

# AZ31B/Al6061 합금의 마찰교반접합 조건에 따른 용접성 및 미세조직 평가

## Evaluation of microstructures and weldability of the friction stir welded dissimilar joint of AZ31B/Al6061

김홍주\*, 장웅성\*\*, 방한서\*

\* 조선대학교 일반대학원 생산·가공공학과

\*\* 포항산업과학연구원(RIST) 용접센터

### 1. 서 론

마찰교반용접은 1991년 영국 TWI에서 개발된 새로운 고상접합으로 개발되었으며, 기존 용융접합에 비해 기계적 특성 향상 및 우수한 접합부를 형성한다. 이 접합법은 접합용 툴과 시편의 마찰열을 이용하여 기존의 용융 접합에 비해 낮은 입열로 접합이 행해지기 때문에 작은 잔류응력, 적은 변형 등의 장점을 더욱 부각시킨 신 접합법이다. 또한 알루미늄, 마그네슘 합금 등의 비철합금과 더불어 최근에는 철계합금, Cu합금, Ti 합금 등에도 상당한 발전을 이루고 있는 실정이다. 또한 산업의 발전과 더불어 구조재 등의 고품질, 고기능의 신소재가 개발되어지고 있으나 신뢰성 측면에서 많은 문제점이 있다. 그로 인해 기 개발된 합금의 조합에 의한 이종재료 접합에 대한 연구가 여러 분야에서 연구되어 지고 있다.<sup>1)</sup> 그러나 기존의 이종재료에 대한 용융접합의 문제점은 두 재료의 물성의 차이로 인해 접합면에 취약한 금속간 화합물의 다량 생성이 되고 그로 인해 접합면이 취약한 특성을 띄게 된다. 물성의 차이가 없는 재료의 맞대기 FSW접합은 접합선 시편 중앙에 삽입 회전하여 접합을 함으로써 결합이 없는 접합부를 얻었다. 물성 및 기계적 특성이 다른 이종재료 (Al/Steel, Al/Cu, Al/Ti 등)의 맞대기 FSW접합은 접합용 툴 마모 및 마찰에 의한 진동, 소음이 발생함과 동시에 좋은 접합부를 얻을 힘들다는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법의 하나로 접합용 툴의 위치를 변화시킴으로써 경한 재질과 접합용 툴의 접촉을 최소화 하는 방법이 있다. 이에 본 연구에서는 물성 및 기계적 특성이 다른

AZ31B/Al6061 합금에 대한 마찰교반접합을 적용시켜 툴의 위치 변화에 따른 접합부의 평가 및 미세조직 특성을 파악하고자 한다.

### 2. 실험

#### 2.1 재료 및 접합실험

본 연구에 사용한 재료는 Al-Mg-Si계 열처리 합금 Al6061-T6 합금과 전신재 합금으로 사용되는 Mg-Al-Zn 계인 AZ31(약 3wt% Al, 1wt%Zn)의 합금을 이용하여 이중 FSW접합을 실시하였다. 사용재료의 화학성분 및 기계적 특성을 Table 1에 나타내었다. 시편의 치수는 길이(L)=300mm, 폭(B)=150mm, 판두께(T)=4mm로 하였다. 이중재에 대한 접합 실험은 FSW기기를 이용하여 접합인자 즉, 접합용 툴의 회전속도(rotating speed), 접합속도(travel speed), 시편의 위치, 툴의 제원 및 전진각등을 변화시켜 결합이 없는 건전한 접합부를 얻고자 한다. 본 실험에서는 Advancing side(AS)에 마그네슘 합금(AZ31B)을 그리고 Retreating side(RS)에 알루미늄 합금(Al6061)으로 시편을 고정시켜 최적의 용접조건을 도출하였다. 건전한 접합부의 결합의 유무는 육안에 의한 표면관찰 및 접합부 조직을 관찰하기 위해서 접합 한 재료를 절단하여 마운팅을 한 다음 폴리싱 연마 후 광학 현미경을 사용하여 관찰하였으며, AZ31B에 사용된 부식액의 조성은 피크린산(picric acid) 4.2g, 초산(acetic acid) 10ml, 알콜 (methanal) 70ml, 증류수 10ml 이고, Al6061에 사용된 부식액 조성은 증류수

200ml, 수산화나트륨 25g을 사용하였다. 또한 건전한 접합부에 대하여 기계적 특성 파악 및 접합부에 대하여 미세조직을 관찰하였다.

