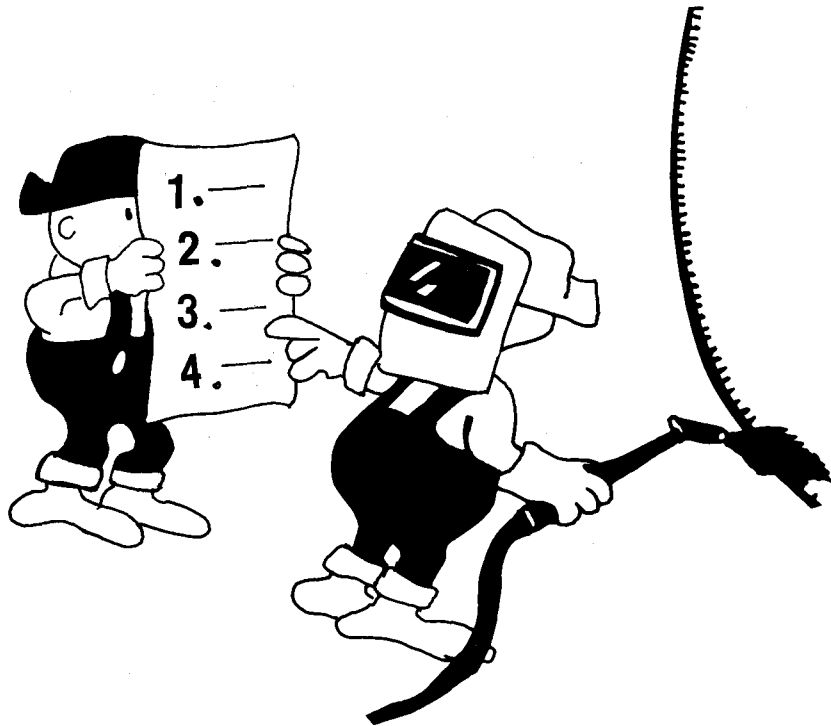


# 일반용접공사 표준작업 요점



용접은 고체상태에 있는 두 개의 금속재료를 열이나 압력 또는 열과 압력을 동시에 가해서 서로 접합을 시키는 기술이며, 금속과 금속을 서로 충분히 접근시키면 이들 사이에는 뉴우튼의 만유인력의 법칙에 따라 금속 원자 간의 인력이 작용하여 서로 결합하게 되는데 이와 같은 결합을 넓은 의미의 용접이라 한다. [편집자 註]

## 제4장 용접 결합

### [1] 용접 결합의 종류

#### (1) 치수상의 결합

- 가] 변형 (각 변화, 휨, 좌굴 등)
- 나] 치수불량
- 다] 형상불량

#### (2) 구조상의 결합

**가] 용접모양 불량**

(언더컷, 오버랩, 크레이터, 비이드 파형 불균일)

**나] 용접균열**

- ① 수축균열
- ② 황균열(SULPHUR CRACK)
- ③ 라미네이션(LAMINATION)
- ④ 비이드 밀터짐(UNDER BEAD CRACK)
- ⑤ 노치 균열(NOTCH CRACK)

**다] 내부 결함**

- ① 기공과 피트(BLOW HOLE PIT)
- ② 슬래그 섞임(SLAG INCLUSION)
- ③ 용입 불량과 융합 불량
- ④ 선상 조직(ICE FLOWER STRUCTURE)
- ⑤ 은점(FISH EYE)

**(3) 성질상의 결함**

**가] 기계적 성질 부족**

강도, 경도, 고온, 크리이프 현상, 피로강도, 인장강도, 내열성, 내마모성 부족

**나] 화학적 성질 부족**

내식성 부족, 조성의 부적당

다] 물리적 성질 부족

전·자기적 성질, 용점 불량 등

**[2] 용접모양의 불량**

**(1) 언더컷(UNDER CUT)**

용접 경계부위에 생기는 가는 홈으로 전류가 세고 운봉속도가 빠를 때 일어나기 쉽다.

**(2) 오버랩(OVERLAP)**

용융된 금속이 모재와 잘 융합되지 않고 표면에 덮여 있는 상태로서 용접전류가 약하고 용접속도가 느릴 때 일어나기 쉽다.

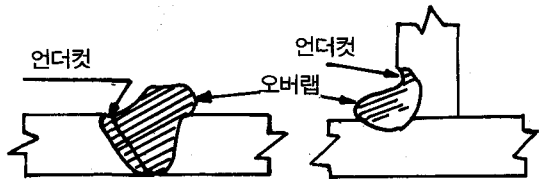
**(3) 크레이터(CRATER)**

용접 비이드 끝에서 응고 수축할 때 생기는 용융상태의 오목한 부분이며 멈출 때 유의한다.

