

저탄소강과 5J32 알루미늄 합금의 이종 마찰교반점용접

Dissimilar friction stir spot welding of low carbon steel and AA5J32

이 창용*, 이 재홍*, 이 원배**, 연 윤모***, 박 현성****, 장 응성*****, 정 승부*

* 성균관대학교 신소재공학과

** (주)POSCO 기술연구소

*** 수원과학대학 자동화시스템과

**** 기아자동차(주) 차체생기팀

***** 포항산업과학연구소(RIST) 용접센터

1. 서 론

마찰교반점용접은 용융용접방식으로 우수한 접합부 구현이 어려운 경금속, 특히 알루미늄합금에 주로 시도되고 있고, 접합부 기계적 특성과 에너지 소비 측면에서 전기저항점용접(RSW: resistance spot welding)에 비해 상대적 우수성이 입증되고 있어 적용 분야가 더욱 확대될 것으로 예상되고 있다.

현재 자동차의 차체는 주로 Fe 계 합금이 사용되고 있다. 최근 자동차 배기가스에 의한 환경오염에 대한 규제가 강화되면서 차체의 경량화가 주요한 관심사가 되고 있고, 이러한 문제에 대한 해결책으로서 제시된 방법 중 한 가지가 알루미늄합금을 차체로 사용하는 방식이다. 따라서 마찰교반점용접방식을 이용하여 알루미늄 합금뿐만 아니라 알루미늄 합금과 철(Fe)계 합금 간의 이종접합을 실시하는 것에 관한 평가는 반드시 검증되어야 할 사항이라 할 수 있다.

본 연구에서는 마찰교반점용접법을 이용하여 저탄소강과 알루미늄합금의 이종접합을 실시하였고, 틀의 삽입깊이에 따라서 접합부의 특성을 평가하였다. 또한 인장강도, 미세경도 등의 기계적 특성과 접합부의 미세조직과의 관계를 조사하였다.

2. 실험 방법

본 실험에 사용된 재료는 탄소함량 0.03%의 저탄소강과 5J32 알루미늄 합금으로서 두 재료의 자세한 화학조성을 표 1에 나타내었다.

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

Fe alloy	Elem. wt%	C	Si	Mn	P	S	Fe
		0.03	0.006	0.214	0.013	0.004	Bal.
Al alloy	Elem. wt%	Si	Fe	Cu	Ti	Mg	Al
		0.03	0.07	0.32	0.03	5.54	Bal.

재료는 100mm × 30 mm의 크기로 가공되었고, 재료의 두께는 Fe, Al 이 각각 0.6, 1mm 였다. 겹치기 점 용접을 실시하기 위해 Al 합금을 상부에 위치시키고 약 30mm 겹치게 한 후, 크램프를 이용하여 단단히 고정 시킨 상태에서 접합을 실시하였다. 틀 회전속도는 2500rpm, 삽입속도는 10mm/min., 틀 제거 속도는 60mm/min., 삽입 후 유지시간은 1.5초로 하였으며, 틀의 경사각은 0°로 하였다. 틀의 삽입깊이에 따른 접합 특성을 조사하기 위해 0.15, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5mm 로 삽입 깊이를 변화시키면서 접합특성을 조사하였다. 접

합을 위해 사용된 틀은 공구강을 이용하여 제작하였고, shoulder 부 직경 12.5mm, 하단에 직경 5mm, 높이 0.5mm의 원형돌기가 형성되어 있는 형태이다.

접합 후 광학현미경(OM:Optical Microscope)과 주사전자현미경 (SEM: Scanning Electron Microscope)을 사용하여 모재와 접합부의 미세조직을 관찰하였다. 용접부 내의 상 분석을 위하여 EDS(Energy Dispersive Spectroscopy)를 사용하였다.

접합부의 기계적 특성을 알아보기 위하여 접합 시편 단면의 경도를 측정하였다. 이 때 하중은 100gf, 측정시간은 10초로 하였다. 또한 접합부의 인장특성을 측정하고자 인장전단시험을 실시하였고 cross head speed는 1mm/min.으로 하였다.

