

# 터보차저용 레조네이터 개발

## Development of turbo-charger resonator

황호준† · 이정욱\*

Hwang Ho Jun name, Lee Jung Uk

**Key Words** : Resonator(레조네이터), Turbocharger(과급기), Noise(소음), CFD(전산 유체 역학), DFSS(design for six sigma)

### ABSTRACT

This paper relates to the automotive silencers reduce noise generated from the actual vehicle for the activity is based on was worth. To do this, the noise from cars to distinguish them by category, characteristics of turbo charger was designed to reduce noise. In order for the design of acoustic modeling using line dynamics, was analyzed using In house & the commercial software programs. Silencers have about several basic elements. Expand, collapse, perforated plate, and the combination are the basic reactive or dissipative elements. Finally, DFSS(design for six sigma) method was designed. and it was verified in vehicle test. The new developed silencers showed good performance vehicle test results. also, the net cost also indicated excellent results compared with other company

### 기 호 설 명

여기에 기호설명을 아래와 같이 입력하십시오.

Transmission Loss : 전달 손실

DFSS : Design for six sigma

## 1. 서 론

내연기관 자동차의 경우 출력향상을 위해 기존 자연흡기식 엔진에 단순히 공기를 과급함으로써 출력을 향상시켜 연비를 향상시키고 이를 통해 경량화를 추구하는 추세이다.

최초의 과급기는 항공기등의 비행기를 위해서 개발된 것으로 대기권 밖의 항로에서는 기압이 떨어짐에 따라 공기가 희박하여 이에 따른 엔진 출력 감소

를 방지하기 위한 수단으로 사용되었다.

이를 점차 내연기관에 적용하였는데 자동차의 경우에는 1900년대 초에 유럽의 차에 처음 장착된 후 1960년대 이후로 북미 C차량 에서 처음 양산되었으며, 국내에서는 1991년 H자동차의 S1.5엔진에 처음 장착되어 일반인들에게 이름이 알려졌으며, 최근에는 가솔린 터보까지 보편적으로 적용되는 장치이다.

## 2. 개발 내용

### 2.1 소음원

#### (1) 흡기 시스템 모델

터보차저는 내연기관에서 배출되는 배기가스의 에너지를 이용하여 흡기행정시 흡입되는 공기를 강제적으로 압축하여 실린더로 공급하는 역할로 흡입 효율 증가에 따라 출력을 향상 시키는 장치로서 전형적인 **mechanical feedback** 시스템이다.

구동원으로 나누면 배기가스를 이용하는 터보차저와 타 원동기를 사용하는 슈퍼 차저가 있다.

그리고, 최근에는 강제적으로 공급되는 공기의 온도를 낮춤으로써 연비향상을 10% 추가로 확보하는

† 황호준, LS엠트론  
E-mail : hhj@lsmtron.com  
Tel : 031-688-5373, Fax :

\* LS엠트론

효과가 있는 인터쿨러를 적용하는 TCI(Turbo charger intercooler)가 사용되고 있다.

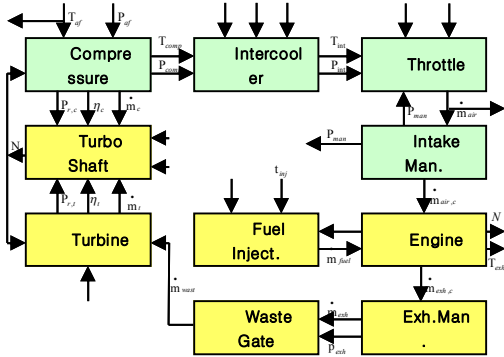


Fig 1 Air induction system model

(2) 터보차저 소음 특성

터보차저는 최고 800도 이상의 고온의 배기가스가 분당 100,000~150,00 회전을 하기 때문에 고주파 성분의 소음이 발생한다.

최근에는 터보차저에서 발생하는 고주파 광대역 소음으로 인한 고객 클레임이 증가하고, 이 때문에 터보 차량의 구매의욕 저하로 이어져 최근 들어 완성차 업체에서는 터보차저의 소음 저감을 위한 다양한 활동을 진행 하고 있다.

현재 국내 흡기 소음기 개발 전문업체는 아직까지 희소한 상태이며, 유럽등 해외에서 대부분 수입에 의존하고 있고, 자국내 기반기술이 취약한 상태이다.

해외의 사례를 살펴보면 터보차저용 소음 저감용 소음기는 일반적으로 공명 원리를 이용한 제품이 대부분이며, 다공판 또는 반파장 방식의 원리도 적용 가능한 제품이 적용되고 있다.

2.2 소음 저감 활동

(1) 흡기 소음

엔진의 흡기 시스템은 유체 이송 통로, 진동절연, 등 여러가지의 기능을 수행해야 되는데 이중 터보차저의 방사소음은 이중 부정적이 기능을 차지한다고 볼수 있다.

이런 고주파 광대역 방사소음을 저감하기 위해 line dynamics를 통한 음향학적 모델링을 통해 적극적인 소음을 저감하는 활동이 활발하게 진행 되어

왔다.

