

중공 섬유를 이용한 자동차 흡음재 성능 향상 연구

The Study on Improvement of Acoustic Performance for Automobile Sound-absorbing Materials Using Hollow Fiber

이 정 욱†·이 수 남***·심 재 현*·정 판 기**·이 원 구***·방 병 주***
Jungwook Lee, Sunam Lee, Jaehyun Shim, Panki Jung, Wonku Lee and Byoungjoo Bang

(2011년 6월 22일 접수 ; 2011년 8월 30일 심사완료)

Key Words : Hollow Fiber(중공 섬유), Sound-absorbing Material(흡음재), Dash Isolation Pad(대쉬 아이솔레이션 패드), Noise Absorption Coefficient(NAC, 흡음률), Articulation Index(AI, 대화 명료도 지수), Noise, Vibration and Harshness(NVH, 소음진동)

ABSTRACT

Generally, sound-absorbing materials in vehicles are used for giving the comfort to passengers by reducing noise while driving. Materials of which targets are light weight, high performance, eco friendliness and recycling have been developed recently. In this study, sound-absorbing materials using PET(polyethylene terephthalate) hollow fibers to achieve the light weight and the high sound absorption performance are developed, and then evaluated to meet a requirement for the automotive components. The test results show that the acoustic performances of developed products having new fiber structure are better than those of the conventional product.

기 호 설 명

de : 데니어(denier)
R : 직경
H : 중공률
S : 표면적

1. 서 론

차량에는 엔진소음, 주행 중 노면 마찰음, 바람소리 등 차량의 내외부에서 발생된 소음이 차량 내부로 유입되는 것을 방지하기 위해 다양한 종류의 흡

음재를 사용하고 있다. 특히 종래의 내연기관 차량과는 NVH(noise, vibration and harshness) 특성이 다른 전기차나 하이브리드(hybrid) 차량의 등장은 현재보다 더욱 향상된 고성능의 흡음재 개발을 필요로 하고 있다⁽¹⁾.

현재 주로 사용하는 흡음재는 우레탄 폼(foam), 화학섬유 부직포, 유리 섬유 부직포 등이 있는데, 이중 PET(polyethylene terephthalate) 섬유로 구성된 부직포는 대량 생산에 따른 가격 경쟁력과 재활용이 가능하다는 장점으로 폭넓게 사용하고 있다. 일반적으로 섬유 집합체 흡음재는 내부 구조, 즉 섬유 표면과 음파 간의 마찰로 음파 에너지가 열에너지로 변환되는 일련의 현상으로 소음을 감소시키기 때문에 섬유 구성을 최적화하는 것이 성능 향상을 달성하는데 무엇보다도 중요하다. 하지만 실제 산업 현장에서 부직포의 흡음성능을 향상시키기 위해 주로 사용하는 방법은 중량 또는 두께를 증가시키는 것이다. 부직포는 중량 또는 두께를 증가시키면 흡

† 교신저자; 정희원, 현대자동차(주) 고분자재료연구팀
E-mail : neostar@hyundai.com

Tel : (031)368-2182, Fax : (031)368-7444

* 현대자동차(주) 고분자재료연구팀

** 현대자동차(주) 기능시험2팀

*** 엔브이에이치코리아(주) 중앙연구소

음 성능은 향상되나 부품 중량 및 가격을 증가시키는 단점이 있으며, 또한 차량과 같은 한정된 공간에 부품의 두께를 증가시키는 데는 한계가 있다.

그와 같은 한계를 극복하기 위해 부직포의 음향 특성과 관련된 많은 연구가 수행되어 왔다. 부직포의 공극률, 유동저항성 등과 같은 음향물성 변화에 따른 흡음 특성 연구가 있었으며, 부직포 조성 및 제조조건 변경을 통해 흡음성능을 향상시키려는 노력이 있었다. 하지만 부직포 제조 공정 조절을 통해 미세 음향 물성을 최적화하여 흡음성능을 향상시키기에는 한계가 있다.

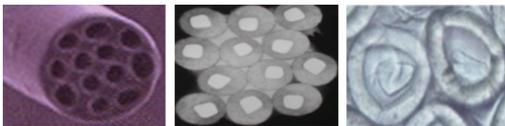
따라서 이 연구에서는 부직포를 구성하는 섬유의 구조 변경을 통한 흡음 성능 향상에 대한 연구를 진행하였다. 이를 위해 기존 섬유와는 구조가 다른 중공 섬유를 흡음성 향상을 위해 사용하였다. 경량화 및 성능 향상에 대해 기존 부직포 흡음재와 비교 검증을 실시하였으며, 최종 차량 평가를 통해 성능 향상 결과를 확인하였다.

