

# 제조 공정 세미나

## 용접 공정-개요

2022 / 06 / 16

## ■ 용접 공정 정의 및 특징

### ● 용접 개요

- 용접이란 두 금속 조각들의 일부를 녹여서 붙이는 것

- 용접의 종류

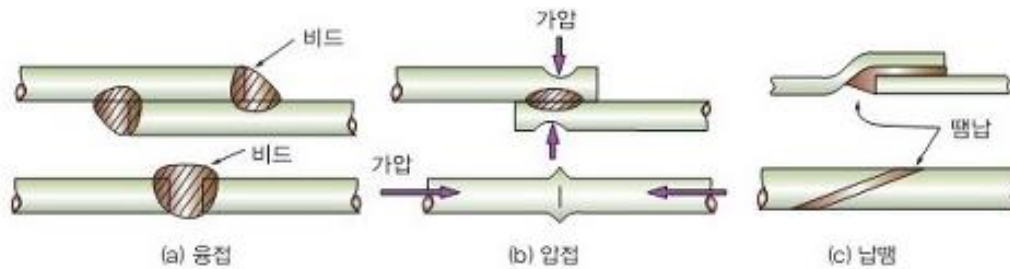


그림 VI-28 융접, 압접, 납땜의 비교

용접의 분류	방법
융접	열원을 이용하여 모재 또는 모재와 용가재를 용융 상태로 융합하여 접합시키는 방법
압접	모재를 가열하고 접합부에 기계적 압력을 가하여 접합시키는 방법
납땜	모재보다 녹는점이 낮은 합금을 녹여서 금속을 접합하는 방법

## ■ 용접 공정 정의 및 특징

- 용접의 장/단점

### (1) 장점

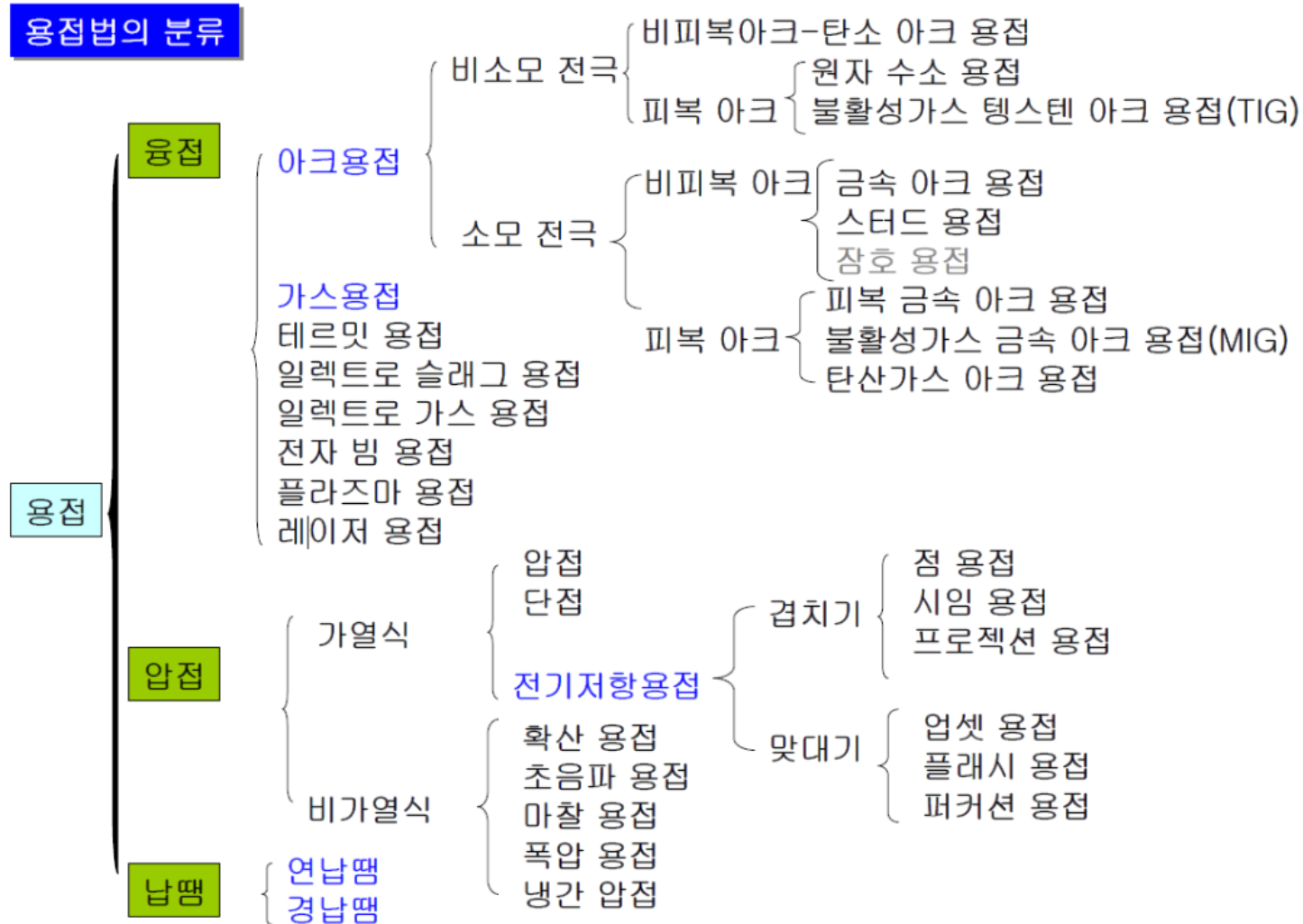
- ① 재료가 절약되고 중량이 가벼워진다.
- ② 작업 공정이 단축되며 경제적이다.
- ③ 두께의 제한이 없으며, 복잡한 구조물의 제작이 쉽다.
- ④ 기밀성, 수밀성, 유밀성이 우수하며 이음효율이 높다.
- ⑤ 제품의 성능과 수밀성이 향상되어 이종 재료를 조합할 수 있다.
- ⑥ 용접준비와 용접작업이 비교적 간단하며 작업의 자동화가 용이하다.
- ⑦ 보수와 수리가 용이하며 제작비가 적게 든다

### (2) 단점

- ① 분해조립이 안되며, 품질 검사가 곤란하다.
- ② 재질 및 치수, 형상의 변형과 수축 및 잔류응력이 존재한다.
- ③ 저온취성 파괴 가능성이 높음. (저온취성 : 실온이하 저온상태에서 취약한 성질)
- ④ 용접사의 기술과 성의에 따라 용접부 결과가 좌우된다.

