

이종 알루미늄 합금 용접의 용융부 특성 연구

Fusion Zone Characteristics of Dissimilar Aluminum Alloys Joining

박 선홍*, 박 병철*, 김 영기*, 백 응률**

* (주)화신 기술연구소

** 영남대학교 신소재공학부

ABSTRACT Increasing demand of using low weight materials in recent automotive trends has been the challenge to develop a sound welding of aluminum alloys. A heat treatable AA6082-T6 and a non-heat treatable AA5083-O aluminum alloys were joined in this study. Investigations revealed that about 60 UTS will be reduced due to welding process. Fracture happened in the interface between fusion zone and base metal of top specimen where penetration is shallow. Therefore, lower welding torch angle produced the better strength which allows deeper penetration to the top specimen. PWHT at 560 °C for 2 hours can be used to return the original UTS of the specimens.

1. 서 론

알루미늄 합금은 우수한 기계적 특성 및 방식성 때문에 구조용 합금으로 사용량뿐만 아니라 적용 분야도 급격하게 증가하고 있다. 그러나 아래에 열거된 이유 때문에 알루미늄 용접을 산업 현장에 적용시키기는 철강재료에 비해 많은 어려움이 있다^[1-3] (1) 강력한 산화물 형성 (2) 용융 알루미늄 상태에서 높은 수소 고용성 (3) 높은 열전도도 (4) 높은 열변형. 이러한 이유로 알루미늄 합금의 용융부 특성을 파악하는 것은 우수한 용접 품질을 얻기 위한 기본 연구라 할 수 있다.

2. 시 험

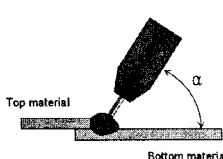
본 연구에 사용된 소재는 열처리 가능한 알루미늄 합금인 AA 6082-T6 판재와 비열처리 알루미늄 합금인 AA 5083-O 압출 소재이다. 두께는 모두 3.5mm를 사용하였고 각 소재의 화학적 조성은 표 1에 정리하였다. 용접부 특성을 관찰하기 위해 각 소재에 자동 MIG 용접을 수행하였고 대표적인 용접 인자인 전류, 전압, 속도는 각각 180A, 24V, 12mm/sec으로 설정하였다. 용접 와이어는 AA 5356 (Al-5Mg)를 사용하였다. 본 연구에서는 소재에 따른 용접 토치 각도의 영향을 파악하고자 소재 조합과 토치 각도를 주요 변수로 설정하였고 이를 표 2에 정리하였

다. 용접 후 각 소재를 절단하여 단면의 미세조직을 관찰하였고 인장시험 및 경도시험을 통하여 기계적 물성치를 평가하였다. 기계적 물성치 평가에 사용된 장비는 각각 Akashi MVK-H1, Instron Universal tensile tester 이다.

표 1. 화학적 조성

구분	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al
6082-T6	0.70	0.50	0.10	0.40	0.60	0.25	0.20	0.10	Bal.
5083-O	0.40	0.40	0.10	0.40	4.00	0.10	0.25	0.15	Bal.

표 2. 용접 조건

No	Welding Parameter			Definition of torch angle
	Material		Torch angle (deg.)	
	Top	Bottom		
1	AA 5083-O	AA 5083-O	30	
2	AA 5083-O	AA 5083-O	45	
3	AA 5083-O	AA 5083-O	60	
4	AA 5083-O	AA 6082-T6	30	
5	AA 5083-O	AA 6082-T6	45	
6	AA 5083-O	AA 6082-T6	60	
7	AA 6082-T6	AA 6082-T6	30	
8	AA 6082-T6	AA 6082-T6	45	
9	AA 6082-T6	AA 6082-T6	60	

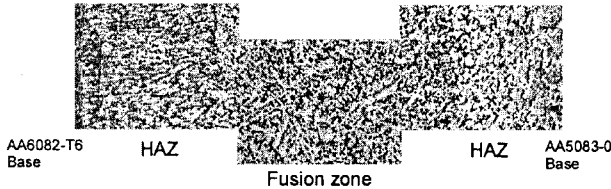
3. 결과 및 토의

3.1 미세 조직

AA 5083-O 용접 소재의 미세 조직은 미세한

Al-Mg 고용체가 고르게 석출된 모습을 관찰할 수 있었다. AA 6082-T6 소재는 용접 전 열처리 결과로 cluster화된 석출물들을 관찰 할 수 있었다. 용융부 근처의 열영향부의 미세 조직은 그림 1에서 볼 수 있듯이 AA 5083-O 소재가 좀 더 미세한 석출물을 볼 수 있다.

그림 1. AA5083-O, AA6082-T6의 용융부 미세조직.

