

CAPA 공정에 의해 제조된 NdFeB 영구자석의 부식 거동과 자기적 특성

한국표준과학연구원 김형태*, 김윤배
전북대학교 김학신

Corrosion Behavior and Magnetic Properties of NdFeB magnets
Fabricated by CAPA Process

KRISS H.T.Kim*, Y.B. Kim
Chonbuk National University H.S. Kim

1. 서 론

급냉응고법에 의하여 이방성 NdFeB 영구자석을 제조하기 위해서는 급속응고시킨 NdFeB 분말로부터 hot-press 에 의한 등방성 자석을 제조한 후 die-upset 에 의해 이방성을 부여한다 [1]. Die-upset 과정에서 소성변형에 의한 집합조직 형성으로 잔류자속밀도는 증가하는 반면, 고온에서의 지속적인 노출로 인하여 보자력이 크게 감소한다. hot-press 전 최종단계에서 합금분말에 소량의 급속 원소를 첨가시킴으로써 die-upset 과정에서의 보자력 감소를 억제할 수 있는 것으로 알려져 있다 [2]. 일반적으로 hot-press 와 die-upset 공정은 약 100 MPa 이상의 압력과 700~750 °C 의 고온에서 수행된다. 최근에 DC 전류와 프레스에 의한 압력을 동시에 이용하는 통전가압에 의하여 치밀화된 자석을 얻을 수 있는 방법이 개발되었다 [2]. 본 연구에서는 소량의 Zn 를 MQPA 분말에 기계적으로 혼합시킨 분말로부터 CAPA(current-applied pressure-assisted) 공정에 의해 NdFeB 영구자석을 제조하고, 자기적 특성 및 부식 저항성에 대하여 조사하였다.

2. 실험방법

통상적으로 판매되고 있는 MQP-A(미국, GM社) 분말에 Zn 분말을 소량 첨가하고 150 rpm 으로 20 분간 ball milling 에 의해서 기계적으로 혼합된 NdFeB 분말을 제조하였다. 밀링에 사용된 용기와 볼의 재질은 SUS 304 이며 볼의 크기는 직경 10 mm이다. 용매는 에틸알콜을 사용하였으며 밀링 시 10분 간격으로 역회전 시켰다. 외경 40 mm, 내경 20 mm 의 흑연 몰드에 NdFeB 분말을 충전시킨 후 상, 하부 흑연 펀치를 가압시킴과 동시에 상, 하 펀치에 전류를 가하였다. 분말이 압축되는 과정의 길이 변화를 LVDT 를 통해 기록하고, 길이 변화를 관찰하면서 분말의 치밀화가 완전히 이루어 질 때까지 전류를 가한 후 상온까지 급냉시켰다. 최종적으로 얻어진 등방성 자석을 CA-deformation 에 의해 이방성 자석으로 제조하였다. 자기적 특성의 변화는 시료를 90 kOe 의 자계로 착자시킨 후 B-H loop analyzer 를 이용하여 측정하였다. 밀도는 아르키메데스법에 의해 측정하였다. 제조된 시료의 부식거동을 potentiostat(EG & G)을 이용하여 전기화학적인 방법으로 조사하였다. 기준전극은 Ag/AgCl 전극을, counter 전극은 망의 형태로 제작된 platinum 전극을 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1 은 MQPA 와 Zn 가 혼합된 분말로부터 CA-press 에 의해 제조된 등방성 NdFeB 자석의 Zn 첨가

량에 따른 자기적 특성과 밀도 변화를 나타낸 것이다. 시료에 가해진 전류와 압력은 각각 670 A/cm², 50 MPa 이다. 밀도는 Zn의 첨가량에 관계없이 거의 같은 값을 보이고 있는 반면, Zn의 증가에 따라 잔류자화와 에너지적은 감소하는 경향을 보이고 있다. 그러나 Zn의 첨가에 따라 보자력은 증가하여 0.5 wt%에서 최대값을 보이고 이후 Zn 함량이 증가함에 따라 급격하게 감소하고 있다.

