

Flash butt 용접부 굽힘특성에 미치는 조직학적 인자

0.6%Si 강판의 Flash butt 용접성 (1)

Metallurgical Factors Affecting to Bending Properties of Flash Butt Weld

Flash Butt Weldability of 0.6%Si-Steel Strip (1)

우 인수*, 이 종봉*

* POSCO 기술연구소 용접연구팀

1. 서 론

Flash butt 용접은 제철라인의 연속작업을 위한 설비로 산세·압연라인에서 가장 중요한 설비이다^{1,2)}. 용접부는 용접부 이외의 강판과 함께 연속처리 되기 때문에, 용접부 품질특성이 열악한 경우, 압연하중과 장력이 비교적 크게 부과되는 냉간압연 라인에서 강판이 파단될 가능성이 높다. 용접부 파단은 제조효율의 저하와 함께 압연롤의 손상 등 제조비용에 심각한 상실을 초래한다.

Si함유강판은 산화성이 강한 Si, Al, Mn 등의 원소를 다량 함유하고 있기 때문에 Flash butt 용접이 어려운 재료로 평가되고 있다. 또한, 용접 일정 및 용접조건을 일정하게 설정하여 반복작업할 경우, 개개의 용접부 품질특성이 차이를 나타내는 등 재현성에도 문제가 있는 것으로 지적되고 있다.

본 연구는 Si함유강판의 Flash butt 용접부 품질특성을 개선하는 것을 목적으로 하고 있다. 제1보에서는 굽힘시험부의 조직관찰 및 성분분석을 통하여 Flash butt 용접부의 품질특성에 영향을 미치는 조직학적 인자를 명확히 하였다.

2. 사용재료 및 실험방법

모재는 연속주조에 의해 제조된 0.6%Si함유 열연강판이다. 용접은 정격용량 1500kVA의 Flash butt용접기를 사용하여 강판의 압연방향과 평행하게 실시하였다. 표 1은 이용된 용접조건을 나타낸다. 용접 후, 광학현미경, SEM 및 EPMA를 이용하여 용접부 조직관찰 및 성분분석을 행하였다. 경도는 마이크로 비커스경도기를

이용하여 하중 9.8N, 부가시간 10s로 하여 측정하였다. 굽힘시험은 그림 1에 나타낸 것과 같이 Flash butt 용접부에서 $100^l \times 20^w \times 2^t$ mm³으로 절단한 시편을 이용하여 굽힘반경 10mm, 굽힘각도 180°로 실시하였다. 시험 후 SEM 및 EPMA를 이용하여 파단부 조직관찰 및 원소분석을 행하였다.

Table 1 Welding conditions

Flash time (s)	Upset length (mm)	Upset time (s)	Upset current (A)	Upset force (MPa)	Tap No.	Extension (mm)
8.5	2.4	0.5	99	330	4	14

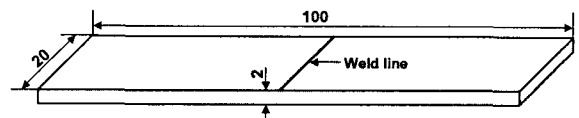


Fig.1 Schematic illustration of specimen for bending test

3. 실험결과

사진 1은 Flash butt 용접부의 전형적인 광학현미경 조직을 나타낸 것이다. 용접부 조직은 크게 5영역으로 분류할 수 있다. 즉, Region I은 용접선 근방의 미세립 영역, Region II는 고온측의 결정립 조대화 영역, Region III는 재결정으로 결정립이 비교적 미세한 영역, Region IV는 저온측의 결정립 성장 영역, Region V는 모재 영역이다. 용접선 근방의 Region I을 보다 상세히 조사하기 위하여 SEM 및 EPMA를 이용하여 용접부 조직관찰 및 성분분석을 행한 결과를 사진 2에 나타낸다. Region I은 백색의 침상조

