

압출 성형에 의한 이방성 Sr-페라이트 본드 자석의 자기적 특성

박범식 · 김윤배 · 정원용

한국과학기술연구원 금속연구부

서울특별시 성북구 하월곡동 39-1, 136-791

(1996년 7월 2일 받음, 1996년 11월 28일 최종수정본 받음)

본 연구에서 인가 자장의 세기, 압출 금형의 온도 및 압출 속도가 페라이트계 이방성 압출 본드 자석의 자기적 특성에 미치는 영향을 조사하였다. 압출 본드 자석 단면에 대한 X-선 회절실험 결과 압출 금형 내의 용융 흐름에 의해 자성 분말의 자장 방향으로의 배향이 억제됨을 알 수 있었다. 압출 금형의 온도가 20 °C일 때 4 kOe의 인가자장에서 82 %의 배향도를 얻을 수 있었으며, Sr-페라이트 분말의 충전율이 50 vol%일 때 잔류자속밀도 2.2 kG인 압출 본드 자석을 제조할 수 있었다.

I. 서 론

레진 본드 자석은 영구 자석 분말을 결합제로 결합하여 고화시킨 복합재료 영구 자석의 총칭이다[1]. 이러한 레진 본드 자석은 결합제가 혼입되므로 자성 재료만으로 구성되는 소결 자석에 비해 자기 특성이 떨어지며, 결합제의 내열 온도의 한계성과 체적당 가격이 특성에 비해 비싼 단점이 있다. 그러나 본드 자석은 가공에 있어서 압출, 사출, 켈터링 등과 같은 플라스틱 가공 방법을 적용할 수 있다는 점에서 경량·박형의 가공이 가능하고, 다극 이방성 자석의 제조가 가능하여 기계적 기능과 전기적인 기능의 복합적인 기능을 갖는 mechatronics 부품으로서의 용도가 개발되면서 그 이용 범위가 확대되고 있으며, 또한 자성 분말의 자기적 특성 향상, 새로운 분말의 개발과 성형 기술의 개선 등으로 레진 본드 자석의 특성이 개선되어 그 적용 범위도 넓어지고 있다.

1955년 프랑스 특허에 페라이트 자성 분말과 결합제로 천연 고무와 합성 고무를 혼합하여 제조된 고무 자석이 알려졌으며, 1960년에 미국의 goodrich사가 PVC와 페라이트 자성 분을 혼련하여 냉장고의 개스켓으로 응용한 제품 등이 개발 초기에 알려졌다. 1962년에는 페라이트와 고무를 혼련한 후 롤 압연 성형하여 기계 이방화를 부여한 특허가 공고되었다[2]. 사출 성형에 의한 플라스틱을 결합제로 사용한 본드 자석은 1975년 일본에서 텔레비전의 센터링 자석으로 사용 하면서 수요가 급격히 증가되었다. 이방화 자석은 1980년에 들어서 자장 사출기가 개발되고, 일본의 대일화학공업이 결합제로 나일론을 사용하면서 본격화되었다. 자장 사출 성형 기술의 발전으로 레디알 이방화와 극이방화 기술의 개발이 이루어지고, 복

합성형 기술의 발전에 의한 일체 성형 기술이 본격화되면서 본드 자석의 시장이 급격히 증가하였다.

자성을 나타내는 분말의 가공에 있어서 압출, 사출, 켈터링 등과 같은 플라스틱 가공 방법을 적용할 수 있다. 일반용지 팩스에서 사용되는 마그네트 롤과 같이 소결 자석과 본드 자석이 함께 사용되어 일체 가공이 불가능한 경우에는 단순한 단면의 사출 성형은 그 금형 비용에 비해 부가가치가 낮아 효율적이지 못하다. 압출 성형은 2차원적인 단면의 긴 연속적인 형상을 연속적으로 제조할 수 있는 장점 때문에, 비용의 절감과 자장 회로의 공극을 최소화할 수 있다. 그러나 현재까지 압출 성형된 이방성 페라이트 본드 자석에 관한 연구는 전무한 실정이다.

