

V₂O₅와 CaCO₃를 첨가한 Mn-Zn Ferrites의 자기적 특성에 관한 연구

박천제* · 신성근* · 권오홍*

*관동대학교

A Study on the magnetic properties of Mn-Zn Ferrite added on V₂O₅ and CaCO₃

Chun-Je Park · Sung-Geun Sin · Oh-Heung kwon

*Kwangdong University

E-mail : chaun-je@hanmail.net

요 약

최근의 전자기기 제품에서 전원 트랜스는 매우 중요한 비중을 차지하고 있다. 이러한 전원트랜스의 소형화, 경량화, 소전력화를 얻기 위해서는, 고성능의 자심재료가 필요하다. 본 논문에서는 고성능, 저손실의 자심재료를 위해 Mn-Zn Ferrite에 V₂O₅와 CaCO₃를 첨가하였다. 조성은 MnO : ZnO : Fe₂O₃ = 37 : 11 : 52 mol%로 하였다. 이 시료를 1250℃에서 3시간 소결하였다. 측정은 0.1MHz에서 초투자율을 측정하였으며, 전력손실은 200mT에서 25KHz, 50KHz, 100KHz 및 온도를 변화시켜 측정하였다. V₂O₅와 CaCO₃이 각각 0.1wt%, 0.1wt% 첨가하였을 경우 측정조건 200mT, 100KHz, 60℃에서 405KW/m³의 값을 얻을 수 있었다. 따라서 V₂O₅와 CaCO₃를 소량 첨가함으로써 고주파수에서의 주 손실인 와전류 손실을 줄여 전원 트랜스의 전력손실을 저하 시킬 수 있었다.

ABSTRACT

Power transformers are increasingly becoming more significant in the advancement of electronic equipment. A high-performance, low-cost core material is necessary in order to come up with power transformers in the smallest and lightest scale possible and with low power requirements. In this study, we added V₂O₅ and CaCO₃ to Mn-Zn Ferrite to produce a high-performance low-cost core material. The compositions used were MnO : ZnO : Fe₂O₃ = 37 : 11 : 52 mol%. The materials were sintered at 1250℃ for three hours. Initial permeability was measured at 0.1MHz. At 200mT, power loss was measured by changing the temperature at 25KHz, 50KHz, 100KHz. When we added 0.1wt% and 0.1wt% of V₂O₅ and CaCO₃, respectively we obtained 405 405KW/m³ at 200mT, 100KHz, 60℃. We can reduce eddy current loss as a primary loss of high frequency by adding a small amount of V₂O₅, CaCO₃. This reduces power loss in the power transformers

키워드

Mn-Zn Ferrite, 자심재료, 초투자율, 전력손실

1. 서 론

전자산업이 발전할수록 전자기기 및 전자부품은 경박 단소화되어가기 때문에 고기능성 소재의 필요성이 절실하게 대두되고 있는 실정이다.

소프트 페라이트는 전기 비저항이 매우 높기 때문에 고주파수 대역의 사용재료로써 유익할 것으로 판단된다.

Mn-Zn 페라이트는 스피넬 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 자기이력손실, 와전류손실, 잔류손실로 구분된다. 자기이력손실은 자화, 탈자화되는 과정에서 자벽(domain wall)이 게재물이나 결함과의 상호작용에 의해 비가역적 변화를 함으로써 발생하는 손실이다. 이 손실을 감소시키기 위해서는 자기이방성, 자기용력을 최소화시켜야하며 각종 결함이나 응력을 없애는 것이 중요하다. 잔류손실은 주파수에 따른 자기완화와 자기공명에 의한 손실을 말한다. 즉 주파수가 높아질수록 자벽의 이동과 자화의 회전이 원활하지 못함에 따라 일어나는 손실이다.

