

KCS 24 31 10 : 2023

용접(한계상태설계법)

2023년 9월 12일 제정

<http://www.kcsc.re.kr>

KC CODE



국토교통부



건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설 공사는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

건설기준 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 기준은 교량공사 표준시방서(한계상대설계법)를 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
KCS 24 31 10 : 2023	• 건설기준 코드체계 전환에 따른 코드화 통합 정비 후 교량공사 안전강화를 위한 교량분야 건설기준 정비연구에 따라 정비하여 제정함	제정 (2023. 9.)

제 정 : 2023년 9월 12일

개 정 : 년 월 일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

소관부서 : 국토교통부 도로건설과

관련단체 : 한국도로협회, 한국교량및구조공학회 작성기관 : 한국도로협회

- 국토교통부장관은 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 고시일을 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

목 차

1. 일반사항	1
1.1 적용범위	1
1.2 참고 기준	1
1.3 용어의 정의	3
1.4 제출물	5
1.5 품질보증	6
1.6 기술인력	9
2. 용접재료	10
2.1 일반사항	10
2.2 용접봉 및 플럭스	10
2.3 스티드형 전단연결재	10
2.4 품질관리	10
3. 용접시공	10
3.1 공통사항	10
3.2 예열	12
3.3 용접법	12
4. 인정	17
4.1 일반사항	17
4.2 WPS 인정	17
4.3 용접인력 자격인정	37
4.4 스티드 용접	48
5. 검사	48
5.1 일반사항	48
5.2 육안검사	48
5.3 비파괴검사	50
5.4 스티드 검사	53

6. 결함 보수54
7. 교정 및 후열처리54
부록 : 그루브 용접부 표준상세55



1. 일반사항

1.1 적용범위

- (1) 이 기준은 도로교 설계기준에 따라 설계한 강도로교 및 기타 강구조물의 용접에 적용한다.
- (2) 이 기준에 명시되지 않은 사항은 당해 공사의 공사 시방서에 따른다.

1.2 참고 기준

1.2.1 관련 법규

- 건설기술진흥법

1.2.2 관련 기준

- KS B 0052 용접기호
- KS B 0106 용접용어
- KS B 0529 머리볼이 스티드 용접부의 굽힘 시험 방법
- KS B 0801 금속재료 인장 시험편
- KS B 0802 금속재료 인장 시험방법
- KS B 0804 금속재료 굽힘 시험
- KS B 0805 브리넬 경도 시험방법
- KS B 0806 로크웰 경도 시험 방법
- KS B 0809 금속재료 충격 시험편
- KS B 0810 금속재료 충격 시험방법
- KS B 0811 금속재료 비커스 경도 시험방법
- KS B 0816 침투탐상 시험방법 및 지시모양의 분류
- KS B 0817 펄스에코법에 의한 금속재료의 초음파탐상검사에 대한 일반 규칙
- KS B 0821 용착금속의 인장 및 충격시험
- KS B 0825 아크용접이음의 한쪽인장 피로시험방법
- KS B 0826 용착금속의 경도시험방법
- KS B 0842 측면 필릿 용접이음의 전단 시험방법
- KS B 3500 T형 필릿 용접이음의 굽힘 시험방법
- KS B 0845 강용접 이음부의 방사선투과검사
- KS B 0867 겹치기 이음 용접 균열 시험 방법
- KS B 0872 C형 지그 구속 맞대기 용접 균열 시험방법
- KS B 0885 수동용접 기술검정의 시험 방법 및 판정기준
- KS B 0896 페라이트계 강 용접 이음부에 대한 초음파탐상검사
- KS B 0952 용접재료에 대한 기술적 인도 조건 - 제품 종류, 치수, 허용오차 및 표시
- KS B 1062 머리볼이 스티드
- KS B ISO 4136 금속용접부 파괴시험-횡방향 인장시험

- KS B ISO 5173 금속재료 용접부의 파괴시험 - 굽힘시험
- KS B ISO 5178 금속재료 용접부 파괴시험 - 용융용접부의 종방향 인장시험
- KS B ISO 9018 금속 재료 용접부의 파괴 시험 - 십자형 및 겹치기 이음 인장 시험
- KS B ISO 9712 비파괴검사 - 기술자의 자격인정 및 인증
- KS B ISO 13588 용접부의 비파괴검사 - 초음파 탐상검사 - 자동화된 위상배열 기술의 사용
- KS B ISO 14171 용접 재료 - 비합금과 세립강의 서브머지드 아크 용접용 솔리드 와이어 전극, 튜브형 코어드 전극 및 전극과 플럭스의 조합 - 분류
- KS B ISO 14174 용접 재료-서브머지드 아크 용접 및 일렉트로슬래그 용접용 플럭스-분류
- KS B ISO 14731 용접 업무 조절 - 임무와 책임
- KS B ISO 15614-1 금속재료 용접절차의 시방과 자격인정 - 용접절차시험 - 제1부: 강의 아크 및 가스 용접과 니켈과 니켈합금의 아크 용접
- KS B ISO 17642-2 금속재료 용접부의 파괴시험 - 용접부의 저온균열시험 - 아크 용접 공정- 제2부: 자체구속형 시험
- KS B ISO 26304 용접 재료 - 고장력강의 서브머지드 아크 용접용 와이어 전극, 튜브 코어드 전극 및 전극 - 플럭스 조합 전극 - 분류
- KS D 0001 강재의 검사통칙
- KS D 0064 강 용접부의 수소량 측정 방법
- KS D 0210 강의 매크로 조직 시험방법
- KS D 0213 강자성 재료의 자분탐상검사 방법 및 자분 모양의 분류
- KS D 3503 일반 구조용 압연 강재
- KS D 3515 용접 구조용 압연 강재
- KS D 3529 용접 구조용 내후성 열간 압연 강재
- KS D 3542 고내후성 압연강재
- KS D 3558 일반구조용 용접 경량 H형강
- KS D 3868 교량구조용 압연강재
- KS D 7004 연강용 피복아크 용접봉
- KS D 7005 연강용 가스용접봉
- KS D 7006 고장력강용 피복아크 용접봉
- KS D 7023 저온용 강용 피복아크 용접봉
- KS D 7025 연강 및 고장력강용 마그 용접 솔리드 와이어
- KS D 7101 내후성강용 피복아크 용접봉
- KS D 7104 연강, 고장력강 및 저온용 강용아크 용접 플럭스 코어선
- KS D 7106 내후성 강용 탄산가스 아크용접 솔리드와이어
- KS D 7109 내후성 강용 탄산가스 아크용접 플럭스 코어드 와이어
- KCS 14 31 00 강구조공사
- KCS 47 00 00 철도공사

- KDS 24 00 00 교량 설계기준
- AWS D1.5 Bridge Welding Code, American Welding Society

1.3 용어의 정의

- 가불입용접 : 본용접 전에 용접되는 부재를 정해진 위치에 잠정적으로 유지시키기 위해서 수행되는 비교적 짧은 길이로 된 용접
- 가스메탈아크용접 : 외부에서 용융금속을 대기영향으로부터 보호하기 위하여 보호가스를 공급하면서 연속으로 공급되는 용가재를 사용하는 아크용접
- 가조임볼트 : 부재의 가조립 또는 가설(설치) 시 연결부에 위치를 이음 고정하여 부재의 변형 등을 막기 위해서 임시로 사용하는 볼트
- 고장력강 : 보통 인장강도 490 MPa급 이상의 압연재로서 용접성, 노치인성 및 가공성이 우수한 강재
- 기공 : 용융금속 중에 발생한 기포가 응고 시에 이탈하지 못하고 용접부 내에 잔류하여 생기는 공동. 기포의 성장속도보다 용융금속의 응고속도가 굉장히 빠르면 크기가 매우 작은 핀홀이, 약간 느리면 블로우홀 이 생성됨. 블로우홀 중에서 길고 좁은 형상의 기공을 워홀이라고 함. 블로우홀이 비드의 표면까지 성장한 상태에서 응고가 완료되어 형성된 용접부 표면의 작은 구멍을 피트라고 함
- 단강품 : 단조품을 적당한 단련 성형비를 주도록 강괴 또는 강편을 단련성형하여 보통 소정의 기계적 성질을 주기 위하여 열처리를 시행한 것
- 단조품 : 흑피품이라고도 하며 단조성형된 재료의 형상인 것으로 형태단조품, 자유단조품, 중공단조품 등이 있고 단조작업 온도에 따라 열간단조품, 온간단조품, 냉간단조품이 있음
- 단품 제작 : 제작품의 중량, 설치 및 운송을 고려하여 일정 규모의 단일 부재로 제작하는 공정
- 뒷담재 : 맞대기 용접을 한 면으로만 실시하는 경우 충분한 용입을 확보하고 용융금속의 용락을 방지할 목적으로 동종 또는 이종의 금속판, 입상 플럭스, 불활성 가스 등을 루트 뒷면에 받치는 것
- 백가우징 : 용접루트부의 금속을 뒷면에서 가우징으로 제거하는 것을 말한다. 백가우징은 용접금속 또는 모재를 제거하여 후속 용접에서 건전한 용접부를 얻기 위해 실시한다.
- 브리넬경도 : 강구압지를 사용하여 시험편에 구상의 압입자국을 만들었을 때의 하중을 압입자국의 직경으로부터 구한 압입자국의 표면적으로 나눈 값
- 비커스경도 : 대면각 136°의 정사각뿔인 다이아몬드 압자를 일정한 시험하중으로 시료의 시험면에 압입하여, 생긴 영구오목부의 표면적으로 나눈 값
- 생산용접 : 구조물에 실제 사용될 부재를 제작하기 위해 실시하는 용접
- 샤르피 충격시험 : 샤르피 충격시험기를 사용하여 시험편에 충격하중을 가하여 재료의 취성, 인성을 측정하는 시험법
- 서브머지드아크용접 : 입상의 플럭스 내에서 와이어와 모재 사이 또는 와이어끼리의

사이에 아크를 발생시켜 열로 실시하는 용접

- 스트롱백 : 맞대기 용접 시에 이음판의 상호엇갈림 치수차를 수정함과 동시에 각변화를 방지하기 위해서 일시적으로 붙이는 보강재
- 스패터 : 용접부의 일부를 이루지 않는 용융 용접 중 배출된 금속입자
- 아크에어가우징 : 탄소봉을 전극으로하여 아크를 발생시켜 용융금속을 홀더의 구멍으로부터 탄소봉과 평행으로 분출하는 압축공기로서 계속 붙어내어 흠을 파는 방법
- 언더매칭용접 : 모재의 강도보다 낮은 강도의 용가재를 사용하는 용접
- 엔드탭 : 용접이 시작되거나 또는 종료되는 곳에 설치되는 별도의 재료
- 용락 : 용접금속이 흠의 뒷면에 녹아내리는 현상. 박판용접에 봉 용극을 사용하거나 용접하여야 될 판두께가 용융금속을 지탱할 수 있을 만큼의 루트면 치수가 없을 경우 또는 루트간격이 너무 클 경우 발생하는 현상
- 용접부 표준상세 : 용접 실무에서 일반적으로 많이 적용하고 있는 용접부 상세로서 이 기준 부록과 같다. 이 외에 국내외의 관련 기준에 등록된 용접부 상세도 포함할 수 있음
- 용접시험판 : 용접부에 대한 각종 시험편을 제작하기 위하여 용접한 강판
- 용접절차서(WPS) : 용접부의 소요 품질을 확보하기 위하여 필요한 용접관련 정보를 기록한 명세서. 일반적으로 모재, 용접법, 용접상세, 용접자세, 용가재, 용접 전류 및 전압, 용접속도 등에 대한 정보를 포함하고 있음
- 용접절차검증시험 : 제 3자에 의하여 제공된 PQR을 검증하기 위하여 수행하는 단순화한 시험
- 용접절차사전시험 : 도급자가 WPS를 작성하기 위한 기초 자료로 사용하는 제 3자에 의한 WPS 인정시험
- 용접절차인정기록(PQR) : WPS를 승인받기 위하여 시험한 내용을 기록한 서류. WPS 인정 시험편의 제작에 적용한 용접조건과 시험 결과의 실제 값이 포함되어 있음.
- 용접절차인정 시험(PQT) : WPS를 승인받기 위하여 용접부에 대하여 실시하는 각종 시험.
- 저온균열 : 약 200℃ 이하의 저온에서 발생하는 균열로 저온균열에는 루트균열, 토우균열, 비드하부균열 등이 있음
- 층분할방식 : 용접층이 두꺼울 경우 단일층의 용접으로 시행하지 못하고 여러 층으로 나누어 용접을 시행하는 방법
- 케이스케이드법 : 다층 용접을 할 경우 각 비드의 일부를 인접 비드위에 겹쳐 용착하는 방법
- 코킹 : 불연속을 밀폐 시키거나 또는 감추기 위하여 기계적인 방법으로 용접부나 모재의 표면에 소성변형을 가하는 작업
- 크레이터 : 용접 비드가 끝나는 곳에 있는 함몰 자국
- 플렉스코어드아크용접 : 코어드 와이어나 플렉스코어드 와이어 용접봉을 사용하는 용접
- 피닝 : 충격타를 가하여 금속을 기계적으로 가공하는 작업
- 피복아크 용접 : 용접하려는 모재표면과 피복 아크용접봉의 선단과의 사이에 발생하는 아크열에 의하여 모재의 일부를 용융함과 동시에 용접봉에서 녹은 용융금속에 의하여

결합하는 용접 방법

- 합금플럭스: 용접금속의 화학성분 조성을 변경하기 위하여 합금 원소를 함유하고 있는 플럭스. 용접전압의 변경은 용접금속의 화학성분 함유량에 심각한 변화를 초래할 수 있음
- 활성플럭스: 소량의 마그네슘, 또는 실리시움, 또는 두 성분을 함유하고 있는 플럭스로서, 단일패스 적용에서 용접을 개선하기 위하여 사용됨. 용접전압, 또는 용접패스의 개수의 변경은 용접금속의 화학성분 함유량과 역학적 성질에 심각한 변화를 초래할 수 있음

1.4 제출물

1.4.1 작업절차서

- (1) 수급인은 용접시공에 앞서 용접방법과 용접절차서(WPS), 용접품질 검사방법 및 절차서를 작성하여야 한다.
- (2) 용접절차서(WPS) 및 용접절차인정기록(PQR) 작성에 필요한 용접기호 및 용접용어는 KS B 0052 및 KS B 0106에 따른다.

1.4.2 용접 기술인력 자료

- (1) 용접에 관련된 각 기술인력에 대한 자료를 신분증 사본과 함께 제출하여야 한다.

1.4.3 용접시공 기록 및 자료

- (1) 제작이 완료되면 수급인은 용접재료, 용접시공 및 용접검사에 관한 기록을 제출하여야 한다. 용접검사 기록은 KS B 0816, KS B 0845, KS B 0896, KS D 0213, KS B ISO 13588 중 해당 표준에 따라 작성하여야 한다.
- (2) 현장용접이 허용된 경우에는 현장용접 기기에 대한 명세서와 용접시공 기록을 작성하여 제출하여야 한다.

1.4.4 제작확인서

- (1) 수급인은 제작이 완료되면 이 시방서에서 규정한 재시험과 KS에 따른 모든 시험과 분석에 대한 자료 및 용접시공에 관한 실명 날인한 보고서의 사본을 제출하여야 한다.
- (2) 제작완료보고서에는 (1) 이외에 부재의 변형교정, 응력제거 방법 및 내용, 용접결함 보수사항 및 현장 품질관리기록을 포함한다.

1.5 품질보증

1.5.1 제작기기의 승인

- (1) 강교제작을 위한 용접에 필요한 주요시설 및 기기 등은 사전에 공사감독자에게 승인을 받아야 한다. 다만, 건설기술진흥법 제58조 3항 및 시행령 제96조의 규정에 따라 인증된 해당 등급에 적합한 강구조물 제작공장인 경우에는 공사감독자의 사전승인을 생략할 수 있다.

1.5.2 용접절차서(WPS) 및 용접절차인정기록(PQR)

- (1) 수급인은 용접시공에 필요한 모든 용접법에 대해서 용접절차서(welding procedure specification, 이하 WPS)와 용접절차인정기록(procedure qualification record, 이하 PQR)을 작성하고, 이를 보관하여야 한다.
- (2) WPS의 인정과 관련된 사항은 이 기준 4. 인정에 따른다.

1.5.3 품질관리시험

- (1) 제작자는 이 기준 4. 인정에 따라 WPS 인정을 받기 위한 시험 이외의 추가 용접시험이 필요할 경우 공사감독자의 승인을 받아 다음 중 해당시험을 실시하여야 한다.
- ① 용착금속의 인장 및 충격시험 : KS B 0821
 - ② 아크용접 이음의 한쪽 인장피로시험 : KS B 0825
 - ③ 용착금속의 경도시험 : KS B 0826
 - ④ 금속재료 용접부의 파괴시험 - 금속 재료 용접부의 파괴 시험 - 십자 및 겹치기 이음 인장 시험 : KS B ISO 9018
 - ⑤ 측면 필릿 용접이음의 전단 시험 방법 : KS B 0842
 - ⑥ T형 필릿 용접이음의 굽힘 시험 방법 : KS B 3500
 - ⑦ 강 용접부의 수소량 측정 방법 : KS D 0064
 - ⑧ 부재 구조상세에 대한 피로 관련 시험은 제작과정에 특별한 문제가 있거나 별도의 규정이 있는 경우에만 실시한다.

1.5.4 완전용입 맞대기 용접부의 피로시험

- (1) 완전용입 맞대기 용접부의 피로성능에 대한 평가 실적이 없는 공급원이 공급한 재료 (모재, 용접봉 또는 와이어, 플럭스)를 사용하는 경우에는 용접부 인장 시험체에 대해 다음의 피로시험법에 따라 피로시험을 수행하고 그 합격 여부를 판단한다.
- (2) 시험체의 용접
 철구조제작공장 또는 공사현장 작업조건과 동일하거나 그보다 가혹한 조건에서 피로 성능평가용 시험체를 용접한다.
- (3) 판두께별 시험체의 형상
- ① 시험체의 단면 폭(W)은 판두께(T)의 1.5배 이상으로 설정한다.
 - ② 그림부 폭(B)이 단면 폭(W)의 1.5배 이상으로 설정한다.

- ③ 시험체의 단면 평행길이(L)는 판두께(T)의 3배 이상으로 설정한다.
- ④ 변화부 반경은 단면 폭(W)의 2.5배 이상 또는 구조해석을 통해 응력집중도(=변화부 응력/시험단면 응력)가 1.1 이하가 되도록 설정한다. 표 1.5-1은 판두께 별 피로시험체의 크기와 형상에 대한 예시이다.

표 1.5-1 판두께별 피로시험체의 크기와 형상의 예시

(단위 : mm)

판두께 (T)	그립부폭 (B)	단면폭 (W)	평행부 길이(L)	변화부 반경(R)	그립부 길이	시험체 총길이
20	90	40	170	100	250	802
40	100	60	200	160	250	855
60	140	90	250	240	250	963
80	190	120	350	320	250	1,141

(4) 시험체의 정합도 평가

- ① 하중 축과 편심에 의한 시험체에 발생한 휨 변형율을 축방향 변형율로 나눈 값이 5% 이내 임을 정적 재하시험을 통해 확인 후 피로시험을 수행한다.

(5) 피로 시험체의 개수 및 시험조건

- ① 피로 시험체의 개수는 최소 9개 이상으로 하며, 3개의 피로하중 응력범위에 대하여 각각 3개씩 실험한다.
- ② 반복횟수 50만회 이상에서 피로파단이 일어나도록 피로하중 응력범위를 설정하되, 피로 수명 200만회에 해당하는 피로강도 이하의 값이 포함되도록 한다. 이는 표 1.5-2의 판두께 별 피로하중의 크기와 응력범위에 대한 예시를 참조하여 적절히 정한다.
- ③ 작용하중의 응력비는 0.05 이상으로 한다.

표 1.5-2 판두께 별 피로하중의 크기와 응력범위의 예시

판두께 (mm)	순단면적 (m ²)	최대하중 (kN)	최소하중 (kN)	최대응력 (MPa)	최소응력 (MPa)	응력범위 (MPa)
20	0.0008	98	9.8	122	12.0	110.0
		123	12.3	153	15.5	137.5
		147	14.7	183	18.0	165.0
40	0.0024	293	29.3	122	12.0	110.0
		366	36.6	153	15.5	137.5
		439	43.9	183	18.0	165.0
60	0.0054	659	65.9	122	12.0	110.0
		824	82.4	153	15.5	137.5
		989	98.9	183	18.0	165.0
80	0.0096	1,167	116.7	122	12.0	110.0
		1,462	146.2	153	15.5	137.5
		1,756	175.6	183	18.0	165.0

(6) 피로 시험결과의 판정

① 모든 피로 시험체가 도로교설계기준에 규정된 설계 피로등급의 피로강도 이상일 경우 합격한 것으로 한다.

(7) 재시험

① 불합격의 경우 같은 방법으로 1차로 재시험을 수행하여 모든 피로 시험체가 설계 피로 등급의 피로강도 이상일 경우 합격한 것으로 한다.

② 1차 재시험이 불합격된 경우에는 (5)에 따라 2차 재시험을 수행하여, 하한 5% 피로강도 곡선이 설계 피로등급의 피로강도 이상일 경우 합격한 것으로 한다.

(8) 피로성능 평가 실적 유효성

① 사용하고자 하는 강재에 대한 피로 성능 평가 실적이 있더라도, 제강사(mill), 강종, 용접 재료가 기존 실적자료와 다른 경우에는 해당 부재에 대한 피로성능 평가를 별도로 실시 하여야 한다.

② 강종과 용접재료가 동일하더라도 최대 판두께, 개선형상, 용접자세, 최대 입열량, 최소 예열온도, 용접 비드 개선 등이 다른 경우에는 해당 공사에서 발생할 수 있는 가장 불리한 조건을 기준으로 피로 성능 평가의 추가 실시 여부를 공사감독자가 판단한다.

1.6 기술인력

1.6.1 용접사의 자격

- (1) 용접사의 자격은 다음 중 하나에 해당하는 경우에 인정한다.
- ① KS B 0885 등 관련 한국산업표준의 해당요건에 따라 자격을 갖춘 자.
 - ② 해당 작업에 2년 이상 경험이 있는 자로서 작업 투입 당시 해당 용접에 대하여 숙련된 기량을 갖고 있고, 제작사 자체 용접사 인정시험에 합격된 자.
 - ③ 이 기준 4.3에 따라 자격인정을 받은 자.
 - ④ 이 기준 4.2.8에 따른 입열량 인정에 합격한 용접시험관을 용접한 자. 이 용접사는 해당 용접법과 용접자세로 수행하는 그루브용접, 필릿용접, 슬롯용접에 대해서 자격이 인정된다. 인정되는 부재의 두께는 이 기준 표 4.3-2에 따른다.
 - ⑤ 국가기술자격법에 따라 자격증을 취득한 자.
- (2) 수급인 또는 제작자는 공사에 참여하는 용접사의 신분증과 자격증의 사본을 제출받아 보관하고, 공사감독자가 확인할 수 있도록 하여야 한다.

1.6.2 용접업무 조정담당자

- (1) 용접업무 조정담당자는 용접이나 용접 관련 업무에 관한 생산작업을 책임지며, 교육과 훈련 및 경험 등을 통하여 지식과 능력이 입증된 사람으로 한다. 용접업무 조정담당자의 기술적 지식은 KS B ISO 14731에 따른다.
- (2) 용접업무 조정담당자의 업무 내역은 KS B ISO 14731에 따르며, 계약, 설계검토, 모재 및 소모품, 하청계약, 생산계획, 장비, 용접작업, 시험, 용접 승인, 문서화 등의 활동에 관련된 명세 또는 준비, 업무조절, 통제관리, 검사 및 점검 또는 입회의 임무와 책임을 포함한다.
- (3) 용접업무 조정담당자는 하나 또는 다수의 업무조절과제를 수행한다. 다수에 의하여 용접업무가 조절되는 경우 각 개인에게 임무와 책임을 배정한다.
- (4) 제작자는 적어도 1명 이상의 공인된 또는 공사감독자의 승인을 받은 용접업무 조정담당자를 임명한다.

1.6.3 비파괴검사 검사자

- (1) 제작사 자체 품질관리의 일환으로 시행하는 검사는 최소 5년 이상 경력자로서 제작자가 선임한 해당 종목의 비파괴검사 기술자가 수행하여야 한다.
- (2) 비파괴검사를 수행하는 검사자는 비파괴검사 기술의 진흥 및 관리에 관한 법률에 따라 국가기술 자격법 또는 KS B ISO 9712, 레벨 2 이상의 해당 종목 자격을 취득한 비파괴검사 기술자이어야 한다.

2. 용접재료

2.1 일반사항

2.1.1 적용범위

- (1) 이 장은 용접에 사용되는 용접재료의 규격, 운반 및 저장 관리업무에 적용 한다.
- (2) 용접재료는 용접봉, 플럭스, 스테드 등과 이들의 부속재료를 포함한다.

2.2 용접봉 및 플럭스

- (1) 용접봉 및 플럭스는 KCS 14 31 20 (2.1)에 따른다.

2.3 스테드형 전단연결재

- (1) 스테드형 전단연결재는 KCS 14 31 20 (2.2)에 따른다.

2.4 품질관리

- (1) 용접재료의 품질관리는 KCS 14 31 20 (2.3)에 따른다.

3. 용접시공

3.1 공통사항

3.1.1 용접부 준비

- (1) 용접을 하려는 부분의 재편조립 정밀도는 KCS 24 31 05(3.9)의 해당 규정에 따른다.
- (2) 용접을 하려는 부분에는 기공이나 균열을 발생시킬 염려가 있는 흑피(黑皮), 녹, 도료, 기름 등이 있어서는 안 된다. 잘 제거되지 않는 흑피, 얇은 녹 방지용 코팅, 스패터 방지막 등은 남아 있을 수 있다.
- (3) 재편에 수분이 있는 상태로 용접을 하여서는 안 된다. 재편에 수분이 있거나 입열 시 결로가 생길 우려가 있는 경우에는 용접선 부근을 건조시켜야 한다.

3.1.2 용접재료 선택 및 주의사항

- (1) 사용하는 용접재료는 이 기준 2. 용접재료의 규정에 따른다.
- (2) 피복아크 용접봉 및 플럭스는 사용에 앞서 건조로에서 건조한 상태에서 사용하여야 한다.
- (3) 피복아크 용접봉은 피복재가 벗겨지거나 나쁜 상태로 손상된 것을 사용하여서는 안 된다.
- (4) 용접봉의 적열(赤熱)이 발생되지 않도록 사용에 주의하여야 한다.
- (5) 피복아크용접의 용접봉에 대해 다음 규정을 적용한다.
 - ① 저수소계 용접봉을 사용하며, KS B ISO 17642-2 등으로 용접성능이 입증된 경우에는 다른 용접봉을 사용할 수 있다.
 - ② 피복아크용접봉은 피복재가 오염되거나 손상 입은 것을 사용해서는 안 된다.