## ■ 용접 공정 정의 및 특징

### ● 용접의 종류



## ■ 용접 공정 정의 및 특징

### ● 아크용접

1. **아크 용접** : 아크 용접은 금속을 접합하는 용접 공정이다. 금속에 센 열을 가해 녹이고 접합한다. 로봇을 이용한 아크 용접은 반복성과 정확성이 향상된다.
2. **스폿 용접(점용접)** : 스폿 용접은 전류에 저항하는 얇은 금속을 접합하는 기술이다. 자동차 산업에서 주로 사용된다.
3. **저항 용접** : 구성 요소와 금속 시트를 결합하기 위해 제조 업계에서 일반적으로 사용되는 용접 기술이다. 금속의 특정 지점에 강한 전류를 흐르게 만들어 금속을 녹이고 접합하는 과정이다.
4. **티그(TIG) 용접** : 가스 텅스텐 아크 용접이라고도 하며 금속 부분과 비소모성 텅스텐 사이 전극에서 아크가 형성되는 고급 공정이다. **정밀도가 중요한 용접 공정에 사용되는 기술이다**
5. **레이저 용접** : **레이저 빔으로 다양한 금속을 연결하는 방식**이다. 로봇 절단 헤드가 레이저 광을 전달해 금속 조각을 용접한다. 이 기술은 사람이 접근하기 어려운 영역에 원격으로 용접을 해야 할 때 사용되며, **의료, 자동차, 주얼리 업계 등 높은 정확도가 요구되는 분야에 사용**된다.  
 광섬유 레이저는 고품질의 스폿 용접을 가능케 하는 비용 효율적인 기술이다. 낮은 열을 적용하기 때문에 복잡한 조인트를 만들 수 있으며 제어도 및 정확도가 높다. 또 일관되고 반복적인 용접이 가능하다.
6. **미그(MIG) 용접** : 가열된 팁 쪽으로 와이어를 연속적으로 연결하는 방법이다. **가스 금속 아크 용접이라고도 한다. 속도와 단순성이 요구되는 과정에 사용된다.** 금속 조각을 연결할 때는 전기를 사용한다. 단락 회로에서 생성된 열과 비반응성 가스가 금속을 녹이고 섞이도록 만든다. 열이 사라지면 금속이 냉각되기 시작하고 고형화돼 새로운 금속 조각을 형성한다.
7. **플라즈마 용접** : 티그 용접과 비슷한 방법이다. 텅스텐 전극 사이에 아크가 형성되기 때문이다. 이 용접 과정에 로봇이 도입되면 온도와 속도를 쉽게 조절할 수 있다.

## ■ 용접 공정 정의 및 특징

### ● 아크용접

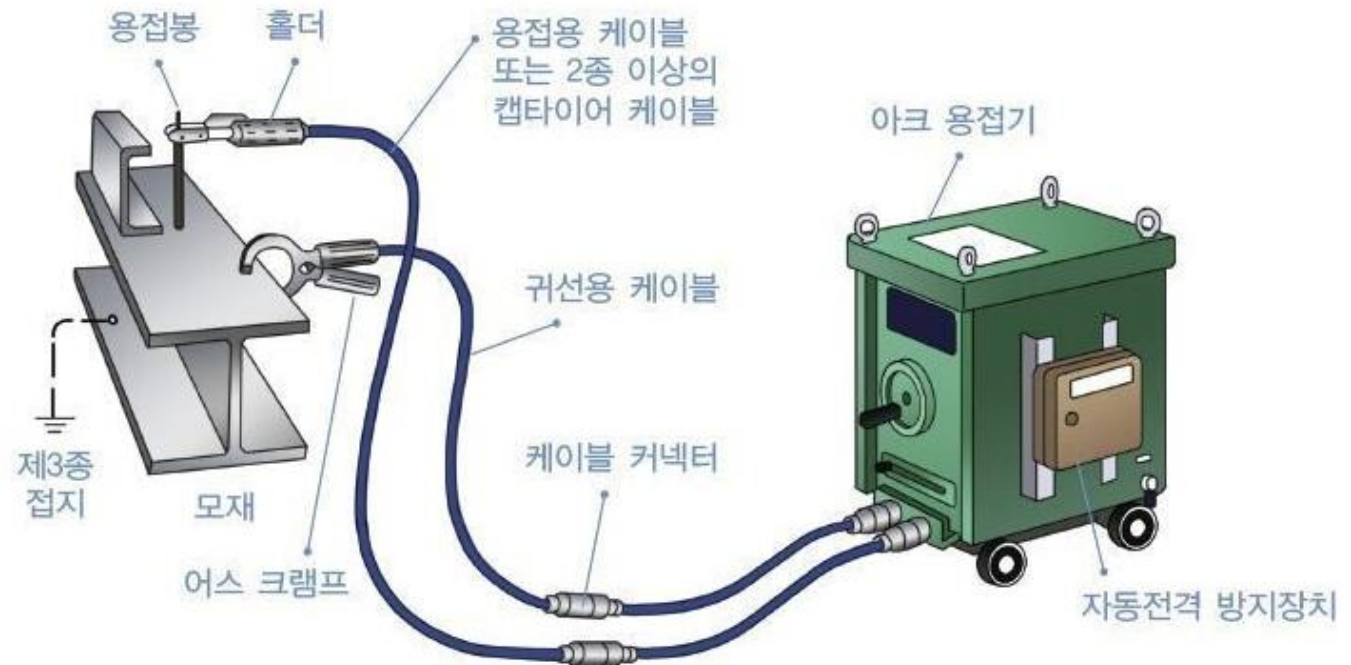


## ■ 용접 공정의 종류-(1) 아크용접

### ① SMAW (Shield Metal Arc Welding)

#### - 아크용접, 스틱용접

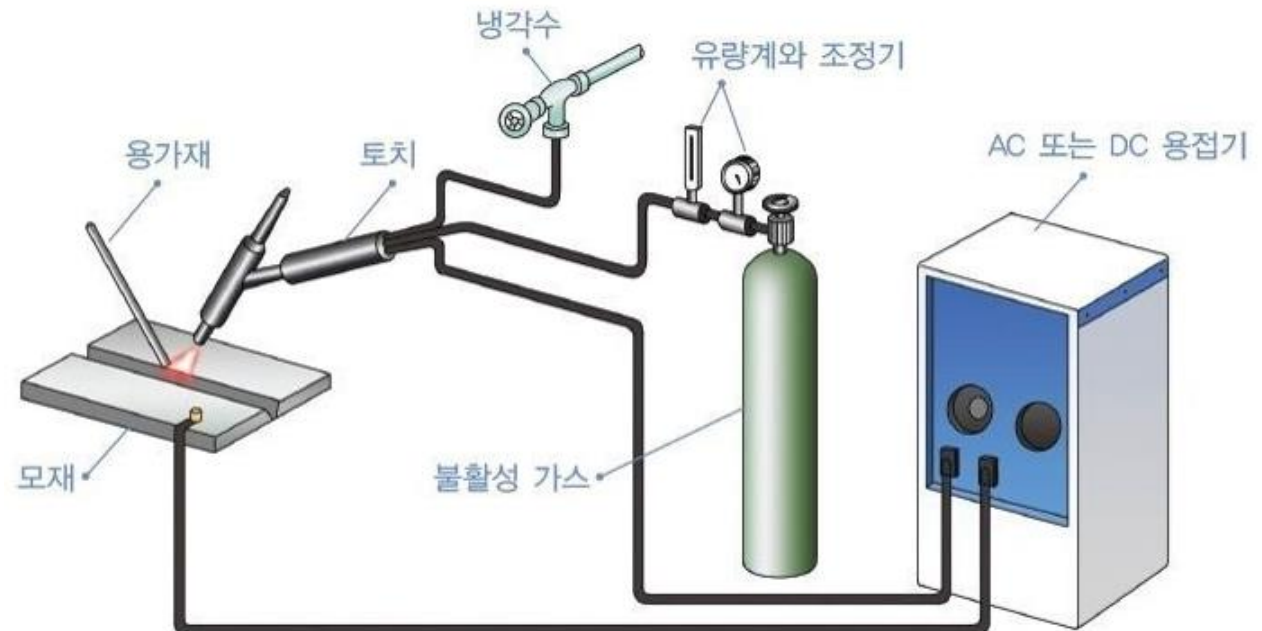
- 피복된 용접봉과 피용접물간에 발생한 전기아크 열을 이용하여 모재와 소모성 용접봉을 녹여 붙이는 용접법
- 용접봉을 감싼 피복재에서 가스가 발생하여 용접부가 보호됨
- (장점) 장비가 저렴하고 간편하여 제한이 적어 가장 많이 사용됨
- (단점) 용접봉이 습기에 취약, 용접작업 후 냉각과정에서 오버레이 용접층 내부에 심한 변형이 유발됨