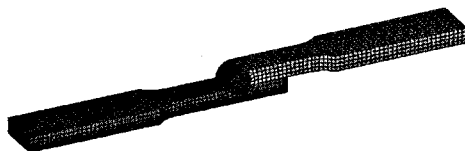


이러한 용접 미세 조직은 표 2에서 볼 수 있듯이 인장 강도를 감소 시키는 영향을 미친다. AA 6082-T6 합금의 열영향부는 조대화된 석출물이 용접 영향으로 방사형으로 배향된 조직을 볼 수 있다.

3.2 FEM 해석

인장 시험을 실시하기 전 하중이 작용하는 경향을 관찰 하기 위해 인장 시편을 유한 요소법을 이용해 인장 시험을 모사하였다. FEM 해석은 범용 소프트웨어인 ANSYS Ver.10 으로 비선형 해석을 수행하였고 신뢰할 만한 결과를 위해 midnode를 갖는 Hexa element를 이용하였다. Element수는 4,329개, Node수는 22,239개이다. 해석 수행에 사용된 모델은 아래 그림 2. 에 나타났다.

그림 2. FEM 해석 모델



아래 표 3. 에서 볼 수 있듯이 최대 Von Mises 응력을 비롯한 모든 최대 응력들이 용접부 내측 선단에서 작용하였다. 이는 시편축과 인장 하중축이 일치하지 않기 때문에 시험 초기 단계에서 두 축을 일치시키는 현상이 나타나는데 이로 인해 하부 시편의 구속되지 않은 부분에서 moment의 작용으로 회전되는 현상이 나타나고 그 영향으로 접합부 내측 선단에 단순 인장하중이 아닌 복합 하중이 작용한 것으로 판단된다. 이는 실제 용접 시편의 인장 시험과 정확히 일치

하는 현상이다.

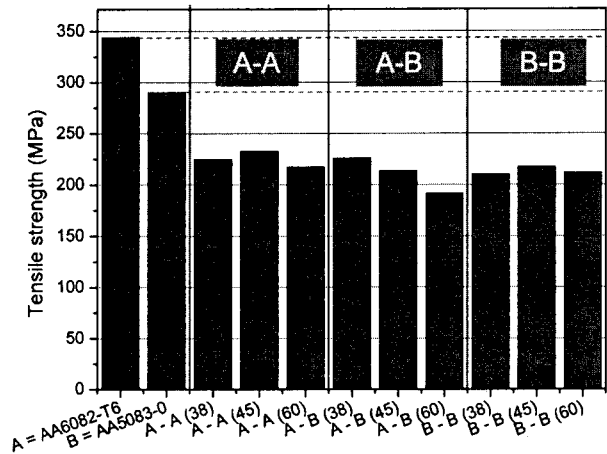
표 3. FEM 해석 결과

	Von Mises stress	T_{yz}	σ_x	Validation
Result	Max. stress : 190 MPa	Max. stress : 90 MPa	Max. stress : 192 MPa	

3.3 인장 강도 시험

상, 하부 시편 모두 AA 6082-T6 합금을 용접한 시편의 최대 인장 강도는 원소재 강도의 63~65%의 수준이었다. 이는 용융부 근처 열영향부의 미세 조직 영향으로 판단된다. 상, 하부 시편 모두 AA 5083-O 합금을 용접한 시편의 최대 인장 강도는 원소재에 비해 72~75% 수준을 유지 하였다. 상부는 AA 5083-O, 하부는 AA 6082-T6 시편을 용접한 이중 재료 용접 시편의 인장 강도는 상부 시편 원소재에 비해 66~78% 수준의 인장 강도를 보였다. 그림 3. 에 각 시편별 인장 강도 시험 결과를 정리하였다. 동종 소재의 용접에서는 Torch각도가 45°, 이중 소재의 용접은 60° 일 때 최대 인장 강도가 나타났다.

그림 3. 시편별 최대 인장 강도



용접 torch 각도가 인장 강도에 미치는 영향을 좀 더 정확히 규명하기 위해 용융부 면적 및 상, 하부 시편 용입량과 인장 강도의 상관 관계를 관찰하였다. 용융부의 면적은 그림 4 에서 볼 수 있듯이 Torch angle이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였지만 인장 강도와 뚜렷한 상관 관계는 찾아 보기 힘들었다. 그림 5. 는 용입량과 인장 강도의 상관 관계를 정리하였다. 그림 5. 에서 볼 수 있듯이 인장 강도와 상부 시편의 용입량은 비교적 뚜렷한 상관 관계를 나타낸다. 즉

상부 시편의 용입량이 증가 할수록 인장 강도가 증가 하는 경향을 보였다.

