

# 대유량 공기압 소음기 국산화 개발과 가속 내구시험

김 전 하 | (주)레베산업, 연구소장 | e-mail : jhkim@lebeind.co.kr

이 글에서는 소재의 재활용성과 제품의 실용성이 향상된 대유량 공기압 소음기의 국산화 개발 과정과 함께 수행된 가속 내구시험에 대한 내용을 간략히 소개하고자 한다.

**압**축공기는 산업 전 분야에 걸쳐 제조 및 기계장비의 작동유체로 사용되고 있으며, 가스분리나 청정 공기를 위한 용도로도 사용되고 있다. 자동화 생산 및 검사설비에서 사용되는 압축공기는 부품 및 대상물에 대한 반복적인 운동과 공정을 수행하기 위해서 가압과 배기를 반복하게 되며, 대표적인 공압부품으로는 에어실린더와 솔레노이드 밸브가 있다. 이러한 부품들은 배기 시 소음을 유발하므로, 일반적으로 소유량 공기압 소음기가 사용되고 있다.

소유량 공기압 소음기의 크기는 1/8"(6A)~1/2"(15A)가 대부분이며, 재질은 PP(polypropylene), 황동(brass)을 이용한 소결품이 사용되고, 소음감쇠(noise attenuation)는 보통 20~30dB 정도이다. 가격이 저렴한 반면에 흡음재와 하우징이 일체형으로 제작되어 수명이 다하면 전체를 교체해야 한다.

상기의 일반 소유량 공기압 소음기와 달리, 대유량 공기압 소음기가 산업 전반의 공압 유틸리티 시스템의 요소부품으로 사용되고 있으며, 흡착식 에어드라이어, 도장용 다이아프램 압축기, 선박용 도장기 등에서 주로 적용되고 있다.

현재 소유량 공기압 소음기는 KS규격(KS B 6375, 공기압용 소음기)과 함께 국산화되어 여러 메이커에서 제작 판매하고 있으나, 대유량 공기압 소음기는 미국 Allied Witan Company(이하 AWC로 칭함)의 제품명 ATOMUFFLER와 SMC 사 제품이 전량 수입되어 적용되고 있는 실정이다.

따라서 대유량 소음기에 대한 국산화 개발의 필요성은 다음과 같다.

- 대유량 소음기의 경우 전량 수입하여 적용하고 있음.
- 수요와 기술적인 문제로 국산화 개발이 이루어지지 않고 있는 상황임.
- 재활용 가능한 흡음 엘리먼트 소재 선정과 제조기술 개발이 필요.
- 작업환경에 대한 소음규제가 강화

소음기 개발을 위해 설계, 해석, 장치구축, 금형개발, 시제품개발, 시험평가 등의 과정들이 진행되었으며, 이 글에서는 간략한 개발과정과 가속 내구시험을 중심으로 서술하기로 한다.

## 국외 대유량 소음기의 특징

AWC 사 소음기는 그림 1과 같이 전형적인 원통형 구조와 함께 기본적인 소음감쇠 방법인 팽창식, 공명식, 흡수식이 혼합된 방식을 적용하고 있어 소음감쇠 효과가 크고,

