

희토류 본드 자석의 현황과 전망

양정필*

Magnequench Korea, 서울시 영등포구 여의도동 61 금호리첸시아 B-208, 150-947

(2011년 8월 16일 받음, 2011년 8월 23일 최종수정본 받음, 2011년 8월 24일 게재확정)

1980년대 초 희토류 자석이 발견된 이래 지난 30년간 희토류 본드 자석은 지속적으로 성장해 왔으며, 그 적용 분야도 보다 다양해 지고 있다. 현재 희토류 본드 자석은 컴퓨터 주변기기, 자동차, 소비 가전, 사무 자동화 분야 등 우리의 일상 생활과 주변에서 광범위하게 사용되고 있다. 하지만, 2010년 하반기부터 시작된 희토류 원료 가격의 급등은 2011년 2사분기 들어 수직 상승에 가까운 전대미문의 폭등세를 보이며 관련 산업에 적지 않은 충격을 가져오고 있다. 이로 인해 그 동안 성능 대비 가격 경쟁력을 바탕으로 페라이트 자석 시장을 꾸준히 잠식하며 양적인 성장과 응용 분야를 확대해 왔던 희토류 본드 자석 업계의 성장 방향에 근본적인 변화가 불가피할 것이 분명하며, 향후 지속 가능한 성장을 위하여 새로운 패러다임 또는 비즈니스 모델의 도입이 반드시 필요하다. 본 글에서는 희토류 본드 자석에 주로 사용되는 희토류 원료의 최근 가격 동향을 간략하게 알아 보고, 희토류 본드 자석의 주요 응용 분야와 희토류 본드 자석용 분말의 개발 동향에 대해서 알아 보았다.

주제어 : 희토류, 본드자석, NdFeB

I. 희토류 자석 가격 동향

Fig. 1에 2010년 1월부터 2011년 6월까지 희토류 본드 자석에 주로 사용되는 Nd와Pr 산화물 가격 동향을 정리하였다. 지난 1년 6개월간 중국 내수 가격 기준으로 Nd₂O₃는 8배 이상 Pr₅O₁₁은 6배 가까이 폭등하였다. 수출 가격은 중국의 수출 쿼터 및 수출 관세 등의 간접 비용의 증가로 이보다 훨씬 커 Nd₂O₃가 12배 이상 Pr₅O₁₁가 9배 가까이 높아진 상황이다. 한 가지 주목할 만한 사항은 거의 같은 가격을 형성하고 있던 Nd와 Pr이 시간이 지날수록 가격 격차가 점점 더 커져 현재 상당한 차이를 보이고 있다는 점이다. 이와 같은 가격 격차는 NdFeB계 희토류 자석에서 Nd의 일부 혹은 전부를

Pr로 대체하여 단기적으로 가격 경쟁력과 안정성을 확보할 수 있는 가능성을 보여 주고 있다.

상기와 같은 희토류 원료의 가격 상승은 산화물 기준으로 약 35%, 금속 기준으로 약 30%의 희토류를 함유하고 있는 NdFeB계 희토류 본드 자석 제조용 분말과 자석의 가격에 직접적인 영향을 미치고 있다. Nd를 사용하는 NdFeB계 본드 자석의 경우 자석의 가격이 2010년 초 \$40/kg대에서 2011년 현재 \$100/kg 이상으로 2.5배 이상 가격이 오른 상태이다. 이와 같은 희토류 본드 자석 가격의 급격한 상승과 향후 가격 변동에 대한 불확실성은 희토류 본드 자석의 응용 분야를 확대하는 데 많은 어려움을 초래하고 있으며, 장기적으로 대체 재료의 개발을 촉진하는 요인으로 작용하고 있다.

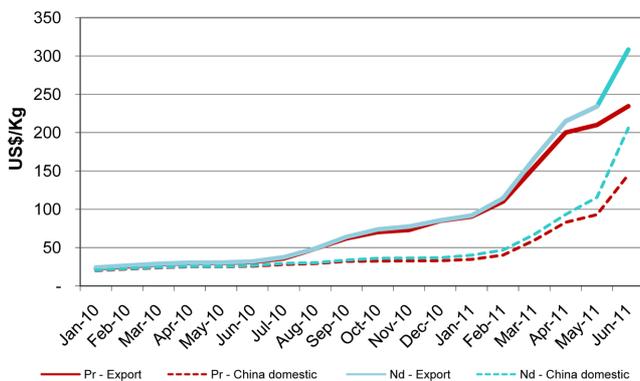


Fig. 1. The export (FOB China) and Chinese domestic price trends of Nd₂O₃ and Pr₅O₁₁ (Source: Metal Page).