- ③ 탄소강 피복아크용접봉은 밀폐용기에 포장된 것이거나 용접봉 제조사의 설명서에 따라 건조한 것을 사용하여야 한다.
- ④ 저합금강 피복아크용접봉은 밀폐용기에 포장된 것이거나 370℃ ~ 425℃에서 1시간 이상 건조한 것을 사용하여야 한다.
- ⑤ 용접봉은 밀폐용기를 개봉한 경우 또는 건조로에서 꺼낸 경우에는 즉시 120℃ 이상의 온도를 유지하는 오븐에 보관하여야 한다.
- ⑥ 밀폐용기, 또는 건조로나 보관용 오븐에서 꺼낸 용접봉은 표 3.1-1의 허용시간 이내에 사용하여야 한다. 허용시간에 사용하지 못한 용접봉은 1회에 한하여 230℃ ~ 290℃에서 최소 2시간 동안 재건조 시켜야 사용할 수 있다.

표 3.1-1 저수소계 용접봉의 허용노출시간 및 재건조

용접봉의 종류	용접봉의 규격	허용노출시간	건조온도 (℃)	건조 시간
저합금강 피복아크용접봉	E 70XX-X	4시간	230 ~ 290	2시간 이상
	E 80XX-X	2시간		
	E 90XX-X	1시간		
	E 100XX-X	30분		
	E 110XX-X	30분		
탄소강 피복아크용접봉	E 70XX	4시간	230 ~ 290	2시간 이상

- (6) 서브머지드아크용접의 용접와이어와 플럭스에 대해 다음 규정을 적용한다.
 - ① 플럭스는 일반적인 상태에서 최소 6개월 보관했을 때에도 용접 성능에 영향을 주지 않는 포장된 상태로 구입하여야 한다.
 - ② 플럭스의 포장이 손상되었을 경우 플럭스를 버리거나 사용 전 최소 260℃에서 1시간 동안 건조하여야 한다.
 - ③ 대기에 노출된 용접기의 플럭스 공급 통 또는 공급 시스템 내의 플럭스는, 24시간 이상 용접작업이 중단된 경우에는, 제거하고 새로운 플럭스 또는 건조시킨 플럭스로 교환하여야 한다.
 - ④ 대기로부터 차단된 압력탱크, 플럭스 환수 시스템, 또는 공급 시스템 내의 플럭스는, 96시간 이상 용접작업이 중단된 경우에는, 제거하고 새로운 플럭스 또는 건조시킨 플럭스로 교환하여야 한다.
 - ⑤ 물과 접촉한 플럭스는 사용하여서는 안 된다.
- (7) 가스메탈아크용접 또는 플럭스코어드아크용접의 보호가스는 다음 규정을 적용한다.
 - ① 보호가스는 사용 목적에 부합하고, 이슬점 조건을 만족한다는 보호가스 제조자의 품질보증서가 있어야 한다.

② 보호가스는 AWS A 5.32 또는 동등 이상의 기준에 적합하여야 한다.

3.1.3 용접시공 일반사항

(1) 용접시공 일반사항은 KCS 14 31 20 (3.1.1)에 따른다.

3.1.4 가불임용접 및 임시용접

(1) 가불임용접 및 임시용접은 KCS 14 31 20 (3.1.2)에 따른다.

3.1.5 용접부 뒷담재 및 엔드탭

(1) 용접부 뒷담재 및 엔드탭은 KCS 14 31 20 (3.3.3)에 따른다.

3.1.6 피닝 및 코킹

(1) 피닝 및 코킹은 KCS 14 31 20 (3.1.3)에 따른다.

3.2 예열

(1) 예열은 KCS 14 31 20 (3.4)에 따른다.

3.3 용접법

3.3.1 피복아크용접

(1) 일반사항

- ① 용접봉의 등급, 크기, 아크길이, 전압 및 전류는 재질의 두께, 홈형상, 용접자세 및 작업과 관련된 기타 주변환경 등에 적합하도록 한다. 용접전류는 용접봉 제조업자의 권장 범위 이내로 한다.
- ② 수직자세에서의 하향용접은 용접 승인시험에서 책임 용접기술자의 인정을 받지 못하면 적용해서는 안 되며, 수직자세의 모든 용접진행 방향은 상향으로 한다.
- ③ 강제 뒷담재를 사용하지 않는 완전용입 그루브용접이음부는 뒷면의 루트부를 가우징한 후 용접을 실시하여 건전한 용접부가 되도록 한다.

(2) 용접봉 규격

① 용접봉의 최대지름은 다음을 기준으로 한다.

가. 루트패스를 제외한 아래보기자세의 모든 용접 : 6 mm

나. 수평 필릿용접부 : 6 mm

다. 아래보기자세로 수행한 필릿용접의 루트패스와 루트간격이 6 mm 이상이고 뒷담재가 있는 그루브용접 : 6 mm

라. 수직자세 및 위보기자세 용접 : 4 mm

마. 그루브용접부의 루트용접 및 위에서 언급한 경우를 제외한 기타 용접 : 5 mm

(3) 루트패스의 두께

① 루트패스의 최소 두께는 균열을 방지할 수 있을 정도로 하여야 한다.

- ② 그루브용접 루트패스의 최대 두께는 6 mm로 한다.
- ③ 단일패스 필릿용접과 다중패스 필릿용접 루트패스의 최대치수는 다음에 따른다.
 - 가. 아래보기자세 : 10 mm
 - 나. 수평자세 및 위보기자세 : 8 mm
 - 다. 수직자세 : 12 mm
- (4) 루트패스를 제외한 용접층의 최대두께
 - ① 그루브용접 및 필릿용접의 루트패스 후속 용접층의 최대두께는 다음을 기준으로 한다.
 - 가. 아래보기자세 : 3 mm
 - 나. 수평자세, 수직자세, 위보기자세 : 5 mm

3.3.2 서브머지드 아크용접(SAW)

(1) 일반사항

- ① 서브머지드 아크용접은 하나 또는 다수의 단일전극, 하나 또는 다수의 병렬전극, 또는 단일전극과 병렬전극을 조합할 수 있다. 아크 사이의 간격은 선행 아크에 의해 형성된 용접금속의 슬래그가 후행 전극의 적절한 용착을 방해할 정도로 생각되지 않도록 한다. 다중전극을 사용하는 서브머지드 아크용접은 그루브용접 또는 필릿용접에 모두 사용할 수 있다.
 - ② 열처리 고장력강을 용접할 때 입열량, 예열온도, 층간온도의 최대 허용조합은 강재 생산자의 권장 값을 따른다.
 - ③ 서브머지드 아크용접에 의해 용착되는 모재 표면과 인접 주위는 깨끗하고 습기가 없어야 한다.
 - ④ 뒷면 가우징하지 않고 루트부 용입이 규정된 용접은 매크로시험, 방사선 투과검사, 위상배열 초음파탐상검사 등의 기록된 검사자료에 의해 용접 품질을 인정 받아야 한다.
 - ⑤ 그루브용접에서 루트용접은 용융되는 강재 뒷담재나 또는 용융되지 않는 뒷담재를 사용할 수 있다. 필릿용접부의 루트는 모재의 용락을 방지하기 위해 뒷담재로 지지할 수 있다.
 - ⑥ 각 용접층에서 용착금속 단면의 높이와 최대 폭은 용접표면의 폭을 초과해서는 안 된다.
 - ⑦ 루트용입부에 8 mm이하의 가불임용접은 본용접에 그대로 포함시킬 수 있으나 용접부의 외관을 문제가 될 정도로 변화시키거나 용입을 감소시켜서는 안 된다. 이 조건에 충족되지 않은 가불임용접은 본용접 이전에 제거하거나 그 크기를 줄인 후 본용접을 실시한다. 두께 8 mm 미만의 강재 뒷담재를 붙인 이음부의 루트에 용접한 가불임용접은 제거하거나 또는 저수소계 용접봉을 사용한 피복아크용접으로 접합 전체 길이에서 연속되도록 한다.
- #### (2) 단일전극 서브머지드 아크용접
- ① 모든 서브머지드 아크용접은 아래보기자세, 또는 수평자세로 한다.
 - ② 그루브의 양면을 용융해야하는 모든 패스의 그루브용접부에 사용하는 전류는 600 A를 초과하지 않아야 한다.

- ③ 아래보기자세의 필릿용접부에 사용하는 전류는 1000 A를 초과하지 않아야 한다.
- ④ 루트 및 표면층을 제외하고 용접층의 두께가 6 mm를 초과하여서는 안 된다. 루트간격이 12 mm 이상 또는 용접층의 폭이 16 mm를 초과할 경우에는 다중패스의 충분할기법을 적용한다.
- (3) 병렬 또는 다중 전극 서브머지드 아크용접
- ① 하나의 용접층으로 용접금속이 용착되어야하는 그루브 내의 폭이 12 mm를 초과하는 경우에는 가장자리의 적절한 용융을 확보하기 위해 충분할 기법이 사용되어야 한다. 병렬 전극을 사용하는 경우에는 충분할 기법을 사용하는 대신 전극을 횡방향으로 분산 배치한다. 선행 용접층의 폭이 다중전극의 경우 25 mm, 병렬전극의 경우 16 mm를 초과하고, 단지 2개의 전극만이 사용된 경우에는 전극을 직렬로 배치한 충분할기법을 사용한다.
- ② 용접층의 두께는 제한이 없다.
- ③ 단일 또는 다중 전극 서브머지드 아크용접을 하는 그루브용접부와 필릿용접부의 루트 패스에는 병렬, 또는 다중전극의 GMAW를 적용할 수 있다.
- ④ 다중전극을 사용한 서브머지드 아크용접을 수행할 때 예열 및 층간 온도는 표 3.2-1, 또는 표 3.2-3에 따른다. 그러나 단일패스 그루브용접 및 필릿용접에 대해서 공사감독자가 승인한 경우 KS B 0811에 따른 열영향부의 경도 HV₁₀의 값을 모재 인장강도 415 MPa 미만인 강재는 225 미만, 인장강도 415 MPa 이상 475 MPa 이하인 강재는 270 미만으로 감소시킬 수 있다면, 이 경우의 모재와 입열량의 조합에 대한 예열 및 층간 온도를 용접시공에 적용할 수 있다.
- ⑤ 위 ④에서 열영향부의 경도시험이 요구되는 경우 초기에는 매크로시험편에서 수행한다. 용접작업 진행 되면 부재의 표면을 평평하게 갈아내고 시험을 실시한다. 열영향부의 경도시험은 부재의 그루브용접부 또는 필릿용접부 길이 15 m 당 모재가 두꺼운 곳 중 최소한 한 곳에 대해 시행하며, 공사감독자가 만족하는 수준으로 용접절차가 수립된 후에는 경도시험을 하지 않아도 된다.

3.3.3 가스메탈아크용접(GMAW) 및 플럭스코어드아크용접(FCAW)

(1) 일반사항

- ① 용접와이어는 건조하고 사용에 적합한 상태로 관리되어야 한다.
- ② 용접와이어의 최대지름은 아래보기자세 및 수평자세의 경우 4.0 mm, 수직자세의 경우 2.4 mm, 위보기 자세의 경우 2.0 mm로 한다.

(2) 용접층 두께

- ① 단일패스로 이루어진 필릿용접부의 최대 용접 목두께는 아래보기자세 및 수직자세의 경우 12 mm, 수평자세의 경우 10 mm, 위보기자세의 경우 8 mm로 한다.
- ② 가스메탈 아크용접 및 플럭스코어드 아크용접의 루트와 표면층을 제외한 그루브용접부에서 한 용접층의 두께는 6 mm를 초과하지 않도록 한다. 루트간격이 12 mm 이상일 경우는 다중패스의 분할-층 기법을 사용한다. 모든 용접자세의 가스메탈 아크용접과 수직자세를 제외한 플럭스코어드 아크용접의 용접층의 폭이 16 mm를 초과할 경우와 수직자세

의 플럭스코어드 아크용접 용접층의 폭이 25 mm를 초과할 경우에도 다중패스 용접의 분할-층 기법을 사용한다.

(3) 용접절차

- ① 용접전류, 아크전압, 가스유동, 용접봉의 끝단에서 모재로 용착되어지는 금속의 이행 형식, 용접속도는 각 용접패스가 인접한 모재와 용착금속에 완전히 융합되고, 오버랩이나 과도한 기공 또는 언더컷이 없도록 선정한다.
- ② 수직용접자세로 용접할 경우 용접의 진행 방향은 상향으로 한다. 다만, 공사감독자의 승인을 받은 시험에 의해 용접의 하향진행을 인정 받은 경우에 한하여 하향진행을 할 수 있다.
- ③ 뒷땀재를 사용하지 않는 완전용입그루브용접인 경우, 앞면의 용접을 수행한 후 뒷면에서 용접을 시작하기 전에 가우징이나 치핑 또는 기타의 방법으로 결함이 있는 부분이 모두 제거될 때까지 루트부의 용접금속을 제거하여야 한다.
- ④ 가스메탈아크용접 또는 보호가스를 사용하는 플럭스코어드아크용접은 바람이 심한 곳에서는 보호막을 설치하여 용접하여야 한다. 이와 같은 보호막은 용접부 주변의 최대 풍속을 2.2 m/s 까지 감소시킬 수 있는 적절한 방풍시설을 갖추어야 한다.
- ⑤ 단락이행 가스메탈아크용접은 공사감독자의 서면 승인이 없는 경우 교량 부재의 제작에 사용할 수 없다.

3.3.4 플러그 및 슬롯 용접

(1) 일반사항

- ① 플러그용접은 피복아크용접, 가스메탈아크용접 및 플럭스코어드아크용접에 의하여 시행한다.

(2) 용접절차

- ① 아래보기자세 용접 시는 연결부 루트를 따라 용착시키고 홀의 중심을 향하여 원주방향으로 용착시켜 루트와 바닥에서부터 용접금속층이 융합되고 쌓여서 요구되는 높이로 홀을 채우도록 반복하여야 한다. 용접이 완료될 때까지 용착된 부위의 슬래그는 용융상태로 유지시켜야 하되 아크가 중단되거나 슬래그가 냉각되면 슬래그를 완전히 제거한 후 재용접하여야 한다.
- ② 수직자세로 용접할 경우 구멍의 아래쪽 루트에서 시작해서 위쪽으로 향하여 용접하되 구멍의 내측 강판 면에서 구멍 주변 쪽으로 실시한다. 아크는 구멍의 윗부분에서 끝나고 슬래그를 완전히 제거한 후 구멍의 반대편에서 다시 용접을 시작한다.
- ③ 위보기자세 용접 시는 아래보기자세에 준하여 시행하되 슬래그는 각 용접층 용착 후 냉각시켜서 완전히 제거한다.
- ④ 슬롯 용접은 위의 ③을 적용하는 슬롯의 길이가 용접 폭의 3배 이상, 또는 슬롯이 부재의 단부까지 연장된 경우를 제외하고는 플러그 용접과 동일한 방법으로 시행한다.
- ⑤ 플러그 용접이나 슬롯 용접을 앞서 용착한 용접비드 위에 용융된 슬래그를 뚫고 계속 하고자 할 때 단속아크, 과도한 스파터, 과도한 가스를 동반한 슬래그 끓음 등 용융

불연속이 형성되어 있는 동안 나타나는 상태의 징후로 아크와 슬래그 커버를 볼 수 있다. 용접흡이 발생할 경우는 용접을 중단하고 슬래그를 냉각시킨 후 슬래그나 용접층을 완전히 제거하고 재용접 한다.

3.3.5 스티드의 용접

(1) 일반사항

- ① 스티드는 자동 시간조절 아크 스티드 용접기에 적합하여야 한다.
- ② 각 스티드는 열에 저항성이 있는 세라믹 또는 적합한 재료로 만든 페룰과 함께 사용한다.
- ③ 지름 8 mm 이상의 스티드는 탈산화와 아크 안정을 위한 플럭스가 있어야 한다.
- ④ HSB690W 강재는 공사감독자의 승인을 받아 스티드 용접을 하여야 한다. 이때 승인은 이 기준 4.4.1(3) 및 (4)에 따른다.

(2) 모재의 준비

- ① 스티드가 용접되는 모재의 부위는 요구되는 용접이 이루어질 수 있도록 스케일, 녹, 습기 또는 기타 이물질이 없어야 한다.
- ② 용접될 부위는 쇄슬질, 스케일링, 또는 연마로 깨끗이 준비하여야 한다.
- ③ 모재의 온도가 -20°C 미만이거나 표면에 습기, 눈 또는 비에 노출된 경우에는 용접을 해서는 안 된다. 단, 모재의 온도가 $-20^{\circ}\text{C} \sim 0^{\circ}\text{C}$ 인 경우에는 이 기준 5.4.1(4)에 따라 추가의 육안검사와 스티드 굽힘시험 등을 통하여 공사감독자의 승인을 얻어 용접을 수행할 수 있다.

(3) 용접 장비 및 전원

- ① 스티드는 직류 음극에 스티드(직류전극 마이너스)를 연결하는 자동시간조절 스티드 용접장비로 용접하는 것을 기본으로 한다.
- ② 용접전압, 전류, 시간 및 스티드의 장전과 밀어 넣기를 위한 스티드 총은 과거의 경험과 스티드 용접기 제조자의 지침에 따라 최적상태로 조절한다.
- ③ 두 개 이상의 스티드건을 동일한 전원으로 사용하는 경우, 한번에 하나의 스티드건만이 작동하도록 하고 하나의 스티드를 용접한 후 다른 스티드 용접을 시작하기 전에 동력이 완전히 회복되어야 한다.

(4) 스티드 필릿용접

- ① 부득이 스티드건에 의한 자동용접 대신 피복아크용접에 의한 필릿용접으로 스티드 용접을 할 경우, 사전 공사감독자의 승인을 받아 시행하여야 한다. 사용 용접봉은 저수소계의 용접봉으로 용접봉 지름은 4 mm ~ 5 mm를 사용하여야 한다. 스티드 지름이 10 mm 미만인 경우 또는 용접자세에서 벗어난 경우에는 더 작은 지름의 용접봉을 사용할 수 있다.
- ② 필릿용접의 최소치수는 표 3.3-1에 따른다.

표 3.3-1 필릿용접의 최소치수

(단위 : mm)

스터드 지름	최소치수
$\varphi \leq 10 \text{ mm}$	6
$10 \text{ mm} < \varphi \leq 25 \text{ mm}$	8
$\varphi > 25 \text{ mm}$	10

③ 스테드의 필릿용접은 다음 규정에 준하여 시행한다.

- 가. 용접살의 높이 1 mm, 폭 0.5 mm 이상의 더뎛기가 주위에 쌓이도록 한다.
- 나. 용접부의 균열 및 슬래그 혼입이 없어야 한다.
- 다. 날카로운 흠 형상의 언더컷 및 깊이 0.5 mm 이상의 언더컷이 없어야 한다.
- 라. 스테드의 마무리 높이는 설계 치수에 대해 $\pm 2 \text{ mm}$ 이내로 한다.
- 마. 스테드의 기울기는 5° 이내로 한다.
- 바. 스테드 용접은 아래보기 자세로 한다.
- 사. 모재의 최소 예열온도는 표 3.2-1, 또는 표 3.2-3에 따른다.

4. 인정

4.1 일반사항

- (1) 용접절차서(Welding Procedure Specification, 이하 WPS)의 인정은 이 기준 4.2에 따른다.
- (2) 용접인력(용접 기능인력, 용접사, 가붙임용접사 등)의 자격 인정은 이 기준 4.3에 따른다.
- (3) 스테드용접에 대한 인정은 이 기준 4.4에 따른다.

4.2 WPS 인정

4.2.1 승인

- (1) WPS의 승인은 이 기준 4.2.7에 따른 사전인정 및 이 기준 4.2의 요구조건에 따른 인정을 바탕으로 이루어진다.
- (2) 용접금속의 항복강도, 인장강도, 신율, 샤르피충격치 등은 모재의 규정 값을 만족하여야 한다.
- (3) 과거 인정시험의 결과가 적절히 기록되어 있으며, 이 시방서의 규정을 만족한다면 공사감독자의 승인을 받아 사용할 수 있다.
- (4) 전에 사용하였던 WPS의 근거자료, 또는 사전시험과 인정시험의 검증 등은 다음의 경우에 사용할 수 있다.
 - ① 절차인정기록(Procedure Qualification Record, 이하 PQR)이 완전하며, 이 시방서의 요구조건을 만족
 - ② 시험결과가 공공기관 또는 공사감독자가 인정하는 제 3의 독립기관에 의하여 정확하

다는 확인

- (5) 이 시방서의 요구조건을 초과하는 시험은 추가의 비용으로 요구될 수 있지만, 공사감독자는 불합격 용접이 생산되는 근거가 있는 경우에는 WPS와 용접인력에 대한 시험을 지시할 수 있다.
- (6) 시험결과는 기록되고 보관되어야 하며, 공사감독자가 열람할 수 있도록 하여야 한다.
- (7) 승인된 PQR은 WPS에 따른 용접이 지속적으로 규격에 못 미치는 결과를 초래하지 않는 한 무기한 유효하다.

4.2.2 강제

- (1) PQR에 사용된 모재의 강종에 따라 생산용접에서 인정 받을 수 있는 모재의 강종은 표 4.2-1과 같다. 단 PQR 시험에 사용하는 모재의 규정 최소 충격치는 인정되는 생산용접의 모재에 대한 규정 최소 충격치 이상이어야 한다.

표 4.2-1 모재 인정

PQR 시험에 사용한 모재	인정 되는 생산용접의 모재
SM275	SM275
SMA275	SM275, SMA275
SM355	SM275, SM355
SM420	SM275, SM355, SM420
SMA355 ¹⁾	SM275, SM355, SM420 SMA275, SMA355,
SM460	SM460
SMA460	SM460, SMA460
HSB380	HSB380
HSB460	HSB460
HSB690	HSB690

주 : 1) 이 기준 4.2.2(2)의 요건을 만족하는 경우

- (2) 화학성분이 표 4.2-2의 조건을 만족하는 SMA355 강재는 최소 규정 항복강도 360 MPa 이하인 SM과 SMA 강재 인정을 위한 대체 시험체의 모재와 뒷담재로 사용할 수 있다.

표 4.2-2 대체 시험체용 SMA355 화학성분 요건

성분	C	Mn	Si	Cr	V
최소 함유량(%)	0.15	1.00	0.25	0.50	0.03

- (3) SMA355 강재가 위 (2)의 규정을 만족하지 않더라도 탄소 함유량 0.12 % 이상이며, 다음 식에 따라 산출한 CE 값이 0.45 % 이상인 경우에는 대체 시험체의 모재와 강재 뒷담재로 사용할 수 있다.

$$CE = C + \frac{Mn+Si}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15} (\%) \quad (4.2-1)$$

- (4) 이 기준 4.2.2(1)에 규정되지 않은 강재를 용접에 의한 제작물에 사용하는 경우에는 다음 규정에 따른다.
- ① 이 기준 4.2.11의 규정에 따라 WPS 인정을 받아야 한다.
 - ② 용접 접합성에 대한 증빙으로 최소한 다음의 자료를 공사감독자에게 제출하여야 한다.
 - 가. 비슷한 수준의 하중 비율 조건에서 동급 이상의 강도와 인성이 요구하는 경우에 사용을 승인한 국내외의 국가 기준
 - 나. 유사한 하중 조건에서 사용된 최소 5년의 실적
 - 다. 중간급 구속 상태에서 수소균열에 대한 저항성을 입증하는 용접시험(사용될 용접법과 최대 및 최소 입열량에 대해서 이루어져야 함)의 기록
- (5) 용접시험에 사용되는 강재 뒷담재는 용접시험에 사용하는 시험판의 강종 및 등급이 동일한 것을 사용한다. 그러나 강재 뒷담재에 대한 샤르피 V노치 충격시험은 요구되지 않는다.
- (6) 언더매치 용접의 WPS는 높은 강도의 모재와 낮은 강도의 용접금속을 사용한 PQR을 기반으로 한다.
- (7) 강재의 항복강도가 다른 강재 사이의 용접에 대한 WPS는 항복강도가 낮은 측 강재에 대해 적합한 PQR을 근거로 인정되어야 한다. WPS 인정시험은 생산용접에서 사용되는 항복강도가 낮은 측 강재를 사용하여 수행한다.

4.2.3 용접재료

- (1) 용접재료는 이 기준 2.2에 따른다.
- (2) 용가재 시험은 용접재료 제조사가 규정에 따라 별도의 규정이 없는 한 매년 시행하며, 시험결과는 모재에 적합한 것으로 규정된 용접봉, 용접봉과 플럭스의 조합, 용접봉과 차폐가스의 조합 등에 대한 요건을 만족하여야 한다.
- (3) 용접재료에 대한 WPS 인정 요건은 표 4.2-3과 같다.

표 4.2-3 용접재료에 대한 WPS 인정 요건

용접재료	용접법			
	FCAW	SAW	GMAW	SMAW
용가재 등급	○	○	○	○
코어드 용접선 상품명 및 종류	○	○	○	X
플럭스 상품명 및 종류	X	○	X	X
보호가스 ¹⁾	○	X	○	X

주: 1) 혼합가스 중 비율이 작은 성분의 양 변화가 25% 이하인 경우에는 별도 시험 불필요
 Note : “○”와 “X”는 각각 “적용 됨”과 “적용 안 됨”을 표시함.

- (3) 활성플럭스를 사용하는 WPS는 이 기준 4.2.11에 따라 인정을 받지 않았다면 1 패스 또는 2 패스 용접으로 제한하여야 한다.
- (4) 언더매칭 용접이 규정된 경우에는 언더매칭 용가재를 사용할 수 있다. 언더매칭 용가재의 사용에 대한 WPS 인정은 이 기준 4.2.8에 따른다.
- (5) 항복강도가 서로 다른 강재를 용접하는 경우에는 강도가 낮은 측 강재에 적합한 용가재를 사용한다.

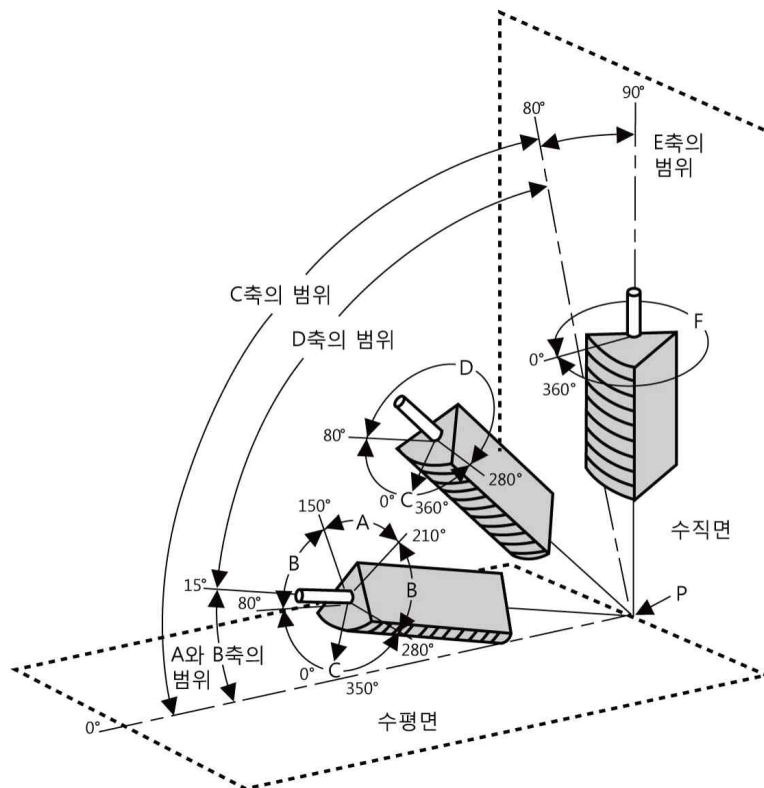
4.2.4 시험체 두께

- (1) SMAW, FCAW, GMAW, SAW를 사용하는 그루브용접에 대한 WPS 인정시험은 두께 25 mm 이상인 후판을 사용한다.
- (2) 필릿용접의 매크로시험편 두께는 그림 4.2-8에 따른다.

