

AZ31과 AZ91의 마찰교반용접부 결정립 크기 제어

Control of Grain Size on Friction Stir Welded AZ31 and AZ91

권 기수*, 이 창우*, 김 목순**, Yutaka S. Sato***, 김 정한*

* 한국생산기술연구원 생산기반기술본부 정밀접합팀, 마이크로조이닝센터

** 인하대학교, 신소재공학부

*** Department of Materials Processing, Tohoku University

ABSTRACT

It was carried out to evaluate microstructure and mechanical properties of friction stir welded(FSW) on magnesium alloys. Two types magnesium alloy was used in this work, AZ31 wrought and AZ91 cast magnesium alloy. Microstructure near the weld zone showed general weld structures such as stir zone(SZ), thermo-mechanically affected zone(TMAZ) and heat affected zone(HAZ). In the AZ91 alloy, the SZ had a fine grain size and β phase particles which were well distributed in matrix. It was characterized to redistribute by partial or full re-resolution of the β phase which is coarse in base metal during FSW processing. The hardness of the SZ slightly increase than the base metal in AZ31 Mg alloy.

1. 서 론

마그네슘 합금은 초경량합금으로서 기계적 특성이 우수하므로 기존의 철강 재료를 대체 할 수 있는 재료로 각광을 받고 있다. 마그네슘 합금이 구조물과 운송기기 및 전자기기 등에 적용되기 위해서는 재료의 가공 기술의 발전, 성형과 용접, 접합기술이 필수적으로 발전 하여야 한다.

마찰교반용접(FSW)은 용접용 공구와 시편의 마찰열을 이용하며 기존의 용융용접에 비해 낮은 입열에 의해 접합이 이루어지기 때문에 잔류응력과 모재의 변형이 적어서 마그네슘 합금에 적용되는데 새로운 용접기술로 각광 받고 있는 방법이다¹⁾.

본 연구에서는 마그네슘 합금 중 압연재로 사용되는 AZ31(Al 3%, Zn 1%)과 주조재로 사용되는 AZ91(Al 9%, Zn 1%) 합금에 대하여 마찰교반용접 인자인 공구의 회전속도와 용접속도 그리고 전진각도와 삽입깊이 등의 최적조건^{2,3,4)} 적용에 따른 금속학적, 기계적 특성을 관찰하였다.

2. 재료 및 실험 방법

본 실험에는 AZ31 합금(압연재)과 AZ91(주조재)합금으로 시편의 치수는 길이(L)= 150mm, 폭

(B)=70mm, 판 두께(T)=4mm로 하였다. 용접용 공구의 소재는 SKD11을 사용 하였다. 마그네슘 합금에 대한 용접 실험은 마찰교반용접기를 이용하여, 공구의 회전속도(rotation speed, rpm), 용접속도(welding speed), 삽입깊이(Plunging depth) 및 유지시간(dwell time)등을 변화 시켜 건전한 용접부를 확보 하였다.

용접부의 관찰은 FSW 후에 저배율 표면부 관찰을 하였고, X-ray 투과에 의한 내부 관찰을 하였다. 관찰 시 부식액은 피크린산(picric acid) 4.2g, 초산(acetic acid) 10ml, 알콜(methanol) 70ml, 증류수 10ml를 사용하였다. 건전부의 기계적 특성은 경도시험(Hv, 300gf)과 인장시험⁵⁾을 실시하였다. 미세조직은 광학현미경 및 주사전자현미경(Scanning Electron Microscopy, SEM)을 이용하여 관찰 하였으며, 조성 분석은 EDS(Energy Dispersive Spectroscopy)를 이용하였다. AZ91에서는 모재와 마찰교반부의 단면에서 강도에 미치는 미세구조의 영향을 평가하기 위하여 β 상이 차지하는 영역을 SEM을 통해 정밀 관찰하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1은 접합 후 외관을 보여주는 사진이며

X-ray 촬영으로 내부의 결함이 없음을 관찰 하였다. 다른 공정변수는 고정되어 있고 공구의 회전속도만 변화시킬 경우, AZ31은 800~2500rpm 까지 다양하게 변화시킬 수 있지만, AZ91은 변화의 회전속도의 변화폭이 좁았다.