와전류 손실의 발생에 있어서는 교류에서 자성체를 자화시키면, 그 주파수의 자속의 변화가 일

어난다. 이 자속의 변화를 부인하는 방향으로 전자유도가 작용하여 기전력을 발생시킨다. 이 기전력에 의해 자성체의 내부에 전류가 흘러 '줄'열이 발생하여 손실된다. 이 전류를 와전류라 부르나, 와전류손실은 자성체를 흐르는 와전류의 크기에 따라 결정된다. 와전류는 저항율의 역수에 비례하므로, 저항율이 클수록 와전류가 작아져 손실은 작아진다. 페라이트는 일반적으로 저항율이 커서 와전류손실이 작아지고 있다.

그러나, 100KHz용 파워페라이트에서 사용되는 Mn-Zn 계 페라이트의 저항율은 $\rho=10\Omega \cdot m$ 정도로 Ni-Cu 계 페라이트 및 Mg-Zn 계 페라이트의 저항율 $P = 10^6\Omega \cdot m$ 과 비교하면 매우 작은 값이다.

결정 입계를 고저항화하는 방법은 첨가물로서 CaO, SiO₂, V₂O₅, Bi₂O₃, IN₂O₃, Ta₂O₃, ZrO₂, B₂O₃, MoO₃, Na₂O, SnO₂, TiO₂, Cr₂O₃, CoO, Al₂O₃, MgO, NiO, CuO를 이용, 여러 가지 조성 조건이 검토된 결과, 고저항이 실현된다고 보고된 바 있다.

따라서 본 연구에서는 입계 저항제로 잘 알려진 CaCO₃, V₂O₅를 첨가제로서 첨가량을 변화하여 Mn-Zn 페라이트의 전자기적 특성을 조사하였다.

II. 실험방법

기본 조성으로는 저손실 재질의 특성을 나타내는 37mol%의 MnO, 11mol%의 ZnO, 52 mol%의

표 1 실험 방법

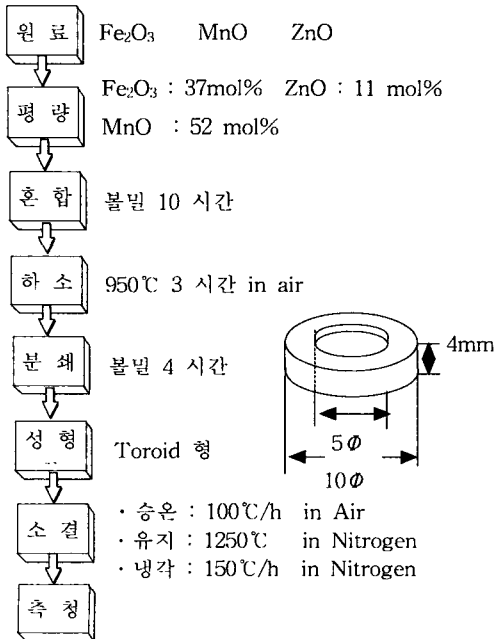


표 2 CaCO₃와 V₂O₅ 변화

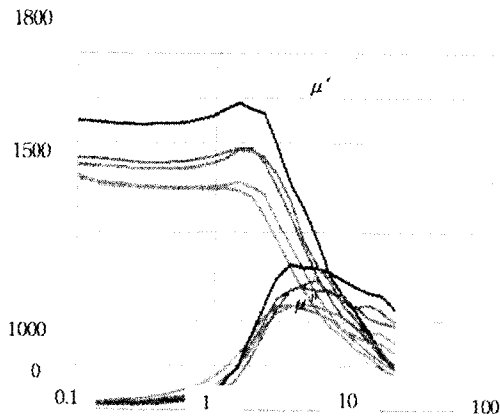
번호	CaCO ₃	V ₂ O ₅
	0wt%	0wt%
B	0.01wt%	0.01wt%
C	0.03wt%	0.03wt%
	0.06wt%	0.06wt%
E	0.1wt%	0.1wt%
F	0.12wt%	0.12wt%

