

## 해수용액에서 선박용 Al-Mg-Si 합금의 전기화학적 실험에 의한 방식전위 결정

정 상 옥·박 재 철·한 민 수·김 성 종<sup>†</sup>

목포해양대학교 기관시스템공학부  
(2010년 2월 6일 접수, 2010년 2월 24일 수정, 2010년 2월 24일 채택)

### The Protection Potential Decision by Electrochemical Experiment of Al-Mg-Si Alloy for Ship in Seawater

S. O. Jeong, J. C. Park, M. S. Han, and S. J. Kim<sup>†</sup>

Division of Marine Engineering, Mokpo Maritime University  
(Received February 6, 2010; Revised February 24, 2010; Accepted February 24, 2010)

The many vessels are built with FRP(Fiber-Reinforced Plastic) material for small boats and medium vessels. However, FRP is impossible to be used for recyclable material owing to environmental problems and causes large proportion of collision accidents because radar reflection wave is so weak that large vessels could not detect FRP ships during the sailing. Hence, Al alloy comes into the spotlight to solve these kinds of problems as a new-material for next generation instead of FRP. Al alloy ships are getting widely introduced for fish and leisure boats to save fuel consumption due to lightweight. In this study, it was selected 6061-T6 Al alloy which are mainly used for Al-ships and carried out various electrochemical experiment such as potential, anodic/cathodic polarization, Tafel analysis, potentiostatic experiment and surface morphologies observation after potentiostatic experiment for 1200 sec by using the SEM equipment to evaluate optimum corrosion protection potential in sea water. It is concluded that the optimum corrosion protection potential range is  $-1.4\text{ V} \sim -0.7\text{ V(Ag/AgCl)}$  for 6061-T6 Al alloy, in the case of application of ICCP(Impressed current cathodic protection), which was shown the lowest current density at the electrochemical experiment and good specimen surface morphologies after potentiostatic experiment for Al-Mg-Si(6061-T6) Al alloy in seawater environment.

**Keywords** : FRP(Fiber-Reinforced Plastic), small boat, Al alloy, corrosion, electrochemical experiment, optimum corrosion protection potential

## 1. 서 론

최근, FRP 선박의 경우, 폐선시 처리할 수 있는 친환경적인 방법이 없으며, 구성물질 자체가 레이더 파를 반사시키는 강도가 약하여 충돌에 의한 사고등과 같은 많은 문제점을 갖고 있다.<sup>1)</sup> 또한 화재에 취약하여 수년 전 항해 중 대형 인명사고가 발생한 사례가 있다. 이를 대처하기 위한 친환경 재료에 대한 관심이 대두되고 있는데 이에 부합한 재료는 신소재인 알루미늄 합금이라 할 수 있다. 알루미늄합금 선박은 비강도가 높고, 재활용이 가능하며, 가벼워서 연료 소모를 줄일 수 있는 등 많은 장점을 보유하고 있다. 그러나 알루미늄의 경우 부식특성은 물론 열에 취약하여 용접이나 열처리 등에 많은 심혈을 기울려야 하며, 이와 관련된 많은 연구 논문이 있다.<sup>2)-12)</sup> 먼저 선박용 알루미늄 합금은 크게 5XXX

계와 6XXX계로 분류되는데 5052-O 알루미늄 합금은 Mg 함량이 중간정도로 적당한 강도를 요구하는 선박, 차량, 건축 등의 구조재로 사용된다. 5083-H321 알루미늄 합금은 Mg 함유량이 상대적으로 많으며, 비열처리된 합금으로 5083 알루미늄 합금을 가공경화한 것으로 우수한 강도를 유지하면서 용접성도 뛰어나 선박, 차량, 저온용 탱크 등에 사용되고 있다. 또한 6061-T6 알루미늄 합금은 Al-Mg-Si계 합금으로 6061 알루미늄 합금을 용체화 처리(담금질)한 후, 인공 시효를 함으로써 기계적 강도가 우수하여 경량 및 고강도를 요구하고 내식성과 성형 가공성이 우수한 전신 재료 활용도가 대단히 높은 알루미늄 합금이다. 그러나 이 합금의 경우 내식성이 높다고 하더라도, 가혹한 부식환경인 해수에서는 공식이나 입계부식 등이 발생한다.

따라서 본 연구에서는 해수에서 6061-T6 알루미늄 합금에 대한 전기화학적 실험을 통한 부식을 방지할 수 있는 최적의 외부전원법에 의한 방식 전위 범위를 결정하고자 한다.

<sup>†</sup> Corresponding author: ksj@mmu.ac.kr

**Table 1. Chemical composition and mechanical properties for 6061-T6 Al alloy**

(a) Chemical composition wt(%)

Element	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al
6061-T6	0.74	0.31	1.18	0.055	3.62	0.11	0.23	0.012	Bal.