II. 희토류 본드 자석의 응용 분야

NdFeB계 희토류 본드 자석은 주로 컴퓨터 주변 기기와 프린터 및 복합기를 포함한 사무 자동화 기기들을 중심으로 그 적용이 확대되어 왔다. 2010년 사용량을 기준으로 희토류 본드 자석의 주요 응용 분야를 Fig. 2에 정리하였다. 컴퓨터 및 서버 등의 저장 장치로 사용되고 있는 하드디스크 드라이브(HDD)의 스피들 모터용 자석이 단일 응용 분야로는 가장 높은 17%의 점유율을 나타내고 있다. 데이터 센터 및 클라우드 컴퓨팅에 필요한 저장 공간에 대한 수요 증가로 인하여 앞으로도 HDD의 수요는 해마다 지속적으로 성장할 것으로 예상된다. 지난 10년간 HDD와 함께 희토류 본드 자석의 대표적인 응용 분야였던 광학 디스크 드라이브(ODD)는 무선 네트워크 기술의 급속한 발전, 플래쉬 메모리의 확대, DVD

*Tel: (02) 786-1570, E-mail: jpyang@magnequench.com

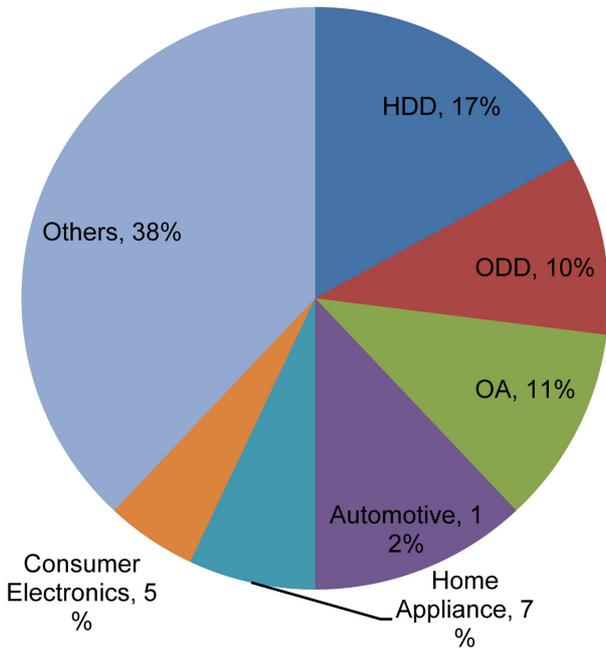


Fig. 2. The major applications of bonded rare earth magnets in 2010.

를 대체할 차세대 ODD기기인 Blu-ray의 더딘 성장 등으로 인하여 그 점유율이 점차 낮아지고 있다. 이외에도 희토류 분말 자석은 휴대전화, 디지털 카메라와 캠코더 등의 소비 가전(Consumer Electronics), 사무 자동화(OA) 및 공장 자동화(FA), 그리고 자동차 부품 등 우리의 일상 생활에 광범위하게 사용되고 있다. 최근 수년간 자동차용 소형 모터, 센서, 및 전동 조향 장치(EPS) 등을 중심으로 한 자동차 분야에서의 희토류 분말 자석의 사용이 빠르게 확대되어 가고 있다.

III. 희토류 분말 자석의 개발 동향

희토류 분말 자석은 크게 등방성과 이방성으로 나눌 수 있

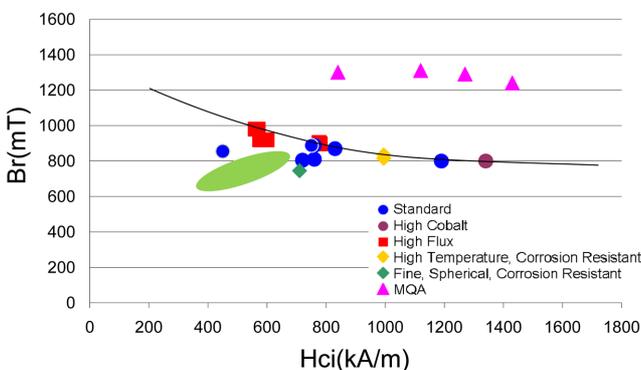


Fig. 3. The magnetic properties of isotropic and anisotropic rare earth powders for bonded magnets.

