

습식합성법을 이용한 Ni-Zn Ferrite의 제조 및 전자기적 특성연구

정구은 · 고재귀 *

승실대학교 자연대학 물리학과
서울시 동작구 상도5동 1-1

(2003년 12월 8일 받음, 2004년 2월 3일 최종수정본 받음)

$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 와 같은 질산금속염들을 습식법의 일종인 습식 직접 합성법을 이용하여 Ni-Zn ferrite 분말로 합성하였다. 분말의 화학조성은 $(\text{Ni}_{0.284}\text{Fe}_{0.053}\text{Zn}_{0.663})\text{Fe}_2\text{O}_4$ 로 하였으며, 고투자율 재료의 영역에 목표를 두었다. 습식 직접 합성법으로 시편을 제조하기 위하여 측량된 질산금속염들을 반응 용기 내에서 NaOH로 침전시키면서 90 °C의 합성온도로 8시간 동안 교반·합성하였다. 가스 온도는 700 °C로 하여 2시간 유지시켰고, 소결온도는 1150 °C-1250 °C의 범위에서 각각 2시간 유지시켰다. 또 금속산화물을 출발물질로 하여 동일한 조성을 가지는 분말을 습식불밀링하여 제조하였으며, 두 가지의 공정으로 합성된 분말의 특성과 소결체의 전자기적 특성을 비교·연구하였다. 동일 조건일 경우, 습식 직접 합성법으로 제조하면 입도분포가 좁고, 고순도이며, 미분말인 페라이트 분말을 얻을 수 있었으며 소결체의 특성 또한 비교적 높은 투자율과 자화 값을 나타내었다.

주제어 : Ni-Zn Ferrite, 습식 직접 합성법, 습식불밀링

I. 서 론

Ni-Zn 페라이트는 넓은 주파수 범위에서 다양한 응용이 가능한데, 금속 자성 재료보다 전기비저항이 $10^4 \sim 10^6$ 배정도 커서 와전류 손실(eddy current loss)과 고주파 유도 손실이 작아 고주파 영역에서 자심 재료로서 매우 유용하며, 또한 저주파 재료인 Mn-Zn 페라이트에 비하여 투자율은 낮으나 전기비저항이 높아 손실이 작고 온도 특성이 양호하기에 학문적인 연구뿐만 아니라 radio, TV등의 고주파 코어로부터 최근 LCD inverter와 chip inductor에 이르기까지 산업적으로 널리 이용되어 왔다[1-4].

그러나 최근 ME 부품(microelectric device) 제조 기술의 발전으로 인하여 소형화 및 경량화 추세가 형성됨에 따라 각종 부품 소재의 박막화 및 적층화에 대한 연구가 활발하게 진행 중이며, 이 중에서도 적층형 chip 부품 개발을 통한 소형대용량화에 대한 연구는 표면 실장기술에 대한 관심의 증가와 더불어 고기능성 부품 개발을 위한 필수적인 기술로 각광받고 있다. 또한 전자기기의 발달과 스위칭 전원의 주파수를 고주파로 올릴 필요성이 대두되면서 고주파 영역에서도 고 투자율과 저손실을 나타내는 특성이 우수한 재료의 개발이 요구되고 있다[5-7].

페라이트의 자기적 성질은 결정구조, 조성, 원료의 순도, 분말제조 방법, 소결온도, 소결분위기, 분말의 non-stoichiometric 등에 의해 영향을 받는데, 이에 본 연구에서는 고주파용 재

료로서 널리 이용되고 있는 Ni-Zn 페라이트를 선정하여 화학적 조성이 균일하고 높은 순도를 가진 미분말이며 재현성이 가능한 Ni-Zn 페라이트의 합성조건을 개발하여 특성 및 제반 물성을 연구하고자 하였다. 이의 합성 방법으로는 습식법의 일종인 습식 직접 합성법을 택하였는데, 이는 화합물 침전법과 이론적인 배경은 같으나 옥산살염법 등과 같이 1차 중간 생성물을 얻어 그것을 가스 처리함으로써 산화물의 ceramic 분말을 얻는 방법이다. 그러나 금속 alkoxide를 출발원료로 하여 산화물을 얻는 방법 등과는 차이가 있으며, 염화물, 질화물 및 수화물 등을 출발원료로 하여 pH 및 온도를 적당히 조절하여 줌으로써 목적인 침전물을 얻을 수 있다. 이때 얻어지는 침전물은 결정성이 뛰어난 미립자 산화물 형태이며, pH 및 온도 제어를 통하여 조성이 균일한 미립자 결정성 산화물을 직접 얻을 수 있다[8-9].

본 연구는 습식법의 일종인 습식 직접 합성법을 선택하여 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 와 같은 질산 금속염들을 $(\text{Ni}_{0.284}\text{Fe}_{0.053}\text{Zn}_{0.663})\text{Fe}_2\text{O}_4$ 조성의 페라이트 분말로 합성하여, 온도변화에 따른 특성을 조사함과 동시에 합성된 페라이트 분말에 대한 전자기적 특성을 연구하였다.

