

CO₂레이저빔에 의한 이종재질 및 이종두께의 Tailored Blank 용접에 관한 연구

A study of Tailored Blank Welding between dissimilar materials and
thickness sheet by CO₂ laser beam

연세대학교 금속공학과 황창선, 김도훈
대우 고등기술연구원 유병길, 이경돈

I. 서론

자동차의 차체는 공학적으로 매우 복잡한 설계를 필요로 한다. 내식성, 중량감소, 부품의 정확도, scrap활용, 생산성 등을 모두 만족시켜야 하고 또한 적절한 가격과 안정성도 확보되어야 한다. 이러한 요건들을 충족시키기 위하여 Tailored Blank Welding 기법이 전 세계적으로 관심의 대상이 되고 있다. 이것은 두께, 재질, 강도등이 다른 두 종류 이상의 판재를 원하는 모양으로 절단하여, 최종적인 프레스 성형전에 이들을 용접시키는 기술이다.

Tailored Blank Welding 기법은 판재를 원하는 모양으로 절단하여 사용하기 때문에 절단작업시 같은 판재에서 여러 개의 작은 부분들을 얻어 낼 수 있으므로 scrap의 감소에 의한 비용 절감을 가져올 수 있다. 또한 높은 강도나 비싼 재료가 요구되는 부분에서 이들의 사용량을 줄일 수 있어 비용을 감소시키며, 자동차 무게를 감소시켜 연료효율을 향상시키려는 최근의 세계적인 추세에 부합된다. 그리고 자동차 차체의 강성을 증대시켜 안정성을 높일 수 있으며, 자동차 조립시 정확성을 높일 수 있기 때문에 내부의 소음을 감소시키는 등의 품질향상을 가져올 수 있다. 이러한 Tailored Blank Welding의 장점으로 인하여 최근 Toyota, Chrysler, GM, BMW 등의 세계적인 자동차 회사에서 이를 많이 채택하고 있다.

본 연구실에서는 과거 동종, 이종두께와 이종재질간의 용접에 관한 연구를 수년간 수행해 온 바 있다. 이번 연구는 이종재질·이종두께의 용접으로서 Tailored Blank Laser Welding을 산업현장에 적용하기 위해 1.2mm 두께의 아연도금강판과 2.0mm의 비도금강판 사이의 레이저 용접을 실시하였고 실험계획법을 이용하여 최적의 레이저용접 공정조건을 설정하였다. 또한 얻어진 조건에 대해 가장 중요시되는 성형성 평가를 수행하였으며 레이저 열처리의 영향을 조사하였다. 그리고 금속학적인 측면에서 용접부의 상을 예측하였다.

II. 실험 방법

본 실험에 사용된 시편은 자동차용 극저탄소강판으로서 표면에 아연이 도금된 1.2mm 두께의 강판과 도금되지 않은 2.0mm 강판을 사용하였다. 시편은 용접후 제작될 test시편의 규격을 고려하여 300mm×80mm의 크기로 절단한 후, 용접되는 면을 연마하여 맞대기 용접간격의 오차를 줄이려 했다. 시편의 화학조성을 광분석기로 분석한 결과를 Table. 1에 나타내었다.

용접은 맞대기 용접으로 용가제(filler metal)를 사용하지 않는 자생용접(autogeneous weld)

ng)을 수행하였다. 본 실험에 쓰인 레이저는 고등기술연구원의 4KW급 연속파(Continuous wave) CO₂레이저였다.

Table. 1 Chemical composition of base metal

	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Al	Fe
아연도금강판 (1.2mm)	0.011	0.006	0.148	0.018	0.012	0.027	0.027	0.023	0.091	bal.
저탄소강판 (2.0mm)	0.05	0.0017	0.279	0.010	0.012	0.013	0.015	0.025	0.026	bal.

용접시 시편의 장착과 변형방지를 위하여 공기압력에 의해 작동되는 JIG를 사용하였으며, 생성되는 플라즈마와 증발기체를 제거하고 용접부의 산화를 방지하기 위해 보조가스를 side-shielding 방식으로 시편과 약 45° 정도의 각도로 불어 주었다. 또한 두 시편간의 맞대기 용접간격을 조정하기 위하여 두 개의 Gap gauge를 사용하였다. 전체적인 실험의 모식도는 Fig. 1과 같다.