## ■ 용접 공정의 종류 -(1) 아크용접

### ② GTAW (Gas tungsten Arc Welding, 가스 텅스텐 아크 용접)

- **알곤용접, 티크용접(TIG, Tungsten Inert Gas)**
- 텅스텐 전극과 모재사이에 발생한 아크열로 용가재를 녹여 용착금속을 형성하는 정밀 용접법
- 불활성 차폐가스(알곤, 헬륨)를 공급하여 용접부가 보호함
- **고품질**의 용접결과물이 필요한 곳에 사용 → **숙련된 용접사가 필요**, 작업속도가 느림
- 거의 모든 메탈에 사용 가능, 주로 스테인레스스틸에 사용
- 용접부의 기계적 성질이 우수
- **배관 용접에 주로 사용**





## ■ 용접 공정의 종류 -(1) 아크용접

### ③ FCAW (Flux Cored Arc Welding)

- GMAW와 비슷하나 용가재가 솔리드와이어 대신에 중심부가 플럭스(Flux)로 채워진 플럭스코어와이어를 사용
- 용접부 보호를 위해 Flux의 연소에 의해 발생하는 가스를 이용하는 것과,  
외부에서 추가로 CO<sub>2</sub>나 Ar(알곤, 75%)+CO<sub>2</sub>(25%)를 공급해 주는 방법이 있음
- (장점) 전 자세 용접이 가능, 용접속도가 SMAW의 4배 정도, 수동용접보다 비교적 기능도가 덜 요구되어 자동화에 유리함
- (단점) 용접부의 열처리 후 충격 강도가 낮다. 적용 재질에 제약이 있다  
용접 대상물과의 거리 제약이 있으며 외부 바람의 영향을 많이 받는다.



## ■ 용접 공정의 종류 -(1) 아크용접

### ④ SAW (Submerged Arc Welding, 서브머즈드 아크용접, 잠호용접 )

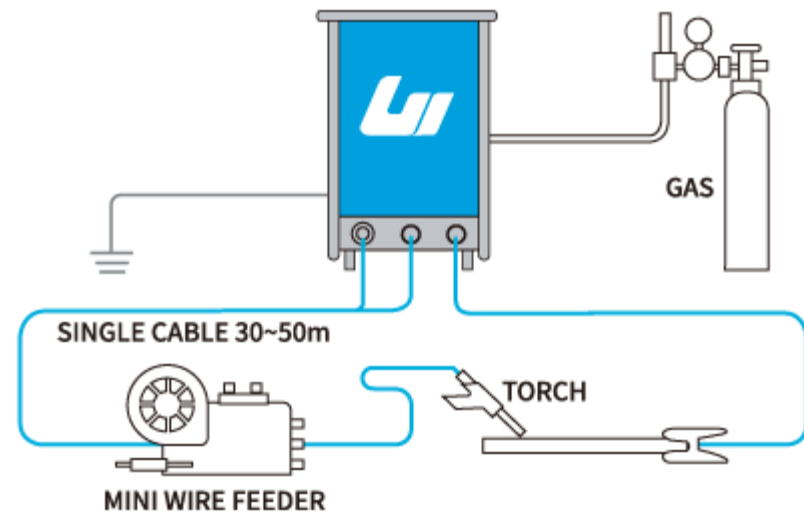
- 소모성 전극을 이용하는 아크용접의 일종으로 아크를 입자모양의 피복제(Flux)로 보호하며 용접하는 방법
- 용접 이음부위에 분말 플럭스를 일정 두께로 살포하면서 그 플럭스 내부에 전극 와이어를 연속적으로 공급하면서 아크발생
- (장점) 아크가 보이지 않고 가스발생량이 적어 작업환경이 좋다.  
고전류 사용이 가능하며 기계적 성질(강도, 충격치 등)이 우수하다.
- (단점) 장비의 가격이 비싸다  
용접상태를 육안으로 확인할 수 없다.  
적용소재에 제약을 받는다. (탄소강, 저합금강, 스테인레스강에 적용)



