

산업용 송풍기 소음기의 성능개선을 위한 실험적 연구

An Experimental Study on the Performance Improvement of Industrial Blower Silencer

김 용 우† · 김 병 삼*
Yong-woo Kim and B. S. Kim

(2005년 5월 10일 접수 : 2005년 8월 30일 심사완료)

Key Words : Blower(송풍기), Buff(버프), Noise Level(소음레벨), Performance Improvement(성능개선), Silencer(소음기)

ABSTRACT

Silencers are engineering devices that are designed to attenuate sound waves propagating in a flowing medium. The muffler type silencer has a series of chambers in parallel or series utilizing the reflection and expansion characteristics of the expansion chambers, sidetubes, branch resonators, and tailpipes to attenuate the sound. To improve the performance of industrial blower silencer of muffler type which is employed in petrochemical plant, this paper seeks its optimal arrangement of buffs by experimental method and suggests optimal arrangement of buffs. Experimental results show that the optimal one suggested can reduce the noise level as much as 14 dB (or 18 dB(A)) in the laboratory and as much as 4 dB(A) compared to that of the existing silencer on the ground.

기 호 설 명

L_A (equivalent) : A-보정 등가소음레벨
 L_A (maximum) : A-보정 최대소음레벨
 L_L (equivalent) : 등가소음레벨
 L_L (maximum) : 최대소음레벨
 SPL : 음압레벨(sound pressure level)

1. 서 론

소음기는 음향학적 관점에서 여러 가지 종류로 분류할 수 있는 데, 그 중에서 반사형과 흡음형에 대하여 살펴보면, 반사형 소음기의 경우 소음감소가 주로

소음기의 기하학적 형상에 의해 결정되며 원통형 또는 타원형 형태의 확장관을 이용하여 임피던스 부정합을 유발시켜 소음의 감쇠를 달성한다. 흡음형의 경우, 소음 에너지의 흡수를 위해 흡음재나 공극관 혹은 양자의 조합형태를 이용한다. 이상적인 소음기⁽¹⁻⁴⁾는 토출구로부터 배출되는 음향 출력이 없는 상태를 의미하는 데, 이는 물리적으로 특수한 상황으로서 출구가 막힌 상태를 의미한다. 즉, 소음감소 측면에서는 완벽한 해결방안이라고 생각할 수 있으나 소음발생원인 동력원의 입장에서 보면 무한대의 부하상태를 의미하게 되므로, 이상적 소음의 저감은 지극히 비현실적인 경우가 된다. 따라서 소음기의 실질적인 목적은 소음의 최대 감소와 함께 동력원이 허용하는 최소 부하상태를 갖게 하는 것이다. 다시 말하면, 동력원이 허용하는 부하 내에서 최대의 소음감소 효과를 얻고자 하는 것이다⁽⁵⁻⁹⁾. 이 연구에서는 증래, 석유화학공장에 설치된 산업용 송풍기 소음기의 성능을 개선하고자 하였다. 이 연구를 통해 저소음화 하고자 하는

† 책임저자 : 정희원, 순천대학교 기계자동차공학부
E-mail : kyw@sunchon.ac.kr

Tel : (061) 750-3536, Fax : (061) 750-3530

* 정희원, 순천제일대학 자동차공학과

송풍기는 프로필렌(propylene)을 생산하는 석유화학 공정에 부착된 것으로 송풍기에 부착된 소음기의 크기는 외경 $\phi 380\text{ mm} \times 1800\text{ mm}$ 이다.

한편, 이 연구에서는 소음기 내부에 설치되는 다양한 형태의 버프(buff)와 이것들의 배열 및 위치 등의 변화에 따른 소음기 성능 변화를 파악하였고, 소음기의 성능을 향상시킬 수 있는 버프의 형태, 배열조건 등을 실험적인 방법을 통해 찾아내고자 하였다. 또한, 이 연구의 결과를 기초로 시험용 소음기를 제작하였으며, 소음기를 현장에 설치하고 실험을 함으로써 성능이 향상되었음을 확인하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

이 연구에서는 소음기 내부에 삽입되는 버프의 형상, 배열, 위치, 개수 등에 따른 소음저감효과가 큰 소음기 내부 구조를 찾기 위하여, 구조를 변경할 수 있도록 가변적 시험용 소음기를 제작하였다. 그 구조는 Fig. 1에 도시하였다.

소음기 내부에 설치되는 버프의 배열, 위치, 개수 등을 변경할 수 있도록 소음기를 윗부분과 아랫부분으로 이등분하여, 윗부분을 여닫을 수 있는 구조로 제작하였다. 즉, 버프의 배열, 위치, 개수 등을 변경하고자 할 경우, 윗부분을 열고 원하는 구조가 되도록 버프를 재배치한 후 윗부분을 닫고 아랫부분과 볼트로 체결하여 소리가 새어나가지 않도록 하였다. 실험

용 소음기는 현장에 설치된 소음기와 동일한 치수와 모양으로 제작하여 실제와 최대한 같은 효과를 내도록 했다. Fig. 1에서 보는 것처럼 소음기의 입구 부분을 곡관으로 처리함으로써 유체가 소음기에 부딪혀 충격음을 내지 않도록 하였다. 출구 부분을 PVC 파

