

2006年度

春季學術發表大會 論文集

日時: 2006年 4月 28日 (金)

場所: 조선대학교 항공우주공학관

주 관 : 社團法人 韓國複合材料學會
조선대학교 기계기술연구소

후 원 : 韓國科學技術團體總聯合會
韓國學術振興財團
조선대학교

제 1 발 표 장

8:50~10:30 복합재료 제조공정 (Composite Materials Manufacturing Processes) 좌장: 이준현	
08:50	Biomimetic Ionic-Polymer-Metal-Composite Actuators with Multiple Electrodes
~09:10	오일권, 전진한* 5
09:10	두꺼운 복합재료 실린더의 잔류응력 저감을 위한 냉각/재가열 스마트 경화사이클
~09:30	김종윤*, 김학성, 이대길 9
09:30	RTM 공법을 이용한 고온용 BMI수지 복합재 성형 공정 개발
~09:50	이상용*, 윤한용, 엄문광, 김진봉, 허중, 이정진 13
09:50	SCRIMP 공정 변화에 따른 페놀 복합재의 기계적 특성
~10:10	유연호*, 민경식, 변준형, 엄문광, 이진우 17
10:10	Co-bond 기술을 이용한 하이브리드복합재료 Wing Skin Panel 제작 공정 연구
~10:30	백승대*, 김진현, 권희룡, 임경호, 이건영, 한중원 21
10:30	총회 및 특별강연 장소 : 총회장
~12:00	
10:30~11:30	특별강연 좌장 : 김병선
11:30~12:00	총회 좌장 : 황운봉
13:30~15:10 스마트 복합재료 I (Smart Composite Materials and Structures I) 좌장: 윤성호	
13:30	섬유강화 복합재료의 전자파 차폐 기구물에 대한 적용에 관한 연구
~13:50	박기연*, 이상의, 김천곤, 한재홍 25
13:50	광섬유 브래그 격자 센서를 사용한 극저온용 복합재료 링 시편의 열 변형률 측정
~14:10	박상욱*, 강상국, 김명곤, 김천곤 29
14:10	형상기억합금의 특성실험과 거동 전산모사
~14:30	김상현*, 윤만원, 조맹효 33
14:30	복합재료 다층 표면안테나구조의 굽힘 피로특성 연구
~14:50	문태철*, 황운봉 37
14:50	차체구조용 모자형 단면 부재의 에너지흡수 특성에 관한 연구
~15:10	박상국, 이길성, 김지훈, 양인영* 41
15:10	Coffee Break
~15:30	
15:30~17:10 스마트 복합재료 II (Smart Composite Materials and Structures II) 좌장: 한재홍	
15:30	하니컴코어에 따른 하이브리드 샌드위치 판넬에 대한 충격 특성 연구
~15:50	황경정*, 우현주, 김종진, 이건영, 한중원 45
15:50	매트릭스형 피에조 센서를 이용한 복합재료의 AE 신호 분석
~16:10	유연호*, 이영환, 최진호, 권진희, 변준형 49
16:10	복합재료 레이돔용 주파수 선택적 투과막의 전자기파 투과 특성
~16:30	김포철*, 이대길, 서일성 53
16:30	리브 보강된 페놀 폼 코어 샌드위치 복합재의 굽힘 및 충격 특성 평가
~16:50	오진오*, 윤성호, 임병훈, 강병윤 58
16:50	소형 장기체공형 무인기의 복합재료 날개 설계
~17:10	이정진* 62

섬유강화 복합재료의 전자파 차폐 기구물에 대한 적용에 관한 연구

박기연* · 이상의* · 김천곤** · 한재흥***

The Application of Fiber-Reinforced Composites to Electromagnetic Wave Shielding Enclosures

Ki-Yeon Park, Sang-Eui Lee, Chun-Gon Kim and Jae-Hung Han

Abstract

As the structures of the high performance electronic equipments and devices recently become more complex, the electromagnetic interference and compatibility have been very important for commercial and military purposes. Thus, sensitive electrical devices and densely packed systems of automobile, airplane and display fields need to be protected from electromagnetic wave. In this research, glass fabric/epoxy composites containing conductive multi-walled carbon nanotube (MWNT) and carbon fiber/epoxy composites as electrical shielding materials were fabricated and electrical properties of the composites were measured. The concerning frequency band is the industrial ranges from 300 MHz to 1 GHz. The performances of composite shielding enclosures were predicted using electromagnetic wave 3-D simulation tool, CST Microwave Studio. The shielding enclosure made of carbon fiber/epoxy composites were fabricated and the shielding effectiveness (SE) was measured in the anechoic chamber.

