

AZ61 filler wire를 사용하여 Nd:YAG Laser 용접한 AZ31-H24합금의 미세조직과 기계적 특성 Microstructure and mechanical properties of Nd:YAG Laser welded AZ31-H24 Magnesium alloy using AZ61 filler metal

류충선**, 이목영*, 방국수**, 장웅성*

* 포항산업과학연구원(RIST) 용접센터

** 부경대학교 소재프로세스공학과

ABSTRACT Nd:YAG laser welding of AZ31B-H24 magnesium alloy was carried out using AZ61 filler wire(Mg-6wt%Al-1wt%Zn). Microstructure and mechanical properties of welded joint were examined by optical microscopy, scanning electronic microscopy (SEM), energy dispersive spectroscopy (EDS), electron probe micro analyzer (EPMA) and vickers hardness, tensile test at the room and elevated temperature. Test results indicate that the specimens welded with AZ61 filler wire have better tensile strength, elongation and vickers hardness at room temperature than those of welded without filler wire. However tensile strength are similar but elongation are quite different at elevated temperature.

1. 서 론

자동차업계에서는 지구환경 문제에 대응하기 위해 연비 향상 및 배기가스의 축소를 위한 차체의 경량화 소재로 알루미늄 합금, 마그네슘 합금, 티탄 합금 합성수지 등의 연구개발에 많은 관심을 보이고 있다. 이 중에서도 마그네슘 합금은 실용금속 중에서 최경량 합금으로 높은 비강도 및 비탄성 계수를 지니고 있다. 뿐만 아니라, 주조성, 소음 진동 감쇄능력, 기계가공성, 고온 성형성, 전자파 보호성과 재활용성 같은 우수한 특성을 가지고 있어서 강과 알루미늄의 대체 소재로 손색이 없다. 최근에는 마그네슘 판재 성형 기술의 발전으로 미래의 금속으로 평가 받고 있는 마그네슘 판재가 강도와 연성, 성형성이 우수해 자동차의 bumper beam, suspension과 engine hood를 중심으로 그 수요가 급증하고 있다.

이러한 마그네슘 합금은 주로 GTAW(Gas Tungsten Arc Welding), GMAW(Gas Metal Arc Welding), 마찰 용접, magnetic pulse 용접, 초음파 용접, 저항용접, electron beam 용접과 laser 용접 등의 공정을 사용하여 접합하여 왔지만, 마그네슘 합금이 가지는 낮은 용점, 산소와의 빠른 친화력, 낮은 점성과 표면장력 등으로 인한

넓은 HAZ와 FZ, 높은 잔류 응력과 용융 풀의 처짐(Sag), 용접부의 취약한 조직과 기공 형성 등의 용접 공정에 따른 여러 가지 결함들을 발생하여 접합부의 기계적 특성을 감소시킨다.²⁾

그러나 이러한 문제점들을 최소화하고, 우수한 품질을 가지는 접합부는 적절한 레이저 공정 조건들과 filler wire를 첨가함으로써 얻을 수 있다.^{1,3)} 따라서 본 연구에서는 현재 일반적으로 상용되고 있는 대표적인 마그네슘 합금인 AZ계 합금(Mg-Zn-Al 합금) AZ31B-H24에 대하여 filler wire를 첨가하여 Nd:YAG laser 용접하여, filler wire가 접합부의 조직과 기계적 성질에 어떠한 영향을 미치는지에 대해 평가하고자 한다.

2. 사용재료 및 실험방법

2.1 사용재료

본 실험에서는 우수한 강도, 연성, 고온 성형성 등과 같은 특성으로 인해 최근 자동차 산업에서 사용되고 있는 Mg 합금 중 하나인 AZ31B-H24합금 sheet와 미국 M사에서 제조된 AZ61 filler wire를 사용하였다. 각 재료에 대한 조성 및 기계적 특성을 Table 1에 나타내었다.

Table. 1 Chemical compositions and mechanical properties of AZ31B-H24 and AZ61 filler wire.

Chemical composition (weight)(%)						
Material	Al	Zn	Mn	Cu	Si	Mg
AZ31B-H24	3.18	1.02	0.30	0.03	0.02	Bal.
AZ61 Filler	5.93	0.73	0.36	-	0.009	>92

Mechanical properties			
Material	Tensile Strength(MPa)	Elongation (%)	Yield Strength(MPa)
AZ31B-H24	220	15	160

2.2 실험방법

본 연구에서 사용된 약 3wt%Al과 1wt%Zn이 함유된 마그네슘 AZ31B-H24 합금 sheet는 기계 가공에 의해 400×500×1.3mm로 제작한 후, 6wt%Al과 1wt%Zn을 함유한 filler wire를 사용하여 CO₂ Laser보다 우수한 특성을 가지는¹⁾ lamb pumped CW Nd:YAG Laser로 맞대기 용접하였다.

