

이온 플레이팅법에 의한 내식 박막의 제작과 부식방식 메카니즘

이경희⁺·배일용⁺·김기준⁺·문경만⁺·이명훈⁺

Preparation of corrosion-resistant thin films by ion plating method and their corrosion protection mechanism

K. H. Lee, I. Y. Bae, K. J. Kim, K. M. Moon and M. H. Lee⁺

Abstract : Magnesium is the lightest of all the structural metals having density of 1.74. It is approximately 2/3 lighter than aluminium, 1/4 lighter than titanium alloy and 1/5 lighter than iron. Among the light-weight alloys, magnesium and its alloys show a good possibility for high performance aerospace and automotive applications, however the widespread use of magnesium alloys has been limited mainly by its poor oxidation and corrosion resistance. In this work, corrosion-resistant thin films were prepared onto the magnesium alloy substrate(AZ91D) by environmental friendly coating technique, ion plating method. And their corrosion protection mechanism were analyzed.

Key words : Light-weight alloy, Ion plating method, Corrosion-resistant thin films, Corrosion protection mechanism

1. 서론

1980년대 중반 이후 환경문제의 심각성과 에너지 자원 문제가 대두되면서 에너지 절감을 가져다 줄 수 있는 소재 경량화의 개발이 주목을 받기 시작하였다. 마그네슘(Mg)은 밀도가 1.74g/cm³인 가장 가벼운 실용 금속으로 알루미늄의 2/3, 티타늄 합금의 1/4, 철강 재료의 1/5 수준의 밀도를 가진다. 또한 마그네슘 합금은 비강도가 크고 주조성이나 절삭가공성, 치수 안정성, 전자파 차폐성 등이 뛰어나 자동차, 항공기, 선박 등과 같은 수송기계 및 전자부품 등 구조용 재료로 쓰이고 있으며, 그 사용량 및 적용범위가 매년 급격히 증가되고 있는 추세이다^{1,2)}. 그러나 마그네슘은 대단히 활성적인 금속으로 공기, 물, 화학약품 등과 접촉하면 쉽게 부식되고, 용해할 경우 급격한 산화 및 발화가 일어나 구조재의 결함발생과 용량손실의 원인이 된다. 이를 해결하기 위하여 지금까지 주로 크로메이트 화성처리나 양극산화와 같은 습식표면처리 방법이 이용되어 왔으나 이들은 근본적인 환경오염이나 공정복잡에 따른 불량 등의 문제를 안고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 환경친화적이며 우수한 양질의 막을 얻을 수 있는 건식표면처리 방법의 일종인 이온 플레이팅법을 이용하여 마그네슘 합금 소재에 Mg, Zn 및 Zn-Mg 합금 박막을 제작하고 그 내식성을 비교·분석하여 이들의 부식방식 메카니즘을 해명해 보고자 하였다.

2. 실험 방법

본 연구에서는 마그네슘 합금 중에서도 내식성이 우수한 것으로 알려져 있는 AZ91D 소재 위에 열전자 활성화형 이온 플레이팅법을 이용하여 Table 1과 같은 조건으로 내식 박막을 제작하였다. 또한 제작한 모든 막에 대해서는 SEM을 이용하여 막의 Morphology를 관찰하였으며 그 중

Zn-Mg 합금 박막은 EDX를 이용하여 조성 원소를 분석하였고, 마지막으로 탈기한 3% NaCl 수용액 중에서 양극 분극 시험을 실시하여 각 박막의 내식성을 비교하였다.

Table 1 Deposition conditions of corrosion-resistant thin films.

Condition Substrate	Evaporation metal	Bias V.(V)	Gas press. (Ar, Torr)	Deposition Time(min.)
AZ91D	Mg	0	5 × 10 ⁻¹	20
	Zn	-200	5 × 10 ⁻²	
	Zn-Mg		5 × 10 ⁻¹	

3. 실험 결과

본 연구에서 제작한 Mg, Zn, Zn-Mg 합금 박막의 표면 Morphology를 관찰한 결과 Fig. 1과 같이 가스압이 높은 조건에서 제작한 막일수록 결정립이 미세하게 나타났다. 이는 가스압이 높을수록 Ar의 흡착이 많이 일어나 결정의 성장보다 생성이 촉진되었기 때문으로 생각된다. 그런데 이러한 현상이 Mg이나 Zn과 같이 단일 금속을 코팅한 경우에는 가스압에 따른 차이가 뚜렷하게 나타나지만, 합금 코팅의 경우에는 모든 조건에서 미세한 결정립의 막을 얻을 수 있었다. 이와 같은 결과가 나타나는 이유는 Zn-Mg 합금 박막의 조성 원소를 분석한 결과인 Fig. 2에서 알 수 있듯이 가스압이 낮은 조건에서 제작한 막일수록 Mg의 함유량이 증가하였기 때문으로 생각된다. 즉, 가스압이 높은 조건에서는 Ar이 흡착되어 결정립을 미세하게 만들며 가스압이 낮은 조건에서는 합금 원소인 Mg이 결정립을 미세하게 만드는 역할을 하는 것이다. 따라서 합금 박막의 경우에는 Ar가스의 흡착과 Mg의 합금화에 따라 모든 조건에서 결정립이 미세하게 나타나는 것이다.

