

압축기 머플러의 설계

0 * * * *
박 성근 , 윤 해강 , 조 성욱 , 임 금식
(정회원)

(THE DESIGN OF COMPRESSOR MUFFLER)

(SUNG KEUN PARK, HAE KANG YOUN, SUNG OUG CHO, GEUM SIK IM)

1. 서론

全世界的인 에너지절약과 환경보존에 대한 관심이 증가함에 따라 소비전력규제와 CFC삭감에 대응한 국제경쟁력확보가 중요한 과제로 대두되고있다. 특히 미국에너지성(DOE:DEPARTMENT OF ENERGY)은 기존대비 25-50%의 소비에너지절감을 목표로 미국 업체간의 節電경쟁PROGRAM인 GOLDEN CARROT을 진행 시켜 이미 WHIRLPOOL이 상금 3천만불을 획득한 바 있을 정도로 관심을 기울이고 있다. 또한 일본업체는 '93년 가을시즌부터 代替冷媒適用냉장고를 생산하여 출시하기 시작하였고, 유럽업체는 '93년 봄 시즌부터 부탄을 이용한 非CFC냉장고를 출시하였다. 이러한 상황변화에 따라 '95년말로 예정된 CFC全廢日程에 맞추면서, 기존대비 고효율/저소음컴프레서를 지속적으로 개발할 필요성이 대두하였고, 이에 따라 이미 압축기밸브특성을 조사하여, 효율적인(1) 밸브를 설계할 수 있는 기법을 소개한 바 있다.

현재 왕복동식컴프레서에서는 냉매로써 R12를 사용하고 있지만, 이 냉매는 몬트리얼의정서에 따라서 '95년말 全廢豫定이므로 대체냉매인 R134a가 주목받고있다. R-134a는 기존냉매와 비교하여 비체적증가와 누설 및 열전달손실증가로 상당한 냉력저하를 초래하며, 또한 압축비의 증가로 소음 레벨이 상당히 높아짐은 물론 냉매와 OIL間的 非相溶性때문에 심각한 신뢰성문제를 야기할 수가 있다.

따라서 본논문에서는, 특히 고효율에 따른 소음

* 금성사 생활시스템연구소

(2)

증가문제를 해결하기위해 실험계획법을 이용한 머플러를 설계하였고, 설계단계에서부터 시뮬레이션 검증을 통해 효율을 고려한 저소음머플러설계가 가능하도록 머플러의 형상을 유한요소법에 의해 모델링한 후에, 소음해석PACKAGE인 SYSNOISE를 이용하여 전달손실(TRANSMISSION LOSS)해석을 해석하였고, 유동해석PACKAGE인 PHOENICS를 이용하여 압력손실을 최소화함으로써, 효율및 소음측면에서 기존머플러보다도 더 우수한 머플러를 설계할 수 있는 PROCEDURE를 개발하였다. 이에따라 차후 머플러내의 냉매유동특성과 소음특성을 동시에 고려한 머플러가 설계가능하리라 생각한다.

2. 실험계획법을 이용한 압축기의 흡입머플러설계

대체냉매적용시 위에서 언급한 문제점때문에, 기존 머플러형상(그림1)을 그대로 이용하여서는 고효율/저소음컴프레서를 개발하는 것은 어렵다고 판단하여 형상을 바꾼 머플러(그림2)를 설계하게 되었다. 이때 머플러의 효율 및 소음에 영향을 미치는 영향 인자를 실험계획법에 의해 추출하기 위해서 각 영향 인자를 다음과 같이 정의하였다.

- 여기서 A : 머플러길이
- B : 삼입파이프위치
- C : 삼입파이프직경
- D : 삼입파이프하단 돌출길이
- E : 삼입파이프 삼입길이
- G : 삼입파이프 경사유무

이며, 인자별최적조합에 의한 고효율/저소음머플러를 설계하기위해서, 표1과 같이 인자 및 수준을 결정하였다. 이때 장착시 SHELL과의 간섭문제를 회피하기위해서 머플러외경, 머플러두께 및 삽입파이프 두께는 고정인자로 두었으며, 평가특성치로서 효율은 망대특성을, 소음은 망소특성을 취하였고, 실험 MATRIX는 $L_0 2^7$ 으로 정하였다(표2참고). 실험결과를 분석해 본 결과, 효율 및 소음에 미치는 인자영향을 그림3, 각 인자의 요인해석을 그림4와 같이 정리할 수 있었다. 이에따라 표3과 같은 최적조건을 도출할 수 있었고, 확인실험을 한 결과는 그림5와 같이 예측치와 확인실험이 잘 일치하였다.