완전 용입용접을 형성하기 위해 레이저 출력, 용접속도와 defocusing length를 변화시켜 용접조건들을 최적화시키고, AZ61 filler wire를 첨가한 것과 하지 않은 접합부를 형성하였다. 상세한 용접 조건은 Table 2에 나타내었다. L1, L2는 filler wire 없이 용접한 경우이며, F1, F2는 wire를 첨가하여 용접한 경우이다.

Table 2. Welding conditions of AZ31B.

Beam mode	CW Nd:YAG Laser (TEM ₀₀)			
Peak power (W)	2000			
Shielding gas	20 ℓ/min of Ar gas			
Sample No.	L1	L2	F1	F2
Power (W)	870	900	930	930
Welding speed (m/min)	4	4	3	4
Defocusing length (mm)	2	2	4	4
Gas flow rate (ℓ/min)	20	20	20	20
Wire feeding speed (mm/min)	X	X	2500	2500

접합부에 대한 결함 유무는 육안에 의한 접합부 외관관찰 및 접합부의 종·횡단면을 절단, 마운팅하여 연마 후 광학 현미경으로 미세조직을 비교 관찰하였다. 또한 두 접합부의 기계적 특성을 조사하기 위하여 경도시험(500gf) 및 고온인장시험(20, 200과 400℃)을 실시하였다. 접합부 고온인장시험은 KS D 0026 규격을 따라 시편을 제작하여 실시하였다. 미세조직 특징은 광학현미경(Optical Microscope), SEM(Scanning Electron Microscopy)을 이용하여

접합부 횡, 종단면을 관찰하고 EPMA(Electron Probe Micro Analysis)와 EDS(Energy Dispersive Spectroscopy)를 사용하여 각 원소들의 분포와 석출물의 조성을 분석하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 접합부 조직관찰

접합부의 횡, 종단면을 보이는 Fig. 1에서 filler wire를 첨가한 접합부가 laser 단독 용접에 비해 under-filled bead나 porosity와 같은 결함들이 현저하게 감소된 것이 관찰되었다.

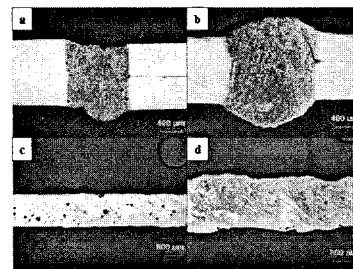


Fig 1. Optical photographs of laser welded joint.

- (a), (b) transversal section of L2, F1
- (c), (d) longitudinal section of L2, F1.

Fig 2는 두 경우의 미세조직을 비교한 것으로 laser 단독 용접 시 형성되는 일정한 방위의 dendrite들이 filler wire의 첨가로 일정한 크기의 등축정으로 바뀐 것을 보인다, 이는 wire의 첨가로 인하여 용융 풀에 급격한 대류가 형성되기 때문이라고 생각되어진다.³⁾

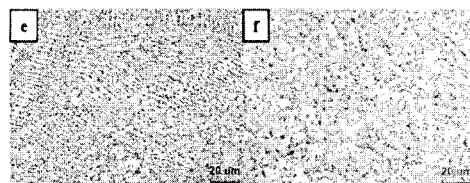


Fig 2. Microstructure of transversal section laser welded joint. (e) L2 and (f) F1.

3. 2 접합부 성분 분석

Fig. 2의 모든 현상이 관찰되는 실험조건 F2 접합부의 종단면을 EPMA 분석하여 나타낸 Fig. 3은 filler wire 첨가로 인한 각 원소들의 거동을 보인다. 그 중에서도 Al원소의 거동이 뚜렷하게 관찰된다. Fig. 3 (d)에서 표시된 두 영역 filler wire가 첨가된 A와 첨가되지 않은 B 영역에 대

한 SEM image와 EDS analysis를 보이는 Fig. 4와 Table 3을 통하여 filler wire가 첨가된 영역인 B 영역에서 더 크고 더 많은 비금속화합물들이 형성된다는 것을 알 수 있다.