4.2.5 용접자세

- (1) 모든 용접은 그림 4.2-1과 그림 4.2-2에 따라 아래보기(flat), 수평(horizontal), 수직(vertical), 위보기(overhead)자세로 구분한다. WPS 인정은 실제 적용될 각 용접자세를 적용한 시험결과를 바탕으로 한다.
- (2) 그루브용접 시험체의 용접자세는 그림 4.2-3에 따른다. 수평자세에 대해 인정 받은 것은 아래보기자세에 대하여서도 인정된다.
- (3) 필릿용접 매크로시험용 시험체의 용접자세는 그림 4.2-4에 따른다.

그루브용접			
용접자세	해당 범위	용접축 기울기	용접면 회전각
아래 보기(F)	A	0° ~ 15°	150° ~ 210°
수평(H)	B	0° ~ 15°	125° ~ 150° 210° ~ 235°
수직(V)	D	15° ~ 80°	125° ~ 235°
	E	80° ~ 90°	0° ~ 360°
위 보기(OH)	C	0° ~ 80°	0° ~ 125° 235° ~ 360°

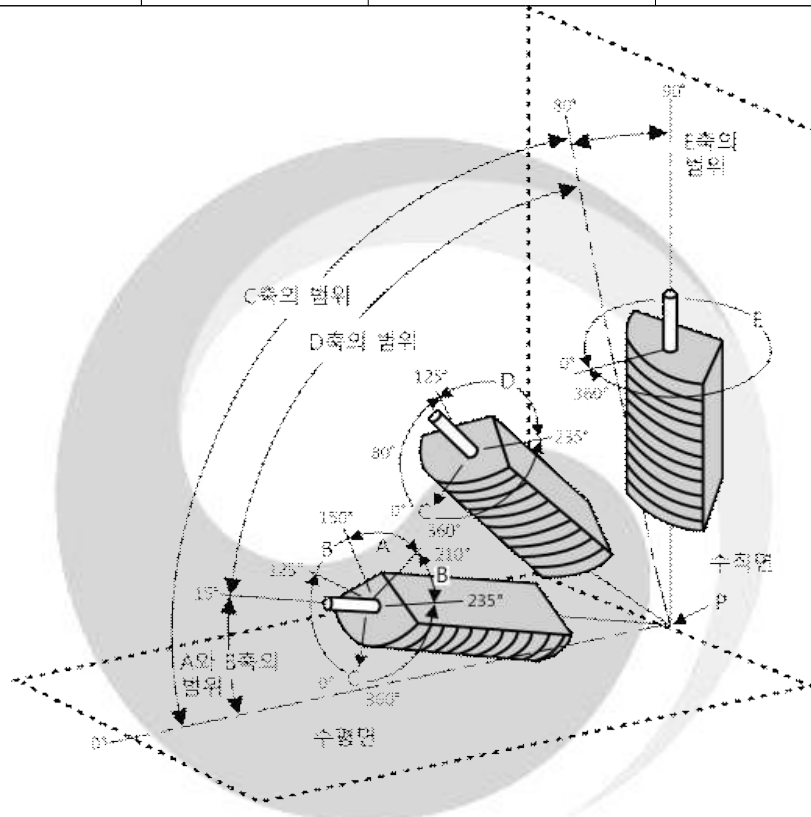


Note :

1. 기준 수평면은 항상 용접부 아래에 위치한다.
2. 용접축의 기울기는 기준 수평면으로부터 기준 수직면 방향으로 측정한다.
3. 용접면 방향선은 용접축을 지나며 용접축과 공칭 용접면에 직각인 선이다. 회전각의 기준선(회전각 = 0°)은 용접축을 지나 가장 낮은 쪽으로 용접축과는 직각을 이루는 선이며, 용접축의 기울기 증가 방향과는 반대 방향이다. 용접면 회전각은 용접축을 따라 P점을 바라보았을 때 기준선(회전각 = 0°)으로부터 용접면 방향선까지 시계바늘방향으로 측정한다.

그림 4.2-1 그루브용접자세

필릿용접			
용접자세	해당 범위	용접축 기울기	용접면 회전각
아래 보기(F)	A	0° ~ 15°	150° ~ 210°
수평(H)	B	0° ~ 15°	80° ~ 150° 210° ~ 280°
수직(V)	D	15° ~ 80°	80° ~ 280°
	E	80° ~ 90°	0° ~ 360°
위 보기(OH)	C	0° ~ 80°	0° ~ 80° 280° ~ 360°



Note :

1. 기준 수평면은 항상 용접부 아래에 위치한다.
2. 용접축의 기울기는 기준 수평면으로부터 기준 수직면 방향으로 측정한다.
3. 용접면 방향선은 용접축을 지나며 용접축과 공칭 용접면에 직각인 선이다. 회전각의 기준선(회전각 = 0°)은 용접축을 지나 가장 낮은 쪽으로 용접축과는 직각을 이루는 선이며, 용접축의 기울기 증가 방향과는 반대 방향이다. 용접면 회전각은 용접축을 따라 P점을 바라보았을 때 기준선(회전각 = 0°)으로부터 용접면 방향선까지 시계바늘방향으로 측정한다.

그림 4.2-2 필릿용접자세

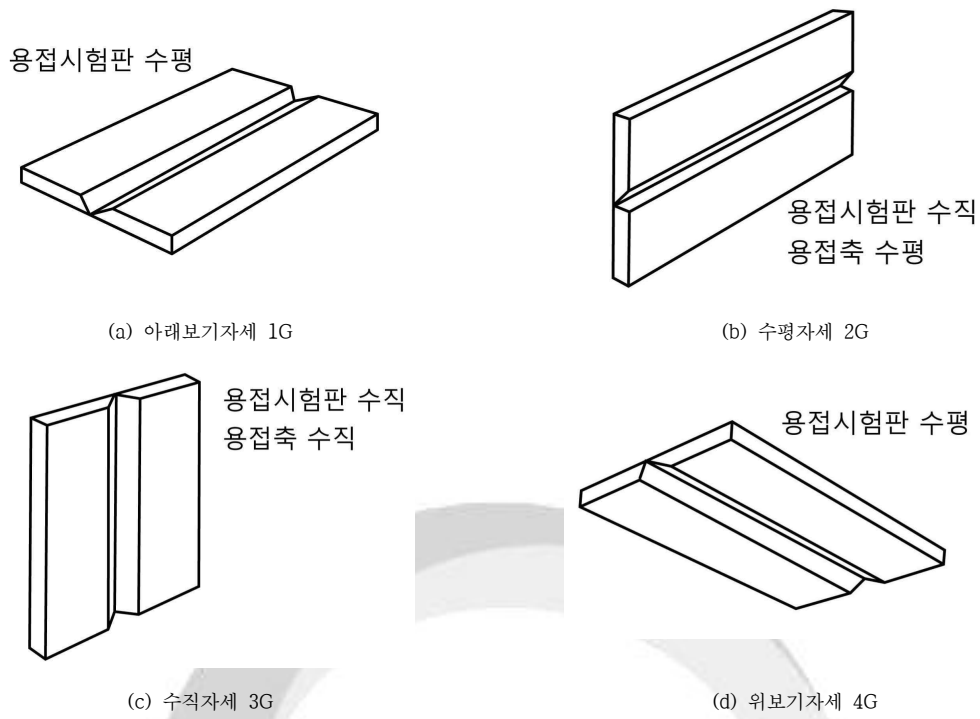


그림 4.2-3 그루브용접 시험판 용접자세

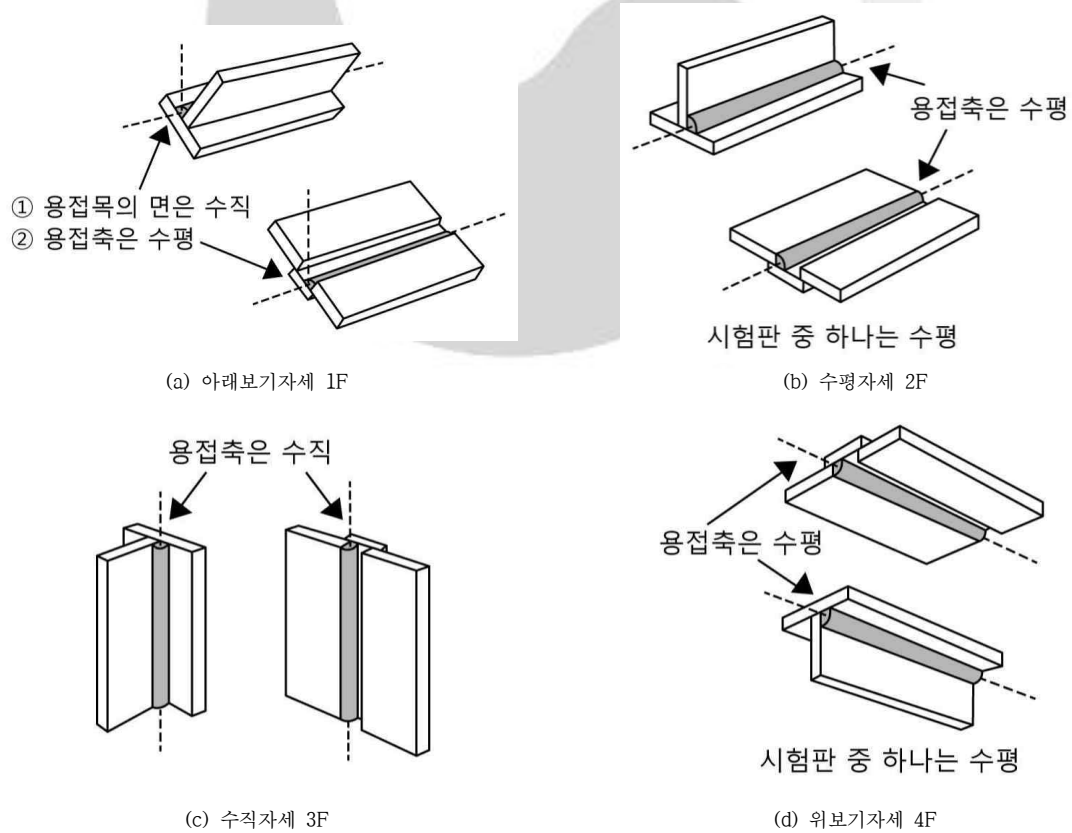


그림 4.2-4 필릿용접 시험판 용접자세

4.2.6 인정 일반요건

- (1) 필릿용접의 WPS 인정은 이 기준 4.2.12에 따른다.
- (2) 그루브용접의 WPS 인정은 이 기준 4.2.8에 따른다.
- (3) WPS 사전시험(pretest)은 제3자가 이 기준 4.2.8에 따라 수행한 WPS 인정시험으로써, WPS 작성을 위한 자료로 사용할 수 있다. 이 경우 사전시험은 그림 4.2-5에 따른 것 이어야 한다.
- (4) PQR 검증시험은 제 3자에 의해 수행된 PQR을 WPS 작성에 사용하는 경우에 수행하는 단순화한 시험으로 그림 4.2-6에 따라야 한다.
- (5) WPS 인정을 위한 시험판 또는 시험체는 승인된 기계가공 및 시험절차를 제외하고는 명기된 WPS 요구사항 이외의 상온을 초과하는 어떠한 종류의 열처리, 응역제거, 변형 등도 가해서는 안 된다.
- (6) 언더매칭 용가재를 사용하는 WPS는 이 기준 4.2.8에 따라 인정 받아야 한다.
- (7) WPS 인정 시험 과정에 발견된 결함을 제거하기 위하여 동력공구를 사용할 수 있다. 용접이 끝난 후에도 시험의 편리를 위해 동력공구를 사용하여 용접면을 평활하게 할 수 있다.
- (8) 이 기준 4.2에 따라 인정시험, 사전시험, 검증시험 등을 거쳐 인정되고, 이 기준의 다른 요건을 만족하는 용접부 표준상세에 대한 그루브 및 필릿용접의 WPS는 계약서성에 별도의 요구가 없는 한 추가의 시험은 요구되지 않는다.

4.2.7 사전인정 WPS

- (1) SMAW에 대한 WPS는 다음의 모든 조건을 만족하는 경우 사전인정을 받은 것으로 간주되며, 인정 시험에서 제외된다.
 - ① 이 기준 2.2에 따른 용접봉 사용
 - ② 용접봉 생산자가 추천하는 범위의 전류 적용
 - ③ 용접부 표준상세 적용
 - ④ 용접금속의 최소 규정 항복강도가 620 MPa 미만
 - ⑤ SMAW에 대한 이 기준 3.3.1의 요구조건 만족
- (2) SAW에 의하여 완전히 용융되는 가불임용접에 대한 WPS는 별도의 명시가 없으면 WPS 인정시험에서 제외된다.

4.2.8 입열량 인정

- (1) 이 절의 입열량 인정은 이 기준 2.2에 따른 용접봉을 사용한 GMAW, SAW, FCAW의 WPS 인정시험, 사전시험 또는 검증시험에 적용한다.
- (2) 용접부 표준상세(부록 참조)에 따른 그루브용접에 대해서는 다음의 이 기준 4.2.9 또는 이 기준 4.2.10에 따른 인정시험 중에서 수급자가 선택 적용한다.
- (3) 용접부 표준상세(부록 참조)와 일치하지 않는 그루브용접에 대한 WPS 인정은 이 기준 4.2.11에 따른다.

- (4) 인정시험에서 각 용접패스의 전류와 전압, 용접속도는 기록하여야 한다. 평균입열량은 루트패스와 캡패스를 제외한 모든 패스 입열량의 평균값이며, WPS의 입열량으로 사용한다. 루트패스와 캡패스를 제외한 모든 용접 패스 각각의 입열량은 평균입열량 ±10% 이내로 한다. 여기서 입열량은 식 (4.2-2)에 따라 산출한다.

$$\text{입열량 (kJ/mm)} = \frac{\text{전류 (A)} \times \text{전압 (V)} \times 0.06}{\text{용접속도 (mm/분)}} \quad (4.2-2)$$

- (5) 용접부 표준상세(부록 참조)에 따른 그루브용접 WPS 인정 및 사전시험, 검증시험의 시험 종류와 시험편 개수는 표 4.2-4와 같다.
- (6) 용접부 표준상세(부록 참조)에 따른 그루브용접 WPS 인정 및 사전시험, 검증시험의 시험편 채취는 각각 그림 4.2-5, 그림 4.2-6과 같다.

표 4.2-4 WPS 인정시험 종류와 시험편 개수

시험 항목	시험편 형상	시험편 개수			시험 방법
		인정 시험 사전시험	검증시험	비표준 상세	
관련 그림		4.2-5	4.2-6	4.2-5 ¹⁾ 4.2-6 ²⁾	
방사선투과검사	시험 판 용접부	전체	전체	전체	KS B 0845
매크로시험 ³⁾	-	2	-	2	KS D 0210
맞대기용접이음 인장시험	KS B ISO 4136	2	-	2	KS B ISO 4136
용착금속 인장시험	KS B 0801 10호	1	1	1	KS B ISO 5178
충격시험 ⁴⁾	KS B 0809 V노치시험편	5	5	5	KS B 0810
횡방향 측면 굽힘시험	KS B ISO 5173	4	2	4	KS B ISO 5173
Y형 용접균열 시험 ⁵⁾	KS B ISO 17642-2	1	1	1	KS B ISO 17642-2
경도시험 ⁶⁾	-	1	1	1	KS B ISO 15614-1 KS B 0811

- 주 : 1) 용착금속인장시험과 충격시험에만 적용함.
 2) 용착금속인장시험과 충격시험 이외의 해당 시험에 적용함.
 3) AWS에 따른 표준용접상세가 아닌 경우에 적용되며, 표준상세인 경우에는 별도의 공사감독자 요구가 있을 때로 한정함.
 4) 표 4.2-5의 강종별 용접법에 따른 한 패스의 최대 입열량을 초과하거나 별도의 공사감독자 요구가 있을 경우에는 추가적으로 열영향부(FL, FL + 1 mm, FL + 2 mm, FL + 3 mm, FL + 4 mm, FL + 5 mm)에 대한 충격시험을 수행하여야 함.
 5) Y형 용접 균열 시험은 인장강도 800 MPa 이상의 고강도 강재를 적용하거나, 별도의 공사감독자의 요구가 있을 때로 한정함.
 6) 최고경도시험은 인장강도 800 MPa 이상의 고강도 강재를 적용하는 경우와 별도의 공사감독자의

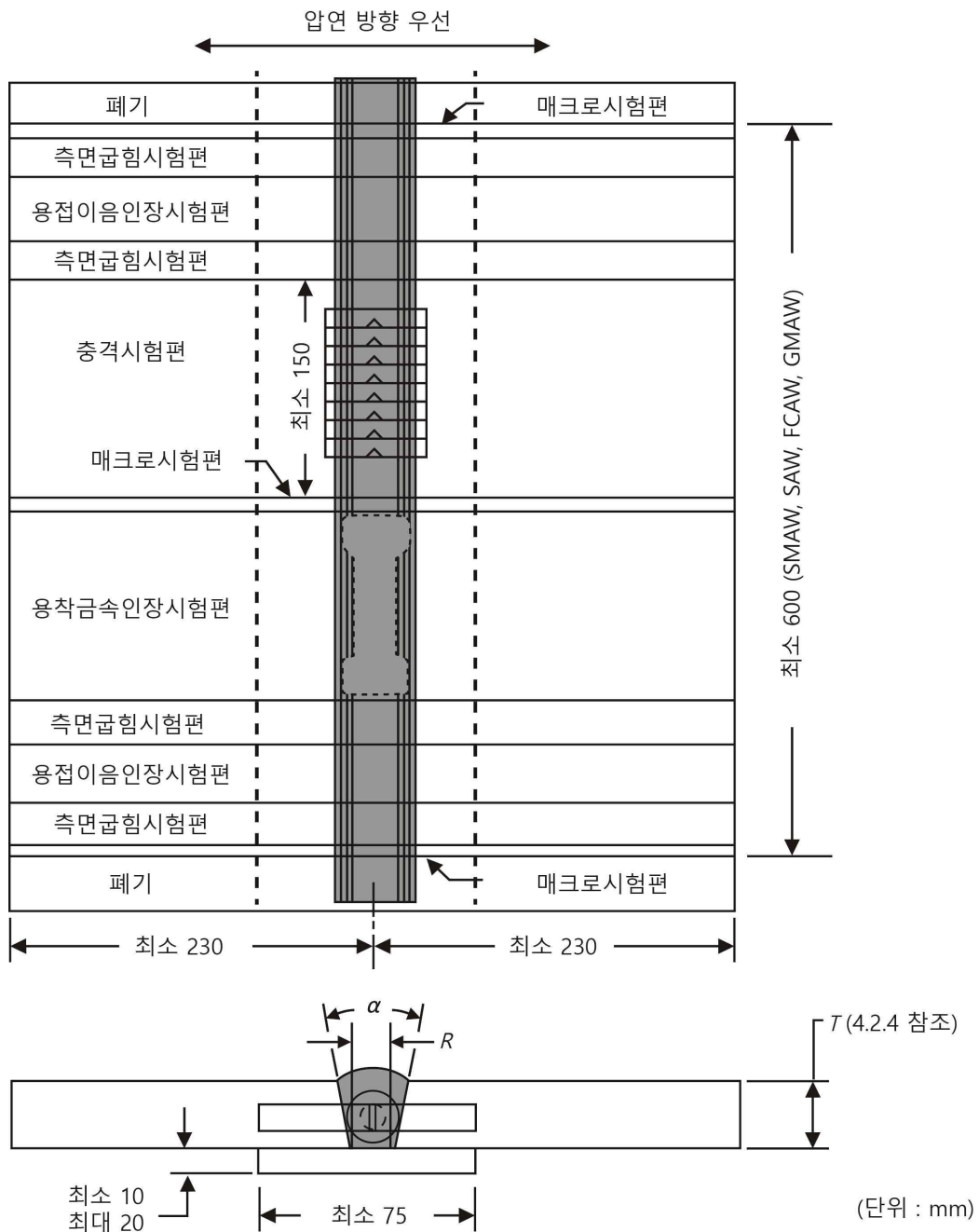
요구가 있는 경우로 한정함.

표 4.2-5 강종별 용접법에 따른 한 패스의 최대 입열량

강종	서브머지드 아크용접	가스메탈 아크용접 또는 플럭스코어드 아크용접
SM355, SMA355, SM420, SM460, SMA460, HSB380W, HSB460W, HSB690, HSB690L	7,000 Joule/mm	2,500 Joule/mm
HSB380, HSB380L, HSB460, HSB460L	10,000 Joule/mm	3,000 Joule/mm
HSB690W	5,000 Joule/mm	2,500 Joule/mm

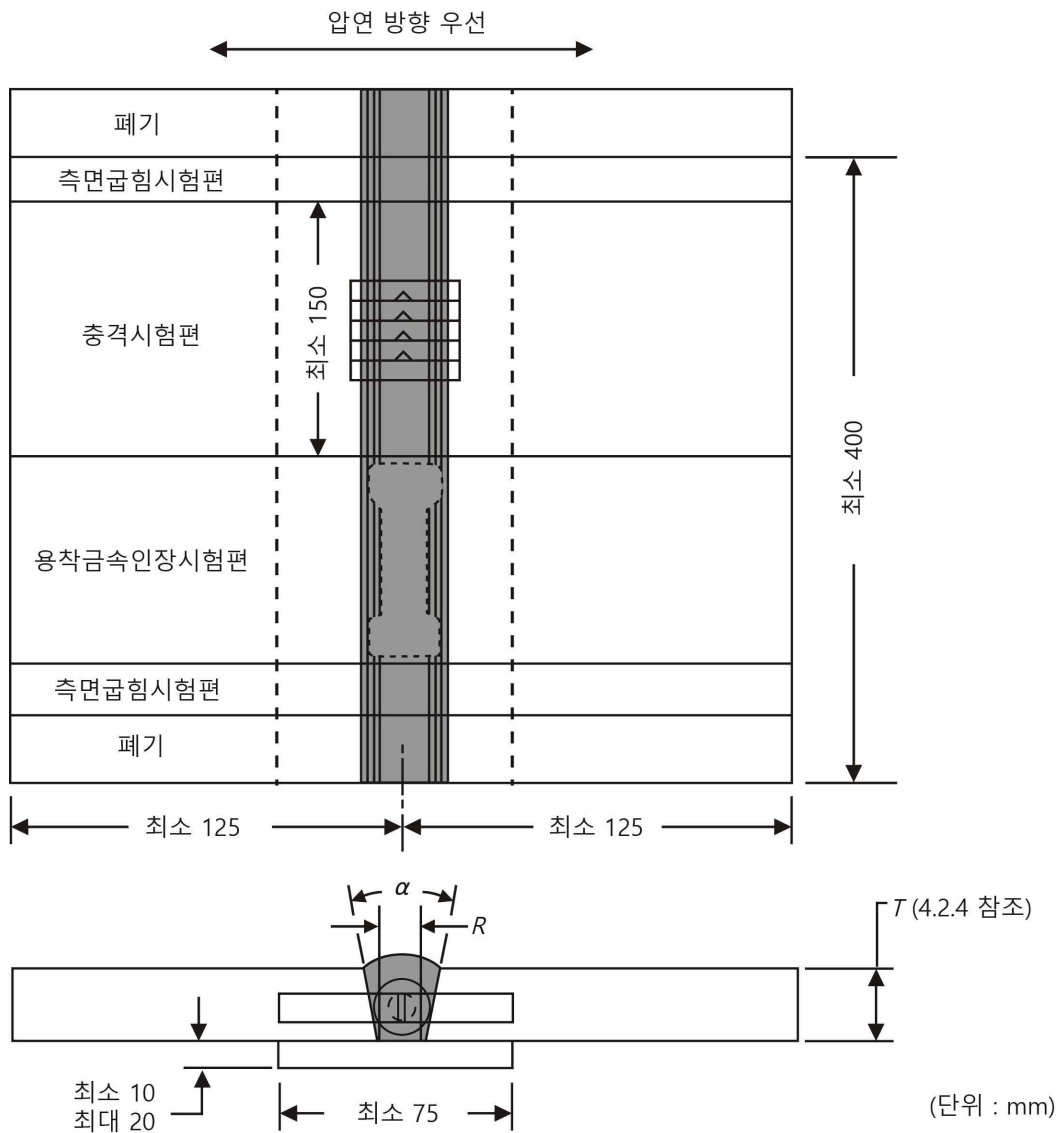
4.2.9 최대입열량 인정시험

- (1) 이 기준 2.2의 용접봉을 사용한 GMAW, SAW, FCAW의 WPS 인정시험에 적용한다.
- (2) 최대입열량 값은 WPS 인정시험으로부터 이 기준 4.2.8(4)에 따라 구한 평균입열량 값을 사용한다.
- (3) 용접 전극의 갯수는 PQR에 명시된 것과 같아야 한다. 용접봉의 직경은 입열량 시험에 있어서 용접조건을 필수변수가 아니다.
- (4) 전류의 종류, 극성, 규정된 전극의 돌출길이 등은 생산용접의 경우와 동일하게 한다. 전극 돌출길이가 SAW의 경우 20 mm 이상, FCAW 또는 GMAW의 경우 6 mm 이상 차이가 있으면 별도의 인정을 받아야 한다.
- (5) 용접에 사용하는 전기의 전류는 이 기준 3.3의 해당 규정과 표 4.2-5에 따르며, 전압은 각 패스의 입열량 요구조건을 만족하면 된다.
- (6) 보호가스의 사용량은 생산용접에서 사용될 사용량의 최솟값으로 한다.
- (7) 용접속도는 이 기준 4.2.8의 각 용접 패스 입열량 조건을 만족하면 된다.
- (8) 인정시험체 용접의 최소 예열온도 및 최소 층간온도는 100 °C로 하며, 최대 예열 및 층간온도는 생산용접에서 사용될 최대 온도로 제한한다.
- (9) 최대입열량 인정시험에 의해 인정 받은 WPS를 사용하는 경우, 생산용접(production welding)의 용접조건 허용 한계는 다음과 같다.
 - ① 생산용접의 입열량은 최대입열량 시험에서 사용한 입열량의 100 %를 초과하면 안 되며, 60 % 보다 작아도 안 된다.
 - ② 생산용접의 전류는 표 4.2-6의 범위 이내로 하며, 최대입열량 시험에 사용한 값보다 크거나 작을 수 있다. 전압은 최대입열량 시험에 사용한 평균전압 $\pm 10\%$ 이내로 한다. 단, 합금 또는 활성플럭스를 사용하는 용접은 최대입열량 시험에 사용한 평균전압의 100 %를 초과하면 안 된다.
 - ③ 용접속도는 전류 및 전압과의 조합에 의한 입열량이 최대입열량 시험에서 사용한 입열량의 60 % ~ 100 %의 범위를 벗어나지 않으면 된다.
 - ④ 생산용접 WPS의 예열 및 층간 온도는 이 기준 3.2에 따른다.



