

## 초상자성 $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/MgO 나노복합입자의 제조 및 응용 (Preparation and applications of $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/MgO nanocomposite particles)

양재교<sup>1\*</sup>, 유지훈<sup>2</sup>, 오승탁<sup>3</sup>, 좌용호<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 경기도 안산시 사1동 1271, 한양대학교 화학공학과 기능성나노재료연구소

<sup>2</sup> 경남 창원시 상남동 66, 한국기계연구원 나노분말재료그룹

<sup>3</sup> 서울시 노원구 공릉길 138, 서울산업대학교 신소재 공학과

### 1. 서론

최근 철산화물( $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 또는 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)의 초상자성 특성을 이용하여 단백질 분리정제, MR 조영제 및 약물전달시스템(DDS) 등 의료분야로의 많은 응용이 시도되어지고 있다. 또한 초상자성 나노입자의 경우 주파수를 인가하면 열이 발생하는데, 이를 이용하여 암치료를 위한 국소온열치료에 응용이 가능하다. 특히 기존의 진신온열치료의 경우 초음파나 전자기 열 등을 이용하여 특정부위에 적용이 어려워 정상세포에 손상을 주는 부작용이 있었으나 초상자성 나노입자를 이용한 경우 특정부위에 적용이 가능하여 이러한 부작용을 감소할 수 있다. 그러나 자성 입자가 초상자성 특성을 갖기 위해서는 20nm 미만의 입자 크기를 가지며, 자성 입자간 응집이 없는 형상을 이루어야 하는데, 이를 위해 자성 입자를 유기 화합물 또는 비자성 물질로 코팅해야만 자성 입자의 응집 없이 초상자성 입자의 제조가 가능하다. 그러나 기존의 분말제조공정들은 이러한 응집 없는 나노 입자의 제조가 복잡하고 어렵기 때문에, 본 연구에서는 기상법의 일종인 초음파분무 열분해법을 이용하여 상기한 특성을 갖는 초상자성 나노복합입자를 제조하였다. 초음파분무 열분해법을 사용하여 제조한  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/MgO 입자는 수~수십 나노 크기의 1차 입자들이 응집하여 서브마이크론 크기의 2차 입자를 형성하나,  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>과 MgO 입자의 복합화를 통하여 개개의 자성 입자들의 응집과 입자 성장을 억제함으로써 초상자성 특성을 갖는 나노복합입자를 제조하였다.

### 2. 실험방법

이러한  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/MgO 나노복합입자를 제조하기 위하여 초기 전구체로 철 질산염 수화물(Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·9H<sub>2</sub>O)과 마그네슘 질산염 수화물(Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O)을 사용하였으며, 최종상이 세라믹 기지상에 철산화물이 44wt.%의 높은 질량비로 분산되도록 칭량되어 증류수에 용해되었다. 준비된 용액은 약 1.6 MHz의 주파수를 가지는 초음파 분무장치에 의해 액적으로 분무된 후 운반가스(Air)와 함께 고온에서 열분해 되었다. 생성된 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/MgO 나노복합입자는 X-선 회절분석기를 이용하여 상분석과 입자 크기를 분석하였고, 투과전자현미경(TEM)을 이용하여 미세구조관찰 및 회절패턴을 이용한 상분석을 하였다. 자기적 특성을 분석하기 위해 SQUID(Superconducting Quantum Interference Device)를 사용하였으며, 또한 국소온열치료를 위해 6mT의 인가 자장 하에서 40~140 kHz로 주파수를 가하며 이때 발생하는 자기손실을 통하여 발열특성을 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

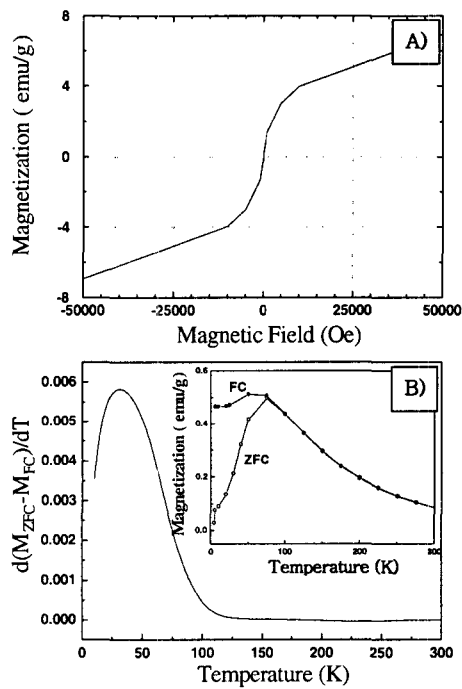
초음파분무 열분해법으로 제조된  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/MgO 나노복합입자는 챔버 온도의 증가에 따라 입자의 크기가 증가하였다. 800°C에서 제조된  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/MgO 나노복합입자의 경우  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 MgO 모두 약 10nm의 입자크기를 가지며, 초상자성 특성을 나타내었으며, 이때 블로킹온도는 약 125K 이다.

#### 4. 결론

초음파분무 열분해법을 이용하여 초상자성 특성을 갖는  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{MgO}$  나노복합입자를 제조하였으며, 인가된 주파수에 따른 발열특성 관찰을 통해 국소온열치료 가능성을 확인하였다.

#### 감사의 글

본 연구는 과학기술부 국책연구개발사업 나노핵심과제(02-B15-43-006-10) 지원으로 이루어졌습니다.



< Fig. The magnetic properties of  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{MgO}$  nanocomposite powders prepared at  $800^\circ\text{C}$  (a) M-H loop, (b) FC-ZFC >