

마이크로 Crosshatch 그루우브 표면패턴의 각도에 따른 미끄럼마찰특성

채영훈*(경북대 트라이볼로지연구소)

Effect of Friction Property for Angles of Micro-scale Crosshatch Grooved Surface Pattern under Sliding Lubricated Contact

Y. H. Chae(KETRI, KNU)

ABSTRACT

Surface pattern of tribological applications is an attractive technology of engineered surface. Therefore, friction reduction is considered to be necessary for improved efficiency of machines. This study investigated the effect of friction property for angles of micro-scale crosshatch grooved surface pattern on bearing steel flat mated with pin-on-disk. We obtain sample which can be fabricated by photolithography process. We discuss friction property depend on an angle of cross-hatch grooved pattern. We can verify the lubrication mechanism as a Stribeck curve, which has a relationship between the friction coefficient and a dimensionless parameter under the lubrication condition. It was found that the friction coefficient was related to angle of crosshatch on surface, even when surface pattern was the same density.

Key Words : Groove Pattern (그루우브 패턴), Friction (마찰), Lubrication (윤활), photolithography (노광처리), Engineered Surface (공학표면)

1. 서론

자동차 엔진손실중 약 40%정도는 마찰손실에서 발생된다는 것은 잘 알려져 있다[1]. 연료절감 및 효율향상을 위하여 정밀표면가공으로 마찰저감기술을 연구하였다[2-4].

상대표면접촉으로 기능을 하는 Tribosystem 에서 마찰손실 감소를 위하여 공학표면기술중 surface pattern 기술을 연구하고 있다[2-5]. surface pattern 기술은 접촉하고 있는 표면에서 발생되는 마찰저감기술에 적용하고 있다. 마찰저감을 위한 surface pattern 기술은 hydrodynamic 과 혼합윤활상태에 적용하고 있다.

많은 연구자들은 마찰제어기술과 “마찰저감을 위하여 surface pattern 를 어떻게 설계할 것인가?”에 대하여 다양한 각도로 접근하고 있다. Etsion[7]은 LST(Laser Surface Texturing)으로 mechanical seal 에 대하여 마찰성능을 지배하는 주요인자(critical parameter)를 pore 크기와 비(ratio)의 관점에서 연구하였다. Wang[8]은 micro pits-surface pattern 설계를 위하여 임계하중비(critical load ratio), 깊이/크기의 비, pit 의 면적비가 마찰성능에 영향을 주고 있음을 확인하였다. 또한 Ronen[9]은 surface texture 에 대한 최적의 깊이/크기 비를 가지고 있음을 보고하였다. 이러한 surface pattern 의 연구는 마찰성능에 미치는

설계인자를 도출하기 위하여 연구 진행되고 있다.

마이크로 그루우브에 대한 연구는 산업현장에서 호닝공정으로 얻을 수 있다. 이러한 호닝패턴에 대한 형상과 크기 및 각도에 대한 마찰특성연구는 아직 정립되지 않았다. 특히, 호닝패턴에 의한 crosshatch 그루우브 패턴의 사잇각이 매우 중요한 기술의 파라메타로 연구되고 있다. 따라서 이러한 crosshatch 그루우브 패턴에 대한 정량적인 실험을 위하여 Photolithography 공정을 이용하여 시험편을 제작하였다.

본 논문은 crosshatch 그루우브에 대한 마찰특성을 연구하기 위하여 미끄럼사잇각을 90 도에서 150 도까지 각각 10 도씩 증가되도록 하여 핀-온-디스크 타입으로 접촉압력 0.6MPa 에서 3.5MPa 까지 실험하여 그 특성을 조사하였다.

2. 실험

2.1 시험편제작 및 Photolithography process

시험편 접촉표면에 그루우브 패턴을 가공하기 위하여 포토리소그래피를 수행하였다. 패턴설계 후 마스크를 필름마스크로 제작하였다. 시험편 접촉표면의 마지막 표면가공은 평탄화가공기술[10]과 연

마기술을 사용하여 완전한 면접촉이 가능하도록 하였다. 측정된 크기는 $100 \pm 5\mu\text{m}$ 측정되었다. Crosshatch 사잇각을 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150 도로 만들었다.