Key Words: Electromagnetic Interference (EMI), Electromagnetic Compatibility (EMC), Shielding Enclosure, Fiber-Reinforced Composites, Shielding Effectiveness (SE)

1. 서 론

최근 들어 전자장비의 사용이 급증하면서 전자파 상호 간섭에 의한 여러 가지 문제들이 발생하였고, 전자파 차폐 및 EMI, EMC 등의 대책에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. EMI란 외부기에 교란을 주는 전자파 간섭 혹은 방해물을 의미하며 철저히 억압해야 할 대상이다. EMC란 전자기 양립성 또는 전자기 적합성을 의미한다. 주어진 장비가 외부로부터의 방해 전자파에 의해 영향을 받지 않고 정상적인 동작을 하는 상태를 의미한다. EMC는 넓은 의미에서 전자파 간섭 (EMI)의 개념과 전자파에 대한 내성 (electromagnetic susceptibility, EMS)

의 개념을 모두 포함하는 용어라 하겠다[1, 2].

비행체에 사용되는 전자장비들은 금속 전자파 차폐 기구물 (shielding enclosure) 내부에 탑재될 수 있다. 비행체에 사용되는 재료는 가벼워야 하므로, 금속 코팅이 입혀진 기구물의 형태를 취해야 한다. 그러나 이런 형태는 하중을 지지하는 역할을 충분히 수행할 수가 없다. 최근 비강성 및 비강도 뿐만 아니라, $10^4 \sim 10^5$ S/m의 우수한 전기 전도도를 가지는 탄소섬유 강화복합재료로 비행체가 제작되어지면서, 내부의 격벽이나 구조물 자체가 전자파 차폐 기구물의 특성을 가지게 되었다. 그러나 이러한 금속성의 특징은 내부로 투과된 전자파가 내부 장비들에 전자파 방해를 야기할 수 있는 단점이 있다.

본 연구에서는 탄소섬유 강화복합재료로 이루어진 구조를 전자파 차폐 기구물로 이용하되, 전자 장비들 사이의 전자파 간섭이나 방해를 예방할 수 있도록 손실재료를 사용하여 전자파를 흡수할 수 있는 구조에 대한 연구를 수행하였다.

* 한국과학기술원 항공우주공학전공 대학원

** 한국과학기술원 항공우주공학전공

*** 한국과학기술원 항공우주공학전공,
교신저자(E-mail: jaehunghan@kaist.ac.kr)

이를 위해 구조적 하중지지와 전자파 흡수성능을 가지도록 유리섬유 강화복합재료 손실재료인 MWNT를 분산시킨 복합재료를 적용하였다. 이들의 유전율을 실험적으로 측정하여 손실재료로서의 적용성을 고찰하였으며, 이를 이용하여 제작될 복합재료 기구물의 SE (Shielding Effectiveness)를 시뮬레이션 툴을 사용하여 예측해보았다. 또한 전기 전도도가 우수한 탄소섬유 강화복합재료가 적용된 차폐 기구물을 제작하여 차폐 성능을 측정하였다. 이런 과정을 통해 손실재료와 탄소섬유 복합재료가 동시에 사용되는 차폐구조물에 대한 개념을 제안하였다.

2. 차폐 기구물 및 차폐 성능(SE)

2.1 차폐 기구물 (Shielding Enclosure)

전자파 차폐 기구물은 기계적 · 전자기적으로 내부의 전자 장비 및 시스템을 보호하고 차폐하는 구조물을 일컫는다. 재질은 주로 금속들로 사용되며, 많은 개구면을 갖는 직육면체 구조를 갖는다 (Fig. 1). 이러한 개구면은 열전도와 입출력 배선 등을 위해서 필요하고, 외부에서 입사되는 전기장 특성에 큰 영향을 미치기 때문에 기구물 설계 시 중요한 요소로 작용한다[3].

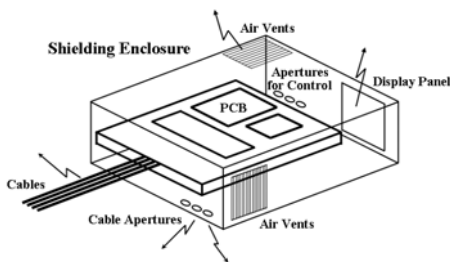


Fig. 1 Shielding enclosure.

