

Alnico magnets를 이용한 전파흡수체의 개발

신승재* · 문상현* · 김동일* · 송재만** · 김기만* · 최동한*

*한국 해양대학교 진과공학과, **한국해양대학교 산업기술 연구소

Development of Electromagnetic wave Absorbers with Alnico Magnets

Seung Jae Shin*, Sang Hyun Moon*, Dong Il Kim*, Jae Man Song**, Ki Man Kim*, Dong Han Choi*

*Department of Radio Science & Eng. Korea Maritime University, Korea

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

요 약 : GHz 대역용 전파흡수체의 개발에 있어 Cast Alnico magnets를 자성손실재료로 이용하여 우수한 전파흡수특성을 나타내는 새로운 전파흡수체를 개발하였다. 특히 본 연구에서 개발한 전파흡수체는 폐처리된 Cast Alnico magnets를 이용한 것으로 이는 환경문제와 자원절약의 문제를 고려할 때 중요한 의미를 갖는다. 본 연구에서 개발한 Cast Alnico magnets를 이용한 전파흡수체는 X-band와 C-band를 고려한 전파흡수체로서 우수한 전파흡수특성 나타낸다.

핵심용어 : 전파흡수체, Cast Alnico Magnets, Carbon, 반사계수

ABSTRACT : Developing of electromagnetic wave absorbers for GHz frequency, we used cast Alnico magnets. It is the first research paper to show that electromagnetic wave absorbers with Alnico magnets have good reflectivity in the GHz frequencies. Especially in this study, we used recycled cast Alnico magnets for natural resources problems and natural environment problems. New electromagnetic wave absorbers developed in this study are useful for X-band and C-band.

KEY WORDS : EM wave absorber, Alnico Magnets, Carbon, reflectivity

1. 서 론

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 위해 전파흡수체에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 전파흡수체는 전파를 흡수하여 열에너지로 변환시켜 반사파가 생기지 않도록 하는 재료이다. 이러한 전파 흡수체는 주파수 의존 특성이 매우 커서 사용하고자 하는 주파수대역에서 자기적, 전기적, 유전손실이 큰 재료를 이용하거나 이들을 혼합하여 최대의 손실 특성을 나타내는 재료를 만드는 기술 개발이 필요하다.

이와 같은 연구는 전기적 손실이나 유전적 손실에 비해 자성 손실이 크기 때문에 ferrites 같은 주로 자성재료를 기초로 하여 이루어지고 있다^{[1]-[4]}. 일반적으로는 산화물 자성재료인 페라이트(Ferrite)가 사용되어지고 있다. soft ferrites인 Mn-Zn ferrites와 Ni-Zn ferrites는 전파흡수체의 전파흡수능에 영향을 주는 자기적 손실이 높기 때문에 전파흡수체에서 매우 중요한 재료이다. 그러나 이러한 soft ferrites는 GHz 대역에서 자기손실이 급격하게 줄어들기 때문에 GHz 대역의 주파수에서 좋은 전파 흡수체로서의 기능을 나타내지 못한다. 그러나 Sr ferrites와 Br ferrites^{[5]-[6]} 같은 Hard ferrites는 GHz 대역의 주파수에서 자기적 손실이 증가되므로 GHz 대역용 전파흡수체로서 매우 유용한 재료라 할 수 있다. 재생 Mn-Zn ferrites와 Sr ferrites 및 Ba ferrites를 이용한 전파흡수체에 관한 연구에서도 이러한 재생 Magnets가 전파흡수체에 유용한 재료임을 보고한바있다. 더구나 전자기기의 급격한 고주파화 추세를 감안하면 GHz 대역용 전파흡수체의 개발에 관한 연구는 매우 중요하다. 그러나 아

*대표저자: 김동일

*중심회원, dikim@mail.hhu.ac.kr 051) 410-4932

**중심회원, songjm97@hanara.kmaritime.ac.kr 051) 410-4785

직까지는 Ba ferrites나 Sr ferrites 같은 한정된 재료만을 이용하고 있어 다양한 각도에서의 연구개발이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 지금까지 전파흡수체에 대표적인 재료로 사용되어 오던 GHz 대역용 Sr ferrites와 Ba ferrites를 대신하여 Alnico Magnets와 Carbon silicone rubber를 혼합한 전파흡수체를 제작하여 그 특성을 조사하였다.

본 연구는 GHz용 전파흡수체를 개발하는데 있어 재생 Alnico Magnets을 처음으로 적용함으로써 자원 재활용과 새로운 전파흡수체 재료 개발 가능성을 제시하였음에 의의가 있다 하겠다.

