

카본블랙/섬유강화 복합재료의 전자파 차폐 효과

김진석*(조선대 대학원 기계공학과), 한길영, 안동규(조선대학교 기계공학과),
이상훈, 김민수(조선대 대학원 기계공학과)

Electromagnetic Interference shielding effectiveness of carbon black / Glass fiber woven
roving and Carbon fiber unidirectional fabric reinforced composite

J. S. Kim (Dept. of Mechanical. Eng, CSU), G. Y. Han, D. G. Ahn (Dept. of Mechanical Eng, CSU)
S. H. Lee, M. S. Kim (Dept. of Mechanical. Eng, CSU)

ABSTRACT

The main objectives of this research work are to develop conductive glass fiber woven roving and carbon fiber unidirectional fabric composite materials and to determine their electromagnetic shielding effectiveness(EMSE). Epoxy is the matrix phase and glass, carbon fiber are the reinforcement phase of the composite material. Carbon black are incorporated as conductive fillers to provide the electromagnetic shielding properties of the composite material. The amount of carbon black in the composite material is varied by changing the carbon black composition, woven roving and unidirectional (fabric) structure. The EMSE of various fabric composites is measured in the frequency range from 300MHz to 800MHz. The variations of EMSE of woven roving and unidirectional composites with fabric structure, metal powder composite are described. Suitability of conductive fabric composites for electromagnetic shielding applications is also discussed.

Key Words : Electromagnetic Shielding Effectiveness (전자파 차폐 효과 : EMSE), Carbon black (카본블랙), Carbon fiber met(탄소섬유 매트), Glass fiber met (유리섬유 매트)

1. 서론

최근 전기 장치의 사용이 급속하게 증가하고 있다. AC/DC모터, 프린터, 디지털 컴퓨터, 계산기, 핸드폰 등과 같은 장비들은 많은 전자파를 방출하고 있다. 이러한 전자파에 노출로 암과 같은 질병이 발생할 수도 있다.^{1,2}는 논란이 전세계적으로 관심이 집중되고 있으며, 전자파에너지를 차폐할 수 있는 재료 개발의 필요성이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

일반적으로 금속과 합금이 전자파 차폐목적으로 사용되어왔다. 그러나 이러한 재료들은 중량이 무겁고 굽힘성이 떨어지는 단점이 있다. 메탈파우더, 금속조각, 카본블랙, 탄소섬유와 같은 불연속 전도성 충진재가 전자파 차폐재로 사용하기도 하였다.^{3~9} 최근 전도성 복합재료가 전기 전자산업에서 전자파 차폐용으로 금속을 대체할 수 있는 재료로 개발하는데 관심이 집중되고 있다. 이러한 전도성

복합재료는 정전기 제거, 전자파 차폐, 라디오파, 열팽창, 밀도, 화학적 내식성이 우수하다.^{10,11} 그러나 이러한 전도성 복합재료는 기계적 성질이 낮은 단점이 있다.

따라서, 본 연구에서는 전자파 차폐효과와 기계적 성질이 우수한 섬유강화 복합재료를 개발하기 위하여 에폭시를 기저재로, 유리섬유 매트와 탄소섬유 매트를 강화재로 사용하여 적당량의 카본블랙을 혼합하고 핫 프레스(hot press)를 이용하여 시험편을 제작하였다. 카본블랙은 복합재료에 전자파를 차폐할 수 있는 성질을 부여하고 전도성을 갖는다. 이러한 섬유강화 복합재료는 비강도, 비강성, 경량성이 우수하여 여러 산업 분야에 유용하게 활용할 수 있을 것으로 생각된다. 복합재료 성형시 강화재인 유리섬유와 탄소섬유에 각각 카본블랙을 체적비 15%, 20%, 메탈파우더를 중량비 10%, 25%, 50%로 다양하게 변화시켜 시험편을 제작하였으며 전자파 차폐 효과가 우수한 최적의 양을 실험적으로 고찰

하였다.

2. 카본블랙/에폭시 복합재료의 제작방법

2.1 재료의 선정

본 연구에서 사용된 카본블랙은 코리아카본블랙의 HI-BLACK 41Y를 사용하였으며, 물성은 Table 1과 같다. Table 2는 메탈파우더 입자의 크기를 나타낸다. 강화재인 섬유는 한국화이버사의 유리섬유로빙 매트(Woven roving mat:CM 380 A)와 일방향 탄소섬유 매트(Toray CAT-300)를 사용하였으며, 기지(matrix)재인 에폭시와 경화제는 각각 LR-67과 LH-33으로 주로 섬유강화 복합재료의 기지재로 사용되거나 코팅 등에 사용되는 재료이다.