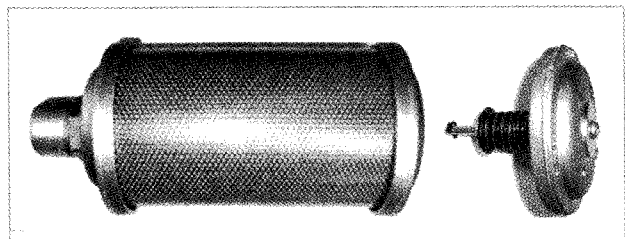


그림 1 AWC 사 릴리프밸브 부착형 소음기

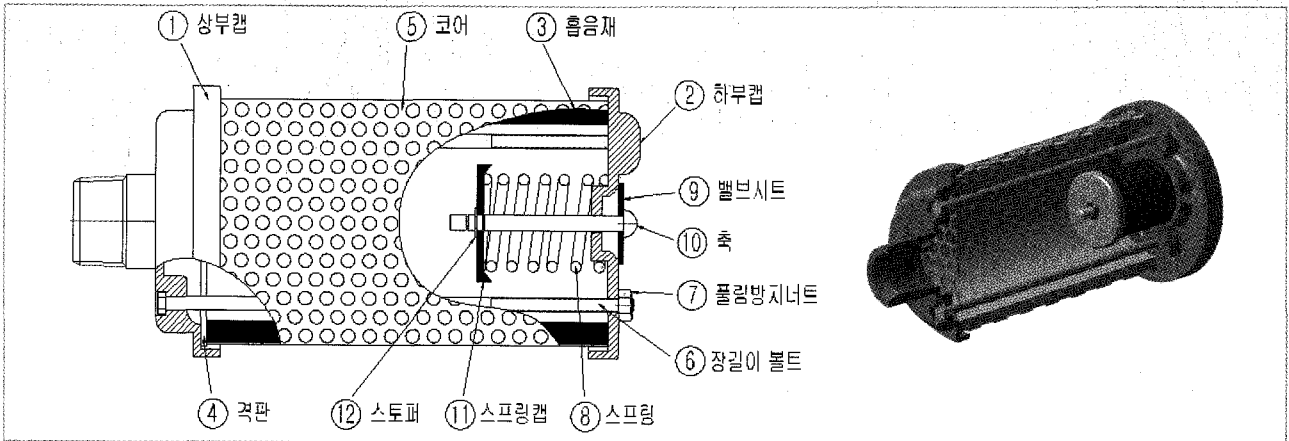


그림 2 릴리프밸브 불이 대유량 소음기 설계 형상

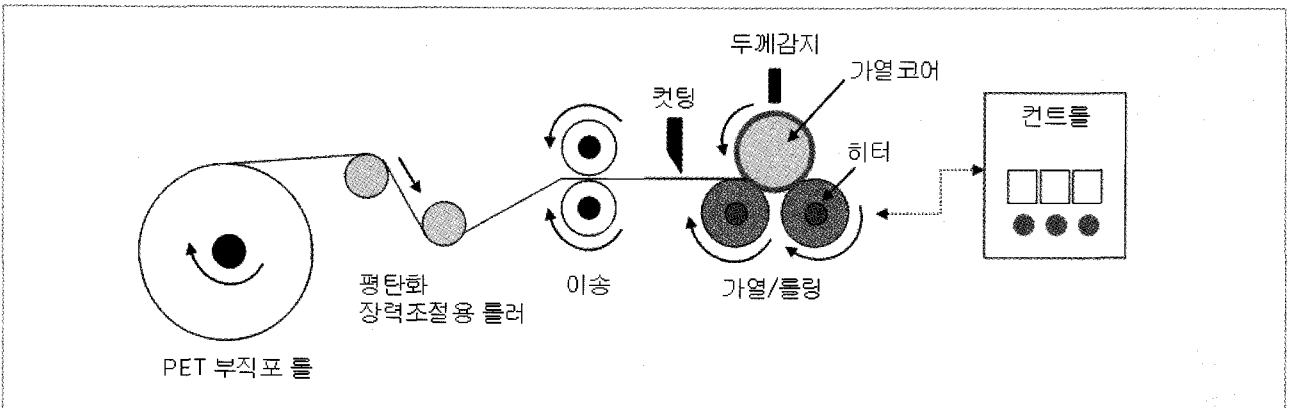


그림 3 흡음 엘리먼트 열용착 롤링장치 제조 공정도

흡음 엘리먼트가 소결품이 아닌 열용착 재질이기 때문에 대유량에 대해 높은 내구성을 지니고 있다. 또한 시스템과 엘리먼트 보호를 위해 릴리프밸브가 부착되어 있으며, 흡음 엘리먼트는 교체가 가능하도록 되어 있다.

