

## 이종 알루미늄 합금의 MIG 용접 시 기계적, 전기화학적 특성 평가 Evaluation of electrochemical and mechanical characteristics in welding for dissimilar Al alloy by MIG welding

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

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

### 1. 서론

알루미늄 합금은 내식성, 인성, 비강도가 우수하고, 재활용이 가능한 신소재로 자동차, 해양구조물과 선박 등 다양한 분야에서 각광을 받고 있는 재료이다. 특히 Al-Mg 합금과 Al-Mg-Si 합금은 내식성과 재활용이 우수하여 해양환경에 적합한 재료로 주목받고 있다. 최근 중소형 선박 건조에 알루미늄 합금을 사용하고 있으나 초기선가가 고가이며, 강선대비 선체 강도부족, 선체방식에 대한 인식결여와 용접기술과 같은 전문기술 및 인력이 부족한 여러 문제점들을 가지고 있다. 특히 이종 금속간 용접은 열적변형 및 용접재료 선정 등과 같은 어려움이 있다. 본 연구는 알루미늄 선박에 사용되는 Al-Mg 합금과 Al-Mg-Si 합금간 로봇을 이용한 이종 금속 용접을 실시하였으며, Si, Mg이 함유된 두 가지 용접재료를 사용하여 전기화학적, 기계적 특성을 평가하여 우수한 용접재료 선정하기 위하여 실시하였다.

### 2. 본론

알루미늄 선박에 사용되는 5456-H116과 6061-T6 합금에 대하여 로봇을 이용하여 용접을 실시하였다. 용접재료는 지름 1.2mm의 ER 5183과 ER 5556을 사용하였다. 용접조건은 ER 5183의 경우 144A, 19.9V, 42cpm 그리고 ER 5556의 경우는 147A, 20.0V, 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, 파단되는데 걸리는 시간 그리고 흡수에너지의 평균을 상호 비교하여 최적의 조건을 규명하였다. 경도 측정 실험은 마이크로 비커스 경도기를 사용하여 측정하였으며 인가한 하중은 9.807N, 유지시간은 10초, 1mm 간격으로 측정하였다. 에칭은 H<sub>2</sub>O, HF, HCl과 HNO<sub>3</sub> 혼합액으로 30초간 실시하였다. 전기화학적 실험 시 사용된 시험편의 노출면적은 1cm<sup>2</sup>로 하였으며, 시험편 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. 양분극실험 시에는 개로전위에서 0 V에서 3.0 V까지 실시하였으며, 음분극실험은 개로전위에서 -2.0 V까지 실시하였다. 타펠 분석은 400초 동안 안정시킨 후 개로전위에서 -0.25V ~ +0.25V까지 1mV/sec의 주사속도로 실시하여 부식전류밀도와 부식전위를 상호 비교하였다.

Table 1은 개로전위에 ± 0.25V 분극 시킨 곡선에서 타펠외삽법을 이용하여 평균 부식전위와 평균 부식전류밀도를 나타낸 것이다. 실험은 여러 차례 시행되었으며, 전체적으로 유사한 경향을 나타냈다. 부식전위는 6061-T6가 가장 높게 나타났으며, 부식전류밀도는 ER5183 용접부가 가장 낮게 나타났다. 타펠 실험을 종합 분석 결과 ER5183이 ER5556보다 양호한 특성을 나타냈다.

Fig. 1은 다양한 조건에 대한 천연 해수용액에서의 양분극 곡선을 나타내고 있다. 개로전위에서 양분극 시켰을 경우 전위 상승에 따른 전류밀도는 응력부식균열을 평가하는데 중요한 정보를 제공한다. 개로 전위에서 모든 조건에서 거의 유사한 값을 나타냈으며, 개로전위를 약간 넘는 영역에서 부동태 경향이 관찰된 후 공식전위 이상에서는 급격한 전류밀도의 상승이 관찰되었다.

Fig. 2는 다양한 조건에 대한 천연 해수용액에서의 음분극 곡선을 나타내고 있다. 음분극 곡선에서는 용존 산소 환원반응에 의한 농도분극과 수소 가스 발생에 의한 활성화 분극이 관찰되었다. 한편 농도분극과 활성화 분극의 변곡점은 방식전위를 결정하는 중요한 전위인데 6061-T6이 가장 낮은 값을 나타냈으며, 다음은 ER5183, ER5556, 5456-H116순으로 나타났다. 음분극 곡선에서 거의 비슷한 경향을 보였으나 ER5183이 ER5556보다 양호한 내식성을 보일 것으로 사료된다.

