

첨가제와 공정 변화가 Ferrite에 미치는 영향 조사 (The effect of additive and process on the properties of ferrite)

주주완* 민의홍 김환철 정구은 김태형 고재귀

서울시 동작구 상도5동

숭실대학교 물리학과

1. 서론

Ferrite는 일본의 Takei등이 1930년경 개발한 이래로 인덕터나 트랜스 포머용 자심 재료로서 활용되어 왔으며, 투자율을 높이고 자기적 손실을 적게 하는 것이 주된 연구 과제였다. 페라이트는 산화 제2철을 주성분으로 하는 자성산화물로서 spinel structure, Magneoplumbite structure 등의 구조를 가지며 Ni-Zn 계 페라이트는 spinel structure를 가진다.

구성이온의 전자가수가 안정한 Ni-Zn ferrite는 Ni의 일부를 Co, Cu, Mg, Mn 등으로 치환하여 각 용도에, 적합한 특성을 얻을 수 있으며, 특히 Cu의 치환은 자기적 특성을 손상시키지 않고 저온도 소결을 가능케 함으로써 유력한 재료기술의 하나로 이용되고 있다.

소결온도를 낮추면 투자율은 낮아지고 손실은 커지는 문제점을 가지고 있는데, 소결 밀도으로써 투자율을 증가시키고 비저항을 높임으로써 손실을 줄일 수 있다.

본 연구에서는 저온 소결시에도 고투자율과 저손실을 갖는 Ni-Cu-Zn ferrite의 Fe₂O₃ 결핍된 조성식인 (Ni_{0.2}Cu_{0.2}Zn_{0.6}O)_{1+x} (Fe₂O₃)_{1-x}의 조성식으로부터 시편을 제조하고 또한, 첨가제와 공정변화를 주어 이에 따른 ferrite의 물리적 특성을 조사하였다.

2. 실험 방법

(Ni_{0.2}Cu_{0.2}Zn_{0.6}O)Fe₂O₃를 기본 조성으로 하고 첨가제로서 투자율을 높이기 위해 결정립 성장 촉진을 위해 V₂O₅와 와전류손실을 줄이기 위해 고저항의 입계형성을 위한 CaO를 사용해서 시편을 제작하였다.

준비된 원료는 20시간 ball mill로 습식 혼합한 후 건조를 거쳐서 750°C에서 3시간 가소하였다. 가소된 분말에 0wt%, 0.2wt%, 0.4wt%의 CaO와 V₂O₅의 첨가제를 각각 첨가하여 다시 20시간 ball mill로 분쇄, 건조하여 1ton/cm², 1.5ton/cm²의 성형압력으로 toroid형 성형체를 만들었고, 소결온도는 1050°C, 1100°C, 1150°C로 하고 소결과정은 목적온도까지는 2°C/min 승온 속도로, 목적온도에서 2시간동안 유지후, 하강속도를 1.5°C/min으로 하여 300°C까지 낮춘 후 노냉하였다.

밀도 측정은 Density determination kit(Sartorius, YDK 01) 와 electronic analytical balance(Oertling, NA1640를 사용하여 archimedean 법으로 측정하였다.

초투자율은 시편에 0.3mm 에나멜선으로 10turn을 감은 후 LF-Impedance Analyzer (Hewlett. Packard, 4192A)를 사용하여 구하였고, 자기적인 특성인 자화 곡선은 VSM (LDJ Co.,9600)을 사용하여 측정하였다. 측정조건은 Field는 5000Oe를 걸어 주었고, 1point/0.1s 로 512point를 그렸다.

3. 실험 결과 및 고찰

먼저 소결밀도는 소결온도와 성형압력, 첨가량의 증가에 따라서는 큰 변화가 없었다. 이는소결온도와 성형압력이 밀도를 변화시킬 만큼 큰 차이가 없었고, 첨가제 또한 소결밀도에 영향을 주지 않는 것으로 판단된다.

투자율 주파수 특성을 살펴보면 소결온도가 증가할수록 투자율 값이 증가하였고, 공명주파수와 한계 주파수는 소결온도가 증가할수록 감소하였다. 이는 snoek's limit가 제시하는 투자율이 높아질수록 한계 주파수가 낮아진다는 것을 만족한다. 이는 주파수가 커짐에 따라 자벽의 움직임이 충분히 보조를 맞추지 못하기 때문인 것으로 판단된다.

