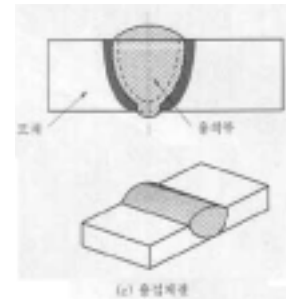
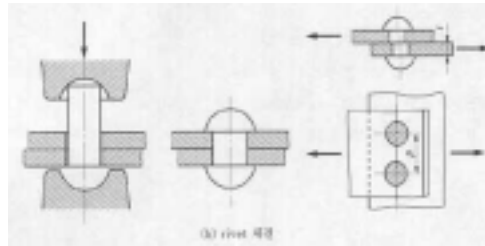
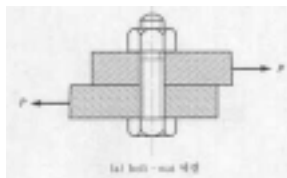


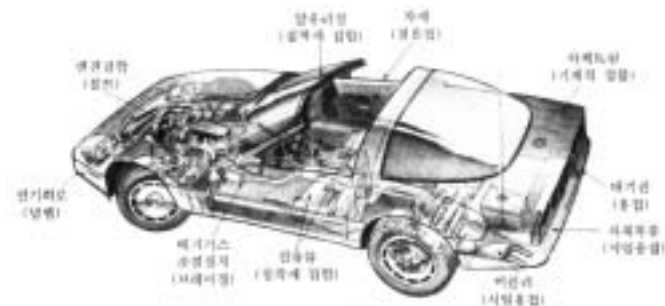
▷ 접합과 이음의 필요성

- 제품 전체를 한번에 만들 수 없는 경우가 대부분
- 가공의 용이성, 경제성등 관점에서 각각 만들어 체결하는 것이 유리
(냄비 : 몸체와 손잡이)
- 제품의 기능상 기계적 성질이 서로 다른 재질의 결합이 필요
(브레이크패드, 라이닝)
- 운반의 용이성, 보관등을 고려, 제품의 분해, 조립이 경제적인 경우
(책장, 자전거등)
- 부품별로 관리 및 수리하는 것이 용이하고 경제적인 경우



▷ 용접법의 분류

용접법	고상용접법
• 아크용접 · 피복 아크 용접(SMAW) · 탄소 아크 용접(CAW) · 플럭스 코어드 아크 용접(FCAW) · 스테드 아크 용접(SW) · 서브머지드 아크 용접(SAW) · MIG 용접(GMAW) · TIG 용접(GTAW) · 플라즈마 아크 용접(PAW) • 가스 용접 • 전자빔 용접 • 레이저 용접 • 일렉트로 슬래그 용접	• 냉간압접 • 폭발용접 • 초음파용접 • 마찰용접 • 관성용접 • 유도용접 • 테르밋용접 • 확산용접 • 맞대기용접 • 플래시용접 • 충격용접 • 점용접 • 시임용접 • 프로텍션용접



10. 접합 공정(용접)

▷ 용접법의 분류



10. 접합 공정(용접)

◎ 용접법

▷ 용접공정의특징

- 장점

- . 재료의 절감
- . 제작 공수의 절감
- . 접합 효율 우수
- . 제품의 경량화
- . 보수 용이
- . 낮은 설비비

- 단점

- . 용접 균열 발생 용이
- . 열영향에 의한 재질 성능 저하
- . 잔류 응력 및 열변형이 발생
- . 영구적인 체결로 임시 분해, 조립 곤란
- . 신뢰성 요구 부분의 경우 UT , MT , PT , X-ray 등에 의한 용접 부위 검사 필요

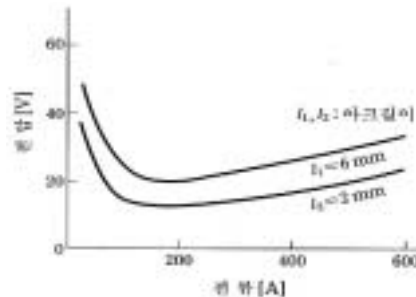
10. 접합 공정(용접)

◎ 아크 용접

- 1800년대 중반에 개발된 전기에너지를 이용한 용접법
- 봉재나 선재의 소모성 전극(용접봉)이나 비소모성 전극 사용
- 직류 또는 교류 전원을 통해 전극의 끝과 피용접부 사이에 아크 발생
- 발생된 아크는 $3,000^{\circ}\text{C}$ 에서 $6,000^{\circ}\text{C}$ 까지로 산소 용접에 비해 고온

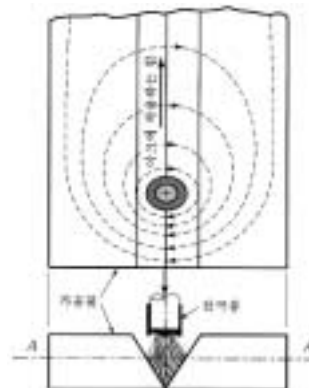
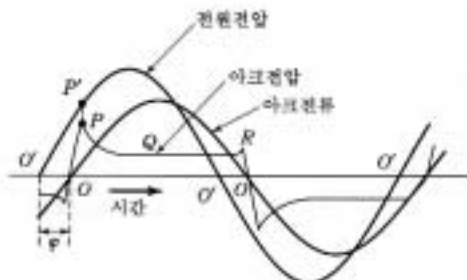
▷ arc

- 저전압, 대전류($50\text{A} \sim 300\text{A}$)
- 에너지 집중도 높아 고온 얻을 수 있어 용접에 이용
- 고온이므로 비중이 주위가스 보다 낮아 위로 부상
=> 弧(Arc)상으로 되기 때문에 arc 라 함.



10. 접합 공정(용접)

- arc 전압 : arc 발생시의 양전극간의 전위차
- arc 전류 : arc 를 통하여 흐르는 전류
- 개로 전압 : 공기 저항을 극복하고 arc 가 발생되는데 필요한 전압
. 교류 arc: $70\text{--}135\text{ V}$, 직류 arc: $50\text{--}80\text{ V}$
- arc 발생후 전압은 저하되어 arc 유지에 필요한 전압은 $20\text{--}30\text{V}$ 정도
=> arc 연속 여부는 피복제의 종류와 관계
- 자기 솔림 : 전류로 인하여 발생한 자기에 의해 아크가 한쪽으로 치우치는 현상
. 직류 사용시 심함.
. 전류 경로의 방향 전환, 자성 재료
용접시 전극의 치우침등에 의해 잘 발생



10. 접합 공정(용접)

▷ arc 용접기

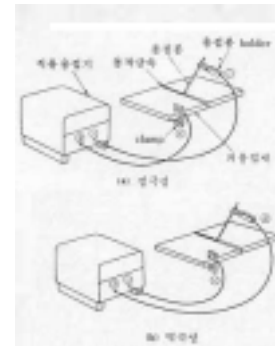
- 교류 arc 용접기

- . 높은 변환기 효율 (85 % 이상)
- . 가격이 저렴하고 장치가 작고 간단하며 작동이 용이
- . 수하 특성 : 부하 전류 증가에 따른 전압 강하

- 직류 arc 용접기

- . 아크 안정성 우수 : 피복재 없이 용접 가능
- . 직류 arc 는 전체 발열량의 60-75% 가 양극에 집중
- . 정극성 : 모재+, 용접봉-, 모재측 용입 깊으나 용접봉 용융 느림, 후판 용접
- . 역극성 : 모재-, 용접봉+, 용접봉 용융 빠르나 모재 용입 얇음. 박판 용접
- 정격 사용률 : 장비 보호를 위한 장치 사용 시간 제한
 $\% \text{ 사용률} = (\text{정격전류} / \text{실제사용전류})^2 \times \text{정격사용률}$

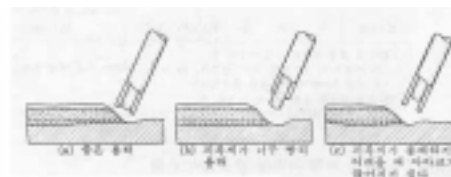
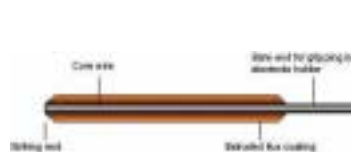
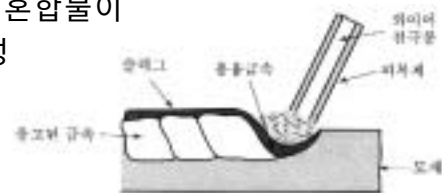
구 분	정 극 성	역 극 성
전 아 봉	음 극	양 극
모재 및 이온화열	아크	아크
용 입 각 성	넓다	좁다
용 입 각 용	용기용	용기용
용 입 각 용	용기용 70%	용기용 30%
용 입 각 용	용기용 30%	용기용 70%
용 입 각 용	용기용	용기용
용 입 각 용	용기용	용기용
용 입 각 용	용기용	용기용



10. 접합 공정(용접)

▷ 피복 금속 아크 용접 (shield metal-arc welding, SMAW)