+ 이경희, 배일용, 김기준, 문경만, 이명훈(한국해양대학교), E-mail: leemh@mail.hhu.ac.kr, Tel: 051)410-4264

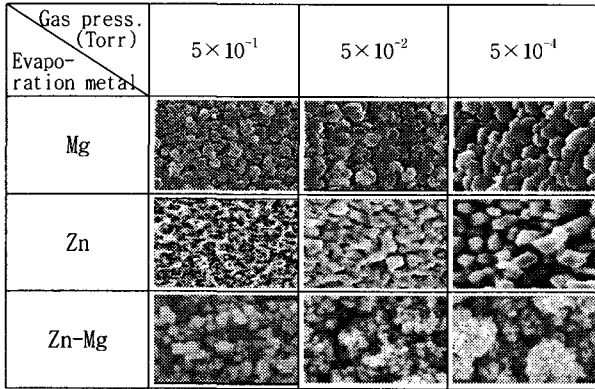


Fig. 1 SEM photographs of corrosion-resistant thin films

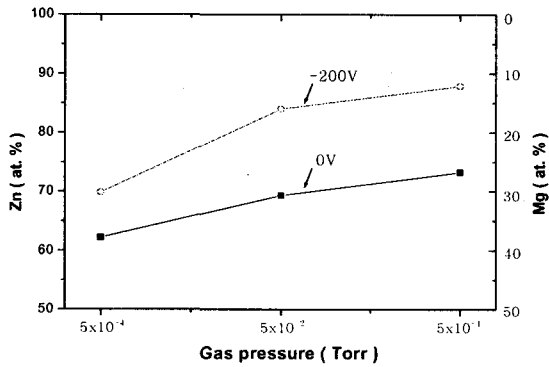


Fig. 2 EDX analysis results for Zn & Mg of Zn-Mg alloy thin films

또한, 본 연구에서 제작한 Mg, Zn, Zn-Mg 합금 박막의 내식특성을 비교해 보기 위해 실시한 양극분극 실험 결과는 Fig. 3과 같이 나타났다. 이에 따르면 단일 금속을 코팅한 경우보다 합금 코팅을 한 경우가 훨씬 우수한 내식특성을 나타내었으며, 단일 금속을 코팅한 경우에는 상대적으로 전위가 높은 Zn을 코팅한 것이 더 양호한 내식특성을 나타내었다. 이와 같이 단일 코팅에 비해 Zn-Mg 합금 코팅이 양호한 내식특성을 나타내는 이유는 먼저 합금 원소인 마그네슘의 역할을 들 수 있다. Fig. 4에 모식적으로 나타낸 것과 같이 Zn-Mg 합금 박막이 부식환경에 노출되면 아연에 비해 상대적으로 낮은 전위를 가지는 마그네슘이 희생양극 반응을 일으켜 Zn을 보호하게 되며, 이러한 과정에서 마그네슘은 부식생성물 피막을 형성하게 되어 전체적으로 부식을 지연시키는 역할을 하게 되는 것이다. 다음으로 합금 박막의 내식성이 우수한 원인으로 결정립 미세화를 고려할 수 있다. 결정립은 일종의 결함으로 부식환경 중 활성적으로 반응하게 되는데 결정립이 미세할수록 그렇지 못한 경우에 비해 부식이 활발히 일어나 표면에 치밀한 부동태 산화피막을 형성할 수 있게 되는 것이다.

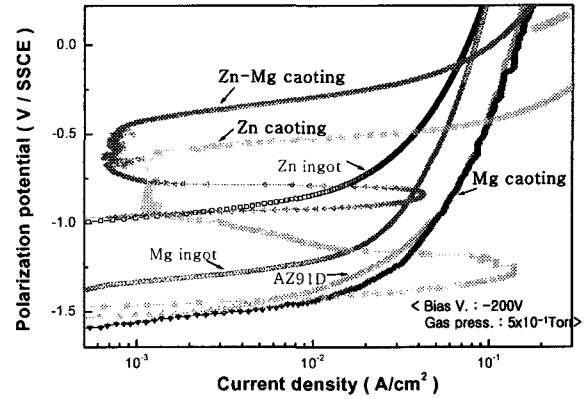


Fig. 3 Anodic polarization curves of corrosion-resistant thin films

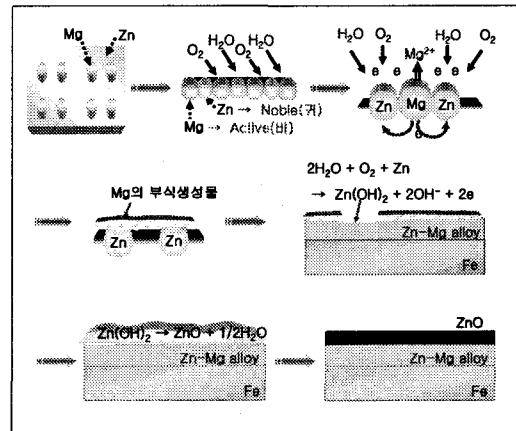


Fig. 4 The effect of Mg in Zn-Mg alloy films on corrosion process

4. 결론

본 연구에서 제작한 Mg, Zn, Zn-Mg 합금 박막의 표면 Morphology를 관찰해 본 결과 가스압이 높은 조건에서 제작한 막일수록 결정립이 미세하게 나타났으며 합금의 경우에는 가스입자는 물론 합금 원소인 마그네슘의 영향으로 모든 조건에서 미세한 결정립을 가진 박막이 형성됨을 알 수 있었다. 또한 이들 박막의 내식특성을 비교해 본 결과 Zn-Mg 합금 박막이 가장 우수한 특성을 나타내었는데 이는 마그네슘의 희생양극 반응과 결정립 미세화에 따른 영향으로 사료된다. 이상의 연구 결과, 우수한 내식특성을 갖는 Zn-Mg 합금 박막의 부식방식 메카니즘해석이 가능하였다.

참고 문헌

- [1] F. H. Froes, Y. W. Kim and S. Krishnamurthy, Mater. Sci. Eng. A117, pp. 19, 1989.
- [2] Charlie R. Brooks, "Heat Treatment, Structure & Properties of Nonferrous Alloy", American Society for Metals, Ohio, U.S.A, pp. 253, 1982