**(4) 특수한 용접모양의 불량**

비이드 외관이 좋지 않은 것을 말하며, 강도에는 별로 관계되지 않으나 외관검사의 주안점으로 가능한한 최선의 상태가 되도록 노력하여야 한다.

따라서 용접전류, 운봉속도, 봉건조 등 용접조건에 항상 유의해야 한다.



**[3] 용접 균열**

**■ 수축균열의 종류**

**가] 비이드 종균열**

(가로균열)

**나] 비이드 횡균열**

(세로균열)

**다] 크레이터 균열(CRATER CRACK)**

종방향, 횡방향, “별모양” 형태

**라] 루트 균열(ROOT CRACK)**

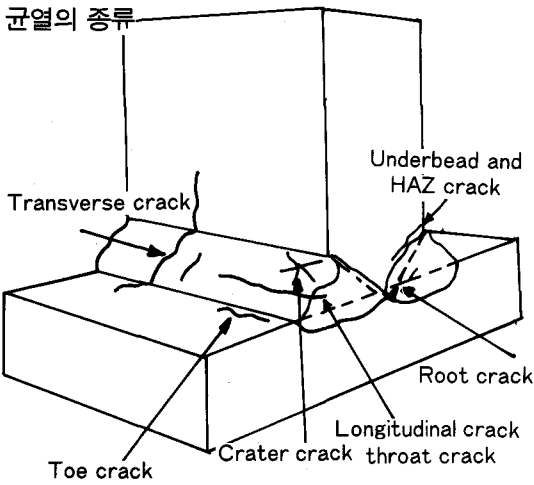
종방향 균열로 과도한 응력이나 너무 블록한 ROOT PASS에 의해 발생

**마] 토우 균열(TOE CRACK)**

구속응력이 최대가 되는 용접부의 가장자리에서 발생하여 성장하며 수소문제로 인한 경우가 많다.

**바] 비이드 밀터짐 및 열영향 부위 균열**

비이드의 바로 밑 용융선에 접근하여 거의 평행하게 모재의 열영향부에 생기는 균열로서 담금질이나 경화성이 강한 재료를 용접할 때 잘 나타난다. 예열후열을 시행하고 저수소계 용접봉을 사용한다.



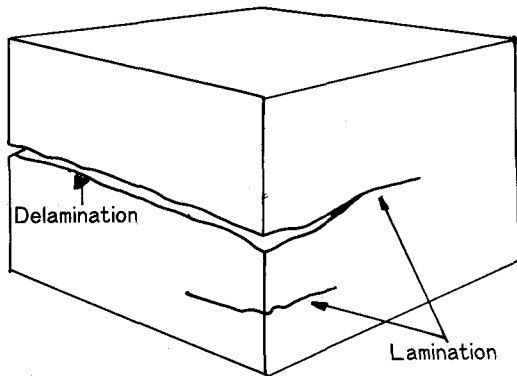
**(2) 횡 균열(SULPHUR CRACK)**

강종의 황이 총상으로 존재하는 설퍼 밴드(SULPHUR BAND) 부분의 모재를 상호용접할 때 나타나는 현상으로 설퍼 밴드층에서 용착 금속 내부로 향하여 균열이 진행된다.

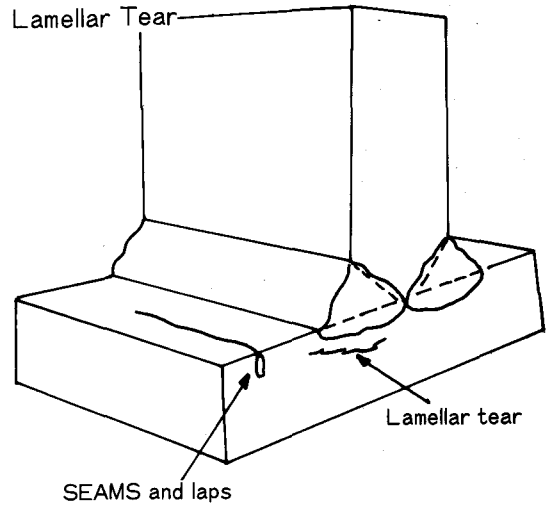
**(3) 라미네이션(LAMINATION)**

모재의 재질결함으로 강괴상태에서 기공이 압착되어 생기는 것으로 층 모양으로 편재하여 강재의 내부결함으로 형성된다. 이 내면에는 불순물의 부착이 많고 또한 수소가 포함되어 있으므로 이 부분이 벌어지고 균열이 발생한다.

