

선회스크롤의 편심질량을 고려한 스크롤압축기의 성능해석

Performance analysis of scroll compressor considering eccentric mass of orbiting scroll

박 승 철*, 이 진 갑**
S. C. Park, J. K. Lee

Key words: Scroll compressor(스크롤 압축기), Orbiting scroll(선회 스크롤), Eccentric mass(편심 질량), Oldham ring(올담링)

ABSTRACT

Orbiting scroll mass center is different from the basic circle's for the normal involute profile. As for the orbiting scroll balanced conditions, the dynamic modeling are set up. The influences on sealing, reaction forces between the moving elements and forces from the moving elements to the compressor frame are analyzed in this paper. The simulation and experiment results are presented.

기 호 설 명

a : 기초원 반경
b : 올담링 키부 높이
c : 선회 스크롤의 경판두께
d : 크랭크 축 중심에서 크랭크핀 구동면까지의 거리
e : 올담링 키 폭의 반
*F*₁, *F*₂ : 선회스크롤과 올담링 사이의 반력
*F*₃, *F*₄ : 선회스크롤과 프레임 사이의 반력
*F*_a : 축 방향의 추력
*F*_{ag}, *F*_{rg}, *F*_{lg} : 축방향, 반경, 접선방향 가스력
*F*_{cpc}, *F*_{cpi} : 크랭크 핀의 원심력, 관성력
*F*_{cpr}, *F*_{cpt} : 크랭크 핀에 작용하는 힘의 성분
*F*_{dwc}, *F*_{dwi} : 하단 균형추의 원심력, 관성력
*F*_{mjr}, *F*_{mjt} : 주 저널베어링에 작용하는 힘의 성분
*F*_{osc}, *F*_{osi} : 선회스크롤의 원심력, 관성력

*F*_{rb}, *F*_{tb} : 본체에 작용하는 가진력의 성분
*F*_{sbc}, *F*_{sbi} : 슬라이더 부시의 원심력, 관성력
*F*_{sbr}, *F*_{sbt} : 슬라이더 부시에 작용하는 힘의 성분
*F*_{sjr}, *F*_{sjt} : 보조 저널베어링에 작용하는 힘의 성분
*F*_{sr} : 반경방향의 밀봉력
*F*_{uwc}, *F*_{uwi} : 상단 균형추의 원심력, 관성력
h : 스크롤 랩의 높이
*I*_{cp} : 크랭크 축의 관성모멘트
l : 선회스크롤 허브의 길이
*l*_c : 선회스크롤 질량중심의 높이
*l*_{cp}, *l*_{or}, *l*_{sj} : 주 저널베어링에서 크랭크 핀, 올담링, 보조 저널베어링 사이의 길이
*l*_{dw}, *l*_{uw} : 주 저널베어링에서 하단, 상단 균형추 사이의 길이
*m*_{cp}, *m*_{sb} : 크랭크 핀, 슬라이더 부시의 질량
*M*_{mj}, *M*_{sj}, *M*_{sb} : 주, 보조 저널베어링, 슬라이더 부시의 마찰 모멘트
*m*_{or}, *m*_{os} : 올담링, 선회스크롤의 질량
*m*_{uw}, *m*_{dw} : 상단, 하단 균형추의 질량
*M*_{rB}, *M*_{tB} : 압축기 본체의 전복 모멘트 성분

* 한국산업기술대학교 기계공학과

** LG전자 홈어플라이언스연구소

M_{zB}	: 압축기 본체의 비틀림 모멘트
O_1, O_2, O_3	: 크랭크 축, 경판 중심, 크랭크 핀의 중심
r_{cp}, r_{sb}	: 크랭크 핀, 슬라이더 부시의 반경
r_{mj}, r_{sj}	: 주, 보조 저널베어링의 반경
r_{ox}, r_{oy}	: 올담링의 x, y축 방향의 반경
r_r, r_t	: O_2 로부터 F_a 의 작용점까지의 거리
r_s	: 선회반경
r_{au}, r_{du}	: 상,하단 균형추 질량 중심의 반경
T	: 모터 토크

그리스 문자

α	: 인블류트 시작각
γ	: 크랭크 핀의 구동각, 편심중심이 x축과 이루는 각
δ, δ'	: 편심거리
$\theta, \dot{\theta}, \ddot{\theta}$: 크랭크 축의 각도, 각속도, 각가속도
$\mu_{cp}, \mu_o, \mu_{sb}$: 크랭크 핀, 올담링, 슬라이더 부시의 마찰 계수
$\mu_{mj}, \mu_{sj}, \mu_t$: 주, 보조 저널베어링, 스톱스트 베어링의 마찰 계수

