

# Sheet형 전파흡수체에 있어 Ferrite 입자 크기의 제어에 따른 전파흡수체의 특성

김 동 일 · 옥 승 민 · 김 수 정 · 박 우 근 · 송 재 만\*

한국해양대학교, \* 한국해양대학교 산업기술연구소

## Electromagnetic Wave Absorption of Sheet Type EM Wave Absorber by Control of Ferrite Particle Size

Dong-Il Kim · Seung-Min Ok · Su-Jung Kim · Woo-Keun Park · Jae-Man Song\*

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

\* Research Institute of Industrial Technology Korea Maritime Univ.

**요 약** : Sheet형 전파흡수체를 제조하고 그들의 전자파 흡수 특성을 조사하였다. 제조된 ferrite 흡수체의 흡수특성은 2.4 ~ 3.2 GHz의 주파수 범위에서 입자크기의 감소에 따라 개선되었다.

**핵심용어** : Sheet형, 전파흡수체, 페라이트, 입자크기

**Abstract** : Electromagnetic wave absorbers with sheet type have been fabricated and their absorption properties are measured. The absorption properties of the fabricated ferrite absorbers were improved with decreasing the particle size in the frequency range of 2.4 ~ 3.2 GHz

**Key words** : Sheet-type, Electromagnetic wave absorbers, ferrite, particle size

### 1. 서 론

고도 정보화시대라 부르는 오늘날 우리들의 주변에는 다양한 형태의 전자 기기가 출현되어 사용되고 있으며, 사회구조가 다양화, 고도화됨에 따라 전자파의 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 전자파를 흡수해서 열로 변환하여, 반사파가 생기지 않게 하는 특수재료이다. 전파흡수체의 개발에 관한 역사는 세계 2차 대전까지 거슬러 올라가며 그 뒤 1960년대에 전자파흡수(전자파무향성)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 응용

범위도 점차 넓어지고 있다. 따라서 전자파흡수를 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 (김,1991),(정·이,1991).

한편, 최근에는 그 사용의 편리함과 용도의 다양성으로 인해 휴대폰, 노트북 그리고 PDP(Plasma Display Panel)등과 같은 전자기기의 사용이 날로 증대하고 있다. 이와 아울러 이들로부터 누설되는 전자파가 인체에 미치는 영향과 기기 상호간에 미치는 영향을 고려하여 이들 누설 전류에 대한 영향을 최소화하기 위한 전파흡수체에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 한편, 이와 같은 전파흡수체를 설계하는데 있어 이들 전자제품이 갖는 주요특징은 경·박·단·소화의 특징을 그대로 살리기 위해 전파흡수체 또한 박형화가 요구된다.

따라서 본 논문에서는 대표적인 전파흡수재료인 Mn-Zn Ferrite를 분쇄시간을 달리하여 ferrite 파우더의 입자크기를

\* 종신회원, dikim@kmaritime.ac.kr, 051)410-4314  
\* kim\_hunk2@hotmail.com, 015)410-4932  
\* osmhero@hanmail.net, 015)410-4932  
\* pwk@kbs.co.kr, 015)410-4932  
\* songjm97@hanara.kmaritime.ac.kr, 051)410-4785

제어하고 이를 Sheet형 전파흡수체로 제작하여 ferrite의 입자 크기가 Sheet형 전파흡수체의 전파흡수능에 미치는 영향에 관하여 조사하였다.

