공전선과 저고압 가공전선 등의 수직거리가 6 m 이상인 경우
4) 저고압 가공전선 등의 위쪽에 보호망을 시설하는 경우
5) 특고압 가공전선이 특고압 절연전선 또는 케이블을 사용하는 사용전압 35 kV 이하의 것인 경우

3. 특고압 가공전선이 저고압 가공전선 등과 교차하는 경우에 특고압 가공전선이 저고압 가공전선 등의 위에 시설되는 때에는 다음에 따라야 한다.

가. 특고압 가공전선로가 다른 시설물과 교차하는 경우 표 810-21에 따를 것

나. 특고압 가공전선이 가공약전류전선(통신용 케이블을 사용하는 것은 제외한다)이나 저압 또는 고압 가공전선과 교차하는 경우에는 특고압 가공전선의 양쪽 끝에 설치되는 전선이 바로 아래에 제320절에 준하여 접지공사를 한 인장강도 8.01 kN 이상 또는 지름 5 mm 이상의 경동선을 약전류 전선이나 저압 또는 고압의 가공전선과 0.6 m 이상의 이격거리를 유지하여 시설할 것

다. 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에는 '나'를 적용하지 않을 수 있다.

1) 가공약전류전선(수직으로 2 이상 있는 경우에는 맨 위의 것)이나 저압 또는 고압의 가공전선(수직으로 2 이상 있는 경우에는 맨 위의 것)이 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5 mm 이상의 경동선이나 케이블인 경우
2) 가공약전류전선(수직으로 2 이상 있는 경우에는 맨 위의 것)을 인장강도 3.64 kN 이상 또는 지름 4 mm 이상의 아연도철선으로 조가하여 시설하는 경우 또는 가공약전류전선이 경간 15 m 이하인 인입선인 경우

관 련 근 거

3) 특고압 가공전선과 가공약전류전선이나 저압 또는 고압의 가공전선 사이의 수직거리가 6 m 이상인 경우
4) 특고압 가공전선과 가공약전류전선이나 저압 또는 고압의 가공전선 사이에 보호망을 시설하는 경우
5) 특고압 가공전선이 특고압 절연전선 또는 케이블을 사용하는 사용전압 35 kV 이하의 것인 경우

4. 표 810-21의 보호망은 제320절에 준하여 접지공사를 한 금속제의 망상장치(網狀裝置)로 하고 또한 다음에 따라 시설하는 이외에 견고하게 지지하여야 한다.
   가. 보호망을 구성하는 금속선은 그 바깥둘레 및 특고압 가공전선의 바로 아래에 시설하는 금속선에 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5 mm 이상의 경동선을 사용하고 기타 부분에 시설하는 금속선에 인장강도 3.64 kN 이상 또는 지름 4 mm 이상의 아연도철선을 사용할 것
   나. 보호망을 구성하는 금속선 상호 간의 간격은 가로세로 각 1.5 m 이하일 것. 다만, 특고압 가공전선이 저고압 가공전선 등과 45°를 초과하는 수평각도로 교차하는 경우에는 특고압 가공전선과 같은 방향의 금속선은 그 바깥둘레에 시설하는 금속선 및 특고압 가공전선의 양외선의 바로 아래에 시설하는 금속선(바깥둘레에 시설하는 금속선 사이의 간격이 1.5 m를 초과하는 것에 한한다) 이외의 것은 시설하지 아니하여도 된다.
   다. 보호망과 저고압 가공전선 등과의 수직 이격거리는 0.6 m 이상일 것
   라. 보호망이 저고압 가공전선 등의 밖으로 뻗은 폭은 저고압 가공전선 등과 보호망 사이의 수직거리의 2분의 1 이상일 것
   마. 보호망이 특고압 가공전선의 밖으로 뻗은 폭은 특고압 가공전선과 보호망 사이의 수직거리의 2분의 1 이상일 것. 다만, 6 m을 넘지 아니하여도 된다.

관 련 근 거

5. 보호망과 금속선을 운전이 빈번한 철도선로의 위에 시설하는 경우에는 경동선 기타 쉽게 부식하지 아니하는 금속선을 사용하여야 한다.

6. 특고압 가공전선은 가공약전류전선 등 또는 저압이나 고압 가공전선의 아래쪽에 수평거리로 이들의 지지물의 지표상의 높이에 상당하는 거리 안으로 접근하여 설치할 수 없다. 다만, 부득이하게 다음 중 어느 하나를 만족하여 설치한 경우에는 예외적으로 설치할 수 있다.

   가. 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등 또는 저압이나 고압의 가공전선 사이의 수평거리가 3 m 이상이면서 이들의 지지물의 도괴 등에 의하여 가공약전류전선로 등이나 저압 또는 고압의 가공전선로가 특고압 가공전선과 접촉할 우려가 없을 것

   나. 가공약전류전선로 등과 저압이나 고압의 가공전선로는 표 810-29에 따라 시공할 것

   다. 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등과의 이격거리는 표 810-30에 따를 것

표 810-29 가공약전류전선로 등과 저압이나 고압 가공전선로의 아래쪽에 특고압 가공전선이 접근하는 경우 시공방법

구분	가공약전류전선로 등과 저압이나 고압의 가공전선로 시설방법
접근하는 경우 (특고압 가공 케이블 사용전압 35 kV 이하 적용	특고압 가공전선과 가공약전류전선이나 저압 또는 고압의 가공전선이나 이들의 지지물 사이의 이격거리는 표 810-30에 따른다.
접근하는 경우 (그 외)	1. 가공약전류전선 등 또는 저압이나 고압의 가공전선에는 케이블을 사용하는 경우 이외에는 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5 ㎜ 이상의 경동선을 사용하고 또한 이를 KEC 332.4 규정에 준하여 시설할 것 2. 가공약전류전선로 등 또는 저압이나 고압의 가공전선로의 지지물로 사용하는 목주의 풍압하중에 대한 안전율은 1.5 이상일 것 3. 가공약전류전선로 등의 지지물은 KEC 331.7, 332.7의 1의 '나'와 '2'부터 '4'까지 및 KEC 331.11의 '6' 규정에 준하여 시설할 것

관 련 근 거

표 810-29 계속

구분	가공약전류전선로 등과 저압이나 고압의 가공전선로 시설방법
접근하는 경우 (그 외)	4. 가공약전류전선 등 또는 저압이나 고압의 가공전선로의 경간은 지지물의 종류에 따라 아래에 따른다.

지지물의 종류	경간
목주·A종 철주 또는 A종 철근콘크리트주 (가공약전류 전선로 등은 이에 준하는 것)	100 m 이하
B종 철주 또는 B종 철근콘크리트주 (가공약전류 전선로 등은 이에 준하는 것)	150 m 이하

5. 가공약전류전선로 등 또는 저압이나 고압의 가공전선로에는 표 810-31의 '1'에 준하여 지선을 시설할 것
6. 특고압 가공전선과 가공약전류전선이나 저압 또는 고압의 가공전선이나 이들의 지지물 사이의 이격거리는 표 810-30에 따른다.

표 810-30 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등과의 이격거리

사용전압	이 격 거 리
35 kV 이하	2 m 이상 (전선이 특고압 절연전선인 경우는 1 m 이상, 케이블인 경우는 0.5 m 이상)
35 kV 초과 60 kV 이하	2 m 이상
60 kV 초과	2 m에 사용전압이 60 kV를 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 0.12 m 더한 값 이상

【비고】 사용전압 60 kV 초과 개소의 계산 (예시)

사용전압	계산식
154 kV	2 + (초과값의 단수 × 0.12) = 2 + 1.2 = 3.2 m ※ 초과값의 단수 = (154 − 60) / 10 = 9.4 ⇒ 10 적용
345 kV	2 + (초과값의 단수 × 0.12) = 2 + 3.48 = 5.48 m ※ 초과값의 단수 = (345 − 60) / 10 = 28.5 ⇒ 29 적용

7. 특고압 가공전선이 가공약전류전선 등(가공지선을 이용하여 시설하는 광섬유 케이블 또는 특고압 가공 케이블에 복합된 광섬유 케이블을 제외한다. 이하 같다) 또는 저압이나 고압의 가공전선과 교차하는 경우에는 특고압 가공전선은 가공약전류전선 등 또는

관 련 근 거

저압이나 고압이 가공전선의 아래에 시설되어서는 아니 된다. 다만, '6'에 따라 시설하는 경우에 특고압 가공전선이 케이블을 사용하는 사용전압 35 kV 이하의 것인 때 또는 사용전압이 35 kV 이하인 특고압 가공전선의 위쪽에 견고한 방호장치를 설치하고 또한 그 금속제 부분에 제320절에 준하여 접지공사를 한 경우에는 예외적으로 설치할 수 있다.

8. 특고압 가공전선이 고압 보안공사를 적용한 가공전선, 810.2.16에 규정하는 저압의 기계기구에 접속하는 저압 가공전선 또는 KEC 362에 규정하는 전력보안 통신선(특고압 가공전선로의 지지물에 시설하는 것 및 이에 직접 접속하는 것에 한한다)과 접근하거나 교차하는 경우에는 '1'부터 '3'까지의 규정(이격거리에 관한 부분은 제외한다)에 의하지 아니할 수 있다.

810.2.23 특고압 가공전선 상호 간의 접근 또는 교차

KEC 333.27

1. 특고압 가공전선이 다른 특고압 가공전선과 접근상태로 시설되거나 교차하여 설치하는 경우에는 다음에 따라야 한다.
   가. 위쪽 또는 옆쪽에 시설되는 특고압 가공전선로의 지지물로 사용하는 목주·철주 또는 철근 콘크리트주에는 표 810-31에 따라 지선을 설치하여야 한다.

표 810-31 특고압 가공전선이 다른 특고압 가공전선과 접근상태로 시설되거나 교차하여 설치하는 경우의 지선 시설방법

구분	지선 시설방법
접근하는 경우	(시설방법) 위쪽 또는 옆쪽에 시설되는 특고압 가공전선로의 접근하는 쪽의 반대쪽에 설치하여야 한다. (예외사항) 1. 위쪽이나 옆쪽에 시설되는 특고압 가공전선로가 다른 특고압 가공전선로와 접근하는 쪽의 반대쪽에 10° 이상의 수평각도를 이루는 경우 2. 특고압 가공전선로의 사용전압이 35 kV 이하인 경우

관 련 근 거

표 810-31 계속

구분	지선 시설방법
교차하는 경우	(시설방법) 위에 시설되는 특고압 가공전선로의 방향에 교차하는 쪽의 반대쪽 및 위에 시설되는 특고압 가공전선로와 직각 방향으로 그 양쪽에 시설하여야 한다. (예외사항) 위에 시설되는 특고압 가공전선로의 전압 / 시설 예외사항 35 kV 초과 / 위에 시설되는 특고압 가공전선로가 전선로의 방향에 대하여 10° 이상의 수평각도를 이루는 때에는 위에 시설되는 특고압 가공전선로와 직각 방향의 지선 중 수평각도를 이루는 쪽의 지선을 설치하지 않을 수 있다. 35 kV 이하 / 위에 시설되는 특고압 가공전선로와 직각 방향의 지선을 시설하지 않을 수 있다.
지지물로 KEC 333.13에 규정하는 상시 상정하중에 1.96 kN의 수평 횡하중을 가산한 하중에 의하여 생기는 부재응력의 1배의 응력에 대하여 견디는 B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주를 사용할 때에는 지선을 설치하지 않을 수 있다.	

나. 특고압 가공전선과 다른 특고압 가공전선 사이의 이격거리는 표 810-32에 따른다.

표 810-32 특고압 가공전선과 다른 특고압 가공전선 사이의 이격거리

사용전압	전선의 종류	이격거리
35 kV 이하	가공전선에 케이블을 사용하고, 다른 가공전선에 특고압 절연전선을 사용한 경우	0.5 m 이상
	각각의 가공전선에 케이블을 사용한 경우	
	각각의 가공전선에 특고압 절연전선을 사용한 경우	1 m 이상
60 kV 이하	-	2 m 이상
60 kV 초과	-	2 m에 사용전압이 60 kV를 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 0.12 m 을 더한 값 이상

관 련 근 거

표 810-32 계속

【비고】 사용전압 60 kV 초과 개소의 계산 (예시)

사용전압	계산식
154 kV	2 + (초과값의 단수 × 0.12) = 2 + 1.2 = 3.2 m ※ 초과값의 단수 = (154 − 60) / 10 = 9.4 ⇒ 10 적용
345 kV	2 + (초과값의 단수 × 0.12) = 2 + 3.48 = 5.48 m ※ 초과값의 단수 = (345 − 60) / 10 = 28.5 ⇒ 29 적용

다. 특고압 가공전선과 다른 특고압 가공전선로의 지지물 사이의 이격거리는 표 810-33에 따른다.

표 810-33 특고압 가공전선과 다른 특고압 가공전선로의 지지물 사이의 이격거리

사용전압	이격거리
35 kV 이하	2 m 이상 (전선이 특고압 절연전선인 경우는 1 m 이상, 케이블인 경우는 0.5 m 이상)
35 kV 초과 60 kV 이하	2 m 이상
60 kV 초과	2 m에 사용전압이 60 kV를 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 0.12 m 더한 값 이상

2. 특고압 가공전선이 다른 특고압 가공전선로의 가공지선과 접근상태로 시설되거나 교차하여 시설되는 경우에는 표 810-32를 준용한다.

810.2.24 특고압 가공전선과 다른 시설물의 접근

KEC 333.28

1. 특고압 가공전선이 다른 시설물과 제1차 또는 제2차 접근상태로 시설되는 경우에는 특고압 가공전선과 다른 시설물 사이의 이격거리는 표 810-34에 따른다.

관 련 근 거

표 810-34 특고압 가공전선과 다른 시설물 사이의 이격거리

사용전압	다른 시설물의 구분		전선의 종류	이격거리
35 kV 이하	조영물의 상부조영재	접근형태가 위쪽인 경우	특고압 절연전선	2 m 이상
			케이블	1.2 m 이상
			그 외	2 m 이상
		접근형태가 옆쪽 또는 아래쪽인 경우	특고압 절연전선	1 m 이상
			케이블	0.5 m 이상
			그 외	2 m 이상
	조영물의 상부조영재 이외의 부분 또는 조영물 이외의 시설물		특고압 절연전선	1 m 이상
			케이블	0.5 m 이상
			그 외	2 m 이상
60 kV 이하	-			2 m 이상
60 kV 초과	-			2 m에 사용전압이 60 kV를 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 0.12 m을 더한 값 이상

【비고】 사용전압 60 kV 초과 개소의 계산 (예시)

사용전압	계산식
154 kV	2 + (초과값의 단수 × 0.12) = 2 + 1.2 = 3.2 m ※ 초과값의 단수 = (154 − 60) / 10 = 9.4 ⇒ 10 적용
345 kV	2 + (초과값의 단수 × 0.12) = 2 + 3.48 = 5.48 m ※ 초과값의 단수 = (345 − 60) / 10 = 28.5 ⇒ 29 적용

2. 특고압 가공전선이 다른 시설물의 아래쪽에 시설되어 접근하는 경우에는 표 810-35에 따른다.

표 810-35 특고압 가공전선이 다른 시설물의 아래쪽에 시설되어 접근하는 경우의 이격거리

사용전압	수평 이격거리	상호 간 이격거리
35 kV 이하	3 m 이상 (특고압 절연전선 또는 케이블을 사용하면 거리 제한 없음)	2 m 이상 (전선이 특고압 절연전선인 경우는 1 m 이상, 케이블인 경우는 0.5 m 이상)

관 련 근 거

표 810-35 계속

사용전압	수평 이격거리	상호 간 이격거리
35 kV 초과 60 kV 이하	3 m 이상	2 m 이상
60 kV 초과		2 m에 사용전압이 60 kV를 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 0.12 m 더한 값 이상

【비고】 사용전압 60 kV 초과 개소의 계산 (예시)

사용전압	계산식
154 kV	2 + (초과값의 단수 × 0.12) = 2 + 1.2 = 3.2 m ※ 초과값의 단수 = (154 − 60) / 10 = 9.4 ⇒ 10 적용
345 kV	2 + (초과값의 단수 × 0.12) = 2 + 3.48 = 5.48 m ※ 초과값의 단수 = (345 − 60) / 10 = 28.5 ⇒ 29 적용

810.2.25 특고압 가공전선과 식물의 이격거리

KEC 333.26
KEC 333.30

특고압 가공전선과 식물 사이의 이격거리는 표 810-36에 따른다.

표 810-36 특고압 가공전선과 식물 사이의 이격거리

사용전압	특고압 가공전선의 종류	이 격 거 리
35 kV 이하	고압 절연전선	0.5 m 이상
	특고압 절연전선 또는 케이블	식물과 접촉하지 않아야 한다
	특고압 수분 침투 방지형 케이블	식물과 접촉하여도 된다
	그 외	2 m 이상
60 kV 이하	−	2 m 이상
60 kV 초과	−	2 m에 사용전압이 60 kV를 초과하는 10 kV 또는 그 단수마다 0.12 m을 더한 값 이상

【비고】 사용전압 60 kV 초과 개소의 계산 (예시)

사용전압	계산식
154 kV	2 + (초과값의 단수 × 0.12) = 2 + 1.2 = 3.2 m ※ 초과값의 단수 = (154 − 60) / 10 = 9.4 ⇒ 10 적용
345 kV	2 + (초과값의 단수 × 0.12) = 2 + 3.48 = 5.48 m ※ 초과값의 단수 = (345 − 60) / 10 = 28.5 ⇒ 29 적용

관 련 근 거

KEC 331.29

810.2.26 지선의 시설

1. 특고압 가공전선이 건조물·도로·횡단보도교·철도·궤도·삭도·가공 약전류전선 등·저압이나 고압의 가공전선 또는 저압이나 고압의 가공 전차선(이하 '건조물 등'이라 한다)과 접근 또는 교차할 경우 표 810-37에 따라 지선을 설치하여야 한다.
2. 기타 지선의 시설은 340.2.7에 따른다.

표 810-37 특고압 가공전선이 건조물 등과 접근·교차 시 지선의 시설

지선을 시설 해야 하는 경우		지선 시설방법 및 지선 설치 예외사항
①	건조물 등과 제2차 접근상태로 특고압 가공전선을 설치한 경우	(시설방법) 특고압 가공전선로의 철탑을 제외한 지지물에는 건조물 등과 접근하는 쪽의 반대쪽(건조물의 위에 시설되는 경우에는 특고압 가공전선로의 방향으로 건조물이 있는 쪽의 반대쪽 및 특고압 가공전선로와 직각 방향으로 그 양쪽)에 지선을 시설하여야 한다. ※ 예외사항 1. 특고압 가공전선로가 건조물 등과 접근하는 쪽의 반대쪽에 10°이상의 수평 각도를 이루는 경우 2. 특고압 가공전선로의 지지물로 KEC 333.13에 규정하는 상시 상정하중에 1.96 kN의 수평 횡하중을 가산한 하중에 의하여 생기는 부재응력의 1배의 응력에 대하여 견디는 B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주를 사용하는 경우 3. 사용전압 35 kV 이하 특고압 가공전선로[주]의 지지물로 KEC 333.13에 규정하는 상시 상정하중에 의하여 생기는 부재응력의 1.1배의 응력에 대하여 견디는 B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주를 사용하는 때
	건조물 등과 제1차 접근상태로 사용전압 35 kV 초과 특고압 가공전선을 설치한 경우	
②	건조물 등과 특고압 가공전선이 교차하는 경우	(시설방법) 특고압 가공전선로의 방향에 교차하는 쪽의 반대쪽 및 특고압 가공 전선로와 직각 방향으로 그 양쪽에 지선을 시설하여야 한다. ※ 예외사항 1. 특고압 가공전선로가 전선로의 방향에 대하여 10°이상의 수평각도를 이루는 경우에 전선로의 방향에 교차하는 쪽의 반대쪽 및 수평각도를 이루는 쪽의 반대쪽에 지선을 설치한 때 2. 사용전압 35 kV 이하 특고압 가공전선로가 도로·횡단보도교·저압이나 고압의 가공전선 또는 저압이나 고압의 전차선과 교차하는 경우에 특고압 가공전선로의 방향에 교차하는 쪽의 반대쪽에 지선을 설치한 때

관 련 근 거

표 810-37 계속

지선을 시설 해야 하는 경우		지선 시설방법 및 지선 설치 예외사항
②	건조물 등과 특고압 가공전선이 교차하는 경우	3. 특고압 가공전선로의 지지물로 KEC 333.13에 규정하는 상시 상정하중에 1.96 kN의 수평 횡하중을 가산한 하중에 의하여 생기는 부재응력의 1배의 응력에 대하여 견디는 B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주를 사용하는 경우 4. 사용전압 35 kV 이하 특고압 가공전선로[주]의 지지물로 KEC 333.13에 규정하는 상시 상정하중에 의하여 생기는 부재응력의 1.1배의 응력에 대하여 견디는 B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주를 사용하는 때

【주】특고압 절연전선(그 특고압 가공전선로의 지지물과 이에 인접한 지지물과의 경간이 어느 것이나 75 m 이하의 경우에 한한다) 또는 케이블을 적용한 특고압 가공전선로

810.2.27 송전선의 이도(Dip)

韓技 1211

1. 전력선과 가공지선은 설계도서에 따라 전선이도를 확보하도록 시공하고 설계도서에 따라 이도를 확보하였는지 확인할 수 있도록 기록하여야 한다.
2. 이도의 허용범위는 설계도서를 따르나, 설계도서에서 허용범위를 정의하지 않으면 다음을 따른다.
   가. 전력선의 이도 : 설계이도의 ±3 % 이내
   나. 가공지선 이도 : 전력선 이도의 80 % 이내
   (초기조건 : 최저온도, 무풍, 무빙설 시)

810.2.28 가공전선로의 보호

韓技 1230

810.2.28.1 전선의 진동방지

1. 전선 진동에 따른 전선로의 단선을 방지하기 위하여 다음의 개소에는 아마로드를 설치하여야 한다.
   가. 현수형 클램프를 사용하는 개소

관 련 근 거

나. 항공장애 표시구 설치 개소

2. 진동을 흡수하는 댐퍼(Damper)를 시설할 수 있으며, 설치하는 댐퍼의 종류, 설치 위치, 수량은 설계도서에 따라 설치하고 그 수량 등을 기록하여야 한다.

810.2.28.2 스페이서

1. 하나의 상에 2선 이상 소도체로 구성된 다도체 전선로는 소도체 간 충돌을 방지하도록 스페이서를 시설하여야 한다.
2. 착빙설 등에 의하여 전력선의 상간 또는 전력선과 가공지선간 충돌의 우려가 있는 경우 상간 스페이서를 시설하여야 한다.
3. 스페이서의 설치 간격은 설계도서에 따라 설치하고 그 수량을 기록하여야 한다.

810.2.29 애자장치

韓技 1310

810.2.29.1 애자장치의 선정

현수애자장치는 직선형 지지물에 설치하는 것을 원칙으로 하며, 그 이외의 경우에는 내장애자장치를 사용한다. 단, 풍압에 의한 횡진각 및 수평각에 의한 상시 횡진각이 허용횡진각을 초과하여 현수애자련 유도범위를 초과하는 경우에는 내장애자장치를 사용할 수 있다.

810.2.29.2 애자련의 보호

1. 애자련의 보호를 위하여 아킹혼(Arcing horns), 아킹링(Arcing ring), 코로나링(Corona ring) 또는 송전선로용 피뢰기(LA) 등을 설치할 수 있다.

관 련 근 거

2. 아킹혼 또는 송전선로용 피뢰기를 설치한 경우, 설계도서 또는 표준설계도서의 기준범위에 따라 공극(Air Gap)의 간격을 맞추어 시공하고, 간격의 이상유무를 확인할 수 있도록 기록하여야 한다.
3. 아킹혼은 철탑측, 아킹링은 철탑측 또는 선로측에 시설하여야 한다.
4. 아킹혼 등은 설계도서에 따라 설치하고 그 수량을 기록하여야 한다.

810.2.29.3 애자장치의 시설

1. 내장애자련의 카테너리각이 상시장력 상태에서 5°이상 윗방향으로 들려있는 경우에는 애자의 아래 면에 물이 고이거나 각종 오손물질이 축적되는 것을 방지하기 위하여 그림 810-5와 같이 역조형으로 설치하여야 한다.

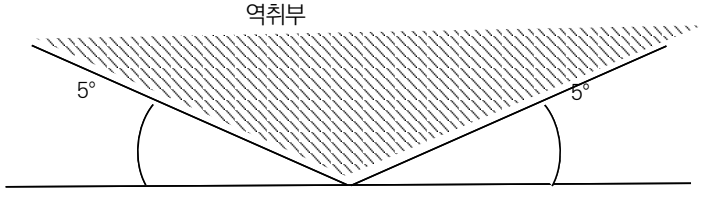


그림 810-5 일반지역의 역조형 애자련 시설 범위

2. 해안에 인접한 지역에 시설하는 내장애자장치는 염분으로 인한 애자의 절연성능 저하를 최소화하기 위하여 그림 810-6과 같이 지지점의 수평축을 기준으로 해안측은 아래로 10°, 반대측은 위로 10°보다 애자련이 위로 향할 경우는 애자장치를 역조형으로 설치하여야 한다.

관 련 근 거

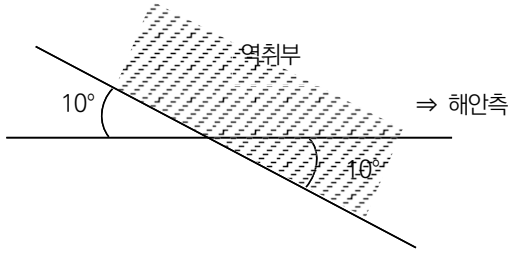


그림 810-6 해안에 인접한 지역의 역조형 애자련 시설 범위

3. 애자장치 금구류 및 현수애자를 연결하기 위하여 사용되는 볼트 또는 코터핀의 방향은 점검 및 보수가 편리하도록 다음과 같이 설치하여야 한다.
   가. 코터핀(또는 볼트)이 수평으로 설치될 경우에는 지지물측에서 바깥방향으로 꽂을 것
   나. 코터핀(또는 볼트)이 수직으로 설치될 경우에는 아래에서 윗방향으로 꽂을 것
   다. 상기 방식으로도 결정하기 어려운 경우에는 보수에 편리하도록 꽂는 방향을 결정할 것
4. 특고압 가공전선을 지지하는 애자장치를 붙이는 완금류에는 제320절에 따르는 접지공사를 할 것

810.2.29.4 애자장치의 절연간격

韓技 1031
韓技 1111

애자장치의 절연간격은 다음 사항을 만족하도록 시설하고 이를 반영한 전력선과 지지물간 절연간격을 기록하여야 한다.

1. 표준절연간격 (전선과 철탑간 절연간격으로 적용)
   뇌에 의한 불꽃방전을 아킹혼 간으로 유도하기 위하여 도체-하단암간에 적절한 간격으로 유지할 것

관 련 근 거

2. 최소절연간격
   개폐과전압에 의한 불꽃방전을 아킹혼 간으로 유도하기 위하여, 도체-하단암, 도체-탑체, 도체-상단암 간에 유지하는 간격으로 도체와 상·하단암 및 탑체간의 개폐내전압 특성으로부터 산출할 것
3. 이상시절연간격
   상용주파단시간 과전압에 대하여, 도체-탑체, 도체-상단암간에 유지하여야 하는 간격으로서 상용주파단시간 과전압에 대한 내전압 특성을 고려하여 산출할 것
4. 상간절연간격
   상간과전압에 대하여 상간에 유지하여야 하는 간격으로, 도체-도체의 내전압 특성으로부터 산출하며, Jumper, 선로수평각, 카테너리각 등의 기계적 사항을 고려할 것

810.2.30 가공전선로 지지물의 철탑오름 및 전주오름 방지

KEC 331.4
電技 제28조

가공전선로 지지물의 발판 볼트 등을 지표상 1.8 m 미만에 시설하여서는 아니 된다. 다만, 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에는 시설할 수 있다.

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

관 련 근 거

韓技 1112
韓技 3100
韓技 3200

810.2.31 표시찰 등

1. 지지물의 표시찰에는 다음 사항이 표기되어야 한다.
   가. 지지물 번호
      지지물 번호는 전력을 보내는 곳(예: 전원측)에서 받는 곳 순서로 부여함을 원칙으로 한다.
   나. 송전선로명
   다. 송전선로의 상배열(철탑 및 이에 준하는 철주에 한함)
   라. 지지물의 종류(철탑 및 이에 준하는 철주에 한함)
   마. 지지물의 높이
   바. 위험 표지
2. 철탑의 번호찰 부착위치는 다음과 같다.
   가. 표준번호찰은 철탑의 A-D면에 설치할 것
   나. 병행설치번호찰은 선로위치에 따라 표준번호찰의 하부 또는 상부에 설치할 것. 단, 현장여건 상 회선구분이 필요한 경우에는 선로방향의 좌측 또는 우측에 설치하여야 한다.
   다. 분기철탑은 선로의 식별이 용이한 2개면 이상에 번호찰을 설치하되 주선로 진행 방향의 A-D면과 B-C면에 설치할 것
3. 철주, 철근 콘크리트주, 목주의 번호찰은 다음에 따라 설치되어야 한다.
   가. 지표상 1.8 m 이상 2 m 내외의 위치에 견고하게 설치할 것
   나. 번호찰의 방향은 철근 콘크리트주, 목주는 도로측에 설치하는 것을 원칙으로 한다. 도로 이외의 장소에서는 점검이 용이한 방향에 설치하여야 한다.
4. 위험표시찰은 일반인의 접근이 용이한 철탑면의 좌측 일단 수평재에 설치하거나 번호찰 상부에 설치할 수 있다.

관 련 근 거

810.2.32 국가지점번호판

도로명주소법 제23조 도로명주소법 시행령 제38조

철탑에는 국가지점번호판을 시설하여야 한다. 단, 임시철탑 등 1년 이내에 철거가 예정된 시설물은 제외하며, 그 외 예외사항은 관련법령에 따른다.

810.2.33 항공장애 표시등 및 항공장애 주간표지

항공장애표시등과 항공장애주간표지의 설치 및 관리기준

높이가 지표 또는 수면으로부터 60 m 이상인 가공선이나 케이블, 현수선 및 이들을 지지하는 송전 철탑, 철주는 항공장애 표시등과 항공장애 주간표지를 시설하여야 하며, 관련기준은 「공항시설법」 등에 따른다.

810.2.34 전주와 지선 보호

도로안전시설설치 및 관리지침

810.2.34.1 전주 보호판

1. 철근콘크리트주와 이에 준하는 전주 및 지지기둥은 차량충돌 방지를 위하여 보호판을 시설하여야 하며, 「도로법」 제10조에서 정의하는 도로(고속국도, 일반국도, 지방도 등)에 인접한 다음 장소에 설치한 전주를 시설 대상으로 한다.
   가. 도로상 차도에 돌출되어 있는 전주
   나. 비탈길, 급커브길 등에 설치한 전주
   다. 보도와 차도의 경계가 없는 도로에 돌출되어 있는 전주
   라. 기타 차량 충돌이 우려되는 지점에 시설한 전주
2. 차량 운전자가 식별하기 용이하도록 보호판을 시설하여야 한다.
3. 보호판은 부식으로 탈락하지 않도록 견고하게 시설하여야 한다.

810.2.34.2 지선 덮개

지지물에 시설된 지선의 표시 및 방호를 위하여 다음의 장소에는 지선

관련근거

덮개를 설치하여야 한다.

1. 지선으로 인하여 보행자 또는 작업자의 안전을 저해할 우려가 있는 장소
2. 지선을 보호하기 위하여 지선덮개가 필요하다고 판단되는 장소

810.2.34.3 식물의 전주 오름 방지

넝쿨 등의 식물이 지선을 타고 올라 전선로의 지락사고를 발생할 우려가 있는 장소에 시설한 전주의 지선에는 식물이 지선을 타고 전선로까지 오르는 것을 방지하기 위해 적절한 조치를 하여야 한다.

810.2.35 가공송전선로용 차단기

810.2.35.1 일반규격

일반규격은 820.4.1에 따른다.

810.2.35.2 외관 검사

외관 검사는 820.4.2에 따른다.

810.2.35.3 절연저항

절연저항은 410.1에 따른다.

810.2.35.4 절연내력

절연내력은 410.2에 따른다.

810.2.35.5 특성시험

특성시험은 820.4.5에 따른다.

관 련 근 거

810.2.35.6 변성기 회로

변성기 회로는 820.4.7에 따른다.

810.2.35.7 제어 및 계측장치

제어 및 계측장치는 820.4.8에 따른다.

810.2.35.8 경보장치

경보장치는 820.4.9에 따른다.

810.2.36 보호계전장치

보호계전장치는 820.4.6에 따른다.

810.2.37 상회전 및 부하시험

1. 계통전압을 인가하여 보호장치(OVR, OVGR 등) 및 계측회로의 전압 크기, 위상각을 측정하고 VT결선 상태와 상회전의 적정성을 확인한다.
2. 실부하를 공급하여 보호장치(RDR, OCR 등) 및 계측회로의 전류 크기, 위상각을 측정하고 CT 결선상태, 전류 불평형 여부와 보호계전기의 적정성을 확인한다.
3. 부하 전류가 인가되는 동안 기기의 이음, 이상 발열 등이 발생하지 않는지 확인한다.

810.2.38 울타리·담 등의 시설

가공전선로와 지중전선로가 만나는 케이블타워 등의 구조물은 취급자 이외의 일반인이 접근하지 않도록 울타리·담 등을 시설하며, 370.1에 따른다.

관 련 근 거

810.3 지중 송전선로

810.3.1 일반규격

계통전압, 회선 및 선로길이, 사용전선, 구조물의 형태 등 일반규격은 공사계획인가(신고) 및 설계도서와 일치하여야 한다.

810.3.2 외관검사

1. 다음 항목은 설계도서와 일치하여야 한다.
   가. 케이블 종류 및 배치
   나. 케이블 시스 접지 방식
   다. 케이블의 열신축 대책(스네이크, 옵셋 등) 및 진동 방지
   라. 행거 등 지지금구류 설치상태 등
2. 울타리·담 등의 시설 및 전력구 또는 공동구 및 맨홀 출입구 시건장치와 출입금지 표시 등이 시설되어야 한다.
3. 케이블 보호를 위한 방재시설을 설치하여야 한다.
4. 케이블 접속개소 및 양단 간의 각종 상표시찰 및 선로표시찰을 부착하여야 한다.
5. 관로나 전력구에 포설되는 케이블 방식층 재질(PVC, PE)의 적정 여부를 확인한다.
6. 케이블 행거는 수평상태로 설치되어야 하며, 크리트, 볼트 및 너트 등 금구류의 취부 및 조임은 들뜸이나 풀림이 없도록 아래와 같이 시공하여야 한다.
   가. 볼트·너트의 끼워맞춤을 확실하게 하기 위해 수나사의 끝은 너트의 윗면에서 2산 이상 나오게 하며, 이 경우 나사끝의 돌출이 작업자에게 위해를 줄 염려가 있는 경우에는 캡너트를 사용할 것

관 련 근 거

나. 수직 포설 개소에서 볼트·너트가 체결된 주요 부위는 풀림에 의한 위험을 방지하기 위하여 이중너트, 로킹너트 등을 적용하여 시공할 것

810.3.3 지중 송전선로의 시설

KEC 334.1

지중 송전선로의 시설은 340.3.1에 따른다.

810.3.3.1 케이블 열신축에 의한 대책

韓技 6230

1. 154 kV 이상 전력구 내 케이블 포설 시 열신축을 흡수할 수 있도록 스네이크 포설을 하여야 하며, 표 810-38을 참조하여 설계도서에 적합하도록 시설하여야 한다.

표 810-38 스네이크 포설 (예시)

전 선 종 류		폭	피치
345 kV	XLPE 케이블	1.5 Ds[1] 이상	9 m 이하
	OF 케이블	1.0 Ds 이상	
154 kV	XLPE 2,500 ㎟ 케이블	1.2 Ds 이상	6 m 이하
	XLPE 2,000 ㎟ 케이블	1.0 Ds 이상	
	OF 케이블	1.0 Ds 이상	

【주】 1) Ds : 케이블 시스의 평균 바깥지름

2. 맨홀 내 케이블 포설 시에는 열신축을 흡수할 수 있도록 옵셋트(Off-set) 폭을 확보하여야 하며, 표 810-39를 참조하여 설계도서에 적합하도록 시설하여야 한다.

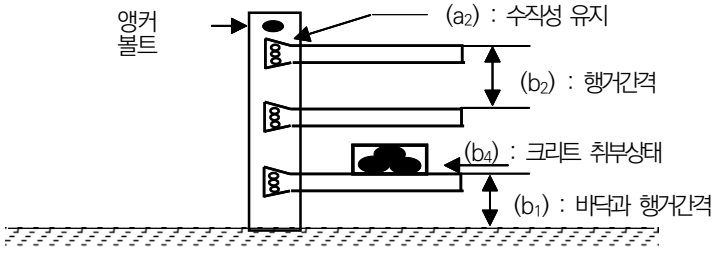
관 련 근 거

표 810-39 옵셋트(Off-set) 폭 (예시)

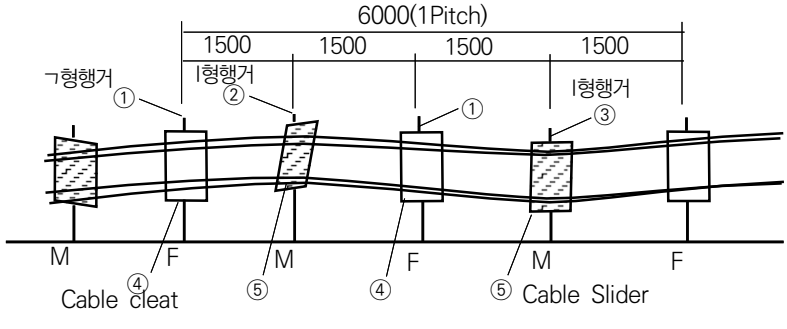
케이블 종류 \ 옵세트 폭		관 로
66 kV 단심	XLPE	400 mm
154 kV 단심	XLPE 및 OF	750 mm

비고

■ 금구류 설치도 (예시)



■ 154 kV 케이블 수평 스네이크 포설 (예시)



810.3.3.2 케이블 미끄럼 방지 대책

평지에서는 온도변화에 의한 케이블 신축·팽창 길이가 동일하나, 경사지에서는 케이블 자중에 의해 하부로 미끄러지면서 활락이 발생할 수 있으므로 활락량과 케이블 구속력에 따라 적정한 공법을 적용한 활락방지대책을 수립하여야 한다.

관 련 근 거

IEEE std.575

810.3.3.3 케이블 금속시스 유기전압 및 접지방식

시스의 유기전압은 도체에 흐르는 전류, 케이블의 배열과 간격 및 케이블의 길이 등에 따라 크게 달라지므로 유기전압의 크기가 안전전압 이내로 유지될 수 있도록 아래와 같은 적절한 접지방식을 택하여 시공한다.

1. 편단접지
   - 가. 케이블 접속함을 보호하기 위하여 SVL(Sheath Voltage Limiter, 시스전압 제한기)을 시설하며, 이때 SVL 방전등급은 154 kV 계통에서는 1등급, 345 kV 계통에서는 2등급으로 할 것
   - 나. 중간접속함이 없는 경우 접지측 결정은 뇌 또는 개폐서지의 침입이 빈번한 곳을 우선으로 선정하며, EB-G(End Box in Gas, 가스종단접속함) 시스는 직접접지, EB-A(End Box in Air, 기중종단접속함) 시스에는 SVL을 사용하여 접지할 것
   - 다. 중간접속함이 1개소인 경우 154 kV 계통이라도 편단접지 절연접속함의 절연통보호용 SVL은 방전 2등급을 설치하고 EB-G, EB-A 시스는 직접접지할 것

2. 크로스본딩 접지
   - 가. 절연접속함 및 종단접속함의 절연통간, 절연접속함에는 금속시스와 대지간에 SVL을 시설하며, 이때 SVL 방전등급은 154 kV 계통에서는 1등급, 345 kV 계통에서는 2등급으로 할 것
   - 나. 선로 양단 제1크로스본드 구간의 절연접속함에는 금속시스와 대지간에 SVL을 선로 양단말 방향으로 설치할 것
   - 다. 접속개소가 크로스본딩 접지만으로 구성할 수 없는 경우에는 편단접지를 병행하여 설치할 것. 다만, 편단 절연접속함의 절연통보호용 SVL은 154 kV 계통의 경우 방전 2등급을 설치할 것
   - 라. 크로스본딩 접지선의 규격 및 최소 굵기는 다음과 같이 시설할 것
     1) 크로스 본딩선 : XLPE 절연 FR(난연) 케이블 240 ㎟ 이상
     2) 절연통보호장치 연결선 : XLPE 절연 FR(난연) 케이블 70 ㎟ 이상

관 련 근 거

3. 완전접지
   케이블 시스 전위가 낮은 개소에 2개소 이상 일괄 접지하여야 한다.

810.3.3.4 절연통(방식층) 보호장치

韓技 6330

1. 절연접속함 및 종단접속함의 절연통간에는 시스전압제한기(절연통 보호용)가 설치되어야 한다.
   가. 동일한 접속개소에는 같은 특성값의 절연통보호장치를 시설할 것
   나. 시스전압제한기는 154 kV 계통은 방전 1등급, 345 kV 계통은 방전 2등급을 시설할 것

비고

■ 전압별 시스전압제한기 (예시)

계통공칭전압	154 kV	345 kV	비 고
선로방전등급	1	2	단, 154 kV 편단접지의 경우 선로방전 2등급 설치
정격 전압(kV)	3.75	5	
공칭방전전류(kA)	10		

810.3.4 지중함의 시설

KEC 334.2

지중함의 시설은 340.3.2에 따른다.

810.3.5 지중전선의 피복금속체의 접지

KEC 334.4

지중전선의 피복금속체의 접지는 340.3.3에 따른다.

810.3.6 지중약전류전선의 유도장해 방지

KEC 334.5

지중약전류전선의 유도장해 방지는 340.3.4에 따른다.

KEC 335.5

관 련 근 거

810.3.7 지상에 시설하는 전선로

1. 지상에 시설하는 특고압 전선로는 사용전압이 100 kV 이하이며, 다음의 어느 하나에 해당하지 않는 경우에는 시설할 수 없다.
   가. 1구내에만 시설하는 전선로의 전부 또는 일부로 시설하는 경우
   나. 1구내 전용의 전선로 중 그 구내에 시설하는 부분의 전부 또는 일부로 시설하는 경우
   다. 지중전선로와 다리에 시설하는 전선로 또는 전선로 전용다리 등에 시설하는 전선로와의 사이에서 취급자 이외의 자가 출입하지 않도록 조치한 장소에 시설하는 경우
2. 제1의 전선로는 전선에 케이블을 사용하고 또한 340.4.2의 2의 '마', 340.3.4, 340.3.5 및 340.3.6의 규정에 준하여 시설하여야 한다. 다만, 340.3.6의 규정에 준하여 시설하는 이외에는 철근 콘크리트제의 견고한 개방수로 또는 트로프에 넣어야 하며 개방수로 또는 트로프에는 취급자 이외의 자가 쉽게 열 수 없는 구조로 된 철제 또는 철근 콘크리트제 기타 견고한 뚜껑을 설치하여야 한다.

810.3.8 다리에 시설하는 전선로

KEC 335.6

1. 다리에 시설하는 특고압 전선로는 다리의 옆면 또는 아랫면에 시설하는 경우에 한한다.
2. 다리에 시설하는 특고압 전선로는 다음에 따라 시설하여야 한다.
   가. 전선은 케이블일 것
   나. 케이블은 견고한 관 또는 트러후에 넣거나 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설할 것
   다. 케이블을 조영재의 옆면 또는 아랫면에 따라 붙일 경우에는 케이블의 지지점 간의 거리를 2 m (수직으로 붙일 경우에는 6 m)이하로 하고 또한 피복을 손상하지 아니하도록 붙일 것
   라. 케이블을 조가선에 조가하여 시설하는 경우에는 특고압 가공케이블의 규정에 준하여 시설하고 또한 전선이 고압 옥측 전

관련근거

선로를 시설하는 조영재에 접촉하지 아니하도록 시설할 것

마. 관 기타의 케이블을 넣는 방호장치의 금속제 부분·금속제의 전선 접속함 및 케이블의 피복에 사용하는 금속제에는 이들의 방식조치를 한 부분 및 대지와의 사이의 전기저항 값이 10 Ω 이하인 부분을 제외하고 제320절에 준하여 접지공사를 할 것

3. 다리에 시설하는 전선로가 그 다리에 시설하는 특고압 전선·저압 전선·관등회로의 배선·약전류 전선 등이나 수관·가스관 또는 이와 유사한 것과 접근하거나 교차하는 경우에는 다리에 시설하는 전선로의 전선과 이들 사이의 이격거리는 0.15 m 이상이어야 한다.
4. '3'의 경우 이외에는 다리에 시설하는 전선로의 전선이 다른 시설물(전선로가 시설되는 다리에 시설하는 다른 고압 전선, 가공전선 및 옥상도체를 제외한다. 이하 같다)과 접근하는 경우에는 다리에 시설하는 전선로의 전선과 이들 사이의 이격거리는 0.3 m 이상이어야 한다.
5. 다리에 시설하는 전선로의 전선과 다른 시설물 사이에 내화성이 있는 견고한 격벽(隔壁)을 설치하여 시설하는 경우 또는 다리에 시설하는 전선로의 전선을 내화성이 있는 견고한 관에 넣어 시설하는 경우에는 '3' 및 '4'의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

810.3.9 전선로 전용다리 등에 시설하는 전선로

KEC 335.7

전선로 전용의 다리나 이와 유사한 것에 시설하는 특고압 전선로, 파이프스탠드 또는 이와 유사한 것에 시설하는 사용전압이 100 kV 이하인 특고압 전선로는 810.3.8에 준하고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.

관 련 근 거

810.3.10 가압장치

압력유조 설치 시에는 구간마다 가압장치의 유량 및 압력의 상·하한 경보 발생 및 운전지시값을 계측하여야 하며, KEC 334.3(케이블 가압장치)규정을 준용한다.

810.3.11 절연저항 및 절연내력

KEC 132
電技 제5조

1. 지중 송전선로의 절연저항은 직류 1,000 V 시험전압으로 2,000 MΩ 이상 측정이 가능한 절연저항계로 절연내력 시험과 병행하여 측정한다.
2. 고압 및 특고압의 전로(회전기, 정류기, 연료전지 및 태양전지 모듈의 전로, 변압기의 전로, 기구 등의 전로 및 직류식 전기철도용 전차선을 제외한다)는 표 810-40에서 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 810-40에서 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 810-40 전로의 종류 및 시험전압

전압의 종류	조가선
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)

관 련 근 거

표 810-40 계속

전압의 종류	조가선
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)	최대사용전압의1.1배의 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

가. 전선로를 건설하였을 때에는 '2'에 의거 도체와 대지간에 일정 시험전압을 연속하여 10분간 인가하여 절연내력을 시험한다. 이때 시험전압으로는 상용주파전압을 인가하는 것이 원칙이나 케이블로 구성된 지중선로에서는 정전용량이 크므로 교류로 시험할 경우 대용량의 시험설비가 필요하여 현실적으로 곤란하기 때문에 교류시험전압의 2배의 직류전압을 인가하여 실시하는 직류내압시험을 실시할 수 있다.

나. 고압 및 특고압 전로에 전선으로 사용하는 케이블의 절연체가 XLPE 등 고분자재료인 경우 0.1 Hz 정현파 전압을 상전압의 3배 크기로 전로와 대지 사이에 연속하여 1시간 가하여 절연내력을 시험하였을 때 이에 견디는지를 확인한다.

관 련 근 거

다. 케이블 절연내력 및 내압시험은 전원측과 부하단 종단접속 완료 후 시험함을 원칙으로 한다.

3. 최대사용전압이 60 kV를 초과하는 중성점 직접접지식 전로에 사용되는 전력케이블은 공장시험성적서를 확인한 경우에 한하여 계통의 사용전압을(다심케이블은 심선 상호 간 및 심선과 대지 간) 연속하여 24시간 인가하였을 때 이에 견디어야 한다.

4. 케이블 방식층은 케이블의 금속시스와 대지 간에 DC 10 kV를 1분간 가하여 견디어야 한다.

810.3.12 금구류

1. 지지물(행거) 및 서포트 시공상태는 다음 기준에 적합하여야 한다.
   가. 송전선로의 지지를 위한 금구류는 변형이 되지 않도록 할 것
   나. 구조물 내 설치하는 케이블 및 접속함은 온도변화에 따른 열신축 또는 고장전류에 위한 충격 등에 견딜 수 있도록 고정할 것
   다. 전력구 벽에 설치하는 지지대 간격은 1.5 m로 할 것
   라. 크리트는 표 810-41에 따라 용도에 맞도록 설치할 것.
   단, 22.9 kV급 전선로는 830.3.3.4에 따른다.
   마. 345 kV 케이블은 사다리를 이용하여 케이블을 설치한다. OF 케이블에서는 곡선부의 시작점과 끝점, 접속개소 끝부분에 단말고정 크리트를 고정하기 위하여 사다리를 설치하고, XLPE 케이블에서는 스네이크 변곡점 및 곡선부의 시작점과 끝점, 접속개소 끝부분에 설치할 것

관 련 근 거

표 810-41 크리트 유형별 용도

형별	종류	용도	비고
고정형 크리트	삼상삼각용	스네이크 변곡점, 끝부분에 설치	
	단상A형	접속부, 수직부에 설치	
	단상B형	접속부의 접속상과 케이블간 간격 보상	
	진동방지형	케이블 곡선부에 설치	
	구속형	스네이크 변곡점에 설치	345 kV에만 적용
	단말고정형	케이블 단말부에 설치	154 kV, 345 kV용으로 구분
	접속상용	접속상지지, 고정용	
이동형 크리트	삼상삼각용	스네이크 변곡점 이동개소	
	단상A형	접속부의 케이블 이동개소	
	단상B형	접속부의 접속상과 케이블간 간격 보상 및 이동개소	154 kV, 345 kV용으로 구분
	접속상용	접속상지지, 이동용	

2. 전선로 변경 등으로 기설 지지물(행거) 및 서포트에 신설선로를 포설할 경우에도 '1'에 따른다. 이외의 사항에 대해서는 설계도서 등을 검토하여 적용할 수 있다.

810.3.13 지중전선과 지중 약전류전선 등 또는 관과의 접근·교차

KEC 334.6

1. 지중전선이 지중약전류 전선 등과 접근하거나 교차하는 경우에 상호 간의 이격거리가 저압 또는 고압의 지중전선은 0.3 m 이하, 특고압 지중전선은 0.6 m 이하인 때에는 지중전선과 지중약전류 전선 등 사이에 견고한 내화성(콘크리트 등의 불연재료로 만들어진 것으로 케이블의 허용온도 이상으로 가열시킨 상태에서도 변형 또는 파괴되지 않는 재료를 말한다)의 격벽(隔壁)을 설치하는 경우 이외에는 지중전선을 견고한 불연성(不燃性) 또는 난연성(難燃性)의 관에 넣어 그 관이 지중약전류전선 등과 직접 접촉하지 아니하도록 하여야

관 련 근 거

한다. 다만, 다음의 어느 하나에 해당하는 경우는 그러하지 아니하다.

가. 지중약전류전선 등이 전력보안 통신선인 경우에 불연성 또는 자기소화성이 있는 난연성의 재료로 피복한 광섬유케이블인 경우 또는 불연성 또는 자기소화성이 있는 난연성의 관에 넣은 광섬유 케이블인 경우

나. 지중전선이 저압의 것이고 지중약전류전선 등이 전력보안 통신선인 경우

다. 고압 또는 특고압의 지중전선을 전력보안 통신선에 직접 접촉하지 아니하도록 시설하는 경우

라. 지중약전류전선 등이 불연성 또는 자기소화성이 있는 난연성의 재료로 피복한 광섬유케이블인 경우 또는 불연성 또는 자기소화성이 있는 난연성의 관에 넣은 광섬유케이블로서 그 관리자와 협의한 경우

마. 사용전압 170 kV 미만의 지중전선으로서 지중약전류전선 등의 관리자와 협의하여 이격거리를 0.1 m 이상으로 하는 경우

2. 특고압 지중전선이 가연성이나 유독성의 유체(流體)를 내포하는 관과 접근하거나 교차하는 경우에 상호 간의 이격거리가 1 m 이하(단, 사용전압이 25 kV 이하인 다중접지방식 지중전선로인 경우에는 0.5 m 이하)인 때에는 지중전선과 관 사이에 견고한 내화성의 격벽을 시설하는 경우 이외에는 지중전선을 견고한 불연성 또는 난연성의 관에 넣어 그 관이 가연성이나 유독성의 유체를 내포하는 관과 직접 접촉하지 아니하도록 시설하여야 한다.

3. 특고압 지중전선이 '2'에 규정하는 관 이외의 관과 접근하거나 교차하는 경우에 상호 간의 이격거리가 0.3 m 이하인 경우에는 지중전선과 관 사이에 견고한 내화성 격벽을 시설하는 경우 이외에는 견고한 불연성 또는 난연성의 관에 넣어 시설하여야 한다. 다만, '2'에 규정한 관 이외의 관이 불연성인 경우 또는 불연성의 재료로 피복된 경우는 그러하지 아니하다.

관련근거

KEC 334.7

810.3.14 지중전선 상호간의 접근 또는 교차

1. 지중전선이 다른 지중전선과 접근하거나 교차하는 경우에 지중함 내 이외의 곳에서 상호 간의 이격거리가 저압 지중전선과 고압 지중전선에 있어서는 0.15 m 이상, 저압이나 고압의 지중전선과 특고압 지중전선에 있어서는 0.3 m 이상이 되도록 시설하여야 한다. 다만, 다음 중 어느 하나에 해당하는 경우는 예외로 할 수 있다.
   가. 각각의 지중전선이 다음 중 어느 하나에 해당하는 경우
      1) 다음의 시험에 합격한 난연성의 피복이 있는 것을 사용하는 경우
         가) 사용전압 6.6 kV 이하의 저압 및 고압케이블: KS C 3341 (2002)의 '6.12' 또는 IEC 60332-3-24(2003) (화재조건에서의 전기케이블 난연성 시험 제3-24부:수직 배치된 케이블 또는 전선의 불꽃시험 - 카테고리 C)
         나) 사용전압 66 kV 이하의 특고압 케이블: KS C 3404 (2000)의 부속서2
         다) 사용전압 154 kV 케이블: KS C 3405(2000)의 부속서2
      2) 견고한 난연성의 관에 넣어 시설하는 경우
   나. 어느 한쪽의 지중전선에 불연성의 피복으로 되어 있는 것을 사용하는 경우
   다. 어느 한쪽의 지중전선을 견고한 불연성의 관에 넣어 시설하는 경우
   라. 지중전선 상호 간에 견고한 내화성의 격벽을 설치할 경우
2. 사용전압이 25 kV 이하인 다중접지방식 지중전선로를 관로식 또는 직접 매설식으로 시설하는 경우, 그 이격거리가 0.1 m 이상이 되도록 시설할 것. 다만, 다음 중 어느 하나에 따라 시설하는 경우에는 예외로 한다.
   가. 관로식으로 시공 시 지하 매설공간 부족으로 이격거리 확보가 곤란하여 관로 사이를 콘크리트 등 견고한 격벽 또는 채움재로 보강한 경우
   나. 압입공법을 적용한 경우

관 련 근 거

韓技 6330
電技 제38조

810.3.15 케이블 보호대책

1. 진동방지
   케이블을 다리 등 상시 진동이 발생하는 장소에 설치할 경우에는 진동에 의한 금속시스의 피로파단(皮勞破斷)이 발생하지 않도록 다음과 같이 시설하여야 한다.
   가. 진동원과 케이블과의 사이에 방진재를 설치한다.
   나. 케이블 고정용 크리트의 간격을 적당히 선택하고 케이블 고유 진동수를 진동원 주파수로부터 멀리한다.

2. 방재대책
   가. 옥내 변전소 케이블 처리실 및 인출 전력구
      1) 관통부
         변전소 건물 내의 벽, 천장 및 인출전력구와 변전소 간 또는 전력구 내 방화벽의 케이블 관통부위는 난연씰, 난연보드 등 방화구획재로 밀폐 처리하여야 하며 2시간 내화성능을 갖도록 하여야 한다.
      2) 방화문
         가) 「건축법 시행령」 제64조에 적합한 갑종 방화문 설치
         나) 방화벽은 케이블 증설시 조립 해체가 용이한 구조로 사용
   나. 케이블 입상 개소의 보호
      가공과 케이블의 접속점, 옥외변전소 등의 케이블 입상 개소에서 케이블이 노출되어 외상 또는 화재로 인한 피해를 받을 우려가 있는 부분은 케이블 보호시설을 할 것

810.3.16 지중송전선로용 차단기

810.3.16.1 일반규격

일반규격은 820.4.1에 따른다.

810.3.16.2 외관 검사

관 련 근 거

외관검사는 820.3.2에 따른다.

810.3.16.3 절연저항

절연저항은 410.1에 따른다.

810.3.16.4 절연내력

절연내력은 410.2에 따른다.

810.3.16.5 특성시험

특성시험은 820.4.5에 따른다.

810.3.16.6 변성기 회로

변성기 회로는 820.4.7에 따른다.

810.3.16.7 제어 및 계측장치

제어 및 계측장치는 820.4.8에 따른다.

810.3.16.8 경보장치

경보장치는 820.4.9에 따른다.

810.3.17 보호계전장치

보호계전장치는 820.4.6에 따른다.

810.3.18 상회전 및 부하시험

보호계전장치는 810.2.37에 따른다.

관 련 근 거

810.3.19 전력구(공동구) 내 부대설비

韓技 6420

1. 인입선은 내화케이블로 시설하여야 한다.
2. 적정한 온도, 습도의 유지 및 유해가스 배출을 위한 환기설비를 시설하여야 한다.
3. 전력구(공동구)의 침수 방지를 위해 배수설비를 시설하여야 한다.
4. 전력구(공동구) 및 케이블 등의 유지보수를 위해 조명설비를 시설하여야 하며, 회로마다 ELB가 설치되어야 한다.

KEC 335.4

810.3.20 물밑전선로의 시설

1. 물밑전선로는 손상을 받을 우려가 없는 곳에 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.
2. 물밑전선로는 뒤틀림을 방지하도록 시설하여야 한다.
3. 특고압 물밑전선로는 다음에 따라 시설하여야 한다.
   가. 전선은 케이블일 것
   나. 케이블은 견고한 관에 넣어 시설할 것. 다만, 전선에 지름 6 ㎜의 아연도철선 이상의 기계적강도가 있는 금속선으로 개장한 케이블을 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다.
4. 포설된 케이블의 시공방법(매설심도, 허용 굽은 부분 반지름, 허용장력, 접속개소 등)이 설계도서와 일치하도록 시설하여야 한다.
5. 케이블의 광손실은 규정된 총 손실(접속손실, 종합손실) 범위 내에 있도록 시설하여야 한다.

810.3.20.1 물밑전선로의 굴착

1. 물밑전선로의 경과지 및 굴착 깊이는 정밀해저지형 자료 등을 참조하여 설계도서에 맞게 시공되어야 한다.

관 련 근 거

2. 물밑전선로의 경과지 및 굴착 구간은 설계도서의 경로와 위성항법 보정시스템으로 측정한 자료가 일치하여야 한다.

810.3.20.2 케이블의 매설

1. 매설심도는 정밀해저지형 조사보고서, 어로활동, 선박항해 및 인위적인 위해요인 등의 자료를 근거하여 설계되어져야 하며, 매설작업은 설계도서에서 정해진 매설공법 및 매설심도를 유지하여 시공하여야 한다.
2. 케이블의 매설심도는 해저지형에 따라 돌망태(Stone bag), Rock Berm, W-mattress 등의 보호공법으로 대체할 수 있고 보호공법의 규격이나 강도 등은 설계도서에 따른다.
3. 케이블의 매설심도는 해저 수심(水深), 파고(波高), 해류(海流) 등 현장 여건에 따라 발생할 수 있는 측정오차를 보정할 수 있는 적정한 장비로 측정되어져야 한다.

08 송·변·배전설비

관 련 근 거

820 변전설비

820.1 변전설비 일반

820.1.1 목적

전기사업용 변전설비에 대한 사용전검사 및 정기검사 시 적용하는 검사기준을 정하는 것을 목적으로 한다.

820.1.2 기계기구의 시설

KEC 341

기계기구의 시설은 350.2에 따른다.

820.1.3 개폐기·차단기

820.1.3.1 SF6 가스 누설에 대한 보호

KEC 311.8

1. 환경보호를 위하여 SF6가스가 함유된 기기의 누설에 대한 대책이 있어야 한다.
2. SF6 가스 누설로 인한 위험성이 있는 구역은 환기가 되어야 하며, 세부 사항은 IEC 62271-4:2013(고압 개폐 및 제어장치-제4부:SF6 및 그 혼합물의 취급절차)을 따른다.

820.1.3.2 압축공기계통

KEC 341.15
電技 제41조

발전소·변전소·개폐소 또는 이에 준하는 곳에서 개폐기 또는 차단기에 사용하는 압축공기장치는 다음에 따라 시설하여야 한다.

1. 공기압축기는 최고 사용압력의 1.5배의 수압(수압을 연속하여 10분간 가하여 시험을 하기 어려울 때에는 최고 사용압력의 1.25배의 기압)을 연속하여 10분간 가하여 시험을 하였을 때에 이에 견디고 또한 새지 아니할 것

관 련 근 거

2. 공기탱크는 사용 압력에서 공기의 보급이 없는 상태로 개폐기 또는 차단기의 투입 및 차단을 연속하여 1회 이상 할 수 있는 용량을 가지는 것일 것
3. 공기탱크는 내식성을 가지지 아니하는 재료를 사용하는 경우에는 외면에 산화방지를 위한 도장을 할 것
4. 공기압축기·공기탱크 및 압축공기를 통하는 관은 용접에 의한 잔류응력이 생기거나 나사의 조임에 의하여 무리한 하중이 걸리지 아니하도록 할 것
5. 공기압축기의 최종단(最終段) 또는 압축공기를 통하는 관의 공기압축기에 근접하는 곳 및 공기탱크 또는 압축공기를 통하는 관의 공기탱크에 근접하는 곳에는 최고 사용압력 이하의 압력으로 동작하고 또한 KS B 6216 '증기용 및 가스용 스프링 안전밸브'에 적합한 안전밸브를 시설할 것. 다만, 압력 1 MPa 미만인 압축공기장치는 최고사용압력 이하의 압력으로 동작하는 안전장치로서 이에 갈음할 수 있다.
6. 주 공기탱크의 압력이 저하한 경우에 자동적으로 압력을 회복하는 장치를 시설할 것
7. 주 공기탱크 또는 이에 근접한 곳에는 사용압력의 1.5배 이상 3배 이하의 최고 눈금이 있는 압력계를 시설할 것

820.1.3.3 기타 개폐기·차단기

KEC 341

기타 개폐기·차단기는 350.3에 따른다.

820.1.4 피뢰기류

KEC 341
(검사)740-8474
('04.9.21)

피뢰기류는 350.4에 따른다.

관 련 근 거

820.1.5 계기용변성기

검사부-8352 ('19.11.21)

계기용변성기는 350.5에 따른다.

820.1.6 변압기

820.1.6.1 특고압용 변압기의 보호장치 시설

KEC 351.4

1. 특고압용 변압기에는 그 내부에 고장이 생겼을 경우 표 820-1의 보호장치를 시설하여야 한다.
2. 내부고장 검출방법은 다음에 의하여야 한다.
   가. 차동계전기(비율차동계전기)를 이용하는 방식
   나. 브흐홀쯔 계전기 이용 방식
   다. (충격)압력계전기 이용 방식
   라. 온도계전기 이용 방식
3. 유입식 변압기의 경우는 '2'의 방식 중 택일하여 경보장치 및 차단장치로 사용할 수 있다.
4. 건식 및 몰드변압기인 경우는 브흐홀쯔 및 압력계전기 이용 방식을 사용할 수 없다.
5. 온도계전기는 단순히 변압기의 내부온도를 지시하는 기능 및 미리 설정한 온도에 따라 경보 또는 차단 신호를 발생하는 기능을 가져야 한다.
6. 기계적인 방식인 브흐홀쯔, 압력 및 온도계전기는 진동, 외기의 조건 등에 따라 오동작을 할 우려가 높으므로 차단용으로 사용하지 않을 수 있다.

관 련 근 거

표 820-1 특고압용 변압기의 보호장치

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

820.1.6.2 기타 변압기

KEC 341
KEC 351

기타 변압기는 350.6에 따른다.

820.1.7 발·변전소 등의 전기설비

820.1.7.1 특고압 옥내 전기설비의 시설

KEC 342.4

1. 특고압 옥내배선은 KEC 241.9의 규정에 의하여 시설하는 경우 이외에는 다음에 따르고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.
   가. 사용전압은 100 kV 이하일 것. 다만, 케이블트레이배선에 의하여 시설하는 경우에는 35 kV 이하일 것
   나. 전선은 케이블일 것
   다. 케이블은 철재 또는 철근 콘크리트제의 관·덕트 기타의 견고한 방호장치에 넣어 시설할 것. 다만, '가' 단서의 케이블트레이배선에 의하는 경우에는 KEC 342.1의 1의 '라'에 준하여 시설할 것
   라. 관 그 밖에 케이블을 넣는 방호장치의 금속제 부분·금속제의 전선 접속함 및 케이블의 피복에 사용하는 금속체에는 제320절의 규정에 의한 접지공사를 할 것

관 련 근 거

2. 특고압 옥내배선이 저압 옥내전선·관등회로의 배선·고압 옥내전선·약전류 전선 등 또는 수관·가스관이나 이와 유사한 것과 접근하거나 교차하는 경우에는 다음에 따라야 한다.
   가. 특고압 옥내배선과 저압 옥내전선·관등회로의 배선 또는 고압 옥내전선 사이의 이격거리는 0.6 m 이상일 것. 다만, 상호 간에 견고한 내화성의 격벽을 시설할 경우에는 그러하지 아니하다.
   나. 특고압 옥내배선과 약전류 전선 등 또는 수관·가스관이나 이와 유사한 것과 접촉하지 아니하도록 시설할 것
3. 특고압의 이동전선은 충전부분에 사람이 접촉할 경우에 사람에게 위험을 줄 우려가 없는 전기집진 응용장치에 부속하는 경우에만 시설하고 이외에는 옥내에 시설하여서는 아니 된다.
4. KEC 241.9.3의 규정에 의하여 시설하는 경우 이외에는 KEC 242.2부터 242.4까지에 규정하는 곳에 특고압 옥내 전기설비를 시설하여서는 아니 된다.
5. 옥내 또는 옥외에 시설하는 예비 케이블은 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설하고 접지공사를 하여야 한다.

820.1.7.2 기타 발·변전소 등의 전기설비

KEC 351

기타 발·변전소 등의 전기설비는 제370절의 기준에 따른다.

820.2 전력용변압기

820.2.1 일반규격

변압기 종류, 정격용량, 정격전압, 대수, 결선방식, 중성점 접지방식 등일반규격은 공사계획인가(신고) 및 설계도서와 일치하여야 한다.

관 련 근 거

820.2.2 외관검사

1. 변압기 본체, 부싱애관, 피뢰기, 방열기, OLTC, 라디에이터, 지시계기 등 기기의 조립상태는 파손, 물리적 손상, 누유가 없어야 한다.
2. 변압기 관련 결선, 피뢰기 연결도선 및 접지선은 충분한 기계적 강도를 갖고 전기적 연속성을 유지하여야 한다.
3. 접지단자 연결 시 외함의 단자부 도장을 벗겨낸 후 시공하여야 한다.
4. 변압기 안정권선인 △결선은 접지 처리한다.
5. 작업자 또는 동물 등이 쉽게 접촉할 우려가 있는 충전부는 노출되지 않아야 한다.
6. 냉각팬, 컨서베이터용 연결밸브 및 파이프 조립상태는 다음과 같아야 한다.
   가. 본체 콘서베이터용 연결밸브는 상시열림(Normally Open)
   나. 변압기 본체와 콘서베이터 연결 파이프의 기울기는 가스포집이 용이하도록 설치할 것
7. 절연유 열화방지나 습기방지용 흡습호흡기의 흡습제는 충분한 흡습 성능을 유지하여야 한다.
8. 변압기 1,2차 측 인출부에는 상표시찰을 설치하여야 한다.

820.2.3 절연저항

KEC 131
KEC 132
JEAC 5001
(1993)

절연저항은 410.1에 따른다.

820.2.4 특성시험

IEC 60076
IEEE C57.12.90

1. 전압비
   각 상의 전압비는 식 820-1에 의거 허용오차(±0.5 %) 이내여야 한다.

관 련 근 거

오차(%) = [(측정전압비-기준전압비) / 기준전압비] × 100 ····· 식 820-1

2. 각변위
   변압기 권선 간의 위상차가 변압기 명판의 각변위 표기 사항과 일치하여야 한다.

3. BCT 극성
   변류기는 감극성을 적용하고, 변류비 및 포화전압 등이 명판 사항과 일치하여야 한다.

4. 충격기록치
   충격기록계의 기록치는 기준치 이하로 유지되어야 한다.

5. 절연역률(Power Factor, %)
   절연역률 측정값은 공장시험값과 비교하여 적정성을 확인한다.
   (참고치 : 0.5 %)

6. SFRA(Sweep Frequency Response Analysis)
   충격기록계 기준치를 상회하는 경우 운송 전·후 SFRA의 측정치를 비교한다.

820.2.5 절연유 내압

KS C 2301

절연유 내압은 430.1에 따른다.

820.2.6 절연내력시험

KEC 135

절연내력시험은 410.2에 따른다.

관 련 근 거

KEC 351.4

IEEE C37.2

820.2.7 보호장치

820.2.7.1 기계적 보호장치

특고압 변압기는 내부고장 검출을 위한 기계적 보호장치를 820.1.6.1에 따라 구비하여야 하며 현장 상황을 고려하여 트립(차단) 또는 경보를 선택하여 운영한다.

비고

■ 변압기 기계적 보호장치 (예시)

보호기기명	Device No.	장치 설명
충격압력계전기	96P	변압기 내부의 압력과 계전기실 내의 압력 차가 설정치 이상이 될 때 동작
방압안전장치	96D	변압기 내부 사고로 발생한 이상 압력을 외부로 방출시켜 변압기함의 파손을 방지
OLTC Protective Ry	96T	OLTC 유격실 내 고장 시 발생하는 급격한 유속에 의해 동작
가스검출계전기	96G	컨서베이터 내부에서 생성된 가스를 검출
유류지시계	69Q	절연유 흐름의 이상 유무를 감시
Oil Filter Pressure High	63F	OLTC용 Oil Filter 내부의 문제(막힘 등)로 오일 압력이 설정치 이상이 될 때 동작
Normal Power Fail	52CN	상용전원 상실 시 동작
Emergency Power Fail	52CE	예비전원 상실 시 동작
Fan Motor Source Out	49F	Fan 전원 상실 시 동작
OLTC Motor Source Out	30F2	OLTC Motor 전원 상실 시 동작
유면계(본체)	33Q1	컨서베이터의 누유에 의한 유면 저하를 경보(본체)
유면계(OLTC)	33Q2	컨서베이터의 누유에 의한 유면 저하를 경보(OLTC)
유온도계(1단, 2단)	26Q1, 2	변압기 절연유 온도가 설정치 이상이 될 때 동작
권선온도계(1단, 2단)	26W1, 2	변압기 권선 온도가 설정치 이상이 될 때 동작
Oil Filter Source Out	8F	Oil Filter 전원상실 상실 시 동작

관 련 근 거

韓技 2401
電技 제22조

820.2.7.2 전기적 보호장치

1. 변압기 보호반
   가. 접지선은 충분한 기계적 강도를 갖고 전기적 연속성을 유지할 것
   나. CT, VT 결선은 도면과 현장이 일치할 것

2. 보호계전장치
   가. 보호계전장치의 경우 보호협조와 고장(단락·지락)전류 등을 고려하여 정정치 및 동작시간을 선정할 것
   나. 보호계전장치는 신뢰성 확보 및 사고파급 방지를 고려하여 2계열방식, 주보호 및 후비보호방식 등으로 구성할 수 있다.
   다. 보호계전기 동작 시 해당 차단기는 연동되어야 한다. 86T Lockout Ry) 동작 중에는 차단기가 투입되지 않아야 하며, 계전기와 관련된 인터록(차단기 투입 불가 등)이 동작하여야 한다.

비고

■ 765 kV 변압기 전기적 보호계전방식 (예시)

계열	보호계전방식				비고
	주보호	후 비 보 호			
		1차	2차	3차	
제1계열	전류평형방식[1] 전류비율차동방식[2]	3단계 한시거리 계전방식	3단계 한시거리 계전방식	과전류 계전방식 지락과전압 계전방식	① 동기탈조 Trip(OST) : 제1계열 또는 제2계열 ② 과여자보호 : 제1, 2계열 ③ 과부하보호 : 제2계열 ④ 역상과전류보호(한류리액터) : 제1, 2계열 ⑤ 고장 선로가압시 보호(SOFT) : 제1계열 ⑥ 맹점구간보호(STUB) : 제1계열 ⑦ P.T 전압상실 보호(VTF) : 제1, 2계열 등을 구비[3]
제2계열	전류평형방식[1] 전류비율차동방식[2]	적용않음	적용않음	과전류 계전방식 지락과전압 계전방식	

【주】 1) 전류평형방식(2 Tank 운전시 층간단락보호)
단, 1Tank운전시 층간단락보호를 위해 전류비율차동방식 추가 적용
2) 전류비율차동방식 : 1,2차 회로와 3차회로 별도 구비
3) 거리계전방식 및 3차측 지락과전압계전기는 PT전압 상실보호(VTF) 기능 구비

관 련 근 거

비고

■ 345 kV 변압기 전기적 보호계전방식 (예시)

보호계전방식				
주보호	후 비 보 호			
	구분	1차	2차	3차
전류 비율차동방식	단락	2단계 한시 거리계전방식	2단계 한시 거리계전방식	과전류 계전방식
	지락	방향성 과전류 계전방식	방향성 과전류 계전방식	과전압 계전방식

■ 154 kV 변압기 전기적 보호계전방식 (예시)

보호계전방식				
주보호	후 비 보 호			
	구분	1차	2차	3차
10,000 kVA 이상	전류비율 차동방식	단락	과전류 계전방식	과전류 계전방식
		지락	과전류 계전방식 (중성점)	과전류 계전방식 (중성점)
10,000 kVA 미만	전압비 권선구조에 따라 위의 해당 보호계전방식 중 주보호는 생략하고 후비보호만 적용한다.			

820.2.8 제어 및 계측장치

1. 절연저항 및 직류전원 지락계전기 동작 여부
   제어 및 계측 회로의 절연저항 값을 기록하고 직류 제어 전원의 지락계전기의 동작 여부를 확인한다.
2. 배전반 접지시공 상태
   배전반 접지선의 굵기 및 시공상태를 확인한다.
3. 계측장치 설치 및 동작상태 시험
   인가 또는 신고서의 단선결선도를 참고하여 제어·계측장치의 설치 상태, 시험결과 등을 확인한다.
4. Tap 절환장치 설치 및 동작상태 시험

관 련 근 거

가. OLTC Tap 절환장치 동작상태를 확인한다.(현장과 SCADA간 일치여부 확인)

나. OLTC 동작 시 절연유 여과장치의 동작상태를 확인한다.

5. 냉각장치 설치 및 동작상태 시험

가. 내식성 재질의 배관 사용, 변압기 진동을 흡수할 수 있는 Flexible 연결관의 설치 여부를 확인한다.

나. 변압기 냉각팬 및 유순환펌프는 권선 온도 설정치에서 동작하여야 하며, 냉각팬의 경우 회전방향을 확인한다.

다. 수냉식 변압기인 경우 수냉각설비 계통도와 부대설비의 설치 및 동작상태를 확인한다.

6. 경보장치 시험

변압기 보호 및 제어와 관련된 경보장치에 대하여 시험을 실시하고 그 동작상태를 확인한다.

820.2.9 상회전 및 부하시험

상회전 및 부하시험은 810.2.37에 따른다.

820.3 모선설비

820.3.1 일반규격

주모선 및 분기모선 구성방식, 도체종류, 정격전류, 정격전압, 정격차단전류, 절연강도 등 일반규격은 공사계획인가(신고) 및 설계도서와 일치하여야 한다.

관 련 근 거

820.3.2 외관검사

1. 옥외 철구형인 경우 전력선과 외함과의 이격상태, 부싱과 Shield Ring의 설치상태, 외함 접지상태, 가스 및 압축공기 배관 설치상태 등을 확인한다.
2. 가스절연 개폐장치일 경우 부싱 및 Shield Ring의 설치상태, GIS Base Frame 접지상태, GIB 플랜지측 볼트 취부상태, 제작사별 Bellows 허용치 길이, Bus 연결 접촉자 깊이, Earth Bonding 의 이질금속판 삽입여부, 유압/공기압/가스 공급배관 설치상태, GIB 가스배관 절연체(테프론) 삽입 여부, 외함의 단선도 표시상태 등을 확인한다.

820.3.3 절연저항

KEC 131
KEC 132

절연저항은 410.1에 따른다.

820.3.4 절연내력시험

KEC 132
KEC 136

절연내력시험은 410.2에 따른다.

820.3.5 보호계전장치

韓技 2401
電技 제13조
電技 제14조
電技 제22조

1. 보호계전기 동작 시 해당 차단기는 연동되어야 한다.
2. 보호계전기 개체 시험
   가. Pick Up Test
      각 상 계전기 Feeder 별로 최소 동작값을 측정한다.
   나. 방향성 요소 Test
      전류의 위상과 크기로 내·외부 고장을 판단하여 모선 내부고장 시에는 차단기 Trip신호가 출력되는지를 확인한다.

관 련 근 거

3. 모선구성방식

모선은 변전소의 중요도, 사고파급 범위의 축소 등을 고려하여 다음과 같이 구성할 수 있다.

가. 단모선

나. 이중모선(1.0CB, 1.5CB, 2.0CB, 4Bus-Tie방식)

다. 환상모선 등

4. 모선 보호계전방식

가. 모선보호계전방식은 동작의 신뢰성 확보를 위하여 2계열로 구성할 수 있으며, 종류는 다음과 같다.

1) 전압 차동계전방식

2) 전류 비율차동계전방식

3) 위상비교방식 등

나. 모선보호용 변류기는 동일 특성을 갖는 전용의 것으로 설치하고 각 계열마다 독립하여 설치하며 외부고장에 오동작하지 않아야 한다.

다. 변류기는 보호맹점구간이 발생하지 않도록 설치하여야 한다.

라. 각 모선의 전압을 계측할 수 있어야 한다.

비고

■ 전압별 모선보호방식 (예시)

피보호설비	계 열	적용 보호계전방식	비 고
765 kV 모선 (1.5 CB 방식)	제1,2계열	전압 또는 전류차동방식	1. AC 및 DC 공히 2계열화 2. 저전압 Check 방식구비
345 kV 모선 (1.5 CB 방식)	제1,2계열	전압차동방식	1. AC 및 DC 공히 2계열화 2. 저전압 Check 방식구비
154 kV 모선	이중모선	전류차동방식	저전압 Check 방식구비

관 련 근 거

820.3.6 CT, VT 회로

1. 계기용변성기(CT, VT) 변성비, 극성 및 부담 등 명판의 주요사항이 시험성적서와 일치되어야 한다.
2. 전류 및 전압 기준값과 위상을 인가하여 결선상태를 확인한다.

820.3.7 제어 및 계측장치

1. 공사계획인가(신고)서의 단선결선도를 확인하여 제어·계측장치의 설치 적정성 및 동작상태를 확인한다.
2. 각 GIS Bay별 주요 인터록은 다음과 같아야 한다.
   가. 차단기는 관련되는 단로기가 동작 중일 때 동작하지 않을 것
   나. 단로기는 관련 차단기 및 접지개폐기가 개방되었을 때 조작 가능하며, 접지개폐기는 관련 차단기 및 단로기가 개방되었을 때 개폐가 가능할 것

820.3.8 경보장치 검사

電技 제41조

1. SF6 가스(Gas)압력 경보
   각 가스 구획별로 가스압력을 지시할 수 있어야 하며, 설정치 이하가 되면 경보를 발생하여야 한다.
2. AC Fail 경보
   AC 전원 차단 시 경보를 발생하여야 한다.
3. DC Fail 경보
   DC 전원 차단 시 경보를 발생하여야 한다.
4. VT Fail 경보
   VT용 Fuse 또는 MCB 동작 시 경보를 발생하여야 한다.

관 련 근 거

820.3.9 상회전 및 부하시험

상회전 및 부하시험은 810.2.37에 따른다.

820.4 전력용차단기

820.4.1 일반규격

차단기의 형식, 정격전압, 정격전류, 차단용량, 정격투입전류, 정격차단전류, 정격절연강도, 과도회복전압, 표준동작책무 등 일반규격은 공사계획인가(신고) 및 설계도서와 일치하여야 한다.

820.4.2 외관검사

외관검사는 820.3.2에 따른다.

820.4.3 절연저항

KEC 131
KEC 132

절연저항은 410.1에 따른다.

820.4.4 절연내력시험

KEC 132
KEC 136

절연내력시험은 410.2에 따른다.

820.4.5 특성시험

韓技 2511
IEC 62271-100

1. 차단기 동작특성
   가. 차단기 동작특성 시험은 정격압력(유압, 공기압) 하에서 투입(Close)시간, 개방(Trip)시간, 3상 부동시 개폐시간이 제작사별 기준치 이내로 할 것
   나. 트립코일이 2개일 경우 트립코일1(T1)과 트립코일2(T2)로 각각 기준치 이내로 할 것

관 련 근 거

2. 결상보호
   가. 차단기의 3상이 모두 투입/개방되지 않았을 때 결상 보호장치가 동작하여 3상이 모두 차단되도록 할 것. 상분리형만 적용(3상 일괄형은 제외)
   나. 시험방법
      1) 3상 개방상태에서 1상 또는 2상만 투입 시에 3상이 모두 차단되도록 할 것
      2) 3상 투입상태에서 1상 또는 2상만 개방 시에 3상이 모두 차단되도록 할 것

3. 트립프리(Trip Free)
   가. 트립프리는 트립코일 동작 상태에서는 차단기가 투입이 되지 않게 함으로써 차단기 투입 시 회로에 사고가 있는 경우 신속히 차단하게 하는 기능으로 모든 차단기는 트립프리 성능을 갖출 것
   나. 트립코일이 여자 시 차단기 투입이 불가능하여야 하고 트립코일이 소자 시 차단기 투입이 가능할 것

820.4.6 보호계전장치

韓技 2401
電技 제13조
電技 제14조
電技 제22조

1. 보호계전기 동작 시 해당 차단기는 연동되어야 한다.

2. 보호계전기 개체 시험
   가. Pick Up Test
      각 상 계전기 Feeder 별로 최소 동작값을 측정한다.
   나. 방향성 요소 Test
      전류의 위상과 크기로 내·외부 고장을 판단하여 모선 내부고장시에는 차단기 Trip신호가 출력되는지를 확인한다.

3. 보호계전방식
   가. 송전선로 보호
      1) 송전선로 보호계전방식은 동작의 신뢰성 확보와 사고파급 방지를 위하여 2계열방식, 주보호 및 후비보호방식으로 구성할 수 있으며, 종류는 다음과 같다.

관 련 근 거

가) 전류차동방식
나) 방향비교방식
다) 거리계전방식 등

2) 2계열로 할 경우 각 계열 보호장치의 직류제어 전원은 개별적으로 구성하여야 한다.
3) 안정도 향상을 위해 자동재연결 방식을 채택할 수 있다.
4) 송전선로의 유·무효전력 및 전류, 전압을 계측할 수 있어야 한다.
5) 765 kV 송전선로의 경우 다상 재연결를 위한 2차 아크소호는 고속도접지개폐기(HSES, High-Speed Earthing Switch)에 의하며, HSES의 동작방법은 제작사 매뉴얼에 따른다.

나. 차단실패 보호

계통고장 시 차단기 동작 실패로 인한 사고파급범위 확대 방지를 위해 차단실패 보호계전방식을 적용한다.

820.4.7 CT, VT 회로

1. 계기용변성기(CT, VT) 변성비, 극성 및 부담 등 명판의 주요사항이 시험성적서와 일치되어야 한다.
2. 전류 및 전압 기준값과 위상을 인가하여 결선상태를 확인한다.

820.4.8 제어 및 계측장치

1. 공사계획인가(신고)서의 단선결선도를 확인하여 제어·계측장치의 설치 적정성 및 동작상태를 확인한다.
2. 각 GIS Bay별 주요 인터록은 다음과 같아야 한다.
   가. 차단기는 관련되는 단로기가 동작 중일 때 동작하지 않을 것
   나. 단로기는 관련 차단기 및 접지개폐기가 개방되었을 때 조작 가능하며, 접지개폐기는 관련 차단기 및 단로기가 개방되었을 때 개폐가 가능할 것

관 련 근 거

電技 제41조

820.4.9 경보장치

1. SF6 가스 압력 경보
   가. 각 가스 구획별로 가스압력을 지시할 수 있어야 하며, 설정치 이하가 되면 경보를 발생할 것
   나. 차단기의 경우 쇄정 압력 이하가 되면 투입 및 개방 쇄정이 될 것
2. 매커니즘 경보
   가. 제조사별 차단기 조작을 위한 매커니즘 설정값에서 발생하는 경보와 쇄정 기능이 적절하게 동작할 것
   나. 모터 장시간운전
   메커니즘의 기계적에너지를 충전하기 위한 모터가 장시간 운전될 경우 경보를 발생할 것
   다. 모터 과부하
   매카니즘의 기계적에너지를 충전하기 위한 모터가 과부하 운전 시 경보를 발생할 것
3. AC Fail 경보
   AC 전원 차단시 경보를 발생하여야 한다.
4. DC Fail 경보
   DC 전원 차단시 경보를 발생하여야 한다.
5. VT Fail(=VT Fuse 용단) 경보
   VT용 Fuse 또는 MCB 차단시 경보를 발생하여야 한다.

820.4.10 상회전 및 부하시험

상회전 및 부하시험은 810.2.37에 따른다.

관 련 근 거

820.5 조상설비

820.5.1 일반규격

조상설비 종류, 정격전압, 정격전류, 용량, 절연강도, 대수, 결선방식 등일반규격은 공사계획인가(신고) 및 설계도서와 일치하여야 한다.

820.5.2 외관검사

1. 조상설비 본체, 부싱애관, 피뢰기, 방열기, 라디에이터, 지시계기 등 기기의 조립상태는 파손, 물리적 손상, 누유가 없어야 한다.
2. 조상설비 관련 결선, 피뢰기 연결도선 및 접지선은 충분한 기계적 강도를 갖고 전기적 연속성을 유지하여야 한다.
3. 접지단자 연결 시 외함의 단자부 도장을 벗겨낸 후 시공하여야 한다.
4. 작업자 또는 동물 등이 쉽게 접촉할 우려가 있는 충전부는 노출되지 않아야 한다.
5. 냉각팬, 컨서베이터용 연결밸브 및 파이프 조립상태는 다음과 같아야 한다.
   가. 본체 콘서베이터용 연결밸브는 상시열림(Normally Open)
   나. 조상설비 본체와 콘서베이터 연결 파이프의 기울기는 가스 포집이 용이하도록 설치할 것
6. 절연유 열화방지나 습기방지용 흡습호흡기의 흡습제는 충분한 흡습 성능을 유지하여야 한다.
7. 조상설비 인출부에는 상표시찰을 설치하여야 한다.

820.5.3 절연저항

절연저항은 410.1에 따른다.

KEC 131
KEC 132
JEAC 5001(1993)

관 련 근 거

820.5.4 특성시험

1. BCT 극성
   변류기는 감극성을 적용하고, 변류비 및 포화전압 등이 명판 사항과 일치하여야 한다.
2. 충격기록치
   충격기록계의 기록치는 기준치 이하로 유지되어야 한다.
3. 절연역률(Power Factor, %)
   절연역률 측정값은 공장시험값과 비교하여 적정성을 확인한다.
   (참고치 : 0.5 %)
4. SFRA(Sweep Frequency Response Analysis)
   충격기록계 기준치를 상회하는 경우 운송 전·후 SFRA의 측정치를 비교한다.

820.5.5 절연유 내압

KS C 2301

절연유 내압은 430.1에 따른다.

820.5.6 절연내력시험

KEC 135

절연내력시험은 410.2에 따른다.

820.5.7 보호장치

820.5.7.1 기계적 보호장치

조상설비는 내부고장 검출을 위한 기계적 보호장치를 370.4에 따라 구비하여야 하며 현장 상황을 고려하여 트립(차단) 또는 경보를 선택하여 운영한다.

관 련 근 거

비고

■ 유압식 분로리액터의 기계적 보호장치 (예시)

보호기기명	Device No.	장치 설명
충격압력계전기	96P	내부의 압력과 계전기실 내의 압력차가 일정한 기준값 이상이 되었을 때 동작하는 장치
방압안전장치	96D	내부 사고로 발생한 이상 압력을 외부로 방출시켜 외함의 파손을 방지하는 장치
유면계	33Q	컨서베이터의 누유에 의한 유면 저하를 경보하기 위한 장치
유온도계 (1단, 2단)	26Q1, 2	절연유 온도가 설정치 이상이 될 때 동작하는 장치

820.5.7.2 전기적 보호장치

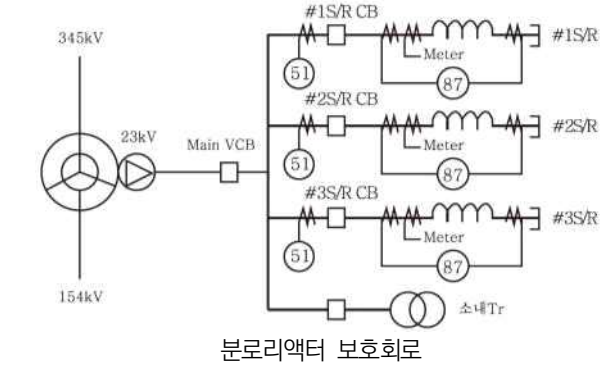
電技 제22조

1. 조상설비 보호반
   - 가. 접지선은 충분한 기계적 강도를 갖고 전기적 연속성을 유지할 것
   - 나. CT, VT Line 결선이 도면과 현장이 일치할 것
   - 다. 직류전원의 지락 여부는 지락계전기로 확인할 것
2. 보호계전기
   - 가. 보호계전장치의 경우 보호협조와 고장(단락·지락)전류 등을 고려하여 정정치 및 동작시간을 선정할 것
   - 나. 보호계전기 동작 시 해당 차단기는 연동되어야 하며 86T Lockout Ry) 동작 중에는 차단기가 투입되지 않을 것

관 련 근 거

비고

■ 조상설비의 전기적 보호장치 (예시)



분로리액터 보호회로

전력용콘덴서 보호회로

820.5.8 상회전 및 부하시험

상회전 및 부하시험은 810.2.37에 따른다.

820.6 접지설비

KEC 142.1.2

820.6.1 접지시스템 요구사항

접지시스템 요구사항은 810.1.3.1에 따른다.

820.6.2 접지공사의 대상

KEC 142.7
電技 제6조

접지공사의 대상은 320.1에 따른다.

관 련 근 거

820.6.3 접지극의 시설

KEC 142.2

접지극의 시설은 320.2에 따른다.

820.6.4 접지극 부품 및 접속

KEC 152.4

접지극 부품 및 접속은 810.1.3.3에 따른다.

820.6.5 주접지단자

KEC 142.3.7

주접지단자는 320.3에 따른다.

820.6.6 접지도체

KEC 142.3.1

접지도체는 320.4에 따른다.

820.6.7 보호도체

KEC 142.3.2

보호도체는 320.5에 따른다.

820.6.8 겸용도체

KEC 142.3.4

겸용도체는 320.6에 따른다.

820.6.9 등전위본딩

KEC 143.2.1
KEC 143.2.2
KEC 143.2.3
KEC 143.3.1
KEC 143.3.2

등전위본딩은 320.7에 따른다.

820.6.10 접지시스템의 구분

KEC 142.6
KEC 321

접지시스템의 구분은 320.8에 따른다.

관 련 근 거

820.6.11 기타 접지사항

820.6.11.1 변압기 중성점 접지

KEC 142.5

변압기 중성점 접지는 420.3.2에 따른다.

820.6.11.2 전로의 중성점의 접지

KEC 322.5

1. 전로의 보호장치의 확실한 동작의 확보, 이상 전압의 억제 및 대지 전압의 저하를 위하여 특히 필요한 경우에 전로의 중성점에 접지공사를 할 경우에는 다음에 따라야 한다.
   가. 접지극은 고장 시 그 근처의 대지 사이에 생기는 전위차에 의하여 사람이나 가축 또는 다른 시설물에 위험을 줄 우려가 없도록 시설할 것
   나. 접지도체는 공칭단면적 16 ㎟ 이상의 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 쉽게 부식하지 아니하는 금속선(저압전로의 중성점에 시설하는 것은 공칭단면적 6 ㎟ 이상의 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 쉽게 부식하지 않는 금속선)으로서 고장 시 흐르는 전류가 안전하게 통할 수 있는 것을 사용하고 또한 손상을 받을 우려가 없도록 시설할 것
   다. 접지도체에 접속하는 저항기·리액터 등은 고장 시 흐르는 전류를 안전하게 통할 수 있는 것을 사용할 것
   라. 접지도체·저항기·리액터 등은 취급자 이외의 자가 출입하지 아니하도록 설비한 곳에 시설하는 경우 이외에는 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설할 것
2. '1'에서 규정하는 경우 이외의 경우로서 저압전로에 시설하는 보호장치의 확실한 동작을 확보하기 위하여 특히 필요한 경우에 전로의 중성점에 접지공사를 할 경우(저압전로의 사용전압이 300 V 이하의 경우에 전로의 중성점에 접지공사를 하기 어려울 때에 전로의 1단자에 접지공사를 시행할 경우를 포함한다) 접지도체는 공칭단면적

관 련 근 거

6 ㎟ 이상의 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 쉽게 부식하지 않는 금속선으로서 고장 시 흐르는 전류가 안전하게 통할 수 있는 것을 사용하고 또한 제320절의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

3. 변압기의 안정권선(安定卷線)이나 유휴권선(遊休卷線) 또는 전압조정기의 내장권선(內藏卷線)을 이상전압으로부터 보호하기 위하여 특히 필요할 경우에 그 권선에 접지공사를 할 때에는 제320절의 규정에 의하여 접지공사를 하여야 한다.
4. 특고압의 직류전로의 보호장치의 확실한 동작의 확보 및 이상전압의 억제를 위하여 특히 필요한 경우에 대해 그 전로에 접지공사를 시설할 때에는 '1'에 따라 시설하여야 한다.

820.7 주파수조정용(FR용) 전기저장장치

제710절의 기준에 따른다.

820.8 직류송전 변환설비

820.8.1 일반규격

1. 변환용 밸브, 변압기, 차단기, 리액터, 필터, 냉각설비, 보호계전장치 등 일반규격은 공사계획인가(신고) 및 설계도서와 일치하여야 한다.
2. 전력전송 방향 전환 시 전압극성을 변경하는 전류형(LCC, Line Commutated Converter)과 양측 변환소의 전압차로 전류방향을 변경하는 전압형(VSC, Voltage Source Converter) 변환장치의 형식은 공사계획인가(신고) 내용과 일치하여야 한다.

관 련 근 거

820.8.2 외관검사

1. 변환설비, 모듈(Sub Module), 밸브(Valve) 등 기기의 조립상태는 파손, 물리적 손상, 누수가 없어야 한다.
2. 변환설비 본체, 주요기기 및 조작함의 접지선은 충분한 기계적 강도를 갖고 전기적 연속성을 유지하여야 한다.
3. 접지단자 연결 시 외함의 단자부 도장을 벗겨낸 후 시공하여야 한다.

820.8.3 절연저항

절연저항은 410.1에 따른다.

820.8.4 특성시험

1. 변환설비의 특성곡선에 따라 해당장치의 동작 특성이 양호해야 한다.
2. 전압형 직류송전 변환설비는 독립적인 유효전력 및 무효전력 제어가 가능하여야 한다. 멀티터미널(1:N) 계통연계 방식으로 설계되는 경우에는 계통연계가 가능하여야 한다.
3. IGBT 변환장치 중 PMI(Plastic Module IGBT) 형식은 방폭 설계 및 케이싱이 있는 구조로서 고장 시 폭발이 발생하지 않도록 전로가 개방되어야 하며, 현장시험 또는 시험성적서를 제출하여야 한다.
4. DC 사고발생 시 역병렬 다이오드에 유입되는 정격전류의 크기는 전류 한계치보다 낮아야 한다.

820.8.5 절연내력시험

절연내력시험은 410.2에 따른다.

820.8.6 보호계전장치

보호계전장치는 820.4.6에 따른다.

관 련 근 거

820.8.7 제어 및 계측장치

1. 공사계획인가(신고)서의 단선결선도를 확인하여 변환설비 시스템에 필요한 제어, 감시, 계측장치 등의 설치 및 동작상태를 확인한다.
2. AC·DC 전압 및 유효전력, 무효전력 등이 기기의 정상상태에서 허용치 이내 여부를 확인한다.
3. 제어시스템은 AC 시스템 고장으로부터 지정된 응답시간 내에 안정적으로 회복이 가능한지 확인한다.
4. 제어 및 보호시스템은 이중화로 구성되어야 한다.
5. 동작 중인 제어시스템은 예비시스템으로 자동 및 수동으로 절체되어야 하며, 변환설비 시스템 정상운전에 영향을 끼치지 않아야 한다.

820.8.8 경보장치

변환설비의 이상신호 검출, 보호장치 동작 등에 따라 경보장치가 현장과 중앙감시반에서 동작하여야 한다.

820.8.9 필터장치

1. 필터장치가 설치된 경우 AC, DC 필터는 정격입력 대비 출력값이 적정해야 한다.
2. AC 필터는 과전류, 과전압 및 과부하로 인한 손상으로부터 보호되어야 한다.
3. AC 필터는 고조파 흡수, 무효전력 보상 기능을 갖추어야 한다.
4. 평활용 리액터는 고장전류 상승률 제한, 순환전류 억제 및 전류 스파이크 제거 기능을 갖추어야 한다.

관 련 근 거

820.8.10 냉각장치

1. 냉각시스템의 배관, 펌프, 열교환기 등 설치 및 동작상태와 누수 여부를 확인한다.
2. 냉각시스템은 이중화로 구성되어야 하고, 절체 시 변환설비 시스템 정상 운전에 영향을 끼치지 않아야 한다.
3. 냉각시스템의 주(main) 운전 전원의 에러 발생 시 백업 전원을 통하여 시스템은 정지 없이 동작하여야 한다.
4. 냉각펌프의 이중화 운전 조건을 확인하고, 조건에 따라 운전되는지 확인한다.
5. 냉각시스템의 보호 및 경보장치가 현장과 중앙감시반에서 동작하여야 한다.

820.8.11 상회전 및 부하시험

상회전 및 부하시험은 810.2.37에 따르며, 직류송전 변환설비는 변환소 양단 간 전력을 송전하여 부하시험을 실시한다.

820.9 유연송전설비

820.9.1 일반규격

정지형 무효전력 보상장치(STATCOM, SVC), 싸이리스터 제어 직렬 커패시터(TCSC) 등 유연송전설비는 공사계획인가(신고) 및 설계도서와 일치하여야 한다.

820.9.2 외관검사

1. 유연송전설비 본체, 밸브 및 주요기기 조립상태는 파손, 물리적 손상, 누수가 없어야 한다.

관 련 근 거

2. 유연송전설비 본체, 주요기기 및 조작함의 접지선은 충분한 기계적 강도를 갖고 전기적 연속성을 유지하여야 한다.

3. 접지단자 연결 시 외함의 단자부 도장을 벗겨낸 후 시공하여야 한다.

820.9.3 절연저항

절연저항은 410.1에 따른다.

820.9.4 특성시험

1. 유연송전설비는 운전 특성곡선에 따라 무효전력의 제어 및 연속운전이 가능해야 한다.

2. TCSC 등은 송전선로의 임피던스 제어를 통하여 전력조류제어가 가능한 기능을 갖추어야 한다. 또한, 이를 점검하거나 설비 고장 등 계통에서 분리하기 위한 우회선로 스위치(By-pass Switch)가 정상 작동되어야 한다.

3. STATCOM, SVC 등은 상시 전압 유지와 전력계통외란에 대비한 순동 무효전력 공급량을 확보할 수 있어야 한다.

820.9.5 절연내력시험

절연내력시험은 410.2에 따른다.

820.9.6 보호계전장치

보호계전장치는 820.4.6에 따른다.

820.9.7 제어 및 계측장치

1. 공사계획인가(신고)서의 단선결선도를 확인하여 유연송전설비 시스템에 필요한 제어, 감시, 계측장치 등의 설치 및 동작상태를 확인한다.

관 련 근 거

2. 전압 제어모드 및 무효전력 제어모드로 제어가 가능해야 하고 정상운전 상태에서 계통전압의 설정치에 따라 제어모드 간 과도 상태 없이 절체되어야 한다.

3. 제어 및 보호시스템은 이중화로 구성되어야 한다.

4. 동작 중인 제어시스템은 예비시스템으로 자동 및 수동으로 절체되어야 하며, 유연송전설비 시스템 정상운전에 영향을 끼치지 않아야 한다.

820.9.8 경보장치

유연송전설비의 이상신호 검출, 보호장치 동작 등에 따라 경보장치가 현장과 중앙감시반에서 동작하여야 한다.

820.9.9 냉각장치

냉각장치는 820.8.10에 따른다.

820.9.10 상회전 및 부하시험

상회전 및 부하시험은 810.2.37에 따른다.

820.10 변전소 부대설비

820.10.1 외관검사

KEC 341
KEC 351.9

1. 부대설비 관련서류 및 규격이 설계도서와 일치하여야 한다.

2. 고압이상 기기는 시험성적서를 제출하여야 한다.

820.10.2 조명, 환기, 배수설비의 설치 및 동작

KEC 234

1. 조명 및 동력(환기, 배수 등) 설비의 절연저항, 접지선 접속 상태 등 설치 및 동작상태에 이상이 없어야 한다.

관 련 근 거

2. 변전소에 시설하는 배전반에 붙이는 기구 및 전선은 점검할 수 있도록 시설하여야 한다.

820.10.3 소내 전원설비의 설치 및 동작

1. 변전소 GIS실 내 제어·경보회로와 조명 및 동력설비에 전력을 공급하기 위한 S.Tr 또는 예비용 수전설비의 설치 및 동작상태에 이상이 없어야 한다.
2. 옥내에 시설하는 예비 케이블은 사람이 접촉할 우려가 없도록 시설하고 접지공사를 하여야 한다.

820.10.4 방재설비 시공

KEC 310

화재 등의 재해 대책을 고려하여 방화, 소화 등의 방재설비를 시공하여야 한다.

820.10.5 절연저항 및 절연내력

KEC 131
KEC 132
KEC 133
電技 제52조

1. 저압전로의 절연저항은 410.1.1에 따른다.
2. 고압 이상 기기는 410.2에서 정한 절연내력시험을 실시하거나 시험성적서를 제출하여야 한다.

820.10.6 접지시공 및 단자접속

KEC 140

배·분전반의 접지시공은 820.6에 따르며 단자접속은 견고하게 하여야 한다.

820.10.7 개폐기 및 누전차단기 동작

KEC 211
KEC 212

배·분전반 등에 설치된 개폐기 및 누전차단기의 동작상태에 이상이 없어야 한다.

관 련 근 거

830 배전설비

830.1 배전설비 일반

830.1.1 목적

전기사업용 배전설비에 대한 사용전검사 및 정기검사 시 적용하는 검사기준을 정하는 것을 목적으로 한다.

830.1.2 전선

전선은 제310절의 기준에 따른다.

830.1.3 접지시스템

접지시스템은 제320절의 기준에 따른다.

830.1.4 접지저항의 측정

접지저항의 측정은 810.1.4에 따른다.

830.1.5 전로에 시설하는 피뢰기의 접지저항

전로에 시설하는 피뢰기의 접지저항은 810.1.5에 따른다.

830.1.6 기타 기술기준 적합여부

기타 기술기준 적합여부는 810.1.6에 따른다.

관 련 근 거

830.2 가공 배전선로

830.2.1 일반규격

계통전압, 회선 및 선로길이, 사용전선, 지지물의 수량, 변압기 및 개폐기 정격 등 일반규격은 공사계획인가(신고) 및 설계도서와 일치하여야 한다.

830.2.2 외관검사

830.2.2.1 가공전선로

KEC 331.4
KEC 341.4
KEC 341.8
韓技 3100
韓技 3400

1. 지지물(콘크리트주, 철주 또는 철탑)의 강도 및 조립상태, 손상여부, 주변 지반의 침하상태, 완철의 조립 상태는 다음과 같이 시설한다.
   가. 배전선로의 지지물(콘크리트주, 철주)로부터 필요한 길이와 강도를 얻기 어려운 경우 철탑을 사용할 수 있으며 철탑의 외관검사 항목은 810.2.2에 의한다.
   나. 콘크리트주는 내부 철근의 노출여부와 노후, 균열이 없어야 한다.
   다. 기지물 기초지반의 이상여부와 지선 및 지지기둥, 지선주의 시설상태에 이상이 없어야 한다.
2. 지지물의 발판 볼트 등은 810.2.30에 따른다.
3. 지지물 부속품인 번호찰, 위험표시찰, 상표시찰, 선로표시찰, 차량충돌방지판 등 각종 표시찰 시공상태는 다음과 같이 시설한다.
   가. 번호찰, 위험표시찰 등 각종 표시찰은 810.2.31에 따른다.
   나. 차량충돌방지판은 810.2.34.1에 따른다.
4. 전선의 지상고, 지지물 경간, 해당 배전선로와 접근하는 타 전선로, 건조물, 수목 및 연결선과 지지금구류 등과의 이격거리는 830.2.3에 따른다.

관 련 근 거

5. 전선 접속개소는 전기·화학적 성질이 다른 도체 간 전기적 부식이 생기지 않도록 시설한다.

6. 굵기가 서로 다른 전선, 이종전선은 경간 중에 접속하지 않고 지지물 상 점퍼에서 시행하여야 한다.

7. 애자는 손상 및 오손이 없어야 하며 완철은 평행하게 전주와 밀착되도록 충분히 조여 시공하고 그 접지선을 중성선과 연결하여야 한다.

8. 지선은 810.2.26에 적합하도록 소요 강도에 따라 적정한 굵기의 금속선 또는 연선을 사용하여 견고하게 설치하며 지선주, 지지기둥의 지반 침하 등이 발생되지 않도록 다음을 고려하여 설치한다.
   가. 지선에 의하여 차량 충돌, 보행자 또는 작업자의 안전사고가 우려되는 개소는 지선덮개를 설치하여야 한다.
   나. 식물이 지선을 타고 올라 전선로의 지락사고를 발생할 우려가 있는 개소는 넝쿨방지캡 등의 적절한 방법으로 대비하여야 한다.

830.2.2.2 주상변압기

KEC 341.4
韓技 3400
韓技 3500

1. 변압기 1, 2차 부싱 손상유무, 외함 및 접지 등의 시설상태와 결선, 용량의 적정성에 이상이 없어야 한다.

2. 변압기 절연유는 표 830-1의 절연내력시험 기준에 적합하여야 한다.

표 830-1 절연유 절연내력시험 기준

구분	절연파괴전압	판정	
		50 kV 미만 기기	50 kV 이상 기기
신유	30 kV 이상(KSC-2301)	적 합	적 합
사용중의 절연유	20 kV 이상	적 합	적 합
	15 kV 이상 20 kV 미만	적합(요주의)	부적합
	15 kV 미만	부적합	부적합

관 련 근 거

3. 특고압 주상변압기의 지상고는 지표상 5.0 m 이상, 고압 주상변압기는 지표상 4.5 m 이상으로 한다. 단, 시가지 외에서는 4.0 m 이상으로 할 수 있다.
4. 변압기를 달아매는 와이어류는 변압기 중량을 충분히 고려되어야 한다.
5. 변압기가 전선 또는 애자 등의 선로시설물에 근접되지 않도록 충분한 안전조치를 취하여야 한다.
6. 변압기 1차측 각 상마다 현장여건을 고려하여 안전에 영향이 없도록 COS(컷아우트스위치)를 설치하여야 한다.
7. 변압기 외함, 주접지단자, 2차측 중성점 등은 충분한 기계적 강도와 전기적 연속성 등을 고려하여 접지도체를 선정하고 시설토록 한다.

830.2.2.3 배전용 개폐기

KEC 341.9
韓技 3600

1. 기기의 손상, 부식, 아크흔 등 외관과 다음 항목에 이상이 없어야 한다.
   가. 외함에는 접지공사를 하여야 하며, 절연저항측정 시 다음을 만족할 것
      1) 주회로 : 상-대지간, 상-상간, 1-2차간 1000 ㏁ 이상
      2) CT회로 : 권선-대지간 10 ㏁ 이상, 권선 상호간 5 ㏁ 이상
      3) 보조(제어)회로 : 2 ㏁ 이상
   나. 개폐기의 오조작을 방지하기 위해 전기적 또는 기계적 인터록 조건의 적정여부와 동작상태에 이상이 없을 것
2. 고압과 특고압 배전선로의 구분개폐를 위하여 개폐장치를 설치할 시 선로 최대부하전류의 개폐에 지장이 없어야 하며, 3상 선로에 사용하는 개폐기는 3상이 동시에 개폐조작되는 구조이어야 한다.

관 련 근 거

3. 변전소가 서로 다른 배전회선의 상호간 또는 서로 다른 배전회선 상호간을 연계하는 경우에는 배전회선 간의 연계점에 연계용 개폐기를 설치하여야 하며, 배전회선 간의 상은 서로 일치되어야 한다.

830.2.3 가공 배전선로의 시설

KEC 333.32

특고압 가공선로의 시설은 810.2.6부터 810.2.26까지를 따른다. 단, 사용전압이 15 kV를 초과하고 25 kV 이하인 특고압 가공전선로(중성선 다중접지 방식의 것으로서 전로에 지락이 생겼을 때 2초 이내에 자동적으로 이를 전로로부터 차단하는 장치가 되어 있는 것에 한한다)를 830.2.3.1부터 830.2.3.12까지 따라 시설하는 경우에는 810.2.9, 810.2.19, 810.2.20, 810.2.21, 810.2.22, 810.2.23의 '1', 810.2.24, 810.2.25, 810.2.26의 '8'까지의 규정에 의하지 아니할 수 있다.

830.2.3.1 가공전선의 굵기 및 종류, 높이, 경간

1. 특고압 가공전선은 케이블 이외에는 인장강도 8.71 kN 이상의 연선 또는 단면적이 22 ㎟ 이상의 경동연선 또는 동등 이상의 인장강도를 갖는 알루미늄 전선이나 절연전선이어야 한다.
2. 전선의 높이는 810.2.12, 전선로의 경간('830.2.3.2'의 경우를 제외한다)은 810.2.17의 규정에 준하여 시설하여야 한다.

830.2.3.2 경간 제한

특고압 가공전선이 건조물·도로·횡단보도교·철도·궤도·삭도·가공약전류전선 등·안테나·저압이나 고압의 가공전선 또는 저압이나 고압의 전차선과 접근 또는 교차상태로 시설되는 경우의 경간은 표 830-2에서 정한 값 이하일 것. 다만, 특고압 가공전선이 인장강도 14.51 kN 이상의 케이블이나 특고압 절연전선 또는 단면적 38 ㎟ 이상의 경동연선으로서 지지물에 B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주 또는 철탑을 사용하는 때에는 표 830-3와 같이 경간 연장이 가능하다.

관 련 근 거

표 830-2 15 kV 초과 25 kV 이하인 특고압 가공전선로의 경간 제한

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

표 830-3 15 kV 초과 25 kV 이하인 특고압 가공전선로의 장경간 공사의 특례

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

830.2.3.3 건조물의 접근

특고압 가공전선(다중접지를 한 중성선을 제외한다. 이하 같다)이 건조물과 접근하는 경우에 특고압 가공전선과 건조물의 조영재 사이의 이격거리는 표 830-4에서 정한 값 이상이어야 한다.

표 830-4 15 kV 초과 25 kV 이하 특고압 가공전선로 이격거리

건조물의 조영재	접근형태	전선종류	이격거리
상부 조영재	위쪽	나전선	3.0 m
		특고압 절연전선	2.5 m
		케이블	1.2 m
	옆쪽 또는 아래쪽	나전선	1.5 m
		특고압 절연전선	1.0 m
		케이블	0.5 m
기타의 조영재		나전선	1.5 m
		특고압 절연전선	1.0 m
		케이블	0.5 m

관 련 근 거

830.2.3.4 도로 등의 접근 또는 교차

특고압 가공전선이 도로, 횡단보도교, 철도, 궤도(이하 '도로 등'이라 한다)와 접근하는 경우에는 다음에 따라야 한다.

1. 특고압 가공전선이 도로 등과 접근상태로 시설되는 경우 도로 등 사이의 이격거리(노면상 또는 레일면상의 이격거리를 제외한다)는 3 m 이상이어야 한다. 다만, 특고압 가공전선이 특고압 절연전선인 경우 수평 이격거리를 1.5 m 이상, 케이블인 경우 수평이격거리를 1.2 m 이상으로 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
2. 특고압 가공전선이 도로 등의 아래쪽에서 접근하여 시설될 때에는 상호 간의 이격거리는 표 830-5에서 정한 값 이상으로 하고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.

표 830-5 15 kV 초과 25 kV 이하 특고압 가공전선로 이격거리

전선의 종류	이 격 거 리
나전선	1.5 m
특고압 절연전선	1.0 m
케이블	0.5 m

830.2.3.5 삭도의 접근 또는 교차

특고압 가공전선이 삭도와 접근 또는 교차하는 경우에는 다음에 따라야 한다.

1. 특고압 가공전선이 삭도와 접근상태로 시설되는 경우에 삭도 또는 그 지지기둥 사이의 이격거리는 표 830-6에서 정한 값 이상이어야 한다.

관 련 근 거

표 830-6 15 kV 초과 25 kV 이하 특고압 가공전선로 이격거리

전선의 종류	이 격 거 리
나전선	2.0 m
특고압 절연전선	1.0 m
케이블	0.5 m

2. 특고압 가공전선이 삭도의 아래쪽에서 접근하여 시설될 때에는 가공전선은 수평거리로 삭도의 지지물 또는 지지기둥의 지표상의 높이에 상당하는 거리 안에 시설하지 아니한다. 다만, 다음의 경우에는 그러하지 아니하다.
   가. 특고압 가공전선과 삭도의 수평거리가 2.5 m 이상이고 삭도의 지지물이나 지지기둥이 도괴되었을 경우에 삭도가 특고압 가공전선에 접촉할 우려가 없는 경우
   나. 특고압 가공전선이 삭도와 수평거리로 3 m 미만에 접근하는 경우에 특고압 가공전선과 삭도 또는 그 지지기둥 사이의 이격거리를 1.5 m 이상으로 하고 특고압 가공전선의 위쪽에 표 830-7에서 정한 값 이상의 거리에 견고한 방호장치를 설치하고, 그 금속제 부분은 제320절의 규정에 준하여 접지공사를 하고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하는 경우

표 830-7 15 kV 초과 25 kV 이하 특고압 가공전선로 이격거리

전선의 종류	이 격 거 리
나전선, 특고압 절연전선	0.75 m
케이블	0.5 m

   다. 특고압 가공전선이 삭도와 교차하는 경우에 특고압 가공전선이 삭도의 위에 시설될 때는 '1'에 준하여 시설할 것

관 련 근 거

라. 특고압 가공전선은 삭도의 아래에서 삭도와 교차하지 않을 것. 다만, 2의 '나'의 규정에 준하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

830.2.3.6 저·고압 가공전선 등과의 접근 또는 교차

KEC 333.32

특고압 가공전선이 가공약전류전선 등·저압 또는 고압의 가공전선·안테나(가섭선에 의하여 시설하는 것을 포함한다. 이하 이 호에서 같다) 저압 또는 고압의 전차선(이하 '저·고압 가공전선 등'이라 한다)과 접근 또는 교차하는 경우에는 다음에 따라야 한다.

1. 특고압 가공전선이 저·고압 가공전선 등과 접근상태로 시설되는 경우에 이의 이격거리(가공약전류전선 등과 가섭선에 의하여 시설하는 안테나는 수평 이격거리)는 표 830-8에서 정한 값에 따라야 한다. 다만, 가공약전류전선 등이 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.
   가. 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등의 수직 이격거리가 6 m 이상일 때
   나. 가공약전류전선로 등의 관리자의 승낙을 얻은 경우에 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등과의 이격거리가 2 m 이상일 때

표 830-8 15 kV 초과 25 kV 이하 특고압 가공전선로 이격거리

구 분	가공전선의 종류	이격(수평이격)거리
가공약전류전선 등·저압 또는 고압의 가공전선·저압 또는 고압의 전차선·안테나	나전선	2.0 m
	특고압 절연전선	1.5 m
	케이블	0.5 m
가공약전류전선로 등·저압 또는 고압의 가공전선로·저압 또는 고압의 전차선로의 지지물	나전선	1.0 m
	특고압 절연전선	0.7 m
	케이블	0.5 m

관 련 근 거

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

가. 특고압 가공전선과 저·고압 가공전선 등 사이의 이격거리는 '1'에 준할 것

나. 가공약전류전선로 등 또는 저압 가공전선로는 다음에 의하여 시설할 것

1) 풍압하중에 대한 안전율은 1.5 이상일 것

2) 가공약전류전선로 등의 지지물은 KEC 331.7, 332.7의 1의 '나'와 '2'부터 '4'까지 및 KEC 331.11의 '6' 규정에 준하여 시설할 것

3) 저압 가공전선로의 지지물은 KEC 332.7의 1의'나'와 '2'부터 '4'까지 및 KEC 331.11의 '6' 규정에 준하여 시설할 것

다. 특고압 가공전선이 가공약전류전선 등 또는 가섭선에 의하여 시설하는 안테나와 수평거리로 2.5 m 미만으로 접근하는 경우에는 특고압 가공전선의 위쪽에 810.2.22의 '4'에 준하는 보호망을 특고압 가공전선이나 가공약전류전선 등 또는 가섭선에 의하여 시설되는 안테나와 수직 이격거리가 0.6 m(가공약전류전선로 등 가섭선에 의하여 시설되는 안테나의 관리자의 승낙을 얻은 경우에는 0.3 m) 이상이 되도록 떼어서 시설할 것. 다만, 다음 중 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

관련근거

1) 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등 사이의 수평거리가 2 m 이상이고, 수직거리가 수평거리의 1.5배 이하인 경우
2) 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등 또는 가섭선에 의하여 시설하는 안테나 사이의 수직거리가 6 m 이상이고 또한 가공약전류전선 등이나 가섭선에 의하여 시설하는 안테나가 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5 ㎜ 이상의 경동선이나 통신용 케이블인 경우
3) 특고압 가공전선이 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우

라. 저압 가공전선로는 저압 보안공사, 고압 가공전선로는 고압 보안공사에 의할 것

3. 특고압 가공전선이 저·고압 가공전선 등(안테나는 가섭선에 의하여 시설하는 것에 한한다)과 교차하는 경우로서 특고압 가공전선이 저·고압 가공전선 등의 위에 시설되는 때에는 다음과 같이 시설하여야 한다.

가. 특고압 가공전선과 저·고압 가공전선 등 사이의 이격거리는 '1'에 의할 것. 다만, 가공약전류전선 등 및 가섭선에 의하여 시설하는 안테나의 경우 수평 이격거리는 이격거리로 본다.

나. 특고압 가공전선과 가공약전류전선로 등 및 저압이나 고압의 가공전선로의 지지물 사이의 이격거리는 '1'에 준할 것

다. 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등 또는 가섭선에 의하여 시설하는 안테나와의 사이에는 다음 중 어느 하나에 해당하는 경우 이외에는 810.2.22의 '4'의 규정에 준하는 보호망, 810.2.22의 '3' 및 '5'의 규정에 준하는 보호도체 또는 810.2.22의 '3' 및 '5'의 규정에 준하는 금속선을 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등 또는 가섭선에 의하여 시설하는 안테나 사이의 수직 이격거리가 0.6 m(가공약전류전선로 등 및 가섭선에 의하여 시설하는 안테나의 관리자의 승낙을 얻은 경우에는 0.3 m) 이상이 되도록 시설할 것

1) 특고압 가공전선이 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우

관 련 근 거

2) 가공약전류전선에 통신케이블을 사용하는 경우
3) 가공약전류전선 등(수직으로 2가닥 이상 있는 경우에는 맨 위의 것)이 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5 ㎜ 이상의 경동선이나 통신용 케이블인 경우
4) 가공약전류전선 등(수직으로 2가닥 있는 경우에는 맨 위의 것)이 인장강도 3.64 kN 이상의 것 또는 지름 4 ㎜ 이상의 아연도철선으로 조가하여 시설되는 경우
5) 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등 또는 가섭선에 의하여 시설하는 안테나 사이의 수직거리가 6 m 이상인 경우
6) 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등 또는 가섭선에 의하여 시설하는 안테나와의 사이에 2가닥 이상의 가공전선(절연전선을 사용하는 것에 한한다)이 있는 경우

4. 특고압 가공전선은 저·고압 가공전선 등(전차선을 제외하며 안테나는 가섭선에 의하여 시설하는 것에 한한다)과 교차하는 경우에 특고압 가공전선은 이들의 아래에서 교차하여서는 아니 된다. 다만, 전차선을 제외한 저·고압 가공전선 등을 다음에 의하여 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
   가. 가공약전류전선로 등 및 저압 가공전선로는 '2'의 '나' 규정에 준하여 시설할 것
   나. 안테나의 지지물은 340.2.6, 340.2.7의 '6' 및 KEC 332.7에 준하여 시설할 것
   다. 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등 가섭선에 의하여 시설하는 안테나 및 저압이나 고압의 가공전선 사이의 이격거리 및 특고압 가공전선과 가공약전류전선로 등 및 저압이나 고압의 가공전선로의 지지물 사이의 이격거리는 '1'에 준할 것. 다만, 가공약전류전선 등의 경우 수평 이격거리는 이격거리로 본다.
   라. 저압 가공전선로는 저압 보안공사, 고압 가공전선로는 고압 보안공사에 의할 것

관 련 근 거

마. 특고압 가공전선이 가공약전류전선 등의 아래쪽에서 교차하는 경우에는 특고압 가공전선의 위에 810.2.22의 '4'에서 규정하는 보호망을 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등 사이의 수직 이격거리가 0.6 m(가공약전류전선로 등의 관리자의 승낙을 얻은 경우에는 0.3 m) 이상이 되도록 시설할 것. 다만, 다음 중 어느 하나에 해당하는 경우에는 보호망을 생략할 수 있다.

1) 특고압 가공전선이 특고압 절연전선 또는 케이블인 경우
2) 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등 또는 가섭선에 의하여 시설하는 안테나 사이의 수직거리가 6 m 이상이고 또한 가공약전류전선 등이나 가섭선에 의하여 시설하는 안테나가 인장강도 8.01 kN 이상의 것 또는 지름 5 ㎜ 이상의 경동선이나 통신용 케이블인 경우
3) 특고압 가공전선이 가공약전류전선 등 또는 가섭선에 의하여 시설하는 안테나와 45°를 초과하는 수평각도로 교차하는 경우에 특고압 가공 전선과 가공약전류전선 등 또는 가섭선에 의하여 시설하는 안테나 사이에 810.2.22의 '3' 규정에 준하는 금속선을 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등 사이의 수직 이격거리를 0.6 m (가공약전류전선로 등의 관리자의 승낙을 얻은 경우에는 0.3 m) 이상으로 시설하는 경우
4) 가공약전류전선 등이 광섬유 케이블인 경우

830.2.3.7 교류 전차선 등의 접근 또는 교차

KEC 333.32

특고압 가공전선이 교류 전차선 등과 접근 또는 교차하는 경우에는 다음에 따라 시설하여야 한다.

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

관 련 근 거

가. 특고압 가공전선로의 전선의 절단 지지물의 도괴 등의 경우에 특고압 가공 전선이 교류 전차선 등과 접촉할 우려가 없는 경우

나. 특고압 가공전선로의 지지물(철탑은 제외한다)에는 교류 전차선 등과 접근하는 반대쪽에 지선을 시설하는 경우, 다만, KEC 333.13에서 규정하는 상시 상정하중에 1.96 kN의 수평횡하중을 가산한 하중에 의하여 나타나는 부재응력의 1배의 응력에 견디는 B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주를 지지물로 사용하는 경우에는 지선을 생략할 수 있다.

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

가. 특고압 가공전선과 교류 전차선 등의 수평거리가 3 m 이상으로서 교류 전차선등의 지지물에 철근 콘크리트주 또는 철주를 사용하고 또한 지지물의 경간이 60 m 이하이거나 교류 전차선 등의 지지물의 도괴 등의 경우 교류 전차선등이 특고압 가공전선에 접촉할 우려가 없는 경우

나. 특고압 가공전선과 교류 전차선 사이의 수평거리는 3 m 미만일 때에 다음에 의하여 시설하는 경우

1) 교류 전차선로의 지지물에는 철주 또는 철근 콘크리트주를 사용하고 또한 그 경간이 60 m 이하일 것

2) 교류 전차선로의 지지물(문형구조의 것은 제외한다)에는 특고압 가공전선과 접근하는 쪽의 반대쪽에 지선을 시설할 것. 다만, 지지물로 기초의 안전율이 2.0 이상인 철주 또는 철근 콘크리트주를 사용하는 경우에 그 철주 또는 철근 콘크리트주가 KEC 333.13에 규정하는 상시 상정하중에 1.96 kN의 수평횡하중을 가산한 하중에 의하여 나타나는 부재응력의 1배의 응력에 견디는 것인 경우에는 그러하지 아니하다.

관련근거

3) 특고압 가공전선과 교류 전차선 등 사이의 수평 이격거리는 2 m 이상일 것. 다만. 특고압 가공전선과 교류 전차선 등 사이의 이격거리가 2 m 이상인 경우에 보호망이 특고압 가공전선의 위쪽에 810.2.22 '4'의 규정에 준하여 시설되는 경우에는 그러하지 아니하다.

3. 특고압 가공전선이 교류 전차선과 교차하는 경우에 특고압 가공전선이 교류 전차선의 위에 시설되는 경우에는 다음에 의하여야 한다.
   가. 특고압 가공전선은 케이블인 경우 이외에는 인장강도 14.5 kN 이상의 특고압 절연전선 또는 단면적 38 ㎟ 이상의 경동선(교류 전차선과 교차하는 부분을 포함하는 경간에 접속점이 없는 것에 한한다)일 것
   나. 특고압 가공전선이 케이블인 경우에는 이를 인장강도가 19.61 kN 이상의 것 또는 단면적 38 ㎟ 이상의 강연선인 것(교류 전차선과 교차하는 부분을 포함하는 경간에 접속점이 없는 것에 한한다)으로 조가하여 시설할 것
   다. '나'의 조가선은 교류 전차선 등과 교차하는 부분의 양쪽의 지지물에 견고하게 잡아당겨 시설할 것
   라. 케이블 이외의 것을 사용하는 특고압 가공전선 상호 간의 간격은 0.65 m 이상일 것
   마. 특고압 가공전선로의 지지물은 전선이 케이블인 경우 이외에는 장력에 견디는 애자장치가 되어 있는 것일 것
   바. 특고압 가공전선로의 지지물에 사용하는 목주의 풍압하중에 대한 안전율은 2.0 이상일 것
   사. 특고압 가공전선로의 경간은 표 830-9에서 정한 값 이하일 것

표 830-9 교류 전차선 교차 시 특고압 가공전선로의 경간 제한

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

관 련 근 거

아. 특고압 가공전선로의 완금류에는 견고한 금속제의 것을 사용하고 이에 제320절의 규정에 준하여 접지공사를 할 것

자. 특고압 가공전선로의 지지물(철탑은 제외한다)에는 특고압 가공전선로의 방향에 교류 전차선과 교차하는 쪽의 반대쪽 및 특고압 가공전선로와 직각 방향으로 그 양쪽에 지선을 시설할 것. 다만, 특고압 가공전선로가 전선로의 방향에 대하여 10° 이상의 수평각도를 이루는 경우에 특고압 가공전선로의 방향에 교류 전차선과 교차하는 쪽의 반대쪽 및 수평각도를 이루는 쪽의 반대쪽에 지선을 시설하는 경우 또는 KEC 333.13에 규정하는 상시 상정하중에 1.96 kN의 수평횡하중을 가산한 하중에 의하여 나타나는 부재응력의 1배의 응력에 대하여 견디는 B종 철주 또는 B종 철근 콘크리트주를 지지물로 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다.

차. 특고압 가공전선로의 전선, 완금류, 지지물, 지선 또는 지지기둥과 교류 전차선 사이의 이격거리는 2.5 m 이상일 것

830.2.3.8 가공전선 상호간의 접근 또는 교차

KEC 333.32

특고압 가공전선로가 상호 간 접근 또는 교차하는 경우에는 다음에 따라야 한다.

1. 특고압 가공전선이 다른 특고압 가공전선과 접근 또는 교차하는 경우의 이격거리는 표 830-10에서 정한 값 이상이여야 한다.

표 830-10 15 kV 초과 25 kV 이하 특고압 가공전선로 이격거리

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

관 련 근 거

2. 특고압 가공전선과 다른 특고압 가공전선로의 지지물 사이의 이격거리는 1 m(사용전선이 케이블인 경우에는 0.6 m) 이상이여야 한다.

830.2.3.9 가공전선과 다른 시설물의 접근 또는 교차

KEC 333.32

특고압 가공전선이 건조물·도로·횡단보도교·철도·궤도·삭도·가공약전류전선로 등·안테나·저압 또는 고압의 전차선로·저압 또는 고압의 가공전선로 및 다른 특고압 가공전선로 이외의 시설물(이하'다른 시설물'이라 한다)과 접근 또는 교차하는 경우에는 다음에 따라 시설하여야 한다.

1. 특고압 가공전선이 다른 시설물과 접근상태로 시설되는 경우 또는 다른 시설물의 위쪽으로 교차하여 시설되는 경우의 이격거리는 830.2.3.3의 규정에 준하여 시설할 것. 이 경우에 지지물의 경간은 특고압 가공전선로의 전선의 절단, 지지물의 도괴 등에 의하여 특고압 가공전선이 다른 시설물과 접촉하는 것에 의하여 사람에게 위험을 줄 우려가 있을 경우에는 830.2.3.2의 규정에 준하여 시설하여야 한다.
2. 특고압 가공전선을 다음 중 어느 하나에 의하여 시설하는 경우에는 '1'의 이격거리 규정에 의하지 아니할 수 있다.
   가. 고압 방호구에 넣은 나전선 등을 사용하는 특고압 가공전선을 건축현장의 비계틀 또는 이와 유사한 시설물에 접촉할 우려가 없도록 시설하는 경우
   나. 고압 방호구에 넣은 나전선 등을 사용하는 특고압 가공전선을 조영물에 시설되는 간이한 돌출 간판, 기타 사람이 올라갈 우려가 없는 조영재와 0.75 m 이상 떼어서 시설하는 경우
3. 특고압 가공전선이 다른 시설물과 접근하는 경우에 특고압 가공전선로가 다른 시설물의 아래쪽에 시설되는 경우 상호 간의 이격거리는 표 830-11에서 정한 값 이상으로 하고 또한 위험의 우려가 없도록 시설하여야 한다.

관 련 근 거

표 830-11 15 kV 초과 25 kV 이하 특고압 가공전선로 이격거리

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

830.2.3.10 가공전선과 식물 사이의 이격거리

KEC 333.32

특고압 가공전선과 식물 사이의 이격거리는 1.5 m 이상일 것. 다만, 특고압 가공전선이 특고압 절연전선이거나 케이블인 경우로서 특고압 가공전선을 식물에 접촉하지 아니하도록 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.

830.2.3.11 중성선의 다중접지

KEC 333.32

1. 접지도체는 공칭단면적 6 ㎟ 이상의 연동선 또는 이와 동등 이상의 세기 및 굵기의 쉽게 부식하지 않는 금속선으로서 고장 시에 흐르는 전류가 안전하게 통할 수 있어야 한다.
2. 접지공사는 제320절의 규정에 준하고 또한 각각 접지한 곳 상호 간의 거리는 전선로에 따라 150 m 이하이여야 한다.
3. 각 접지도체를 중성선으로부터 분리하였을 경우의 각 접지점의 대지 전기저항 값과 1 ㎞마다 중성선과 대지 사이의 합성전기저항 값은 표 830-12 값 이하이여야 한다.

표 830-12 15 kV 초과 25 kV 이하 특고압 가공전선로의 전기저항 값

각 접지점의 대지 전기저항 값	1 ㎞ 마다의 합성 전기저항 값
300 Ω	15 Ω

관 련 근 거

4. 특고압 가공전선로의 다중접지를 한 중성선은 저압 가공전선의 규정에 준하여 시설하여야 한다.
5. 다중접지한 중성선은 저압전로의 접지측 전선이나 중성선과 공용할 수 있다.
6. 완철과 완철접지선과의 접속은 완철용 접지클램프를 사용하고, 다중접지 중성선과의 접속은 분기슬리브를 사용하여 다중접지된 중성선에 연결한다.

830.2.3.12 특고압 가공전선과 저·고압 가공전선 등의 병행설치

KEC 332.32

특고압 가공전선과 저압 또는 고압의 가공전선을 동일 지지물에 병행설치하여 시설하는 경우로서 다음에 따라 시설하는 경우에는 810.2.14의 규정에 의하지 아니할 수 있다. 다만, 특고압 가공전선의 다중접지한 중성선은 저압전선의 접지측 전선이나 중성선과 공용할 수 있다.

1. 특고압 가공전선과 저압 또는 고압의 가공전선 사이의 이격거리는 1 m 이상일 것. 다만. 특고압 가공전선이 케이블이고 저압 가공전선이 저압 절연전선이거나 케이블인 때 또는 고압 가공전선이 고압 절연전선이거나 케이블인 때에는 0.5 m 까지 감할 수 있다.
2. 각도주, 분기주 등에서 혼촉의 우려가 없도록 시설하는 경우에는 '1'의 규정에 의하지 아니할 수 있다.
3. 특고압 가공전선은 저압 또는 고압의 가공전선 위로하고 별개의 완금류로 시설하여야 한다.

830.2.3.13 중성선의 전선 설치

韓技 3300

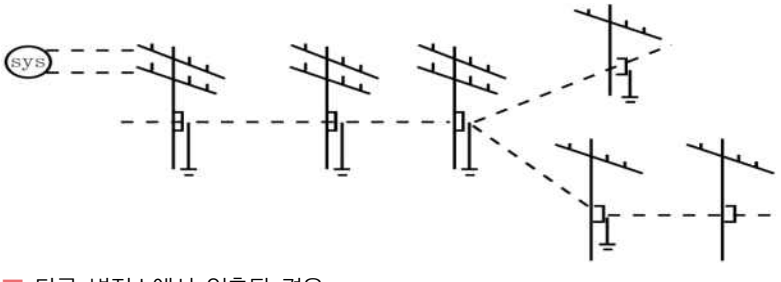
1. 동일변전소에서 인출된 특고압 또는 고압배전선의 중성선은 서로 공용한다.

관 련 근 거

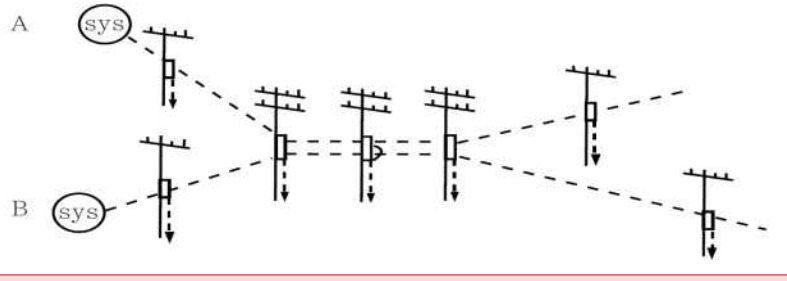
2. 서로 다른 변전소에서 인출된 특고압 또는 고압 배전선의 중성선은 공용하지 않는다. 다만, 인근 통신선에 대한 유도장해 여부를 검토하여 문제가 없는 경우에 한하여 중성선을 공용할 수 있다.
3. 서로 다른 변전소에서 인출된 특고압 또는 고압 배전선의 중성선을 동일 지지물에 병행설치할 경우에는 중성선을 별도로 전선을 설치하며 한전주에서 양 중성선을 함께 접지하지 않는다.

비고

■ 동일 변전소에서 인출된 경우



■ 다른 변전소에서 인출된 경우



830.2.4 기계기구의 시설

830.2.4.1 특고압 기계기구의 시설

KEC 341.4

특고압 기계기구의 시설은 350.2.1에 따른다.

830.2.4.2 고압 기계기구의 시설

KEC 341.8

고압 기계기구의 시설은 350.2.2에 따른다.

관 련 근 거

830.2.4.3 아크를 발생하는 기구의 시설

KEC 341.7

아크를 발생하는 기구의 시설은 350.2.3에 따른다.

830.2.4.4 특고압 배전용 변압기의 시설

KEC 341.2

특고압 배전용 변압기의 시설은 350.6.2에 따른다.

830.2.4.5 개폐기의 시설

KEC 341.9

개폐기의 시설은 350.3.1에 따른다.

830.2.4.6 과전류차단기의 시설

KEC 341.10

과전류차단기의 시설은 350.3.2에 따른다.

830.2.4.7 변압기 중성점 접지

KEC 142.5

변압기 중성점 접지는 420.3.2에 따른다.

830.2.4.8 고압 또는 특고압과 저압의 혼촉에 의한 위험방지 시설

KEC 322.1

1. 고압전로 또는 특고압전로와 저압전로를 결합하는 변압기의 저압측의 중성점에는 420.3.2의 규정에 의하여 접지공사를 하여야 한다. 다만, 저압전로의 사용전압이 300 V 이하인 경우에 그 접지공사를 변압기의 중성점에 하기 어려울 때에는 저압측의 1단자에 시행할 수 있다.
2. 제1의 접지공사는 변압기의 시설장소마다 시행하여야 한다. 다만, 토지의 상황에 의하여 변압기의 시설장소에서 420.3.2의 규정에 의한 접지저항 값을 얻기 어려운 경우, 가공 접지도체를 저압가공전선에 관한 규정에 준하여 시설할 때에는 변압기의 시설장소로부터 200 m 까지 떼어놓을 수 있다.

관 련 근 거

3. 제1의 접지공사를 하는 경우에 토지의 상황에 의하여 제2의 규정에 의하기 어려울 때에는 다음에 따라 가공공동지선(架空共同地線)을 설치하여 2 이상의 시설장소에 420.3.2의 규정에 의하여 접지공사를 할 수 있다.
   가. 가공공동지선은 인장강도 5.26 kN 이상 또는 지름 4 ㎜ 이상의 경동선을 사용하여 저압가공전선에 관한 규정에 준하여 시설할 것
   나. 접지공사는 각 변압기를 중심으로 하는 지름 400 m 이내의 지역으로서 그 변압기에 접속되는 전선로 바로 아래의 부분에서 각 변압기의 양쪽에 있도록 할 것. 다만, 그 시설장소에서 접지공사를 한 변압기에 대하여는 그러하지 아니하다.
   다. 가공공동지선과 대지 사이의 합성 전기저항 값은 1 km를 지름으로 하는 지역 안마다 320.8.1에 의해 접지저항 값을 가지는 것으로 하고 또한 각 접지도체를 가공공동지선으로부터 분리하였을 경우의 각 접지도체와 대지 사이의 전기저항 값은 300 Ω 이하로 할 것
4. 제3의 가공공동지선에는 인장강도 5.26 kN 이상 또는 지름 4 ㎜의 경동선을 사용하는 저압 가공전선의 1선을 겸용할 수 있다.

830.2.4.9 기계기구의 철대 및 외함의 접지

KEC 142.7
韓技 3500

1. 전로에 시설하는 기계기구의 철대 및 금속제 외함(외함이 없는 변압기 또는 계기용변성기는 철심)에는 제320절에 의한 접지공사를 하여야 한다.
2. 25 kV 이하인 특고압 가공전선로(중성선 다중접지 방식의 것으로서 전로에 지락이 생겼을 때에 2초 이내에 자동적으로 이를 전로로부터 차단하는 장치가 되어 있는 것)의 전로에 시설하는 기계기구를 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없도록 목주 기타 이와 유사한 것의 위에 시설하는 경우 금속제 외함 및 완철은 분기스리브를 사용하여 다중접지된 중성선에 연결한다.

관 련 근 거

830.2.5 보호 및 제어·계측장치

電技 제13조
電技 제14조

1. 보호계전장치의 경우 보호협조와 고장(단락·지락)전류 등을 고려하여 보호요소별 정정치 및 동작시간을 선정하여야 한다.
2. 보호 및 제어·계측장치와 차단기 경보장치가 정상적으로 동작되어야 한다.

830.2.6 상회전 및 부하시험

1. 해당 배전선로의 상회전(검상)시험은 측정 가능장소에서 시행하도록 하고 그 결과를 확인하거나 측정결과서를 검토하고, 기존 계통과의 연계 가능 여부를 확인한다.
2. 부하시험은 전원을 인가한 상태에서 선로용량의 30 % 이상 부하로 시행함을 원칙으로 한다. 다만, 직거래(단독, 전용)용 수용가 선로, 끝부분부하 공급지역 등 공급 가능한 부하가 그 이하인 경우 부하시험은 현장여건을 고려하여 집중 최대부하로 시행하고, 기기의 이음이나 발열 등 이상상태 여부를 확인한다.

830.3 지중 배전선로

830.3.1 일반규격

계통전압, 회선 및 선로길이, 사용전선, 구조물의 형태, 지상 변압기 및 지상개폐기 정격 등 일반규격은 공사계획인가(신고) 및 설계도서와 일치하여야 한다.

830.3.2 외관검사

KEC 334.1
KEC 351.2
韓技 5100
韓技 5300
電技 제8조
電技 제38조

1. 케이블 종류 및 배치의 적정성 여부, 케이블 외피 손상 여부, 행거 취부상태 등이 설계도서와 일치하여야 한다.

관 련 근 거

2. 전력구(공동구) 출입구에는 시건장치와 출입금지 표시 등이 시설되어야 한다.

3. 케이블 보호를 위한 방재설비를 시설하여야 한다.

4. 케이블 접속은 전력구(공동구), 맨홀 및 접속함(Joint Box) 등의 구조물 내에서 시행함을 원칙으로 하되, 다음과 같은 경우는 예외로 할 수 있다.
   가. 케이블 포설 긍장의 한계나 인입 장력의 제한을 받는 경우
   나. 케이블 고장복구를 위하여 불가피한 경우
   다. 기타 현장여건상 부득이 한 경우
   단, 구조물 이외의 장소에서 접속을 하는 경우에는 위치파악이 용이하도록 접속개소 상부 보·차도 지표상에 지중선로 표지기를 시설하고 도면에 이를 표기하여야 한다.

5. 케이블 접속개소 및 선로 양단에는 상표시찰, 선로표시찰을 부착하여야 한다.

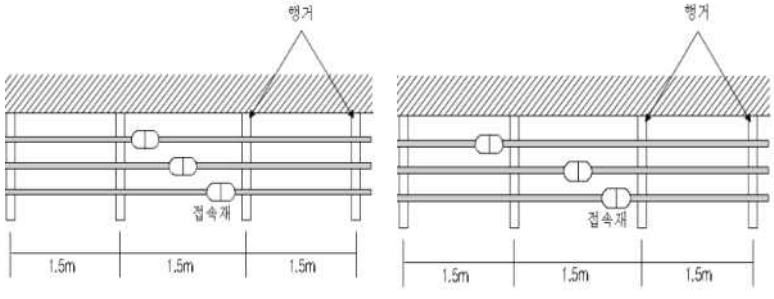
6. 케이블이 수직구나 분기구 및 굽은 부분을 통과할 때에는 케이블에 손상을 방지할 수 있도록 허용 굽은 부분 반지름 이상을 고려하여 시설하여야 한다.

7. 전력구, 공동구, 덕트, 건물구내 등 화재의 우려가 있는 장소의 케이블, 전선은 불연성 또는 자기소화성이 있는 난연성 피복이나 이와 동등이상의 성능을 갖는 피복을 사용하여야 한다.

8. 케이블 행거의 설치는 수평상태일 것이며, 크리트·볼트·너트 등 금구류의 취부 및 조임은 들뜸이나 풀림 없이 시공하여야 한다.

9. 전력구 케이블 접속은 그림 830-1 (a)와 같이 1경간 내에서 3상 모두 접속한다. 다만, 1경간 내에서 3상 모두를 접속하기 곤란한 경우에는 그림 830-1 (b)와 같이 2경간 내에서 접속 할 수 있다.

관 련 근 거



(a) 1경간 내 (예시) (b) 2경간 내 (예시)

그림 830-1 전력구 케이블 접속

10. 전력구 케이블을 고정하기 위하여 크리트를 시설하며, 다음의 경우 고정형 크리트를 시설한다.
   가. 경사 및 곡선 개소
   나. 직선개소 : 케이블 지지대 매 4경간이내 마다 1개소 설치하되, 최대 5경간을 초과하지 않을 것
   다. 접속개소 : 케이블 접속개소 양측에 각 1개소 설치

830.3.3 지중 배전선로의 시설

KEC 334.1

지중 배전선로의 시설은 340.3.1에 따른다.

830.3.3.1 케이블의 절연내력

KEC 132

1. 배전선로의 절연저항은 1,000 V 이상의 절연저항계로 절연내력 시험과 병행하여 측정한다.
2. 최대사용전압 25 kV 이하인 중성점 접지식 전로(중성선을 가지는 것으로서 그 중성선을 다중접지 하는 것에 한한다)는 전로와 대지 사이(다심케이블은 심선 상호 간 및 심선과 대지 사이)에 최대사용전압의 0.92배의 전압을 연속하여 10분간 가하여 절연내력 시험을

관 련 근 거

하여야 한다. 이때 시험전압으로는 상용주파전압을 인가하는 것이 원칙이나 케이블로 구성된 지중선로에서는 정전용량이 크므로 교류로 시험할 경우 대용량의 시험설비가 필요하여 현실적으로 곤란하기 때문에 교류시험전압의 2배의 직류전압을 인가하여 실시하는 직류 내압시험을 실시할 수 있다.

3. 고압 및 특고압 전로에 전선으로 사용하는 케이블의 절연체가 XLPE 등 고분자재료인 경우 0.1 Hz 정현파 전압을 상전압의 3배 크기로 전로와 대지사이에 연속하여 1시간 가하여 절연내력을 시험할 수 있다.

4. 케이블 절연내력 및 내압시험은 전원측과 부하단 종단접속 완료 후 시험함을 원칙으로 한다.

830.3.3.2 지중전선의 접지

KEC 334.4
韓技 5300
電技 제6조
電技 제26조

1. 관·암거 기타 지중전선을 넣은 방호장치의 금속제부분·금속제의 전선 접속함 및 지중전선의 피복으로 사용하는 금속체에는 제320절에 준하여 접지를 하여야 한다. 다만, 이에 방식조치(防蝕措置)를 한 부분에 대하여는 적용하지 않는다.

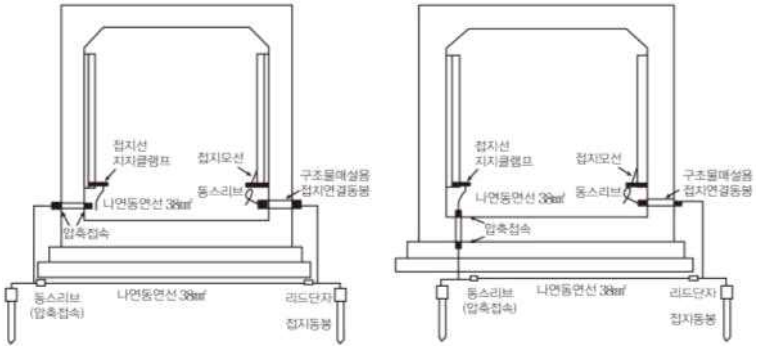
2. 22.9 kV-y 특고압케이블의 동심중성선은 접속개소 및 단말개소마다 각 심을 일괄하여 접지한다.

3. 전력구 접지모선을 설치하는 경우 지지대 접지클램프로 고정되어야 하며 다음과 같이 시설하여야 한다.
   가. 케이블이 시설되는 내측벽 하부에 나연동선 38 ㎟ 이상의 접지모선을 시설하고 앵글형 지지대의 하부에 접지선 지지클램프를 이용 고정하며, 강관형 지지대는 강관형 접지선 지지클램프를 이용 고정한다. 단, 지지대 높이 불일치 등 부득이한 경우 접지선 지지클램프 설치를 생략할 수 있다.

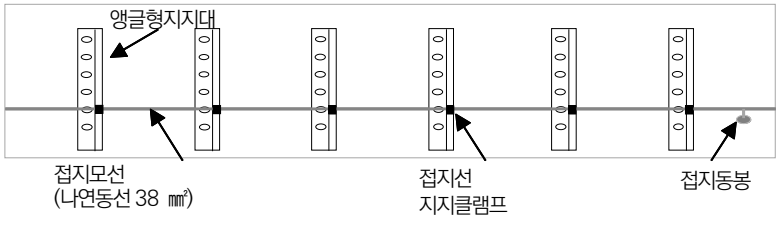
관 련 근 거

비고

■ 전력구 접지동봉의 시설



■ 전력구 등 접지모선의 시설



나. 케이블 접속개소의 접지선과 접지모선과의 접속은 동스리브를 사용 압축 접속한다.

4. 맨홀의 접지는 다음과 같이 시설한다.

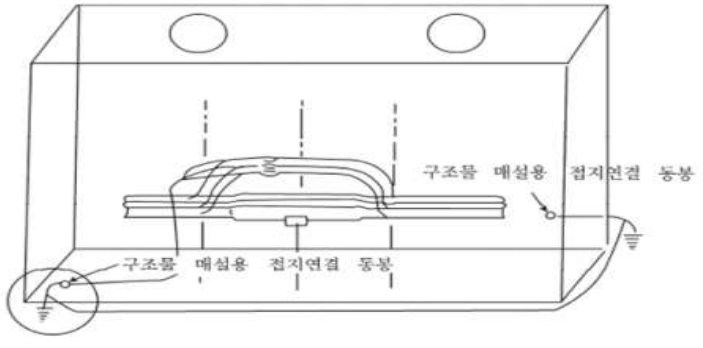
가. 맨홀 시공 시 2개소에 접지동봉을 타설한 경우 연결선은 구조물 매설용 접지연결동봉과 연결할 것

나. 양 접지개소의 연결선은 나연동선 38 ㎟ 이상으로 맨홀벽체 외부에서 상호 연결할 것

관 련 근 거

비고

■ 맨홀접지 시공도



830.3.3.3 전력구(공동구) 금구류의 시설

韓技 5300

1. 배전선로의 지지를 위한 금구류는 변형이 없어야 하며 행거, 크리트, 볼트, 너트, 와셔 등은 규격품을 사용한다.
2. 금구류의 설치 간격은 앵글형지지대 간 1.5 ~ 2 m 이내, 행거 상하간 250 mm 이상, 최하단 행거와 바닥 간은 200 mm 이상으로 이격하여야 한다.
3. 고정형 크리트는 굴곡개소의 시점과 종점, 4 ~ 5경간, 기타 케이블 이탈이 우려되는 곳에 설치하여야 한다.

830.3.3.4 케이블 보호 및 방재설비

KEC 334.1
韓技 5100
電技 제38조

1. 입상케이블은 2.5 m 이상 높이의 입상관(반할관 등)으로 보호하며, 입상관 윗부분 케이블은 지지금구를 사용하여 지지한다.
2. 변전소, 전력구, 공동구, 덕트 및 방화구획 관통부분은 다음과 같이 방재처리 하여야 한다.
   가. 난연케이블 : 변전소구내, 케이블처리실, 전력구, 공동구, 덕트 및 건물구내에 시설되는 지중선로
   나. 난연 테이프, 난연 도료 : 비난연 케이블 및 접속재

관 련 근 거

다. 난연 씰(퍼티), 난연 보드, 난연 레진, 모래 등 : 바닥, 벽, 천장 등의 케이블 관통부

라. 난연 덮개 : 케이블 접속개소

830.3.4 지중함의 시설

KEC 334.2

지중함의 시설은 340.3.2에 따른다.

830.3.5 지중약전류전선의 유도장해 방지(誘導障害防止)

KEC 334.5

지중약전류전선의 유도장해 방지는 340.3.4에 따른다.

830.3.6 지상에 시설하는 전선로

KEC 335.5

지상에 시설하는 전선로는 810.3.7에 따른다.

830.3.7 다리에 시설하는 전선로

KEC 335.6

다리에 시설하는 전선로는 810.3.8에 따른다.

830.3.8 전선로 전용다리 등에 시설하는 전선로

KEC 335.7

전선로 전용다리에 시설하는 전선로는 810.3.9에 따른다.

830.3.9 지중전선과 지중 약전류전선 등 또는 관과의 접근·교차

KEC 334.6

지중전선과 지중 약전류전선 등 또는 관과의 접근·교차는 340.3.5에 따른다.

관 련 근 거

830.3.10 지중전선 상호간의 접근 또는 교차

KEC 334.7

지중전선 상호간의 접근 또는 교차는 340.3.6에 따른다.

830.3.11 기계기구의 시설

지중 배전용 기기의 검사기준은 830.2.4.1부터 830.2.4.9까지 따르며, 지상변압기 및 개폐기(차단기)는 830.3.11.1과 830.3.11.2에 따라 시설한다.

830.3.11.1 지상 변압기

1. 지중 배전선로에 설치하는 지상변압기는 'ES-5950-0015(슬림형), 0017(일반형), 0018(부하개폐형)'에 적합한 것을 사용하여야 한다.

ES 5950-0015
ES 5950-0017
ES 5950-0018

2. 변압기 외함, 접지 및 결선 등에 이상이 없어야 하며, 노출된 충전부분에 취급자가 쉽게 접촉할 우려가 없도록 시설되어야 한다.
3. 변압기의 1차부싱에 케이블을 연결할 때에는 엘보 접속재(Elbow Connector)를 사용하여 접속하여야 한다.

韓技 DS-5400

4. 변압기 2차 단자에 케이블을 연결하는 경우 동관 단자를 사용하며, 케이블 종단은 자기융착 절연테이프로 절연처리하고 2차측 충전부는 절연덮개를 사용한다.
5. 변압기 절연유는 내압시험 기준에 적합하여야 한다.
6. 절연유는 폴리염화바이페닐(PCBs)이 함유되지 않은 것으로 사용하여야 한다.

電技 20조2항

7. 변압기 외함, 주접지단자, 2차측 중성점 등은 충분한 기계적 강도와 전기적 연속성 등을 고려하여 접지도체를 선정하고 시설토록 한다.
8. 기기 및 지지구조물은 그 기초를 포함하며, 예상되는 기계적 충격에 견디어야 한다.

KEC 302.3

관 련 근 거

830.3.11.2 지상설치형 부하개폐기 및 다회로 차단기

ES 5925-002

1. 지상에 설치되어 선로분기, 선로 구분용으로 사용되는 SF6 가스절연 다회로 방식의 수동형 또는 자동형 부하개폐기는 'ES-5925-0002', 다회로 방식의 차단기는 'ES-5925-0008' 및 에폭시 절연 부하개폐기는 GS-5925-0011에 적합한 것을 사용하여야 한다.

ES 5925-008

2. 기기의 손상, 부식, 아크흔 등 외관과 다음 항목에 이상이 없어야 한다.

ES 5925-001

   가. 절연저항은 다음을 만족할 것
      1) 주회로-대지간, 주회로-단자(이상, 동상)간, 1-2차간 500 ㏁ 이상
      2) 조작회로 및 제어회로 대지간 2 ㏁ 이상
   나. 제어 및 계측회로의 정상여부를 확인하고 관련 경보장치의 동작시험을 실시하여 이상이 없을 것
   다. 개폐기의 오조작을 방지하기 위해 전기적 또는 기계적 인터록 조건의 적정여부와 동작상태에 이상이 없을 것

KEC 302.3

3. 기기 및 지지구조물은 그 기초를 포함하며, 예상되는 기계적 충격에 견디어야 한다.

韓技 DS-5400

4. 개폐기 및 차단기 외함, 케이블 중성선, 접속재, 절연캡 등은 충분한 기계적 강도와 전기적 연속성 등을 고려하여 접지도체를 선정하고 시설토록 한다.

830.3.12 보호 및 제어·계측장치

電技 제13조
電技 제14조

1. 보호계전장치의 경우 보호협조와 고장(단락·지락)전류 등을 고려하여 보호요소별 정정치 및 동작시간을 선정하여야 한다.
2. 보호 및 제어·계측장치와 차단기 경보장치가 정상적으로 동작되어야 한다.

관 련 근 거

830.3.13 전력구(공동구) 내 부대설비

전력구(공동구) 내 부대설비는 810.3.19에 따른다.

830.3.14 상회전 및 부하시험

상회전 및 부하시험은 830.2.6에 따른다.

KOREA
ELECTRICAL
SAFETY
CORPORATION

제 9 장

화력·수력 발전설비

제900절 통칙

900.1 목적
900.2 적용범위
900.3 용어의 정의

제910절 화력발전설비

910.1 화력설비 일반
910.2 터빈 기초 및 조립설치
910.3 액화가스 연료연소설비
910.4 보일러 및 부속설비
910.5 기타보일러 및 부속설비
910.6 증기터빈 및 부속설비
910.7 가스터빈 및 부속설비
910.8 기타 발전설비 및 부속설비
910.9 탈황 · 탈질설비
910.10 종합연동
910.11 조속장치
910.12 부하운전

제920절 수력발전설비

920.1 일반사항
920.2 댐
920.3 수로
920.4 수력설비 및 부속설비
920.5 양수발전 및 부속설비
920.6 기타 시설
920.7 종합연동 및 부하차단
920.8 부하운전

제930절 내진설계

930.1 내진설계일반
930.2 정착부 내진설계
930.3 정착부 내진성능평가

제940절 용접

940.1 일반사항
940.2 보일러
940.3 압력용기
940.4 배관
940.5 연료가스용 배관

09 화력·수력 발전설비

관 련 근 거

900 통칙

900.1 목적

이 장은 화력·수력 발전설비에 대한 사용전검사 및 정기검사 업무수행에 필요한 기준을 제시하여 화력·수력 발전설비 및 기타발전설비의 전기적, 구조적 안전성을 확보하는 것을 목적으로 한다.

900.2 적용범위

이 장은 다음의 발전설비에 대한 사용전검사 및 정기검사 업무에 적용한다.

1. 화력발전설비
2. 수력발전설비
3. 내진(화력·수력 공통 적용)
4. 용접(화력·수력 공통 적용)

900.3 용어의 정의

1. '경보회로시험 성적서'란 수검자 또는 외부진단업체에서 시험하여 기록으로 남긴 각종 비상정지(Trip) 및 경보(Alarm)에 대한 작동시험성적서로 관련 책임자가 확인한 서류를 말한다. 고시 별표 9
2. '계기교정시험 성적서'란 수검자 또는 외부교정기관에서 시험하여 기록으로 남긴 각종 계기 및 스위치 등의 교정성적서로 관련 책임자가 확인한 서류를 말한다. 고시 별표 9

관 련 근 거

3. '내진'이란, 지진에 견디는 특성을 의미하며, 내진설계는 설계지진에 의해 입력된 에너지를 충분히 견디거나, 소산시키거나, 저감시키도록 하여 시설물에 요구되는 내진성능수준을 유지하도록 구조요소의 제원 및 상세를 결정하는 작업을 말한다.

KSD 17 10 00 내진설계 일반

4. '내진보강'이란, 지진으로부터 각종 시설물이 견딜 수 있는 성능을 향상시키는 일체의 행위를 말한다.

지진대책법 제2조7호

5. '내진성능평가'란, 지진으로부터 시설물의 안전성을 확보하고 기능을 유지하기 위하여 「지진·화산재해대책법」 제14조제1항에 따라 시설물별로 정하는 내진설계기준에 따라 시설물이 지진에 견딜 수 있는 능력을 평가하는 것을 말한다.

시설물안전법 제2조제8호

6. '단독운전'이란 전력계통의 일부가 전력계통의 전원과 전기적으로 분리된 상태에서 분산형전원에 의해서만 운전되는 상태를 말한다.

KEC 112

7. '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.

KEC 112

8. '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.

KEC 112

9. '배관'이란 발전설비 중 증기, 물, 가스 및 공기를 이동시키는 장치를 말한다.

KEC 112

10. '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.

KEC 112

09 화력·수력 발전설비

관 련 근 거

11. '급수설비'란 수차(펌프수차) 및 발전기(발전전동기)등의 발전소 기기에 냉각수, 봉수 등을 급수하는 설비를 말하며, 급수펌프, 스트레이너, 모래분리장치, 급수관 등을 포함하는 것으로 한다. — KEC 112

12. '보일러'란 발전소에 속하는 기기 중 보일러(보조보일러 포함), 독립과열기, 증기저장기 및 작동용 공기가열기를 말한다. — KEC 112

13. '설계압력'이란 설계상 허용되는 최고의 사용압력을 말한다.('압력용기, 배관은 최고사용압력, 보일러는 최대허용사용압력'이라 한다) — KESCO 용접부 업무처리 가이드 1-1

14. '설계온도'란 설계상 허용되는 최고의 사용온도를 말한다.

15. '설비 정착부'란, 설비나 설비 지지부를 구조체에 고정하는 앵커볼트, 용접부 및 기계식 패스너 등을 포함하는 부착물을 말한다. — KECG6801-2021 1.2 KECG6801-2021 4.3.4

16. '설비 지지부'란, 설비와 설비 정착부 사이의 하중을 전달하는 가새, 골조, 스커트형 하부덮개, 지주, 안장, 케이블, 버팀줄 등과 주물 혹은 단조로 제작된 설비의 일부분 등을 포함하는 구조부재를 말한다. — KECG6801-2021 1.2

17. '수로'란 취수설비, 침사지, 도수로, 헤드탱크, 서지탱크, 수압관로 및 방수로를 말한다. — KEC 112

    가. '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.

    나. '침사지'란 발전소의 도수설비의 하나로, 수로식 발전의 경우에 취수구에서 도수로에 토사가 유입하는 것을 막기 위하여 도수로의 도중에서 취수구에 가급적 가까운 위치에 설치하는 연못을 말한다.

    다. '도수로'란 발전용의 물을 끌어오기 위한 구조물을 말하며, 취수구와 상수조(또는 상부 Surge Tank)사이에 위치하고 무압도수로와 압력도수로가 있다.

관 련 근 거

라. '헤드탱크(Head Tank)'란 도수로에서의 유입수량 또는 수차 유량의 변동에 대하여 수조내 수위를 거의 일정하게 유지하도록 도수로 종단에 설치한 구조물을 말한다.

마. '서지탱크(Surge Tank)'란 수차의 유량급변의 경우에 탱크내의 수위가 자동적으로 상승하여 도수로, 수압관로 또는 방수로에서의 과대한 수압의 변화를 조절하기 위한 구조물을 말한다.

바. '수압관로'란 상수조(또는 상부 Surge Tank) 또는 취수구로부터 압력상태하에서 직접 수차에 이르기까지의 도수관 및 그것을 지지하는 구조물을 일괄하여 말한다.

사. '방수로'란 수차를 거쳐 나온 물을 유도하기 위한 구조물을 말하며, 무압 방수로와 압력 방수로가 있다. 방수로의 시점은 흡출관의 출구로 한다.

아. '방수구'란 수차의 방수를 하천, 호소, 저수지 또는 바다로 방출하는 출구를 말한다.

18. '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, 윤활유장치, 급수장치, 배수장치, 수위조정기, 운전제어장치 등이 포함된다. KEC 112

19. '수차의 유효낙차'란 사용상태에서 수차의 운전에 이용되는 전수두(m)로서, 수차의 고압측 지정점과 저압 측 지정점과의 전수두를 말한다. 수차를 최대출력으로 운전할 때 유효낙차 중 최대의 것을 최고유효낙차, 최소의 것을 최소유효낙차라 한다. KEC 112

20. '압력용기'란 발전용기기 중 내압 및 외압을 받는 용기를 말한다. KEC 112

21. '액화가스 연료연소설비'란 연료를 발전설비에 적합하도록 공급, 처리 및 조정하기 위하여 발전소 내에 설치되는 모든 장치들을 말한다.

관 련 근 거

가. 설비명 : 보일러, 연료전지, 가스터빈 등
나. 연료명 : 수소, LNG(NG), LPG, 바이오매스, 부생가스, 암모니아 등
다. 장치명 : 배관, 압력용기, 계측기, 압축기, 펌프, 밸브, 열교환기, 필터 등

KEC 112

22. '양수발전소'란 수력발전소 중, 상부조정지에 물을 양수하는 능력을 가진 발전소를 말한다.

