

6061 알루미늄 합금의 접합변수에 따른 접합부 특성

The effects of FSW parameters on the joint properties of 6061 Al alloy

이 원배*, 장 형선*, 장 응성**, 연 윤모***, 정 승부*

* 성균관대학교 신소재 공학과

** 포항산업과학연구원(RIST)

***수원 과학대 자동차 시스템과

1. 서 론

일반적으로 알루미늄 합금의 경우, 재료의 강화법에 따라 석출경화형 알루미늄 합금과 가공경화형 알루미늄 합금으로 나눌 수 있다. 석출경화형 알루미늄 합금의 경우 재료를 가공한 후 용체화처리 및 적절한 온도와 시간에서 시효처리를 하게 되면 알루미늄 기지내에 제2상들이 석출하여 재료를 강화시킨다. 이에 비해 가공경화형 알루미늄 합금의 경우, 고용강화를 가능하게 하는 원소를 첨가시켜 적절한 가공 공정에 의해 재료에 전위밀도 등을 증가시켜 강화시키는 방법이다. 이러한 방법들로 강화시킨 알루미늄 합금을 기존의 용융용접법등으로 접합을 행한 경우, 재료 용융에 동반한 취약한 조직 및 재료의 뒤틀림 등은 물론이고 이러한 강화상의 현저한 소멸 및 가공경화 효과가 감소하는 문제점등을 발생시킬 수 있으므로, 이러한 재료들에 고상용접법의 적용이 기대되어 지고 있다¹⁾. 기존의 마찰용접법의 경우, 재료를 녹이지 않고 재료의 회전 및 압력에 의해 접합을 실시하여 동종은 물론이고 이종 재료의 접합에도 탁월한 특성을 나타냈다. 그러나 이러한 마찰용접법의 경우 재료의 적용이 회 전체에 국한 된다는 단점을 가지고 있다.

따라서 고속철도의 차체, 자동차, 선박등에 적용 가능성이 있는 알루미늄 합금 판재의 접합에 1991년 영국 용접연구소에서 개발한 마찰교반용접법의 적용이 크게 기대되어 지고 있다.

따라서 본 실험에서는 대표적인 석출경화형 합금인 6061 알루미늄 합금을 이용하여 각각의 틀

회전수 및 접합속도를 변화시켜 접합변수가 접합부의 조직 및 기계적인 특성에 미치는 영향에 대해서 알아보려고 한다.

2. 실험 방법

본 연구에 사용된 재료는 석출경화형 알루미늄 합금인 6061 알루미늄 합금을 이용하였으며, 길이 140mm, 넓이 70mm, 두께 4mm 인 판재를 이용하였다. 마찰교반용접법은 여러 가지 용접변수가 있지만 본 실험에서는 틀과 재료가 이루는 전진각을 3 도로 유지하였으며, 틀재료는 철계 공구강을 이용하였고 틀의 회전수를 1250-3600 rpm으로 변화시키고, 접합속도를 87-342mm/min 으로 변화시켜 접합을 실시하였다.

접합한 시편의 미세조직 및 상거동 관찰은 광학현미경과 TEM(Transmission Electron Microscope)을 이용하였다. 광학현미경 관찰을 위해 keller 부식액을 이용하였다. TEM 관찰을 위해서 각각의 조건에서 시편을 방전가공기를 이용하여 시편을 채취한 후 매우 얇게 연마를 한 후 twin jet polisher이용 하여 TEM 관찰 시편을 제작하였다. twin jet polisher용 용액은 메탄올 80%, 질산 20%액을 약 223K의 온도를 유지하였다.

기계적인 특성 접합부 근방의 경도값 및 인장강도 시험을 통해 확인하였다. 경도 시험 조건 하중 100g, 시간 10초를 유지하였다.

3. 결 과

Fig.1 에서는 틀 회전수를 1600rpm 으로 고정시키고 접합속도를 87mm/min에서 342mm/min으로 변화시켜 접합시킨 접합부의 미세조직의 변화를 나타낸 그림이다. 전 조건에서 어떠한 결함도 관찰되지 않음을 알 수 있다. 접합부는 위 부분이 넓고 아래 부분이 좁은 와인 컵(wine cup) 형태를 보이고 있는데 이는 위부분의 접합틀의 shoulder 부분과 직접 접촉하기 때문에 이와 같은 접합부의 형태가 관찰됨을 알 수 있다. 접합부의 면적은 용접속도가 증가할 수록 줄어들음을 알 수 있는데 이는 접합속도가 증가함에 따라 용접부의 온도가 감소하여 입열량의 감소로 인한 원인으로 사료 된다.

