

# A356 알루미늄 합금의 조직 및 기계적 특성에 미치는 마찰교반프로세스의 영향

## The effect of friction stir process on the microstructure and mechanical properties of the A356

### Al alloy

이 창용\*, 이 재홍\*, 최 돈현\*, 송 건\*\*, 연 윤모\*\*\*, 정 승부\*

\* 성균관대학교 신소재공학과

\*\* 수원과학대학 신소재응용과

\*\*\* 수원과학대학 자동화시스템과

## 1. 서 론

외부의 열원을 이용하여 재료를 용융시킨 후 접합하는 방식 외에 재료 자체의 마찰열을 이용하여 연화 시킨 후 접합을 실시하는 고상접합방식은 마찰접합(FW: friction welding)을 시초로 하여 마찰교반접합(FSW: friction stir welding)과 마찰교반점용접(FSSW: friction stir spot welding)까지 발전을 거듭하고 있다. 이러한 고상접합 방식은 접합부에서 재료의 용융이 발생하지 않는 대신 가공에 의한 결정립 미세화가 발생하여 접합부의 기계적 특성이 매우 우수한 것이 가장 큰 장점이라 할 수 있다. 최근 들어 이러한 장점을 응용한 마찰교반 프로세스가 접합이 아닌 재료의 특성을 개선하는 가공의 한 형태로 새롭게 부각되고 있다.

마찰교반프로세스(FSP: friction stir process)는 정해진 속도로 톨을 회전시키면서 원하는 개질 두께에 따라 일정한 깊이까지 삽입한 후 요구되는 영역까지 반복적으로 톨을 이동시키면 되는 매우 간단한 공정을 가지고 있다. 이러한 공정은 마찰열에 의한 연화와 소성변형을 일으켜서 결국 재료를 냉간가공한 효과와 같은 효과를 얻을 수 있다. 따라서 주조재 내부의 결함 제거와 연질재료의 표면 경화 등에 아주 유용하게 사용될 수

있다.

A356 알루미늄 합금은 우수한 주조 특성과 인공 시효 과정을 통해 재료의 강도가 개선되는 특징을 가지고 있어 자동차나 항공기용 재료로 널리 사용되고 있다. 하지만 주조 시 발생하는 미세 결함(porosity) 등에 의해 기계적 특성이 영향을 받으며 이러한 미세 구조적 요인을 제어하는 것이 반드시 필요하다.

본 연구에서는 A356 주조재 알루미늄 합금의 미세구조 및 기계적 특성에 미치는 마찰교반프로세스의 영향을 평가하였다. 톨 회전속도를 변화시키면서 공정변수가 조직 개선에 미치는 영향을 세분화하여 조사하였다.

## 2. 실험 방법

본 실험에 사용된 A356 알루미늄 합금의 조성을 표 1에 나타내었다.

Table 1. Chemical composition of A356 Al alloy used in this study

Elem.	Si	Fe	Cu	Mn	Cr	Mg	Al
wt%	7.006	0.126	0.096	0.002	0.008	0.252	Bal.

재료는 70mm × 140 mm의 크기, 4mm 두께의 판재로 가공되었으며, 틀 이동 방향과 맞댄면이 수직이 되도록 두장의 판재를 맞대어 고정시킨 후 FSP를 실시하였다. 이 때 틀 이송속도와 틀 삽입 깊이는 127mm/min., 3mm 로 각각 고정하여 실시하였다. 이동 경로 간 간격은 4mm 였으며 틀 진행방향의 왼쪽, 즉 retreating side로 이동하면서 FSP를 실시하였다. 공정변수가 주조재의 특성 개선에 미치는 영향을 평가하기 위해 틀 회전속도를 800, 1250, 1600, 2500 rpm으로 변화시키면서 실험을 실시하였다.

FSP 완료 후 재료의 특성변화를 조사하기 위해 광학현미경(OM: optical microscope)과 주사전자현미경(SEM: scanning electron microscopy)을 이용하여 표면과 단면을 관찰하였고, Vickers 경도와 인장시험을 통하여 기계적 특성 평가를 실시하였다.

