

마이크로딴플의 패턴정렬과 미끄럼방향에 대한 실험적 마찰특성 Experimental Friction Property on Pattern Array and Sliding Direction for Micro-dimples

*¹채영훈¹, 김규만¹, 한무경², 장범택³, 이영춘²

¹Y. H. Chae(yhunchae@knu.ac.kr)¹, G. M. Kim¹, M. K. Han², B.T Chang³, Y. C. Lee²
¹ 경북대학교 기계공학과, ²효림산업(주), ³경북대학교 대학원

Key words : Friction, Micro-dimples, Stribeck curve, Pattern Array, Lubrication

1. 서론

2. 실험

최근 자동차산업은 유로환경규제로 인하여 저연비 고 효율에 대한 부품설계에 관심을 가지고 있다. 자동차 부품 중 엔진의 마찰손실은 약 40%정도되는 것으로 보고하고 있다[1].

자동차부품의 상대운동부에 마찰저감을 위하여 점성이 좋은 윤활유 적용과 표면거칠기를 제어하여 원활한 윤활막 두께형성에 도움을 주어 마찰저감효과를 연구하고 있다[2-4].

이러한 마찰손실 감소를 위하여 기계부품의 표면거칠기를 인위적으로 표면가공 및 설계하여 상대접촉운동조건에 따라 마찰특성을 연구가 진행하고 있다. 특히 자동차 엔진부의 실린더 라이너/피스톤링 표면에 마이크로 크기의 딴플을 가공하여 미끄럼마찰특성을 개선시키고 있다[5].

많은 연구자들은 “마찰제어를 위하여 surface pattern 에는 어떤 설계인자가 있는가?”에 대하여 다양한 각도로서 접근하고 있다. Etsion[6]은 mechanical seal 에 대하여 마찰성능을 지배하는 주요인자(critical parameter)를 pore 크기와 비(ratio)의 관점에서 연구하였다. Wang[7]은 Micro-pits 설계를 위하여 임계하중비(critical load ratio), 깊이/크기의 비, pit 의 면적비가 마찰성능에 영향을 주고 있음을 확인하였다. 또한 이러한 Surface pattern 의 연구는 패턴의 모양, 즉 딴플, 그루우브등, 형상에 따른 마찰성능에 미치는 설계인자를 도출하기 위하여 많은 연구가 발표되고 있다[8]. 이러한 연구결과에도 불구하고 아직 surface pattern 에 대한 형상메커니즘은 완전히 이해되지 않고 있다.

본 논문은 마이크로 딴플에 대한 정렬과 미끄럼 방향에 대한 스케일 빗살무늬 그루우브패턴의 각도변화에 따른 미끄럼 마찰특성변화를 연구하고자 한다.

2.1 Microfabrication

Table 1 은 본 연구에 사용될 시험편의 크기와 형상을 나타내었으며, 접촉표면에 대한 주요치수를 나타내었다. 핀 시험편에 마이크로 빗살무늬 그루우브를 가공하기 위하여 설계된 패턴을 이용하여 포토리소그래피를 수행하였다. 부식깊이를 제어하기 위하여 화학부식가공을 수행하였다. Fig. 1 은 시험편 표면을 SEM(JOEL, JSM-5200)의 사진이다.

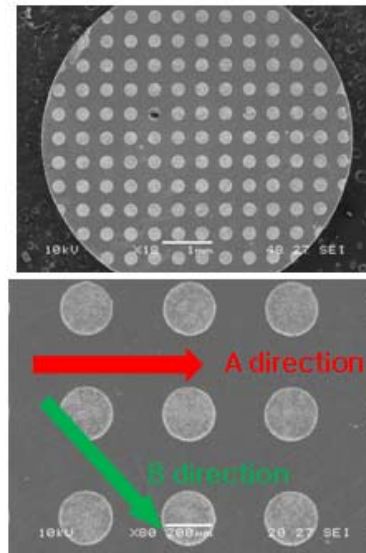


Fig. 1 SEM of specimen and 2 direction for sliding test

Table 1 Experiment condition for test

| Parameters | Condition |
|--|--------------------------------------|
| Contact type | Pin-on-Disk |
| Disk material | Bearing steel |
| Pin material | Bearing steel |
| Size of dimple for pin [μm] | 100, 200, 300 |
| Depth of dimple for pin [μm] | 4-5 |
| Surface roughness | |
| - Pin before fabrication [μm] | 0.008Ra, 0.016Rmax |
| - Disk [μm] | 0.039Ra, 0.052Rmax |
| Density of dimples[%] | 15 |
| Diameter of sliding track[mm] | 40 |
| Normal load range [N] | 5-40 |
| Pressure range [MPa] | 0.25-2.05 |
| Speed range [m/s] | 0.04-0.32 |
| Lubricant | Paraffin oil(Saybolt number 125/135) |
| Temperature | Room temperature |

2.2 시험방법 및 조건

마이크로 그루우브에 대한 마찰특성 평가를 위하여 flat-on-flat 접촉형태인 pin-on-disk 시험을 Fig. 2 와 같이 수행하였다. 수직하중은 무게추를 이용하였으며, 미끄럼속도는 모터제어장치를 이용하여 설정된 회전수에 따라 미끄럼 속도를 제어하였다.