1. 서론

에어콘의 냉매 압축기에는 지금까지의 왕복동 압축기와 로터리식 압축기 외에도 최근 스크롤 압축기가 사용되고 있다. 스크롤압축기는 왕복동식이나 로터리식에 비하여 효율이 높을 뿐만 아니라 진동 및 소음이 적어 사용범위가 점차 확대되고 있다. 스크롤 압축기에 대한 연구는 실용화되기 시작한 1980년대 중반부터 구조해석, 성능해석 및 고효율화에 대하여 활발하게 진행되어 왔다. 그 중에서도 선회스크롤은 압축부를 구성하는 주요 부재로 선회스크롤의 거동특성과 안정성은 압축기의 성능과 신뢰성에 밀접한 관계가 있으므로 연구의 주된 과제가 되어 왔다. 선회스크롤 랩(wrap)의 인블류트 형상은 비대칭으로 이루어져 있으므로 기초원 중심은 선회스크롤 질량 중심과 일치하지 않는다. 일반적으로 크랭크 핀의 구동중심이 선회스크롤 기초원 중심과 일치하여 있으므로 선회스크롤의 질량중심은 구동중심과 편심되어 있게 된다. 지금까지의 선회스크롤의 거동특성에 대한 연구는 자체 밸런싱이 되어

있다고 가정하고 이루어진 것이 대부분이며, 선회스크롤의 질량편심에 대한 체계적인 연구는 발표된 것이 없었다.

따라서 본 연구에서는 선회스크롤의 질량이 편심되어 있는 경우, 편심을 줄이기 위한 방법으로 경판을 절삭하거나 하여 밸런싱하는 방법과 스크롤 랩을 이동하여 밸런싱하는 방법으로 나누어 압축기를 구성하고 있는 운동부재의 반력 및 진동, 소음의 원인이 되는 본체의 가진력과 전복모멘트, 비틀림 모멘트에 미치는 영향을 고찰하기 위해 역학적 모델링으로 운동방정식을 유도하고 이것을 해석하기 위한 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램을 개발하였다. 본 연구는 반경방향 컴플라이언스로 슬라이더 부시, 축방향 컴플라이언스로 텅실구조를 갖는 약 3마력급의 정속형 스크롤 압축기를 대상으로 하였다. 또한 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램의 검증용 위해 질량이 편심되어 있는 경우와 경판을 절삭하여 밸런싱한 경우에 대하여 압축기 본체의 x, y축방향 가속도와 z축에 대한 각가속도를 측정된 후 시뮬레이션으로 구한 가진력과 비틀림모멘트를 상대 비교함으로써 개발한 프로그램의 검증용 도모하였다.

2. 운동부재의 모델링 및 운동방정식

스크롤압축기의 운동부재는 크게 선회스크롤, 올담링, 슬라이더 부시, 크랭크 축 등이 있다. 본 연구에서 운동부재의 모델링 및 운동방정식은 참고문헌⁽³⁾을 기반으로 전개하였다.

2.1 선회스크롤의 운동방정식

선회스크롤은 크랭크 핀과 슬라이더 부시에 의해 구동되어 가스를 압축한다. 이 경우 선회스크롤에 작용하는 힘들은 Fig. 1에 각각 질량중심이 편심되어 있는 경우(a), 밸런싱하기 위해 경판을 절삭한 경우(b) 및 랩을 이동한 경우(c)에 대한 선회스크롤의 자유물체도를 나타낸다.

선회스크롤은 크랭크 축 중심 O_1 을 중심으로 선회 운동하므로 원심력과 관성력이 발생하게 되며 이 힘은 각각 $F_{osc} = m_{os} r_s \dot{\theta}^2$, $F_{osi} = m_{os} r_s \ddot{\theta}$ 이다. 슬라이더 부시와 선회스크롤 허브 사이의 상대 회전운동에 대한 마찰모멘트 M_{sb} 는

위치시키기 위해 선회스크롤 랩을 δ' 만큼 이동시킨 경우로 선회스크롤과 고정스크롤의 기초원 중심이 각각 (x',y') , (X',Y') 로 이동한 것을 나타낸다.

$\sum F_r, \sum F_t, \sum M_r, \sum M_t$ 는 각각 식(1)~(4)와 같다.

$$\begin{aligned} \sum M_z : & -r_r \mu_o F_a + (\delta' \cos(\gamma - \theta) - \frac{r_s}{2}) F_w \\ & - \delta' \sin(\gamma - \theta) F_{rg} + (r_{ox} + e\mu_o) F_1 \\ & + (r_{ox} - e\mu_o) F_2 - M_{sb} = 0 \end{aligned} \quad (7)$$

2.2 올담링의 운동방정식

올담링에 작용하는 힘들로부터 x, y방향의 운동방정식을 구하면

$$\sum F_x : \mu_o(F_1 + F_2) - F_3 + F_4 = 0 \quad (8)$$

$$\sum F_y : -F_1 + F_2 - \mu_o(F_3 + F_4) = m_o a_{oy} \quad (9)$$

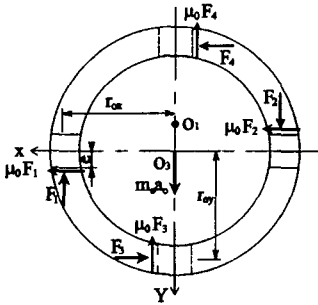


Fig. 2 Free body diagram of Oldham ring.

