전력선 통신(PLC)을 위한 HV 커플러용 자심재료

Ceramic magnetic core material for coupling unit under the condition of high voltage as a part of the PLC

이해연*, 김현식**, 오영우***
(Hae -Yon Lee*, Hyun-Sik Kim**, Young-Woo Oh***)

Abstract

We have studies on the Microstructures and densities as a function of forming pressures and the magnetic properties of the specimens with additive Bi_2O_3 that sintered at 950℃ for 4.5 hours for synthesizing optimal Ni-Cu-Zn ferrite. Green density rose generally as Forming pressure increased from 1.7 ton/㎠ to 2.5 ton/㎠ and Cold Isostatic Pressure(CIP) method was more effective than Die Pressure(DP) method to high green density. Forming pressure had no influence on apparent density but on the other hand Bi_2O_3 contents were strongly dominant to appaernt density than forming pressure. Bi_2O_3 liquid phases created during sintering process promoted sintering and grain growth so that apparent density ,grain size and permeability increased compared to that of the specimens which were sintered with non-additive Bi_2O_3.

Key Wards(중요용어) : Ni-Cu-Zn ferrite, Power Line Communication(PLC), permeability, forming pressure

1. 서 론

spinel structure를 가지는 ferrite 중에서 대표적인 것으로 Ni-Zn계 ferrite와 Mn-Zn계 ferrite를 들 수 있는데, 저주파 대역에서 좋은 특성을 나타내는 Mn-Zn계 ferrite에 비하여 Ni-Zn계 ferrite는 투자율은 낮으나 비저항이 높아 전기적 손실이 작고 온도 특성이 양호하여 radio, TV등의 고주파 통신용 코어에 많이 이용되어 왔다[1-3]. 특히 최근에 차세대 인터넷 통신망인 전력선 통신은 전력선 자체가 전용 통신선으로 설계, 설치 및 운용되고 있지 않기 때문에 다양한 종류의 전기부하들이 복잡하게 연결됨에 따라 전력 전달 시 생성되는 간섭현상과 변압기를 통해 데이터를 전송하는데 핵심적인 문제점을 가지고 있다[4,5]. 특히 고압 배전선의 변압기에서 데이터의 손실을 최소화하기 위한 커플링 유닛에 대한 연구는 가속화되고 있지만 이러한 고전압, 고주파용 커플러에 사용되는 자심 재료에 대한 연구는 아주 미약한 상황이다. 일반적 커플링 유닛에 사용되는 자심 재료는 저전압 혹은 저주파수 대역에서 자기적 특성을 가지므로 수 Mbps급의 고속 전력선 통신에 사용하기 위해서는 수십 MHz 대역에서도 우수하고 안정적인 자기적 특성을 갖는 자심 재료가 요구되고 있다.

따라서 본 연구에서는 최대 자속밀도 (B_m)값과 손실이 작은 고투자율의 Ni-Zn계 ferrite를 얻기 위해 기본조성을 $(Ni_{0.2}Cu_{0.2}Zn_{0.6})_{1.02}$ $(Fe_2O_3)_{0.98}$로 하고 첨가제로 Bi_2O_3를 사용하여 세라믹공정의 초기 단계인 성형 공정에서 일축 가압성형과 냉간 정수압법을

* : 경남대학교 대학원 재료공학과
(631-701 경남 마산시 월영동 경남대학교,
Tel : 0551-249-2696, Fax : 0551-248-5033
E-mail : hylee@mattrone.com)
** : (주) 매트론
*** : 경남대학교 신소재공학부

통한 성형방법의 변화와 성형 압력의 변화에 의한 성형체의 고밀도화를 유도하고, 자기적 특성 변화를 조사하였다.

2. 실험방법

출발원료로는 시약급인 Fe_2O_3(98.5%), NiO (99.9%), ZnO(99%), CuO(99.9%)를 사용하였다. 각 원료를 1/1000g의 정확도로 측량하였으며, 분산매는 에탄올을 사용하였으며 원료 : 분산매 : 쇠볼의 배합비를 1 : 1.5 : 4로 평량하여 110 rpm으로 25시간 습식 혼합하였다. 건조된 시료는 disk형 mold에 2 ton/㎠의 압력으로 일축 가압 성형한 후 750℃에서 2시간 동안 하소하였다. 하소 분체에 10 wt% PVA 수용액을 결합제로 첨가하였고, 소결조제로 Bi_2O_3(99.9%)를 0, 0.3, 0.5, 0.7 wt%를 첨가하여 90㎛ 이하로 과립화 시켰다. 내경이 7mm, 외경이 20mm인 toroidal형 mold를 사용하여 1.7, 2.0, 2.5 ton의 압력으로 일축 가압성형 하였고, 0.7 ton으로 일축 가압성형 하여 toroidal형의 성형체를 제조한 후 1.0, 1.3, 1.8 ton으로 냉간 정수압 성형을 하였다. 소결은 대기중에서 950℃에서 4.5시간 유지하였다.