2.2 시험방법 및 조건

마찰성능 평가를 위하여 flat-on-flat 접촉형태인 pin-on-disk 시험을 수행하였다. 시험방법으로 고정 하중으로 단계별 속도를 변화하였다. 수직하중 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 및 3.5MPa 순으로 추(deadweight)를 사용하여 가압하였다. 미끄럼속도는 하중에 따라 0.02m/s 에서 0.30m/s 까지 각각 0.04 m/s 씩 증가하였다. 윤활유는 하중단계별 새로운 윤활유를 사용하였다. 새로운 시험편 마다 15 분간의 run-in 후 측정데이터로 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig.1 에서 crosshatch 각도 135 도를 가진 시험편이 넓은 속도에서 낮은 마찰계수를 가지고 있었다. Fig. 6 은 crosshatch 각도를 130 도에서 150 도를 각각 5 도 씩 증가한 시험편을 대상으로 Stribeck curve 를 나타내었다. 여기의 분석으로는 135 도를 가진 시험편이 우수하게 나타났다.

4. 결론

본 논문은 crosshatch 그루우브에 대한 마찰특성을 연구하기 위하여 미끄럼사잇각을 90 도에서 150 도까지 시험편을 제작하여 마찰특성을 조사하였다. 마찰특성은 Crosshatch 각도는 135 도를 가진 시험편이 가장 우수한 것으로 나타났다.

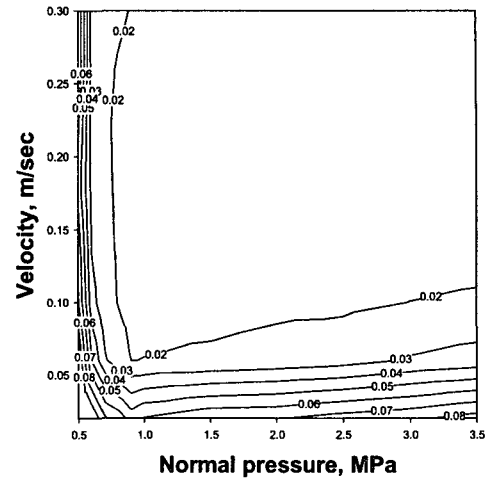
후 기

본 연구는 경북대학교 기계공학부 MSYNE Lab 의 김규만교수님과 안창용 석사과정생에게 시험편 제작에 도움을 주셔서 진심으로 감사합니다.

This work was supported by Korea Research Foundation Grant (KRF-2002-050-D00002).

참고문헌

1. N. Nakada, Trends in engine technology and tribology, Tribology International, 27, 1, 3-8, 1994.
2. Y.K. Gryk and, I. Etsion, Experimental investigation of laser surface texturing for reciprocating Automotive components, Tribology Transactions, 45, 4, 444-449, 2002.
3. I.Etion, Y.Kligerman and G.Halperin, Analytical and Experimental investigation of laser-textured



(a) 135 degree

Fig.1 Friction map of friction coefficient for 135 degree

mechanical seal faces, Tribology Transactions, 42, 3, 511-516, 1999.

4. H. Tian, N.Saka and N.P.Suh, Boundary lubrication studies on undulated titanium surfaces, Tribology Transactions, 32, 3, 289-296, 1989.
5. I. Etsion and L.Burstein, A model for mechanical seals with regular microsurface structure, Tribology Transactions, 39, 3, 677-683, 1996.
6. X. Wang, K.Kato, K.Adachi and K.Aizawa, The effect of laser texturing of SiC surface on the critical load for the transition of water lubrication mode from hydrodynamic to mixed, Tribology International, 34, 703-711, 2001.
7. I. Etsion and G. Halperin, A laser surface textured hydrostatic mechanical seal, Tribology transaction, 45, 430-434, 2002.
8. X. Wang, K.Kato and K.Adachi, The lubrication effect of micro-pits on parallel sliding faces of SiC in water, Lubrication Engineering, Aug., 27-34, 2002.
9. A. Ronen, I.Etsion and Y. Kligerman, Friction-reducing surface-texturing in reciprocating automotive components, Tribology Transaction, 44, 3, 359-366, 2001.