Fe₂O₃를 선택하였다. 실험은 표 1과 같이 실행하였다. 혼합시에는 불순물의 유입을 최대한 방지하기 위하여 planetary mill에서 지르코니아 볼을 사용하여 10시간 불밀하였다. 하소는 box furnace를 사용하여 공기중에서 950℃에서 3시간 동안 수행하였다. 하소한 재료를 다시 planetary mill로 4시간 동안 분쇄하였다. 이때 입계 저항제로서 CaCO₃와 V₂O₅를 표2와 같이 변화하면서 첨가하였다. 이 분말에 바인더로 PVA(polyvinyl alcohol) 0.8wt%를 넣은후 과립화하였다. 성형시 성형틀 벽과의 마찰을 줄이기 위해 윤활제를 첨가하여, toroid(외경 10mm × 내경 5mm × 두께 4mm) 형태에 1.5ton/cm²의 압력으로 성형하였다. 성형체는 binder와 각종 유기물들을 제거하기 위하여 binder burn out을 한후 1250℃까지100℃/h의 속도로 승온하여 1250℃에서는 3시간 소결한후 150℃/h의 속도로 서냉하였다. 승온할때는 공기중에 하였으며 소결 및 냉각까지는 질소가스를 조절하여 주입하였다.

이렇게 소결된 시료들은 Impedance analyser를 이용하여 투자율을 측정하였고, 전력손실은 200mT에서 25KHz, 50KHz, 100KHz 및 온도를 25℃, 60℃, 100℃로 변화하여 측정하였다. 이들 시료의 미세구조는 주사 전자 현미경을 사용하여 관찰하였다.

III. 결과 및 고찰

Fig 1 은 기본 조성에 CaCO₃와 V₂O₅를첨가제로서 A~F 까지 변화시킨 시료의 투자율의 주파수 특성을 나타내었다. 0.1MHz에서의 투자율은 E를 제외한 시료에서는 1500~1580사이로 나타났으며 E 시료에서 가장 높은 1660을 나타내었다. 특히 E 시료는 투자율 및 한계주파수 모두 다른 Mn-Zn Ferrites 보다는 뛰어난 특성을 나타내며 1MHz 부근에서 발생하는 공명현상의 경우 다른 시료보다 높게 나타났다. 그런 가운데 시료명은 출발원료를 나타내며 0.1MHz에 있어서 투자율은 A : 1532, B : 1520, C : 1527, D : 1564, E : 1660 F :1573으로 나타났다. 따라서 첨가물의 증가가 A에서부터 E시료까지 증가했다가 F시료에서는 투자율이 떨어지는 현상을 볼수 있다. 복



출발원료	μ' at 100KHZ
	1532
B	1520
C	1527
	1564
E	1660
F	1573

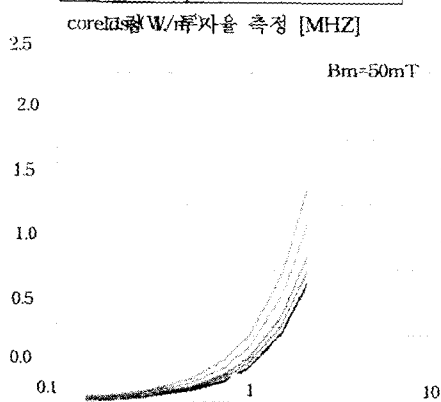


그림 2. 전력손실 측정[MHZ]

함으로 첨가 했을때의 0.1wt% 시료가 가장 높은 투자율을 나타내고 있다.

그림2는 주파수에의한 power loss를 측정하였다. 1MHz에서의 power loss의 측정에서는 E 시료 즉, V_2O_5 와 $CaCO_3$ 이 각각 0.1wt%, 0.1wt% 첨가된 시편이 가장 좋은 전력 손실 수치를 나타내고 있다. 이 이유로는 V_2O_5 와 $CaCO_3$ 이온은 Fe^{+3} 격자 위치에 고용되어 Fe^{+2} 이온과 Fe^{+3} 이온 사이의 전자 이동을 억제시키기 때문에 전기비저항을 증대시키고 와전류손실을 저하 시키는 것으로 사료된다.