용접부분의 흠면을 조사 관찰하고 저수소계 용접봉을 사용하는 것이 좋다.



Delamination Lamination



**(4) 층상 균열(LAMELLAR TEARING)**

모재에서 발생하는 층모양의 균열로 용접하는 동안에 상하 방향(Z)에서의 수축응력에 의해서 발생

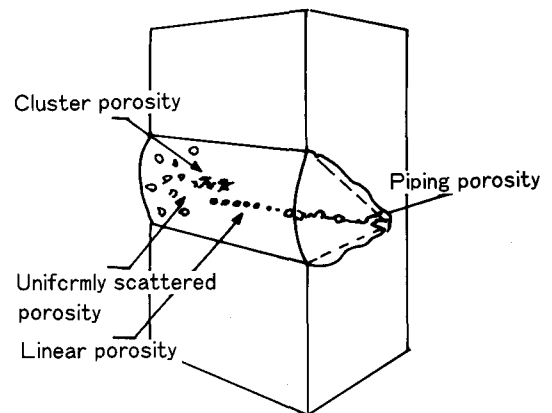
**[4] 내부결함**

**(1) 기공과 핏트(BLOW HOLL PIT)**

가] 용접 공정의 미준수, 보호(SHEILDING) 의 불충분, 과도한 전류

나] 습기찬 용접봉 및 FLUX의 사용, 용접부 이물질(기름, 먼지) 미제거

다] 수소 혼입시 발생



**(2) 슬래그 섞임(SLAG INCLUSION)**

용접속도를 너무 빨리 했을 경우나 슬래그가 자연적으로 접합부에 모이도록 부품이 설계되었을 경우에 발생

**(3) 용입 불량**

용접 전류가 낮을 때 용접 속도가 너무 빠르거나 늦을 때 아크의 위치가 부정확할 때 발생

**(4) 융합 불량**

용접 경계면이 충분히 융합되지 않는 것으로 용접방법의 미숙, 개선처리 미비, 부적당한 이음설계, 용접 절차서의 결핍 등에 의해 발생

**(5) 선상 조직(ICE FLOWER STRUCTURE)**

용접부 파면에 나타나는 조직으로 아주 미세한 주상정이 서리 모양의 줄을 말함

**(6) 은점(FISH EYE)**

용착금속 파면에 나타나는 은백색을 띤 물고기 모양의 결함

**제5장 용접검사**

**[1] 용접검사의 필요성**

용접은 용접열에 의한 모재의 변질, 변형과 수축, 잔류응력의 발생 및 용접부내의 화학성분과 조직의 변화를 어느 정도 피할 수 없으므로 이것을 소홀히 하면 각종 용접 결함이 생기기 쉽다.

일반적으로 용접부의 신뢰성과 건전성을 조사하기 위하여 크게 작업검사(PROCEDURE INSPECTION) 와 수입검사(ACCEPTANCE INSPECTION) 가 있다.

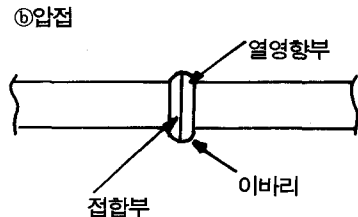
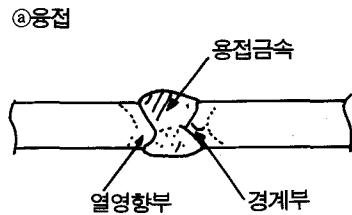
작업검사란 양호한 용접을 하기 위하여 용접 전, 용접중, 용접후에 있어서 용접사의 기능 용접재료, 용접설비, 용접시공 상황, 용접후 열처리 등의 적부를 검사하는 것을 말하며 수입검사란 용접후에 제품이 요구대로 완성되고 있는가의 여부를 검사하는 것이다.

**(1) 용접부에 요구되는 품질과 검사**

용접부에 요구되는 품질에는 모재, 용접금속, 열영향부, 경계부 강도, 연성, 파괴인성, 내식성 등이 있다. 강도에는 사용조건에 따라서 피로강도, 고온강도, 크리프(CREEP) 특성 등이 요구된다.

이외에 용접부의 연성성, 형상 및 건전성(유해한 결함이 없는 것) 이 요구된다.(표 1 참조)

[그림 1] 용접부의 호칭방법



**(2) 용접부에 발생하는 결함**

용접결함이란 용접부에 발생하는 표면 및 내부의 균열, 용입불량 기공 등의 결함과 표면의 형상, 치수불량 등이다.