(b) Mechanical property

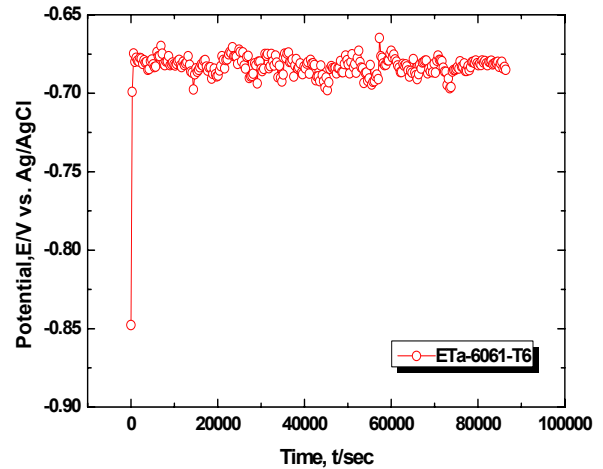
Test specimen direction	Max. tensile strength (MPa)	Yield strength (MPa)	Strain at fracture (%)	Time-to-fracture (min)
Rolling	305.01	287.12	14.4	39.09
Vertical	302.49	274.76	13.97	38.09

### 2. 실험시편 및 실험방법

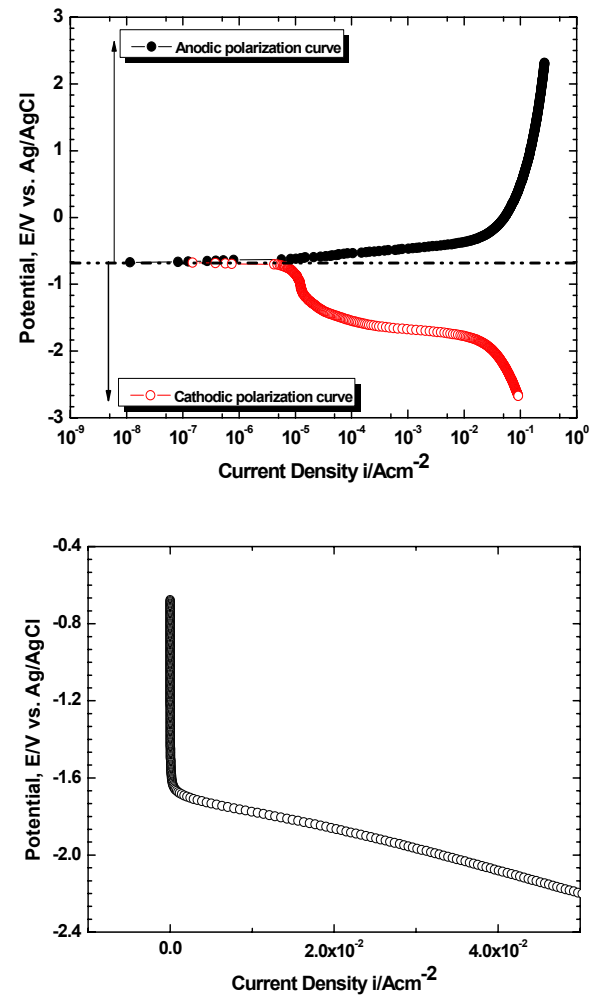
본 실험에 사용된 6061-T6 알루미늄 합금에 대하여 실질적인 화학적 조성과 기계적 특성을 Table 1에 나타냈다. 6061-T6 알루미늄 합금은 Mg과 Si를 첨가한 Al-Mg-Si 계 합금이며, 적당한 강도와 내식성이 우수하며, Cu를 약 1.18% 첨가하여 인성과 피로강도를 증가시켰다. 전기화학적 실험용 시험편은 모재 면적 1 cm<sup>2</sup> 노출시켜 마운팅을 실시한 후 에머리페이퍼 #2000번까지 연마한 후 아세톤과 증류수로 세척하여 드라이어로 건조한 시편을 사용하였다. 기준전극은 은/염화은(Ag/AgCl)을, 대극은 백금전극을 사용하여 2 mV의 주사속도로 천연해수 용액 조건에서 실험을 실시하였다. 재료의 안정화 시간 및 해수환경 하에서의 부식 특성을 파악하기 위해 자연전위 측정 실험을 하였으며, 실험은 86,400초(24시간) 동안 침적하여 그 거동을 관찰하였다. 양·음분극 실험은 동일한 해수용액에서 실시하였으며, 실험은 재현성 확보 및 경향을 파악하기 위해 최소 3회 이상 실시하였다. 또한 타펠 분석 실험은 개로전위를 기준으로 ±0.25 V 분극시켜 평균 부식전위와 평균 부식전류밀도를 관찰하였다. 그리고 부식 특성을 세밀히 파악하기 위해 실시한 정전위 실험은 해수용액에서 양분극과 음분극 시킨 후 일정 전위에서 1,200초 동안의 시간에 따른 전류밀도 변화와 1200초 후의 전류밀도를 전위별로 상호, 비교 평가하였다. 그리고 부식 정도를 상호 비교하기 위해 1,200초 동안 천연해수 용액에서 정전위 실험을 실시한 시편에 대하여 주사전자현미경(scanning electron microscope, SEM)을 사용하여 시편 표면 형상을 상호비교 분석하였다.

### 3. 연구결과 및 고찰

Fig. 1은 6061-T6 알루미늄 합금의 시편을 천연 해수



**Fig. 1.** Variation of potential for 86,400s in sea water for 6061-T6 Al alloy.



**Fig. 2.** Anodic polarization curves and cathodic polarization curves in sea water for 6061-T6 Al alloy.

용액에서 86,400초(24시간) 동안 침적시켜 자연전위를 측정 한 그래프이다. 침적과 동시에 전위가 귀방향으로 급격히 상승하였으며, 약  $-0.67\text{ V(Ag/AgCl)}$  전위에서 실험 종료 시까지 소폭의 전위 상승과 하강을 반복하면서 안정된 전위를 유지하였으며 실험 종료 시 전위는 약  $-0.684\text{ V(Ag/AgCl)}$  를 나타냈다.

