

흡음재의 종류에 따른 진공청소기의 흡음성능 특성 연구

A Study on Acoustic absorption Efficiency of Vacuum cleaner by Kind of Acoustic absorbent

김정훈[†] · 조태정* · 정지원** · 최명진*** · 이순걸****

Kim J.H. · Cho T.J. · Jeong J.W · Choi M. J. · Lee S. G

Key Words : acoustic absorbent(흡음재), vacuum cleaner(진공 청소기), muffler chamber system (흡음방)

ABSTRACT

Vacuum cleaner, one of those household articles, have easily used in our life. Recently vacuum cleaner tends to be compact and portably with high suction power and low noise. As increasing this suction power, the vibration and noise of vacuum cleaner become important problem. To reduce noise efficiently, it is important to identify the noise and the vibration. This paper is to characterize the noise and vibration of a vacuum cleaner.

1. 서론

가전제품에 대한 고객들의 소음에 대한 인식이 증대되고, 특히 진공청소기의 보급률이 점차 높아지면서 사용자들의 소음에 대한 반응이 점차 예민해지고 소음 저감에 대한 필요성이 점점 커지고 있다.

최근 환경문제가 소비자들에게 크게 부각되면서 대기오염 및 온난화 방지, 그리고 에너지 소비규제 못지않게 소음에 대한 규제도 예상되는 바, 이에 대한 해결기술도 각 산업 전반에 많은 영향을 미치면서 꾸준히 연구되고 있다. 특히 소비자들의 경제 수준 향상 및 의식변화로 소음저감에 대한 기술개발노력이 매우 빠르게 진행되고 있다. 이러한 추세에 따라 소비자들은 소음에 대한 민감한 반응을 보이고 있고, 상품 구입시 디자인, 성능 및 기능 등 이외에도 운전소음 정도를 면밀히 검토하여 선택을 하며, 특히 거실에서 TV 시청 및 오디오 청취 등에 민감한 영향을 주지 않는 소음수준을 갖는 상품을 구입하고 있다.

청소는 힘든 가사 노동으로 최근 주거환경이 서구화 되어 감에 따라 침대나 카펫, 소파 등이 보편화되어 집안 청소를 하기 위해서는 더 많은 시간과 힘을 필요로 하게 되었는데 이를 어느 정도 해결해 준 것이 바로 진공청소기다

진공 청소기는 20세기 초 미국의 Hoover라는 회사에 의해 최초로 상품화된 이래 지속적으로 보급되어져, 현재는 전 세계적으로 각 가정에 하나 이상씩 보유하는 생활의 필수품으로 자리잡게 되었다.

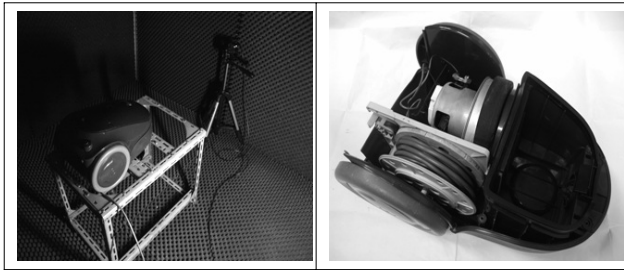
진공청소기는 손이 미치지 않는 틈새나 좁은 공간까지 청소가 가능하고, 시간도 많이 걸리지 않는 등 이점이 있어 많은 가정의 필수품이 되고 있다. 현재 시중에는 국산품과 수입품 등 다양한 모델이 시판되고 있으나 상품정보의 부족으로 소비자가 제품 구입시 고민 아닌 고민을 해야 할 경우가 많으며, 최근에는 맞벌이 가정의 증가로 인하여 가사 노동의 주요 시간대가 주간에서 출근 시간 전인 이른 아침, 퇴근 후인 야간으로 이동되고 있는 추세이다. 청소기 사용으로 인한 고 소음의 발생으로 인한 지속적인 소음에의 노출은 불쾌감 및 수면장애, 작업능률의 저하, 회화의 방해 및 생리학적 기능에 영향을 미쳐 많은 문제점을 일으킨다. (1)(2)

Table. 1 Vacuum info.

