

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

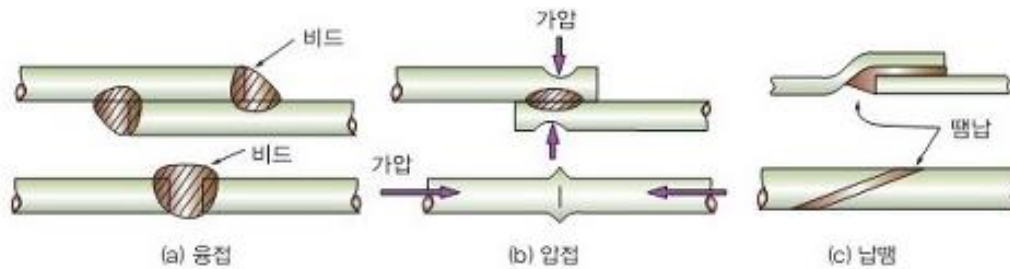


그림 VI-28 융접, 압접, 납땜의 비교

| 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

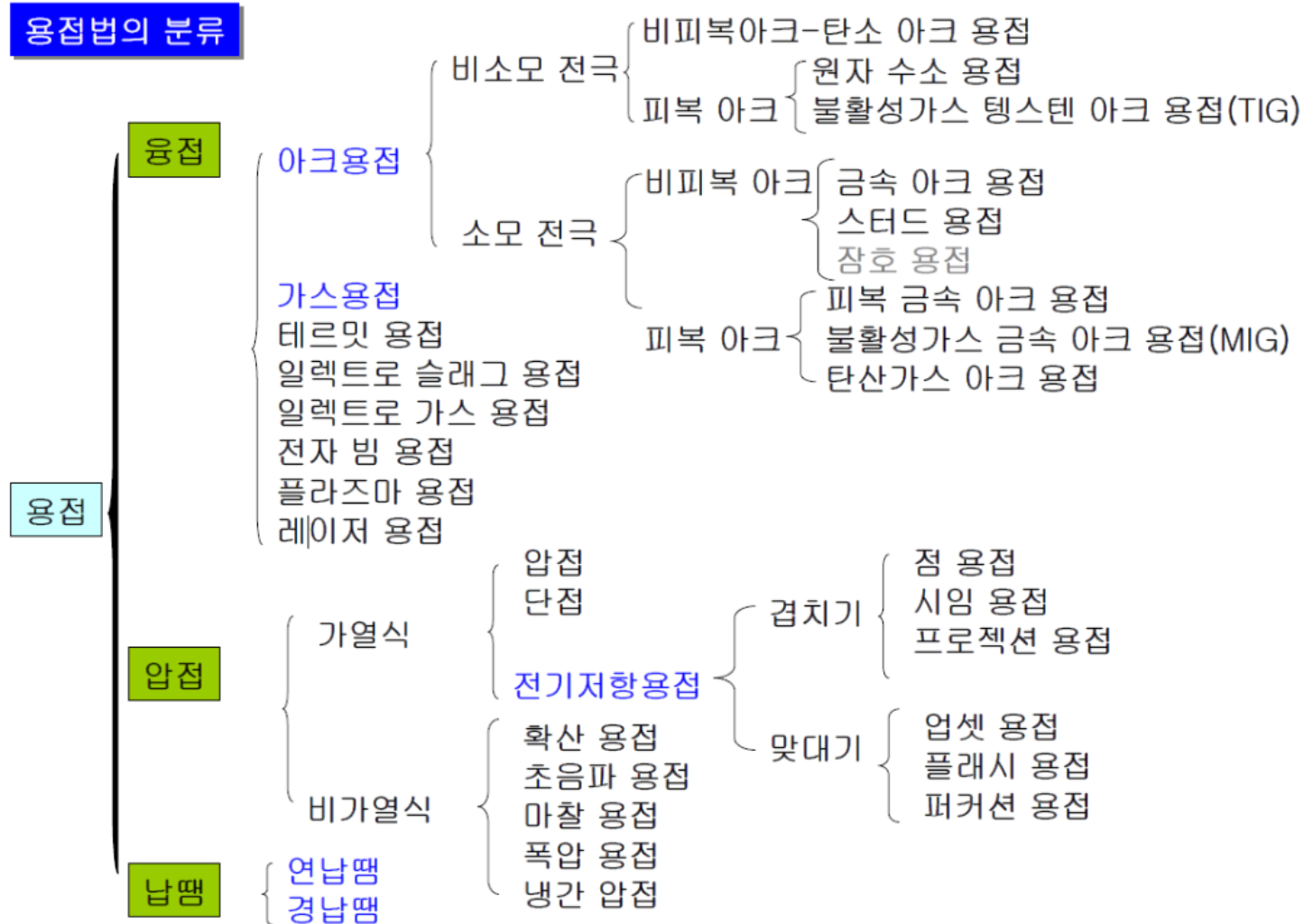
- ① 재료가 절약되고 중량이 가벼워진다.
- ② 작업 공정이 단축되며 경제적이다.
- ③ 두께의 제한이 없으며, 복잡한 구조물의 제작이 쉽다.
- ④ 기밀성, 수밀성, 유밀성이 우수하며 이음효율이 높다.
- ⑤ 제품의 성능과 수밀성이 향상되어 이종 재료를 조합할 수 있다.
- ⑥ 용접준비와 용접작업이 비교적 간단하며 작업의 자동화가 용이하다.
- ⑦ 보수와 수리가 용이하며 제작비가 적게 든다

