

2024 알루미늄 합금의 마찰교반용접 특성

The joints properties of Friction stir welded Al 2024 alloy

김 선규*, 이 창용*, 이 원배*, 연 윤모**, 정 승부*

* 성균관대학교 신소재공학과

** 수원과학대학 자동화시스템과

1. 서 론

마찰교반접합(FSW, Friction Stir Welding)은 영국 TWI에 의해 1991년에 개발되어 특허가 출원된 후 90년대 중반부터 산업에 적용되었으며, 짧은 시간동안에 실용화가 이루어졌다. 이 기술이 적용되기 전, Al 합금의 접합은 MIG(Metal Inert Gas)나 TIG(Tungsten Inert Gas)와 같은 접합이 주로 이용되어 왔으나, 이들 접합기술은 접합부의 표면문제, 변형, 결함 등으로 인하여 Al 합금의 구조물 적용에 큰 문제점이 야기되어 왔다. 따라서, 마찰교반접합은 액상 상태가 아닌 고상상태에서 접합이 진행됨으로서 이전의 용융용접기술이 갖고 있는 문제점을 해결해 줄 수 있는 기술로 평가되고 있다.

여러 Al 합금 중에서 2XXX(Al-Cu)계열은 강도가 높고, 절삭가공성이 양호하며, 가공경화 후 인공시효성이 크기 때문에 항공기 외판, 구조재 부품, 단조재 부품이나 광학기계 부품 등으로 사용되지만, 다른 Al합금 계열에 비하여 내식성과 용접성이 조금 떨어지는 특성을 가지고 있다.

본 연구에서는 2XXX계열의 Al합금 중 2024 Al 합금에 대해 마찰 교반 접합법으로 실시하였다. 각 시편에 대한 조건으로는 동일한 이송속도에서 틀 회전 속도를 변화시켜 접합부 각 부분에 대한 미세조직과 기계적 특성간의 상관관계를 연구하였다.

2. 실험 방법

2.1 시편제작

본 실험에 사용된 2024 Al합금의 화학적 조성은 Table. 1과 같다.

Table. 1. The chemical composition of 2024 Al alloy

Elements	Si	Mg	Fe	Cu
wt%	0.218	1.41	0.226	4.21
Elements	Cr	Mn	Ti	Zn
wt%	0.002	0.520	0.022	0.012
Elements	Al			-
wt%	Remainder			-

2024Al 합금을 140mm×70mm×4mm의 판재로 가공하여 판재의 이송 속도는 127mm/min으로 고정하고 틀의 회전속도는 500, 800, 1200, 1600rpm으로 변경시키면서 맞대기 접합을 실시하였다. 마찰교반접합을 실시한 2024 Al 합금의 기계적 특성과 미세조직과의 관계를 알아보기 위해 접합부를 중심에서 좌우로 각각 15mm를 절단한 후 분석시편을 제작하였다.

2.2 미세조직 관찰 및 기계적 특성 평가

연마 후 시편의 미세조직 관찰을 위해 광학현미경(OM, Optical Microscopy)과 SEM(Scanning Electron Microscopy)을 사용하였고, 상의 성분

분석을 위하여 EDX(Energy Dispersive X-ray Analysis)가 사용되었으며, 기계적 특성은 마이크로 비커스 경도기를 사용하여 경도를 측정하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

제작된 시편은 다음과 같이 모재와 SZ(Stir Zone)으로 나뉜 영역이 존재한다.

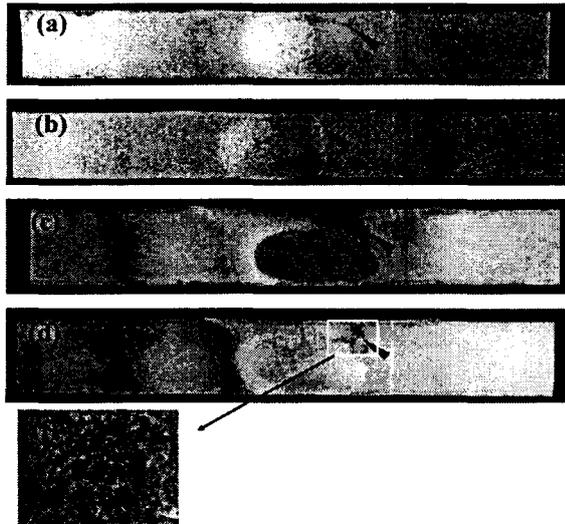


Fig. 1. Macro image near the weld zone of 2024 Al. ((a) 500rpm (b) 800rpm (C) 1200rpm (d) 1600rpm (f) defect of 1600 rpm)

접합부에는 Fig 1.에서 보듯이 틀 회전 속도에 관계없이 결합이 존재하는 것을 알 수 있다. 그리고 틀 회전 속도가 높아질수록 결합들이 밀집된 형상을 하고 있으며, SZ에서 틀의 회전 방향과 판재의 이송 방향이 상반되는 Retreating Side의 상부에 존재하는 것이 관찰되었다. 이러한 접합부의 미세 조직을 더 자세하게 관찰하기 위하여 SEM을 사용하였다. Fig 2.에서 보는 것과 같이 접합부 전반적으로 BSE(Back Scattered Electron) 이미지상에서 다양한 화합물들이 고르게 분포하는 것이 관찰되어졌다.

