

Surface Texturing한 평행 스톱스트 베어링의 윤활특성 - 운전속도의 영향

Lubrication Characteristics of Surface Textured Parallel Thrust Bearing - Effect of Bearing Speed

*#박태조¹, 조제형²

*#T. J. Park(tjpark@gnu.ac.kr)¹ and J. C. Jo²

¹경상대학교 기계항공공학부, ²경상대학교 기계항공공학부 학부생

Key words : Thrust Bearing, Friction Reduction, Surface Texturing, micro-Dimple, CFD, FLUENT

1. 서론

기계에서는 기계적 손실의 대부분을 차지하는 상대운동면에서의 마찰을 줄이기 위하여 윤활유로써 윤활(Lubrication)시키고 있다. 즉, 윤활유의 점성작용에 의해서 발생하는 유체압력에 의하여 하중을 지지함과 동시에 운동면을 서로 분리시키므로 마찰은 건마찰(Dry friction) 상태보다 아주 크게 감소한다. 1886년, O. Reynolds에 의해서 확립된 유체윤활의 지배방정식인 레이놀즈 방정식은 각종 베어링, 기어, 캠기구 등의 설계에 아주 널리 적용되고 있다. 하지만 윤활면에서의 아주 작은 점성마찰도 기계효율을 저하시킬 뿐만 아니라 부가적으로 여러 가지 악영향을 미치기 때문에 이의 저감이 요구되지만 최근까지 이에 대한 기술은 거의 한계에 도달한 것으로 인식되고 있었다.

최근 10여년 동안에 스톱스트 베어링(Thrust bearing), 기계적 시일(Mechanical seal), 피스톤 링(Piston ring) 등의 운동면에 미세한 딴플(micro-Dimple)을 가공하여 트라이볼로지 특성을 향상시키기 위한 연구가 집중적으로 시도되고 있다. 지금까지의 실험결과, 표면이 매끈한 경우에 비하여 미세형상을 가공한 경우의 마찰계수가 크게 낮을 뿐만 아니라 마멸발생도 감소하는 것으로 발표되고 있다. 특히, Etsion[1]이 시도한 레이저를 사용한 표면조직 가공법(Laser surface texturing : LST)은 여러가지 면에서 유리한 점이 있기 때문에 Surface Texturing 연구에 가장 널리 적용되고 있다. 하지만 지금까지의 Texturing한 윤활면에 대한 트라이볼로지 특성은 거의 실험적으로 조사되고 있기에 이론해석결과는 미미한 실정이다.

이에 본 논문에서는 운전속도에 따른 Surface

Texturing한 평행 스톱스트 베어링의 윤활특성을 상용 열·유체해석 CFD 프로그램인 FLUENT[3]를 사용하여 해석하고자 한다.

2. 해석방법

Fig.1은 미세딴플이 있는 스톱스트 베어링의 배치 및 단면형상을 개략적으로 나타낸 그림으로 참고문헌[2]와 동일하다. 이때, 베어링 입·출구부 양단에는 대기압 P_a 가, 딴플내에서 캐비테이션이 발생하는 영역에서는 윤활유의 증기압 P_c 가 각각 작용하며, 계산영역의 각 경계에는 대칭조건을 적용하였다. Fig.2는 ICFM CFD를 이용하여 구성된 x-y 단면에서의 격자계를 나타낸 그림으로 전체격자수는 대략 150,000개 정도이다. Table 1과 Table 2에는 해석에 사용한 베어링의 사양과 해석조건, 윤활유의 물성자료를 각각 나타내었다.

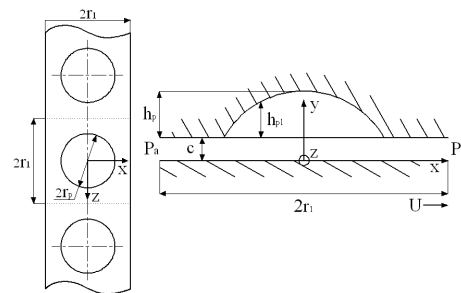


Fig. 1. Schematic of micro-dimpled thrust bearing.

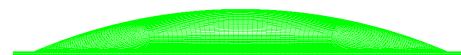


Fig. 2. Grid system used in numerical analysis.

Table 1 Bearing size and operating conditions.

	Symbol	Value
Bearing Size	r_p	$50\mu\text{m}$
	r_1	$55\mu\text{m}$
	c	$1\mu\text{m}$
Pressure Condition	P_a	$100\text{kPa}_{\text{abs}}$
	P_c	$50\text{kPa}_{\text{abs}}$
Dimple Depth	h_p	$10\mu\text{m}$

Table 2 Oil properties.

