

ABS/탄소나노튜브 복합재의 방음 효과 Soundproof of ABS/carbon-nanotube composites

*이재철¹, 홍영선¹, 남일광¹, 강연준^{1,2}, 안성훈^{1,2}

*J. C. Lee¹, Y. S. Hong¹, R. G. Nan¹, Y. J. Kang^{1,2}, #S. H. Ahn(ahnsh@sun.ac.kr)^{1,2}

¹ 서울대학교 기계항공공학부, ² 정밀기계설계공동연구소

Key words : Carbon-nanotube(CNT), Composite, Soundproof, Transmission loss

1. 서론

현대 사회의 급속한 발전으로 인하여, 주거공간이나 주거시간에서의 생활형태의 변화에 따라서 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 폴리머에 탄소나노튜브 입자를 혼합하여 차음성을 갖는 폴리머/탄소나노튜브 입자 복합재를 구현하는 연구를 수행하였다.

2. 시편 제작

본 연구에서 사용된 시편은 다음과 같이 제작하였다.

열가소성 수지인 ABS의 펠렛(Pellet)에 탄소나노튜브(CNT, Table 1)를 미리 설정한 부피 비율(volume fraction)에 따라 기계적으로 잘 섞어주었다. 혼합된 수지와 탄소 입자를 열원을 이용하여 용융시키면서 펠렛 형태로 만들었다. 사출성형기(Injection machine)의 배럴(Barrel)과 노즐(Nozzle)의 온도를 255℃로 올려준 뒤, 사출하였다 (Fig. 1).^{1,2} 시편은 CNT가 ABS에 0, 5, 10, 15 vol% 포함된 4가지이며 각각의 시편을 5개 제작하였다.

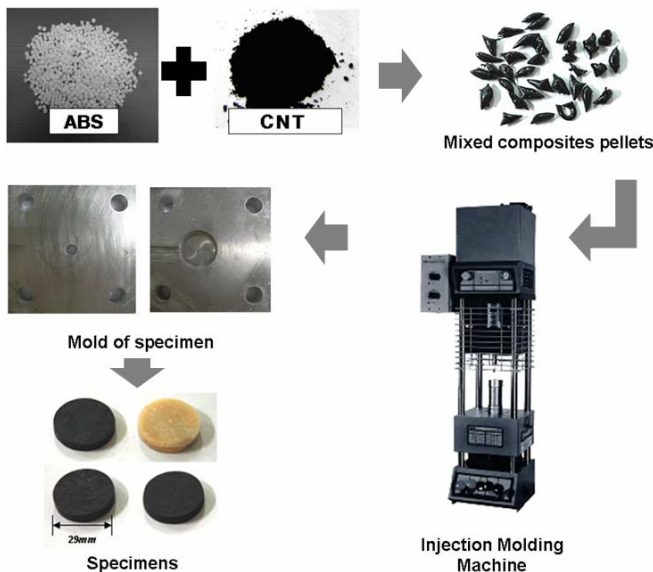


Fig. 1 Manufacturing process of polymer/carbon-nanotube composite specimens.

Table 1 Material properties of multi walled carbon-nanotube (MWCNT)³

MWCNT (ILJIN CM-95)	
Bulk Density	0.1 g/cc
Average Diameter	10~15 nm
Length	10~20 μm
Purity	95 vol% (95 wt%)

3. 차음 측정 실험 및 결과

제작된 시편의 차음특성이 측정되었으며, 이를 위해 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 Analyzer HP 35670A가 사용되었다.

측정된 투과손실 값들의 평균은 Fig. 2와 같이 낮은 주파수에서 높은 주파수로 갈수록 투과손실이 증가하는 경향을 보이고 있으며, CNT의 비율이 증가할수록 투과손실이 증가하는 경향을 보였다.

좀 더 명확한 경향 비교를 위해 일정 주파수(3400 Hz)에서의 각 시편에 대한 투과손실을 Fig. 3과 같이 나타내었다.