본 연구에서는 이방성 자성 분말과 본 연구실에서 개발된 결합제를 사용하여 압출 방법으로 본드 자석을 제조한 후, 자장의 세기, 압출 금형의 온도 및 압출 속도에 따른 압출 본드 자석의 자기적 특성 변화를 조사하였다.

II. 실험 방법

자성 분말의 입도는 혼합물의 임계 충전율, 자기적 특성 등에 영향을 미치나[3], 본 실험에서는 레진 본드용으로 일반적으로 사용되는 평균 입도가 1.3 μm 정도의 Sr-페라이트 자성 분말을 사용하였다. 자장중 압출 성형을 위한 주 결합제로는 폴리프로필렌 (Polypropylene)을 사용하였고, 부 결합제로는 폴리에틸렌 글리콜 (Polyethylene Glycol), 카누바 왁스 (Carnauba wax) 등이 사용되었다. 첨가제로는 스테아릭 산 (Stearic acid)을 사용하였다. Sr-페라이트 자성 분말은 120 °C의 오븐에서 10 시간 이상 건조하여 수분을 제거하였다. 건조된 자성 분말/결합

제의 혼합물은 주결합제의 용융 온도 이상인 170 ℃에서 Z-blade형 혼합기로 40분 정도 혼합하였다. Sr-페라이트 자성 분말의 함량은 이론적인 임계 충전율 이하에서 변화되었다. 혼합된 Sr-페라이트 자성 분말/결합제 혼합물은 펠렛화(pelletizing)하여 압출 성형되도록 준비하였다. 시료내의 Sr-페라이트의 충전율은 50 vol%로 하였다.

압출기는 단축 스크류식으로 무기 분말의 압출에 적당하도록 자체 제작하였다. 압출기 스크류의 지름은 40 mm, 유효 길이 L/D는 2, 피치수는 26이다. 가열 부분은 세 부분으로 나뉘어져 있으며, 압출량은 35~40 kg/hr이다. 실린더의 앞 선단에 압출 금형이 연결된다. 압출 금형은 자성 분말과 결합제의 혼합물을 압출하여 직사각형의 단면을 갖는 선형의 시편을 얻도록 설계되었다. 이방성 자성 분말을 자장 중 배향시켜야 하므로 압출 금형에 자장을 인가하는 회로를 부가하였다. 압출 금형 내에 공극 자속밀도는 최대 4 kOe 정도가 되게 구성하였다. 압출 금형에 냉각 장치와 가열 장치를 부가하여 성형체가 다이내에서 고화 압출되도록 온도구배를 주었다.

자장 중 사출 및 압출 성형으로 제조된 시편의 자기적 특성은 D. C. Fluxmeter (Toei, model TRF-5)로 측정하였으며, 분말의 방향성은 X-ray diffractometer를 이용하여 측정하였다.

이방성 Sr-페라이트 자성 분말의 배향도 (degree of powder alignment)는 다음 두가지 방법에 의해 구하였다. 첫째 D. C. Fluxmeter에 의해 B-H 자기 이력곡선(magnetic hysteresis)을 측정할 후 잔류자속밀도 Br을 조사하여 다음 식에 의해 배향도를 계산하였다[4].

$$\text{배향도} = \frac{B_r(\parallel)}{B_r(\parallel) + B_r(\perp)} \times 100 \quad (1)$$

$B_r(\parallel)$ 는 성형 중 인가된 자장에 평행한 방향으로의 잔류자속밀도이며, $B_r(\perp)$ 는 자장에 수직인 방향의 잔류자속밀도이다.

두 번째는 결정학적인 측정 방법으로 X-ray diffractometer를 사용하여 결정면에 따른 peaks를 분석하여 Lotgering 등이 제시한 다음 식에 의해 방향 계수(혹은 배향도) q 를 구하였다[5] [6].

$$\text{방향계수 } q = \frac{I_{006} + I_{008} + I_{107} \cos \psi_1 + I_{108} \cos \psi_2}{\sum I_{hkl}} \times 100 \quad (2)$$

X-선 회절 분석은 CuK α 에 의해 20~40°의 2 θ 범위에서 측정하였다. 이 범위는 D. C. Fluxmeter에 의한 배향도와 비교, 고려하여 결정된 범위이다.

