

## Track F3-1

# TRIZ를 적용한 터보차저용 소음기 평가 장비 개발 사례

이희성\* · 이정욱\* · 문용균\* · 황호준\*\*

\* LSMtron / 기술개발부문 생산기술센터

\*\* LSMtron / 자동차부품사업부 연구소

## Development of Inspection Equipment for Turbocharger Resonator Applying TRIZ

Heesung Lee\*, Junguk Lee\*, Yongkyoon Moon\*, Hojun Hwang\*\*

\* LSMtron / R&D Division, Manufacturing Technology Center

\*\* LSMtron / Automotive Parts, Automotive Parts Research Center

**Key Words:** Turbocharger(터보차저), Resonator(소음기), Inspection(검사), TRIZ(트리즈)

### Abstract

차량 출력 및 연비 효율 향상을 위해 터보차저를 장착한 차량이 증가하고 있다. 터보차저 작동 시 운전자에게 불쾌감을 주는 고주파 소음이 발생하게 되며 이를 감소시키기 위한 방안으로 터보차저용 소음기를 장착하게 된다. 최근 터보차저 장착 차량 증가에 따라 터보차저용 소음기의 수요가 증가하고 있다. 소음기가 제 성능을 발휘하기 위해서는 소음기 내부 형상이 정밀하게 제조되어야 한다. 소음기가 정확하게 제조되었는지 확인하기 위하여 내부 치수를 측정해야 하나 소음기는 내부 구조가 복잡하여 제품을 절단하지 않고 내부 치수를 정확하게 측정하는 것은 어려움이 있다. 따라서 소음기가 정확히 제조되었는지 확인하기 위한 비파괴 검사 방법이 필요하다. 본 논문에서는 비파괴 방식의 터보차저용 소음기 평가 장비를 TRIZ 기법을 적용하여 개발한 사례를 소개한다.

## 1. 서론

### 1.1 터보차저 적용 이점

터보차저는 배기가스를 이용하여 터빈을 돌리고 터빈과 동일 축 상에 연결된 컴프레서가 흡기를 가압하여 엔진에 공급함으로써 전체적인 출력을 향상 시키는 기술이다.

일반적으로 터보차저는 디젤엔진에 사용되지만 최근 주류를 이루고 있는 직접분사식 가솔린(GDI) 엔진에도 사용된다. 터보차저 장착 시 가솔린 엔진 20%, 디젤 엔진 40% 출력향상을 기대할 수 있다.

### 1.2 터보차저 시장 전망

현재 연비 향상 기술로 각광을 받고 있는 것이 엔진다운사이징이다. 엔진다운사이징 시 출력

을 높이기 위한 수단이 필요하며 주로 터보차저가 적용된다.

연비 경쟁이 치열해 질수록 터보차저 탑재 비중은 지속적 상승 전망이다. 2012년 전세계 자동차 판매에서 터보차저 탑재 비중은 30% 수준이나 2016년에는 36% 수준에 달할 전망이다. 주요 자동차 시장인 중국 및 미국의 터보차저 탑재차량 대수가 2011년 대비 약 2배 정도 증가할 것으로 예상된다.

세계 터보차저 탑재율 전망

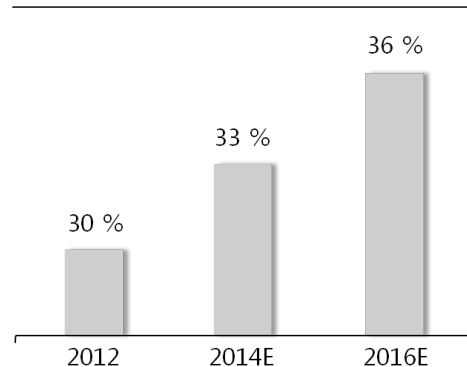


Figure 1. Worldwide Turbocharger Market Growth

이희성, LSMtron / 기술개발부문 생산기술센터

E-mail : iheesung@lsmtron.com

TEL : (031)688-5372 FAX : (031)688-5497

\* LSMtron / 기술개발부문 생산기술센터

\*\*LSMtron / 자동차부품사업부 연구소

中·美 터보차저 탑재차량 판매 대수 전망

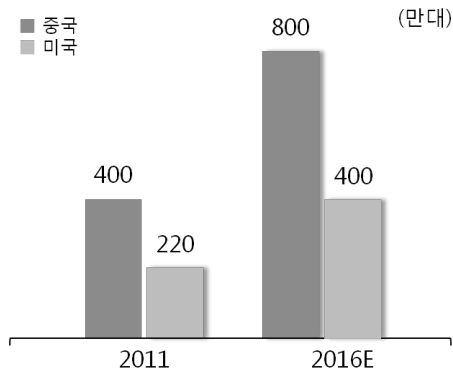


Figure 2. Increase Turbocharger Car in China•USA

### 1.3 터보차저용 소음기 평가 장비 개발 필요성

터보차저 터빈이 고속으로 회전하면서 발생하는 고주파 소음은 운전자에게 불쾌감을 준다. 터보차저 터빈에서 발생한 고주파 소음을 제거하기 위해서 일반적으로 터보차저 후단에 소음기 (Resonator)를 장착 한다.