2.2 차폐 성능 (Shielding Effectiveness, SE)

전자파 차폐의 정량적인 분석은 차폐 성능을 통해서 분석한다. SE의 정의는 식 (1)과 같다. 외부에서 차폐 벽으로 입사된 전자파 전력 크기와 차폐 벽을 통과해 내부로 들어오는 전자파 전력 크기의 비로서 정의된다. 또는 기구물이 없을 경우와 있을 경우의 차이에 따른 전자파 전기장 크기의 제곱의 비로써 정의되기도 한다[3].

$$SE(dB) = 10 \log \frac{P_2}{P_1} = 10 \log \frac{E_2^2}{E_1^2} \quad (1)$$

3. 전자파 흡수재의 제작 및 전기적 물성 실험

3.1 전도성 필러를 첨가한 유리섬유 복합재료

유리섬유 복합재료에 전도적 특성이 우수한 MWNT [4]를 무게비로 0.0 ~ 5.0 wt% (weight percent)까지 변화시키면서, 총 8 종류의 프리프레그를 제작하였다. Fig. 2에서 MWNT 1.0은 MWNT를 복합재 전체 무게에 대한 1.0 wt% 첨가한 시편을 의미한다. 프리프레그는 (주)한국화이바의 Glass fabric/epoxy K618 제품이며, MWNT는 (주)일진나노텍의 CVD MWNT95 제품을 사용하였다. 오토클레이브를 사용하여 압력 3atm, 온도 80°C 에서 30분, 130°C 에서 90분 동안 경화시켜 제작하였다. 시편의 크기는 25 × 25mm, 두께는 0.85 ~ 0.90 mm의 범위를 가졌다. 제작된 복합재료를 임피던스 분석기 (Agilent E4991A)를 이용하여 저주파대역인 0.3 ~ 1GHz까지의 유전율을 측정하여, Fig. 2와 3에 나타냈다. MWNT의 함량이 증가할수록 유전율의 실수부와 허수부 모두 증가하였으며, 주파수가 증가함에 따라 유전율의 실수부와 허수부가 단조 감소하였다.

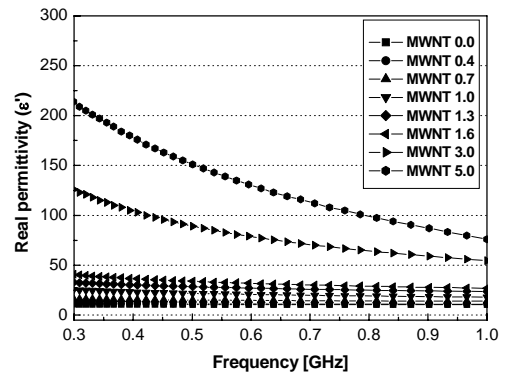


Fig. 2 Real permittivity.

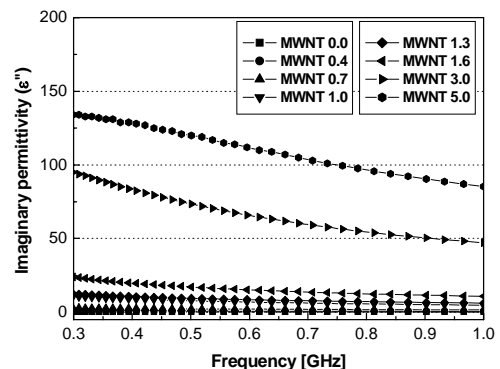


Fig. 3 Imaginary permittivity.

3.2 전도적 특성이 우수한 탄소섬유 복합재료

본 연구에서 (주)한국화이바의 탄소/에폭시 CU-125 프리프레그를 사용하였다. 성형 사이클은 압력 1.2atm, 온도 80°C 에서 30분, 압력 7atm, 온도 130°C 에서 120분 동안 경화시켜 제작하였다. 표면저항측정기 (Four-point probe)를 사용하여 표면저항을 측정하여, 전기 전도도가 약 10^4 S/m 임을 확인하였다.

4. 차폐 기구물의 시뮬레이션 및 복합재 기구물의 차폐 성능 측정

4.1 차폐 기구물의 시뮬레이션

3차원 전자장 해석 프로그램인 CST MicroWave Studio를 사용하여 기구물의 전기장 특성을 살펴 보았다. 실제로 기구물의 형태는 직육면체 구조에 여러 개구부를 가지나, 본 연구에서는 그러한 세부적인 설계 관점을 맞추기 보다는 복합재료의 적용성을 고찰하는 것이 목적이므로, 개구부가 없는 $300 \times 400 \times 200$ mm 크기와 두께 10 mm의 직육면체 구조에 대해 차폐 기구물이 각각 금속 (완전도체, perfect electric conductor)과 MWNT 첨가 복합재료로 되어있을 경우를 해석하였다. 경계조건은 open add space를 주었으며, 해석 주파수 대역은 0.3~1 GHz 로 하였다 (Fig. 4). 입사파는 경계조건으로부터 z 축 방향으로 진행하는 평면파 (plane wave)를 가정하였고, 평면파가 xy 평면에 입사될 때의 SE를 구하였다. 기구물 정중앙에 전기 측정 탐촉자 (probe)를 두었다.

