

### 해수 중 CO<sub>2</sub> 기체의 유입에 의해 제작한 코팅막의 구조와 특성

## Structure of Calcareous Coating Films and Their Characteristics in Natural Seawater with Dissolved CO<sub>2</sub> Gas

강재욱\*, 박준무, 강 준, 이명훈  
한국해양대학교 기관공학과(E-mail:ygkjw@kmou.ac.kr)

**초 록 :** 음극방식법은 피방식체에 외부전원을 인가하거나 보다 활성인 금속을 전기적으로 연결하여 피방식체의 전위가 일정 전위까지 음극분극 되도록 하여 부식을 억제하는 방법이다. 이러한 음극 방식의 결과로 OH<sup>-</sup>이온이 금속 표면 부근에 생성되고 금속/해수 사이의 pH 증가를 유발하게 되며, 높은 pH는 Mg(OH)<sub>2</sub> 및 CaCO<sub>3</sub>의 석출을 유발한다. 전착 박막은 각각 1, 3, 6, 12시간 및 5, 15, 20mA/cm<sup>2</sup>의 전류 밀도 조건에서 자연 해수, CO<sub>2</sub> 가스가 용해된 해수 용액 내에서 스틸 기판 상에 전기적 증착기술을 가해 형성되었다. 상기 조건에서 증착된 박막의 내용물은 주사 전자 현미경 (SEM) 및 X-선 회절(XRD)에 의해 조사되었다. 또한 코팅 박막의 내식성은 전기화학적 양극 분극시험에 의해 평가되었다.

### 1. 서론

해양플랜트, 해상풍력, 조력발전소 및 항만구조물 등 해양산업분야에서 주로 사용되는 탄소강 계통의 금속재료는 비교적 저렴하고 우수한 기계적 성질과 성형이 쉬운 반면에 해수 중 염소이온 등의 영향으로 부식(corrosion)이 잘 진행되기 때문에 기본적으로 방식(corrosion protection)에 대한 대책이 중요하다. 이러한 방식법 중 하나로 음극방식법이 적용될 수 있으며 이와 음극방식을 할 경우, 피방식체인 강재표면에 부분적으로 칼슘 또는 마그네슘 화합물 등의 생성물이 부착하는 현상을 종종 볼 수 있다. 이와 같은 생성물을 석회질 피막(calcareous deposits)이라 하며, 이러한 석회질 피막은 음극방식 중 피방식체에 소요 방식전류밀도를 감소시켜 주거나 물리적 장벽 역할을 함으로써 방식효과를 가진다. 그러나 해수 중 노출된 대상 강재를 석회질 피막으로 코팅하는 것은 실용적인 측면에서 해결해야할 문제가 예상된다. 즉, 일반적인 석회질 피막은 세라믹과 같은 화합물로서 소지 금속과는 반데르발스힘(vander walls force)만으로 결합하게 되어 그 밀착력이 취약하며, 또한 이 석회질 피막은 형성시키는데 적지 않은 시간이 소요된다는 문제가 있다. 그러므로 목적하는 내구특성의 석회질 피막을 얻기 위해서는 밀착력과 피막형성 속도를 제어할 수 있는 프로세스 방법을 구축하는 것이 중요하다. 따라서 본 연구에서는 천연 해수 중 다양한 전착 프로세스 조건에서 코팅막을 제작함으로써 우수한 밀착력, 내구성 및 내식성을 갖는 피막의 제작조건을 찾고자 하였다.

### 2. 본론

본 연구에서는 두께 2 mm, 면적 30 mm × 70 mm인 냉간압연강판(KSD 3512, SCP 1)을 기판으로 사용하였다. 해수에 녹아있는 이온 이외의 다른 성분들이 환원되는 것을 방지하기 위해 불용성 양극인 탄소봉(carbon rod)을 사용하여 전지를 형성시켰으며, 이들 전지는 2,000 ml의 천연해수 중에 넣고 정류기(Rectifier, xantrex, XDL 35-5T)를 통해 전류를 공급하였다. 천연해수 중 CaCO<sub>3</sub> 전착막 형성이 용이한 조건을 확인하기 위하여 다양한 전류밀도 및 시간에서 전착 코팅막을 형성시켰다. 그리고 CaCO<sub>3</sub>가 가장 활발히 생성되는 조건에서 용액에 CO<sub>2</sub>를 강제 주입하여 코팅막을 형성시켰다. 제작된 전착 코팅막들은 SEM 및 XRD를 통하여 막의 물포로지(morphology) 및 결정구조 분석을 실시하였으며, 내식성 평가를 위해 3% NaCl 용액 중 시편의 양극 분극 거동을 살펴보았다.

### 3. 결론

CO<sub>2</sub> 주입에 따라, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 이온의 생성 가속화 및 용액의 약 산성화로 인해 Mg(OH)<sub>2</sub> 화합물 생성은 제한되고 CaCO<sub>3</sub> 화합물 생성이 가속화 되는 것을 알 수 있었다. 초기에는 칼사이트 결정구조 중심의 막이 형성되었고, 후기에는 아라고나이트 결정구조의 탄산칼슘막으로 변화하는 것을 확인하였다. 이러한 아라고나이트 결정구조가 지배적으로 형성되었던 조건에서 형성된 CaCO<sub>3</sub> 막은 칼사이트 구조가 지배적이었던 조건보다 우수한 내식성을 나타냈다. 또한 천연해수에 CO<sub>2</sub>를 주입한 용액 조건에서 전류밀도가 증가하면 Mg<sup>2+</sup>이온은 CaCO<sub>3</sub> 격자의 왜곡을 초래하여 안정적으로 성장하려는 칼사이트 결정을 아라고나이트 결정구조로 변환시키는 주요한 인히비터 역할을 하는 것으로 사료된다.

### 참고문헌

1. Baroz Aziz, Denis Gebauer and Niklas Hedin, Kinetic control of particle-mediated calcium carbonate crystallization, Cryst Eng Comm, 2011, 13, p. 4641-4645

- 본 연구는 2014년도 산업통상부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(No.20143010021820) -