

# 마찰교반 점용접(FSJ)을 이용한 Al alloy의 이중접합

## Dissimilar Friction Spot Joining between AA5052-H32 and AA6022-T4

김특기\* · 조현진\* · 김홍주\* · 천창근\* · 장웅성\*

\*포항산업과학연구원(RIST) 용접센터

**Abstract** In an attempt to optimize friction spot joining process of Al alloys for automobiles, Friction spot joining was used make lap joint on strips of AA5052-H32 and AA6022-T4 aluminium alloy. The effects of joining parameters such as tool rotating speed, plunging depth, joining time and kind of upper plate on the joints properties were investigated. An optimal tensile shear strength parameter of a tool rotating speed of 1000rpm, dwell time 2.5sec with upper plate 6022 can be found to make a good joint.

### 1. 서 론

최근 자동차 산업에서 차체의 무게를 감소시켜 연비 향상과 배기가스의 양을 줄이려는 목적으로 경량재료를 이용하려는 활발한 연구가 진행되고 있다. 이는 차량의 범람에 의한 대기오염과 지구 온난화가 심각해지면서, 화석연료를 사용하는 수송기기의 경량화로 자동차에 의한 매연발생을 줄이기 위한 대안으로, 전 인류적인 이슈와 직접 연결된다.

자동차 산업에서 알루미늄 합금은 엔진, 열교환기, 휠, 서스펜션 암, 범퍼빔 등에 사용되고 있다. 오늘날, 알루미늄의 적용분야는 차체분야에 까지 확대되어졌고 그 적용부분은 점점 넓어지고 있다. 현재 강재의 차체 조립을 위해 저항점용접(Resistance spot welding ; RSW)이 널리 쓰이고 있으나 알루미늄의 경우에는 높은 전기 에너지의 소모와 이에 따른 변형을 동반하는 문제점을 지니고 있다.<sup>1)</sup>

최근 FSW 공정을 응용한 새로운 기술인 마찰교반 점용접(Friction spot joining ; FSJ)는 이러한 점에서 최근 자동차 산업 등에서 주목받고 있다. 비용용 고상접합 공정인 FSJ는 기존의 전기저항 점용접에서 발생하는 높은 에너지 소비량과 용융 용접된 접합부의 기계적 성질이 저하하는 등의 문제점을 해결할 수 있는 접합방법이다. 현재 쉽게 연화되어질 수 있는 저용점 경량합금의 접합에 이 기술이 적용되어지고 있으며 폭넓은 적용을 위해 많은 연구들이 이루어지고 있다. 하지만 대부분 Al, Mg에 대한 동종재료의 접합에 관한 내용이 대부분이다. 하지만 산업기술이 발전함에 따라 적당한 혼용이

요구되어지는 분야가 차츰 증가하는 추세이다. 따라서 이 접합방법을 이용하여 최근 자동차 경량화 재료로서 각광을 받고 있는 5052와 6022 알루미늄 합금의 마찰교반 점용접부의 접합특성을 검토하였다.

### 2. 사용재료 및 실험방법

#### 2.1 사용재료

본 연구에서 사용한 재료는 Al-Mg계 비열처리 가공 경화형 전신재 합금 AA5052-H32 합금(1t)과 Al-Mg-Si계 열처리 석출경화형 전신재 합금 AA6022-T4 합금(1t)를 이용하여 접합을 실시하였다. 사용된 재료의 화학성분과 기계적인 특성을 Table. 1에 나타내었다.

#### 2.2 실험방법

FSJ 접합공정은 겹쳐진 모재에 회전하는 비소모식 접합 툴이 적절한 축 하중으로 일정한 시간동안 삽입되어 마찰열을 발생시켜 툴에 인접한 모재를 연화시킨다. 그 후 삽입된 툴에 인접한 모재에 소성 유동현상이 발생되어 접합이 이루어진다.<sup>2)</sup>

알루미늄 소재에 대한 접합 실험은 FSJ 장치를 이용하여 접합인자 즉, 접합용 툴의 회전속도(rotational speed), 접합시간(dwell time), 툴의 삽입깊이(plunge depth), 상판(upper plate), 하판(back plate)을 변화시켜 결합이 없는 건전한 접합부를 얻고자 하였다. 사용한 툴은 6°의 숄더각(shoulder angle)을 가진 형상을 지닌 직경 11mm 숄더와 직경 3mm, 길이 1.45mm인 핀을 지

닌 것을 사용하였다.

