

만 Bi₂O₃를 0.5 wt%로 고정하고 CaO를 첨가했을 때 CaO가 첨가되지 않은 시편보다 투자율과 변화의 폭이 작지만 공명 주파수가 같이 증가하였다. 특히 CaO를 0.3 wt% 첨가했을 때 투자율과 공명 주파수가 각각 73.58, 21.025 MHz로 우수하였다. 이것은 Bi₂O₃와 CaO가 입내 및 입계에 편석하여 입자의 거대성장을 억제하여 결정립이 균일화되어 동시에 결정립계 증가에 의해 고저항층이 형성되어 와전류 손실(eddy current loss)을 감소시켰기 때문인 것으로 판단된다[9].

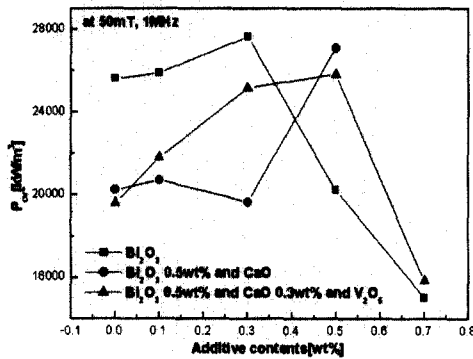


그림 9. 첨가량 변화에 따른 Ni_{0.8}Zn_{0.2}Fe₂O₄의 전력손실 변화.
 Fig. 9. Power loss of Ni_{0.8}Zn_{0.2}Fe₂O₄ ferrite sintered with variable additive contents.

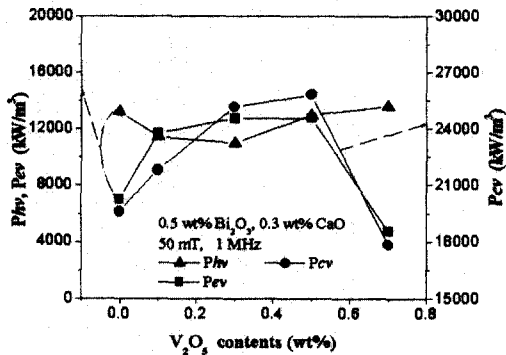


그림 10. Bi₂O₃ 0.5, CaO 0.3 wt%에 V₂O₅ 첨가량 변화에 따른 Ni_{0.8}Zn_{0.2}Fe₂O₄의 전력손실 변화.
 Fig. 10. Power loss of the Ni_{0.8}Zn_{0.2}Fe₂O₄ with Bi₂O₃ of 0.5wt%, CaO of 0.3 wt% and variable V₂O₅.

그림 9는 자속밀도 50 mT, 주파수 1 MHz에서의 첨가제 변화에 따른 전체 전력손실(Power loss)을 나타내고 있다. 미세구조 사진과 비교해 봤을 때 결정립 크기가 약 10 μm 내외의 균일한 크기를 갖는 Bi₂O₃를 단독으로 0.7 wt% 첨가했을 때와 Bi₂O₃ 0.5, CaO 0.3 V₂O₅ 0.7 wt% 첨가 시 전체 전력손실이 감소하고 있다. Bi₂O₃ 0.5 wt%에 CaO를 변화시켰을 때 CaO 0.3 wt% 첨가 시까지 손실이 조금 감소하다가 CaO 0.5 wt% 첨가 시에 급격히 증가하고 있다. 입계에 비저항 층을 형성하여 전력손실을 감소시킬 것으로 기대했던 CaO의 첨가는 큰 효과를 나타내지 않았으며, 오히려 0.3 wt% 이상 첨가 시 전력손실이 급증하고 있다. 그러나 저용점 산화물인 Bi₂O₃와 V₂O₅의 첨가량 증가에 따른 편석의 증가로 인해 결정립 성장을 방해함으로써 결정립의 크기가 10 μm 이내이면서도 균일하게 형성하여 전력손실을 감소시키는 것으로 여겨진다.