다. 아직까지 희토류 분말 자석에 사용되는 대부분의 원료는 등방성 NdFeB계이고, 등방성에 비해 높은 자기적 특성을 강점으로 이방성 분말 자석이 전동 공구 등 특정 분야에 도입되고 있다.

Fig. 3에 Magnequench사에서 생산 공급하고 있는 대표적인 분말의 자기적 특성을 잔류자속밀도(Br)과 고유보자력(Hci)에 대하여 정리하였다. 분말의 특성에 따라 고온 내식성 분말 그룹, 고특성 그룹, 및 구형 그룹 등으로 나눌 수 있다. Br과 Hci 사이에는 trade-off의 관계가 존재한다. 즉, Br을 높이면 Hci가 낮아지고, Hci를 높이면 Br이 낮아진다. Br과 Hci를 함께 높여 Fig. 3의 추세선 이상의 특성을 갖는 분말을 제조하는 것은 현재로서는 현실적으로 매우 어려운 일이다. 기존의 희토류 분말 자석용 분말의 개발 방향은 크게 자기적 특성 향상과 고온 특성 개선의 두 가지로 요약될 수 있다. 하지만, 앞서 간략하게 살펴 본 희토류 원료의 가격 폭등으로 기존의 특성을 유지하면서 원가를 최소화할 수 있는 연구도 가장 중요하고 시급하게 진행되어야 할 과제 가운데 하나이다.

1. 최소 원가 조성 개발

중국내에서 생산 공급되는 희토류 원료는 주로 Bastnaesite의 형태로 존재한다. Fig. 4는 경희토류 원료의 주요 생산지인 중국 내몽고 포두(Baotou) 지역의 Bastnaesite의 구성 성분을 보여 주고 있다. 원광의 약 50%가 CeO₂로 구성되어 있으며, 25%가 La₂O₃이다. 그 다음으로 Nd₂O₃와 Pr₂O₃의 함량이 16.7%와 5.1%로 높다. CeO₂와 La₂O₃의 가격이

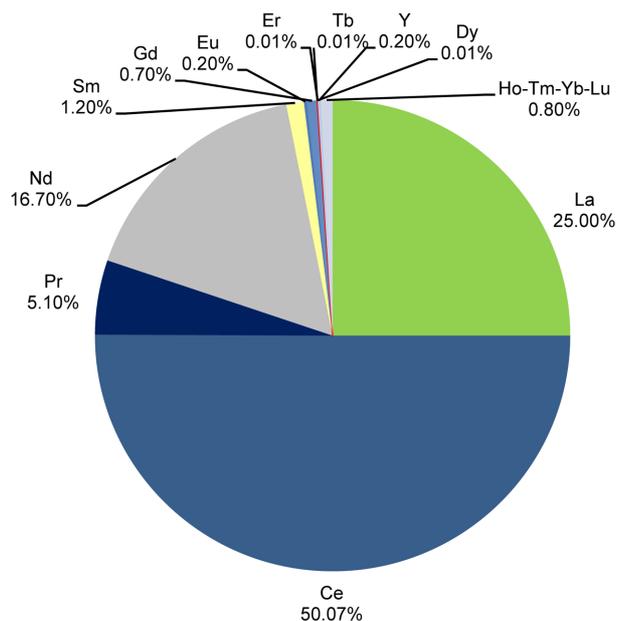


Fig. 4. The typical composition of bastnaesite from Baotou, China.