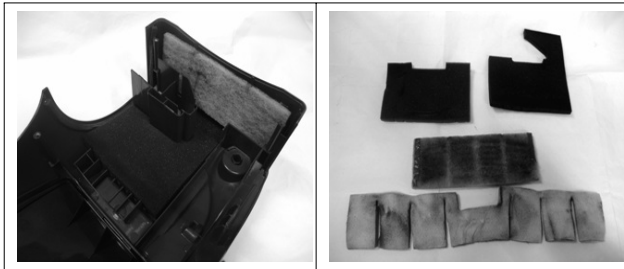
정 격 전 압	단상교류220V
정 격 주 파 수	60Hz
정 격 소비전력	1,450W
흡 입 일 톨	450W

Table. 2 소음 측정 실험 장치

품명	모델
계측용 마이크로 폰 (Measuring Microphone)	AVM MI17 7553
포터블 펄스 측정장치 (Portable Pulse System)	NI PXI - 1042
사용 프로그램	Lab View Express 7.0

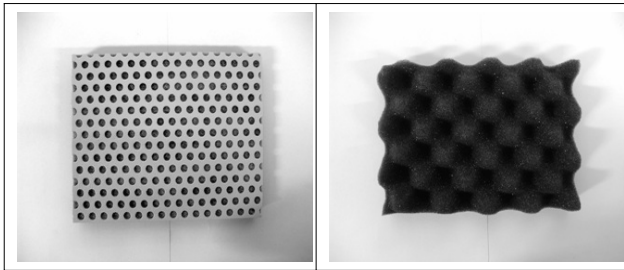


(a) 실험 장치 (b) 청소기 내부

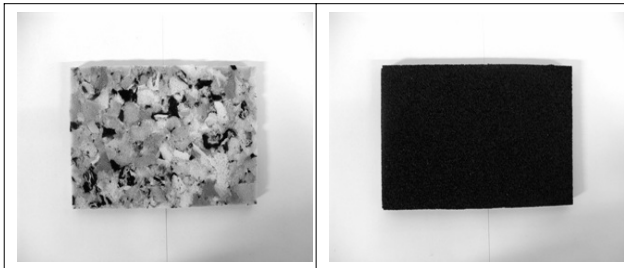


(c) 청소기 상부 (d) 청소기 흡음재

Fig. 1 실험 및 실험장치



(a) 유공판 스펀지 (b) 계란형 스펀지



(c) 마블 흡음패드 (d) EPDM

Fig. 2 흡음재

본 논문에서는 이러한 배경에서 진공청소기의 내부에서 발생하는 소음에 대한 차음에 중점을 두어 진공청소기 내부에 흡음방(muffler chamber system)을 설치하여 그 진동 소음 저감효과를 분석하는 방법을 소개하고자 한다. 이 연구에서 시험한 흡음재는 국내에서 생산되어 사용되고 있는 제품인 유공판 스펀지, 계란형 스펀지, 마블 스펀지, EPDM을

† 김정훈, 경희대학원
E-mail : kjh8989@hanmail.net
Tel : (031) 203-0279.

* 경희 대학원

** 경희 대학원

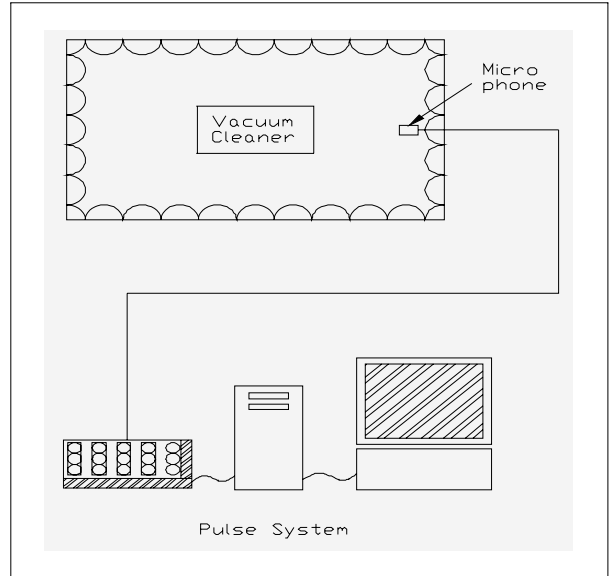


Fig. 3 Experimental setup for measuring noise and vibration of the vacuum cleaner motor

Table 3. Noise CH info.