2. 이론적 배경

2.1 중공 섬유 흡음재

중공 섬유는 단면 한 가운데에 기공이 형성되어 있는 화학섬유로 탄성이 좋고, 일반 섬유 대비 비표면적이 넓다. 또한 일반 섬유의 겉보기 비중이 1.28 내외인 반면 중공 섬유는 0.98로서 경량 소재로 사용 가능하다.

Fig. 1에 대표적인 중공 섬유 단면을 도시하였다. 일반적으로 섬유는 고분자 물질을 용점 이상의 온도로 가열 용융시킨 고분자 용액을 방사노즐을 통해 압출하여 냉각 고화시킨 후 제조된다. 일반적으로 방사노즐에는 0.1~0.8 mm 직경의 미세한 구멍이 형성되어 있는데, 고분자 물질이 그를 통해 토출되어 나오기 때문에 구멍의 모양, 직경 및 길이 등에 따라 섬유의 구조가 변경된다. (a)는 해도형 중공섬유



(a) Sea-island (b) Conjugate (c) Tri-strand

Fig. 1 Cross-section images of hollow fibers

(sea-island hollow fiber)로서 이종의 고분자를 해도형의 방사노즐을 사용하여 방사한 후 한 성분을 용매에 녹이면 중공이 형성된다. (b)는 콘주게이트형 중공 섬유(conjugate hollow fiber)로서 점도가 다른 동일 고분자를 2엽의 방사노즐을 사용하여 중공을 형성하게 된다. (c)는 다엽형 중공 섬유(multi strand hollow fiber)로서 동일한 성분의 고분자를 2엽 이상의 방사노즐을 사용하여 높은 중공률을 형성하게 된다. 이 연구에서는 부직포 흡음재의 제작이 가능한 두께로 상용화 되어 있는 (b)와 (c)를 이용하였다.

2.2 재료의 흡음 성능

부직포와 같은 섬유 다공성 매체로 음파가 입사되면 음압에 의해 내부 공극의 공기 분자가 진동하게 된다. 이러한 진동은 섬유 구조물 진동, 공기로부터 섬유로 전달되는 열 유동, 그리고 공극의 경계 또는 섬유의 표면에서 발생하는 점성 저항 등과 같은 일련의 현상으로 인하여 열로 변환되는데, 이는 음파에너지를 감쇄시켜 최종적으로 흡음재가 소음을 감소시키는 특성을 나타나게 한다⁽²⁾.

따라서 부직포의 흡음 특성은 섬유의 굵기 및 비표면적, 부직포 두께, 밀도 및 표면처리 등의 인자에 의해 결정된다. 일반적으로 섬유 구조체 내부의 음파와 접촉할 수 있는 비표면적이 증가하면 음파의 점성 손실 효율이 높아지기 때문에 흡음성능이 향상된다. 또한 부직포의 두께가 증가하면 저주파대역 흡음률이 향상되며, 밀도가 높아지면 중고주파대역의 흡음률이 향상된다.

차량 주행 중 실내소음은 1~2 kHz의 성분이 지배적이며, 다공질형 흡음재의 경우 자동차 실내의 반사음을 흡음하여 전체적으로 중·고주파수 대역의 음파를 감쇄시키는 역할을 하여 전체적으로 자동차 실내의 소음을 감소시킬 수 있으며⁽³⁾, 이러한 흡음 특성은 재료의 표면적, 재료의 두께, 재료 내의 좁은 틈새 상태 및 통기성, 재료 뒷면의 공기층 유무에 따라 결정된다.

2.3 자동차 실내소음원

자동차 실내소음원은 구조기인 소음과 공기기인 소음으로 대별된다. 구조기인 소음이란 가진원으로 부터의 진동이 구조물을 매질로 하여 전파되어 판

부로부터 방사되어 들리는 소음으로서 로드노이즈 (road noise)가 대표적이라 할 수 있으며, 노면의 미세한 요철을 가진원인으로 하는 진동이 타이어-스스펜션-고무 마운트-차체 등의 구조물을 통해 전달되어 자동차 실내를 구성하는 판넬을 통해 최종적으로 방사되는 소음이다.

공기기인 소음으로는 엔진 투과음이 대표적인데, 이는 엔진 내의 폭발, 흡배기계의 공명, 기류 등으로 인해 발생한 음파가 엔진과 차실을 분리하는 대쉬 판넬(dash panel)을 투과해서 자동차 실내로 유입되는 음이다.