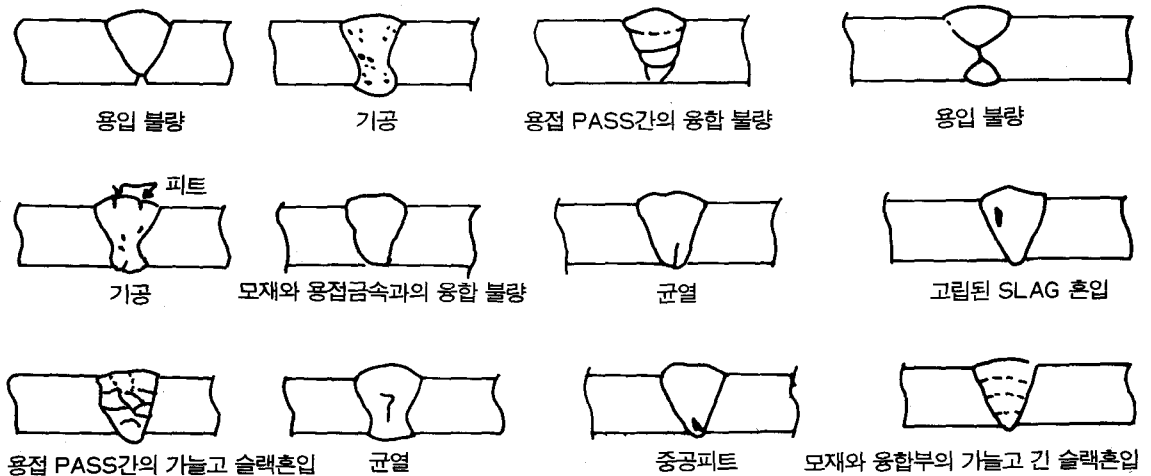
이러한 결함의 발생방식, 즉 발생빈도, 위치, 형상, 치수 등은 모재 용접법, 용접재료, 용접기, 용접조건, 이음의 설계, 이음부 청소, 용접 작업자의 기량, 용접자세에 의해 변한다.

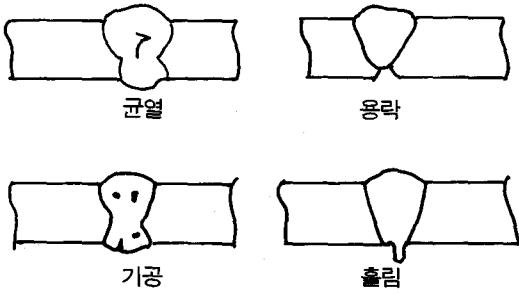
따라서 결함방지 대책 및 검사방법의 상세는 이러한 하나하나를 들어서 충분히 검토하여 결정하지 않으면 안된다.

[표 1] 용접에 의한 결함 원인과 시험검사

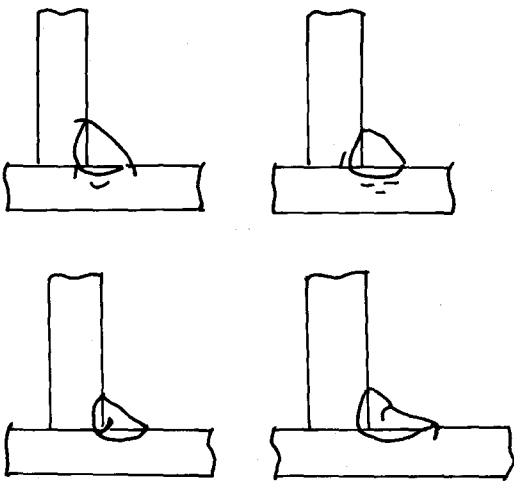
결함의 종류	결함의 원인	시험과 검사법
용접설계 불량	재료선정의 잘못 구조상의 불연속 부적당한 이음형식 사용환경의 오인	시양,도면 CHECK 도면 CHECK, 부재검사 용접전 검사,도면 CHECK
부적당한 시공(PROCESS)	소성가공 불량 부적당한 열처리 재료의 오용 용접재료의 선정,오용	가공검사 열처리 검사,경도검사 재료분별관리 용접시공법 시험
사용환경의 변화 또는 오인	하중 또는 변위 부하 변동 온도 및 온도변화 내압시험 등 특수조건 부식성 물질의 취급 자연환경 부식 자연재해	내압시험 조건 SAMPLE 검사 SAMPLE 검사
용접 결함	형상, 치수 표면결함 내부결함	별도 기술 " "
용접부의 특성 불량	과대한 응력집중 과대한 잔류응력 정적 강도 부족 피로 강도 부족 연성 부족 파괴인성 부족 과도한 경화 과도한 조직변화 성분의 이동 금속조직시험	도면 CHECK STRAIN 측정,용접시공 순서 용접시공법 시험,시험판 시험 피로시험 용접시공법 시험,시험판 시험 샤르피 시험 경도시험 금속조직시험 화학분석,경도시험