반면에 조립 너트가 상부캡에 부착되어 엘리먼트 교체 시 소음기 전체를 배관에서 분리해야 하고, 릴리프밸브는 끼워맞춤이 되지 않아 축조립 정밀도가 낮으며, 흡음재가 수지함침종이이므로 재활용이 되지 않는 단점적인 요소들을 가지고 있다.

### 소음기 설계

개발 소음기의 상세 조립도와 3D 설계 형상을 그림 2에 나타내었다. 하부캡이 분리되도록 하여 흡음 엘리먼트의

교체 및 유지/보수가 용이하도록 하였으며, 릴리프밸브의 축 조립 정밀도가 향상되도록 하부캡에 스프링이 끼워지도록 하였고, 밸브의 예압이 단계적으로 조절 가능하도록 밸브축을 설계하였다. 릴리프밸브는 1bar 단위로 몇 단계로 조절되고, 초기예압은 1bar로 설정된다. 그리고 흡음 엘리먼트 소재는 우수한 흡음성, 단열성, 난연성, 뛰어난 배수성, 내구성, 재활용성을 지니고 있으며, 함침수지로 많이 쓰이는 페놀수지를 대체할 열가소성수지인 PET(polyester) 부직포를 선정하였다.

### 소음기 부품 및 시제품 개발

그림 3은 핵심 부품인 PET소재 흡음 엘리먼트의 제조 공정도를 보여주고 있다. 히터가 삽입된 가열롤러 사이를

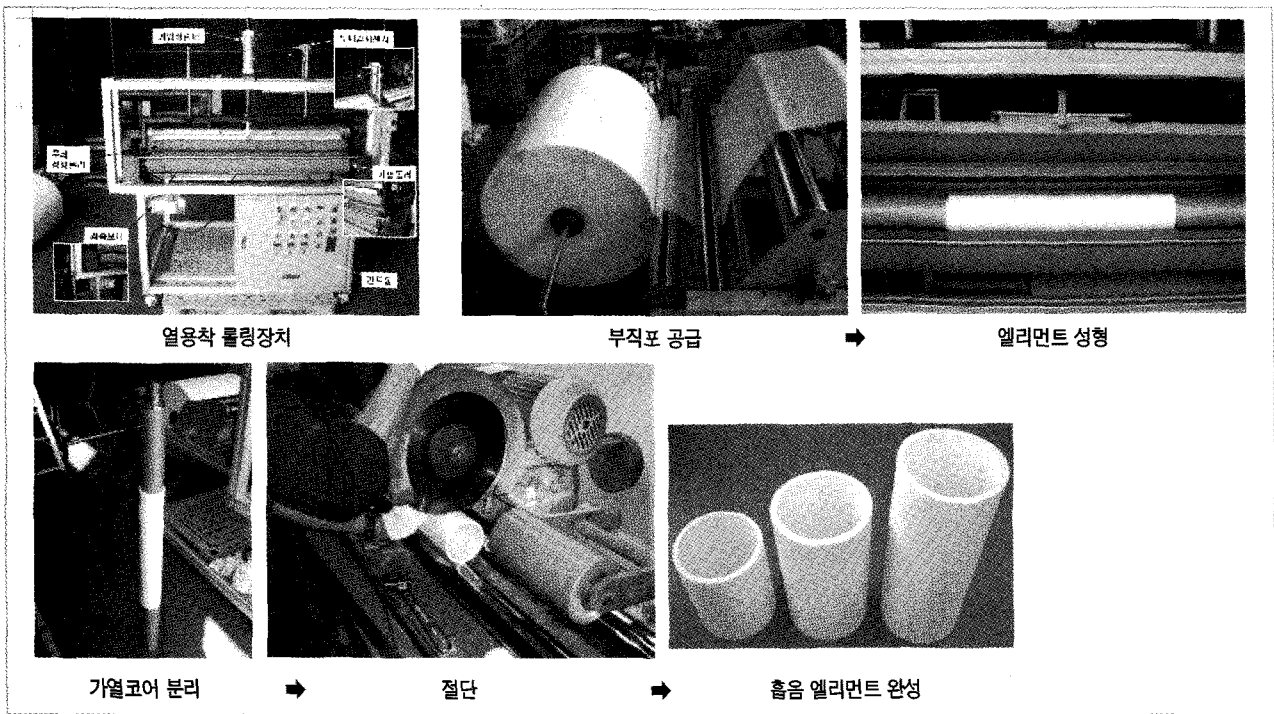


그림 4 흡음 엘리먼트 주요 제조공정

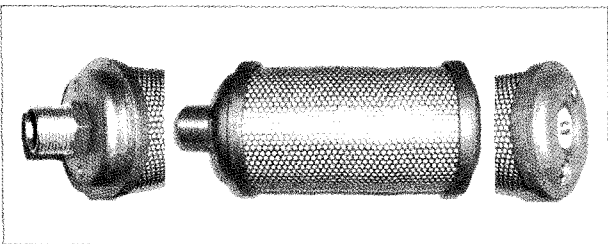