- Note :
1. 용접 및 기계가공은 공사감독자 또는 공사감독자가 승인한 제 3자가 입회하여야 한다.
 2. 시험편과 시험에 사용한 모든 변수를 보여주는 PQR은 공사감독자가 볼 수 있도록 하여야 한다. 시험편은 검사 목적으로만 원천 승인권자가 보관할 수 있다.
 3. 용접부 표준상세는 B-U2a, B-U2-S, B-U2a-GF, B-U4a, B-U4a-GF 중에서 사용하는 용접방법과 자세에 따라 선택해야 한다. 단, 루트간격 5mm, 개선탄각 $\alpha = 30^\circ$ 인 B-U2a-GF와 B-U4a-GF 상세는 사용할 수 없다.

그림 4.2-5 WPS 인정 및 사전시험의 용접시험편



- Note :
1. 용접 및 기계가공은 공사감독자 또는 공사감독자가 승인한 제 3자가 입회하여야 한다.
 2. 시험편과 시험에 사용한 모든 변수를 보여주는 PQR은 공사감독자가 볼 수 있도록 하여야 한다. 시험편은 검사 목적으로만 원천 승인권자가 보관할 수 있다.
 3. 시험은 승인된 시험기관에서 수행하여야 한다. 이 경우 다른 대리인의 입회는 필요하지 않다.
 4. 용접부 표준상세는 B-U2a, B-U2-S, B-U2a-GF, B-U4a, B-U4a-GF 중에서 사용하는 용접방법과 자세에 따라 선택해야 한다. 단, 루트간격 5mm, 개섵각 $\alpha = 30^\circ$ 인 B-U2a-GF와 B-U4a-GF 상세는 사용할 수 없다.

그림 4.2-6 WPS 검증시험의 용접시험편

표 4.2-6 WPS 입열량 인정을 위한 허용 전류 범위

용접법	용접봉 직경(mm)	최소 전류(A)	최대 전류(A)
SAW (solid)	1.6	200	500
	2.0	235	600
	2.4	250	700
	3.2	300	800
	4.0	400	1000
	4.8	480	1100
SAW (cored)	2.4	200	650
	3.2	250	900
	4.0	400	1000
	4.8	500	1200
FCAW (gas shielded)	1.2	175	340
	1.4	185	425
	1.6	200	480
	2.0	250	550
	2.4	235	650
	1.6	175	315
FCAW (self shielded)	1.8	190	400
	2.0	195	435
	2.4	200	525
	2.8	310	620
	0.9	175	250
GMAW (solid)	1.0	200	320
	1.2	240	380
	1.4	280	430
	1.6	290	430
GMAW (metal cored)	1.2	190	390
	1.4	200	470
	1.6	230	510
	2.0	275	550
	2.4	325	600

4.2.10 최대-최소입열량 인정시험

(1) 최대입열량 인정시험은 이 기준 4.2.9에 따른다.

(2) 최소입열량 인정시험은 다음의 ① ~ ⑥에 따른다.

① 최소입열량 값으로 WPS 인정시험으로부터 이 기준 4.2.8(4)에 따라 구한 평균입열량 값

을 사용한다.

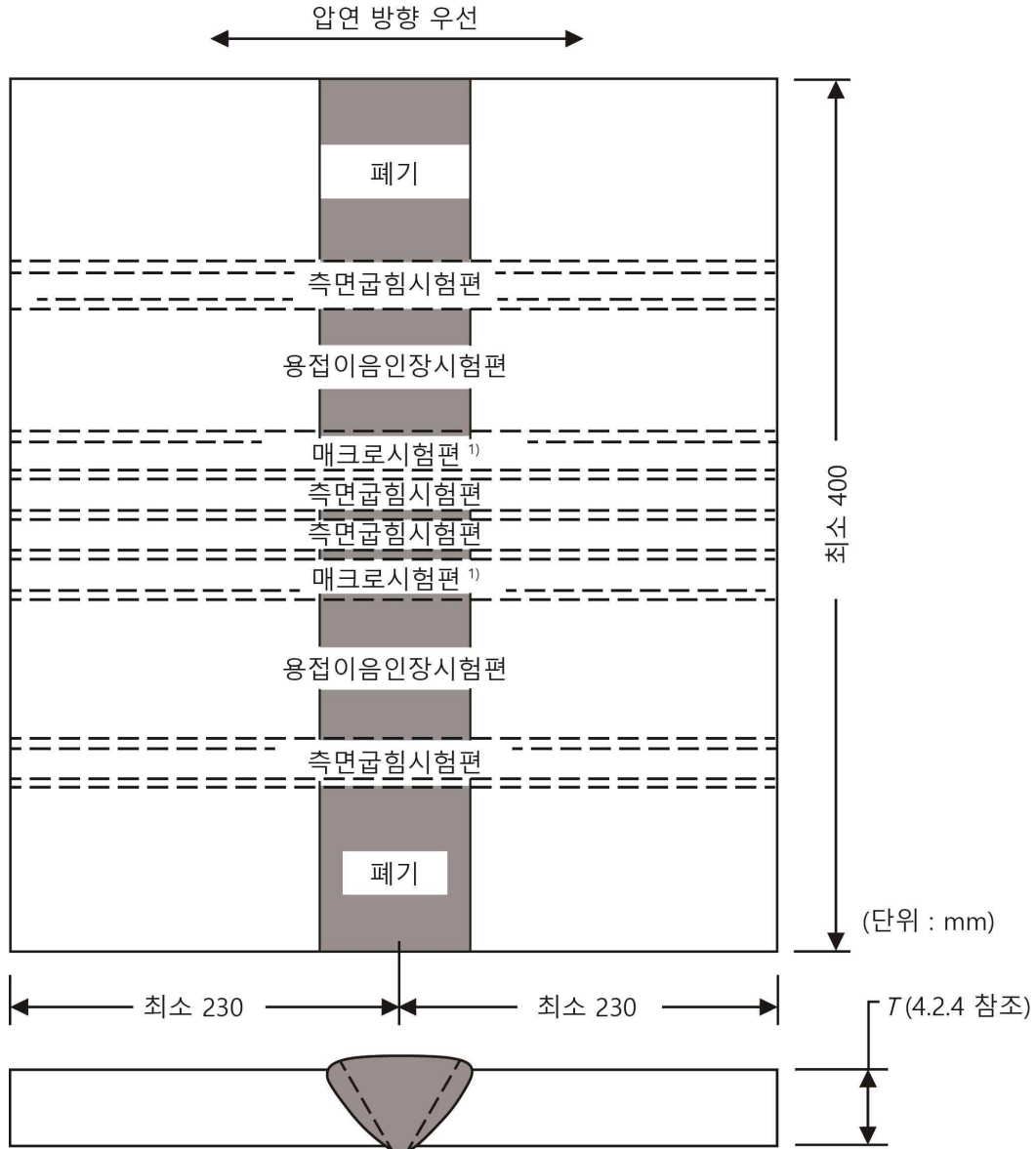
- ② 용접 전극의 갯수는 PQR에 명시된 것과 같아야 한다. 용접봉의 직경은 입열량 시험에 있어서 용접조건의 필수변수가 아니다.
 - ③ 전류의 종류, 극성, 규정된 전극의 돌출길이 등은 생산용접의 경우와 동일하게 한다. 전극 돌출길이가 SAW의 경우 20 mm 이상, FCAW 또는 GMAW의 경우 6 mm 이상 차이가 있으면 별도의 인정을 받아야 한다.
 - ④ 용접에 사용하는 전기의 전류는 표 4.2-6에 따르며, 전압은 각 패스의 입열량 요구조건을 만족하면 된다.
 - ⑤ 용접속도는 각 용접 패스의 입열량 조건을 만족하면 된다.
 - ⑥ 인정시험체 용접의 예열온도는 최소 10℃, 최대 40℃, 최대 층간온도는 50℃를 초과하지 않아야 한다.
- (3) 최대 - 최소입열량 인정시험에 의해 인정 받은 WPS를 사용하는 경우, 생산용접의 용접조건 허용 한계는 다음과 같다.
- ① 생산용접의 전류는 표 4.2-5의 범위 이내로 하며, 최대-최소입열량 인정시험에 사용한 값보다 크거나 작을 수 있다. 전압은 최대입열량 시험에 사용한 평균전압의 110%와 최소입열량 시험에 사용한 평균전압의 90% 이내로 한다. 단 합금 또는 활성플럭스를 사용하는 용접은 최대입열량 시험에 사용한 평균전압의 100%를 초과하면 안 된다.
 - ② 생산용접의 용접속도는 전류 및 전압과의 조합에 의한 입열량이 최대입열량 시험에서 결정된 입열량을 초과하여서는 안 되며, 최소입열량 시험에서 결정된 입열량보다 작아도 안 된다.
 - ③ 생산용접 WPS의 예열 및 층간 온도는 이 기준 3.2에 따른다.

4.2.11 생산용접 인정

- (1) 생산용접 WPS의 인정은 다음과 같은 경우의 인정에 적용한다.
- ① 1~2 패스를 초과해서 활성플럭스를 사용하는 SAW의 WPS
 - ② 용접부 표준상세(부록 참조)에 따르지 않는 모든 그루브용접의 WPS
 - ③ HSB690 강재에 매칭용가재를 사용하는 용접의 WPS
 - ④ 제작자가 이 기준 4.2.9, 또는 이 기준 4.2.10에 따른 인정 대신 선택하는 경우
- (2) 시험체 제작을 위한 용접조건은 생산 용접에서 적용하는 것을 사용하며, 표 4.2-6의 용접조건은 기록되어야 한다.
- (3) 용접부 표준상세(부록 참조)에 따르지 않는 그루브용접 WPS의 인정시험은 다음과 같다.
- ① 건전성 확인을 위한 굽힘시험, 맞대기용접이음 인장시험, 매크로시험은 그림 4.2-7에 따른다.
 - ② 용접금속의 역학적 성질을 확인하기 위한 용착금속 인장시험 및 충격시험은 그림 4.2-5에 따른다.
- (4) 인정시험의 시험 종류 및 시험체 개수는 표 4.2-4, 비표준상세의 경우에 따른다.
- (5) 이 절에 따라 인정된 WPS는 성공적인 인정시험 또는 검증시험의 용접조건을 근거로

표 4.2-7의 용접조건 허용 범위 내에서 사용해야 한다.

(6) 생산용접 WPS의 예열 및 층간 온도는 이 기준 3.2에 따른 적절한 값을 사용한다.



주 : 1) 매크로시험편은 두께 10mm, 폭 “T”이며, 공사감독자가 검사할 수 있도록 매끈하게 연마한 후 에칭 처리해야 한다.

2) 그림의 그루브 형상은 예시이며, 생산용접에 사용할 그루브형상과 동일하게 해야 한다.

Note : 1. 용접 및 기계가공은 공사감독자 또는 공사감독자가 승인한 제 3자가 입회하여야 한다.

2. 시험편과 시험에 사용한 모든 변수를 보여주는 PQR은 공사감독자가 볼 수 있도록 하여야 한다. 시험편은 검사 목적으로만 원천 승인권자가 보관할 수 있다.

3. 시험은 승인된 시험기관에서 수행하여야 한다. 이 경우 다른 대리인의 입회는 필요하지 않다.

그림 4.2-7 비 표준상세 용접부의 용접시험편

표 4.2-7 재인정이 요구되는 PQR 필수변수

필수변수	용접방법			
	피복금속 아크용접 (SMAW)	서브머지드 아크용접 (SAW)	가스금속 아크용접 (GMAW)	플럭스 코어드 아크용접 (FCAW)
용가재				
1) 보충용 분말 또는 입상 용가재, 또는 절단와이어의 추가 또는 제외	X	○	X	X
2) 보충용 분말 또는 입상 용가재, 또는 절단와이어 양의 증감	X	○	X	X
3) 보충용 분말 용가재가 용접금속의 합금원소 함유량을 크게 좌우하는 경우, 용착금속의 중요 합금원소가 WPS의 화학성분 요구조건에 맞지 않는 결과를 초래하는 WPS의 모든 변경	X	○	X	X
4) 전극에 대한 보충용 분말 또는 입상 용가재, 또는 절단와이어 양의 비율 변경	X	○	X	X
전극				
5) 한 단계의 호칭 치수를 초과하는 전극 직경의 변경	○	○	○	○
6) 전극 개수의 변경	○	○	○	○
7) 전류의 변경	전극 제조사 추천값 이상	10% 초과 증감	10% 초과 증감	10% 초과 증감
8) 전류 종류(AC 또는 DC) 또는 극성의 변경	○	○	○	○
9) 용착금속 이행형태의 변경	X	X	○	X
10) 전압의 변경	X	7% 초과 증감	7% 초과 증감	7% 초과 증감
11) 합금 또는 활성플럭스 사용의 경우 최대 전압의 변경	X	○	X	X
12) 용접속도의 변경	X	15% 초과 증감	10% 초과 증감	10% 초과 증감
13) 20%를 초과하는 입열량의 증감 ²⁾	○	○	○	○
다중전극 SAW				
14) 10% 또는 3mm 중 큰 값을 초과하는 아크 종방향 간격의 변경	X	○	X	X
15) 10% 또는 2mm 중 큰 값을 초과하는 아크 횡방향 간격의 변경	X	○	X	X
16) 10°를 초과하는 병렬전극 각도의 증감	X	○	X	X
17) 자동 SAW의 경우, 용접 진행방향으로	X	○	X	X

3°를 초과하는 전극 각도의 증감				
18) 자동 SAW의 경우, 용접 직각방향으로 5°를 초과하는 전극 각도의 증감	X	○	X	X

일반사항

19) PQR 그루브 면적에 대해 25%를 초과하는 용접패스 개수의 증감 ^{1), 3)}	○	○	○	○
--	---	---	---	---

그루브용접에 대한 인정

20) U형에서 V형으로의 그루브 형상의 변경(반대의 경우는 적용 안 됨)	○	○	○	○
21) I형으로의 그루브 형상 변경, 또는 그 반대로의 변경	○	○	○	○
22) 허용치를 초과하는 용접부 표준상세 그루브의 형상 또는 치수의 변경 및 다음의 경우 포함 (a) 그루브 각도 감소 (b) 루트 간격 감소 (c) 백가우징으로 제거하지 않는 루트면 증가	○	○	○	○
23) 뒷담재 또는 백가우징의 생략 (추가되는 경우는 적용 안 됨)	○	○	○	○
24) 후열처리의 추가 또는 생략	○	○	○	○
25) HSB 800 강재의 경우, 12 mm를 초과하는 두께 감소, 또는 25 mm를 초과하는 두께 증가	○	○	○	○

필릿용접에 대한 인정

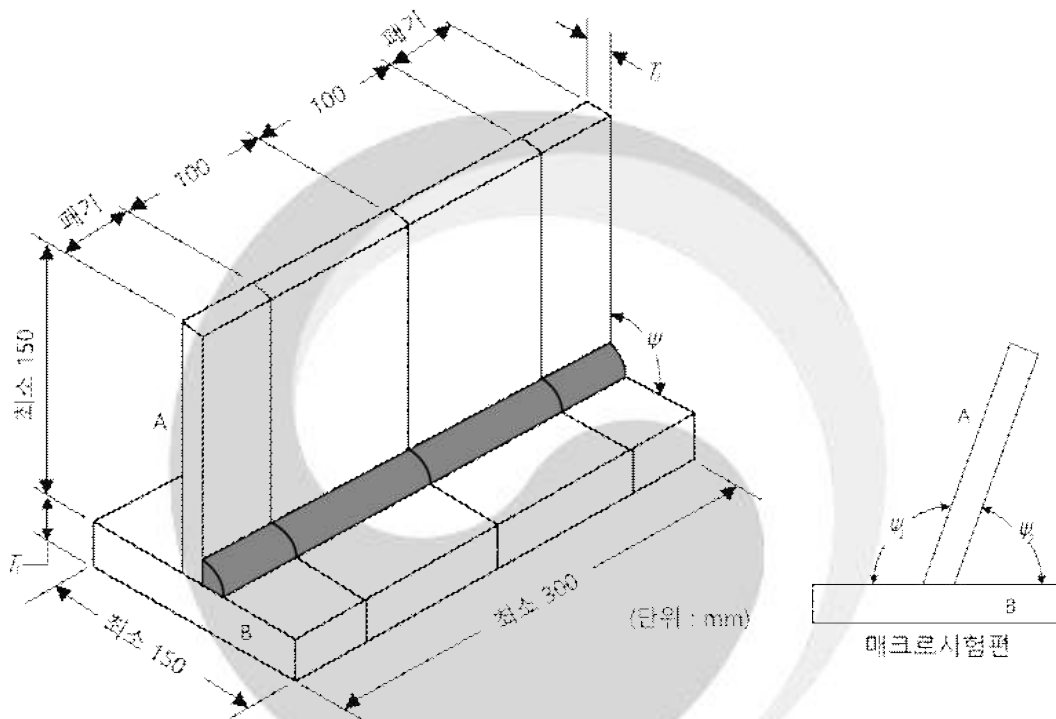
26) 그림 4.2-8과 일치하지 않는 필릿용접의 공칭치수	○	○	○	○
27) 동일한 용접치수에 대해 25%를 초과하는 용접패스 개수의 증감	○	○	○	○
28) 10°를 초과하는 필릿용접 두 평면 사이 각도의 증감	○	○	○	○

주 : 1) 생산용접의 그루브 면적이 PQR의 면적과 다른 경우, 용접패스의 개수는 별도의 인정 절차 없이 그루브 면적에 비례하여 변경할 수 있음.
 2) HSB 800 강종의 경우, 허용 입열량의 증감은 10%로 제한됨.
 3) HSB 800 강종의 경우, 그루브 용접패스 개수(그루브 면적에 따라 비례로 변경한 것은 제외)가 변경되면 다시 인정을 받아야 함.

Note : 1. “○”와 “X”는 각각 “적용 됨”과 “적용 안 됨”을 표시함.
 2. 생산용접에서의 예열온도와 충전온도는, 다른 방법으로 입증된 경우에는, PQR의 온도보다 낮은 값을 적용할 수 있음.
 3. 용가재 기준에 적합한 솔리드 용접와이어는 재인정 절차 없이 바꾸어 사용 가능함.
 4. 이들 제한사항은 아크 길이 또는 용착률의 자동 함수가 아닌 용접속도에 적용하며, 공사감독자의 승인에 따라 접합부 간격의 변화에 따른 보상이 필요한 경우에는 적용할 수 없음.
 5. 용접재료에 대해서는 표 4.2-3에 따름.

4.2.12 필릿용접 WPS 인정

- (1) 필릿용접 WPS 인정을 위한 역학적 성질 시험은 이 기준 4.2.8에 따라 그림 4.2-5의 용접시험편을 사용하여 실시한다. 단, 1패스 필릿용접에 대한 WPS 인정은 그루브용접시험이 요구되지 않는다.
- (2) 사전인정을 받지 않은 모든 필릿용접 WPS는 다음과 같이 매크로시험 인정을 받아야 한다.
 - ① 매크로시험편은 그림 4.2-8에 따른다.
 - ② 시험 방법은 이 기준 4.2.13(3)에 따르며, 판정 기준은 이 기준 4.2.14(3)과 같다.
 - ③ 인정 받은 필릿용접 WPS는 표 4.2-7에 주어진 필수변수 값의 범위 내에서 사용할 수 있다.



용접치수 (mm)	최소 T_1 (mm)	최소 T_2 (mm)
5	12	12
6	20	12
8	25	12
10	25	12
12	25	12
16	25	16
20	25	20
20 초과	25	25

Note : 1. 사용하는 강재의 최대 두께가 위 표의 값보다 작을 경우에는 사용하는 강재 중 가장 두꺼운 강재로 T_1 과 T_2 를 대체할 수 있다.
 2. 제작자의 선택에 따라 한 시험체로 두 시험(예: $\psi_1 = 70^\circ$ 와 $\psi_2 = 110^\circ$)을 수행할 수 있다.
 3. 루트 간격은 2mm를 초과하면 안 된다. 이 조건을 만족시키기 위해 강판을 베벨링 할 수 있다.
 4. 용접 평면 사이의 각도 ψ 는 이 시험에 의해 인정 받아야 한다.

그림 4.2-8 필릿용접부 WPS 인정 시험의 매크로시험편

4.2.13 시험편 시험 방법

- (1) 육안검사는 용접시험편의 모든 용접부에 대해 실시한다.
- (2) 비파괴검사는 시험편 제작을 위해 용접시험편을 절단하기 전에 다음과 같이 실시하여 결함 유무를 조사한다.
 - ① 비파괴 검사는 방사선투과검사(RT)를 KS B 0845에 따라 실시한다.
 - ② 검사 구간은 용접시험편의 양 끝 폐기하는 부분을 제외한 용접부 전체 길이를 대상으로 한다.
- (3) 매크로시험은 KS D 0210에 따른다.
- (4) 맞대기용접이음 인장시험의 시험방법과 시험편의 형상 및 치수는 KS B 0833에 따른다.
- (5) 용착금속 인장시험은 KS B ISO 5178에 따르며, 시험편의 형상 및 치수는 KS B 0801의 10호 시험편으로 한다.
- (6) 충격시험은 KS B 0810에 따르며, 충격시험편의 형상 및 치수는 KS B 0809의 V노치 시험편으로 한다.
- (7) 굽힘시험은 다음과 같이 시행한다.
 - ① 굽힘시험은 KS B ISO 5173에 따라 맞대기 용접부의 횡방향 측면 굽힘 시험을 시행한다.
 - ② 시험체의 형상과 치수는 KS B ISO 5173의 시험편(SBB)으로 한다.
 - ③ 시험편은 용접부가 굽혀지는 부분의 중앙에 위치하고, 해당 면이 굽혀진 시험체 형상의 외측을 향하도록 한다.
 - ④ 시험은 시험편이 U자로 굽어질 때까지 진행하며, 시험 후 시험체의 용접부와 열영향부는 굽혀진 구간 이내에 완전히 위치해야 한다.
 - ⑤ 굽혀진 시험체의 내측직경을 형성하는 포머의 직경(d)은 표 4.2-8과 같다.

표 4.2-8 굽힘시험 포머의 직경

최소 규정 소재항복강도	345 MPa 이하	345 MPa 초과 620 MPa 이하	620 MPa 초과
포머 직경(<i>d</i>)	38.1 mm	50.8 mm	63.5 mm

주 : 1) 포머와 형틀 내측 면은 매끄럽게 기계가공 한다.
 2) 포머의 직경은 가공된 시험편 용접면의 폭 이상이어야 한다. 이 조건이 충족되지 않는 경우에는 시험편의 두께를 조정한다.

- (8) Y형 용접균열 시험은 KS B ISO 17642-2에 따른다.
- (9) 경도시험은 KS B ISO 15614-1과 KS B 0811에 따른다.

4.2.14 시험편 시험 합격기준

- (1) 육안검사 합격기준은 다음과 같다.
 - ① 언더컷은 1.0 mm를 초과하면 안 된다.
 - ② 위의 ① 이외의 사항은 이 기준 5.2 육안검사의 해당 규정에 따른다.

- (2) 비파괴검사의 합격기준은 다음과 같다.
- ① 방사선투과검사(RT): KS B 0845, 상질 A급, 2류
- (3) 매크로시험의 합격기준은 다음과 같다.
- ① 균열은 없어야 한다.
 - ② 인접한 용접 층 사이, 모재와 용접금속 사이는 완전히 용융되어 용접금속으로 채워져야 한다.
 - ③ 루트부는 완전히 용입 되어야 하나, 그 이상을 초과하는 용입은 필요 없다.
 - ④ 부분용입그루브용접의 경우 규정된 용접치수보다 작으면 안 된다.
 - ⑤ 필릿용접의 최소 치수는 규정 용접치수를 만족하여야 한다.
 - ⑥ 언더컷은 1.0 mm를 초과하면 안 된다.
- (4) 맞대기용접이음 인장시험 결과 인장강도는 PQR에 명시된 모재의 규정 인장강도 범위의 최솟값 이상이어야 한다. 언더매칭 용접의 경우에는 명시된 용접금속에 대한 요구조건을 만족해야 한다.
- (5) 용착금속 인장시험 결과 항복강도, 인장강도, 연신율은 모재에 대한 요구조건을 만족하여야 한다. 언더매칭 용접의 경우에는 명시된 용접금속에 대한 요구 조건을 만족해야 한다.
- (6) 샤르피 V-노치 충격시험 결과 충격치는 모재에 대하여 규정된 값 이상이어야 하며, SMAW, SAW, FCAW, GMAW의 경우 최댓값과 최솟값을 제외한 3개의 값에 대하여 다음과 같이 판정한다. 언더매칭 용접의 경우에도 모재에 대하여 규정된 값 이상이어야 한다.
- ① 충격치 평균값이 규정된 최소 충격치 이상이고, 다음의 ②와 ③에 저촉되지 않으면 합격으로 판정한다.
 - ② 2개 이상의 시험체가 규정된 최소 충격치보다 작으면 안 된다.
 - ③ 어떠한 시험체도 규정된 최소 충격치의 2/3보다 작으면 안 된다.
- (7) 굽힘시험은 시험편의 구부러진 표면에서의 표면결함의 유무를 육안으로 검사하며, 다음과 같은 결함이 발견되면 불합격으로 한다.
- ① 표면에 방향과 관계없이 3 mm 이상의 결함이 있는 경우
 - ② 길이가 1 mm를 초과하고 3 mm 미만인 결함들의 길이 합계가 10 mm를 초과하는 경우
 - ③ 모서리부분의 최대 균열길이가 6 mm를 초과하는 경우는 아래의 경우를 제외하고 불합격 처리한다.
- 가. 모서리균열이 육안으로 식별 가능한 슬래그 혼입 또는 불완전용융과 관련된 결함에 의해 발생된 경우는 최대 3 mm까지 허용할 수 있다.
- 나. 슬래그 또는 기타 용융결함으로 인한 것이 아닌 6 mm를 초과하는 모서리 균열은 그 시험을 무효 처리하고 원래의 시험편에서 시험편을 다시 채취하여 재시험한다.
- (8) Y형 용접균열시험 결과 균열이 없어야 한다.
- (9) 경도시험 결과 비커스 경도 HV₁₀의 값은 비열처리 상태에서 380, 열처리 상태에서 320을 초과해서는 안 된다.

4.2.15 재시험

- (1) 인장시험과 굽힘시험에서 어느 한 시험결과가 불합격일 경우에는 다음과 같이 재시험을 실시할 수 있다.
- ① 재시험은 동일한 시험강판 또는 동일한 WPS에 따라 용접한 시험강판에서 절취하여 해당시험의 2배로 제작한다.
 - ② 각 시험편에 대한 시험결과가 모두 합격된 경우에만 재시험을 합격으로 처리한다.
- (2) 충격시험 결과가 불합격일 경우에는 재시험을 할 수 있다. 이 경우에는 최솟값과 최댓값을 제외한 모든 각각의 값이 규정 최소 충격치 이상이어야 한다.

