

차체 제작을 위한 레이저용접 마그네슘 TWB 판넬

이목영[†]·장웅성^{*}·윤병현^{*}

MAGNESIUM TWB PANEL WITH LASER WELDING FOR AUTO BODY ASSEMBLY

Mok-Young Lee, Woong-Seong Chang and Byung-Hyun Yoon

Key Words: Tailor Welded Blank(테일러드블랭크), Magnesium sheet(마그네슘 판재), Laser welding (레이저용접), Body panel(차체), Automobile(자동차)

Abstract

Strip casted and rolled magnesium sheet is become exiting material for car manufacturer, due to its better formability and specific strength compare with conventional extruded sheet. TWB technology was attractive for car body designer, because it saves the weight of the car without strength loss.

In this study, the laser welding performance of magnesium sheet was investigated for Mg TWB panel manufacturing. The material was strip casted and rolled magnesium alloy sheet contains 3 wt% Al and 1 wt% Zn (AZ31). Lamp pumped Nd:YAG laser of 2kW was used and its laser light was delivered by optical fiber of 0.6mm core diameter to material surface with focusing optics of 200mm focal length for TWB welding. The microstructure of weld bead was investigated to check internal defects such as inclusion, porosity and cracks. Also mechanical properties and formability were evaluated for press forming of car body.

For the results, there was no crack but inclusion or porosity on weld at some conditions. The tensile strength of weld was over 95% of base metal. Inner and outer panel of engine hood were press formed and assembled at elevated temperature.

1. 서 론

배기가스는 대기 오염을 유발하는 주요 원인으로 알려져 있으며, 최근 그에 따른 지구 온난화로 인하여 자연재해의 심각성이 제기되고 있다.

또한 자동차의 주 연료인 석유에너지의 매장량 한계로 인하여 에너지 절감에 대한 필요성이 절박해지고 있다

차체 무게의 절감은 배출가스 저감 및 연비 향상을 동시에 달성하는 것이 가능한 효율적인 방법이므로 많은 연구가 이루어지고 있다. 차체 경량화를 위한 방법으로는 최적설계기법에 의한 불필요한 소재절감, 레이저 용접 등의 신 공법적용을 통한 플랜지 제거, 비강도가 높은 소재를 사용한 무게 절감 등이 있다. 비강도는 무게 대비 강도를 의미하며, 비강도가 높은 소재는 상대적으로 두께가 얇은 혹은 가벼운 소재를 사용하여

† 회원, 포항산업과학연구원 용접연구실

E-mail : accelee@rist.re.kr

TEL : (054)279-5460 FAX : (054)279-5460

* 포항산업과학연구원 용접연구실

** 포항산업과학연구원 용접연구실

동일한 강도를 확보하는 것이 가능하므로 결과적으로 무게를 줄이는 것이 가능하다.

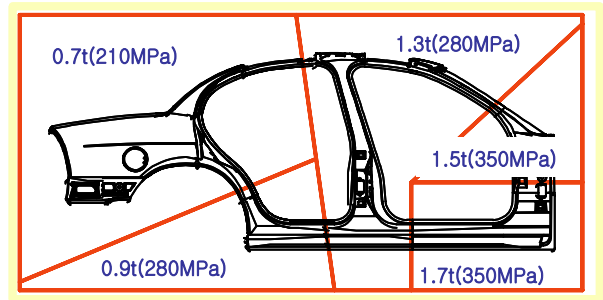
비강도가 높은 소재에는 고강도 강, 알루미늄 합금, 마그네슘 합금, 티타늄 등이 있다. 이 가운데서 마그네슘합금은 가장 가벼운 소재이면서도 육방조밀형 결정구조로 구성되어 강성이 우수하여 최근 선진자동차 제조업체로부터 주목을 받고 있는 소재이다. 표 1에 자동차 경량화를 위하여 사용되는 몇몇 소재의 특성을 비교하였다. 단조형 마그네슘 합금인 AZ31은 고강도 알루미늄 합금인 A16061 보다도 비강도가 높다. 한편, 마그네슘 합금은 진동 혹은 충격을 흡수하는 특성을 보유하여 경량화 및 승차감 향상을 동시에 이루는 것이 가능하여 적용이 증가되고 있는 추세이다.

