

고주파유도가열용접부 산화물 형성 거동

Oxides Formation in the Weld Line of HFRW

방 국수, 강 문진

산업과학기술연구소 접합가공연구팀, 경북 포항시

1. 서론

고주파용접법은 용접부를 표피효과나 근접효과라는 고주파 특유의 현상을 이용하여 가열한 후 가압하는 방법으로, 용접부 형성의 관점에서 용융압접방식, 비용융압접방식, 소성유동방식 등으로 대별된다. 어떠한 용접방식이든 용접부에서의 산화물의 제거 혹은 미세분산화가 용접부 성질을 지배하는 가장 큰 요인이다. 본 연구에서는 비용융압접방식을 채용한 고주파 유도용접부에서의 산화물 형성기구를 고찰하고 소재중 탈산원소가 산화물의 미세분산화에 미치는 영향에 대하여 조사하였다.

2. 실험방법

실험에는 내경 (ID) 24mm, 외경 (OD) 43mm인 유도코일을 사용하여 70kHz의 고주파로 가열하고 최대 10톤 까지 가압이 가능한 가열/가압장치를 사용하였다. 시험편은 직경이 7mm인 환봉시험편으로 접합면 온도가 1400°C가 되도록 가열한 후 약 30초 유지한 다음 31kg의 가압력으로 가압하였다. 접합면에서의 산화물 분포는 용접부가 균일하게 형성된 곳에서 1,000배의 배율로 관찰하였다. 산화물 면적율과 크기 등은 영상분석장치 (image analyzer)를 사용하여 측정하였다. 산화물 조성은 EPMA로 EDAX 분석하였는데 정량적인 분석을 위하여 산화물은 SiO₂, MnO, FeO, Al₂O₃ 성분만을 가진다고 가정하였다. 탈산성분 (Mn, Si)에 따른 산화물 형성거동 변화는 0.08%C-0.03%Nb-0.03%V을 기본성분으로 하고 Si를 0.10~0.29% Mn을 1.04~1.75% 까지 변화시킨 강을 대상으로 하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1에서 보는바와 같이 용접부는 폭이 약 50 μ m인 흰 부분을 나타내고 있으며 내부에는 많은 구형의 개재물이 산재되어 있다. EPMA분석결과 이런 개재물은 SiO₂-MnO-FeO-Al₂O₃ 복합산화물이다. 그림 2에는 용접부를 가로 질러 Vickers 경도시험을 행한 결과를 나타내었다. 용접부에서 144Hv로 아주 낮은 값을 나타내어 이 부분이 탈탄층임을 알 수 있다. 시험편을 가열한 후 가압하지 않고 바로 냉각한 시험편 단면의 SEM사진을 그림 3에 나타내었다. 바깥의 검은 부분은 가열과정중 형성된 스케일로서 XRD분석 결과 FeO이다. 이러한 사실로 부터 가열과정중 형성된 FeO가 강중의 탄소와 반응하여 탈탄층을 형성함을 알 수 있다. 탈탄층의 산화물은 용접온도인 1400°C에서 용융한 FeO의 산소가 탈탄층으로 용해확산하여 형성한다 (내부산화). 따라서 고주파유도가열용접부 형성은 산화와 탈탄이 동시에 일어나는 가열단계와 액상 FeO로 부터 산소의 용해와 내부산화를 일으키는 용접단계로 이루어진다.

그림 4는 접합면에서의 산화물 면적율을 강의 Mn/Si 비로 정리한 것이다. Mn/Si 비가 3.6~15.2로 변화함에 따라 면적율은 저하하여 7.2에서 2.3%의 최저값을 나타낸 후 다시 증가한다. 이러한 변화는 Mn, Si에 따라 산화물 조성이 변하여 Mn/Si 비가 6~7에서 가장 용점이 낮은 산화물을 형성하기 때문이다.

4. 결론

비용용압접방식 고주파유도용접부에서 산화물은 탈탄층의 형성과 내부산화에 의하여 형성되며 Mn/Si 비가 6~7에서 가장 미세분산하였다.

5. 참고문헌

1. N. Birks and G.H. Meier, "Introduction to High Temperature Oxidation of Metals", Edward Arnold



Fig. 1 Typical microstructure of a weld line

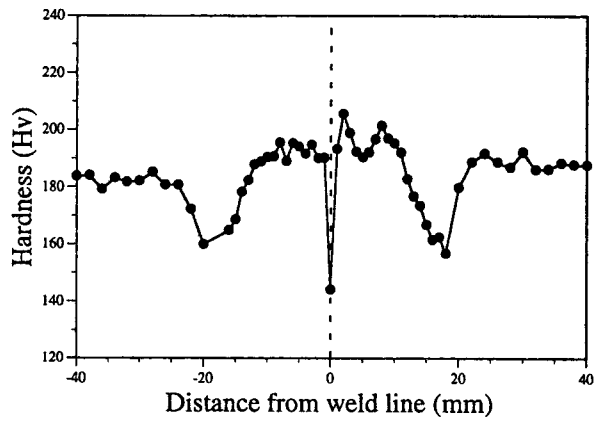


Fig. 2 Hardness distribution across a weld line

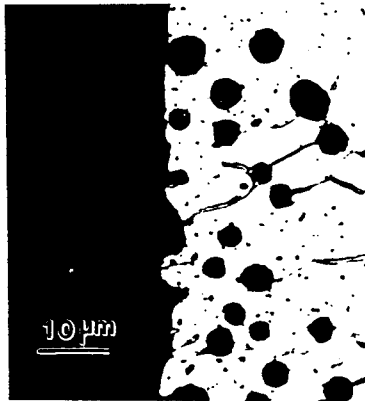


Fig. 3 SEM image showing an outer scale and oxides

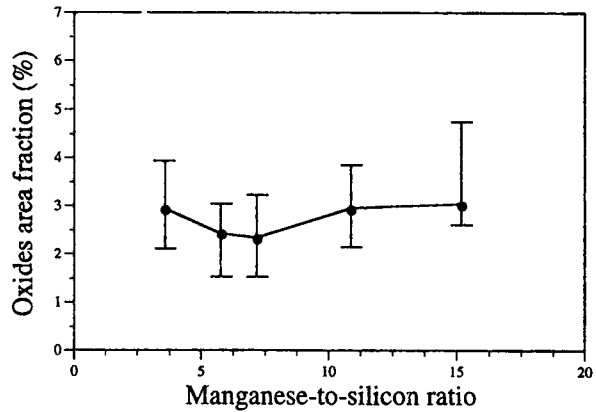


Fig. 4 Variation of an oxides area fraction with a manganese-to-silicon ratio