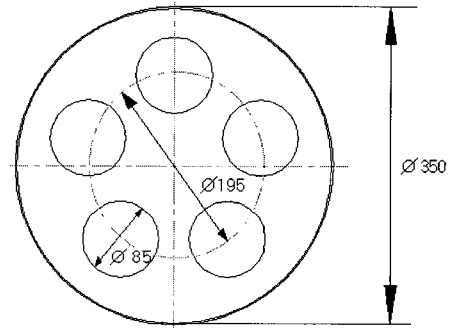


Fig. 2 Buff A

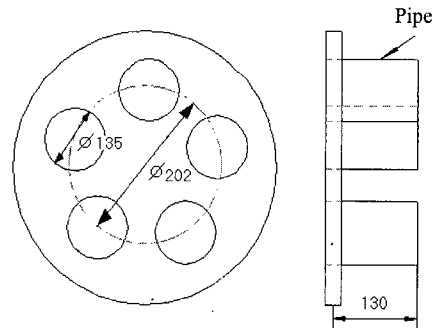


Fig. 3 Buff PA

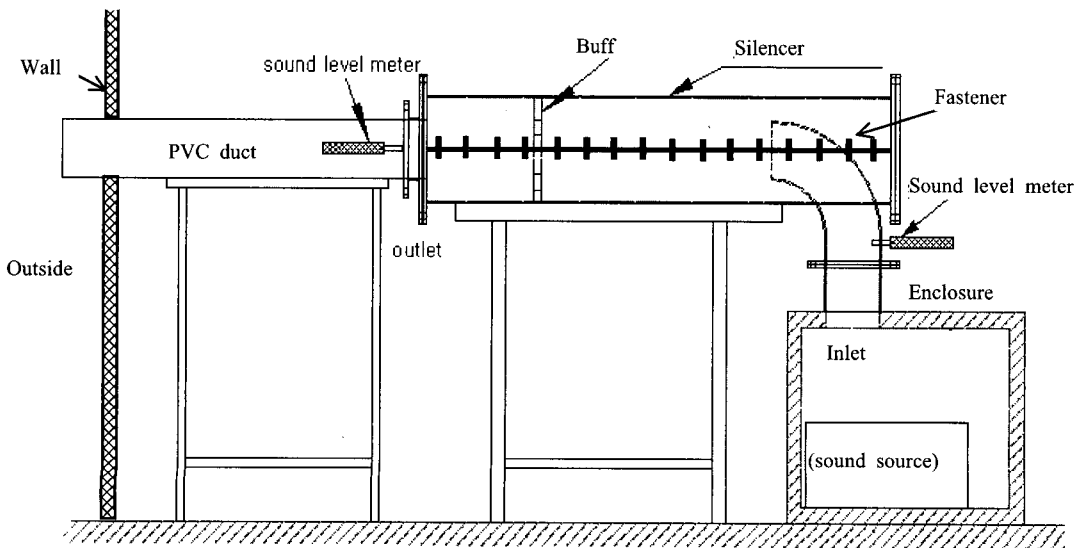


Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus

이프로 연장하여 연결하고, 그 내부에 소음계를 설치하였다. 이는 실험도중 발생할 수 있는 음원 이외의 다른 소음을 차단하기 위한 것이다. 또한, 이 PVC 파이프는 실험실 밖까지 연장하여 소음이 실험실 내부로 들어오는 것을 방지하였다. 실험에 사용한 버프의 종류는 Table 1에 정리한 바와 같이 모두 여섯 가지로 Figs. 2~7에 도시하였다. 그리고 편의상 버프의 종류를 Table 1에서와 같은 기호로 표시하기로 하였다.

하였다.

실험에 이용된 소음발생 장치는 4 Hz에서 100 kHz 대역 사이에서 115 dB의 소음레벨을 발생시키는 스피커(Brüel & Kjør, sound source type 4224)이다. 소음발생 장치는 소음차단 상자(enclosure) 내부에 놓여지도록 하였으며, 이는 소음원으로부터 나오는 소음이 소음기뿐만 통과할 수 있도록 하고 소음이 소음차단 상자 외부로 투과하여 나가는 현상을 최대한 억제하도록 하였다.

Table 1 Kinds of buff and their designations

Designation	Characteristics of shape	Figure
1 A	The buff with equi-spaced five holes	Fig. 2
2 PA	The buff having equi-spaced five holes with pipes (length of pipe: 130 mm)	Fig. 3
3 B	The buff having two holes	Fig. 4
4 C	The buff having 8 holes	Fig. 5
5 D	The buff having 13 holes	Fig. 6
6 E	The buff having 25 holes	Fig. 7

2.1 실험방법

이 연구에서는 종래, 석유화학공장에 설치된 산업용 송풍기 소음기의 성능을 개선하고자 하였기 때문에 소음기의 외형치수가 이미 정해진 상황이므로 외형치수에 대해서 고려하지 않았다. 또한 실내에서의 실험을 위하여 온도구배는 없다고 가정하였으며, 소음기내의 유속이 10~20 m/sec로서 음속의 10% 이하이므로 이의 영향을 무시하였다. 실험용 소음기에 스피커와 소음계를 설치한 후 스피커를 소음차단 상자 안에 설치하고 음원의 소음레벨을 110 dB(A)로

