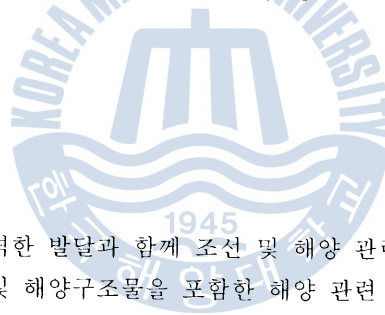


Client 시스템을 이용하여 이루어지는 피교육자의 피항 동작 행위를 감시하며 평가할 수 있는 기능을 갖추고 있다.

이 논문에서 제안한 수확모델의 유효성을 검증하기 위하여, 1997년에 발생한 14호 태풍의 각종 정보를 이용하여 태풍의 진행 방향 및 태풍 예상 위치 등의 정보를 계산하는 수확모델 및 태풍 발생 지역에서의 풍속, 풍향 및 파랑을 계산하기 위한 수확모델을 적용한 결과 및 그 유효성을 검토하였으며, 이러한 모델이 태풍 피항 훈련을 하기 위한 교육시스템 제작에 유효하게 사용할 수 있으며, 항해사 및 학생의 교육 훈련에 적합함을 알 수 있었다.

3. 천연해수 중 환경친화적인 전착 코팅막의 형성 메카니즘과 특성 분석



기관공학과 이 찬 식
지도교수 이 명 훈

최근, 과학과 기술의 급격한 발달과 함께 조선 및 해양 관련 산업도 급속한 성장을 거듭하고 있다. 이에 따라 선박 및 해양구조물을 포함한 해양 관련 시설물은 점점 대형화되고 있을 뿐만 아니라 장수명화가 요구되고 있는 추세에 있다. 한편, 이러한 선박이나 항만구조물 등의 해양산업분야에서 주로 사용되는 탄소강 계통의 금속재료는 해수환경에서 부식이 잘 진행되기 때문에 적절한 방식대책이 수립되어야 한다.

부식을 방지하는 방법 중에는 부식 환경 인자를 차단하는 코팅방법이 가장 많이 사용되어지고 있다. 특히, 선박, 항만 및 해양 구조물 등의 해수 환경 중 사용되는 재료의 경우에는 표면피복 코팅이나 음극 방식 방법 등에 의해 방식하는 경우가 일반적으로 진행되고 있다. 한편, 이들 방법은 시공 등은 간편하나, 장기간 방식 등 충분한 효과를 보지 못하는 경우가 있으므로, 이들 방법 외에 새로운 방식 방법에 대한 개발도 요구되고 있는 실정이다.

또한, 해수환경 중 사용되는 각종 기계나 구조물 등을 구성하는 재료는 그 환경 중에서의 기본적인 내식특성은 물론 여러 가지 기능 특성이 요구되고 있다. 이를 해결하기 위한 방법 중에는 그 재료의 표면에 기능을 부여하는 표면처리 방법이 일반적으로 많이 사용되고 있으며, 현재 다양한 기술 개발이 진행 중에 있다. 한편, 이와 같은 표면처리 방법들 중에서 가장 많이 적용되고 있는 전기도금과 같은 습식 프로세스(Wet-Process)의 경우는 공정상 폐액 등으로 인한 부담 비용뿐만 아니라 공해유발 등의 유해 환경 문제가 남아 있는 실정이다. 즉,

현재 환경 친화적인 표면코팅 재료에 대한 개발은 시급히 해결해야 되는 과제로 요구되고 있다.

이와 같은 상황 속에서 해수 환경 중 적용할 수 있는 방식 방법의 대체는 물론 앞에서 언급한 환경친화적인 표면처리 응용방법의 일환으로 바닷물 속의 미네랄 성분을 이용한 표면코팅 재료의 개발은 새로운 가치 및 중요한 의미를 가지는 것으로 사료된다.

즉, 바닷물 속에서의 석출막 형성 메카니즘에 대한 해명과 더불어 실질적인 응용 프로세스 목적을 위한 전착코팅 프로세스의 설계가 매우 중요하다고 생각된다. 자연해수 환경의 미네랄 성분 중 주로 Ca이나 Mg등에 의한 무기화합물질로 생성되는 이 석회질(Calcareous deposits) 재료는 프로세스 공정 중은 물론 사용 중에 환경오염문제가 발생하지 않기 때문에 향후 적절한 프로세스 방법의 개발을 도모한다면 해양환경 중 방식은 물론 표면코팅 등 관련분야의 응용에 확산 가능할 것으로 기대된다.

따라서 본 연구에서는 전착 프로세스에 의해 인공해수 및 천연해수 용액 중 전위 변화에 따라 형성된 코팅피막의 조성원소, 몰포로지 및 결정구조의 변화에 대한 분석을 통하여 전착코팅막의 형성 메카니즘을 해석하였다. 또한 이들 용액 중 일정 전류밀도 및 전위에 따라 형성된 코팅막의 부식전위 변화와 분극거동을 통해 전착용액과 내식성과의 관계를 규명하였다.

다음으로 상기의 결과와 전착 메카니즘을 이용하여 28°C의 천연해수에서 전류밀도 및 전착기간 변화에 따라 전착코팅 막을 제작하고 이들 피막의 석출량, 조성원소, 몰포로지 및 결정구조의 분석을 통해 전착 코팅막의 형성 메카니즘을 확인하였다. 또한 전착시험편의 강 메쉬 설치 유무에 따라 변하는 전착피막의 특성을 비교 분석하였으며, 이때 최적의 전류밀도 및 전착 프로세스 조건을 추정하였다.

