

Mn-Zn Ferrite의 자기적 특성에 관한 연구

김도환* 최영지* 권오홍*

관동대학교 전자정보통신공학부*

A Study on the magnetic properties of Mn-Zn Ferrite

Do-Hwan Kim* Young-Ji Choi* Oh-Heung Kwon*

Kwandong University*

E-mail : milimboy@kd.ac.kr

요 약

본 논문에서는 저손실 Mn-Zn 페라이트의 제조공정과 첨가제가 코어의 자기적 특성에 미치는 영향을 조사하였다. 통신부품재료로 Mn-Zn 페라이트 개발에는 필요한 높은 포화자속밀도 및 투자율을 가진 고주파 특성이 양호하고 자기손실도 적은 재료의 필요하다. 따라서, Mn-Zn 페라이트의 고주파 자기 특성의 개선을 위해서는 결정입자의 소경화와 입자계층의 고저항화에 따른 와전류 손실의 억제 및 미세 구조의 균일화에 따른 히스테리시스 손실의 저감이 중요하다. 본 논문에서는 고성능, 저손실의 자심재료를 위해 Mn-Zn Ferrite에 V_2O_5 와 $CaCO_3$ 를 첨가하였다. 조성은 $MnO : ZnO : Fe_2O_3 = 21 : 10 : 69$ mol%로 하였다. 이 시료를 $1250^\circ C$ 에서 3시간 소결하였다. 측정은 0.1MHz에서 초투자율을 측정하였으며, 전력손실은 50mT에서 100kHz 및 온도를 변화시켜 측정하였다.

ABSTRACT

In this paper, effect of ceramic processing was investigated on the magnetic properties of low loss Mn-Zn ferrite. High frequency characteristics, high saturated magnetic flux density and high magnetic permeability and low magnetism loss are required for the development of Mn-Zn ferrite, which is parts in the communication. therefore, in order to improve Mn-Zn ferrite with a high frequency, it is important to have a minimal change of particles and to control the eddy current loss caused by high resistance of the stratum of particles and to reduce the hysteresis loss by uniform change of detailed structure. In this paper, we added V_2O_5 and $CaCO_3$ to Mn-Zn Ferrite to achieve a high efficiency, low loss core material. The compositions are $MnO : ZnO : Fe_2O_3 = 21 : 10 : 69$ mol%. They were sintered at $1250^\circ C$ for Three hours. Initial permeability was measured at 0.1MHz. At 50mT, Power loss was measured by temperature changing at 100kHz..

키워드

Mn-Zn, ferrite, 저손실, 소프트 페라이트 코어, 전력손실

1. 서 론

전자부품의 핵심 재료인 모든 전자·저기 제품들의 가장 중요한 기초소재이며, 제품의 성능, 품질, 신뢰도, 가격 및 경쟁력을 결정하는 근본적인 요소이다. 현재 C-TV, VTR 등으로 대변되는 위성방송, HDTV, ISDN(종합 디지털 방송 Network), 무선전화기 등의 통신기술 및 컴퓨터 그리고 주변기기의 보급 등 전자기술의 비약적인 발전에 따라 각 전자부품의 소형화, 경량화, 고품질화가 절실히 요구되고 있다. 특히, transformer는 OA 기기 및 통신기기의 부품 중 소형경량화가 가장 늦은 부품으로서 이를 만족시키기 위해서는 transformer core 재질

이 다음과 같은 특성을 갖고 있어야 한다. 즉, 고주파에서 포화자속밀도가 높고 특히 power transformer용으로는 core 손실이 적어야 하며 통신기기용으로는 초기투자율이 높은 재질이어야 한다.

현재 이러한 요구를 만족시키는 재질로서 Mn-Zn Ferrite와 Ni-Zn Ferrite가 제안되고 있으나 현재 상용되고 있는 주파수 즉, OA 기기는 25-500kHz, 그리고 통신기기는 500kHz-1MHz 대역에서 Mn-Zn Ferrite가 최적의 재질로 알려져 있다.

Mn-Zn Ferrite는 고주파 영역에서 전력손실을 어느 정도 감소시킬 수 있는가 하는 점이 Mn-Zn Ferrite 개발의 핵심과제이다. Mn-Zn Ferrite의 고주파 자기 특성의 개선을 위해서는 결정입자의 소경

화와 입자계층의 고저항화에 따른 와전류 손실의 억제 및 미세 구조의 균일화에 따른 히스테리시스 손실의 저감에 관한 연구가 필요한 실정이다.

