

공기베어링을 이용한 진공환경 운동전달용 피드스루 Motion Feedthrough using Air Bearing in Vacuum

*#김경호¹, 박천홍¹, 황주호¹

*#G. Khim(gyungho@kimm.re.kr)¹, C. H. Park¹, J. Hwang¹

¹ 한국기계연구원 나노융합시스템연구본부 초정밀시스템연구실

Key words : motion feedthrough, vacuum, air bearing, accuracy

1. 서론

진공챔버 내부에서 정밀이송이 이루어지는 경우 대기환경과의 차이에서 오는 문제점을 고려하여 설계가 이루어진다. 기체방출이 낮은 재료 선택 및 이송기구를 구성하는 베어링, 모터, 엔코더, 케이블 등 모든 요소들이 진공과 호환되어야 하며, 윤활 및 발열 등도 고려해야만 한다. 이송기구가 진공챔버 외부에 위치한다면 이러한 문제는 발생하지 않을 것이나, 고정도 운동전달이나 누설(leak) 측면에서 주의가 필요하다. 진공챔버 내부에서의 정밀 이송시 공기베어링과 같이 비접촉 방식으로 이루어진 운동전달용 피드스루(feedthrough)를 이용하여 외부에서 운동을 전달한다면 상기와 같은 문제점들은 극복될 수 있을 것으로 판단된다. 저자들은 이와 같은 개념을 이용한 피드스루에 대해 소개한 바 있으며¹, 본 논문에서는 피드스루의 제작 및 평가 결과에 대해 다루고자 한다.

2. 초정밀 운동전달용 피드스루 설계

Fig. 1은 공기베어링으로 구성된 운동전달용 피드스루를 보여주고 있다. 공기베어링(카본 다공질)이 저널베어링으로 작동하여 원통형 실린더를 지지하고 있으며, 베어링 주변의 시일 간극은 수 마이크로미터 정도로 매우 작게 유지되어 진공챔버 쪽으로 리크되는 공기를 최대한 억제하면서 진공펌프를 이용하여 차례대로 배기하는 구조로 되어 있다.² 따라서 완전 실링이 아닌 응용분야에 적합한 진공도를 유지하는 것에 목표를 두고 설계가 이루어진다. 실린더는 비접촉베어링으로 지지되므로 마찰이 거의 없이 외부에 위치한 구동시스템에 의해 챔버 내부로의 정밀한 이송이 가능하다.

3. 초정밀 운동전달용 피드스루의 제작 및 평가

Fig. 2는 이와 같은 초정밀 운동전달용 피드스루의 활용방안으로 원통형 롤에 전자빔을 이용하여 가공하는 장비를, Fig. 3은 제작된 피드스루 부부만 보여주고 있다. 전자빔의 동작을 위해서는 10^{-3} Pa 이상의 고진공이 필요하며, 원통형 롤의 전 영역에 걸쳐 직접 가공을 하므로 직선과 회전운동이 동시에 필요하다. 이와 같은 구동을 위한 이송시스템을 진공챔버 내부에 위치시킬 경우에 발생할 수 있는 문제점을 극복하기 위한 방법으로, 가공대상인 롤만 진공챔버 안에 넣고 구동부를 포함한 다른 요소 모두를 진공챔버 외부에 위치시키는 국부진공의 개념을 도입하였다.³ 따라서 사용되는 모든 부품을 일반 대기용 부품으로 대체할 수 있으며 조작 편의성에서도 상당한 장점을 갖는다. 진공챔버 또한 원통형 롤만 감쌀 정도의 크기만 요구하므로 배기 시간 및 비용측면에서도 유리하다. 그러나 이와 같은 구조에서는 외부에 위치한 구동부와 챔버 벽을 관통하는 피드스루 사이의 정렬이 상당히 중요한 요소가 된다.