Sensitivity [mV/EU]	Units
1000.00	pa
dB reference [EU]	Custom Label
20.0E-6	EU
Weighting Filter	Pregain [dB]
Linear	0.00

대상으로 하였다. 먼저 각 흡음재의 재질 흡음특성을 비교하였고, 두께, 밀도, 등의 시험 조건 변화가 소음저감에 어떠한 변화를 나타내는지 시험해보았다.

2. 진공 청소기의 소음 특성

2.1 소음 측정 실험 방법

소음 측정을 위한 무향실은 가로, 세로, 높이 각각 2.4m, 2.4m, 2.4m이고, 독립 기초 위에 설치되었으며 암 소음(background noise)의 강도는 5~6dB(A)로 유지되고 있다. 소음측정을 위한 시험장치의 구성은 그림1에 나타내었으며, 흡음실 내의 진공청소기 및 마이크론의 상대적 위치는 그림3에 나타내었다. 흡음실 바닥은 다른면과 동일한 흡음재가 설치된다. 마이크론의 위치는 위쪽인 경우 진공청소기의 위쪽 1m 지점, 측면인 경우 진공청소기 뒤쪽에서 보아 왼쪽으로 1m인 지점, 전면인 경우 본체 전단부로부터 1m의 지점에 설치한다. 각 방향에서 마이크론으로 수집된 신호는 흡음실 외부 조정실에 설치된 소음계(level meter)로 연결되고, 소음계로부터의 신호는 주파수 및

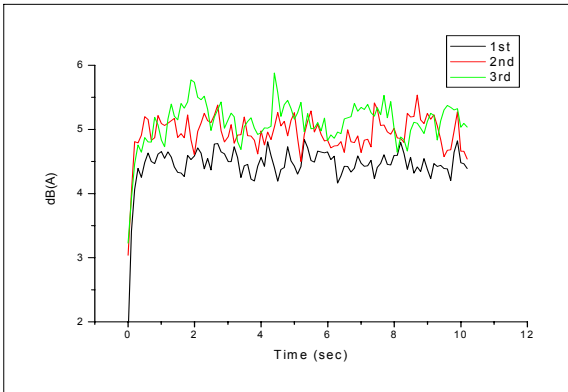


Fig. 4 암소음 측정 dB(A)

dB(a) 분석을 위하여 portable pules system으로 보내진다.

보내진다. KS-C9101에 의한 소음치는 소음계 청감 보정 회로 A 특성으로 표시하게 되어 있었으므로 진공청소기 통칭 소음 데시벨 값은 dB(A)로 측정된 값을 표시한다

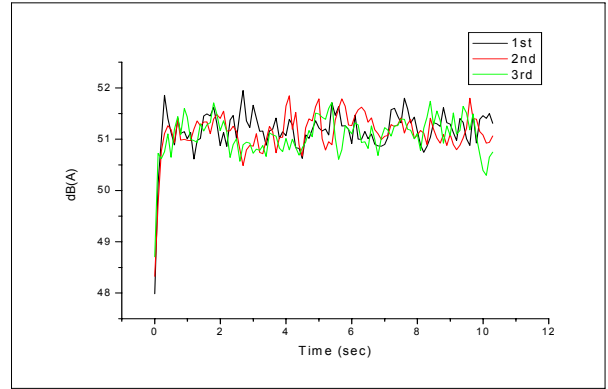
2.2 진공 청소기의 소음 특성

진공 청소기는 아파트와 같은 공동 주택과 서양식 주택구조로 변화되는 과정에서 많은 수요를 창출 하였으며, 주부의 가사노동을 크게 완화시킨 가전제품이라 할 수 있다. 진공 청소기는 흡입구, 흡입호스, 전동팬 등으로 구성되며, 작동과정에서 상당히 큰 소음을 발생시킨다.