## ■ 용접 공정의 종류 -(1) 아크용접

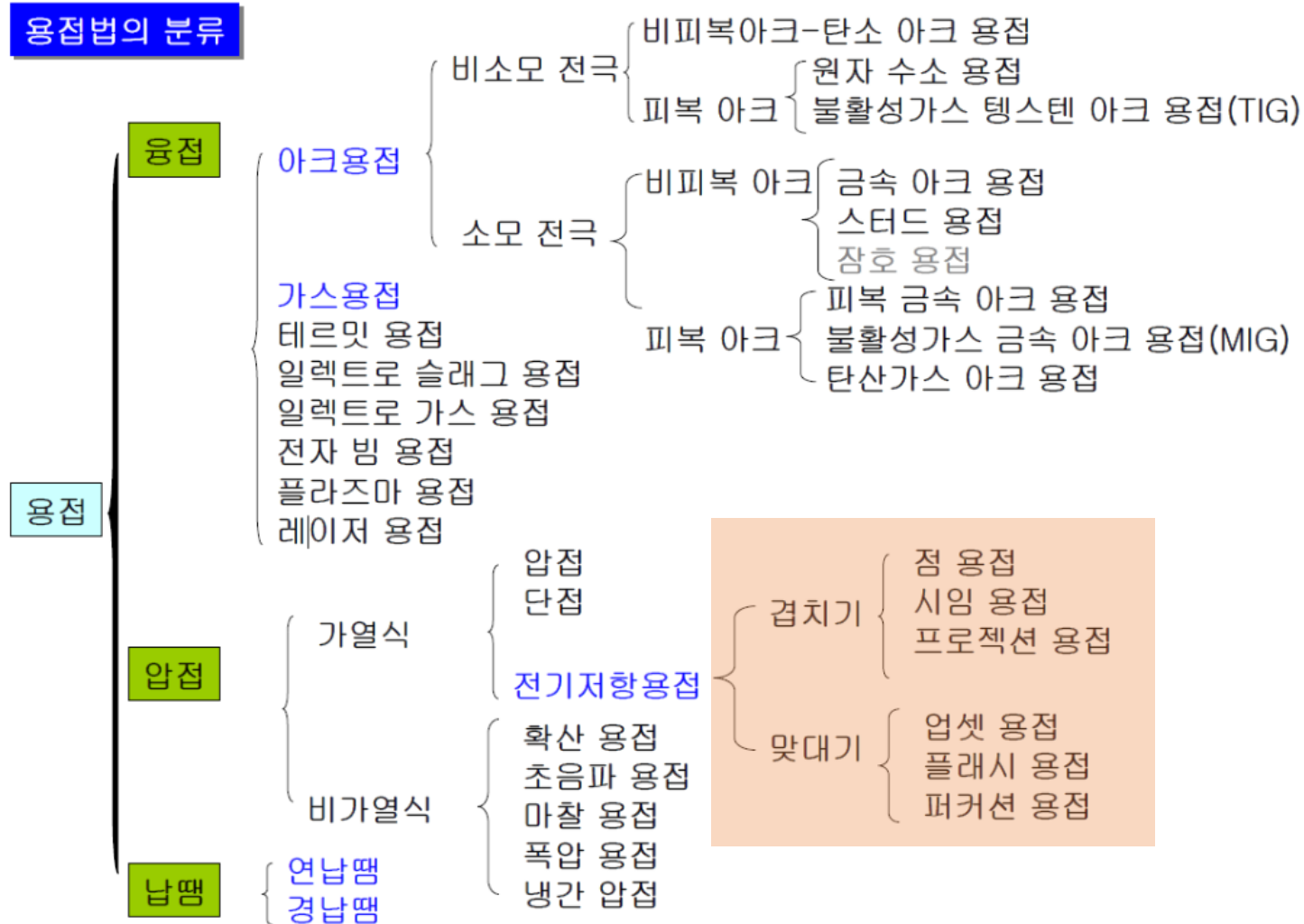
### ⑤ GMAW (Gas Metal Arc Welding, 가스방호 금속아크 용접)

- **CO2용접**, 연속적으로 공급된 용가재와 모재 사이의 아크열에 의해 용접
- 불활성가스 또는 **탄산가스(CO2)** 등을 공급하여 용접부를 보호
- 비교적 기능도가 덜 요구되며 높은 효율 및 자동화가 가능하여 "**MIG 용접**" 으로도 불림
- (장점) 철, 비철금속 모두 용접이 가능(주로 비철금속에 적용)  
 고속 용접 및 다양한 응용이 가능하며, **산업용 용접 로봇에 적용**되는 등 자동화가 용이하다.
- (단점) 피복가스가 바람에 쉽게 영향을 받으므로 옥외 작업 시 방풍막이 필요함  
 장비가 무겁고 복잡하여 고장이 많음

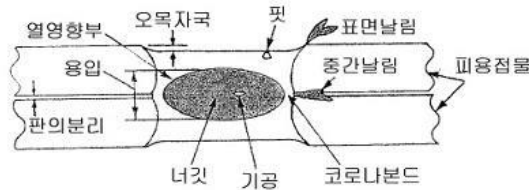


## ■ 용접 공정 정의 및 특징

### ● 전기저항용접



## ■ 용접 공정의 종류 -(2) 전기저항용접

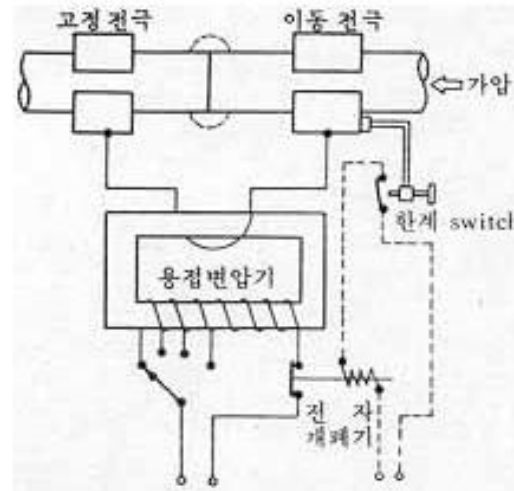


- ① 너깃(Nugget) : 용접결과로 접합부에 생기는 용융 응고한 부분으로서 일반적으로 접합면을 중심으로 바둑돌 모양으로 형성.
- ② 코로나 본드(Corona bond) : 너깃 주위에 존재하는 링형상의 부분으로서 실제 용융하지는 않고 열과 압력을 받아서 고상으로 압접된 부분. 접합부의 강도에는 기여하지 않고 비파괴 검사시에 너깃치수를 크게 평가하기 쉽게 하는 부분이므로 주의가 요구.
- ③ 오목자국(Indentation) : 전극팁이 가압력으로 모재에 파고 들어가서 오목하게 된 부분. 이와 같은 깊이를 오목깊이라고 함.
- ④ 용입(Penetration) : 피용접재가 녹아들어간 깊이. 너깃의 한쪽 두께와 같음.
- ⑤ 기공(Blow hole) : 너깃 내부에서 용융중에 발생한 기포가 응고시에 이탈하지 못하고 남아있는 공동을 말함. 일반적으로 너깃의 중앙부에 발생하며 과대한 전류나 부족한 가 압력으로 인하여 용융금속이 날아나간 자리에 형성.
- ⑥ 중간날림(Expulsion) : 용융금속이 코로나 본드를 파괴하고 외부로 튀어나가면서 날리는 것을 말함. 점용접이나 프로텍션용접에서 가장 해결하기 어려운 문제 중의 하나.
- ⑦ 표면날림(Surface Flash) : 전극과 피용접재의 접촉면에서 피용접재나 전극이 용융해서 튀어나가는 것. 중간날림보다는 자주 생기지 않지만 주로 점용접에서 도전률이 나쁜 전극소재를 사용하거나 냉각부족 또는 전극팁 직경이 과소한 경우에 자주 생기고 전극팁의 손상에 가장 큰 영향. 한편, "Splash"는 중간날림과 표면날림을 포괄하는 일반적인 용어로 사용되고 있다.
- ⑧ 오염(Pick up) : 전극과 피용접재의 접촉부가 과열되어 전극의 일부분이 피용접재에 부착하거나 전극과 피용접재 부분이 오염되는 현상. 도금강판을 용접할 경우 도금층이 전극에 부착되어 이러한 현상이 자주 일어나므로 별도의 주의를 요함.