(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

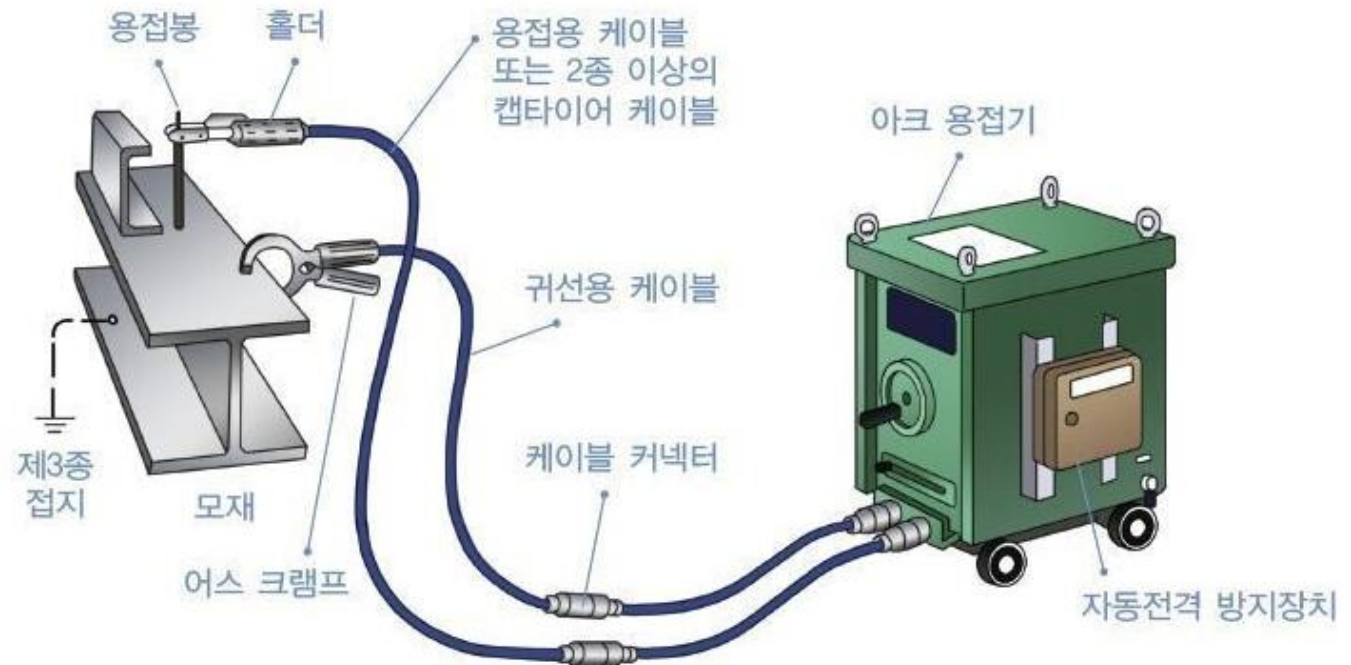


■ 용접 공정의 종류-(1) 아크용접

① SMAW (Shield Metal Arc Welding)

- 아크용접, 스틱용접

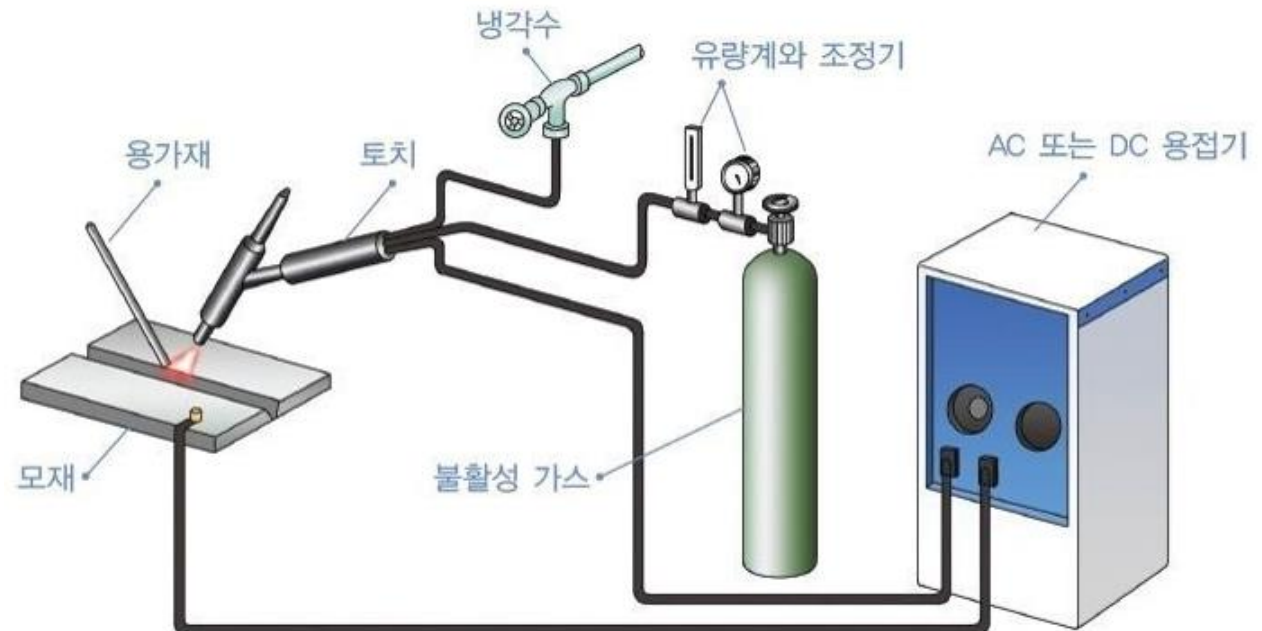
- 피복된 용접봉과 피용접물간에 발생한 전기아크 열을 이용하여 모재와 소모성 용접봉을 녹여 붙이는 용접법
- 용접봉을 감싼 피복재에서 가스가 발생하여 용접부가 보호됨
- (장점) 장비가 저렴하고 간편하여 제한이 적어 가장 많이 사용됨
- (단점) 용접봉이 습기에 취약, 용접작업 후 냉각과정에서 오버레이 용접층 내부에 심한 변형이 유발됨



■ 용접 공정의 종류 -(1) 아크용접

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

- **알곤용접, 티크용접(TIG, Tungsten Inert Gas)**
- 텅스텐 전극과 모재사이에서 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 CO₂나 Ar(알곤, 75%)+CO₂(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)