Nd₂O₃와 Pr₅O₁₁에 비하여 현재 1/7~1/10 수준임을 감안하면 희토류 본드 자석에 주로 사용되는 Nd와 Pr을 Ce 혹은 La으로 대체할 수 있다면 원재료 가격의 상당 부분을 낮출 수 있다. 하지만, Nd와 Pr을 Ce과 La으로 일부 또는 상당 부분을 치환할 때 발생하는 자기적 특성의 저하를 피할 수는 없다. Fig. 3의 왼쪽 아래 부분의 타원형 부분으로 표시한 영역이 Nd 또는 Pr을 Ce 또는 La으로 치환했을 때(5~80%) Br과 Hci의 변화 영역이다. 실제로 이와 같은 조성의 변경은 원재료 가격의 절감 효과가 자기적 특성의 저하로 인하여 완전히 상쇄되지 않는 범위 내에서 결정되도록 조성이 선택되어야 하며, 원재료의 가격 변동에 따라 일정 특성을 유지하면서 최소 원가 조성을 탄력적으로 변화시킬 수 있는 데이터 베이스의 구축과 엔지니어링 능력도 요구되고 있다.

2. 고온 특성 개선

희토류 본드 자석의 적용 분야가 자동차 분야로 확대되면서 가장 큰 문제점으로 대두되고 있는 것이 고온에서의 시효 특성이다. NdFeB계 본드 자석을 포함한 희토류계 본드 자석은 소결 NdFeB 자석에 비하여 조직이 치밀하지 않고 자석 내에 공극이 많이 형성되어 있어 고온에서 희토류 원소의 산화에 의하여 자기적 특성의 저하와 함께 부식이 진행되는 경향이 있다. 또한, NdFeB계 소결자석의 표면처리가 주로 전해 및 비전해 니켈 도금으로 에폭시 전해 도장을 하는 본드 자석에 비해 치밀하고 견고한 것도 내식성에 영향을 미치고 있다. 희토류 본드 자석의 고온 시효 특성의 개선을 위하여 최근에는 분말에 특수한 코팅 층을 형성하여 분말의 산화에 의한 특성 저하를 줄이는 방법이 개발되어 양산에 적용되고 있다. 이와 관련된 자세한 기술적인 내용은 특허 출원 중인 관계로 상세한 설명은 다음 기회로 미루고자 한다.

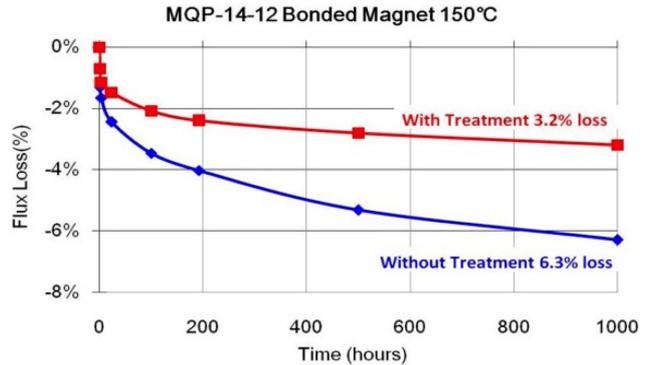


Fig. 5. The effects of anti-aging coating on the flux loss behavior of MQP-14-12 bonded magnet at 150 °C

Fig. 5는 본드 자석의 제조 공정 중 고온 특성 개선을 위한 첨가제의 영향을 실험한 결과로 소량 첨가에 의하여 150 °C에서 1,000시간 유지 후 자속의 감소가 6.3%에서 3.2%로 50% 가까이 줄어 든 것을 확인할 수 있다. 본 실험에는 Magnequench사의 고온용 분말인 MQP-14-12를 사용하였다. 이와 같은 고온 시효 특성의 개선은 희토류 본드 자석의 적용 분야를 기존의 IT기기 중심에서 자동차와 가전분야로 확대하는 데에 있어 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

3. 극 미세 분말(Very Fine Powders)

현재 본드 자석에 사용되고 있는 희토류 본드 자석용 분말의 평균 입도는 150~200 μm로 비교적 크다. 극미세 분말(상품명: MQFP)은 희토류 본드 자석이 사용될 수 있는 새로운 분야인 MEMS(Micro Electro Mechanical Systems), 프린팅, 잉크 분야 등 전혀 새로운 분야에 적용할 목적으로 평균 입