Fig. 2는 6061-T6 알루미늄 합금에 대하여 천연해수 용액에서 개로전위 (OCP, open circuit potential)에서 양분극 곡선과 음분극 실험을 실시하여 합한 그래프이다. 먼저 양분극 경향은 개로전위를 기준으로 귀방향으로 이행함에 따라 꾸준한 전류밀도의 상승을 나타냈다. 또한 5083-H112 합금은 해수 용액에서 2차래에 걸친 부동태 경향을 나타냈으나, 6061-T6 알루미늄 합금은 양분극 곡선에서 부동태 경향을 나타내지 않고 꾸준한 전류밀도 상승이 나타났으므로 외부응력 작용 시 이 구간에서는 응력부식균열에 취약할 것으로 사료된다.<sup>2)</sup>

한편 음분극 경향은 개로전위에서 전위가 비방향으로 이행함에 따라 용존산소환원반응에 의한 농도분극과 수소가스 발생에 의한 활성화 분극의 경향이 관찰되었다. 또한 용존산소 환원반응에 의한 농도분극과 수소가스 발생에 의한 활성화 분극의 변곡점은 약  $-1.7\text{ V(Ag/AgCl)}$  를 나타냈다. 이 전위는 6061-T6 알루미늄 합금의 음극 방식 적용 시 한계적용 전위에 해당되는데 이보다 귀한 전위에서는 농도분극이 발생하므로 방식전위에 해당되나 이보다 비한 전위는 원자성 수소나 분자성 수소의 발생으로 외부에서 응력 작용 시 수소취화 발생 가능성이 있다는 것을 의미한다. 따라서 외부전원법에 의한 방식 기술 적용 시  $-1.7\text{ V(Ag/AgCl)}$  보다 귀한 용존산소환원반응에 의한 농도분극이 발생하는 전위를 유지하여야 한다. 또한 해수에서의 6061-T6 알루미늄 합금은 음분극에서 현저히 낮은 전류밀도를 나타내고 있으며, 또한 부동태 경향이 나타나지 않았으므로 양극방식에 비해 음극 방식을 실시하는 것이 타당하다고 판단된다.

Fig. 3은 천연해수 용액에서  $\pm 0.25\text{ V(Ag/AgCl)}$ 로 분극시켜 그린 타펠분석을 위한 분극곡선을 보여주고 있다. 양분극 곡선과 음분극 곡선에서 살펴본 바와 유사한 경향이 관찰되었으며, 특히 개로전위를 기준으로 양분극 구간에서는 전위 상승에 따라 전류밀도가 꾸준히 상승하였지만, 음분극 구간에서는 농도분극의 영향으로 낮은 전류밀도를 나타내어 양분극 구간에 비해 낮은 전류밀도를 나타냈다. Table 2는 타펠 분석을 통해 부식전위와 부식전류밀도의 평균값을 구한 것을 보여주고 있다. 세 번의 측정 결과 재현성이 확보되었으며, 타펠 분석을 통해 얻은 평균 부식전위와 평균 부식전류밀도는 각각  $-658.0\text{ mV(Ag/AgCl)}$ 와  $1.9 \times 10^{-6}\text{ A/cm}^2$ 을 나타냈다.

다음은 606-T6 알루미늄 시험편에 대하여 천연 해수 용

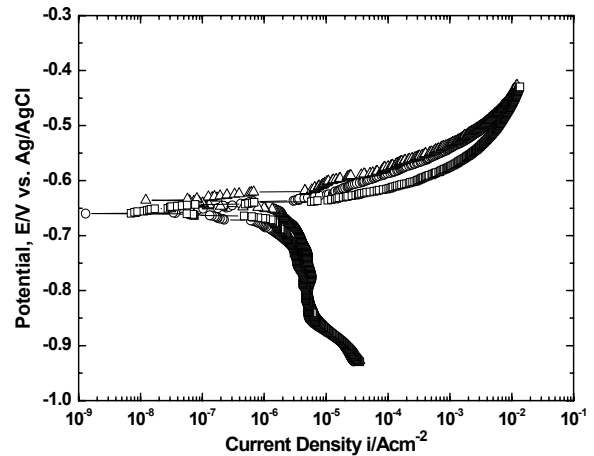


Fig. 3. Polarization curves for Tafel analysis in sea water of 6061-T6 Al alloy.

Table 2. Tafel analysis results in sea water for 6061-T6 Al alloy

No.	corrosion potential (mV)	corrosion current density (A/cm <sup>2</sup> )
1	-661.3	$2.0 \times 10^{-6}$
2	-655.4	$2.0 \times 10^{-6}$
3	-657.3	$1.7 \times 10^{-6}$
Average	-658.0	$1.9 \times 10^{-6}$

액에서 1,200초 동안 다양한 전위에서 양·음분극 시켜 부식 경향을 좀 더 세밀히 관찰하였다.

Fig. 4는 6061-T6 알루미늄 합금 시험편에 대하여 천연해수 용액에서 1,200초 동안 정전위 실험 시 시간-전류밀도 곡선을 나타낸 것이다.

Fig. 4(a)는  $-0.2\text{ V} \sim 0.2\text{ V(Ag/AgCl)}$  전위에서의 1,200초간 정전위 실험 시 전류밀도의 변화를 나타낸 것이다. 전위가 귀방향으로 이행함에 따라 활성화용해 반응으로 인해 높은 전류밀도를 나타냈으며, 특히  $0.2\text{ V(Ag/AgCl)}$ 에서는 6061-T6 알루미늄 합금에 대하여 정전위 실험 시 적용 전위 중 가장 높은 전류밀도인 약  $0.09\text{ A/cm}^2$ 를 나타냈다. 3가지 적용 전위에서 정전위 시험 시 침지와 동시에 전류밀도가 상승하였으며 실험 종료 시까지 일정한 전위값을 나타냈다.