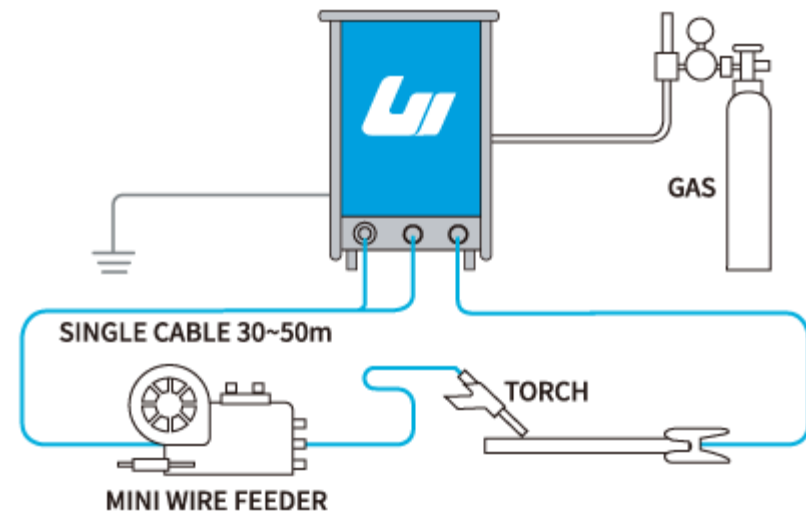
- 소모성 전극을 이용하는 아크용접의 일종으로 아크를 입자모양의 피복제(Flux)로 보호하며 용접하는 방법
- 용접 이음부위에 분말 플럭스를 일정 두께로 살포하면서 그 플럭스 내부에 전극 와이어를 연속적으로 공급하면서 아크발생
- (장점) 아크가 보이지 않고 가스발생량이 적어 작업환경이 좋다.
고전류 사용이 가능하며 기계적 성질(강도, 충격치 등)이 우수하다.
- (단점) 장비의 가격이 비싸다
용접상태를 육안으로 확인할 수 없다.
적용소재에 제약을 받는다. (탄소강, 저합금강, 스테인레스강에 적용)



■ 용접 공정의 종류 -(1) 아크용접

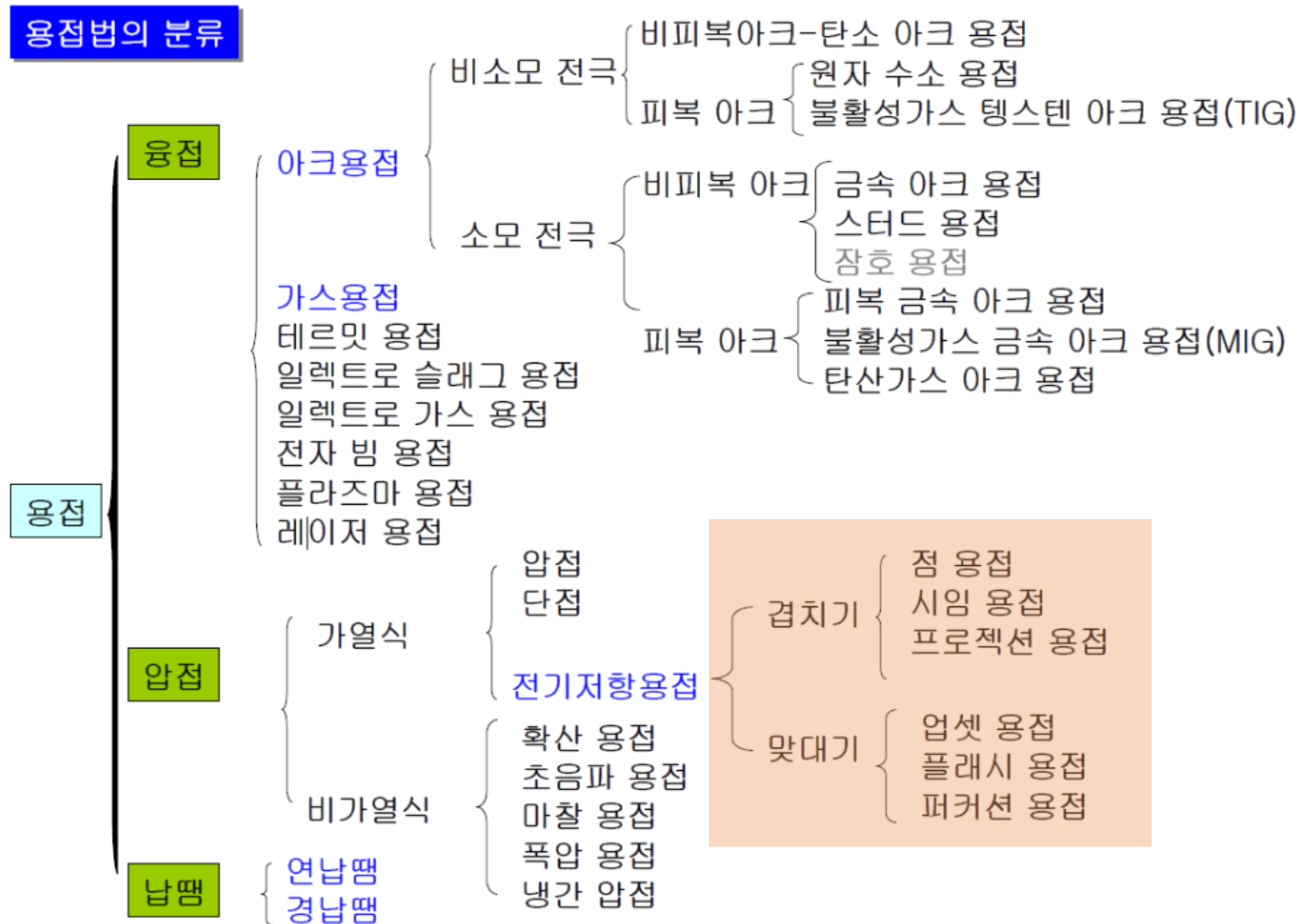
⑤ GMAW (Gas Metal Arc Welding, 가스방호 금속아크 용접)

