2006년도 춘계 학술발표대회 발표논문, 2006년 5월, 강원도 삼척

경량 차체를 위한 마그네슘 합금 압연판재의 레이저 용접

Laser welding of Magnesium alloy sheet for light car body

이 목영*, 장 웅성*, 윤 병현*

* 포항산업과학연구원

ABSTRACT Magnesium alloys are becoming important material for light weight car body, due to their low specific density but high specific strength. However they have a poor weldability, caused high oxidization tendency and low vapor temperature.

In this study, the laser welding performance of magnesium alloys was investigated for automobile application. The materials were rolled magnesium alloy sheet contains 3%Al and 1%Zn. To evaluate the weldability, we examined the appearance of welding bead. The mechanical property was measured for welded specimen by tensile test. And formability was checked with the Erichsen tester.

For the results, the performance of weld in laser welding was enough for press forming such as car body. But it was recommended to use filler wire for reduce the under fill.

1. 서 론

대기 오염에 따른 지구 온난화로 인하여 자연재해의 심각성이 제기되고 있다. 다른 한편으로는 석유자원의 고갈에 따른 에너지 부족에 대한 대책의 필요성이 점점 더 고조되고 있다. 대체에너지의 실용화에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 다른 한편으로는 기존의 석유에너지를 효과적으로 사용하려는 노력이 이루어지고 있다.

자동차의 연비 향상 및 배출가스 저감을 위해서는 엔진의 효율을 높여주는 방법도 있으나, 엔진 설계기술의 고도화를 고려하면 그 실효성은 한계가 있다. 또 다른 방법으로는 차체 제조에 비강도가 높은 소재를 사용하여 자동차의 무게를 감소시키는 것이다. 비강도가 높은 소재에는 고강도강판, 알루미늄합금 등이 있으며, 최근에는 마그네슘 합금의 적용이 증가하고 있는 추세이다. 마그네슘 합금은 밀도는 낮은 반면 강도가 높아 경량화 효과가 크고, 진동을 흡수하는 특성이 있으므로 사용량이 점차 증가하고 있다. 표 1에 대표적인 자동차용 소재에 대한 밀도 및 인장특성을 나타내었다.

Table 1 Density and tensile properties for some materials

Material	Density (g/cm^3, 20℃)	Tensile properties		
		YS	TS	EL
Pure Mg	1.74	69	185	4
AZ31	1.78	131	232	13
AZ91	1.83	183	293	8
Pure Al	2.7	20	55	55
Al 5XXX	2.68	105	250	22
Steel	7.8	170	270	40

마그네슘 합금은 알루미늄 합금과 비교하여 전기전도도 및 열전도도가 낮고 융점이 낮기 때문에 용접성이 상대적으로 우수한 것으로 알려졌다. 그러나 마그네슘 합금은 증발온도가 낮고 산화성이 높기 때문에 용융용접이 까다롭다. 특히 모재의 연신율이 낮기 때문에 용접부를 성형하는 경우에는 용접에 신중을 기해야 한다. 자동차 산업에서 마그네슘 합금의 사용이 증가하며 그 용접특성은 철강 혹은 알루미늄 합금과 크게 상이함에도 불구하고 마그네슘 합금 판재의 용접에 관한 연구는 부족한 실정이다.

본 논문에서는 마그네슘 합금판재의 차체 적용을 위한 기초연구로서 레이저 용접공정에 대한 기본적인 용접특성을 알아보았다.

2. 실험 결과

2.1 실험 방법

실험에 사용된 대상 소재는 3%Al 및 1%Zn이 첨

가된 Mg-Al-Zn의 3원계 합금인 AZ31이었으며, 두께는 1.5mm 이었다.

■ 레이저용접실험

실험에 사용된 레이저는 파장 1,064nm의 lamp pumping 방식의 Nd:YAG 레이저이었다. 레이저 발진기에서 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.

■ 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.

■ 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.

2.2 주요 결과

마그네슘 합금의 레이저 용접성에 미치는 공정인자의 영향을 알아보기 위하여 레이저 출력 및 용접속도의 2요인에 대하여 2수준으로 실험을 실시하였다. 마그네슘의 용융용접에서는 낮은 기화온도 및 이음부 간극에 따라 용융량 부족이 발생한다. 그림 1은 under fill에 대한 각 요인의 주효과를 나타낸 것이다. 레이저 출력 및 용접속도에 비례하여 under fill은 감소하였으며, 실험 수준에서 용접속도에 상대적으로 큰 영향을 받았다.

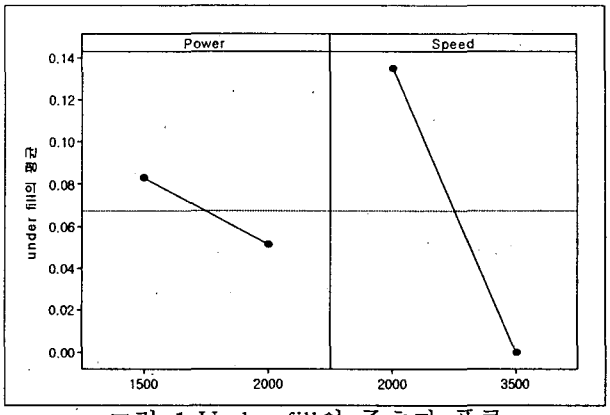

그림 1 Under fill의 주효과 플롯

철강 혹은 알루미늄합금 등과 마찬가지로 마그네슘 합금의 레이저 용접에서도 용입깊이는 공정인자에 영향을 받는다. 그림 2는 용입깊이에 대한 각 요인의 주효과를 나타낸 것이다. 용입깊이는 레이저 출력에는 비례하고, 용접속도는 반비례하여 감소하였으며, 실험수준에서 거의 유사한 정도로 영향을 받았다.