Table 1 Density and tensile properties for automotive materials

Material	Density (g/cm ³ , 20°C)	Tensile properties		
		YS (MPa)	TS (MPa)	EL (%)
Pure Mg	1.74	69	185	4
AZ31	1.78	220	290	15
플라스틱	1.33	151	158	7
Pure Al	2.7	20	55	55
Al 6061-T6	2.68	276	310	16
Steel	7.8	200	320	40

Tailored Welded Blank(이하 TWB)기술은 소재 종류 혹은 두께가 상이한 여러 재료를 용접으로 결합한 후, 일체 성형하여 경량화, 고강성 및 소재절감을 동시에 이룰 수 있다. 그림 1에 ULSAB 프로젝트에서 개발한 TWB에 의한 자동차 body side outer를 나타내었다. 마그네슘 합금은 고강도강에 비하여 강도가 낮을 뿐만 아니라 소재 가격이 고가이므로 차체 적용을 위해서는 TWB 기술이 적용되어야 할 것이다.\

마그네슘 합금은 알루미늄 합금에 비하여 전기 전도도 및 열전도도가 낮고 용점이 낮기 때문에 용접성이 상대적으로 우수한 것으로 알려졌다. 그러나 마그네슘 합금은 증발온도가 낮고 산화성이 강하기 때문에 용융용접이 까다롭다. 특히 모



(a) TWB concept



(b) Body Side Outer with TWB panel (ULSAB)

Figure 1 TWB concept and its application

재의 연신율이 낮으므로 TWB와 같이 용접부를 성형하는 경우에는 용접에 신중을 기해야 한다. 그러나 마그네슘 합금의 용접에 관한 연구는 부족한 실정이며, 특히 TWB를 위한 연구는 전혀 없는 상태이다.

본 연구에서는 마그네슘 합금판재 및 TWB 기술을 이용하여 자동차 차체를 제작하기 위하여 필수적인 용접기술을 개발하였다.

2. 실험 방법

2.1 레이저용접실험

실험에 사용된 레이저는 파장 1,064nm의 lamp pumping 방식의 Nd:YAG 레이저이었다. 레이저 발전기에서 출사된 빔은 core 직경 0.6mm의 광섬유를 통하여 전송되었으며, 초점거리 200mm의 optical lens를 이용하여 소재 표면에 집속하였다. 용접부 표면의 산화를 방지하기 위하여 순도 99.99%의 헬륨가스로 비드 표면을 shielding 하였으며, 유량은 10 l/min 가량이었다. 레이저 출력 및 이송속도를 변화시키며 bead on plate 용접을 실시하였다. 비드 외관을 고려하여 최적조건을 선정하여 맞대기 이음부에 대하여

레이저 용접을 실시하였다.

2.2 비드외관 및 단면조직실험

마그네슘 합금은 산화성이 큰 재료이므로 용접부 산화가 심한 것으로 알려졌다. 용접비드 외관의 산화정도는 육안으로 판정하였으며, 디지털 카메라로 표면을 촬영하여 시편간 산화정도를 상대비교 하였다.

용접 비드의 단면 형상 및 야금학적인 특성을 평가하기 위하여 단면조직검사를 실시하였다. 시험편을 채취하기 위하여 용접부를 절삭오일 중에서 고속정밀절단하였으며, Hot press를 사용하여 resin으로 molding하였다. 이것을 물속에서 sand paper로 grinding하고, 수 micron의 다이아몬드 입자가 분산된 연마포에서 polishing 하였다. 미세조직을 관찰하기 위하여 4% nital 수용액을 이용하여 etching 하였으며, 광학현미경으로 관찰하였다.

2.3 경도 및 인장실험

마그네슘 합금의 용접부 및 열영향부 경도분포를 측정하기 위하여 Vickers hardness tester를 이용하여 하중 300g에서 0.2mm 간격으로 경도를 측정하였다.

인장시험은 KS B0801 13B호 규격으로 행하였으며, 항복강도, 인장강도 및 연신율을 측정하였다. 인장시험 후 주사전자현미경을 사용하여 파면을 관찰하였다

3. 결과 및 고찰

3.1 공정변수의 영향

마그네슘 합금의 레이저 용접성에 미치는 공정인자의 영향을 알아보기 위하여 레이저 출력 및 용접속도의 2요인에 대하여 2수준으로 실험을 실시하였다. 마그네슘의 용융용접에서는 낮은 기화 온도 및 이음부 간극에 따라 용융량 부족이 발생한다. 그림 2는 under fill에 대한 각 요인의 주효과를 나타낸 것이다. 레이저 출력 및 용접속도에 비례하여 under fill은 감소하였으며, 실험 수준에서 용접속도에 상대적으로 큰 영향을 받았다.

