

NC와 옷칠을 소재로 한 고성능 전파흡수체에 관한 연구

김 동 일* · 최 동 한* · 박 우 근* · 송 재 만**

* 한국해양대학교 전파공학과
** 한국해양대학교 산업기술연구소

A Study on High Performance Electromagnetic Wave Absorber Using NC and Natural Lacquer Binder

Dong-Il Kim · Dong-Han Choi* · Woo-Keun Park* · Jae-Man Song***

* Dept. of Radio Science, National Korea Maritime University

** Research Institute of Industrial Technology, National Korea Maritime University

요 약 : 천연세라믹, 옷칠, 그리고 고무의 전파흡수능을 조사하였다. 천연세라믹은 2.5 GHz ~ 4.5 GHz의 주파수 범위에서 2.5 dB 이상의 전파흡수능을 나타내었으며 옷칠의 전파흡수능이 기존에 전파흡수체의 지지재로 이용되는 고무에 비해 우수한 전파흡수능을 갖고 있음을 확인하였다. 페라이트에 옷칠을 지지재로 이용한 전파흡수체에 대하여 시뮬레이션 한 결과 0.5 GHz ~ 10 GHz의 주파수 범위에서 16 dB 이상의 우수한 전파흡수능을 나타내었다. 따라서 기존에 지지재로 이용하던 고무대신 본 연구에서 새롭게 제안하는 옷칠을 전파흡수체의 지지재로 이용하는 것이 광대역에서 우수한 전파흡수체를 얻을 수 있을 것으로 예상된다.

핵심용어 : 천연세라믹, 옷칠, 전파흡수체, 페라이트, 페라이트-옷칠, NC-페라이트-옷칠

Abstract : The electromagnetic wave absorption ability of natural ceramics(NC), natural lacquer, and rubber was investigated. The natural ceramics showed absorption ability above 2.5 dB at 2.5 GHz ~ 4.5 GHz and natural lacquer showed better electromagnetic wave absorption ability than that of rubber. The simulation results of electromagnetic wave absorber ability in a absorber composed of natural lacquer and ferrite showed the reflection coefficient of -16 dB at 0.5 GHz ~ 10 GHz. It was shown that from the simulation results, the electromagnetic wave absorber composed of lacquer as a backing material have better absorption ability than that of the electromagnetic absorber composed of rubber.

Key words : Natural Ceramics, Natural Lacquer, Electromagnetic Absorber, Ferrite, Ferrite-Natural Lacquer, Natural Ceramics-Ferrite-Natural Lacquer

1. 서 론

21세기 정보화 사회로의 진입을 위해서는 전자·통신 산업의 발전이 필수적이고, 이는 전자장비의 다양화 및 소형화 그리고 고급화로 이어지며 이를 위한 사용 주파수 대역의 확장이 전 세계적으로 추구하고 있다. 그 결과 기술적인 측면에서 전자소자 및 회로에서의 전자파 상호간의 간섭이 커다란 문제점으로 대두되고 있으며, 환경적인 측면으로는 인체에 대한 전자파의 유해 여부에 관한 논란이 점차 확산되고 있는 실정이다(乾哲司, 1985), (山下博司·小野信幸·橋本康雄·石野乾·井上光雄·秋田慶一, 1978), (橋本康雄·石野乾·栗原弘, 1998).

이에 따라 최근 국제적으로 전자파 장애에 대한 최종 대책 수단으로 전자파 흡수, 차폐 기능소재 및 EMC(Electro

Magnetic Compatability) 대책부품 개발의 필요성이 한층 더 중요해지고 있다. 따라서 미국, EU, 일본을 중심으로 한 선진국에서는 EMI(Electro Magnetic Interference)/EMC 대책 부품 및 소재를 개발하기 위한 정부차원의 집중적이고 지속적인 투자가 이루어지고 있다.

