

고하중 회전체의 회전속도에 따른 틸팅 패드 베어링의 유막 온도 예측에 관한 연구 A Study of Film Temperature Prediction of the Tilting Pad Bearing with High Load by Rotating Speed

*#김성원¹, 이동혁², 김재실², 이원창³, 하현천⁴, 이춘만⁵

*#S. W. Kim(cluster6@changwon.ac.kr)¹, D. H Lee², C. A Kim², W. C Lee³, H C Ha⁴, C. M Lee⁵

¹ 한국기계연구원 재료기술연구소, ²창원대학교 기계공학과, ³창원대학교 산학협력단 BK21, ⁴터보링크(주), ⁵창원대학교 기계설계공학과

Key words : Tilting pad bearing, Film temperature, rotor dynamics, ARMD

1. 서론

일반적으로 회전기계의 성능 향상과 진동·소음의 발생은 서로 상반된 관계를 가지고 있다. 즉, 기계의 에너지 효율을 향상시키기 위해서는 소형화, 경량화, 고속화, 고압화 및 고온화를 통하여 유량과 압력을 최대화하고, 에너지 손실을 최소화하여야 하며, 이는 기계 구조의 강도 개선뿐만 아니라 진동 및 소음을 발생시키는 요인으로 작용하는 경우가 많다. 따라서 성공적으로 신뢰할 수 있는 기계의 개발이나 설계를 위해서는 성능의 향상과 진동·소음 문제 사이의 개선이 필요하고, 발생할 수 있는 진동을 예측하여 진동을 억제하기 위한 대책을 수립하기 위한 기술이 필요하게 된다.

이에 따라 회전기계의 설계단계에서 진동예측 및 시뮬레이션을 통한 진동해석 및 평가기술, 이에 따른 설계변경과 진동품질을 검토하는 진동설계기술이 필요하고, 제작·설치 후에는 효율적인 운전과 보수유지를 위한 상태감시 및 진단기술, 정비기술과 발생하는 문제들에 대한 대책기술이 점점 중요해지고 있다.

최근에는 컴퓨터의 발전에 따른 진동해석기술과 해석 소프트웨어 또한 같은 발전을 이룩하게 되었다. 그에 따른 사용하기 쉽고 편리하도록 개발된 소프트웨어를 이용하여 설계시의 진동 예측 및 고유진동수와 모드해석, 안정성해석, 응답해석 등이 이루어지고, 회전체 모델링에는 유한요소법이나 전달행렬법이 널리 이용됨으로써 여러 문제들에 대한 답을 도출할 수 있게 되었다. 이번 연구에서는 이런 회전기계에 대해서 발생할 수 있는 문제점들을 해석 가능한 시뮬레이션 툴을 사용하여 미리 그 결과를 알아보고 제품 생산에 있어서 발생하는 문제점들을 미리 진단해 안정화 기술의 보완점을 도출하고자 한다. 이에 따라 베어링의 설계와 제작에 있어서 문제점인 고회전 속도에서 베어링내 유막온도(Film Temperature)의 상승으로 인한 제품손상을 보완하기 위해 상용 유한 요소 해석 프로그램을 이용하여 베어링을 모델링하고 해석하였다. 특히 틸팅패드 베어링의 고하중 작용 시 회전속도에 따른 유막 온도 변화를 알아보았다.

2. 회전체 베어링의 모델링

고 하중으로 작용하여 회전하는 베어링의 해석을 위해 우선 베어링의 모델을 구성하여야 한다. 모델링에 있어서 사용된 프로그램은 ARMD이다. ARMD는 RBTS에서 개발한 회전체 기계에 대한 동역학적 해석을 위한 소프트웨어이다.

이번 연구에서는 ARMD의 Bearing Analysis 모듈을 사용하여 해석하고자 하였다. 우선 베어링을 모델링하는데 있어서 베어링의 조건들(Basic Geometry)을 입력할 수 있다.