- **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

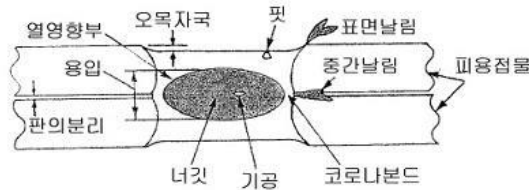


■ 용접 공정 정의 및 특징

● 전기저항용접



■ 용접 공정의 종류 -(2) 전기저항용접

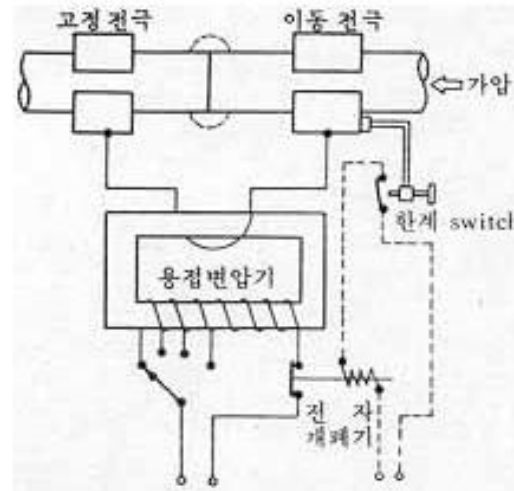


- ① 너깃(Nugget) : 용접결과로 접합부에 생기는 용융 응고한 부분으로서 일반적으로 접합면을 중심으로 바둑돌 모양으로 형성.
- ② 코로나 본드(Corona bond) : 너깃 주위에 존재하는 링형상의 부분으로서 실제 용융하지는 않고 열과 압력을 받아서 고상으로 압접된 부분. 접합부의 강도에는 기여하지 않고 비파괴 검사시에 너깃치수를 크게 평가하기 쉽게 하는 부분이므로 주의가 요구.
- ③ 오목자국(Indentation) : 전극팁이 가압력으로 모재에 파고 들어가서 오목하게 된 부분. 이와 같은 깊이를 오목깊이라고 함.
- ④ 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 프록션용접에서 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.

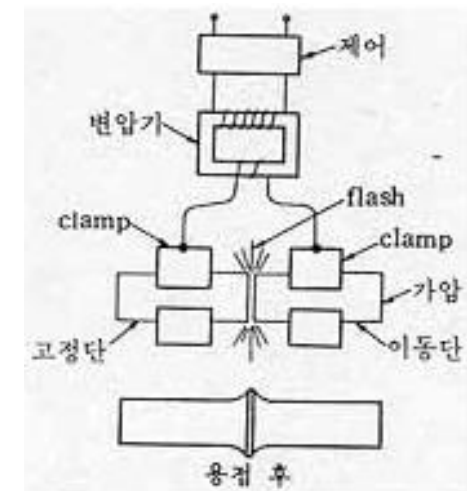
■ 용접 공정의 종류 -(2) 전기저항용접

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

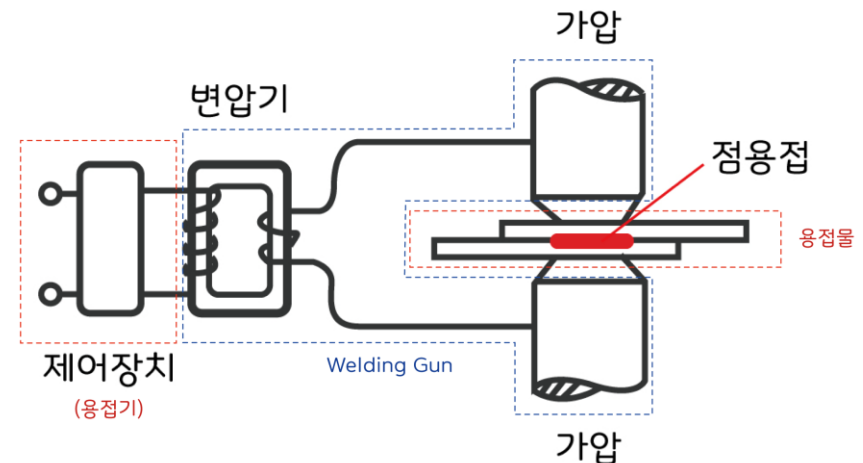
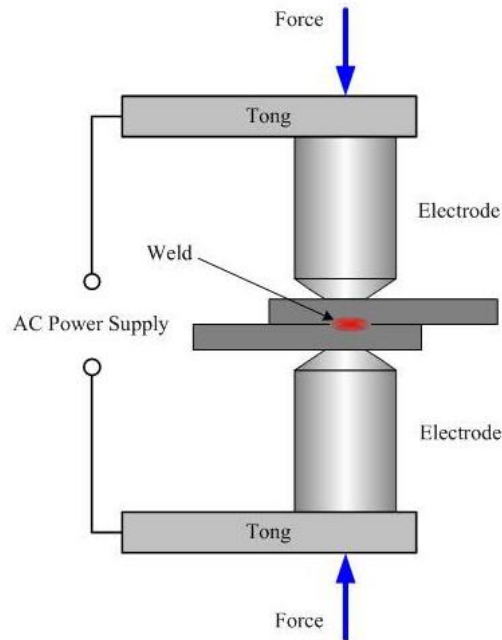
■ 용접 공정의 종류 -(2) 전기저항용접