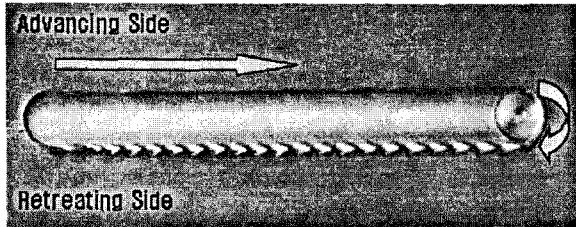


Fig. 1 Appearance of specimens FSWed

공구(tool)에 의한 마찰교반 접합부(Stir Zone)의 단면을 광학 현미경으로 관찰하면 Fig. 2에서와 같이 접합진행방향, 단면방향, 수직방향 등 각 방향(Welding, Normal, Transverse, -Direction)에서 조직이 미세화 되었음을 알 수 있다. 접합 방향에서 결정립 크기를 광학현미경

으로 관찰하면 AZ31인 경우, Fig.3과 같으며 모재의 평균 결정립 평균 크기는 69 μm 인데 비하여 마찰교반영역에서는 평균 크기가 53 μm 로 76% 미세화 되었다.

AZ91인 경우, Fig. 4, 5의 SEM-EDS에서 보는 바와 같이 모재에는 기계적 성질에 부정적 영향을 미치는 β 상($\text{Al}_{12}\text{Mg}_{17}$)이 조대하게 분포하고 있으나, 마찰교반용접부에서는 Fig. 5와 같이 결정립 미세화와 함께 β 상($\text{Al}_{12}\text{Mg}_{17}$)이 미세화되어 고르게 분포하고 있었고, EDS 분석결과 Al의 양이 모재의 공정 및 α 상에서는 각각 4.05와 6.80 W%인데 비하여 교반부에서는 약 13 W%로 증가하여 일부는 기지에 재용융되어서 Table 2에서와 같이 그 양이 감소되었음을 알 수 있다⁶⁾.