Table 1 Typical properties of HI-BLACK 41Y

TRAD NAME	Surface Area 12S A (mg/g)	Particle Diameter (nm)	Apparent Density (Kg/m ³)	pH
HI-BLACK 41Y	150	19	170	8

Table 2 Mesh of metal powder

종 류	Ti	Ni	Mg
입자크기	500mesh	400mesh	100mesh

2.2 제작방법

먼저 카본블랙을 용매인 아세톤과 혼합하여 분산시킨 후, 이 용액과 에폭시를 혼합하여 2000rpm으로 30 분동안 교반하였다. 이 과정에서 아세톤의 급격한 기화를 막으면서 용액의 점성을 낮게 유지하기 위해 40°C로 유지하였다. Fig.1은 교반기(homogenizer)와 온도를 유지하기 위한 장치를 보여준다. 이 용액을 상온에서 12 시간, 80°C에서 36 시간 동안 오븐에 넣어 용매를 제거하고 카본블랙과 에폭시만으로 이루어진 혼합물을 얻었다. 그 후에 이 혼합물과 경화제를 2:1의 비율로 혼합하여 이형 제를 바른 몰드(mold)에 부어서 섬유매트에 함침시킨 후 80°C의 핫프레스로 압축성형하여 섬유강화 복합재료를 제작하였다. 제작과정을 개요화 하여 Fig.2에 나타내었다.

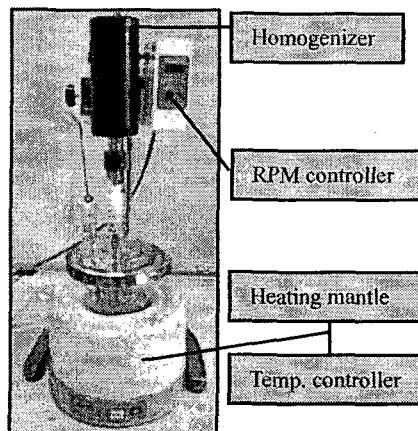


Fig. 1 A used homogenizer and temperature holding system.

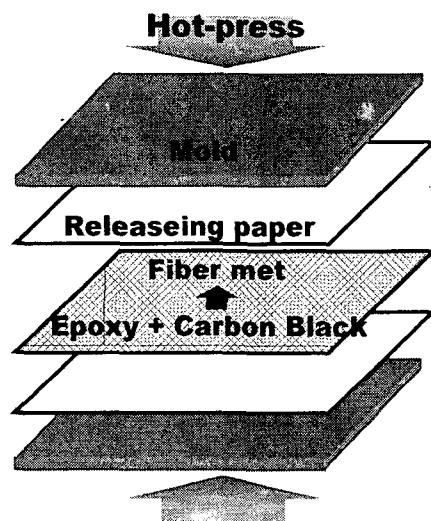


Fig. 2 Manufacturing process of electromagnetic interference shielding specimens

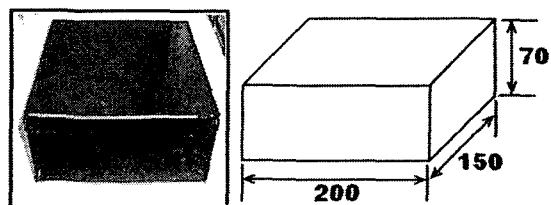


Fig. 3 Photograph of electromagnetic interference shielding specimens

핫프레스로 압축성형한 시험편을 전자파 차폐 실험을 하기 위해 Size 200 X 150 X 70 인 Box 형태로 만든 형상을 Fig.3에 도시하였다.

3. 카본블랙/에폭시 복합재료의 전자파 차폐율

3.1 측정방법

전자파란 전기 및 자기의 흐름에서 발생하는 광범위한 주파수 영역을 갖는 일종의 에너지로서 주파수에 따라 광범위하게 발생된다. 전기가 흐를 때 발생되는 전압은 전하(전계전자파)를 발생시키고 발생된 전하는 높은 곳에서 낮은 곳으로 급속하게 흐른다. 동작되고 있는 가전제품 주위에 인체가 있을 때 인체는 완벽한 “0” 전위는 아니지만 가전제품 보다는 낮은 전위(거의 GROUND)이기 때문에 가전제품에서 인체로 급속하게 흐르는 것이다. 완벽한 접지를 통하여 완전한 “0” 전위를 형성시켜 줌으로서 가전제품 주위로 흘러나오는 전계전자파를 끊임으로 흡수시킨다.

