

아연도금강판의 CO₂ 필릿 용접부의 결함형성 기구
Mechanism of weld defect formation in CO₂ fillet welds of Zn coated steel sheet

이 중봉, 안 영호, 남 기욱
포항종합제철(주) 기술연구소

박 화순
부경대학교 재료공학과

1. 머리말

최근 아연도금강판은 표면이 미려하고 내식성이 우수하다는 점 때문에 그 적용범위가 점차 확대되고 있다. 그러나 이러한 강재를 아크용접하는 경우, 특히 겹치기 필릿 용접부에는 blowhole 및 pit와 같은 결함이 다수 발생하여 용접품질 및 생산성이 저하하는 원인이 되고 있다. 따라서 본 연구에서는 용융지의 가스거동을 직접 관찰함으로써 이와 같은 용접결함의 형성 기구에 대하여 상세히 검토하였다.

2. 시험재 및 실험방법

시험에 사용한 모재는 SECC에 상당하는 두께 1.6mm의 전기 아연도금강판으로서, 도금량은 20g/m² 정도이다. 용접은 CO₂용접법을 사용하여 220A-23V-100cm/min의 조건으로 아래보기 자세로서 겹치기 필릿용접을 실시하였다. 이 때 두 판재 사이의 gap은 상부에서 가압하여 zero로 유지하였으며, 용접재료는 KS D7025 YGW11에 상당하는 시판재인 직경 1.2mm의 solid wire를 사용하였다. 용융지의 거동을 관찰하기 위해서는 1kW Xenon lamp와 촬영속도가 2,000frames/sec인 고속 카메라를 사용하였으며, 촬영결과는 P/C 또는 Video를 통하여 분석하였다(Fig.1).

3. 실험결과 및 고찰

Photo.1은 시험 용접부의 겹침부를 기점으로 비드에 평행한 절단면에 대한 현미경 조직 사진을 나타낸 것이다. 용접부의 결함은 주로 겹침부의 기점에서 발생되고 있지만, 일부는 발생기점이 용접부 내부에 위치하며, 결함들은 대부분 길쭉한 bar 형태를 나타내고 있다. Photo.2는 용접비드에 수직인 절단면에서 관찰된 전형적인 blowhole의 파단면 예를 나타낸 것이다. 두 판재의 겹침부 기점근방의 저배율 사진인 (a)로부터, 기점부에서는 고압의 가스가 빠른 속도로 분출한 흔적과, 결함의 중앙부에는 하부에 비해 표면이 약간 거칠며 피상으로 부분적인 돌기가 존재함을 볼 수 있다. (b)는 이러한 돌기부분을 확대한 것으로, 수직상정의 형태를 관찰할 수 있으며, 화살표로 표시한 결정립계에서는 아연이 검출됨을 확인할 수 있었다.

이러한 용접결함의 관찰 및 분석결과로부터 blowhole은 두 판재의 겹침부에서 아연의 증기와 같은 가스가 고압으로 분출됨으로써 형성되기 시작하며, 가스압이 증가함에 따라 주로 주상정의 성장방향을 따라 성장함을 알 수 있었다. 또한 이러한 가스는 약간 불연속적으로 공급되며, 또 하부로부터 가스공급량이 저하하여 가스압이 낮아지고, 용융금속의 표면장력 및 온도의 저하 등에 기인하여 blowhole이 비드표면 근처에서 성장을 멈추면, blowhole의 내부에 잔존하는 소량의 저압가스는 최상부로 몰려 회전하면서 그 중 일부는 확산 등을 통해 외부로 방출되는 것으로 추정할 수 있었다.

한편 용융지의 가스거동을 고속 카메라로 관찰한 결과, 대부분의 blowhole은 이미 널리 알려진 바와 같이 가스가 외부로 배출되지 못하고 용접부 내부에 잔존함으로써 형성되었다. 그러나 일부의 blowhole은 가스가 배출되어 pit로 진행된 후 용융금속이 재충진되는 과정에서 pit의 표면만이 충전되고 내부가 미충진된 상태로 응고가 완료되는 경우에도 형성됨을 확인할 수 있었다. 이러한 형태의 blowhole은 주로 용접 종료부 근방에서 관찰되었으며, 용융지 내부의 가스가 잠복기, 폭발단계, 재충진 단계, 재충진 완료단계를 거쳐 형성되었다(Photo.3). 또한 대부분의 pit도 온도 및 용융금속의 유동정도가 높고 용융지의 중앙부 근처에서 형성되기 때문에 응고과정에서 용융금속이 재충진되는 현상을 동반함이 확인되었다.

