

온열치료용 Co-Ni 페라이트의 자기발열 특성에 관한 연구

국민대학교 이상원*, 심인보, 김철성
연세대학교 김동현, 이용근

A study of the self-heating in Co-Ni ferrite for hyperthermia

Kookmin University. Sang Won Lee*, In-Bo Shim, and Chul Sung Kim
Yonsei University . Dong Hyun Kim and Yong-Keun Lee

1. 서 론

종양 세포의 환경은 정상 세포와는 달리 그 환경 자체가 低산소 상태, 산성 상태, 영양 부족 상태에 있고, 신경과 혈관이 발달하지 못하여 혈액 순환에 의한 냉각 효과가 원활하지 못하기 때문에 정상 세포에 비해 溫熱(42°C~45°C)에 매우 민감하다. 따라서 종양 부위를 온열 온도로 가온하면 종양 세포만을 선택적으로 사멸시킬 수 있다[1]. 이러한 부분적인 가온을 위해서 이제까지 임상적으로 고주파, 마이크로파, 초음파 등의 외부에너지를 신체 외부에서 조사하는 방법을 사용하였으나 그 효과가 미미하여 온열요법에 의한 치료가 널리 시행되고 있지 못한 실정이다. 그러나, 자성재료에 교류자기장을 가해주면 자기이력손실 및 와전류손실에 의한 가열이 발생하여 암세포의 사멸 가능온도인 온열 온도까지 올려줄 수 있다.

본 연구에서는 sol-gel 법을 이용하여 나노 크기를 갖는 Co-Ni ferrite를 제조하여 자기발열(self-heating) 측정을 통해 자성재료의 온열요법에 대한 응용성을 예견하고, 자성재료의 발열에 관한 원인을 규명하고, 또한 정상 세포에 위해되지 않도록 낮은 자기장 하에서 효율적으로 가열할 수 있는 자성재료의 개발에 목적이 있다.

2. 실험 방법

Co-Ni ferrite (CoFe_2O_4 and $\text{Co}_{0.9}\text{Ni}_{0.1}\text{Fe}_2\text{O}_4$)의 합성은 sol-gel법으로 이루어졌으며 출발 원료로서는 순도 99.99 % 의 Cobalt(II) Acetate tetrahydrate [$\text{Co}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$], Nickel(II) Acetate tetrahydrate [$\text{Ni}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$], 99.99 % 의 Iron(III) nitrate nonahydrate [$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$]를 사용하였으며, 용매로는 distilled water(H_2O)와 2-MOE를 각각 사용하여 액상 졸을 만들어 이를 건조시켜 분말 시료를 얻었다. 또한 공기 중에서 800 °C에서 6시간동안 열처리함으로써 단일 상의 Co-Ni spinel ferrite를 제조하였다.

제조된 CoFe_2O_4 와 $\text{Co}_{0.9}\text{Ni}_{0.1}\text{Fe}_2\text{O}_4$ 시료의 결정구조 및 미세구조를 확인한 후 Mössbauer spectrum을 측정하고, VSM을 측정하여 그 자기적 성질을 조사하였다. 또한 시료의 발열정도를 측정하기 위해 교류 발열 측정기를 이용하여 온도의 상승도를 측정하여 온열 요법에 대한 응용 가능성을 예견하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

제조된 시료의 결정학적 특성을 조사하고자 XRD를 측정하여 단일상의 시료를 얻었음을 확인할 수 있었다. 회절선의 분석 결과 결정구조는 spinel 구조이며, Ni을 10 % 치환함에 따라 격자상수 $a_0=8.381 \text{ \AA}$ 에서 $a_0=8.370 \text{ \AA}$ 로 감소함을 타나내었다. Co^{2+} (0.78 \AA)에 비해 이온 반경이 작은 Ni^{2+} (0.74 \AA)의 치환의 결과이다[2]. 시료의 거시적인 자기적 성질을 조사하기 위하여 VSM을 이용하여 1 T의 외부자장을 인가하여 측정하였으며, 피스바우어 측정은 13 K에서 780 K까지 측정 되었다. 이러한 실험결과는 A, B 자리의 두 set의 공명흡수선으로 구성되어 있는 6선을 Lorentzian 선형으로 최소자승법 프로그램을 이용하여 분석되었다. 시료의 발열도에 관한 측정을 위해 교류 발열 측정기를 이용하여 자성 재료의 자기발열 상태를 조사하였으며, 그 결과를 그림 1에 나타내었다. 자기발열은 CoFe_2O_4 의 경우, 26.1 $^\circ\text{C}$ 에서 35.5 $^\circ\text{C}$ 로 가열되었고, $\text{Co}_{0.9}\text{Ni}_{0.1}\text{Fe}_2\text{O}_4$ 의 경우, 25.9 $^\circ\text{C}$ 에서 36.8 $^\circ\text{C}$ 로 가열되어 Ni을 10 % 치환함에 따라 발열이 더 많이 일어남을 보이고 있다. 이는 자성 재료의 표면에서 발생하는 와전류 손실에 의한 줄열의 발생으로부터 기인한 것으로 판단되어지며, Ni의 치환은 재료 표면의 저항을 감소시켜 와전류를 더 많이 발생시킴으로써 나타나는 현상으로 보여진다. 아울러 인체에서 사용이 가능하도록 재료의 독성 여부를 검사한 결과, 두 재료 모두 세포의 생존 여부로 판단하여 독성이 없음을 그림 2에서 보여 주고 있어, 향후 동물 실험 및 인체 적성 실험을 통해 암치료에 가능한 자성 재료로써 응용 가능성을 보여 주고 있다.

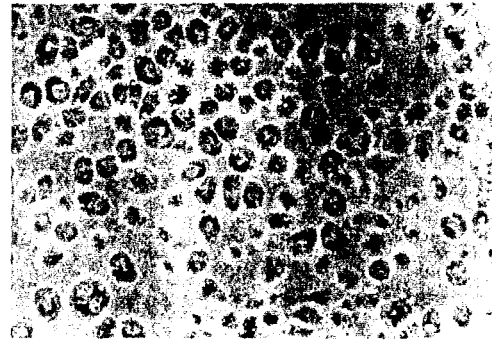
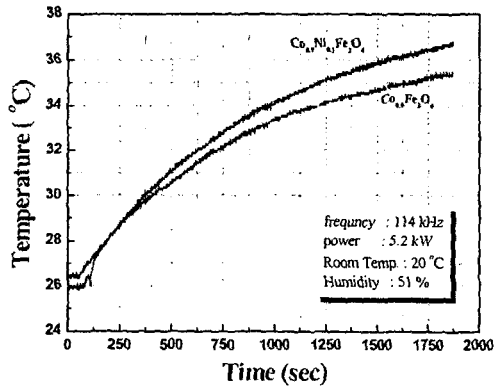


그림 1. CoFe_2O_4 와 $\text{Co}_{0.9}\text{Ni}_{0.1}\text{Fe}_2\text{O}_4$ 시료의 자기발열도.

그림 2. CoFe_2O_4 의 세포독성 실험 결과

4. 참고 논문

- [1] Cavaliere R., "Selective heat sensitivity of cancer cells : Biochemical and clinical studies", *Cancer*, **20**, 1351-1381 (1967).
- [2] S. W. Lee, S. I. Park, Y. R. Uhm, Y. J. Lee, S. B. Kim, and C. S. Kim, *한국자기학회지*, **5** (5) 778-781 (1995).