이와 같이 자동차 실내소음은 구조기인 소음과 공기기인 소음이 복합해서 형성되며, 30~500 Hz에서는 고체음의 기여가 크고, 500~8000 Hz에서는 공기음의 기여가 큰 경향이 있다⁽⁴⁾.

2.4 흡음 성능 평가 방법

자동차용 흡음재의 흡음률을 측정하는 방법에는 수직 입사음에 대한 흡음률을 측정하는 판넬법과 난방향 입사음에 대한 흡음률을 측정하는 간이 잔향실법 두 가지로 일반화 되어 있으나⁽⁵⁾, 측정 환경 면에서 간이잔향실법은 확산음장이 실제 흡음재가 적용되는 환경과 일치하기 때문에 자동차용 흡음재를 개발하는데 주로 간이 잔향실법이 사용된다.

간이잔향실법은 표준 잔향실을 1:3 크기로 축소 하여 제작한 것으로 모든 벽면이 평행하지 않도록 설계되었으며, 흡음률은 흡음재를 간이잔향실에 거치하기 전·후의 잔향시간(60 dB이 감소되는 시간)을 측정하여 각각의 잔향시간을 식 (1)의 세이빈 (Sabine)의 식에 대입하여 계산되어진다.

$$\alpha_s = C \frac{0.163 V}{S} \left[\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_0} \right] \tag{1}$$

여기서,

- α_s = 흡음률
- C = 0.92, 측면효과 보정계수
- V = 간이잔향실의 체적
- S = 흡음재의 표면적
- T_0 = 빈 상태에서의 잔향시간
- T_1 = 흡음재가 있는 상태에서의 잔향시간

2.5 AI(articulation index)

AI(articulation index, 대화 명료도 지수)는 단한

공간 내에서 주파수(1/3 octave band)별 측정된 소음 레벨에 주파수별 인간의 청각 민감도를 반영하여 규정된 AI(단위 : %)값을 부여하고, 이를 관심 주파수 대역(200~10000 Hz)별 값에 대해 합산된 총계로 음질을 평가하는 수치이다. 이는 자동차 내부에서 측정된 소음을 일상 대화시 등장하는 배경 소음이라 정의할 경우, 대화에 대한 방해하는 정도를 표시하게 되며, 그 수치는 0~100 % 범위 내에서 표시된다(0 % : 대화가 불가능할 정도 음질이 열세, 100 % : 일상 대화에 방해가 전혀 없는 조용한 수준을 의미함).

이러한 AI를 이용한 음질평가 방법은 동 규격이 1969년 미국 ANSI. S 3.5 규격으로 제정된 이후, 자동차 실내소음을 평가하는 방법으로 지속적으로 사용되고 있으며, 자동차 실내에서 측정된 소음은 배경 압소음의 스펙트럼으로 처리하여 자동차 탑승자 상호간의 대화에 대한 명료도 평가가 가능하게 된다⁽⁶⁾.

2.6 Partial Overall SPL(sound pressure level)

물체가 진동하면 이 진동이 대기압을 변화시키고, 이 변화가 고막을 진동시켜 소리로서 듣게 되는 것이다. 즉, 소리는 대기압의 압력 변화이며, 이 변동을 음압이라 하며 기준 음압과의 식 (2)의 관계식을 사용하여 음압레벨(SPL, sound pressure level)로 나타낸다. 또한 이러한 음압레벨의 변화에 따른 지각 정도는 Table 1과 같다.

$$SPL = 20\log(P/P_0) \text{ (dB)} \tag{2}$$

여기서,

- $P_0 = 2 \times 10^{-4} \mu\text{bar}$
- P = 대상으로 하는 음의 음압

이러한 음압레벨은 사람의 가청주파수 범위인 20~20000 Hz 사이의 주파수 음압을 각각 1/1옥타브

Table 1 Sensation according to SPL deviation

ΔdB	Perceived loudness
1	Do not feel a change
3	A slight change in feeling
5	Clearly feel change
10	Feeling the changes as a double
20	Feeling the changes as a quadruple loudness

나 1/3옥타브 밴드별 음압레벨을 대표값으로 합성한 overall SPL값이 사용된다. 그러나 자동차용 흡차음재의 경우 통상적으로 실내소음의 관심주파수인 315-6300 Hz 범위로 한정하여 1/3 옥타브 음압이 합성된 partial overall SPL값이 주로 사용된다.