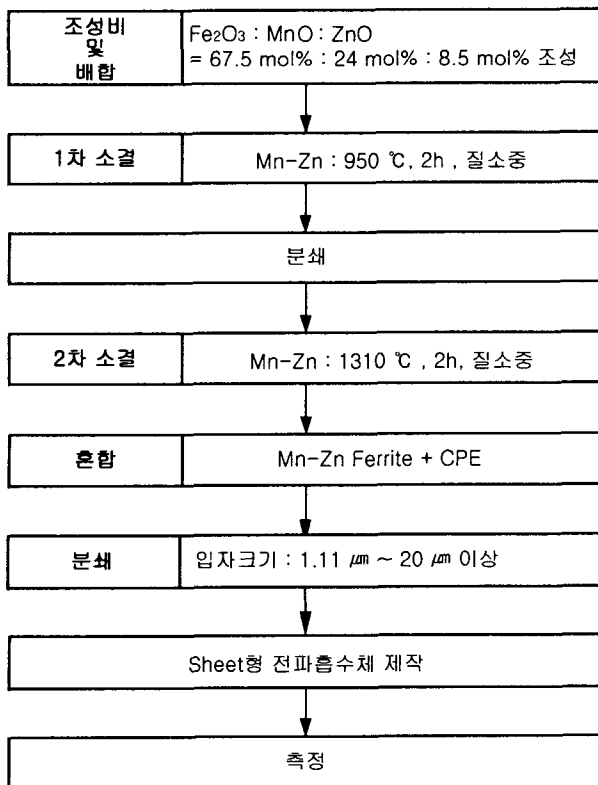
## 2. 전파흡수체의 제작 및 측정

### 2.1 전파흡수체의 제작

본 연구에서는  $FeO_3 : MnO : ZnO = 67.5 \text{ mol\%} : 24 \text{ mol\%} : 8.5 \text{ mol\%}$ 의 조성비를 가지며 투자율이 2500인 Mn-Zn ferrite를 이용하여  $1.11 \mu\text{m}$  에서  $20 \mu\text{m}$  이상의 8단계로 ferrite 입자크기를 제어하였다. 이렇게 각기 입자크기가 다른 ferrite 파우더를 지지체인 CPE(Chloride poly ethylene)에 혼합하여 본 연구실에서 자체 제작한 roller를 이용하여 두께 3 mm의 Sheet형의 전파흡수체를 제작하였다. 이때 시편의 제작 온도는  $70 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ 로 일정하게 유지되도록 하였다.

Table 1은 전파흡수체의 제작공정을 나타낸 것으로 원료를 일정하게 조성하여 질소 중  $950 \text{ }^\circ\text{C}$ 에서 2시간 동안 1차 소결을 하였고, 1차 소결 후 다시 분쇄 및 혼합하여  $1310 \text{ }^\circ\text{C}$ 에서 2시간 동안 질소 중에서 2차 소결하였다. 이렇게 소결한 Mn-Zn Ferrite를 분쇄기를 이용, Milling time을 달리하여 ferrite 입자크기를 달리하였다. 그리하여 이 각각의 ferrite Powder를 사용하여 전파흡수체를 제작하고 측정하였다 (박,2000).

Table 1. Fabrication of electromagnetic wave absorber



### 2.2 측정

본 논문에서는 제작한 Sheet형 전파흡수체를 펀치를 이용하여 내경 3.05 mm, 외경 6.95 mm, 두께 3 mm의 형상을 갖게 하였다. Fig. 1과 2는 본 실험에서 반사계수 측정을 위해 사용한 Wiltron사의 Sample Holder와 Model 360B Network Analyzer를 나타낸 것이다(김,1991).

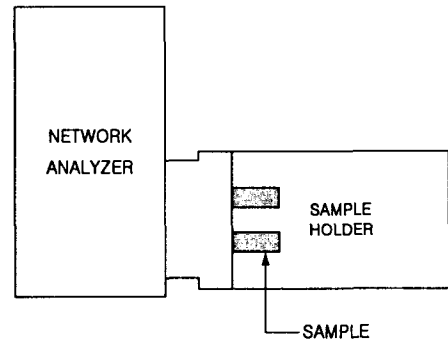


Fig. 1 Reflection measure method

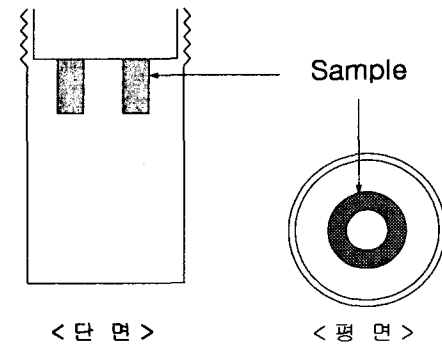


Fig. 2 Sample holder

## 3. 미세구조분석 및 전파흡수능 평가

### 3.1 X.R.D (X-ray diffractometer) 분석

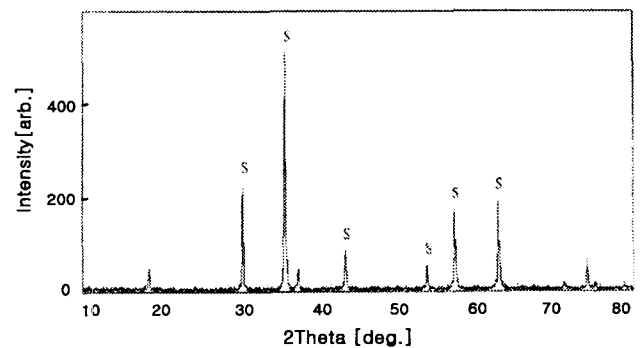


Fig. 3 XRD pattern of a Mn-Zn ferrite

Fig. 3은 제작한 ferrite의 결정구조를 알아보기 위해 X.R.D (X-ray diffractometer) 분석을 행한 것으로 그림에 보인 바와 같이 Spinel 결정구조가 갖는 입사각  $\theta$ 에서 피크를 보이는 것으로 보아 본 시편은 Spinel 구조를 갖고 있음을 알 수 있다. (고·송,1997),(박,1999),(정·이,1995).