2. 샘플의 제작과 측정

2-1 해석이론

그림 1과 같이 전파 흡수체의 단면은 전파 흡수체의 표면에서 도체판의 방향으로 본 특성 임피던스 Z_0 가 된다.

이때 도체판에서의 전체 전압과 전류는 부하 임피던스와 관계이므로 부하 임피던스 Z_c 는 식 (1)과 같다.

$$Z_c = \frac{V}{I} = \frac{V^+ + V^-}{V^+ - V^-} Z_0 \quad (1)$$

반사파 전압의 진폭을 입사파 전압의 진폭에 대해서 정규화 시킨 값을 Γ 로 놓으면 반사계수 Γ 는 식 (2)와 같으며 최종적으로 식(3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Gamma = \frac{Z_c - Z_0}{Z_c + Z_0} \quad (2)$$

$$Z_m = \frac{Z_c + jZ_0 \tan \beta \ell}{Z_0 + jZ_c \tan \beta \ell} \quad (3)$$

특히 전파흡수체 후면에 붙이는 도체판을 완전 도체로 가정한다면 $Z_c = 0$ 가 되어 이 값을 식(3)에 대입하면 식(3)은 식(4)와 같이 된다.

$$Z_m = jZ_0 \tan \beta \ell \quad (4)$$

따라서 평면파가 전파 흡수체에 수직으로 입사하여 반사되어 완전하게 소모되기 위해서 완전 정합 조건으로 식(2)가 377Ω이 되도록 설정해야 한다.

$$\text{반사감쇠량} \quad [\text{dB}] = 20 \log_{10} |\Gamma| \quad (5)$$

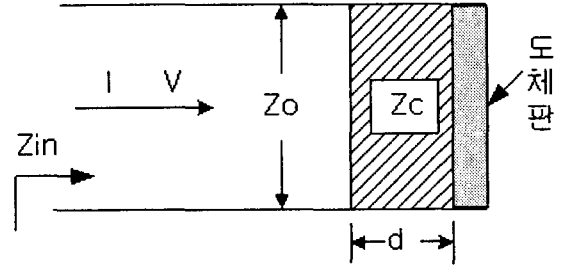


Fig. 1 An impedance expression

2-2 반사계수의 측정

전파흡수능 측정을 위해 편치를 이용하여 내경 3.05 mm, 외경 6.95 mm, 두께 1 mm, 2 mm, 3 mm의 토로이드형상을 갖게 하였다. 그림 2와 3은 본 실험에서 반사계수 측정을 위해 사용한 Network Analyzer와 Sample Holder를 나타낸 것이다. 제작된 전파흡수체의 전파흡수능을 측정하기 위해서 그림 3에 나타난 샘플 홀더(Holder)에 제작된 전파흡수체의 샘플(Sample)을 그림 3의 샘플 홀더에 삽입하여 그림 2와 같이 HP-8753D Network analyser를 이용하여 반사계수를 측정하였다.

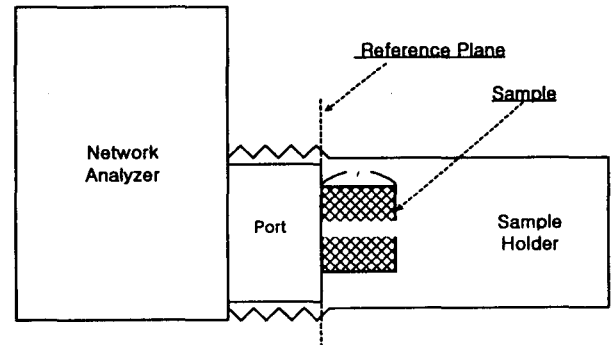


Fig. 2 Reflection coefficient measurement system

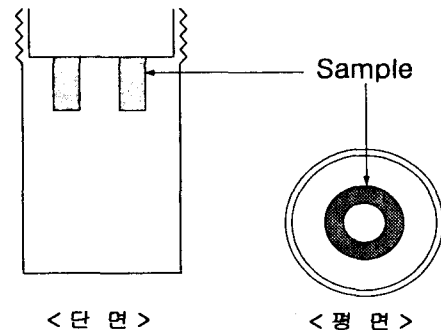


Fig. 3 Sample Holder

2-3 전파흡수체의 제작 방법

본 논문에서 제안하는 전파 흡수체는 지지재인 Silicone rubber에 대한 $B_r=0.65$ T, $H_c=45$ kA/m, 그리고 $(BH)_{max}=11$ kJ/m³의 특성을 나타내는 Alnico magnets의 분산비와 도전 손실재인 Carbon의 분산비, 그리고 sample의 두께를 변화시켜 동일한 시간동안 오픈 롤러를 이용하여 롤러의 표면 온도가 약 70 °C 일 때 제작하였다.

