

섬유강화 복합재료로 구성된 전파흡수구조재의 설계 및 특성

Design and Properties of Microwave Absorbing Structures Composed of Fiber Reinforced Composites

김 상 영 · 김 성 수

Sang-Young Kim · Sung-Soo Kim

요 약

본 논문은 전파흡수기능을 갖는 경량, 고강도 고분자 복합재료의 재료 설계 및 전파흡수특성에 관한 연구이다. 전송선로 이론을 도입하여 다층구조 전파흡수체의 반사감쇠량 계산에 필요한 이론식을 제시하고, 각 층의 재료정수 및 두께의 함수로 계산한 전파흡수능 결과에 근거하여 각 층의 재질에 적합한 복합재료를 제시하였다. 본 연구에서 가장 중요한 결과는 페라이트 충전재를 사용하지 않은 3층 구조 (표면층/중간층/배면층)의 전파흡수구조재를 설계하였다는 점이다. 표면층 재료로는 저유전율 특성의 유리섬유 복합재료를 사용하고, 중간층 및 배면층에는 유전상수 및 도전손실이 큰 탄소섬유 복합재료를 사용하여 4~12 GHz 주파수 범위에서 10 dB 이상의 전파흡수특성을 얻을 수 있었다. 이에 반하여 흡수층/반사층으로 구성되는 2층 구조의 전파흡수구조재에서는 흡수층에 페라이트 충전재의 사용이 필수적이었다. 반사층 재질로 탄소섬유 복합재료를 사용하고, 흡수층 유리섬유 복합재료에 페라이트 충전재를 약 40 wt % 첨가함으로써 4~12 GHz 주파수 범위에서 10 dB 이상의 전파흡수특성을 얻을 수 있었다.

Abstract

The absorbing structure composed of multi-layered fiber reinforced composite materials was designed and microwave absorbing properties are investigated. On the basis of transmission line theory, the theoretical equations to predict the reflection loss and the appropriate composite material for each functional layer are suggested. The most significant result of this study is the successful design and fabrication of triple-layered composite laminates which has the superior microwave absorbing properties (more than 10 dB in 4~12 GHz range), without using the ferrite filler in the impedance transforming layer. In the two-layered composite laminate (absorber/substrate), however, the use of ferrite filler (about 40 wt %) in the absorbing layer is necessary to obtain the certain level of microwave absorbance. By combining the glass-fiber composite with ferrite filler and carbon-fiber composite substrate, the microwave absorbing properties more than 10 dB in 4~12 GHz frequencies can be obtained.

I. 서 론

레이다는 전파를 이용하여 적의 비행기나 함선 등을 감지하고 거리 및 방위 측정을 하는 장치로 안

테나 및 송수신기로 구성된다. 레이더의 전파를 이용하여 적을 감지하는 기술을 식별기술 (observing technology)이라 하면 이에 대응하여 적의 레이더에 감지되지 않는 기술을 스텔스 기술 (stealth technol-

「본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(2000-1-30100-003-2)지원으로 수행되었음」

충북대학교 재료공학과 (Dept. of Materials Eng., Chungbuk National Univ.)

· 논문 번호 : 20010724-098

· 수정완료일자 : 2001년 9월 5일

ogy)이라 한다.

전파는 일반적으로 어떤 물체와 부딪히면 반사되는 특성을 갖는다. 특히 물체가 금속재료로 되어 있는 경우 전파는 완전히 반사된다. 물체의 전파반사 면적을 RCS (Radar Cross Section)로 정의하는데, RCS 감소기술은 전파에 대한 스텔스 기술의 하나로 볼 수 있다. 항공기 또는 함선의 경우 레이더에 탐지되는 거리는 RCS의 4 승근에 비례하여 감소한다.^[1] 따라서 레이더에 대한 스텔스 기능을 극대화시키기 위해서는 물체의 RCS를 감소시키는 방안이 요구된다.

