

폴리에틸렌기지 복합재료의 음향감쇠계수에 대한 강화재의 효과

Effect of Reinforcements on Acoustic Attenuation Coefficient of Polyethylene Matrix Composite Materials

김경섭, 정현규, 홍순형

한국과학기술원 재료공학과

1. 서론

저잡음특성 수중음향탐지기를 개발하기 위해서는 구조설계의 개선[1]과 사용되는 재료의 개발이 필요하다. 잡음은 트랜스듀서로 여러 경로를 통해 전달되는데, 이 전달경로를 차단하려면 낮은 음향임피던스와 높은 음향감쇠특성을 가지는 재료가 필요하다. 재료의 음향 임피던스가 낮은 재료는 금속소재와의 계면에서 음파를 대부분 반사시켜서 전달을 막는 역할을 한다. 낮은 음향임피던스를 만들기 위해서는 밀도가 낮아야 하고, 탄성계수도 작아야 한다. 일반적으로 고분자 재료가 밀도와 탄성계수가 낮으므로 이에 적합하다. 또한, 음향 감쇠특성이 높은 경우 재료 내부에서 많은 양의 잡음을 다른 에너지로 전환할 수 있게된다. 높은 음향 감쇠특성을 얻기 위해서는 원하는 주파수 영역에서 재료가 진동 에너지를 다른 에너지로 변환시키도록 만들어 주면 된다. 감쇠기구로 우선 고려할 수 있는 것은 고분자내부에서 진동을 열로 변환시키는 점탄성특성[2]과, 강화재에 의한 음파의 산란기구[3]를 이용할 수 있다. 복합재료는 일반적으로 단일재료보다 높은 음향감쇠능력이 크다고 알려져 있지만, 강화재가 음향감쇠능력에 어떠한 영향을 끼치는지 정량적으로 연구한 결과는 그렇게 많지 않다[4]. 본 연구에서는 강화재의 크기와 부피분율을 변화시키면서 복합재료에서 강화재가 음향감쇠계수에 어떠한 영향을 끼치는지 연구하고자 한다.

2. 실험방법

측정에 사용된 복합재료에는 8~48 μ m SiC 강화재와 폴리에틸렌 분말을 스펙스밀을 사용하여 혼합한 후, 온도를 올려 용융된 폴리에틸렌 혼합물을 압력을 주어 평판으로 제조하였다. 이때 강화재의 부피분율 및 크기를 변화시키며, 0~40 vol%의 복합재료를 제조하였다. 50%이상의 분말강화복합재료는 제조는 할 수 있었으나 100% 상대밀도의 시편을 얻지 못했다. 이때 성형압력은 복합재료 내부에 기공이 생기지 않는 압력 이상으로 조절하였다.

음향감쇠계수의 측정에는 pulse echo방법을 사용하였다. pulse echo방법은 시편의 표면의 상태와는 상관없이 내부의 음향감쇠계수를 측정할 수 있다는 장점이 있지만, 시편의 음향감쇠계수가 너무 큰 경우 반사파를 관찰하지 못할 수도 있다는 단점이 있다. 음향감쇠계수 측정에는 0.5~2.25 MHz의 broadband transducer를 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3-1. Pulse Echo 측정에서 음향감쇠계수의 계산

Pulse echo 측정법은 하나의 탐촉자를 이용하여 시편내부의 반사파를 측정하는 방법으로 탐촉자와 시편은 Fig. 1 과 같이 놓는다. 측정은 탐촉자에서 시편내부로 음파를 쏘고 재빨리 수신으로 전환하여 되돌아오는 반사파를 수신하는 방법으로 반사파들간의 크기차이를 이용하여 음향감쇠계수를 측정할 수 있다. 이때 음향감쇠계수는 거리에 관한 음파크기의 감소값으로 정의되므로 다음과 같은 식으로 구할 수 있다. 여기서 IL 은 삽입손실이고, TL 은 재료내부에서 음향감쇠가 일어나는 투과손실이며, α 는 음향감쇠계수이다.

