

Ti 산화물강의 용접열영향부에서 Acicular Ferrite의 형성에 관한 연구

(A Study on the Formation of Acicular Ferrite in HAZ of Ti-Oxide Steel)

한양대학교 재료공학과 원형민, 김용덕, 김준기, 김선진

Acicular ferrite(AF)는 저탄소강의 용접시 오스테나이트의 상변태로 생성되는 상으로 조대한 오스테나이트 결정립내에 미세한 결정립을 형성함으로써 오스테나이트 결정립의 조대화에 의한 용접열영향부의 인성저하를 억제할 수 있다. 용접열영향부의 인성향상을 목적으로 개발된 Ti 산화물강은 저탄소강에 AF의 생성핵으로 작용하기 위한 Ti 산화물을 첨가한 강이다. 본 연구에서는 이러한 Ti 산화물강의 용접열영향부를 모사열처리하여 용접시의 최고가열온도와 냉각속도, 이에 따른 오스테나이트 결정립크기와 개재물의 종류 및 크기 등의 변화가 AF의 생성에 미치는 영향을 분석하고 AF의 생성기구에 대하여 조사하였다.

대입열용접의 모사는 MTCS (Metallurgical Thermal Cycle Simulator) 장치를 이용하였다. 최고가열온도 1300, 1400, 1450℃까지 승온속도 135℃/sec로 가열하여 5초간 유지하고 800℃까지 33℃/sec의 냉각속도로 냉각한 후 800~500℃ 영역에서 $\Delta t_{800-500} = 20\text{sec}$ 로 냉각하였다. 최고가열온도 1400℃에 대해서는 냉각속도가 AF의 생성에 미치는 영향을 조사하기 위해 $\Delta t_{800-500} = 10, 20, 40\text{sec}$ 로 냉각하였다. 생성된 AF와 이에 영향을 미치는 오스테나이트 결정립의 크기, 개재물의 종류와 크기 등을 광학현미경, SEM, TEM, XRD 등을 이용하여 분석하였다.

Acicular ferrite는 1400℃ 이상의 최고가열온도와 $\Delta t_{800-500} = 40\text{sec}$ 이하의 빠른 냉각속도에서 활발히 생성되었다. 오스테나이트 결정립내에서 개재물로부터 핵생성된 primary acicular ferrite의 생성량은 전체 acicular ferrite의 약 20% 정도로 적었으며 대부분의 acicular ferrite는 primary acicular ferrite로부터 생성된 secondary acicular ferrite로 plate 사이에 Fe_3C 층이 존재하는 것으로 보아 확산기구에 의해 생성되는 것으로 생각된다. 개재물이 효과적인 primary acicular ferrite의 핵생성 site로 작용하기 위해서는 약 $1\mu\text{m}$ 이상의 크기가 효과적인 것으로 나타났다. 개재물은 TiO , TiO_2 , TiN , MnS , $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{MnO}$ (Galaxite) 등의 복합상으로 구성되었으며 Ti 산화물 또는 TiN는 직접적인 acicular ferrite의 핵생성 site로 작용하기보다는 MnS , $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{MnO}$ 등의 석출 site로 작용하여 개재물의 크기를 증가시킴으로써 acicular ferrite의 생성을 촉진시키는 것으로 생각된다. 최고가열온도 1450℃에서는 TiN가 용해되어 acicular ferrite의 생성에 영향을 주지 못할 것으로 생각되나 Cu가 주성분인 $0.6\mu\text{m}$ 정도의 작은 개재물들의 집합체가 acicular ferrite의 생성에 기여하는 것으로 생각된다.