Fig. 2는 제조된 시료의 부식거동을 비교하기 위하여 전기화학법으로 -800에서 400 mV까지 1 mV/s 속도로 중성(0.0086M NaCl), 산성(0.15M H₃PO₄), 염기성(0.1M NaOH) 수용액에서 측정된 분극곡선을 나타낸 것이다. (a)와 (b)는 Nd_{14.13}(Fe_{63.27}Co_{5.66}Ni_{10.09})B_{4.77}(Al_{1.01}Ti_{1.02}) 조성의 비정질 리본에 대한 분극곡선이다 [4]. CAPA에 의해 제조된 자석의 중성 및 염기성 용액에서의 한계전류밀도는 비정질 리본의 한계전류밀도와 큰 차이를 보이고 있다. CA-pressed 자석의 경우 Zn의 첨가가 OCP(open circuit potential)를 높여 주는 효과가 있으며, 1 wt% Zn의 첨가시 Zn-free 보다 100 mV 정도 증가하였다. OCP는 시편과 수용액이 접하는 계면에서의 산화속도가 평형을 이룰 때의 potential로 OCP가 높을수록 화학반응이 잘 일어나지 않는 noble한 금속을 나타낸다. 중성 용액에서의 부식전류밀도는 potential이 높아질수록 계속 증가하나 염기성용액에서는 어느 임계값 이상에서 부식전류밀도의 변화가 거의 없음을 알 수 있다. 산성용액의 경우는 부식전류밀도가 potential이 증가함에 따라 부식전류밀도가 감소하여 부식속도가 저하되는데, 이것은 시편 표면에서 부식생성물이 passive film 층을 형성하고 있음을 나타내는 것이다.

4. 참고문헌

- [1] J. J. Coart, IEEE. Trans. MAG-25, 3550(1989).
- [2] C.D. Fuurst and E.G. Brewer, Appl. Phys. Lett, 56(22), 2251(1990).
- [3] H.T. Kim, Y.B. Kim and H.S. Kim, J. Magn. Magn. Mater, 224, 173(2001).
- [4] 오영민, 석사학위논문, 한양대학교

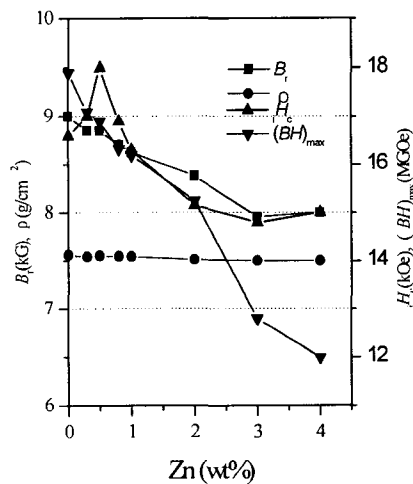


Fig. 1. Magnetic properties and density of CA-pressed magnets as a function of Zn addition.

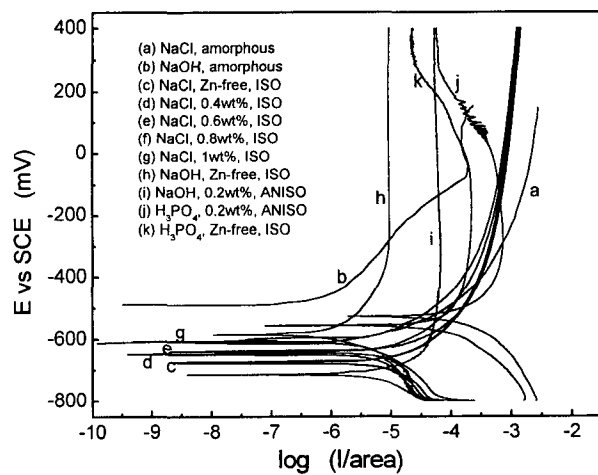


Fig. 2. Comparison of the polarization curves of NdFeB magnets fabricated by CAPA process.