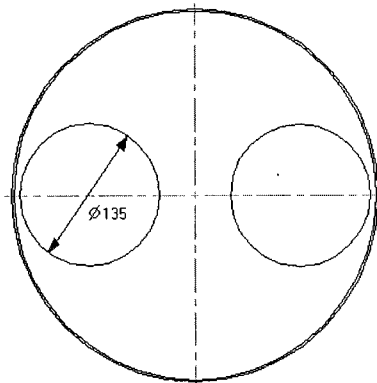


Fig. 4 Buff B

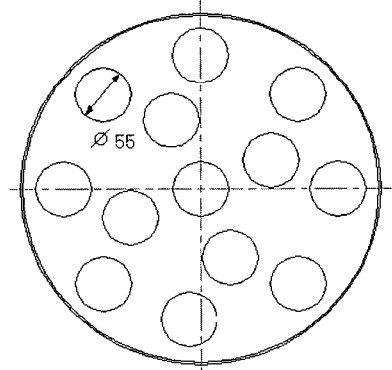


Fig. 6 Buff D

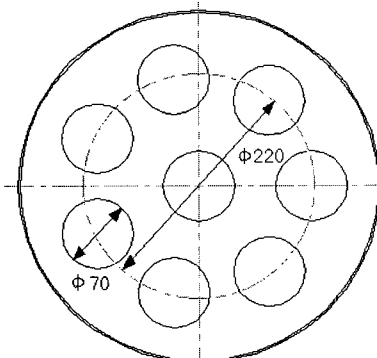


Fig. 5 Buff C

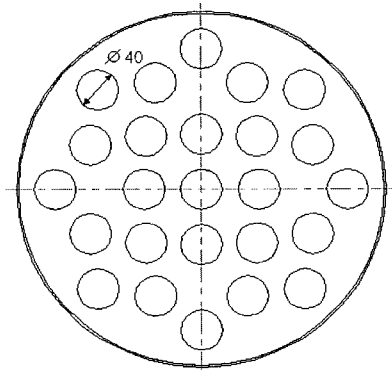


Fig. 7 Buff E

고정하였다. 소음기의 입구와 출구에서의 소음을 측정하기 위해 소음계를 소음기의 입구와 출구에 각각 설치하였다. 버프를 실험하고자 하는 위치와 각도로 배열한 후, 소음기의 윗부분을 덮고 소리가 외부로 새지 않도록 소음기의 아랫부분과 볼트로 체결하였다. 음원에 전원을 공급하여 소음을 발생시켜 소음기에 입력한 후 소음기의 입구와 출구에 있는 소음계를 이용하여 측정하였다. 일정시간 동안의 소음측정이 끝나면 버프의 위치와 각도를 변경한 후 반복 실험을 실시하였다.

실험은 다음과 같은 순서로 실시하였다:

- ① 버프가 없을 경우
- ② 1개의 버프 A를 위치를 달리하여 설치할 경우
- ③ 2개의 버프 A를 등간격으로 설치하고 각도를 달리할 경우
- ④ 3개의 버프 A를 등간격으로 설치하고 각도를 달리할 경우
- ⑤ 4개의 버프 A를 등간격으로 설치하고 각도를 달리할 경우
- ⑥ 5개의 버프 A를 등간격으로 설치하고 각도를 달리할 경우
- ⑦ 버프 A를 소음기의 중간에 밀집시킬 경우
- ⑧ 5개의 버프 A의 간격과 각도를 변화시킬 경우
- ⑨ 파이프가 있는 5개의 버프 PA를 설치할 경우
- ⑩ 「4개의 버프 PA」와 「버프 B, C, D, E 중 1개」와의 조합
- ⑪ 3개의 버프 PA와 1개의 버프와의 조합
- ⑫ 2개의 버프 PA와 3개의 다른 버프와의 조합
- ⑬ 서로 다른 버프 5개의 조합

3. 실험장치 및 방법

3.1 버프 배열의 표기

측정시간을 1분 동안으로 설정하였으며, 16 Hz~12.5 kHz의 범위에서 50 dB(A) 이상의 값을 1/3 옥타브 대역수준으로 측정하였다. 소음기 내부에 설치될 버프 배치(종류-위치-배열-조합)의 경우 수는 많겠지만, 실제로 설치할 수 있는 경우만을 중심으로 단계별로 실험하였으며 버프 배치에 따른 소음저감효과를 측정하였다. 실험 과정은 선행 단계에서의 실험 결과를 검토한 후 다음 단계의 실험 과정을 결정하였으며, 실험결과를 바탕으로 실험의 경우 수를 최소화

하였다. 다양한 버프의 배치를 간단히 표기하기 위하여 버프의 종류의 표기는 Table 1의 기호를 사용하였다. 버프의 위치는 출구 쪽으로부터의 거리, x (mm)로 표시하였고, 버프의 각도는 버프의 수직 중심선으로부터의 기준구멍의 시계방향의 각도로 표시하였다(Fig. 8 참조). 전체 버프의 조합 및 배치는 출구 쪽으로부터 차례로 표기하였다(예: PA(0°, 210)-A(36°, 430)-A(0°, 640)-A(36°, 860)-PA(0°, 1070)). 버프의 위치에 대한 지칭은 편의상 출구 쪽으로부터 몇 번째에 놓여지는가의 번호로 표시하였다.

3.2 실험결과 및 고찰

(1) 버프가 없는 경우

버프없이 통과한 소음은 Table 2에서 보는 바와 같다. 입력과 출력의 소음레벨의 차이는 등가소음레벨에서는 6.0 dB, A-보정 등가소음레벨은 5.7 dB(A) 이었고, 최대소음레벨은 3.7 dB, A-보정 최대소음레벨은 5.8 dB(A)의 차이를 보였다.

(2) 버프 1개의 위치에 따른 소음의 비교

소음기의 내부 길이가 1280 mm이다. 버프를 Fig. 8과 같이 각각 위치시켰을 때, 버프의 위치에 따른 소음 저감 효과를 실험하였다.

〈Exp. 2-1〉 버프의 위치: 320 mm

〈Exp. 2-2〉 버프의 위치: 640 mm

〈Exp. 2-3〉 버프의 위치: 840 mm

그리고 위의 3가지 실험의 결과(입구 쪽 및 출구 쪽의 소음레벨)를 Table 3에 정리하여 비교하였다. 버프를 가운데에 놓은 〈Exp.2-2〉에서 입구쪽과 출구 쪽의 소음레벨의 차이는 등가소음레벨이 7.9 dB, A-보정 등가소음레벨로 10.0 dB(A), 최대소음레벨이 7.0 dB, A-보정 최대소음레벨은 9.8 dB(A)의 차이를 보였다.

(3) 1개의 버프(A)를 등간격으로 설치하고 각도를 달리할 경우

버프의 구멍의 상대적 위치에 따른 소음 저감효과를 알아보기 위해, 버프의 위치를 Fig. 9와 같이 420

Table 2 Experimental results for two buffs (unit : dB)

	Input				Output			
	Equivalent		Maximum		Equivalent		Maximum	
	L _L	L _A	L _L	L _A	L _L	L _A	L _L	L _A
Exp. 1	110.0	107.2	112.0	108.0	104.0	101.5	108.3	102.2

mm와 840 mm로 고정하고 다음과 같은 실험을 실시하였다.

