

## 기계적 가공이 NdFeB 소결자석의 자기특성에 미치는 영향

한국표준과학연구원 김형태, 손장석\*, 유권상, 김윤배  
 RRC Churchatov Institute, Moscow G.A. Kapustin  
 충남대학교 금속공학과 이갑호

### Effects of Mechanical Machining on the Magnetic Properties of NdFeB sintered Magnets

KRISS H.T. Kim, J.S. Son\*, K.S. Ryu, Y.B. Kim,  
 RRC Churchatov Institute, Moscow G.A. Kapustin  
 Chungnam Univ. K.H. Lee

#### 1. 서론

이방성 NdFeB 자석은 자장 중 압축시킨 분말을 소결함으로써 고에너지 특성을 지닌 벌크형태로 제조할 수 있다. 미소한 크기의 벌크자석을 얻기 위하여 기계적인 가공을 필요로 하는 경우, 가공 시 수반되는 기계적 및 열응력이 소결체의 자기특성에 영향을 미칠 수 있다. 한편 경자성체를 포화자화시키기 위해서는 고유보자력의 3-5 배에 달하는 자기장이 요구된다. 전자석의 경우 생성시킬 수 있는 최대자기장이 보통 2.5 - 3 T 이기 때문에 희토류계 고보자력 재료의 자기이력곡선 측정은 펄스 자석에서 생성되는 고자장하에서 먼저 착자시킨 후 hysteresisgraph system 또는 진동시편자력계 (vibration-types magnetometer, VSM)를 이용하여 자기소거곡선(Demagnetizing curve)을 측정한다. 반면 펄스고자장을 이용한 펄스마그네토미터(pulsed field magnetometer, PFM)는 완전곡선(full loop) 형태의 자기이력곡선에 대한 정보를 얻을 수 있는 반면, 측정시료의 크기가 제한된다 [1]. 본 연구에서는 기계적인 가공이 NdFeB 소결자석의 자기특성에 미치는 영향을 고찰하였다.

#### 2. 실험방법

상용적으로 판매되고 있는 실린더 형태의 소결자석(직경 15 mm × 두께 5 mm)의 코팅층을 연삭하여 제거한 후, 와이어가공으로 직경 14 mm × 두께 4 mm 크기로 제작하였다. 이와같이 가공된 자석(GSM)을 80 kOe 의 인가자장하에서 착자시킨 후 hysteresisgraph system을 이용하여 자기이력곡선의 2상한에 해당하는 자기소거곡선을 측정하였다. GSM을 다시 와이어가공으로 직경 2 mm × 2 mm 크기로 절단한 시편(WSM)의 자기이력곡선을 약 80 kOe의 자장하에서 펄스마그네토미터에 의해 측정하였다. WSM 시편을 열처리 및 연마지로 가공한 후 다시 펄스마그네토미터로 자기이력곡선을 측정하여 각 시편들의 잔류자화( $B_r$ ), 보자력( $iH_c$ ) 및 최대자기에너지적( $BH_{max}$ )의 변화를 관찰하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

Fig. 1 은 펄스자석으로 착자한 후 hysteresisgraph system을 이용하여 측정한 GSM 의 자기소거곡선(a) 과 펄스마그네토미터를 이용하여 측정한 WSM 의 자기이력곡선(b)을 나타낸 것이다. 각 곡선으로부터 구한 자기특성은 (a)의 경우  $B_r = 12.2$  kG,  $iH_c = 13.2$  kOe,  $BH_{max} = 34.6$  MGOe 이며, (b)의 경우는  $B_r = 12.3$  kG,  $iH_c = 12.7$  kOe, and  $BH_{max} = 32.1$  MGOe 이다. 2상한 영역을 보면 WSM의 자기이력곡선의 각형성이 변화하면서 step을 형성하고 있다. 이와 같은 현상은 소결자석의 표면부위가 기계적인 가공 중 훼손되었기 때문이며,  $BH_{max}$  가 저하되는 원인으로 작용한 것으로 생각된다. SmCo<sub>5</sub> 소결자석을 기계 가공하는 경우도 자기소거곡선상에 step이 발생하는 것으로 알려져 있다[2].

자기이력곡선측정시 발생하는 step 현상을 제거하기 위하여 WSM 시편을 200, 300, 400 °C 에서 각각 30 분 동안 열처리하였으나, step 현상을 그대로 유지하고 있으며, 400 °C에서 열처리한 경우는 각형성이 더욱 심하게 훼손된 것으로 나타났다(Fig.2(a)). 또한 WSM 시편의 표면으로부터 1 mm 씩 연마지로 polishing 한 경우도 자기이력곡선상에 step 이 형성되어 있음을 확인할 수 있었다 (Fig. 2(b)). 본 논문에서는 기계가공에 따른 미세조직 및 자기적 성질의 변화를 논하고자한다.

#### 4. 참고문헌

- [1] G.A. Kapustin, Y.B. Kim, H.T. Kim, S.H. Cho, Rev. Sci. Instru. 74(1), 147(2003).  
 [2] H, Nishio, IEEE Trans. Magn. 25(6), 4409(1989).

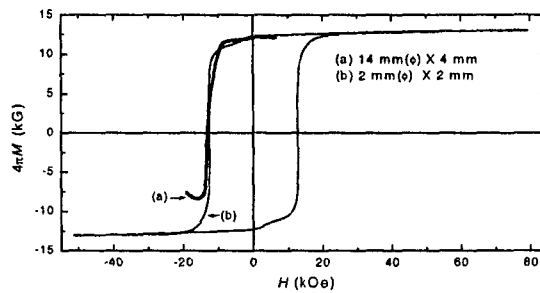


Fig. 1 Demagnetization curves measured by (a) hysteresisgraph system and (b) pulsed field magnetometer.

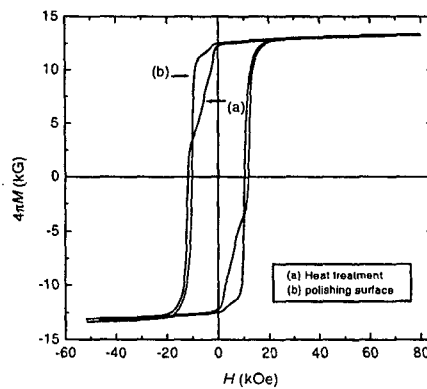


Fig. 2 Magnetic hysteresis curves of WSM samples.  
 (a) annealed at 400 °C for 30 min  
 (b) as-machined