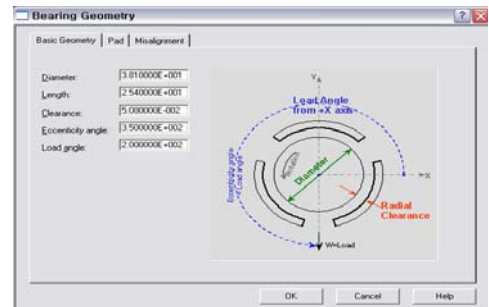


Fig. 1 Basic geometry of bearing

Fig 1에서 볼 수 있듯이 베어링 모델에 설계에 있어서 기본이 되는 형상값인 Diameter, Length, Clearance, Eccentricity angle, Load angle을 입력하였다. 그리고 다음 과정으로 Pad부의 내용을 입력하였다.

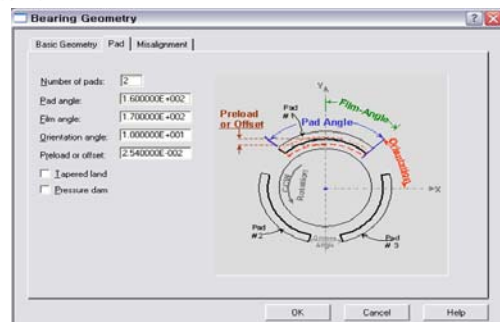


Fig. 2 Shape design of pad

형상에 대한 설명은 Fig. 2에 제시되어 있다. 여기서 Pad의 개수는 2개로 하여 모델링을 하였으며 Pad angle, Film angle, Orientation angle, 예압(Preload)에 대한 입력 사항이 Fig. 2에 나타나 있다. 각각의 입력 자료에 대한 모델링 결과는 다음과 같다.

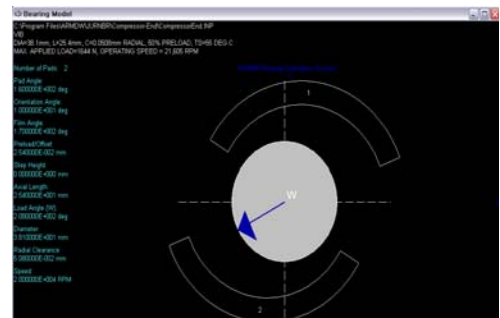


Fig. 3 Tilting Pad Bearing | 해석모델

위의 Fig. 3에서 볼 수 있듯이 예압(Preload)의 작용에 의한 Pad의 방향이 결정됨을 볼 수 있다.

3. 해석 결과 및 고찰

모델링된 베어링의 형상을 이용하여 10,000RPM 이상의 고속 회전에서의 유막온도 변화에 관하여 알아보았다. 이번 연구에서는 10,000RPM급 이상의 회전속도에서 유막온도가 78℃ 이하가 되는지의 여부에 해석의 초점을 두었다.

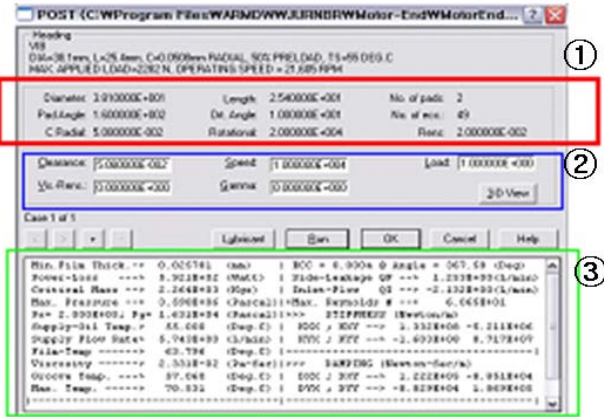


Fig. 4 Result of special load and speed

Fig. 4는 ARMD에서 해석한 결과를 보여주는 것으로서 특정 스피드와 로드에서 작용하는 베어링의 특성값을 얻을 수 있다. Fig. 4의 ①번 박스 안의 내용은 기본 베어링 설계 시 Geometry값으로 입력한 내용을 나타내며 ②번 박스에는 해석하고자 하는 해석속도 등의 해석 조건변수를 입력하였다. 위의 Fig. 4의 ③의 결과는 0.0508mm의 Clearance, 10,000RPM 스피드와 하중 1N에서 해석되었다. 이와 같은 해석에서 스피드와 하중 조건의 입력을 변화시켜 해석을 하였고 Table 1은 Clearance가 0.0508mm일때의 결과이다.