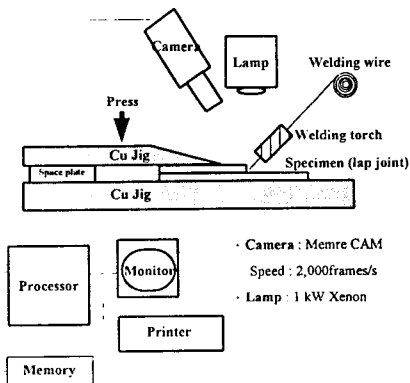


Fig.1 Schematic illustration for the observation of the gas behavior during welding

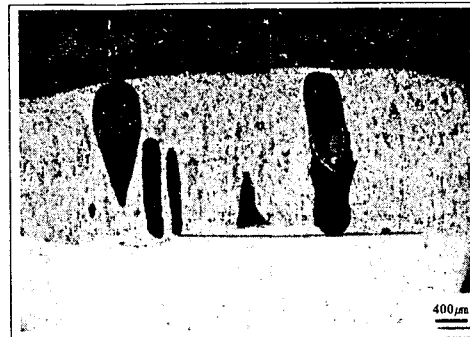
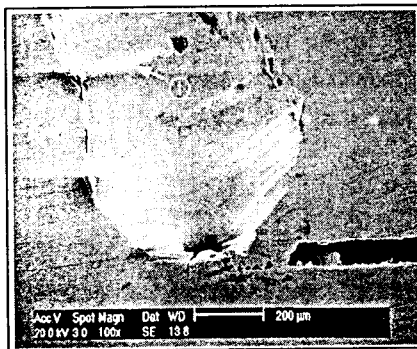
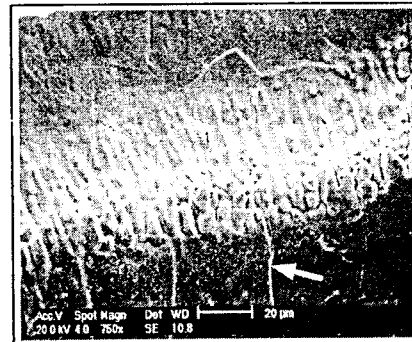


Photo.1 Logitudinal cross-section of the typical weld defects



(a) Lower part



(b) Magnified view near ① in (a)

Photo.2 SEM image of the blowhole in lap-joint fillet welds

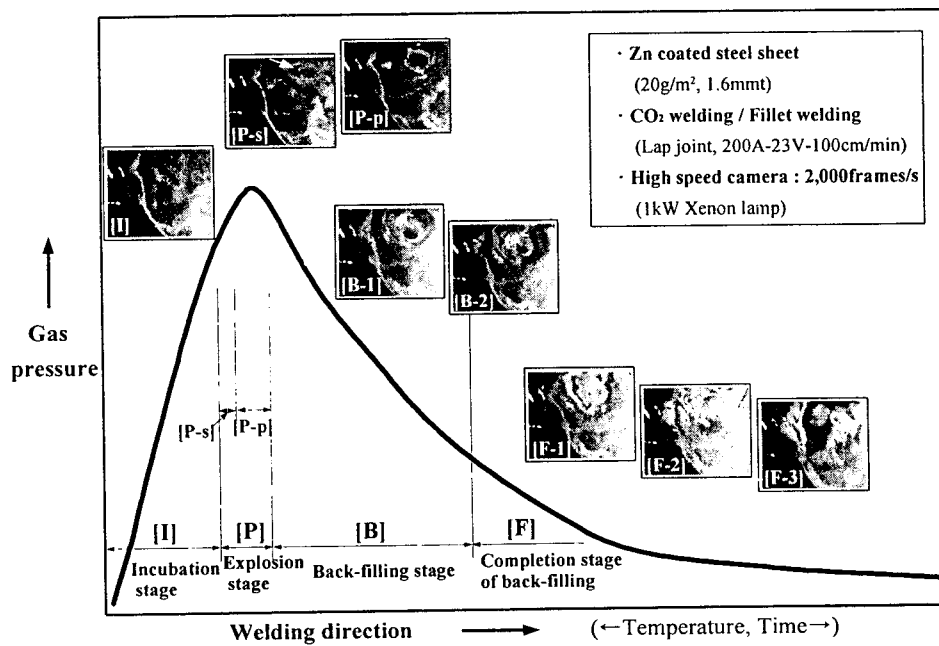


Photo.3 Sequence of the blowhole formation at molten pool