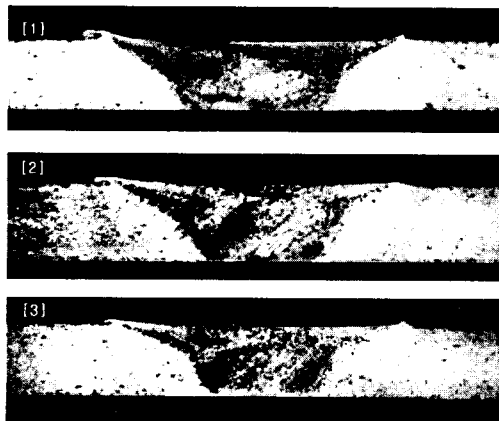


Fig.1 Macrostructures near weld zone with various welding speed

Fig.2 는 용접 속도를 267mm/min 으로 고정시키고 틀의 회전수를 변화시킨 경우 접합부의 거시조직을 나타낸다. 회전수의 증가에 따라 접합부의 온도상승이 현저하다고 보고 되고 있으며 이로 인해 접합부의 면적이 틀 회전수의 증가에 따라 현저하게 증가하는 경향을 보임을 알 수 있다. 그러나 3600rpm의 틀 회전수에서는 그림에서 알 수 있듯이 매우 큰 결함이 접합부에 존재하였다. 이는 과도한 틀의 회전에 의해 접합부에서 지나치게 많은 양의 알루미늄이 버(burr)의 형태로 배출되었기 때문에 충분한 양의 알루미늄이 접합부 존재하지 않기 때문에 결함이 생성된 것으로 사료 된다.

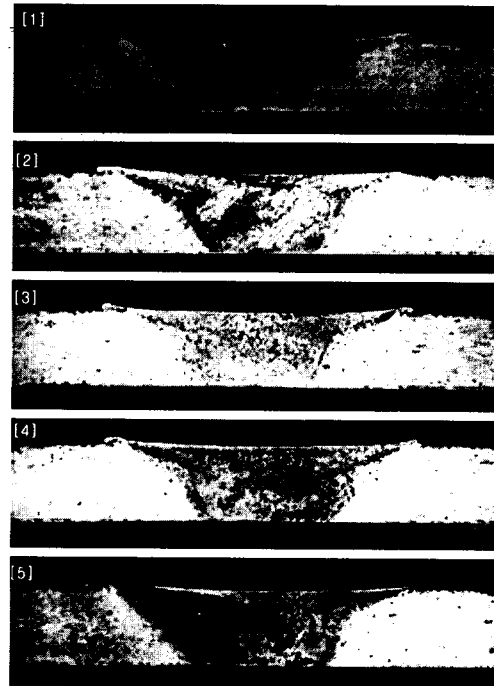


Fig.2 Macrostructures near weld zone with various tool rotation speed.

Fig.3에서는 1600 rpm 의 회전수, 87mm/min의 용접속도에서 용접부 근방의 미세조직의 변화를 나타낸다. 6061 모재의 경우 매우 조대한 입자와 미세한 조직들이 혼재해 있는 불규칙한 조직들이 관찰되고 있음을 확인 할 수 있다. 이와는 달리 접합부에서는 모재에 비해 현저하게 미세하고 등축정인 재결정 조직들이 관찰되고 있음을 알 수 있다. 또한 거의 균일 사이즈의 입자들이 관찰되고 있음을 확인할 수 있다. 접합부의 주위는 틀의 회전에 기인한 극심하게 연신된 조직들이 관찰됨을 알 수 있다. 이처럼 접합부 근방에서 서로 다른 조직들이 관찰되는 것은 각각의 영역에서 서로 다른 열 및 기계적인 영향을 받기 때문으로 사료된다.

Fig.4 에서는 각각의 접합조건에서 접합부 재결정조직의 변화를 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 용접속도가 증가할 수록 (87mm/min (a), 342mm/min (c)) 입자크기가 감소함을 알 수 있다. 또한 틀의 회전수가 증가 할 수록 (1250 rpm(d)-3600 rpm(f)) 입자 크기가 증가함을 확인할 수 있다.