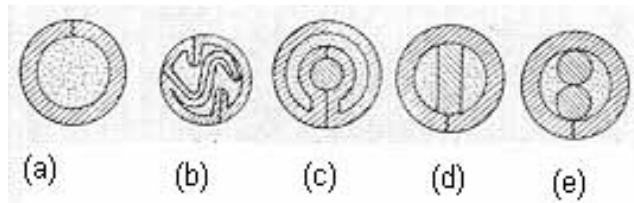
- 가장 오래되고 간단한 방법으로 용접 공정의 50% 이상 차지
- 아크에 의해 모재, 용접봉, 피복재가 녹고 용융 혼합물이 용접부 주변에 응고하여 용접선(weld line) 형성
- 직류 또는 교류 모두 가능
- 용접봉 피복의 역할
 - . 아크의 안정화 : 아크 발생 및 유지
 - . 용착 금속 보호: Gas 발생으로 대기 차단, slag 발생으로 용착 금속 보호
 - . 용착 금속에 필요한 원소 보충: 피복재 속에 적당한 금속 원소 첨가
 용착부 강도 및 내식성 증가
 - . 용착 금속 급냉 방지: slag에 의해 용착 금속 차폐, 냉각 속도 완화
 - . 용융 금속의 정련: 피복재 속의 탈산제가 기공 방지, 기계적 성질 개선
 - . 용접봉 용해 속도, 모재의 용입, 용착 bead 외관 조정
 - . 후피복 용접봉은 위보기 용접 가능케 함



10. 접합 공정(용접)

▷ 전극, 용접봉(electrodes)

- 소모성 전극 아크 용접에 사용되는 용접봉은 용착 금속의 강도, 전류(직류,교류), 피복재 종류에 따라 구분
- 서브머지드 용접시 피복재는 내부 심선보다 늦게 용해되어 용접봉의 끝은 pipe 상으로 남게되고 심선은 그속에서 녹아 모재에 부착됨.
- arc 용접봉의심선 : 저탄소림드강으로 직경1.0-8.0 mm, 주로 3.2 -6.0mm사용
- 아크 용접봉 피복의 종류: 개스 발생식, slag 발생식, 반개스 발생식



flux-cored wire



10. 접합 공정(용접)

- 용접봉기호

E (X)XX X X

(X)XX : minimum tensile strength in 1,000 lbs,
45, 60, 70, 80, 90, 100, 120 등

X : welding position

- a. 1 : All
- b. 2 : Flat and horizontal
- c. 3 : Flat only

X : current, polarity, type of coating 등을지정

- a. 0 : Cellulosic
- b. 1 : Cellulosic + Ca and K
- c. 2 : Titania
- d. 3 : High titania-potassium
- e. 4 : Titania + iron powder
- f. 5 : Low hydrogen (lime)
- g. 6 : Low hydrogen + potassium
- h. 7 : Cellulosic + iron powder
- i. 8 : Low hydrogen + iron powder

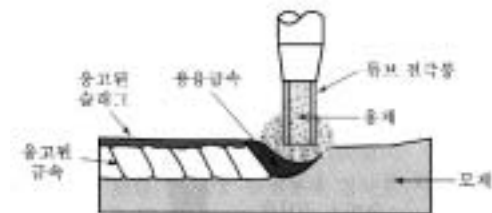
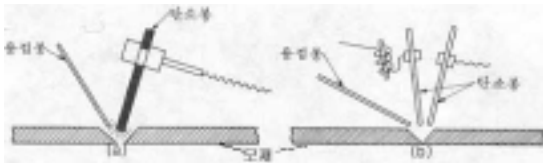
10. 접합 공정(용접)

▷ 탄소 아크 용접(Carbon arc welding)

- 탄소나 흑연으로된 비 소모성 전극 사용
- 직류 전원 사용, 보호 가스 사용 없음
- 박판 비철 금속 용접 및 브레이징에 제한적으로 사용

▷ 플럭스 코어드 아크 용접(Flux-cored Arc Welding, FCAW)

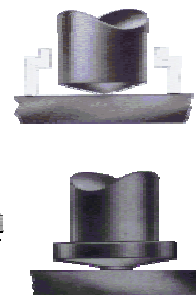
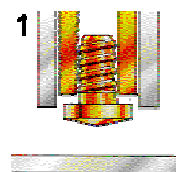
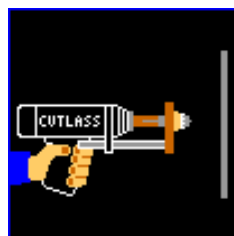
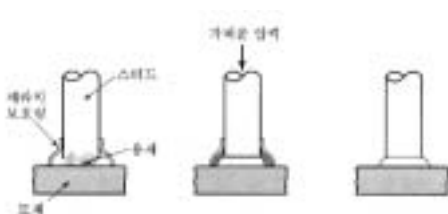
- 관 형상으로된 용접봉 내부에 flux 가 채워져 있음 : 외관상 가스 금속 아크 용접과 유사
- 안정된 아크 발생, 용접 단면이 우수하며 용접 부위 기계적 성질 개선
- 서브머지 아크용접과 가스 금속 용접의 특성을 합쳐 놓은 것과 같은 특성
- 용접봉 내부의 flux 에 의해 용접 부위의 화학적 조성 변경 가능
- 용접의 경제성 우수,



10. 접합 공정(용접)

▷ 스테드 아크용접법

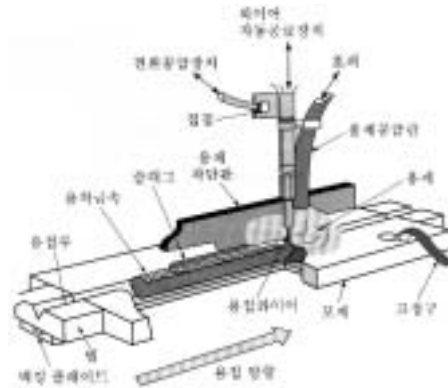
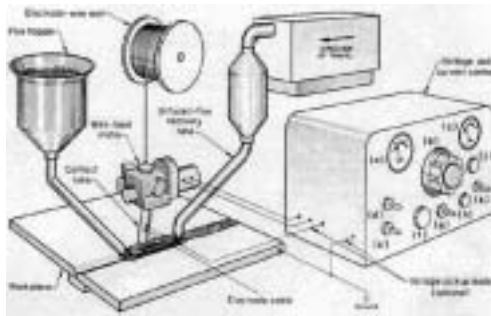
- 평판에 스테드를 용접하는 특수 아크 용접
- stud bolt과 평판사이에 0.1 ~ 2sec 동안 arc를 발생시켜 용융 상태에서 압입하여 접합
- 교류 및 직류 전원 사용
- base metal 두께가 충분하며, 용접시 용접 압력에 대한 저항이 커야 함.
- 가열 시간이 짧기 때문에 열응력은 비교적 작으나 냉각속도가 커서 경화성이 큰 모재는 예열 필요.
- 용접부에 있는 녹, paint 등은 wire brush로 제거한 후 용접 시행



10. 접합 공정(용접)

▷ 서브머지드 아크용접(submerged arc welding, SAW)

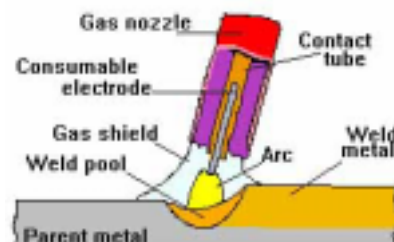
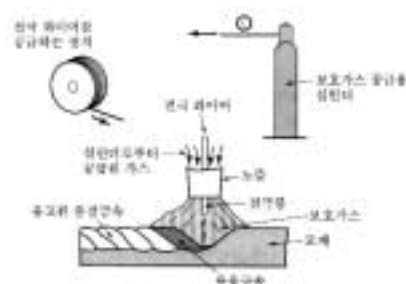
- 자동 공급되는 용접봉 앞에 용제가 산포되고 그 속에서 아크 발생, 자동 용접
- 용접부는 외부 공기층과 완전히 차단 : 복사열이나 연기가 많이 나지 않음
- 용융된 용제는 강력한 정련작용 및 보온작용
- slag는 용착 금속 표면을 덮은 상태로 냉각되어 용접부 기계적성질이 개선됨
- 특징
 - . 자동 용접으로 용접 이음의 신뢰도 높음
 - . 적당한 와이어와 플럭스의 사용으로 용착부의 성질 개선
 - . 에너지의 손실 低, 용접 속도 고속
 - . 용접 재료 소비가 적어 경제적, 용접 변형도 작음
 - . 적용 범위가 좁음 (아래 보기, 긴직선부)
 - . 용접홈의 가공이 중요



10. 접합 공정(용접)

▷ 가스 금속 아크용접(gas metal-arc welding, GMAW, MIG)

