

**가공경화형 Al-Mn 계 알루미늄합금의 마찰교반압접성에 관한 연구**  
The study of friction stir weldability of work hardenable Al-Mn Al alloy

이 원 배, 방 극 생, 연 윤 모\*, 정 승 부

성균관대학교 신소재 공학과  
수원 과학대 자동차 용접과\*

**1. 서론**

마찰교반용접법 (Friction Stir Welding) 은 1991 년 영국 TWI에서 알루미늄 합금의 Butt-Welding 용으로 개발되어 용접부내에 기공, 균열, 뒤틀림 등 용접균열이 없는 양호한 접합부를 얻을 수 있도록 하였다. 알루미늄 압출재의 경우 기존의 용융용접법으로도 우수한 기계적인 특성을 얻을 수 있다는 보고가 있다. 그러나 용융용접법으로 접합을 한 경우 용접부 내부 조직이 모재에 비해 매우 조대해지며 매우 취약한 주조조직이 생성되는 문제점이 있다. 그러나 마찰교반접합한 가공경화형 알루미늄 합금(5000계)의 경우 넓은 범위에서 용접결함이 없는 우수한 용접특성을 얻을 수 있었으며 용융용접에 비해 치밀한 용접부의 미세조직을 얻을 수 있고 비교적 빠른 용접속도에서도 용접이 가능하여 상업적인 측면에서도 우수하다는 연구 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 아직 보고 되지 않은 A3003 알루미늄 합금에 마찰교반접합법을 이용하여 접합을 실시하여 접합성을 알아보려고 한다.

**2. 실험 방법**

본 실험에 사용된 재료는 알루미늄 압출재인 A3003-H112를 사용하였으며 재료의 화학적 조성 및 기계적 특성은 table 1에 나타내었다.

Table 1 Chemical composition and mechanical properties of A3003-H112

Si	Fe	Cu	Zn	Mg	Mn	Al	U.T.S.	Y.S.
0.166	0.364	0.11	0.015	0.252	1.114	Bal.	109.8MPa	48.1MPa

상업적으로 널리 이용되는 A3003 알루미늄을 길이 140mm, 너비 70, 두께 4mm로 가공하여 접합을 실시하였다. 접합에 이용된 장비는 기존의 밀링 장비를 이용하였으며 특별하게 설계된 tool (shoulder+pin)을 장착하여 접합하였다. 마찰교반접합 조건은 기존의 예비실험을 통해 얻은 결과를 이용하여 table 2 와 같은 조건으로 접합을 행하였다.

Table 2 FSW parameters

parameters	Tool material	Angle of tool	rotation speed	welding speed
condition	SKD11	3 °	1600rpm	87-720mm/min

각각의 접합조건에서 접합한 시편은 미세조직을 관찰을 위해 용접방향에 수직인 단면을 절취하여 광학현미경을 이용하여 관찰을 하였으며 용접속도가 접합부의 기계적인 특성에 미치는 영향을 알아보기 위해 용접방향에 수직인 방향으로 인장시편을 제작한 후 Instron 만능시험기를 이용하여 10 mm/min 의 cross-head speed로 인장시험을 행하였다.

### 3. 실험 결과

용접속도를 87 mm/min-720 mm/min로 변화시켜 접합을 한 후 용접부의 표면 검사를 한 결과를 Fig.1에 나타내었다. 용접부의 위면(top surface), 아래면(rear surface) 모두 균열이 없는 우수한 접합양상을 나타내고 있음을 알 수 있다. 그러나 다른 재료에 비해 위면(top surface)에 burr 배출이 심하며 또한 pin의 교반흔적을 나타내는 물결 같은 형상은 매우 거칠게 나타내고 있음을 확인 할 수 있었다. 그러나 이러한 burr의 배출 및 거친 물결 형상은 용접부의 기계적인 강도에는 전혀 영향을 미치고 있지 않다.

Fig.2 에서는 용접속도의 변화에 따른 인장강도, 항복강도와의 관계를 나타낸 그래프이다. 전 용접범위에 대해 우수한 기계적인 특성값을 나타내고 있음을 알 수 있다. 또한 용접속도가 증가함에 따라 약간의 인장강도가 증가하는 경향을 나타내고 있다. 또한 매우 빠른 용접속도인 720mm/min 인 경우는 가장 높은 인장강도값을 나타내고 있으며 모재의 90%이상의 인장강도값을 나타내고 있음을 확인할 수 있었으며 이는 생산성의 측면에서 매우 유리한 조건이라 할 수 있다. 항복강도는 전 용접 조건에서 모재의 항복강도와 거의 유사한 값을 나타내고 있음을 알 수 있다. 또한 파단 위치는 모두 용접부에서 멀리 떨어진 모재였다.

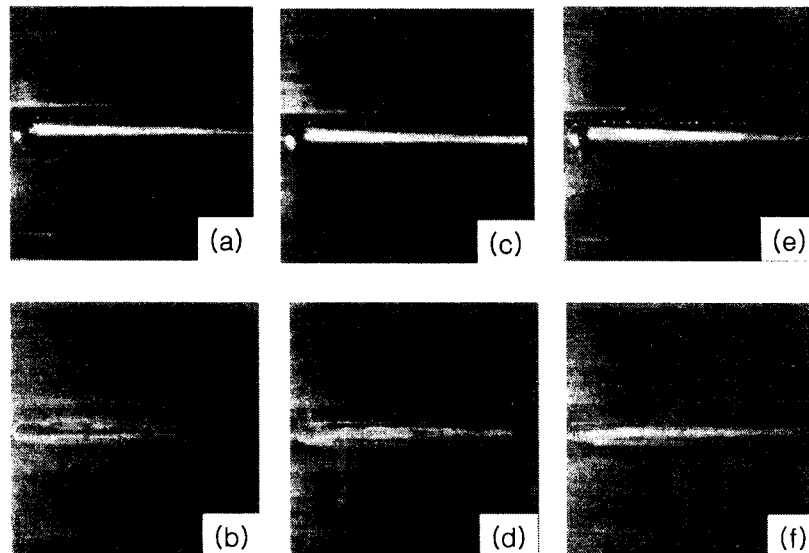


Figure 1 : Photos of as FSWelded specimens;  
 (a), (b):87 mm/min, (c), (d):342 mm/min, (e), (f):720 mm/min  
 [(a), (c), (e) top surface, (b), (d), (e) rear surface]

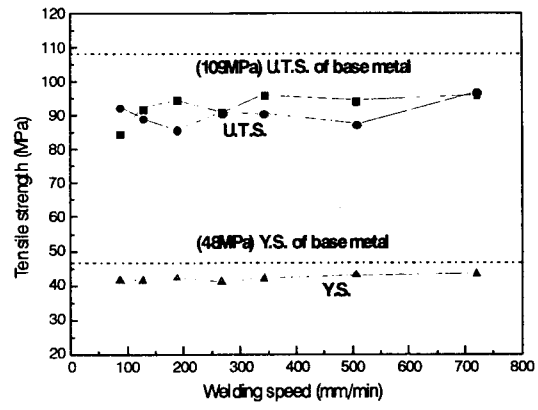


Figure 2: Relation between welding speed and ultimate strength , yield strength