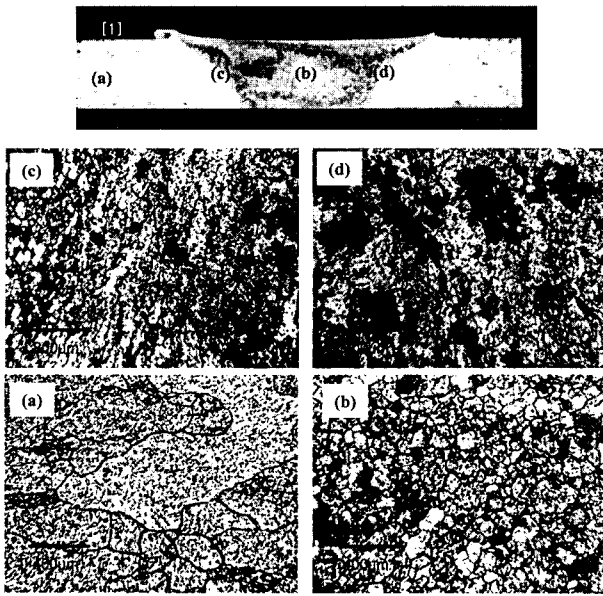


Fig.3 Microstructures near weld zone with various location

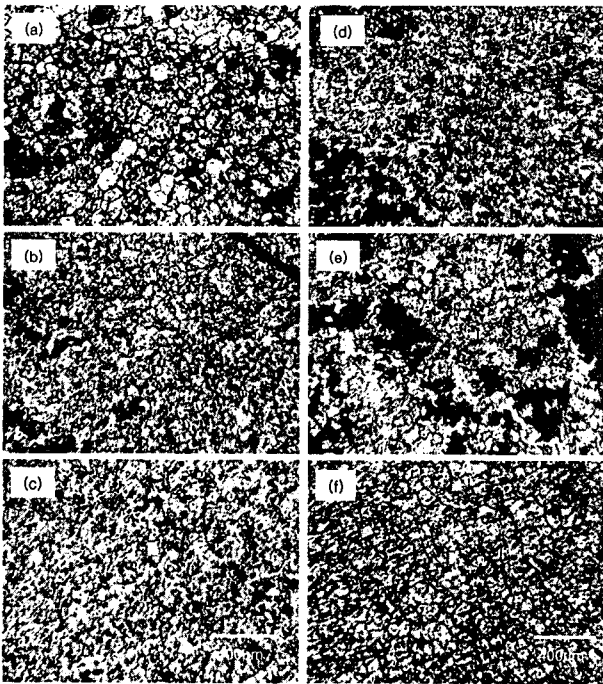


Fig.4 Microstructures of weld zone with various welding conditions.

Fig.5는 틀의 회전수의 변화에 따른 접합부 근방의 경도 변화를 나타낸 그래프이다. 접합부의 경우 현저한 경도값의 저하가 관찰되고 있음을 알 수 있다. 또한 가장 낮은 경도값은 접합부에서 약 7mm 정도 떨어진 영역이며 이 영역에서는 용접열에 의한 석출상들의 조대화에 기인하나. 그러나 석출상 재고용이 일어나는 접합부에서 경도값이 증가하는 이유는 소성변형에 동반한 전위

밀도의 증가, 고각입계, 동정재결정에 기인한 미세한 입자(sub-grain boundary)등에 기인한다고 사료된다.

틀의 회전수가 증가한 경우(2600rpm) 더 큰 입자사이즈에 비해 경도값이 1600 rpm 인경우의 입자 크기에 비해 증가하였는데, 이는 높은 회전수에서 용접부의 온도가 훨씬 높게 상승하기 때문에 접합부에서 재고용되던 강화상들이 재 석출되었을거라 판단되며 이에 대한 TEM 관찰이 요구되어지며 차후 이에 대한 결과를 보고할 예정이다.

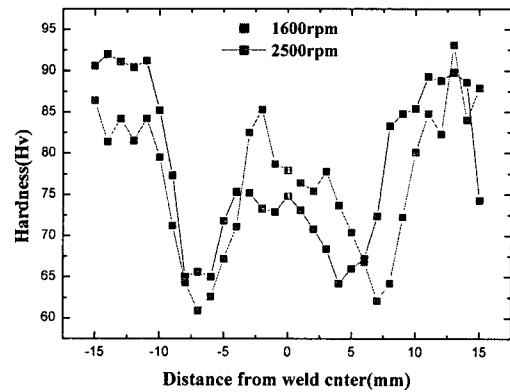


Fig.5 Hardness distribution near weld zone with various tool rotation speed.

4. 결 론

석출경화형 6061 알루미늄 합금을 각각의 회전수와 용접속도에서 접합을 한 경우, 시편의 미세조직 등은 용접변수에 따른 용접부의 온도 변화 및 입열량의 변화에 따라 다양하게 나타남을 알 수 있다. 또한 접합부의 근방의 경도값의 분포는 미세조직 및 석출상의 거동, 전위 분포등에 영향을 받고 있음을 알 수 있다.

참고문헌

1. Y. S. Sato, S. H. C. Park and H. Kokawa : Microstructural Factor Governing Hardness in Friction-Stir Welds of Solid-Solution-Hardened Al alloys, Metallurgical and Materials Transaction A, 32-A (2001) 3033-3042