Table. 1 Chemical compositions and mechanical properties of AA6022-T4 and AA5052-H32 alloy

Chemical composition (wt)(%)						
	Mg	Si	Cr	Mn	Cu	Al
AA 6022	0.6	1.0	-	0.08	-	bal.
AA 5052	2.8	0.25	0.35	0.1	0.1	bal.
Mechanical properties						
	TensileStrength (N/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)	YieldStrength (N/mm <sup>2</sup> )			
AA 6022	260	30	145			
AA 5052	230	8	195			

건전한 접합부의 결합 유무는 육안에 의한 접합부 관찰 및 접합한 재료를 절단하여 마운팅을 한 다음 폴리싱 연마 후 에칭하여 광학 현미경을 사용하여 접합부 조직을 관찰하였다.

또한 건전한 접합부의 기계적 특성을 평가하기 위하여 경도시험(0.3kgf, 12sec) 및 인장전단시험을 실시하였다. 접합부 인장전단시험은 JIS Z 3140 규격에 맞추어 시편을 제작하여 실시하였으며, 미세 조직적 특징은 광학현미경(OM : Optical Microscopy) 이용하여 관찰하였으며, SEM(Scanning Electron Microscopy)을 이용하여 파단면을 관찰하였다. 또한, 용접부 내의 상 분석을 위하여 EDS(Energy Dispersive Spectroscopy) 및 EPMA(Electron Probe Micro Analyser)를 사용하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 접합부 조직 및 접합성 평가

##### 3.1.1 접합부 조직

Fig. 1은 각각 AA 5052가 상판일때의 단면조직과 AA6022가 상판일때, 틀의 회전속도 1500rpm, 접합시간 2.0sec, 삽입깊이 1.7mm일 때의 단면조직을 나타낸 것이다. 접합부 단면은 일반적인 FSW 접합부와 유사하게 교반부(Stir Zone ; SZ) 기계적 열영향부(Thermo - Mechanically Affected Zone ; TMAZ), 열영향부(Heat Affected Zone ; HAZ), 모재부(Base Metal ; BM)로 구분되어진다.

상판이 AA5052일때와 상판이 AA6022 합금일때 모두 편 주위에서 교반이 집중적으로 이루어졌음을 알 수 있

다. 상대적으로 Al, Mg 동종의 접합에 비해 교반 영역이 작아 기계적 성질이 동종 접합에 비해 낮음을 알 수 있다.

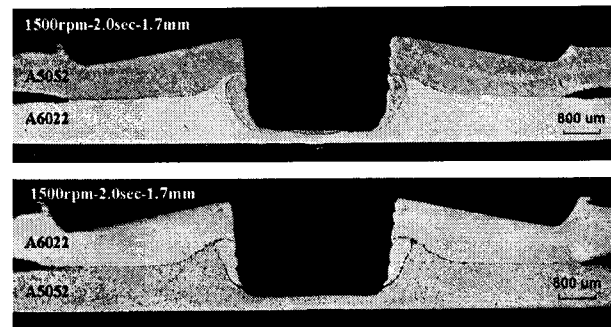


Fig. 1 Macrostructures of friction spot joined dissimilar Al alloys (rotational speed 1500rpm, dwell time 2.0sec, plunge depth 1.7mm,)

#### 3.1.2 접합부 기계적 특성

두 합금의 회전속도에 따른 FSJ 접합된 접합부의 인장전단강도를 Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4에 나타내었다. AA 5052 합금이 상판일 경우와 AA 6022 합금이 상판일 경우를 나누어 비교하였고 회전속도는 1000rpm에서 접합 시간은 3.0sec에서 삽입 깊이는 1.7mm에서 두 경우 모두 가장 높은 인장전단강도를 보이고 상판이 AA6022일 때가 상대적으로 조금 더 높은 인장전단강도를 나타내는 것을 알 수 있다.