이와 같은 전자파에 의한 간섭 즉, EMI를 방지하기 위한 방안으로는 첫째, 불필요 전자파의 발생 자체를 막는 것이고, 둘째, 전자파를 흡수 또는 차폐시키는 것이다. 여기서 전자파 차폐(Electromagnetic Shielding)는 전자파를 소멸시키는 것이 아니라 단지 어느 공간에 가두는 것이므로 소기의 목적은 달성할 수 있으나 차폐 공간에서의 전자파 반사에 의한 기기상호간에 악 영향을 발생시킬 수 있다. 반면 전파흡수체(Electromagnetic Absorber)는 전자파 에너지를 흡수체에서 열에너지로 변환하여 전자파를 열로 소멸시키므로 가장 능력

* 통신회원 dikim@kmaritime.ac.kr 051)410-4314
* livedong@hanmail.net 051)410-4932
* pwk@kbs.co.kr 051)410-4932
** songjm97@hanara.kmaritime.ac.kr 051)410-4785

적인 EMI 방지 대책이라고 할 수 있다(官崎保光,1998).

전파흡수체는 전파 흡수특성을 갖는 재료를 이용하여 불필요한 전자파를 흡수하여 반사파가 생기지 않도록 하는 것이다. 전파흡수 재료를 크게 나누면 도전손실재료, 유전손실재료, 자성손실재료로 분류할 수 있다. 도전손실재료는 두께가 두꺼워 제한된 영역에서만 사용되고, 유전손실재료는 고주파 영역에서 전파 흡수능이 크지 않기 때문에 일반적으로 사용되지 않는다. 고주파 영역에서는 산화물 자성재료인 페라이트(Ferrite)가 대표적인 전파흡수체 재료로 사용되고 있다(Y., 1997).

일반적으로, 페라이트 전파흡수체는 소결형과 지지재(Binder)에 적정 비율의 페라이트를 혼합한 Sheet형이 많이 사용되고 있으나, 사용 주파수 대역이 좁고 전파 흡수능이 낮아 이에 대한 개선이 필요한 실정이다.

일반적으로 쉬트(Sheet)형 페라이트 전파흡수체는 원하는 형상을 유지하기 위해 지지재와 함께 가공되고 있으며 이러한 지지재로 고무, CPE(Chloride poly ethilen), PVC 등이 널리 사용되고 있다. 그러나 최근 본 연구를 통하여 우리나라 등에서 전통공예품의 장식등에 유약으로 사용되어 오던 옷칠이 전파흡수능을 갖는다는 것이 밝혀졌다.

따라서 본 연구에서는 지금까지 페라이트 전파흡수체에 지지재로 사용되어 오던 고무, PVC, 그리고 CPE와 본 연구에서 새롭게 제안하는 옷칠만의 전파흡수능을 비교하고 또한 고무, PVC, 그리고 CPE와 페라이트를 혼합한 흡수체와 페라이트의 전파 흡수능을 향상시키기 위해, 차세대 재료인 천연세라믹(NC ; Natural Ceramics, 주성분 : SiO₂ 79.7 wt%, Al₂O₃ 9.87wt%, Fe₂O₃ 0.21 wt%, K₂O 3.79 wt%, Na₂O 2.8 wt%, CaO 1.59 wt%, MgO 0.86 wt%, Ge 0.5 ~ 2 ppm)과 옷칠(NL; Natural Lacquer)을 합성한 전파흡수체의 전파흡수능을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 조사, 비교하고자 한다.

2. 재료 정수 및 전파흡수능 측정

2.1 재료 정수 및 전파흡수능 측정 시스템

옷칠의 재료정수를 구하고 전파흡수체에 사용될 각 재료들의 전파 흡수능을 측정하였다. 옷칠의 재료정수를 측정하기 위해서 Fig. 1과 Fig. 2 에서와 같이 순수 옷칠의 두께를 임의로 $l=5\text{ mm}$, $l=10\text{ mm}$ 인 샘플(Sample)을 샘플 홀더(Holder)에 삽입하고 응고시킨후, 각각에 대한 옷칠의 반사계수($S_{11,5\text{mm}}$, $S_{11,10\text{mm}}$)를 측정한다. 우선, 플래쉬(Flash) 홀더를 샘플 홀더로 사용하고 Fig. 1에서 보는 것과 같이 Network Analyzer의 Port와 샘플 홀더 사이에 틈이 없이 밀착시키면, Reference Plane에서의 반사계수 $S_{11}(l)$ 은 전체의 반사계수 $S'_{11}(l)$ 과 같게 된다. 그러므로 쇼트(Short) 샘플의 측정치로 전체 반사계수를 측정할 필요없이 샘플 두께가 l 일때와 $2l$ 일때의 임피던스만 계산하면 되므로, 식 (1)로 표현할 수 있다.