23. '용접절차시방서(WPS, Welding Procedure Specifications)'란, 용접 완료 후 용접부의 건전성에 대한 품질확인이 어렵기 때문에 용접절차인정기록서(PQR)의 용접조건을 근거로 시공 시 용접부의 기계적 특성, 건전성 등에 미칠수 있는 필수 및 비필수 데이터(용접재료, 이음방법, 형상, 용접조건, 방법, 용접 전 후 열처리, 보호가스 등)를 표기한 문서로써, 실제 용접작업의 지침서를 말한다.

24. '용접절차인정기록서(PQR, Procedure Qualification Records)'란, 용접절차시방서를 인정하기 위해 시험 용접이음을 만드는데 사용된 실제의 용접조건 및 시험결과를 기록한 문서로써 용접부의 기계적 특성을 간접적으로 증명하는 서류를 말한다.

25. '운전제어장치'란 수차 및 발전기의 운전제어에 필요한 장치로써 전기적 및 기계적으로 따라 움직이는 기기, 기구, 밸브류, 표시장치 등을 조합한 것을 말한다. KEC 112

26. '유량'이란 단위시간에 수차를 통과하는 물의 체적(㎥/s)을 말한다. KEC 112

27. '유압장치'란 조속기, 입구밸브, 제압기, 운전제어장치 등의 조작에 필요한 압유를 공급하는 장치를 말하며 유압펌프, 유압탱크, 집유탱크 냉각장치, 유관 등을 포함한다. KEC 112

28. '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. KEC 112

관 련 근 거

29. '이격거리'란 떨어져야할 물체의 표면간의 최단거리를 말한다. KEC 112

30. '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. KEC 112

31. '조속기'란 수차의 회전속도 및 출력을 조정하기 위하여 자동적으로 수구 개도를 가감하는 장치를 말하며, 속도검출부, 배압밸브, 서보모터, 복원부, 속도제어부, 부하제어부, 수동조작 기구 등으로 구성된다.

32. '지진력'이란 지진이 발생될 경우 지진에 의해 구조물에 작용하는 힘을 말한다. KEC 112

33. '지진위험도'란, 내진설계의 기초가 되는 지진구역을 설정하기 위하여 과거의 지진기록과 지질 및 지반특성 등을 종합적으로 분석하여 산정한 지진재해의 연초과 발생빈도를 말한다. KSD 17 10 00 내진설계 일반

34. '펌프수차'란, 수차 및 펌프 양쪽에 가역적으로 사용하는 회전기계를 말하며, 펌프수차 본체와 부속장치로 구성된다. KEC 112
    가. '펌프수차본체'란, 일반적으로 케이싱, 커버, 가이드베인, 러너, 흡출관, 주축, 주축 베어링 등으로 구성된다.
    나. '부속장치'란 일반적으로 입구밸브, 조속기, 유압장치, 윤활유장치, 급수장치, 배수장치, 흡출관 수면압하장치, 운전제어장치 등으로 구성된다.

35. '하중'이란, 구조물 또는 부재에 응력 및 변형을 발생시키는 일체의 작용을 말한다. KEC 112

36. '활동'이란, 흙에서 전단파괴가 일어나서 어떤 연결된 면을 따라서 엇갈림이 생기는 현상을 말한다. KEC 112

37. '발전설비'란 발전을 위하여 설치되는 기계·기구로서, 공사계획 인가·신고된 발전소 구역 안의 설비를 말한다.

09 화력·수력 발전설비

관 련 근 거

910 화력발전설비

910.1 화력설비 일반

910.1.1 목적

발전용 화력설비에 대한 사용전검사 및 정기검사 시 적용하는 검사 기준을 정하는 것을 목적으로 한다.

910.1.2 일반사항

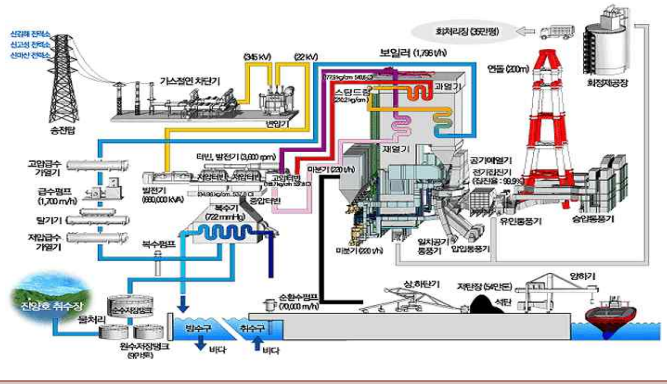
KEC 601

1. 이 기준은 화력발전설비를 검사하는데 적용한다.
2. 발전용 화력설비는 해당 지역의 외기온도 등 기후 및 환경조건에서 정상적인 운전이 가능하여야 한다. 필요한 경우, 관련기관에서 제공하는 통계 데이터를 활용할 수 있다.
3. 이 기준에 명시되지 않은 사항이라 하더라도 기술기준에 적합하도록 하기 위하여 국제표준 및 이에 근접한 기술요건 중 안전수준을 확보할 기술적 근거가 충분하다면 이 규정 이외의 다른 규정을 적용할 수 있다.
4. 이 기준에서 사용하는 단위는 SI단위 외에 미국상용단위를 참조단위로 병행하여 사용할 수 있다.

비고

■ 화력발전설비 계통도 예시(미분탄 보일러)

한국남동발전 홈페이지



관 련 근 거

고시[별표9]

910.2 터빈 기초 및 조립설치

910.2.1 터빈 기초

910.2.1.1 지반조사

1. 터빈기초를 시공하기 앞서 터빈기초를 지지하는 지반에 대하여 지반조사를 실시하여 지층의 구성 상태를 파악하고, 표준관입시험에 의한 지반의 지내력을 추정하여 터빈기초 구조물의 형태 및 규모를 결정하여야 한다.
2. 지반조사의 기준 및 상세방법은 「KDS 11 00 00 지반설계기준」을 적용하여야 한다.

910.2.1.2 터빈기초의 설계

1. 터빈기초는 지형 및 지반, 기상 및 해상조건 등의 입지조건과 구조물의 설계하중, 기기의 여유도 및 안전계수 등을 고려하여 설계되어야 한다.
2. 터빈기초는 기초상부에서 전달되는 하중을 충분히 지지할 수 있어야 하며 상부구조물의 구조와 하중조건 및 지반조건에 따라 기초형식이 결정되어야 한다.
3. 터빈기초는 진동하중을 기초에 전달하는 기계의 기초로서 인접되어 있는 전면(Mat)기초 또는 콘크리트 슬래브와 분리되어야 하며, 분리된 공간에는 압축성 및 내화성이 있는 재료를 충진하여야 한다. 기준 및 상세설계는 「KDS 11 50 30 진동기계기초 설계기준」을 따른다,
4. 터빈기초 구조물은 지진에 대해 안전하여야 하며 기준 및 상세설계는 '제930절 내진'를 적용하여야 한다.

관 련 근 거

910.2.1.3 철근

KDS 14 20 00

1. 철근의 표면에는 콘크리트 부착을 저해하는 흙, 기름 또는 비금속 도막이 없어야 하며 철근의 규격은 한국산업표준 「KS D 3504 철근 콘크리트용 봉강」에 따른다. 단, KDS 14 20 01(3.2.1(5))에 규정한 에폭시 도막철근은 사용할 수 있다.(KDS 14 20 50 콘크리트 구조 철근상세 설계기준 4.1.4(1))
2. 철근의 허용응력, 항복강도 및 최소 피복두께는 「KDS 14 20 00 콘크리트구조 설계」를 따른다.

910.2.1.4 콘크리트의 재료 및 규격

KS F 4009

터빈기초에 사용하는 콘크리트의 재료는 다음 각 호에 따라야 한다.

1. 시멘트는 그 품질에 따라 적절하게 응결하고 소요강도를 낼 수 있어야 하며, 다음에 나타내는 표준에 적합한 것 또는 이와 동등 이상의 것을 사용해야 한다.
   가. 한국산업표준 KS L 5201 '포틀랜드 시멘트'
   나. 한국산업표준 KS L 5210 '고로 슬래그 시멘트'
   다. 한국산업표준 KS L 5211 '플라이애시 시멘트'
   라. 한국산업표준 KS L 5401 '포졸란 시멘트'
2. 골재는 견고하고 내구성이 있으며 적당한 입자크기를 가지며, 다음에 나타내는 표준에 적합한 것 또는 이와 동등 이상의 것을 사용해야 한다.
   가. 한국산업표준 KS F 2527 '콘크리트용 골재'
   나. 한국산업표준 KS F 2543 '콘크리트용 동슬래그 골재'
   다. 한국산업표준 KS F 2544 '콘크리트용 고로 슬래그 골재'
   라. 한국산업표준 KS F 2573 '콘크리트용 순환 골재'
   마. 한국산업표준 KS F 2583 '콘크리트용 연슬래그 골재'
3. 골재, 물 또는 혼화재료는 콘크리트의 응결을 방해하고 철근을 현저히 녹슬게 하거나 콘크리트와 철근과의 부착을 방해하는 산, 염, 유기물

관 련 근 거

또는 진흙을 함유하지 않아야 한다. 혼화 재료는 다음에 나타내는 표준에 적합한 것 또는 이와 동등 이상의 것을 사용해야 한다.

가. 한국산업표준 KS F 2560 '콘크리트용 화학 혼화제'
나. 한국산업표준 KS F 2561 '철근 콘크리트용 방청제'
다. 한국산업표준 KS F 2562 '콘크리트용 팽창제'
라. 한국산업표준 KS F 2563 '콘크리트용 고로슬래그 미분말'
마. 한국산업표준 KS F 2567 '콘크리트용 실리카 퓸'
바. 한국산업표준 KS L 5405 '플라이 애시'

910.2.1.5 콘크리트 배합

KCS 14 20 00

1. 콘크리트 배합은 소요의 강도, 내구성, 수밀성, 균열저항성, 철근 또는 강재를 보호하는 성능을 갖도록 정하여야 한다.
2. 물-결합재비는 원칙적으로 60 % 이하로 하며, 단위수량은 185 kg/㎥을 초과하지 않도록 하여야 한다.

910.2.1.6 콘크리트의 품질

KCS 14 20 00

1. 콘크리트의 강도는 압축강도를 기준으로 하며 일반적으로 표준 양생을 실시한 콘크리트 공시체의 재령 28일을 기준으로 한다.
2. 콘크리트의 압축강도시험은 KS F 2405에 따르며, 공시체의 제작 방법은 KS F 2403에 따른다.
3. 콘크리트 슬럼프 시험방법은 KS F 2402를 따르며 허용오차는 80 mm 이상에서 ±25 mm이어야 한다.
4. 공기량은 보통콘크리트의 경우 4.5 %, 경량 콘크리트의 경우 5.5 %, 포장콘크리트 4.5 %, 고강도콘크리트 3.5 % 이하로 하되, 그 허용오차는 ±1.5 %로 한다.
5. 염화물 함유량은 콘크리트 중에 함유된 염소이온의 총량으로 표시하며

관 련 근 거

굳지 않은 콘크리트 중의 염화물 함유량은 염소이온량(Cl-)으로서 원칙적으로 0.30 ㎏/㎥ 이하로 하여야 한다.

910.2.1.7 콘크리트 시공

KCS 14 20 00

1. 콘크리트 구조물의 시공은 시공계획에 따라야 하며 설계시 고려된 구조물의 강도와 내구성이 충분히 확보될 수 있도록 정해진 피복두께를 확보하고 타설 및 다지기, 양생 등에 주의를 기울여야 한다.
2. 콘크리트를 2층 이상으로 나누어 타설할 경우에는 하층의 콘크리트가 굳기 시작하기 전에 해야 하며, 상층과 하층이 일체화되도록 시공한다. 또한, 콜드조인트가 발생하지 않도록 하나의 시공구획의 면적, 콘크리트의 공급능력, 이어치기 허용시간간격 등을 정하여야 한다.
3. 허용 이어치기 시간간격은 외기온도 25 ℃ 초과시에는 2.0시간, 외기온도 25 ℃ 이하에서는 2.5시간 이내로 한다.

910.2.1.8 치수 및 외관

KCS 14 20 00

1. 터빈기초 구조물의 위치, 형상, 치수 등은 설계대로 시공되어야 하며, 콘크리트 노출면의 상태는 평탄하고 허니컴, 자국, 기포 등에 의한 결함, 철근피복두께 부족의 징후 등이 없으며, 외관이 정상이어야 한다.
2. 균열폭은 KDS 14 20 30(4.1)에 따르되, 구조물의 성능, 내구성, 미관 등 그의 사용목적을 손상시키지 않는 허용값의 범위 내에 있어야 한다.
3. 시공이음은 신·구콘크리트의 일체성이 확보되어야 한다.
4. 모서리는 사용중에 손상되지 않도록 모서리 모따기를 하여야 한다.

910.2.1.9 터빈기초의 검사항목 및 수검자 준비자료

터빈기초의 안전성 확보를 위한 검사항목 및 수검자 준비자료는 표 910-1에 따른다.

관 련 근 거

표 910-1 터빈기초 검사항목 및 수검자 준비자료

항 목	방 법
기초지반	기초지반 상태, 기초의 형식 및 기초지반 처리방법 등이 시방서 규정에 적합한지 확인
철근의 재질 및 규격	철근의 재질, 종류, 등급, 치수, 중량 및 기계적 성질이 시방서 규정에 적합한지 확인
시멘트의 종류 및 품질	구조물의 특성, 단면치수, 위치, 기상조건, 공사의 시기와 공사기간 및 시공방법에 따른 적합한 시멘트가 사용되었는지 확인하며, 또한 그 품질에 신뢰성이 있는지 확인
골재품질	시방서 규정에 의한 소요품질의 콘크리트를 만들기 위하여 공사개시 전에 골재의 유해물에 관한 시험, 골재의 내구성, 기계적 성질에 관한 시험, 재료의 적부를 정하기 위한 시험 및 콘크리트의 배합을 정하기 위한 시험 등이 이루어졌는가 확인 단, 기공사실적, 반응성 골재를 판단할 수 있는 자료, 그 밖의 적절한 시험결과 등으로 부터 사용할 재료의 품질이 명백한 경우에는 그들의 실례로부터 재료의 적부를 판정할 수 있다.
콘크리트 배합	시방배합에 맞도록 현장에서 재료의 상태와 계량방법에 따라 정한 배합을 말하며, 소요의 강도, 내구성, 수밀성 및 적합한 작업성을 갖는 범위 내에서 시방서 규정에 적합하게 콘크리트가 배합 되었는지 확인
현장 콘크리트 품질	시공과정 중 콘크리트의 품질이 시방 조건을 만족하는가, 변동계수가 예상한 값과 크게 상위하지는 않는가, 그 결과에 따라 배합을 수정하여 시공하였는지 확인
콘크리트 시공방법	콘크리트의 운반, 치기, 다지기 및 양생방법이 시방서 규정에 적합하고 이음의 위치와 구조는 설계서 및 시방서 규정을 준수하였는지 확인
철근 조립 설치	설계도에 표시된 형상과 치수에 일치하도록 재질을 해치지 않는 방법으로 조립, 설치되었는지 확인
치수 및 외관	구조물의 위치, 형상, 치수 등이 설계대로 되어있는가, 표면상태는 양호하며 구조물의 각 부위는 충분히 그 기능을 발휘 할 수 있도록 되어있는지 확인
수검자 준비자료	■ 공사계획인가(신고)서 ■ 지반조사보고서(지반조사위치, 주상도 포함) ■ 파일 재료시험성적서(강관파일, PHC파일, 현장타설 말뚝 등) ■ 항타기록부 및 항타시험성적서(리바운드, 관입량 등) ■ 비파괴 시험성적서 ■ 재하시험 성적서(평판재하, 동재하, 정재하 등) ■ 철근시험성적서(공인시험성적서) ■ 콘크리트관련 시험성적서(시멘트, 굵은골재, 잔골재 등 공인시험성적서)

관 련 근 거

표 910-1 계속

항 목	방 법
수검자 준비자료	■ 콘크리트 현장배합 설계표 ■ 콘크리트 품질시험성적서(압축강도, 슬럼프, 공기량, 염화물 시험 등) ■ 설계도 및 구조계산서, 시방서 ■ 감리검측서 및 현장사진

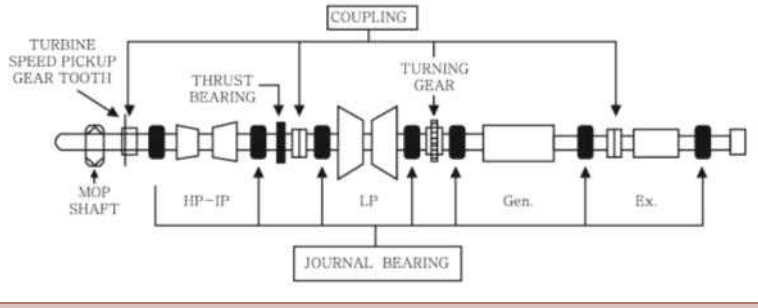
910.2.2 터빈 및 발전기 조립설치

자체 치수검사서의 실측값과 설계값을 비교하며 실측값이 허용범위를 벗어났을 경우에는 제작사의 설계검토·승인내용을 확인하여 판정한다. 다만, 패키지(Package)로 반입되는 경우에는 최종 커플링 조립시점에서 입회하고 선(先) 공정의 측정항목에 대해서는 제작사 현장입회검사(필요시 제작사 시험성적서 확인)을 한다.

1. 베어링 간극은 터빈 및 발전기 각 저널(Journal) 부분의 로터(Rotor) 외경과 베어링 내경간의 실측 간극값 및 스러스트 베어링(Thrust Bearing)과 스러스트 플레이트(Thrust Plate) 간의 실측 간극값(공장 또는 현장)이 터빈 제작사에서 제시한 설계값 이내로 설치해야 한다.

비고

■ 베어링 위치 (예시)



관 련 근 거

910.2.3 터빈 및 발전기 조립설치 검사항목 및 수검자 준비자료

터빈 측에서 발전기 쪽을 보았을 때를 기준으로 상, 하, 우, 좌순서로 확인하며, 이에 대한 검사항목 및 수검자 준비자료는 표 910-2에 따른다.

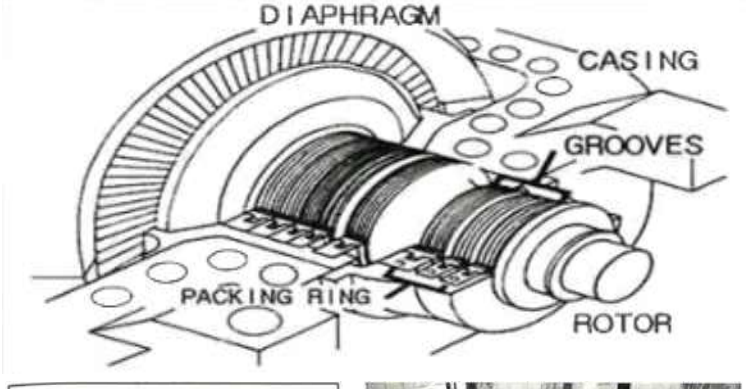
표 910-2 터빈 및 발전기 조립설치상태 검사항목 및 수검자 준비자료

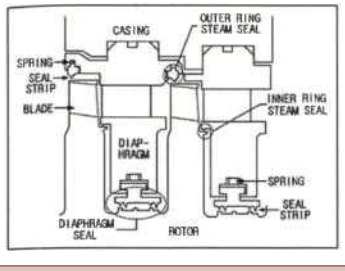
항 목	방 법
베어링 간극	터빈 및 발전기 각 저널(Journal) 부분의 로터(Rotor) 외경과 베어링 내경간의 실측 간극 값 및 스러스트 베어링(Thrust Bearing)과 스러스트 플레이트(Thrust Plate) 간의 실측 간극값(공장 또는 현장)이 터빈 제작사에서 제시한 설계값 이내로 설치하였는지 확인
고정부와 회전부 간극	회전부(Moving Blade)와 고정부(Diaphragm) 상호간의 축방향, 원주방향에 대하여 실측 간극값(공장 또는 현장)이 터빈 제작사에서 제시한 설계값 이내인지를 확인
축 밀봉장치 간극	터빈 케이싱(Casing)과 로터(Rotor) 간 및 고정부(Diaphragm)와 로터(Rotor) 간의 레버린스 패킹(Labyrinth Packing) 간극, 발전기 밀봉 링(Seal Ring)과 발전기 로터(Rotor) 간의 원주방향, 축방향 실측 간극값(공장 또는 현장)이 터빈 제작사에서 제시한 설계값 이내인지를 확인
발전기 공극	발전기 회전부 (Gen. Rotor End Ring) 와 고정부 (Stator Core 내면)사이의 실측 간극값(공장 또는 현장)이 발전기 제작사에서 제시한 설계값 이내인지를 확인
축계 평형	터빈과 터빈 간, 터빈과 발전기 간의 연결부 체결에 대하여 커플링(Coupling) 상호간 림(Rim)의 높낮이(Concentricity), 페이스(Face)의 대칭면 변위(Parallelism) 현장 실측값이 터빈 제작사에서 제시한 설계값 이내인지를 확인
수검자 준비자료	■ 공사계획인가(신고)서 ■ 증기터빈 규격서 ■ 설계기준 및 시방서 ■ 터빈 구조도 ■ 베어링 간극측정 성적서 ■ 고정부와 회전부 간의 간극 측정 성적서 ■ 축밀봉장치 간극측정 성적서 ■ 발전기 공극측정 성적서 ■ 축계평형 측정 성적서

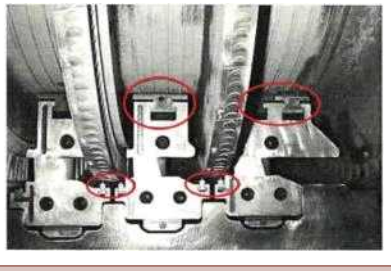
관 련 근 거

비고

■ 밀봉장치 (예시)







910.3 액화가스 연료연소설비

910.3.1 액화가스 연료연소설비의 재료

電技 제100조

1. 액화가스 연료연소설비(펌프 및 압축기는 제외한다)에 속하는 용기 및 관의 압력을 받는 부분에 사용하는 재료는 최고 사용온도 및 최저 사용온도에서 안전한 화학적 성분 및 기계적 강도를 갖고 또한 난연성을 가지는 것이어야 한다.
2. 배관 지지물의 재료는 사용하중에 대해 충분한 화학적 성분 및 기계적 강도를 가지는 것이어야 한다.
3. 배관의 재료는 다음에 기준에 따라 선정한다.
   가. 배관 안의 가스흐름이 원활한 것으로 한다.

KGS FS452
2.5.2.1

관 련 근 거

나. 내부의 가스압력과 외부로부터의 하중 및 충격하중 등에 견디는 강도를 가지는 것으로 한다.

다. 토양·지하수 등에 대하여 내식성을 가지는 것으로 한다.

라. 배관의 접합이 용이하고 가스의 누출을 방지할 수있는 것으로 한다.

마. 절단 가공이 용이한 것으로 한다.

電技 제101조
KEC 635.4

910.3.2 액화가스 연료연소설비의 구조

1. 액화가스 연료연소설비의 내압부분 또는 도관과 관련되는 지지물과 기초 구조는 최대 허용사용압력과 최고 사용온도 또는 최저 사용온도에서 발생하는 최대응력에 대하여 안전한 것이어야 한다. 이 경우 각각의 부분에 발생하는 응력은 해당 부분에 사용하는 재료의 최대 허용응력을 초과하여서는 아니 된다.
2. 액화가스 연료연소설비에 대한 내진설계를 하는 경우에는 '제930절 내진'에 따른다.
3. 발전설비 안에 설치되는 액화가스 연료연소설비는 연료가스의 안정적인 공급과 압력 변동을 최소화하기 위하여 발전을 목적으로 하는 연료연소설비 전용배관으로 설치하여야 한다.

910.3.3 압력방출장치

電技 제102조
KEC 635.7

1. 액화가스 연료연소설비에 속하는 용기 및 배관에는 과도한 압력을 방지하기 위한 적당한 압력방출장치를 설치하여야 한다. 이 경우 해당 압력방출장치는 작동시 압력방출장치로부터 방출되는 가스에 의한 위험이 발생하지 않도록 시설하여야 한다.
2. '과도한 압력'이란 통상의 상태에서 최고사용압력을 초과하는 압력을 말한다.

관 련 근 거

910.3.4 가스의 누설대책

電技 제103조
KEC 635.8

1. 액화가스 연료연소설비는 해당 설비로부터 가스 또는 액화가스가 누설했을 경우 위험을 방지하기 위하여 적절한 조치를 강구하여야 한다.
2. '적절한 조치'란 다음과 같은 것을 말한다.
   가. 가연성 가스(가스에 의한 압력이 0.1 MPa 미만의 것이며 지표면에 체류할 우려가 없는 것은 제외)가 통과하는 배관설비 외면으로부터 화기를 취급하는 설비에 대하여 8 m 이상의 거리를 가지도록 하는 것
   나. 가스의 잔류를 방지하기 위한 구조로 하는 것
   다. 해당 설비에서 누설된 가스가 잔류할 우려가 있는 장소에 해당 가스의 누설을 검출하여 경보하기 위한 설비를 설치하는 것
   라. 지하 매설관의 경우 환기장치를 설치하는 것

910.3.5 경보 및 비상장치

KEC 635.9

1. 액화가스 배관설비에는 압력이나 온도의 기준값을 벗어나는 즉시 경보하는 장치를 설치하여야 한다.
2. 액화가스 사용 중에 이상이 발생시는 액화가스의 유입, 유출을 신속하고 안전하게 차단함으로서 재해의 확대를 방지하기 위한 긴급 차단 장치를 설치하여야 하며 원격 및 수동으로 조작할 수 있어야 한다.

910.3.6 정전기 제거

電技 제104조

액화가스가 통과하는 설비에는 해당 설비에서 발생하는 정전기에 의해 인화 할 우려가 없도록 정전기 제거 조치를 하여야 한다.

910.3.7 차단장치

電技 제106조

액화가스 연료연소설비의 가스출구 및 입구에는 가스나 액화가스의 유출 및 유입을 차단하기 위한 장치를 설치하여야 한다.

관 련 근 거

910.3.8 가스의 치환

電技 제107조

액화가스 연료연소설비의 액화가스가 통하는 부분은 불활성 가스 등으로 가스를 안전하게 치환할 수 있는 구조로 하여야 한다.

910.3.9 표시

電技 제108조

액화가스 연료연소설비의 액화가스가 통과하는 부분은 외부에서 쉽게 구분이 가능하도록 표식을 하여야 한다.

고시[별표9]

910.3.10 연료 연소설비 안전장치의 검사항목 및 수검자 준비자료

1. 연료가스용 연료 연소에 사용되는 연료가스 종류, 발열량, 버너의 종류, 용량, 수량, 용기의 종류, 최고사용압력, 최고사용온도, 수량 및 도관의 재질, 최고사용압력, 외경, 두께 등이 공사계획인가(신고)서와 일치해야 한다.
2. 연료가스용 연료 연소설비는 각 항목별 이상신호가 감지될 때 비상정지(Trip) 및 경보(Alarm)가 작동하는지 확인하며, 이에 대한 안전장치 검사항목 및 수검자 준비자료는 표 910-3에 따른다.

표 910-3 연료연소설비 안전장치의 검사항목 및 수검자 준비자료

항 목	방 법
연료가스 차단밸브 입구 저압력 경보시험(Main Shut-Off Valve Inlet Pr. Low Alarm)	해당 압력스위치를 동작시켜(모의 또는 실제) 배전반 경보창(Annunciator)에 경보가 표시되는지 확인하고 시험값은 계기교정성적서 값을 기록
연료가스 차단밸브 출구 저압력 정지시험(Gas Trip Valve Outlet Pr. Low Trip)	해당 압력 스위치를 동작시켜(모의 또는 실제) 배전반 경보창에 경보 및 트립이 표시되는지 확인하고 시험값은 계기교정성적서 값을 기록
연료가스의 치환 설비 및 누설 점검	연료가스 연료연소설비의 연료가스가 통하는 배관에 대해 치환설비(불활성 가스 등) 설치여부 및 누설 없이 안전하게 치환할 수 있는 구조인지 확인

관 련 근 거

표 910-3 연료연소설비 안전장치의 검사항목 및 수검자 준비자료(계속)

항 목	방 법
연료가스 배관 표시 상태 점검	연료가스가 통하는 배관에 대해 외부에서 쉽게 구분 가능한 표식이 되어있는지 확인
매설배관 부식방지 상태 점검	지하에 매설하는 연료가스 배관에 대해 부식으로 인한 악영향을 방지하기 위한 전기부식 방지조치 여부를 확인
수검자 준비자료	■ 공사계획인가(신고)서 ■ 연료가스용 연료연소설비 규격서 ■ 연료가스용 연료연소설비의 구조도 ■ 안전장치 트립 인터록 도면 ■ 안전밸브시험 성적서 ■ 계기교정시험 성적서 ■ 경보회로시험 성적서 ■ 부식방지장치 시공 절차서

910.4 보일러 및 부속설비

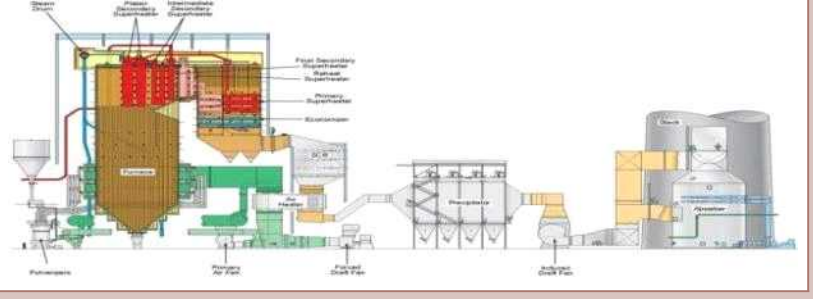
910.4.1 안전밸브

電技 제75조

보일러, 압력용기, 배관 및 그 부속설비에는 과도한 압력이 발생할 우려가 있는 것에 대해서는 그 압력을 방출하기 위한 적당한 안전밸브를 설치하여야 한다. 이 경우 안전밸브는 작동시 부속설비에 손상이 발생하지 않도록 시설하여야 한다.

비고

■ 보일러 (예시)



관 련 근 거

KEC 605.32
Kepic M-33
KG-67

910.4.2 안전밸브의 요건

1. 보일러에는 최소한 한 개의 압력방출밸브가 있어야 한다. 보일러의 나관 물-가열 면적이 47 ㎡를 초과하면 두 개 이상의 압력방출 밸브가 있어야 한다. 나관 물-가열 면적과 확장된 물-가열 면적의 조합이 47 ㎡를 초과하는 보일러에 대해서는, 보일러의 최대 설계 증기발생량이 1,800 ㎏/hr를 초과하는 경우에 한해 두 개 이상의 압력방출밸브가 필요하다.

2. 각 보일러('4'에서 기술된 사항은 제외)의 배출용량총합은 보일러에서 생성할 수 있는 모든 증기를 방출할 수 있도록 하여야 한다. 이때 압력 상승은 밸브 설정압 중 최고치에서 6 %를 초과하지 않아야 하고, 어떤 경우에도 최대허용사용압력(MAWP: Maximum Allowable Working Pressure)에서 6 %를 초과하여 설정하여서는 아니된다.
   가. 모든 종류의 보일러에 대한 압력방출밸브의 최소요구방출용량은 보일러 제조자가 정한 최대허용 사용압력에서의 최대 설계 증기발생량과 같거나 그보다 커야 하며, 그 방출용량은 보일러의 다른 기능에 의해 제한을 받는 모든 연료연소설비의 총 용량을 기준으로 해야 한다.
   나. 폐열보일러에 대한 최소요구방출용량은 제조자에 의해 결정되어야 한다. 폐열회수에 보조연소를 조합하여 사용할 경우, 보일러 제조자가 결정하는 최대 출력에는 보조연소의 영향을 포함시켜야 한다. 이 최대출력에 의해서 방출밸브의 최소방출용량을 결정해야 한다. 폐열회수 대신 보조연소를 사용하는 경우, 최소요구 방출용량은 보조연소와 폐열회수 중 높은 것을 기준으로 해야 한다.
   다. 보일러로부터 차단되어 화염 압력용기가 될 수 있는 절탄기는 한 개 이상의 압력방출밸브가 있어야 한다. 여기에서, 압력방출밸브 총 방출용량 ㎏/hr(lb/hr)은 보일러제조자가 결정한

관 련 근 거

예상 최대흡수열량 W(Btu/h)를 646(1000)으로 나누어 계산한 것이다.

라. 과열기(SH:Superheater) 또는 재열기(RH:Reheater) 전열면의 가스흐름에서 하류쪽에 위치한 증기발생 전열면을 가진 보일러의 경우, 보일러의 최대양정에서 모든 압력방출밸브가 방출될 때 발생되는 증기는, 보일러의 최대허용사용압력(MAWP)에서의 최대 설계 증기발생용량을 초과할 수 있다. 이 경우 제조자는 아래 방법 중 하나로 조치하여야 한다.

1) 모든 압력방출밸브의 최소 방출용량은 전 양정에서 방출할 때 발생할 수 있는 증기의 양 이상이어야 한다. 1차 열원과 함께 보조연소를 사용하는 보일러는 제조자가 총 요구용량에 이러한 연소의 영향을 포함시켜야 한다.

2) 모든 압력방출밸브의 최소요구방출용량은 보일러의 최고허용사용압력에서의 최대증기발생용량 이상이어야 하며, 그 보일러는 증기압에 따라 제어되는 다음기능을 상회하는 장치를 설치하여야 한다.

가) 증기발생량이 보일러의 최고허용사용압력에서 최대증기발생용량을 초과하지 않도록 보일러의 총 열입력을 감소시키는 제어장치

나) 증기 압력이 보일러 최고허용사용압력의 106 %에 도달하면, 보일러의 열입력을 차단하는 제어장치

3. 보일러 본체에 있는 한 개 이상의 안전밸브는 최대 허용사용압력 이하로 설정하여야 한다.('4'에서 기술된 사항은 제외) 추가 밸브가 사용되면, 최고 설정압력은 최대 허용사용압력의 3 %이상 초과해서는 아니 된다. 보일러에 있는 모든 포화증기 안전밸브의 전체 압력 설정범위는 밸브 설정압력 중 최고압력의 10 % 이상 초과해서는 아니 된다.

가. 2의 '다'에 의해 요구되는 절탄기 압력방출장치는 절탄기의 최대허용사용압력을 이용하여 이보다 더 높게 설정하여야 한다.

관 련 근 거

4. 증기압력에 따라 움직이는 자동제어 및 보호 인터록(Interlock) 장치가 장착된 관류보일러의 안전밸브는 '1'부터 '3'까지 기술한 내용에 따라 설치하거나 또는 아래와 같은 보호 장치를 하여야 한다.
   가. 동력작동(Power actuated) 압력방출밸브
      1) 한 개 이상의 동력작동 압력방출밸브는 보일러압력부와 직접 교신할 수 있어야 하며, 과열기 출구에서 최대 허용사용압력을 초과하는 경우, 밸브를 개방하기 위한 제어 임펄스(Impulse) 신호를 받도록 하여야 한다. 동력작동 압력방출밸브의 총 방출용량은 보일러제조자가 결정한 모든 작동조건하에서 보일러의 최대설계 증기발생량의 10 % 이상이어야 한다. 밸브는 과압을 방출시킬 수 있는 압력부 계통에 설치하여야 한다.
      2) 동일한 용량의 대체 동력작동 압력방출밸브가 '1)'의 기준에 따라 보일러와 직접 통신하도록 설치된다면, 수리가 가능하도록 바깥나사-요크형 또는 볼형태의 격리용 스톱밸브(Stop Valve)를 동력작동 압력방출밸브와 보일러 사이에 설치하여도 된다.
      3) 격리용 스톱밸브의 배출구 면적은 동력작동 압력방출밸브의 입구 면적과 최소한 같아야 한다. 격리용 스톱밸브가 볼형태인 경우, 밸브의 개폐 위치를 확실히 식별할 수 있도록 하여야 한다. 격리용 스톱밸브가 동력작동형(공압, 모터, 유압 등)인 경우, 수동으로도 작동 가능한 기구가 제공되어야 한다.
      4) 안전밸브 기능을 가진 고압바이패스 장치는 동력작동 압력방출밸브 용량으로 산정할 수 있으며, 아래 '5)'에 모두 만족하는 경우에는 동력작동 압력방출밸브 만으로 최대설계 증기발생량의 100 % 이상이 되도록 할 수 있다.
      5) 동력작동 압력방출밸브는 아래와 같은 기능을 가져야 한다.
         가) 전기, 압축공기, 증기, 가압수, 압력유의 동력원에 의하여 밸브를 개폐하는 것으로서 검출부의 증기압력이 규정분출압력에 도달할 때에 즉시 열리는 것이어야 할 것

관 련 근 거

나) 밸브는 증기 압력의 변화만을 검출하는 장치를 별개로 가지는 것이어야 할 것

다) 압력릴리프장치에 있어서는 대기에, 안전밸브 기능을 가진 바이패스장치에 있어서는 대기 또는 저압용기에 배기를 방출하는 구조이어야 할 것

나. 압력방출밸브

1) '가'에 의해 설치된 동력작동 압력방출용량의 값을 포함하여 총 조합방출용량은 보일러제조자가 결정한 최대설계 증기 발생량의 100 % 이상이 되도록 하여야 한다. 이러한 총합에서, 실제 설치된 동력작동 압력방출밸브에 대해 총 요구 방출용량의 30 %를 초과하도록 허용해서는 아니 된다. 다만, 가의 '4)'에 따라 설계되는 경우에는 그러하지 아니하며, 아래 '3)'의 대체 기준을 만족하는 경우는 제외한다.

2) 압력방출밸브의 일부 또는 전부는 그들이 연결된 부품의 최대 허용사용압력을 초과하여 설정하여도 되지만, 그러나 설정 압력은 동력작동 압력방출밸브와 함께 이들 밸브의 전부가 작동할 때 압력이 보일러의 모든 부분에서 최대 허용사용 압력의 20 % 이상 상승하지 않도록 하여야 한다.

3) 압력방출밸브의 총 설치 용량은 다음 조건 전부를 만족한다면 위의 '1)'의 요건보다 작아도 된다.

가) 보일러의 증기 발생량이 450,000 ㎏/hr 이상이어야 하고 동력발생이 단일시스템으로 되어 있을 것(1대의 보일러와 1대의 터빈발전기로 구성)

나) 보일러는 증기 압력의 변화에 대응하는 다음을 포함하는 자동 장치가 있을 것

(1) 원하는 작동범위에서 증기압력을 유지 할 수 있고, 변화하는 증기출력에 비례하여 연소량 및 급수 유량을 조정할 수 있을 것

관 련 근 거

(2) 증기압력이 최대 허용사용압력의 10 %를 초과할 때, 위 '(1)'의 제어와 관계없이 연료량 및 급수유량을 감소시킬 수 있을 것

(3) 독립적인 압력 감지장치를 사용하여 위 '(2)'의 설정압력보다 높은 압력에서 보일러로 유입되는 연료 및 급수의 흐름을 차단하는 과압방지 작동기구를 설치할 것

다) 압력방출밸브가 2개 이상이고, 압력방출밸브의 총 정격방출용량이 제조자가 결정한 보일러의 최대설계 증기발생량의 10 % 이상일 때.(압력방출밸브는 그것이 연결된 부품의 최대 허용사용압력을 초과하여 설정하여도 되지만, 최대 허용사용압력을 초과하여 20 % 보다 높지 않은 압력에서 열리도록 설정하여야 한다)

라) 최소한 2개의 압력방출밸브가 보일러로 유입되는 연료 및 급수의 흐름을 차단하는 제어기에 직접 밸브 스템(Stem)의 개방 동작을 전달할 수 있는 장치를 설치한 때

마) '2)'에서 요구하는 모든 제어기 및 장치에 대한 동력공급이 보일러와 동일한 설비 내에 있고, 다른 동력원의 파손이나 중단에도 제어기와 장치를 지속적으로 작동하도록 하는 동력원이 있을 때

4) 스톱밸브가 고정 증기나 수위가 없는 강제유동 증기발생기의 두 부분 사이의 증기-물 흐름 경로에 설치되는 경우, 다음 사항을 모두 만족하여야 한다.

가) '가'에서 요구되는 동력작동 압력방출밸브는, 스톱밸브의 상류에서 최저 압력수준을 갖는 기기의 최대 허용사용압력이 초과할 때, 개방을 위한 제어 임펄스를 수신할 것

나) 압력방출밸브는 '나'의 '1)'부터 '3)'까지 압력보호 요건에 맞게 설치할 것

다. 관류형 증기발생기에 대한 과압보호 조건은 그림 910-1를 참조하여야 한다.

제910절

관 련 근 거

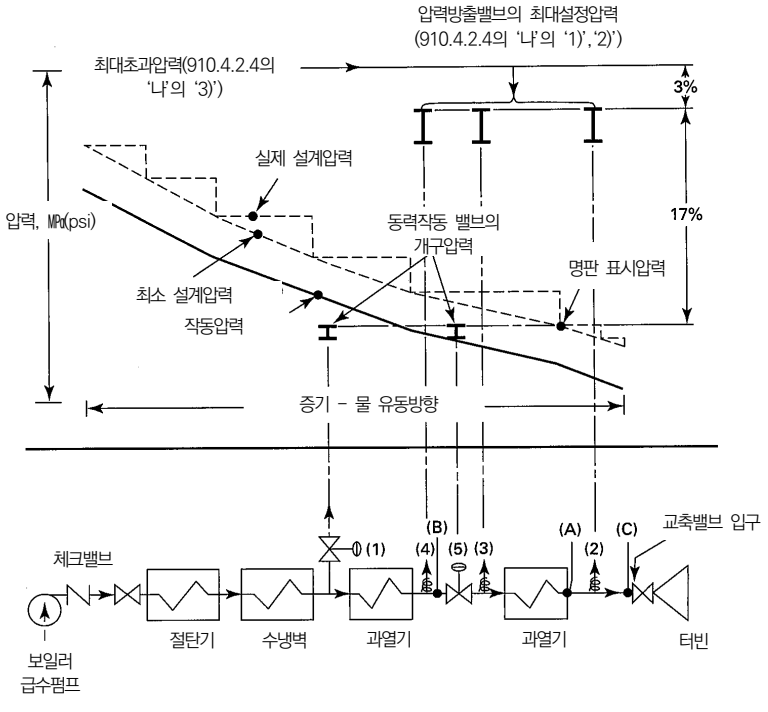


그림 910-1 관류형 증기발생기에 대한 과압보호 조건

1. 압력
   (A) = 최대허용사용 압력
   (B) = 입구에서 스톱밸브 (5)까지의 기기 설계 압력 [910.4.2.4의 '나'의 '4)']
   (C) = 터빈 교축 밸브 입구 압력

2. 압력방출밸브
   (1) = 동력작동 밸브[910.4.2.4의 '가']
   (2), (3) 및 (4) = 스프링식 안전밸브[910.4.2.4의 '나'의 '1)']
   (5) = 과열기 스톱 밸브[910.4.2.4의 '나'의 '4)']

3. 방출밸브 흐름 용량(보일러의 정격 용량에 근거한 최소 값)
   (1) = 10~30 %][910.4.2.4의 '가']
   (2) = 한 개 밸브의 최소 값(910.4.3.1)
   (2) + (3)[스톱밸브 (5) 방향으로 흐를 때] = 독립적으로 연소되는 과열기에 필요한 양(910.4.3.3)

관 련 근 거

(2) + (3) + (4) = 100 % − (1)[910.4.2.4의 '나'의 '1)']

4. 방출밸브 개방 압력(최대)
(1) = (A) 및 스톱밸브 (5)가 있을 때 (B)[910.4.2.4의 '가']
(2), (3) 및 (4) = (A) + 17 %[910.4.2.4의 '나'의 '1)']
(5) = (A)[910.4.2.4의 '가']

5. 안전밸브 흐름 용량(보일러의 정격 용량에 근거한 최소 값)
(1) = 10~30 %[910.4.2.4의 '가']
(2) = 한 개 밸브의 최소 값(910.4.3.1)
(2) + (3)[스톱밸브 (5) 방향으로 흐를 때] = 독립적으로 연소되는 과열기에 필요한 양(910.4.3.3)
(4) = 스톱밸브 (5)가 있을 때 2개의 밸브 최소 값의 총 10 %(910.4.2.4의 '나'의 '3)'의 '다)')
(2) + (4) = 스톱밸브 (5)가 없을 때 2개의 밸브 최소 값의 총 10 %[910.4.2.4의 '나'의 '3)'의 '다)']

6. 방출밸브 개방 압력(최대)
(1) = (A) 및 스톱밸브 (5)가 있을 때 (B)[910.4.2.4의 '가']
(2), (3) 및 (4) = (A) + 20 %[910.4.2.4의 '나'의 '3)'의 '다)']
(5) = (A)[910.4.2.4의 '가']

7. 자동 압력 제어[7.1.4 b) 2)]
(a) (C)에서 부하상태에서의 정상운전 [910.4.2.4의 '나'의 '3)'의 '나)'. '(1)']
(b) (A) + 10 %에서 (a)의 제어를 무시 [910.4.2.4의 '나'의 '3)'의 '나)'. '(2)']
(c) (A) + 20 %에서 연료 및 급수의 흐름 차단 [910.4.2.4의 '나'의 '3)'의 '나)'. '(3)']
(d) (4)에서 안전밸브가 '페일-세이프' 동력 회로에 의해 연료 및 급수의 흐름 차단 [910.4.2.4의 '나'의 '3)'의 '라)'

910.4.3 과열기 및 재열기

KEC 605.33

1. 관련 표준에서 허용된 경우를 제외한 모든 과열기는 과열기 출구와 첫 번째 스톱밸브 사이의 증기 흐름경로에 한 개 이상의 압력방출 밸브가 있어야 한다. 밸브의 위치는 사용 목적에 적합하여야 하고, 필요한 과압 보호를 하여야 한다. 각 압력방출밸브의 작용시 배출되는 증기는 밸브의 압력설정과 방출용량 설정시 고려되어야 한다.

관 련 근 거

만일 과열기 출구 헤더(Header)가 끝에서 끝까지 전 구간 증기 자유통로이고, 과열기 튜브와 헤더를 통해 증기가 균일한 흐름이 되도록 헤더의 전 길이에 걸쳐 실제로 같은 간격으로 증기가 공급되도록 구성되어 있다면, 압력방출밸브 또는 다른 밸브는 헤더 길이 내의 어느 곳에 설치하여도 된다.

2. 과열기에 부착되어 있는 안전밸브 또는 다른 밸브의 방출 용량은 보일러에 대한 안전밸브의 수량과 크기를 정하는데 포함하여도 된다. 다만, 과열기 안전밸브와 보일러 사이에 중간 밸브가 없어야 하고, 과열기와는 별도로 보일러에 있는 안전밸브 또는 다른 밸브의 방출 용량이 최소한 요구되는 총 밸브 용량의 75 % 이상이어야 한다.

3. 보일러로부터 차단되어 화염 압력용기로 될 수 있는 모든 독립 화염식 과열기는, 방출용량이 고온 가스에 노출된 부분에서 측정된 과열기 표면적(㎡)당/시간당 29 ㎏의 증기를 방출하는 한 개 이상의 안전밸브가 있어야 한다. 대안으로, 제조자가 결정한 예상최대흡수열 W(Btu/h)을 646(1000)으로 나누어 계산해도 좋으며 설치한 안전밸브의 개수와 총용량은 방출증기용량보다 커야 하며, 분리형 직화식 과열기에 사용되는 안전밸브는 '1'의 규정에 따라 위치를 정하고, 910.4.4에 따라 설치하여야 한다.

4. 모든 재열기에는 하나 이상의 안전밸브를 두어야 하며, 밸브의 총 배출용량은 적어도 재열기의 설계 최대 증기유량과 같아야 한다. 재열기 안전밸브의 용량을 보일러 및 과열기의 필요 방출 용량을 포함해서는 아니 된다. 전체 필요량에 대한 15 % 이상의 조합 배출용량을 가지는 하나 이상의 압력방출밸브를 재열기 출구와 첫 번째 스톱밸브 사이에 증기 유동로를 따라 설치해야 한다. 압력방출밸브 설정압을 결정할 때 재열기 출구측의 밸브 상류 부분 압력강하를 고려해야 한다.

5. 수트블로어(Soot blower) 연결부는 안전밸브 연결부로 사용되는 과열기나 재열기의 출구와 동일한 출구에 부착하여야 한다.

관 련 근 거

6. 230 ℃를 초과하는 온도에서 과열된 증기를 방출하는 과열기와 재열기에 사용되는 모든 안전밸브는 강, 합금강 또는 이와 동등한 내열재료로 제작되어야 하며, 밸브의 입구는 플랜지붙이 연결 또는 맞대기용접 연결로 되어야 한다. 동력구동 압력방출밸브는 910.4.4의 '2' 압력방출입구면적 크기 요건에 적합한 다른 입구 연결 형태를 가질 수 있다. 또한 밸브는 적절한 열 침식 및 부식 저항 재료로 된 시트(Seat)나 디스크(Disk)가 있어야 하고, 스프링은 배출 증기와의 접촉으로부터 보호되도록 밸브 케이싱의 외측으로 완전히 노출되어야 한다.

910.4.4 안전밸브의 설치

KEC 605.35
Kepic M-33
KG-71

1. 한대의 보일러에 2개 이상의 안전밸브가 사용되는 경우, 그것들을 분리하여 설치하거나, Y-형체에 개별 밸브를 설치하여 만든 트윈(Twin)밸브 또는 동일한 몸체 케이싱에 2개 밸브가 있는 복식 밸브로 설치하여도 된다. Y-형체에 개별 밸브를 설치하여 만든 트윈 밸브나 동일 몸체 케이싱에 2개 밸브가 있는 복식 밸브는 동일한 용량이어야 한다. 크기가 다른 2개의 밸브를 설치하는 경우, 작은 밸브의 방출용량은 큰 밸브 방출용량의 50 % 이상이어야 한다.
2. 안전밸브 또는 압력방출밸브는 다른 연결부와는 독립적으로 보일러에 연결하여야 하고, 불필요한 중간 관 또는 관 이음쇠를 거치지 않고 보일러 또는 정상적인 증기 흐름경로에 가능한 한 가깝게 부착하여야 한다. 모든 안전밸브 또는 압력방출밸브는 스핀들(Spindle)이 수직이 되도록 연결하여야 한다.
3. 보일러와 안전밸브 또는 압력방출밸브 사이의 연결부 출구면적은 최소한 밸브 입구의 면적과 같아야 한다.
   가. 안전밸브 또는 압력방출밸브와 보일러 사이에 어떤 종류의 밸브도 설치해서는 안 되며 또한 안전밸브 또는 압력방출밸브와 대기사이 방출관에도 밸브를 설치해서는 아니 된다.

관 련 근 거

나. 방출관이 사용되는 경우, 그 단면적은 밸브 출구의 전체면적이나 그 안에서 방출하는 여러 개 밸브 출구의 총 면적 이상이어야 한다.

다. 방출관은 가능한 한 짧고 직선이어야 하며, 밸브에 과도한 응력을 주지 않도록 배치하여야 한다.

4. 안전밸브 또는 압력방출밸브에 소음기를 사용하는 경우, 그것의 출구 면적을 충분히 크게 하여 밸브의 적절한 운전과 배출용량을 방해함으로써 발생하는 배압을 방지해야 한다.

가. 소음기 판 또는 소음기의 다른 장치는 침전물에 의해 증기유동이 방해받지 않도록 제작하여야 한다.

나. 안전밸브 또는 압력방출밸브는 그것의 작동에 영향을 줄 수 있는 옥외형 기기에 노출되는 경우, 적절한 덮개로 밸브를 보호하여야 하며, 보호물 또는 덮개는 벤트(Vent)가 잘되고, 밸브의 기능 발휘 및 정상작동이 잘 되도록 배치하여야 한다.

5. 보일러가 한 개의 연결부에 2개 이상의 안전밸브 또는 압력방출밸브가 연결되는 경우, 이 보일러의 연결부는 그것이 연결되는 모든 안전밸브 또는 압력방출밸브의 입구 연결부의 면적 이상의 단면적을 가져야 한다.

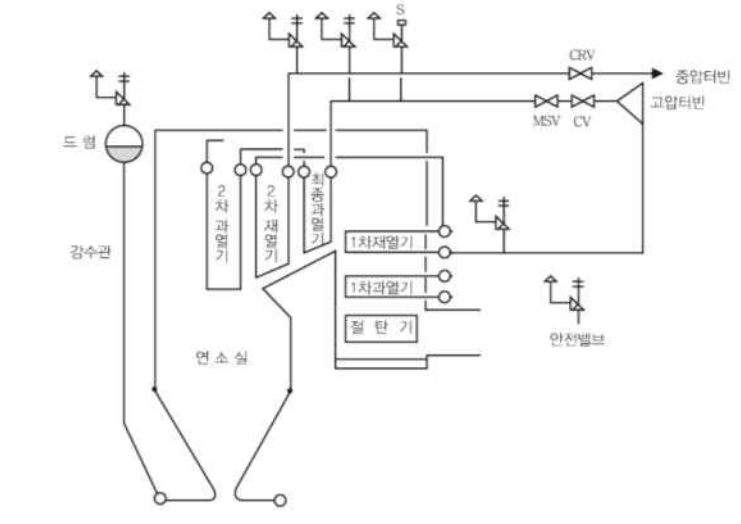
6. 모든 보일러는 다른 외부 증기 연결부와 독립적인 안전밸브 또는 압력방출밸브를 위한 적절한 출구 연결부가 있어야 하며, 출구면적은 부착되는 모든 안전밸브 또는 압력방출밸브 입구 연결부의 총 면적과 최소한 같아야 한다.

7. 안전밸브가 별개의 증기 드럼 또는 돔(Dome)에 부착되는 경우, 보일러 본체 및 증기 드럼 또는 돔 사이의 구멍은 '6'에서 요구되는 것 이상이어야 한다.

관 련 근 거

비고

■ 안전밸브의 설치 위치도



910.4.5 안전밸브의 작동

KEC 605.36

1. 안전밸브 또는 압력방출밸브는 접점진동(Chattering)이 없고, 최소배출압력 15 kPa 또는 설정압력의 2 % 중 큰 쪽의 배출압력으로 작동되고, 밸브설정압력의 3 % 보다 높지 않은 압력에서 완전히 개방되어지고 작동되는 구조로 설계, 제작 되어야 한다. 다만 압력방출밸브는 견본제품 2개를 선정하여 용량인증시험을 하여야 한다. 이 견본들의 최대 블로우다운은 다음 표 910-4에 명시된 값을 초과하지 말아야 한다.

표 910-4 안전밸브의 최대 블로우다운

설정압력, MPa(psi)	최대방출, MPa(psi)
〈 0.5(67)	0.03(4)
≥ 0.5(67)과 ≤ 1.7(250)	설정압력의 6 %
〉 1.7(250)과 〈 2.5(375)	0.1(15)
≥ 2.5(375)	설정압력의 4 %

관 련 근 거

2. 압력방출밸브의 최대블로우다운은 다음 표 910-5에 명시된 값을 초과하지 말아야 한다.

표 910-5 안전밸브의 분출점 허용오차

설정압력, MPa(psi)	설정압력의 (+) 또는 (−) 허용오차
≤ 0.5(70) > 0.5(70) 및 ≤ 2.1(300) >(300) 2.1 및 ≤ 7.0(1000) > 7.0(1000)	15 kPa(2 psi) 설정압력의 3 % 70 kPa(10 psi) 설정압력의 1 %

3. 고정된 수증기와 수위가 없는 강제순환식 증기발생기나 고온 온수 보일러에 사용하도록 설계된 밸브의 블로우다운은 설정압력의 10 %를 초과하지 말아야 한다.

910.4.6 안전밸브의 용량

KEC 605.34

910.4.2의 '1'에서 요구되는 최소 수량을 조건으로 하여, 필요한 안전밸브 및 압력방출밸브의 개수는 보일러 제조자가 결정한 최대설계증기발생량과 제조자의 밸브에 표시되는 방출용량을 기준으로 계산하여야 한다.

910.4.7 허용 가능한 안전밸브 및 압력방출밸브

KEC 605.37

1. 밸브의 설계는 확실한 작동 및 기밀을 확보하는데 필요한 안내 정렬구조를 적용하여야 한다.
2. 스프링은 완전 리프트 한 경우의 스프링 압축량이 공칭 밀착(Solid) 변형량의 80 % 이하가 되도록 설계하여야 한다. 스프링의 영구변형(스프링 자유높이와 스프링을 실온에서 미리 설정한 후 3회 밀착 압축한 다음 10분 후에 측정한 높이와의 차로 정의함)이 자유높이의 0.5 %를 초과해서는 아니 된다.

관 련 근 거

3. 밸브 부품이 자유로이 움직이도록 하는 방법으로서, 모든 안전밸브 또는 압력방출밸브는 실질적인 리프팅(Lifting) 장치가 있어야 한다. 밸브가 최소한 설정압력의 75 % 압력을 받을 때 디스크의 닫힘력(Seating force)이 이완되도록 작동해야 한다. 리프팅 장치는 외부 리프팅 힘이 제거되었을 때 밸브 디스크가 올라간 위치에서 고정되거나 유지되지 않도록 하여야 한다.
4. 안전밸브의 시트(Seat)는 리프팅 될 가능성이 없도록 밸브 몸체에 고정시켜야 한다.

910.4.8 안전밸브 시험

KEC 605.32~37
고시[별표9]

1. 보일러 안전밸브(압력릴리이프 장치나 기동바이 패스 장치 포함)의 분출압력의 설정치는 다음 범위 이내이어야 한다.
   가. 안전밸브 1개 일때 최대허용사용압력 이하
   나. 안전밸브 2개 이상 일때 1개는 최대허용사용압력 이하, 나머지는 최대허용사용압력의 1.03배 이하
   다. 안전밸브의 분출정지압력은 표 910-4에 따른다.
   라. 안전밸브의 분출압력 허용오차는 표 910-5에 따른다.
2. 실제동작시험(Actual Test)
   계통압력을 실제로 상승시켜 설정압력에서 안전밸브가 작동(분출시작)된 후 압력을 강하시켜 정지(분출정지)되는 지를 확인하는 시험으로 아래와 같다.
   가. ESV(Electric Safety Valve)가 설정 압력값에서 동작되는지 확인
   나. 원칙적으로 직접 스프링식(Spring Type)은 실제동작시험
   다. 신뢰도 있는 시험장비에 의한 시험 결과를 토대로 각 보일러 계통별로 임의 선정(Sampling)하여 실제동작시험
   라. 유압구동 Type중 초고압인 HP-Bypass 밸브는 계통압력 30 % 이상에서 동작시험을 실시할 수 있다.

관 련 근 거

3. 시험장비에 의한 시험
   계통압력을 설정압력보다 낮은 압력으로 유지 (Spring Type의 경우, 설정압력의 80 ~ 85 %정도)하고, 밸브작동에 필요한 여분의 압력은 밸브에 설치한 시험장치에 가해지는 유압 또는 공기압을 증가시켜 밸브의 작동 및 정지를 확인한다.

910.4.9 보조기기 안전밸브 시험

KEC 605.36
KEC 610.36
고시[별표9]

1. 내압이 0 kPa를 초과하는 급수가열기, 탈기기, 보조증기헤더, 보조보일러, Steam Converter, 압축공기계통(공조설비 제외), 연료공급계통(NG가스계통 등), 급수계통(수처리설비 제외), 배연탈황설비, 배연탈질설비(기화기 포함) 등에 설치되어 있는 안전밸브로서 계획예방정비시 해당 점검주기 대상 안전밸브를 검사대상으로 한다. 단, 소화수설비 및 샘플링설비는 제외한다.
2. 모든 발전소내의 안전밸브를 계획예방정비 주기를 기준으로 점검절차서를 제정하도록 하고 당해 점검주기에 검사를 받도록 안내한다.
3. 현장 여건상 실제동작시험을 할 수 없을 때는 신뢰성 있는 시험장비로 실시한 시험성적서를 확인한다.
4. 보조기기 안전밸브의 설정압력은 다음과 같다.
   압력방출밸브 설정압력의 ±허용오차는 설정압력이 500 kPa이하인 경우에는 15 kPa을, 설정압력이 500 kPa을 초과하는 경우에는 설정압력의 3 %를 초과해서는 아니 된다.
   가. 실제 동작시험을 실시 할 때는 910.4.8의 '2'에 따른다.
      (단, 안전밸브 분출정지 압력은 제외한다)
   나. 안전밸브 분출압력의 허용오차는 설정압력의 ±3 %(최소값 ±15 kPa(±0.15 kgf/㎠))를 초과해서는 안 된다.

관 련 근 거

비고

■ 안전밸브 현장시험 (예시)

현장 표준계기 설치

안전밸브 Actual Popping

장비에 의한 시험

안전밸브 Setting 작업을 위한 밸브 조작

910.4.10 수검자 준비자료

수검자는 '보일러·보조기기 안전밸브 설치 및 동작시험' 검사를 실시하기 전에 다음의 자료를 준비하여야 한다.

1. 공사계획인가(신고)서
2. 보일러 규격서
3. 보일러 구조도
4. 안전밸브 설치도면
5. 안전밸브 시험성적서

관 련 근 거

KEC 605.38
電技 제76조

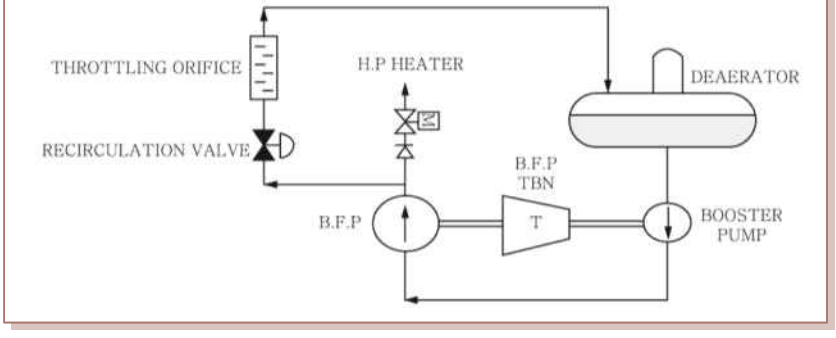
910.4.11 급수장치

1. 보일러에는 최대 연속 증발시 열적 손상이 일어나지 않도록 물을 공급할 수 있는 급수장치를 설치하여야 한다.
2. 설비의 이상 등에 의해 순환 보일러의 수위 또는 관류 보일러의 급수 유량이 현저하게 저하 했을 때 급속히 연료의 공급이 차단되어도 계속해서 보일러에 손상을 줄 수 있는 열이 잔존하는 경우에는 해당 보일러에 손상이 발생되지 않도록 하여야 한다.
3. '4'에 지정하는 것을 제외하고는 아래와 같이 보일러에는 최대증발량을 발생시키는데 필요한 최소한 2가지 방법을 가져야 한다.
   가. 각 급수원은 보일러에 설치된 안전밸브의 최고 설정압력보다 3 % 높은 압력으로 보일러에 물을 공급할 수 있어야 한다.
   나. 비 부유상태의 고체연료를 연소하는 보일러의 경우와 급수가 차단되면 보일러를 손상시킬 정도의 충분한 열을 계속 공급할 수 있는 환경 또는 열원을 가진 보일러의 경우에는 한 쪽의 급수장치는 다른 쪽에서와 같이 동일한 급수 차단이 생기지 않아야 하며, 또한 각각의 급수장치는 보일러의 손상을 방지할 수 있도록 충분한 물을 공급할 수 있어야 한다.
4. 가스, 액체 또는 부유상태의 고체연료로 연소되거나 연소터빈엔진 배기로 가열되는 보일러는 급수펌프를 1대만 설치하여도 된다. 다만, 이 경우에는 수위가 최저설정 허용위치에 도달하기 전에 입열을 차단하는 장치를 설치하여야 한다.

관 련 근 거

비고

■ 보일러 급수펌프 계통도



910.4.12 증기 및 급수의 차단

KEC 605.39
電技 제77조

910.4.12.1 증기의 차단

1. 보일러의 증기출구(안전밸브로부터의 증기출구 및 재열기로부터의 증기출구를 제외)는 보일러를 계통으로부터 분리할 수 있도록 아래 그림 910-2에 나타낸 것처럼 증기의 유출을 차단할 수 있는 구조로 하여야 한다. 다만, 증기터빈 입구에 차단밸브를 설치하는 경우에는 차단밸브의 설치를 생략할 수 있다.

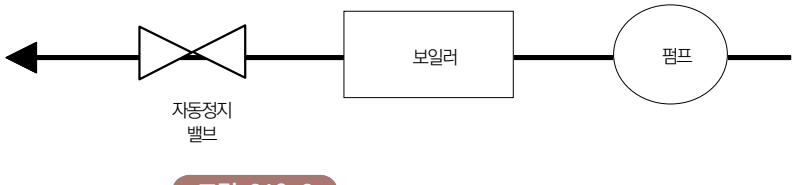


그림 910-2 보일러 출구를 차단하는 구조

2. 그림 910-3에 나타낸 것처럼 1대의 보일러만으로 발생시킨 증기를 공급하는 경우에는 공급을 받는 설비 측에 증기의 유입을 차단할 수 있는 구조로 되어 있는 경우에는 해당 보일러의 스톱밸브를 설치하지 않아도 된다.

관 련 근 거

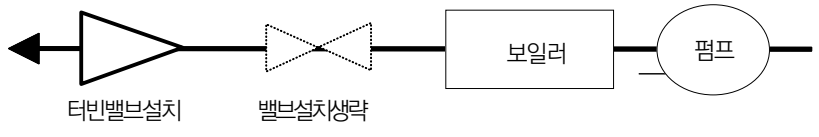


그림 910-3 공급을 받는 설비의 입구 차단기능을 가진 구조의 경우

3. 그림 910-4에 나타낸 것처럼 2대 이상의 보일러가 공통 증기헤더에 연결되거나, 단일 보일러를 다른 증기발생원이 있는 헤더에 연결하는 경우(예를 들어, 터빈 추출 관), 맨홀 구멍이 있는 각 보일러의 연결부는 2개의 스톱밸브를 설치하여야 하며, 두개의 밸브사이에는 충분한 용량의 자유분출 드레인(Free-blow drain) 밸브를 설치하여야 한다.

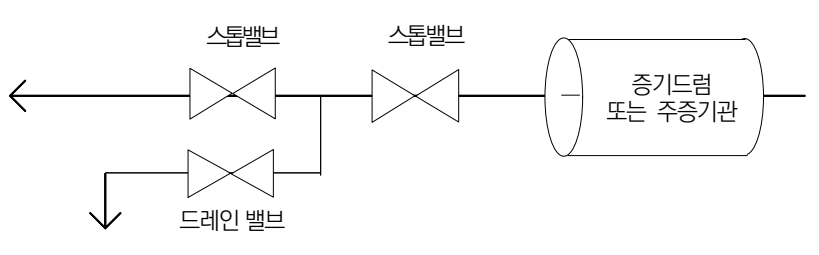


그림 910-4 2대 이상의 보일러가 공통 증기헤더에 연결되는 경우

4. 그림 910-5에 나타낸 것처럼 여러 대의 보일러를 공통헤더에 연결하여 독립 연소·운전 제어를 실시해 각각의 보일러에서 발생시킨 증기를 출구에서 공통의 증기관에 합류시키고 이 공통 증기관으로부터 그 밖에 곳에 공급하는 경우에 있어서는 해당 각 보일러의 증기출구에 증기 유출을 차단할 수 있는 밸브를 설치하여야 한다.

관 련 근 거

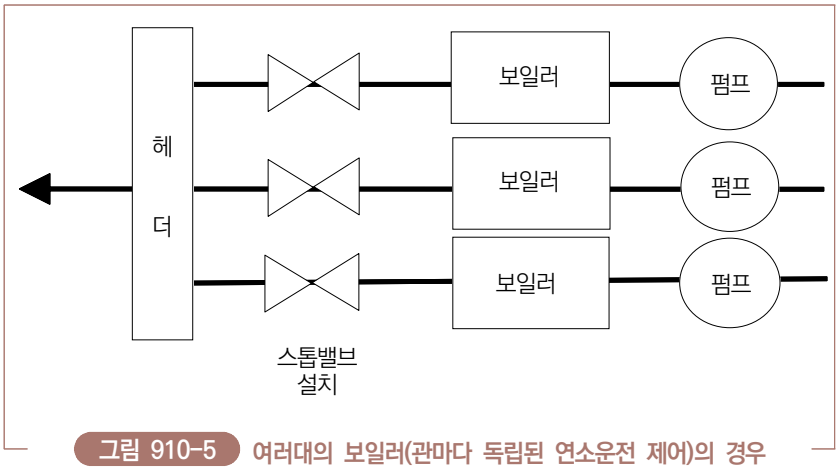


그림 910-5 여러대의 보일러(관마다 독립된 연소운전 제어)의 경우

910.4.12.2 급수의 차단

1. 보일러 급수의 입구는 보일러를 계통으로부터 분리할 수 있도록 그림 910-6와 같이 급수의 유로를 신속하게 자동으로 확실히 차단할 수 있는 구조로 하여야 한다.

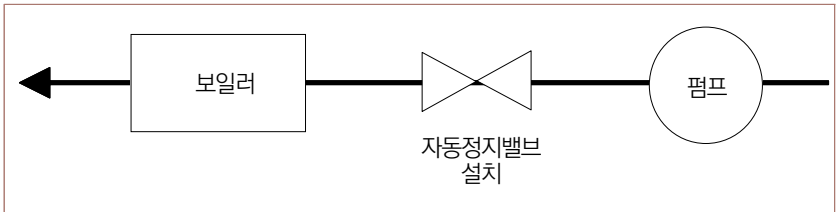


그림 910-6 보일러 입구로부터 차단하는 구조(자동정지 밸브 설치)

2. 그림 910-7에 나타낸 것 같이 보일러에 가장 가까운 급수가열기의 출구에 자동정지밸브 설치시 보일러 입구측에는 자동정지밸브를 설치하지 않아도 된다.

관 련 근 거

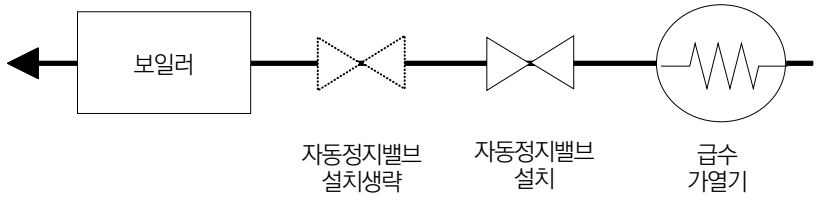


그림 910-7 급수가열기의 출구에 자동정지 밸브를 설치하는 경우

3. 그림 910-8에 나타낸 것 같이 급수장치의 출구에 자동 스톱밸브가 설치되어 있는 경우에는 보일러입구의 자동 스톱밸브는 설치하지 않아도 된다.

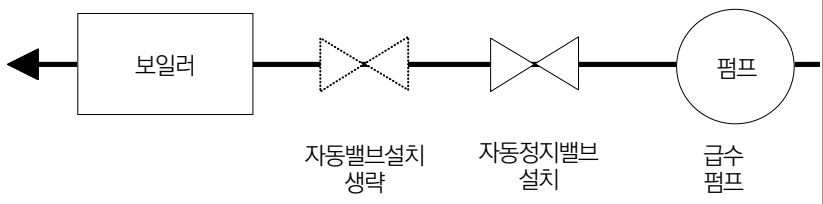


그림 910-8 급수펌프의 출구에 자동정지 밸브를 설치하는 경우

4. 고정 증기 및 수위가 없는 강제유동 증기발생기의 급수관은 보일러에 인접한 스톱밸브까지를 포함하여 연결하여도 되며, 보일러에 인접한 체크 밸브는 없어도 된다. 단 보일러 입구 설계압력 이상인 압력등급을 가진 체크 밸브는 보일러 급수펌프의 배출 측이나 급수펌프 및 급수 스톱밸브사이의 급수관 어딘가에 설치하여야 한다.

910.4.13 보일러 수 배출장치

KEC 605.40

순환보일러에는 아래와 같이 보일러 수의 농축을 방지하거나 수위를 조정하기 위하여 보일러 외부배관에 밸브를 설치하여 보일러 내의 물이 압력을 받은 상태에서 이 외부배관을 통하여 방출되도록 하여야 한다.

관 련 근 거

1. 응축수 배출 배관치수는 DN 65 이하이어야 하며, 내부관 및 그것과 외부관을 이어 주는 연결관은 연속통로가 되어야 한다. 이때, 이들 끝부분 간에는 여유를 두어 어느 한 쪽이 제거 되어도 다른 쪽에 방해를 주지 않도록 하여야 한다.
2. 보일러내 드레인을 할 수 없는 모든 수냉벽과 수냉막, 그리고 보일러와 일체로 된 구조의 모든 절탄기에는 블로오프 관이나 드레인관을 위한 출구 연결부를 설치하여야 한다.
3. 모든 보일러에는 DN 25 이상, DN 65 이하의 블로오프 연결관을 설치하여야 한다. 다만, 전열면적이 9.3 ㎡ 이하의 보일러는 블로오프 연결관의 최소 치수를 DN 20로 할 수 있다.
4. 응축수 회수관은 여기에서 규정한 크기와 동일하거나 그 보다 큰 치수를 사용하여도 좋으며, 여기에 블로오프 관을 연결하여도 된다. 이 경우 블로오프 관은 연결부가 완전히 배수될 수 있도록 적당한 위치에 설치하여야 한다.
5. 하부 블로오프 관이 로의 열에 직접 노출되어 있을 경우에는 내화벽돌(Firebrick)이나 기타 내열재로 보호하여야 하며, 관 검사가 가능하도록 설치하여야 한다.

910.4.14 보일러 안전장치의 검사항목 및 수검자준비자료

보일러 및 기동용 보일러는 각 항목별 이상신호가 감지될 때 보일러 비상정지(Trip) 및 경보(Alarm)가 작동하는지 확인하며, 이에 대한 안전장치의 검사항목 및 수검자 준비자료는 표 910-6에 따른다.

관 련 근 거

표 910-6 보일러 안전장치의 검사항목 및 수검자 준비자료

항 목	방 법
노내 퍼지 (Purge Interlock)	보일러 기동시 노내에 잔류하는 연료 또는 가연성 가스에 의한 폭발방지를 위하여 점화전에 일정시간 공기를 공급, 점화시 노내가 안전할 정도로 퍼지될 때까지, 보일러 기동 절차중 점화 단계가 진행될 수 없도록 인터록 확인
버너 연료 압력저하정지 (Burner Fuel Pr. Low Trip)	연료별로 해당 압력스위치를 동작시켜(모의 또는 실제) 배전반 경보창에 경보(Alarm) 및 비상정지(Trip)가 작동하는지 확인
제어공기 압력저하 정지 (Control Air Pr. Low Trip)	해당 압력스위치를 동작시켜(모의 또는 실제) 배전반 경보창에 경보(Alarm) 및 비상정지(Trip)가 작동하는지 확인
연소실 내압 불평형 정지 (Furnace Pr. Abnormal Trip)	해당 압력스위치를 동작시켜(모의 또는 실제)배전반 경보창에 경보(Alarm) 및 비상정지(Trip)가 작동하는지 확인
드럼 고저수위 정지 (Drum Level High-Low Trip)	드럼 수위를 변화시켜(모의 또는 실제) 고수위 및 저수위 설정값에 경보(Alarm) 및 비상정지(Trip)가 작동하는지 확인
주증기 고·저온도 정지 (Main SteamTemp. High-Low Trip)	열전대(Thermo-couple) 또는 저항측온체(RTD) 등 온도검출기를 동작시켜(모의 또는 실제) 배전반 경보창에 경보(Alarm) 및 비상정지(Trip)가 작동하는지 확인
압입 송풍기 정지 (Both Forced Draft Fan Loss Trip)	압입송풍기(F.D Fan) 차단기를 모의 또는 실제로 놓고 2대를 모두 정지시켰을 때 보일러가 정지되는지를 확인한다. 또한, 송풍기를 트립시킬 시 보조기기 인터록(Interlock) 시험과 연계하여 자체인터록 항목(F·D Fan Lube. Oil Pr. Low Trip 등)에 의해 비상정지(Trip)
유인 송풍기 정지 (Both Induced Draft Fan Loss Trip)	유인송풍기(I.D Fan) 차단기를 모의 또는 실제로 놓고 2대를 동시 정지시켰을 때 보일러 정지되는지를 확인한다. 또한, 송풍기를 트립시킬 시 보조기기 인터록(Interlock) 시험과 연계하여 자체인터록 항목(I·D Fan Lube. Oil Pr. Low Trip 등)에 의해 비상정지(Trip)
재열증기 고온도 정지 (R/H Steam Temp. High Trip)	열전대(Thermo-couple) 또는 저항측온체(RTD) 등 온도검출기를 동작시켜(모의 또는 실제) 배전반 경보창에 경보(Alarm) 및 비상정지(Trip)가 작동하는지 확인

관 련 근 거

표 910-6 계속

항 목	방 법
절탄기 입구 저 유량 정지 (Eco. Inlet Flow Low Trip)	해당 유량 검출기를 동작시켜(모의 또는 실제) 배전반 경보창에 경보(Alarm) 및 비상정지(Trip)가 작동하는지 확인
총 공기 저 유량 정지 (Total Air Flow Low Trip)	해당 공기량 검출기를 동작시켜(모의 또는 실제) 배전반 경보창에 경보(Alarm) 및 비상정지(Trip)가 작동하는지 확인
과열기 출구 고압력 정지 (S/H Outlet Pr. High Trip)	해당 압력 스위치를 동작시켜(모의 또는 실제) 배전반 경보창에 경보(Alarm) 및 비상정지(Trip)가 작동하는지 확인
수냉벽 출구 고온도 정지 (Water Wall Outlet Temp. High Trip)	해당 온도검출기를 동작시켜(모의 또는 실제) 배전반 경보창에 경보(Alarm) 및 비상정지(Trip)가 작동하는지 확인
수동정지 (Manual Trip & Reset)	보일러를 원상복구(Reset) 시킨 후 보일러 수동정지 버튼을 조작하여 비상정지(Trip) 및 원상복구 되는지 확인
보조기기 인터록시험	압입송풍기(FD Fan), 유인송풍기(ID Fan), 배기가스 재순환송풍기(GR Fan), 1차 공기송풍기(PA Fan)에 대하여 자체인터록 시험성적서를 확인
드럼수위 계기 상태확인 (Drum Level Gauge)	현장 수위 계기(Level Gauge)와 배전반 지시계와의 지시값을 비교하여 차이가 없는가 확인하고 현장 수위 계기(Level Gauge)의 누설여부를 육안으로 확인
연소실 점검문 상태확인 (Furnace Inspection Door)	점화전 보일러의 연소실 점검문의 파손여부, 청결상태 등을 점검하고 점화 후에는 노내 가스 누설여부를 확인
연소실 방압장치 상태확인 (Furnace Rupture Device)	보일러 최상부(Penthouse)에 설치되어 있는 연소실 방압장치의 가스누설여부 등을 육안으로 확인
가스화로의 치환 설비	스화로 설비 중 가스가 통하는 배관에 대해 치환설비(불활성 가스 등) 설치여부 및 누설 없이 안전하게 치환할 수 있는 구조인지 확인
연료가스 배관 표시상태	연료가스가 통하는 배관에 대해 외부에서 쉽게 구분 가능한 표식이 되어있는지 확인
수검자 준비자료	■ 공사계획인가(신고)서 ■ 보일러 트립 인터록 도면 ■ 계기교정시험 성적서 ■ 경보회로시험 성적서 ■ 보조기기 인터록시험 성적서

관 련 근 거

910.4.15 보일러 팽창량 측정

1. 보일러 각부의 열팽창에 의한 변위량을 측정하여 설계값과 비교해서 가동부의 구속, 접촉여부를 검토하여 제작 및 취부상의 불합리한 점을 조기에 발견하여 보일러 운전에 지장이 없도록 하기 위한 것이다.
2. 보일러 점화전(물을 채우기 전)에 각 측정점(Initial Point)의 X, Y, Z 방향을 정확하게 기록하여야 한다.
3. 보일러 정격부하에서 각 측정점(EL, Level 또는 층수)의 X, Y, Z 변위를 측정하여 기록하고, 설계값과 비교한다. 다만, 실측값이 제작사 설계값을 벗어났을 경우 제작사의 설계검토·승인내용을 확인하여 최종 판정한다.
4. 수검자는 '보일러 팽창량' 검사를 실시하기 전에 다음의 자료를 준비하여야 한다.
   가. 공사계획인가(신고)서
   나. 보일러 팽창량 설계도면

910.4.16 계측장치

KEC 605.41

보일러에는 설비의 손상을 방지하기 위하여 운전상태를 계측하는 장치를 다음과 같이 설치하여야 한다.

1. 순환 보일러의 계측장치 설치는 아래와 같이 하여야 한다.
   가. 수위(증기 및 물의 경계)가 일정한 모든 보일러는 최소한 하나의 유리 수면계(육안으로 수위 측정이 가능한 투명한 장치)를 설치하여야 한다. 유리 수면계의 본체를 강화하기 위하여 가로의 구조물이 있는 수면계, 즉 수직길이 전체가 표시되지 않은 유리 수면계는 사용하지 않는다.
      1) 유리 수면계의 최저 수위는 보일러 제조사가 정한 최저 허용 수위보다 최소한 50 mm를 초과하여야 한다.

관 련 근 거

2) 여러 튜브 부분으로 된 유리 수면계는 수위가 식별되는 연결 부분에 최소한 25 ㎜ 이상을 중첩하여야 한다. 수위의 결정에 도움이 되는 포트형 게이지 또는 빛의 굴절을 이용한 반사형 게이지는 수위 측정을 위한 중첩부분을 생략해도 된다.

나. 최대허용사용압력이 3 MPa 이하의 보일러는 최소한 한 개 이상의 유리 수면계를 설치하고 항상 사용가능하도록 되어야 한다. 최대허용사용압력이 3 MPa를 초과하는 보일러는 두 개의 유리 수면계 다만, 필요한 두 개의 유리 수면계 중 하나를 대신하여, 다음 조건이 만족한다면, 두 개의 독립적인 원격 수위계(수위를 연속적으로 측정하고, 전송하며, 표시할 수 있는 두 개의 분리된 시스템)를 사용할 수 있다. 이 요구된 유리 수면계는 차단하여도 되지만, 사용 가능한 상태로 유지하여야 한다. 전기식 보일러는 최대허용사용압력과 관계없이 하나의 유리 수면계만 설치한다. 강제유동 증기발생기와 강제순환식 보일러같이 수위가 일정하지 않은 보일러는 유리 수면계를 설치하지 않아도 된다.

1) 최소한 하나의 유리 수면계의 수위가 제어장소에서 운전자가 쉽게 확인할 수 없는 경우, 광섬유 케이블(광신호의 전기적인 변경이 없는 것) 영상 등으로 제어장소에 수위 정보를 전송하여야 한다. 대안으로 다음의 두 가지를 조합하여야 한다.

가) 독립적인 원격 수위표시기

나) 유리 수면계내의 영상을 연속적으로 전송 및 표시

2) 원격 수위계의 표시는 보일러 제조자가 정한 허용 최저 수위를 초과하여 최소한 50 ㎜ 초과하여 최소 수위 기준을 명확하게 표시하여야 한다.

3) 비강자성 원형 압력챔버 내부의 자기적으로 결합된 플로트(Float)를 포함하여 감지장치가 있는 독립 원격 수위계는 벽을 통과해 플로트 위치를 감지하기 위해 관련 표준의 요건으로 제한하여야 한다. 이 장치의 설계와 조립은 세척과 유지보수가

관 련 근 거

편의성을 고려하여야 한다. 수면계 외에 다른 어떠한 제어장치도 부착하는 것을 금지한다.

다. 각각의 유리 수면계는 청소를 용이하게 하기위해 지름이 6 ㎜ 이상의 자유 배수구를 가진 드레인 콕(Cock) 또는 밸브를 함께 설치하여야 한다. 보일러 최대 허용사용압력이 700 kPa을 초과하는 경우, 유리 수면계는 안전 배출구에 밸브가 부착된 드레인을 설치하기 위한 연결부가 있어야 한다. 각각의 유리 수면계 또는 외부에 부착한 수위감지 또는 수위조절장치에는 침전물의 잔류로 막히는 것을 방지하기 위해 관통 구조의 차단밸브를 상단과 하단에 설치하여야 한다. 허용가능한 밸브구조의 예는 관련 표준을 참조하며, 하단 밸브가 바닥에서 2 m 이상에 위치할 때, 밸브의 개폐 여부가 표시되어야 한다. 바닥의 운전 지점에서 수동으로 밸브 개폐가 되도록 방법을 마련하여야 한다. 밸브, 피팅 및 배관의 압력-온도 등급은 보일러 최대 허용사용압력 및 해당 포화증기온도와 동등이상이어야 한다. 직선관용 글로브 밸브는 이 연결부에 사용하면 안된다. 자동차단밸브는 유리 수면계가 고장일 경우 인위적인 조작없이 유출을 자동으로 방지하기 위한 것이다.

라. 자동차단밸브는 유리 수면계를 일시적으로 차단하기 위해 전기적, 공압 또는 유압으로 작동하는 것을 말한다. 이 장치의 개폐 시퀀스는 운전원에 의해 수동으로 시작한다. 자동차단밸브는 아래와 같은 조건에서 사용할 수 있다.

1) 유리 수면계와 보일러 사이, 또는 유리 수면계와 수주(Water column) 사이의 모든 배관과 피팅은 내부검사 및 청소가 되도록 하거나, 회전식 청소장치가 통과하도록 설계한다. 밸브는 침전물의 잔류로 막히는 것을 방지하는 관통 구조로 되어야 한다.

2) 밸브는 밸브를 운전하는 바닥이나 플랫폼에서 쉽게 볼 수 있도록 개폐 표시기가 있어야 하고, 개폐의 오작동을 방지

관 련 근 거

하도록 설계되어야 한다.

3) 밸브를 조작하는 바닥이나 플랫폼에서 수동으로 밸브 개폐가 되도록 방법을 마련한다.

4) 자동 차단밸브는 현재 상태에서 페일세이프(Fail-safe)가 되도록 설계가 되어야 한다.

마. 압력계

각각의 보일러는 다음과 같이 압력계를 설치하여야 한다.

1) 압력계는 보일러의 압력을 항상 표시할 수 있도록 설치하여야 한다.

2) 각 증기보일러에는 증기구역 또는 수주(Water column) 또는 증기 연결부에 연결된 압력계가 있어야 한다.

3) 밸브 또는 콕은 압력계에 인접한 게이지 연결부에 설치하여야 한다.

4) 추가적인 밸브 또는 콕이 개방 상태에서 잠그거나 밀봉된 경우 보일러 근처에 설치해도 된다.

5) 압력계와 보일러 사이에 다른 차단밸브를 설치해서는 안된다.

6) 관 연결부는 충분한 크기이어야 하고 불어서(Blowing out) 청소될 수 있도록 배치하여야 한다.

7) 증기보일러의 경우, 게이지 또는 연결부에 게이지 튜브의 입구에서 증기가 유입되는 것을 방지하는 수밀을 형성 및 유지하기 위해 사이폰 또는 동등한 장치가 있어야 한다.

8) 압력계 연결부는 최대허용사용압력과 온도에 적합하여야만 하지만, 온도가 208 ℃를 초과하는 경우, 황동 또는 구리로 제작한 관 또는 튜브는 사용하지 않아야 한다.

9) 사이펀을 제외한 보일러 연결부는 NPS 1/4이상이어야 하지만, 강철 또는 단조로 제작한 관 또는 튜브를 사용하면 내부지름이 13 mm 이상이어야 한다.

10) 사이펀을 사용할 경우, 내부지름은 6 mm 이상이어야 한다.

11) 압력계의 눈금범위는 안전밸브 설정압력의 약 2배가 되어야

관 련 근 거

하지만, 어떠한 경우에도 설정압력의 1.5배 이상이 되어야 한다.

바. 수위가 변동하는 강제순환 증기발생기에 다음의 위치에 압력계 또는 압력측정장치를 설치하여야 한다.

1) 보일러 또는 과열기의 출구(마지막 열 흡수 구역 다음)
2) 보일러 또는 절탄기의 입구(열 흡수 구역 이전)
3) 열 흡수 표면의 임의의 두 부분사이에 사용될 수 있는 차단 밸브의 상류

사. 보일러 운전 중, 각 보일러에는 테스트 게이지를 부착하기 위해 DN8 이상의 밸브 연결부가 있어야하며, 이는 보일러 압력계의 정확도를 확인하기 위한 것이다.

아. 각 고온수 보일러는 온도계가 있어야하며, 쉽게 읽을 수 있는 곳에 설치되어야 한다. 온도계는 출구 또는 출구 근처에 설치하여 보일러 수의 온도를 항시 표시할 수 있게 하여야 한다.

자. 자동 수면계

파손된 수면계로 인한 유출을 방지하기위한 자동차단밸브는 아래의 요건을 만족해야 한다.

1) 상, 하부의 체크밸브는 견고하고 비부식성의 금속 볼 타입(Ball type) 이어야 한다.
2) 상, 하부의 볼 체크밸브는 중력에 의하여 개방되고, 하부의 볼 체크밸브는 시트에 수직으로 동작되는 것 이어야 한다.
3) 체크 볼은 직경이 13 mm(1/2 in.) 이상이 되어야하고, 시트에 접촉되는 원의 직경은 체크 볼 직경의 2/3 이하 이어야 한다. 각각의 볼 주위의 스페이스(Space)는 3 mm(1/8 in.) 이상 이어야하고, 정상위치와 시트 간의 거리는 6 mm(1/4 in.) 이상 이어야 한다.
4) 상부 밸브의 볼 시트는 사각 또는 육각의 평면 시트 이거나, 그렇지 않으면 스팀 통로가 이 밸브에 의하여 완전히 막히지 않도록 되어야 한다.

관 련 근 거

5) 상부의 차단밸브는 밸브가 닫혔을 때 시트에서 6 mm(1/4 in.) 이상으로 볼을 잡을 수 있도록 돌출부가 있어야 한다.
6) 볼은 검사를 할 수 있어야 한다. 즉, 보일러에 증기압력이 가해져 있을 때, 하부 볼 체트밸브를 제거하여 검사할 수 있는 방법이 제시되어야 한다. 상기의 검사는 외부적인 방법으로 밸브를 닫는 것이 아니어야 한다.

910.5 기타 보일러 및 부속설비

910.5.1 가스화로설비 및 부속설비

910.5.1.1 가스화로 설비의 재료

電技 제118조

가스화로 설비(펌프 및 가스압축기는 제외한다)에 속하는 용기 및 배관의 압력을 받는 부분에 사용하는 재료는 해당 기기의 최고 사용온도에서 안전한 화학적 성분 및 기계적 강도를 가지는 것이어야 한다.

910.5.1.2 가스화로설비 및 부속설비의 구조

電技 제119조

1. 가스화로 설비의 압력을 받는 부분의 구조는 최대 허용사용압력 또는 최고 사용온도에서 발생하는 최대응력에 대하여 안전한 것이어야 한다. 이 경우 압력을 받는 부분에 발생하는 응력은 해당 부분에 사용하는 재료의 최대 허용응력을 초과하여서는 아니 된다.
2. 가스화로에 대한 내진설계를 하는 경우에는 '제930절 내진'에 따른다.

관 련 근 거

910.5.1.3 이격거리

電技 제116조

1. 가스화로 설비(관 및 그 부속설비는 제외한다)는 그 외면과 발전소의 경계선(경계선이 바다, 하천, 호수 등에 접하는 경우에는 해당 바다, 하천, 호수 등의 바깥 가장자리를 말한다)과의 사이에 가스 누설 또는 화재 등에 따른 위해를 방지하려면 안전에 필요한 거리를 갖추도록 하여야 한다.
2. 가스화로 설비는 그 외면으로부터 주거용으로 제공되는 건축물, 학교, 기타 별도로 고시되는 건물과의 사이에 가스 누설 또는 재해 등에 따른 위해를 방지하려면 별도로 고시되는 경계선이나 바깥 가장자리까지의 이격거리를 갖추도록 하여야 한다.

910.5.1.4 안전구획의 설정

電技 제117조

1. 가스화로 설비(관 및 그 부속설비는 제외한다)는 가스 누설 또는 재해 등에 따른 위해를 방지하려면 설비의 종류 및 규모에 따라 안전상 적절한 구획으로 구분하고 또 설비상호 간에는 안전상 필요한 거리를 갖추도록 하여야 한다.
2. 가스화로 설비(최고사용압력이 1 MPa 이상의 것만 해당한다)는 그 외면에서 발전소의 경계선(경계선이 바다, 하천, 호수 등에 접하는 경우에는 해당 바다, 하천, 호수 등의 건너편을 말한다)에 대해 일정한 거리 이상을 갖추도록 하여야 한다.

910.5.1.5 안전밸브

電技 제120조

가스화로 설비에서 과도한 압력이 발생할 우려가 있는 경우에는 그 압력을 낮추기 위해 적당한 안전밸브를 설치하여야 한다. 이 경우 해당 안전밸브는 작동 시 안전밸브에서 분출되는 가스에 의한 위험 및 가스화로 설비에 과열이 발생하지 않도록 시설하여야 한다.

관 련 근 거

910.5.1.6 급수장치

電技 제121조

1. 가스화로 설비에 속하는 용기에는 가스발생량이 최대상태일 때의 연속운전 시 열적 손상이 발생하지 않도록 물을 공급할 수 있는 급수장치를 설치하여야 한다.
2. 설비의 이상 등에 따라 급수유량이 현저하게 저하하는 경우에는 급속하게 연료의 공급을 차단하는 장치를 설치하여야 하며, 또한 용기에 손상을 주는 열이 잔존하는 경우에는 해당 용기에 손상이 발생하지 않도록 하여야 한다.

910.5.1.7 증기 및 급수의 차단

電技 제122조

1. 가스화로 설비에 속하는 용기의 증기출구(안전밸브의 증기출구 및 재열기의 증기출구는 제외한다)는 증기의 유출을 차단할 수 있는 구조로 하여야 한다. 다만, 다른 용기 또는 증기발생설비와 결합된 용기 이외의 용기에서 발생하는 증기가 공급되는 설비의 입구에서 증기의 유로를 차단할 수 있는 경우에 해당 용기의 증기출구 또는 2개 이상의 용기 혹은 증기발생설비가 일체가 되어 증기를 발생하고 이를 다른 것에 공급하는 경우의 해당 용기 사이의 증기출구인 경우에는 그러하지 아니한다.
2. 가스화로 설비에 속하는 용기의 급수 입구는 급수의 유로를 신속하게 자동으로 또한 확실하게 차단할 수 있는 구조로 하여야 한다. 다만, 용기별로 급수장치를 설치하는 경우에 용기와 가장 가까운 열교환기의 출구 또는 급수장치의 출구가 급수의 유로를 신속하게 자동으로 또한 확실하게 차단할 수 있는 구조인 경우에 해당 용기의 급수 입구 또는 2개 이상의 용기 혹은 증기발생설비가 일체가 되어 증기를 발생하고 이를 다른 것에 공급하는 경우의 해당 용기 사이의 급수 입구인 경우에는 그러하지 아니한다.

관 련 근 거

910.5.1.8 가스화로 설비의 배수장치

電技 제123조

가스화로 설비에 속하는 물순환형 증기발생설비의 경우에는 물의 농축을 방지하고 수위를 조정하기 위해 배수장치를 설치하여야 한다.

910.5.1.9 가스의 누설대책

電技 제124조

가스화로 설비에는 해당 설비에서 가스가 누설한 경우의 위험를 방지하기 위해 적절한 조치를 강구하여야 한다.

910.5.1.10 정전기 제거

電技 제125조

가연성가스를 통하게 하는 가스화로 설비로서 해당 설비에서 발생하는 정전기로 인해 인화할 우려가 있는 경우에는 해당 정전기를 제거하는 조치를 강구하여야 한다.

910.5.1.11 계측장치

電技 제126조

가스화로 설비에는 설비의 손상을 방지하기 위해 운전상태를 계측하는 장치를 설치하여야 한다.

910.5.1.12 경보 및 비상장치

電技 제127조

1. 가스화로 설비에는 운전에 지장을 미칠 우려가 있는 가스의 상태를 감지하는 경보장치를 설치하여야 한다.
2. 가스화로 설비에는 운전 중 이상에 의한 위해발생방지를 위하여 그 이상이 발생한 경우에 가스의 유출 및 유입을 신속하게 차단하는 장치를 적절한 위치에 설치하여야 한다.

관 련 근 거

910.5.1.13 가스의 치환

電技 제128조

가스화로 설비 중 가스가 통과하는 부분은 불활성가스 등으로 가스를 안전하게 치환할 수 있는 구조이어야 한다.

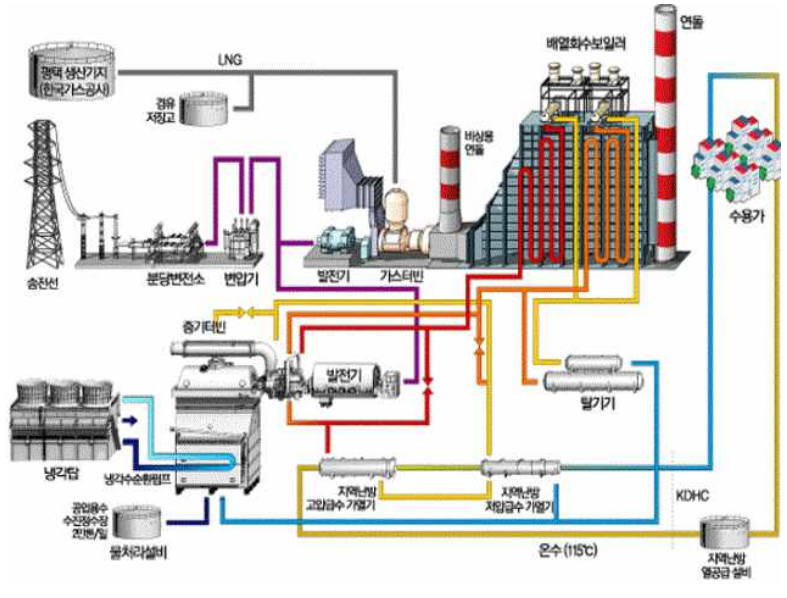
910.5.2 열병합발전 보일러 및 부속설비

보일러 및 부속설비에 대한 일반사항은 910.4 를 따른다.

비고

■ 복합화력발전 계통도

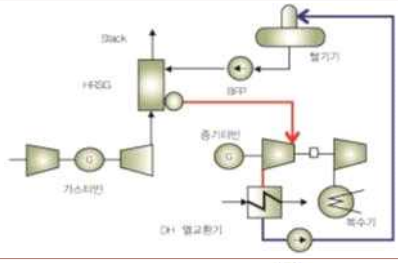
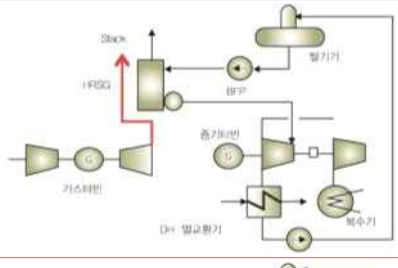
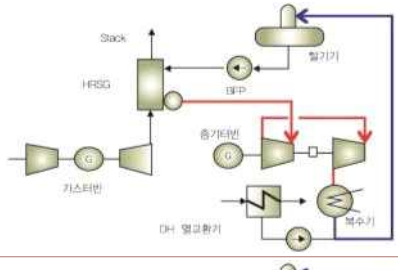
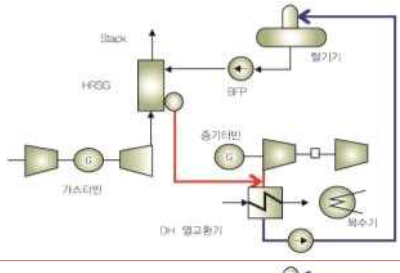
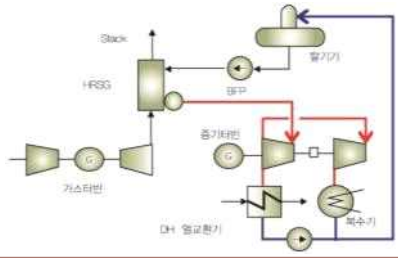
한국남동발전 홈페이지



관 련 근 거

비고

■ 열병합발전 운영방식에 따른 운전모드 구분

모드	운전방식	운전설비	모드별 운전계통도
1	열부하 추종운동	GT HRSG HP TBN DH	
2	가스터빈 단독운전	GT	
3	전기부하 추종운전	GT HRSG HP TBN LP TBN	
4	최대열부하 추종운전	GT HRSG DH	
5	혼합운전	GT HRSG HP TBN LP TBN DH	

관 련 근 거

열사용기자재의 검사 및 검사 면제에 관한 기준 22.1.1/46.1.2

910.5.2.1 옥내설치

1. 보일러를 옥내에 설치하는 경우에는 다음 조건을 만족시켜야 한다.
   가. 보일러는 불연성물질의 격벽으로 구분된 장소에 설치할 것
   나. 보일러 동체 최상부로부터(보일러의 검사 및 취급에 지장이 없도록 작업대를 설치한 경우에는 작업대로부터) 천정, 배관 등 보일러 상부에 있는 구조물까지의 거리는 1.2 m 이상일 것
   다. 보일러 동체에서 벽, 배관, 기타 보일러 측부에 있는 구조물(검사 및 청소에 지장이 없는 것은 제외)까지 거리는 0.45 m 이상일 것
   라. 보일러 및 보일러에 부설된 금속제의 굴뚝 또는 연도의 외측으로부터 0.3 m 이내에 있는 가연성 물체에 대하여는 금속 이외의 불연성 재료로 피복 할 것
   마. 연료를 저장할 때에는 보일러 외측으로부터 2 m 이상 거리를 두거나 방화격벽을 설치할 것
   바. 보일러에 설치된 계기들을 육안으로 관찰하는데 지장이 없도록 충분한 조명시설을 시설할 것
   사. 보일러실은 연소 및 환경을 유지하기에 충분한 급기구 및 환기구가 있어야 하며 급기구는 보일러 배기가스 닥트의 유효단면적 이상이어야 하고 도시가스를 사용하는 경우에는 환기구를 가능한 한 높이 설치하여 가스가 누설되었을 때 체류하지 않는 구조일 것
   아. 보일러의 연도는 내식성의 재질을 사용하거나, 배기가스 중 응축수의 체류를 방지하기 위하여 물 빼기가 가능한 구조이거나 장치를 설치할 것

2. 압력용기를 옥내에 설치하는 경우에는 다음 조건을 만족시켜야 한다.
   가. 압력용기와 천정과의 거리는 압력용기 본체 상부로부터 1 m 이상일 것
   나. 압력용기의 본체와 벽과의 거리는 0.3 m 이상일 것

관 련 근 거

다. 인접한 압력용기와의 거리는 0.3 m 이상일 것. 다만, 2개 이상의 압력용기가 한 장치를 이룬 경우에는 예외로 한다.

라. 유독성 물질을 취급하는 압력용기는 2개 이상의 출입구 및 환기장치가 되어있을 것

910.5.2.2 옥외설치

열사용기자재의 검사 및 검사 면제에 관한 기준 22.1.2/46.1.1

1. 보일러를 옥외에 설치할 경우에는 다음 조건을 만족시켜야 한다.
   가. 보일러에 빗물이 스며들지 않도록 케이싱 등의 적절한 방지 설비를 할 것
   나. 노출된 절연재 또는 래깅 등에는 방수처리(금속커버 또는 페인트 포함)를 할 것
   다. 보일러 외부에 있는 증기관 및 급수관 등이 동결되지 않도록 적절한 보호조치를 할 것
   라. 강제 통풍팬의 입구에는 빗물방지 보호판을 설치할 것
2. 압력용기를 옥외에 설치할 경우에는 다음 조건을 만족시켜야 한다.
   가. 압력용기에 빗물이 스며들지 않도록 케이싱 등의 적절한 방지 설비를 할 것
   나. 노출된 절연재 또는 래깅에 방수처리(금속커버 또는 페인트 포함)를 할 것

910.5.2.3 보일러 및 압력용기의 설치

열사용기자재의 검사 및 검사 면제에 관한 기준 22.1.3/46.1.3 /46.2.4/46.2.6

1. 보일러는 다음 조건을 만족시킬 수 있도록 설치하여야 한다.
   가. 기초가 약하여 내려앉거나 갈라지지 않을 것
   나. 강구조물은 빗물이나 증기에 의하여 부식이 되지 않도록 적절한 보호조치를 할 것
   다. 수관식 보일러의 경우 전열면을 청소할 수 있는 구멍이 있을 것
   라. 보일러에 설치된 폭발구의 위치가 보일러기사의 작업장소에서

관 련 근 거

2 m 이내에 있을 때에는 당해보일러의 폭발가스를 안전한 방향으로 분산시키는 장치를 설치할 것

마. 보일러의 사용압력이 어떠한 경우에도 최고사용압력을 초과할 수 없도록 설치할 것

바. 보일러는 바닥 지지물에 반드시 고정할 것

2. 압력용기는 다음 조건을 만족시킬 수 있도록 설치하여야 한다.

가. 기초가 약하여 내려앉거나 갈라짐이 없을 것

나. 압력용기 본체는 바닥보다 100 ㎜ 이상 높이 설치되어 있을 것

다. 압력용기와 접속된 배관은 팽창과 수축의 장애가 없을 것

라. 압력용기 본체는 보온할 것. 다만, 공정상 냉각을 필요로 하는 등 부득이한 경우에는 예외로 한다.

마. 압력용기의 본체는 충격 등에 의하여 흔들리지 않도록 충분히 지지할 것

바. 횡형식 압력용기의 지지대는 본체 원둘레의 1/3 이상을 받칠 것

사. 압력용기의 사용압력이 어떠한 경우에도 최고사용압력을 초과할 수 없도록 설치할 것

아. 압력용기를 바닥에 설치하는 경우에는 바닥 지지물에 반드시 고정할 것

자. 서로 연결된 인접한 압력용기로서 그 사이에 압력을 차단하는 장치가 없을 경우 압력계, 안전장치 및 온도계에 관한 규정을 적용함에 있어서는 이들 압력용기를 하나의 압력용기로 본다.

3. 압력용기의 압력을 공급하는 압력원이 압력용기의 최고사용압력보다 높을 때는 안전밸브 또는 이에 대신할 수 있는 안전장치를 갖추어야 하며, 안전장치라 함은 다음의 장치를 말한다.

가. 자동적으로 압력상승작용을 정지시키는 장치

나. 감압밸브. 다만, 2차 측에 안전밸브를 부착한 것에 한한다.

다. 경보장치. 다만, 안전밸브기능을 갖춘 것에 한한다.

라. 호칭지름 12 ㎜ 이상인 방출밸브 또는 방출관

마. 파열판

관 련 근 거

910.5.2.4 배관 설치

보일러 실내외 각종 배관은 팽창과 수축을 흡수하여 누설이 없도록 한다.

열사용기자재의 검사 및 검사 면제에 관한 기준 22.1.4

910.5.2.5 급수장소 설치

급수장소는 특수 보일러를 제외하고 다음에 따른다.

1. 급수는 원칙적으로 직접 고열화염에 접촉하는 전열면, 방사열을 받는 전열면으로부터 되도록 떨어지고, 또한 분산하도록 공급한다. 최고사용압력 2.8 MPa(28 kgf/㎠)을 초과하는 보일러에서는 급수관이 동체판 또는 경판을 통과하는 장소에 적당한 장치를 설치하여 온도차의 영향을 적게 받도록 하여야 한다.
2. 급수내관을 사용할 때는 이것을 떼어낼 수 있는 구조로 하여야 한다.

열사용기자재의 검사 및 검사 면제에 관한 기준 3.4

910.5.2.6 급수장치

910.5.2.6.1 급수장치의 종류

1. 급수장치를 필요로 하는 보일러에는 다음의 조건을 만족시키는 주펌프(인젝터를 포함한다. 이하 같다) 세트 및 보조펌프세트를 갖춘 급수장치가 있어야 한다. 다만, 전열면적 100 ㎡이하의 관류보일러에는 보조펌프를 생략할 수 있다.
2. 주펌프세트 및 보조펌프세트는 보일러의 상용압력에서 정상가동상태에 필요한 물을 각각 단독으로 공급할 수 있어야 한다. 다만, 보조펌프세트의 용량은 주펌프세트가 2개 이상의 펌프를 조합한 것일 때에는 보일러의 정상상태에서 필요한 물의 25 %이상이면서 주펌프세트중의 최대펌프의 용량 이상으로 할 수 있다.

열사용기자재의 검사 및 검사 면제에 관한 기준 22.2

관 련 근 거

3. 보일러 급수가 멎는 경우 즉시 연료(열)의 공급이 차단되지 않거나 과열될 염려가 있는 보일러에는 인젝터, 상용압력 이상의 수압에서 급수할 수 있는 급수탱크, 내연기관 또는 예비전원에 의해 운전할 수 있는 급수장치를 갖추어야 한다.

910.5.2.6.2 급수밸브와 체크밸브

급수관에는 보일러에 인접하여 급수밸브와 체크밸브를 설치하여야 한다. 이 경우 급수가 밸브디스크를 밀어 올리도록 급수밸브를 부착하여야 하며, 밸브디스크와 밸브시트가 급수밸브와 체크밸브의 기능을 겸하고 있어도 별도의 체크밸브를 설치하여야 한다.

910.5.2.7 스톱밸브 및 분출밸브

열사용기자재의 검사 및 검사 면제에 관한 기준 22.6/46.2.5 /46.2.7

910.5.2.7.1 스톱밸브의 개수

1. 증기의 각 분출구(안전밸브, 과열기의 분출구 및 재열기의 입구·출구를 제외한다)에는 스톱밸브를 갖추어야 한다.
2. 맨홀을 가진 보일러가 공통의 주 증기관에 연결될 때에는 각 보일러와 주증기관을 연결하는 증기관에는 2개 이상의 스톱밸브를 설치하여야 하며, 이들 밸브사이에는 충분히 큰 드레인밸브를 설치하여야 한다.

910.5.2.7.2 스톱밸브

스톱밸브의 호칭압력(최고사용압력을 별도로 규정한 것은 최고사용압력)은 보일러의 최고사용압력 이상이어야 한다.

910.5.2.7.3 밸브의 물빼기

물이 고이는 위치에 스톱밸브가 설치될 때에는 물빼기를 설치하여야 한다.

관 련 근 거

910.5.2.7.4 분출밸브의 크기와 개수

1. 보일러 아랫부분에는 분출관과 분출밸브 또는 분출코크를 설치해야한다. 다만, 관류보일러에 대해서는 이를 적용하지 않는다.
2. 분출밸브의 크기는 호칭지름 25 ㎜이상의 것이어야 한다.
3. 최고사용압력 0.7 MPa(7 ㎏f/㎠) 이상의 보일러의 분출관에는 분출밸브 2개 또는 분출밸브와 분출코크를 직렬로 갖추어야 한다. 이 경우에 적어도 1개의 분출밸브는 닫힌 밸브를 전개하는데 회전축을 적어도 5회전하는 것이어야 한다.
4. 1개의 보일러에 분출관이 2개 이상 있을 경우에는 이것들을 공통배관에 하나로 합쳐서 각각의 분출관에는 1개의 분출밸브 또는 분출코크를, 공통배관에는 1개의 분출밸브를 설치하여도 좋다. 이 경우 분출밸브는 닫힌 상태에서 전개하는데 회전축을 적어도 5회전하는 것이어야 한다.
5. 2개 이상의 보일러에서 분출관을 공동으로 하여서는 안된다. 다만, 개별보일러마다 분출관에 체크밸브를 설치할 경우에는 예외로 한다.

910.5.2.7.5 분출밸브 및 코크의 모양과 강도

1. 분출밸브는 스케일 그 밖의 침전물이 퇴적되지 않는 구조이어야 하며 그 최고사용압력은 보일러 최고사용압력의 1.25배 또는 보일러의 최고사용압력에 1.5 MPa(15 ㎏f/㎠)를 더한 압력중 작은 쪽의 압력이상이어야 한다.
2. 분출코크는 글랜드를 갖는 것이어야 한다.

910.5.2.7.6 기타 밸브

1. 보일러 본체에 부착하는 기타의 밸브는 그 호칭압력 또는 최고사용압력이 보일러의 최고사용압력 이상이어야 한다.

관 련 근 거

2. 압력용기에 부착하는 밸브의 최고사용압력은 압력용기의 최고사용압력 이상이어야 한다.

910.5.2.8 자동연료차단장치

열사용기자재의 검사 및 검사 면제에 관한 기준 22.5.5

1. 최고사용압력 0.1 MPa(1 kgf/㎠)를 초과하는 증기보일러에는 다음 각 호의 저수위 안전장치를 설치해야 한다.
   가. 보일러의 수위가 안전을 확보할 수 있는 최저수위(이하 '안전수위'라 한다)까지 내려가기 직전에 자동적으로 경보가 울리는 장치
   나. 보일러의 수위가 안전수위까지 내려가는 즉시 연소실내에 공급하는 연료를 자동적으로 차단하는 장치
2. 관류보일러는 급수가 부족한 경우에 대비하기 위하여 자동적으로 연료의 공급을 차단하는 장치 또는 이에 대신하는 안전장치를 갖추어야 한다.
3. 동체의 과열을 방지하기 위하여 온도를 감지하여 자동적으로 연료공급을 차단할 수 있는 온도상한스위치를 보일러 본체에서 1 m 이내인 배기가스출구 또는 동체에 설치하여야 한다.
4. 폐열보일러에 대해서는 온도상한스위치를 대신하여 온도를 감지하여 자동적으로 경보를 울리는 장치와 송풍기의 가동을 멈추는 등 보일러의 과열을 방지하는 장치가 설치가 되어야 한다.

910.5.2.9 외벽온도

열사용기자재의 검사 및 검사 면제에 관한 기준 22.7.3

보일러의 외벽온도는 주위온도보다 30 K(℃)를 초과하여서는 안된다.

910.5.2.10 육안검사

열사용기자재의 검사 및 검사 면제에 관한 기준 24.2.1/48.2.1

1. 내용물의 외부유출 및 본체의 부식이 없어야 한다. 이때 본체의 부식상태를 판별하기 위하여 보온재 등 피복물을 제거하게 할 수 있다.

관 련 근 거

2. 보일러는 깨끗하게 청소된 상태이어야 하며 사용상에 현저한 부식과 그루우빙이 없어야 한다.
3. 가용플러그가 사용된 경우에는 플러그 주위 금속부위와 플러그면의 산화피막을 적절히 제거하여 육안으로 관찰하였을 때 사용상 이상이 없어야 하며 불완전한 경우에는 교환토록 해야 한다.
4. 보일러가 매달려 있는 경우에는 지지대와 고정구대를 검사하여 구조물의 과도한 변형이 없어야 한다.
5. 리벳이음 보일러에서 이음부분에 누설 또는 그 밖의 유해한 결함이 없어야 한다.
6. 보일러 지지대의 균열, 내려앉음, 지지부재의 변형 또는 파손등 보일러의 설치상태에 이상이 없어야 한다.
7. 모든 배관계통의 관 및 이음쇠 부분에 누기 및 누수가 없어야 한다.
8. 보일러 동체 및 압력용기 동체는 보온과 케이싱이 되어 있어야 하며, 손상이 없어야 한다.
9. 뚜껑 또는 맨홀 등의 볼트류는 심한 부식이나 마모 등이 없어야 한다.
10. 뚜껑이 크러치식일 때는 부착상태가 헐거워서는 안 된다.
11. 뚜껑 등이 변형되어서는 안 된다.
12. 본체와 접속된 배관의 이음부에 심한 부식이 없어야 한다.

910.5.3 폐기물에너지 회수설비

신재생에너지 설비의 지원등에 관한지침[별표1] 시공기준

910.5.3.1 설치조건

1. 폐기물의 연소에 의해 발생한 열을 회수하여 이용할 수 있는 곳에 설치하여야 한다.
2. 폐기물 에너지회수시설은 자체중량, 적재하중 및 기타 하중에 견딜 수 있어야 하고 폐기물 처리과정에서 발생하는 열·습기·배기가스·배출수 및 충격 등에 견딜 수 있는 재질을 사용하여야 한다.

관 련 근 거

3. 폐기물이 흩날리거나 흘러나오는 것을 방지하는 데 필요한 설비를 설치하여야 한다.
4. 폐기물 처리과정에서 발생되는 대기오염물질·수질오염물질 등을 처리할 수 있는 시설을 갖추어야 한다.
5. 굴뚝을 설치하는 경우 통풍력과 배기가스의 대기확산을 고려한 높이와 구조이어야 한다.
6. 폐기물 관리법, 대기환경보호법, 자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률 등의 법률과 관련고시에 적합하게 설치하여야 한다.

910.5.3.2 투입설비

1. 폐기물을 보관할 수 있는 저장설비 및 소각용량 이상을 투입할 수 있는 설비를 갖추어야 한다.
2. 폐기물 투입구 및 청소구는 고온에 견딜 수 있는 재질로 만들어야 하며 외부 공기의 유입이나 연소가스의 누출을 방지할 수 있는 구조이어야 한다.

910.5.3.3 연소설비

1. 적정한 소각기능 및 용량을 가져야 하고 시간당 소각능력은 설계기준 이상이어야 한다.
2. 연소실의 예열 및 온도를 조절할 수 있도록 충분한 보조버너 등 충분한 용량의 보조연소장치를 설치하여야 한다.
3. 연소실의 공기공급량을 조절할 수 있는 장치를 설치하여야 한다.
4. 통풍설비설치 등으로 연소실의 압력이 일정하게 유지되고, 연소가스 또는 화염의 역류현상이 발생하지 않도록 설치하여야 한다.
5. 연소실내의 온도와 압력을 계측할 수 있는 기기를 설치하여야 하며 폭발에 대비할 수 있는 안전장치를 설치하여야 한다.

관 련 근 거

6. 연소실 내부의 연소상태를 볼 수 있는 구조이어야 하며, 소각재의 제거시 재의 흩날림을 방지할 수 있는 구조이어야 한다.

910.5.3.4 폐열회수 및 공급설비

1. 안전밸브, 저수위 차단장치, 전기적 안전장치 등의 안전장치를 설치하여야 한다.
2. 온도, 압력, 유량 등의 관련 계측기기 및 조절기를 설치하여야 한다.

910.5.3.5 기타

1. 모든 기기는 용량, 제작자 및 그 외 기기별로 나타내어야할 사항이 명시된 명판을 부착하여야 한다.
2. 설비제어장치는 자동 및 수동운전이 가능하여야 한다.
3. 전문기업은 설비 소유자에게 소비자 주의사항 및 운전메뉴얼을 제공하여야 하며 운전교육을 실시하여야 한다.
4. 현장조건 등으로 인하여 위의 시공기준을 적용하기 곤란할 경우에는 적용 예외사항에 대하여 사전에 한국에너지공단 신·재생에너지센터의 승인을 득하여야 한다.

910.6 증기터빈 및 부속설비

910.6.1 증기터빈 및 부속설비의 재료

電技 제81조

증기터빈 및 부속설비(펌프 및 압축기는 제외한다)에 속하는 용기 및 관의 압력을 받는 부분에 사용하는 재료는 최고 사용온도에서 안전한 화학적 성분 및 기계적 강도를 가지는 것이어야 한다.

관 련 근 거

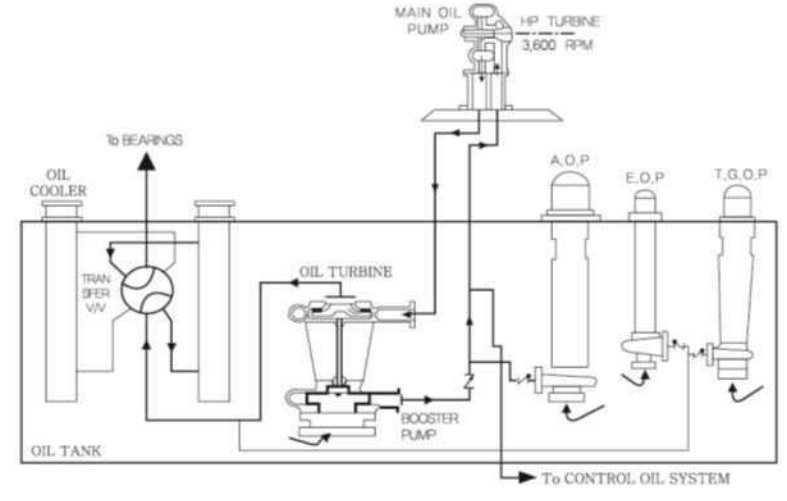
KEC 620.2
KEPIC M-34.
3.2.4.5

910.6.2 증기터빈 및 부속설비의 구조

1. 증기터빈은 비상 조속장치가 작동했을 때 도달하는 회전속도에 대하여 구조상 충분한 기계적 강도를 가지는 것이어야 하며, 어떠한 원인으로 증기터빈이 정격회전속도를 초과하여 비상조속장치가 작동하였을 경우 상승한 속도에서도 기계가 손상되지 않아야 한다.
2. 증기터빈은 베어링 또는 축에 발생할 수 있는 최대의 진동에 대해서 구조상 충분한 기계적 강도를 가지는 것이어야 하며, 증기터빈은 기동 및 정지과정을 포함한 모든 운전상태에서 발생하는 진동에 대하여 충분히 기계적으로 강하고 견고하여야 한다.
3. 증기터빈의 베어링은 이상 마모, 변형 및 과열이 발생하지 않는 구조이어야 하고, 다음의 장치를 구비하여야 한다.

비고

■ 윤활장치 계통도 (예시)



가. 통상 운전시에 증기터빈에 급유를 행하기 위한 주 윤활유 펌프
나. 주 윤활유 펌프의 출구 압력이 현저하게 저하하였을 경우에 자동적으로 증기터빈에 급유하기 위한 보조윤활유 펌프

관 련 근 거

다. 주 윤활유 펌프 및 보조윤활유 펌프가 고장이 발생하는 경우에 증기터빈을 안전하게 정지하기 위한 비상용 윤활유 펌프 또는 수동 보조윤활유 펌프(단 10,000 kW 이하의 증기터빈에는 필요하지 않다)

라. 그림 910-9와 같이 증기터빈의 정지 중에도 통상 운전시에 필요한 윤활유를 모아두기 위한 저장 탱크

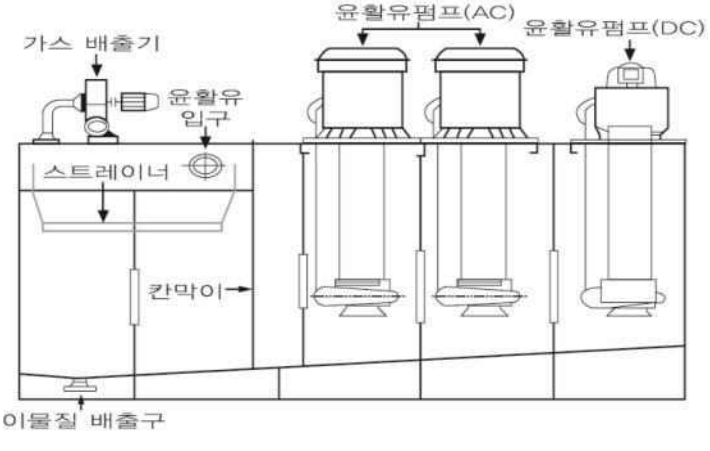


그림 910-9 윤활유 탱크(예시)

마. 그림 910-10과 같이 윤활유를 청정하게 유지하기 위한 장치

관 련 근 거

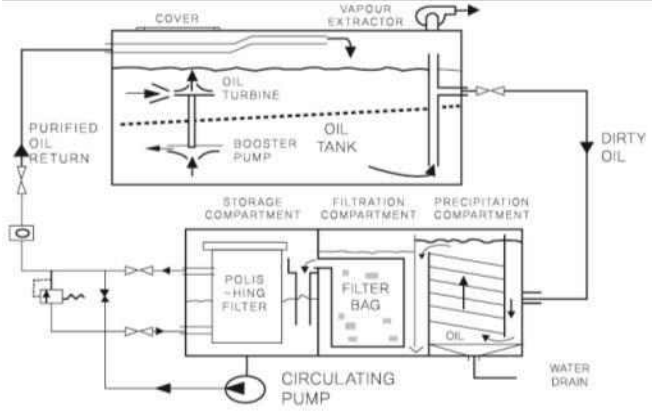


그림 910-10 오일 청정기(예시)

바. 그림 910-11과 같이 윤활유의 온도를 조정하기 위한 장치

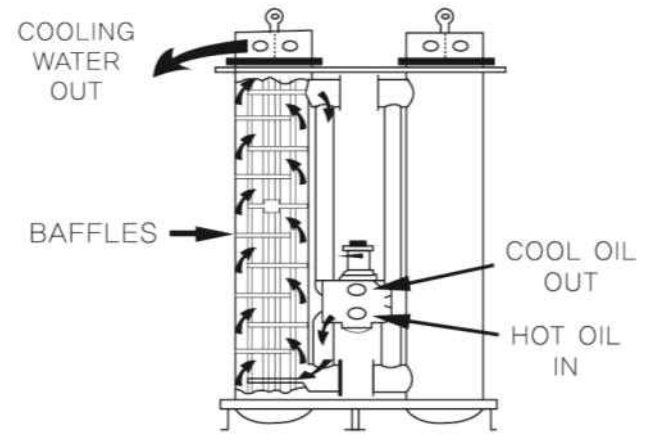


그림 910-11 윤활유 냉각기(예시)

4. 증기터빈 및 발전기 그 외의 회전체를 동일한 축으로 결합하였을 때(회전체를 동일한 축으로 결합하지 않는 경우에는 증기터빈)의 위험속도는 조속장치에 의해 조정 할 수 있는 회전속도 중 최소의 것으로부터 비상조속장치가 작동했을 때에 도달하는 회전속도까지의

관 련 근 거

사이에 있어서는 아니 된다. 다만, 위험속도에서의 진동이 해당 증기터빈의 운전에 지장을 미치는 일이 없게 충분한 대책을 강구했을 경우에는 그러하지 아니하다.

5. 증기터빈 및 부속설비의 압력을 받는 부분의 구조는 최대허용사용압력 또는 최고사용온도에서 발생하는 최대응력에 대하여 안전한 것이어야 한다. 이 경우 압력을 받는 부분에 발생하는 응력은 해당 부분에 사용하는 재료의 최대허용응력을 초과하여서는 아니 된다.
6. 증기터빈 및 부속설비는 자체중량, 지진, 그 밖의 진동과 충격에 대하여 안전한 구조이어야 한다.
7. 증기터빈 및 부속설비에 대한 내진설계를 하는 경우에는 '제930절 내진'에 따른다.
8. 증기터빈의 응축수 계통은 다음의 요건을 갖추어야한다.
   가. 증기터빈은 터빈 내부나 배관의 응축수 축척에 대한 조치를 해야 한다. 입구와 출구 측의 응축수는 터빈 내부를 통해 배수되지 않도록 한다.
   나. 상방향으로 배기되는 응축터빈에 대해 응축수가 복수기(Hotwell)로 회수되기 위해, 터빈 날개 열로 유입되지 않고 응축수가 수집될 수 있도록 배기측 배수에 대해 특별한 주의가 필요하다.
   다. 응축수를 함유하고 있는 모든 배관과 케이싱은 충분한 규격의 배수연결구를 마련해야하고, 이것은 응축수의 축척이 발생하지 않고 배수될 수 있도록 하여야한다.

910.6.3 경보 및 비상정지장치

電技 제84조
KEC 620.4
KEPIC M-34

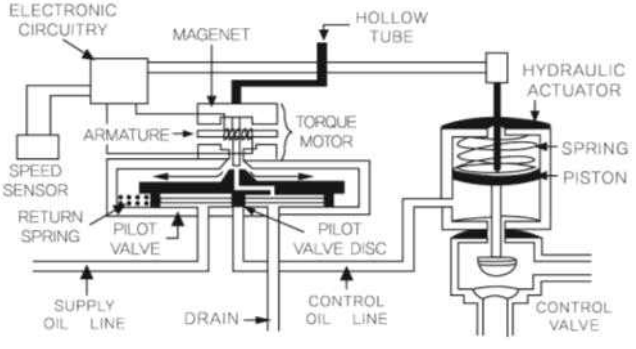
1. 증기터빈에는 운전 중에 진동을 검지하여 경보하는 장치를 설치하여야 하며, 운전 중에 일어나는 과속도 및 그 이외의 이상에 의한 위험의 발생을 방지하기 위하여 이상이 발생했을 경우 증기

관 련 근 거

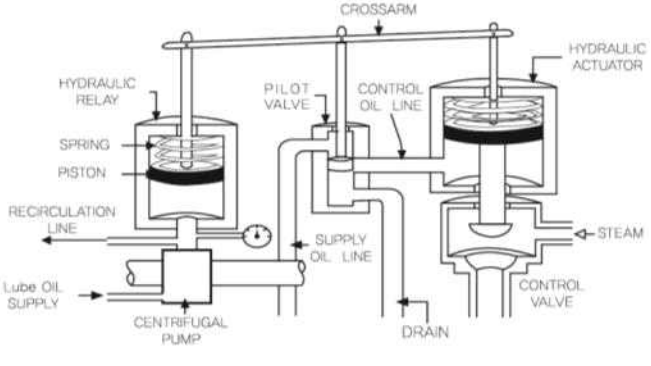
터빈에 유입하는 증기를 자동적으로 신속하게 차단하는 비상조속장치와 비상정지장치를 설치하여야 한다. 또한, 저온 재열증기 배관 및 추기 배관의 역류방지밸브가 역류로 인해 터빈이 가속되지 않도록 정지 시 신속하게 닫혀야 한다.

비고

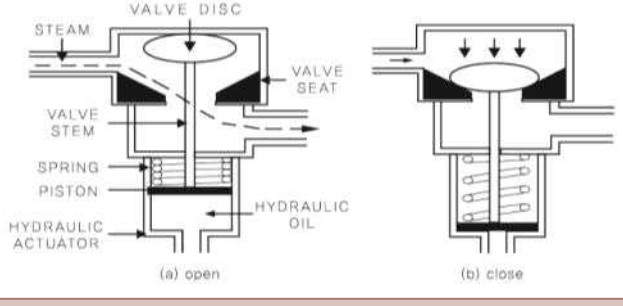
■ 전기식 조속기(예시)



■ 유압식 조속기(예시)



■ 주증기 정지밸브 개폐도



관 련 근 거

2. '운전 중에 지장을 미칠 우려가 있는 진동'이란 증기터빈 또는 이것에 접속하는 그 외의 회전체를 동일한 축으로 결합한 것으로 주요한 베어링 또는 그 부근의 축에서 회전 중에 발생하는 진동에 대한 전진폭의 최대값이 다음 표 910-7에 명시된 측정 장소 및 정격회전속도에 대하여 경보값을 초과하는 경우를 말한다.

표 910-7 측정장소별 경보값

측정 장소	정격회전속도	경보값	
		회전속도가 정격 회전속도 미만일 때	회전속도가 정격 회전속도 이상일 때
베어링	매분 3,600회전 마다	0.075 mm	0.075 mm
	매분 1,800 회전 마다	0.105 mm	0.087 mm
축	매분 3,600회전 마다	0.15 mm	0.125 mm
	매분 1,800 회전 마다	0.21 mm	0.175 mm

3. '과속도'란 증기터빈의 회전속도가 정격 회전속도를 초과하는 경우를 말하며, '그 외의 이상'이란 다음에 열거하는 경우를 말한다.
   가. 용량이 10,000 kVA 이상의 발전기의 내부에 고장이 발생한 경우
   나. 정격출력이 10,000 kW를 넘는 증기터빈의 복수기 진공도가 현저하게 저하하였을 경우
   다. 정격출력이 10,000 kW를 넘는 증기터빈의 트러스트(Thrust) 베어링이 현저하게 마모되거나 또는 그 온도가 현저하게 상승하였을 경우
4. '신속하게'란 증기터빈의 회전속도가 정격 회전속도를 초과하는 경우에는 정격 회전속도의 1.11배를 넘기 이전의 시점을 말하며, 그 외의 경우에는 이상이 발생한 시점을 말한다.
5. 터빈층에서 1개, 주제어실 1개 이상의 터빈 수동정지장치가 제공되어야 한다.

관 련 근 거

910.6.4 과압방지장치

電技 제85조
KEC 620.5

1. 증기터빈 및 부속설비에는 과도한 압력이 발생할 우려가 있는 것에 대해서는 그 압력을 분출할 수 있는 적당한 과압방지장치를 설치하여야 한다.
2. '과압'이란 통상의 상태에서 최고사용압력을 초과하는 압력을 말한다.
3. '적당한 과압방지장치'란 증기터빈에서는 그 배기 압력의 상승시에 과압을 방지할 수 있는 용량의 크기를 갖고 최고사용압력 이하로 작동하는 파열판장치 또는 파괴핀 장치를 말하며, 그 중 어느 쪽을 채용하여도, 안전성이 충분하다면 자동이 아니어도 된다.
4. 복수 터빈의 배기압력 또는 배압터빈의 배압의 이상 상승에 의한 차실, 용기, 관등의 파손의 위험을 방지하기 위해서 설치된 안전밸브 등은 여기에서 말하는 과압방지장치로 인정 된다.

910.6.5 계측장치

KEC 620.6

증기터빈에는 설비의 손상을 방지하기 위하여 다음에 열거하는 운전 상태를 계측하는 장치를 설치하여야 한다.

1. 증기터빈의 회전속도
2. 주증기 스톱밸브, 재열증기 스톱밸브 앞의 증기압력 및 온도
3. 증기터빈의 배기 압력
4. 증기터빈 베어링 입구의 윤활유 압력
5. 증기터빈 베어링 출구의 윤활유 온도 또는 베어링금속 온도
6. 증기유량제어 밸브의 개도
7. 증기터빈 진동의 진폭

관 련 근 거

고시[별표9]

910.6.6 증기터빈 안전장치의 검사항목 및 수검자 준비자료

증기터빈에 대한 각 항목별 비상정지 및 안전장치시험은 증기터빈을 원상복구(Reset) 시킨 후 설정값을 투입하여 경보(Alarm) 및 비상정지(Trip)가 작동하는지 확인하며, 이에 대한 안전장치 검사항목 및 수검자 준비자료는 다음과 같다.

1. 정지중 시험
   가. 윤활유 펌프시험(AC, DC)
      1) 보조윤활유펌프(AOP: Auxiliary Oil Pump) 자동기동시험
         가) 시험장치에 의한 시험
            보조윤활유펌프 조작 스위치자동위치에서 시험장치의 밸브를 서서히 잠그면 압력스위치의 압력이 떨어져 기동 설정값이 되었을 때 보조윤활유펌프가 자동기동 되어야 한다.
         나) 시험장치가 없는 경우
            해당 압력 스위치를 동작시켜(모의 또는 실제) 보조윤활유펌프가 자동기동 되는 시점의 오일압력을 확인한다. 실제 동작 상태는 종합연동시험 등 실제 터빈 트립시 확인한다.
      2) 비상윤활유펌프(EOP: Emergency Oil Pump DC) 자동기동 시험
         가) 시험장치에 의한 시험
            비상윤활유펌프 조작 스위치자동위치에서 시험장치의 밸브를 서서히 잠그면 압력스위치의 압력이 떨어져 기동 설정값이 되면 비상윤활유펌프가 자동기동 되어야 한다.
         나) 시험장치가 없는 경우
            해당 압력 스위치를 동작시켜(모의 또는 실제) 비상윤활유펌프가 자동기동 되는 시점의 오일압력을 확인한다.
   나. 베어링 윤활유 저압력 정지시험
      베어링 윤활유 저압력 정지(Bearing Oil Low Pr. Trip) 스위

관 련 근 거

치를 동작시켜(모의 또는 실제)배전반 경보 창에 경보 및 트립이 표시되는지와 관련 밸브(MSV, RSV, ICV)의 동작 상태를 확인한다.

다. 스러스트 베어링 마모 정지시험

1) 압력 스위치에 의한 시험

스러스트 베어링(Thrust Bearing) 마모정도가 오일압력에 의해 동작되는 경우는 해당 압력스위치를 동작시켜(모의 또는 실제) 배전반 경보창에 경보(Alarm) 및 비상정지(Trip)가 표시되는지 확인한다.

2) 시험장치에 의한 시험

터빈 운전 중 시험 장치를 이용하여 확인한다.

3) 스러스트 베어링(Thrust Bearing) 마모가 전기적 신호로 발생되는 것은 설정값 변경 등을 통해 배전반 경보창에 경보(Alarm) 및 비상정지(Trip)가 표시되는지 확인한다.

라. 복수기 진공도 저하 정지시험

복수기 진공을 실제로 저하시키거나 또는 진공 검출장치를 모의로 동작시켜 배전반 경보창에 경보(Alarm) 및 비상정지(Trip)가 표시되는지 확인한다.

마. 배기증기 고온도 정지시험

1) 해당 온도 스위치를 동작시켜(모의 또는 실제) 배전반 경보창에 알람(Alarm) 및 비상정지(Trip)가 표시되는지 확인한다.

2) 열전대(Thermo-couple) 또는 저항측온계(RTD) 등 온도 검출기를 동작시켜 (모의 또는 실제) 배전반 경보창에 경보(Alarm) 및 비상정지(Trip)가 표시되는지 확인한다.

바. 수동정지 및 복귀(Manual Trip & Reset)

터빈을 원상복구(Reset) 시킨 후 터빈 비상정지 푸쉬버튼(Trip Push Button) 또는 핸들을 조작하여 비상정지(Trip) 및 원상복구(Reset) 되는지 확인한다.

관 련 근 거

사. 밸브 개폐시험

주증기 정지밸브, 증기 조절밸브, 재열증기 정지밸브, 재열증기 조절밸브(MSV, CV, ICV, RSV)를 개폐(Open & Close)하여 작동상태 및 이상 유무 를 확인한다.

아. 베어링 과진동 정지시험

터빈 기동전 진동측정 장치에 경보(Alarm) 또는 비상정지(Trip) 설정값에 해당하는 신호를 주어 배전반 경보창에 경보(Alarm) 또는 비상정지(Trip)가 표시되는지 확인한다. 가진기(예:TK-3)를 보유한 발전소는 해당 단자대에서 가진기를 설치하여 시험할 수 있다.

자. 보조기기 인터록시험

비상정지 시 발전기 출력감발을 유발하는 보일러 급수펌프(BFP), 순환수펌프(CWP), 복수펌프(COP), 공기 압축기 등에 대하여 자체에서 보호장치 인터록(Interlock) 도면에 따라 경보(Alarm) 또는 비상정지(Trip) 시험을 실시한 성적서를 확인하고, 필요시에는 샘플링 검사(Sampling Test)를 실시한다.

차. 파열판 설치상태 확인

파열판의 규격, 파손여부 및 청결 등 설치상태를 확인한다.

2. 운전중 시험

가. 발전기 내부고장 정지시험

발전기 내부고장 관련 계전기(차동계전기 등)를 동작 시 발전기 및 터빈이 정지되는지 확인하고, 수검부서에서 제출한 시험 성적서를 확인한다.

나. 비상조속기(과속도 정지)시험

1) 과속도 트립장치가 후비보호용으로 2개 이상 설치된 경우, 1개는 실제시험(Actual Test)을 반드시 실시하되, 터빈 설비 보호를 위해 나머지는 모의시험으로 대체할 수 있으며, 동작값 중 적어도 1개 이상은 정격속도의 111 % 이하일 것

관 련 근 거

2) 기계식 비상조속기시험(Over-Speed Trip Test)
터빈을 과속시켜 터빈 축에 설치된 편심 링(Ring) 또는 볼트가 동작하여 터빈이 트립되는 속도를 기록할 것

3) 후비보호용 비상조속기시험(Back-up Over Speed Trip Test)
기계식 Back-up 장치시험은 트립속도를 확인할 수 있게 조정한(Shim 이용) 후 시험하거나, 1차 편심 링(Ring) 또는 볼트를 By-Pass시켜 시험한 값을 기록할 것

4) 전기식 후비보호용 장치시험(Electric Back-up Over-Speed Test)은 속도검출기를 동작시켜(모의 또는 실제) 그 값을 기록할 것

다. 조속기 작동범위시험
이 시험은 동기장치의 동기 및 조속범위를 확인하는 것이며, 해당시험은 무부하로 진행한다.

1) 저속도한 (Low Speed Stop)
터빈을 정격속도로 유지한 후 동기장치 핸들을 서서히 Close 하여 0 % 까지(LSS 위치) 되었을 때의 속도를 기록한다. 단, 부하제한장치 (Load Limiter)에 의해 터빈 속도가 제한을 받지 않도록 할 것

2) 고속도한 (High Speed Stop)
터빈을 정격속도로 유지한 후 동기장치 핸들을 서서히 Open 하여 100 % 까지(HSS 위치) 되었을 때의 속도를 기록한다. 단, 부하제한장치(Load Limiter)에 의해 터빈속도가 제한을 받지 않도록 할 것

라. 터빈 진동측정(무부하)
터빈 정격속도 무부하 운전시 각 베어링의 진동값이 경보값 이내로 안전하게 운전되는지 확인하고 그 때의 시험값을 기록할 것

3. 수검자는 '증기터빈 비상정지 및 안전장치 시험' 검사를 실시하기 전에 다음의 자료를 준비하여야 한다.

관 련 근 거

가. 공사계획인가(신고)서
나. 터빈 트립 인터록 도면
다. 터빈 윤활장치 도면
라. 조속기 유압유 계통도면
마. 계기교정시험 성적서
바. 경보회로시험 성적서
사. 보조기기 인터록 시험 성적서

910.6.7 발전기 등의 보호장치

KEC 351.3

1. 발전기에는 다음의 경우에 자동적으로 이를 전로로부터 차단하는 장치를 시설하여야 한다.
   가. 발전기에 과전류나 과전압이 생긴 경우
   나. 용량 500 kVA 이상의 발전기를 구동하는 수차의 압유 장치의 유압 또는 전동식 가이드밴 제어장치, 전동식 니이들 제어장치 또는 전동식 디플렉터 제어장치의 전원전압이 현저히 저하한 경우
   다. 용량이 10,000 kVA 이상인 발전기의 내부에 고장이 생긴 경우
   라. 정격출력이 10,000 kVA를 초과하는 증기터빈은 그 스러스트 베어링이 현저하게 마모되거나 그의 온도가 현저히 상승한 경우

910.6.8 계측장치

KEC 351.6

1. 발전소에는 다음의 사항을 계측하는 장치를 시설할 것
   가. 발전기 전압 및 전류 또는 전력
   나. 발전기의 베어링(수중 메탈을 제외한다) 및 고정자(固定子)의 온도
   다. 정격출력이 10,000 kW를 초과하는 증기터빈에 접속하는 발전기의 진동의 진폭(정격출력이 400,000 kW 이상의 증기터빈에 접속하는 발전기는 이를 자동적으로 기록하는 것에 한한다)

관 련 근 거

2. 정격출력이 10 kW 미만의 내연력 발전소는 연계하는 전력계통에 그 발전소 이외의 전원이 없는 것에 대해서는 '1'의 '가' 의 사항 중 전류 및 전력을 측정하는 장치를 시설하지 아니할 수 있다.
3. 동기발전기(同期發電機)를 시설하는 경우에는 동기검정장치를 시설하여야 한다.
4. 무효전력보상장치를 시설하는 경우에는 다음의 사항을 계측하는 장치 및 동기검정장치를 시설하여야 한다.
   가. 무효전력보상장치의 전압 및 전류 또는 전력
   나. 무효전력보상장치의 베어링 및 고정자의 온도

910.7 가스터빈 및 부속설비

910.7.1 가스터빈 및 부속설비의 재료

電技 제81조

가스터빈 및 부속설비(펌프 및 압축기는 제외한다)에 속하는 용기 및 관의 압력을 받는 부분에 사용하는 재료는 최고 사용온도에서 안전한 화학적 성분 및 기계적 강도를 가지는 것이어야 한다.

910.7.2 가스터빈 및 부속설비의 구조

電技 제82조
KEC 625.2

1. 가스터빈은 비상 조속장치가 작동했을 때 도달하는 회전속도에 대하여 구조상 충분한 기계적 강도를 가지는 것이어야 하며, 어떠한 원인으로 증기터빈이 정격회전속도를 초과하여 비상조속장치가 작동하였을 경우 상승한 속도에서도 기계가 손상되지 않아야 한다.
2. 가스터빈은 가스의 온도가 현저하게 상승하여 연료의 유입을 자동적으로 차단하는 장치가 작동했을 때의 가스온도에 대해서 구조상 충분한 기계적강도 및 열적강도를 가지는 것이어야 한다.

관 련 근 거

3. 가스터빈은 베어링 또는 축에 발생할 수 있는 최대의 진동에 대해서 구조상 충분한 기계적 강도를 가지는 것이어야 하며, 증기터빈은 기동 및 정지과정을 포함한 모든 운전상태에서 발생하는 진동에 대하여 충분히 기계적으로 강하고 견고하여야 한다.

4. 가스터빈의 베어링은 이상 마모, 변형 및 과열이 발생하지 않는 구조이어야 하고, 다음의 장치를 구비하여야 한다.
   가. 통상 운전시에 가스터빈에 급유를 행하기 위한 주 윤활유 펌프
   나. 주 윤활유 펌프의 출구 압력이 현저하게 저하하였을 경우에 자동적으로 증기터빈에 급유하기 위한 보조윤활유 펌프
   다. 주 윤활유 펌프 및 보조윤활유 펌프가 고장이 발생하는 경우에 증기터빈을 안전하게 정지하기 위한 비상용 윤활유 펌프 또는 수동 보조윤활유 펌프(단 10,000 kW 이하의 증기터빈에는 필요하지 않다)
   라. 가스터빈의 정지 중에도 통상 운전시에 필요한 윤활유를 모아 두기 위한 저장 탱크
   마. 윤활유를 청정하게 유지하기 위한 장치
   바. 윤활유의 온도를 조정하기 위한 장치
   다만, 윤활유 펌프의 출구 압력이 현저하게 저하 할 경우에 연료의 유입을 자동적으로 차단하는 장치가 설치되고 안전하게 정지할 수 있는 경우에는 '2'의 보조윤활유펌프를 설치하지 않아도 된다. 또한 보조윤활유 펌프 없이 안전하게 정지할 수 있는 베어링을 가지는 것에서는 '다'의 장치를 설치하지 않아도 된다.

5. 가스터빈 및 발전기 그 외의 회전체를 동일한 축으로 결합하였을 때(회전체를 동일한 축으로 결합하지 않는 경우에는 증기터빈)의 위험속도는 조속장치에 의해 조정 할 수 있는 회전속도 중 최소의 것으로부터 비상조속장치가 작동했을 때에 도달하는 회전속도까지의 사이에 있어서는 아니 된다. 다만, 위험속도에서의 진동이 해당

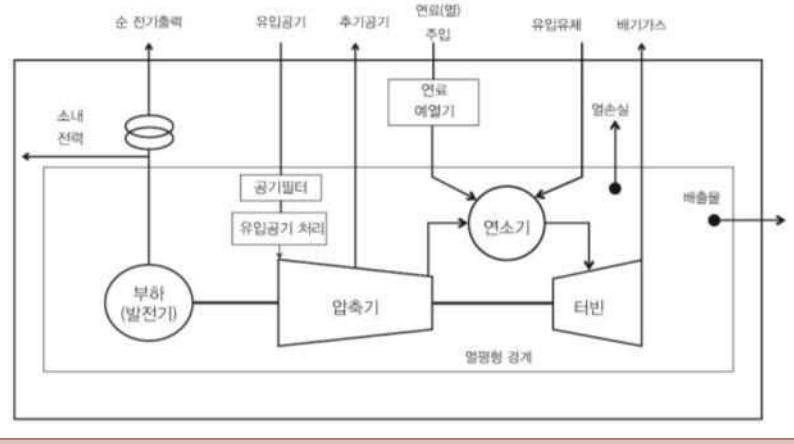
관 련 근 거

증기터빈의 운전에 지장을 미치는 일이 없게 충분한 대책을 강구했을 경우에는 그러하지 아니하다.

6. 가스터빈 및 부속설비의 압력을 받는 부분의 구조는 최대허용사용압력 또는 최고사용온도에서 발생하는 최대응력에 대하여 안전한 것이어야 한다. 이 경우 압력을 받는 부분에 발생하는 응력은 해당 부분에 사용하는 재료의 최대허용응력을 초과하여서는 아니 된다.
7. 가스터빈 및 부속설비는 자체중량, 지진, 그 밖의 진동과 충격에 대하여 안전한 구조이어야 한다.
8. 가스터빈 및 부속설비에 대한 내진설계를 하는 경우에는 '제930절 내진'에 따른다.

비고

■ 가스터빈 시험경계(예시)



관 련 근 거

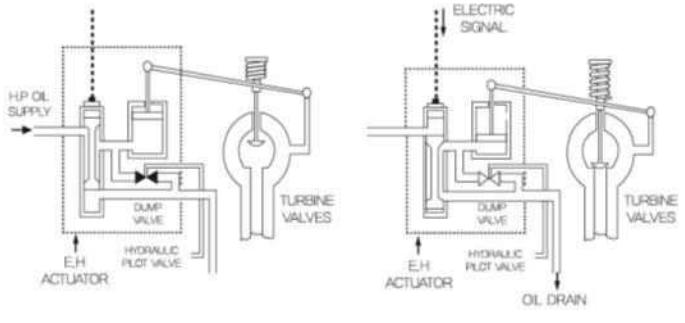
910.7.3 경보 및 비상정지장치

電技 제84조
KEC 625.4
KEPIC M-34

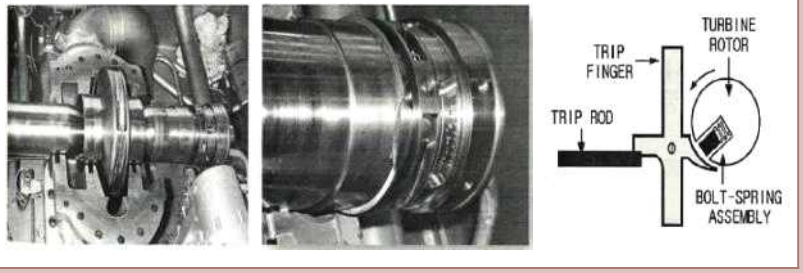
가스터빈에는 운전 중에 진동을 검지하여 경보하는 장치를 설치하여야 하며, 운전 중에 일어나는 과속도 및 그 이외의 이상에 의한 위험의 발생을 방지하기 위하여 이상이 발생했을 경우 가스터빈에 유입되는 연료를 자동적으로 신속하게 차단하는 비상조속장치와 비상정지장치를 설치하여야 한다.

비고

■ 보호장치 동작상태(예시)



■ 비상조속기(예시)



1. '과속도'란 가스터빈의 회전속도가 정격 회전속도를 초과하는 경우를 말한다.
2. 그 외의 이상이란 다음에 열거하는 경우를 말한다.
   가. 용량이 10,000 kVA 이상의 발전기 내부에 고장이 발생하는 경우
   나. 가스의 온도가 현저하게 상승하는 경우

관 련 근 거

3. '신속하게'란 가스터빈의 회전속도가 정격 회전속도를 초과하는 경우에 있어서 정격 회전속도의 1.11배(항공 전용형의 가스터빈 등의 다축형 가스터빈과 발전기가 결합된 것은 1.16배, 발전기와 결합되지 않은 것은 그 강도에 대하여 충분한 검증을 실시하여 안전성이 실증된 최대의 회전속도)를 초과하기 이전의 시점을 말한다. 그 외의 경우에는 이상이 발생한 시점을 말한다.
4. 터빈층 1개, 주제어실 1개 이상의 터빈 수동장치가 제공되어야 한다.

910.7.4 과압방지장치

電技 제85조
KEC 625.5

가스터빈 및 부속설비에는 과도한 압력이 발생할 우려가 있는 것에 대해서는 그 압력을 분출할 수 있는 적당한 과압방지장치를 설치하여야 한다.

1. '과압'이란 통상의 상태에서 최고사용압력을 초과하는 압력을 말한다.
2. '적당한 과압방지장치'는 910.4.2부터 910.4.7(보일러 등과 관련되는 부분을 제외)까지의 규정을 준용할 수 있다.

910.7.5 계측장치

KEC 625.6

가스터빈에는 설비의 손상을 방지하기 위하여 다음에 열거하는 운전상태를 계측하는 장치를 설치하여야 한다.

1. 가스터빈의 회전속도
2. 가스터빈의 공기압축기 토출 압력
3. 가스터빈 입구의 가스온도(출구의 가스온도를 계측해 입구의 가스온도를 산출하는 방법에 따르는 것을 포함한다)
4. 가스터빈 베어링 입구의 윤활유 압력
5. 가스터빈 베어링 출구의 윤활유 온도 또는 베어링금속 온도

관 련 근 거

고시[별표9]

910.7.6 가스터빈 비상정지 및 안전장치시험

가스터빈에 대한 각 항목별 비상정지 및 안전장치시험은 증기터빈을 원상복구(Reset) 시킨 후 설정값을 투입하여 경보(Alarm) 및 비상정지(Trip)가 작동하는지 확인한다.

1. 정지중 시험
   - 가. 윤활유 펌프시험(AC, DC)
     해당 시험에 대한 사항은 910.6.6의 '1'을 따른다.
   - 나. 베어링 윤활유 저압력 정지시험
     해당 시험에 대한 사항은 910.6.6의 '1'을 따른다.
   - 다. 베어링 출구 윤활유 고온도 정지시험
     베어링 윤활유 드레인 헤더(Brg. Drain Header) 측 온도검출기를 동작시켜(모의 또는 실제) 중앙제어실 경보창에 경보(Alarm) 및 비상정지(Trip)가 표시되는지 확인할 것
   - 라. 배기가스 고온도 정지시험
     배기가스 온도검출기를 동작시켜(모의 또는 실제) 중앙제어실 경보창에 경보(Alarm) 및 비상정지(Trip)가 표시되는지 확인할 것
   - 마. 점화 불량시험(Loss Of Flame Trip Test)
     불꽃(Flame)감지 검출기를 동작시켜(모의 또는 실제) 중앙제어실 경보창에 경보(Alarm) 및 비상정지(Trip)가 표시되는지 확인할 것
   - 바. 수동정지 및 복귀(Manual Trip & Reset)
     해당 시험에 대한 사항은 910.6.6의 '1'을 따른다.
   - 사. 베어링 과진동 정지시험
     해당 시험에 대한 사항은 910.6.6의 '1'을 따른다.
2. 운전중 시험
   - 가. 발전기 내부고장 정지시험
     해당 시험에 대한 사항은 910.6.6의 '2'를 따른다.

관 련 근 거

나. 비상조속기시험 (기계식, 전기식, 과속도 정지)
해당 시험에 대한 사항은 910.6.6의 '2'를 따른다.
다. 조속기 작동범위시험
해당 시험에 대한 사항은 910.6.6의 '2'를 따른다.
라. 터빈 진동측정(무부하)
해당 시험에 대한 사항은 910.6.6의 '2'를 따른다.

3. 수검자는 '가스터빈 비상정지 및 안전장치 시험' 검사를 실시하기 전에 다음의 자료를 준비하여야 한다.
가. 공사계획인가(신고)서
나. 윤활유 계통도면
다. 계기교정시험 성적서
라. 경보회로시험 성적서
마. 터빈 트립 인터록 도면
바. 조속기 유압유 계통도면

910.8 기타 발전설비 및 부속설비

910.8.1 내연기관 및 부속설비

910.8.1.1 내연기관 및 부속설비의 재료

電技 제94조

내연기관의 부속설비(펌프 및 압축기는 제외한다)에 속하는 용기 및 관의 압력을 받는 부분에 사용하는 재료는 최고 사용온도에서 안전한 화학적 성분 및 기계적 강도를 가지는 것이어야 한다.

910.8.1.2 내연기관 및 부속설비의 구조

電技 제95조
KEC 630.2

1. 내연기관은 비상 조속장치가 작동했을 때에 도달하는 회전 속도에 대해서 구조상 충분한 기계적 강도를 가지는 것이어야 하며, 어떠한

관 련 근 거

원인으로 내연기관이 정격회전속도를 초과하여 비상조속장치가 작동하였을 경우 상승한 속도에서도 기계가 손상되지 않아야 한다.

2. 내연기관의 베어링은 운전 하중을 안정하게 지지할 수 있고 또한 이상 마모, 변형 및 과열이 발생하지 않는 구조로써 다음의 장치를 구비하여야 한다.
   가. 통상 운전 시에 내연기관에 윤활유를 공급하기 위한 주 윤활유 펌프
   나. 내연기관이 정지 중에도 통상 운전 시에 필요한 윤활유를 저장하기 위한 저장 탱크
   다. 윤활유의 청정을 유지하기 위한 장치
   라. 윤활유의 온도를 조정하기 위한 장치
3. 내연기관 및 부속설비의 압력을 받는 부분의 구조는 최대 허용사용압력 또는 최고 사용온도에서 발생하는 최대응력에 대하여 안전한 것이어야 한다. 이 경우 압력을 받는 부분에 발생하는 응력은 해당 부분에 사용하는 재료의 최대 허용응력을 초과하여서는 아니 된다.
4. 내연기관 및 부속설비는 자체중량, 지진, 그 밖의 진동과 충격에 대하여 안전한 구조이어야 한다.
5. 내연기관 및 부속설비에 대한 내진설계를 하는 경우에는 '제930절 내진'에 따른다.

910.8.1.3 조속장치

電技 제96조
KEC 630.3

1. 유도 발전기와 결합하는 내연기관 이외의 내연기관에는 그 회전속도 및 출력이 부하의 변동시에도 지속적으로 동요하는 것을 방지하기 위해 내연기관에 유입하는 연료를 자동적으로 조정하는 조속장치를 설치하여야 한다.
2. 조속장치는 그 기능으로서 내연기관의 부하가 변동될 때 회전속도 또는 출력의 난조를 방지하기 위하여 연료의 유입을 자동적으로 조정할 수 있고, 정격부하에서의 부하 차단 시 회전속도 최대상승값을 비상조속장치의 작동 회전속도 미만으로 할 수 있어야 한다.

관 련 근 거

910.8.1.4 비상정지장치

電技 제97조
KEC 630.4

1. 내연기관에는 운전 중에 회전속도가 정격 회전속도를 초과하는 경우에 의한 위험을 방지하기 위하여 이상이 발생했을 경우 내연기관에 유입되는 연료를 자동적으로 신속하게 차단하는 비상조속장치와 비상정지장치를 설치하여야 한다.
2. '신속하게'란 내연기관의 회전속도가 정격 회전속도를 초과하는 경우는 정격 회전속도의 1.16배를 초과하기 이전의 시점을 말하며, 그 외의 경우는 이상이 발생한 시점을 말한다.
3. 내연기관에는 냉각수의 온도가 비정상으로 상승하는 경우 또는 냉각수 공급이 정지되는 경우 위험을 방지하기 위한 비상정지장치를 설치하여야 한다.
4. 비상정지장치는 정격출력이 500 kW를 초과하는 내연기관에만 적용한다.

910.8.1.5 과압방지장치

電技 제98조
KEC 630.5

내연기관 및 그 부속 설비에서 과도한 압력이 발생할 우려가 있는 것에 대해서는 그 압력을 방출하기 위한 적당한 과압방지장치를 설치하여야 한다.

1. '과압'이란 통상의 상태에서 최고사용압력을 초과하는 압력을 말한다.
2. '과압이 발생할 우려가 있는 것'이란 내연기관의 실린더 지름이 230 mm를 초과하고 최고 사용 압력이 3.4 MPa 이상의 내연기관의 실린더 (다만, 가스 연료를 이용하는 가스엔진은 제외한다) 및 실린더의 지름이 250 mm를 초과하는 내연기관의 밀폐식 크랭크실을 말한다.
3. '적당한 과압방지장치'는 해당 실린더 또는 밀폐식 크랭크실의 압력이 상승할 때에 과압을 방지할 수 있는 용량을 가지고 또한, 최고 사용압력 이하로 동작하는 릴리프 밸브를 말한다.

관 련 근 거

910.8.1.6 계측장치

KEC 630.6

내연기관에는 설비의 손상을 방지하기 위하여 다음에 열거하는 운전 상태를 계측하는 장치를 설치하여야 한다.

1. 내연기관의 회전속도 또는 주파수
2. 내연기관 출구의 냉각수 온도
3. 내연기관 입구의 윤활유 압력
4. 내연기관 출구의 윤활유 온도

910.8.1.7 내연기관 안전장치의 검사항목 및 수검자 준비자료

고시[별표9]

내연기관에 대한 각 항목별 안전장치시험은 내연기관을 원상복구(Reset)시킨 후 설정값을 투입하여 경보(Alarm) 및 비상정지(Trip)가 작동하는지 확인하며, 이에 대한 안전장치의 검사항목 및 수검자 준비자료는 표 910-8에 따른다.

표 910-8 내연기관 안전장치의 검사항목 및 수검자 준비자료

항 목	방 법
연료유 저압력 정지시험	연료유 저압력 정지시험 스위치를 동작(모의 또는 실제)시켜 중앙제어실 경보창에 경보(Alarm) 및 비상정지(Trip)가 표시되는지 확인
연료유 저압력 정지시험	연료유 저압력 정지시험 스위치를 동작(모의 또는 실제)시켜 중앙제어실 경보창에 경보(Alarm) 및 비상정지(Trip)가 표시되는지 확인
연료유 필터차압 상승 정지시험	연료유 필터차압 상승 정지 스위치를 동작(모의 또는 실제)시켜 중앙제어실 경보창에 경보(Alarm) 및 비상정지(Trip)가 표시되는지 확인
베어링 윤활유 저압력 정지시험	베어링 윤활유 저압력 정지 스위치를 동작(모의 또는 실제)시켜 중앙제어실 경보창에 경보(Alarm) 및 비상정지(Trip)가 표시되는지 확인
베어링 윤활유 고온도 정지시험	베어링 윤활유 배출 분배기 온도검출기를 동작(모의 또는 실제)시켜 중앙제어실 경보창에 경보(Alarm) 및 비상정지(Trip)가 표시되는지 확인

관 련 근 거

표 910-8 내연기관 안전장치의 검사항목 및 수검자 준비자료(계속)

항 목	방 법
수동정지 및 복귀	내연기관을 복귀 한 후 내연기관 정지 푸쉬 버튼 스위치를 조작하여 정지 및 복귀 되는지 확인
냉각수 고온도 정지시험	저항측온계(RTD:Resistance Temperature Detector)를 동작(모의 또는 실제)시켜 중앙제어실 경보창에 경보(Alarm) 및 비상정지(Trip)가 표시되는지 확인
비상조속기시험(기계식, 전기식 과속도정지)	엔진을 무부하 상태에서 과속시켜 엔진이 비상정지(Trip)되는지 확인하고, 비상정지되는 속도를 확인(이 값은 정격속도의 116 % 이하이어야 한다.) ※ 500 kW 이하 설비는 시험을 제외
조속기 작동범위시험	고속도한
	저속도한
수검자 준비자료	■ 공사계획인가(신고)서 ■ 내연기관 규격서 ■ 내연기관 트립 인터록 도면 ■ 윤활유장치 도면 ■ 조속기계통 도면 ■ 계기교정시험 성적서 ■ 경보회로시험 성적서

910.8.1.8 엔진 릴리이프밸브 작동시험

고시[별표9]

엔진 릴리이프밸브 작동 시험항목 및 수검자 준비자료는 표 910-9에 따른다.

표 910-9 릴리이프밸브 시험항목 및 수검자 준비자료

항 목	방 법
실린더 릴리이프밸브	실린더 릴리이프밸브를 분리하여 시험기구(유압잭)를 이용하여 시험을 실시하거나, 자체에서 시험한 시험성적서의 값을 확인
크랭크실 릴리이프밸브	릴리이프밸브는 분리하여 시험 기구를 밸브 중앙에 삽입하고 밸브 안쪽에 있는 플레이트 너트(Plate Nut)에 끼운 후 시험기구의 너트(Nut)를 서서히 잠그면서 릴리이프밸브 열림 상태를 확인
수검자 준비자료	■ 공사계획인가(신고)서 ■ 내연기관 규격서 ■ 실린더 및 크랭크실 릴리이프밸브시험 성적서

관 련 근 거

910.8.2 스털링엔진 및 부속설비

910.8.2.1 스털링엔진 및 부속설비의 재료

電技 제128조

1. 스털링엔진 및 그 부속설비에 속하는 용기 및 관의 압력을 받는 부분에 사용하는 재료는 최고사용압력, 최고사용온도 및 최저사용온도에서 안전한 화학적 성분 및 기계적 강도를 가지는 것이어야 한다.
2. 스털링엔진에 사용하는 작동유체는 불활성가스를 사용해야 한다.

910.8.2.2 스털링엔진 및 부속설비의 구조

電技 제128조

1. 스털링엔진은 비상정지장치가 작동했을 때에 도달하는 회전속도 및 왕복속도에 대해서 구조상 충분한 기계적 강도를 가지고 있어야 한다.
2. 스털링엔진의 베어링은 운전 하중을 안정적으로 지지 가능한 것으로 이상 마모, 변형 및 구조 상 충분한 기계적 강도를 가지고 있어야 한다.
3. 스털링엔진 및 그 부속설비의 압력을 받는 부분의 구조는 최고사용압력, 최고사용온도 또는 최저사용온도에서 발생하는 최대 응력에 대해서 충분히 안전한 것이어야만 한다. 이 경우에 내압부분에 발생하는 응력은 해당부분에 사용하는 재료의 허용응력을 초과해서는 안된다.
4. 스털링엔진에 직접 접속되는 가스 및 혼합가스의 배관과 냉각수 배관은 최고사용압력, 최고사용온도 및 최저사용온도에 충분히 견디고 스털링엔진의 진동에 의해 풀리지 않는 구조를 가지고 있어야 한다.

