

ABS/나노 탄소 입자 복합재의 방음 효과

*이재철¹, 홍영선², 박소희³, 강연준⁴, 안성훈⁵
^{1,2,3,4,5} 서울대학교 기계항공공학부

Soundproof of ABS/nano-carbon-particle composites

*J. C. Lee¹, Y. S. Hong², S. H. Park³, Y. J. Kang⁴, S. H. Ahn⁵
^{1,2,3,4,5} School of Mechanical & Aerospace Engineering, Seoul National University

Key words : ABS/nano-carbon-particle composite, Soundproof, Acoustic absorptivity, Transmission loss

1. 서론

현대 사회의 급속한 발전으로 인하여, 주거공간이나 주거시간에서의 생활형태의 변화에 따라서 가정에서 자주 사용되는 기기들을 중심으로 소음문제가 대두되어 왔으며, 최근에는 유럽을 중심으로 하는 선진국에서는 이에 관한 입법이 검토 중이거나 입안 중에 있다.

이러한 관점에서, 어떻게 효과적으로 사용기기의 소음을 저감할 수 있는가에 대한 연구가 어느 때보다도 활발히 진행되고 있다. 이 중에서도 제품의 생산 이전 단계에서 흡음 및 차음재를 이용하여 소음을 줄이는 기술에 대한 중요성이 점점 높아지는 추세이다.

이에 본 연구에서는 기기 외장에 주로 사용되는 ABS 수지에 나노 탄소를 혼합하여 방음성을 갖는 ABS/나노 탄소 입자 복합재를 구현하는 연구를 수행하였다.

2. 흡음 및 차음

2.1 흡음

공간의 음향 특성은 그 크기와 형태에 그리고 공간 벽의 재료에 따라서 결정된다. 벽에 음파가 부딪치면 일부는 반사되고 나머지는 흡음되어 감쇠되는 부분과 투과되는 부분이 있다.

벽에 입사되는 에너지에 대한 반사에너지와의 비를 반사율이라고 하고, 마찬가지로 흡음 에너지와 투과 에너지를 더한 것과 입사 에너지와의 비를 흡음률이라고 하며, 투과 에너지와의 비를 투과율이라고 한다. (Fig. 1)

흡음의 크기는 흡음률로 나타낸다. 백분율이므로 완전 반사이면 흡음률은 0이고, 완전 흡음이면 1이 되며, 주파수의 함수로 나타낸다.¹

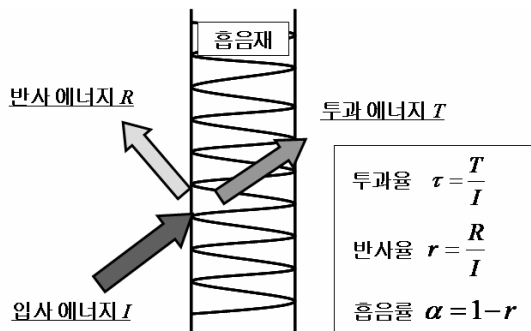


Fig 1. Transmission and reflect of the sound¹

2.2 차음

외부로부터의 소음의 침입을 막고, 실내에서 재생된 음이 외부로 새어 나가서 다른 사람에게 방해가 되지 않도록 하는 것을 차음(insulation)이라고 하며, 벽 구조나 재료에 따라서 차음 정도가 달라진다.



Fig 2. Impedance tube type measuring instrument

벽에 의해서 음을 차음할 경우에 차음되는 정도는 벽의 단위 면적당의 중량과 주파수에 비례하는 질량의 법칙(mass law)으로 결정된다. 이 법칙에 의하면 벽이 무거울수록, 그리고 주파수가 높을수록 차음 성능이 좋아진다. 벽이 어느 정도의 차음 능력을 갖는가는 투과 손실(Transmission Loss: TL)로 정의한다.¹

본 실험의 투과손실 측정은 Fig. 2와 같은 임피던스관 측정기를 사용하였다.