국내 터보차저용 소음기 시장은 Umfotec, Waco, Hutchison 3社가 독점하고 있었으나 LS엠트론이 2014년 국내 최초로 터보차저용 소음기 개발에 성공하면서 국내 터보차저용 소음기 시장에 진출 하였다.

소음기 품질 관리를 위해서는 생산된 소음기를 전수 검사 할 수 있는 장비 확보가 필수적이다. 이에 소음기 전수 검사 장비에 적용될 비파괴 소음기 평가 기술 개발이 필요하였다.

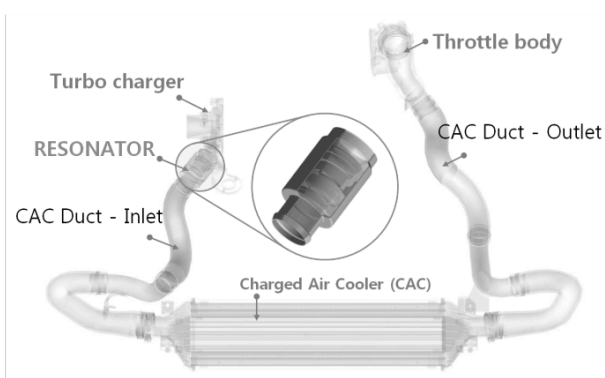


Figure 3. Turbocharger Resonator

## 2. 본 론

### 2.1 터보차저용 소음기 성능 평가 인자

소음기는 대상 모델에 따라 감소시키고자 하는 소음의 주파수 범위가 상이하게 설계된다. 이렇게 소음기가 감소시키고자 하는 소음 주파수 영역을 감소 타겟 주파수 라고 한다.

소음기가 정확하게 제작 되었다는 것은 설계된 감소 타겟 주파수 영역과 실제 감소 주파수 영역이 일치해야 하며 소음 감소 크기도 설계 목표를 상회해야 한다.

소음기 내부 구조에 치수 공차가 발생하게 되면 감소 타겟 주파수 영역과 실제 감소 주파수 영역과 소음 감소 크기에 차이가 발생하게 된다.

소음기 내부 치수 공차는 소음기 성능을 결정하는 중요 인자라고 할 수 있다. 아래의 그림 (Figure 4)은 소음기 내부의 구조에 따라 감소 되는 소음의 주파수가 결정되는 것을 보여준다.

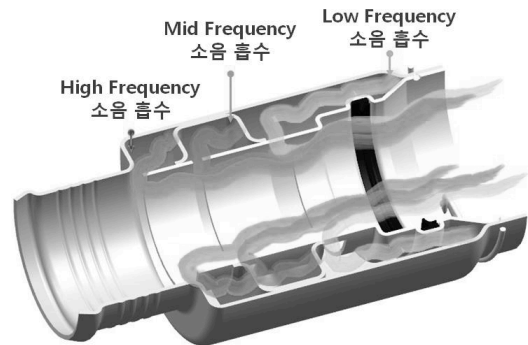


Figure 4. Resonator Inner Structure

### 2.2 소음기 내부 치수 측정 방법의 한계

소음기 성능을 결정하는 중요인자인 내부 치수 공차를 확인하기 위해서 소음기를 절단하여 내부의 판과 구멍의 위치 및 크기를 측정 할 수 있다.

내부에 다수의 판과 구멍으로 이루어져있는 소음기를 절단하여 각 구조의 공차를 검사하는 방법은 검사 시간이 길뿐만 아니라 제품을 파손시키므로 전수 검사 방법으로 적합하지 않다.

### 2.3 비파괴 소음기 성능 평가 방법 도출

#### 2.3.1 아이디어 도출 1단계

TRIZ를 적용한 터보차저용 소음기 평가 장비 개발 사례

소음기 전수 검사를 양산 적용하기 위해서는 소음기를 절단하지 않고 성능을 평가할 수 있는 비파괴 평가 방법 도출이 필요하다.

아이디어 도출단계에서 엔지니어들이 겪는 일반적인 문제는 대상(Object)과 행위(Action)를 한정된 상태에서 방법(Tool)만을 탐색한다는 것이다.

