

Ar 및 N₂ 가스압 중에서 PVD법에 의해 용융아연 도금 강재상 형성한 Mg 막의 모폴로지 및 결정배향성과 그 내식성
Morphology and Crystal Orientation of Mg Films formed on Hot Dip Galvanized Steel
by PVD Method at Ar or N₂ Gas Pressures and Their Corrosion Resistances

황성화^{a*}, 박재혁^a, 박준무^a, 최인혜^a, 김순호^a, 이명훈^a

^a한국해양대학교 기관공학과(E-mail: leemh@kmou.ac.kr)

초 록: 금속 재료 중 철강은 기계적 특성이 우수하고 대량생산이 가능하여 선박, 건축, 자동차 등 다양한 분야에 기초 재료로써 널리 사용되고 있다. 그러나 스테인리스강 등과 같은 일부 특수한 용도의 강을 제외하고는 부식환경에 취약한 특성을 가지기 때문에 내식성을 향상을 위한 표면처리에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 가장 일반적으로 습식법(wet process)을 통해 표면에 아연(Zn)을 도금해 사용하며, 아연이 자체적으로 포함한 희생양극(sacrificial anode) 및 차폐(barrier) 효과가 철강의 부식을 방지하게 된다. 하지만 산업의 고도화에 따라 더욱 가혹해진 노출환경으로 인해 고내식 강재에 대한 수요가 점차 증가하고 있으며, 아연코팅 층의 두께를 증가하여 내식성을 확보하는 방안은 미래 환경 및 자원적인 측면에서 근본적인 해결책으로 제시하기 어려움이 있다. 한편, 건식 프로세스(wet process)로 대별되는 PVD(physical vacuum deposition)에 의해 내식성을 향상시키고자 하는 연구들이 다양하게 진행되고 있다. 이것은 표면에 고순도 양질의 금속 막을 형성시킴으로써 외부환경과의 반응을 효과적으로 제어가 가능하며, 형성된 막은 그 물질의 고유 특성뿐만 아니라 제작 조건에 따른 표면의 기하학적 혹은 결정학적 구조에 의해 크게 영향을 받게 된다. 본 연구에서는 실용금속 중 이온화 경향이 가장 크고 산소와 반응하여 투과성이 작은 산화 피막 형성이 유리한 마그네슘(Mg)을 활용해 표면의 전기화학적 특성을 향상시켰다. 또한 금속 증착 중 진공도조절을 위해 도입되는 불활성 가스로 아르곤(Ar) 및 질소(N₂)를 사용하여 표면에 형성한 막의 모폴로지 및 결정배향성이 내식성에 미치는 상관관계를 해석하고자 하였다.

실험방법으로 PVD법 중 비교적 간편하고 기초적인 지침을 제시하기 적합할 것으로 고려된 진공증착(vacuum evaporation)법을 이용해 아르곤 및 질소 분위기에서 진공도를 조절하며 용융아연도금상 Mg막을 형성하였다. 제작조건별 막의 기초 특성을 분석하기 위해 SEM, EDS, XRD를 이용하였고, 결정배향성(crystal orientation) 분석을 위해 면간격(d-value)과 상대강도(relative intensity)를 확인하였다. 또한 내식성 평가로 염수분무(salt sprat test) 및 양극분극(anode polarization)을 각각 실시하였다.

실험결과에 따르면, Ar 및 N₂ 모두에서 가스압이 증가할수록 코팅층의 증착량은 적어지고 입상정(granular structure)의 모폴로지 형성 및 면간격과 상대강도가 증가하는 것이 확인되었다. 또한 챔버 내 동일 진공도에서, N₂ 도입 시 Mg막은 더욱 치밀하고 미세한 입상정의 모폴로지로 형성되며 면간격과 상대강도는 더욱 증가한 것으로 나타났다. 내식성 평가에서 저진공 N₂ 조건에서 형성시킨 막이 가장 우수한 내식성이 나타났는데, 이는 상대적으로 불안정하고 반응하기 유리한 입계면적을 많이 포함한 입상정 모폴로지 및 표면에너지가 높은면의 면적유율 증가로 인해 외부환경과의 신속한 반응은 물론 안정적인 피막형성이 용이하였기 때문일 것으로 사료된다. 이상으로 Ar 및 N₂ 가스압 조건에 따른 고내식 Mg 막의 유효성을 확인하였고 향후 내식성을 향상시키는 방법으로 응용 가능할 것으로 생각된다.

참고 문헌

1. Myeong-Hoon Lee, Il-Bae, Young-jin Kwak, Kyung-man Moon, "Effect of interlayer insertion on adhesion properties of Zn-Mg thin films on steel", Current Applied Physics 12 (2012) S2-S6

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부의 WPM(World Premier Materials) 사업을 수행하는 스마트 강판소재 사업단의 연구비 지원을 받아 수행되었으며 이에 감사를 드립니다.