3. 측정결과

3-1 Alnico magnets 변화량에 따른 전파흡수체의 반사계수 측정

Cast Alnico를 각각 중량비 50 wt%, 56.9 wt%, 58.33 wt%, 60 wt%, 63.6 wt% 가 되도록 8 wt%의 carbon이 혼합된 silicon rubber에 분산 시켜 시편두께가 1 mm, 2 mm, 3 mm 가 되도록 제작하여 그 반사계수를 측정하였다. 그림 4, 5, 그리고 6은 시편의 두께가 각각 1 mm, 2mm, 그리고 3 mm인 시편에 대하여 Alnico magnets의 중량비 변화에 따른 반사계수를 나타낸다.

그림 4로부터 그림 6까지에서 알 수 있듯이 제작된 전파흡수체의 시편 두께가 3 mm 이며 혼합된 Alnico의 중량비가 56.9 wt% 일때 중심 주파수 4.5 GHz에서 약 26 dB의 우수한 반사계수 특성을 나타낸다. 또한 중량비 56.9 wt% 인 시편에 대해 두께에 따른 반사계수를 그림 7에 나타내었으며 두께가 증가함에 따라 중심 주파수가 저주파대로 이동하며 이러한 특성은 일반적인 전파흡수특성과 일치한다⁷⁾.

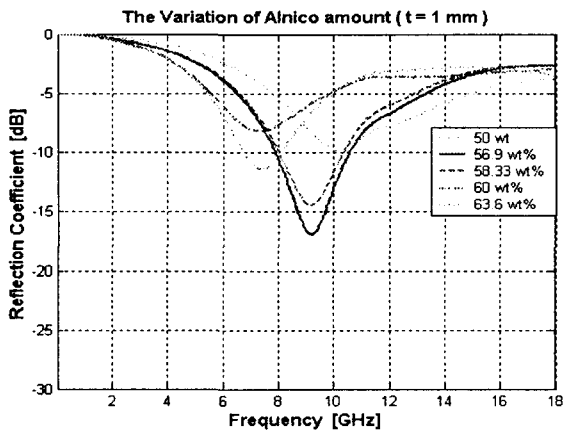


Fig. 4 Reflectivity as a function of frequency for the samples of 1 mm with various Alnico contents of 50 wt% , 56.9 wt%, 58.33 wt%, 60 wt%, and 63.6 wt%

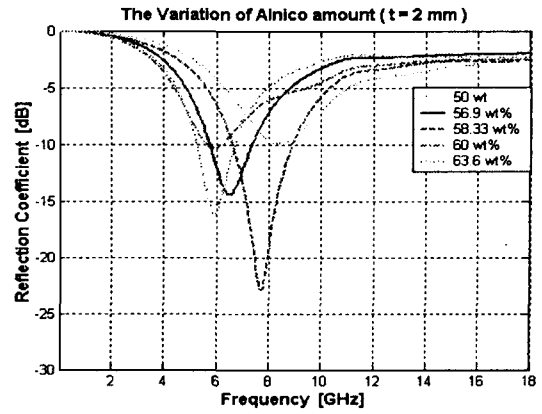


Fig. 5 Reflectivity as a function of frequency for the samples of 2 mm with various of Alnico contents of 50 wt%, 56.9 wt%, 58.33 wt%, 60 wt%, and 63.6 wt%

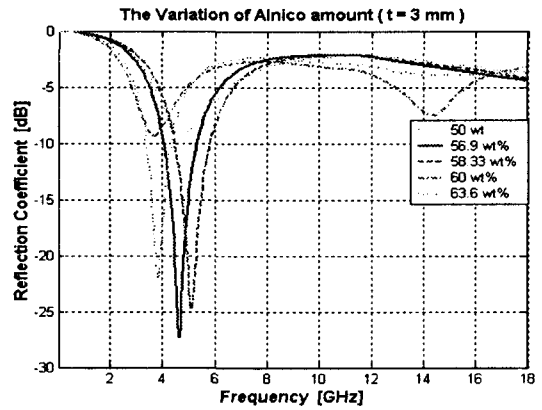


Fig. 6 Reflectivity as a function of frequency for the samples of 3 mm with various Alnico contents of 50 wt%, 56.9 wt%, 58.33 wt%, 60 wt%, and 63.6 wt%