그림 10은 Bi₂O₃ 0.5, CaO 0.3 wt%로 고정한 후 V₂O₅ 첨가량을 변화시켰을 때 전력손실 값의 변화를 나타낸 것이다. P_{ev}(eddy current loss)의 경우 V₂O₅ 첨가량에 따라 증가하였지만 0.5 wt% 이상 첨가된 시편에서는 크게 감소하였다. 이것은 그림 5의 결과와 일치하는 것으로써 결정립 크기의 증가에 따른 비저항의 감소로 P_{ev}가 증가한 것으로 생각되며, V₂O₅ 0.5 wt% 이상 첨가된 시편에서는 입내 및 입계편석에 의해 결정립 크기의 감소와 함께 입계 증가에 의한 입계 저항의 증가로 전체적인 비저항이 증가하여 P_{ev}의 감소 폭이 컸다고 판단된다. 즉 전체손실을 제어하기 위해서는 결정립 크기를 약 10 μm 이내이면서 균일하게 제어하는 것이 효과적이라 생각된다. 또한 고주파수 대역에서는 주파수에 제공하여 증가하는 P_{ev}가 P_{hv}(hysteresis loss)보다 P_{cv}(total loss)에 지배적인 영향을 미친다[10]. 따라서 P_{cv}와 P_{ev}가 같은 경향으로 변화하는 것을 알 수 있다.

4. 결론

Ni_{0.8}Zn_{0.2}Fe₂O₄를 기본조성으로 Bi₂O₃, CaO, V₂O₅를 0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 wt% 첨가하여 미세구조 및 자기적 특성을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Bi₂O₃와 V₂O₅가 소결중 액상을 형성하여 소결

- 축진에 의해 밀도가 증가하고 결정립 성장이 활발히 일어났으나 Bi_2O_3 0.5, CaO 0.3, V_2O_5 0.7 wt%에서는 첨가제의 입내 및 입계 편석에 의해 오히려 결정립 성장을 방해하여 결정립이 $10 \mu\text{m}$ 이내로 균일하게 형성되었다.
- V_2O_5 가 첨가된 경우에 높은 투자율 값을 나타내고 있으며 Bi_2O_3 0.5, CaO 0.3, V_2O_5 0.3 wt% 첨가된 시편에서 83.55의 투자율 최고 값을 얻었다.
 - 전체 전력손실은 CaO 첨가에 의한 효과보다는 저용점 산화물인 Bi_2O_3 와 V_2O_5 에 의한 입내 및 입계에 편석하여 거대성장을 억제하고 $10 \mu\text{m}$ 이하의 균일한 결정립을 형성하는 효과를 나타냈다.
 - Bi_2O_3 0.5, CaO 0.3, V_2O_5 를 0.7 wt% 첨가시 밀도 5.18 g/cm^3 , 투자율 75.78, 공명주파수 17.05 MHz 그리고 전체 전력손실 P_{cv} 가 $17,858 \text{ kW/m}^3$ 으로 우수한 특성을 나타냈다.

감사의 글

본 연구는 2001년도 한국과학재단 목적기초연구(2000-2-30100-008-3) 지원으로 수행되었으며, 이에 감사를 드립니다.

참고 문헌

- F. G. Brockman and K. E. Mattesson, "Ni-Zn ferrite effects of composition on magnetic properties of a nickel-zinc-(cobalt) ferrites", *J. Am Ceram. Soc.*, Vol. 83, No. 9, p. 517, 1970.
- 강재덕, 문현욱, 정병두, 신용진, "Ni-Zn 페라이트의 자기특성에 관한 연구", *전기전자재료학회지*, 4권, 3호, p. 211, 1991.
- 양계준, 박용관, "연자성재료의 기술현황과 연구동향", *전기전자재료학회논문지*, 9권, 1호, p. 76, 1996.
- 오영우, 김종령, 김현식, 이해연, 송재성, " Bi_2O_3 와 CaO 첨가가 Ni-Zn ferrite의 자기적 특성에 미치는 영향", *한국전기전자재료학회 2001춘계학술대회 논문집*, p. 77, 2001.
- S. H. Hyeon, "Microstructural optimization of low-temperature-fired Ni-Zn-Cu ferrites using calcination", *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 36, No. 8, p. 5103, 1997.
- 고상기, "NiZn 페라이트의 저온 소결 특성에 관한 연구", *한국요업학회지*, 34권, 10호, p. 1074, 1997.
- J. Kulikowski, "sintering properties of Ni-Zn ferrite in the presence of V_2O_5 ", *Soviet Powder. Met.*, Vol. 12, No. 7, p. 597, 1973.
- W. Heister, "Magnetic properties and grain structure of Mn-Zn ferrites", *Am. Ceram. Soc. Bull.*, Vol. 64, No. 4, p. 602, 1959.
- S.-Pyun, J.-T. Baek, "Microstructural dependence of permeability and permeability spectra in Ni-Zn ferrite", *J. Appl. Phys. Soc. Bull.*, Vol. 64, No. 4, p. 602, 1985.
- Raul. Valenzuela, "Magnetic Ceramics", Cambridge, p. 179, 1994.