

해수 중 용해시킨 기체에 의해 제작한 전착 막의 결정구조 제어 및 특성 평가 Crystal Structure Control of Deposit Films Formed by Electrodeposition Process with Dissolved Gases in Seawater and Their Properties

박준무^{a,*}, 최인혜^a, 황성화^a, 강준^a, 이찬식^b, 이명훈^a

^{a*}한국해양대학교 기관공학부(E-mail:leemh@kmou.ac.kr), ^b한국선급협회

초 록 : 항만 및 해양 구조물은 육상과는 비교할 수 없을 정도로 가혹한 해수 환경에서 사용되며 계속적으로 부식 손상을 받는다. 따라서 강구조물이 장기적으로 안전하게 사용되기 위해서는 적절한 방식은 물론 철저한 유지관리가 필수적이다. 한편, 현재 해양환경 중 항만, 조선, 해양산업 등에 많이 이용되는 강구조물은 이에 대응하기 위하여 일반적으로 도장방식이나 음극방식이 사용되고 있다[1,2]. 음극방식은 피방식체를 일정전위로 음극 분극하는 원리로서 외부전원을 인가하거나 비전위의 금속을 희생양극으로 연결하여 방식하는 방법이다. 이와같이 해수 중 음극방식을 실시할 경우 해수 중 용존하는 많은 이온들 중에서 특히 Ca^{2+} 이나 Mg^{2+} 이온이 탄산칼슘, 수산화마그네슘을 주성분으로하는 화합물로 형성된다. 이렇게 생성된 전착막은 산소 확산을 방지하는 물리적 장벽을 형성하고 부식율을 감소시키는 것으로 보고되고 있다[3]. 그러나 전착막은 소지 금속과의 결합력이 불균일 함은 물론 막을 형성하는데 있어서 장시간이 소요된다는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 해수 중 음극방식 응용 원리에 의해 전착막을 형성하고, 석출속도, 밀착성 및 내식특성을 향상시키기 위해 해수 중 기체를 용해시켜 제작한 막의 특성을 분석·평가하였다.

본 연구에 사용된 기관(substrate)은 일반구조용 강(SS400)을 사용하였으며, 면적은 70 mm × 30 mm, 두께는 1 mm로 제작하여 실험을 진행하였다. 외부전원은 정류기(Rectifier, xantrex, XDL 35-5T)를 사용하여 3 및 5 A/m²의 조건으로 인가하였고, 양극은 Carbon Rod를 사용하였다. 이때 해수에 주입한 이산화탄소의 양은 0.5 NL/min 였다. 각 조건별로 제작된 전착막에 대해 외관관찰, 석출량, 모폴로지, 조성원소 및 결정구조 분석을 실시하였고, 밀착성 및 내식특성을 평가하기 위해 테이핑 테스트(Taping Test, JIS K 5600-5-6)와 3.5 % NaCl 용액에서 전기화학적 양극 분극 시험을 진행하였다.

시간에 따른 전착막의 외관관찰 결과 전류밀도의 증가와 함께 상대적으로 많은 피막이 형성되었고, 용해시킨 기체에 의해 더 치밀하고 두터운 피막이 형성됨을 확인할 수 있었다. 성분 및 결정구조 분석 결과 $Mg(OH)_2$ 성분의 Brucite 및 $CaCO_3$ 성분의 Calcite 구조 및 Aragonite 구조를 확인하였으며, 용해시킨 기체의 영향으로 $CaCO_3$ 성분의 Aragonite 구조가 상대적으로 많이 검출되었다. 이는 해수 중 용해된 이산화탄소의 영향으로 인해 풍부한 CO_3^{2-} 이온이 형성되고 용액 pH를 낮게 유지시켜 Ca 화합물 형성이 용이한 환경이 조성되는 것으로 판단된다. 밀착성 및 내식성 평가를 실시한 결과 해수 중 용해시킨 기체에 의해 제작한 시편의 경우 견고하고 화학적 친화력이 높은 Aragonite 결정이 표면을 치밀하게 덮어 전해질로부터 산소와 물의 침입을 차단하는 역할을 하여 기체를 용해시키지 않은 3 A/m² 및 5 A/m² 보다 비교적 우수한 밀착성 및 내식 특성을 보이는 것으로 사료된다.

참고 문헌

1. Lee, M. H, "Formation of Brucite- $Mg(OH)_2$ Films by Electrodeposition Technique in Seawater and Their Corrosion Resistance and Adhesion Properties", The 2nd International Symposium on Hybrid Material and Processing (2011), p. 62.
2. Lee, S. J, "Formation of Environment Friendly Electrodeposition Films by CO_2 Gas Dissolved in Seawater and Their Corrosion Resistance", J. Kor. Inst. Surf. Eng., Vol. 47, No. 1 (2014), p. 39-47.
3. Park, J. M, "The Characteristic Analysis of Calcareous Deposit Films Formed on Steel Plate by Cathodic Current Process in Marine Environment", J. Kor. Inst. Surf. Eng., Vol. 49, No. 2 (2016), p. 166-171.

- 본 연구는 2016년도 산업통상부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(No.20143010021820)