전기 기기 90%이상이 접지를 하여 사용하게 되어있다. 대부분 사람들이 이 접지를 무시하여 사용한다. 사람은 땅을 밟고 살아가기 때문에 대지와 가까울 수밖에 없고, 방출된 전자는 사람의 몸을 타고 대지로 흘러간다. 전계차폐는 사람의 몸을 타고 이동하는 전자를 접지를 하여 줌으로서 전자를 대지로 흐르게 만들어준다.

본 실험에서는 Dipole Antenna 를 사용하여 각 주파수에 따라 발생하는 전자파의 노이즈(dB)을 측정하였다. 측정 실험은 전자파 측정기(EMC TEST SYSTEM:Rohde&Schwarz)를 사용하였다. Fig.4 는 측정 장비와 시편의 적용 법을 도시하였다.

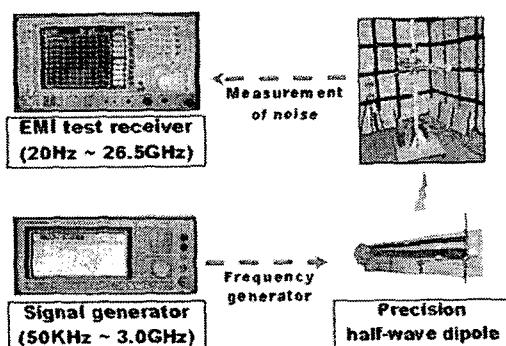


Fig. 4 Photograph of EMC test system equipment(Rohde & Schwarz)

3.2 카본블랙 첨가량에 따른 차폐율의 변화

Fig. 5 는 주파수 범위에 따라 Dipole Antenna에서 기본적으로 발생하는 노이즈의 Peak 수치와

카본블랙을 넣지 않은 유리섬유 매트, 탄소섬유 매트 판넬을 적용하였을 때 주파수 범위에 따른 전자파 차폐 효과를 나타내었다.

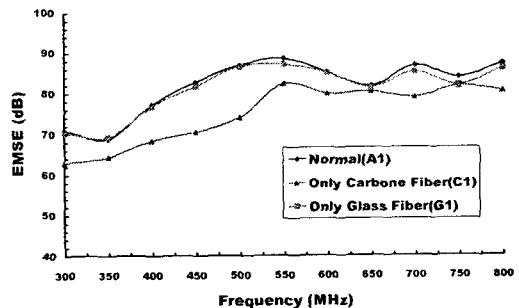


Fig. 5 EMSE vs frequency plots of woven roving fabric A1, G1 and C1

시편을 적용하지 않은 경우와 유리섬유 매트 판넬을 적용한 그래프는 거의 일치하므로 차폐효과가 거의 나타나지 않았다. 반면에 탄소섬유 매트 판넬 적용시 저주파 대역에서 약 16.5dB 의 전자파 차폐 효과를 보였다.

Fig. 6 은 Mg Powder(100g)를 넣은 시편을 적용했을 때 주파수 범위에 따른 전자파 차폐 효과를 나타내었다.

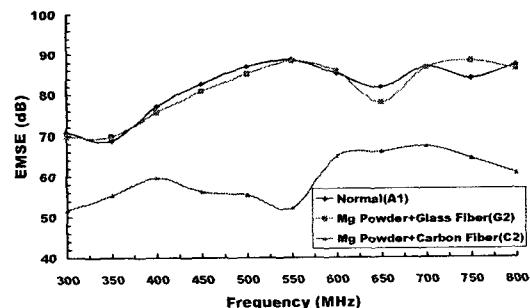


Fig. 6 EMSE vs frequency plots of woven roving fabric A1, G2 and C2

Mg Powder(100g)을 넣은 유리섬유 매트 판넬의 경우 차폐효과가 나타나지 않지만 탄소섬유 매트 판넬의 경우 퍼크치인 550MHz 에서 노이즈가 약 40% 감소됨을 보였다.

Fig. 7 은 시편을 적용하지 않은 경우(A1) 유리섬유에 카본블랙을 첨가비로 각각 15%(G3), 20%(G4)씩 넣은 시편을 적용하였을 때 주파수 범위에 따른 전자파 차폐 효과를 나타내었다.