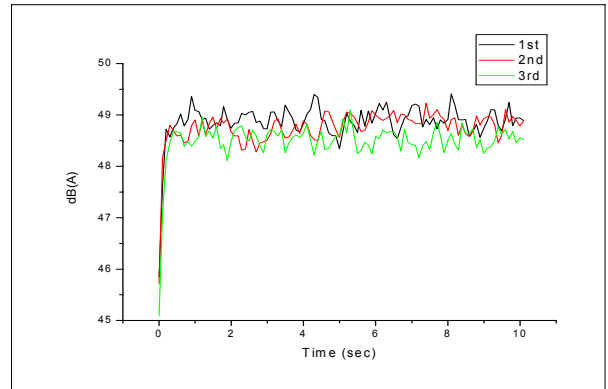
진공 청소기의 주소음원은 팬의 작동에 의한 팬소음, 전동기의 진동현상으로 발생하는 구조적인 소음, 흡입노즐에서 발생하는 공력소음 등으로 구분된다. 이 중에서도 원심팬(centrifugal)에 의해서 발생하는 팬소음이 가장 지배적이다. 가정용 진공 청소기에는 원심팬 중에서도 터보팬(turbo fan)이 주로 장착되어 전면부에서 공기를 유입하여 반경방향으로 고정압과 적은 풍량을 유도하는 방식으로 작동과정에서 비교적 큰 소음을 발생시키는 특징이 있다. 특히, 날개면 통과 주파수(blade passage frequency, BPF)의 토온소음(tonal noise)뿐만 아니라 진공 청소기의 원형 케이스 특성에 의해서도 넓은 주파수의 광역 소음이 발생하며⁽⁴⁾ fig. 5에서와 같이 진공 청소기의 후면과 상부에서 가장 소음이 높게 나타남을 알 수있다.

3. 소음 저감을 위한 실험

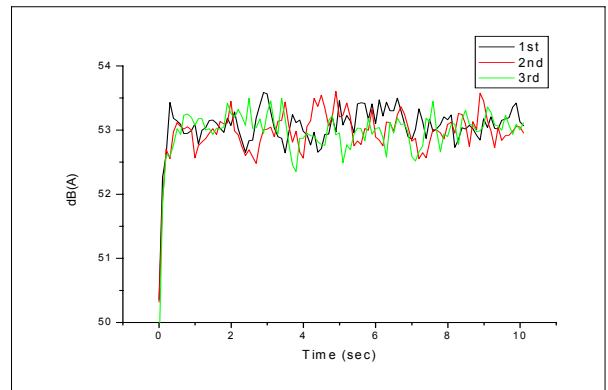
3.1 청소기의 완제품과 분리한 팬과 모터의 소음 측정



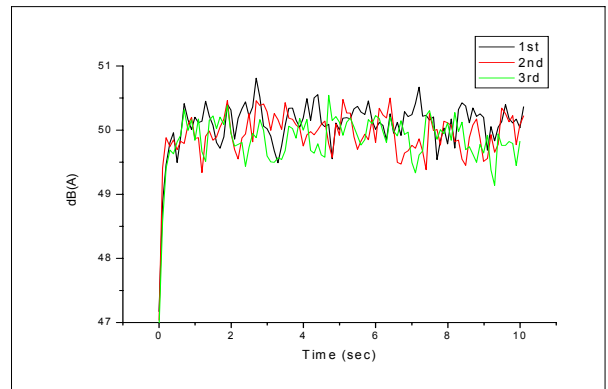
(a) 진공 청소기 상부 dB(A)



(b) 진공 청소기 전면 dB(A)

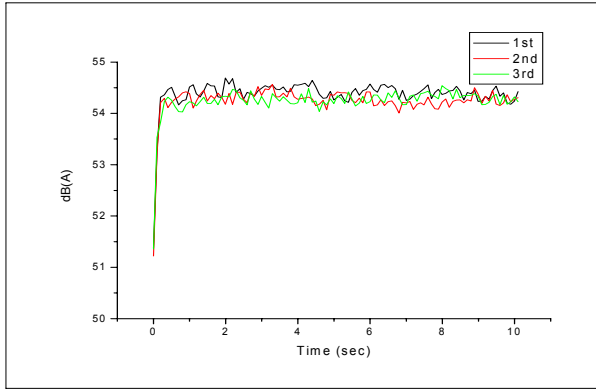


(c) 진공 청소기 후면 dB(A)

