

마찰교반접합법을 이용한 5052Al 합금의 접합특성.

The Joints Properties of Friction Stir Welded 5052Al Alloy.

김 상원*, 이 원배*, 김 대업**, 연 윤모***, 정 승부*

* 성균관대학교 신소재 공학과.

** 현대모비스 기술연구소

*** 수원 과학대 자동차 용접과

1. 서 론

마찰교반접합은 1991년 영국 용접 연구소 (TWI)에서 개발되었으며 고상 상태의 접합 공정으로 용융 용접에 비해 더 나은 기계적 특성과 접합부에 결함이 없는 우수한 특성을 가지고 있다. 특히 알루미늄 합금의 경우 마찰교반접합법에 의해 용접부에 충분한 마찰 열과 강한 소성 변형이 발생하여 매우 미세한 재결정 조직 및 우수한 기계적 특성을 얻을 수 있다고 알려졌다.

5052Al은 선박용 구조 부재, 연료 탱크, 고층 건물의 외장등 다양한 구조용 재료로 사용되며, 경량화에 의한 다양한 분야에 적용되어지고 있다.

알루미늄 합금은 크게 석출경화형 합금과 고용강화형 합금으로 나눌 수 있다. 이러한 합금을 마찰교반접합법으로 접합한 경우, 석출경화형 합금은 용접부 주위에 연화된 영역이 나타나고 경도값 분포는 입계 크기보다는 석출물에 대해 더 민감하게 반응한다. 이에 반해 고용강화형 합금은 용접부 주위의 연화된 영역이 나타나지 않으며, 모재에서 용접부까지의 경도 분포는 거의 균일한 값으로 나타나는 장점이 있다. 그러나 마찰교반용접에 의한 알루미늄 접합부의 물성은 아직까지도 완전히 이뤄져 있지는 않다. 더욱이 마찰교반접합에 의한 미세조직과 기계적 특성에 대한 접합 변수의 영향은 아직까지도 정성화되어 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 4mm 두께의 5052Al을 마찰교반접합 시켜 접합 변수들에 따른 접합특성, 즉 미세조직과 경

도값을 알아보자 한다.

2. 실험 방법

본 실험에 사용된 재료는 알루미늄 5052Al를 사용했으며, 재료의 화학적 조성은 table 1에 나타내었다.

Table 1 Chemical composition of 5052Al

Al	Mg	Cr	Fe	Mn	Mg	Cr	Zn
balance	2.5	0.25	0.4	0.1	0.2	0.15	0.1

접합용 시편의 크기는 140×70×4(W×D×T)로 가공하여 접합을 실시하였다. 마찰교반접합(FSW)에 이용된 장비는 기존의 밀링 장비를 개조하였다. 접합하고자하는 시험편에 충분한 소성 변형을 가할 수 있도록 특별히 설계한 용접툴[숄더(shoulder)+핀(pin)]을 장착하여 마찰교반접합을 실시하였다. 마찰교반접합은 툴(tool)의 재료, 회전수(rotation speed), 용접 속도(welding speed), 그리고 툴의 각도 등 많은 변수들이 존재하게 된다. 본 실험에 적용된 마찰교반접합의 조건은 아래 table 2에 나타내었다.

Table 2 FSW parameters

Parameters	condition
Tool material	SKD 11
Angle of tool	3°
Rotation speed	800, 1600, 2500
Welding speed	127, 267, 567

본 연구에서는 틀의 회전수와 용접 속도를 변화시켜 경도 값과 미세 조직을 관찰하였고 접합부 수직 단면의 경도값 분포 Vickers 경도기를 사용하였으며 실험 조건은 100gf의 하중으로 10초 동안 실시하였다.

용접부(Stir zone)에서부터 모재(Base material) 까지의 미세조직의 변화는 Keller 용액(150ml증류수+3ml질산+6ml불산+6ml염산)으로 etching 후 광학현미경을 이용하여 관찰하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

회전속도에 따른 접합면은 800rpm의 회전수를 제외한 1600, 2500rpm의 회전수에서는 윗면과 아랫면 모두 양호한 표면을 나타내었다. 800rpm 회전수는 윗면에서 다량의 burr을 배출하고 교반 흔적이 상당히 거칠게 나타났으며, retreating side의 열적·기계적 영향부(TMAZ)와 교반부(SZ) 경계에서 기공(void)이 연속적으로 존재하였다.

틀의 용접속도에 따른 접합면은 모든 조건에 양호한 표면을 나타내었으나, 567 용접 속도 조건에서 retreating side의 교반부(SZ)/열적·기계적 영향부(TMAZ) 경계부에서 결함이 존재하였다.

Fig. 1.은 접합부 근방의 미세조직을 나타낸다.

