

# Fabrication and magnetic properties of ferrite based composite magnets

전광원, 김종렬\*

한양대학교 재료공학과, 경기도 안산시

## 1. 서론

자성재료는 전기적 에너지와 기계적 에너지의 상호 대규모 전환이 가능한 유일한 물질로, 발전 및 모터 분야 등의 핵심 소재로 활용되고 있다. 최근 에너지 저감, 부품의 소형화 및 고성능화에 따라 모터의 효율성 향상을 위해서 외부이 자장이 인가되지 않아도 지속적으로 자기장을 발생할 수 있는 영구자석에 대한 관심이 더욱 높아지고 있다. 현재 자성재료의 시장은 희토류 자석과 페라이트 자석으로 양분되어 있으며, 페라이트 자석은 원료의 수급이 쉽고, 제조 단가가 낮으며, 상안정성이 우수하고, 강자성 상전이 온도( $T_c$ )가 높은 장점을 지니고 있어, 효율 향상을 통한 지속적인 시장 확대가 예상되고 있다. 본 연구에서는 페라이트 자성 분말의 형상 및 입도 제어를 통한 분말 자체의 특성향상과 더불어 다른 자성소재와의 혼합을 통한 소결 자석의 특성향상에 관한 연구를 진행하였다.

## 2. 실험방법

본 연구에서는 spray pyrolysis 공정을 통해 형상 및 입도가 제어된 Sr-페라이트 분말을 제조하였다. 기존 고상 합성법의 최대 단점인 형상 제어와 입도 성장 제어에 대한 한계를 극복하기 위하여 염이 첨가된 액상의 모상 용액을 제조하고, 700°C의 고온에서 spray pyrolysis 공정을 통해 구형의 염 내에 페라이트 모상 분말이 고르게 분포되어 있는 모상의 분말을 생성하였다. 생성된 모상 분말은 1,050°C에서 하소 공정을 통해 용융염 내에서 형상 및 입도가 제어된 Sr-페라이트 분말로 제조하였고, 수세를 통하여 용융염을 제거하였다. 제조된 페라이트 분말을 자장 내 정렬 및 성형과 소결 공정을 통하여 소결 페라이트 자석을 제조하였다. 또한, AlNiCo 자석을 약 100  $\mu\text{m}$ ~500  $\mu\text{m}$ 의 두께로 제조하여 소결 페라이트 자석과 층상 구조의 복합 자석을 제조함으로써 함량 및 두께 조절에 의한 페라이트 특성 향상 효과를 확인하였다.

## 3. 실험결과

그림 1은 spray pyrolysis 공정을 통해 얻어진 구형의 염 내에 페라이트 모상 분말과 하소 및 수세 공정을 통하여 얻어진 입도 및 형상이 제어된 Sr-페라이트 분말의 SEM 이미지이다. 구형의 염은 하소 공정 동안 용융되어 페라이트 모상 분말의 페라이트 상 형성시 입도 및 형상을 제어하여 약 1  $\mu\text{m}$  내외의 크기를 지니는 육각 판상형의 페라이트 분말을 얻을 수 있었다.

그림 2는 소결 페라이트 자석과 AlNiCo가 층상 구조로 된 복합 자석의 최대 자기 에너지적( $(BH)_{\text{max}}$ ) 및 자성 특성에 관한 결과이다. AlNiCo가 약 5 wt%가량 함유된 페라이트 복합 자석에 비하여 AlNiCo가 약 20 wt%가량 함유된 페라이트 복합 자석은 포화자화 값은 상승하지만, 보자력이 감소되었다. 이러한 보자력의 감소가 페라이트 복합 자석의 최대 자기 에너지적( $(BH)_{\text{max}}$ )을 감소시키는 요인으로 작용하여, 약 100  $\mu\text{m}$  두께의 AlNiCo를 약 5 wt%가량 함유한 페라이트 복합 자석의  $(BH)_{\text{max}}$ 가 AlNiCo를 함유하지 않은 페라이트 자석의  $(BH)_{\text{max}}$ 에 비하여 약 8.5% 가량 증가함을 확인하였다.