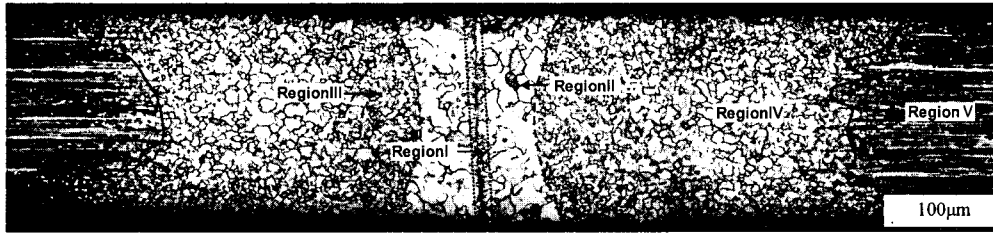


Photo.1 Optical micrograph of flash butt weld

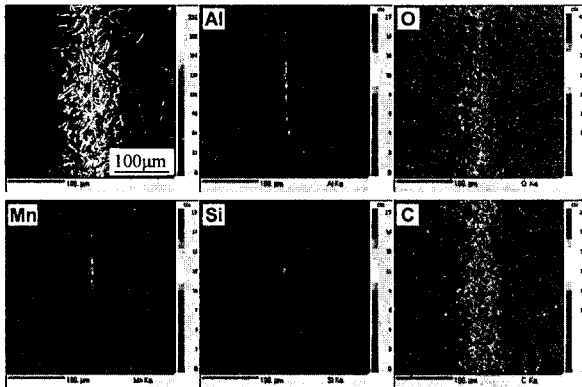


Photo.2 SEM micrograph showing in Region I and its images map of elements

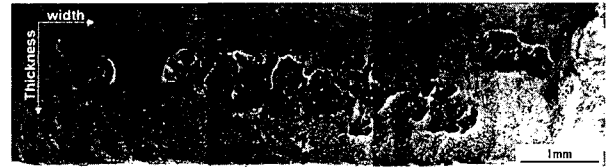


Photo. 3 SEM fractograph of flash butt weld exposed by bending test

직과 그 조직내에 Al, Si, Mn, O, C이 편석되어 있는 것을 볼 수 있다. 즉, 용접선 근방에는 용접시에 생성된 것으로 보이는 산화물이 집중해서 분포하고 있는 것을 알 수 있다. 용접부 각 영역에 대하여 비커스경도를 측정 한 결과, Region I은 220Hv, Region II는 180Hv, Region III는 160Hv, Region IV는 145Hv, Region V는 140Hv 으로 용접부가 모재에 비교해서 크게 경화된 것을 알 수 있다. 사진 3은 Flash butt 용접부에 대하여 180°굽힘시험을 행한 후 파단면을 관찰한 결과이다. 굽힘시험 중에 용접부는 완전 파단되었으며, 비교적 굽힘특성이 열위한 것을 알 수 있었다. 파단면은 시편 외부의 미세한 dimple의 연성파면과 내부의 입내취성파면으로 구성되었다. 굽힘시험시 파단 경로를 보다 상세히 검토하기 위하여 파단 시편의 표면부 조직을 관찰하였다. 그 결과를 사진 4에 나타낸다. 사진 4 (a)는 백색 침상영역인 Region I부분이 파단된 것으로 파단 끝부분이 미세한 연성파괴시의 형상을 나타내고 있으며, 사진 4 (b)는 고온층의 결정립 조대화 영역인 Region II로서 파단선 대부분은 결정립내를 통과하고 있으며 일직선의 형태를 표시하고 있다. 이 사실로부터, 사진 3의 미세한 dimple의 연성파

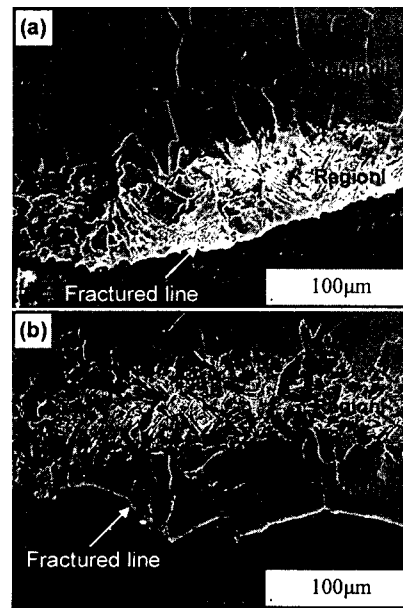


Photo.4 SEM micrographs of flash butt weld exposed by bending test:
(a) Fracture in Region I
(b) Fracture in Region II

면과 입내취성파면은 각각 Region I과 Region II가 파단되면서 나타난 것으로 생각되어 진다. 전술한 바와 같이 Region I에는 용접시 생성된 백색 침상과 산화물이 혼재하고 있는 사실로부터, Region I에서의 연성파괴는 백색 침상과 산화물이 주된 원인인 것으로 추측된다. 이상의 검토 결과로부터, 0.6%Si 함유강판의 Flash butt 용접부의 굽힘특성이 열위한 것은 용접부 근방의 백색 침상, 산화물과 고온층의 결정립 성장이 주된 원인으로 것으로 판단된다.

4. 결 론

참고문헌

1) 조직관찰 및 성분분석 결과로부터, 용접선 근방의 Region I에는 백색 침상과 산화물이 혼재하고 있었으며, 비교적 고온측인 Region II에는 결정립이 조대화 되어 있는 것을 알았다.

2) 마이크로 비커스경도기를 이용하여 용접부 경도를 측정 한 결과, 용접선 근방의 Region I의 경도값은 220Hv로서 모재의 경도값이 140Hv에 비하여 약 80Hv 정도 경화된 것을 알 수 있었다.

3) 0.6%Si 강판 Flash butt 용접부의 굽힘 특성이 열위한 것은 용접부 근방의 백색 침상, 산화물과 고온측의 결정립 성장이 주원인으로 것으로 판단되었다.

1. Tohru Saito and Yasutomo Ichiyama : Weld Defects and Evaluation of Weld Quality, Quarterly J. of JWS, 13-3 (1995), 365-370
2. Yoshito Kawai, Masaki Aihara, Koichi Ishii, Mamoru Tabuchi, and Hiroaki Sasaki : Development of Laser Welder for Process Line, Kawasaki Technical Report, 16 (1984), 53-59