

## 알루미늄 합금인 5083-O와 6061-T6의 MIG 용접 시 용접 재료 선정을 위한 특성 평가

### Evaluation of characteristics with welding material in MIG welding for 5083-O and 6061-T6 Al alloy by ROBOT

우용빈<sup>1\*</sup>, 한민수<sup>2</sup>, 김성종<sup>3</sup>

- (1) 목포해양대학교, 응용역학-재료공학전공
- (2) 목포해양대학교, 응용역학-재료공학전공
- (3) 목포해양대학교, 기관시스템공학부

#### 1. 서론

최근 국내외적으로 석유 가격 폭등 및 환경규제가 강화되면서 재료의 경량화와 친환경성이 큰 문제로 대두되고 있다. 알루미늄 합금은 낮은 비중에 비해 강도가 높고 인성 및 저온 특성, 특히 내식성과 재활용이 가능하여 해양 환경에 용이한 환경 친화적인 재료이다. 이러한 이유로 자동차, 우주항공, 선박 및 해양구조물 등에 많이 사용되고 있으며, 그 적용분야는 매년 증가하고 사용량도 증가 추세에 있다. 중·소형선박에서 많이 사용되고 있는 FRP 선박은 화재에 대한 취약성과 폐선 시 환경유해 물질 발생 등으로 인하여 대체 선박으로 알루미늄선이 대두되고 있다. 알루미늄 선박은 경량화, 추진용 연료의 절감, 내식성 및 환경 친화적인 재료로 다른 선박에 비해 많은 장점을 가지고 있다. 이러한 알루미늄 선박은 해수와 직접 접하는 선체는 5000계열의 Al-Mg 합금이 주류를 이루며, 상부는 6000계열의 Al-Mg-Si이 주류를 이룬다. 본 연구에서는 선박에 사용되는 알루미늄 재료와 Si, Mg이 함유된 용접재료를 사용하였으며, 우수한 용접부를 얻기 위해 로봇을 이용한 미그용접을 실시하여 기계적, 전기화학적 특성 평가를 하였다.

#### 2. 본론

알루미늄 선박의 선체에 사용되는 5083-O와 상부 구조물에 많이 사용되는 6061-T6 시편에 대하여 로봇을 이용하여 용접을 실시하였다. 용접재료는 지름 1.2mm의 ER5183과 ER5556을 사용하였다. 용접조건은 ER5183의 경우 140A, 19.5V, 42cpm 그리고 ER5556의 경우는 143A, 19.8V, 42cpm으로 실시하였으며, 용접 개선은 30도 Y개선으로 겹은 1mm 조건에서 실시하였다. 인장 시편은 평행부의 길이는 50mm, 두께는 5mm로 가공하였다. 인장시험의 대기 중에서 0.2mm/min의 인장속도로 3회 실시하여 최대인장강도, 항복강도, 연신율 상호 비교하여 최적의 조건을 규명하였다. 경도 측정 실험은 마이크로 비커스 경도기를 사용하여 측정하였으며 인가할 하중은 9.807N, 유지시간은 10초, 1mm 간격으로 측정하였다. 전기화학적 실험 시 사용된 시편의 노출면적은 1cm<sup>2</sup>로 하였으며, 시편 표면은 에머리페이퍼 2000번까지 연마하고, 시험 직전 초음파 세척기를 이용해 아세톤과 증류수를 사용하여 세척하였다. 분극시험 시 기준전극으로 은/염화은 전극(SSCE)을, 대극은 백금전극을 사용하여 2mV/s의 주사속도로 천연해수 용액조건에서 실시하였다. 타펠 분석은 400초 동안 안정시킨 후 개로전위에서 -0.25V ~ +0.25V의 범위에서 1mV/sec의 주사속도로 실시하여 부식전류밀도와 부식전위를 상호 비교하였다.

Fig. 1은 이중알루미늄 합금에 대하여 로봇을 이용한 용접을 실시한 경우, 용접 재료 변수에 따른 측면에서의 경도측정 결과를 나타내고 있다. 모재의 경우, 5456-H116 재료는 93.9 Hv를 나타냈으며, 6061-T6 재료는 112.6 Hv를 나타냈다. 용접부에서는 전반적으로 경도값이 낮게 나타났고, 6061-T6인 경우는 열영향부에서 용접부보다 높은 경도값을 나타냈으며, 열영향부에서 멀어지면서 모재값과 유사한 경도값을 나타냈다. 용접부 중심으로 대략 좌우 10mm 정도의 열영향부가 발생했다. 인장 시험시 파단부는 용접부에서 6061-T6 모재측 열영향을 받은 끝부분의 경도가 낮은 곳에서 용접재료와 무관하게 파단되었다.

Fig. 2는 인장 시험 후 파단된 시편형상 나타낸 것이다. 5083-O 모재와 6061-T6 모재의 경우, 모두 평행부 파단이 되었다. 용접 시편의 ER5183의 경우, 용접부에서 벗어난 6061-T6 부위인 열영향부에서 파단이 발생하였다. ER5556의 경우,

ER5183과 마찬가지로 6061-T6 모재의 열영향부에서 파단이 발생하였다. 경도측정 결과와 비교해 보면 용접부 중앙에서 6061-T6 모재측으로 대략 10mm지점 열영향부 경도값이 제일 낮은 곳에서 파단된 것으로 사료된다.