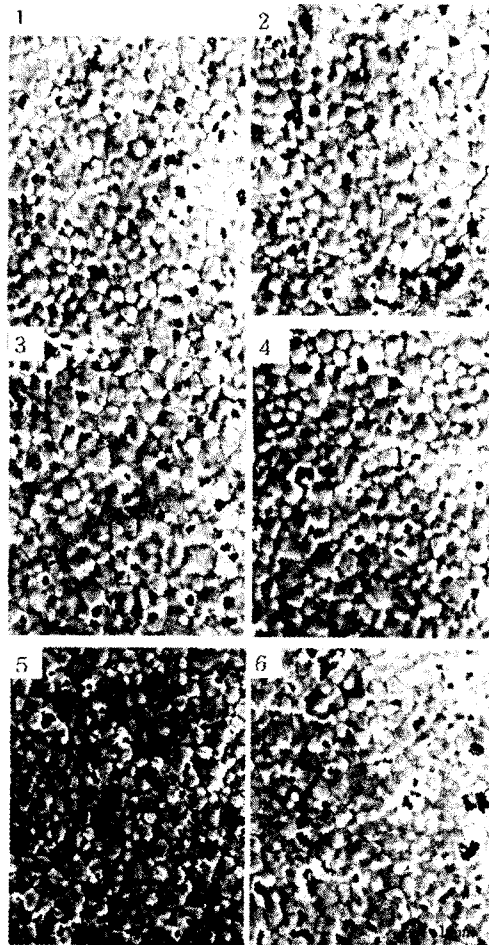


그림3. 미세구조측정

그림3은 A~F 시료의 미세구조를 주사전자현미경을 사용하여 800배율로 관찰하였다. V_2O_5 와 $CaCO_3$ 이 각각 0.1wt%, 0.1wt% 첨가된 시료가 가장 좋은 투자율과 power loss를 나타내었고, 미세구조 또한 다른 시료에 비하여 자구 구조가 뚜렷이 나타났고, hole 또한 가장 적은 것으로 나타났다. 즉 기본 조성에 V_2O_5 와 $CaCO_3$ 이 각각 0.1wt%, 0.1wt% 첨가된 시료가 입계의 고 저항화를 최적화한 것으로 사료된다.

IV. 결론

1. 저손실 재료의 특성을 나타내는 37mol% MnO, 11mol% ZnO, 52 mol% Fe_2O_3 에 첨가제로서 V_2O_5 와 $CaCO_3$ 이 각각 0.1wt%, 0.1wt% 첨가된 시료가 0.1MHz에서 1660으로 나타났다. 1MHz 부근에서 발생하는 공명현상도 가장 좋은 수치를 얻

을 수 있었다.

2. Power loss는 V₂O₅와 CaCo₃이 각각 0.1 wt%, 0.1wt% 첨가하였을 경우 측정조건 200mT, 100KHz, 60℃에서 405KW/m²의 값을 얻을 수 있었다.

3. 미세구조는 V₂O₅와 CaCo₃이 각각 0.1 wt%, 0.1wt% 첨가한 시편이 다른 시료에 비하여 자구 구조가 뚜렷이 나타났고, hole 또한 가장 적은 것으로 나타났다

참고 문헌

- [1] E.C.Snelling, Soft Ferrite, Properties and Applications, 2nd Edition, Butterworth Co. Ltd., London(1988)
- [2] A Goldman, Modern Ferrite Technology, Van Nostrand Reinhold, New York(1990)
- [3] E. Otsuki, Proc. of The 6Th Inter. Conf. on Ferrites, 59(1992)
- [4] Y.Matsuo and K. Ono, IEEE. Trans. Mag., 33(5), 3751(1997)
- [5] R.Leburgeois, C. Deljurie, J. P. Ganne, P.Perriant, B.Lloret, J. L. Rolland : "New Mn-Zn Low-Loss Power Ferrite for up to 1MHz", Proc. of The Sixth Int. Conf. on Ferrites(ICF6)Tokyo and Kyoto, Japan (1992)1169~1172
- [6] A. Znidarsic et al. : "Microstructure Control in Low-Loss Power ferrites", Proc. of The Sixth int Conf. on Ferrites(ICF6), Tokyo and Kyoto, Japan(1992)333-336
- [7] T. Akahi : "Effect of the Addition of CaO and SiO₂ on The Magnetic Characteristics and Microstructure of Manganese-Zinc Ferrites" Trans. Jpn. Inst. Met.,2(1961)171-176