

# 하이브리드 타입 진공펌프 동특성의 수학적 해석

## Mathematical Analysis of Dynamic Characteristics of Hybrid type vacuum pump

김용휘\* · 이종명\* · 안병현\* · 하정민\* · 최병근†

Yong-Hwi Kim, Jong-Myeong Lee, Byeong-Hyun Ahn, Jeong-Min Ha and Byeong-Keun Choi

### 1. 서 론

진공기술은 반도체소자, 디스플레이, 우주항공 분야 등의 청정상태의 공정을 요구하는 첨단사업 분야와 정보, 나노, 바이오, 환경 등 많은 사업 분야에서 활용되어지고 있다.

본 연구 모델은 국내 한 기업에서 개발하였으며 Roots, Lobe, Screw의 세 가지 타입이 하나의 Rotor에 존재하는 형태이다.

일반적으로 회전체는 설계과정에서 다양한 수학적 해석이 필요하며, 동특성 형가가 이루어져야한다. 따라서 수학적 동특성을 통하여 위험속도, 안전성평가, 불평형 응답 등을 확인한다.

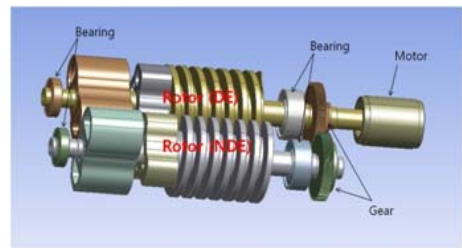
본 연구에서는 개발된 하이브리드타입 진공펌프의 고유치 및 동특성 해석을 통하여 신뢰성을 확보하고자 한다.

### 2. 해석 모델 및 재료 물성치

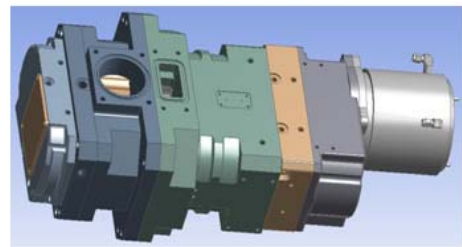
본 연구에서 사용된 진공펌프는 Roots, Lobe, Screw type이 하나의 로터에 존재하는 복합식 진공펌프(이하 하이브리드 타입 진공펌프)로 6000rpm의 운전 영역을 가지고 있다.

Fig. 1 (a)과 같이 모터와 두 개의 로터, 각기 다른 두 가지 베어링, 기어로 구성되어 있으며 (b)와 같은 케이싱으로 되어있다. 구동방법은 모터의 구동

으로 구동측 Rotor의 기어를 통하여 피구동측 Rotor의 기어와 동기화 되어 운전되며, 1회전시 Roots:2회, Lobe:2회, Screw:2회 토출된다. 각 구성요소의 재료 물성치는 Table 1과 같다.



(a) The innards of vacuum pump



(b) The outer of vacuum pump

Fig. 1 Rotor of vacuum pump

Table 1 Material properties

Rotor (Ductile Iron ASTM)	
Density( $g/cm^3$ )	7.18
Elastic Module( $GPa$ )	172
Poisson's Ratio	0.275
Tensile Yield Strength( $MPa$ )	600
Housing (FCD450)	
Density( $g/cm^3$ )	7.85
Elastic Module( $GPa$ )	190-210
Poisson's Ratio	0.27-0.30
Tensile Yield Strength( $MPa$ )	448

† 교신저자; 정회원, 경상대학교 에너지기계공학과  
E-mail : bgchoi@gnu.ac.kr

Tel :055)772-9110 , Fax :055)772-9119

\* 정회원, 경상대학교 에너지기계항공학과

### 3. Modal Test 및 고유진동수 해석

#### 3.1 Modal Test 방법

아래의 Fig. 2에서와 같이 구동축(Case 1-1, 1-2)의 경우, 3개의 가속도 센서( )를 이용하여 측정하였고, z방향(Case 1-1)과 y방향(Case 1-2)으로 Impact Hammer를 이용하여 타격( )하였으며, 이는 로터부의 비대칭성을 고려하여 두 방향(z, y방향)에 대하여 주파응답함수(Frequency Response Function), 위상(Phase), 상관함수(Coherence)를 구하였다.

또한 피구동축(Case 2-1, 2-2)의 경우, 2개의 가속도 센서를 이용하여 측정하였고, z방향(case 2-1)과 y방향(Case 2-2)에 대하여 구하였다.

Fig. 3은 위의 방법으로 진행된 Modal test 과정을 보여준다.

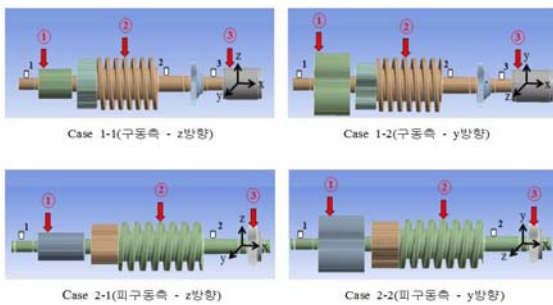


Fig. 2 가속도센서 및 타격 위치



Fig. 3 Modal Test 과정

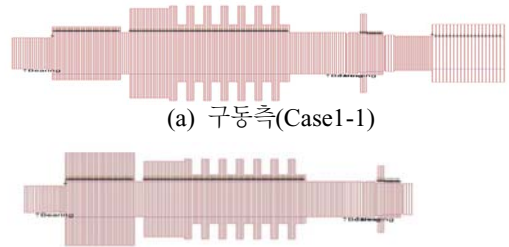
#### 3.2 Modal Test 와 수치해석 결과비교

실험(Modal test)을 통하여 구한 고유치결과와 2D모델을 이용한 해석 결과를 비교하였다. 2D모델 해석프로그램은 논문(루츠타입 진공펌프 동특성의 해석적 평가. 한국소음진동공학회논문집. v21, no.12, pp.1112-1119)을 통하여 신뢰성을 검증받은 것이다.

아래의 Fig. 5에서와 같이 2D해석의 경우, 구동축 258개, 피구동축 186개의 요소(Element)로 나누어

집중질량의 디스크 형태로 가정하여 질량 및 관성모멘트를 분할 입력하였다. 2D 해석프로그램의 수치해석을 통하여 고유진동수의 모드(Mode)형상 또한 확인하였으며, 이는 실험을 통하여 확인 할 수 없는 모드가 해석으로 나타남으로써 숨겨진 모드에 대한 정보를 구할 수 있었다.

Table 3과 같이 수치해석을 통하여 산출된 고유진동수는 실제 실험 결과와 10% 이내의 오차를 가지므로 결과에 대한 신뢰성을 확보하였다.



(a) 구동축(Case1-1)  
(b) 피구동축(Case2-2)  
Fig. 5 2D Model

Table 3 Comparison between modal test and numerical analysis

Case	Modal Test(Hz)	2D analysis(Hz)	오차율(%)
1-1	298.5	273.6	8.35
2-2	498.0	525.7	5.27

### 3. 결 론

본 연구에서 하이브리드 타입 진공펌프의 신뢰성을 확보하기 위하여 수학적 해석을 수행하였다.

두 로터의 1X, 2X 성분모두 운전영역인 6000rpm에서 공진 분리 여유(20%) 이외에 존재하므로 공진 발생가능성이 낮을 것으로 사료된다.

### 후 기

본 연구는 연구용역(HD-T-PUMP 및 MK Vacuum Booster 구조진동해석) 및 해양산업연구소의 지원으로 수행되었으며, 관계자 여러분께 감사드립니다.