III. 실험 결과 및 고찰

1. 금형 온도의 영향

Fig. 1은 압출 금형을 통해 압출된 시편의 X-선 회절 분석 결과로, 인가된 자장 방향으로 접한 면에서 자성 분말의 방향성을 알기 위해 시편의 표면에 평행하게 자른 각 면들의 X-선 회절 패턴을 조사하였다. 인가된 자장의 세기는 4 kOe이며 강제 냉각 없이 금형 내에서 공냉시켰다. 각각의 자른 면들의 위치는 표면에서 전체 시편 두께에 대한 깊이 분율로 나타내었다.

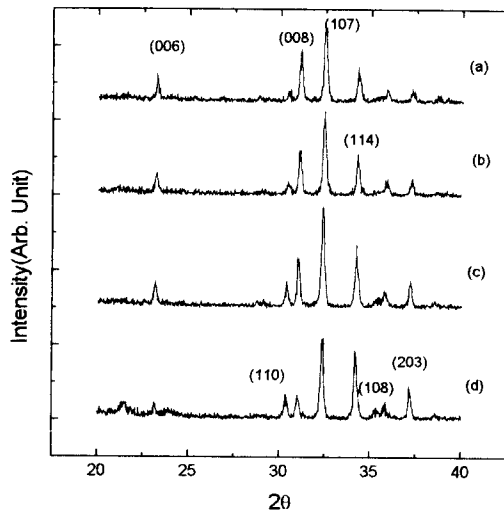


Fig. 1. X-ray diffraction patterns of Sr-ferrite bonded magnet fabricated by extrusion molding under 4 kOe applied magnetic field.

- (a) facet at 0%. (b) facet at 22%.
- (c) facet at 33.2%. (d) facet at 36.5%.

(a)는 시편 표면의 회절 패턴으로 (006), (008), (107), (114) 면들의 회절 강도가 비교적 뚜렷하고 배향도는 약 68% 정도이다. 그러나 시편의 표면에서 중심부로 갈수록 (006), (008) 면의 회절 강도는 감소하고, (110), (203), (114) 면들의 회절 강도는 상대적으로 증가한다. (c)의 배향도는 58%이며, (d)는 48.2%이다. X-선 회절 패턴에 의한 배향도 측정시 등방성인 경우를

50 %로 하여 계산하였다. 본 실험의 결과 (d)의 경우 배향도가 50 % 이하로 감소한 것은 자장 방향과 압출 방향이 상호 작용하여 페라이트 분말의 배향이 일어났기 때문이다. 이것으로 보아 재배열이 무방향적으로 일어난 것이 아니라, 시편 내부에서 c 축의 배열이 인가된 자장 방향에서 용융 흐름에 의해 어떤 한 방향으로 흐트러지는 것으로 사료된다.

실제로 무방향성인 경우 X-선 회절 분석 결과 (114)면의 강도를 100으로 하였을 경우 (107)면은 95, (203)면은 47, (110)면의 강도는 42이다. 본 실험의 결과 배향도가 48.2 %인 경우에도 (107)면의 강도가 (114)면의 강도보다 큰 것은 시편의 내부에 존재하는 스트론 페라이트 입자의 배향에 자장 방향과 압출 방향이 상호 작용하고 있음을 보여주고 있다.

시편 표면의 배향도가 높고, 내부의 값들이 낮은 것은 압출 금형 벽면으로부터 압출물이 냉각되면서, 중심부는 서서히 냉각되어 내부에 용융흐름이 존재하기 때문이다. 이 용융흐름에 의해 자성 분말은 자장 방향으로 배향된 배열을 유지하지 못하고 재배열된다. 이러한 용융 흐름은 압출 금형 내벽으로부터 냉각되는 속도에 의해 제어될 수 있다고 사료된다. 압출시 용융 흐름에 의한 재배열을 제어하기 위해서는 인가되는 자장 중에서 결합제가 고화되어야 한다. 그러나 압출 금형의 길이는 유한하고, 또한 높은 배향도를 얻기 위해서는 인가되는 자장 세기 하에서는 고온이 유지되어야 하기 때문에 압출 금형에 온도구배를 주는 것이 필요하다.