전자부품용 연자성 재료의 국내수준은 산화물 연자성 재료의 대표적인 것은 소프트페라이트로서, 소프트 페라이트 중에서 비교적 높은 주파수대역에서 사용하는 Ni-Zn 페라이트는 저손실 고투자용 재료를 연구 중에 있다. Mn-Zn 페라이트의 경우 낮은 손실 및 높은 투자를 자성재료를 계속해서 연구하고 있으며, 여기에다 사용 주파수대역도 높이는 연구가 진행 중이다.

Mn-Zn 페라이트는 스핀넬 구조를 갖는 연자성 재료로서 다른 페라이트에 비해 보자력이 작고 초기투자율과 포화자화 값이 커 고투자율이 요구되는 인덕터 및 트랜스포머의 자심재, 자기헤드, 필터코어 등으로 다양하게 응용되고 있다. 자성체의 자기손실은 자기이력(히스테리시스)손실, 와전류손실, 잔류손실로 구분된다.

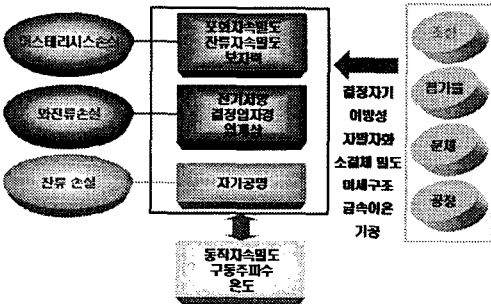


그림 1. 자성체의 자기손실에 영향을 미치는 인자

일반적인 트랜스포머에 사용되는 자성재료는 스위칭 주파수가 증가됨에 따라 손실이 커지는 문제를 가지고 있다. 상용 페라이트 코어에 있어서 1MHz 대역의 고주파 스위칭시 발생하는 전력손실 (Power loss)은 100kHz 에 비하여 10^3 배정도 증가하여 나타나게 된다. 이러한 전력손실은 주열 형태 나타나며 트랜스포머 자체 와 주위 소자의 온도를 증가시켜 전원 성능을 급격히 열화시키게 되나, Mn-Zn ferrites는 적절한 미세구조와 조성 설계를 통하여 고주파 대역에서도 낮은 전력손실을 갖는 특성구현이 가능하며 이러한 특성을 개선시키기 위한 연구가 다양하게 진행되고 있다. 이러한 전력손실 개선은 우선 전력손실 현상에 대한 명확한 이해를 바탕으로 진행되어야 하며, 양산화를 위해서는 조성 및 첨가제의 거동에 대한 정확한 이해와 고도의 공정제어기술이 필요하다. 특히 소성공정은 Mn-Zn ferrite 의 최종 물성을 결정 짓는 단계로 이 과정에서의 공정조건에 따라 상이한 특성을 나타나게 된다고 보고된바 있다.

따라서, 본 연구에서는 Mn-Zn ferrite의 미세구조의 균일성이 소성조건에 따라 가장 큰 영향을 받는 것에 주목하여 Mn-Zn ferrite를 작제하여 입계 저항제로 잘 알려진 $CaCO_3$, V_2O_5 의 첨가량을 변화하여 Mn-Zn 페라이트의 최적의 소성공정을 찾기 위

한 방법을 조사하였다.

II. 실험 방법

MnO, ZnO, Fe_2O_3 를 원료로 하였으며, 기본조성으로는 기본 조성으로는 저손실 재질의 특성을 나타내는 21mol% MnO, 10mol% ZnO, 69 mol% Fe_2O_3 를 선택하였다. 실험은 그림2과 같이 실행하였다.