Table 1은 5083-O와 6061-T6 이중 알루미늄 합금의 용접 후 모재에 대한 각 기계적 특성의 비를 나타낸 것이다. ER5183 용접부의 항복강도에서는 5083-O의 87.8%, 6061-T6의 47.9%를 나타냈으며, 최대인장강도는 5083-O의 69.8%, 6061-T6의 72.6%를 나타냈다. 또한 연신율은 5083-O와 6061-T6 각각 27.5%와 50.6%를 나타냈다. ER5556 용접부의 항복강도에서는 5083-O의 87.7%, 6061-T6의 47.9%를 나타냈으며, 최대인장강도는 5083-O의 68%, 6061-T6의 70.8%를 나타냈다. 연신율은 5083-O와 6061-T6 각각 25.9%와 47.6%를 나타냈다. ER5183 용접재료를 이용한 경우 ER5556 용접재료를 이용하여 용접한 경우보다 기계적 특성이 최대 3% 양호한 값을 나타냈다. 5083-O와 6061-T6 이중 알루미늄 합금 용접의 용접 재료 선정에서는 ER5183을 선택하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

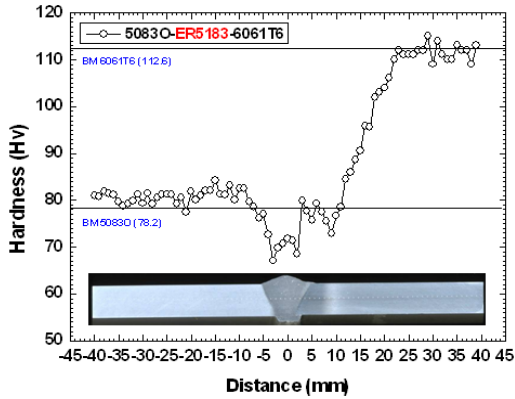


Fig. 1 Results of hardness measurement

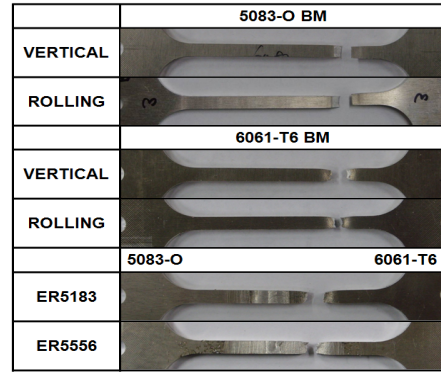


Fig. 2 Specimens after tensile test

Table 2는 개로전위서  $\pm 0.25V$  분극 시킨 분극 곡선에 대하여 타펠외삽법으로 부식전위와 부식전류밀도의 평균을 구하여 나타냈다. 실험은 여러 차례 시행되었으며, 전체적으로 유사한 경향을 나타냈다. 부식전위는 6061-T6이 가장 높게 나타났으며, 부식전류밀도는 ER5183 용접부가 가장 낮은 값을 나타냈다. 타펠 분석을 종합한 결과 ER5556보다 ER5183이 양호한 특성을 나타냈다.

Table 1 Mechanical property ratios for base metal after tensile test for dissimilar metal

%	ER5183		ER5556	
	5083-O	6061-T6	5083-O	6061-T6
<b>Yield strength</b>	87.8	47.9	87.7	47.9
<b>Max. tensile strength</b>	69.8	72.6	68.0	70.8
<b>Elongation</b>	27.5	50.6	25.9	47.6

Table 2 Comparison of Tafel analysis results

	Corrosion Potential (V)	Corrosion Current Density (mA/Cm <sup>2</sup> )
5083-O	-0.687	$1.22 \times 10^{-6}$
6061-T6	<b>-0.664</b>	$1.31 \times 10^{-6}$
ER 5183	-0.672	<b><math>9.60 \times 10^{-7}</math></b>
ER 5556	-0.685	$1.16 \times 10^{-6}$

### 3. 결론

알루미늄 합금인 5083-O와 6061-T6의 MIG 용접 시 용접 재료 선정을 위한 특성 평가를 한 결과를 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 6061-T6인 경우는 ER5556 용접 후의 경도값이 다소 낮은 값을 나타냈으며, 5083-O의 경우 ER5183 용접 후의 경도값이 다소 높은 값을 나타냈다. 또한 용착부는 모재에 비하여 모두 낮은 경도값을 나타냈다.
- 2) 전기화학적 특성평가 결과, ER5183 용접재료를 사용한 경우가 양호한 특성을 보여 주었다.
- 3) ER5183, ER5556 용접재료는 모든 실험에서 유사한 경향을 나타냈으나, ER5183 용접재료가 ER5556 용접재료보다 약간 양호한 경향을 나타냈다.

### 감사의 글

이 논문은 2008년도 호남지역 Sea Grant 사업단 연구개발사업 과제 및 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임.