

## PVD법을 통해 제작한 Al-Mg 코팅막의 구조와 내식성 상관관계

### Correlation Between Structure and Corrosion Resistance of Al-Mg Films

Prepared by PVD Method

강재욱<sup>a\*</sup>, 박준무<sup>a</sup>, 윤용섭<sup>a</sup>, 이찬식<sup>b</sup>, 이명훈<sup>a</sup>

<sup>a\*</sup> 한국해양대학교 기관공학과 (E-mail: ygkjw@kmou.ac.kr), <sup>b</sup> 한국선급협회

**초록** : 본 연구에서는 PVD법 중의 하나인 스퍼터링(sputtering) 기술을 이용하여 희생양극(sacrificial anode)적 특성을 가지는 Al-Mg 막을 제작함은 물론 그 제작조건, 표면의 물포로지, 결정배향학적 결정배향성과의 연관성을 해석 및 전기화학적 내식특성평가 등을 통하여 종합적인 결과를 고찰·정리해 보았다. 이를 통해 박막의 증착과정 중 가스압의 변화가 흡착 인히비터로 작용하여 박막의 물포로지와 결정배향성에 미치는 영향을 분석하였으며 이러한 표면 물포로지, 결정배향성과 내식성간 상관관계를 해석하여 최적의 Al-Mg 막 설계 지침을 제시하고자 하였다.

#### 1. 서론

Al의 도금 방법 중 전기도금이나 용융도금과 같은 방법은 대량으로 제품을 생산할 수 있는 장점이 있는 반면, 재료의 한쪽면만 도금이 필요한 경우 습식도금 공정상 양쪽면을 도금함에 따른 재료손실, 고기능 특성 및 근본적 환경 개선 등의 향상에는 한계가 있는 실정이다. 즉, 기존의 용융도금, 전기도금과 같은 습식도금에 의한 표면처리에는 환경문제, 포러스한(porous) 물포로지, 내식성, 밀착성 등에는 많은 한계점이 있고, 최근에 발효되는 환경조약과 소비자들의 요구에 의해 전세계적으로 시급히 해결해야되는 과제이다. 따라서 최근에는 무공해의 진공이나 플라즈마 조건 중에 고기능 특성의 막을 제작하는 연구가 유럽, 일본 등에서 보고되고 있는 실정이다. 따라서 철강 재료의 내식성 향상을 위해서 환경 친화적인 PVD법으로 제작한 Al-Mg 막에 대한 연구를 시도하는 것은 매우 중요한 의미를 갖는다고 사료된다. 이 때, PVD 공정을 이용한 막 형성의 경우에는 진공중에서 실행하는 것이 일반적이지만, 진공용기 내에는 O<sub>2</sub>, Ar, H<sub>2</sub>O 등의 잔류가스 및 진공용기 표면에서 방출된 입자 및 가스들이 존재하여 막 형성 과정에 많은 영향을 미치게 된다. 이와 같은 흡착 인히비터(adsorption inhibition)들은 막 표면에 존재하게 되어 표면 막의 결정배향성(crystal orientation)과 물포로지(morphology) 형성에 많은 영향을 미치게 된다. 그러므로 원하는 막을 제작하기 위해서는 증착원자의 이동도, 확산, 잔류가스의 흡착에 의한 영향을 종합적으로 고려하여 제작조건에 따른 증착막의 물포로지와 결정배향성과의 관계를 제어하는 것이 필요하다.

#### 2. 본론

본 연구에서는 PVD(Physical Vapor Deposition, 물리증착)법 방법 중에 하나인 스퍼터링(sputtering)법을 통해 강 기관상에 10-30wt.%의 마그네슘(Mg) 함량을 가지는 Al-Mg코팅막을 제작하였다. 이 때, 증착조건 중에는 진공 용기 내의 가스입자에 따른 흡착 인히비터의 영향을 알아보고자 가스압을 달리한 2종류의 조건을 포함하여 제작하고 분석하였다. 본 실험 전의 예비 실험을 통해 상기와 같은 범위의 마그네슘(Mg) 함량 조건을 설정하였다. 여기서 제작된 코팅막에 대해 마그네슘(Mg)과 알루미늄(Al)의 합금화를 위해 진공 중 열처리를 실시하였다. 막에 대한 열처리는 N<sub>2</sub> 분위기 중 400°C 온도에서 10분간 실시하였다. 제작된 Al-Mg 코팅막은 마그네슘 함량별, 가스압 조건별로 각각 SEM, EDS, XRD 등을 이용하여 막의 모폴로지, 성분분포 및 결정구조 등을 분석하였다. 또한 이와 같은 분석결과와 내식성간 상관관계를 비교·평가하기 위하여 5% 염수분무 환경 중 노출시험(salt spray test)과 3% NaCl 용액 중 전기화학적 양극 분극 시험을 병행하여 Al-Mg막의 내식성을 평가하였다.

#### 3. 결론

염수분무 시험조건 중에서는 공정압력이 가장 높은 막과 마그네슘 함량이 30wt.%로 가장 높은 막의 경우가 표면 및 단면 모두에서 가장 우수한 내식 특성을 나타내었다. 이 조건의 막은 큰 결정립(표면)을 나타냈으며 상대적으로 활성적인 표면에너지를 갖는 Al(200) 면이 다른 조건에 비해 높은 배향성을 나타냈다. 또한 막 내에 존재하는 합금상의 균일 분산 분포에 의해 더욱더 표면의 부동태 피막을 치밀하고 안정적으로 형성할 수 있었던 것으로 사료된다. 염수분무와 전기화학적 양극분극 시험에서는 다소 내식성 경향 차이가 나타났는데, 이는 산소 농도 차이에 의한 산화피막의 생성 치밀도와 관련된 것으로 사료되며, 향후 환경조건에 따른 내식성 차이를 고려하여 사용용도별 부식평가 기법을 구분하여 적용하는 것이 필요할 것으로 사료된다.

이와 같은 부식시험을 통해 채취한 부식생성물의 분석을 통해 Al-Mg막의 조성 및 증착 가스압에 따라 변화하는 부식진행 메커니즘을 해석 정리하였다. 이 과정에서 Al-Mg 막의 (1) 성분비 및 상의 분포, (2) Morphology, (3) 결정 배향성 등이 내식성 (차단 + 희생양극특성)에 영향을 주는 주요한 요인이라는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 위와 같은 내식성 주요지배 인자를 제어하여 적절한 최소 Al, Mg 이온이 Fe에 음극방식하며 필요한 전자를 공급할 정도로만 용출 하면서, 또한 성분, 상 등이 구조적으로 그 화합물을 형성하였을 때 안정적으로 Barrier 역할을 할 수 있다면 최적조건의 고내식성을 갖는 Al-Mg 막을 제작할 수 있을 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

1. Liming Liu, Rongzheng Xu & Gang Song, 2010. Corrosion behaviour of Mg-rich Al coatings in the protection of Al alloys, 205(2), pp.332-337.

- 본 결과물은 지식경제부 지원으로 수행한 WPM(World Premier Materials) 사업의 일환으로 도움 받은 내용임을 알려드립니다. -