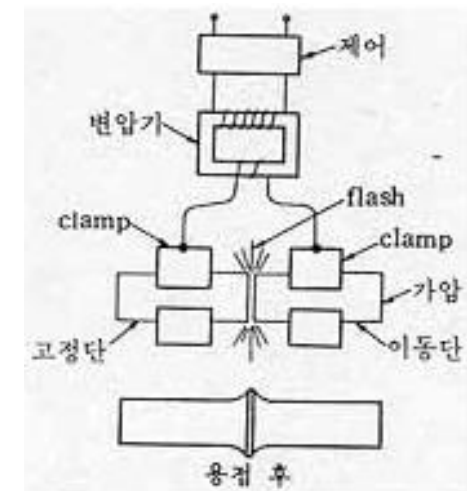
## ■ 용접 공정의 종류 -(2) 전기저항용접

### ① 맞대기 저항용접(electric resistance butt welding)

- 금속봉, 선, 판 등의 단면(端面)을 맞대고 접합하는 방법
- 용접면들을 접촉시킨 상태에서 통전하면서 압력을 가하는 Upset 맞대기용접  
용접할면을 접근시키며 통전하는 flash 맞대기 용접으로 구분됨
- Upset 맞대기 용접의 특징
  - 접합면 사이에 산화물 등의 불순물이 잔류하기 쉬움
  - flash 맞대기 용접에 비해 속도가 느리다
- Flash 맞대기 용접의 특징
  - 가열범위가 좁아 열영향부가 적다
  - 접합면에 산화물이 잔류하지 않는다
  - 이질재료의 용접이 가능하다



Upset 맞대기 용접



Flash 맞대기 용접

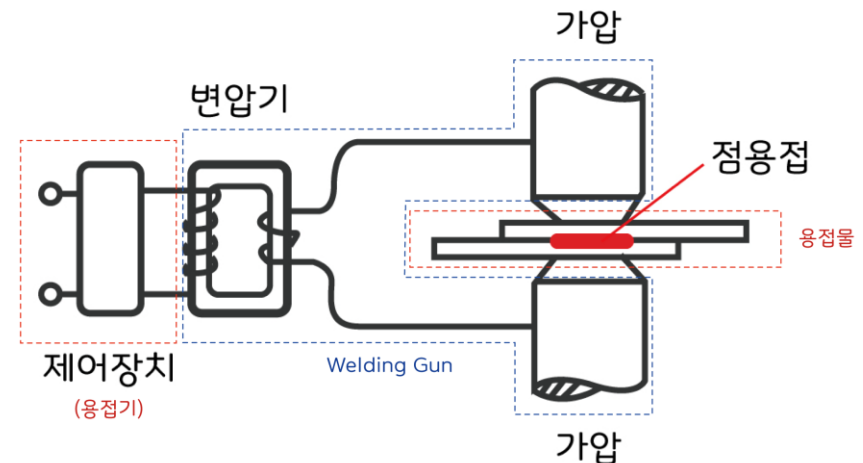
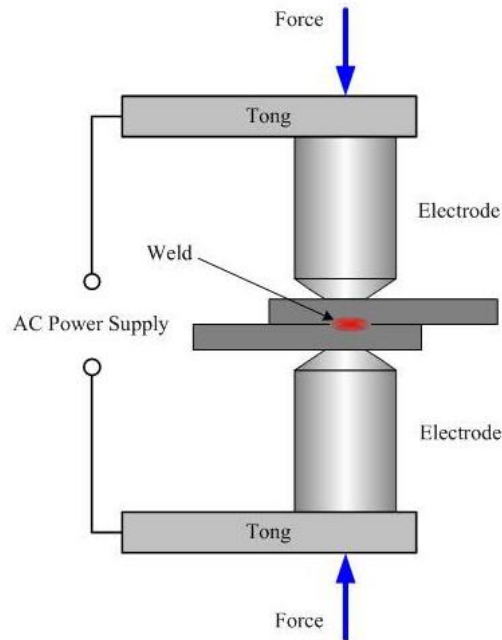
## ■ 용접 공정의 종류 -(2) 전기저항용접

### ② 겹치기 저항용접 - (1) 점용접 (Spot Welding)

- 판의 점접합을 행하는 용접으로서, 두 전극간에 2매의 판을 겹쳐서 놓고 가압하면서 통전하여 발생하는 저항열에 의한 용접
- (장점) 단시간에 용접하며 가열영역이 적어 피용접재의 열 비틀림이 적다
- (단점) 큰 용접전류가 필요하기 때문에 용접기 및 수전설비의 전기용량이 크게 요구된다.

용접기의 가격이 비교적 고가이다.

접합상태를 외관에서 판정할 수 없다.



JCT



▣ 용접 공정의 종류 -(2) 전기저항용접

② 겹치기 저항용접 - (1) 점용접 (Spot Welding)

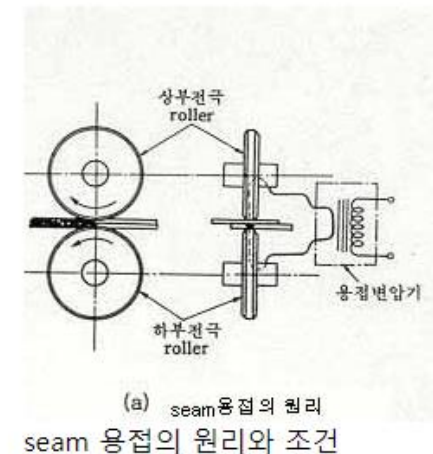
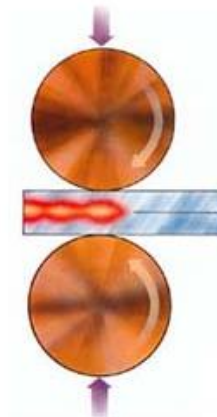




## ■ 용접 공정의 종류 -(2) 전기저항용접

### ② 겹치기 저항용접 - (2) seam 용접 (Seam Welding)

- 원판 전극을 사용하여 용접전류를 공급하면서 가압 회전시켜 점용접을 연속적으로 수행하는 선용접 방식
- 액체의 누설을 막고 기체의 기밀을 요하는 용기 및 관 등의 용접에 이용됨
- 대전류를 연속적으로 공급하면 열량이 과다하여 용접부 전체를 용융시키므로 단속적인 통전을 하는 경우가 많음