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

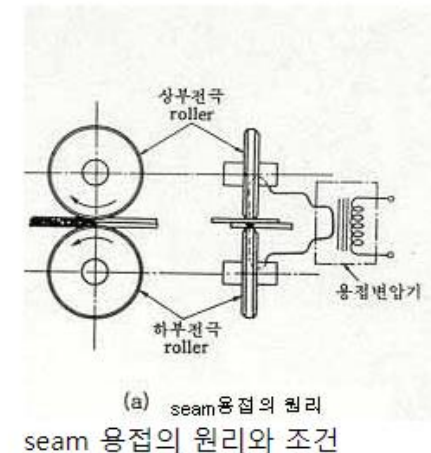
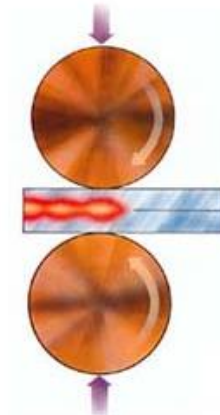
② 겹치기 저항용접 - (1) 점용접 (Spot Welding)



■ 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



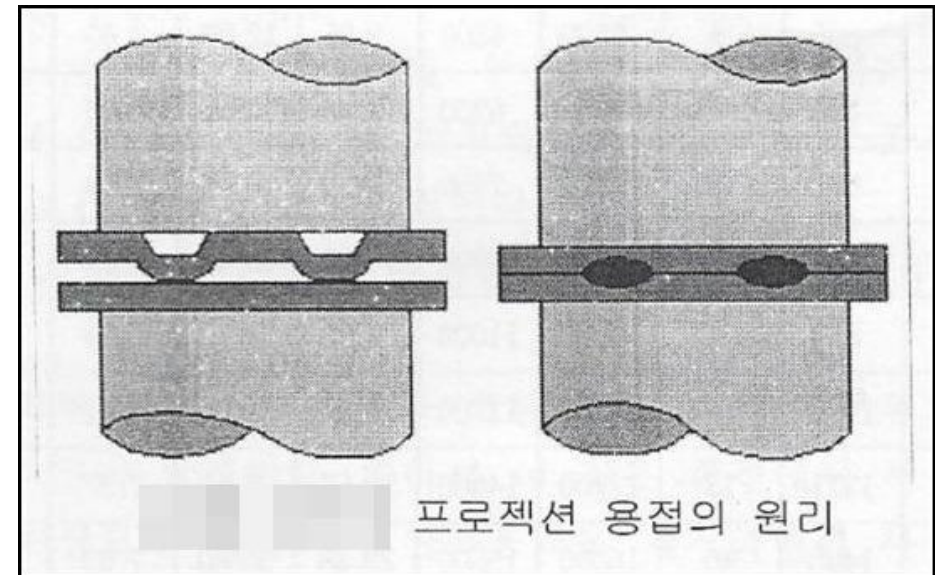
■ 용접 공정의 종류 -(2) 전기저항용접

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

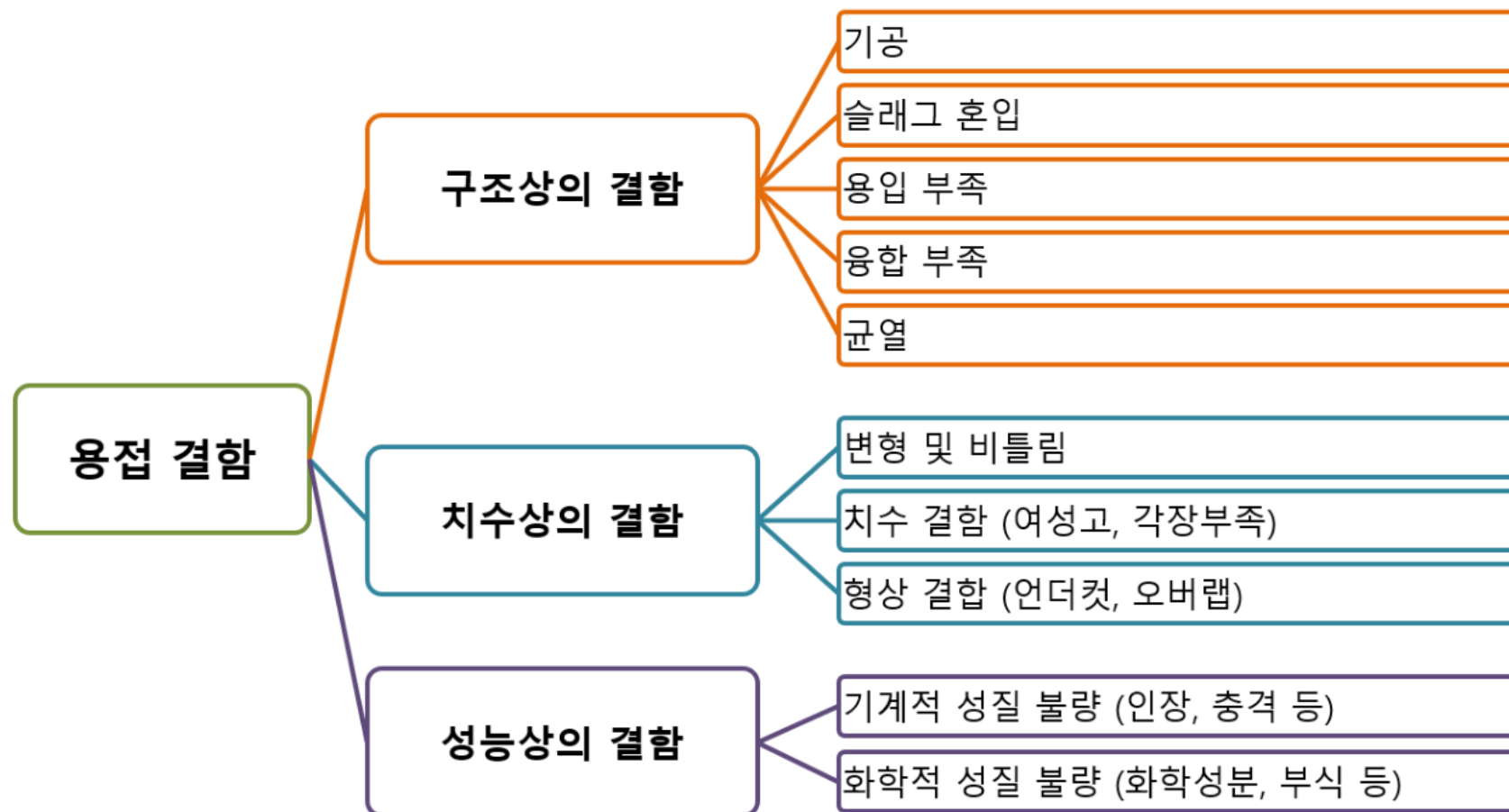
- 금속판의 한쪽 또는 양쪽에 돌기부를 만들고 가압하면서 통전하면 돌기부에 전류가 집중되어 용접온도에 달할 때 가압력을 증가시키면 일시에 다점(多點) 용접을 할 수 있는 용접
- 판재의 두께가 다른 것도 용접할 수 있다(두꺼운 판에 projection을 가공)
- 열전도율이 다른 금속의 용접이 가능하다(열전도율이 큰 판에 projection을 가공)
- pitch가 작은 용접이 가능하다.
- 작업속도가 빠르다