Fig. 5 복합재 기구물의 차폐 특성 해석 결과를 나타내고 있다. MWNT 복합재료로 이루어진 기구물은 두께가 2.0, 4.0, 6.0 mm이고, MWNT 3.0 과 5.0 으로 이루어진 경우에 대해 해석을 수행하였다. 참고로 금속 기구물의 경우에는 약 -100 dB 정도의 완전 차폐되는 특성을 나타내었다. 복합재료 기구물의 경우에는 MWNT 함량이 증가할 수록, 시편이 두꺼울수록 그 차폐 성능이 증가함을 알 수 있었다. 금속 차폐 기구물에 비해서 SE가 떨어지나, MWNT 5.0의 경우, 전 대역에서 약 70% (-5 dB) 이상의 전력을 차폐할 수 있으며, 두께가 4mm 이상에서는 약 90% (-10 dB) 이상의 전력을 차폐할 수 있음을 알 수 있었다. 이는 MWNT 복합재료가 차폐 기구물로서 충분히 적용될 수 있음을 보여주는 결과이다.

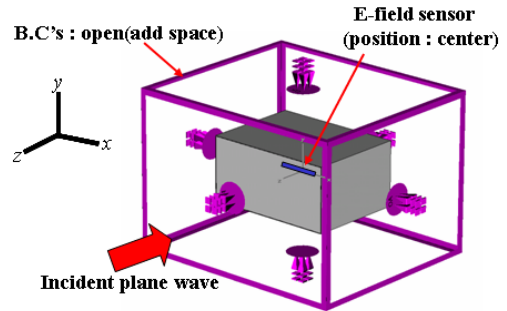


Fig. 4 Simulation model of a shielding enclosure.

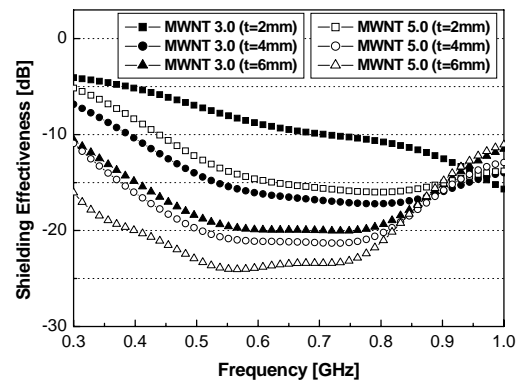


Fig. 5 SE of MWNT composite enclosures.

4.2 차폐 기구물의 제작

본 연구에서는 금속과 같은 특성을 나타내며, 구조체로서 사용이 가능한 탄소/에폭시 복합재료가 MWNT가 첨가된 유리직물 복합재료와 함께 사용되는 차폐 기구물을 구현하기 위한 초기 연구로 탄소/에폭시 복합재료로 이루어진 차폐 기구물을 제작하고, 차폐 특성을 실험을 통해 SE를 측정하였다. 탄소/에폭시 프리프레그는 (주)한국 화이바의 CU-125를 사용하였다. 각 면은 $[(0/90)_3]_s$ 로 12장씩 적층하여 제작하였으며, 성형 후 평판의 평균 두께는 1.32mm 였다. 그리고 각각의 면을 아교 (glue)를 사용하여 접합하였으며, 전자기파가 접합면의 아주 미세한 틈에서의 산란·회절하는 특성을 막기 위해, 구리 필름 (copper film)을 이용하여 접합 부분을 봉하였다.

4.3 기구물의 차폐 특성 측정

본 연구의 차폐 특성 실험은 한국전자통신연구원 (ETRI, 대전)의 무반향실 (anechoic chamber)에서 수행하였다. 송신용 안테나는 ETS사의 3142B 모델을 사용하였으며, 수신용 다이폴 안테나는 기구물의 정중앙에 위치시켰다. 전력 측정을 위

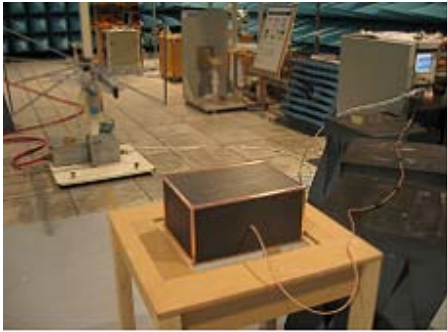


Fig. 6 Experimental setup for measuring SE of enclosure.