〈Exp. 3-1〉 나란한 배열: A(0°, 420)-A(0°, 840)

〈Exp. 3-2〉 엇갈림 배열: A(0°, 420)-A(36°, 840)

위의 두 가지의 실험 결과(입구 및 출구에서 측정 한 소음레벨)를 Table 4에 정리하여 비교하였다.

(4) 3개의 버프(A)를 등간격으로 설치하고 각도를 달리할 경우

버프의 위치를 각각 320 mm, 640 mm, 960 mm에 Fig. 10과 같이 고정하고 실험을 실시하였다. 그리고 실험 결과를 Table 5에 정리하였다.

〈Exp.4-1〉 나란한 배열: A(0°,320)-A(0°,640)-A(0°, 960)

〈Exp.4-2〉 출구쪽 엇갈림: A(36°,320)-A(0°,640)-A(0°,960)

〈Exp.4-3〉 가운데 엇갈림: A(0°,320)-A(36°,640)-A(0°,960)

〈Exp.4-4〉 입구쪽 엇갈림: A(0°,320)-A(0°,640)-A(36°,960)

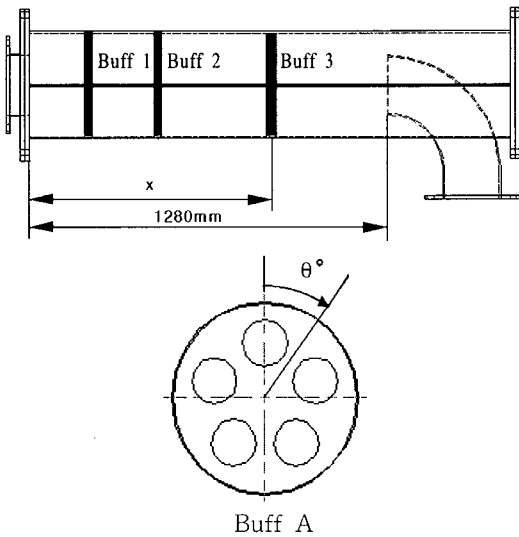


Fig. 8 Position and angle of buff

Table 3 Experimental results for one buff (unit : dB)

	Input				Output			
	Equivalent		Maximum		Equivalent		Maximum	
	L _L	L _A	L _L	L _A	L _L	L _A	L _L	L _A
Exp. 2-1	110.8	108.1	112.8	108.9	103.1	100.2	106.0	101.2
Exp. 2-2	109.7	107.1	112.0	107.9	101.8	97.1	105.0	98.1
Exp. 2-3	110.7	108.0	112.6	108.7	103.5	100.2	106.9	101.2

〈Exp.4-5〉 비스듬한 배열: A(0°,320)-A(24°,640)-A(48°,960)

세 개의 버프를 배열했을 때, 입구 쪽과 출구 쪽의 소음레벨 차이를 비교해 보면 버프의 구멍을 엇갈리게 배열한 〈Exp.4-3〉에서 등가소음레벨이 9.2 dB, 버프의 구멍을 비스듬하게 배열한 〈Exp.4-5〉에서 A-보정 등가소음레벨이 11.2 dB(A)의 소음레벨 저감의 효과가 있었다(Table 5).

(5) 4개의 버프(A)를 등간격으로 설치하고 각도를 달리할 경우

4개 버프의 위치를 각각 260 mm, 520 mm, 780 mm, 1040 mm에 Fig. 11과 같이 고정시키고 다음과 같은 실험을 실시하여 그 결과를 Table 6에 정리하였다.

〈Exp. 5-1〉 나란한 배열 :

A(0°,260)-A(0°,520)-A(0°,780)-A(0°,1040)

〈Exp. 5-2〉 1번 버프 엇갈림 :

A(36°,260)-A(0°,520)-A(0°,780)-A(0°,1040)

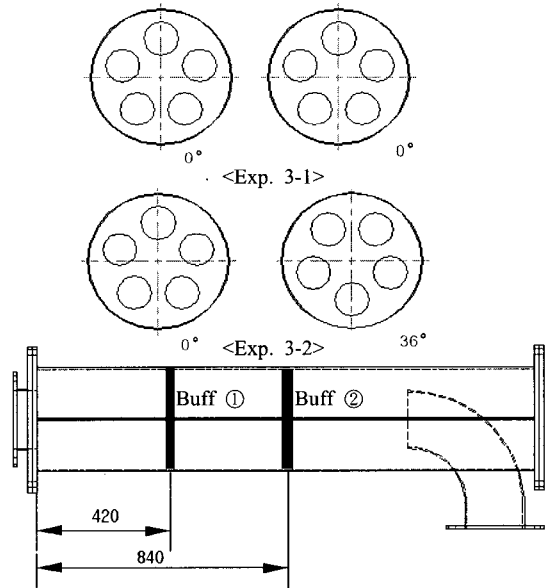


Fig. 9 Position and angle of 2 buffs

Table 4 Experimental results for two buffs (unit : dB)

	Input				Output			
	Equivalent		Maximum		Equivalent		Maximum	
	L _L	L _A	L _L	L _A	L _L	L _A	L _L	L _A
Exp. 3-1	110.3	107.7	112.3	108.5	101.9	97.3	105.7	98.6
Exp. 3-2	110.0	107.2	112.0	108.0	102.0	96.8	104.9	97.9

<Exp. 5-3> 2번 버프 엇갈림 :
 $A(0^{\circ},260)-A(36^{\circ},520)-A(0^{\circ},780)-A(0^{\circ},1040)$

<Exp. 5-4> 3번 버프 엇갈림 :
 $A(0^{\circ},260)-A(0^{\circ},520)-A(36^{\circ},780)-A(0^{\circ},1040)$

<Exp. 5-5> 4번 버프 엇갈림 :
 $A(0^{\circ},260)-A(0^{\circ},520)-A(0^{\circ},780)-A(36^{\circ},1040)$

<Exp. 5-6> 교대 엇갈림 :
 $A(0^{\circ},260)-A(36^{\circ},520)-A(0^{\circ},780)-A(36^{\circ},1040)$