$$P_1 = IL + TL + IL$$

$$P_2 = IL + TL + TL + IL$$

$$P_3 = IL + TL + TL + TL + IL$$

$$\alpha = \frac{-1}{2h} \ln \frac{P_2}{P_1} \quad [Neper/m] = \frac{-8.7}{2h} \ln \frac{P_2}{P_1} \quad [dB/m]$$

3-2. 강화재에 부피분율 변화에 따른 음향감쇠계수 변화

강화재의 부피분율을 0~40vol%로 변화시키면서 음향감쇠계수를 측정하였다. 이때 측정주파수는 1.0MHz이고 온도는 18℃, 강화재는 48 μ m를 사용하였다. 음향감쇠계수를 측정한 결과 부피분율이 30vol%일 때 음향감쇠계수가 가장 큰 것을 관찰할 수 있었다. 부피분율이 40vol%로 올라가자 음향감쇠계수는 오히려 더 떨어지는 것으로 측정되었다.

3-3. 강화재의 크기 변화에 따른 음향감쇠계수 변화

강화재의 크기를 변화시키면서 음향감쇠계수를 측정해보았다. 강화재는 8, 24, 48 μ m 세가지 종류를 사용하였으며, 20vol%의 복합재료를 0.5MHz와 1.0MHz의 주파수 영역에서 음향감쇠계수를 측정하였다. 측정하여본 결과 음향감쇠계수는 강화재의 크기가 커짐에 따라 조금 감소했지만, 거의 변화하지 않는 것을 알 수 있었다. 강화재의 크기가 8 μ m에서 48 μ m로 6배정도 증가한 경우 음향감쇠계수는 거의 변화가 없는 것을 관찰할 수 있었다.

3-4. 음향감쇠계수에 대한 강화재의 효과

강화재의 부피분율을 변화시키면서 음향감쇠계수를 측정한 결과 30vol%에서 가장 큰 음향감쇠계수를 얻을 수 있었는데, 이것은 강화재 사이의 거리에 의한 영향으로 보인다. 퍼콜레이션 이론에서와 같이 30vol%이전까지는 강화재가 모두 떨어져 있다고 가정할 수 있기 때문에 강화재가 지지 음파의 전파를 방해하는 방향으로 작용하지만, 30vol%이상에서는 강화재가 충분히 가까워져서 붙어버리는 부분이 발생하여 강화재가 음파를 전달하는 통로로 작용하기 때문에 음향감쇠계수

가 감소한다고 볼 수 있다. 이것은 타 연구자의 결과[5]에서도 30vol%에서 감쇠가 가장 큰 비슷한 결과를 볼 수 있었고 앞으로 더 연구가 진행되어야 할 것으로 보인다.

강화재의 크기를 변화시키면서 음향감쇠계수를 측정한 결과 강화재의 크기변화는 음향감쇠에 큰 영향을 끼치지 못한다는 것을 알 수 있었다. 이것은 grain boundary가 음파의 파장이 충분히 짧을 때는, grain의 크기의 3승에 음향감쇠계수가 비례한다는 Rayleigh scattering[6]과는 매우 다른 음향감쇠기구가 적용된다는 것을 알 수 있다. 음향감쇠계수를 강화재의 크기변화에 따라 log scale로 그려본 결과는 Fig. 4에 나타나 있다.

4. 결론

고분자 복합재료에서 분말 강화재의 크기 및 부피분율을 변화시키면서 복합재료를 제조하여 음향감쇠계수를 측정한 결과 음향감쇠계수는 30vol%의 부피분율에서 최대값을 가졌고, 강화재의 크기에는 큰 상관성이 없는 것을 알 수 있었다. 이것은 grain boundary에서 일어나는 산란효과와는 매우 다른 음향감쇠기구가 적용된다는 것을 알 수 있었다.

