

AZ31 마그네슘 합금의 레이저 용접부의 기계적 성질에 관한 연구

Study on the mechanical properties of laser welded AZ31 magnesium alloy

(주) 성우하이텍 기술연구소 이문용, 정병훈
정성문, 박현준

I. 서론

세계적으로 자동차의 생산량이 급증함에 따라 안전성 향상과 대기오염에 의한 지구 온난화문제와 제한된 석유자원의 고갈에 대한 대체에너지 문제가 점점 부각되고 있다 선진국들을 중심으로 지구환경보호를 위해 환경규제 기준을 더욱 강화하여 적용하고 있다 미국은 1978년부터 기업평균연비(CAFE)규제를 시작하였으며¹⁾ 연방정보보다 엄격한 기준을 채택하여 환경규제의 선도적인 역할을 하는 캘리포니아 주에서는 2005년 4월 보다 강화된 배출가스규제 법안을 통과시켰다 앞으로는 기존의 자동차보다 연비효율이 좋고, 배기가스의 배출이 적은 자동차의 연구개발이 가속화될 전망이다

자동차 연비효율을 향상시키는 방법으로는 엔진과 구동계의 효율향상, 주행저항을 저감할 수 있는 차체디자인 설계, 차체의 소형화 및 경량소재 활용을 통한 차체중량 감소 등이 있다 엔진과 구동계의 효율향상과 주행저항 감소를 통한 연비효율향상은 현재 기술개발이 한계에 도달하여 큰 효과를 기대하기는 어려운 실정이며, 차체 소형화는 경량화 효과는 뛰어나지만, 안전하고 다양한 기능을 원하는 소비자 욕구를 만족하지 못 한다 현 상황에서 연비효율향상의 방안으로는 알루미늄, 마그네슘 등과 같은 경량 금속재료를 적용하여 차체 중량을 감소시키는 것이다 최근 들어 마그네슘합금에 대한 전 세계적인 수요량의 증가에 발맞추어 중국, 이스라엘, 호주 등지에서 합금 제조를 위한 설비투자 및 생산량이 점차 증가하고 있어 향후 원소재 가격의 하락과 안정세가 예상되고 있으며, 마그네슘 합금의 탁월한 경량성으로 인하여 연비향상을 위한 자동차 부품재료로서 크게 부각되고 있다 부품의 경량화는 차체중량의 감소뿐만 아니라 그를 지지하는 구조물의 무게감소가 가능하기 때문에 그 효과가 파급되는 더욱 큰 장점이 있다 Fig 1은 Mg밀도를 1로 환산하였을 때의 상대밀도를 나타내었다 경량 합금으로서 마그네슘 합금은 매우 우수한 비강도 강성 등을 지니고 있으며, 높은 열전도도와

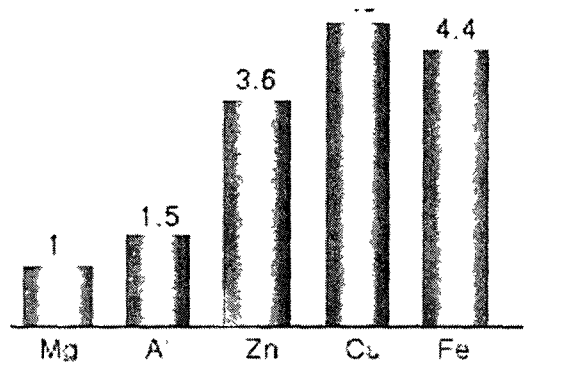


Fig 1 Relative density comparison(if density of Mg 10)

열적 안정성, 우수한 전자파 차폐능으로 인하여 cellular phone, camera, potable computer 등의 전자산업에서는 적용을 많이 하고 있으며 자동차부품 재료로서는 cylinder head cover, steering wheel frame 등 사용되고 있으며, 앞으로 그 사용 범위는 계속 확대될 것으로 전망된다 그러나 마그네슘 합금은 산화성이 높으며, 내식·내열성이 낮고 특히 성형 가공성이 매우 열악하기 때문에 용접부 성형 및 용접특성에 대한 보다 활발한 연구가 필요한 실정이다

본 논문에서는 마그네슘 합금에 대한 레이저용접의 기초연구로서 AZ31 마그네슘 합금의 레이저 용접 시 소재의 압연 방향의 차이와 보호가스의 유무에 따른 용접성 및 기계적 특성에 대하여 연구하였다

II. 실험방법

시험에 사용된 재료는 마그네슘 합금 AZ31를 사용하였다 재료의 두께는 10mm이며 화학성분은 Table 1에 나타내었다

Table 1 The chemical composition of AZ31 magnesium alloy (wt %)

	Al	Zn	Mn	Si	Cu	Ni	Fe	Mg
AZ31	3.01	1.0	0.2	0.05	0.05	0.005	0.005	Bal.