<Exp. 5-7> 중간 부분 엇갈림 :
 $A(0^{\circ},260)-A(36^{\circ},520)-A(36^{\circ},780)-A(0^{\circ},1040)$

<Exp. 5-8> 비스듬한 배열 :
 $A(0^{\circ},260)-A(18^{\circ},520)-A(36^{\circ},780)-A(54^{\circ},1040)$

4개의 버프를 배열했을 때는 등가소음레벨은 3번 버프만 엇갈리게 배열한 <Exp.5-4>에서 입구 쪽과 출

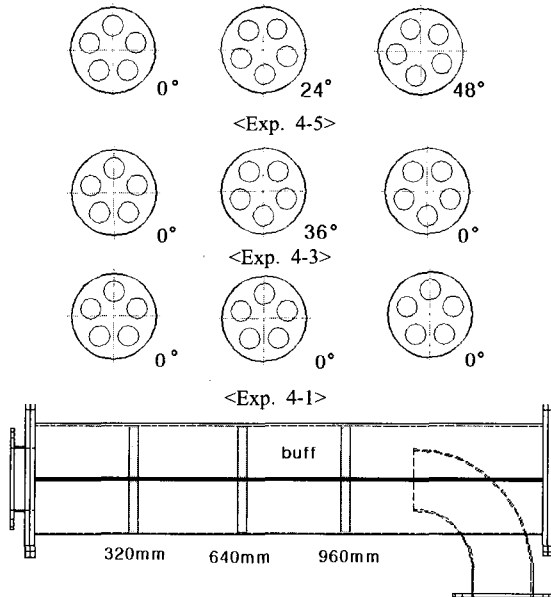


Fig. 10 Position and angle of 3 buffs

Table 5 Experimental results for three buffs (unit : dB)

	Input				Output			
	Equivalent		Maximum		Equivalent		Maximum	
	L _L	L _A	L _L	L _A	L _L	L _A	L _L	L _A
Exp. 4-1	110.7	108.0	113.2	108.7	102.0	97.2	105.5	98.2
Exp. 4-2	110.8	108.0	113.0	108.8	102.3	97.5	105.1	98.7
Exp. 4-3	110.8	108.1	113.0	108.8	101.6	97.8	104.6	99.1
Exp. 4-4	110.8	108.1	113.6	109.0	102.3	97.3	105.6	98.5
Exp. 4-5	110.8	108.0	113.1	108.7	101.9	96.8	105.0	98.0

구 쪽의 소음레벨의 차가 10.5 dB인 소음저감효과가 있었고, A-보정 등가소음레벨에서는 14.9 dB(A)의 소음레벨의 차이가 있었다.

(6) 5개의 버프(A)를 등간격으로 설치하고 각도를 달리할 경우

5개 버프의 위치를 각각 210 mm, 420 mm, 630 mm, 840 mm, 1050 mm에 설치하여 다음과 같은 실험을 실시하고 그 결과를 Table 7에 정리하였다.

<Exp. 6-1> 나란한 배열 :
 $A(0^{\circ},210)-A(0^{\circ},420)-A(0^{\circ},630)-A(0^{\circ},840)-A(0^{\circ},1050)$

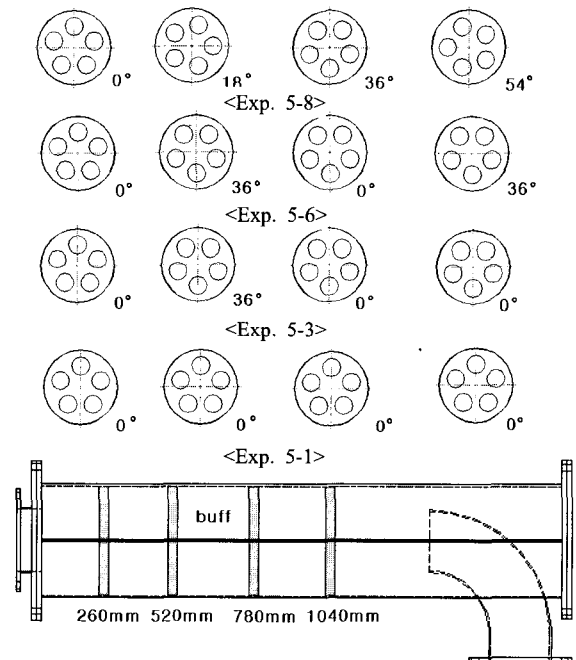


Fig. 11 Position and angle of 4 buffs

Table 6 Experimental results for four buffs (unit : dB)

	Input				Output			
	Equivalent		Maximum		Equivalent		Maximum	
	L _L	L _A	L _L	L _A	L _L	L _A	L _L	L _A
Exp. 5-1	110.7	107.9	113.2	108.7	100.6	94.8	103.4	96.0
Exp. 5-2	110.9	108.3	111.6	108.5	101.1	94.9	104.1	96.5
Exp. 5-3	111.0	108.4	111.7	108.7	101.2	94.1	104.2	95.7
Exp. 5-4	111.0	108.4	111.6	108.6	100.7	93.8	103.8	95.4
Exp. 5-5	110.9	108.3	111.5	108.5	100.9	93.8	103.3	95.2
Exp. 5-6	111.0	108.3	111.8	108.5	100.9	93.9	104.1	95.4
Exp. 5-7	110.9	108.4	111.5	108.6	101.0	93.5	104.0	96.0
Exp. 5-8	110.9	108.2	111.5	108.5	100.8	94.7	103.5	96.1