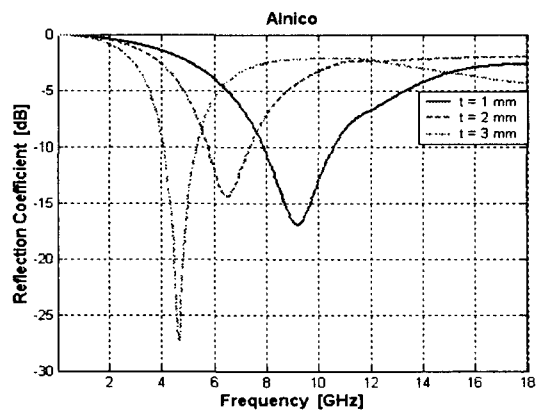


Fig. 7 Reflectivity as a function of frequency for the samples with various sample thickness (Alnico 56.9 wt%)

3-2 carbon 변화량에 따른 전파흡수체의 반사계수 측정

일반적으로 연자성재료인 Mn-Zn 페라이트와 Mn-Zn 페라이트를 손실재료로 할때 카본의 첨가는 반사계수 특성에 많은 영향을 미친다. 본 연구에서도 Alnico magnets에 카본의 첨가가 전파흡수능에 미치는 영향을 조사하였다. carbon을 각각 중량비 0 wt%, 8 wt%, 12 wt%, 16 wt%, 가 되도록 50 wt%의 Cast Alnico와 지지재인 silicone rubber에 분산 시켜 시편두께가 1 mm, 2 mm, 3 mm 가 되도록 제작하여 그 반사계수를 측정하였다. 시편 두께가 1 mm부터 3 mm 까지의 결과는 그림 8부터 10까지에 나타내었다.

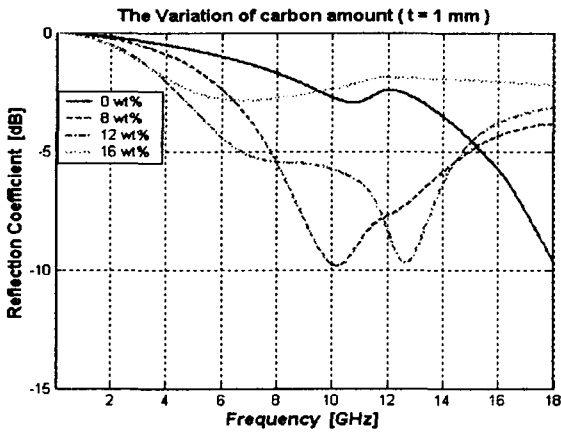


Fig. 8 Reflectivity as a function of frequency for the samples of 1 mm with various carbon contents of 0 wt%, 8 wt%, 12 wt%, and 16 wt%

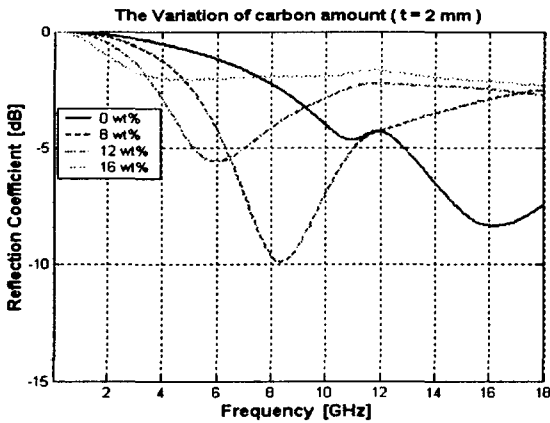


Fig. 9 Reflectivity as a function of frequency for samples of 2 mm with various carbon contents of 0 wt%, 8 wt%, 12 wt%, and 16 wt%

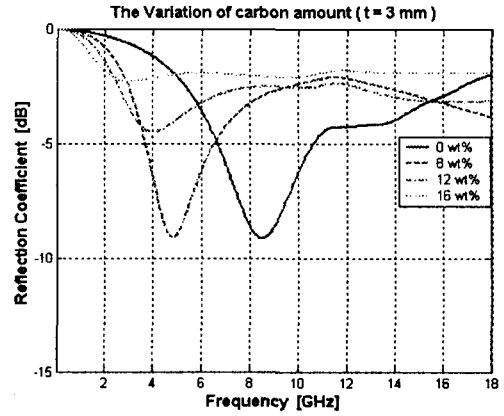


Fig. 10 Reflectivity as a function of frequency for the samples of 3 mm with various carbon contents of 0 wt%, 8 wt%, 12 wt%, and 16 wt%

