

# 흡입 머플러의 최적 위상

## Optimal Topology of a Suction Muffler

오기승† · 이진우\*  
 Ki Seung Oh and Jin Woo Lee

### 1. 서 론

가정용 냉장고등에 설치되는 밀폐형 왕복동 압축기(hermetic reciprocating compressor)는 냉장고 구동 에너지의 80% 이상을 차지하는 주요 기관으로<sup>(1)</sup>, 낮은 압력의 기체상태인 냉매를 압축한다. 압축기에 유입되는 냉매의 압력 맥동에 의해 저주파 대역에 큰 소음이 발생할 수 있는데, 이를 저감 시키기 위해 일반적으로 머플러(muffler)를 압축기의 흡입부에 장착한다. 이런 흡입 머플러(suction muffler)의 소음 저감 능력 기준은 투과손실(TL: transmission loss)로 나타낸다. 따라서, 문제 주파수 영역의 투과손실이 높도록 흡입 머플러의 내부 구조가 설계된다.

흡입 머플러의 외부 형상(outer shape)은 왕복동식 압축기 셸(shell)의 형상 및 내부 장치들의 구성에 의해 제한된다. 그러므로 소음 저감 능력을 향상시키기 위한 제한된 공간을 갖는 흡입 머플러의 내부 형상(inner shape) 설계가 중요하다. 이정호와 안광엽은<sup>(2)</sup> 세 가지 흡입 머플러 내부에 대한 투과손실과 삽입 손실을 계산하였다. 그러나 머플러 내부 최적 설계 개념은 적용되지 않았다.

단순 확장방 머플러 내부 설계에 대한 연구는 활발히 진행되어 오고 있다. Selamet과 Ji<sup>(3)</sup>는 단순 확장형 머플러의 내부에 입/출구 부분과 연결되는 삽입관을 추가하여 특정 주파수대역의 투과손실을 높였다. Akella와 Anantapantula는<sup>(4)</sup> 머플러 내에 세로 격벽을 삽입함으로써 넓은 주파수 밴드영역에서 높은 투과손실을 얻는 구조를 제시하였다. Barbieri는<sup>(5)</sup> 형상최적화 개념을 사용하여 단순 확장 머플러 내의 입/출구 삽입관 길이를 결정하였다. 하지만, 형

상 최적화 기반 머플러 설계 시에는 좋은 초기 형상을 선택하기가 쉽지 않다.

본 연구에서는 이진우와 김윤영의<sup>(6)</sup> 위상 최적화 연구 내용을 흡입 머플러 설계에 적용하여 원하는 주파수 대역에서 높은 투과 손실을 갖는 내부 구조를 찾고자 한다.

### 2. 흡입 머플러 위상 최적화 문제 정식화

머플러 내부가 Fig. 1과 같이 설계 영역과 비설계 영역으로 나누어진 2차원 흡입 머플러를 해석 모델로 정하였다. 식(1)와 같이 관심 주파수에서의 투과손실을 목적함수로 선정하였고 설계된 격벽의 부피를 식(2)와 같이 제한 하였다. 0과 1사이를 연속적으로 변하는 설계 변수  $x_e$ 는 각 유한 요소에 부여되고, 각 유한요소의 밀도와 벌크 모듈러스는 식(3)과 같이 설계변수에 의해 결정된다.

$$\min_{0 \leq x_e \leq 1} -TL_{ft} \quad (1)$$

$$\left( \int_V x_e dV \right) / V \leq V_r \quad (2)$$

$$\begin{aligned} 1/\rho_e(x_e) &= 1/\rho_{fluid} + x_e(1/\rho_{rigid} - 1/\rho_{fluid}) \\ 1/K_e(x_e) &= 1/K_{fluid} + x_e(1/K_{rigid} - 1/K_{fluid}) \end{aligned} \quad (3)$$

