

1,200kW 터보블로워용 틸팅패드 저널베어링의 설계에 관한 연구 A Study on the Design of a Tilting Pad Journal Bearing in a Turbo Blower

*김재실¹, #조현민¹, 조수용²

*C. Kim¹, #H. Jo(gerdae@nate.com)¹, S.Y.Cho²

¹ 창원대학교 기계공학과, ²경상대학교 항공우주공학과

Key words : Turbo Blower, Tilting Pad Journal Bearing, ARMD, Film Temperature, Power Loss

1. 서론

블로워는 축류형, 혼합형, 터보형이 있으며 일반적으로 산업현장에서는 고압을 만들 수 있는 능력이 큰 터보형이 많이 사용된다. 산업현장에서 사용되는 다단의 터보형 블로워의 전압은 300 ~ 600mmAq 이며 터보형 압축기의 경우는 50000 mmAq 이상이다. 하지만 식품생산공장에서 미생물과 물질과의 혼합을 위한 폭기용으로 사용하는 경우와 화학 플랜트의 케미칼 리액션 (Chemical reaction)과 폐수처리장의 폭기조에 산소공급용의 경우 2,000mmAq 정도의 전압이 있는 공기를 필요로 하는 경우가 많다. 일반 블로워의 경우는 압력이 약하여 작동에 문제가 있고 반면에 일반 압축기의 경우는 저압화하여 사용하게 된다. 그러므로 일반 블로워의 5~6배 정도의 고압인 전압력 2,000mmAq의 터보용 블로워의 개발의 필요성이 요구된다.

블로워의 경우에 필요로 하는 공기량은 크면 클수록 적용성이 높다. 하지만 터보형 블로워는 고압의 장점이 있지만 유량이 적은 단점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 고마력의 터보형 블로워의 개발이 요구된다. 대형인 고마력의 터보형 블로워는 입력이 높은 관계로 고효율화를 지양하여야 한다. 효율에서 1%의 차이는 적산전류로 연간 환산하면 상당한 소비전력의 차이를 가져오게된다. 따라서 고효율화를 달성하기 위한 요소기술의 연구가 필수적이다. 이를 위하여 임펠러에서 공력의 효율을 향상하기 위하여 임펠러의 공력성능과 관련된 주요 설계변수를 도출하여 공력효율이 최대가 되도록 하는 연구가 필요하다. 하지만 베어링에서의 기계적인 효율이 받쳐주지 않으면 터보형 임펠러의 고효율화를 달성하기 힘들다. 베어링의 효율이 최대가 되도록 틸팅패드 저널베어링의 설계기술을 대형의 터보형 블로워에 적용하여 시스템의 효율의 향상이 요구된다. 베어링의 특성에 관한 연구가 되어왔다. [1-2] 또한 상용 유한요소 소프트웨어를 이용한 베어링의 설계에 관한 연구도 되어왔다.[3-6]

본 연구에서는 베어링의 효율이 최대가 되기위한 대형의 터보형 블로워의 틸팅패드 저널베어링의 설계를 상용 유한요소 소프트웨어 ARMD를 사용하여 실시하고자 한다.

2. 실험 및 해석

본 연구에서 베어링의 설계에 사용할 유한요소 소프트웨어는 회전체 기계의 동역학적 해석이 가능한 RBTS사에서 개발된 ARMD이다. 대형의 터보형 블로워의 틸팅패드 저널베어링을 설계하기 앞서 설계에 사용될 해석소프트웨어인 ARMD의 신뢰성 검증을 위해 기존의 베어링의 설계조건을 적용한 ARMD 해석결과와 베어링의 유막온도 측정실험의 결과를 비교한다. 실험에 사용된 베어링은 주회전속도 35,000rpm, 축직경 24mm, 간극 0.02mm 동작온도 85℃를 만족하는 5패드 틸팅패드 저널베어링이다. 베어링의 유막온도 측정실험은 안전을 고려하여 회전축의 속도를 4,000 ~ 8,000rpm 으로 수행하였으며 이때 윤활유의 공급유량은 8, 11 L/min 이다. 실험과 동일한 베어링의 설계조건과 실험측에 의한 베어링의 하중조건을 ARMD에 적용하여 틸팅패드 저널베어링의 해석을 수행한다.

Fig.1은 회전속도 8,000rpm, 윤활유의 공급유량은 11 L/min 일때의 틸팅패드 저널베어링의 ARMD 해석결과이다. Fig.2는 각 조건에서의 실험값과 해석결과를 그래프로 나타낸 것이다. 실험값과 해석결과는 소수점 이하에서 차이를 나타내지만 실험의 오차를 감안할 때 동일한 기술기를 가진다고 볼 수 있다.