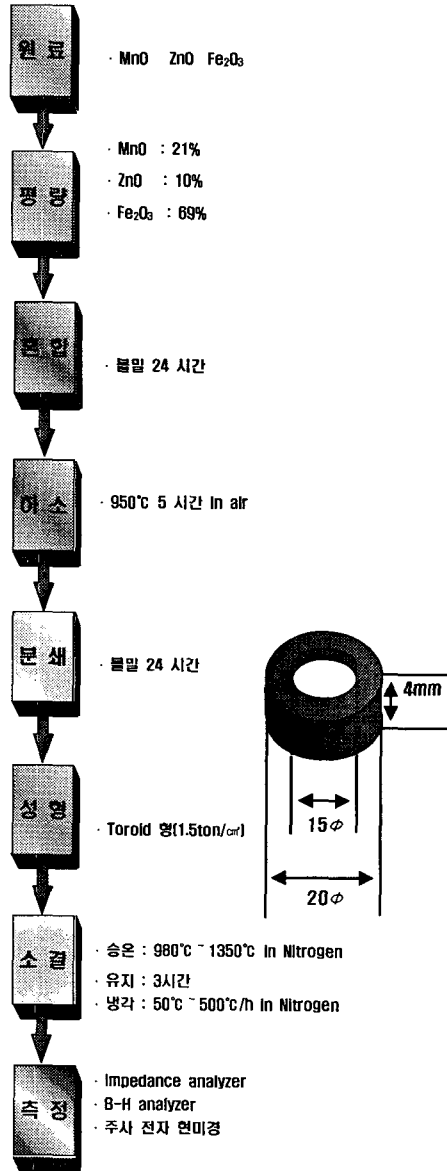


그림 2. 실험방법

혼합시에는 불순물의 유입을 최대한 방지하기 위하여 planetary mill에서 지르코니아 불을 사용하여 24시간 분말하였다. 하소는 box furnace를 사용하여 공기중에서 950℃에서 5시간 동안 수행하였다. 하소한 재료를 다시 planetary mill로 24시간 동안 분쇄하였다. 이때 입계 저항제로서 CaCO₃와 V₂O₅를 표1과 같이 변화하면서 첨가 하였다.

표 1. 첨가물 조성비의 변화

	CaCO ₃	V ₂ O ₅
1	0wt%	0wt%
2	0.03wt%	0.03wt%
3	0.05wt%	0.08wt%
4	0.08wt%	0.09wt%

이 분말에 바인더로 PVA(polyvinyl alcohol) 0.8wt%를 넣은후 과립화하였다. 성형시 성형을 벽과의 마찰을 줄이기 위해 윤활제를 첨가하여, toroid(외경 15mm × 내경 20mm × 두께 4mm) 형태에 1.5ton/cm²의 압력으로 성형하였다. toroid 형태의 성형은 Mn-Zn Ferrite는 투자율이 크고 hysteresis loss가 작은 형상으로 많이 사용되며, 다른 형상에 비해 자기효율이 좋을 뿐만 아니라 소형으로도 큰 inductance를 실현할 수 있기 때문이다. 성형체는 binder와 각종 유기물들을 제거하기 위하여 binder burn out을 한후 그림3과 같이 1250℃까지 100℃/h의 속도로 승온하여 1250℃에서는 3시간 소결한후 150℃/h의 속도로 서냉하였다. 승온할때는 공기중에 하였으며 소결 및 냉각까지는 질소가스를 조절하여 주입하였다.

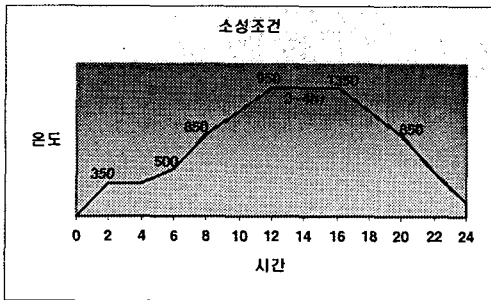


그림 3. 소성조건

이렇게 소결된 시료들은 Impedance analyser를 이용하여 투자율을 측정하였고, 전력손실은 50mT, 100kHz, 80℃의 상태에서 측정하였다. 이들 시료의 미세구조는 주사 전자 현미경을 사용하여 관찰하였다.

III. 실험 결과 및 고찰

Mn-Zn ferrites의 미세구조는 고주파 대역에서의 전력손실을 감소시키는 핵심요소로 알려져 있다. 이전의 연구결과로 첨가물의 조성비를 변화시키면