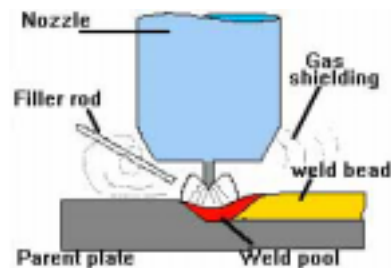
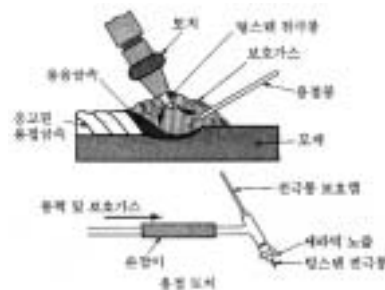
- Ar, He 등 불활성 가스 분위기 속에서 공기의 접촉을 차단하고 모재와 전극 사이에 아크를 일으켜 용접, 직류 전원(와이어가 양극인 역극성) 사용
- 금속선이 전극과 용가재의 역할을 동시에 수행(소모식 용접법)
- 특징
 - . 액상의 용접부의 산화 방지 위해 불활성 기체 이외에 용접봉에 환원제 첨가
 - . 와이어 지름에 비해 큰 전류 사용 (TIG의 2배) 으로 용접속도 빠르고 강한 지향성으로 전자세 용접 가능
 - . 가스 이온의 충돌 => 청정 작용으로 산화막이 강한 금속, 산화되기 쉬운 금속을 용제 없이 용접
 - . 용입 깊고, 외관 미려, Al, Mg등 경합금
 - . 저전압에도 아크안정, 열집중으로 용접 속도 빠르고 능률적, 용접품질 우수



10. 접합 공정(용접)

▷ 가스 텅스텐 아크 용접(Gas Tungsten-Arc Welding. GTAW, TIG)

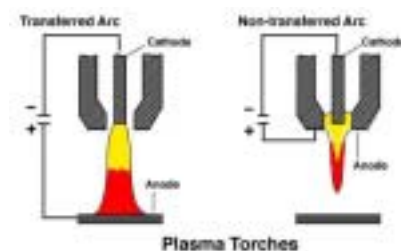
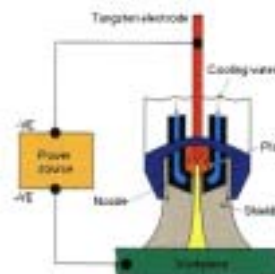
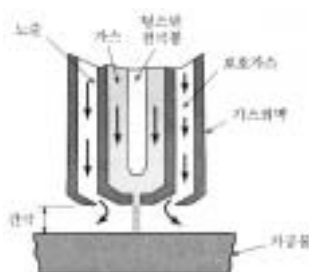
- Ar, He 등과 같은 불활성가스 분위기 속에서 공기 접촉을 차단하면서 모재와 전극사이의 아크열로 용접. 직류, 교류 전류 사용
- . 정극성 : 전자의 충돌로 용입이 깊고, 지름이 작은 전극 사용 가능
- . 역극성 : 가스 이온의 모재 표면 충돌로 용입 얇고 넓으며, 전극은 전자의 충돌로 과열, 정극성보다 4배 큰 전극 필요. 청정효과로 Al, Mg등 용접
- . 알곤이 청정 효과 크다.
- 텅스텐을 전극으로 사용하며 따로 용가재의 공급이 필요한 비소모식 용접법
- 용가재는 피용접부 금속과 유사한 재료로 만들어지며 flux는 사용하지 않음
- 알루미늄, 마그네슘, 티타늄, 내열금속의 용접에 널리 사용되며 얇은 금속의 용접에 적합



10. 접합 공정(용접)

▷ 플라스마 용접(plasma arc welding, PAW)

- 고온으로 가열된 기체 원자는 격심한 운동을 하며, 마침내는 전자와 ion으로 분리됨 => 기체는 도전성을 띠며 이와 같은 gas체를 plasma라 함
- 높은 에너지 집중, 양호한 아크 안정성, 빠른 용접 속도
- 에너지 집중도가 높아 고온(10000~30000°C)을 얻을 수 있고, 용입이 깊고 용접 속도가 높다.
 - 용접홈은 I 형이면 되므로 용접봉 소모가 적고, 용접속도가 높다.
 - 1층 용접으로 완료되므로 능률적.
 - 용접부가 대기로부터 보호되어 기계적 성질 우수.
 - 도전성 및 비도전성 재료의 용접이 가능(plasma jet 용접).

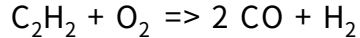


10. 접합 공정(용접)

◎가스 용접법

▷ 산소 용접(oxyfuel gas welding, OFW)

- 가연성 가스 (아세틸렌, 프로판등)와 산소를 혼합, 연소시켜 발생하는 열을 이용하여 금속 접합부를 용융, 접합
- 일반적으로 아세틸렌(C_2H_2)가 발열량이 가장 높아 많이 사용됨.



- 최고 온도 : $3000^{\circ}C$ (아크용접 : $6000^{\circ}C$)

- 단점

- . 열 집중력이 부족하여 효율이 낮음
- . 폭발의 위험
- . 재질의 탄화 및 산화의 우려.
- . 두꺼운 재료에 적용 곤란.
- . 열영향부가 넓고 열변형이 큼

- 장점

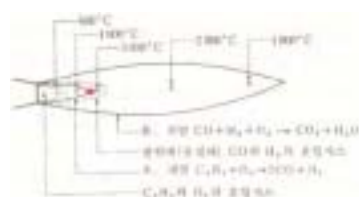
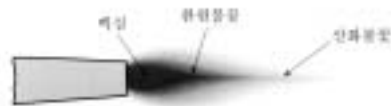
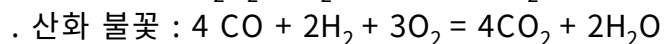
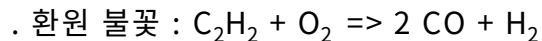
- . 각종 금속에 대한 응용 범위가 넓다.
- . 가열 조절이 비교적 자유롭다
- . 작업이 쉽고 운반이 편리
- . 얇은 재료 용접에 적합
- . 토치 교환만으로 절단, 열처리, 굽힘 가공등에 이용 가능.



10. 접합 공정(용접)

▷ 화염의 종류

- 중성염 : O_2 와 C_2H_2 의 혼합비가 1:1
- 산화염 : 산소 과잉염. 모재를 산화시켜 강도를 저하
- 환원염 : C_2H_2 과잉염. 용접부가 검게 변색 (Carbon)
 - . 주철 용접 및 고속도강 표면 열처리
- 백심 : 청동 용접 및 수소 친화력이 강한 금속 용접



acetylene 과잉화염



중성화염



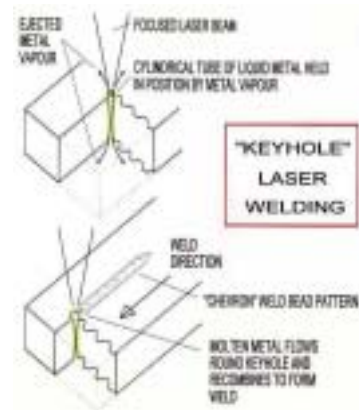
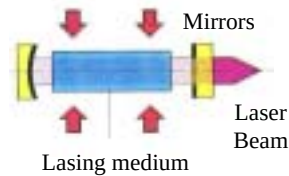
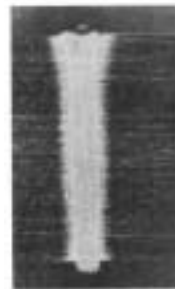
산소 과잉화염



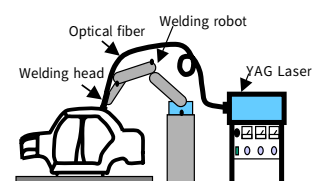


The diagram illustrates the welding process for three types of joints: L JOINT, T JOINT, and LAP JOINT. Each joint is shown in two states: 'BEFORE' (unwelded) and 'AFTER' (welded). The 'AFTER' state shows the weld lines and the resulting shape of the joint.

- L JOINT:** Two plates meeting at a right angle. The 'AFTER' state shows a single V-groove weld.
- T JOINT:** One plate perpendicular to the center of another. The 'AFTER' state shows a T-joint weld.
- LAP JOINT:** Two plates overlapping. The 'AFTER' state shows a lap joint weld.



Cat

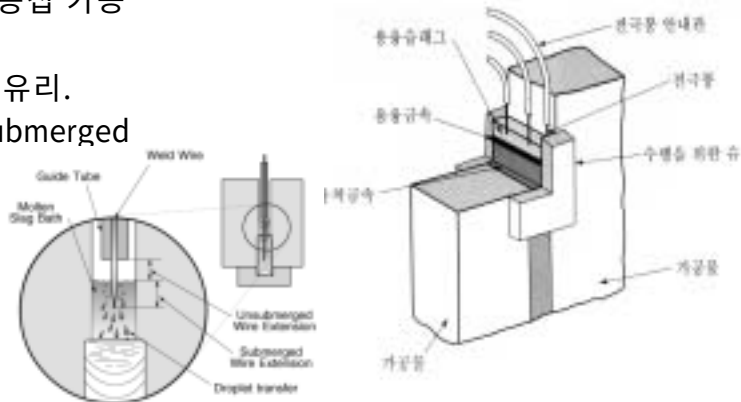


10. 접합 공정(용접)

◎ 일렉트로 슬래그 용접(electroslag welding, ESW)