### 3. 실험 결과

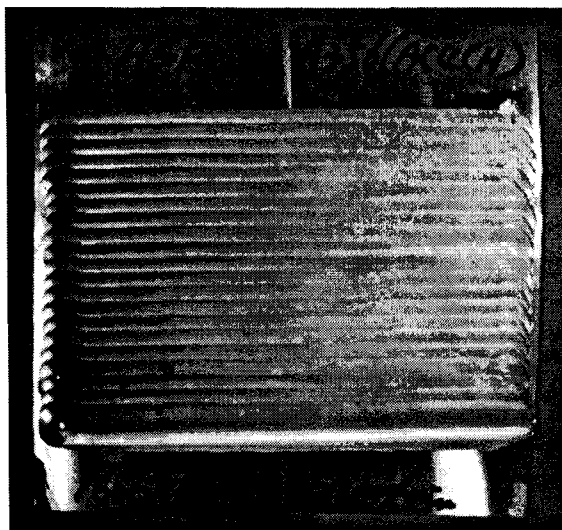


Fig. 1 External shape after FSP

Fig. 1에 FSP를 실시한 후의 외부 형상을 보여주는 매크로 사진을 나타내었다. 틀 회전속도 1600rpm으로 가로, 세로 140mm 크기의 시편에 총 21회 FSP를 실시한 시편이다. 틀이 지나간 흔적이 잘 관찰되었고, FSP에 따른 외부 결함은 전혀 발생하지 않은 것을 외양 관찰 결과 알 수 있었다.

Fig. 2에 마찰교반프로세스된 재료의 단면조직과 경도분포를 함께 나타내었다. 틀 회전속도 800rpm에서 실시된 시편의 단면관찰결과 틀의

교반에 따라 변형된 조직이 잘 관찰되었고 미세 조직 관찰결과 교반영역은 결정립이 매우 미세해진 것을 관찰할 수 있었다. 또한 3mm 이하의 깊은 영역에서는 틀 교반이 발생하지 않아 모재와 같은 주조조직이 관찰되었다. 경도 시험 결과 모재에서는 45~55Hv 정도의 불규칙한 경도가 측정되었고, FSP 영역에서는 교반영역에서 65Hv 까지 상승하였고, 그 주변부에서는 다시 감소하는 wave 형태의 경도 분포를 나타내었다.

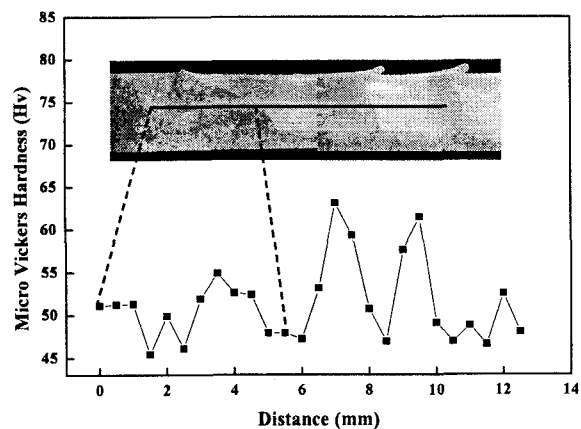


Fig. 2 Hardness distribution of FSPed zone

### 4. 결 론

틀 회전속도를 변화시키면서 A356 주조재 알루미늄합금의 마찰교반프로세스를 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 주조재에 존재하던 미세주조결함의 수가 교반영역에서 FSP 에 의해 크게 감소한 것을 관찰할 수 있었다.
2. 교반영역에서는 틀의 기계적 교반에 의해 결정립이 매우 미세해진 것이 관찰되었다.
3. 틀 회전속도가 증가할수록 교반영역의 크기가 증가하였으며 그 결과 재료전체에서 교반영역이 차지하는 영역이 크게 증가하였다.
4. 경도 측정결과 교반영역에서 모재에 비해 미세하게 증가하였고, 이것은 조직변화와 밀접한 관련이 있는 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

1. Z.Y.Ma, S.R.Sharma, R.S.Mishra : Material Science and Engineering A, 433 (2006) 269-278
2. W.B.Lee, Y.M.Yeon, S.B.Jung : Material Science and Engineering A, 355 (2003) 154-159