- 〈Exp. 6-2〉 버프 3번 엇갈림 :
A(0°,210)-A(0°,420)-A(36°,630)-A(0°,840)-A(0°,1050)
- 〈Exp. 6-3〉 버프 5번 엇갈림 :
A(0°,210)-A(0°,420)-A(0°,630)-A(0°,840)-A(36°,1050)
- 〈Exp. 6-4〉 교대 엇갈림 :
A(0°,210)-A(36°,420)-A(0°,630)-A(36°,840)-A(0°,1050)
- 〈Exp. 6-5〉 버프 1,2번 엇갈림 :
A(36°,210)-A(36°,420)-A(0°,630)-A(0°,840)-A(0°,1050)
- 〈Exp. 6-6〉 버프 4,5번 엇갈림 :
A(0°,210)-A(0°,420)-A(0°,630)-A(36°,840)-A(36°,1050)
- 〈Exp. 6-7〉 가운데 3개 엇갈림 :
A(0°,210)-A(36°,420)-A(36°,630)-A(36°,840)-A(0°,1050)
- 〈Exp. 6-8〉 비스듬한 배열 :
A(0°,210)-A(15°,420)-A(30°,630)-A(45°,840)-A(60°,1050)

Table 7에 보인 바와 같이, 〈Exp.6-7〉과 〈Exp.6-8〉에서 입구 쪽과 출구 쪽의 등가 소음레벨 및 A-보정 등가 소음레벨의 차이가 각각 10.8 dB과 16.3 dB(A)로서 두 실험에서 같은 수준의 소음저감효과가 있었다. 그리고 최대소음레벨은 〈Exp.6-7〉에서 6.7 dB, 〈Exp.6-8〉에서 8.7 dB의 차이가 있으며, A-보정 최대소음레벨은 〈Exp.6-7〉에서 13.4 dB(A), 〈Exp.6-8〉에서 14.5 dB(A)의 소음레벨 차이가 났다.

(7) 버프(A)를 소음기의 중간에 밀집시킬 경우

Table 7 Experimental results for five buffs (unit : dB)

	Input				Output			
	Equivalent		Maximum		Equivalent		Maximum	
	L _L	L _A	L _L	L _A	L _L	L _A	L _L	L _A
Exp. 6-1	110.7	108.1	111.3	108.4	100.6	92.2	103.4	94.0
Exp. 6-2	110.7	108.0	111.3	108.2	100.3	92.2	105.1	95.4
Exp. 6-3	110.9	108.2	111.7	108.4	101.1	92.6	104.4	94.6
Exp. 6-4	110.8	108.1	111.7	108.4	100.3	93.1	103.3	94.9
Exp. 6-5	110.8	107.9	111.6	108.2	100.2	92.1	103.6	94.5
Exp. 6-6	110.8	108.1	111.4	108.4	102.2	92.8	102.9	94.6
Exp. 6-7	110.8	108.0	111.3	108.3	100.0	91.7	104.7	94.9
Exp. 6-8	110.8	108.0	111.6	108.3	100.0	91.7	102.9	93.8

버프를 밀집시켰을 경우의 효과를 알아보기 위하여, 2개 이상의 버프를 위치 640 mm를 중심으로 밀집시켜 다음과 같은 실험을 실시하고 그 결과를 Table 8에 정리하였다.

- 〈Exp. 7-1〉 2개 밀착 : A(0°, 637)-A(0°, 642)
- 〈Exp. 7-2〉 3개 밀착 :
A(0°,635)-A(0°,640)-A(0°,645)
- 〈Exp. 7-3〉 4개 밀착 :
A(0°, 633)-A(0°, 637)-A(0°, 642)-A(0°, 647)
- 〈Exp. 7-4〉 5개 밀착 :
A(0°,630)-A(0°,635)-A(0°,640)-A(0°,645)-A(0°,650)
- 〈Exp. 7-5〉 5개 엇갈림 밀착 :
A(0°,630)-A(36°,635)-A(0°,640)-A(36°,645)-A(0°,650)

Table 8의 결과를 보면 버프의 수를 늘릴수록 좋은 결과를 얻을 수 있음을 보여준다. 그리고 5개의 버프 구멍을 나란히 배열한 〈Exp.7-4〉와 버프의 구멍을 엇갈리게 배열한 〈Exp.7-5〉의 입구 쪽과 출구 쪽의 음압차를 보면, 등가 소음레벨차는 각각 9.1 dB, 10.5 dB이고, A-보정 등가 소음레벨차는 각각 10.5 dB(A), 10.7 dB dB(A)이었다. 따라서 버프를 밀착할 경우, 버프의 수를 많이 배열하되 버프의 구멍을 나란하게 배열하는 것보다 구멍을 엇갈리게 하는 것이 소음저감효과가 큼을 알 수 있었다.

(8) 5개의 버프(A)의 간격과 각도를 변화시킬 경우 5개의 버프(A)를 Fig. 12와 같이 3가지의 형태로 배열하여 각도를 변화시킨 다음의 6가지 경우에 대해 실험을 실시하고 그 결과를 Table 9에 정리하였다.

• 출구 쪽으로 근접 배열

〈Exp. 8-1-1〉 나란한 배열 :

- A(0°,200)-A(0°,300)-A(0°,450)-A(0°,650)-A(0°,900) 〈Exp. 8-1-2〉

Table 8 Experimental results for five buffs with different intervals (unit : dB)

	Input				Output			
	Equivalent		Maximum		Equivalent		Maximum	
	L _L	L _A	L _L	L _A	L _L	L _A	L _L	L _A
Exp. 7-1	110.9	108.3	113.0	109.0	102.5	98.4	106.1	99.2
Exp. 7-2	110.9	108.3	113.0	109.1	102.5	99.1	105.6	100.2
Exp. 7-3	110.8	108.0	111.4	108.2	102.2	98.0	105.3	99.1
Exp. 7-4	111.1	108.5	113.0	109.2	102.0	98.0	104.4	100.2
Exp. 7-5	111.1	108.5	113.0	109.3	101.9	97.8	104.3	99.3

엇갈림 배열 :
 $A(0^\circ, 200) - A(36^\circ, 300) - A(0^\circ, 450) - A(36^\circ, 650) - A(0^\circ, 900)$

- 가운데 밀집 배열

<Exp. 8-2-1> 나란한 배열 :
 $A(0^\circ, 340) - A(0^\circ, 540) - A(0^\circ, 640) - A(0^\circ, 740) - A(0^\circ, 940)$

