

# GMA 용접에서 기공 발생에 미치는 용접 조건의 영향

## Effect of Welding Condition on Porosity Formation in GMA welding

\*서준석, \*\*김희진, \*\*유희수, \*고진현

\*한국기술교육대학교

\*\*한국생산기술연구원

### 1. 서 론

가스메탈아크(GMA)용접에서 아크 전류 및 전압의 영향, 보호가스등에 따라 기공 발생 여부가 결정된다.

보호가스는 용융 풀을 대기로부터 보호하고, 플라즈마를 형성하여 아크를 발생, 유지시키는 역할을 한다. 용융풀을 보호하기 위해서는 아르곤과 같은 불활성가스를 사용하여야 하지만 불활성가스만을 사용할 경우에는 아크가 불안하여 지기 때문에 산소 또는 CO<sub>2</sub>가스 등과 같은 활성가스를 소량 첨가하여 아크를 안정화 한다. 그러나 활성가스의 양이 많아지게 되면 용융금속에 산소가 다량 용해되어 용접금속 내에 비금속개재물의 양이 증가하여 인성이 저하하기 때문에 활성가스의 양을 최소화 하여야 한다.

활성가스를 최소화한 보호가스가 선정되면 아크 전류 및 전압을 맞추어가며 기공발생이 가장 적은 용접 조건을 찾아야 한다.

본 연구에서는 PFS-700강용 용접 재료를 사용하여 용착금속의 강도 및 인성을 향상시키기 위해 활성가스를 최소화한 보호가스를 선정하고 기공 발생이 가장 적은 최적의 용접 조건을 선정하고자 하였다.

### 2. 실험 방법

AWS ER 120규격의 솔리드와이어(직경 1.2mm)를 사용하여 두께 20mm인 연강에 비드-온-플레이트 용접을 실시하였다. 용접에 사용된 보호 가스는 Ar +5% CO<sub>2</sub> 로 선정하였으며

각각의 용접 조건은 다음 표 1과 같다. 용접토치는 모재에 수직으로 유지하였으며, 콘택트 팁과 모재간의 거리는 20mm로 고정하였다. 용접 전압은 28~ 32V의 위에서 5단계로 고정 하고, 각각의 용접 전압에서 Feeding Rate를 조절하여 용접 전류를 250~300A로 맞추어가며 용접을 하였다. 그렇게 설정된 전압과 전류를 표 1에서 보여 주고 있다. 용접이 완료된 시편은 절단 및 가공하여 비드 단면 형상을 관찰하고, 초음파 스캔 장비를 사용하여 기공 발생 정도를 확인하였다. 기공 발생 정도를 정량화하기 위하여 일정 길이의 비드에서 확인된 기공의 개수를 측정하였다.

Table 1. welding conditions.

Voltage(V)	28	29	30	31	32
Current(A)	250~ 280	250~ 290	250~ 300	250~ 300	250~ 300
Welding Speed (cm/min)	30	30	30	30	30

### 3. 시험 결과

#### 3.1 비드 형상의 변화

다음 Fig. 1은 비드-온-플레이트 용접을 실시한 용접시편의 단면을 보여 주고 있다. 용접 시작부의 단면으로 28~32V 전압, 250A 전류 영역에서 용접된 용접 단면 이다. 각각의 조건에서 용접 길이는 30cm 정도 하였으며, Fig.2는 15cm 정도 용접된 부분의 용접부로 각 전압에서

270~280A 전류대의 용접부 단면을 보여주고 있다.

비드 형상은 용접 전압과 전류에 따라 다른 모양을 하고 있다.

아크 전압은 와이어 끝과 모재간의 전압으로서 아크길이에 비례하며, 용접 비드의 형상 및 금속 이행형태에 중요한 변수로 작용한다. 28V의 전압으로 용접한 시편의 단면에서는 비드 폭이 좁고 용입 깊이가 작은 것을 알 수 있다.

보호가스로 Ar + CO<sub>2</sub> 5%를 사용하였기 때문에 30V 이상의 전압에서는 스프레이 이행 모드가 나타났고 Ar 가스로 용접시 아크가 중앙에 집중되어 포도주 잔(wine glass)과 같은 비드 형상을 확인 하였다.

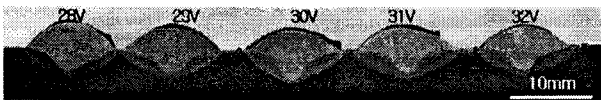


Fig. 2 Cross section of weld beads(Start).



Fig. 3 Cross section of weld beads(Middle).

### 3. 2 기공발생률

기공발생 여부 및 기공발생 정도를 평가하기 위하여 비드 표면을 연마한 다음 초음파 스캔한 결과를 Fig. 4에서 보여 주고 있다. 스캔한 비드 길이는 150mm 이었는데, 스캔한 영상으로부터 기공은 용접부 중앙에 위치하고 있음을 확인 할 수 있었다. 기공의 위치를 보다 정확히 확인하기 위하여 비드의 중앙부를 용접선 길이 방향으로 절단하여 기공을 관찰한 결과를 Fig. 5에서 보여 주고 있다. 이 그림에 볼 수 있듯이 모든 기공은 비드 하단부에 존재하고 있었으며, 상부에는 존재하지 않았다. 이러한 결과로부터 용접부에 존재하는 기공은 용접비드 하단부에서 발생한 기공이 상부로 부유하지 못하고 하부에 남아 있기 때문에 발생하는 것이라고 생각된다.