Table 1 2282N |서의 해석결과

Speed (RPM)	10000	15000	20000	21605	23000	25000
동력손실 (W)	686.3	1281	1962	2194	2400	2701
최대압력 (kPa)	8,059.0	8,421.0	8,773.0	8,931.0	9,061.0	9,228.0
유막온도 (℃)	65.5	69.2	72.7	73.8	74.8	76.1

고하중인 2,282N의 힘이 작용하는 베어링에 대해 해석한 결과를 Table 1에 보였으며 실제 제작되는 베어링의 목표수치인 유막온도와 동력손실에 대해서는 Table 2에 나타내었다.

Table 2 Target of bearing design

축 회전수	10000RPM 이상
유막온도	78℃ 이하
동력손실	2500W 이하

두 테이블을 비교해보면 23,000RPM 까지 동력손실 및 유막온도의 데이터가 목표량에 부합함을 알 수 있다.

그리고 Fig 5에서 베어링 패드에 작용하는 압력크기분포를 3D모델로 구현하였다. 실제 로드의 크기를 변화시키면서 해석해 본 결과 로드의 크기가 증가할수록 큰 압력분포의 면적이 넓어지는 것을 볼 수 있었다.

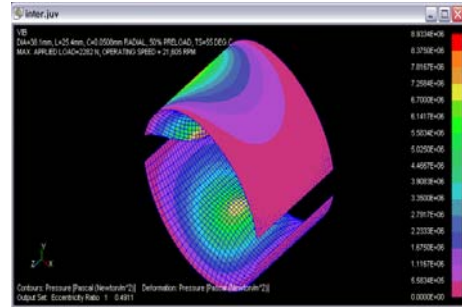


Fig. 5 Pressure of the bearing of at 2282N

이와 같이 목표 수치에 만족하여 안정화 된 베어링 설계를 바탕으로 실제 베어링을 제작해 보았다. Fig. 6는 제작된 베어링의 모습이다.



① Side View ② Front View

Fig. 6 Picture of Bearing

4. 결론

본 연구에서는 고하중이 작용하는 베어링에 대해 고속 회전을 할 경우 발생하는 Film Temperature의 온도 상승과 관련한 변화를 해석적으로 예측하였다. 해석결과 23,000RPM까지의 동작속도에서 동력손실 및 유막온도가 허용범위 이내로 들어옴을 알 수 있었고 해석결과를 바탕으로 실제 제작되는 베어링의 설계에 반영함으로써 온도상승에 의한 패드부의 손상을 최소화함으로써 제품의 불량률을 감소시킬 수 있을 것으로 예상된다.

후기

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업(RTI04-01-03) |원으로 수행되었음.

참고문헌

1. 양승헌, 나운학, 박희주, 김재실, "상부패드의 형상 변경을 통한 Anti-fluttering 틸팅패드 저널베어링 개발," 유체기계저널 제8권 제5호, 2005.
2. 양승헌, 박철현, 김재실, 하현천, "예압 변경을 통한 틸팅패드 저널베어링의 패드 Fluttering 방지에 관한 연구," 한국소음진동공학회논문집 제14권 제4호, 2004.
3. 양승헌, 박희주, 박철현, 김재실, "LOP형 6-패드 틸팅패드 저널 베어링의 상부패드 Fluttering 특성 연구," 한국소음진동공학회논문집 제13권 제6호, 2003.
4. 양복석, "회전기계의 진동 해석, 평가, 설계 및 대책," 인터비전, pp222-318, 2003.