4.3 용접인력 자격인정

4.3.1 일반사항

- (1) 용접사 자격인정시험은 수동용접사, 자동용접사, 가불임용접사가 건전한 용접을 할 수 있는지를 확인하기 위해 실시한다. 자격인정시험은 실제 시공 중 용접의 요령으로 적용되지 않으며, 용접사의 기량을 평가하는 것이 목적이다.
- (2) 피복아크용접(SMAW), 서브머지드아크용접(SAW), 가스메탈아크용접(GMAW), 플럭스코어아크용접(FCAW)의 용접작업을 수행하는 모든 용접사는 이 기준 4.3.2~4.3.6에 따라 자격인정시험을 실시한다.
- (3) 용접사의 자격은 이 시방서에서 용접 허용한 강종의 경우 인정시험에 사용한 강종에 관계없이 모든 강종에 대해 인정된다. 단, HSB690, 또는 최소 규정 항복강도 620 MPa를 초과하는 강종의 경우에는 자격인정시험에 사용한 강종에 대해서만 용접사 자격이 인정된다.
- (4) 용접사가 이미 자격인정시험을 거쳐 해당 용접에 대한 자격 인정을 받았고, 관련서류가 보관 관리되어 있으며, 계속 용접을 실시한 것이 인정되는 경우에는 용접업무 조정자의 검토를 거쳐 자격인정시험을 생략하고 승인할 수 있다.
- (5) 용접작업에 투입한 용접사의 자격인정에 대한 모든 책임은 제작자에게 있다. 자격인정시험은 용접업무 조정담당자가 제작자의 위임을 받아 수행하거나 또는 외부시험기관에 의뢰하여 시행한다.
- (6) 용접사 자격인정 유효기간은 다음과 같다.
 - ① 수동용접사 및 자동용접사의 자격인정 유효기간은 해당 용접방법을 계속 수행하는 동안은 유효한 것으로 한다.
 - ② 해당 용접방법을 적용하는 용접을 6개월 동안 시행하지 않았을 경우에는 두께 10mm 의 강판을 사용하는 시험을 통해 재인정을 받을 수 있다. 이 시험에서 불합격한 경우에는 신규 자격인정과 동일하게 처음부터 인정을 받아야 한다.
 - ③ 용접사의 기량에 의문이 제기될 특정한 이유가 있을 경우에는 용접사의 자격을 중지하고 재시험을 수행하는 것으로 한다.
 - ④ 가불임용접사의 자격인정은 용접작업 수행기간에 관계없이 계속 유효하나, 기량에 의문이 제기될 특정한 이유가 있을 경우에는 용접사의 자격을 중지하고 재시험을 수행

한다.

- (6) 용접사 자격인정기록서는 제작사 및 시공사가 보관 및 관리하여야 하며, 발주자 및 공사감독자의 요구가 있는 경우에는 제출하여야 한다.

4.3.2 자격인정 시험편 용접자세

- (1) 그루브용접 및 필릿용접 시험편 용접자세는 각각 그림 4.2-3, 그림 4.2-4와 같다.
- (2) 각 시험편 용접자세에 대해 자격인정을 받은 수동용접사에게 승인된 용접자세는 표 4.3-1와 같다.

표 4.3-1 시험편 용접자세에 따른 승인된 용접자세

용접 형태	용접자세	인정되는 용접자세	
		그루브용접	필릿용접
그루브 용접	1G	F	F, H
	2G	F, H	F, H
	3G	F, H, V	F, H, V
	4G	F, OH	F, H, OH
	3G와 4G	모든 자세	모든 자세
필릿용접 ¹⁾	1F	-	F
	2F	-	F, H
	3F	-	F, H, V
	4F	-	F, H, OH
	3F와 4F	-	모든 자세
플러그용접 ²⁾	1F	F	
	3F	V	
	4F	OH	

주 : 1) 60° 미만의 이면각을 갖는 두 부재 사이의 필릿용접에는 적용할 수 없음.

2) 플러그용접의 인정에만 사용할 수 있음.

3) 용접자세 : F = 아래보기, H = 수평자세, V = 수직자세, OH = 위보기자세

- (3) 자동용접사 자격인정은 평판의 1G(흡용접의 아래보기자세), 2G(흡용접의 수평자세)에서 자격인정 된 경우 직경 600 mm 이상의 강관구조 용접에도 자동적으로 그 자격이 인정된다. 또한 1G로 자격이 인정된 용접사는 1F(필릿용접의 아래보기자세), 2F(필릿용접의 수평자세)에 대하여, 2G로 자격이 인정된 경우는 1G와 1F, 2F 용접자세에도 자격이 인정된다.
- (4) 가붙임용접사는 수행할 각 용접자세에 대해 하나의 시험편으로 자격 인정을 받는다.

4.3.3 자격인정 시험편 종류 및 개수

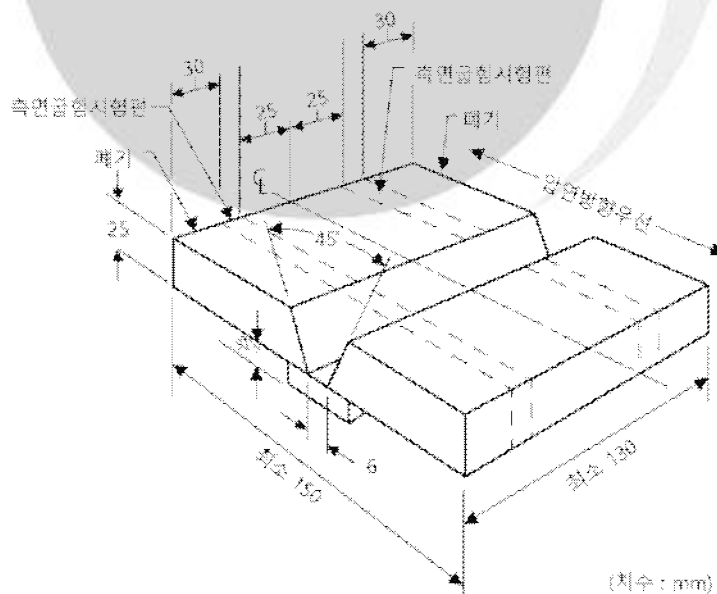
(1) 수동용접사 자격인정을 위한 시험편은 다음과 같다.

- ① 소요되는 시험편의 종류와 개수, 그리고 시공에서 적용이 인정되는 모재 두께의 범위는 표 4.3-2과 같다.
- ② 시험체는 다음의 그림 4.3-1~그림 4.3-6을 따른다.

표 4.3-2 자격인정 시험편 및 허용 두께 범위

용접부 종류	시험용 판의 두께 (mm)	육안 검사	시험편 개수					인정되는 판 두께 (mm)
			굽힘시험 ⁵⁾			T-이음 파단	매크로 시험	
			표면	루트	측면			
그루브 ⁶⁾	10 이하	적용	1	1	-	-	-	최대 20 ^{3), 7)}
그루브	10 < T < 25	적용	-	-	2	-	-	최대 2T ^{3), 4)}
그루브	25 이상	적용	-	-	2	-	-	무제한 ³⁾
필릿(선택1) ¹⁾	10	적용	-	-	-	1	1	무제한
필릿(선택2) ²⁾	10	적용	-	2	-	-	-	무제한

- 주 : 1) 그림 4.3-5 참조
- 2) 그림 4.3-6 참조
- 3) 필릿용접에 대해서 두께 제한 없이 인정
- 4) 자동용접사의 경우 최대 T까지 인정
- 5) 굽힘시험 대신 RT로 할 수 있음. GMAW-S를 적용한 경우에는 대체 불가.
- 6) 자동용접사의 경우에는 적용 안 됨.
- 7) 그림 4.3-3과 그림 4.3-4 참조



- 주 : 1) 용접 뒷담채의 두께는 6mm 이상, 10mm 이하이며, 뒷담채의 폭은 RT를 위해 제거하지 않는 경우 75mm 이상, 제거하는 경우에는 25mm 이상이어야 한다.
- Note: RT를 하는 경우에는 검사구간 내에 가불임용접이 없어야 한다.

그림 4.3-1 수동용접사 자격인정 시험편(두께 무제한)

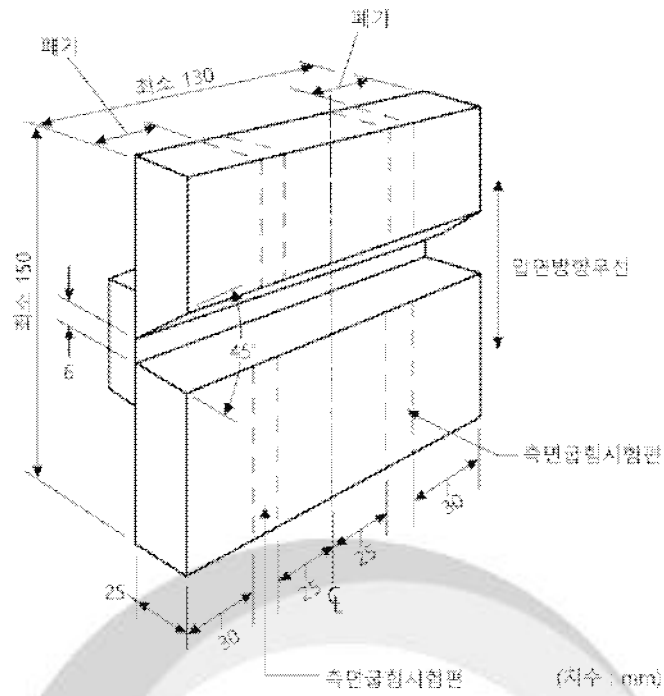


그림 4.3-2 수동용접사 자격인정 시험편(두께 무제한, 수평자세)

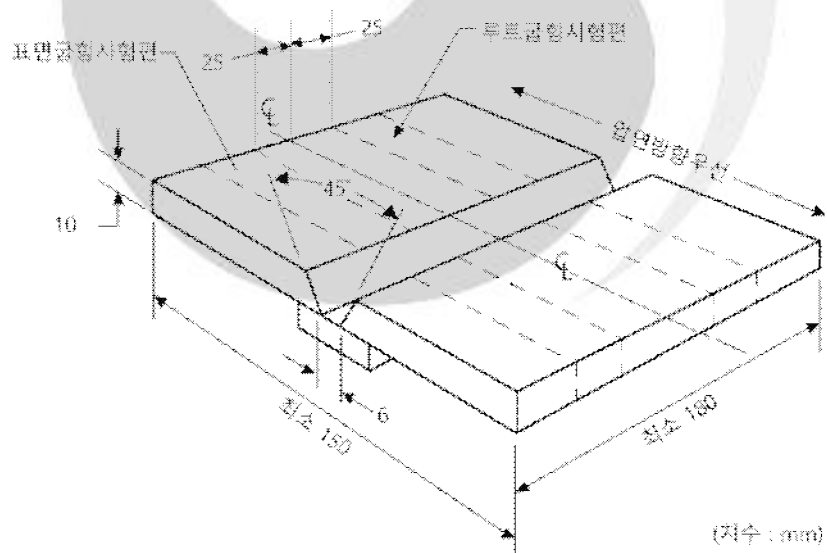
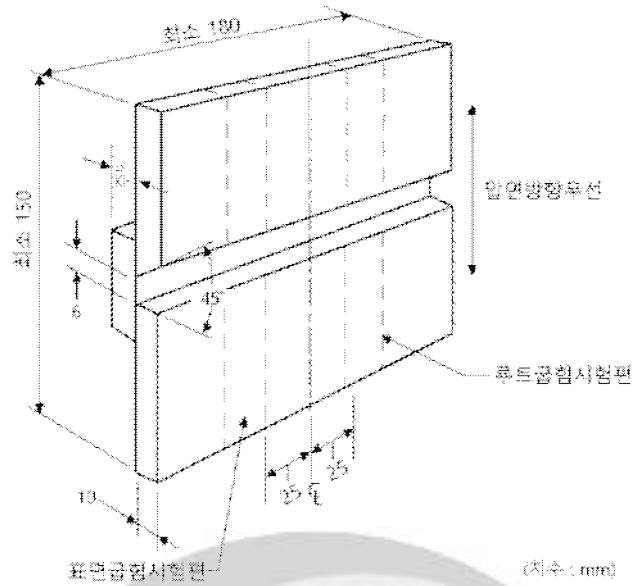


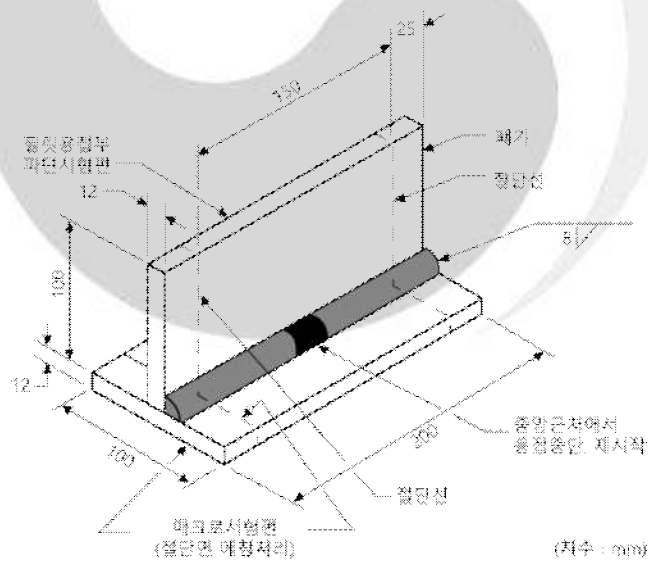
그림 4.3-3 수동용접사 자격인정 시험편(두께 제한, 모든 자세)



주 : 1) 용접 뒷담재의 두께는 6 mm 이상, 10 mm 이하이며, 뒷담재의 폭은 RT를 위해 최대 75 mm, 역학적 시험을 위해 최소 25 mm 로 한다.

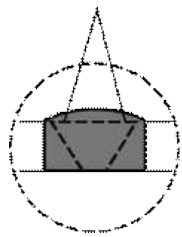
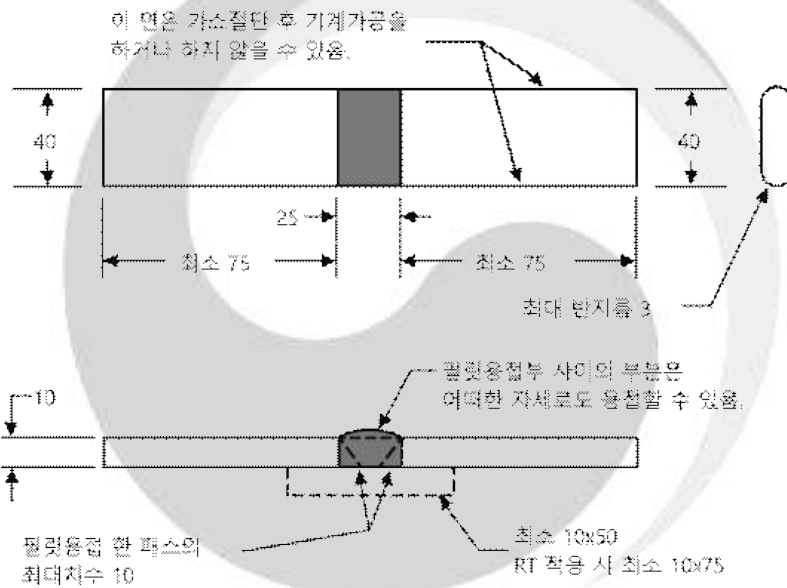
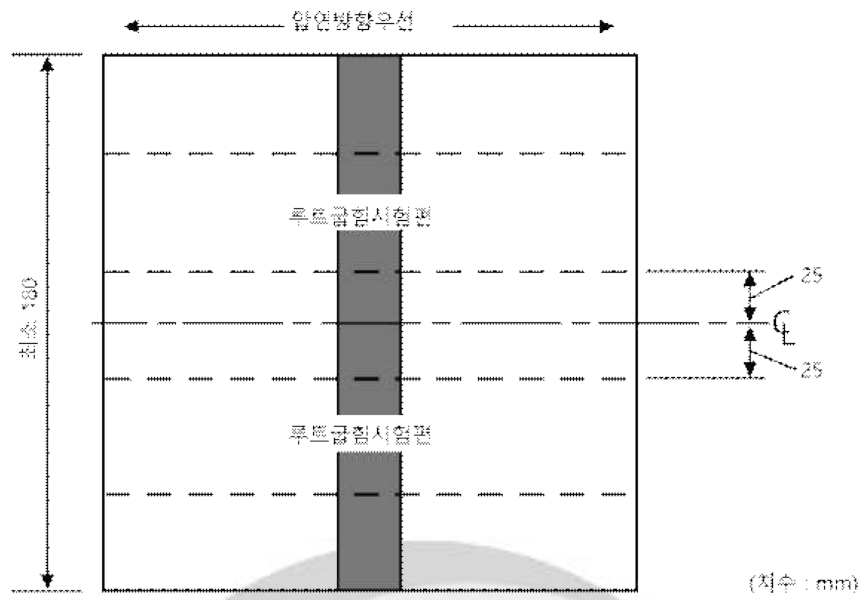
Note : RT를 하는 경우에는 검사구간 내에 가불임용접이 없어야 하며, 뒷담재는 제거하지 않는다.

그림 4.3-4 수동용접사 자격 인정 시험편(두께 제한, 수평자세)



Note : 강판 두께와 치수는 최소값이다.

그림 4.3-5 수동용접사 자격 인정 필릿용접 파단 및 매크로시험편 (선택 1)

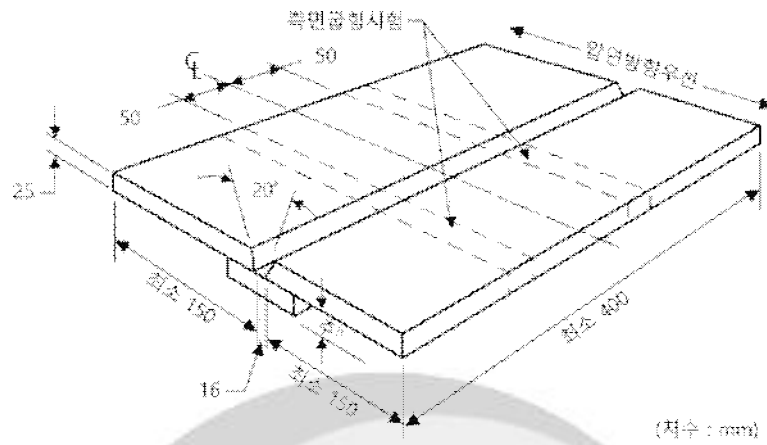


뒷담채는 모재에 잘 밀착되어야 함.

용접 덧살과 뒷담채는 모재의 표면과 평평하도록 깨끗하게 제거해야 함. 가스절단으로 뒷담채를 제거하는 경우에는 마지막 후께 최소 3mm는 기계가공 또는 그라인딩으로 제거할 수 있도록 남겨두어야 함.

그림 4.3-6 수동용접사 자격인정 필릿용접 루트굽힘 시험편(선택 2)

- (2) 자동용접사의 자격인정을 위해 소요되는 시험편은 그림 4.3-7, 그림 4.3-8 중 해당되는 것을 적용한다.

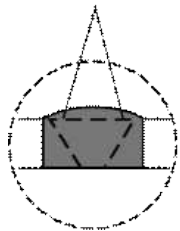
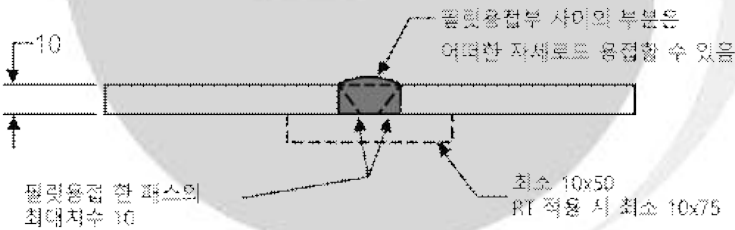
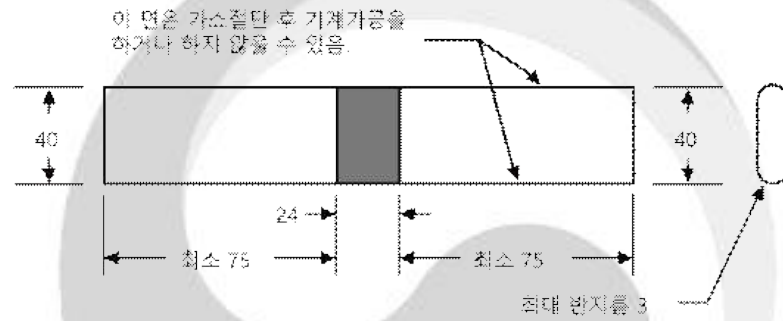
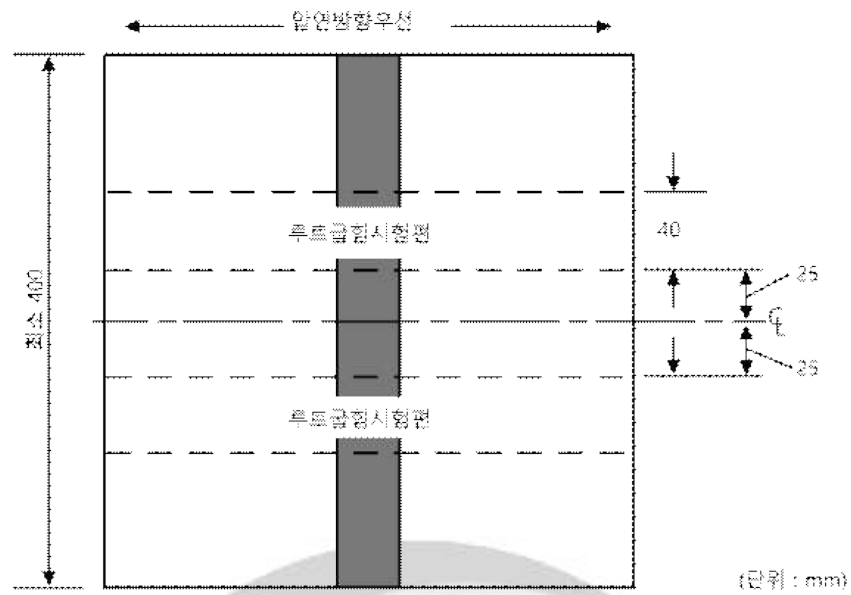


주 : 1) 뒷담재의 두께는 10 mm 이상, 12 mm 이하이며, 뒷담재의 폭은 RT를 위해 뒷담재를 제거하지 않는 경우 75 mm 이상, 제거하는 경우 40 mm 이상으로 한다.

Note :

1. RT를 하는 경우에는 검사구간 내에 가불임용접이 없어야 한다.
2. 여기에 제시된 상세 대신에 인정 받은 그루브용접 WPS의 상세를 사용할 수 있다.

그림 4.3-7 자동용접사 자격인정 시험편(무제한 두께)

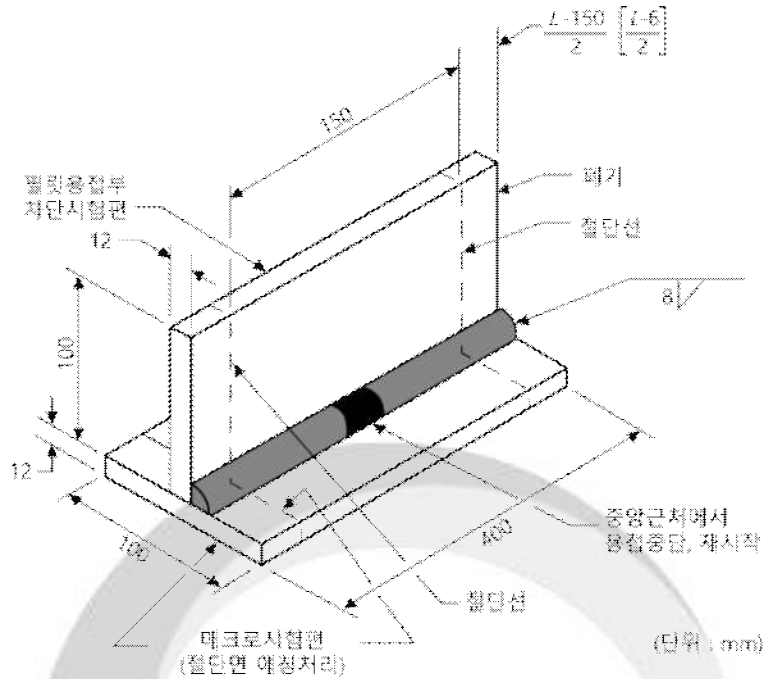


릿담재는 도재에 잘 밀착되어야 함.

용접 텃살과 릿담재는 도재의 표면과 평행하도록 매끈하게 제거해야 함. 가스절단으로 릿담재를 제거하는 경우에는 마지막 두께 최소 3mm는 기계가공 또는 그라인딩으로 제거할 수 있도록 남겨두어야 함.

그림 4.3-8 자동용접사 자격 인정 필릿용접 루트갭합 시험편(선택 2)

(3) 자동용접사의 자격인정을 위한 필릿용접 파단 및 매크로시험편은 그림 4.3-9에 따른다.



Note: 강판 두께와 치수는 최소값이다.

그림 4.3-9 자동용접사 자격인정 필릿용접 파단 및 매크로시험편 (선택 1)

(4) 가불임용접사의 자격인정은 그림 4.3-10과 같은 시험체 1개를 사용한다.

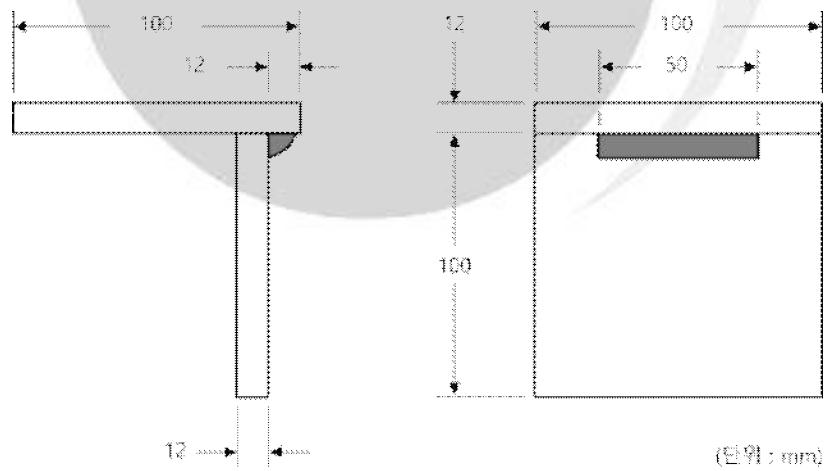


그림 4.3-10 가불임 용접사 자격인정 필릿용접 파단시험편

4.3.4 자격인정 시험방법

- (1) 모든 용접부에 대해 육안검사를 실시한다.
- (2) 가스메탈 단락 아크용접(GMAW-S) 이외의 용접에 대한 수동 및 자동 용접사에 대한 인정시험으로 굽힘시험 대신 방사선투과검사(RT)를 다음과 같이 실시할 수 있다.

- ① 용접부 표면은 방사선투과 사진관독에 영향이 없도록 연삭 또는 기타의 방법으로 용접덧살을 가공할 수 있다. 방사선투과검사를 하는 용접부의 용접받침은 제거해서는 안 된다.
- ② 방사선투과검사 관독에서 수동용접은 용접 양끝의 30 mm, 자동용접은 용접 양끝의 75 mm 구간을 제외 한다.
- (3) 굽힘시험 시험체는 수동용접사 자격인정의 경우 그림 4.3-1~그림 4.3-4, 그림 4.3-6, 자동용접사 자격인정의 경우 그림 4.3-7과 그림 4.3-8 중에서 해당되는 것과 같이 절단하여 준비하며, 시험편의 형상 및 치수, 시험방법은 다음과 같다.
 - ① 시험편은 KS B ISO 5173의 맞대기 용접부의 표면 굽힘 시험편(FBB), 맞대기 용접부의 루트 굽힘 시험편(RBB), 맞대기 용접부의 횡방향 측면 굽힘 시험편(SBB) 중 해당 시험편으로 한다.
 - ② 시험 방법 및 포머의 치수는 이 기준 4.2.13(7)의 ③~⑤를 따른다.
- (4) 필릿용접 파단 및 매크로시험은 다음과 같이 시행한다.
 - ① 필릿용접 파단 및 매크로시험의 시험편은 수동용접의 경우 그림 4.3-5, 자동용접의 경우 그림 4.3-9에 따라 절단한다.
 - ② 매크로시험편은 연마하고 적절한 부식용액을 사용하여 용접부가 선명하게 나타나도록 하여야 한다.
 - ③ 전체 필릿용접 길이에 대해 육안검사를 실시하고, 길이 150 mm의 시험체는 루트부가 인장을 받도록 하중을 가하며 시험체가 파단 되거나 납작하게 될 때까지 진행한다.
- (5) 가불임 용접사 자격인정시험은 그림 4.3-11와 같이 하중을 가한다. 파단이 일어날 때까지 진행하며, 용접표면과 파단면의 결함유무를 육안으로 검사한다.

