

마찰교반접합법을 이용한 AC4CH 주조용 합금과 6061 Al 합금의 접합특성

The joints properties of Friction Stir Welded AC4CH alloy/6061 Al alloys

이 원 배*, 김 중 응*, 연 윤 모**, 정 승 부*

* 성균관대학교 신소재공학과

** 수원과학대학 자동화 용접과

1. 서 론

마찰교반접합법(Friction Stir Welding)은 1991년 발명되어 유럽, 미국, 일본등 국외에서 활발한 연구가 진행되고 있으며 국내 몇몇 연구그룹에서 이에 대한 연구를 진행하고 있다. 마찰교반용접법은 기존 용융용접법으로 접합 시 문제점이 있다고 알려진 알루미늄 합금, 마그네슘 합금, 타이타늄 합금 등에 적용하여 우수한 접합특성을 나타내고 있다.

그러나 현재까지 발표된 논문의 대다수는 동종재료의 접합에 관한 것이며 이종재료의 접합에 관한 데이터는 거의 없는 실정이다. 이전 연구에 의하면 주조용 알루미늄 합금인 AC4CH 동종재료를 마찰교반접합법을 이용하여 접합을 한 경우 접합부에서 모재에 비해 우수한 기계적인 특성을 나타내고 있다. 이는 모재에 존재하는 주조조직들이 마찰교반작용에 의해 더욱 치밀해지고, 알루미늄 기지에 공정상으로 존재하는 실리콘(Si)가 접합부에서 분산됐기 때문이다. 또한 석출경화형 6061알루미늄 합금의 경우 접합부의 경도값은 모재에 비해 감소하는데 이는 강화상으로 석출시킨 입자들이 용접열에의 접합부에서 기지에 고용됐기 때문이며, 적절한 후 열처리를 통해 기계적인 특성이 회복된다고 한다.

따라서 본 실험에서는 주조용 알루미늄 합금인 AC4CH와 석출경화형 6061알루미늄 합금을 접합하여 접합특성을 알아보고자 한다. 접합조건은 일반적인 알루미늄합금의 마찰교반접합조건을 이용하였으며 AC4CH 알루미늄 합금을 Retreating Side 위치시킨 경우와 6061 알루미늄 합금을 Reateating side에 위치시킨 경우로 나누어 기계적인 특성 및 조직학적인 특성을 파악하고자 한다.

2. 실험방법

본 실험에 쓰인 알루미늄 합금은 시중에서 구입할 수 있는 AC4CH 주조용 알루미늄 합금과 6061 알루미늄 합금을 이용하였다. 두 재료 모두 길이 170mm, 폭 70mm, 두께 4mm 인 판재를 이용하였다. 접합변수 즉 전진각, tool 회전수, 접합속도는 이미 보고된 마찰교반용접조건을 고려하여 선정하였으며 Table 1 에 나타낸다..

접합부 근방의 미세조직을 관찰하기 위해 광학현미경을 이용하였으며 조직 관찰을 위해 SiC paper 2000번까지 연마를 한 후 0.3 μ m 알루미나 파우더를 이용하여 미세연마를 하였다.

접합부의 미세조직을 관찰하기 위해 주사전자현미경 및 광학현미경을 이용하였다. 조직관찰을 위한 부식액은 증류수 150ml, 질산 3ml, 염산 6ml, 불산 6ml를 이용하였다. 원소 동정을 위해 EDX(Energy Dispersive X-Ray Spectrometer)를 이용하였다.

접합변수에 따른 기계적인 특성 평가를 위해 인장 시험 및 경도시험을 행하였다. 인장시험은 Instron 만능 시험기를 이용하여 상온에서 1.67 \times 10⁻³ mm/sec의 속도로 시험하였다. 경도시험은 마이크로 비커스 경도계를 사용하여 용접중심부에 수직방향으로 하중 100g, 시간10sec를 주어 행하였다.

3. 결 론

두 종류 알루미늄 합금의 접합 위치를 달리 하여 마찰교반접합을 한 경우, 접합부의 표면 및 이면 모두본 실험조건에서는 결함이 존재하지 않았다. 또한 접합부의 비드의 형상도 매우 평활하고 규칙적인 배열을 하고 있어 두재료의 마찰교반접합성을 매우 양호한 것으로 사료된다. Fig. 1 은 접합 속도의 증가에 따른 표면 비드폭의 변화를 나타낸 그래프이다. 시편이 놓인 위치에 관계없이 비드폭은 접합속도가 증가함에 따라 감소하고 있음을 알 수 있다. 그러나 AC4CH 알루미늄 합금이 Advancing side에 놓인 경우가 6061 Al 합금이 Advancing side 인 경우에 비해 비드폭이 약간 증가함

을 알 수 있다. 비드폭은 재료자체의 변형저항성 및 열전도도와 관련이 있다고 사료된다.