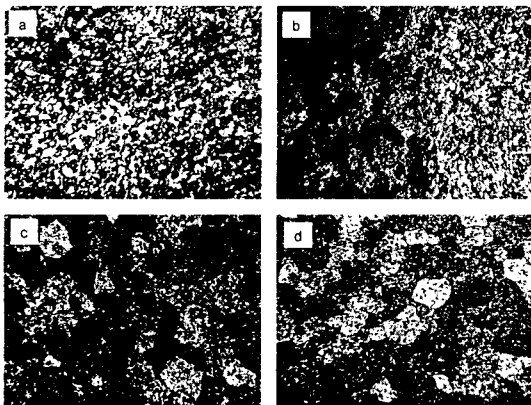


Fig. 1. Optical microstructures of Friction Stir Welded 5052 Al alloy (a) stir zone (b) TMAZ at advancing zone (c) HAZ (d) Base material.

그림에서 용접부내 교반부의 미세조직은 모재에 비해 매우 미세한 등축정입을 확인할 수 있으며, 열적·기계적 열영향부에서는 입자 (grain)가 어느 정도 연신 되어져 있음을 확인할 수 있다. 열영향부(HAZ) 부분은 모재(Base Material)와 거의 유사한 조직임을 확인할 수 있다.

이전 많은 연구에서 접합부의 경도값 분포에 대한 용접 속도의 효과는 용접 속도가 빠를수록 교반부의 입자 크기가 감소하고 이에 대해 경도값이 증가할 것임을 제시하였다. 그리고 틀의 회전 속도에 대한 효과는 회전속도가 감소할수록 교반부의 입자 크기가 감소하고 이에 대해 경도값이 증가할 것임을 제시하였다.

본 연구에서의 접합부 근방의 경도값 분포에 미치는 회전 속도 효과는 아래의 Fig. 2.에 나타내었다. 1600rpm과 2500rpm이 교반부에서 입자 크기가 비슷하지만 800rpm에서만 매우 미세한 입자가 나타남을 확인할 수 있었으며 따라서 용접부의 경도값은 1600rpm, 2500rpm은 거의 비슷한 값을 나타내고, 800rpm에서만 증가하는 경향을 보여준다. 접합면의 교반부에 대한 경도값은 1600rpm에서는 약 53.05Hv, 2500rpm은 약 55.04Hv이며 800rpm에서는 약 62.84Hv이다. 일반적으로 모재의 경도값은 약 58.14Hv 값을 갖는다.

Fig. 3.는 용접부 근방의 경도값 분포에 미치는 틀의 용접 속도 효과를 나타낸 것이다. 용접 속도가 감소할수록 입자 크기는 증가하고 경도값은 감소하는 일반적인 경향이 아닌 경도값 분포가 일정한 경향을 나타내고 있다. 따라서 다른 메커니즘이 적용되어지고 있음이 사료된다. 접합면의 교반부에 대한 경도값은 127mm/min에서는 약 56.28Hv, 267mm/min은 약 53.05Hv, 그리고 567mm/min에서는 약 57.26Hv의 경도값을 가진다.

4. 결 론

1) 틀의 회전속도에 따른 경도값 분포는 800rpm을 제외한 1600rpm, 2500rpm에서는 거의 일정하게 나왔으며 800rpm에서는 용접부가 모재보다도 더 높은 경도값을 가진다.

2) 틀의 용접속도에 따른 경도값의 분포는 모든 조건에서 거의 일정한 경도값을 가진다.

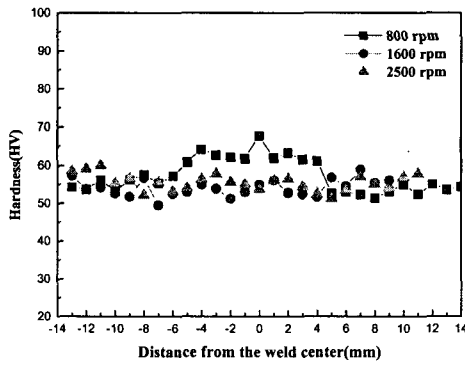


Fig. 2. The hardness profiles along the centerline of the cross section with various rotation speed under fixed 267 welding speed.

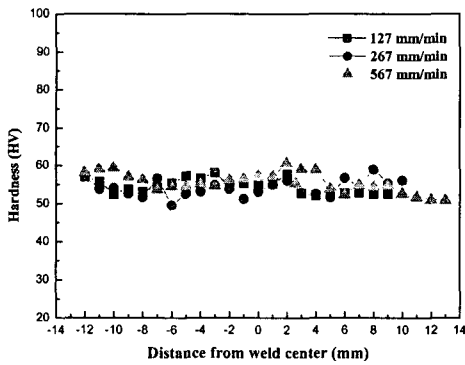


Fig. 3. The hardness profiles along the centerline of the cross section with various welding speed under fixed 1600 rotation speed.

참고문헌

1. Y. S. SATO, SEUNGHWAN C. PARK, and HIROYUKI KOKAWA : Microstructural Factors Governing Hardness in Friction-Stir Welds of Solid-Solution-Hardened Al Alloys, Metallurgical and Materials Transactions A, Volume 32A, December 2001
2. Yutaka S. Sato, Yusuke Sugiura and Hiroyuki Kokawa ; Hardness Distribution Microstructure in Friction Stir Weld of Aluminum Alloy 5052, Proceeding of 4th International Friction Stir Welding Symposium, 4th FSW Symposium, 2003