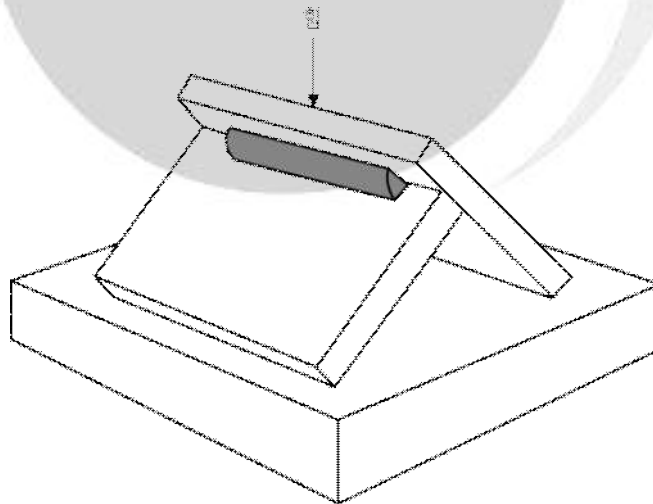


그림 4.3-11 가불임 용접사 자격인정 시험편 파괴방법

4.3.5 자격인정 시험 합격기준

- (1) 육안검사 합격기준은 다음과 같다.
- ① 언더컷은 1.0 mm를 초과하면 안 된다.
 - ② 용접 덧살의 높이는 5 mm를 초과하면 안 된다.
 - ③ 위의 ①과 ② 이외의 사항은 이 기준 5.2의 해당 규정에 따른다.
- (2) 방사선투과검사의 합격기준은 이 기준 4.2.14(2)에 따른다.
- (3) 필릿용접 매크로시험의 합격기준은 이 기준 4.2.14(3)에 따른다.
- (4) 필릿용접 파단시험은 파단시험 전에 육안 검사하여 합격한 시험편만을 대상으로 실시하며, 합격기준은 다음과 같다.
- ① 시험편이 납작하게 될 때까지 용접부가 파단 되지 않은 경우는 합격으로 간주한다.
 - ② 용접부가 파단 되었을 경우에는 용접 루트부가 완전용융 되었음을 보여주어야 하고, 2 mm를 초과하는 슬래그나 기공이 없어야 한다. 슬래그와 기공의 최대치수의 합은 시험편 150 mm 구간에서 10 mm를 초과하여서는 안 된다.
- (5) 플러그용접 매크로시험의 합격기준은 육안으로 검사했을 때 다음 규정을 만족해야 한다.
- ① 균열은 없어야 한다.
 - ② 용접반침과 구멍 둘레까지 완전히 용융되어 용접금속으로 채워져야 한다.
 - ③ 육안으로 볼 수 있는 슬래그 길이의 합은 6 mm를 초과하면 안 된다.
- (6) 굽힘시험의 합격기준은 이 기준 4.2.14(7)에 따른다.
- (7) 가불임 용접사 자격인정 시험의 합격기준은 다음과 같다.
- ① 육안검사 결과 용접비드의 표면은 균일하여야 하며, 균열, 기공, 오버랩은 없어야 하고, 깊이가 1 mm를 초과하는 언더컷이 없어야 한다.
 - ② 파단면에 대한 육안검사 결과 루트부는 완전히 용융되어야 하며, 모재와 용융금속이 완전히 융합되고 슬래그 및 2 mm를 초과하는 기공이 없어야 한다.

4.3.6 재시험

- (1) 수동, 자동, 가불임 용접사가 자격인정 시험에 불합격한 경우, 용접기량이 의심스러운 경우, 또는 해당 용접방법에 대해 6개월 동안 한 번도 용접하지 않았을 경우에는 다음과 같은 조건으로 재시험이 허용된다.
- ① 불합격 직후 불합격된 용접방법과 자세의 용접시험편 2개로 이루어지는 즉시 재시험을 실시할 수 있다. 모든 재시험 결과는 규정된 요건을 만족해야 한다.
 - ② 자격인정 된 용접방법으로 6개월 동안 한 번도 용접을 실시하지 않았을 경우에는 재시험을 실시한다. 이 경우의 재시험편 두께는 10 mm를 기본으로 한다.
 - ③ 재시험에 불합격한 후 일정 기간 교육 및 훈련을 받은 근거가 있을 경우에는 불합격된 방법 및 자세에 대해 새로운 자격인정 시험을 실시할 수 있다.

4.4 스티드 용접

4.4.1 스티드용접 인정

- (1) 공장 또는 현장에서 아래보기자세로 평평한 수평면에 용접하는 스티드 용접은 스티드 제작자의 스티드 인정시험을 바탕으로 사전인정 받은 것으로 간주하며, 추가 시험은 요구되지 않는다.
- (2) 다음의 경우는 사전인정이 인정되지 않으며, 스티드용접 인정시험이 요구된다.
 - ① 스티드용접을 평평하지 않은 면에 하거나, 수직 또는 위보기 자세로 평평한 면에 하는 경우
 - ② 데크 판을 관통하여 스티드용접을 하는 경우
 - ③ 이 시방서에 등록된 강재 이외의 강재에 스티드용접하는 경우
- (3) 시험편은 다음과 같이 준비한다.
 - ① 스티드를 용접하는 모재로 SM275 또는 이 시방서에 등록된 다른 강종을 사용 할 수 있다.
 - ② 시험편 제작에 적용한 용접자세, 모재의 특성값, 용접될 모재 표면의 형상, 용접 변수(용접 전류 및 전압, 용접시간, 스티드의 장전 및 추진 길이) 등은 기록하여야 한다.
 - ③ 시험편은 스티드 직경, 용접자세, 모재 표면 형상 각각에 대해서 추천된 WPS에 따라 연속으로 스티드 10개를 용접하여 준비한다.
- (4) 스티드용접 인정시험은 용접된 스티드 10개를 각각 90° 구부린다. 이 때 용접부가 파괴되지 않으면 합격으로 간주한다.

4.4.2 스티드 자동용접사 자격인정

- (1) 이 기준 5.4.1(1)에 따른 생산용접 작업 전 스티드용접 시험의 결과가 만족스러울 경우, 이 용접을 수행한 스티드 자동용접사는 자격이 인정된 것으로 간주한다.
- (2) 위 (1) 이외의 용접사는 이 기준 5.4.1(1)과 같은 방법으로 처음 용접한 2개의 스티드가 이 기준 5.4.2와 이 기준 5.4.3(1)에 대한 규정을 만족하면 스티드 자동용접사 자격이 인정된 것으로 간주한다.

5. 검사

5.1 일반사항

- (1) 용접의 육안검사 및 비파괴검사는 구조물의 중요도 및 용접의 종류 등에 따라 결정하되 비파괴검사 관련 절차서를 제출하여 공사감독자의 승인을 받아 시행한다.
- (2) 비파괴검사의 적용분류는 전수검사, 부분검사 및 지정검사로 나누어 시행한다.

5.2 육안검사

- (1) 모든 용접부는 육안검사를 실시한다.
- (2) 육안검사자는 이 기준 1.6.3(1)에 따라 관련분야에 5년 이상 종사한 자가 실시하는 것을

기본으로 한다.

- (3) 용접균열은 없어야 하며, 인접한 용접층 사이와 용접금속과 모재 사이는 완전 용융 접합되어야 한다. 용접균열 의심이 있을 때에는 자분탐상검사 또는 침투탐상검사를 실시하여야 한다.
- (4) 용접비드 표면의 피트
 - ① 주요 부재의 1차 응력 방향에 직각인 맞대기이음부는 비드 표면에 피트가 있어서는 안 된다. 이외의 맞대기이음부의 비드표면 피트는 용접길이 100 mm 당 1개 이하, 크기는 직경 2.4 mm 이하이어야 한다. 단, 피트 크기가 1mm 이하일 때는 3개를 한 개로 간주한다.
 - ② 기타의 필릿용접부 또는 부분용입 그루브용접부의 비드 표면 피트는 용접길이 100 mm 당 1개 이하, 1,200 mm 당 6개 이하이어야 하며, 크기는 직경 2.4 mm 이하이어야 한다. 단, 피트 크기가 1mm 이하일 때는 3개를 한 개로 간주한다.
 - ③ 직경 2.4 mm 를 초과하는 피트가 용접길이 1,200 mm 구간에서 300 mm 이내의 간격으로 비드 표면에 나타나거나, 용접봉, 플럭스, 모재, 용접균열 등이 기공과 관련된 문제가 있을 것으로 추정하게 하는 경우에는 표면 하층에 대한 육안검사를 하여야 한다.
 - ④ 표면 하층의 육안검사는 그라인딩, 또는 에어가우징으로 용접 목두께의 1/2에 해당하는 깊이까지 용접금속을 제거한 용접길이 300 mm 구간에 대해서 실시한다. 여기서 표면 하층 기공 직경의 합은 용접길이 25 mm의 모든 구간에서 10 mm 이하, 용접길이 300 mm 구간에서 20 mm 이하이어야 한다.
- (5) 용접비드 표면의 요철은 비드길이 25 mm 범위에서의 고저차로 나타내고, 3 mm를 넘는 요철이 있어서는 안 된다.
- (6) 언더컷의 깊이는 표 5.2-1의 값을 초과하여서는 안 된다.

표 5.2-1 언더컷의 깊이

언더컷의 위치	허용차(mm)
주부재의 1차 응력 방향에 직각인 용접 비드의 지단부	0.3
주부재의 1차 응력 방향에 평행인 용접 비드의 지단부	0.5
2차부재의 용접비드 지단부	1.0

- (7) 필릿용접의 치수
 - ① 다리길이 및 목두께는 지정된 치수보다 작아서는 안 된다. 그러나, 한 용접선 양끝의 각각 50 mm를 제외한 부분에서는 용접길이의 10 %까지의 범위에서 -2.0 mm의 오차를 인정한다.
 - ② 거더 끝으로부터 플랜지 폭의 2배에 해당하는 구간에서 플랜지-웹 필릿용접부의 치수는 설계치수보다 작게 되는 오차를 인정하지 않는다.

- (8) 크레이터는 필릿용접부 유효길이 밖에 있는 경우를 제외하고, 온전한 용접 단면을 이루도록 용접금속으로 채워져야 한다.
- (9) 육안검사는 완성된 용접부가 상온으로 냉각된 후 바로 시작할 수 있다. HSB690급 강재의 용접에 대한 육안검사 판정은 용접 완료 48시간 경과 이후에 수행한 검사결과를 바탕으로 한다.

5.3 비파괴검사

5.3.1 일반사항

- (1) 비파괴 검사는 육안검사에 합격한 용접부에 대하여 실시한다. 열처리한 고장력강은 용접 후 48시간이 경과된 후에 실시한다.
- (2) 침투탐상검사(PT)와 자분탐상검사(MT)는 각각 KS B 0816과 KS D 0213에 따르며, 선형지시와 1mm 이상의 원형지시가 없어야 한다.
- (3) 방사선투과검사(RT)의 합격기준은 KS B 0845에 따라 등급을 분류하고, 상질은 A급을 적용하며, 그 판정은 다음에 따른다.
 - ① 인장 및 교번하중이 작용하는 부재의 용접부: 2류 이상 합격
 - ② 압축 및 전단응력이 작용하는 부재의 용접부: 3류 이상 합격
- (4) 자동초음파탐상검사(PAUT 또는 동등 이상) 및 초음파탐상검사(UT)의 합격기준은 KS B 0896에 따라 결함을 분류하고 그 판정은 다음에 따른다.
 - ① 인장 및 교번하중이 작용하는 부재의 용접부: 2류 이상 합격
 - ② 압축 및 전단응력이 작용하는 부재의 용접부: 3류 이상 합격

5.3.2 검사 방법 및 범위

- (1) 일반사항
 - ① 용접부에 대한 비파괴검사는 주부재를 대상으로 실시하며, 2차 부재에 대해서는 주응력을 받는 부재, 또는 육안검사 결과 균열의 의심이 있는 경우에 한하여 시행하되 승인된 계획서 및 절차서에 의하여 실시한다.
 - ② 방사선투과검사(RT)를 실시할 경우에는 원자력 안전법에 따라서 안전한 작업환경을 갖추고 검사를 실시하여야 한다.
 - ③ 다음 중 하나 이상에 해당하는 경우에는 방사선투과검사(RT) 대신에 자동초음파탐상검사(PAUT 또는 동등 이상), 또는 초음파탐상검사(UT)로 대체할 수 있다.
 - 가. 기존에 자동초음파탐상검사(PAUT 또는 동등 이상), 또는 초음파탐상검사(UT)에 대한 충분한 근거자료가 있어 공사감독자가 이를 인정하는 경우
 - 나. 방사선투과검사(RT)의 적용이 곤란한 경우
 - 다. 설계도서에 별도로 명시된 용접부
 - 라. 강재의 두께가 50 mm 이상인 경우
 - ④ 자동초음파탐상검사(PAUT 또는 동등 이상) 및 초음파탐상검사(UT)는 탐상의 원리 및 강 용접부에 관한 충분한 지식과 경험을 가진 기술자에 의해 실시되어야 한다.

- ⑤ T이음부나 모서리 이음의 완전용입 용접부는 초음파탐상검사(UT)를 실시한다.
- ⑥ 초음파탐상검사(UT)는 자동초음파탐상검사(PAUT 또는 동등 이상)로 대체할 수 있다.
- ⑦ 검사 장비의 운용상 자동초음파탐상검사(PAUT 또는 동등 이상)가 불가능한 곳에 있는 용접부에 대한 자동초음파탐상검사는 공사감독자의 승인을 받아 초음파탐상검사(UT)로 대체할 수 있다.
- (2) 주부재의 완전용입 그루브용접부에 대한 방사선투과검사(RT), 자동초음파탐상검사(PAUT 또는 동등 이상), 초음파탐상검사(UT)는 다음과 같이 실시한다.
- ① 다음의 ②와 ③의 경우를 제외한 인장 또는 교번하중을 받는 용접부의 시·종점부에 대해서는 각각 300 mm 이상의 자동초음파탐상검사(PAUT 또는 동등 이상), 또는 각각 1매의 방사선투과검사(RT)를 실시하고, 나머지 부분 100%에 대해서는 초음파탐상검사(UT)를 실시한다.
- ② 거더 웹의 수직방향(용접축이 거더 축에 직각인 방향) 맞대기이음부는 최대 인장점으로부터 웹 높이의 1/6에 해당하는 범위의 용접부 100%와 나머지 부분의 25%에 대해 초음파탐상검사(UT)를 실시한다.
- ③ 거더 웹의 수평방향(용접축이 거더 축에 평행인 방향) 맞대기이음부는, 설계도서에 별도로 명기되어 있지 않는 한, RT 또는 UT를 적용하지 않고 이 기준 5.3.2(3)의 규정에 따른 MT를 실시한다.
- ④ 압축응력이나 전단응력을 받는 맞대기이음부는 용접부 25%에 대해 초음파탐상검사(UT)를 실시한다.
- ⑤ 크로스빔의 상부플랜지와 주거더의 상부플랜지 또는 크로스빔의 상부플랜지와 스트링거의 상부플랜지 사이의 맞대기이음부는 용접부 100%에 대해 초음파탐상검사(UT)를 실시한다.
- ⑥ 방사선투과검사(RT), 자동초음파탐상검사(PAUT 또는 동등 이상), 또는 초음파탐상검사(UT)의 부분검사 대상은 용접 품질에 영향을 줄 수 있을 것으로 예상되는 요인들을 고려하여 용접부 전체에 적절히 분포하도록 선정한다. 검사결과 결함이 발견될 경우에는 동일한 용접품질이 예상되는 용접그룹의 나머지 용접부 100%에 대하여 검사를 실시한다.
- (3) 주부재의 필릿용접부와 부분용입 그루브용접부에 대한 자분탐상검사(MT)는 다음과 같이 실시한다.
- ① 주거더 플랜지와 웹 사이의 접합부, 웹의 수평방향(거더 축에 평행인 방향) 맞대기이음부, 강도가 SM460급 이상인 강재를 사용한 플랜지와 종리브 사이의 접합부, 곡선교의 박스거더 플랜지나 웹에 접합된 다이아프레임 또는 거셋의 용접부, 주부재의 단부 용접부 등은 각 부재의 용접치수와 종류 별 용접길이 3m 당 300 mm의 구간에 대해 자분탐상검사(MT)를 실시한다. 용접치수와 이음 종류별 용접부의 길이가 3m 미만인 경우에도 각 용접부에 대해 용접길이 300 mm의 구간을 검사하여야 한다.
- ② 위 ①의 검사결과 불합격된 경우에는 불합격된 검사 구간의 양쪽으로 각각 검사하지 않은 용접부 길이 1.5m(검사하지 않은 용접부 길이가 1.5m 미만인 경우에는 나머지 길

이)에 대해 자분탐상검사(MT)를 추가로 실시한다.

- ③ HSB 690W 강재의 경우에는 주부재의 필릿용접부와 그루브용접부 전체에 대해 자분탐상검사(MT)를 실시한다.
- ④ 2차 부재의 경우에는 육안검사를 실시하는 것을 기본으로 하고, 균열의 의심이 있는 경우에만 위의 기준에 준하여 실시한다.
- (4) 주부재의 부분용입 그루브용접부에 대하여서는 다음과 같이 초음파탐상검사(UT)를 실시하는 것을 기본으로 한다.
 - ① 주부재의 부분용입 그루브용접부는 단부를 포함하여 각 부재의 용접치수와 종류 별 용접길이 6 m 당 300 mm의 구간에 대해 초음파탐상검사(UT)를 실시한다. 용접치수와 이음종류 별 용접부의 길이가 6 m 미만인 경우에도 각 용접부에 대해 용접길이 300 mm의 구간을 검사하여야 한다.
 - ② 위 ①의 검사결과 불합격된 경우에는 불합격된 구간의 양쪽으로 각각 검사하지 않은 용접부 길이 1.5m(검사하지 않은 용접부 길이가 1.5m 미만인 경우에는 나머지 길이)에 대하여 초음파탐상검사를 추가로 실시한다.
 - ③ 판정은 용입깊이와 용입깊이 내의 중요 결함을 확인하고, 3류 이상을 합격으로 한다.
- (5) 강바닥판 데크플레이트와 데크플레이트 사이의 용접부는 초음파탐상검사(UT) 또는 자동초음파탐상검사(PAUT 또는 동등 이상)를 다음과 같이 실시한다.
 - ① 자동초음파탐상검사(PAUT 또는 동등 이상)를 할 경우에는 용접의 시점과 종점에서 각각 500 mm, 중간에서는 1 m당 300 mm(용접 전 길이에서 최소 500 mm), 용접 와이어의 시, 종점에서 각각 300 mm를 검사한다. 십자 교차점에서는 사방으로 각 500 mm 검사한다.
 - ② 자동초음파탐상검사(PAUT 또는 동등 이상)에 의한 샘플링 검사를 실시한 경우에는 결함부의 양측 각 2 m 대해서는 추가 검사를 실시하고, 이들 개소에서 결함이 발생된 경우에는 그 이음부 전체를 검사하여야 한다.
 - ③ 자동초음파탐상검사(PAUT 또는 동등 이상) 대신 초음파탐상검사(UT)를 시행할 경우에는 용접부 전체 길이를 검사한다.
- (6) 현장용접부의 검사는 다음에 따른다.
 - ① 강바닥판을 제외한 주거더의 플랜지, 웨브, 종리브 그리고 강재교각의 보와 기둥 등의 완전용입 그루브용접부는 자동초음파탐상검사(PAUT 또는 동등 이상)로 전수 검사한다.
 - ② 강바닥판을 제외한 필릿용접부 및 부분용입 그루브용접부에 대해서는 이 기준 5.3.2(3) 및 이 기준 5.3.2(4)에 따른다.
 - ③ 강바닥판 데크플레이트 사이의 현장 용접부에 대해서는 이 기준 5.3.2(5)에 따른다.
 - ④ 강바닥판과 접합되는 가로보, 또는 세로보 등의 현장용접부는 초음파탐상검사로 전수 검사한다.
- (7) 결함을 보수한 후에는 보수 결과를 확인하기 위해 비파괴검사를 실시한다. 검사는 결함 보수부와 보수부 양쪽으로 최소한 50 mm 연장시킨 범위를 포함한다.

5.4 스테드 검사

5.4.1 일반사항

- (1) 용접변수(스테드 건, 전원, 스테드의 지름, 스테드 장전과 밀어 넣기의 양, 전류와 용접시간, 용접자세 등) 설정 후 매일 또는 매 생산용접 작업 전에 2개의 스테드를 시험용으로 용접하고 육안검사와 스테드 굽힘시험을 수행한다.
- (2) 검사결과 문제가 있는 경우에는 용접절차시방서(WPS)를 수정한 후, 두께와 물성이 모재와 유사한 재료 위에 다시 2개의 스테드를 용접하고 육안검사와 스테드 굽힘시험을 수행한다.
- (3) 생산용접된 모든 스테드는 육안검사를 하고, 육안검사에 불합격되거나 보수용접을 한 스테드는 스테드 굽힘시험을 한다.
- (4) 모재의 온도가 0℃ 이하에서 용접된 스테드는 총 개수의 1%에 대하여 스테드 굽힘시험을 실시한다.

5.4.2 육안검사

- (1) 육안검사는 스테드의 외관 전체에 대하여 행하며 표 5.4-1를 만족하여야 한다.

표 5.4-1 스테드용접부의 육안검사

결함	판정 기준
더돋기 형상의 부조화	더돋기는 스테드의 반지름 방향으로 균일하게 형성되어야 한다. 여기에서 더돋기는 높이 1mm 폭 0.5mm 이상의 것을 말한다.
균열 및 슬래그 혼입	허용되지 않는다.
언더컷	날카로운 노치 형상의 언더컷 및 깊이 0.5mm 이상의 언더컷은 허용되지 않는다. 다만, 0.5mm 이내로 그라인드 처리 할 수 있는 것은 그라인드 처리 후 합격하는 것으로 한다.
스테드	설계치에서 ±2mm를 넘어서는 안 된다.

5.4.3 스테드 굽힘검사

- (1) 매 생산용접 작업 전 또는 용접변수를 변경한 경우 시험용으로 용접한 스테드에 대한 스테드 굽힘시험은 용접부가 냉각된 후 원래의 스테드 축 방향에서 30° 까지 굽히는 것으로 한다. 굽힘 후 용접부에 균열이나 파단이 있으면 안 된다.
- (2) 생산용접된 스테드에 대한 스테드 굽힘시험은 원래의 스테드 축 방향에서 15° 까지 굽히는 것으로 한다. 육안검사 결과 불합격되거나 보수용접 한 경우에는 더돋기가 부족하거나 결함이 있는 쪽의 반대방향으로 스테드를 굽혀야 한다. 굽힘 후 용접부에 균열이나 파단이 있으면 안 된다.

- (3) 스테드의 굽힘은 스테드 머리부분을 햄머로 타격하거나 스테드에 강관 등의 기구를 씌워서 수동 또는 기계적으로 힘을 가해서 만든다. 온도가 10℃ 이하인 경우에는 연속적으로 천천히 힘을 가하여 굽히는 것이 좋다.
- (4) 스테드 굽힘시험을 실시한 스테드는 굽혀진 상태 그대로 두고 콘크리트를 타설한다.

6. 결합 보수

- (1) 용접 결합부의 보수는 KCS 14 31 20 (3.12)에 따른다.

7. 교정 및 후열처리

- (1) 교정 및 후열처리는 KCS 14 31 20 (3.13, 3.14)에 따른다.