그리고 습식 직접 합성법으로 합성된 분말과 Fe_2O_3 , NiO, ZnO를 출발물질로 사용하여 습식불밀링으로 합성된 분말의 분체특성을 비교하고, 두 가지의 분말을 사용한 소결체의 초 투자율과 자화값을 측정하여 합성방법에 따른 분말특성의 우수성이 실제로 소결체의 우수성으로 나타나는지를 확인하였다[10].

*Tel: (02)820-0421, E-mail: jgkoh@ssu.ac.kr

II. 실험방법

2.1. 시편의 제조

습식 직접 합성법으로 시편을 제조하기 위해서 출발 원료로 extra pure급의 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (Junsei Chemical), extra pure급의 $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Junsei Chemical), 그리고 extra pure급의 $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Junsei Chemical)를 사용하였으며, 분말의 화학조성이 $(\text{Ni}_{0.284}\text{Fe}_{0.053}\text{Zn}_{0.663})\text{Fe}_2\text{O}_4$ 로 되도록 금속 혼합 용액을 제조하였다. 각각의 출발 원료는 수용액 상태로 하고 침전제로는 NaOH를 사용하여 pH를 12.5로 유지시키면서 90 °C에서 8시간동안 교반·합성하였으며, 합성된 물질은 진공펌프를 이용하여 여과하였다. 이때, Na^+ 와 Cl^- 이온 등의 불순물을 제거하기 위하여 3차에 걸친 수세 작업을 하여 분말을 제조하였다. 제조된 분말을 700 °C에서 2시간동안 가소시킨 후에 분쇄하여 결합제로 3% PVA 수용액을 10 wt% 첨가하여 균일하게 혼합한 후, 70 mesh를 통과시켜 과립을 얻었다 [11]. 시료의 성형은 1 ton/cm²의 압력으로 행하였으며, 외경 25 mm, 내경 13 mm, 높이 5 mm의 toroidal type으로 제작하였다. 성형 후에 시편을 1150 °C~1250 °C에서 각각 2시간 동안 소결하였으며 이때, 승온 및 냉각 속도는 각각 1.5 °C/min, 2 °C/min 이었다[12].

그리고 습식볼밀링으로 시편을 제조하기 위해서 99.5 % 이상의 고순도 Fe_2O_3 , NiO, ZnO를 사용하여 합성분말이 상기와 동일한 조성을 갖도록 정확히 평량한 후 볼밀 jar에 원료, 증류수, steel ball을 1:1.5:4의 비율로 20시간 습식볼밀링하여 페라이트 분말을 제조하였고, 상기와 같은 가소, 성형, 소결 과정을 거쳐 toroidal type의 시편을 제작하였다[13].

2.2. 측정

2.2.1 입도분포 측정

분쇄한 분말을 sodium pyrophosphate($\text{Na}_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 용액과 초음파 세척기를 이용하여 약 2분간 잘 분산시킨 다음 레이저식 입도분포 측정기(Malvern Instruments, Mastersizer S)로 평균입경과 입도분포를 측정하였다.

2.2.2 부피수축률 및 소결밀도 측정

부피수축률은 소결전과 후의 수축비로서 구하였으며[14], 소결밀도는 Density determination kit(Sartorius, YDK 01)와 electric analytical balance(Oertling, NA164)를 이용하여 archimedean법으로 측정하였다.

2.2.3 미세구조 측정

합성방법 및 소결온도에 따른 미세구조를 관찰하기 위하여 (주)R&B사의 Automatic Mounting Press(model: Met Press-

ATM)를 이용하여 Epoxy계열 Hot mount로 mounting한 다음, sand paper #800, #1000, #1200으로 연마한 후 왕수로 2분간 에칭 하여 금속현미경(Leica, LABORLUX 12 ME S)으로 시료의 파단면을 관찰하고 linear intercept method로 평균 입자크기를 조사하였다[15].

2.2.4 초투자율 측정

초투자율을 측정하기 위해 시편에 0.5 mm Cu-coil을 10회 권선하여 0.1 mA를 인가한 후, LF-Impedance meter(HP, 4192A)를 사용하여 1 kHz~13 MHz에서 인덕턴스를 측정하고, 그 측정값을 다음 식으로 계산하여 소결체의 초투자율을 계산하였다.

$$\text{Initial permeability } (\mu_i) = L/L_0 \quad (1)$$

$$\text{공심 coil의 인덕턴스}(L_0) = (N^2 \times \mu_0 \times A) / l_i \quad (2)$$

(N: coil의 권선수, A: 시료의 단면적[m²], μ_0 : 진공투자율[H/m])

2.2.5 X-ray 회절 측정

Bruker AXS사의 X-ray diffractometer(model: D8 ADVANCE)을 사용하여 시편의 결정구조를 분석하였다. Cu-K α target을 사용하여 40 kV, 30 mA에서 scan speed 4°/min으로 측정하여 JCPDS card와 대조하여 결정구조를 분석하였다.