이렇게 대상(Object)과 행위(Action)를 한정된 상태에서 방법(Tool)만을 탐색할 경우 심리적 관성에서 벗어나지 못하고 기존과 유사한 해결책을 도출 하게 될 가능성이 높으며 결과적으로 문제를 본질적으로 해결하기는 어렵다.

아래의 표는 소음기 내부치수를 측정하기 위해 도출한 아이디어이다. 대상(Object)과 행위(Action)가 한정된 상태에서 방법(Tool)만을 도출한 아이디어는 한정적이며 이를 실제 현업에 적용하기에는 기술적, 비용적 문제가 존재 하였다.

대상 (Object)	방법 (Tool)	행위 (Action)
내부 치수	카메라	측정한다
	방사선	
	변위센서	

Table 1. Idea Generate to Inspect Resonator

2.3.2 아이디어 도출 2단계

심리적 관성을 돌파하고자 TRIZ를 적용하여 문제 상황을 TRIZ 방식으로 정의 하였다. 1)소음기 치수 공차는 2)소음 감소 주파수 영역의 변화를 발생시키고 이는 제품의 불량률 만드는 해로운 효과이다.

이상적인 해결책으로는 공정을 개선하여 치수 공차가 발생하지 않도록 하는 것이지만 치수 공차를 발생시키는 모든 공정 요인을 확인하여 제거하는 데는 어려움이 있다.

~~~~~> 해로운 효과

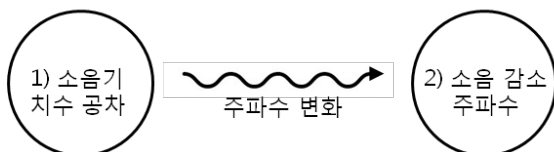


Figure 5. Harmful Effect by Dimension Tolerance

1)소음기 치수 공차와 2)소음 감소 주파수 영역 관계를 역으로 본다면 새로운 관계가 형성된다. 2)소음 감소 주파수 영역 변화는 1)소음기의 치수 공차를 확인 할 수 있는 방법이 된다.

소음기 감소 주파수의 변화가 발생하였다면 소음기 내부 공차가 발생하였다고 볼 수 있는 것이다.

1)소음기의 치수 공차가 2)소음 감소 주파수영역을 변화시키는 해로운 효과를 발생 시켰지만 반대로 2)소음 감소 주파수 영역의 변화는 1)소음기의 치수 공차의 발생을 확인할 수 있는 인자로서 이로온 효과를 가지게 된다.

이로써 소음기의 치수 공차를 확인하는 방법으로 소음 감소 주파수 영역 변화를 활용하는 아이디어를 도출하였다.

————> 이로온 효과

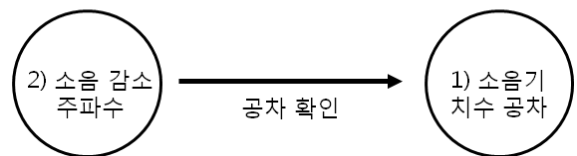


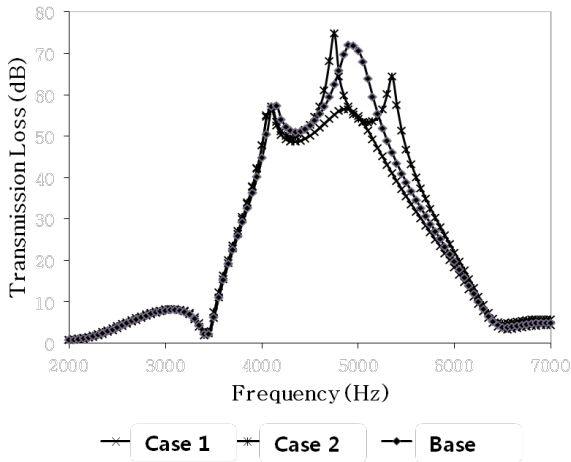
Figure 6. Useful Effect by Frequency Variation

2.4 도출 아이디어 검증

2.4.1 시뮬레이션 검증

소음기 내부에 발생한 치수 공차가 소음 감소 주파수의 변화에 주는 영향을 확인하기 위해 소음기 내부 판의 위치를 0.1mm ~ 1mm 이동시켜 성능 평가 시뮬레이션을 수행하였다.

아래의 그래프(Graph 1)는 정상 제품의 성능 곡선(Base)과 불량 제품의 성능곡선(Case 1, Case 2)을 비교한 결과를 보여준다. 소음기 내부에 치수 공차가 발생했을 경우 소음기의 성능곡선은 정상 성능 곡선에서 벗어나는 것을 확인 할 수 있다.



