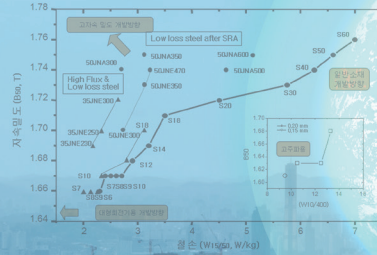
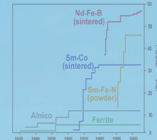


초고효율 전동기용 자성재료 기술동향



최철진 | 재료연구소 책임연구원
김도근 | 재료연구소 책임연구원

1. 서론

초고

효율 전동력 기술을 개발하기

위해서는 전동기의 전자계 설계 및 전동기 생산 제조기술과 더불어 전동기의 고효율화를 위한 혁신적인 자성소재의 개발이 필수적이다. 초고효율 전동기에 사용되는 자성재료는 영구자석재료와 연자성재료가 사용되고 있는데, 최근 이들 소재의 특성 극대화를 위한 전

세계적 요구가 급증하고 있다. 따라서 초고효율 전동력 기술 융합클러스터 재료분과에서는 기존 사용되고 있는 자성소재에서 벗어나 새로운 소재 및 공정을 개발하기 위해, 재료연구소를 중심으로 다양한 핵심기술의 개발 방향 및 대학, 연구소, 기업의 공동연구 개발에 대해 기획활동을 주기적으로 진행하고 있다. 본 고에서는 그동안 기획, 추진한 초고효율 전동기의 재료설계 및 공정개발의 분석을 기반으로 하여 초고효율 자성재료기술의 동향에 대해 기술하고자 한다.

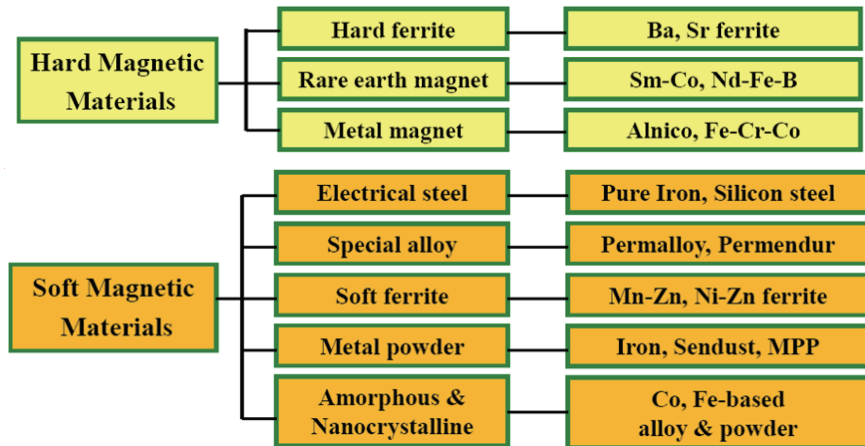


그림 1. 자성재료의 분류

2. 전동기용 자성재료

자성소재는 가해지는 외부 자장에 따라 소재 내부의 자성이 변하는 정도에 따라, 연자성 및 경자성 (또는 영구자석) 소재로 구분되며, 영구자석의 소재의 경우 일반적으로 착자를 통하여 자극이 일정 방향으로 정렬되어 항상 주변에 자장을 발생시키며, 이 자장을 이용할 경우 추가적인 에너지 공급 없이 토크를 발생시킬 수 있으므로 저장된 에너지의 개념으로 이해할 수 있다. 자성소재의 분류는 그림 1과 같이 다양한 소재가 사용되고 있으며, 현재 전동기에 사용되는 재료로는 영구자석의

경우, 현재 산업적으로는 페라이트와 Nd계 자석이 가장 널리 이용되고 있다. Nd계 자석의 경우 같은 에너지를 얻기 위해서 페라이트 자석의 약 1/8의 부피만을 요구하고 있으므로, 저가·저성능 제품의 경우 페라이트, 고효율, 고성능 제품의 경우 자기적 특성이 높은 Nd계 자석을 활용하고 있다.

