

HDDR분말을 사용한 이방성 본드자석의 제조기술

삼성전기(주) 종합연구소 최 판 규

THE MANUFACTURING TECHNOLOGY OF ANISOTROPIC BONDED MAGNET USING HDDR POWDER

R&D Center, Samsung Electro-Mechanics Co., Ltd. P. K. CHOI

1. 서 론

1989년 미쯔비시 MATERIAL사는 현재 최강의 소결자석인 NEOMAX (스미토모 특수금속의 제품명) 조성에 가까운 Nd-Fe-B계 분말을 단순히 수소중에서 열처리하므로써 미세 결정조직을 만들 수 있는, HDDR법 (Hydrogenation 수소화 - Disproportionation 상의 분해 - Desorption 탈수소화 - Recombination 상의 재결합) 이라고 하는 새로운 자석 제조방법을 발표했다. 이 방법은 종래의 Nd-Fe-B계 자석분말이 GM사(현MQI사)에서만 공급되던 급냉법의 분말뿐이던 것에 비해, 이방성도 부여할 수 있는, 즉, 에너지적이 비약적으로 향상된다고 하는 점에서 획기적인 것으로서 주목받고 있다. 자기 이방성의 메카니즘은 수소화 과정에서 미분해된 $Nd_2Fe_{14}B$ 입자들에 의해 기인되며, 이들 입자들이 초기 모합금의 결정 방향을 가지며 탈수소화 과정에서 일어나는 재결합의 중심역할을 한다.

본 발표에 있어서는, 이방화의 메카니즘에 대해 간단히 설명하고, HDDR법을 이용한 자석분말의 제조법 및 그 분말을 사용한 본드자석의 제조법을 소개하고자 한다.

2. 실험방법

Fig. 1. 에 이방성 본드자석의 제조방법의 Flow-chart를 나타낸다. $Nd_{13.0}Fe_{67.9}Co_{11.0}Ga_{1.0}Zr_{0.1}B_{7.0}$ 조성의 분말을 여러 조건에서 수소화 처리 및 탈수소화 처리를 행하여, 최적 HDDR조건을 구하고, 최적 수소화 조건에서의 조직상태를 관찰하였다. HDDR처리 분말의 최적 입도분포를 구하고, 혼련시의 분말과 수저와의 특성을 비교·분석했다. 또한, 최적 자장성형 조건에서 성형하고 경화시킨 후, 자기특성 측정을 행했다.

3. 실험결과 및 고찰

수소화 반응에 있어서의 $Nd_2Fe_{14}B$ 상의 온도와 시간에 따른 분해곡선과, 탈수소 반응후의 이방화도의 등고선은, 750°C 부근에 Peak-point를 가지는 C형의 곡선으로 서로가 거의 일치한다. 그리고, 최적 수소화 조건의 조직에서 상변태를 일으켜 분해된 상 (NdH_2 , α -Fe, Fe_2B) 이외에 100nm 이하의 미세한 $Nd_2Fe_{14}B$ 입자들이 관찰되었다. 그 미세입자들은 $Nd_2Fe_{14}B$ 상의 분해를 억제하는 Co와 Ga을, 수소 처리전의 $Nd_2Fe_{14}B$ 상내의 함유량보다 많이 농축하고 있었다. 또한, 입자들의 방위가 수소처리전의 $Nd_2Fe_{14}B$ 상의 방위와 거의 일치하기 때문에, 이들 입자들은 어떤 상변태에 의해 재생성된 것이 아니라 $Nd_2Fe_{14}B$

상이 잔존하고 있는 것으로 판단된다. 따라서, HDDR법에 의한 Nd-Fe-B계 영구자석의 이방화는, Nd₂Fe₁₄B상의 방위를 그대로 가지고 탈수소 반응에서 상의 재결합의 중심역할을 하는, 미세히 분산해 있는 잔존 Nd₂Fe₁₄B입자들에 의해 기인된다.