Fig. 2는 4 kOe의 인가 자장 세기에서 압출된 시편의 자장 방향으로 접한 면들의 X-선 회절 패턴을 나타낸 것이다. 금형의 온도는 60 °C 정도로 냉각되었다.

(a)의 피크는 시편 표면에서의 회절 패턴이며, (f)로 갈수록 시편 중심에 가까운 면의 회절 패턴을 각각 나타낸 것이다. D. C. Fluxmeter에 의해 측정된 시편의 방향성은 약 73 % 정도였으며, 이 값은 시편의 전체 부피적인 자기 특성을 나타낸다. Fig. 2의 X-선 회절 분석 결과를 이용하여 스트론 페라이트 분말의 방향성을 계산하면 시편 표면에서의 방향 계수는 82 %이고, 중심부로 갈수록 각각 78.7, 65.7, 63.5, 58.7, 57.4 %로 배향도가 급격히 감소하여 시편의 방향성이 내부 전체에 걸쳐 균일하지 않음을 보여준다. Fig. 2의 X-선 회절 패턴을 고찰해 보면 (a)에서 (f)로 갈수록 (110), (114), (203) 면을 나타내는 피크들의 회절 강도가 다른 면의 회절강도에 비해 상대적으로 증가하고 있으며, (006), (008) 면과 같이 자화 용이축인 c축과 관련된 면의 회절강도는 점차적으로 감소함을 알 수 있다. 또한 (008)면의 회절강도에 비해

(107)면의 회절강도가 상대적으로 증가하고 있음을 알 수 있다. 따라서 시편 내부로 갈수록 배열된 자성 분말들이 용융 흐름에 의한 영향을 받아 분말의 배향도가 감소한다고 판단된다.

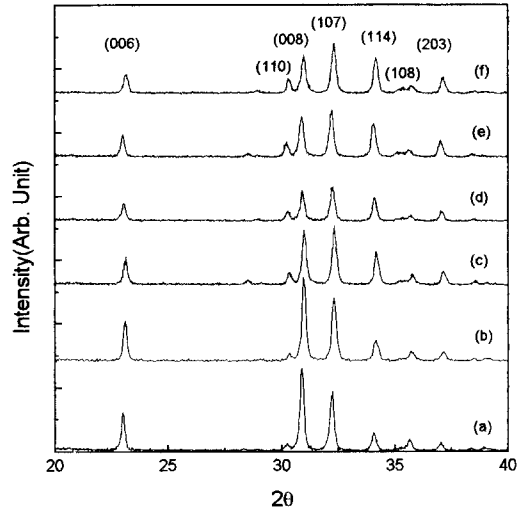


Fig. 2. X-ray diffraction patterns of Sr-ferrite bonded magnet fabricated by extrusion molding under 4 kOe applied magnetic field at 60 °C extrusion mold temperature.

(a) facet at 0 %. (b) facet at 4.8 %. (c) facet at 14 %. (d) facet at 23 %. (e) facet at 35 %. (f) facet at 44 %.

Fig. 3은 압출 금형의 냉각되는 온도에 따른 잔류자속 밀도의 변화를 나타낸 것이다. 압출 금형의 온도는 인가되는 자장 범위의 바깥 부분에서 측정되었고, 3 kOe의 자장을 인가하여 압출하였다. 인가되는 자장 범위 내에서의 압출 금형의 온도는 195 °C로 유지되었으며, 스크류의 회전수 또한 일정하게 유지하였다.

시편의 잔류자속밀도 B_r 은 인가되는 자장에 평행한 방향(■), 그 수직인 방향(●)과 압출되는 방향(▲)의 세 방향에서 D. C. Fluxmeter에 의해 감자 곡선으로부터 측정되었다. 압출 금형의 온도가 100, 90, 70 °C로 감소할 때 인가된 자장 방향(■)으로의 잔류자속밀도 값은 1.32, 1.66, 2.08 kG로 증가하였으며, 그 이하의 온도에서의 잔류자속밀도는 점차 포화되고 있다. 인가된 자장 방향의 수직면(●)의 B_r 은 자장 방향으로의 B_c 에 비해 아주 낮은 값을 가지나 압출 금형의 온도가 70, 90, 100 °C로 상승하면 잔류자속밀도값이 0.52, 0.64, 1.03 kG로