질량 법칙 영역에서의 차음재의 음향투과손실은 다음 식으로 계산할 수 있다.

$$TL(\theta, f) = 10 \log_{10} \left\{ 1 + \left(\frac{\omega m \cos \theta}{2 \rho c} \right)^2 \right\} \quad (1)$$

위 식 (1)에서 f 는 주파수, c 는 음속, ρc 는 공기 특성임피던스, ω 는 각주파수, m 는 차음재의 단위 면적당 질량(면밀도) 그리고 θ 는 차음재 표면의 법선 방향으로부터 접선방향에 이르는 입사음의 입사각도를 나타낸다. 또 통상 차음재로 입사되는 입사음은 입사각도의 제한을 받기 때문에 아래에 제시된 유효입사음($\theta = 0 \sim 78^\circ$)에 대한 질량법칙(filed-incidence mass law)을 만족하는 음향투과손실로 차음 성능을 평가한다.

$$TL_{field}(f) \cong 20 \log_{10}(mf) - P \quad (2)$$

식 (2)에서 P 는 식 (1)에 포함된 상수와 협대역의 차음 성능을 옥타브 대역으로 변환할 때의 옥타브 보정계수값을 포함하는 변수이다. 또 수직입사음에 대한 음향투과손실과 유효입사음에 대한 음향투과손실의 관계는 다음과 같다.²

$$TL_{normal}(f) \cong TL_{field}(f) + 5dB \quad (3)$$

3. 탄소 복합재 시편 제작

본 연구에서는 흡음, 차음 측정 실험에 사용될 시편을 다음과 같이 제작하였다.

열가소성 수지인 ABS와 Fig. 3과 같은 탄소나노튜브와

카본블랙을 미리 설정한 부피 비율만큼 준비하여 탄소 소실에 유의하며 두 재료를 기계적으로 잘 섞어준다. 혼합된 수지와 탄소입자를 열을 이용하여 용융시키면서 혼합시켜준다. 고르게 섞인 혼합물을 Pellet 형태로 만들고, Injection machine의 Barrel과 Nozzle의 온도를 265도로 올려준 뒤, Injection machine에 Pellet를 넣고 금형과 수지에 따라 사출압력과 사출 속도를 설정하여 사출한다. (Fig. 4)

4. 실험 및 결과

본 연구에 사용된 측정 장비는 신호 발생 장치인 Power Amplifier AX7030G, 신호 측정 장치인 1/4" Microphone B&K 4096, 신호 증폭 장치인 Nexus B&K 2690 그리고 신호 측정 및 분석 장치인 HP Analyzer HP 35670A 이다. 사용된 시편은 위의 과정으로 제작된, 직경 29mm, 두께 5mm인 원형 시편이다.

흡음 측정 결과, Fig. 5와 같이 카본블랙을 혼합한 복합재가 카본나노튜브를 혼합한 복합재보다 대체로 높은 흡음률을 나타냈다. 하지만 전체적으로 흡음률이 0.3이하로 나타났으며, 이에 흡음성 재료로 사용하기에는 어려울 것으로 판단된다.

임피던스관으로 음향투과손실을 측정한 결과, Fig. 6과 같이 보통 ABS보다 탄소 입자 복합재의 음향투과손실이 높게 나타났으며, 카본나노튜브 복합재보다 카본블랙 복합재의 음향투과손실이 평균 2~3dB만큼 더 크게 측정되었다.

또한, 탄소 입자의 혼합비율이 높을수록 차음성이 좋아지는 결과를 얻었다. 이는 앞에서 언급한 차음성이 질량법칙을 따른다는 원리와는 상반된 결과이다. 탄소의 혼합비율이 높아질수록 전체 질량은 줄어든다. 하지만 음향투과손실 측정 결과 차음성이 좋아지는 것으로 나타났다. 이에 본 연구에서의 ABS/나노 탄소 입자 복합재는 질량법칙보다는 탄소에 의한 강성(stiffness)의 상승이 차음 효과를 더 높게 만드는 것으로 판단된다.