projection 용접기

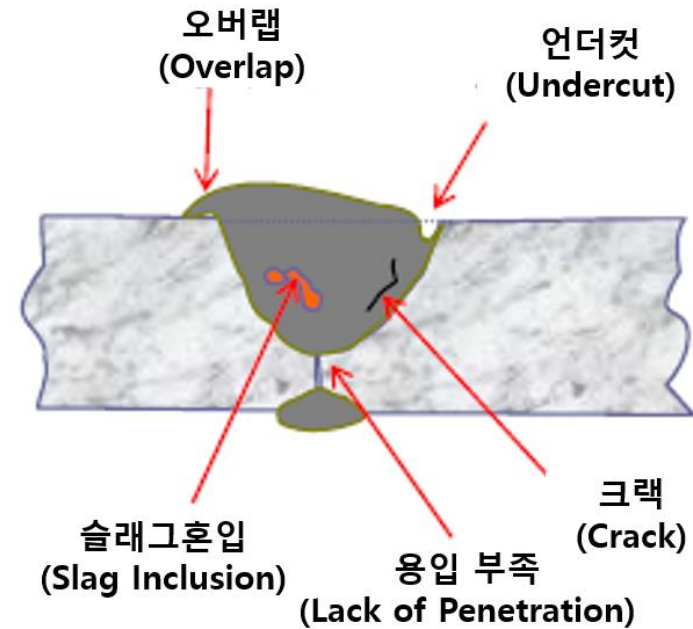
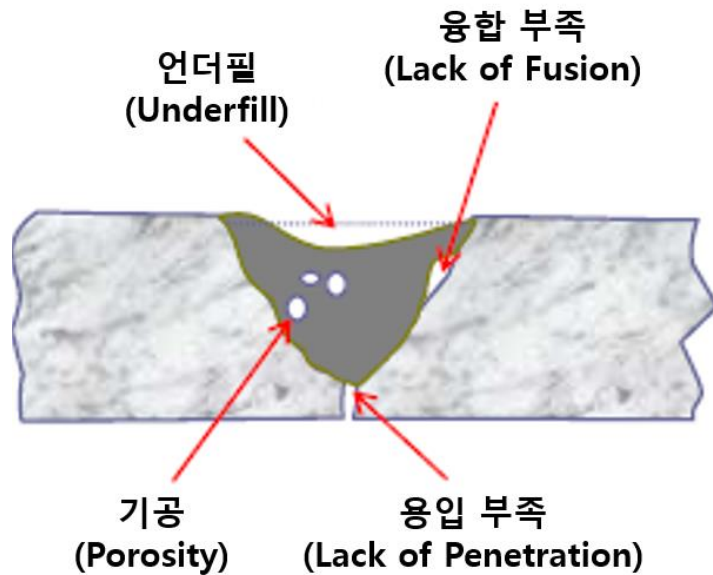


■ 용접 결함



■ 용접 결함

● 결함의 형태



■ 용접 결함

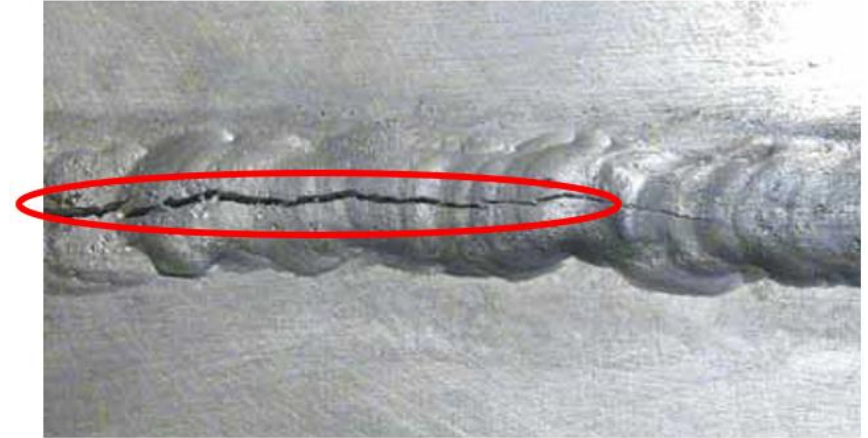
1) 결함의 형태 - 균열(Crack)

- 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



* 출처 : <https://nabi29.tistory.com/66>

■ 용접 결함

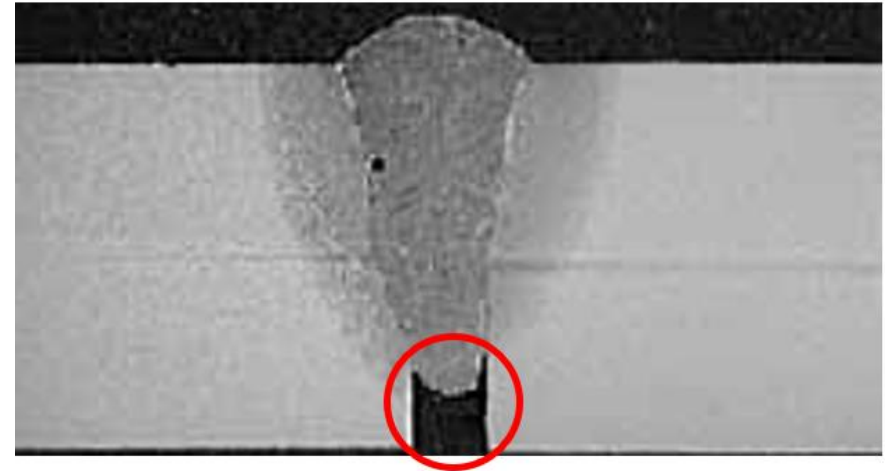
2) 결함의 형태 - 용입 부족(Lack of Penetration)