2.2.6 VSM 측정

재료의 Ms 값을 측정하기 위하여 VSM(model: LDJ 9600)을 사용하여 Bulk 상태의 시편을 조각내어 질량을 측정 후, 자장을 5000 Oe를 걸어주고 emu/g 값을 상온에서 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

3.1. 분체특성 분석

서로 다른 합성방법으로 제조된 두 가지 가소 분말의 입도 분포 측정결과를 Fig. 1에 나타내었다. 그 결과 습식 직접 합성법으로 제조한 경우 분말의 평균 입경은 0.49 μm 이었으며, 입도는 0.19 μm ~7.85 μm 내에 분포되어 있고, 습식볼밀링으로 제조한 경우의 평균 입경은 1.95 μm 이었으며, 입도는 0.52 μm ~45.61 μm 내에 분포되어 있었다. 이 결과로 습식 직접 합성법으로 제조한 분말이 평균입경이 더 작으며, 입도분포가 더 좁다는 것을 알 수 있었다.

그런데 입도분포 peak가 두개이상 나타나고 있으며, 10 μm 이상의 입자도 많이 존재하는 것을 볼 수 있는데, 이는 합성 분말을 유지막으로 분쇄시에 완전히 분쇄되지 않은 미세한 입자가 뭉쳐져서 이루어진 입자들로 인한 것이라고 생각한다. 이렇게 미세한 입자들이 형성될 수 있었던 것은 유지막으로 분쇄하기 이전에 이들은 액체 상태에서 분자간 거리 정도로

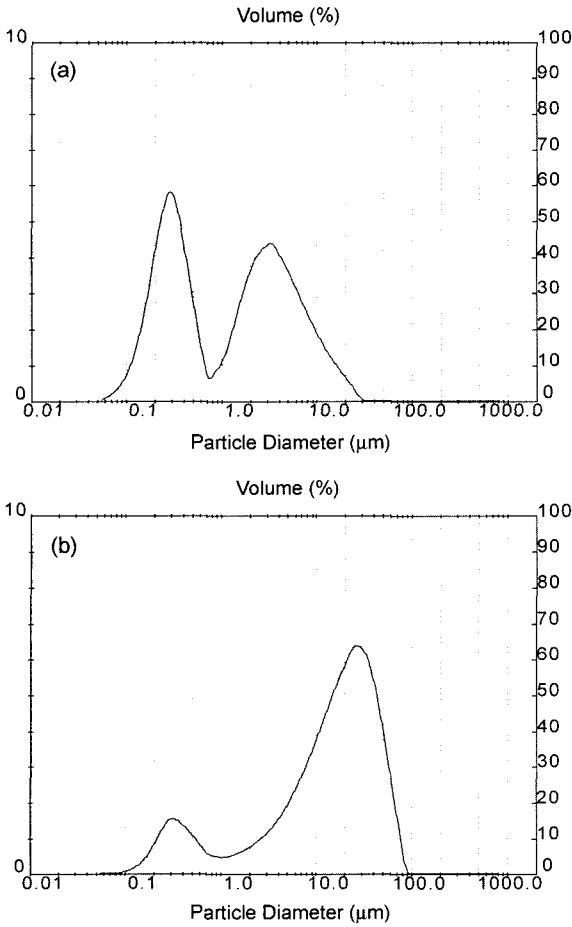


Fig. 1. Particle size distribution of calcined and milled powder. (a) wet direct (b) wet ballmilling.

결합되어져 있었으며, 이들 미립자의 크기는 나노 입자 정도로 미세하게 구성되어 있었기 때문이라 생각된다.

Fig. 2에는 습식 직접 합성법으로 제조한 시편과 습식볼밀링으로 제조한 시편의 스피넬 상의 형성 유무를 조사하기 위한 XRD pattern을 나타내었다. 2θ 는 20° 부터 110° 까지 측정하였는데, 700°C 로 가소하였을 때, 습식 직접 합성법으로 제조한 시편의 peak를 JCPDS card와 비교해보면, 약간의 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 의 peak가 있지만 대부분 스피넬 상이 형성되었음을 확인할 수 있었다. 이것은 이미 소결이 거의 완료되었음을 의미하는 것으로, 최초 질산금속염들을 액상에서 열분해 함으로써 이미 초기에 분자적 거리에서 가결합이 이루어 졌을 것으로 생각되며, 이로 인해서 800°C 이하의 초 저온에서 스피넬 페라이트의 합성을 가능하게 하였을 것이라 생각한다[17]. 그리고, 1150°C 이상의 소결온도에서는 두 가지 합성방법 모두 스피넬 상으로 나타남을 알 수 있었다.