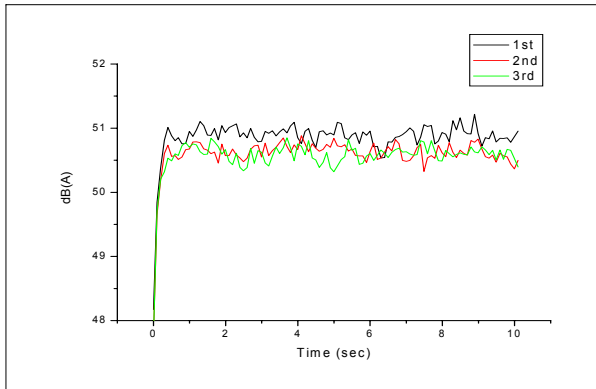


(d) 진공 청소기 측면 dB(A)

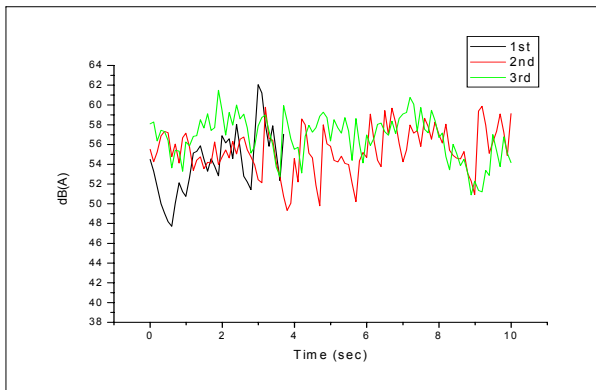
Fig. 5 진공청소기 소음특성 분석 dB(A)



