

압축기 흡입배관 압력 맥동의 유체-구조 연성 해석

Fluid-Structure Interaction Analysis of Pressure Pulsation in a Suction Pipe of Compressor

오한음† · 정의봉‡ · 안세진* · 김민성**

Han-eum Oh, Weui-Bong Jeong, Se-Jin Ahn and Min-sung Kim

Key Words : Compressor(압축기), Suction Pipe(흡입배관), Pressure Pulsation(압력 맥동), Fluid-Structure interaction analysis(유체-구조 연성 해석)

ABSTRACT

This paper dealt with numerical estimation of pressure pulsation of the refrigerant in a suction pipe of the compressor. To evaluate the effect of reduction of pressure pulsation, a pipe system with tube was simulated using F.S.I.(Fluid-structure interaction) analysis. A commercial program was used for calculating behavior of pressure. The numerical simulation for pressure ratio of before and after going through internal structure were carried out. As a result, it was verified that the pressure after passing structure is less than the pressure before passing internal structure depending on the longitudinal frequency of structure.

1. 서 론

압축기를 통해 냉매가 압축·도출 되는 과정 중에, 압축기 내부에 위치한 밸브의 개폐로 인하여 배관 내 압력 맥동이 발생하게 된다. 이때 발생한 압력 맥동은 압축기에 부착되어있는 배관을 가진하게 된다. 이 때 가진된 배관은 진동 및 소음을 유발한다.

기존의 Oh⁽¹⁾의 연구에서는 R-600a 압축기에 관하여 흡입 배관 내 압력 맥동을 실험을 통해 측정하고, 이 측정 결과를 이용하여 전산 해석 프로세스를 확립하였다. 그리고 압력 맥동 저감 방안으로 배관에 확장관을 부착하는 방식을 제시하였다. 하지만 이 방안은 확장관을 부착하기 위한 공간 확보에 어

려움이 있다. 또한 공간을 확보하여 확장관을 부착하였다고 해도 부착부위에 응력 집중이 발생하여 파손의 위험이 있다.

따라서 본 연구에서는 종전의 맥동 저감 방안이 가지고 있던 문제를 해결하고자, 배관 내 중공축 형태의 구조물을 설치하는 방안을 제시하였다. 그리고 선행 과제로, 이를 유체-구조 연성 해석 방법을 통해 배관 내 구조물이 설치되어 있을 경우, 구조물을 지나기 전·후에 따른 압력의 변동 추이를 예측하고자 한다.

2. 내부 구조물 지나기 전 · 후에 따른 압력 비교

도파관 내부에 얇은 구조물이 있을 경우, 압력 값의 변동 추이를 파악하기 위해 구조-유체 연성 해석을 수행하였다. 해석 시, 상용 프로그램은 LMS. Virtual Lab.을 사용하였다

2.1 유체-구조 연성 해석 조건

유체-구조 연성 해석 조건은 오일러 모델

† 교신저자; 정회원, 교신저자 소속
E-mail : wbjeong@pusan.ac.kr
Tel : (051)510-2337, Fax : (051)517-3805
‡ 발표자; 부산대학교 대학원 기계공학부
* 정회원, 위탁대학교 기계전기공학부
** 부산대학교 대학원 기계공학부

(Eulerian model)로 가정하였다. 구조의 응답은 변위 벡터로 얻어지며, 유체는 하나의 압력 값으로 얻어진다. 오일러 유체-구조 연성 해석 식⁽²⁾은 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$\left(\begin{bmatrix} K_s & K_c \\ 0 & K_a \end{bmatrix} - \omega^2 \begin{bmatrix} M_s & 0 \\ -\rho_0 k_c^T & M_a \end{bmatrix} \right) \begin{Bmatrix} w_i \\ p_i \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} F_{si} \\ F_{ai} \end{Bmatrix} \quad (1)$$

여기서, K_a 와 M_a 는 유체의 강성, 질량 행렬을 나타내며, K_s 및 M_s 는 각각 구조의 강성 및 질량 행렬을 나타낸다. 또한 K_c 는 유체와 구조가 서로 연성된 강성 행렬이다. w_i 와 p_i 는 각각 구조의 변위벡터와 유체의 압력을 나타낸다.