서 확인하였다. 미세구조가 전력손실에 미치는 영향을 고찰하기 위하여 서로 다른 크기의 조성비를 갖는 시편을 24시간 분쇄, 1250℃에서 3시간 소결할 경우 자기적 특성변화를 고찰하였다. 그림4.는 기본 조성에 CaCO₃와 V₂O₅를첨가제로서 1~4번까지 변화시킨 시편의 투자율의 주파수 특성을 나타내었다. 0.1MHz에서의 투자율은 3번 소결시편에서 가장 높은 1790을 나타내었다. 특히, 3번 소결시편의 시료는 투자율 및 한계주파수 모두 다른 Mn-Zn Ferrites 보다도 뛰어난 특성을 나타내며 1MHz 부근에서 발생하는 공명현상도 가장 좋은 수치를 얻을 수 있었다. 그림5는 주파수에의한 power loss를 측정하였다. 1MHz에서의 power loss의 측정에서는 3번 소결시편 즉, V₂O₅와 CaCO₃이 각각 0.08wt%, 0.05wt% 첨가된 시편이 가장 좋은 전력 손실 수치를 나타내고 있다. 이 이유는 V₂O₅와 CaCO₃ 이온은 Fe³⁺ 격자 위치에 고용되어 Fe²⁺ 이온과 Fe³⁺ 이온 사이의 전자 이동을 억제시키기 때문에 전기 비저항을 증대시키고 시편내부 자속밀도의 불균일성을 갖게하여 와전류손실을 저하시키는 것으로 보고된다.

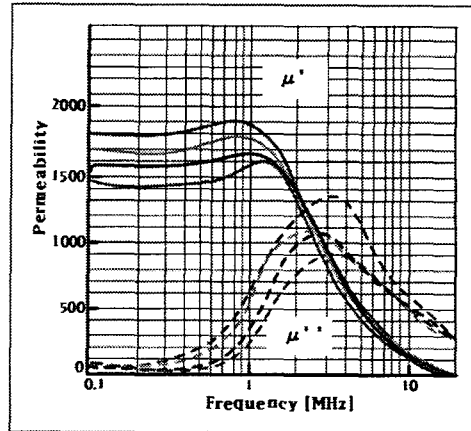


그림 4. 투자율 측정

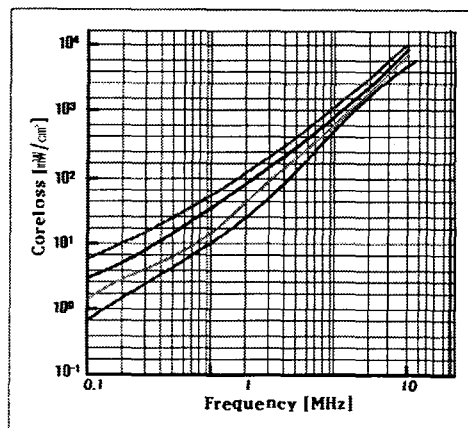


그림 5. 전력손실 측정

IV. 결 론

1. 저손실 재질의 특성을 나타내는 21mol% MnO, 11mol% ZnO, 69 mol% Fe₂O₃에 첨가제로서 V₂O₅와 CaCO₃이 각각 0.08wt%, 0.05wt% 첨가된 시편이 0.1MHz에서 1790으로 나타났으며, 1MHz 부근에서 발생하는 공명현상에서도 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

2. Power loss는 V₂O₅와 CaCO₃이 각각 0.08 wt%, 0.05wt% 첨가하여 24시간 분쇄하여 1250℃에서 3시간 소결할 경우 측정조건 50mT, 100kHz, 80℃에서 79kW/m²의 값을 얻을 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업(RTI05-01-02) 지원으로 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

This work was supported by grant No. RTI05-01-02 from the Regional Technology Innovation Program of the Ministry of Commerce, Industry and Energy(MOCIE)

참 고 문 헌

- [1] Y. SakaKi, T. Sato : "Large Signal Eddy Current Losses Beyond 100KHz", IEEE Trans. Magn., 20(1984)
- [2] E.C.Snelling, Soft Ferrite, Properties and Applications, 2nd Edition, Butterworth Co. Ltd., London(1988)
- [3] P. J. van der Zaag, M. T. Johnson, A. Noordermeer, P. T. Por and M. Ph. Rekveldt, J. Magn. Magn. Mater., 99 pp. L1-L6 (1991)
- [4] A. Goldman, Modern Ferrite Technology, Van Nostrand Reinhold, N.Y. (1992)
- [5] E. Otsuki and S. Yamada, ICF-7, pp. C1-113 (1997)
- [6] T. Tsutaoka, T. Kasagi and K. Hatakeyama, J. European Ceramic Society, 19, pp. 1531-1535 (1999)
- [7] 권오홍, "V₂O₅와 CaCO₃를 첨가한 Mn-Zn Ferrites의 자기적 특성에 관한 연구" 한국자율리싸이클링학회(2002) Vol.11 No.5
- [8] 권오홍, "페라이트 개발동향" 한국자원 리싸이클링학회(2002) Vol.11