- 용접봉과 용제 사이의 전기 저항열을 이용하여 용접
- 모재 접합부와 용가재인 전극 wire를 용융시키고, 수냉 동판을 위쪽으로 이동하여 연속 주조 방식에 의해 단층 상진 용접(單層上進熔接)
- 초기에는 용제속의 wire와 모재 하부 사이에서 arc 발생하고, 용제가 용해한 후 저항이 큰 slag가 형성되면서 arc는 사라지고 전기 저항열에 의하여 용접 진행
- 모재의 두께에 따라 wire 수 결정. 용제가 내재된 wire 전극 사용 경우 있음.
- 전류 600A 정도, 전압 40 ~ 50V, 용접 속도 0.2 ~ 0.6mm/sec 정도
- 50 ~ 90mm 두께 정도의 용접 가능
- 특징

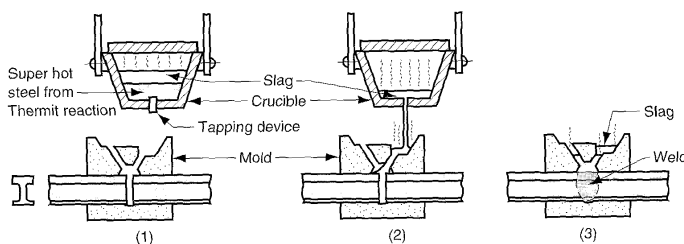
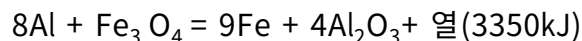
- 두꺼운 판의 수직용접에 유리.
- 홈가공 등이 필요없어 submerged arc 용접에 비하여 유리



10. 접합 공정(용접)

▷ thermit 용접

- 외부로부터 열 공급없이 산화철과 Al 과의 thermit 반응을 이용해 철강재 용접
- thermit 분말(Al 분말과 산화철 Fe_3O_4 를 1:3 정도로 혼합)을 도가니에 넣고 그위에 점화제 (Mg, 과산화바륨)을 놓고 점화하면 약 2800 °C 정도의 순수한 용융철과 slag (Al_2O_3) 생성
- 접합 강도는 비교적 낮으나 용접 작업이 단순하여 용접기구가 간단.
- rail 등과 같이 윤곽이 단순하지 않은 두꺼운 강재의 결합에 매우 유용
- 대형의 broken or cracked casting 의 보수에 매우 유용
- rail 등을 부설한 채로 용접이 가능.
- thermit 반응



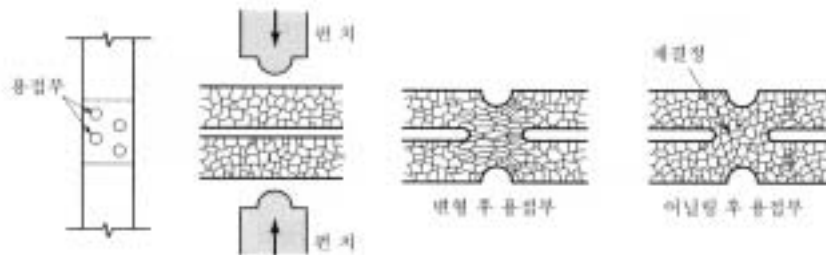
10. 접합 공정(용접)

◎ 압접법

- 접합면을 청정하고 기계적인 힘에 의하여 밀착시켜 원자와 원자의 인력이 작용할 수 있는 거리에 접근시켜서 접합하는 것
- 가열을 하지 않는 냉간압접과 가열하는 열간 압접이 있음
 - . 열간압접 : 전기저항용접, gas 압접, 단접, 마찰용접, 초음파용접, 폭발압접등

▷ 냉간 압접

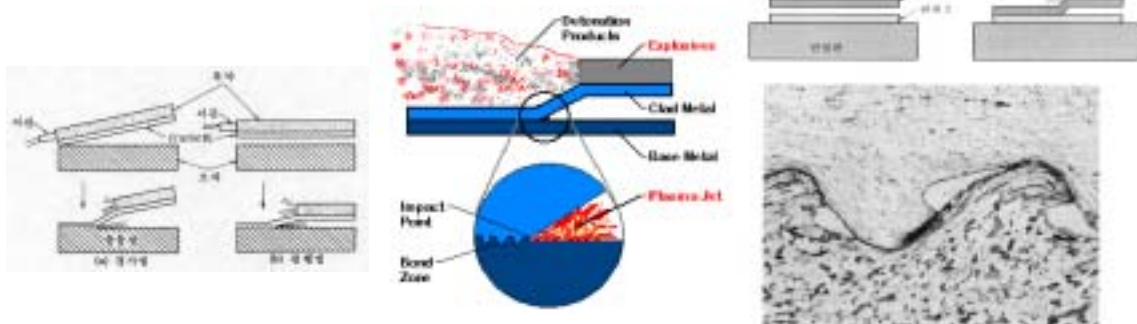
- 가열않고 상온에서 $150 \sim 300\text{kg/mm}^2$ 정도 압력 작용
 - => 면간의 거리를 $\text{\AA}$ ($1\text{\AA}=10^{-8}\text{cm}$) 단위 거리로 접근
 - => 자유전자 공통화, 공정 격자점의 양 ion과의 인력으로 2개 면이 결합
- 접합면의 청정이 중요, 청정 후 1시간 이내에 접합하여 산화막 생성 방지
- Al, Cu, Ag, Pb 및 각종 철강 등에 이용



10. 접합 공정(용접)

▷ 폭발용접

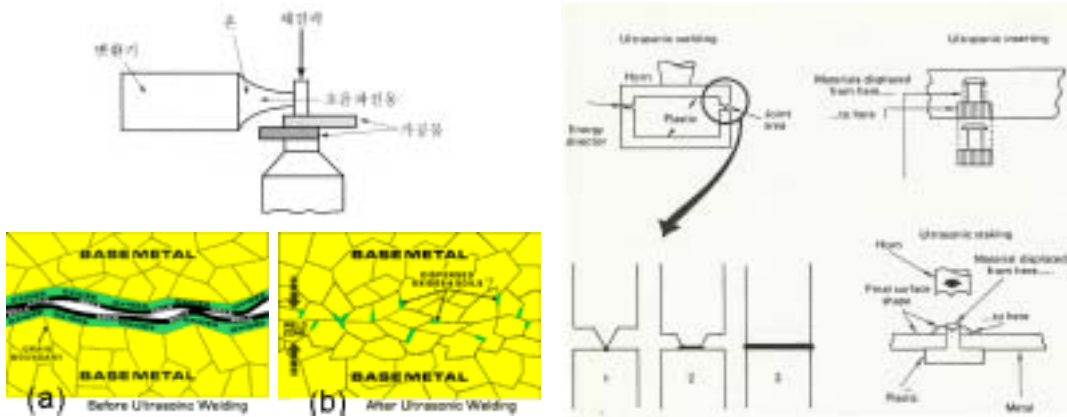
- 화약의 폭발압력에 의하여 2개의 금속판을 접합하는 방법
- 이종재 용접 가능
- 부식 저항이 큰 판을 base metal에 접합, 큰 면적의 접합을 요할 때 적용
- 접합부에 있던 산화 표면막은 액체가 되어 밀려 나옴 => 물결무늬 접합면
- 평행법 과 경사법(상판(上板)을 $3\sim 30^\circ$ 로 경사시켜서 접합)이 있음
- 특징
 - . 이종금속을 포함한 다른 방법으로 용접이 어려운 재료의 용접 가능
 - . 접합 강도가 크고, $6\text{m} \times 2\text{m}$ 정도의 큰 면적 용접 가능
 - . 취급에 위험 수반되어 훈련된 기술자 필요



10. 접합 공정(용접)

▷ 초음파용접

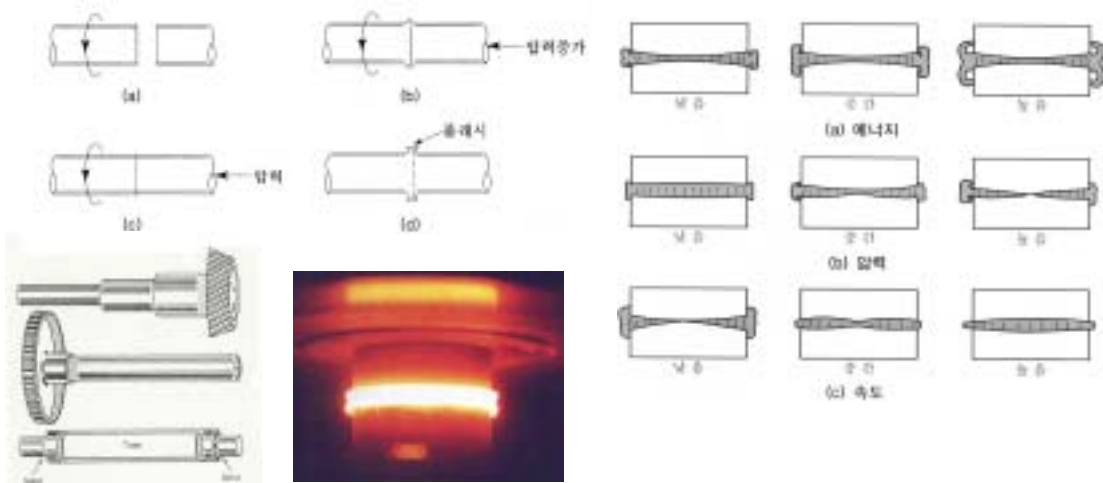
- 접합 소재면에 정하중을 가하면서 10~75 kHz 이상의 초음파 진동을 1~7sec 동안 가해 진동마찰열을 발생시켜 압접
- 발생열의 온도는 보통 용점의 1/3~1/2 정도로 용접부의 열영향이 적음.
- 금속 및 비금속을 비롯한 이종 재료 용접 가능
- 진동과 열에 의하여 용접재 계면의 산화막 및 오염막이 파괴되어 금속간의 접촉상태에서 강력한 결합
- Al, Al-Cu 등의 금속 : 0.01mm~2mm, plastics : 1~5mm의 얇은 제품 용접