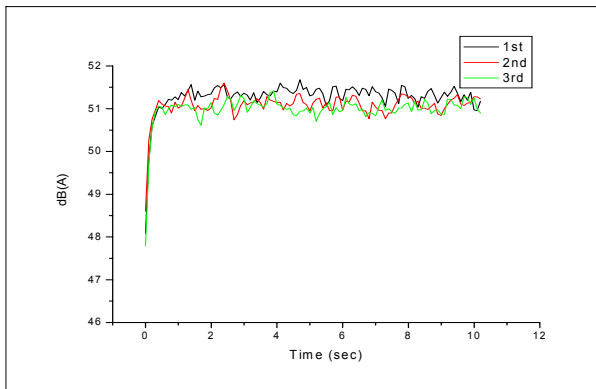
(a) 팬모터 상부



(b) 팬모터 전면

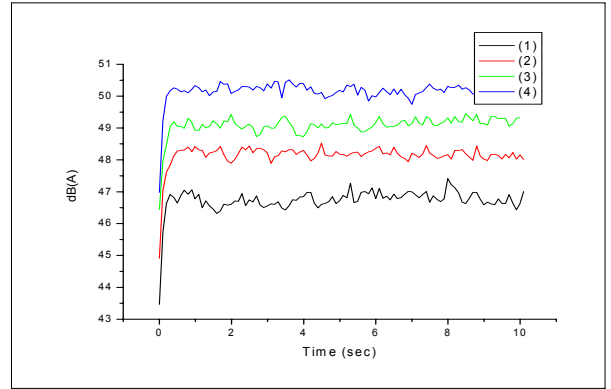


(c) 팬모터 후면

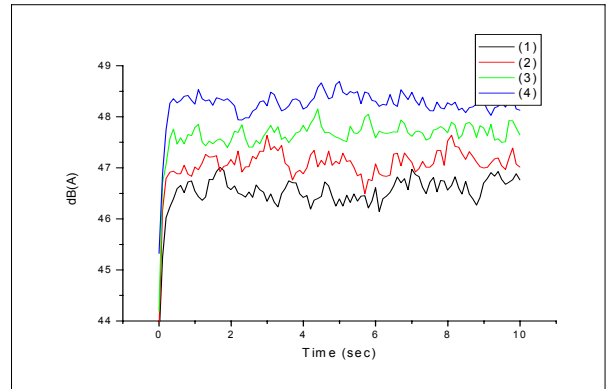


(d) 팬모터 측면

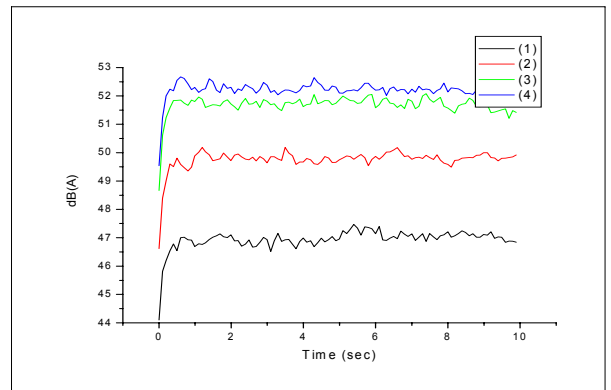
Fig. 6 팬 모터의 소음 측정 dB(A)



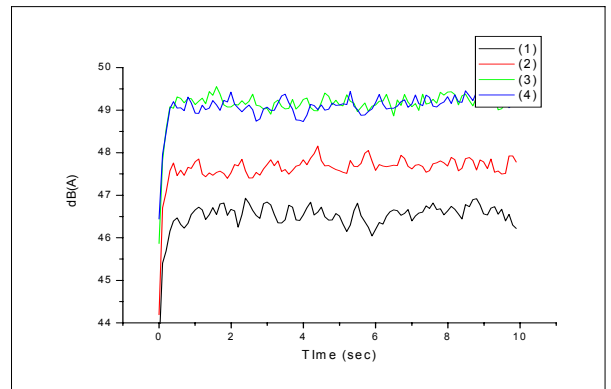
(a) 흡음재 사용시 상부 측정



(b) 흡음재 사용시 전면 측정



(c) 흡음재 사용시 후면 측정



(d) 흡음재 사용시 측면 측정

Fig. 7 흡음재의 종류별 소음 측정 비교 dB(A)

3.2 흡음재를 통한 소음 측정

3.2.1 흡음의 원리

흡음재는 크게 섬유형 흡음재와 구조형 흡음재로 구분된다. 또 전자는 다공성과 적층형 흡음재로 나누어지며, 후자는 다공판 및 박막이나 판재형 흡음재 등으로 나누어진다. 이들 흡음재는 입사하는 음에너지를 열에너지로 변환시키는 역할을 하며, 특히 음에너지는 아주 작기 때문에 열로 변환되는 에너지의 양도 작다. 음 에너지의 흡음은 다음의 두 가지 소산기구를 통하여 열 에너지로 변환된다.

- 점성유동 손실 : 다공성 흡음재는 상호 연결된 기공구조로 이루어진 재료로서, 이 기공구조를 통하여 음에너지가 전파할 때 음파의 입사속도는 기공내의 매질과 기공구조와의 상대운동을 수반하게 된다. 이러한 상대운동은 기공구조 내에서 경계층 손실(boundary layer loss)을 야기시켜, 결과적으로 음에너지를 열에너지로 변환시킨다. 엄밀히 이야기하면 구조형 흡음재인 다공판의 흡음원리도 이에 속한다.

- 내부마찰 : 유리섬유와 같은 섬유사가 즉층된 흡음재는 음파에 의하여 압축되어 굽힘 운동을 하게 된다. 이러한 굽힘 운동은 점성유동 손실은 물론 재료 자체에서 내부마찰을 야기시켜 음에너지를 열에너지로 변환시킨다. 구조형 흡음재인 박막이나 판재형 흡음재 역시 원리적으로 굽힘운동에 의하여 흡음을 야기시키는 것으로 볼 수 있다.

따라서 다공성 흡음재의 흡음특성은 기공율, 기공크기, 기공 상호간의 연결구조 및 재료 두께와 밀접한 관련이 있다. 또한 적층형 흡음재의 흡음특성은 섬유사의 굽기, 길이, 밀도 및 재료 두께와 밀접한 관련이 있다. 이러한 기하학적 인자는 흡음재의 단위 두께 당 유동저항과 관련이 있다.