HDDR 자석분말을 제조할 때에는, 합금의 조성 및 조직, 용체화 조건, Stamp-Milling순서, 수소의 로내에서의 대류경로, 수소화 및 탈수소화 처리조건, 분말표면 산화정도 등이 자기특성에 영향을 미치는 중요한 Factor이나, 그 중에서 수소화 및 탈수소화 처리조건을 소개하면 다음과 같다. 1) 이방화를 나타내는데 기여하는 수소화 조건은, 기본조성(Fe, Nd, B) 및 첨가물(Co, Ga, Zr)의 함유량, 수소화처리를 하는 분말의 용량, 수소 분사압력, 수소분사 개시온도 등의 변화에 따라 최적 수소화 온도 및 시간이 달라진다. 즉, 앞의 이방화 메카니즘에서 기술한 미세 Nd₂Fe₁₄B입자들이 분말에 적절히 잔존하게 하는 것이 최적 수소화 조건이라는 것이다. 2) 미세결정조직을 결정하여 커다란 보자력을 나타내는데 기여하는 탈수소화 조건은, 탈수소 온도 이외에 탈수소 반응속도를 어떻게 제어하느냐에 따라 최적 탈수소 시간이 달라진다. 탈수소 반응은 흡열반응이기 때문에, 반응속도가 빠르면 로내온도가 급격히 떨어져 조직에 영향을 미쳐 보자력이 떨어진다. 또한, 탈수소 시간이 짧으면, 분해상이 그대로 남아 자화특성에 영향을 미치며, 시간이 길면, 조직(Grain)이 조대해져 보자력특성에 영향을 미치게 된다.

HDDR 자석분말로부터 고특성의 본드자석을 얻기 위해서는, 분말충진율(Powder Volume Fraction) 및 분말배향도(Degree of powder orientation)의 향상, 분말손상도(Degree of powder impairment) 및 분말의 열에 의한 열화도(Degree of powder thermal degradation)의 억제 등을 도모해야 한다. 즉, 이러한 충진율, 배향도, 손상도의 문제를 해결하기 위해서, 온간 Press성형(80~100℃)과 고윤활성 바인더 수지를 적용하고, 분말의 열화도를 억제하기 위해, 종래의 열경화 바인더수지(150℃정도) 보다 저온에서 경화하는 바인더 수지(120℃정도)를 개발하였다. 또한, 수지, 윤활제, 표면처리제 이외에, 본드자석의 성능이나 성형성에 미치는 Factor로, 분말의 입도분포 및 형상, 금형의 재질, Press 압력 및 가압 Speed, 자장의 크기 및 종류, 자장방향과 Press방향의 관계 등이 고려되었다. 이와 같은 처리과정을 거친 30.8MGOe의 HDDR 분말을 본드화시킨 결과, 분말충진율이 73.7%에서 78.1%로, 공극율이 10.0vol%에서 4.6vol%로, 최대 에너지적이 13.5MGOe에서 18.0MGOe로 향상되어, BHmax(본드)/BHmax(분말)이 43.8%에서 58.4%까지 증대되었다. 본 실험 이후, 더욱 분말이 개량되어, 34.7MGOe의 분말로 20.3MGOe의 본드자석(Block-type)을 구할 수 있었다.

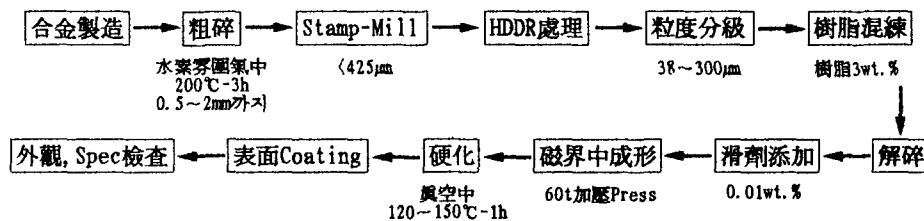


Fig.1. The flowchart of manufacturing process for anisotropic bonded magnet including HDDR treatment.