

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 진산 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.

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

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.

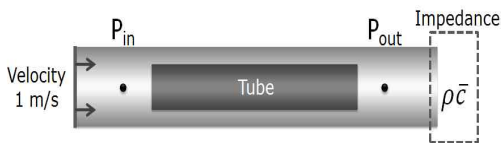


Fig. 1 Analytical model of pressure ratio

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.

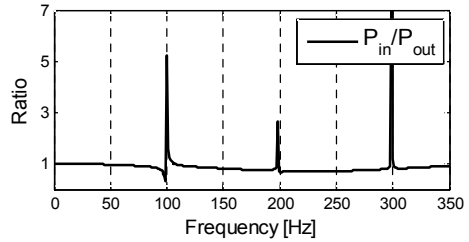


Fig. 2 Pressure ratio of before and after passing internal structure

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