진공용 초정밀 구동 장치의 특성 평가 기술

Performance Test of Ultra-Precision Driving Unit for High Vacuum

#,*강은구[1], 김진석[1], 홍원표[1], 이석우[1], 최헌종[1]

#,*E. G. Kang[1](egkang@kitech.re.kr), J. S. Kim[1], W. P. Hong[1], S. W. Lee[1] and H. Z. Choi[1]

[1]한국생산기술연구원 e가공공정팀

Key words : Vacuum Compatible, Driving Unit, Ultra-Precision, Electron Beam

1. 서론

본 논문은 미래 첨단 제품 수요에 대응하기 위해 전자빔 기술을 이용한 고효율의 초미세 가공시스템개발을 목적으로 하고 있으며, 이를 통해 수백 μm 이상의 패턴길이와 수 μm 이하의 패턴 폭을 가공하기 위한 시스템을 개발하고자 한다. 따라서 기존의 단일 에너지빔 기술을 통한 초미세 부품 제조공정 적용의 문제점인 생산성 한계를 극복하기 위한 새로운 방법으로 다중빔 방법을 제안하여 가공 속도를 향상하고, 기존 방식에 비해 넓은 면적의 가공을 하고자 한다. 이러한 기술의 개발을 위해서는 에너지빔 칼럼의 소형화(Micro-column) 뿐만 아니라 칼럼의 병렬배치[1]를 통한 다중빔 시스템화, 제어기술, 롤 금형가공 공정기술의 개발, 고 분해능의 측정기술 개발 등이 요구되고 있으며, 본 기술개발이 완료될 경우 미래 첨단 제품에 대한 국내의 시장요구 대처능력이 향상되고 이로 인한 고부가가치 제품 개발이 가능하게 될 것으로 예상된다.

Master 또는 Mask 제작 등에 일반적으로 사용되는 기존의 고 분해능(High resolution) 고에너지 전자빔 장비는 단일빔으로 높은 생산성을 구현하기 힘들다는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 병렬 마이크로 칼럼 기술 방식이 제안되고 있으며 여기에 필수적으로 초소형 Micro-column의 개발이 필요하다.

초소형 전자칼럼은 기존 전자칼럼 직경을 수십mm이하로 최소화하여 광학 수차 값을 최소화함으로써 성능을 향상시킬 수 있으며, 저전압으로 구동하여도 고밀도의 beam current를 얻을 수 있다. 또한, 소형이며 경량화된 구조는 멀티빔 구조가 가능하며, sample current값이 일반적인 SEM보다 약 10~100배 정도 높기 때문에 생산성이 높은 멀티 전자빔으로 적용이 가능하다.

이러한 멀티전자빔을 이용할 경우 기존 전자빔보다 넓은 영역의 빔 패터닝이 가능하며, 롤형 구동장치와 동기화 될 경우 롤형 마스터 제작 등과 같이 활용이 가능할 것으로 판단된다.

따라서 본 논문은 전자빔에서 활용이 가능한 진공용 롤 구동장치의 성능 평가에 대한 연구결과를 다루고자 한다.

2. 실험방법 및 측정

본 연구는 고진공에서 초정밀 롤 형 구동장치를 설계 제작한 후 기초적인 성능 평가 결과를 다루고 있으며, 개발 장치의 성능을 향상시키기 위한 방법으로 유량 해석을 통한 공압 제어 방식에 대한 연구결과를 다루고 있다.

회전 기구부에서 초정밀 구동을 위한 베어링 구조는 공압과 유압을 이용하는 방법이 가능할 것으로 판단된다. 그러나 진공부분과의 차단 기구부가 필요하며, 이를 활용할 경우 기존 대기의 정밀도를 그대로 진공내의 공정기술에 적용이 가능할 것이다. 따라서 본 연구에서 개발된 장비의 경우 진공과의 차단부가 설치되어 있으며, 따라서 공압을 이용하여 초정밀도를 확보하기 위한 설계 및 제작기술이 적용되었다. 그러나 이러한 진공차단부의 경우 공압에 대한 내 압력이 4-5kg정도로 제약이 있다. 또한 개발된 진공 롤 구동장치의 경우 높은 강성을 요구하고 있어서 입력 공기압을 크게 요구하고 있다.

그러나 진공차단부의 공압에 대한 내 압력의 한계로 인해 강성을 크게 향상시키는데 한계가 있어 이에 대한 대한으로 입력측과 출력측의 변화에 따른 강성변화에 대한 해석을 수행하였다. Fig. 2는 입력측 압력이 4kg이며, 출력측은 0kg일 경우의 해석결과이며, Fig. 3은 입력측 압력이 3kg이며, 출력측은 -1kg이다. 두 경우는 입력측과 출력측의 압력이 일정하나 해석결과 Fig. 2의 경우는 유량이 4.59 x 10^{-5} (m^3/S)이 예측되었으나 Fig. 3의 경우에 대한 해석결과 5.2 x 10^{-5} (m^3/S)값이 예측되었다. 이는 유량이 조금 크게 예측되고 있으며, 이 결과를 활용하여 진공차단 부품에 크게 영향을 주지 않으면서 강성을 키울 수 있는 가능성을 확인하였다.