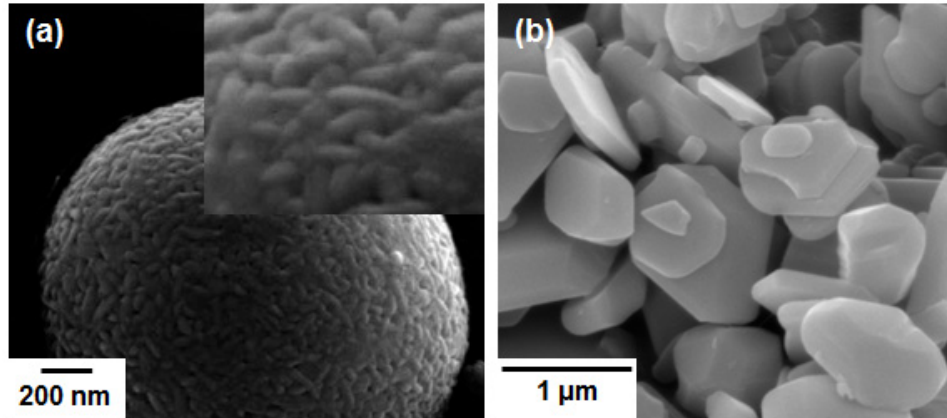


그림 1. (a) spray pyrolysis 공정을 통해 얻어진 구형의 염 내에 분산된 페라이트 모상 분말과 (b) 하소 및 수세 공정을 통해 얻어진 육각판상형 페라이트 분말

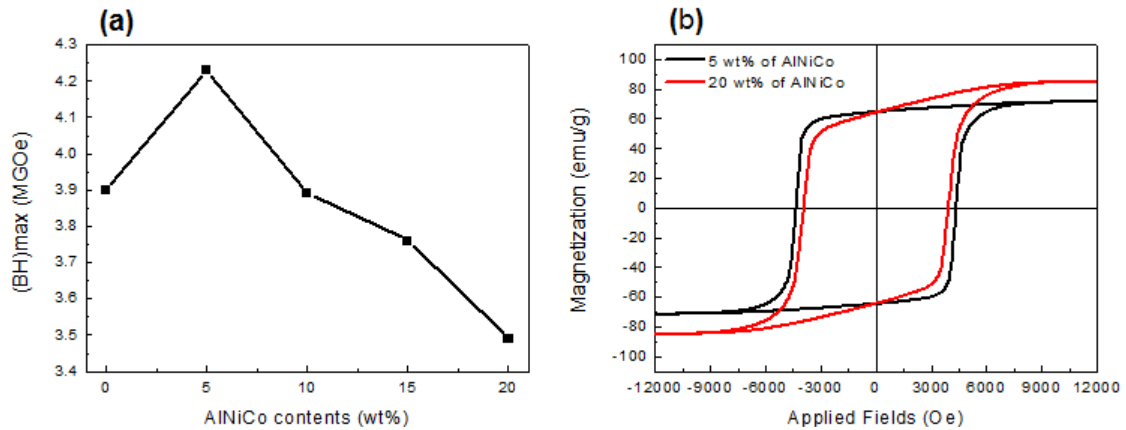


그림 2. (a) AlNiCo가 첨가된 페라이트 복합 자석의 AlNiCo 함량에 대한 최대 자기에너지적 변화와 (b) 자기 이력 곡선 변화

#### 4. 결론

Spray pyrolysis 공정을 통해 구형의 염에 페라이트 모상 분말이 고르게 분포된 염 첨가 페라이트 모상 입자를 하소 및 수세 공정을 통하여 약 1 μm 내외의 육각판상형 페라이트 분말을 얻을 수 있었다. 육각 판상형 페라이트 분말은 자장 내 정렬 및 성형, 소결 공정을 통하여 소결 페라이트 자석을 제조하였고, 소결 페라이트 자석의 특성 향상을 위하여 AlNiCo를 층상 구조로 첨가하여 복합자석을 제조하였다. 제조된 복합자석은 약 100 μm 두께의 5 wt% AlNiCo가 첨가되었을 때 (BH)<sub>max</sub> 값이 AlNiCo를 첨가하지 않았을 때에 비하여 약 8.5% 증가하였고, 이를 이용하여 La-Co 치환형 페라이트 자석을 제조하여 층상구조의 복합자석을 제조한다면, 기존 5 MGOe 급의 특성에서 5.5~6 MGOe 급의 특성을 지니는 페라이트 복합자석을 제조할 수 있을 것으로 기대된다.