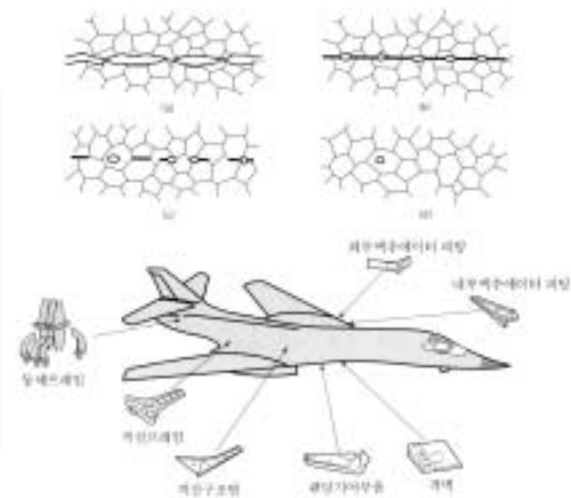


10. 접합 공정(용접)

▷ 마찰용접

- 접합면을 맞대고 압력을 가한 상태에서 회전을 시켜 접합부가 적당한 온도에 달했을 때 회전을 멈추고 가압력을 증가시켜 압접
- 용접부에 있는 산화물 등의 불순물이 마찰 중 밀려 나가 접합 강도가 큼
- 강과 동, 강과 aluminum, 강과 plastics, 동과 aluminum 등 이종금속 용접
- 자동차 valve, drill 등 고급 소재 절삭시, 별도 제작 용접시 편리할 때 사용





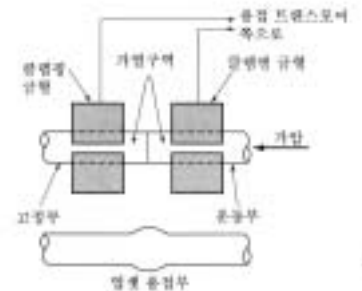
10. 접합 공정(용접)

◎ 전기 저항 용접법

- 용접재를 접촉시켜 적당한 압력을 주면서 통전하여 접촉저항 및 금속자체 비저항에 의해 발생한 열로 가열되었을 때 압력을 가하여 접합
- arc 용접보다 단시간에 대전류 필요하나 용접온도는 arc 용접보다 낮음
- 용접기는 저전압, 대전류 흘림, 가압장치 및 가압제어장치 등이 부설

▷ 업셋 용접

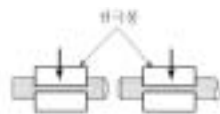
- 모재를 접촉시켜 가압, 통전하면 접촉저항과 고유 저항 열에 의해 압접 온도 도달 => 추가 압력 작용하여 접합하고 전류 차단하여 용접 완료
- 접합 온도는 융점 이하, 가압력을 증가시 적용 온도를 낮게할 수 있다.
- 가압력에도 한계가 있기 때문에 단면이 너무 큰 것의 용접 곤란.
- 특징
 - . 접합면 사이에 산화물 등 불순물 잔류 쉬움.
 - . flash 맞대기 용접에 비하여 용접 속도가 늦음



10. 접합 공정(용접)

▷ 플래시 용접

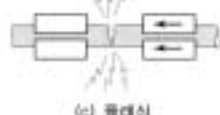
- 모재를 서서히 접근시켜 통전하면 단면의 국부적 돌기에 전류가 집중되어 flash(불꽃) 발생
- 더욱 접근하여 접촉시키면 나머지 부분에서도 flash가 계속 발생되면서 접합된 용융금속이 밖으로 밀려 나오며 미용용부가 upset용접과 같이 접합
- 특징(upset 용접에 비교한 특징)
 - . 가열 범위가 좁아 열영향부가 적음.
 - . 접합면에 산화물이 잔류하지 않음.
 - . 열이 능률적으로 집중 발생하므로 용접 속도가 크고, 소비 전력이 적음



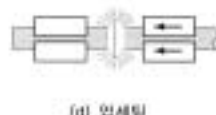
(a) 재료정착



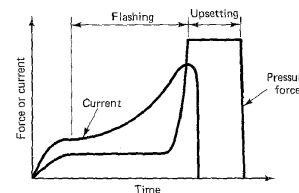
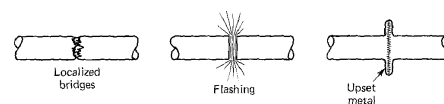
(b) 전류통전



(c) 플래시



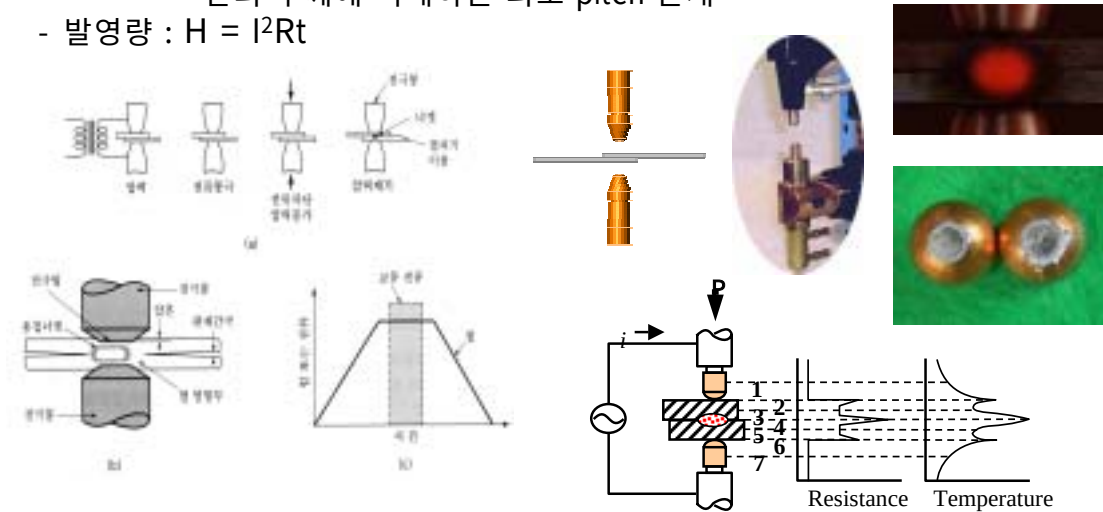
(d) 업셋



10. 접합 공정(용접)

▷ 점 용접

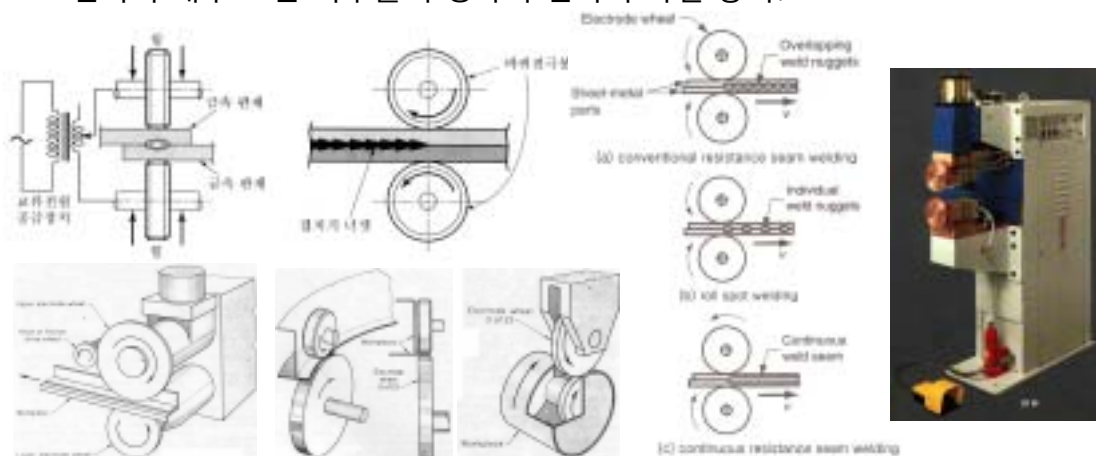
- 판의 점접합을 행하는 용접
- 두 전극간에 2매의 판을 겹쳐서 넣고 가압하면서 통전하여 발생하는 저항열에 의한 용접, 용합부를 **nugget**이라 함.
- 전극 : 통전, 압력 작용, 냉각 작용 필요
=> 전기 및 열전도성이 양호하며, 경도가 큰 특수 동합금 사용
- 용접점 간의 pitch가 너무 작으면 전류가 흘러 용접이 불량
=> 판의 두께에 비례하는 최소 pitch 존재
- 발열량 : $H = I^2 R t$



10. 접합 공정(용접)