3.2. 부피수축률 및 소결밀도의 변화

Fig. 3에 소결온도에 따른 부피수축률의 변화를 나타내었다.

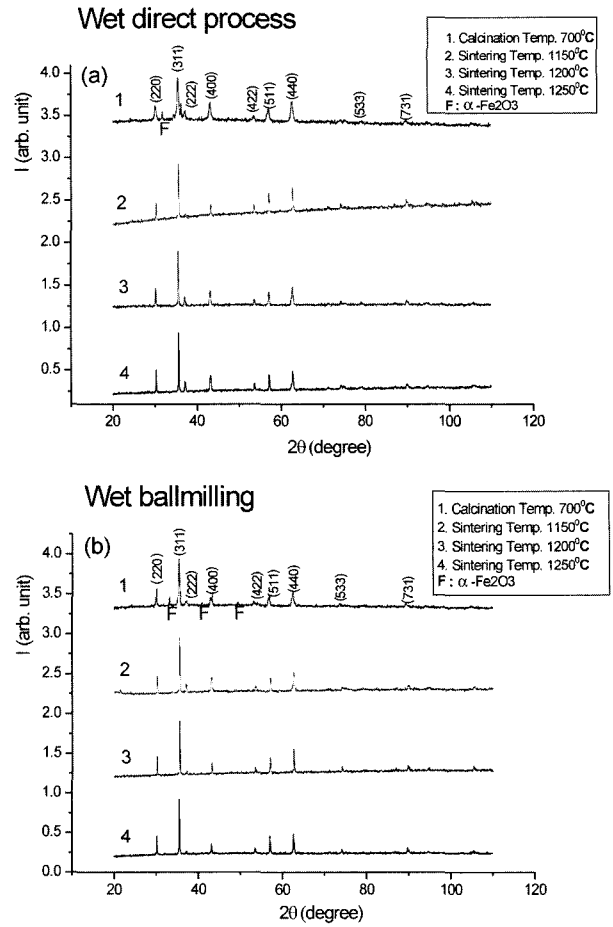


Fig. 2. XRD patterns (sintered 1150°C ~ 1250°C). (a) Wet direct method (b) Wet ballmilling.

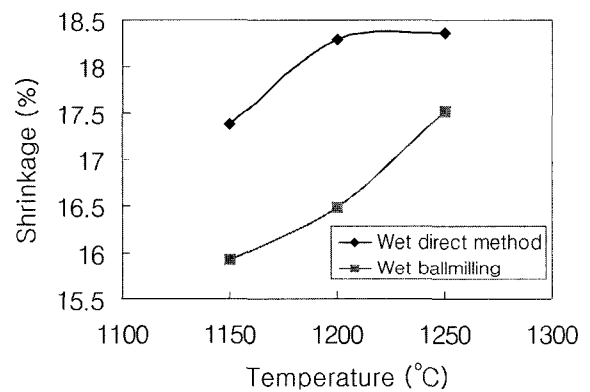


Fig. 3. Variation of shrinkage with sintering temperature.

부피수축률은 동일한 소결분위기에서 소결온도가 높아질수록 증가하였는데, 습식 직접 합성법의 경우는 17.38%~18.37%, 습식볼밀링의 경우는 15.93%~17.52% 수축되었다. 이는 소결온도가 증가하면 grain size가 커지고 기공이 감소하기 때문이며, 습식 직접 합성법으로 제작한 시편의 부피수축률이 더 높은 것은 Fig. 1의 입도 분포에서 알 수 있었던 것처럼

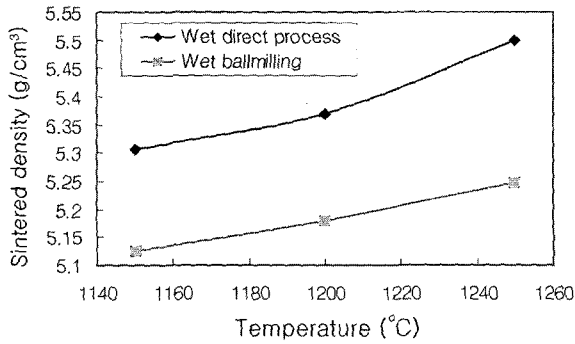


Fig. 4. Variation of sintered density with sintering temperature.

습식 직접 합성법으로 제작한 시편의 입자의 크기가 더 미세하기 때문이라고 생각된다.

그리고 Fig. 4에서는 소결온도가 증가함에 따라 소결밀도도 서서히 증가하였는데, 전체적으로 습식 직접 합성법으로 제조된 분말의 소결밀도가 높게 측정되었다. 여기서 습식볼밀링으로 제조한 시편이 습식 직접 합성법으로 제조한 시편보다 낮은 밀도로 나타나게 된 것은, 입자내의 많은 공공을 함유하고 있

어서 높은 이론 밀도에 도달하지 못하기 때문이라고 생각된다.