3. 흡음재 제조 및 흡음 성능 평가

이 연구에서는 Table 2와 같이 중공률과 선밀도(denier), 구조가 다른 중공 섬유를 각각 사용하여 흡음 성능 평가용 부직포 흡음재를 제조하였으며, 비교 평가를 위해 6데니어(denier, de)의 일반(regular) PET 섬유를 사용하여 기존 제품을 제조하였다. 또한 부직포 제조 공정은 니들펀칭(needle punching) 공정과 열 압착 공정을 각각 이용하였다. 데니어는 섬유의 선밀도 단위로서 섬유길이가 9000 m일 때 섬유의 중량이다. 따라서 6데니어는 9000 m 길이 섬유의 중량이 6 g이라는 것을 의미한다.

최종적으로 부품으로 제조하여 실차 성능 평가를 진행하기 전 선행평가로서 흡음재의 흡음 성능 평가를 ISO R 354의 시험방법에 따라 간이잔향실법으로 흡음 성능 평가를 진행하였다.

3.1 니들펀칭 부직포 제조 및 성능 평가

(1) 니들펀칭 부직포 제조

상기에 기술한 중공 섬유와 저융점 PET(low melting PET) 섬유를 일정 비율로 혼섬한 후 카딩(carding)과 니들펀칭 공정을 거쳐 500 g/m², 650 g/m²의 부직

포를 제조하였으며, 비교 평가용 기존 제품도 동일한 방법을 이용하여 800 g/m², 1000 g/m²의 부직포를 제조하였다. 이후 예열 후 냉간 급형으로 압착하여 두께 5 mm의 니들펀칭 부직포를 제조하였다.

(2) 니들펀칭 부직포의 흡음 성능 평가

중공 섬유를 사용한 부직포의 흡음성능을 기존 일반 섬유 제품과 비교 평가하였다. 그 결과는 Fig. 2와 같다. 중공 섬유 부직포의 밀도가 650 g/m²의 경우 기존 일반 섬유 부직포 1000 g/m² 제품과 동등 수준의 흡음률(noise absorption coefficient, NAC)을 나타내었다. 특히 삼엽 중공 섬유 부직포는 밀도가 500 g/m²로 경량화되어도 밀도 1000 g/m²의 일반 섬유 부직포와 동등 수준의 흡음률을 나타내었다.

단면 형상, 즉 중공률에 따른 중공 섬유별 흡음률은 Fig. 3과 같다. 중공률이 34%인 삼엽 중공, 30%인 콘주게이트 중공, 22%인 이엽 중공 순으로 흡음성능이 향상되었다.

그와 같은 결과는 음파와 점성 손실이 발생하는 비표면적이 일반 섬유 대비 중공 섬유가 상대적으로 높고 중공률이 높아질수록 점성 손실을 위한 비표면적이 넓어지기 때문인 것으로 판단되었으며, 중공률이 높을수록 흡음 성능에 유리하여 부품으로 개발 시 기존 제품 대비 중량 저감이 가능할 수 있다는 것을 예상하였다. 하지만, 콘주게이트형과 같이 섬유 구조상 반발탄성이 큰 것은 흡음 성능에 크게 기여하지 않은 것으로 판단되었으며, 차량의 실내소음 저감에도 크게 기여하지 않을 것으로 예상하였다.

3.2 열융착 부직포 제조 및 성능 평가

(1) 열융착 부직포 제조

니들 펀칭 부직포의 흡음률 측정 결과 중공률 34%의 삼엽 중공 섬유가 흡음 성능에 가장 유리한 것으로 나왔기 때문에 열융착 부직포는 삼엽 중공 섬유만을 평가하였다. 또한 두께 20 mm 이상으로 800 g/m² 이하의 부직포는 열융착 공정으로 제조하기에는 공정상 제약이 있기 때문에 이 연구에서는 중공 섬유 부직포 밀도를 800 g/m²으로 한정하였다.

삼엽 중공 섬유와 저융점 바인더 섬유를 일정 비율로 혼섬한 후 카딩 공정으로 800 g/m²의 웹을 형성한 후 열압착 공정을 이용하여 두께 20 mm의

Table 2 The property of fiber for nonwoven

Sample ID	Cross section	R (μm)	de	H (%)	S (mm ²)
BASE	 Regular type	24.8	6	0	4.98
ALT1	 Conjugate type	54.8	6	30	18.54
ALT2	 Two-strand type	46.7	6	22	13.39
ALT3	 Tri-strand type	64.3	7	34	20.45