레이저 용접에 사용된 장치는 파장이 1,064nm의 최대출력 4kW의 연속파 Nd YAG 레이저이며 렌즈는 focal length가 200mm인 것을 사용하였다 Fig 1과 같은 조건으로 한 장의 Sheet에 레이저 조사 후, 조사부 단면을 광학현미경으로 관찰하여 최적조건을 선정하였다 최적조건 선정 후 같은 방법으로 AZ31 마그네슘 합금의 압연방향과 압연방향의 수직방향으로 Bead on plate를 실시하였다 보호가스의 영향을 평가하기 위하여 Ar-10ℓ/min의 조건을 각각 적용하였으며, 6mm의 직경을 갖는 구리튜브로 60°의 각도로 공급하였다 용접부 단면 형상 및 조직을 알아보기 위하여 광학 현미경을 사용하였으며, 인장장도를 알

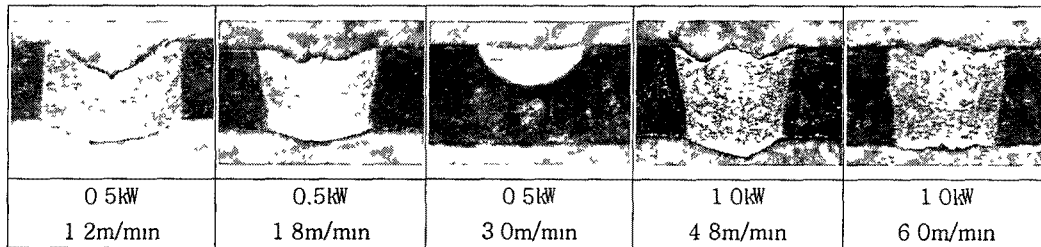


Fig 1 Laser welding condition and cross section

아보기 위하여 인장시편을 KS

13호 규격으로 채취하였다 모재와 용융부의 경도 차이를 알아보기 위해서는 Micro Vickers hardness tester를 이용하여 하중 100g에 0.25mm 간격으로 경도를 측정하였다

III. 결과 및 고찰

최적조건을 출력 10kW, 속도 60m/min로 선정하여 시험하였으며, Fig 2에 AZ31 마그네슘 합금의 용접부 단면 형상을 조건별로 나타낸 것이다 레이저 용접시 소재의 압연방향과 압연방향의 수직방향 및 Ar 보호가스 유무에 대해서는 용접부 단면에는 큰 차이가 나타나지 않았다 용접부 단면에는 porosity이 나 crack은 발견되지 않았으며, 용접비드에는 모재의 증발에 의하여 under cut이 발생하였다 그리고 용

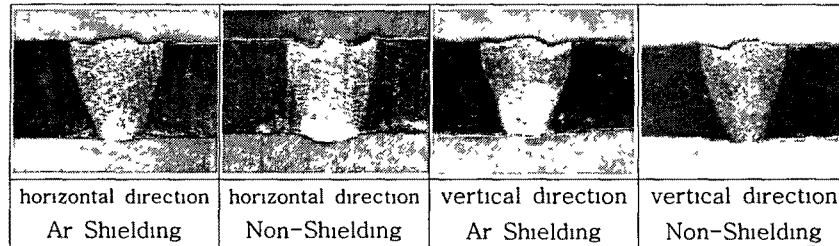


Fig 2 Cross section of laser weld

접 후 용접조건 변화에 관계없이 소재가 열변형되어 휘어지는 현상이 관찰되었다

Fig 3에서 보듯이 AZ31 마그네슘 합금 레이저 용접부의 인장강도 및 연신률은 압연방향에 대한 영향이 크게 나타났으며, Ar 보호가스의 사용유무에 대해서는 일정한 관계를 찾지 못하였다 마그네슘 합금의 맞대기 용접시 용접부의 강도 및 연신율이 모재보다 저하된다는 연구결과²⁻⁴⁾와는 다르게, 인장강도는 모재 대비하여 압연방향에서 12% 상승하였으며, 압연과 수직방향에서는 큰 차이가 보이지 않았다 연신율은 압연방향에서 97~149% 상승하였으며, 압연과 수직방향에서는 큰 차이를 보이지 않았다 압연방향에서의 큰 상승폭은 모재의 기준을 압연과 수직방향으로 선정하여 크게 나타났다

