

방전플라즈마 소결(SPS)에 의한 NdFeB/a-Fe 소결자석의 자기적 성질에  
관한 연구  
(Magnetic properties of NdFeB/a-Fe magnet by Spark Plasma  
Sintering)

울산대학교 배광욱, 최성진, 권영순, 윤석길

1. 서론

Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B 금속간 화합물은 포화자속밀도와 자기이방성이 커서 우수한 영구자석 재료라고 알려져 있다. 현재 Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B을 주상으로 하는 NdFeB계 영구자석은 소결자석 및 급냉응고 방법에 의한 본드자석으로 주로 제작되고 있으며 그 생산량도 현저하게 증가되고 있다. 최근 기계적합금법을 이용한 NdFeB계 영구자석 재료를 제조하는 방법이 시도되고 있다.

기계적합금법에 의한 NdFeB계의 분말은 Nd, Fe, B의 혼합분말이 파쇄되거나 압착되면서 서로 접합되는 과정을 반복하여 합성되고, 이 합성된 분말을 연속 열처리시키면 고상반응 또는 상호확산 반응에 의하여 경자기 Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B상으로 변태하여 제조되는 것으로 알려져 있다.

본 연구에서는 NdFeB 잉곳을 제조하여 Planetary Ball Mill(AGO-2)을 이용해 나노결정립을 가지는 Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B/15vol%Fe 복합분말을 제조하고 그 분말을 방전플라즈마 소결(SPS)장치를 이용해 소결자석을 만든 후 그 소결자석의 구조적, 자기적 특성에 관하여 조사하고자 한다.

2. 실험방법

본 연구에서 사용된 잉곳은 Siberian Chemical Plant(Tomsk, RUSSIA)에서 Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B화학양론비로(Nd-26.68wt%, Fe-72.32wt%, B-1wt%) 제조하였다. 이 잉곳을 유압프레스를 이용해 ~1mm 입도의 입자로 만든 뒤 15vol%의 Fe을 첨가하여 기계적 합금화를 실시하였다. 기계적 합금화에 사용된 장비는 Planetary Ball Mill(AGO-2type)로써, 분말의 산화를 방지하고자 Jar에 Ar gas를 5atm으로 주입시킨 후 ball mill을 실시하였다. 이렇게 제조된 Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B/15vol%Fe 나노복합분말을 방전플라즈마 소결장치(Model SPS-515S, (주)이즈미테크)를 이용하여 승온속도 150°C/min, 800~1000°C의 소결 온도에서 진공분위기(3×10<sup>-2</sup> torr)하에서 행해졌다. 제조된 소결자석은 미세조직 및 자기적 특성을 분석하기 위해 SEM, XRD, VSM등을 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Milling시간이 짧은 경우(10min)에도 Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B상이 미세화 되고 분해 및 비정질화가 진행되는 것으로 판단된다. 이는 XRD분석 등을 통하여 확인할 수 있었고 Milling시간이 30분을 초과한 분말을 650°C에서 30min동안 열처리 하면서는 Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B상의 재결합이 이루어지는 것을 알 수 있었다. 이러한 나노복합분말을 가지고 SPS장치를 통해 소결자석의 밀도를 측정 한 결과 이론 밀도의 95%이상의 소결자석을 제조할 수 있었다.