2.2 해석 모델

흡입 배관의 직경은 6 mm로 육면체 요소를 이용하여 요소 한 변의 길이를 1 mm 간격으로 유한 요소 모델링을 하였다. 그리고 내부 구조물의 경우는 쉘 요소를 이용하여 중공축 형태로 직경 4 mm, 길이 300 mm로 유한 요소 모델링을 하였다.

2.3 내부 구조물의 모드 해석

내부 구조물의 재질을 임의로($E=3.6$ MPa, $\rho=1000$ kg/m³) 가정한 후, 모드해석을 하였다. 아래의 table 1에 모드 해석의 결과를 나타내었다.

Table 1 Result of structural mode (Unit : Hz)

	Bending		Torsional		Longitudinal	
1	18th	60.4	17th	58.3	22th	100.0
2	26th	125.8	25th	116.7	33th	199.1
3	81th	276.7	30th	175.1	88th	299.2
...

2.4 해석 조건

Fig. 1은 해석 조건의 개략도를 보여주고 있다. 경계조건으로 배관의 입구단에는 전 주파수 대역에서의 압력 변화를 알아보기 위해 속도 1 m/s를 부여하였고, 배관의 끝단에는 무반사 임피던스인 $\rho\bar{c}$ 를 부여하였다.

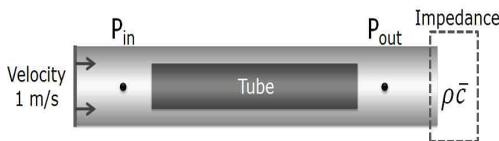


Fig. 1 Analytical model of pressure ratio

2.5 해석 결과

구조물을 지나기 전의 압력을 P_{in} , 지난 후의 압력을 P_{out} 이라 했을 시, 구조물을 지고 난 후와 지나기 전의 압력 비, P_{in}/P_{out} 을 각 주파수 별로 도식화하여 fig. 2에 나타내었다.

그래프를 보게 되면, P_{in} 이 비해 P_{out} 의 값이 작은 구간을 볼 수 있다. 이는 삽입된 구조물의 종방향 고유진동수와 일치하는 주파수에서 압력이 낮아지는 것을 알 수 있다.

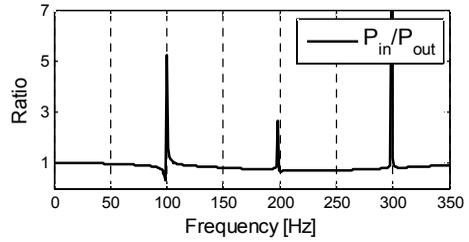


Fig. 2 Pressure ratio of before and after passing internal structure

3. 결론

압축기 흡입 배관 내 발생하는 압력 맥동의 저감 방안으로 배관 내 중공축 형태의 구조물 설치를 제안하였다. 그리고 맥동 저감 효과를 분석하기 위해 구조-유체 연성 해석을 수행하였다. 그 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 내부 구조물의 종방향 고유 진동수에 따라 구조물을 지난 후의 압력이 지나기 전의 압력보다 감소함을 확인하였다.
- (2) 추후, 구조물의 재질 및 길이, 배관 내 설치 방법 등을 논의하여 전산 상의 결과를 실험으로 검증하고자 한다.

참고 문헌

(1) Oh, H. E., Jeong, W. B., Ahn, S. J. and Kim, M. S., 2014, Analysis of Pulsating Pressure in Suction Pipe of the Compressor, Proceeding KSNVE Annual Spring

(2) LMS.Virtual Lab., Numerical Acoustic Theoretical Manual, LMS International NV, Belgium