

임피던스 관내의 이온기 변화에 따른 Ionomer 시편의 흡음패턴 측정

장순석^{a*}, 김준섭^{b*}, 이제형^{a**}, 박재철^{a**}

^a조선대학교 전기·제어계측공학부*, 조선대학교 대학원 제어계측공학과**

^b조선대학교 고분자공학과*

A Measurement of In-duct Ionomer's Absorption Coefficient Pattern according to A Change of Ionic Nature

Soon Suck Jarng^{a*}, Joon Seop Kim^{b*}, Je Hyeong Lee^{a**}, Jae Chull Park^{a**}

^aDept. of Electrical Control & Instrumentation, Chosun University*

^aDept. of Electrical Control & Instrumentation, Graduate School, Chosun University**

^bDept. of Polymer Science and Engineering, Chosun University*

E-mail : Gooday25@stmail.chosun.ac.kr

요 약

기존의 고분자 자체를 그냥 쓰거나 (발포체 형태로 만들면 음파가 내부의 공기 층을 통과할 때 주위의 벽과 마찰이나 점성 저항에 의해 음파의 에너지의 일부가 고분자 매트릭스의 열에너지로 변화하여 고분자에 흡수된다) 유리섬유나 석면(광물면), 식물 섬유류를 넣어 복합재료로 만들어 기능성과 물리적인 성질(강도, 치수 안정성, 방염성, 내후성, 단열성 등)을 높여왔다. 하지만 고분자의 이온기에 변화에 따른 음향 특성의 변화에 따른 연구는 없었다.

본 논문에서는 고분자의 흡음 성질을 향상시키기 위해 이온기를 가지고 있는 고분자나 산 혹은 염기 작용기를 가진 고분자를 합성하고 또한 이들 고분자들을 블렌딩하여 이들의 음향학적 성질을 알아보려한다.⁽⁴⁾ 흡음율을 측정하기 위한 방법으로는 2-마이크로폰법을 이용하고 임피던스 관내의 얇고 지름이 작은 시편 샘플들의 음향인자를 측정이 가능하도록 기존에 사용되고 있는 콘덴서 마이크로폰이 아닌 프로브 마이크로폰을 이용하였다.⁽¹⁾ 특별히 실험을 위해 제작된 아이오노머

는 PS, P(S-14.3-AZn²⁺), P(S-14.5-SSNH₄), P(S-6.6-ITANa), P(S-8.95-ITANa) 등의 고분자를 블렌딩한 샘플을 이용하여 흡음 패턴을 측정하였다.

1. 서 론

음파가 어떤 매질을 입사, 통과할 때 음이 가지고 있는 에너지는 다음 3 가지로 변화한다: 매질 표면에서의 반사, 매질의 열운동에 의한 음파의 흡수, 음파의 매질 통과, 결국 부딪친 음파(입사음)는 이 3가지 에너지로 분해되는데, 각각 어느 정도의 비율로 분해되는가는 벽의 재질이나 구조, 표면처리 등에 따라 크게 달라지며, 또 주파수에 따라서 달라진다. 흡음률은 (입사음 에너지 - 반사음 에너지) ÷ (입사음 에너지) 이다. 따라서 흡음률(0부터 1 사이의 값)은 주파수에 따라 다르다.

2. 기본 이론

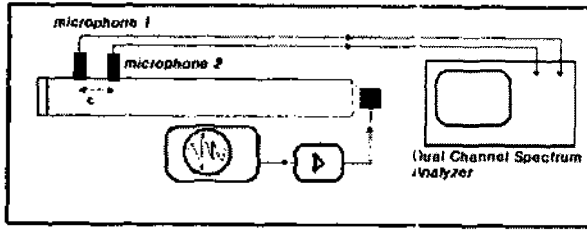


그림 1. 음향관 구조

튜브 내의 음장을 입사파 A와 반사파 B는 다음과 같이 표현했을 때⁽²⁾,

$$P(x) = Ae^{-j kx} + Be^{-j kx} \quad (1)$$

l 은 흡음계 시편에서 마이크로폰까지의 거리, s 는 두 개의 마이크로폰 사이의 거리를, $k = \omega/c$ (ω 는 주파수, c 는 공기중 음속)라고 할 때, 두 개의 마이크로폰에서 측정된 음압 P_1 과 P_2 는 아래와 같고,

$$\begin{aligned} P_1 &= a + jb \\ &= |P_1| \angle (\omega t - t_1) \\ &= |P_1| \angle (2\pi f t - t_1) \\ &= |P_1| \{ \cos(2\pi f t - t_1) + j \sin(2\pi f t - t_1) \} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} P_2 &= c + jd \\ &= |P_2| \angle (\omega t - t_2) \\ &= |P_2| \angle (2\pi f t - t_2) \\ &= |P_2| \{ \cos(2\pi f t - t_2) + j \sin(2\pi f t - t_2) \} \end{aligned} \quad (3)$$