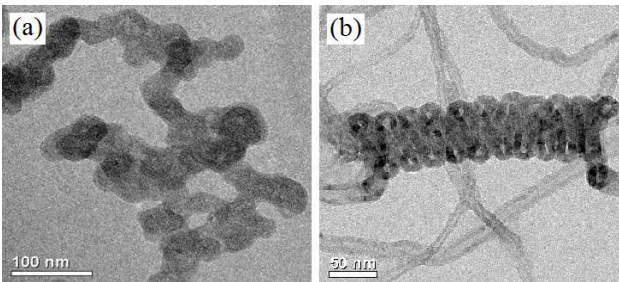


Fig. 3 SEM image of (a) carbon black and (b) carbon nanotube

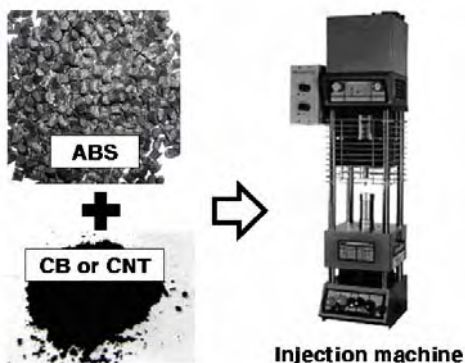


Fig. 4 Manufacturing Process of carbon composite specimens

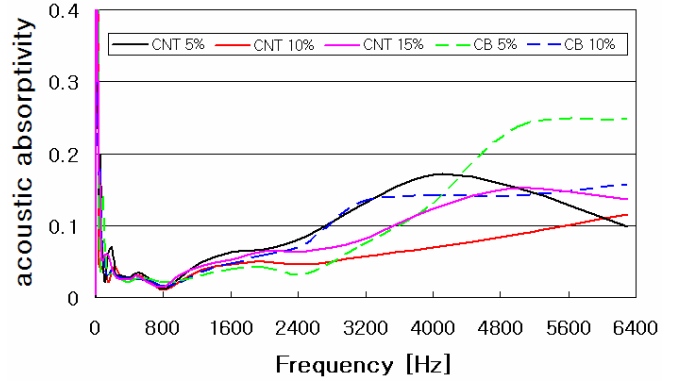


Fig. 5 Acoustic absorptivity of carbon black and carbon nanotube composites

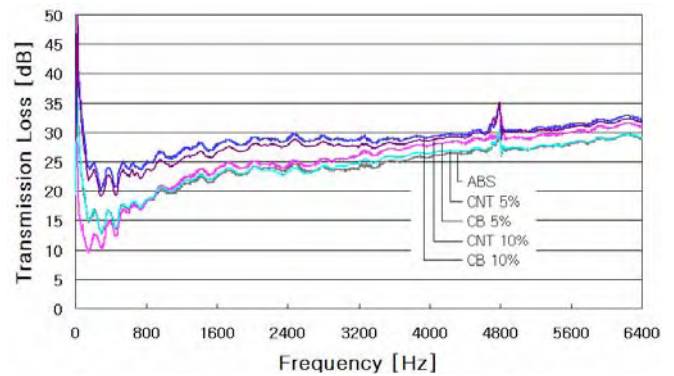


Fig. 6 Transmission loss of carbon black and carbon nanotube composites

5. 결론

본 연구에서는 기기의 외장에 많이 사용되는 ABS의 방음성을 높이기 위해 ABS/나노 탄소 입자 복합재를 제작하였고, 음향 측정 실험을 통해 결과를 확인하였다.

음향 측정 실험 결과, 보통 ABS보다 나노 탄소 입자를 혼합한 복합재의 방음성이 더 좋았으며, 나노 탄소 입자 복합재의 방음효과는 흡음에 의한 것보다는 차음에 의한 것으로 확인되었다.

또한, 탄소 입자의 혼합 비율이 높을수록 음향투과손실이 높아지는 이유는 질량법칙이 아닌 탄소 입자에 의한 강성(stiffness)의 상승이 주요 요인으로 판단되며 이를 밝히기 위한 실험을 계속 진행할 예정이다.

후기

이 논문은 서울대학교 2 단계 BK21 사업에 의해 지원되었으며, 이에 감사 드립니다.

참고문헌

1. 강성훈, “음향 기술 용어 해설집,” 음향기술산업연구소, 2004.
2. 이승, 이동훈, 정성균, 용호택, “Two-Microphone Impedance Tube Method 를 이용한 차음재의 음향투과손실 측정,” 대한기계학회 2002년도 춘계학술대회 논문집, 694-699, 2002.