관 련 근 거

910.8.2.3 속도조절장치

電技 제128조의 4

스털링엔진에는 정격부하를 차단했을 경우에 도달하는 회전속도 및 왕복속도를 비상정지장치가 작동하는 회전속도 및 왕복속도 미만으로 제어할 수 있는 장치를 설치해야 한다. 다만 유도발전기를 결합하는 경우에는 제외한다.

910.8.2.4 비상정지장치

電技 제128조의 5

스털링엔진은 운전 중에 생기는 과속, 과열 및 그 이외의 이상에 의한 위험을 방지하기 위하여 이상이 발생하였을 경우 스털링엔진을 자동적으로 신속하게 정지시키는 비상정지장치를 설치해야 한다.

910.8.2.5 계측장치

電技 제128조의 6

스털링엔진 및 부속설비에는 설비의 손상을 방지하기 위해 운전 상태를 계측하는 장치를 설치해야 한다.

910.8.3 가스감압터빈 및 부속설비

910.8.3.1 가스감압터빈 및 부속설비의 재료

KGS FS452
PC15

가스감압터빈에 사용되는 금속재료는 ASTM, DIN, KS 등 국제적으로 인정되는 재료기준에 따라 압력별 적합한 재료를 사용하여야 하며, 신청시 사용압력 및 사용조건에 대한 재료선정의 관련근거를 제출하여야 한다. 다만, 특별한 용도를 발주자가 지정한 재료의 경우 제외한다.
재료는 원재료 성적서로 확인하며 원재료 성적서가 없을 경우 시편을 채취하여 확인한다.

관 련 근 거

KEC 625.2
KGS FS452
PC15 2.1

910.8.3.2 가스감압터빈 및 부속설비의 구조

1. 가스감압터빈 및 부속설비의 구조에 대한 일반사항은 910.7.2를 따른다.
2. 임펠러(Impeller), 로터(Rotor) 등의 가공부품의 치수는 제조사 혹은 발주사규격에 적합하여야 한다.
3. 각 부는 유해한 흠, 균열, 부식 등 결함이 없어야 한다.
4. 임펠러(Impeller)는 몸체와 베인이 일체형 구조이어야 한다.
5. 배관은 외부의 충격 및 진동으로부터 손상을 방지할 수 있도록 충분한 지지와 보호가 되어야 한다.
6. 주요부품은 수리, 교체 등을 위해 부품의 분해 및 조립이 필요한 경우 플랜지등으로 재조립이 가능한 구조이어야 한다.
7. 각 배관은 해당압력을 표시할 수 있는 적정한 압력계를 설치하여야 하며, 압력계의 범위가 최고사용압력의 1.5배에서 2배이어야 한다.
8. 시스템은 시동, 가동, 이상시 경고 및 운영상태가 적절히 표시되고 이상발생시 시각적, 청각적으로 이상발생을 알릴 수 있는 구조이어야 한다.
9. 씰가스시스템(Seal Gas System)은 정압기와 일체형이어야 하며, 배출가스를 안전하게 배출할 수 있는 구조이어야 한다.
10. 전기기기는 절연 및 접지가 가능한 구조이어야 한다.
11. 터빈을 지지하는 스키드는 충분한 하중을 견딜 수 있는 구조이어야 한다.
12. 터빈은 공진점(Resonance/Critical speed)에서 가동되지 않는 구조이어야하며, 공진점 회피 설계보고서를 제출하여야 한다.
13. 터빈에 설치하는 제품이 「고압가스안전관리법」 및 「액화석유가스의 안전관리 및 사업법」에 따른 검사대상(특정설비 및 가스용품)에

관 련 근 거

해당하는 경우에는 그 검사에 합격한 것이어야 한다.

14. 플랜지, 배관 등의 부속품은 설비에 적합한 규격으로 제작 및 사용하여야 한다.
15. 터빈의 방폭구조는 사용장소에 적합한 방폭구조로 「산업안전보건법」에 따른 검사에 합격한 것이어야 한다.

910.8.3.3 조속장치

KEC 620.3

가스감압터빈의 조속장치에 대한 일반사항은 910.11을 따른다.

910.8.3.4 경보 및 비상정지장치

KGS FS452
PC15 4.6

1. 가스감압터빈의 경보 및 비상정지장치에 대한 일반사항은 910.7.3 을 따른다.
2. 임펠러의 최고사용속도에서 110 %에 도달하면 작동이 정지되는 구조이어야 한다.
3. 제조사 및 발주사가 제시한 발전한계 혹은 유량한계에 도달 할 경우 QCV(Quick Closing Valve)가 작동되어 가스를 차단하는 구조이어야 한다. QCV의 차단속도는 1.5초 이내 차단되어야 한다.
4. 터빈의 베어링 등에서 제조사 및 발주사가 제시한 진동값에 도달한 경우 진동차단장치(Vibration Monitoring System)가 작동되어 가스를 차단하는 구조이어야 한다.
5. 터빈의 베어링 등에서 제조사 및 발주사가 제시한 작동온도에 도달한 경우 온도상승차단장치(Bearing temperature Monitoring System)가 작동되어 가스를 차단하는 구조이어야 한다.

910.8.3.5 과압방지장치

電技 제85조
KEC 625.5

가스감압터빈의 과압방지장치에 대한 일반사항은 910.7.4를 따른다.

관 련 근 거

910.8.3.6 계측장치

KEC 625.6

가스감압터빈의 계측장치에 대한 일반사항은 910.7.5을 따른다.

910.8.3.7 제품표시

KGS FS452
PC15

명판은 금속판으로 제작하여 떨어지지 않고 부식되거나 지워지지 않는 구조이어야 하며 다음사항을 표시해야 한다.

1. 형식명 또는 모델명
2. 제조자명, 수입자명 혹은 그 약호
3. 사용가스
4. 제조년월일 또는 제조번호
5. 성능인증마크
6. 입구압력범위(MPa)
7. 출구압력범위(MPa)
8. 최대표시유량(Nm³/h)
9. 안전장치작동압력(MPa)
10. 관연결부 호칭지름
11. 사용가스 최고온도

910.8.4 바이오(혐기성 소화) 설비

신재생에너지 설비의 지원등에 관한지침[별표1] 시공기준

910.8.4.1 설치위치

1. 모든 설비는 눈, 비 및 바람 등에 보호될 수 있는 구조를 가져야 한다.
2. 발생가스등의 안전유지를 위해 주변에 인화성 물질을 취급하는 곳이 없어야 하며, 항시 통풍이 잘되는 지역에 설치하여야 한다.

관 련 근 거

소화조 및 가스저장조 상부에는 가스 누출여부를 감시할 수 있는 계기를 설치하여야 한다.

910.8.4.2 가스저장장치

1. 구조 및 부속물은 내연성, 내풍성, 내산성에 견딜 수 있도록 설치해야 하며 용접부 Seal 막 등에서는 가스 누출이 없어야 한다.
2. 적설 및 동결 등의 사고가 발생할 경우에는 사고를 방지할 수 있는 설비를 갖추어야 한다.
3. 내부에서 발생된 응축수는 자동 배수될 수 있는 설비를 갖추어야 한다.

910.8.4.3 발전시설

1. 혼소형 엔진을 사용할 경우에는 바이오가스의 함유율이 전체 연료의 70 % 이상이어야 한다.
2. 과온 및 과속 등에 대비한 안전장치를 설치해야 하며, 가스배관에는 역화방지기를 설치해야 한다.

910.8.4.4 배관

보온하여야 하며, 반응조에 연결되는 배관은 유량이 역류하지 않도록 구성해야 한다.

910.8.4.5 밸브류

1. 모든 밸브는 연중 대기온도 및 사용온도 정상적인 기능을 해야 하며, 전동밸브는 By-pass 배관을 병행 설치하여야 한다. 다만, 전동밸브에 수동개폐장치가 설치되어 있을 경우에는 By-pass 배관을 설치하지 않아도 된다.

관 련 근 거

2. 모든 밸브는 적정압력 및 온도(필요시 온도안전밸브)에 견디도록 설치하여야 하며, 압력 안전밸브는 자동 복귀되는 기능이 구비되어야 하고, 조절압력은 시스템 작동 허용압력을 초과해서는 안된다.

910.8.4.6 기타

1. 모든 기기는 용량, 제작자 및 그 외 기기별로 나타내어야할 사항이 명시된 명판을 부착하여야 한다.
2. 설비제어장치는 자동 및 수동운전이 가능하여야 하며 온도감지기는 외부의 조건의 영향이 없도록 소화조의 중심지점에 설치해야 한다.
3. 전문기업은 설비 소유자에게 소비자 주의사항 및 운전메뉴얼을 제공하여야 하며 운전교육을 실시하여야 한다.

910.9 탈황·탈질설비

910.9.1 탈황, 탈질설비의 재료

KEC 640.1

탈황, 탈질설비의 재료는 연기 배출가스에 의한 부식 및 마모발생이 적은 재료를 선정하여야 한다.

910.9.2 탈황, 탈질설비의 구조

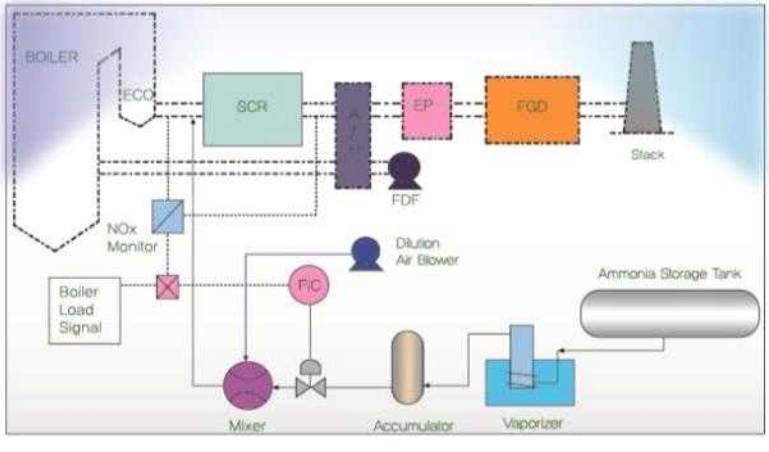
KEC 640.2

1. 내압을 받는 용기 및 관은 보일러 등 가스발생설비의 기동정지, 부하변화 등 운전조건의 변화에 대해 안정된 배연처리 성능을 유지하여야 하며 연료의 종류와 성질·상태, 연소방식에 따른 가스발생 내용을 설계에 반영하여야 한다.
2. 가스터빈 플랜트에서의 탈황, 탈질설비는 보일러 부하가 최대가 되는 지점에서 최저 배기온도 조건의 배기 가스량을 기초로 설정하여야 한다.

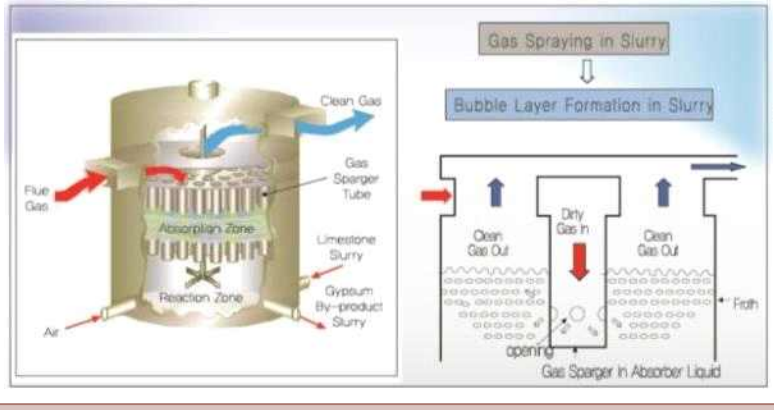
관 련 근 거

비고

■ 탈황, 탈질설비 계통도 (예시)



■ 탈황설비 계통구성 (예시)



910.9.3 안전장치

KEC 640.3

1. 탈황, 탈질설비에 속하는 용기 및 관에는 과도한 압력을 분출하는 안전장치를 설치하여야 한다.
2. 안전장치가 밸브인 경우에는 910.4.2부터 910.4.7까지 해당하는 부분을 준용하여 설치할 수 있다.

관 련 근 거

910.9.4 가스의 누설대책

KEC 640.4

탈황, 탈질설비는 가스 누설의 방지를 위해 다음과 같은 대책을 수립하여야 한다.

1. 가스를 통하는 부분은 최고사용 압력에 대하여 기밀성을 가지는 것이어야 한다.
2. 가스가 누설 되었을 때 체류하지 않는 구조의 것이어야 한다.
3. 누설되는 가스가 체류 할 우려가 있는 장소에 해당 가스의 누설을 감지하고 경보하기 위한 설비를 설치하여야 한다.

910.9.5 계측장치

KEC 640.6

탈황, 탈질설비에서는 운전 상태를 측정하는 다음과 같은 계측장치를 설치하여야 한다.

1. 탈황설비
   가. 배연탈황설비 입, 출구 가스 온도
   나. 배연탈황설비 입, 출구 가스 압력
   다. 배연탈황설비 입, 출구 SO_x 농도
   라. 처리가스 유량
2. 탈질설비
   가. 배연탈질설비 입, 출구 가스 온도 및 압력
   나. 암모니아 희석 공기 유량
   다. 암모니아 기화기 온도
   라. 암모니아 탱크 압력 및 온도
   마. 배연탈질설비 입, 출구 NO_x 농도
   바. 배연탈질설비 출구 암모니아 농도

관 련 근 거

고시[별표9]사업용 전기설비

910.9.6 탈황·탈질·집진설비 안전장치의 검사항목 및 수검자 준비자료

탈황, 탈질 및 집진설비는 각 항목별 이상신호가 감지될 때 비상정지(Trip) 및 경보(Alarm)가 작동하는지 확인하며, 이에 대한 안전장치의 검사항목 및 수검자 준비자료는 표 910-10에 따른다.

표 910-10 탈황·탈질·집진설비 안전장치의 검사항목 및 수검자 준비자료

항 목	방 법
탈황설비용 비상댐퍼 연동시험(Emergency Damper Interlock Test)	보일러 배연계통에 설치된 탈황설비용 비상 바이패스 댐퍼가 탈황설비 비상정지 인터록(Trip Interlock) 도면에 따라 작동하는지 확인
탈황설비용 비상댐퍼 (Emergency Damper)	보일러의 원상복구(Reset) 상태에서 비상정지 조건을 주어 주연료차단(MFT: Master Fuel Trip) 동작 또는 탈황설비가 비상정지 될 경우 신속하게 열려 보일러 배기가스가 대기로 배출될 수 있는가를 확인
배연탈황설비용 소내모선 절환시험	배연탈황(FGD: Fuel Gas Desulfurization) 계통 모선 고장시 자동절환 되는지를 확인
탈질반응기 입 구가스온도 저하 시험	탈질반응기 입구측의 온도가 현저하게 저하될 경우 배전반에 경보(Alarm) 및 비상정지(Trip)가 발생하는지 확인
암모니아 희석공기량 시험	암모니아 주입설비의 희석공기량이 현저하게 저하할 경우 배전반에 경보(Alarm) 및 비상정지(Trip)가 발생하는지 확인
암모니아 압력저하 시험	암모니아 주입설비 입구측의 압력이 현저하게 저하할 경우 배전반에 경보(Alarm) 및 비상정지(Trip)가 발생하는지 확인
탈질반응기 입구 댐퍼 동작	탈질반응기 입구측 댐퍼가 보일러 비상정지(Trip)될 경우 기화용가스 순환송풍기(Hot Gas Circulation Fan)가 정지되며, A, B측 댐퍼가 모두 닫힐 경우 보일러가 정지되는지 확인
유인송풍기 정지시험 (Both ID-Fan Loss)	유인송풍기의 비상정지(Trip) 요소를 동작시켜 실제 정지되는지 확인
보일러 종합연동시험	보일러를 원상복구(Reset)하고 유인송풍기의 비상정지(Trip) 요소를 동작시켜 보일러가 정지되는지 확인
배연탈질설비용 소내모선 절환시험	배연탈질설비용 전원의 주모선과 보조모선의 절환시험을 시행하여 확인

관 련 근 거

표 910-10 계속

항 목	방 법
암모니아저장탱크 및 기화기 안전밸브시험	910.4.9 보조기기 안전밸브 시험 절차를 확인
암모니아 가스 누설여부	암모니아 탱크 및 Distributor 주위에 암모니아 가스가 누설되는지 확인
질소산화물 배출허용기준	대기환경보전법 시행규칙 제15조 및 지자체 조례에 따르며, 질소산화물(NOX) 출구농도는 발전기를 정격출력으로 운전중 배연탈질설비 출구 측 배연가스의 질소산화물(NOX) 농도가 배출허용기준 이하인지 확인(단, 해당수치는 최종 부하운전시험 시 확인)
추타장치 동작시험 (전기식 집진설비)	집진극 및 방전극 등의 추타장치(진동기 등)를 작동시켜 동작상태가 양호한지를 확인
추타장치 동작시험 (기계식 집진설비)	여과된 분진을 제거하는 장치(Air Pulsing 등)를 작동시켜 동작상태가 양호한지를 확인
보조기기 인터록 시험	집진설비와 연동된 기계설비(Fan, Hopper 등) 및 전기설비(변압기, 차단기 등)에 대하여 자체인터록 시험성적서를 확인
운전상태 확인	전기식 집진설비의 경우 집진극 및 방전극의 교류 측 전류, 전압의 상태가 제작사에서 정한 기준값 이내에서 운전되는지를 확인
수검자 준비자료	■ 공사계획인가(신고)서 ■ 배연탈황·탈질·집진설비 규격서 ■ 배연탈황·탈질·집진설비계통도 ■ 배연탈황·탈질·집진설비 트립 인터록 도면 ■ 배연탈황·탈질·집진설비 단선결선도 ■ 황산화물·질소산화물 · 분진 배출량 자체 측정기록지 ■ 계기교정시험 및 경보회로시험 성적서

관 련 근 거

고시[별표9]사업용 전기설비

910.10 종합연동

1. 발전기 계통병입 후 저부하(소내모선 자동절체 가능부하)에서 발전기 측 보호계전기를 임의 동작시켜 비상정지 로직(Unit Trip Logic)에 따라 발전설비가 정상적으로 비상정지(Trip)되는지를 확인 한다.
2. 종합연동시험은 보일러, 터빈 및 발전기의 상호연동트립(보일러 ⇔ 터빈 ⇔ 발전기)시험으로 확인한다. 다만, 설계상 상호 연동트립이 되지 않는 경우 각각(보일러 ⇒ 터빈, 터빈 ⇔ 발전기) 구분하여 확인 한다.
3. 이때 확인하여야 할 사항은 다음과 같다.
   가. 발전기용 차단기 비상정지(Trip)
   나. 소내모선 자동절체
   다. 여자기용 Breaker (또는 S.W 접점) Open
   라. 터빈 비상정지(Trip) 동작에 의한 주증기 정지밸브(Main Stop Valve) 및 주증기 조절밸브(Control Valve)의 닫힘, 추기 밸브 열림
   마. 터빈 비상정지(TBN Trip)에 따른 속도저하 시 보조윤활유 펌프(A.O.P) 자동기동상태 확인
   바. 보일러 주연료차단(MFT: Master Fuel Trip)동작에 의한 보일러 비상정지(Trip)
   사. 배전반의 트립경보 상태 확인
4. 수검자는 '종합연동시험' 검사를 실시하기 전에 다음의 자료를 준비하여야 한다.
   가. 공사계획인가(신고)서
   나. 종합 인터록 도면

09 화력·수력 발전설비

관 련 근 거

910.11 조속장치

KEC 620.3

조속장치는 그 기능으로서 증기·가스 터빈의 부하가 변동될 때 속도 또는 출력이 난조를 일으켜서는 안 되며, 정격부하에서의 부하 차단 시 회전속도 최대상승값은 비상조속장치의 작동 회전속도 미만으로 하여야 한다. 다만, 발전기가 유도발전기인 경우에는 다음의 이유에 의해 조속장치를 필요로 하지 않는다.

1. 유도 발전기는 그 자체로 회전 자계를 발생하는 기능이 없기 때문에 부하 변동에 대한 속도 조정은 필요하지 않다.
2. 동기 발전기와 병렬 운전 중 터빈출력(유도 발전기 출력)의 변동분은 동기 발전기에 흡수되므로 증기터빈의 속도 및 부하는 변동하지 않는다. 따라서 출력을 조정하는 장치는 필요가 없다.

910.11.1 부하차단시험

고시[별표9]사업용 전기설비

1. 공사계획인가 또는 신고 출력에서 부하차단을 실시하며, 부하차단 직전의 터빈 회전수와 차단 직후의 터빈 최고상승 회전수를 오실로그래프 레코더(Oscillograph Recorder Chart)에서 계산하여 속도 변동률을 구하고 이 값이 제작사 설계값 이내인지 확인한다. 또한, 터빈 최고 상승회전수는 비상조속장치의 작동 회전속도 미만(정격회전속도의 111 %이내) 인지를 확인한다.

$$\text{속도변동률}(\%) = \frac{\text{최고 상승회전수} - \text{차단직전 회전수}}{\text{정격 회전수}} \times 100$$

2. 부하차단 직전의 발전기 전압과 차단 직후의 발전기 최대상승 전압을 오실로그래프 레코더에서 계산하여 전압변동률을 구하고 이 값이 제작자의 설계값 이내인가 확인한다.

$$\text{전압변동률}(\%) = \frac{\text{최대상승전압} - \text{차단전전압}}{\text{정격전압}} \times 100$$

관 련 근 거

3. 부하차단 직후 발전기 전압이 최대로 상승할 때 과전압계전기(OVR : Over Voltage Relay)가 부동작 인지를 확인한다.
4. 부하차단 직전의 터빈 회전수와 차단 직후 터빈의 안정된 회전수(약 2 ~ 3분 소요)를 오실로그래프 레코더에서 계산하여 속도정정율을 구하고 이 값이 제작자의 설계값 이내인가 확인한다.

$$\text{속도정정률}(\%) = \frac{\text{안정된 회전수} - \text{차단직전 회전수}}{\text{정격 회전수}} \times 100$$

5. 수검자는 '조속장치시험' 검사를 실시하기 전에 다음의 자료를 준비하여야 한다.
   가. 공사계획인가(신고)서
   나. 조속기 특성시험 성적서
   다. 출력 기록지(검사기간 중 시험결과를 출력)

910.12 부하운전

고시[별표9]사업용 전기설비

1. 증기터빈은 보일러, 터빈, 열교환기, 발전기 및 부속설비가 정격부하에서 4시간 동안(신뢰도운전 시 신뢰도 운전시험 기간 종료시점) 연속운전상태가 정상적인지 열정산도 및 기기규격서 등을 검토하여 기준에 적합한지를 확인한다.
2. 가스터빈은 터빈, 열교환기, 발전기 및 부속설비가 정격부하(외기온도가 보정된 인가된 출력)에서 2시간 동안(신뢰도 운전시험 기간 종료시점) 연속운전상태가 정상적인지 열정산도 및 기기규격서 등을 검토하여 기준에 적합한지를 확인한다.
3. 내연기관은 정격부하에서 2시간 동안 연속운전하여 기기의 운전상태가 정상적인지 확인한다. 단, 도서지역 등 계통여건상 정격부하 운전이 곤란한 경우 최대 가능출력으로 할 수 있다.
4. 수검자는 '부하운전시험' 검사를 실시하기 전에 다음의 자료를 준비하여야 한다.

09 화력·수력 발전설비

관 련 근 거

가. 공사계획인가(신고)서

나. 출력 기록지(검사기간 중 시험결과를 출력)

관 련 근 거

920 수력발전설비

920.1 일반사항

KEC 701

1. 이 기준은 수력발전설비를 검사하는데 적용한다.
2. 발전용 수력설비는 해당 지역의 외기온도 등 기후 및 환경조건에서 정상적인 운전이 가능하여야 한다. 필요한 경우, 관련기관에서 제공하는 통계 데이터를 활용할 수 있다.
3. 이 기준에 명시되지 않은 사항이라 하더라도 기술기준에 적합하도록 하기 위하여 국제표준 및 이에 근접한 기술요건 중 안전수준을 확보할 기술적 근거가 충분하다면 이 규정 이외의 다른 규정을 적용할 수 있다.
4. 이 기준에서 사용하는 단위는 SI단위 외에 미국상용단위를 참조단위로 병행하여 사용할 수 있다.
5. 수력발전설비 계통도는 그림 920-1을 참조한다.

K Water
2018-WR-GP-
367-1572

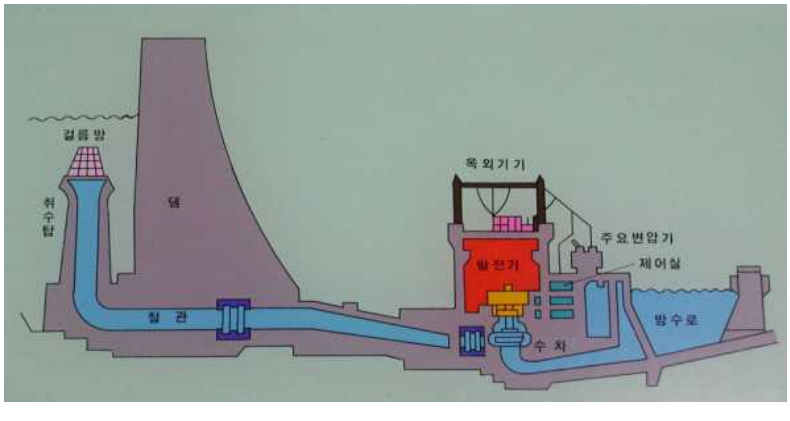


그림 920-1 수력발전 계통도

관 련 근 거

920.2 댐

920.2.1 본체에 작용하는 하중의 조합

KEC 705.1

댐의 본체에 작용하는 하중의 조합은 표 920-1과 같다.

표 920-1 본체에 작용하는 하중의 조합

댐의 종류 / 수위 조건	콘크리트 중력댐	아치댐	필 댐
수위가 상시만수위 또는 서차지수위인 경우	자체중량, 정수압, 동수압, 퇴사압, 지진력, 양압력, 풍하중, 온도하중, 파압 및 빙압	자체중량, 정수압, 동수압, 퇴사압, 지진력, 양압력 및 온도하중	자체중량, 정수압, 지진력 및 간극수압
수위가 설계홍수위인 경우	자체중량, 정수압, 퇴사압, 양압력, 풍하중, 온도하중 및 파압	자체중량, 정수압, 퇴사압, 양압력 및 온도하중	자체중량, 정수압 및 간극수압
수위가 비어있는 경우	자체중량, 지진력, 풍하중(삭제) 및 온도하중	지진, 지진력 및 온도하중	간극수압, 자체중량, 지진력
수위가 상시만수위로부터 최저수위까지 급격히 저하하는 경우			자체중량, 정수압, 지진력 및 간극수압

920.2.2 하중의 계산방법

KEC 705.2

920.2.1에서 규정하는 하중의 계산방법은 다음과 같다.

1. 자체중량은 댐 재료의 단위중량을 적용하여 계산하며 실제에 사용하는 재료의 배합시험에 의하여 결정한다. 콘크리트댐의 경우 예비설계 등에서 미리 시험을 할 수 없을 때에는 본체의 단위중량을 23 kN/m^3으로 한다.

관 련 근 거

2. 정수압은 댐과의 접촉면에 대하여 수직으로 작용하는 것으로 하며 다음 식 920-1에 의하여 계산한다.

$$P = W_w h \quad \cdots\cdots \text{식 920-1}$$

여기서 P : 수심h인 점에서의 정수압(Pa)

W_w : 물의 단위중량(N/m^3)

h : 설계수위로부터 임의의 점까지의 수심(m)

3. 지진력이 작용하는 경우에 발생하는 동수압은 연직한 단면에 작용하는 것으로 하며 식 920-2에 의하여 계산한다. 다만, 댐축 방향으로 1 m 폭을 갖는 연직면에 수평으로 작용하는 총 동수압은 식 920-3에 의하여 계산한다.

$$P_d = \frac{7}{8} W_w K_1 \sqrt{Hh} \quad \cdots\cdots \text{식 920-2}$$

$$P_t = \frac{7}{12} W_w K_1 H^{1/2} h^{3/2} \quad \cdots\cdots \text{식 920-3}$$

여기서 P_d : 지진 시 저수에 의한 동수압(kN/m^2)

W_w : 물의 단위중량(kN/m^3)

K_1 : '4'에서 정하는 설계진도

H : 상시만수위에서 기초지반까지의 수심(m)

h : 상시만수위에서 임의의 점까지의 수심(m)

P_t : 수심 h까지의 총 동수압(kN/m^2)

4. 지진력계산의 일반적인 사항은 930.1의 내진설계 일반을 준용한다.

5. 퇴사압에서 연직력은 퇴사의 수중단위중량을 적용하여 계산하고, 수평력은 식 920-4에 의하여 계산한다.

$$P_e = C_e W_s h \quad \cdots\cdots \text{식 920-4}$$

관 련 근 거

여기서 P_e : 퇴사압의 수평력(Pa)

C_e : 토압계수 $\left(\frac{1-sin\phi}{1+sin\phi}\right)$

ϕ : 안식각(도)

W_S : 퇴사의 수중단위중량(N/m^3)

h : 퇴사의 깊이(m)

6. 양압력은 댐 단면의 전면적에 연직상방향으로 작용하는 것으로 하고 표 920-2의 배수공 조건에 따라 계산한다.

표 920-2 배수공 조건에 따른 댐 단면 위치별 양압력

배수공 조건	댐 단면 위치별 양압력			비고
	상류단	배수공 위치	하류단	
배수공이 있는 댐의 단면	상류단의 수압	상류단의 수압과 하류단의 수압과의 차의 1/5의 값에 하류단의 수압을 더한 값	하류단의 수압	명확히 기록된 지점 이외의 양압력은 비례법에 의하여 계산한다.
배수공이 없는 댐의 단면	상류단의 수압과 하류단의 수압과의 차의 1/3의 값에 하류단의 수압을 더한 값	상류단과 하류단 양압력의 직선 비례		

배수공이 없는 댐의 양압력은 식 920-5에 의하여 계산할 수 있다.

$$W_u = W_w C A \left[H_2 + \frac{1}{2}\tau(H_1 - H_2)\right] \quad \cdots\cdots \text{식 920-5}$$

여기서 W_u : 전 양압력(N)

W_w : 물의 단위중량(N/m^3)

C : 정수압이 작용하는 면적비율

A : 양압력을 받는 저부면적(수정단면)(m^2)

τ : 차수그라우트와 배수공의 작용에 의한 순수두(H -H)에 대한 비율

H_1 : 본체의 상류단 수심(m)

H_2 : 본체의 하류단 수심(m)

관 련 근 거

7. 온도하중은 수축이음매 그라우팅시의 본체 내부의 온도와 그 후의 본체 내부의 최고온도 및 최저온도와의 차에 의하여 계산한다.

8. 간극수압은 유선 및 등수두선을 이용하여 계산한다.

920.2.3 여유 높이

KEC 705.3
電技 제131조

댐의 비월류부 마루의 높이는 최고수위 또는 설계홍수위에 여유 높이를 더한 값 중 큰 값 이상이어야 하며, 댐의 여유 높이는 표 920-3과 같이 계산한다.

표 920-3 댐의 종류에 따른 여유 높이

댐의종류	여 유 고
콘크리트 중력댐 및 아치댐	• 설계홍수위(FWL) + Hf Hf ≥ hw+½he+ha (Hf<1.0 일때는 Hf=1.0) • 최고수위(MWL) + Hf Hf ≥ hw+ha (Hf<1.0 일때는 Hf=1.0)
필 댐	• 설계홍수위(FWL) + Hf Hf ≥ R + ½he + ha + hi • 최고수위(MWL) + Hf Hf ≥ R + ha + hi
	필댐 중 콘크리트 표면차수벽형 석괴댐의 여유 높이는 아래와 같이 계산한다. 1. 수위 기준 • 설계홍수위(FWL)+Hf Hf≥R+½he+ha+hi • 최고수위(MWL)+Hf Hf≥R+ha+hi 2. 파도방지벽 기준 • Hp = 설계홍수위(FWL) + Hf Hf≥hw+½he+ha+hi • Hp = 최고수위(MWL) + Hf Hf≥hw+ha+hi

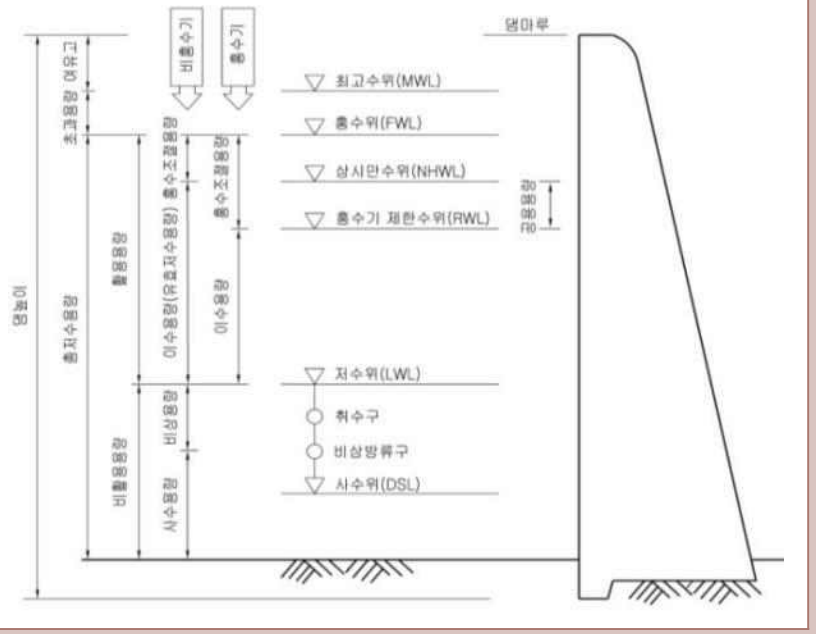
여기에서
Hf : 여유 높이(m) hw : 유의 파도 높이
he : 지진에 의한 파도 높이(m)
ha : 여수로 형식에 의한 안전높이(m)(수문이 있을 경우 0.5 m, 수문이 없을 경우 0m)
R : 물결의 처오름 높이를 포함한 파도 높이(m)
hi : 댐형식에 의한 안전높이(보통 1.0 m)

관 련 근 거

KDS 54 10 15

비고

■ 댐 목적별 수위 및 용량배분



920.2.4 기초지반

電技 제131조
KDS 54 50 00

댐의 기초지반은 댐의 안정에 필요한 강도 및 수밀성이 있어야 한다.

1. 기초지반은 댐체와 완전히 밀착되도록 부석, 흙 등 유해물을 완전히 씻어내어야 한다.
2. 기초그라우트의 재료는 다음과 같은 성질의 재료를 사용하여야 한다.
   가. 유동성이 좋고 압력을 가하면 작은 균열을 통과할 수 있도록 미세할 것
   나. 응고한 후에 압축강도가 클 것
   다. 응고할 때 수축량이 적을 것

관 련 근 거

고시 별표9

920.2.4.1 댐 기초지반의 검사항목 및 수검자 준비자료

댐 기초지반의 안전성 확보를 위한 검사항목 및 수검자 준비자료는 표 920-4를 따른다.

표 920-4 댐 기초지반의 검사항목 및 수검자 준비자료

항 목	방 법
기초지반 상태	댐의 심벽(Core) 및 휠터(Filter)를 보호하는 외부사력(Rock Fill), 축조 구간의 기초지반(Core Zone, Filter Zone, Rock Zone)에 대한 지질분포 구조 및 암질의 상태를 육안검사하고, 지질조사보고서 및 시방서와 비교 확인
기초지반의 처리상태	댐 기초의 Core Zone은 신선한 암반이 노출될 때 까지 굴착하고 기초표면을 깨끗히 세척한 후 기 작성된 지질조사 보고서 등과 비교 검토한 후 굴착표면 및 기초의 처리범위, 방법 등이 시방서 대로 이행되었는지 확인 그라우팅(Grouting) 종류별로 그라우트 홀(Grout Hole)의 배치, 길이, 지름, 배합 및 주입압력 등을 시방서와 비교확인
기초지반의 수밀시험	그라우팅이 완료되면 그라우팅효과(수밀성)를 측정하기 위하여 기초처리 도면 및 시방서에 의거 시험 구멍(Test Hole)을 천공하고, Test Hole은 그라우팅을 실시한 전지역의 그라우팅효과를 효율적으로 판단할 수 있도록 배열하여 수압시험을 실시해야 하며 그 결과가 시방서 기준에 적합한지, 부적합한 곳은 주변의 암질 및 기 시공한 그라우팅 성과 등을 검토하여 적절한 추가공을 천공하여 보강 그라우팅을 실시하였는지 확인
수검자 준비자료	■ 공사계획인가(신고)서 ■ 지반조사보고서 ■ 그라우팅 설계기준 및 시공계획서 ■ 수압시험(Lugeon Test) 성적서 ■ 설계도면 및 시방서 ■ 감리검측서 및 현장사진

관 련 근 거

비고

■ 기초지반 현장조사의 종류

시추조사	굴절법탄성파탐사	핸드오거보링
재료원 지층분포 파악	암석재의 분포심도 파악	교란시료의 구성성분 확인
현장입자크기시험	**현장밀도시험**	**실규모시험발파**
재료의 입자크기분포 확인	자연상태의 단위중량 측정	암석재의 파쇄입자크기 파악

920.2.5 댐 콘크리트의 재료

電技 제133조

댐에 사용하는 콘크리트의 재료는 다음에 따라야 한다.

1. 시멘트는 그 품질에 따라 적절하게 응결하고 소요강도를 낼 수 있어야 한다.
2. 골재는 견고하고 내구성이 있으며 적당한 입자크기를 가져야 한다.
3. 골재, 물 또는 혼화재료는 콘크리트의 응결을 방해하고 철근을 현저히 녹슬게 하거나 콘크리트와 철근과의 부착을 방해하는 산, 염, 유기물 또는 진흙을 함유하지 않아야 한다.
4. 해수와 접촉하는 댐 구조물에 대한 콘크리트 재료는 부식에 견딜 수 있어야 한다.

관 련 근 거

920.2.6 시멘트 및 골재의 규격 및 강도기준

KEC 705.4
KS F 2526
콘크리트
품질검사기준

1. 시멘트 및 콘크리트의 규격은 다음과 같다.
   가. 한국산업표준 KS L 5201 '포틀랜드 시멘트'
   나. 한국산업표준 KS L 5210 '고로 슬래그 시멘트'
   다. 한국산업표준 KS L 5211 '플라이애시 시멘트'
   라. 한국산업표준 KS L 5401 '포틀랜드 포졸란 시멘트'
   마. 한국산업표준 KS L 5204 '백색 포틀랜드 시멘트'
   바. 한국산업표준 KS F 4009 '레디믹스 콘크리트'
   사. 한국산업표준 KS F 2405 '콘크리트 압축강도 시험방법'
   아. 한국산업표준 KS F 2402 '콘크리트 슬럼프 시험방법'
2. 골재의 규격은 다음과 같다.
   가. 한국산업표준 KS F 2526 '콘크리트용 골재'
   나. 한국산업표준 KS F 2527 '콘크리트용 부순 골재'
   다. 한국산업표준 KS F 2534 '구조용 경량 골재'
   라. 한국산업표준 KS F 2543 '콘크리트용 동슬래그 골재'
   마. 한국산업표준 KS F 2544 '콘크리트용 고로 슬래그 골재'

920.2.7 누수의 방지

電技 제134조

본체 및 본체와 그 기초지반과의 접촉부는 위험한 누수가 생기지 않아야 한다.

920.2.8 감시장치

電技 제135조
KEC 705.5

높이가 15 m 이상의 댐에는 댐의 건전성을 감시하기 위한 장치를 시설하여야 하며, 댐의 건전성을 감시하는 매설계기란 표 920-5와 같은 항목을 측정하기 위한 계측기이다.

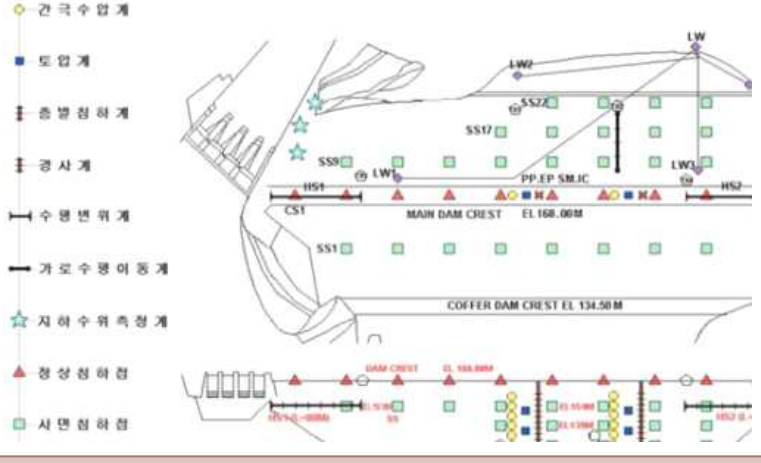
관 련 근 거

표 920-5 댐 종류에 따른 측정 항목

구분	콘크리트 중력댐		아치댐		필 댐	
높이	50 m 미만	50 m 이상	30 m 미만	30 m 이상	본체에 대체적으로 균일한 재료를 사용한 것	그 밖의 것
측정 항목	누수량 및 양압력	누수량, 양압력, 변형, 응력, 온도 및 지진	누수량 및 변형	누수량, 양압력, 변형, 응력, 온도 및 지진	누수량, 변형 및 침윤선	누수량, 간극수압, 변형, 응력 및 지진

비고

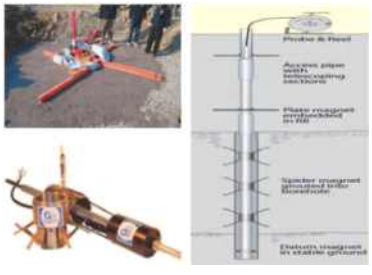
■ 임하댐 계측기 매설도



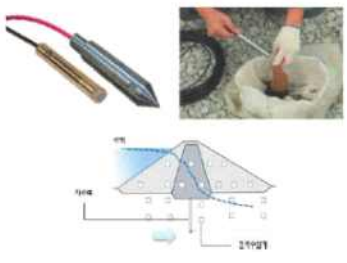
관 련 근 거

비고

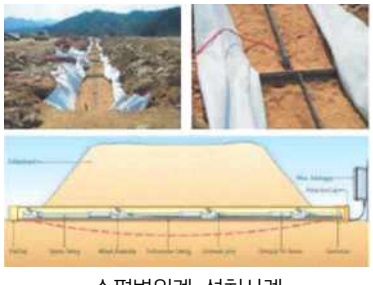
■ 계측기 설치 사례



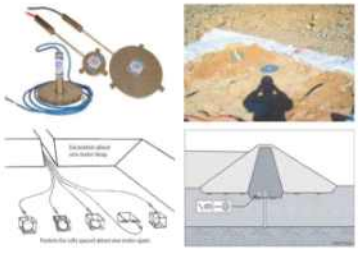
층별침하계 설치사례



간극수압계 설치사례



수평변위계 설치사례



토압계 설치사례

K Water
2018-WR-GP-3
67-1572

제920절

920.2.9 여수로

電技 제136조

1. 본체 또는 그 부근에는 홍수로부터 안전할 수 있도록 다음에 따라 여수로를 시설하여야 한다.
   가. 여수로는 댐의 본체 또는 그 부근에 설치할 것
   나. 여수로 구조물은 각종 작용하중과 설계홍수위 또는 최고수위 상태에서 저수지로부터 방류되는 유량에 의한 하중에 대하여 안전할 것
   다. 설계홍수위 또는 최고수위 상태에서 흐르는 물을 안전하게 흘려보낼 수 있고 방류되는 유량으로 인하여 댐 및 그 부근에 피해가 발생하지 않도록 할 것
   라. 여수로의 기능에 지장을 줄 부유물이 유입하지 않도록 할 것

관 련 근 거

비고

■ 소양강댐 배치도

K Water 2018-WR-GP-367-1572

2. '1'의 여수로 수문은 다음에 따라 시설하여야 한다.
   가. 수밀성을 가질 것
   나. 개폐가 쉽고 확실할 것
   다. 사용하는 재료는 필요한 화학적 성분 및 기계적 성능을 가질 것
   라. 자체중량, 정수압, 동수압, 퇴사압, 지진력, 양압력, 개폐력 및 빙압에 의한 응력은 사용하는 재료의 허용응력을 초과하지 않을 것
   마. 개폐시 위험한 진동이 없을 것
   바. 좌굴 하지 않는 구조일 것
   사. 작용하는 하중을 본체 등에 안전하게 전달하는 구조일 것

920.2.10 여수로·수로 등 콘크리트 구조물의 설계

KEC 705.6

하중에 대하여 안전한 것이란 국토교통부 제정 「콘크리트구조기준(2012)」이나 이와 동등한 기술자료를 이용하여 콘크리트 구조물을 설계하는 것을 말하며, 강도·내구성·수밀성을 가져야 한다.

관 련 근 거

920.2.11 흐르는 물을 안전하게 흘려보냄

KEC 705.7

920.2.9의 1의 '다'에서 규정하는 흐르는 물을 안전하게 흘려보낼 수 있다고 하는 것은 다음과 같다.

1. 월류형 여수로의 인양식 수문을 최대로 인양할 때에 수문의 하단 및 월류형 여수로에 부속되어 설치된 다리, 권양기, 그 밖의 댐마루 구조물은 최대홍수위에 해당하는 흐르는 물의 월류수면에서 1.5 m 이상 떨어져 있어야 한다.
2. '1'에 따른 월류수심이 2.5 m 이하인 경우에는 월류수면에서 1 m 이상 떨어져 있어야 한다.

920.2.12 수문의 개폐

KEC 705.8

920.2.9의 2의 '나'에서 규정하는 수문의 개폐가 쉽고 확실하다고 하는 것은 수문을 열 때에 동력설비를 사용할 경우 수문 개폐장치에는 주동력설비 외에 예비동력설비(동력설비가 전동식의 것인 경우는 예비전원장치)를 설비하는 것이다. 단, 수문의 규모가 작고 수동으로 조작하여도 확실하게 개폐할 수 있을 때에는 예비동력설비를 대신하여 수동개폐기구를 설치할 수 있다. 또한, 수문의 형식과 규모, 목적 및 설치장소 등에 따라 Wire rope, Rack 및 유압식 등의 적절한 개폐장치를 선정하는 것이다.

920.2.13 여수로 수문에 사용하는 재료의 규격

KEC 705.9

920.2.9의 '2'의 '다'에서 규정하는 여수로 수문에 필요한 화학적 성분 및 기계적 성능을 가지는 재료는 다음 각 호에 정한 것 또는 동등 이상의 성질을 가지는 것이어야 한다.

1. 수문에 있어서 몸체, 문틀 및 그 밖의 구조상 중요한 부분에 사용하는 재료에 있어서는 다음에 따라야 한다.

관 련 근 거

가. 한국산업표준 KS D 3503 '일반구조용 압연강재' 중 SS275
나. 한국산업표준 KS D 3515 '용접구조용 압연강재' 중 SM400A, SM400B, SM400C, SM490A, SM490B, SM490C, SM490YA, SM490YB, SM520B 및 SM520C
다. 한국산업표준 KS D 3529 '용접구조용 내후성 열간 압연강재' 중 1종(SMA400AW, SMA400AP, SMA400BW, SMA400BP, SMA400CW, SMA400CP) 및 2종(SMA490AW, SMA490AP, SMA490BW, SMA490BP, SMA490CW 및 SMA490CP)
라. 한국주물공업협동조합 SPS-KFCA-D4101-5004 '탄소강 주강품' 중 SC410, SC450 및 SC480
마. 한국산업표준 KS D 3710 '탄소강 단강품' 중 SF440A
바. 한국산업표준 KS D 4106 '용접구조용 주강품' 중 SCW410 및 SCW480
사. 한국산업표준 KS D 3752 '기계구조용 탄소강재' 중 SM25C, SM35C 및 SM45C

2. '1'에서 정한(몸체, 문틀 및 그 밖의 구조상 중요한 부분)것 이외의 부재는 다음에 따라야 한다.
가. 한국산업표준 KS D 3503 '일반 구조용 압연강재'
나. 한국산업표준 KS D 3505 'PC 강봉'
다. 한국산업표준 KS D 3507 '배관용 탄소강관'
라. 한국산업표준 KS D 3514 '와이어 로프'
마. 한국산업표준 KS D 3515 '용접 구조용 압연 강재'
바. 한국산업표준 KS D 3529 '용접 구조용 내후성 열간 압연 강재'
사. 한국산업표준 KS D 3557 '리벳용 원형강'
아. 한국산업표준 KS D 3560 '보일러 및 압력 용기용 탄소강 및 몰리브덴강 강판'
자. 한국산업표준 KS D 3561 '마봉강'
차. 한국산업표준 KS D 3562 '압력 배관용 탄소강관'
카. 한국산업표준 KS D 3564 '고압 배관용 탄소강관'

관 련 근 거

타. 한국산업표준 KS D 3566 '일반 구조용 탄소강관'
파. 한국산업표준 KS D 3576 '배관용 스테인리스 강관'
하. 한국산업표준 KS D 3693 '스테인리스 클래드강'
갸. 한국산업표준 KS D 3698 '냉간 압연 스테인리스강판 및 강대'
냐. 한국산업표준 KS D 3705 '열간 압연 스테인리스강판 및 강대'
댜. 한국산업표준 KS D 3706 '스테인리스 강봉'
랴. 한국산업표준 KS D 3707 '크롬강재'
먀. 한국산업표준 KS D 3708 '니켈크롬강 강재'
뱌. 한국산업표준 KS D 3709 '니켈크롬 몰리브덴강재'
샤. 한국산업표준 KS D 3710 '탄소강 단강품'
야. 한국산업표준 KS D 3711 '크롬 몰리브덴강재'
쟈. 한국산업표준 KS D 3752 '기계구조용 탄소강재'
챠. 한국주물공업협동조합 SPS-KFCA-D4101-5004 '탄소강 주강품'
캬. 한국주물공업협동조합 SPS-KFCA-D4102-5005 '구조용 고장력 탄소강 및 저합금강 주강품'
탸. 한국주물공업협동조합 SPS-KFCA-D4103-5006 '스테인리스강 주강품'
퍄. 한국산업표준 KS D 4106 '용접 구조용 주강품'
햐. 한국주물공업협동조합 SPS-KFCA-D4301-5015 '회 주철품'
거. 한국주물공업협동조합 SPS-KFCA-D4302-5016 '구상 흑연 주철품'
너. 한국산업표준 KS D 5201 '구리 및 구리합금의 판 및 띠'
더. 한국산업표준 KS D 6024 '구리 및 구리합금 주물'
러. 한국산업표준 KS D 7002 'PC 강선 및 PC 강연선'
머. 한국산업표준 KS R 9106 '보통 레일'
버. 한국산업표준 KS R 9221 '철도차량용 차륜'

관 련 근 거

KEC 705.10

920.2.14 여수로 수문에 사용하는 재료의 허용응력 및 용접기준

1. 920.2.9의 '2'의 '라'에서 규정하는 허용응력이란 동수압 및 지진력 이외의 하중에 대해서는 다음과 같다.
   가. 이음부 이외의 부분에 있어서는 다음에 따라야 한다.
      1) 구조용 강재의 허용응력은 표 920-6을 따를 것

표 920-6 구조용 강재의 허용응력

(단위 : MPa)

응력의 종류 \ 강재의 종류		SS275, SM400, SMA400		SM490		SMA490	
		두께40 ㎜ 이하	두께 40㎜ 초과	두께 40 ㎜ 이하	두께 40㎜ 초과	두께40 ㎜ 이하	두께 40㎜ 초과
축방향 인장응력 및 휨인장응력 (순 단면적에 대하여)		118	왼쪽 값의 0.92배	158	왼쪽 값의 0.94배	178	왼쪽 값의 0.95배
압축응력 (국부좌굴을 고려하지 않은 경우)	축방향 압축응력 (총 단면적에 대하여)	≦20일 때 118	〃	≦15일 때 158	〃	≦14일 때 178	〃
	압축부재 ℓ : 부재의 유효좌굴길이(㎜) : 부재 총단면의 단면2차반지름 (㎜)	20〈 ≦93 일 때 118-0.73 (-20)	〃	15〈 ≦80 일 때 158-1.09 (-15)	〃	14〈 ≦76 일 때 178-1.30 (-14)	〃
		93〈 일 때 1,000,000 6,700+ ( )	〃	80〈 일 때 1,000,000 5,000+ ( )	〃	76〈 일 때 1,000,000 4,500+ ( )	〃
	압축보강재	118	〃	158	〃	178	〃

관 련 근 거

표 920-6 계속

(단위 : MPa)

응력의 종류 \ 강재의 종류		SS275, SM400, SMA400		SM490		SMA490	
		두께40 ㎜ 이하	두께 40㎜ 초과	두께 40 ㎜ 이하	두께 40㎜ 초과	두께40 ㎜ 이하	두께 40㎜ 초과
휨 압축 응력	보의 압축연단 (총 단면적에 대하여) ℓ : 압축플랜지 고정점간의 거리(㎜) b : 압축플랜지의 폭(㎜) Aw : 웨브의 총단면적(㎟) Ac : 압축플랜지의 총단면적(㎟) $K=\sqrt{3+\frac{Aw}{2Ac}}$ 단: $\frac{Aw}{Ac}<2$인 경우 K=2로 한다.	$\frac{l}{b}\leqq\frac{9}{K}$일 때 118	〃	$\frac{l}{b}\leqq\frac{8}{K}$일 때 158	〃	$\frac{l}{b}\leqq\frac{7}{K}$일 때 178	〃
		$\frac{9}{K}<\frac{l}{b}\leqq30$ 일 때 $118-1.1\left(K\frac{l}{b}-9\right)$	〃	$\frac{8}{K}<\frac{l}{b}\leqq30$ 일 때 $158-1.6\left(K\frac{l}{b}-8\right)$	〃	$\frac{7}{K}<\frac{l}{b}\leqq27$ 일 때 $178-1.9\left(K\frac{l}{b}-7\right)$	〃
	스킨플레이트 등에 직접 고정되는 경우	118	〃	158	〃	178	〃
전단응력 (순 단면적에 대하여)		68	〃	91	〃	102	〃
지압응력		176	〃	236	〃	266	〃

관 련 근 거

2) 접합용 강재의 허용응력은 표 920-7를 따를 것

표 920-7 접합용 강재의 허용응력

(단위 : MPa)

강재의 종류 / 응력의 종류		강재 재료 : SS275, SM400		강재 재료 : SM490	
		두께 40 ㎜ 이하	두께 40 ㎜ 초과	두께 40 ㎜ 이하	두께 40 ㎜ 초과
		볼트 재료 : SS275, SM20C		볼트 재료 : SM35C	
전단응력	다듬질한 볼트	76		98	
	앵커볼트	53		69	
지압응력	다듬질한 볼트	177	왼쪽값의 0.92배	230	왼쪽값의0.94배
	핀	177	왼쪽값의 0.92배	230	왼쪽값의0.94배

3) 단강품, 주강품 및 기계구조용 탄소강재의 허용응력은 표 920-8을 따를 것

표 920-8 단강품, 주강품 및 기계구조용 탄소강재의 허용응력

(단위 : MPa)

강재의 종류 / 응력의 종류	단강품	주강품			기계구조용 탄소강		
	SF440A	SC450	SCW410	SC480	SM25C	SM35C	SM45C
축방향 인장응력	113	113	118	122	133	153	173
축방향 압축응력	113	113	118	122	133	153	173
휨응력	113	13	118	122	133	153	173
전단응력	65	65	68	71	76	88	100
지압응력	169	169	176	184	199	229	259

나. 맞대기용접 및 필릿용접에 의한 이음부에 있어서는 '1'에서 규정 하는 값에 표 920-9에서 정하는 값을 곱한 값으로 할 것

관 련 근 거

표 920-9 용접법에 따른 값

구 분		용접선 전체길이의 5%이상에 대해 방사선 시험 또는 초음파탐상시험을 하는 경우	그 밖의 경우
맞대기 용접	공장에서 용접할 경우	0.95(1.0)	0.85
	현장에서 용접할 경우	0.90(0.95)	0.80
필릿 용접	공장에서 용접할 경우	0.95	
	현장에서 용접할 경우	0.90	

【비고】 ( )의 값은 방사선시험 또는 초음파탐상시험을 용접선의 전체길이에 대해 시행할 경우의 값

2. 여수로 수문의 구조상 안전을 위한 용접작업은 KS, KEPIC SWS 또는 AWS D 1.1(American Welding Society) 동등 이상의 기준에 따른다.
3. 동수압 및 지진력을 포함하는 하중에 대한 허용응력은 920.2.13에 규정하는 값의 1.5배로 할 수 있다.

920.2.15 여수로 이외의 방류설비

電技 제137조

여수로 이외의 방류설비는 댐 및 그 부근에 피해가 발생하지 않도록 시설하여야 한다.

920.2.16 저수지 및 조정지

電技 제138조

저수지 및 조정지는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 토사의 유실로 인하여 인가, 논밭 및 도로 등에 피해를 주지 않도록 할 것
2. 토사의 퇴적에 의하여 댐에 위험을 주거나 이상 수위상승이 없을 것

관 련 근 거

920.2.17 콘크리트 중력댐 본체의 강도

電技 제139조

1. 콘크리트 중력댐의 본체에서 발생되는 압축응력은 사용하는 재료의 허용압축응력을 초과하지 않아야 한다.
2. 콘크리트 중력댐의 본체에서 발생되는 인장응력은 사용하는 재료의 허용인장응력을 초과하지 않아야 한다.
3. 콘크리트 중력댐의 본체는 그 상류단에서 연직방향의 인장응력이 발생되어서는 아니 된다.
4. 콘크리트 중력댐의 본체는 전단에 대해서 안전해야 한다.

KDS 54 50 00

5. 본체의 월류부 부근에서 발생되는 인장응력에 대하여 철근으로 보강하는 경우에는 '2'를 적용하지 아니한다.

920.2.18 콘크리트 중력댐에 대한 본체의 콘크리트 허용응력

KEC 705.11

1. 920.2.17의 '1'에서 규정하는 콘크리트 허용압축응력은 재령 91일의지름 150 ㎜, 높이 300 ㎜의 공시체를 사용하여 한국산업표준 KS F 2405 '콘크리트의 압축강도 시험방법'에 의하여 시험을 하여 얻은 콘크리트 압축강도의 1/4의 값으로 한다.
2. 920.2.17의 '2'에서 규정하는 콘크리트 허용인장응력은 '1'에서 정한 시험을 하여 얻은 콘크리트 압축강도의 1/40의 값으로 한다.
3. 동수압 및 지진력을 포함하는 하중에 대한 허용압축응력은 '1'에서 규정한 값의 1.3배로 할 수 있다.

920.2.19 콘크리트 중력댐에 대한 전단마찰 안전율의 계산식

電技 제140조
KEC 705.12

콘크리트 중력댐의 본체 및 본체와 기초지반과의 접촉부가 활동에 대해 안정되도록 적절한 전단마찰 안전율을 가지려면 식 920-6에 의한 전단마찰 안전율이 4.0 이상 확보되어야 한다.

관 련 근 거

$$S.F = \frac{f\,V + \tau l}{H} \geq 4 \quad \cdots\cdots \text{식 920-6}$$

여기서 S·F : 전단마찰 안전율

f : 댐 본체의 재료 또는 기초암반의 내부마찰계수

V : 전단면에 작용하는 전 연진력(N)

τ : 댐 본체의 재료 또는 기초암반의 순 전단강도(N/m^2)

ℓ : 전단저항의 길이(m)

H : 전단면에 작용하는 전 수평력(N)

920.2.20 콘크리트 중력댐 본체의 시설

電技 제141조

콘크리트 중력댐의 본체는 다음에 따라 시설하여야 한다.

1. 콘크리트에 유해한 균열이 발생되지 않도록 할 것
2. 과대한 양압력이 생기지 않도록 할 것
3. 본체의 내부에 설치하는 점검통로, 방류설비, 수압관로 등의 개구부 주변부분은 응력집중 및 온도응력에 대하여 구조상 안전할 것

920.2.21 양압력의 저감

KEC 705.13

920.2.20의 '2'에서 규정하는 과대한 양압력이 생기지 않도록 한다는 것은 높이가 30 m 이상의 콘크리트 중력댐에 점검통로 및 배수공을 설치하여 양압력을 저감시키는 것이다.

920.2.22 콘크리트 중력댐의 구조상 안전

KEC 705.14

920.2.20의 '3'에서 규정하는 구조상 안전한 것이란 해당 부위에 생기는 응력이 허용응력을 초과하지 않는 것 또는 콘크리트의 허용 인장응력을 초과하는 부위에 있어서는 철근 등으로 적절하게 보강하는 것이다.

관 련 근 거

920.2.23 아치댐 본체의 강도

電技 제142조
KDS 54 70 00

1. 아치댐의 본체에서 발생되는 압축응력은 사용하는 재료의 허용 압축응력을 초과하지 않아야 한다.
2. 아치댐의 본체에서 발생되는 인장응력은 사용하는 재료의 허용 인장응력을 초과하지 않아야 한다.
3. 아치댐의 본체와 기초암반의 접촉면 및 기초암반 내의 취약한 면은 전단에 대해 안정하여야 한다.

920.2.24 아치댐에 대한 본체의 콘크리트 허용응력

電技 제142조
KEC 705.15

920.2.23에서 규정하는 콘크리트 허용압축응력 및 허용인장응력은 920.2.18을 준용한다.

920.2.25 아치댐에 대한 전단마찰 안전율의 계산식

KEC 705.16

아치댐 본체 및 본체와 기초지반과의 접촉부가 활동에 대해 안정하려면 920.2.19의 계산식에 의한 전단마찰 안전율이 4.0 이상 확보되어야 한다.

920.2.26 아치댐 본체의 시설

電技 제142조

아치댐의 본체는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 콘크리트에 유해한 균열이 발생되지 않도록 할 것
2. 단면이 갑자기 변화하는 부분 및 본체의 내부에 설치하는 점검통로, 방류설비, 수압관로 등의 개구부 주변부분은 응력집중 및 온도응력에 대하여 구조상 안전할 것

관 련 근 거

920.2.27 아치댐의 구조상 안전

KEC 705.17

920.2.26의 '2'에서 규정하는 구조상 안전한 것이란 920.2.22를 준용하여 설계하는 것이다.

920.2.28 필댐의 축제재료

電技 제145조

1. 필댐의 본체에 사용하는 토질재료는 다음 각 호에 적합한 것이어야 한다.
   가. 댐의 안정에 필요한 강도 및 수밀성이 있을 것
   나. 댐의 안정에 지장을 줄 수 있는 팽창성 또는 수축성이 없을 것
   다. 묽은 진흙으로 되지 않을 것
   라. 유기물을 포함하지 않으며 광물성분은 불용성일 것
2. 필댐의 본체에 사용하는 토질재료 이외의 재료는 댐의 안정에 필요한 강도, 투수성 및 내구성이 있는 것이어야 한다.

920.2.29 필댐 본체의 안정도

KDS 54 30 00

필댐의 역학적 성질은 콘크리트 중력댐과 마찬가지로 제체 재료의 중량을 이용하는 것으로서 그 안정조건은 다음과 같다.

1. 제체가 활동(滑動)하지 않을 것
2. 안정적 여유 높이를 확보하여 저수가 댐 마루를 월류하지 않을 것
3. 비탈면이 안정되고 사면활동에 대해 적절한 안전율을 가질 것
4. 기초지반이 압축에 대해서 안전할 것
5. 제체 및 기초지반이 투수에 안전할 것

920.2.30 필댐에 대한 사면활동 안전율의 계산식

KEC 705.18

1. 920.2.29의 '3'에서 규정하는 사면활동에 대한 안전율은 식 920-7에 의하여 계산한다.

관 련 근 거

$$S{\cdot}F = \frac{\Sigma\{(N-U)tan\phi + C\ell_1\}}{\Sigma T} \quad \cdots\cdots \text{식 } 920\text{-}7$$

여기서 S·F : 활동 안전율

N : 원호활동면상의 각 분할 부분에 작용하는 하중의 단위폭당 수직분력(N/m)

U : 원호활동면상의 각 분할 부분에 작용하는 하중의 단위폭당 간극수압(N/m)

ϕ : 원호활동면상의 각 분할 부분의 재료의 내부마찰각(도)

C : 원호활동면상의 각 분할 부분의 재료의 점착력(N/m^2)

ℓ_1 : 원호활동면상의 각 분할 부분의 길이(m)

T : 원호활동면상의 각 분할 부분에 작용하는 하중의 단위폭당 접선분력(N/m)

2. 재료의 시험과 안정계산의 정밀도가 불충분하거나 연약지반 위의 댐과 같이 불안정 요소가 포함되었다고 판단되는 경우에는 활동에 대한 최소 안전율을 1.5로 취하되 그 밖의 경우에는 표 920-10을 기준으로 한다.

표 920-10 댐 본체조건, 저수상태, 지진에 따른 안전율

구분	본체조건	저수상태	지진	안전율	
				상류	하류
1	완성직후 (간극수압최대)	바닥상태	고려함	1.3	1.3
2	완성직후	일부저수(1)	고려하지 않음	1.3	-
3	평상시	설계홍수위	고려하지 않음	1.2	1.2
4	평상시	만수	고려함	1.2	1.2
5	평상시	일부저수(2)	고려함	1.15	-
6	평상시	급강하	고려함	1.2	-

【주】
(1) 상류측 비탈면의 하부가 암석 등으로 되어 있어 간극수압이 발생하지 않을 경우에 한함
(2) 수위는 보통 댐 높이의 45~50 %를 취하여 계산함

관 련 근 거

920.2.31 필댐 본체의 시설

필댐의 본체는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다. 電技 제147조

1. 침윤선이 본체의 하류법면과 엇갈리지 않도록 할 것
2. 상류측 비탈면은 파도 및 수위의 급강하시 침식되거나 본체재료가 유실되지 않도록 할 것
3. 하류측 비탈면은 강우로 인하여 침식되지 않도록 할 것

920.2.32 필댐의 차수벽

電技 제148조

필댐의 차수벽은 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 차수벽의 재료는 토질재료, 콘크리트, 아스팔트 등일 것
2. 차수벽의 재료가 토질재료인 경우에는 차수벽의 상류면 및 하류면으로 그 재료가 유출되지 않도록 보호할 것
3. 차수벽의 재료가 토질재료 이외의 재료인 경우에는 댐의 안정에 필요한 수밀성, 강도 및 내구성이 있을 것
4. 차수벽의 마루의 높이는 최고수위 또는 설계홍수위에 여유 높이를 더한 값 중 큰 값 이상일 것
5. 변형 또는 균열에 의하여 차수 기능을 상실하지 않도록 할 것
6. 차수벽 및 차수벽과 기초지반과의 접촉부에 파이핑 현상이 생기지 않도록 할 것

920.2.33 차수벽에 사용하는 재료

KEC 705.19

920.2.32의 '3'에서 규정하는 댐의 안정에 필요한 수밀성, 강도 및 내구성을 가지려면 다음과 같다.

1. 필댐의 차수벽에 아스팔트를 사용하는 경우에 아스팔트 재료는 아래에 정하는 것일 것

관 련 근 거

가. 아스팔트의 규격은 한국산업표준 KS M 2201 '스트레이트 아스팔트' 종류 중 40~60, 60~80, 80~100을 적용할 것
나. 골재는 깨끗하고 단단하며 적당한 입자크기와 내구성을 가지고 가열에 의해 품질 변화를 일으키지 않는 것으로 점토, 실트, 유기물 등의 유해량을 포함하지 않을 것
다. 필러는 한국산업표준 KS F 3501 '역청 포장용 채움재'에 적합하고, 쓰레기, 진흙, 유기물, 덩어리로 된 미립자 등 해로운 물질이 함유되어 있지 않을 것

2. 필댐의 차수벽에 콘크리트를 사용하는 경우에는 920.2.10을 준용할 것

920.2.34 필댐 방류설비

電技 제149조

차수벽을 본체의 상류측의 표면에 설치하는 필댐에는 차수벽의 점검 또는 보수를 위하여 댐의 수위를 저하시킬 수 있도록 방류설비를 시설하여야 한다.

920.2.35 필댐 방류설비 등의 시설제한

電技 제150조

필댐의 본체에는 방류설비 또는 수로를 시설하여서는 아니된다. 다만, 부득이하게 시설할 경우에는 충분한 안전성이 고려되어야 한다.

920.2.36 조력댐 본체의 구성

KEC 705.20

조력댐에 작용하는 하중의 조합은 '항만 및 어항설계기준(2016. 4. / 해양수산부)'의 기준을 준용한다.

920.2.37 조력댐 하중의 계산

KEC 705.21

조력댐 하중의 계산은 '항만 및 어항설계기준(2016. 4. / 해양수산부)'의 기준을 준용한다.

관 련 근 거

920.2.38 조력댐에 사용하는 재료

KEC 705.22

조력댐에 사용하는 재료는 '항만 및 어항설계기준(2016. 4. / 해양수산부)'의 기준을 준용한다.

920.2.39 조력댐 구조물의 형태에 따른 적용

KEC 705.23

조력댐 구조물 형태에 따라 '항만 및 어항설계기준(2016. 4. / 해양수산부)'의 기준을 적용한다.

920.2.40 댐 제체의 검사항목 및 수검자 준비자료

고시 별표9

댐 제체의 안전성 확보를 위한 검사항목 및 수검자 준비자료는 표 920-11을 따른다.

표 920-11 댐 제체의 검사항목 및 수검자 준비자료

항 목		방 법
댐의 개요		댐의 종류, 높이, 길이, 유효저수량 및 총저수량에 관한 사항을 시방서 및 관련 도면과 비교 확인
계측장치 설치상태		댐의 누수량 댐마루 및 비탈면의 이동량과 침하량 등을 측정할 수 있는 계측장치의 설치갯수, 설치위치, 설치상태 등이 도면 및 시방서에 따라 적합하게 설치되어있는지 확인
콘크리트 댐	차수 및 지수공법	콘크리트의 차수성 확보와 수축균열 및 수화열 방지를 위한 타설 높이, 타설 온도, 이음상태 등이 시방서 규정을 준수하였는지 확인하며, 지수장치의 변형, 파손유무와 공법이 시방서 규정대로 시공되었는지 확인
	콘크리트 배합	시멘트 및 혼화재, 단위 시멘트량, 단위수량, 단위잔골재량, 단위 굵은골재량, 공기량, 염화물 함유량 등이 시방서 규정대로 배합되어 있는지 시험성적서와 비교 확인
	시공상태	슬럼프, 압축강도, 양생상태, 다짐방법 및 상태 등이 시방서 규정대로 되어 있는지 시험성적서와 비교 확인하며, 1회 타설 높이, 타설시 온도, 이음상태 등이 시방서 규정을 준수하였는지 확인

관 련 근 거

표 920-11 계속

항 목		방 법
콘크리트 이외의 댐	차수 및 지수공법	(1) Core 형 : 단위체적중량, 함수비, 투수계수, 다짐두께, 다짐방법, 다짐도가 시방서 규정대로 되어있는지 시험성적서와 비교 확인 (2) CFRD 형 : 시멘트품질, 골재품질, 혼화재품질, 양생상태, Slump, 이음상태, 압축강도가 시방서 규정대로 되어있는지 시험성적서와 비교 확인 (3) 시공상태 : 이물질 혼입 및 변형유무, 구조, 기능 등이 적합한지 확인
	축조 재료	암착재, Core재, 휠러(Filer)재, Inner Rock 등의 입경, 암질, 단위 중량, 함수 비, 투수계수 등이 시방서 규정대로 되어 있는지 시험성적서와 비교 확인
	축조 시공상태	각 층의 다짐 두께, 다짐 방법, 다짐도 등이 시방서 규정을 준수하여 시공되었는지 확인
수검자 준비자료		■ 철근시험성적서(공인시험성적서) ■ 콘크리트관련 시험성적서(시멘트, 굵은골재, 잔골재 등 공인시험성적서) ■ 콘크리트 현장배합설계표 ■ 콘크리트 품질시험성적서(압축강도, 슬럼프, 공기량, 염화물 시험 등) ■ 축조재료 시험성적서(밀도, 함수량 등) ■ Parapet Wall 시험성적서 ■ 설계도 및 구조계산서, 시방서 ■ 감리검측서 및 현장사진

920.2.41 해양에너지 기초구조물의 검사항목 및 수검자 준비 자료

해양에너지 기초구조물의 안전성 확보를 위한 검사항목 및 수검자 준비자료는 표 920-12를 따른다.

고시 별표9

관 련 근 거

표 920-12 해양에너지 기초구조물 검사항목 및 수검자 준비자료

항 목	방 법
기초 개요	기초 구조물의 종류, 높이, 길이, 제체적에 관한 내용을 시방서 및 관련 도면과 비교 확인
지지 형식	해양에너지(조류, 파력, 온도차) 기초구조물의 지지형식이 지반조사 보고서 및 구조계산서와 부합되어 적절한 설계 및 시공이 시방서대로 이행되었는지 확인
차수 및 지수공법	기초 구조물의 차수성 확보와 지수 등이 시방서 규정을 준수하였는지 확인하며, 지수장치의 변형, 파손유무와 공법이 시방서 규정대로 시공되었는지 확인
계측장치 설치상태	기초 구조물의 변위량 등을 측정할 수 있는 계측장치의 설치갯수, 설치위치, 설치상태 등이 도면 및 시방서에 따라 적합하게 설치되어있는지 확인
기초 재료	(1) 콘크리트 시멘트 및 혼화재, 단위 시멘트량, 단위수량, 단위잔골재량, 단위굵은골재량 등이 시방서 규정대로 되어 있는지 시험성적서와 비교 확인 (2) 강재 강재의 재료와 규격이 시방서 규정대로 사용되어 있는지 시험성적서와 비교 확인
시공 상태	(1) 콘크리트 Slump, 압축강도, 양생상태, 다짐방법 및 상태 등이 시방서 규정대로 되어 있는지 시험성적서와 비교 확인하며, 1회 타설높이, 타설시 온도, 이음상태 등이 시방서 규정을 준수하였는지 확인 (2) 강재 강재 구조물의 조립상태, 부식방지상태 등이 시방서 규정을 준수하였는지 확인
수검자 준비자료	■ 공사계획인가(신고)서 ■ 지반조사보고서 ■ 철근시험성적서(공인시험성적서) ■ 콘크리트관련 시험성적서(시멘트, 굵은골재, 잔골재 등 공인시험성적서) ■ 콘크리트 현장배합설계표 ■ 콘크리트 품질시험성적서(압축강도, 슬럼프, 공기량, 염화물 시험 등) ■ 강재 품질시험성적서(MILL SHEET) ■ 비파괴 시험성적서 ■ 방식처리 공법 관련 자료 ■ 선박충돌 방지 공법 및 안전시설 관련 자료 ■ 설계도 및 구조계산서, 시방서 ■ 감리검측서 및 현장사진

관 련 근 거

920.3 수로

920.3.1 설계일반

電技 제151조

수로는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 홍수, 산사태, 눈사태 등에 의하여 손상을 받을 염려가 없을 것
2. 설계수량을 안전하게 배수할 수 있을 것
3. 유목, 쓰레기, 토사 등의 유입에 의하여 현저히 손상을 받을 받지 않을 것
4. 수로에 사용하는 콘크리트의 재료는 920.2.5의 규정에 준할 것
5. 수로에 사용하는 콘크리트 이외의 재료는 수로에 필요한 화학적 성분 및 기계적 성능을 가질 것
6. 수문 또는 조절밸브를 만드는 경우에는 흐르는 물이 원활하게 유입되어야 하며 수로, 수차 등에 악영향을 주지 않는 구조일 것
7. 해수를 사용하는 수로에서는 내식성 재료를 사용할 것

920.3.2 배수처리

KEC 710.1

920.3.1의 '2'에서 규정하는 설계수량을 안전하게 배수할 수 있는 것이란 수로가 배수를 안전하게 처리할 수 있는 용량을 갖도록 하는 것이다.

920.3.3 수로에 사용하는 재료의 규격

KEC 710.2

920.3.1의 '5'에서 규정하는 수로에 필요한 화학적 성분 및 기계적 성능을 가지는 재료는 아래에서 정한 것 또는 동등 이상의 성질을 가지는 것 이어야 한다.

1. 한국산업표준 KS D 3503 '일반 구조용 압연강재' 중 SS275인 것

관 련 근 거

2. 한국산업표준 KS D 3515 '용접 구조용 압연강재' 중 SM400A, SM400B, SM400C, SM490A, SM490B, SM490C, SM490YA, SM490YB, SM520B, SM520C 및 SM570
3. 한국산업표준 KS D 3521 '압력 용기용 강판' SPPV 235, SPPV 315, SPPV 355 및 SPPV 450
4. 한국산업표준 KS D 3529 '용접 구조용 내후성 열간 압연강재' 중 1종(SMA400AW, SMA400AP, SMA400BW, SMA400BP, SMA400CW, SMA400CP), 2종(SMA490AW, SMA490AP, SMA490BW, SMA490BP, SMA490CW 및 SMA490CP) 및 3종 (SMA570W 및 570P)
5. 한국산업표준 KS D 3507 '배관용 탄소강관'
6. 한국산업표준 KS D 3537 '수도용 아연도 강관'
7. 한국산업표준 KS D 3562 '압력배관용 탄소강관' 중 SPPS38 및 SPPS42
8. 한국산업표준 KS D 3564 '고압배관용 탄소강관' 중 SPPH38, SPPH42 및 SPPH49
9. 한국산업표준 KS D 3565 '상수도용 도복장 강관'
10. 한국산업표준 KS D 3576 '배관용 스테인리스 강관' 중 STS304TP
11. 한국산업표준 KS D 3611 '용접 구조용 고항복점 강판' 중 SHY685NS
12. 한국산업표준 KS D 3583 '배관용 아크용접 탄소강 강관' 중 SPW400
13. 한국산업표준 KS D 3588 '배관용 용접 대구경 스테인리스 강관' 중 STS304TPY
14. 한국산업표준 KS D 3589 '압출식 폴리에틸렌 피복강관' 중 P1H, P1F 및 P2S

관 련 근 거

15. 한국산업표준 KS D 3693 '스테인리스 클래드강'
16. 한국산업표준 KS D 3698 '냉연 압연 스테인리스강판 및 강대'
17. 한국산업표준 KS D 3705 '열간 압연 스테인리스강판 및 강대'
18. 한국산업표준 KS D 3710 '탄소강 단강품'
19. 한국주물공업협동조합 SPS-KFCA-D4101-5004 '탄소강 주강품'
20. 한국산업표준 KS D 4106 '용접 구조용 주강품'
21. 한국주물공업협동조합 SPS-KFCA-D4301-5015 '회 주철품'
22. 한국산업표준 KS D 4308 '수도용 덕타일 주철 이형관'
23. 한국산업표준 KS D 4311 '덕타일 주철관'
24. 한국산업표준 KS M 3370 '수도용 플라스틱 배관계 - 불포화 폴리에스테르 수지 유리섬유 강화 플라스틱(GRP) - 압력 및 비압력 배관(수압철관은 제외)'

920.3.4 수문 및 취수설비

電技 제152조

취수설비는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 자체중량, 정수압, 동수압, 퇴사압, 지진력, 양압력 및 토압에 대하여 안정되고 또한 구조상 안전하여야 한다.
2. 취수설비가 압력도수로 또는 수압관로의 관본체에 직접 접속되어 있는 경우에는 취수설비로 흐르는 물이 원활하게 유입되어야 하며 또한 수로, 수차 등에 악영향을 주지 않는 구조이여야 한다.
3. 취수설비에는 수문 또는 조절밸브를 설치한다. 다만, 수로로부터의 유입량이 구조물의 설계수량 미만인 경우 또는 하천취수설비인 경우에는 설치하지 않을 수 있다.

관 련 근 거

920.3.5 수문에 사용하는 재료의 허용응력 및 용접기준과 내식성 재료

KEC 710.3

1. 920.3.1의 '6'에서 규정하는 허용응력은 920.2.14 의 '1' (920.2.14의 '1'의 '가'의 '2)'는 제외)을 준용한다.
2. 수문의 구조상 안전을 위한 용접작업은 920.2.14 의 '2'를 준용한다.
3. 동수압 및 지진력을 포함하는 하중에 대한 허용응력은 920.2.14의 '3'을 준용한다.
4. 920.3.1의 '7'에서 규정하는 내식성 재료는 KS D 3003 '항만 및 해양 구조용 내식성 강재(HSM500)'와 KS D 3300 '항만 및 해양 구조용 내식성 강관(STKM500)' 또는 동등 이상의 성질을 갖는 것으로 한다.

920.3.6 취수설비의 구조상 안전과 수문설치

KEC 710.4

1. 920.3.4의 '1'에 규정하는 구조상 안전한 것이란 콘크리트를 사용하는 경우에는 920.2.10을 준용하여 설계하는 것이다.
2. '1'에서 강재를 사용하는 경우에는 920.3.19의 '1' 및 '4'를 준용한다.
3. 취수설비에 수문이나 조절밸브를 설치할 경우, 부유물이 유입되는 것을 방지하기 위하여 상류측에 1/10 정도의 경사를 갖는 스크린을 설치한다.

920.3.7 보(Weir)

電技 제152조

1. 보(Weir)는 다음에 따라 시설하여야 한다.
   가. 발전용수의 취수 시 수위 및 유량조절이 가능하도록 할 것
   나. 필요한 취수위가 확보되고 강기슭이 안정된 하천으로 유속의 변화, 하상변동 및 상·하류의 영향이 적고 수리적으로 안정할 것

관 련 근 거

다. 전도, 활동, 침하, 파이핑(Piping)에 대하여 안정성이 확보되고, 기초지반이 양호하여 지지력에 문제가 없을 것

2. 보(Weir)는 수위 및 유량조절을 위한 수문 설치 여부에 따라 고정보와 가동보로 분류된다.

920.3.8 보(Weir)의 수리적 안전과 구조상 안정

KEC 710.5

1. 920.3.7의 '1'의 '나'에서 규정하는 수리적으로 안전한 것이란 920.2.11 및 국가건설기준 「KDS 51 40 05 하천 보」를 준용하여 설계하는 것이다.
2. 920.3.7의 '1'의 '다'에서 규정하는 구조상 안전한 것이란 콘크리트를 사용하는 경우에는 920.2.10 및 국가건설기준 「KDS 51 40 05 하천 보」를 준용하여 설계하는 것이다.
3. 강재를 사용하는 경우에는 920.2.13 및 920.2.14를 준용한다.

비고

■ 댐 수문 작동시험 (예시)

920.3.8.1 댐 담수전 검사항목 및 수검자 준비자료

댐 담수전의 안전성 확보를 위한 검사항목 및 수검자 준비자료는 표 920-13을 따른다.

관 련 근 거

표 920-13 댐 담수전 검사항목 및 수검자 준비자료

항 목	방 법
댐의 개요	댐의 종류, 높이, 길이, 유효저수량 및 총저수량에 관한 사항을 시방서 및 관련 도면과 비교 확인
담수계획 개요	시방서에 규정된 총담수량, 유효면적, 담수기간 등을 확인하고 제체축조가 완료된 때를 확인하며, 담수방법이 강수량에 따라 자연담수에 의한 것인지, 펌핑에 의한 것인지 확인
담수 시의 홍수처리 계획	홍수 시 수위별(만수위, 상시만수위 등) 방류방법과 방류설비의 적합성 등을 확인
담수지내의 상황	담수지내의 토지, 농지 및 기타 피해 예상 지역에 대한 보상 및 이전관계와 담수지내정리, 정돈상태 등을 확인
가배수로 및 댐내 배수로의 폐쇄 상태	가배수로 및 댐내 배수로 폐쇄 공사시 묻히는 배관의 직경, 밸브명, 배관의 길이 등을 확인
여수로 설치상태	여수로의 구조물설치가 시방서 및 도면에 따라 설치되었는지 확인
취수설비 설치상태	취수 구조물의 설치가 시방서 및 도면에 따라 설치되었는지 확인
여수로 및 취수설비의 수문시설	수문 재료의 재질 및 규격, 수문의 수밀성 확보 등이 시방서 규정대로 되어있는지 확인하고, 수문 작동시험을 실시하여 진동, 소음 및 이상 현상 발생상태 등을 확인
수검자 준비자료	■ 댐 담수계획서 ■ 홍수처리계획서 ■ 가배수로 폐쇄도 및 계획서 ■ 수문 재료시험 성적서 ■ 설계도 및 시방서 ■ 감리검측서 및 현장사진

920.3.9 침사지

電技 제153조

침사지는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 자체중량, 수압, 지진력 및 토압에 대하여 안정되고 또한 구조상 안전하여야 한다.
2. 하류의 수로 및 수차에 손상이 없도록 토사를 침전시킬 수 있는 능력을 가져야 한다.
3. 침전된 토사의 배제가 쉬운 구조이어야 한다.

관 련 근 거

920.3.10 침사지의 구조상 안전과 침전능력

KEC 710.6

1. 920.3.9의 '1'에서 규정하는 구조상 안전한 것이란 콘크리트를 사용하는 경우에는 920.2.10을 준용하여 설계하는 것이다.
2. 920.3.9의 '2'에서 규정하는 토사를 침전시킬 수 있는 능력을 가져야 한다.

920.3.11 도수로

電技 제154조

도수로는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 도수로는 자체중량, 물의 중량, 수압, 지진력, 토압, 재하중, 설하중, 풍하중, 온도하중 및 그 밖의 외압에 대하여 안정되고 또한 구조상 안전하여야 한다.
2. 누수에 의하여 인가, 논밭, 도로 등에 피해를 발생시키지 않아야 한다.
3. 터널 또는 개수로인 경우에는 낙석 또는 암석 부스러기 등에 의하여 수로 및 수차에 현저히 손상을 줄 염려가 없어야 한다.
4. 압력도수로는 다음에 따라야 한다.
   가. 취수설비 및 서지탱크는 수위가 최저인 경우의 동수경사선 이하에 위치할 것
   나. 압력도수로에 하천취수 등을 합류시키는 경우, 공기의 유입으로 수로 및 수차에 손상이 발생되지 않을 것
   다. 물을 채울 때에 공기의 배출과 배수할 때에 공기의 유입이 쉽고 확실한 구조일 것

920.3.12 도수로의 구조상 안전

KEC 710.7

1. 920.3.11의 '1'에서 규정하는 구조상 안전한 것이란 콘크리트를 사용하는 경우에는 920.2.10을 준용하여 설계하는 것이다.

관 련 근 거

2. '1'에서 강재를 사용하는 경우에는 920.3.19의 '1' 및 '3'을 준용한다.

3. 920.3.11의 '4'에 의한 압력도수로인 경우, 터널 벽면의 마모를 방지할 수 있는 최대허용유속을 준수하여야 한다.

비고

■ 도수로 터널 (예시)

920.3.12.1 압력도수로의 터널 검사항목 및 수검자 준비자료

KEC 710.7

고시 별표9

압력도수로의 터널 안전성 확보를 위한 검사항목 및 수검자 준비자료는 표 920-14를 따른다.

표 920-14 압력도수로의 터널 검사항목 및 수검자 준비자료

항 목		방 법
터널 개요		터널의 종류, 단면 형상 및 내경, 터널 길이, 콘크리트 두께, 내장관의 길이, 내장관의 내경 및 두께 등을 도면 및 시방서와 비교 확인
시공 상태	터널 통과부의 지질상태	용수, 층리, 지열, 가스, 균열 등의 상황을 시방서와 지질도를 비교 확인

관 련 근 거

표 920-14 계속

항 목		방 법
시공상태	용수, 층리, 지열, 가스, 균열 등의 처리	굴착시 용수 처리상태와 콘크리트 라이닝 후 그라우팅에 의한 차수상태를 시방서와 비교 확인하고, 암반의 상태가 불량한 층리, 균열 부분의 보강을 위한 강지보공의 설치상태 및 낙반 발생 예방을 위한 락볼트, 와이어매쉬 등의 시공 상태를 확인
	작업 터널 위치, 종류, 길이, 내경	작업 터널의 위치, 종류, 길이, 내경 등을 도면 및 시방서와 비교 확인
	지보공의 재료, 규격, 사용구간, 간격	암반의 상태가 불량한 층리, 균열 또는 낙반 구간에 설치하는 강지보공의 재료, 규격, 지보공의 설치 상태 및 설치 간격 등이 도면 및 시방서에 적합한지 비교 확인
	굴착방법	천공장비(Log Drill, Jumbo Drill 등)를 이용 한 번에 실시한 발파 길이 굴착공법 등을 시방서와 비교 확인
	내장관 재질, 규격, 두께 및 접합방법	내장관 재질, 규격, 두께 및 접합방법 등이 시방서 규정에 적합한지 확인
	철근의 재질 및 규격	사용된 철근의 재질 및 규격이 시방서 규정에 적합한지 확인
	콘크리트	시멘트, 골재, 혼화재가 시방서 규정대로 되어있는지 시험성적서와 비교 확인하며, Slump, 압축강도, 타설두께, 이음부 상태, 시공상태 등이 시방서 규정을 준수하였는지 확인
침사지		침사지의 규격, 침전방법, 침전물의 배제방법 시공상태 등이 도면 및 시방서 규정에 적합한지 확인
수검자 준비자료		■ 공사계획인가(신고)서 ■ 철근시험성적서(공인시험성적서) ■ 콘크리트관련 시험성적서(시멘트, 굵은골재, 잔골재 등 공인시험성적서) ■ 콘크리트 현장배합설계표 ■ 콘크리트 품질시험성적서(압축강도, 슬럼프, 공기량, 염화물 시험 등) ■ 수압철관 재료 시험성적서 ■ 비파괴 시험성적서(강관용접부) ■ 지보재 시험성적서(강지보재, 숏크리트, 락볼트, 와이어매쉬 등) ■ 지반조사보고서 ■ 설계도 및 구조계산서, 시방서 ■ 감리검측서 및 현장사진

관 련 근 거

920.3.13 헤드탱크

電技 제155조

헤드탱크는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 자체중량, 수압, 지진력 및 토압에 대하여 안정되고 또한 구조상 안전하여야 한다.
2. 수압관로의 관본체 입구는 유입수가 원활하게 유입되어야 하며, 또한 수압관로 및 수차 등에 피해를 주지 않는 구조이여야 한다.

920.3.14 헤드탱크의 구조상 안전

KEC 710.8

920.3.13의 '1'에서 규정하는 구조상 안전한 것이란 콘크리트를 사용하는 경우에는 920.2.10을 준용하여 설계하는 것이다.

920.3.15 서지탱크

電技 제156조

서지탱크는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.

1. 자체중량, 물의 중량, 수압, 지진력, 토압, 풍하중 및 온도하중에 대하여 안정되고 또한 구조상 안전하여야 한다.
2. 수위변동이 가속되지 아니하고 단시간에 평형상태로 회복되어야 한다.
3. 다음의 경우에 대하여 각각 정하는 조도계수를 사용하여 계산한 수위 변동에 의하여 다른 시설에 피해를 주지 않아야 한다.
   가. 취수설비의 수위가 최고인 경우에 전 부하가 차단될 때
   나. 취수설비의 수위가 최저인 경우에 부하가 반부하로부터 전부하로 급증할 때
   다. 양수식 수력발전소에 있어서는 상부의 저수지 또는 조정지의 수위가 최저이고 양수량이 최대인 경우에 전원이 차단될 때
4. 주파수 조정용 수력발전소의 서지탱크는 주파수 변동에 의한 수위의 변동에 의하여 다른 시설에 피해를 주지 않아야 한다.

관 련 근 거

920.3.16 서지탱크의 구조상 안전

KEC 710.9

1. 920.3.15의 '1'에서 규정하는 구조상 안전한 것이란 콘크리트를 사용하는 경우에는 920.2.10을 준용하여 설계하는 것이다.
2. '1'에서 강재를 사용하는 경우에는 920.3.19의 '1' 및 '3'을 준용한다.

920.3.17 서지탱크의 수위변동을 계산하는 경우의 조도계수

KEC 710.10

920.3.15의 '3'에서 규정하는 조도계수는 도수로의 조도계수에 표 920-15에 정한 각각의 조건별로 조도계수를 가감한 값으로 한다.

표 920-15 조건별 도수로의 조도계수에 가감하는 값

구 분		도수로의 조도계수에 가감하는 값
920.3.15의 '3' '가'의 경우	철관의 경우	0.001을 감한다.
	콘크리트의 경우	0.0015을 감한다.
	라이닝을 하지 않는 경우	0.003을 감한다.
920.3.15의 '3' '나'의 경우	철관의 경우	0.001을 더한다.
	콘크리트의 경우	0.0015를 더한다.
	라이닝을 하지 않는 경우	0.003을 더한다.
920.3.15의 '3' '다'의 경우	철관의 경우	0.001을 감한다.
	콘크리트의 경우	0.0015를 감한다.
	라이닝을 하지 않는 경우	0.003을 감한다.

920.3.18 수압관로

電技 제157조

1. 수압관로는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.
   가. 표 920-16의 하중에 의한 응력은 사용하는 재료의 허용응력을 초과하지 않을 것

관 련 근 거

표 920-16 수압관로의 형식별 하중

수압관로의 형식	노출식	암반매설식	토중매설식
하 중	정수압, 수격압 및 서징에 의한 상승수압의 합성 최대 수압, 관의 자체중량, 온도하중, 외압, 관내 물의 중량, 설하중, 지진력, 풍하중 및 관내의 흐르는 물에 의한 힘	정수압, 수격압 및 서징에 의한 상승수압의 합성최대수압, 온도하중 및 외압	정수압, 수격압 및 서징에 의한 상승수압의 합성 최대수압, 토압, 재하중, 온도하중, 외압, 관내 물의 중량 및 설하중

나. 관본체는 진동, 좌굴 및 부식에 대해 안전할 것

다. 헤드탱크 또는 서지탱크(이들이 없는 경우는 취수설비)의 수위가 최저의 경우 최저동수경사선 이하로 위치 할 것

라. 위험한 누수가 없을 것

마. 앵커블럭은 다음에 따를 것

1) 수압관로 본체를 확실히 고정할 것

2) 앵커블럭은 자체중량, 관본체와 그 부속설비 및 관내 물의 중량, 관내 흐르는 물에 의한 힘, 점축관에 작용하는 수압에 의한 힘, 지진력, 재하중, 설하중, 풍하중 및 온도하중에 대하여 안정되고 또한 구조상 안전할 것

바. 받침대는 다음에 따를 것

1) 받침대는 자체중량, 관본체와 그 부속설비 및 관내 물의 중량, 지진력, 재하중, 설하중 및 풍하중에 대하여 안정되고 또한 구조상 안전할 것

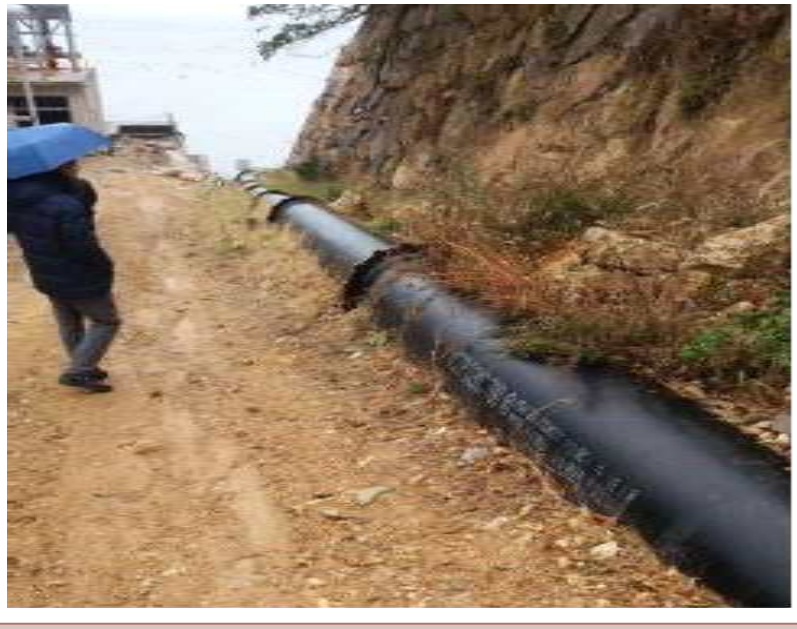
2) 받침대의 받침부는 관본체가 신축할 때에 관본체가 안전하고 또한 원활하게 이동될 수 있는 구조일 것

2. 해수를 사용하는 경우에는 내식성 재료를 사용하여야 한다.

관 련 근 거

비고

■ 수압관로 설치 (예시)



920.3.19 관본체에 사용하는 재료의 허용응력 및 용접기준

KEC 710.11

1. 920.3.18의 '1'의 '가'에서 규정하는 수압관로 재료의 허용응력이란 지진력 이외의 하중에 대한 응력 중 강재를 사용하는 경우에는 표 920-17와 같다.

표 920-17 이음부 이외의 부분은 다음에 의할 것

재 료 의 종 류		두께 (㎜)	허용 인장응력 (MPa)	허용 압축응력 (MPa)	허용 전단응력 (MPa)	허용 지압응력 (MPa)
한국산업표준 KS D 3503 '일반 구조용 압연강재'	SS 275	16이하	135	135	75	225
		16초과 40이하	130	130	75	220
		40초과	115	115	65	195

관 련 근 거

표 920-17 계속

재 료 의 종 류		두께 (㎜)	허용 인장응력 (MPa)	허용 압축응력 (MPa)	허용 전단응력 (MPa)	허용 지압응력 (MPa)
한국산업표준 KS D 3515 '용접구조용 압연강재' 및 KS D 3529 '용접구조용 내후성 열간압 연강재'	SM 400A SM 400B SM 400C SMA 400AP SMA 400BP SMA 400CP SMA 400AW SMA 400BW SMA 400CW	16이하	135	135	75	225
		16초과 40이하	130	130	75	220
		40초과	115	115	65	195
	SM 490A SM 490B SM 490C SM 490YA SM 490YB	16이하	180	180	100	305
		16초과 40이하	175	175	100	295
		40초과	160	160	90	270
		16이하	200	200	115	340
		16초과 40이하	195	195	110	330
	SMA 490AP SMA 490BP SMA 490CP SMA 490AW SMA 490BW SMA 490CW SMA 520B SMA 520C	16이하	200	200	115	340
		16초과 40이하	195	195	110	330
		40초과 75이하	185	185	105	310
		75초과 100이하	180	180	100	305
한국산업표준 KS D 3515 '용접구조용 압연강재' 및 KS D 3529 '용접구조용 내후성 열간압 연강재'	SM 570 SMA 570P SMA 570W	16이하	240	240	135	405
		16초과 40이하	240	240	130	405
		40초과 75이하	235	235	135	395
		75초과 100이하	230	230	130	390
한국산업표준 KS D 3521 '압력용기용 강판'	SPPV 235	60이상 500이하	130	130	75	220
		50초과 100이하	115	115	65	195
	SPPV 315	60이상 500이하	175	175	100	295
		50초과 100이하	160	160	90	270

관 련 근 거

표 920-17 계속

재 료 의 종 류		두께 (㎜)	허용 인장응력 (MPa)	허용 압축응력 (MPa)	허용 전단응력 (MPa)	허용 지압응력 (MPa)
한국산업표준 KS D 3521 '압력용기용 강판'	SPPV 355	6이상 50이하	195	195	110	330
		50초과 100이하	185	185	105	310
	SPPV 450	6이상 50이하	240	240	135	405
		50초과 100이하	235	235	135	395
한국산업표준 KS D 3611 '용접 구조용 고항복점 강판'	SHY 685NS	50이하	330	330	190	560
		50초과 100이하	320	320	180	540
한국산업표준 KS D 3698 '냉간압연 스테인레스 강판 및 강대' KS D 3705 '열간압연 스테인리스 강판 및 강대'	STS 304		110	110	60	185
한국산업표준 KS D 3693 '스테인리스 클래드강'			σa (1)	허용인장응력과 동일	σa×1/√3	σa x 1.7
한국산업표준 KS D 3507 '배관용 탄소 강관'	SPP		70	70	40	115
한국산업표준 KS D 3562 '압력배관용 탄소강관'	SPPS 38		115	115	65	195
	SPPS 42		135	135	75	225
한국산업표준 KS D 3564 '고압배관용 탄소강관'	SPPH 38		115	115	65	195
	SPPH 42		135	135	75	225
	SPPH 49		150	150	85	255
한국산업표준 KS D 3565 '상수도용 도복장 강관'	STWW 290		70	70	40	115
	STWW 370		115	115	65	195
	STWW 400		125	125	70	210
한국산업표준 KS D 3583 '배관용 아크용접 탄소강관'	SPW 400		125	125	70	210

관 련 근 거

표 920-17 계속

재 료 의 종 류		두께 (㎜)	허용 인장응력 (MPa)	허용 압축응력 (MPa)	허용 전단응력 (MPa)	허용 지압응력 (MPa)
한국산업표준 KS D 3576 '배관용 스테인리스강판' KS D 3588 '배관용 용접 대구경 스테인리스강관'	STS 304TP STS 304TPY		110	110	60	185
한국산업표준 KS D 4311 '덕타일주 철관'			120	120	70	200
한국산업표준 KS D 4308 '덕타일주 철이 형관'			105	105	60	175
한국주물공업협동조합 SPS-KFCA-D4101-5004 '탄소강 주강품'	SC 410		65	65	35	110
	SC 450		75	75	40	125
	SC 480		80	80	45	135
한국산업표준 KS D 4106 '용접구조용 주강품'	SCW 410		100	100	55	170
	SCW 480		120	120	65	200
한국산업표준 KS D 3710 '탄소강 단강품'	SF 390A		105	105	60	175
	SF 440A		125	125	70	210
	SF 490A		135	135	75	225
	SF 540A		150	150	85	255
	SF 590A		160	160	90	270
한국주물공업협동조합 SPS-KFCA-D4301-5015 '회주철품'	GC 200		20	20	10	30
	GC 250		25	25	10	40
	GC 300		30	30	15	50

【주】

(1) 스테인리스 클래드강의 허용인장응력은 다음 식으로 구한다.

$$\sigma_a = \frac{\sigma_1 \cdot t_1 + \sigma_2 \cdot t_2}{t_1 + t_2}$$

여기에서 σ_a : 스테인리스 클래드강의 허용인장응력(N/mm^2)

σ_1 : 모재의 허용인장응력(N/mm^2)

σ_2 : 클래드재의 허용인장응력(N/mm^2)

t_1 : 모재의 두께(mm)

t_2 : 클래드재의 두께(mm)

(2) 허용압축응력 : 실험 등에 의하면 압축강도는 인장강도와 거의 동일하며, 타 철강 구조물의 규정에서도 거의 동일하게 정해져 있으므로 본 기준에서도 이에 따른다.

관 련 근 거

2. 용접에 의한 이음부에는 '1'에서 규정하는 값에 표 920-18에서 정하는 값을 곱한 값으로 할 것

표 920-18 용접이음에 따른 값

구 분		공장용접	현장용접
맞대기 용접이음	방사선 검사를 한 경우	0.95(1.0)	0.90(0.95)
	방사선 검사를 하지 않은 경우	0.85	0.80
필릿 용접이음		0.95	0.90

【비고】 괄호안의 값은 용접선 전체길이에 대하여 방사선검사 또는 초음파탐상검사를 하는 경우의 값이다.

3. 관본체의 구조상 안전을 위한 용접작업은 KS, KEPIC SWS 또는 AWS D 1.1(American Welding Society)과 동등 이상의 기준에 따른다.
4. '1'에 있어서 콘크리트를 사용하는 경우에는 920.2.10을 준용한다.
5. 동수압 및 지진력을 포함하는 하중에 대한 허용응력은 '1' 및 '3'에서 정하는 값의 1.5배로 할 수 있다.

920.3.20 관본체의 구조

KEC 710.12

920.3.18의 '1'의 '나'에서 규정하는 진동, 좌굴 및 부식에 대해 안전한 것이란 다음과 같다.

1. 운전 중에 현저한 진동이 없을 것
2. 관본체는 외압의 1.5배의 압력에 대해 좌굴하지 않을 것
3. 내부 흐르는 물의 수소이온농도가 수소지수 4이하의 경우에는, 관의 안쪽면을 도료로 피복하거나 또는 부식을 경감할 수 있는 조치를 할 것

관 련 근 거

920.3.21 관본체의 고정

KEC 710.13

920.3.18의 '1'의 '마'에서 정하는 수압관로의 관본체를 확실히 고정하는 것이란 스러스트 칼라, 앵커밴드 또는 앵커볼트에 의해 고정하는 것으로 다음 각 호와 같이 사용한다.

1. 앵커블록의 위치에서 수압철관 및 방류관의 상부가 노출되도록 설치하였을 경우 또는 수압철관 및 방류관의 상부 콘크리트의 피복 두께가 작아 앵커블록에 인장응력이 생길 경우에는 외력에 대하여 안전하도록 앵커볼트, 앵커밴드 또는 기타의 구조물을 설치하여 고정해야 한다.
2. 수압철관 및 방류관이 앵커블록에 고정되는 부분 또는 터널에 매설되는 부분에는 콘크리트 타설시에 수압철관 및 방류관에 작용하는 부력에 대해서 앵커볼트, 앵커밴드 또는 기타의 구조물로, 길이 방향의 외력에 대해서는 스러스트 칼라를 설치하여 고정하여야 한다.

920.3.22 앵커블록의 구조상 안전

920.3.18의 '1'의 '마' '2)'에서 규정하는 구조상 안전한 것이란 콘크리트를 사용하는 경우에는 920.2.10을 준용하여 고정하는 것이다.

KEC 710.14

920.3.23 받침대의 구조상 안전

KEC 710.15

1. 920.3.18의 '1'의 '바' '1)'에서 규정하는 구조상 안전한 것이란 콘크리트를 사용하는 경우에 있어서는 920.2.10을 준용하여 고정하는 것이다.
2. '1'에서 강재를 사용하는 경우에는 920.3.19의 '1' 및 '3'을 준용한다.

관 련 근 거

920.3.24 방수로

電技 제158조

1. 방수로의 시설에 관해서는 920.3.11(920.3.11의 '1', 920.3.11의 4의 '가' 및 '나'를 제외한다.)를 준용한다. 이 경우 920.3.11 중 '도수로'는 '방수로'로, '압력도수로'는 '압력방수로'로 본다.
2. 방수로는 자체중량, 정수압, 동수압, 지진력, 양압력 및 토압에 대해 안정되고 또한 구조상 안전하여야 한다.
3. 압력방수로에 서지탱크를 설치하는 경우에는 920.3.15를 준용하여 시설하여야 한다.

920.3.25 방수로의 구조상 안전

KEC 710.16

920.3.24의 '2'에서 규정하는 구조상 안전한 것이란 콘크리트를 사용하는 경우에는 920.2.10을 준용하여 고정하는 것이다.

920.3.26 수압관로 터널 검사항목 및 수검자 준비자료

고시 별표9

수압관로 터널 안전성 확보를 위한 검사항목 및 수검자 준비자료는 표 920-19를 따른다.

표 920-19 수압관로 터널 검사항목 및 수검자 준비자료

항 목		방 법
터널 개요		길이, 내경(최대, 최소), 두께, 재질에 대하여 시방서와 관련도면을 확인
시공상태	터널 통과부의 지질상태	터널 통과부의 지질 상태를 시방서와 지질도로 비교 확인
	용수, 층리, 균열 등의 처리	굴착시 용수 처리상태와 암반의 상태가 불량한 층리, 균열 부분의 보강을 위한 강지보공의 설치상태 및 낙반발생 예방을 위한 Rock Bolt, Wire Mesh 등의 시공상태를 확인
	작업터널 위치, 종류, 길이, 내경	작업터널의 위치, 종류, 길이, 내경 등을 관련 도면과 비교 확인

관 련 근 거

표 920-19 계속

항 목		방 법
시공상태	지보공의 재료, 사용구간, 간격	암반의 상태가 불량한 층리, 균열 또는 낙반 구간에 설치하는 강지보공의 재료, 규격, 지보공의 설치 상태, 설치 간격 등이 도면 및 시방서 규정에 적합한지 비교 확인
	콘크리트	철근의 재질 및 규격, 시멘트가 시방서 규정대로 되어있는지 시험성적서와 비교확인하며, 골재, 혼화재, Slump, 압축강도, 타설두께, 이음부, 시공상태 등이 시방서 규정에 적합한지 확인
	수압관로의 설치	사용된 관로의 재질 및 규격, 수압관로의 시공상태가 시방서 규정에 적합 한지 확인하며, 관로의 취부 및 각 연결부의 접합방법은 시방서 규정에 적합한지 시험성적서 및 비파괴 검사결과와 비교 확인
헤드탱크(서어지탱크)의 설치		헤드탱크(서어지탱크)의 종류, 형식, 규격, 최대서어징고, 시멘트, 골재, 혼화재, Slump, 압축강도, 시공상태 등이 시방서 및 도면에 적합한지 확인
수검자 준비자료		■ 공사계획인가(신고)서 ■ 철근시험성적서(공인시험성적서) ■ 콘크리트관련 시험성적서(시멘트, 굵은골재, 잔골재 등 공인시험성적서) ■ 콘크리트 현장배합설계표 ■ 콘크리트 품질시험성적서(압축강도, 슬럼프, 공기량, 염화물 시험 등) ■ 수압관로 재료 시험성적서 ■ 수압관로 비파괴 시험성적서 ■ 수압관로 수압시험 성적서(주철관, 폴리에틸렌관 등) ■ 지보재 시험성적서(숏크리트, 락볼트, 와이어매쉬 등) ■ 지반조사보고서 ■ 설계도 및 구조계산서, 시방서 ■ 감리검측서 및 현장사진

920.4 수력설비 및 보조설비

920.4.1 수차의 재료

KEC 715.1

1. 수력발전용 수차 및 보조설비에 사용되는 부품의 재료는 요구되는 기계적 강도 및 화학적 성질을 갖는 재료로서 표 920-20에 따라 해당 KS 또는 ASTM 규격에 적합하거나 동등 이상의 재료를 사용하여야 한다.

관 련 근 거

표 920-20 설비별 ASTM, KS/단체표준 규격

구분	ASTM 규격	KS/단체표준 규격	
		번호	명칭
수차날개 Runner Blade	A743 Gr.CA-6NM	SPS-KFCA-D4103	스테인리스 주강품
날개허브 Runner Hub	A743 Gr.CA-6NM	SPS-KFCA-D4103	스테인리스 주강품
날개콘 Runner Cone	A240 Type 304L	STS304L (D3705)	열간압연 스테인리스강판 및 강대
수차축 Turbine Shaft	A668 Class D	SF490A (D3710)	탄소강 단강품
수차발전기 지지대 Bulb Case	A283 Gr. C	SS275 (D3503)	일반구조용 압연강재
유량조절장치 Wicket Gate (Shaft, Stem)	A995 UNS J 92205		Duplex stainless steel
Wicket Gate (Shell Plate)	A240 Type 304L	STS304L (D3705)	열간압연 스테인리스강판 및 강대
유량조절장치 내관 Inner Gate Ring	A240 Type 304L	STS304L (D3705)	열간압연 스테인리스강판 및 강대
유량조절장치 외관 Outer Gate Ring	A240 Type 304L	STS304L (D3705)	열간압연 스테인리스강판 및 강대
수차날개 외관 Discharge Ring	A240 Type 304L	STS304L (D3705)	열간압연 스테인리스강판 및 강대
흡출관 라이너 Draft Tube Liner	A36		용접구조용 압연강재
고정자 프레임 Stator Frame	A283 Gr. C	SS275(D3503)	일반구조용 압연강재
발전기 점검구 Access Shaft	A283 Gr. C	SS275(D3503)	일반구조용 압연강재
발전기 전단 덮개판 Bulb Nose	A283 Gr. C	SS275(D3503)	일반구조용 압연강재
발전기하부 틈새판 Lower Pier Nose Liner	A283 Gr. C	SS275(D3503)	일반구조용 압연강재
발전기 반입구 Generator Hatch	A283 Gr. C	SS275(D3503)	일반구조용 압연강재

관 련 근 거

2. 수차는 운전 시간에 따라 캐비테이션에 의한 과다한 침식이 발생되지 않아야 한다.

920.4.2 수차 및 발전기의 구조

電技 제159조의 2
KEC 715.2
신재생에너지 설비의 지원들에 관한 지침[별표1]

1. 수차는 다음의 각호에 적합하여야 한다.
   가. 부유물 및 토사 등의 유입에 따른 피해를 현저하게 받지 않아야 한다.
   나. 수차 및 부속장치의 수압을 받는 부분은 최대사용수압에서 누수가 발생되지 않고 구조적으로 견고하여야 한다.
   다. 제반 수차설비는 부하 또는 입력이 차단되었을 때 최대 무구속 속도에 대하여 구조상 안전해야 한다.
   라. 수차 및 부속장치의 유압 또는 공기압을 받는 부분은 수압(유압)시험으로서, 최대유압 또는 최대공기압의 1.5배의 시험 압력으로 누설이 없고, 기타 결함이 없는 상태에서 10분간 견딜 수 있어야 한다.
   마. 수차 및 부속장치는 최대속도에서 2분 이상 안전하게 운전할 수 있어야 한다.
   바. 운전 중에 수차의 베어링 또는 축에 발생할 수 있는 진동은 수차 설계 기준값 이하의 진동을 유지하여야 한다.
   사. 물의 유입이나 유출을 신속하게 차단하는 입구밸브 등을 수차에 설치하여야 한다. KEA 별표1
   아. 수차와 발전기 축의 접합을 위한 플랜지는 편심이 일어나지 않도록 하여야 하며 정적, 동적 평형을 이루도록 설치해야 한다.
   자. 수차와 발전기 조립 시 수차, 주축, 회전자 등 회전부와 고정부 사이의 마찰이 발생하지 않아야 한다.
   차. 헤드커버 위로 누수되는 물이 안전하게 배수될 수 있는 배관이 설치되어야 한다.

관 련 근 거

카. 런너 및 회전자축과 같은 수차의 주요설비는 최대부하에서 급차단되는 경우 등의 이상 운전상태에서도 견딜수 있는 충분한 강도를 가져야 한다.

타. 회전자는 수차의 최대 무구속 속도에 의해 가해지는 모든 기계적 응력에 견디도록 제작되어야 하며, 진동을 최소화 할 수 있도록 정밀하게 평형이 유지되어야 한다.

파. 종합효율은 시험실 시험 및 현장 시험에 관계없이 정격유량, 정격낙차에서 69 % 이상이여야 한다. 다만, 정격 출력이 10 kW 이하인 경우에는 46 % 이상이어야 한다.

2. 자체중량, 수압, 지진력 및 토압 등에 대하여 구조상 안전하여야 한다.

3. 수력발전소의 취수구나 취수문(Intake gate)에는 적합한 스크린을 설치하여 부유물이나 토사 등의 유입에 따른 피해를 받지 않게 하여야 한다.

4. 설치시 측정기기를 사용하여 설비의 수평을 확인·조정하며, 볼트 조립시 규정된 토크로 조립을 한다. KEA 별표1

5. 기초 콘크리트는 강도·내구성·수밀성을 가져야 하며 시멘트는 품질이 균일한 것으로서 설계기준 이상의 것을 사용하여야 한다.

6. 주파수변환장치가 설치되는 경우 다양한 운전조건에 대하여 안정적으로 운전될 수 있도록 시스템을 구성하여야 한다.

7. 수차와 발전설비 설치 시 완벽하게 수밀이 될 수 있도록 하며, 부식이 발생하지 않도록 방청에 유의한다.

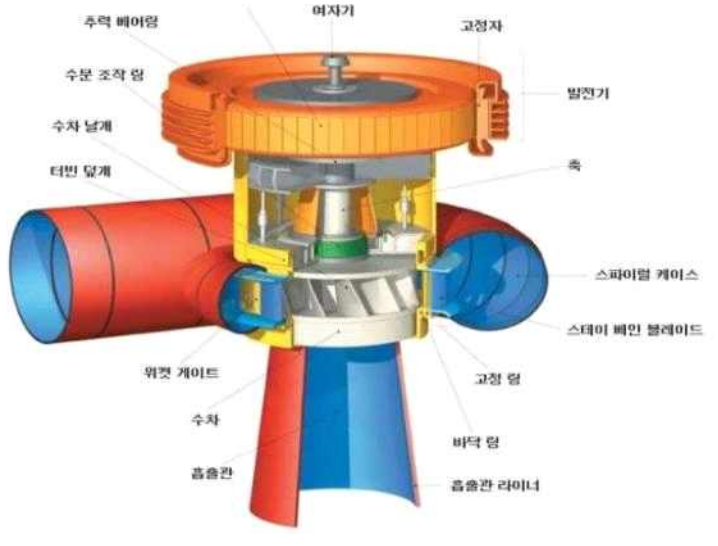
8. 발전에 필요한 충분한 수량이 확보될 수 있는 장소로서 주변 환경에 영향을 최소화 할 수 있는 곳에 설치해야 한다.

9. 모든 기기는 용량, 제작자 및 그 외 기기별로 나타내야 할 사항이 명시된 명판을 부착하여야 한다.

관 련 근 거

비고

■ 수차의 계통도 (예시)



920.4.3 보조설비 및 보조기기

KEC 715.3 신재생에너지 설비의 지원등에 관한 지침[별표1]

920.4.3.1 조속장치

1. 조속장치는 수차의 속도 및 출력제어에서 신속히 대응할 수 있어야 한다.
2. 조속장치는 비상정지 시 신속히 유입되는 물을 차단할 수 있어야 한다.
3. 소수력발전은 별도의 조속장치대신 밸브나 수문으로 그 성능을 대처할 수 있다.

920.4.3.2 유압설비

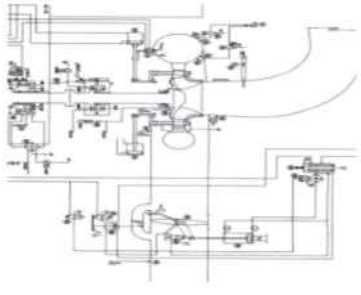
1. 수차의 가이드 베인, 러너 베인, 제압기 디플렉터, 니들 및 입구 밸브의 서보 모터 조작 등에 필요한 압유를 충분하고도 안전하게 공급할 수 있어야 한다.

관 련 근 거

비고

■ 수차의 가이드베인 및 계통도 (예시)

가이드베인



계통도

K Water 2018-WR-GP-367-1572

2. 압력유탱크 또는 이에 가까운 곳에는 최고사용압력 이하의 압력으로 동작하는 안전밸브 또는 안전장치를 설치하여야 한다.
3. 압력유탱크의 유압이 저하하는 경우에 자동적으로 유압을 회복하는 장치를 설치하여야 한다.
4. 압력유탱크 또는 이에 가까운 곳에는 압력계를 설치하여야 한다.
5. 오일온도의 과열발생시 경보를 울릴 수 있는 온도감지센서가 설치되어야 한다.

KEA 별표1

6. 소수력발전에서는 블래더형이나 전동 서보 모터식으로 대체할 수 있어야 한다.

920.4.3.3 공압설비

1. 유압장치용 공기압축기의 용량은, 유압탱크내의 유압을 최저 상용유압으로부터 30분 이내에 0.1 MPa 상승시키는데 필요한 공기를 보급할 수 있어야 한다.
2. 공기탱크용량은, 유압탱크내 공기보급에 지장이 없어야 한다.
3. 브레이크용 공기압축기의 용량은, 브레이크의 정상동작에 필요한 용량이어야 한다.

관 련 근 거

4. 소수력발전 중 유압설비로만 조속장치 및 밸브, 수문을 사용하는 경우에는 공압설비를 제외할 수 있다.

920.4.3.4 입구밸브 설비

1. 비상시 흐르는 물의 안전한 차단, 정지 시 수차의 누수 및 손실전력 저감, 기기의 유해한 마모방지, 보수·점검 시 수로의 충·배수를 생략하여 정지시간 단축, 취수를 공용으로 사용하여 분기한 경우 점검용 수차만 정지시키는 등의 목적으로 수압관 단말이나 수차의 입구에 입구밸브 설비를 설치하여야 한다.
2. 최저 허용조작력은, 전 낙차에서 수차의 최대사용유량을 안전하고 확실하게 차단할수 있어야 한다.
3. 발전기 운전 중 발생할 수 있는 수충격 현상에 견딜 수 있도록 발전기, 수압철관, 입구밸브 등은 충분한 내구성을 갖도록 설치되어야 하며, 필요시 수충격 완화설비를 구축하여야 한다. KEA 별표1
4. 수차의 유지관리 및 점검을 위해 수차에 유입하는 물을 차단하는 시설을 현장조건에 맞추어 설치하여야 하며, 비상시에도 안전하게 닫힐 수 있어야 한다.
5. 소수력발전에서 별도의 조속장치가 없이 밸브나 수문으로 운전 및 정지를 하는 경우 입구밸브 설비로 대처할 수 있다.

920.4.3.5 윤활설비

1. 수차의 베어링 등에는 윤활유 펌프, 집유 또는 집수탱크, 냉각장치 등으로 구성되는 윤활설비 설치하여야 하며, 비상시에도 윤활매체의 공급이 유지되도록 하여야 한다.
2. 강제순환방식의 윤활유 펌프는, 평상운전 시에 필요한 유량을 공급할 수 있는 용량으로 하여야 한다.

관 련 근 거

3. 중력급유방식의 상부기름 탱크는, 탱크유면저하 검출 후, 주기기가 완전정지 할 때까지, 외부로부터 기름보급 없이, 스러스트 베어링 유조에 필요한 유량을 공급할 수있는 용량으로 하여야 한다.
4. 작동유, 윤활유 등 오일온도의 과열발생시 경보를 울릴 수 있는 온도감지센서가 설치되어야 한다. KEA 별표1
5. 소수력발전설비의 윤활유를 그리스로 사용할 경우 윤활설비를 제외할 수 있다.

920.4.3.6 급수설비

1. 급수설비는 수차 등 발전소 설비에 충분한 양과 적합한 물을 안전하고 원활하게 공급할 수 있어야 하며, 불순물의 유입방지, 냉각수의 동결방지, 보수의 용이성 등을 충분히 고려해서 설치하여야 한다.
2. 급수설비의 급수유량은, 다음 조건하에서도 설계급수량 이상을 확보할 수 있어야 한다.
3. 급수펌프의 토출량은 필요한 냉각수의 110 % 이상으로 하여야 한다.
4. 공랭식 발전설비는 급수설비를 제외할 수 있다.

920.4.3.7 배수설비

1. 배수설비는 주기기의 본체(수차 봉수장치)로부터의 누수배수, 건물에서 생기는 누수배수 및 주기기 점검 시 수압철관, 케이싱 및 흡출관 등에 들어있는 물의 배수에 필요한 설비로서, 안전하고 원활하게 배수할 수 있어야 하며, 하류하천에 기름 등이 유출되지 않도록 하여야 한다.
2. 소내 배수계통의 유수분리 조는, 설비사고 등으로 다량의 누유가 있더라도 기름을 하천에 유출시키지 않아야 한다.

관 련 근 거

3. 배수펌프의 제어장치는 가능한 상층에 두어서, 발전소가 침수된 경우에도 배수할 수 있도록 하여야 한다.
4. 배수구 높이는, 홍수 시에도 하천으로부터 역류하지 않는 위치로 하여야 한다.
5. 소내 배수펌프의 성능은 피트 내 최대유입예상량의 1.5배 이상의 배수능력을 갖는 펌프를 선정하여야 한다.
6. 자연배수가 가능한 발전소는 배수설비를 제외할 수 있다.

920.4.3.8 발전기 등의 보호장치

발전기 등의 보호장치는 910.6.7에 따른다.

920.4.3.9 계측장치

계측장치는 910.6.8에 따른다.

920.4.3.10 정지 및 경보 설비

1. 다음 전기적 사고 시에는 자동으로 비상 정지하고 경보하여야 한다.
   가. 용량 10,000 kVA이상의 동기발전기 고정자 권선의 상간단락, 층간단락, 내부지락, 회로지락 등에 의한 과전류
   나. 용량 10,000 kVA미만의 발전기는 과부하, 단락, 지락, 과전압
   다. 동기발전기는 계자권선의 지락, 계자상실, 자동전압조정장치(AVR)고장, 여자기 과전압
   라. 역전력
2. 다음 기계적 사고 시에는 자동으로 급정지하고 경보여야 한다.
   가. 용량 2,000 kVA 이상의 트러스트/가이드 베어링의 과열
   나. 수차과속도, 조속기의 고장
   다. 입구밸브, 조속기용 유압장치의 고장/유압저하 2단, 냉각수 통수단절

관 련 근 거

라. 조속기 구동장치 고장

3. 다음과 같은 경우에는 경보를 하여야 한다.
   가. 용량 2,000 kVA 이상의 스러스트 베어링의 온도상승, 유조유면 저하
   나. 발전기 공기냉각기 출구온도상승
   다. 조작유압 저하
   라. 수냉식 발전기 냉각수 단수
   마. AC/DC 전원고장
   바. 냉각수 및 공압설비 고장

920.4.3.11 수차(펌프) 안전장치의 검사항목 및 수검자 준비자료

고시 별표9

수차(펌프)설비는 각 항목별 이상신호가 감지될 때 비상정지(Trip) 및 경보(Alarm)가 작동하는지 확인해야 하며, 이에 대한 안전장치 검사항목 및 수검자 준비사항은 표 920-21에 따른다.

표 920-21 수차 안전장치의 검사항목 및 수검자 준비사항

항 목	방 법
과속도 정지시험	수차를 무부하 상태에서 과속시켜 수차가 정지되는 속도를 기록하고 기준값과 비교 확인
유압장치 유압저하시험	유압을 강하(실제 또는 모의)시켜 수차가 자동정지되는지 확인
베어링 고온도 정지시험	각부의 베어링온도 스위치를 동작시켜 수차가 정지되는지 확인
발전기 내부고장 정지시험	차동계전기 등 발전기 내부고장 관련 계전기를 동작시켜 수차가 정지되는지 확인하거나, 자체시험을 실시하였을 경우는 그 시험성적서를 확인
수동정지 및 복귀	수차 비상정지 버튼(Trip Button)을 조작하여(실제 또는 모의) 수차가 정지되고 원상복구(Reset) 되는지 확인
자동 기동 및 정지시험	수차를 자동기동 및 정지시켰을 때 관련 기기들이 시스템 로직(System Logic)에 따라 동작하고, 수차가 자동기동 및 정지되는지를 확인

관 련 근 거

표 920-21 계속

항 목	방 법
발전 및 양수절환시험	수차(펌프)가 발전운전중 양수절환 또는 양수운전중 발전절환 상태가 원활히 이루어지는지를 확인
안전밸브 동작시험	유압(공기압) 탱크의 안전밸브가 최고사용압력 이하에서 작동하는지 현장 또는 시험성적서로 확인
유압(공기압) 회복장치시험	유압(공기압)탱크의 유압이 저하하는 경우 자동적으로 유압(공기압)을 회복시키는 장치의 정상가동 상태를 확인
압력계 설치	유압(공기압)탱크에는 사용압력의 1.5배 이상 2배 이하의 최고눈금이 있는 압력계가 설치되어 정상동작 되는지를 확인
수문 동작시험	댐에 설치된 수문이 원활히 동작되는지 실제 또는 모의로 확인하고 수문동작용 비상전원 확보 상태를 확인
댐 · 수로의 안전시설	댐, 수로 주변에 사고를 방지하기 위하여 철책, 담 등 안전시설을 설치하고 위험표시판이 설치되어 있는지를 확인
지하 배수시설	지하발전소의 배수를 시키는 설비가 되어 있는지를 확인하고 그 작동상태를 확인
진자판 허용각도 정지시험	진자판 허용각도를 (실제 또는 모의)시켜 유압터빈정지 및 바이패스밸브의 작동을 확인
진동수주실 공기 과도 압력시험	공기압을 강하(실제 또는 모의)시켜 수차가 자동정지 및 바이패스밸브의 작동을 확인
수차입구 공기 과도 압력시험	공기압을 강하(실제 또는 모의)시켜 수차가 자동정지 및 바이패스밸브의 작동을 확인
수검자 준비자료	■ 공사계획인가(신고)서 ■ 수차(펌프) 트립 인터록 도면 ■ 보호 계전기시험 성적서 ■ 계기교정시험 성적서 ■ 경보회로시험 성적서 ■ 안전밸브시험 성적서

관 련 근 거

920.5 양수발전 및 보조설비

비고

■ 양수발전설비 (예시)

K Water 2018-WR-GP-367-1572

920.5.1 펌프수차의 재료

KEC 720.1

수력발전용 펌프수차 및 보조설비에 사용되는 부품의 재료는 920.4.1을 준용한다.

920.5.2 펌프수차의 구조

電技 제159조의 2
KEC 720.2

1. 물의 유입 또는 유출을 신속하게 차단하는 시설을 펌프수차에 설치하여야 한다. 다만, 해당시설을 수로에 설치할 경우 또는 수차의 무구속 회전이 정지될 때까지 회전부는 구조상 안전하고 하류에 방류로 인하여 인명이나 시설에 피해를 줄 염려가 없을 경우에는 그러하지 아니하다.
2. 펌프수차의 입구 및 토출밸브를 설치할 경우에는 다음 사항에 따라야 한다.
   가. 수밀성을 가질 것
   나. 개폐가 쉽고 확실하게 할 것
   다. 사용하는 재료는 필요한 화학적 성분 및 기계적 성능을 가질 것

관 련 근 거

라. 개폐시 위험한 진동이 없을 것
마. 좌굴 하지 않는 구조일 것
바. 작용하는 하중을 본체 등에 안전하게 전달하는 구조일 것
사. 펌프수차의 입구밸브 또는 토출밸브에 작용하는 자체중량, 수압 및 지진력 등에 의한 응력은 사용하는 재료의 허용응력을 초과하지 않을 것
아. 입구밸브는 전원공급 상실 등 비상시 자동으로 닫힐 수 있도록 설치할 것

3. 수압을 받는 부분은 부하 또는 입력이 차단되었을 때 최대사용수압 및 부압설계시 구조상 안전하여야 한다.
4. 회전부는 부하 또는 입력이 차단되었을 때 최대 속도에서 5분 이상 안전하게 운전할 수 있어야 한다.
5. 운전 중에 수차 또는 펌프수차의 베어링 또는 축에 발생할 수 있는 각종 최대의진동에 대하여 안전하게 운전할 수 있어야 한다.
6. 물의 유입이나 유출을 신속하게 차단하는 입구밸브 등을 수차 또는 펌프수차에 설치하여야 한다.
7. 자체중량, 수압, 지진력 및 토압 등에 대하여 구조상 안전하여야 한다.
8. 수력발전소의 취수구나 취수문(Intake gate)에는 적합한 스크린을 설치하여 부유물 등의 유입에 따른 피해를 받지 않게 하여야 한다.

920.5.3 양수보조설비 및 보조기기

KEC 720.3

920.5.3.1 조속장치

조속장치는 920.4.3.1을 준용한다.

관 련 근 거

920.5.3.2 양수기동설비

흡출관 내부 수면을 수면압하장치(Draft tube water depressor)로써 공기상태로 한 후, 발전전동기를 전동기로 기동할 수 있는 설비를 설치하여야 한다.

920.5.3.3 유압설비

유압설비는 920.4.3.2를 준용한다.

920.5.3.4 공압설비

공압설비는 920.4.3.3을 준용한다.
단, 수면압하장치용 공압설비에 대하여는 공기압축기의 용량에 필요한 조건과, 공기탱크용량에 필요한 조건을 현지 여건에 맞추어 시설해야 한다.

920.5.3.5 입구밸브

입구밸브 설비는 920.4.3.4를 준용한다.

920.5.3.6 윤활설비

윤활설비는 920.4.3.5를 준용한다.

920.5.3.7 급수설비

급수설비는 920.4.3.6을 준용한다.

920.5.3.8 배수설비

배수설비는 920.4.3.7를 준용한다.
단, 흡출관 배수펌프의 배수시간은 제작사와 협의하여 결정할 수 있다.

관 련 근 거

920.5.3.9 정지 및 경보 설비

정지 및 경보 설비는 920.4.3.8를 준용한다.

920.5.3.10 수차(펌프) 안전장치

고시 별표9

수차(펌프)시험은 920.4.3.9를 준용한다.

920.6 기타 시설

920.6.1 발전소 시설의 안정성

KEC 725

수차, 발전기 및 부속설비가 설치되는 발전소는 다음 각 호에 따라야 한다. 또한, 해양에너지발전설비의 구조물도 이를 준용한다.

1. 콘크리트구조물은 국가건설기준 「KDS 14 20 00 콘크리트구조 설계기준」을 적용하여야 한다.
2. 구조물은 920.2.18부터 920.2.22까지를 준하여야 한다. 기타사항은 국가건설기준 「KDS 1100 00 지반 설계기준」을 적용하여야 한다. 조력발전소 구조물은 920.2.36부터 920.2.39까지를 준하여야 한다.
3. 구조물의 내진에 대하여는 930.1의 내진설계 일반을 적용하여야 한다. 다만 설비 정착부에 대한 내진설계를 하는 경우, '발전용 수력 및 화력시설 설비 정착부 내진설계지침'을 적용할 수 있다. 「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.

관 련 근 거

4. 그림 920-2와 같이 해양에너지발전설비의 경우 해당지역의 오손 등급에 적합한 부식 및 염해대책을 하여야 하며, 특히 염분에 의한 화학적 부식에 강한 자재선정 및 방지용 도장을 하여야 한다.

조력발전 조류발전

파력발전 해수온도차발전

그림 920-2 해양에너지 발전설비 종류

920.7 종합연동 및 부하차단

920.7.1 종합연동시험

1. 발전기 계통병입 후 발전기를 정지시 계통에 영향을 주지 않는 임의 부하에서 발전기용 보호계전기를 동작시켜 비상정지 로직(Unit Trip Logic)에 따라 발전설비가 정상적으로 비상정지(Trip) 되는지를 확인 한다.

관 련 근 거

2. 수검자는 '종합연동시험' 검사를 실시하기 전에 다음의 자료를 준비하여야 한다.
   가. 공사계획인가(신고)서
   나. 종합 인터록 도면

920.7.2 부하차단시험

1. 정격부하(정격입력)로 차단 시켰을 때 수압을 받는 부분은 최대수압에, 회전부에 있어서는 최대속도에 대응하여 각각 구조상 안전한가를 확인하고, 이때 최대회전수는 무구속 속도 이하이고 각 제어장치는 정상으로 동작하여 수압, 회전속도 및 발전기 전압에 이상이 없이 안전하게 무부하 또는 정지 상태로 전환되는지 확인한다. 다만, 파력, 조류설비는 최대가능출력에서 실시하고, 정기검사는 발전수량의 여건에 따라 최대가능출력으로 할 수 있다.

고시 별표9
K-water 기계설비 유지관리지침 3편

2. 수검자는 '부하차단시험' 검사를 실시하기 전에 다음의 자료를 준비하여야 한다.
   가. 공사계획인가(신고)서
   나. 조속기 특성시험 성적서
   다. 출력 기록지(검사기간 중 시험결과를 출력)

920.8 부하운전

1. 정격부하에서 4시간 동안 수차, 발전기, 변압기 등의 연속운전상태(온도, 압력, 진동, 전압 등)가 정상적인지 확인한다. 단, 해양소수력 및 조력발전은 조석간만의 낙차변화에 따른 부하운전을 한싸이클 정격출력으로 실시하여 각 기기의 운전상태가 정상인지 확인한다. 다만, 정기검사는 2시간 동안 연속운전상태가 정상적인지 확인하며 발전수량 여건에 따라 최대가능출력으로 할 수 있다.

관 련 근 거

2. 파력설비는 국제전기표준위원회(IEC) 기준을 근거로 파력(파고·주기)성능표와 출력곡선을 비교검토하여 운전값이 설계값에 적합하는지 확인한다. 단, 검사기간 중 파고주기에 따른 불연속적인 부하운전 시험결과는 인정할 수 있다.

3. 수검자는 '부하운전시험' 검사를 실시하기 전에 다음의 자료를 준비하여야 한다.
   가. 공사계획인가(신고)서
   나. 출력 기록지(검사기간 중 시험결과를 출력)
   다. 조위(유속)표
   라. 파력(파고·주기)표

관 련 근 거

930 내진설계

930.1 내진설계 일반

930.1.1 목적

이 기준은 발전설비 내진안전성을 검사하는데 적용한다.

930.1.2 일반사항

KEC 183.1

1. 발전설비에 대해 내진설계를 하는 경우, 「지진·화산재해대책법」 시행령 제10조의2(내진설계기준 공통적용사항)를 반영한 관계 법령에서 정하는 시설별 내진설계기준을 따른다.
2. 내진등급은 중요도에 따라서 내진특등급, 내진Ⅰ등급, 내진Ⅱ등급으로 분류한다.
   가. 내진특등급은 지진 시 매우 큰 재난이 발생하거나, 기능이 마비된다면 사회적으로 매우 큰 영향을 줄 수 있는 시설의 등급을 의미한다.
   나. 내진Ⅰ등급은 지진 시 큰 재난이 발생하거나, 기능이 마비된다면 사회적으로 큰 영향을 줄 수 있는 시설의 등급을 의미한다.
3. 발전시설의 내진등급 및 시설물 관리등급은 표 930-1과 같다.

표 930-1 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 3 GW를 초과하는 시설
	중요시설	• 2017.10.1. 이후 신규 인허가를 취득한 발전시설로서, 사업구역 내 총 설비용량[1]이 20 MW 초과 3 GW 이하인 시설 • 2017.10.1. 이전 인허가를 취득한 발전시설로서, 사업구역 내 총 설비용량[1]이 20 MW를 초과하는 시설(해당 시설이 2017. 10. 1.이후 같은 사업구역 내에서 증설되어 그 총 설비용량의 합이 3 GW를 초과하는 경우 포함)

09 화력·수력 발전설비

관 련 근 거

표 930-1 내진등급 및 내진 대상 시설물의 관리등급 (계속)

내진등급	관리등급	적용 대상 발전시설
'Ⅰ'등급	일반시설	• 사업구역내 총 설비용량[1]이 20 MW 이하인 발전시설(해당 시설이 2017. 10. 1.이후 같은 사업구역 내에서 증설되어 그 총 설비용량의 합이 20 MW를 초과하는 경우 포함)

【주】 사업구역 내 총 설비용량의 확인 : '전기사업허가'(전기사업법), '전원개발사업 실시계획의 승인'(전원개발촉진법), '산업단지실시계획의 승인'(산업입지 및 개발에 관한 법률) 등에 의하여 발전설비를 설치·운용하기 위한 사업구역 내 설비용량

4. 내진성능목표는 평균재현주기를 갖는 설계지진과 요구되는 내진성능수준의 조합으로 정의한다.

5. 발전시설의 관리등급별 내진성능수준은 '기능수행', '즉시복구', '장기복구/인명보호', '붕괴방지'로 분류하고, 각 설계지진에 대하여 표 930-2를 만족하도록 한다.

표 930-2 시설물의 최소 내진성능수준

설계지진 재현주기	설계지진(유효수평 지반가속도 S)		내진성능수준			
	지진구역 (Ⅰ)	지진구역 (Ⅱ)	기능수행	즉시복구	장기복구 /인명보호	붕괴방지
100년	0.063(g) 이상	0.04(g) 이상	일반시설			
200년	0.08(g) 이상	0.051(g) 이상	핵심·중요시설	일반시설		
500년	0.11(g) 이상	0.07(g) 이상		핵심·중요시설	일반시설	
1000년	0.154(g) 이상	0.098(g) 이상			핵심·중요시설	일반시설
2400년	0.22(g) 이상	0.14(g) 이상				중요시설
4800년	0.3(g) 이상	0.2(g) 이상				핵심시설

관 련 근 거

930.1.3 지반조사

KDS 17 10 00
4.2.1

1. 지반조사는 지층의 구성, 각 지층의 동역학적 특성 파악 및 실내시험용 시료채취 등을 수행하는 현장시험과 채취된 시료를 이용한 실내시험을 포함하여야 한다.
2. 내진설계는 지진에 대한 설계 지반운동을 결정하기 위하여 기반암을 확인할 수 있는 심도까지 시추를 수행한다. 기반암은 전단파속도 $V_s = 760\ m/s$ 이상으로 하여야 한다.
3. 설계지반운동 결정을 위하여 지반의 층상구조, 기반암 깊이, 각 층의 밀도, 지하수위, 전단파 속도 주상도, 각 지층의 변형률 크기에 따른 전단탄성계수 감소곡선과 감쇠비 곡선 등을 조사하여야 한다.
4. 액상화 저항응력을 평가하기 위한 시추조사를 실시하여야 한다.
5. 액상화 평가를 위해서는 시추주상도, 지하수위, 표준관입시험의 N값, 콘관입시험의 q_c값, 전단파속도 주상도, 지층의 물리적 특성 등을 결정하여야 한다.

930.1.4 지진구역

KDS 17 10 00
4.2.1.1

지진구역은 표 930-3 및 그림 930-1과 같다.

표 930-3 지진구역

지진구역	행정구역	
I	시	서울, 인천, 대전, 부산, 대구, 울산, 광주, 세종
	도	경기, 충북, 충남, 경북, 경남, 전북, 전남, 강원 남부1
II	도	강원 북부2, 제주

【주】
1. 강원 남부(군, 시) : 영월, 정선, 삼척, 강릉, 동해, 원주, 태백
2. 강원 북부(군, 시) : 홍천, 철원, 화천, 횡성, 평창, 양구, 인제, 고성, 양양, 춘천, 속초

관 련 근 거

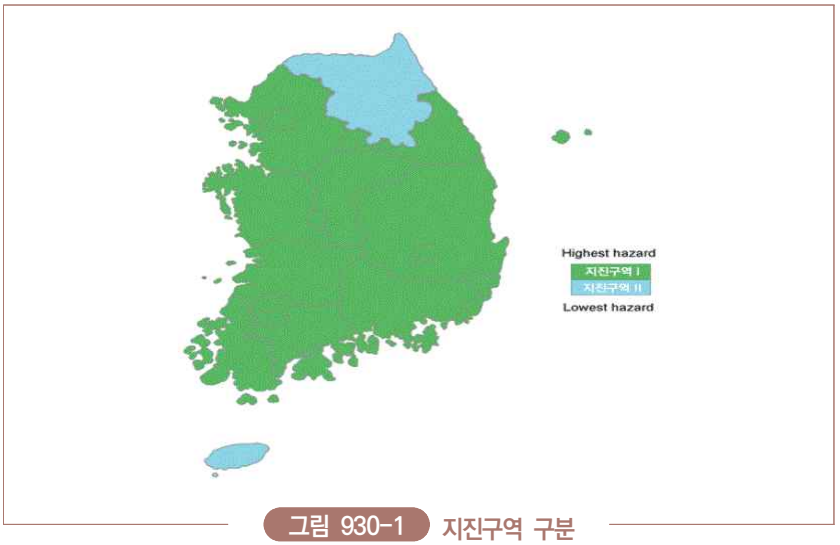


그림 930-1 지진구역 구분

930.1.5 지반의 분류

KDS 17 10 00
4.2.1.2

1. 국지적인 토질조건, 지질조건과 지표 및 지하 지형이 지반운동에 미치는 영향을 고려하기 위하여 지반을 표 930-4에서와 같이 S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6의 6종으로 분류한다. 다만, 기반암은 전단파 속도가 760 m/s 이상인 지층으로 정의한다.

표 930-4 지반의 분류

지반종류	지반종류의 호칭	분류기준	
		기반암 깊이, H (m)	토층평균전단파속도, $V_{s,soil}$ (m/s)
S_1	암반 지반	1 미만	-
S_2	얕고 단단한 지반	1~20 이하	260 이상
S_3	얕고 연약한 지반		260 미만
S_4	깊고 단단한 지반	20 초과	180 이상
S_5	깊고 연약한 지반		180 미만
S_6	부지 고유의 특성평가 및 지반응답해석이 필요한 지반		

관 련 근 거

2. 토층의 평균전단파속도($V_{s,soil}$)는 탄성파시험 결과가 있을 경우 이를 우선적으로 적용한다. 이때, 탄성파시험은 시추조사를 바탕으로 가장 불리한 시추공에서 수행하는 것을 원칙으로 한다.
3. 기반암 깊이와 무관하게 토층평균전단파속도가 120 m/s 이하인 지반은 S_5 지반으로 분류한다.
4. 지반종류 S_6은 부지 고유의 특성평가 및 지반응답해석이 필요한 지반으로 다음과 같다.
   가. 액상화가 일어날 수 있는 흙, 예민비가 8 이상인 점토, 붕괴될 정도로 결합력이 약한 붕괴성 흙과 같이 지진하중 작용 시 잠재적인 파괴나 붕괴에 취약한 지반
   나. 이탄 또는 유기성이 매우 높은 점토지반(지층의 두께 〉 3 m)
   다. 매우 높은 소성을 띤 점토지반(지층의 두께 〉 7 m이고, 소성지수 〉 75)
   라. 층이 매우 두껍고 연약하거나 중간 정도로 단단한 점토(지층의 두께 〉 36 m)
   마. 기반암이 깊이 50 m를 초과하여 존재하는 지반

930.1.6 설계지반운동의 정의와 고려사항

KDS 17 10 00 4.2.1.3

1. 설계지반운동은 구조물이 건설되기 전에 부지 정지작업이 완료된 지면에서 지반운동으로 정의한다.
2. 국가지진위험지도의 값은 유효수평지반가속도(S)이다.
3. 설계지반운동의 특성은 흔들림의 세기, 진동수성분 및 지속시간으로 정의한다.
4. 설계지반운동은 통계학적으로 독립인 수평 2축운동과 수직운동으로 정의한다.
5. 수직운동은 수평 2축운동과 별도로 정의한다.

관 련 근 거

KDS 17 10 00
4.2.1.4

930.1.7 설계지반운동의 특성 표현

1. 설계지반운동의 세기 및 진동수성분은 기본적으로 응답스펙트럼으로 표현한다.
2. 암반지반(S_1 지반) 설계지반운동의 가속도표준설계응답스펙트럼은 다음과 같다.
   가. 5 % 감쇠비에 대한 수평설계지반운동의 가속도표준설계응답스펙트럼은 그림 930-2 및 표 930-5로 정의되며, 각 주기 영역에 대한 설계스펙트럼가속도(S_a)는 표 930-6과 같다.

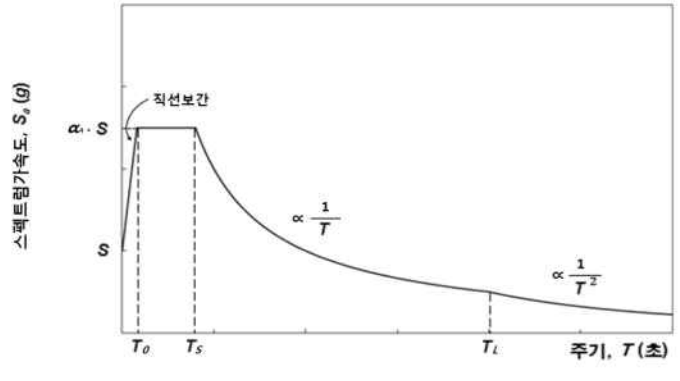


그림 930-2 가속도표준설계응답스펙트럼(암반지반)

표 930-5 가속도표준설계응답스펙트럼 전이주기

구 분	α_A (단주기스펙트럼 증폭계수)	전이주기(sec)		
		T_o	T_S	T_L
수 평	2.8	0.06	0.3	3

관 련 근 거

표 930-6 주기영역별 설계스펙트럼가속도(S_a)

주기(T, sec)	$0 \le T \le T_0$	$T_0 \le T \le T_S$	$T_S \le T \le T_L$	$T_L \le T$
설계스펙트럼 가속도(S_a, g)	$(1+30T) \times S$	$2.8S$	$\frac{0.84}{T} \times S$	$\frac{2.52}{T^2} \times S$

나. 5 % 감쇠비에 대한 수직설계지반운동의 가속도표준설계응답스펙트럼은 '가'에 있는 수평설계지반운동의 가속도표준설계응답스펙트럼과 동일한 형상을 가지며, 최대 유효수평지반가속도에 대한 최대 유효수직지반가속도의 비는 0.77이다.

다. 수평 및 수직 설계지반운동의 가속도표준설계응답스펙트럼의 감쇠비(ξ, %단위)에 따른 스펙트럼 형상은 표 930-7에 제시한 감쇠보정계수 C_D를 표준설계응답스펙트럼에 곱해서 구할 수 있다. 단, 감쇠비가 0.5 %보다 작은 경우에는 적용하지 않으며 해당 구조물의 경우 응답이력해석(=시간이력해석)을 권장한다.

표 930-7 감쇠보정계수(C_D)

주기 (T, sec)	$T=0$	$0 \le T \le T_o$	$T_0 \le T$
C_D	모든 감쇠비에 대해서 1.0	$T=0$일 때, 1.0 $T=T_o$일 때, $\left(\frac{6.42}{1.42+\xi}\right)^{0.48}$ 그 사이는 직선보간	$\left(\frac{6.42}{1.42+\xi}\right)^{0.48}$

3. 토사지반(S_2부터 S_5지반까지) 설계지반운동의 가속도표준설계응답스펙트럼은 다음과 같다.

관 련 근 거

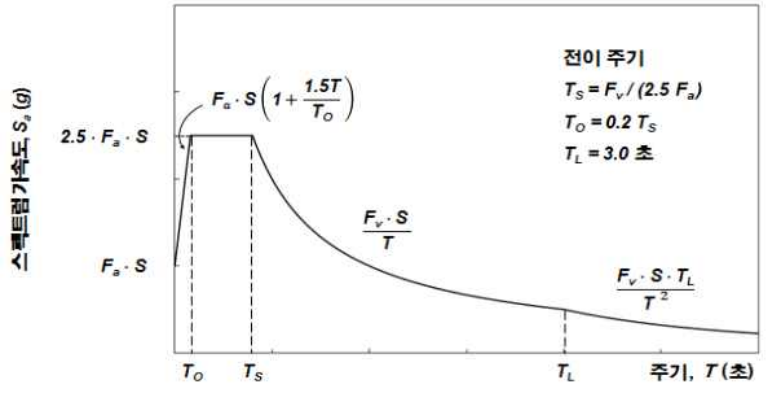


그림 930-3 가속도표준설계응답스펙트럼(토사지반)

가. 5 % 감쇠비에 대한 수평설계지반운동의 가속도표준설계응답스펙트럼은 그림 930-3로 정의한다.

나. 유효수평지반가속도(S)에 따른 단주기지반증폭계수(F_a)와 장주기지반증폭계수(F_v)는 표 930-8을 이용하여 결정한다. 유효수평지반가속도(S)의 값이 중간 값에 해당할 경우 직선보간하여 결정한다.

다. 감쇠비에 따른 스펙트럼 형상은 해당 토사지반에 적합한 가속도 시간이력을 이용하여 공학적으로 적절한 분석과정을 통해 결정할 수 있다.

표 930-8 지반증폭계수(F_a 및 F_v)

지반 종류	단주기지반증폭계수, F_a			장주기지반증폭계수, F_v		
	S ≤ 0.1	S = 0.2	S = 0.3	S ≤ 0.1	S = 0.2	S = 0.3
S_2	1.4	1.4	1.3	1.5	1.4	1.3
S_3	1.7	1.5	1.3	1.7	1.6	1.5
S_4	1.6	1.4	1.2	2.2	2.0	1.8
S_5	1.8	1.3	1.3	3.0	2.7	2.4

관 련 근 거

라. 5 % 감쇠비에 대한 수직설계지반운동의 가속도표준설계응답스펙트럼은 '가'에 있는 수평설계지반운동의 가속도표준설계응답스펙트럼과 동일한 형상을 가지며, 최대 유효수평지반가속도에 대한 최대 유효수직지반가속도의 비는 공학적 판단으로 결정할 수 있다.

3. 그림 930-2 및 그림 930-3에서 유효수평지반가속도(S)는 지진하중을 산정하기 위한 지반운동수준으로 표 930-2에 따라 결정한다.

4. 지반운동의 공간적 변화 특성 고려
   가. 해석 시 지반운동의 공간적 변화 특성이 응답에 큰 영향을 주는 경우에는 이를 반영하여야 한다.

930.1.8 지진해일

KDS 17 10 00 4.2.2

해안지역에 위치한 시설물은 지진해일로 인한 추가적인 파력 작용 및 수위상승이 있을 수 있으므로, 설계 시 이러한 사항을 반영하여야 한다.

930.1.9 내진설계 방법 및 절차

KDS 17 10 00 4.3.6

1. 설계거동한계
   가. 시설물에 부여된 내진성능수준을 신뢰성 있게 확보하기 위하여 구조시스템 또는 구성요소(구성부재)별 설계거동한계를 설정한다.
   나. 설계거동한계는 내진성능수준별로 정량적 또는 정성적으로 구체화 하여야 하며 기술적 구현이 가능하도록 공학적 의미가 부여되어야 한다.
   다. 해당 시설물의 내진설계기준이 아닌 다른 시설물의 내진설계기준을 인용하는 경우 설계거동한계가 적절한지 검토하여야 한다.

2. 내진설계 방법
   가. 구체적인 절차에 따라 신뢰성 있게 보수적으로 요구 내진성능

관 련 근 거

수준을 확보할 수 있는 설계법 또는 내진성능검증법 등이 제시되어야 한다.

나. 신뢰성이 입증된 설계법을 따르거나 정밀해석 또는 실험 등을 통해서 객관적으로 입증된 설계법을 적용하여야 한다.

다. 소성거동을 허용하는 경우, 소요연성도 확보를 위한 구조시스템 및 내진상세 등이 제시되어야 한다.

라. 성능기반 내진설계는 930.1.11에 따른다.

930.1.10 지진해석

KDS 17 10 00 4.3.7

1. 지진해석모델

가. 설계지반운동

1) 지진해석을 위한 설계지반운동은 KDS 17 10 00 4.2.1에 따른다.

2) 수평2축운동을 기본으로 하고, 필요에 따라 수직운동의 영향을 반영한다.

3) 국지적인 토질 조건과 지질, 지형조건이 지반운동에 미치는 영향을 반영한다.

4) S_6지반 상에 구조물이 설치되는 경우에는 적절한 부지특성 평가기법을 적용하여 해당부지에 적합한 설계지반운동을 결정하여야 한다.

나. 하중에 대한 고려사항

1) 지진하중은 구조물에 영향이 큰 다른 하중과 조합하여 사용하며, 구체적인 하중조합은 시설물 내진설계기준에서 규정한다.

2) 지진응답해석 시에는 필요에 따라 토압, 유체압 등의 영향도 반영한다.

다. 해석모델에 대한 고려사항

1) 해석모델은 지진거동특성이 반영되도록 모델화한다.

2) 구조특성, 재료특성, 지반의 저항특성 등에 따라 모델화한다.

관 련 근 거

3) 부재의 모델링은 역학적 특성과 이력특성을 고려한다.
4) 부재 연결부의 역학적 특성이 반영되도록 모델화한다.
5) 감쇠특성은 시설물을 구성하는 부재 등을 고려하여 적절히 부여한다.
6) 해석모델의 불확실성을 고려하여 지진응답이 보수적으로 산정되도록 모델화한다.

2. 해석방법
가. 시설물의 지진거동특성, 요구 내진성능수준 등을 고려하여 적합한 지진해석법을 적용하여야 한다.
나. 상세해석이 필요한 경우, 발주자가 인정하는 검증된 정밀 해석법을 사용하여 해석한다.
다. 지반(또는 유체)-구조물(또는 시설물)간 상호작용의 영향을 무시할 수 없는 경우 이를 고려하여야 한다.

930.1.11 성능기반 내진설계

KDS 17 10 00 4.4

1. 일반사항
가. 각 시설물의 내진설계기준에서 규정한 구조시스템, 구조요소 또는 설계법을 사용하지 않는 경우에는 이 규정에 따라 성능기반 내진설계를 수행할 수 있다.
나. 성능기반 내진설계를 수행할 경우, 그 절차 및 근거를 제시할 것
다. 설계절차와 설계거동한계 등의 상세한 사항은 각 시설물의 관련설계기준에서 정한다.

2. 내진성능목표
성능기반 내진설계를 위한 내진성능목표는 표 930-2에 제시된 시설물의 최소 내진성능목표 이상이어야 한다.

3. 해석방법
가. 시설물의 성능기반 내진설계를 위하여 선형정적해석, 선형동적해석, 비선형정적해석, 비선형동적해석 방법을 적용할 수

관 련 근 거

있다.

나. 시설물의 형상, 응답특성 등을 고려하여 해석방법을 선정하여야 한다.

930.1.12 지진보호장치

KDS 17 10 00 4.5

930.1.12.1 지진격리장치

1. 일반사항

가. 지진격리(면진)장치는 수직방향으로 강성이 크지만 수평방향으로 유연한 거동을 하여, 상부구조에 작용하는 수평방향의 지진하중을 저감시키는 장치로서, 수직방향 지반운동의 지진격리효과는 고려하지 않는다. 지진격리장치는 다음과 같은 필수요건을 만족하여야 한다.

1) 지진격리장치는 역학적 거동이 명확한 범위에서 사용할 것

2) 지진 시의 반복적인 횡변위와 상하진동에 대하여 안정적으로 거동할 것

3) 설계지진변위 범위에서 항상 복원력을 유지할 것

4) 과도한 지진변위 발생을 억제하기 위한 감쇠능력을 보유할 것

나. 지진격리장치와 이를 적용한 구조물의 해석 및 설계를 위해서는 구조물의 사용기간 동안 지진격리장치의 물리적 특성의 열화, 오염, 환경노출, 재하속도, 온도 등에 의해서 발생하는 지진격리장치 재료상수의 변동성을 반영할 것

다. 지진격리장치는 열화, 크리프, 피로, 주변 온도, 습기 등 지진격리장치의 성능을 저하시킬 수 있는 환경적 요인에 대해서도 대비할 것

라. 지진격리 구조물은 설계풍하중에 대하여 사용성에 유해한 변위가 발생하지 않을 것

마. 지진격리장치는 구조물의 자체중량을 지지하는 다른 구조요소들과 동등한 수준의 내화성능을 확보할 것

관 련 근 거

바. 지진격리장치는 수평방향으로 최대 설계변위가 발생하였을 때에도 수직하중에 대한 안정성 및 수평복원력을 보유할 것

사. 구조물 전체에 작용하는 수평하중에 의한 전도모멘트에 대해서 지진격리장치는 안전할 것

아. 지진격리층에서 작용하는 지진력이 상부구조 바닥에 고르게 분포하도록 지진격리 상부층은 충분한 강성를 확보할 것

자. 지진격리층을 통과하여 이어지는 설비와 요소는 최대 설계변위에 대해서도 그 기능을 유지할 것

2. 지진격리장치의 해석방법

가. 지진격리장치의 해석모델에 적용되는 변수는 성능시험과 사용기간 동안의 물리적 특성에 대한 변동성을 고려한 값을 적용할 것

나. 지진격리 구조물의 해석에는 지진격리장치의 비선형성을 반영한 해석법을 사용할 것

비고

■ 화력발전소 지진격리장치 설치 (예시)

930.1.12.2 감쇠시스템

1. 일반사항

가. 감쇠시스템은 구조물의 감쇠능력을 증가시켜 내진성능의 향상을 도모하는 장치의 조합을 말한다. 기본적으로 다음과 같은 필수

관 련 근 거

요건을 만족하여야 한다.

1) 감쇠시스템은 구조물의 상시 안정성에 악영향을 미치지 않을 것
2) 역학적 거동이 명확한 범위에서 사용할 것
3) 지진 시의 반복적인 변위와 진동에 대하여 안정적으로 거동할 것

나. 감쇠시스템으로 인한 비틀림 거동을 방지하기 위해 대칭성을 고려하여 장치를 배치할 것

다. 감쇠시스템은 지진 시에 그 감쇠성능이 발휘될 수 있도록 구조물에 설치할 것

2. 감쇠시스템 해석 방법

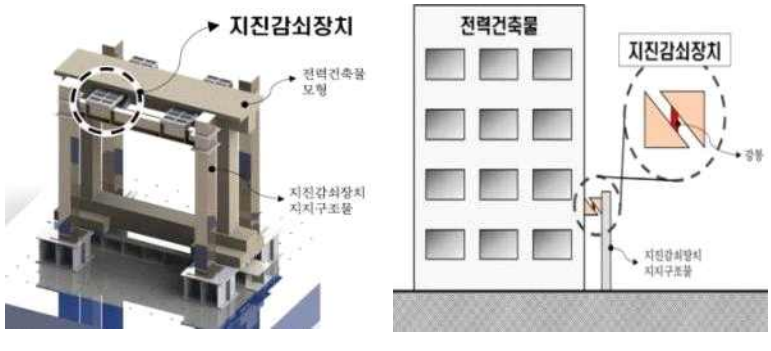
가. 감쇠시스템의 특성은 진동수, 진폭, 지반운동 지속시간 등에 따라서 달라지며 이는 성능시험을 통해 검증된 값을 적용할 것

나. 감쇠시스템이 설치된 구조물의 해석에는 감쇠장치의 비선형성을 반영한 해석법을 사용할 것

다. 감쇠시스템의 역학적 특성이 이력과 온도에 따라 변화하는 경우에는 그 영향을 반영하거나 안전측으로 모델링할 것

비고

■ 지진감쇠장치 예시(한전 전력연구원 개발)



관 련 근 거

KDS 17 10 00 4.7

930.1.13 액상화

1. 액상화 평가 흐름도는 그림 930-4와 같다.

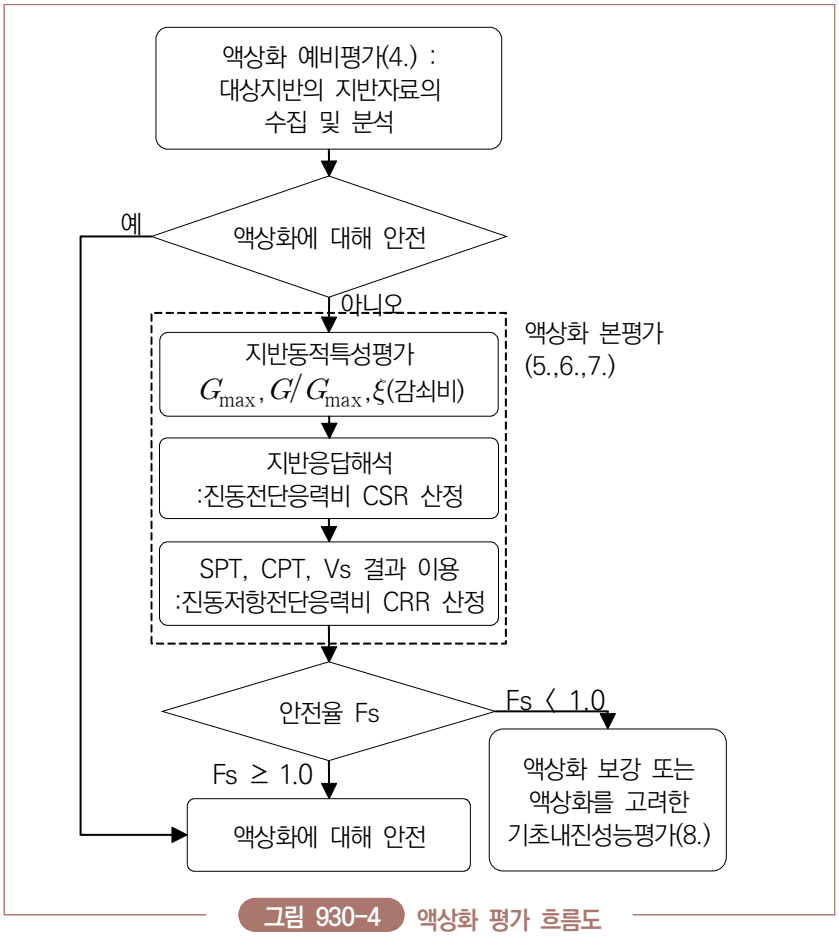


그림 930-4 액상화 평가 흐름도

2. 기초 및 지반은 액상화의 피해를 입지 않도록 액상화 발생 가능성을 검토한다.

3. 설계지진 규모는 지진구역 I, II 모두 규모 6.5를 적용한다.

관 련 근 거

비고

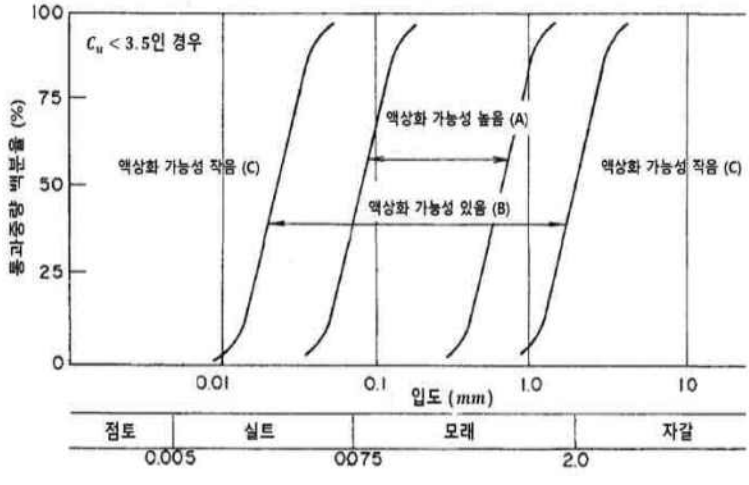
■ 내진Ⅱ등급은 지진 시 재난이 크지 않거나, 기능이 마비되어도 사회적으로 영향이 크지 않은 시설의 등급을 의미한다.