<Exp. 8-2-2> 엇갈림 배열 :
 $A(0^\circ, 340) - A(36^\circ, 540) - A(0^\circ, 640) - A(36^\circ, 740) - A(0^\circ, 940)$

- 입구 쪽으로 근접 배열:

<Exp. 8-3-1> 나란한 배열 :
 $A(0^\circ, 350) - A(0^\circ, 600) - A(0^\circ, 800) - A(0^\circ, 950) - A(0^\circ, 1050)$

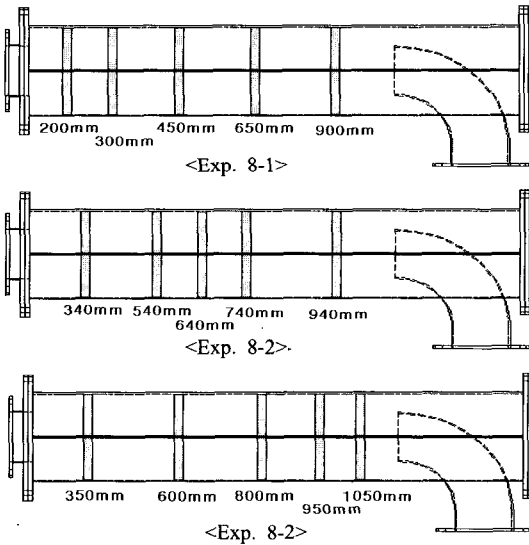


Fig. 12 Position and angle of 5 baffles

Table 9 Experimental results for five baffles with different intervals and angles (unit : dB)

	Input				Output			
	Equivalent		Maximum		Equivalent		Maximum	
	L _L	L _A	L _L	L _A	L _L	L _A	L _L	L _A
Exp. 8-1-1	110.8	108.0	111.4	108.2	100.1	91.4	103.2	93.4
Exp. 8-1-2	110.8	108.0	111.5	108.2	99.6	91.0	103.0	93.9
Exp. 8-2-1	110.8	108.1	111.4	108.3	100.7	93.2	103.6	95.3
Exp. 8-2-2	110.8	108.0	111.6	108.3	101.3	92.3	104.6	94.4
Exp. 8-3-1	110.7	108.1	111.3	108.3	99.9	91.3	102.9	93.5
Exp. 8-3-2	110.8	108.1	111.4	108.3	99.7	91.1	102.8	93.2

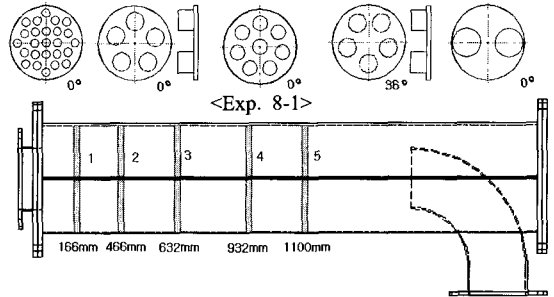


Fig. 13 Position and angle of 5 buff: E(0°,166)-(0°,466)-D(0°,632)-PA(36°,932)-B(0°,1100)

Table 10 Difference of SPL between inlet and outlet (unit : dB)

Experiment	Equivalent		Maximum	
	L _L	L _A	L _L Max	L _A Max
Fig. 13	15.1	18.2	15.3	17.5

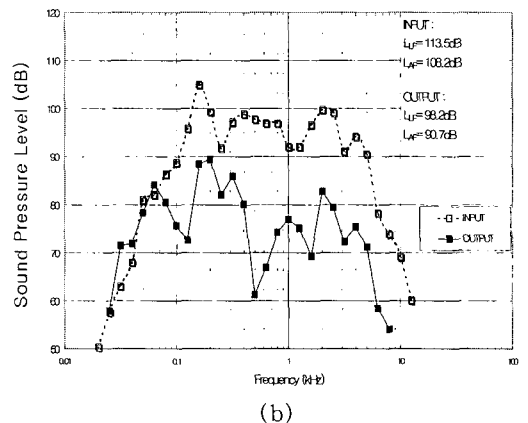
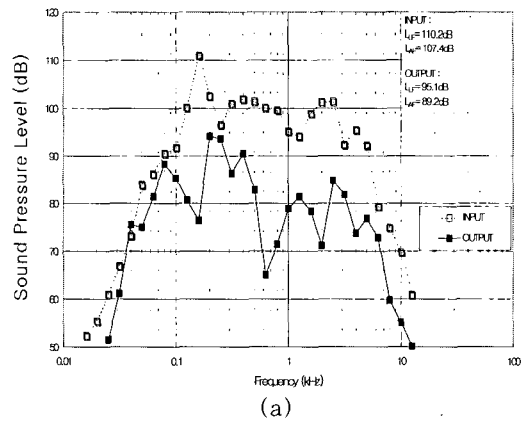


Fig. 14 (a) Equivalent SPL at inlet and outlet (b) Maximum SPL at inlet and outlet

〈Exp. 8-3-2〉 엇갈림 배열 :

A(0°,350)-A(36°,600)-A(0°,800)-A(0°,950)-A(0°,1050)

Table 9에 보인 바와 같이, 버프를 가운데로 밀집하여 배열시키는 것보다 입구 쪽이나 출구 쪽으로 근접시켜 배열하면 좋은 소음저감효과를 얻을 수 있음을 알 수 있었다. 지금까지는 버프 A를 사용하여 실험하였다. 이제 버프 A에 지름 85 mm, 돌출길이 130 mm의 파이프를 끼운 버프 PA와 버프 B, C, D, E를 조합했을 경우에 대하여도 실험하였다. 이 실험에서는 버프의 최적 배치 조건을 찾기 위해 지금까지의 실험 결과를 토대로 다음 실험을 계획함으로써 실험의 경우 수를 최소화하였다. 실험결과에 의하면 버프의 구멍이 나란하게 배열하는 것보다 엇갈리게 배열하는 것이 효과적임을 알 수 있었다. 따라서 최대한 버프가 엇갈리도록 배열하여 실험하였다. 그러나 버프 B, C, D, E를 혼합하여 배열하면, 구멍의 개수가 많거나 상대적 형상의 차이로 인해 배열각도의 효과를 크게 기대할 수 없으므로 동일한 버프가 이웃하여 배치될 경우에만 각도를 달리 주었다.