그림 5 릴리프밸브 볼이 대유량용 소음기 시제품

표 1 소음기 치수 및 재질

치수	1"(25A)
재질	PT 1"(male)
캡	AL 다이캐스팅 합금
엘리먼트	PET
예압	1bar

회전하는 가열코어의 외경부에 열이 가해져 연화된 부직포가 용착되어 감기면서 두께를 형성하게 된다. 성형된 엘리먼트는 변형이 생기지 않도록 가열코어를 충분히 냉각시킨 후 탈착기에 의해 분리되며, 커팅기를 사용하여 원하

는 치수로 절단된다. 그림 4는 흡음 엘리먼트의 주요 제조 공정 사진을 보여주고 있다.

소음기 상/하부캡은 금형제작, 다이캐스팅, 선반가공을 통해 완성되며, 그 외 부품인 원형판과 코어는 공극률 50%의 타공판을 이용하여 레이저 절단과 불러를 이용하여 가공된다. 이와 같이 개발된 1"(25A) 치수 릴리프 밸브 볼이 소음기 부품들은 그림 5와 같이 조립되어 완성되며, 그 치수 및 재질 사양은 표 1과 같다.

### 가속 내구시험

KS B 6375(공기압용 소음기) 규정에 따라 ① 배기음 감소, ② 유량, ③ 내압성, ④ 기계적 강도, ⑤ 내구성의 5개 시험항목들에 대한 시험방안과 절차들이 정립되어 수행되었으며, 기본 성능에 대한 결과는 배기음 감소 30dB, 유량 24m<sup>3</sup>/min, 내압성 15bar, 기계적강도 250N 이상을 만족하는 성능을 나타내었다.