표준규격에 준하여 아르키메데스 법으로 소결체의 밀도를 측정하였고, X선 회절분석 장치(X'Pert APD system, Philips)를 사용하여 하소분체와 소결체의 결정상을 분석하였으며, 소결체의 미세구조를 분석하기 위해서 FEG-SEM(S-4200, Hitach)을 사용하였다. B-H Analyzer를 사용하여 자기적 특성을 측정하였다. Table 1 에 시편 조성을 나타내었다.

Table 1. Composition of specimen

시편명	성형압	성형법	첨가량
NBD017	0.17ton/㎠	DP	0 wt%
NBD320	0.20ton/㎠	DP	0.3 wt%
NBD525	0.25ton/㎠	DP	0.5 wt%
NBD717	0.17ton/㎠	DP	0.7 wt%
NBC010	1 ton/㎠	CIP	0 wt%
NBC313	1.3 ton/㎠	CIP	0.3 wt%
NBC518	1.8 ton/㎠	CIP	0.5 wt%
NBC710	1 ton/㎠	CIP	0.7 wt%

3. 결과 및 고찰

그림 1에 성형 압력의 변화에 따른 일축 가압성형법(이하 DP)과 냉간 정수압법(이하 CIP)으로 제조된 성형체의 green density를 나타내었다. 성형체의 green density는 DP의 경우는 2.725 ~ 2.825 g/㎤, CIP의 경우에는 3.02 ~ 3.51 g/㎤ 범위로서, DP는 1.7 ton 이상의 성형압력에서는 큰 영향을 받지 않았으며, CIP는 압력의 증가와 비례하여 green density가 높아지는 것을 알 수 있다. 또한, 같은 압력 하에서 DP보다 CIP 방법으로 제조된 성형체의 green density가 더 높게 나타나는 것을 볼 수 있다.

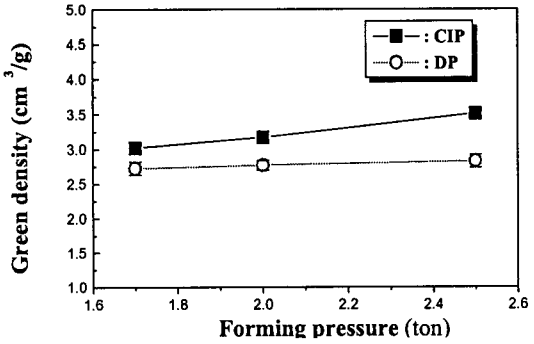


Fig. 1. Green density of specimen as a function of forming pressure

그림 2는 750 ℃ 에서 2시간 동안 하소한 분말과 950℃에서 4.5시간 동안 소결한 후의 XRD 회절 패턴을 나타낸 것이다. 750℃에서의 하소 공정을 통해서 출발 원료들이 모두 반응이 진행되어 Ni-Cu-Zn ferrite의 spinel 결정상을 이루고 있음을 알 수 있다. 이것은 본 연구에서 행한 성형체 형태의 시편을 하

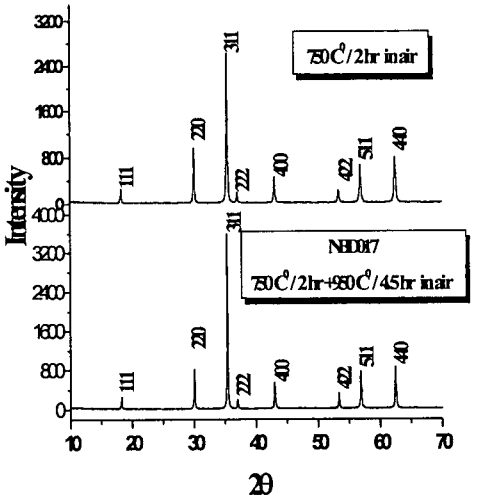


Fig 2. X-ray diffraction pattern of powder calcined at 750℃ and 950℃

소하는데 750℃는 spinel화 반응이 완전히 진행되는데 충분한 것으로 판단된다. 또한 소결 공정이 완료된 시편의 XRD 회절 패턴에서는 Ni-Cu-Zn ferrite의 spinel 결정상의 제1 면방향 (*311*)의 Intensity가 상당히 증가해 있는데 이것으로 소결 공정을 거치면서 Ni-Cu-Zn ferrite spinel의 결정성이 향상되었다고 생각된다.

