

Sheet형 전파흡수체에 있어 페라이트 입자 크기의 제어에 따른 전파흡수특성

김동일, °김수정, 옥승민, *송재만

한국해양대학교

*한국해양대학교 산업기술연구소

dikim@kmaritime.ac.kr

Electromagnetic Wave Absorption Properties According to by Controlling Ferrite Particle Size in Electromagnetic Wave Absorber of Sheet Type

Dong Il Kim, °Su Jung Kim, Seung Min Ok, *Jae Man Song

Dept. of Radio Sciences & Eng. Korea Maritime Univ.

*Research Institute of Industrial Technology Korea Maritime Univ.

Abstract

Electromagnetic wave absorbers with the shape of sheet have been fabricated and their absorption properties are measured. The fabricated ferrite absorbers have different particle sizes and the absorption property is increased with decreasing the size of particle in a certain frequency range of 2.4 ~ 3.2 GHz.

1. 서론

고도 정보화시대라 부르는 오늘날 우리들의 주변에는 다양한 형태의 전자 기기가 출현되어 사용되고 있으며, 사회구조가 다양화, 고도화됨에 따라 전파의 이용도가 날로 증가하고 있다. 이로 인해 전자파환경의 제어는 사회적으로 매우 중요한 관심사가 되었으며 이를 위해 많은 연구가 세계 각국에서 활발히 이루어지고 있다. 이와 같은 전자파환경제어를 위한 연구 중 중요한 부분을 차지하고 있는 것이 전파흡수체에 관한 연구이다.

전파흡수체는 입사한 전파를 흡수해서 열로 변환하여, 반사파가 생기지 않게 하는 특수재료이다. 전파흡수체의 개발에 관한 역사는 세계 2차 대전까지 거슬러 올

라가며 그 뒤 1960년대에 전파암실(전파무향실)이나 안테나의 지향성 개선 등에 널리 사용되어 왔다. 또한 최근에는 폭발적인 전자·통신기기의 사용증가로 인해 파생하는 전자파의 상호 간섭을 억제하기 위해 전자파환경을 엄격히 규제함으로써 전파흡수체의 응용범위도 점차 넓어지고 있다. 따라서 전파암실을 비롯한 TV의 고스트(ghost)방지대책, 전자렌지(microwave oven), 핵발전소의 제어 장치 등과 같이 일반 가정의 전자 기기에서부터 산업, 군사, 우주, 항공분야 등에 이용되는 각종 전자기기에 이르기까지 각종 누설전자파에 관한 대책이 활발히 연구되고 있다 [1][2].

Ferrite는 일반적으로 크게 분류하여 Hexagonal 구조를 가지면서 보자력이 큰 Hard-Ferrite와 Spinel 구조를

가지면서 보자력이 작은 Soft-Ferrite로 분류되며, 일반 산업체에서 Hard Ferrite는 영구자석으로 사용되는 반면, Soft Ferrite는 코어 등에 사용되고 있다. 이 중에서 Ba Ferrite 등 일부 hard 페라이트가 전파흡수체에 이용되고 있으나 현재 Soft Ferrite가 주로 전파흡수체로 사용되고 있다. Soft Ferrite는 32개의 산소이온과 24개의 2가 전이원소가 Spinel구조라는 결정형태를 이루고 있다. Spinel구조는 산소를 매개로 한 2가 전이원소들간의 초교환 상호작용에 의하여 페리 자성을 가지는 것으로서, 이와 같은 Ferrite는 2가 전이원소의 종류와 입자의 크기에 따라 결정격자 등의 변화에 의해 Ferrite의 전자기력 특성이 달라지며, 또한 2가 전이원소를 몇 가지의 복합형으로 사용할 경우, 화학조성에 따라서 전자기적 특성이 변하게된다.

본 논문에서는 투자율이 2500인 Mn-Zn Ferrite Powder를 분쇄시간을 달리하여 각각의 입자크기를 제어하고 이를 Sheet형 전파흡수체로 제작하여 페라이트의 입자크기와 흡수능과의 상관관계를 알아보았다.