$$Z(i) = \frac{1+S_i}{1-S_i}, (i=l \text{ or } 2l) \quad (1)$$

식 (1)에서 S_i 은 샘플의 두께가 5 mm 일때의 S_{11} 을 의미하고, S_{2l} 은 샘플의 두께가 10 mm 일때의 S_{11} 을 의미한다. 이렇게 측정된 반사계수를 식 (1)에 대입하여 Z_l 과 Z_{2l} 를 구하고, Z_l 과 Z_{2l} 를 다음 식 (2)와 식 (3)에 각각 대입해서 옷칠의 재료정수인 비유전율 ϵ_r 과 비투자율 μ_r 을 계산하며, 식 (2)와 식 (3)은 다음과 같다(Kim, 2001).

Fig. 1은 샘플홀더에 샘플을 삽입한 후 Network Analyzer에 샘플홀더를 부착시켜 측정하는 그림이고, Fig. 2는 샘플 홀더에 샘플이 삽입된 모습을 나타내고 있다.

$$\epsilon_r = -j \frac{C}{2\pi f} \frac{\frac{1}{l} \tanh^{-1} \sqrt{\frac{2Z_l - Z_{2l}}{Z_{2l}}}}{Z \sqrt{\frac{Z_{2l}}{2Z_l - Z_{2l}}}} \quad (2)$$

$$\mu_r = -j \frac{C}{2\pi f} \frac{1}{l} \tanh^{-1} \sqrt{\frac{2Z_l - Z_{2l}}{Z_{2l}}} Z \sqrt{\frac{Z_{2l}}{2Z_l - Z_{2l}}} \quad (3)$$

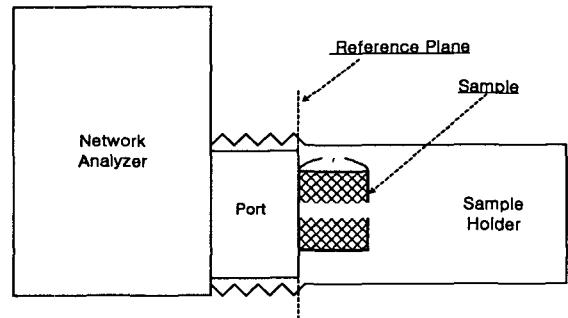


Fig. 1 Reflection coefficient measurement construction

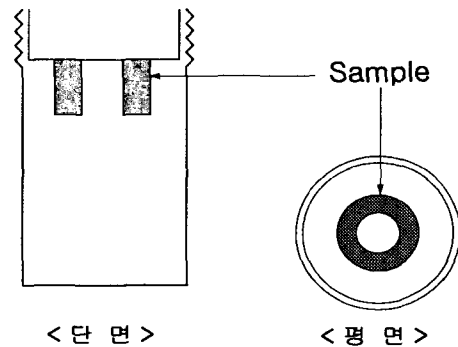


Fig. 2 Sample holder

2.2 측정 및 결과

차세대 재료인 NC는 그 자체로는 형상을 제어하기 힘들기

때문에 형상제어를 용이하게 하기 위하여 NC와 PVC를 혼합하였다. NC : PVC의 혼합비율을 70 wt% : 30 wt%의 비율로 혼합하였고, 두께 30 mm의 샘플을 제작하여 샘플의 전파흡수능을 30 kHz ~ 6 GHz 주파수대에서 측정하였다. 그 결과, Fig. 3에 나타낸 바와 같이 NC 자체만으로도 전파흡수능을 갖고 있음을 보이고 있다.