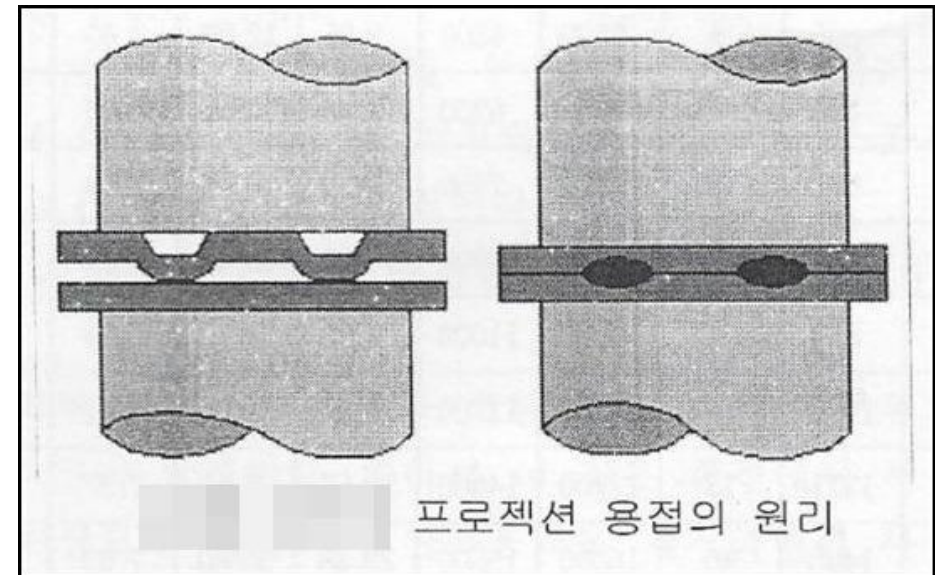
## ■ 용접 공정의 종류 -(2) 전기저항용접

### ② 겹치기 저항용접 - (3) Projection 용접 (Projection Welding)

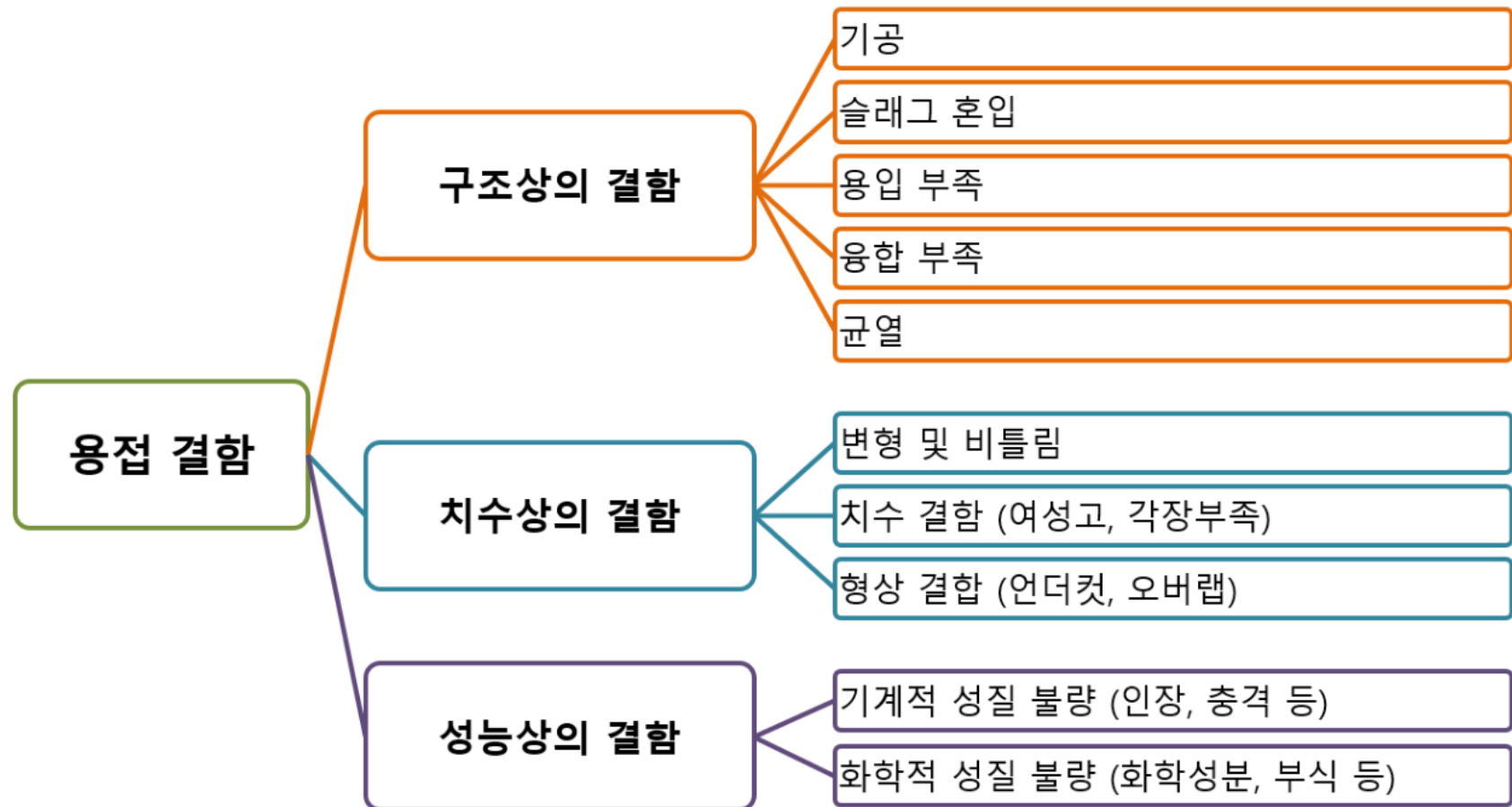
- 금속판의 한쪽 또는 양쪽에 돌기부를 만들고 가압하면서 통전하면 돌기부에 전류가 집중되어 용접온도에 달할 때 가압력을 증가시키면 일시에 다점(多點) 용접을 할 수 있는 용접
- 판재의 두께가 다른 것도 용접할 수 있다(두꺼운 판에 projection을 가공)
- 열전도율이 다른 금속의 용접이 가능하다(열전도율이 큰 판에 projection을 가공)
- pitch가 작은 용접이 가능하다.
- 작업속도가 빠르다



projection 용접기

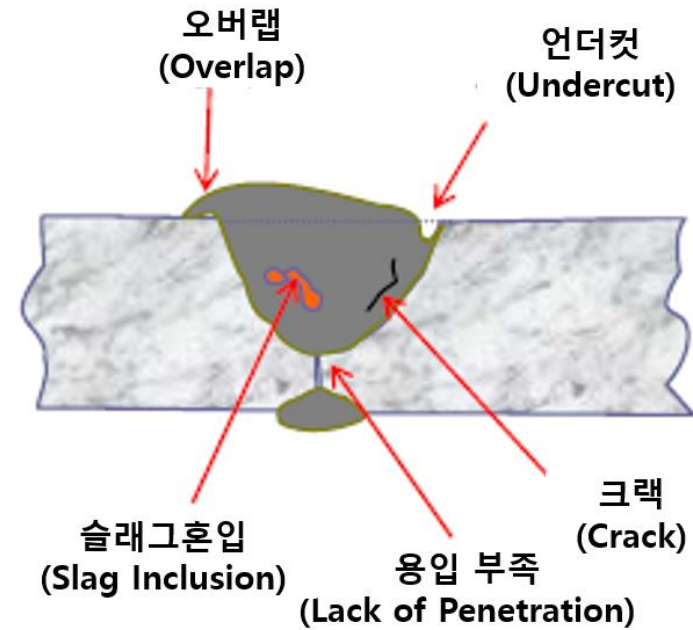
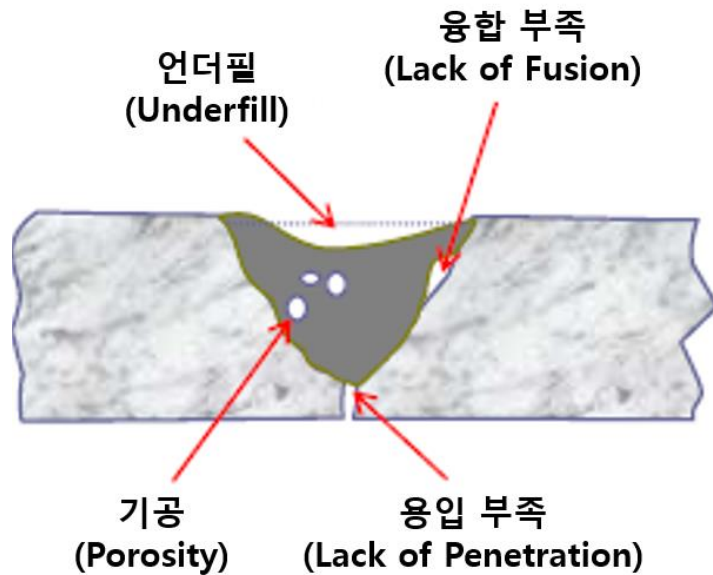