3.2 전파흡수능 분석

Table 2는 Milling time에 따른 ferrite 입자의 크기와 이블(CPE와 혼합하여 제작한 Sheet형 전파흡수체의 흡수율의 변화를 나타낸 것이다. 이때 흡수체의 두께는 3 mm로 일정하게 하였다.

Table 2. Sample of particle size and electromagnetic absorbtion characteristics < Sample 두께 : 3 mm >

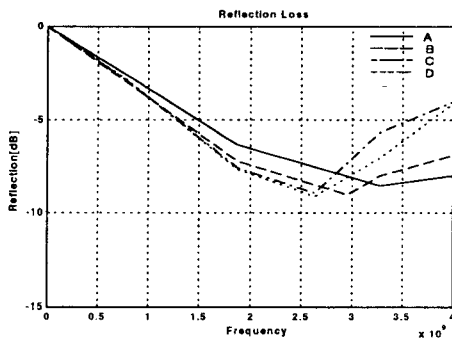
Sample	Milling time [min]	Particle size [ $\mu\text{m}$ ]	흡수율 (2.4~3.2 GHz) [dB]
A	1	20 이상	8.518
B	5	8.66	9.029
C	10	6.24	8.910
D	15	3.98	9.125
E	30	2.56	9.692
F	60	1.82	10.672
G	120	1.33	10.210
H	210	1.11	11.002

Fig. 4는 전파흡수체의 흡수능을 주파수를 함수로 하여 나타낸 그래프이다. Particle size가 20  $\mu\text{m}$  이상인 Sample A로 만든 흡수체는 주파수 3.28 GHz에서 8.518 dB의 흡수능을 가졌고 8.66  $\mu\text{m}$ 인 Sample B는 2.95 GHz에서 9.02 dB, 6.24  $\mu\text{m}$ 인 Sample C는 2.6 GHz에서 8.91 dB, 3.98  $\mu\text{m}$ 인 Sample D는 2.63 GHz에서 9.12 dB의 전파흡수능을 가졌다. 나머지 2.56  $\mu\text{m}$ , 1.82  $\mu\text{m}$ , 1.33  $\mu\text{m}$ , 1.11  $\mu\text{m}$ 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. 이는 입자크기가 감소함에 따라 그림 6에서 보는 바와 같이 ferrite의 입자가 작은 것으로 이루어진 흡수체 일수록 기공이 감소하여 치밀한 구조를 이루고 있는데 이로 인해 입자 상호간의 상호작용이 증가하여 흡수능의 향상하는 것으로 해석된다.

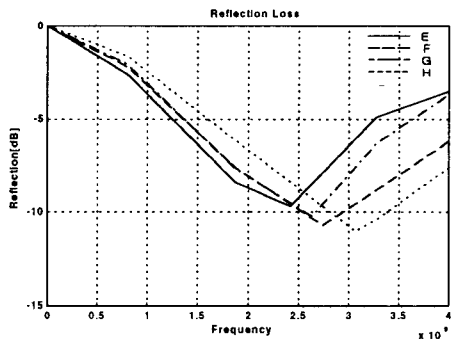
또한 그림 4에서는 시편들이 2.5 - 3 GHz의 부근에서 반사율이 변환점을 보이고 있는데 이는 이들 시편들이 이 주파수 부근에서 공명주파수를 갖기 때문으로 사료되며 이에 대한 연구를 앞으로 계속하고자 한다.

3.3 SEM(Scanning electron microscope)분석

Fig. 5는 2차 소결한 Mn-Zn Ferrite를 이용하여 Sheet형 전파흡수체를 만들기 위해 Vibration mill을 이용하여 각기 분쇄 시간을 달리하여 입자의 크기를 제어하고 이들의 모양을 촬영한 SEM 사진이다. 이들 사진들에서 알 수 있는 바와 같이 예상한 대로 분쇄시간의 증가에 따라 입자의 크기가 작아짐을 알 수 있다. 한편 분쇄시간의 증가와 더불어 입자가 구형에 가까워짐을 알 수 있는데 이것이 제작된 Sheet형 흡수체 흡수능 향상과 어떤 관련이 있는지에 관하여 앞으로 더욱 심도있게 연구하고자 한다.