- 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



* 출처 : <https://nabi29.tistory.com/67>

■ 용접 결함

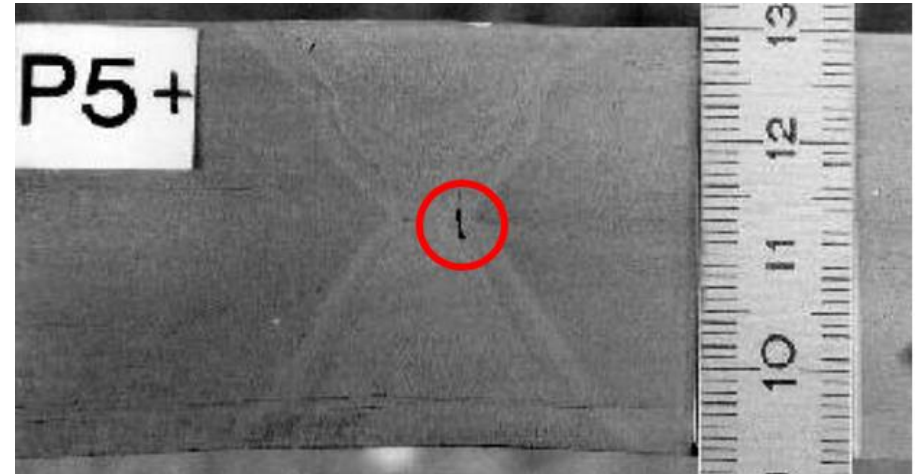
3) 결함의 형태 - 융합 부족(Lack of Fusion)

- 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



* 출처 : <https://nabi29.tistory.com/68>

■ 용접 결함

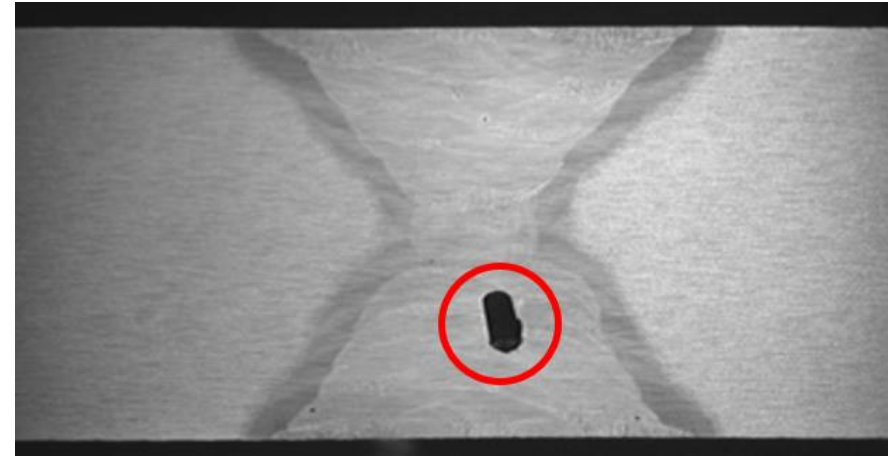
4) 결함의 형태 - 슬래그 혼입(Slag Inclusion)

- 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



* 출처 : <https://nabi29.tistory.com/69>

■ 용접 결함

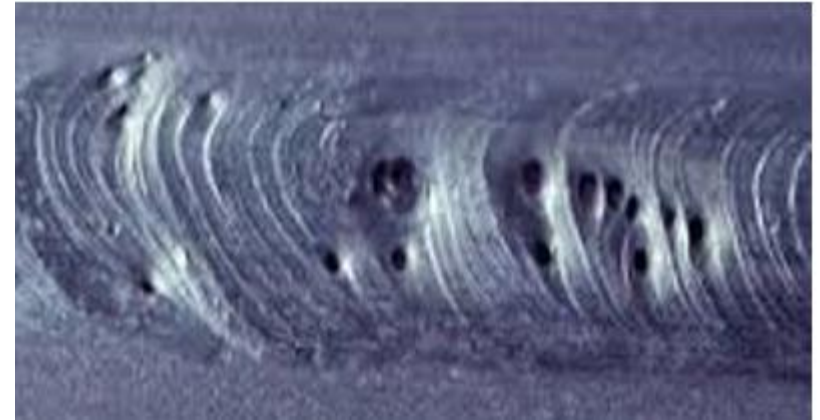
5) 결함의 형태 - 기공(Porosity), 공극(Cavity)