증가하였다. 이것은 자장 방향으로 자화 용이축이 배열되도록 자성 분말들이 회전함으로써 자장 방향으로 높은 B_r 값을 나타내고, 반대로 인가된 자장의 수직 방향으로로는 자화 용이축에 수직이 되므로 낮은 B_r 값을 갖기 때문이다. 70 °C 이상의 온도에서 자장 방향으로의 B_r 값이 감소하고 수직 방향으로의 B_r 값이 증가하는 것은 인가된 자장 방향으로의 자성 분말의 배열이 호트리짐에 의한 것이다. 압출 방향(▲)으로의 B_r 은 인가되는 자장에 수직인 방향에서의 B_r 보다 높은 값을 보인다. 이것은 배열된 자성 분말의 호트리짐이 압출 방향으로 일어난다는 것을 의미한다. 즉 인가된 자장에 의해 c 축으로 배열된 입자들이 압출되는 용융 흐름에 의해 압출되는 방향으로 비틀리는 것으로 판단된다. 만일 용융 흐름에 따른 배열의 호트리짐이 무질서하게 일어난다면 압출 방향으로의 B_r 과 수직 방향으로의 B_r 이 비슷한 값을 가져야만 할 것이다. 이러한 요소의 제어는 인가되는 자장 내에서의 압출물의 급냉, 인가되는 자장 세기의 증가 및 인가되는 자장 범위의 확대로 가능할 것으로 생각된다. 그러나 인가되는 자장 범위의 확대는 압출 금형의 길이의 제한에 의해 적합하지 못한 것으로 사료되며, 압출물을 자장내 급냉에 의해 제어하는 것이 적당할 것으로 사료된다.

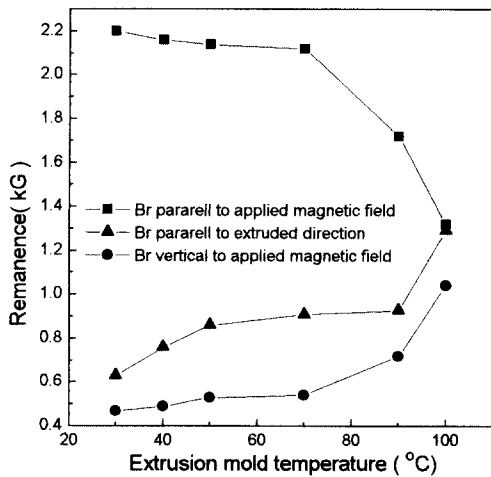


Fig. 3. Variation of the remanence as a function of extrusion mold temperature at three different direction.

Fig. 4는 Fig. 3에서의 결과를 식 (1)에 의해 계산한 자성 분말의 배향도이다. 식 (1)의 수직 방향의 잔류자속밀도 H 은 압출 방향으로의 B_r 과 인가되는 자장의 수직 방향

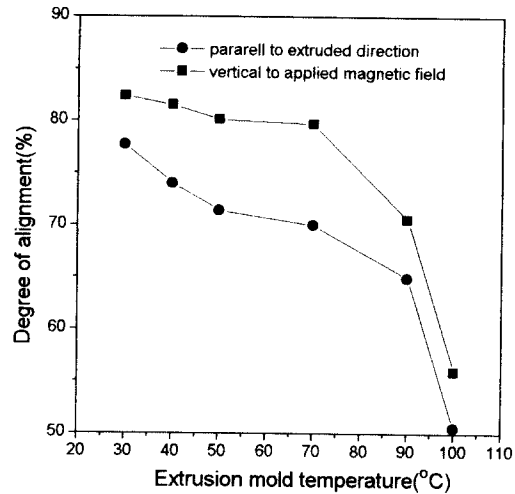


Fig. 4. Variation of the degree of particle alignment as a function of extrusion mold temperature.

에서 측정된 B_r 두 가지 항을 각각 고려하여 계산하였다.