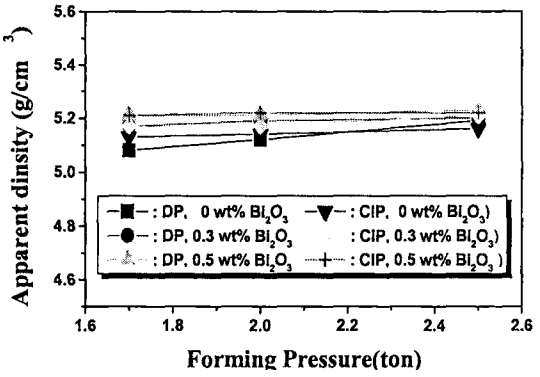


Fig. 3. Apparent density of specimen as a function of forming pressure

그림 3은 성형 압력에 따른 apparent density 변화를 나타낸 것이다. DP와 CIP 모두 성형압력에 큰 영향을 받지 않고 있는 것을 확인할 수 있다. CIP의 경우 green density는 성형 압력에 비례하여 증가하였지만, 소결체의 apparent density는 본 실험에서 적용한 1.7 ~ 2.5 ton의 성형 압력에 큰 영향을 받지 않는 다는 것을 알 수 있다. 따라서 일정 압력 이상에서는 DP와 CIP 모두 apparent density에 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 그러나 그림 4에 나타낸 바와 같이 소결 조제로 첨가된 Bi_2O_3의 양이

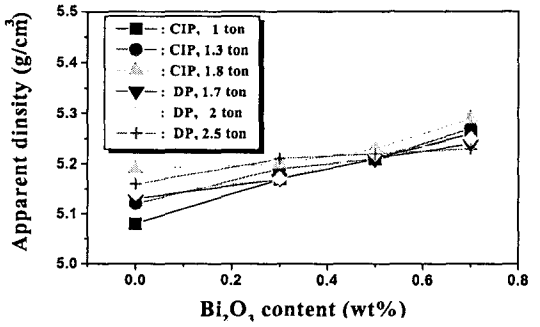
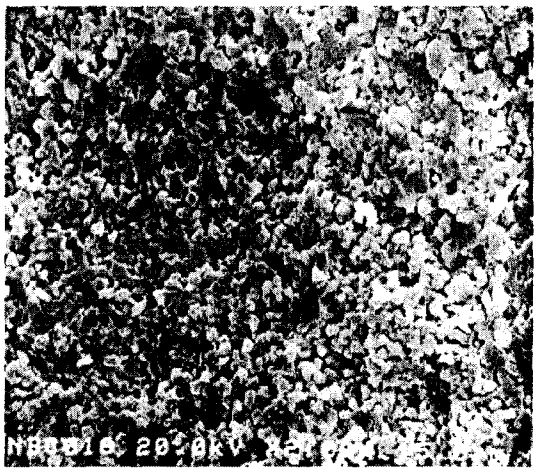


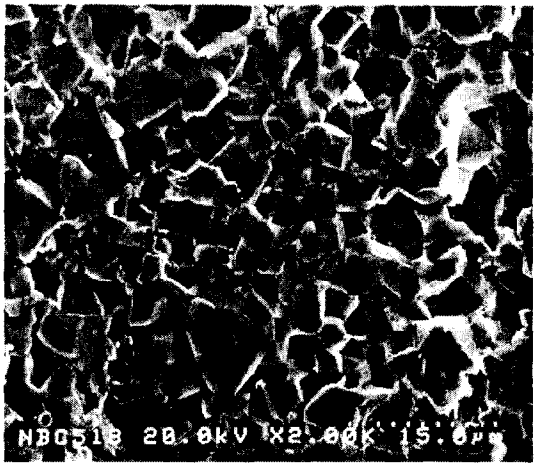
Fig. 4. Apparent density of specimen as afunction of Bi_2O_3 content

증가함에 따라 DP와 CIP 모두 apparent density가 비례하여 증가하고 있는 것을 볼 수 있다. 이것은 소결 조제로 사용된 Bi_2O_3는 용융점이 820 ℃이므로 소결 과정에서 액상을 형성하여 소결이 촉진되고, 이에 따라 밀도가 증가한 것으로 사료된다.

