

In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 첨가가 고투자율 Mn-Zn 페라이트에 미치는 영향

한양대학교 재료공학과 임동현\*, 김창경  
 서울대학교 재료공학부 변태영, 홍국선

The Effect of In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Addition on The High Permeability Mn-Zn Ferrite

Hanyang University Div. of Mat. Sci. & Eng., D. H. IM\*, C. K. KIM  
 Seoul National University Dep. of Mat. Sci. & Eng., T. Y. Byun, K. S. Hong

## 1. 서론

최근 들어 정보 통신 기기의 발달로 인해 고기능성 페라이트 코어가 요구되고 있다. 고기능성 Mn-Zn 페라이트의 자기적 성질은 조성뿐만 아니라 제조 조건과 첨가물에 의해 지배된다. 재료의 하소 온도 및 소결 스케줄과 산소 분압 스케줄 등의 제조 조건들이 Mn-Zn 페라이트의 자기적 성질에 큰 영향을 준다는 것은 널리 알려진 사실이고, 소량 집어넣는 첨가제들은 주로 미세구조 및 입계의 특성을 변화시킨다고 알려져 있다.<sup>1)</sup> 본 연구에서는 이들 첨가제 중에서 특히 In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 고투자율을 보이는 Mn-Zn 페라이트에 첨가하여 그 역할을 규명하고자 하였다.

## 2. 실험방법

(MnO)<sub>0.475</sub>(ZnO)<sub>0.475</sub>(FeO)<sub>0.04</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>의 조성에 In의 함량을 0.00wt%에서 0.05wt%까지 변화시켰다. 제조 방법은 다음과 같다. 우선 분말을 습식 혼합, 건조한 후 900°C에서 2시간 동안 공기 중에서 하소하였다. 하소된 분말을 12시간동안 분쇄하고 분무 건조한 후 1.5ton/cm<sup>2</sup>의 압력으로 toroid와 디스크를 성형하였다. 소결은 1350°C에서 4시간동안 공기 중에서 행하였으며, 냉각되는 동안에는 Morineau가 제안한 Fe<sup>2+</sup> 농도가 같게 유지되는 다음 식(isoconcentration line)에 의해 산소 분압을 조절하였다.<sup>2)</sup>

$$\log P_{O_2}(\text{atm}) = a - \frac{14540}{T(K)}$$

이 때 냉각 속도는 1.5°C/min로 하였으며, 소결과 냉각 도중의 분위기는 ZrO<sub>2</sub> sensor를 이용하여 측정하였다. 초투자율은 impedance analyzer를 이용하여 측정하였고, 포화자화 값은 VSM, 소결밀도는 아르키메데스 법으로 측정하였으며, 시편의 미세구조는 광학현미경을 이용하여 관찰하였다. 시편은 0.3μm까지 연마하고 thermal etching한 후 관찰하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1에 a=7에서의 In의 첨가량에 따른 초투자율의 변화를 나타내었다. In의 첨가량이 적을 때에는 투자율이 감소하다가 0.04wt%에서 최대값의 투자율을 보이는 것을 관찰 할 수 있다. 다결정 강자성 재료에서 초투자율은 재료의 포화자화, 결정 자기 이방성과 같은 고유 특성과 밀도, 기공율, 결정립의 크기와 같은 미세구조에 영향을 받는다고 알려져 있다. In의 첨가로 인한 포화자화 값의 체계적인 변화는 관찰되지 않았는데, 이것은 In이 비자성 이온이기 때문으로 해석할 수 있다. 또한 기존의 보고에 의하면 In의 첨가는 재료의 결정 자기 이방성을 변화시킨다는 보고가 있었으나 In이 비자성 이온임을 고려하면 이러한 주장은 옳지 않음을 짐작할 수 있다. 실제로 투자율의 온도 특성을 측정된 결과 In이 첨가되더라도 투자율의 온도 변화에 특별한 변화가

