

600MPa급 60TR-R 및 CHSP60C의 난실드 Nd:YAG 레이저에 따른 특성 비교 - 비드 온 플레이트 용접부 특성의 비교 -

Characteristics on non-shielding Nd:YAG Laser Welding of 60TR-R and CHSP60C, 600MPa grade steels
- Comparison of characteristics on bead on plate welded part -

권민석*, 한태교* 김병익*, 이봉근*, 강정운*, 정병훈**

*부산대학교 재료공학부

**성우하이텍 기술연구소

1. 서 론

인장강도 600MPa 이상을 가지는 TRIP형 고장력 강판인 60TR-R과 석출경화형 합금인 CHSP60C는 자동차용 소재로 주목을 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 위해서 레이저 용접성과 용접부의 경화특성, 인장성질 및 성형성 등에 대한 연구가 필요하므로, 이 두 강종의 레이저 용접성에 대한 특성을 비교해 보고자 한다.

2. 실험 방법

본 실험에 사용한 재료는 POSCO에서 생산되어진 강판으로서 화학조성을 Table. 1에 나타낸다.

사용한 레이저 장치는 최대 출력 4kW CW-Nd : YAG Laser system(독일 TRUMPF사의 HL4006D)으로 레이저빔의 직경은 0.6mm의 TEM₀₀ single mode가 사용되었으며, 용접 조건은 보호가스를 사용하지 않은 상태에서 출력을 3.5kW, 초점거리를 +4mm로 고정시키고, 용접속도를 1.8m/min ~ 7.8m/min로 변화시켜 검토하였다. 모재와 용접부의 조직관찰은 2%-Nital을 사용하였으며, 비드단면의 경도는 마이크로비커스경도기를 사용하여 측정하였다. 용접부의 인장성질은 용접선에 수직 방향과 수평 방향으로 5mm/min의 속도로 인장시험 하여 평가하였다. 성형성 시험은 에릭선 B시험방법으로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

용접속도 변화에 따라 용접 결함이 없고, 완전

용입이 일어나는 한계용접속도까지 용접을 실시한 결과 그 범위는 두 강종 모두 2.1m/min~6.0m/min였다. Fig. 1은 용접속도변화에 따른 대표적인 비드형상을 나타낸 것으로 용접속도 증가에 따라 비드폭은 좁아졌다.

Fig. 2는 저속의 용접속도인 2.1m/min와 고속의 용접속도인 6.0m/min로 용접한 경우, 용접부 근방의 경도 분포를 나타낸 것이다. 경도 분포는 용접금속 전체가 거의 균일한 최고 경도치를 나타내며, 용접부에 인접한 HAZ에서 모재로 갈수록 경도가 감소하였다. 또한, 용접속도2.1m/min에서의 최고 경도치가 6.0m/min에서의 최고 경도치보다 낮았으며, 이러한 경도분포는 용접금속과 HAZ의 경화부 폭 차이 뿐 모든 용접조건에서 동일하였다.

경도분포는 조직과 상관관계를 가지므로 용접금속과 용접부 근방의 조직을 확인하여 보았다. Fig. 3과 Fig. 4는 2.1m/min와 6.0m/min의 용접속도에서의 각 위치별 SEM조직으로서, 두 강종 모두 용접속도 2.1m/min의 용접금속과 용접금속에 근접한 HAZ에서 조대한 페라이트가 관찰되며, 이에 반해, 6.0m/min의 경우 용접금속은 마르텐사이트 조직이며, 용접금속에 근접한 HAZ역시 페라이트의 양은 적고 대부분 마르텐사이트로 나타난다. 이것으로부터 용접속도 변화에 따른 최고 경도치 감소는 용접부에 존재하는 조대한 페라이트에 의한 것으로 생각되어진다. 또한, HAZ중심부로부터 모재 쪽으로 갈수록 경도가 감소하는 것은 경도가 낮은 페라이트의 양이 모재에 근접할수록 많아지기 때문이다.

용접부의 인장성질은 용접선에 수평한 방향과 수직인 방향으로 인장시험을 실시하였다. 용접선

에 수직한 방향은 비드폭이 상대적으로 넓은 2.1m/min와 3.0m/min과 비드폭이 좁은 6.0m/min의 조건에 대해서 실험을 실시하였다. Fig. 5는 인장시험한 시편의 파단 된 대표적인 형상을 나타낸 사진으로서, 두 강종의 인장시험 한 시편 모두 모재부위에서 파단이 일어났다. Fig. 6은 용접속도에 따른 인장성질을 나타낸 그래프로서, 두 강종의 연신율은 모재의 연신율보다 조금 낮은 값을 나타내었고, 인장강도와 항복강도는 60TR-R의 경우 모재보다 높게, CHSP60C는 모재보다 낮게 나타났다.