■ 용접 결함



## ■ 용접 결함

### ● 결함의 형태



## ■ 용접 결함

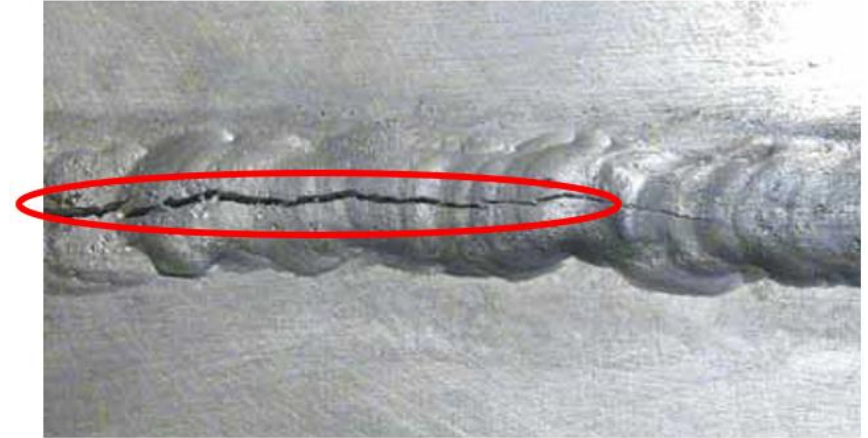
### 1) 결함의 형태 - 균열(Crack)

#### - 발생원인

- ① 용접 모재의 강도가 높은 경우
- ② 부적당한 용접봉을 사용한 경우
- ③ 용접부의 냉각속도가 빠른 경우
- ④ 용접부 주변 오염 혹은 습기가 잔류할 경우
- ⑤ 과다 전류로 빠른 속도로 용접할 경우
- ⑥ 아크길이, 전류 및 용접조작이 부적절할 경우
- ⑦ 가접(가용접:Tack Weld)부가 불량할 경우

#### - 방지대책

- ① 용접봉 교체(저수소계 용접봉 사용)
- ② 충분한 예열 및 후열 실시
- ③ 충분히 건조된 용접봉 사용
- ④ 용접부 청결 유지 및 수분 제거
- ⑤ 용접 아크 길이를 약간 길게 유지
- ⑥ 가접부 제거 후 용접 실시



## ■ 용접 결함

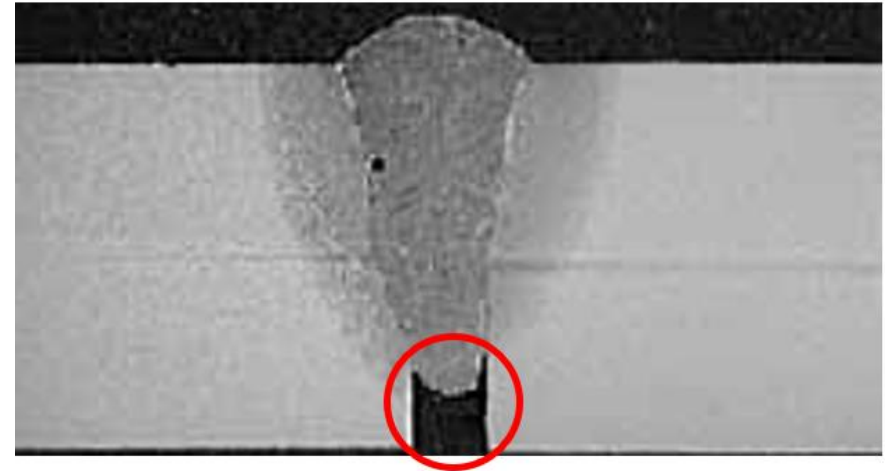
### 2) 결함의 형태 - 용입 부족(Lack of Penetration)

#### - 발생원인

- ① 이음매 설계가 잘못되어 있을 경우
- ② 용접봉의 선택이 불량할 경우
- ③ 용접 전류가 너무 낮을 경우
- ④ 용접 속도가 너무 빠를 경우

#### - 방지대책

- ① 루트 간격, 개선 각도 등을 조절
- ② 적절한 직경의 용접봉 사용
- ③ 용입이 좋은 용접봉 선정
- ④ 용접 전류를 조금 높게 인가
- ⑤ 용접 속도를 약간 느리게



## ■ 용접 결함

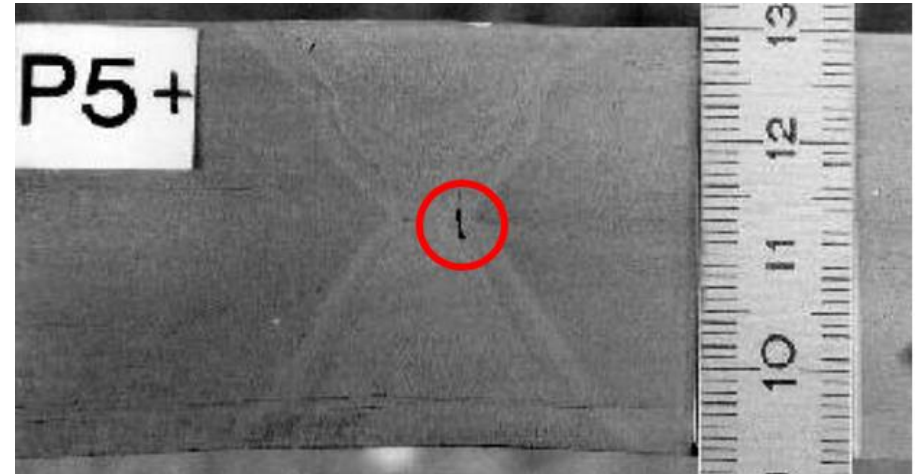
### 3) 결함의 형태 - 융합 부족(Lack of Fusion)