그림 4. Torch 각도 별 용융부 면적

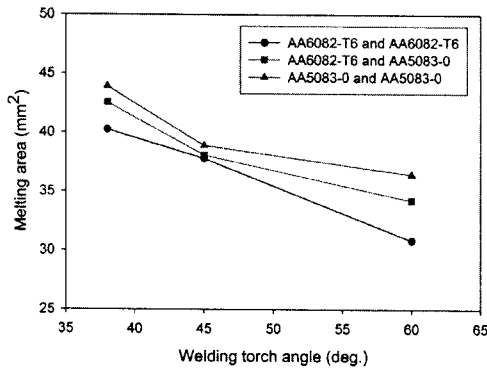
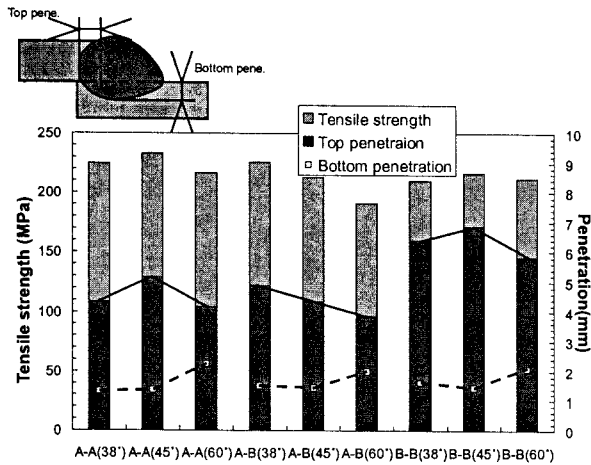


그림 5. Torch 각도별 용입량 및 인장 강도



3.4 경도 분포

용융부의 경도 분포는 그림 6~8. 에 나타냈다. 열처리 소재의 경도분포는 그림 6. 에서 볼 수 있듯이 영역별로 비교적 뚜렷한 경향을 보였다. 모재 경도보다 조금 낮거나 거의 비슷한 용융부와 모재에 비해 경도가 높은 열영향부로 뚜렷하게 구별되었다.

그림 6. 6083-T6 용접시편 경도분포

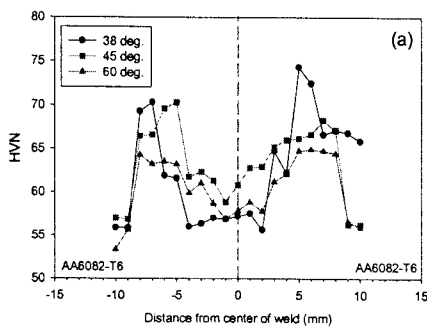


그림 7과 8에서 볼 수 있듯이 다른 용접 시편에서는 영역별로 뚜렷한 경향성은 찾아 볼

수 없었다.

그림 7. 이종 용접 시편 경도분포

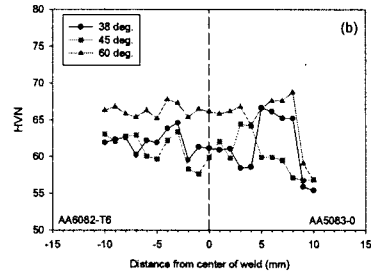
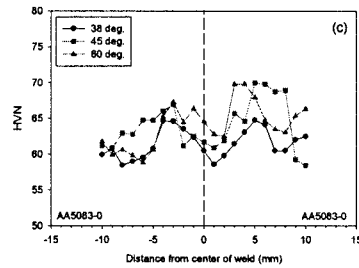


그림 8. 5083-O 용접시편 경도분포



4. 결 론

열처리 가능한 알루미늄과 비열처리용 알루미늄 합금의 용접부 특성에 관한 연구를 수행하였다. 열처리용 합금의 용접부 미세 조직은 미세한 석출물이 고르게 분산된 기지와는 다르게 용접열로 인해 조대화되고 방사형으로 배향된 모습을 보였다. 인장 시험 결과 모든 인장 시편의 상부 시편에서 파단이 발생하였고, 용접 Torch각도는 상부 시편의 용입량에 영향을 미쳐 결국 용접 후 인장 강도에 뚜렷한 영향을 미쳤다.

참 고 문 헌

- [1] ASM Specialty handbook, "Aluminum and Aluminum Alloys", ASM International (1993)
- [2] P.P. Lean, L. Gil, A. Urena, "Dissimilar welds between unreinforced AA6082 and AA6092/SiC/25p composite by pulsed-MIG arc welding using unreinforced filler alloys (Al-5Mg and Al-5Si)", Journal of Materials Processing Technology 143-144 (2003) 846-850
- [3] P. Preveen. P.K.D.V. Yarlagadda, "Meeting challenges in welding of aluminum alloys through pulse gas metal arc welding", Journal of Materials Processing Technology 064-165 (2005) 1106-1112
- [4] C. Menzemer, P.C. Lam, T.S. Srivatsan, C.F. Wittel, "An investigation of fusion zone microstructures of welded aluminum joints", Materials Letters 41 (1999) 192-197
- [5] A. Steuwer, M.J. Peel, P.J. Withers, "Dissimilar friction stir welds in AA5083-AA6082: The effect of process parameters on residual stress", Materials Science and Engineering A441 (2006) 1887-196