Fig. 7은 용접선에 수평 한 방향으로 인장시험 한 시편의 파단 된 대표적인 형상을 나타내며, 인장시험 한 시편 모두 용접선의 중심에서부터 파단이 일어났다. Fig. 8은 인장시험 결과로서 용접속도 변화에 따른 최고경도치와 비드폭의 변화를 고려하여 용접속도 2.1, 2.4, 3.0, 3.6, 6.0m/min에서 실험을 행하였다. 60TR-R의 경우, 용접속도 변화에 따른 인장강도, 항복강도는 모든 조건에서 모재 보다 높게 나타나지만, 2.1m/min과 2.4m/min의 경우 인장강도와 항복강도는 모재 대비하여 그 차이가 크다. 또한 연신율은 모재보다 다소 낮게 나타나며, 특히 저속의 용접속도인 2.1m/min와 2.4m/min의 경우의 연신율은 다른 조건과 비교 시 모재 대비하여 조금 더 낮게 나타난다. 하지만, 3.0m/min이상의 용접속도에서는 모재와 유사한 연신율 값을 나타낸다. 이와 달리, CHSP60C의 경우, 60TR-R과 같이 연신율은 모재보다 낮게, 인장, 항복 강도는 모재보다 높게 나타났으나, 용접속도에 따른 차이가 거의 없었다.

Fig. 9에 나타낸 성형성 결과 역시 두 강종의 연신율거동과 같은 값을 나타내고 있으며, 두 강종 모두 일부 저속 구간을 제외하고는 모재대비 80%이상의 높은 성형비를 가진다.

4. 결 론

1) 용접속도변화에 따른 비드폭 변화를 측정 한 결과 용접속도 3.0m/min이하에서의 비드폭은 넓게 나타났으며, 3.0m/min이상의 용접속도에서는 비드폭이 좁고, 그 변화가 미미했다.

2) 경도분포는 60TR-R의 경우 용접금속에서 CHSP60C는 HAZ부위에서 최고 경도치를 나타냈으며, 저속의 용접속도인 2.1m/min에서 용접부의 경도치 감소가 나타나는데, 이 원인은 용접금속 내에 조대한 페라이트가 존재하기 때문인 것으로 사료된다.

3) 용접선과 수직한 방향으로 인장시험 한 결과, 파단은 모두 모재에서 일어났으며, 두 강종의 인장강도, 항복강도, 연신율은 특별한 차이를 나타낸다.

4) 용접선과 수평 한 방향으로 인장시험 한 결과 용접속도 변화에 따른 기계적 성질 역시 다른 분포를 나타냄을 알 수 있었다.

5) 성형성 시험결과 60TR-R의 경우 저속 용접 시 성형비가 낮았으며, CHSP60C의 경우 모든 용접조건에서 80%이상의 높은 성형비를 나타내었다.

후 기

본 연구는 한국과학재단 기초과학연구사업 연구비로 수행되었으며, 진심으로 감사 드립니다.

참고문헌

- 1) J. B. Lee : the development of next structure steel, Workshop, 1998.
- 2) R. L. Miller : Trans, ASM, vol 57, pp892~899,1964
- 3) J. H. Jung : POSTEC Doctor's Thesis, pp69~96, 1993

Table. 1 Chemical composition

Materials	weight percents (%)						
	C	Mn	Si	Ti	P	S	Fe
60TR-R	0.0816	1.48	1.0	-	0.073	0.006	Bal.
CHSP60C	0.08	1.5	0.5	0.04	-	-	Bal.

