

2519 알루미늄 합금의 마찰교반접합에 관한 연구

A study on the Friction stir Welding of A2519

이재홍*, 이창용*, 이원배**, 연윤모***, 송 건****, 장웅성*****, 이종봉**, 정승부*

* 성균관대학교 신소재공학과

** (주) POSCO 기술연구소

*** 수원과학대학 자동화시스템과

**** 수원과학대학 신소재응용과

***** RIST 용접센터

1. 서 론

2519 알루미늄 합금은 군사용 장갑재로 사용되는 재료 중 경량이면서 소구경탄에 대한 방탄 특성이 우수하며 용접성이 양호하고, 복합재료보다 신뢰성이 있고, 파손 시 야전에서 쉽게 보수할 수 있는 장점이 있어서 장갑차나 자주포의 동체, 포탑 재료로 널리 사용되는 합금이다.

하지만 AI 합금은 기존의 용융용접을 이용하여 접합 할 경우 재료의 강화요인인 미세 석출물 등의 변형이 발생하여 재료 자체의 특성이 변질되는 문제점을 가지고 있고, 높은 전기전도도로 인해 발열하기 어려워 저항 점용접 방식을 적용하기도 어려운 난 용접재료라고 할 수 있다.

마찰교반접합(friction stir welding)은 알루미늄 합금을 고상 상태에서 접합 할 수 있는 새로운 기술로서 1991년 영국에서 개발된 이후로 발전을 거듭하고 있다. 마찰교반 접합은 비소모성 툴을 피접합재의 사이에 삽입한 후 툴의 회전력으로 인해 발생하는 마찰열과 피접합재의 소성유동에 의해 툴 이동 경로를 따라서 접합이 이루어지는 매우 간단한 접합 방식이다.

이러한 방법은 친환경적이고 다양한 장점을 가지고 있어 선진국의 경우 여러 분야에 실용화 되고 있다.

본 연구에서는 장갑재로서 사용되는 2519 AI 합금에 대해 툴의 travel speed에 따른 접합부의 조직 및 기계적 특성에 대해 조사하였다.

2. 실험방법

본 연구에 사용된 재료는 석출경화형 A2519-T87(4t) 합금으로서 동종간의 맞대기법에 의해 접합하였으며 사용된 재료의 화학적 성분을 Table 1에 나타내었다. 접합용 툴은 SKD11을 사용하였고 접합 시 툴의 각도는 3°로 하였다. 재료의 접합면은 서로 밀착시킨 상태에서 크램프로 단단히 고정된 후 접합을 실시하였다. 툴의 Travel speed 에 따른 영향을 조사하기 위해서 Rotation speed는 1250rpm으로 고정하였고 툴의 삽입 깊이는 3.92mm~3.95mm로 하였다.

Table 1. Chemical composition of A2519(T87) alloy

Elements	Cu	Mn	Mg	Zr	V	Ti	Al
wt (%)	5.84	0.35	0.14	0.13	0.09	0.06	remainder

접합 후 광학현미경 (OM:Optical Microscope), 주사전자현미경(SEM : Scanning Electron Microscopy) 을 이용하여 결함 및 접합부의 조직 관찰을 실시하였다. 접합부의 경도분포는 마이크로 비커스 경도 시험기를 사용하여 측정하였으며 모재 가장자리부터 0.5mm 간격으로, 시험하중은 100gf로 시행하였다. 접합부의 인장강도 측정을 위해 KS13 규격에 의거 인장시험을 실시하였으며, 이때 cross head speed 는 1.67×10^{-5} m/sec 였다.