[그림 2] 맞대기 이음의 응접결합

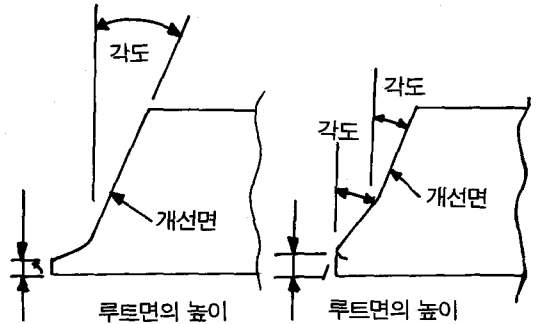
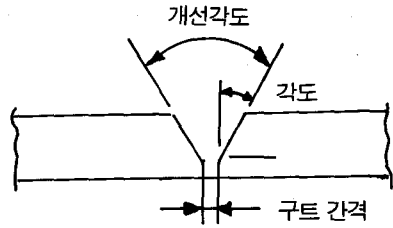




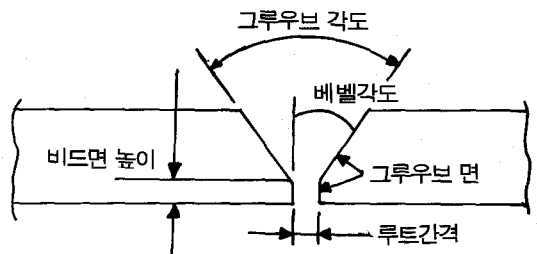
[그림 2] 맞대기 이음의 용접결함



[그림 3] 필릿 이음의 용접 결함



[그림 4] 개선(그루우브) 과 베벨



[그림 5] 용접전 검사의 검사항목

**[2] 용접 전후의 검사**

**(1) 용접전의 검사**

**가] 용접 시공법의 확인**

**나] 재료의 시험과 확인**

**다] 용접전의 기공과 검사**

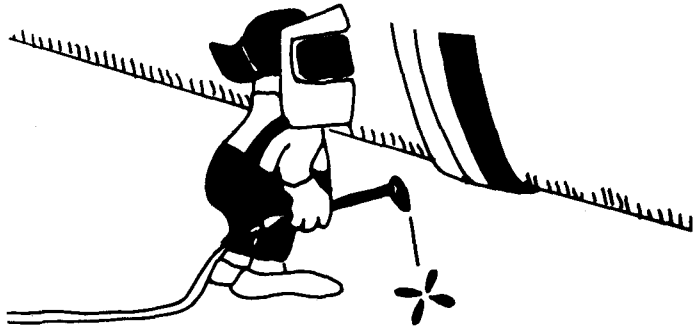
**라] 용접준비와 검사**

- ① 베벨각도, 루트면의 높이 등 개선(groove) 면의 형상치수
- ② 루트간격 및 어긋남
- ③ 부재의 상호 위치 및 각도
- ④ 지그조립 상태
- ⑤ 개선면 유해물질 제거 상태 및 라미네이션 발견시 조치

**(2) 용접중의 검사**

**가] 초층(1 pass)의 검사**

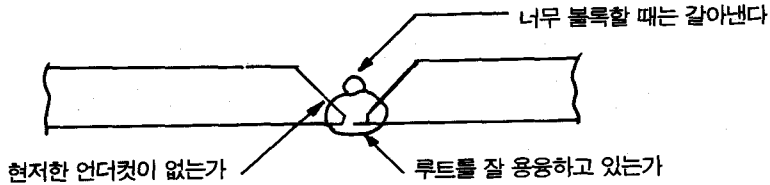
- ① 아크의 길이나 운봉용입의 상태 결합 발생 체크
- ② 슬래그 제거후 육안으로 개선면의 용입상태, 비드표면, 형상체크
- ③ 예열시 예열온도 및 열영향 범위 확인하여 온도는 접촉 온도계(TEMPILSTICK) 등으로 계측한다.