3.3. 미세구조의 변화

습식 직접 합성법과 습식볼밀링으로 합성한 시편을 금속현미경으로 250배로 확대한 사진을 소결온도별로 Fig. 5에 나타내었다. 그림에서 보아 알 수 있듯이 합성방법에 관계없이 소결온도가 높아짐에 따라 grain size가 증가함을 알 수 있었으며, 또한 습식볼밀링으로 제작한 시편의 grain size의 성장은 습식 직접 합성법으로 제작한 시편의 grain size의 성장에 비하여 비교적 불균일함을 알 수 있었다. 이는 이상결정성장을 일으키는 불순물들이 습식볼밀링으로 제작한 분말에 더 많이 포함되어 있던 것과 연관이 있다고 생각되며, 또 Nomura 등이 주장한대로 분말의 입도분포가 넓으면, 소결시 불균일한 입장 성장이 일어난다는 보고와 일치함을 알 수 있었다[18].

3.4. 전자기적 특성비교

Fig. 6에는 Fig. 1에서 측정한 평균입경을 기준으로 하여 100 kHz에서 습식 직접 합성법과 습식볼밀링으로 제조한 시

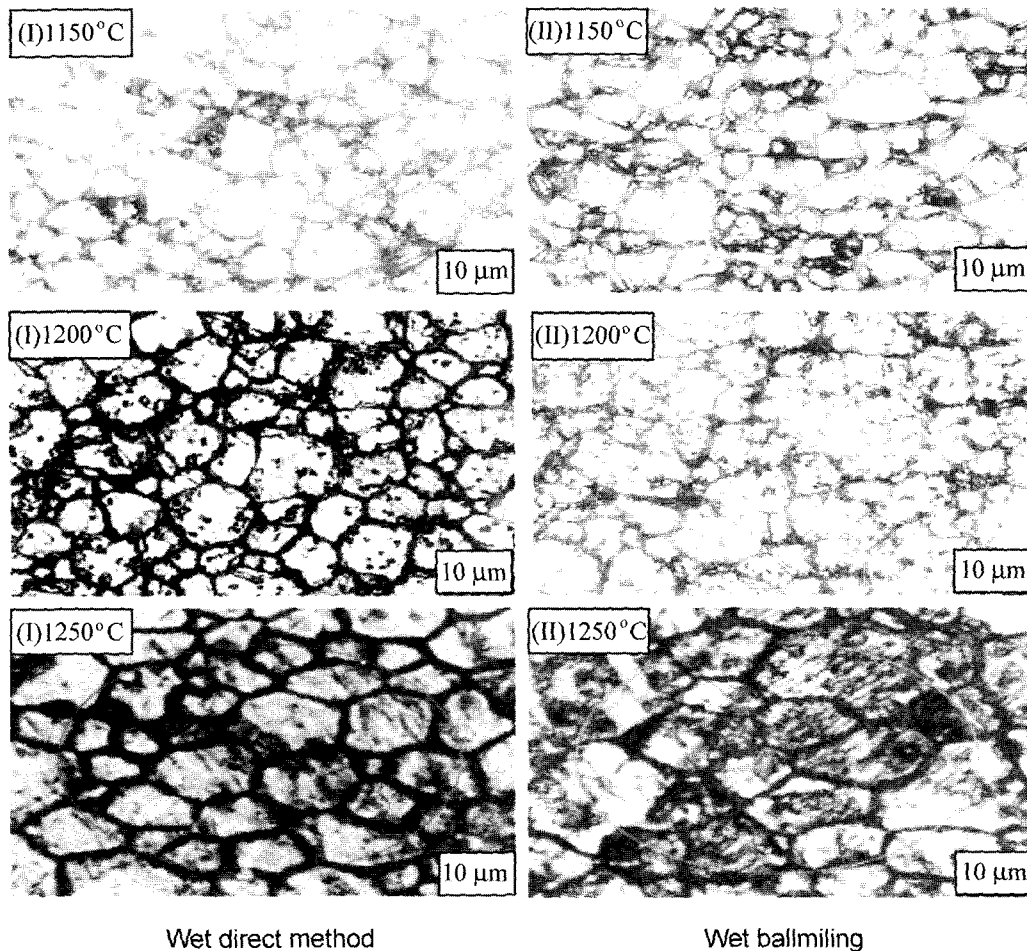


Fig. 5. Microstructure of sintering temperature.