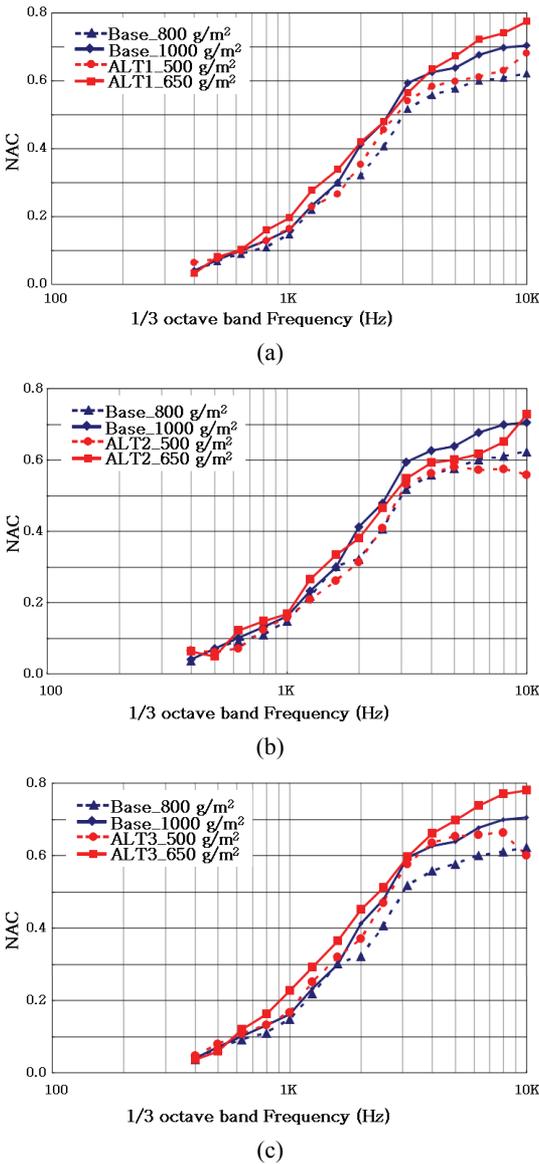


Fig. 2 NAC comparison between hollow fiber and regular fiber

부직포를 제작하였다. 또한, 비교 평가용 기존 제품도 동일한 방법으로 1000 g/m²의 흡음재를 제조하였다.

(2) 열융착 부직포의 흡음 성능 평가

Fig. 4와 같이 열융착 부직포 역시 중공 섬유를 사용하면 기존 제품 대비 저중량으로 흡음성이 향상되는 것을 확인할 수 있었으며, 부품으로 개발 시

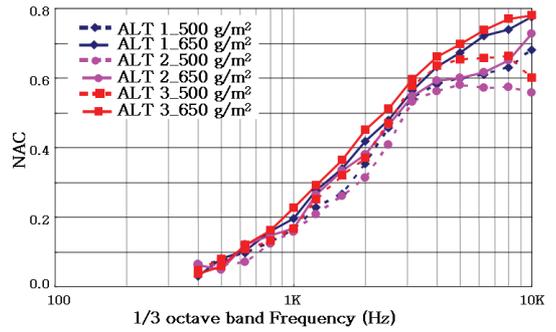


Fig. 3 Effect of hollow ratio on sound absorption properties

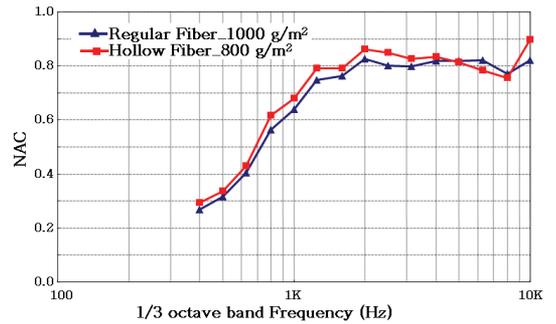


Fig. 4 NAC comparison between hollow fiber and regular fiber in the case of thermal bond nonwoven

기존 제품 대비 중량 저감이 가능할 수 있다는 것을 예상하였다. 하지만 열융착 부직포의 경우 흡음재의 두께 효과인 섬유 간 공극의 증가로 인하여 니들펀칭 부직포에서 발생한 중량 대비 흡음률 차이는 크지 않은 것으로 판단되었다.