Table. 1 Grain size of AZ31

AZ31	Average(μm)
Base metal	69
Heat Affected Zone	122
Stir Zone	53

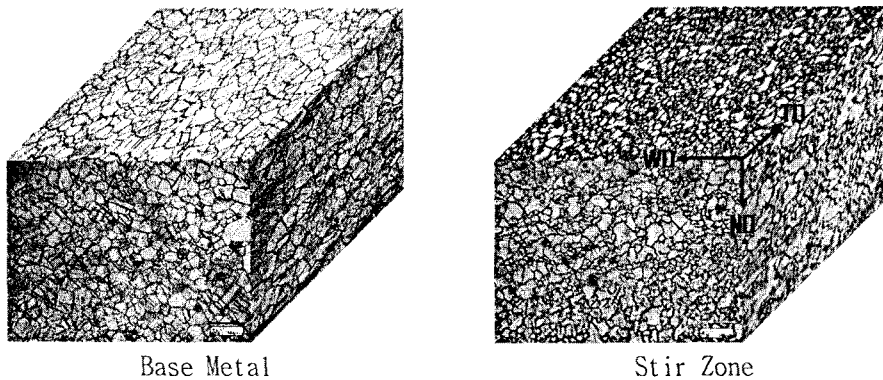


Fig. 2 Microstructures of the base metal and stir zone

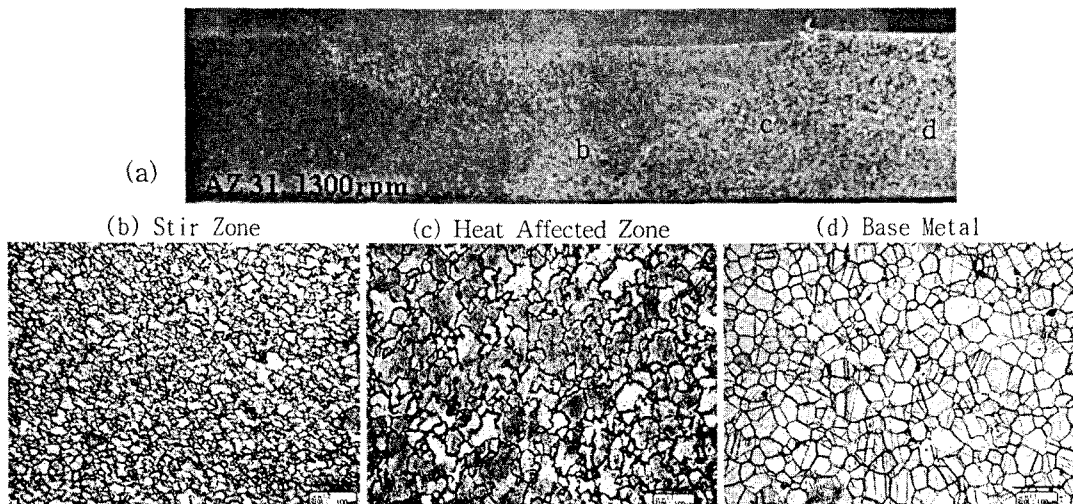


Fig. 3 Cross section optical microscope image (a) and microstructure of each points in (a)

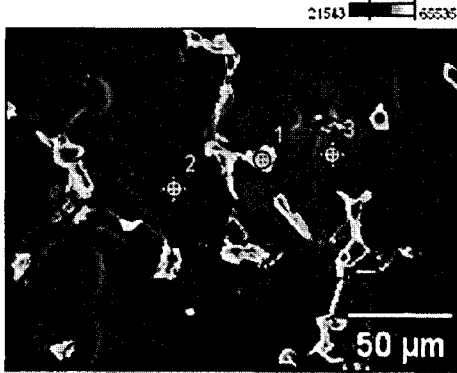
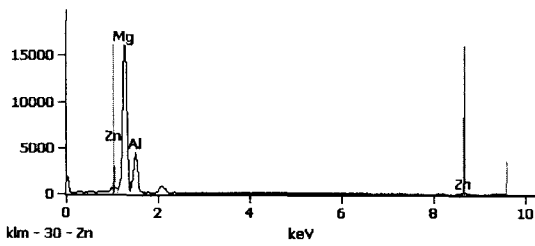


Image Name: Base 1. Eutectic β ($Al_{12}Mg_{17}$)
 Acce. Voltage: 20.0 kV 2. Eutectic α -phase
 Magnification: 1000 3. Primary α -phase
 Full scale counts: 16002 Base_pt1



	Mg-K	Al-K	Zn-K
Base_pt1	55.01	39.83	5.16
Base_pt2	95.58	4.05	0.37
Base_pt3	92.95	6.80	0.25

Fig. 4 SEM image of AZ91 base metal and EDS analysis of each points in (a)

Table 2. Area percentage of β - phase in AZ91

	β - phase Percentage(%)
Base Metal	16.57
Stir Zone	3.11

AZ31과 AZ91의 경도 분포를 보면 AZ31인 경우에는 교반영역에서 다소 증가 하는 것을 볼 수 있고, AZ91에서는 모재에서는 경도의 차이가 많이 나지만 교반부에서는 경도 변화의 폭이 줄었다. 이는 Fig. 5에서 나타나는 것과 같이 결정립이 미세화 되어서 교반부에서의 경도 값의 편차가 줄어들어는 것으로 사료 된다.

