

열연 800MPa급 TRIP강판의 난실드 Nd:YAG 레이저 용접부와 GTAW 용접부의 미세조직 비교

Microstructure comparison between non-shield Nd:YAG laser welding and GTAW in hot-rolled 800MPa grade TRIP steel

김 옥배*, 이 봉근*, 한 태교*, 강 정윤 **

* 부산대학교 금속공학과

** 부산대학교 재료공학과

1. 서 론

상변태만으로 높은 강도를 가지면서 높은 연신율을 확보시킨 성형성이 우수한 TRIP형 고장력 강판은 자동차용 소재로 매우 각광을 받고 있다. 또한 레이저 용접은 열 변형이 적고 비드 외관이 미려할 뿐만 아니라 연속 및 고속 용접이 가능하여 생산성 및 정밀성, 안정성이 높아 자동차조립 및 부품 제조공정에 적용되고 있다.

따라서, 자동차를 비롯한 조립금속분야에 이러한 강판을 적용하기 위해서는 레이저의 용접성과 용접부의 경화특성 등의 기초연구가 필요하다. 본 연구에서는 800MPa급 열연강판의 Nd: YAG 레이저 용접부와 GTAW 용접부의 미세조직을 고찰하였다.

2. 실험방법

본 실험에 사용한 재료는 800MPa급 열연 TRIP강판으로 0.12C-1.15Mn-1.21Si-0.5Ni의 화학조성을 갖는 두께 2.5mm인 강판을 사용하였다.

Nd:YAG laser 용접장치는 최대 출력 4kW CW-Nd : YAG Laser system(TRUMPF사의 HL4006D)으로 레이저빔의 직경은 0.6mm의 multi mode를 사용하였으며, 용접 조건은 보호가스를 사용하지 않은 상태에서 출력을 3.5 kW, 초점거리를 0mm로 고정시키고, 용접속도를 1.8m/min ~ 3.6m/min로 변화시켜 검토하였다. GTAW용접조건은 보호가스 Ar 20ℓ/min, 용접속도 56cm/min으로 고정하고 전류를 250A와 280A로 변화시켜 검토하였다. 모재와 용접부의 조직관찰은 2%-Nital로 부식 후

OM, SEM으로 관찰하였으며, 비드단면의 경도는 마이크로 비커스 경도기를 사용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

두 용접법의 모든 조건에서 내·외부 기공 및 스패터는 관찰되지 않았다. Nd:YAG 레이저 용접의 경우 결함이 없고, 완전 용입이 일어나는 한계용접속도는 1.8m/min~3.3m /min였고 GTAW의 경우 250A이하의 경우 불완전 용입이 일어났으며, 280A이상의 경우에는 용락현상이 발생하였다.

Fig. 1은 두 용접법의 대표적인 단면 비드형상을 나타낸 것이다. Nd:YAG 레이저 용접의 경우, 저속 용접에서 하부 비드폭이 상부의 비드폭에 비해 넓게 나타났고, 용접속도가 증가함에 따라 전체적인 비드폭은 감소하였다. GTAW의 경우, Nd:YAG레이저 용접에 비해 큰 비드폭을 가지며, 상부의 비드폭이 하부의 비드폭에 비해 상당히 넓게 나타났고 250A와 280A의 두 조건은 비슷한 경향을 나타냈다.

Fig. 2는 Nd:YAG 레이저 용접의 용접속도 1.8m /min과 3.3m/min에서 용접부 근방의 경도 분포를 나타낸 것이다. 두 조건에서 모두 용접금속과 용접금속 인접한 열영향부에서 거의 균일한 경도치를 나타내고, 열영향부를 지나 모재쪽으로 갈수록 그 경도치는 감소하였다.

Fig. 3은 GTAW의 전류 250A와 280A에서의 용접부의 경도 분포를 나타낸 것이다. 열영향부 중심에서 최대경도치를 나타내었고, 모재로 갈수록 경도치는 감소하였다.