이 결과는 범용 유한요소 해석 프로그램인 ARMD의 신뢰성을 나타낸다.

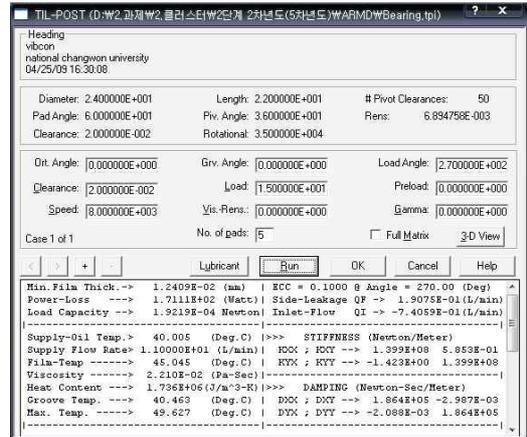
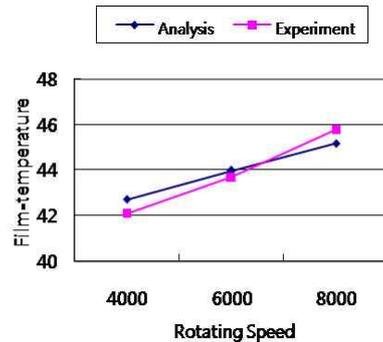
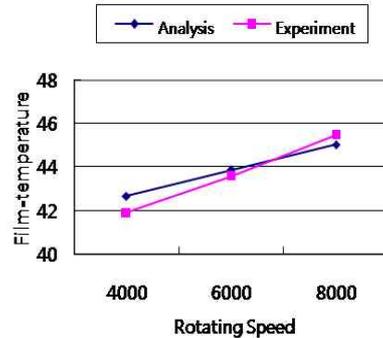


Fig. 1 Analyzed Result of Tilting Pad Journal Bearing by ARMD



(a) Flow Rate 8 L/min



(b) Flow Rate 11 L/min

Fig. 2 Film-temperature according to Rotating Speed and Lubricant Flow Rate

3. 블로워용 틸팅패드 저널 베어링의 설계

신뢰성이 검증된 유한요소 해석 프로그램인 ARMD를 이용하여 주회전속도 9,215rpm, 축직경 80mm, 간극 0.12mm, 동작온도 60℃를 만족하는 대형의 터보형 블로워용 틸팅패드 저널베어링을 설계한다. 터보형 블로워의 고효율화를 달성하기 위해서는

틸팅패드 저널베어링의 파워로스를 줄이는 것이 중요하다. 따라서 설계변수를 만족하고 파워로스가 최소인 베어링의 설계가 수행되어야 한다. Fig.3은 ARMD 상의 틸팅패드 저널베어링의 유한요소모델을 나타낸다. ARMD는 베어링을 2차원의 유한요소 모델로 해석시간이 비교적 짧다는 장점을 가지고 있다. 한정된 시간에 다양한 조건에서의 베어링 해석이 가능하다. Fig.4는 윤활유의 공급유량이 28 L/min, 공급온도 50°C일때 터보형 임펠러용 틸팅패드 저널베어링의 ARMD 해석결과이다. Fig.5는 해석결과의 3차원 형상이다. Fig.6는 윤활유의 공급유량과 윤활유의 공급온도에 따른 틸팅패드 저널베어링의 유막온도를 그래프로 나타낸 것이다. Fig.7는 윤활유의 공급유량과 윤활유의 공급온도에 따른 틸팅패드 저널베어링의 파워로스를 그래프로 나타낸 것이다. Fig.6와 Fig.7을 통해 윤활유의 공급유량이 클수록 유막온도는 낮아지지만 파워로스는 커지고, 윤활유의 공급온도가 클수록 유막온도는 커지지만 파워로스가 작아짐을 알 수 있다. 동작온도를 60°C만족하면서 파워로스가 최소인 윤활유 조건은 28 L/min, 50°C이다.