4. 실차 시험을 통한 최종 검증

4.1 대쉬 아이솔레이션 패드(dash isolation pad) 시제품 제작

일반적으로 승용차에 장착되는 대쉬 아이솔레이션 패드(dash isolation pad)는 Fig. 5와 같이 엔진룸과 차량의 실내 사이의 대쉬 판넬에 장착되는 부품으로 엔진 소음이 차량 실내로 유입되는 경로에 위치하여 소음을 차단하는 차음재 역할과 실내로 유입된 소음이 반사될 때 이를 흡음하는 흡음재의 역할을 수행한다. 일반적으로 소음 저감 성능을 극대화하기 위하여 다층 구조로 구성되며 장착 위치 및 제품 형상은

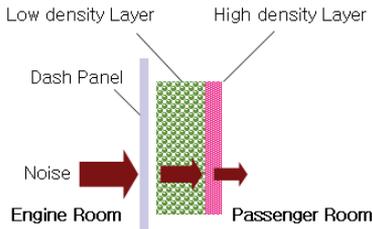


Fig. 5 Function of dash isolation pad



Fig. 6 Mounting position and shape of dash isolation pad

Fig. 6과 같다.

(1) 중형 승용차용 시제품 제조

중형 승용차용 시제품은 전술한 니들 펀칭 부직포의 흡음 성능 평가 결과에 기초하여 제작하였다. Table 3과 같이 니들펀칭 부직포층은 일반 섬유, 콘 주게이트 섬유, 삼엽 중공 섬유로 각각 구성되었다. 최종 평가용 시제품은 니들 펀칭 부직포를 제작한 후 부품 형상으로 성형하고 그 상부에 polyurethane (폴리우레탄, 이하 PU)를 밀도 85 kg/m³이 되도록 발포하여 제작된다. 이 연구에서는 중공 섬유의 경량화 및 성능 향상을 확인하기 위해 PU 층은 동일한 밀도로 한정하였다.

(2) 소형 승용차용 시제품 제조

소형 승용차용 대쉬 아이솔레이션 패드는 일반적으로 니들펀칭 부직포 상부에 PU를 발포하여 제작되거나 니들펀칭 부직포 상부에 열융착 부직포를 적층하여 제조된다. 이에 전술한 부직포 흡음성능 평가 결과에 기초하여 비교 평가용 제품은 일반 섬유를 사용하여 800 g/m²의 니들펀칭 부직포를 제조하여 성형한 후 그 상부에 PU 85 kg/m³을 발포하여 기존 제품(case #1)을 제조하였고, 일반 섬유를 사용하여 800 g/m²의 니들펀칭 부직포와 1000 g/m²의 열융착 부직포를 제조한 후 성형 공정을 통해 기존 제품(case #2)를 제조하였다. 삼엽 중공 섬유의 흡음

Table 3 Sample list of medium sedan evaluation

Sample ID	Part weight(g)	Material composition (density)	Note
Case 1	2,861	Regular PET(1000 g/m ²) + PU(85 kg/m ³)	Existing product
Case 2	2,018	Conjugate hollow PET (650 g/m ²) + PU(85 kg/m ³)	Prototype
Case 3	1,788	Tri-strand hollow PET (500 g/m ²) + PU(85 kg/m ³)	Prototype

Table 4 Sample list of small sedan evaluation

Sample ID	Part weight(g)	Material composition (density)	Note
Case #1	2,430	Regular PET(800 g/m ²) + PU(85 kg/m ³)	Existing product
Case #2	2,060	Regular PET(800 g/m ²) + regular PET (1000 g/m ²)	Existing product
Case #3	1,770	Tri-strand hollow PET (500 g/m ²) + tri-strand Hollow PET (800 g/m ²)	Prototype

능능이 선행 평가에서 가장 우수한 것으로 검증되었으므로 소형 승용차 실차 시험은 삼엽 중공으로 한정하였으며, PU와 중공 섬유 부직포로 구성된 제품에 대한 성능 평가는 중형 승용차에서 실시하므로 소형 승용차에서는 삼엽 중공 섬유를 사용하여 500 g/m²의 니들펀칭 부직포와 800 g/m²의 열융착 부직포를 제조한 후 성형 공정을 통해 시제품(case #3)을 제조하였다. 이를 통해 고밀도의 PU를 경량의 중공 섬유 부직포로 대체할 수 있는지를 검증하였다. 소형 승용차 실차 평가용 샘플 구성은 Table 4와 같다.

4.2 실차 성능 평가

이 연구에서 진행한 실차 성능 평가는 무향실에서 수행하였으며, 자동차 완성차 업체에서 주로 NVH 성능을 평가하는 기준인 2단 기어 급가속(WOT, wide open throttle) 조건으로 시험하였다. 소음은 전석의 경우 운전석의 오른쪽 귀 위치에서 측정하였으며, 후석의 경우 뒷자석의 중간 위치에서 측정하였다. 또한 측정 주파수는 partial overall SPL의 경우 315~6300 Hz이었으며, AI의 경우 200~6300 Hz이었다.