전달함수 H_{12} 는

$$\begin{aligned} H_{12} &= \frac{P_1}{P_2} = \frac{a + jb}{c + jd} \\ &= \frac{|P_1|}{|P_2|} \angle (t_2 - t_1) \\ &= \frac{|P_1|}{|P_2|} \{ \cos(2\pi f(t_2 - t_1)) + j \sin(2\pi f(t_2 - t_1)) \} \end{aligned} \quad (4)$$

계산된 두 음압의 비로부터 반사계수(R)를 구하고, 수직입사 흡음 계수 (α)를 구하였다.

$$R = \frac{B}{A} = \frac{(H_{12} - e^{-jks})}{(e^{jks} - H_{12})} e^{2k(l+s)} \quad (5)$$

$$\alpha = 1 - |R|^2$$

3. 실험

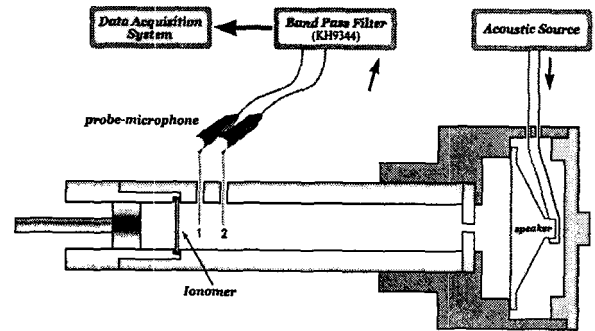
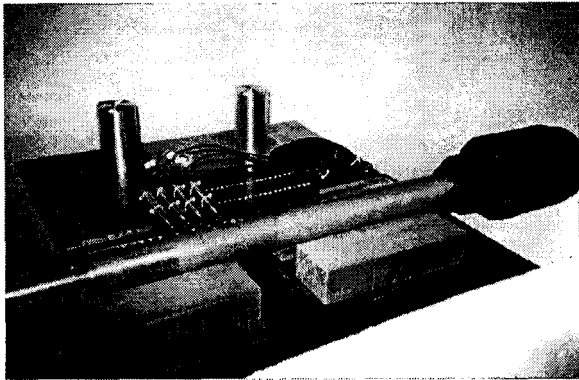


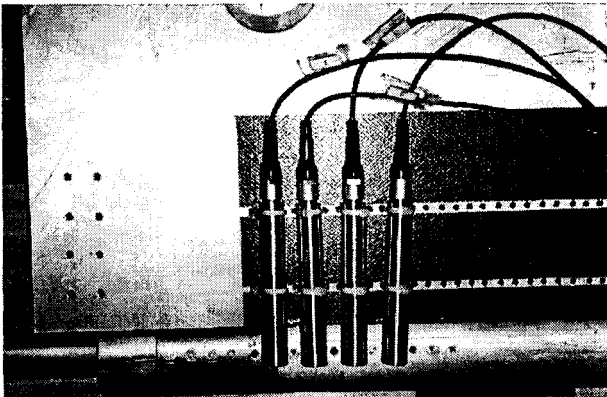
그림 2. 흡음 측정 시스템 구조도

- Probe Microphone : G.R.A.S社 40SA
- Speaker : 300 ~ 4000 [Hz]
- Bandpass Filter : KH 9344
- Data Acquisition System : HP 5452A

음향관 내에 주파수별로 음파를 발생시켜주기 위해 저주파수용 스피커에 Function Generation를 연결하여 발생하는 음의 음압과 주파수를 조정해 주었다. 측정 주파수 대역은 주로 400~1600Hz에서 설정하였다. 그 이유는 2-마이크로폰 법에서는 저주파수용(50Hz~1800Hz)과 고주파수용(1300Hz~5000Hz)에서 측정 위치가 변경되기 때문에 그 Cross-over 주파수 대역 중 1600Hz까지를 설정하여 측정하였다.⁽³⁾ 미리 측정 위치를 변경하기 위해서 음향관에 프로브 마이크로폰을 삽입할 수 있게 1cm 간격으로 10개의 구멍을 가공하였다. 실험은 마이크로폰의 위치를 바꿔서 저주파수용에 맞는 최적의 위치를 결정하였다.