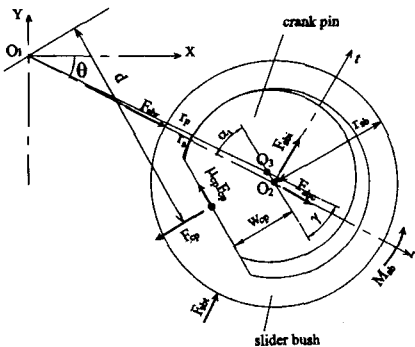


Fig. 3 Free body diagram of slider bush.

$$\begin{aligned} \sum M_z : & -(r_{ox} + e\mu_o) F_1 - (r_{ox} - e\mu_o) F_2 \\ & + (r_{oy} - e\mu_o) F_3 + (r_{oy} + e\mu_o) F_4 = 0 \end{aligned} \quad (10)$$

여기서 $a_{oy} = r_s(\dot{\theta}^2 \sin \theta - \ddot{\theta} \cos \theta)$ 이다.

2.3 슬라이더 부시의 운동방정식

Fig. 3은 선회스크롤의 반경방향 순응을 위해 선회스크롤의 허브 내측과 크랭크핀 외측 사이에 끼우는 슬라이더 부시에 대한 자유물체도를 나타낸다. 따라서 슬라이더 부시의 운동방정식을 구하면

$$\begin{aligned} \sum F_r : & F_{sbr} + F_{sbc} - F_{cp} \sin \alpha_1 - \\ & \mu_{cp} F_{cp} \cos \alpha_1 = 0 \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \sum F_t : & F_{sbt} + F_{sbi} - F_{cp} \cos \alpha_1 + \\ & \mu_{cp} F_{cp} \sin \alpha_1 = 0 \end{aligned} \quad (12)$$

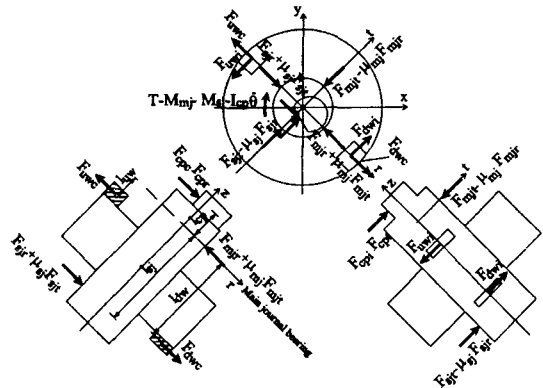
$$\begin{aligned} \sum M_z : & (r_s \cos \alpha_1 - d) F_{cp} - w_{cp} \mu_{cp} F_{cp} \\ & + M_{sb} = 0 \end{aligned} \quad (13)$$

여기서 $F_{sbc} = m_{sb} r_s \dot{\theta}^2$, $F_{sbi} = m_{sb} r_s \ddot{\theta}$,

$$\sin \alpha_1 = \frac{r_p \sin \gamma}{r_s} \text{이다.}$$

2.4 크랭크축의 운동방정식

Fig. 4는 크랭크축의 자유물체도를 나타낸다. 크랭크축은 상부의 주 저널베어링과 하부의 보조 저널베어링으로 지지된다. 이 힘들로부터 운동방정식을 구하면



$$\sum F_r : F_{cpr} + F_{cpc} - F_{mjr} - \mu_{mj} F_{mjt} + F_{sjr} + \mu_{sj} F_{sjt} - F_{uwc} + F_{dwc} = 0 \quad (14)$$

$$\sum F_t : F_{cpt} + F_{cpi} - F_{mjt} + \mu_{mj} F_{mjr} + F_{sjt} - \mu_{sj} F_{sjr} - F_{uwi} + F_{dwi} = 0 \quad (15)$$

$$\sum M_r : -l_{cp}(F_{cpt} + F_{cpi}) + l_{sj}(F_{sjt} - \mu_{sj} F_{sjr}) - l_{uw} F_{uwi} + l_{dw} F_{dwi} = 0 \quad (16)$$

$$\sum M_t : -l_{cp}(F_{cpr} + F_{cpc}) + l_{sj}(F_{sjr} + \mu_{sj} F_{sjt}) - l_{uw} F_{uwc} + l_{dw} F_{dwc} = 0 \quad (17)$$

$$\sum M_z : -T + M_{mj} + M_{sj} + I_{cp} \ddot{\theta} + dF_{cp} + r_{uw} F_{uwi} + r_{dw} F_{dwi} = 0 \quad (18)$$

여기서 $F_{cpr} = F_{cp}(\sin \alpha_1 + \mu_{cp} \cos \alpha_1)$,
 $F_{cpt} = F_{cp}(\cos \alpha_1 - \mu_{cp} \sin \alpha_1)$,
 $F_{cpc} = m_{cp} r_s \dot{\theta}^2$, $F_{cpi} = m_{cp} r_s \ddot{\theta}$,
 $F_{uwc} = m_{uw} r_{uw} \dot{\theta}^2$, $F_{uwi} = m_{uw} r_{uw} \ddot{\theta}^2$,
 $F_{dwc} = m_{dw} r_{dw} \dot{\theta}^2$, $F_{dwi} = m_{dw} r_{dw} \ddot{\theta}$ 이다.