Table 1 타펠 외삽법 분석 결과표

	Corrosion Potential (V)	Corrosion Current Density (mA/Cm <sup>2</sup> )
5456-H116	-0.710	1.37 X 10 <sup>-6</sup>
6061-T6	-0.664	1.31 X 10 <sup>-6</sup>
ER 5183	-0.685	1.12 X 10 <sup>-6</sup>
ER 5556	-0.696	1.35 X 10 <sup>-6</sup>

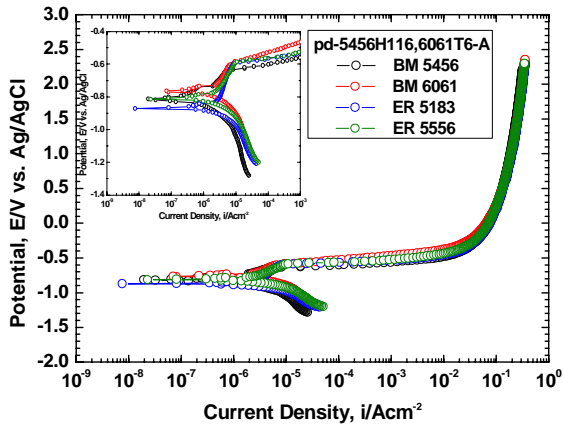


Fig. 2 천연 해수 용액에서의 양분극 곡선

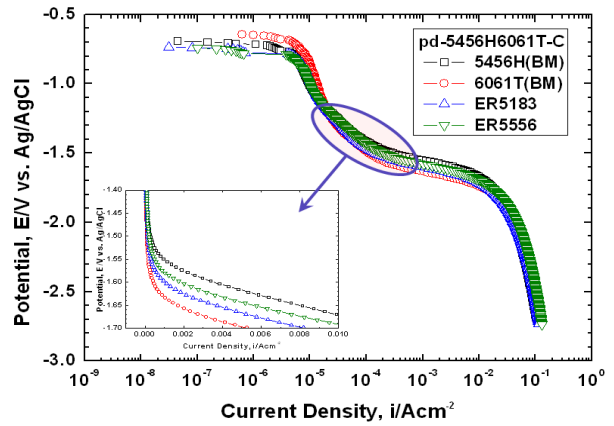


Fig. 3 천연 해수 용액에서의 음분극 곡선

Fig. 3은 이종알루미늄 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, 6061T인 경우는 열 영향부에서 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 경도가 낮은 곳에서 용접재료와 무관하게 파단이 되었다.

Fig. 4는 인장 시험을 실시한 후 파단면 사진을 각 배율별로 보여 주고 있다. 5456-H116 모재 롤링방향의 수직인 방향은 쉬어림이 많아 가장 양호한 기계적 특성을 보였다. 그러나 롤링방향은 수직방향에 비하여 준벽개 파면의 형상이 크고 많이 발견되어 연신율에 영향을 준 것으로 사료된다. 6061-T6 모재 롤링방향과 롤링방향의 수직인 방향은 유사한 덩플과 쉬어림 형상이 관찰되었으며, 덩플의 형상이 크고 쉬어림이 작아 5456-H116에 비해 낮은 연신율을 보인 것으로 사료된다. ER5183과 ER5556의 파단면은 전체적으로 덩플 형상이 많으나 부분적으로 준벽개 파면 형상이 관찰되어서 낮은 연신율을 보일 것으로 사료된다.

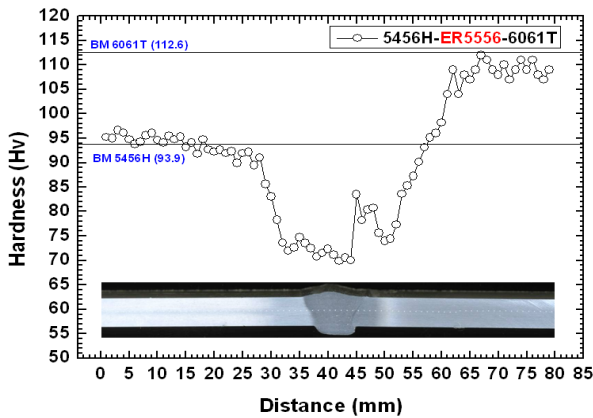


Fig. 3 경도 측정 결과

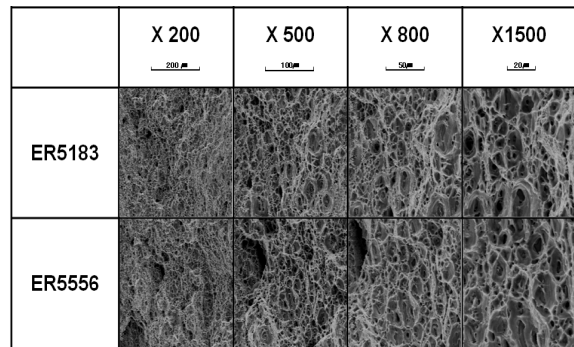


Fig. 4 인장시험 후 파단면 표면 사진

### 3. 결론

이종 알루미늄 합금의 MIG 용접 시 기계적, 전기화학적 특성 평가를 한 결과, ER 5183 용접재료를 사용한 경우가 양호한 특성을 보여 주었다. 6061-T6인 경우는 용접 후의 경도값이 다소 낮은 값을 나타냈으며, 열영향부는 용접부보다 다소 높은 경도값을 나타냈다. 기계적 특성평가 ER 5183 용접재료를 사용한 경우가 양호한 특성을 보여 주었다.

### 감사의 글

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