3. 실험결과

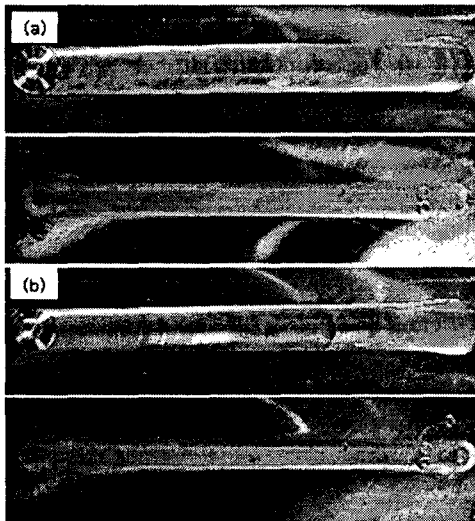


Fig. 1 Appearance of friction stir welded joint with the travel speed a) 41, b) 187 (mm/min.)

Travel speed 41mm/min.(a), 187mm/min.(b) 조건에서 접합부의 표면 및 이면 상태를 Fig.1 에 나타내었다. 접합속도 변화에 상관없이 표면과 이면에 외부 결함이 관찰되지 않았다.

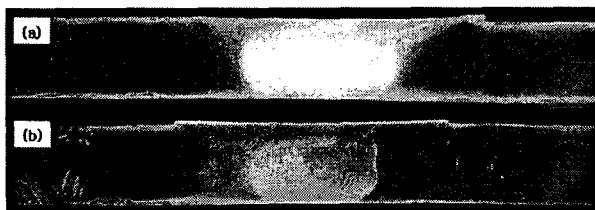


Fig. 2 Cross-sectional macro structures of the joints with travel speed a) 41, b) 187 (mm/min.)

Fig. 2에 내부 결함 존재를 확인하기 위해 시편을 접합방향과 수직한 방향으로 절단하여 그 단면의 마크로 조직을 나타내었다. 접합 속도가 증

가함에 따라 nugget 의 크기가 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 용접속도(Travel speed)가 빨라질수록 냉각속도가 빠르므로 접합시 발생한 열이 주변으로 전달되는 경향이 감소하기 때문이다.

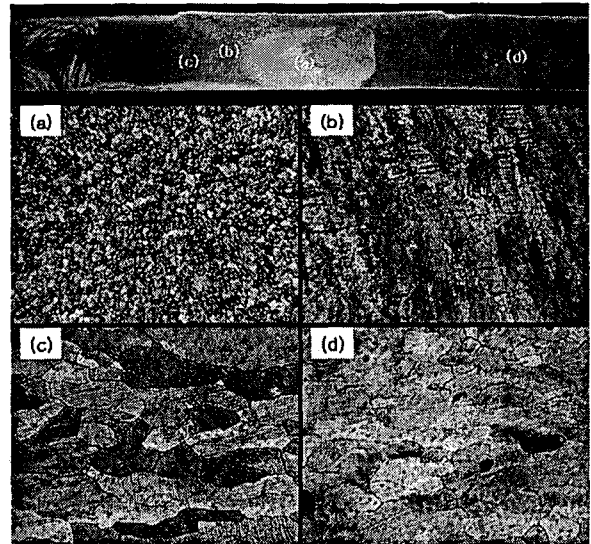


Fig. 3 Optical microstructures of FSWelded joint at the welding speed of 187mm/min.

마찰교반 접합 후 접합부 각 영역의 미세조직을 관찰하여 Fig. 3에 나타내었다. 일반적인 알루미늄 합금의 마찰교반 접합부와 유사하게 중앙부(a)에서는 결정립이 미세한 영역이 관찰되었고, 주변부(b)에서는 간접적인 기계적 변형과 열 영향에 의해 연신된 조직이 관찰되었다. (c)에서는 직·간접적인 기계적 영향 없이 열의 영향을 받아 결정립이 조대하였으며, (d)는 접합 영향을 받지 않은 재료의 모재 조직을 나타낸다.