2.5 압축기 본체의 운동방정식

2.5.1 가진력

Fig. 5는 압축기 본체의 자유물체도로서 각 부재로부터 받는 힘을 나타낸 것이다. 선회스크롤로부터는 메인프레임의 스트레스면을 통해 F_a 와 고정스크롤을 통해 F_{sr} 를 받고 올담링으로부터는 F_3 , F_4 와 이로 인한 마찰력 $\mu_o F_3$, $\mu_o F_4$ 를 받는다. 크랭크축으로부터는 주 저널베어링 및 보조 저널베어링의 반력 및 마찰력을 받고 로터의 구동토크 및 마찰토크를 받는다. 압축기 본체에 작용하는 이런 힘들의 합력을 가진력 F_B 라 하면

$$F_{body} = \sqrt{F_{rB}^2 + F_{tB}^2} \quad (19)$$

여기서

$$F_{rB} = F_{rg} + F_{sr} - (\cos \theta - \mu_o \sin \theta) F_3 + (\cos \theta + \mu_o \sin \theta) F_4 + F_{mjr} + \mu_{mj} F_{mjt} - F_{sjr} - \mu_{sj} F_{sjt}$$

$$F_{tB} = -F_{tg} - \mu_t F_a - (\sin \theta + \mu_o \cos \theta) F_3 + (\sin \theta - \mu_o \cos \theta) F_4 + F_{mjt} - \mu_{mj} F_{mjr} - F_{sjt} + \mu_{sj} F_{sjr} \text{ 이다.}$$

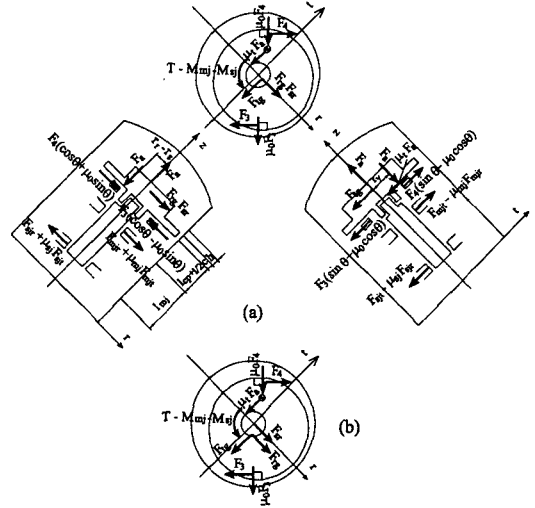


Fig. 5 Free body diagram of compressor body.

2.5.2 전복모멘트 및 비틀림 모멘트

Fig. 5의 (a), (b)는 압축기 본체에 작용하는 모멘트로 r축과 t축에 대한 합성 모멘트가 압축기를 넘어뜨리려고 하는 전복모멘트가 되고 z축에 대한 모멘트가 압축기를 비틀려고 하는 비틀림 모멘트가 된다. 올담링을 기준으로 전복모멘트와 비틀림 모멘트를 구하면

(1) 질량중심이 편심되어 있는 경우(Unbalanced type) 와 (2) 경판을 절삭하여 밸런싱한 경우(Cutting balanced type) (Fig. 5(a))

$$M_{rB} = (c + \frac{h}{2}) F_{tg} - r_t F_a + (l_{cp} + \frac{l}{2})(F_{mjt} - \mu_{mj} F_{mjr}) - (l_{cp} + \frac{l}{2} + l_{mj})(F_{sjt} - \mu_{sj} F_{sjr}) \quad (20)$$

$$M_{tB} = -(c + \frac{h}{2})(F_{rg} - F_{sr}) + (r_r - r_s) F_a + (l_{cp} + \frac{l}{2})(F_{mjr} + \mu_{mj} F_{mjt}) - (l_{cp} + \frac{l}{2} + l_{mj})(F_{sjr} + \mu_{sj} F_{sjt}) \quad (21)$$

$$M_{zB} = -\frac{r_s}{2} F_{tg} + (r_r - r_s) \mu_t F_a - (r_{oy} + e \mu_o) F_4 - (r_{oy} - e \mu_o) F_3 + T - M_{mj} - M_{sj} \quad (22)$$

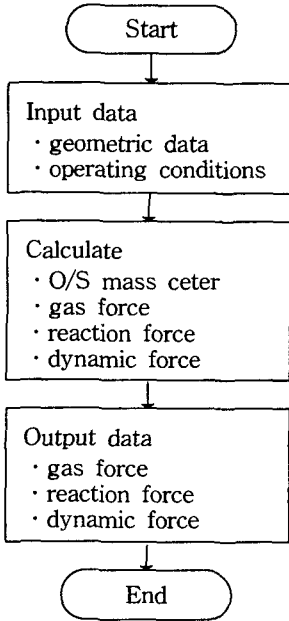


Fig. 6 Flow chart of scroll compressor simulation program.