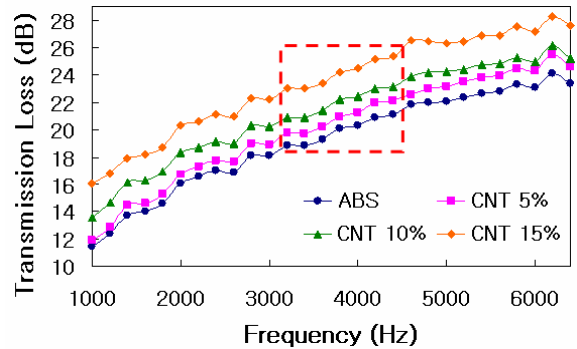


Fig. 2 Transmission loss of polymer/carbon-nanotube composites (1000~6400 Hz).

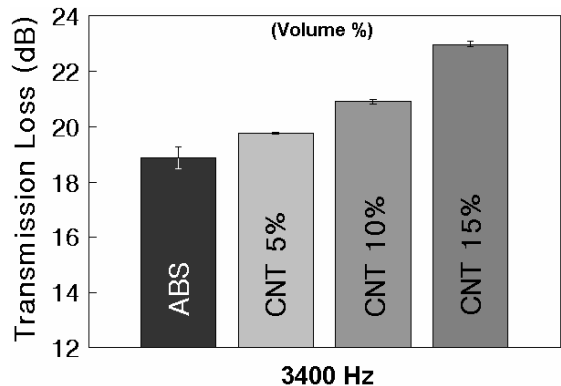


Fig. 3 Comparison of transmission loss of polymer/carbon-nanotube composites at 3400 Hz.

CNT 5%, 10%, 15% 시편의 투과손실 평균값은 ABS 100% 시편의 평균값보다 각각 4.6%, 10.7%, 21.7% 증가하였다.

4. 기타 물성 측정

투과손실 실험 결과의 원인을 분석하기 위해 차음 성능에 영향을 주는 요인들을 조사해보았다.

4.1 밀도 측정

제작된 시편의 질량(무게)과 부피를 측정하여 시편의 밀도를 계산하였다. CNT의 비율이 증가할 때 밀도는 큰 변화를 보이지 않았다 (Fig. 4). 이는 부피 비율을 중량 비율로 변환하면 15 vol%가 2.18 wt% 밖에 안되기 때문이다.

일반적으로 밀도는 차음 특성에 영향을 주는데, 측정된 차음 특성과 측정된 밀도 특성을 비교해 볼 때, 본 연구에서는 질량이 차음 성능 변화에 영향을 미친 주요 원인이 아님을 확인할 수 있었다.

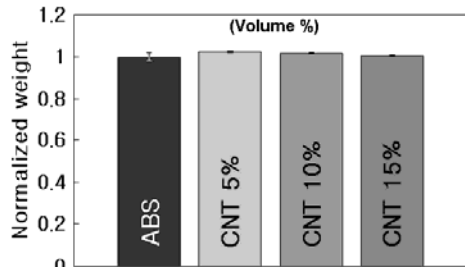


Fig. 4 Normalized weight of polymer/carbon-nanotube composite specimens

4.2 강성 측정

차음성에 영향을 주는 다른 요인인 강성을 마이크로 인덴터(Micro indenter)를 사용하여 측정하였다.

시편의 평균 강성 값은 CNT 부피비가 5%, 10%, 15% 일 때 ABS 100% 시편의 평균 값보다 각각 2.1%, 5.3%, 18.5% 증가하여, CNT의 비율에 어느 정도 비례하는 것으로 나타났다 (Fig. 5). 이것은 Fig. 3의 투과손실과 같은 경향을 나타내고 있어 CNT 비율 증가에 의한 강성 증가가 CNT 시편의 투과손실 증가에 영향을 주는 것으로 판단된다.

