2006년도 춘계 학술발표대회 발표논문, 2006년 5월, 강원도 삼척

GMA 용접에서 기공 발생에 미치는 보호 가스의 영향

Effect of Shielding Gas on Porosity Formation in GMA welding

*서준석, **김희진, **유희수, *고진현

*한국기술교육대학교

**한국생산기술연구원

1. 서 론

가스메탈아크(GMA)용접에서 보호가스는 용융풀을 대기로부터 보호하고, 플라즈마를 형성하여 아크를 발생, 유지시키는 역할을 한다. 용융풀을 보호하기 위해서는 아르곤과 같은 불활성가스를 사용하여야 하지만 불활성가스 만을 사용할 경우에는 아크가 불안하여 지기 때문에 산소 또는 CO2가스 등과 같은 활성가스를 소량 첨가하여 사용하게 된다.

Ar을 주된 보호가스로 하는 경우에는 Ar의 열전도도가 낮기 때문에 아크가 중앙에 집중되어 포도주 잔(wine glass)과 같은 비드형상을 가지게 된다. 이러한 비드형상 때문에 비드 하단에 기공이 자주 발생하게 된다. 결국 Ar을 주된 보호가스로 하는 경우에는 기공이 발생하지 않을 정도의 활성가스를 첨가 해 주어야 하는 것이다. 그러나 활성가스의 양이 많아지게 되면 용융금속에 산소가 다량 용해되어 용접금속 내에 비금속개재물의 양이 증가하여 인성이 저하한다. 한편 용융금속에 용해된 산소는 Si 및 Mn 등과 결합하여 비금속개재물을 생성하게 되는데, 용해된 산소가 증가하면 용접금속의 Si 및 Mn 함량이 감소하여 강도도 저하한다. 따라서 용착금속의 강도 및 인성을 향상시키기 위해서는 되도록 활성가스의 양을 최소화 하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 HSLA-100강용 용접재료를 사용하여 보호가스에 따른 기공발생률을 측정하여 최적의 보호가스를 선정코자 하였다.

2. 실험 방법

AWS ER 120규격의 솔리드와이어(직경 1.2mm)를 사용하여 두께 25mm인 연강에 비드-온-플레이트 용접을 실시하였다. 용접에 사용된 보호 가스는 모두 4가지 종류로 하였는데, 각각의 조성은 표 1과 같다. 용접토치는 모재에 수직으로 유지하였으며, 콘택트 팁과 모재간의 거리는 20mm로 고정하였다. 용접 전류는 300A로 일정하게 하였으며, 전압은 각각의 보호가스에서 아크가 가장 안정된 상태가 되도록 조정하였다. 그렇게 설정된 전압을 표 1에서 보여 주고 있다. 용접이 완료된 시편은 절단 및 가공하여 비드 단면 형상과 산소 함량을 측정하였으며, 초음파 스캔 장비를 사용하여 기공 발생 정도를 확인하였다. 기공 발생 정도를 정량화하기 위하여 일정 길이의 비드에서 확인된 기공의 개수를 측정하였다.

Table 1. Shielding gases and welding conditions.

Shielding gas	Ar + 2% O_2	Ar + 5% CO_2	Ar + 10% CO_2	Ar + 20% CO_2
Current(A)	300A	300A	300A	300A
Voltage(V)	27.0	31.3	32.5	34.1
Welding Speed (cm/min)	30	30	30	30

3. 시험 결과

3.1 비드 형상의 변화

다음 Fig. 1은 비드-온-플레이트 용접을 실시한 용접시편을 보여 주고 있다. 용접 길이는 20cm 정도 이었으며, 비드 표면에는 슬래그 층이 형성되어 있었다. 이들을 절단하여 비드 단면을 관찰한 결과를 Fig. 2에서 보여 주고 있다. 모두 포도주 잔과 같은 형상을 하고 있었는데, 비드 하부의 형상은 보호가스에 따라 다른 모양을 하고 있었다. 이러한 형상을 정량화하기 위하여 Fig. 3과 같이 표면에서의 비드폭(W), 용입 깊이(h) 및 중간 용입부에서 비드폭(w)을 측정하였다. 각각의 비드에 있어서 비드 형상을 측정한 결과를 Table 2에서 보여 주고 있다. Ar+ 2%O_2의 경우에는 W 및 h가 가장 작은 반면 w는 가장 넓은 것으로 나타나고 있다. 그리고 Ar+ CO_2 혼합가스의 경우에는 CO_2함량이 증가할수록 W 및 w가 증가하지만 h는 거의 변화가 없었다.

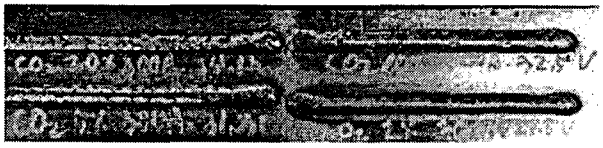


Fig. 1 Bead-on-plate welded specimen.

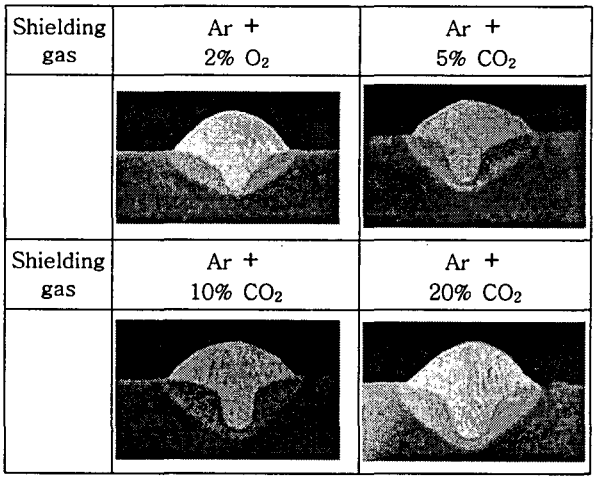


Fig. 2 Cross section of weld beads.

