

냉장고 발포재 내부에 있는 파이프의 구조전달 소음에 관한 연구

A Study on structure-borne noise from the pipe in the insulation-foaming material of a refrigerator

김민성* · 정병규* · 한형석** · 정의봉† · 김태훈***

Minseong Kim, Byungkyu Jeong, Hyungsuk Han, Weibong Jeong and Taehun Kim

1. 서 론

냉동 사이클(cycle)에서 모세관을 포함한 증발기 입구 배관의 경우 냉매가 2상 상태로 흐르고 내부 유속도 빠르다. 또한 모세관 출구에서의 내부 유동 양식은 매우 복잡하기 때문에 냉매의 2상 유동에 의해서 파이프 진동을 유발할 수 있다.

냉장고의 경우 과냉도 확보를 위해 모세관과 압축기 흡입 배관(증발기 출구배관)을 서로 용접한 솔더링(soldering) 배관이 널리 사용되고 있다. 솔더링된 배관은 Fig. 1 와 같이 단열 발포재를 사용하여 단열시킨 후 주로 냉장고 후면의 내외 캐비닛 사이에 놓여진다.

기존 냉매 소음에 대한 연구는 주로 내부 유동 양식에 대해 크게 다루어져 왔으나 Fig.1과 같은 구조를 고려하면 구조적 측면에서 진동 전달 특성도 고려되어야 함을 알 수 있다.

따라서 본 연구에서는 냉장고 작동 냉매가 2상 상태가 되는 구간에서의 구조적 측면에서의 진동전달 특성을 분석하고 냉매가 흐르는 배관에서 발생한 냉매 유발 진동이 구조기인 소음으로 외부로 얼마나 전달이 될 수 있는지를 평가해 보고자 한다.

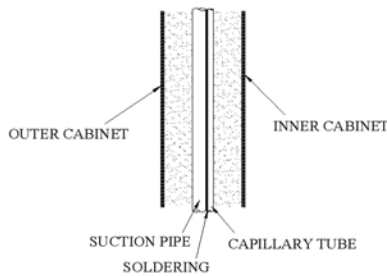


Fig. 1 Schematic diagram of the soldering pipe in the refrigerator

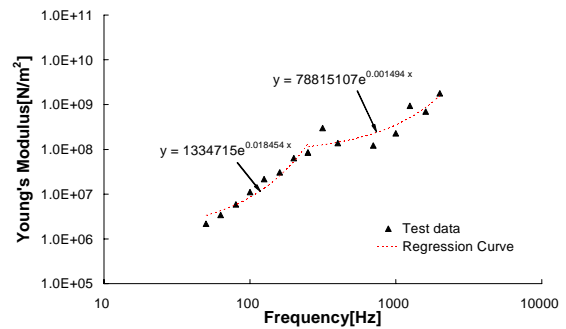


Fig. 2 Young's modulus of the foaming sample

2. 단열 발포재의 동적 강성 평가

KS M 6604의 비공진법을 이용하여 단열재의 동적강성을 평가하였다. 단열 발포재의 동적 강성을 파악하기 위한 시편은 3×3×3(cm)크기의 정육면체로 제작하였다. 시료를 가진하기 위한 지그를 구성하고 두 개의 가속도계(Endevco model 27AM1-10)를 각각 마운트 상부 및 하부에 장착하여 측정된 가속도 값에 적분하여 변위를 구하였다. 또한 각 시험 주파수에서 가진력을 일정하게 가해지는 것을 모니터링하기 위해서 가진기와 마운트 사이에 가진력 센서(Force transducer)를 설치하였다. 가진기는 LING사의 LMT-100을 사용하였으며 20Hz~1.6kHz 구간의 1/3 옥타브의 중심주파수에서 동일한 수직력(20N)으로 사인(Sine) 가진하였다. 실험을 통해 얻어진 단열 발포재의 영률값은 Fig.2와 같다. 이러한 단열 발포재의 탄성률은 고주파에서 고무와 같은 진동 절연재에 비해 상대적으로 큼을 알 수 있었으며, 따라서 고주파에서의 효과적인 진동 절연은 기대하기 힘들 것으로 예측된다.

3. 단열재의 진동 전달에 따른 냉매 소음 평가

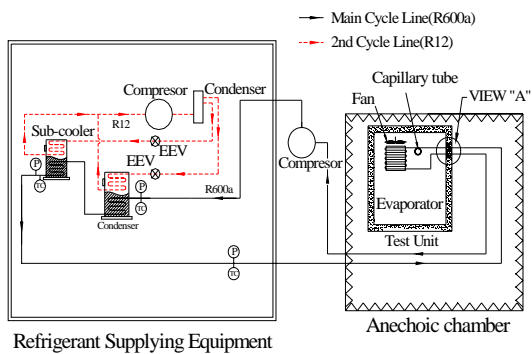
냉장고의 냉매 소음이 발생하는 열역학적 사이클 조건을 고정시켜놓고 이를 연속적으로 운전할 수 있는 냉매 공급장치를 이용하여 실험을 수행하였다. Fig. 3(a)는 냉매 공급장치와 무향실을 포함한 전체적인 실험 구성도를 보여주고 있다.