그림 5는 950℃에서 4.5시간 소결된 시편의 미세구조 사진이다. Bi_2O_3가 첨가되지 않은 시편의 결정립 크기는 ~ 3 ㎛이고(그림 5-a), Bi_2O_3가 첨가된 시편의 경우에는 10 ㎛ 이내인 것을 볼 수 있다.



(a)



(b)

Fig. 5. Microstructures of Ni-Cu-Zn ferrite sintered at 950 ℃ for 4.5 hours with (a) non-additive, (b) 0.5 wt% additive as sintering aids

이것은 소결 조제인 Bi_2O_3가 소결 과정에서 액상을 형성하여 입자 유동성과 물질 확산을 촉진시킴으로써 입자성장이 이루어졌기 때문에 그림 5-(a)보다 결정립 크기가 더 큰 것으로 사료된다.

그림 6은 Bi_2O_3의 첨가량에 따른 투자율의 변화를 도식화한 것이다. Bi_2O_3의 첨가량이 증가함에 따라 투자율이 높아지는 것을 볼 수 있다. 일반적으로 결정립의 크기와 기공율이 투자율의 변화에 지배적인 요인으로 작용하여 결정립의 크기에 비례하고 기공율에 반비례하게 증가하는데, 이것은 그림 4의 apparent density의 증가와 그림 5의 결정립 크기의 증가에서도 볼 수 있듯이 Bi_2O_3가 소결공정에서 액상을 형성하여 소결을 촉진 시킴으로써 기공율을 저하시키고, 입자성장을 이루어 투자율이 증가하는 것으로 판단된다.

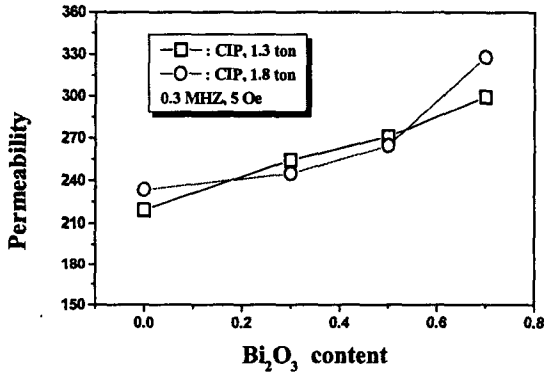


Fig. 6. Permeability as a function of additive content

4. 결 론

$(Ni_{0.2}Cu_{0.2}Zn_{0.6})_{1.02}$ $(Fe_2O_3)_{0.98}$의 조성을 갖는 Ni-Cu-Zn ferrite의 성형 압력과 첨가량을 변화시켜 물성과 자기적 특성을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 1.7 ~ 2.5 ton의 성형 압력에서는 일축가압성형과 CIP 모두 소결체의 밀도 변화가 거의 없었다.

(2) Bi_2O_3의 첨가량이 증가할수록 소결 밀도가 증가하며, 이는 성형 압력보다 소결밀도에 더 지배적인 영향을 미친다.

(3) Bi_2O_3가 소결 공정에서 액상을 형성함으로써 소결을 촉진시켜 소결 밀도증가와 결정립 성장을 이루어 투자율이 증가하였다.

참고 문헌

[1]. 오영우, "Ni-Zn ferrite의 조성변화에 의한 물성 [1]", 경남대학교 공업기술연구소 연구논문집, 14권 2호, pp435-441, 1997

[2]. 김용복, 고재귀, "저손실, 고투자율을 갖는 Ni-Zn-Cu ferrite의 자기적 특성 연구", 한국자기학회지, 8권 2호, pp62-66, 1998

[3]. W. R. Buessen, understnading ferrite, Cer. Bull., 63(4), pp.582, 1984

[4] A. Ono, T. Maruno, N. kaihara, Ferrites proceedings ICF-6, 1206, 1992

[5] Proc. of 1997 International symposium on Power-Line Communications and its Applications, Saalbau, Essen, Germany, April pp.2-4, 1997