가속 내구시험의 경우 KS규격에 제시된 500만 회가 정상적

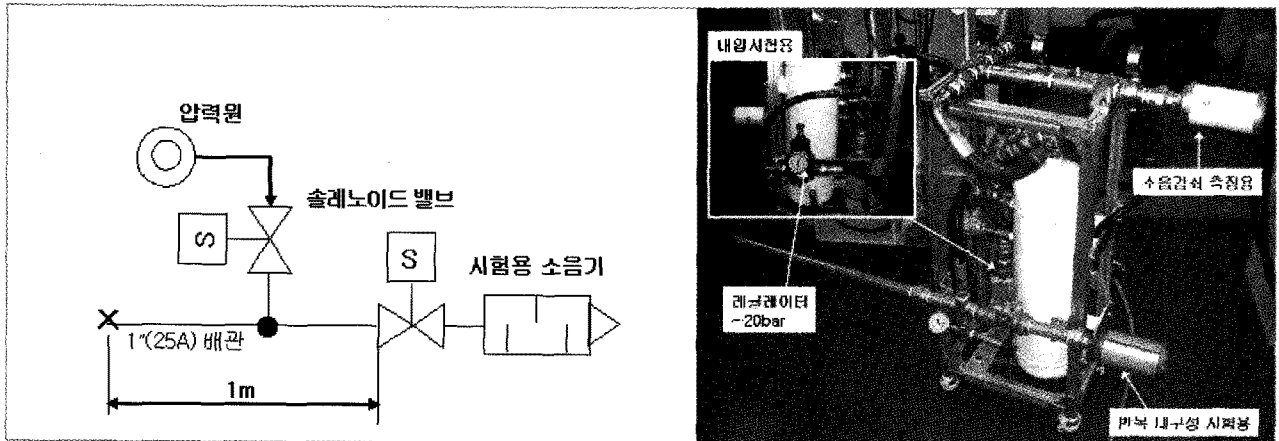


그림 6 가속 내구시험용 P&ID(Pipe & Instrument Diagram)와 복합 소음기 시험장치

으로 수행된다면, 예를 들어 1회 4초로 계산해도 대략 230일(1일 24시간)이 소요되어 빠른 내구시험 결과를 기대하기 어렵게 된다. 따라서 적절히 부하(배압)를 증가시켜 수행하는 단기 가속 내구시험을 통해 동일한 시험효과를 얻고자 하였다.

가. 가속 내구시험 방안

(1) 시험장치

- KS B 6375(공기압용 소음기)의 규정에 따라 그림 6과 같은 소음감쇠, 반복 내구성, 내압성을 함께 측정할 수 있는 복합 소음기 시험장치를 구축하였다.

(2) 시험방법

- 시험용 파이프에 0.5MPa를 가하고 밸브의 개폐가 가능한 속도로 500만 회 작동을 한다. 또한 밸브의 개폐 시간 비율은 50%로 하고, 시험 중에는 시험용 소음기의 각 부에 대해 나사 등을 다시 죄어서는 안 된다.
- KS A 5606(기계 부품의 내구시험 설계)의 규정에 따라 소음기의 배압을 크게 하여 단기간에 동일한 내구성시험이 가능한 등가 가속내구시험을 수행할 수도 있다. 규정에 따라 손상량은 부하크기의 3승에 비례하므로 다음의 식에 의해 등가 가속내구시험을 위한 반복회수를 정하게 된다.

$$N_A = 5,000,000 + \left( \frac{P_{B2}}{P_{B1}} \right)^3$$

표 2 가속 내구시험 결과

초기배압 (bar)	조정배압 (bar)	가속내구시험 계산 반복회수(회)	가속내구시험 실행 반복회수(회)	등가 내구시험 반복회수(회)
0.71	1.90	259,753	261,483	5,033,242

여기서,  $N_A$ : 가속내구시험 반복회수(회)

$P_{B1}$ : 초기배압(bar)       $P_{B2}$ : 조정배압(bar)

- 소음기의 배압을 증가시키기 위하여 이물질들을 투입한다.

(3) 시험결과

- 시험 중이나 종료 후, 파괴, 균열, 그 밖에 다른 해로운 결함이 없어야 한다.

나. 시험결과 및 고찰

배압을 2.68배 정도 높게 조정하여 기준 500만 회와 등가의 가속내구시험을 수행하였고, 그 결과는 표 2와 같다. 시험 중이나 종료 후, 파괴, 균열, 그 밖에 다른 해로운 결함이 발생하지 않았으며, 릴리프밸브 및 볼트체결부도 정상이었으며, 배기음감쇠, 유량, 기계적 강도에 대한 성능기준을 만족하였다.

시험시작과 시험종료 시에 정상적으로 1bar 근방에서 릴리프밸브가 정상적으로 작동하였음을 알 수 있으며, 시험종료 시점에서 시작과 유사한 압력상태를 유지하였음을 그림 7의 그래프에서 확인할 수 있다.