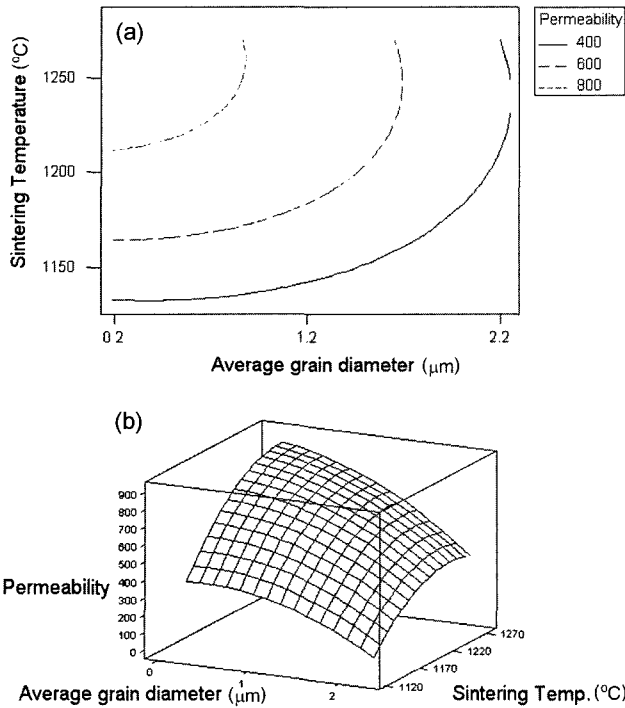


Fig. 6. Surface plot (a) and Contour (b) of initial permeability as a function of sintering temperature at average grain diameter.

편의 소결온도에 따른 초투자율의 변화를 2-D와 3-D로 나타내었다. Fig. 6에서 알 수 있듯이 소결온도가 높아지고, 평균입경이 작아질수록 초투자율은 증가하였으며, 그 결과 상대적으로 평균입경이 작은 습식 직접 합성법으로 제조한 시편의 초투자율이 높다는 것을 알 수 있었다. 이는 소결밀도가 높고 grain size가 균일하게 성장하면 반자계를 형성하는 기공과 입계가 감소하여 자벽의 이동과 스핀의 이동이 쉬워지는 것에 기인한다[19].

습식 직접 합성법과 습식볼밀링으로 제조한 시편의 VSM (Vibrating Sample Magnetometer) 측정결과를 소결 온도별로 Fig. 7에 표시하였다. 전체적으로 합성법이 다른 각각의 시편에 대한 Ms는 소결온도가 증가함에 비례하여 증가하였으며, 이는 Fig. 4에서 소결밀도가 소결온도에 비례하여 증가함에 원인이 있다고 생각되며, 습식볼밀링보다 습식 직접 합성법으로 제조한 시편이 온도에 비례하여 소결밀도가 더 높기 때문에 Ms 또한 높은 것이라 생각할 수 있다.

또한 grain size가 증가하면 자벽의 이동이 쉬워짐으로 보자력은 낮아지게[20] 되는데, Fig. 5에서 소결온도가 증가하면서 grain size가 증가함은 M-H loop의 보자력을 감소시키는 주원인인데, 본 실험에서 큰 차이는 아니지만 습식볼밀링 시편의 보자력이 약간 높았는데, 그 이유는 소결과정에서 이상 결정 성장이 일어나서 균일하지 못하고 합성 분말 내에 남아있는 불순물이 입계에 편석 되어 자벽의 이동이 쉽지 않

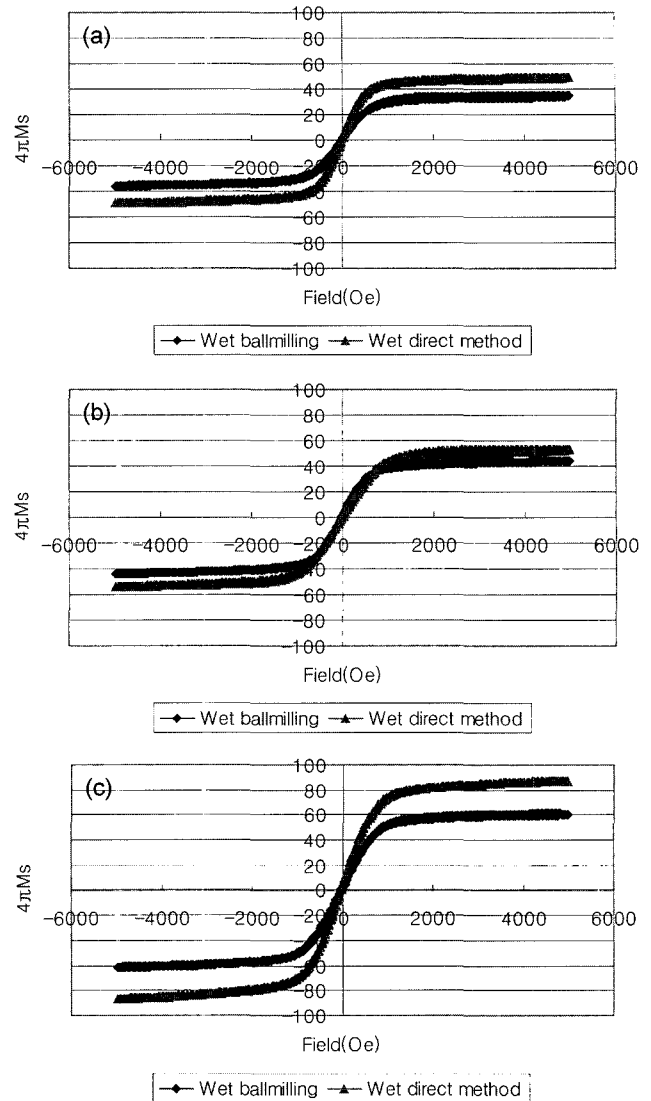


Fig. 7. M-H curve as a function of sintering temperature. (a) 1150 °C (b) 1200 °C (c) 1250 °C.