연자성 재료의 경우 Si steel이 주로 사용되고 있으며, 3.4% 규소 강판에 고규소화를 통한 철손 저감 및 자속밀도 향상을 위한 기술 개발에 초점을 두고 있으며, 이를 위해 규소 증착 및 열처리 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

3. 국내외 연구동향

1) 국외 동향

영구자석재료 관련 국외 기술 동향을 살펴보면, 일본, 미국 등 선진국을 중심으로 Nd-Fe-B 자석의 최대 자기에너지적 및 보자력을 증가시키기 위한 연구개발이 활발히 진행되고 있다. 일본 영구자석 제조사들은 최대 자기에너지적의 증가를 위해 모합금을 잉곳으로 만드는 대신 스트립 캐스팅으로 만들어 합금조직의 미세화, 균질화 및 이방화를 달성하였고, 특수한 젯밀(Jet Mill) 기술을 개발하여 좁고 균일한 입도의 이

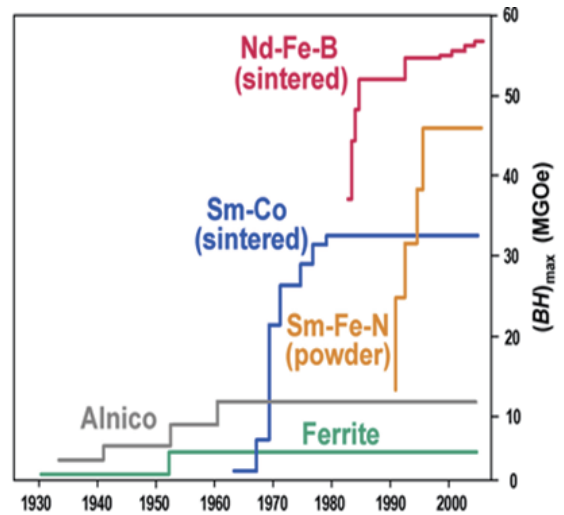


그림 3. 영구자석 기술 개발 동향

방성 분말을 제조하는 한편 자장성형 과정에서 분말의 자기 배향성을 극대화하기 위해서 펄스자장 정렬과 등방압축 기술의 접목을 시도하는 등 고성능 영구자석을 제조하기 위해 꾸준히 연구개발을 진행하고 있다. 현재 세계 정밀모터와 Servo 모터 수요의 60% 이상을 공급하고 있으며, 미국, 유럽보다 우수한 기술력을 보유하고 있다. 특히, FANUC, 야스카와전기, 미쓰비시전기, 마쯔시다 전기산업, 산요전기는 각각 세계시장