Fig.2 는 접합속도가 127mm/min 인 경우 접합부의 미세조직을 나타낸다. 두 경우 모두 너깃부 (Nugget)에 접합된 재료의 조직이 혼재해 있음을 알 수 있다. tool의 재료와의 교반 흔적인 onion ring 이 존재하며 Retreating side 쪽에서 명확하게 구분할 수 있으며, Advancing side의 경우 불규칙 하게 배열하고 있음을 알 수 있다. 또한 접합부 중심부쪽으로 갈수록 onion ring 간의 간격이 좁아짐 을 알 수 있다.

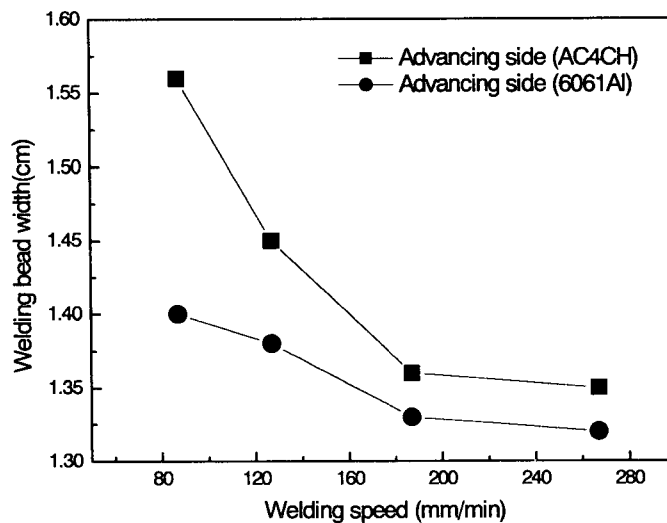
6061 Al 합금이 Retreating side 인 경우 Stir Zone은 주로 6061 Al 합금의 재결정조직 (a)이 존재하 고 있으며 Stir Zone 과 6061 Al 합금사이에는 급격한 Transition Zone 이 존재하지만 Stir Zone 과 AC4CH 사이에는 모재와는 다른 약간 미세하고 변형된 조직(b)이 존재함을 알 수 있다. Onion ring을 고배율로 확대하여 관찰한 결과(c), 6061 Al 합금의 재결정조직과 AC4CH합금의 변형조직이 층상으로 배열하고 있음을 알 수 있으며 6061 Al 합금의 재결정조직의 폭이 약간 두터움을 알 수 있다.

AC4CH Al 합금이 Retreating side 인 경우, Stir Zone은 주로 AC4CH Al 합금이 교반조직이(a)이 관찰되고 있으며 동적재결정조직은 존재하지 않고 Si이 Al 기지에 모재에 비해 고루 분산된다. Stir Zone 과AC4CH 사이에는 급격한 Transition Zone이 존재하지만 Stir Zone 과 6061 Al 합금사이에는 모재에 비해 매우 미세한 재결정조직 및 연신된 조직(b) 이 관찰된다. Onion ring을 고배율로 확대하 여 관찰한 결과(c), 6061 Al 합금의 재결정조직과 AC4CH합금의 변형조직이 층상으로 배열하고 있음 을 알 수 있으며 앞의 경우와는 달리 두 조직의 폭은 거의 유사하였다.

Table.1 Friction Stir Welding conditions.

	회전수	틀 각도	삽입깊이	용접속도
AC4CH/6061 6061/AC4Ch	1600rpm	3도	3.95cm	87-267mm/min

Fig.1 Welding bead width as various welding conditions.



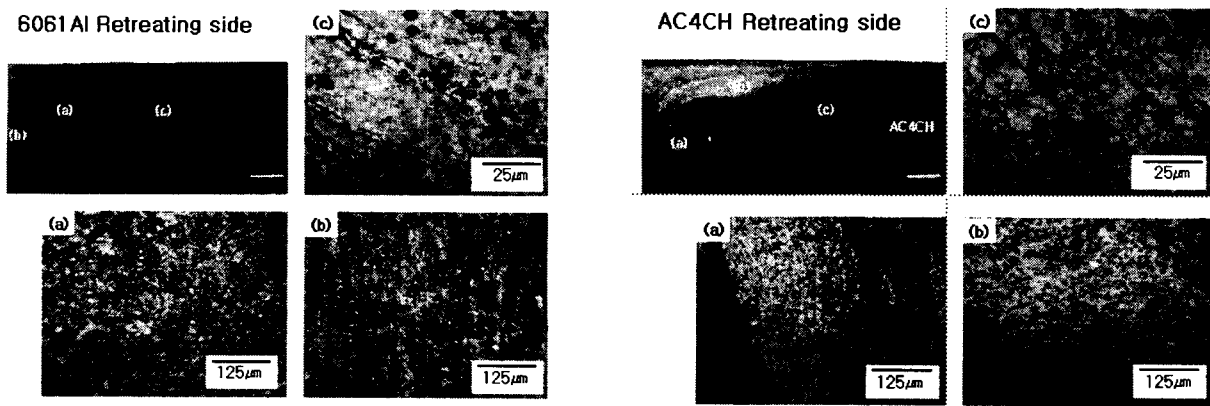


Fig.2 Microstructure of weld zone: 6061 Al at retreating side(left), AC4CH at retreating side(right).