RCS는 목표물의 형상 및 재질에 의해 크게 변화한다. 형상 제어에 의한 스텔스 기술은 기체의 구조를 프리즘 또는 곡면으로 만들어 입사파의 대칭 방향으로 반사파를 산란시켜 되돌아 가는 전파를 억제시키는 것이다. 물체의 재질을 변경하여 RCS를 감소시키는 기술 중의 하나가 전파흡수재료의 사용이다. 전파흡수재료는 크게 전파흡수코팅재 (이를 흔히 RAM; Radar Absorbing Materials 이라 칭함)와 전파흡수구조재 (RAS; Radar Absorbing Structures)로 분류된다. RAM은 전파의 완전 반사체인 금속 표면 위에 흡수 물질로 구성된 도료나 고무판을 도포하여 반사파를 억제시키는 기능을 한다. 흡수물질로는 페라이트 자성체와 도전손실체인 carbon black 등이 주로 사용된다.^{[2]~[4]}

그러나 RAM의 경우 기계적 특성이 취약하여 자주 보수해야 하는 문제점이 있고 동체의 부피와 무게를 증가시키는 취약점을 갖고 있다. 또한 RAM 코팅재는 입사파 파장의 1/4 두께를 가질 때 흡수능이 최대가 되기 때문에, 도장시 RAM의 두께를 일정하게 맞춰 주어야 하는 시공상의 문제점도 안고 있다. 이러한 문제의 해결 방안으로 기체의 구조물 자체를 무게가 가볍고 전파흡수기능을 가진 복합재료로 대체시키고자 하는 연구가 진행되었고, RAS가 그 대표적 결과물이다.^[5]

복합재료의 전파흡수기능에 관해서는 공개된 자료를 접하기 매우 어려우나, Stonier^[6]가 제시한 각종 fiber 및 matrix resin의 유전특성을 분석함으로써 간접적인 예측이 가능하다. 각종 유리 섬유와 석영 및 케블라 섬유의 경우 10 GHz에서 유전상수는 4~6의 값을 갖고, 유전손실계수는 0.01 이하의 매

우 낮은 값을 갖는다. Matrix resin의 경우에도 10 GHz에서 유전상수는 3 근처의 값을 갖고 유전손실계수는 무시할 수 있을 정도로 작다. 따라서 이 들 소재로 구성된 복합재료에서는 우수한 전파흡수특성을 기대하기 힘들 것으로 보인다.

Carbon fiber의 경우 어느 정도의 전기전도성을 갖고 있어 이 재료의 도전손실 특성을 이용하여 전파흡수체로의 응용 가능성을 타진해 볼 수 있다. 유사한 carbon 분말의 경우에는 도전손실 특성 때문에 현재 전파흡수 filler 재료로 많이 이용되고 있다. 그러나 carbon fiber 복합재료는 오히려 전파의 반사특성이 월등히 높은 것으로 보고되고 있다.^[6]

이상에서 고찰한 바와 같이, 단순 복합재료의 전파흡수특성은 그리 우수하지 않기 때문에, 다층구조의 복합재료에 전파흡수층을 삽입함으로써 이 문제를 해결하고 있는 것으로 파악된다. 반사특성이 좋은 carbon-epoxy 복합재료를 배면구조재로 깔고, 그 위에 자성손실재가 함침된 복합재료층(정합형 전파흡수체)을 구성하여 전파흡수특성과 기계적 특성을 동시에 얻는 방법들이 간혹 제시되고 있다. CEC-Marconi사에서 생산되는 전파흡수체 중에는 X-band 주파수 대역에서 최대 흡수능이 20 dB 이상인 복합재료를 볼 수 있는데, 이 재료 역시 상기와 같은 방법에 의해 전파흡수기능이 부여된 다층구조 흡수체로 판단된다.^[7]

본 연구는 전파흡수기능이 우수한 섬유강화 복합재료의 개발을 목적으로 전파흡수기능 측면의 재료 설계와 반사손실 계산결과에 근거한 성능평가 방법을 확립하고, 이를 충족하는 복합재료의 적정 재질 선정에 관한 실험결과를 제시하였다. 흡수층/반사층으로 구성되는 2층 구조의 전파흡수 구조체의 설계 방안이 제시되었고, 각 기능층에 적합한 복합재료 (보강재 및 matrix, 흡수재)의 선정이 이루어졌다. 전파흡수구조체의 경량화와 기계적 특성의 향상을 목적으로 페라이트 흡수재를 사용하지 않는 다층구조의 전파흡수 구조체의 설계 및 성능 해석에 관한 연구결과가 제시되었다.