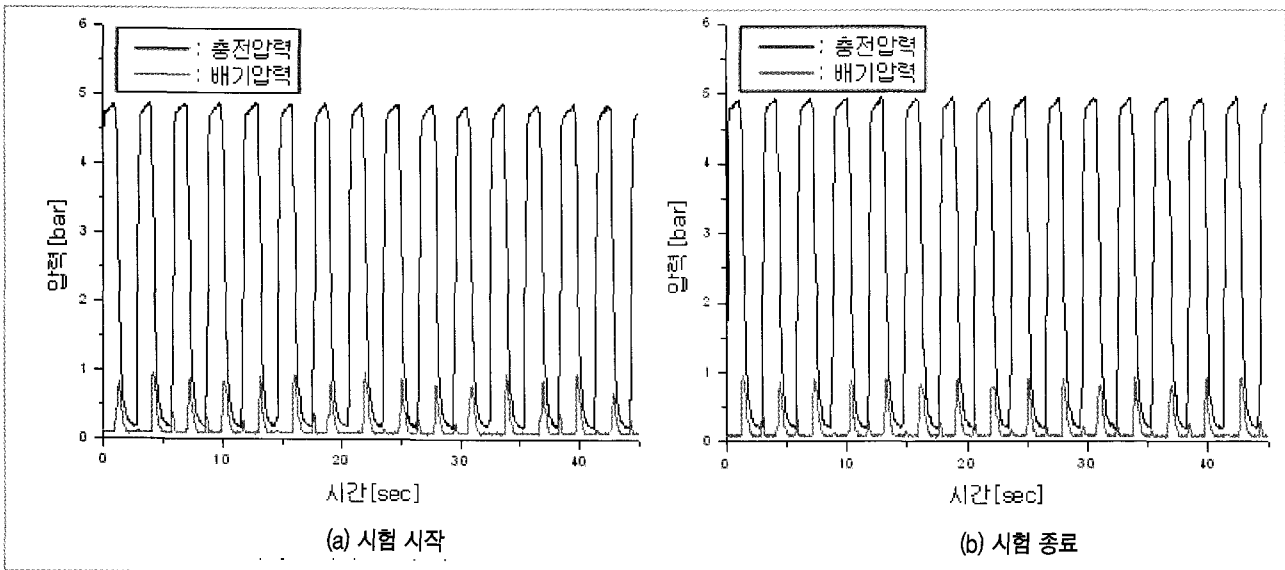


그림 7 가속 내구시험 시의 압력 특성

## 제품화 및 사업화

대유량 소음기의 국산화 개발이 가지는 가장 큰 의미는 재활용이 가능한 PET소재를 이용하여 내구성이 우수한 원통형 흡음 엘리먼트 제조기술을 확보하였다는 것이다. 따라서 기존 국외 소음기에 비해 환경친화적인 측면에서 우위를 점하게 되었고, 조립성, 외관, 릴리프밸브 정밀도 측면에서 우수한 구조적 성능을 확보하게 되었으며, 정량적인 성능 목표들도 기존 국외 소음기와 비교하여 동급 이상의 사양을 나타냄으로써 향후 제품화를 통한 수입 대체 및 매출증대 효과가 기대된다.

현재 수입되고 있는 국외 소음기의 시장 판매가에 대한

조사를 바탕으로 개발 소음기 시제품에 대한 제조원가를 산출한 결과 충분한 가격경쟁력을 지니고 있으며, 지속적이고 안정적인 매출 기대가 가능한 것으로 검토되었다. 따라서 2010년 제품화 및 사업화를 목표로 하여, 1' 이외의 대유량 소음기 치수에 대한 개발과 적용을 확대하고, 양산 체제구축 및 생산과 작업효율 향상을 통한 원가절감을 지속시켜 나갈 계획이다.

## 후 기

본 릴리프밸브 붙이 대유량 소음기 개발은 2008 중소기업기술혁신개발사업에 의해 수행되었습니다.

## 기계용어해설

### 기어 셰이빙 머신(Gear Tooth Shaving Machine)

기어의 단면을 평활하게 하고 치형이나 피치를 수정해서 좀더 고정 밀도의 기어로 다듬질하는 기계.

### 글로 스위치(Glow Switch; 점등관)

네온 또는 아르곤을 봉입한 유리관 속에 고정 전극과 바이메탈로 만든 전극을 봉입한 방전관의 일종.

### 접선 캠(Tangent Cam)

2개의 원호와 그것에 접하는 직선으로 연결한 윤곽의 캠으로, 내연기관의 밸브 기구 등에 널리 쓰이는 평면 캠의 일종.