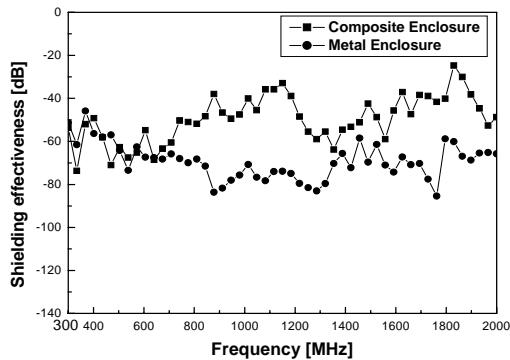


Fig. 7 SE results of shielding enclosures.

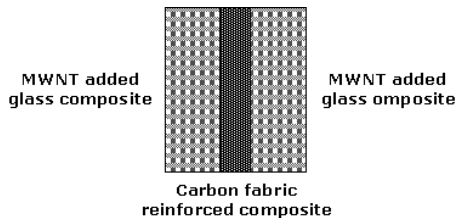


Fig. 8 Conceptual design of composite enclosures for electromagnetic wave absorption.

한 회로 분석기 (network analyzer)는 Agilent E8362B 모델을 사용하였다 (Fig. 6). 측정 주파수 범위는 0.3~2.0 GHz 대역에서 수행하였다. 차폐 성능의 정의에 따라서 기구물의 유무에 따른 전자기파의 전력을 측정하였고, 이들의 비를 사용하여 차폐 성능 결과를 계산하였다. Fig. 7은 기구물의 차폐 특성 측정 결과를 나타낸다. 복합재료 기구물의 측정 주파수 전체에 대한 SE의 평균값은 약 -50 dB를 나타내었고, 금속 기구물의 경우에는 약 -70 dB를 나타내었다. 성능은 금속 기구물이 우수하나, 무게가 가볍고 두께가 얇은 복합재료의 경우에도 거의 대등한 차폐 특성을 얻을 수 있음을 확인하였다.

Fig. 8은 기구물 내외부의 전자 장비에 영향을 끼치지 않도록 단순히 전자기파를 반사시키지 않고 흡수하는 형태의 복합재 기구물의 개념적 디자인을 나타내고 있다.

5. 결론

본 연구는 복합재료를 사용하여 전자파 차폐 기구물에 적용하고자 기본적인 연구를 수행하였다. 전자파 흡수재로써 유리섬유 복합재료에 MWNT를 혼합하여 제작하고 전기적 특성을 측정해 보았다. 전도성이 우수한 탄소섬유 복합재료를 사용하여 기구물을 제작하였고, 무반향실에서 차폐 특성 실험을 수행하였다. 측정된 유전율을 이용하여 전자기장 해석을 수행하였으며, 흡수재료를 이용하여 50% 이상의 전력을 차폐할 수 있음을 확인하였다. 또한, 제작된 기구물의 차폐 성능 측정을 통해, 금속 기구물이 차폐 특성이 더 우수하나, 탄소/에폭시 복합재료의 경우 전 대역에서 거의 99% (-20 dB) 이상의 전계를 차폐할 수 있음을 확인할 수 있었다.

후기

이 연구는 과학기술부 지원으로 수행되는 21세기 프론티어 연구사업 (스마트 무인기 기술개발)의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

- (1) 강태원, 정연춘, “EMI/EMC 개론 및 측정기술,” *Electronic Systems*, 2000. 6, pp. 49~59.
- (2) K.-Y. Park, S.-E. Lee, C.-G. Kim, J.-H. Han, “Fabrication and Electromagnetic Characteristics of Electromagnetic Wave Absorbing Sandwich Structures,” *Composites Science and Technology*, Vol. 66, pp. 576-584, 2006.
- (3) 정기범, 정연춘, “EMC를 고려한 전자파 기구물의 설계기술,” *한국전자파학회지*, 산업체 기고문, 2004, 제 15권, 제 2호, pp. 124-131.
- (4) 이상의, 박기연, 김천근, 한재홍, “다중벽 탄소 나노튜브/에폭시 복합재료의 유전율에 관한 연구,” *한국복합재료학회지*, 제17권, 제3호, 2004, pp. 38-44.