II. 다층형 전파흡수구조체의 설계

다층형 전파흡수 구조체의 설계 과정에서 가장

중요한 사항은 표면층에서 입사파의 반사를 되도록 억제하는 것이고 배면층으로 갈수록 전파의 감쇠를 크게 하여 구조재 후방으로 통과되는 전파가 없게끔 하는 것이다. 따라서 표면층의 재질로는 저투자율, 저유전율 재료가 적합하고 배면층의 감쇠재로는 손실계수가 큰 재료가 요구된다.

Fig. 1은 N층의 전파흡수체를 도시한 것이다. 각 층의 고유임피던스 (Z_{cn}), 전파상수 (γ_n), 두께 (d_n)가 주어졌을 때 각층 표면에서의 입력 임피던스 (Z_n)는 다음과 같이 표시된다.

$$Z_N = Z_{cN} \times \frac{Z_0 + Z_{cN} \tanh \gamma_N d_N}{Z_{cN} + Z_0 \tanh \gamma_N d_N} \quad (1)$$

$$Z_n = Z_{cn} \times \frac{Z_{n+1} + Z_{cn} \tanh \gamma_n d_n}{Z_{cn} + Z_{n+1} \tanh \gamma_n d_n} \quad (2)$$

$$Z_1 = Z_{c1} \times \frac{Z_2 + Z_{c1} \tanh \gamma_1 d_1}{Z_{c1} + Z_2 \tanh \gamma_1 d_1} \quad (3)$$

여기서 Z_0 는 자유공간의 임피던스 ($=376.7 \Omega$)이다. 전파흡수체 표면에서의 반사계수 (Γ)는 식 (4)와 같이 표시되고, 이로부터 반사손실 (Reflection loss)을 계산할 수 있다.

$$\Gamma = \frac{Z_1 - Z_0}{Z_1 + Z_0} \quad (4)$$

$$\text{Reflection loss} = 20 \log |\Gamma| \quad (5)$$

여기서 $j = \sqrt{-1}$, λ 는 파장이다.

이와 같은 복합재료의 구성에서 무반사 조건은 $Z_1 = Z_0$ 일 때 얻을 수 있으며, 흡수체에서 전파의 반사율은 Z_1 과 Z_0 의 차이에 비례하기 때문에 Z_1 의 이론적 계산이 이루어지면 반사손실 예측이 가능하다.

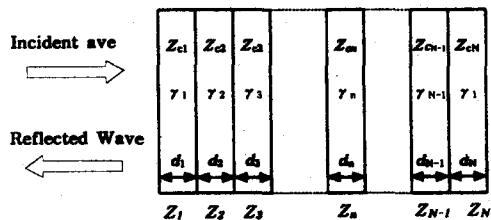


그림 1. N층 전파흡수체의 모식도.
Fig. 1. Schematic description of N-layered micro-wave absorber.

표 1. 다층 흡수체에서 사용된 섬유강화 복합재료
Table 1. Fiber-reinforced composites used in multi-layered absorber.