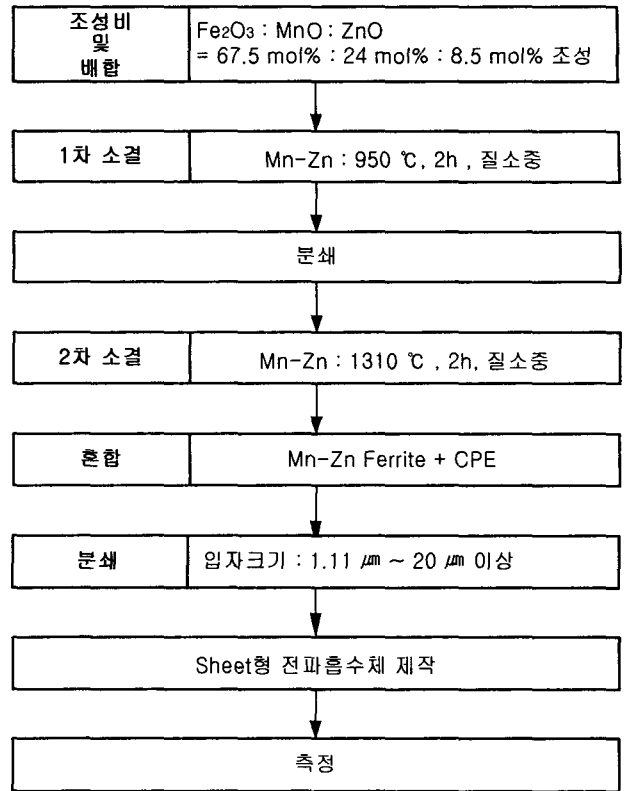
2. 전파흡수체의 제작 및 측정

2. 1 전파흡수체의 제작

본 연구에서는 $Fe_2O_3; MnO: ZnO = 67.5mol\% : 24mol\% : 8.5mol\%$ 의 조성비를 가지며 투자율이 2500인 Mn-Zn ferrite를 이용하여 1.11 μm 에서 20 μm 이상의 8단계로 페라이트 입자크기를 제어하였다. 이렇게 각기 입자크기가 다른 페라이트 파우더를 지지체인 CPE에 혼합하여 본 연구실에서 자체 제작한 roller를 이용하여 두께 3 mm의 Sheet형의 전파흡수체를 제작하였다. 이때 시편의 제작 온도는 70 ± 2 $^{\circ}C$ 로 일정하게 유지되도록 하였다.

표 1은 전파흡수체의 제작공정을 나타낸 것으로 원료를 일정하게 조성하여 질소 중 950 $^{\circ}C$ 에서 2시간 동안 1차 소결을 하였고, 1차 소결후 다시 분쇄 및 혼합하여 1310 $^{\circ}C$ 에서 2시간 동안 질소 중에서 2차 소결하였다. 이렇게 소결한 Mn-Zn Ferrite를 분쇄기를 이용, Milling time을 달리하여 페라이트 입자크기를 달리하였다. 그리하여 이 각각의 Ferrite Powder를 사용하여 전파흡수체를 제작하고 측정하였다.

표 1. 전파흡수체의 제작공정



2. 2 측정

본 논문에서는 제작한 Sheet형 전파흡수체를 펀치를 이용하여 내경 3.05 mm, 외경 6.95 mm, 두께 3 mm의 형상을 갖게 하였다. 그림 1과 2는 본 실험에서 반사계수 측정을 위해 사용한 Wiltron사의 Sample Holder와 Model 360B Network Analyzer를 나타낸 것이다[3].