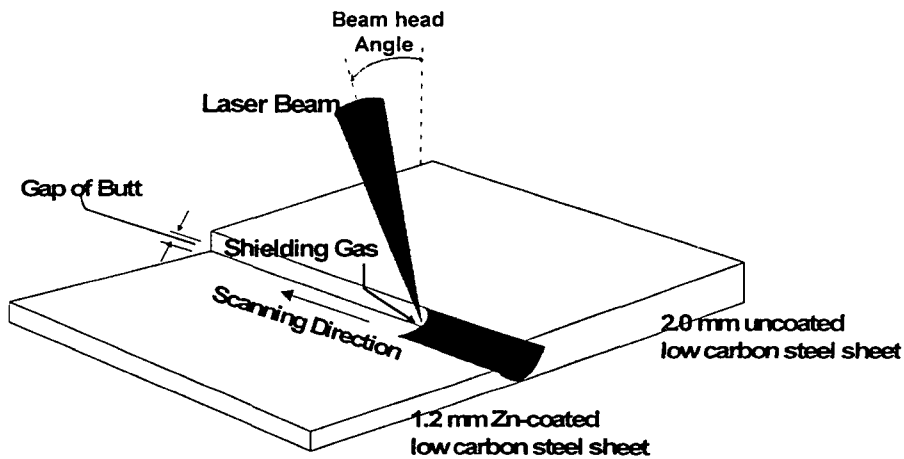


Fig. 1 Schematic illustration of laser welding

레이저 용접시 조절가능한 변수들은 레이저빔 출력, 주사속도, 초점위치, 보조가스의 종류 및 유속, 맞대기용접시의 허용간격, 레이저 빔헤드의 tilting각도, 집속렌즈의 focal length, 초점 위치 등 매우 많다. 이러한 제어인자와 비제어인자들을 효율적으로 제어하여 적은 수의 실험을 통해 최적의 용접조건을 얻어내기 위해서 다구짜 실험계획법을 사용하였다. 본 실험에서는 조

절가능한 용접변수들 중 레이저출력, 주사속도, 맞대기 용접간격, 초점위치, 보조가스의 유속, 헤드의 각도를 선택하여 가능한 모든 인자를 사용하였으며 설정된 인자와 수준에 따라 적절한 직교배열표를 선정하고 이 직교배열표상의 실험조건에 따라 레이저 용접을 수행하였다. 용접된 시편들에 대한 특성치로서 연신율과 LDH값을 구하고, 이에 대한 S/N비를 구하여 최적조건을 설정하였다.

III. 결과 및 고찰

이상의 실험과 다구찌 분석을 통하여 도출된 최적의 용접조건은 레이저 출력 3KW, 주사속도 6m/min, 맞대기 용접간격 0.1mm, 보조가스유속 55CFH, 초점위치 -0.3mm, 헤드의 각도는 2° 였다. 이 조건에서의 용접부의 형상을 Fig. 2로 나타내었다.