Sample	Fiber	Fiber Orientations	Filler
GP	E-glass	Fabric	None
GPF 40	E-glass	Fabric	Ferrite (40 wt%)
CFH	Carbon (T-300)	Fabric	None
CFU-45	Carbon (T-300)	00/450	None

III. 복합재료의 선정 및 전파흡수특성 측정

3-1 복합재료의 종류

N층 전파흡수 구조재에서 각 층에 적합한 복합 재료를 선정하기 위해서 다음과 같은 재료를 조사 하였다 (Table I). 크게 유리섬유 복합재료와 탄소 섬유 복합재료로 구분할 수 있고, 유리섬유 복합재료는 페라이트 흡수체를 포함하는 것과 포함치 않는 것, 그리고 탄소섬유 복합재료는 섬유의 배향을 달리한 것이다. 유리섬유 복합재료에서 페라이트를 첨가한 것은 투자율을 부여하기 위함이고, 탄소섬유 복합재료에서 섬유의 배향을 달리한 것은 유전상수 및 도전손실을 변화시키기 위해서였다.

3-2 재료정수 측정 및 전파흡수능 계산

Table I에 제시한 복합재료 평판을 cutter drill에 장착한 후 절삭하여 내경과 외경이 각각 3 mm, 7 mm인 시편을 얻고, 이를 다시 연삭하여 재료정수 (복소투자율 및 복소유전율) 측정용 시편으로 제조 하였다.

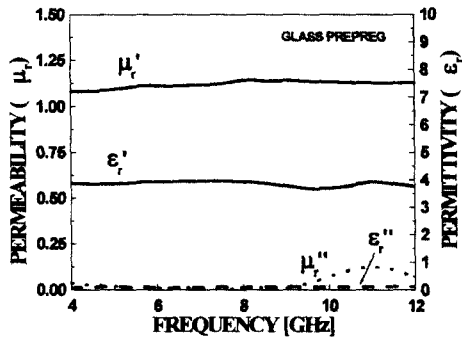
복합재료의 복소유전율 및 복소투자율은 HP 8722D Network Analyzer를 사용하여 투과/반사법으로 측정하였다. APC-7 beadless air line에 내경 3 mm, 외경 7 mm인 시편을 삽입한 다음 반사산란계수 (S_{11}) 및 투과산란계수 (S_{21})를 측정하고, 이들 값으로부터 복소유전율 및 복소투자율을 계산하였다. 측정 주파수 대역은 4~12 GHz이었다.

다층구조 복합재료의 전파흡수능은 각 층 재료의 복소투자율 및 복소유전율과 두께의 함수로 반사손실을 계산함으로써 구하였다.

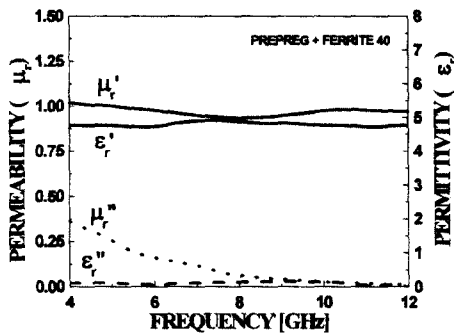
IV. 실험결과 및 고찰

4-1 복소투자율 및 복소유전율

Fig. 2는 유리섬유 복합재료의 복소투자율 및 복소유전율이다. 페라이트가 첨가되지 않은 GP 시편 (Fig. 2(a))의 경우, $\mu_r' \approx 1.1$, $\epsilon_r' \approx 4.0$ 으로 주파수에 따라 일정한 값을 갖고, μ_r'' 및 ϵ_r'' 은 무시할 정도



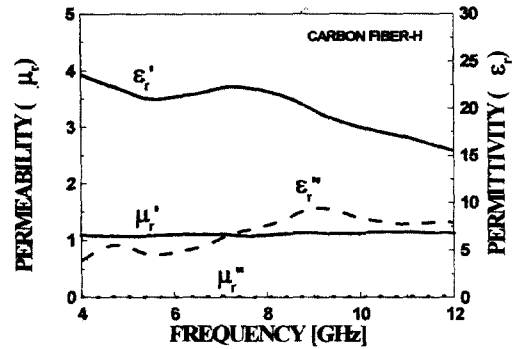
(a)



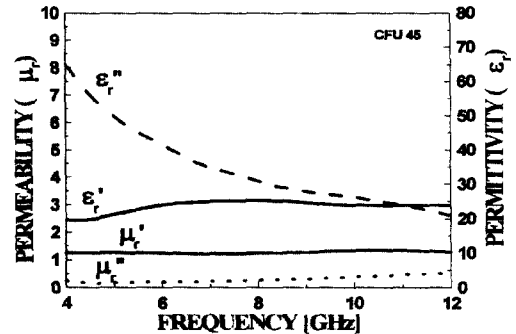
(b)

그림 2. 유리섬유 복합재료의 재료정수. (a) GP (페라이트 충전재 = 0 wt%), (b) GPF 40 (페라이트 충전재 = 40 wt%).