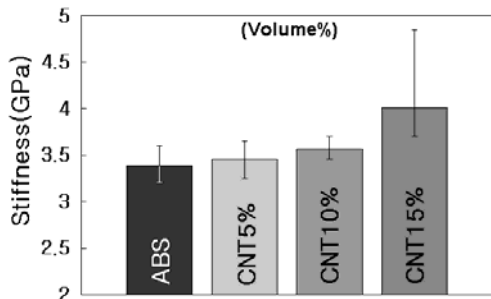


Fig. 5 Measured stiffness of polymer/carbon-nanotube composite specimens by micro indenter

4.3 균일성 및 탄소 분산 조사

구조체에 차음 성능이 나쁜 부분이 존재하는 경우 균일성이 나빠져서 구조체의 총 차음 성능이 급격히 저하된다. 따라서 시편의 균일성과 탄소의 분산 형태를 알아보기 위해 시편의 단면을 수십 마이크로미터 크기로 절단하고 절단된 단면을 광학 현미경을 통해 관찰하였다 (Fig. 6).

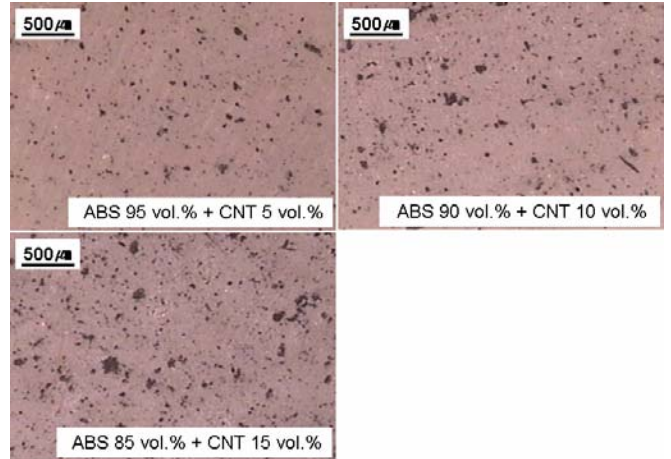


Fig. 6 Cross sections of polymer/carbon-nanotube composite specimens by optical microscope

관찰 결과, 균일성에 영향을 주는 기공이나 틈은 발견되지 않았으며, 탄소의 분산에서는 미세 탄소 덩어리들이 모재인 ABS에 비교적 균일하게 분포되어 있음을 확인할 수 있었다.

5. 결론

본 연구에서는 사용기기 외장에 많이 사용되는 폴리머의 방음성을 높이기 위해 ABS/CNT 복합체를 제작하였고, 음향 측정 실험을 통해 성능 결과를 확인하였다.

음향 측정 실험 결과, CNT의 비율이 증가할수록 차음 성능이 향상되는 것을 확인할 수 있었다.

이의 원인을 분석한 결과, 시편의 CNT 함유 비율 범위에서는 질량(밀도)의 변화는 크지 않은 반면, 강성의 증가가 차음 성능에 영향을 준 주요 원인으로 판단된다.

하지만 사용된 CNT는 아직 고가의 소재이므로, 값이 저렴하면서 차음 성능을 제공하는 다른 종류의 탄소 입자를 이용하는 연구를 진행하고 있다.

후기

이 논문은 서울대학교 2단계 BK21 사업에 의해 지원되었으며, 이에 감사 드립니다. 또한 서울대학교 공학연구소와 ERC (Micro Thermal System Research Center) 관계자 분들께 감사 드립니다

참고문헌

- Hussain, f., Hojjati, M., Okamoto, M., Gorga, R. E., "Review: Polymer-matrix Nanocomposite, Processing, Manufacturing, and Application: An Overview," Journal of Composite Materials, 40, 17, 2006.
- 이재철, 홍영선, 박소희, 강연준, 안성훈, "ABS/나노탄소 입자 복합체의 방음 효과," 한국정밀공학회 2006년도 춘계학술대회논문집, 249-250, 2006.
- Jung, W. K., Ahn, S. H., and Won, M. S., "Effect of Nano Particles and Ion Implantation on the Electromagnetic Shielding of Glass/Epoxy Composites," Journal of Composite Materials, 40, 2, 175-188, 2006.