Fig. 4에서 보듯이 압출 방향으로의 B_r 을 바탕으로 계산된 배향도는 자장 방향에 수직 방향의 B_r 을 바탕으로 계산된 배향도 보다 훨씬 낮은 값을 나타내었다. 압출 방향으로의 B_r 값을 근거로한 배향도는 100 °C의 압출 금형 온도에서 거의 무방향성을 보였고, 30~50 °C의 온도 범위에서는 수직 방향의 B_r 을 근거로한 배향도에 비해 배향도가 급격히 감소함을 보인다. 이것은 Fig. 3에서 압출 방향으로의 B_r 이 수직 방향의 B_r 보다 높은 값을 나타내는 것에 기인한다. 70 °C 이상의 온도 범위에서는 두 배향도의 차이가 온도가 증가함에 따라 감소하는 것으로 보아 특정 방향으로 배향의 호트리짐이 확대되기 보다는 여러 방향으로 무질서화가 이루어졌음을 알 수 있다.

Fig. 5는 4 kOe의 자장 세기 하에서 압출 금형의 온도를 20 °C로 유지하며 압출 성형한 시편의 자장 방향으로의 두께 비에 대한 회절 패턴을 나타낸 것으로, 각각 시편 표면에서 (a)는 0%, (b)는 9%, (c)는 15%, (d)는 24%, (e)는 35%, (f)는 41%의 두께에 위치한 면들이다.

D. C. Fluxmeter에 의해 측정된 시편의 배향도는 약 82% 정도였다. 시편 중심부로 갈수록 (110), (114) 면들의 회절 강도의 상대적인 증가는 보이지 않고, (006), (008) 면의 회절 강도의 변화가 약간 보이지만 각 면들의 회절 패턴이 거의 유사하다. 이는 압출 금형의 온도가 20 °C로 유지될 때 압출 성형체가 급격히 고화되어 시편 내부에서 용융흐름에 의한 자성 분말의 호트리짐이 적었음을 의미한다.

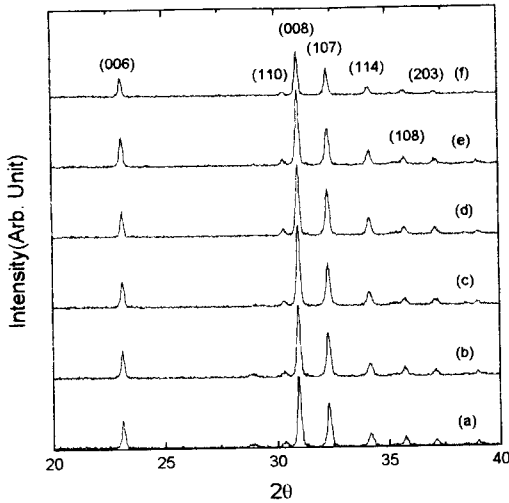


Fig. 5. X-ray diffraction patterns of Sr-ferrite bonded magnet fabricated by extrusion molding under 4 kOe applied magnetic field at 20 °C extrusion mold temperature. (a) facet at 0 %. (b) facet at 9 %. (c) facet at 15 %. (d) facet at 24 %. (e) facet at 35 %.

이러한 결과로 볼 때 압출 금형의 냉각 정도는 압출 성형된 이방성 레진 본드 자석의 자기적 특성에 영향을 미치는 중요한 요소로 작용한다고 사료된다. 같은 크기의 인가 자장 세기 하에서도 냉각 정도에 따라 얻어지는 자기 특성이 큰 차이를 보이므로, 고품질의 자석을 얻기 위해서는 압출시 인가 자장 범위 내에서 자성 분말/결합체의 혼합물을 급격히 고화시켜야 한다.

2. 인가 자장과 압출 속도의 영향

Fig. 6은 자장 중 압출 성형된 시편의 자기적 특성을 인가 자장 세기에 따른 잔류자속밀도 B_r 의 변화 값으로 나타낸 것이며, 이 B_r 값을 이용하여 식 (1)에 의해 계산된 배향도를 Fig. 7에 나타내었다. 압출 금형 온도는 30 °C로 유지하였다.