CaO를 첨가한 경우 공명이 10MHz 이상에서 나타났다. 이것은 다른 시편에 비해서 결정성장이 되

지 않아 과대 입자성장이나 기공이 적게 존재하여 투자율은 낮지만 고주파수 대역까지 특성이 쉽게 저하되지 않음을 의미한다.

V₂O₅ 0.2wt%일 때 모든 시편들은 완화형태의 주파수 특성을 나타내는데 이는 과대한 grain 성장과 기공의 증가로 인한 것으로 판단된다.

V₂O₅의 첨가는 소결시에 액상을 형성하여 소결을 촉진시키고 입계에 편석하여 입계의 기공을 제거하는 데에 기인하여 초투자율이 증가한 것으로 판단된다.

100kHz일 때 투자율의 변화는 1150°C에서 CaO의 첨가량에 따라 급격히 감소함을 보였고 다른 온도에서도 감소함을 보였다. V₂O₅의 첨가량이 0.2wt% 일 때 가장 큰 투자율 값을 나타내었고, 소결온도가 높을수록 높은 값을 나타내었다.

소결온도가 증가함에 따라 Ms값이 증가하였고, 성형압력이 증가함에 따라 빨리 포화됨을 보였다. CaO보다 V₂O₅를 넣었을 경우 더 빨리 포화됨을 알 수 있었다.

4. 결론

CaO와 V₂O₅를 기본조성 (Ni_{0.2}Cu_{0.2}Zn_{0.6}O)Fe₂O₃에 0wt%, 0.2wt%, 0.4wt%로 변화시켜 실험하였으며 또한 공정변화로써 소결온도와 성형압력의 변화를 주어 물리적 및 전자기적 특성을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. CaO와 V₂O₅를 사용한 경우 저온에서 소결을 가능하게 하였으며, 이들 첨가제를 사용한 경우 투자율이 증가하였다. 초투자율은 V₂O₅의 함량과 온도에 따라 증가함을 보였으나 1150°C 온도에서는 0.2wt%에서 가장 높은 값을 나타냈다.

2. 손실은 1000kHz 영역에서 매우 높게 나타났으며, 1ton/cm², 1050°C를 제외한 모든 영역에서 첨가량이 0.2wt%일 때 가장 높은 값을 나타냈다.

3. B-H Loop에서는 소결온도가 증가함에 따라 Ms값이 증가함을 보였다.

이와 같은 물리적 특성으로 보아 첨가제와 소결온도를 제어하여 낮은 손실과 고투자율의 ferrite를 제조 이용이 가능하며 아울러 온도에 따른 투자율의 증가와 첨가제를 적당량 첨가하여 손실을 줄일 수 있음을 확인하였다

5. 참고 문헌

- 1) A. Ono, T. Maruno, N. Kaihara, ICF6, pp.1206~1209(1992)
- 2) K. J. Standly, Oxide magnetic materials, Clarendon Press p.88(1971).
- 3) 고재귀, 「자성물리학과 응용」, 숭실대학교 출판부 pp.47~53(1987).
- 4) S. Krupicka, JMMM. vol.19 pp.88~96(1980).
- 5) J. Kulkowski, JMMM. vol.41 pp.56~62(1984).
- 6) A. Nakano, T. Aoki, H. Momoi, T. Suzuki, and T. Nomura, Proc. of the 8th International Conference on Ferrite, Kyoto, Japan, 1117 (2000).
- 7) 김용복, 고재귀 「저손실, 고투자율을 갖는 Ni-Zn-Cu ferrite의 자기적 특성 연구」 Korea magnetic society Vol 8, 2 (1998)
- 8) 강재덕, 문현욱, 정병두, 신용진 「A Study on the Magnetic Properties of Ni-Zn Ferrites」 전기전자재료학회논문지 Vol 4, 3 (1991)
- 9) 김재식, 고재귀, 「CuO 대신 Cu 미분말 치환이 NiCuZn Ferrite에 미치는 영향에 관한 연구」 Korea magnetic society, Vol 13, 1 (2003).