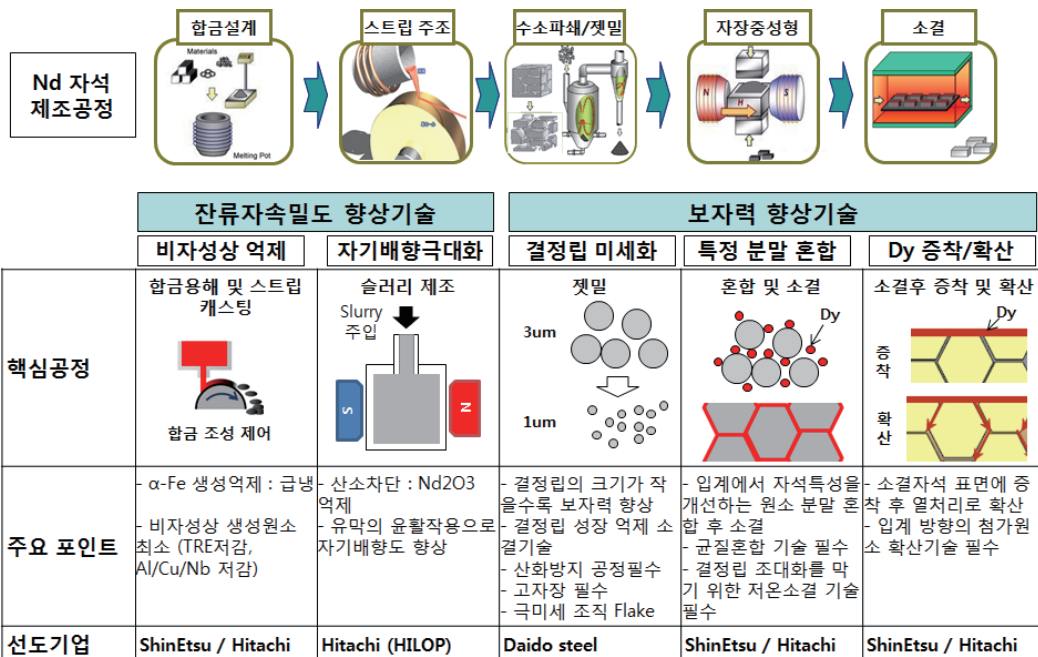


그림 2. Nd계 자성재료의 제조 및 주요 연구개발 기술

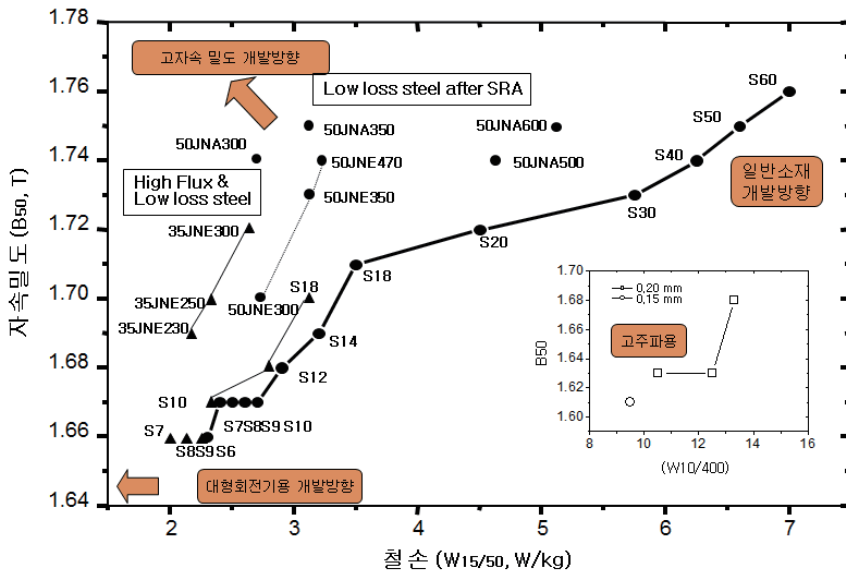


그림 4. 무방향성 전기강판의 기술개발 동향

의 10~20%의 시장 점유율을 가지고 지속적인 개발을 수행하고 있다. 그림 3은 기술개발을 통하여 영구자석 자기에너지적의 수치를 향상시킨 정도를 영구자석의 종류별로 도시한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 최고의 에너지적을 나타내는 영구자석은 Nd-Fe-B 자석이며, 최근까지도 그 성능의 향상이 지속적으로 이루어졌다.

중국의 경우 세계 희토류 매장량의 80%를 보유하고 있는 전략적 위치를 활용하여 국가 주도로 희토류 영구자석 연구개발 및 생산을 지원, 육성하고 있으나, 아직은 고성능 자석을 제조할 수 있는 핵심 기술을 보유하지 못하고 있어서 전체적인 생산량은 일본보다 월등하나 부가가치는 현저한 격차를 보이고 있다.

연자성 분말소재의 경우 일본의 히타치금속 (Hitachi Metal Co.), 고베스틸 (Kobe Steel Co.), 스웨덴의 훔가네스 (Hoganas Co.) 등이 세계 시장을 선도하고 있으며, 큰 투자율과 동시에 포화자속밀도를 동시에 증가시켜 모터 등의 소형화에 대응한 고틍성 연자성 분말 소재를 꾸준히 개발하고 있다. 자석이동뿐만 아니라 자기이방성 및 자기변형이 투자율의 향상을 방해하는 것이 알려지면서 퍼멀로이가 개발되었는데, 제3, 제4의 원소를 첨가해서 이방성과 자기변형을 동일조성에서 동시에 제로(0)로 하는 등의 개선으로 슈퍼알로이가 개발되어, 현재까지 가장 우수한 고투자율 소재로 알려져 있다.

최고의 에너지적을 나타내는
영구자석은 Nd-Fe-B 자석

2) 국내 동향


국내의 경우 1990년대 이후 정부 지원을 통해 영구자석 소재 관련 연구개발을 다수 진행해 왔지만 큰 성과를 거두지는 못하고 있다. 현재 연구실 수준에서 자장중성형 기술에 의해 37 MGOe-30 kOe 수준의 자석을 제조할 수 있다고 보고되고 있으며, 고온 안정성 고배향 치밀화 기술의 경우 아직 경험 부족으로 인하여 선진국에 비해 기술적으로 취약한 상태이다. 희토류 소결 자석에 대한 연구는 쌍용, LG금속, 대우중공