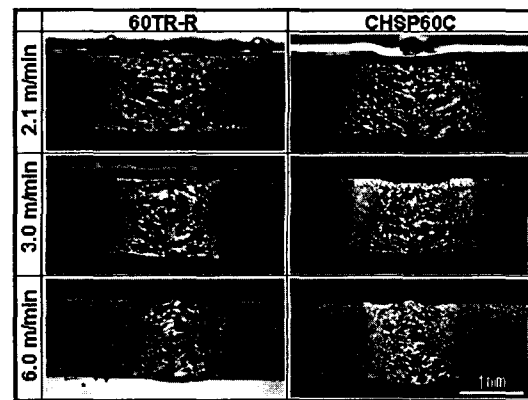


Fig. 1 Change of cross section with welding speeds

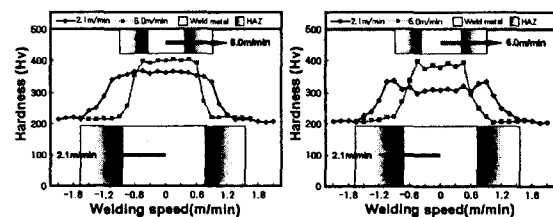


Fig. 2 Distribution of hardness near welded joints

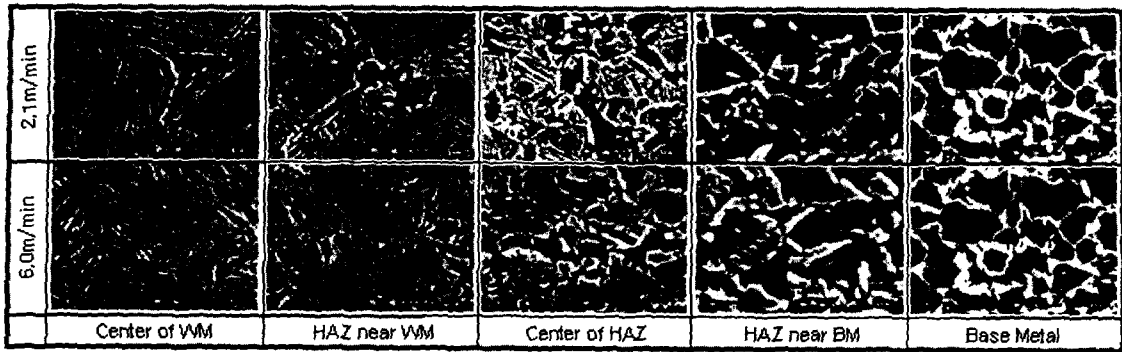


Fig. 3 SEM microstructures of 60TR-R

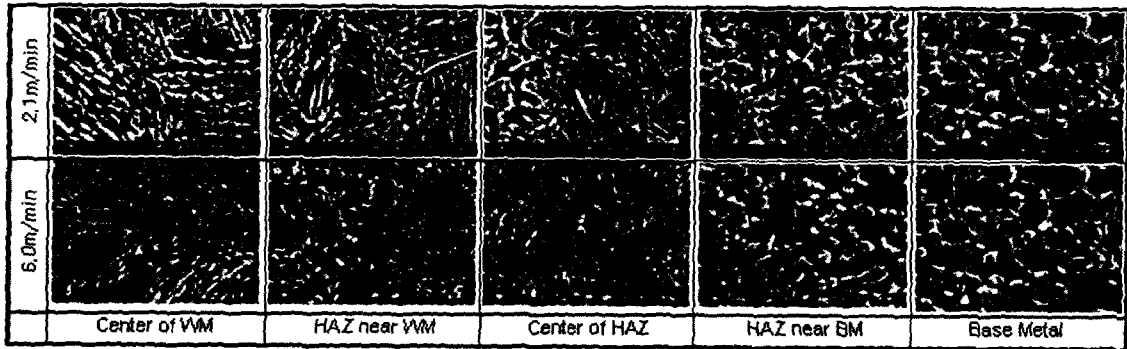


Fig. 4 SEM microstructures of CHSP60C



Fig. 5 Shape of fractured specimen (perpendicular direction to weld line)



Fig. 6 Shape of fractured specimen (parallel direction to weld line)

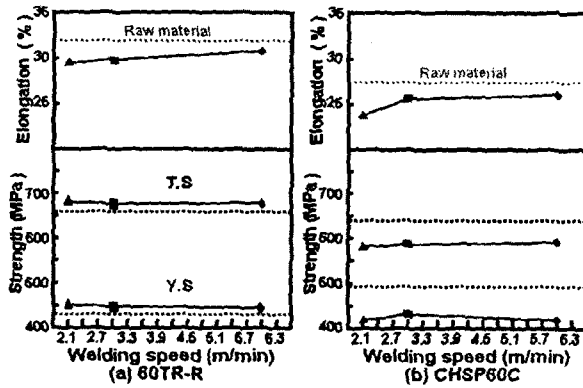


Fig. 7 Tensile properties with welding speeds (perpendicular direction to weld line)

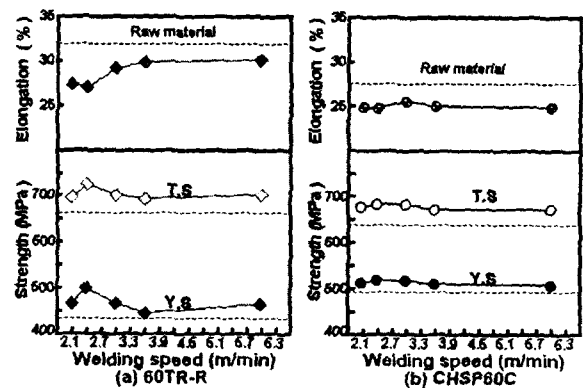


Fig. 8 Tensile properties with welding speeds (parallel direction to weld line)

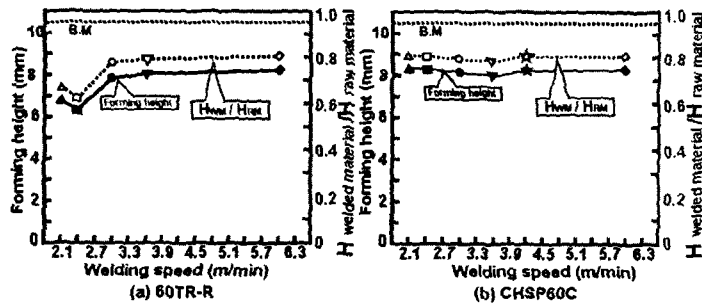


Fig. 9 Result of fracture ratio with welding speeds