4. 액상화평가는 구조물 예비평가와 본평가의 2단계로 구분하여 수행한다.

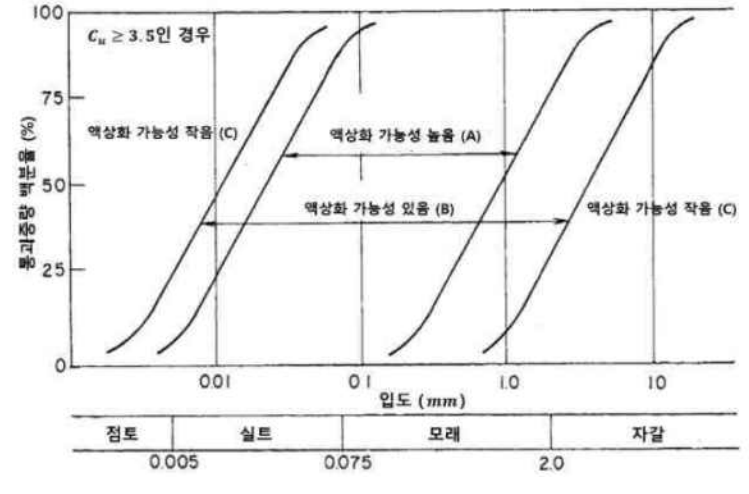
국토교통부 기존시설물(기초및 지반) 내진성능 평가요령 4.2

5. 예비평가는 지반 조건을 고려하여 다음 각 항목에 해당하는 경우에 액상화에 대해 안전한 것으로 보고 액상화 평가를 생략한다.
   가. 지하수위 위에 위치한 지반
   나. 지반심도가 20 m 이상인 지반
   (단, 20 m 이상 깊이에 위치하더라도 액상화가 발생하는 경우에 구조물에 중대한 손상이 생긴다고 판단되거나, 평가 대상 지반이 20 m 보다 상부에 위치한 지반과 연관이 있는 층이라고 판단되는 경우는 액상화 평가를 시행한다.)
   다. 상대밀도가 80 % 이상인 지반
   라. 주상도 자료만 가지고 있는 경우,
   주상도의 표준관입저항값에 기초하여 산정된 $N_{1,60}$ 이 25 이상인 지반
   주상도의 콘관입저항값에 기초하여 산정된 q_{c1N} 이 150 이상인 지반
   주상도의 전단파 속도에 기초하여 산정된 V_{s1} 가 200 m/sec 이상인 지반
   마. 세립토 함유량이 35 % 이상이고 원위치시험 결과가 다음과 같은 지반
   $N_{1,60}$ 이 20 이상
   q_{c1N} 이 100 이상
   V_{s1} 가 180 m/sec 이상
   바. 입자크기분포가 액상화 가능성 작음 영역(C)에 위치하는 지반 (그림 930-5)
   사. 지진구역 Ⅱ에 위치한 내진Ⅱ등급 구조물
   아. 기타, 경제성을 위하여 내진Ⅱ등급 구조물에서는 전문가와 상의 후에 액상화 평가를 생략할 수 있다.
6. 입자크기분포에 따른 액상화 예비 평가는 그림 930-5와 같다.

관 련 근 거



(a) 균등계수 3.5 미만



(b) 균등계수 3.5 이상

그림 930-5 입자크기분포에 따른 액상화 예비 평가

7. 본평가에서 액상화 발생 가능성은 대상 현장에서 액상화를 유발시키는 진동저항전단응력비(CRR)를 지진에 의해 발생되는 진동전단응력비(CSR)로 나눈 안전율로 평가한다.

8. 진동전단응력비는 구조물의 내진등급을 고려하여 부지응답해석을

관 련 근 거

수행하여 결정하고, 진동저항전단응력비는 현장시험 결과(N값, q_c값, V_s값 등)를 이용하여 결정한다.

9. 본평가에서 액상화에 대한 안전율은 1.0을 적용한다. 안전율이 1.0 미만인 경우 액상화에 따른 기초 및 지반 안전성을 평가하고, 1.0 이상인 경우에는 액상화에 대해 안전한 것으로 판정한다.

10. 액상화 평가를 통하여 기초구조물 주변지반에 액상화가 발생할 것으로 판단되는 경우 액상화에 의한 지반의 강성 및 강도 감소, 액상화에 의해 유발되는 지반변위 등의 영향을 고려하여 기초구조물의 모델링 및 내진성능평가를 수행한다.
    가. 얕은기초 하부지반의 액상화 발생이 예상되면 액상화 대책공법을 적용하여 보강하거나 액상화 현상을 모사할 수 있는 진동대 모형시험 또는 응답이력해석 등을 수행하여 상세내진성능을 평가한 후 액상화 보강여부를 결정한다.
    나. 말뚝기초는 액상화 지반의 물성 변화와 지진관성력을 고려한 내진성능평가와 경사지반의 지진후 액상화 지반변위에 대한 내진성능평가를 각각 수행한다.

11. 액상화로 인해 시설물의 성능수준이 만족되지 못할 경우에는 대책공법을 적용한다.

12. 기타 액상화 평가에 대한 사항은 국토교통부 '기존 시설물(기초 및 지반) 내진성능 평가요령(2020.6.)에 따른다.

국토교통부 기존시설물(기초및 지반) 내진성능 평가요령 5.4

비고

■ 액상화 피해 사진(좌:포항지진, 우:일본지진)

관 련 근 거

930.1.14 건물외구조물

1. 건물외구조물에 의해 지지되는 기계 및 전기 비구조요소의 설계는 930.2 정착부 내진설계를 따른다.
2. 다른 구조물에 의해 지지되는 건물외구조물은 KDS 41 17 00「건축물 내진설계기준」19장에 따른다.

930.2 정착부 내진설계

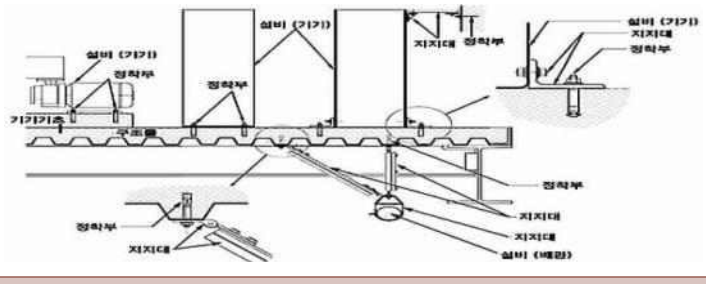
930.2.1 목적

KECG-6701 -2021 제1조

이 장은 수력발전소(양수발전소 포함) 및 화력발전소(이하, 수력 및 화력발전소)의 설비를 지지구조물 또는 콘크리트 기초에 견고하게 고정 혹은 정착하는 정착부 내진설계에 관하여 필요한 최소요건을 규정함을 목적으로 한다.

비고

■ 설비 정착부 구조



930.2.2 기본방침

KECG-6701 -2021 제3조

수력 및 화력발전소의 설비 정착부는 기본적으로 낮은 지진위험도의 지진에 대하여 기능을 유지하고, 높은 지진위험도의 지진에 대해서는 인명의 안전을 확보하도록 내진성능을 확보해야 한다.

관 련 근 거

930.2.3 적용범위

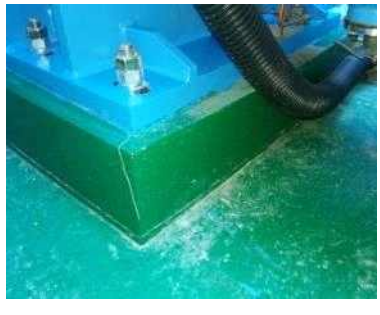
KECG-6701 -2021 제4조

「전기사업법」 제2조(정의) 및 제67조(기술기준) 전기설비기술기준에서 정하는 전기설비 중 수력 및 화력발전소의 설비 정착부 등에 적용한다. 단, 설비 및 설비 지지부의 내진성능 및 작동성에 대한 검증은 이 장의 적용 대상에서 제외한다.

비고

■ 발전설비 정착부 (예시)

터빈 정착부



수차 정착부

930.2.4 설비 정착부의 내진설계절차

KECG-6701 -2021 제5조

설비정착부의 일반적인 내진설계 절차는 다음을 따른다.

1. 설비 설치위치 및 제원 결정
2. 설비 중요도등급 및 내진설계 여부 결정(930.2.10, 930.2.11)
3. 설비 정착부 형식 결정
4. 설계 지진력 산정(930.2.12부터 930.2.15까지)
5. 하중조합(930.2.16)
6. 정착부 구조설계(930.2.17부터 930.2.19까지)

관 련 근 거

930.2.5 관련 기준

KECG-6701 -2021 제6조

필요한 경우, 관련법령에서 정하는 국가기준을 이 지침의 일부로 사용할 수 있다.

930.2.6 지진위험도

KECG-6701 -2021 제7조

최대고려지진은 내진설계에서 고려하는 가장 큰 지진으로서 국가 지진위험지도의 2400년 재현주기에 해당하며, 그 유효지반가속도의 크기는 930.2.13의 유효수평지반가속도 규정에 따른다. 기본설계지진은 스펙트럼가속도가 최대고려지진에 의한 값의 2/3 수준에 해당하는 지진으로 정의한다. 이 기본설계지진을 1000년 재현주기 지진으로 간주한다.

930.2.7 내진등급 및 관리등급

KECG-6701 -2021 제8조

수력 및 화력 발전소의 내진등급 및 관리등급은 표 930-1에 따른다.

930.2.8 설비 정착부의 내진성능목표

KECG-6701 -2021 제9조

내진안전성을 위해 정착부의 내진설계에서 고려되어야 하는 설비등급별 최소 내진성능목표는 표 930-9와 같으며, 설비정착부를 이 지침에 따라 인명보호 성능수준의 설계지진에 대하여 설계한 경우성능목표를 모두 만족하는 것으로 간주한다.

09 화력·수력 발전설비

관 련 근 거

표 930-9 설비 정착부 최소 내진성능목표

구분		성능목표 및 지진 재현주기	
시설물 관리등급	설비등급[1), 2)]	기능수행	인명보호
핵심시설	1, 2등급	1000년	2400년
	3, 4등급	50년	1000년
중요시설	1, 2등급	1000년	2400년
	3, 4등급	50년	1000년
일반시설	1등급	1000년	2400년
	2, 3, 4등급	50년	1000년

【주】
1) 설비 등급 : 설비의 중요도에 따라 분류한 것으로 930.2.9 설비 등급 분류에 따름
2) 정착부의 등급은 지지하는 설비의 등급과 동일한 것으로 간주한다.

1. '기능수행'은 설비 정착부가 지진 후에도 구조적 결함 없이 원래의 위치를 유지하는 것을 말한다.
2. '인명보호'는 설비 정착부가 지진 이후 영구 변형 등의 심각한 피해가 발생할 수 있지만 이로 인해 정착부가 구조체에서 탈락하지 않아 인명피해를 유발하지 않는 것을 말한다.

930.2.9 설비 등급 분류

KECG-6701 -2021 제10조

지진재해에 의한 기능손실이 전력공급과 인명, 재산, 시설, 환경, 주요설비 안전 정지에 미치는 영향을 고려하여 설비를 다음 등급으로 분류한다.

1. 등급 1 : 안전 및 보호계통
   유해 위험물질 또는 발화물질을 저장 및 이송하는 설비, 소방설비, 보호계통 제어설비, 비상전력 공급설비 등 인명안전과 관련되거나 지진 후에도 안전을 위하여 작동되어야 하는 설비
2. 등급 2 : 주동력 계통
   지진 발생 시 위치를 유지하며 전력 생산에 장기적인 지장을 미치지

관 련 근 거

않도록 작동되거나 손상을 최소화하여야 하는 설비로 손상시 보수 및 교체에 드는 비용 및 기간이 많이 필요한 주동력계통의 설비 등

3. 등급 3 : 보조 계통
   지진 발생 시 손상되더라도 전력 생산에 직접적인 영향이 적고, 설비 교체비용 및 수급이 양호하여 설비 교체가 용이하며 전력 생산에 필수설비가 아닌 보조 계통의 설비 등

4. 등급 4 : 기타 계통
   그 외 기타 계통으로 인명안전 및 전력생산에 영향이 없는 설비로 설치 높이가 1.2 m 이하, 중량 1,800 N 이하이고 덕트나 파이프와의 연결부가 유연한 재료로 구성되어 있는 설비 또는 중량 100 N 이하이고 단위길이 당 중량이 70 N/m 이하인 설비 등

5. 정착부의 등급은 지지하는 설비의 등급과 같은 것으로 간주한다.

6. 설비 계통별 상세 검사대상은 표 930-14에 따른다.

7. 설비 등급 분류표에 명시되지 않은 설비에 대해서는 유사 계통의 등급을 적용하되 다음 사항을 고려하여야 한다.
   가. 설비 등급 분류표에는 발전소의 모든 단위 설비를 포함하지는 않는다. 따라서 설비 등급 분류표에 명시되지 않은 설비에 대해서는 해당 설비가 설치되는 상위의 계통(중분류)에 해당하는 등급을 적용한다.
   나. 정착부를 갖는 단위 설비 내부의 부속 장치 및 부품류에 대해서는 분류하지 않고 해당 단위 설비에 포함된 것으로 본다. 즉, 내부 부속 장치 및 부품류는 설비분류 대상에서 제외한다. (예, 제어반내의 제어 모듈(카드), 입출력 모듈, 통신 모듈, 전원공급 모듈 등)
   다. 설비 등급 분류표의 소분류에 명시된 설비가 독립적으로 정착부를 갖지 않고 다른 설비에 부착될 경우에는 이를 포함하는 해당 설비의 정착부에 대해서 내진설계를 적용한다.

관 련 근 거

라. 전기 및 계측제어설비 중 전동기는 구동하는 펌프 또는 팬 등과 같은 설비에 함께 포함된 것으로 보며 동일한 등급을 부여한다.

마. 전기 및 계측제어설비는 전력을 공급하고 제어하는 대상 설비(계통)의 등급 분류에 따라 최소한 동일한 등급을 갖도록 한다.

바. 다음의 전기 및 계측제어설비는 대상설비의 손상이 설비의 보호 및 안전정지에 지장을 초래하고 2차 피해를 일으킬 우려가 있는 가장 중요한 장치에 해당하므로 최상위의 등급으로 분류한다.

1) 유해화학물질, 폭발성(인화성) 물질, 연료 저장 및 취급설비, 소화설비의제어장치, 보호장치, 비상용 전원설비, 현장계기반, 누출검지기, 화재검지기, 운전지령장치(운전원 연계장치)
2) 보일러 안전 정지를 위한 제어장치, 보호장치, 비상용 전원설비, 현장계기반, 운전지령장치(운전원 연계장치)
3) 터빈(가스터빈, 증기터빈, 수차 등), 발전기 안전 정지를 위한 제어장치, 보호장치, 비상용 전원설비, 현장계기반, 운전지령장치(운전원 연계장치)
4) 상기 항목에 관계되는 직류분전반, 비상용 전원분전반 등의 옥내개폐장치, 축전지 및 충전기
5) 비상용 예비발전설비
6) 조명설비(비상등)

사. 운전지령장치(운전원 연계장치, 운전/감시반, 운전원 콘솔, 운전 데스크등), 제어반, 전산기반, 차단기반, 전동기제어반, 분전반, 배전반 등의 전기 및 계측제어 설비는 서로 다른 용도와 서로 다른 계통에 사용되더라도 제어실, 전기실, 전자기기실, 통신실 등의 실내에 함께 열반되어 설치되거나 인접하여 설치될 경우 한 설비가 위치를 이탈하거나 전도되어 인접한 설비에 충격을 가하여 이차적인 손상 및 전도를 유발할 수 있으므로 동일한 실내에서의 전기 및 계측 설비 등급은 서로 다른 상위 계통의 등급 중 최상위의 등급을 공통 적용한다.

관 련 근 거

아. 독립적인 정착부를 갖지 않는 현장계측기(지시계, 스위치, 센서, 신호 변환기, 신호 전송기, 분석기 등)는 배관 또는 설비에 장착되거나 정착부를 가지는 랙 또는 외함(판넬, 캐비닛 등) 내에 장착되므로 설비분류대상에서제외한다. 단, 현장계측기용 랙(Stanchion 포함) 또는 외함에 대해서는 해당 계통의 등급을 적용한다.

자. 독립적인 정착부를 갖지 않는 밸브/댐퍼는 계통을 구성하는 배관/덕트에 장착되므로 설비분류대상에서 제외한다. 단, 구동장치가 밸브/댐퍼와 독립적으로 분리되어 설치되는 경우에는 해당 계통의 등급을 적용한다.

930.2.10 설비 등급별 중요도계수

KECG-6701 -2021 제11조

시설의 관리등급에 따른 설비 등급별 중요도계수는 표 930-10과 같이 적용한다.

표 930-10 설비 등급별 중요도계수

구분	등급 1	등급 2	등급 3	등급 4
핵심시설	$I_p = 1.5$	$I_p = 1.5$	$I_p = 1.0$	$I_p = 1.0$
중요시설	$I_p = 1.5$	$I_p = 1.5$	$I_p = 1.0$	$I_p = 1.0$
일반시설	$I_p = 1.5$	$I_p = 1.0$	$I_p = 1.0$	$I_p = 1.0$

930.2.11 설비 정착부의 내진설계 여부

KECG-6701 -2021 제12조

1. 중요도계수 I_p가 1.5인 설비의 정착부는 이 지침에 따라 내진설계가 수행되어야 한다.
2. 중요도계수 I_p가 1.0인 설비의 정착부 내진설계 여부는 사업자와 협의하여 결정한다. 단, 등급 4 설비의 정착부는 이 장의 조항을 적용하지 않아도 된다.

관 련 근 거

930.2.12 지진구역 및 지진구역계수

KECG-6701 -2021 제13조

지진구역 및 지진구역계수(Z)는 표 930-11과 같다.

표 930-11 지진구역 및 지진구역계수(Z)

지진 구역	행정구역		지진구역 계수(Z)
Ⅰ	시	서울, 인천, 대전, 부산, 대구, 울산, 광주, 세종	0.11g
	도	경기, 충북, 충남, 경북, 경남, 전북, 전남, 강원 남부[1]	
Ⅱ	도	강원 북부[2], 제주	0.07g

【주】
1. 강원 남부(군, 시) : 영월, 정선, 삼척, 강릉, 동해, 원주, 태백
2. 강원 북부(군, 시) : 홍천, 철원, 화천, 횡성, 평창, 양구, 인제, 고성, 양양, 춘천, 속초

930.2.13 유효수평지반가속도

KECG-6701 -2021 제14조

설계스펙트럼가속도 산정을 위한 유효수평지반가속도(S)는 지진구역계수(Z)에 표 930-12에 제시된 2400년 재현주기에 해당하는 위험도계수(I) 2.0을 곱한 값으로 하거나 그림 930-6과 같이 국가지진 위험지도로부터 구할 수 있다. 단, 국가지진위험지도를 이용하여 결정한 S는 지진 구역계수에 위험도계수를 곱하여 구한 S값의 80 %보다 작지 않아야 한다.

표 930-12 위험도 계수(I)

재현 주기	50년	100년	200년	500년	1,000년	2,400년	4,800년
위험도 계수(I)	0.4	0.57	0.73	1.0	1.4	2.0	2.6

관 련 근 거

KECG-6701
-2021 제15조

930.2.14 지반분류

지반의 분류는 930.1.5를 따른다. 단, 설비가 설치되는 시설물의 지반과 동일한 지반으로 분류한다.

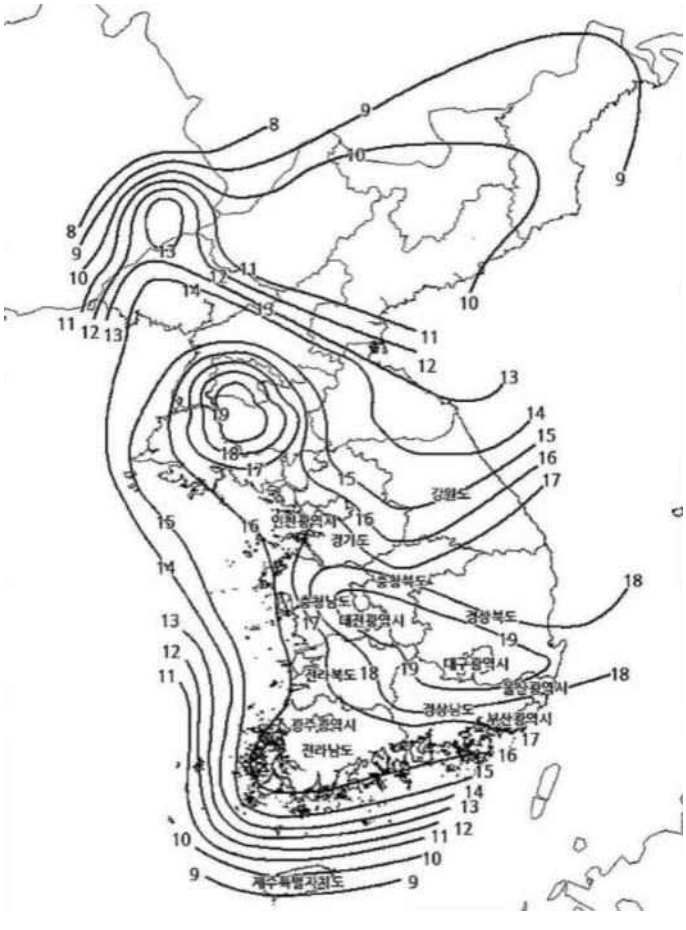


그림 930-6 국가지진위험지도, 재현주기 2400년 유효지반가속도(S)%g (소방방재청,2013)

관 련 근 거

KECG-6701
-2021 제16조

930.2.15 설비 정착부의 설계지진력 및 변위 산정

1. 설비 정착부의 지진력은 다음과 같이 구한다.

가. 등가정적하중

1) 수평설계지진력

지진에 의한 수평방향 등가정적하중 F_p는 식 930-1에 따라 산정한다. 지진하중이 아닌 다른 하중이 F_p를 초과하여 그에 따라 설계될 경우에도 이 절의 상세나 제한규정은 적용되어야 한다.

$$F_p = \frac{0.4 a_p S_{DS} W_p}{\left(\frac{R_p}{I_p}\right)}\left(1+2\frac{z}{h}\right) \quad \cdots\cdots \text{식 930-1}$$

F_p 다음의 값을 초과할 필요는 없다.

$F_p = 1.6 S_{DS}\ I_p\ W_p$

그러나, F_p는 다음의 값 이상이 되어야 한다.

$F_p = 0.3 S_{DS}\ I_p\ W_p$

여기서,

F_p : 설비 질량 중심에 작용하는 설계지진력

a_p : 설비의 증폭계수[표 930-13]

I_p : 설비의 중요도계수

h : 구조물의 밑면으로부터 지붕층의 평균높이

R_p : [표 930-13]에 규정된 설비의 반응수정계수

S_{DS} : 단주기에서의 설계스펙트럼가속도

W_p : 설비의 작동상태를 고려한 중량

z : 구조물의 밑면으로부터 설비가 부착된 높이

$z = 0$: 구조물의 밑면 이하에 설비가 부착된 경우

$z = h$: 구조물의 지붕층 이상에 설비가 부착된 경우

관 련 근 거

표 930-13의 초과강도계수는 콘크리트나 조적조에 정착되는 앵커 설계 시 적용한다.

F_p는 최소한 두 직교축에 대해 독립적으로 산정되어야 하며 필요할 경우 그 요소의 사용하중 혹은 작동시 하중과 적절히 조합되어야 한다. 하지만 수직방향으로 캔틸레버 형식인 설비의 경우 모든 수평방향으로 F_p가 작용하는 것으로 고려되어야 한다.

2) 수직설계지진력

수직방향 설계지진력은 $\pm 0.25 S_{DS} W_p$으로 산정하며 작용하는 수직하중과 동시에 고려한다.

나. 동적해석법

식 930-1를 대신하여 동적해석을 통해 구해진 구조물의 응답을 근거로 설비의 수평설계 지진력을 산정할 수 있다. 기타 상대변위와 설비의 주기는 발전용 수력 및 화력시설 설비 정착부 내진설계지침(KECG 6701-2021)에 따라 적용하여야 한다.

표 930-13 설비의 증폭계수, 반응수정계수 및 초과강도계수

기계 및 전기요소	증폭계수 a_pa	반응수정계수 R_pb	초과강도계수 Ω_0c
건기측 HVACR, 팬, 공조기, 냉난방장치, 캐비닛 히터, 공기분배기 및 판금(sheet metal)으로 구성된 기타 기계 구성 요소	2.5	6	2
습기측 HVACR, 보일러, 용광로, 공기탱크 및 통, 칠러, 온열기, 열교환기, 증발기, 공기분리기, 제조장비, 고변형성 재료로 구성된 기계부품	1	2.5	2
에어 쿨러 (핀 팬), 공냉식 열교환기, 응축기, 건식쿨러, 원격 라디에이터 및 일체형 구조강 또는 판금 지지대로 지지되는 기계부품	1	2.5	1.5
스커트지지로 지지되지 않고 건물외구조물에 포함되지 않은 엔진, 터빈, 펌프, 압축기 및 압력용기	1	2.5	2

관 련 근 거

표 930-13 계속

기계 및 전기요소	증폭계수 a_pa	반응수정계수 R_pb	초과강도계수 Ω_0c
건물외구조물에 포함되지 않으면서 스커트지지로 지지되는 압력용기	2.5	2.5	2
엘리베이터 및 에스컬레이터 구성품	1	2.5	2
발전기, 배터리, 인버터, 모터, 변압기 및 고변형 재료로 구성된 전기부품	1	2.5	2
모터 컨트롤 센터, 패널 보드, 스위치 기어, 계기 캐비닛 및 금속 박판 골조로 만들어진 유사한 설비	2.5	6	2
통신 장비, 컴퓨터, 계측기 및 제어 장치	1	2.5	2
질량중심 아래에서 횡지지된 냉각 및 전기타워, 지붕에 설치된 굴뚝	2.5	3	2
질량중심 위에서 횡지지된 냉각 및 전기타워, 지붕에 설치된 굴뚝	1	2.5	2
조명기구	1	1.5	2
기타 기계 또는 전기 구성 요소	1	1.5	2
진동격리된 부품 및 시스템			
탄성중합체 완충장치 또는 탄성주변정지장치를 가진 네오프렌 요소 및 네오프렌 격리층으로 격리된 요소 및 시스템	2.5	2.5	2
탄성중합체 완충장치 또는 탄성주변정지장치를 가진 스프링 격리 장치 및 진동격리 바닥으로 격리된 요소 및 시스템	2.5	2	2
내부적으로 격리된 요소 및 시스템	2.5	2	2
매달림 형태의 진동방지장치를 가진 덕트 및 요소	2.5	2.5	2
배관시스템			
관련전문기준에 따른 파이프로 용접 또는 납땜을 사용한 접합부를 가진 경우	2.5	12	2
관련전문기준에 따른 파이프로 대변형이 가능한 재료 혹은 변형이 제한된 재료로 이루어져 있으면서 나사, 본드, 압축커플링, 그루브 커플링의 접합부를 가진 경우	2.5	6	2
관련전문기준을 따르지 않는 파이프 및 튜브로 대변형이 가능한 재료로 이루어져 있으면서 용접 또는 납땜을 사용한 접합부를 가진 경우	2.5	9	2

관 련 근 거

표 930-13 계속

기계 및 전기요소	증폭계수 a_pa	반응수정계수 R_pb	초과강도계수 Ω_0c
관련전문기준을 따르지 않는 파이프 및 튜브로 대변형이 가능한 재료 혹은 변형이 제한된 재료로 이루어져 있으면서 나사, 본드, 압축커플링, 그루브 커플링의 접합부를 가진 경우	2.5	4.5	2
주철, 유리 및 비연성 플라스틱과 같이 변형이 적은 재료로 제작 된 파이프 및 튜브	2.5	3	2
대변형이 가능한 재료로 이루어져 있으면서 용접 또는 납땜 접합부를 가진 덕트	2.5	9	2
대변형이 가능한 재료 혹은 변형이 제한된 재료로 이루어져 있으면서 용접 또는 납땜이 아닌 형식의 접합부를 가진 덕트	2.5	6	2
주철, 유리 및 비연성 플라스틱 등의 변형이 적은 재료로 제작 된 덕트	2.5	3	2
전기 전선 및 케이블 트레이	2.5	6	2
버스 덕트	1	2.5	2
급배수 배관(Plumbing)	1	2.5	2
공압 튜브 수송 시스템	2.5	6	2

【주】

a. 강체요소와 단단히 부착된 요소의 경우 a_p = 1이며, 유연한 요소와 유연하게 부착된 요소의 경우 a_p = 2.5이다. 상세한 동적해석에 의해 증명되는 경우 표에 규정된 값보다 더 낮은 a_p를 사용할 수 있다. a_p의 값은 1보다 작아서는 안 된다.

b. 방진 장치에 장착된 부품은 각 수평 방향으로 범퍼구속 또는 완충장치가 있어야 한다. 설계하중은 공칭유격이 6 mm보다 큰 경우 $2F_p$로 하고 시공도면에 명시된 공칭유격이 6 mm이하일 경우 F_p로 할 수 있다.

c. 초과강도계수는 콘크리트 및 조적조에 비연성앵커가 사용되었을 경우 적용한다

2. 설비의 중요도계수(I_p)는 표 930-10(설비 등급별 중요도 계수)에 따르며 설비의 반응수정계수(R_p)는 6을 초과하지 않아야 한다. 단, 설비가 표 930-13에 따라 분류하기 어려운 경우 반응수정계수로 1.5를 적용한다.

관 련 근 거

3. 정착부 도심에 작용하는 정착부의 설계 지진하중 산정시 설비 제원표에 무게중심 높이가 포함되어 있는 경우를 제외하고 설비의 무게중심 높이는 설비 높이의 2/3를 최대높이로 하며 정착부 도심에 대한 설비 무게중심의 편심량은 고려하는 각 수평방향의 설비 길이의 10 %로 한다.

930.2.16 정착부 하중조합

KECG-6701 -2021 제17조

1. 방향별 지진하중의 조합
   지진하중은 작용 방향별로 산정한 후, 다음의 방법으로 이를 조합하여 최종 설계지진력을 결정하여야 한다.
   가. 직교하는 두 방향 하중효과의 100 %를 제곱합제곱근(SRSS, Square Root of Sum of Square)방법으로 조합한 값
   나. 한 방향 지진하중 100 %와 그에 직교하는 방향의 지진하중 30 %에 대한 하중효과의 절대값을 더하되, 두 조합 중 큰 값
2. 하중계수 및 하중조합
   지진에 관련된 하중조합시, 아래의 하중계수와 하중조합을 적용한다. 단, 아래 조합에 적용된 하중 외에 다른 하중이 작용하는 경우에는 관련법령에서 정하는 시설별 구조설계기준의 하중조합을 적용한다.
   가. 강도설계법 적용시
      정착부의 소요강도는 다음의 하중조합 중에서 가장 불리한 경우에 따라 결정하여야한다.
      1) $1.2D+1.0E+1.0L+0.2S$
      2) $0.9D+1.0E$
      여기서, D:고정하중 L: 활하중 E: 지진하중 S:설하중
   나. 허용응력설계법 적용시
      정착부의 소요강도는 다음의 하중조합 중에서 가장 불리한 경우에 따라 결정하여야한다.

관 련 근 거

1) $D+0.7E$
2) $D+0.525E+0.75L+0.75S$
3) $0.6D+0.7E$

여기서, D : 고정하중, L : 활하중, E : 지진하중, S : 설하중

930.2.17 정착부 설계 일반사항

KECG-6701 -2021 제18조

설비 정착부는 볼트, 용접 및 콘크리트 앵커로 연결 되어야 하며, 체결 방식으로 연결하는 경우에는 중력에 의한 마찰 저항 효과를 계산에서 제외하여 확실하게 체결되도록 해야 한다. 정착부와 지지구조물은 충분한 강도와 강성에 대하여 연속적인 하중전달경로를 갖도록 연결되어야 한다. 연결부를 포함한 각각의 부재에 대한 설계 및 시공은 발생하는 최대 부재력을 고려하여야 한다. 정착부에 대한 설계 문서는 정착부에 대한 충분한 정보를 포함하여야 하며, 이 지침을 준수하였음을 명확히 표시해야 한다.

930.2.18 용접 및 볼트 정착부 설계

KECG-6701 -2021 제19조

설비 정착부 연결방식에 따른 용접 및 볼트 정착부 설계는 관련 시설물 구조설계기준을 적용한다. 단, 허용응력설계법으로 설계되는 경우 정착부 설계는 KDS 14 30 25를 적용할 수 있다.

930.2.19 콘크리트 정착부 설계

KECG-6701 -2021 제20조

설비 정착부 연결방식에 따른 콘크리트용 앵커 설계는 KCI M-18-006의 22장(콘크리트용 앵커)을 적용한다. 단, 설계에 사용되는 초과 강도 계수(Ω_0)는 표 930-13에 따른다.

930.2.20 정착부 설계 및 시공 자료검사

정착부의 설계자료 및 앵커 제원표 등의 문서를 입수할 수 있다면,

관 련 근 거

해당 자료의 입수가 최우선으로 실시되어야 한다. 설계자료 검사는 크게 두가지로 나눌 수 있으며, 설계과정에 대한 자료검사와 시공현황에 대한 자료검사로 구분된다.

1. 설계자료 검사
   정착부가 의도된 기능을 수행하기 위해서는 설계가 설계기준, 정착장치 제원표 및 관련 이론에 맞게 수행되었는지를 검사한다. 설계하중도 함께 검사되어야 한다.
   가. 발전소의 지반정보
   나. 발전소 건물의 평면도 및 입면도(옥외설치 설비인 경우에는 제외)
   다. 콘크리트 설계기준강도
   라. 해당 설비의 설치 위치정보
   마. 설비의 외형도
   바. 설비의 중량 및 무게 중심 위치(정지시, 운전시)
   사. 설비 정착부 배치 및 상세
   아. 설비 정착부 구조계산서
   자. 설비의 지지구조물 도면 (Pedestal 또는 Foundation)
2. 시공자료 검사
   설비 정착부가 설계에 부합되게 설치되었는지를 확인할 수 있는 자료를 의미한다. 실제 사용된 정착장치의 제원을 확인하여야 한다.

930.2.21 정착부 현장검사

930.2.21.1 검사대상 설비 정착부

고시 별표9

2021.04.28.이후 공사계획의 인가를 받거나 신고를 하고 설치 또는 변경공사를 한 전기설비중에서 사용전검사 대상이면서 '발전용 수력 및 화력시설 설비 정착부 내진설계지침(KECG6701-2021)' 제12조에 따라 중요도계수 I_p=1.5 인 설비의 정착부 중 표 930-14의 설비 정착부를 검사대상으로 한다.

관 련 근 거

표 930-14 발전원별 설비 정착부 검사대상

■ 수력

분류	검사분야	검사대상				설비등급
수력	전기, 기계	주기기	수차 및 발전기			2
	전기	발전기 보조기기	발전기 부속설비	중성점 접지장치	중성점 접지	2
					단로기	2
				모선	발전기 모선	2
					모선 덕트	2
	기계	보조기기	수차 부속설비	펌프 류	양수펌프	2
					비상배수펌프	1
					윤활유펌프	1
					누유회수펌프	1
					냉각수펌프	2
				기타	공기압축기	2
					댐 수문	1
	전기	전력계통	고압이상 변압기, GIS, GIB 등			2
	용접	유류계통	압력용기		Oil Cooler, Oil Filter	1, 2
		공기계통	압력용기		Air Receiver Tank, N2Receiver Tank	2

■ 화력

분류	검사분야	검사대상				설비등급
화력	기계	주기기	보일러		보일러 지지 구조물 및 부속장치	2
		보조기기	보일러 부속설비	급수 펌프 류	보일러 주순환펌프	2
					탈기기 순환펌프	2
					주급수펌프(BFP,BFPT)	2
					주급수 승압펌프	2
				팬 류	1차 공기 통풍기(PA FAN)	2
					강압 통풍기(FD FAN)	2
					가스재순환 통풍기(GR FAN)	2
					유인 통풍기(ID FAN)	2
				연료계통	중유/경유 펌프	1

관 련 근 거

표 930-14 계속

■ 화력

분류	검사분야	검사대상				설비등급
화력	전기, 기계	주기기	증기터빈 및 발전기		고압/중압/저압 터빈 부속장치, 발전기	2
	전기	발전기 보조기기	발전기 부속설비	중성점 접지장치	중성점 접지	2
					단로기	2
				모선	발전기 모선	2
					모선 덕트	2
	기계	보조기기	증기터빈 부속설비	윤활유/오일 펌프류	주/보조/비상 윤활유펌프	1
					터닝기어 오일펌프	1
					잭킹 오일펌프	1
					터빈 조종유 오일펌프	2
	기계	공용설비	복수/냉각수 펌프류		복수펌프	2
					진공펌프	2
					해수 양수펌프	2
					순환수 펌프	2
					해수 공급펌프	2
					베어링 냉각수/베어링 냉각수 승압/열교환기 보조 냉각수 펌프	2
			비상발전기		비상발전기 엔진	1
					엔진 연료유 펌프	1
			기타		공기압축기	2
		공해방지설비	탈황설비		흡수탑 및 부속장치	2
			탈질설비		탈질 반응기 및 부속설비	2
					탈질 환원제 주입설비	2
			집진설비		전기집진기 설비	2
	전기	전력계통	고압이상 변압기, GIS, GIB 등			2
	용접	터빈계통	압력용기		Heater, Condenser, Separator, Dryer, Air/N2 Tank, Oil Tank	2
			배관		증기관, 온수관	2
		보일러 계통	배관		급수관, 증기관, 공기관	2
		회처리계통	배관		공기관	2
		보조증기계통	배관		보조증기관	2
		연료계통	배관		연료가스관	2
		수처리계통	압력용기		Water Tank, Filter	2

관 련 근 거

표 930-14 계속

■ 복합화력

분류	검사분야	검사대상				설비등급
복합화력	전기, 기계	주기기	가스터빈 및 발전기		압축기	2
					터빈 및 부속장치	2
					발전기	2
	전기	발전기 보조기기	발전기 부속설비	중성점 접지장치	중성점 접지	2
					단로기	2
				모선	발전기 모선	2
					모선 덕트	2
	기계	보조기기	가스터빈 부속설비	펌프 류	주/교류/직류 윤활유 펌프	1
					주/보조 조작유 펌프	2
					잭킹 오일펌프	1
				연료계통	가스 및 경유 공급계통	1
	전기	전력계통	고압이상 변압기, GIS, GIB 등			2
	기계	주기기	복합보일러		복합보일러 지지 구조물 및 부속장치	2
		보조기기	보일러 부속설비	펌프 류	보일러 주순환 펌프	2
					탈기기 순환펌프	2
					주급수펌프(BFP,BFPT)	2
					주급수 승압펌프	2
	전기, 기계	주기기	증기터빈 및 발전기		고압/중압/저압 터빈 부속장치 및 발전기	2
	전기	발전기 보조기기	발전기 부속설비	중성점 접지장치	중성점 접지	2
					단로기	2
				모선	발전기 모선	2
					모선 덕트	2
	기계	보조기기	증기터빈 부속설비	펌프 류	주/보조/비상 윤활유펌프	1
					터닝기어 오일펌프	1
					잭킹 오일펌프	1
					터빈 조종유 오일펌프	2

관 련 근 거

표 930-14 계속

분류	검사분야	검사대상			설비등급
복합화력	전기	전력계통	고압이상 변압기, GIS, GIB 등		2
	전기, 기계	공용설비	펌프 류	복수펌프	2
				진공펌프	2
				해수 양수펌프	2
				순환수 펌프	2
				해수 공급펌프	2
				베어링 냉각수/베어링 냉각수 승압/열교환기 보조 냉각수 펌프	2
			비상 발전기	비상발전기 엔진	1
				엔진 연료유 펌프	1
			기타	공기압축기	2
				보조보일러	2
		공해방지설비	탈황설비	흡수탑 및 부속장치	2
			탈질설비	탈질 반응기 및 부속설비	2
				탈질 환원제 주입설비	2
			집진설비	전기집진기 설비	2
	용접	터빈계통	압력용기	Heater, Condenser, Separator, Dryer, Air/N2 Tank, Oil Tank	2
			배관	증기관, 온수관	2
		보일러 계통	배관	급수관, 증기관, 공기관	2
		보조증기계통	배관	보조증기관	2
		연료계통	배관	연료가스관	1

■ 내연력

분류	검사분야	검사대상			설비등급
내연력	기계	주기관	메인 엔진		2
		보조기기	펌프류	윤활유펌프	1
				연료유펌프	1
			탱크류	연료유 저장탱크	1
	전기	전력계통	고압이상 변압기, GIS, GIB 등		2

관 련 근 거

930.2.21.2 설비 정착부 세부기준은 다음과 같다.

1. 볼트 정착부

설비를 지지하는 강재부재와 연결에 사용된 볼트의 육안검사에서 확인 할 항목은 다음과 같다.

가. 볼트의 제원 (직경, 재질)

나. 지지 구조물과 볼트 너트, 또는 볼트헤드 사이의 와셔 설치 여부

다. 볼트 직경, 설치 위치

라. 볼트와 강재면 사이의 간극

마. 볼트에서 강재연단까지의 거리

바. 볼트 연결부의 변형여부 등

2. 용접 정착부

설비를 지지하는 강재부재 또는 매설철판과의 연결에 사용된 용접부의 육안검사에서 확인 할 항목은 다음과 같다.

가. 용접 종류 및 크기

나. 용접부위 균열여부

다. 용접 간격 및 설치 위치

라. 용접 시점 및 끝점 상태

마. 용접된 강재의 두께

바. 용접 접합부 변형여부 등

사. 매설철판의 정착 상태 등

3. 콘크리트 정착부

정착부의 내진성능을 검사하기 위해서는 정착장치의 설치 및 설비 베이스 플레이트 사이의 연결부를 검사해야 한다. 일반적으로 정착장치의 검사는 육안검사와 계측장비를 이용한 검사로 나눌 수 있다. 육안검사는 모든 정착장치에 대하여 실시되어야 하며, 운전 중의 기기나 배관으로 인하여 접근이 곤란한 경우에는 계측장비를 사용하여 검사한다.

육안조사에서 확인 할 항목은 다음과 같다.

관 련 근 거

가. 앵커볼트의 제원 및 제품명
나. 지지 구조물과 앵커볼트 너트, 또는 볼트헤드 사이의 와셔 설치 여부
다. 앵커볼트 또는 헤드스터드의 직경, 설치 위치, 노출 길이
라. 설비 저판과 콘크리트 표면사이의 간극
마. 앵커볼트 또는 헤드스터드에서 구조물 연단까지의 거리
바. 정착부의 균열 발생 여부

4. 육안검사 시 정착부의 안전성 문제가 발견되는 경우, 안전성을 확인하고, 검사보고서에 그 내용을 수록하여 조치가 필요한 경우 보강될 수 있도록 하여야 한다.
가. 정착장치의 형식
정착장치는 그 형식에 따라 정착부의 역량이 상이하므로, 현장조사 시 가장 먼저 정착형식을 확인할 것
나. 정착장치의 직경 및 위치
장착장치의 앵커직경, 간격, 연단거리, 개수와 위치는 설계지진력의 분배 및 정착부의 역량을 결정하는 요소이므로 반드시 조사할 것
다. 정착장치 구성 요소의 간격
정착부를 구성하는 정착장치 그룹이 편심을 갖도록 배치되는 경우에는 추가적인 휨모멘트가 발생하므로 앵커볼트 또는 헤드스터드의 간격은 현장검사 시 확인할 것
라. 설비 플레이트와 콘크리트 표면 사이의 간극
그림 930-7과 같이 앵커 위치에서는 설비 베이스 플레이트에서 콘크리트 표면까지의 간극은 앵커볼트 또는 스터드에 2차 휨응력을 발생시키므로 6 mm 미만으로 제한되어야 한다. 간극이 6 mm를 넘는 정착부는 이의 영향을 평가에 반영할 것

관 련 근 거

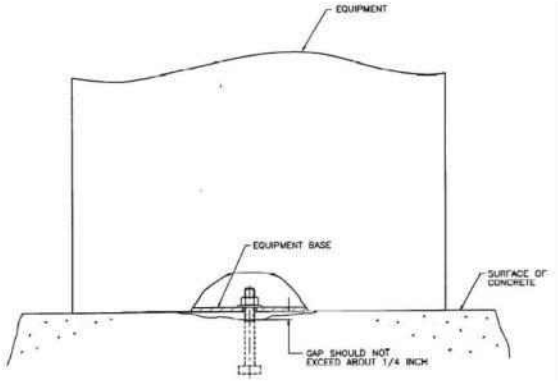


그림 930-7 설비 앵커볼트의 간극

마. 매입길이

정착장치의 매입길이는 육안검사를 통한 확인이 불가하므로 길이의 제원표를 입수할 수 없거나 제원이 명확하지 않은 경우에는 계측장비를 사용하여 매입길이를 확인할 것

바. 설비저판(Base plate)

설비에 작용하는 하중을 정착부로 충분히 전달할 수 있는 하중경로를 제공하기 위해 설비저판은 충분한 강성을 갖는 것이 일반적이나 그림 930-8과 같은 경우는 설비저판의 강성이 충분하지 않아 정착부로 하중을 전달하기전에 설비저판의 변형 또는 파괴가 발생될 수 있으므로 육안검사를 통해 설비저판의 강성을 확인하여야 한다. 검사 시 하중경로를 확보하기 위한 설비저판의 보강방안을 강구할 것

관 련 근 거

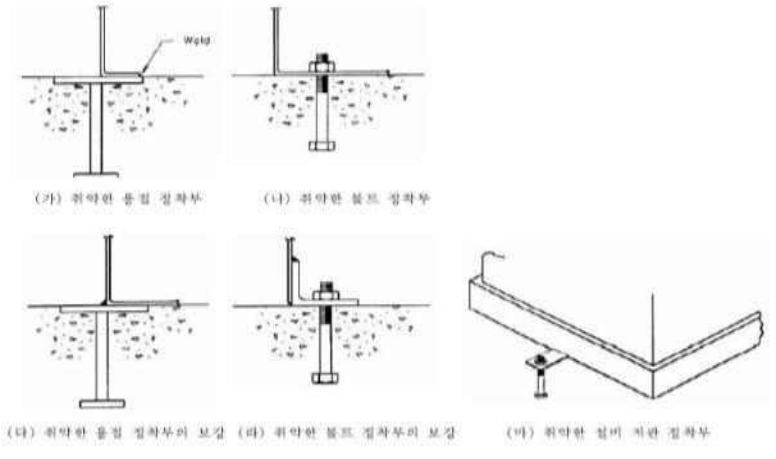


그림 930-8 취약한 정착부와 그 보강방법

사. 앵커볼트 토크값 검사

확장형 앵커를 사용한 경우에는 적정한 체결력을 유지하고 있는지의 여부를 조사용 토크랜치를 사용하여 확인하고, 그 결과를 검사서에 기록할 것. 토크값의 평가기준은 표 930-15과 같다.

표 930-15 앵커볼트 토크값 평가 기준

구 분	토크값 기준
우 수	TL ≤ 5%
보 통	5% < TL ≤ 10%
불 량	10% < TL
비고 TL : 토크값 부족율(%) = (부족 토크값 / 설계 토크값) ×100	

관 련 근 거

아. 연결 장치

설비저판과 정착장치 사이에 연결장치가 있는 경우 설비저판의 경우와 같이 연결 장치의 강성이 하중전달 경로를 제공할 만큼 충분하는지 육안검사를 통해 확인할 것. 연결장치의 강성이 충분하지 않을 경우 평가 시 하중경로를 확보하기 위한 연결장치의 보강방안을 강구하여야 한다.

자. 매입 철물

설비가 매입 철물에 용접되는 경우에는 매입 철물에 대한 조사를 실시하여 매입철물의 역량을 검사에 반영하고 매입 철물이 헤드스터드로 구조물에 고정되는 경우에는 헤드스터드의 역량에 대한 검증을 검사에 반영할 것

차. 콘크리트 균열의 위치와 크기

일반적으로 정착장치를 지나가는 균열의 폭이 0.5 mm 이상이거나 정착장치의 근처에 발생한 균열의 크기가 1.2 mm 이상이면 보강대책을 마련할 것. 콘크리트의 표면에 발생한 온도수축 균열은 구조균열로 분류하지 않는다.

정착부의 균열조사는 육안조사로 진행할 수 있으며, 육안조사 결과 심각한 균열이 확인되는 경우에는 계측장비를 사용하여 추가적인 조사를 통하여 관통균열 등의 문제가 없음을 확인하거나, 보강대책을 마련할 것

정착장치가 설치된 부위에 발생한 균열의 위치를 확인하고, 균열의 크기를 측정하여 정착부의 검사시 이를 반영하여야 한다.

카. 콘크리트의 강도

현장 검사 시 콘크리트 강도시험은 '콘크리트 배합 및 강도 측정자료'를 이용한다. 다만, 자료가 없는 기존시설물의 경우에는 현장에서 콘크리트 강도를 측정할 것

관 련 근 거

930.2.22 설비정착부 검사항목 및 수검자 준비자료

설비정착부 검사항목 및 수검자 준비사항은 표 930-16에 따른다. 고시 별표9

표 930-16 설비 정착부 검사항목 및 수검자 준비사항

항 목	방 법
정착부 설치상태 (볼트 정착부, 콘크리트 정착부)	■ 정착부 제작 및 설치에 사용된 자재성적서를 검토하여 볼트의 제원(직경, 재질)이 기준에 적합한지 확인 ■ 볼트의 설치 위치, 볼트와 강재면 사이의 간극, 볼트에서 강재연단까지의 거리의 실측값이 설계값 이내인지 확인
정착부 육안검사	지지 구조물과 볼트 또는 너트 사이의 와셔 설치여부, 볼트 연결부의 변형여부, 정착부의 균열발생 여부, 용접부 표면결함여부 등이 기준에 적합한지 확인
용접 정착부 검사	용접절차시방서(WPS), 절차인정기록서(PQR), 비파괴검사 보고서 및 사용자재의 적합여부를 확인하고 지진거동에 견딜 수 있는 용접방법인지 확인
정착부 내진설계강도	내진설계 강도계산서(구조계산서) 및 정착부 자재성적서를 확인하여 실제 사용된 정착장치(볼트, 콘크리트, 용접부)의 재질 및 강도값이 적합한지 확인
앵커볼트 토크값	■ 조사용 토크렌치를 사용하여 정착부 볼트(앵커볼트) 체결 토크 실측값이 설계값에 적합한지 확인 ■ 현장 여건상 조사용 토크렌치로 실제 토크값 확인을 할 수 없을 때는 신뢰성 있는 장비를 사용하여 체결한 토크값의 점검표 확인
수검자 준비자료	■ 내진설계 정착부 목록표 ■ 정착부 내진설계 강도계산서 ■ 정착부 자재시험성적서 ■ 정착부 시공도면 ■ 정착부 시공절차서 ■ 용접절차인정기록서(PQR) ■ 용접부 비파괴검사 성적서 ■ 감리보고서 ■ 계측장비(토크렌치)

관 련 근 거

KECG-6801
-2021

930.3 정착부 내진성능평가

930.3.1 총칙

930.3.1.1 목적

본 기준은 수력발전소(양수발전소 포함) 및 화력발전소(이하, 수력 및 화력 발전소)의 설비를 지지구조물 또는 콘크리트 기초에 견고하게 고정 혹은 정착하여 지진에 의한 파괴, 전도, 활동 및 낙하 등으로 일반 공중에게 2차적 재해가 미치지 않도록 공공의 안전을 확보함과 동시에 기능 상실을 최소화 하여 전력설비에 대한 사회적인 기대를 고려하여 장기에 걸친 전력 공급정지 등의 중대한 지장을 끼치지 않도록 정착부 내진성능평가에 관하여 필요한 요건을 규정함을 목적으로 한다.

930.3.1.2 정의

본 기준에서 사용되는 설비, 설비 지지부 및 설비 정착부의 정의는 다음과 같다.

1. 설비 : 기계, 전기 및 배관시스템
2. 설비 지지부 : 설비와 설비 정착부 사이의 하중을 전달하는 가새, 골조, 스커트형 하부덮개, 지주, 안장, 케이블, 버팀줄 등과 주물 혹은 단조로 제작된 설비의 일부분 등을 포함하는 구조 부재
3. 설비 정착부 : 설비나 설비지지부를 구조체에 고정하는 앵커볼트, 용접 부 및 기계식 패스너 등을 포함하는 부착물

930.3.1.3 기본방침

수력 및 화력발전소의 설비 정착부는 기본적으로 낮은 지진위험도의 지진에 대하여 기능을 유지하고, 높은 지진위험도의 지진에 대해서는 인명의 안전을 확보하고 장기간에 걸친 전력공급 정지 등의 중대한 지장을 끼치지 않도록 내진성능을 확보해야 한다.

관 련 근 거

930.3.1.4 적용범위

1. 본 기준은 「전기사업법」 제2조(정의) 및 제67조(기술기준), 전기설비기술기준에서 정하는 전기설비 중 수력 및 화력발전소의 설비 정착부 등에 적용 한다. 단, 설비 및 설비 지지부의 내진성능 및 작동성에 대한 검증은 이 기준의 적용대상에서 제외한다.
2. 전력수급기본계획에 의거 폐지가 결정된 잔존수명 5년 이하의 발전소 또는 재건축 등이 예정된 시설물들은 내진성능평가 대상에서 제외한다. 또한 내진성능 확보비율이 100 % 판정된 시설물들은 내진성능평가 기준이 상향 조정되지 않은 경우 또는 시설물의 질량 및 강성의 변화가 없는 경우 내진성능 평가대상에서 제외한다.

930.3.1.5 적용대상

본 기준의 적용대상은 현행 시설물별 관계법령에 따라 내진설계를 하여야 하는 설비의 정착부를 대상으로 한다.

930.3.1.6 관련기준

1. 필요한 경우, 다음의 기준 및 요령을 이 요령의 일부로 사용할 수 있다.
   가. KDS 17 10 00 내진설계 일반(국토교통부)
   나. KDS 54 17 00 댐내진설계기준(환경부)
   다. KDS 41 10 05 건축구조기준총칙(국토교통부)
   라. KDS 41 10 15 건축구조기준 설계하중(국토교통부)
   마. KDS 41 17 00 건축물 내진설계기준(국토교통부)
   바. KDS 41 31 00 건축물강구조 설계기준(국토교통부)
   사. KDS 14 31 25 강구조연결설계기준(하중저항설계법)(국토교통부)
   아. KDS 14 30 25 강구조연결설계기준(허용응력설계법)(국토교통부)
   자. KCI M-18-006 콘크리트구조학회기준(한국콘크리트학회)

관 련 근 거

차. 기존 시설물(건축물)내진성능 평가요령(한국시설안전공단)
카. 기존 시설물(댐) 내진성능평가요령(한국시설안전공단)

2. 본 지침에 규정되어 있지 않은 사항에 대해서는 시설물별 관계법령 및 세부기준과 요령을 적용할 수 있다.

930.3.2 지진하중 및 내진성능목표

930.3.2.1 목적

본 장은 수력 및 화력발전소 설비 정착부 내진성능평가를 위한 지진하중 및 내진성능목표를 정하는데 있다.

930.3.2.2 기본방침

「지진화산재해대책법」 제14조에 의거 행정안전부 제정(2017.9) '내진설계기준 공통적용사항' 및 산업통상자원부 제정(2017.9) '에너지시설 내진기준 공통 적용사항'에 따른다.

930.3.2.3 발전시설의 관리등급 및 대상시설

시설물의 관리등급 '핵심시설', '중요시설', '일반시설'에 따른 내진등급, 적용 대상 발전시설물은 930.1.2의 '2'와 같다

930.3.2.4 내진성능수준 체계

1. 시설물의 내진성능수준을 '기능수행', '즉시복구', '장기복구/인명보호', '붕괴방지'의 4가지로 분류한다.
   가. '기능수행' 수준은 설계지진하중 작용시 구조물이나 시설물에 발생한 손상이 경미하여 그 구조물이나 시설물의 기능이 유지될 수 있는 성능수준을 말한다.
   나. '즉시복구' 수준은 설계지진하중 작용시 구조물이나 시설물에

관 련 근 거

발생한 손상이 크지 않아 단기간 내에 즉시 복구되어 원래의 기능이 회복될 수 있는 성능수준을 말한다.

다. '장기복구/인명보호' 수준은 설계지진하중 작용시 구조물이나 시설물에 큰 손상이 발생할 수 있지만 장기간의 복구를 통하여 기능 회복이 가능하거나, 시설물에 상주하는 인원 또는 시설물을 이용하는 인원에 인명손실이 발생하지 않는 성능수준을 말한다.

라. '붕괴방지' 수준은 설계지진하중 작용시 구조물이나 시설물에 매우 큰 손상이 발생할 수는 있지만 구조물이나 시설물의 붕괴로 인한 대규모 피해를 방지하고, 인명피해를 최소화하는 성능수준을 말한다.

2. 설비 정착부의 내진성능수준을 '기능수행', '인명보호'의 2가지로 구분한다. 단, 시설물별 설계기준에서 별도로 정한 바가 있으면 이를 따른다.

가. '기능수행' 수준은 설비 정착부가 지진 후에도 구조적 결함 없이 원래의 위치를 유지하는 것을 말한다.

나. '인명보호' 수준은 설비정착부가 지진이후 영구변형 등의 심각한 피해 가 발생할 수 있지만 이로 인해 정착부가 구조체에서 탈락하지 않아 인명피해를 유발하지 않는 것을 말한다.

930.3.2.5 설계지진 분류체계

설계지진은 시설물의 사용연한과 해당 기간 내 지진의 초과발생확률로서 정한다. 이를 반영한 지진·화산재해대책법 제12조 국가지진위험지도에 의한 50년, 100년, 200년, 500년, 1000년, 2400년, 4800년 재현주기 지진을 설계지진으로 아래와 같이 정할 수 있다.

1. 평균재현주기 50년 지진지반운동 (5년내 초과발생확률 10 %)
2. 평균재현주기 100년 지진지반운동 (10년내 초과발생확률10 %)
3. 평균재현주기 200년 지진지반운동 (20년내 초과발생확률10 %)

관 련 근 거

4. 평균재현주기 500년 지진지반운동 (50년내 초과발생확률10 %)
5. 평균재현주기 1000년 지진지반운동 (100년내 초과발생확률10 %)
6. 평균재현주기 2400년 지진지반운동 (250년내 초과발생확률10 %)
7. 평균재현주기 4800년 지진지반운동 (500년내 초과발생확률10 %)

930.3.2.6 내진성능목표

내진 안전성을 위해 정착부의 내진설계에서 고려되어야 하는 설비 등급별 최소 내진성능 목표는 930.2.8과 같다.

930.3.2.7 지진구역 및 지진구역계수(Z)

우리나라 지진구역 및 지진구역계수(Z)는 표 930-11를 따른다.

930.3.2.8 위험도 계수(I)

위험도계수(I)는 표 930-12를 따른다.

930.3.2.9 유효수평지반가속도(S)

유효수평지반가속도(S)는 다음과 같이 결정한다.

1. '유효수평지반가속도(S)'란 지진하중을 산정하기 위하여 국가지진위험지도나 행정구역을 기준으로 제시된 암반지반의 수평지반운동수준을 말한다.
2. 행정구역에 의한 방법으로 재현주기에 따른 유효수평지반가속도(S) 는 지진구역계수(Z)에 각 재현주기의 위험도계수(I)를 곱하여 결정 한다.

$$S = Z \times I$$

3. 그림 930-3의 국가지진위험지도를 이용하여 결정한 유효수평지반가속도(S)는 행정구역에 의한 방법으로 결정된 유효수평지반가속도(S)값의 80 %보다 작지 않아야 한다.

관 련 근 거

930.3.2.10 지반분류

1. '지반분류'란 국지적인 토질조건, 지질조건과 지표 및 지하 지형이 지반운동에 미치는 정도를 공학적인 특성에 근거하여 지반을 분류하는 등급을 말한다.

2. 국지적인 토질조건, 지표 및 지하 지형이 지반운동에 미치는 영향을 고려하기 위하여 다음 각 가부터 라까지의 사항을 따른다.
   가. 내진설계를 위한 지반분류는 기반암의 깊이(H)와 기반암 상부 토층의 평균 전단파속도(VS,Soil)에 근거한다.
   나. 지반의 분류는 S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6 등 6종류로 분류하며 930.1.5를 준용한다.
   다. 토층의 평균 전단파속도(VS,Soil)는 탄성파시험 결과가 있을 경우 이를 우선적으로 적용한다.
   라. 단, 건축물의 특성을 반영하여 다음과 같이 수정할 수 있다.
      1) 기반암의 깊이가 3 m 이상인 경우 S_1지반으로 볼 수 있다.
      2) 기반암의 위치가 기준면으로부터 30 m를 초과하는 경우 상부 30 m에 대한 평균 전단판 속도를 토층의 평균전단파속도($V_{S,Soil}$)로 볼 수 있다.
      3) 대상지역의 지반을 분류할 수 있는 자료가 충분하지 않고, 지반의 종류가 S_5일 가능성이 없는 경우에는 지반종류 S_4를 적용할 수 있다.

3. 지반의 자세한 분류 절차는 KECG6801-2021 [부록1]과 같다.

4. 지반증폭계수
   단주기 지반증폭계수 F_a와 1초 주기 지반증폭계수 F_v는 각각 표 930-17과 표 930-18에 따른다.

관 련 근 거

표 930-17 단주기 지반증폭계수, F_a

지반종류	지진지역		
	$S \leq 0.1$	$S=0.2$	$S=0.3$
S_1	1.12	1.12	1.12
S_2	1.4	1.4	1.3
S_3	1.7	1.5	1.3
S_4	1.6	1.4	1.2
S_5	1.8	1.3	1.3

* S는 930.3.2.9에 따라 산정한 값이다. 위 표에서 S의 중간값에 대하여는 직선 보간 한다.

표 930-18 초주기 지반증폭계수, F_v

지반종류	지진지역		
	$S \leq 0.1$	$S=0.2$	$S=0.3$
S_1	0.84	0.84	0.84
S_2	1.5	1.4	1.3
S_3	1.7	1.6	1.5
S_4	2.2	2.0	1.8
S_5	3.0	2.7	2.4

* S는 930.3.2.9에 따라 산정한 값이다. 위 표에서 S의 중간값에 대하여는 직선 보간 한다.

가. F_a와 F_v값을 부지고유의 지진응답해석을 수행하여 결정할 수 있다.

나. 기반암의 깊이가 20 m를 초과하고 지반의 평균 전단파속도가 360 m/s 이상인 경우, 표 930-18에 규정된 F_v의 80 %를 적용한다.

다. 지반분류가 S_5이고 기반암의 깊이가 불분명한 경우, 표 930-17과 표 930-18에 규정된 F_a와 F_v의 110 %를 적용한다.

관 련 근 거

930.3.2.11 평가지진의 가속도응답스펙트럼

평가지진의 설계응답스펙트럼은 다음 식에 따라 구한 후 그림 930-9와 같이 작성한다.

1. $T \leq T_0$일 때, 스펙트럼가속도 S_a는 식 930-2에 따른다.
2. $T_0 < T \leq T_S$일 때, 스펙트럼가속도 S_a는 S_{XS}와 같다.
3. $T_S < T \leq T_L$일 때, 스펙트럼가속도 S_a는 식 930-3에 의한다.
4. $T > T_L$ 일 때, 스펙트럼가속도 S_a는 식 930-4에 의한다.

$$S_a = 0.6\frac{S_{XS}}{T_o}T + 0.4S_{XS} \quad \cdots\cdots \text{식 930-2}$$

$$S_a = \frac{S_{X1}}{T} \quad \cdots\cdots \text{식 930-3}$$

$$S_a = \frac{S_{X1}\,T_L}{T^2} \quad \cdots\cdots \text{식 930-4}$$

여기서, T : 구조물의 고유주기(초)

S_{XS} : 단주기 스펙트럼가속도($= S \times 2.5 \times F_a$)

S_{X1} : 1초주기 스펙트럼가속도($= S \times F_v$)

$T_o = 0.2\,S_{X1}/S_{XS}$

$T_S = S_{X1}/S_{XS}$

$T_L = 5$초

관 련 근 거

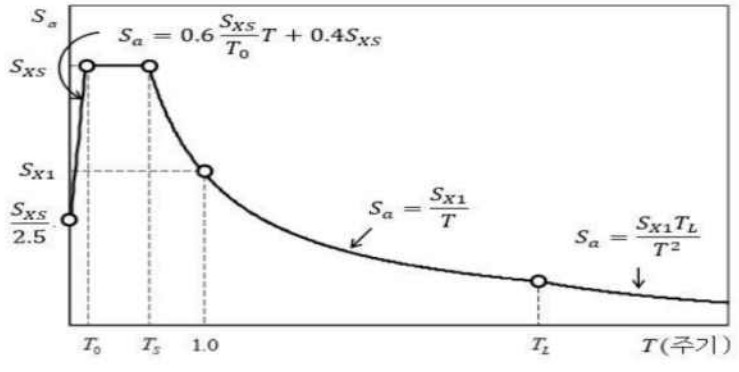


그림 930-9 가속도응답스펙트럼

S_6 지반의 경우 부지고유의 지반응답해석을 이용하여 결정한 스펙트럼을 사용한다.

930.3.3 설비 정착부 내진설계

설비 정착부 내진설계는 KECG 6801-2021 발전용 수력 및 화력시설 설비 정착부 내진성능평가 지침의 '제3장 설비 정착부 내진설계' 규정에 따른다.

930.3.4 설비 정착부 내진성능 해석 및 평가

1. 설계지진력은 본 기준 930.3.3에 따라서 산정한다.
2. 중요도 계수는 본 기준 930.3.3에 따라서 산정한다.
3. 증폭계수와 반응수정계수는 본 기준 930.3.3에 따라서 산정한다.
4. 평가 설계지진력은 시설물의 목표수명을 고려하여 내진성능수준 '인명보호'에 대해 표 930-19 및 표 930-20과 같이 결정할 수 있다. 그러나, 시설물을 보강하여 신설구조물의 평가설계수명(50년)과 동등한 정도의 사용목표수명을 기대하는 경우에는 목표

관 련 근 거

수명에 대한 지진구역계수의 저감을 허용하지 않는다.

표 930-19 목표수명/평가설계수명(50년) 비에 따른 평가기준 지진의 평균재현주기

구분		목표수명/평가설계수명(50년) 비에 따른 재현주기		
시설물 관리등급	설비등급	1/2 이상	1/2 미만 ~ 1/4 이상	1/4 미만
핵심시설	1,2 등급	2400년	1200년	600년
	3,4 등급	1000년	500년	250년
중요시설	1,2 등급	2400년	1200년	600년
	3,4 등급	1000년	500년	250년
일반시설	1 등급	2400년	1200년	600년
	2,3,4 등급	1000년	500년	250년

표 930-20 선형보간에 의한 내진성능평가 기준지진의 위험도계수(I)

재현주기(년)	125	250	500	600	1000	1200	2400	4800
위험도계수, I	0.6	0.78	1.0	1.08	1.4	1.49	2.0	2.6

가. 수평방향 지진력

수평방향 지진력은 본 기준 930.3.3에 따라서 산정한다.

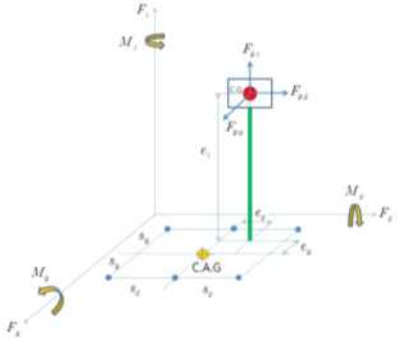
나. 수직방향 지진력

수직방향 지진력은 본 기준 930.3.3에 따라서 산정한다.

5. 정착부 소요역량 산정

정착부의 소요역량은 설계지진력 및 고정하중을 조합하여 결정한다. 조합된 설계지진력은 설비의 무게중심에 작용하므로 편심 등을 고려하여 구조역학 이론에 따라 그림 930-10과 같이 정착부 기준면으로 환산되어야 한다. 환산된 설계지진력과 고정하중을 조합하여 정착부의 최대 소요역량으로 산정한다.

관 련 근 거



설비중량 중심에서 하중	볼트군 중심에서 하중					
	F_{bx}	F_{by}	F_{bz}	M_{bx}	M_{by}	M_{bz}
F_{px}	F_{px}	-	-	-	$-F_{px}e_z$	$-F_{px}e_y$
F_{py}	-	F_{py}	-	$F_{py}e_z$	-	$-F_{py}e_x$
F_{pz}	-	-	F_{pz}	$F_{pz}e_y$	$F_{pz}e_x$	-

그림 930-10 편심하중으로 인한 볼트군 중심의 하중으로 변환

가. 소요역량의 조합

소요역량은 지진하중 작용 방향별로 산정한 후, 본 기준 930.3.3에 따라서 산정한다.

6. 정착부 공급역량 산정

가. 용접 정착부 공급역량 산정

용접 정착부 공급역량 산정은 KECG 6801-2021 발전용 수력 및 화력시설 설비 정착부 내진성능평가 지침 '3.5 볼트 및 용접 정착부 설계'에 따라서 산정한다.

나. 볼트 정착부 공급역량 산정

볼트 공급역량 산정은 KECG 6801-2021 발전용 수력 및 화력시설 설비 정착부 내진성능평가 지침 '3.5 볼트 및 용접 정착부 설계'에 따라서 산정한다.

다. 콘크리트 정착부 공급역량 산정

콘크리트 정착부 공급역량 산정은 KECG 6801-2021 발전용

관 련 근 거

수력 및 화력시설 설비 정착부 내진성능평가 지침 '3.6 콘크리트 정착부 설계'에 따라서 산정한다.

7. 내진성능의 평가

내진성능의 평가는 작용 지진력에 의한 정착부 소요역량과 정착부의 공급역량을 비교하여 평가하며, 정착부의 공급역량이 지진력에 의한 정착부 소요역량을 상회하는 경우 내진 성능이 내진평가지진에 대해 만족하는 것으로 판단한다.

가. 용접 정착부

$$\phi R_n \geq N_{ua}$$

여기서, ϕR_n는 용접 정착부의 설계강도로 모재의 인장파단 및 전단파단에 의한 강도와 용접재의 파단강도 중 작은 값, N_{ua}는 작용 지진력에 의한 정착부의 소요역량을 의미한다.

나. 볼트 정착부

1) 인장력

$$\phi N_n \geq N_{ua}$$

여기서, ϕN_n는 볼트 정착부의 공급역량으로 인장파단의 한계상태에 대해 산정된 설계 강도, N_{ua}는 작용 지진력에 의한 정착부의 소요역량을 의미한다.

2) 전단력

$$\phi V_n \geq V_{ua}$$

여기서, ϕV_n는 볼트 정착부의 공급역량으로 전단파단의 한계상태에 대해 산정된 설계 강도, V_{ua}는 작용 지진력에 의한 정착부의 소요역량을 의미한다.

3) 지압접합에서 인장과 전단의 조합

$$\phi R_n \geq N_{ua}$$

여기서, ϕR_n는 볼트 정착부의 공급역량으로 인장과 전단 파단의

관 련 근 거

한계상태에 따라 산정된 설계강도, N_{ua}는 작용 지진력에 의한 정착부의 소요역량을 의미한다.

단, 전단 또는 인장에 의한 소요응력 f가 설계응력의 20% 이하이면 조합응력의 효과를 무시할 수 있다.

4) 볼트구멍의 지압강도

$\phi R_n \geq N_{ua}$

여기서, ϕR_n는 볼트 정착부의 지압강도 한계상태에 대한 설계강도, N_{ua}는 작용 지진력에 의한 정착부의 소요지압력을 의미한다.

5) 고장력볼트의 미끄럼강도

$\phi R_n \geq N_{ua}$

여기서, ϕR_n는 볼트 정착부의 미끄럼 한계상태에 대한 마찰접합의 설계강도, N_{ua}는 작용 지진력에 의한 정착부의 인장력을 의미한다.

6) 마찰접합에서 인장과 전단의 조합

$\phi R_n \geq N_{ua}$

여기서, ϕR_n는 볼트 정착부의 마찰접합이 인장하중을 받아 장력이 감소할 경우 '5)'의 마찰접합의 설계강도를 감소한 설계강도, N_{ua}는 작용 지진력에 의한 정착부의 인장력을 의미한다.

다. 콘크리트 앵커 정착부

1) 인장력

$\phi N_n \geq N_{ua}$

여기서, ϕN_n는 앵커 정착부의 공급역량으로 모든 파괴모드에서 산정된 가장 작은 설계 강도, N_{ua}는 작용 지진력에 의한 정착부의 소요역량을 의미한다.

2) 전단력

$\phi V_n \geq V_{ua}$

관 련 근 거

여기서, ϕV_n는 앵커 정착부의 공급역량으로 모든 파괴모드에서 산정된 가장 작은 설계 강도, V_{ua}는 작용 지진력에 의한 정착부의 소요역량을 의미한다.

3) 인장력과 전단력 동시 작용

$V_{ua} > 0.2\phi V_n$ 이고, $N_{ua} > 0.2\phi N_n$ 인 경우

$$\frac{N_{ua}}{\phi N_n} + \frac{V_{ua}}{\phi V_n} \leq 1.2$$

관 련 근 거

940 용접

940.1 일반사항

940.1.1 용접시공법

940.1.1.1 용접절차시방서

KEC 161.1
ASME SEC.IX,2019
KEPIC MQ, M-61

1. 용접절차시방서(WPS, Welding Procedure Specification)는 용접을 수행하는 인원에게 지침을 제공하는 문서이다. 용접, 경납땜 및 용착에 의한 용접절차시방서의 작성 및 인정에 대한 상세는 이러한 이음공정을 다루는 부분은 '2'에서 '6'까지 명시되어 있다. 재료 이음공정의 작업관리에 책임이 있는 조직이 사용하는 용접절차시방서는 제작사 혹은 계약자 조직에 의해 인정된 것 또는 사용되는 이음공정에 대한 해당 규정하에서 적용가능한 표준절차시방서이어야 한다. 용접절차시방서는 제작작업장 및 현장 용접에서 참조 및 검토를 위해 제공되어야 한다.

ASME SEC.IX,2019
KEPIC MQ, M-61

2. 용접절차시방서는 용접공정 수행시 준수되어야 하는 조건(범위가 있으면 범위도 포함)을 규정한다. 이러한 조건을 변수라고 명명한다. 조직에서 용접절차시방서를 작성하는 경우, 적어도 생산에서 사용할 용접공정에 적용할 수 있는 특정 필수변수 및 비필수변수를 명시하여야 한다. 기타 기술기준, 표준 또는 규격에서 인성에 대한 용접공정의 인정을 요구하는 경우, 해당 추가필수변수도 용접절차시방서에 명시하여야 한다.

KEC 161.1

3. 기술기준 제162조에서 언급하는 용접절차는 규정에 따라 제품용접을 실시하기 위해 지침을 제공하는 문서화 되어 인정된 용접절차시방서로서 여기에는 허용되는 모재, 사용되어야 할 용가재, 예열 및 용접후열처리요건 등을 포함시켜야 한다.

관 련 근 거

4. 용접절차시방서의 내용
   작성된 용접절차시방서에는 사용된 각 용접법에 대한 모든 필수변수, 비필수변수 및 추가필수변수(요구될 경우)를 기술하여야 한다. 이런 변수들은 [부록 3.2] '용접방법별 용접절차시방서의 용접변수'에서 규정하고 있으며, 용접절차시방서에는 이를 뒷받침하는 절차인정기록서(PQR, Procedure Qualification Record)가 명시되어야 한다.

5. 용접절차시방서 서식
   [부록 3.3] 서식 1은 용접절차시방서 작성을 위한 참조 서식이다. [부록 3.2]에 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.

6. 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.

940.1.1.2 용접절차인정기록서

KEC 161.2
ASME SEC.IX
2019

KEPIC MQM
-61

1. 용접절차를 인정하는 목적은 건조를 위해 제시된 용접공정으로 사용목적에 요구되는 기계적 성질을 갖는 이음부를 생산할 수 있는

관 련 근 거

것을 입증하기 위한 것이다. 용접절차의 인정은 용접공정을 사용하여 생산된 기이음부의 기계적 성질을 입증하기 위한 것이며, 용접공정을 사용하는 인원의 기량을 입증하기 위한 것은 아니다.

2. 절차인정기록서(PQR)는 절차인정 시험재의 제작 중 발생된 사항과 그 시험재의 시험결과에 대해 문서화하여야 한다. 절차인정기록서는 시험재의 제작 중 적용된 절차인정을 위해 인성 시험이 요구될 때는, 각 용접법에 적용되는 추가 필수 변수들이 기록되어야 한다.

ASME SEC.IX 2019

3. 시험 필수 변수와 요구되는 시험의 결과를 문서화하여야 한다. 용접절차의 인정을 위한 인성시험이 요구될 때는, 각 용접법에 적용되는 추가필수변수들이 기록되어야 한다. 조직은 품질관리시스템에 기술된 대로 서명 또는 기타 방법으로 절차인정기록서를 인증을 하여야 한다. 절차인정기록서는 검토를 위해 제공되어야 한다. 용접절차시방서는 하나의 절차인정기록서로 지원될 수 있으며, 하나의 절차인정기록서는 하나 이상의 용접절차시방서를 지원할 수 있다.

KEPIC MQM -61

4. 절차인정기록서는 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.

KEC 161.2

5. 절차인정기록서의 내용
   절차인정기록서에는 시험재 용접 시 사용된 각 용접법에 대하여 [부록 3.2]에서 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.

관 련 근 거

6. 절차인정기록서 서식
   [부록 3.3] 서식 2는 '절차인정기록서'에 대한 관련지침을 제공한다. [부록 3.2]에 규정된 모든 필수변수 및 추가필수변수가 포함되었다면, 절차인정기록서에서 요구되는 정보는 각 제조자 또는 계약자의 요구에 알맞은 어떠한 서식으로 작성할 수 있다.

7. 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 규격 요건에 따라 제조자 또는 계약자는 규격개정 이전에 인정하였던 특정 F-No.에 속하는 다른 용가재를 사용할 수 있다.

940.1.1.3 용접절차시방서와 절차인정기록서의 관계

KEC 161.3
ASME SEC.IX, 2019

하나의 절차인정기록서에 있는 데이터를 이용하여 여러개의 용접절차시방서를 작성할 수 있다.(보기 : 판의 아래보기(1G)에 대한 절차인정기록서는 다른 모든 필수변수의 범위 내에서 판 또는 관의 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 ㎜ 및 5~32 ㎜의 두께범위에 대한 복수의 절차인정기록서가 있는 경우, 하나의 용접절차시방서에서 1.5~32 ㎜의 두께범위를 다룰 수 있다.)

관 련 근 거

KEC 161.4
ASME SEC.IX, 2019

940.1.1.4 용접절차시방서의 조합

1. 서로 다른 필수변수 또는 비필수변수를 가지는 하나 이상의 용접절차시방서는 하나의 용접이음부에 사용할 수 있다. 각 용접절차시방서는 하나의 용접법 또는 여러 용접법이나 용가재 또는 다른 변수의 조합으로 이루어 질 수 있다. 다른 용접법 또는 다른 필수변수가 포함된 두 개 이상의 용접절차시방서를 하나의 이음부에 사용할 경우, 표 940-1에서 표 940-4까지는 각 용접법 또는 용접절차시방서에서 인정한 모재의 두께범위 및 용착금속의 최대두께 범위를 결정하는데 사용할 수 있다. 인장 및 굽힘시험편과 충격시험편(요구될 경우)은 각 용접법 또는 용접절차시방서의 용착금속부를 포함하여야 한다. 인정된 용접절차시방서의 조합에서 하나 이상의 용접법 또는 절차를 삭제하고 사용할 수 있다. 그러한 각각의 용접법 또는 절차는 다음의 조건하에서 개별적으로 사용된다.
   가. 남아있는 필수변수, 비필수변수 및 추가필수변수가 적용된 경우
   나. 표 940-1에서 표 940-4까지에서 모재 및 용착 용접금속 두께의 제한 요건이 적용된 경우
2. '1'의 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 ㎜ 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 ㎜ 미만일 경우 인정시험재 두께의 1.1배 미만 초과하는 두께의 증가, 13 ㎜ 이상의 용착금속두께에 대하여는 표 940-1 및 표 940-2를 사용한다) 용접하는데 사용할 수 있다. 다만, 이 모재의 최대두께는

관 련 근 거

용접절차시방서를 인정하기 위하여 사용된 다른 절차인정기록서에 의해서 인정된 최대두께를 말한다.

940.1.1.5 용접절차시방서의 인정방법

KEC 161.5
ASME SEC.IX, 2019

1. 용접절차시방서와 절차인정기록서는 용접할 용접물이 요구되는 성질을 가지고 있는지를 결정하는 것으로 '2'에서 '5'까지를 조합하여 시험재를 용접하고 시험편을 채취하여 기계시험 또는 비파괴시험 실시결과 판정기준에 적합하여야 한다.
2. 용접법의 구분 시공에 사용될 용접법은 아래 용접법중 하나를 선택한다.
   가. 산소가스용접(OFW)
   나. 피복금속아크용접(SMAW)
   다. 서브머지드아크용접(SAW)
   라. 가스금속아크용접(GMAW/FCAW)
   마. 가스텅스텐아크용접(GTAW)
   바. 플라즈마아크용접(PAW)
   사. 일렉트로슬래그용접(ESW)
   아. 전자빔용접(EBW)
   자. 스터드용접(SW)
   차. 관성 및 연속구동 마찰용접(DFW)
   카. 전기저항용접(ERW)
   타. 레이저빔용접(LBW)/저전력밀도 레이저빔용접(LLBW)
   파. 폭발용접(EW)
3. 용접법별 확인항목의 기록
   용접법이 선택되면 [부록 3.2]을 참조하여 용접절차시방서 및 절차인정기록서에 '필수변수와 추가필수변수' 항목을 기술한다.

관 련 근 거

4. 모재의 구분

특별한 경우를 제외하고는 모재의 구분(P-No)는 KS B 6751(압력용기-용접일반)의 25.3 용접사 기량 인정에 사용되는 대체 모재의 표 및 ASME 모재의 구분(철강 및 비철 재료의 구분)은 ASME BPVC. Sec Ⅸ Table QW/QB-422를 준용한다. 또한, 다른 규격 또는 인정된 코드에서 지정하는 같은 종류의 재료 사용도 허용된다. 다만 ASME 모재의 구분(철강 및 비철 재료의 구분)은 ASME BPVC. Sec Ⅸ Table QW/QB-422에서 최소 규정인장 값이 없는 재료는 그루브 용접 절차인정 목적으로 사용하여서는 안 된다.

가. 용접절차시방서에서 인정하는 모재

모재는 모재의 구분(P-No)는 KS B 6751(압력용기-용접일반)의 25.3 용접사 기량 인정에 사용되는 대체 모재의 표 및 ASME 모재의 구분(철강 및 비철 재료의 구분)은 ASME BPVC. Sec Ⅸ Table QW/QB-422에 따라 모재의 P-No.가 지정된다. KS B 6751의 25.3과 ASME BPVC. Sec Ⅸ Table QW/QB -422에 규정되어 있지 않은 모재는 미지정 모재로 간주한다. 용접절차시방서 및 절차인정기록서에는 미지정 모재의 규격, 형식 및 등급 혹은 화학적 성분 및 기계적 특성이 기록되어야 한다. 만약 재료규격에서 모재의 인장강도가 규정되어 있지 않다면, 미지정 재료를 규정한 기관에서 해당 미지정 모재의 최소인장강도를 결정하여야 한다.

관 련 근 거

비고

인정시험재의 모재	인정되는 모재
한 P-No.의 금속과 동일한 P-No.의 임의의 금속	시험재와 동일한 P-No.의 모든 금속
P-No.15E의 한 금속과 다른 P-No.15E의 임의의 금속	모든 P-No.15E 또는 5B 금속과 P-No.15E 또는 5B 로 지정된 모든 금속
한 P-No.의 금속과 다른 P-No.의 임의의 금속	첫 번째 P-No.로 지정된 모든 금속과 두 번째 P-No.로 지정된 모든 금속
P-No.15E의 한 금속과 다른 P-No.의 임의의 금속	모든 P-No.15E 또는 5B 금속과 두 번째 P-No.로 지정된 모든 금속
P-No.3의 금속과 P-No.3의 임의의 금속	P-No.3의 모든 금속과 P-No.3 또는 P-No.1의 모든 금속
P-No.4의 금속과 P-No.4의 임의의 금속	P-No.4의 모든 금속과 P-No.4, P-No.3 또는 P-No.1의 모든 금속
P-No.5A의 금속과 동일한 P-No.5A의 금속	P-No.5A의 모든 금속과 P-No.5A, P-No.4, P-No.3 또는 P-No.1의 모든 금속
P-No.5A의 금속과 P-No.4, P-No.3 또는 P-No.1의 금속	P-No.5A의 모든 금속과 P-No.4, P-No.3, 또는 P-No.1의 모든 금속
P-No.4의 금속과 P-No.3 또는 P-No.1의 금속	P-No.4의 모든 금속과 P-No.3 또는 P-No.1의 모든 금속
임의의 미지정 금속과 동일한 임의의 미지정 금속	동일한 미지정 금속
임의의 미지정 금속과 임의의 P-No.의 금속	동일한 임의의 미지정 금속과 P-No.의 모든 금속
임의의 미지정 금속과 임의의 P-No.15E 금속	동일한 임의의 미지정 금속과 P-No.15E 또는 5B의 모든 금속
임의의 미지정 금속과 다른 임의의 미지정 금속	첫 번째 미지정 금속과 두 번째 미지정 금속

5. 용접법별 용접절차시방서의 용접변수 구분은 아래 내용을 참조하고 상세내용의 적용은 [부록 3.2의 비고] '용접변수에 대한 사용법'에 따른다.

6. 용접절차에 인정되는 자세
   용접변수에 의해서 특별히 요구하지 않는다면, 임의의 자세에서의 인정은 모든 자세에서의 용접절차시방서를 인정하는 것이다. 용접법 및 전극봉은 용접절차시방서에서 허용한 자세에서 사용이 적합

관 련 근 거

하여야 한다.

7. 요구되는 시험의 종류 및 시험편 수량은 아래와 같다.

가. 기계적 시험

용접되는 시험재의 두께에 따라 기계시험을 위한 시험편의 종류 및 수량은 표 940-1부터 표 940-4까지와 같다.

표 940-1 그루브 용접부 인장시험 및 횡굽힘시험

용접되는 시험재의 두께 T, ㎜	인정되는 모재 두께의 범위 T ㎜(1)(2)		인정되는 용착 금속의 최대두께 t ㎜(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 부록 3.2에 언급될 경우에, 이표에서 보여진 제한요건들에 더해 추가로 제한한다. : 부록 3.2의 비고 (3)9, (3)10, (4)32 가 해당되며 또한, 940.1.1.9의 '1'은 이표의 제한 요건들을 대체하는 면제사항을 제공한다.

(2) 용접절차의 조합에 관한 사항은 940.1.1.4를 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 ㎜를 초과할 경우, 분할 복수시험편에 대한 상세한 세부요건은 940.1.1.5의 '7'의 '나' 1)에서 3)까지 참조한다.

(5) 두께 T가 10 ㎜ 이상인 경우, 표면 및 루트 굽힘 시험 대신에 4개의 측면 굽힘 시험을 실시할 수 있다.

(6) 시험재 두께가 150 ㎜ 초과할 경우, 시험재의 전체 두께를 용접해야 한다.

관 련 근 거

표 940-2 그루브 용접부 인장시험 및 세로 굽힘시험

용접되는 시험재의 두께 T, ㎜	인정되는 모재 두께의 범위 T ㎜(1)(2)		인정되는 용착 금속의 최대두께 t ㎜(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	2
1.5 이상 10 이하	1.5	2T	2t	2	2	2	2
10 초과	5	2T	2t	2	2	2	2

【주】
(1) 인정되는 모재두께 범위 및 용착금속두께에 대한 추가적인 제한요건은 표 940-1의 주(1)과 같다.
(2) 용접 절차의 조합은 표 940-1의 주(2)와 같다.

표 940-3 필릿 용접부 시험

이음의 종 류	용접된 시험재의 두께	인정되는 범위	시험의 종류 및 횟수 그림 940-34 또는 그림 940-37 매크로 시험
필릿	그림 940-34에 따름	모재의 모든 두께 및 지름에 대한 모든 크기의 필릿	5
필릿	그림 940-37에 따름		4

표 940-4 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 표 940-1 또는 표 940-2에 따라서 인정된 경우에 필릿 용접은 인정된다.

나. 인장시험 판 또는 관 인장시험편은 그림 940-1부터 그림 940-5까지 중 하나를 따라야 하며, 940.1.1.6의 요건에 만족하여야 한다.

1) 판의 감소단면 시험편 : 그림 940-1의 요건에 적합한 감소단면 시험편은 모든 두께의 판에 대한 인장시험에 사용될 수 있다.

관 련 근 거

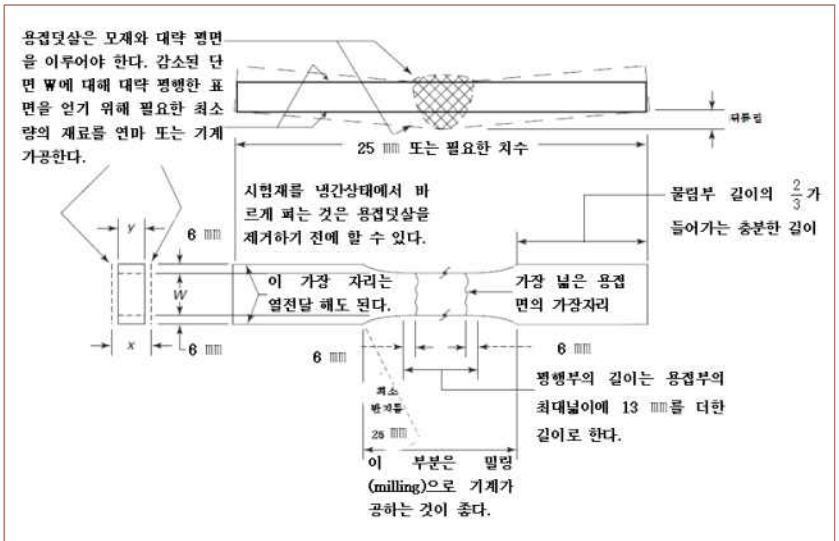


그림 940-1 인장시험편 - 감소단면 - 판

가) 두께가 25 ㎜이하인 판의 경우, 요구되는 각 인장시험에서는 판의 전 두께시험편(Full thickness specimen)을 사용할 것

나) 두께가 25 ㎜를 초과하는 판의 경우, 아래 '다)' 및 '라)' 요건에 적합하다면 전 두께시험편 또는 분할시험편을 사용할 수 있다.

다) 전 두께시험편 대신에 분할시험편을 사용할 경우, 각 분할시험편의 한 세트는 하나의 전 두께인장시험편을 대표할 것. 한 위치에서 용접부의 전체두께를 대표하는데 필요한 모든 시험편들은 한 세트로 구성되어야 한다.

라) 분할시험편이 필요한 경우에는 사용될 인장시험기로 시험할 수 있는 거의 같은 치수의 최소 스트립 개수로 전체두께를 기계절단 할 것. 세트의 각 시험편들은 각각 시험되고, 940.1.1.6의 요건에 만족하여야 한다.

관 련 근 거

2) 관의 감소단면 시험편 : 그림 940-2의 요건에 적합한 감소단면 시험편은 바깥지름이 75 ㎜를 초과하는 모든 두께의 관에 대한 인장시험에 사용할 수 있다.

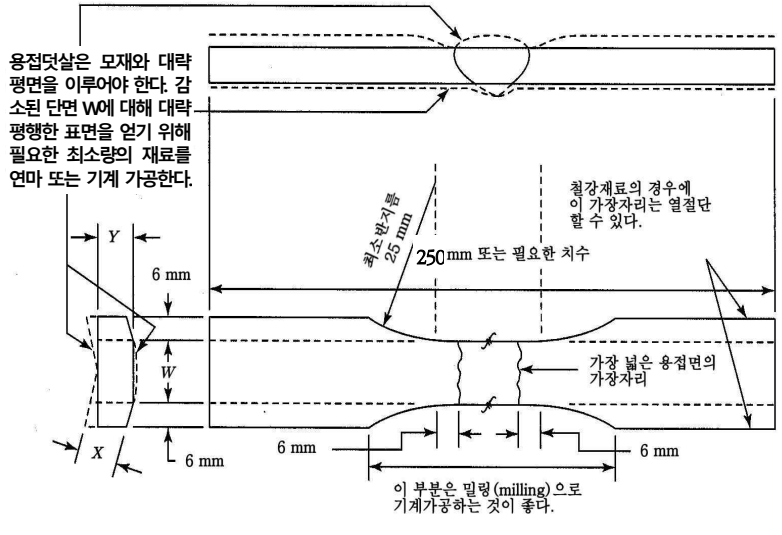


그림 940-2 인장시험편 – 감소단면 – 파이프

가) 관의 두께가 25 ㎜이하인 경우, 요구되는 각 인장시험에서는 전 두께시험편을 사용할 것

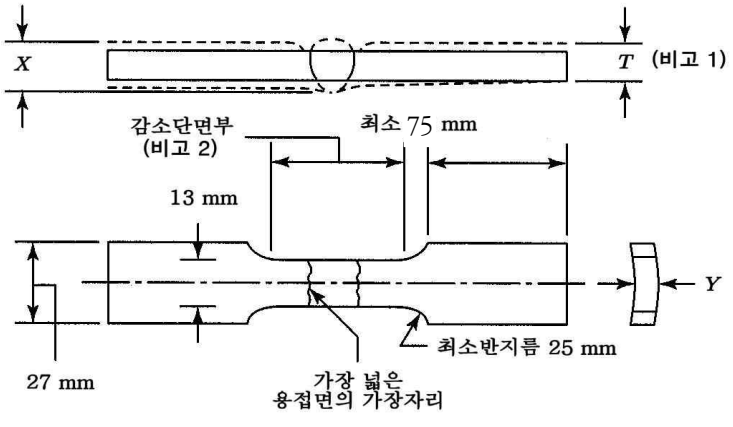
나) 관의 두께가 25 ㎜를 초과하는 경우, 아래 '다)' 및 '라)'의 요건에 적합하다면 전 두께시험편 또는 분할시험편을 사용할 수 있다.

다) 전 두께시험편 대신에 분할시험편을 사용할 경우, 각 시험편 한 세트는 하나의 전 두께인장시험편을 대표할 것. 한 위치에서 용접부의 전체두께를 대표하는데 필요한 모든 시험편들은 한 세트로 구성되어야 한다.

관 련 근 거

라) 분할시험편이 필요한 경우에는 사용될 인장시험기로 시험할 수 있는 치수의 최소 스트립 개수로 전체두께를 기계절단할 것. 세트의 각 시험편은 각각 시험되고, 940.1.1.6의 요건에 만족하여야 한다.

마) 바깥지름이 75 ㎜이하인 관의 경우에는 그림 940-3의 요건에 적합한 감소단면시험편을 사용할 수 있다.



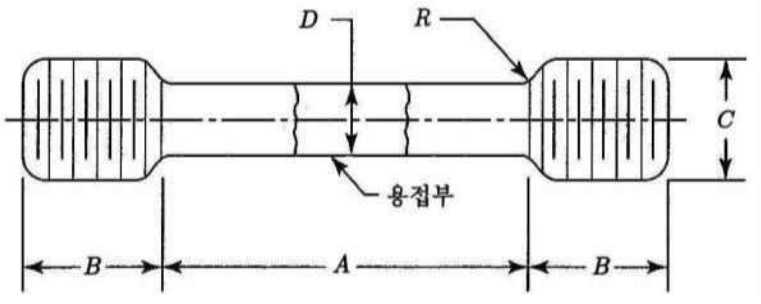
【비고】
1. 용접덧살은 용접두께가 모재두께 T를 초과하지 않도록 연마 또는 기계 가공되어야 한다. 거의 평행한 표면을 얻을 수 있는 최소부분을 기계 가공하여야 한다.
2. 감소단면부의 길이는 용접부 폭에 2y를 더한 길이 이상이어야 한다.

그림 940-3 인장시험편 - 파이프의 대체 감소단면

3) 봉형시험편 : 그림 940-4의 요건에 적합한 봉형 시험편은 인장시험에 사용할 수 있다.

가) 두께가 25 ㎜ 이하인 경우, 요구되는 각 인장시험에서는 1개의 봉형시험편을 사용할 수 있으며, 시험편은 시험재 두께에서 그림 940-4의 최대지름(D)을 갖는 시험편일 것

관 련 근 거



구 분	표준치수, ㎜			
	(a) 0.505 시험편	(b) 0.353 시험편	(c) 0.252 시험편	(d) 0.188 시험편
A - 감소단면부의 길이	[주(1)]	[주(1)]	[주(1)]	[주(1)]
D - 지름	12.7 ± 0.25	8.89 ± 0.18	6.5 ± 0.13	4.78 ± 0.08
R - 필릿의 반지름	최소 10	최소 6	최소 5	최소 3
B - 끝부분의 길이	약 35	약 29	약 22	약 13
C - 끝부분의 지름	19	13	10	6

【주】
(1) 감소 단면부의 길이 A는 용접폭에 2D를 더한 길이 이상이어야 한다.

【비고】
1. 시험재에서 절단 가능한 (a), (b), (c) 또는 (d) 중 최대 지름의 시험편을사용한다.
2. 용접부는 감소 단면부의 중앙에 있어야 한다.
3. 1개의 시험재만 요구될 경우, 시험편의 중심이 시험재 두께의 중심부에 있어야 한다.
4. 시험재 끝부분은 시험하중이 시험편의 축방향으로 작용하도록 시험장치의 물림장치에 맞게 제작되어야 한다.

그림 940-4 인장시험편 - 감소단면 - 봉형 시험편

나) 두께가 25 ㎜를 초과할 경우, 분할시험편은 시험편의 중심이 모재표면과 평행하고 간격이 25 ㎜를 초과하지 않도록 용접부 전체두께를 절단할 것. 모재표면에 인접한 시험편의 중심은 표면으로부터 16 ㎜를 초과하지 않아야 한다.

다) 분할시험편을 사용할 경우, 각 시험편 한 세트는 1개의 인장시험편을 대표할 것. 한 위치에서 용접부의 전체두께를 대표하는데 필요한 모든 시험편들은 한 세트로 구성하여야 한다.

관 련 근 거

라) 세트의 각 시험편들은 각각 시험되고, 940.1.1.6의 요건에 만족할 것

4) 관의 전체 단면시험편 : 그림 940-5에 규정된 치수에 적합한 인장시험편은 바깥지름 75 ㎜이하인 관의 인장시험에 사용될 수 있다.

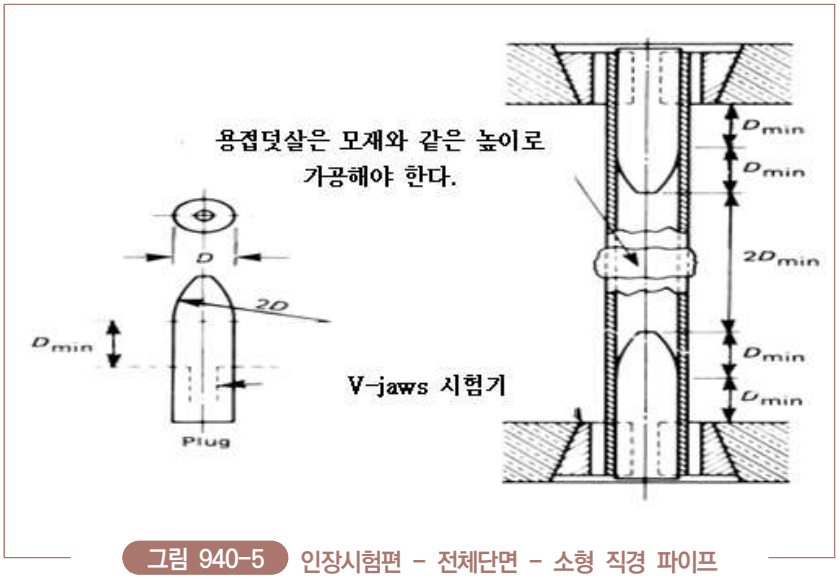
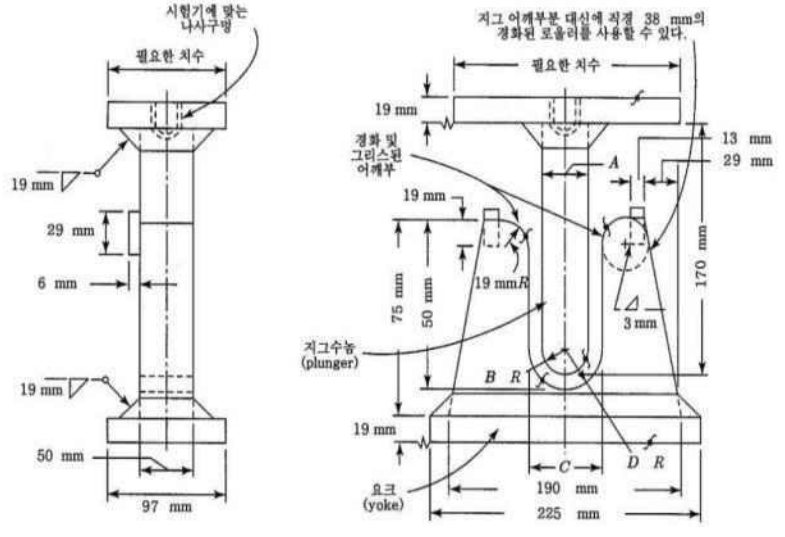


그림 940-5 인장시험편 - 전체단면 - 소형 직경 파이프

다. 형틀 굽힘시험 : 시험편은 직사각형 단면 형태로 시험판 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 그림 940-6, 그림 940-7 및 그림 940-8에 따른다. 형틀 굽힘시험편은 5가지 종류이고, 그 분류는 용접부의 축이 시험편 길이방향에 대하여 직각 또는 평행, 그리고 어느 면(측면, 표면 또는 이면)이 굽혀진 시험편의 볼록한 쪽(바깥쪽)에 있는 가에 따라 구분된다. 5가지 종류에 대한 정의는 다음과 같다.

관 련 근 거



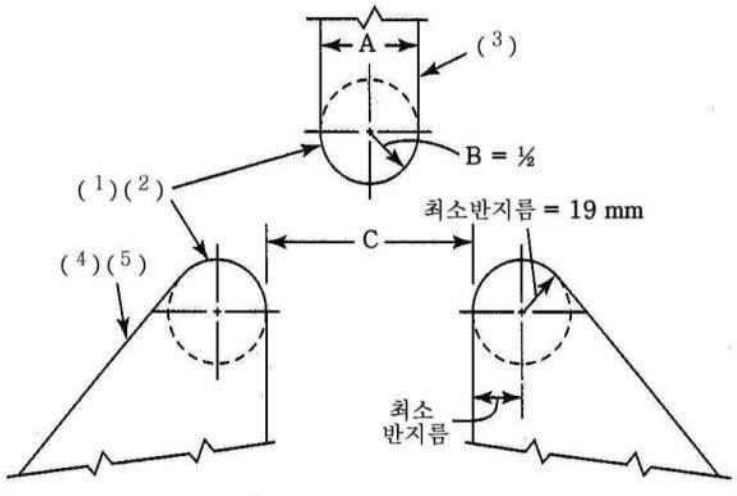
재 료	시험편, t, mm	A, mm	B, mm	C, mm	D, mm
P-No.23과 P-No.21~P-No.25; F-No.23 또는 F-No.26을 가지는 P-No.21 ~ P-No.25; P-No.35; F-No.33, 36 또는 37을 가지는 임의의 P-No.	3 3 미만	50 16½t	25 8¼t	57 18½t+1.6	29 9¼t+0.8
P-No.11A, P-No.11B; P-No.25와 P-No.21 또는 P-No.22 혹은 P-No.25	10 10 미만	67 6⅔t	33 3⅓t	90 8⅔t+3.2	45 4⅓t+1.6
P-No.51; P-No.49	10 10 미만	80 8t	40 4t	103 10t+3.2	52 5t+1.6
P-No.52; P-No.53; P-No.61; P-No.62	10 10 미만	100 10t	50 5t	123 12t+3.2	62 6t+1.6
연신율이 20% 이상인 기타 모든 재료	10 10 미만	40 4t	20 2t	63 6t+3.2	32 3t+1.6
연신율이 20% 미만인 기타 모든 재료	[(주1)]	최대 $32\frac{7}{8}$t	최대 $16\frac{7}{16}$t	최대 A+2t+1.6	최대 ½C+0.8

【주】

(1) 시험지그의 치수는 굽힘시험편의 계산된 연신율이 모재규격에 규정된 최소 연신율 이상이 될 수 있도록 충분한 크기이어야 한다.

그림 940-6 형틀 굽힘시험용 지그의 치수

관 련 근 거



【주】

(1) 경화되고 그리스가 도포된 어깨부분 혹은 회전이 자유로운 경화된 롤러를 사용하여야 한다.

(2) 어깨부 또는 롤러는 시험편의 배치를 위하여 접촉면이 최소 50 ㎜ 이상이어야 한다. 롤러의 높이는 지그 수놈이 제일 아래에 있을 때에 시험편이 롤러사이로 완전히 굽혀질 수 있도록 지그의 저면보다 충분히 높아야 한다.

(3) 지그 수놈은 적절한 기반에 고정되어 시험기에 부착된 것이어야 하고, 굽힘시험 중 치우침 및 어긋남이 없도록 단단히 고정되어 있어야 한다. 지그 수놈의 본체 치수는 표 A칸의 치수 보다 적을 수 있다.

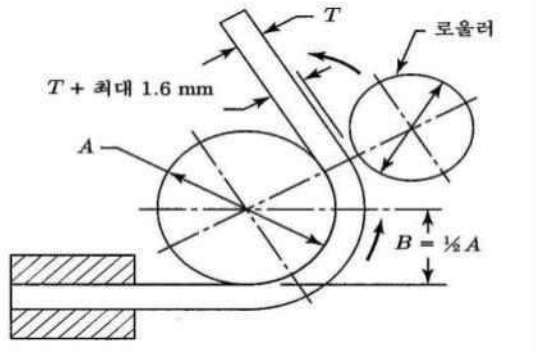
(4) 필요한 경우, 두께가 t인 시험편을 동일한 지그 위에서 시험할 수 있도록 롤러 또는 롤러 지지물을 수평방향에서 조정하도록 제작할 수 있다.

(5) 롤러 지지물은 치우침이나 어긋남에 대비하여 적절한 기반에 고정되어야 하고, 지그 수놈은 롤러사이의 중심에 위치하고 유지되도록 설치되어야 한다.

* 비고 : 시험용 지그의 치수는 그림 940-6 참조

그림 940-7 형틀 굽힘시험용 롤러지그

관 련 근 거



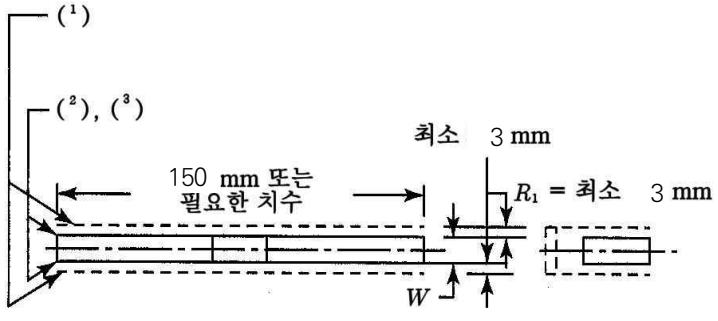
【비고】
1. 시험용 지그의 치수 및 비고는 그림 940-6 참조
2. 규정되지 않은 치수는 설계자의 선택에 따른다. 지그 부분이 움직이지 않도록 단단히 고정하는 것은 필수사항이다.
3. 굽힘시험 중 시험편이 미끄러지지 않도록 시험편의 한쪽 끝을 단단히 고정시켜야 한다.
4. 바깥쪽 롤러가 최초 시작 위치에서 180° 이동하였을 때 시험편을 지그로부터 제거하여야 한다.

그림 940-8 롤러굽힘지그

1) 횡방향 측면 굽힘시험편

용접부가 시험편 길이방향에 직각이고, 한 측면이 굽혀진 시험편의 블록면이 되도록 굽힌다. 횡방향 측면 굽힘 시험편은 그림 940-9에 규정된 치수를 만족하여야만 한다. 모재금속 두께가 38 ㎜(1½ in.) 또는 그 이상인 시험편은 시험을 위하여 너비가 19 ㎜(3/4 in.)와 38 ㎜(1½ in.) 사이의 대략 같은 너비의 스트립으로 절단 하거나, 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 있도록 복수시험편을 사용해야 한다. 복수시험편을 사용하는 경우, 필요한 각 시험용으로 완전한 세트를 하나씩 만들어야 한다. 만일 시험편을 분할한 경우에는 각각의 시험편은 요구되는 각 시험을 하여 940.1.1.13의 '1'의 요건을 충족하여야 한다.

관 련 근 거



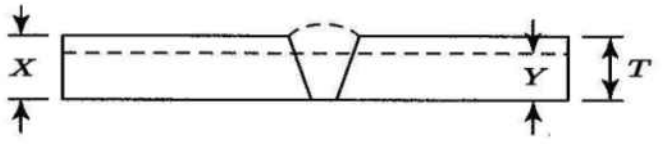
【주】

(1) [부록 3.2]에 규정된 P-No.1 이외의 재료에 대한 용접절차시방서 인정의 경우, 만약 측면 굽힘시험편의 표면이 가스 절단된 경우에는 그 표면으로부터 3 ㎜ 이상을 기계가공 또는 연마하여 제거하여야 한다.

(2) P-No.1 재료의 경우에는 그런 제거작업이 필요하지 않으나 거친 표면은 기계가공 또는 연마하여 다듬어야 한다.

(3) [부록 3.2]에 규정된 모든 재료에 대한 기량 인정의 경우, 만약 측면 굽힘시험편의 표면이 가스 절단된 경우에는 거친 표면은 기계가공 또는 연마에 의해서 다듬어져야한다.

T, ㎜	y, ㎜	W, ㎜	
10≤ T 〈38	T [주(1)]	P-No.23, F-No.23, F-No.26 또는 P-No.35	기타 모든 재료
≥ 38	[주(1) 및 (2)]	3	10
		3	10



【주】

(1) 용착부 t가 시험재 두께 T 1보다 작은 때에는, 측면굽힘 시험편의 두께는 t 로 한다.

(2) 시험재 두께 T가 38 ㎜를 초과하는 경우에는 다음 중의 하나를 사용하여야 한다.

1. 시험편을 거의 같은 치수(19 ~38 ㎜)의 분할 복수시험편으로 절단한다.
   y = 한 시험재에서 분할 복수시험편을 채취할 경우의 시험편 두께
2. 시험편은 전체 폭으로 굽힐 수 있다. 그림 940-6의 지그폭에 관한 요건 참조

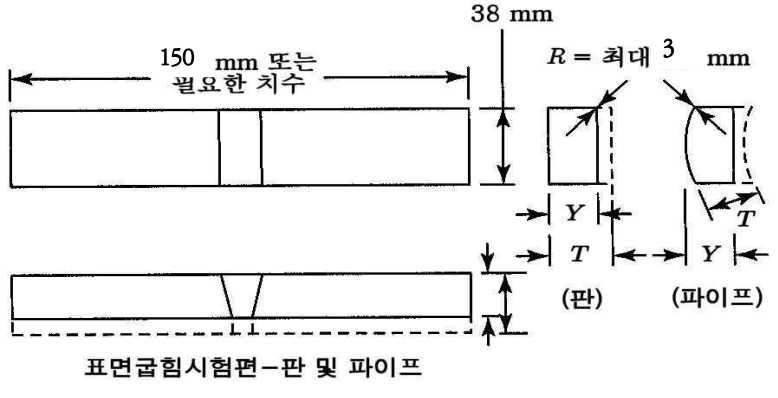
* 비고 용접 덧살 및 받침쇠 또는 받침링이 있는 경우에는 이 용접 덧살 및 받침쇠 또는 받침링을 시험편의 표면과 같은 높이로 제거하여야 한다.

그림 940-9 측면 굽힘시험편

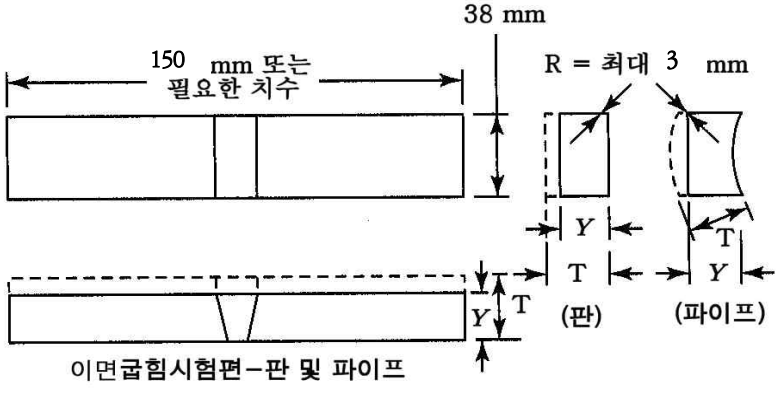
관 련 근 거

2) 횡방향 표면 굽힘시험편

용접부가 시험편의 길이방향에 직각이고, 표면이 굽혀진 시험편의 볼록면이 되도록 굽힌다. 표면 굽힘시험편은 그림 940-10에 규정된 치수를 만족하여야 한다.



표면굽힘시험편-판 및 파이프



이면굽힘시험편-판 및 파이프

T, ㎜	y, ㎜	
	P-No.23, F-No.23, F-No.26 또는 P-No.35	기타 모든 재료
1.5 〈 3	T	T
3 ~ 10	3	T
〉 10	3	10

관 련 근 거

1. 용접덧살 및 받침쇠 또는 받침링이 있는 경우에는 이 용접 덧살 및 받침쇠 또는받침링을 시험편 표면과 같은 높이로 제거하여야 한다. 만약 리세스된 링을 사용할 경우, 시험편의 표면은 리세스 링을 제거할 수 있는 깊이를 초과하지 않을 정도로 기계 가공될 수 있다. 다만, 이러한 경우에 완성된 시험편의 두께는 위의 규정을 준수하여야 한다. 비철금속은 불꽃 절단되어서는 아니 된다.
2. 만약 시험된 파이프의 공칭지름이 100 ㎜이하루트, DN 50 ~ DN 100 ㎜의 파이프의 경우에는 굽힘시험편의 폭을 19 ㎜로 할 수 있다. 파이프 지름이 10 ㎜ 이상 DN50 미만인 경우에는 굽힘시험편의 폭을 10 ㎜로 할 수 있고, 그 반대로 만약 시험된 파이프의 공칭지름이 25 ㎜이하루트, 굽힘시험편의 폭은 파이프를 4등분하여 얻은 수치(톱절단 또는 기계절단의 허용오차보다 적은 수치)로 할 수 있다. 이와 같이 4등분으로 분할된 시험편은 그림 940-10에 명시된 것과 같이 1개의 표면을 평평하게 하기 위하여 가공될 필요가 없다. 비슷한 크기의 튜브로부터 채취한 굽힘시험편은 유사한 방법으로 취급될 수 있다

그림 940-10 표면 및 이면굽힘시험편(횡방향)

3) 횡방향 루트 굽힘시험편

용접부가 시험편의 길이방향에 직각이고, 루트면이 굽혀진 시험편의 볼록면이 되도록 굽힌다. 루트 굽힘시험편은 그림 940-10에 규정된 치수에 만족하여야 한다.

4) 소형 횡방향 표면 및 루트 굽힘시험편은 그림 940-10의 비고 2에 따른다.

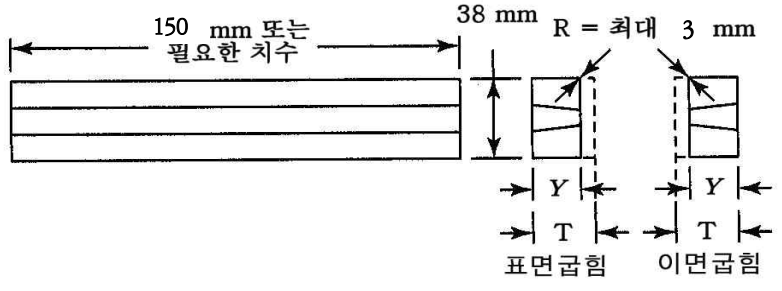
5) 세로방향 굽힘시험편

세로방향 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.

6) 세로방향 표면 굽힘시험편

용접부가 시험편의 길이방향에 평행이고, 표면이 굽혀진 시험편의 볼록면이 되도록 굽힌다. 세로방향 굽힘시험편은 그림 940-11에 규정된 치수를 만족하여야 한다.

관 련 근 거



T, ㎜	y, ㎜	
	P-No.23, F-No.23, 또는 P-No.35	기타 모든 재료
1.5 〈 3	T	T
3 ~ 10	3	T
〉 10	3	10

용접덧살 및 받침쇠 또는 받침링이 있는 경우에는 이 용접덧살 및 받침쇠 또는받침링을 시험편의 표면과 같은 높이로 반드시 제거하여야 한다. 만약 리세스드 스트립(Recessed strip)을 사용할 경우, 시험편의 표면은 리세스를 제거할 수 있는 깊이를 초과하지 않을 정도로 기계 가공될 수 있다. 다만, 이러한 경우에 완성된 시험편의 두께는 위의 규정을 준수하여야 한다.

그림 940-11 세로방향 표면 및 이면굽힘시험편

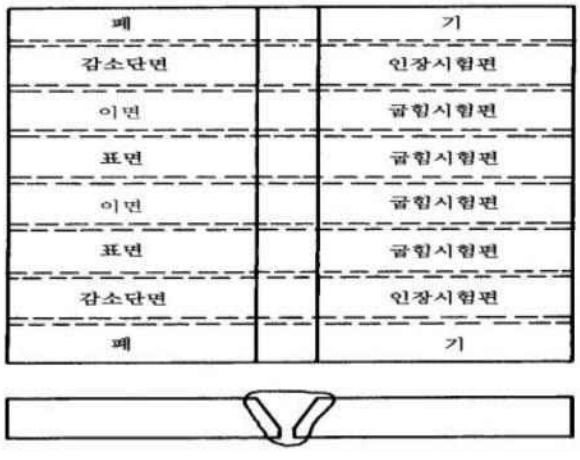
7) 세로방향 루트 굽힘시험편

용접부가 시험편의 길이방향에 평행이고, 루트면이 굽혀진 시험편의 볼록면이 되도록 굽힌다. 세로방향 루트 굽힘시험편은 그림 940-11에 규정된 치수를 만족하여야 한다.

8. 시험편 채취방법은 아래와 같다.

가. 판두께 19 ㎜ 미만 용접절차 인정시험편 채취방법은 그림 940-12에 따른다.

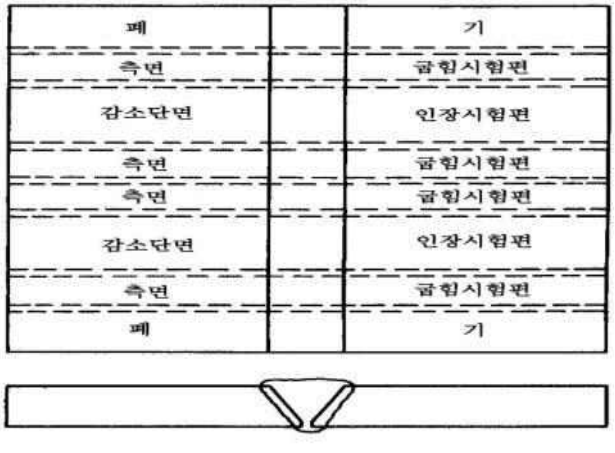
관 련 근 거



■ 판두께 19 mm 미만

그림 940-12 용접절차 인정시험편 채취방법

나. 판두께 19 ㎜ 초과 및 10 ㎜~19 ㎜이하인 대체두께 용접절차 인정시험편 채취방법은 그림 940-13에 따른다.



■ 판두께 19 ㎜ 초과 및 10 ㎜ ~ 19 ㎜ 이하인 대체두께

그림 940-13 용접절차 인정시험편 채취방법

관 련 근 거

다. 판에 대한 용접절차 세로방향 인정 시험편의 채취방법은 그림 940-14에 따른다.

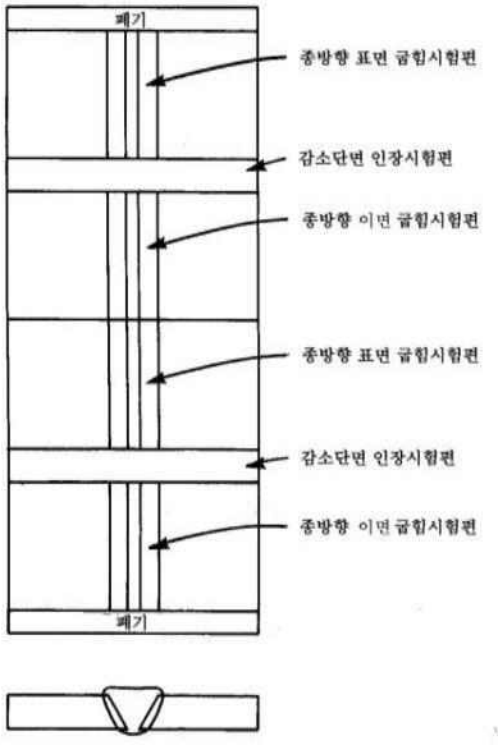


그림 940-14 용접절차인정 세로방향 시험편의 채취방법 - 판

라. 19 ㎜ 미만두께의 관 시험재에 대한 용접절차 인정시험편의 채취방법은 그림 940-15에 따른다.

관 련 근 거

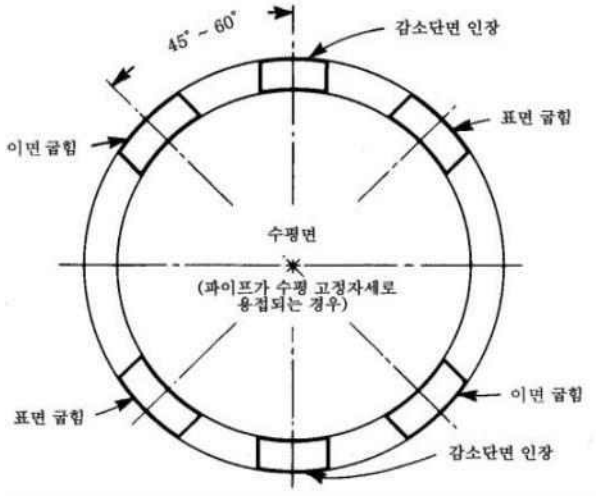


그림 940-15 용접절차 인정시험편의 채취방법 - 파이프

마. 19 ㎜ 이상두께에 대한 관 시험재의 용접절차 인정시험편의 채취방법은 그림 940-16에 따른다.

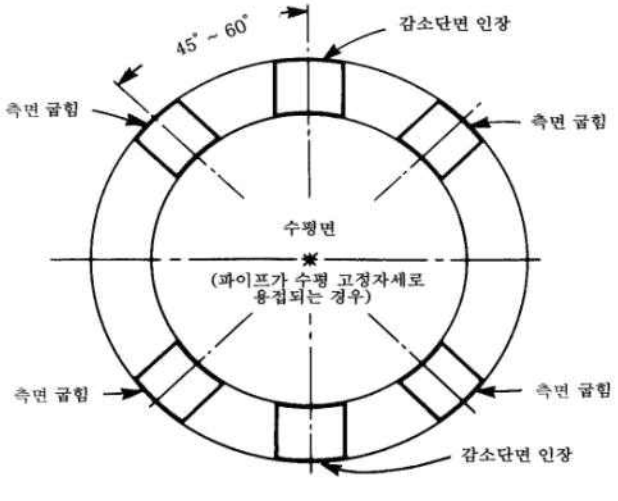


그림 940-16 용접절차 인정시험편의 채취방법 - 파이프

관 련 근 거

바. 노치-인성 시험편의 채취는 그림 940-17에 따른다.

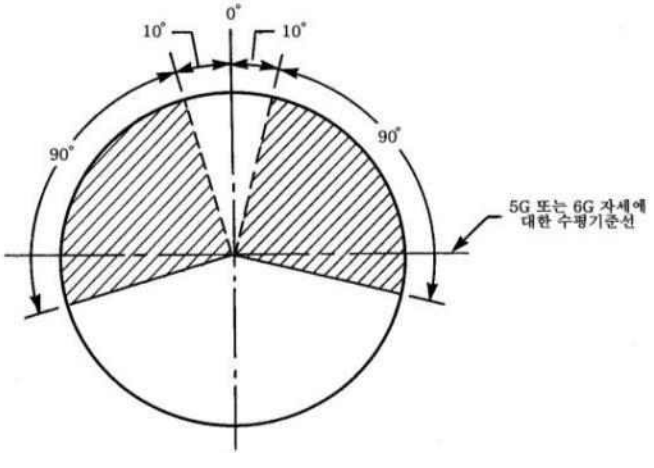


그림 940-17 인성 시험편의 채취위치

940.1.1.6 용접절차인정 합격기준

KEC 161.6
ASME SEC.IX, 2019

1. 인장시험절차 인정을 위한 인장강도의 최소값은 아래에 규정된 값 이상의 인장강도를 가져야한다.
   가. 규정된 모재의 최소인장강도
   나. 규정된 최소인장강도가 서로 다른 두 모재를 사용한다면, 두 모재의 규정된 최소인장강도 중 작은 값
   다. 실온에서 모재보다 더 낮은 강도를 가지는 용접금속의 사용을 관련 규격에서 규정할 경우, 용접금속의 규정된 최소인장강도
   라. 시험편이 용접부 또는 용접부 경계 밖의 모재에서 파괴되는 경우, 그때의 강도가 모재의 규정된 최소인장강도의 95 % 이상

비고

각 재료별 인장강도 최소값은 ASME 모재의 구분(철강 및 비철 재료의 구분) 에 따라 ASME BPVC. Sec IX Table QW/QB-422를 준용 한다.

관 련 근 거

KEPIC MQW -153.1

마. 13 mm(1/2 in)이하인 알루미늄 알클래드(Alclad) 재료(P-21 ~P-23)의 최소 규정 인장강도는 클래딩을 포함한 전 두께시험편에 대한 것이며, 13 mm(1/2 in)이상인 알루미늄 알클래드 재료의 경우 최소 규정 인장강도는 클래딩을 포함한 전 두께 시험편과 중심부에서 채취한 시험편에 같이 적용될 것

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 ㎜를 초과하는 열린 불연속부가 있어서는 아니 된다. 시험 중 시험편의 모서리에 생기는 열린 불연속부는 그 열린 불연속부가 융합불량, 슬래그 개재물 또는 다른 내부결함의 결과로 인해 발생했다는 명확한 증거가 없는 한 고려되지 않아야 한다. 내식육성 용접클래딩의 경우에는 어느 방향으로 측정하여도 클래딩 내에 1.5 ㎜를 초과하는 열린 불연속부가 없어야 한다. 접합부에는 3 ㎜를 초과하는 열린 불연속부가 없어야 한다.

3. 특별히 요구되는 경우, 노치인성시험(샤르피 V-노치, 낙하시험) 규정된 요건에 따라 노치 인성시험을 실시하여야 하고 관련규격의 요구조건에 만족하여야 한다.

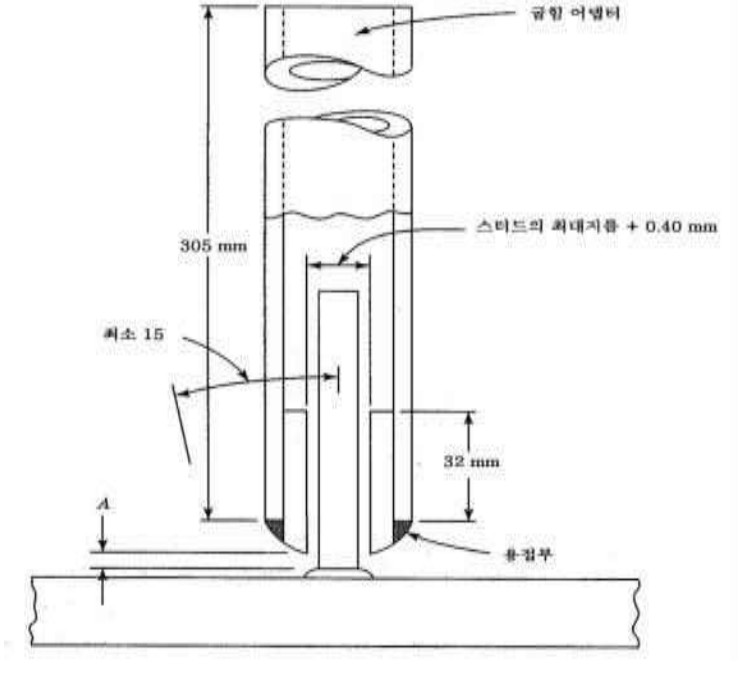
4. 스터드용접부 시험

가. 용접절차 인정 시험편

1) 각 용접절차를 인정하기 위해서는 10개의 스터드용접부 시험이 필요하다. 스터드용접에 사용하는 장비는 용접 시작시의 수동조작을 제외하고는 완전히 자동이어야 한다. 10개의 스터드용접부 중 한 개씩 걸러(5개의 이음) 스터드 길이의 ¼이 시험재 위에서 평평하게 될 때까지 그 위를 햄머링하여 시험하거나 또는 그림 940-18에 따라 시험지그 및 어댑터

관 련 근 거

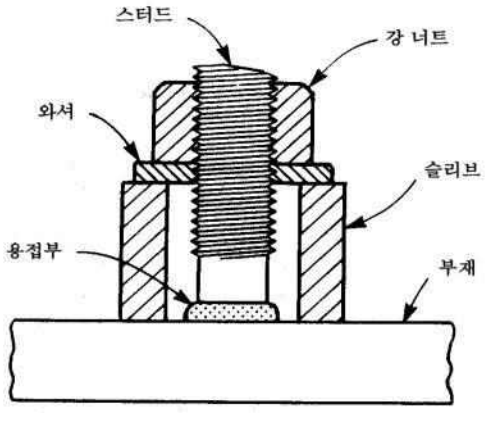
(Adapter)를 사용하여 스터드를 최소한 15° 각도로 굽힌 후 원래의 위치로 되돌려 놓는 굽힘시험을 실시하여야 한다. 남은 5개의 스터드용접부는 그림 940-19에 따라 비틀림 시험장치를 사용하여 비틀림시험을 실시하여야 한다. 비틀림시험이 적절하지 않을 경우에는 인장시험을 실시할 수 있으며, 인장시험용 고정도구는 그림 940-18에 있는 것과 비슷한 것이어야 한다. 다만, 머리부분이 없는 스터드는 용접되지 않은 끝부분을 인장시험기의 물림장치에 물려도 된다.



스터드지름, ㎜	3	5	6	10	13	16	19	22	25
어댑터간격 A, ㎜	3	3	5	5.5	8	9	12	12	15

그림 940-18 스터드용접 굽힘시험용 지그

관 련 근 거



【비고】
1. 치수는 스터드의 크기에 적합하여야 한다.
2. 스터드의 나사부는 깨끗하여야 하고 절단용 기름이외의 윤활유는 스터드 나사 표면에 잔존하여서는 아니 된다.

그림 940-19 스터드 용접부에 대한 비틀림시험

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

3) 비틀림시험 합격기준

5개 시험편이 각각 스터드용접부는 파괴가 일어나기 전에 아래 표 940-5 및 표 940-6에 명시된 비틀림력을 견딜 수 있어야 한다. 비틀림시험이 적합하지 않은 경우에는 인장시험으로 대체할 수 있다. 탄소강 스터드의 파괴강도는 240 MPa(35,000 psi)이상이고, 오스테나이트 계 스테인리스강 스터드의 파괴강도는 210 MPa(30,000 psi)이상이어야 한다. 기타 금속의 파괴강도는 규정된 최소인장강도의 ½이상이어야 한다. 파괴강도는 수나사가 있는 스터드의 나사진부분 중 최소지름을 기준(단, 축(Shank) 지름이 최소지름보다 작은 경우는 제외한

관 련 근 거

다)으로 하거나 혹은 파괴가 일어난 나사가 없는 부분, 암나사 부분 또는 지름이 감소된 스터드 부분의 원래 단면적을 기준으로 한다.

표 940-5 나사진 탄소강 스터드의 최소 필요 비틀림력

스터드 공칭 지름, ㎜	나사산 수 및 나사표시	시험토오크 J	스터드 공칭 지름, ㎜	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 940-6 나사진 오스테나이트계 스테인리스강 스터드의 최소 필요 비틀림력

스터드 공칭 지름, ㎜	나사산 수 및 나사표시	시험토오크 J	스터드 공칭 지름, ㎜	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	–	–	–

관 련 근 거

4) 매크로시험 합격기준

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

5. 튜브와 튜브시트 시험

가. 용접절차 인정시험편

각각의 용접절차를 인정하기 위하여 10개의 실물모형 용접이 요구된다. 실물모형의 조립은 940.1.1.8의 4의 '다' 필수 변수 한계 내에서 튜브 구멍 형상과 튜브-튜브시트 이음부 설계는 반드시 동일하여야 한다. 실물모형의 튜브시트 두께는 제품의 두께와 동등 이상이어야 하나, 50 ㎜(2 in.)보다 두꺼울 필요는 없으며 클래딩(피복)은 클래딩 성분과 동등한 화학성분을 갖는 모재로 대체할 수 있다. 그 실물모형 용접은 다음의 시험용으로 제출되어야 하며 적용되는 합격기준에 부합하여야 한다.

나. 육안검사 합격기준

육안검사는 940.1.7 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.

다. 침투 탐상시험 합격기준

침투탐상검사는 부록4에 따르며, 용접표면은 아래의 지시는 허용되지 않는다.

1) 선형지시

2) 5 ㎜(3/16 in.)를 초과하는 원형 지시

3) 원형지시의 간격이 1.5 ㎜(1/16 in.)이하로, 동일선상에서 독립된 4개 이상의 원형 지시

라. 매크로시험(Macro Exam.) 합격기준

실물모형 용접부는 매크로시험을 위하여 튜브의 중심을 관통한

관 련 근 거

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.

1) 설계에서 요구되는 최소 기밀유지 용접층의 치수가 설계요건 이상 일 것
2) 균열이 없을 것
3) 튜브시트와 튜브 벽면에 용접 된 용착부가 완전용융 될 것

940.1.1.7 용접설비

KEC 161.7
ASME SEC.IX, 2019

1. 기술기준 제163조에서 언급된 '용접시공법에 적정한 것'이란 용접을 일관되게 재현할 수 있는 성능을 가진 설비를 말하며 용접작업자가 용접상태에 따라 용접전류의 세기를 조절할 수 있는 것을 말한다.
   가. 각 저항용접기는 용접부를 일관되게 재현할 수 있는 성능을 가지고 있는지의 여부를 판정하기 위하여 시험되어야 한다.
      1) 예열 주기, 전극봉 압력, 용접 전류, 용접시간 주기 또는 후열 주기는 절차인정기록서에 기록된 값들로부터 ±5 %까지 변경할 수 있으며, 위의 설정들 중 한 가지만이 변화할 때는 ±10 %까지 변경할 수 있다.
   나. 용접기는 재조립, 전원의 변경이 수반되는 새로운 장소로의 이동, 전원의 변경 및 기기에 중대한 변경이 있을 때마다 재검정을 받아야 한다.
   다. 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.
   라. P-No.21~P-No.26 알루미늄합금에 대한 인정은 모든 재료에

관 련 근 거

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.15F과 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.

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

940.1.1.8 용접사 기량 인정시험방법

KEC 161.8
ASME SEC.IX

1. 자격인정
   용접공정을 사용할 인원을 인정하는 목적은 절차시방서를 사용하여 건전한 이음부를 생산할 수 있는 능력을 입증하기 위한 것이다.

KEPIC MQM -61

2. 자격인정기록서
   자격인정기록서는 조직의 절차시방서에 따라 하나 이상의 이음공정을 사용하는 인원이 시험재 생산시 발생한 사항을 문서화한 것이다. 기록서는 최소한으로 아래사항을 문서화해야 한다.
   가. 시험재를 생산하는데 사용된 각 공정에 대한 필수변수
   나. 해당 용접에서 요구되는 인정변수의 범위
   다. 요구되는 시험 및 비파괴검사의 결과
   라. 시험을 하는 동안 적용된 절차서의 식별조직은 요건에 따라서 수행된 자격인정시험기록을 다루어야 하며, 품질관리시스템에 기술된 대로 서명 또는 기타 방법으로 자격인정기록서를 인증해야 한다. 자격인정기록서를 검토를 위해 이용할 수 있어야 한다.

KEPIC MQM -61

3. 용접사 및 자동용접사의 기량인정시험 시 시험용 재료 또는 초기 제작 용접부의 체적비파괴시험을 하거나 시험용 재료에서 채취한 시험편으로 굽힘시험하여 그 자격을 인정 받을 수 있다. 기량인정

관 련 근 거

시험은 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.

가. 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.

4. 용접절차시방서와 절차인정시험재를 준비한 용접사는 [부록 3.2]에서 지정하는 제한 범위 내에서만 인정된다.

5. 시험기록 [부록 3.3] 서식 3, 4 용접사 또는 자동용접사 기량인정시험(WPQ, Welder or Welding Operator Performance Qualification) 기록에는 필수변수, 시험 종류 및 시험 결과와 각 용접사 및 자동용접사가 940.1.1.9에 따라 인정되는 범위가 포함되어야 한다.

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

가. 수동용접사의 용접법별 필수변수는 아래 표 940-7부터 표 940-12까지이며, 필수변수의 적용에 대하여는 [부록 3.2의 비고] '용접변수에 대한 사용법'에 따른다.

관 련 근 거

표 940-7 산소가스용접(OFW)의 용접사 인정 필수변수

항 목		변수의 개요
이음(2)	7	+ 받침
모재(3)	2	인정 최대두께 T
	18	ø P-No.
용가재(4)	14	± 용가재
	15	ø F-No.
	31	ø 용착금속두께 t
자세(5)	1	+ 자세
가스(8)	7	ø 가스 종류
기호 설명 : ø변경, +추가, -제거, ↑상진, ↓하진		

표 940-8 피복아크용접(SMAW)의 용접사 인정 필수변수

항 목		변수의 개요
이음(2)	4	- 받침
모재(3)	16	ø 관 지름
	18	ø P-No.
용가재(4)	15	ø F-No.
	30	ø 용착금속두께 t
자세(5)	1	+ 자세
	3	ø ↑↓수직용접
기호 설명 : ø변경, +추가, -제거, ↑상진, ↓하진		

표 940-9 반자동 서브머지드아크용접(SAW)의 용접사 인정 필수변수

항 목		변수의 개요
모재(3)	16	ø 관 지름
	18	ø P-No.
용가재(4)	15	ø F-No.
	30	ø 용착금속두께 t
자세(5)	1	+ 자세
기호 설명 : ø변경, +추가, -제거, ↑상진, ↓하진		

관 련 근 거

표 940-10 반자동 가스메탈아크용접(GMAW)의 용접사 인정 필수변수 (플럭스코어드아크용접(FCAW)포함)

항 목		변수의 개요
이음(2)	4	- 받침
모재(3)	16	ø 관 지름
	18	ø P-No.
용가재(4)	15	ø F-No.
	30	ø 용착금속두께 t
	32	t제한(단락아크)
자세(5)	1	+ 자세
	3	ø ↑↓수직용접
가스(8)	8	- 백킹가스(backing gas)
전기적 특성(9)	2	ø 이행방식
기호 설명 : ø변경, +추가, -제거, ↑상진, ↓하진		

표 940-11 수동 및 반자동 가스텅스텐아크용접(GTAW)의 용접사 인정 필수변수

항 목		변수의 개요
이음(2)	4	- 받침
모재(3)	16	ø 관 지름
	18	ø P-No.
용가재(4)	14	± 용가재
	15	ø F-No.
	22	± 소모용 삽입물
	23	ø 용가재의 제품형태
	30	ø 용착금속두께 t
자세(5)	1	+ 자세
	3	ø ↑↓수직용접
가스(8)	8	- 백킹가스(backing gas)
전기적 특성(9)	4	ø 전류 또는 극성
기호 설명. ø변경, +추가, -제거, ↑상진, ↓하진		

관 련 근 거

표 940-12 수동 및 반자동 플라즈마아크용접(PAW)의 용접사 인정 필수변수

항 목		변수의 개요
이음(2)	4	- 받침
모재(3)	16	ø 관 지름
	18	ø P-No.
용가재(4)	14	± 용가재
	15	ø F-No.
	22	± 소모용 삽입물
	23	ø 용가재의 제품형태
	30	ø 용착금속두께 t
자세(5)	1	+ 자세
	3	ø ↑↓수직용접
가스(8)	8	- 백킹가스(backing gas)
기호 설명 : ø변경, +추가, -제거, ↑상진, ↓하진		

나. 자동용접사의 필수변수는 아래와 같다.

1) 자동용접에서 기계용접으로의 변경
2) 용접법의 변경
3) EBW 및 LBW의 경우, 용가재의 추가 또는 삭제
4) LBW의 경우, 레이저 종류의 변경(예 : CO_2에서 YAG로의 변경)
5) 마찰용접의 경우, 연속구동용접에서 관성용접으로의 변경 또는 그 반대의 변경

다. 기계용접의 필수변수는 아래와 같다.

1) 용접법의 변경
2) 직접 육안감시에서 원격 육안감시로 변경 및 원격 육안감시에서 직접 육안감시로 변경
3) 가스텅스텐아크용접에 대한 자동 아크 전압 제어 시스템의 삭제
4) 자동이음부 추적장치의 삭제
5) 이미 인정된 것 이외의 용접자세의 추가

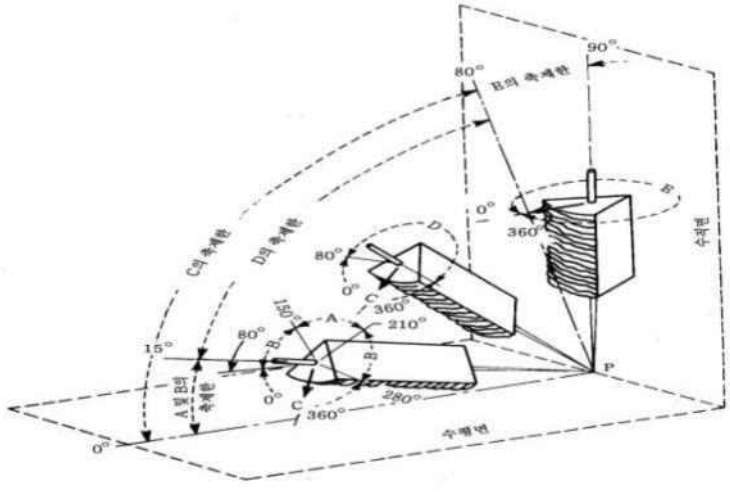
관 련 근 거

6) 소모용 삽입물의 삭제. 다만, 필릿 용접 및 받침이 있는 용접 자격을 갖춘 소모용 삽입물 제외
7) 받침의 삭제. 양쪽면 그루브용접은 받침이 있는 용접으로 간주한다.
8) 측단 단일패스에서 측당 다중패스로 변경. 단, 그 반대의 경우는 해당되지 않는다.
9) 하이브리드 플라즈마-GMAW 용접의 경우 자동용접사 자격을 위한 필수변수는 표 940-12을 따라야 한다.

라. 튜브와 튜브시트 용접절차 필수 변수는 아래와 같다.

1) 모든 용접법
가) 용접법 변경 시
나) 용가재의 추가 또는 삭제, 그루브 깊이 증가, 그루브 각도 감소 또는 그루브 형식 변 경과 같은 용접이음 형상변경 (제조오차 벗어난 것)
다) 규정 벽두께 2.5 ㎜ 이하인 튜브의 경우, 규정 벽두께의 10 %이상 증감. 규정 벽두께가 2.5 ㎜를 초과하는 튜브를 사용하여 시험하는 경우, 하나의 인정시험으로 2.5 ㎜를 초과하는 모든 두께에 대해 인정
라) 규정직경 50 ㎜ 이하이고 규정벽두께가 2.5 ㎜ 이하의 튜브에 대하여는 튜브 직경의 10 % 보다 크게 감소할 때 벽두께 2.5 ㎜ 초과의 튜브에 대하여 직경은 필수변수가 아니다.
마) 튜브간 중심거리(리거먼트)가 10 ㎜ 또는 규정된 벽두께의 3배보다 작을 때는 리거먼트의 규정된 폭이 10 % 또는 그 이상 감소할 때
바) 다중용접 패스에서 1회 용접패스 또는 그 반대로 변경 시
사) 그림 940-20에 따라 인정된 튜브와 튜브시트 접합부의 용접자세 변경 시

관 련 근 거



그루브 용접자세의 축, 경사각 및 회전각			
자세	축의 기호	축의 경사각(°)	면의 회전각(°)
아래보기	A	0 ~ 15	150 ~ 210
수평	B	0 ~ 15	80 ~ 150 210 ~ 280
위보기	C	0 ~ 80	0 ~ 80 280 ~360
수직	D E	15 ~ 80 80 ~ 90	80 ~ 280 0 ~ 360

기준수평면은 항상 용접부의 아래에 있는 것으로 한다. 용접축의 경사는 기준수평면에서 수직방향으로 측정한다. 용접면의 회전각은 용접축에 직각을 이루는 선과 이 축을 포함하는 수직면에 있는 선으로부터 측정된다. 용접면 회전각의 기준위치(0 °)는 항상 축의 경사각이 증가하는 방향의 반대방향이다. 용접면의 회전각은 P점에서 볼 때 이 기준위치(0 °)로부터 시계방향으로 측정된다.

그림 940-20 용접자세-그루브 용접

아) 수직용접 자세에서의 방향 변경 시

자) 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

관 련 근 거

카) 만약 용가재가 추가된다면 용착부의 A-No. 변경 또는 용착부의 A-No.가 없을 경 우 용착부의 공칭 성분 변경 시

타) 예열온도가 55 ℃보다 큰 온도로 감소 시 또는 인정된 용접절차시방서의 층간온도가 55 ℃ 보다 큰 온도로 증가 시

파) 용접후열처리의 추가 또는 삭제 시

하) 인정된 용접절차시방서에서 10 %이상 전류 증가 시

2) 피복메탈 아크용접

가) 용접봉 직경 변경 시

나) 용접봉의 F-No. 변경 시

3) 가스텅스텐, 플라스마, 가스 메탈 아크 용접

가) 금속삽입재의 형상 또는 크기의 변경 시

나) 하나의 차폐가스에서 다른 차폐가스 또는 혼합차폐가스로 변경 시

다) 혼합가스 사용 시 ±25 % 증감 또는 2.5 L/min 중 큰 수치로 적은 함량의 가스유 량 변경 시

라) 가스텅스텐 아크 용접 또는 플라스마 아크 용접은 용가재의 삭제 또는 추가 시

바) 가스텅스텐 아크 용접 또는 플라스마 아크 용접은 용접봉 또는 용가재의 공칭직경 변경 시

사) 절차인정기록서 인정 시 보조차폐가스를 사용한 경우 그 시스템 제거 시

아) 용접봉 또는 용가재의 F-No. 변경 시

4) 폭발 용접

가) 모든 벽두께와 직경에 대해 규정 벽두께 또는 직경의 10 % 변경되는 경우

나) 압력적용 방법 변경 시

다) 폭약 형식 변경 또는 에너지 함량이 ±10 % 변경 시

라) 폭약투입 위치와 튜브시트 면과의 거리가 ±10 % 변경 시

마) 튜브와 튜브시트의 규정된 허용오차가 ±10 % 변경 시

관 련 근 거

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

8. 용접사 및 자동용접사 기량인정을 위한 특별 시험
그루브 용접 기량을 인정하기 위하여, 허용 범위 내에서 기계적 시험 대신 방사선투과검사 또는 초음파탐상검사를 실시할 수 있다.

940.1.1.9 인정되는 자세 및 지름의 범위

KEC 161.9
ASME SEC.IX, 2019

1. 그루브 용접 용접사 기량 인정 – 자세 및 지름의 인정범위는 KS B 6751(압력용기-용접일반) 표 29.1의 좌측의 인정시험을 통과한 용접사는 KS B 6751(압력용기-용접일반) 표 29.1의 우측의 범위까지도 인정된다.
   가. 두께가 다른 모재의 용접
      그루브 용접에 대한 인정된 용접절차시방서는 다음과 같은 규정에서 두께가 다른 모재 사이의 제작품 용접에 적용할 수 있다.
      1) 얇은 재료의 두께는 표 940-1 그루브 용접부 인장시험 및 굽힘 시험에서 허용한 범위 내에 있어야 한다.
      2) 두꺼운 재료의 두께는 다음의 규정을 따라야 한다.
         가) 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 ㎜ 이상의 모재가 인정되었다면, 유사한 P-No.를 가진 재료의 이음부에서 사용될 더 두꺼운 재료에 대한 최대 두께를 제한할 필요는 없다.
         나) 기타 다른 모든 재료의 경우, 더 두꺼운 재료의 두께는 표 940-1에서 허용한 범위 내에 있어야 한다. 다만, 두께가 38 ㎜ 이상에서 인정된 경우에는 더 두꺼운 재료의 최대

관 련 근 거

두께를 제한 할 필요는 없다. 두께가 서로 다른 재료 조합을 인정하기 위하여 한 개 이상의 용접절차인정이 필요할 수 있다.

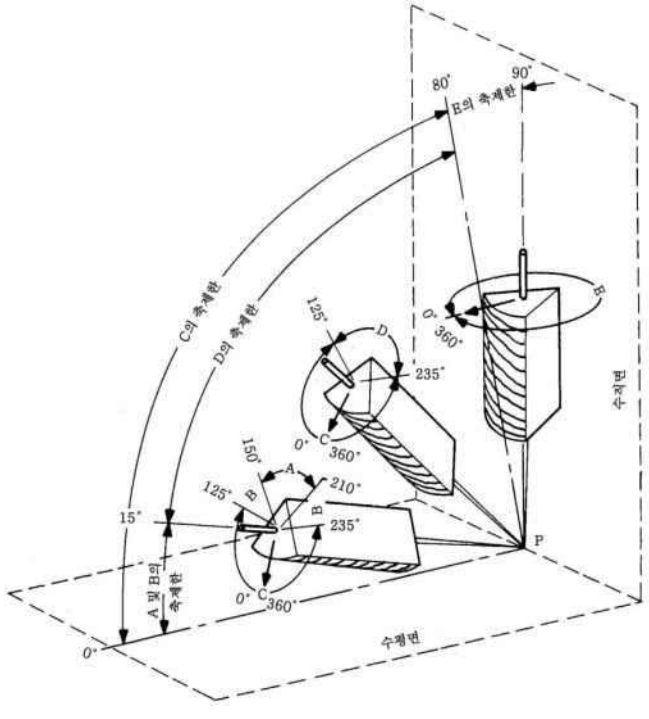
2. 필릿 용접

용접사 기량 인정 – 자세 및 지름의 인정범위는 KS B 6751(압력용기-용접일반) 표 29.1의 좌측의 인정시험을 통과한 용접사 또는 자동용접사는 KS B 6751(압력용기-용접일반)의 표 29.1의 우측의 범위까지도 인정된다. 다만, 표 940-17에 따라 적용될 필수변수의 인정 범위내에 있는 재료의 두께, 필릿용접의 크기와 바깥지름이 73 ㎜ 이상인 관 및 튜브의 필릿용접부 만을 제작하는 것이 인정된다. 바깥지름이 73 ㎜ 미만인 관 또는 튜브에 필릿용접을 실시하는 용접사 또는 자동용접사는 표 940-16에 따라 규정된 시험을 통과하여야 한다.

3. 특수 자세

특수한 방위로 용접을 하는 제조자는 본 특수 방위에 대한 기량 인정 시험을 하여야 한다. 이러한 자격인증은 실제로 시험한 자세와 아래 보기 자세에 대하여 유효하나 그림 940-20과 그림 940-21에 명시된 바와 같이 용접면의 회전 방향과 용접축에 기운 방향과 ±15° 까지는 허용된다.

관 련 근 거



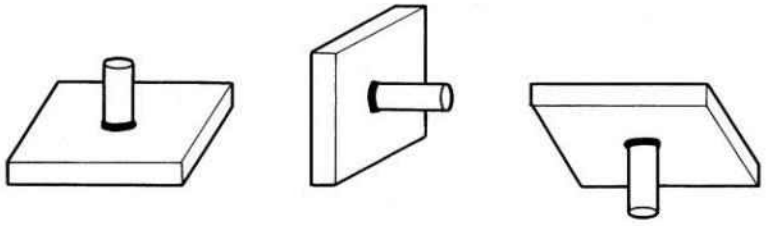
필릿 용접자세의 축, 경사각 및 회전각			
자세	축의 기호	축의 경사각(°)	면의 회전각(°)
아래보기	A	0 ~ 15	150 ~ 210
수평	B	0 ~ 15	125 ~ 150 210 ~ 235
위보기	C	0 ~ 80	0 ~ 125 235 ~360
수직	D E	15 ~ 80 80 ~ 90	125 ~ 235 0 ~ 360

그림 940-21 용접자세-필릿용접

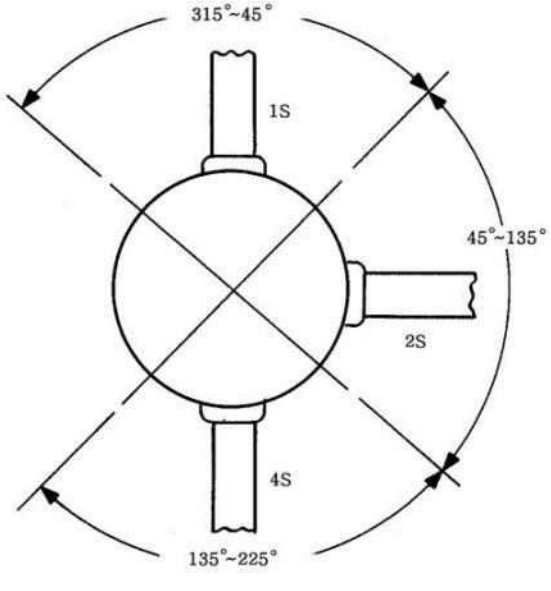
4. 스터드 용접 자세

4S 자세에서 자격인증은 1S 자세를 인정한다. 4S 와 2S 자세의 인정은 모든 자세에 대한 검증을 인증한다. 스터드 용접 자세는 그림 940-22와 같다.

관 련 근 거



시험자세



용접자세

그림 940-22 스터드 용접

5. 튜브와 튜브시트 용접사 및 자동용접사 인증
적용되는 규격에서 튜브와 튜브시트 실증 인증시험이 요구될 때에는 940.1.1.6의 '5'의 '가'를 적용하여야 한다. 만약 특수한 인증시험 요건이 적용되는 규격에 규정되지 않았다면 용접사와 자동용접사는 아래의 방법 중 하나로 검증되어야 한다.

관 련 근 거

가. 1의 '가'에 그루브 용접 요건
나. 940.1.1.6의 '5'의 요건대비 실증시험

940.1.1.10 기량 인정두께의 제한범위 및 시험편

KEC 161.10
ASME SEC.IX

1. 제품용접에서 용접사는 인정된 각 용접법에 대하여 표 940-13부터 표 940-18까지 허용한 두께를 초과하여 용접할 수 없다.
   가. 그루브 굽힘시험은 표 940-13에 따른다.

표 940-13 굽힘시험

구 분	요구된 시험편과 시험의 종류 및 횟수			
용접금속 두께(㎜)	육안검사	측면굽힘 그림 940-9 (1)	표면굽힘 그림 940-10, 11 (1),(2)	루트굽힘 그림 940-10, 11 (1),(2)
10 ㎜미만	x	...	1	1
10이상 19 ㎜미만	x	2(3)	(3)	(3)
19 ㎜ 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 볼록한 표면을 가져야 한다.
(3) 하나의 표면 및 루트 굽힘시험은 두개의 측면 굽힘으로 대체 할 수 있다.

관 련 근 거

표 940-14 용접 금속 인정 두께

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

【주】
(1) 1명 이상의 용접사가 용접할 경우, 각 용접사가 각각의 용접법으로 용접한 용착금속의 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 940-15에 따라 용접사가 인정되기 위한 최소직경의 제품용접에 적용될 수 있다.
(3) 사용된 용접법과 상관없이 3명 이상의 용접사 조합을 인정하기 위해서는 두께 19 ㎜ 이상의 시험재를 사용하여야 한다.

표 940-15 관 그루브 용접 허용한계

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

나. 소구경 필릿 용접시험범위는 표 940-16에 따른다.

표 940-16 소구경 필릿 용접시험

시험재의 바깥지름, ㎜	인정되는 최소 바깥지름, ㎜	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 940-17에 따른다.
(2) 바깥지름 73 ㎜는 DN 65와 동등한 것으로 간주된다.

관 련 근 거

다. T 필릿 용접시험은 표 940-17에 따른다.

표 940-17 T 필릿 용접시험

이음의 종류	용접된 시험재의 두께, ㎜	인정되는 범위, ㎜	시험의 종류 및 횟수 그림 940-35 또는 그림 940-36	
			매크로	파괴
T 필릿 [주(1)]	50이상	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 그림 940-35, 관은 그림 940-36 을 따른다.
(2) 바깥지름 73 ㎜는 DN 65와 동등한 것으로 간주된다. 바깥지름 73 ㎜보다 작은 소구경 관에 대한 인정의 경우에는 표 940-16 또는 표 940-18을 참조한다.

라. 그루브 용접시험에 의한 필릿 인정범위는 표 940-18에 따른다.

표 940-18 그루브 용접에 의한 필릿 인정

이음의 종류	용접시험재의 두께, ㎜	인정범위	시험의 종류 및 횟수
임 의 의 그루브	모든 두께	모든 모재두께, 필릿크기 및 지름	그루브 용접시험으로 용접사 또는 자동용접사를 인정한 경우에는 필릿용접도 인정된다.

940.1.1.11 인정시험재료

KEC 161.11
ASME SEC.IX, 2019

1. 시험재는 판, 관 또는 다른 제품의 형태일 수 있다. 2G 및 5G의 두 자세(그림 940-23)로 하나의 관 조립품을 용접하여 관에 대한 모든 자세를 인정하려고 하는 경우, 관의 구경에 따라 다음과 같이 시험재를 제작하여야 한다.

관 련 근 거

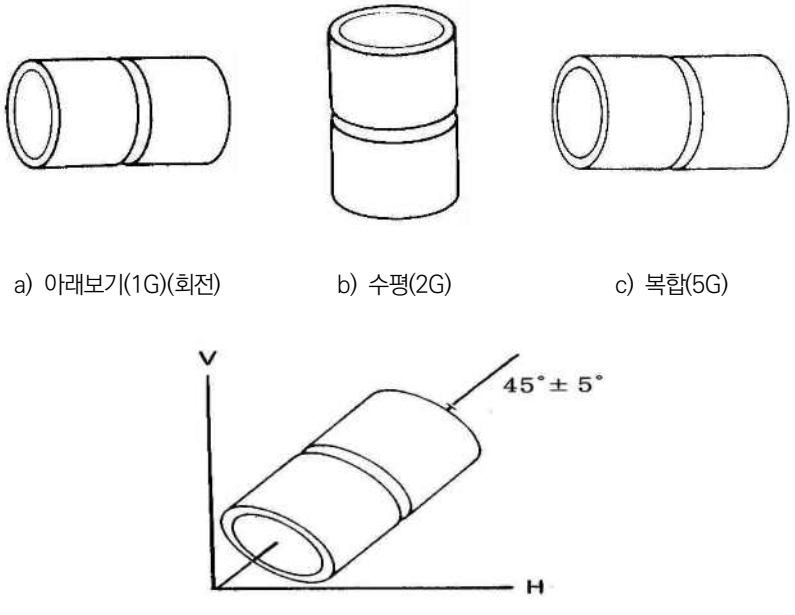


그림 940-23 파이프의 그루브 용접- 시험자세

가. 관이 DN 250 이상인 경우에는 그림 940-31에 따라 시험재를 제작할 것

나. 관이 DN 150 또는 DN 200인 경우에는 그림 940-32에 따라 시험재를 제작할 것

2. 받침이 있는 용접 그루브

양쪽면 그루브 용접 또는 받침이 있는 한쪽면 그루브 용접에 대한 인정시험용 시험재의 용접그루브 치수는 조직이 인정한 용접절차 시방서의 치수와 같거나 그림 940-24과 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.

관 련 근 거

3. 받침이 없는 한쪽면 그루브 용접에 대한 인정시험용 시험재의 용접 그루브 치수는 제조자가 인정한 용접절차시방서의 치수와 같거나 또는 그림 940-25에 따른다.

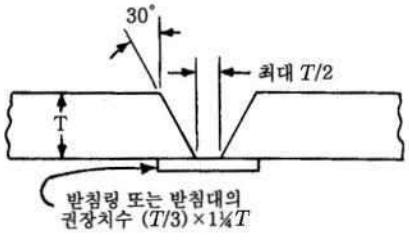


그림 940-24 맞대기 이음

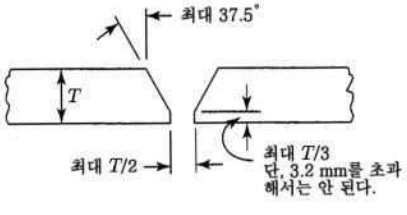


그림 940-25 대체 맞대기 이음

4. 용접사 기량인정에 사용되는 대체 모재는 아래에 따른다.

가. 용접사 기량인정에 사용되는 모재는 용접절차시방서에 규정된 P-No. 재료 대신에 아래에 적합한 재료를 사용할 수 있다. 표 940-19의 인정되는 제품에 표시된 모든 모재는 용접사 기량 시험 중 용접절차시방서에 명시된 모재를 대신하여 용접사 자격 인정 시험재로 대체할 수 있다.

관 련 근 거

표 940-19 용접사 인정용 모재와 대체 모재

용접사 인정용 모재	인정되는 제품의 모재
P-No.1~P-No.15F, P-No34 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

나. 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 재료 규격 및 상응하는 P-No.를 인정기록서에 기록하여야 한다.

940.1.1.12 요구되는 시험의 종류

KEC 161.12
ASME SEC.IX, 2019

1. 기계적 시험

기계적 시험에 대한 시험편의 종류 및 수량은 표 940-13부터 표 940-18까지이고 아래 '가' 및 '나'에 적합하여야 한다.

가. 시험편 채취방법은 아래와 같다.

1) 그루브 용접 시험편은 그림 940-26부터 그림 940-33까지 규정된 방법과 유사한 방법으로 채취하여야 한다.