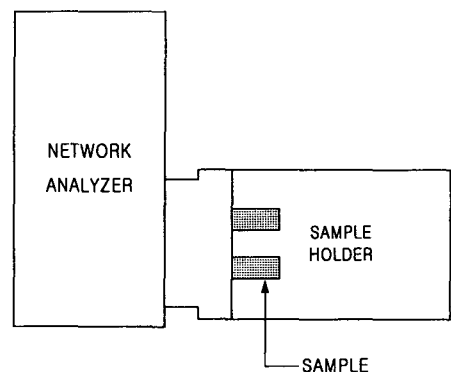


그림 1. 반사계수 측정법

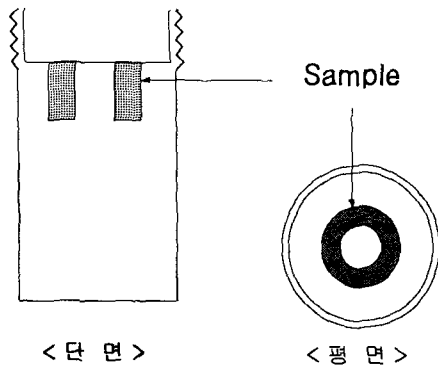


그림 2. Sample Holder

그림 4는 전파흡수체의 흡수능을 주파수를 함수로 하여 나타낸 그래프이다. Particle size가 20 μm 이상인 Sample A로 만든 흡수체는 주파수 3.28 GHz에서 8.518 dB의 흡수능을 가졌고 8.66 μm 인 Sample B는 2.95 GHz에서 9.02 dB, 6.24 μm 인 Sample C는 2.6 GHz에서 8.91 dB, 3.98 μm 인 Sample D는 2.63 GHz에서 9.12 dB의 전파흡수능을 가졌다. 나머지 2.56 μm , 1.82 μm , 1.33 μm , 1.11 μm 의 Particle size의 Sample E부터 H를 사용한 전파흡수체는 2.4 GHz ~ 3.0 GHz에서 각각 9.692 dB, 10.672 dB, 10.210 dB, 11.002 dB로 Particle size가 작을수록 위 주파수 대역에서 향상된 흡수능을 보이고 있다.

표 2. Sample의 Particle size와 전파흡수능
< Sample 두께 : 3 mm >

Sample	Milling time [min]	Particle size [μm]	흡수율 (2.4~3.2 GHz) [dB]
A	조분쇄	20 이상	8.518
B	5	8.66	9.029
C	10	6.24	8.910
D	15	3.98	9.125
E	30	2.56	9.692
F	60	1.82	10.672
G	120	1.33	10.210
H	210	1.11	11.002

3. 미세구조분석 및 전파흡수능 평가

3. 1 X.R.D. 분석

제조된 Ferrite Powder의 결정구조를 알아보기 위해 X.R.D. 분석을 하였다.

그림 3에 나타낸 입사각 θ 에 대한 X선 회절패턴의 위치에서 알 수 있는 바와 같이, 제조된 Ferrite Powder는 목표로 하는 Mn-Zn Ferrite의 Spinel 결정구조를 가짐을 알 수 있다[4][5].

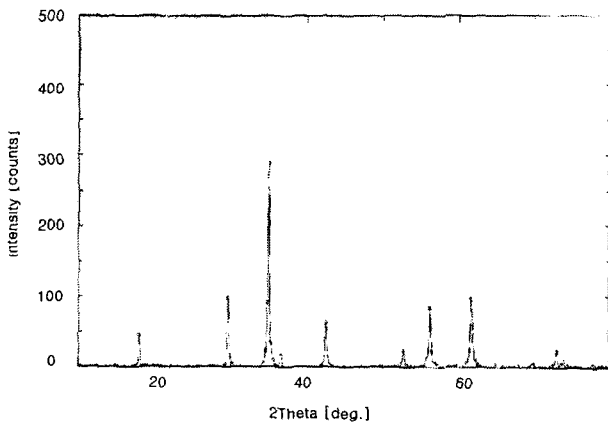


그림 3. Mn-Zn Ferrite의 XRD 패턴

3. 2 전파흡수능 분석

표 2는 Milling time에 따른 페라이트 입자의 크기와 이를 CPE와 혼합하여 제작한 Sheet형 전파흡수체의 흡수율의 변화를 나타낸 것이다. 이때 흡수체의 두께는 3 mm로 일정하게 하였다.

3. 3 SEM 분석

그림 5에서 그림 12는 2차 소결한 Mn-Zn Ferrite를 이용하여 Sheet형 전파흡수체를 만들기 위해 Vibration mill을 이용하여 각기 분쇄시간을 달리하여 입자의 크기를 제어하고 이들의 모양을 SEM을 통하여 촬영한 사진이다. 이들 사진들에서 알 수 있는 바와 같이 예상한 대로 분쇄시간의 증가에 따라 입자의 크기가 작아 짐을 알 수 있다. 한편 분쇄시간의 증가와 더불어 입자가 구형에 가까워짐을 알 수 있는데 이것이 제작된 Sheet형 흡수체 흡수능 향상과 어떤 관련이 있는지 여부에 대해 앞으로 연구하고자 한다.