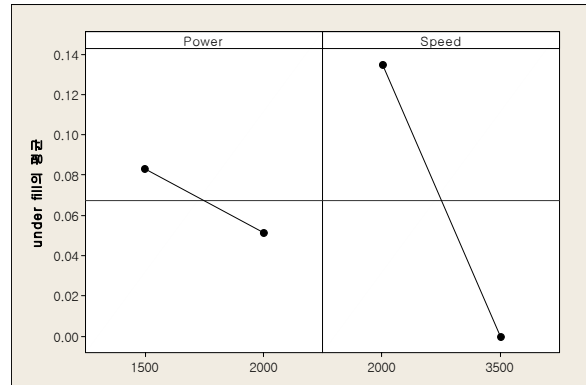


Figure 2 Main effect plots for underfill

철강 혹은 알루미늄합금 등과 마찬가지로 마그네슘 합금의 레이저 용접에서도 용입깊이는 공정인자에 영향을 받는다. 그림 3은 용입깊이에 대한 각 요인의 주효과를 나타낸 것이다. 용입깊이는 레이저 출력에는 비례하고, 용접속도는 반비례하여 감소하였으며, 실험수준에서 거의 유사한 정도로 영향을 받았다.

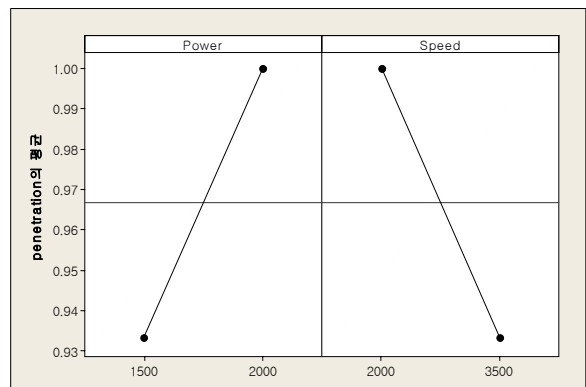


Figure 3 Main effect plots for penetration depth

마그네슘 합금의 레이저 용접에서 특이한 점은 비드의 아래 부분이 아래로 처지는 현상이 발생하는 것이다. 이러한 원인은 철강재료에 비하여 열전도도는 빠른 반면, 표면장력은 작기 때문인 것으로 판단된다. 그림 4는 비드 처지는 정도를 각 인자에 따라 나타낸 것이다. 그림 2의 under fill의 경우와 유사하게, 레이저 출력 및 용접속도에 비례하여 비드처짐은 감소하였다. 레이저 출력의 변화에 따라 비드처짐 감소율이 작은 반면, 실험 수준에서 용접속도 증가에 따른 비드처짐 감소율은 오히려 증가하였다. 일반적으로 용접부 특성에 미치는 레이저 공정변수의 영향에서, 레

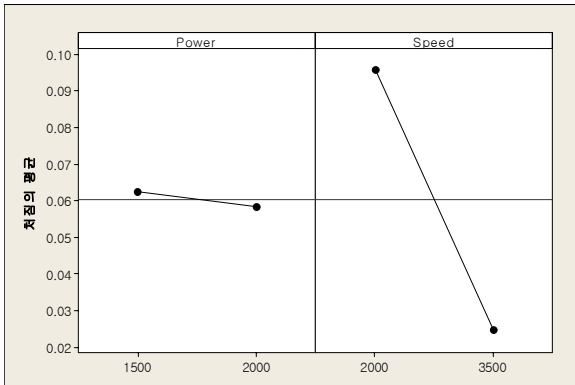


Figure 4 Main effect plots for sagging

이저 출력과 용접속도는 서로 상반되는 경향을 보이는데, 마그네슘 합금의 레이저 용접에서는 용접부의 특성에 따라 이러한 경향에 차이가 발생하였다.