Fig. 7과 Fig. 8은 실차 주행 시 3000~5000 rpm 구간의 각각 중형 승용차와 소형 승용차의 전석과

후석의 1/3 옥타브 스펙트럼 평균값이며, 이 스펙트럼으로부터 AI 및 partial overall SPL을 구하였다.

(1) 중형 승용차 평가 결과

중형 승용차를 대상으로 실시한 성능 평가 결과는 Table 5와 같으며, 단품 흡음률 시험에서 나타났던 경향이 중공 섬유를 사용한 시제품에서도 유사하게 나타났다. 즉, 기존 제품인 case 1 대비 시제품 case 2와 case 3의 경우는 중량이 각각 29.5%와 37.5%가 저감된 수준으로 기존 중형차에서 발생하는 유사한 소음 수준을 달성할 수 있음을 확인할 수 있었다. 일반적으로 흡음재의 중량이 감소되면 NVH 성능이 저하되는데, 이 결과에서는 흡음재 중량 저하에도 불구하고 동등 수준의 NVH 성능을 보여주고 있다. 이는 Table 2에서 도시한 것처럼 중공 섬유의 표면적이 일반사 대비 3~5배 넓기 때문에 경량화를 하여도, 고중량의 일반 섬유 집합체와 동등 수준 이상의 음파 점성 손실을 위한 비표면적을 보유하고 있기 때문인 것으로 판단된다.

이는 NVH 성능을 향상시키기 위해 섬유 중량 상향과 같은 거시적인 인자 조정을 통하지 않고서도 섬유 내부 구조를 제어하여 NVH 성능을 향상시킬 수 있는 가능성을 제시한다. 전석의 경우 소음레벨이

1.4 dB 증가하기는 하였으나, 일반적으로 인간이 인지할 수 있는 음압레벨 변화는 3 dB 이상이므로 음압레벨 측면의 성능 저하는 미미한 것으로 판단된다. 단품 흡음률 시험에서 확인하였던 중공률이 높을수록 흡음 성능에 유리하다는 경향성을 실차 성능에서도 확인할 수 있었으며, 콘주게이트형과 같이 섬유 구조상 반발탄성이 큰 것은 실차 성능에서도

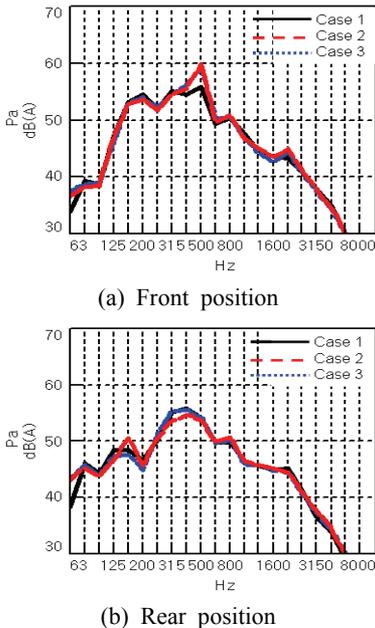


Fig. 7 1/3 octave spectrum of medium sedan

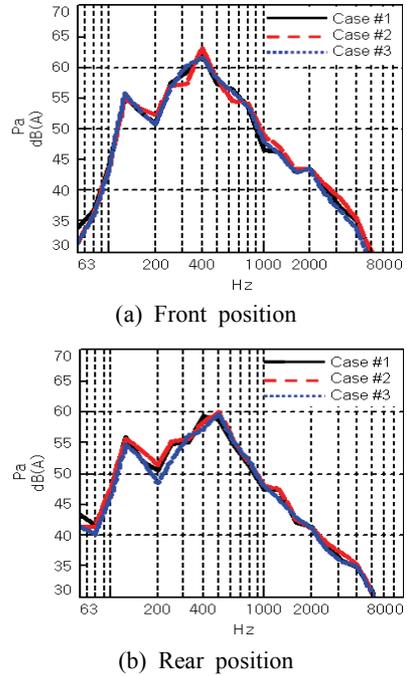


Fig. 8 1/3 octave spectrum of small sedan

Table 5 Assessment of medium sedan driving noise

Sample ID	AI(%)		Partial overall SPL(dB)	
	Front seat	Rear seat	Front seat	Rear seat
Case 1	80.8	80.8	61.7	61.6
Case 2	79.4	80.5	63.2	60.9
Case 3	80.4	80.7	63.1	61.7

Table 6 Assessment of small sedan driving noise

sample ID	AI(%)		Partial overall SPL(dB)	
	Front seat	Rear seat	Front seat	Rear seat
Case #1	77.1	77.8	66.4	65.5
Case #2	75.6	77.9	67.0	65.2
Case #3	77.1	78.8	66.0	65.3

크게 기여하지 않은 것을 재확인 할 수 있었다.