5. 참고문헌

- 1) P.R.Anderson, "Low Noise Transducer System", US. Patent: 5,243,566
- 2) B.Hartmann, G.F.Lee and J.D.Lee, "Loss factor height and width limits for polymer relaxations", J. Acou. Soc. Am. vol. 95 no. 1 (1994) pp.226-233
- 3) N.T.Nguyen, M.Lethiecq, B.Karlsson and F.Patat, "Highly attenuative rubber modified epoxy for ultrasonic transducer backing applications", Ultrasonics vol.34 (1996) pp.669-675
- 4) M.G.Grewe, T.R.Gururaja, T.R.ShROUT and R.E.Newnham, "Acoustic properties of particle /polymer composites for ultrasonic transducer backing applications", IEEE. Tra. Sound. Ultra. vol.37 (1990) pp.506-514
- 5) N.T.Nguyen, M.Lethiecq, B.Karlsson and F.Patat, "Highly attenuative rubber modified epoxy for ultrasonic transducer backing applications", Ultrasonics vol.34 (1996) pp.669-675
- 6) R.S.Sharpe, "Research techniques in nondestructive testing Vol.IV," Academic Press, 1980, pp.164-165

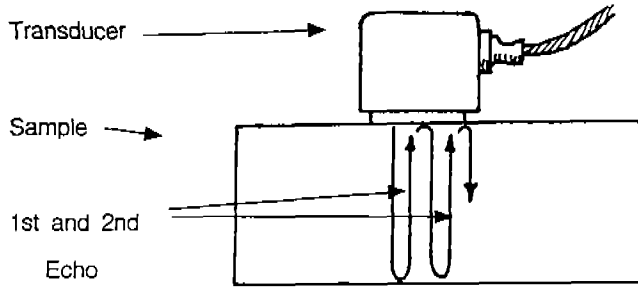


Fig. 1 Pulse echo 측정법에서 탐촉자 설치방법

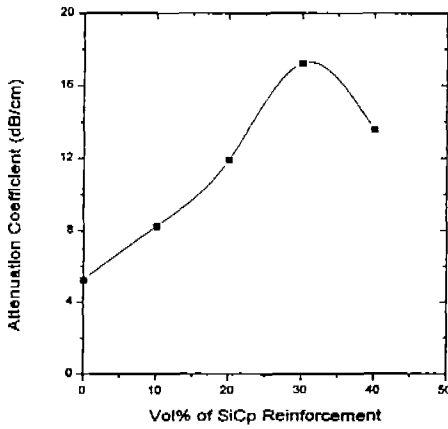


Fig. 2 SiCp/LDPE에서 강화재 부피분율에 따른 음향감쇠계수의 변화

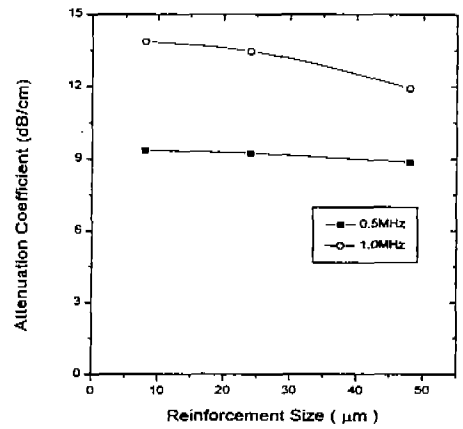


Fig. 3 SiCp/LDPE에서 강화재 크기에 따른 음향감쇠계수의 변화

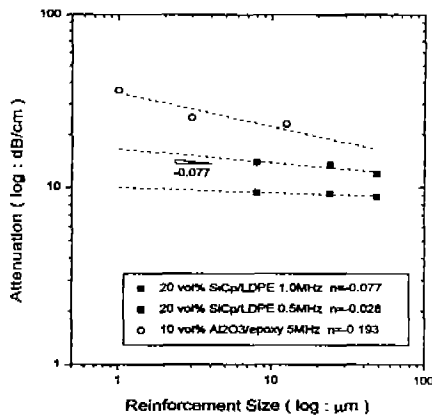


Fig. 4 강화재의 크기가 음향감쇠계수에 미치는 효과