	Oil	Oil Vapor
Density, kg/m^3	962	0.02556
Viscosity, $\text{kg/m}\cdot\text{s}$	0.013468	1.256×10^{-5}

3. 결과 및 고찰

Fig.3과 Fig.4에는 운전속도가 다른 경우, 캐비테이션 조건 적용여부에 따른 압력분포를 각각 나타내었다. 베어링의 운동에 따라 딴플내로 유입되는 윤활유는 팽창하므로 압력이 급격하게 떨어지며, 운전속도가 빨라질수록 이의 영향은 증대된다. Fig.3에 나타난 것과 같이 딴플의 입구부에서는 아주 큰 음압이 발생하고 있다. 즉, 딴플은 베어링 입구부와 딴플 사이에 Poiseuille 유동을 추가로 발생시켜 유량을 증가시킨다. 한편, 딴플 출구부에서는 급격한 유막두께가 감소에 따라 아주 높은 압력이 발생하게 된다. 하지만, 실제의 경우에 증기압 이하에서는 캐비테이션이 발생하며, 윤활유는 유증기 상태로 존재한다. Fig.4는 캐비테이션 조건을 적용한 경우의 압력분포로 Fig.3에 비하여 발생 압력이 한층 낮음을 알 수 있다. 딴플내에서의 이러한 압력분포는 베어링에 작용하는 마찰력에 큰 영향을 미칠 것으로 쉽게 예상할 수 있다.

Fig.5는 운전속도가 변화하는 경우, 캐비테이션 조건 적용여부에 따른 베어링에 작용하는 마찰력의 변화를 Surface Texturing 하지 않은 경우에 대한 결과와 비교하여 나타내었다. 베어링 속도에 따라 마찰력은 직선적으로 변하지만 Surface Texturing을 한 경우에는 상대적으로 이의 크기가 크게 감소하였다. 특히, 딴플내에서 캐비테이션 발생을 고려한 해석결과는 이의 감소가 더욱 크게 되었다. 따라서, 본 논문에서 사용한 해석 방법과 결과는 각종 미끄럼 베어링의 윤활성능향상에 유용하게 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

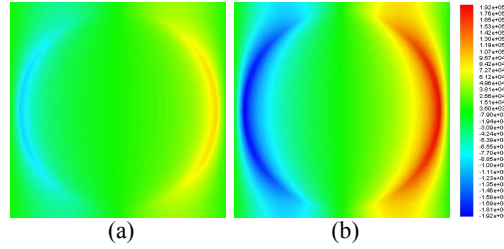


Fig. 3 Pressure distribution for no-cavitation condition. U is (a) 1m/s, (b) 2m/s

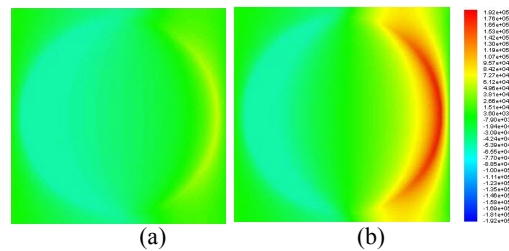


Fig. 4 Pressure distribution for cavitation condition. U is (a) 1m/s, (b) 2m/s

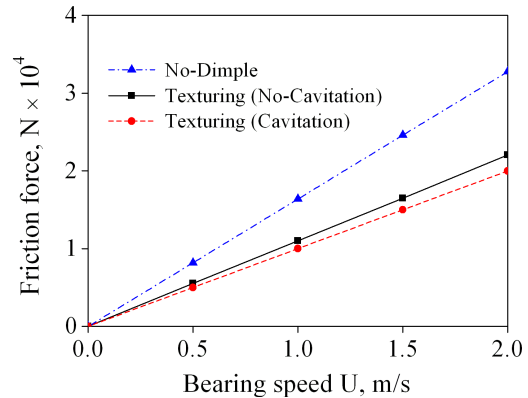


Fig. 5 Effect of bearing speed on friction force.

후기

이 논문은 2단계 BK21사업의 지원으로 수행되었음을 밝힙니다.

참고문헌

1. Etsion, I., "State of the Art in Laser Surface Texturing", J. of Tribology, **127**, 248- 253, 2005.
2. 박태조, 황윤건, "Laser Texturing한 평행 스톱트 베어링의 윤활특성: 제1보 - 딴플 깊이의 영향", 한국윤활학회지, **25(5)**, 305-310, 2009.
3. FLUENT, "FLUENT 6.0 Manual", 2002.