업, 자화전자 등 기업을 중심으로 진행되어 왔으나, IMF 사태로 소결자석에 관한 연구가 대부분 중단되었다가, 최근 들어 전기자동차 및 풍력 등 신규 사업의 활성화로 시장규모가 확대되자, 포스코, LG 이노텍, 쌍용머티리얼, 태평양금속, 경원 페라이트 등을 중심으로 희토류 자석 분야에 대한 연구개발 관심이 증가하는 추세이다. 재료연구소의 경우 2008년부터 정부 지원으로 “극미세 자성입자 입자복합화기술”의 개발이 시작되어 Nd 자석의 소결 및 신영구자석 소재에 대한 연구가 활발히 추진해 왔으며, 최근에는 희토류원소 대체와 관련된 연구도 추가로 진행 중이다.

전기강판의 경우, 포스코를 중심으로 3.4% 규소 전기강판 생산에서 최근 표면 응력코팅을 통한 전기강판 내 자구 구조 개선을 통한 철손 저감 연구 및 전기강판의 효율을 향상하기 위한 기술 개발이 진행되고 있다. 한편 연자성 자성 분말 소재에 대한 국내 기술은 1980년대 후반부터 아몰퍼스 (amorphous) 소재에 대한 연구를 연구소 및 학교를 중심으로 시작하였으며, 1990년대 중반부터는 센터스트합금을 개량한 Fe-Si-X-Y 합금의 상용화에 대한 연구가 추진되고 있다. 한편, 2002년부터는 벌크 아몰퍼스 (Bulk Metallic Glass) 합금의 새로운 조성설계 및 고화성형에 대한 연구를 수행하고 있다.

4. 결 론

초고효율 전동기 개발을 위해서는 전동기에 사용되는 자성 재료의 혁신이 필수적이다. 한편, 고성능 자성재료는 산업관련 의 폐쇄성으로 인해 해외 기술도입이 거의 불가능한 실정임으로, 새로운 개념의 조성 설계 기술, 순도/결함 정밀 제어 기술, 공정 제어 기술, 손실특성제어 제어 기술 등에 대한 체계적이고 종합적인 연구를 통해 고보자력, 높은 최대에너지저 및 저 에너지 손실 특성을 획기적으로 향상시킨 고품성 자성 소재의 원천기술의 개발이 필요하다.

현재 일부 업체들에 의해 제조되는 고품성 자성재료의 경우 조성 및 미세조직 제어의 어려움으로 인해 산업화에 많은 난제를 포함하고 있으나, 융합클러스터 사업에서 도출한 연구과제를 산.학.연이 공동으로 체계적으로 개발한다면, 국내의 초고효율 전동기 분야에서의 획기적인 기술적 진보가 이루어질 것으로 판단된다. 

참고문헌

- [1] Eckart F. kneller, Reinhard Hawig. IEEE. Trans. Magn. 27, 4 (1991)
- [2] Skomski R., J Appl Phys 76, 7059 (1994)
- [3] J. S. Jisang, S. D. Bader, Scripta Materialia. 47, 563 (2002)
- [4] X. Riu et al., Journal of Magnetism and Magnetic materials, 305, 76-82 (2006)
- [5] Eric E. Fullerton et al., Journal of Magnetism and Magnetic materials, 200, 392-404 (1999)
- [6] J. P. Liu, Y. Liu, R. Skomski, D. j. Sellmyer, IEEE Trans. Magn. 35, 5 (1999)
- [7] Ralph Skomski and J. M. D. Coey, Physical review B, 48, 15812-15816 (1993)
- [8] R. F. Sabiryanov, S. S. Jawal, Physical review B, 58, 12071 (1998)
- [9] W. H. Meiklejohn and C. P. Bean, Phys. Rev., 102, 1413 (1956)
- [10] K. H. J. Buschow, D. B. de Mooij, and H. M. van Noort, J. Less common Metals, 125,135 (1986)
- [11] K. H. J. Buschow, D. B. de Mooij, and R. Coehoorn, J. Less common Metals, 145, 601 (1988)
- [12] 한국과학기술정보 연구원, “Nd-Fe-B계 영구자석의 개발 동향”, 2003.
- [13] 전자부품, “영구자석의 최신 기술동향”,
- [14] 최판규, Nd-Fe-B계 자석의 특허현황., Journal of The Korea Magnetics Society, 12, 4 (2002)
- [15] 최판규, 정밀 소형 모타용 영구자석의 일본국내 시장 동향, Journal of The Korea Magnetics Society, 12, 4 (2002)