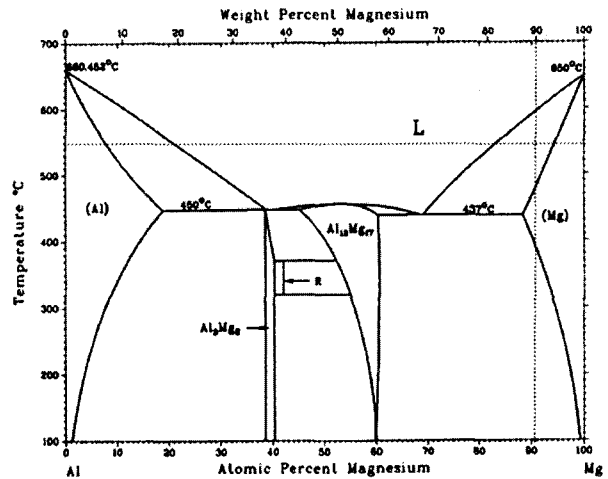
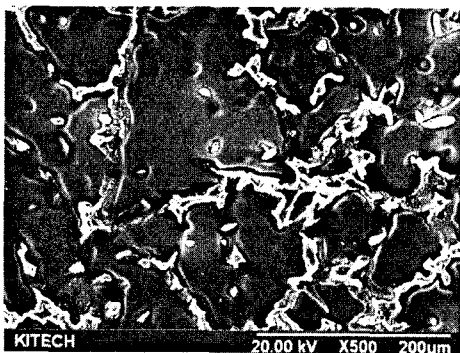


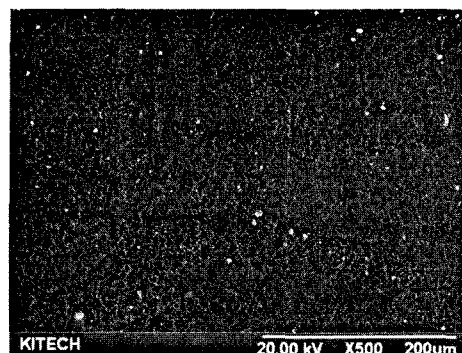
Fig. 6 The binary Al-Mg phase diagram²⁾.

Table. 3 Properties of hardness

	Microvickers Hardness, 300gf	
	Base metal	Weld Zone
AZ31	47~55	53~60
AZ91	54~85	83~97



(a) Base Metal



(b) Stir Zone

Fig. 5 SEM images of β -phase distribution in base metal(a) and stir zone(b) of AZ91.

4. 결 론

마그네슘 합금 AZ31과 AZ91에 대한 마찰교반용접을 실시한 결과는 아래와 같다.

1) AZ31의 마찰교반 용접에서는 AZ91보다 공정 인자를 다양한 범위에서 수행하여도 그 물성변화가 적어서 다양한 조건에서의 마찰교반 용접이 가능 하였다.

2) 교반부에서 결정립의 미세화를 통하여 경도를 증가시켰으나, 상대적으로 조대한 열영향부의 형성으로 이를 개선할 필요가 있었다.

3) AZ91에서는 모재에 존재하는 조대한 β 상 ($Al_{12}Mg_{17}$)을 마찰교반공정에서 분쇄하고 고른 분포를 시켜줌으로서 분산강화의 효과로 기계적 강도를 개선시킬 수 있었다.

후 기

본 연구는 2007년 산업자원부의 전략산업 연구사업 지원에 의한 것이며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. Richard Johnson : Friction Stir Welding of Magnesium Alloys, 4th International Friction Stir Welding Symposium - Utah, USA, 14-16 May 2003
2. Michael M. Avedesian : ASM Specialty Handbook, Magnesium and Magnesium Alloys, ASM international, 1999, 12-25
3. Seung Hwan C.Park, Yutaka S. Sato : Texture effects tensile properties in Friction Stir Welding of a Magnesium Alloy AZ31, 4th International Friction Stir Welding Symposium - Utah, USA, 14-16 May 2003
4. Yutaka S. Sato, Mitsunori Urata, Hiroyuki Kokawa, Keisuke Ikeda: Hall Petch relationship in friction stir welds of equal channel angular-pressed aluminium alloys, Materials Science and Engineering A354 (2003) 298-305

5. Korean Industrial Standards : KS B 0801, Test pieces for tensile test for metallic materials, 2002 Ed.

6. Won-Bae Lee, Jong-Woong Kim, Yun-Mo Yeon and Seung-Boo Jung : The Joint Characteristics of Friction Stir Welded AZ91D Magnesium Alloys, Materials Transactions, Vol.44, No.5, 2003, 917-923