[표 2] 용접 결함 및 관련용어의 정의

용접결함	용어의 정의
ARC STRIKES	아크 용접시 최초로 아크를 발생시키는 일 또는 모재 위에 순간적으로 아크를 뛰게 하고 끊는 일
언 더 컷	용접의 지단에서 모재가 파어져 용착금속이 채워지지 않고 긴홀로 남아 있는 부분
이 바 리	맞대기 저항 용접 등에서 용융금속이 밀려나와 용착부의 둘레에 응고된 것. 그냥 바라라고도 한다.
오 버 랩	용착금속이 모재에 융합되지 않고 겹쳐진 부분
은 점	용착금속 파면에 나타나는 은백색을 띤 물고기 눈 모양의 결함
슬 랙 흔 입	용착금속 내부 또는 모재와의 융합부에 슬랙이 남는 것
선 상 조 직	용접부 파면에 나타나는 조직으로 아주 미세한 주상정이 서리모양의 줄을 말하며, 그 사이에는 현미경적인 비금속 개재물이 존재해 있다. 이 조직을 나타내는 파면을 선상파면이라고도 한다.
다 공 성	용접금속중의 BLOW HOLE(기공)이나 공간의 밀집도
팅 스텐 흔 입	TIG 용접에 있어서 용접 시작시 또는 사용 텅스텐 전극의 일부가 용착 비드에 혼입된 것
용 락	완전히 용입되지 않으면 안되는 용접부에 용입되지 않은 부분이 있는 것
피 트	용접부 표면에 생기는 작고 오목한 구멍
비 드 밀 균 열	열영향부에 생기는 균열의 일종으로 모재표면까지 가지 않은 것으로 일반적으로 비드에 아주 근접하다.
BLOW HOLE	용접금속중에 가스에 의해 생긴 구멍
용 합 불 량	용접 경계면이 충분히 융합되지 않는 것
용 접 성	모재의 재질이 용접에 적당한가 어떤가의 정도
용 접 변 형	그루우브 또는 필릿 용접의 치수 이상으로 표면까지 올라간 용착금속
덧 불 입	그루우브 또는 필릿 용접의 치수 이상으로 표면까지 올라간 용착금속
형 굽 힘 시험	지그를 이용하여 굽히는 시험으로 표면 굽힘, 이면굽힘, 측면굽힘 시험이 있다.
자유굽힘 시험	초기의 굽힘만을 주고난 후에 지그를 사용하지 않고 시험편의 양단에서 압력을 가한후 자유롭게 굽히는 시험
롤러굽힘 시험	롤러를 눌러 굽히는 시험
표면굽힘 시험	맞대기 용접 이음의 표면이 인장되도록 굽히는 시험
측면굽힘 시험	맞대기 용접 이음의 측면이 인장되도록 굽히는 시험
크 레 이 터	비드의 끝부분이 오목하게 파인 것
열 영 향 부	용접이나 절단 등의 열에 의해 금속조직이나 기계적 성질이 변화를 받은 용융되지 않은 모재의 부분
모 재	용접 또는 절단되는 부재
용 접 금 속	용접부의 일부로서 용접중에 용융 응고된 금속
용 접 부	용접금속 및 열영향부를 포함한 부분의 총칭
용 착 금 속	용접조작에 의해 용가재로부터 모재에 용착된 금속
용 착 부	용착부 가운데서 용접중에 용융 응고된 부분
균 열 감 수 성	용접 균열을 일으키기 쉬운 성질
이 면 굽 힘 시험	맞대기 용접 이음의 표면의 뒷면이 인장되도록 굽히는 시험

[그림 6] 초층의 검사항목



**나] 중간 패스의 검사**

전 패스의 슬래그를 제거하고 결합 유무를 눈으로 체크하고 선행 패스 및 모재가 충분히 용합되도록 용접이 행하여지는지를 확인한다.

**다] 최종층(FINAL PASS)**

중간 패스의 검사 방법을 적용

**라] 이면 파내기 검사(BACK GOUGING)**

① 맞대기 양면 용접에서 가접 및 초층 용접시의 표면 용접결함을 제거할 목적으로 적용한다.

② 치핑햄머, 가스 가우징, 아크 에어 가우징 방법이 있다.