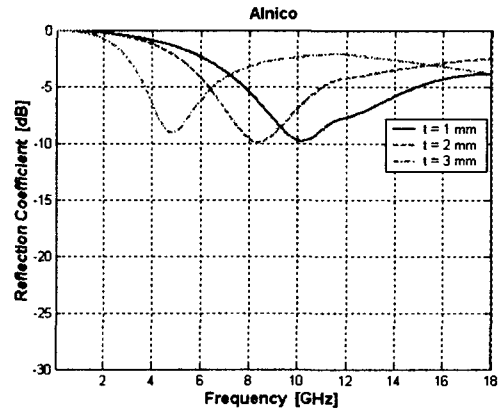


Fig. 11 Reflectivity as a function of frequency for the samples with various sample thickness (carbon 8 wt%)

그림 8 - 그림 10에서 알 수 있듯이 각각의 두께가 다른 시편에 대하여 카본의 첨가는 전파흡수능에 큰 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다. 이는 Alnico magnet에 카본을 첨가함으로써 정합 주파수와 전파흡수능을 제어할 수 있음을 의미한다. 제작된 전파흡수체의 샘플 두께가 2 mm 이고 혼합된 carbon 의 중량비가 8 wt% 일때 중심 주파수 8.4 GHz에서 약 10 dB의 반사계수의 특성을 나타낸다.

4. 결 론

본 연구에서는 지금까지 전파흡수체의 대표적인 자성재료로 이용되어 오던 soft ferrite 인 Mn-Zn ferrites나 Ni-Zn ferrites 및 hard ferrites인 Sr ferrites, Ba ferrites에서 벗어나 처음으로 Alnico Magnets을 자성손실재료로 하는 전파흡수체를 개발하였다는데 의의가 있다. 특히 본 연구에서는 재생 Alnico Magnets를 이용함으로써 자원재활용 고려하였으며 X-band와 C-band를 고려한 전파흡수체의 제작에 있어 Alnico magnets을

활용하여 우수한 전파흡수체를 개발 할 수 있음을 제시하였다.

후 기

이 논문은 한국학술진흥재단(KRF-2003-005-D0005)의 지원과 Brain Busan 21사업에 의하여 지원되었음.

참 고 문 헌

- [1] Dong Il Kim, June Young Son, Young Su Won, Dong Woo Ku, Ki Man Kim, Jae Man Song and Byung Deok Bae, "A Study on Broadband Design of EM Wave Absorber for Anechoic Chamber", *Journal of The Korean Electromagnetic Engineering Society*, vol. 2, no. 1, pp. 16-21, 2002.
- [2] Dong Il Kim, Jae Young Bae, Jun Yong Son, Yo-ung Su Won and Jae Man Song, "A Study on Fabrication and Evaluation of Ferrite Wave Absorber", *Journal of The Korean Electromagnetic Engineering Society*, vol. 1 no. 1, pp. 95-99, 2001.
- [3] Dong Il Kim, Su Joung Kim and Jae Man Song, "Dependence of Preparation Temperature of the Microwave Absorber Preparation in Absorber for Mobile Phone", *Journal of The Korean Physical Society*, vol. 43 no. 2, pp. 269-272, 2003.
- [4] Dong Han Choi, Dong Il Kim and Jae Man Song, "Dependence of Electromagnetic Wave Absorption Properties on Binders", *Journal of The Korean Physical Society*, vol. 42, no. 6, pp. 799- 802, 2003.
- [5] Satoshi Sugimoto, Katsumi Okayama, Sin-ichi Kondo, Hiroyasu Ota, Masafumi Kimura, Yoshiyuki Yoshida, Hajime Nakamura, David Book, Toshio Kagotani and Motofumi Homma, "Barium M-type Ferrite as an Electromagnetic Microwave Absorber in the GHz Range", *Journal of Materials Transactions, JIM*, vol. 39, no. 10, pp. 1080-1083, 1998.
- [6] A. Verma, R. G. Mendiratta, T. C. Goel and D. C. Dube, "Microwave Studies on Strontium Ferrite Based absorbers", *Journal of Electroceramics*, vol. 8, pp. 203-208, 2002.
- [7] H. Naito, *Electromagnetic Wave Absorbers*, New Ohm, Tokyo, 1987.