Graph 1. Resonator Simulation Result Graph

2.4.2 시험 검증

소음 주파수를 이용한 소음기 치수 공차 판별 가능 여부를 실제 시험을 진행하여 검증 하였다.

시험의 구성은 아래 그림(Figure 7,8)과 같다. 시험은 소음기 입구에 화이트 노이즈를 발생 시킨 뒤 입구측(측정부#1)과 출구측(측정부#2)에 마이크로폰(Microphone)를 설치하여 소음기의 투과 손실(Transmission Loss)을 측정하는 방법으로 진행 하였다.

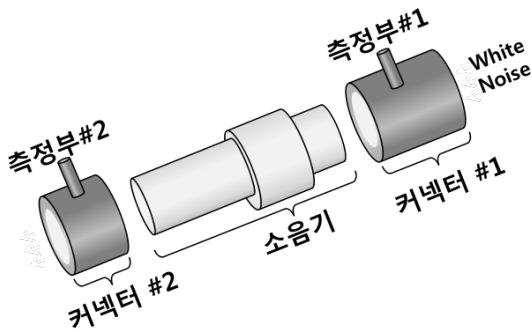


Figure 7. Resonator Test Construction

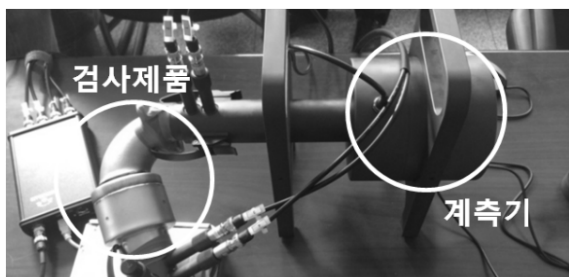
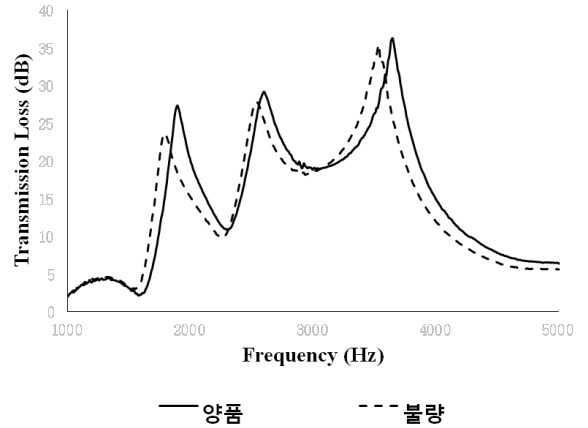


Figure 8. Resonator Test

양품 샘플과 불량 샘플에서 취득한 신호를 비교한 결과 아래 그래프(Graph 2)와 같이 소음기의

양/불 판별이 가능한 수준의 주파수 변화가 관측 되었다.



Graph 2. Resonator Test Result Graph

3. 결론

- (1) 문제를 해결하는데 방해가 되는 심리적인 관성을 TRIZ의 문제 정의를 통해 벗어나, 아이디어를 도출 할 수 있었다.
- (2) 도출한 아이디어를 시뮬레이션과 시험을 통해 검증하였다.
- (3) 검증된 아이디어를 적용하여 소음기 검사 알고리즘(Figure 9) 개발하여 검사 장비에 적용하였다. 신규 개발한 소음기 검사 장비는 양산적용 완료 되었다.

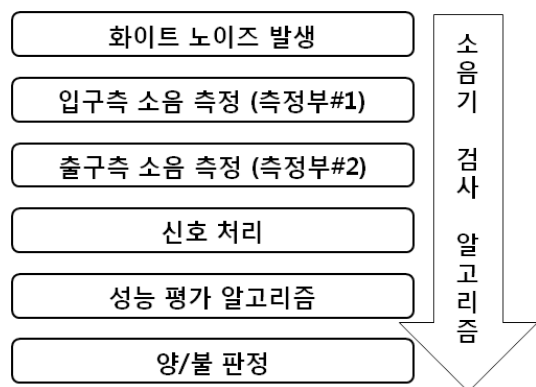


Figure 9. Resonator Inspection Algorithm

참고문헌

- (1) Choi Young, 2010, "Status of Domestic Turbocharger Technology", *Auto Journal*, 2010.02, 제35권 제12호, pp.57 ~ 62

TRIZ를 적용한 터보차저용 소음기 평가 장비 개발 사례

- (2) Lee, Byungchan, Jung, Dohoy, 2010, "Engine Downsizing and Fuel Economy Improvement by Using 터보차저s", *Auto Journal*, 제32권 제1호, pp.6~75
- (3) William H. Crouse, Donald L. Anglin, Crouse William, 1993, "Automotive Mechanics", McGraw-Hill
- (4) Victor Fey, Eugene Rivin, 2005, " Innovation On Demand(New Product Development Using Triz)"
- (5) 김연찬, 2013, "자동차부품 산업분석" , 한화투자증권 보고서