3. 흡입머플러의 전달손실해석

설계된 머플러(그림2)의 음향학적특성을 알아보기위해서, 표4와 같이 인자를 바꾸어가면서 소음 해석PACKAGE인 SYSNOISE를 이용하여 전달손실해석을 하였다. 그림6은 머플러모델의 전체형상을 나타내며, 그림7은 측면도인데 머플러내에 삽입되어 있는 파이프의 형상을 보여준다. 따라서 그림6과 그림7로 부터서, 머플러의 전체적인 형상을 이해할 수 있다. 그림6은 설계된 머플러의 모델로서, 전달손실을 구하기 위하여 SYSNOISE PACKAGE를 사용해야 하는데, 그림8은 그림6의 유한요소분할을 보여주며, 그림9는 삽입파이프의 경사가 없는 머플러의 해석결과인 전달손실곡선인데, 이와 비교하기 위해서 경사진 파이프의 측면형상을 그림10에, 이의 전달손실곡선을 그림11에 나타내었다. 각각의 전달손실곡선을 비교해 보면, 전반적으로 머플러의 길이 A에 대응하는 평면파의 끝부분에서 가파른 peak를 보이고 있는데 이것은 (A-C-D/2)의 공간, 즉 파이프후미의 공간이 resonator로 작용한 것으로 생각된다.

4. 흡입머플러의 유동해석

흡입머플러는 성능과 소음에 모두 큰영향을 주는

부분으로써 중요도가 큰부품이다. 성능과 관련하여서는 유동저항이 적으면 유동손실이 적어지므로, 작동유체가 갖는 성능을 그대로 발휘할 수 있게 된다. 따라서 기본적으로 흡입머플러는 유동성능이 높아야 하지만, 소음에도 큰 영향을 미치며 제품에 적용하기 위해선 기본적인 소음레벨을 유지해야 하므로, 성능에 영향을 미치는 삽입파이프직경과 그 위치, 그리고 삽입파이프의 머플러내에서의 높이, 또한 머플러외경과 그 중심까지의 높이를 변화시키면서 각각의 성능에 미치는 영향을 조사하였다. 여기서, 성능평가기준은 손실을 기준으로하여 머플러의 흡입측과 토출측에서의 압력의 차이를 기준으로 평가하였으며, 이때 압력의 차이는 유동저항의 크기가 되고 유동저항은 유동손실을 의미하는 것으로 환산하여 계산하였다.

그림12부터 그림16까지는 각 인자와 유동저항간의 상관관계를 나타내는 그림으로, 각각 삽입파이프 직경, 외경, 삽입파이프높이, 외경높이, 삽입파이프 거리와 유동저항간의 상관관계를 나타내 보여준다. 따라서 이들의 상관관계를 참고하여, 삽입파이프 직경, 외경, 삽입파이프위치, 삽입파이프의 적절한 위치를 결정할 수 있었다.

5. 결론

압축기의 흡입머플러 개발시에 성능과 소음을 동시에 고려할 수 있는 PROCEDURE를 확립할 목적으로, 특히 고효율에 따른 소음증가문제를 해결하기위해 실험계획법을 이용한 머플러설계 및 SYSNOISE, PHOENICS와 같은 PACKAGE PROGRAM을 사용하여 해석한 결과 머플러설계시 사전에 이용할 수 있는 유용한 tool로서 판단되었고 다음과 같은 결론을 얻었다.

1)압축기와 같이 효율과 소음이 상반되는 결과를 나타내는 실험에 있어서, 각 인자가 성능에 영향을 미치는 효과를 검증하는데 실험계획법은 매우 유용

하였고, 본 논문의 인자별특성치 경향을 분석한 결과 C3, F3 및 잡음인자에 대한 연구가 필요하다.

2) 흡입머플러의 SYSNOISE 해석결과로 볼 때, 평면파 주파수의 위치는 거의 비슷하나, resonator의 위치는 C값에 따라 차이를 보이므로 파이프의 후미공간 의 치수를 조정함으로써 컴프레서 특정대역 소음 저감에 기여할 수 있을 것이다.

3) 또한 PHOENICS 해석에 의해 머플러내의 유동손실을 최소화시킬 수 있어 효율향상 및 소음저감에 도움이 되었다.

4) 이상의 결과를 이용해 기존과 비교하여, 효율 향상 및 소음저감을 동시에 만족하는 머플러를 개발할 수 있었다.