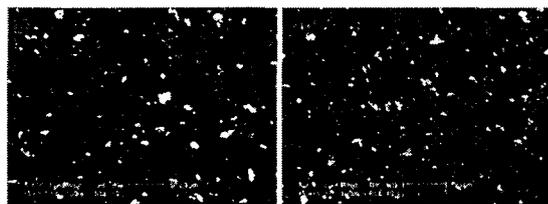


Fig. 2 SEM micrographs feature of FSWelded ((a) Base Metal, (b) SZ)

모재에 존재하는 화합물은 SZ에 존재하는 화합물보다 크기가 조대하며 분포밀도가 더 낮게 관찰되어졌다. 모재와 SZ 전체 부위에 존재하는 이러한 화합물들은 EDX 분석을 통하여 조성분석이 이뤄졌다.

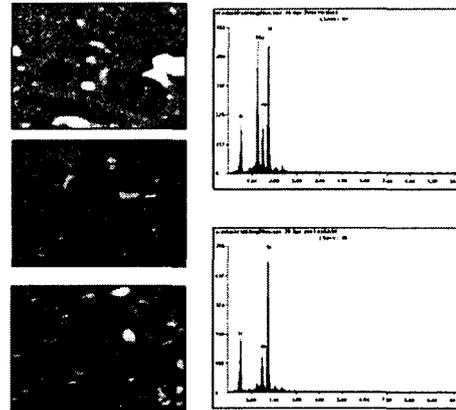


Fig. 3 EDX for compounds near the weld zone of 2024 Al. ((a),(b),(c),(d) SZ, (a-1),(c-1) Base metal)

화합물들은 BSE 이미지상에 각기 4가지의 콘트라스트를 가지고 있음을 확인할 수 있었으며 Fig 3.에 나타내었다. EDX 결과 (a)와 (b)는 SEM 이미지상 약간의 콘트라스트 차가 존재하나 Al_3Cu 의 조성을 가진 동일한 화합물임을 확인할 수 있었다. 또한 (c)는 다량의 Si와 Oxygen, 소량의 Al과 Mg을 포함한 조성이었고, (d)는 (c)와 유사한 화합물의 조성을 나타내고 있으나 Mg은 검출되어지지 않았다. 따라서 모재와 SZ부에 존재하는 화합물은 동일한 조성으로 관찰되었다.

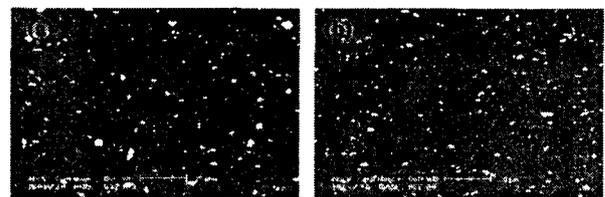


Fig. 4 SEM micrographs feature of FSWelded ((a) 500 rpm (b) 1600 rpm)

Fig. 4는 서로 다른 틀 회전 속도에 따른 화합물의 분포를 나타내고 있으며, 500rpm의 조건이었을 때, 1600rpm에 비하여 조대한 화합물들이

많이 관찰되어졌다. 그리고 500rpm이나 1600rpm에서 존재하는 화합물의 조성은 다르지 않다는 것이 앞선 EDX를 통해서 관찰되었다.

이런 화합물의 분포와 조성들에 의하여 다음과 같은 경도가 측정되어졌다.

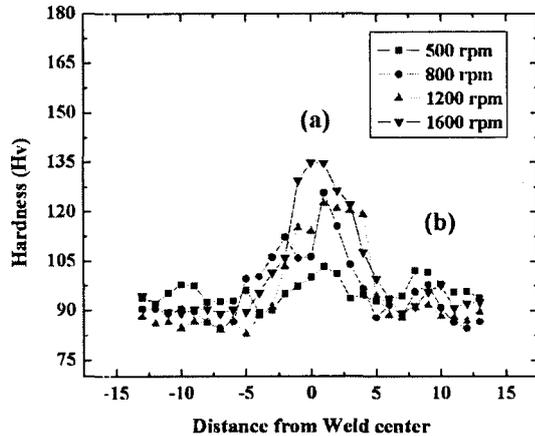


Fig. 5. The hardness distribution of near the weld zone of 2024 Al. ((A) SZ (B) Base Metal)

Fig. 5과 같이 모재보다 SZ에서 경도가 높게 측정되고, 틀 회전 속도가 증가됨에 따라 경도도 증가하는 것은 앞서 설명한 SZ에 존재하는 화합물의 크기가 미세하고, 밀도가 높은 결과에 의한 것으로 사료된다.

4. 결 론

2024 Al 합금의 마찰교반접합을 실시한 후 접합부의 미세조직과 경도를 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 모재보다 용접부에서 높은 경도를 나타내는 이유는 전반적으로 분포하는 화합물이 SZ에 미세한 구조로 집중되어 있기 때문이다.

2) 틀 회전 속도가 증가됨에 따라 SZ의 화합물과 조직의 크기가 미세하고, 또한 화합물의 밀도가 높기 때문에 틀 회전 속도의 증가에 따라 경도도 증가하였다.

참고문헌

1. Bangcheng Yang, Junhui Yan, Michael A. Sutton., Anthony P. Reynolds : Banded microstructure in AA2024-T351 and AA2524-T351 aluminum friction stir welds Part I. Metallurgical studies , Materials Science and Engineering A364 (2004) 55-65
2. S. Benavides, Y. Li, L.E. Murr, D. Brown, and J.C. McClure :Low-Temperature Friction-Stir Welding of 2024 Aluminum, 1999 Acta Metallurgica Inc. Printed in the USA. All rights reserved. 1359-6462/99/\$-see front matter
3. M.A. Sutton *, B. Yang, A.P. Reynolds, R. Taylor : Microstructural studies of friction stir welds in 2024-T3 aluminum , Materials Science and Engineering A323 (2002) 160-166
4. Wang Ddqing, Liu Shuhua, Cao Zhaoxia : Study of friction stir welding of aluminum , Journal Of Matelials Science 39 (2004) 1689 - 1693