3.3 실험결과 및 고찰

버프를 일정간격으로 놓지 않고 거리에 변화를 주면서 배열하면 더 큰 소음저감 효과를 내는 배열을 찾을 수 있고, 버프의 형상을 변화시키면 소음저감효과가 크다. 이때 출구 쪽으로 갈수록 버프 구멍의 직경이 커지면 깔때기 모양의 확대관에서 소리가 커지는 것처럼 소음이 많이 줄지 않으므로, 입구 쪽에는 큰 직경의 구멍을 가진 버프를, 그리고 출구 쪽으로 갈수록 작은 직경의 구멍을 가진 버프를 사용하는 것이 좋다. 전체적인 배열은 출구 쪽으로 갈수록 버프 구멍의 직경을 점진적으로 줄이지 않고 작은 것까

것을 번갈아 가면서 배열하는 것이 소음저감에 효과적이며 버프 중 일부에 파이프를 끼우면 소음저감에 효과적이었다.

소음을 저감시킬 수 있는 방법이 있어도 현장에서 사용하기 위한 조건, 즉 유체가 빠른 속도로 흐를 수 있도록 해야 하기 때문에 무작정 버프의 개수를 많이 하거나, 구멍을 작게 하여 펌프에 부리를 주어서는 안되므로, 사용한 버프의 구멍의 단면적이 일정하도록 버프를 제작하여 사용했다. 이 연구에서 실시한 실험 중, 가장 좋은 소음저감효과를 나타낸 배열 중 하나는 Fig.13과 같다. 이 실험의 결과를 Table 10과 Fig. 14에 정리하였다.

3.4 현장실무에 적용

이 연구에 이용된 송풍기용 소음기의 크기는 $\phi 380$ mm \times 1800 mm이다. 종래의 송풍기용 소음기는 내부에 흡음재를 부착한 흡음형 소음기로 내부 유속이 증가하면 흡음재가 떨어져 제품과 혼합될 가능성이 있어 새로운 방식의 소음기 개발이 필요한 실정이었다. 이 연구에서 이용된 송풍기의 소음레벨은, Fig. 15에 보인 바와 같이 108.2 dB(A) 정도로 작업자의 청력 손실에 큰 영향을 미치고 있었다. 이 연구에서 제시하는 소음기를 송풍기에 설치한 후 소음레벨을 측정 한 결과 103.4 dB(A)로 4.8 dB(A)의 소음저감 효과가 있었다. 개발된 소음기의 소음저감효과(4.8 dB(A))가 실험실에서 측정 한 저감효과(18 dB(A))에 비해 작은 것은 현장 주변의 암소음에 의한 영향에 기인하는 것으로 판단된다.

4. 결 론

석유화학공장에 설치된 산업용 루츠 블로어(roots blower)용 소음기의 성능 향상에 대한 실험적 연구결과, 머플러형으로서의 소음기의 성능을 향상시키기 위해 내부구조(buff의 형상, 위치, 배열, 개수 등)의 최적구조를 실험적인 방법으로 찾을 수 있었다.

이 연구에 이용된 소음기의 크기는 외경 $\phi 380$ mm \times 1800 mm이며, 소음기의 내부에 Figs. 2~7에 제시한 버프를 E(0°,166)-PA(0°,466)-D(0°,632)-PA(36°,932)-B(0°,1100)와 같이 배열하고 소음기의 성능을 실내에서 실험한 결과, 약 14 dB(input: 110.3 dB, output: 95.8 dB)의 소음 레벨을 저감시킬 수 있었

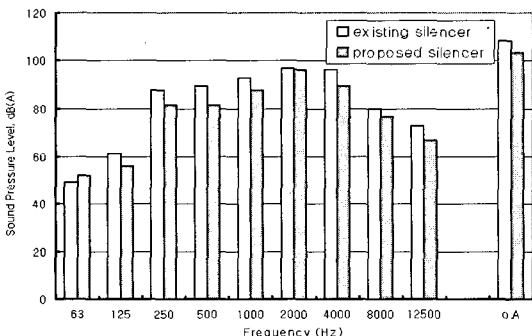


Fig. 15 Comparison of noise reduction effect

으며, 실제 석유화학공장에 있는 송풍기에 소음기를 설치하고 실험한 결과 기존 구조의 소음기에 비해, 약 4.1~5.0 dB 또는 5.0~6.7 dB(A)의 소음을 저감시킬 수 있었다

후 기

이 논문은 2002년도 순천대학교 공과대학학술재단 연구비에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

- (1) 차일환, 옥정권, 1998, 소음진동공학, 문운당, pp. 121~128.
- (2) 이출행, 1992, 작업환경소음진동학, 동화기술, pp. 71~82.

- (3) Fuller, C. R., Elliott, S. J. and Nelson, P. A., 1996, Active Control of Vibration, Academic Press.

- (4) Nelson, P. A. and Elliott, S. J., 1992, Academic Press.

- (5) 한국소음진동공학회, 1995, 진동편람.

- (6) Kinsler, L. E., Frey, A. U., Coppens, A. B. and Sanders, J. V., 1982, Fundamentals of Acoustics, John Wiley & Sons.

- (7) Frank Fathy, 1985, Sound and Structural Vibration, Academic Press.

- (8) Munjal, M. L., 1987, Acoustics of Ducts and Mufflers, John Wiley & Sons.

- (9) 최성배, 이재곤, 2003, "회전날개에 의한 덕트 소음저감에 관한 실험적 고찰," 한국소음진동공학회 논문집, 제 13 회, 제 5 호, pp. 357~363.