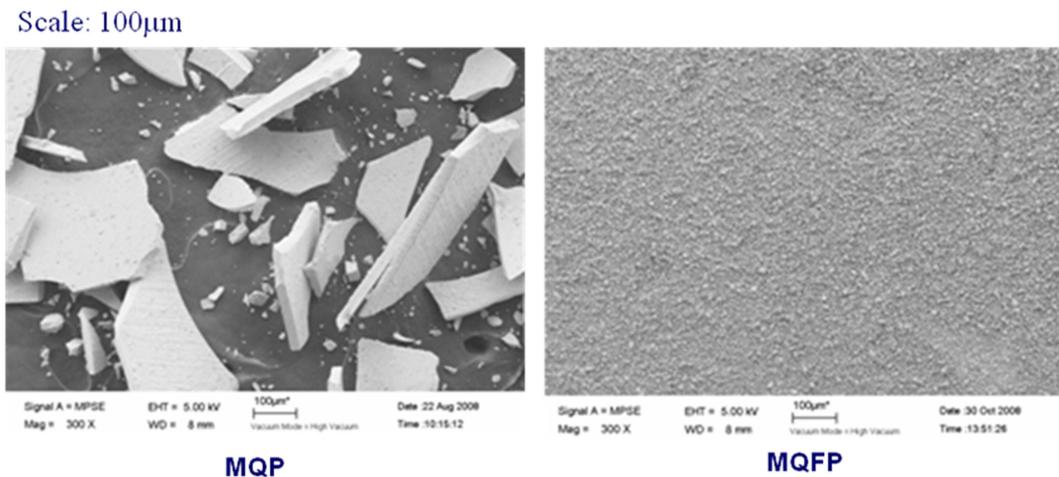


Fig. 6. SEM micrographs of typical rare earth powder for bonded magnet (MQP) and newly developed very fine powder (MQFP).

도(D50)가 10 μm 이하가 되도록 개발되었다. Fig. 6의 SEM 사진 비교에서 알 수 있는 바와 같이 일반 희토류 분말에 비하여 입도가 매우 미세한 것을 알 수 있다. 이와 같은 극미세 분말은 초소형 사출 본드 자석, 및 두께가 얇은 고무 자석 등에 매우 적합하며, 센서 및 안전 장치 분야에 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

IV. 맺음말

2011년 들어서 본격화된 희토류 원료의 가격 폭등은 희토

류 본드 자석의 급격한 가격 인상을 가져왔다. 이와 더불어 가격의 예측이 매우 어려워진 상황에서 희토류 본드 자석 산업은 기존의 시장을 지키고, 새로운 응용 분야를 개척해야 하는 매우 어려운 과제를 안고 있다. 현재 그 사용이 미미한 AlNiCo계나 SmCo계 자석의 전철을 밟지 않기 위해서는 희토류 본드 자석이 현재의 높은 가격에 상응하는 부가가치와 기능을 제공할 수 있어야 한다. 높은 자기적 특성과 앞서 본 글에서 제시한 바와 같이 원가를 낮추고, 고온 특성을 개선하고, 새로운 분야에 적용이 가능한 제품을 개발하려는 노력을 통하여 희토류 본드 시장의 지속적인 성장이 가능할 것이다.

The Current Status and Future Outlook of the Bonded Rare-earth Magnet

Jung-Pil Yang*

Magnequench Korea, B-208, Kumho-Richensia, 61, Yeouido-dong, Yeongdeungpo-gu, Seoul 150-947, Korea

(Received 16 August 2011, Received in final form 23 August 2011, Accepted 24 August 2011)

Since their discovery in the early 1980's, the market for bonded rare earth magnets has shown steady growth. Today these magnets are widely used for our daily life such as computer peripherals, automotive, consumer electronics, and office automation. However, the price increases of rare-earths started from the 2nd half of 2010 became even worse in 2011. During 2nd quarter of 2011, almost all of rare-earths showed unprecedented vertical price increases, and it brought significant impact to the related industry in terms of the price and supply. This will ask the fundamental change in the policy of the bonded rare earth industry to expand its market share, which has been highly dependent on the replacement of ferrite magnets via relatively higher performance compared to the price at certain applications. In order to achieve the sustainable growth of bonded rare-earth magnets in the future, it needs to change the current paradigm and setup the new business model. This article includes a brief summary of the rare earth price trend and the applications of the rare-earth bonded magnets. The efforts to improve the performance and diversify the applications for future growth have been also presented.

Keywords: rare earth, bonded magnet, NdFeB