

해수 중 칼슘 및 마그네슘을 포함한 전착 코팅막의 결정구조에 미치는 용해 기체의 영향

Influence of Dissolved Gases on Crystal Structure of Electrodeposition Films Containing Calcium and Magnesium in Seawater

박준무^{a,*}, 서범덕^a, 이슬기^a, 김정필^a, 강준^a, 문경만^b, 이명훈^a

^a한국해양대학교 기관공학부(E-mail:leemh@kmou.ac.kr), ^b한국해양대학교 조선기자재공학부

초 록 : 부식은 재료와 사용 환경과의 상호작용에 의한 결과로서 일반적으로 두께의 감소와 균열의 발생 및 파손 등의 문제로 나타난다. 특히 사용환경 중에서 해수 분위기는 금속의 부식에 가장 유리한 조건이다. 따라서 해양환경 중 항만이나 조선 및 해양 산업 등에 많이 이용되는 강 구조물은 이에 대응하기 위하여 도장방식이나 음극방식을 사용하고 있다. 여기서 음극방식은 피방식체를 일정전위로 음극 분극하는 원리로서 외부전원을 인가하거나 비전위의 금속을 전기적으로 연결하여 방식하는 방법이다[1]. 한편, 해수 중에서 이와 같은 원리로 음극방식 할 경우에는 피방식체인 강제표면에 부분적으로 칼슘 또는 마그네슘 화합물 등의 생성물이 부착하는 현상을 볼 수 있게 된다. 이와 같이 수산화마그네슘(Mg(OH)₂) 및 탄산칼슘(CaCO₃)을 주성분으로 하여 석출되는 석회질 피막(calcareous deposits)은 피방식체에 유입되는 음극방식 전류밀도를 감소시켜 주거나 물리적 장벽의 역할을 함으로써 외부의 산소와 물 등 부식환경으로부터 소지금속을 보호한다[2]. 그러나 석회질 피막은 소지금속과의 결합력, 막의 균일한 분포, 내식성 및 제작시간의 단축 등 해결해야 할 과제가 있다. 또한 여러 가지 환경 조건 등의 영향을 받아 그 피막의 형성 정도도 가늠하기 어렵기 때문에 음극방식 설계 시 그 정도에 따른 영향을 고려-반영하기가 곤란하다. 따라서 본 연구에서는 석출속도, 밀착성 및 내식특성을 향상시키기 위해 전착프로세스를 통해 해수 중 기체를 용해시켜 석회질 피막을 제작하고 막의 결정구조 제어 및 특성을 분석-평가하였다.

본 연구에 사용된 강 기판(Steel Substrate)은 일반구조용강(KS D 3503, SS400)을 사용하였으며, 외부전원은 정류기(Rectifier, xantrex, XDL 35-5T)를 사용하여 3 및 5 A/m²의 조건으로 인가하였다. 양극의 경우에는 해수에 녹아있는 이온 이외에 다른 성분들이 환원되는 것을 방지하기 위해 불용성 양극인 탄소봉(Carbon Rod)을 사용하였다. 이때 석출속도, 밀착성 및 내식특성 향상을 위해 해수에 주입한 기체의 양은 0.5 NL/min 였으며, 기판 근처에 고정하여 음극 부근에서의 반응을 유도하였다. 각 조건별로 제작된 막의 표면 모폴로지, 조성원소 및 결정구조 분석을 실시하였으며, 석회질 피막의 밀착성과 내식특성을 평가하기 위해 규격에 따른 테이핑 테스트(Taping Test, ISO 2409)와 3 % NaCl 용액에서 전기화학적 양극 분극 시험을 진행하여 제작된 막의 내구성과 내식성을 분석-평가하였다.

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 CaCO₃ 성분의 Calcite 및 Aragonite 구조를 확인하였으며, 용해시킨 기체의 영향으로 CaCO₃ 성분의 Aragonite 구조가 상대적으로 많이 검출되었다. 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 및 5 A/m² 보다 비교적 우수한 밀착성 및 내식 특성을 보이는 것으로 사료된다.

참고 문헌

1. Lee, M. H, "Brucite-Mg(OH)₂ Films Formed by Electro-deposition Method in Nature Seawater", 12th International Symposium on Biomimetic Materials Processing, BMMP-12(2012)94.
2. Lee, M. H, "Environmentally Friendly Hybrid Coating Formed by Electro-deposition Method in Natural Seawater with Dissolved Carbon Dioxide", The 1st International Conference on Surface Engineering, ICSE2013(2013)620.