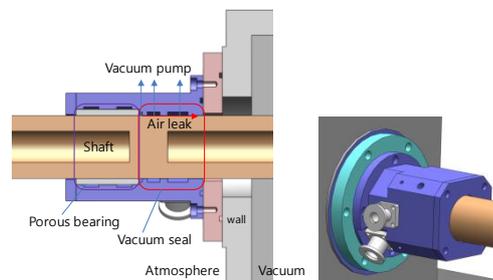


Fig. 1 Structure of motion feedthrough in vacuum

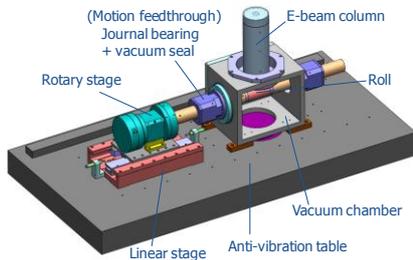


Fig. 2 Roll patterning machine

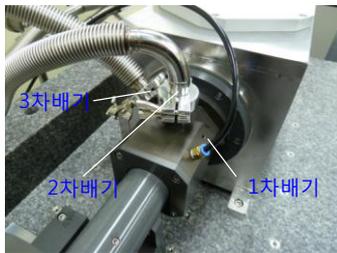


Fig. 3 Fabrication of motion feedthrough

Fig. 4 는 제작된 피드스루의 진공도 실험 결과를 보여주고 있다. 피드스루에 공급된 압력은 0.4 MPa 이며, 챔버 자체는 터보분자펌프를, 피드스루에는 모두 로타리 타입의 배기 펌프를 사용하였다. 12 시간 배기후 4.6×10^{-3} Pa의 진공도를 달성하여 공기베어링을 이용한 피드스루가 제대로 동작함을 알 수 있었으며, 향후 피드스루의 3 차 배기펌프를 고진공에서 동작하는 터보분자펌프를 이용하여 배기시 보다 높은 진공도를 빠른시간내에 달성할 수 있을 것으로 판단된다.

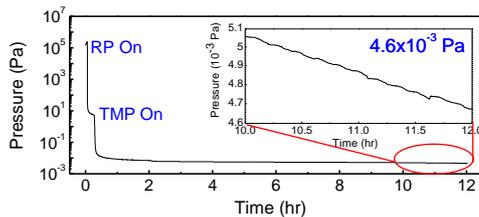


Fig. 4 Vacuum test

직선과 회전운동을 담당하는 구동부가 진공 챔버 외부에 위치하기 때문에 운동전달용 피드스루는 이들의 정밀도에 직접적인 영향을 받는다. 직선스테이지의 미소이송능력을 평가한 결과 현재 장착된 스케일의 최소분해능인 5 nm의 이송능력을 보여주고 있으며, 회전스테이지의 경우 반경방향 회전정밀도 84 nm, 축방향 회전정밀도 126 nm 를 보이고 있다. 이와 같은 구동부의 정밀도가 최종 가공타겟인 실린더 롤까지 전달될지의 여부는 외부구동부와 챔버, 피드스루, 실린더 롤의 조립정밀도 및 척킹정밀도 등에 좌우되며, 여기에 실린더 롤 자체의 형상오차가 더해져 가공오차로 나타나게 될 것이다. 향후 가공영역인 실린더 롤에서의 구동 평가가 중점적으로 수행될 예정이다.

4. 결론

구동부가 진공챔버 외부에 위치하여 챔버 내부로 정밀운동을 전달할 수 있는 모션피드스루를 제작하고 그 성능을 평가하였다. 제작된 모션 피드스루는 실제 장비에 적용되어 전자빔 가공분야 등 진공에서의 초정밀 구동에 활용될 예정이다.

참고문헌

1. Kim, G., Park, C. H. and Lee, C. W., "Design of Vacuum Feedthrough for a Precision Linear and Rotary Motion," Proc. of KSPE 2010 Spring meeting, pp. 475-476, 2010.
2. Kim, G., Park, C. H., Lee, H. and Kim, S.-W., "Performance Analysis of a Vacuum-Compatible Air Bearing," J. of KSPE, Vol.23, No.10, pp.103-112, 2006.
3. Furuki, M., et al., "Electron Beam Recording with a Novel Differential Pumping Head Realizing More than 50 GB/Layer Capacity Disc," Jpn. J. Appl. Phys, Vol. 42, pp. 759-763, 2003.