Table 1 Input data

	Symbol	Dimension	Symbol	Dimension
O/S	h	26.74 [mm]	δ	1.347 [mm]
	l	25.0 [mm]	δ'	5.031 [mm]
	l_c	8.44 [mm]	α	45°
	m_s	1.13 [kg]	γ	127.9°
	r_s	3.927 [mm]	ϕ_a	270°
	a	2.5 [mm]	ϕ_e	1035°
	c	10 [mm]	μ_t	0.05 [-]
S/B & O/R	b	5 [mm]	r_{ox}	50 [mm]
	e	4 [mm]	r_{oy}	50 [mm]
	m_o	0.09 [kg]	α_1	0°
	m_{sb}	0.466 [kg]	μ_o	0.05 [-]
	r_{sb}	13 [mm]	μ_{sb}	0.05 [-]
C/S	l_{cp}	32.5 [mm]	r_{uw}	18.5 [mm]
	l_{uw}	25.4 [mm]	r_{dw}	18.0 [mm]
	l_{dw}	160.5 [mm]	w_{cp}	3.6 [mm]
	l_{th}	50.5 [mm]	μ_{cp}	0.05 [-]
	l_{sj}	220.0 [mm]	μ_{mj}	0.05 [-]
	r_{cp}	3.5 [mm]	μ_{sj}	0.05 [-]

(3) 랩을 이동하여 밸런싱한 경우(Wrap moving balanced type) (Fig. 5(b))

M_{rB}, M_{tB} 는 각각 식(20), (21)과 동일하다.

$$\begin{aligned}
 M_{zB} = & -\left(\frac{r_s}{2} + \delta' \cos(\gamma - \theta)\right)F_{tg} + \delta' \sin(\gamma \\
 & - \theta)F_{rg} + (r_r - r_s)\mu_t F_a - (r_{oy} + e\mu_o)F_4 \\
 & - (r_{oy} - e\mu_o)F_3 + T - M_{mj} - M_{sj} \quad (23)
 \end{aligned}$$

3. 수치해석 및 실험

3.1 수치해석

Fig. 6은 개발한 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램의 flow chart를 나타낸다. 먼저 기하학적 입력 데이터로부터 선회스크롤의 질량중심을 구한 다음, 운전조건에 따라 선회스크롤에 작용하는 가스력을 계산한다. 각 부재에 작용하는 힘은 가우스법을 사용하여 구한 후, 선회스크롤의 안정성, 압축기 본체의 가진력, 전복모멘트 및 비틀림 모멘트를 구한다. 이것을 회전각이 0°에서 360°까지 1° 간격으로 반복하여 계산하면서 결과치를 출력한다. 프로그램의 개발은 선회스크롤의 질량중심이 편심되어 있는 경우와 경관을 절삭하여 밸런싱한 경우 및 랩을 이동하여 밸런싱한 경우 세 가지로 하였고 각각의 경우에 대해 상기의 과정을 반복하여 결과를 구한다.

본 논문의 대상 모델은 3마력급 스크롤 압축기로 기하학적인 입력데이터는 Table 1과 같고, 운전조건은 ASHRAE 표준운전 조건으로 하였다.

3.2 실험

Fig. 7은 압축기 표면의 가속도를 측정하기 위한 실험장치이다. 경관을 절삭하여 밸런싱한 경우와 질량이 편심되어 있는 경우의 비교 실험을 하기 위해 플랜지부착 스크롤 압축기를 제작하였다. 센서의 부착위치는 압축기의 무게 중심으로 가정한 올담링 부위의 케이스 표면에 흡입 파이로부터 90°, 180°, 270° 위치에 θ 방향, y방향, x방향을 측정하기 위해 가속도 센서를 부착하였다. 외부진동의 흡입을 막기 위해 방진 고무판 위에 압축기 본체를 설치하였고 FFT

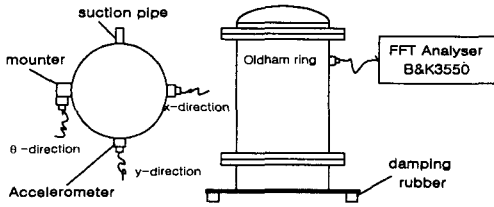


Fig. 7 Schematic diagram of experiment equipment.

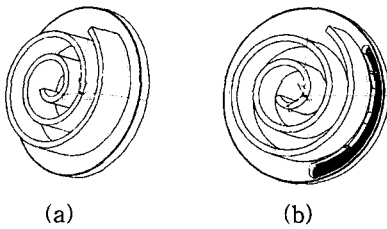


Fig. 8 Schematic diagram of orbiting scroll.

Analyser로는 B&K 3550을 사용하였다.