i) 전체 음향관의 구조



ii) 음향관에 고정된 프로브 마이크로폰

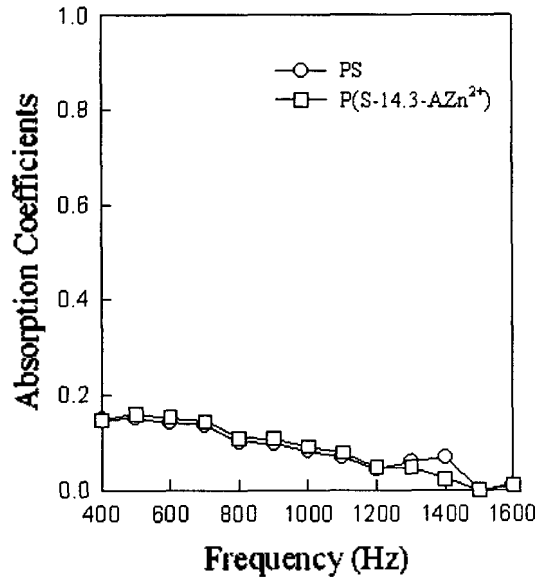
그림 3. 음향관 실험 사진

그림 3 는 실험을 위해 실제 제작된 음향관의 사진으로 i)의 사진에서 보면 전체 음향관은 레이저 전반에 받침대로 고정되어 있다. 파란색 플라스틱은 음향관의 머리 부분으로 스피커를 음향관 내부에 고정시키고 외부로 음압이 새어나가지 않도록 해주고 관내에 평면파를 발생시켜 준다. 프로브 마이크로폰은 알루미늄 받침대에 고정되어 음향관 내에 삽입되어 있다. 뒷부분의 알루미늄봉은 시편에 강제벽을 고정하거나 공기층을 조절해주기 위해 밀고 당길 수 있도록 되어있다. ii)의 사진은 프로브 마이크로폰을 고정하는 받침대 부분의 사진으로 마이크로폰을 고정하고 있는 받침대의 두 개의 기둥을 돌려서 관내에 삽입될 프로브의 높이를 조절할 수 있다.

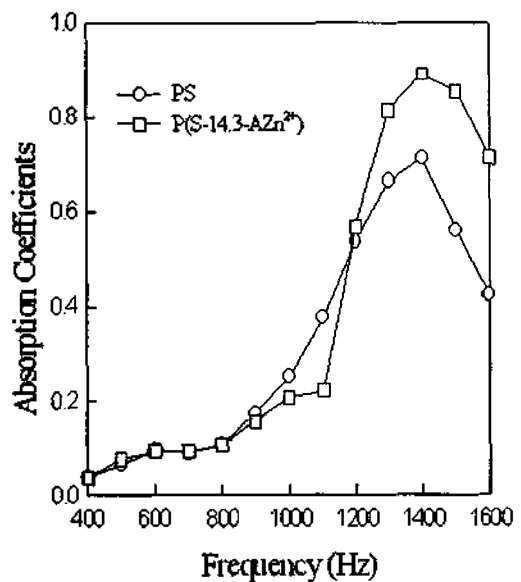
4. 반사 계수 및 흡음 계수

음향관 내부에 각기 다른 첨가물로 블렌딩한 아이오노머 시편을 삽입한다. 두 개의 마이크로폰에서 측정된 음압과 시간차를 구한다. 이 과정에서 두 개의

마이크로폰 자체의 시간 지연과 음압의 차가 존재한다. 이를 보정하기 위해서 스피커의 음압이 무한 방사되는 조건에서 흡음재의 위치를 기준으로 1, 2번 마이크로폰의 위치를 2, 1번으로 바꾸어서 측정한 후 두 결과값 사이에 존재하는 음압의 차와 시간 지연을 측정하였다. 그리고 음향관 자체의 음향 특성값을 보정하여 아이오노머의 흡음 특성을 구하였다.