본시험방법으로 수직하중에 따른 설정된 속도를 변화시키면서 마찰력을 컴퓨터로 저장할 수 있도록 하였다. 이때 사용된 무게추는 5, 10, 15, 20, 30, 40 N 을 사용하였으며, 낮은 수직하중에서 높은 수직하중으로 시험하였다. 미끄럼속도는 수직하중에 따라 0.04, 0.08, 0.12, 0.16, 0.20, 0.24, 0.28, 0.32 m/s 로 단계별 속도를 증가시켰다. 모든 윤활유는 하중 단계별 새로운 윤활유를 사용하였다. 새로운 시험편 마다 15 분간의 run-in 후 측정 데이터로 사용하였다.

2.3 시험편

마이크로딴플에 대한 정렬에 따른 미끄럼 마찰특성을 조사하기 위하여 Fig. 1 과 같이 화살표 방향으로 미끄럼 마찰시험하였다. Fig. 1 에서와 같이 A 방향과 B 방향으로 실험을 수행하였다. 이때 시험편은 Table 1 에서와 같이 기하학적인 수치를 가지고 있다.

3. 실험결과

3.1 미끄럼 방향에 대한 마찰계수 변화

압력 0.5MPa 에서 마찰거동을 Fig. 3 에 나타내었다.딴플 크기 100 μm, 200 μm 크기에서는 A 보다 B 미끄럼방향에서 마찰계수는 상승하였으나, 300 μm 크기에서는 마찰계수는 감소하였다. 그러나 압력 3.5MPa 에서는 100 μm , 200 μm 과 300 μm 모두 B 미끄럼 방향에서 마찰계수가 감소함이 두드러지게 나타났다. 이것은 딴플간의 피치에 대한 영향이 마찰저감효과를 가지고 있음을 확인할 수 있었다.

후기

본 연구는 산업자원부와 한국산업기술재단의 지역인력양성사업으로 수행된 연구결과임.

참고문헌

1. Nakada, N., Trends in engine technology and tribology, Tribology International, Vol.27, No.1, pp.3-8, 1994.
2. Gryk, Y.K. and, Etsion, I., Experimental investigation of laser surface texturing for reciprocating Automotive components, Tribology Transactions, Vol.45, No.4, pp.444-449, 2002.
3. Etsion, I., Kligerman, Y. and Halperin, G., Analytical and Experimental investigation of laser-textured mechanical seal faces, Tribology Transactions, Vol.42, No.3, pp.511-516, 1999.
4. Tian, H., Saka, N. and Suh, N.P., Boundary lubrication studies on undulated titanium surfaces, Tribology Transactions, Vol.32, No.3, pp.289-296, 1989.
5. Etsion, I and Burstein, L., A model for mechanical seals with regular microsurface structure, Tribology Transactions, Vol.39, No.3, pp.677-683, 1996.
6. Etsion, I. and Halperin, G., A laser surface textured hydrostatic mechanical seal, Tribology transaction, Vol.45, pp.430-434, 2002.
7. Wang, X., Kato, K., Adachi, K. and Aizawa, K., 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, Vol.34, pp.703-711, 2001.
8. Wang, X., Kato, K. and Adachi, K., The lubrication effect of micro-pits on parallel sliding faces of SiC in water, Lubrication Engineering, Aug., pp.27-34, 2002.
9. Ronen, A, Etsion, I. and Kligerman, I., Friction-reducing surface-texturing in reciprocating automotive components, Tribology Transaction, Vol.44, No.3, pp.359-366, 2001.

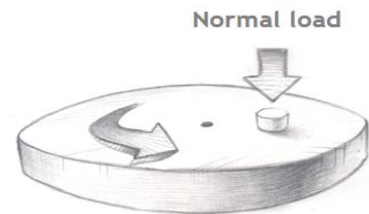


Fig. 2 Schematic of Pin-on-disk type

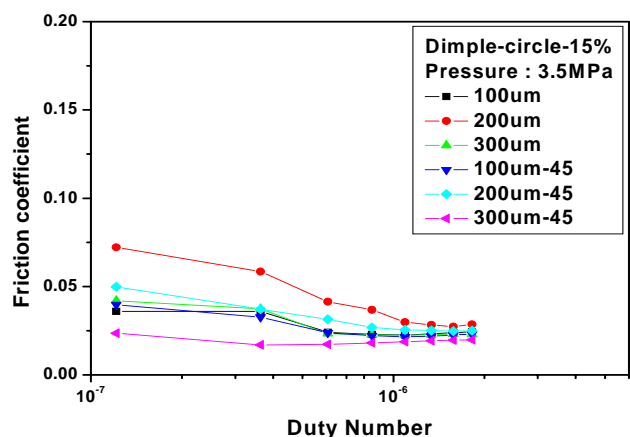
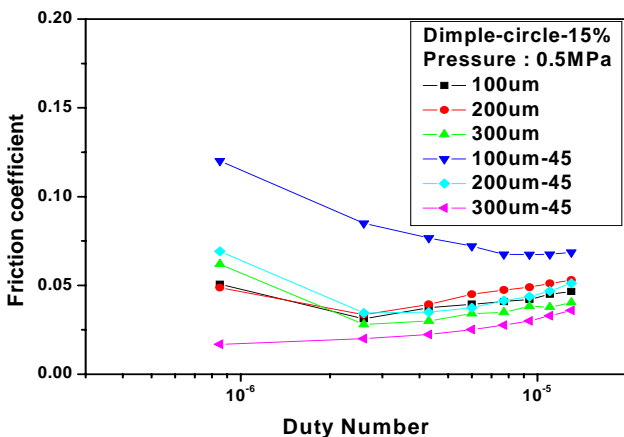


Fig. 3 Duty number for specimens