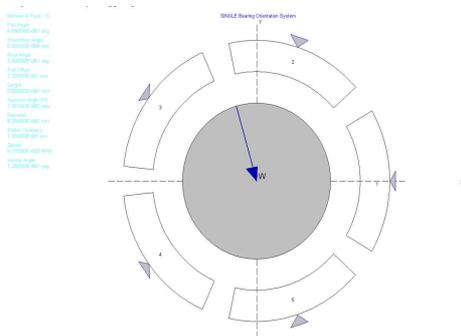


Fig. 3 Finite Element Model of Tilting Pad Journal Bearing on ARMD

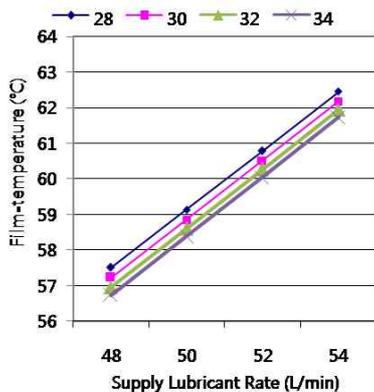


Fig. 6 Film-temperature according to Supply Lubricant' Flow Rate and Temperature

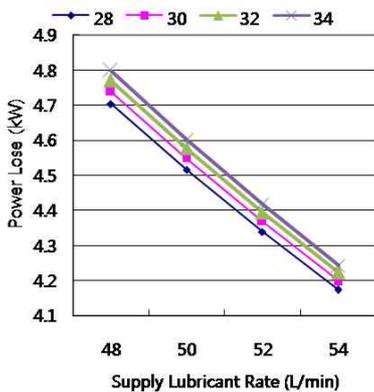


Fig. 7 Power Loss according to Supply Lubricant' Flow Rate and Temperature

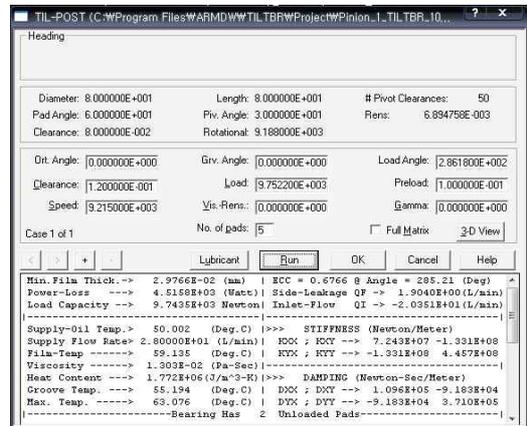


Fig. 4 Analyzed Result of Tilting Pad Journal Bearing for Turbo Blower

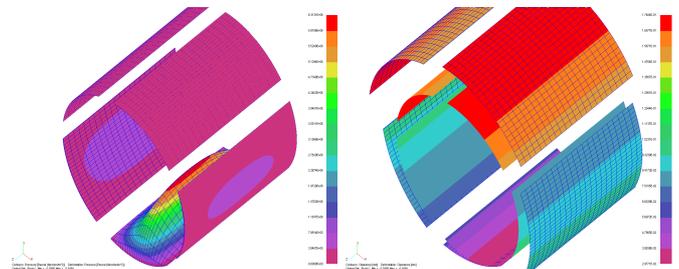


Fig. 5 Analyzed Result 3D View of Tilting Pad Journal Bearing

4. 결론

본 연구에서는 회전체 기계의 동역학 해석 소프트웨어 ARMD를 이용하여 대형의 터보형 블러워용 틸팅패드 저널베어링을 설계하였다. 설계에 앞서 실험값과 해석결과를 비교하여 ARMD의 신뢰성 검증하였다. 검증된 ARMD를 사용하여 설계조건을 만족하는 틸팅패드 저널베어링의 해석을 수행하여 윤활유 조건에 따른 베어링의 유막온도와 파워로스를 알아보았다. 다양한 윤활조건에서의 해석결과를 바탕으로 대형의 터보형 블러워의 고효율화를 만족시키기 위한 틸팅패드 저널베어링의 윤활조건을 제시하였다.

후기

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

참고문헌

1. 하현천, 김경웅, “온도상승 및 난류효과를 고려한 대형 틸팅패드 저널베어링의 동특성 해석”, 대한기계학회논문집 제 19권 제2호, pp313-321, 1995.
2. 하현천, 양승현, “틸팅패드 저널베어링의 유막강성 및 감쇠계수에 대한 실험적 연구”, 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp173-179, 1998.
3. 김성원, 이동형, 김재실, 이원창, 하현천, “고하중 회전체의 회전속도에 따른 틸팅패드 베어링의 유막온도 예측에 관한 연구”, 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집, pp503-504, 2007.
4. 이동형, 정훈형, 조현민, 김재실, 최현호, “불소계 틸팅패드 베어링설계를 위한 실험 및 시뮬레이션”, 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집, pp733-734, 2008.
5. 이동형, 최지환, 김재실, “틸팅패드 베어링의 실린더리얼 소켓 피벗부 구조 및 응력해석”, 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집, pp533-534, 2008.
6. 김재실, 조현미, 최지환, 조수영 “회전체 안정성을 고려한 틸팅패드 베어링의 설계에 관한 연구”, 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집, pp697-698, 2009.