Fig. 4(b)의  $-0.6 \sim -0.2\text{ V(Ag/AgCl)}$  적용 전위에서는 침지와 동시에 전류밀도가 상승하였으나, 적용 전위가 낮은 값일수록 초기에 다소 완만한 전류밀도의 상승이 관찰되었으며, 이후 대체적으로 일정한 전류밀도를 유지하였다. 전체적으로 전위가 귀방향일수록 높은 전류밀도를 나타냈다.

Fig. 5는 6061-T6 알루미늄의 양분극 정전위 실험의 평균값을 나타낸 것이다. 수차례 실험을 실시한 결과 동일 조건에 대하여 유사한 전류밀도를 나타냈으며, 그 중 검은

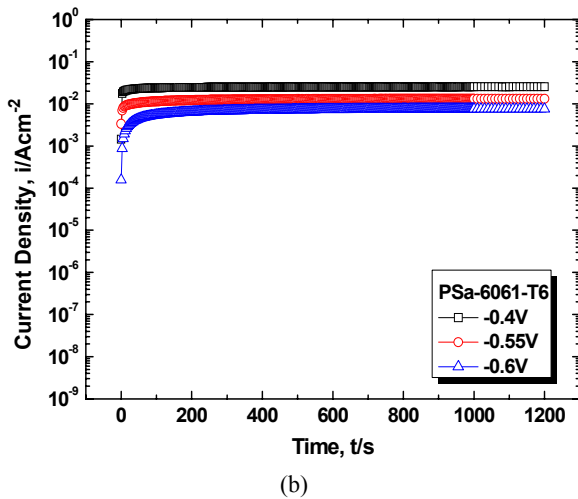
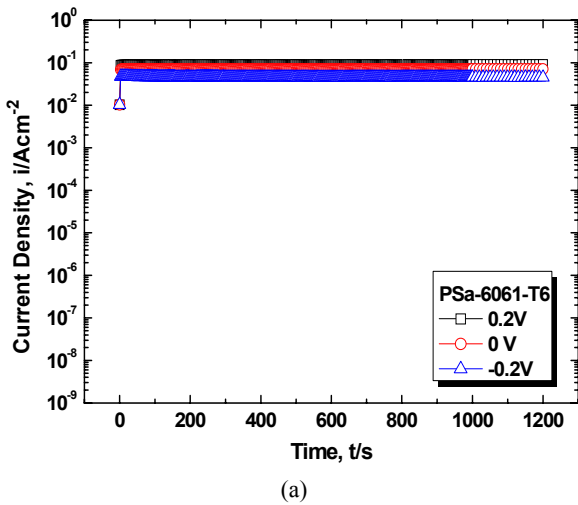


Fig. 4. Time-current density curves after potentiostatic experiment at anodic potential in sea water for 6061-T6 Al alloy.

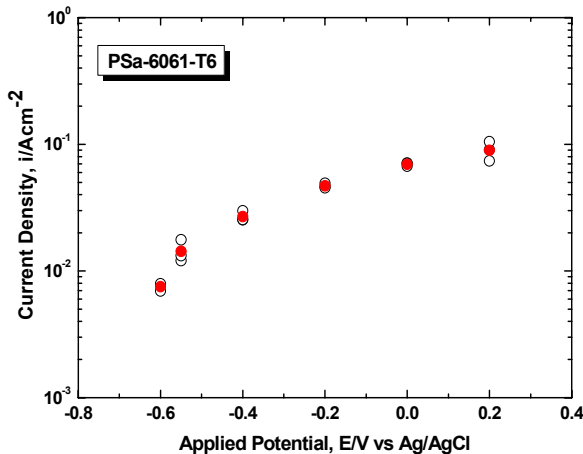


Fig. 5. Comparison of current density after potentiostatic experiment during 1200s at potential of -0.6 V ~ 0.2 V in sea water for 6061-T6 Al alloy.

원은 동일 조건에서의 평균값을 나타낸 것이다.  $-0.6\text{ V} \sim 0.2\text{ V}$  (Ag/AgCl) 구간에서의 양분극 정전위 곡선에서 언급한 바와 같이 전위가 귀방향으로 상승함에 따라 높은 전류밀도를 나타냄을 확인할 수 있다. 이러한 양분극 구간에서는 활성 용해 반응에 기인하여 대체적으로 높은 전류밀도를 나타낸 것으로 판단된다. 알루미늄의 E-pH 선도를 보면 해수의 경우 pH 8 전후이기 때문에 부식이 되지 않을 것으로 생각되나 해수 속에는 염소이온이 포함되어 있어 생성된 부동태 피막을 파괴하여 중성용액에서도 부식이 된다고 할 수 있다.<sup>13)</sup>

Fig. 6은 6061-T6 알루미늄 합금에 대하여 천연 해수 용액에서 1,200초 동안 다양한 전위에서 실시한 음분극시킨 상태에서 정전위 실험 후 전류밀도-시간 곡선을 나타낸 것이다.