그림 5는 레이저 출력 2kW에서 시편의 이송속도 및 초점위치에 따른 인장강도의변화를 나타낸 것이다. 알루미늄 합금의 경우 레이저 출력 3kW 이상에서 용접비드가 형성되었으나, 마그네슘합금은 2kW 이하의 출력에서도 무난하게 용접이 이루어졌다. 용접속도가 지나치게 늦거나 빠른 경우에는 용접부 강도가 저하하였다. 용접속도가 느린 경우에는 비드 처짐에 따른 언더컷에 의하여 용접부 강도가 저하하였으며, 반대로 용접속도가 빠른 경우에는 용입부족에 의하여 용접부 강도가 감소하였다. 초점위치에는 상대적으로 민

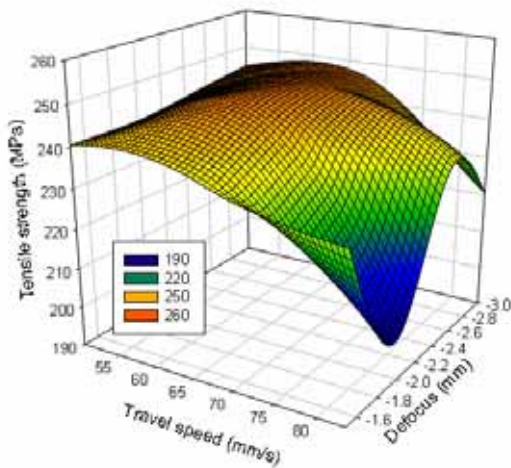


Figure 5 Tensile strength change according to the travel speed and defocus

감도가 낮았다.

3.2 TWB 부품성형

AZ31 마그네슘 합금 압연 판재를 레이저 용접으로 결합한 후, 온간 성형시험을 행하였다. 그림 6는 sub-size 형태로 성형한 샘플의 외관을 나타낸 것이다. 중앙에 관찰되는 가로 선이 레이저 용접부이다. 성형에 의한 용접부 파단은 발생하지 않았다.



Figure 6 The result of press forming with sub-size TWB panel

AZ31 마그네슘 압연판재에 대한 용접성 평가결과로부터 선정된 최적조건으로 1,500mm x 1,850mm의 실물크기 TWB 판넬을 제조하였다. 그림 7은 TWB 판넬 및 성형 부품의 실물사진을 나타낸 것이다. 레이저 용접에 의한 TWB 판넬을 온간에서 프레스 성형하여 엔진 후드 인너 판넬을 성형하였다. 마그네슘 판재의 성형이 까다롭기 때문에 모재에서 파단이 발생하기도 하였으나, 용접부 파단은 전혀 발생하지 않았다.



(a) TWB panel (b) press formed part

Figure 7 Press formed part with Mg TWB panel

4. 결 론

스트립캐스팅 및 압연에 의하여 제조된 AZ31 마그네슘판재에 대한 TWB 시험 결과는 아래와 같다.

1) 용접속도가 증가에 반비례하여 under fill, 용입깊이 및 비드처짐량은 현저하게 감소하였다.

2) 레이저 출력에 비례하여 용입깊이는 현저하게 증가하였으나, under fill 및 비드처짐량은 다소 감소하였다.

3) 레이저 용접으로 제작된 TWB 판넬에 대한 온간 프레스 성형이 무난하였으며, 본 기술을 차체제조에 적용하는 경우 획기적인 무게절감이 가능할 것으로 판단되었다.

후 기

본 연구는 포스코의 마그네슘 신사업 과제로 수행되었으며, 마그네슘 압연 판재를 공급해주신 포항산업과학연구원 마그네슘 프로젝트팀에 감사드립니다. 또한 마그네슘 온간성형을 지원해주신 한국기계연구원 소재성형연구센터 및 지엠대우에 감사드립니다.

참고문헌

[1] C.D.Lim, B.S.Ryu and K.Y.Son, 2004, "Application of magnesium alloy in automobile part", *Machinery and Materials*, N.12, p.66-75(in Korean)

[2] W.S.Chang, J.S.Noh, H.J.Kim and K.S.Bang, 2004, "Trends on magnesium welding technology", *TRENDS IN METALS & MATERIALS ENGINEERING*, p.55-64 (in Korean)

[3] Michael M. Avedesian, "Magnesium and Magnesium alloy", *ASM Specialty Handbook*, p12~25

[4] H.Haferkamp, Fr.-W.Bach and I.Burmester, 1996, "Nd:YAG Laser beam Welding of Magnesium Constructions", *Proceedings of the third International Conference*, p.99-98

[5] A.Munitz, A.Stern, G.Kohn and

C.Cotler, 2003, "GTA and EB Welding of AM50 and AZ31 Cast Magnesium alloys: Microstructure and Mechanical Properties", *6th International Trends in Welding Research Conference Proceedings*, p.754-759