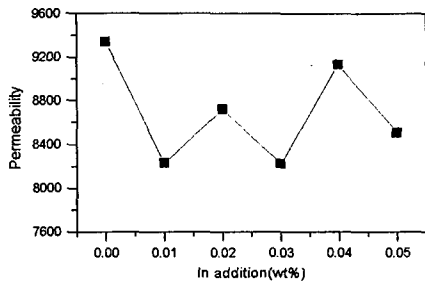


Fig. 1 Permeability of a=7.0 series at 10kHz

보이지 않고 단지 투자율의 크기만 변하는 것이 관찰되었는데 이것은 In이 결정 자기 이방성에 영향을 주지 않는다는 것을 뒷받침 하는 결과이다. 따라서 In의 첨가는 재료의 고유 특성을 변화시키는 것이 아니라 미세 구조적인 변화를 유발한다고 예측할 수 있다.

In을 첨가함으로써 발생할 수 있는 미세구조의 변화를 Fig. 2에 나타내었다. In의 첨가량에 따라 결정립의 크기의 변화는 거의 없었으나 기공율과 소결 밀도의 변화가 보였다. 특히 Fig. 2(a),(b)는 In을 첨가함으로써 미세 구조상에 pore의 개수와 크기가 작아지는 것을 보여주는데 이러한 효과는 재료의 반자장을 줄여주고 소결 밀도가 향상하는 효과를 줌으로써 투자율을 향상시킬 수 있다. 반면 Fig. 2(c)는  $\text{In}_2\text{O}_3$ 의 첨가량이 증가할 수록 입계에서 anomalies가 관찰되었는데 이러한 현상은 투자율의 감소를 불러일으킬 수 있다. 따라서 이러한 미세구조의 변화로 In의 첨가량에 따른 투자율의 변화를 설명할 수 있다.

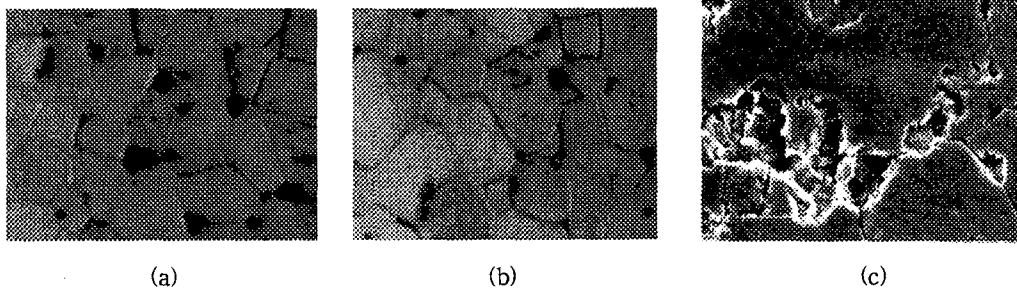


Fig.2 Image of microstructure ; (a),(b) improvement of pore distribution  
(a):0.01wt% In, (b):0.04wt% In, (c) microstructural anomalies

#### 4. 결론

$\text{In}_2\text{O}_3$ 을 다결정 Mn-Zn 페라이트에 첨가하면 재료의 고유 특성을 변화시키지는 않지만 pore의 분포와 그 크기에 영향을 줌으로써 투자율을 향상시킬 수 있다. 특히  $\text{In}_2\text{O}_3$ 의 함량이 0.04wt%일 때 이러한 효과가 두드러지게 나타나서 투자율이 최대값을 보였다. 그러나  $\text{In}_2\text{O}_3$ 의 과량 첨가는 입계에 비정상적인 구조를 만들어 내어 투자율을 감소시키는 원인을 제공하였다.

#### 5. 참고문헌

- [1] P. I. Slick, Chap. 3, in Ferromagnetic Materials, Vol 2, Ed. by E. P. Wohlforth, North-Holland Pub. Co., New York, 1980
- [2] R. Morineau and M. Paulus, Phys. Stat. Sol. (a), 20, 373(1975)