관 련 근 거

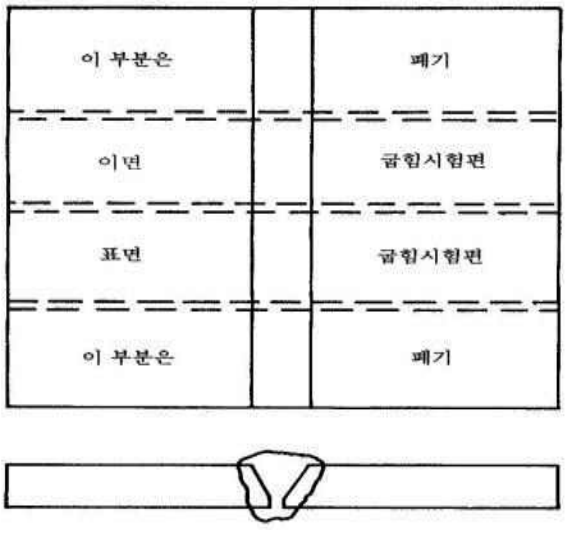


그림 940-26 기량 인정시험편 채취방법-판(판두께 19 ㎜ 미만)

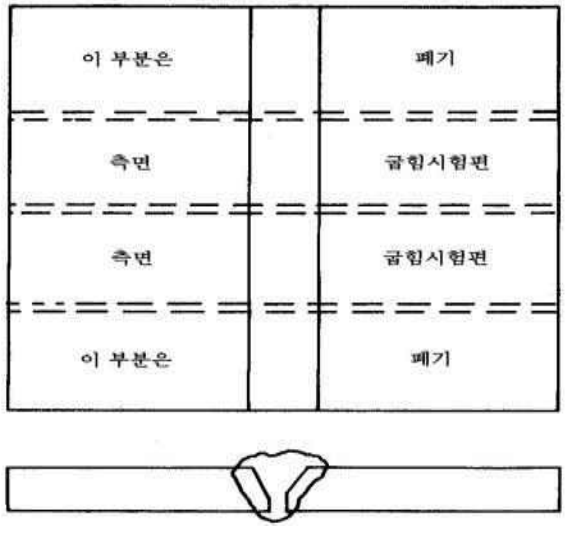


그림 940-27 기량 인정시험편 채취방법-판(판두께 19 ㎜ 이상 및 10 ~ 19 ㎜ 이하인 대체두께)

관 련 근 거

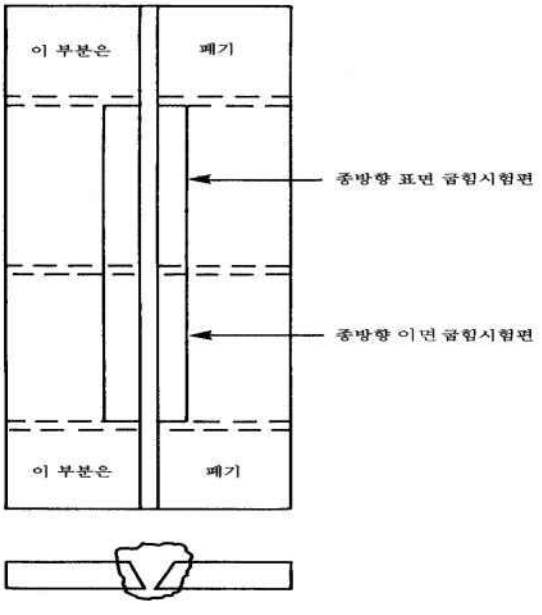


그림 940-28 용접기량인정 세로방향 시험편의 채취방법 - 판

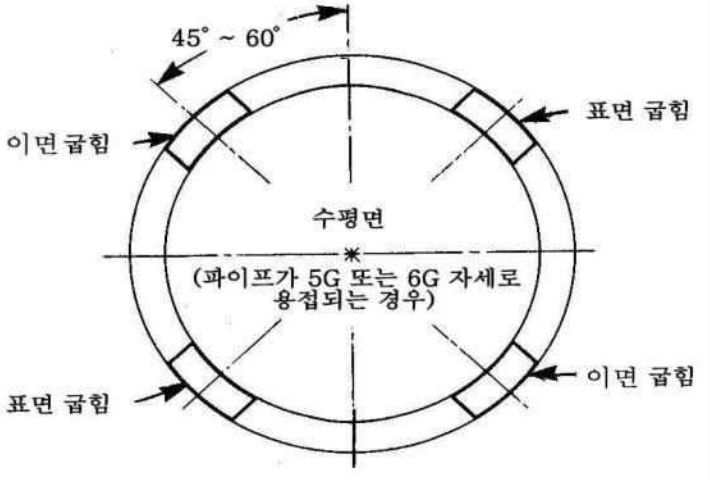


그림 940-29 기량 인정용 파이프의 굽힘 시험편의 채취방법

관 련 근 거

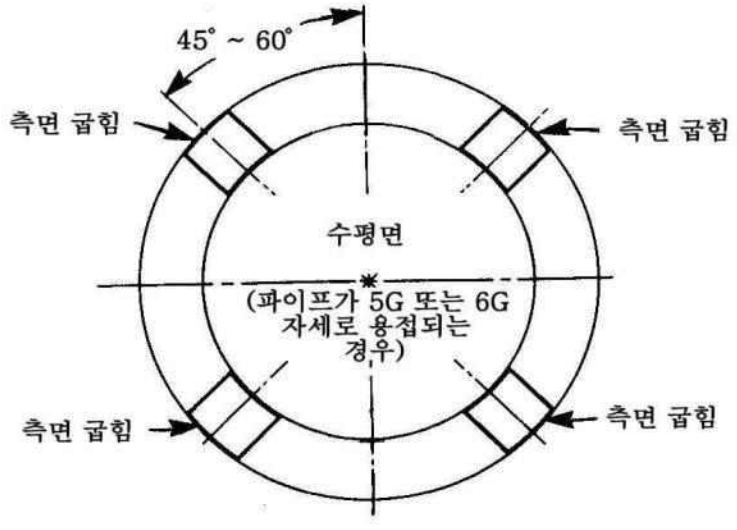


그림 940-30 기량 인정용 파이프의 굽힘시험편 채취방법

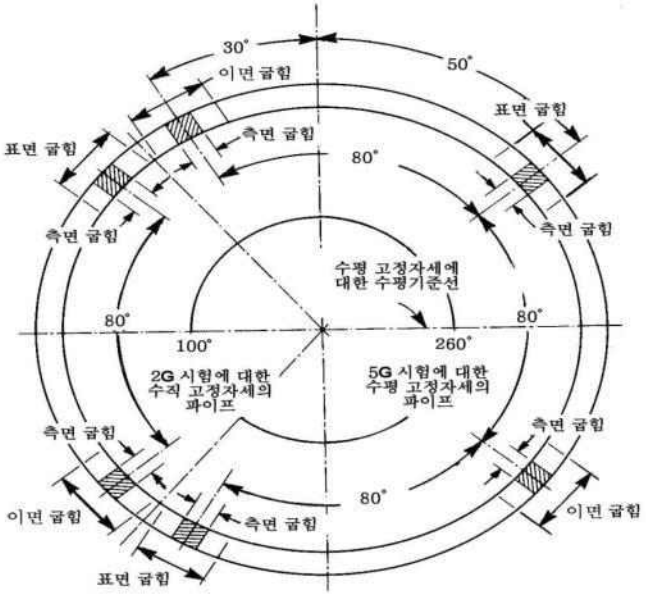


그림 940-31 조합된 기량인정용 굽힘시험편의 채취방법-파이프지름 250 mm

관 련 근 거

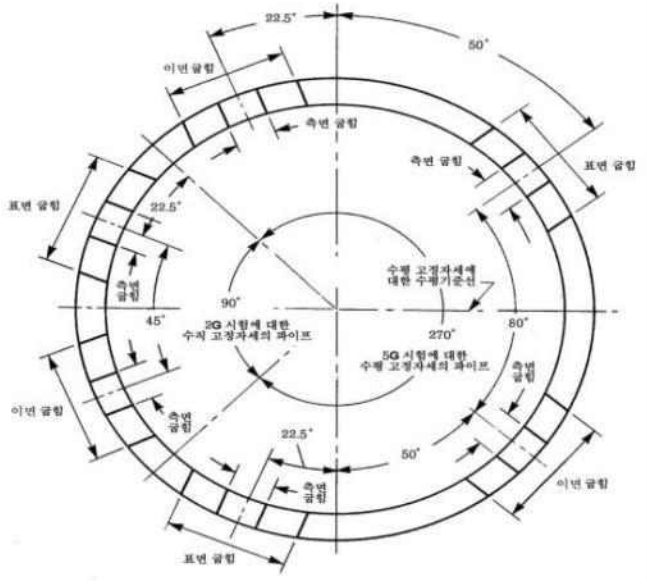


그림 940-32 조합된 기량인정용 굽힘시험편의 채취방법 - 파이프 지름 150 ~ 200 ㎜

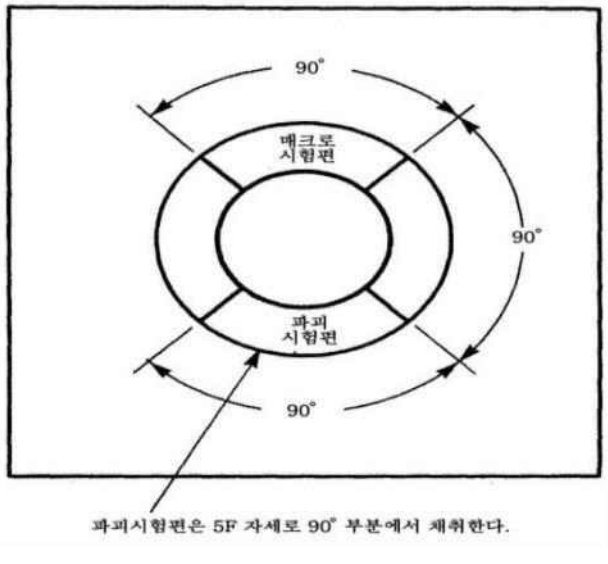
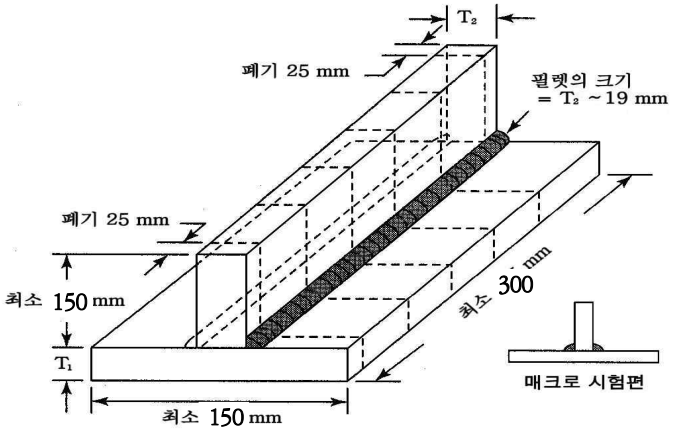


그림 940-33 용접사 및 자동용접사 기량 인정용 시험편 채취방법

관 련 근 거

2) 필릿 용접 시험편은 그림 940-33 및 그림 940-34부터 그림 940-37까지에 규정된 방법과 유사한 방법으로 채취하여야 한다.



T1	T2
3 ㎜ 이하	T1
3 ㎜ 초과	3 ~ T1

매크로시험 - 필릿용접부는 용접루트까지 용입되어야 하나 루트부를 벗어난 부위 까지 용입될 필요는 없다. 용접금속과 열영향부에는 균열이 없어야 한다.

그림 940-34 판재의 필릿용접부 시험편

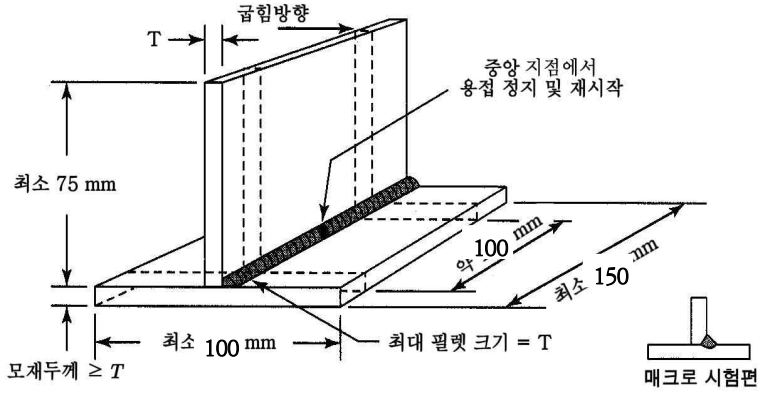
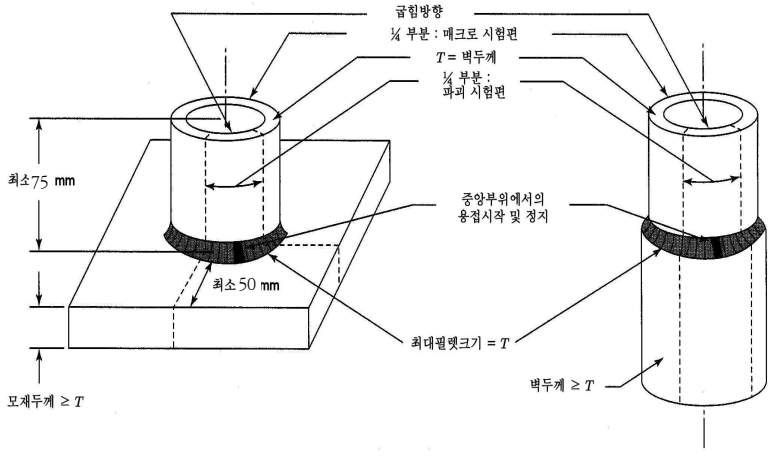


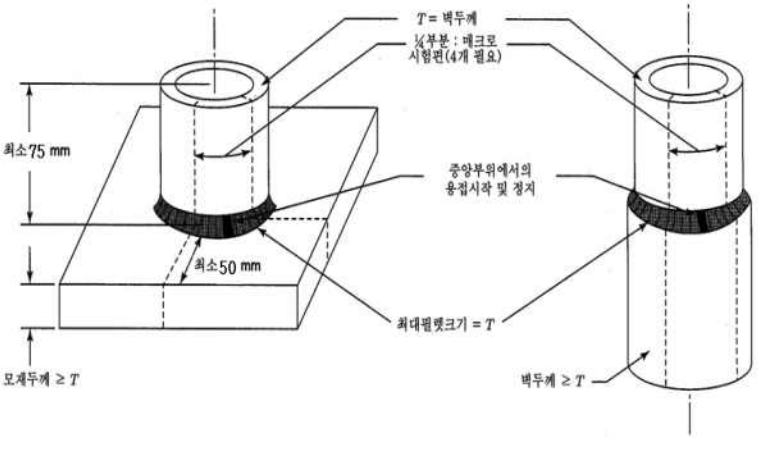
그림 940-35 용접사 및 자동용접사 기량 인정용 판재의 필릿용접 시험편

관 련 근 거



그림과 같이 파이프-판 또는 파이프-파이프를 사용할 수 있다.

그림 940-36 기량인정용 파이프의 필릿용접 시험편



그림과 같이 파이프-판 또는 파이프-파이프를 사용할 수 있다.

그림 940-37 파이프-판/파이프-파이프의 필릿용접부 시험편

관 련 근 거

3) 관 시험재

그림 940-23의 1G 또는 2G 자세로 관에서 제작된 시험재의 경우, 그림 940-29 또는 그림 940-30에 명시된 굽힘시험편(이 굽힘시험편은 위-오른쪽 및 아래-왼쪽의 사분면에 있는 시험편을 제외하고, 그림 940-29의 위-왼쪽 사분면에 있는 이면 굽힘 시험편을 표면 굽힘시험편으로 대체하여야 한다.)과 같이 2개의 시험편을 채취하여야 한다.

4) 그림 940-23의 5G 또는 6G 자세로 관에서 제작된 시험재의 경우, 시험편은 그림 940-29 또는 그림 940-30에 따라서 채취되어야 하고 4개의 모든 시험편은 시험에 합격하여야 한다. 1개의 관 시험재에서 2G 및 5G 두 자세로 제작된 시험재의 경우, 시험편은 그림 940-31 또는 그림 940-32에 따라 채취하여야 한다.

나. 형틀 굽힘시험편 종류 및 가공은 940.1.1.5의 7의 '다'을 준용한다.

다. 형틀 굽힘시험은 다음과 같은 방법으로 실시한다.

1) 지그 형틀 굽힘시험편은 그림 940-6에 적합한 시험지그를 사용하여 굽혀야 한다. 그림 940-6 또는 그림 940-7에 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. 그림 940-6의 지그를 사용할 경우에는 시험편의 곡률이 시험편과 금형 사이에 3 ㎜ 지름의 와이어가 들어갈 수 없을 정도까지, 또는 그림 940-7의 롤러형 지그를 사용할 경우에는 시험편이 바닥에 나올 때까지 지그 숫놈에 하중을 가하여 시험편을 굽혀야 한다.

2) 그림 940-8의 롤러굽힘 지그를 사용할 경우에 롤러를 향해 굽혀지는 바깥면은 표면 굽힘시험편의 경우 용접표면이 되고,

관 련 근 거

이면굽힘시험편의 경우 루트면이 되어야 한다. 측면 굽힘시험편에서 불연속부가 있다면 더 큰 불연속부를 측면으로 하여야 한다. 그림 940-9에 허용된 것과 같이 폭의 길이가 38 ㎜를 초과하는 시험편을 굽힐 때에는 시험지그 맨드렐(Mandrel)은 최소한 시험편 폭보다 6 ㎜ 이상 넓어야 한다.

2. RW의 금속조직시험

가. 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 시편의 가로방향 단면에 한 개의 공극 또는 길이방향 단면에 3개의 공극을 초과해서는 아니 된다. 어느 공극의 최대치수는 그 용접비드의 두께의 10 %를 초과해서는 아니 된다.

나. 점용접과 이음매용접에 대해서는, 그 중 얇은 부재의 두께 t와의 관계에서 용접 너깃의 최소폭은 다음 표 940-20과 같아야 한다.

표 940-20 용접 너깃의 폭

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

관 련 근 거

용접 깊이 (용융범위)는 최소한 (각 부재 내의) 보다 얇은 겹의 두께의 20 %, 그리고 최대한으로 모든 겹의 총 두께의 80 %가 되어야 한다.

다. 프로젝션 용접의 경우, 너깃의 폭은 프로젝션 폭의 80 % 이상이 될 것

940.1.1.13 기량인정시험 합격기준

KEC 161.13
ASME SEC.IX.
2019

1. 그루브 용접-굽힘시험의 합격기준은 다음과 같다.
   가. 용접 굽힘시험편의 용접부 및 열영향부는 시험 후 시험편의 굽혀진 부분 안에 완전히 들어가 있어야 한다.
   나. 형틀 굽힘시험편은 굽힘시험 후 시험편의 볼록한 면에서 어느 방향으로 측정하여도 용접부 또는 열영향부 안에 3 ㎜를 초과하는 열린 불연속부가 있어서는 아니 된다. 시험 중 시험편의 모서리에 생기는 열린 불연속부는 그 열린 불연속부가 융합불량, 슬래그 개재물 또는 다른 내부결함의 결과로 인해 발생했다는 명확한 증거가 없는 한 결함으로 인정되지 않는다.
   다. 내식육성 용접클래딩의 경우에는 어느 방향으로 측정하여도 클래딩 내에 1.5 ㎜를 초과하는 열린 불연속부가 없어야 하며, 경계면에는 3 ㎜를 초과하는 열린 불연속부가 없을 것
2. 필릿용접부 시험
   용접사 기량인정용 필릿용접 시험재의 치수 및 가공은 그림 940-35 또는 그림 940-36의 요건을 만족하여야 한다. 판-판의 시험재는 용접부의 직각방향으로 중심 부분에서 약 100 ㎜ 길이 및 양쪽 끝 부분의 약 25 ㎜ 길이를 절단하여야 한다. 관-판 또는 관-관의 시험재는 각각의 반대 방향 1/4 부분에서 2개의 시험편을 제작하여야 한다. 시험편 중 하나는 아래 1의 요건에 따라 파괴시험을 실시하고 다른 시험편은 아래 2 의 요건에 따라 매크로 시험을 실시하여야 한다.

관 련 근 거

가. 파괴시험

그림 940-35에 명시된 기량인정시험편 중앙부 100 ㎜의 수직부분 또는 그림 940-36에 명시된 1/4 부분의 수직부분은 용접 루트가 인장력을 받는 방법과 같은 방법으로 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 그림 940-35의 경우 10 ㎜ 이하 또는 그림 940-36의 경우 1/4 부분의 10 % 이하이어야 한다.

나. 매크로시험

기량인정 시험편 그림 940-35의 판 시험재에서 끝 부분 약 25 ㎜를 절단한 2개의 시험편 중 1개의 한 절단면 또는 그림 940-35의 관 시험재에서 끝 부분 약 1/4를 절단한 시험편의 한 절단면은 매끄럽게 가공한 후 적절한 부식액으로 부식시켜 용접금속과 열영향부의 단면에 대한 육안검사에서 용융이 완전하여야 하고 균열이 없으며 용접부에는 1.5 ㎜를 초과하는 오목면 또는 볼록면이 없고 필릿의 다리길이 차이는 3 ㎜ 이하이어야 한다.

3. 스터드 용접부 시험

기량 인정시험편 스터드

가. 시험요건

각 스터드 자동용접사를 인정하기 위해서는 5개의 스터드용접부 시험이 필요하다. SW에 사용되는 장비는 수동으로 조작하는 것을 제외하고는 모든 것이 자동이어야 한다. 기량인정시험은 940.1.1.8에 의해 인정된 용접절차시방서를 따라 용접되어야 한다. 각 스터드(5개의 이음부)는 스터드 길이의 ¼이 시험재 위에서 평평하게 될 때까지 그 위를 햄머링하여 시험을 실시하거나 또는 그림 940-18에 따라 시험지그 및 어댑터(Adapter)를 사용하여

관 련 근 거

스터드를 최소한 15° 각도로 굽힌 후 원래의 위치로 되돌려 놓는 굽힘시험을 실시하여야 한다.

나. 굽힘 및 햄머시험 합격기준

각각의 5개 스터드 용접부 및 열영향부에는 굽힌 다음 원래 위치로 복귀 후 또는 햄머링 후 육안으로 보이는 분리나 파괴가 없어야 한다.

4. 튜브와 튜브시트 시험

가. 용접사 기량인정 시험편

수동 또는 자동용접사의 인정을 위하여 5개의 실물모형의 용접이 요구되며, 시험은 용접절차인정(940.1.1.6의 5의 '가')과 동일한 규정을 따라야 한다. 940.1.1.15의 '1' 및 940.1.1.15의 '2'의 요건에 의해 자격상실 또는 인정유효기간이 지난 경우에 한하여 하나의 실물모형 용접이 수동 용접사 또는 자동 용접사 자격 갱신용으로 요구된다.

940.1.1.14 체적 비파괴검사에 의한 합격기준

KEC 161.14
ASME SEC. V, 2019

1. 방사선투과검사

용접사 또는 자동용접사가 방사선투과검사에 의해서 인정될 경우에 시험될 시험재의 최소길이는 150 ㎜이고, 관의 경우에는 전체 원주 용접부를 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-No25, 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 '가' 및 '나'와 같다.

가. 선형지시

1) 균열, 융합부족 또는 불완전용입은 허용되지 않는다.

2) 다음 길이를 초과하는 가늘고 긴 슬래그 개재물은 허용되지 않는다.

관 련 근 거

가) t가 10 ㎜ 이하인 경우에는 3 ㎜

나) t가 10 ㎜ 초과 57 ㎜ 이하인 경우에는 1/3t

다) t가 57 ㎜ 초과할 경우에는 19 ㎜

3) 선상으로 형성되어 있는 슬래그 개재물 그룹에서 12t 길이 내에 결함의 길이 합계가 t를 초과하는 것은 허용되지 않는다. 다만, 슬래그 개재물 그룹 중 가장 긴 결함의 길이를 L이라고 할 때, 연속된 결함사이의 거리가 6L을 초과할 경우에는 제외한다.

나. 원형지시

1) 원형지시의 최대 허용치수는 t의 20 % 또는 3 ㎜ 중 큰 치수는 허용되지 않는다.

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

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

2. 초음파탐상검사

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

가. 초음파탐상검사의 방법, 절차 및 인정에 대해서는 940.1.4에 따라야 한다.

나. 제조자는 용접사와 자동용접사의 기량 인정을 위해 초음파탐상검사자의 자격과 인증이 적절한 절차에 따라 수행되었음을 입증하여야 한다.

다. 인정시험 용접부에 대한 합격기준

1) 균열, 융합부족 또는 불완전용입의 모든 지시는 그 길이에 관계없이 불합격으로 한다.

2) 길이 3 ㎜를 초과하는 관련지시는 그 길이가 다음을 초과하면 불합격으로 한다.

관 련 근 거

가) t가 10 ㎜ 이하인 경우에는 3 ㎜
나) t가 10 ㎜ 초과 57 ㎜ 이하인 경우에는 1/3t
다) t가 57 ㎜ 초과할 경우에는 19 ㎜

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

940.1.1.15 인정의 지속 및 취소

KEC 161.15
ASME SEC.IX, 2019

1. 지속

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

가. 수동 또는 반자동 용접을 수행하는 용접사
나. 기계 또는 자동 용접을 수행하는 자동용접사
다. 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.

2. 인정의 갱신

1의 '가'에 따라 만료된 기량인정은 임의의 자세에서 임의의 재질, 두께 또는 지름의 판 혹은 관 중 하나의 단일 시험재를 사용하여 940.1.1.8에 따라 용접하고 940.1.1.12에 따라 시험되어야 한다.

940.1.1.16 작업범위

KEC 161.16
ASME SEC.IX, 2019

940.1.1.8에 의한 기량 시험 후 940.1.1.12의 요구조건에 합격한 자가 할 수 있는 용접의 자세 및 그에 사용되는 모재의 두께는 해당 용접절차시방서에서 지정하는 범위로 한다.

관 련 근 거

940.1.1.17 용접품질관리

ASME SEC.IX, 2019

1. 전력계통설비 용접구조물 제작의 감독활동을 수행하는 인원은 다음 요건을 만족해야 한다.
   가. 수행하는 인원은 품질 프로그램과 함께 다음 분야에 대한 교육, 경험 또는 훈련에 따라 만족스러운 수준의 역량을 갖추어야 한다.
      1) 용접절차인정과 용접사 기량인정 요구사항에 관한 지식
      2) 품질 프로그램에 관한 지식
      3) 감독이 필요한 활동의 범위, 복잡성 또는 특수성에 관한 지식
   나. 수행하는 인원은 자격, 훈련 또는 경험에 관한 객관적 증거를 가지고 있어야 한다.

940.1.1.18 용접부 사용전검사 대상

KESCO 용접부 업무처리 가이드 1-4

기계·기구	유 체	설계온도	대상 및 설계압력
보일러 (보조보일러, 압력용기, 헤더)	관계없음	관계없음	절탄기 입구 헤더 전단 첫 번째 용접부부터 최종 과열기 및 재열기 출구 헤더 후단 첫 번째 용접부 까지
압력용기 (열교환기 포함)	물	100 ℃ 미만	20 kg/㎠ 이상
		100 ℃ 이상	1 kg/㎠ 이상
	액화가스용(1)	관계없음	0 kg/㎠ 이상
	기타(2)	관계없음	1 kg/㎠ 이상
외경 150 ㎜ 이상의 관 (헤더 포함)	물	100 ℃ 미만	20 kg/㎠ 이상
		100 ℃ 이상	10 kg/㎠ 이상 단, 축방향 용접부는 5 kg/㎠ 이상
	액화가스용(1)	관계없음	0 kg/㎠ 이상
	기타(2)	관계없음	10 kg/㎠ 이상 단, 축방향 용접부는 5 kg/㎠ 이상

【주】
(1) 액화가스용 : 연료가스[LNG(NG), LPG, 수소, 바이오가스, 부생가스 등] - 외경 150 mm 미만의 배관은 내압검사만 실시 (근거 : 제2공정 액화가스용연료연소설비에 속하는 관의 설치)
(2) 기타 : 증기, 오일, 기름 등

관 련 근 거

940.1.1.19 검사항목 및 수검자 준비자료

검사·점검의 방법 및 절차 (고시 별표9)

항 목	방 법
용접절차시방서 (WPS)	이음부의 허용되는 모재의 범위, 용접 재료의 범위, 두께 범위, 예열, 층간온도 및 용접후열처리 요건 등이 포함되는지 확인 각 용접법에 대한 필수변수, 비필수변수, 추가필수변수 작성 및 이를 뒷받침하는 절차인정기록서가 명시 되어있는지 확인
용접절차 인정기록서 (PQR)	시험편의 검사결과를 포함하고 있으며 시험재 용접 시 사용된 용접법에 대한 필수변수, 비필수변수, 추가필수변수 기록 및 제품 용접에 사용될 실제 용접변수가 반영 되었는지 확인
용접사 기량 인정 시험	용접절차시방서와 시험재 준비 상태를 확인하고 용접사 기량 인정을 위한 시험 결과가 만족하는지 확인
수검자 준비자료	■ 용접절차시방서(WPS) ■ 용접절차 인정기록서(PQR) ■ 용접사 자격 시험 기록서 ■ 용접사 인증 시험 관련 DATA ■ 용접사 자격 현황

940.1.2 비파괴검사 일반사항

KEC 170.1
ASME SEC. V, 2019

940.1.2.1 적용범위

이 요건은 비파괴검사에 대한 방법과 비파괴검사자 자격에 대해 규정한다. 비파괴검사 방법은 재료, 용접부, 부품과 기기의 표면 및 내부 불완전부를 검출하는데 이용한다. 또한 비파괴검사 방법에는 방사선투과검사, 초음파탐상검사, 자분탐상검사, 침투탐상검사, 육안검사, 누설검사가 있다.

940.1.2.2 비파괴검사자 자격요건

비파괴검사를 실시하는 비파괴검사자는 국가기술자격법에 따라 자격을 취득하였거나, 대통령령(「비파괴검사기술의 진흥 및 관리에 관한 법률 시행령」 제11조, 같은법 「시행규칙」 제4조)이 정하는 바에 따라 이에 준하는 자격을 취득한 자이어야 한다.

1. 비파괴검사책임자의 자격
   가. 국가기술자격법에 따른 비파괴검사 기술사를 취득한 자

관 련 근 거

비파괴검사기술의 진흥 및 관리에 관한 법률 (법 제13조, 시행령 제11조 등)

나. 국가기술자격법에 따른 비파괴검사 분야의 기사자격을 취득한 후 비파괴검사 업무를 5년 이상 수행한 자

다. 국가기술자격법에 따른 비파괴검사 분야의 산업기사자격을 취득한 후 비파괴검사 업무를 8년 이상 수행한 자

2. 비파괴검사자의 자격

가. 국가기술자격법에 따라 비파괴검사 종목의 기술자격을 취득한 자

나. 경제협력개발기구(OECD) 회원국가 중 국제표준화기구(ISO)의 비파괴검사관련 규격(ISO 9712)을 채택한 기관으로부터 비파괴검사방법과 같은 종목의 기술자격을 취득한 자

다. 방사선 비파괴검사의 경우 원자력안전법에 따른 방사성동위원소 취급자일반면허 또는 방사선취급감독자면허를 취득한 자 또는 원자력안전법에 따른 방사선 작업종사자 교육을 받은 자

940.1.2.3 절차서

발전설비의 모든 비파괴검사는 절차서에 따라 수행하여야 한다.

940.1.2.4 교정

공급자는 각 비파괴검사 요건에서 교정을 요구하는 장비에 대하여 교정을 보증하여야 한다.

940.1.2.5 합격기준

각 비파괴검사 방법에 대한 합격기준은 기술기준을 따른다.

940.1.2.6 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.

관 련 근 거

1. 검사일자
2. 검사를 수행한 비파괴검사자의 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

940.1.3 방사선투과검사

940.1.3.1 일반요건

KEC 171.1
ASME SEC. V, 2019

940.1.3.1.1 적용

1. 주조품 및 용접부를 포함한 재료의 방사선투과검사는 이 절차에 따라 실시하여야 하며, 검사절차서에는 최소한 다음의 정보를 포함하여야 한다. 다만, 주조품 방사선투과검사는 [부록 4.3] 금속 주조품의 방사선투과검사, 컴퓨터 방사선투과검사(CR)는 [부록 4.4] 인광화상판을 사용한 방사선투과검사법, 디지털 방사선투과검사(DR)는 [부록 4.6]디지털 검출기 시스템을 사용한 방사선투과검사에 따른다.
   가. 재료 종류 및 두께 범위
   나. 사용된 동위원소 또는 최대 X-선 전압
   다. 선원-검사체 간의 거리(940.1.3.4.2의 D)
   라. 검사체의 선원측 면에서 필름까지의 거리(940.1.3.4.2의 d)
   마. 선원의 크기(940.1.3.4.2의 F)
   바. 필름상표 및 명칭
   사. 사용 증감지
   아. 절차서 실증
   제품 또는 기법확인용 방사선투과사진에서 절차서의 필름농도와 상질계상의 요건이 실증되면 그 절차서가 잘 입증되었다고 간주해야 한다.

KEPIC MEN, M-42

관 련 근 거

940.1.3.1.2 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.

940.1.3.1.3 후방산란 방사선

후방산란 방사선이 필름에 노출되는 것을 확인하기 위해 최소치수가 높이 11 mm, 두께 1.5 mm인 납 기호 'B'를 촬영 동안 각 필름 홀더(Film holder)의 뒤에 부착하여야 한다.

940.1.3.1.4 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.

940.1.3.1.5 방사선투과사진의 농도제한 감시

필름농도를 측정하기 위해 농도계 또는 스텝웨지 비교필름을 사용하여야 한다.

관 련 근 거

KEC 171.2
ASME SEC. V, 2019

940.1.3.2 장비 및 자재

1. 필름 방사선투과사진은 공업용 방사선필름을 사용하여야 한다.
2. 증감지는 이 절차서에 따라서 방사선투과검사를 실시하는 경우에 사용할 수 있다.
3. 상질계의 설계
   가. 표준 상질계는 유공형 또는 선형이어야 한다. 표준 상질계는 유공형의 경우 표 940-21의 것으로, 선형의 경우 표 940-22의 것으로 구성하여야 한다.

표 940-21 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	-

관 련 근 거

표 940-22 선형 상질계 지정선, 선 지름 및 선 번호

A 형		B 형		C 형		D 형	
선 지름(㎜)	선 번호	선 지름(㎜)	선 번호	선 지름(㎜)	선 번호	선 지름(㎜)	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

나. 대체 상질계의 설계

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

4. 방사선투과사진의 관찰설비

방사선투과사진 관찰설비는 판독을 방해하는 방사선투과사진상의 반사, 그림자 또는 눈부심을 발생시키지 않을 정도의 부드러운 배경 조명을 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.

940.1.3.3 농도계 및 스텝웨지 비교필름

KEC 171.3
ASME SEC. V, 2019

940.1.3.3.1 농도계

농도계는 사용되는 동안 최소한 매 3개월에 한 번씩 다음과 같이 교정하여야 한다.

1. 공인기관 표준

스텝 태블릿으로 추적할 수 있고, 최소한 1.0~4.0의 중간농도를 갖는 최소한 5단계로 된 공인기관 표준 스텝 태블릿 또는 스텝웨

관 련 근 거

지 교정필름이 사용되어야 한다. 스텝웨지 교정필름은 최초 사용 전에 제조자가 제공한 빛이 보이지 않고 물로부터 밀봉되어 유지되지 않았다면, 공인기관 표준 스텝 태블릿과 비교하여 개봉 후 일년 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.

940.1.3.3.2 스텝웨지 비교필름

스텝웨지 비교필름은 제조자에 의해 검증되지 않았다면 처음 사용 전에 다음과 같이 확인하여야 한다.

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

940.1.3.3.3 주기적인 확인

1. 농도계의 주기적인 교정확인 점검은 매 판독시작 시점, 8시간 연속 사용 후 또는 렌즈구경 변경 후 등 어느 것이든지 처음 도래하는 것에 대해 940.1.3.3.1에서 설명한대로 실시하여야 한다. 농도계를 읽은 값은 940.1.3.3.1의 '3'에서 측정하여 읽은 교정 값의 ±0.05 이내이어야 한다.

관 련 근 거

2. 스텝웨지 비교필름 확인 점검은 매년 940.1.3.3.2에 따라 실시하여야 한다.

940.1.3.4 검사

KEC 171.4
ASME SEC. V, 2019

940.1.3.4.1 방사선투과검사 기법

단일벽 촬영기법을 원칙으로 하나, 단일벽 촬영기법을 사용하기가 곤란한 경우에는, 이중벽 촬영기법을 사용할 수 있다. 파이프 또는 튜브 용접부에 대한 선원 및 필름배치와 적정촬영횟수는 [부록 4.1] 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 원주 용접부에 요구되는 경우, 원주 용접부 각각에 대해 120°간격으로 최소 3회의 촬영이 실시되어야 한다.
   나. 이중벽 관찰
   공칭 바깥지름이 89 ㎜ 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

관 련 근 거

기하학적 불선명도 요건이 만족되지 않는 경우에는 단일벽 관찰이 사용되어야 한다.

1) 용접부의 경우, 방사선 빔은 판독될 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 '1)' 또는 '2)'에 나타난 최소 촬영 횟수를 이용하여 포함될 수 없는 경우에는, 추가 촬영을 실시하여야 한다.

940.1.3.4.2 기하학적 불선명도

1. 기하학적 불선명도 결정

방사선투과사진의 기하학적 불선명도는 다음과 같이 결정하여야 한다.

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

여기서 Ug = 기하학적 불선명도,

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

D = 방사선원에서 촬영할 용접부 또는 검사체까지의 거리, ㎜,

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

2. 기하학적 불선명도의 제한

방사선투과사진의 기하학적 불선명도는 표 940-23의 값을 초과해서는 아니 된다.

관 련 근 거

표 940-23 불선명도 값

재료두께, ㎜	Ug 최대값, ㎜
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.

940.1.3.4.3 위치표지

필름상에 방사선투과사진의 상으로 나타나는 위치표지는 그림 940-38과 같이 노출 홀더/카세트가 아닌 부품위에 놓아야 하며, 이들 위치는 방사선투과사진의 요구된 보관기간 동안 촬영할 부품의 표면에 영구적으로 표시하거나, 허용된다면 방사선투과사진의 판독범위에 부품의 그 위치를 정확하게 추적할 수 있도록 인정되는 방법으로 배치도면에 영구적으로 표시하여야 한다. 위치표지는 다음과 같이 놓아야 한다.

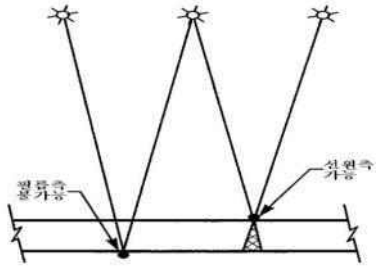
1. 단일벽 관찰
   가. 선원측 위치표지
      다음과 같이 방사선투과촬영의 경우, 위치표지는 선원측에 놓아야 한다.
      1) 편평한 검사체나 혹은 원통형 또는 원뿔형 검사체의 길이 이음부. 그림 940-38 (a).
      2) 오목한 면이 선원 측으로 향해 있고 선원-재료의 거리가 검사체의 안쪽 반지름보다 작은 곡선형 또는 구형인 검사체. 그림 940-38 (b).
      3) 볼록한 면이 선원 측으로 향해 있는 곡선형 또는 구형인 검사체. 그림 940-38 (c).
   나. 필름측 위치표지
      1) 오목한 면이 선원 측으로 향해 있고, 선원-재료의 거리가 검사체의 안쪽 반지름보다 큰 곡선형 또는 구형인 검사체를 방사선투과촬영하는 경우, 위치표지는 필름측에 놓아야 한다. 그림 940-38 (d).

관 련 근 거

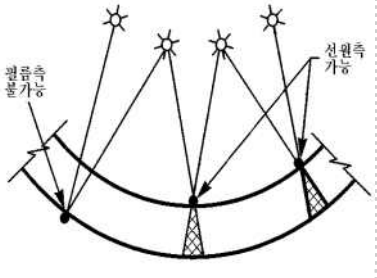
2) 1의 '가' '1)'의 선원측에 배치하는 것 대신, 방사선투과사진이 그림 940-38의 (e)와 같이 위치표지를 초과한 범위를 나타내는 경우, 위치표지는 필름 측에 놓을 수 있다.

다. 위치표지를 어느 쪽에 놓아도 좋은 경우

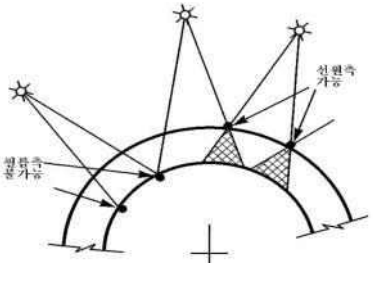
오목한 면이 선원 측으로 향해 있고, 선원-재료의 거리가 검사체의 안쪽 반지름과 같은 곡선형 또는 구형인 검사체를 방사선투과 촬영하는 경우, 위치표지는 선원측 또는 필름측에 놓을 수 있다. 그림 940-38 (f).



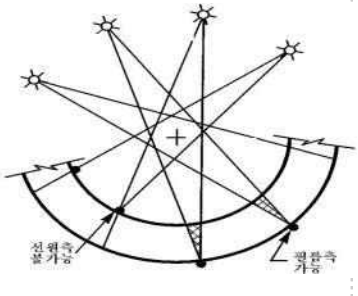
편평한 검사체 또는 길이방향 용접심 [940-1. 가. (1) 참조][대체용으로는 스케치 (e) 참조]
(a)



선원-필름간 거리가 검사체의 반지름보다 짧은곡면 검사체[940-1. 가. (2) 참조]
(b)



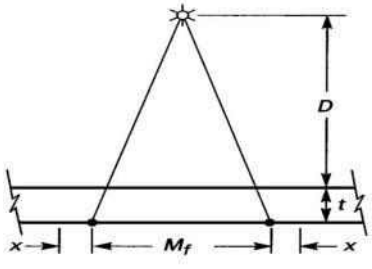
볼록한 면이 선원측을 향해 있는 곡면 검사체 [940-1. 가. (3) 참조]
(c)



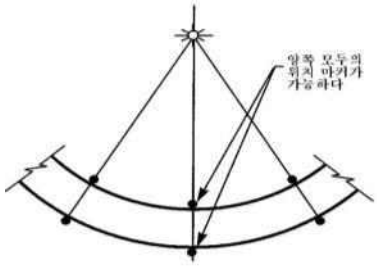
선원-필름간 거리가 검사체의 반지름보다 긴 곡면 검사체[940-1. 나. (1) 참조]
(d)

그림 940-38 위치표지 스케치

관 련 근 거



평판 검사체 또는 길이방향 용접심
$x = (t/D)(M_f/2)$
x = 필름측 위치표지 밖의 추가 요구범위
t = 검사체의 두께,
D = 선원-검사체간 거리
M_f = 필름측 위치표지의 간격
[940-1. 나. (2) 참조]
(e)



선원이 곡면중심에 있는 곡면 검사체
[940-1. 다. 참조]
(f)

기호설명: 선원- ¤
위치표지- •
검사체의 중심- ┼

그림 940-38 위치표지 스케치(계속)

2. 이중벽 관찰

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

3. 위치표지의 배치도

작성 접근할 수 없거나 또는 다른 제한사항이 '1' 및 '2'에 규정한 대로 위치표지를 배치할 수 없는 경우, 전구간 범위가 포함되었다는 것을 보여주기 위해 실제 위치표지 배치의 치수가 표시된 배치도를 방사선투과사진에 첨부하여야 한다.

940.1.3.4.4 상질계(IQI) 선택

1. 상질계 재료

상질계는 유공형의 경우 ASTM E-1025 또는 선형의 경우 ASTM

관 련 근 거

E-747에서 규정한 동일한 합금재료 그룹 또는 등급이거나 촬영되는 재료보다 방사선 흡수가 적은 합금재료로 선택하여야 한다.

2. 크기

지정된 유공형 상질계 또는 필수 선은 표 940-24에 명시된 것과 같아야 한다. 동등한 상질계 감도가 유지된다면, 표 940-24 나열된 단면 두께 보다 얇거나 두꺼운 유공형 상질계로 대체해도 된다. (940.1.3.5.3의 2 참조)

표 940-24 상질계 선택

공칭 단일벽의 재료두께 범위 (㎜)	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

가. 덧살이 있는 용접부

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

관 련 근 거

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.

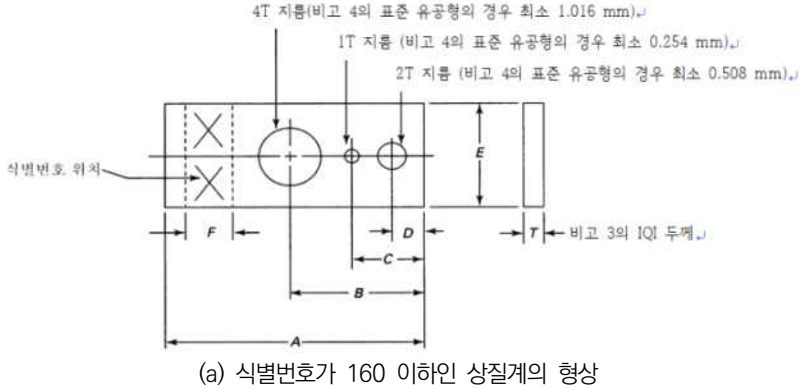
다. 실제값

위의 가와 나에 관해서는, 실제 재료/용접부 두께를 측정할 때, 상질계 선택은 이러한 알려진 값을 기본으로 해도 된다.

3. 유공형 상질계 요건

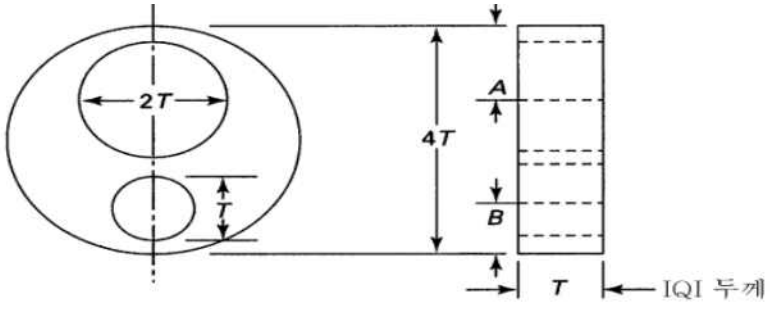
가. 치수 요건

유공형 상질계는 그림 940-39 상질계의 치수 요건을 만족하여야 한다.



(a) 식별번호가 160 이하인 상질계의 형상

관 련 근 거



(b) 식별번호가 160 초과하는 상질계의 형상

1. 상질계 두께와 구멍지름에 대한 허용오차
2. 진원 T-구멍지름, 상질계 두께와 구멍지름의 허용오차는 ±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	±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 940-39 상질계의 치수 요건

나. 직사각형 및 원형의 상질계는 납 또는 이와 유사한 방사선 흡수도를 갖는 재료로 만든 번호로 식별하여야 한다. 투과사진상에서 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

관 련 근 거

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, 표 940-22에 규정한 지름을 가져야 한다.

2) 선지름의 허용오차는 표 940-25에 만족하여야 한다.

표 940-25 선 지름의 허용오차

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

나. 상질 수준 선형 상질계의 사용에 요구되는 상질수준은 유공형 상질 수준의 2-2T 수준과 동등하여야 하며, 표 940-26은 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 940-26 유공형 상질계의 1T, 2T 및 4T에 대응하는 등가 선 지름

상질계 두께, ㎜	상질계 번호	유공형 상질계의 구멍에 대응되는 등가 상질계(투과도계) 감도의 선 지름, ㎜		
		1T	2T	4T
0.13	5		0.09	0.15
0.16	6		0.10	0.18

관 련 근 거

표 940-26 계속

상질계 두께, ㎜	상질계 번호	유공형 상질계의 구멍에 대응되는 등가 상질계(투과도계) 감도의 선 지름, ㎜		
		1T	2T	4T
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	-	-

940.1.3.4.5 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. 940.1.3.5.2의 '2'의 상질계/판독범위

관 련 근 거

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 상질계상의 세 변의 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.

관 련 근 거

가. 복수의 상질계

940.1.3.5.2의 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 4.2] 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

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

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°

관 련 근 거

간격으로 배치한다.

가) 1개 이상의 필름홀더를 사용하여 전체원주를 촬영하는 경우

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

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 곡선형(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)'에서 '7)'에 따라 허용된 기법에 해당하는 상질계를 나타내는 모든 방사선 투과사진은 보유하여야 한다.

관 련 근 거

3. 유공형 상질계 사용 시의 끼움쇠
   용접부의 경우, 필요하다면, 용접금속과 방사선투과촬영상 유사한 재료의 심을 상질계 및 부품 사이에 놓아야 하고, 관심부위를 투과한 방사선투과사진의 농도는 필수구멍에 인접한 지정 상질계를 투과한 농도보다 -15 %를 초과(더 밝음)하지 않도록 한다. 심의 치수는 최소한 상질계 상의 세 변의 윤곽이 방사선투과사진에서 나타나도록 상질계 치수보다 커야 한다.

940.1.3.5 평가

KEC 171.5
ASME SEC. V, 2019

940.1.3.5.1 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. 뿌염
2. 줄무늬, 물마크(Water mark) 또는 화학적 얼룩과 같은 현상처리 결함
3. 긁힘, 지문, 주름, 오물, 정전기 마크, 얼룩 또는 찢어짐
4. 불량 증감지로 인한 의사지시

940.1.3.5.2 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

관 련 근 거

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) '1'의 규정된 최소/최대 허용 농도범위를 초과, 허용 가능한 농도변화를 계산할 경우, '1'의 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 % 농도 제한을 초과할 수도 있으며, 940.1.3.5.3의 '1'의 요구 상질계 감도가 만족된다면 '1'의 최소 농도요건은 상질계에 적용하지 않는다.

940.1.3.5.3 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.

관 련 근 거

2. 등가 유공형 상질계 감도
동등하거나 또는 더 우수한 상질계 감도를 얻을 수 있고 방사선투과사진 촬영을 위한 기타 모든 다른 요건을 만족한다면, 표 940-27에 제시된 것과 같이 지정 상질계를 더 얇거나 두꺼운 유공형 상질계로 대체할 수 있다. 등가 상질계 감도가 표 940-27의 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 표 940-27에서 다음으로 더 얇은 상질계 열을 사용할 수 있다.

표 940-27 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

940.1.3.5.4 과도한 후방 산란 방사선

940.1.3.1.3에 따른 'B'의 밝은 이미지가 방사선투과사진의 더 어두운 배경에 나타나면, 후방 산란에 대한 보호가 불충분하고 방사선투과사진은 적합하지 않는 것으로 간주하여야 한다. 더 밝은 배경에서 'B'의 어두운 이미지는 방사선투과사진의 부적합 원인이 아니다.

관 련 근 거

KEC 171.6
ASME SEC. V, 2019

940.1.3.6 문서화

940.1.3.6.1 방사선투과촬영 세부사항 기록

방사선투과검사 실시자는 다음의 방사선투과촬영 기법의 세부사항을 작성하고 기록하여야 한다.

1. 940.1.2.7의 요건
2. 940.1.3.1.4의 식별시스템
3. 940.1.3.4.3의 '3'에 따른 위치표지의 배치도
4. 방사선투과사진의 수(촬영횟수)
5. X-선 장비 전압 또는 사용한 동위원소 종류
6. 선원크기(940.1.3.4.2의 'F')
7. 모재 종류 및 두께, 용접부 두께, 용접부 덧살 두께(적용 시)
8. 선원-검사체 간의 거리(940.1.3.4.2의 'D')
9. 검사체의 선원측에서 필름 간의 거리(940.1.3.4.2의 '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

940.1.3.6.2 방사선투과사진 검사성적서 작성

방사선투과검사 실시자는 다음의 사항에 대한 검사성적서를 작성하여야 한다.

1. 각 방사선투과사진 위치 목록
2. 검사성적서 양식에 정보를 포함시키거나 또는 참고로 방사선투과

관 련 근 거

기법의 세부 기술서를 첨부한 940.1.3.6.1에서 요구하는 정보

3. 검사한 재료 또는 용접부의 평가 및 처리
4. 방사선투과사진의 최종 합부판정을 수행하는 제조자의 대리인 식별(성명)
5. 제조자의 평가 일자

940.1.3.7 검사항목 및 수검자 준비자료

검사·점검의 방법 및 절차 (고시 별표9)

항 목	방 법
방사선투과검사 절차	상질계 선정 및 용접형상에 따른 올바른 촬영 기법을 적용하여 시험에서 요구하는 감도를 만족하는지 확인
방사선투과검사 필름 품질	검사체의 판독범위 내에 기계적, 화학적 손상 여부 및 방사선 투과사진의 농도 범위가 적합한지 확인
방사선투과검사 보고서	방사선투과검사 촬영 기법, 검사 재료, 용접부 평가 및 합부판정이 기준에 맞게 작성 되었는지 확인
방사선투과검사 시험기기	방사선투과검사에 사용되는 시험기기 교정 상태를 확인
비파괴검사자 자격사항	940.1.2.2의 요건에 적합한 자인지 확인
수검자 준비자료	■ 방사선투과검사 절차서 ■ 방사선투과검사 사진 ■ 방사선투과검사 보고서 ■ 시험 기기 교정시험 성적서 ■ 비파괴검사자 자격 사항

940.1.4 초음파탐상검사

940.1.4.1 일반요건

KEC 172.1
ASME SEC. V, 2019

940.1.4.1.1 적용

이 절차는 강 용접부에 대한 초음파탐상검사에 적용하며, 초음파탐상시에는 다음의 요건이 확인되어야 한다. 다만, 이 절차에서 언급하지 않은 비행-회절시간(TOFD) 기법은 [부록 5.3]에, 인코더를 이용한 위상배열 선형주사기법은 [부록 5.4]에서 기술하며 기타 특수 초음파

관 련 근 거

탐상(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

940.1.4.1.2 절차서 요건

초음파탐상검사는 최소한 표 940-28의 요건을 포함하여 수행하여야 한다.

표 940-28 초음파탐상검사 절차서 요건

요건	필수 요건	비필수 요건
두께 차수와 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)	○	

관 련 근 거

표 940-28 계속

요건	필수 요건	비필수 요건
주사 중첩(감소만 해당)	○	
검사자 기량요건(요구 시)	○	
검사자 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		○

940.1.4.2 장비

KEC 172.2
ASME SEC. V, 2019

940.1.4.2.1 장치 요건

1. 펄스-에코방식의 초음파탐상장치를 사용하여야 한다.
2. 장치는 최소한 1 ~5 ㎒ 범위의 주파수에서 작동할 수 있어야 하며, 2.0 dB 이하의 단위로 단계별로 조절되는 이득(Gain) 조정기가 내장되어 있어야 한다. 장치에 댐핑(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.

940.1.4.2.2 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 ~ 5 ㎒이어야 한다.
2. 아래 '가'와 '나'에서 규정한 것과 같이, 검사 표면의 지름이 350 mm

관 련 근 거

미만인 곡률을 가진 기기에서 수행하는 검사는 기기의 원주방향을 따라 움직일 경우, 초음파 음향 결합이 충분하게 이루어지는 것을 보장하고 탐촉자(Probe)의 어떤 잠재적 흔들림을 억제하기 위해 형상 웨지를 사용하여 수행하여야 한다.

가. 탐촉자는 아래 공식에서 요구하는 곡률 형상일 것

$$D \leq [\frac{(A \times A)}{2.87\,mm}]$$

여기서

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 940-29와 표 940-30 으로부터 선정해야 하고, 검사를 수행하고자 하는 기기와 동일한 치수(안지름 또는 바깥지름)를 사용하여 결정할 것

표 940-29 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

표 940-30 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

관 련 근 거

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.

940.1.4.2.3 접촉매질

1. 일반사항

   첨가물이 포함된 접촉매질은 검사되는 재료에 해롭지 않아야 한다.

2. 오염 물질 관리

   가. 니켈 기지 합금에 사용되는 접촉매질은 황이 250 ppm 이하일 것

   나. 오스테나이트계 스테인리스강 또는 티타늄에 사용되는 접촉매질은 할로겐화물(염화물과 불화물의 혼합물)이 250 ppm 이하일 것

940.1.4.2.4 교정시험편

1. 일반사항

   가. 반사체

   장비의 주 대비응답을 설정하기 위해 이미 알고 있는 반사체(즉, 측면 드릴구멍, 평저구멍, 노치 등)를 사용할 것. 대체 안으로 반사체는 규정 반사체(즉 노치 대신 측면드릴 구멍, 측면 드릴 구멍 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)일 것. 이 절에서는 P-No. 1, 3, 4, 5A ~ 5C 및 15A ~ 15F의 재료를 동일 재료로 간주한다.

   2) 이종금속 용접부

관 련 근 거

시험재료선정은 시험이 수행될 용접부 쪽의 재료를 기본으로 할 것. 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 전이보상을 사용하였다면 이 시험편 재료는 사용해도 된다. 전이보상은 검사에 사용한 동일한 진동자와 웨지를 사용하여 아래의 둘 중 하나로부터 얻어진 신호응답간의 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 시험할 것. 나머지 저면 반사를 초과하는 지시를 포함하는 부위는 여러 교정반사체에 도달하는데 필요한 빔 경로에서 제외하여야 한다.

라. 클래딩(Clading)

시험대상 기기 재료가 클래드 재료인 경우, 교정시험편은 생산부품과 동일한 용접방법으로 클래드 된 것일 것. 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 뜨임 처리를 할 것. 교정시험편이 클래딩 이외의 용접부를 포함하고, 시험 시점에서 구성품의 용접부가 열처리된다면, 교정시험편도 동일하게 열처리를 하여야 한다.

관 련 근 거

바. 표면마무리

교정시험편의 주사면 마무리는 시험할 구성품의 주사면 마무리를 대표할 것

2. 교정시험편의 곡률

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

나. 시험면의 지름이 500 ㎜ 이하인 재료를 시험하는 경우, 곡면 시험편이 사용되어야 할 것. 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 24~500 ㎜인 곡률 범위는 각 두께범위에 대한 그림 940-40에서 나타난 것처럼 6개의 교정시험편 곡률이 요구된다.

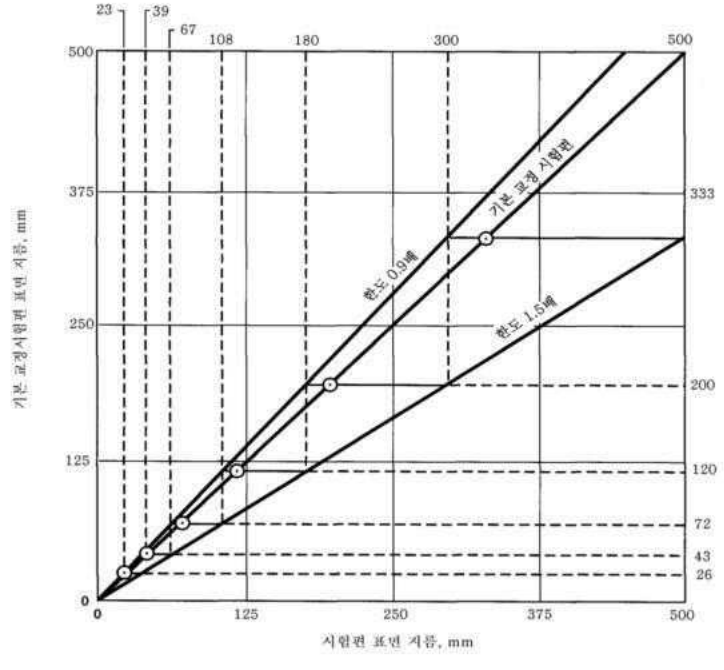


그림 940-40 곡률 표면에 대한 제한율

관 련 근 거

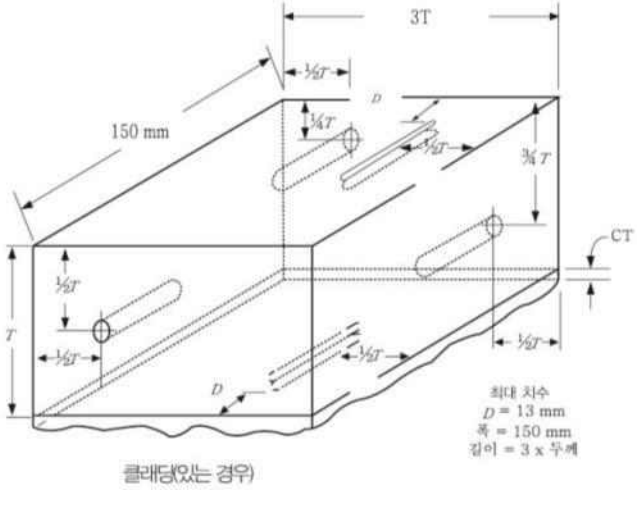
다. 볼록면에 대한 대체요건 수직 빔 직접 접촉법에 의해 볼록 표면으로부터 시험할 때 '가'의 요건에 대한 대체 방법으로서 [부록 5.7] 대체 교정시험편의 형상을 사용한다.

3. 평판형 교정시험편

가. 기본 교정시험편의 형상과 반사체는 그림 940-41에 나타난 대로 할 것. 교정시험편 크기와 반사체 위치는 사용되는 빔 각도와 거리 범위에 대한 교정을 수행하기에 적당하여야 한다.

나. 교정시험편 두께

시험편 두께(T)는 그림 940-41에 따라야 한다.



클래딩(있는 경우)

용접부 두께, t	기본 교정시험편 두께, T	구멍지름
25 ㎜ 이하	19 ㎜ 또는 t	2.5 ㎜
25 ㎜ 초과 50 ㎜ 이하	38 ㎜ 또는 t	3 ㎜
50 ㎜ 초과 100 ㎜ 이하	76 ㎜ 또는 t	5 ㎜
100 ㎜ 초과	t ± 25 ㎜	(비고 9)

노치 치수
노치 깊이 = 1.6% T ~ 2.2% T
노치 폭 = 최대 6 ㎜
노치 길이 = 최소 25 ㎜

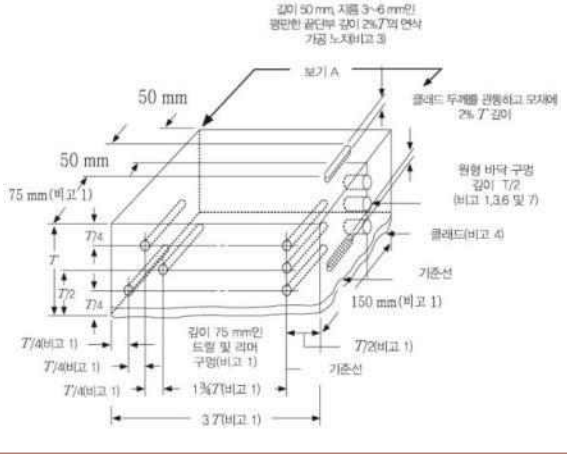
관 련 근 거

1. 구멍은 기본적으로 시험표면에 평행하고, 최소 38 ㎜ 깊이로 구멍을 내고 다듬질하여야 한다.
2. 지름 500 ㎜ 이하인 구성품의 경우, 교정시험편 지름은 그림 940-40의 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 ±0.8 ㎜ 이어야 한다. 교정시험편 두께(즉, 시험표면으로부터의 거리)에 걸쳐 구멍위치의 허용오차는 ±3 ㎜ 이어야 한다.
4. 두께가 19 ㎜미만인 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. 두개 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 100 ㎜를 초과하여 50 ㎜까지의 증가 마다,구멍지름은 1.5 ㎜씩 증가하여야 한다.

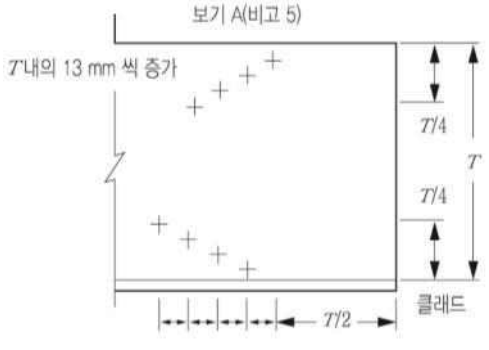
그림 940-41 평판형 교정시험편

4. 대체 교정시험편

대안으로, 교정시험편은 그림 940-42와 같이 제작해도 된다.



관 련 근 거



T/2 초과하여 최소 25 mm 씩 증가

용접부 두께(t, ㎜)	기본 교정시험편 두께(T, ㎜)	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±25	(비고 2)	(비고 2)

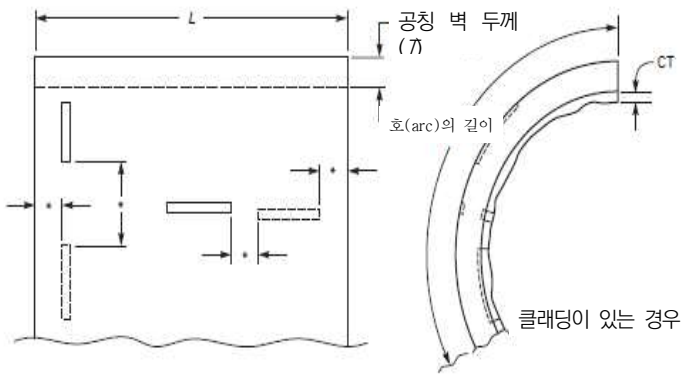
1. 최소 치수
2. 용접부 두께가 356 ㎜를 넘는 경우 용접부 두께가 매 50㎜ 증가마다, 구멍의 지름은 1.5 ㎜ 증가시켜야 한다.
3. 구멍지름의 허용오차는 ±0.8 ㎜로 하여야 한다 ; 노치 깊이의 허용오차는 +10 % 및 -20 %로 하여야 한다(노치의 반사표면을 따라 가장 얇은 클래드 두께에서 취해져야 한다.); 두께방향에서 구멍위치의 허용오차는 ±3 ㎜로 하여야 한다. 노치 반사표면에 수직 허용오차는 ±2°로 하여야 한다. 노치 길이의 허용오차는 ±6 ㎜ 로 하여야 한다.
4. 클래드는 T에 포함해서는 안 된다.
5. 최대지름이 3 ㎜, 최소깊이가 38 ㎜인 표면 바로 아래의 교정구멍은 클래드-모재의 경계면에서 13 ㎜ 간격으로 클래드 표면으로부터 T/4 위치까지 드릴 가공하여야 하고, 클래드 되지 않은 표면으로부터 13 ㎜에서 13 ㎜ 간격으로 T/4위치까지 드릴 가공하여야 한다. 각각의 경우, 표면에 가장 가까운 구멍은 시험편의 가장자리으로부터 T/2 위치에 드릴 가공하여야 한다. 표면 근처의 구멍으로부터 13 ㎜ 두께 방향에 있는 구멍은 T/2 위치로부터 최소 25 ㎜ 간격으로 드릴 가공하여야 한다.
6. 원형(반구형) 바닥구멍은 빔 분산의 측정에 대해 해당 기준에서 요구하고, [부록 5.5] 2의 '바'의 기법이 사용되는 경우에만 드릴 가공하여야 한다. 원형 바닥구멍은 기본 교정시험편의 세트 중에서 가장 큰 시험편에 위치하거나, 검사할 최대 두께를 나타내는 별도의 시험편에 위치해도 된다.
7. T/2의 구멍은 시험편의 반대쪽 끝에 위치해도 된다.

그림 940-42 대체 교정시험편

관 련 근 거

5. 배관용(Piping) 교정시험편

기본 교정시험편의 형상과 반사체는 곡률 또는 벽두께가 허용된 경우 그림 940-43 또는 대체시험편 그림 940-44에 나타난 대로 하여야 한다. 기본 교정시험편 곡률은 '2'에 따라야 한다. 두께 T는 시험 대상기기 공칭두께의 ±25 %이어야 한다. 교정시험편 크기와 반사체 위치는 사용할 빔 각도와 거리범위에 대해 교정을 수행하기에 적합하여야 한다.

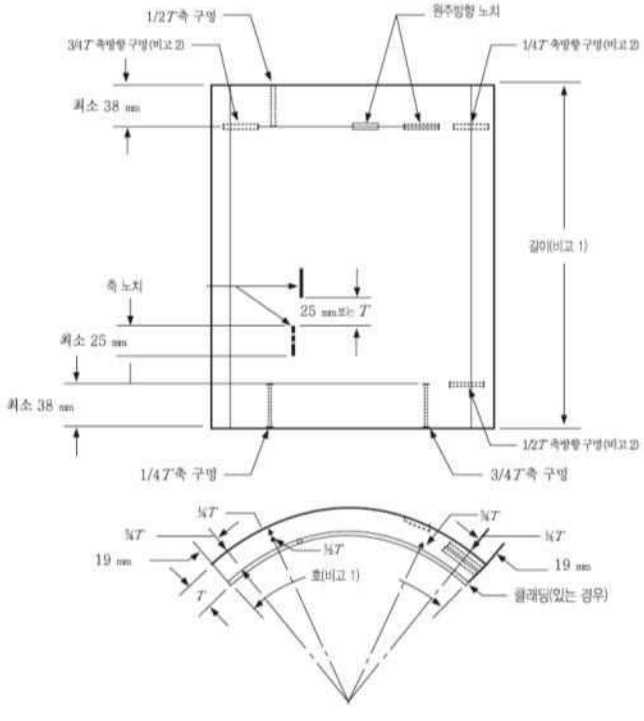


1. 최소 교정시험편 길이(L)는 200 ㎜ 또는 8 T 중 더 큰 값으로 하여야 한다.
2. 바깥지름이 100 ㎜ 이하인 경우, 최소 원호(arc)의 길이는 원주의 75 %이어야 한다. 바깥지름이 100 ㎜를 초과하는 경우, 최소 원호의 길이는 200 ㎜ 또는 3T 중 큰 쪽 값으로 하여야 한다.
3. 노치 깊이는 최소 8 %T 에서 최대 11 %T이어야 한다. 클래딩이 있는 경우, 블록의 클래딩 쪽 노치 깊이는 클래딩 두께, CT(즉, 최소 8 %T+CT에서 최대 11 %T+CT까지)만큼 증가되어야 한다. 노치 폭은 최대 6 mm(1/4 in.)이어야 하며, 노치 길이는 최소 25 mm(1 in.)이어야 한다.
4. 최대 노치폭은 중요하지 않다. 노치는 EDM 또는 지름 6 mm 이하의 엔드밀로 가공해도 된다.
5. 최소 3:1의 신호 대 잡음비로 교정하기 위해 충분한 노치 길이를 제공해야 한다.
6. 서로 다른 두께의 재료를 용접하고 한 개의 시험편이 '5'를 만족하지 못할 때 시험편 2개를 사용하여야 한다.
7. '2'의'가'에서 허용된 것과 같은 편평한 시험편을 사용할 경우, 내경 및 외경 노치가 시험편의 반대쪽 검사표면에 위치한다면 2개의 축방향 노치는 생략되고 시험편의 폭은 100 mm로 감소될 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 ㎜ 중 큰 쪽 값 이상 떨어져 위치하여야 한다.

그림 940-43 파이프용 교정시험편

관 련 근 거

6. 평판형 대체 교정시험편



비고
1. 두께가 19 mm보다 작은 시험편의 경우, 1/2T의 측면드릴구멍만 요구된다.
2. 노치를 포함하는 것은 선택사항이다. 그림 940-43의 노치는 이 교정시험편과 함께 활용해도 된다.
3. 노치 깊이는 최소 8 %T에서 최대 11% T 이어야 한다. 노치 폭은 최대 6 mm이어야 한다. 노치길이는 최소 25 mm이어야 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 사각빔을 교정하기에 충분해야 한다.
(2) 측면드릴구멍 지름, 길이 및 허용오차는 940.1.4.3.5의 '1'의 '나'에서 허용된 것과 같이 940.1.4.2.4의 '3'의 '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 940-44 평판형 대체 교정시험편

관 련 근 거

7. 용접 금속 오버레이 클래딩 교정시험편

가. A형 교정시험편의 형상과 반사체는 그림 940-45에 나타난 것과 같을 것

1) 측면 드릴구멍 또는 평저구멍 중 하나를 사용하여도 된다.

2) 용접 금속 오버레이의 두께는 최소한 시험되는 것과 같을 것

3) 모재의 두께는 용접 금속 오버레이 클래딩 두께의 2배 이상일 것

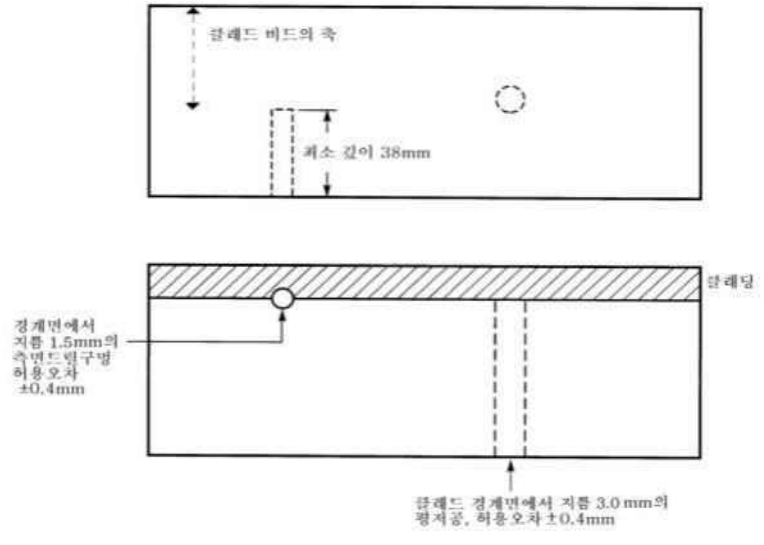


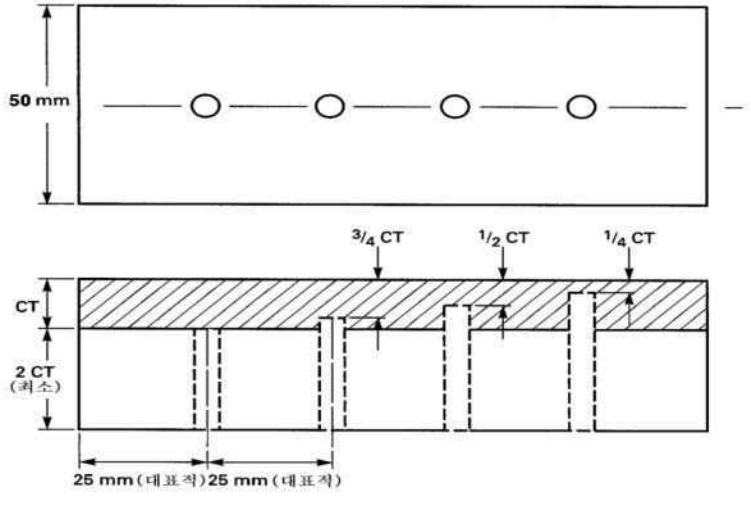
그림 940-45 A형 교정시험편

나. A형 교정시험편의 대체시험편은 그림 940-46 또는 그림 940-47에의 대체 교정시험편을 사용하여도 된다

1) 용접 금속 오버레이의 두께는 최소한 시험되는 것과 같을 것

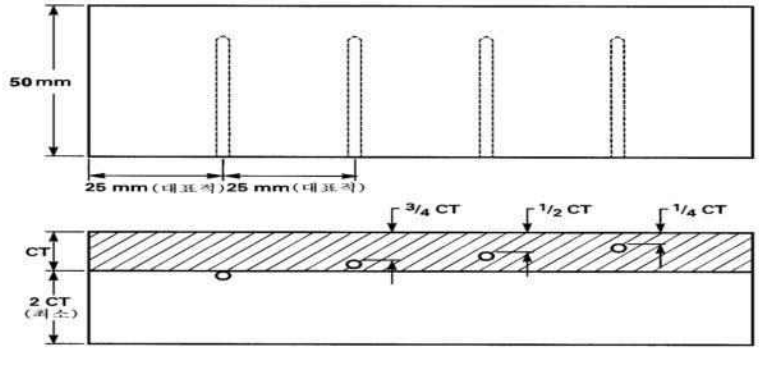
2) 모재의 두께는 용접 금속 오버레이 클래딩 두께의 2배 이상일 것

관 련 근 거



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

그림 940-46 A형 대체 교정시험편



모든 측면 드릴구멍의 지름은 1.5 mm이다. 구멍위치 허용오차는 ±0.4 mm이다. 모든 구멍은 최소 깊이 38 mm로 드릴가공 되었다.

그림 940-47 A형 대체 교정시험편

관 련 근 거

다. B형 교정시험편의 형상과 반사체는 그림 940-48에 나타난 것과 같을 것

1) 용접/모재 금속 경계면에 드릴 가공된 평저구멍을 사용할 것
2) 용접 금속 오버레이의 두께는 최소한 시험되는 것과 같을 것
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 이상일 것

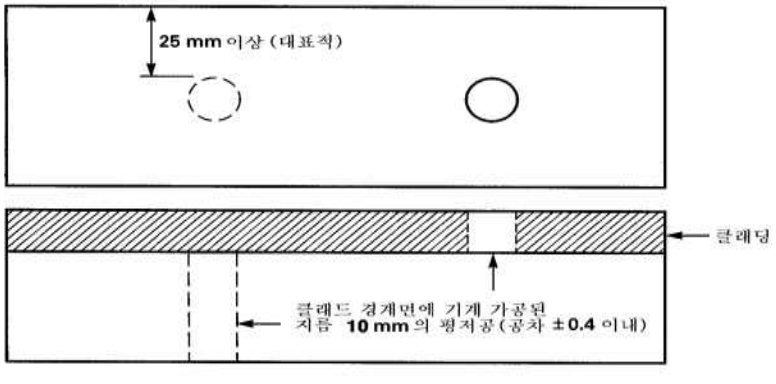


그림 940-48 B형 교정시험편

8. 노즐 측 용접 용융부 및 인접 노즐의 모재 금속 교정시험편

가. 교정시험편

1) 형상

교정시험편의 형상은 그림 940-49와 같아야 한다. 시험편의 크기와 반사체 위치는 노즐 측 용접 용융부와 노즐 인접의 모재 금속을 포함하여 교정을 하는데 적합할 것. 만약 검사하기 전에 노즐의 내면이 클래드일 경우, 교정시험편의 내면은 클래드 되어야 한다.

관 련 근 거

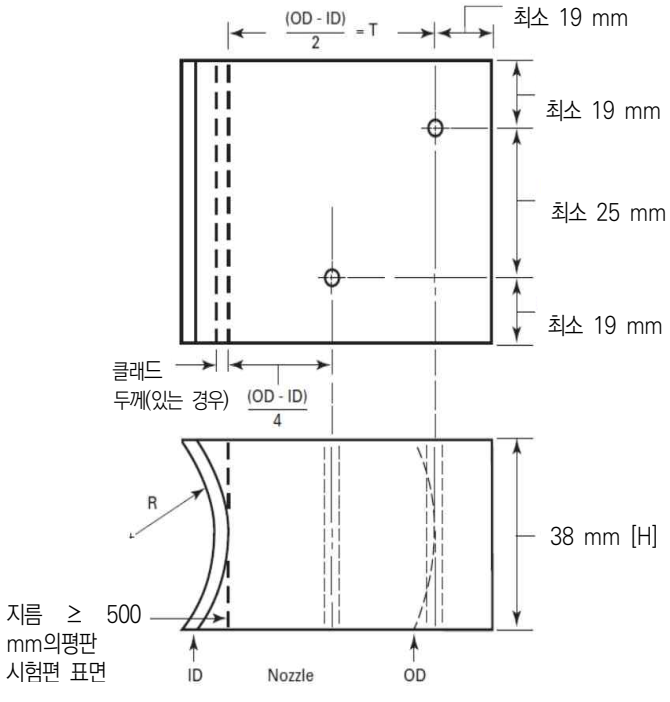
2) 시험편 두께
교정시험편은 노즐 용접부에 19 mm (3/4 in.)를 더한 노즐 인접 벽의 최대 두께일 것

3) 곡률
내경이 500 mm 이하인 노즐 검사의 경우, 시험편의 접촉면은 동일한 곡률을 갖거나 그림 940-40에 세부적으로 설명된 직경의 0.9~1.5배 범위 이내일 것

4) 교정 반사체
교정반사체는 그림 940-41의 노즐 벽두께 요건에 따른 측면 드릴구멍(SDH)일 것

5) 대체 시험편
시험편의 반사체에 대한 음파경로가 요구된 거리의 6 mm 이내이고, 측면드릴구멍(SDH)이 동일하거나 요구된 거리보다 작은 직경일 경우의 유사 검사형태에 대해 현존하는 교정 시험편을 사용해도 된다.

관 련 근 거



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 그림 940-48에 따라 최대 노즐 벽두께에 대해 선정 되어야 한다.
4. 노즐 측 검사의 경우, 시험편의 벽두께가 50 mm(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)	○	○	○

그림 940-48 노즐 측 용접 용융부 및 노즐 인접의 모재금속의 수직탐상을 위한 교정시험편

관 련 근 거

KEC 172.3
ASME SEC. V, 2019

940.1.4.3 교정

940.1.4.3.1 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(클래드 되거나 클래드 안된; 볼록 또는 오목)에서 실시하여야 한다.
3. 접촉매질
   가. 첨가물이 포함된 접촉매질은 검사되는 재료에 해롭지 않을 것
   나. 니켈 합금에 사용되는 접촉매질은 황이 250 ppm을 초과하여 함유되지 않을 것
   다. 오스테나이트계 스테인리스강 또는 티타늄에 사용되는 접촉매질은 할로겐화합물(염화물과 불화물의 혼합물)이 250 ppm을 초과하여 함유되지 않을 것
   라. 검사하는 동안 사용되는 것과 동일한 접촉매질을 교정 시에 사용할 것
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, 교정시험편 표면과 검사표면 사이의 온도차는 14 ℃ 이내로 하여야 한다. 수침법의 경우, 교정시 접촉매질의 온도와 실제 검사시 접촉매질의 온도와의 차는 14 ℃ 이내로 하여야 한다.

관 련 근 거

7. 거리진폭교정(DAC:Distance Amplitude Correction curve)곡선

   거리진폭교정(DAC)곡선의 어느 지점도 전체화면 높이(FSH:Full screen height)의 20 % 미만이 되어서는 안된다. 거리진폭교정(DAC) 곡선의 일부가 20 % 아래로 떨어지면 분할 DAC가 사용되어야 한다. 두 번째 DAC의 첫 번째 교정 반사체는 80±5 %의 FSH에서 시작하여야 한다. 반사체 신호대 잡음비가 지시의 평가와 특성화를 방해하는 경우에는 분할 DAC를 사용하지 않아야 한다.

940.1.4.3.2 스크린높이 직선성

스크린높이 직선성은 [부록 5.1]에 따른다.

940.1.4.3.3 진폭조정 직선성

진폭조정 직선성은 [부록 5.2]에 따른다.

940.1.4.3.4 평판형의 교정

1. 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. 교정은 [부록 5.5] 사각 빔 교정을 위한 탐상기법 및 [부록 5.6] 수직 빔 교정을 위한 탐상기법에 따른다.

2. 거리 진폭기법을 이용한 시스템 교정

   가. 교정은 그림 940-41에 나타난 교정검사편을 이용하여 실시하여야 한다.

   나. [부록 5.5]과 [부록 5.6]는 사각 빔과 수직 빔 교정에 대한 일반적인 기법을 제공하며, 다른 기법을 사용하여도 된다.

관 련 근 거

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 940.1.4.3.5의 1의 '가' 및 '나' 요건을 사용하여 수행될 수 있다.

마. 수직 빔 교정 이 교정에서는 다음사항을 교정할 것

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.

940.1.4.3.5 파이프용에 대한 교정

1. 거리 진폭기법을 이용한 시스템 교정

가. 교정검사편 : 교정은 그림 940-43에 나타난 교정검사편을 이용하여 실시하여야 한다.

나. 사각 빔 교정

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

관 련 근 거

1) 이득 조정은 반사체로부터의 응답이 전 스크린 높이의 80±5 %가 되도록 설정하여야 하며, 이것을 주 대비수준으로 한다.
2) 장치의 설정을 변경하지 않은 상태에서 거리진폭교정(DAC) 곡선의 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 5.6] 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 5.5] 및 [부록 5.6] 에 따른다. 다른 교정방법에서는 검사 재료 등에 근거하여 감도 조절을 포함할 수 있다.

940.1.4.3.6 용접 금속 오버레이 클래드 교정

1. A형 시험편에 의한 교정

교정은 그림 940-45의 교정시험편을 이용하여 실시하여야 한다.

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

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

2. B형 시험편에 의한 교정

교정은 그림 940-48의 교정시험편을 이용하여 실시하여야 한다.

관 련 근 거

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

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

3. A형 시험편의 대체 시험편

대체 교정시험편은 그림 940-46 또는 그림 940-47에 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±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 거리진폭교정(DAC) 곡선을 얻는다.

940.1.4.3.7 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±5 %로 설정해야 한다. 이것이 주 대비수준이다.

2. 다중 구멍

수직빔의 방향은 최대 응답을 나타내는 교정반사체를 향해야 한다.

관 련 근 거

이득조정은 이 응답이 전 스크린 높이(FSH)의 80±5 %가 되도록 설정되어야 한다. 이것이 주 대비기준 응답이다. 다음으로 거리진폭 교정(DAC)곡선을 작성하기 위해서 장치의 설정치가 변화 되지 않고 다른 구멍으로부터 최대응답이 얻어지도록 탐촉자를 조작해야 한다.

940.1.4.3.8 교정 확인

1. 시스템 변경
   검사 시스템의 어느 한 부분이 변경되는 경우, 거리 범위를 나타내는 점 및 감도 설정이 '4'의 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 검사자(자동검사 장비는 제외)가 교체될 때에 수행하여야 한다. 기록된 거리범위와 감도 설정값은 '4'의 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, 교정검사편(IIW와 같은) 또는 전자적인 모의검사를 실시하여도 된다. 그러나 시행한 모의검사은 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

관 련 근 거

거리범위가 스윕선에서 거리 판독값의 10 % 초과 또는 전체 스윕의 5 % 초과 값 중 큰 값으로 이동한다면, 거리 범위를 교정하고 검사 기록에서 보정을 기록한다. 최종 유효교정 또는 교정점검 후 모든 기록된 지시는 재검사를 하여야하고 그 값은 데이터 시트를 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.

940.1.4.4 검사

KEC 172.4
ASME SEC. V, 2019

940.1.4.4.1 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 5.5]의 2의 '바'에 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.

관 련 근 거

3. 탐촉자 이동속도

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

가. 초음파탐상장치의 펄스 반복률은 최대 주사속도에서 주사 방향과 평행하게 진동자(압전소자) 치수의 ½을 이동하는데 필요한 시간 내에 탐촉자가 최소한 6번의 펄스를 발생하기에 충분하여야 한다.

나. 동적 교정은 정적 교정의 ±2 dB 이내인 다중 반사체에서 실시하고, 펄스 반복률은 '2'의 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.

940.1.4.4.2 용접 이음부의 거리 진폭기법

거리 진폭기법이 규정되어있는 경우, 용접 이음부는 사각 빔 탐촉자를 이용하여 용접부 축에 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.

1. 사각 빔 기법

가. 빔 각도

관 련 근 거

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 축에 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 축에 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 향해야한다. 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 있다면 플랜지 면으로부터 수직 빔 또는 각도가 낮은 종파를 이용하여 검사하여도 된다.

관 련 근 거

940.1.4.4.3 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.

940.1.4.4.4 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.

940.1.4.4.5 노즐 측 용접 용융부 또는 노즐 인접의 모재금속 교정검사편

1. 탐촉자 위치
   참조 규정에서 노즐 측 용접 용융부 또는 노즐 인접의 모재금속 쪽에서 초음파탐상검사를 수행하도록 규정할 경우, 수직 빔 검사를 노즐 내면부터 한다.
2. 검사
   940.1.4.4.1의 검사 일반요건을 적용할 수 있다. 용접부의 노즐 측 용융부에 25 mm를 더한 전 부위를 검사할 수 있도록 전 원주노즐을

관 련 근 거

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.

940.1.4.4.6 검사 후 세척

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

940.1.4.4.7 용접검사 부위의 식별

KEPIC MEN M-42

1. 용접위치 : 용접위치와 용접식별은 용접도표(Weld map) 또는 식별 계획서에 기록되어야 한다.
2. 표시 : 용접부를 영구적으로 표시할 경우 저응력 스탬프 또는 진동 표식기를 사용할 수 있다. 기기의 최종응력제거 후에 적용하는 표시의 깊이는 어느 곳이라도 1.2 mm 이하가 되도록 한다.

940.1.4.5 평가

KEC 172.5
ASME SEC. V, 2019

940.1.4.5.1 일반사항

어떠한 야금학적 불연속부 및 기하학적 조건은 무관련지시를 만들 수도 있기 때문에, 모든 초음파의 반사체가 결함으로 나타내는 것이 아니다. 기하학적 지시를 발생시키는 반사체의 식별, 최대진폭, 위치 및 범위는 기록하여야 한다.(예를 들어, 내부 부착물, 200 % DAC, 용접부 중심선위의 25 ㎜, 안쪽면, 90°~ 95°). 지시가 기하학적인 것인지를 분류하기 위해 다음의 단계를 거쳐야 한다.

1. 해당 검사절차서에 따라 반사체가 존재하는 부위를 판독한다.

관 련 근 거

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.

940.1.4.5.2 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.

940.1.4.5.3 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.

940.1.4.5.4 대체 평가

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

관 련 근 거

940.1.4.6 문서화

940.1.4.6.1 지시의 기록

KEC 172.6
ASME SEC. V, 2019

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.

940.1.4.6.2 검사 기록

각 초음파탐상검사의 경우, 940.1.2.6의 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 모의시험 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 모의시험 시험편과 전자 시뮬레이터

관 련 근 거

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

940.1.4.7 검사항목 및 수검자 준비자료

검사·점검의 방법 및 절차 (고시 별표9)

항 목	방 법
초음파탐상검사 절차	초음파 탐상검사에 적합한 탐상장비, 탐촉자, 교정시험편, 주사기법 등을 적용하여 시험에서 요구하는 절차를 준수하였는지 확인
초음파탐상검사 보고서	초음파탐상장치, 탐촉자 종류, 접촉매질, 교정시험편, 탐상감도 등의 시험 기록 및 용접부 평가레벨에 따른 합부판정이 기준에 맞게 작성 되었는지 확인
초음파탐상검사 시험기기	초음파탐상검사에 사용되는 시험기기 교정 상태를 확인
비파괴검사자 자격사항	940.1.2.2의 요건에 적합한 자인지 확인
수검자 준비자료	■ 초음파탐상검사 절차서 ■ 초음파탐상검사 보고서 ■ 시험 기기 교정시험 성적서 ■ 비파괴검사자 자격 사항 등

940.1.5 자분탐상검사

940.1.5.1 일반요건

KEC 173.1
ASME SEC. V, 2019

940.1.5.1.1 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 필수요건을 포함시킨 인정된 절차서에 따라 실시하여야 한다.

관 련 근 거

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, '2'의 요건의 변경은 절차서의 재인정이 요구된다.

940.1.5.2 장비

KEC 173.2
ASME SEC. V, 2019

검사품에 필요한 자속을 만들기 위해 940.1.5.4에 기술되고, 표 940-31에 규정된 적절하고 적합한 방법 중 한 가지 이상의 기법을 이용하여 실시하여야 한다.

표 940-31 자분탐상검사 절차서 요건

KEPIC MEN M-42

요건	필수요건	비필수요건
자화기법	○	
자화전류 형태 또는 본 요건에 규정되거나 사전에 인정된 시험체 외측 암페어 범위	○	
표면준비	○	
자분(형광/가시성, 색상, 입자크기, 습/건식)	○	
자분 적용방법	○	
과잉 자분 제거방법	○	
최소 조명강도	○	
검증된 두께보다 두꺼운 코팅일 경우	○	

관 련 근 거

표 940-31 계속

요건	필수요건	비필수요건
비자성 표면 콘트라스트 강화제가 사용될 때	○	
기량검증, 필요시	○	
사전에 인정되었거나 자분 제작자가 권고하는 온도범위를 초과하는 검사부품의 표면온도	○	
검사 대상체의 형상 또는 크기		○
동일 형태의 장비		○
온도(제작자에 의해 규정된 온도범위 또는 사전에 인정된)		○
탈자 기법		○
검사 후 세척 기법		○
검사자 자격인정 요건		○

940.1.5.2.1 자분

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

940.1.5.3 표면상태

KEC 173.3
ASME SEC. V, 2019

940.1.5.3.1 표면준비

1. 표면 불규칙이 불연속부로부터의 지시를 가리게 되는 곳에서는 연삭, 기계가공에 의한 표면준비가 필요할 수 있다.
2. 자분탐상검사 전에, 검사할 표면과 그 표면에서 최소한 25 ㎜ 이내의 모든 인접부위는 건조시켜야 하고, 오물, 그리이스, 보푸라기, 스케일, 용접 플럭스, 용접 스패터, 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

관 련 근 거

이용하여 실시할 수 있다.

4. 비자성 피복이 부품의 검사부위에 남아 있으면, 적용되는 최대 피복 두께를 통하여 지시가 검출될 수 있다는 것을 실증하여야 한다.

940.1.5.3.2 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.

940.1.5.4 기법

KEC 173.4
ASME SEC. V, 2019

다음의 다섯 가지 자화기법 중 한 가지 이상이 사용되어야 한다.

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

940.1.5.4.1 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 ㎜ 이상인 경우 자화전류는 프로드 간격에 따라 최소 3.9 A/㎜에서

관 련 근 거

최대 4.9 A/㎜이어야 한다. 검사체의 두께가 19 ㎜ 미만인 경우 자화전류는 프로드 간격에 따라 3.5~4.3 A/㎜이어야 한다.

3. 프로드 간격

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

940.1.5.4.2 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 고정코일이 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 460 mm를 초과하지 않도록 부분으로 나누어 검사하여야 하고, 필요한 자장강도를 계산할 때 길이 L을 460 ㎜로 하여야 한다. 비원통형 부품의 경우, D는 최대 단면적의 대각선 길이로 하여야 한다.

가. L/D 비(Ratio)가 4 이상인 부품

관 련 근 거

자화전류는 다음과 같이 계산한 암페어 턴(Turn) 값의 ±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 ±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 940.1.5.5.4의 자분 지시계 또는 인공결함 심을 사용하여 실증하여야 한다.

마. 크기 또는 형상이 큰 부품의 경우, 자화전류는 1200~4500 암페어 턴(A-T)이어야 한다. 자장의 적정성은 940.1.5.5.4에 따라 인공결함 끼움쇠 또는 파이(Pie)형 자분지시계를 사용하여 실증하여야 한다. 홀(Hall)-효과 탐촉자 가우스미터는 원형코일 자화법에 사용해서는 아니 된다.

3. 자화전류

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

$$\text{암페어(메타눈금값)}=\frac{A-T}{\text{코일의감은수}}$$

940.1.5.4.3 원형자화법

1. 직접통전법

가. 자화절차

직접통전법의 경우, 검사할 부품에 전류를 통과 시켜 자화

관 련 근 거

한다. 이 기법은 부품내의 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 12~31 A/mm 일 것

2) 둥근모양 이외의 기하학적 형상을 가진 부품의 경우, 위 '1)'의 바깥지름 대신에 전류흐름과 직각인 평면에서 최대 단면 대각선을 사용할 것

3) 위의 '1)'에 요구되는 전류 수준을 얻지 못할 경우, 얻을 수 있는 최대 전류가 사용되어야 하고, 또한 자장의 적정성은 940.1.5.5.4에 따라 실증될 것

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 940.1.5.5.4에 따라 실증되어야 한다.

나. 자화전류

필요한 자장강도는 중심도체가 1회 감긴 경우 1의 '나'에서 결정된 값과 같아야 한다. 자장은 중공형 부품을 통과하는 중심도체 케이블의 감김 횟수에 비례하여 증가한다. 예를 들어, 1회의 중심도체를 사용하여 부품을 검사하는데 6,000 A가 필요하다면, 2회 감김 관통케이블이 사용되는 경우 3,000 A가 필요하게 되며, 또한 5회 감김 관통케이블이 사용되는 경우에 1,200 A가 필요하다. 중심도체법이 사용되는 경우, 자장의

관 련 근 거

적정성은 940.1.5.5.4에 따라 자장 지시계를 사용하여 입증하여야 한다.

940.1.5.4.4 요크(Yoke)법

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

940.1.5.4.5 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. 940.1.5.4.2 및 940.1.5.4.3에 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(940.1.5.4.2 및 940.1.5.4.3 참조)은 앞에서 규정한 요건을 사용하여 정하여야 한다. 자장의 적정성은 940.1.5.5.4에 따라 인공 결함 끼움쇠 또는 파이(Pie)형 자분지시계를 사용하여 실증하여야 한다. 홀(Hall)-효과 탐촉자 가우스미터는 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.

관 련 근 거

KEC 173.5
ASME SEC. V, 2019

940.1.5.5 교정

940.1.5.5.1 교정주기

1. 자화장비
   가. 교정주기
      전류계가 부착된 자화장비는 최소한 1년에 한번은 교정하여야 하며, 장비의 주요 전기부품이 수리되었거나, 주기적인 정비 또는 손상을 입었을 때마다 교정할 것. 장비가 1년 이상 사용되지 않았다면, 처음 사용하기 전에 교정이 실시되어야 한다.
   나. 교정절차
      장치의 계기에 대한 정밀도는 국가표준에 따라 추적 가능한 장비로 매년 입증할 것. 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 ±10 % 이상 벗어나지 않을 것
2. 조도계
   조도계는 최소한 1년에 한 번 또는 조도계가 수리되었을 때마다 교정해야 한다. 장비가 1년 이상 사용되지 않았다면, 사용하기 전에 교정을 실시해야 한다.

940.1.5.5.2 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 검사동안 사용될 것과 유사한 접촉으로 최대 전극거리에서 최소한 4.5 kg의 인상력을 가져야 한다.

관 련 근 거

3. 직류 또는 영구자석 요크는 검사동안 사용될 것과 유사한 접촉으로 최대 전극거리에서 최소한 18 kg의 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.

940.1.5.5.3 가우스미터

940.1.5.4.2에 따라 자장강도를 확인하기 위해 사용되는 홀(Hall)-효과 탐촉자 가우스미터는 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.

940.1.5.5.4 자화자장의 적합성 및 방향

1. 자장의 적합성 적용

   자장은 만족스러운 지시를 만드는데 충분한 강도를 가져야 하지만, 무관련 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

      그림 940-50에 나타난 자분 지시계를 구리 도금되지 않은 면이 검사할 표면에 있도록 위치시켜야 한다. 자력을 발생시킴과 동시에 자분을 살포했을 때 자분지시계의 동 도금된 면을 가로질러 선명한

관 련 근 거

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.

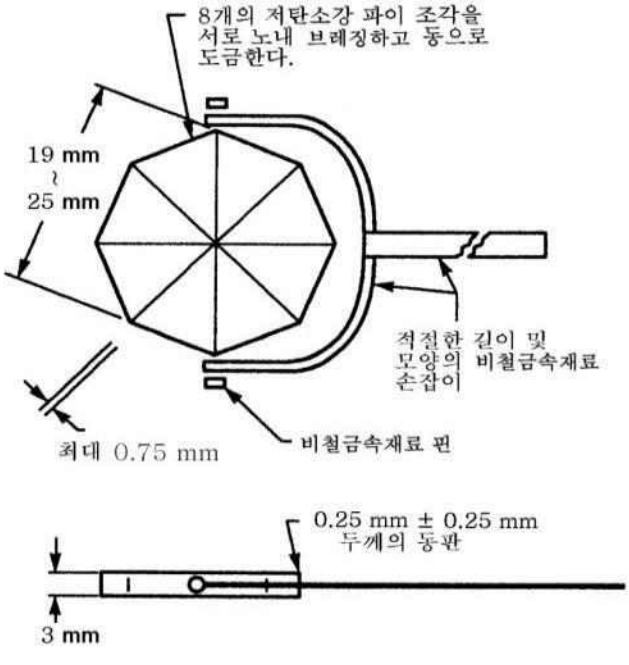


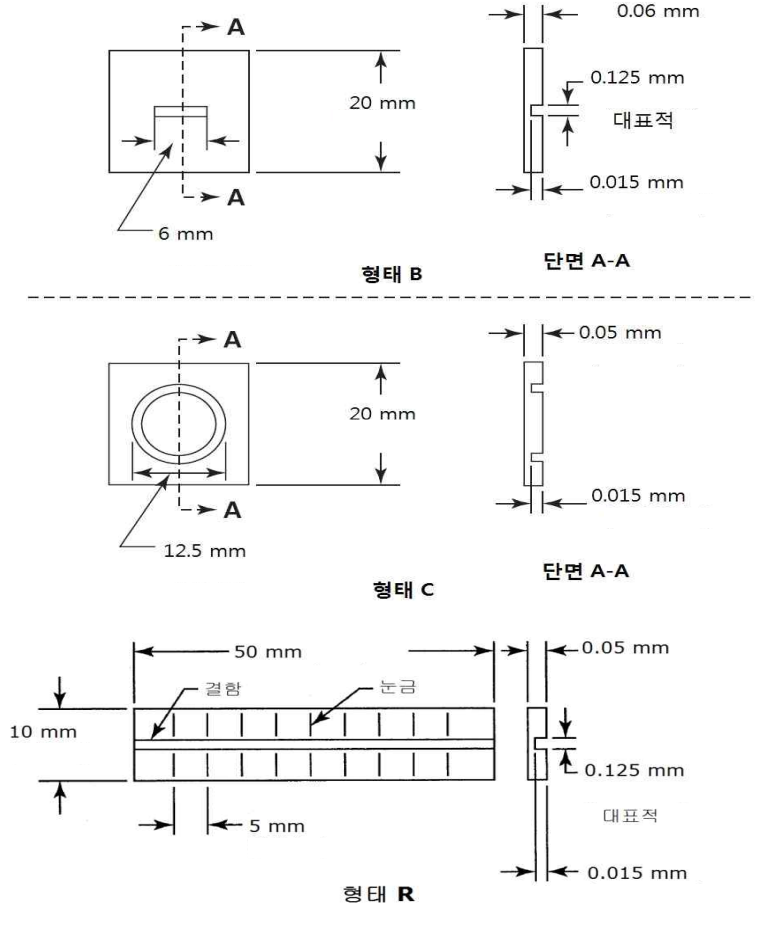
그림 940-50 파이(Pie)형 자분 지시계

나. 인공결함 끼움쇠

그림 940-51 또는 그림 940-52에 나타낸 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 인공결함 면이 검사 표면을 향하도록 심은 검사할 표면에 부착되어야 한다. 자력은 발생시킴과 동시에 자분을 살포하여 깊이 30 % 결함을

관 련 근 거

나타내는 선명한 자분의 경계선이 심의 표면상에 나타나면 자장의 강도는 적정한 것이다. 선명한 자분의 경계선이 나타나지 않으면 자화기법을 필요한 만큼 변경하여야 한다. 심 형상의 자장지시계는 습식자분 사용 시에 가장 좋다.



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 에칭 또는 기계가공하여 만든다.

그림 940-51 인공 결함 끼움쇠

관 련 근 거

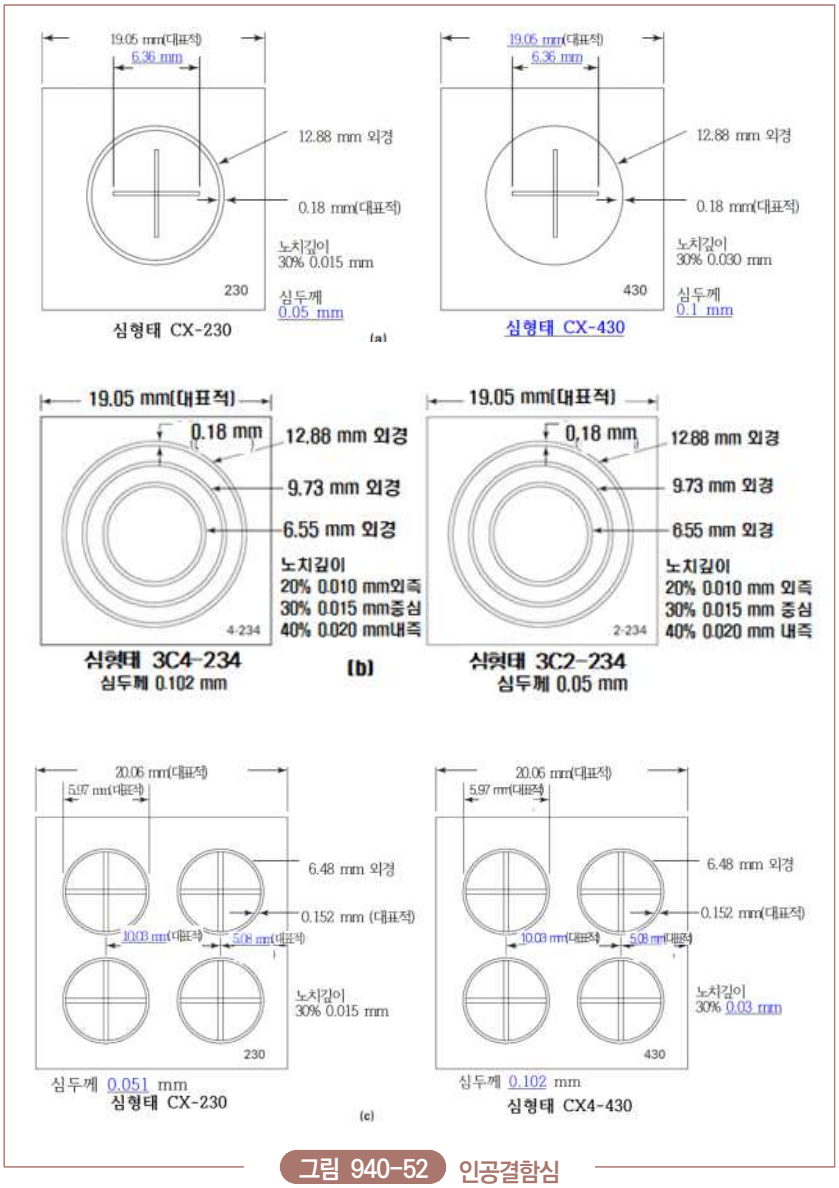


그림 940-52 인공결함심

다. 홀(Hall)-효과

접선자장 탐촉자 가우스미터 및 홀(Hall)-효과 접선자장 탐촉자는 접선자장의 최고값(Peak value)을 측정하기 위해 사용하여야 한다. 탐촉자는 검사할 부품의 표면에 위치시켜 최대 자장강도가

관 련 근 거

측정되도록 한다. 자력이 적용되는 동안 측정된 자장이 2.4 ~ 4.8 kAm-1의 범위이내면 자장강도는 적절한 것이다.

2. 자장 방향
   자화 방향은 그림 940-50 또는 그림 940-51에 나타난 파이형 지시계 또는 끼움쇠 형상 지시계를 사용하여 얻은 자분지시로 결정하여야 한다. 자분의 선명한 경계선이 형성되지 않은 경우, 필요하다면 자화 기법을 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 인공결함을 이용하여 자장의 적정성 및 방향의 결정은 940.1.5.4.2의 '2'의 '라', 940.1.5.4.2의 '2'의 '마', 940.1.5.4.3의 '1'의 '나'의 '3)', 940.1.5.4.3의 '2'의 '가', 940.1.5.4.3의 '2'의 '나' 및 940.1.5.4.5의 '2'의 자화기법에 의해 특별히 인용되는 경우에만 인정된다.

940.1.5.6 검사

KEC 173.6
ASME SEC. V, 2019

940.1.5.6.1 예비 검사

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

940.1.5.6.2 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.

관 련 근 거

940.1.5.6.3 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 또는 적용 동안에 적용하여도 된다. 자분을 검사부위에 직접 적용하지 않고 검사부위에 흘리거나 직접 적용하되 집적된 자분이 제거되지 않을 정도의 저속으로 적용된다면, 자화전류를 적용하면서 습식자분을 적용하여도 된다.

940.1.5.6.4 검사 범위

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

940.1.5.6.5 정류 전류

1. 자화전류로 직류가 요구될 때, 정류 전류가 사용될 수 있다. 자화에 사용되는 정류전류는 3상(전파 정류된) 전류 또는 단상(반파 정류된) 전류로 하여야 한다.
2. 3상 전파 정류전류에 필요한 암페어수는 평균전류를 측정하여 실증하여야 한다.

관 련 근 거

3. 단상 반파 정류전류에 필요한 암페어수는 반 주기 동안의 평균 출력 전류를 측정하여 실증하여야 한다.

4. 직류 검사계로 반파 정류전류를 측정할 때는, 읽은 값에 2배를 하여야 한다.

940.1.5.6.6 과잉자분의 제거

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

940.1.5.6.7 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 1,076 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 빛쬠장치를 이용한 형광자분
   형광자분을 사용한 경우, 공정은 자외선 빛쬠장치(UV-A)를 이용하는 것을 제외하면 '1'과 동일하다. 검사는 다음과 같이 실시하여야 한다.
   가. 검사면에 교정된 백색광 측정기로 측정한 주변 밝기가 21.5 lx 이하인 어두운 장소에서 실시하여야 한다.

관 련 근 거

나. 검사자는 눈이 어두운 곳에 적응하도록 검사 전에 적어도 5분 동안 어두운 곳에 있어야 한다. 검사자가 착용하는 안경이나 렌즈는 감광성이 없어야 한다.

다. 검사 영역은 320 ~ 400 nm 범위에서 작동하는 UV-A로 비추어야 한다.

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

마. 반사체, 필터, 안경 및 렌즈는 사용 전에 점검하여야 하고, 필요하면 청소를 하여야 한다. 균열이 있거나 부서진 반사체, 필터, 안경 또는 렌즈는 즉시 교체하여야 한다.

바. 자외선의 세기는 사용 전, 전원이 차단되거나 변경되었을 때 마다, 그리고 전체검사 또는 일련의 검사가 완료되었을 때 자외선 강도계로 측정하여야 한다.

사. 수은증기 아크램프는 형광유도를 위해 주로 365 nm의 피크 파장에서 UV-A 파장을 생성한다. 단일 UV-A 또는 UV-A LED를 사용한 LED UV-A는 다른 UV-A와 유사한 방출 특성을 가져야 한다. LED UV-A는 관련 표준의 요건을 만족하여야 한다. LED UV-A 광원은 관련 표준의 요건을 만족하는 것으로 인증되어야 한다.

940.1.5.6.8 탈자

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

940.1.5.7 평가

KEC 173.7
ASME SEC. V, 2019

1. 모든 지시는 합격기준에 따라 평가하여야 한다.
2. 표면 또는 표면부근의 불연속부는 자분의 부착에 의해 지시가 나타

관 련 근 거

난다. 그러나, 기계가공 흔적 또는 기타 표면조건으로 인한 부분적인 표면 불규칙은 의사지시를 만들 수도 있다.

3. 불연속부로부터의 지시를 가릴 수 있는 넓은 부위의 자분집적을 피하여야 하고, 그러한 부위는 세척하고 재검사하여야 한다.

940.1.5.8 문서화

KEC 173.8
ASME SEC. V, 2019

940.1.5.8.1 지시의 기록

1. 합격지시
   합격지시는 규정한 대로 기록하여야 한다.
2. 불합격지시
   불합격지시는 기록되어야 하며, 최소한 지시의 종류, 위치 및 범위를 포함하여야 한다.

940.1.5.8.2 검사 기록

각 검사에 대해 다음 정보를 기록하여야 한다.

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

관 련 근 거

940.1.5.8.3 성능 실증

요구되는 경우, 성능 실증이 기록되어야 한다.

940.1.5.9 검사항목 및 수검자 준비자료

검사·점검의 방법 및 절차 (고시 별표9)

항 목	방 법
자분탐상검사 절차	자분탐상검사에 적합한 자화기법, 자분종류, 자분 적용 방법 등을 적용하였는지 확인
자분탐상검사 보고서	자분탐상검사장치, 표면 상태, 자화 기법, 자분 종류, 관찰 조도, 표면 온도 등의 시험 기록 및 판독 결과가 기준에 맞게 작성 되었는지 확인
자분탐상검사 시험기기	자분탐상검사에 사용되는 시험기기 교정 상태를 확인
비파괴검사자 자격사항	940.1.2.2의 요건에 적합한 자인지 확인
수검자 준비자료	■ 자분탐상검사 절차서 ■ 자분탐상검사 보고서 ■ 시험 기기 교정시험 성적서 ■ 비파괴검사자 자격 사항 등

940.1.6 침투탐상검사

940.1.6.1 일반요건

KEC 174.1
ASME SEC. V, 2019

940.1.6.1.1 적용

이 절차는 강용접부 및 재료의 균열, 라미네이션(Lamination), 탕계, 용접심(Weld seam), 겹침(Lap), 관통누설, 융합부족과 같은 표면에 개방된 불연속부를 검출하기 위한 침투탐상검사 절차에 적용한다.

1. 침투탐상검사는 표 940-32 요건을 포함시켜 인정된 절차서에 따라 실시하여야 한다.

관 련 근 거

KEPIC MEN M-42

표 940-32 침투탐상검사 절차서 요건

요건	필수요건	비필수요건
현상제, 후유화제 등을 포함한 침투제의 종류, 동종그룹 또는 제조자의 변경 확인사항	○	
표면준비 상태(세제 종류를 포함한 처리완료 및 세척상태)	○	
침투액 적용방법	○	
잉여 침투액 제거방법	○	
친수성 및 친유성 후유화제 농도, 담금탱크내 적용시간, 친수성 후유화제의 교반시간	○	
분무적용시의 친수성 후유화제의 농도	○	
현상제 적용방법	○	
단계별 및 건조에 필요한 최소 및 최대시간 간격	○	
침투액 적용시간의 단축	○	
현상제 적용시간의 증대(해석시간)	○	
최소 조명강도	○	
5 ~ 52 ℃(40 ~ 125 ℉)의 온도범위 또는 사전에 인정된 온도 범위를 벗어나는 표면온도	○	
기량검증(필요시)	○	
검사자 자격인정 요건		○
검사대상품의 자료, 형상, 또는 크기, 검사범위		○
검사후 세척기법		○

2. 절차서 인정

절차 인정이 규정되어 있을 때에는, 표 940-32 필수요건의 변경은 절차서의 재인정이 요구된다.

940.1.6.2 탐상제

KEC 174.2
ASME SEC. V, 2019

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

관 련 근 거

KEC 174.3
ASME SEC. V, 2019

940.1.6.3 기타 요건

940.1.6.3.1 불순물의 관리

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

940.1.6.3.2 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 ㎜ 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 940.1.6.3.1의 요건을 만족하여야 한다. 사용된 세척법은 검사공정의 중요한 부분이다.

940.1.6.3.3 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.

관 련 근 거

KEC 174.4
ASME SEC. V, 2019

940.1.6.4 기법

940.1.6.4.1 침투탐상 공정

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

1. 수세성
2. 후유화성
3. 용제제거성

940.1.6.4.2 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, 940.1.6.4.3에 따른다면, 다른 온도 및 시간이 사용될 수 있다.

940.1.6.4.3 표준온도가 아닌 온도에서의 기법

침투탐상검사를 5~52 ℃의 온도범위 내에서 실시하는 것이 불가능한 경우, 제안된 온도보다 낮거나 높은 온도범위에서의 검사절차는 [부록 6.1]에 따라 침투제 및 처리방법의 인정이 필요하다.

940.1.6.4.4 기법 제한

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

관 련 근 거

940.1.6.5 교정

KEC 174.5
ASME SEC. V, 2019

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

940.1.6.6 검사

KEC 174.6
ASME SEC. V, 2019

940.1.6.6.1 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.

940.1.6.6.2 침투시간

최소 침투시간은 표 940-33에서 요구된 시간 또는 특별한 적용을 위해 검증에 의해 인정된 시간을 적용시간대로 하여야 한다.

표 940-33 최소 유지시간

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

관 련 근 거

표 940-33 최소 유지시간

재료	형상	불연속부의 종류	침투시간. 분(비고) 침투제
비고	상기 표의 침투시간은 제품온도범위가 10~52 ℃일 때이며, 제품온도가 5~10 ℃일 때는 최소 침투시간은 표에 기술된 시간의 2배이어야 한다.		

940.1.6.6.3 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 종이로 닦는 작업을 반복하여 제거해도 된다. 남아있는 흔적은 물을 살짝 적신 천 또는 흡수성 종이로 표면을 닦아 제거해야 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 헹궈서 제거하여야 한다. 물의 온도 및 압력은 제조자가 권고한대로 하여야 한다.

관 련 근 거

나. 친수성 유화제

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

다. 용제제거성 침투제

과잉의 용제제거성 침투제는 침투제의 흔적이 대부분 제거될 때까지 헝겊 또는 흡수성 종이를 이용하여 닦아내는 작업을 반복하여 제거하여야 한다. 잔류하고 있는 흔적은 용제를 묻힌 헝겊 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.

940.1.6.6.4 과잉 침투제 제거 후의 건조

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

940.1.6.6.5 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, 현상

관 련 근 거

제의 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, 가루 살포기, 또는 기타 방법을 이용하여 가루가 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.

3. 현상시간

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

관 련 근 거

940.1.6.6.6 판독

1. 최종 판독

   최종 판독은 940.1.6.6.5의 '3'의 요건을 만족한 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 짙은 붉은색으로 침투제의 흡출에 의해 나타난다. 옅은 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 1076 lx의 조명강도가 필요하다. 빛의 강도, 자연광 또는 보조 백색광원은 지시를 평가하기 전에 백색광측정기로 측정하거나 확인된 광원을 사용하여야 한다. 광원의 확인은 1회만 요구되고, 이 기록은 문서화하여 관리하여야 한다.

4. 형광침투제

   형광침투제를 사용하는 경우, 절차는 자외선(UV-A) 빛쬠장치를 사용하는 것 이외에 기본적으로 '3'과 같다. 판독은 다음과 같이 실시하여야 한다.

   가. 검사면에 교정된 백색광 측정기로 측정한 주변 밝기가 21.5 lx 이하인 어두운 장소에서 실시할 것

관 련 근 거

나. 검사자는 눈이 어두운 곳에서 보기에 적응할 수 있도록 검사를 하기 전에 적어도 5분 동안 어두운 곳에 있을 것. 검사자가 착용하는 안경이나 렌즈는 감광성이 없어야 한다.

다. 검사 영역은 320~400 nm 범위에서 작동하는 UV-A로 비출 것

라. 자외선은 검사하는 전 과정에 걸쳐 검사하는 부분의 표면에 1,000 $\mu W/cm^2$ 이상을 나타낼 것

마. 반사체, 필터, 안경 및 렌즈는 사용 전에 점검하여야 하고, 필요하면 청소를 할 것. 균열이 있거나 부서진 반사체, 필터, 안경 또는 렌즈는 즉시 교체하여야 한다.

바. 자외선의 세기는 사용 전, 전원이 차단되거나 변경되었을 때마다, 그리고 전체검사 또는 일련의 검사가 완료되었을 때 자외선 강도계로 측정할 것

사. 수은증기 아크램프는 형광유도를 위해 주로 365 nm의 피크 파장에서 UV-A 파장을 생성한다. 단일 UV-A 또는 UV-A LED를 사용한 LED UV-A는 다른 UV-A와 유사한 방출 특성을 가져야 한다. LED UV-A는 관련 표준의 요건을 만족하여야 한다. LED UV-A 광원은 관련 표준의 요건을 만족하는 것으로 인증되어야 한다.

940.1.6.6.7 검사 후처리

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

940.1.6.7 평가

KEC 174.7
ASME SEC. V, 2019

1. 모든 지시는 참조규격의 합격표준을 근거로 평가하여야 한다.
2. 표면에 있는 불연속부는 침투제의 흡출에 의해 나타난다. 그러나, 기계가공 흔적 또는 다른 표면상태에 의한 부분적인 표면 불규칙은 의사 지시를 만들 수도 있다.

관 련 근 거

3. 불연속부의 지시모양을 가릴 수 있는 형광제 또는 염색제의 넓게 퍼진 부위는 검사과정이 부적절하므로, 그러한 부위는 세척하고 재검사하여야 한다.

940.1.6.8 문서화

KEC 174.8
ASME SEC. V, 2019

940.1.6.8.1 지시의 기록

1. 합격지시
   합격지시는 규정한 대로 기록하여야 한다.
2. 불합격지시
   불합격지시는 기록되어야 하며, 최소한 지시의 종류, 위치 및 범위를 포함하여야 한다.

940.1.6.8.2 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

관 련 근 거

940.1.6.9 검사항목 및 수검자 준비자료

검사·점검의 방법 및 절차 (고시 별표9)

항 목	방 법
침투탐상검사 절차	침투탐상검사에 적합한 탐상제의 선정, 표면처리, 침투제 적용 및 제거 방법, 현상제 적용 등이 절차 맞게 적용되었는지 확인
침투탐상검사 보고서	침투탐상검사 탐상제, 표면 상태, 침투제 적용 방법, 침투제 제거 방법, 현상제 적용 방법, 현상시간, 표면 조도, 표면 온도 등의 시험 기록 및 판독 결과가 기준에 맞게 작성되었는지 확인
침투탐상검사 탐상제	불순물 함량에 대한 검사성적서 확인
비파괴검사자 자격사항	940.1.2.2의 요건에 적합한 자인지 확인
수검자 준비자료	■ 침투탐상검사 절차서 ■ 침투탐상검사 보고서 ■ 시험 기기 교정시험 성적서 ■ 비파괴검사자 자격 사항 등

940.1.7 육안검사

940.1.7.1 적용범위

KEC 175.1
ASME SEC. V

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

940.1.7.2 일반사항

KEC 175.2
ASME SEC. V

1. 문서화된 절차서 요건

가. 요건

육안검사는 최소한 표 940-34에 수록된 요건을 포함하는 문서화된 절차서에 따라 수행되어야 한다. 문서화된 절차서에는 각 요건에 대한 단일값 또는 어떤 범위의 값이 설정되어 있어야 한다.

나. 절차서 인정

표 940-34에서 필수변수로 지정된 요건의 특정값 또는 값들의

관 련 근 거

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.

다. 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 검증 방법으로 고려될 수 있다. 절차서를 검증하기 위해 이와 같은 상태 또는 인공 결함은 검사대상 부위 중에서 인지하기가 가장 어려운 위치에 있어야 한다.

표 940-34 육안검사 절차서 요건

요건(해당 시)	필수변수	비필수변수
사용된 기법의 변경	-	-
직접육안검사에서 투시육안검사로, 또는 투시육안검사에서 직접육안 검사로 변경	○	-
직접육안검사에서 간접육안검사로 변경	○	-
간접육안검사 보조도구	○	-
필요시, 검사자의 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	-	○

관 련 근 거

940.1.7.3 장비

KEC 175.3
ASME SEC. V, 2019

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

940.1.7.4 기법

KEC 175.4
ASME SEC. V, 2019

1. 적용
   육안검사는 일반적으로 검사품의 표면상태, 접합면의 배열상태, 형상 또는 누설의 증거와 같은 것을 판정하는데 적용한다. 추가로 복합재료(투명 엷은 재료)의 표면 바로 아래 상태 결정에도 적용한다.
2. 직접육안검사
   직접육안검사는 일반적으로 검사 표면과 눈과의 거리가 610 ㎜(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(자연조명 또는 보조 백색등)이 필요하며, 검사 표면/현장에서의 최소 조도는 1,076 lx(100 fc)이어야 한다. 광원, 사용기법, 조도 확인은 오직 한번의 검증이 필요하며 이를 문서화하여 문서철로 보관하여야 한다.
3. 간접육안검사
   어떠한 경우에는 직접육안검사를 간접육안검사로 대체해서 사용해도 무방하다. 간접육안검사는 거울, 망원경, 보어 스코프, 파이버스코프, 카메라 또는 기타 적절한 기구 등과 같은 시각 보조도구를 사용해도 좋다. 이와 같은 장치는 직접 육안관찰로 얻을 수 있는 동등 이상의 분해능과 빛의 강도를 가져야 한다.

관 련 근 거

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 관계없이 빛을 조사할 수 있는 충분한 세기를 갖추어야 한다.

940.1.7.5 평가

KEC 175.5
ASME SEC. V, 2019

1. 모든 검사는 적용 기준의 합격기준에 따라 평가하여야 한다.
2. 육안검사를 계획하고 요구된 육안관찰이 수행되었는지를 확인하기 위해서 검사점검표를 사용하여야 한다. 이 검사점검표는 제작자가 공정중 수행할 최소 검사요건을 정하지만 제작자가 최대 검사요건을 정하지는 않는다.

940.1.7.6 문서화

KEC 175.6
ASME SEC. V, 2019

1. 비파괴검사 보고서

가. 비파괴검사 보고서에는 다음의 정보가 포함되어야 한다.

1) 검사일자
2) 사용한 절차서 식별번호 및 개정번호
3) 사용된 기법
4) 검사결과
5) 비파괴검사자 식별, 및 적용 기준이 요구할 경우 자격등급
6) 검사를 한 부품이나 기기의 식별

관 련 근 거

나. 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.

2. 기록의 보관
기록은 적용 기준의 요건에 따라 보관해야 한다.

940.1.7.7 검사항목 및 수검자 준비자료

검사·점검의 방법 및 절차 (고시 별표9)

항 목	방 법
육안검사 절차	육안검사에 적합한 관찰 방법, 검사 보조 도구, 검사품의 형상 및 표면 상태, 관찰 조도 등이 절차 맞게 적용되었는지 확인
육안검사 보고서	육안검사 기법, 검사에 사용된 보조 도구, 표면 상태, 관찰면 조도 등의 시험 기록 및 시험 결과가 기준에 맞게 작성 되었는지 확인
육안검사 보조 도구	육안검사에 사용되는 보조 도구의 기기 교정 상태를 확인
비파괴검사자 자격사항	940.1.2.2의 요건에 적합한 자인지 확인
수검자 준비자료	■ 육안검사 절차서 ■ 육안검사 보고서 ■ 보조 도구 교정시험 성적서 ■ 비파괴검사자 자격 사항 등

940.1.8 누설검사

940.1.8.1 적용범위

KEC 176.1
ASME SEC. V, 2019

1. 이 기준은 누설검사를 수행하기 위한 요건을 규정한다.
2. 이 기준의 누설검사 방법 또는 기법을 적용할 경우, 940.1.2.1에서 940.1.2.6까지의 요건과 함께 사용하여야 한다.

관 련 근 거

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.

940.1.8.2 일반사항

KEC 176.2
ASME SEC. V, 2019

1. 문서화된 절차서 요건
2. 요건
   가. 문서화된 절차서에 따라 누설검사를 수행하여야 한다.
   나. 문서화된 절차서에는 각 요건에 대한 단일 값 또는 값의 범위를 설정하여야 한다.
3. 절차서 인정
   적용 기준에서 절차서 인정을 명시할 경우, 각 누설검사 방법 또는 기법에 명시된 시험 절차서의 필수요건이 변경되면 절차서를 검증하여 재인정하여야 한다.
4. 적용 기준
   가. 누설검사 방법이나 기법을 규정하는 경우, 다음 사항이 규정되어 있어야 한다.
      1) 검사자의 자격인정/인증 요건
      2) 기법/교정 표준
      3) 검사의 범위
      4) 허용 가능한 검사감도 또는 누설율
      5) 보고서 요건
      6) 기록의 보존

관 련 근 거

940.1.8.3 장비

KEC 176.3
ASME SEC. V, 2019

1. 게이지(Gages)
   가. 게이지 범위
   누설검사에 다이얼 지시게이지 및 기록형 압력계를 사용하는 경우, 압력게이지의 범위는 지정된 최대압력의 약 2배를 가지는 것이 좋으며, 어떠한 경우에도 압력게이지의 범위는 지정된 최대압력의 1.5배 미만 또는 4배를 초과하지 해서는 안 된다. 이 범위제한은 다이얼 지시게이지와 기록 진공 게이지에는 적용되지 않는다.
   나. 게이지 위치
   기기에 대해 압력/진공 누설검사를 수행할 때, 다이얼 지시게이지는 기기를 가압, 진공화, 검사, 감압 및 배기하는 동안 압력/진공을 조절하는 검사자가 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.
   다. 누설검사 방법 또는 기법에 따라 다른 형태의 게이지를 요구 시, 그 게이지는 함께 사용되거나 다이얼 지시형 또는 기록형 게이지 대신 사용해도 된다.

940.1.8.4 기타 요건

KEC 176.4
ASME SEC. V, 2019

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

관 련 근 거

2. 개구부
   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.
3. 온도
   누설검사 중에 모든 기기의 최저 금속온도는 압력기기 또는 부품의 수압, 수기압 또는 기압검사를 위해 누설검사 방법 또는 기법에 따라 규정한 온도 또는 적용 기준에서 규정한 온도이어야 한다. 누설검사를 수행하는 동안 최소 또는 최대 온도는 적용하는 누설검사 방법 또는 기법에서 허용하는 온도를 초과하여서는 안 된다.
4. 압력/진공(압력 한계)
   누설검사 방법 또는 기법, 적용 기준에서 규정하지 않을 경우, 누설검사 시 기기에 가하는 압력은 설계 압력의 1.25배를 초과해서는 안 된다.

940.1.8.5 절차

KEC 176.5
ASME SEC. V, 2019

1. 예비 누설검사
   감도가 민감한 누설검사를 수행하기 전에, 예비시험을 실시하여 대량 누설을 탐지하고 사전에 조치를 취해도 된다.
2. 시험순서
   누설검사는 수압시험 또는 기압시험을 하기 전에 수행하는 것을 권장한다.

관 련 근 거

940.1.8.6 교정

KEC 176.6

1. 압력/진공 게이지
   가. 누설검사에 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 재교정할 것. 사용하는 모든 게이지는 제조사가 명시한 정확도에 있어야 하고, 오류가 있으면 재교정하여야 한다.
   나. 만약 누설검사 방법 또는 기법에서 다른 형태의 다이얼 지시형 또는 기록형 게이지를 요구하는 경우, 그 게이지는 해당 누설검사 방법 또는 기법의 요건에 따라 교정할 것
2. 온도측정 장비
   적용 기준, 누설검사 방법 또는 기법에서 온도 측정을 요구할 경우에 온도측정 장비는 그 장비를 규정하는 기준, 누설검사 방법 또는 기법의 요건에 따라 교정하여야 한다.

940.1.8.7 누설표준 교정

KEC 176.7
ASME SEC. V, 2019

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

관 련 근 거

2. 비저장조 누설표준

가. 이 누설표준은 추적가스를 공급하도록 내재되어 있지 않다. 누설표준은 다음과 같아야 한다.

1) 이 누설표준은 적용 기준에서 규정하는 범위의 누설율과 추적가스 종류를 가져야 하며, 또는 규정하지 않을 경우에는 누설검사 방법 또는 기법에 따라야 한다.

2) 이 누설표준은 진공 또는 공기환경의 절대압 101 kPa을 방출하여 시험 적용 또는 기기 유형과 일치하도록 교정하여야 한다.

3) 이 누설표준은 101 kPa(1 atm, 14.7 psi)의 누설에 대한 압력차 또는 특정시험절차에 사용되는 차압을 나타내는 차압으로 한다.

940.1.8.8 시험

KEC 176.8
ASME SEC. V, 2019

시험방법은 각 누설검사 방법 또는 기법에 따라 수행한다.

940.1.8.9 평가

KEC 176.9
ASME SEC. V, 2019

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

940.1.8.10 문서화

KEC 176.10
ASME SEC. V, 2019

1. 시험 보고서

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

1) 시험 일자

2) 시험자의 인증 자격등급 및 성명

3) 시험절차서(번호) 및 개정번호

4) 시험방법 또는 기법

5) 시험결과

관 련 근 거

6) 기기 식별
7) 시험장치, 표준누설 및 재료 식별
8) 시험조건, 시험압력, 추적가스 및 가스농도
9) 게이지 : 제조사, 모델, 범위 및 식별번호
10) 온도측정 기기 및 식별번호
11) 방법 또는 기법의 설정을 나타내는 스케치

2. 기록의 보관
시험보고서는 적용 기준 요건에 따라 유지하여야 한다.

940.1.8.11 검사항목 및 수검자 준비자료

검사·점검의 방법 및 절차 (고시 별표9)

항 목	방 법
누설검사 절차	누설검사에 적합한 시험 장비, 검사품의 형상 및 표면 상태, 개구부 마감상태, 시험재 온도 등이 절차 맞게 적용되었는지 확인
누설검사 보고서	누설 시험 방법, 시험 장비, 시험 압력, 시험 유체, 시험체 온도 등의 시험 기록 및 시험 결과가 기준에 맞게 작성 되었는지 확인
비파괴검사자 자격사항	940.1.2.2의 요건에 적합한 자인지 확인
수검자 준비자료	■ 누설검사 절차서 ■ 누설검사 보고서 ■ 시험기기 교정시험 성적서 ■ 비파괴검사자 자격 사항 등

940.2 보일러

940.2.1 보일러 및 부속설비

940.2.1.1 용접부의 형상

KEC 605.42

기술기준 제164조에서 규정한 '안전한 형상'이란 보일러 등에 관한 940.2.1.2에서 940.2.1.5까지에 적합한 것을 말한다.

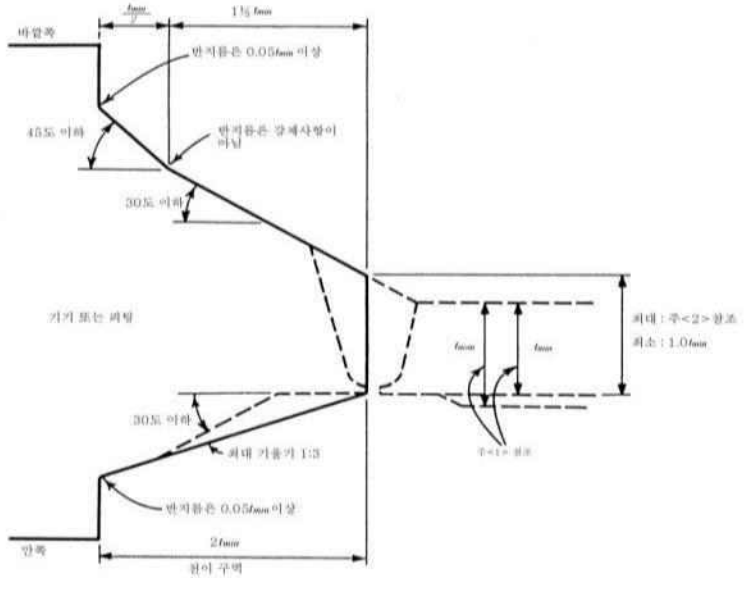
관 련 근 거

KEC 605.43
ASME SEC. I ,
2019

940.2.1.2 용접부의 설계

1. 보일러 등에 관계된 용기 또는 관의 길이이음 및 둘레이음의 용접부는 맞대기 양쪽면 용접 , 받침쇠를 사용한 맞대기 한쪽면 용접 또는 초층텅스텐불활성가스아크용접으로 설계하여야 한다. 다만, 앞에 언급된 이음 이외의 용접부는 모양과 형상에 따라 아래에 열거하는 방법으로 하여야 한다.

   가. 관대 또는 관과 펌프 , 밸브 및 그 밖에 이들에 유사한 것에 속하는 맞대기 용접에 의한 이음 용접부는 그림 940-54와 같아야 한다.

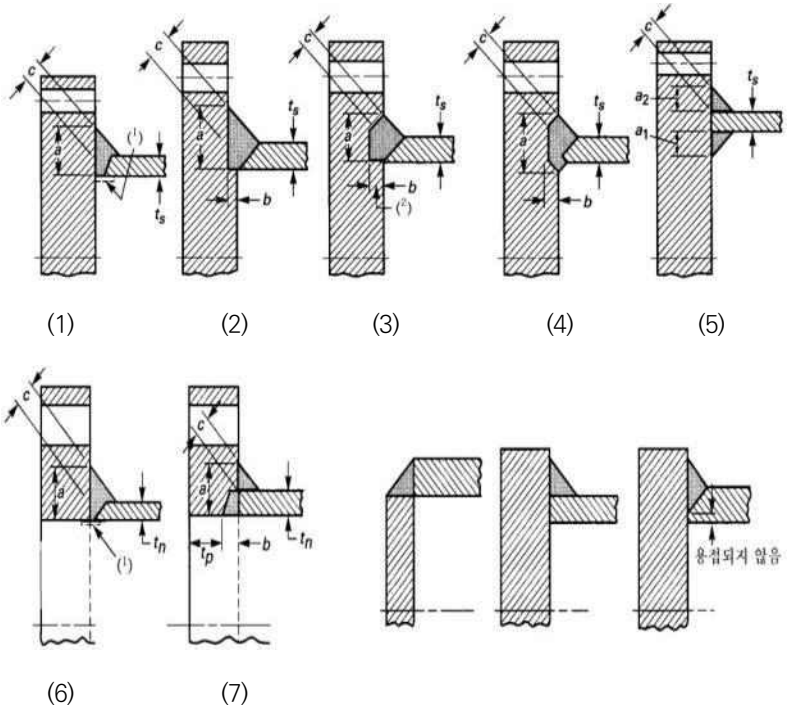


【주】
(1) t min 은 다음 값 중 하나이다.
   1. 주문한 파이프의 최소두께
   2. 주문한 튜브의 최소두께
   3. -12.5 % 의 허용오차를 갖는 파이프스케줄 두께로 주문한 경우, 그 파이프 공칭 두께 0.875배
   4. 두 부재 사이의 이음인 경우, 부재 또는 관이음새의 원통형 용접끝부분의 최소두께
(2) 부재의 끝부분에서의 최대두께는 다음과 같다.
   1. 최소두께 기준으로 주문한 경우 : (t min + 4 mm)와 1.15 tmin 중 큰 값
   2. 공칭두께 기준으로 주문한 경우 : (t min + 4 mm)와 1.10 tnom 중 큰 값

그림 940-53 용접단 천이부의 최대범위

관 련 근 거

나. 플랜지를 설치하는 이음 용접부는 그림 940-54의 (1)에서 (7)까지와 같아야 한다.

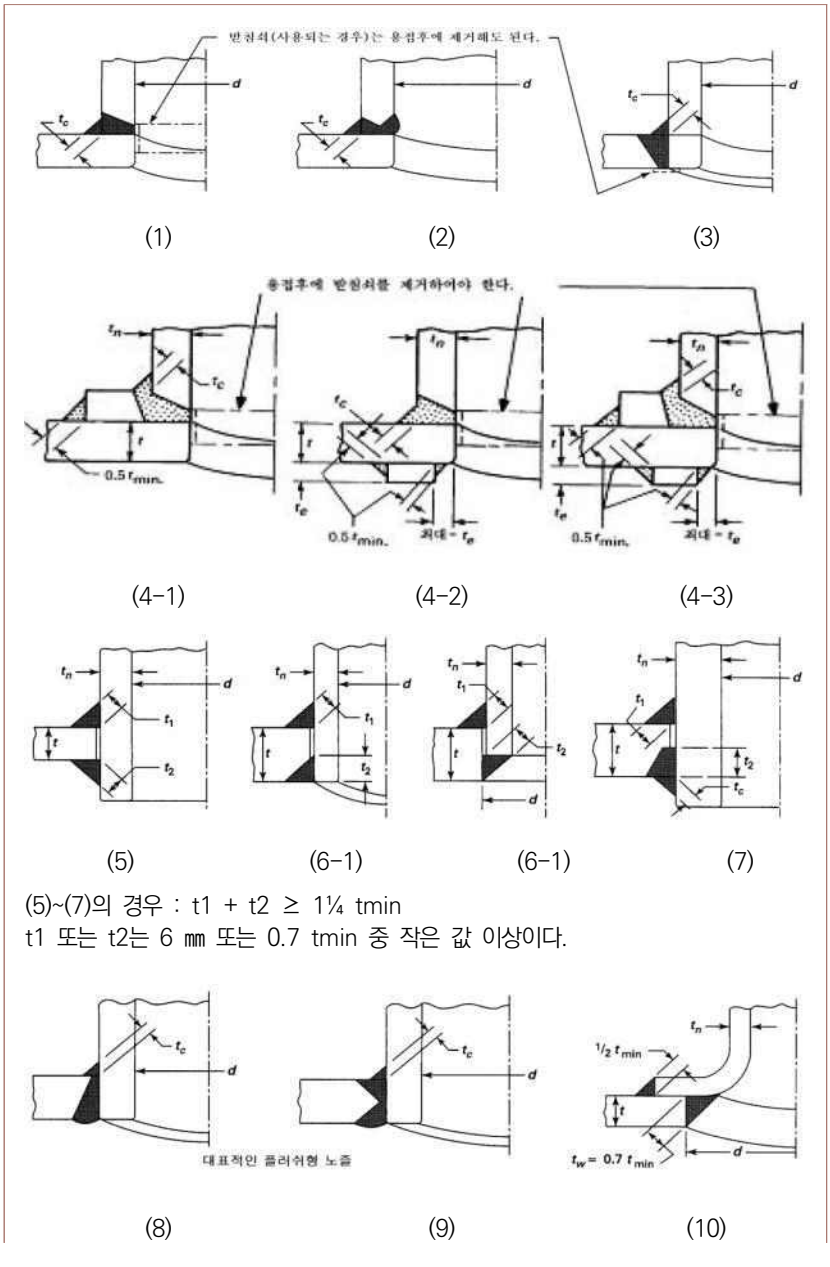


【주】
(1) 받침쇠를 사용할 수 있다.
(2) 이 용접금속은 이음을 완성하기 전에 용착되어도 좋다.
(3) 이음을 양쪽면으로부터 용접하지 않는다면 받침쇠를 사용할 수 있으며, 이 받침쇠는 용접후 제거할 수 있다.
그림 (4)에서, (a + b) ≥ 2ts, b = 0 이 허용된다.
그림 (5)에서, a = a1 + a2, (a + b) ≥ 2ts (b = 0), 0.5a2 ≤ a1 ≤ 2a2
그림 (6)에서, b = 0, a ≥ 3tn, c는 tn 또는 tx 중에서 작은 값 이상이어야 한다.
그림 (7)에서, (a + b) ≥ 3tn, c 는 tn 또는 tx 중에서 작은 값 이상이어야 한다.
그림 (7)에서, tp는 tn, tx 및 6 ㎜ 중에서 제일 작은 값 이상이어야 한다.
【비고】 1. c : 용접부의 최소크기를 결정하는데 사용하는 기본치수로 tn과 동등하거나 또는 tx중 에서 작은쪽의 값(mm)
2. tn : 동체와 플랜지 또는 랩이 부착된 노즐벽의 공칭두께

그림 940-54 관대 또는 관과 플랜지 펌프 밸브등의 맞대기 용접식 관이음

관 련 근 거

다. 동체, 드럼 및 헤다에 용접으로 부착하는 노즐 및 기타 연결부의 이음 용접부는 그림 940-55 (1)~(3), (5)~(18), (21)~(29)까지와 같아야 한다.



(1) (2) (3)

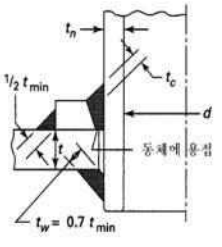
(4-1) (4-2) (4-3)

(5) (6-1) (6-1) (7)

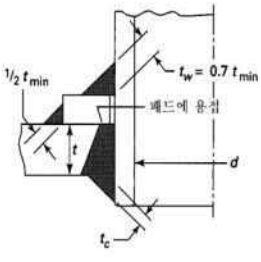
(5)~(7)의 경우 : t1 + t2 ≥ 1¼ tmin
t1 또는 t2는 6 ㎜ 또는 0.7 tmin 중 작은 값 이상이다.

(8) (9) (10)

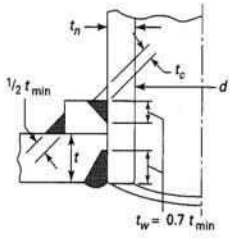
관 련 근 거



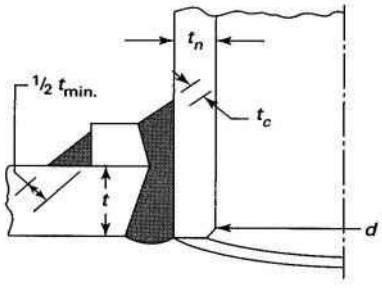
(11)



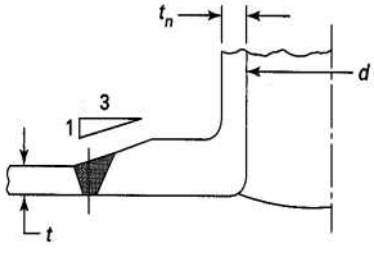
(12)



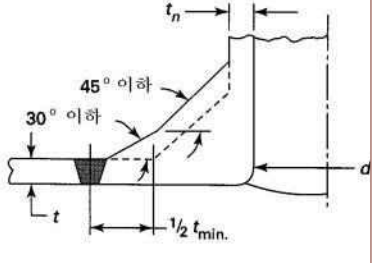
(13)



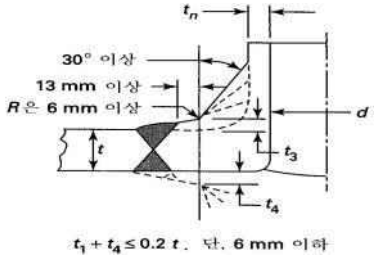
(14)



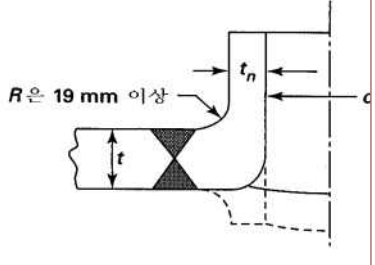
(15-1)



(15-2)

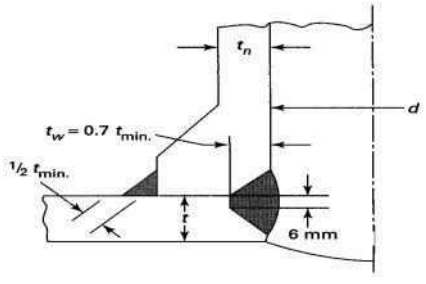


(15-3)

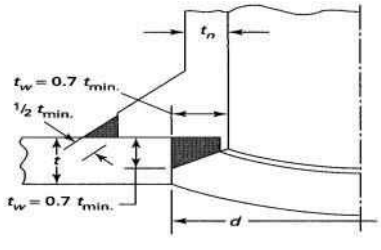


(15-4)

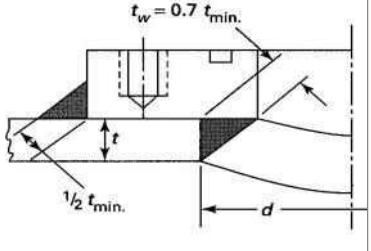
관 련 근 거



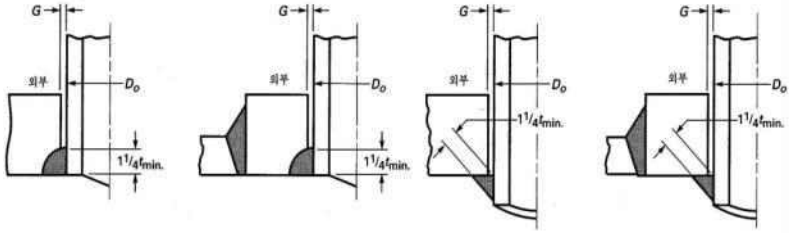
(16)



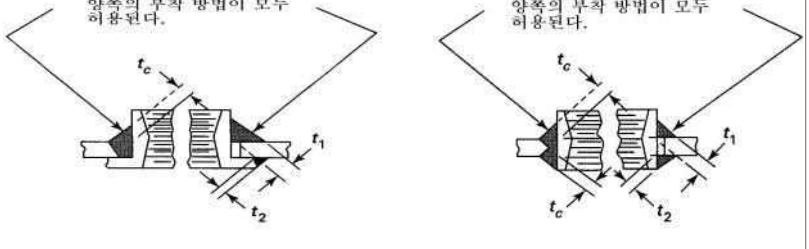
(17)



(18)



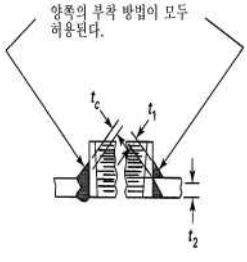
(19-1) (19-2) (19-3) (19-4)



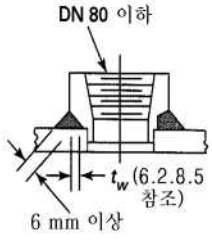
(21-1) (21-2) (22-1) (22-2)

(21) 및 (22)의 경우 : t1 + t2 ≥ 1¼ tmin
t1 또는 t2는 6 ㎜ 또는 0.7 tmin 중 작은 값 이상이어야 한다.

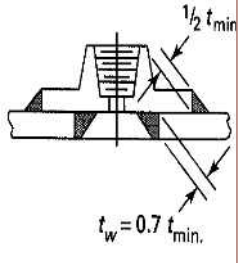
관 련 근 거



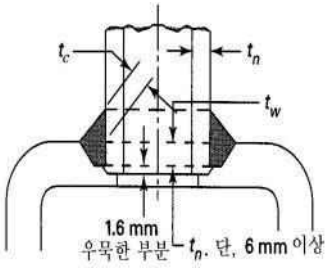
(23-1) (23-2)



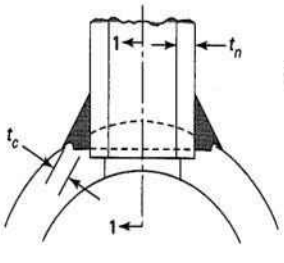
(24)



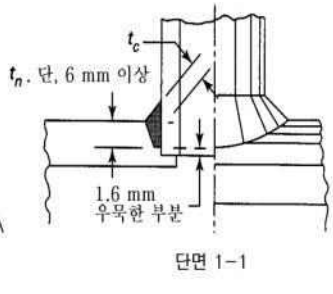
(25)



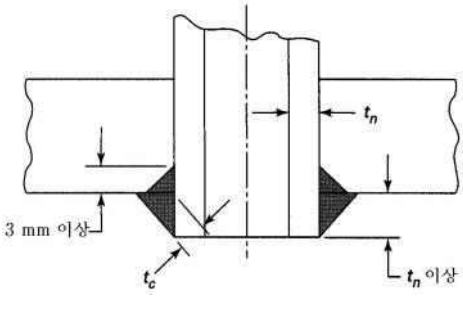
(26)



(27-1)

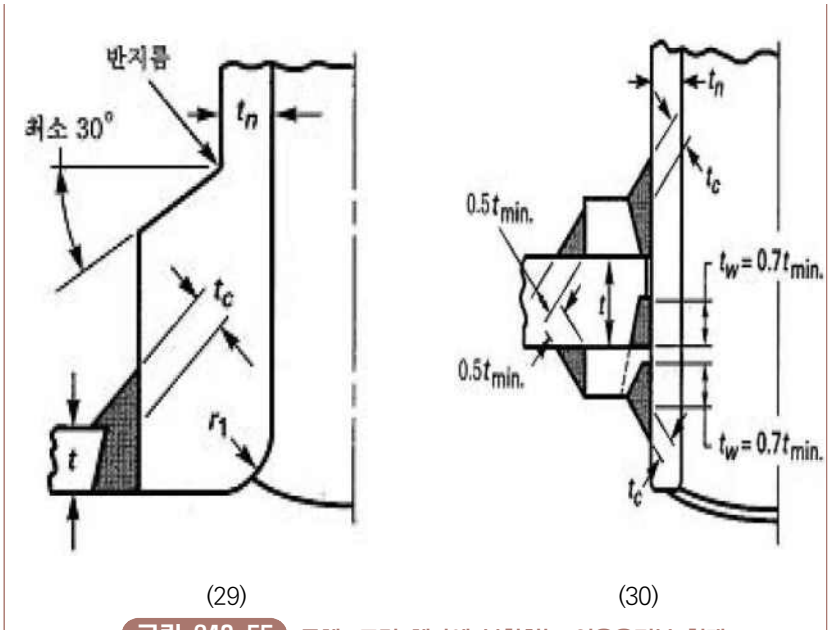


(27-2)



(28)

관 련 근 거



(29) (30)

그림 940-55 동체, 드럼 헤다에 부착하는 이음용접부 형태

2. 길이방향 용접부에 사용되었던 받침쇠는 제거되어야 하며, 필요하다면 방사선투과 시험을 할 수 있도록 준비되어야 한다.

940.2.1.3 정렬

KEC 605.44
ASME SEC. I , 2019

보일러 등에 속하는 용기 또는 관의 맞대기용접에 의한 이음면의 어긋남은 아래 표 940-35의 모재의 두께(모재의 두께가 다를 경우는 얇은 쪽의 두께) 및 이음종류의 구분에 따라 각각 표의 어긋남의 값에 정하는 값을 초과해서는 아니 된다.

관 련 근 거

표 940-35 모재의 두께 및 이음 종류의 구분에 따른 어긋남의 값

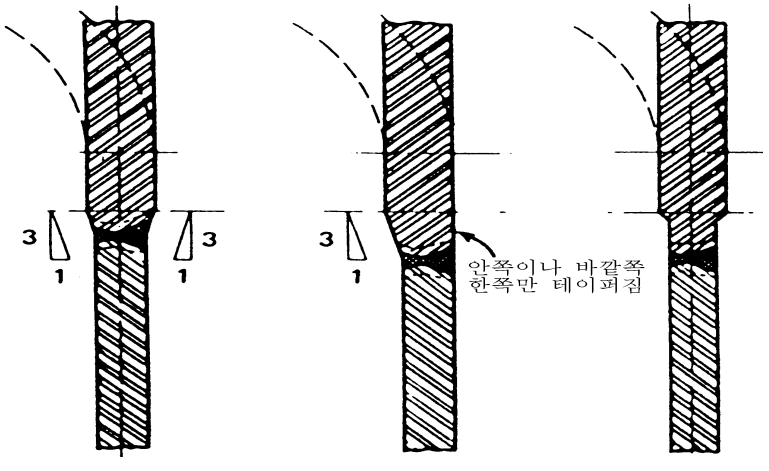
단면 두께,㎜	원통형 동체 내의 이음방향	
	길이방향	원주방향
13 이하	1/4 t	1/4 t
13 초과 19 이하	3 ㎜	1/4 t
19 초과 38 이하	3 ㎜	5 ㎜
38 초과 50 이하	3 ㎜	1/8 t
50 초과	1/16 t 또는 10 ㎜ 중 작은 값	1/8 t 또는 19 ㎜ 중 작은 값

940.2.1.4 두께가 다른 모재의 맞대기 용접

KEC 605.45
ASME SEC. I, 2019

1. 보일러 등에 속하는 용기 또는 관의 두께가 다른 모재의 맞대기 용접 단면은 아래 그림 940-56의 (1) 또는 (2)에 의하여야 한다. 이 경우 재료 이음매의 단면 두께 차가 얇은 쪽 재료 두께의 1/4을 넘거나 3 mm를 넘는 경우, 아래 그림에서와 같이 테이퍼 천이부의 길이는 연결면 간 두께차의 3배 이상이 되어야 한다. 이와 같은 천이부는 균일한 테이퍼가 만들어지는 한 어떠한 공정으로 성형하여도 된다.
2. 용접은 아래그림에서와 같이 천이부 또는 전부를 테이퍼 부분 안이나 그 인근에 두어야 한다.
3. 동체의 길이 방향 이음인 경우 용접하는 재료두께의 중앙선은 표 940-35에 있는 범위의 제작 허용오차 내에 있어야 한다.

관 련 근 거



(1)
추천되는방법
(중심선일치)

(2)
허용(원주면 접합의 경우)
한 면에만 테이퍼 허용

(3)
허용 안됨

그림 940-56 두께가 다른 맞대기용접 강판의 이음

940.2.1.5 이음부의 다듬질

KEC 605.46
ASME SEC. I, 2019

1. 보일러 등에 속하는 용기 또는 관의 용접부로서 비파괴시험을 실시하는 표면은 매끈하고 모재의 표면보다 낮아서는 아니 된다. 또한, 모재의 표면과 층이 생기지 아니하도록 다듬질을 하여야 한다. 이 경우에 비파괴시험을 필요로 하는 맞대기용접부의 용접 덧살 높이는 표 940-36에 정하는 모재두께(모재의 두께가 다를 경우에는 얇은 모재의 두께)의 구분에 따라 각각 표의 용접 덧살 높이의 값 이하가 되어야 한다.

관 련 근 거

표 940-36 용접 덧살 허용두께

재료의 공칭두께, mm	용접 덧살 최대 두께, mm	
	관 및 튜브의 원주방향 이음	기타 용접부
3 이하	2.5	2.5
3 초과 5 이하	3.0	2.5
5 초과 13 이하	4.0	2.5
13 초과 25 이하	5.0	2.5
25 초과 50 이하	6.0	3.0
50 초과 75 이하	*	4.0
75 초과 100 이하	*	5.5
100 초과 125 이하	*	6.0
125 초과	*	8.0

* : 6 mm 또는 용접폭의 1/8중 큰 값

2. 맞대기 용접은 완전용입 되어야 하며 용접부는 모든 부위에서 표면이 인접 모재의 표면보다 낮으면 안 된다. 용접부의 표면에 덧살을 용착하여도 무방하며, 용접상태 그대로의 표면도 허용된다. 그러나, 용접부 표면은 거친 파형, 그루브, 오버랩, 급격한 돌출 및 파인 곳이 없어야 한다. 또한, 언더컷이 0.8 ㎜ 또는 벽두께의 10 % 중 작은 값을 초과하여서는 안 되며, 최소단면 두께를 잠식하여서도 안 된다.

940.2.1.6 용접부의 균열

KEC 605.47
ASME SEC. I, 20219

기술기준 제165조에서 규정한 '용접에 의한 균열이 없게' 하기 위해서는 보일러 등에 관한 940.2.1.7부터 940.2.11까지의 요구조건에 적합하여야 한다.

940.2.1.7 용접면의 청결

KEC 605.48
ASME SEC. I, 2019

보일러 등에 관계된 용기 또는 관 용접부의 개선면 및 인접부는 용접에 앞서 수분, 도료, 유지, 먼지, 유해한 녹, 용입찌거기 및 그 밖에 유해한 이물을 제거하여야 하며, 용접부의 뒷면 치핑을 실시하는 경우는 용입 불량부를 완전히 제거하여야 한다.

관 련 근 거

KEC 605.49
ASME SEC. I , 2019

940.2.1.8 비파괴검사 범위

1. 보일러 등에 속하는 용기 또는 관의 비파괴검사 해당 용접부는 표 940-37의 용접형식 및 압력부품운전조건에 따라 각각 표의 규정 검사에 언급한 비파괴검사를 실시하고, 요구조건에 적합하여야 한다.

표 940-37 맞대기 용접 이음부에 요구되는 체적 비파괴검사

맞대기 용접형식	압력부품 운전조건[주(1)]		
	로의 복사열을 받는 부품[주(2)]	로의 복사열을 받지 않는 부품[주(2)]	
	증기 및/또는 물 함유	물함유	증기함유
길이방향용접	모든 크기와 두께	모든 크기와 두께	모든 크기와 두께
드럼 및 동체의 원주방향용접	〉 DN 250 또는 〉 두께 29 ㎜	〉 DN 250 또는 〉 두께 29 ㎜	〉 DN 250 또는 〉 두께 29 ㎜
관,튜브 및 헤다의 원주용접	〉 DN 100 또는 〉 두께 13 ㎜	〉 DN 250 또는 〉 두께 29 ㎜	〉 DN 400 또는 〉 두께 41 ㎜

【비고】

(a) 이 표에 의해서 면제되지 않는 한, 모든 길이방향 및 원주방향 맞대기 용접 이음부는 그 전 길이에 걸쳐 체적 비파괴검사에 의해 검사되어야 한다.

(b) 체적 비파괴검사(방사선투과검사 또는 초음파탐상검사)는 크기 또는 벽두께의 한계가 초과되었을 때(즉, 지름과 두께의 제한들이 독립적으로 적용된다) 요구된다.

(c) 방사선투과검사의 기하학적 불선명도가 1.8 mm를 초과하는 촬영 조건인 경우에는 초음파탐상검사를 시행하여야 한다.

(d) 두께가 13 mm 미만인 곳에서는 방사선투과검사를 사용하여야 한다.

(e) 일렉트로슬래그용접을 한 페라이트계 재료들의 용접부에 대해서는 방사선투과검사와 초음파탐상검사 모두를 시행하여야 한다. 만일 결정립 미세화(오스테나이트화) 열처리가 일렉트로슬래그용접부에 사용된다면, 초음파탐상검사는 열처리가 완료된 후에 실시해야 한다. 만일 오스테나이트화 열처리가 사용되지 않으면, 초음파탐상검사는 중간 용접후열처리 또는 최종 용접후열처리가 완료된 후에 실시해야 한다.

(f) 관성 또는 연속구동 마찰용접을 사용하는 재료의 용접부에는 방사선투과검사와 초음파탐상검사 모두를 실시하여야한다.

【주】

(1) 운전조건과 압력부품의 내용물은 설계자의 결정에 따른다.

(2) 압력부품의 일부와 가열로 사이에 5열 이상의 튜브가 있는 경우 용접부는 가열로로부터 복사열을 받지 않는다고 간주한다.

관 련 근 거

2. 두께 13 ㎜를 초과하는 평판이 평경판 연소실보일러의 워터레그 같은 모서리 이음부를 만들기 위해 다른 압력부품에 용접되는 경우, 용접 후 자분탐상검사나 침투탐상검사를 하여야 하며, 판재가 비자성체인 경우에는 침투탐상검사로 한다.
3. 기기 등의 구조상 체적비파괴검사를 시행하는 것이 현저하게 곤란할 경우에는 자분탐상검사 또는 침투탐상검사를 실시하여 기준에 적합하여야 한다.
4. 비파괴검사자 자격요건은 940.1.2.2을 따른다.

940.2.1.9 비파괴검사

KEC 605.50
ASME SEC. I , 2019

1. 방사선투과검사는 940.1.3에 따른다. 다만, 기하학적 불선명도가 1.8 mm 를 초과하지 않는 한 940.1.3.5.4(기하학적 불선명도의 제한)요건은 방사선 투과사진에 대한 가이드로 사용하며, 투과사진의 부적합으로 간주하지 않는다.
2. 초음파탐상검사는 940.1.4에 따른다.
   가. 초음파탐상검사는 [부록 5.8] 검사숙련도에 기반한 합격기준의 초음파탐상검사 요건에 따른다.
   나. 대안으로, [부록 5.11] 파괴역학 기반 초음파탐상검사를 적용할 수 있다.
3. 자분탐상검사는 940.1.5에 따른다.
4. 침투탐상검사는 940.1.6에 따른다.

940.2.1.10 비파괴검사 합격기준

KEC 605.51
ASME SEC. I , 2019

1. 방사선투과검사
   용접부의 방사선 투과검사 및 투시검사결과 불완전으로 구별된 지시(Indication)는 다음 조건에 해당될 경우 불합격으로 한다.

관 련 근 거

가. 균열, 융합불량 또는 용입부족으로 판정된 지시

나. 그밖에 방사선 투과사진 상에 길게 나타난 지시로서, 길이가 다음 값보다 긴 경우

1) t가 19 ㎜ 이하인 경우 : 6 ㎜

2) t가 19 ㎜ 초과 57 ㎜ 이하인 경우 : 1/3t

3) t가 57 ㎜를 초과하는 경우 : 19 ㎜ 여기에서, t는 얇은 쪽 용접두께이다.

다. 12t 범위 내에서 일렬로 늘어선 지시군(Indication Group)의 총 길이가 두께 t보다 긴 경우

다만, 지시군 내에서 가장 긴 불완전지시 길이를 L이라 할 때, 연속된 불완전지시 사이의 거리가 6 L을 초과하는 것은 제외한다.

라. [부록 4.5] 원형지시 합격기준의 기준치를 초과하는 원형지시

2. 초음파탐상검사

가. 940.2.1.9의 '1'의 합격기준은 다음과 같다.

대비레벨(Reference level)의 20 %를 초과하는 지시를 보이는 불완전부에 대한 검사는, 초음파탐상 검사자가 그 형태, 종류 및 위치를 파악하고 아래 '1)' 및 '2)'에 따라 판정한다.

1) 균열, 용융불량 또는 용입부족은 길이에 관계없이 불합격

2) 기타 불완전부 중 지시가 대비레벨을 초과하고 그 길이가 다음 값을 초과하는 경우는 불합격

가) t가 19 ㎜ 이하인 경우 : 6 ㎜

나) t가 19 ㎜ 초과 57 ㎜ 이하인 경우 : 1/3 t

다) t가 57 ㎜를 초과하는 경우 : 19 ㎜. 여기에서, t는 검사하고 있는 용접부 두께이며, 서로 다른 두께의 부재를 연결하는 용접인 경우 t는 얇은 쪽 두께이다.

나. 940.2.1.9의 '2'의 합격기준은 [부록 5.11] 파괴역학 기반 초음파탐상검사에 따른다.

3. 자분탐상검사하는 모든 표면에 다음의 지시는 허용되지 않는다.

관 련 근 거

가. 선형지시
나. 5 ㎜를 초과하는 원형지시
다. 원형지시의 간격이 1.5 ㎜이하로, 동일선상에 독립된 4개 이상의 원형지시

4. 침투탐상검사하는 모든 표면에 다음의 지시는 허용되지 않는다.
가. 선형지시
나. 5 ㎜를 초과하는 원형지시
다. 원형지시의 간격이 1.5 ㎜이하로, 동일선상에 독립된 4개 이상의 원형지시

5. 비파괴검사절차에 다른 규격을 적용시에는 해당규격의 합격기준에 따른다.

940.2.1.11 용접후열처리

KEC 605.52
ASME SEC. Ⅰ, 2019

1. 압력부의 용접부는 아래에서 설명한 경우를 포함하여 '2'의 P-No. 별 요건 및 주석을 적용하여 열처리되어야 한다. P-No 그룹이 서로 다른 두 압력부를 용접이음하는 경우 용접후열처리는 높은 온도가 요구되는 모재의 열처리 온도를 적용하여야 한다.
가. 비압력부를 압력부에 용접하는 경우 압력부의 용접부 열처리 온도가 관리되어야 한다. 크롬함량이 3 % 이상인 페라이트 용가재를 사용한 압력부 용접 및 부착물 용접부는 용접후열처리를 하여야 한다. 이 때 열처리 온도 및 유지시간은 적용될 모재를 분석하여 '2'의 요건에 따른다.
나. P-No. 4 또는 P-No. 5A의 튜브와 관을 P-No.가 이보다 낮은 재료의 헤더에 필릿용접, 부분용입용접 및 완전용입용접으로 부착하는 경우, 용접후열처리 온도는 P-No.가 낮은 재료에 따라도 좋다. 다만, 이 경우 튜브와 관은 다음의 모든 조건에 만족하여야 한다.
1) 최대 크롬함유량 : 3 %

관 련 근 거

2) 최대치수 : DN 100 (NPS 4, 바깥지름 100 mm)

3) 최대두께 : 13 mm

4) 최대 탄소함유량 : 0.15 % 이하

다. 용접물은 '2'의 P-No.별로 규정한 온도까지 서서히 가열하여 규정시간 동안 유지시켜야 하며, 425 ℃까지로 서서히 냉각후 정적인 대기 중에서 냉각시켜야 한다.