† 교신저자; 정회원, 부산대학교 기계공학부
E-mail : wbjeong@pusan.ac.kr
Tel : (051) 510-2337, Fax: (051) 517-3805

* 부산대학교 기계공학부

** 국방기술품질원

*** LG 전자 냉장고 사업부



(a) Experimental Setup



(b) Refrigerant Supplying Equipment
Fig. 3 Test Setup & Experimental Apparatus

Fig. 3(b)는 실제 설치된 냉매 공급장치의 모습이며 각 화살표는 주요 구성요소인 팽창장치, 응축기, 증발기 입·출구배관 그리고 압축기를 표시하고 있다.

냉매 공급 장치는 시험 유닛(Test Unit)이 설치되어 있는 무향실과 연결되어 냉장고와 동일한 사이클 상태의 냉매를 시험 유닛에 공급한다. 시험 유닛은 기존 냉장고에서 증발기와 팬만 구동되도록 구성되어 있으며 모세관을 포함한 증발기 입구 배관과, 압축기 흡입 배관은 냉장고 옆면을 통과하여 외부의 냉매 공급 장치와 연결되도록 구성하였다.

여기서 배관 진동이 단열 발포재를 통해 캐비닛으로 전달되고 그에 따른 소음을 분석하기 위해서 Fig. 4과 같이 총 3 가지 경우에 대해 냉장고 후면에서의 소음을 평가하였다.

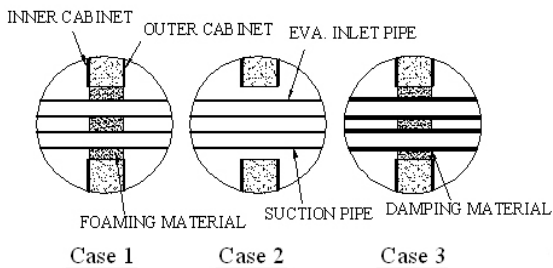


Fig. 4 Test Conditions

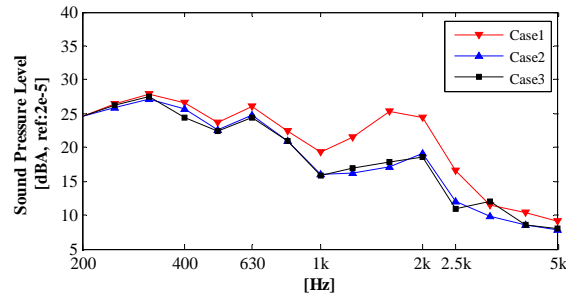


Fig. 5 Average 1/3 spectra of sound pressure level for 60sec according to the test conditions

각 각의 경우에 대한 사양은 다음과 같다.

- (1) Case 1 : 모세관과 연결되어 있는 증발기 입구배관과 압축기 흡입 배관을 단열 발포재로 내, 외부 캐비닛과 연결시킨 경우
- (2) Case 2 : 배관과 내, 외부 캐비닛을 완전히 이격시킨 경우
- (3) Case 3 : 단열 발포재와 배관 사이에 체진재로 부틸고무(Butyl rubber)를 적용시킨 경우

세 가지 경우에 대한 소음 실험 결과를 1/3 octave band로 Fig.5에 나타내었다. 실험 결과, 배관을 발포재로 내, 외부 캐비닛과 연결시킨 경우(Fig.4 Case1), 1k~2.5kHz 대역의 고주파 영역에서 소음 레벨이 특히 높은 것을 알 수 있다. 그리고 배관을 이격시킨 경우(Fig.4 Case2)와 배관에 체진재를 적용한 경우(Fig.4 Case3)에 대해서는 소음 레벨이 낮은 것을 알 수 있다.

4. 결 론

냉장고의 냉매 소음에 대해 구조적인 측면에서 모세관을 포함한 증발기 입구배관 및 압축기 흡입배관을 둘러싸고 있는 단열 발포재의 영향을 분석해 보았다.

우선 발포재의 탄성률을 평가해본 결과 배관의 진동을 캐비닛으로 충분히 전달할 만큼 크다는 것을 알 수 있었으며 특히 고주파에서 큰 탄성률을 가짐을 알 수 있었다.

냉매 공급 장치를 통해 단열 발포재의 진동 전달 특성을 평가해본 결과 단열 발포재를 배관과 캐비닛 사이에 아무런 진동 절연 없이 적용할 경우 진동 전달률은 특히 고주파에서 매우 커지며, 소음레벨로 보면 1.6kHz에서 최대 8dB까지 차이남을 알 수 있었다.

냉매 소음 저감을 위해서는 배관 내부의 유동 소음뿐만 아니라 구조적인 측면에서 단열 발포재와 내부 배관과의 진동 절연이 필요할 것으로 판단된다.