기 때문으로 생각된다.

Fig. 8에서는 Fig. 7의 전체적인 경향을 2-D와 3-D로 표시하였는데, 소결온도가 증가할수록 평균입경이 작을 때, 최적의 Ms 값을 가짐을 한눈에 알 수 있다.

IV. 결 론

화학조성을 $(\text{Ni}_{0.284}\text{Fe}_{0.053}\text{Zn}_{0.663})\text{Fe}_2\text{O}_4$ 로 하여 Ni-Zn ferrite 분말을 합성하였다. 먼저, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 와 같은 질산금속염들을 출발물질로 습식 직접 합성법을 이용하여 Ni-Zn ferrite 분말을 합성하였고 또, Fe_2O_3 , NiO, ZnO와 같은 금속산화물을 출발물질로 습식볼밀링하여 Ni-Zn ferrite 분말을 합성하였다.

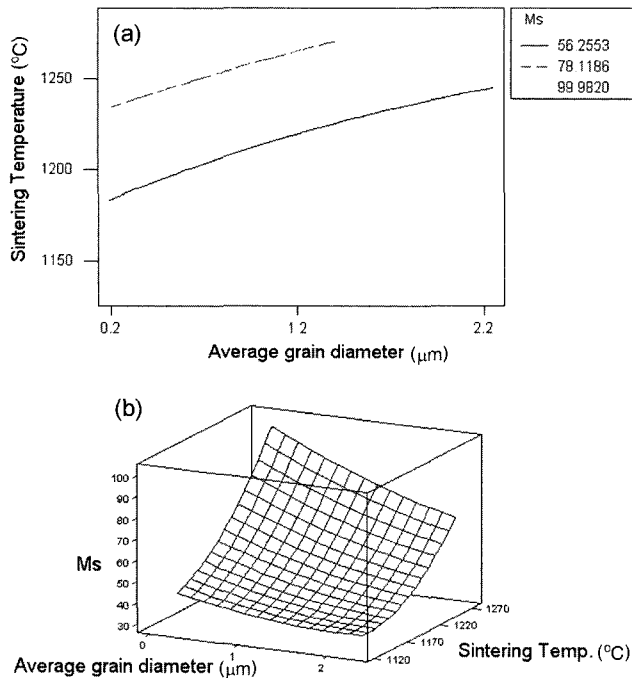


Fig. 8. Surface plot (a) and Contour (b) of Ms as a function of sintering temperature at average grain diameter.

이와 같이 상이한 합성법으로 Ni-Zn ferrite를 제조하고, 그 특징을 비교하여 아래와 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 습식 직접 합성법에 의하여 제조된 분말의 평균 입경과 입도분포는 각각 0.49 μm, 0.19 μm~7.85 μm이었으며, 습식볼 밀링에 의해 제조된 분말의 평균 입경과 입도분포는 각각 1.95 μm, 0.52 μm~45.61 μm이었다. 따라서 습식 직접 합성법으로 제조한 분말이 입자가 작고 균일하며 순도가 높다는 것을 알 수 있었다.

2. XRD를 측정된 결과, 700 °C로 가소하였을 때, 습식 직접 합성법으로 제조한 시편의 peak를 JCPDS card와 비교해보면, 약간의 α-Fe₂O₃의 peak가 있지만 대부분 스피넬 상이 형성되었음을 확인할 수 있었다. 이것은 이미 소결이 거의 완료되었음을 의미하는 것으로, 최초 질산금속염들을 액상에서 열분해 함으로써 이미 초기에 분자적 거리에서 가결합이 이루어졌을 것으로 생각되며, 이로 인해서 800 °C 이하의 저온에서 스피넬 페라이트의 합성을 가능하게 하였을 것이라 생각한다. 또한, 1150 °C 이상의 소결온도에서는 두 가지 합성 방법 모두 스피넬 상으로 나타남을 알 수 있었다.

3. 부피수축률은 동일한 소결분위기에서 소결온도가 높아질수록 증가하였으며, 시편의 입자 크기가 더 미세한 습식 직접 합성법으로 제조한 것이 상대적으로 더 높았다.