Fig. 2. Material constants of glass-fiber composites. (a) GP (ferrite filler = 0 wt%), (b) GPF 40 (ferrite filler = 40 wt%).



(a)



(b)

그림 3. 탄소섬유 복합재료의 재료정수. (a) CFH, (b) CFU-45.

Fig. 3. Material constants of carbon-fiber composites. (a) CFH, (b) CFU-45.

로 작다. 유리섬유 복합재료에 페라이트가 40 wt% 첨가되면 (Fig. 2(b)), ϵ_r' 은 4.8 정도로 페라이트의 자기손실 특성에 의해 μ_r'' 이 4 GHz에서 0.4 정도의 값을 갖는다.

Fig. 3은 탄소섬유 복합재료의 복소유전율 및 복소투자율이다. 모든 시편에서 μ_r' 은 1.2 정도의 값을 갖고 μ_r'' 은 무시할 정도로 작다. 탄소섬유는 비자성체이기 때문에 이와 같은 특성을 나타낸 것으로 보인다. 이 재료의 특징은 유전상수 및 유전손실이 상당히 크다는 점이고 섬유의 배향에 따라 유전상수 및 유전손실의 변화가 매우 크다는 점이다. 섬유배열이 등방성 (fabric)인 CFH 시편의 경우 (Fig. 3(a)), $\epsilon_r' \approx 20$, $\epsilon_r'' \approx 7.5$ 의 값을 갖는 반면, 이방성 배열 ($0^\circ/45^\circ$ 적층)의 CFU-45시편의 경우 (Fig.

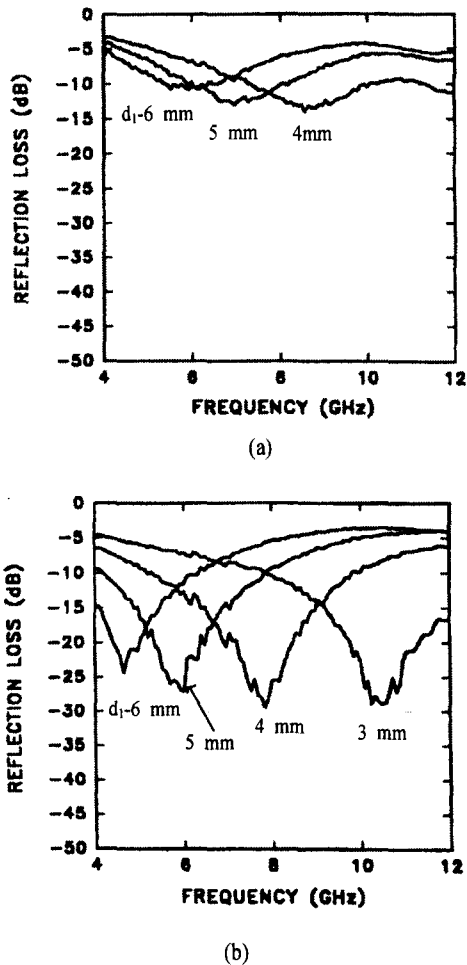


그림 4. 2층형 복합재료의 반사손실.
 (a) GP/CFU-45, (b) GPF40/CFU-45.
 Fig. 4. Reflection loss determined in two layered laminates.
 (a) GP/CFU-45, (b) GPF40/CFU-45.