Table 1 Chemical compositions and mechanical properties of Al6061-T6 and AZ31B-H24

Chemical composition (Weight)(%)								
	Al	Fe	Si	Cr	Mg	Cu	Mn	Zn
Al 6061	98	0.7	0.7	0.2	1.0	0.35	0.07	0.25
AZ31B	3.0	-	0.05	-	bal.	0.05	0.2	1.0

Mechanical property			
	Yield strength(MPa)	Elongation(%)	Shear strength(Mpa)
Al 6061	275	12	205
AZ31B	220	15	160

### 3. 결과 및 고찰

#### 3. 1 접합부의 조직 및 접합성 평가

Fig. 1은 접합용 툴의 회전속도 450rpm, 접합속도 15mm/min에서 가장 건전한 접합부의 외관을 나타낸 사진으로서 낮은 회전속도와 이동속도에서 좋은 비드(bead) 및 결함을 발견 할 수 없으며 Fig. 1(b)의 밑면(Rear surface)의 경우 매우 우수한 표면을 나타내고 있음을 알 수 있다. Fig. 1(c) A는 SZ영역으로 Al과 Mg합금이 혼재되어 있는 onion ring의 형상이 뚜렷하게 보이며, B와

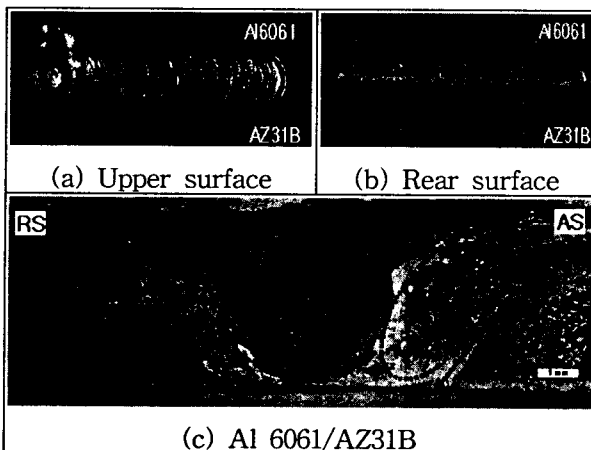


Fig.1 Macrostructures of Friction Stir Welded AZ31B/Al 6061(450rpm,15mm/min, Tool angle 3°)

C의 기계적 열영향부(TMAZ)는 Advancing side의 기계적 열영향부(TMAZ- I)영역 C와

Retreating side의 기계적 열영향부(TMAZ- II) B로 각각 서로 다른 부분의 형태를 나타낸다. 그리고 E와 F는 접합열의 영향을 받지 않는 각각 모재(base metal)로 구분된다<sup>2)</sup>. Fig. 2는 회전속도 450rpm, 접합이동속도 15mm/min에서 Al 6061/AZ31B FSW 접합 단면 및 미세조직을 나

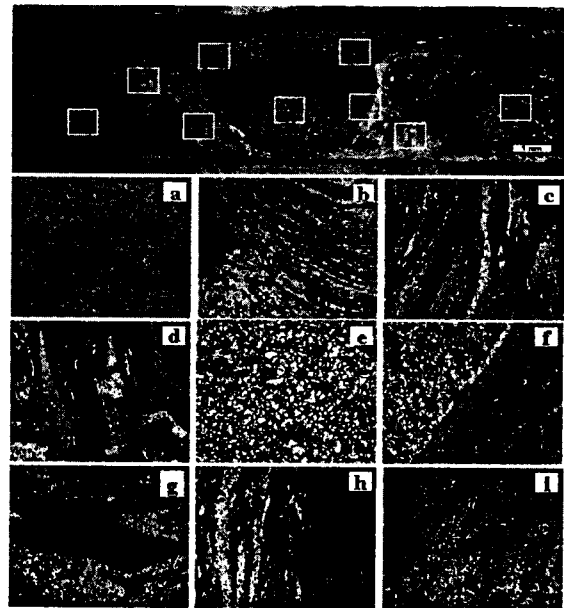


Fig.2 Macro and microstructures feature of FSWeled(450rpm, 15mm/min)

타낸 그림이다. 마찰열원의 영향을 받지 않는 Al 모재부(a), Mg 모재부(e), AS의 기계적 열영향부(TMAZ- I) (b),(c),(d)영역과 RS의 기계적 열영향부(TMAZ- II) (f),(h), 그리고 교반부(SZ) (g)로 나누어 조직을 관찰 하였다. 교반부(SZ)의 경우 툴의 회전과 마찰에 의해 매우 미세하며 동적 재결정 조직을 형성하고 있다. 기계적 열영향부(d)는 핀의 회전 및 마찰열에 의한 소성변형 및 국부적인 재결정영역이 동반되어 영역을 형성하며 AS영역과 RS영역이 비대칭적으로 서로 다른 형태의 기계적 열영향부를 형성한다.

#### 3. 2 접합용 툴 위치 변화에 따른 접합부의 특성

Fig. 3과4는 접합용 툴의 위치변화에 따른 접합부의 단면 및 미세조직을 나타낸 그림이다. 그림 3은 툴을 Mg의 시편쪽(2mm이동)으로 이동하여 툴과의 접촉면적을 넓혀서 접합을 행하였으며 Fig. 3(b)와 같은 접합부 단면을 얻을 수 있었다.