▷ 시임 용접

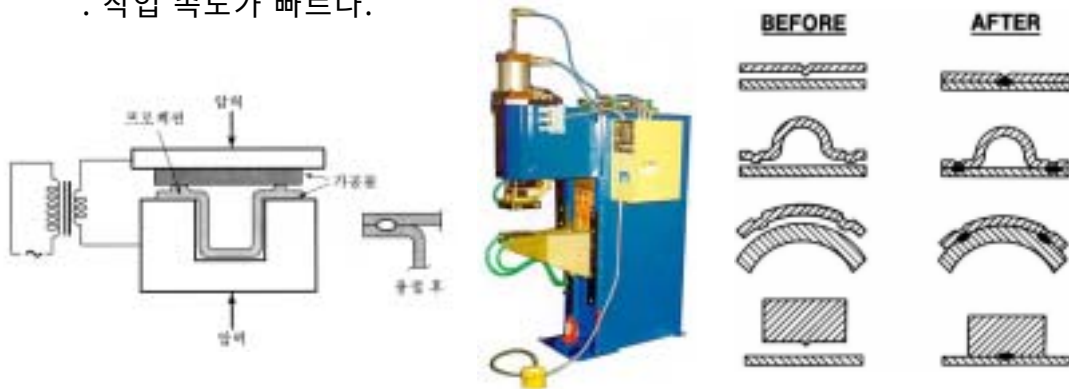
- 원판 전극을 사용하여 용접전류를 공급하면서 가압 회전시켜 점용접을 연속적으로 행하면 선용접인 seam 용접이 됨
- 기밀(氣密)을 요하는 용기 및 관 등의 용접에 이용
- 용접된 인접 용접부로 전류가 흘러 손실되므로 대전류 소요
- 대전류 통전으로 용접부 전체를 용융시키므로 단속적인 통전 사용 많음
- 전극의 내부 또는 외부를 수냉하여 전극이 과열 방지.



10. 접합 공정(용접)

▷ 프로젝션 용접

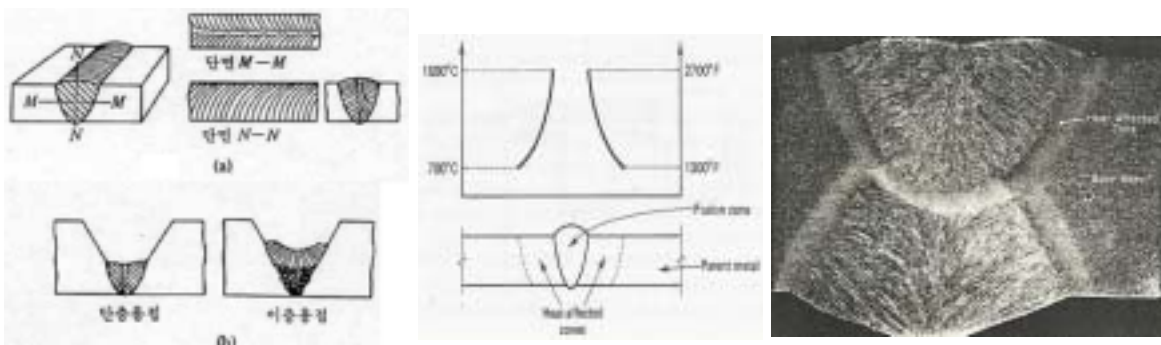
- 금속판의 한쪽 또는 양쪽에 돌기부를 만들고 가압하면서 통전하면 돌기부에 전류가 집중되어 용접온도에 달할 때 가압력을 증가시켜 일시에 다점(多點) 용접을 할 수 있는 용접
- 두꺼운 판과 얇은 판을 용접할 때에는 두꺼운 판에 돌기(projection) 가공
- 특징
 - . 판재 두께가 다른 것도 용접 (두꺼운 판에 projection을 가공)
 - . 열전도율이 다른 금속의 용접 가능(열전도율이 큰 판에 projection을 가공)
 - . pitch가 작은 용접이 가능
 - . 전류와 가압력이 각 점에 균일하므로 용접의 신뢰도 높음
 - . 작업 속도가 빠르다.



10. 접합 공정(용접)

◎ 용접 금속학

- 용접부: 모재, 열영향부, 용합부로 구분
- ▷ 용착 금속의 응고
 - 용융금속이 응고할 때 접촉면 직각 방향으로 결정이 성장하며, 용접의 진행 방향에 경사지게 주상(柱狀)을 이룸 => 주조와 비슷한 수지상정의형성
 - 1층 용접 bead에 다시 2층 용접을 하면 1층 bead의 금속은 고상동소변태점 (철 : 910°C, 강 : 730°C)을 지나 냉각, 하층의 bead 금속은 미세화
- ▷ 열영향부(HAZ, Heat Affected Zone)
 - 높은 용접 온도로 인해 모재 부위에 원래 금속 조직과 다른 미세 조직 형성
 - 용접부와 가까이 있는 결정립은 주상조직으로 성장 => 강도저하



10. 접합 공정(용접)

◎ 용접 결함과 검사

▷ 용접성

- 주어진 성질과 특성을 가진 구조물로 용접될 수 있고, 용접 후에는 사용 조건을 만족시킬 수 있는 능력
- 모재와 용가재의 합금 원소, 불순물, 개재물, 결정립 조직, 가공공정의 변화에 큰 영향

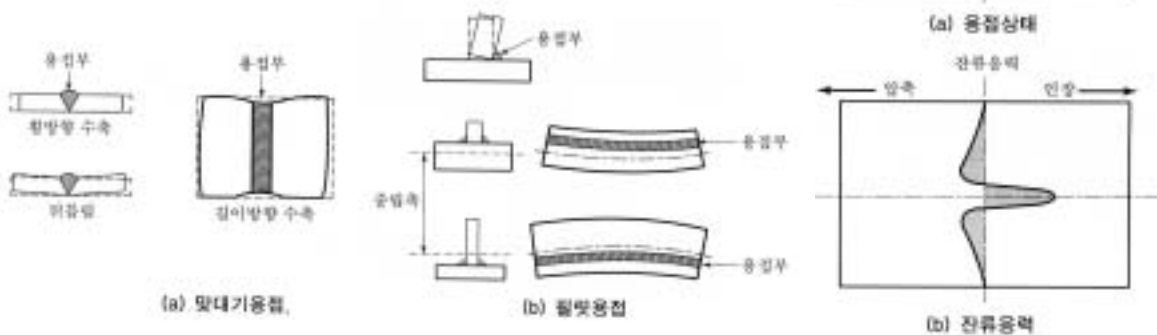
▷ 용접결함

- 역학적 원인:
 - . 온도구배에 의한 열응력
 - . 변태에 의한 체적변화
 - . 구조상 또는 판재의 두께에 의한 내외부의 작용력
- 금속학적 원인:
 - . 열영향에 의한 모재의 취화
 - . 응고시 입계에 존재하는 P, S, Sn, Cu, Zn 등의 편석에 의한 취화
 - . 용접시에 침입한 H_2 에 의한 취화

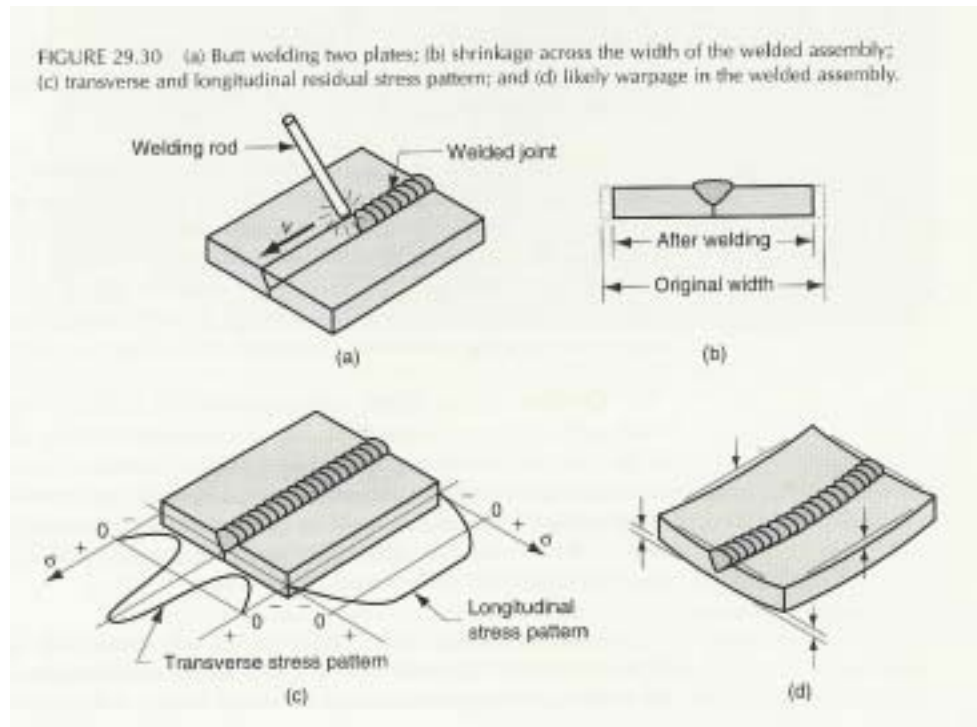
10. 접합 공정(용접)

