

대형 고속 선박용 러더의 내침식, 부식 특성 향상을 위한 용사 코팅막

Thermal Spray Coating Layer for Improvement of Erosion and Corrosion Resistance Applicable to Large Sized High Speed Ship's Rudder

이유송^a, 허성현^b, 김진홍^c, 김여중^d, 배일용^a, 이명훈^{a*}

^a한국해양대학교 기관공학부(E-mail : leemh@hhu.ac.kr), ^b바르질라코리아 필드서비스워크샵,
^c포항산업과학연구원 차세대전지연구팀, ^d해군진해기지사령부 군수참모실

초 록 : Rudder, one of the most important component in the marine vessel, is now being decreased life time to serve due to cavitation erosion, vortex current, high flow speed suffer from ship speed going up dramatically. In this study, 10 kinds of thermal spray coating materials(2 of Zn alloy series, 3 of Al alloy series, 3 of Cu alloy series, 2 of STS alloy series) are chosen to apply on specimens and analyze micro structure, metallic composition, properties(porosity, oxidation) by using visual observation, XRD, EDX etc.. Additionally, to refine the characteristic of corrosion endurance for thermal spray coating layer, compared with thermal spray process and 5 kinds of heavy duty painting and AC paint (Anti-Corrosion Paint). Based on above mentioned experimental results, a priority of all coated specimens on corrosion-erosion dururances finalized and summarized there by desirable composition and process of thermal sprayed material properly.

1. 서론

최근 국내외 조선, 중공업계에서는 선박 및 해양 구조물의 효율적인 유지 관리와 내구성 확보를 위해 신조선, 기존 운항선의 장수명화 기술 개발을 활발히 진행하고 있다. 종래에는 대체로 선박이 20노트 이하의 저속으로 운항되어 공동현상에 의한 침식 문제는 크게 문제가 되지 않아 선박의 선체 외관 도장 사양과 동일한 코팅 시스템이 적용되어 왔으나, 최근 들어 조선 업계는 선주사들의 요구에 부응하기 위해 선박의 초대형화, 고속화를 실현하기 위해 선박의 기계성능 향상 시키고 있다. 이에 따라 고속 운항이 증가되다 보니 선체에 가해지는 부식 환경은 기존의 해양 구조물 같은 단순 해수 부식 환경을 넘어서 복잡적이고 가혹한 부식 환경이 될 수 밖에 없다. 특히 선박의 핵심 부품중의 하나인 러더(Rudder)는 공동 침식 현상(Cavitation Erosion), 와류 및 유속 증가로 인한 가속 부식과 더불어 운항 속도 증가에 따라 기존 도장의 수명이 급격히 감소하고 있다. 즉, 선박 운항시 스크류에 의한 유속 가속으로 스크류 후류(後流)에서는 수축이 발생되며 러더의 조향에 따른 후류 입사각의 증가 및 입사류의 유속 증가로 러더 주변에는 복잡한 와류가 발생된다. 이와 같은 해수의 와류 및 유속 증가는 공동현상으로 인한 러더 표면부(도장) 손상과 결부되어 러더의 표면 부식 속도를 크게 증가시키는 원인이 된다.

본 연구에서는 고속선박용 러더 재의 내침식-부식 특성을 향상시키기 위한 일환으로서 금속 용사 (Thermal Spraying) 법에 의해 각종 용사 코팅막을 제작하고, 이들 에 대한 침식-부식, 내마모, 밀착성 등의 관련 시험-분석-평가를 함으로써 용사 코팅막 적용 설계에 기초적인 지침을 제공하고자 한다.

2. 본론

용사코팅방법은 Particle velocity: 100~150m/s로 Arc spray와 HVOF (High Velocity Oxy-Fuel) Particle velocity: 700~900m/s, Cold spray (Kinetic spray) Particle velocity: 800~1000m/s로 구성된 하이브리드 장비를 사용하여 철강 모재 상에 Zn, Zn-15Al, Al, Al-5Si, Al-12Si, Al-Bronze, Al-Ni Bronze, Brass, STS420, STS316 용사코팅-제작하였다. 그 후, 제작한 코팅막에 대해서는 내침식 관련한 막의 밀착성과 마모 시험은 물론 내부식 관련한 자연전위, 분극, 정전위, EIS 전기화학 측정 및 염수분무 시험을 해수 환경(염도 : 2.88%, 전도도 : 4.61 S/m, 비저항 : 0.217Ω·m, pH : 7.73, 온도 : 23.3°C) 중 실시하였다.

우선 내부식 특성 실험에서는 Zn, Zn-15Al, Al 용사 코팅 시험편이 내부 결함에도 불구하고 희생 양극적인 역할을 지속함으로 모재인 Fe의 방식이 가능하여 가장 우수한 성능을 보이는 것으로 사료된다. Al-5Si, Al-12Si 용사 코팅 시험편의 경우 일정 시간이 경과함에 따라 Fe의 부식 한계 전위를 넘어서면서 희생 양극적 역할을 수행하지 못하고 모재가 부식되는 경향을 보이는 것으로 사료된다. 마지막으로 Cu, STS 계열의 합금 용사 코팅 시험편의 경우는 비교적 단시간에 코팅막과 모재와의 혼합 전위를 보이며 갈바닉 부식으로 인한 Fe의 발청이 진행되는 것을 볼 수 있었다. 또한 내침식 특성 실험에서는 경도가 가장 높았던 STS계열 합금 용사 코팅 시험편과 Al-Ni-Bronze, Al-12Si 용사 코팅 시험편이 가장 우수한 경향을 보였다. 다음으로 Al-Bronze, Al-5Si 용사 코팅 시험편의 우수하였는데 Al에 Si 함량이 많아질수록 내침식 성능이 좋아 지는 것으로 나타났다. 마지막으로 Al, Zn, Zn-15Al, Brass 용사 코팅 시험편의 내침식 성능은 기존 도장재의 내침식 성능과 거의 비슷하거나 그보다 약간 우수한 것으로 보여졌다.

3. 결론

Cu계 합금의 용사 코팅막과 증방식 도장막은 Barrier 즉 환경 차단 효과로 모재의 침식, 부식을 제어하는 반면에 Barrier 에 손상 (용사 시편의 기공, 산화도 등의 내부 결함과 증방식 도장막의 Scratch)이 생겼을 경우 오히려 모재의 부식, 침식을 촉진하는 결과를 초래하였음을 알 수 있다. 이와는 달리 Zn, Al 계 합금 용사 코팅막은 Barrier 효과와 더불어 Barrier의 손상에 이온화 경향의 차이로 인한 희생 양극 효과를 통한 모재의 보호를 꾀할 수 있다는 것을 확인하였다. 이들 결과를 종합해 볼 때, Al에 Si원소를 적절히 첨가하여 제작한 용사코팅막의 응용 설계가 향후 고속선 박용 리더의 내구성을 유효하게 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.