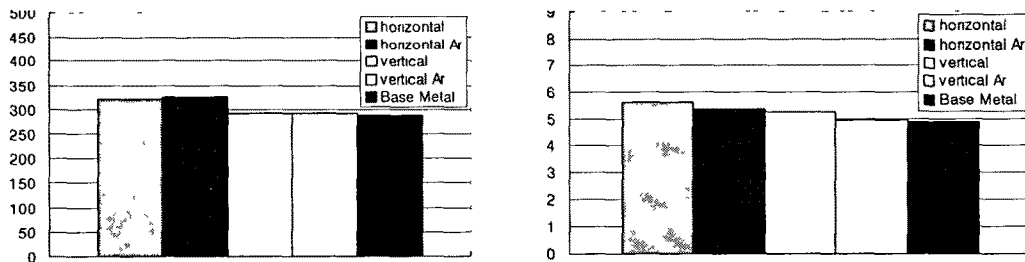


Fig 3 Ultimate tensile strength and elongation of AZ31 magnesium alloy

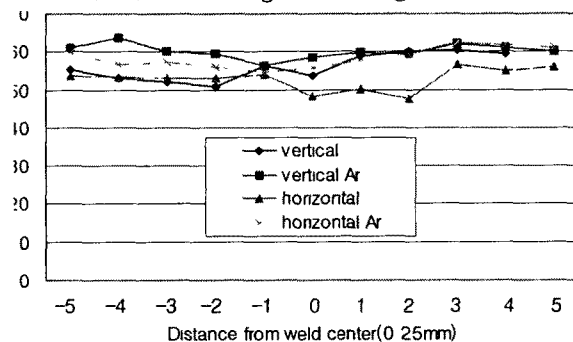


Fig 4 Transverse hardness distribution across the laser welded Mg alloy

AZ31 마그네슘 합금의 레이저 용접부 경도값은 모재의 경도값에 비해 약간 감소하였으며, 이들 경도값은 Fig 4에서처럼 레이저용접시 소재의 압연방향과, Ar 보호가스 사용 여부에 대해서는 큰 영향은 나타나지 않았다 레이저 용접시 Mg 모재의 조직내부에 형성된 변형쌍정의 소실과, Mg가 증발 손실되어 고용경화 효과가 저하되어^{4,5)} 용접금속의 경도값이 약간 감소한 것으로 추정된다

III. 결론

AZ31마그네슘 합금 Sheet에 레이저 빔을 조사하여 빔 조사부의 기계적 특성을 모재부와 비교하여 본 결과 Ar 보호가스의 사용에 대해서는 최대인장강도, 연신을 및 경도에 대해서는 큰 영향을 주지 않았다

마그네슘 합금의 압연방향에서 레이저 조사시 압연 수직방향에서의 용접보다 더 높은 인장강도와 연신을 값을 나타냈으며 용접부 경도값은 모재에 비해 약간의 감소를 나타내었다 실험결과에 대해서는 추후 맞대기 용접 등 더욱 다양한 실험이 요구되어 진다

III. 참고문헌

- 1 CAFE(연비규제) 환경문제조사보고자료, FOURIN, 1991
- 2 Sanders, P G, High power Nd YAG and CO2 laser welding of magnesium, Journal of Laser Applications, Vol 11, No2, pp 96~103, (1999)
- 3 Dr Sun Zheng, Dr Wei Jun, Pan Dayou, Tan Yang Kuang A Comparative Evaluation on Microstructures in TIG and Laser Welded AZ31 Magnesium Alloy Joining Technology Group, Process Technology Division, (2001)
- 4 이목영, 장웅성, 윤병현 자동차용 Mg 합금판재의 레이저 용접에 관한 연구, 제8회 고에너지연구위원회 연구발표회 논문집, pp 86~92(2005)
- 5 W W Duley Laser Welding (1st Edition), Jone Wilry & Sons Inc, pp 207~216(1998)