(2) 소형 승용차 평가 결과

소형 승용차를 대상으로 실시한 성능 평가 결과는 Table 6과 같다. 소형 승용차로 평가한 결과 역시 기존 제품인 case #1과 case #2 대비 시제품 case #3의 경우 중량이 각각 27.2%와 14.1%가 저감된 수준으로 기존 소형 승용차와 동등 소음 수준을 달성할 수 있음을 확인할 수 있었는데, 이 역시 중형 승용차의 평가결과에서 기술한 중공 섬유 부직포의 고흡음성에 기인한 것으로 판단된다. 또한, 경량의 중공 섬유를 소프트 레이어 흡음재로 사용하였을 경우 고중량의 PU 소프트 레이어 흡음재와 동등 수준 이상의 성능을 발휘할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.

5. 결 론

이 연구에서는 자동차 NVH 부품의 경량화를 위해 중공 섬유를 이용한 대쉬 아이솔레이션 패드를 개발하였으며 성능 향상 효과를 확인할 수 있었다. 부품 원소재인 부직포 및 대쉬 아이솔레이션 패드 제품을 제조한 후 흡음률 측정 및 실차 성능 시험을 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

중공 섬유 부직포는 기존 일반 섬유 부직포 대비 구멍 섬유의 비표면적 증가로 인하여 입사 음파 에너지가 섬유 표면과의 점성 저항 등에 의하여 열 에너지로 변환될 수 있는 표면적이 넓기 때문에 기존 제품 대비 저중량으로 흡음성 향상이 가능하다.

또한 중공 구조의 단면 형상, 특히 중공률이 높아질수록 흡음성능 향상 효과가 증대됨을 확인하였다.

최종적으로 실차 성능 평가를 통해 기존 제품 대비 중량을 저감하여도 동등 수준 이상의 NVH 성능 유지가 가능하다는 것을 재확인할 수 있었다. 또한 PU 흡음재를 중공 PET 흡음재로 대체할 경우 경량화 이외에 복합 소재의 소재 단일화를 통한 친환경 부품으로 개발이 가능하다.

끝으로 이 연구를 통해 성능 저하 없는 NVH 부품 경량화를 달성할 수 있었다. 부품 경량화는 엔진 효율을 높여 연비를 향상시킬 수 있으며, 환경유해 물질 방출 저감에 효과적이다. 실례로 차량 중량을 10% 절감할 때마다 연비는 6% 증가한다는 연구

결과가 발표된바 있다⁽⁷⁾.

중공 섬유를 사용한 흡음재는 지금까지 언급해온 대쉬 아이솔레이션 패드 이외의 부품에 사용할 수 있으며 자동차 NVH 부품의 경량화 및 성능 개선에 크게 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

(1) Barry, W., Bob, B., Mike, D., Anita, C., Pranab, S. and Rod, H., 2003, Automotive Noise and Vibration Control Practices in the New Millennium, SAE 2003-01-1589.

(2) Choi, J. M., Jun, I. K., Lee, S. C., Maeng, J. Y., Kim, J. S. and Youn, H. J., 2004, Development of Database for the Relation between Biot's Parameters and Acoustic Performance based on RSM, Proceedings of the KSAE Annual Spring Conference, pp. 1218~1224.

(3) Lee, W. K., Park, B. H., Yoon, H. J., Kim, J. S. and Maeng, J. Y., 2004, The Optimization of Interior Acoustic Package of Vehicle using the Sound Absorbing Materials, Proceedings of the KSAE Annual Spring Conference, pp. 1212~1217.

(4) Park, N. C., Kim, Y. C. and Park, C. R., 1997, The Effect of Additives on Sound Absorption Coefficient of Polyurethane Foam, J. of Korean Ind. & Eng. Chemistry, Vol. 8, No. 2, pp. 197~203.

(5) Kang, D. J., Lee, J. W., Gu, J. H. and Park, H. K., 2007, Comparison of Absorption Coefficient According to Test Methods, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 17, No. 5, pp. 373~378.

(6) Lee, C. K. and Kim, J. T., 1997, Effect on Vehicle Interior Sound Quality due to Surface Treatment, Proceedings of the KSAE Annual Spring Conference, pp. 271~274.

(7) Cheah, L., Heywood, J. B. and Kirchain, R., 2010, The Energy Impact of U.S. Passenger Vehicle Fuel Economy Standards, IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology Conference, Washington, D.C.