Fig 4의 초음파 스캔 결과에서 확인된 기공의 숫자를 정량화 한 것이 Fig. 6이다. 이 결과를 보면 용접 전압이 28V일때는 전 영역에서 기

공 발생량이 많았고, 전압이 증가할수록 기공이 발생은 저하하여 용접 전압이 31V 이상에서는 기공발생이 급격히 줄어든 것을 확인 하였다. 하지만 용접 전압이 32V의 경우 250~260A의 저전류에서는 아크 길이가 길어져서 아크가 매우 불안하였다.

용접 전압과 전류에 따른 아크안정성을 다음 Fig.7에서 보여주고 있다. 용접 전압이 28~29V의 경우에는 거의 전 영역에서 아크가 매우 불안하였으며, 31~32V의 저전류 영역에서는 아크가 길어져서 아크 쏠림 현상이 발생하였다. 아크 안정성면에서는 용접 전압 30~32V, 용접 전류 270~280A 영역에서 가장 안정적이었다.

Fig. 6에서의 기공발생이 가장 적은 용접 조건과 Fig. 7에서 아크 안정성이 높은 용접 조건의 공통적인 용접 조건은 용접 전압 31V, 용접 전류 280A의 영역이다. 이 조건의 용접 비드 형상은 Fig. 3의 31V 그림으로 전형적인 Wine Glass 형상을 하고 있지만 기공 발생이 전혀 없었다.

용접 전압이 28V일 때는 용접 입열이 작기 때문에 용착 금속과 모재 열영향부의 거리가 좁다. 입열이 적기 때문에 냉각속도가 빨라지고 기공이 상부로 부유할 시간이 짧고 아크 안정성도 낮기 때문에 기공이 다량 발생하고 쉽게 부유하지 못하는 여건이 된 것으로 판단된다. 향후 기공 발생기구에 대한 연구가 체계적으로 수행되면 보다 확실한 원인을 알 수 있을 것이다.

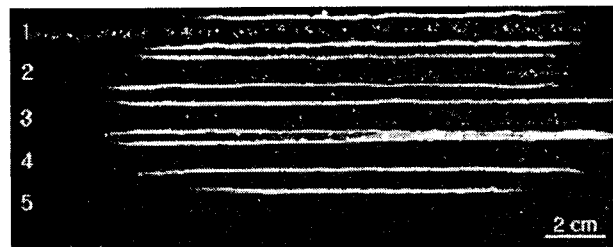


Fig. 4 SAM image of weld bead.

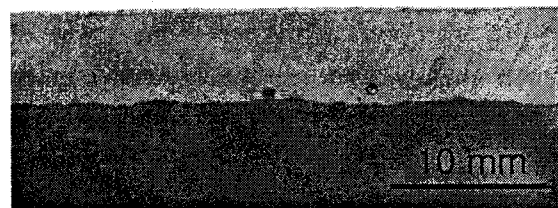


Fig. 5 Longitudinal cross section of weld bead.

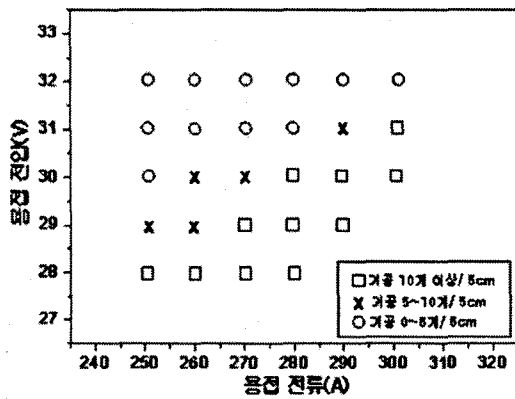


Fig. 6 Porosity Formation Rate

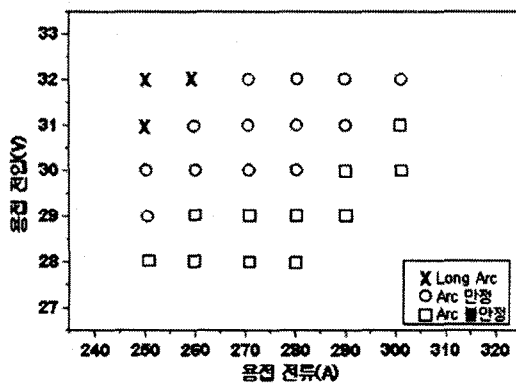


Fig. 6 아크 안정성

#### 4. 결론

AWS ER 120S 솔리드 와이어를 사용하여 용접 조건에 따른 기공발생 여부 및 발생 정도를 비드-온-플레이트 용접을 실시하여 확인하였다. 용접 전압이 28V의 경우에는 용접비드 형상은 양호하였으나 아크안정성이 떨어져 기공이 다량 발생하였다.

용접 전압을 증가시키면 기공 발생 정도는 저하하였는데, 용접 전압이 32V로 높아질 경우 저전류에서는 아크가 길어짐에 따라 아크솔립과 같은 아크 안정성이 떨어졌다.

이러한 결과로부터 기공 발생이 비드 형상보다는 용접 조건(용접 전압, 용접 전류)에 크게 의존하는 것이라고 할 수 있다.

#### 후 기

본 연구는 민군겸용기술개발 사업의 일환으로 수행되었고 이에 감사드립니다.