흡기 시스템에서 발생하는 소음의 사례로는 토출 압력 변동에 의한 unbalance에 의한 노이즈가 있는데 이는 과급기의 강성을 높이는 것으로 해결안을 마련해야 할 것이다. 또한, 임펠러 흡배기 밸브의 개폐에 따라 생기는 유체음으로 엔진 회전속도와 기통수에 관계되는 주기적인 고조파 소음이 있다. 이를 저감하기 위해서 노이즈 절연, 소음기 설치 등의 활동 있을수 있다.

(2) 음향 해석

소음기를 설계하기 위해서 4pole transfer matrix model을 이용하여 inline, shunt, distributed model을 개발하였으며, 민감도분석을 통해서 모델 파라미터를 최적화 하였다. 그리고 온도변화 및 매질의 속도에 따른 성능을 고려하여 설계하였다.

최종적으로 제품을 개발하기 위해서 액압성형 공법을 개발하였고, 실차시험을 통해서 검증하였다.

Table 1 manufacturing critical process

Hydro forming	bending, brazing
삽입, 포밍, 인출 일원화	극미세 튜브 벤딩
최소 포밍압력	이재질 적용 고려

설계 파라미터를 활용하여 최적안을 도출하였으며 이를 성능지수인 전달손실로서 해석하였다. 출구조건은 무반사단으로 하였으며, 필요에 따라서 내부에 다공판을 위치시켰고, 흡음재도 추가로 고려되었

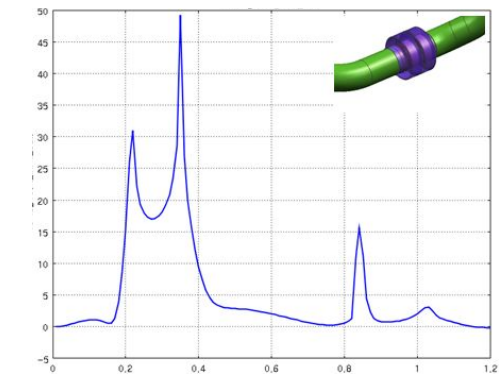


Fig 2 Transmission Loss (dB)

내부 유속의 경우 성능에는 큰영향이 없고 단지 전달손실의 peak치에 영향이 있었으며, 다공판의 경우에는 공극율이 가장 민감한 파라미터로 판단되었다.

#### (4) 압력강하

소음기는 때문에 흡입손실을 고려해야하기 때문에 설계시 압력강하효과를 고려하여 설계가 이루어져야한다. 이를 위해 CFD를 활용하여 압력강하량을 예측하였고, 이는 실험을 통해 검증 한 결과 약 10% 이내로 잘 일치함을 보였다.

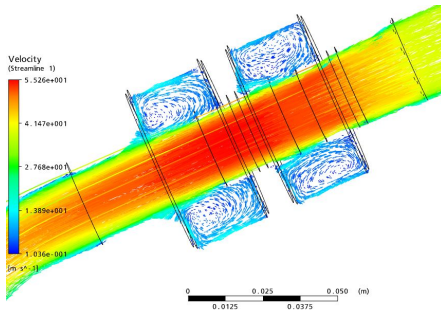


Fig 3 Flow restriction analysis

### 3. 결 론

본 연구에서 개발된 소음기를 활용하여 터보차저 소음을 획기적으로 감소시킬 수 있었으며, 향후에는 메탈 개열이 아닌 플라스틱 또는 저중량 재질을 이용한 제품 성형이 가능한지 계속 검토할 예정이다.

### 참 고 문 헌

(1) Lee, Y. K., Choi, S. K., Yoon, K. C. and Lee, Y. S., 2003, NRRO Analysis of 3.5inch HDD Spindle Ball Bearings utilizing the Measured Geometric Imperfection, Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference, pp. 585~591.

(1) S.Bilawchuk, K.R.Fyfe, 2003, comparison and implementation of the various numerical methods used for calculating transmission loss in silencer systems. Applied Acoustics 64, pp 903~916

(2) T.W. WU AND P.ZHANG, C. Y. R. CHENG, 1998, BOUNDARY ELEMENT ANALYSIS OF MUFFLERS WITH AN IMPROVED METHOD FOR DERIVING THE FOUR-POLE PARAMETERS. J of sound and vibration, 767~779

(3) W. ZHOU AND J. KIM, 1998, FORMULATION OF FOUR POLES OF THREE-DIMENSIONAL ACOUSTIC SYSTEMS FROM PRESSURE RESPONSE FUNCTIONS WITH SPECIAL ATTENTION TO SOURCE MODELLING, J. of sound and vibration, pp89~103

(4) M.L.Munjaj, 1998, ANALYSIS AND DESIGN OF MUFFLERS-AN OVERVIEW OF RESEARCH AT THE INDIAN INSTITUTE OF SCIENCE, J. of sound and vibration, pp425~433

(5) B&K, BP1039 production data