#### - 발생원인

- ① 이음매 설계가 잘못되어 있을 경우
- ② 용접봉의 선택이 불량할 경우
- ③ 용접 전류가 너무 낮을 경우
- ④ 용접 속도가 너무 빠를 경우

#### - 방지대책

- ① 루트 간격, 개선 각도 등을 조절
- ② 적절한 직경의 용접봉 사용
- ③ 용입이 좋은 용접봉 선정
- ④ 용접 전류를 조금 높게 인가
- ⑤ 용접 속도를 약간 느리게



## ■ 용접 결함

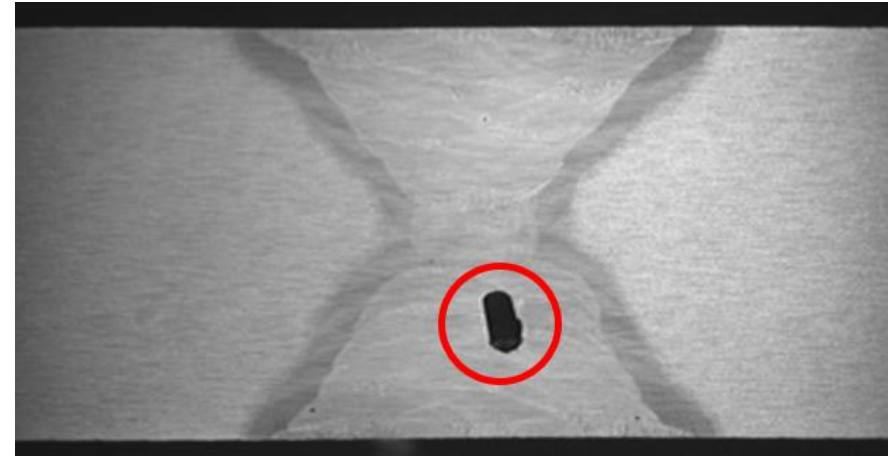
### 4) 결함의 형태 - 슬래그 혼입(Slag Inclusion)

#### - 발생원인

- ① 아래 레이어의 slag 제거가 미흡할 경우
- ② Slag 유동성이 빨리 냉각될 경우
- ③ 용접부의 개선이 부적당한 경우
- ④ 용접부의 개선이 낮을 경우
- ⑤ 용접 전류가 낮을 경우
- ⑥ 용접봉의 각도 및 운봉조작이 부적절한 경우

#### - 방지대책

- ① 전 층(Layer)의 slag를 완전히 제거 후 다음 층 용접
- ② 용접부의 예열 실시
- ③ 전류를 약간 높게 인가
- ④ 적절한 운봉속도 조절
- ⑤ 용접봉의 유지각도 조절





## ■ 용접 결함

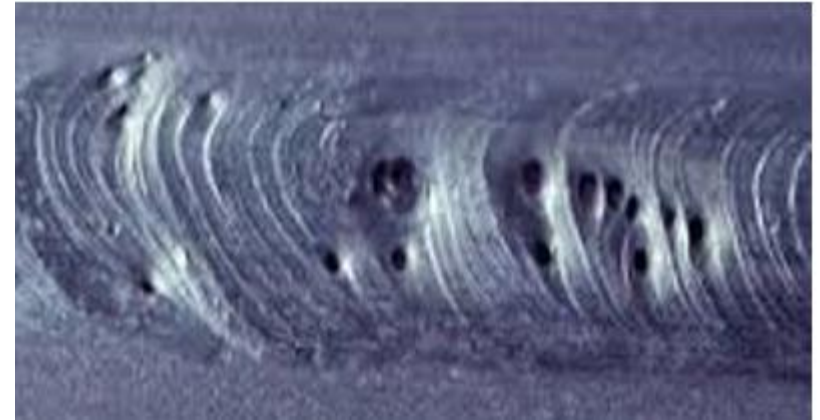
### 5) 결함의 형태 - 기공(Porosity), 공극(Cavity)

#### - 발생원인

- ① 용접봉 선정이 부적절한 경우
- ② 강풍 및 가스 노즐의 막힘, 차폐가스 부족 시
- ③ 용접봉 피복제 손상 혹은 혼습시
- ④ 아크의 길이, 전류, 조작이 부적당할 경우
- ⑤ 용접부 표면에 기름, 페인트, 녹이 있을 경우
- ⑥ 용접부의 냉각속도가 빠른 경우

#### - 방지대책

- ① 강재에 적합한 용접봉의 선택
- ② 야외 용접 시 바람막이 설치 등
- ③ 충분히 건조된 저수소계 용접봉 사용
- ④ 강재의 표면 오염 제거 철저
- ⑤ 용접봉 운봉 시 위빙 폭 조절
- ⑥ 용접부 예열 및 후열 실시



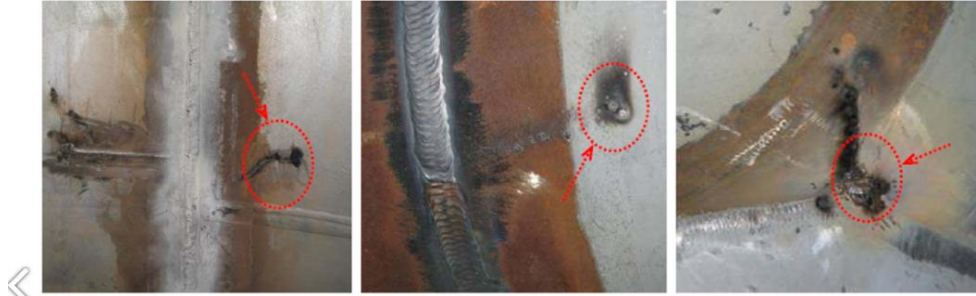
## ■ 용접 결함

### 6) 결함의 형태 – 기타결함(Arc Strike, Spatter, Crater, Grinding Mark, Tack-Weld Defect, 각장 및 목두께의 부족)

- Arc Strike
  - 용접부가 모재부에서 아크가 발생된 자국으로 균열의 원인이 됨
- Spatter
  - 용융금속이 보호가스 활동에 의해 비산하여 용접부 주위에 붙은 것
- Crater
  - 아크를 끊을 때 비드 끝부분이 오목하게 들어가는 것
- Grinding Mark
  - 용접 후 표면을 다듬는 그라인딩 작업 시 모재의 표면에 손상을 준 채 방치하는 경우
- Tack-Weld Defect
  - 구조물의 용접 전의 형상을 유지하기 위해 가접한 용접부를 실용접에서 완전히 용융시키지 못하거나, 모재 표면에 임시 부착물을 용접/제거 후 그 열영향부위를 충분히 제거하지 못한 경우
- 각장 및 목두께의 부족
  - 용접이음부의 강도를 설계보다 적게 만들어 큰 사고의 원인이 될 수 있음

## ▣ 용접 결함

### ❖ Arc Strike 관리 미흡



### 용접부 Root Gap 확보 미흡



### 용접부 표면처리 미흡



### 용접량 부족 및 Tack-Weld Defect



▣ 용접 결함

