

## Nd-Fe-B계 소결자석의 이방화를 향상을 위한 연구

자화전자(주)연구소 김동환, 임광윤, 김호준, 조재완, 서응석, 김승호, 김상면

### A study for magnetic orientation increment of Nd-Fe-B sintered magnets

D.H.KIM, K.Y.LIM, H.J.KIM, J.H.Jo, E.S.Seo, A.S.KIM, S.M.KIM

Jahwa electronics Co.,LTD

#### 1. 서론

1982년 Nd-Fe-B계 자석이 처음 소개된 이후 높은 경자기특성과 SmCo자석에 비해 비교적 저렴한 가격으로 시장확대가 계속 증가하여, 이미 1999년도 세계시장에서 매출비중으로 기존의 Ferrite자석과 비슷하게 최대의 판매량을 기록하고 있다. 또한, 모터 설계/제조기술의 발달과 부품의 소형화, 고효율화의 추이에 따라 잔류자속밀도 향상에 대한 필요성과 연구가 지속적으로 진행되고 있다. 잔류자속밀도를 최대화하여 이론적인 최대자기에너지적에 근접하는 자석을 제조하기 위해서는, 우선, 경자성상인 Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B 금속간 화합물이 최대로 존재하면서 연자성상인  $\alpha$ -Fe의 편석이 완전히 제거된 단결정분말을 얻어져야 하며, 두번째로 제조된 합금을 균일하게 분쇄하고 입자들의 배향율을 증대시킴으로 잔류자속밀도를 극대화할 수 있다. 최근 발표된 연구결과를 보면 합금제조시 기존의 Book Mold Casting 대신 Strip Casting Process를 이용함으로써 합금조직의 미세화, 균질화 및 이방화를 가능하게 하였고, 분쇄된 분말을 CIP 또는 RIP process로 배향/성형함으로써 조직이방화의 극대화를 이루려는 시도가 진행되고 있다.

한편, Nd-Fe-B계 자석의 대표적인 활용 예인 VCM용 Magnet 및 Coreless Motor용 Coin type Magnet는 대부분 axial type pressing에 의하여 제조하는데 소결후 별도의 기계가공이 불필요하여 경제적인 잇점이 있으나 성형 과정에서 성형 및 자장방향이 평행을 이루게 되므로 분말의 배향율이 감소하는 문제점으로 현재 약 40MGOe까지의 자석이 제조되고 있다. 본 연구에서는 axial type pressing법을 이용하여 고품성 Nd-Fe-B자석을 제조하기 위하여 합금제조방법 및 윤활제의 첨가효과에 따른 자기특성변화를 조사하였다.

#### 2. 실험방법

Chill mold casting 혹은 Strip casting method에 의하여 제조된 31RE-68TM-1B조성의 합금 ingot에 취성을 부여하기 위하여 먼저 고순도 수소를 이용하여 수소처리 및 탈수소처리를 한 후, 3000-10000 rpm의 분쇄조건에서 Jet Mill를 함으로써 3-5 $\mu$ m입자크기의 균일한 입도분포를 갖는 분말을 제작하였다. 제조된 분말은 배향을 향상을 위하여 성형전 무수알콜 등의 윤활제를 0.1-0.7 wt%을 첨가하여 균일하게 Blending 하였으며, Axial type press를 이용하여 자장성형을 하였다. 성형체는 잔공분위기에서 1000-1100 $^{\circ}$ C  $\times$  2hr 조건에서 소결하였고, 400 $^{\circ}$ C ~ 600 $^{\circ}$ C의 범위에서 열처리함으로써 보자력의 변화를 관찰하였다. 한편, 자기특성은 소결체를 30 kOe의 Pulse자장으로 착자한 후, B-H loop tracer를 이용하여 측정하였으며, 성분 분석, 입도분포측정, 미세구조해석은 각각 ICP, Particle size analyser, SEM-EDS를 이용하여 조사하였다.