3(b)), $\epsilon_r' \approx 20$, $\epsilon_r'' \approx 60$ (4 GHz)으로서 매우 높은 도전손실 특성을 보인다. 탄소섬유 복합재료의 경우 섬유의 배향을 달리하여 복소유전율의 제어가 가능하다는 점이 특징이다.

탄소섬유 복합재료의 경우 유전상수 및 유전손실 계수가 크게 나타나는 결과는 탄소 섬유의 높은 전기전도도에 기인한다. 전기전도도가 클수록 인접한 섬유간에 공간전하 분극 (space charge polarization)에 의해 유전상수는 커지게 되고, 섬유장축을 통한 도전손실에 의해 유전손실이 커질 가능성이 높다.^[8]

따라서 섬유배열의 이방성이 심해질수록 (예를 들어, CFU-45 시편) 유전손실이 커지는 주파수 분산 특성을 나타낸다.^[9]

4-2 2층형 전파흡수구조재의 전파흡수특성

2층형 흡수체에서 반사층 재질로 탄소섬유 복합재료를 사용하고 이들 반사층에 유리섬유 복합재료를 부착시켰을 때 식 (5)를 이용하여 반사감쇠량을 계산하였다. Fig. 4(a)는 CFU-45 반사층 (두께 $d_2 = 5$ mm)에 GP 흡수층 (두께 $d_1 = 3-5$ mm)을 부착시켰을 때 계산된 반사손실이다. 전반적으로 -5 dB 이하의 반사손실을 보이나 최소치는 -15 dB를 넘지 못하고 있다. Fig. 4(b)는 GPF40/CFU-45 복합층의 반사손실이다. 여기서 CFU-45 층의 두께 d_2 는 5 mm로 고정하고 CPF40 층의 두께 d_1 은 3-6 mm로 변화시켰다. 흡수층에 페라이트가 약 40 wt% 첨가됨으로써 전파흡수특성의 향상이 현저히 이루어지고 있다. 최대 흡수 주파수는 흡수층의 두께가 커짐에 따라 저주파 대역으로 이동하고, 그 주파수에서 반사손실은 -25 dB 이하가 되고 있다. 흡수층의 두께가 5 mm 일 때 8 GHz 부근에서 -30 dB의 반사손실을 보이고 -10 dB를 기준으로 했을 때 흡수대역폭도 5-10 GHz에 걸쳐 있어 비대역폭 특성 면에서도 그다지 나쁘지 않다. 탄소섬유 복합재료를 반사층으로 하고 유리섬유 복합재료를 흡수층으로 하였을 때 -20 dB 이하의 반사손실을 얻기 위해서는 흡수층에 페라이트 흡수재의 첨가가 필수적임을 알 수 있다.

4-3 3층형 전파흡수구조재의 전파흡수특성

3층형 흡수체의 구성 기준은, 첫째 표면층은 임피던스 변성기능을 하는 것으로 투자율과 유전율이 그다지 크지 않은 재료를 선정하는 것이 중요하고, 둘째 내부로 들어갈수록 전파의 감쇠가 커지도록 손실계수가 큰 재료를 순차적으로 배열하는 것이다. 이러한 선정기준에 맞게 Table I에 제시한 복합재료 중에서 표면층으로 유리섬유 복합재료, 중간층으로 도전손실이 그다지 크지 않은 CFH 복합재료, 배면층으로 도전손실이 매우 큰 CFU-45 복합재료를