Fig. 6에서 인가되는 자장 방향(■)으로의 B_r 은 자장 세기의 증가에 따라 증가함을 알 수 있다. 그러나 Fig. 7에서 보듯이 배향도는 2 kOe의 자장 세기까지 급격히 증가하고 있다. 이것은 본 결합체를 사용하여 사출 성형한 시편이 외부 자장 1 kOe에서 70 % 이상의 배향도를 보이는 것과는 차이가 있다. 이것은 압출에서 자성 분말을 회전시키기 위해서는 사출에서 보다 더 높은 자장 세기가

요구됨을 나타낸다. 또한 Fig. 6에서 보듯이 인가되는 자장 방향의 수직 방향에서의 B_r 과 압출 방향에서의 B_r 은 차이를 보이고 있으며, 압출 방향에서의 B_r 이 높은 값을 나타내고 있다. 따라서 Fig. 7에서의 배향도 값도 인가되는 자장 방향의 B_r 값에 근거하여 계산된 값보다 8~10 % 정도 낮다는 것을 알 수 있다. 이러한 점으로 보아 압출되는 흐름이 자성 분말이 자장 방향으로 회전하는 것을 방해하며 압출 방향으로 경사지게 자성 분말을 배열시킨

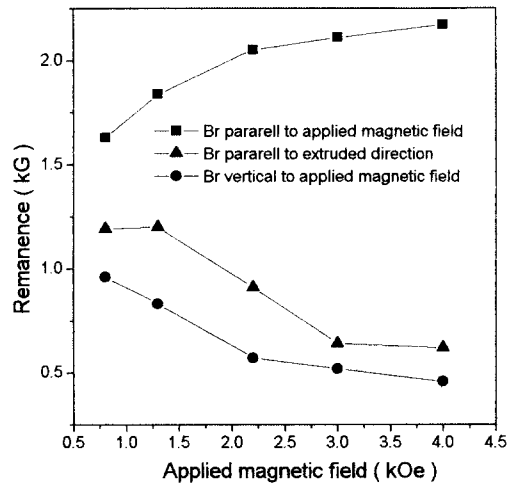


Fig. 6. Variation of the remanence as a function of applied magnetic field at three different direction.

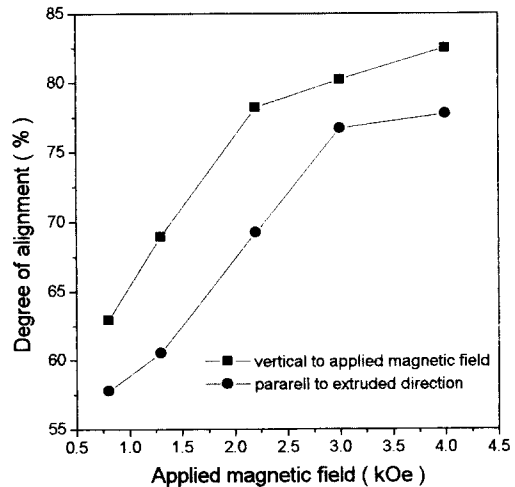


Fig. 7. Variation of the degree of particle alignment as a function of applied magnetic field.

다고 판단된다. 그러므로 압출 성형에서 높은 배향도를 얻기 위해서는 자장중 사출 성형에서 요구되는 인가 자장 세기보다는 큰 인가 자장 세기가 요구됨을 알 수 있다. 인가되는 자장에 수직인 방향의 B_r 을 근거하여 계산된 배향도에서 80%의 배향도를 얻기 위해서는 3 kOe의 인가 자장 세기가 요구되지만 사출 성형에서는 2 kOe 정도의 자장을 인가하면 얻을 수 있다.

압출 속도는 압출 금형의 냉각에 큰 영향을 준다. Fig. 8은 압출 속도에 따른 압출 성형체의 배향성을 조사한 것으로 압출 속도가 증가함에 따라 배향성이 감소함을 보여 주고 있다.

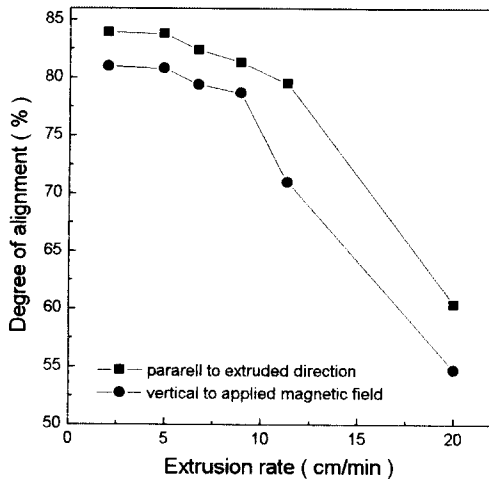


Fig. 8. Variation of the degree of particle alignment as a function of extrusion rate.