#### 3. 실험결과

Fig.1은 Chill mold casting and Strip casting process에 의하여 제조된 ingot 미세구조와 상분포를 나타내는 SEM 사진이다. 그림에서 보는 바와 같이 strip casting process에 의하여 제조된 ingot는 결정립이 약 10-20 $\mu$ m으로 미세하고 Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B와 Nd-rich phase가 균일하게 분포하고 있으며  $\alpha$ -Fe free microstructure를 형성하고 있음을 알 수 있다. 반면에 Chill mold casted ingot는 결정립이 크며, 표면으로부터 1-2 mm

thick 범위를 제외하고는 많은  $\alpha$ -Fe가 관찰되었다. 따라서, 출발합금 제조시 31wt% 이하 RE 조성의 경우 Chill mold casting에 의하여는  $\alpha$ -Fe를 완전히 제거할 수 없음을 알 수 있다.

Table 1에서 보는 바와 같이 Strip casting process에 의하여 얻어진 ingot를 이용하여 제조된 Magnet는 잔류자속밀도와 최대자기에너지적이 크게 증가하여, 종전의 Chill Mold Casting과 비교할 때 각각 0.4-0.7 kG, 2.7-4.5 MGOe 증가하였으며, 분말의 Standard Deviation(S.D.)도 상당히 감소하였다. 이와 같은 잔류자속밀도의 증가는 급속냉각에 의하여 형성된 미세하고 이방화된 결정립이 수소처리와 분쇄과정을 통하여 균일하고도 완전히 이방화된 분말을 형성함에 기인한 것으로 판단된다. 한편, 소량의 Lubricant는 성형시 분말과 분말사이에 윤활작용을 증가시킴으로써 분말의 이방화율을 향상시키는데 기여하였으며, 보자력의 변화는 거의 관찰되지 않았다.

Fig.1 Microstructures of (a)Strip casted and (b)Chill Mold Casted Ingots

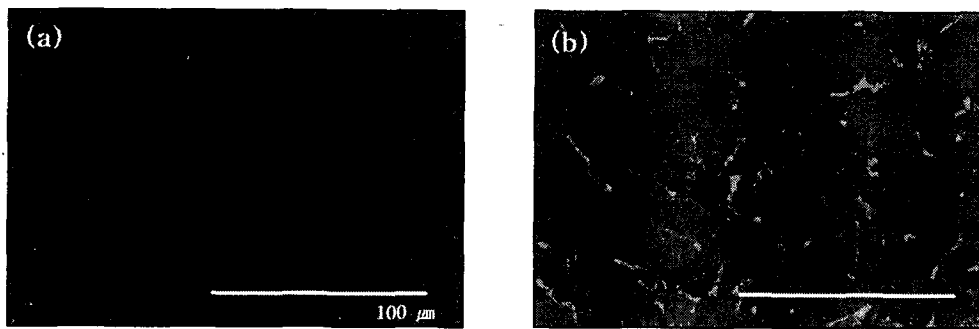


Table1. Magnetic properties of 31RE-68TM-1B depending on casting process and lubricant addition

		Jet Milled Powder			Magnet		
		Mean size	S.D.	Mode.	Br(kG)	iHc (kOe)	(BH)m (GOe)
Chill Mold Casting	Lubricant(×)	3.59	1.51	5.10	12.1	12.8	32.8
	Lubricant(○)				12.4	12.5	35.0
Strip Casting	Lubricant(×)	3.48	1.42	3.95	12.5	13.5	35.5
	Lubricant(○)				13.1	13.3	39.5

#### 4. 결 론

31RE-68TM-1B 조성을 갖는 소결자석을 제조함에 있어서 Strip casting process와 Lubricant효과를 접목시킴으로서 잔류자속밀도와 최대자기에너지적은 각각 12.1kG→13.1kG, 32.8 MGOe→39.5MGOe까지 향상시킬 수 있었다.

#### 5. 참고문헌

①J.Bernardi, J.Fidler, M.Sagawa and Y.Hirose, J. of Applied Physics, Vol.83, No.11(1998)