

마찰교반압접(FSW)을 이용한 이종재료 Al(5083)/Al(6005)의 접합성에 관한 연구

Study on properties of joints of dissimilar materials Al(5083)/Al(6005) by FSW

방극생*, 이원배*, 연윤모**, 정승부*

* 성균관대학교 신소재공학과

** 수원과학대학교 자동화용접과

1. 서론

상업적인 용도의 알루미늄합금은 크게 고용체 경화형 합금과 석출경화형 합금으로 분류된다. 고용체 경화형 합금인 Al(5083)은 인장강도와 연성이 우수하며 부식에 대한 저항이 뛰어나다. Al(5083)은 비열처리 가공경화형 합금으로 선박, 구조용 재료, 수송기 등에 이용된다. 석출 경화형 합금인 Al(6005)는 중강도 구조형 합금으로 압출성과 성형성이 좋아 철도 차량의 바디, 구조용 재료, 선박 등에 적용되고 있다.

마찰교반압접을 이용한 동종재료의 접합시 각각 Al(5083)과 Al(6005)은 우수한 접합강도를 가진다고 보고된 바 있다. 실제로 거의 모든 구조재료에서 한가지 이상 재료의 접합이 필요하므로 철도차량, 선박 등의 재료인 Al(5083)/과 Al(6005)의 접합가능성을 알아보며 우수한 접합성을 얻기 위해 FSW를 이용하여 접합하고자 한다.

FSW는 특히 이종 Al합금뿐만 아니라 Al과 다른 재료의 접합에 매우 잠재적인 접합방법이다. 지금까지 FSW를 이용한 Al합금의 접합의 연구가 많이 보고된 바 있지만 문헌을 통하여 이종 Al 합금의 접합에 관하여 접합변수(이송속도, 회전수, 톨 삽입깊이) 등의 체계적인 연구가 거의 없었다. 따라서 본 실험에서 이종 Al 합금의 접합변수를 통한 최적 접합 조건을 조사하였으며 접합변수에 따른 미세조직 및 기계적 특성을 살펴보고자 한다.

2. 실험방법

본 실험에서 사용된 시편(Al 5083:H112, Al 6005:T6)은 길이 140mm, 너비70mm, 두께 4mm로 압출한 시편이다. 시편의 접합은 접합하고자 하는 시편을 치구로 견고하게 고정된 후 회전하는 Tool(SKD11)을 맞댄 시편의 중앙부에 삽입하여 시편의 압출방향으로 이동하여 접합을 한다. FSW의 접합 조건은 Table 1에 나타내었다.

각각의 조건으로 접합한 시편의 미세조직은 접합방향의 수직방향으로 절단하여 시편의 단면을 연마한 후 에칭(Keller에칭액)하여 광학현미경으로 살펴보았다. 또한 접합이송속도의 변화에 따른 기계적 특성을 알아보기 위해 접합면의 수직방향으로 인장시편을 제작하여 5mm/min의 cross-head speed로 인장시험을 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

이종 알루미늄 합금을 마찰교반압접 한 경우 본 실험에서는 접합부의 Weld nugget부에서 결함이 존재하였다. 그러나 접합부 결함의 존재에도 불구하고 인장시험 후 Reattreating side 의 HAZ부에서 파단이 일어났다.

Fig.1은 시편을 이송속도에 따라 FSW한 후에 접합면과 이면의 사진을 나타내었다. 접합이송속도가 87-342mm/min 에서는 접합면, 이면 모두 양호한 접합 외관을 나타냈지만 507mm/min인 경우엔 접합면에서 미접합부가 발생함을 알 수 있었다.

Fig.2는 접합이송속도에 따른 비드폭의 변화에 대해 나타냈다. 이송속도의 증가함에 따라 접합비드의 폭이 감소하는 것을 알 수 있었다.

Fig.3 은 접합부의 Weld nugget부의 마크로 이미지와 각각 조직의 변화에 따른 미세조직에 대해 나타내었다. Al 5083과 Al 6005의 마찰교반압접시 톨의 회전에 의한 교반으로 소성변형이 발생하였으며 이로 인해 두 이종재료가 Onion ring 형상을 이루며 혼재하고 있음을 알 수 있다. 또한 Onion

ring의 형상은 Advancing side 보다 Retreating side 완만하게 이루고 있음을 알 수 있다.

Al 6005의 미세조직에서 stir zone은 Al 5083과의 혼재 속에 존재하며 TMAZ의 경우 천이영역이 완만하게 존재하고 있음을 알 수 있으며 HAZ와 모재의 조직의 변화가 거의 없었다. 그러나 Al 5083의 경우에 stir zone은 마찰교반에 의한 소성변형으로 동적재결정 조직이 생겨 모재 보다 매우 미세한 입자가 형성됨을 알 수 있으며 TMAZ는 매우 급격한 천이영역을 나타내고 있다. HAZ부는 모재의 조직과 달리 grain boundary를 볼 수 없으며 이것은 FSW시 마찰열에 의해 조직의 조대화에 의한 것으로 사료된다.