라. 두께가 각기 다른 용접물을 같은 로 내에서 동시에 용접후열처리를 하여도 된다.

마. '2'에서 공칭두께는 용접두께, 압력유지부 두께, 이음 단면의 얇은 쪽 두께 중 가장 작은 값이다. 필릿용접에서의 공칭두께는 목두께이며, 부분용입 용접 및 재료 보수용접에서의 공칭두께는 용접그루브 또는 가공부의 깊이를 말한다. 그루브 및 필릿 조합용접에서의 공칭두께는 그루브 깊이와 필릿 목치수를 더한 용착금속의 전체 조합두께이다.

바. '2'에서 정한 바와 같은 규정 온도에서의 유지시간은 연속적이지 않아도 되며, 여러 번 용접후열처리를 한 경우 각 사이클의 시간의 합으로 하여도 좋다.

사. 용접물의 용접후열처리는 다음 중 한 가지 방법으로 실시하여야 한다.

1) 건조품 전체를 동시에 가열

2) 용접 제조물을 부분별로 용접후열처리 하는 경우 마지막 용접 이음부의 열처리는, 이음부의 각 방향으로 강판두께 3배 이상의 폭을 갖는 원주영역을 균일하게 가열하되, 원주영역 전체를 '2'에서 지정한 온도까지 상승시켜 규정 시간동안 유지시키는 방법으로 하여야 한다.

아. 용접후열처리를 필요로 하는 노즐 또는 기타 용접부착물은 국부적으로 용접후열처리를 하여도 좋으며, 이 경우 원주영역 폭의 중간에 위치한 용접 연결부와 함께 용기 둘레전체에 걸친 원주영역를 가열하는 방법으로 하여야 한다. 원주영역의 폭은 노즐이나

관 련 근 거

기타 용접 부착물에 비해 용기두께의 3배 이상 넓어야 한다.

자. 관, 튜브 및 헤더의 용접이음부를 국부적으로 용접후열처리하는 경우, '2'에서 규정한 최소 온도까지 가열하고 해당 시간 동안 유지하는 원주영역의 폭은 용접그루브에서 가장 넓은 폭의 3배 이상으로 하되 용접덧살 폭의 2배보다 커야 한다.

차. 이음부 두께가 38 mm를 넘는 페라이트계 재료의 일렉트로슬래그 용접부는 결정립미세화(오스테나이트화) 열처리를 하여야 한다.

2. 재질별 열처리 요건은 아래와 같다.

가. P-No. 1

재 료	최저유지 온도 ℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50 mm 이하	50 mm 초과 125 mm 이하	125 mm 초과
P-No. 1 Gr.No1,2,3	595	1시간/25 mm, 최소 15분	2시간 + *15분/25 mm (* 50 mm 초과분에 적용)	2시간 + *15분/25 mm (* 50 mm 초과분에 적용)

1) 계산한 탄소당량이 0.45 이하이고 '1'의 '마'에서 정의한 공칭두께가 38 mm(1.5 in.)이하일 경우 P-No. 그룹 1 재료에 대해 용접후열처리가 요구되지 않는다. 공칭두께가 38 mm (1.5 in.)를 초과할 경우, 계산한 CE가 0.45이하이고, 120 ℃ (250 ℉)이상에서 예열을 했을 경우 용접후열처리는 요구되지 않는다.

2) 다음 조건에 해당되는 경우 P-No.1 그룹 2와 3 재료에 대한 용접후열처리는 하지 않아도 된다.

가) 그루브 용접부 또는 그루브와 필릿 조합용접부의 공칭두께가 19 mm (3/4 in)를 초과하지 않고, 용접 이음부 모재의 공칭두께가 25 mm(1 in)를 초과하는 경우로서 최저 95 ℃ (200 ℉)로 예열될 경우

나) 그루브 용접부 또는 그루브와 필릿 조합용접부의 공칭두께가 19 mm (3/4 in) 보다 크고 38 mm(1 1/2 in.)를 초과하지 않으며 다음 조건을 만족하는 경우,

관 련 근 거

(1) 용접되는 모재 어느 것이든 식 940-1 를 사용하여 계산한 탄소당량(CE)이 0.45 이하일 때

$$CE=C+(Mn+Si)/6+(Cr+Mo+V)/5+(Ni+Cu)/15 \cdots \text{식 940-1}$$

비고

(주) 탄소당량 계산 시, 재료규격 상의 화학성분 최대값 또는 화학분석이나 재료시험 보고서 상의 실제값을 적용하여야 한다. 위 공식 뒤의 두 개 항에 필요한 화학성분을 구할 수 없으면, 아래와 같이 두 개 항 대신에 0.15 %를 적용하여야 한다.

$$CE = C + (Mn + Si)/6 + 0.15$$

(2) 최소 예열온도를 120 °C (250 °F)로 했을 때

(3) 용접 패스의 개별 두께가 6 mm(1/4 in)를 초과하지 않을 때

다) 비압력부를 압력부에 부착하는 필릿용접으로서 목두께가 13 mm 이하이고, 압력부의 두께가 19 mm를 초과하는 경우 95 ℃로 예열

3) 위 표에 규정한 온도에서 용접후열처리를 하는 것이 어려운 경우, 아래 '아'에 따라 좀더 낮은 온도에서 유지시간을 길게 하여 용접후열처리를 하여도 된다.

나. P-No. 3

재 료	최저유지 온도 ℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50 mm 이하	50 mm 초과 125 mm 이하	125 mm 초과
P-No. 3 Gr.1,2,3	595	1시간/25 mm, 최소 15분	2시간 + *15분/25 mm (* 50 mm 초과분에 적용)	2시간 + *15분/25 mm (* 50 mm 초과분에 적용)

1) P-No.3 Gr.3 재료를 제외하고, 다음 조건에 해당되는 경우 P-No.3 재료에 대한 용접후열처리는 하지 않아도 된다.(P-No.3 Gr.3 재료는 두께에 상관없이 용접후열처리를 하여야 한다.)

가) 관, 튜브, 헤더의 원주방향 맞대기 용접부로서, 관, 튜브, 헤더의 공칭두께가 16 mm 이하이고, 최대 탄소함유량이 0.25 % 이하

관 련 근 거

나) 소켓용접 피팅에 사용하는 필릿 용접으로서 다음 조건들을 만족하는 경우

(1) 모재두께에 관계없이 필릿 용접의 목두께 13 mm 이하

(2) 최대 탄소함유량이 0.25 % 이하

(3) 압력부의 용접두께가 16 mm를 초과하는 경우 95 ℃ 이상으로 예열

다) 목두께가 13 mm 이하인 필릿용접이나 용접두께가 13 mm 이하인 그루브와 필릿 조합용접으로 비압력부를 부착하는 것으로서, 최대 탄소함유량이 0.25 % 이하이며. 압력부의 두께가 16 mm 를 초과하는 경우 95 ℃ 이상으로 예열.

2) 위 표에 규정한 온도에서 용접후열처리를 하는 것이 어려운 경우, 아래 '아'에 따라 좀더 낮은 온도에서 유지시간을 길게 하여 용접후열처리를 하여도 된다.

3) 관성·연속구동 마찰용접법을 사용하는 용접부는 재료 두께에 관계없이 용접후열처리를 하여야 한다.

다. P-No. 4

재 료	최저 유지 온도 ℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50 mm 이하	50 mm 초과 125 mm 이하	125 mm 초과
P-No. 4 Gr. 1,2	650	1시간/25 mm, 최소 15분	1시간/25 mm	5시간 + *15분/25 mm (* 125 mm 초과분에 적용)

1) 다음 조건에 해당되는 경우 P-No. 4 재료에 대한 용접후열처리는 하지 않아도 된다.

가) 관 및 튜브의 원주방향 맞대기용접으로서 관 및 튜브가 다음의 조건을 모두 만족하는 경우

(1) 최대 두께 16 mm

(2) 최대 탄소함유량이 0.15 % 이하

(3) 최저 예열온도가 120 ℃, 이러한 최소 예열온도는 다층

관 련 근 거

GTAW 공정을 사용하여 맞대기 용접하는 경우, 최대 바깥지름이 38 mm 까지 그리고 최대 두께가 4.2 mm 까지의 SA-213 Gr T11 튜브 재료에 대해서는 요구되지 않는다.

나) 소켓용접 피팅에 사용되는 필릿 용접으로서 다음 조건들을 만족하는 경우

(1) 모재두께에 관계없이 필릿 용접의 목두께 13 mm 이하

(2) 최대 탄소함유량이 0.15 % 이하

(3) 최저 예열온도가 120 ℃

다) 가)의 '(1)'에서 '(3)'까지의 요건을 만족하는 관 및 튜브로서 다음 조건 중 하나에 해당되는 경우

(1) 비압력부를 관 및 튜브에 부착하는 필릿 용접으로서 필릿 용접 목두께가 13 mm 이하이고 예열온도가 120 ℃ 이상

(2) 비압력부를 압력부에 부착하는 그루부와 필릿 조합용접으로서 용접두께가 13 mm 이하이고 예열온도가 120 ℃ 이상

2) 관성·연속구동 마찰용접법을 사용하는 용접부는 재료두께에 관계없이 용접후열처리를 하여야 한다.

라. P-No. 5A와 5B

재 료	최저 유지 온도 ℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50 mm 이하	50 mm 초과 125 mm 이하	125 mm 초과
P-No. 5AGr.1, P-No. 5BGr.1	675	1시간/25 mm, 최소 15분	1시간/25 mm	5시간 + * 15분/25 mm (* 125 mm 초과분에 적용)

1) P-No. 5B Gr.2 재료를 제외하고, 다음 조건에 해당되는 경우 용접후열처리를 하지 않아도 된다.

가) 관, 튜브의 원주방향 맞대기용접으로서 관, 튜브가 다음의 조건을 모두 만족하는 경우

(1) 최대 크롬함유량이 3.0 %

(2) 최대두께가 16 mm

관 련 근 거

(3) 최대 탄소함유량이 0.15 % 이하

(4) 최소 예열온도가 150 ℃

나) 소켓용접 피팅에 사용되는 필릿 용접으로서 다음 조건들을 만족하는 경우

(1) 최대 크롬함유량이 3.0 %

(2) 모재두께에 관계없이 필릿 용접의 목두께가 13 mm 이하

(3) 최대 탄소함유량이 0.15 % 이하

(4) 최소 예열온도가 150 ℃

다) 가)의 '(1)'에서 '(4)'까지의 요건을 만족하는 관 및 튜브로서 다음 조건 중 하나에 해당되는 경우

(1) 비압력부를 관 및 튜브에 부착하는 필릿 용접으로서 필릿 용접 목두께가 13 mm 이하이고 예열온도가 150 ℃ 이상

(2) 비압력부를 압력부에 부착하는 그루부와 필릿 조합용접으로서 용접두께가 13 mm 이하이고 예열온도가 150 ℃ 이상

2) 관성·연속구동 마찰용접법을 사용하는 용접부는 재료 두께에 관계없이 용접후열처리를 하여야 한다.

마. P-No. 15E

재료	최저유지온도 ℃ [주(1) 및 (2)]	최고유지온도 ℃ [주(3) 및 (4)]	(공칭) 용접두께에 대한 정상온도에서 최소유지시간	
			125 mm까지	125 mm초과
P-No. 15E Gr. No. 1	705	785	1시간/25 mm, 최소 30분	5 시간 + *15분/25 mm (*125 mm 초과분에 적용)

주

(1) 공칭용접두께가 13 mm 미만이면, 최저유지온도는 675 ℃이다.

(2) 이종 금속의 용접(즉, P-No. 5B 그룹 No. 2와 크롬함량이 적은 페라이트, 오스테나이트 강 또는 니켈을 주성분으로 하는 합금)에 대해서는, 만일 용가재 금속의 크롬함량이 3 % 미만이거나, 또는 용가재 금속이 니켈을 주성분으로 하는 합금 또는 오스테나이트 강 이면, 최저유지온도는 705 ℃가 되어야 한다.

(3) 명시된 최고유지온도는 용접 시 사용하는 적정 용가재의 실제 화학성분을 모를 경우에 사용한다. 만일 상대 용가재 금속의 실제 화학성분을 알고 있다면, 그 최고유지온도는 다음과 같이 올릴 수 있다.

(가) 만일 Ni + Mn이 1.5 % 미만이지만 1.0 % 이상이면, 최고용접후열처리온

관 련 근 거

도는 790 ℃이다.
(나) 만일 Ni + Mn이 1.0 % 미만이면, 최고용접후열처리온도는 800 ℃이다. 위의 (3)에 대한 설명: 상대 용가재 재료에 대한 보다 낮은 변태온도는 주로 Ni+Mn의 총계인 합금함량에 의해서 영향을 받는다. 최대유지온도는 임계구역 간의 열처리를 피하기 위해서 설정하여야 있다.
(4) 한 구성부품의 한 부분이 위에서 허용하는 열처리온도를 초과하여 가열된다면, 다음의 조치들 중 한 가지를 취하여야 한다.
(가) 그 구성부품 전체를 다시 불림과 뜨임을 하여야만 한다.
(나) 만일 위의 표나 주 (3)의 '(가)'에 있는 최고유지온도를 초과한다면 용접금속을 제거하고 다시 시공하여야 한다.
(다) 800 ℃를 초과하여 가열된 부분과 과열구역의 양쪽에서 적어도 75 mm는 제거하고 다시 불림과 뜨임을 하거나 제시공하여야 한다.
(라) 상기 허용온도보다 높은 열을 받은 부분은 위의 규정온도에 따른 재열처리가 실시 되었을 경우, 이들에 대한 허용응력은 등급9 재료(즉, SA-213-T9, SA-335-P9, 또는 동등 재료)의 설계온도에서의 허용응력값을 적용한다.

바. P-No. 6

재 료	최저유지온도 ℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50 mm 이하	50 mm 초과 125 mm 이하	125 mm 초과
P-No. 6 Gr.1,2,3	760	1시간/25 mm, 최소 15분	1시간/25 mm	5 시간 + 125 mm 초과 25 mm당 15분

1) P-No. 6 재료로서 재료 및 제작이 다음 조건을 만족하는 타입 405 재료의 경우, 용접후열처리는 하지 않아도 된다.
가) 최대 탄소함유량이 0.08 % 이하.
나) 사용한 용접봉이 오스테나이트 크롬-니켈 용착물 또는 비-공냉경화(Non-air-hardening) 니켈-크롬-철 용착물을 생성하여야 하며, 다음 추가요건을 만족하는 경우
(1) 용접이음부의 재료 두께가 10 mm 이하
(2) 재료두께가 10 mm 초과 38 mm 이하인 경우, 용접 중에 230 ℃의 예열온도를 유지하고 용접이음부는 전체길이에 걸쳐 체적 비파괴시험을 한 것
2) 관성·연속구동 마찰용접법을 사용하는 용접부는 재료 두께에 관계없이 용접후열처리를 하여야 한다.

관 련 근 거

사. P-No. 7

재 료	최저유지 온도 ℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50 mm 이하	50 mm 초과 125 mm 이하	125 mm 초과
P-No. 7 Gr.1,2	730	1시간/25 mm, 최소 15분	1시간/25 mm	5 시간 + 125 mm 초과 25 mm당 15분

1) P-No.7 재료에 대한 용접후열처리는 1의 '다'에서 '바'까지에 명시한 바와 같이 시행하여야 한다. 다만, 650 ℃를 넘는 온도 범위에서는 냉각률을 최대 55 ℃/hr 로 하고, 그 이하의 온도 범위에서는 취성화를 방지하기 위해 냉각속도를 충분히 빠르게 하여야 한다.

2) P-No.7 재료로서 재료 및 제작이 다음 조건을 만족하는 타입 405 재료의 경우, 용접후열처리는 하지 않아도 된다.

가) 최대 탄소함유량이 0.08 % 이하

나) 사용한 용접봉이 오스테나이트 크롬-니켈 용착물 또는 비-공냉경화(Non-air-hardening) 니켈-크롬-철 용착물을 생성하여야 하며, 다음 추가요건을 만족하는 경우

(1) 용접이음부의 재료 두께가 10 mm 이하

(2) 재료두께가 10 mm 초과 38 mm 이하인 경우, 용접 중에 230 ℃의 예열온도를 유지하고 용접이음부는 전체길이에 걸쳐 체적 비파괴시험을 한 것

아. P-No. 10H

재료	최저 유지온도, ℃(℉)	호칭 용접두께에 대한 최소 유지시간 (호칭두께)		
		50 mm(2 in.) 이하	50 mm(2 in.) 초과 125 mm (5 in.)이하	125 mm(5 in.) 초과
P-No. 10H Gr. No. 1	없음	없음	없음	없음

관 련 근 거

합금	용접후 열처리, 온도, ℃(℉)
S31803	1,020-1,100(1,870-2,010)
위에 명시한 오스테나이트-페라이트계 듀플렉스 스테인리스강에 대하여, 용접후 열처리는 요구되지도 않고 금지되지도 않는다. 그러나 어떠한 열처리라도 적용할 경우, 아래와 같이 실시해야 하며 급속 냉각을 시켜야 한다.	

자. P-No. 10I

재 료	최저 유지 온도 ℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50 mm 이하	50 mm 초과 125 mm 이하	125 mm 초과
P-No. 10I Gr.1	675	1시간/25 mm, 최소 15분	1시간/25 mm	1시간/25 mm

1) P-No. 10I 재료 (ASME SA-268 TP 446에 한함)에 대한 용접후열처리는 1의 '다'에서 '바'까지에 명시한 바와 같이 시행하여야 한다. 다만, 650 ℃ 이상에서는 냉각속도를 55 ℃/hr 이하로 하고, 그 이후에는 취화(Embrittlement)를 방지하기 위해 냉각속도를 충분히 빠르게 하여야 한다.

차. 탄소강과 저합금강에 대한 용접후열처리 대체 요건

최저 규정 온도로부터 감소되는 온도량 ℃	감소된 온도에서의 최소 유지시간(1), (시간/25 mm 두께)	비고
28	2	
56	4	
83	10	(2)
111	20	(2)

1) '2'에서 허용하는 경우에만 적용한다.

비고

(1) 두께 50 mm 이하에서 25 mm 당의 최소 유지시간이며, 50 mm 초과분에 대해서는 25 mm 당 15분씩 추가한다.

(2) P-No. 1 Gr.1, 2 재료에 한해 감소온도로 용접후열처리가 허용된다.

관 련 근 거

940.2.1.12 완전한 용접시공을 위한 조치

KEC 605.53
ASME SEC. I , 2019

기술기준 제166조에서 '용입이 충분하게'하기 위해서는 '940.1.1 용접시공법'(940.1.1.1에서 940.1.1.15까지), '940.2.1.2 용접부의 설계' 및 '940.2.1.7 용접면의 청결'에 적합하여야 한다.

940.2.1.13 용접부의 결함

KEC 605.54
ASME SEC. I , 2019

1. '언더컷, 오버랩, 크레이터, 슬래그혼입, 블로우홀등 이와 유사한 결함으로 인해 건전한 용접부 확보에 지장이 없게' 하기 위해서는 '940.1.1 용접시공법'(940.1.1.1에서 940.1.1.15까지), '940.2.1.5 이음부분의 다듬질' 및 '940.2.1.9 비파괴검사'에 적합하여야 한다.
2. 결함의 보수
   가. 육안검사, 누설검사 또는 940.2.1.9에 규정한 시험으로 검출되고, 불합격으로 판정된 균열, 기공, 융합불량과 같은 용접 결함부는 기계적 방법이나 열 그루빙(Grooving) 방법으로 제거하여야 하고, 그 이음부는 재용접 및 재시험되어야 한다.
   나. 튜브-헤더 또는 튜브-드럼의 용접 이음부에 940.2.1.11의 '2'에서 요구하는 용접후열처리가 이미 실시되었을 경우, 이음부의 재작업 또는 필릿 용접부 형상을 개선하기 위해 국부적으로 실시한 추가 용접부에는 아래의 '2)'에 열거한 재료에서는 용접후열처리를 반복하지 않아도 된다. 이 경우, 다음의 모든 제한 조건을 만족하여야 한다.
      1) 표면아래로부터 재작업 용접 깊이는 드럼 또는 헤더 두께의 10 %나 튜브 벽두께의 50 % 중 작은 값 이하이어야 한다.
      2) 재작업 용접을 할 부위는 재료에 나타낸 최소온도 이상으로 예열하여야 한다.

관 련 근 거

재료	최소예열온도 ℃(℉)
P-No.3, Gr. No.1 및 2	95(200)
P-No.4	120(250)
P-No.5A	150(300)

3) 튜브의 바깥지름이 100 ㎜를 초과하지 않아야 한다. 단, P-No. 1 재료의 경우, 170 ㎜를 초과하지 않아야 한다.

4) 재작업 용접에 사용하는 용접절차서는 '발전설비 용접'의 요건에 따라 인정된 것이어야 한다.

다. P-No. 3 Gr. No. 1 및 2 재료의 결함과 이들 재료의 용접 접합부의 결함은 최종 용접후열처리 후에 재용접 보수하여도 되지만, 최종 수압시험 이전에 실시되어야 한다. 용접 보수는 아래의 요건을 만족하여야 한다.

1) 모재의 결함 제거 : 결함은 제거되거나 허용크기 이하로 줄여야 한다. 용접 수리 전에, 이음부의 결함이 허용크기로 감소되었는지를 확인하기 위해 자분탐상법 또는 침투탐상법을 이용하여 검사하여야 한다. 재료가 비자성인 경우, 침투탐상법만을 사용하여야 한다. 자분탐상 및 침투탐상의 방법은 아래 '라'와 '마'를 따라야 한다. 그러나 검사에 대한 합격 기준은 원래의 모재규격 요건에 따라야 한다.

2) 용접부 및 용접 보수부의 결함 제거 : 결함은 제거되어야 하고, 이음부는 결함의 제거를 확인하기 위해 자분탐상법 또는 침투탐상법을 이용하여 검사하여야 한다. 재료가 비자성인 경우, 침투탐상검사만을 사용하여야 한다. 자분탐상검사 및 침투탐상검사의 방법은 아래 '라'와 '마'를 따라야 한다.

3) 총 보수 깊이는 모재 두께의 10 %를 초과해서는 안 된다. 용접 보수의 총 깊이는 주어진 위치에서 용접부의 양쪽면에서 용접 보수한 깊이의 합으로 취하여야 한다. 이 경우 보수부의 총 면적은 0.065 ㎡를 초과해서는 안 된다.

관 련 근 거

4) 그루브 용접에 대해 용접절차시방서의 인정을 위한 기준의 요건에 추가하여, 다음 요건을 적용하여야 한다.

가) 용접절차시방서 인정은 보수할 재료와 동일한 P-No. 및 Gr. No.의 재료를 이용하여 실시한 것이어야 한다. 사용된 특정 용접기법 또는 용접기법의 조합은 용접 비드밑의 열영향부가 적절한 뜨임 되도록 개발되고 시험된 것이어야 한다.

나) 용접금속은 수동 SMAW으로 용착되어야 하며, 저수소계 용접봉만이 사용되어야 한다. 또한 용접봉은 ASME SecⅡ, Part C, SFA-5.5의 A 6.12의 요건에 적합한 것이어야 한다.

다) 각 용접 층에 대한 최대 입열량은 용접절차시방서 인정시험에 사용된 것을 초과해서는 안된다.

라) 최대 용접 비드폭은 용접봉 심선 지름의 4배 이하로 하여야 한다.

마) 그루브의 어느 한쪽면에서, 폭이 100 ㎜ 또는 용접 보수부 두께의 4배 중 큰 값과 (동일한 구역(band)을 포함한) 보수 부위는 용접하는 동안 최소 175 ℃로 예열 및 유지되어야 한다. 층간 최대 온도는 230 ℃이어야 한다.

바) 용접보수 방법은 다음과 같이 하프비드 용접보수 기법으로 제한하여야 한다. 용착금속의 첫 층은 최대 지름이 3 ㎜ 이내의 용접봉을 이용하여 전 면적에 걸쳐 용착시켜야 한다. 다음 층 두께의 약 ½은 용접층을 용착시키기 전에 연삭으로 제거하여야 한다. 그 다음 용접층은 최대 지름이 4 ㎜ 이내인 용접봉을 이용하여 이전의 용접 비드 및 열 영향부를 뜨임을 할 수 있는 방법으로 용착시켜야 한다. 최종 템퍼 용접 비드는 모재와의 접촉 없이 보수되는 표면 위쪽까지 적용하여야 하지만, 모재 열영향부의 뜨임을 확인하기 위해 용접비드 밑의 가장자리까지 충분히 밀착시켜야 한다.

5) 두께가 25 ㎜를 초과하는 재료의 경우, 모든 용접을 완료한 후, 보수 부위를 230 ~290 ℃까지 가열하고 최소 4시간 동안 그 온도로 유지하여야 한다.

관 련 근 거

6) 모든 최종 템퍼비드 덧살은 실질적으로 모재의 표면과 같은 높이로 제거하여야 한다.

7) 보수 용접 완료 후 상온에 도달하면 그루브를 검사하는데 사용된 것과 동일한 비파괴시험기법을 이용하여 '2)'의 요건에 따라 검사하여야 한다.

8) 용접보수 후에는 용접된 모든 드럼 및 기타 압력부품에 대해 최대허용사용압력의 1.5배 이상의 압력으로 수압시험을 하여야 한다.

라. 자분탐상검사

1) 지시의 평가

지시는 자분의 응집 형태로 나타난다. 그러나 이와 같은 모든 지시가 반드시 결함이라고 할 수는 없다. 표면이 아주 거칠거나 열영향부의 모서리와 같은 부위에서 투자율의 변화 등으로 인해 결함과 유사한 지시를 만들 수 있다. 어떤 결함에 대한 지시는 실제 결함보다 클 수 있지만, 지시의 크기는 합격 평가에 대한 기준이 된다. 1.5 mm를 초과하는 치수의 지시는 아래를 참조하여 결함이 있는 것으로 간주하여야 한다.

가) 선형지시는 길이가 폭의 3배를 초과하는 경우

나) 원형지시는 길이가 폭의 3배 이하인 원형 또는 타원형의 경우

다) 의심스러운 지시는 결함과 관련한 것인지 판단하기 위하여 재검사하여야 한다.

마. 침투탐상검사

1) 지시의 평가

어떤 결함에 대한 지시는 실제 결함보다 클 수 있지만, 지시의 크기는 합격 평가에 대한 기준이 된다. 1.5 mm를 초과하는 치수의 지시는 아래를 참조하여 결함이 있는 것으로 간주하여야 한다.

가) 선형지시는 길이가 폭의 3배를 초과하는 경우

관 련 근 거

나) 원형지시는 길이가 폭의 3배 이하인 원형 또는 타원형의 경우

다) 의심스러운 표시는 결함과 관련한 것이지 판단하기 위하여 재검사하여야 한다.

940.2.1.14 용접부의 강도

KEC 605.55
ASME SEC. I, 2019

기술기준 제167조에서 '충분한 강도'란 보일러 등에 관계된 용기 또는 관의 용접부는 모재의 강도(모재의 강도가 다른 경우는 약한 쪽의 강도)와 동등 이상의 강도를 갖는 것으로 '940.1.1 용접시공법'(940.1.1.1에서 940.1.1.15까지), '940.2.1.15 기계시험', '940.2.1.16 재시험' 및 '940.2.1.17 내압시험'에 적합하여야 한다.

940.2.1.15 기계시험

KEC 605.56
ASME SEC. I, 2019

1. 드럼이나 동체와 같이 용융용접에 의해 제작된 내압을 받는 원통형 용기의 압력부는 '2' 에서 '9'까지의 요건에 만족하여야 한다. 다만, 관, 튜브 및 헤더와 같은 원통형 내압부를 가지고 있으나 P No. 1의 재료로 제작한 용기는 제외한다.
2. 용접 시험판 : 그림 940-57과 같은 치수의 용접 시험판을 용접부와 같은 재료규격 및 용접부와 같거나 큰 두께의 강판으로, 그리고 동체판에 사용하는 것과 같은 용접절차를 이용하여 준비하여야 한다. 강판의 용접은 다음의 방법 중 하나로 용접하여야 한다.
   가. 용접할 가장자리가 대응하는 길이방향 이음부 가장자리에 연속되도록 시험판을 각 압력 용기의 한 쪽 길이방향 이음부의 한쪽 끝에 그림 940-58에 나타난 대로 부착한다. 이러한 경우에, 용착금속은 동체 이음부의 용착금속과 연속적으로 시험판의 용접 이음부에 용착되어야 한다. 이러한 방법은 원주방향 이음부만 있는 압력용기에는 적용하지 않는다.

관 련 근 거

나. 시험판 내의 이음부를 동체 판의 이음부에 연속으로 부착하지 않고 용접한다.

3. 비원통 압력부품이 압력용기와 일체형이 아닌 경우, 시험판의 두께는 압력부품의 두께 이상인 것으로 준비하여야 한다.

4. 동일한 설계의 압력부 여러 개를 연속하여 용접하는 경우, 그 판이 같은 용접절차에 포함되는 동일한 재료일 때, 주 용접이음 최대 60 m 마다 한 개의 시험판을 만들어야 한다. 본체의 용접부에 대하여 용접후열처리를 하는 경우에는 시험판은 이와 동등한 용접후열처리를 하여야 한다.

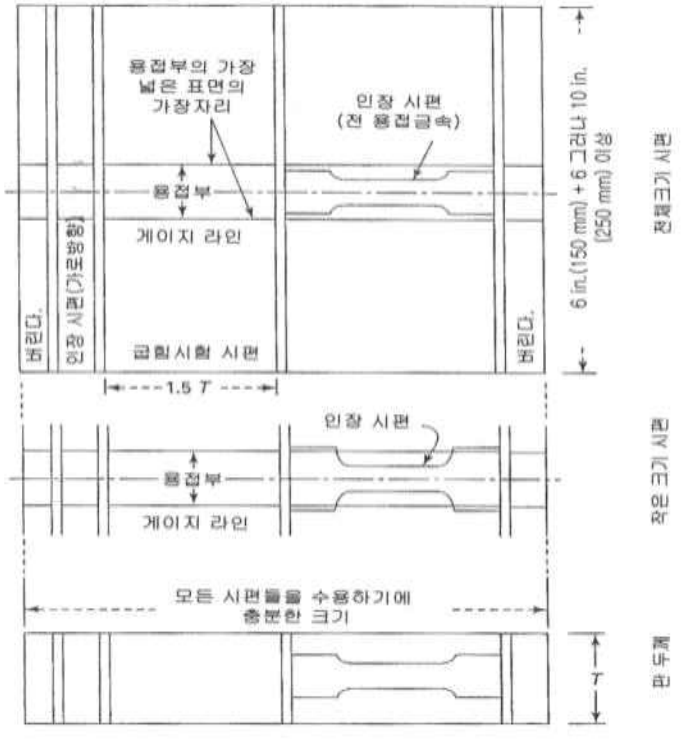


그림 940-57 길이방향 용접부 시험편 채취위치 및 형상

관 련 근 거

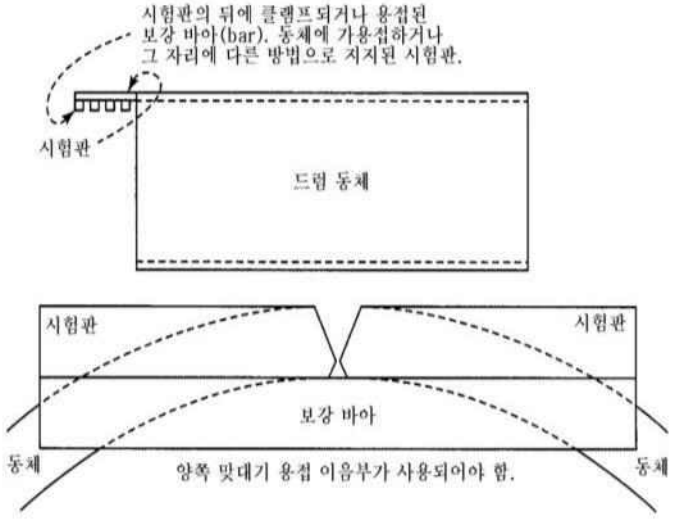


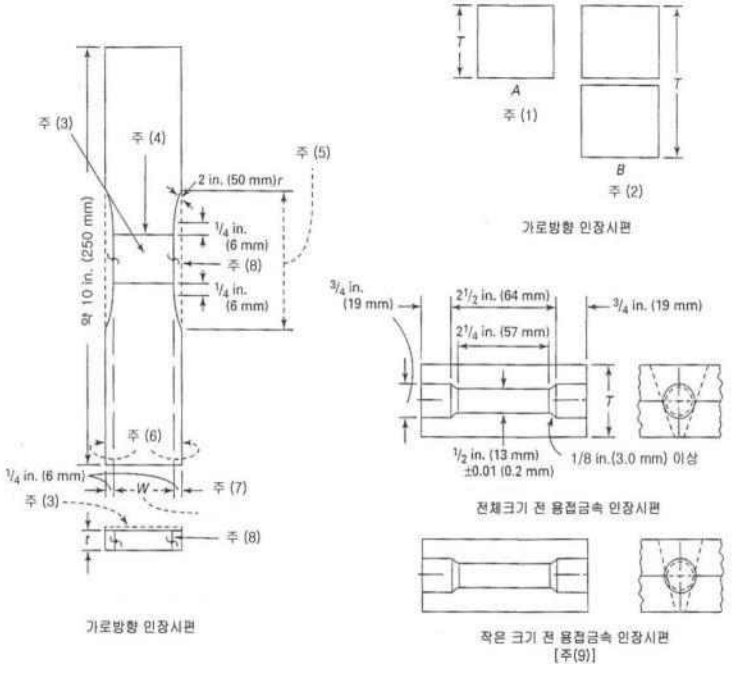
그림 940-58 시험판의 부착방법

5. 하나의 압력용기에 1명 이상의 용접사 및 자동용접사가 작업할 때, 검사자는 필요한 시험판을 만들어야 할 용접사 또는 자동용접사를 지정할 수 있다.

6. 용접으로 인해 시험판이 기준선에서 5°를 초과하지 않도록 시험판을 지지하여야 하며 시험판은 발생된 모든 휘어짐이 제거되도록 용접 후열처리 전에 평평하게 하여야 한다. 시험판은 그것을 대표하는 압력용기와 동일한 예열처리와 동일한 용접후열처리를 하여야 한다. 어떠한 경우에도 예열 또는 용접후열처리의 온도가 압력용기에 적용하는 온도보다 높아서는 아니 된다.

7. 인장시험과 굽힘시험을 위한 시험편은 그림 940-57과 같이 채취하여야 하며, 그림 940-57, 그림 940-59 및 그림 940-60과 같은 치수로 가공하여야 한다.

관 련 근 거



(1) A – 인장시험편의 단면
(2) B – 매우 두꺼운 판의 인장시험편의 단면
(3) 용접 덧살은 모재와 동일평면이 되게 기계가공을 하여야 한다.
(4) 용접부의 가장 넓은 면의 가장자리
(5) 이 부분은 가급적이면 밀링으로 기계가공을 한다.
(6) 이 가장자리는 화염절단을 해도 된다.
(7) 만일 t가 1 in.(25 mm)를 초과하지 않으면, W = 1½ in.(38 mm) ± 0.01 in.(0.2 mm). 만일 t가 1 in.(25 mm)를 초과하면, W = 1 in.(25 mm) ± 0.01 in.(0.2 mm) 단, 시험을 위해 모재두께의 시험편을 분할하는 경우 t는 분할한 후 시험편의 두께를 의미한다.
(8) 'f'는 가볍게 다듬질한 절단부를 나타낸다.
(9) 시험편 치수는 SA-370에 따른다.

그림 940-59 인장시험편의 상세치수

관 련 근 거

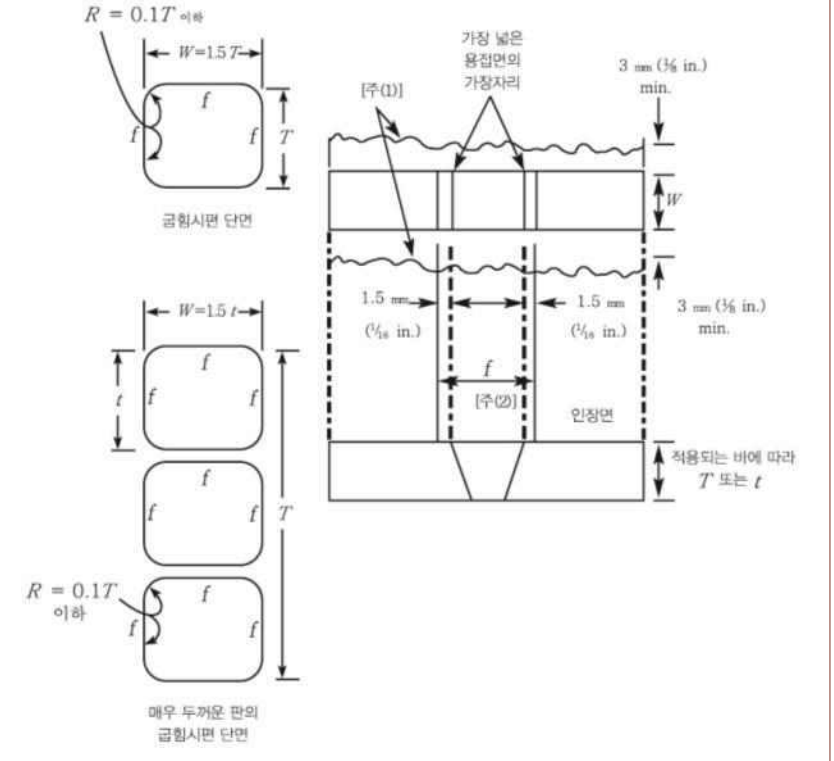


그림 940-60 굽힘시험편의 상세치수

8. 인장시험은 이음부 및 용착금속에 대하여 시험을 하여야한다.

가. 이음부의 인장시험편은 용접이음의 가로방향으로 채취하여야 하며, 그 두께는 용접판 두께와 같아야 한다. 여기서 용접판 두께는 용접부 앞·뒷면을 강판 면과 평평하게 기계가공한 후의 두께이다. 사용할 시험장비의 용량이 용접판과 같은 두께의 시험편으로 시험하기 어려운 경우에는 시험편의 두께를 얇은 톱으로 필요한 수만큼 나누어도 되며, 나누어진 각각을 시험하여 해당 요건에 만족하여야 한다.

나. 그림과 같이 가로방향 인장시험 시험편이 용접부에서 파단 된다면, 그 인장강도는 모재의 규정인장범위의 최소 미만이 되어서는 아니 된다. (여기서 규정하는 이음시험편의 인장시험은 판재가

관 련 근 거

아닌 용접된 이음의 시험을 목적으로 하는 것이다.) 그 시험편이 그 모재의 규정인장강도의 95% 이상에서 그 용접부의 밖에서 파단하고 그 용접부가 아무런 약한 표시를 보이지 않는다면, 그 시험은 요건을 충족시키는 것으로 합격처리를 하여야 한다. 시험편이나 그 한 부분이 국부적 결함 때문에 그 강도 허용오차 아래에서 모재가 파단 될 때는, 시험편 하나를 추가적으로 시험하고 그 요건을 충족시켜야 한다.

다. 용착금속에 대한 인장시험편은 시험편 전체를 용착금속에서 채취하여야 하고, 다음 요건을 만족하여야 한다.

1) 인장강도 = 모재의 최소 인장강도 이상

2) 최소 연신율(%), 50 ㎜ 길이내 = 20 또는, 4,820/U + 10, 중 작은 값

여기서, U = 모재의 적용 규격상 최소 인장강도 값, MPa

라. 강판 두께가 16 ㎜ 미만인 판의 경우 용착금속의 인장시험은 하지 않아도 된다.

9. 굽힘시험

시험편은 용접판과 같은 두께로서, 용접이음의 가로방향으로 채취하여야 하며, 폭이 시험편두께의 1.5배인 직사각형 단면이어야 한다.

가. 사용할 시험장비의 용량이 용접판과 같은 두께의 시험편을 시험하기 어려운 경우에는 시험편의 두께를 얇은 톱으로 필요한 수만큼 나누어도 되며, 나누어진 각 부분은 각각 시험하여 해당 요건에 만족하여야 한다.

1) 용접부의 앞·뒷면은 시험편의 면과 평평하게 가공하여야 한다. 이 면의 가장자리는 반지름이 시험편 두께의 10 % 이하로 둥글게 가공하여야 한다.

2) 시험편은 굽힘 시험편의 바깥쪽 섬유조직에서 대략 전체 용접부 이내 또는 전체 용접부에 걸쳐 측정한 최소 연신율이 30 % 또는 4,820/U + 20 % 중 작은 값에 이를 때까지 자유굽힘 상태에서 냉간 굽힘되어야 한다. 여기서 U=모재의 적용 규격 상 최소 인장강도 값, MPa

관 련 근 거

나. '가'에 규정한 연신율에 이르기 전에 시험편 양끝 사이의 볼록면에 균열이 나타나면, 시험편을 불합격으로 판정하고 시험을 중단하여야 한다. 다만 시험편 모서리의 균열 및 볼록면에 나타나는 작은 불완전부는 그 크기가 3.0 ㎜ 이하인 경우 불합격으로 간주하지 않는다.

다. 시험편의 채취수량 및 시험 종류는 표 940-13부터 표 940-18까지에 의하며 합격기준은 940.1.1.13을 준용한다.

940.2.1.16 재시험

KEC 605.57
ASME SEC. I , 2019

1. 시험편이 10 % 초과하여 해당 요건을 만족시키지 못한 경우에는 재시험은 허용되지 않는다. 다만, 허용 가능한 형태의 불완전부로 인해 자유굽힘 시험편이 파손된 경우에는 재시험을 할 수 있다.
2. 시험편이 10 % 이내에서 해당요건을 만족시키지 못한 경우에는 재시험이 허용된다. 2번째 시험판의 용접작업은 앞서 불합격된 시험판을 용접했던 작업자가 하여야 하며, 재시험은 2번째 판에서 채취한 시험편으로 하여야 한다.
3. 재시험은 이전의 요건을 만족하여야 한다. 인장 재시험을 하는 경우 2개의 시험편은 2번째 판에서 채취되어야 하며, 2가지 모두 해당 요건에 만족하여야 한다.
4. 같은 종류의 시험편이 2개 이상이고, 1개 이상의 시험편이 10 % 이내에서 해당요건을 만족시키지 못한 경우, 고려하고 있는 용접에 대해 필요로 하는 각 시험편마다 재시험을 실시하여도 된다. 이 경우에도 각 시험편은 해당요건에 만족하여야 한다.
5. 용착금속 인장시험편의 연신율이 규정 값 미만이고 임의의 파괴부분이 시험편 표점거리 50 ㎜의 중심에서 19 ㎜ 초과하여 떨어져 있다면 재시험이 허용된다.

관 련 근 거

KEC 605.58
ASME SEC. I , 2019

940.2.1.17 수압시험

1. 보일러를 완성한 후(940.2.1.17의 '3'에 따르는 것 제외)에는 물로써 수압시험을 하여야 하며, 물의 온도는 주위온도 이상으로 하되 반드시 20 ℃ 이상이어야 한다. 또한, 수압시험을 실시하는 동안 보일러의 어느 부분이든 그 응력이 시험온도에서 항복강도(0.2 % offset)의 90 %를 초과하지 않아야 한다.

2. 수압시험 방법 : 시험은 다음의 순서에 따라 2단계로 실시한다.
   가. 1단계
      수압시험 압력은 최대허용사용압력(MAWP)의 1.5배까지 서서히 올려야 한다.
   나. 2단계
      수압시험 압력을 최대허용사용압력까지 낮추고, 누수확인을 위한 육안검사를 실시한다. 보일러를 상세 검사할 동안 그 압력을 유지하여야 하며 근접 검사를 하는 동안 금속온도는 50 ℃를 초과하지 않아야 한다.

3. 관류형 보일러 수압시험 : 증기와 물의 경계선이 고정되지 않은 강제 유동 증기발생기(관류형 보일러)로서 압력부가 물-증기 유동경로에 따라 서로 다른 압력으로 설계된 경우, 완성된 보일러의 수압시험은 다음 조건하에서 제2항에 따른다.
   가. 수압시험 압력은 과열기 출구 최대 허용사용압력의 1.5배 이상이 되어야 하나, 보일러의 어느 부분에 대해서든 최대 허용사용압력의 1.25배보다 낮지 않아야 한다.
   나. 수압시험 압력은 과열기 출구의 최대 허용사용압력보다는 높아야 한다.

4. '3'의 규정에도 불구하고 시험을 하는 기기 등의 구조상 위항에서 규정하는 압력으로 시험하기가 곤란한 경우에는 시험 가능한 최고 압력으로 시험을 하여 이에 견디고 또한 새지 아니하여야 하며 추가로

관 련 근 거

방사선투과검사, 초음파탐상검사, 자분탐상검사 또는 침투탐상검사중 적합한 한가지 시험을 하여 이에 적합한 경우에는 이를 합격한 것으로 한다.

5. 시험 계기 지시계기는 압력부에 연결하여야 하며, 게이지의 정수두압은 요구되는 시험 압력이 보일러의 상부에서 가해지도록 고려하여야 한다.
   가. 시험에 사용하는 다이얼식 압력계기는 최대예상 시험압력의 약 2배 범위에 걸쳐 눈금이 있는 것이 좋으나, 적어도 1.5배 이상의 범위에 눈금이 있어야 한다.
   나. 측정값이 다이얼식 압력계로 얻는 것 이상의 정확도를 가지면, 압력 눈금범위가 넓은 디지털식 압력계를 사용하여도 된다.

940.2.1.18 검사항목 및 수검자 준비자료

검사·점검의 방법 및 절차 (고시 별표9)

항 목	방 법
자재 확인	자재성적서(Mill Certificate)를 확인하여 자재의 규격, 제작번호(Heat No.), 재질, 제조방법, 치수, 화학적 성분 및 기계적 성질, 용접후열처리 실시유무, 비파괴검사 실시 등을 확인
용접부 외관	용접부의 정렬, 이음부의 다듬질, 용접 덧살 허용 두께, 용접부 청결 상태 등을 확인
비파괴검사	비파괴검사 절차, 범위, 합격기준, 시험기기 교정 확인
용접후열처리검사	가열 및 냉각방법, 재질별 유지시간, 유지온도, 열처리 제외조건 및 시험기기 교정 확인
기계검사	시험판 형상 및 치수, 시험편 가공 치수 및 수량, 합격기준 및 시험기기 교정 확인
내압검사	시험매체, 시험압력, 유지시간, 누설·변형 여부 및 시험기기 교정 확인
수검자 준비자료	■ 자재성적서(Mill Sheet) ■ 비파괴검사 보고서 ■ 용접후열처리 절차서 및 보고서 ■ 용접후열처리 열전대 및 기록계 교정 성적서 ■ 기계검사 절차서 및 보고서 ■ 기계검사 시험 기기 교정 성적서 ■ 내압검사 절차서 및 보고서 ■ 내압검사 압력계 교정 성적서

관 련 근 거

940.3 압력용기

940.3.1 압력용기 및 부속설비

940.3.1.1 용접부의 형상

KEC 610.37
ASME SEC.Ⅶ, 2019

기술기준 제164조에서 규정한 '안전한 형상'이란 압력용기에 관해서는 940.3.1.2에서 940.3.1.5까지에 적합한 것을 말한다.

940.3.1.2 용접부의 설계

KEC 610.38
ASME SEC.Ⅶ, 2019

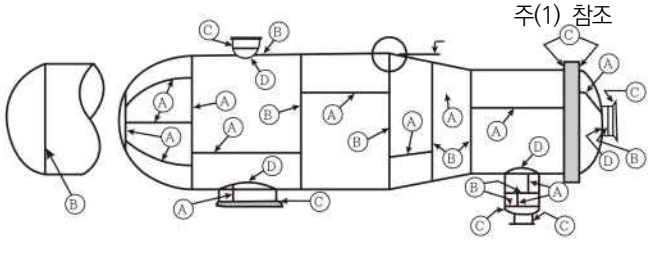
1. 압력용기의 길이이음 및 둘레이음의 용접부는 가 및 나를 제외하고는 맞대기 양쪽면 용접 , 받침쇠를 사용한 맞대기 한쪽면 용접 또는 초층 불활성가스아크용접으로 설계하여야 한다.
   가. 외경이 600 ㎜ 이하이며 모재의 두께(모재의 두께가 다른 경우는 두꺼운 쪽의 두께)가 16 ㎜이하인 이음의 용접부 맞대기 한쪽면 용접. 다만, 모재의 구분이 KS B 6751(압력용기-용접일반)의 25.3 용접사 기량 인정에 사용되는 대체 모재의 표에서 언급한 P-No.1 또는 P-No.3(Gr.1 및 Gr.2에 한한다) 이외의 것으로 만들어진 길이이음은 제외한다.
   나. 모재의 두께가 16 mm이하인 용기의 둘레이음의 용접부로서 양측 전두께 필릿 겹치기 이음용접[이 경우에 있어서 모재 겹침부의 길이는 모재 두께의 4배(25 mm 이하의 경우는 25 mm) 이상이 되어야 한다.
2. '1'이외는 모양과 형상에 따라 아래에 열거하는 방법으로 하여야 한다.
   가. 관대 또는 관과 펌프 , 밸브 및 이들과 유사한 맞대기 용접에 의한 이음 용접부는 그림 940-53와 같다.
   나. 플랜지이음 용접부는 그림 940-54의 (1)부터 (7)까지와 같다.
   다. 동체, 드럼 및 경판에 용접으로 부착되는 노즐 및 기타 연결부의 이음용접부는 그림 940-55 (1)부터 (30)까지와 같다.

관 련 근 거

KEC 610.39
ASME SEC.Ⅶ, 2019

940.3.1.3 정렬

1. 압력용기의 맞대기용접에 의한 이음면의 어긋남은 그림 940-61의 용접이음부 분류 및 아래 표 940-38의 모재의 두께(모재의 두께가 다를 경우는 얇은 쪽의 두께)구분에 따라 정하는 값을 초과해서는 아니 된다. 용접부의 단면두께 t는 이음부에서 얇은 쪽의 공칭두께이다.



【주】
(1) 원통부에 지름변화부를 연결하는 맞대기 용접이음분류 B의 허용 이음각도 α는 30° 이내이다.

그림 940-61 두께 분류 A, B, C 및 D의 용접 이음부 위치의 일반적인 예

표 940-38 모재의 두께 및 이음 종류의 구분에 따른 어긋남의 값(mm)

단면 두께	이음의 분류에 따른 어긋남 값	
	A	B, C 및 D
13 이하	1/4 t	1/4 t
13 초과 19 이하	3㎜	1/4 t
19 초과 38 이하	3㎜	5㎜
38 초과 51이하	3㎜	1/8 t
51 초과	1/16 t 또는 10㎜ 중 작은 값	1/8 t 또는 19 ㎜ 중 작은값

2. 원형동체 압력용기의 허용진원도는 임의의 단면에서 최대 및 최소 내경의 차이가 해당 단면에서 공칭지름의 1 %이하이어야 한다.

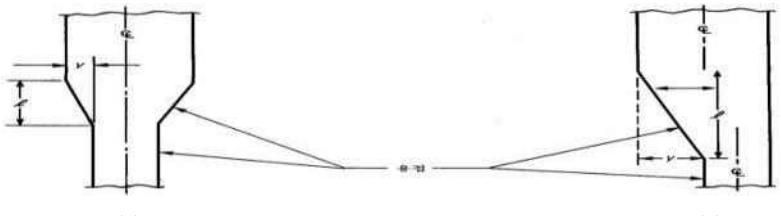
3. 원주방향 용접이음에 있어서 선단각(Half-apex angle) α가 30° 이하이면 맞대기 용접이며, α가 30°를 초과하면 앵글이음으로 한다.

관 련 근 거

KEC 610.40
ASME SEC.Ⅷ, 2019

940.3.1.4 두께가 다른 모재의 맞대기 용접

1. 압력용기의 두께가 다른 모재의 맞대기 용접은 아래 그림 940-62에 따라야 한다. 이 경우 재료 이음매의 단면 두께 차가 얇은 쪽 재료두께의 1/4을 넘거나 3 ㎜를 넘는 경우, 그림 6에서와 같이 테이퍼 천이부의 길이는 연결 면간두께 차의 3배 이상이 되어야 한다. 이와 같은 균일한 테이퍼 천이부가 만들어지는 한 어떠한 공정으로 성형하여도 좋다.



(1) (2)

1. 어떠한 경우에도 ℓ ≥3y이어야 한다. 여기서 ℓ는 테이퍼의 길이이고, y는 두 부재 사이의 두께차이다.
2. 테이퍼의 길이 ℓ은 용접폭을 포함할 수 있다.
3. 테이퍼는 내부 또는 외부에 들 수 있다.

그림 940-62 두께가 다른 맞대기용접 강판의 이음

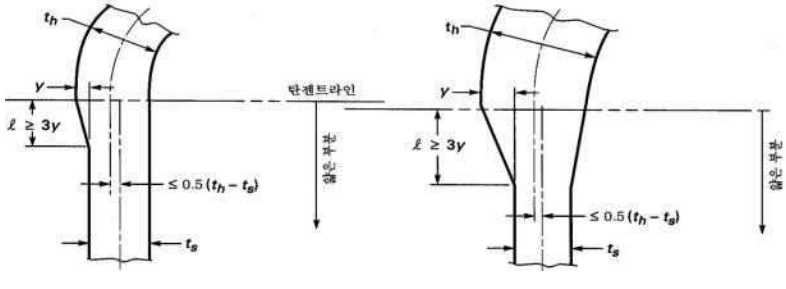
2. 동체의 길이 방향 이음인 경우 용접하는 재료 두께의 중앙선은 표 940-38에 있는 어긋남 제작 허용오차 내에 있어야 한다.

3. 성형경판 및 동체 사이의 이음에 있어서 두께차이가 얇은 쪽 단면 두께의 1/4 또는 3 ㎜ 중에서 작은 값보다 큰 경우에는 그림 940-63 (1) 및 (2)에서와 같이 맞대기 이음부분의 옵셋의 3배 이상 길이를 갖는 기울기 변화부를 가져야 한다. 그림 940-63 (3) 및 (4)에서처럼 맞대기용접으로 부착되는 동체보다 두꺼운 성형경판에 기울기가 요구되는 경우에는 기울기 변화부의 요구길이가 탄젠트라인을 넘지 않도록 스커트는 충분한 길이로 한다. 동체와 경판의 중심선 어긋남은 그림 940-63 (1), (2), (3) 및 (4)에 나타난 것과 같이 실제 동체두께와 경판두께 차의 1/2보다 커서는 아니 된다.

관 련 근 거

(1) (2)

1. 요구되는 테이퍼의 길이 ℓ 은 용접의 폭을 포함할 수 있다.
2. 어떠한 경우에도 테이퍼된 길이 ℓ 은 3y 이상이어야 한다.
3. 동체 판 중심선은 경판 중심선의 어느 쪽에도 올 수 있다.



(3) (4)

1. t_h가 t_s 보다 클 때에는 어떠한 경우에도 길이 ℓ은 3y 이상이어야 한다. 스커트의 최소길이는 $3t_h$ 이다. 그러나 요구되는 테이퍼의 길이를 제공하기에 필요한 경우를 제외하고는 38 ㎜를 초과할 필요는 없다.
2. t_h가 1.25 t_s 이하인 경우에도 스커트의 길이는 요구되는 어떠한 테이퍼에 대해서도 충분하여야 한다.
3. 요구되는 테이퍼의 길이, ℓ은 용접부의 폭을 포함할 수 있다. 동체 판 중심선은 경판 중심선의 어느 쪽에도 올 수 있다.

그림 940-63 두께가 다른 맞대기용접 경판

관 련 근 거

940.3.1.5 이음부의 다듬질

압력용기의 용접부로서 비파괴시험을 실시하는 표면은 매끈하고 모재의 표면보다 낮아서는 아니 된다. 또한, 모재의 표면과 층이 생기지 않도록 다듬질 하여야 한다. 이 경우에 비파괴시험을 필요로 하는 맞대기용접부의 용접 덧살 높이는 아래 표 940-39에 정하는 모재의 두께(모재의 두께가 다를 경우에는 얇은 모재의 두께)의 구분에 따라 각각 표의 용접 덧살 높이의 값 이하가 되어야 한다.

KEC 610.41
ASME SEC.VII

표 940-39 용접 덧살 허용 두께(mm)

재료 공칭두께	최대 용접 덧살	
	분류 B 및 C의 맞대기 용접부	기타 용접부
2.4 미만	2.4	0.8
2.4 이상 4.8 이하	3.2	1.6
4.8 초과 13 이하	4.0	2.4
13 초과 25 이하	4.8	2.4
25 초과 51 이하	5	3.2
51 초과 76 이하	6	4
76 초과 102 이하	6	6
102 초과 127 이하	6	6
127 초과	8	8

* 분류 B 및 C 는 그림 940-61 를 참조한다.

940.3.1.6 용접부의 균열

KEC 610.42
ASME SEC.VII, 2019

기술기준 제165조에서 규정한 '용접에 의한 균열이 없게' 하기 위해서 압력용기에 관해서는 940.3.1.7부터 940.3.1.11까지의 요구조건에 적합하여야 한다.

940.3.1.7 용접면의 청결

KEC 610.43
ASME SEC.VII, 2019

압력용기 용접부의 개선면 및 인접부는 용접에 앞서 수분, 도료, 유지, 먼지, 유해한 녹, 용입찌거기 및 그 밖에 유해한 이물을 제거하여야 한다.

관 련 근 거

KEC 610.44
ASME SEC.Ⅶ, 2019

940.3.1.8 비파괴검사 범위

1. 압력용기 중 다음의 용접이음에는 전체길이에 대하여 방사선투과검사를 하여야 한다.
   가. 인체에 치명적인 물질을 포함하는 용기의 동체와 경판의 모든 맞대기 용접
   나. 용접이음에서의 최소공칭두께가 38 mm를 초과하는 압력용기
   다. 탄소강 및 저합금강, 고합금강, 비철금속, 클래드 용기 및 열처리로 인장특성을 향상시킨 페라이트강의 용접이음으로서 판두께 또는 벽두께 중에서 얇은 쪽이 표 940-40에 주어진 두께의 한계를 초과하는 모든 맞대기 용접

표 940-40 맞대기용접의 완전 방사선투과검사를 하여야 하는 두께

재료의 분류		재료의 공칭두께(㎜)
P-No.	Gr. No.	
1	1, 2, 3	32
3	1, 2, 3	19
4	1, 2	16
5A	1, 2	0
5B	1, 2	0
5C	1	0
9A	1	16
9B	1	16
10A	1	19
10B	1	16
10C	1	16
10F	1	19

   라. 단일 패스로서 38 mm보다 큰 일렉트로 가스용접으로 이음되는 용접 또는 임의두께의 일렉트로 슬래그용접으로 이음되는 모든 맞대기 용접
   마. 비철금속중 티타늄, 지르코늄, 티타늄과 지르코늄합금으로 된 압력용기 중 그림 940-61의 용접이음 분류 A와 B

관 련 근 거

바. 비철금속중 합금 200(UNS No. N02200), 201(UNS No. N02201), 400(UNS No. N04400), 401(UNS No. N04401), 600(UNS No. N06600)을 제외한 모재의 구분(P-No)는 KS B 6751(압력용기-용접일반)의 25.3 용접사 기량 인정에 사용되는 대체 모재의 표에서 제시된 재료로 된 맞대기 용접 이음은 판이나 또는 용접이음에서 압력용기의 외벽두께 중 얇은 쪽이 10 ㎜를 초과할 경우

사. 고합금강재료의 압력용기 중 크롬 용접봉으로 용접되는 스테인리스강 계열과 기타 임의의 용접봉으로 용접되는 430 계열의 재료로 제조되는 압력용기의 모든 두께의 맞대기용접 이음. 다만, 이들 용접부에 대한 중요 보수부위를 포함하여 크롬 페라이트 용접부에 대한 최종 방사선투과검사는 용접후열처리를 수행한 후에 실시하여야 한다.

2. 다음의 용접이음에는 부분 방사선투과검사를 하여야 한다.

가. 그림 940-61의 용접이음 분류 A, B, C, D에서 용접이음효율을 0.85로 설계한 내,외부 용접면상에 용착된 용접금속과 동일한 성질을 얻을 수 있는 양쪽면용접 또는 다른 방법으로 이루어진 맞대기이음(위치를 고정시키는 금속받침쇠를 사용하는 용접은 제외)

나. 그림 940-61의 용접이음 분류 A, B, C, D에서 용접이음효율을 0.80으로 설계한 '1'의 형식에 포함되지 않는 받침쇠를 갖는 한쪽면 용접 맞대기이음

다. 부분방사선투과검사의 최소 범위는 각 용기의 용접부에 대하여 매 15 m마다 또는 그 나머지지 부분에 대해서 한부위를 검사할 것 KEPIC MGB M-23

라. 부분 방사선투과검사를 할 위치는 검사해야 할 용접이 완료된 후에 공인검사자를 선정할 수 있다. KEPIC MGB M-23

마. 그림 940-61의 분류 B 또는 C의 맞대기용접으로서, 용기의 동체 또는 경판에 있는 분류 A의 맞대기용접과 교차하는 것, 또는 이음매 없는 용기부 또는 경판을 연결시키는 것은, 최소한 부분 방사선투과검사 요건을 만족하여야 한다. 여기서 요구하는 KEPIC MGB M-23

관 련 근 거

부분 방사선투과검사를 다른 용접 길이에 적용되는 부분 방사선투과검사의 규정을 만족시키기 위하여 사용해서는 안된다.

3. 기기 등의 구조상 방사선투과검사를 시행하는 것이 현저하게 곤란할 경우에는 방사선투과검사 대용으로, 초음파탐상검사를 할 수 있다. 이 경우 초음파탐상검사 방법은[부록 5.9] '파괴역학에 기반한 합격기준의 초음파탐상검사 요건'에 따르며, 합격기준은 KEC 645.46.5에 따른다.

4. 다음의 경우에는 추가적으로 초음탐상시험을 하여야 한다.
   가. 전체길이 및 부분 방사선투과검사에 주어진 요건에 추가하여 EBW에 의하여 이루어진 모든 용접이음에 대하여는 그 용접이음의 전체 길이에 대하여 초음파탐상검사를 할 것
   나. 방사선투과검사이 요구되는 용접이음으로서 관성·연속구동 마찰용접으로 용접이 이루어질 경우에는 그 용접이음의 전체 길이에 대하여 초음파탐상검사를 할 것

5. 다음의 경우에는 자분탐상검사 또는 침투탐상검사를 실시하여야 한다.
   가. 열처리로 인장특성을 향상시킨 페라이트강 압력용기의 경우, 50 mm이하의 안지름을 갖는 그림 940-55의 (1), (2), (3), (8), (9), (10)의 형상을 갖는 노즐(그림 940-55 : 940.2.1.2 용접부의 설계 참조)
   나. 저온 압력용기의 경우 모든 접합용접 및 용접이음부가 압력을 받는 곳이라면 수압시험 이전 또는 이후 침투탐상검사
   다. UNS N06625(SB-443, SB-444, SB-44 중 Gr.2, 6) 및 UNS N10001, UNS N10665에 포함되는 재료로 된 압력용기의 그루브 용접부나 필릿용접부는 열처리 후에 균열을 찾기 위한 침투탐상검사
   라. 티타늄, 지르코늄, 티타늄과 지르코늄합금으로 된 압력용기의 모든 이음은 침투탐상검사
   마. 합금 200 (UNS No. N02200), 201(UNS No. N02201),

관 련 근 거

400 (UNS No. N04400), 401 (UNS No. N04401), 600 (UNS No. N06600)을 제외하고 모재의 구분(P-No)는 KS B 6751(압력용기-용접일반)의 25.3 용접사 기량 인정에 사용되는 대체 모재의 표에서 제시된 비철금속재료로 된 압력용기나 압력용기 부품의 용접 이음은 완전방사선검사를 요하지 않는 경우 침투탐상검사

바. 열처리에 의해서 인장특성을 향상시킨 페라이트 강은 자분탐상검사 다만, 용착금속이 비자성체이기 때문에 자분탐상검사를 사용할 수 없는 경우에는 침투탐상검사

사. SA-333 Gr.8, SA-334 Gr.8, SA-522 Gr. A, B 및 SA-645의 재료로 제조되는 압력용기에 있어서 방사선투과검사으로 검사하지 않은 용접부는 수압시험 전 또는 후에 침투탐상검사

6. 비파괴검사자의 자격요건은 940.1.2.2를 따른다.

940.3.1.9 비파괴검사

KEC 610.45
ASME SEC.Ⅶ

1. 방사선투과검사는 940.1.3에 따른다.
2. 초음파탐상검사는 940.1.4에 따른다.
3. 자분탐상검사는 940.1.5에 따른다.
4. 침투탐상검사는 940.1.6에 따른다.

940.3.1.10 비파괴검사 합격기준

KEC 610.46
ASME SEC.Ⅶ

1. 완전방사선투과검사, 초음파탐상검사, 자분탐상검사, 침투탐상검사의 합격기준은 '940.2.1.10 비파괴검사 합격기준'을 따른다.
2. 부분 방사선투과검사 시 방사선투과검사의 최소길이는 150 ㎜ 이며, 판정기준은 아래와 같다.
   가. 지시가 균열, 융합불량의 부위 또는 용입부족의 부위로 판정되는

관 련 근 거

용접은 불합격

나. 슬래그가 있거나 공동(Cavity)으로서 판정되는 지시가 있는 용접부는 지시의 길이가 ⅔t보다 큰 경우 불합격으로 처리한다. 여기서, t 는 허용된 용접 덧살을 제외한 용접두께이다. 용접부에서 두께가 서로 다른 2개의 부재를 이음하는 맞대기용접의 경우에는 t 를 이 두개의 두께 중에서 얇은 쪽으로 택하여야 한다. 완전용입 용접부가 필릿용접을 포함하는 경우에는 필릿의 목두께를 t 에 포함시켜야 한다. 위의 제한범위에 복수의 지시가 일직선상으로 존재하는 경우, 6t 의 길이 범위에 있는 이러한 복수지시 각각의 최대치수(각 지시마다 가장 긴 쪽의 치수)의 합계가 t 미만이고(6t보다 짧은 방사선투과검사에 대해서는 비율을 적용한다) 주목할 만한 각각의 최대지시가 허용할 수 있는 용접금속 길이의 최소한 3L의 간격으로 떨어져 있는 경우에는 그 용접부를 합격으로 한다. 여기서, L은 최대지시(지시 중에서 가장 큰 지시)의 길이이다. 허용할 수 있는 지시의 최대 길이는 19 ㎜ 이며, 길이가 6 ㎜ 미만인 지시는 판 두께와 상관없이 허용된다. 원형지시는 완전방사선투과검사가 요구되지 않는 용접의 합격여부를 좌우하는 요소가 되지 못한다.

다. '가' 및 '나'에 따라서 합격으로 판정한 경우에는 이 부분 방사선투과검사이 대표하는 용접길이 전체를 합격으로 하며, '가' 및 '나'에서 요구되는 부분 방사선투과검사를 실시한 부분에서 최소품질 요건에 적합하지 않은 용접이 발견된 경우에는 이 부분 방사선투과검사이 대표하는 용접 길이내의 본래 검사 부분에 인접한 2개의 부위에서 추가로 부분 방사선투과검사를 하여야 한다.

라. 이들 2개의 추가 부분검사가 '가' 및 '나'에서 규정한 최소품질 요건에 적합한 것으로 판정되는 경우에는 이들 3회의 방사선투과검사이 대표하는 용접 길이는 합격으로 한다. 다만, 최초의 부분 방사선투과검사에서 발견된 결함은 제거하여야 하고, 그

관 련 근 거

부분은 용접에 의해서 보수되어야 한다.

마. 2개의 추가부분 시험 중에서 하나라도 가' 및 '나'에서 규정한 최소품질 요건에 적합하지 않은 용접으로 판정되는 경우에는 이 탐상시험들이 대표하는 용접 길이 전체를 허용하여서는 아니 된다.

940.3.1.11 용접후열처리

KEC 610.47
ASME SEC.VII

1. 이 기준의 세부요건 및 예외사항을 적용하기 위해서는 용접절차 시방서에 따라 용접작업이 수행되어야 하며 아래의 설명을 제외하고는 '2' 및 해당 비고란의 내용에 따라야 한다.

가. 전자빔 용접법으로 3 ㎜보다 두꺼운 페라이트계 재료를 용접할 경우 또는 관성 · 연속구동마찰 용접법으로 임의 두께의 P-No 3, P-No 4, P-No 5A, 5B, 및 5C, 그리고 P-No. 15E의 재료를 용접할 경우에는 예외사항은 허용되지 않는다.

나. 이음부의 두께가 38 ㎜보다 큰 페라이트계 재료의 일렉트로슬래그 용접부는 결정립 미세화(오스테나이징) 열처리를 하여야 한다. 임의의 단일 패스의 크기가 38 ㎜보다 큰 페라이트계 재료의 일렉트로가스 용접부는 결정립 미세화(오스테나이징) 열처리를 할 것

다. 탄소강 및 저합금강의 용접후열처리 공정은 다음 요건들에 따라서 수행할 것

1) 제조물 또는 부품을 연소실 내부속에 놓을 때 연소실 내부의 온도는 425 ℃를 초과하지 않을 것

2) 425 ℃를 초과하는 온도에서 가열속도는 222 ℃/hr를 동체 판 또는 경판 최대금속 두께의 계수(이 계수는 최대금속두께를 25 ㎜로 나눈값 임)로 나눈 값으로, 어떠한 경우에도 222 ℃/hr보다 커서는 아니 된다. 가열되는 동안에는 제조물 전체에 걸쳐서 4.6 m 간격 내에서 140 ℃ 보다 큰 온도 변화가 없을 것

3) 제조물 또는 부품은 열처리를 하는 동안 최고 및 최저온도 차는

관 련 근 거

특별히 제한된 경우를 제외하고는 83 ℃ 이하일 것

4) 가열 및 온도유지기간 동안에 연소실 내부의 대기는 제조물 표면에 과대한 산화를 피할 수 있도록 제어될 것. 노는 제조물에 화염이 직접 닿지 않도록 설계된 것이어야 한다.

5) 425 ℃보다 높은 온도에서는, 냉각은 밀폐된 연소실 내부 또는 냉각실에서 280 ℃/hr를 동체판 또는 경판의 최대 금속두께(이 계수는 최대금속두께를 25 ㎜로 나눈값 임)로 나눈 것보다 크지 않은 속도로 하여야 하며, 어떠한 경우에도 280 ℃/hr보다 커서는 아니 된다. 425 ℃를 초과하는 온도에서 가열된 부분의 냉각 중 온도 변화는 4.6 m 간격 내에서 140 ℃를 초과해서는 아니 된다. 425 ℃ 이하에서는 대기 속에서 냉각할 수 있다.

라. 본체의 용접부에 대하여 용접후열처리를 하는 경우는 시험판에 이와 동등한 용접후열처리를 할 것

마. 냉간 성형으로 제작되는 탄소강판 및 저합금 강판의 압력용기 동체 부분, 경판, 기타 압력경계 부품은 냉간 성형 결과로 최대 연신율(Extreme fiber elongation)이 압연상태를 기준하여 5 %를 초과할 때는 열처리를 할 것

2. 재질별 열처리 요건은 아래와 같다.

가. P-No. 1

재 료	최저유지 온도 ℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50 mm 이하	50 mm 초과 125 mm 이하	125 mm 초과
P-No. 1 Gr.No,1,2,3	595	1시간/25 mm, 최소 15분	2시간 + *15분/25 mm (* 50 mm 초과분에 적용)	2시간 + *15분/25 mm (* 50 mm 초과분에 적용)

1) 다음의 경우에는 용접후열처리를 실시하여야 한다.

가) 공칭두께가 38 ㎜를 초과하는 재료

나) 공칭두께가 32 ㎜ 이상이고 38 ㎜ 이하인 재료로서 용접하는

관 련 근 거

동안에 최저온도 95 ℃에서 예열하지 않는 경우

2) 위 표에 규정된 온도에서 용접후열처리가 곤란한 경우에는 '하'에 따라서 더 낮은 온도에서 더 긴 시간에 걸쳐 용접후열처리를 할 수 있다.

나. P-No. 3

재 료	최저유지 온도 ℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50 mm 이하	50 mm 초과 125 mm 이하	125 mm 초과
P-No. 3 Gr.1,2,3	595	1시간/25 mm, 최소 15분	2시간 + *15분/25 mm (* 50 mm 초과분에 적용)	2시간 + *15분/25 mm (* 50 mm 초과분에 적용)

1) 다음의 경우에는 용접후열처리를 실시하여야 한다.

가) 공칭두께가 16 ㎜를 초과하는 P-No. 3, Gr. 1 및 P-No. 3, Gr. 2의 재료

나) 두께에 관계없이 특수한 조건에 의해 열처리가 요구되는 경우

2) P-No. 3, Gr. 3의 재료에 대해서는 두께에 관계없이 용접후열처리를 실시하여야 한다.

3) 다음의 경우에는 용접후열처리를 하지 않아도 된다.

가) 최대 탄소함유량이 0.25 % 이하의 압력부품 또는 용접치수가 13 ㎜ 이하의 그루브용접 혹은 목두께가 13 ㎜ 이하의 필릿용접으로 비압력부품에 부착시킬 경우로서, 최저 95 ℃의 예열을 할 경우

나) 공칭 벽두께가 13 ㎜ 이하이고, 또한 최대 탄소함유량이 0.25 % 이하의 관이나 튜브의 원주방향 맞대기 용접

다) 최대 탄소함유량이 0.25 % 이하의 압력부품에 용접되는 스터드로서 최저 95 ℃의 예열을 할 경우

라) 최대 탄소함유량이 0.25 % 이하의 압력부품에 용접될 경우의 내식성 용접금속 육성 클래딩 또는 내식성 라이닝을 부착시키는 용접으로서 초층을 용접할 때에 최저 95 ℃의 예열

관 련 근 거

온도를 유지한 경우

마) 기계적 방법(튜브확관, 걸림구조, 나사가공 등)과 밀봉용접(목두께가 10 ㎜ 이하인 경우, 어느 한 부품의 두께가 16 ㎜ 초과 시 최소 95 °C로 예열을 한 경우)으로 연결한 '튜브 또는 압력을 받는 핸드홀'과 '검사 플러그 및 피팅류일 경우'

4) 위 표에 규정된 온도에서 용접후열처리가 곤란한 경우에는 '하'에 따라서 더 낮은 온도에서 더 긴 시간에 걸쳐 용접후열처리를 할 수 있다.

다. P-No. 4

재 료	최저유지 온도 ℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50 mm 이하	50 mm 초과 125 mm 이하	125 mm 초과
P-No. 4 Gr.1,2	650	1시간/25 mm, 최소 15분	1시간/25 mm	5시간 + *15분/25 mm (* 125 mm 초과분에 적용)

1) 다음의 경우에는 용접후열처리를 실시하여야 한다.

가) 공칭두께가 16 ㎜를 초과하는 SA-202 Gr.A 및 B의 재료

나) P-No. 4, Gr.1 및 2의 재료

다) 두께에 관계없이 특수한 조건에 의해 열처리가 요구되는 경우

2) 다음의 경우에는 용접후열처리를 하지 않아도 된다.

가) 아래의 모든 조건을 만족하는 P-No.4 재료의 관이나 튜브에서의 원주방향 맞대기용접의 경우

(1) 최대 공칭지름이 DN 100

(2) 최대 공칭두께는 16 ㎜

(3) 최대 탄소함유량이 0.15 % 이하

(4) 최저 120 ℃이상 예열할 경우

나) '가)'의 '(1)'부터 '(3)'까지의 조건을 만족하는 P-No. 4의 관이나 튜브의 재료로서, 필릿용접에 의한 비압력 부착물을 포함한 것으로 아래사항을 만족하는 경우

(1) 필릿용접부의 최대 목두께가 13 ㎜

관 련 근 거

(2) 최저 121 ℃ 이상의 예열을 할 경우

라. P-No. 5

재 료	최저유지 온도 ℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50 mm 이하	50 mm 초과 125 mm 이하	125 mm 초과
P-No. 5AGr.1 P-No. 5BGr.1 P-No. 5CGr.1	675	1시간/25 mm, 최소 15분	1시간/25 mm	5시간 + *15분/25 mm (* 125 mm 초과분에 적용)

1) 아래 '2)'의 경우를 제외하고는 용접후열처리를 실시하여야 한다.

2) 다음의 경우에는 용접후열처리를 하지 않아도 된다.

가) 아래의 조건을 모두 만족하는 관이나 튜브에서의 원주방향 맞대기용접의 경우

(1) 최대 크롬함유량이 3.00 %

(2) 최대 공칭지름이 DN 100

(3) 최대 공칭두께가 16 ㎜

(4) 최대 탄소함유량이 0.15 % 이하인 것

(5) 최저 예열 온도가 150 ℃이상

나) '가)'의 '(1)'부터 '(4)'까지의 조건을 만족하는 관이나 튜브의 재료로서, 필릿 용접에 의하여 비압력 부착물을 포함하는 것으로서 아래사항에 만족하는 경우

(1) 필릿용접의 최대 목두께가 13 ㎜

(2) 최저 예열온도가 150 ℃이상

3) 위의 표에 규정된 온도에서 P-No. 5A, P-No. 5B Gr P-No. 1 및 P-No. 5C Gr No. 1의 재료를 용접후열처리 하는 것이 곤란할 경우에는 최저 650 ℃의 온도에서 용접후열처리 할 수 있으나, 공칭두께가 50 ㎜ 이하의 재료일 경우에는 유지시간을 최소 4시간 또는 두께의 4시간/25 ㎜ 중에서 큰 쪽의 값으로 증가시킬 수 있으며, 공칭두께가 50 ㎜를 넘을 경우에는 규정의 유지시간에 4배로 할 수 있다.

관 련 근 거

마. P-No. 15E Gr. No. 1

재료	최저유지온도	최고 유지온도	공칭용접두께에 대한 최저유지온도에서의 최소 유지시간	
		아래 '다' 및 '라'	125 mm 까지	125 mm 초과
P-No. 15E Gr. No. 1	730 ℃	775 ℃	1시간/25 ㎜ 최소 30분	5 시간 + 125 mm 초과 25 mm당 15분

1) 공칭두께가 13 mm(0.5 in.) 이하일 때 최소 유지온도는 720 ℃

2) 이종금속 용접에 대해서는 (용접이 P No. 5 그룹 No. 2와 다른 금속 저 크롬 페라이 트, 또는 오스테나이트 또는 니켈 포함 강재), 용가재 크롬 함량이 3 % 미만이거나. 또는 용가재가 니켈이나 오스테나이트를 바탕으로 한다면 최소 유지온도는 750 ℃ 이어야 한다.

3) 상기 최고 유지 온도는 실제의 화학성분을 모르는 용가재인 경우 사용된다. 용접되는 용가재가 알려진 경우에는 최고 유지온도는 아래와 같이 하여야 한다.

가) 1.0 %≤ Ni+Mn< 1.50 % 이면 최고 PWHT 유지온도는 790 ℃

나) Ni+Mn < 1.0 % 최고 PWHT 유지온도는 800 ℃

4) 부품이 위에 허용된 유지온도 이상 가열되었다면 다음 중 하나의 방법을 취하여야 한다.

가) 그 부품 전체적으로 재 불림 및 뜨임 열처리가 되어야 한다.

나) 최고 유지온도가 상기 및 3(1) 을 초과 하고 800 ℃ 미만이라면 그 용접금속은 제거 하고 교체되어야 한다.

다) 800 ℃를 초과하여 가열된 부분은 과열구역의 양쪽 부분은 최소 75 mm범위를 포함 하여 재 불림 및 뜨임하거나 또는 교체하여야 한다.

라) 허용 응력은 설계온도 및 상기 허용온도로 재 열처리된 것보다 높은 온도로 열처리 된 부분에서 등급 9 자재(즉, SA-213-T9, SA-335-P9, 또는 제작규격과 동등)에 대한 것이어야 한다.

관 련 근 거

5) 용접 후열처리는 열 흡수 확산을 위하여 아래조건을 충족하는 때 관과 튜브에 부착하기 위해 사용된 전기저항 용접은 필수 요건이 아니다.

가) 관 및 튜브 최대 규격 100 mm

나) 최대 카본 함량 이 15 % 미만.

다) 최고 두께 3 mm(1/8 in.)

라) 용접절차 사용 전 제조자는 최소 벽두께까지는 열영향을 받지 않았다는 것을 증명하여야 한다.

바. P-No. 6

재 료	최저유지 온도℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50 mm 이하	50 mm 초과 125 mm 이하	125 mm 초과
P-No. 6 Gr.1,2,3	760	1시간/25 mm, 최소 15분	2시간 + *15분/25 mm (*50 mm 초과분에 적용)	2시간 + *15분/25 mm (*50 mm 초과분에 적용)

1) 아래 '2)'의 경우를 제외하고는 용접후열처리를 실시하여야 한다.

2) 탄소함유량이 0.08 % 이하인 SA-182 Gr. F6a, SA-240, SA-479 및 SA-268에 대한 410계열 재료로 제작되고, 오스테나이트 계 크롬-니켈 용착금속 또는 비공냉 경화성 니켈-크롬-철의 용착금속을 생성하는 용접봉으로 용접된 압력용기에 대해서는 용접후열처리를 하지 않아도 된다. 다만, 이 경우에는 용접이음에서의 판두께가 10 ㎜를 초과하지 않아야 한다. 또한 두께 10 ㎜ 초과 38 ㎜ 이하의 판두께의 경우, 용접 중에 230 ℃의 예열을 유지하고 이음부 전체에 대해 방사선투과검사를 실시하면 용접후열처리를 하지 않아도 된다.

관 련 근 거

사. P-No. 7

재 료	최저유지 온도 ℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50 mm 이하	50 mm 초과 125 mm 이하	125 mm 초과
P-No. 7 Gr.1	730	1시간/25 mm, 최소 15분	2시간 + *15분/25 mm (*50 mm 초과분에 적용)	2시간 + *15분/25 mm (*50 mm 초과분에 적용)

1) 아래 '2)'의 경우를 제외하고는 용접후열처리를 실시하여야 한다.

2) 탄소함유량이 0.08 % 이하인 SA-1010 UNS S41003, SA-240, SA-268의 Type 405, Type 410S 또는 Type 430Ti 재료로 제작되고, 오스테나이트계 크롬-니켈 용착금속 또는 비공냉 경화성 니켈-크롬-철의 용착금속을 생성하는 용접봉으로 용접된 압력용기에 대해서는 용접후열처리를 하지 않아도 된다. 다만, 이 경우에는 용접이음에서의 판두께가 10 ㎜를 초과하지 않아야 한다. 또한 두께 10 ㎜ 초과 38 ㎜ 이하의 판두께의 경우, 용접 중에 230 ℃의 예열을 유지하고 이음부 전체에 대해 방사선투과검사를 실시하면 용접후열처리를 하지 않아도 된다.

아. P-No. 9A

재 료	최저 유지 온도 ℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간
P-No. 9A Gr.1	595	최소 1시간 + 두께 25 mm 초과마다 15분 추가

1) 다음의 경우에는 용접후열처리를 실시하여야 한다.

가) 공칭두께가 16 ㎜를 넘는 재료

나) 두께에 관계없이 특수한 조건에 의해 열처리가 요구되는 경우

2) 다음의 경우에는 용접후열처리를 하지 않아도 된다.

가) 아래의 조건을 모두 만족하는 관이나 튜브에서의 원주방향 맞대기용접의 경우

관 련 근 거

(1) 최대 공칭지름이 DN 100
(2) 최대 공칭두께가 13 ㎜
(3) 최대 탄소함유량이 0.15 % 이하인 것
(4) 최저 예열온도가 120 ℃

나) '가)'의 '(1)'부터 '(3)'까지의 조건을 만족하는 관이나 튜브의 재료로서, 필릿용접에 의한 부착물을 포함하는 경우에 아래사항을 만족하는 경우

(1) 필릿용접의 최대 목두께가 13 ㎜ 이하
(2) 재료를 최저 121 ℃에서 예열되고 필릿용접의 최대 목두께가 13 ㎜ 이하인 경우

3) 위 표에 규정된 온도에서 용접후열처리를 하는 것이 곤란한 경우에는 '하'에 따라서 더 낮은 온도(최소 538 ℃)에서 더 긴 시간으로 용접후열처리를 할 수 있다.

자. P-No. 9B

재 료	최저 유지 온도 ℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간
P-No. 9B Gr.1	595	최소 1시간 + 두께 25 mm 초과마다 15분 추가

1) 다음의 경우에는 용접후열처리를 실시하여야 한다.

가) 공칭두께가 16 ㎜를 넘는 재료
나) 두께에 관계없이 특수한 조건에 의해 열처리가 요구되는 경우

2) 다음의 경우에는 용접후열처리를 하지 않아도 된다.

가) 비압력부품을 압력부품에 부착하기 위한 용접치수가 13 ㎜ 이하인 그루브용접 또는 목두께가 13 ㎜ 이하의 필릿용접으로서 최저 95 ℃의 예열을 할 경우
나) 압력부품에 용접된 스터드로서 최저 95 ℃의 예열을 할 경우

3) 위 표에 규정된 온도에서 용접후열처리를 하는 것이 곤란한 경우에는 '하'에 따라서 더 낮은 온도(최소 540 ℃)에서 더 긴 시간으로 용접후열처리를 할 수 있다.

관 련 근 거

차. P-No. 10A

재 료	최저 유지 온도 ℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간
P-No. 10A Gr.1	595	최소 1시간 + 두께 25 mm 초과마다 15분 추가

1) 다음의 경우에는 용접후열처리를 실시하여야 한다.
   가) SA-487 Gr. 1Q 재료의 모든 두께
   나) 공칭두께가 16 ㎜ 이상인 그 밖의 P-No. 10A 재료
   다) 두께에 관계없이 특수한 조건에 의해 열처리가 요구되는 경우
2) 다음의 경우에는 용접후열처리를 하지 않아도 된다.
   가) 최대 탄소함유량이 0.25 % 이하의 압력부품 또는 용접 치수가 13 ㎜ 이하인 그루브용접 혹은 목두께가 13 ㎜ 이하의 필릿용접으로 비압력부품에 부착시킬 경우로서, 최저 95 ℃의 예열을 할 경우
   나) 공칭두께가 13 ㎜ 이하이고, 또한 최대 탄소함유량이 0.25 % 이하의 관이나 튜브의 원주방향 맞대기용접으로서 최저 95 ℃의 예열을 하는 경우
   다) 최대 탄소함유량이 0.25 % 이하의 압력부품에 용접되는 스터드로서 최저 95 ℃의 예열을 할 경우
3) 위 표에 규정된 온도에서 용접후열처리를 하는 것이 곤란할 경우에는 '하'에 따라서 더 낮은 온도에서 더 긴 시간으로 용접후열처리를 할 수 있다.
4) 425 ℃와 유지온도 사이에서의 가열속도가 28 ℃/hr 미만인 경우, 또는 최저온도가 그 두께 전체에 걸쳐 도달 되었다는 근거를 제조자가 제공할 수 있는 경우, 추가적인 15분/25 ㎜ 유지시간은 요구되지 않는다.

관 련 근 거

카. P-No. 10B

재 료	최저 유지 온도 ℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간
P-No. 10B Gr.1	595	최소 1시간 + 두께 25 mm 초과마다 15분 추가

1) P-No. 10B 재료는 두께에 관계없이 용접후열처리를 하여야 한다.

타. P-No. 10C

재 료	최저 유지 온도 ℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간
P-No. 10C Gr.1	540	최소 1시간 + 두께 25 mm 초과마다 15분 추가

1) 다음의 경우에는 용접후열처리를 실시하여야 한다.
   가) 공칭두께가 38 ㎜를 초과하는 재료 또는 공칭두께가 32 ㎜ 이상이고 38 ㎜ 이하인 재료로서 용접시에 최저 95 ℃의 예열을 하지 않는 경우
   나) 두께에 관계없이 특수한 조건에 의해 열처리가 요구되는 경우
2) 다음의 경우에는 용접후열처리를 하지 않아도 된다.
   가) 최종 안지름이 50 ㎜ 이하인 노즐 접속부를 부착시키기 위한 용접치수가 13 ㎜ 이하인 그루브용접 혹은 목두께가 13 ㎜ 이하인 필릿용접으로서, 접속부에서 동체 및 경판의 두께를 증가시키는 리가먼트를 형성하지 않으며 최저 95 ℃의 예열할 경우
   나) 비압력부품을 압력부품에 부착시키기 위한 용접치수가 13 ㎜ 이하인 그루브용접 또는 목두께가 13 ㎜ 이하인 필릿용접으로서, 압력부품의 두께가 32 ㎜ 이상인 때에는 최저 95℃의 예열할 경우
3) 가열속도가 425 ℃와 유지온도 사이에서 28 ℃/hr 미만인 경우, 또는 최저온도가 그 두께 전체에 걸쳐 도달 되었다는 근거를 제조자가 제공할 수 있는 경우, 추가적인 15분/25 ㎜ 유지시간은 요구되지 않는다.

관 련 근 거

파. P-No. 10I

재 료	최저 유지 온도 ℃	공칭 용접두께에 대한 정상온도에서의 최소 유지시간		
		50 mm 이하	50 mm 초과 125 mm 이하	125 mm 초과
P-No. 10I Gr.1	730	1시간/25 mm, 최소 15분	1시간/25 mm	1시간/25 mm

하. 탄소강 및 저합금강의 선택적인 용접후열처리 요건

최저규정온도로부터 감소되는 온도량 ℃	감소된 온도에서의 최소 유지시간(1), hr	비고
28	2	...
56	4	...
83	10	(2)
111	20	(2)

(1) 두께 25 ㎜ 이하의 최소 유지시간, 두께가 25 ㎜를 초과하는 경우에는 25 ㎜ 당 15분을 더한다.
(2) 낮은 용접후열처리 온도는 P-No. 1, Gr. 1 및 2 재료에만 허용된다.

940.3.1.12 완전한 용접시공을 위한 조치

KEC 610.48
ASME SEC.Ⅶ, 2019

기술기준 제166조에서 '용입이 충분하게'하기 위해서는 '940.1.1 용접시공법' (940.1.1.1부터 940.1.1.15까지), '940.3.1.2 용접부의 설계' 및 '940.3.1.7 용접면의 청결'에 적합하여야 한다.

940.3.1.13 용접부의 결함

KEC 610.49
ASME SEC.Ⅶ, 2019

언더컷, 오버랩, 크레이터, 슬래그혼입, 블로우홀등 이와 유사한 결함으로 인해 건전한 용접부 확보에 지장이 없게 하기 위해서는 '940.1.1 용접시공법'(940.1.1.1에서 940.1.1.15까지), '940.3.1.5 이음부분의 다듬질' 및 '940.3.1.8 비파괴검사'에 적합하여야 한다.

관 련 근 거

940.3.1.14 용접부의 강도

KEC 610.50
ASME SEC.Ⅷ, 2019

기술기준 제167조에서 '충분한 강도'란 보일러 등에 관계된 용기 또는 관의 용접부는 모재의 강도(모재의 강도가 다른 경우는 약한 쪽의 강도)와 동등 이상의 강도를 갖는 것으로 '940.1.1 용접시공법'(940.1.1.1에서 940.1.1.15까지), '940.3.1.15 기계시험', '940.3.1.16 재시험' 및 '940.3.1.17 내압시험'에 적합하여야 한다.

940.3.1.15 기계시험

KEC 610.51
ASME SEC. Ⅰ, 2019

압력용기의 기계시험은 '940.2.1 보일러 및 부속설비' 940.2.1.15의 '2'에서 940.2.1.15의 '9'까지를 준용한다. 다만 용착금속 인장시험은 제외한다.

940.3.1.16 재시험

KEC 610.52
ASME SEC. Ⅰ, 2019

압력용기 기계시험의 재시험은 '940.2.1 보일러 및 부속설비' 940.2.1.16을 준용한다.

940.3.1.17 내압시험

KEC 610.53
ASME SEC.Ⅷ, 2019

1. 표준 수압시험은 압력용기의 각 부위에서 압력용기에 표시된 최대 허용사용압력에 설계온도의 응력값 S에 대한 압력용기 시험온도의 응력값 S′의 최소비(압력용기의 제작에 사용되는 재료)를 곱한 값에 최소한 1.3배의 수압시험 압력을 가하여야 한다.
   가. 수압시험압력을 적용한 후에는 모든 이음부 및 접속부에 대하여 누출검사를 실시할 것. 이 검사는 시험압력을 1.3으로 나눈 값 이상인 압력에서 실시되어야 한다. 용접 접속을 위한 개구부의 임시 시험 마감부에서 발생할 수 있는 누출을 제외하고는 요구되는 육안검사부위에서 누출은 허용되지 않는다.

관 련 근 거

나. 시험상태에서 압력용기의 모든 최상부에는 압력용기를 물을 채울때에 생기는 공기 포켓(Air Pocket)을 피하기 위해서 배기구를 설치할 것

다. 가압하기 전 시험압력에 영향을 미쳐서는 안 되는 모든 저압 충수배관 및 기타 부속품이 분리되어 있는지를 확인할 것

2. 기압시험 압력은 압력용기에 표시되는 최대허용사용압력에 설계온도에서의 응력 S에 대한 시험온도에서의 응력 S의 비에서 제일 작은 값(압력용기의 제작에 사용되는 재료에 대해서)을 곱한 값의 1.1배 이상이어야 한다.

가. 기압시험 중의 금속온도는 취성파괴의 위험을 피하기 위해서 최저 금속설계온도보다 최소한 17 ℃ 높게 유지할 것

나. 압력시험 절차 및 누출검사

1) 압력용기내의 압력을 시험압력의 1/2까지 서서히 증가시킨 후, 요구되는 시험압력에 도달할 때까지 시험압력의 약 10 %씩 단계적으로 증가시킬 것

2) 시험압력을 1.1배로 나눈 압력까지 감압시키고 압력용기에 대한 검사를 충분히 할 수 있는 시간동안 압력을 유지하여야 한다. 용접 접속을 위한 개구부의 임시 시험 마감부에 발생할 수 있는 누출을 제외하고는 요구되는 육안검사부위에서의 누출은 허용되지 않는다. 임시 밀봉으로부터의 누출을 즉시 제거하여 다른 이음부로부터의 누출감지를 방해하지 않도록 할 것

3. '1' 및 '2'의 규정에도 불구하고 시험을 하는 기기 등의 구조상 규정하는 압력으로 시험하기가 곤란한 경우에는 시험 가능한 최고압력으로 시험을 하여 이에 견디고 또한 새지 아니하여야 하며 추가로 방사선투과검사, 초음파탐상검사, 자분탐상검사 또는 침투탐상검사 중 적합한 한 가지 시험을 하여 이에 적합한 경우에는 이를 합격한 것으로 한다.

관 련 근 거

940.3.1.18 용접결함의 보수

비파괴시험 또는 육안검사, 수압시험 또는 규정하는 검사에 의해서 검출된 균열, 작은 구멍, 융합불량 등과 같은 결함은 기계적수단 또는 열가우징 공정에 의해서 제거하여야 하고, 그 후에 그 이음부는 재용접하여야 한다.

ASME SEC.Ⅷ
KEPIC MGB, M-23B

940.3.1.19 검사항목 및 수검자 준비자료

압력용기 및 부속설비의 검사항목과 수검자 준비자료는 '940.2.1 보일러 및 부속설비' 940.2.1.18을 준용한다.

검사·점검의 방법 및 절차 (고시 별표9)

940.4 배관

940.4.1 배관 및 부속설비

940.4.1.1 용접부의 형상

기술기준 제164조에서 규정한 '안전한 형상'이란 배관에 대해서는 940.4.1.2에서 940.4.1.4까지에 적합한 것을 말한다.

KEC 615.12
ASME B31.1, 2019

940.4.1.2 용접부의 설계

1. 관의 원주 및 길이방향 맞대기용접은 완전용입 용접으로 하여야 하고 용접이음부는 받침링이나 소모용 삽입물의 유무에 관계없이 V형, X형 또는 다른 적당한 형태의 그루브를 만들어 주어야 한다.
2. 최종 용접부 외형(Finished weld contour)의 급격한 변화를 피하기 위해 다음 사항을 따라야 한다.
   가. 부품의 지름이 더 큰 용접부 끝은 그림 940-53의 굵은선 범위 안에 있을 것

KEC 615.13
ASME B31.1, 2019

관 련 근 거

나. 지름이 작은 부품과 지름이 큰 부품의 용접부 경사도가 30°를 넘지 않도록 할 것. 이러한 조건을 충족시키기 위해 필요하다면 용접부의 모서리에 용가재를 첨가시킬 수 있다.

다. 용접할 두 부품 중 두꺼운 단면으로부터 용접그루브 가공부까지 천이부가 있는 경우, 용접부 표면과 각 부품 표면사이의 각은 150°이상일 것

940.4.1.3 이음부의 다듬질

KEC 615.14
ASME B31.1, 2019

1. 용접부의 표면은 용접그대로의 상태도 허용되나, 용접부 표면은 거친 파형, 그루브, 오버랩 및 급격하게 돌출되거나 들어간 곳이 있어서는 아니 된다.
2. 용접 덧살은 아래 표 940-41의 허용 값 이하이어야 한다.

표 940-41 원주방향 및 길이방향 맞대기 용접부의 덧살 허용범위

모재의 두께, (mm)	설계온도에 대한 덧살의 최대 두께, (mm)	
	〉 400 ℃	≤ 400 ℃
3.0 이하	2.0	2.5
3.0 초과 ~ 5.0 이하	2.0	3.0
5.0 초과 ~ 13.0 이하	2.0	4.0
13.0 초과 ~ 25.0 이하	2.5	5.0
25.0 초과 ~ 50.0 이하	3.0	6.0
50.0 초과	4.0	6 mm 또는 용접부 폭의 1/3 배 중 더 큰 것

【비고】
1. 양쪽면 홈용접의 경우, 위에 주어진 덧살허용범위는 용접이음의 안쪽면과 바깥쪽에 개별적으로 적용한다.
2. 받침쇠 또는 바가 남아있는 한쪽면 홈용접의 경우, 덧살허용범위는 바깥면에 적용해야 한다. 받침쇠 또는 바가 없는 한쪽면 홈용접의 경우, 허용범위는 바깥면에 적용해야 하며 안쪽면의 접근이 용이할 때 안쪽면에도 적용해야 한다.
3. 덧살 허용범위는 용접되는 두 재료의 얇은 쪽 두께를 기준으로 한다.
4. 용접덧살 두께는 인접한 두 용접부 중 높은 쪽으로 한다.
5. 필요한 경우, 용접덧살은 제거해도 된다.

관 련 근 거

3. 원주방향 맞대기 용접부 표면의 언더컷은 0.8 mm를 초과하여서는 안 되며, 또한 최소 요구 단면두께를 잠식하여서도 아니 된다.
4. 용접표면을 연삭하여야 하는 경우에는 용접부 또는 모재가 최소 두께 미만으로 감소되지 않도록 하여야 한다.

940.4.1.4 받침링의 사용

KEC 615.15
ASME B31.1, 2019

1. 용접부의 영구부품이 되는 철강 받침링은 용접성이 좋고 모재와 부합하는 재료로 만들어져야 하며 황 함유량은 0.05 %를 초과해서는 아니 된다.
   가. 받침링의 형태는 연속적으로 기계 가공된 것 또는 분할 밴드형
   나. 두 개의 인접한 표면이 받침링으로 사용되는 세 번째 부재에 용접되는 경우, 세 개의 부재중 하나 또는 두 개가 페라이트계이고, 나머지 부재가 오스테나이트계의 경우에는 이들 재료의 사용상 적합여부는 '940.1.1 용접시공법', '940.1.1.5 용접절차 시방서의 인정시험'을 실시하여 결정하여야 한다.
   다. 길이방향 용접이음에 사용된 받침쇠는 제거될 것
2. 비철금속 및 비금속 받침링을 사용할 수 있으나 비금속 또는 비용융성 받침링은 제거하여야 한다.

940.4.1.5 정렬

KEC 615.16
ASME B31.1, 2019

맞대기용접 될 배관부품의 안지름은 지름, 두께 및 진원도에 대한 허용오차 내에서 가능한 한 정확하게 정렬하여야 하며, 용접을 하는 동안에도 정렬이 유지되어야 한다.

1. 이음될 배관부품 끝의 내부 정렬차는 아래 그림 940-64에서와 같이 1.5 mm를 초과하지 않을 것

관 련 근 거

2. 내부 정렬차가 허용값을 초과한 경우에는, 부품의 튀어나온 안쪽면을 다듬질하여야 하고, 어떠한 경우에도 배관부품의 두께가 최소 설계 두께보다 작아서는 안 되며, 외형선의 변화는 아래 그림에서와 같이 30°를 초과하지 않을 것

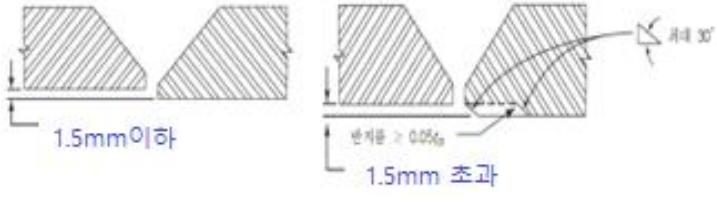


그림 940-64 맞대기 용접 내부정렬 허용범위

940.4.1.6 용접부의 균열

KEC 615.17
ASME B31.1, 2019

기술기준 제165조에서 규정한 '용접에 의한 균열이 없게'하기 위해서는 배관 등에 관해서는 940.4.1.7에서 940.4.1.11까지의 요구조건에 적합하여야 한다.

940.4.1.7 용접면의 청결

KEC 615.18
ASME B31.1, 2019

관의 용접부 개선면 및 그 부근은 용접에 앞서 수분, 도료, 유지, 먼지, 유해한 녹, 용입 찌꺼기 및 그 밖에 유해한 이물을 제거하여야 한다.

940.4.1.8 용접후열처리

KEC 615.19
ASME B31.1, 2019

1. P-No. 그룹별 용접후열처리는 아래 표 940-42에서 표 940-45까지 요건을 따른다.

관 련 근 거

표 940-42 용접후열처리

P-No. 와 그룹 No.	유지온도 범위 (℃)	모재(용접부)두께*에 따른 최소 유지시간 [주(1)]	
		50 ㎜ 이하	50 ㎜ 초과
P-No.1, 그룹 1-3	595 ~ 650	1시간/25 ㎜, 최소 15분	2시간 + 15분/25 ㎜ (50 ㎜ 초과두께)
P-No. 3, 그룹 1과 2	595 ~ 650		
P-No. 4, 그룹 1과 2	650 ~ 705		
P-No. 5A, 그룹 1	675 ~ 760		
P-No. 5B, 그룹 1	675 ~ 760		
P-No. 6, 그룹 1-3	760 ~ 800		
P-No. 7, 그룹 1과 2 [주(2)]	730 ~ 775		
P-No. 8, 그룹 1-4	용접시방절차서에서 요구하지 않는 경우, 용접후열처리는 요구되지 않음		
P-No. 9A, 그룹 1	595 ~ 650		
P-No. 9B, 그룹 1	595 ~ 635		
P-No. 10H, 그룹 1	용접시방절차서에 요구하지 않는 경우, 용접후열처리는 요구되지 않음. 실시하는 경우[주(3)] 참조		
P-No. 10I, 그룹 1 [주(2)]	730 ~ 815		
P-No. 15E, 그룹 1	730 ~ 775 [주(4), 주(5)]	1시간/25 ㎜, 최소 30분	125 ㎜까지는 25 ㎜당 1시간 125 ㎜를 초과하면 초과하는 25 ㎜당 15분 추가
그 외 재료	용접시방절차서에서 요구되는 용접후열처리	용접시방절차서에 따라	용접시방절차서에 따라

【비고】: 용접후열처리의 면제에 대해서는 표 940-45에 정의됨

【주】

(1) 모재(용접부) 두께란 아래 가와 나 두께 중 작은 값을 말한다.

(가) 모재(용접부)의 두께

(나) 용접이음 모재 중 더 두꺼운 재료의 용접부 두께, 또는 압력유지부 재료에 비압력유지부 재료를 용접하는 경우 압력유지부 재료의 용접부 두께

관 련 근 거

표 940-42 계속

P-No. 와 그룹 No.	유지온도 범위 (℃)	모재(용접부)두께*에 따른 최소 유지시간 [주(1)]	
		50 ㎜ 이하	50 ㎜ 초과

(2) 냉각속도는 650 ℃ 초과범위에서 55 ℃/hr를 초과해서는 안 되고 650 ℃미만에서는 취성의 방지를 위해 충분히 빨라야 한다.
(3) 굽힘, 성형 또는 용접 후에 용접후열처리를 수행한다면, 특수한 합금에 대해 다음의 온도범위에서 빠른 냉각으로 실시하여야 한다.
합금 S31803, S322005 : 1020 ~ 1100 ℃
합금 S32250 : 1040 ~ 1120 ℃
합금 S32750 : 1025 ~ 1125 ℃
그 외 : 980 ~ 1040 ℃
(4) 용접후열처리 최소 유지온도는 공칭두께 13 ㎜ 이하에서 720 ℃로 해도 된다.
(5) 설계자가 별도로 규정하지 않으면 용가재의 Ni+Mn 함량이 1.2 %를 초과하지 않아야 한다. 이런 경우 용접후열처리를 하는 동안 도달하는 최대온도는 해석과 계산 또는 시험에 의해 결정된 용가재의 A1(하부 변태온도 또는 저온 임계온도)가 되어야 하지만 800 ℃를 초과해서는 안 된다. 800 ℃를 초과하지 않았지만 용가재의 A1을 초과하거나 용가재의 성분을 알 수 없으면, 적합한 용가재로 다시 용접하고 적절한 용접후열처리를 수행하여야 한다. 800 ℃ 한계를 초과했으면 용접부와 용접후열처리 영향을 받은 전 부위를 제거하여야 하며, 만일 재사용하는 경우 재사용 전에 다시 불림 및 뜨임을 하여야 한다.

표 940-43 탄소강 또는 저합금강의 대체 용접후열처리 요건(P-No.1과 3)

최소 규정온도로부터의 온도 감소값, ℃	감소된 온도에서의 최소 유지시간, hr[주1)]
30	2
55	4
85[주2)]	10
110[주2)]	20

【주】
1) 위 표의 시간은 두께 ≤ 25 mm에 대해 적용한다. 모재(용접부) 두께 〉 25 mm에 대해 25 mm마다 15분씩 추가한다.
2) 최소 규정온도보다 56 ℃를 초과하는 온도의 감소는 단지 P-No.1의 그룹 1, 2에 대해서만 허용한다.

관 련 근 거

표 940-44 P36/F36의 용접후열처리

등급	유지온도 ℃	유지시간
1	595~650	두께 50 ㎜ 이하 : 1시간/25 ㎜, 최소 15분 두께 50 ㎜ 초과 : 두께가 25 ㎜ 증가할 때 15분씩 추가
2	540~620	1시간/25 ㎜, 최소 30분

표 940-45 용접후열처리의 면제

P-No.와 그룹 No.	용접부두께 ㎜[주(1)]	용접종류	용접후열처리 면제에 필요한 추가 제한사항 [주(2),주(3)]
P-No.1 모든 그룹	모든 두께	모든 용접	- 재료의 호칭두께가 25 ㎜를 초과하는 경우 용접 전 95 ℃ 예열적용 - 재료의 호칭두께가 5 ㎜를 초과하는 경우 다층용접을 사용한다. - 주(4) 참조
P-No.3, 그룹 1, 2	≤16 ㎜	모든 용접	- 재료의 호칭두께가 16 ㎜를 초과하는 경우 용접 전 95 ℃ 예열적용 - 모재의 규정 탄소 함유량이 0.25 %이하 - 재료의 호칭두께가 5 ㎜를 초과하는 경우 다층용접을 사용한다. - 주(4) 참조
P-No.4, 그룹 1	≤16 ㎜	그루브 용접	- 예열을 의무조건으로 적용 - 모재의 규정 탄소 함유량이 0.20 %이하 - 재료의 호칭두께가 5 ㎜를 초과하는 경우 다층용접을 사용한다. - 주(4) 참조
	≤16 ㎜ 단, 소켓용접의 이음쇠 두께나 플랜지 두께는 고려하지 않음	소켓용접, 필릿용접	- 예열을 의무조건으로 적용 - 필릿용접 또는 소켓용접의 목두께가 13 ㎜ 이하 - 배관재료의 규정 탄소 함유량이 0.20 %이하 - 배관의 호칭두께가 16 ㎜ 이하 - 배관의 호칭두께가 5 ㎜를 초과하는 경우 다층용접을 사용한다. - 주(4) 참조
	≤16 ㎜	누설방지 용접 및 하중을 받지 않는 부착물[주(5)]	- 예열을 의무조건으로 적용 - 필릿용접 또는 소켓용접의 목두께가 13 mm 이하 - 배관재료의 규정 탄소함유량이 0.20 % 이하 - 배관의 호칭두께가 16mm 이하 - 배관의 호칭두께가 5 ㎜를 초과하는 경우 다층용접을 사용한다. - 주(4) 참조

관 련 근 거

표 940-45 계속

P-No.와 그룹 No.	용접부두께 ㎜[주(1)]	용접종류	용접후열처리 면제에 필요한 추가 제한사항 [주(2),주(3)]
P-No.5A, 그룹 1	≤16 ㎜	그루브 용접	- 예열을 의무조건으로 적용 - 모재의 규정 탄소 함유량이 0.25 %이하 - 재료의 호칭두께가 5 ㎜를 초과하는 경우 다층용접을 사용한다. - 주(4) 참조
	≤16 ㎜ 단, 소켓용접의 이음쇠 두께나 플랜지 두께는 고려하지 않음	소켓용접, 필릿용접	- 예열을 의무조건으로 적용 - 필릿용접 또는 소켓용접의 목두께가 13 ㎜이하 - 파이프 재료의 규정 탄소 함유량이 0.15 %이하 - 파이프의 호칭두께가 16 ㎜ 이하 - 파이프의 호칭두께가 5 ㎜를 초과하는 경우 다층용접을 사용한다. - 주(4) 참조
	≤16 ㎜	누설방지 용접 및 하중을 받지 않는 부착물 [주(5)]	- 예열을 의무조건으로 적용 - 재료의 호칭두께가 5 ㎜를 초과하는 경우 다층용접을 사용한다. - 주(4) 참조
P-No.5B, 그룹 1	면제되지 않음		-
P-No.6, 그룹 1~3	모든 두께	모든 용접	- 모재의 규정 탄소 함유량이 0.08 %이하 - 재료의 호칭두께가 10 ㎜이하 - 용가제는 A-No.8, A-No.9 또는F-No.43
P-No.7, 그룹 1	모든 두께	모든 용접	- 모재의 규정 탄소 함유량이 0.08 %이하 - 재료의 호칭두께가 10 ㎜이하 - 용가제는 A-No.8, A-No.9 또는 F-No.43
P-No.7, 그룹 2	면제되지 않음		...
P-No.8, 모든 그룹	모든 두께	모든 용접	용접후열처리를 요구하거나 금지하지 않음
P-No.9A, 그룹 1	모든 두께	모든 용접	- 용접후열처리를 의무조건으로 적용 - 파이프 재료의 규정 탄소 함유량이 0.15 %이하 - 재료의 호칭두께가 13 ㎜ 이하
P-No.9B, 그룹 1	모든 두께	모든 용접	- 재료의 호칭두께가 16 ㎜ 이하이고, 용접시방절차서에서 제품용접에 사용한 두께 이상의 재료를 사용하여 인정한 경우

관 련 근 거

표 940-45 계속

P-No.와 그룹 No.	용접부두께 ㎜[주(1)]	용접종류	용접후열처리 면제에 필요한 추가 제한사항 [주(2),(주(3)]
P-No.10H, 그룹 1	모든 두께	모든 용접	- 용접후열처리를 요구하지도 금지하지도 않음
P-No.10I, 그룹 1	모든 두께	모든 용접	- 재료의 호칭두께가 13 ㎜ 이하인 경우 용접후열처리를 요구하지도 금지하지도 않음
P-No.15E	면제되지 않음		-

【주】
(1) 모재(용접부) 두께란 아래 (가)와 (나) 두께 중 작은 값을 말한다.
(가) 모재(용접부)의 두께
(나) 용접이음 모재 중 더 두꺼운 재료의 용접부 두께, 또는 압력유지부 재료에 비압력유지부 재료를 용접하는 경우 압력유지부 재료의 용접부 두께
(2) 재료의 호칭두께는 용접으로 이음하는 압력유지부의 재료 중 두꺼운 측 재료의 두께를 의미한다.
(3) 설계자나 용접시방절차서에 의해 요구되는 용접후열처리에 대한 면제는 허용되지 않는다.
(4) ±10 % 입열 단일패스 용접으로 용접시방절차서를 인정하여 다른 모든 면제 조건을 만족한 경우, 단층이나 단일패스 용접은 용접후열처리를 면제해도 된다.
(5) 하중을 받지 않는 부착물이란, 압력하중이나 유의미한 기계적 하중이 파이프나 압력부 재료에서 부착물을 통하여 전달되지 않는 것으로 정의한다.

2. 315 ℃를 초과하는 온도에서 가열 및 냉각속도는 열처리하는 재료의 인치에 대한 최대두께의 1/2로 335 ℃/h를 나눈 값을 초과해서는 안 되며, 어떠한 경우에도 335 ℃/h를 초과해서는 안 된다.(P-No. 7 및 10I 재료에 대한 냉각속도의 요건은 위의 '1'에 따른다.)

3. P-No.가 다른 두 부품을 용접으로 이음할 때, 용접후열처리는 두 부품 중 더 높은 쪽의 용접후열처리 온도를 따라야 하며 그 온도가 해당재료의 하부 임계온도를 초과하지 않아야 한다. 비압력부품이 압력부품에 용접되고 용접후열처리가 어느 한 부품에 대하여 요구될 때, 최대 용접후열처리 온도는 압력부품에서 허용하는 최대 온도를 초과해서는 아니 된다.

관 련 근 거

940.4.1.9 완전한 용접을 위한 조치

KEC 615.20
ASME B31.1, 2019

기술기준 제166조에서 '용입이 충분하게' 하기 위해서는 '940.1.1 용접시공법'(940.1.1.1에서 940.1.1.15까지), '940.4.1.2 용접부의 설계' 및 '940.4.1.7 용접면의 청결'에 적합하여야 한다.

940.4.1.10 용접부의 결함

KEC 615.21
ASME B31.1, 2019

기술기준 제166조에서 '언더컷, 오버랩, 크레이터, 슬래그혼입, 블로우홀 등 이와 유사한 결함으로 인해 건전한 용접부 확보에 지장이 없게' 하기 위해서는 '940.1.1 용접시공법'(940.1.1.1에서 940.1.1.15까지), '940.4.1.3 이음부분의 다듬질' 및 '940.4.1.12 비파괴검사 범위'에 적합하여야 한다.

940.4.1.11 용접부의 강도

KEC 615.22
ASME B31.1, 2019

기술기준 제167조에서 '충분한 강도'란 관의 용접부는 모재의 강도(모재의 강도가 다른 경우는 약한 쪽의 강도)와 동등 이상의 강도를 갖는 것으로 940.1.1 '용접시공법' (940.1.1.1에서 940.1.1.15까지), 940.4.1.15 '기계시험', 940.4.1.16 '재시험' 및 940.4.1.17 '수압시험'에 적합하여야 한다.

940.4.1.12 비파괴검사 범위

KEC 615.23
ASME B31.1, 2019

1. 배관의 비파괴검사 해당 용접부는 표 940-46의 배관사용조건에 따라 각각 표의 규정시험에 언급한 비파괴검사를 실시하고, 요구조건에 적합하여야 한다. 비파괴검사 방법으로 검출하는 결함의 종류는 표 940-47에서 보여주고 있다.
2. 비파괴검사자 자격요건은 940.1.2.2를 따른다.

관 련 근 거

표 940-46 압력용접부 및 압력유지부품과의 용접부에 대한 비파괴검사 범위

용접부 형태	배관설계 조건에 따른 비파괴검사		
	모든 압력에서 400 ℃를 초과하는 온도	175~400 ℃의 온도와 7,075 MPa를 초과하는 압력	기 타
맞대기 용접부 (원주방향 및 길이방향)(1)	체적검사(RT 또는 UT) : DN 50을 초과하는 경우 표면검사(MT 또는 PT) : DN 50이하인 경우(2)	체적검사(RT 또는 UT) : DN 50을 초과하고 두께가 19 mm를 초과하는 경우 VT : 두께가 19 mm 이하의 모든 크기	모든 크기 및 두께에 대해 육안검사
분기관 연결용접부(표시한 크기는 분기관 크기임)(3)(4)	RT 또는 UT : DN 100을 초과하는 경우 MT 또는 PT : DN 100 이하인 경우(2)	체적검사(RT 또는 UT) : DN 100을 초과하고 두께가 19 mm를 초과하는 경우 표면검사(MT 또는 PT) : 두께가 19 mm를 초과하고 DN 100이하인 경우 VT : 두께 19 mm 이하의 모든 크기	모든 크기 및 두께에 대해 육안검사
필릿, 소켓, 부착물 및 누설방지용접부	PT 또는 MT : 모든 크기 및 두께(5)	VT : 모든 크기 및 두께	모든 크기 및 두께에 대해 육안검사

【비고】

1. 모든 용접부는 규정된 특정의 비파괴검사와 더불어 육안검사를 하여야 한다.
2. RT - 방사선투과검사, PT - 침투탐상검사, MT - 자분탐상검사, UT - 초음파탐상검사, VT는 - 육안검사를 말한다.
3. 표에서의 온도와 압력은 설계값
4. 압력유지부품의 비파괴검사에 대해서는 관련 코드 또는 제작 규격을 참조한다.
5. 크리프영역에서 지속적인 운전이 예정된 파이프의 모든 길이방향 용접 또는 나선방향 용접은 적용되는 재료규격 또는 940.1.3, 940.1.4에 따라 100 % 체적검사(RT 또는 UT)를 수행하고 합격해야 한다.

【주】

(1) 맞대기 용접부의 두께는 용접그루브 가공 후에 인접한 두 끝부분 중 더 두꺼운 부분을 말한다.

(2) 방사선투과검사는 940.1.4에 따라 수행될 때 침투탐상검사 또는 자분탐상검사 대신에 사용될 수 있다.

(3) 분기관 용접부의 체적검사(RT 또는 UT)는 비일체형 보강재를 사용하기 전에 수행하여야 한다.

(4) 위 표에서 요구될 때 분기 연결용접부의 체적검사(RT, UT) 대신에 표면검사(PT, MT)를 할 수 있으며, 이때는 용접부두께의 절반과 13 mm 중에서 작은 곳 및 접근할 수 있는 모든 최종 용접표면에 대하여 검사하여야 한다.

(5) 비압력유지 부품의 영구 부착을 위하여 필릿용접시에 용접목두께가 6 mm 이하인 것은 위 표에서 침투탐상검사 또는 자분탐상검사 요건은 면제할 수 있다.

관 련 근 거

표 940-47 비파괴검사 방법에 따라 검출되는 용접부 불완전의 종류

불완전 종류	육안검사	자분탐상 검사	침투탐상 검사	방사선투과 검사	초음파탐상 검사
표면균열	o〈1〉	o〈1〉	o〈1〉	o	o
내부균열	…	…	…	o	o
표면의 언더컷	o〈1〉	o〈1〉	o〈1〉	o	…
용접덧살	o〈1〉	…	…	o	…
기 공	o〈1〉〈2〉	o〈1〉〈2〉	o〈1〉〈2〉	o	…
슬래그 혼합	o〈2〉	o〈2〉	o〈2〉	o	o
표면의 융합불량	o〈1〉〈2〉	o〈1〉〈2〉	o〈1〉〈2〉	o	o
용입부족	o〈3〉	o〈3〉	o〈3〉	o	o

【주】
〈1〉 외면에 접근할 수 있을 경우 또는 내면에 쉽게 접근할 수 있을 경우 적용한다.
〈2〉 표면에 열려있는 불연속은 검출할 수 있다.
〈3〉 내면에 쉽게 접근할 수 있을 경우에만 적용한다.

940.4.1.13 비파괴검사

KEC 615.24
ASME B31.1, 2019

1. 방사선투과검사는 940.1.3에 따른다. 기하학적 불선명도가 1.8mm 를 초과하지 않는 한 940.1.3.4.2(기하학적 불선명도의 제한)요건은 방사선 투과사진에 대한 가이드로 사용하며, 투과사진의 부적합으로 간주하지 않는다.

2. 초음파탐상검사
   가. 초음파탐상검사는 940.1.4에 따르며, 추가로 초음파탐상검사 데이터가 저장될 수 있는 장비를 사용하여야 한다. 만약 물리적 방해물 때문에 데이터 저장 장비 시스템을 적용할 수 없는 경우, 발주자의 승인을 받아 수동 초음파탐상검사를 적용해도 된다.
   나. 대안으로 [부록 5.12] '대체 초음파탐상검사 합격기준의 사용'에 따른 자동 또는 반자동 초음파탐상검사를 적용할 수도 있다.

관 련 근 거

3. 자분탐상검사는 940.1.5에 따른다.
4. 침투탐상검사는 940.1.6에 따른다.
5. 육안검사는 940.1.7에 따른다.
6. P-No. 3, 4, 5A, 5B 및 15E 재료의 용접부에 대한 비파괴검사는 설계에서 별도의 지침이 없다면 용접후열처리 후에 시행한다. 다른 재료의 용접부에 대한 비파괴검사는 용접후열처리 전이나 후에 시행할 수 있다.

940.4.1.14 비파괴검사 합격기준

KEC 615.25
ASME B31.1, 2019

1. 합격기준
   가. 방사선투과검사, 초음파탐상검사, 자분탐상검사, 침투탐상검사의 합격기준은 940.2.1.10을 따른다.
   나. 940.4.1.13의 2의 '나'에서 합격기준은 [부록 5.12] '대체 초음파탐상검사 합격기준의 사용'에 따른다.
2. 자분탐상검사와 침투탐상검사 시 결함의 평가와 관련하여 가장 열악한 위치로 선정된 긴 변의 길이가 150 mm를 초과하지 않고 면적이 3,870 mm^2인 임의구역 내에 존재하는 10개 이상의 원형 지시도 허용되지 않는다.
3. 육안검사는 다음의 지시를 불합격으로 한다.
   가. 외부표면의 균열
   나. 깊이 0.8 mm를 초과하는 표면 언더컷, 또는 최소 단면두께의 침식
   다. 길이방향 맞대기 용접 표면의 언더컷
   라. 표 940-41에 규정한 값보다 큰 용접부의 덧살
   마. 표면에서의 융합불량
   바. 용입부족(내면에 쉽게 접근할 수 있을 때에만 적용)
   사. 길이 5.0 mm 를 초과하는 선형지시

관 련 근 거

아. 치수가 5.0 mm를 초과하는 구형지시 또는 임의의 방향으로 지시의 간격이 1.5 mm 이하인 4개 이상의 구형지시를 가지는 표면기공. 구형지시는 길이가 폭의 3배 이하인 원형 또는 타원형 지시를 말한다.

자. 용접부 외부 표면의 아크 스트라이크

940.4.1.15 기계시험

KEC 615.26
ASME SEC. I, 20219

배관에 대한 기계시험은 940.2.1.15의 '2'에서 940.2.1.15의 '9'까지를 준용한다. 다만 용착금속 인장시험은 제외한다.

940.4.1.16 재시험

KEC 615.27
ASME SEC. I, 20219

배관에 속하는 기계시험의 재시험은 940.2.1.16을 준용한다.

940.4.1.17 수압시험

KEC 615.28
ASME B31.1, 2019

1. 배관계통의 어느 위치에서도 수압시험 압력은 설계압력의 1.5배보다 낮아서는 아니 된다. 그러나 용기, 펌프 또는 밸브 등과 같이 격리되지 않은 모든 기기의 최대 허용 시험압력을 초과해서는 아니 된다.
2. 압력은 최소 10분간 계속 유지하여야 하며 누설확인을 위해 설계압력으로 줄여서 필요한 시간을 지속하여야 한다.
3. 누설확인은 모든 이음부 및 연결부에 대하여 검사하여야 하며 펌프 또는 밸브 패킹에서와 같은 부분적인 경우를 제외하고는 배관계통에서 누설이 있어서는 아니 된다.
4. '1' 내지 '3'의 규정에도 불구하고 시험을 하는 기기 등의 구조상 규정하는 압력으로 시험하기가 곤란한 경우에는 시험 가능한 최고 압력으로 시험을 하여 이에 견디고 또한 새지 아니하여야 하며

관 련 근 거

추가로 방사선투과검사, 초음파탐상검사, 자분탐상검사 또는 침투탐상검사 중 적합한 한 가지 시험을 하여 이에 적합한 경우에는 이를 합격한 것으로 한다.

940.4.1.18 기압시험

KEC 615.29
ASME B31.1, 2019

1. 기압시험은 배관계통이 물을 채울 수 없도록 설계되었을 경우 또는 배관계통이 운전 중에 시험매체의 잔류를 허용하지 않는 경우에만 수행할 수 있다.
2. 시험매체로 사용되는 가스는 비발화성 및 비유독성이어야 한다.
3. 기압시험 압력은 배관계통 설계압력의 1.2배 이상, 1.5배 이하이어야 한다. 시험압력은 용기, 펌프 또는 밸브 등과 같이 격리되지 않은 모든 기기의 최대 허용 시험압력을 초과해서는 아니 된다. 계통에서의 압력은 시험압력의 1/2을 넘지 않게 점차적으로 증가시켜야 하고 그 후에는 요구되는 시험압력에 도달할 때까지 시험압력의 대략 1/10 씩 단계적으로 증가시켜야 한다. 압력은 최소 10분 동안 계속 유지하여야 한다. 그 후에 압력은 설계압력 또는 700 kPa 중 작은 압력까지 줄여야 하며 누설검사를 위해서 필요한 만큼의 시간동안 유지되어야 한다. 비누거품 또는 동등한 방법을 통한 누설검사는 모든 이음부와 연결부를 대상으로 수행하여야 한다. 펌프나 밸브 패킹에서와 같은 부분적인 경우를 제외하고, 배관계통에서 누설이 있어서는 안 된다.
4. '1' 또는 '3'의 규정에도 불구하고 시험을 하는 기기 등의 구조상 규정하는 압력으로 시험하기가 곤란한 경우에는 시험 가능한 최고 압력으로 시험을 하여 이에 견디고 또한 새지 않아야 하며 추가로 방사선투과검사, 초음파탐상검사, 자분탐상검사 또는 침투탐상검사 중 적합한 한 가지 시험을 하여 이에 적합한 경우에는 이를 합격한 것으로 한다.

관 련 근 거

940.4.1.19 검사항목 및 수검자 준비자료

검사·점검의 방법 및 절차 (고시 별표9)

배관 및 부속설비의 검사항목과 수검자 준비자료는 940.2.1.18 '보일러 및 부속설비'을 준용한다.

940.5 연료가스용 배관

940.5.1 액화가스 연료연소설비

940.5.1.1 용접부 형상

KEC 635.10
ASME B31.3, 2019

기술기준 제164조에서 규정한 '안전한 형상'이란 액화가스연소 설비 등에 관해서는 940.5.1.2부터 940.5.1.4까지에 적합한 것을 말한다.

940.5.1.2 용접부 설계

KEC 635.11
ASME B31.3, 2019

1. 액화가스 연료연소설비에 속하는 용기 또는 관의 길이이음 및 둘레이음의 용접부는 아래에 따라 설계하여야 한다.
2. 압력-온도 설계기준
   가. 규정된 등급이 있는 지정 구성부품
      모재의 구분(P-No)는 KS B 6751(압력용기-용접일반)의 25.3 용접사 기량 인정에 사용되는 대체 모재의 표에서 명시된 배관 구성부품에 대한 표준 압력-온도의 등급은 이 기준에 따르는 설계온도와 압력에 대하여 허용할 수 있다.
   나. 특정 등급이 없는 지정 구성부품
      모재의 구분(P-No)는 KS B 6751(압력용기-용접일반)의 25.3 용접사 기량 인정에 사용되는 대체 모재의 표에서 명시된 구성부품에 대한 표준들의 일부(예. ASME B16.9, B16.11 및 B16.28)는 이음매 없는 직선관을 기준으로 압력-온도의 등급을 결정한다. 관과 같이 동일 허용응력을 가진 재료로 만든 구성

관 련 근 거

부품은 그 관이음쇠의 스케줄, 무게 또는 압력 등급에 해당하는 이음매 없는 관의 공칭두께에서 그 관에 적용된 모든 여유(예: 나사의 깊이 또는 부식여유)를 뺀 것의 87.5 % 이하를 사용하여 등급을 결정하여야 한다.

다. 미등재 구성부품

모재의 구분(P-No)는 KS B 6751(압력용기-용접일반)의 25.3 용접사 기량 인정에 사용되는 대체 모재의 표에는 없으나 기타 규격이나 표준에 따르는 구성부품은 다음의 제한 내에서 사용할 수 있다.

1) 설계자가 이 기준에 따르는 지정 구성부품의 화학조성, 기계적 성질, 제조방법 및 품질관리가 해당 특성과 대등하다고 확신하는 경우
2) 압력설계가 KEC 635.5(직관) 및 635.6(관 곡관)에 따라서 입증되는 경우

라. 압력과 온도 변동에 대한 허용값

압력 또는 온도의 우연한 변동이 배관계통에 발생할 경우 다음의 제한 전부에 충족되지 않으면, 동시에 발생될 수 있는 가장 가혹한 압력과 온도를 설계조건으로 결정하여야 한다.

1) 배관계통에는 주철 또는 기타 비연성 금속으로 만든 내압 구성부품이 없어야 한다.
2) 공칭응력은 그 온도에서의 항복강도를 초과하지 않아야 한다. (아래 '3'과 ASME Section II, Part D Table Y-1 내의 S_y 자료 참조)
3) 설계조건을 초과하는 압력-온도 변동의 총 회수는 배관계통의 수명동안에 1,000회를 초과하지 않아야 한다.
4) 어떠한 경우에도, 증가된 압력이 그 배관계통에 대해서 940.5.1.19에서 사용한 시험압력을 초과하지 않아야 한다.
5) 계통 내 모든 구성부품의 사용상 성능은 일정하거나 주기적인 변동에 대해 복합적인 영향 평가가 되어야 한다.
6) 밸브의 압력-온도 등급을 초과하는 압력이 가해질 경우 일부 조건에서는 밸브 시트의 기밀의 손실이나 운전의 어려움을 초래할 수 있다. 밸브 폐쇄에 대한 차압은 밸브 제조자가 정한

관 련 근 거

최대차압등급을 초과하지 않아야 한다.

마. 사용조건이 다른 접속점에서의 등급

다른 압력-온도 조건으로 운전되는 두 계통이 연결될 때, 두 계통을 분리하는 밸브는 더 가혹한 사용조건으로 등급을 정하여야 한다. 만일 그 밸브가 헤더나 기기로부터 떨어져 있기 때문에 다른 온도에서 운전되는 경우, 이 밸브 및 밸브와 접합하는 플랜지는 각각 요구되는 압력시험을 견딜 수 있다면 다른 온도 기준에서 선정하여야 한다. 그러나 그 밸브의 어느 한 쪽에 있는 배관의 경우, 각 계통은 그것이 연결되는 사용조건에 대해서 설계하여야 한다.

3. 아래에서 정의된 허용응력은 이 기준의 다른 규정에 의하여 수정되지 않는 한 설계계산 시 사용하여야 한다.

가. 인장

각각 ASME Section II, Part D Table 1A, 1B에 명시된 금속의 인장 기본허용응력 S와 볼팅재료의 설계응력 S는 '4'에 따라서 정해진다. S 값은 다음의 품질계수 중 하나를 곱한다.

1) '5'에서 정의되고 KEPIC MBB KG-25에 여러 재료규격에 대해서 표로 만들어지고, 표 940-48의 여러 수준의 부가시험에 대한 주조품질계수 E_c.

2) '6'에서 정의되고 KEPIC MBB KG-26에 여러 재료규격과 클래스에 대해서 표로 만들어지고, 표 940-48의 여러 종류의 이음매와 부가시험에 대한 길이방향 용접 이음매 품질계수 E_j. ASME Section II, Part D Table 1A, 1B의 응력 값들은 재료와 제품 형태에 따라 분류되었다.

나. 전단과지지

전단허용응력은 ASME Section II, Part D Table 1A, 1B에 명시된 기본허용응력의 0.8배이어야 한다. 지지의 허용응력은 그 값의 1.6배이어야 한다.

관 련 근 거

다. 압축

압축의 허용응력은 ASME Section II, Part D Table 1A, 1B에 기록된 인장허용응력보다 커서는 아니 된다.

4. 설계응력의 기준

볼팅재료에 대한 설계응력 값들과 이 기준 내에서의 다른 재료들에 대한 허용응력 값은 다음과 같다.

가. 볼팅재료: 설계 온도에서의 볼팅재료에 대한 설계응력 값은 다음 중 가장 낮은 것을 초과해서는 아니 된다.

1) 아래 '다'에서 규정된 것을 제외하고는, 상온에서의 규정최소인장강도(S_T)의 1/4과 설계 온도에서의 인장강도의 1/4 중 낮은 것

2) 아래 다.에서 규정된 것을 제외하고는, 상온에서의 규정최소항복강도(S_Y)의 2/3와 설계 온도에서의 항복강도의 2/3 중 낮은 것

3) 크리프 범위 아래 온도에서는, 열처리나 변형경화로 그 강도가 강화된 볼팅재료에 대해서는, S_T의 1/5, 설계 온도에서의 인장강도의 1/4, S_Y의 1/4, 설계 온도에서의 항복강도의 2/3 중 가장 작은 것(이들 값들이 어닐링 한 재료에 대한 해당 값들보다 낮지 않은 경우이며, 낮은 경우에는 어닐링 한 값을 사용하여야 한다).

4) 설계 온도에서의 항복강도의 2/3 ['바' 참조]

5) 1000 시간 당 0.01 %의 크리프율에 대한 평균응력의 100 %

6) 100,000 시간 후 파열에 대한 평균응력의 67 %

7) 100,000 시간 후 파열에 대한 최소응력의 80 %

나. 주철

설계 온도에서의 주철에 대한 기본허용응력 값은 다음 중 낮은 것을 초과해서는 아니 된다.

1) 상온에서의 규정최소인장강도의 1/10

2) 설계 온도에서의 인장강도의 1/10

다. 가단철

관 련 근 거

설계 온도에서의 가단철에 대한 기본허용응력 값은 다음 중 낮은 것을 초과해서는 아니 된다.

1) 상온에서의 규정 최소인장강도의 1/5
2) 설계 온도에서의 인장강도의 1/5

라. 기타 재료

설계 온도에서의 볼팅재료, 주철과 가단철 이외의 재료들에 대한 기본허용응력 값은 다음 중 가장 낮은 것을 초과해서는 아니 된다.

1) S_T의 1/3과 설계 온도에서의 인장강도의 1/3 중 낮은 것
2) 아래 '다'에서 규정하는 것을 제외하고는, S_Y의 2/3과 설계 온도에서의 항복강도의 2/3 중 낮은 것
3) 유사한 응력-변형 거동을 가진 오스테나이트 스테인리스강과 니켈합금에 대해서는, S_Y의 2/3와 설계 온도에서의 항복강도의 90 % 중 낮은 것 ['마' 참조]
4) 1000 시간 당 0.01 %의 크리프율에 대한 평균응력의 100 %
5) 100,000 시간 후 파열에 대한 평균응력의 67 %
6) 100,000 시간 후 파열에 대한 최소응력의 80 %
7) 구조물 등급의 재료들에 대해서는, 기본허용응력은 '1)'에서 '6)'까지 정하는 최저값의 0.92배이어야 한다.
8) 이 기준의 적용에서, 상온에서의 항복강도는 $S_Y R_Y$이고 상온에서의 인장강도는 1.1 $S_T R_T$ 인 것으로 간주한다.

마. 적용한계

라의 '3)'에 따라서 정해진 응력 값들의 적용은 경미한 변형이 누설이나 기능장애를 일으킬 수 있는 플랜지붙이 이음매나 기타 구성부품에 사용하는 것을 권장하지 않는다. 그 대신에 ASME Section II, Part D Table 1A, 1B의 응력 값의 75 % 또는 ASME Section II, Part D Table Y-1에 기록된 온도에서의 항복강도의 2/3을 사용하여야 한다.

바. 미등재재료로 화학적, 물리적 및 기계적성질, 제조방법과 공정,

관 련 근 거

열처리 및 품질관리가 이루어진 재료에 대해서는, 설계 온도에서의 인장(항복)강도는 그 온도에서 예상되는 인장(항복)강도에 상온에서 예상되는 평균인장(항복)강도로 나눈 S_T(S_Y)의 비율로 곱해서 얻어야 한다.

5. 주조품질계수, E_c 는 KEPIC MBB KG-25의 표준에 의하여 정해진 압력-온도등급을 갖지 않는 주조 구성부품들에 대하여 사용하여야 한다.

가. 기본품질계수. 지정된 규격들에 적합한 회주철과 가단철의 주조품은 (그들의 보수적인 허용응력 기준으로 인해서) 1.00의 기본주조품질계수가 주어진다. 재료규격에 적합하고 MSS SP-55 밸브, 플랜지, 관이음쇠 및 기타 배관구성부품에 대한 주강제품 품질표준 - 육안검사방법(Quality Standard for Steel Casings for Valves, Flanges and Fittings and Other Piping Components - Visual Method)이 요구하는 대로 육안검사를 받은 대부분의 기타 재료 및 정적인 주조품에 대해서는, 0.8의 주조품질계수 E_c가 주어진다. 화학성분, 인장, 정수압 및 편평시험과 육안검사에 대한 규격요건을 충족하는 원심주조품은 0.8의 기본주조품질계수가 주어진다.

나. 품질계수의 증가(Increased quality factors). 부가적 시험들이 각 주조품에 실시될 때 주조품질계수는 증가될 수 있다. 아래 표 940-48은 보조시험의 여러 조합에 대하여 사용할 수 있는 증가된 주조품질계수 E_c를 기술한다. 표 940-49은 표 940-48의 주에서 규정하는 시험방법에 대한 합격기준을 기술한다. 표 940-48에서 보는 것보다 높은 품질계수는 (2)(a)와 (2)(b) 또는 (3)(a)와 (3)(b)의 조합으로부터 생기지 않는다. 어떠한 경우에도 품질계수는 1.00을 초과해서는 아니 된다. 여러 규격들은 모든 표면의 기계가공 또는 한 가지 또는 그 이상의 보조시험을 요구한다. 그런 경우의 해당하는 증가된 품질계수는 KEPIC MBB KG-25에 나타나 있다.

관 련 근 거

표 940-48 증가된 주조품질계수

주에 따른 보조시험	계수 E_c
(1)	0.85
(2)(a) 또는 (2)(b)	0.85
(3)(a) 또는 (3)(b)	0.95
(1)과 (2)(a) 또는 (2)(b)	0.90
(1)과 (3)(a) 또는 (3)(b)	1.00
(2)(a) 또는 (2)(b)와 (3)(a) 또는 (3)(b)	1.00

【비고】

(1) 모든 표면을 6.3 μm R_a (ASME B46.1의 250 μm R_a)의 마무리로 기계가공을 하여, 표면검사의 효율을 증가시킨다.

(2) (a) 각 주조품(자성재료만)의 모든 표면을 자분탐상검사로 ASTM E 709에 따라서 검사한다. ASTM E 125의 기준사진들을 사용하여 MSS- SP-53에 따라서 합격여부를 판정한다.

(b) 각 주조품의 모든 표면을 침투탐상법으로 ASTM E 165에 따라서 검사한다. ASTM E 125를 표면 흠에 대한 기준으로 하여 MSS- SP-53에 따라서 흠과 용접보수의 합격여부를 판정한다.

(3) (a) ASTM E 114에 따라서 각 주조품을 초음파로 전부 검사하여, 벽 두께의 5 %를 초과하는 결함 깊이의 증거가 없을 때에만 합격처리한다.

(b) ASTM E 142에 따라서 각 주조품을 전부 방사선투과검사를 한다. 표 940-49에서 기술한 합격수준에 따라서 판정한다.

표 940-49 주조품의 합격수준

검사한 재료 두께, T	해당 표준	합격수준 (또는클래스)	합격대상 불연속부
강 T ≤ 25 mm	ASTM E 446	1	A, B, C 형
강 T 〉25 mm, ≤ 51 mm	ASTM E 446	2	A, B, C 형
강 T 〉 51 mm, ≤ 114 mm	ASTM E 186	2	카테고리 A, B, C
강 T 〉 114 mm, ≤ 305 mm	ASTM E 280	3	카테고리 A, B, C
알루미늄과 마그네슘	ASTM E 155	…	기준방사선 투과사진에 보임
구리, Ni-Cu	ASTM E 272	2	기준 A, Ba, Bb
청동	ASTM E 310	2	기준 A와 B

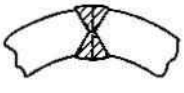
관 련 근 거

6. 용접이음 품질계수, E_j

가. 기본품질계수. KEPIC MBB KG-26에 기록되어 있는 용접이음 품질계수 E_j는 표 940-50의 내압 구성부품을 위한 직선 또는 나선형 길이방향 용접이음에 대한 기본계수이다.

나. 증가된 품질계수. 표 940-50의 제품규격이 요구하는 것보다 부가적 시험을 실시하는 경우의 용접에 대해서는 보다 높은 이음 품질계수를 나타낸다.

표 940-50 길이방향 용접이음 품질계수

번호	이음의 유형		이음매의 유형	검사	계수, E_j
1	로내 맞대기 용접, 연속용접		직선	지정된 규격이 요구하는 대로	0.60
2	ERW		직선 또는 나선	지정된 규격이 요구하는 대로	0.85
3	전기용융용접				
	(a) 편면 맞대기용접 (용가재가 있거나 없이)		직선 또는 나선	지정된 규격 또는 이 코드가 요구하는 대로 (주1),(주2)에 따라 추가적으로 부분 방사선투과 시험. 940.5.1.10 및 표 940-52에 따라 100% 방사선투과검사 추가 검사	0.80 0.90 1.00
	(b) 양면 맞대기용접 (용가재가 있거나 없이)		직선 또는 나선 [아래 4(a)에서 규정한 것은 제외]	지정된 규격 또는 이 코드가 요구하는 대로 (주1),(주2)에 따라 추가적으로 부분 방사선투과 시험. 940.5.1.10 및 표 940-52에 따라 100 % 방사선투과검사 추가 검사	0.85 0.90 1.00

관 련 근 거

표 940-50 계속

번호	이음의 유형		이음매의 유형	검사	계수, E_j
4	특정 규격에 따라				
	(a) API 5L	서브머즈드 아크용접(SAW) 가스금속아크용접(GMAW) GMAW와 SAW의 조합	한 두 이음매가 나선인 직선	규격이 요구하는 대로	0.95

【주】
(1) 각 용접사나 자동용접사에 대해서 각 30 m(100 ft)의 용접에 대해서 적어도 300 mm(1 ft)를 940.5.1.9에 따라 방사선투과검사 시행
(2) 원주방향 맞대기용접과 기타 용접. 검사의 범위는 각 용접사이나 자동용접사에 대해서 매 20 용접 중 한 용접에 한 번 촬영

940.5.1.3 정렬

KEC 635.12
ASME B31.3, 2019

1. 원주용접의 정렬은 아래에 따른다.
   가. 원주방향이나 마이터 그루브 용접으로 연결되는 끝부분 구성부품의 내부 표면은 용접절차시방서 및 설계도면의 치수한계 내에서 정렬될 것
   나. 구성부품들의 외부표면이 정렬되지 않았다면, 그 부품을 접합하는 용접부는 테이퍼 지도록 용접할 것

2. ASME Section II, Part D Table 1A, 1B 또는 모재의 구분(P-No)는 KS B 6751(압력용기-용접일반)의 25.3 용접사 기량 인정에 사용되는 대체 모재의 표에서 명시된 표준에 따라서 제작되지 않은 길이방향 용접의 정렬은 '1'의 요건에 적합할 것

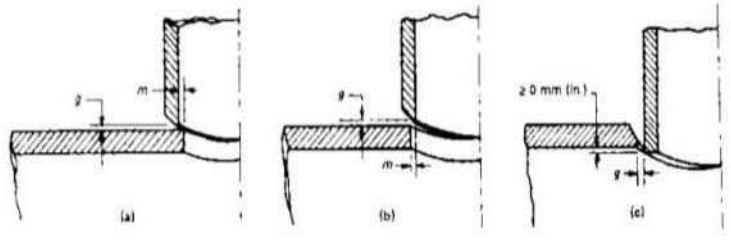
3. 분기관연결 용접은 아래에 따른다.
   가. 주관의 외부표면에 맞닿는 분기관 연결부는 용접절차시방서 요건을 충족하는 그루브 용접을 위해서 윤곽이 만들어져야 한다.[그림 940-65 (a) 및 (b) 참조]
   나. 주관의 구멍을 통하여 삽입되는 분기관 연결부는 모든 점들[그림 940-65 (c) 참조]에서 적어도 주관의 내부표면만큼 삽입하여야

관 련 근 거

하며, 그렇지 않으면 '가'에 따라야 한다.

다. 분기관 연결부의 주관의 구멍은 요구 윤곽에 비해 그림 940-65에서 치수 m을 초과하여 벗어나지 않아야 한다. 어떠한 경우에도, 구멍 형상의 편차가 용접절차시방서 내의 루트간격 허용한계를 초과하게 해서는 아니 된다. 규정에 맞추기 위해 필요시 용접 금속을 추가하거나 다시 마무리할 수 있다.

4. 이음부의 루트간격은 용접절차시방서 내의 허용오차 한도 내에 있어야 한다.



g = 용접규격에 따른 루트 간격
m = 3.2 mm(1/8 in.) 또는 0.5 $\overline{T_b}$ 중 작은 것

그림 940-65 분기관 연결을 위한 준비

940.5.1.4 개선

KEC 635.13
ASME B31.3, 2019

1. 개선(End preparation)은 그 표면이 매끄럽고 일정하며, 산소나 아크 절단시 슬래그가 절단표면에서 제거되어야 한다. 열 절단한 표면에 남아 있는 변색은 유해한 산화로 간주하지 않는다.

가. ASME B 16.25에서 규정하는 그루브 용접을 위한 개선이나 용접절차시방서를 충족하는 것은 허용된다. ASME B 16.25의 기본적인 베벨각도와 일부 추가적인 J 베벨각도는 아래 그림 940-66 (a)와 (b)에 나타내고 있다.

관 련 근 거

2. 원주용접

가. 구성부품의 끝부분이 그림 940-67 (a) 또는 (b)에서 보는 것처럼 받침 링이나 삽입 용가재에 맞도록 또는 내부의 오정렬을 바로잡기 위해서 다듬어져 있으면, 다듬질이 마무리된 벽 두께를 요구최저벽두께 t_m 아래로 감소시켜서는 아니 된다.

나. 구성부품의 끝부분은 가공된 끝부분의 남은두께가 t_m보다 작지 않으면, 완전히 오목하게 들어가는 받침 링을 수용하도록 내면 가공할 수 있다.

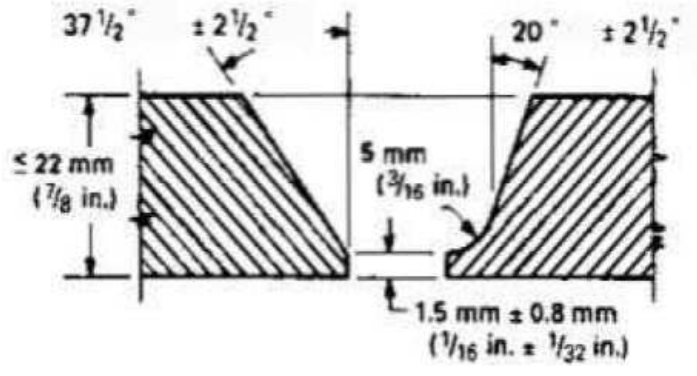
다. 벽두께 요건이 유지된다면, 정렬을 보다 좋게 하기 위하여 같은 공칭 크기의 관 끝으로 치수를 정하는 것이 허용된다.

라. 필요하다면, 정렬을 위해서나 링이나 삽입물의 만족스러운 자리잡기를 위해서 기계가공을 할 수 있도록, 용접금속을 구성부품의 안이나 밖에 용착할 수 있다.

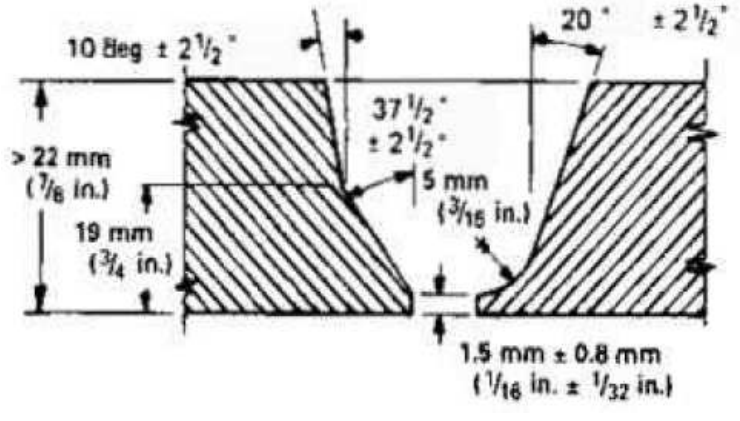
마. 원주방향이나 마이터 그루브 용접이 두께가 같지 않은 구성부품을 연결하고 한 쪽의 두께가 다른 쪽의 두께의 1.5배를 초과할 때는, 그 개선과 형상은 ASME B 16.25의 불균등 벽 두께에 대해서 허용할 수 있는 설계에 따라야 한다.

바. ASME B 16.9에 따라서 제조된 맞대기용접 관이음쇠는 연결된 두 부분들 사이에서 생긴 총 각도 옵세트가 3°를 초과하지 않는다면 관이나 다른 관이음쇠의 연결에서 각도 이음 오프셋을 만들기 위해서 다듬을 수 있다.

관 련 근 거



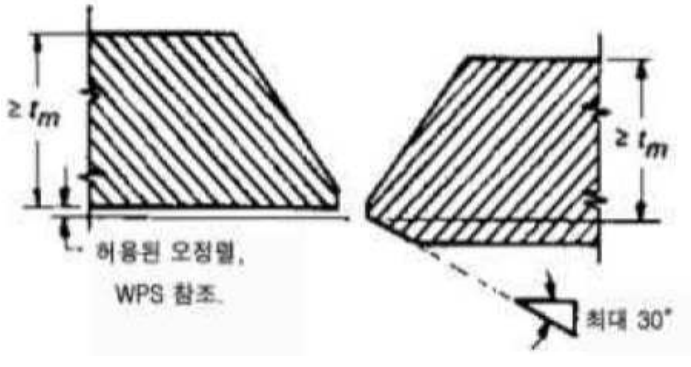
(a) 벽두께 6 mm 내지 22 mm
(3/16 in. 내지 7n.)/8 i



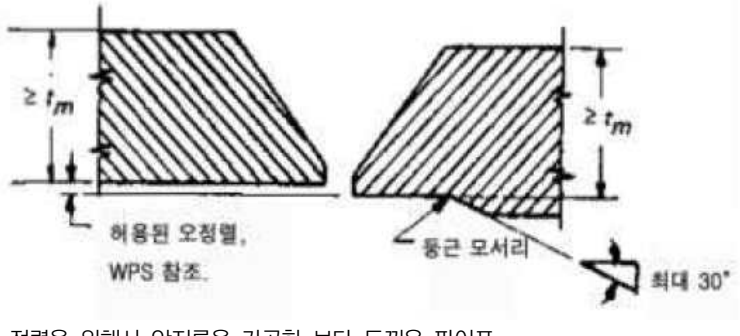
(b) 22 mm(7/8 in.)를 초과하는 벽두께

그림 940-66 전형적인 맞대기용접 개선

관 련 근 거



(a) 정렬을 위해서 경사지게 안지름을 가공한 보다 두꺼운 파이프



(b) 정렬을 위해서 안지름을 가공한 보다 두꺼운 파이프

그림 940-67 다듬기와 허용된 오정렬

940.5.1.5 용접받침재료

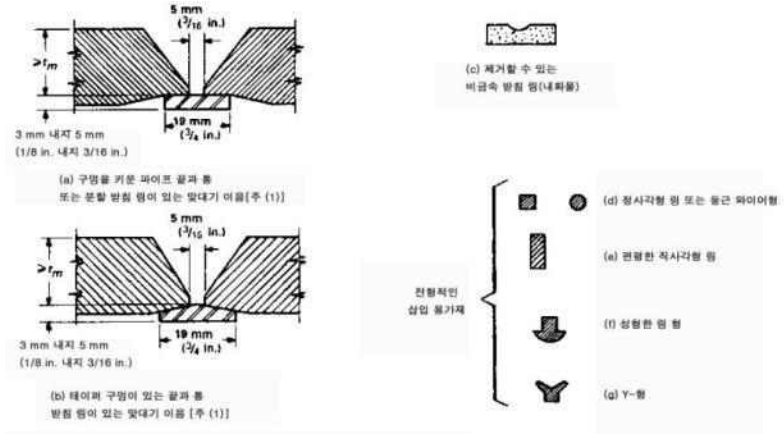
KEC 635.14
ASME B31.3, 2019

1. 받침 링이 사용될 때는 다음에 적합하여야 한다.
   가. 철 금속 받침 링은 용접이 가능한 품질이어야 하며 유황성분이 0.05 %를 초과해서는 아니 된다.
   나. 만일 두 개의 맞닿는 표면을 받침 링으로 사용되는 제3의 부재에 용접하려하고, 그 3개의 부재들의 하나 또는 둘이 페라이트이고 다른 부재나 부재들이 오스테나이트이면, 그러한 재료들의 성공적인 사용을 위해 940.1.1에 따라 증명하여야 한다. 받침 링은 연속된 기계가공을 한 형이나 분할된 밴드형일 수 있다. 보통 사용하는 일부 형들이 그림 940-68에 나타내고 있다.

관 련 근 거

다. 비철 및 비금속 받침 링은 설계자가 그 사용을 승인하고 그것을 사용하는 용접절차가 940.1.1 용접시공법에서 요구하는 대로 인정된다면 사용할 수 있다.

2. 삽입 용가재는 용가재와 같은 공칭 성분이고 용접금속과 유해한 합금이 아니면 사용할 수 있다. 보통 사용하는 일부 형들이 그림 940-68에 나타내고 있다.



(1) 용접하는 끝에 대한 상세한 치수 정보에 대해서는 ASME B 16.25을 참조한다.

그림 940-68 전형적인 받침 링과 삽입 용가제

940.5.1.6 굽힘과 성형

KEC 635.15
ASME B31.3, 2019

1. 열간 또는 냉간 방법으로 관을 굽히거나 구성부품을 성형할 수 있으며, 이것은 소재의 유체사용, 가혹한 굽힘 또는 성형공정에 적합하여야 한다. 완성된 표면은 균열이 없어야 하고 좌굴이 없어야 한다. 굽힘이나 성형 후의 두께는 설계시의 요구 두께보다 작아서는 아니 된다.

관 련 근 거

2. 굽힘의 편평도
   어느 단면에서의 최대지름과 최소지름 사이의 차이인 굽힘의 편평도(Flattening)는 내압에 대해서는 공칭바깥지름의 8 %, 외압에 대해서는 3 %를 초과하지 않아야 한다. 이 요건을 달성하기 위해서 재료를 다듬질해서는 아니 된다.

3. 굽힘 온도
   페라이트 재료의 냉간 굽힘은 변태범위 미만의 온도에서 하여야 한다.
   가. 열간 굽힘은 변태범위를 초과하는 온도에서, 어떤 경우에도 그 재료의 온도범위와 목적된 용도에 맞는 온도에서 할 것

4. 열간 굽힘과 성형 후에는, P-번호 3, 4, 5, 6 및 10A 재료에 대해서는 모든 두께에 대해서 열처리를 하여야 한다. 그 시간과 온도는 940.5.1.13에 따라야 한다.

5. 냉간 굽힘과 성형 후에는, 다음의 조건들 중 어느 것이 존재할 때는, (모든 두께에 대해서 그리고 표 940-52에서 주어진 온도와 기간으로) 열처리가 요구된다.
   가. 굽힘이나 성형 후, 최대 계산된 섬유 연신율(가장 심한 성형방향에서)이 해당 규격, 등급 및 두께에 대한 규정기본최저연신율의 50 %를 초과하는 P-번호 1 에서 6의 재료. 관의 선정과 굽힘이나 성형 공정의 선택이 완성된 상태에서 가장 심하게 변형된 재료가 적어도 10 %의 연신율을 유지한다는 보장을 증명할 수 있으면, 이 요건은 적용하지 않을 수 있다.
   나. 굽힘이나 성형 후에 계산된 최대섬유연신율이 초과하고 충격시험을 요구되는 재료
   다. 기술설계에서 규정할 때

관 련 근 거

940.5.1.7 용접부의 균열

KEC 635.16
ASME B31.3, 2019

기술기준 제165조에서 규정한 '용접에 의한 균열이 없게' 하기 위해서 액화가스 연료연소설비 등에 대해서는 940.5.1.8 부터 940.5.1.13까지의 요구조건에 적합하여야 한다.

940.5.1.8 청결

KEC 635.17
ASME B31.3, 2019

열 절단이나 용접할 내부 및 외부 표면들은 청소를 하여 가열할 때 용접 금속이나 모재에 유해하게 될 페인트, 기름, 녹, 스케일과 기타 물질이 없어야 한다.

940.5.1.9 비파괴검사 범위

KEC 635.18
ASME B31.3, 2019

1. 정상유체로 운전되는 배관의 비파괴검사범위는 다음과 같다.
2. 원주방향 맞대기용접 및 마이터 그루브 용접부는 940.5.1.10의 '2' 에 따라서 100 % 방사선투과검사 또는 940.5.1.10의 '3'에 따라서 초음파탐상검사로 100 % 검사하여야 한다.
   가. 길이방향 용접과의 교차점들이 최대로 선택되도록 할 것
   나. 길이방향 용접과 교차하는 원주방향 용접을 검사할 때에는, 각 교차용접부에 인접한 적어도 38 mm를 검사할 것
3. 육안검사
   가. ASME B&PV Code, Section V, Article 9에 따라서 수행할 것
   나. 각 용접사 또는 자동용접사가 용접한 제작물의 용접부는 최소한 5 %에 대해서는 검사될 것
   다. 지정규격에 따라서 만든 구성부품의 용접부를 제외한 길이방향 용접부의 100 %. 0.90의 이음계수 E_j에 요구되는 길이방향 용접검사는 다음을 참조한다.

관 련 근 거

1) 길이방향 용접 : 0.9의 용접이음품질계수 E_j를 갖기 위해서 요구되는 길이방향 그루브 용접에 대한 부분 방사선투과검사는 각 용접사나 자동용접사에 대해서 각 30 m의 용접에 대해서 적어도 300 mm를 940.5.1.10의 '2에 따라 검사하여야 한다.

라. 나사식, 볼트조임 및 기타 이음의 어셈블리들의 기밀시험을 하려 할 때는, 모든 나사식, 볼트조임 및 기타 기계식 이음들은 검사를 할 것

마. 정렬, 받침 및 콜드 스프링을 포함한 배관설치 중의 임의검사

940.5.1.10 비파괴검사

KEC 635.19
ASME B31.3, 2019

1. 주조품의 방사선투과검사는 940.5.1.2의 '5'를 따르며, 주조품 이외의 용접이나 구성부품의 방사선투과검사, 초음파탐상검사, 자분탐상검사, 침투탐상검사의 방법 및 절차는 940.2.1.9에 따른다.
2. 용접부의 방사선투과검사를 시행할 때에는 아래 요건을 만족해야한다.

가. 100 % 방사선투과검사. 원주방향용접과 마이터 그루브용접 및 그림 940-69와 같이 제작한 분기관 연결용접에 적용한다.

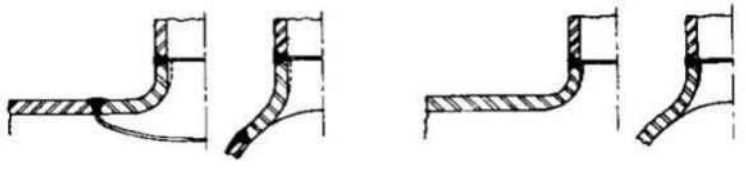


그림 940-69 100% 방사선투과검사에 적합한 분기관 부착 상세

나. 임의 방사선투과검사. 원주방향용접과 마이터 그루브용접에만 적용한다.

다. 부분 방사선투과검사. 규정된 용접범위 이내의 점에서 940.5.1.9의 '2'에 따라서 단일 노출을 요구한다. 원주방향용접, 마이터 그루브용접 및 분기관 그루브용접에 대해서, 최소요건은 다음과 같다.

관 련 근 거

1) DN 65 이하의 크기에 대해서는, 전체 용접 원둘레를 둘러싸는 단일 타원형 노출

2) DN 65를 초과하는 크기에 대해서는, 안쪽 원둘레의 25 % 또는 152 mm중 작은 것. 길이방향 용접에 대해서는 최소 요건은 용접길이의 152 mm 이다.

3. 초음파탐상검사를 시행할 때에는 아래 '가'와 '나'에서 규정하는 대안이 허용된다.

가. 기본교정블록이 열처리를 안 할 경우, 기본교정블록과 구성부품으로부터의 응답을 대비하기 위해서 감도보상전이법을 사용하여야 한다. 감도보상전이법은 기본교정블록 내와 구성부품 내에 있는 같은 반사체로부터 받은 응답들 사이의 차이를 주목하고 그 차이에 대해서 수정하여서 이루어진다.

나. 기준반사체는 V-노치(뒤에 제거하여야만 한다), 반사체 역할을 하는 사각용탐촉자, 또는 전달을 달성하는데 도움이 될 다른 반사체일 수 있다.

다. 감도보상전이법이 한 대안으로서 선택되었을 때는, 최소한 다음과 같이 사용하여야 한다.

1) DN 50 (NPS 2) 이하의 크기에 대해서는, 검사하는 매 10개 용접이음마다 1회

2) DN 50 초과 DN 450 이하의 크기에 대해서는, 검사하는 용접의 매 1.5 m 에서 1회

3) DN 450을 초과하는크기에 대해서는, 검사하는 각 용접이음에 대해서 1회

940.5.1.11 비파괴검사 합격기준

1. 비파괴검사의 합격기준은 '2'를 따른다.

가. 용접결함에 대해서는 그림 940-70을 참조한다.

나. 주조품에 대한 합격기준은 940.5.1.2의 '5'에 규정되어 있다.

KEC 635.20
ASME B31.3, 2019

관 련 근 거

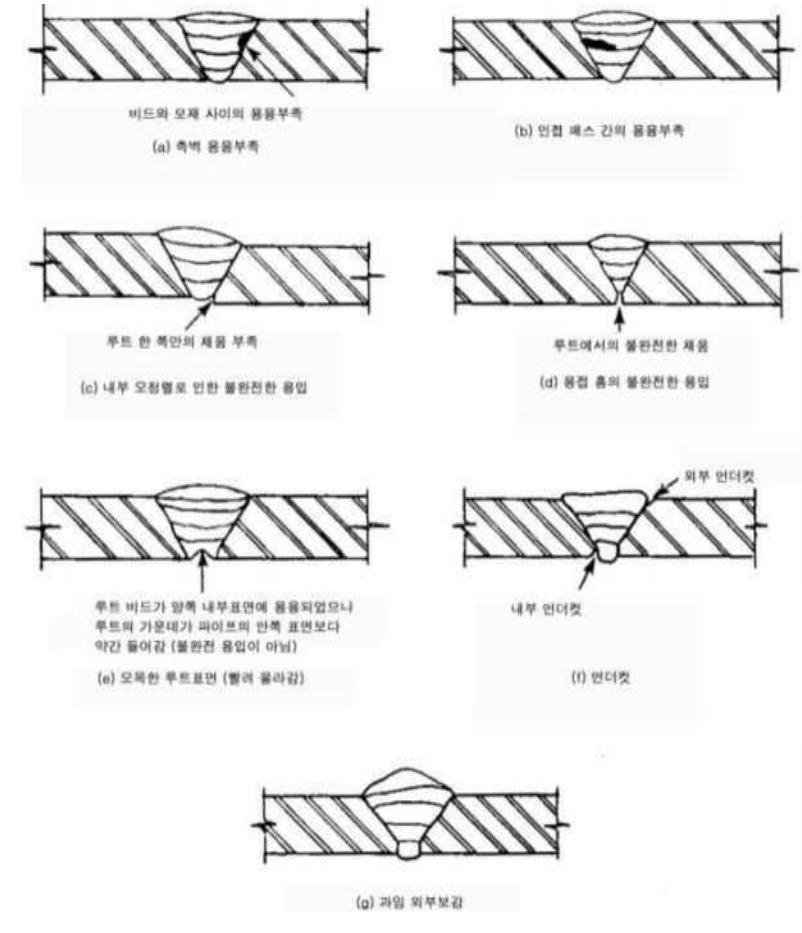


그림 940-70 결함의 모양

2. 방사선투과검사, 초음파탐상검사, 자분탐상검사, 침투탐상검사의 합격기준은 940.2.1.10을 따른다.