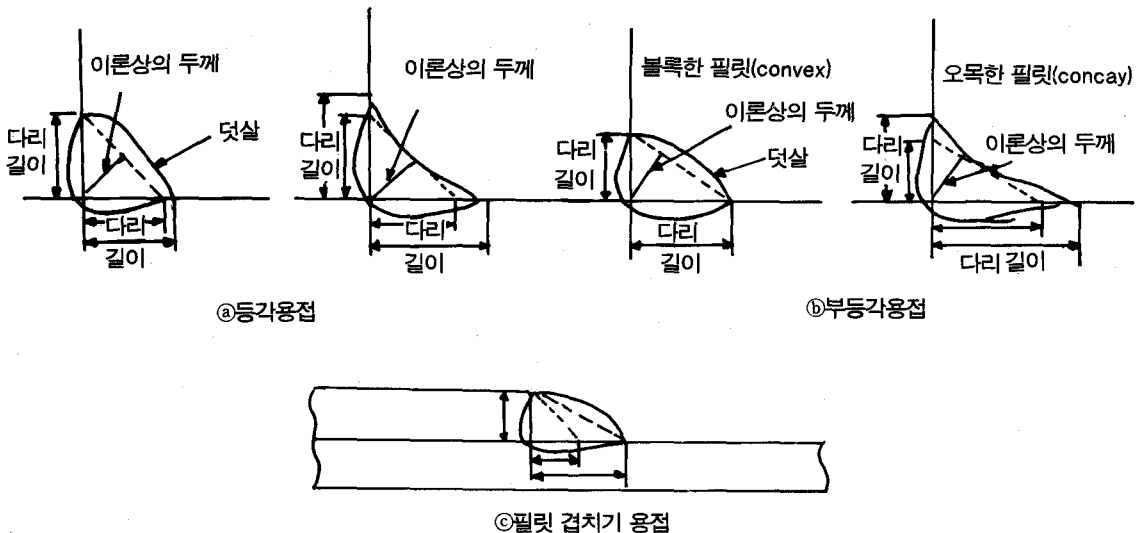
③ 홈의 형상, 표면의 용접결함, 이면파내기에 의한 결함, 부착물의 유무 등에 대하여 행한다.

**(3) 용접후의 검사**

**가] 육안검사**

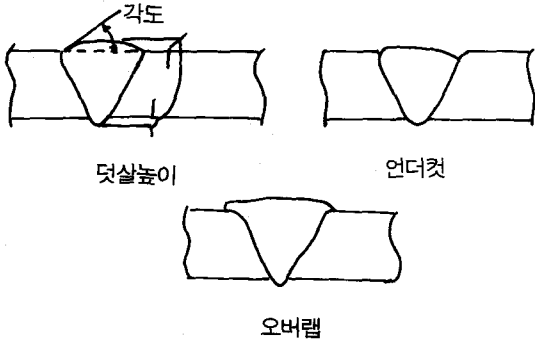
- ① 슬래그, 스파터 제거
- ② 용접부 표면의 형상 불량, 이음부의 불연속, 현저한 언더컷, 처리되지 않는 크레이터 등의 수정상태 검사

[그림 7] 필릿 용접부의 형상





[그림 8] 맞대기 용접 이음의 형상



[3] 시험검사의 구분

(1) 시험검사의 종류

외관검사(육안검사)	VT(Visual Inspection Test)
방사선 투과시험	RT(Radiographic Test)
초음파 탐상시험	UT(Ultrasonic Inspection Test)
자분 탐상시험	MT(Magnetic Particle Inspection Test)
침투 탐상시험	PT(Pentration Inspection Test)
외류 탐상시험	ET(Eddy Current Test)
누설시험	LT(Leak Test)
내압시험	PRT
변형 측정시험	ST
Acoustic Emission 시험 A.E.T	
기계시험(인장시험, 굽힘시험, 충격시험)	
화학분석	
조직검사(마이크로 현미경)	
경로시험	

나) 비파괴 검사

① 비파괴 시험은 용접 완료후 또는 냉각후에 정해진 시간이 경과한 후에 실시

② 용접부가 용접후에 열처리(P.W.H.T:응력 제거 어닐링) 효과를 받은 경우에는 비파괴 시험을 열처리 전에 할 것인지 후에 할 것인지를 미리 결정하여야 한다. 즉 비파괴 시험을 열처리 전에 하면 용접 결함의 보수에 의한 열처리 반복이 방지되거나 서냉 또는 열처리시에 균열, 크랙 등의 결함이 발생할 염려가 있다. 한편 비파괴 검사를 열처리 후에 하면 결함을 발견하는 걱정이 없어지지만 결함 보수에 의한 열처리 작업을 반복해야 하는 문제가 있다.