▷ 뒤틀림과 잔류응력

- 단시간의 가열, 냉각 및 용착금속의 수축 등으로 변형과 잔류응력 발생
=> 용접설계와 시공법에 관한 연구 필요
- 용접공정의 복잡성
 - . 가열이 매우 국부적임
 - . 모재의 용융도 매우 국부적으로 일어남
 - . 가열과 용융이 일어나는 부위가 이동
- 인장 잔류 응력은 취성파괴와 피로파괴의 원인
- 잔류응력 제거 : 열처리, 스프링, 해머링, 비드 표면 압연등



10. 접합 공정(용접)

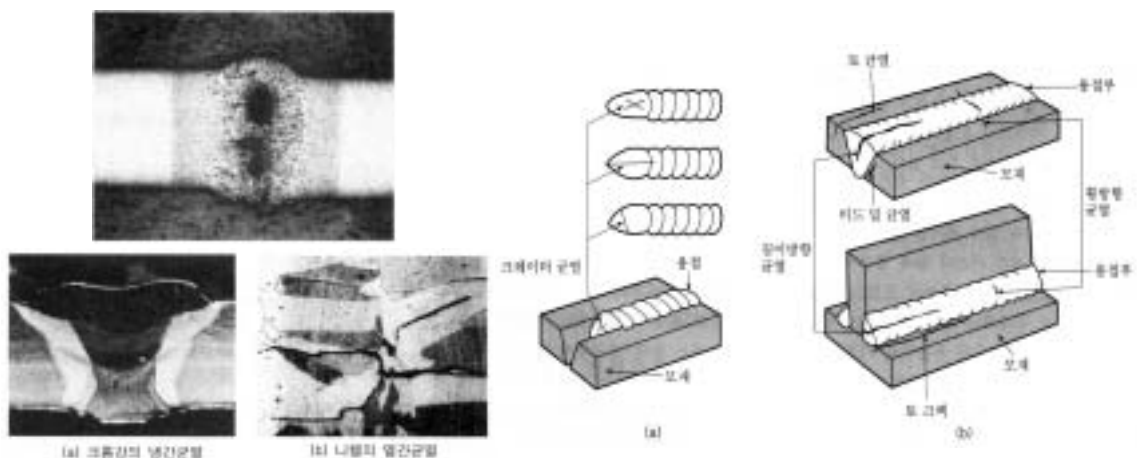


▷ 기 공

- 용접중 발생 가스나 금속 응고시에 가스 방출
- 수소의 존재, 이음부의 오염, 피복제의 오염물등이 기공 발생의 원인
- 수소 취성 : 응고중 수소 가스가 용접부의 내부 균열에서 들어가 높은 압력을 작용하여 용접부가 취약해짐