마지막으로 해수의 온도를 48°C로 하여 전류밀도 및 전착기간에 따른 전착피막을 제작하였다. 여기서는 이들 피막과 28°C에서 제작한 피막과의 특성을 칼슘이나 마그네슘 화합물의 전착형성 비율에 미치는 온도 영향의 관점에서 고찰하였다. 또한, 이상의 연구 결과에 근거한 적정 프로세스에 의해 해양 구조물용 원통형 판에 대한 응용 코팅막의 설계 및 실제 제작을 통하여 환경친화적인 전착코팅 프로세스에 대한 응용설계 지침을 제시하였다.

본 연구를 통하여 바닷물 속의 이온을 이용한 전착피막의 형성 메카니즘의 해명 및 적정 조건에 대한 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 전착물의 석출량은 전착시간의 경과에 따라 비례하여 전착량이 증가하는 경향을 나타내고 있으며, 전착물의 석출량은 온도가 높아짐에 따라 전착기간 전반에 걸쳐 전착량이 증가하는 경향을 나타내고 있다. 또한, 28 °C 및 48 °C 의 해수 온도 조건 모두 전류밀도의 증가와 더불어 시험편에 형성된 전착물의 석출량은 강 메쉬 설치 유무에 관계없이 전체적으로 증가하는 경향을 나타내었다.
2. 천연해수 중 강기판에 인가한 음극분극전위를 크게 하여 전착 코팅한 막일수록 Ca^{2+} 보다는 Mg^{2+} 원소 성분이 상대적으로 많이 석출되었다. 이것은 음극분극전위가 커질수록 음극

- 전류밀도가 높아지게 되므로 기관 표면에 OH^- 이온이 많이 발생하여 pH가 높게 됨에 따라, 상대적으로 Ca^{2+} 보다는 Mg^{2+} 이온이 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 의 화합물을 많이 형성하게 되기 때문으로 사료된다.
3. 각각의 용액 중 일정 전류밀도 조건에 따라 형성한 화합물의 부식전위 변화와 해수 중에서 양분극 거동을 관찰해본 결과, Mg-free 용액에서 형성된 화합물 피막의 부식전위가 가장 귀한 값을 나타내었으며, 천연해수, Ca+Mg 용액 순으로 전위가 낮아지는 경향을 알 수 있었다. 또한 Mg-free 용액의 경우 양극분극 곡선상 일정 양극전류밀도에 대한 분극전위가 가장 높은 값을 나타냄에 따라서 Mg-free 용액에서 형성된 화합물이 우수한 내식특성을 가지는 것으로 사료된다.
 4. 전착시간의 경과에 따라서 Mg 성분은 전류밀도에 관계없이 전체적으로 감소하고 있는 반면 Ca 성분은 점점 증가하고 있었다. 즉, 전착코팅막이 전착초기에는 층상 및 판상 형태의 Brucite 구조의 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 화합물을 형성하나, 전착시간이 증가됨에 따라서 꽃모양의 Aragonite 구조의 CaCO_3 화합물이 많이 나타나는 것을 확인할 수 있었다.
 5. 온도가 높을수록 전착시간의 경과에 따라서 Mg 성분은 상대적으로 감소하고 있는 반면 Ca 성분은 점점 증가하고 있었다. 즉, 용액의 온도가 높을수록 전착코팅막이 전착초기에는 판상의 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 화합물의 형성이 다소 지연되는 경향이 있으며, 전착시간이 증가됨에 따라서 꽃모양의 Aragonite 구조의 CaCO_3 화합물이 활성적으로 생성되는 것으로 나타났다.
 6. 온도가 높은 48 °C 조건에서 Mg에 대한 Ca의 성분비는 전착기간 전반에 걸쳐 28 °C 조건에 비해 상대적으로 증가하는 경향을 나타내고 있다. 이것은 온도가 높을수록 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 의 용해도는 증가하는 반면에 CaCO_3 의 용해도는 감소함으로 인해, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 화합물의 형성이 다소 지연되는 반면에 CaCO_3 화합물은 용이하게 형성되기 때문이라고 생각된다.
 7. 전류밀도가 높은 5 A/m^2 의 경우는 동일한 전착기간 동안 온도의 조건에 관계없이 3 A/m^2 및 4 A/m^2 조건에 비해 CaCO_3 보다 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 화합물이 많이 형성되는 경향을 나타냈다. 이것은 전류밀도의 증가와 더불어 금속과 용액의 계면사이에 상대적으로 많이 발생하게 된 OH^- 이온이 해수 중에 용존하고 있는 Ca^{2+} 이온보다는 Mg^{2+} 이온과 우선적으로 결합하였기 때문이라고 사료된다.
 8. 이상의 연구 결과에서 도출한 적정조건에 의해 원통형 관 및 해양 구조물에 대한 실제 전착 실험을 통하여, 그 실용적인 응용에 관한 설계지침을 제공할 수 있을 것으로 기대된다. 한편 본 실험조건에서는 천연해수를 사용했으나 향후에는 해수의 성분 중 인위적으로 Mg 성분을 제거하여 상대적으로 Ca성분이 많은 CaCO_3 화합물 중심의 코팅막 형성을 위한 추가적인 전착실험을 통하여 그 결과를 종합적으로 비교 검토 하는 것이 필요 할 것으로 생각된다.