Fig. 4는 각 조건에 따른 최대 경도값을 나타낸 것이다. Nd:YAG 레이저용접의 경우 모

든 용접속도 조건에서 수냉한 시편과 유사한 최대경도치를 나타냈다. 하지만, GTAW의 두 전류조건에서는 수냉시편의 경도치에 비해 낮은 경도값을 보여주었다.

Fig. 5는 Nd:YAG 레이저 용접의 용접속도 1.8m/min에서의 미세조직 사진이다. 용접금속 조직은 마르텐사이트와 페라이트로 이루어져 있다. 열영향부는 조직적으로 용접 사이클동안의 최대온도가 A₃ 및 A₁온도를 기준으로 세부분으로 관찰되어졌다. 용접금속 인접한 열영향부는 전조직이 레이저 용접시 오스테나이트 온도 즉 A₃이상으로 가열된 후, 냉각시 급랭에 의해 마르텐사이트와 소량의 페라이트로 구성된 것이 특징이다. 최대온도가 A₃~A₁ 온도영역 열영향부는 용접시 원모재의 페라이트가 오스테나이트와 페라이트 공존온도까지 승온됨으로서, 원모재의 베이나이트, 마르텐사이트는 오스테나이트로 변태하고, 페라이트도 미량 오스테나이트로 변태되게 된다. 그후 냉각시 오스테나이트가 급랭에 의해 마르텐사이트 및 과냉 페라이트로 변태함으로서 최종적으로 페라이트와 마르텐사이트가 관찰되는데, 이때 페라이트는 원모재에서 관찰되는 형상의 페라이트와 오스테나이트 입계에서 석출된 새로운 형상의 페라이트가 관찰되는 것이 특징이다. 또한 용융 경계부에서 모재방향으로 접근할수록 상율에 의해 페라이트의 량이 증가하는 것을 알 수 있다. 최대온도가 A₁이하의 열영향부는 조직적으로 모재와는 거의 차이가 없으나, 경도측면에서 모재에 비해 소량 증가한 것이 특징이다.

Fig. 6은 GTAW 용접부의 용접금속 조직의 일부를 나타낸 것으로, 광학현미경 사진과 형태적으로 구분하기 어려운 조직상들을 경도치와 함께 나타내었다. 광학현미경 사진을 살펴보면 불규칙하게 산재한 침상 페라이트뿐 아니라 형태적으로 구분하기 어려운 여러상들이 관찰된다. 이러한 상들은 급랭에 의한 변태 중간과정의 상으로 생각되어지며 하중 10g의 비커스 경도시험에 의해 4종류로 구분되어진다. 경도치에서도 알 수 있듯이 파인 페라이트에서 베이나이트로의 중간과정 변태상임을 알 수 있으며 이러한 조직이 GTAW용접부의 용접금속에 위치적으로 불규칙적으로 산재해 있는 사실

은 레이저 용접에 비해 GTAW가 용접금속에서 복잡한 열유동현상이 일어났음을 시사한다.

4. 결 론

1. Nd:YAG 레이저 용접과 GTAW에서 내부 및 표면기공은 발생하지 않았으며, Nd:YAG 레이저 용접의 경우 3.6m/min에서 불완전용입이 발생하였다.
2. Nd:YAG 레이저 용접과 GTAW의 비드폭 변화를 측정된 결과 Nd:YAG 레이저 용접의 경우 용접속도가 증가함에 따라 비드폭이 감소하였으며, GTAW의 경우 전류의 변화에 따른 비드폭의 변화는 미비하였다. 두 용접법에 따른 비드폭을 비교하면 GTAW의 비드폭이 Nd:YAG 레이저 용접에 비해 큰 비드폭을 가지고 있었다.
3. Nd:YAG 레이저 용접의 경도분포는 용접부와 용접부 인접 열영향부에서 최고경도치를 나타냈고, 모재방향으로 갈수록 경도치가 감소하였다. GTAW의 경도분포는 열영향부 중심에서 최고경도치를 나타냈다.
4. Nd:YAG 레이저 용접시 최고경도는 용접속도에 무관하게 수냉시편의 경도치보다 약간 작은값으로 거의 동일하였다.

감사의 글

본 연구에 도움을 주신 (주)포스코 기술연구소 자동차소재연구그룹에 감사드립니다.