참고문헌

1. "압축기밸브의 동적특성에 관한 연구", 한국소음진동공학회지, Vol.3, No.2, pp. 163-167, 박성근 외, 1993
2. PHADKE, *Quality Engineering Using Robust Design*, 1989
3. M.L.Munjaj, *Acoustics of Ducts & Mufflers*, 1987

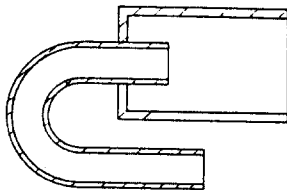


그림 1. 기존머플러형상

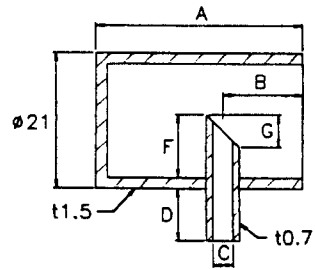


그림 2. 개발머플러형상

표 1. 인자 및 수준의 결정

(단위 : mm)

분류	인자명	수준 1	수준 2
제어인자	A 머플러 길이	29	25.5
	B 삽입파이프 위치	7	18
	C 삽입파이프 직경	8	4
	D 삽입파이프 돌출길이	19	10
	F 삽입파이프 삽입길이	9	13.5
	G 삽입부 파이프 경사	無	有(8)

표 2. $L_8 2^7$ 직교배열

$L_8(2^7)$ Orthogonal Array

Expt. NO.	Column						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

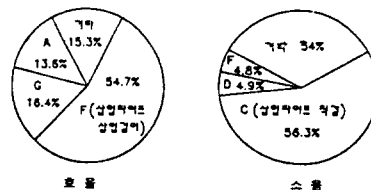


그림 3. 인자영향도분석

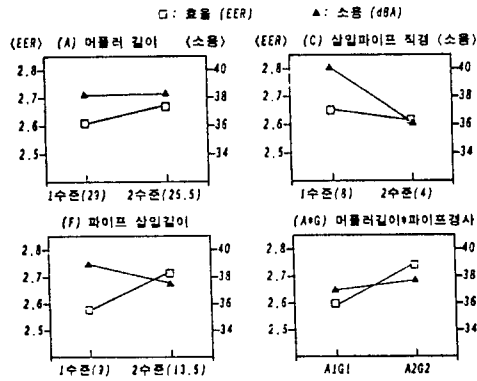


그림 4. 요인해석

표 3. 최적조건의 도출

조 건	A	B	C	D	F	G	예 측 치
고효율기준	2	1	1	1	>	2	효율: 2.89~2.70 소음: 40.26~38.87
저소음기준	1	1	2	1	2	1	효율: 2.72~2.54 소음: 35.16~33.77
최 적 조 건	2	1	2	1	2	2	효율: 2.86~2.68 소음: 35.90~34.50

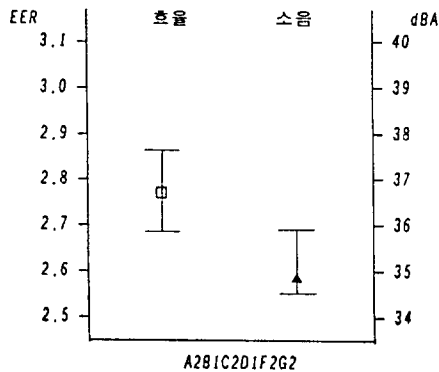


그림 5. 확인실험결과

표 4. 각종형상의 머플러모델

치 수	A	B	C	F+D	F	G(경사)
MODEL 1	29.0	7	8	28.0	9.0	무
MODEL 2	29.0	7	8	23.5	13.5	유
MODEL 3	29.0	16	4	26.0	9.0	유
MODEL 4	29.0	16	4	23.5	13.5	무
MODEL 5	25.5	7	4	32.5	13.5	무
MODEL 6	25.5	7	4	19.0	9.0	유
MODEL 7	25.5	16	8	32.5	13.5	유
MODEL 8	25.5	16	8	19.0	9.0	무