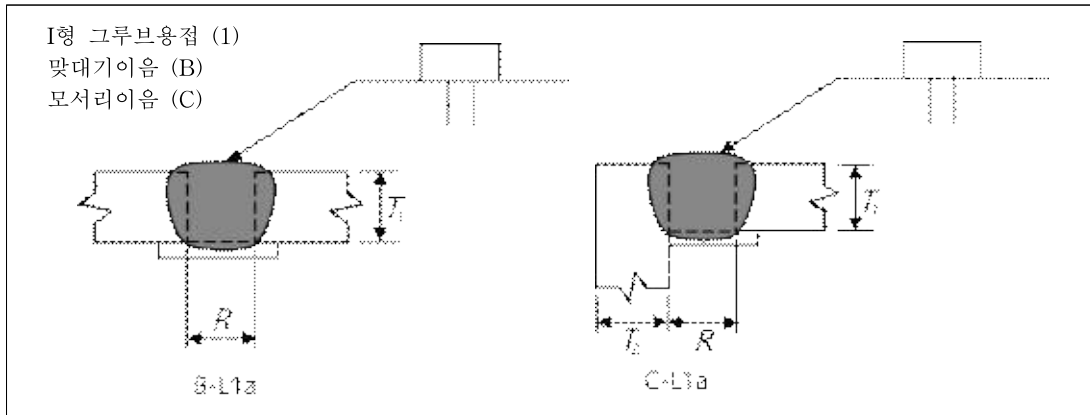
부록 : 그루브 용접부 표준상세

그루브 용접부 표준상세도의 기호 및 표시 설명

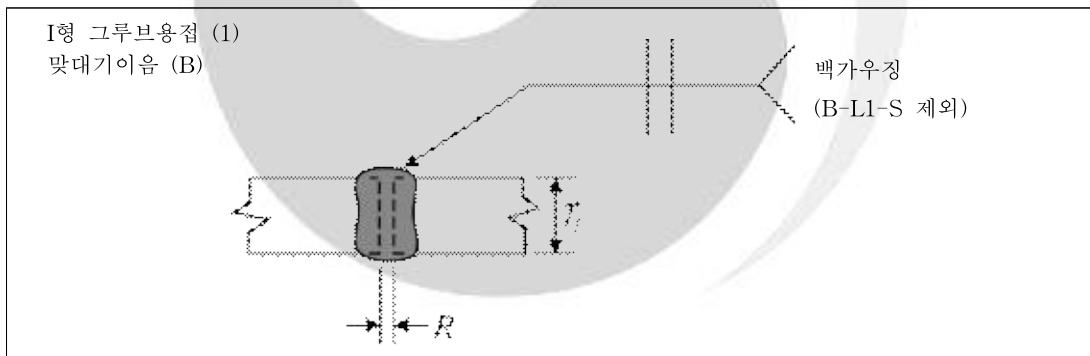
용접 이음 형태 기호	용접방법 약어에 대한 설명
<p><i>B</i> : 맞대기이음 <i>C</i> : 모서리이음 <i>T</i> : T-이음 <i>BC</i> : 맞대기 또는 모서리이음 <i>TC</i> : T 또는 모서리이음 <i>BTC</i> : 맞대기, T 또는 모서리이음</p>	<p>SMAW(shielded metal arc welding) : 피복금속아크용접 GMAW(gas metal arc welding) : 가스금속아크용접 FCAW(flux cored metal arc welding) : 플럭스코어드아크용접 SAW(submerged arc welding) : 서브머지드 아크용접</p>
모재두께 및 용입깊이에 대한 기호	용접자세
<p><i>L</i> : 두께 제한 있는 완전용입그루브용접 <i>U</i> : 두께 제한 없는 완전용입그루브용접 <i>P</i> : 부분용입그루브용접</p>	<p><i>F</i> : 아래보기자세(flat) <i>H</i> : 수평자세(horizontal) <i>V</i> : 수직자세(vertical) OH : 위보기자세(overhead)</p>
그루브 형상 및 배치에 따른 기호	치수 표시 기호
<p>1 : I형 그루브용접 2 : V형 그루브용접 3 : 양면 V형 그루브용접 4 : L형 그루브용접 5 : K형 그루브용접 6 : U형 그루브용접 7 : 양면 U형 그루브용접 8 : J형 그루브용접 9 : 양면 J형 그루브용접</p>	<p><i>R</i> : 루트 간격(root opening) α, β : 그루브 열림각(groove angles) <i>f</i> : 루트면(root face) 높이 <i>r</i> : J형 또는 U형 그루브의 반경 S, S_1, S_2 : 부분용입그루브용접의 용입깊이 E, E_1, E_2 : 부분용입그루브용접의 용입깊이에 따른 용접치수</p>
SMAW이 아닌 용접방법의 기호	용접부 상세기호
<p><i>S</i> : SAW <i>G</i> : GMAW <i>F</i> : FCAW</p>	<p>소문자(예: <i>a, b, c</i> 등)는 유사한 용접부 중 서로다른 것을 표시하기 위해 용접부 상세기호에 사용한다.</p>

그루브 용접부 표준상세도의 관련 참고사항 설명

- (a) SMAW의 그루브 상세는 GMAW 또는 FCAW의 경우에도 사용될 수 있음.
- (b) 한쪽 면에서만 용접 수행.
- (c) 두 번째 면에서 용접하기 전에 결함 없는 금속까지 백가우징 요망.
- (d) 최소 용접치수(E)는 필릿용접에 대한 규정 최소 치수와 동일.
- (e) 완전용입에 대한 증빙자료 필요.
- (f) 양면 그루브용접은 양쪽의 그루브 깊이를 다르게 할 수 있음. 그러나 얇은 쪽의 그루브 깊이는 얇은 쪽 판 두께의 1/4보다 작아서는 안 됨.
- (g) 참고사항 (d)의 규정을 만족하면 양면 그루브용접은 양쪽의 그루브 깊이를 다르게 할 수 있음. 모든 감소치를 고려한 용접치수(E)는 각 그루브에 개별적으로 적용됨.
- (h) 그루브 열림각, 루트면 높이, 루트 간격 등의 기본적인 용접부 상세와 설계 용접치수가 동일하게 유지된다면, 용접부에서의 두 부재의 방향은 $135^\circ \sim 180^\circ$ 범위 내에서 변경할 수 있음.
- (i) 모서리이음과 T이음에서 명시된 그루브 열림각이 유지된다면, 접합되는 부재의 방향은 변경될 수 있음.
- (j) 명시된 그루브 제원이 유지된다면, 접합되는 부재의 방향은 변경될 수 있음.
- (k) 그루브 열림각, 루트면 높이, 루트 간격 등의 기본적인 용접부 상세와 설계 용접치수가 동일하게 유지된다면, 용접부에서의 부재 방향은 모서리이음의 경우 $45^\circ \sim 135^\circ$, T이음의 경우 $45^\circ \sim 90^\circ$ 범위 내에서 변경할 수 있음.
- (l) 이 용접부상세는 V형 또는 U형 그루브 상세가 적용 가능한 경우에는 사용하여서는 안 됨.



용접 방법	용접 상세기호	모재 두께 (U= 무제한)		그루브 가공			허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고
		T ₁	T ₂	루트 간격	허용치				
					설계 시 (2.12.1)	조립 시 (3.3.4)			
SMAW	B-L1a	최대 6	-	$R = T_1$	+2, -0	+6, -2	모든자세	-	a, h
	C-L1a	최대 6	U	$R = T_{1s}$	+2, -0	+6, -2	모든자세	-	a
FCAW GMAW	B-L1a-GF	최대 10	-	$R = T_{1s}$	+2, -0	+6, -2	모든자세	보호가스 불필요	h



용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 (U= 무제한)		그루브 가공			허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고
		T ₁	T ₂	루트 간격	허용치				
					설계 시	조립 시			
SMAW	B-L1b	최대 6	-	$R = \frac{T_1}{2}$	+2, -0	+2, -3	모든자세	-	a, c, h
GMAW FCAW	B-L1b-GF	최대 10	-	$R = 0 \text{ to } 3$	+2, -0	+2, -3	모든자세	보호가스 불필요	c, h
SAW	B-L1-S	최대 10	-	$R = 0$	±0	+2, -0	F	-	e, h
SAW	B-L1a-S	최대 16	-	$R = 0$	±0	+2, -0	F	-	c, h

V형 그루브용접 (2)
모서리이음 (C)

용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 (U= 무제한)		그루브 가공			허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고
		T ₁	T ₂	루트간격 루트면 개선각	허용치				
					설계 시	조립 시			
SMAW	C-U2	U	U	R=0 to 3 f=0 to 3 α=60°	+2, -0 +2, -0 +10°, -0°	+2, -3 제한없음 +10°, -5°	모든자세	-	a, c, k
GMAW FCAW	C-U2-GF	U	U	R=0 to 3 f=0 to 3 α=60°	+2, -0 +2, -0 +10°, -0°	+2, -3 제한없음 +10°, -5°	모든자세	보호가스 불필요	c, k
SAW	C-U2b-S	최소 25	U	R=0 f=최대 6 α=60°	±0 +6, -0 +10°, -0°	+2, -0 ±2 +10°, -5°	F	-	c, k

양면 V형 그루브용접 (3)
맞대기이음 (C)

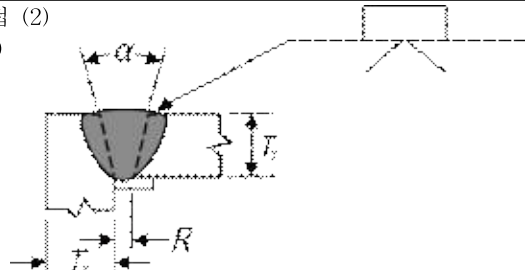
용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 (U= 무제한)		그루브 가공			허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고
		T ₁	T ₂	루트간격 루트면 개선각	허용치				
					설계 시	조립 시			
SMAW	B-U3b	U	-	R=0 to 3 f=0 to 3 α=β=60°	+2, -0 +2, -0 +10°, -0°	+2, -3 제한없음 +10°, -5°	모든자세	-	a,c,f,h
GMAW FCAW	B-U3-GF	U	-	R=0 to 3 f=0 to 3 α=β=60°	+2, -0 +2, -0 +10°, -0°	+2, -3 제한없음 +10°, -5°	모든자세	보호가스 불필요	c, f, h
SAW	B-U3c-S	U	-	R=0 f=최소 6 α=β=60°	+2, -0 +6, -0 +10°, -0°	+2, -0 +6, -0 +10°, -5°	F	-	c, f, h

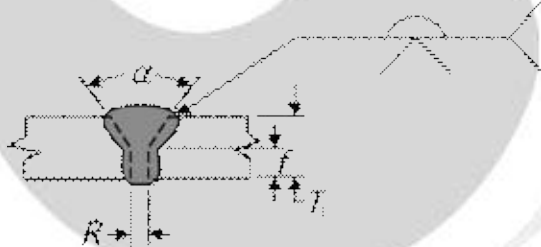
B-U3c-S 경우에만 적용

T ₁		S ₁
Over	to	
50	60	35
60	80	45
80	90	55
90	100	60
100	120	70
120	140	80
140	160	95

T₁ > 160 또는 T₁ ≤ 50 경우
S₁ = 2/3(T₁ - 6)

S₁은 이 표의 우측 상단 참조
S₂ = T₁ - (S₁ + f)

용접 방법		이음 상세기호	모재 두께 ($U =$ 무제한)		그루브 가공		허용치		FCAW 보호가스	비고					
							설계 시	조립 시							
								<table border="1"> <tr> <td>$R = +2, -0$</td> <td>$R = +6, -2$</td> </tr> <tr> <td>$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$</td> <td>$\alpha = +10^\circ, -5^\circ$</td> </tr> </table>		$R = +2, -0$	$R = +6, -2$	$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	$\alpha = +10^\circ, -5^\circ$		
$R = +2, -0$	$R = +6, -2$														
$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	$\alpha = +10^\circ, -5^\circ$														
SMAW	C-U2a	U	U	$R = 6$	$\alpha = 45^\circ$	모든자세	-	-	a, k						
				$R = 10$	$\alpha = 30^\circ$	F, V, OH	-	-	a, k						
				$R = 12$	$\alpha = 20^\circ$	F, V, OH	-	-	a, k						
GMAW FCAW	C-U2a-GF	U	U	$R = 5$	$\alpha = 30^\circ$	F, V, OH	보호가스 필요	-	k						
				$R = 10$	$\alpha = 30^\circ$	F, V, OH	보호가스 불필요	-	k						
				$R = 6$	$\alpha = 45^\circ$	F, V, OH	보호가스 불필요	-	k						
SAW	C-L2a-S	최대 50	U	$R = 6$	$\alpha = 30^\circ$	F	-	-	k						
SAW	C-U2-S	U	U	$R = 16$	$\alpha = 20^\circ$	F	-	-	k						

용접 방법		이음 상세기호	모재 두께 ($U =$ 무제한)		그루브 가공		허용치		FCAW 보호가스	비고
							설계 시	조립 시		
								백가우징		
SMAW	B-U2	U	-	$R = 0$ to 3 $f = 0$ to 3 $\alpha = 60^\circ$	$+2, -0$ $+2, -0$ $+10^\circ, -0^\circ$	$+2, -3$ 제한없음 $+10^\circ, -5^\circ$	모든자세	-	a, c, h	
GMAW FCAW	B-U2-GF	U	-	$R = 0$ to 3 $f = 0$ to 3 $\alpha = 60^\circ$	$+2, -0$ $+2, -0$ $+10^\circ, -0^\circ$	$+2, -3$ 제한없음 $+10^\circ, -5^\circ$	모든자세	보호가스 불필요	c, h	
SAW	B-L2c-S	Over 12 to 25	-	$R = 0$ $f =$ 최소 6 $\alpha = 60^\circ$	$R = \pm 0$ $f = +6, -0$ $\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	$+2, -0$ 제한없음 $+10^\circ, -5^\circ$	F	-	c, h	
		Over 25 to 38	-	$R = 0$ $f =$ 최소 10 $\alpha = 60^\circ$						
		Over 38 to 50	-	$R = 0$ $f =$ 최소 12 $\alpha = 60^\circ$						

I형 그루브 용접 (1)
T이음 (T)
모서리이음 (C)

용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 (U=무제한)		그루브 가공			허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고
		T ₁	T ₂	루트 간격	허용치				
					설계 시	조립 시			
SMAW	TC-L1b	최대 6	U	$R = \frac{T_1}{2}$	+2, -0	+2, -3	모든자세	-	a, c
GMAW FCAW	TC-L1-GF	최대 10	U	R=0~3	+2, -0	+2, -3	모든자세	보호가스 불필요	c
SAW	TC-L1-S	최대 10	U	R=0	±0	+2, -0	F	-	c

V형 그루브용접 (2)
맞대기이음 (B)

		허용치	
		설계 시	조립 시
		R = +2, -0	R = +6, -2
		a = +10°, -0°	a = +10°, -5°

용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 (U=무제한)		그루브 가공		허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고
		T ₁	T ₂	루트간격	개선각			
R=10	α=30°	F, V, OH	-	a, h				
R=12	α=20°	F, V, OH	-	a, h				
GMAW FCAW	B-U2a-GF	U	-	R=5	α=30°	F, V, OH	보호가스 필요	h
				R=10	α=30°	F, V, OH	보호가스 불필요	h
				R=6	α=45°	F, V, OH	보호가스 불필요	h
SAW	B-L2a-S	최대 50	-	R=6	α=30°	F	-	h
SAW	B-U2-S	U	-	R=16	α=20°	F	-	h

L형 그루브용접 (4) 맞대기이음 (B)				허용치				
				설계 시	조립 시			
				$R = +2, -0$	$R = +6, -2$			
				$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	$\alpha = +10^\circ, -5^\circ$			
용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 ($U = \text{무제한}$)		그루브 가공		허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고
		T_1	T_2	루트간격	개선각			
SMAW	B-U4a	U	-	$R = 6$	$\alpha = 45^\circ$	F, H	-	a, h, l
				$R = 10$	$\alpha = 30^\circ$	F, H	-	a, h, l
GMAW FCAW	B-U4a-GF	U	-	$R = 5$	$\alpha = 30^\circ$	H	보호가스 필요	h
				$R = 6$	$\alpha = 45^\circ$	H	보호가스 불필요	h
				$R = 10$	$\alpha = 30^\circ$	H	보호가스 불필요	h

L형 그루브용접 (4) T이음 (T) 모서리이음 (C)				허용치				
				설계 시	조립 시			
				$R = +2, -0$	$R = 6, -2$			
				$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	$\alpha = +10^\circ, -5^\circ$			
용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 ($U = \text{무제한}$)		그루브 가공		허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고
		T_1	T_2	루트간격	그루브각도			
SMAW	TC-U4a	U	U	$R = 6$	$\alpha = 45^\circ$	모든자세	-	a, k
				$R = 10$	$\alpha = 30^\circ$	F, OH, H	-	a, k
GMAW FCAW	TC-U4a-GF	U	U	$R = 5$	$\alpha = 30^\circ$	모든자세	보호가스 필요	k
				$R = 10$	$\alpha = 30^\circ$	F	보호가스 불필요	k
				$R = 6$	$\alpha = 45^\circ$	모든자세	보호가스 불필요	k
SAW	TC-U4a-S	U	U	$R = 10$	$\alpha = 30^\circ$	F	-	k
				$R = 6$	$\alpha = 45^\circ$			

L형 그루브용접 (4)
맞대기이음 (B)

용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 (U= 무제한)		그루브 가공			허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고
				루트간격 루트면 개선각	허용치				
		T ₁	T ₂		설계 시	조립 시			
SMAW	B-U4b	U	-	R=0~3 f=0~3 α=45°	+2, -0 +2, -0 +10°, -0°	+2, -3 제한없음 10°, -5°	F, H	-	a, c, h, l
GMAW FCAW	B-U4b-GF	U	-				H	보호가스 불필요	c, h

L형 그루브용접 (4)
T이음 (T)
모서리이음 (C)

용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 (U= 무제한)		그루브 가공			허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고
				루트간격 루트면 개선각	허용치				
		T ₁	T ₂		설계 시	조립 시			
SMAW	TC-U4b	U	U	R=0~3 f=0~3 α=45°	+2, -0 +2, -0 +10°, -0°	+2, -3 제한없음 10°, -5°	모든자세	-	a, c, k
GMAW FCAW	TC-U4b-GF	U	U				모든자세	보호가스 불필요	c, k
SAW	TC-U4b-S	U	U	R=0 f= 최대 6 α=60°	±0 +0, -3 +10°, -0°	+6, -0 ±2 10°, -5°	F	-	c, k

K형 그루브용접 (5)
맞대기이음 (B)

용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 (U= 무제한)		그루브 가공			허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고
		T ₁	T ₂	루트간격 루트면 개선각	허용치				
					설계 시	조립 시			
SMAW	B-U5a	U	-	R=0~3 f=0~3 α=45° β=0°~15°	+2, -0 +2, -0 α+β=+10°, -0°	+2, -3 제한없음 α+β=+10°, -5°	F, H	-	a, c, f, h, l
GMAW FCAW	B-U5-GF	U	-	R=0~3 f=0~3 α=45° β=0°~15°	+2, -0 +2, -0 α+β=+10°, -0°	+2, -3 제한없음 α+β=+10°, -5°	H	보호가스 불필요	c, f, h

K형 그루브용접 (5)
T이음 (T)
모서리이음 (C)

용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 (U= 무제한)		그루브 가공			허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고
		T ₁	T ₂	루트간격 루트면 개선각	허용치				
					설계 시	조립 시			
SMAW	TC-U5b	U	U	R=0~3 f=0~3 α=45°	+2, -0 +2, -0 +10°, -0°	+2, -3 제한없음 +10°, -5°	모든자세	-	a, c, f, k
GMAW FCAW	TC-U5-GF	U	U	R=0 f=최대 5 α=60°	±0 +0, -5 +10°, -0°	+2, -0 ±2 +10°, -5°	모든자세	보호가스 불필요	c, f, k
SAW	TC-U5-S	U	U				F	-	c, f, k

용접 방법		이음 상세기호	모재 두께 (U = 무제한)		그루브 가공				허용치		비고
									설계 시	조립 시	
								$R = +2, -0$	$R = +2, -3$		
								$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	$\alpha = +10^\circ, -5^\circ$		
								$f = \pm 2$	$f = \text{제한없음}$		
								$r = +3, -0$	$r = +3, -0$		

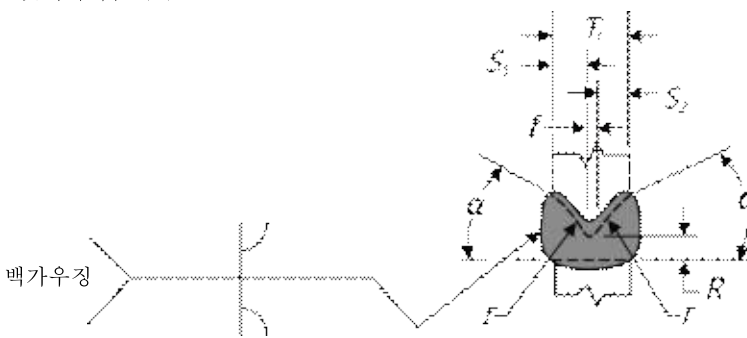
용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 (U = 무제한)		그루브 가공				허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고
		T ₁	T ₂	루트간격	개선각	루트면	반경			
SMAW	B-U6	U	U	$R = 0 \sim 3$	$\alpha = 45^\circ$	$f = 3$	$r = 6$	모든자세	-	a, c, h
				$R = 0 \sim 3$	$\alpha = 20^\circ$	$f = 3$	$r = 6$	F, OH	-	a, c, h
	C-U6	U	U	$R = 0 \sim 3$	$\alpha = 45^\circ$	$f = 3$	$r = 6$	모든자세	-	a, c, k
				$R = 0 \sim 3$	$\alpha = 20^\circ$	$f = 3$	$r = 6$	F, OH	-	a, c, k
GMAW FCAW	B-U6-GF	U	U	$R = 0 \sim 3$	$\alpha = 20^\circ$	$f = 3$	$r = 6$	모든자세	보호가스 불필요	c, h
	C-U6-GF	U	U	$R = 0 \sim 3$	$\alpha = 20^\circ$	$f = 3$	$r = 6$	모든자세	보호가스 불필요	c, k
SAW	B-U6-S	최소 16	최소 16	$R = 0$	$\alpha = 20^\circ$	$f = \text{최소 } 6$	$r = 6$	F	-	c, h
	C-U6-S	최소 16	최소 16	$R = 0$	$\alpha = 20^\circ$	$f = \text{최소 } 6$	$r = 6$	F	-	c, k

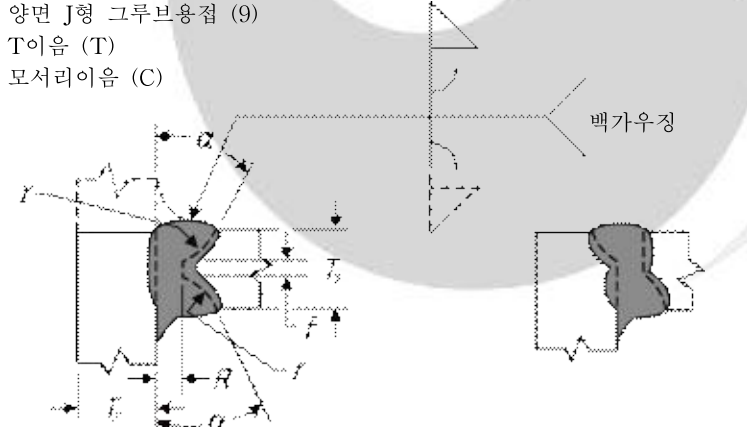
용접 방법		이음 상세기호	모재 두께 (U = 무제한)		그루브 가공				허용치		비고
									설계 시	조립 시	
								B-U7와 B-U7-GF의 경우			
								$R = +2, -0$	$R = +2, -3$		
								$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	$\alpha = +10^\circ, -5^\circ$		
								$f = \pm 2, -0$	$f = \text{무제한}$		
								$r = +6, -0$	$r = \pm 2$		
								B-U7-S 경우			
								$R = \pm 0$	$R = +2, -0$		
								$f = +0, -6$	$f = \pm 2$		

용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 (U = 무제한)		그루브 가공				허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고
		T ₁	T ₂	루트간격	개선각	루트면	반경			
SMAW	B-U7	U	-	$R = 0 \sim 3$	$\alpha = 45^\circ$	$f = 3$	$r = 6$	모든자세	-	a, c, f, h
				$R = 0 \sim 3$	$\alpha = 20^\circ$	$f = 3$	$r = 6$	F, OH	-	a, c, f, h
GMAW FCAW	B-U7-GF	U	-	$R = 0 \sim 3$	$\alpha = 20^\circ$	$f = 3$	$r = 6$	모든자세	보호가스 불필요	c, f, h
SAW	B-U7-S	U	-	$R = 0$	$\alpha = 20^\circ$	$f = \text{최대 } 6$	$r = 6$	F	-	c, f, h

J형 그루브용접 (8) 맞대기이음 (B)											허용치	
											설계 시	조립 시
				$R = +2, -0$			$R = +2, -3$					
				$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$			$\alpha = +10^\circ, -5^\circ$					
				$f = +2, -0$			$f = \text{제한없음}$					
				$r = +6, -0$			$r = \pm 2$					
용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 ($U = \text{무제한}$)		그루브 가공				허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고		
		T_1	T_2	루트간격	개선각	루트면	반경					
SMAW	B-U8	U	-	$R = 0 \text{ to } 3$	$\alpha = 45^\circ$	$f = 3$	$r = 10$	F, H	-	a, c, h, l		
GMAW FCAW	B-U8-GF	U	-	$R = 0 \text{ to } 3$	$\alpha = 30^\circ$	$f = 3$	$r = 10$	수평자세	보호가스 불필요	c, h		

J형 그루브용접 (8) T이음 (T) 모서리이음 (C)											허용치	
											설계 시	조립 시
				$R = +2, -0$			$R = +2, -3$					
				$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$			$\alpha = +10^\circ, -5^\circ$					
				$f = +2, -0$			$f = \text{제한없음}$					
				$r = +6, -0$			$r = \pm 2$					
용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 ($U = \text{무제한}$)		그루브 가공				허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고		
		T_1	T_2	루트간격	개선각	루트면	반경					
SMAW	TC-U8a	U	U	$R = 0 \sim 3$	$\alpha = 45^\circ$	$f = 3$	$r = 10$	모든자세	-	a, c, h		
				$R = 0 \sim 3$	$\alpha = 30^\circ$	$f = 3$	$r = 10$	F, OH	-	a, c, h		
GMAW FCAW	TC-U8a-GF	U	U	$R = 0 \sim 3$	$\alpha = 30^\circ$	$f = 3$	$r = 10$	모든자세	보호가스 불필요	c, h		
SAW	TC-U8a-S	최소 16	최소 16	$R = 0$	$\alpha = 30^\circ$	$f = \text{최소 } 6$	$r = 10$	F	-	c, h		

양면 J형 그루브용접 (9) 맞대기이음 (B)								허용치		
								설계 시	조립 시	
				$R = +2, -0$	$R = +2, -3$					
				$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	$\alpha = +10^\circ, -5^\circ$					
				$f = +2, -0$	$f = \text{제한없음}$					
				$r = +3, -0$	$r = \pm 2$					
용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 ($U = \text{무제한}$)		그루브 가공				허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고
		T_1	T_2	루트간격	개선각	루트면	반경			
SMAW	B-U9	U	-	$R = 0 \sim 3$	$\alpha = 45^\circ$	$f = 3$	$r = 10$	F, H	-	a, c, f, h, l
GMAW FCAW	B-U9-GF	U	-	$R = 0 \sim 3$	$\alpha = 30^\circ$	$f = 3$	$r = 10$	H	보호가스 불필요	c, f, h

양면 J형 그루브용접 (9) T이음 (T) 모서리이음 (C)								허용치		
								설계 시	조립 시	
				$R = +2, -0$	$R = +2, -3$					
				$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	$\alpha = +10^\circ, -5^\circ$					
				$f = +2, -0$	$f = \text{제한없음}$					
				$r = +3, -0$	$r = \pm 2$					
용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 ($U = \text{무제한}$)		그루브 가공				허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고
		T_1	T_2	루트간격	개선각	루트면	반경			
SMAW	TC-U9a	U	U	$R = 0 \sim 3$	$\alpha = 45^\circ$	$f = 3$	$r = 10$	모든자세	-	a, c, f, k
				$R = 0 \sim 3$	$\alpha = 30^\circ$	$f = 3$	$r = 10$	F, OH	-	c, f, k
GMAW FCAW	TC-U9a-GF	U	U	$R = 0 \sim 3$	$\alpha = 30^\circ$	$f = 3$	$r = 10$	모든자세	보호가스 불필요	c, f, k
SAW	TC-U9a-S	최소10	최소10	$R = 0$	$\alpha = 30^\circ$	$f = 6$	$r = 10$	F	-	c, f, k

V형 그루브용접 (2)
모서리이음 (C)

용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 (U=무제한)		그루브 가공			허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고
		T ₁	T ₂	루트간격 루트면 개선각	허용치				
					설계 시	조립 시			
SMAW	C-U2	U	U	R=0~1/8 f=0~1/8 α=60°	+1/16, -0 +1/16, -0 +10°, -0°	+1/16, -1/8 제한없음 +10°, -5°	모든자세	-	a, c, k
GMAW FCAW	C-U2-GF	U	U	R=0~1/8 f=0~1/8 α=60°	+1/16, -0 +1/16, -0 +10°, -0°	+1/16, -1/8 제한없음 +10°, -5°	모든자세	보호가스 불필요	c, k
SAW	C-U2b-S	최소 1	U	R=0 f=최대 1/4 α=60°	±0 +1/4, -0 +10°, -0°	+1/16, -0 ±1/16 +10°, -5°	F	-	e, k

양면 V형 그루브용접 (3)
맞대기이음 (C)

용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 (U=무제한)		그루브 가공			허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고
		T ₁	T ₂	루트간격 루트면 개선각	허용치				
					설계 시	조립 시			
SMAW	B-U3b	U	-	R=0~1/8 f=0~1/8 α=β=60°	+1/16, -0 +1/16, -0 +10°, -0°	+1/16, -1/8 제한없음 +10°, -5°	모든자세	-	a, c, f, h
GMAW FCAW	B-U3-GF								
SAW	B-U3c-S	U	-	R=0 f=최소1/4 α=β=60°	+1/16, -0 +1/4, -0 +10, -0°	+1/16, -0 +1/4, -0 +10°, -5°	F	-	c, f, h