Fig. 6(a) 그래프는 개로전위 주위인  $-0.7\text{ V}$  (Ag/AgCl)에서 농도분극 구간인  $-1.0\text{ V}$ 에서의 양분극 정전위 실험 후 시간에 따른 전류밀도의 변화를 나타낸 것이다. 개로전위 구간 범위에서는 다른 적용 전위에 비해 현저히 낮은 전류밀도를 나타냈으며,  $-0.7\text{ V}$  (Ag/AgCl)의 경우에는 실험 종료 시 정전위 실험 적용 범위 중 가장 낮은 전류밀도인 약  $-1.7 \times 10^{-6}\text{ A/cm}^2$ 를 나타냈다. 특히  $-0.8\text{ V}$  (Ag/AgCl)에서는 개로전위 주위에 해당되는 구간으로 침지 초기 대단히 낮은 전류밀도를 나타냈지만, 시간이 지남에 따라 전류밀도의 상승과 하강을 반복하면서 심하게 변동하는 경향이 관찰되었다. 그리고  $-1.0\text{ V}$  (Ag/AgCl)에서는 침적과 동시에 비교적 높은 전류밀도를 나타냈으며 실험 시작 후 60초까지 전류밀도가 상승했지만, 시간이 지남에 따라 완만한 전류밀도 하강이 나타났으며 대체적으로 안정된 전류밀도를 나타냈다.

Fig. 6(b)는 음극방식영역인 농도분극구간에 해당하는  $-1.4\text{ V} \sim -1.2\text{ V}$  (Ag/AgCl)에서의 음분극 정전위 실험 후의 시간-전류밀도의 관계를 나타낸 것이다. 양분극곡선에서 고찰한 바와 같이 용존산소환원반응에 의한 농도분극의 영향으로 대체적으로 낮은 전류밀도를 나타냈으며, 또한 전위가 귀방향으로 이행함에 따라 낮은 전류밀도를 나타냈으므로 앞에서 살펴본 음분극 곡선과 동일한 경향이 나타났음을 알 수 있다.

한편, Fig. 6(c)는 6061-T6 알루미늄 합금 시험편에 대하여  $-1.55\text{ V} \sim -1.45\text{ V}$  (Ag/AgCl)에서의 음분극 정전위 실험 후 시간-전류밀도의 관계를 나타낸 것이다. 특히  $-1.5\text{ V}$  (Ag/AgCl) 적용 범위에서는 용존산소환원반응에 의한 농도분극과 수소가스 발생에 의한 활성화 분극의 변곡점인  $-1.4\text{ V}$  (Ag/AgCl)보다 낮은 전위 구간으로 시간이 지남에 따라 완만하게 전류밀도의 상승을 나타냈으며, 전류밀도 값이 다른 농도분극 구간에 비하여 다소 높은 것이 관찰된 것으로 보아 농도분극 구간에서 활성화 분극으로 변화