940.5.1.12 예열

KEC 635.21
ASME B31.3, 2019

1. 예열은 열처리와 함께 고온 및 용접부 고유의 심한 열기울기에 따른 유해한 영향을 최소화하기 위해 사용하여야 하며 가용접, 보수용접과 나사이음의 밀봉용접을 포함하는 모든 종류의 용접에 적용한다.

관 련 근 거

가. 여러 P-번호 재료들에 대한 요구되고 권장되는 최저예열온도는 표 940-51에 따른다. 만일 주변온도가 0 ℃(32 ℉) 미만이면, 표 940-51 내의 권장사항은 요건이 된다. 표 940-51에서 의미하는 두께는 그 이음에서 측정한 보다 두꺼운 구성부품의 두께이다.

나. 미등재 재료에 대한 예열요건은 용접절차시방서에서 규정한 온도로 하여야 한다.

2. 예열온도는 용접절차시방서에서 규정하는 온도가 용접 전에 도달되고 용접 중에 유지되는지 확인하기 위해서 온도를 지시하는 크레용, 열전대 고온계 또는 기타 수단으로 점검하여야 한다.

가. 열전대는 용접절차서나 검정없이 용접의 커패시터 방출 방법(Capacitor discharge method)을 사용하여 내압용기에 임시적으로 직접 부착할 수 있다. 열전대를 제거한 후에는 보수할 결함의 증거를 찾기 위해서 그 부위를 육안으로 검사한다.

3. 예열 부위는 용접의 각 가장자리를 지나 적어도 25 mm를 넓게 하여야 한다.

4. 서로 다른 예열 요건을 가진 재료들이 함께 용접될 때는, 표 940-51에 있는 보다 높은 온도를 사용할 것을 권장한다.

5. 만일 용접이 중단되면, 배관에 유해한 영향을 방지하도록 냉각속도를 제어하거나 다른 수단을 사용하여야 한다. 용접을 다시 시작하기 전에 용접절차시방서에 규정된 예열을 실시하여야 한다.

관 련 근 거

표 940-51 예열온도

P-번호 또는 S-번호 [주 (1)]	A-번호 [주(2)]	모재 그룹	공칭 벽두께		규정최소 인장강도, 모재		최소온도			
							요구		권장	
			mm	in.	MPa	ksi	℃	℉	℃	℉
1	1	탄소강	〈25 ≥25 모두	〈1 ≥1 모두	≤490 모두 〉490	≤71 모두 〉71	… … …	… … …	10 79 79	50 175 175
3	2, 11	합금강, $C_r \leq 1/2\%$	〈13 ≥13 모두	〈1/2 ≥1/2 모두	≤490 모두 〉490	≤71 모두 〉71	… … …	… … …	10 79 79	50 175 175
4	3	합금강, $1/2\% < C_r \leq 2\%$	모두	모두	모두	모두	149	300	…	…
5A, 5B, 5C	4, 5	합금강, $2¼\% < C_r \leq 10\%$	모두	모두	모두	모두	177	350	…	…
6	6	고합금강, 마르텐사이트	모두	모두	모두	모두	…	…	1494	3004
7	7	고합금강, 페라이트	모두	모두	모두	모두	…	…	10	50
8	8, 9	고합금강, 오스테나이트	모두	모두	모두	모두	…	…	10	50
9A, 9B	10	니켈합금강	모두	모두	모두	모두	…	…	93	200
10	…	Cr-Cu강	모두	모두	모두	모두	149-204	300-400	…	…
10I	…	27Cr강	모두	모두	모두	모두	1493	3003	…	…
11A SG 1	…	8Ni, 9Ni강	모두	모두	모두	모두	…	…	10	50
11A SG 2	…	5Ni강	모두	모두	모두	모두	10	50	…	…
21-52	…	…	모두	모두	모두	모두	…	…	10	50

【주】
(1) '940.1.1 용접시공법' ASME BPVC. Sec IX Table QW/QB-422로부터의 P-번호 또는 S-번호
(2) '940.1.1 용접시공법' [부록 3.1]의 '8'로부터 A-번호
(3) 패스 간 온도를 177~232 ℃ (350~450 ℉)로 유지
(4) 패스 간 최고온도 316℃ (600℉).

관 련 근 거

KEC 635.22
ASME B31.3, 2019

940.5.1.13 용접후열처리

1. 용접후열처리는, 표 940-52 및 '6'에서 '9'까지 규정한 것을 제외하고는, 표 940-52의 재료그룹과 두께범위에 따라야 한다.
   가. 생산용접 후에 수행되는 열처리는 용접절차시방서에 명시되어야 하고, 용접절차인정에 적용될 것
   나. 굽힘과 성형에 대한 열처리는 표 940-52에 따를 것
2. 구성부품들이 용접으로 연결될 때는, 표 940-52의 열처리 규정의 적용에서 사용될 두께는 다음을 제외하고는 이음에서 측정한 보다 두꺼운 구성부품의 두께이어야 한다.
   가. 분기관 연결부의 경우, 분기관 관이음쇠의 일체로 된 부분으로서 또는 보강 패드나 새들로서 부착되었든, 보강으로서 추가된 (용접금속 이외의)금속은 열처리 요건의 결정에서 고려하지 않아야 한다. 그러나 이음부에 있는 구성부품의 두께가 최소두께보다 작을 지라도, 분기관을 통과하는 어느 평면 내의 용접부를 통과하는 두께가 열처리를 요구하는 최소재료두께의 두 배보다 클 때는 열처리가 요구된다.
   나. 삽입 또는 소켓용접 플랜지에서의 필릿용접과 DN 50(NPS 2) 이하의 배관 연결부의 경우는, DN 50 이하의 배관에서 나사 이음의 밀봉용접에 대해서는, 그리고 모든 관 크기의 러그나 관 받침요소와 같은 외부의 비압력부의 부착에 대해서는, (비록 이음에서의 구성부품의 두께가 그 최소두께 미만일 지라도) 어느 평면 내의 용접을 통과하는 두께가 열처리를 요구하는 최소재료 두께의 2배를 초과할 때, 다음을 제외하고는, 열처리가 요구된다.
      1) 모재의 두께에 상관없이 용접 목두께가 16 mm 이하일 때, P-번호 1 재료에 대해서 요구하지 않는다.
      2) 권장되는 예열 이상이 적용되고 모재의 규정최소인장강도가 490 MPa 이하라면, 모재의 두께에 상관없이 용접 목두께가 13 mm 이하일 때, P-번호 3, 4, 5 또는 10A 재료에 대해서 요구하지 않는다.
   다. 공랭경화하지 않는 용가재로 용접을 했을 때 페라이트 재료에

관 련 근 거

대해서 요구하지 않는다.

3. 가열과 냉각 : 가열방법은 요구금속온도, 금속온도 균일성 및 온도 제어를 규정하여야 하고, 밀폐된 노, 국부화염가열, 전기저항, 전기유도 또는 발열화학반응을 포함할 수 있다. 냉각방법은 요구 또는 기대 냉각속도를 규정하여야 하고, 국부가열이나 단열을 통한 또는 다른 적당한 수단에 의한 연소실 내부 또는 공기 중 냉각을 포함할 수 있다.
4. 열처리 온도는 용접절차시방서 요건들이 충족되는 것을 확인하기 위해서 열전대 고온계로 또는 다른 적당한 방법으로 점검하여야 한다. 용접의 커패시터 배출 방법에 의한 열전대의 부착은 내압부분에 직접 부착한다.
5. 생산용접과 열간굽힘 또는 열간성형 배관은 경도시험을 하여야 한다.
   가. 표 940-52에서 경도한계가 규정된 곳에서는, 각 노의 열처리 배치(Batch) 내의 용접, 열간굽힘 및 열간성형 구성부품의 적어도 10 %와 국부 열처리한 것의 100 %를 시험하여야 한다.
   나. 이종 금속을 용접으로 연결한 곳에서는, 표 940-52 내의 모재와 용접금속에 대하여 규정한 경도한계가 각 재료에 대해서 충족되어야 한다.
6. 이종 페라이트 금속 간 또는 이종 페라이트 용가재를 사용하는 페라이트 금속 간의 용접이음의 열처리는 그 이음의 재료들에 대한 표 940-52 내의 온도범위들 중 보다 높은 온도범위에서 실시하여야 한다. 위들 중 보다 높은 온도범위에서 실시하여야 한다.
   가. 페라이트와 오스테나이트 구성부품들과 용가재를 포함하는 용접이음의 열처리는 설계에서 별도로 명시하지 않은 경우, 페라이트 재료의 요구에 따른다.
7. 용접부가 열처리 전에 냉각되도록 허용된다면, 배관에 악영향을 방지하기 위해서 냉각속도를 제어하거나 다른 수단을 사용하여야 한다.
8. 부분 열처리. 배관 조립품이 통째로 연소실 내부로 들어가지 못 할 때는, 두 번 이상으로 나누어 열처리를 하는 것이 허용된다. 이어지는

관 련 근 거

열처리에서 중첩부위는 적어도 300 mm가 되어야하고 연소실 밖에 있는 조립품 부분은 유해한 온도기울기로부터 보호하여야 한다.

9. 국부 열처리. 열처리를 국부적으로 할 때에는, 주관과 분기관의 가열영역이 전체 관 단면에 걸쳐 규정된 온도범위가 될 때까지 가열하여야 한다. 그 영역은 용접부나 굽힌 부분이나 성형한 부분과 그 양끝에서 적어도 25 mm를 포함하여야 하며, 그 것을 넘어서는 온도가 점진적으로 낮아져야 한다.

표 940-52 열처리 요건

모재 P-번호 또는 S-번호 [주(1)]	A-번호 [주(2)]	모재 그룹	공칭 벽두께	규정최소 인장강도, 모재		금속온도 범위	유지시간			브리넬 경도, 최고 [주(4)]
							공칭 벽 [주(3)]		최소 시간, hr	
			mm	MPa	kpi	℃	min/mm	hr/in.		
1	1	탄소강	≤19 〉19	모두 모두	모두 모두	없음 593-649	… 2.4	… 1	… 1	… …
3	2, 11	합금강, $C_r \leq 1/2\%$	≤19 〉19 모두	≤490 모두 〉490	≤71 모두 〉71	없음 593-718 593-718	… 2.4 2.4	… 1 1	… 1 1	… 225 225
4[주(5)]	3	합금강, $1/2\% < C_r \leq 2\%$	≤13 〉13 모두	≤490 모두 〉490	≤71 모두 〉71	없음 704-746 704-746	… 2.4 2.4	… 1 1	… 2 2	… 225 225
5A, 5B, 5C [주(5)]	4, 5	합금강(2¼% < $C_r \leq 10\%$) ≤3%Cr과≤0.15%C ≤3%Cr과≤0.15%C 〉3%Cr 또는 〉0.15%C	≤13 〉13 모두	모두 모두 모두	모두 모두 모두	없음 704-760 704-760	… 2.4 2.4	… 1 1	… 2 2	… 241 241
6	6	고합금강, 마르텐사이트 A 240 Gr.429	모두 모두	모두 모두	모두 모두	732-788 621-663	2.4 2.4	1 1	2 2	241 241
7	7	고합금강, 페라이트	모두	모두	모두	없음	…	…	…	…
8	8, 9	고합금강, 오스테나이트	모두	모두	모두	없음	…	…	…	…

관 련 근 거

표 940-52 계속

모재 P-번호 또는 S-번호 [주(1)]	A-번호 [주(2)]	모재 그룹	공칭 벽두께	규정최소 인장강도, 모재		금속온도 범위	유지시간			브리넬 경도, 최고 [주(4)]
							공칭 벽 [주(3)]		최소 시간, hr	
			mm	MPa	kpi	℃	min/mm	hr/in.		
9A, 9B	10	니켈합금강	≤19 〉19	모두 모두	모두 모두	없음 593-635	… 1.2	… 1/2	… 1	…
10	…	Cr-Cu강	모두	모두	모두	760-816 [주(6)]	1.2	1/2	1/2	…
10H	…	이상스테인리스강	모두	모두	모두	주(7)	1.2	1/2	1/2	…
10I	…	27Cr 강	모두	모두	모두	663-704 [주(8)]	2.4	1	1	…
11A SG 1	…	8Ni, 9Ni강	≤51 〉51	모두 모두	모두 모두	없음 552-585 [주(9)]	… 2.4	… 1	… 1	… …
11A SG 2	…	5Ni강	〉51	모두	모두	552-585 [주(9)]	2.4	1	1	…
62	…	Zr R60705	모두	모두	모두	538-593 [주(10)]	주 (10)	주 (10)	1	…

【주】
(1) '940.1.1 용접시공법' ASME BPVC. Sec IX Table QW/QB-422로부터의 P-번호 또는 S-번호
(2) '940.1.1 용접시공법' [부록 3.1]의 '8'로부터 A-번호
(3) 유지시간에 대해서, SI단위에서는 min/mm(분/두께 mm), 미국단위에서는 hr/in.두께를 사용한다.
(4) 용접, 열간굽힘 및 열간성형 부품은 적어도 10 % 시험하여야 한다.
(5) 일부 P-No. 4 및 No.5재료는 ASTM 규정 뜨임 온도보다 높을 수 있다.
(6) 유지시간 후에 가능한 한 급속히 냉각한다.
(7) 용접후열처리는 요구되지도 금지되지도 않는다. 그러나 적용된 열처리는 재료규격에서 요구되는 것과 같아야 한다.
(8) 649 ℃(1200 ℉)로의 냉각속도는 56 ℃(100 ℉)/hr 미만이 되어야 한다. 그 뒤에는 냉각속도는 취성을 방지하기 위해서 충분히 빨라야 한다.
(9) 냉각속도는 167 ℃(300 ℉)/hr 초과 316 ℃(600 ℉)/hr까지 이어야 한다.

관 련 근 거

940.5.1.14 완전한 용접시공을 위한 조치

KEC 635.23
ASME B31.3, 2019

기술기준 제166조에서 '용입이 충분하기'를 위해서는 '940.1.1 용접시공법'(940.1.1.1부터 940.1.1.15까지), '940.5.1.2 용접부의 설계', '940.5.1.3 정렬', '940.5.1.4 개선', '940.5.1.5 받침재료', '940.5.1.6 굽힘과 성형' 및 '940.5.1.8 청결'에 적합하여야 한다.

940.5.1.15 용접부의 결함

KEC 635.24
ASME B31.3, 2019

기술기준 제166조에서 '언더컷, 오버랩, 크레이터, 슬래그혼입, 블로우홀 등 이와 유사한 결함으로 인해 건전한 용접부 확보에 지장이 없게 하기' 위해서는 '940.1.1 용접시공법'(940.1.1.1에서 940.1.1.15까지), '940.5.1.2 용접부의 설계' 및 '940.5.1.9 비파괴시험 범위'에 적합하여야 한다.

940.5.1.16 용접부의 강도

KEC 635.25
ASME B31.3, 2019

기술기준 제167조에서 '충분한 강도'란 액화가스 연료연소설비 등에 관계된 용기 또는 관의 용접부는 모재의 강도(모재의 강도가 다른 경우는 약한 쪽의 강도)와 동등 이상의 강도를 갖는 것으로 '940.1.1 용접시공법'(940.1.1.1에서 940.1.1.15까지),'940.5.1.17 기계시험', '940.5.1.18 재시험' 및 '940.5.1.19 내압시험'에 적합하여야 한다.

940.5.1.17 기계시험

KEC 635.26
ASME B31.3, 2019

1. 액화가스 연료연소설비에 대한 기계시험은 '940.2.1.15 기계시험' 940.2.1.15의 '2'부터 '9'까지를 준용한다. 다만 충격시험은 아래 '2'에 따른다.
2. 충격시험은 용접 금속부 및 열영향부에서 각각 3개의 시험편을 준비한다.

관 련 근 거

가. 액화가스용 연료연소설비에 속하는 용기 또는 관의 충격시험은 다음의 경우에는 하지 않아도 된다.

1) 두께가 4.5 ㎜ 미만의 용접부

2) 최저 사용온도가 -30 ℃보다 높은 용접부

3) '1)' 또는 '2)' 이외의 용접부로서 다음 '가)' 또는 '나)'에 해당하는 것

가) 열영향부로서 모재의 구분이 P-No. 8강재(탄소함유량이 0.10 % 미만의 것에 한함) 또는 비철금속인 것

나) 용접금속부로서 용접금속이 오스테나이트계 스테인리스합금, 니켈 크롬 철 합금 또는 비철금속인 것

940.5.1.18 재시험

KEC 635.27
ASME SEC. I , 2019

액화가스 연료연소설비에 대한 기계시험의 재시험은 940.2.1.16을 준용한다.

940.5.1.19 내압시험

KEC 635.28
ASME B31.3, 2019

1. 수압시험은 아래와 같이 수행하여야 한다.

가. 동결에 의한 손상의 가능성이나 배관이나 공정에 물의 악영향이 있지 아니하면, 사용유체는 물이어야 한다.

나. 아래 1의 '다'에서 규정한 것을 제외하고는, 금속배관계통의 어느 점에서의 수압시험압력은 다음과 같아야 한다.

1) 설계압력의 1.5배 이상

2) 시험온도를 초과하는 설계온도에 대해서는, 최저시험압력은 식 940-2로 계산하여야 한다. 단, S_T/S 의 값이 6.5를 초과하지 않아야 한다.

$$P_T = \frac{1.5PS_T}{S} \quad \cdots\cdots \text{식 940-2}$$

여기서 P = 내부설계계기압력

관 련 근 거

P_T = 최저시험계기압력

S = 설계온도에서의 응력 값 (표 A-1 참조)

S_T = 시험온도에서의 응력 값

3) 만일 위에서 정의한 시험압력이 시험온도에서의 항복강도를 초과하는 공칭응력이나 길이방향 응력을 생기게 하면, 그 시험압력은 시험온도에서의 항복강도를 초과하지 않을 최고압력으로 감소할 수 있다.

다. 용기와 용기에 부착된 배관의 내압시험을 동시에 할 수 있는 경우는 다음과 같다.

1) 배관의 시험압력이 그 용기의 시험압력 이하인 곳에서는, 그 배관과 용기를 배관시험압력으로 함께 시험할 수 있다.

2) 배관 시험압력이 용기의 시험압력을 초과하지만 용기에서 배관을 분리하는 것이 실용적이지 않을 때에는, 발주자가 승인하고 그 용기 시험압력이 '2'에 의해 계산한 배관시험압력의 77 % 이상이라면, 그 배관과 용기를 용기시험압력으로 함께 시험할 수 있다.

2. 기압시험은 아래와 같이 수행하여야 한다.

가. 압력방출장치를 설치하여야 하며, 그 설정압력은 시험압력에 345 kPa 또는 시험압력의 10 % 중 낮은 값을 더한 것으로 할 것

나. 시험유체는 공기가 아니면 시험유체로 사용하는 가스는 비인화성 및 비독성일 것

다. 시험압력은 설계압력의 110 %일 것

라. 압력은 시험압력의 50 % 또는 170 kPa 중 낮은 것의 계기압력에 도달할 때까지 점진적으로 증가시킬 것. 그 이후에는, 압력은 시험압력에 도달할 때까지 단계적으로 점진적으로 증가시켜야 하며, 각 단계에서는 배관변형을 균일화하기에 충분하게 10분 이상 유지한 후 누설에 대해서 검사하기 전에 압력을 설계압력으로 감소시켜야 한다.

관 련 근 거

3. 수압-기압 조합시험은 아래와 같이 수행하여야 한다.
   수압-기압 조합시험을 사용하면, '2'의 요건을 충족하여야 하고, 배관의 액체로 채워진 부분 내의 압력은 '1'의 '나'에서 기술한 한계를 초과하지 않아야 한다.
4. '1' 내지 '3'의 규정에도 불구하고 시험을 하는 기기 등의 구조상 규정하는 압력으로 시험하기가 곤란한 경우에는 시험 가능한 최고 압력으로 시험을 하여 이에 견디고 또한 새지 아니하여야 하며 추가로 방사선투과검사, 초음파탐상검사, 자분탐상검사 또는 침투탐상검사 중 적합한 한 가지 시험을 하여 이에 적합한 경우에는 이를 합격한 것으로 한다.

940.5.1.20 검사항목 및 수검자 준비자료

검사·점검의 방법 및 절차 (고시 별표9)

액화가스 연료연소설비의 검사항목 및 수검자 준비자료는 940.2.1.18 '보일러 및 부속설비'을 준용한다.

940.5.2 매설배관의 설치

940.5.2.1 매설배관

KGS FS551 :2021 2.5.8.2

배관을 지하에 매설하는 경우 배관의 외면과 지면·노면 또는 측면 사이에는 다음 기준에 따른 거리를 유지한다.

1. 공동주택 등의 부지 안에서는 0.6 m 이상
2. 폭 8 m 이상의 도로에서는 1.2 m 이상. 다만, 도로에 매설된 최고 사용압력이 저압인 배관에서 횡으로 분기하여 직접 연결되는 배관의 경우에는 1.0 m 이상으로 할 수 있다.
3. 폭 4 m 이상 8 m 미만인 도로에서는 1.0 m 이상. 다만, 다음 어느 하나에 해당하는 경우에는 0.8 m 이상으로 할 수 있다.
   가. 호칭지름이 300 ㎜ (KS M 3514에 따른 가스용 폴리에틸렌관의

관 련 근 거

경우에는 공칭외경 315 ㎜ 를 말한다)이하로서 최고사용압력이 저압인 배관

나. 도로에 매설된 최고사용압력이 저압인 배관에서 횡으로 분기하여 수요가에게 직접 연결되는 배관

4. '1'부터 '3'까지에 해당되지 않는 곳에서는 0.8 m 이상. 다만, 다음 어느 하나에 해당하는 경우에는 0.6 m 이상으로 할 수 있다.
   가. 폭 4.0 m 미만인 도로에 매설하는 배관
   나. 암반·지하매설물 등에 의하여 매설 깊이의 유지가 곤란하다고 인정되는 경우

5. 다른 시설물과의 이격거리 유지
   배관을 지하에 매설하는 경우에는 배관의 외면과 상수도관·하수관거·통신케이블 등 다른 시설물과는 0.3 m 이상의 간격을 유지한다.

6. 매설깊이 미달배관 보호조치
   지하구조물·암반 그 밖의 특수한 사정으로 매설깊이를 확보할 수 없는 곳에 매설하는 배관은 다음 기준에 따른 재질 및 설치방법 등에 따라 보호관 또는 보호판으로 보호조치를 하되, 보호관이나 보호판 외면이 지면 또는 노면과 0.3 m 이상의 깊이를 유지한다.

7. 지하에 매설하는 배관(관이음매 및 부분적으로 노출되는 배관을 포함한다)의 재료는 폴리에틸렌피복강관으로서 KS표시허가제품 또는 이와 동등 이상의 기계적 성질 및 화학적 성분을 가진 것으로 한다.

KGS FS551 :2021 2.5.2.7

8. 지하 매설배관으로 폴리에틸렌피복강관을 사용할 경우에는 이음부에 부식 방지 조치를 한다.

9. 부동침하가 염려되는곳은 모래를 채우거나 샌드백을 받쳐서 관을 부설하여야하며 이때는 관 2m당 1개소 이상 받쳐서 하중이 집중되지 않도록 하고 이음부는 과다하중 및 충격을 흡수할 수 있도록 부설한다.

관 련 근 거

940.5.2.2 설치 및 시공

지하매설배관의 시공 및 설치와 관련하여 ASME 또는 동등이상의 배관설계기준에서 명시되지 않은 사항은 국토교통부 국가건설기준 'KCS 31 50 05 05(도시가스 설비공사)'를 적용할 수 있다.

940.5.3 노출배관의 설치

1. 콘크리트 바닥 및 벽체를 관통하는 배관 부분에는 콘크리트를 타설하기 전에 강도를 지닌 관 슬리브를 건물 내 외벽에서 각각 25 mm를 연장한 길이로 하고 슬리브와 배관사이에는 완충고무(방화구역 내에서는 난연재질 사용)를 설치하여 균등한 간격을 유지하도록 한다.
2. 입상관은 환기가 양호하고 화기 사용장소가 아닌 곳에 설치하며, 수직관의 밸브는 분리가 가능한 것으로 바닥으로부터 1.6 m 이상 2 m 이내에 설치한다.
3. 건축물의 벽을 관통하는 부분의 배관에는 용접 등의 이음매가 없도록 하고 관통부는 배관의 상황을 용이하게 확인할 수 있도록 가능한 한 노출배관을 하고, 건물벽 전후의 가혹한 부식 분위기에 대하여 보호관 및 부식 방지 피복을 한다.
4. 건축물 내의 배관은 천장·벽·공동구 등 환기가 잘되지 않는 장소에는 설치하지 않고 외부에 노출하여 시공한다.
5. 입상관에 외부의 충격으로부터 방호가 필요하여 보호관을 설치할 경우 보호관의 크기는 배관의 설계값보다 2단계 높은 것으로 하고, 그 길이는 지하 30 cm, 지상 1 m 이내로서 설치하되 균형을 이루도록 보호관과 배관사이 상하 끝부분에 완충고무를 삽입 지지토록 하고 상단부는 방수조치를 한다.
6. 보호관(슬리브포함)은 반드시 절단 가공되지 않은 수도용 아연도강관

관 련 근 거

또는 스테인리스강관으로 한다.

7. 배관 장치에는 안전 확보를 위하여 필요한 경우에는 지지물 그 밖의 구조물과 절연시킨다.

8. 노출배관의 설치위치, 고정간격, 벽관통부 보호관, 피복상태 등과 관련된 시공 및 설치와 관련하여 ASME 또는 동등이상의 배관설계 기준에서 명시되지 않은 사항은 국토교통부 국가건설기준KDS 31 50 05(가스설비), KCS 31 50 05 05(도시가스설비공사)를 적용할 수 있다. 다만, 전기설비와의 이격거리는 KEC 232.3.7과 KEC 342.1을 따른다.

KOREA
ELECTRICAL
SAFETY
CORPORATION

부 록

3. 발전설비 용접방법 및 절차

3.1 인용사항
3.2 용접방법별 용접절차시방서의 용접변수
3.3 서식

4. 방사선투과검사

4.1 파이프 또는 튜브 용접부에 대한 촬영기법
4.2 상질계의 수
4.3 금속 주조품의 방사선투과검사
4.4 인광화상판을 사용한 방사선투과검사
4.5 원형지시 합격기준
4.6 디지털 검출기 시스템을 사용한 방사선투과검사

5. 초음파탐상검사

5.1 스크린높이 직선성
5.2 진폭 조정 직선성
5.3 비행-회절시간(TOFD) 기법
5.4 위상배열 E-주사 및 S-주사 선형주사 검사 기법
5.5 사각빔 교정을 위한 탐상기법
5.6 수직빔 교정을 위한 탐상기법
5.7 대체 교정시험편의 형상
5.8 검사 숙련도에 기반한 합격기준의 초음파탐상검사 요건
5.9 파괴역학에 기반한 합격기준의 초음파탐상검사 요건
5.10 결점크기 측정 및 분류를 위한 절차서 인정 요건
5.11 파괴역학 기반 초음파탐상검사(보일러 적용)
5.12 대체 초음파탐상검사 합격기준의 사용(배관 적용)

6. 침투탐상검사

6.1 비표준온도에서의 인정시험 기법

부록

관 련 근 거

발전설비 용접방법 및 절차에 대한 표준 (KECS 1101-2022)

3. 발전설비 용접방법 및 절차

3.1 인용사항

1. 모재의 구분(P-No)
   모재의 구분(P-No)는 KS B 6751(압력용기-용접일반)의 25.3 용접사 기량 인정에 사용되는 대체 모재의 표를 준용한다.
2. ASME 모재의 구분(철강 및 비철 재료의 구분)
   ASME 모재의 구분(철강 및 비철 재료의 구분)은 ASME BPVC. Sec Ⅸ Table QW/QB-422를 준용한다.
3. 피복 아크 용접봉의 구분
   피복 아크 용접봉의 구분은 KS B 6751(압력용기-용접일반)의 표 26.1을 준용한다.
4. F-No. (인증을 위한 용접 재료의 분류)
   인증을 위한 용접 재료의 분류는 KS B 6751(압력용기-용접일반)의 부속서 4(참고) ASME Code의 F-No.를 준용한다.
5. 용접 와이어 및 용가재의 구분
   용접 와이어 및 용가재의 구분은 KS B 6751(압력용기-용접일반)의 표 26.2를 준용한다.
6. 서브머지드 아크 용접 와이어 구분
   서브머지드 아크 용접 와이어 구분은 KS B 6751(압력용기-용접일반)의 표 26.3을 준용한다.
7. 서브머지드 아크 용접 플럭스의 구분
   서브머지드 아크 용접 플럭스의 구분은 KS B 6751(압력용기-용접일반)의 표 26.4를 준용한다.
8. A-No.(용접 절차 인정을 위한 철강 재료 용접 금속 성분의 분류)
   용접 절차 인정을 위한 철강 재료 용접 금속 성분의 분류는 KS B

관 련 근 거

6751(압력용기-용접일반)의 표 27을 준용한다.

9. 용접사 기량 인정 - 자세 및 지름의 인정범위
   용접사 기량 인정 – 자세 및 지름의 인정범위는 KS B 6751(압력용기-용접일반)의 표 29.1을 준용한다.

3.2 용접방법별 용접절차시방서의 용접변수

KEC 별표 1

표 3.2-1(가) 용접방법별 용접절차시방서의 용접변수 – 산소가스용접(OFW)

항 목		변 수 의 개 요	필수	추가필수	비필수
이음(2)	1	ø 그루브 형상			×
	2	± 받침			×
	3	ø 받침 성분			×
	10	ø 루트 간격			×
모재(3)	1	ø P-No.	×		
	2	인정 최대두께 T	×		
		〈삭제〉			
용가재(4)	3	ø 치수			×
	4	ø F-No.	×		
	5	ø A-No.	×		
	12	ø 분류	×		
자세(5)	1	+ 자세			×
예열(6)	1	감소 〉 55 ℃			×
용접후열처리(7)	1	ø 용접후열처리	×		
가스(8)	7	ø 가스 종류	×		
기법(10)	1	ø 직선 또는 위브			×
	2	ø 불꽃 특성			×
	4	ø ← → 기법			×
	5	ø 청소 방법			×
	26	± 피닝			×
	64	열 공정사용	×		

기호 설명 : +추가, 〉증가 또는 이상, ↑상진, ←전진, ø변경, -제거, 〈감소 또는 미만, ↓하진, →후진

관 련 근 거

표 3.2-1(나) 용접방법별 용접절차시방서의 용접변수 - 산소가스용접(OFW)

항 목		특수용접방법의 필수변수		
		표면경화 육성	내식 육성	용융분사 표면강화
이음(2)	16	〈 육성 두께 t		
	17			〉 육성 두께 t
모재(3)	20	ø P-No.		ø P-No.
	23	ø 인정두께 T	ø 인정 두께 T	ø 인정두께 T
용가재(4)	12	ø 분류		ø 분류
	42			ø 〉5 % 입자크기 범위
	46			ø 분말송급속도
자세(5)	4	+ 자세		+ 자세
예열(6)	4	감소 〉55℃ 예열 〉 층간 온도		감소 〉55℃ 예열 〉 층간 온도
	5			ø 예열유지
용접후열처리(7)	6	ø 용접후열처리		ø 용접후열처리
	7			ø 용융 후 용접후열처리
가스(8)	7	ø 가스 종류		
	14	ø 산소연료 가스 압력		
	16			ø 〉5 % 가스공급량
	19			ø 플라즈마 또는 공급가스 성분
기법(10)	38	ø 다층에서 단층		ø 다층에서 단층
	39	ø 토치형상, 팁(tip) 크기		
	44			ø 〉15 % 토치-용접물 거리
	45			ø 표면처리방법
	46			ø 분사 토치
	47			ø 〉10 % 용융온도 또는 용융방법

기호 설명 : +추가, 〉증가 또는 이상, ↑상진, ←전진, ø변경, -제거, 〈감소 또는 미만, ↓하진, →후진

관 련 근 거

표 3.2-2(가) 용접방법별 용접절차시방서의 용접변수 - 피복메탈아크용접(SMAW)

항 목		변수의 개요	필수	추가 필수	비필수
이음(2)	1	ø 그루브 형상			×
	4	- 받침			×
	10	ø 루트 간격			×
	11	± 리테이너			×
모재(3)	5	ø Gr.No.		×	
	6	충격시험에 관한 T 제한		×	
	8	ø 인정두께 T	×		
	9	층 t 〉13 ㎜	×		
	11	ø 인정되는 P-No.	×		
용가재(4)	4	ø F-No.	×		
	5	ø A-No.	×		
	6	ø 지름			×
	7	ø 지름 〉6 ㎜		×	
	12	ø 분류		×	
	30	ø t	×		
	33	ø 분류			×
자세(5)	1	+ 자세			×
		〈삭제〉			
	3	ø ↑↓ 수직용접			×
예열(6)	1	감소 〉55℃	×		
	2	ø 예열유지			×
	3	증가〉55℃ (층간)		×	
용접후 열처리(7)	1	ø 용접후열처리	×		
	2	ø 용접후열처리 (온도 & 시간 범위)		×	
		〈삭제〉			
전기적 특성(9)	1	〉 입열		×	
	4	ø 전류 또는 극성		×	×
	8	ø I 및 E 범위			×
기법(10)	1	ø 직선 또는 위브			×
	5	ø 청소 방법			×
	6	ø 뒷면 가우징 방법			×
	9	ø 측면당 복수층에서 단일층		×	×
	25	ø 수동 또는 자동			×
	26	± 피닝			×
	64	열 공정사용	×		

기호 설명 : +추가, 〉증가 또는 이상, ↑상진, ←전진, ø변경, -제거, 〈감소 또는 미만, ↓하진, →후진

부 록

관 련 근 거

표 3.2-2(나) 용접방법별 용접절차시방서의 용접변수 - 피복메탈아크용접(SMAW)

항 목		특수용접방법의 필수변수		
		표면경화 육성	내식 육성	표면경화육성과 내식육성에 대한 비필수변수
이음(2)	16	육성 두께 t	육성 두께 t	
모재(3)	20	ø P-No.	ø P-No.	
	23	ø 인정두께 T	ø 인정두께 T	
용가재(4)	12	ø 분류		
	37		ø A-No.	
	38	ø 지름(초층)		øS지름 (첫번째 층)
자세(5)	4	+ 자세	+ 자세	
예열(6)	4	감소 〉 55 ℃ (예열) 〉 층간 온도	감소 〉 55 ℃ (예열) 〉 층간 온도	
용접후 열처리(7)	6	ø 용접후열처리		
	9		ø 용접후열처리	
전기적 특성(9)	4	ø 전류 또는 극성	ø 전류 또는 극성	
	8			ø I 및 E 범위
	22	증가 〉10 % 초층	증가 〉10% 첫번째 층	
기법(10)	1			ø 직선 또는 위브
	5			ø 청소방법
	26			± 피닝
	38	ø 다층에서 단층	ø 다층에서 단층	

기호 설명 : +추가, 〉증가 또는 이상, ↑상진, ←전진, ø변경, -제거, 〈감소 또는 미만, ↓하진, →후진

관 련 근 거

표 3.2-3(가) 용접방법별 용접절차시방서의 용접변수 - 서브머지드아크용접(SAW)

항 목		변 수 의 개 요	필수	추가필수	비필수
이음(2)	1	ø 그루브 형상			×
	4	- 받침			×
	10	ø 루트 간격			×
	11	± 리테이너			×
모재(3)	5	ø Gr. No.		×	
	6	T 제한		×	
	8	ø 인정되는 T	×		
	9	패스 t 〉13 ㎜	×		
	11	ø 인정되는 P-No.	×		
용가재(4)	4	ø F-No.	×		
	5	ø A-No.	×		
	6	ø 지름			×
	9	ø 용제-와이어 분류	×		
	10	ø 합금용제	×		
	24	± 또는 ø 추가용가재	×		
	27	ø 합금원소	×		
	29	ø 용제 표시			×
	30	ø t	×		
	33	ø 분류			×
	34	ø 용제 종류	×		
	35	ø 용제-와이어 분류		×	×
	36	재분쇄 슬래그	×		
자세(5)	1	+ 자세			×
예열(6)	1	감소 〉55 ℃	×		
	2	ø 예열유지			×
	3	증가 〉 55 ℃ (층간)		×	
용접후열처리(7)	1	ø 용접후열처리	×		
	2	ø 용접후열처리 (온도 & 시간 범위)		×	
		〈삭제〉			
전기적 특성(9)	1	〉 입열		×	
	4	ø 전류 또는 극성		×	×
	8	ø I 및 E 범위			×
기법(10)	1	ø 직선 또는 위브			×
	5	ø 청소 방법			×
	6	ø 뒷면 가우징 방법			×
	7	ø 파형			×
	8	ø 튜브-용접부 거리			×
	9	ø 측면당 복수층에서 단일층		×	×
	10	ø 단일전극에서 복수전극		×	×
	15	ø 전극 간격			×
	25	ø 수동 또는 자동			×
	26	± 피닝			×
	64	열 공정 사용	×		

기호 설명 : +추가, 〉증가 또는 이상, ↑상진, ←전진, ø변경, -제거, 〈감소 또는 미만, ↓하진, → 후진

부 록

관 련 근 거

표 3.2-3(나) 용접방법별 용접절차시방서의 용접변수 - 서브머지드아크용접(SAW)

특수용접법의 변수				
항 목		필수 변수		표면경화 육성과 내식 육성에 대한 비필수 변수
		표면경화 육성(HFO)	내식 육성(CRO)	
이음(2)	16	〈 육성 두께 t	〈 육성 두께 t	
모재(3)	20	ø P-No.	ø P-No.	
	23	ø 인정두께 T	ø 인정두께 T	
용가재(4)	6			ø 전극공칭크기
	12	ø 분류		
	24	± 또는 ø 〉 10% 추가용가재	± 또는 ø 〉 10% 추가용가재	
	27	ø 합금원소		
	37		ø A-No.	
	39	ø 플럭스 공칭성분	ø 플럭스 공칭성분	
	57	〉 스트립 두께 또는 너비	〉 스트립 두께 또는 너비	
자세(5)	4	+ 자세	+ 자세	
예열(6)	4	감소 〉 55 ℃ (예열) 〉 층간 온도	감소 〉 55 ℃ (예열) 〉 층간 온도	
용접후 열처리(7)	6	ø 용접후열처리		
	9		ø 용접후열처리	
전기적 특성(9)	4	ø 전류 또는 극성	ø 전류 또는 극성	
	8			ø I 및 E 범위
	26	첫번째층입열 10% 초과	첫번째층입열 10% 초과	
기법(10)	1			ø 직선 또는 위브
	5			ø 청소 방법
	7			ø 파형
	8			ø 튜브 용접부 거리
	15			ø 전극 간격
	25			ø 수동 또는 자동
	26			± 피닝
	38	ø 다층에서 단층	ø 다층에서 단층	
	40		- 추가 장치	
	50	ø 전극수	ø 전극수	

기호 설명 : +추가, 〉증가 또는 이상, ↑상진, ←전진, ø변경, -제거, 〈감소 또는 미만, ↓하진, → 후진

관 련 근 거

표 3.2-4(가) 용접방법별 용접절차시방서의 용접변수 -가스메탈아크용접(GMAW/FCAW)

항 목		변 수 의 개 요	필수	추가필수	비필수
이음(2)	1	ø 그루브 형상			×
	4	- 받침			×
	10	ø 루트 간격			×
	11	± 리테이너			×
모재(3)	5	ø Gr.-No.		×	
	6	ø 두께 제한		×	
	8	ø 인정되는 T	×		
	9	패스 t 〉13 ㎜	×		
	10	ø 두께 제한(단락아크)	×		
	11	ø 인정되는 P-No.	×		
용가재(4)	4	ø F-No.	×		
	5	ø A-No.	×		
	6	ø 지름			×
	12	ø 분류		×	
	23	ø 용가재의 제품형태	×		
	24	± 추가용가재 ø	×		
	27	ø 합금원소	×		
	30	ø t	×		
	32	ø 두께 제한 (단락아크)	×		
	33	ø 분류			×
자세(5)	1	+ 자세			×
		〈삭제〉			
	3	ø ↑↓ 수직용접			×
예열(6)	1	감소 〉55 ℃	×		
	2	ø 예열유지			×
	3	증가 〉55 ℃ (층간)		×	
용접후 열처리(7)	1	ø 용접후열처리	×		
	2	ø 용접후열처리 (온도 & 시간 범위)		×	
		〈삭제〉			
가스(8)	1	± 트레일(trail) 또는 ø 성분			×
	2	ø 단일, 혼합 또는 %	×		
	3	ø 유량			×
	5	± 또는 ø 뒷면실드(Backing flow)			×
	9	- 뒷면실드(Backing) 또는 ø 성분	×		
	10	- 트레일(trail) 또는 ø 성분	×		
전기적 특성 (9)	1	〉 입열		×	
	2	ø 이행방식	×		
	4	ø 전류 또는 극성		×	×
	8	ø I 및 E 범위			×
기법(10)	1	ø 직선 또는 위브			×
	3	ø 구멍(Orifice), 컵 또는 노즐크기			×
	5	ø 청소 방법			×
	6	ø 뒷면 가우징 방법			×
	7	ø 파형(Oscillation)			×
	8	ø 튜브-용접부거리			×
	9	ø 측면당 복수층에서 단일층		×	×
	10	ø 단일전극에서 복수전극		×	×
	15	ø 전극 간격			×
	25	ø 수동 또는 자동			×
	26	± 피닝			×
	64	열 공정 사용	×		

기호 설명 : +추가, 〉증가 또는 이상, ↑상진, ←전진, ø변경, -제거, 〈감소 또는 미만, ↓하진, →후진

부 록

관 련 근 거

표 3.2-4(나) 용접방법별 용접절차시방서의 용접변수-가스메탈아크용접(GMAW/FCAW)

특수용접법의 변수				
항목		필수 변수		표면경화 육성과 내식 육성에 대한 비필수 변수
		표면경화 육성(HFO)	내식 육성(CRO)	
이음(2)	16	〈 육성 두께 t	〈 육성 두께 t	
모재(3)	20	ø P-No.	ø P-No.	
	23	ø 인정두께 T	ø 인정두께 T	
용가재(4)	6			ø 전극공칭크기
	12	ø 분류		
	23	ø 용가재의 제품형태	ø 용가재의 제품형태	
	24	± 또는 ø 〉 10% 추가용가재	± 또는 ø 〉 10% 추가용가재	
	27	ø 합금원소		
	37		ø A-No.	
자세(5)	4	+ 자세	+ 자세	
예열(6)	4	감소 〉 55 ℃ (예열) 〉 층간 온도	감소 〉 55 ℃ (예열) 〉 층간 온도	
용접후 열처리(7)	6	ø 용접후열처리		
	9		ø 용접후열처리	
가스(8)	2	ø 단일, 혼합 또는 %	ø 단일, 혼합 또는 %	
	3			ø 유량
전기적 특성(9)	4	ø 전류 또는 극성	ø 전류 또는 극성	
	8			ø I 및 E 범위
	26	첫 번째 층 입열 10 % 초과	첫 번째 층 입열 10 % 초과	
기법(10)	1			ø 직선 또는 위브
	3			ø 구멍(Orifice), 컵 또는 노즐 크기
	5			ø 청소 방법
	7			ø 파형
	8			ø 튜브 용접부 거리
	25			ø 수동 또는 자동
	26			± 피닝
	38	ø 다층에서 단층	ø 다층에서 단층	
	50	ø 전극수	ø 전극수	

기호 설명 : +추가, 〉증가 또는 이상, ↑상진, ←전진, ø변경, -제거, 〈감소 또는 미만, ↓하진, →후진

관 련 근 거

표 3.2-5(가) 용접방법별 용접절차시방서의 용접변수 - 가스텅스텐아크용접(GTAW)

항 목		변 수 의 개 요	필수	추가필수	비필수
이음(2)	1	ø 그루브 형상			×
	5	+ 받침			×
	10	ø 루트 간격			×
	11	± 리테이너			×
모재(3)	5	ø Gr.-No.		×	
	6	두께 제한		×	
	8	ø 인정두께 T	×		
	11	ø 인정되는 P-No.	×		
용가재(4)	3	ø 치수			×
	4	ø F-No.	×		
	5	ø A-No.	×		
	12	ø 분류		×	
	14	± 용가재	×		
	22	± 소모용 삽입물			×
	23	ø 용가재의 제품형태	×		
	30	ø t	×		
	33	ø 분류			×
	50	ø 플럭스			×
자세(5)	1	+ 자세			×
		〈삭제〉			
	3	ø ↑↓ 수직용접			×
예열(6)	1	감소 〉55 ℃	×		
	3	증가 〉55 ℃ (층간)		×	
용접후 열처리(7)	1	ø 용접후열처리	×		
	2	ø 용접후열처리 (온도 & 시간 범위)		×	
		〈삭제〉			
가스(8)	1	± 트레일(trail) 또는 ø 성분			×
	2	ø 단일, 혼합 또는 %	×		
	3	ø 유량			×
	5	± 또는 ø 뒷면실드			×
	9	- 뒷면실드 또는 ø 성분	×		
	10	ø 트레일(trail) 또는 ø 성분	×		
전기적 특성(9)	1	〉 입열		×	
	3	± 펄스 I			×
	4	ø 전류 또는 극성		×	×
	8	ø I 및 E 범위			×
	12	ø 텅스텐 전극			×
기법(10)	1	ø 직선 또는 위브			×
	3	ø 구멍, 컵 또는 노즐크기			×
	5	ø 청소 방법			×
	6	ø 뒷면 가우징 방법			×
	7	ø 파형(Oscillation)			×
	9	ø 측면당 복수층에서 단일층		×	×
	10	ø 단일 전극에서 복수전극		×	×
	11	ø 밀폐에서 개방	×		
	15	ø 전극 간격			×
	25	ø 수동 또는 자동			×
	26	± 피닝			×
	64	열 공정 사용	×		

기호 설명 : +추가, 〉증가 또는 이상, ↑상진, ←전진, ø변경, -제거, 〈감소 또는 미만, ↓하진, →후진

부 록

관 련 근 거

표 3.2-5(나) 용접방법별 용접절차시방서의 용접변수 - 가스텅스텐아크용접(GTAW)

특수용접법의 변수				
항목		필수 변수		표면경화 육성과 내식 육성에 대한 비필수 변수
		표면경화 육성(HFO)	내식 육성(CRO)	
이음(2)	16	〈 육성 두께 t	〈 육성 두께 t	
모재(3)	20	ø P-No.	ø P-No.	
	23	ø 인정두께 T	ø 인정두께 T	
용가재(4)	3			ø 와이어 크기
	12	ø 분류		
	14	± 용가재	± 용가재	
	23	ø 용가재의 제품형태	ø 용가재의 제품형태	
	37		ø A-No.	
자세(5)	4	+ 자세	+ 자세	
예열(6)	4	감소〉55 ℃ (예열) 〉 층간 온도	감소〉 55 ℃ (예열) 〉 층간 온도	
용접후 열처리(7)	6	ø 용접후열처리		
	9		ø 용접후열처리	
가스(8)	2	ø 단일, 혼합 또는 %	ø 단일, 혼합 또는 %	
	3			ø 유량
전기적 특성(9)	4	ø 전류 또는 극성	ø 전류 또는 극성	
	8			ø I 및 E 범위
	12			ø 텅스텐 전극
	26	첫 번째 층 입열 10% 초과	첫 번째 층 입열 10% 초과	
기법(10)	1			ø 직선 또는 위브
	3			ø 구멍(Orifice), 컵 또는 노즐 크기
	5			ø 청소 방법
	7			ø 파형
	15			ø 전극 간격
	25			ø 수동 또는 자동
	26			± 피닝
	38	ø 다층에서 단층	ø 다층에서 단층	
	50	ø 전극수	ø 전극수	
	52			ø 용가재 이송

기호 설명 : +추가, 〉증가 또는 이상, ↑상진, ←전진, ø변경, -제거, 〈감소 또는 미만, ↓하진, →후진

관 련 근 거

표 3.2-6(가) 용접방법별 용접절차시방서의 용접변수 - 플라즈마아크용접(PAW)

항 목		변 수 의 개 요	필수	추가필수	비필수
이음(2)	1	ø 그루브 형상		×	
	5	+ 받침			×
	10	ø 루트 간격			×
	11	± 리테이너			×
모재(3)	5	ø Gr.-No.		×	
	6	두께 제한		×	
	8	ø 인정되는 T	×		
	12	ø P-No. 또는 멜트인	×		
용가재(4)	3	ø 치수			×
	4	ø F-No.	×		
	5	ø A-No.	×		
	11	ø 분류		×	
	12	± 용가재	×		
	19	± 소모용 삽일물			×
	20	ø 용가재의 제품형태	×		
	22	ø 합금원소	×		
	24	ø t	×		
	27	ø 분류			×
자세(5)	1	+ 자세			×
		〈삭제〉			
	3	ø ↑↓ 수직용접			×
예열(6)	1	감소 〉55 ℃	×		
	3	증가 〉55 ℃ (층간)		×	
용접후 열처리(7)	1	ø 용접후열처리	×		
	2	ø 용접후열처리 (온도 & 시간 범위)		×	
		〈삭제〉			
가스(8)	1	± 트레일(trail) 또는 ø 성분			×
	4	ø성분/유량	×		
	5	± 또는 ø 뒷면실드			×
	9	- 뒷면실드 또는 ø 성분	×		
	10	ø 트레일(trail) 또는 ø 성분	×		
	21	ø 유량			×
전기적 특성(9)	1	〉 입열		×	
	4	ø 전류 또는 극성		×	×
	8	ø I 및 E 범위			×
	12	ø 텅스텐 전극			×
기법(10)	1	ø 직선 또는 위브			×
	3	ø 구멍, 컵 또는 노즐크기			×
	5	ø 청소 방법			×
	6	ø 뒷면 가우징 방법			×
	7	ø 파형(Oscillation)			×
	9	ø 측면당 복수층에서 단일층		×	×
	10	ø 단일전극에서 복수전극		×	×
	11	ø 밀폐에서 개방	×		
	12	ø 멜트인에서 키홀		×	
	15	ø 전극 간격			×
	26	± 피닝			×
	64	열 공정 사용	×		

기호 설명 : +추가, 〉증가 또는 이상, ↑상진, ←전진, ø변경, -제거, 〈감소 또는 미만, ↓하진, →후진

부 록

관 련 근 거

표 3.2-6(나) 용접방법별 용접절차시방서의 용접변수 - 플라즈마아크용접(PAW)

항목		특수용접법의 변수			
		필수 변수			표면경화 육성, 내식육성, 용융용사 표면경화에 대한 비필수 변수
		표면경화 육성(HFO)	내식 육성(CRO)	용융용사 표면경화(HFSF)	
이음(2)	16	〈 육성 두께 t	〈 육성 두께 t		
	17			〈 육성 두께 t	
모재(3)	20	ø P-No.	ø P-No.	ø P-No.	
	23	ø 인정두께 T	ø 인정두께 T		
용가재(4)	12	ø 분류		ø 분류	
	14	± 용가재	± 용가재		
	23	ø 용가재 형태	ø 용가재 형태		
	37		ø A-No.		
	41	ø 〉10 % 분말송급속도	ø 〉10 % 분말송급속도		
	42			ø 〈5 % 입자크기 범위	
	43	ø 입자 크기	ø 입자 크기		
	44	ø 입자 종류	ø 입자 종류		
			〈삭제〉		
	46			ø 분말송급속도	
자세(5)	4	+ 자세	+ 자세	+ 자세	
예열(6)	4	감소〉55℃ (예열) 〉 층간 온도	감소〉55℃ (예열) 〉 층간 온도	감소〉55℃ (예열) 〉 층간 온도	
	5			ø 예열유지	
용접후 열처리(7)	6	ø 용접후열처리		ø 용접후열처리	
	7			ø 용융 후 용접후열처리	
	9		ø 용접후열처리		
가스(8)	1				
	16	ø 〉5 % 아크 또는 금속 공급가스	ø 〉5 % 아크 또는 금속 공급가스	ø 〉5 % 아크 또는 금속 공급가스	
	17	ø 종류 또는 혼합	ø 종류 또는 혼합		
	18	ø 〉10% 혼성 조성	ø 〉10% 혼성 조성		
	19			ø 플라즈마 또는 공급가스성분	
	20			ø 플라즈마 가스 공급율 범위	
전기적 특성(9)	4	ø 전류 또는 극성	ø 전류 또는 극성		
	8				ø I 및 E 범위
	12			ø 전극 형태 또는 크기	
	23			ø 〉10 % I 및 E	
	24	ø 〉10 % 용가와이어 와트수	ø 〉10 % 용가와이어 와트수		
	25	ø 〉10 % I 및 E	ø 〉10 % I 및 E		
기법 (10)	1				ø직선 또는 위브 (표면경화육성과 내식육성)
	3				ø구멍(Orifice), 컵 또는 노즐 크기
	5				ø청소방법
	7				ø파형
	25				ø수동 또는 자동
	26				ø± 피닝
	38	ø 다층에서 단층	ø 다층에서 단층	ø 다층에서 단층	
	41	ø 〉15 % 주행속도	ø 〉15 % 주행속도		
	42			ø 〉10 % 주행속도범위	
	43			ø 〉15 % 토치-용접물 거리	
	44			ø 표면처리방법	
	46			ø 분사 토치	
	47			ø 〉10 % 용융온도 또는 용융방법	
	48	ø 이행방식	ø 이행방식	ø 이행방식	
	49	ø 토치 오리피스지름	ø 토치 오리피스지름		
	52	ø 용가재의 이동방법	ø 용가재의 이동방법		

기호 설명 : +추가, 〉증가 또는 이상, ↑상진, ←전진, ø변경, -제거, 〈감소 또는 미만, ↓하진, →후진

관 련 근 거

표 3.2-7(가) 용접방법별 용접절차시방서의 용접변수 - 일랙트로슬래그용접(ESW)

항 목		변 수 의 개 요	필수	추가필수	비필수
이음(2)	1	ø 그루브 형상			×
	10	ø 루트 간격			×
	11	± 리테이너	×		
모재(3)	1	ø P-No.	×		
	4	ø Gr.-No.		×	
	9	층 t 〉13 ㎜	×		
용가재(4)	4	ø F-No.	×		
	5	ø A-No.	×		
	6	ø 지름			×
	12	ø 분류		×	
	17	ø 플럭스 종류 또는 성분	×		
	18	ø 와이어에서 판	×		
	19	ø 소모용 가이드	×		
	33	ø 분류			×
용접후 열처리(7)	1	ø 용접후열처리	×		
	2	ø 용접후열처리 (온도와 시간범위)		×	
		〈삭제〉			
전기적 특성(9)	5	ø ± 15 % I 및 E 범위	×		
기법(10)	5	ø 청소 방법			×
	7	ø 파형(Oscillation)	×		
	10	ø 단일전극에서 복수전극	×		
	15	ø 전극 간격			×
	26	± 피닝			×
	64	열 공정 사용	×		

기호 설명 : +추가, 〉증가 또는 이상, ↑상진, ←전진, ø변경, -제거, 〈감소 또는 미만, ↓하진, →후진

부 록

관 련 근 거

표 3.2-7(나) 용접방법별 용접절차시방서 변수 - 일렉트로슬래그용접(ESW)

특수용접법의 변수				
항목		필수 변수		표면경화 육성과 내식 육성에 대한 비필수 변수
		표면경화 육성(HFO)	내식 육성(CRO)	
이음(2)	16	〈 육성 두께 t	〈 육성 두께 t	
모재(3)	20	ø P-No.	ø P-No.	
	23	ø 인정두께 T	ø 인정두께 T	
용가재(4)	6			ø 전극공칭크기
	12	ø 분류		
	24	± 또는 ø 〉 10% 추가용가재	± 또는 ø 〉 10% 추가용가재	
	31		ø A-No.	
	33	ø 플럭스 공칭성분	ø 플럭스 공칭성분	
	57	〉 스트립 두께 또는 너비	〉 스트립 두께 또는 너비	
예열(6)	4	감소 〉 55℃ (예열) 〉 층간 온도	감소 〉 55℃ (예열) 〉 층간 온도	
용접후열처리(7)	6	ø 용접후열처리		
	9		ø 용접후열처리	
전기적 특성(9)	4	ø 전류 또는 극성	ø 전류 또는 극성	
	8			ø I 및 E 범위
	26	〉입열 10 % 초과	〉입열 10 % 초과	
기법(10)	5			ø청소방법
	7			ø파형(내식육성)
	38	ø 다층에서 단층	ø 다층에서 단층	
	40	- 추가장치	- 추가장치	
	50	ø 전극수	ø 전극수	

기호 설명 : +추가, 〉증가 또는 이상, ↑상진, ←전진, ø변경, -제거, 〈감소 또는 미만, ↓하진, →후진

관 련 근 거

표 3.2-8 용접법별 용접절차시방서의 용접변수 - 일렉트로가스용접(EGW)

항 목		변 수 의 개 요	필수	추가 필수	비필수
이음(2)	1	ø 그루브 형상			×
	10	ø 루트 간격			×
	11	± 리테이너	×		
모재(3)	1	ø P-No.	×		
	5	ø Gr.-No.		×	
	6	두께 제한		×	
	8	ø 인정되는 T	×		
	9	층 t 〉13 ㎜	×		
용가재(4)	4	ø F-No.	×		
	5	ø A-No.	×		
	6	ø 지름			×
	12	ø 분류		×	
	23	ø 용가재의 제품형태	×		
	33	ø 분류			×
예열(6)	1	감소 〉55 ℃			×
용접후 열처리(7)	1	ø 용접후열처리	×		
	2	ø 용접후열처리 (온도 & 시간 범위)		×	
		〈삭제〉			
가스(8)	2	ø 단일, 혼합 또는 %	×		
	3	ø 유량			×
전기적 특성(9)	1	〉 입열		×	
	4	ø 전류 또는 극성		×	×
	8	ø I 및 E 범위			×
기법(10)	5	ø 청소 방법			×
	7	ø 파형(Oscillation)			×
	8	ø 튜브-용접부거리			×
	9	ø 측면당 복수층에서 단일층		×	×
	10	ø 단일전극에서 복수전극	×		
	15	ø 전극간격			×
	26	± 피닝			×
	64	열 공정 사용	×		

기호 설명 : +추가, 〉증가 또는 이상, ↑상진, ←전진, ø변경, -제거, 〈감소 또는 미만, ↓하진, →후진

부 록

관 련 근 거

표 3.2-9 용접방법별 용접절차시방서의 용접변수 - 전자빔용접(EBW)

항 목		변 수 의 개 요	필수	추가필수	비필수
이음(2)	1	ø 그루브 형상	x		
	2	± 받침	x		
	6	〉 핏업(Fit-up) 간격	x		
모재(3)	1	ø P-No.	x		
	3	ø 용입	x		
	15	ø P-No.	x		
용가재(4)	1	ø 단면 또는 속도	x		
	2	ø t 또는 ø 성분	x		
	8	± 또는 ø 화학성분	x		
	14	± 용가재	x		
	20	ø 추가 방법	x		
	21	ø 분석	x		
	33	ø 분류			x
예열(6)	1	감소 〉56 ℃	x		
용접후 열처리(7)	1	ø 용접후열처리	x		
가스(8)	6	ø 분위기	x		
전기적 특성(9)	6	ø I, E, 속도, 거리, 파형(Oscillation)	x		
	7	ø 펄스 주파수	x		
기법(10)	5	ø 청소 방법			x
	7	ø 파형(Oscillation)	x		
	14	ø 빔축의 각도	x		
	17	ø 기기의 종류	x		
	18	〉 진공의 압력	x		
	19	ø 필라멘트 종류, 치수 등	x		
	20	+ 워시(wash)층	x		
	21	한쪽면에서 양쪽면 용접	x		
	64	열 공정 사용	x		

기호 설명 : +추가, 〉증가 또는 이상, ↑상진, ←전진, ø변경, -제거, 〈감소 또는 미만, ↓하진, →후진

관 련 근 거

표 3.2-10 용접방법별 용접절차시방서의 용접변수 - 스터드용접(SW)

항 목		변 수 의 개 요	필수	추가필수	비필수
이음(2)	8	ø 스터드 형상/치수	×		
	9	ø 플럭스 또는 페룰(ferrule)	×		
모재(3)	17	ø 모재 또는 스터드금속 P-No.	×		
자세(5)	1	+ 자세	×		
예열(6)	1	감소 〉55 ℃	×		
용접후 열처리(7)	1	ø 용접후열처리	×		
가스(8)	2	ø 단일, 혼합 또는 %	×		
전기적 특성(9)	4	ø 전류 또는 극성			×
	8	ø I 또는 E 범위			×
	9	ø 아크 타이밍	×		
	10	ø 전류	×		
	11	ø 전원	×		
기법(10)	22	ø 건(Gun) 모델 또는 리프트	×		
	64	열 공정 사용	×		

기호 설명 : +추가, 〉증가 또는 이상, ↑상진, ←전진, ø변경, -제거, 〈감소 또는 미만, ↓하진, →후진

부 록

관 련 근 거

표 3.2-11 용접방법별 용접절차시방서 변수 - 관성 및 연속구동 마찰용접(DFW)

항 목		변 수 의 개 요	필수	추가필수	비필수
이음(2)	12	ø ±10°	×		
		ø 단면 〉10 %	×		
		ø 바깥지름 〉10 %	×		
		ø 솔리드-튜브	×		
모재(3)	19	ø 모재	×		
예열(6)	1	감소 〉55 ℃	×		
용접후 열처리(7)	1	ø 용접후열처리	×		
가스(8)	6	ø 분위기	×		
기법(10)	27	ø 속도 〉±10 %	×		
	28	ø 하중 〉±10 %	×		
	29	ø 에너지 〉±10 %	×		
	30	ø 업셋(up-set) 〉±10 %	×		
	64	열 공정 사용	×		

기호 설명 : +추가, 〉증가 또는 이상, ↑상진, ←전진, ø변경, -제거, 〈감소 또는 미만, ↓하진, →후진

표 3.2-12 용접방법별 용접절차시방서의 용접변수 - 저항용접(RW)

항 목		변 수 의 개 요	필수	추가필수	비필수
이음(2)	13	ø 스폿, 프로젝션, 심	×		
	14	ø 겹침, 간격	×		
	15	ø 프로젝션 형상/치수	×		
모재(3)	1	ø P-No.	×		
	21	± 도장, 도금	×		
	22	± 두께 T	×		
용접후 열처리(7)	5	ø 용접후열처리	×		
가스(8)	23	가스	×		
전기적 특성(9)	13	ø RWMA 분류	×		
	14	± ø 경사(slope)	×		
	15	ø 압력, 전류, 시간	×		
	16	타이밍	×		
	17	ø 전원공급			×
	18	팁 청소			×
기법(10)	31	ø 청소 방법	×		
	32	ø 압력, 시간	×		
	33	ø 장비	×		
	34	ø 냉각 매질			×
	35	ø 목(throat)			×
	64	열 공정 사용	×		

기호 설명 : +추가, 〉증가 또는 이상, ↑상진, ←전진, ø변경, -제거, 〈감소 또는 미만, ↓하진, →후진

관 련 근 거

표 3.2-13(가) 용접방법별 용접절차시방서의 용접변수 - 레이저빔용접(LBW)

항 목		변 수 의 개 요	필수	추가필수	비필수
이음(2)		〈삭제〉			
	2	± 받침	×		
	6	〉 핏업(Fit-up) 간격	×		
	18	ø 겹치기 이음 형상	×		
	25	ø 그루브 붙임	×		
	26	〈 베벨 각도 〉 5도	×		
모재(3)	1	ø P-No.	×		
	3	ø 용입	×		
		〈삭제〉			
용가재(4)	1	ø 단면 또는 속도	×		
	2	〉 t 또는 ø 성분	×		
	4	ø F-No.	×		
	5	ø A-No.	×		
	8	± 또는 ø 화학성분	×		
	14	± 용가재	×		
	20	ø 추가 방법	×		
		〈삭제〉			
		〈삭제〉			
예열(6)	1	감소 〉55 ℃	×		
용접후열처리(7)	1	ø 용접후열처리	×		
가스(8)	2	ø 단일, 혼합 또는 %	×		
	6	ø 환경	×		
	11	± 가스	×		
	12	감소 〉10 % 유량	×		
		〈삭제〉			
전기적 특성(9)	19	ø 펄스	×		
	20	ø 형식(mode), 에너지	×		
	21	감소 〉10% 전력	×		
기법(10)	5	ø 청소 방법			×
	7	ø 파형(Oscillation)	×		
	14	ø 빔축의 각도	×		
		〈삭제〉			
	20	+ 워시(wash) 층	×		
	21	한쪽면 대 양쪽면 용접	×		
	37	ø 단일층에서 복수층	×		
	64	열 공정 사용	×		
	66	ø 이동, 빔 요인	×		
	67	ø 광학 기술	×		
	68	ø 장비의 종류	×		
	77	ø 파장	×		
	80	ø 스폿 크기	×		

기호 설명 : +추가, 〉증가 또는 이상, ↑상진, ←전진, ø변경, -제거, 〈감소 또는 미만, ↓하진, →후진

부 록

관 련 근 거

표 3.2-13(나) 용접방법별 용접절차시방서의 용접변수 - 레이저빔용접(LBW)

항목		특수용접법의 필수변수		표면경화 육성, 내식 육성에 대한 비필수 변수
		표면경화 육성	내식 육성	
이음(2)	16	〈 육성 두께 t	〈 육성 두께 t	
모재(3)	20	ø P-No.	ø P-No.	
용가재(4)	12	ø 분류	ø 분류	
	27	ø 합금원소	ø 합금원소	
	44	ø 입자 종류	ø 입자 종류	
	47	ø 용가재 또는 분말금속	ø 용가재 또는 분말금속	
	48	ø 분말금속 밀도	ø 분말금속 밀도	
	49	ø 용가재/분말금속 송급 속도	ø 용가재/분말금속 송급 속도	
자세(5)	1	+ 자세	+ 자세	
예열(6)	4	감소 〉55 ℃ (예열) 〉층간 온도	감소〉55 ℃ (예열) 〉층간 온도	
용접후 열처리(7)	6	ø 용접후열처리		
	9		ø 용접후열처리	
가스(8)	2	ø 단일, 혼합 또는 %	ø 단일, 혼합 또는 %	
	6	ø 환경	ø 환경	
	11	± 가스	± 가스	
	12	감소 〉10 % 유량	감소 〉10 % 유량	
		〈삭제〉	〈삭제〉	
전기적 특성(9)	19	ø 펄스	ø 펄스	
	20	ø 형식(mode), 에너지	ø 형식(mode), 에너지	
	21	감소 〉10% 전력	감소 〉10% 전력	
기법(10)	5			ø 청소 방법
	7	ø 파형(Oscillation)	ø 파형(Oscillation)	
	14	ø 빔축의 각도	ø 빔축의 각도	
	17	ø 기기의 종류 또는 모델	ø 기기의 종류 또는 모델	
	38	ø 다층에서 단층	ø 다층에서 단층	
	45	ø 표면처리방법	ø 표면처리방법	
	52	ø 용가재 이동방법	ø 용가재 이동방법	
	53	ø 겹침, 간격	ø 겹침, 간격	
	77	ø 파장	ø 파장	
	80	ø 스폿 크기	ø 스폿 크기	

기호 설명 : +추가, 〉증가 또는 이상, ↑상진, ←전진, ø변경, -제거, 〈감소 또는 미만, ↓하진, →후진

관 련 근 거

표 3.2-13(다) 용접방법별 용접절차시방서의 용접변수 – 저전력밀도 레이저빔용접(LBW)

항 목		변 수 의 개 요	필수	추가필수	비필수
이음(2)	1	ø 그루브 형상			×
	5	+ 받침			×
	10	ø 루트 간격			×
	11	± 리테이너			×
모재(3)	5	ø Gr-No.		×	
	6	두께 제한		×	
	8	인정되는 T	×		
	11	ø 인정되는 P-No.	×		
용가재(4)	3	ø 치수			×
	4	ø F-No.	×		
	5	ø A-No.	×		
	12	ø 분류		×	
	14	± 용가재	×		
	22	± 소모용 삽입물			×
	23	ø 용가재의 제품형태	×		
	30	ø t	×		
	33	ø 분류			×
	50	± 플럭스			×
자세(5)	1	+ 자세			×
	3	ø ↑↓ 수직용접			×
예열(6)	1	감소 〉 55℃	×		
	3	증가 〉 55℃(층간)		×	
용접후 열처리(7)	1	ø 용접후열처리	×		
	2	ø 용접후열처리(온도 & 시간 범위)		×	
가스(8)	1	± 트레일(trail) 또는 ø 성분			×
	2	ø 단일, 혼합 또는 %	×		
	3	ø 유량			×
	5	± 또는 뒷면실드			×
	9	– 뒷면실드 또는 ø 성분	×		
	10	ø 실드 또는 트레일링(trailing)	×		
전기적 특성(9)	1	〉입열		×	
	19	ø 펄스	×		
	20	ø 형식(Mode), 에너지	×		
	21	감소 〉 10% 전력	×		
기법(10)	3	ø ø구멍(Orifice), 컵 또는 노즐 크기			×
	5	ø 청소 방법			×
	6	ø 뒷면 가우징 방법			×
	7	ø 파형(Oscillation)			×
	9	ø 측면당 복수층에서 단일층		×	×
	11	ø 외부 챔버에 닫힘	×		
	26	± 피닝			×
	64	열 공정 사용	×		
	66	ø 이동, 빔 요인	×		
	67	ø 광학 기술	×		
	68	ø 장비의 종류	×		
	77	ø 파장	×		
	80	ø 스폿 크기	×		

기호 설명 : +추가, 〉증가 또는 이상, ↑상진, ←전진, ø변경, -제거, 〈감소 또는 미만, ↓하진, →후진

부 록

관 련 근 거

표 3.2-14 용접방법별 용접절차시방서의 용접변수 - 플래쉬용접(FW)

항 목		변 수 의 개 요	필수	추가필수	비필수
이음(2)	19	ø 직경 또는 두께	×		
	20	ø 연결 형식	×		
	21	ø 방법 또는 장비, ID 플래시를 최소화하는데 사용	×		
	22	ø 종료 준비 방법	×		
모재(3)	24	ø 규격, 유형 또는 등급	×		
예열(6)	7	ø 10% 암페어 또는 예열 사이클 수, 또는 방법, 또는 온도 15 ℃ 이상	×		
용접후 열처리(7)	8	ø 용접후열처리, 용접후열처리 주기 또는 분리 용접후열처리 시간 또는 온도	×		
가스(8)	22	ø 쉴딩 가스 성분, 압력, 또는 퍼지 시간	×		
전기적 특성(9)	27	ø 〉 10% 플래싱 시간	×		
	28	ø 〉 10% 업셋 전류 시간	×		
기법(10)	17	ø 기기의 종류 또는 모델	×		
	54	ø 〉 10% 업셋 길이 또는 힘	×		
	55	ø 10% 거리, 클램핑 다이스 또는 클램핑 구역의 준비	×		
	56	ø 클램핑 힘	×		
	57	ø 10% 전진 또는 전향 속도	×		
	64	열 사용 공정	×		

기호 설명 : +추가, 〉증가 또는 이상, ↑상진, ←전진, ø변경, -제거, 〈감소 또는 미만, ↓하진, →후진

관 련 근 거

표 3.2-15 용접방법별 용접절차시방서의 용접변수 - 확산용접(DFW)

항 목		변 수 의 개 요	필수	추가필수	비필수
모재(3)	28	기준 금속 등급	×		
	29	ø 표면 마감	×		
용가재(4)	53	± 용가재 금속 및 구성품	×		
용접후 열처리(7)	10	± 용접후열처리 온도, 시간, 냉각 속도	×		
가스(8)	25	ø 용광로 대기	×		
기법(10)	70	ø 조립 전 청소	×		
	71	〈 블록 압축	×		
	72	〈 용접 시간 또는 온도	×		

기호 설명 : +추가, 〉증가 또는 이상, ↑상진, ←전진, ø변경, -제거, 〈감소 또는 미만, ↓하진, →후진

표 3.2-16 용접방법별 용접절차시방서의 용접변수 - 마찰교반용접(FSW)

항 목		변 수 의 개 요	필수	추가필수	비필수
이음(2)	27	ø 고정 백업	×		
	28	ø 공동 설계	×		
	29	ø 조인트 간격 〉 10%	×		
모재(3)	19	ø 유형 또는 등급	×		
	30	ø T 적격한 값 〉 20%	×		
용가재(4)	14	필러 금속	×		
	55	〉 미리 배치된 필러 금속의 두께 또는 폭	×		
	56	ø 유형/등급	×		
용접후 열처리(7)	1	ø 용접후열처리	×		
가스(8)	26	ø 차폐 가스	×		
기법(10)	21	한쪽면 대 두쪽면 용접	×		
	73	ø 조인트 안전장치	×		
	74	ø 제어 방법	×		
	75	ø 공구 설계	×		
	76	ø 공구 작업	×		

기호 설명 : +추가, 〉증가 또는 이상, ↑상진, ←전진, ø변경, -제거, 〈감소 또는 미만, ↓하진, →후진

부 록

관 련 근 거

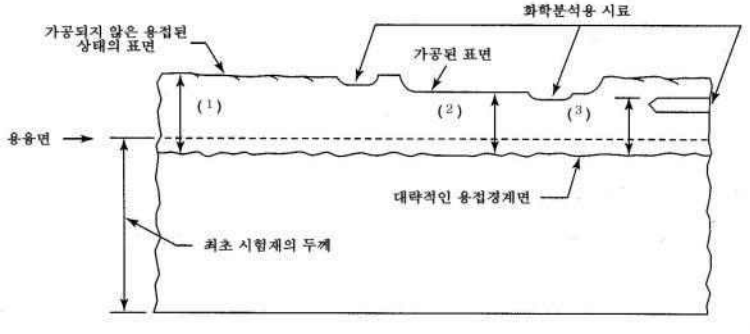
3.2의 비고. 용접변수에 대한 사용법

이음(2)

1. 그루브 종류(V형, U형, 베벨형, X형 등)의 변경
2. 받침의 추가 또는 제거
3. 받침의 공칭 성분의 변경
4. 한면 그루브 용접부에서 받침의 제거. 양면 그루브 용접부는 받침이 있는 용접으로 간주된다.
5. 받침의 추가 또는 받침의 공칭 성분 변경
6. 최초에 인정된 핏업(Fit-up) 간격을 초과하는 핏업 간격의 증가
7. 받침의 추가
8. 용접된 부위에서의 스터드 공칭 치수 또는 형상의 변경
9. 스터드 용접에서 페룰(Ferrule) 또는 플럭스와 같은 차폐의 변경
10. 규정된 루트간격의 변경
11. 비금속 리테이너 또는 비용융금속 리테이너의 추가 또는 제거
12. 제품에 적용될 이음의 형상이 다음과 같이 변경될 경우에는 용접절차 인정시험을 다시 실시하여야 한다. 다만, 파이프(또는 튜브) 간의 이음은 파이프(또는 튜브)와 다른 형상과의 이음을 인정시험에 사용할 수 있고, 솔리드봉(Solid round)간의 이음은 솔리드봉과 다른 형상과의 이음을 인정시험에 사용할 수 있다.
    가. 이음 될 면의 평면을 회전축에 대하여 측정한 각도에서 ±10° 를 초과하는 변경
    나. 용접 이음부의 단면적이 10 %를 초과하는 변경
    다. 조립품의 원형 용접 접촉면의 바깥 지름이 ±10 %를 초과하는 변경
    라. 위의 '나'와 상관없이 이음부의 단면이 솔리드 단면에서 관형 단면으로 변경 또는 그 반대의 변경

관 련 근 거

13. 스폿 용접에서 프로젝션 용접 및 심 용접으로 변경 또는 그 반대의 변경
14. 용접 간격이 서로의 두 지름 내에 있을때 그 간격의 10 %를 초과하는 증가 또는 감소
15. 프로젝션 용접에서의 프로젝션의 치수 또는 형상 변경
16. 내식 또는 표면경화 용접금속 육성의 용접 용융선과 최종 표면 사이의 거리가 그림 3.2-1부터 그림 3.2-5 까지에 의해 인정된 최소두께 이하로 감소. 제품에 사용될 내식 또는 표면경화 용접금속 육성의 최대두께에 대한 제한은 없다.



【주】 (1) 화학분석시험 또는 경도시험이 가공되지 않은 용접된 상태의 표면에서 실시되는 경우, 대략적인 용접경계선에서 가공되지 않은 용접된 상태의 표면까지의 거리는 최소한 인정된 육성 두께 이상이어야 한다. 화학분석시험은 가공되지 않은 용접된 상태의 표면에서 직접 실시되거나 가공되지 않은 용접된 상태의 표면으로부터 채취한 시험편에서 실시되어야 된다.

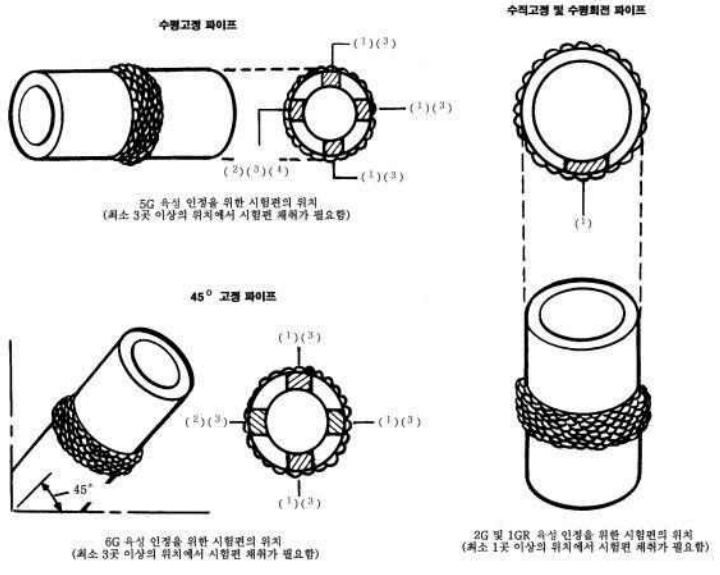
(2) 화학분석시험 또는 경도시험이 가공되지 않은 용접된 상태의 표면을 가공한 후 실시되는 경우, 대략적인 용접경계선에서 가공된 표면까지의 거리는 최소한 인정된 육성 두께 이상이어야 한다. 화학분석시험은 가공된 표면에서 직접 실시되거나 가공된 표면으로부터 채취한 시험편에서 실시되어야 된다.

(3) 화학분석시험이 수평구멍으로부터 채취한 시료에서 실시되는 경우, 대략적인 용접경계에서 수평구멍의 최상부까지의 거리는 최소한 인정된 육성 두께 이상이어야 한다. 화학분석시험은 수평구멍에서 채취된 시험편에 대하여 실시되어야 한다.

그림 3.2-1 내식 및 표면경화 육성용접금속 경도 및 화학분석용 시험편

부 록

관 련 근 거



【주】 (1) 필요한 시험편 채취위치. 화학분석과 경도시험표면위치와 최소인정두께는 그림 940-55을 참조한다.

(2) 파이프 용접절차 인정용 시험재에서의 원주방향 표면경화 용접금속에 대한 시험은 규정된 화학분석, 경도 및 매크로 에칭시험을 실시하기 위하여 제작된 한 개의 절단재(수직상진자세로 완료)로 제한된다. 수직, 하향자세에서 수직상향자세로 변경(그 반대의 변경은 제외)할 경우에는 시험편를 채취하여야 한다.

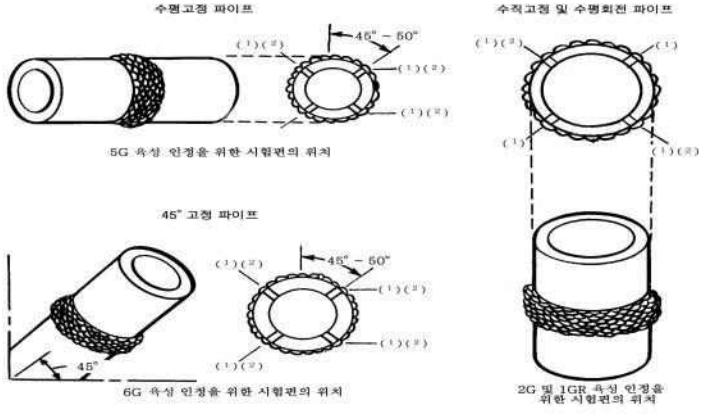
(3) 시험편의 위치는 그림 940-23 및 그림 3.2-6의 경사자세에 대한 요건을 따라야 한다.

(4) 육성 용접이 기계 또는 자동용접으로 실시되고 인접한 용접비드의 수직 진행방향이 교체되는 층의 방향과 반대인 경우, 한 개의 수직 용접부에 대한 화학분석시험 또는 경도시험만을 실시할 수 있다. 인정은 용접에서 회전 용접방법의 층 방향전환이 요구되는 경우에만 제한된다.

【비고】 육성은 파이프의 내부 또는 외부에 실시될 수 있다.

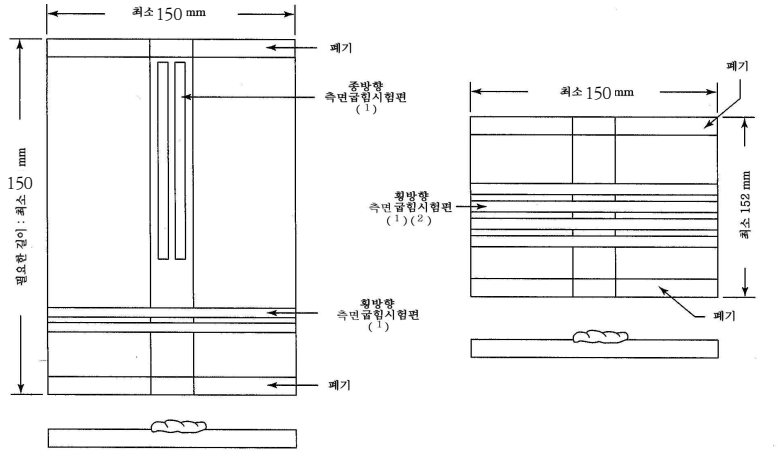
그림 3.2-2 내식 및 표면경화 용접금속 육성에 대한 화학분석용 시험편, 표면경화 용접 금속 육성 경도 및 매크로시험 위치

관 련 근 거



【주】 (1) 요구되는 시험편의 채취위치 – 용접절차시방서의 인정
(2) 요구되는 시험편의 채취위치 – 용접사의 기량인정
【비고】 육성은 파이프의 내부 또는 외부에 실시될 수 있다.

그림 3.2-3 파이프 굽힘시험편 – 육성 용접금속

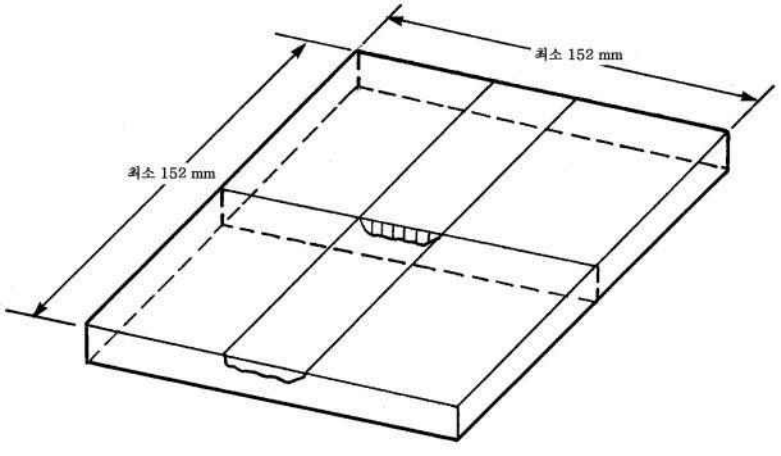


【주】 (1) 요구되는 시험편의 채취위치 – 용접절차시방서의 인정. 각 자세마다 4개의 측면굽힘시험편이 요구된다.
(2) 요구되는 시험편의 채취위치 – 용접사의 기량인정. 각 자세마다 2개의 측면굽힘시험편이 요구된다.

그림 3.2-4 파이프 굽힘시험편 – 육성 용접금속

부 록

관 련 근 거

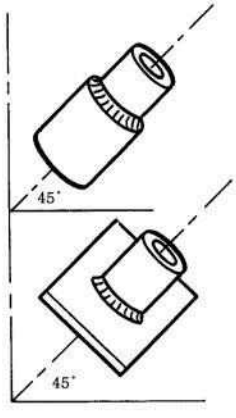


【비고】 1. 요구되는 시험편의 채취위치. 각 자세마다 하나의 시험편이 요구된다. 화학분석과 경도시험표면 위치와 최소인정두께는 그림 940-55을 참조한다.

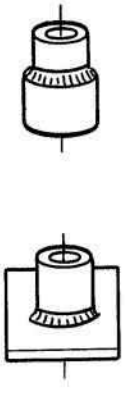
2. 수직상향자세에서 수직하향자세로 변경 또는 그 반대의 경우에는 시험편 채취가 요구 된다.

그림 3.2-5 판의 매크로시험, 경도시험 및 화학성분분석용 시험편 - 내식 및 표면 경화 육성 용접금속

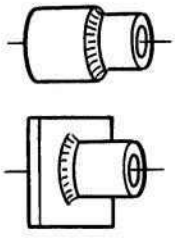
관 련 근 거



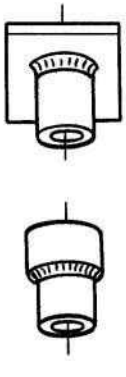
a) 아래보기경사(1F)(회전)



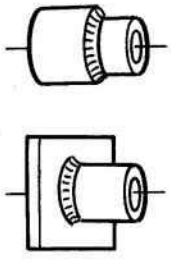
b) 수평(2F)



c) 수평(2FR)(회전)



d) 위보기(4F)



e) 복합(5F)

그림 3.2-6 파이프의 필릿용접-시험자세

17. 제품의 용융분사 표면경화 육성 두께가 용접절차 인정시험재의 용착두께를 초과하는 두께의 증가

18. 겹치기이음의 경우에는 다음의 추가변수를 적용하여야 한다.
    가. 겹쳐진 재료의 가장자리까지의 거리가 10 %를 초과하는 변경
    나. 겹치기 이음부의 면적이 10 %를 초과하는 변경

부록

관 련 근 거

다. 재료의 층 수 변경

라. 금속-금속 경계면에 대한 표면처리 방법의 변경

19. 원통형 단면에 대하여 공칭지름 또는 공칭두께의 변화, 또는 모든 비원통형 단면들에 대하여 인정된 단면적을 초과하는 총 단면적의 증가

20. 결합 형상의 변경

21. 최소 내부 플래쉬에 사용된 방법이나 장비의 변경

22. 최종 마감부 처리방법의 변경

23. 두께 38 ㎜ 미만의 시험재에 대한 용접부 뒷면에 냉각매질(물, 가스 등)의 추가. 용접부 뒷면에 냉각매질이 있는 두께 38 ㎜ 미만의 시험재에 대한 인정은 냉각재유무에 관계없이 시험재 두께보다 크거나 같은 모재 두께를 인정한다.

24. 루트면에서 냉각 매질(물, 가스)이 있는, 즉 한쪽면에서 용접된 시험재의 용접 인정은 시험재의 두께 또는 13 ㎜ 보다 작은 것은 모두 냉각 매질을 가지는 모재의 두께를 인정한다.

모재(3)

1. 부록 3.1의 '1'과 '2' 임의의 한 P-No.에 속하는 모재에서 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.

2. 인정되는 최대두께는 시험재의 두께이다

3.

가. 받침이 없는 완전용입 한쪽면 용접부에 대해, 용입의 측정이 육안 또는 기계적 방법으로 가능한 경우, 시험재 두께가 25 ㎜ (1 in.)이하일 때 모재두께가 시험재 두께와 20 %이상 다른

관 련 근 거

경우 및 시험재 두께가 25 ㎜(1 in.)를 초과할 때 모재두께가 시험재 두께와 10 %이상 다른 경우 모두 재인정이 필요하다. 용입의 측정이 불가능한 경우, 시험재 두께가 25 ㎜(1 in)이하일 때 모재두께가 시험재두께와 10 % 이상 다른 경우 및 시험재 두께가 25 ㎜(1 in.)를 초과할 때 모재두께가 시험재 두께와 5 % 이상 다른 경우, 모두 재인정이 필요하다.

나. 받침이 있는 완전용입 한쪽면 용접부 및 부분용입 용접부에 대해, 인정되는 최소 모재두께는 절차인정기록서 시험쿠폰에서 이용되는 모재두께와 동일해야 한다. 인정되는 용입깊이는 절차인정기록서 시험쿠폰에서 측정된 용입깊이 이상이어야 한다.

4. 용접절차는 제품에 사용될 모재와 같은 종류이거나 같은 등급 혹은 같은 그룹으로 부록 3.1의 '1'과 '2'에 규정된 다른 모재를 사용하여 인정되어야 한다. 서로 다른 두 그룹의 모재로 용접될 경우, 비록 용접절차 인정시험이 각각의 두 모재에 대하여 실시되었더라도 용접절차 인정은 사용될 모재의 조합에 대하여 실시되어야 한다.

5. 용접절차는 다음중 하나에 따라 인정되어야 한다.

가. 생산에 사용되는 자재와 같은 모재(종류와 등급포함)를 사용.

나. 철금속일 경우, 생산 용접에 사용되어지는 모재로서 부록 3.1의 '1'과 '2'에 있는 P-No. Gr.-No.에 규정된 모재

다. 비철금속일 경우, 생산 용접에서 사용된 모재와 같은 부록 3.1의 '1'과 '2'에 있는 같은 P-No. UNS-No.에 규정된 모재

부록 3.1의 '1'과 '2'에 있는 철 금속에 대한 용접 절차 인정은 각각의 두 모재 자체에 대하여 행하여 졌다 하여도 모재 각각의 P No. Group No. 조합으로 행하여야 한다. 만약 두 개 또는 그 이상의 인정 기록이 모재가 동일한 P-No.이지만, Gr-No.가 다른 경우를 제외하고, 필수 및 추가 필수 변수와 같아야 하며 모재의 조합은 또한 인정되어야 한다. 추가적으로, 두 개의 다른 P-No. Gr-No.의 모재를 한 개의 조합된 시험재로 인정하는

부 록

관 련 근 거

경우, 그 시험재의 인정은 인정된 변수를 사용하여 서로 다른 Gr.-No.에 속하는 모재들간의 용접 및 P-No. Gr-No.에 속하는 모재들 간의 용접을 인정하는 것이다. 만약, 다른 규격에서 열영향부에 대한 충격시험을 요구하지 않는다면 이 변수는 적용되지 않는다.

6. 인정되는 모재의 최소두께는 시험재의 두께 T 또는 16 ㎜ 중 작은 값이다. 다만, T가 6 ㎜ 미만인 경우, 인정되는 최소두께는 ½T 이다. 이 변수는 상부 변태온도 이상에서 용접후열처리 되는 용접절차 시방서가 인정되는 경우 또는 오스테나이트계 또는 P-No. 10H의 재료가 용접 후에 고용화 풀림 처리되는 경우에는 이 제한 요건을 적용하지 않는다.

7. SMAW, SAW, GTAW 및 GMAW이 다층 용접인 경우, 표 940-1 (그루브 용접부 인장시험 및 횡굽힘시험)의 시험재 두께 T가 38 ㎜ 이상일 때에 인정되는 최대두께는 200 ㎜이다. 두께가 200 ㎜를 초과하는 경우에는 인정되는 모재와 용착 금속의 최대두께를 1.33T 또는 1.33t로 한다.

8. 표 940-1(그루브 용접부 인장시험 및 횡굽힘시험), 표 940-2 (그루브 용접부 인장시험 및 세로 굽힘시험)및 표 940-3(필릿 용접부 시험)에서 인정되는 범위를 초과하는 모재 두께의 변경. 다만, 940.1.1.9의 1의 '가'에서 다르게 허용하는 경우는 제외한다.

9. 임의의 층이 13 ㎜보다 더 크게 단층 또는 다층 용접된 경우, 인정 시험재의 두께 1.1배를 초과하는 모재 두께의 증가

10. 가스메탈아크용접의 단락아크 이행방식에서 인정시험재 두께가 13 ㎜ 미만인 경우에 인정시험재 두께의 1.1배를 초과하는 두께의 증가. 그러나, 인정시험재 두께가 13 ㎜ 이상인 경우에는 표 940-1 (그루브 용접부 인장시험 및 횡굽힘시험), 표 940-2 (그루브 용접부 인장시험 및 세로 굽힘시험)를 적용한다.

관 련 근 거

11. 용접절차시방서에 명시된 모재는 940.1.1.6의 5의 '가'에 적합한 모재를 사용하여 제작한 용접절차 인정시험재에 의해서 인정되어야 한다.

12. 부록 3.1의 '1'과 '2' 의 임의의 한 P-No.에 속하는 모재에서 다른 P-No.에 속하는 모재로 변경. 서로 다른 P-No.의 두 모재를 용접할 경우, 비록 두 모재가 동일한 용접절차를 사용하여 각각 인정되었더라도 재인정을 받아야 한다. 멜트인(Melt-in) 기법을 P-No. 1, P-No. 3, P-No. 4 및 P-No. 5A의 접합에 사용할 경우, 이중 한 개의 P-No. 금속에 대한 용접절차 인정시험은 더 낮은 P-No. 금속간의 용접에 대하여 인정할 수 있으나, 그 반대의 경우에는 인정되지 않는다.

13. 레이저빔용접 및 전자빔용접에 대한 용접절차는 제품에 사용될 모재와 같은 종류 또는 등급 혹은 같은 P-No.(그리고 규정된 같은 Gr.-No. 부록 3.1의 '1'과 '2' 에 규정된 다른 모재를 사용하여 인정하여야 한다. 서로 다른 P-No.(또는 서로 다른 Gr.-No.)의 두 모재를 용접할 경우, 용접절차 인정시험이 비록 용접되어질 두 모재에 대하여 각각 실시되었더라도 용접절차 인정은 실제 적용되는 모재의 조합에 대하여 실시되어야 한다.

14. 940.1.1.10의 1의 '가'에 인정된 범위에서 파이프 직경의 변경, 다만 ASME SEC. IX QW-303.1, QW-303.2, QW-381(c) 또는 QW-382(c)에서 허용하는 것은 제외한다.

15. 스터드용접의 경우에 부록 3.1의 '1'과 '2' 의 P-No. 변경, 아래 (주)에 규정된 스터드금속 P-No. 변경 또는 임의의 다른 모재/스터드 금속 조합에서의 모재 조합 변경
(주) 스터드 금속은 공칭 화학성분에 따라 분류하여야 하고, 만약 P-No. 금속 중에서 임의의 한 재료의 공칭 성분을 만족할 경우에는 그 P-No.를 지정할 수 있다.

부 록

관 련 근 거

16. 임의의 한 P-No.에서 다른 P-No. 또는 부록 3.1의 '1'과 '2' 에 명시되지 않은 모재로 변경.

17. 같은 모재의 종류 또는 등급(종류 또는 등급은 비록 제품형태가 다르더라도 공칭화학분석 및 기계적 성질의 범위가 같은 재료들을 말한다)에 속하는 다른 모재의 변경 혹은 임의의 다른 모재 종류 또는 등급으로 변경. 종류 또는 등급이 서로 다른 두 모재를 용접할 경우, 비록 용접절차 인정시험이 두 모재 각각에 대하여 실시되었더라도 용접절차 인정은 실제 적용되는 모재의 조합에 대하여 실시되어야 한다.

18. 부록 3.1의 '1'과 '2' P-No.에 속하는 모재에서 다른 P-No.에 속하는 모재 또는 임의의 다른 모재로 변경. P-No. 10 또는 P-No. 11의 하위 그룹 모재에서 다른 그룹 모재로 변경

19. 도장, 도금 또는 클래딩의 추가 혹은 제거, 도금 또는 클래딩의 공칭화학분석 혹은 두께범위의 변경, 용접절차시방서에 규정된 도장 종류의 변경

20. 인정된 전체 이음의 두께 10 %를 초과하는 모재 두께의 변경

21. 표면경화에서 인정된 범위를 벗어나는 모재 두께 변경

22. 모재의 규격, 등급, 유형의 변경. 서로 다른 두개의 모재사이에 이음이 만들어질 경우, 비록 절차시방서가 두개의 모재에 각각 절차인정이 되었을지라도 절차시방서는 적절한 조합을 통해 인정이 되어야 한다.

23. 접절차서 인정은 템퍼비드 용접될 모재와 동일한 P-No. 및 Gr-No.를 가지는 모재를 이용하여 행하여야 한다. 두개의 서로 다른 P-No./Gr-No.의 조합 모재에 대해 생산용접에서 사용될 P-No./Gr-No. 각 모재에 대해 각각의 템퍼비드 절차인정이 이루어져야 한다; 이것은 별도의 시험재에 수행하거나 혹은 하나의 시험재를 조합하여 수행해도 된다. 서로 다른 P-No./Gr-No.의 모재가 동일한 시험재로 시험될 때 시험재 각 면에서의 사용된 용접변수 및 시험결과는

관 련 근 거

독립적으로 문서화되어야 하지만 동일한 인정기록으로 보고될 수 있다. 템퍼비드 용접이 이음의 한쪽 면에만 적용되는 경우 (예를 들어, P-No. 1 및 P-No. 8 금속간 이음에서 P-No. 1에만 적용되는 경우) 또는 클래딩이 적용되거나 템퍼비드 기법을 이용하여 클래딩이 보수되는 경우 템퍼비드 용접될 재료에 적용하는 용접절차시방서의 일부분에 대해서만 템퍼비드 용접에 따른 인정이 요구된다.

24. 아래의 공식을 사용한 모재의 탄소당량 증가

$$CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{\ni + Cu}{15}$$

25. 인정된 최대두께는 시험재 두께이거나 만약 시험재의 두께가 38 ㎜ 이거나 더 두껍다면, 최대두께는 무제한이다. 그런데 T가 6 ㎜거나 미만이면, 인정된 최대두께는 2T이다. 이 제한은 그루브 용접뿐만 아니라 필릿 용접에도 적용된다.

용가재(4)

1. 추가되는 용가재(버터링은 제외)의 단면적 변경 또는 와이어 송급 속도가 인정된 범위 10 %를 초과하는 변경
2. 인정된 범위를 벗어난 버터링 용접금속의 두께 감소 또는 규정된 공칭 화학분석의 변경(버터링 또는 표면피복 용접이란 최종 전자빔 용접을 위하여 이음부를 준비하기 전에 이음부의 한면 또는 양쪽면에 용접금속을 용착하는 것이다)
3. 용가재 치수의 변경
4. 부록 3.1의 '4'에 명시된 임의의 한 F-No.에서 다른 F-No.로 변경 또는 부록 3.1의 '4'에 명시되지 않은 다른 용가재로 변경
5. 부록 3.1의 '8'에 명시된 임의의 한 A-No.에서 다른 A-No.로 용착 금속의 화학적 성분이 변경되는 것. A-No.1에 대한 인정은 A-No.2에 대하여 인정하는 것이고, 그 반대의 경우도 해당된다.

부 록

관 련 근 거

용접금속의 화학적 성분은 다음의 요건에 따라 결정될 수 있다.

가. 모든 용접법의 경우 : 용접절차 인정시험재에서 채취한 용착금속의 화학적 분석으로 부터

나. SMAW, GTAW 및 PAW의 경우 : 용가재 규격에 따라서 제작한 용착금속의 화학적 분석으로 부터, 혹은 용가재 규격서 또는 제조자/공급자의 인증서에 보고된 화학적 성분으로 부터

다. GMAW 및 EGW의 경우 : 용가재 규격에 따라서 제작한 용착금속의 화학적 분석으로 부터, 혹은 사용된 차폐가스가 용접절차 인정시험재의 용접에 사용된 차폐가스와 같은 경우에는 제조자/공급자의 인증서에 보고된 화학적 성분으로부터

라. SAW의 경우 : 용가재 규격서에 따라서 제작한 용착금속의 화학적 분석으로 부터, 혹은 사용된 플럭스가 용접절차 인정시험재의 용접에 사용된 플럭스와 같은 경우에는 제조자/공급자의 인증서에 보고된 화학적 성분으로부터 A-No. 표시 대신에 용착금속의 공칭 화학성분을 용접절차시방서 및 절차인정기록서에 표시하여야 한다. 공칭 화학성분의 표시는 AWS 분류(있는 경우), 제조자 상표 표시 또는 다르게 작성된 구매문서를 참조할 수 있다.

6. 용접절차시방서에 규정된 전극의 공칭 치수 변경

7. 전극의 공칭 지름이 6 ㎜를 초과하는 변경. 이 변수는 상부 변태온도 이상에서 용접후열처리를 하는 용접절차시방서가 인정될 경우 또는 오스테나이트계 재료가 용접 후 고용화 어닐링처리될 경우에는 이 제한 요건을 적용하지 않는다.

8. 인정된 범위를 벗어나는 추가 탈산재료(용가재에 추가하는 것)의 공칭량 또는 성분의 추가, 제거 또는 변경(이러한 추가 금속은 용접될 모재의 용접금속 탈산을 위하여 요구될 수 있다)

9.

가. 플럭스와 와이어의 조합이 관련규격(또는 Section Ⅱ, Part C)에 분류되어 있는 경우, 최소인장강도(F7A2-EM12K에서 7 등)의 표시 변경

관 련 근 거

나. 플럭스 및 와이어 모두가 관련규격(또는 Section Ⅱ, Part C)에 분류되어 있지 않은 경우, 플럭스 상표명 또는 와이어 상표명의 변경

다. 와이어는 관련규격(또는 Section Ⅱ, Part C)에 분류되어 있으나 플럭스는 분류되어 있지 않은 경우, 플럭스 상표명의 변경. 와이어 분류의 변경은 '5'의 요건에 따라 재인정을 받을 필요는 없다.

라. A-8 용착에 대한 플럭스 상표명의 변경

10. 용접금속의 합금성분이 플럭스의 조성에 의해서 크게 영향을 받는 경우, 용접금속의 중요 합금 성분을 용접절차시방서의 규정된 화학적 범위에서 벗어나게 하는 용접 절차의 임의 부분 변경. 만약, 제품의 용접이 용접절차시방서에 따라서 실시되지 않았다는 증거가 있다면, 검사자는 용접금속의 화학적 성분에 대하여 확인을 요구할 수 있다. 이와 같은 확인작업은 제품의 용접부에서 실시되는 것이 바람직하다.

11. SFA 규격내에서 용가재 분류 변경, SFA 규격에 없는 용가재로 변경, 또는 SFA 규격에 없는 용가재에서 SFA 규격에 없는 다른 용가재로 변경, SFA 규격내에서 용가재 분류에 적합한 경우에는 다음의 요건에 따라 변경되더라도 재인정을 받을 필요없다.

가. 내수분성으로 표시된 용가재에서 내수분성으로 표시되지 않은 용가재로 변경, 그리고 그 반대의 변경 (보기 : E7018R에서 E7018로 변경 등)

나. 임의의 확산성 수소 레벨에서 다른 확산성 수소 레벨로 변경 (보기 : E7018-H8에서 E7018-H16으로 변경).

다. 동일한 인장강도 및 공칭 화학성분을 가지는 탄소강, 저합금강 및 스테인리스강용 용가재의 경우, 임의의 저수소 피복형에서 다른 저수소 피복형으로 변경(보기 : EXX15, EXX16, EXX18 또는 EXXX15, EXXX16, EXXX17 분류 간의 변경)

라. 플럭스코어드 용접봉의 경우, 이용할 수 있는 임의의 자세에서 다른 자세로 변경(보기 : E70T-1에서 E71T-1로 변경, 또는 그 반대의 변경)

부 록

관 련 근 거

마. 인성시험을 요구하는 임의의 한 분류에서 용접절차 인정 중에 사용된 분류와 비교할 경우에 인성시험이 더 낮은 온도에서 실시되었다는 것을 나타내는 기호 또는 요구되는 온도에서 더 큰 인성값을 나타내는 기호를 가지는 동일 분류로 변경(보기 : E7018에서 E7018-1로 변경)

바. 다른 규격에 의해서 용접금속의 인성시험이 면제된 경우, 인정된 용가재에서 동일한 SFA 규격 범위내의 다른 용가재로 변경. 표면경화 및 내식 육성은 이 면제요건에 해당되지 않는다.

12. 용가재의 제거 또는 추가

13. 부록 3.1의 '4'의 F-No.에서 다른 F-No.

14. 플럭스의 종류 또는 성분 변경

15. 와이어 전극에서 판 전극으로 변경, 그리고 그 반대의 변경

16. 소모성 가이드에서 비소모성 가이드로 변경, 그리고 그 반대의 변경

17. 미리 설치한 심(Shim), 탑 스트립, 와이어, 와이어 송급 혹은 한쪽 또는 양쪽 이음면의 사전 용접금속 버터링과 같이 용가재를 추가하는 방법의 변경

18. 용가재를 추가하는 경우, 인정된 용가재의 규정된 공칭 분석 방법의 변경

19. 소모성 삽입물의 생략 또는 추가. 소모성 삽입물의 사용 여부와 상관없이 한면 맞대기용접 이음부의 인정은 필릿용접과 받침있는 한면 맞대기용접 이음부 또는 양면 맞대기용접 이음부에 대하여 인정하는 것이다. SFA-5.30(다만, 삽입물의 화학적 분석이 임의의 SFA 규격 또는 AWS 분류에 명시된 무피복와이어의 분석에 적합한 것은 제외한다)에 적합한 소모성 삽입물은 부록 3.1의 '4'에 규정된 무피복와이어와 같은 동일한 F-No.로 간주하여야 한다.

20. 다음의 한 용가재 제품형태 중에서 다른 하나의 제품 형태로 변경되는 경우

관 련 근 거

가. 플럭스 코어드(Flux cored)
나. 무피복(솔리드) 또는 메탈 코어드(Metal cored)
다. 분말
라. 플럭스 코우티드 솔리드 또는 메탈코어드

21. 추가 용가재의 부피가 10 %를 초과하는 변경, 제거 또는 추가되는 것
22. 용접금속의 합금성분이 추가 용가재(PAW용 분말 용가재 포함)의 조성에 의해서 크게 영향을 받는 경우, 용접금속의 중요 합금성분을 용접절차시방서에 주어진 화학적 범위에서 벗어나게 하는 용접절차의 임의 부분 변경
23. 플럭스 상표명 및 표시의 변경
24. 940.1.1.10 및 940.1.1.11에서 인정된 범위를 벗어나는 용착 용접금속의 두께 변경. 다만, QW-303.1 및 QW-303.2에서 인정되는 것은 제외한다. 용접사가 방사선투과검사에 따라 인정된 경우에는 940.1.1.10의 1의 '가' 두께 범위를 적용한다.
25. 인정되는 최대두께는 시험재의 두께임
26. 저전압 단락 형식의 가스메탈아크용접에서 용착 용접금속의 두께가 13 ㎜ 미만일 경우에는 인정시험 용착 용접금속 두께의 1.1배를 초과하는 용착 용접금속 두께의 증가. 용착 용접금속 두께가 13 ㎜ 이상인 경우에는 표 940-1(그루브 용접부 인장시험 및 횡굽힘시험), 표 940-2 (그루브 용접부 인장시험 및 세로 굽힘시험)를 적용한다.
27. SFA 규격내에서의 용가재 분류 변경, 또는 SFA 규격내에서 용가재 분류에 적합하지 않은 경우에 용가재에 대한 제조자 상표명의 변경. 내수분(예 : XXXXR), 확산성수소(예 : XXXX, H16, H8 등) 및 추가 인성시험(예 : XXXX-1 또는 EXXXXM)과 같은 추가 지정 선택권이 용접절차시방서에 규정되어 있는 경우, 용접절차시방서에 규정된 추가 지정 선택권의 분류조건에 적합한 용가재만을 사용하여야 한다.

관 련 근 거

28. P-No.1 재료에 다층 용착을 한 경우, 플럭스 종류의 변경(예 : 중성에서 활성으로 변경 또는 그 반대의 변경)

29. 플럭스-와이어 분류의 변경, 혹은 SFA 규격에 플럭스-와이어 조합이 규정되지 않은 경우에 전극봉 또는플럭스 상표명 중 어느 하나가 변경되는 경우. 와이어-플럭스 조합이 SFA 규격에 적합하고 분류의 변경이 다음과 같은 경우 재인정을 받을 필요는 없다.
    가. 확산성 수소 레벨이 다른 레벨로 변경되는 경우(예: F7A2-EA1-A1-H4에서 F7A2-EA1-A1-H16으로 변경)
    나. 더 낮은 인성시험 온도에서 분류를 나타내는 인성 지표에서 더 큰 수 까지(예: F7A2-EM12K에서 F7A4-EM12K으로)
    다른 규격에 의해서 용접금속의 인성시험이 면제된 경우에는 이 변수를 적용하지 않는다. 표면경화 및 내식 육성은 이 면제 요건에 해당되지 않는다.

30. 재분쇄된 슬래그로 제작된 플럭스를 사용할 경우, SFA-5.01에서 규정된 것과 같은 각 배치(Batch) 또는 블랜드(Blend)는 제조자 또는 사용자에 의해서 관련규격 또는 Section II, Part C에 따라 시험되거나, 또는 '9'에 따라 미분류된 플럭스로 인정되어야 한다.

31. 용착 금속성분이 부록 3.1의 '8'의 한 A-No.에서 다른 A-No. 또는 이 조항에 명시되어 있지 않는 분석값으로 변경되는 경우. 부록 3.1의 '8'의 A-8 또는 A-9 분석에 대한 각 용접재료 분류(AWS classification)에 대한 UNS 번호의 변경 혹은 부록 3.1의 '4'의 각 비철합금의 경우에는 용접절차시방서를 별도로 인정하여야 한다. A-No.는 '5'에 따라서 결정될 수 있다.

32. 용착의 초층에 사용된 공칭 전극지름의 변경

33. SAW 및 ESW의 경우, 사용되는 플럭스의 공칭 성분 또는 종류의 변경. 플럭스의 입자크기 변경의 경우에는 재인정을 받을 필요는 없다.

관 련 근 거

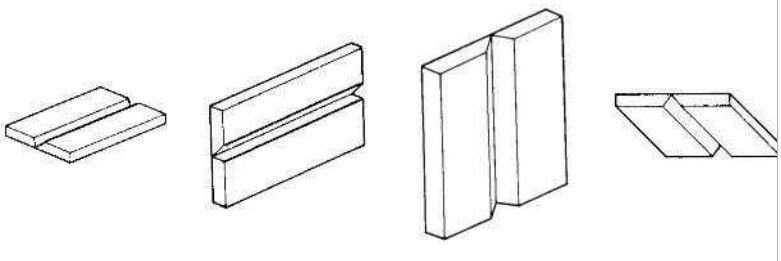
34. 절차인정기록서에 기록된 분말금속 송급속도의 10 %를 초과하는 변경
35. 분말의 입자크기 범위가 5 %를 초과하는 변경
36. 절차인정기록서에 기록된 분말금속 입자크기의 범위 변경
37. 균일한 분말금속에서 기계적 혼합분말 금속으로 변경 또는 그 반대의 변경
38. 용가재의 형태가 고체형태에서 가공된 와이어, 플럭스함유와이어 또는 분말금속으로 변경 혹은 그 반대의 변경
39. 인정된 분말 송급속도의 범위 변경
40. 용가재 크기 또는 분말금속 입자크기의 10 %를 초과하는 변경
41. 분말금속 밀도가 10 %를 초과하는 변경
42. 용가재 또는 분말금속 송급속도가 10 %를 초과하는 변경
43. 용접 용입에 영향을 줄 목적으로 용접면에 플럭스를 추가 또는 제거하는 경우
44. SMAW와 GMAW-FC전극 저장과 분배, SAW에 플럭스에서 습기 제거의 조절방법.(예, 밀폐용기 구매, 가열된 오븐에 저장, 분배시간 조절, 사용 전 높은 온도)
45. 확산성 수소 지정치의 증가(E7018-H8에서 E7018-H16으로) 또는 비확산성 수소 지정치로의 변경

자세(5)

1. 이미 인정된 용접자세 이외의 용접자세 추가. 그림 3.2-7, 그림 3.2-8 참조.

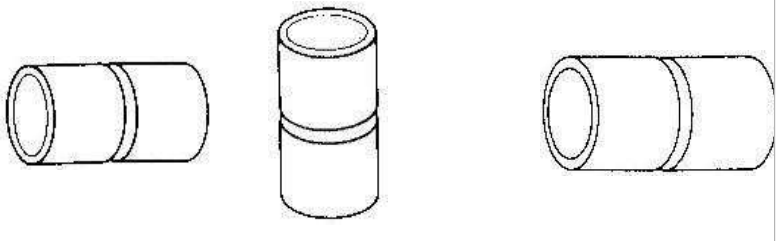
부 록

관 련 근 거



a) 아래보기(1G) b) 수평(2G) c) 수직(3G) d) 위보기(4G)

그림 3.2-7 판의 그루브 용접 – 시험자세



a) 아래보기(1G)(회전) b) 수평(2G) c) 복합(5G)

그림 3.2-8 파이프의 그루브 용접 – 시험자세

2. 수직용접부의 임의 층에 대한 진행자세가 상진에서 하진으로 또는 하진에서 상진으로 변경하는 것. 다만, 커버(Cover) 또는 워시(Wash) 층이 상진 또는 하진을 하는 경우에는 제외된다. 반대측 용접을 준비하기 위해 건전한 용접금속이 나올 때까지 루트층을 제거하는 경우, 루트층은 상진 또는 하진을 할 수 있다.

3. 이미 인정된 용접자세 이외의 용접자세의 추가. 단, 다음에 규정된 자세는 제외한다.

관 련 근 거

가. 수평, 수직 또는 위보기자세에서의 인정은 아래보기자세에 대해서도 인정하는 것이다. 수평고정자세(5G)에서의 인정은 아래보기, 수직 및 위보기자세에 대하여 인정하는 것이다. 경사고정자세(6G)에서의 인정은 모든 자세에 대하여 인정하는 것이다.

나. 특정방향에서 제품용접을 실시하는 제작자는 이 특정방향으로 용접절차 인정을 위한 시험을 실시할 수 있다. 이러한 인정은 단지 실제 시험된 자세에 대해서만 유효하다. 다만, 그림1에 규정된 것과 같이 용접축의 경사각 및 용접면의 회전각은 ±15°의 허용오차를 갖는다 시험편은 각 특정방향의 시험재에서 채취되어야 한다.

다. 표면경화 부식방지 용접재 육성의 경우, 3G, 5G 또는 6G 자세의 인정은 모든 자세에 대하여 인정하는 것이다. 또한, 5G 또는 6G 자세의 파이프 시험재는 상진자세로 제작된 최소 한 개 이상의 수직부분을 포함하여야 하고, 3G 판 시험재는 상진자세로 제작되어야 한다. 표면경화표에 규정된 화학적분석, 경도 및 매크로 에칭, 적어도 두개의 굽힘시험은 그림 3.2-2에 명시된 것과 같이 수직 상진자세 단독으로 제작된 부분의 결과에 따라 인정될 수 있다.

라. 수직 하진자세에서 수직 상진자세로 변경할 때에는 재인정을 받아야 한다.

예열(6)

1. 인정된 예열온도에서 예열온도의 감소가 55 ℃를 초과하는 경우 용접절차시방서에는 최소온도에 대한 규정이 명시되어 있어야 한다.
2. 용접완료 후 열처리 전에 요구되는 예열의 유지 또는 감소에 관한 조건 변경

부록

관 련 근 거

3. 절차인정기록서에 기록된 층간 최대온도가 55 ℃를 초과하는 온도 증가. 이 변수는 상부 변태온도 이상에서 용접후열처리 되는 용접절차시방서가 인정되는 경우 또는 오스테나이트계 또는 P-No. 10H 재료가 용접 후에 고용화 풀림 처리될 경우에는 이 제한 요건을 적용하지 않는다.
4. 인정된 예열온도에서 55 ℃를 초과하는 예열온도의 감소 또는 절차인정기록서에 기록된 층간 최대온도의 증가. 용접에 관한 최소온도는 용접절차시방서에 규정되어 있어야 한다.
5. 분사 완료 후 용융 전에 요구되는 예열의 유지 또는 감소에 관한 조건 변경
6. 인정된 예열 주기의 수 및 진폭이 10 %를 초과하는 변경 또는 기타 예열 방법이 제공된다면 15 ℃이상의 예열 온도에서의 변경
7. 절차인정기록서에 기록되고, 시험재에 합격된 예열온도 감소
8. 용접시작 전에 최소예열유지시간
9. 용접 후 수소 건조 추가 또는 제거. 최소예열 온도와 유지시간 명시가 필요한 경우에는 이를 명시하여야 한다.

용접후열처리(7)

1. 다음에 대한 각각의 용접절차는 인정되어야 한다.
   가. P-No. 1 ~ P-No. 6 및 P-No. 9 ~P-No. 15F 재료의 경우에는 다음의 용접후열처리 조건을 적용한다.
      1) 용접후열처리 없음
      2) 하부 변태온도보다 낮은 온도에서의 용접후열처리
      3) 상부 변태온도보다 높은 온도에서의 용접후열처리(예 : 노멀라이징)

관 련 근 거

4) 상부 변태온도보다 높은 온도에서 용접후열처리 이후 하부 변태온도보다 낮은 온도에서 열처리(예 : 노멀라이징 또는 퀜칭 후 템퍼링)

5) 상부 변태온도와 하부 변태온도 사이 온도에서의 용접후열처리

나. 기타 모든 재료의 경우에는 다음 용접후열처리 조건을 적용한다.

1) 용접후열처리 없음

2) 규정된 온도범위내에서의 용접후열처리

2. 용접후열처리 온도 범위('1' 참조) 및 시간 범위의 변경
용접절차 인정시험은 제품 용접제작에 실시하는 것과 동등한 용접후열처리를 실시하여야 하고 그 온도에서 최소한 전체 시간의 80 % 이상을 유지하여야 한다. 그 온도에서의 총 용접후열처리 유지시간은 1회의 가열주기로 이용될 수 있다.

3. '1'에 규정된 용접후열처리 조건의 변경 또는 용접후열처리 온도에서 총 시간이 25 % 이상 증가하는 경우

4. 용융 후에 열처리를 할 경우, 인정된 열처리 온도 범위의 변경

5. 아래의 각 조건하에서는 각각의 절차인정기록서를 만들어야 한다.
가. 용접후열처리가 없는 경우
나. 용접 중 용접후열처리 주기가 10 %를 초과하는 변경
다. 만약 열처리가 용접작업과 별개로 실시될 경우 정해진 온도와 시간의 범위 안에서 용접후열처리

6. 다음에 대해서 별도의 절차인정이 요구된다.
가. 모든 모재금속 위에 A-No.8의 내식성 살붙이기 용접에 대해서는, '1'의 용접후열처리 조건의 변화, 또는 제작에서 당면하는 용접후열처리에서 총 시간이 20 시간을 초과할 때, 용접후열처리온도에서 총 시간에서 25 % 이상의 증가
나. 모든 모재금속 위에 A-No. 9의 내식성 살붙이기 용접에 대해서는, '1'의 용접후열처리 조건의 변화, 또는 용접후열처리온도에서 총 시간에서 25 % 이상의 증가

부 록

관 련 근 거

다. 모든 모재금속 위에 모든 기타 내식성 살붙이기 용접에 대해서는, '1'의 용접후열처리 조건의 변화

가스(8)

1. 트레일링(Trailing) 가스의 추가 또는 제거 혹은 그 성분의 변경
2. 다음에 대한 각각의 용접절차는 인정되어야 한다.
   가. 임의의 단일 차폐가스에서 다른 단일 차폐가스로 변경
   나. 임의의 단일 차폐가스에서 혼합 차폐가스로 변경 또는 그 반대의 경우
   다. 혼합 차폐가스의 규정된 성분(%)의 변경
   라. 차폐가스의 추가 또는 생략
   AWS SFA 5.32를 사용하여 차폐가스 성분을 규정할 수 있다.
3. 차폐가스 또는 혼합가스의 규정된 유량 범위 변경
4. 오리피스 및 차폐가스의 성분 변경
5. 백킹가스(Backing gas)의 추가 또는 제거, 백킹가스의 성분 변경 혹은 백킹가스의 규정된 유량 변경
6. 차폐분위기의 변경. 예를 들면, 진공에서 불활성가스로 변경 또는 그 반대의 경우
7. 연료가스의 종류 변경
8. 뒷면 백킹가스(Backing gas)의 생략. 다만, 받침있는 한면 맞대기용접부, 양면 맞대기용접부 또는 필릿용접부를 용접할 경우에는 인정받을 필요는 없다. P-No. 51~P-No. 53, P-No. 61~P-No. 62 및 P-No. 10I 금속의 경우에는 이 제외규정을 적용하지 않는다.
9. P-No. 41~P-No. 49 재료의 그루브 용접과 P-No. 10I, P-No. 10J, P-No. 10K, P-No. 51~P-No. 53, P-No. 61~P-No. 62 재료의 모든 용접의 경우, 뒷면 차폐가스의 제거 또는 뒷면 차폐가스가 불활성가스에서 비불활성가스를 포함한 혼합가스로 변경되는 공칭 조성의 변경

관 련 근 거

10. P-No. 10I, P-No. 10J, P-No. 10K, P-No. 51~P-No. 53, P-No. 61~P-No. 62 재료의 경우에 트레일링 가스의 제거, 트레일링 가스 성분의 변경 또는 트레일링 가스유량이 10 % 이상 감소하는 변경
11. 다음 중 한가지 이상의 가스 추가 또는 제거: 차폐가스, 트레일링 가스, 백킹가스 또는 플라즈마제거가스
12. 다음 중 한가지 이상의 가스유량이 5 %를 초과하는 변경: 차폐가스, 트레일링 가스, 백킹가스 또는 플라즈마제거가스
13. 모재에 대한 플라즈마제거가스의 제트 위치 또는 방향의 변경 (예 : 빔에 대한 동축의 횡방향)
14. 인정된 범위를 벗어나는 산소 또는 연료가스의 압력 변경
15. 절차인정기록서에 기록된 플라즈마아크가스 또는 분말금속공급가스의 유량이 5 %를 초과하는 변경
16. 플라즈마아크가스, 차폐가스 또는 분말금속공급가스의 경우, 단일가스에서 다른 단일가스 또는 혼합가스로 변경 혹은 그 반대의 변경
17. 절차인정기록서에 기록된 플라즈마아크가스, 차폐가스 또는 분말금속공급가스의 가스 혼합성분이 10 %를 초과하는 변경
18. 인정된 분말공급가스 또는 (플라즈마-아크 분사)플라즈마 가스의 공칭 성분 변경
19. 인정된 플라즈마가스의 유량범위가 5 %를 초과하는 변경
20. 오리피스 및 차폐가스의 유량 변경
21. 차폐가스 방법의 경우에 차폐가스의 최대습기용적(이슬점). SFA-5.32에 차폐가스 분류의 규정에 의한 습기조절
22. 티타늄, 지르코늄 및 그들의 합금에 대해서는 다음의 하나 또는 그 이상이 없어질 때
    가. 차폐가스
    나. 배출형 차폐가스
    다. 백킹 가스

부 록

관 련 근 거

23. 가스 차폐 공정에 대해서는 가스의 최대 습분 함량(노점). 습분 관리는 SFA-5.32에 있는 차폐가스 규정을 따를 수 있다.

전기적 특성(9)

1. 인정범위를 벗어나는 입열량의 증가 또는 단위용접길이 당 용접금속 체적의 증가. 이 증가는 비 파형제어용접은 '가', '나' 및 '다'에 의하고 파형 제어 용접은 '나', '다'에 의해서 결정되어야 한다.

   가. 입열량 H (J/㎜) $= \dfrac{\text{전압(볼트)} \times \text{전류(암페어)} \times 60}{\text{용접속도(㎜/분)}}$

   나. 용접금속의 체적

   1) 비드치수의 증가 (폭 x 두께)

   2) 또는 단위용접봉길이 당 용접비드길이의 감소

   입열량 또는 용착금속량 측정에 대한 요건은 용접절차 시방서가 상위상태 변태점 이상에서 후열처리로 인정되었을 경우나 오스테나이트 소재가 용접후에 고용화 풀림처리를 한 경우에는 적용 하지 않는다.

   다. 다음과 같이 순간 에너지 또는 전력을 사용하여 결정한 입열량

   1) Joule(J) 단위의 순간 에너지 측정에 대한 입열량 (J/㎜)

   $= \dfrac{\text{에너지(J)}}{\text{용접 비드 길이(㎜/분)}}$

   2) 초당 줄(J) 또는 W 단위의 순간전력 측정에 대한 입열량

   $= \dfrac{\text{전력(J/s 또는 W)} \times \text{아크 시간}}{\text{용접 비드 길이(㎜/분)}}$

   입열량 또는 용착금속량 측정에 대한 요건은 용접절차 시방서가 상위상태 변태점 이상에서 후열처리로 인정되었을 경우나 오스테나이트 소재나 P-No. 10H 재료가 용접후에 고용화 풀림처리를 한 경우에는 적용 하지 않는다.

관 련 근 거

라. LLBW 입열량 H (J/㎜)

$$= \frac{\text{전력(W)} \times 60}{\text{용접 속도(㎜/분)}}$$

여기서 전력은 열량계 또는 기타 적절한 방법으로 측정했을 때 작업표면에 전달되는 전력이다. 용접절차 시방서가 상위상태 변태점 이상에서 용접후열처리로 인정되었을 경우나 오스테나이트 소재 또는 P-No. 10H 재료가 용접후에 고용화 풀림처리를 한 경우에는 적용 하지 않는다.

2. 스프레이 아크, 입상용적 아크(Globular arc) 또는 펄스아크에서 단락아크로 변경 또는 그 반대의 변경
3. 직류 전원에 펄스 전류의 추가 또는 제거
4. 교류에서 직류로 변경 또는 그 반대의 변경 그리고 직류용접의 경우, 정극성(-전극)에서 역극성(+전극)으로 변경 또는 그 반대의 변경
5. 인정된 용접절차시방서에서 전류 또는 전압의 범위가 ±15 % 이상 변경되는 경우
6. 기존에 인정된 값으로부터 빔전류가 ±5 %를 초과하는 변경, 전압이 ±2%를 초과하는 변경, 용접 속도가 ±2 %를 초과하는 변경, 빔 중심 전류가 ±2 %를 초과하는 변경, 건(gun)에서 용접부까지의 거리가 ±5 %를 초과하는 변경 혹은 진동길이 또는 폭이 ±20 %를 초과하는 변경
7. 인정된 값으로부터 빔펄스 주파수의 지속시간 변경
8. 전류 범위의 변경, 또는 SMAW와 GTAW 또는 파형 제어용접을 제외한 전압 범위의 변경. 전류 대신에 전극와이어 송급속도 범위의 변경을 이용할 수 있다.
9. 아크 타이밍이 $\pm\frac{1}{10}$ 초를 초과하는 변경
10. 전류가 ±10 %를 초과하는 변경

부 록

관 련 근 거

11. 전원 방식의 변경

12. 텅스텐 전극의 종류 및 치수 변경

13. 저항용접제조자협회(RWMA)의 용접봉 등급에서 다른 것으로 변경. 추가적으로 다음에 따라 변경,
   가. 점용접 및 프로젝션용접의 경우, 용접봉의 공칭형상의 변화 또는 접촉면의 10 %를 초과하는 변화
   나. 심용접의 경우, 두께, 윤곽, 방향의 변화 또는 용접봉 지름의 10 %를 초과 변경

14. 상향경사 또는 하향경사 전류 제어의 추가 또는 제거, 혹은 경사 전류의 시간 또는 진폭이 10 %를 초과하는 변경

15.
   가. 인정된 것으로부터 다음 중 어느 것의 5 %를 초과하는 변화
      1) 예열전류
      2) 예열전류 진폭
      3) 예열전류 시간기간
      4) 용접봉 압력
      5) 용접전류
      6) 용접전류 시간기간
   나. AC로부터 DC로 변화 또는 그 반대로의 변화
   다. DC 전원에 펄스발생 전류의 추가 또는 제거
   라. 펄스발생 DC 전류를 사용할 때, 인정된 것으로부터 펄스 진폭, 주파수 또는 주기당 주파수에서 5 %를 초과하는 변화
   마. 인정된 것으로부터 후열처리 전류시간기간에서 5 %를 초과하는 변화

17. 1차 공급 전원의 전압 또는 주파수 변경, 혹은 변압기 변전률, 탭 설정값, 초크위치, 2차 무부하 전압 또는 상(Phase) 제어 설정값의 변경

18. 팁 청소의 절차 또는 주기 변경

관 련 근 거

19. 인정된 빔펄스주파수 또는 펄스지속시간의 변경

20. 조작형식(펄스에서 연속으로 변경 또는 그 반대의 경우)의 변경. 빔을 가로지르는 에너지분포(예 : 다중형식 또는 가우시안)의 변경

21. 열량계 등으로 측정된 용접부 표면에 전달되는 동력이 5 %를 초과하는 변경, 용접속도가 2 %를 초과하는 변경, 초점의 길이에 대한 빔(Beam) 지름의 비가 2 %를 초과하는 변경, 렌즈-용접부의 거리가 5 %를 초과하는 변경

22. 초층에 사용되는 전류가 10 %를 초과하여 증가하는 변경

23. 인정된 전류 또는 전압의 범위를 10 % 초과하는 변경

24. 절차인정기록서에 기록된 용가재 와이어 와트수를 10 % 초과하는 변경. 와트수는 전류 전압 및 돌출(Stickout) 치수의 함수이다.

25. 절차인정기록서에 기록된 플라즈마아크 전류 또는 전압을 10 % 초과하는 변경

26. 초층의 경우, 인정된 입열량이 10 %를 초과하는 증가 또는 단위 용접길이 당 인정된 용접금속체적이 10 %를 초과하는 증가. 이 증가는 위 '1'의 방법으로 측정해도 된다.

27. 플래싱 시간이 10 %를 초과하는 변경

28. 업셋 전류 시간이 10 %를 초과하는 변경

29.

가. 길이당 입열량 또는 용착금속량 변경

1) P-No.1과 P-No.3금속의 경우, 20 % 이상 그리고 기타 모든 P-No.에 대해 10 % 이상을 초과하는 모재의 용접 비드와 첫 번째 템퍼링 비드층 사이에 입열량 증가 또는 감소

2) P-No. 1과 P-No. 3 금속의 경우 20 % 이상 그리고 기타 모든 P-No. 금속에 대해서 10 % 이상을 초과하는 첫 번째 템퍼링 비드층과 두 번째 템퍼링 비드층 사이에 입열량 증가 또는 감소

부 록

관 련 근 거

3) 최소 5 ㎜의 용접금속이 모재에 걸쳐 용착될 때까지 후속층간의 입열량이 유지되어야 한다.

4) 합격근거가 인성시험이고 용가재가 템퍼비드인정에서 면제되는 인정의 경우, 필패스의 입열량은 인정된 입열량의 50 % 이상을 초과하지 않아야 한다.

5) 합격근거가 경도시험인 인정의 경우, 필패스의 입열량이 20 % 이상 감소

나. 용접의 길이당 입열량과 용접금속량은 다음 방법을 사용하여 측정되어야 한다.

1) 기계적 또는 자동적 GTAW 또는 PAW 용접의 경우에 측정된 출력비의 10 %의 감소 또는 증가

$$\text{출력비} = \frac{\text{전류(암페어)} \times \text{전압(볼트)}}{[(WFS/TS)/A_f]}$$

여기서

A_f = 용가재 와이어 단면적

TS = 용접속도

WFS = 용가재 와이어 공급속도

2) 기계식 또는 GTAW 또는 PAW 이외의 용접방법일 경우, 입열량은 '1'의 방법으로 측정해야 한다.
여기서, 용접 금속의 체적 = 비드 크기의 증가 또는 전극의 길이단위당 용접 비드의 길이 감소

3) GTAW 또는 PAW에 따라 교정과정에서 만들어져 사용된다면 비드 크기가 기록되어야 한다.

기법(10)

1. 수동 또는 반자동용접의 경우, 스트링거(Stringer)비드 기법에서 위브비드 기법으로 변경 또는 그 반대의 변경

2. 불꽃특성이 산화에서 환원으로 변경되는 경우 또는 그 반대의 변경

관 련 근 거

3. 구멍, 컵(Cup) 또는 노즐 크기의 변경

4. 용접 기법이 전진에서 후진으로 변경되는 경우 또는 그 반대의 변경

5. 최초 패스 및 패스간 청소 방법의 변경(솔질, 그라인딩 등)

6. 뒷면 가우징 방법의 변경

7. 기계용접 또는 자동용접방법의 경우에 파형기법의 진동폭, 주파수 또는 일시정지시간

8. 접촉튜브에서 용접부까지의 거리 변경

9. 면 당 다층에서 단층으로 변경. 이 변수는 상부 변태온도 이상에서 용접후열처리 되는 용접절차시방서가 인정되는 경우 또는 오스테나이트계 또는 P-No. 10H 재료가 용접 후에 고용화 풀림 처리될 경우에는 이 요건을 적용하지 않는다.

10. 기계용접 또는 자동용접의 경우, 단일전극에서 복수전극으로 변경 또는 그 반대의 변경. 이 변수는 상부 변태온도 이상에서 용접후열처리 되는 용접절차시방서가 인정되는 경우 또는 오스테나이트계 또는 P-No. 10H 재료가 용접 후에 고용화 풀림 처리될 경우에는 이 요건을 적용하지 않는다.

11. P-No. 51~P-No. 53 재료의 경우, 밀폐 챔버에서 챔버가 없는 통상적인 토치용접으로 변경. 그러나 그 반대의 변경은 아님

12. 멜트인 기법 용접에서 키홀 기법 용접으로 변경 또는 그 반대의 변경, 혹은 각 기법이 개별적으로 인정된 두 기법 조합으로 변경

13. 용접부에 대한 빔축 각도의 ±10° 이상의 변경

14. 기계 또는 자동용접의 경우, 복수전극 간격의 변경

15. 용접기의 종류 또는 모델 변경

16. 인정된 값을 초과하는 진공 절대압의 증가

17. 필라멘트 종류, 치수 또는 형상의 변경

부 록

관 련 근 거

18. 워시(Wash) 층의 증가
19. 한면 용접에서 양면 용접에서 양쪽면 용접으로 변경 또는 그 반대의 변경
20. 스터드 용접변수 중 스터드건 모델의 변경 또는 ± 0.8 ㎜를 초과하는 리프트의 변경
21. 수동 또는 반자동용접에서 기계 또는 자동용접으로 변경 및 그 반대로 변경
22. 피닝의 추가 또는 제거
23. 외측 표면속도(m/분)의 변경을 야기시키는 회전속도가 인정된 외측 표면속도의 ±10 %를 초과하는 변경
24. 인정된 트러스트 하중(kg)의 ±10 %를 초과하는 변경
25. 인정된 회전에너지(kg/㎡)의 ±10 %를 초과하는 변경
26. 업셋치수(접합된 부품 길이에서의 총괄 손실)가 인정된 업셋 치수의 ±10 %를 초과하는 변경
27. 용접 전 모재 준비방법의 변경(보기 : 기계적 청소에서 화학적 청소 또는 연마청소로 변경, 혹은 그 반대의 변경)
28. 용접 전 또는 후 파지(단조) 압력의 10 %를 초과하는 변화. 용접봉 파지 시간 (용접봉 기간순서)의 10 %를 초과하는 변화.
29. 임의의 한 용접방법에서 다른 용접방법으로 변경되거나 제조자, 조작판, 모델번호, 전기적 정격 또는 용량, 전기적 에너지원 종류 혹은 압력 적용 방법을 포함한 장비의 개조
30. 사용되는 전극 냉각 매질의 추가 또는 제거
31. 전극팔(Arm) 사이의 거리 변경 또는 목깊이의 변경
32. 단층에서 다층으로 변경 또는 그 반대의 변경
33. 다층에서 단층 클래딩/표면경화 용접금속 육성으로 변경 또는 그 반대의 변경

관 련 근 거

34. 토치형상 또는 팁 치수의 변경
35. SAW 및 ESW의 경우, 용접 퍼들(Puddle)에 작용하는 자장을 제어하기 위한 추가 장치의 제거
36. 절차인정기록서에 기록된 용접속도 범위의 15 %를 초과하는 변경
37. 토치 또는 용접물의 경우, 인정된 주행속도범위의 10 %를 초과하는 변경
38. 인정된 분사토치에서 용접물까지의 거리를 15 % 초과하는 변경
39. 표면경화 처리를 위한 모재의 표면 준비방법 변경(보기 : 모래분사에서 화학적 청소로 변경)
40. 스프레이 토치 형식 또는 팁구멍 크기의 변경
41. 인정된 용융온도 범위의 10 %를 초과하는 변경. 28 ℃/hr을 초과하는 용융온도 냉각속도의 변경. 용융방법의 변경(예 : 토치, 로, 유도)
42. 압축된 아크가 유동성에서 비유동성으로 변경되는 경우 또는 그 반대의 변경
43. 플라즈마 토치-아크 압축 오리피스 지름의 변경
44. 동일한 용접퍼들에 작용하는 전극수의 변경
45. 용가재를 용융풀로 전환시키는 방법의 변경(예 : 토치의 선행 또는 후행 가장자리, 토치의 양쪽 측면 혹은 토치를 통하여 변경되는 것)
46. 용접비드 중심간 거리가 20 %를 초과하는 변경
47. 10 % 이상의 업셋 길이 또는 힘의 변경
48. 용접 클램핑 면적의 표면 조합의 변경 또는 10 % 이상의 클램핑 다이 사이의 거리 변경
49. 10 % 이상까지 클램핑 힘의 변경
50. 전진 또는 전환 속도의 10 % 이상의 변경
51. 표면 템퍼비드의 제거 또는 용접표면을 덮는 표면 템퍼비드에서 오직 용접부의 토우를 따라 용착시키는 비드로의 변경
52. 기계적 또는 자동용접에서 수동 또는 반자동용접으로의 변경

관 련 근 거

53. 용접절차인정은 용접전에 금속을 밝은 금속위에 놓도록 요구하는 것을 제외하고는 표면이 용접되도록 열처리 방법 추가

54. 용접부의 토우에서 어떠한 템퍼비드의 가장자리까지의 거리 'S'는 시험재의 ±1.5 ㎜ 상에서 측정 거리의 제한을 받는다. 대체방안으로는 S 의 범위는 적용 가능한 인정시험이나 경도시험에 따라서 용접 토우로부터 여러 곳에 있는 템퍼 비드에 의하여 확인될 수 있다. 템퍼 보강 비드는 용접부 토우에 닿지 않도록 하여야 한다. 추가하여, 전기적 특성(9)의 '29'에 있는 입열량은 템퍼비드에 적용하여야 한다.

55. 표면템퍼비드 강화층이 제거될 경우, 용접표면 과열방지규정을 포함한 제거방법

56. 모재와 접한 용접 비드와 각 템퍼링 비드 층에 대하여 그림에 보여준 것처럼 용접 비드 폭 'b' 와 종전의 비드폭 겹침 'a'의 비율은 용접절차 시방서에 명시되어야 한다.

    가. 75 % 이상 겹침을 적용하는 것은 겹침을 사용한 시험재로 인정되어야 한다. 그 인정된 겹침은 최대한의 겹침을 허용하고 최소는 50 % 이다.

    나. 25 % 보다 적은 겹침은 그에 적용된 시험재를 사용하여 인정되어야 한다. 그 인정된 겹침은 최소의 겹침을 허용하고 최대는 50 % 까지 허용된다.

57. P No. 11 A and B 의 모재의 압력 용기나 그 부품에 대해서는 그루브 용접 두께가 16 ㎜ 보다 작은 것은 제조 과정에서 열 공정이 적용 될 때는 열 공정에 의하여 인정되어야 한다. 제조 과정에 열 공정이 적용 될 때 그루브의 준비는 열공정에 의한 뒷면 가우징, 뒷면 그루브 또는 용접결함부 제거 등이 포함 되어야 한다.

58. 표면 청결 또는 표면결함 제거외의 그라인딩 작업 추가 또는 제거 (즉, 반 템퍼비드 사용 또는 불 사용 또는 유사한 기법)

관 련 근 거

3.3 서식

서식 1. 용접절차시방서(WPS)

KEC 서식 1

용접절차시방서(WPS)

회사명 작성 :
용접절차시방서 번호 : 날짜 : 관련 절차인정기록서 번호 :
개정번호 : 날짜 :
용접법 : 형태 :
(자동, 수동, 기계 또는 반자동)

이음부
이음형태 : 상세내용
받침 (있음) : (없음) :
받침 재료(형태) :
(받침와 리테이너에 관한 사항)

☐ 금속 ☐ 비용융금속 ☐ 비금속 ☐ 기타

스케치, 제품도면, 용접기호 또는 문서화된 설명서는 용접할 부품의 일반적인 배치 형태를 나타내야 한다. 가능한 경우, 루트간격 및 그루브 용접의 상세내용을 규정할 수 있다.

(제작자 임의로 이음부 설계, 용접층 및 비드를 나타내는 스케치를 첨부할 수 있다. 예를 들면, 노치인성법, 복수용접법 등임.)

모재(1)
P-No. : Gr.-No. : 와 P-No. : Gr.-No. :
또는
규격서 종류 및 등급 : 와 규격서 종류 및 등급 :
또는
화학 성분 및 기계적 성질 : 와
화학 성분 및 기계적 성질 :

두께범위 :

용가재(1)		
규격번호(SFA) AWS번호(분류) F-No. : A-No. : 용가재 치수 : 용접 금속 두께 범위 홈 : 필릿 : 전극봉 - 플럭스(분류) 플럭스 상표명 : 소모성 삽입물 : 기타 :		

주(1) 각 모재 - 용가재 조합은 개별적으로 기록되어야 한다.

부 록

관 련 근 거

(뒷면)

용접절차시방서 번호 :　　**개정날짜** :

자세
홈 용접 자세 :
용접 진행 방향 : 상진　　하진
필릿 용접 자세 :

예열
최저 예열 온도 :
최대 층간 온도 :
예열 유지 :
(연속적 또는 특별한 가열조건은 가능한 기록하는 것이 좋다.)

용접 후 열처리
온도범위 :
유지시간범위 :

가스

가스	조성비 혼합	유량
실드 :		
트레일 (Trailing) :		
뒷면보호 :		

전기적 특성
전류(직류 또는 교류) :　　극성 :
전류(범위) :　　전압(범위) :
(각 전극봉 치수, 자세 및 두께 등에 대하여 전류 및 전압을 기록하는 것이 좋다. 이와 같은 정보는 아래 같은 유사한 표에 명시될 수 있다.)

텅스텐 전극봉 치수 및 형태 :
GMAW의 금속전이 형태 :
와이어 전극 송급속도 범위 :

기법
직선 또는 위브 비드 :
오리피스 또는 가스 컵(Gas Cup) 치수 :
첫 번째 층 및 층간 청소(브러싱, 연마) :

뒷면 가우징 방법 :
파형(Oscillation) :
콘택트 튜브와 용접물 간 거리 :
다층 또는 단층 (한 면당) :
다극 또는 단극 전극봉 :
이동 속도(범위) :
피닝 :
기타 :

용접층 번호	용접법	용가재		전류		전압 범위	이동 속도 범위	기타 (비고, 권고사항, 뜨거운 와이어 추가, 기법, 토치각 등)
		분류	지름	형태 및 극성	범위			

관 련 근 거

KEC 서식 2

서식 2. 용접절차인정기록서(PQR)

용접절차인정기록서(PQR)

(※ 용접 시험재에 사용된 실제 조건의 기록)

회사명 작성 :
용접절차인정기록서 번호 : 날짜
WPS 번호 :
용접법 :
형태(수동, 자동, 반자동) :

이음부()

시험재의 그루브 설계
(조합인정의 경우, 용착 용접금속 두께는 사용된 각 용가재 또는 용접법에 대하여 기록되어야 한다.)

모재
재료규격 :
형태 또는 등급 :
P-No. 와 P-No.
시험재 두께
시험재 지름
기타

용가재
SFA 규격 :
AWS 분류 :
용가재 F-No. :
용접금속 성분(A-No.) :
용가재 치수 :
기타 :
용접금속 두께 :

자세
홈 용접 자세
진행방향(상진, 하진) :
기타 :

예열
예열온도 :
층간 온도 :
기타 :

용접후열처리
온도 :
시간 :
기타 :

가스
조성비
가스 혼합 유량
실드 :
트레일 :
(Trailing)
뒷면보호 :

전기적 특성
전류 :
극성 :
전류 : 전압 :
텅스텐 전극봉 치수 :
기타 :

기법
이동속도 :
직선 또는 위브 비드 :
파형(Oscillation)
다층 또는 단층(한 면당) :
단극 또는 다극 전극봉 :
기타 :

부 록

관 련 근 거

(뒷면)

절차인정기록서 번호 :

인장시험

시험편 번호	폭	두께	면적	최대 하중	최대 응력	파단형태 및 위치

형틀굽힘시험

형태 및 그림 번호	결 과

인성시험

시험편 번호	노치 위치	시험편 크기	시험 온도	충격변수			낙하하중 파단(Y/N)
				충격값	전단율(%)	횡팽창량	

비고 :

필릿용접 시험

결과-만족 : 합격_____ 불합격____ 모재 내로의 용입 : 있음_____ 없음_____

매크로-결과 :

기타 시험

시험의 종류 :

용착금속 분석 :

기타 :

용접작업자명 : 작성자 번호 : 스템프 번호 :

시험자 : 시험실 시험 번호 :

이 기록서의 내용은 틀림이 없으며, 시험된 용접부는 이 규격의 해당 요건에 따라 준비, 용접 및 시험되었음을 인증함.

제조자 :

날짜 : 인증자 :

(시험에 대한 기록의 세부 내용은 규격에 의해서 요구된 시험의 종류 및 횟수에 따라 수정될 수 있다.)

관 련 근 거

KEC 서식 3

서식 3. 수동용접사기량인정(WPQ)

용접사기량인정(WPQ)

용접사명 :　　용접사 식별번호 :

시험 종류

WPS의 식별번호 :　　☐ 시험재　☐ 제품 용접부

모재의 규격번호 :　　두께 :

시험조건 및 인정범위

용접변수	**실제변수**	**인정범위**
용접법		
사용된 형태 (즉: 수동, 반자동)		
받침(금속, 용접금속, 양쪽면용접 등)		
☐ 판 ☐ 파이프 (파이프 또는 튜브 경우 지름 기록)		
모재 P- No. 또는 S-No.와 P-No. 또는 S-No.		
용가재 또는 전극봉 규격 (SFA)		
용가재 F-No.		
소모용 삽입물 (GTAW 또는 PAW)		
용가재 종류 (고체/금속 또는 용제 코어드/분말) (GTAW 또는 PAW)		
각 용접법에 대한 용착 두께		
인정된 자세 (2G, 6G, 3F 등)		
수직자세 (상진 또는 하진)		
연료가스의 종류 (OFW)		
뒷면 불활성가스 (GTAW, PAW, GMAW)		
전이 형태 (분사/입상 용적 또는 펄스와 단락-GMAW)		
GTAW 전류 형태/극성 (AC, DCEP, DCEN)		

결　과

완비된 용접부의 육안검사 :

☐ 굽힘시험; ☐ 표면 및 루트[그림 940-10]; ☐ 가로 표면 및 굽힘[그림 940-11];

☐ 측면(그림 940-9);

☐ 파이프 굽힘 시험편, 내식육성[그림 3.2-3]; ☐ 판 굽힘 시험편, 내식육성[그림 3.2-4];

☐ 용융부에 대한 매크로 시험[그림 3.2-2]; ☐ 용융부에 대한 매크로 시험[그림 3.2-5]

종류	결과	종류	결과	종류	결과

대체방안인 방사선투과검사의 결과 :

필릿용접 - 파괴시험 :　　결함의 길이 및 % :

매크로시험 :　　필릿치수(㎜) :　　X　　오목부/볼록부(㎜)

기타시험 :

필름 또는 시험편 평가자 :　　회사 :

기계시험 실시자 :　　시험실 시험 번호 :

용접 감독자 :

이 기록서의 내용은 틀림이 없으며, 시험된 용접부는 이 규격의 해당 요건에 따라 준비, 용접 및 시험되었음을 인증함.

회사명 :

날짜 :　　인증자 :

부 록

관 련 근 거

KEC 서식 4

서식 4. 자동용접사기량인정(WOPQ)

자동용접사기량인정(WOPQ)

용접사명 : 용접사 식별번호 :

시험 종류

용접절차시방서의 식별번호 : ☐ 시험재 ☐ 제품 용접부

모재의 규격번호 : 두께 :

모재 P- No. 또는 S-No. : 와 P-No. 또는 S-No. : 자세(2G, 6G, 3F 등) :

☐ 판 ☐ 파이프 (파이프 또는 튜브 경우 지름 기록) :

용가재(SFA) 규격 : 용가재 또는 전극봉 분류 :

자동용접장비를 사용할 경우 시험조건 및 인정범위

용접변수	**실제변수**	**인정범위**
용접 형태(자동)		
용접법		
용가재 (EBW 또는 LBW)		
LBW의 경우 레이저 형태 (CO_2에서 YAG으로의 변경 등)		
연속구동용접 또는 관성용접 (FW)		
진공 또는 비진공 (EBW)		

기계용접장비를 사용할 경우 시험조건 및 인정범위

용접변수	**실제변수**	**인정범위**
용접 형태(기계)		
용접법		
직접 또는 원격 육안관리		
자동아크전압조정(GTAW)		
자동이음부 추적장치		
인정된 자세 (2G, 6G, 3F 등)		
소모성 삽입물 (GTAW 또는 PAW)		
받침 (금속, 용접 금속 등)		
측면 당 단일 또는 복수패스		

결 과

완비된 용접부의 육안검사 :

☐ 굽힘시험; ☐ 표면 및 루트[그림 940-10]; ☐ 가로 표면 및 굽힘[그림 940-11];

☐ 측면(그림 940-9);

☐ 파이프 굽힘 시험편, 내식육성[그림 3.2-3]; ☐ 판 굽힘 시험편, 내식육성[그림 3.2-4];

☐ 용융부에 대한 매크로 시험[그림 3.2-2]; ☐ 용융부에 대한 매크로 시험[그림 3.2-5]

종류	결과	종류	결과	종류	결과

대체방안인 방사선투과검사의 결과 :

필릿용접 - 파괴시험 : 결함의 길이 및 % :

매크로시험 : 필릿치수(㎜) : X 오목부/볼록부(㎜) :

기타시험 :

필름 또는 시험편 확인자 : 회사 :

기계시험 실시자 : 시험실 시험 번호 :

용접 감독자 :

이 기록서의 내용은 틀림이 없으며, 시험된 용접부는 이 규격의 해당 요건에 따라 준비, 용접 및 시험되었음을 인증함.

회사명 :

날짜 : 인증자 :

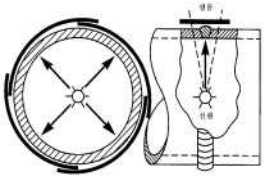
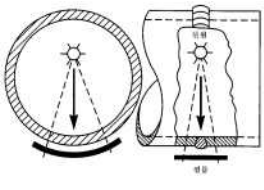
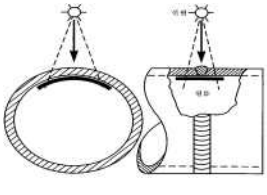
관 련 근 거

발전설비
비파괴검사에 관한
기술방법 (KECS
1201-2022)

4. 방사선투과검사

4.1 파이프 또는 튜브 용접부에 대한 촬영 기법

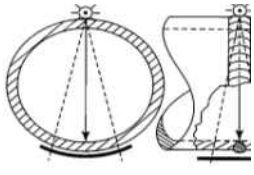
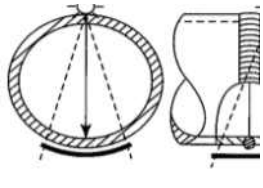
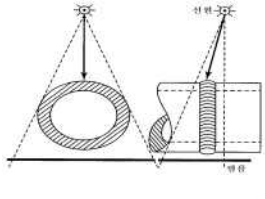
1. 단일벽 촬영기법

파이프 바깥 지름	촬영기법	방사선 투과 사진 관찰	선원-용접부-필름의 배치		상질계		위치마커-배치
			단면도	측면도	선택	배치	
모두 적용 가능	단일벽 940.1.3.4.1의 1	단일벽	 촬영배치 A		940.1.3.4.4 및 표 920-21 (상질계 선택)	선원측 940.1.3.4.5의 1의 가	양측 940.1.3.4.3의 3, 940.1.3.4.3의 1의 다
						필름측 940.1.3.4.5의 1의 나	
모두 적용 가능	단일벽 940.1.3.4.1의 1	단일벽	 촬영배치 B		940.1.3.4.4 및 표 920-21 (상질계 선택)	선원측 940.1.3.4.5의 1의 가	필름측 940.1.3.4.3의 1의 나 1)
						필름측 940.1.3.4.5의 1의 나	
모두 적용 가능	단일벽 940.1.3.4.1의 1	단일벽	 촬영배치 C		940.1.3.4.4 및 표 920-21 (상질계 선택)	선원측 940.1.3.4.5의 1의 가	선원측 940.1.3.4.3의 1의 가 3)
						필름측 940.1.3.4.5의 1의 나	

부 록

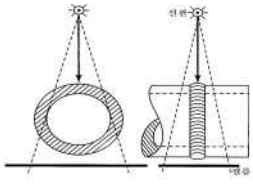
관 련 근 거

2. 이중벽 촬영기법

파이프 바깥 지름	촬영기법	방사선 투과 사진관찰	선원-용접부-필름의 배치		상질계		위치 마커 배치
			단면도	측면도	선택	배치	
모두 적용 가능	이중벽: 이중벽의 전체 범위를 포함하기 위해 각각 120°간격으로 최소한 3회 촬영. 940.1.3.4.1의 2의 가	단일벽	 촬영배치 D		940.1.3.4.4 및 표 920-21 (상질계 선택)	선원측 940.1.3.4.5의 1의 가	필름측 940.1.3.4.3의 1의 나 1)
						필름측 940.1.3.4.5의 1의 나	
모두 적용 가능	이중벽: 이중벽의 전체 범위를 포함하기 위해 각각 120°간격으로 최소한 3회 촬영. 940.1.3.4.1의 2의 가	단일벽	 촬영배치 E		940.1.3.4.4 및 표 920-21 (상질계 선택)	선원측 940.1.3.4.5의 1의 가	필름측 940.1.3.4.3의 1의 나 1)
						필름측 940.1.3.4.5의 1의 나	
89 mm 이하	이중벽: 이중벽의 전체 범위를 포함하기 위해 각각 90°간격으로 최소한 2회 촬영. 940.1.3.4.1의 2의 나 1)	이중벽 (타원형 상): 선원측 및 필름측 상을 오프셋 판독	 촬영배치 F		940.1.3.4.4 및 표 920-21 (상질계 선택)	선원측 940.1.3.4.5의 1의 가	양측 940.1.3.4.3.의 2

관 련 근 거

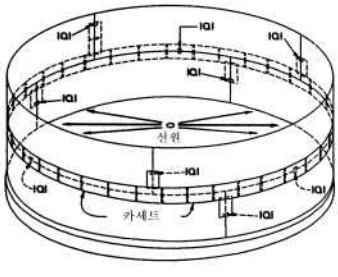
2. 이중벽 촬영기법(계속)

파이프 바깥 지름	촬영기법	방사선 투과 사진관찰	선원-용접부-필름의 배치		상질계		위치 마커 배치
			단면도	측면도	선택	배치	
89 mm 이하	이중벽: 이중벽의 전체 범위를 포함하기 위해 각각 60°또는 120°간격으로 최소한 3회 촬영. 940.1.3.4.1의 2의 나 2)	이중벽: 선원측 및 필름측 중첩상 판독	 촬영배치 G		940.1.3.4.4 및 표 920-21 (상질계 선택)	선원측 940.1.3.4.5의 1의 가	양측 940.1.3.4.3의 2

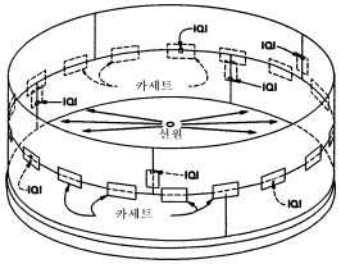
부 록

관 련 근 거

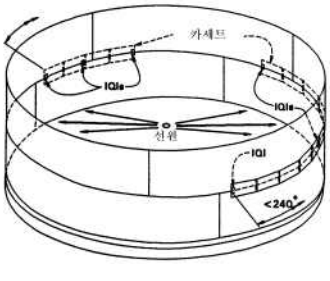
4.2 상질계의 수(특별한 경우)



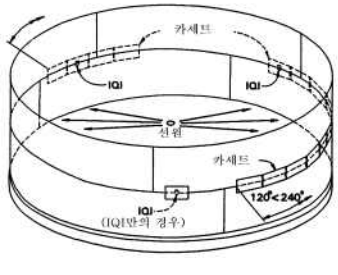
원통형 기기의 전체 원주
[비고 : 940.1.3.4.5 2의 나의 1)의 가) 및 940.1.3.4.5 2의 나의 3) 참조] (a)



원통형 기기의 원주 길이가 240° 이상인 부분
[비고 : 940.1.3.4.5 2의 나의 1)의 나) 및 940.1.3.4.5 2의 나의 3) 참조] (b)

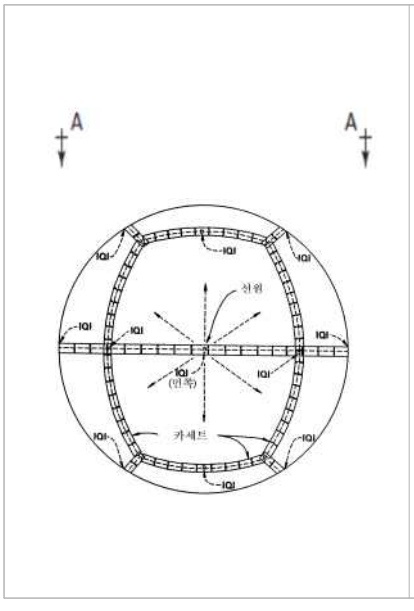


원통형 기기의 원주 길이가 240° 미만인 부분
[비고 : 940.1.3.4.5 2의 나의 2)의 나) 참조] (c)

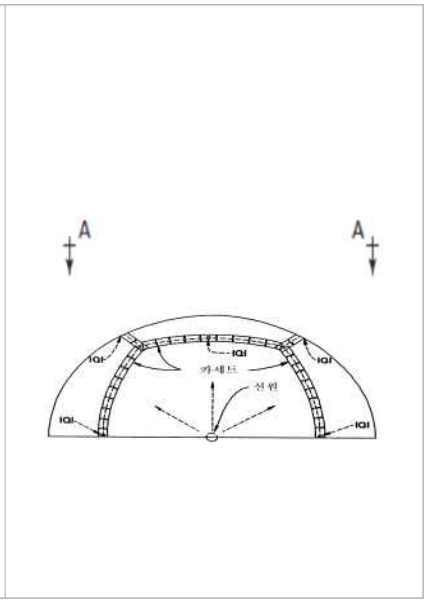


원통형 기기의 원주 길이가 120° 이상, 240° 미만인 부분
[비고 : 940.1.3.4.5 2의 나의 2)의 가) 참조] (d)

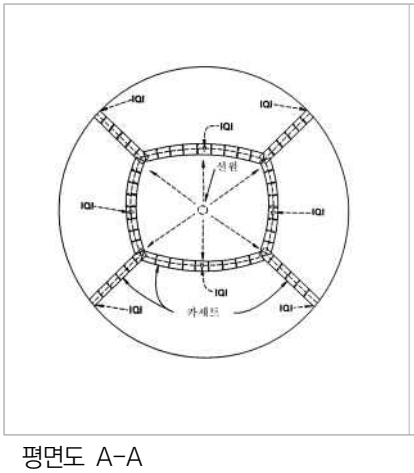
관 련 근 거



구형 기기의 전체 원주 용접부
[비고 : 940.1.3.4.5 2의 나의 4)의 가) 및 940.1.3.4.5 2의 나의 6) 참조] (e)

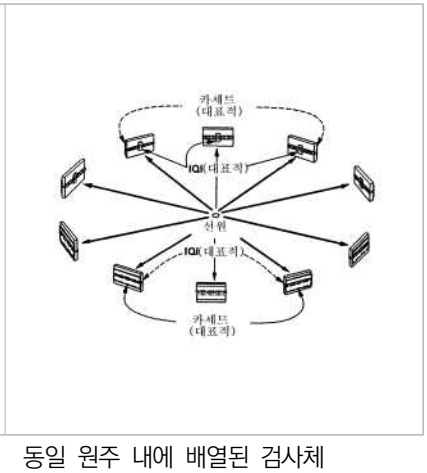


구형 검사체의 용접부 일부분
[비고 : 940.1.3.4.5 2의 나의 5), 940.1.3.4.5 2의 나의 5)의 나) 및 940.1.3.4.5 2의 나의 6) 참조] (f)



평면도 A-A

(g)



동일 원주 내에 배열된 검사체

비고 1. 모든 그림은 특수한 경우에 있어서의 대표적인 상질계위치를 나타낸다.

2. 940.1.3.4.5 2의 나의 8) 참조] (h)

부록

관 련 근 거

4.3 금속 주조품의 방사선투과검사

1. 적용범위

금속 주조품은 고유의 복잡한 형상으로 인해, 각 제품형상마다 독특한 검사 조건을 가진다. 이 표준에서 서술되지 않은 사항은 940.1.3 방사선투과검사의 요건에 따른다.

2. 일반요건

가. 식별표시 시스템

방사선투과사진에 계약, 기기, 또는 부품번호를 적절히 추적할 수 있는 영구적인 식별표시를 하기 위해 시스템을 사용해야 한다. 추가로, 주조품을 촬영한 각각의 필름은 제조사(또는 비파괴검사 업체) 명 또는 기호, 작업 또는 히트 번호, 날짜 및 해당되는 경우 수리표시(R1, R2 등)를 간단하고 영구적으로 확인할 수 있도록 하여야 한다. 이 식별 시스템은 관련 정보가 방사선투과사진 상으로 반드시 나타날 필요는 없다. 어떤 경우든, 이 정보가 관심부위를 가려서는 안 된다.

3. 검사

가. 방사선투과촬영 기법

이중벽 촬영 기법은 바깥지름이 89 mm 이하인 원통형 주조품 또는 단일벽 관찰이 불가능한 형태의 주조품인 경우에 사용해도 된다.

나. 상질계 선택

1) 상질계 선택에 대한 추가요건

상질계 선택의 기준이 되는 두께는 단일벽 두께이다.

가) 마무리 기계 가공 전의 주조품 부위

상질계는 주조품 최종 두께의 20 % 또는 6 mm 중 큰 값을 초과하지 않는 두께를 기준으로 해야 한다. 어떠한 경우에도 상질계는 촬영할 두께보다 큰 두께를 기준으로 해

관 련 근 거

서는 안 된다.

나) 주조상태로 남아 있는 주조품 부위

상질계는 촬영할 두께를 기준으로 하여야 한다.

4. 평가

가. 방사선투과영상 농도

1) 농도 제한

유공형 상질계의 본체나 선형 상질계의 지정선 및 관심부위에 인접한 방사선투과 촬영을 통해 투과된 필름농도는 한 장의 필름을 관찰하는 경우 최소 1.5가 되어야 한다. 복수 촬영한 필름을 중첩 관찰하는 경우, 중첩세트의 각 필름은 최소 농도가 1.0이 되어야 한다. 한 장 또는 중첩 관찰의 경우, 최대 농도는 4.0이 되어야 한다. 농도계를 읽은 값 사이의 허용 오차는 0.05이다.

5. 문서화

가. 배치도 세부사항

모든 주조품을 동일한 방법으로 일관성 있게 촬영하기 위해서는, 상세한 배치도가 제공되어야 한다. 상세 배치도에는 최소한 다음 사항이 포함되어야 한다.

1) 각 위치 마커의 대략적인 위치를 보여주기 위해 필요한 만큼 다양한 각도에서의 주조품의 촬영 스케치

2) 선원이 필름과 수직이 아닌 경우, 선원 각도

부 록

관 련 근 거

4.4 인광화상판을 사용한 방사선투과검사

1. 범위

필름 방사선투과검사의 대안으로 사용되는 인광화상판(광 자극에 의해 발광하는 인광체: photostimulable luminescent phosphor)의 사용에 대한 요건을 규정한다. 이 기술방법에 서술되지 않은 사항은 940.1.3 방사선투과검사의 요건에 따른다. 이 기술방법에 따라 방사선투과검사 수행에 적용되는 940.1.3 방사선투과검사에서 사용되는 필름이란 용어는 인광화상판을 말한다. ASTM E 2007, Standard Guide for Computed Radiography는 현상의 일부 제한사항을 포함하여 컴퓨터 방사선촬영(CR)의 기본 및 물리적 이론에 대한 일반 사용지침서로 사용해도 된다.

2. 일반 요건

가. 절차서 요건

1) 문서화 된 절차서

문서화된 절차서가 요구된다. 940.1.3의 '1' 요건 대신에, 각 절차서는 최소한 다음 정보를 포함하여야 한다.

