

전기화학적 임피던스 분광법에 의한 표면처리한 강재 도장의 부식-도막 열화도 평가

Degradation evaluation of paint films on surface treated steel by electrochemical impedance spectroscopy

박준무^{a,*}, 박재혁^a, 김순호^a, 이상균^b, 권용민^c, 문경만^d, 이명훈^a^a한국해양대학교 기관공학부(E-mail:leemh@kmou.ac.kr), ^b한국전력공사 전력연구원, ^c벽산페인트 기술연구소,^d한국해양대학교 조선기자재공학부

초 록 : 강재의 방식법 중 도장은 부식을 억제하는데 효과적이고 편리한 방법으로 선박 및 해양 강 구조물의 방식법으로 사용되고 있다. 한편, 강 구조물의 효율적인 유지관리를 위해서는 방식 도장의 도막 열화도를 평가하고 잔존 수명을 예측하여 최적 시기에 보수도장 혹은 재도장하는 것이 필요하다. 일반적으로 선박 및 해양구조물에 적용되는 도막의 방식 성능 평가 방법으로 해수 침지 시험, 염수 분무 시험, 옥외 폭로 시험 등이 있다. 그러나 이러한 시험들은 그 시험 방법에 따라서 정량적인 평가에 한계가 있음은 물론 장기간 소요되는 등 곤란한 문제점이 있다. 그러므로 선박 및 해양구조물을 비롯하여 교량, 각종 강 구조물의 도장 방식에 사용되는 방식용 도료의 성능을 단기간에 적절하게 평가할 수 있는 가속 시험법이 제시되며 연구-사용되고 있다. 그 중 도막 방식 성능을 보다 효율적, 비파괴적, 정량적으로 평가할 수 있는 임피던스 분광법(EIS)과 같은 전기화학적 방법은 상대적으로 시험 기간을 크게 단축시킬 수 있고, 대상 방식 도장의 미세한 성능 차이도 분별 가능하다는 장점이 있다[1]. 따라서 본 연구에서는 선박 및 해양구조물 등 가혹한 부식환경에서 강력한 내구성을 가질 수 있도록 다양한 종류의 표면처리 도장 시편을 제작하여 자외선 조사-염수분무-침지환경 등의 열악한 환경 조건 하에서 부식-열화 촉진 시험을 실시하였다. 그리고 그 촉진 열화 과정에서 도막의 외관 상태를 관찰 분석함은 물론 전기화학적 임피던스 분광법을 병행 측정하며 그 표면막의 부식 및 도막 열화도를 비교-종합 평가하였다.

본 연구에 사용된 시편은 Al 및 Zn 도금 강판에 에폭시, 에폭시-실리콘 우레탄, 에폭시-우레탄 도장 시편으로 Scribe, No Scribe 및 비교재 Al 및 Zn 도금 시편으로 분류하여 각각 실험을 진행하였다. 즉, 도막 열화 시험은 복합 노화 시험법으로 UV 조사 36 시간(ASTM G53), 염수분무 32 시간(ISO 7253), 수분 응축 10 시간을 1 Cycle로 100 Cycle(7800 시간) 동안 실험을 진행하였다. 이때 도막 열화도 평가는 전기화학적 임피던스 분광법을 이용하여 각 실험 조건별로 주파수에 따른 임피던스(Z) 값을 평가하였다. 즉, 상온 25 °C의 3.5% NaCl 100 ml 수용액에 작동 전극(Working Electrode)과 구리 도선을 통해 연결하였고, 노출 면적은 1 cm²로 일정하게 유지 하였으며, 상대 전극(Counter Electrode)은 탄소봉, 기준 전극(Reference Electrode)으로 포화카로멜전극(Saturated Calomel Electrode)을 사용하여 측정하였다.

No Scribe 시편의 경우에는 Al 기판 에폭시-실리콘 우레탄 도장 시편이 우수한 도막 저항성을 나타내었으며, 에폭시-우레탄 도장시편은 23사이클 이후의 저항값이 가장 낮게 나타났다. Zn 기판의 경우는 에폭시, 에폭시-실리콘 우레탄, 에폭시-우레탄 도장 시편 모두 저항 값이 유사하였으며, Al 및 Zn 도금 시편은 도장 처리된 시편에 비해 훨씬 낮은 저항 값을 보였다. 또한 Scribe 시편의 경우에는 Al 기판 에폭시-실리콘 우레탄 도장 시편에서 높은 초기 저항 값을 보였으며, 23 사이클 후의 저항 값은 세 종류의 도막에서 약 1~0.1 Gohm 으로 나타났다. 그리고 Zn 기판 에폭시-실리콘 우레탄 도장 시편에서 가장 낮은 도막 저항 값이 나타났다. 이상의 실험을 통해서 본 연구 내용은 실내촉진시험으로 선박 및 해양 강 구조물에 사용되는 다양한 종류의 도막의 열화도를 평가하는 기초 설계 지침으로 응용될 수 있을 것으로 사료된다. 한편, 도막은 노출 환경에 따라 방식 성능이 다르므로 실제 도막의 사용환경을 고려하여 도장 사양별 적용 부위에 따른 적정 가속 실험 방법을 선정할 필요가 있다고 사료된다.

참고 문헌

1. Lee, C. Y, "Service Life Prediction for Steel Bridge Coatings with Type of Coating Systems" Journal of Korean Society of Steel Construction(2016)325.