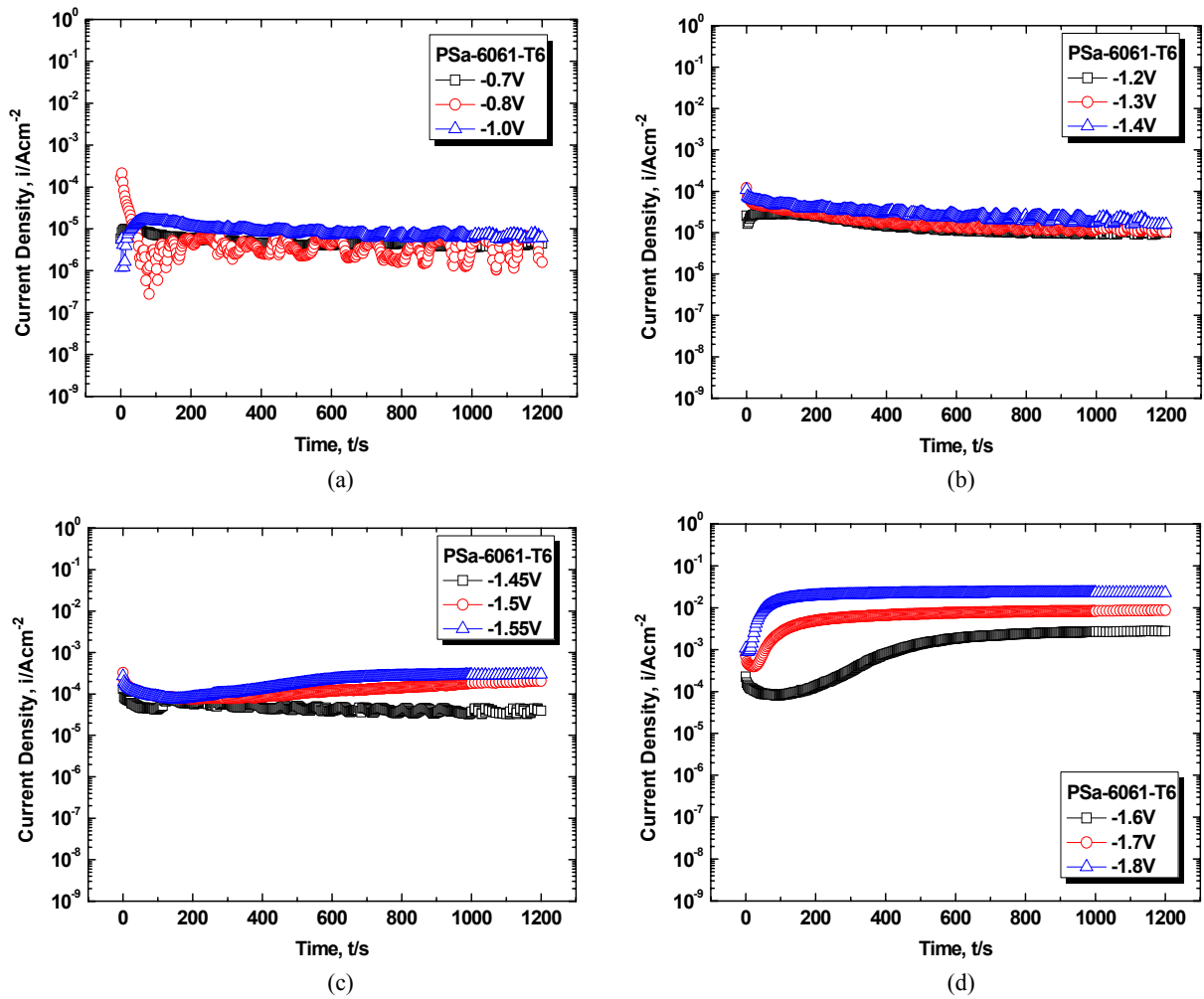


Fig. 6. Time-current density curves at various potential after cathodic potentiostatic experiment in sea water for 6061-T6 Al alloy.

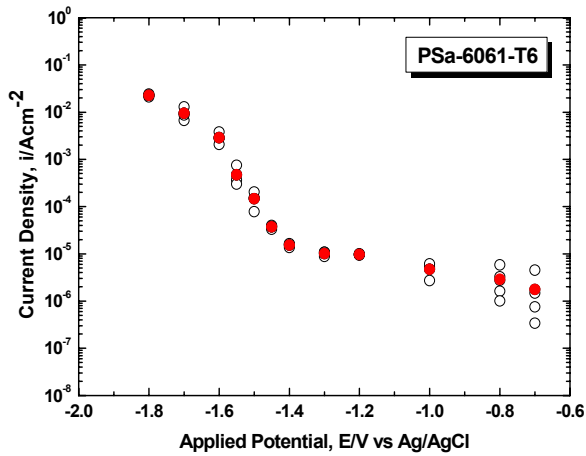


Fig. 7. Comparison of current density after potentiostatic experiment during 1200s at apply potential of -1.8 V ~ -0.7 V in sea water for 6061-T6 Al alloy.

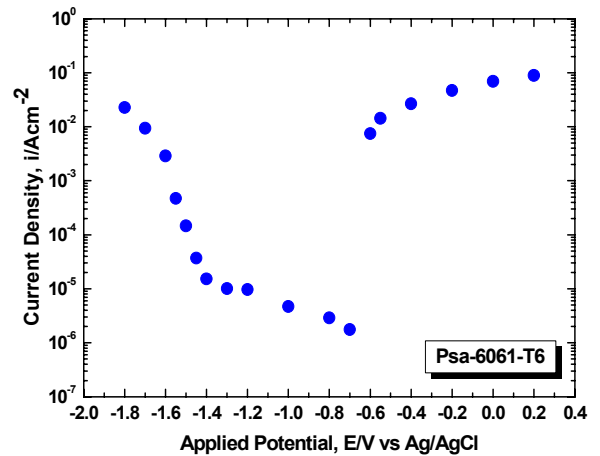


Fig. 8. Comparison of current density after potentiostatic experiment during 1200s at potential of -1.8 V ~ 0.2 V in sea water for 6061-T6 Al alloy.

한다는 것을 유추할 수 있다.

Fig. 6(c), (d)의  $-1.55\text{ V} \sim -1.8\text{ V}(\text{Ag}/\text{AgCl})$ 의 적용 범위에서는 다른 적용 범위에 비해 높은 전류밀도를 나타냈으며, 또한 전위가 비방향으로 이행함에 따라 높은 전류밀도를 나타냈다. 특히 음분극 실험 시 수소가스 발생을 육안으로 관찰되었으며, 이러한 현상은 전위가 낮을수록 수소가스에 의한 활성화 반응이 더 활발히 일어나는 것을 확인할 수 있었다.

Fig. 7은 6061-T6 알루미늄 합금 시험편에 대하여 여러 전위에서 음분극 정전위 실험을 1,200초 동안 실시 한 후 전위에 따른 전류밀도 평균값을 나타낸 것이다. 개로전위 주위인  $-0.8\text{ V} \sim -0.7\text{ V}(\text{Ag}/\text{AgCl})$ 에서는 다른 적용 전위에 비해 낮은 전류밀도를 나타냈다. 또한 음분극 구간에서는 전위가 낮아짐에 따라 높은 전류밀도를 나타냈으며, 6061-T6 알루미늄 합금의 음분극 실험 시 가장 낮은 전위인  $-1.8\text{ V}(\text{Ag}/\text{AgCl})$ 에서는 약  $0.027\text{ A}/\text{cm}^2$ 의 높은 전류밀도 값을