3. 실험 결과

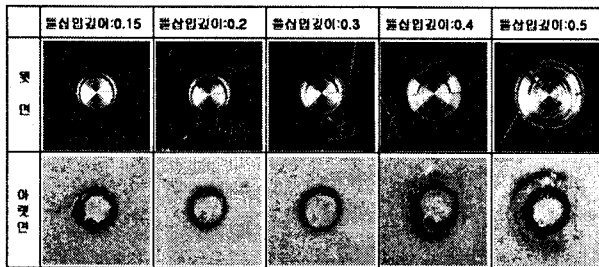


Fig. 1 External shape after friction stir spot welding with pin insertion depth

Fig. 1에 접합 후 외관을 관찰한 macro image를 나타내었다. 앞면과 뒷면 모두 외형상의 결함은 관찰되지 않았고, 삽입 깊이가 깊어짐에 따라 원형 접합부의 직경이 증가하는 것을 관찰할 수 있었다. 이것은 삽입 깊이가 증가함에 따라 외부로 배출되는 재료의 양이 증가하는 것을 의미하며 틀 삽입 깊이가 0.4mm 이상에서는 배출된 재료의 변형이 솔더(shoulder)에 의해 수평방향으로 제어되기 때문이다.

Fig. 2에 삽입깊이 0.4mm에서 마찰교반점용접된 접합부의 단면 마크로조직과 상판과 하판의 경도 분포를 나타내었다. 마크로 조직 관찰결과 접합부에서 상판과 하판의 기계적 교반조직은 발생하지 않았으나 상판과 하판이 매우 밀접하게 접합되어 간극은 관찰되지 않았다.

경도분포 측정결과 상판과 하판 모두 모재에 비해 접합부에서 경도값이 증가하였고, 특히 접합

부 중심에서 약 1~2mm 떨어진 영역에서 최고값을 나타내었다. 이것은 틀의 형상과 관련이 있는 것으로 사료되고 접합부의 가장 중심영역보다는 약간 외주부에서 마찰열 및 그에 따른 열변형이 더욱 높기 때문으로 사료된다.

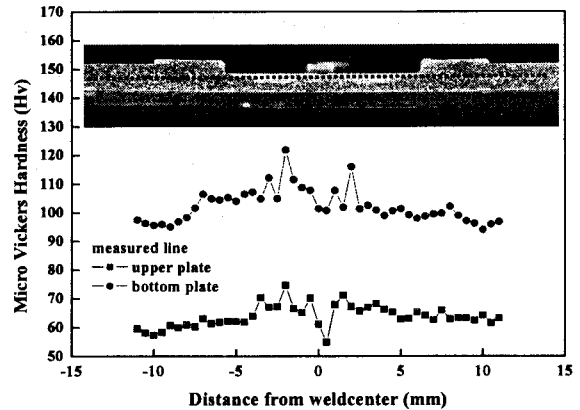


Fig. 2 Cross-sectional macro image of friction stir spot weld joint and hardness distribution

4. 결 론

마찰점용접을 이용한 저탄소강과 5J32 알루미늄의 접합 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 틀 삽입깊이가 증가함에 따라 원형 접합부의 직경이 증가하였고 이것은 틀 솔더(shoulder)의 영향 때문으로 사료된다.
- 2) 단면 조직 관찰결과 상판과 하판의 기계적 교반조직은 관찰되지 않았지만 간극이 없는 밀접한 접합이 이루어 졌다.
- 3) 경도 시험 결과 상판의 알루미늄합금과 하판의 저탄소강 모두 모재에 비해 접합부에서 경도값이 증가하였다.

참 고 문 헌

1. 연운모, 이원배, 이창용, 정승부, 송건 : 마찰교반점용접한 A5052 알루미늄 합금판재의 접합부 특성, 대한용접학회지, 24-1 (2006) 71-76
2. Z.Feng, M.L.Santella, S.A.David, R.J.Steel, S.M.Packer, T.Pan, M.Kuo, R.S.Bhatnagar : Friction Stir Spot Welding of advanced high-strength steels - a feasibility study, FSW symposium (2005)
3. 연운모, 이창용, 이원배, 정승부, 장웅성 : 마찰교반점용접기술 및 Al 접합부 특성, 대한용접학회지, 23-3 (2005) 228-232