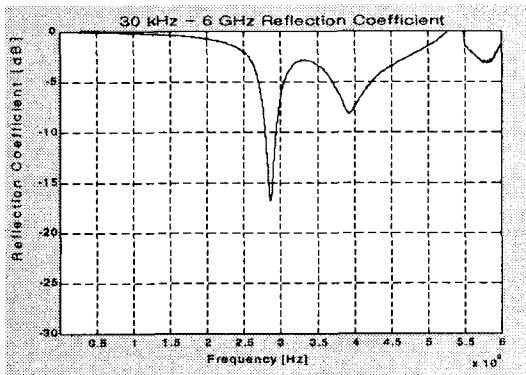


Fig. 3 Reflection coefficient as a function of frequency in a 30 mm thick NC/PVC composite (NC : PVC = 70 wt% : 30 wt%)

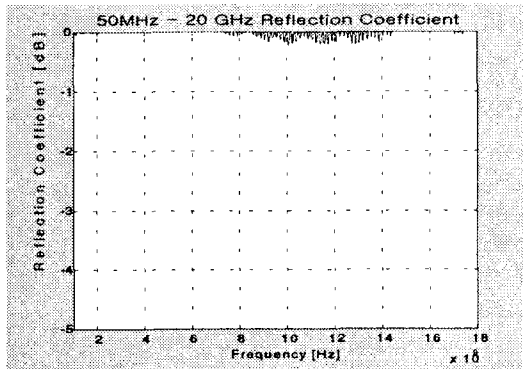


Fig. 4 Electromagnetic wave absorption ability in rubber with the thickness of 5 mm

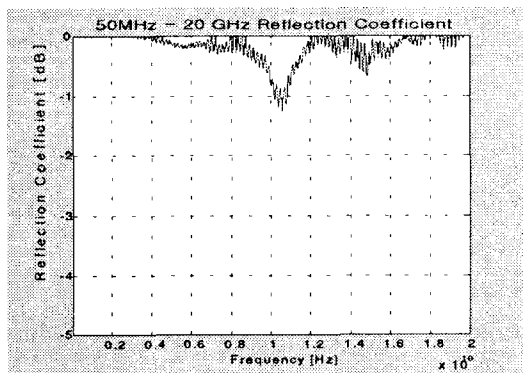


Fig. 5 Electromagnetic wave absorption ability in rubber with the thickness of 10 mm

Fig. 4 ~ Fig. 7은 고무와 옷칠의 전파흡수능의 측정값을 나타낸 것이다. Fig. 4와 Fig. 5는 두께 5 mm인 고무와 두께

10 mm 고무의 전파흡수능을 각각 나타낸 것이고, Fig. 6과 Fig. 7은 두께가 5 mm인 옷칠의 전파흡수능과 두께가 10 mm인 옷칠의 전파흡수능을 각각 나타낸 것이다.

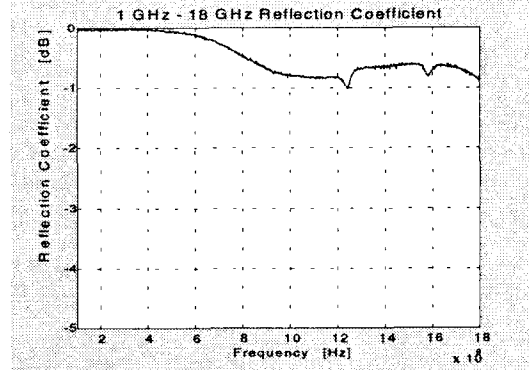


Fig. 6 Electromagnetic absorption ability in natural lacquer with the thickness of 5 mm

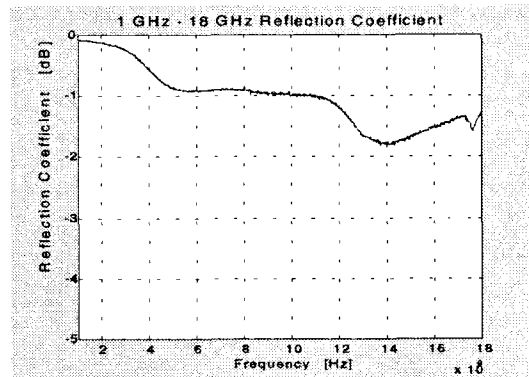


Fig. 7 Electromagnetic wave absorption ability in natural lacquer with the thickness of 10 mm