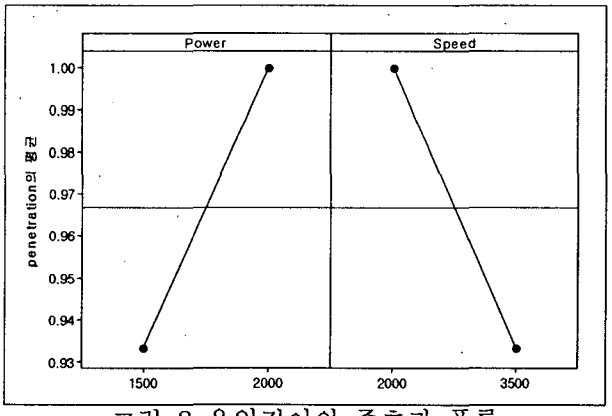

그림 2 용입깊이의 주효과 플롯

마그네슘 합금의 레이저 용접에서 특이한 점은 비드의 아래 부분이 아래로 쳐지는 현상이 발생하는 것이다. 이러한 원인은 철강재료에 비하여 열전도도는 빠른 반면, 표면장력은 작기 때문인 것으로 판단된다. 그림 3은 비드 쳐지는 정도를 각 인자에 따라 나타낸 것이다. 그림 1의 under fill의 경우와 유사하게, 레이저 출력 및 용접속도에 비례하여 비드쳐짐은 감소하였다. 레이저 출력의 변화에 따라 비드쳐짐 감소율이 작은 반면, 실험 수준에서 용접속도 증가에 따른 비드쳐짐 감소율은 오히려 증가하였다. 일반적으로 용접부 특성에 미치는 레이저 공정변수의 영향에서, 레

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

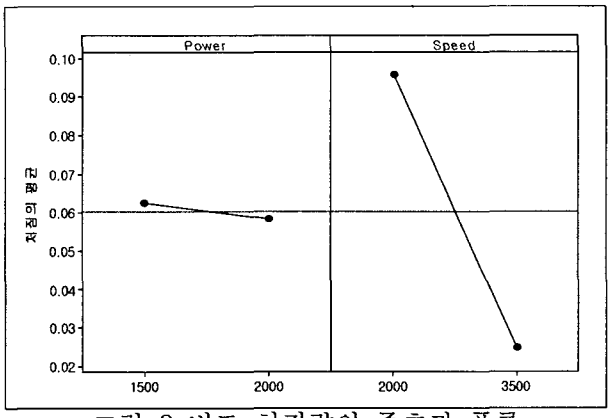

그림 3 비드 처짐량의 주효과 플롯

AZ31 마그네슘 합금 압연 판재를 레이저 용접으로 결합한 후, 온간 성형시험을 행하였다. 그림 4는 sub-size 형태로 성형한 샘플의 외관을 나타낸 것이다. 중앙에 관찰되는 가로 선이 레이저 용접부이다. 성형에 의한 용접부 파단은 발생하지 않았다.

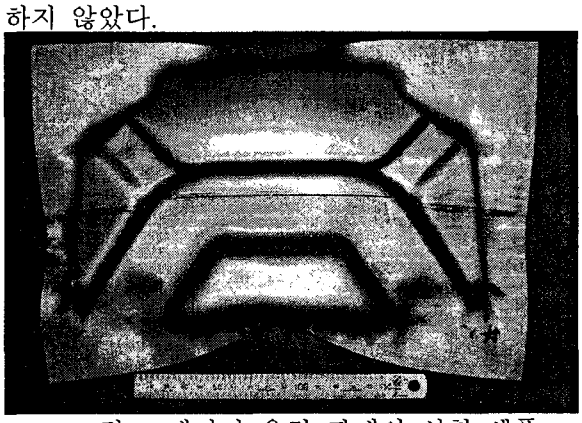

그림 4 레이저 용접 판재의 성형 샘플

4. 결 론

AZ31 압연판재의 레이저 용접시험 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 용접 판재는 온간 프레스 성형이 무난하였으며, 향후 자동차 차체 적용이 가능할 것으로 판단되었다.

참 고 문 헌

[1] 임창동, 유병선, 손근용: 마그네슘합금의 자동차 부품 적용 현황, Machinery and Materials, 2004.12, p.66-75(in Korean)

[2] 장웅성, 노중석, 김흥주, 방국수: 마그네슘합금의 용접기술 현황, TRENDS IN METALS & MATERIALS ENGINEERING, 2004, p.55-64 (in Korean)

[3] Michael M. Avedesian: ASM Specialty Handbook, Magnesium and Magnesium alloy, p12~25 [4] H.Haferkamp, Fr.-W.Bach, I.Burmester: Nd:YAG Laser beam Welding of Magnesium Constructions, Proceedings of the third International Conference, 1996 p.99-98

[5] A.Munitz, A.Stern, G.Kohn, C.Cotler: GTA and EB Welding of AM50 and AZ31 Cast Magnesium alloys: Microstructure and Mechanical Properties, 6th International Trends in Welding Research Conference Proceedings, 15-19 April, 2002, Pine Mountain, GA, ASM International, 2003, p.754-759