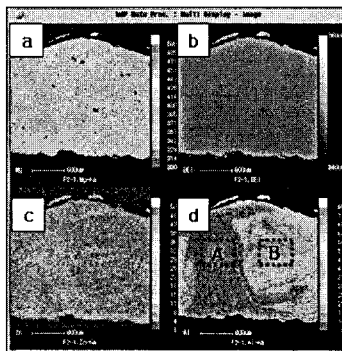


Fig 3. EPMA analysis of longitudinal section laser welded joint.(F2).
(a) Mg, (b) SEM image, (c) Zn and (d) Al.

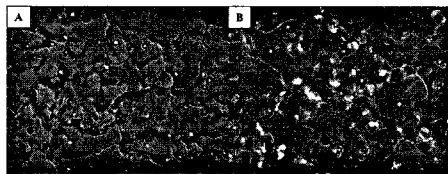


Fig. 4 SEM image of precipitates of laser welded joint.

Table. 3 EDS analysis of laser welded joint.

Area	Composition (wt%)			
	Mg	Al	Zn	Mn
A	94.91	3.65	0.77	0.67
B	92.62	5.54	1.19	0.64

3. 3 접합부 기계적 특성

Fig. 5와 Fig. 6은 용접조건 L2와 F1의 경도와 고온인장강도 시험결과를 나타낸 것으로, filler wire가 첨가된 F1 접합부는 Al로 인한 비금속화합물의 석출강화로 인하여 상온에서의 경도, 인장강도와 연신을 또한 증가시키지만, 200, 400℃에서는 이러한 석출강화의 효과가 상실되면서 거의 비슷한 값을 보인다.

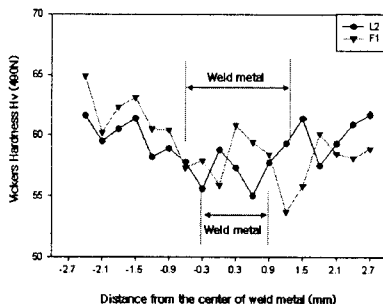


Fig.5 Vickers Hardness of laser welded joint (L2 and F1).

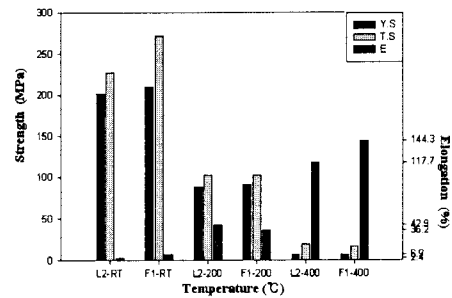


Fig. 6 Tensile strength of laser welded joint at elevated temperature.

4. 결 론

AZ61 filler wire를 이용하여 마그네슘 AZ31B-H24 합금 sheet를 Nd:YAG laser 용접한 결과는 다음과 같다.

- 1) Laser 단독 용접에 비해 filler wire를 사용한 용접 부에서는 기공이 현저하게 감소하였다.
- 2) Filler wire 첨가로 인하여 laser 단독 용접 시의 수지상 성장을 보이는 미세조직이 일정한 크기의 등축정으로 바뀐다.
- 3) 성분 분석을 통하여 filler wire에서 첨가된 다량의 Al 원소는 용접금속에 비금속화합물들의 양과 크기를 증가시킨다.
- 4) Laser 단독 용접에 비해 filler wire가 첨가된 접합부는 Al로 인한 비금속화합물의 석출강화로 인하여 상온에서의 경도, 인장강도와 연신을 또한 증가시키지만, 200, 400℃에서는 거의 비슷한 값을 보인다.

참 고 문 헌

1. X. CaO, M. Jahazi, J.P. : A review of laser welding techniques for Mg alloys Journal of Materials Processing Technology. 171 (2006) 188-204
2. Teawon Kim, Jongcheol Kim, YuHasegawa, : Application of YAG Laser TIG Arc Hybrid welding to thin AZ31B Magnesium Alloy Sheet. 高温學會誌 第30卷 第4号 (2004) 220-226.
3. Liming Liu, Changfu Dong : Gas tungsten -arc filler welding of AZ31 magnesium alloy. Materials Letters (2006).
4. Chao-Ting Chi,a,b,* Chuen-Guang Chao, : Aluminum element effect for electron beam welding of similar and dissimilar magnesium-aluminum-zinc alloys. Scripta Materialia 56 (2007) 733-736