Fig. 6에서는 시편의 두께가 5 mm인 옷칠은 10 GHz ~ 16 GHz의 주파수 범위에서 약 0.7 dB 이상의 전파흡수능을 나타냄을 보이고 있고, Fig. 7에서는 시편의 두께가 10 mm인 옷칠은 10 GHz ~ 16 GHz의 주파수 범위에서 1 dB 이상의 전파흡수능을 가지는 것을 보이고 있다.

이상 Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6 그리고 Fig. 7에서 살펴본 바와 같이 본 연구에서 새롭게 제안하는 옷칠이 기존에 전파흡수체의 지지재로 널리 이용되던 고무에 비하여 우수한 전파흡수능을 나타냄을 알 수 있다.

따라서 본 연구에서는 흡수체의 지지재로서 광대역에서 고무보다 좋은 흡수능을 보이는 옷칠과 NC를 이용하여 광대역의 전파흡수체를 개발하고자 한다.

3. NC페라이트-옷칠 전파흡수체의 흡수능에 대한 시뮬레이션

Fig. 8은 NC-페라이트-옷칠 전파흡수체의 제작과정을 공

정별로 도식화 한 것이다. 먼저 NC와 페라이트를 적정 비율로 혼합한 다음 1150 °C에서 소결 하여 NC-페라이트를 얻는다. 그런 다음 분쇄하여 옷칠에 적정 비율로 혼합하여 NC-페라이트-옷칠 전파흡수체를 제작한다.

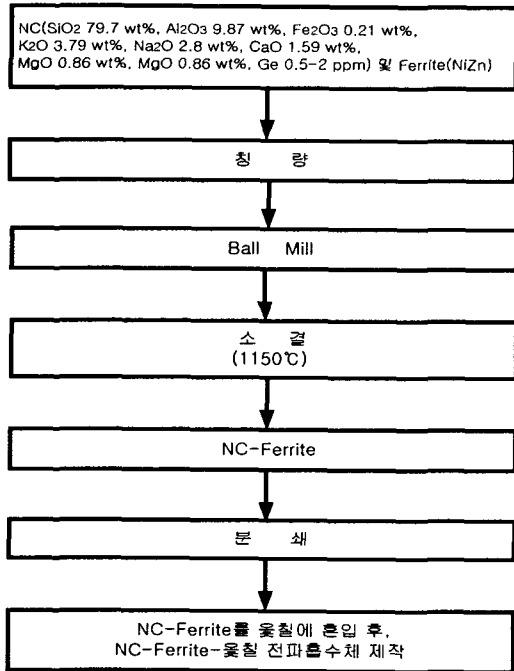


Fig. 8 Preparation process of the NC-Ferrite-Natural lacquer electro-magnetic absorber

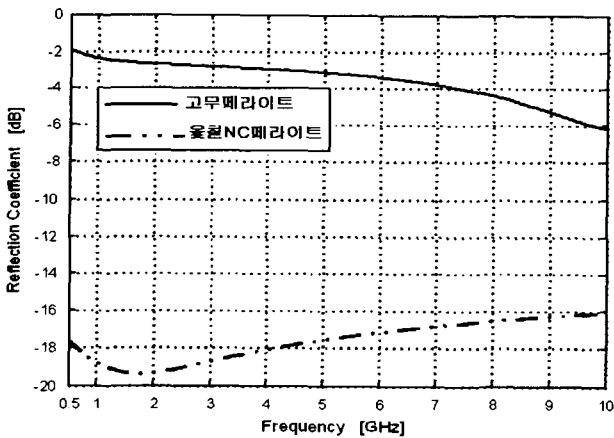


Fig. 9 Comparison of electromagnetic wave absorption ability between Rubber-Ferrite electromagnetic wave absorber and NC-Ferrite-Natural lacquer electromagnetic wave absorber

