

마이크로 볼의 마찰 거동에 관한 연구 Investigation of Frictional Behavior of Micro-Balls

*오대산¹, 김현준¹, #김대은¹

*D. S. OH¹, H. J. Kim¹, #D. E. Kim(kimde@yonsei.ac.kr)¹

¹연세대학교 기계공학과

Key words : Micro-ball bearing, Friction, Rolling, Sliding

1. 서론

볼 베어링은 마찰을 저감시키기 위하여 널리 적용되어온 가장 대표적인 기계요소다 [1]. 일반적으로 매크로 스케일에서 많이 사용되고 있지만 최근 마이크로 스케일에서 구름마찰에 의한 마찰 저감 방법으로 마이크로 볼 베어링을 적용하는 연구가 점차 시도되고 있다 [2-4]. 마이크로 볼 베어링은 보다 작은 크기의 기계를 개발하는데 있어서 움직이는 부품간의 마찰력 문제를 극복하기 위하여 응용될 수 있을 것으로 기대되고 있다.

마이크로 볼 베어링을 실질적으로 활용하기 위해서는 더 많은 연구가 요구되고 있는 실정이다. 본 연구에서는 스테인리스 스틸 마이크로 볼 (stainless steel micro-ball)의 마찰 특성을 고찰하였다. 본 연구에서는 마이크로 볼 베어링 기술 개발에 있어서 필요한 기초 데이터를 확보하는 것을 목표로 하였다.

2. 실험 장치 및 방법

마이크로 볼의 마찰 특성을 파악하기 위하여 구름 마찰을 측정할 수 있는 지그를 제작하여 마찰 시험기에 장착하였다. 본 연구에서는 직경이 100 μ m 이하인 스테인리스 스틸 마이크로 볼을 사용하였으며 볼과 접촉하는 상대면으로는 표면 거칠기가 매우 낮은 실리콘 웨이퍼를 사용하였다. 마이크로 볼을 먼저 실리콘 웨이퍼에 분산 시키고 또 다른 실리콘 웨이퍼를 분산된 볼 위에 올린 후 하중을 가하였다. 이런 상태에서 아래에 위치한 실리콘 웨이퍼를 좌우로 움직여 볼과의 상대운동을 유발하였다. Fig. 1은 본 연구에 사용한 실험 방법을 나타내고 있다.

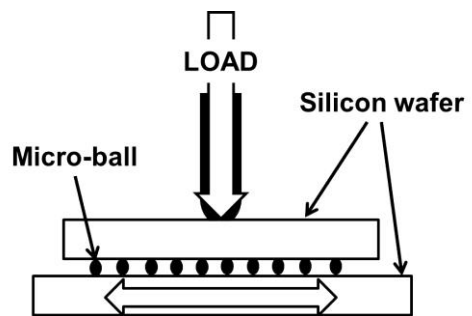


Fig.1. Experimental setup

3. 결과 및 검토

접촉 조건에 따라 마찰력이 크게 변하는 것을 확인할 수 있었다. 마이크로 볼이 미끄럼 운동을 하였을 경우 마찰계수가 0.3 이상, 그리고 구름운동을 할 경우 0.05 이하가 됨을 알 수 있었다. 실험에서 미끄럼 운동과 구름 운동이 발생하는 조건을 고찰한 결과 볼의 상대 위치, 실리콘 웨이퍼와의 접촉 상태 등이 영향을 미치는 것으로 판단되었다.

마찰 시험 후 마이크로 볼과 실리콘 웨이퍼의 상태를 현미경으로 관찰하였다. 마찰계수가 높았던 실험의 경우 마이크로 볼의 변형이 심하게 발생한 것을 확인하였다. 그러나 마찰계수가 낮았던 실험의 경우 마이크로 볼의 변형이 상대적으로 작게 나타났다. 보다 더 효과적인 구름 운동을 얻기 위해서는 볼의 개수와 위치를 조절할 필요가 있으며 최적의 상태를 유지할 경우 매우 낮은 마찰계수를 얻을 수 있을 것이다.

4. 결론

직경이 100 μm 이하인 스테인리스 스틸 마이크로 볼의 마찰 특성을 고찰하였다. 상대면으로는 실리콘 웨이퍼를 사용하였으며 마찰력 측정을 위하여 특수 설계된 지그를 사용하였다. 접촉 조건에 따라 경우에는 구름 운동 대신 미끄럼 운동이 발생하여 마찰계수가 상대적으로 높게 나타났으며 볼도 심하게 변형되었다. 그러나 볼의 분산이 적절하고 실리콘 웨이퍼와의 접촉이 원활하게 이루어 질 경우 마찰 저감 효과를 충분히 기대할 수 있음을 알 수 있었다. 이와 같은 마이크로 볼은 작은 기계의 마찰력 문제를 해결하기 위한 요소로 활용될 것으로 기대할 수 있다.

후기

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임. (No.2012-0001232)

참고문헌

1. B. Jacobson, "History of Rolling Bearings", *Tribology Online*, **6**, 3, 155-159, 2011.
2. N. Ghalichechian, A. Modafe, M. I. Beyaz, R. Ghodssi, "Design, Fabrication, and Characterization of a Rotary Micromotor Supported on Microball Bearings", *Journal of Microelectromechanical Systems*, **17**, 632-642, 2008.
3. R. J. Hergert, B. Hanrahan, A. S. Holmes, R. Ghodssi, "Silicon Retainer Ring Integration In Micro-Turbine With Thrust Ball Bearing Support Mechanism", *Transducers* **11**, 1344-1347, 2011.
4. S. K. Sinha, R. Pang, X. Tang, "Application of micro-ball bearing on Si for high rolling life-cycle", *Tribology International* **43**, 178-187, 2010.