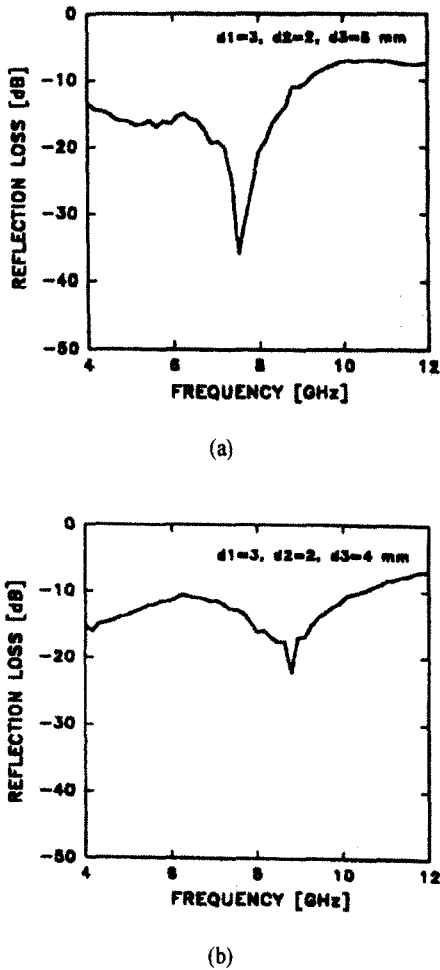


그림 5. 3층 복합재의 반사손실.
 (a) GP($d_1=5$ mm)/CFH($d_2=2$ mm)/CFU - 45 ($d_3=3$ mm)
 (b) GPF40($d_1=4$ mm)/CFH($d_2=2$ mm)/CFU - 45 ($d_3=3$ mm).
 Fig. 5. Reflection loss determined in triple-layered composites.
 (a) GP ($d_1=5$ mm)/CFH($d_2=2$ mm)/CFU - 45 ($d_3=3$ mm)
 (b) GPF40($d_1=4$ mm)/CFH($d_2=2$ mm)/CFU - 45 ($d_3=3$ mm).

사용하였다.

Fig. 5(a)는 GP($d_1=5$ mm)/CFH($d_2=2$ mm)/CFU - 45 ($d_3=3$ mm) 3층형 구조체의 반사손실이다. 7.5 GHz 부근에서 최대 -35 dB의 반사손실을 보이고 4~10

GHz 대역에 걸쳐 -10 dB 이하의 반사손실을 나타내어 비대역폭 특성도 비교적 우수하다. 표면층(GP)의 두께를 증가시키면 최대흡수 주파수는 저주파 대역으로 이동하였다. 반면 중간층(CFH) 및 배면층(CFU-45)의 두께에 따라 반사감쇠량은 큰 변화를 보이지 않았다.

Fig. 5(b)는 GPF40($d_1=4$ mm)/CFH($d_2=2$ mm)/CFU - 45($d_3=3$ mm) 3층형 구조체의 반사손실이다. 전반적으로 -10 dB 이하의 반사손실을 보이나 최대 전파흡수능은 표면층이 GP인 경우에 비해 미약하다. 이 시편의 경우에도 표면층의 두께가 커지면 흡수 주파수는 저주파 대역으로 이동하였다.

Fig. 5의 중요한 의미는 표면 변성층에 페라이트를 첨가시키지 않아도 4~12 GHz 대역에서 -10 dB 이하의 반사손실을 얻을 수 있다는 점이다. 도전손실이 큰 탄소섬유 복합재료를 도전손실 크기 순으로 내부 흡수층에 배열함으로써 페라이트를 함유하지 않는 전파흡수 구조체를 설계, 제작할 수 있다. 페라이트가 첨가됨으로써 파생되는 구조체의 무게 증가, 기계적 특성의 저하를 순수 복합재료의 다층 배열로 피할 수 있다는 점이 중요한 연구결과이다.

V. 결 론

본 연구의 가장 중요한 결과는 섬유강화 복합재료를 이용하여 전파흡수기능이 우수한 경량, 고강도의 전파흡수구조체를 설계하고 반사손실 계산 결과에 근거하여 그 특성을 확인하였다는 점이다. 다층형 전파흡수체의 설계이론을 도입하여 3층 구조의 섬유강화 복합재료 (표면층/중간층/배면층)에서 반사손실을 계산하고 각 기능층에 적합한 복합재료를 선정할 수 있었다. 표면층 재료로는 저유전율 특성의 유리섬유 복합재료를 사용하고, 중간층 및 배면층에는 유전율 및 도전손실이 큰 탄소섬유 복합재료를 사용하여 4~12 GHz 주파수 범위에서 10 dB 이상의 전파흡수특성을 얻을 수 있었다. 표면층 유리섬유 복합재료에 페라이트 충전재가 첨가되지 않음으로써 무게감소 및 기계적 특성의 향상을 이룰 수 있었으며 경량, 고강도의 전파흡수구조체 제작에 상당한 효과가 있을 것으로 기대된다. 이에 반하여 흡수층/반사층으로 구성되는 2층형 전파흡수구조체