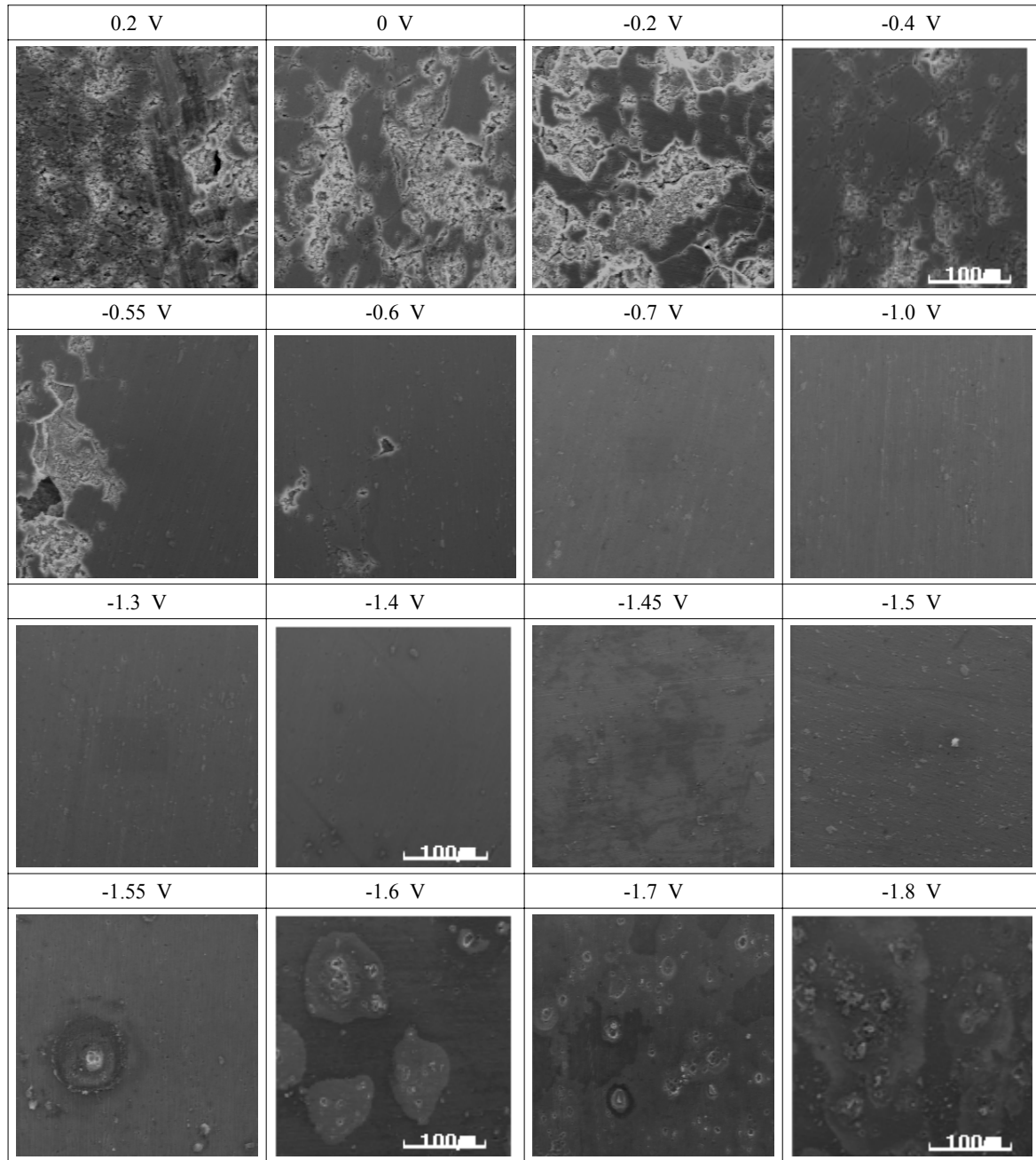


Fig. 9. Surface morphologies after potentiostatic experimental during 1,200s at potential of  $-1.8\text{ V} \sim 0.2\text{ V}$  in sea water.

나타냈다.

Fig. 8은 6061-T6 알루미늄 합금의 천연 해수 용액에서 1,200초 동안 다양한 전위에서의 정전위 실험 후 전류밀도 평균값을 나타낸 것이다. 개로전위 주위인  $-0.7$  V(Ag/AgCl)에서 가장 낮은 전류밀도를 나타냈으며, 개로전위 보다 높은 전위에서는 전위가 귀방향으로 이행함에 따라 활성화 반응에 의한 영향으로 높은 전류밀도를 나타냈다. 또한 개로전위 주위인  $-0.7$  V(Ag/AgCl)에서  $-1.4$  V(Ag/AgCl)까지는 용존산소환원반응에 의한 농도분극의 영향으로 낮은 전류밀도가 관찰되었으며, 변곡점  $-1.4$  V(Ag/AgCl)보다 낮은  $-1.8$  V ~  $-1.45$  V(Ag/AgCl)에서는 다른 적용 전위에 비해 높은 전위를 나타냈다. 여기서 전위가 비방향으로 이행함에 따라 수소가스 발생에 의한 활성화분극으로 높은 전류밀도를 나타낸 것으로 사료된다. 분극곡선에서도 관찰한 바와 같이 정전위 실험에서도 양분극 전위 구간에 비해 음분극 전위에서 다소 낮은 전류밀도를 나타냈으므로 음극 방식이 양극방식 적용 시보다 더 효과적일 것으로 판단된다. 따라서 정전위 실험에 의한 606-T6 알루미늄 합금의 방식 전위 적용 시 해수 환경에서 최적의 방식 전위는 개로전위 주위에서 농도분극 구간인  $-1.4$  V ~  $-0.7$  V(Ag/AgCl)로 사료된다.