- 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



* 출처 : <https://nabi29.tistory.com/73>

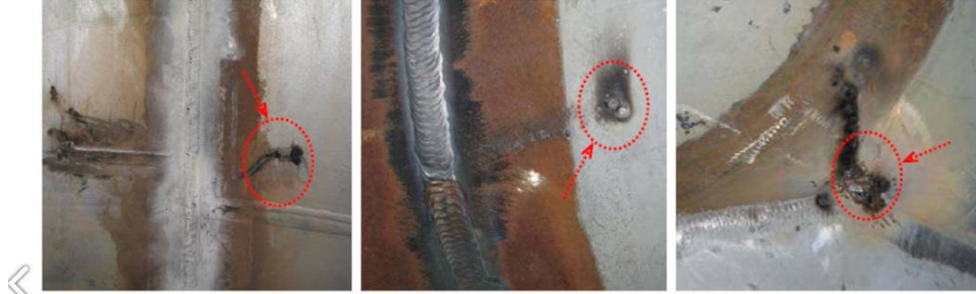
■ 용접 결함

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

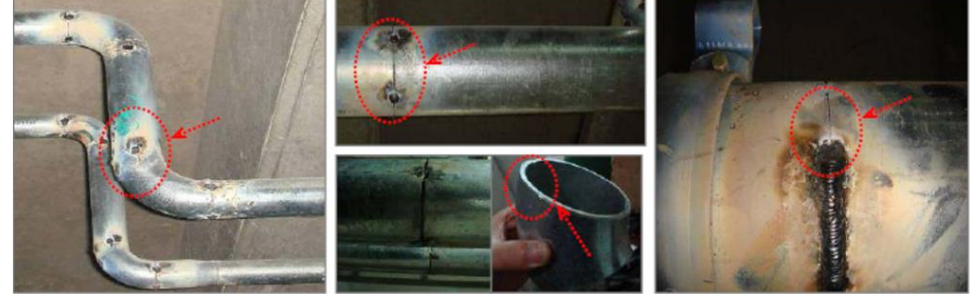
- Arc Strike
 - 용접부가 모재부에서 아크가 발생된 자국으로 균열의 원인이 됨
- Spatter
 - 용융금속이 보호가스 활동에 의해 비산하여 용접부 주위에 붙은 것
- Crater
 - 아크를 끊을 때 비드 끝부분이 오목하게 들어가는 것
- Grinding Mark
 - 용접 후 표면을 다듬는 그라인딩 작업 시 모재의 표면에 손상을 준 채 방치하는 경우
- Tack-Weld Defect
 - 구조물의 용접 전의 형상을 유지하기 위해 가접한 용접부를 실용접에서 완전히 용융시키지 못하거나, 모재 표면에 임시 부착물을 용접/제거 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

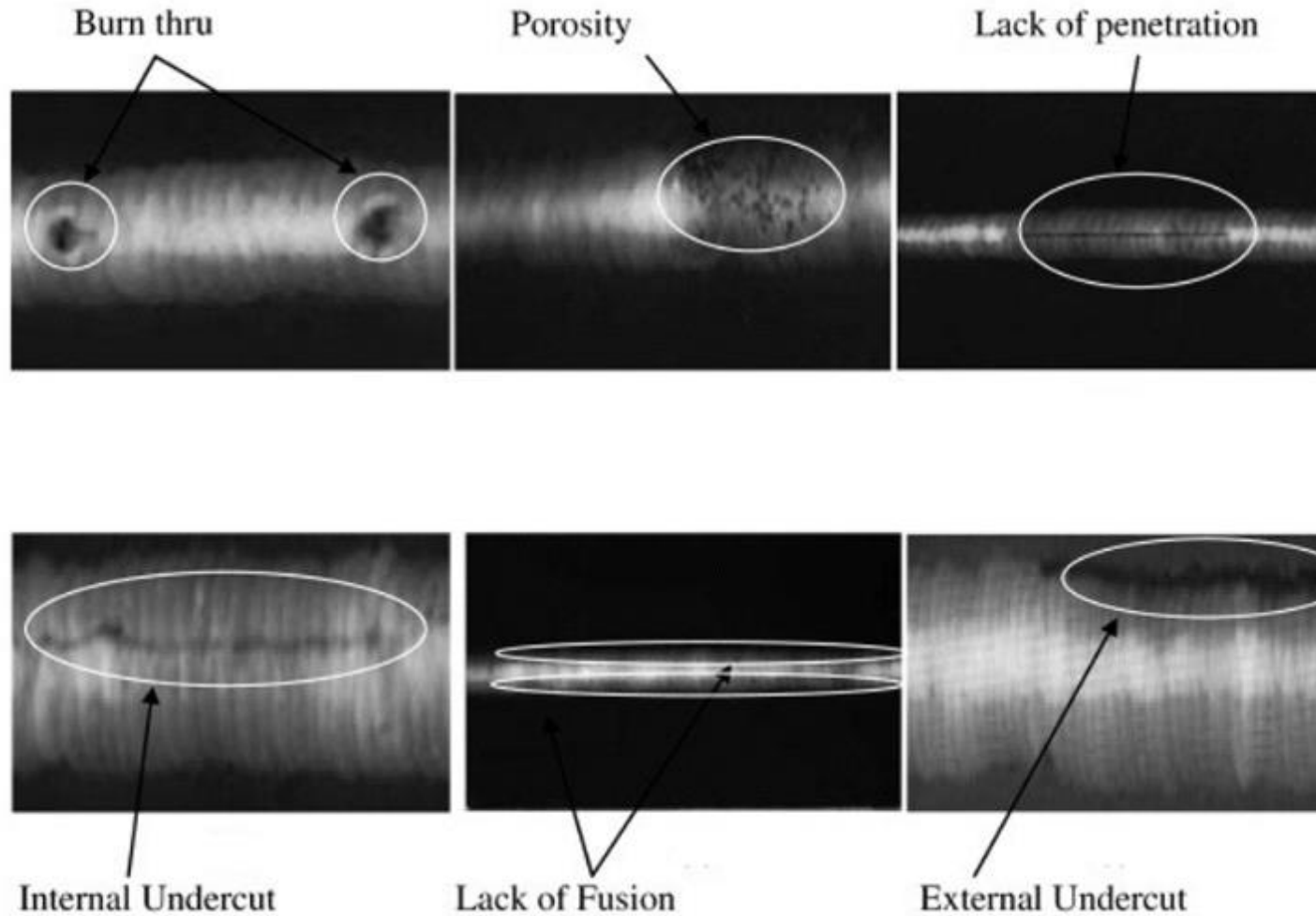


용접량 부족 및 Tack-Weld Defect



* 출처 : <https://nabi29.tistory.com/74>

■ 용접 결함



* 출처 : <https://nabi29.tistory.com/74>