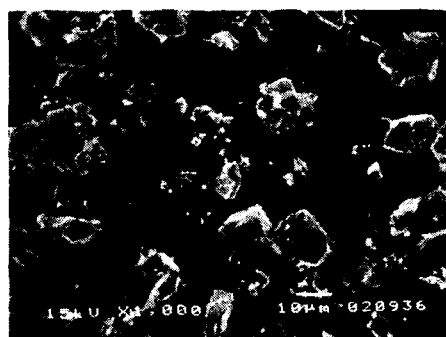
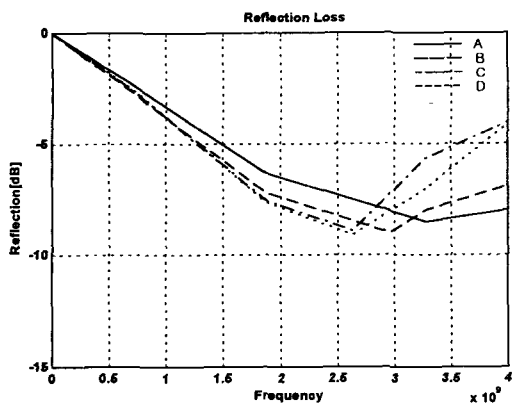


그림 7. Sample C (Particle size : 6.24 μm)

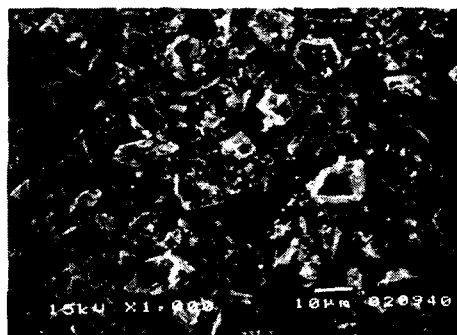
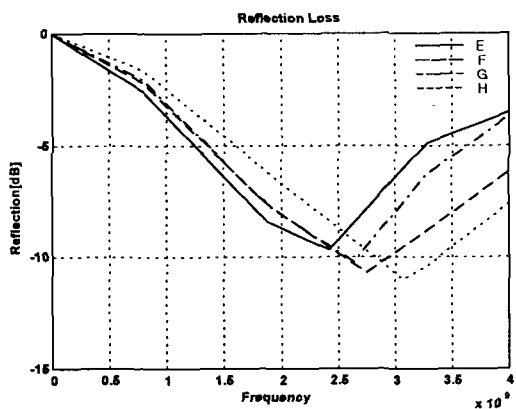


그림 8. Sample D (Particle size : 3.98 μm)

그림 4. 전파흡수능 비교

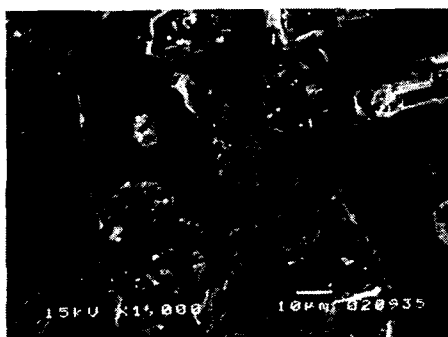


그림 5. Sample A (Particle size : 20 μm 이상)

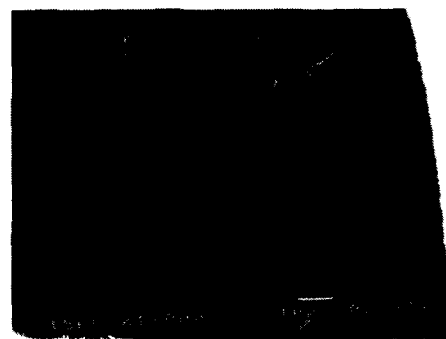


그림 9. Sample E (Particle size : 2.56 μm)