Fig. 8의 (a), (b)는 질량이 편심되어 있는 경우와 경판을 절삭하여 밸런싱한 경우에 대한 선회스크롤의 개략도를 나타내고 있으며, 경판을 절삭하여 밸런싱하는 경우의 절삭 방법은 3차원 모델링으로 절삭할 부분을 설계한 후 CNC 밀링으로 절삭가공하였다.

실험은 우선 시뮬레이션 프로그램의 검증을 목적으로 완제품에 대하여 무부하의 공기압 상태에서 입력 주파수를 60Hz로 하여 x, y방향의 가속도와 z축에 대한 각속도 $\dot{\theta}$ 를 측정하였다.

그리고 측정이 끝난 후 경판을 절삭가공하여 밸런싱하고 다시 조립한 다음, 같은 방법으로 측정하였다.

4. 결과 및 고찰

Fig. 9는 올담링에 작용하는 힘을 나타낸다. (a)에서 나타나듯이 경판을 절삭하여 밸런싱한 경우가 질량중심이 편심되어 있는 경우보다 F_1, F_2 는 $\pm 10^\circ$ 정도의 위상차를 갖고 진폭도 10%정도 작게 나타났다. 또한 압축기 본체의 비틀림 모멘트에 관계되는 F_3, F_4 는 약 30%정도 작아져

차이가 다소 크게 나타났다. 한편 (b)는 랩을 이동하여 밸런싱한 경우로 F_1, F_2 가 같은 방향의 $-\sin$ 곡선모양으로 나타나며, F_1 의 진폭은 (a)의 질량중심이 편심되어 있는 경우에 비해 약 400% 정도 크게 나타났다. 이것은 접선방향의 가스력 F_{rg} 가 F_1, F_2 와 같은 방향의 모멘트를 갖게 된 것에 의한 것이며, 또한 F_3, F_4 도 (a)의 경우에 비해 큰 진폭을 갖게 하였다. 힘의 변동양상도 (a)와 비교하면 다소 상이하게 나타나는 것을 알 수 있다.

Fig. 10은 반경방향의 밀봉력을 나타내는 것으로 질량중심이 편심되어 있는 경우와 경판을 절삭하여 밸런싱한 경우는 차이가 없으나, 랩을 이동하여 밸런싱한 경우는 밀봉력이 18%정도 크게 나타난다.

Fig. 11은 선회스크롤의 안정성을 나타내는 것으로 질량중심이 편심되어 있는 경우와 경판을 절삭하여 밸런싱한 경우는 차이가 없고 비교적 안정하나, 랩을 이동하여 밸런싱한 경우는 중간 부분에서 불안정에 가깝게 나타나는 것을 알 수 있다.

Fig. 12, Fig. 13은 각각 슬라이드 부시 및 저널베어링에 작용하는 힘을 나타내는 것으로 편심 유무에 관계없이 일정하게 나타남을 알 수 있다.

Fig. 14는 압축기 본체에 작용하는 가진력으로 (a)는 반경방향과 접선방향의 가진력을 나타내고, (b)는 이것을 x, y 축방향으로 변환한 것이다. 가진력은 편심의 유무에 관계없이 일정하게 나타나는 것을 알 수 있다.

Fig. 15는 압축기 본체에 작용하는 전복모멘트로 편심에 관계없이 일정하게 나타남을 알 수 있다.

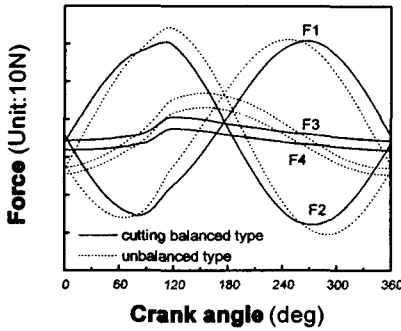
Fig. 16은 압축기 본체의 z축에 작용하는 비틀림 모멘트를 나타내며, 올담링과 본체에 작용하는 힘 F_3, F_4 와 같은 양상을 띠고 있는 것으로 보아 이 힘들의 영향을 크게 받는 것으로 알 수 있다. 질량중심이 편심되어 있는 경우에 대한 진폭은 경판을 절삭하여 밸런싱한 경우가 약 50% 정도, 랩을 이동하여 밸런싱한 경우가 약 690%정도 되는 것으로 나타났다.

Fig. 17은 60Hz의 입력주파수에 대해 경판을 절삭하여 밸런싱한 경우(a)와 입력 주파수에 대해 질량중심이 편심되어 있는 경우(b)의 x 방향의 가속도를 측정된 값을 나타낸 것이다. 측정된 데이터는 코사인 파형을 갖는 x방향 가진력의 계

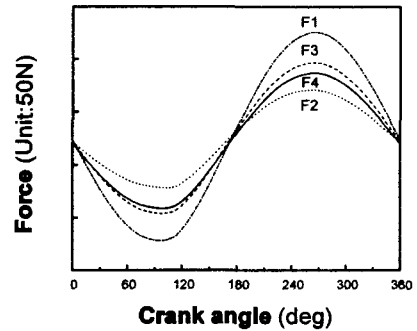
산 결과(Fig.14(b))와 비슷한 양상을 나타낸다. 따라서 가진력과 가속도는 비례한다는 것이 확인되었다. 또한, 질량편심의 영향에 대한 실험데이터는 밸런싱한 경우가 편심이 있는 경우에 비하여

약 10%정도 작은 진폭의 변화를 나타냈다. 이것은 질량편심에 대해 거의 영향이 없는 시뮬레이션 결과와는 다소 차이가 나는 것으로 나타났다.