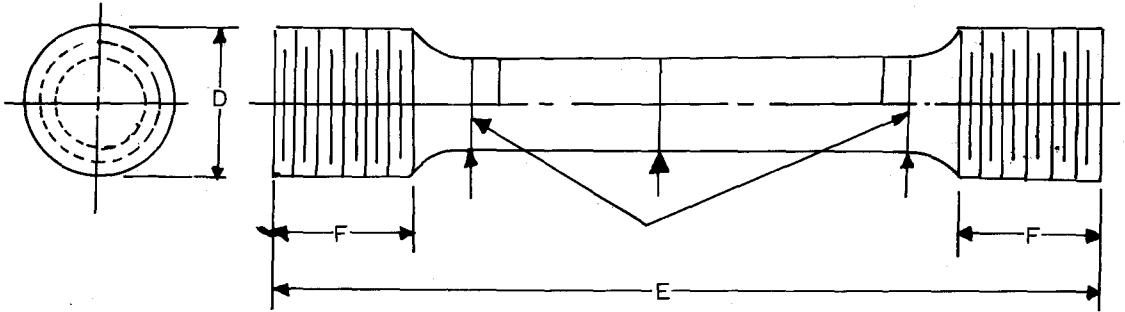
(2) 결함의 종류와 검사방법

(주)

- : 검사방법으로서 적당하다.
- △ : 조건에 따라 결함 검출이 가능하다.
- : 적당하지 않다.
- (1) : 텅스텐의 혼입도 같다.
- (2) : 작고 고립된 검출이 곤란하다.  
: 밀착된 균열은 촬영조건에 따라 검출이 곤란하다.
- ⓐ : 게이지를 사용한다.
- ⓑ : 지그를 사용(언더컷 이면의 경우는 거울 등 사용)한다.  
: 표준 샘플을 이용한다.
- ⓒ : 스케일 등 치수측정 장치를 이용한다.
- ▲ : 라미네이션 검사에 적용한다.

종류	검사방법	VT	PT	MT	UT	RT
변형		ⓐⓑ	-	-		
베벨, 구루브		ⓐⓑ	▲	▲	-	-
용접치수		ⓐ				
용접형상		ⓐ				
제품치수		ⓒ			-	-
기 공	표면	○	-	-	-	-
	내부	-	-	-	○(2)	○
글랙혼입 (1)		-	-	-	○(2)	○
언더컷	표면	ⓐⓑ	-	-	-	-
	이면	ⓑ	-	-	△	○
오버랩		○	-	-	-	-
융합불량		-	-	-	○	○
용입불량		-	-	-	○	○
균열	표면	△	○	○	-	-
	내부	-	-	-	○	○(3)

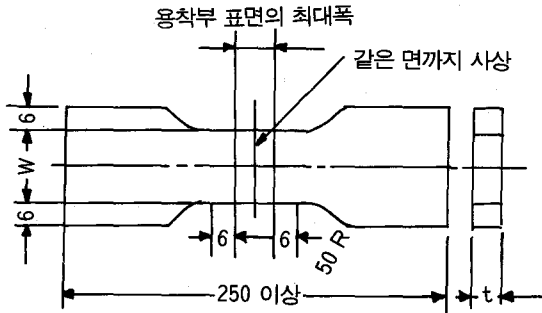
[그림 10] 봉상의 인장 시험편



[4] 파괴검사

(1) 인장시험

용접된 단면으로부터 채취한 판상, 봉상의 시험편을 인장시험기로 파괴될 때까지 하중을 가하여 강도 및 연성을 측정하는 방법으로 용접부에는 대개의 경우 모재와 동등 이상의 강도가 요구된다.



단위 mm  
t W  
<20 40  
≥20 25

[그림 9] 판에 대한 시험편

(2) 용접부의 균일성 시험

가] 노치 시험

나] 자유 벤딩 시험

다] 형틀 굽힘 시험

라] 필렛 용접부 검사

마] 충격시험과 파괴인성 시험

바] 피로 시험

(3) 화학적·야금적 시험

가] 부식시험

나] 화학분석

다] 용접성 시험

(4) 내압·누수시험

가] 내압시험의 목적

설비가 적정압력에 안전하게 견디는 강도를 확인하는 것으로 물을 사용하는 것이 안전하므로 반드시 물을 사용한다.

나] 내압시험과 용접부

내압시험시에는 사용압력의 1.25배 또는 1.5배와 같은 높은 압력이 작용하여 용접부의 결합 유무를 확인

다] 누설시험

내압시험에 의해 압력이 견디는 성질이 확인된 설비에 대해서 유해한 누설이 없는가를 조사하는 것으로 내압시험보다 낮은 압력으로 행하여 진다.

라] 누설시험과 용접부

용접부에서 누설이 일어나는 것은 용접부에 결함이 있으므로 결함의 제거와 용접보수가 필요하다.