(a) Specimen A, B, C, and D

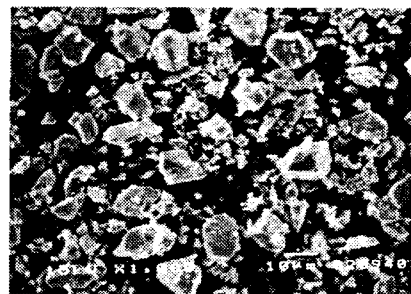


(b) Specimen E, F, G, and H

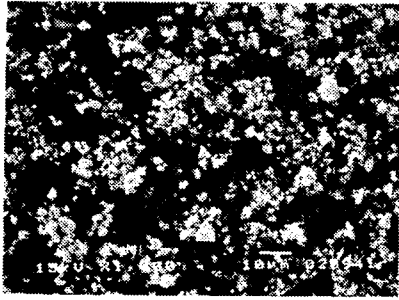
Fig. 4 Reflection coefficient as a function of frequency for each sample



(a) Sample A



(b) Sample D

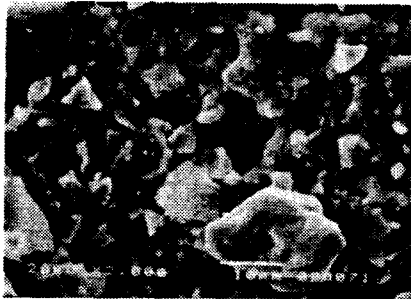


(c) Sample H

Fig. 5 SEM of ferrite particles after pulverizing for specimen A, D, and H0



(a) Sample A



(b) Sample D



(c) Sample H

Fig. 6 SEM of surface in sheet type ferrite electromagnetic wave absorber for specimen A, D, and H

Fig. 6은 각기 다른 입자의 크기를 갖는 페라이트 분말을 이용하여 Sheet형 전자파흡수체를 제작하고 이들의 표면을 관찰한 사진으로 검은 색 부분은 기공을 나타낸다. 사진에서 보인 바와 같이 입자의 크기가 작은 것으로 이루어진 흡수체 일수록 입자사이의 충전률이 증가하여 기공이 감소함을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

본 연구에 이용된 투자율이 2500인 Mn-Zn ferrite의 Spinel 구조화를 확인하고 이 ferrite의 Particle size를  $1.11 \mu\text{m} \sim 20 \mu\text{m}$  이상 까지의 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  $20 \mu\text{m}$  이상인 파우더로 제작된 흡수체보다 보다 제일 작은  $1.11 \mu\text{m}$ 로 제작한 전파흡수체가 2.404 dB 더 우수한 전파흡수능을 보였다.

향후 입자 크기의 변화에 따른 전파흡수능의 변화를 재료정수를 조사하여 그 상관 관계를 보다 심도 있게 규명하고자 한다.

#### 후 기

본 연구는 정보통신부 정보통신연구진흥원(C1-2002-143-0-3) 및 한국학술진흥재단(KRF-2001-005-E00015)지원으로 수행되었음.

#### 참 고 문 헌

- [1] 고재귀, 송재만(1997), "자성물리학의 기초와 응용", 숭실대 학교 출판부, pp128-153
- [2] 김동일(1991), "레이다용 고성능 전파흡수체의 개발". 전기통신학술 연구과제 보고서, pp1-7
- [3] 김동일(1991), "레이다용 고성능 전파흡수체의 개발". 전기통신학술 연구과제 보고서, pp14-38
- [4] 박연준(1999), "Ni-Mn-Zn Spinel Ferrite-Rubber Composite의 전파흡수특성에 관한 연구", 한국향해학회지, P.15~22
- [5] 박연준(2000), " $\text{Ni}_x \cdot \text{A}_{0.1} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_4$  Isotropic Ferrite-rubber 컴포지트의 전파흡수특성 제어에 관한 연구", 한국해양대, P.36~38
- [6] 정재우,이완재(1995), "Cu-Ni-Zn ferrite의 미세조직과 전자파 흡수 특성", 한국재료학회지, Vol5, No.5, pp.512-517

원고접수일 : 2002년 9월 4일

원고채택일 : 2003년 2월 3일