

# Nd:YAG 레이저로 용접된 냉연 강재 열영향부의 미세조직 특성 HAZ microstructure of Nd:YAG laser welded cold rolled steel

김기철, 조홍규  
포항산업과학연구원

## 1. 서론

레이저 용접법은 높은 에너지 밀도의 점열원에 의하여 용접을 실시하기 때문에 열영향부도 용접과정에서 가파른 온도 기울기로 가열된 다음 냉각된다. 따라서 레이저 용접시 열영향부는 용접부 경화를 포함한 불완전한 변태 조직을 나타내기도 한다. 철강재료의 레이저용접에 관한 지금까지의 많은 연구에서는 BOP 용접법을 이용하여 냉각과정을 기초로 용접부 변태, 미세조직 또는 용접부 경도를 예측하는 시도를 하여왔다. 사용된 강재도 비교적 탄소 함량이 많은 것이었기 때문에 펄라이트가 상변태의 중요 조직이었다. 그러나 저탄소 박판 강재의 완전용입 용접에서는 용융부 폭이 좁고 냉각특성도 BOP 용접과 다르기 때문에 실험 결과를 그대로 사용할 수 없는 제한점이 있다. 한편 레이저 용접에서 에너지의 흡수 및 반사특성에 관한 항목도 고려되어야 하므로 박판재의 관통용접에서 용접부 거리와 시간에 따른 온도상승을 항목을 도입하여 열영향부의 가열 및 냉각속도와 미세조직과의 상관성을 도출함으로써 실험 결과의 신뢰성을 높이려는 연구도 실시되었다.

본 연구는 이러한 기존의 실험결과를 기초로 저탄소 박판강재의 기지조직에 존재하는 미세 탄화물 입자가 Nd:YAG 레이저 용접과정에서 어떠한 거동을 보이는지에 대하여 살펴 봄으로써 고급강 제품의 설계 또는 가공 과정에서 검토 되어야 할 자료를 제공하는 것에 목표를 두고 실시된 것이다.

## 2. 실험방법

시험에 사용된 강재는 탄소함량이 낮은 냉간 압연 강재로서 공칭 두께는 0.5mm 였으며 기계적 특성은 인장강도 300Mpa 급의 성형성이 양호한 것이었다. 생산 공정에서 채취된 소재는 제조 후 별도의 표면처리가 실시되지 않은 것이었으며 준비된 시험재는 Nd:YAG 레이저 용접장치를 이용하여 겹치기 용접이 실시되었다. 소재의 화학조성과 대표적인 용접조건은 Table 1 및 Table 2에 제시하였다.

용접이 완료된 시험재는 소정의 크기로 절단 및 연마한 다음 미세조직의 관찰에 사용하였다. 이 실험에서는 모재에 존재하던 탄화물이 용접 열영향부에서 분해되는 과정과 그 결과 형성된 변태조직을 조사하기 위하여 주사전자현미경과 투과전자현미경 등을 이용하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1 은 모재의 기지조직에 존재하는 탄화물의 형태와 분포를 나타낸 고배율 광학현미경 사진이다. 저탄소 냉연강재의 기지 조직에는 극소량의 펄라이트가 존재하며 펄라이트에 속해있지 않은 대부분의 탄소는 사진에서 보는 것과 같은 탄화물 입자를 형성하고 있다. 또 Fig. 2 는 HAZ 에서 관찰된 입자의 모양으로 용접열의 영향을 받아 탄화물 입자가 상당 부분 분해되어 크게 보이고 있다. 레이저 용접부는 급랭효과에 의하여 조직의 미세화를 포함한 응고형태의 변화가 일어날 가능성이 매우 높다. 뿐만 아니라 냉각과정에서는 불완전한 변태로 정상적인 용접부에서 관찰되는 조직과는 다르게 복잡한 모양의 미세조직을 나타내기도 한다.

Fig. 3 은 용접부의 미세경도 측정 결과를 보여주는 실험 결과이다. 이 실험에서는 압입 하중 1.96N에서 0.1mm 간격으로 측정된 것이다. 실험 결과 모재의 평균 경도는 160Hv 정도였으며 용접금속과 열영향부는 모두 180 ~ 210Hv의 범위였다. 그러나 사진에서 알 수 있듯이 높은 압입 하중의 영향으로 탄화물의 미세 경도를 측정하는 것은 불가능하였다. 한편 Fig. 4 는 낮은 압입 하중으로 미소경도를 측정하고 그 값을 정리한 것이다. 전체적으로 용융선에서 멀어질수록 미소

경도값이 상승하며 그 값들도 Fig. 3 의 결과 보다 높았다. 또 현미경 관찰결과 분해된 조직 내에는 Fig. 5 에 보인 것과 같이 마르텐사이트와 베이나이트 조직들이 복잡하게 얽혀 있었다.

#### 4. 결론

저탄소 냉연강재의 레이저용접 열영향부에서는 기조직에 존재하는 탄화물이 용접열의 영향으로 분해 및 변태하여 페라이트 기지에 마르텐사이트와 베이나이트를 형성하지만 그들은 매우 복잡한 형태로 존재하고 있었다.

#### 참고문헌

- 1) M. Kutsuna et al: Preprints of the National Meeting of J.W.S. , 61 (1997), 362
- 2) K. Yasuda: Quarterly Journal of J.W.S. , 18, 1 (2000), 95

Table 1 Chemical compositions of base metal

C	Mn	Si	Al	Cu	Cr	Ni	P	S
0.036	0.17	0.014	0.038	0.020	0.012	0.009	0.015	0.011

Table 2 Laser welding conditions

Laser power(W)	720
Travel speed(mm/s)	17
Shielding gas	N <sub>2</sub>
Gas pressure(kPa)	196
Position of focus(mm)	-0.5
Joint configuration	overlap

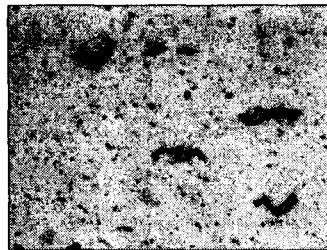


Fig. 1 Optical microstructure of base metal



Fig. 2 Micrograph showing carbide particles at HAZ

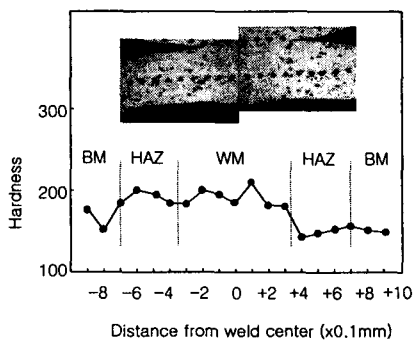


Fig. 3 Microhardness distribution

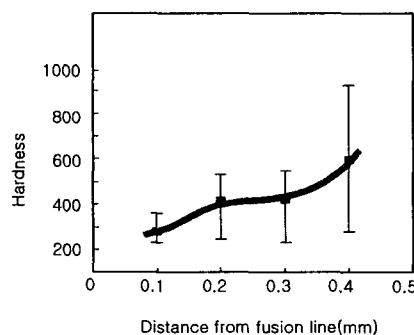


Fig. 4 Microhardness as a function of the distance from fusion line

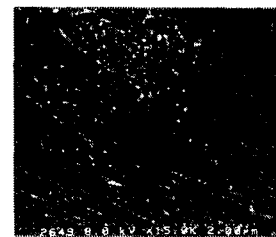


Fig. 5 SEM micrograph of HAZ near fusion line