S₁ : 표 우측 상단 참조
S₂ = T₁ - (S₁ + f)

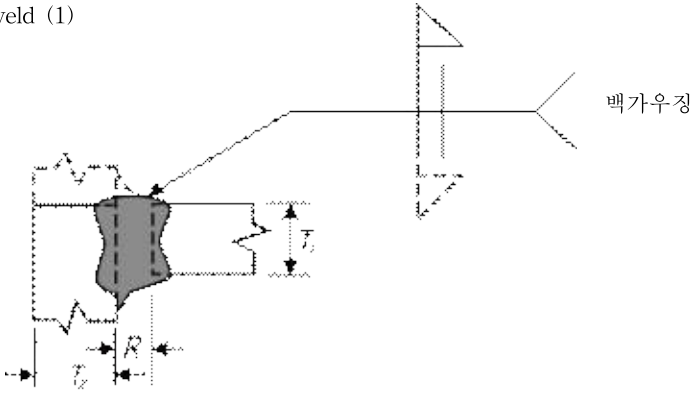
B-U3c-S에만 적용		
T ₁	S ₁	
초과 2	이하 2-1/2	1-3/8
2-1/2	3	1-3/4
3	3-5/8	2-1/8
3-5/8	4	2-1/2
4	4-3/4	2-3/4
4-3/4	5-1/2	3
5-1/2	6-1/4	3-3/4
T ₁ > 6-1/4 또는 T ₁ ≤ 2 경우 S ₁ = 2/3(T ₁ - 1/4)		

용접 방법		이음 상세기호	모재 두께 ($U = \text{무제한}$)		그루브 가공		허용치		비고		
							허용 용접자세	FCAW 보호가스		설계 시	조립 시
										$R = +1/16, -0$	$R = +1/4, -1/16$
							$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	$\alpha = +10^\circ, -5^\circ$			

용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 ($U = \text{무제한}$)		그루브 가공		허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고
		T_1	T_2	루트간격	개선각			
SMAW	C-U2a	U	U	$R = 1/4$	$\alpha = 45^\circ$	모든자세	-	a, k
				$R = 3/8$	$\alpha = 30^\circ$	F, V, OH	-	a, k
				$R = 1/2$	$\alpha = 20^\circ$	F, V, OH	-	a, k
GMAW FCAW	C-U2a-GF	U	U	$R = 3/16$	$\alpha = 30^\circ$	F, V, OH	보호가스 필요	k
				$R = 3/8$	$\alpha = 30^\circ$	F, V, OH	보호가스 불필요	k
				$R = 1/4$	$\alpha = 45^\circ$	F, V, OH	보호가스 불필요	k
SAW	C-L2a-S	최대 2	U	$R = 1/4$	$\alpha = 30^\circ$	F	-	k
SAW	C-U2-S	U	U	$R = 5/8$	$\alpha = 20^\circ$	F	-	k

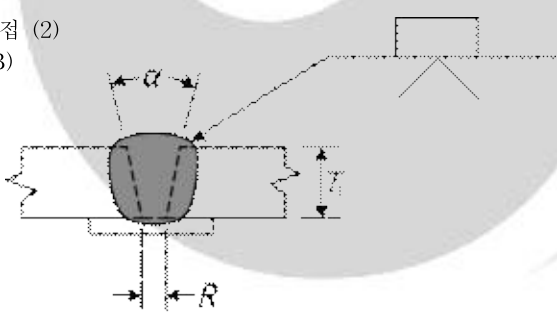
용접 방법		이음 상세기호	모재 두께 ($U = \text{무제한}$)		그루브 가공		허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고	
					루트간격 루트면 개선각	허용치				
						설계 시				조립 시
SMAW	B-U2	U	-	$R = 0 \text{ to } 1/8$ $f = 0 \text{ to } 1/8$ $\alpha = 60^\circ$	$+1/16, -0$ $+1/16, -0$ $+10^\circ, -0^\circ$	$+1/16, -1/8$ 제한없음 $+10^\circ, -5^\circ$	모든자세	-	a, c, h	
GMAW FCAW	B-U2-GF	U	-	$R = 0 \text{ to } 1/8$ $f = 0 \text{ to } 1/8$ $\alpha = 60^\circ$	$+1/16, -0$ $+1/16, -0$ $+10^\circ, -0^\circ$	$+1/16, -1/8$ 제한없음 $+10^\circ, -5^\circ$	모든자세	보호가스 불필요	c, h	
SAW	B-L2c-S	1/2 초과 1 이하	-	$R = 0$ $f = \text{최소 } 1/4$ $\alpha = 60^\circ$	$R = \pm 0$ $f = +1/4, -0$ $\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	$+1/16, -0$ 제한없음 $+10^\circ, -5^\circ$	F	-	c, h	
		1 초과 1-1/2 이하	-	$R = 0$ $f = \text{최소 } 3/8$ $\alpha = 60^\circ$						
		1-1/2 초과 2 이하	-	$R = 0$ $f = \text{최소 } 1/2$ $\alpha = 60^\circ$						

Square-groove weld (1)
T이음 (T)
모서리이음 (C)



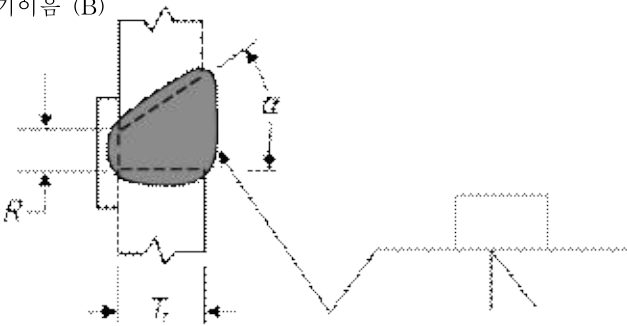
용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 (U=무제한)		그루브 가공			허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고
		T ₁	T ₂	루트간격	허용치				
					설계 시	조립 시			
SMAW	TC-L1b	최대 6	U	$R = \frac{T_1}{2}$	+2, -0	+2, -3	모든자세	-	a, c
GMAW FCAW	TC-L1-GF	최대 10	U	R = 0 to 3	+2, -0	+2, -3	모든자세	보호가스 불필요	c
SAW	TC-L1-S	최대 10	U	R = 0	±0	+2, -0	F	-	c

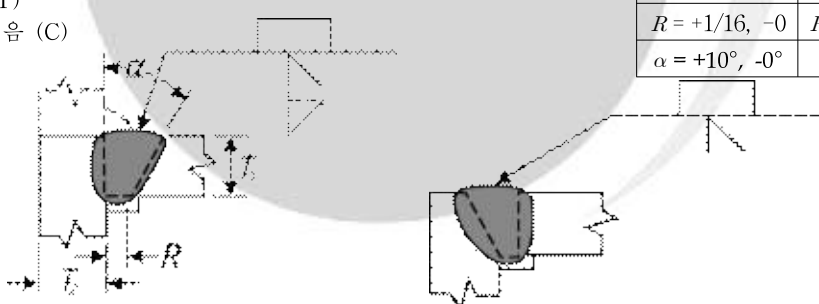
V형 그루브용접 (2)
맞대기이음 (B)



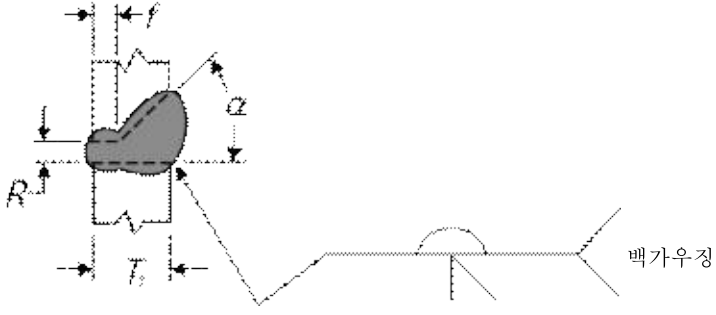
				허용치			
				설계 시	조립 시		
				$R = +1/16, -0$	$R = +1/4, -1/16$		
				$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	$\alpha = +10^\circ, -5^\circ$		

용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 (U=무제한)		그루브 가공		허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고
		T ₁	T ₂	루트간격	그루브각도			
SMAW	B-U2a	U	-	$R = 3/8$	$\alpha = 30^\circ$	F, V, OH	-	a, h
				$R = 1/2$	$\alpha = 20^\circ$	F, V, OH	-	a, h
				GMAW FCAW	B-U2a-GF	U	-	$R = 3/16$
GMAW FCAW	B-U2a-GF	U	-	$R = 3/8$	$\alpha = 30^\circ$	F, V, OH	보호가스 불필요	h
				$R = 1/4$	$\alpha = 45^\circ$	F, V, OH	보호가스 불필요	h
SAW	B-L2a-S	최대 2	-	$R = 1/4$	$\alpha = 30^\circ$	F	-	h
SAW	B-U2-S	U	-	$R = 5/8$	$\alpha = 20^\circ$	F	-	h

L형 그루브용접 (4) 맞대기이음 (B) 					허용치			
					설계 시	조립 시		
					$R = +1/16, -0$	$R = +1/4, -1/16$		
					$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	$\alpha = +10^\circ, -5^\circ$		
용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 ($U = \text{무제한}$)		그루브 가공		허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고
		T_1	T_2	루트간격	개선각			
SMAW	B-U4a	U	-	$R = 1/4$	$\alpha = 45^\circ$	F, H	-	a, h, l
				$R = 3/8$	$\alpha = 30^\circ$	F, H	-	a, h, l
GMAW FCAW	B-U4a-GF	U	-	$R = 3/16$	$\alpha = 30^\circ$	F	보호가스 필요	h
				$R = 1/4$	$\alpha = 45^\circ$	F	보호가스 불필요	h
				$R = 3/8$	$\alpha = 30^\circ$	F	보호가스 불필요	h

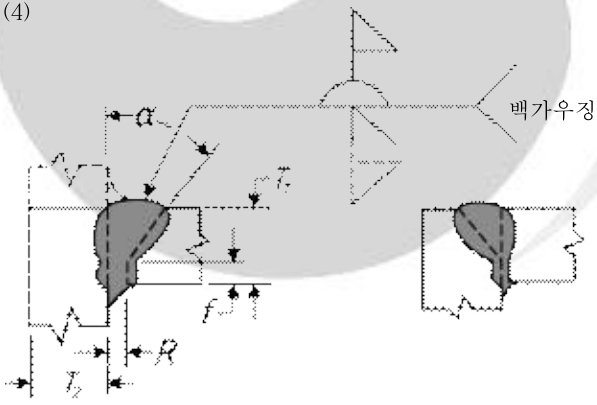
L형 그루브용접 (4) T이음 (T) 모서리이음 (C) 					허용치			
					설계 시	조립 시		
					$R = +1/16, -0$	$R = +1/4, -1/16$		
					$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	$\alpha = +10^\circ, -5^\circ$		
용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 ($U = \text{무제한}$)		그루브 가공		허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고
		T_1	T_2	루트간격	그루브각도			
SMAW	TC-U4a	U	U	$R = 1/4$	$\alpha = 45^\circ$	모든자세	-	a, k
				$R = 3/8$	$\alpha = 30^\circ$	F, OH, H	-	a, k
GMAW FCAW	TC-U4a-GF	U	U	$R = 3/16$	$\alpha = 30^\circ$	모든자세	보호가스 필요	k
				$R = 3/8$	$\alpha = 30^\circ$	F	보호가스 불필요	k
				$R = 1/4$	$\alpha = 45^\circ$	모든자세	보호가스 불필요	k
SAW	TC-U4a-S	U	U	$R = 3/8$	$\alpha = 30^\circ$	F	-	k
				$R = 1/4$	$\alpha = 45^\circ$			

L형 그루브용접 (4)
맞대기이음 (B)



용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 (U=무제한)		그루브 가공			허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고
		T ₁	T ₂	루트간격 루트면 개선각	허용치				
					설계 시	조립 시			
SMAW	B-U4b	U	-	R=0~1/8 f=0~1/8 α=45°	+1/16, -0 +1/16, -0 +10°, -0°	+1/16, -1/8 제한없음 10°, -5°	F, H	-	a, c, h, l
GMAW FCAW	B-U4b-GF	U	-				H	보호가스 불필요	c, h

L형 그루브용접 (4)
T이음 (T)
모서리이음 (C)



용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 (U=무제한)		그루브 가공			허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고
		T ₁	T ₂	루트간격 루트면 개선각	허용치				
					설계 시	조립 시			
SMAW	TC-U4b	U	U	R=0 to 1/8 f=0 to 1/8 α=45°	+1/16, -0 +1/16, -0 +10°, -0°	+1/16, -1/8 제한없음 10°, -5°	모든자세	-	a, c, k
GMAW FCAW	TC-U4b-GF	U	U				모든자세	보호가스 불필요	c, k
SAW	TC-U4b-S	U	U	R=0 f=최대 1/4 α=60°	±0 +0, -1/8 +10°, -0°	+1/4, -0 ±1/16 10°, -5°	F	-	c, k

K형 그루브용접 (5)
맞대기이음 (B)

용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 (U= 무제한)		그루브 가공			허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고
				루트간격 루트면 개선각	허용치				
					설계 시	조립 시			
SMAW	B-U5a	U	-	R=0~1/8 f=0~1/8 α=45° β=0°~15°	+1/16, -0 +1/16, -0 α+β=+10°, -0°	+1/16, -1/8 제한없음 α+β=+10°, -5°	F, H	-	a, c, f, h, l
GMAW FCAW	B-U5-GF	U	-	R=0 to 1/8 f=0 to 1/8 α=45° β=0° to 15°	+1/16, -0 +1/16, -0 α+β=+10°, -0°	+1/16, -1/8 제한없음 α+β=+10°, -5°	H	보호가스 불필요	c, f, h

K형 그루브용접 (5)
T이음 (T)
모서리이음 (C)

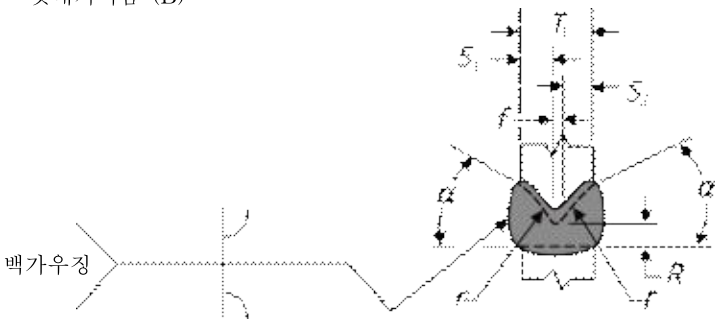
용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 (U= 무제한)		그루브 가공			허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고
				루트간격 루트면 개선각	허용치				
					설계 시	조립 시			
SMAW	TC-U5b	U	U	R=0~1/8 f=0~1/8	+1/16, -0 +1/16, -0	+1/16, -1/8 제한없음	모든자세	-	a, c, f, k
GMAW FCAW	TC-U5-GF	U	U	α=45°	+10°, -0°	+10°, -5°	모든자세	보호가스 불필요	c, f, k
SAW	TC-U5-S	U	U	R=0~1/8 f=최대 3/16 α=60°	±0 +0, -3/16 +10°, -0°	+1/16, -0 ±1/16 +10°, -5°	F	-	c, f, k

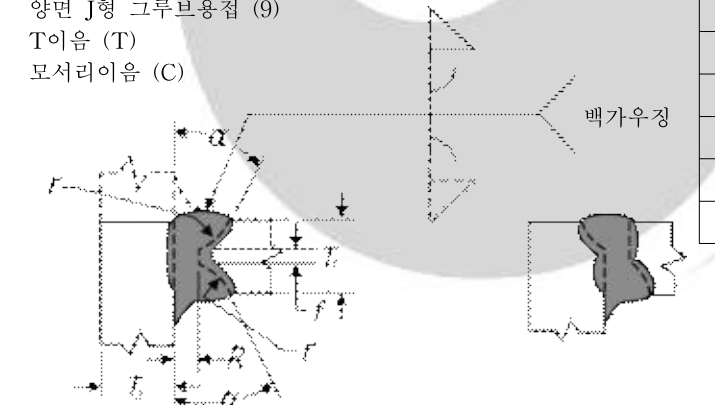
U형 그루브용접 (6) 맞대기이음 (B) 모서리이음 (C)				허용치						
				설계 시	조립 시					
				$R = +1/16, -0$	$R = +1/16, -1/8$					
				$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	$\alpha = +10^\circ, -5^\circ$					
				$f = \pm 1/16$	$f = \text{제한없음}$					
				$r = +1/8, -0$	$r = +1/8, -0$					
용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 ($U = \text{무제한}$)		그루브 가공				허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고
		T_1	T_2	루트	개선각	루트면	반경			
SMAW	B-U6	U	U	$R = 0 \text{ to } 1/8$	$\alpha = 45^\circ$	$f = 1/8$	$r = 1/4$	모든자세	-	a, c, h
				$R = 0 \text{ to } 1/8$	$\alpha = 20^\circ$	$f = 1/8$	$r = 1/4$	F, OH	-	a, c, h
	C-U6	U	U	$R = 0 \text{ to } 1/8$	$\alpha = 45^\circ$	$f = 1/8$	$r = 1/4$	모든자세	-	a, c, k
				$R = 0 \text{ to } 1/8$	$\alpha = 20^\circ$	$f = 1/8$	$r = 1/4$	F, OH	-	a, c, k
GMAW FCAW	B-U6-GF	U	U	$R = 0 \text{ to } 1/8$	$\alpha = 20^\circ$	$f = 1/8$	$r = 1/4$	모든자세	보호자세 불필요	c, h
	B-U6-GF	U	U	$R = 0 \text{ to } 1/8$	$\alpha = 20^\circ$	$f = 1/8$	$r = 1/4$	모든자세	보호자세 불필요	c, k
SAW	B-U6-S	최소 5/8	최소 5/8	$R = 0$	$\alpha = 20^\circ$	$f = \text{최소 } 1/4$	$r = 1/4$	F	-	c, h
	C-U6-S	최소 5/8	최소 5/8	$R = 0$	$\alpha = 20^\circ$	$f = \text{최소 } 1/4$	$r = 1/4$	F	-	c, k

양면 U형 그루브용접 (7) 맞대기이음 (B)				허용치						
				설계 시	조립 시					
				B-U7, B-U7-GF의 경우						
				$R = +1/16, -0$	$R = +1/16, 1/8$					
				$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	$\alpha = +10^\circ, -5^\circ$					
				$f = \pm 1/16, -0$	$f = \text{제한없음}$					
				B-U7-S의 경우						
				$R = \pm 0$	$R = +1/16, -0$					
				$f = +0, -1/4$	$f = \pm 1/16$					
용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 ($U = \text{무제한}$)		그루브 가공				허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고
		T_1	T_2	루트 간격	개선각	루트면	반경			
SMAW	B-U7	U	-	$R = 0 \text{ to } 1/8$	$\alpha = 45^\circ$	$f = 1/8$	$r = 1/4$	모든자세	-	a, c, f, h
				$R = 0 \text{ to } 1/8$	$\alpha = 20^\circ$	$f = 1/8$	$r = 1/4$	F, OH	-	a, c, f, h
GMAW FCAW	B-U7-GF	U	-	$R = 0 \text{ to } 1/8$	$\alpha = 20^\circ$	$f = 1/8$	$r = 1/4$	모든자세	보호자세 불필요	c, f, h
SAW	B-U7-S	U	-	$R = 0$	$\alpha = 20^\circ$	$f = \text{최대 } 1/4$	$r = 1/4$	아래보기 자세	-	c, f, h

J형 그루브용접 (8) 맞대기이음 (B)											허용치	
											설계 시	조립 시
				$R = +1/16, -0$				$R = +1/16, -1/8$				
				$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$				$\alpha = +10^\circ, -5^\circ$				
				$f = +1/16, -0$				$f = \text{제한없음}$				
				$r = +1/4, -0$				$r = \pm 1/16$				
용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 ($U = \text{무제한}$)		그루브 가공				허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고		
		T_1	T_2	루트간격	개선각	루트면	반경					
SMAW	B-U8	U	-	$R = 0 \sim 1/8$	$\alpha = 45^\circ$	$f = 1/8$	$r = 3/8$	F, H	-	a, c, h, l		
GMAW FCAW	B-U8-GF	U	-	$R = 0 \sim 1/8$	$\alpha = 30^\circ$	$f = 1/8$	$r = 3/8$	F	보호자세 불필요	c, h		

J형 그루브용접 (8) T이음 (T) 모서리이음 (C)											허용치	
											설계 시	조립 시
				$R = +1/16, -0$				$R = +1/16, -1/8$				
				$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$				$\alpha = +10^\circ, -5^\circ$				
				$f = +1/16, -0$				$f = \text{제한없음}$				
				$r = +1/4, -0$				$r = \pm 1/16$				
용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 ($U = \text{무제한}$)		그루브 가공				허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고		
		T_1	T_2	루트간격	개선각	루트면	반경					
SMAW	TC-U8a	U	U	$R = 0 \sim 1/8$	$\alpha = 45^\circ$	$f = /8$	$r = 3/8$	모든자세	-	a, c, h		
				$R = 0 \sim 1/8$	$\alpha = 30^\circ$	$f = 1/8$	$r = 3/8$	F, OH	-	a, c, h		
GMAW FCAW	TC-U8a-GF	U	U	$R = 0 \sim 1/8$	$\alpha = 30^\circ$	$f = 1/8$	$r = 3/8$	모든자세	보호자세 불필요	c, h		
SAW	TC-U8a-S	최소 5/8	최소 5/8	$R = 0$	$\alpha = 30^\circ$	$f = \text{최소 } 1/4$	$r = 3/8$	F	-	c, h		

양면 J형 그루브용접 (9) 맞대기이음 (B)						허용치		용접자세	FCAW 보호가스	비고
						설계 시	조립 시			
						$R = +1/16, -0$	$R = +1/16, -1/8$			
						$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	$\alpha = +10^\circ, -5^\circ$			
						$f = +1/16, -0$	$f = \text{제한없음}$			
						$r = +1/8, -0$	$r = \pm 1/16$			
용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 ($U = \text{무제한}$)		그루브 가공				허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고
		T_1	T_2	루트간격	개선각	루트면	반경			
SMAW	B-U9	U	-	$R = 0 \sim 1/8$	$\alpha = 45^\circ$	$f = 1/8$	$r = 3/8$	F, H	-	a, c, h
GMAW FCAW	B-U9-GF	U	-	$R = 0 \sim 1/8$	$\alpha = 30^\circ$	$f = 1/8$	$r = 3/8$	H	보호자세 불필요	c, h

양면 J형 그루브용접 (9) T이음 (T) 모서리이음 (C)						허용치		용접자세	FCAW 보호가스	비고
						설계 시	조립 시			
						$R = +1/16, -0$	$R = +1/16, -1/8$			
						$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	$\alpha = +10^\circ, -5^\circ$			
						$f = +1/16, -0$	$f = \text{제한없음}$			
						$r = +1/8, -0$	$r = \pm 1/16$			
용접 방법	이음 상세기호	모재 두께 ($U = \text{무제한}$)		그루브 가공				허용 용접자세	FCAW 보호가스	비고
		T_1	T_2	루트간격	개선각	루트면	반경			
SMAW	TC-U9a	U	U	$R = 0 \sim 1/8$	$\alpha = 45^\circ$	$f = 1/8$	$r = 3/8$	모든자세	-	a, c, f, k
				$R = 0 \sim 1/8$	$\alpha = 30^\circ$	$f = 1/8$	$r = 3/8$	F, OH	-	c, f, k
GMAW FCAW	TC-U9a-GF	U	U	$R = 0 \sim 1/8$	$\alpha = 30^\circ$	$f = 1/8$	$r = 3/8$	모든자세	보호자세 불필요	c, f, k
SAW	TC-U9a-S	최소 3/8	최소 3/8	$R = 0$	$\alpha = 30^\circ$	$f = 1/4$	$r = 3/8$	아래보기 자세	-	c, f, k

집필위원

성명	소속	성명	소속
- 집필위원			
조재병	경기대학교	배두병	국민대학교
심형보	인천대학교	현동진	(주)평화엔지니어링
- 총괄			
박영석	명지대학교	황훈희	한국도로협회
한종욱	명지대학교	배재현	한국도로협회
이희영	조선대학교		

자문위원

성명	소속	성명	소속
경갑수	한국해양대학교	이정환	현대건설(주)
권영봉	영남대학교	이종세	한양대학교
길흥배	한국도로공사	임영섭	(주)태화프랜트엔지니어링
김영욱	명지대학교	임윤묵	연세대학교
김우종	(주)디엠엔지니어링	장승필	서울대학교
김재홍	(주)수성엔지니어링	장영섭	서울검사
문명국	주식회사 천일	장용수	현대스틸산업(주)
박명균	(주)삼보기술단	정영수	중앙대학교
박상일	화성산업(주)	정충기	서울대학교
박찬희	포스코	정태주	한라대학교
신현목	성균관대학교	조삼덕	한국건설기술연구원
왕희대	(주)흥화	주성문	(주)수성엔지니어링
이의준	(주)흥익기술단		

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
이영호	한국건설기술연구원	김호경	서울대학교
구재동	한국건설기술연구원	김명철	동부엔지니어링
김기현	한국건설기술연구원	김충언	삼현피엔프
김나은	한국건설기술연구원	박찬희	포스코
김재훈	한국건설기술연구원	백인열	가천대학교
김태송	한국건설기술연구원	손윤기	(주)엔비코컨설팅
김희석	한국건설기술연구원	송종걸	강원대학교
류상훈	한국건설기술연구원	오명석	(주)서영엔지니어링

안준혁	한국건설기술연구원	이태현	한국도로공사
원훈일	한국건설기술연구원	조경식	(주)디엠엔지니어링
이상규	한국건설기술연구원		
이승환	한국건설기술연구원		
이여경	한국건설기술연구원		
이용수	한국건설기술연구원		
주영경	한국건설기술연구원		
최봉혁	한국건설기술연구원		
허원호	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
곽종원	한국건설기술연구원	이진선	원광대학교
문인기	엠플러스이엔씨(주)	정평기	(주)화인씨이엠테크
박영빈	우성디앤씨	최인준	산하종합기술
신명수	울산과학기술원		

국토교통부

성명	소속	성명	소속
양희관	국토교통부 도로건설과	김로타	국토교통부 도로건설과
최영록	국토교통부 도로건설과		

KCS 24 31 10 : 2023
용집(한계상태설계법)

2023년 9월 12일 제정

소관부서 국토교통부 도로건설과

관련단체 한국도로협회
13647 경기도 성남시 수정구 위례서일로 26(중일라크리움 8층)
Tel : 02-3490-1041 E-mail : poonhee@kroad.or.kr
<http://www.kroad.or.kr>

한국교량및구조공학회
06130 서울특별시 강남구 테헤란로7길 22, 한국과학기술회관 1관 514호
Tel : 02-871-8395 E-mail : kibse@kibse.or.kr
<http://www.kibse.or.kr>

작성기관 한국도로협회
13647 경기도 성남시 수정구 위례서일로 26(중일라크리움 8층)
Tel : 02-3490-1041 E-mail : poonhee@kroad.or.kr
<http://www.kroad.or.kr>

국가건설기준센터
10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)
Tel : 031-910-0444 E-mail : kcsc@kict.re.kr
<http://www.kcsc.re.kr>