Fig. 18은 z축에 대한 각가속도를 측정한 값으로



(a) Unbalance & cutting balance types



(b) Wrap moving balance type

Fig. 9 Forces acting on Oldham ring.

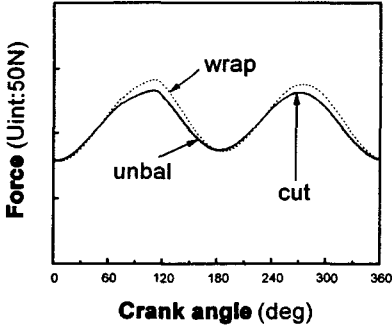


Fig. 10 Radial sealing forces for three types.

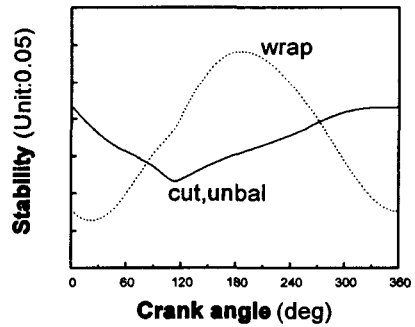


Fig. 11 Stability acting on compressor body for three types.

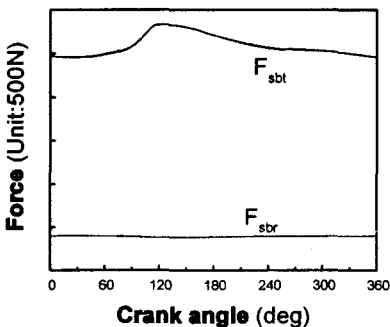


Fig. 12 Forces acting on slider bush for three types.

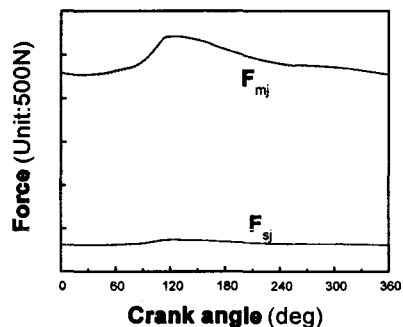
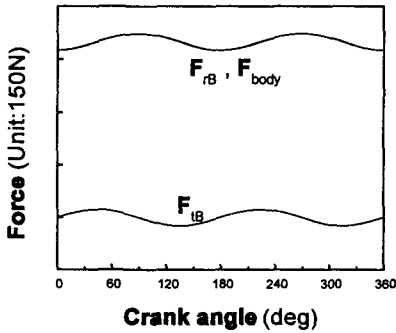


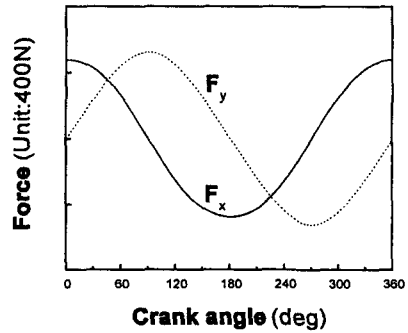
Fig. 13 Forces acting on journal bearing for three types.

시뮬레이션 계산값에 의한 그래프(Fig. 16)와 양상은 유사하다. 질량편심에 대한 영향은 편심이 있는 경우가 밸런싱한 경우 보다 실험 및 계산값 모두에서 크게 나왔다. 질량중심이 편심되어 있는 경우에 대한 진폭을 비교해 보면 계산값에서

는 50%, 실험값에서는 53% 정도로 작게 나타났다. 따라서 질량편심에 대한 영향은 x, y축에 대한 가진력에서는 영향이 미미하나, z축에 대한 각가속도의 경우에 그 차이가 크게 나는 것을 알 수 있다.



(a) r, t direction forces



(b) x, y direction forces

Fig. 14 Forces components acting on compressor body for three types.

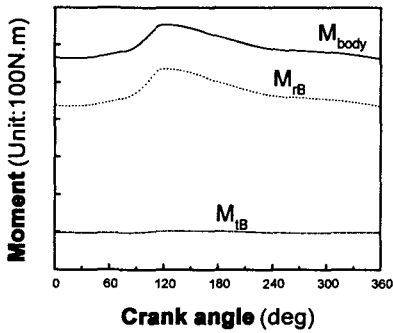


Fig. 15 Moment components acting on compressor body for three types.