Fig. 9는 본 연구실에서 Matlab 프로그램을 이용하여 NC와 페라이트를 3 wt% : 97 wt%로 배합한 후 950 °C ~ 1250 °C의 고온에서 소결하고, 분쇄하여 얻어지는 NC- 페라이트를 옷칠에 70 wt% : 30 wt%의 비율로 혼합하여 3 mm로 전파흡수체를 제작한 것에 대한 시뮬레이션 결과를 보여주고 있다. 기존

의 고무-페라이트 전파흡수체(페라이트 : 고무=70 wt% : 30 wt%)의 전파흡수능이 500 MHz ~ 10 GHz의 주파수 범위에서 2 ~ 6 dB 정도인데 비하여, NC-페라이트-옷칠 전파흡수체는 500 MHz ~ 10 GHz의 주파수 범위에서 16 ~ 19 dB 이상의 매우 우수한 전파흡수특성을 나타내고 있다. 이와 같이 옷칠-NC 페라이트가 고무페라이트에 비하여 상대적으로 매우 우수한 전파흡수능을 갖는 원인은 앞에서 언급한 바와 같이 옷칠 자체만으로도 우수한 전파흡수능을 갖는 것이 주요 원인이라 생각되지만 이에 대한 연구는 앞으로 지속되어야 한다고 생각한다.

4. 결 론

기존의 전파흡수체의 지지재로 사용되는 고무는 전파흡수능을 거의 나타내지 않는 반면 본 연구에서 새로이 제안하는 옷칠의 전파흡수능은 4 GHz ~ 18 GHz 주파수대에서 20% 이상의 전파흡수능을 보이고 있음을 확인하였다.

NC 자체만의 흡수능을 조사한 결과 2.5 GHz ~ 5 GHz의 주파수 범위에서 약 40% 이상의 전파흡수능을 보임을 확인하였다.

옷칠과 NC를 이용한 페라이트 흡수체를 구성하여 시뮬레이션 한 결과 0.5 GHz ~ 10 GHz의 주파수 범위에서 97.5% (16 dB) 이상의 전파흡수능을 보이고 있다.

NC-페라이트-옷칠을 소재로 한 전파흡수체는 기존의 고무-페라이트보다 광대역에서 우수한 전파흡수체가 될 것으로 판단된다. 향후에는 실제 NC-페라이트-옷칠 전파흡수체를 다양한 환경변수를 고려해서 시뮬레이션 후 최적의 구조를 도출하고 이를 기초로 실제로 광대역에서 우수한 NC-페라이트-옷칠 전파흡수체를 개발하고자 한다.

후 기

본 연구는 한국학술진흥재단(KRF-2001-005-E00015)의 지원으로 수행되었음.

참고문헌

- [1] 乾哲司(1985), “電波吸收體”, エレクトロニクセラミクス, pp. 18~24
- [2] 山下博司, 小野信幸, 橋本康雄, 石野乾, 井上光雄, 秋田慶一 (1978), “テレビゴースト防止を目的とした建材用吸収壁” 日本電子通信學會論文誌, Vol. J16-B, No. 8. pp, 729~736.
- [3] 橋本康雄, 石野乾, 栗原弘,(1988) “TV ゴースト防止用フェライト電波吸收體”, EMCJ88-6, pp. 37-44.
- [4] 官崎保光(1988), “EMI對應材料の特性と效果のMechanism” 工業材料, Vol. 36, No. 4, p. 36

- [5] Dong Il Kim, Jae Young Bae, June Young Son, Young Soo Won, Jae Man Song(2001), "A Study on Fabrication and Evaluation of Ferrite Electromagnetic Wave Absorber" JOURNAL OF THE KOREA ELECTRO MAGNETIC ENGINEERING SOCIETY, VOL. 1, NO.1, MAY.
- [6] Y. Kotsuka(1997), "Ferrite Electromagnetic Wave Absorber" 日本應用磁氣學會誌, Vol. 21, No. 10, pp 11591166,
-

원고접수일 : 2002년 9월 6일
원고채택일 : 2003년 2월 3일