i) 공기층 0cm



ii) 공기층 2cm

그림 4. PS 와 P(S-14.3-AZn²⁺)의 흡음율

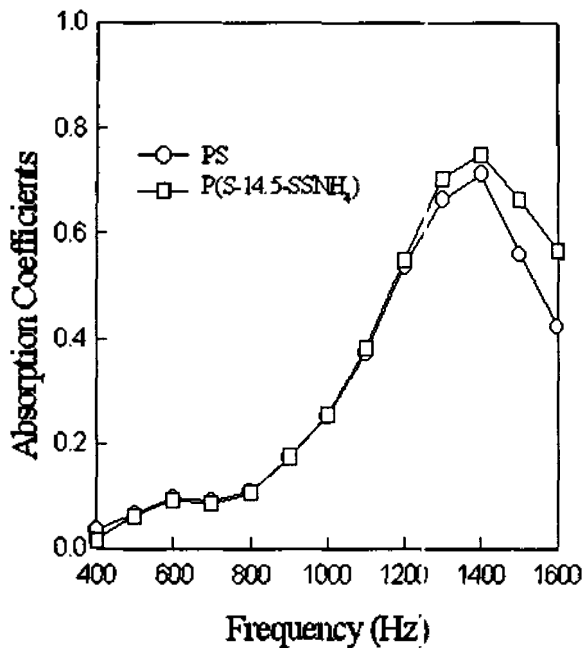


그림 5. PS 와 P(S-14.5-SSNH₄)의 흡음율

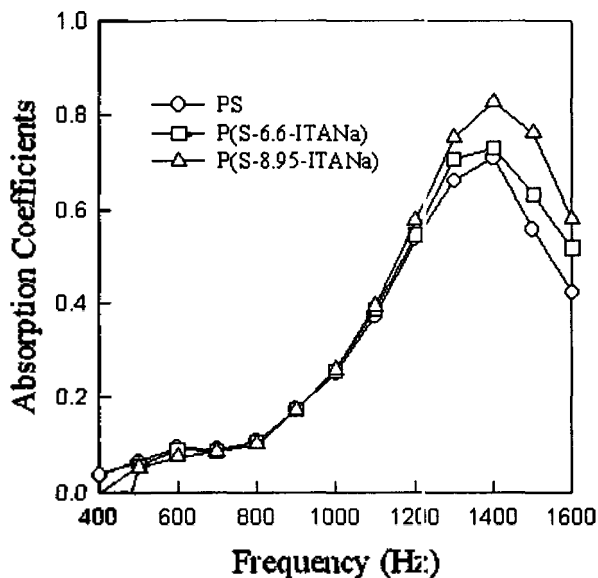


그림 6. PS 와 P(S-CO-ITANa)의 흡음율

5. 결 론

측정된 결과를 보면 거의 모든 샘플은 저주파수대 (400Hz~1000Hz)에서는 낮은 흡음 계수를 나타내다가 1000Hz 이상에서는 급격히 흡음 특성이 좋아짐을 알

수 있다. 주로 1000Hz~1500Hz 사이에서 흡음율이 최고조에 이르는 것을 알수 있다. 대체로 순수한 고분자 보다는 이온기를 가진 고분자에 염기나 산기를 합성하거나 블렌딩한 샘플이 더 좋은 흡음 특성을 보였다. 특히 P(S-14.3-AZn²⁺), P(S-6.6-ITANa)의 샘플에서는 0.8이 상의 높은 흡음율을 보였다.

본 논문에서는 이온기에 따른 Ionomer의 일정한 흡음 패턴을 찾아내지 못했다. 향후 더 많은 실험을 통한 흡음 패턴을 찾아내고자 한다.

후 기

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(1999-2-308-002-3) 지원으로 수행되었음.

참 고 문 헌

- 1) ASTM Standard E1050-90, *Standard Test Method for Impedance Absorption of Acoustical Material Using a Tube, Two Microphones and Digital Frequency Analysis System.*
- 2) '전달행렬법에 의한 다층 흡음시스템의 물리적 성질의 추출과 투과손실의 예측' 이승엽,김진섭,강연준, 한국소음진동학회 1999년도 춘계학술대회논문집,698-702
- 3) '임피던스 튜브를 이용한 수직 입사 흡음률 측정시 새로운 시편 설치 방법', 정성수, 황철호, 한국음향학회 학술발표대회 제20권 제1(s)호,2001, 437-440
- 4) Schlick, S. (Ed) *Ionomers: Characterization, Theory, and Applications*, CRC Press, Boca Raton, FL, 1996.