

## 이온 플레이팅에 의한 Nd계 희토류 영구자석의 Al 증착 특성

### Characteristics of Al Deposition on Nd-based Permanent Magnet Prepared by Ion Plating

여현동\*, 박동원, 김대룡(경북대학교 금속공학과), 공군승(성림 첨단 산업(주))  
백운승, 권식철, 장도연(한국 기계연구원)

#### 1. 서론

Nd계 희토류 영구자석은 현재 각 산업 분야에서 널리 이용되고 있으며, 기존의 SmCo계 영구자석에 비해 경제적이며 우수한 자기특성을 가진다. 그러나 이 희토류 영구자석은 반응성이 큰 Nd를 다량으로 함유하고 있어 부식이 잘 일어나는 문제점을 지니고 있다. 이의 해결책으로서 이온 플레이팅에 의한 Al 피복법이 제시되게 되었다<sup>1)</sup>.

이온 플레이팅은 코팅층 치밀화 및 밀착력 향상 효과와 함께 도금물질과 피도금체의 선택 범위가 넓어 여러 분야에의 적용이 이루어지고 있다<sup>2)</sup>. 또한 코팅물질로서의 Al은 부식분위기에서 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>막을 빠르게 형성, 더 이상의 부식을 억제하며, 기화시키기에 용이하고 강한 밀착력을 가질 수 있다.

이러한 장점을 이용하여 그동안 일반강판, 스테인레스강등의 기판 소재에 Al 이온 플레이팅을 행하여 내식성을 향상시키고자 한 연구가 많이 진행되어 왔다<sup>3)</sup>. 그러나 희토류 영구자석과 같이 분말 성형법으로 제조된 소재를 기판으로 하여 이온 플레이팅을 행하고 그 물성을 연구한 사례는 알려진 바 없다. 이러한 배경하에 본 논문에서는 분말성형법으로 제조된 Nd계 희토류 영구자석을 기판으로 하여 Al 이온플레이팅을 행할 때 그 공정변수들이 코팅층의 조직 및 내식성에 미치는 영향을 조사하고자 하였다.

#### 2. 실험방법

외경이 20mm, 내경이 10mm, 두께가 2mm이며, Fe - 34wt% Nd - 1wt% B를 주성분으로 하는 ring형의 분말 성형체 영구자석을 기판소재로 하였다. 전처리로서 Barrel 연마, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> 용액을 이용한 탈지, sand blasting 및 초음파 세척을 행하고 chamber에 장입하여 sputter cleaning을 하였다. 본 실험에서는 지름 1mm의 고순도 (99.99%) Al wire를 300mm/min의 속도로 연속 공급하였으며, BN boat를 이용해 Al을 기화시켰다.

Al 코팅시 조건으로는 초기 진공도  $3.0 \times 10^{-5}$  torr, 플라즈마 가스는 Ar을 사용하였으며 시편 회전속도는 14rpm이었다. 코팅 공정변수로서 전압은 0 ~ 1000V, 압력은 1.0, 5.0,  $9.0 \times 10^{-2}$  torr이었고, 온도는 140 → 180℃와 230 → 180℃의 두 범위로 실험하였다. 한편 본실험에서 코팅층의 두께는 15μm내외가 되도록 코팅시간을 조절하였다.

코팅층의 표면 및 단면의 미세조직은 SEM을 통하여 관찰하였으며, XRD를 이용해 상분석을 하였다. cross cut - tape test 방법으로 밀착력을 시험하였으며, 내식성 시험은 염수분무 100시간, 항온 항습 10시간 후 코팅층의 녹 발생 면적을 areal analysis법으로 측정하고, 이를 레이팅 넘버로 나타내었다.

### 3. 결과요약

$5.0 \times 10^{-2}$  torr의 압력조건에서 전압을 증가시키면 플라즈마 전류는 상승하였으며, 코팅층의 증착속도는 600V까지는 증가하지만 그보다 높은 전압에서는 감소하였다. 표면 조직은 입자들간의 표면확산에 의한 합체, 성장이 일어나 평활해지지만 1000V에서는 resputtering효과가 더욱 커져 큰 입자 size와 그 사이의 큰 hole을 나타냈다.

800V와 1000V의 전압에서 압력이  $1.0 \times 10^{-2}$  torr일때는 플라즈마 발생량이 적어 낮은 플라즈마 전류값을 가지며, 증착속도는 저진공에 비해 높게 나타났다.  $9.0 \times 10^{-2}$  torr에서는 플라즈마 발생량이 많지만 평균자유행로의 감소로 입사되는 Ar과 Al이온이 충분한 충격에너지를 가질 수 없어 그 표면조직은 치밀하지 못하고 pore를 많이 가짐이 관찰되었다. 내식성 시험에서 800V의 인가전압과  $5.0 \times 10^{-2}$  torr 압력조건에서 제조된 코팅층이 염수분무 및 항온항습 시험 모두에서 가장 내식성이 높은 것으로 나타났다..

온도의 영향을 알아보기 위해 1000V 인가 전압과 1.0,  $5.0 \times 10^{-2}$  torr의 조건에서 저온 영역과 고온 영역에서 코팅층을 제조하였다. 고온영역에서 제조된 코팅층의 표면 조직은 저온에 비해 평활하지 못하며 치밀도가 떨어지는 형상을 보였다. 또한 내식성 시험에서도 고온영역에서 제조된 시편은 녹발생 및 피막파괴가 더욱 많이 발생하였다. 이는 분말 성형법으로 제조된 원소재의 내부에 다량으로 존재하는 가스의 blistering 및  $\text{NdAl}_3$  상의 생성 때문으로 판단된다. 한편 본실험에서 제조된 모든 코팅층의 밀착력은 매우 우수한 것으로 관찰되었다.

### 참고문헌

1. J. W. Dini : Metal Finishing, Feb. (1996) 60
2. K. N. Strafford, P. K. Datta, J. S. Gray : Surface Engineering Practice, Eills Horwood, New York, (1990) 566
3. H. Kibe, K. Yamada, M. Nagosh, H. Noro, K. Sato, H. Kagechika : Thin Solid Film, 228 (1993) 91