가) 재료 종류 및 두께 범위

나) 사용하는 동위원소 또는 최대 X-선 전압

다) 선원-검사체 간의 최소거리(940.1.3.4.2의 D)

라) 검사체의 선원측 표면으로부터 인광화상판까지의 거리(940.1.3.4.2의 d)

마) 선원크기(940.1.3.4.2의 F)

바) 인광화상판 제조사 및 명칭

사) 사용하는 스크린

아) 이미지 주사 및 화상처리 장비 제조사와 모델명

자) 이미지 주사 매개변수(예: 게인, 레이저 분해능), 해당되는 경우, 두께 범위 전체의 재료 두께에 대한 상세사항

차) 화소강도/회색 범위(최소에서 최대)

관 련 근 거

2) 절차서 실증

절차서에 명시된 재료 두께의 최소 및 최대에 대한 실증이 요구된다. 절차서 실증의 세부사항 및 실증 시험편 요건은 이 표준의 4.4A(보완요건)에 따른다.

3) 방사선투과영상의 농도제한 모니터링

940.1.3.1.5의 요건은 인화상판 방사선투과검사에는 적용하지 않는다.

3 장비 및 재료

가. 인광화상판

1) 선정

방사선투과검사는 상질계 상질요건을 실증할 수 있는 산업용 인광화상판을 사용하여야 한다.

2) 화상처리

인광화상판의 화상철에 사용되는 시스템은 디지털 이미지의 수집, 저장 및 표시능력을 가져야 한다.

나. 방사선투과영상의 판독을 위한 시설

방사선투과영상의 판독 시설은 모니터에서 판독을 방해할 수 있는 반사, 그림자 또는 눈부심을 발생시키지 않는 부드러운 강도의 배경조명을 제공하여야 한다.

4. 교정

가. 농도계 및 스텝웨지 비교필름

940.1.3.3의 요건은 인광화상판 방사선투과검사에는 적용하지 않는다.

5. 검사

가. 방사선투과검사를 모니터링하기 위한 상질계 사용

1) 상질계의 배치

가) 선원 측의 상질계

940.1.3.4.5의 1의 가에서 상질계를 배치하기 위하여 별도의

부 록

관 련 근 거

블록을 사용할 경우, 음화상방식(negative image format)에서 블록의 두께는 상질계 몸체에서의 이미지 밝기가 관심부위의 이미지 밝기 이상이 되도록 해야 한다. 측정으로 확인된다면, 화소강도 변화의 2 % 까지는 "동등함"으로 결정하여 허용한다. 양화상방식(positive image format)에서의 이미지 밝기 요건은 이와 반대이다.

나) 940.1.3.4.5의 '1'의 모든 다른 요건을 적용하여야 한다.

2) 상질계의 수

가) 복수 상질계

방사선투과검사가 수행될 관심부위의 최소에서 최대 두께 범위가 제시된 표 940-24(상질계의 선택)에서 각 공칭 단일벽의 재료두께 범위별로 각각 하나의 상질계를 사용하여야 한다.

나) 위 '가)'의 대안으로, 6의 '바' 요건이 만족되는 경우, 관심부위의 최소 및 최대 두께를 대표하는 최소한 2개의 상질계를 사용해도 된다.

다) 940.1.3.4.5의 '2'의 모든 다른 요건을 적용하여야 한다.

라) 디지털화 된 필름 스트립, 그레이 스케일 카드 등과 같은 비교 측정기는 표시된 이미지 밝기를 판단하는데 도움을 주기 위해 사용해도 된다. 비교 측정기를 사용하여 이미지 내의 영역을 판단할 때, 교정은 필요 없다. 화소 강도값은 이미지 밝기 비교를 정량화하는데 사용해도 된다.

3) 유공형 상질계 아래의 심

덧살 또는 받침 재료가 있는 용접부의 경우, 용접금속 및/또는 받침 재료와 방사선투과학적으로 유사한 재료의 심을 상질계와 부품사이에 놓아야 하며, 음화상방식에서 상질계 몸체부위의 이미지 밝기가 관심부위의 이미지 밝기 이상이 되도록 해야 한다. 측정으로 확인된다면, 화소 강도 변화의 2 % 까지는 "동등함"으로 결정하는 것이 허용된다. 양화상방식

관 련 근 거

에서의 이미지 밝기 요건은 이와 반대이다. 심의 치수는 최소한 상질계의 세 변의 윤곽선이 방사선투과이미지에서 보이도록 상질계의 치수보다 더 커야 한다.

6. 평가

가. 시스템으로부터 유발된 인공지시

디지털 이미지는 관심부위 내에서 어떤 불연속 이미지를 가리거나 혼동될 수 있는 시스템-유발 인공지시가 없어야 한다.

나. 이미지 밝기

음화상방식에서, 유공형 상질계 몸체를 투과한 이미지 밝기 또는 선형 상질계의 지정 선에 인접한 부위의 이미지 밝기는 관심부위 내 이미지 밝기 이상이 되도록 해야 한다. 측정으로 확인된다면, 화소 강도 변화의 2 % 까지는 "동등함"으로 결정하는 것이 허용된다. 양화상방식에서의 이미지 밝기 요건은 이와 반대이다. 양화상방식에서의 이미지 밝기 요건은 이와 반대이다. 추가적으로, 940.1.3.5.2의 요건은 인화상판 방사선투과검사에 적용하지 않는다.

다. 상질계 감도

1) 요구되는 감도

방사선투과검사는 지정된 유공형 상질계 이미지 및 필수 구멍이나 선형 상질계의 필수 선을 나타낼 수 있는 충분한 감도를 가지는 기법으로 수행되어야 한다. 또한 방사선투과사진에는 상질계 식별번호와 문자가 나타나야 한다. 복수필름 기법은 인광화상판 방사선투과검사에는 적용하지 않는다. 선형 상질계의 경우, 필수 선은 6의 '나'에 따라 허용된 밝기 변화를 포함하여 필수 선을 결정하는데 사용되는 두께를 나타내는 관심부위 내에서 볼 수 있어야 한다.

라. 과도한 후방 산란 방사선

1) 음화상 방식의 경우 940.1.3.5.4(과도한 후방 산란 방사선)의 요건을 적용하여야 한다.

부 록

관 련 근 거

2) 양화상 방식의 경우, 940.1.3.1.3에 따라 "B"의 어두운 이미지가 이미지의 더 밝은 배경에 나타나면, 후방 산란에 대한 보호가 불충분하고 방사선 상은 허용되지 않는 것으로 간주하여야 한다. 더 어두운 배경에서 "B'의 밝은 이미지는 부적합 원인이 아니다.

마. 치수 측정

1) 측정자 비교측정기

판독을 위하여 사용하는 측정자는 투영된 이미지의 치수를 측정할 수 있어야 한다. 측정자 도구는 다음 중 하나를 포함한다.

가) 촬영 전에 카세트와 직접 접촉되도록 배치한 알려진 치수 비교측정기

나) 화상처리 전에 인광화상판에 새겨져 있는 알려진 치수 비교측정기

다) 화상처리 전에 인광화상판에 배치된 알려진 비교측정기 자

2) 대체 비교측정기

측정자 비교측정기 대안으로, 확인할 수 있는 주사 화소 크기에 기반한 측정 기능의 치수 보정을 사용해도 된다.

바. 판독

판독 전에, 요구된 상질계 감도를 검증하는 대비/밝기 값의 범위를 결정하여야 한다. 최종 방사선투과 판독은 상질계 감도 범위 내의 데이터가 평가된 후에만 이루어져야 한다. 상질계 및 관심부위는 동일한 화상방식(양화상 또는 음화상)이어야 한다. 추가적으로 해당하는 경우는 다음과 같다.

1) 두께 범위를 한정하기 위해 하나 이상의 상질계를 사용할 때, 각 상질계의 설정된 감도 범위의 중첩 부분은 중간 두께의 판독에 대해 유효한 것으로 간주하여야 한다.

2) 디지털 이미지는 음화상 또는 양화상 방식으로 관찰 및 평가해도 된다.

관 련 근 거

3) 상질계와 관심부위가 동일한 이미지 방식으로 관찰 및 평가되면, 동일 이미지의 독립 관심 부위는 다른 이미지방식으로 표시 및 평가해도 된다.

7. 문서화

가. 디지털 이미지 기법 문서화의 세부사항

해당 조직은 방사선투과검사 기법의 세부사항을 작성하고 문서화하여야 하다. 최소한 다음의 정보를 포함하여야 한다.

1) 940.1.2.6의 요건
2) 940.1.3.1.4에서 요구하는 식별표시
3) 940.1.4.3의 '3'에 따라 마커의 위치에 대한 치수 도면(사용하는 경우)
4) 촬영 횟수
5) 사용한 X-선 전압 또는 동위원소
6) 선원 크기(940.1.3.4.2의 F)
7) 모재 종류 및 두께, 용접부 덧살 두께(해당하는 경우)
8) 선원-검사체 간 거리(940.1.3.4.2의 D)
9) 검사체의 선원 측으로부터 저장 인광매체까지의 거리(940.1.3.4.2의 d)
10) 저장 인광매체 제조사 및 명칭
11) 이미지 수집(디지털화) 장비 제조사, 모델 및 일련번호
12) 단일벽 또는 이중벽 촬영
13) 단일벽 또는 이중벽 관찰
14) 절차서 식별 및 개정번호
15) 영상화 소프트웨어 버전 및 개정번호
16) 각각의 관찰에 대해, 필터, 윈도우(대비) 및 레벨(밝기)을 포함하는 최종 화상 처리 매개변수의 숫자 값. 기법의 세부사항은 데이터 파일에 기록해도 된다.

데이터 범위와 정보 내용을 확립하기 위한 지침으로 ASTM E

부 록

관 련 근 거

1475,(Standard Guide for Data Fields for Computerized Transfer of Digital Radiological Test Data)을 사용해도 된다.

관 련 근 거

4.4.A 보완요건

1. 범위

   부록 4.4 2의 '가'의 '2)'에 따른 절차서 실증에 대한 세부사항 및 요건을 제공한다.

2. 일반사항

   가. 실증 시험편

   실증 시험편은 그림 4.4-1의 요건을 충족해야하며 절차서에 기술된 재료와 방사선투과학적으로 유사한 재료이어야 한다.

   1) 절차서 실증을 위해 절차서 두께 범위의 최소 및 최대 두께를 대표하는 2개 이상의 실증 시험편이 필요하다.

   2) 전체 두께 범위에 걸쳐 중간 두께에서 특정 매개변수를 실증하기 위해 추가 시험편을 사용해도 된다.

   3) 위의 '1)' 및 '2)'에 대한 대안으로, 절차서에 적합한 최소 및 최대 두께를 실증하기 위해 적절한 두께의 심 플레이트와 함께 서로 다른 깊이의 일련의 내재된 노치를 포함하는 하나의 실증 시험편을 사용해도 된다.

3. 장비 및 재료

   가. 주사 매개변수

   방사선투과 이미지를 얻기 위해 사용되는 주사 매개변수는 확인할 수 있어야 하며 이미지 데이터 또는 관련 헤더 메타데이터 정보에 포함되거나 방사선투과 상세 시트에 기록되어야한다.

   나. 그레이 스케일 값

   관심 영역의 화소 강도 값은 절차서에 명시된 최소/최대값 내에 있어야한다. 이러한 화소 강도 값은 디지털 운영 레벨이 아닌 실제 할당된 이미지 비트맵 값을 기반으로 하여야 한다.

   다. 상질계

부 록

관 련 근 거

실증에 사용되는 지정된 상질계는 표 940-24에서 선택하여야 한다. 사용된 모든 상질계는 940.1.3.2의 '3'의 요건을 만족하여야 한다.

4. 기타 요건

실증 시험편의 방사선투과 이미지는 후 처리 필터를 사용하지 않고 관찰 및 평가하여야 한다. 이미지 분석은 윈도우 및 수준(대비 및 밝기) 변화를 통해서만 수행하여야 한다.

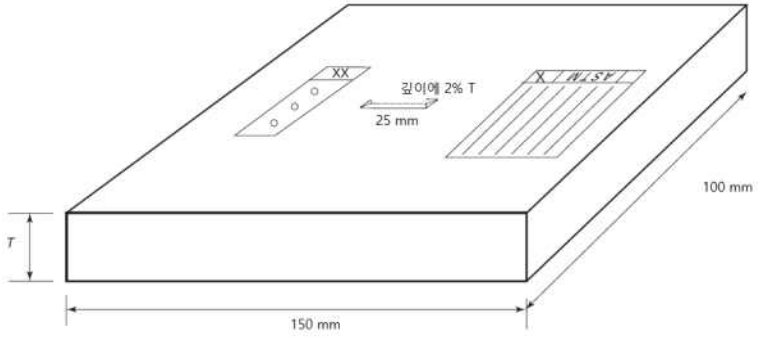
가. 감도

최소한, 두 가지 상질계(필수선 및 지정된 구멍)가 모두 표시되어야하며 내장된 노치가 식별 가능하여야 한다. 감도는 화상처리 알고리즘 또는 필터를 사용하지 않고 원시 데이터(raw data)에서 수행하여야 한다.

나. 기록

절차서 실증의 원시(필터링되지 않은) 이미지는 검토를 위해 활용할 수 있어야 하고 유지되어야 한다. 이미지는 명확하게 식별되고 인증을 위해 사용된 절차를 추적할 수 있어야 한다.

관 련 근 거



【비고】

(1) 유공형 및 선형 상질계는 표 940-24에서 T에 대해 적절하게 선택하여야 한다. 노치 깊이는 0.13 mm 이상이어야 한다.

(2) 시험편의 최소 치수는 150 mm × 100 mm 이다. 시험편 치수는 T가 증가함에 따라 적절하게 증가해도 된다.

(3) 노치 치수는 다음과 같아야 한다.
깊이 = 1.6 % T ~ 2.2 % T
폭 = T가 13 mm 이하인 경우, 노치 깊이의 2배
T가 13 mm 초과에서 25 mm 까지인 경우, 노치 깊이의 1.5배
T가 25 mm 초과인 경우, 노치깊이와 동일
길이 = 25 mm

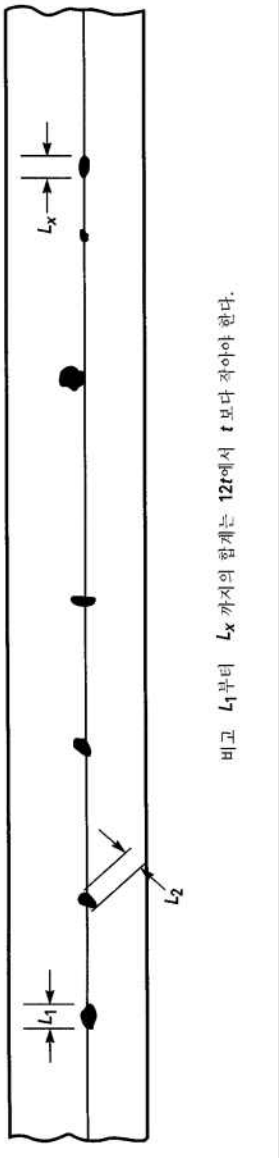
(4) 노치 위치는 실증 시험편의 대략 중앙에 있어야한다.

그림 4.4-1 절차서 실증 시험편

부 록

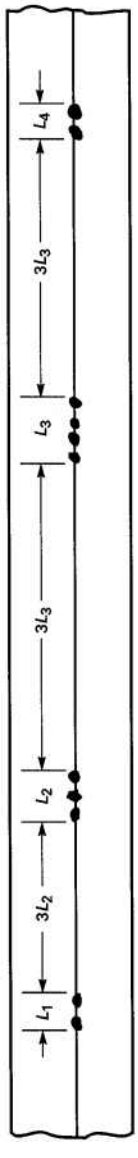
관 련 근 거

4.5 원형지시 합격기준



비고 L_1부터 L_x 까지의 합계는 $12t$에서 t 보다 작아야 한다.

그림 4.5-1
원형지시 배열



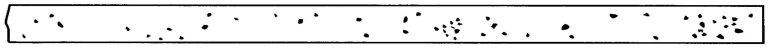
비고 결함 길이의 합계는 $12t$에서 t 보다 작아야 한다.

결함의 최대 길이	
t 가 19 mm 미만의 경우	L = 6 mm
t 가 19 mm 이상 57 mm 이하인 경우	$L = 1/3t$
t 가 57 mm 초과인 경우	L = 19 mm

결함의 최소 간격	
$3L$	여기서, L은 평가할 가장 긴 인접한 결함의 길이

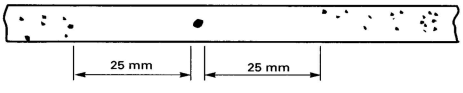
그림 4.5-2
원형지시가 배열된 그룹

관 련 근 거



(a) 분산원형지시

【비고】 임의의 용접길이 150 mm 내에 허용되는 대표적인 밀집정도 및 크기

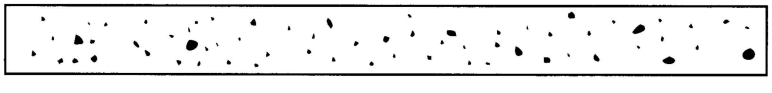


(b) 독립지시

(c) 군집지시

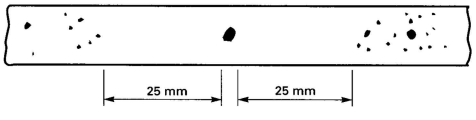
【비고】 독립지시의 최대 크기는 아래 표 4.5-1에 따른다.

그림 4.5-3 두께 t 가 3 mm 이상이고 6 mm 이하인 경우의 차트



(a) 분산 원형지시

【비고】 임의의 용접길이 150 mm 내에 허용되는 대표적인 밀집정도 및 크기



(b) 독립지시

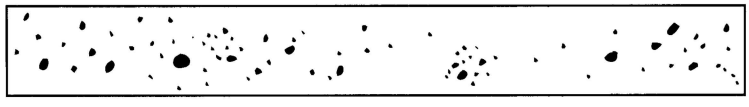
(c) 군집지시

【비고】 독립지시의 최대 크기는 아래 표 4.5-1에 따른다.

그림 4.5-4 두께 t 가 6 ㎜ 이상이고 10 ㎜ 이하인 경우의 차트

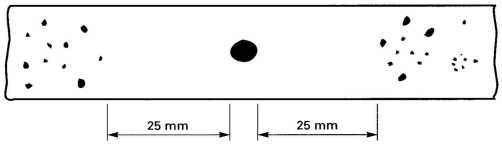
부 록

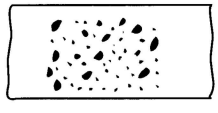
관 련 근 거



(a) 분산 원형지시

【비고】 임의의 용접길이 150 mm 내에 허용되는 대표적인 밀집정도 및 크기

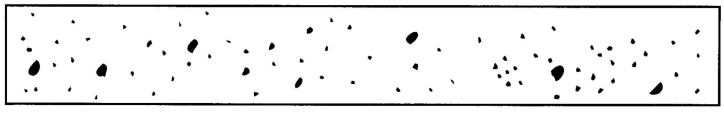




(b) 독립지시 (c) 군집지시

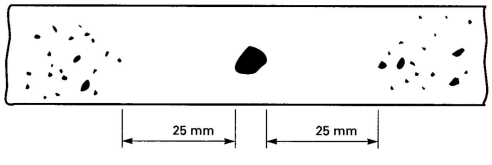
【비고】 독립지시의 최대 크기는 아래 표 4.5-1에 따른다.

그림 4.5-5 두께 t 가 10 mm를 초과하고 19 mm 이하인 경우의 차트



(a) 분산 원형지시

【비고】 임의의 용접길이 150 mm 내에 허용되는 대표적인 밀집정도 및 크기

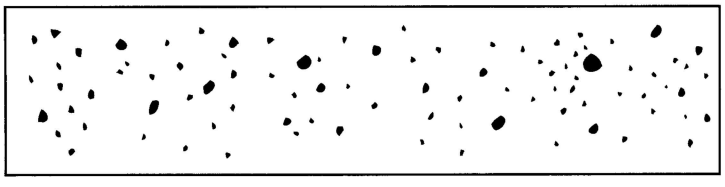


(b) 독립지시 (c) 군집지시

【비고】 독립지시의 최대 크기는 아래 표 4.5-1에 따른다.

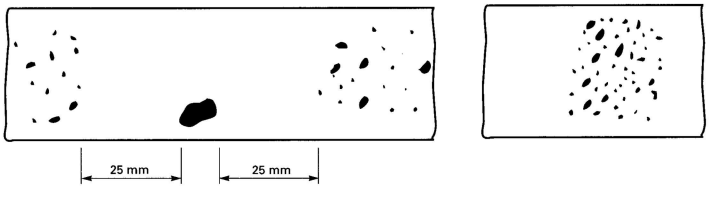
그림 4.5-6 두께 t 가 19 mm를 초과하고 50 mm 이하인 경우의 차트

관 련 근 거



(a) 분산 원형지시

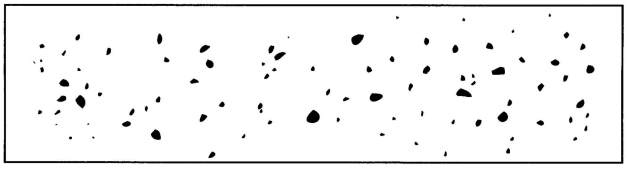
【비고】 임의의 용접길이 150 mm 내에 허용되는 대표적인 밀집정도 및 크기



(b) 독립지시 (c) 군집지시

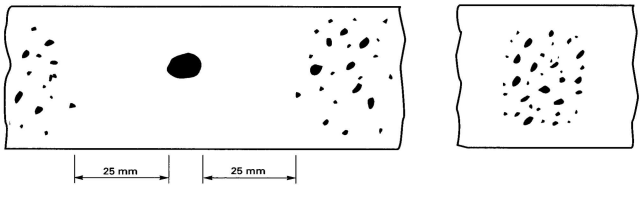
【비고】 독립지시의 최대 크기는 아래 표 4.5-1에 따른다.

그림 4.5-7 두께 t 가 50 mm를 초과하고 100 mm 이하인 경우의 차트



(a) 분산 원형지시

【비고】 임의의 용접길이 150 mm 내에 허용되는 대표적인 밀집정도 및 크기



(b) 독립지시 (c) 군집지시

【비고】 독립지시의 최대 크기는 아래 표 4.5-1에 따른다.

그림 4.5-8 두께 t 가 100 mm를 초과하는 경우의 차트

부 록

관 련 근 거

표 4.5-1 독립지시의 최대 크기

두께 t, ㎜.	허용되는 원형지시의 최대크기, ㎜		무관련지시의 최대크기, ㎜
	분산지시	독립지시	
3 미만	t/4	t/3	t/10
3	0.79	1.07	0.38
5	1.19	1.60	0.38
6	1.60	2.11	0.38
8	1.98	2.64	0.79
10	2.31	3.18	0.79
11	2.77	3.71	0.79
13	3.18	4.27	0.79
14	3.61	4.78	0.79
16	3.96	5.33	0.79
17	3.96	5.84	0.79
19~50 이하	3.96	6.35	0.79
50 초과	3.96	9.53	1.60

관 련 근 거

4.6 디지털 검출기 시스템을 사용한 방사선투과검사

1. 범위

아날로그 이미지를 디지털 형식으로 변환하기 위해 중간 처리를 거치지 않고 이미지가 검출기에서 직접 전송되는 디지털 검출기 시스템 (DDS)을 사용하는 직접 방사선 촬영(DR) 기법 사용에 대한 요건을 제공한다. 방사선 검출기, 방사선원 및 방사선투과검사 할 검사체가 촬영 중에 움직이거나 움직이지 않는 적용방법을 다룬다. 여기서 서술하지 않은 사항은 940.1.3 방사선투과검사의 요건을 따른다.

2. 일반 요건

이 장에 포함된 표준에 대한 참조문서는 해당 항에 지정된 범위까지만 적용된다.

가. 절차서 요건

1) 문서화된 절차서

문서화된 절차서가 요구된다. 940.1.3의 1 요건 대신에, 각 절차서는 최소한 다음 정보를 포함하여야 한다.

가) 재료 종류 및 두께 범위
나) 사용하는 동위원소 또는 최대 X-선 전압
다) 검출기 종류, 제조사 및 모델
라) 선원-검사체 최소거리(940.1.3.4.2의 D)
마) 검사체의 선원측에서 검출기까지의 거리(940.1.3.4.2의 d)
바) 초점크기(940.1.3.4.2의 F)
사) 이미지 디스플레이 매개변수
아) 저장 매체
자) 방사선 필터/마스킹
차) 검출기/선원 정렬 확인
카) 화소 강도/그레이 범위(최소에서 최대)

부 록

관 련 근 거

타) 프레임 평균화

2) 절차서 실증

절차서에 명시된 재료 두께의 최소 및 최대에 대한 실증이 요구된다. 절차서 실증의 세부사항 및 실증 시험편 요건은 4.6.A(보완요건)에 따른다.

3) 방사선투과영상의 농도제한 모니터링

940.1.3.1.5의 요건은 부록 4.6(디지털 검출기 시스템을 사용한 방사선투과검사)에 적용되지 않는다.

3. 장비 및 재료

가. 필름

940.1.3.2의 '2' 요건은 부록 4.6(디지털 검출기 시스템을 사용한 방사선투과검사)에 적용되지 않는다.

나. 증감지

940.1.3.1.3의 요건은 부록 4.6(디지털 검출기 시스템을 사용한 방사선투과검사)에 적용되지 않는다.

다. 방사선투과사진의 관찰 설비

관찰 시설은 모니터의 반사, 그림자, 또는 눈부심으로 인해 판독처리가 방해되지 않도록 부드러운 배경의 조명을 설치하여야 한다.

4. 교정

모든 디지털 검출기 시스템은 판독 후에 소프트웨어 기반 보정을 통해 제조사 지침에 따라 성능이 떨어지는 픽셀맵을 결정한다. 교정 소프트웨어는 ASTM E2597(Standard Practice for Manufacturing Characterization of Digital Detector Arrays)에 따라 불균일성을 수정하여야 한다. 다음과 같을 때 교정이 필요하다.

- 각 검사 절차의 인정 시작 시
- 재료 변경

관 련 근 거

- 방사선의 양 및/또는 에너지 변경 시(전압, 전류, 동위원소)
- 사용한 장비 변경
- 제조사 지침에 따른 온도 변경
- 기법 매개변수 변경
- 이미지 품질 요건 미달성

가. 밀도계 및 스텝웨지 비교 필름

940.1.3.3의 요건은 부록 4.6(디지털 검출기 시스템을 사용한 방사선투과검사)에 적용되지 않는다.

나. 빔폭

선원, 검출기, 이동속도의 움직임이 변경되거나 이 모든 조합이 발생하여 변경될 때, 빔폭은 납과 같은 금속 다이어프램으로 조정하여야 한다. 선택된 에너지의 다이어프램은 반가층 두께의 10배 이상이어야 한다. 그림 4.6-1에 나타난 빔폭은 식 4.6-1에 따라 결정하여야 한다.

$$w = \frac{c(F+a)}{b} = a \quad \cdots\cdots \text{식 } 4.6\text{-}1$$

여기서,

a = 이동 방향에서 다이어프램의 구멍 너비

b = 선원에서 다이어프램의 재료/용접부의 거리

c = 다이어프램의 재료/용접부에서 재료/용접부의 선원측 표면까지의 거리

F = 선원크기 : 방사선투과검사가 되는 재료/용접부에서 거리 b+c에 수직인 평면에서 방사선원(또는 초점)의 최대 투영된 치수

w = 이동 방향에서 측정된 재료/용접의 선원측 빔폭

5. 검사

가. 기하학적 및 이동 불선명도

부 록

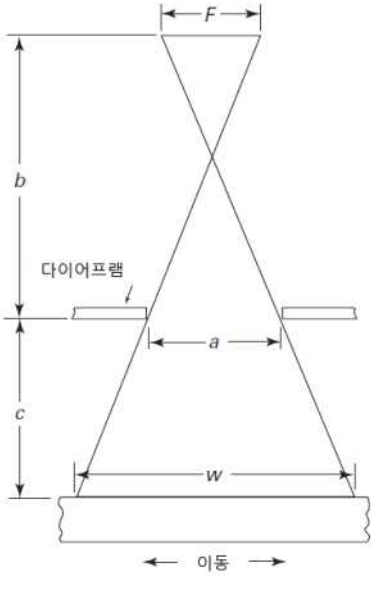
관 련 근 거

1) 기하학적 불선명도

권장된 기하학적 불선명도는 940.1.3.4.2의 '1'에 따라 결정하여야 한다.

2) 이동 불선명도

방사선투과의 이동 불선명도는 식 4.6-2 에 따라 결정하여야 한다.



$$U_M = \frac{wd}{D} \quad \cdots\cdots \text{식 } 4.6\text{-}2$$

여기서,

D = 방사선원에서 방사선투과검사가 되는 재료/용접부 까지 거리

d = 방사선투과검사가 되는 재료/용접부의 선원에서 필름까지 거리

UM = 이동 불선명도

w = 4의 '나'에 기술된대로 결정된 이동 방향에서 측정된 재료/용접부 선원측 빔폭

그림 4.6-1 빔폭 결정

관 련 근 거

나. 위치 마커

1) 이동 적용을 위해 엔코더를 사용할 때, 위치 표시는 요구되지 않는다. 교정 점검은 표시된 거리가 실제 이동된 거리의 ±1 %를 초과하지 않는지 확인하기 위해 수행하여야 한다.

2) 엔코더를 사용하지 않을 때, 940.1.3.4.3의 요건을 적용하여야 한다.

다. 방사선투과검사 모니터링을 위한 상질계 사용

1) 상질계의 배치

가) 선원 측의 상질계

940.1.3.4.5의 1의 '가'에서 상질계를 배치하기 위하여 별도의 시험편을 사용할 경우, 음화상 방식에서 시험편의 두께는 상질계 몸체에서의 이미지 밝기가 관심부위의 이미지 밝기 이상이 되도록 해야 한다. 측정으로 확인된다면, 화소강도 변화의 2 % 까지는 "동등함"으로 결정하여 허용한다. 양화상 방식에서의 이미지 밝기 요건은 이와 반대이다.

나) 이동 기법을 사용한 길이방향 용접부 검사의 경우

유공형 상질계는 용접심의 각 측면 또는 용접심에서 용접심의 시작과 끝에 인접하고 914 mm를 초과하지 않는 대략 동일한 간격으로 배치하여야 한다. 선형상질계를 사용할 때는 검출기의 행/열에 대해 약 2°에서 5°사이의 각도로 용접심을 가로질러 배치하고 간격은 위에 지시한 유공형 상질계 간격으로 두어야 한다.

다) 이동 기법을 사용한 원주방향 용접 검사의 경우

유공형 상질계는 용접심의 각 측면 또는 각 사분면의 용접심에 인접하게 배치되거나 914 mm 이하의 간격으로 배치되어야 한다. 둘 중 작은 것을 사용한다. 선형 상질계를 사용할 때는 검출기의 행/열에 대해 약 2°에서 5°사이의 각도로 용접심을 가로질러 배치하고 간격은 위에 지시한

관 련 근 거

유공형 상질계 간격으로 두어야 한다.

라) 이동 기법의 경우

상질계는 파이프 표면 위에 배치되거나 이미저 또는 주사 장치에 부착된 고정구로 파이프 표면과 이미저 사이의 위치에 고정해도 된다, 상질계 배치의 수용성은 절차서 인증 중에 실증되어야 한다.

마) 940.1.3.4.5의 '1'의 모든 다른 요건을 적용하여야 한다.

2) 상질계의 수

가) 복수 상질계

방사선투과검사가 수행될 관심부위의 최소에서 최대 두께 범위가 제시된 표 940-24(상질계의 선택)에서 각 공칭 단일벽의 재료두께 범위별로 각각 하나의 상질계를 사용하여야 한다.

나) '가)'의 대안으로, 6의 '바'의 요건이 만족되는 경우, 관심부위의 최소 및 최대 두께를 대표하는 최소한 2개의 상질계를 사용해도 된다.

다) 940.1.3.4.5의 '2'의 모든 다른 요건을 적용하여야 한다.

3) 유공형 상질계 아래 심

덧살 또는 받침 재료가 있는 용접부의 경우, 용접금속 및/또는 받침 재료와 방사선투과학적으로 유사한 재료의 심을 상질계와 부품사이에 놓아야 하며, 음화상 방식에서 상질계 몸체부위의 이미지 밝기가 관심부위의 이미지 밝기 이상이 되도록 해야 한다. 측정으로 확인된다면, 화소 강도 변화의 2% 까지는 "동등함"으로 결정하는 것이 허용된다. 양화상 방식에서의 이미지 밝기 요건은 이와 반대이다. 심의 치수는 최소한 상질계의 세 변의 윤곽선이 방사선투과이미지에서 보이도록 상질계의 치수보다 더 커야 한다.

6. 평가

가. 디지털 이미지의 품질

관 련 근 거

1) 성능이 낮은 화소 디스플레이

불량 화소는 저성능 검출기 요소이고 다음과 같이 해결하여야 한다.

가) 정적 검출기를 사용하는 디지털 검출기 시스템은 관심부위에서 클러스터 커널 화소가 없어야 한다. 오버레이는 확인을 위해 사용해도 된다. ASME SE-2597 참조

나) 다중 중첩 화소 데이터 배열을 사용하는 디지털 검출기 시스템의 경우, 클러스터 커널 화소는 획득한 이미지 데이터가 관련지시를 가리거나 이미지를 거짓으로 생성하지 않으면 관련이 없다.

2) 시스템 기인 거짓지시

저성능 화소의 관련성을 평가하여야 한다. 디지털 이미지는 관심부위내에서 어떠한 불연속을 가리거나 불연속으로 혼동될 수 있는 저성능 화소와 같은 시스템에서 기인된 거짓지시가 없어야 한다.

나. 이미지 밝기

음화상 방식에서, 유공형 상질계 몸체를 투과한 이미지 밝기 또는 선형 상질계의 지정 선에 인접한 부위의 이미지 밝기는 관심부위 내 이미지 밝기 이상이 되도록 해야 한다. 측정으로 확인된다면, 화소 강도 변화의 2 % 까지는 “동등함”으로 결정하는 것이 허용된다. 양화상 방식에서의 이미지 밝기 요건은 이와 반대이다. 추가적으로, 940.1.3.5.2의 요건은 직접 방사선투과검사에 적용하지 않는다.

다. 상질계 감도

1) 요구되는 감도

방사선투과검사는 지정된 유공형 상질계 이미지 및 필수 구멍이나 선형 상질계의 필수 선을 나타낼 수 있는 충분한 감도를 가지는 기법으로 수행되어야 한다. 또한 방사선투과사진에는 상질계 식별번호와 문자가 나타나야 한다. 선형 상질계

부록

관 련 근 거

의 경우, 필수 선은 6의 '나'에 따라 허용된 밝기 변화를 포함하여 필수 선을 결정하는데 사용되는 두께를 나타내는 관심부위 내에서 볼 수 있어야 한다.

라. 과도한 후방 산란 방사선

양화상 방식의 경우, 940.1.3.1.3에 따라 "B"의 어두운 이미지가 이미지의 더 밝은 배경에 나타나면, 후방 산란에 대한 보호가 불충분하고 방사선 상은 허용되지 않는 것으로 간주하여야 한다. 더 어두운 배경에서 "B'의 밝은 이미지는 부적합 원인이 아니다. 만약 후방산란이 있는지를 결정하기 위한 검사는 납 필터를 방사선에 노출되는 디지털 검출기 어레이(DDA) 뒷면의 절반에 배치하여 촬영을 수행하여야 한다. 두 번째 촬영은 디지털 검출기 어레이의 다른 절반으로 납을 이동하여 수행한다. 검출기에 후방 산란이 감지되면, 검출기 뒷면은 차폐하고 검사를 반복하여야 한다.

마. 치수 측정

1) 측정자 비교 측정기

판독을 위하여 사용하는 측정자는 투영된 이미지의 치수를 측정할 수 있어야 한다. 측정자 도구는 촬영동안 관심 부위에 가까운 부품의 검출기 면에 근접하거나 배치된 알려진 치수 비교기에 기반하여야 한다.

2) 대체 비교측정기

측정자 비교측정기 대안으로, 확인할 수 있는 주사 화소 크기에 기반한 측정 기능의 치수 보정을 사용해도 된다.

바. 판독

관심 부위의 판독은 요구된 상질계 감도를 실증한 최소 대비/밝기와 최대 대비/밝기를 결정한 이후에만 수행하여야 한다. 최종 방사선투과 이미지 판독은 상질계 감도 범위 내의 데이터가 평가된 후에만 이루어져야 한다. 추가적으로 해당하는 경우는 다음과 같다.

관 련 근 거

1) 두께 범위를 한정하기 위해 하나 이상의 상질계를 사용할 때, 각 상질계의 설정된 감도 범위의 중첩 부분은 중간 두께의 판독에 대해 유효한 것으로 간주하여야 한다.
2) 디지털 이미지는 음화상 또는 양화상 방식으로 관찰 및 평가해도 된다.
3) 상질계와 관심부위가 동일한 이미지 방식으로 관찰 및 평가되면, 동일 이미지의 독립 관심 부위는 다른 이미지방식으로 표시 및 평가해도 된다.

7. 문서화

가. 디지털 이미지 기법 문서화의 세부사항

해당 조직은 방사선투과검사 기법의 세부사항을 작성하고 문서화하여야 하다. 최소한 다음의 정보를 포함하여야 한다.

1) 940.1.2.6의 요건
2) 940.1.3.1.4에서 요구하는 식별표시
3) 940.1.4.3의 '3'에 따라 마커의 위치에 대한 치수 도면(사용하는 경우)
4) 검출기, 방사선원 및/또는 검사체의 최소/최대 이동속도
5) 사용한 X-선 전압 또는 동위원소
6) 초점 크기(940.1.3.4.2의 F)
7) 모재 종류 및 두께, 용접부 덧살 두께(해당하는 경우)
8) 선원-검사체 간 거리(940.1.3.4.2의 D)
9) 검사체의 선원 측에서 검출기까지의 거리(940.1.3.4.2의 d)
10) 검출기 제조사, 명칭 및 일련번호
11) 이미지 수집(디지털화) 장비 제조사, 모델 및 일련번호
12) 단일벽 또는 이중벽 촬영
13) 단일벽 또는 이중벽 관찰
14) 절차서 식별 및 개정번호
15) 영상화 소프트웨어 버전 및 개정번호
16) 각각의 관찰에 대해, 필터, 윈도우(대비) 및 레벨(밝기)을 포

관련근거

함하는 최종 화상 처리 매개변수의 숫자 값

17) 각 이미지에 대해 저성능 화소 평가

18) 컴퓨터 모니터 해상도

기법의 세부사항은 데이터 파일에 기록해도 된다.

데이터 범위와 정보 내용을 확립하기 위한 지침으로 ASTM E 1475,(Standard Guide for Data Fields for Computerized Transfer of Digital Radiological Test Data)을 사용해도 된다.

관 련 근 거

4.6.A 보완요건

1. 범위

부록 4.6(디지털 검출기 시스템을 사용한 방사선투과검사)의 2의 가의 '2)'에 따른 절차서 실증에 대한 세부사항 및 요건을 제공한다. 문서화된 절차서의 요건에 따라 허용되는 이미지를 생성하는 능력을 실증하는 데 사용된다.

2. 일반사항

가. 실증 시험편

실증 시험편은 4.4.A(보완요건)의 그림 4.4-1을 충족해야하며 절차서에 기술된 재료와 방사선투과학적으로 유사한 재료이어야 한다.

1) 절차서 실증을 위해 절차서 두께 범위의 최소 및 최대 두께를 대표하는 2개 이상의 실증 시험편이 필요하다.
2) 전체 두께 범위에 걸쳐 중간 두께에서 특정 매개변수를 실증하기 위해 추가 시험편을 사용해도 된다.
3) 위의 '1)' 및 '2)'에 대한 대안으로, 절차서에 적합한 최소 및 최대 두께를 실증하기 위해 적절한 두께의 심 플레이트와 함께 서로 다른 깊이의 일련의 내재된 노치를 포함하는 하나의 실증 시험편을 사용해도 된다.

이동기법 절차서의 경우, 절차서 적용 변수를 필요에 따라 파이프, 압연판재 또는 기타 적절한 제품 형태는 방사선 장치, 운반 기계 및 관련 고정 장치를 조화시켜 사용해도 된다.

3. 장비 및 재료

가. 취득 매개변수

방사선 이미지를 취득하는데 사용되는 취득 매개변수는 이미지 데이터 또는 관련 헤더 메타 데이터 정보 또는 방사선투과 이미지 상세 시트에 기록하여 확인 가능하여야 한다.

부 록

관 련 근 거

나. 그레이 스케일 값

관심 영역의 화소 강도 값은 절차서에 명시된 최소/최대값 내에 있어야한다. 이러한 화소 강도 값은 디지털 운영 레벨이 아닌 실제 할당된 이미지 비트맵 값을 기반으로 하여야 한다.

다. 상질계

실증에 사용되는 지정된 상질계(IQI)는 표 940-24에서 선택하여야 한다. 사용된 모든 상질계는 940.1.3.2의 '3' 요건을 만족하여야 한다.

4. 기타 요건

실증 시험편의 방사선투과 이미지는 후 처리 필터를 사용하지 않고 관찰 및 평가하여야 한다. 이미지 분석은 윈도우 및 수준(대비 및 밝기) 변화를 통해서만 수행하여야 한다.

가. 감도

최소한, 두 가지 상질계(필수선 및 지정된 구멍)가 모두 표시되어야하며 내장된 노치가 식별 가능하여야 한다. 감도는 화상처리 알고리즘 또는 필터를 사용하지 않고 원시 데이터(raw data)에서 수행하여야 한다.

나. 기록

절차서 실증의 원시(필터링되지 않은) 이미지는 검토를 위해 활용할 수 있어야 하고 유지되어야 한다. 이미지는 명확하게 식별되고 인증을 위해 사용된 절차를 추적할 수 있어야 한다.

관 련 근 거

발전설비
비파괴검사에 관한
기술방법 (KECS
1201-2022)

5. 초음파탐상검사

5.1 스크린 높이 직선성

1. 적용범위

   이 부록은 스크린 높이 직선성의 점검에 대한 요건을 규정하며, A-스캔 표시방식의 초음파탐상장치에 적용할 수 있다.

2. 기타요건

   그림 5.1-1 에 나타난 대로 기본 교정시험편 ½T 및 ¾T 두 구멍으로부터의 지시가 두 지시사이의 진폭비 2:1이 되도록 사각 탐촉자를 교정시험편 위에 놓는다. 보다 높은 쪽 지시가 전 스크린 높이(FSH)의 80 %가 되도록 감도(이득)를 조정한다. 탐촉자를 움직이지 않고, 높은 쪽의 지시(에코높이)가 전 스크린 높이의 100 %에서 20 %까지 10 %씩(또는 미세조정을 할 수 없는 경우는 2 dB 씩) 연속적으로 감도(이득)를 조절하고, 각 설정값에서 낮은 쪽의 지시(에코높이)를 읽는다. 판독값은 높은 쪽 진폭(에코높이)의 50 %이고 전 스크린 높이의 5 % 이내이어야 한다. 설정값 및 판독값은 전 스크린 높이의 최대한 1 %에 가깝게 추정해야 한다. 대안으로, 두 신호가 겹치는 것을 방지하기 위해 신호가 충분히 분리되어 진폭차이를 제공하도록 임의의 교정시험편에 수직탐촉자를 위치시켜 사용해도 된다.

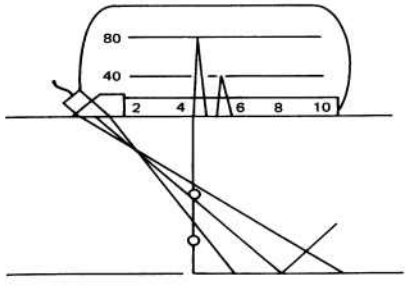


그림 5.1-1 직선성

부록

관 련 근 거

5.2 진폭 조정 직선성

1. 적용범위
   이 부록은 진폭 조정 직선성의 점검에 대한 요건을 규정, A-주사 표시방식의 초음파탐상장치에 적용한다.

2. 기타요건
   그림 5.1-1 직선성에 나타난 대로 ½T 측면 드릴구멍으로부터 지시가 스크린 영상에서 최대가 되도록 사각 탐촉자를 교정시험편 위에 놓고, 표 5.2-1에 나타난 대로 감도를 조정한다. 지시는 규정된 한도 내에 있어야 한다. 대안으로, 임의의 다른 교정시험편으로부터의 일반적인 반사체도 사각 또는 수직 탐촉자와 함께 사용해도 된다.

표 5.2-1 지시 설정 및 한도

지시 설정 % (전 스크린 높이대비)	dB 조정 변화	지시 한도 % (전 스크린 높이대비)
80%	-6 dB	35 ~ 45%
80%	-12 dB	15 ~ 25%
40%	+6 dB	65 ~ 95%
20%	+12 dB	65 ~ 95%

* 설정값 및 판독값은 전 스크린의 1 %에 가깝게 추산하여야 한다.

5.3 비행-회절시간(TOFD) 기법

1. 적용범위
   이 부록은 용접부의 TOFD 검사에 사용되는 요건에 대해서 기술한다.

2. 일반사항
   이 부록에서 서술하지 않은 사항은 940.1.4 초음파탐상검사의 요건을 적용한다.

관 련 근 거

3. 절차서 요건

가. 요건

TOFD는 최소한 표 940-28(초음파탐상검사 절차서 요건) 및 표 5.3-1에 제시된 요건을 포함하는 문서화된 절차서에 따라 수행되어야 한다. 문서화된 절차서는 각 요건에 대해 단일 값 또는 값들의 범위로 설정되어야 한다.

표 5.3-1 TOFD 검사절차서 요건

요건(적용 가능)	필수 변수	비필수 변수
장치 제조자 및 모델	○	-
장치 소프트웨어	○	-
주사범위 및 방향	○	-
흠집 길이측정 방법	○	-
흠집 높이측정 방법	○	-
데이터 샘플링 간격(증가시의 경우만)	○	-

나. 절차서 인정

절차서 인정이 명시화되어 있을 경우, 표 940-28(초음파탐상검사 절차서 요건) 및 표 5.3-1에 필수변수로 언급된 요건의 변경은 기량인정에 의해 문서화된 절차서의 재인정이 요구된다. 비필수 변수로 언급된 요건의 변경은 문서화된 절차서의 재인정이 요구되지 않는다. 문서화된 절차서 내에 명시된 모든 필수 또는 비필수 변수의 변경은 문서화된 절차서의 개정 또는 보완이 요구된다.

4. 장비

가. 장치 요건

1) 장치

장치는 주사변수의 설정 및 신호해석을 위해 선형 'A'-주사 화면을 제공해야 한다. 장치의 직선성은 지시되는 진폭 또는 시간의 정확도가 실제 전체범위 진폭 또는 시간의 ±5 %이어야

한다. 초음파 펄스발생기는 톤 버스트, 단극성 또는 양극성 구형파에 의해 여자전압을 공급해도 된다. 펄스폭은 펄스진폭과 유지시간을 최적화할 수 있도록 조절 가능하여야 한다. 초음파 수신기의 대역폭은 적어도 공칭 탐촉자 주파수의 대역폭과 동일해야 하며, 탐촉자 -6 dB 대역폭은 수신기의 -6 dB 대역폭의 바깥으로 벗어나서는 안 된다. 수신기 게인 조정기는 1 dB 이하의 증분으로 신호진폭을 조절할 수 있어야 한다. 전치 증폭기는 시스템 내에 포함되어도 된다. 아날로그에서 디지털로의 파형 변환은 탐촉자 공칭주파수의 최소 4배의 샘플링 속도를 가져야 한다. 원시 데이터로 디지털 신호 처리를 수행할 경우, 샘플링 속도는 탐촉자 공칭 주파수의 8배로 증가시켜야 한다.

2) 데이터 표시 및 기록

데이터 표시는 기록되어야 할 A-주사 시간축 범위를 결정하는 게이트의 시작점과 길이를 설정하기 위해 정류되지 않은 A-주사를 검토할 수 있도록 허용하여야 한다. 장비는 모든 게이트 설정 A-주사를 자기 또는 광학 저장 매체에 저장할 수 있어야 한다. 장비는 용접부의 단면을 최소 64 그레이스케일 레벨로 표시할 수 있어야 한다.(근본적인 A-주사 RF 파형 없이 단순한 단면 화상 이미지의 저장은 허용되지 않는다). TOFD 표시를 위한 컴퓨터 소프트웨어는 커서 또는 파형의 시간-축을 선형화하여 깊이 및 수직 범위를 추정할 수 있는 알고리즘을 포함하여야 한다. 진폭 및 시간-축 상세자료를 포함하여 파형 데이터의 저장에 추가하여, 장비는 인접 파형(예, 엔코더 위치)에 상대되는 파형의 상대위치를 나타내는 위치정보도 저장하여야 한다.

나. 탐촉자

1) 일반사항

초음파 탐촉자는 다음의 최소 요건을 만족하여야 한다.

관 련 근 거

가) 2개의 탐촉자가 송신-수신 형식으로 사용될 것(TOFD 쌍)
나) TOFD 쌍의 각 탐촉자는 동일한 공칭 주파수를 가질 것
다) TOFD 쌍은 동일한 치수의 진동소자일 것
라) 탐촉자의 펄스 지속시간은 피크 응답보다 20 dB 낮은 수준에서 측정하여 2 사이클을 초과하지 말 것
마) 탐촉자는 집속형 또는 비집속형을 사용해도 된다. 비집속형 탐촉자는 검출에 권고되고, 집속형 탐촉자는 크기 측정을 위한 분해능 향상에 권고된다.
바) 탐촉자는 단일 소자 또는 위상배열 소자로 할 것
사) 생산 재료의 입자 구조와 같은 변수로 인해 적절한 침투력이나 더 나은 분해능을 얻기 위해 다른 주파수의 사용이 요구되지 않는 한 공칭 주파수는 2 ~ 15 MHz 범위일 것

2) 클래딩-기법 1용 탐촉자

940.1.4.2.2의 '3' 요건은 TOFD 기법에 적용하지 않는다.

다. 교정시험편

1) 일반사항

가) 반사체

적당한 감도 설정을 확인하기 위해 측면드릴구멍을 사용하여야 한다.

나) 시험편의 곡률

940.1.4.2.4의 '2'는 배관에 적용하여야 한다.

2) 교정시험편

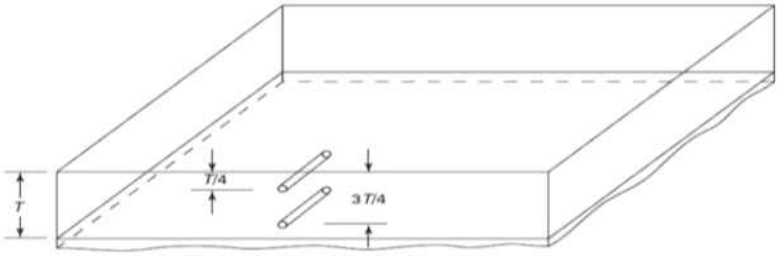
940.1.4.2.4의 '3'은 배관에 적용하여야 한다.

가) 기본 교정 시험편

기본 교정시험편의 형상과 반사체는 그림 5.3-1과 같아야 한다. 용접부가 여러 개의 영역으로 구분되었다면 영역당 최소 2개의 구멍이 요구된다. 그림 5.3-2는 2개 영역에 대한 예이다. 시험편 크기와 반사체 위치는 사용되는 빔 각도에 대해 적절한 감도 설정을 확인하기 위해 적합하여야 한다.

부 록

관 련 근 거



용접두께, mm	구멍 지름, mm
25이하	2.5
25초과 50이하	3
50초과 100이하	5
100초과	6

1. 구멍은 최소 50 mm 깊이로 드릴가공 후 리밍 작업을 하고, 필수적으로 검사 표면과 주사 방향에 평행해야 한다.
2. 구멍공차. 지름의 공차는 ±0.8 mm 이어야 한다. 블록 두께 방향의 위치 공차는 ±3.0 mm 이어야 한다.
3. 한 반사체의 지시가 다른 반사체의 지시에 영향을 미치지 않는다면, 모든 구멍은 블록의 동일한 면에 위치해야 하며, 면에 대해 대략 중간에 정렬되어야 한다. 이 경우, 구멍은 시험편의 반대 면에 위치해도 된다.
4. 용접부가 여러 영역으로 나누어져 있을 때, 각 영역은 Tz/4, Tz(3/4) 측면드릴 구멍을 가져야 하며, 여기서 Tz는 해당영역의 두께이다.
5. 직경이 500 mm 이하인 기기의 경우, 교정시험편 직경은 940.1.4.2.4의 2의 '나' 요건을 만족해야 한다.

그림 5.3-1 TOFD 대비시험편(클래딩된 경우)

나) 시험편 두께

시험편 두께는 검사 대상체 두께 100 mm 까지는 공칭 두께의 ±10 %, 그리고 두께 100 mm 이 영상에 대해서는 ±10 mm 이어야 한다. 대안으로, 대비반사체 크기가 검사 대상체 두께를 기초로 하고, 940.1.4.2.4의 3의 '가' 요건에 부합하는 적당한 수의 구멍이 있다면 더 두꺼운 시험편을 사용해도 된다.

관 련 근 거

다) 대체 시험편

TOFD 기법에 940.1.4.2.4의 3의 '다' 요건은 적용하지 않는다.

3) 배관 교정용 시험편

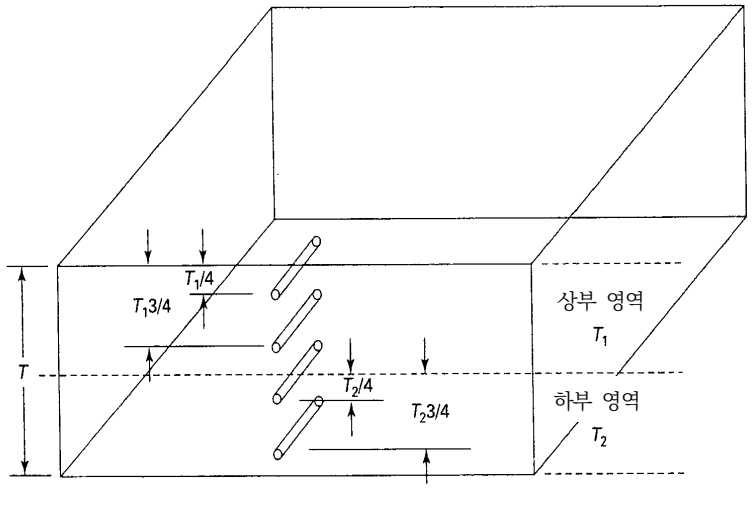
TOFD 기법에 940.1.4.2.4의 '5' 요건은 적용하지 않는다.

4) 클래딩 교정용 시험편

TOFD 기법에 940.1.4.2.4의 '7' 요건은 적용하지 않는다.

라. 기계 장치

기계적 지지장치는 탐촉자의 간격을 일정한 거리로 유지하기 위해 사용되어야 한다. 또한, 기계적 지지장치는 검사대상체 위에 의도한 주사축 방향으로 정렬이 유지되도록 하는데 사용되어야 한다. 탐촉자 이동은 전동 또는 수동으로 이루어질 수 있으며, 탐촉자용 기계적 지지장치는 A-주사의 샘플링과 동기화되는 위치조절 엔코더를 내장하여야 한다.



1. T1 은 상부 영역의 두께
2. T2 는 하부 영역의 두께

그림 5.3-2 2개 영역 대비시험편(클래딩된 경우)

부 록

관 련 근 거

5. 교정

가. 교정

1) 교정시험편

교정은 적용가능 시 그림 5.3-1 또는 그림 5.3-2에 제시된 교정시험편을 사용하여 수행하여야 한다.

2) 교정

TOFD 탐촉자를 교정할 표면위에 놓고, 측면파 진폭이 전체 스크린높이의 40~90 %가 되도록 하고, 그리고 잡음 수준이 전체 스크린높이의 5~10 %보다 낮도록 게인을 설정한다. 이것이 대비감도 설정값이다. 측면파가 표시되지 않거나 거의 분별할 수 없을 때, 다중영역 검사의 경우 잡음 수준으로만 기준을 잡아 게인 조정을 맞춘다.

3) 감도 확인

'2)'에서 설정된 대비감도 수준으로 프로브 사이의 중앙에 교정시험편의 측면드릴구멍을 주사한다. 요구된 영역으로부터 측면드릴구멍의 응답은 입계잡음보다 최소 6dB 이상이어야 하며, 디지털화된 그레이스케일 표시에서 명확하게 나타나야 한다.

4) 다중영역 검사

용접부가 다중영역으로 구분될 때 각 TOFD 탐촉자 쌍에 대해 '2)' 및 '3)'을 반복한다. 추가로, 인접한 영역에서 가장 가까운 측면드릴구멍이 검출되어야 한다.

5) 검사 폭 확인

적용 가능한 영역의 용접부 가장자리 ±13 mm의 양쪽에 대해 탐촉자를 오프셋하여 '3)'에 따라 두 번의 추가 주사가 이루어져야 한다. 요구되는 모든 구멍이 검출되지 않는다면, 두 번의 추가적인 오프셋 주사가 위에서 명시된 거리만큼 탐촉자를 오프셋하여 수행하여야 한다. 그림 5.3-3은 예를 나타낸다.

관 련 근 거

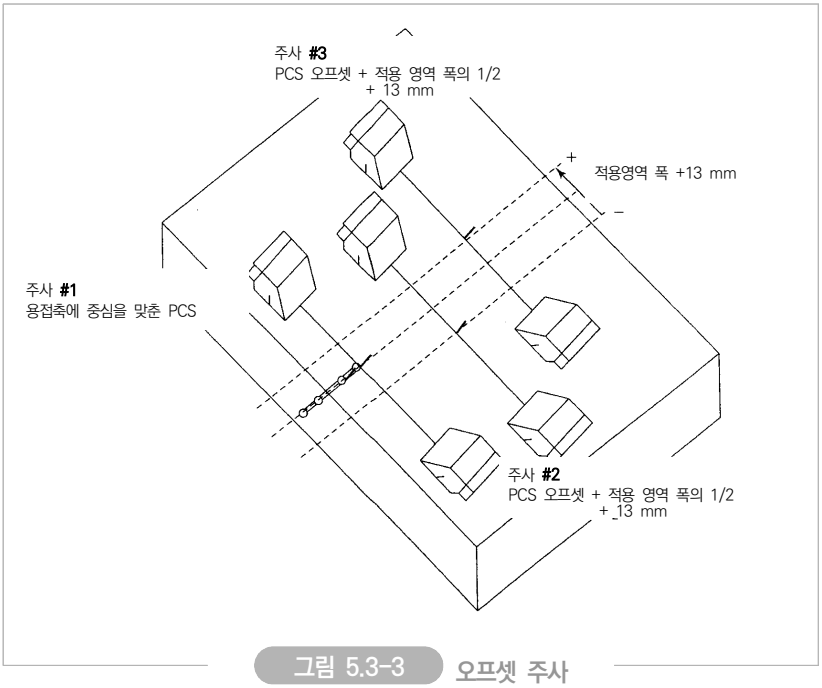


그림 5.3-3 오프셋 주사

6) 인코더

인코더는 제조자의 권고에 따라 교정되어야 하고, 최소 500 mm의 거리를 움직여 나타난 거리가 실제 움직인 거리의 ±1 %인지 확인해야 한다.

나. 배관에 대한 교정

TOFD 기법에 940.1.4.3.5 요건은 적용하지 않는다.

다. 클래딩에 대한 교정

TOFD 기법에 940.1.4.3.6 요건은 적용하지 않는다.

라. 인코더 확인

교정 점검은 인코더를 최소 500 mm 거리를 이동시켜 점검하고, 1개월을 초과하지 않는 주기로 또는 구입 후 최초 사용 전에 수행하며, 표시되는 거리는 실제 이동거리의 1 % 이내 이어야 한다.

부 록

관 련 근 거

6. 검사

가. 일반검사 요건

1) 검사 범위

탐상되어야 하는 체적은 TOFD 탐촉자 쌍을 용접 축의 중앙에 서로 수직되게 한 상태에서, 용접축에 대해 평행하게 움직여서 검사한다. 만일 용접부 폭으로 인해 오프셋 주사가 요구된다면, 용접축의 한쪽 면에 대해 탐촉자 오프셋 상태에서 최초 주사를 반복하고, 첫 번째 오프셋의 반대 면에 오프셋 상태에서 다시 주사해야 한다.

2) 겹침

인접한 주사 사이의 최소 겹침은 25 mm이어야 한다.

3) 다중영역 검사

용접부가 여러 영역으로 분할될 때, 각 용접 영역에 대해 '1)'을 반복한다.

4) 데이터 기록(게이트 설정 영역)

정류되지 않은(RF 파형) A-주사 신호를 기록하여야 한다. A-주사 게이트 설정 영역은 측면파 바로 전부터 시작하도록 설정되어야 하고, 최소로 두께와 불일치 변수에 대해 허용되는 첫 번째 저면신호의 모든 것이 기록되는 곳을 끝으로 한다. 유용한 데이터는 모드 변환된 신호에서 얻을 수 있다. 따라서, 첫 번째 저면신호와 모드 변환된 저면신호까지의 간격은 관련 기준에서 요구되는 경우 수집된 데이터에 포함되어야 한다.

5) 용접심에 수직한 반사체

해당 기준에서 TOFD를 지정하지 않은 한 용접 축에 수직한 반사체는 940.1.4.4.2의 1의 '다'의 요건에 따라 사각 빔 검사가 수행되어야 한다. 이 경우, 각 TOFD 탐촉자 쌍을 기본적으로 용접축에 평행하게 위치하고 탐촉자 쌍을 용접 축을 따라 아래로 이동한다. 용접 덧살이 매끄럽게 연마되지 않은 경우, 탐촉자는 가능한 용접 축과 평행하게 판재 가까이에 위치시킨다.

관 련 근 거

나. 용접 이음부 거리진폭 기법

TOFD 기법에 940.1.4.4.2의 요건은 적용하지 않는다.

다. 클래딩 기술

TOFD 기법에 940.1.4.4.3의 요건은 적용하지 않는다.

라. 데이터 샘플링 간격

50 mm 이하의 두께에 대해 수집된 A-주사 데이터의 최대 샘플링 간격은 1 mm이며, 50 mm초과의 두께에 대해서는 2 mm까지의 샘플링 간격을 사용해도 된다.

7. 평가

가. 누락된 데이터 선

화면에서 누락된 데이터 선은 수집할 주사선의 5 %를 초과해서는 안 되며, 어떠한 인접 선도 누락하지 않아야 한다.

나. 결점 크기와 해석

결점 높이 측정이 요구될 때, 4.1에 따라 시스템이 교정된 후, 교정시험편 위에서 자유롭게 움직여서 시스템에 의해 계산된 저면 반사의 깊이가 실제 두께의 ±1 mm 이내이어야 한다. 저면 반사신호가 화면에 나타나지 않거나 거의 구분하기 어려운 다중 영역검사에 대해서는 교정시험편내의 측면드릴구멍 또는 깊이를 알고 있는 다른 대비반사체를 사용하여야 한다.

8. 문서화

가. 검사 기록

각 검사에 대해, 940.1.6.8.2에서 요구되는 정보와 다음 정보는 기록되어야 한다.

1) 탐촉자 중심 간격(PCS)
2) 데이터 샘플링 간격
3) 결함 높이(규정된 경우)
4) 최종 디스플레이 처리 레벨

부 록

관 련 근 거

나. 보고서

검사 보고서를 작성하여야 한다. 보고서는 940.1.6.8.1, 940.1.6.8.2 및 위의 '가'에 나타낸 기록을 포함하여야 한다. 보고서는 관련 기준 요건에 따라 기록하고 유지하여야 한다.

5.4 위상배열 E-주사 및 S-주사 선형주사 검사 기법

1. 적용범위

이 부록은 선형배열 탐촉자를 사용하는 위상배열 E-주사(고정각도) 및 S-주사의 인코드화된 선형 주사 검사에 대한 요건이다.

2. 일반사항

가. 이 부록에서 수정된 것을 제외하고, 940.1.4 초음파탐상검사의 요건이 적용된다.

1) 절차서 인증

절차서의 인증은 표 5.4-1의 요건을 적용하여야 한다.

표 5.4-1 선행배열을 사용하는 위상배열 선형주사 검사의 절차서 요건

요건	필수변수	비필수변수
탐촉자 (소자 피치, 크기, 수 및 간격 치수)	○	...
초점 범위(평면, 깊이 또는 적용 가능한 음파경로 식별)	○	...
가상 구멍 크기 [소자의 수, 소자 폭, 유효높이 비고]	○	...
웨지 고유 굴절 각도	○	...
주사계획	○	...
용접 축 기준점 표시	...	○
추가적 E-주사 요건 :		
래스터링 각도	○	...
구경 시작 및 정지 소자 개수	○	...
구경 증분 변화 (스텝핑 소자 수)	○	...
추가적 S-주사 요건 :		
스위프 각도 범위	○	...

관 련 근 거

표 5.4-1 계속

요건	필수변수	비필수변수
각도 스위프 증분 (증분 각도 변화, 도)	○	...
구경 소자의 수 (처음과 마지막)	○	...

유효높이는 초점법칙(Focal law)에서 사용된 첫 번째 소자의 바깥 모서리부터 마지막 소자까지 측정한 거리이다.

나. 주사계획

주사계획(문서화된 시험전략)에는 표준화되고 재현 가능한 방법론을 제공하는 탐촉자의 배치와 이 동이 제공되어야 한다. 위 표 5.4-1의 정보에 추가하여, 주사계획에는 용접축 기준점, 용접이음 형상, 시험 부위 또는 영역의 수를 고려한 빔 각도와 방향을 포함하여야 한다,

3. 교정

가. 진폭조정 직선성

초음파 기기의 각 펄스 수신 회로에 대해서 진폭 제어 직선성을 부록 5.2에 따라서 평가하여야 한다.

나. 일반교정 요건

1) 초첨법칙

검사 중에 사용하는 초점법칙은 교정을 위해 사용하여야 한다.

2) 빔 교정

검사에 사용하는 모든 개별 빔은 검사에 적용되는 음파경로에 대한 거리 측정 및 진폭보정을 제공하도록 교정해야 한다.

3) 인코더 교정

인코더를 최소 거리 500 mm 거리를 이동시켜 점검하고, 1개월을 초과하지 않는 주기로 또는 구입 후 최초 사용 전에 교정을 실시하여야 한다. 표시되는 거리는 실제 이동거리의 1 % 이내이어야 한다.

부 록

관 련 근 거

4. 검사

가. 검사범위

검사가 요구되는 용접부와 모재의 체적은 인코더와 함께 선형 주사기법을 사용하여 주사하여야 한다. 각 선형주사는 용접 축에 수직방향인 빔과 일정한 이격거리에서 용접 축에 평행하여야 한다.

1) 탐촉자는 고정된 장치나 기계적 수단을 이용하여 용접 축으로부터 고정된 거리를 유지하여야 한다.

2) E-주사를 위한 검사각도와 S-주사를 위한 각도 범위는 검사 할 이음부에 적합하여야 한다.

3) 주사속도는 데이터 이탈이 선형주사거리의 25 mm당 2개 데이터 라인 미만이고 인접한 데이터 라인을 건너뛰며 읽지 않는 속도이어야 한다.

4) E-주사 기법의 경우, 인접한 활성 구경 사이의 겹침(구경 증분변화)이 최소한 유효 구경높이의 50 %가 되어야 한다.

5) S-주사 기법의 경우, 각도 스위프 증분변화는 최대 1°이거나 50 % 빔 중첩을 보장하기에 충분하여야 한다.

6) 용접부와 모재의 체적이 복수의 선형주사가 요구될 때는 인접한 선형주사 간의 중첩은 E-주사에 대해서는 유효구경 높이, S-주사에 대해서는 빔 폭의 최소 10 %가 되어야 한다.

나. 기록

관심부위에 대한 A-주사 데이터는 검사 주파수의 최소 5배의 계수율 및 아래와 같이 최대 기록 증분에서 문턱값 없이 처리되지 않은 원래의 테이터 형태로 기록해야 한다.

1) 두께 75 mm 미만의 재료는 1 mm

2) 두께 75 mm 이상의 재료는 2 mm

다. 용접심에 수직한 반사체

선형주사의 대안으로, 용접 축에 수직한 반사체에 대해서 수동 사각탐상검사를 실시해도 된다.

관 련 근 거

5. 검사의 기록

각 검사에 대해서, 940.1.6.8.2에서 요구되는 정보와 다음 정보를 기록하여야 한다.

가. 탐촉자 소자 크기, 수, 피치 및 간격 치수

나. 적용된 각도 또는 각도범위, 초점 깊이와 평면이 포함된 초점 법칙 변수, 사용된 소자의 개수, 각도 또는 소자의 증분변화, 시작 및 정지 소자 번호 또는 시작 소자 번호

다. 웨지의 고유 굴절각도

라. 최소한으로, 여기펄스 유형, 지속시간과 전압 설정, 디지털화 속도(예, 압축 및 포인트 수량에 영향을 받는 공칭속도), 정류, 펄스 반복 속도, 범위 시작과 끝, 대역통과필터, 스무딩(Smoothing), 집속유형 및 길이를 포함하는 장비 설정

마. 주사계획 변수

5.5 사각빔 교정을 위한 탐상기법

1. 적용범위

이 부록은 사각 빔 교정에 대한 일반적인 기법을 규정한다. 다른 기법을 사용해도 된다. 일반기법에 대한 설명 및 반사체의 위치 및 깊이를 V-경로의 8분할로서 나타낸다. 스윕범위는 반사체(그림 5.5-1, 그림 5.5-2 및 그림 5.5-3에 나타낸 것처럼)에 대한 빔 진행 경로, 투영 표면거리 또는 실제 깊이의 단위로 교정해도 된다. 검사자의 선호도에 따라 특정방법을 선택해도 된다.

비고

유효높이는 초점법칙(Focal law)에서 사용된 첫 번째 소자의 바깥 모서리부터 마지막 소자까지 측정한 거리이다.

2. 교정

가. 거리 범위 교정

부 록

관 련 근 거

1) 측면 드릴구멍(그림 5.5-1 참조)

가) 지연 조정기 조절

¼T 측면드릴구멍으로부터 최대 첫번째 지시를 나타내는 곳에 탐촉자를 위치시킨다. 지연조정기를 사용하여 지시의 왼쪽가장자리를 스크린의 2번 선에 맞춘다.

나) 범위 조정기 조절

¾T 측면드릴구멍으로부터 최대 지시를 나타내는 곳에 탐촉자를 위치시킨다. 범위 조정기를 사용하여 지시의 왼쪽 가장자리를 스크린의 6번 선에 맞춘다.

다) 반복 조절

¼T 및 ¾T 측면 드릴구멍 지시가 2번 및 6번 스웹선에서 시작할 때까지 지연 및 범위 조정기 조절을 반복한다.

라) 노치 지시

반대면의 사각 노치로부터 최대 응답을 나타내는 곳에 탐촉자를 위치시킨다. 지시는 8번 스웝선 가까이에 나타나게 된다.

마) 스웝 눈금값

스웝상의 두 눈금은 ¼T에 해당한다.

2) IIW 시험편(그림 5.5-2 참조)

IIW 시험편을 장치 스크린에 표시된 스웝범위를 교정하는데 사용해도 된다. 시험편의 반사체가 측면드릴구멍 중심선상에 있지 않다는 사실이나 기본교정시험편 내의 측면드릴구멍 위치의 부정확성에 따른 영향을 받지 않는 정확한 거리에서 반사체를 제공한다는 장점이 있다. 시험편은 다양한 합금 및 형상으로 만들어진다. 사각빔 범위 교정은 반지름 100 mm와 다른 반사체로 실시한다. 그림 5.5-2에 나타낸 교정시험편은 100 mm에서 첫 번째 지시를 나타내고, 웨지의 입사점과 반지름 100 mm의 중심점이 맞춰진 200 mm 반지름의 중심점에 해당하는 수직 노치에서 되돌아 반지름 100 mm에서 다시 반사되어 두 번째

관 련 근 거

지시를 나타낸다. 다른 IIW 시험편은 50 mm 및 100 mm에서 신호를 나타내고, 세 번째 신호는 100 mm 및 225 mm에서 지시를 나타낸다.

가) 탐촉자 조절

탐촉자를 좌우로 움직여 두 번째 반사 지시도 최대가 되면서, 반지름 100 mm로부터의 지시가 최대가 되도록 위치시킨다.

나) 지연 및 범위 조정기 조절

탐촉자를 움직이지 않고 지시가 그 대표 빔 경로 거리에서 시작하도록 지연 및 범위 조정기를 조절한다.

다) 반복 조절

두 번째 지시가 스크린 상의 적당한 빔 경로에 있을 때까지 지연 및 범위 조정기 조절을 반복한다.

라) 스윕 눈금값

스윕상의 두 눈금은 선택된 스크린 범위의 1/5에 해당한다.

3) 배관 시험편(그림 5.5-3 참조)

배관 교정시험편에 있는 노치는 장치 스크린에 표시된 거리 범위를 교정하는데 사용해도 된다. 그 시험편은 안쪽과 바깥쪽 면에 정확한 거리의 반사체를 제공하는 장점을 가지고 있다.

가) 지연 조정기 조절

장치 스크린에 그 실제 빔 경로에서의 안쪽 면 노치로부터 첫 번째 최대지시를 나타내는 곳에 탐촉자를 위치시킨다. 스크린에 그 빔 경로에 가장 높은 처음지시의 왼쪽 가장자리를 지연 조정기로 조절한다.

나) 범위 조정기 조절

바깥쪽 면 노치로부터 가장 높은 두 번째 지시에 탐촉자를 위치시킨다. 스크린에 그 빔 경로에 가장 높은 처음지시의 왼쪽 가장자리를 범위 및 속도 조정기로 조절한다.

다) 반복 조절

두 지시가 스크린 상의 적절한 빔 경로에 있을 때까지 지연 및 범위 조정기 조절을 반복한다.

부 록

관 련 근 거

라) 스윕 눈금값

스윕상의 두 눈금은 선택된 스크린 범위의 1/5에 해당한다.

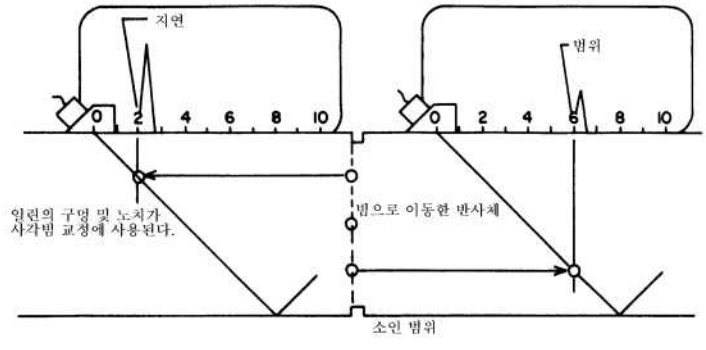


그림 5.5-1 스윕범위(측면 드릴구멍)

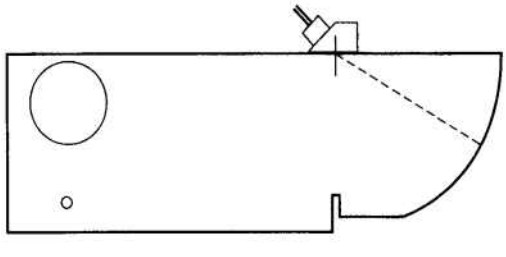


그림 5.5-2 스윕 범위(IIW Type 시험편)

관 련 근 거

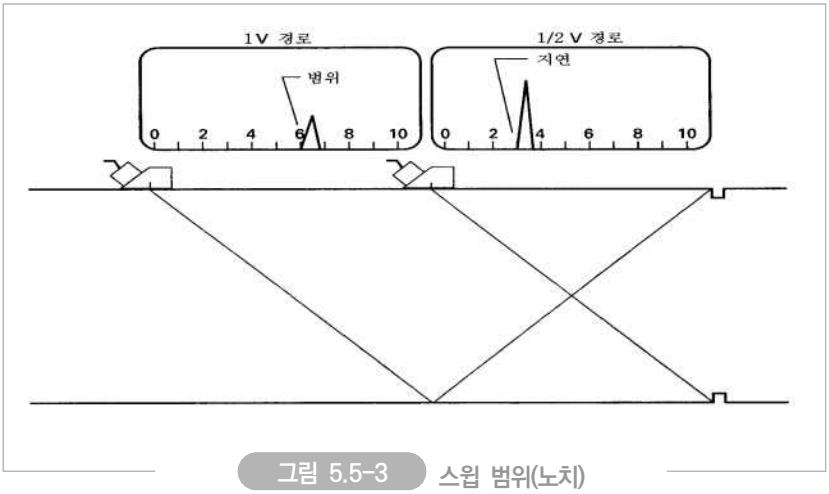


그림 5.5-3 스윕 범위(노치)

나. 거리-진폭교정

1) 클래드가 있는 면으로부터 측면 드릴구멍 주 대비수준에 대한 교정(그림 5.5-4 참조)

가) 최대 진폭을 나타내는 측면 드릴구멍으로부터 최대 응답을 나타내는 곳에 탐촉자를 위치시킨다.

나) 지시가 전 스크린 높이의 80 %(±5 %)가 되도록 감도(게인) 조정기를 조절한다. 스크린에 지시의 피크를 표시한다.

다) 또 다른 측면드릴구멍으로부터 최대 응답을 나타내는 곳에 탐촉자를 위치시킨다.

라) 스크린에 지시의 피크를 표시한다.

마) 세 번째 측면드릴구멍으로부터 최대진폭을 나타내는 곳에 탐촉자를 위치시키고, 스크린에 피크를 표시한다.

바) 초음파 빔이 반대면으로부터 반사된 후, ¾T 측면 드릴구멍으로부터 최대진폭을 나타내는 곳에 탐촉자를 위치시킨다. 지시는 스윕 눈금선 10 부근에 나타나야 한다. 5/4T 위치에 대해 스크린에 피크를 표시한다.

사) 거리-진폭교정 곡선을 만들기 위해 측면드릴구멍에 대한 스크린의 표시들을 연결한다.

부 록

관 련 근 거

아) 반대면에 수직인 반사체에 대한 교정 보정에 대해서는 2.5를 참조한다.

2) 클래드가 없는 면으로부터 측면 드릴구멍 주 대비수준에 대한 교정(그림 5.5-4 참조)

가) 시험편의 클래드가 있는 면에 있는 ¾T 및 5/4T 측면 드릴구멍 위치 사이의 진폭 dB 값의 차이를 측정한다.

나) 클래드가 없는 면으로부터 2의 나의 1)의 '가)'에서 '아)'에 기록한 대로 교정을 실시한다.

다) 5/4T 측면 드릴구멍에 대한 진폭을 정하기 위해, ¾T 측면 드릴구멍으로부터 최대진 폭을 나타내는 곳에 탐촉자를 위치시킨다. 신호진폭을 위 'a)'에서 측정된 dB 값 만큼 감소시킨다. 스윕 눈금선 10(5/4T)에서 신호진폭의 높이를 표시한다.

라) DAC을 만들기 위해 스크린의 표시들을 연결한다. 이 곡선으로 클래드 표면(스윕 눈금선 8 부근)에 이르기까지의 지시를 평가해도 된다.

마) 반대면 근처에 있는 수직 평면반사체에 대한 교정 보정에 대해서는 2의 '마'를 참조한다.

3) 파이프 노치 주 대비수준에 대한 교정(그림 5.5-5 참조)

가) 최대 진폭을 나타내는 노치로부터 최대 응답을 나타내는 곳에 탐촉자를 위치시킨다.

나) 지시가 전 스크린 높이의 80 %(±5 %)가 되도록 감도(게인) 조정기를 조절한다. 스크린에 지시의 피크를 표시한다.

다) 게인을 변동시키지 않고 또 다른 노치로부터 최대 응답을 나타내는 곳에 탐촉자를 위치시킨다.

라) 스크린에 지시의 피크를 표시한다.

마) ½V, 1V 및 3/2V 빔 경로에서의 잔여 파이프 노치로부터 최대 진폭을 나타내는 곳에 탐촉자를 위치시키고, 스크린에 피크를 표시한다.

관 련 근 거

바) 추가 V 경로가 사용될 때 그 V 경로로부터 최대진폭을 나타내는 곳에 탐촉자를 위치시키고, 스크린에 피크를 표시한다.

사) 거리-진폭교정 곡선을 만들기 위해 파이프 노치에 대한 스크린의 표시들을 연결한다.

아) 이들 점은 초음파탐상장치에 의해 저장되고 전자적으로 나타낼 수 있다.

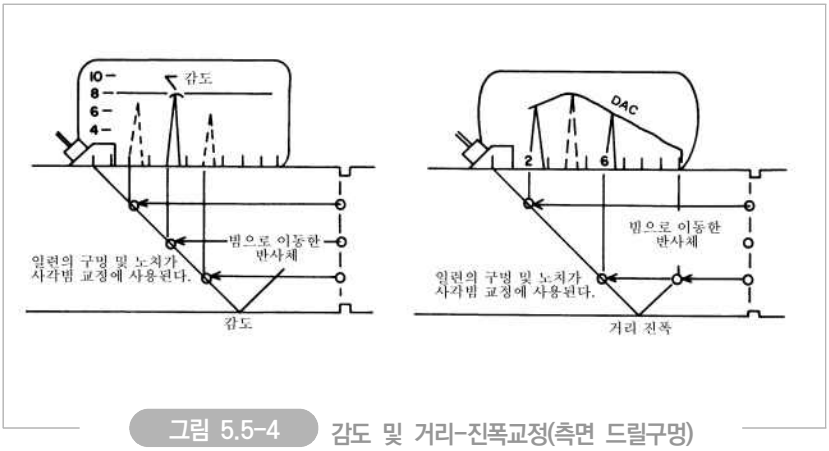


그림 5.5-4 감도 및 거리-진폭교정(측면 드릴구멍)

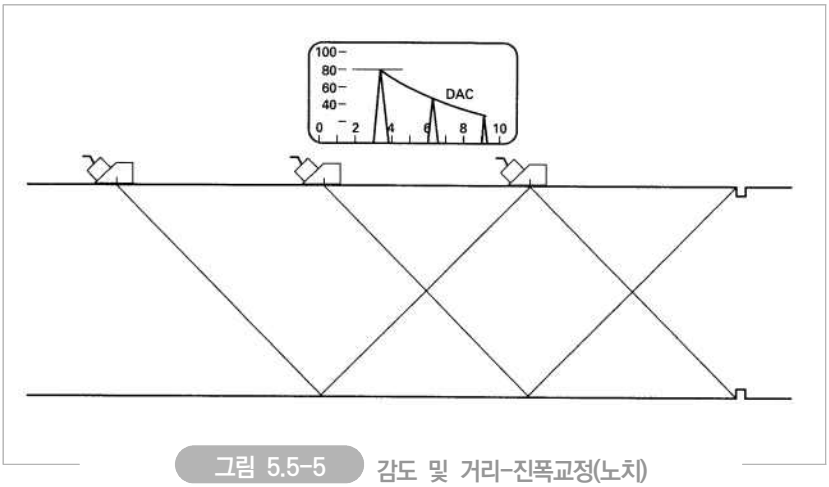


그림 5.5-5 감도 및 거리-진폭교정(노치)

관 련 근 거

다. 내부 1/4 체적의 거리-진폭 보정

1) 빔 각도의 수

t/4의 체적 각도 교정요건은 그 체적 내에 있는 최대 지름이 3 mm인 측면드릴구멍으로 교정하는데 필요한 1개 이상의 빔을 사용함으로써 만족시킬 수 있다.

2) 클래드가 없는 면으로부터의 교정

검사가 바깥면으로부터 실시되는 경우, 13 mm로부터 ¼T의 깊이에 대한 DAC 형상을 정하기 위해 지름이 3 mm인 측면 드릴구멍으로 교정한다. ¼T 깊이에서 3 mm 직경인 측면드릴 구멍의 지시가 2의 나의 '1)' 또는 2의 나의 '2)'에서 결정된 ¼T 깊이 구멍으로부터의 지시와 동일하게 되도록 이득을 조정한다. 이득을 변동시키지 않고, 깊이 13 mm에서부터 ¼T 깊이에 가까이 있는 지름이 3 mm인 측면 드릴구멍까지 지름 3 mm의 잔여 측면 드릴구멍으로부터 근처에 있는 다른 표면 지시의 스크린 높이를 정한다. 인접한 표면 DAC 곡선을 완성하기 위해 지시 피크를 연결한다. 2의 나의 '1)' 또는 2의 나의 '2)'에서 측정한 게인 설정값으로 되돌린다.

3) 클래드가 있는 면으로부터의 교정

검사가 내면으로부터 실시되는 경우, 위 2의 다의 '2)'에 따라 DAC 형상 및 게인 설정값을 정하기 위해 지름이 3 mm인 측면 드릴구멍을 이용하여 교정한다.

라. 위치 교정(그림 5.5-6 참조)

다음의 측정은 자, 눈금계를 사용하거나 색인스트립(Indexing strip)에 표시해도 된다.

1) ¼T 측면 드릴구멍 지시

¼T 측면 드릴구멍으로부터 최대응답을 나타내는 곳에 탐촉자를 위치시킨다. 색인스트립의 한 쪽 끝을 탐촉자의 앞에 위치시키고, 다른 쪽 끝을 빔의 방향으로 향하게 위치시킨다. 측면 드릴구멍의 바로 위에 있는 표시 선에 맞추어 색인스트립에 숫자 2를 표시한다.(탐촉자에 표시선이 그려져 있는 경우 탐촉자의 측면에 표시해도 된다)

관 련 근 거

2) ½T 및 ¾T 측면드릴구멍 지시

½T 및 ¾T 측면 드릴구멍으로부터 최대지시를 나타내는 곳에 탐촉자를 위치시킨다. 색인스트립의 동일한 한쪽 끝을 탐촉자의 앞에 위치시킨다. 측면 드릴구멍의 바로 위쪽에 있는 표시 선에 맞추어 색인스트립에 숫자 4 및 6을 표시한다.

3) 5/4T 측면 드릴구멍 지시

가능하다면, ¾T 측면드릴구멍으로부터의 빔이 반대면에서 반사하도록 탐촉자를 위치시킨다. 측면드릴구멍의 바로 위에 있는 표시선에 맞추어 색인스트립 상에 숫자 10을 표시한다.

4) 노치 지시

반대면으로부터 최대 노치지시를 얻을 수 있는 곳에 탐촉자를 위치시킨다. 노치의 바로 위에 있는 표시선에 맞추어 색인스트립 상에 숫자 8을 표시한다.

5) 색인번호

색인번호는 V-경로의 16분할에 있는 반사체의 위치를 직접 나타낸다.

6) 깊이

검사표면으로부터 반사체가지의 깊이는 8에서 T, 6과 10에서 ¾T, 4에서 ½T, 2에서 ¼T, 0에서 0이다. 이보다 작은 깊이 증가량은 보간이 가능하다. 구멍의 반지름이 반사체 위치의 정밀도에서 중요하다고 간주할 경우에는 바지름에 대한 색인 스트립상의 위치 표시를 보정해도 된다.

부 록

관 련 근 거

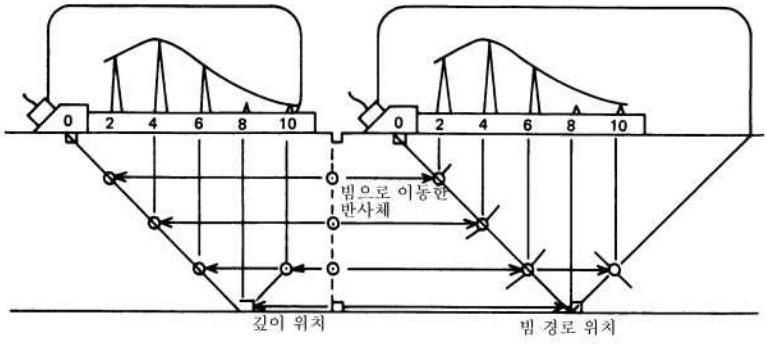


그림 5.5-6 깊이 위치 및 빔 경로

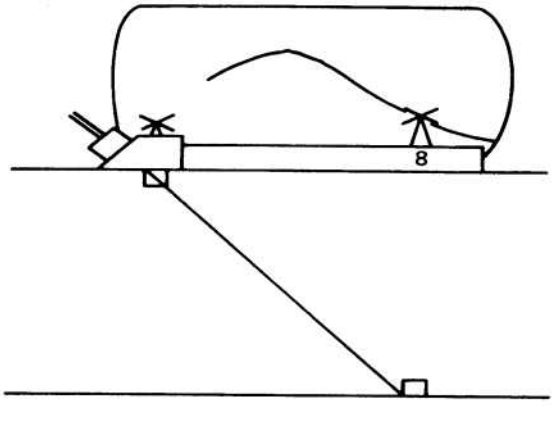


그림 5.5-7 평면형 반사체로부터의 반사

마. 검사면에 수직하거나 반대면 근처에 위치한 평면형 반사체에 대한 교정 보정(그림 5.5-7 참조)

45° 사각 빔 횡파는 모서리 반사체로부터 양호하게 반사한다. 그러나 60° 사각 빔 횡파가 동일한 반사체에 부딪치는 경우, 빔의 일부에서 모드변환이 일어나 반사 방향이 달라진다. 또한,

관 련 근 거

이런 문제는 50~70° 사각 빔 횡파 범위에서도 미세하게 발생한다. 그러므로 검사 빔의 각도와 관계없이 이런 불완전부를 동등하게 평가 가능한 정도까지 교정이 요구된다.

1) 노치 지시

반대면에 있는 노치로부터 최대진폭을 나타내는 곳에 탐촉자를 위치시킨다. 스크린에 지시의 피크를 'X'로 표시한다.

2) 45° 및 60°

반대면의 노치는 45° 횡파에 대해 DAC 보다 2:1 비율의 지시를 나타내지만, 60° 횡파의 경우 ½ DAC만을 나타낼 수 있다. 그러므로 반대면에서 반사체를 평가할 때, 노치로부터 지시를 고려해야 한다.

바. 빔 분산(그림 5.5-8 참조)

빔 분산의 측정은 원형 저면구멍의 반구형 면에서 실시하여야 한다. 빔 주축의 최대진폭의 1/2 한계는 아래와 같이 원형 저면구멍으로부터의 반사를 측정할 수 있도록 탐촉자를 조정하여 작성하여야 한다.

1) ¼T 구멍의 전방

¼T 원형 저면구멍으로부터 최대지시를 전 스크린 높이의 80 %로 설정한다. 지시가 전 스크린 높이의 40 %가 될 때까지 탐촉자를 구멍 쪽으로 이동시킨다. 빔 중심선의 '전방' 위치를 시험편에 표시한다.

2) ¼T 구멍의 후방

'1)'을 반복한다. 단, 지시가 전 스크린 높이의 40 %가 될 때까지 탐촉자를 구멍으로부터 멀어지게 탐촉자를 이동시킨다. 빔 중심선의 '후방' 위치를 시험편에 표시한다.

3) ¼T 구멍의 오른쪽

¼T 원형 저면구멍으로부터 지시가 전 스크린 높이를 원래의 80 %로 나타나는 곳에 탐촉자를 다시 위치시킨다. 반사체로 향하는 빔을 선회(Pivoting)시키지 않으면서 지시가 전 스크린

부 록

관 련 근 거

높이의 40 %가 될 때까지 탐촉자를 오른쪽으로 이동시킨다. 빔 중심선의 '우측' 위치를 시험편에 표시한다.

4) ¼T 구멍의 왼쪽

'3)'을 반복한다. 단, 지시가 전 스크린 높이의 40 %가 될 때까지 반사체로 향하는 빔을 선회시키지 않으면서 좌측으로 이동시킨다. 빔 중심선의 '좌측' 위치를 시험편에 표시한다.

5) ½T 및 ¾T 구멍

½T 및 ¾T 원형 저면구멍의 경우 '1)'에서 '4)'을 단계별로 반복한다.

6) 기록 치수

교정시험편에 표시된 전·후 및 좌·우의 위치를 기록한다.

7) 수직 색인번호

빔방향과 수직인 주사간격을 색인하는 경우 3개의 '전방'부터 '후방'까지의 크기의 최소값을 넘지 않아야 한다.

8) 평행 색인번호

빔방향과 평행인 주사간격을 색인하는 경우 3개의 '좌측' 부터 '우측'까지의 크기의 최소값을 넘지 않아야 한다.

9) 다른 금속의 경로

이 측정에 의해 결정된 빔분산각은 다른 금속의 빔경로의 한계를 결정하는 데에 사용되어야 한다.

비고

라미나형 반사체가 기본 교정시험편에 존재하는 경우, 빔분산의 판독값은 영향을 받을 수 있다. 이와 같은 경우에 빔분산 측정은 가장 이용 가능한 판독값에 기초를 두어야 한다.

관 련 근 거

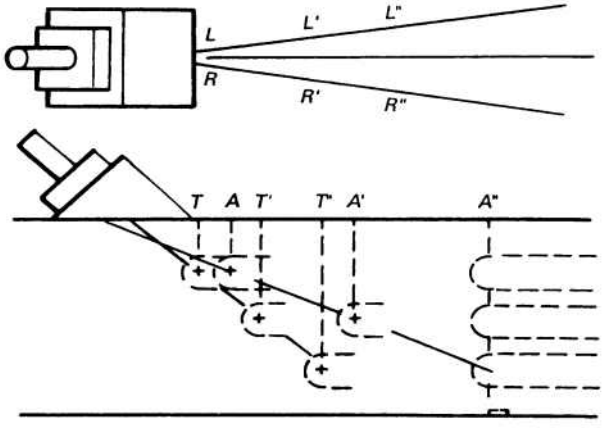


그림 5.5-8 빔 분산

5.6 수직빔 교정을 위한 탐상기법

1. 적용범위

이 표준은 수직 빔 교정에 대한 일반적인 기법을 규정한다. 다른 기법을 사용하여도 된다.

2. 교정

가. 스윕 범위교정 (그림 5.6-1 참조)

비고

빔 경로 측정에 의한 교정은 측정된 두께와 동일한 스윕 눈금의 수(또는 다수)에 시험편 저면 반사에 의한 범위조정 위치설정으로 이용해도 된다. ¼T 측면드릴구멍 지시는 스윕눈금 수의 ¼ 위치가 되도록 지연 조정을 하여야 한다.

1) 지연 조정기 조절

¼T 측면드릴구멍으로부터 최대 첫 번째 지시를 나타내는 곳에 탐촉자를 위치시킨다. 지연조정기를 사용하여 지시의 왼쪽가장자리를 스크린의 2번 선에 맞춘다.

부 록

관 련 근 거

2) 범위 조정기 조절

¾T 측면드릴구멍으로부터 최대 지시를 나타내는 곳에 탐촉자를 위치시킨다. 범위 조정기를 사용하여 지시의 왼쪽 가장자리를 스크린의 6번 선에 맞춘다.

3) 반복 조절

¼T 및 ¾T 측면 드릴구멍지시가 2번 및 6번 스윕선에서 시작할 때까지 지연 및 범위 조정기 조절을 반복한다.

4) 저면 지시

저면 지시는 스윕 눈금선 8부근에 나타날 것이다.

5) 스윕 눈금

스윕 눈금선의 두 눈금은 1/4T에 해당한다.

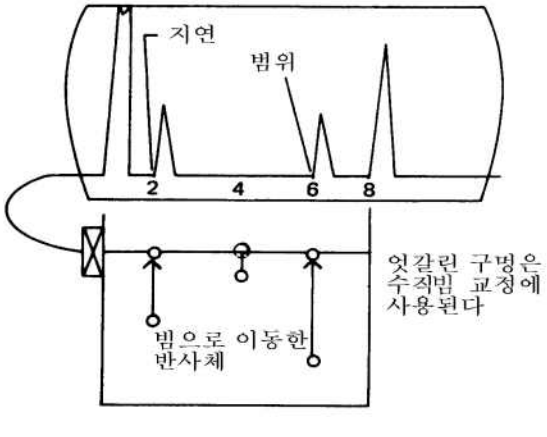


그림 5.6-1 스윕범위

나. 거리-진폭교정(그림 5.6-2 참조)

다음사항은 교정을 위해 클래드가 있는 면이나 클래드가 없는 면 중 어느 한 쪽에서 실시하여야 한다.

1) 가장 높은 진폭을 나타내는 측면 드릴구멍으로부터 최대응답을

관 련 근 거

나타내는 곳에 탐촉자를 위치한다.

2) 지시가 전 스크린 높이의 80 %(±5 %)가 되도록 감도(게인) 조정기를 조절한다. 이것을 주 대비기준으로 한다. 스크린에 지시의 피크를 표시한다.
3) 또 다른 측면 드릴구멍으로부터 최대지시를 나타내는 곳에 탐촉자를 위치한다.
4) 스크린에 지시의 피크를 표시한다.
5) 세 번째 측면 드릴구멍으로부터 최대지시를 나타내는 곳에 탐촉자를 위치하고, 스크린에 피크를 표시한다.
6) 측면 드릴구멍에 대한 스크린의 표시들을 연결하고 거리-진폭 보정(DAC) 곡선을 만들기 위해 두께에 대하여 연장한다.

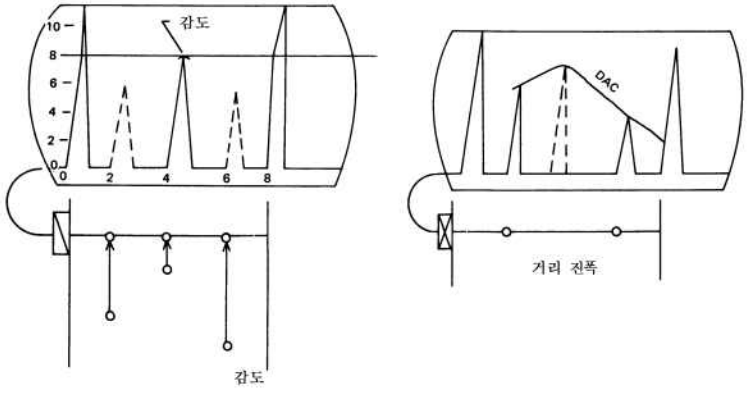


그림 5.6-2 감도 및 거리-진폭교정

부 록

관 련 근 거

5.7 대체 교정시험편의 형상

1. 적용범위

이 표준에서는 지름이 500 mm를 초과하는 볼록한 면을 갖는 재료를 검사 교정하기 위해 다양한 두께의 평판 기본 교정시험편을 사용한다. 평판 교정시험편을 사용할 때 수신 게인의 조정이 필요하다. 게인 보정은 초음파 빔의 원거리 음장에서 적용한다.

2. 교정

가. 게인 보정의 결정

요구되는 게인 증가를 결정하기 위해 재료 반지름 R과 진동자의 임계 반지름 Rc의 비율은 다음과 같이 평가하여야 한다.

1) 재료의 곡률 반지름 R을 표 5.7-1 및 그림 5.7-1로부터 진동자의 임계 반지름 Rc로 나눈 R/Rc의 비율이 1 이상인 경우, 게인 보정은 요구되지 않는다.

2) R/Rc의 비율이 1 미만인 경우, 게인 보정은 그림 5.7-1로부터 얻어야 한다.

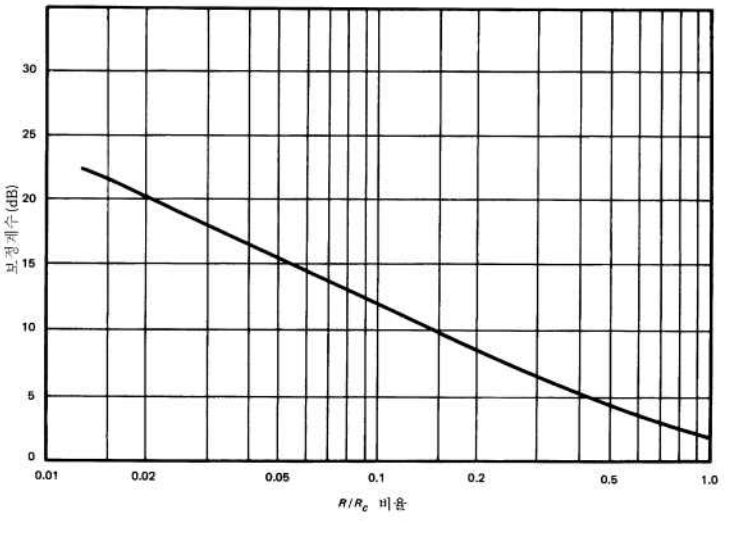
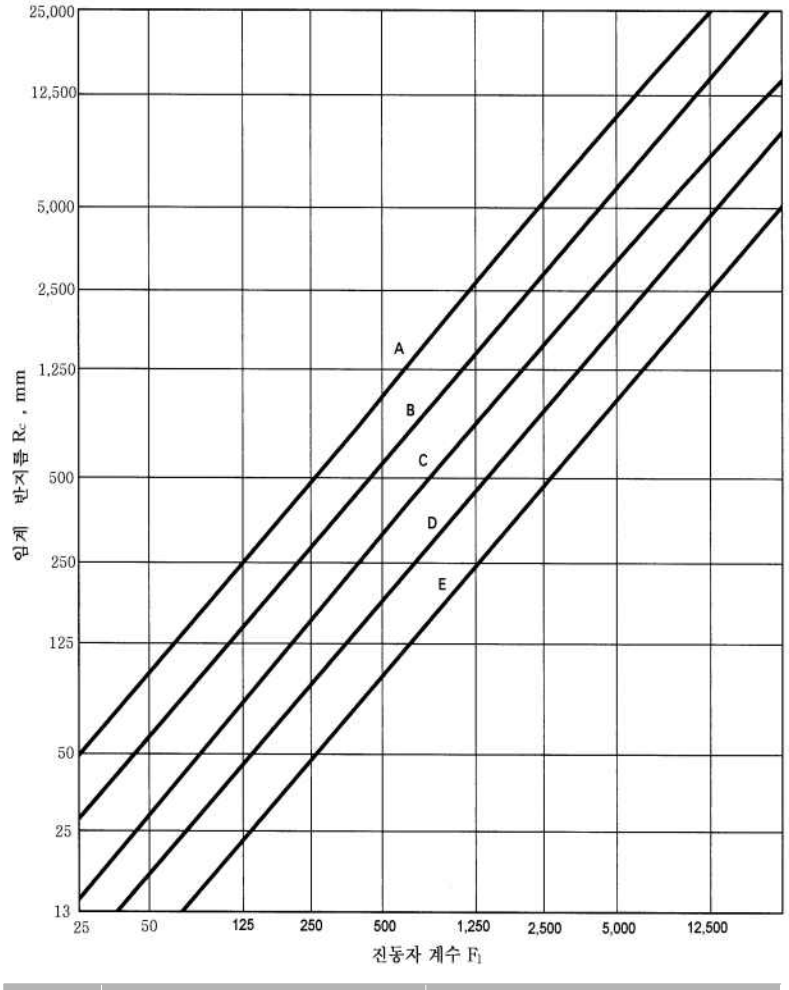


그림 5.7-1 초음파탐상검사 변수에 대한 보정 계수(게인)

관 련 근 거



곡 선	접 촉 매 질	진동자 보호막
A	기계유 또는 물	산화알루미늄 또는 탄화보론
B	기계유 또는 물 글리세린 또는 에스테르	수정 산화알루미늄 또는 탄화보론
C	글리세린 또는 에스테르	수정
D	기계유 또는 물	플라스틱
E	글리세린 또는 에스테르	플라스틱

그림 5.7-2 진동자/접촉매질의 조합에 대한 임계반지름 Rc

부 록

관 련 근 거

표 5.7-1 초음파 진동자의 지름 및 주파수에 대한 진동자 계수 F1

주파수 (MHz)	진동자 지름 (mm)				
	6.4	13	19	25	29
	진동자 계수 F1 (mm)				
1.0	65.5	262	590	1049	1328
2.25	148	590	1327	2360	2987
5.0	328	1314	2958	5258	6655
10.0	655	2622	5900	10490	13276

관 련 근 거

5.8 검사 숙련도에 기반한 합격기준의 초음파탐상검사 요건

1. 적용범위

이 표준은 자동 또는 반자동 초음파탐상검사가 검사숙련도에 기반한 합격기준에 따라 수행될 때의 요건을 제공한다.

2. 일반사항

이 표준에서 수정된 것을 제외하고, 940.1.4 초음파탐상검사의 요건이 적용된다.

가. 문서화된 절차서 요건

1) 절차서 요건

절차서는 적용할 초음파 기술에 대해 상세히 기술되어야 한다.

2) 절차서 인정

절차서 및 적용할 주사계획은 적용할 기법에 대해 수립된 변수를 사용하여 인정되어야 한다.

나. 비파괴검사원 자격인정

비파괴검사원의 자격요건은 940.1.2.2에 따른다.

3. 장비

가. 장치 요건

초음파탐상검사는 컴퓨터에 기초한 데이터 취득 및 분석능력을 갖는 자동 또는 반자동 주사의 적용이 가능한 시스템을 사용하여 수행하여야 한다. 횡방향 반사체에 대한 검사는 초음파탐상검사 940.1.4.4.2의 다에 따라 수동으로 해도 된다.

나. 교정시험편

1) 교정 및 주사계획 확인

주사계획 및 검사 교정 확인을 위해 다음의 '가)' 또는 나머지 '나)'와 '다)' 두 가지를 사용하여야 한다.

가) 스캐너 시험편

부 록

관 련 근 거

시험편은 940.1.4.2.4의 '1' 및 그림 940-41(평판형 교정 검사편)의 요건을 만족하도록 제작해야 하며, 다만, 시험편 두께(T)는 검사대상 재료 두께에서 6 mm(또는 검사대상 재료 두께의 25% 중 작은 값) 이하 오차 범위로 한다. 측면드릴구멍의 수와 위치는 주사계획에 따라 스캐너에서 위치되는 각 탐촉자, 또는 TOFD 설정의 경우 주사장치의 탐촉자 쌍의 감도설정을 확인하기에 충분하여야 한다. 만약 스캐너 시험편이 그림 940-41에 따라 요구된 모든 대비 반사체를 갖지 않는다면 940.1.4에 따른 교정시험편을 추가한다. 스캐너 시험편은 5의 가의 '1)'을 적용하여야 한다.

나) 시뮬레이터 점검

시뮬레이터 점검은 각 검사 또는 일련의 검사 시작 전과 종료 시에 사용되어야 한다. 시뮬레이터 점검은 만일 진폭 및 시간축 신호들이 식별되어 초기 검사 교정과 연계되어 제공될 수 있다면 어떠한 대비시험편(예, IIW, Rompus) 이나 알려진 반사체가 있는 시험편을 사용해도 된다. 시간축 위치, 진폭 및 알려진 반사체는 교정지에 기록해야 한다. 시뮬레이터 점검의 정확성은 연장하여 사용한 각 기간이 끝날 때 확인하여야 한다. 시뮬레이터 점검의 경우, 5의 가 2)의 '가)' 적용하여야 한다.

다) 탐촉자 위치 확인

조정 가능한 스캐너 또는 탐촉자 측정 및 고정이 가능한 탐촉자 위치시스템은 주사계획에 따라 주사가 이루어지는 것을 보장하는 검사를 통해 일관된 탐촉자 위치를 유지하고 확인하기 위한 목적으로 사용하여야 한다. 탐촉자 위치 확인은 5의 가의 '3)'을 적용하여야 한다.

4. 기타요건

가. 주사 데이터

관 련 근 거

처리되지 않은 원본 주사 데이터는 전자적(예들 들어, 자기 메모리, 광 메모리, 플래시 메모리 등)으로 저장하여야 한다.

5. 교정

가. 노즐 측 용접 용융부 및/또는 인접 노즐의 모재금속에 대한 교정

1) 시스템 확인 주사

검사원(자동화 장비 제외)이 변경되었을 때와 주사계획이 940.1.4.3.8의 4 요건을 만족하기 위해 수정(7의 '가' 라미나 반사체 평가)이 요구될 때, 각 검사 또는 일련의 유사한 연속검사의 시작 전과 후의 시스템 교정을 확인하기 위해 스캐너 시험편을 주사하고, 대비 반사체 지시를 기록하여야 한다.

2) 교정점검

초음파탐상검사 940.1.4.3.8의 2 요건은 3의 나의 '가)' 요건이 만족되면 이 표준에 적용하지 않는다.

가) 시뮬레이터 점검

초음파탐상검사 940.1.4.3.8의 3 요건은 3의 나의 '가)' 요건이 만족되면 이 표준에 적용하지 않는다.

3) 탐촉자 위치

스캐너 내에서 탐촉자 위치가 1.5 mm 이상 변경되면, 최종 유효한 탐촉자 위치 확인 후 모든 데이터는 무효로 표시하여야 하고, 무효 처리된 데이터에 해당되는 부위는 재검사하여야 하다. 이 요건은 3의 나의 '가)' 의 '1'을 만족하면 적용하지 않는다.

6. 검사

가. 일반검사 요건

1) 검사 범위

주사할 체적은 주사계획에 따라 검사하여야 한다.

7. 평가

가. 라미나 반사체의 평가

부 록

관 련 근 거

검사 체적의 주사를 방해하는 모재에서 라미나 반사체로 평가된 반사체는 가능한 최대 체적을 검사할 수 있도록 주사계획을 수정하고 검사보고서는 940.1.4.6.1과 940.1.4.6.2를 포함하여야 한다.

나. 평가

최종 결점평가는 모든 표시장치 변수 조정[예, 명암, 밝기, 해당하는 경우, 측면(lateral) 및 저면제거 그리고 합성 조리개 집속기법(SAFT, Synthetic Aperture Focusing Technique) 처리 등)]이 완료된 후에 해야 한다.

다. 추가 수동기법

해당하는 경우, 자동 또는 반자동검사로 주사하는 동안 검출된 결점은 수동 기법으로 대체하여 추가로 평가해도 된다.

라. 제조사에 의한 평가

제조사는 본 요건에 일치함을 보장하기 위해, 완료된 주사 데이터에 대한 검토, 해석, 평가 및 승인의 책임을 갖는다.

8. 문서화

가. 검사기록

940.1.4 초음파탐상검사의 940.1.4..6에서 요구된 정보와 다음의 정보를 기록해야 한다.

1) 주사계획
2) 스캐너, 부착 및 가이드 기구
3) 지시 데이터[용접부내 위치, 길이 및 특성화(예들 들어, 균열, 융합불량, 용입부족 또는 개재물)]
4) 최종 화면 처리 레벨
5) 추가적인 수동기법의 지시 데이터, 적용 가능 시[위의 '3)'과 동일한 정보]
6) 여기펄스 형태, 지속시간 및 전압설정, 디지털화 율(예, 데이터의 압축 및 데이터 포인트 수에 영향을 받는 공칭 비율),

관 련 근 거

정류, 펄스 반복율, 범위의 시작과 끝, 대역통과 필터, 스무딩(smoothing), 집속 유형 및 길이 등의 최소한의 기기설정

7) 해당하는 경우, 각도 또는 각도 범위, 초점 깊이와 평면, 사용된 진동자 수, 각도 또는 진동자 증분 변위, 시작과 끝의 진동자 번호 또는 시작 진동자 번호를 포함한 집속법칙 매개변수

관 련 근 거

5.9 파괴역학 기반의 합격기준에 대한 초음파탐상검사 요건

1. 적용범위

이 표준은 파괴역학에 기반한 자동 또는 반자동 초음파탐상검사 요건이다.

2. 일반사항

이 표준에서 수정된 것을 제외하고, 940.1.4 초음파탐상검사의 요건이 적용된다.

가. 절차서 요건

절차서는 적용할 초음파 기술에 대해 상세히 기술되어야 한다.

나. 절차서 인정

절차서 및 적용할 주사계획은 적용할 기법에 대해 수립된 변수를 사용하여 인정되어야 한다.

다. 비파괴검사원의 자격요건

비파괴검사원의 자격요건은 940.1.2.2에 따른다.

3. 장비

가. 장비 요건

초음파탐상검사는 데이터 수집 및 분석 기능이 있는 자동 또는 반자동 주사 시스템을 사용하여야 한다. 횡방향 반사체에 대한 검사는 초음파탐상검사 940.1.4.4.2의 1의 '다'에 따라 수동으로 해도 된다.

나. 탐촉자

1) 일반사항

공칭주파수는 절차서에 명시된 것과 동일하여야 한다.

다. 교정시험편

1) 교정 및 주사계획 확인

주사계획 및 검사 교정 확인을 위해 다음의 '가)' 또는 나머지 '나)'와 '다)' 두 가지를 사용해야 한다.

관 련 근 거

가) 스캐너 시험편

시험편은 940.1.4.2.4의 '1' 및 그림 940-41(평판형 교정 검사편)의 요건을 만족하도록 제작해야 하며, 다만, 시험편 두께(T)는 검사대상 재료 두께에서 6 mm(또는 검사대상 재료 두께의 25% 중 작은 값) 이하 오차 범위로 한다. 측면드릴구멍의 수와 위치는 주사계획에 따라 스캐너에서 위치되는 각 탐촉자, 또는 TOFD 설정의 경우 주사장치의 탐촉자 쌍의 감도설정을 확인하기에 충분하여야 한다. 만약 스캐너 시험편이 그림 그림 940-41에 따라 요구된 모든 대비 반사체를 갖지 않는다면 940.1.4에 따른 교정시험편을 추가한다. 스캐너 시험편은 5의 가의 '1)'을 적용하여야 한다.

나. 시뮬레이터 점검

시뮬레이터 점검은 각 검사 또는 일련의 검사 시작 전과 종료 시에 사용하여야 한다. 시뮬레이터 점검은 만일 진폭 및 시간축 신호들이 식별되어 초기 검사 교정과 연계되어 제공될 수 있다면 어떠한 대비시험편(예, IIW, Rompus)이나 알려진 반사체가 있는 시험편을 사용해도 된다. 시간축 위치, 진폭 및 알려진 반사체는 교정지에 기록해야 한다. 시뮬레이터 점검의 정확성은 연장하여 사용한 각 기간이 끝날 때 확인하여야 한다. 시뮬레이터 점검의 경우, 940.1.4.3.8의 '3'을 적용하여야 한다.

다. 탐촉자 위치 확인

조정 가능한 스캐너 또는 탐촉자 측정 및 고정이 가능한 탐촉자 위치시스템은 주사계획에 따라 주사가 이루어지는 것을 보장하는 검사를 통해 일관된 탐촉자 위치를 유지하고 확인하기 위한 목적으로 사용해야 한다. 탐촉자 위치 확인은 5의 가의 '3)'을 적용하여야 한다.

4. 기타요건

가. 주사데이터

관 련 근 거

처리되지 않은 원본 주사 데이터는 전자적(예, 자기 메모리, 광학 메모리, 플래시 메모리 등)으로 저장하여야 한다.

5. 교정

가. 노즐측 용접 용융부 및/또는 인접 노즐 모재에 대한 교정

1) 시스템 확인 주사

검사원(자동화 장비 제외)이 변경되었을 때와 주사계획이 940.1.4 초음파탐상검사의 940.1.4.3.8의 '4' 요건을 만족하기 위해 수정(7의 '나' 라미나 반사체 평가)이 요구될 때, 각 검사 또는 일련의 유사한 연속검사의 시작 전과 후의 시스템 교정을 확인하기 위해 스캐너 시험편을 주사하고, 대비 반사체 지시를 기록하여야 한다.

2) 교정점검

3의 다의 '1)' 의 '가)' 요건이 만족되면 940.1.4.3.8의 2 요건은 이 표준에 적용하지 않는다.

가) 시뮬레이터 점검

3의 다의 '1)' 의 '가)' 요건이 만족되면 940.1.4.3.8의 3 요건은 이 표준에 적용하지 않는다.

3) 탐촉자 위치

스캐너 내에서 탐촉자 위치가 1.5 mm 이상 변경되면, 최종 유효한 탐촉자 위치 확인 후 모든 데이터는 무효로 표시하여야 하고, 무효 처리된 데이터에 해당되는 부위는 재검사하여야 하다. 이 요건은 3의 나의 '1)' 을 만족하면 적용하지 않는다.

6. 검사

가. 일반검사 요건

1) 검사범위

주사할 체적은 주사계획에 따라 검사하여야 한다.

2) 탐촉자 이동속도

탐촉자 이동속도는 인정된 속도를 초과해서는 안 된다.

관 련 근 거

3) 주사감도 레벨

주사 감도 레벨은 인정된 감도 레벨 이상이어야 한다.

7. 평가

가. 평가 레벨

1) 비거리-진폭 기법

지시의 길이가 아래의 '가)~다)' 보다 큰 길이는 각 해당기준의 합격기준에 따라 평가한다.

가) 두께가 38 mm 이하의 용접부인 경우 4 mm

나) 두께 38 mm 초과 100 mm 미만의 용접부인 경우 5 mm

다) 두께 100 mm 이상의 용접부인 경우 0.05T 또는 19 mm, 이중 작은 값(T는 용접부에 근접한 공칭 재료 두께)

두께가 다른 두 재료로 용접하는 경우, 재료 두께는 얇은 재료를 기준으로 한다.

나. 라미나 반사체의 평가

검사 체적의 주사를 방해하는 모재에서 라미나 반사체로 평가된 반사체는 가능한 최대 체적을 검사할 수 있도록 주사계획을 수정하고 검사보고서는 940.1.4.6.1과 940.1.4.6.2를 포함하여야 한다.

다. 평가 설정

최종 결점평가는 모든 표시장치 변수 조정[예, 명암, 밝기, 해당하는 경우, 측면(lateral) 및 저면제거 그리고 합성 조리개 집속기법(SAFT, Synthetic Aperture Focusing Technique) 처리 등)]이 완료된 후에 해야 한다.

라. 크기 및 분류

1) 크기

결점 치수는 결점 면적을 완전히 포함하는 직사각형으로 결정한다.

가) 결점 길이는 부품의 내부 압력유지 면과 평행한 직사각형 치수

부록

관 련 근 거

나) 결점 높이는 부품의 내부 압력유지 면과 수직한 직사각형 치수

2) 분류

결점은 부품의 가장 근접한 표면을 기준으로 이격거리에 기초하여 표면 또는 내부결점으로 분류한다.

가) 이격거리가 결점 높이의 1/2 이하이면 표면결점으로 분류한다.

나) 이격거리가 결점 높이의 1/2 초과하면 내부결점으로 분류한다.

마. 추가 수동기법

해당하는 경우, 자동 또는 반자동검사로 주사하는 동안 검출된 결점은 수동기법으로 대체하여 추가로 평가해도 된다.

바. 제조사에 의한 평가

제조사는 본 요건에 일치함을 보장하기 위해, 완료된 주사 데이터에 대한 검토, 해석, 평가 및 승인의 책임을 갖는다.

8. 문서화

가. 검사 기록

940.1.4 초음파탐상검사의 940.1.4.6에서 요구된 정보와 다음의 정보를 기록하여야 한다,

1) 주사계획(인정된 변수 범위 포함)

2) 스캐너, 부착 및 가이드 기구

3) 지시 데이터(용접부내 위치, 길이, 깊이 범위 및 표면 또는 내부 특성화)

4) 최종 디스플레이 처리 레벨

5) 추가적인 수동기법의 지시 데이터, 적용 가능 시[위의 3과 동일한 정보]

6) 여기펄스 형태, 지속시간 및 전압설정, 디지털화 율(예, 데이터의 압축 및 데이터 포인트 수에 영향을 받는 공칭 비율),

관 련 근 거

정류, 펄스 반복율, 범위의 시작과 끝, 대역통과 필터, 스무딩(smoothing), 집속 유형 및 길이 등의 최소한의 기기설정

7) 해당하는 경우, 각도 또는 각도 범위, 초점 깊이와 평면, 사용된 진동자 수, 각도 또는 진동자 증분 변위, 시작과 끝의 진동자 번호 또는 시작 진동자 번호를 포함한 집속법칙 매개변수

관 련 근 거

5.10 결점크기 측정 및 분류를 위한 절차서 인정 요건

1. 적용범위

   이 표준은 결점크기(길이 및 높이) 및 분류(표면 또는 내부)에 대한 결정이 5.9(파괴역학 기반의 합격기준에 대한 초음파탐상검사 요건)로 지정된 경우 초음파탐상검사 절차서 인정에 대한 요건을 제공한다.

2. 일반사항

   이 표준에 의해 수정된 것을 제외하고 940.1.4 초음파탐상검사의 요건을 적용한다.

3. 장비

   가. 검증시험편

   1) 일반사항

      940.1.4.2.4의 1의 나, 다, 라, 마, 바 및 940.1.4.2.4의 2는 교정시험편을 적용한다.

   2) 준비

      검증시험편은 용접하여 준비하거나, 음향 특성이 유사하면 열간등압성형가공(HIP)을 사용해도 된다.

   3) 두께

      검증시험편의 오차는 검사할 두께의 25 % 이하이어야 한다. 두께가 다른 재료로 용접하는 경우, 얇은 재료를 기준으로 한다.

   4) 용접 이음부 형상

      부록 5.3[비행-회절시간(TOFD) 기법)]에 따라 동일한 두께 맞대기 용접을 TOFD로 수행할 때를 제외하고, 검증시험편의 용접 이음부 형상은 제작 용접부의 세부사항을 대표하여야 한다.

   5) 결점위치

      해당 기준에서 명시되어있지 않으면 검증시험편은 3개의 실

관 련 근 거

제 평면 결점 또는 용접축과 주요 홈 표면과 평행한 방향으로 방전가공한 노치 3개를 포함하여야 한다. 결점은 다음과 같이 시험편의 홈 표면에 위치하거나 근접하여야 한다.

가) 기기 외부 표면을 대표하는 시험편 면에 1개의 표면 결점

나) 기기 내부 표면을 대표하는 시험편 면에 1개의 표면 결점

다) 1개 내부결점

사용되는 주사계획이 용접부를 여러 검사영역으로 세분화할 때, 영역 당 최소 하나의 결점이 필요하다.

6) 결점크기

검증시험편의 결점크기는 검증시험편의 두께를 기준으로 해야 하고 검사할 대상의 기준에서 규정한 크기보다 작아야 한다.

가) 두께 25 mm 미만인 재료의 경우, 최대 허용 결점 높이, 또는

나) 두께 25 mm 이상인 재료의 경우, 형상비는 다음과 같다.

(1) 표면결점은 0.25

(2) 내부결점은 0.25(a/l) 또는 0.50(h/l)

비고

a/l은 KEC 605 보일러, KEC 610 압력용기, KEC 645 가스화로설비에 사용된다. h/l은 KEC615 배관에 사용된다.

7) 단일 내면/외면 결점에 대한 대안

인정주사 중에 검증시험편의 주요 내면 및 외면 모두에 대해 주사가 가능하다면(예, 이음부 내면 및 외면이 세부적으로 유사하고, 곡률 지름이 500 mm 이상, 클래딩이 없거나 용접 오버레이가 있는 등), 하나의 표면 결점만 필요하다.

8) 한쪽면 검사

장애물로 인해 용접부 검사를 용접 축의 한 쪽에서만 수행할 때, 검증시험편에는 용접 축의 각 면에 한 세트씩, 두 세트의 결점을 포함해야 한다. 인정주사 중에 검증시험편의 용접 축

부 록

관 련 근 거

양면 모두에 대해 주사가 가능하면(예, 세부적으로 유사한 이음부 및 장애물 없음), 한 세트의 결점만 필요하다.

4. 기타 요건

가. 인정 데이터

검증시험편의 데이터는 저장하고 사용할 수 있어야 한다.

5. 평가

가. 크기 및 분류

결점은 문서화된 인정 절차서에 따라 크기를 측정하고 분류하여야 한다.

나. 자동 및 반자동에서 허용하는 성능기준

허용하는 성능기준은 해당 기준에 규정되어야 한다. 해당 기준에서 허용하는 성능기준을 규정하지 않으면, 다음의 사항을 적용하여야 한다.

1) 검증시험편내의 모든 결점을 검출해야 할 것
2) 기록된 응답 또는 영상화된 길이는 해당하는 경우, 검증 절차서의 규정된 평가 기준을 초과해야 할 것
3) 결점을 적절히 분류(표면 또는 내부)해야 할 것
4) 결정된 결점의 크기는 결점의 실제 크기 이상으로 할 것
5) 결정된 결점의 길이 또는 높이는 50% 이상 과하게 측정하지 않을 것

다. 추가 수동기법의 허용 성능

자동 또는 반자동에 의해 기록된 결점 응답이 5의 나의 '1)' 요건을 만족하고, 횡방향 반사체 검출에 사용되는 경우에만 검증시험편 결점은 절차서에 설명된 추가적인 수동 기법으로 크기 및 분류해도 된다. 발주자 또는 해당 기준에서 규정되지 않으면 허용 가능한 성능은 다음의 검증시험편의 결점으로 정의된다.

1) 실제크기 이상의 크기(길이 및 높이 둘 다)로 할 것
2) 적절하게 분류(표면 또는 내부)된 것

관 련 근 거

6. 문서화

가. 검증시험편 기록

다음의 정보를 기록하여야 한다.

1) 문서화된 인정 절차서에서 규정하는 정보

2) 검증시험편 두께, 클래드나 용접오버레이를 포함한 이음부 형상 및 결점 데이터[시험편 내 위치, 크기(길이 및 높이)], 가장 가까운 표면까지의 이격거리, 결점분류(표면 또는 내부)

3) 주사감도 및 탐촉자 이동속도

4) 인정 주사 데이터

5) 결점 크기측정 데이터['2)'에서의 결점 데이터와 동일한 정보]

6) 적용할 경우, 추가 수동기법의 크기측정 데이터, ['2)' 에서의 결점 데이터와 동일한 정보]

관 련 근 거

5.11 파괴역학 기반 초음파탐상검사(보일러 적용)

1. 적용범위

940.2.1.9의 '가'의 초음파탐상검사 요건을 대신하여, 자동 또는 반자동 초음파탐상검사는 부록 5.9(파괴역학에 기반한 합격기준의 초음파탐상검사 요건), 5.10(결점크기 측정 및 분류를 위한 절차서 인정 요건) 및 다음의 추가 요건에 적절한 문서화된 절차서에 따라 수행해도 된다.

2. 검사 체적

가. 재료두께가 200 mm 초과하는 경우, 용접부 양쪽에 50 mm를 더한 용접부 체적을 포함하여야 한다.

나. 재료두께가 200 mm 이하인 경우, 용접부 양쪽에 25 mm 또는 t 중 작은 값을 더한 용접부 체적을 포함하여야 한다.

다. 대안으로, 다음의 사항이 만족되면, 검사체적은 용접부 양쪽 실제 열영향부(HAZ)에 모재부위 6 mm를 더한 범위로 줄일 수 있다.

1) 용접 열영향부의 범위는 용접인정절차 중 측정하고 문서화

2) 초음파 진동자 위치와 주사장비는 실제 열영향부에 모재부 6 mm를 더해 검사하도록 기준표시(용접부 근처에 페인트 또는 저응력 스탬핑)를 사용하여 관리

3. 검증시험편

검증시험편은 부록 5.10(결점크기 측정 및 분류를 위한 절차서 인정 요건)에 따라 준비하여야 한다. 결점크기는 표 5.11-1 ~ 5.11-3에서 계산된 결점 이하이여야 한다.

4. 절차서 인정

초음파탐상검사 절차서는 인정표준에 따라 적절하게 수행됨을 검증해야 한다. 적합한 절차서 인정은 최대 허용 결점과 대비 레벨을 초과하는 것으로 입증된 기타 관심 결점으로부터의 응답으로 정의

관 련 근 거

한다. 대신하여, 진폭 기록 수준을 사용하지 않는 기법의 경우, 적합한 절차서 인정은 최대 허용 결점을 포함하여 측정된 길이를 지닌 영상화된 모든 결점이 대비시험편의 결점의 실제 길이 이상이며 유효범위가 15 %를 초과하지 않음을 입증하는 것으로 정의한다.

5. 초기검사

사각빔 검사에 방해되는 반사체 검출을 위한 초기 수직빔 재료 검사(940.1.4.4.2)를 다음의 방법으로 수행하여야 한다.

가. 수동으로

나. 이전 제조 공정의 일부로

다. 자동 또는 반자동 초음파탐상검사 중, 반사체의 검출이 검증된 조건으로

6. 비파괴검사원의 자격요건

비파괴검사원의 자격요건은 940.1.2.2에 따른다.

7. 결점크기 측정

결점치수는 결점부위를 완전히 포함하는 직사각형으로 결정하고, 결점은 표면 또는 내부결점으로 분류하여야 한다.(그림 5.11-1~5.11-5 참조.)

가. 결점길이(l)는 부품의 내부압력유지표면과 평행하게 측정해야 한다.

나. 측정된 벽 두께방향 치수는 내부 압력유지 표면에 수직하게 측정해야 하며, 표면결점은 a 또는 내부결점은 2a로 정의한다.

다. 그림 5.11-1~5.11-5에서와 같이 표면에 근접한 내부결점은 결점과 표면에 가장 근접한 거리가 결점 벽 두께방향 치수의 1/2 이하일 경우 표면결점으로 간주한다.

8. 평가 및 합격기준

결점은 표 5.11-1~5.11-3의 해당 기준과 다음의 추가 요건에 따라 합격여부를 평가하여야 한다. 결점 크기는 해당 표로부터 계산

부 록

한 결점 치수보다 크지 않아야 한다. 불합격 결점은 보수해야 하며 보수된 용접부는 합격기준을 적용하여 재평가하여야 한다.

가. 표면에 연결된 결점

표면에 연결된 결점에 대해서는, 측정한 벽-두께방향 치수 a는 해당 결점의 합격기준 표에서 결정된 값 a와 비교해야 한다.

나. 내부결점

내부결점에 대해서는, 측정한 벽-두께방향 치수 2a는 해당 결점의 합격기준 표에서 결정된 값 a의 2배와 비교해야 한다. 결점길이(l)는 4t를 초과하지 않아야 한다.

다. 표면결점

표면결점은 표면과 연결되거나 연결이 안 될 수도 있다. (그림 5.11-1~5.11-5 참조). 따라서 초음파탐상검사 평가에서 그 결점이 표면과 연결되어 있지 않다는 것이 확인되지 않는다면, 표면과 연결되어 있거나 표면에 개방된 결점으로 간주하여야 하며, 표면검사를 실시하지 않는 한 불합격이다. 결점이 표면과 연결되어 있으면, 위의 요건이 여전히 적용된다. 그러나 어떠한 경우에도 결점 길이 l은 해당 재료에 대한 이 부록의 합격기준을 초과하지 않아야 한다. 합격판정을 위한 표면검사는 다음과 같다.

1) 940.1.5에 따른 자분탐상검사
2) 940.1.6에 따른 침투탐상검사

라. 복수 결점

1) 인접한 결점 사이의 거리가 그림 5.11-2에 나와 있는 치수 S 이하인 불연속 결점은 단일 평면결점으로 간주하여야 한다.
2) 주로 평행 평면에 위치하는 불연속 결점은 인접한 평면 사이의 거리가 13 mm 이하이면 단일 평면 결점으로 간주하여야 한다(그림 5.11-3 참조).
3) 기기의 벽 두께 방향으로 동일 평면상에 있으며 정렬되지 않은 불연속 결점은 인접 결점 사이의 거리가 그림 5.11-4에

관 련 근 거

나와 있는 S 이하이면 단일 평면 결점으로 간주하여야 한다.

4) 서로 13 mm 떨어진 두 평행면 내에 벽 관통방향(구성품의 압력유지 표면에 직각인)으로 있는 동일평면 상의 불연속 결점은 그 결점의 부가적인 결점 깊이가 그림 5.11-5에 나와 있는 값을 초과하면 불합격이다.

표 5.11-1 두께 13 mm 이상 25 mm 미만 용접부의 결점 합격기준

	a/t	l
표면결점	≤ 0.087	≤ 6.4 mm
내부결점	≤ 0.143	≤ 6.4 mm

【비고】

(1) t = 허용되는 덧살을 제외한 용접부 두께. 용접부에서 두께가 다른 두 부재를 맞대기 용접으로 결합하는 경우, t는 2개의 두께 중 더 얇은 것이다. 완전용입 용접이 필릿 용접을 포함하는 경우, 필릿 용접의 목 두께가 t에 포함되어야 한다.

(2) 가장 가까운 제품 표면으로부터 지시와의 거리(그림 5.11-1의 S)가 내부 지시의 두께 방향 치수(그림 5.11-1, [b]의 $2d$)의 절반 이하일 경우, 내부 지시는 표면 결점으로 간주해야 한다.

부 록

관 련 근 거

표 5.11-2 두께 25 mm 이상 300 mm 미만 용접부의 결점 합격기준

a/l	25 mm $\leq t \leq$ 64 mm [주〈1〉]		100 mm $\leq t \leq$ 300 mm [주〈1〉]	
	표면결점, a/t	내부결점, a/t	표면결점, a/t	내부결점, a/t
0.00	0.031	0.034	0.019	0.020
0.05	0.033	0.038	0.020	0.022
0.10	0.036	0.043	0.022	0.025
0.15	0.041	0.054	0.025	0.029
0.20	0.047	0.066	0.028	0.034
0.25	0.055	0.078	0.033	0.040
0.30	0.064	0.090	0.038	0.047
0.35	0.074	0.103	0.044	0.054
0.40	0.083	0.116	0.050	0.061
0.45	0.085	0.129	0.051	0.069
0.50	0.087	0.143	0.052	0.076

【비고】

(1) t = 허용되는 덧살을 제외한 용접부 두께. 용접부에서 두께가 다른 두 부재를 맞대기 용접으로 결합하는 경우, t는 2개의 두께 중 더 얇은 것으로 한다. 완전용입용접이 필릿용접을 포함하는 경우, 필릿용접의 목 두께가 t에 포함되어야 한다.

(2) 내부지시는, 지시의 이격(그림 5.11-1의 S)이 구성품의 가장 가까운 표면으로부터 내부 지시의 관통 치수(그림 5.11-1, [b]의 $2d$)의 절반 이하인 경우, 표면결점으로 간주해야 한다.

(3) 이 표의 허용기준에 따라 결점길이(l) 6.4 mm 미만의 결점이 발생할 경우 6.4 mm 를 사용해도 된다.

【주】〈1〉 중간 결점 형상비(a/l)와 두께(t) [64 ㎜ 〈 t 〈 100 ㎜]의 경우 선형보간법을 적용한다.

관 련 근 거

표 5.11-3 두께 300 mm 초과 용접부의 결점 합격기준

a/l	표면결점, a (mm)	내부결점, a (mm)
0.00	5.79	6.10
0.05	6.10	6.71
0.10	6.71	7.62
0.15	7.62	8.84
0.20	8.53	10.4
0.25	10.1	12.2
0.30	11.6	14.3
0.35	13.4	16.5
0.40	15.2	18.6
0.45	15.5	21.0
0.50	15.8	23.2

【비고】

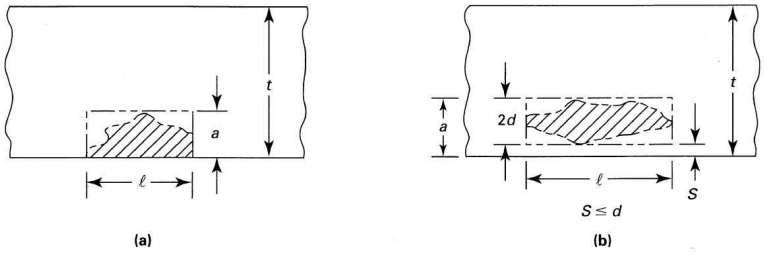
(1) 중간 결점 형상비(a/l)의 경우 선형 보간법이 허용된다.

(2) t = 허용되는 덧살을 제외한 용접부 두께. 용접부에서 두께가 다른 두 부재를 맞대기 용접으로 결합하는 경우, t는 2개의 두께 중 더 얇은 것으로 한다. 완전 용입용접이 필릿용접을 포함하는 경우, 필릿용접의 목 두께가 t에 포함되어야 한다.

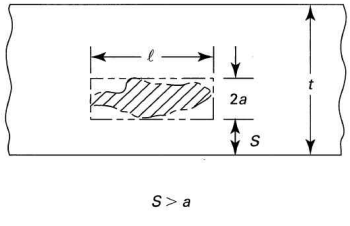
(3) 내부지시는, 지시의 이격(그림 5.11-1의 S)이 구성품의 가장 가까운 표면으로부터 내부지시의 관통 치수(그림 5.11-1, [b]의 $2d$)의 절반 이하인 경우, 표면결점으로 간주하여야 한다.

부록

관 련 근 거



표면 지시



(c) 내부 지시

그림 5.11-1 단일 지시

관 련 근 거

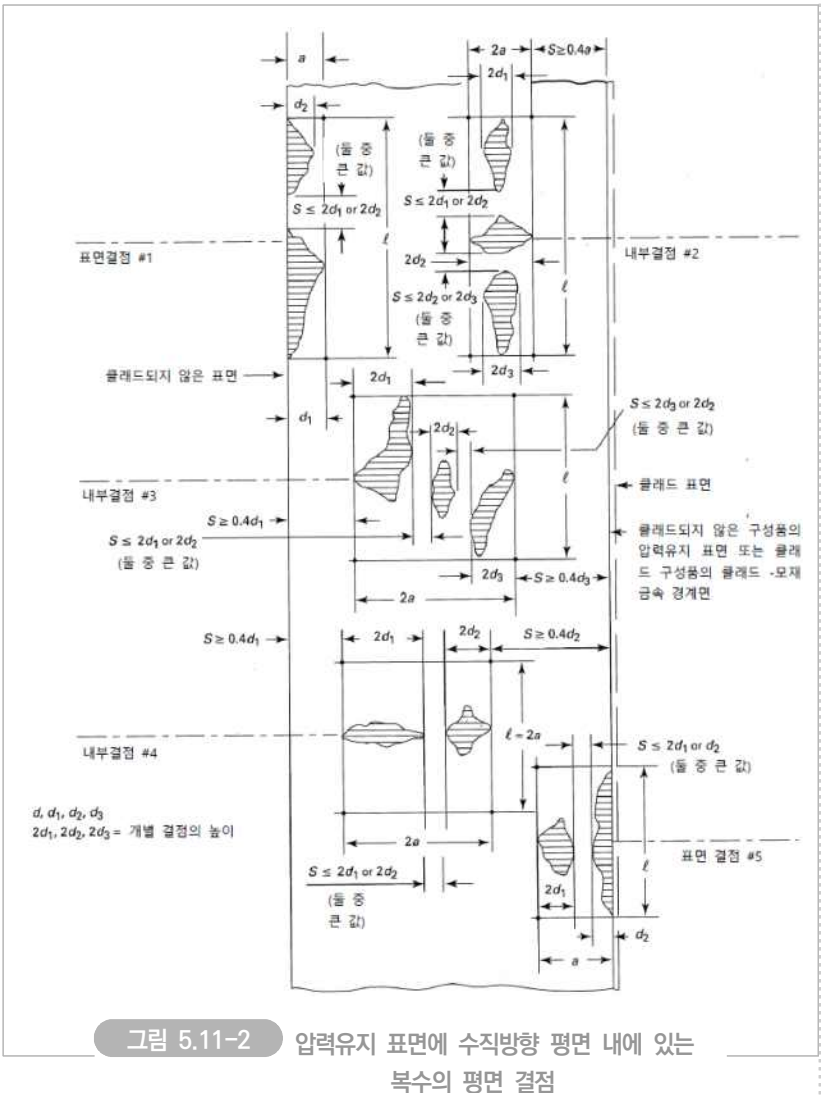


그림 5.11-2 압력유지 표면에 수직방향 평면 내에 있는 복수의 평면 결점

부 록

관 련 근 거

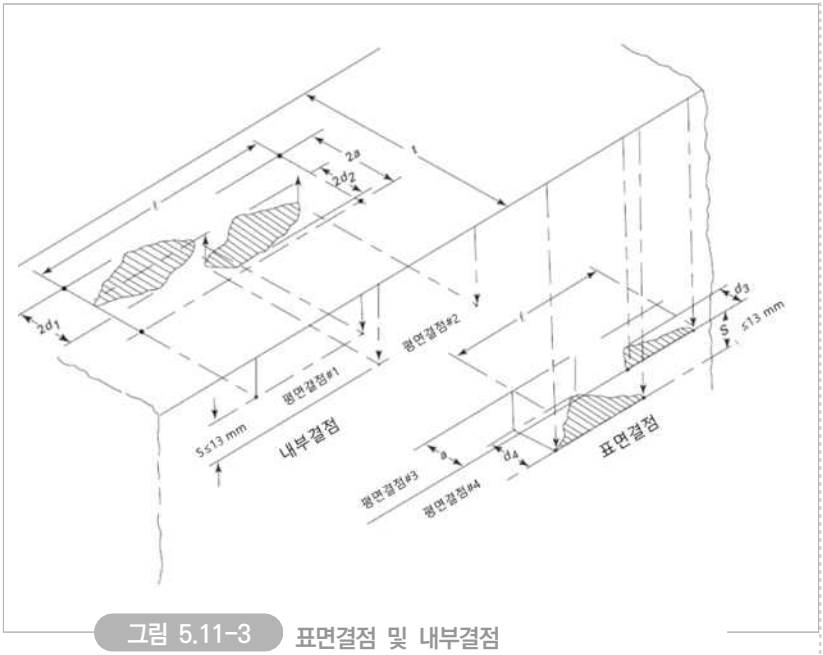


그림 5.11-3 표면결점 및 내부결점

관 련 근 거

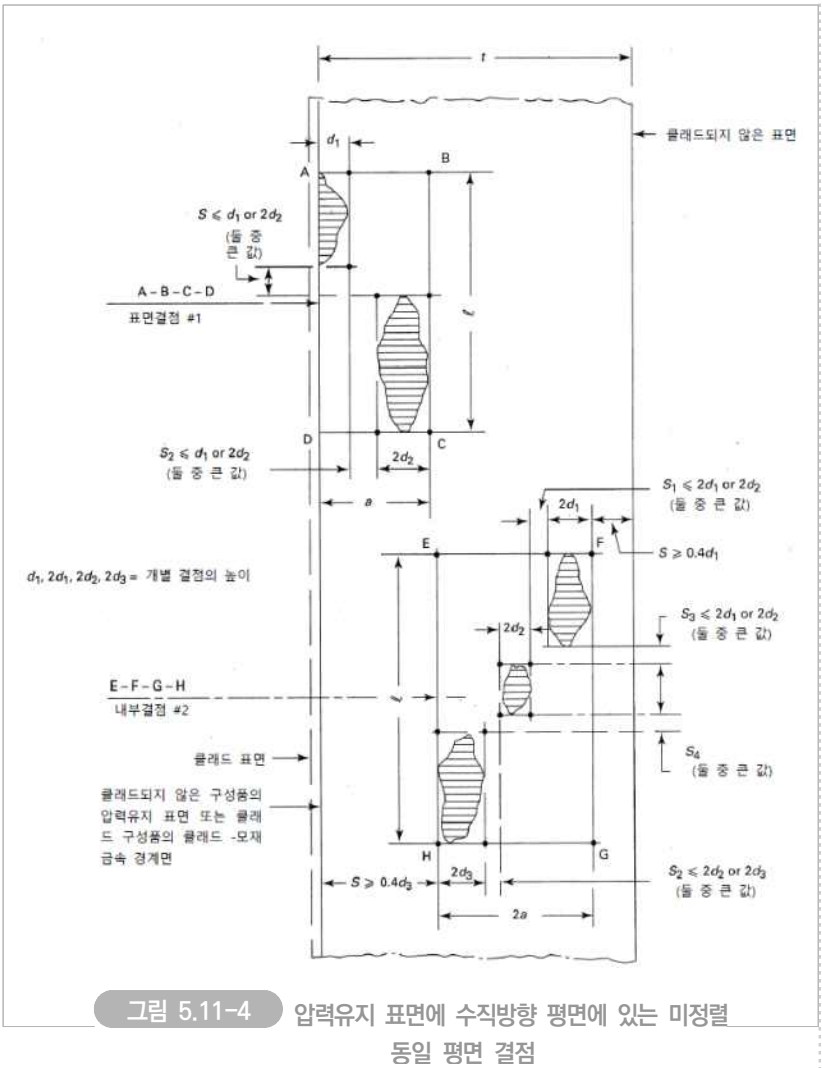
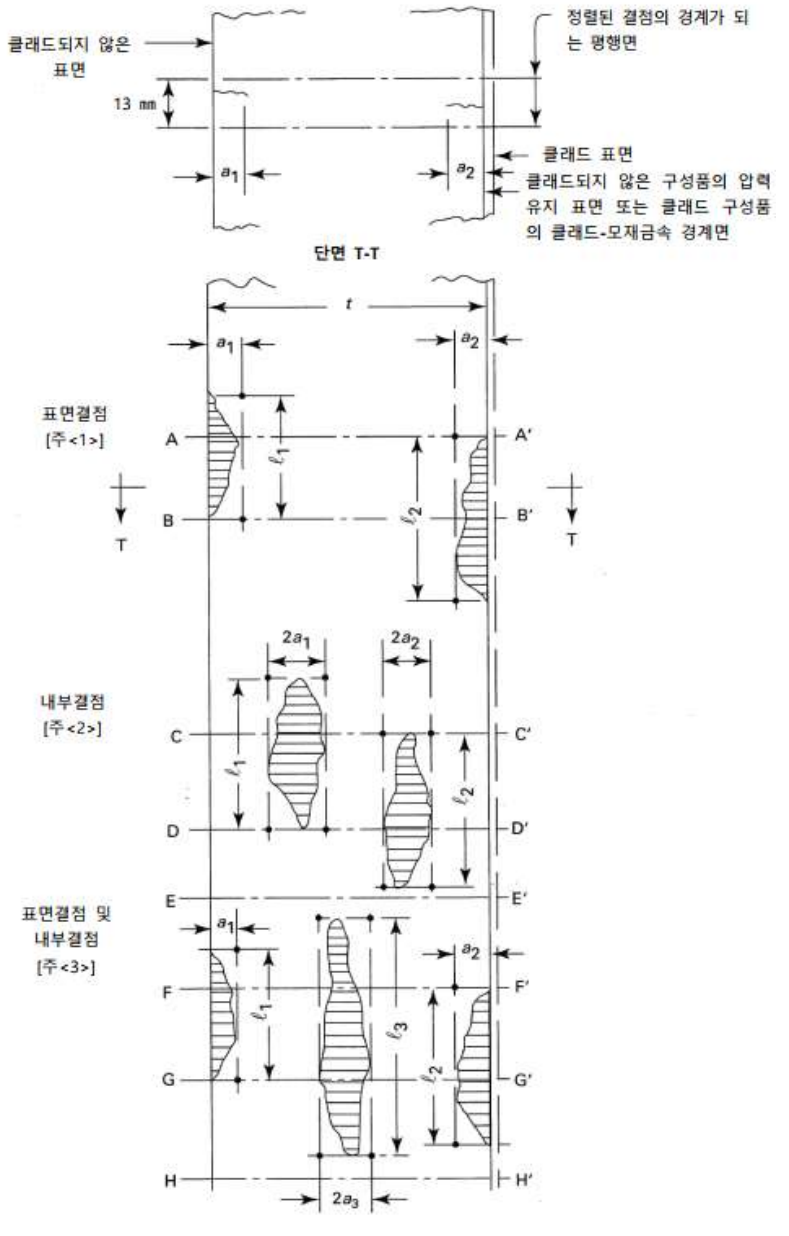


그림 5.11-4 압력유지 표면에 수직방향 평면에 있는 미정렬 동일 평면 결점

부 록

관 련 근 거



【비고】 아래의 주에서, 결점 깊이 치수 a_s와 a_e는 각각 표면결점과 내부결점에 대한 허용 결점 표준이다.

관 련 근 거

【주】

〈1〉 이 그림은 두 가지의 표면결점을 나타낸다. 첫 번째, a_1은 구성품의 외부 표면에 있고, 두 번째, a_2는 내부 표면: 평면 A-A′ 및 B-B′ 내의 $(a_1 + a_2) \leq (a_s + a_s^{'})/2$ 에 있다.

〈2〉 이 그림은 두 가지의 내부결점을 나타낸다.

평면 C-C′ 및 D-D′ 내의 $(a_1 + a_2) \leq (a_s + a_s^{'})/2$

〈3〉 이 그림은 두 가지의 표면결점 및 한 가지의 내부결점을 나타낸다.

가. 평면 E-E′ 및 F-F′ 내의 $(a_1 + a_3) \leq (a_s + a_e^{'})/2$

나. 평면 F-F′ 및 G-G′ 내의 $(a_1 + a_2) \leq (a_s + a_e + a_s^{'})/3$

다. 평면 G-G′ 및 H-H′ 내의 $(a_2 + a_3) \leq (a_s^{'} + a_e)/2$

그림 5.11-5 복수의 정렬된 평면결점

부 록

관 련 근 거

5.12 대체 초음파탐상검사 합격기준의 사용(배관 적용)

1. 일반사항

   이 표준은 940.2.1.10 대신 배관 용접부에 사용할 수 있는 파괴역학 기반의 초음파탐상검사 합격기준을 제공한다.

2. 적용범위

   가. 검사는 데이터 수집이 가능한 장비를 이용하여 자동 또는 반자동 기법으로 수행하여야 한다.

   나. 검사는 부록 5.9(파괴역학에 기반한 합격기준의 초음파탐상검사 요건)을 준수하는 서면 절차서 및 다음의 사항을 따른다.

   1) PAUT : 부록 5.4(위상배열 E-주사 및 S-주사 선형주사 검사 기법)

   2) TOFD : 부록 5.3[비행-회절시간(TOFD)기법]

   다. 절차서 인정은 부록 5.10(결점크기 측정 및 분류를 위한 절차서 인정요건)을 만족해야 한다.

3. 장비

   용접 중심선에 고정되고 탐촉자 위치를 일관되게 유지 시킬 수 있는 기계적 유도 주사장치를 사용하여야 한다.

4. 비파괴검사원의 자격요건

   비파괴검사원의 자격요건은 940.1.2.2에 따른다.

5. 검사

   가. 사각빔 검사에 방해가 되는 반사체에 대한 초기 수직빔 검사는 수동으로 수행하고, 이전 제조 공정의 일부로 수행해야 하며, 또는 용접검사 중, 2의 다항에서 요구된 반사체의 검출이 검증된 조건으로 수행하여야 한다.

   나. 검사 면적은 용접부 양쪽에 25 mm 또는 t 중 작은 값을 더한 용접부 체적을 포함해도 된다. 대안으로, 검사체적은 용접부 양쪽 실제 열영향부(HAZ)에 모재부위 6 mm를 더한 범위로

관 련 근 거

줄일 수 있다. 용접 열영향부의 범위를 측정하고 문서화한다.

6. 데이터 기록

데이터는 부록 5.4(위상배열 E-주사 및 S-주사 선형주사 검사 기법)의 4의 '나'에 지정된 대로 가공되지 않은 형식으로 저장되어야 한다. 데이터 기록은 5의 '나' 요건을 포함하여야 한다.

7. 데이터 분석

가. 다음의 사항을 초과하는 반사체는 불연속에 의해 생성된 지시인지 또는 아래 나에 의한 기하학적 지시인지를 결정하기 위해 확인하여야 한다.

1) 진폭기준 기법인 경우, 대비수준의 20%를 초과하는 응답은 모든 반사체의 위치, 진폭, 범위를 평가하여야 한다.

2) 비진폭기준 기법인 경우, 지시 길이 4 mm를 초과하는 모든 이미지는 위치와 범위를 확인하여야 한다.

나. 기하학적 또는 야금학적 초음파 지시는 940.1.4.5.1에 명시된 것과 같이 분류되어야 한다. 대안으로, 기하학적 지시를 분류하기 위해 다른 기법이나 비파괴검사 방법(예, 빔 각도 변경 및 방사선투과검사)이 사용될 수 있다.

8. 불연속부 평가

가. 불연속부 치수

각 불연속부 치수는 불연속부 영역 전체를 포함한 직사각형으로 결정하여야 한다.

1) 불연속부 길이(l)는 부품의 내부 압력유지 표면과 평행하게 측정해야 한다.

2) 불연속부 높이(h)는 부품의 내부 압력유지 표면과 수직하게 측정해야 한다.

3) 불연속부는 그림 5.12-1에 나타난 것과 같이 표면 또는 내부 불연속부로 분류하여야 한다.

4) 제품의 가장 가까운 표면으로부터 지시 사이의 거리(그림

부록

관 련 근 거

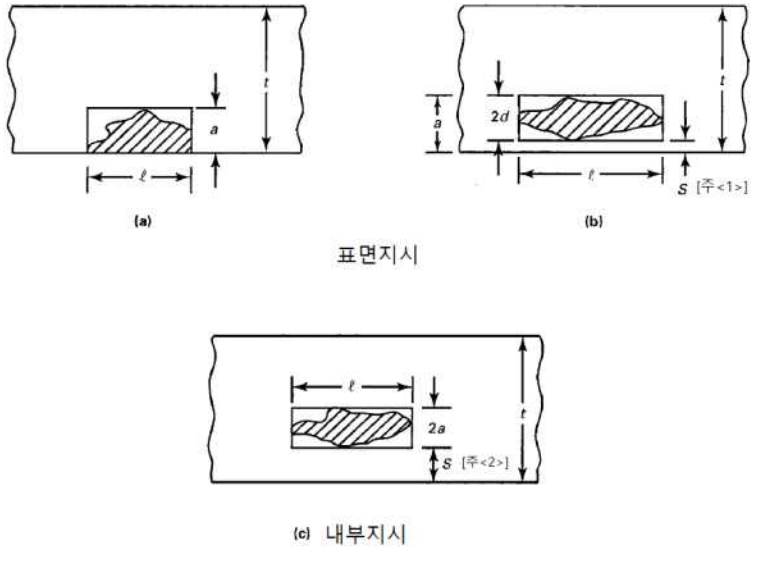
5.12-1의 S)가 내부 지시의 벽 두께방향 치수(그림 5.12-1의 (b)의 h) 의 1/2 이하인 경우, 내부 지시는 표면 불연속으로 간주한다.

나. 다중 불연속

1) 주로 평행한 평면에 위치하는 불연속 지시는 인접한 평면 사이의 거리가 13 mm 또는 0.5t 중 작은 값 이하인 경우 단일 평면에 있는 것으로 간주해야 한다.

2) 용접축을 따라 정렬된 두 지시 사이의 거리가 더 큰 높이 지시의 높이보다 작으면, 두 불연속은 단일 불연속으로 간주하여야 한다.

3) 벽두께 치수로 정렬된 두 지시 사이의 거리가 더 큰 높이의 지시보다 높이가 작으면, 두 지시는 단일 불연속부로 간주하여야 한다.



【주】〈1〉 S ≤ 0.5h, 〈2〉 S 〉 0.5h

그림 5.12-1 표면지시 및 내부지시

관 련 근 거

9. 불연속부 합격기준

불연속부는 표 5.12-1 ~ 5.12-3의 해당 기준을 사용하여 평가하여야 한다. 불연속부 높이 또는 형상비에 상관없이 불연속부 길이는 4t를 초과하지 않아야 한다.

표 5.12-1 용접두께 25 mm 미만의 불연속부 합격기준

불연속부	h/t	ℓ
표면	0.100 이하	6.4 mm 이하
내부	0.286 이하	6.4 mm 이하

【비고】

(1) t는 허용 용접 덧살을 제외한 용접부의 두께이다. 두께가 다른 두 부재를 연결하는 맞대기 용접의 경우, 얇은 쪽을 t로 한다. 완전용접을 하는 필릿용접의 경우, 필릿용접의 유효 목두께 치수는 t를 포함하여야 한다.

(2) 불연속부 치수가 이 표의 h/t 또는 l 값을 초과하면 불합격이다.

관 련 근 거

표 5.12-2 용접두께 25 mm 이상의 표면 불연속부 합격기준

h/ℓ	용접 두께별의 최대 h/t		
	25 ~ 64 mm	64 mm 초과 ~ 100 mm 미만	100 ~ 300 mm
0.00	0.031	주〈1〉 참조	0.019
0.05	0.033	주〈1〉 참조	0.020
0.10	0.036	주〈1〉 참조	0.022
0.15	0.041	주〈1〉 참조	0.025
0.20	0.047	주〈1〉 참조	0.028
0.25	0.055	주〈1〉 참조	0.033
0.30	0.064	주〈1〉 참조	0.038
0.35	0.074	주〈1〉 참조	0.044
0.40	0.083	주〈1〉 참조	0.050
0.45	0.085	주〈1〉 참조	0.051
0.50	0.087	주〈1〉 참조	0.052

【비고】

(1) t는 허용 용접 덧살을 제외한 용접부의 두께이다. 두께가 다른 두 부재를 연결하는 맞대기 용접의 경우, 얇은 쪽을 t로 한다. 완전용접을 하는 필릿용접의 경우, 필릿용접의 유효 목두께 치수는 t를 포함하여야 한다.

(2) 사용된 비율(h/l)은 0.05씩 증가하거나 선형보간법으로 결정해도 된다.

(3) 불연속부 높이 또는 비율에 상관없이 불연속부 길이는 4t를 초과하지 않아야 한다.

【주】

〈1〉 64~100 mm의 h/t는 선형보간법을 사용한다.

관 련 근 거

표 5.12-3 용접두께 25 mm 이상의 내부 불연속부 합격기준

h/ℓ	용접 두께별의 최대 h/t		
	25 ~ 64 mm	64 mm 초과 ~ 100 mm 미만	100 ~ 300 mm
0.00	0.068	주〈1〉 참조	0.040
0.10	0.076	주〈1〉 참조	0.044
0.20	0.086	주〈1〉 참조	0.050
0.30	0.098	주〈1〉 참조	0.058
0.40	0.114	주〈1〉 참조	0.066
0.50	0.132	주〈1〉 참조	0.076
0.60	0.156	주〈1〉 참조	0.088
0.70	0.180	주〈1〉 참조	0.102
0.80	0.210	주〈1〉 참조	0.116
0.90	0.246	주〈1〉 참조	0.134
1.00	0.286	주〈1〉 참조	0.152

【비고】

(1) t는 허용 용접 덧살을 제외한 용접부의 두께이다. 용접두께가 다른 두 부재를 연결하는 맞대기 용접의 경우, 얇은 쪽을 t로 한다. 완전용접을 하는 필릿용접의 경우, 필릿용접의 유효 목두께 치수는 t를 포함하여야 한다.

(2) 사용된 비율(h/l)은 0.05씩 증가하거나 선형보간법으로 결정해도 된다.

(3) 불연속부 높이 또는 비율에 상관없이 불연속부 길이는 4t를 초과하지 않아야 한다.

【주】

〈1〉 64~100 mm의 h/t는 선형보간법을 사용한다.

부 록

부록

관 련 근 거

발전설비
비파괴검사에 관한
기술방법 (KECS
1201-2022)

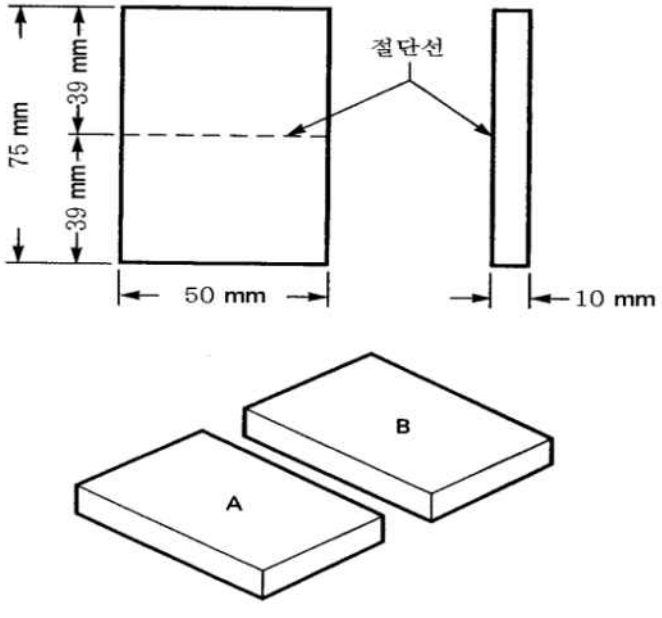
6. 침투탐상검사

6.1 비표준온도에서의 인정시험 기법

1. 적용범위
   침투탐상검사는 5~52℃의 표준온도 범위에서 시험을 실시할 수 없는 경우, 시험의 온도는 이 부록에 따른다.

2. 재료
   침투제 비교시험편은 두께가 10 mm인 ASTM B-209, 2024 형 또는 SB-211, 2024 형의 알루미늄으로 만들어야 하고, 약 50 mm × 75 mm의 면 치수를 가지는 것이 바람직하다. 각 면의 중심에서, 지름이 약 25 mm인 부위는 510 ℃의 온도측정 크레용 또는 온도 측정 페인트를 이용하여 표시하여야 한다. 표시된 부위는 가열토치, 분젠(Bunsen) 버너, 또는 유사한 장치로 510~524 ℃ 사이의 온도로 가열하여야 한 후에, 시험편 각 표면에 망상의 미세균열이 발생하도록 즉시 냉각수로 급랭시켜야 한다. 그 후에, 시험편은 약 149 ℃까지 가열하여 건조시켜야 한다. 냉각 후, 시험편은 1/2로 절단하여야 한다. 시험편의 1/2은 그 다음 공정의 식별을 위해 한쪽을 'A 시험편', 다른 한쪽을 'B 시험편'으로 지정하여야 한다. 그림 6.1-1은 비교시험편 'A' 및 'B'를 나타낸 것이다. 시험편 'A' 및 'B'를 만들기 위해 시험편을 ½로 절단하는 것 대신에, 50 mm × 75 mm의 별도의 시험편을 위에 규정한 것처럼 가열 및 급냉 기법을 사용하여 만들 수 있다. 서로 잘 일치하는 균열형상을 갖는 2개의 비교시험편이 사용될 수 있다. 시험편은 'A' 및 'B'로 표시하여야 한다.

관 련 근 거



【비고】 주어진 치수는 지침일 뿐이며 절대적인 것은 아니다.

그림 6.6-1 침투제 비교시험편(예시)

3. 요건

가. 비교시험편의 적용

1) 5 ℃ 미만의 온도

5 ℃ 미만의 온도에서 침투탐상검사 절차를 인정하는 것이 필요하다면, 제안된 절차는 비교시험편 및 모든 탐상제가 냉각된 후 시험편 'B'에 적용하여야 하고, 비교시험이 완료될 때까지 제안된 시험온도를 유지하여야 한다. 사용에 적합하다는 것이 이미 증명된 표준절차는 5~52 ℃의 온도범위에서 시험편 'A'에 적용하여야 한다. 균열의 지시모양은 시험편 'A' 및 'B'를 서로 비교하여야 한다. 시험편 'B'에 제안된 조건하에서 얻어진 지시모양이 5~52 ℃의 온도범위에서 시험하는 동안 얻어진 시험편 'A'와 근본적으로 동일하다면, 제안된 절차는 사용이 인정된 것으로 간주하여야 한다.

부 록

2) 52 ℃를 초과하는 온도

시험에 제안된 온도가 52 ℃를 초과한다면, 시험편 'B'는 비교시험이 완료될 때까지 이 온도를 유지하여야 한다. 균열의 지시모양은 시험편 'B'가 제안된 온도에 있고, 시험편 'A'가 5~52 ℃의 온도범위에 있는 동안, 가항에 규정한대로 비교하여야 한다. 52 ℃를 초과하는 온도에 대한 절차를 인정하기 위해, 상한 및 하한온도가 설정되어야 하고, 이들 온도범위에서 인정된 절차서로 하여야 한다. 예를 들어, 52~93 ℃의 온도범위에 대한 절차를 인정하기 위해, 비교시험편에서 지시를 나타내기 위한 침투제의 능력은 두 온도에서 실증되어야 한다.

3) 염색침투제에 대한 대체기법

염색침투제를 사용할 때 이 3의 가의 '1)' 및 '2)'의 대체요건으로서, 표준온도 및 표준온도가 아닌 온도에 대한 1개의 비교시험편을 사용하는 것과 사진으로 비교하는 것이 허용될 수 있다.

가) 단일 비교시험편 및 사진기법이 사용되는 경우

3의 가의 '1)' 및 '2)'에 규정된 세부공정이 적용된다. 비교시험편은 두 공정단계 사이에서 완전히 세척하여야 한다. 사진은 표준온도가 아닌 온도에서 비교시험공정 후에 촬영하여야 하고, 그 후에 표준온도에서 비교시험공정 후에 촬영하여야 한다. 균열의 지시모양은 2장의 사진을 비교하여야 한다. 3의 가의 '1)'와 같이 동일한 기준이 적용되어야 한다.

나) 비교사진을 만들기 위해 동일한 촬영기법을 사용하여야 한다.

KESC (Korea Electrical Safety Code)

발행일 2024. 7.
편저자 한국전기안전공사 법령기준처 기준운영부
발행인 박지현
발행처 한국전기안전공사
주 소 (55365) 전라북도 완주군 이서면 안전로 111
전 화 (063) 716-2410~8
F A X (063) 716-9645

이 책은 문화체육관광부·한국출판인회의의 공공안심글꼴 'KoPubWorld 돋움체 B', 'KoPubWorld 돋움체 M', 'KoPubWorld 돋움체 L', 'KoPubWorld 바탕체 L'을 이용하였습니다. 해당 글꼴은 www.kogl.or.kr 에서 무료로 다운 받으실 수 있습니다.