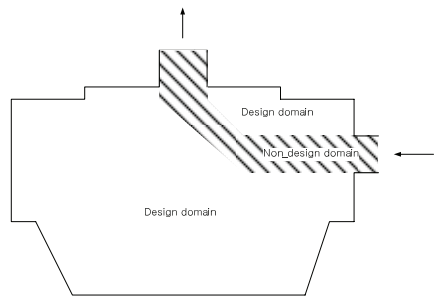


Fig. 1 Suction muffler divided into a non-design domain and a design domain

† 교신저자; 정회원, 아주대학교 기계공학과

E-mail : drone50@gmail.com

Tel : (031) 219-2939

\* 아주대학교 기계공학과

### 3. 위상 최적화 결과

정식화된 최적 설계 문제의 해를 구하기 위해 사용한 알고리즘은 MMA (Method of Moving Asymptotes)<sup>(7)</sup>이며, 두 가지 경우에 대하여 문제의 해를 구하였다:

Case 1:  $f_{t1} = 600 \text{ Hz}$      $V_r = 0.05$

Case 2:  $f_{t1} = 800 \text{ Hz}$      $V_r = 0.09$

흡입 머플러의 최적 위상은 Fig. 2와 같이 입구와 출구 주변에 검은색의 격벽 형태를 가진다. Fig. 3은 내부가 비어있는 흡입 머플러와 최적 설계된 흡입 머플러의 투과 손실 곡선을 비교한다.

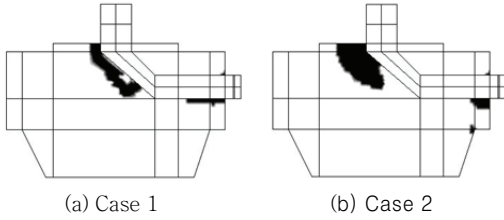


Fig. 2 Optimal topologies

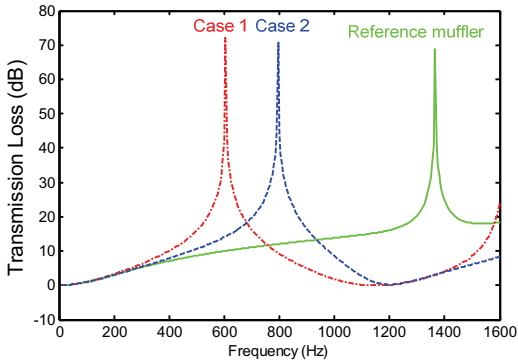


Fig. 3 Comparison of transmission loss curves of optimal topologies in Fig. 2

### 4. 결론

본 연구에서는 위상 최적화 방법을 이용하여 목적 주파수에서 높은 투과 손실 값을 갖는 최적의 흡입 머플러 설계 방법을 제시하였다. 이는 기존의 흡입 머플러 내부 설계에서 사용되었던 설계자 직관이나 반복 실험적 방법을 대체 할 수 있는 방법이다.

### 후 기

이 논문은 2012학년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초 연구사업 임(No. 2012-0004079). 또한, 2012학년도 아주대학교 일반 연구비 지원에 의하여 진행되었습니다.

### 참 고 문 헌

- (1) K. Sarioglu, A. R. Ozdemir, A. Kaya, E. Oguz., 2012, "An Experimental and Numerical Analysis of Refrigerant Flow Inside the Suction Muffler of Hermetic Reciprocating Compressor," *International Compressor Engineering Conference*, Paper 1184.
- (2) J. H. Lee, K. H. An and I. S. Lee., 2002, "Design of the Suction Muffler of a Reciprocating Compressor," *International Compressor Engineering Conference*, Paper 1543.
- (3) A. Selamet and Z. L. Ji., 1998, "Acoustic Attenuation Performance of Circular Expansion Chambers with Extended Inlet/Outlet," *Journal of Sound and Vibration*, Vol.223, No 2, pp.197-212.
- (4) S. Akella, V. S. Anantapantula and K. Venkateswarlu., 1998, "Hermetic Compressor Muffler Design: Tuning of Muffler for Noise Reduction," *International Compressor Engineering Conference*, Paper 1264.
- (5) R. Barbieri and N. Barbieri., 2005, "Finite Element Acoustic Simulation Based Shape Optimization of a Muffler," *Applied Acoustics*, Vol.67, pp.346-357.
- (6) J. W. Lee and Y. Y. Kim., 2009, "Topology Optimization of Muffler Internal Partitions for Improving Acoustical Attenuation Performance," *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, Vol.80, pp.455-477.
- (7) K. Svanberg., 1987, "The Method of Moving Asymptotes-A New Method for Structural Optimiation," *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, Vol.24, pp.359-373.