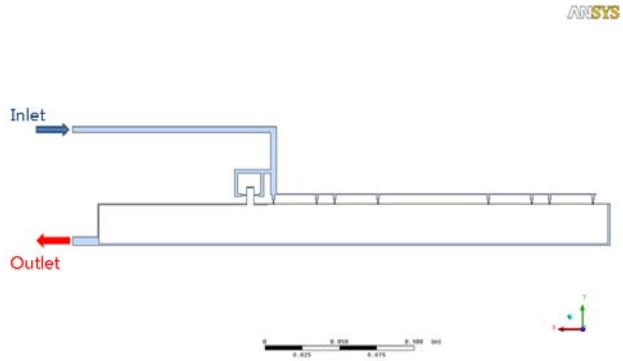

Fig. 1 Air line model for FEM Analysis by CFX

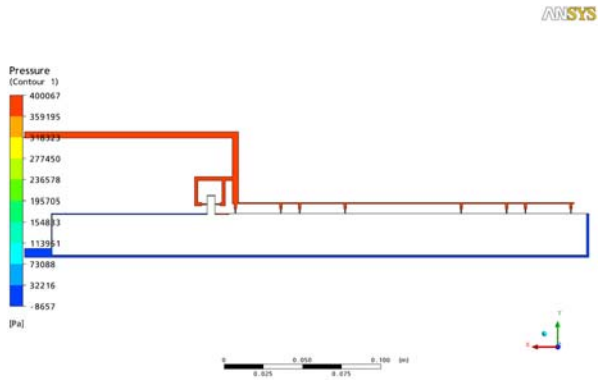

Fig. 2 Internal pressure analysis result of air bearing type roll driving unit when 4kg inlet pressure and 0kg outlet pressure

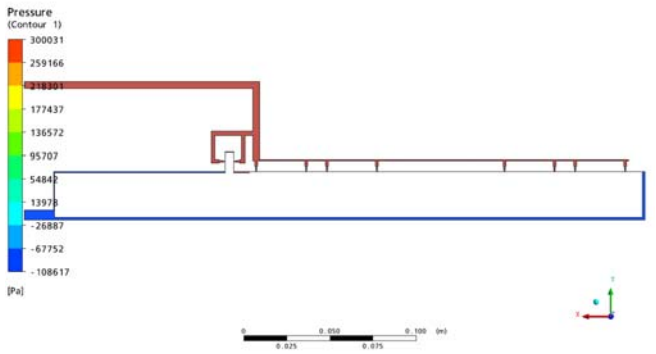

Fig. 3 Internal pressure analysis result of air bearing type roll driving unit when 3kg inlet pressure and -1kg outlet pressure

Fig. 4는 진공차단장치가 부탁되 진공용 롤 형 구동장치의 개발 사진이다. 기초적인 런아웃 측정결과 0.5um정도가 측정되었다. Fig. 5와 Fig. 6은 개발 장치의 진공도 테스트 관련 사진이다.

Fig. 5의 경우 진공테스트를 위한 실험 장치를 나태내고 있으며, Fig. 6의 경우 He 리크 테스트 후의 결과 사진이다. 실험결과 He 리크가 측정 장치의 측정범위 이내로 검출되었으며, 이결과를 토대로 개발 장비의 경우 10^{7} Torr에서의 사용이 가능하리라 판단된다.

Fig. 4 Photograph of roll driving unit developed

Fig. 5 Experimental Set-up of He leak test

Fig. 6 He leak test result of roll driving unit

3. 결론

진공용 초정밀 구동장치를 개발하기 위해 공압식 베어링을 사용하였으며, 정밀도, 공압 및 진공특성 평가들을 수행하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 공기압 향상을 통한 강성향상의 경우 공기차단부품의 재설계가 요구되나 공기압의 입력측과 출력측의 차를 유지하되 출력측을 흡입할 경우 강성의 향상이 기대된다.

둘째, 공기차단장치의 진공성능을 테스트하기위해 He 리크테스트를 실시 하였으며, 실험결과 10-7Torr 정도의 사용이 가능하리라 본다.

셋째, 공기압 방식 베어링을 사용하여 구동시 런아웃은 대략 0.5um 정도로 구현이 가능하였다.

후기

본 연구는 지식경제부 차세대신기술개발사업 “고효율 에너지빔 응용 초미세 부품 제조용 In-line 시스템 개발”과제의 지원으로 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. "Analysis on Markets and Technology Trends of High Effective Energy Beam In-Line System for Micro Structured Part Manufacturing", Analysis Report of Market and Technology by Ministry of Commerce, Industry and Envergy (MOCIE), 2007.
2. K. S. Lee. K. H. W. Seah, Y. S. Wong, Lenny K. S. Lim "In-process tool-failure detection of a coated grooved tool in turning" J. of Materials Processing Technology., 89-90, pp.287-839, 1999
3. G. Byrne, D. Dornfeld, I. Inasaki, G. Ketteler, W. Konig, R., K. S. Lee. K. H. W. Seah, Y. S. Wong, Lenny K. S. Lim "In-process tool-failure detection of a coated grooved tool in turning" J. of Materials Processing Technology., 89-90, pp.287-839, 1999
4. G. Byrne, D. Dornfeld, I. Inasaki, G. Ketteler, W. Konig, R. Teti., "Tool Condition Monitoring(TCM) - The Status of Research and Industrial Application", CIRP, Kenote Paper, pp.541-567
5. K. T. Nam, K. W. Kim, E. G. Kang. W. P. Hong, S. M. Lee., "Control of Dual-Servo with Nano resolution for UHV" KSPE 2007 Autumn Conference, pp.95-96, 2007
6. 강은구, 이석우, 최헌종, 최영재, "공기베어링", 국내특허, 10-2008-0035805, 2008