Fig.4 접합이송속도에 따른 인장강도의 변화를 나타내었다. 이송속도의 증가에 따른 인장강도의 변화는 187mm/min 까지는 거의 변화가 없었으며 267mm/min일 때 가장 높은 인장강도 값을 갖은 후 급격히 감소한다. 인장시험시 접합부의 결함에 대해 Retreating side의 Al 6005의 HAZ부에서 파단이 일어났으며 이것은 석출경화합금인 Al 6005의 경우 마찰교반시에 발생하는 마찰열에 의해 석출상이 HAZ부에서 소멸에 의한 것으로 사료된다.

Table 1 Friction stir welding condition

rpm	tool angle	insert depth	travel speed
1600	3°	3.95mm	87~507mm/min

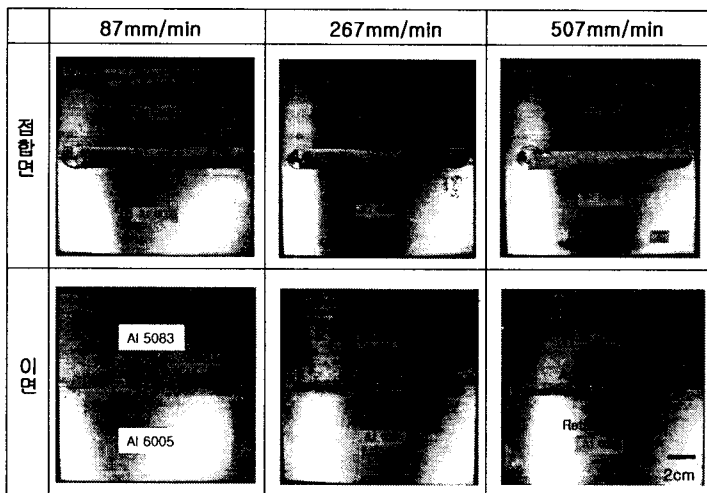


Fig.1 Photograph of top and rear surface as increasing travel speed (rpm:1600 depth:3.95)

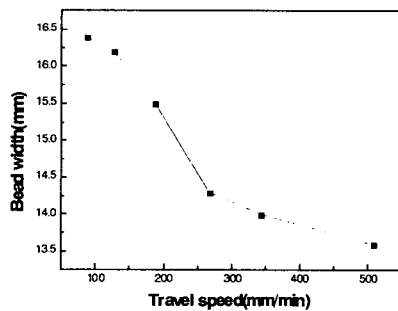


Fig.2 Relation between travel speed and bead width

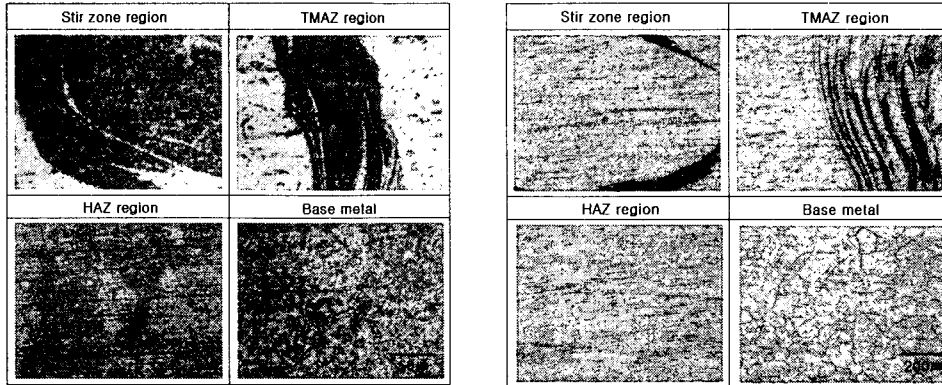


Fig. 3 Macro structure of weld nugget and micro structure of retreating side (Al 6005: left side(a)) and advancing side(Al 5083: right side(b)) (rpm:1600 travel speed: 267mm/min depth:3.95mm)

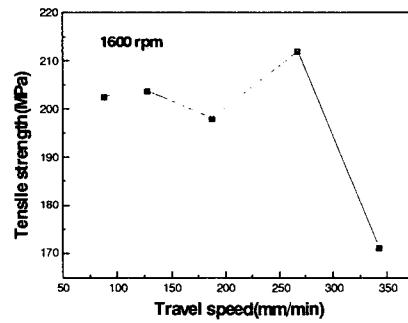


Fig.4 Relation between travel speed and tensile strength

참고문헌

1. Yutaka S. Sato, et al., "Precipitation sequence in friction stir weld of 6063 aluminum during aging", Metallurgical and Materials Transaction A 30, (1999), 3125-3130
2. 이지환, 이정중, 김병일, 배차현, "비철금속재료", 원창출판사, 93-105
3. 이원배, 방극생, 정승부, 연운모, "추계 학술발표대회 개요집", (2001), 196-198
4. Sunao Tanaka and Masaki Kumagai, "Joining dissimilar alloys AA5083 and A6N01 by friction stir welding", Third International Symposium on Friction Stir Welding, (2001)