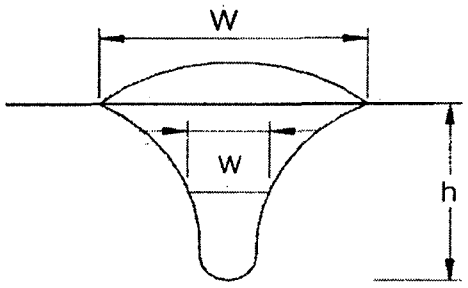


Fig. 3 Geometry of weld bead.

Table 2. Result of bead geometry measurement.

Shielding gas	bead width at surface (W), mm	bead width at h/2 (w), mm	penetration depth (h), mm
Ar + 2%O_2	14.7	4.4	4.2
Ar + 5%CO_2	15.3	4.0	5.0
Ar + 10%CO_2	16.0	3.9	5.3
Ar + 20%CO_2	16.5	5.3	5.3

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 80mm 이었는데, 스캔한 영상으로부터 기공은 용접부 중앙에 위치하고 있음을 확인 할 수 있었다. 기공의 위치를 보다 정확히 확인하기 위하여 Ar+ 2% O_2비드의 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 도표화 한 것이 Fig. 6이다. 이 결과에서 보듯이 Ar+ 2% O_2에서 가장 많은 기공이 발생하고 있었으며, Ar+ CO_2에서는 CO_2 함량이 증가함에 따라 기공 발생 정도는 저하하여

Ar+20% CO_2에서는 기공이 전혀 발생하지 않았다. 이러한 결과로부터 기공발생 정도는 보호가스의 영향이 매우 큰 것을 알 수 있다. 보호가스에 따라 용융 풀의 거동이 달라지고, 비드 형상이 달라지기 때문에 기공이 상부로 부유할 수 있는 정도에 차이가 있게 되는 것이다. 특히 기공 발생 정도를 비드 형상과 연계하여 고찰하여 보면, 비드 중간에서의 폭(w)이 가장 큰 Ar+20% CO_2에서 기공이 발생하지 않고 있다. 이는 w가 커짐에 따라 기공이 발생하기 어렵던지 아니면 기공이 발생하였더라도 쉽게 부유할 수 있는 여건이 되었기 때문으로 사료된다. 향후 기공 발생 기구에 대한 연구가 체계적으로 수행되면 보다 확실한 원인을 알 수 있을 것이다.

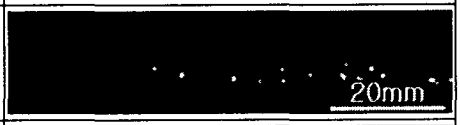
Shielding gas	SAM Image
Ar + 2%O_2	
Ar + 5% CO_2	
Ar + 10% CO_2	
Ar + 20% CO_2	

Fig. 4 SAM image of weld bead.

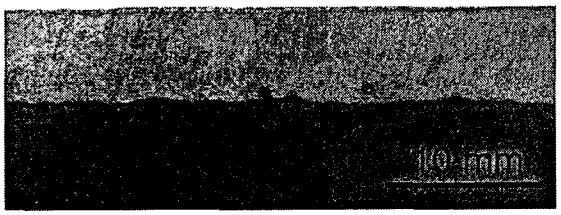


Fig. 5 Longitudinal cross section of weld bead.

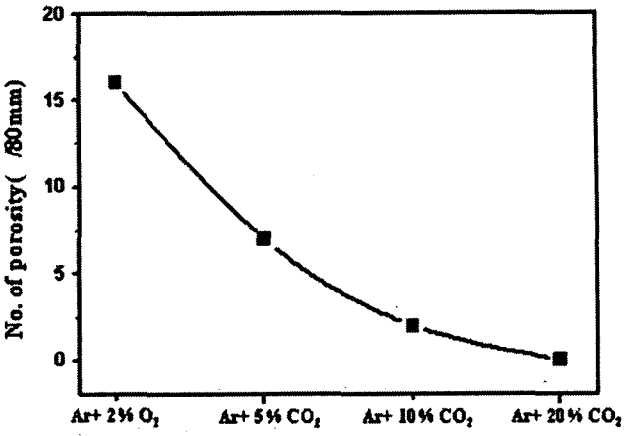


Fig. 6 No of porosity.

4. 결 론

AWS ER 120S 솔리드 와이어를 사용하여 보호가스에 따른 기공발생 여부 및 발생 정도를 비드-온-플레이트 용접을 실시하여 확인하였다. Ar+2%O_2 의 경우에는 용입이 얕았지만 기공이 다량 발생하였다. Ar+CO_2 혼합가스의 경우에는 CO_2함량이 증가함에 따라 기공발생 정도는 저하하는데, 5% CO_2와 10% CO_2의 경우를 비교하여 보면 비드폭이나 용입 깊이는 비슷하였으나 10% CO_2에서 기공이 훨씬 적게 발생하였다. CO_2함량이 20%로 증가하면 용입 깊이는 비슷하나 중앙부에서의 비드 폭(w)이 크게 증가하면서, 기공이 전혀 발생하지 않았다. 이러한 결과로부터 기공은 비드형상, 특히 중앙부에서의 비드 폭에 크게 의존하는 것이라고 할 수 있다.

후 기

본 연구는 민군겸용기술개발 사업의 일환으로 수행되었고 이에 감사드립니다.