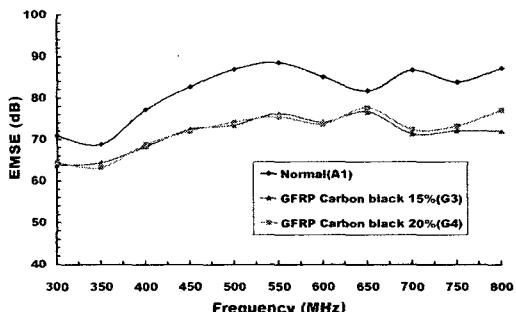


Fig. 7 EMSE vs frequency plots of woven roving fabric A1, G3 and G4

15%, 20%의 카본블랙을 넣은 유리섬유 매트 판넬의 경우 피크치인 550MHz 에서는 13.1dB 의 전자파 차폐효과를 얻을 수 있었다.

Fig. 8 은 탄소섬유에 카본블랙을 각각 15%, 20%씩 넣은 시편을 적용했을 때 주파수 범위에 따른 전자파 차폐효과를 나타내었다.

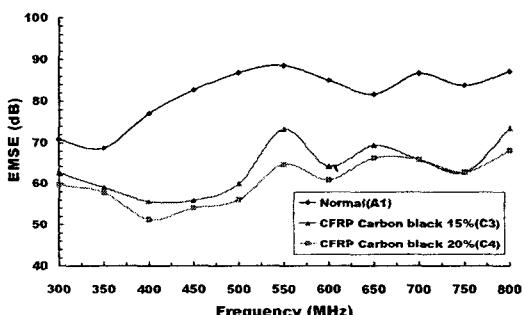


Fig. 8 EMSE vs frequency plots of unidirectional fabric A1, C3 and C4

탄소섬유에 카본블랙을 첨가한 시편의 경우 피크치인 500MHz 에서 30.8dB 의 전자파 차폐효과를 얻을 수 있었다. 전도체인 탄소섬유 매트가 비전도체인 유리섬유 매트를 강화제로 사용한 경우보다 전자파 차폐효과가 훨씬 우수함을 알 수 있었으며, 카본블랙을 사용함으로써 유리섬유 매트에서도 전자파 차폐효과를 얻을 수 있었다.

4. 결론

메탈 파우더와 카본블랙을 충진제로 한 섬유강화 복합재료의 전자파 차폐효과를 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 유리섬유매트에 메탈파우더를 함침 시킨 경우

는 전자파 차폐효과가 거의 나타나지 않았으나 탄소섬유매트의 경우는 우수한 차폐 효과를 얻을 수 있었다.

2. 탄소섬유 매트에 Mg powder(50%)를 넣은 시편의 경우 피크치인 550MHz에서 40dB의 전자파 차폐효과를 얻었다.
3. 탄소섬유 매트에 카본블랙을 넣은 시편의 경우 피크치인 500MHz에서 30dB 만큼의 차폐 효과를 얻었다.
4. 카본블랙의 양은 채적비 15%와 20%를 추가하였을 때는 전자파 차폐효과에는 큰 차이가 없음을 알 수 있었다.

참고문헌

1. American National Standards, 1982, Safety Levels with Respect to human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic fields, 300 kHz to 100 GHz, Institute of Electrical and Electronics Eng. inc., 345 East 47th Street, NY10047, ANSI. C95.1
2. U.S.Environmental Protection Agency, 1986, "Federal Radiation Protection Guidance ; Proposed Alternatives for Controlling Public Exposure to Radiofrequency Radiation," Federal Ragister, 51(146), 27318-27339.
3. Murthy M. 4th Int. SAMPE Electronics Conference, (Electronic Materials-Our Future),edited by Allred RW, Marinez RJ, Wischmann KB, Vol. 4 1990, pp. 806-818
4. Bell Jae, Hansen B. 24th Int. SAMPE Technical Conference. 1992, T902-T911
5. Ramadin Y, Jawad SA, Musam 도 SM, Ahmad M, Zihlif AM, Paesano A, Martuscelli E, Ragosta G Polymer International 1994;34(2):145-150.
6. Jana PB, Mallick AK, De K, IEEE Trans Electromagnetic Compatibility 1992;34(4):478-481.
7. James K, Nard S. 3rd Int SAMPE Electronics Conf, 1989, pp. 1125-1138.
8. Shui X, Ph.D. dissertation, State University of New York at Buffalo, 1996, p. 48.
9. Gandhi, O.P., "Biological Effects and Medical Applications of RF Electromagnetic Field," IEEE
10. Trans. on Microwave Theory and Techniques, Bol. 30, No.11, 1982.
11. Romero-Sierra, C.[1990]. Bioeffects of Electromagnetic Waves, Review of Radio Science 1987-1989, Brussels : International Union of Radio Science(URSI).