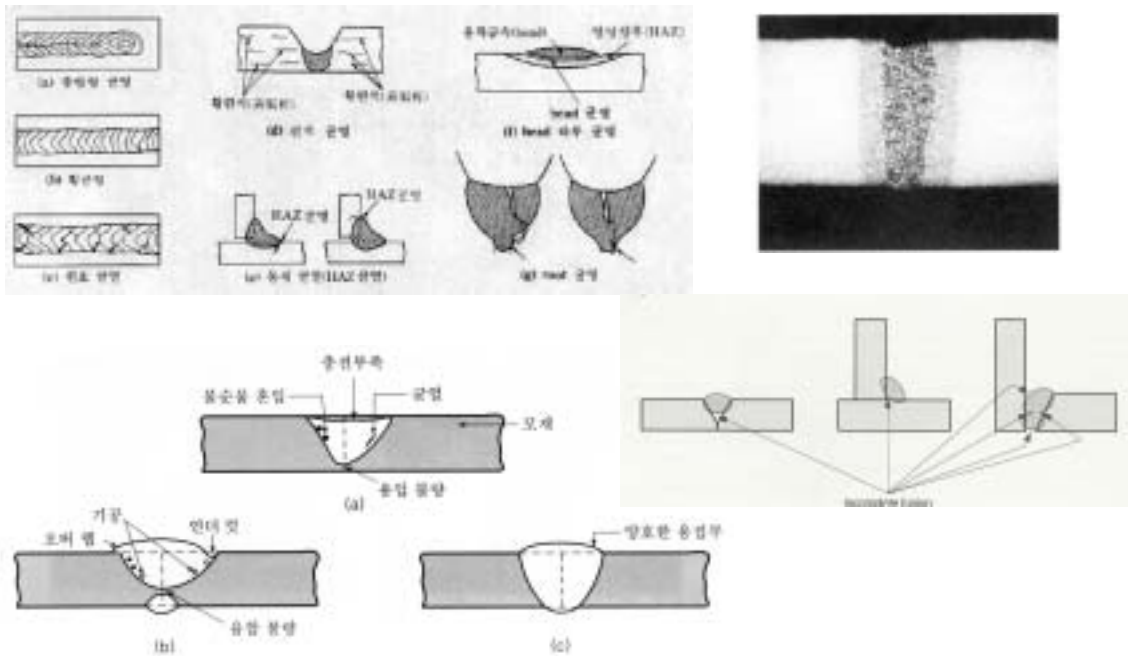
▷ 균 열

- 용융부 균열 : 응고중 발생하는 열간 균열
- 열영향부 균열 : 용착 금속 응고후 발생하는 냉간 균열



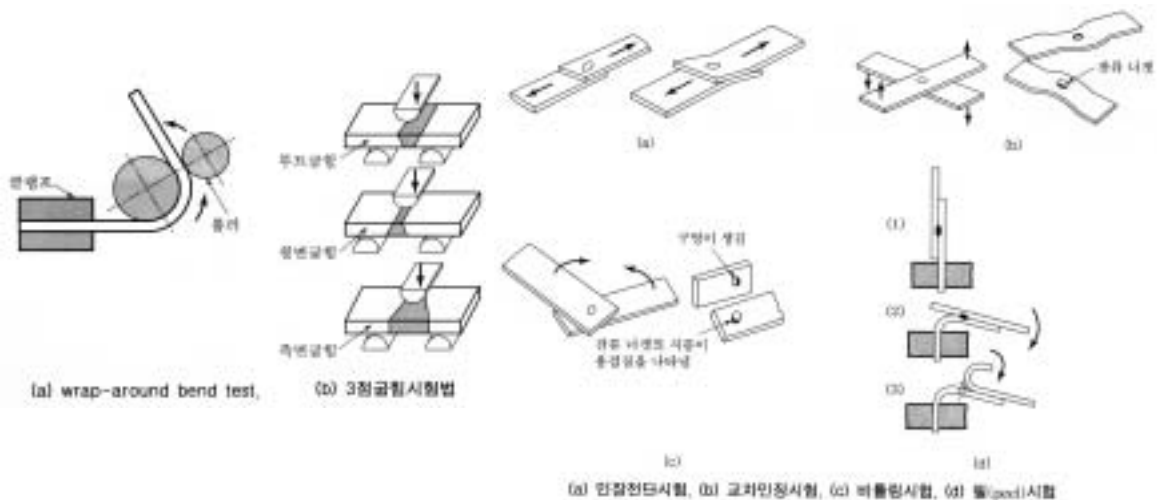
▷ 기타

- 슬래그 혼입, 불완전한 용합 및 용입, 용착부 형상, 층상파열, 표면손상, 등



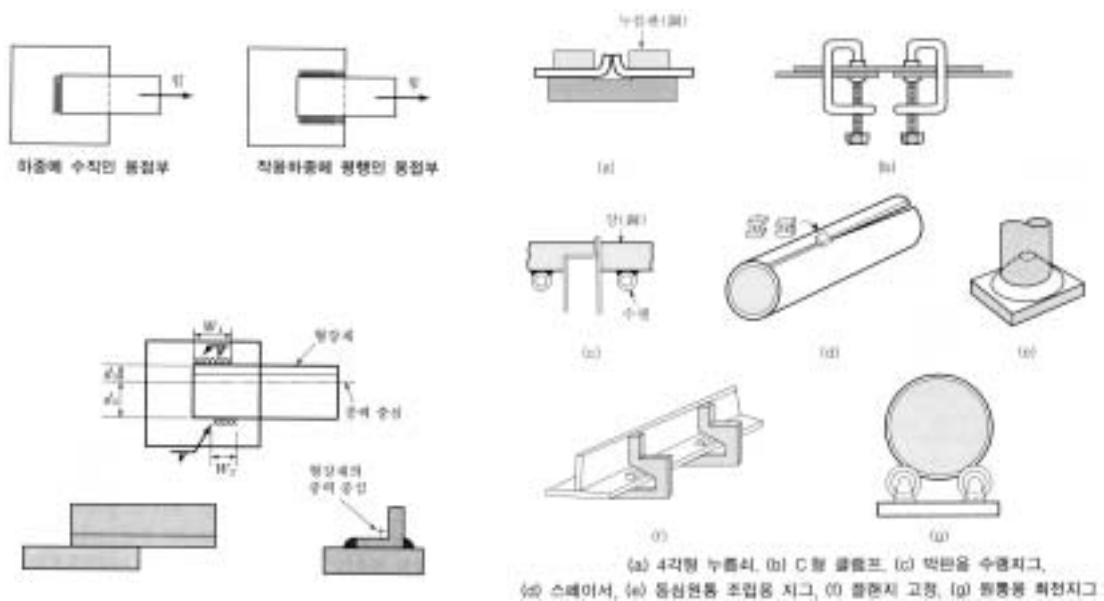
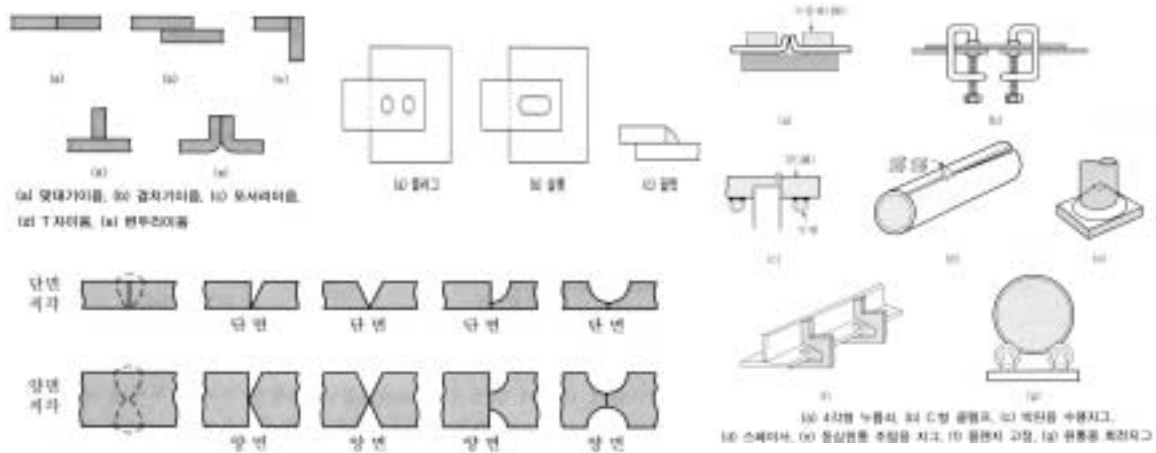
▷ 용접부검사

- 파괴검사 : 인장시험, 인장 전단시험, 굽힘시험, 파괴인성시험, 부식 및 크리프 시험, 점 용접부 시험 등
- 비파괴 검사 : 육안검사, 방사선검사, 자분탐상법, 액체 침투법, 초음파 탐상법 등



▷ 용접 설계와 공정 선택

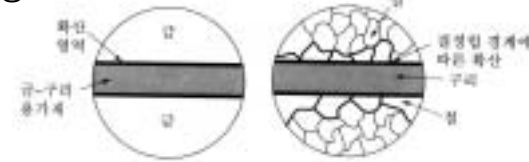
- 제품 설계시 용접부의 수를 최소화하고 용접부의 위치는 용접 구조물에서 과도한 응력이 걸리거나 응력이 집중되는 곳은 피할것
- 용접전에 피용접물이 잘 맞도록 모서리 준비를 잘할 것.
=> 모서리 품질이 용접 품질에 영향
- 설계 방법에 따라 모서리 준비를 하지 않는 경우 있음.
- 용접 비드의 크기를 최소화하여 열영향부 및 용접 재료 절감



10. 접합 공정(용접)

◎ 납접

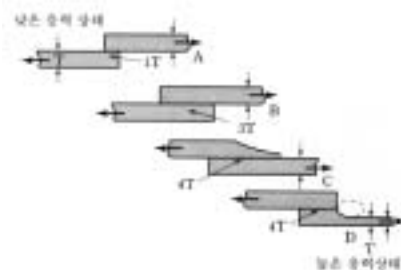
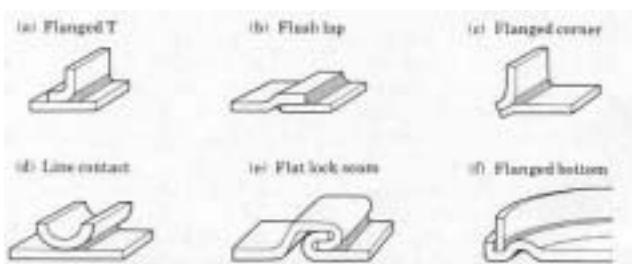
- 모재 용융 온도보다 낮은 땀납을 용가재(filler metal)로 사용하는 용접
- 녹은 용가재가 모재 표면에 잘 젖어서 접합면 사이를 모세관 현상으로 잘 스며 들 것이 요구
- 땀납의 용융 온도에 따라 분류
 - . 연납(soft solder) : 용융온도 450°C 이하
 - . 경납(hard solder) : 용융온도 450°C 이상
- 장점
 - . 거의 모든 금속에 적용 가능
 - . 용접이 다른 이종금속에 적용 가능.
 - . 자동화 용이.
 - . 가열온도가 낮아 접합시간이 짧고, energy 소비가 적으며, 열 영향 정도와 범위가 적음
 - . 접합부 재가열을 통해 납을 용융시키면 접합부의 재분리 가능
- 단점
 - . 용가재인 납의 강도가 모재의 것보다 낮기 때문에 접합강도가 낮음
 - . 가열에 의하여 접합부가 약화되거나 파손되는 경우 있음



10. 접합 공정(용접)

▷ 연납접(soldering)

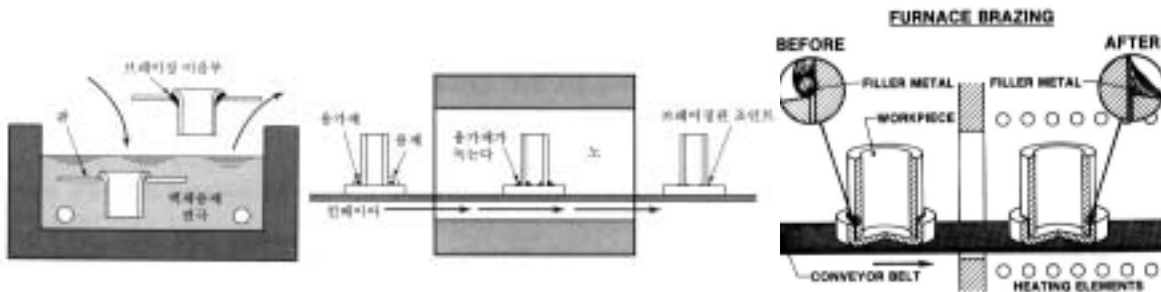
- 연납(soft solder)
 - . Sn-Pb 계: 사용범위가 가장 넓어 대표적인 연납
 - . Sn 계: Sn-Au 계, Sn-Ag 계, Sn-Sb 계 등, 반도체 저온 납접에 사용
 - . Pb 계: Pb에 소량의 Ag, Sn 등을 첨가한 것으로 고온 연납
 - . Au 계: Si, Ge 반도체 및 Si chip과 기판의 납접에 사용
- 저온에서 용이하게 납접을 할 수 있으나 기계적 강도가 낮음.
- 주철, stainless 강 및 Cr 도금판은 연납접을 할 수 없음
- 강도가 낮아 큰 접합강도를 요하지 않는 전기 부품의 결선 또는 기밀(氣密)을 요하면서 큰 강도를 필요로 하지 않는 곳의 접합 사용.
- 강도가 낮아 겹치기 납접 또는 기계적으로 물린 상태에서 납접 수행



▷ 경납접(brazing)

- 경납(brazing filler metal)

- . 은납(silver solder) : 황동에 Ag 6 ~ 10% 첨가, 황동, 동, 연강의 납접
- . 황동납(brass solder) : Cu 40 ~ 50%, Zn 첨가, 황동, 강, 동의 납접
- . 양은납(German silver solder) : 황동에 Ni 8 ~ 12% 첨가, 동 및 강 of 납접
- . 금납(gold solder): Au-Ag-Cu 합금, 금과 은의 납접
- . 백금납(platinum solder) : Ag-Au 합금, 내열 및 내식성 등이 우수, 전자부품, 항공기 및 백금의 납접
- . aluminum 납(aluminum solder) : Al-Mg-Zn 합금, Al 금속의 납접
- . 철납(iron solder): 철분, 붕사, 붕산 등의 혼합물, 사용온도1150°C 정도
- 경납과 모재 가열 : gas burner, torch, 노(중유로, 전기저항로, 고주파로)사용



10. 접합 공정(용접)

▷ 가스 절단

- 적열된 강재에 고압 산소를 분출시켜 강에 산화를 일으켜 연속적으로 산화물을 밀어내어 절단
- $$3\text{Fe} + 2\text{O}_2 \Rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 + 266.9\text{Cal}$$
- 절단 조건 금속의 산화 연소 온도가 그 금속의 용융 온도보다 낮을 것
- 연소되어 생긴 산화물의 온도가 그 금속의 용융 온도보다 낮고 유동성이 있을 것
- 재료 성분 중 연소를 방해하는 성분이 적을 것
=> 연강, 순철, 주강은 가스 절단에 적합
- 절단이 곤란한 금속
 - . 약간 곤란 : 경강, 합금강, 고속도강
 - . 어느 정도 곤란 : 주철
 - . 불가능 : 구리, 황동, Al, Pb, Zn, Sn 등