3. 3 접합부의 기계적 특성

Fig. 5는 이중 FSW접합부 단면의 연속경도 분포를 나타낸 것이다. Advancing side에서는 모재에서 TMAZ, SZ영역으로 갈수록 높은 경도를 보이며 최고 경도는 SZ와 TMAZ영역 사이에서 최고 경도 160Hv를 보이고 있다. 그리고 Fig. 6은 FSW 접합한 시험편의 수직방향으로 인장강도시험을 한 후 인장강도변화를 나타낸 그래프이다. 그림에서 Al 및 Mg합금의 모재에 비해 이중 AZ31B/Al6061 접합부는 약 40%의 인장강도를 가짐을 알 수 있었다.

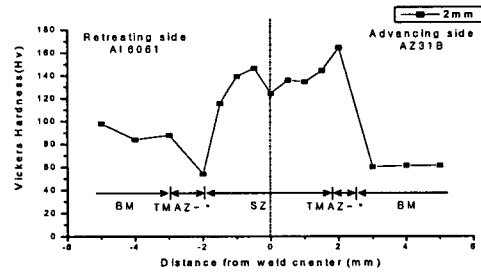


Fig. 5 Hardness profiles of FSWeled in the cross section

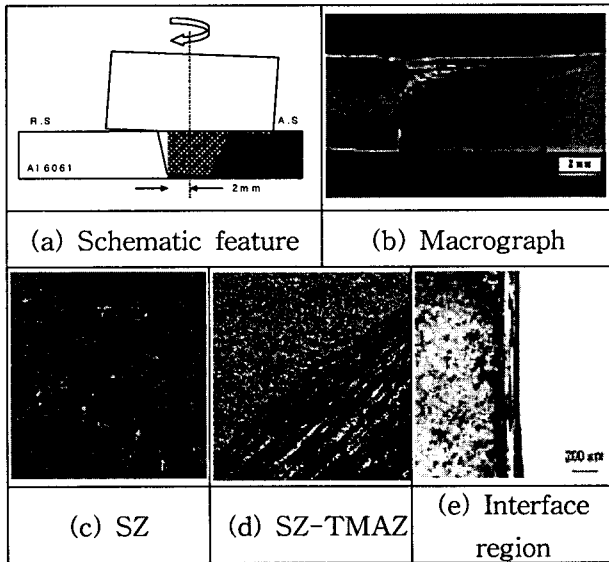


Fig. 3 틀위치 변화에 따른 접합부 사진 (틀의 위치가 Mg alloy쪽으로 2mm이동)

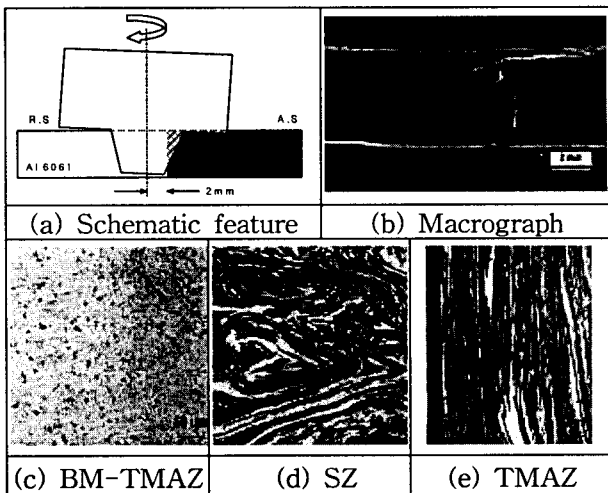


Fig. 4 틀위치 변화에 따른 접합부 사진 (틀의 위치가 Al alloy쪽으로 2mm이동)

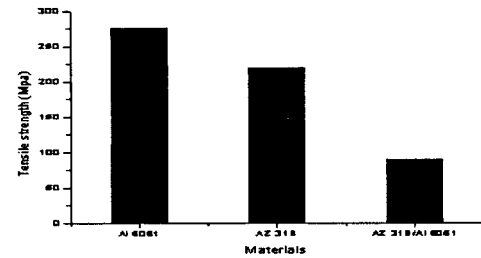


Fig. 6 Comparison of tensile results of Al6061,AZ31B(BM)and Al 6061 / AZ 31B (FSWelded)

4. 결 론

물성치가 다른 AZ31B와 Al6061합금에 대한 맞대기 마찰교반접합은 접합용 틀의 위치가 접합선 중심에 위치 할 때 결함이 없는 접합부를 형성하였으며, 접합부 중심인 SZ영역에서는 미세한 혼합층을 이루며 onion ring 형상을 확인할 수 있었으며 그에 따른 마찰교반 접합의 특성을 지닌 단면 및 미세조직을 관찰하였다. 그리고 Mg과 Al의 FSW접합에 의한 접합부의 인장강도는 모재의 약 41%이다.

참고문헌

1. Hwa-Soon Park, Woo-Yeol Kim, Chung-Yun Kang: Welding and Bonding of Dissimilar Metal Steel/Nonferrous Metal, Journal of KWS, 14-6 (1996), 1-7 (in Korean)
2. C.J.Dawes : Proc. of the 6th Int. Symp., JWS, (1996), Nagoya, pp.711-717