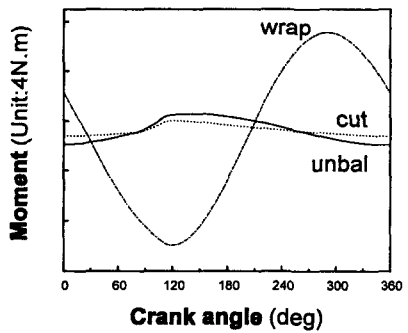
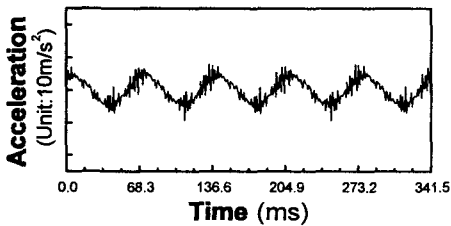
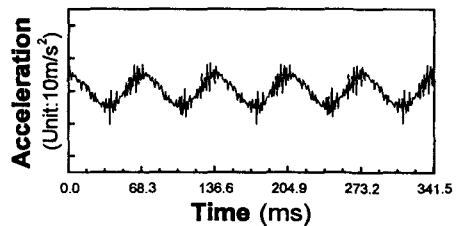


Fig. 16 Torsion moments acting on compressor body for three types.

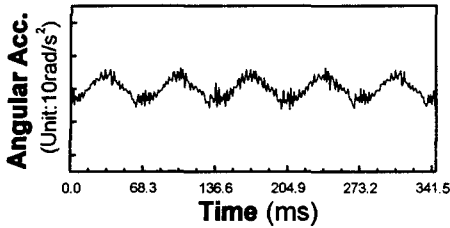


(a) Cutting balanced type

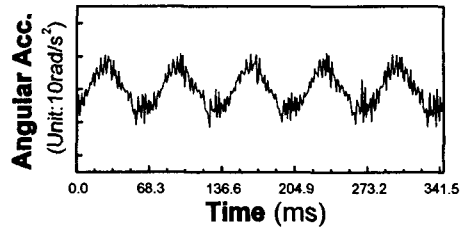


(b) Unbalanced type

Fig. 17 Accelerations(a_x) of compressor body.



(a) Cutting balanced type



(b) Unbalanced type

Fig. 18 Angular accelerations of compressor body.

5. 결론

스크롤 압축기의 성능 향상과 진동·소음 특성 개선을 목적으로 선회스크롤의 질량 편심에 대한 영향을 고찰하기 위해 스크롤 압축기의 각 운동 부재 및 본체에 대한 역학적 모델링으로 운동방정식을 유도하고 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램을 개발하여 수치 해석을 행한 결과와 실험으로 통하여 얻은 결과는 다음과 같다.

(1) 유도한 이론식과 개발한 프로그램의 검증 목적을 한 실험에 있어서, 압축기의 진동·소음 및 안정성에 문제가 되는 압축기 본체의 가진력과 비틀림 모멘트에 대한 시뮬레이션 결과와 실험에 의해 측정된 가속도와 각가속도는 각각 매우 유사한 양상을 띠며, 질량중심이 편심되어 있는 경우에 대한 경판을 절삭하여 밸런싱한 경우의 상대 비교값에 있어서 계산값과 실험값은 약 10% 정도 상대오차를 나타냈다.

(2) 질량 편심에 대한 영향에 있어서는 경판을 절삭하여 밸런싱하는 경우가 모든 면에서 가장 우수한 것으로 나타났으며, 질량 중심이 편심되어 있는 경우는 편심에 의한 관성력의 영향으로 비틀림 모멘트가 커지고, 메인프레임 쪽의 올담링 키 부위의 접촉력이 커져 기계손실의 증대 및 키 부위의 마모가 우려된다. 한편 램을 이동하여 밸런싱하는 경우는 질량에 의한 관성력의 영향은 줄어들으나, 가스력의 편심에 의한 영향으

로 거의 모든 면에서 그 특성이 나쁘게 나타났다.

(3) 따라서 본 연구에서는 스크롤압축기 개발에 있어서 선회스크롤의 질량 중심의 편심이 성능에 미치는 영향을 고찰한 해석 프로그램을 개발함으로써 설계시 각 부재의 마모 감소 및 진동 특성 개선에 대한 방향을 제시하였다.

참고문헌

1. Morishita, E. and Sugihara, M., 1986, Scroll compressor dynamics (2nd Report, The compliant crank & the vibration model), Bulletin of JSME, Vol.29, No. 248, pp. 483-488.
2. Nieter, J. J., 1990, Dynamics of compliance mechanisms in scroll compressor, Part 2 - Radial compliance, Proc. of Int. Comp. Eng. Conf. at Purdue, Vol.1, pp. 317-326.
3. 김현진, 김재호, 이진갑, 1998, 반경방향 순회기구를 갖는 스크롤 압축기의 동적거동, 공기조화·냉동공학논문집, 제10권, 제1호, pp. 33-43.
4. Hirano, T. and Matsumura, N., 1988, Development of high efficiency scroll compressor for air conditioners, Proc. of Int. Comp. Eng. Conf. at Purdue, Vol.1, pp. 65-74.