

미세구조가 Mn-Zn ferrites의 전력손실에 미치는 효과
(Effects of microstructures on the power loss of Mn-Zn ferrites)

성균관대학교 : 정원희, 조균우, 한영호
이수세라믹(주) : 신명승, 송병무

1. 서론

최근에 SMPS의 transformer core로 널리 사용되고 있는 Mn-Zn ferrites의 작동 주파수가 MHz 대역까지 실용화 단계에 접어들고 있다. Mn-Zn ferrites에서의 전력손실은 보통 주울 열 형태로 나타나며 transformer 및 주위 소자의 온도를 증가시켜 SMPS의 성능을 급격히 열화 (degradation) 시키게 된다. 이러한 손실은 주파수가 증가함에 따라 급격히 증가하게 되므로, 작동 주파수의 꾸준한 증가와 함께 이에 상응한 Mn-Zn ferrites의 재질 개발이 지속적으로 연구되고 있다. Mn-Zn ferrites에서의 전력손실은 hysteresis loss, eddy current loss, residual loss 등으로 구분할 수 있으며, MHz 대역에서는 residual loss가 주도적인 손실 기구로 작용하게 된다.¹⁾ Residual loss의 주된 원인으로 알려져 있는 magnetic resonance 현상은 spin rotation과 domain wall movement에 의해 발생하게 되며, 시편의 미세구조에 크게 영향을 받는다고 보고되고 있다.²⁾ Mn-Zn ferrites의 경우 $5\mu\text{m}$ 를 경계로 grain size가 증가함에 따라 mono-domain에서 multi-domain으로 변화한다고 알려져 있으며, mono-domain으로 존재하는 시편의 경우 domain wall의 이동이 발생하지 않으므로 고주파수 대역에서 전력손실이 감소한다고 보고된바 있다.³⁾ 따라서, 본 연구에서는 미세구조 변화에 따른 Mn-Zn ferrites의 1MHz에서 나타나는 전력손실의 변화에 대해 연구하였다.

2. 실험방법

주조성으로 53.2 mol% Fe_2O_3 , 35.4 mol% MnO, 11.4 mol% ZnO를 선택하여 일반적인 세라믹 공정을 따라 시편을 준비하였다. 시편은 1150°C, 1230°C, 1320°C에서 각각 3 시간씩 소결하여 미세구조를 변화시켰다. 소결 온도를 달리한 시편의 미세조직을 SEM으로 관찰하였으며, 미세구조 변화에 따른 초기투자율, 전기비저항, 전력손실 등을 측정하였다.

3. 실험결과

소결 온도가 1320°C에서 1150°C로 감소함에 따라 average grain size가 $9.54\mu\text{m}$ 에서 $3.45\mu\text{m}$ 로 감소하였다. Average grain size가 감소함에 따라 200mT, 100kHz에서 측정한 전력손실은 증가하였으며, 25mT, 1MHz의 조건에서는 감소하였다. 200mT, 100kHz의 경우 모든 시편에서, 초기투자율의 제 2차 최대값이 나타나는 온도(T_{SPM}) 부근인 100°C에서 전력손실의 최소값이 관찰되었다. 그러나 25mT, 1MHz에서 측정한 경우에는 grain size에 따라 전력손실의 의존성이 다른 경향성을 보였다. 25mT하에서 주파수를 달리하여 전력손실을 측정해본 결과, grain size가 $3.45\mu\text{m}$ 인 시편은 주파수가 증가함에 따라 전력손실의 최소값을 나타내는 온도(T_{min})가 감소하였고, 1MHz에서는 최소값 없이 측정 온도가 증가함에 따라 전력손실의 증가가 관찰되었다. 그리고 grain size가 $9.54\mu\text{m}$ 인 시편에서는 모든 주파수 대역에서 T_{SPM} 부근인 100°C에서 전력손실이 최소값을 보였다. 또한 grain size가 $5.7\mu\text{m}$ 인 시편에서는 주파수가 증가함에 따라 T_{min} 의 이동이 관찰되었으며, 또한 100°C 부근에서도 전력손실이 감소하였다.

4. 참고문헌

- 1) D. Stoppels, J. Magn. Magn. Mater., 160, pp. 323-328 (1996)
- 2) M.T. Johnson and E.G. Visser, IEEE Trans. Magn., Vol. 26, No. 5, pp. 1987-1989 (1990)
- 3) P.J. van der Zaag, J. Magn. Magn. Mater., 196-197, pp. 315-319 (1999)