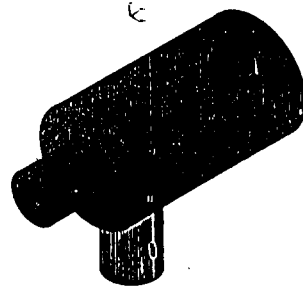


그림 6. 머플러모델의 전체적인 형상

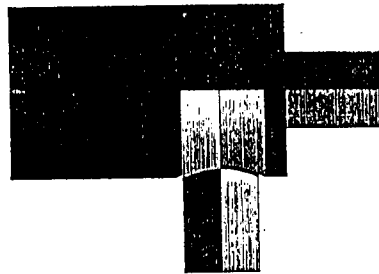


그림 7. 머플러모델의 측면도

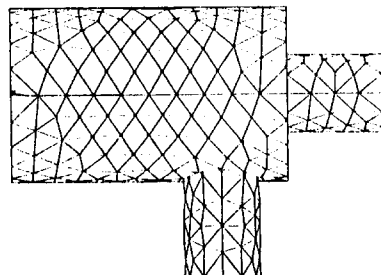


그림 8. 머플러모델의 유한요소분할

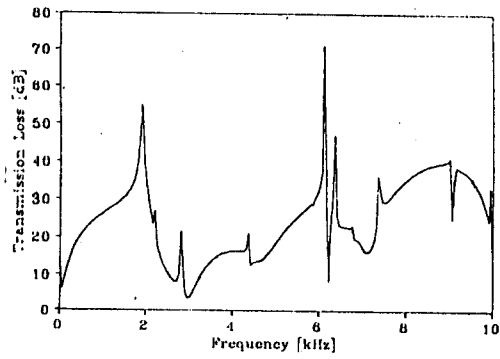


그림 9. 머플러모델1의 전달손실곡선

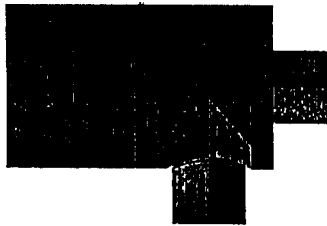


그림 10. 경사진 삽입파이프를 가진 머플러모델2

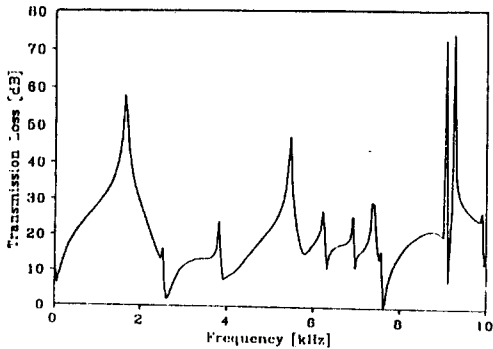


그림 11. 머플러모델2의 전달손실곡선

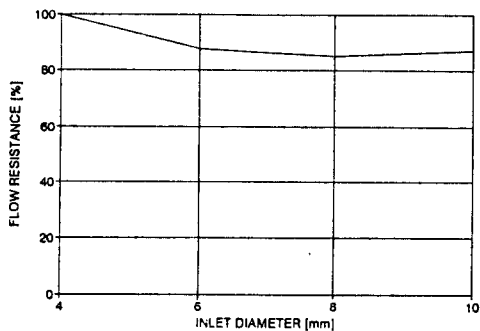


그림 12. 삽입파이프직경과 유동저항의 상관관계

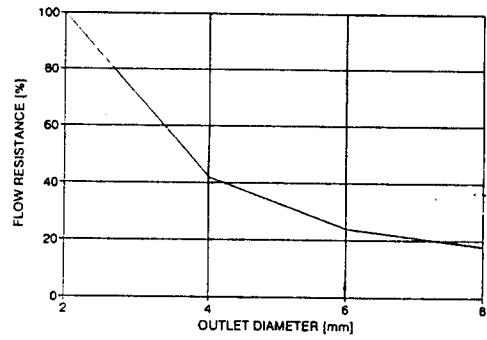


그림 13. 외경과 유동저항의 상관관계

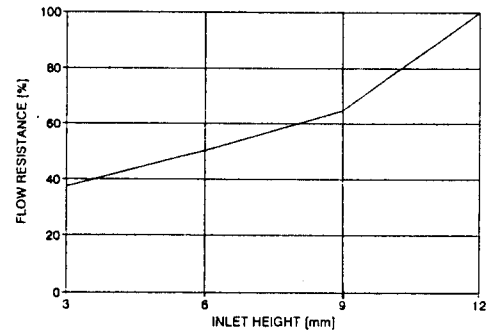


그림 14. 삽입파이프높이와 유동저항의 상관관계

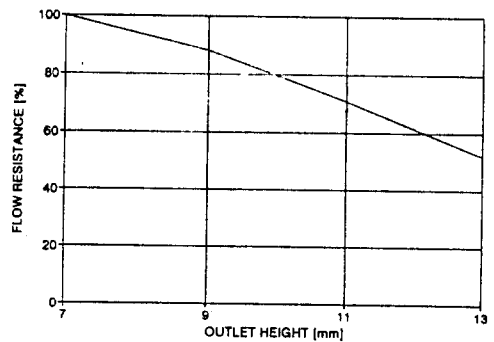


그림 15. 외경높이와 유동저항의 상관관계

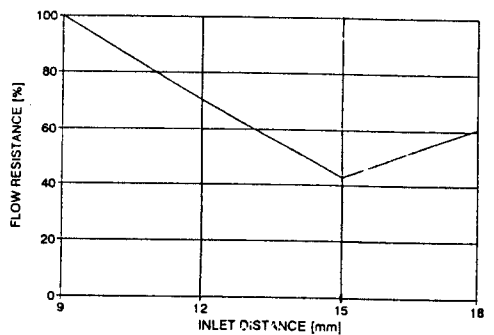


그림 16. 삽입파이프위치와 유동저항의 상관관계