에서는 흡수층에 페라이트 충전재의 사용이 필수적이었다. 반사층 재료로 탄소섬유 복합재료를 사용하고 흡수층 유리섬유 복합재료에 페라이트 충전재를 약 40 wt% 첨가함으로써 4~12 GHz 주파수 범위에서 10 dB 이상의 전파흡수특성을 얻었다.

제시한 전파흡수특성은 이론식에 의해 수치모사한 결과이다. 다층형의 흡수체 구조를 취하고 전체 두께가 8~10 mm에 달하기 때문에 동축관 방식에 의해 실제 흡수성능을 측정하지 못하였다. 이러한 문제를 보완하기 위한 시편제조 및 측정방법 (Arch test와 같은 자유공간 반사법)의 개선에 앞으로의 연구가 필요하다.

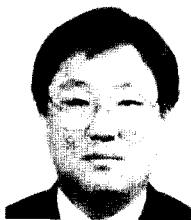
참 고 문 헌

[1] E. F. Knott, J. F. Shaeffer and M. T. Tuley, Radar Cross Section, Its Prediction, *Measurement and Reduction*, Artech House, Inc., 1985.
 [2] B. V. A. Wickenden and W. G. Howell, "Ferrite quarter wave type absorber", *1st Conf. Proc. Military Microwaves*, pp.310-317, 1978.
 [3] S. S. Kim, S. B. Jo, K. I. Gueon, K. K. Choi, J.M. Kim and S. K. Churn, "Complex permeability and permittivity and microwave absorp-

tion of ferrite-rubber composite in X-band frequencies", *IEEE Trans. on Mag.*, 27 (6), pp. 5462-5464, 1991.

[4] 内勝喜之, 水本哲彌, "電波吸收體ゴムフェライトへのカーボン添加効果", *電子通信學會文誌*, J69-C(3), pp.257-261, 1986.
 [5] R. A. Stonier, "Stealth aircraft & technology from World War II to the gulf, part II : applications and design", *SAMPE Journal*, 27 (5), pp.9-18, 1991.
 [6] R. A. Stonier, "Stealth aircraft & technology from world war II to the gulf, part I : history and background", *SAMPE Journal*, 27 (4), pp. 9-17, 1991.
 [7] Technical reports, GEC-Marconi Materials.
 [8] H. C. Kim and S. K. Lee, "Electrical properties of unidirectional carbon-epoxy composites in wide frequency band", *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 23, pp.916-921, 1990.
 [9] W. L. Lee and G. S. Springer, "Interaction of electromagnetic radiation with organic matrix composites", *J. Compo. Mater.*, 19, pp.65-72, 1986.

김 상 영



1984년 2월: 아주대학교 기계공학과 (공학사)
 1990년 2월: 연세대학교 세라믹공학과 (공학석사)
 2000년 2월~현재: 충북대학교 재료공학과 박사과정
 1986년 5월~현재: 금강고려화학(주) 차장

[주 관심분야] 세라믹 전자재료, 기능성 유리, 전파흡수재료

김 성 수



1978년 2월: 서울대학교 금속공학과 (공학사)
 1980년 2월: 한국과학기술원 재료공학과 (공학석사)
 1983년 8월: 한국과학기술원 재료공학과 (공학박사)
 1984년 3월~1992년 2월: 국방과학연구소 선임연구원

1987년 10월~1988년 9월: 미국 Pennsylvania State University 재료연구소 Post-Doc.

1992년 3월~현재: 충북대학교 재료공학과 교수

[주 관심분야] 전파흡수/차폐재료, 세라믹 전자재료, EMI/EMC