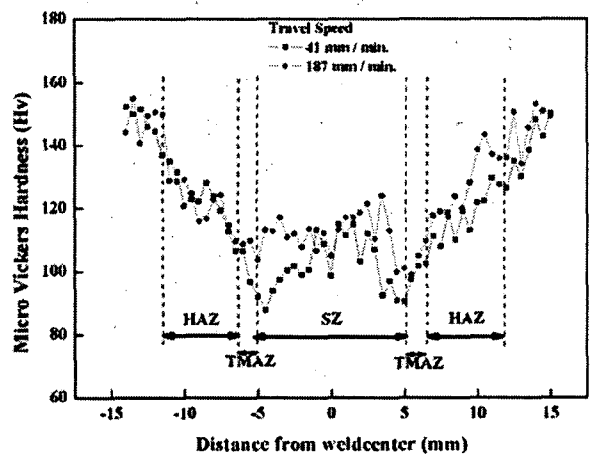


Fig. 4 Vickers Hardness in welded FSW joint

접합속도에 따른 FSW 접합부의 Vickers 경도분포를 Fig. 4에 나타내었다. 전체적으로 'W' 형상을 나타내었고, 이것은 석출경화형 Al 합금의 마찰교반접합부에서 관찰되는 일반적인 경도 분포와 유사하였다. 접합부의 경도는 모재(150 Hv)에 비해 감소하였고, 그 중 가장 낮은 영역은 열영향부였으며 약 100 Hv의 경도값을 나타내었다. 일반적으로 2519Al 합금의 강도는 재료 내부에 존재하는 Al_2Cu 화합물의 석출에 기인한다. 따라서 열영향부의 경도 감소는 접합시 발생한 열에 의해 미세석출물들이 조대화 되었기 때문으로 사료된다. 교반영역(SZ)에서는 경도값이 120Hv로 상승하였는데, 이것은 높은 마찰열에 의해 고용되었던 석출물들이 냉각되는 동안에 재석출 하였기 때문이고, 이러한 경향은 접합속도가 느린 41mm/min. 조건에서 냉각속도가 느리고 재석출물의 성장이 용이하므로, 상대적으로 냉각속도가 빠른 187mm/min. 에 비해 조대화가 더욱 진행되어 낮은 경도값을 나타내는 것으로 사료된다. 즉, 187mm/min. 조건에서 θ' 상들의 밀도가 미세하나마 높기 때문으로 사료된다.

4. 결 론

FSW를 이용하여 A2519(T87) 합금의 접합을 실시하여 다음과 같은 결론은 얻었다.

- 1) 용접속도 41과 187 모두에서 표면과 미세조직에서 결함은 발견되지 않았고, SZ(Stir Zone)에서는 틀의 교반작용과 마찰열에 의해 결정립 미세화가 진행되었고 주변의 HAZ에서는 조직이 조대해 진 것을 관찰하였다.
- 2) Al-Cu 석출 경화형 합금인 A2519에서 경도 변화는 GP(1)존 \Rightarrow GP(2)존 \Rightarrow θ' 상으로 진행된다. 이 실험에서 경도 변화를 보이는 것은 41mm/min이 냉각 속도가 상대적으로 느린 조건으로 187mm/min에 비해 미세석출물이 조대해져 경도가 낮게 나타났다.
- 3) A2519(T87) 합금은 1250rpm 회전속도에서 용접속도187mm/min의 조건에서 가장 높은 인장전단강도는 나타냈다.

참 고 문 헌

1. 이지환, 이정중, 김병일, 배차현 : 비철금속재료, 원창 출판사 1998 pp110-119
2. 연운모, 이원배, 정승부 : 대한용접학회지 19-6(2001,12) pp16-22
3. 이원배, 연운모, 서창제, 정승부 : 대한용접학회지 19-6호(2001,12) pp23-28
4. R.M. Brick, A.W. Pense and R.B. Gordon : Structure and Properties of Engineering Materials(4th Edition), McGRAW HILL BOOK Co., 1977, pp25-35
5. Hidetoshi Fujii, Ling Cui, Msakatus Maeda, Kiyoshi Nogi. Mater. Sci. Engineering. A 419-2006, pp25-31