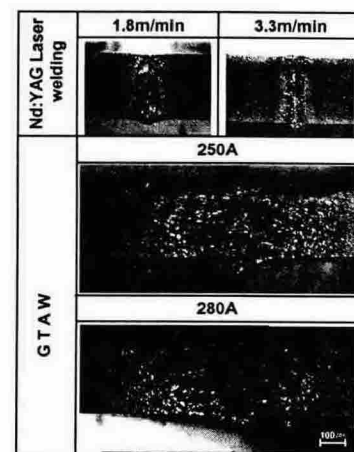


Fig. 1 Change in the cross-sections of bead

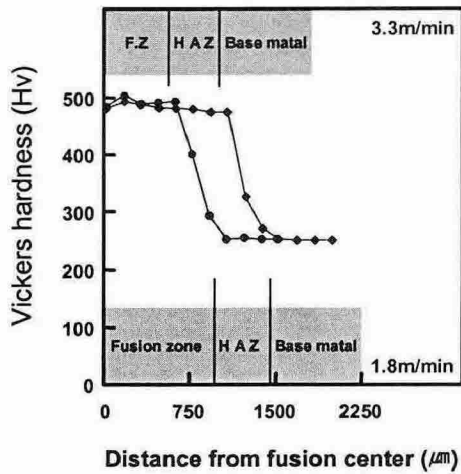


Fig. 2 Hardness distribution of Nd:YAG Laser welded joints

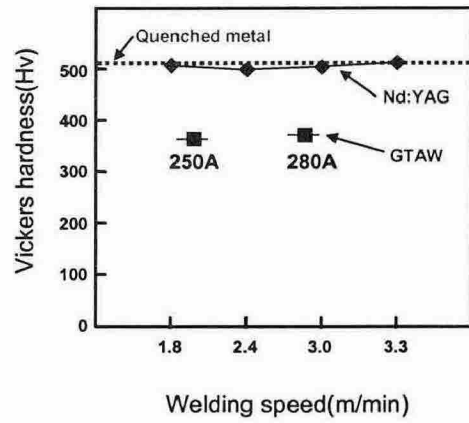


Fig. 4 Change of the maximum hardness with the welding speeds

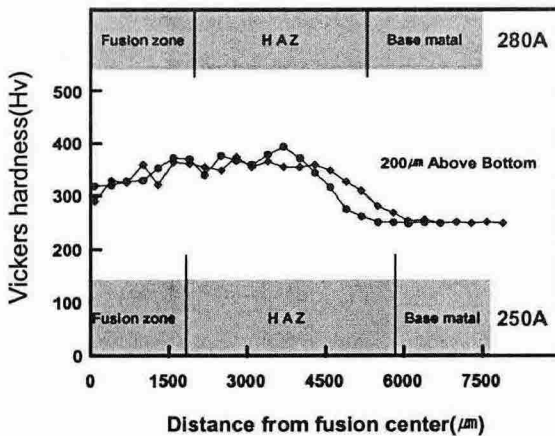


Fig. 3 Hardness distribution of GTAW joints

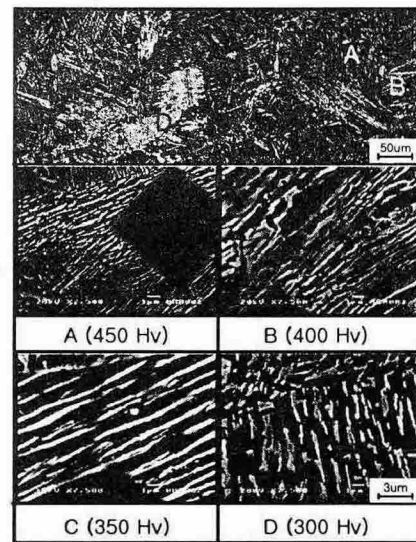


Fig. 6 Microstructures in weld metal of GTAW joint

	Fusion zone	Heat affected zone (Peak temperature)			Base metal
		Above A ₃	A ₃ ~A ₁	Below A ₁	
OM					
SEM					

Fig. 5 OM and SEM microstructures of Nd:YAG laser welding joint