

## CaO-SiO<sub>2</sub>-V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 를 함유한 Mn-Zn 페라이트 저손실재에서 손실기구에 대한 해석

충북대학교 권태석  
김성수\*  
(주)유유 김동훈  
이우성

### Analysis of the Loss Mechanism in Mn-Zn ferrites Containing CaO-SiO<sub>2</sub>-V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Chungbuk National University T. S. Kim  
S. S. Kim \*  
YuYu Co, Ltd. D. H. Kim  
W. S. Lee

#### 1. 서론

최근 전자기기의 발달에 따라 전원의 소형화가 요구되면서 전원 변환부의 동작주파수를 고주파로 올릴 필요성이 점차 커지고 있다. 이에 따라 고주파 영역에서도 고효율과 저손실 특성이 우수한 Mn-Zn 페라이트의 개발이 더욱 요구되고 있다. 저손실재에서 가장 중요한 특성은 고주파에서 낮은 자기손실이다. 따라서 저손실재에서 손실기구에 대한 해석은 중요한 의미를 갖는다. 본 연구에서는 CaO, SiO<sub>2</sub> 및 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>를 함유한 저손실재 조성의 Mn-Zn 페라이트에서 첨가물의 종류 및 주파수, 그리고 온도 변화에 따른 손실기구를 조사하였다.

#### 2. 실험방법

시편의 제조는 대표적 저손실재 조성인 (Mn<sub>0.72</sub>Zn<sub>0.22</sub>O)<sub>0.94</sub>(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>1.06</sub>을 선정하여 통상적인 세라믹 제조법을 이용하였다. 연쇄고온합성법 (Self-propagating High-temperature Synthesis)을 이용하여 분말을 합성한 후, SiO<sub>2</sub>-0.002 wt%, CaCO<sub>3</sub>-0.06 wt%, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-0.02 wt% 첨가시켜 소결 온도와 산소분압을 변화시키면서 소결하였다. 자기적 성질로는 초기투자율, 포화자속밀도, core loss를 측정하였다.

#### 3. 실험결과 및 고찰

일반적으로 자기코어의 손실 (P<sub>c</sub>)은 자기이력손실 (P<sub>h</sub>), 와전류손실 (P<sub>e</sub>), 잔류손실 (P<sub>r</sub>) 3가지로 구분된다 [1]. 그러나 동작주파수가 공명주파수보다 낮고 인가자장이 클 경우, 자기손실은 주로 자기이력손실과 와전류손실이 차지하고 각각은 다음과 같은 주파수 의존성을 갖는다.

$$P_h = W_h f \quad (1)$$

$$P_e = C d^2 f^2 B_m^2 / \rho \quad (2)$$

여기서  $W_h$ 는 자기이력곡선의 면적,  $f$ 를 주파수,  $d$ 는 시료의 치수,  $B_m$ 은 최대자속밀도,  $\rho$ 는 전기비저항,  $C$ 는 상수이다. 따라서 주파수에 따른 단위 cycle당 자기손실 ( $P_c / f$ )의 변화를 조사함으로써 자기이력 손실과 와전류손실을 구분할 수 있다. 와전류 손실은 원료분말보다 첨가물이 첨가된 경우 더 낮은 값을 나타낸 반면, 자기이력손실은 원료분말이 더 낮은 값을 나타내었다. 첨가물에 의한 와전류 손실의 감소는 비저항의 증가 때문이며 자기이력손실의 증가는 입자크기의 감소 및 입계절연막의 두께 증가에 기인한 입계용력 때문으로 해석되었다. 전체손실중 와전류손실이 차지하는 ( $P_w/P_c$ ) 비율을 주파수에 따라 조사한 결과  $P_w/P_c = 50\%$ 인 주파수가 원료분말의 경우 60 KHz인데 반해 3원계 첨가물의 경우에는 100 KHz로 상승하고 있다. 이것은 CaO-SiO<sub>2</sub>-V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>의 첨가시 100 KHz 이하에서는 자기이력손실이 지배적이고, 그 이상의 주파수에서는 와전류손실이 지배적임을 의미한다. 따라서 100 KHz 이하의 주파수에서는 자기이력손실을 줄이는 방법이 모색되어야 하고, 100 KHz 이상의 주파수에서는 와전류 손실을 줄이는 것이 전체손실을 줄이는 효과적인 방법이다. 자기손실의 온도 의존성을 조사한 결과 원료분말의 경우 자기손실은 온도에 따라 계속적으로 증가한 반면 첨가물이 들어간 시편은 40 °C에서 최저치를 나타내었다. 이 부극대 온도는 자기이방성과 자왜상수가 0이 되는 SPM (Secondary Permeability Maximum) 온도와 일치하고 농도가 감소할수록 증가하는 것으로 알려져 있다 [2]. 따라서 원료분말의 경우 온도 증가에 따라 자기손실이 계속 증가한 것은 와전류 손실이 주된 손실기구이기 때문이고, 첨가물이 들어간 시편에서 40 °C 부근에서 부극대 온도가 생긴 결과는 첨가물에 의해 와전류 손실이 감소하고 아울러 Fe<sup>+2</sup> 농도가 감소했기 때문으로 사료된다.

#### 4. 결론

상기 실험을 통하여 저손실 Mn-Zn 페라이트에서 자기손실기구에 미치는 첨가물 및 주파수의 영향을 조사하였다. CaO-SiO<sub>2</sub>-V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 3원계 첨가물은 와전류손실을 줄이는데 효과적이었다. 그러나 첨가물의 입계편석에 의해 자기이력손실은 약간 증가하였다. 첨가물이 들어간 시편의 경우 100 KHz를 기준으로 저주파 대역에서는 자기이력손실이 지배적이고 고주파 대역에서는 와전류손실이 주된 손실기구였다. 코어의 동작 주파수를 감안하여 주된 손실기구제어 방안이 모색되어야 함을 제안할 수 있었다. 3원계 첨가물이 들어간 시편에서 40 °C에서 부극대가 존재함을 밝힐 수 있었고, 이는 첨가물에 의해 농도가 증가했기 때문으로 해석되었다.

#### 5. 참고문헌

- [1] E.Otsuki, S.Yamada, T.Otsuka, K.Shoji and T.Sato, J.Appl.Phys., 69, 5942 (1991)
- [2] T.Imura, J.Amer.Ceram. Soc., 59, 458 (1976).