그림 6. Sample B (Particle size : 8.66 μm)

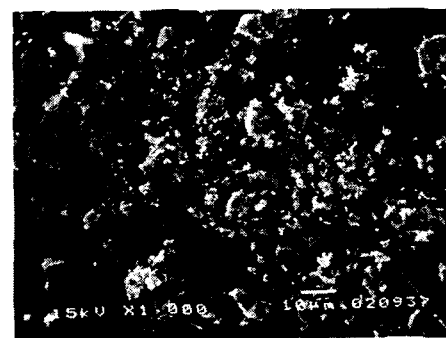


그림 10. Sample F (Particle size : 1.82 μm)

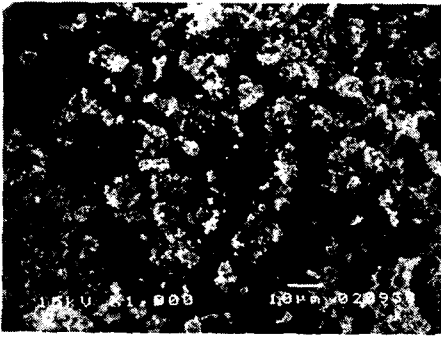


그림 11. Sample G (Particle size : 1.33 μm)

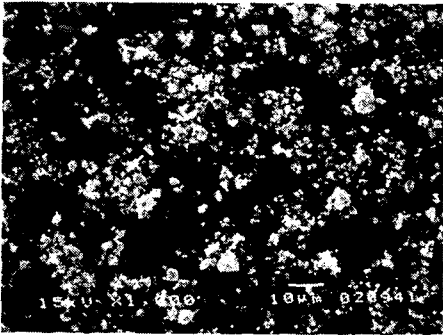


그림 12. Sample H (Particle size : 1.11 μm)

본 연구는 한국기술진흥재단(KRF-2001-005-E00015) 지원으로 수행되었습.

참고문헌

- [1] 정재우, "Cu-Ni-Zn 페라이트의 미세조직과 전자파 흡수 특성", 한국재료학회지, 1995, Vol, No.5
- [2] 김동일, "레이다용 고성능 전파흡수체의 개발". 전기통신학술 연구과제 보고서 1991. 3. 25.
- [3] 김동일. "전파흡수능 측정기법 연구", 국방과학연구소 기술 보고서. 1991. 3
- [3] 김동일. "전파흡수능 측정기법 연구", 국방과학연구소 기술 보고서. 1991. 3
- [4] 고재귀, 송재만, "자성물리학의 기초와 응용", 숭실대학교 출판부, (1997)
- [5] 이영구, "NiCuZn 페라이트 전자파흡수체의 설계 및 제작에 관한 해석", 경상대학교, P.45~49, 2002,2
- [6] 박연준, " $\text{Ni}_x \cdot \text{A}_{0.1} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_4$ Isotropic Ferrite-rubber 컴포지트의 전파흡수특성 제어에 관한 연구", 한국해양대, P.36~38, 2000, 2
- [7] 박연준, "Ni-Mn-Zn Spinel Ferrite-Rubber Composite의 전파흡수특성에 관한 연구", 한국항해학회지, P.15~22, 1999

4. 결론

본 연구에 이용된 투자율이 2500인 Mn-Zn 페라이트의 Spinel 구조화를 확인하고 이 페라이트의 Particle size를 1.11 μm ~ 20 μm 이상까지의 8단계로 분쇄하여 지지재로 CPE를 14 wt%를 첨가하여 두께 3 mm의 Sheet형 전파흡수체를 제작하였다. 이때 2.4 ~ 3.2 GHz의 주파수에서 각 Sample을 이용한 전파흡수체의 흡수능이 최대치가 나타났다. Particle size가 작아 질수록 흡수능이 증가함을 보였으며 Particle size가 가장 큰 20 μm 이상인 파우더로 제작된 흡수체보다 보다 제일 작은 1.11 μm 로 제작한 전파흡수체가 2.404 dB 더 우수한 전파흡수능을 보였다.

향후 입자의 크기와 전파흡수능 사이의 메커니즘을 규명하고자 한다.