

B14

R-Fe-B 합금의 기계적 분쇄와 다이업셋이 자기적 특성에 미치는 영향

인천대학교 박정덕* 곽창섭
한국과학기술연구원 정원용

THE EFFECT OF MECHANICAL GRINDING AND DIE UPSETTING
ON MAGNETIC PROPERTIES OF R-FE-B ALLOYS

Incheon University J. D. Park* C. S. Kwak
Korea Institute of Science and Technology W. Y. Jeung

1. 서론

희토류금속-철-보론계 영구자석이 급냉응고법과 소결법에 의하여 개발된 이후 다양한 방법으로 이 영구자석의 제조방법이 개발되어 왔다.^{1,2)} 소결형 Nd-Fe-B계에 Dy 와 Co 를 첨가하여 사용가능한 온도를 120°C, 급속응고분말을 열간가공하여 이 영구자석이 사용가능한 온도를 180°C까지 향상시켰다. 본 실험에서 기계적 분쇄로 주조시 성장된 결정을 비정질화시킨 후에 다이업셋을 통하여 이방성 R-Fe-B계 영구자석을 제조하였다. 이와같은 비정질화와 다이업셋을 통하여 R-Fe-B계 입자의 크기와 성분원소를 조절하여 고온에서 사용가능한 영구자석의 개발을 시도하였다.

2. 실험방법

소형 고주파 진공유도로에서 R-Fe-B계 합금을 용해한 후, 완성된 잉곳트를 Ar 분위기에서 disc mill로 35mesh 이하로 분쇄하여 유성형 볼밀을 사용하여 건식 기계적 분쇄를 행하였다. 이 파쇄된 분말을 원통몰드에 주입한 다음 가능한 이른 밀도에 근접하게 압축한 후, 열간가공재현시험기로 다이업셋을 행하였다. 시편의 자기적 특성은 D.C. fulxmeter을 사용하였고, 시편 내의 grain size와 성분분석은 A.E.M(Auger Electron Microscope) 이용하였으며, 입자의 방향성을 조사하기 위하여 XRD를 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

R-Fe-B 합금에서 R를 16at.%로 고정하고, B의 함량을 5at.%에서 8at.%까지 변화시키면서 기계적 분쇄한 후, 다이업셋(T:750°C, :0.001/sec, :60%)한 후, 열처리하였을 때 B의 함량이 5at.%-6at.%에서 자기적 특성이 높으며, 7,8at%에서 자기특성은 감소하였다. 이는 B의 함량이 증가할수록 초기 기지상의 결정립 크기가 증가하고³⁾, B-rich상의 증가에 따른 것으로 생각된다. 또한, A.E.M을 이용하여 기계화 분쇄된

입자의 크기를 조사하였다. 유성밀에서 분쇄시간이 24시간인 경우 평균 입자의 크기는 매우 넓은 분포를 보이고 있으나, 평균 입도는 약 $0.1\mu\text{m}$ 로 추정된다. 성분분석 결과 Nd, Pr rich상의 주위에 다량의 산소가 존재하고 있다. 이는 기계화 분쇄시 산화에 의하여 야기된 것으로 추정된다.

기계적 분쇄만 한 경우는 기계적 분쇄화로 인한 분쇄시 불의 충격에 의해 분말 내의 소성변형이 야기되고 이로 인하여 격자내점결함(침입원자, 공공)이나 격자결함(전위) 등과 비정질상을 포함한 준 안정상들의 존재로 인해 역자계를 가했을때 역자구 핵생성 site로 작용하여 입자가 미세함에도 불구하고 높은 보자력을 갖지 못한다. 또한, 입자 내의 결정방향도 자화용이축인 C축으로 정렬되지않고 무 방향성으로 잔류자속밀도가 낮다. 그러나 기계적 분쇄이후 다이업셋과 열처리에 의해 보자력이 상승하는 이유는 결정립 내의 결함이 소멸하고 비정질상을 포함한 준 안정상이 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 상으로 변태하며 Nd-rich상의 입계 확산에 의한 균일한 분포, 즉, Nd-rich상이 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 상의 입자표면과 입계를 둘러싸고 있기 때문이다. 또한, 잔류자속밀도가 상승하는 이유는 다이업셋에 의해 입자 내의 결정방향이 자화용이축인 c축으로 정렬되기 때문이다. 그러나, 잔류자속 밀도가 9KG로 낮은 것은 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 상이 C축으로 완전히 정렬되지 않았고, 열처리 조건이 잘 맞지 않았기 때문이다.

4. 참고문헌

- ① M. Sagawa, S. Fujimori, N. Togawa, H. Yamanoto and Y. Matsuura, J. Appl. Phys., 55 (1984) 2083
- ② J. J. Croat, V. Panchanathand and K. H. See, Pro. 10th Int. Workshop on Rare-Earth Magnets, Kyoto, Japan (1989) 429
- ③ N. C. Koon, B. N. Das and J. A. Geohegan, IEEE Trans. Magn. MAG-18 (1982) 1448