일반적으로 흡음재는 그 종류와 특성에 따라 섬유형 흡음재와 구조형 흡음재로 나눌 수 있다. 다공성이나 적층 형태의 섬유질 흡음재는 중고음역에서 흡음성이 좋은 반면에 구조형 흡음재는 중저음역에서 흡음성이 좋다.⁽⁵⁾

3.2.2 흡음재 유무에 따른 소음 특성

Table. 4 각 소음특성 비교 dB(A)

	전면	후면	측면	상부
진공청소기	48.4	53.0	49.8	51.1
팬모터	50.4	56.0	51.0	54.5
유공판(1)	46.6	46.8	46.2	47.0
EPDM(2)	47.1	49.7	47.8	48.0
마블스폰지(3)	47.8	51.6	49.1	49.3
계란판(4)	48.1	52.3	49.3	50.2

4. 결 론

진공 청소기의 소음 저감에 대한 평가 결과를 요약하면 다음과 같다.

소음 기여도 분석에 있어서는 부분 노출법을 이용하여 각 부분별 소음원의 기여도를 파악하고 또한 소음원의 대역별 영향에 대해서는 주파수별 음향 인텐시티를 통하여 소음 저감을 위한 접근방법을 제시하였다.

진공청소기의 소음과 진동특성을 파악하기 위하여, 먼저 그 소음원인 펌프모터의 소음 및 진동을 분석하였고, 청소기내의 흡음재 유무에 따른 소음 및 진동특성을 살펴보았다. 또한, 내부구조를 수정하여 저감효과를 알아본 결과는 다음과 같다.

흡음재 유무에 따른 청소기의 진동은 앞쪽의 진공상태가 되는 부근보다 뒤쪽의 환기구에서 상당한 효과를 보이며, 소음은 현저하게 줄어든다.

여러 가지 시험조건을 달리하면서 위의 시험대상 흡음재의 소음저감을 조사한 결론은 다음과 같다.

흡음재의 재질별 흡음 특성은 저주파수보다는 중고주파수 대역에서 흡음능력이 좋게 나타나며, 흡음재의 두께가 및 밀도가 증가함에 따라 중 저주파수 대역에서 고르게 흡음 성능이 증가한다. 또한, 흡음재에 표면마감재를 앞면에 부착하였을 경우 흡음 성능이 증가하는 것을 알 수 있다.

결과적으로 흡음재의 단품의 소음 효과 분석을 함으로서 향후 제품 개발에 적합한 흡음재의 특성을 제시할 수가 있었다.

하지만 흡음재 적용 시 단품 자체의 흡음 효과는 있었지만 제품 Motor room의 공간이 너무 협소한 경우 공명에 의해 흡음의 효과가 없어지므로 흡음재의 적용시 주의가 요구된다.

후 기

이 논문은 경희대학교 BK21 고속 고정밀 매체 이송 및 인쇄를 위한 메카트로닉스 시스템 연구팀의 지원을 받아 작성하였습니다.

참 고 문 헌

- (1) 김정만 등, 2006, “소음이 건강에 미치는 영향 - 산업현장을 중심으로”, 한국 소음진동공학회 2006. 16권 5호.
- (2) 정광용 등, 2001, A Study on the Relations between Psychological Reactions and Evaluation Indexes for Environmental Noises” 한국 소음진동공학회 2001. 추계학술대회 논문집 pp.910-915.
- (3) 임무생 등, 1993 “Noise Analysis Technique in and Electric Vacuum Cleaner” 대한기계학회지 제 1권 1993.
- (4) 사중성, “생활 속의 소음진동” 청문각 pp. 183-184

- (5) 이동훈, 공학도를 위한 소음 공학(이론과 실무) 도서출판 아진 pp. 191

- (6) Seo, S.-J. and Kim, K.-Y., 2003, "Design Optimization of a Multi-blade Centrifugal Fan with Navier-stokes Analysis and Response Surface Method," Transactions of the KSME(B), Vol. 27, No. 10, pp. 1457~1463

- (7) Han, J.-O., Koo, H-M., Choi, W.-S and Kim, J.-B., 2003, "A Method of Noise Reduction and Improvement in Sound Quality for a Product with the Auto Louver," Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp. 1073~1075

- (8) Joo, J.-M., 2004, "Noise and Vibration of the Digital Appliances," Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 14, No. 6. pp. 15~22

- (9) J. IEE, 1991, Japan, Vol. 111, No. 8.