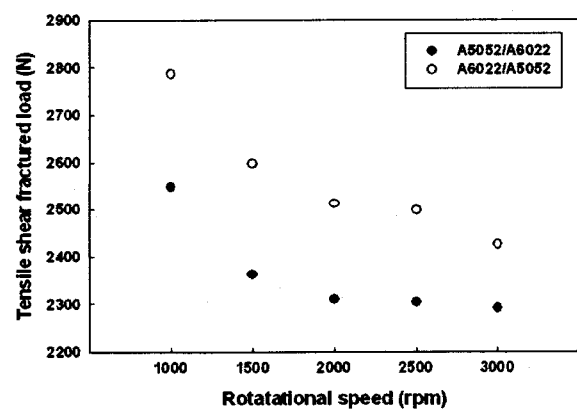


Fig. 2 Tensile shear fractured load in dissimilar Al alloys as a function of rotational speed(rpm) (plunge depth: 1.8mm, Dwell time : 2.0sec)

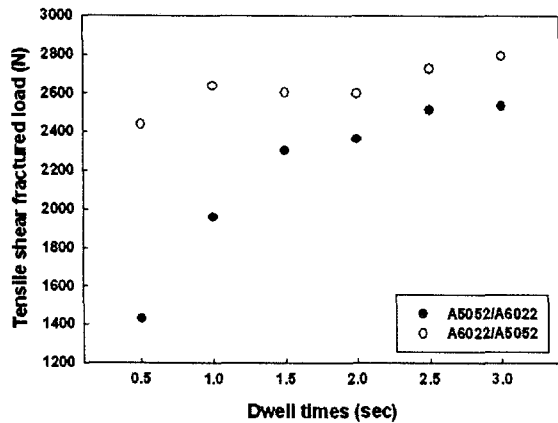


Fig. 3 Tensile shear fractured load in dissimilar Al alloys as a function of dwell times (rotational speed: 1500rpm, plunge depth : 1.8mm)

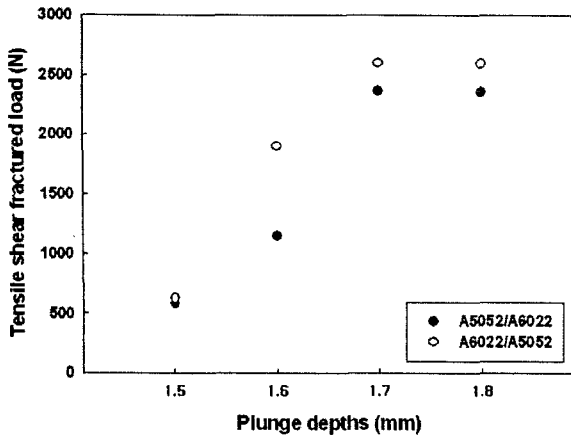


Fig. 4 Tensile shear fractured load in dissimilar Al alloy as a function of plunge depths (rotational speed: 1500rpm, dwell time : 2.0sec)

#### 4. 결 론

FSJ를 이용한 AA5052, AA6022 합금의 접합을 실시 하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) AA 5052 합금이 상판일때와 AA6022 합금이 상판 일때 모두 회전속도 1000rpm에서 최고 인장전단강도를 가졌으며 삽입깊이 1.7mm, 접합시간 3.0sec에서 두 합금 모두 최고 인장전단강도를 가졌다.
- 2) 두 합금 모두 모든 조건의 접합부에서 결합은 발견

되지 않았고, 교반부(Stir zone)의 경우 모재와는 달리 미세한 동적 재결정립이 관찰되었다.

3) 파단은 두 판의 계면을 따라 대부분 파단되었고, 적정조건의 경우 plug파단되었다. 인장전단강도는 FSJ를 이용한 상대적으로 낮은 인장전단강도를 지니는 AA5052에 비해 낮은 값(약 80%) 을 가지는 것으로 나타났다.

#### 참고문헌

1. R. Sakano, K. Murakami, K. Yamashita, T. Hyoe, M. Fujimoto, M. Inuzuka, Y. Nagao, H. Kashiki : Development of Spot FSW Robot System for Automobile Body Members, 3rd International Friction Stir Welding Symposium, September, 2001, 27-28.
2. M. Fujimoto, M. Inuzuka, M. Nishio and Y. Nakashima : Development of Friction Spot Joining, Quarterly Journal of Japan Welding Society, 74-4 (2004), 4-7 (in Japanese)
3. Y.S.Sato, H.Kokawa, M.Enomoto, S.Jogan : Metall. & Mater. Transaction A, 30-9(1999), 2429-2437