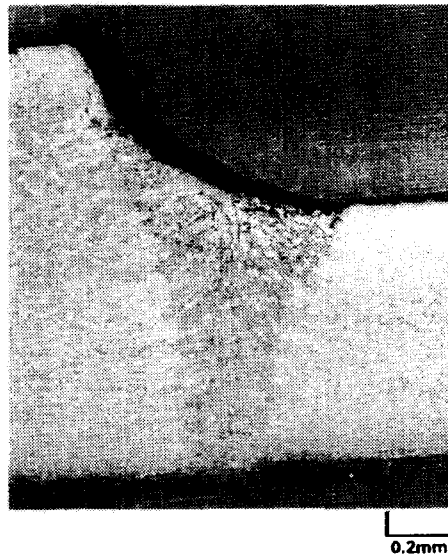


Fig. 2 Optical microstructure of welded specimen

최적조건에서의 용접시편과 레이저로 표면의 아연도금을 제거한 용접시편에 대한 성형성 평가를 위하여 다시 인장시험, Dome Height 시험, 그리고 경도시험을 수행하였다. 인장시험시 용접부는 인장방향과 평행한 경우와 수직인 경우를 모두 시험하여 용접의 접합정도를 확인함과 함께 용접부의 성형성을 측정하였다. 평행한 경우 연신율은 모재의 83%정도, LDH는 모재의 84%정도였으며 레이저로 표면처리를 한 후 용접한 경우에는 연신율과 LDH 모두 85%로 모두 Tailored Blank의 적용에 필요한 기준인 80%를 상회하는 좋은 성형성을 나타내었다.

최적조건으로 용접된 시편과 레이저로 열처리한 후 용접한 시편을 가지고 모재에서 HAZ부, 용접부, 다시 HAZ부, 모재에 이르기까지의 Vickers 경도를 찍어 용접부의 경화정도를 조사해 본 결과 용접부의 경도는 두 시편 모두 약 230Hv정도로 모재보다 크게 증가되어 있으며 서로

비슷한 분포를 가지고 있었다. 이러한 경화는 레이저 용접시의 급속냉각에 의해 용접부의 결정립 미세화에 의한 경도 증가와 높은 경도를 갖는 상(phase)이 용접부에 형성된 것에 기인한다고 생각된다. 그 외에 용접가공시 재료의 일부만이 용융과 응고를 거치면서 수축과 팽창에 따른 잔류응력의 도입도 경화의 원인으로 작용할 수 있다.

용접부의 응고양상과 형성된 상(phase)을 고찰하기 위하여 광학현미경, XRD, EDS, SEM을 이용한 분석을 실시하였다. 고찰 결과, 용접부는 10^4 K/s 정도의 냉각속도를 가지는 급속응고로 입자가 미세화되어 있었고, 수지상의 응고 하부조직을 가지고 있었다. 용접부에 형성된 상은 quasi-polygonal ferrite, banitic ferrite, 그리고 미량의 martensite로 생각할 수 있었다.

IV. 결론

Taioered Blank Laser Welding을 산업현장에 적용하기 위한 기초실험으로 1.2mm 아연도금된 저탄소강과 2.0mm비도금된 저탄소강 사이의 laser welding을 하였고 최적의 용접조건을 설정하고 최적의 용접시편에 대해 열처리의 영향하여 성형성을 비교하였다. 그리고 금속학적 특성을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 다구찌 실험계획법을 통하여 우수한 성형성과 재현성을 가지는 최적의 조건을 도출할 수 있었으며 이 조건은 레이저 출력 3KW, 주사속도 6m/min, 맞대기 용접간격 0.1mm, 보조가스 유속 55CFH, 초점위치 -0.3mm, 헤드의 각도는 2° 였다.

2. 최적의 용접시편에 대하여 성형성 평가를 실시한 결과 연신율은 모재대비 83.09%(평행인장의 경우), 50.62%(수직인장의 경우)였으며 LDH는 모재의 84.2%로 모두 80%이상의 우수한 성형성을 얻을 수 있었다.

3. 레이저 열처리에 의해 표면의 아연도금을 제거할 수 있었으며 이 방법을 최적조건인 용접에 도입하여 더욱 우수한 성형성을 얻을 수 있었다.

4. 레이저빔의 급속응고에 의해서 용접부의 조직이 미세화 되었으며, 큰 냉각속도와 급속응고시 잔류응력의 도입으로 용접부의 상은 Quasi-polygonal ferrite, banitic ferrite 및 미량의 martensite등의 혼합조직으로 형성되어 있다고 사료된다.

V.참고문헌

1. 김도훈 : 레이저 가공학, 경문사, pp. 256-279, (1996)
2. M. Bass : Laser Materials Processing, pp. 120-125, (1983)
3. 박성현 : 응용실험계획법 , 영지문화사, pp 175-195, (1990)
4. Sindo Kou : Welding Metallurgy, pp 29-49, (1987)