Fig. 9는 6061-T6 알루미늄 합금 시험편에 대하여 천연 해수용액에서 1,200초 동안 양·음분극 정전위 실험을 1200초동안 실시한 후 주사전자현미경을 사용하여 시편의 표면을 관찰한 것이다. 정전위 실험을 통해 고찰한 바와 같이 양분극 적용 전위 범위의 경우  $0.2$  V ~  $-0.6$  V(Ag/AgCl)에서는 용해 반응에 의한 영향으로 부식에 의한 손상이 관찰되었고, 그 경향은 전위가 높아질수록 용해 반응이 강하게 일어나서 시편 표면 부식에 의한 손상이 크게 나타난 것으로 판단된다. 개로전위 주위와 용존산소 환원 반응에 의한 농도 분극 범위인  $-1.4$  V ~  $-0.7$  V(Ag/AgCl)에서는 표면에 부식이 관찰되지 않았고, 변곡점  $-1.4$  V(Ag/AgCl)보다 낮은 전위의  $-1.45$  V(Ag/AgCl)에서는 약간 부식된 표면 형상이 관찰되었다. 그리고  $-1.8$  V ~  $-1.55$  V(Ag/AgCl) 구간에서는 수소가스에 의한 활성화 분극의 영향으로 부식되었으며, 전위가 비방향으로 이행함에 따라 현저한 경향이 관찰되었다. 따라서 시편 표면 형상을 통해서 방식기술 적용 시 전위는  $-1.4$  V ~  $-0.7$  V(Ag/AgCl)인 것으로 사료된다. 이는 British standard 7361의  $-1.15$  V ~  $-0.9$  V(Ag/AgCl)의 기준과 다소 차이를 보이는 이는 사용된 용액에 따라 다른 전기화학적 거동을 보이기 때문으로 사료된다.

#### 4. 결 론

선박용 알루미늄 합금으로 많이 사용되는 6000계열 알루미늄 합금인 6061-T6 알루미늄 합금에 대하여 해수환경

하에서 최적방식 전위에 대해 규명에 관한 연구 결과는 다음과 같다.

양분극 실험 결과, 전위가 귀방향으로 이행함에 따라 활성화 반응에 의한 영향으로 높은 전류밀도를 나타냈으며, 부동태 구간은 나타나지 않았다. 음분극 곡선에서는 농도분극과 활성화 분극이 나타났으며, 그 변곡점은  $-1.7$  V(Ag/AgCl)를 나타냈다. 음분극 구간에서는 전위가 비방향으로 이행함에 따라 높은 전류밀도를 나타냈다. 또한 타펠 분석 결과 평균 부식전위와 평균 부식전류밀도를 구하였으며, 그 값은  $-658.0$  mV(Ag/AgCl),  $1.9 \times 10^{-6}$  A/cm<sup>2</sup>를 나타냈다.

정전위 실험 결과, 개로전위  $-0.7$  V(Ag/AgCl)를 기준으로 전위가 귀방향으로 이행함에 따라 부동태 경향을 나타내지 않았으며, 전류밀도가 상승하는 경향을 나타냈으며, 또한  $-1.4$  V(Ag/AgCl) 보다 전위가 비방향으로 이행함에 따라 높은 전류밀도를 나타냈다. 이는 양극분극 구간에서는 용해 반응에 의한 영향과 음극분극 구간에서는 활성화 분극의 영향으로 사료된다. 하지만  $-1.4$  V ~  $-0.7$  V(Ag/AgCl) 구간에서는 대체적으로 낮은 전류밀도를 나타냈으며, 이는 정전위 실험 후 주사전자현미경을 통해 시편을 관찰한 결과 양호한 표면이 관찰되었다. 따라서 전기화학적 실험 결과, 6061-T6 알루미늄 합금의 해수 환경 하에서 부식 방지를 위한 방식 전위는 낮은 전류밀도와 양호한 시편 표면 형상을 나타낸  $-1.4$  V ~  $-0.7$  V(Ag/AgCl)로 판단된다.

#### 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술진흥원의 지역 혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임.

#### 참 고 문 헌

1. S. J. Kim, S. K. Jang, and M. S. Han, *J. of the Korean society of marine environment & safety*, **13**, 223 (2007).
2. M. S. Han, S. C. Ko, S. H. Kim, S. K. Jang, and S. J. Kim, *Metals and Materials International*, **14**, 203 (2008).
3. S. K. Jang and S. J. Kim, *J. of the Korean institute of surface engineering*, **41**, 156 (2008).
4. B. H. Yoon, H. J. Kim, W. S. Chang, and Y. G. Kweon, *Corrosion Science and Technology*, **5**, 196 (2006).
5. S. J. Kim and S. K. Jang, *J. of the Korean institute of surface engineering*, **41**, 341 (2008).
6. Z. Yin, W. V. Ooij, and P. puomi, *Corrosion Science and Technology*, **5**, 206 (2006).
7. Y. B. Woo and S. J. Kim, *J. of the Korean institute of surface engineering*, **42**, 34 (2009).
8. J. C. Park and S. J. Kim, *J. of the Korean institute of surface engineering*, **42**, 13 (2009).
9. I. J. Son, H. Nakano, S. Oue, S. Kobayashi, H. Fukushima,

- and Z. Horita, *Corrosion Science and Technology*, **6**, 275 (2007).
10. M. Sakairi, Y. Shimoyama, and D. Nagasawa, *Corrosion Science and Technology*, **7**, 168 (2008).
  11. S. J. Kim, M. S. Han, and S. K. Jang, *The Korean Journal of Chemical Engineering*, **26**, 250 (2009).
  12. S. J. Kim and S. K. Jang, *Transaction of nonferrous metals society of china*, **19**, 887 (2009).
  13. M. Pourbaix, Atlas of electrochemical equilibria, NACE, Houston, 168 (1974).