압출 금형의 온도는 냉각수의 유량을 일정하게 유지시킨 후 압출 속도에 따라 변화하는 값을 측정하였다. 2 cm/min 이하의 압출 속도에서 압출 금형의 온도는 14~18 °C의 온도 범위에서 유지되었고, 5~8 cm/min의 압출 속도에서는 20~30 °C로 유지되었다. 또한 10 cm/min 이상의 압출 속도에서는 40~70 °C, 20 cm/min 이상의 압출 속도에서는 금형의 온도가 80~100 °C의 온도 범위에서 유지되었다. 20 cm/min 이상의 압출 속도에서 압출된 시편은 표면의 온도가 높은 상태였으며 형태의 붕괴나 파손이 쉽게 일어났다. 또한 시

편 자체 무게에 의해 압출 시편이 끊어지거나 휘어지는 결함이 발생하였다. 이와 같이 압출 속도의 증가에 따라 배향성이 감소하는 것은 압출 금형의 온도가 올라감에 따라 배향된 자성 분말의 배향이 압출되는 용융 흐름에 의해 재배열되기 때문인 것으로 사료된다. 따라서 자기적 특성을 유지하며 압출 속도를 증가시키기 위해서는 압출 금형의 개선을 통한 냉각 속도의 증가가 요구되며, 이외에 인가되는 자장 범위 및 압출 금형 길이 등의 개선이 필요하다.

IV. 결 론

압출 성형 공정을 이방성 레진 본드 자석의 제조에 적용한 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 압출 본드 자석의 단면들을 X-ray diffractometer에 의해 회절 패턴을 조사한 결과 압출 금형 내의 용융 흐름에 의해 자성 분말 입자의 자장 방향으로의 배향이 억제됨을 알 수 있었다.
2. 압출 금형에 설정되는 온도 구배는 용융 흐름을 억제하여 자성 분말의 배향도에 큰 영향을 미치며, 자장 하에서 압출 금형이 20 °C로 냉각될 때 4 kOe의 인가 자장 세기에서 82%의 배향도를 얻었다. Sr-페라이트 분말의 충전율이 50 vol%일 때 잔류자속밀도 2.2 kG인 압출 본드 자석을 제조하였다.

참고 문헌

- [1] BONDED MAGNET, 日本ボンデッドマグネット工業協會, (1990) pp. 9~14.
- [2] BONDED MAGNET, 日本ボンデッドマグネット工業協會, (1990) pp. 63.
- [3] B. D. Cullity, Introduction to Magnetic Materials, Addison Wesley, New York (1972) pp. 212-215.
- [4] James E. Schuetz, Ceramic Bulletin, **65**(12), 1556(1986).
- [5] J. G. Zhang, M. J. Edriainghe and J. R. G. Evans, J. Mater. Sci., **23**, 2115(1988).
- [6] M. J. Edriainghe and J. R. G. Evans, Int. J. High Tech. Ceramics, **2**, 1(1986).

The Magnetic Properties of Anisotropic Sr-Ferrite Bonded Magnet Produced by Extrusion Molding

B. S. Park, Yoon B. Kim and W. Y. Jeung

Div. of Metals, Korea Institute of Science and Technology

P. O. Box 131, Cheongryang, Seoul 130-650, Korea

(Received 2 July 1996, in final form 28 November 1996)

In this study magnetic properties of anisotropic ferrite bonded magnets produced by extrusion molding with a variety of magnetic field, extrusion mold temperature and extrusion rate were investigated. X-ray diffraction study showed the alignment of magnetic powder was decreased by molten flow in extrusion mold. When the temperature of extrusion mold was 20 °C, the degree of alignment as much as 82 % could be achieved under the applied magnetic field of 4 kOe. The bonded magnets having the remanence of 2.2 kG was able to fabricated by extrusion molding when the packing density of Sr-ferrite powder was 50 vol %.