또한, 소결밀도는 소결온도에 비례하여 증가하였으며, 습식 직접 합성법으로 제조한 분말의 소결밀도가 5.3~5.5 g/cm³, 습식볼밀링으로 제조한 분말의 소결밀도가 5.13~5.26 g/cm³으로

서 습식 직접 합성법으로 제조한 분말의 소결밀도가 높았다.

4. 소결온도가 높고 평균입경이 작을수록 초투자율은 증가하였으며 전반적으로 습식 직접 합성법으로 제조한 시편의 초투자율 및 Ms 값이 높았다.

위의 결과로, 습식 직접 합성법으로 시편을 제조하는 것이 습식볼밀링으로 제조하는 것보다 전자기적 특성이 더 우수함을 알 수 있었고, 순도가 높은 페라이트 소자를 제조할 수 있다는 것을 확신할 수 있었으며, 습식 직접 합성법 외에 전자기적 특성을 더 우수하게 할 수 있는 또 다른 방법을 찾는 것이 앞으로의 연구 과제라 할 수 있겠다.

감사의 글

「본 연구는 숭실대학교 교내연구비 지원으로 이루어 졌음」 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] A. Ono., T. Maruno, N. Kaihara, ICF6, pp. 1206-1209 (1992).
- [2] Soshin Chikazumi, "Physics of Ferromagnetism," Oxford Univ. Pr (1997).
- [3] S. Komarneni, E. Fregeau, E. Breval, R. Roy, *J. Am. Ceram. Soc.*, **71**(1), c-26-c-28 (1988).
- [4] E. C. Snelling, *Soft Ferrite/Properties and Application* 2nd ed. (Butterworths, London, 1988), pp. 1.
- [5] H. Momi, A. Nakano, T. Nomura, Proc. of the 6th International Conference on Ferrites, Kyoto, Japan, 1202 (1992).
- [6] M. J. Ruther, *Recent Developments in Ferrite Raw Material & Thermal Processing (ICF8)* 2 (2000).
- [7] A. Nakano, T. Aoki, H. Momoi, T. Suzuki, and T. Nomura, Proc. of the 8th International Conference on Ferrite, Kyoto, Japan, 1117 (2000).
- [8] 한국요업학회, 정밀요업생산자협의회, "고급재료세라믹스", 반도출판사, pp. 253-254 (1986).
- [9] 이경희, 이병하, 이용걸, 황우연, *Journal of The Korean Ceramic Society*, Vol. 28, No. 3, pp. 233-235 (1991).
- [10] 고재천, 류병환, *Journal of The Korean Magnetic Society*, Vol. 9, No. 4 (1999).
- [11] 고재귀, 송재만, "자성물리학의 기초와 응용", 숭실대학교 출판부, pp. 174-190 (2001).
- [12] 김환철, 고재귀, *Journal of The Korean Magnetic Society*, Vol. 13, No. 3 (2003).
- [13] 김재식, 고재귀, *Journal of The Korean Magnetic Society*, Vol. 13, No. 1 (2003).
- [14] 송재만, 고재귀, *숭실대학교 논문집*, Vol. 17, No. 1 (1987).
- [15] 김환철, 고재귀, *한국재료학회지* Vol. 13, No. 8, pp. 531-536 (2003).
- [16] K. Hirota and O. Inoue, *J. Am. Ceram. Soc. Bull.*, 66(12), pp. 1755-1758 (1987).

- [17] 김철원, 고재귀, 한국재료학회지 Vol. 12, No. 8, pp. 600-607 (2002).
[18] T. Nomura, J. Jpn. Soc. Powder & Powder Metall. **26**(7), 18-22 (1976).
[19] E. Roess, Proc, Int. Conf. Ferrites, 69-71 (1970).
[20] H. Igarasi and K.Okazki, J. A., Ceram. Soc., **60**(1-2), 51-55 (1977).

Preparation and Electromagnetic Properties of Ni-Zn Ferrite by Wet Method

Goo Eun Jung and Jae Gui Koh*

Department of Physics Soongsil University, 1-1 Sangdo 5-Dongjak-Gu, Seoul 157-743, Korea

(Received 8 December 2003, in final form 3 February 2004)

Ni-Zn ferrite powder was synthesized from metal nitrates, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ by wet direct process to make high permeability material. The composition of the ferrite powder is $(\text{Ni}_{0.284}\text{Fe}_{0.053}\text{Zn}_{0.663})\text{Fe}_2\text{O}_4$. Ni-Zn ferrite powder is compounded by precipitating metal nitrates with NaOH in vessel at 90 °C synthetic temperature for 8 hours. Calcination temperature and sintering temperature were 700 °C and 1150 °C~1250 °C respectively for 2 hours. The same compound powder was extracted from metal oxide by wet ballmilling. We compared the properties of powder and the electromagnetic characteristics of the sintered cores obtained from the two different processes. Wet direct process produces smaller particle size with narrower distribution and higher purified ferrite which cores has high permeability and high magnetization.

Keywords : Ni-Zn Ferrite, Wet direct method, Wet ballmilling.