

고중량 롤 미세가공기의 개념 설계

Concept Design of Ultra Precision Roll Lathe for Heavy Roll

*#오정석¹, 황주호¹, 심종엽¹, 박천홍¹, 김석일², 이원재², 권진만²

*#J. S. Oh(ojs6114@kimm.re.kr)¹, J. Hwang¹, J. Y. Shim¹, C. H. Park¹, S. I. Kim², W. J. Lee², J. M. Kwon²

¹ 한국기계연구원 나노융합시스템연구본부, ² 한국항공대학교 항공우주 및 기계공학부

Key words : Ultra precision roll lathe, Heavy roll, Optical film, Hydrostatic bearing

1. 서론

최근 들어 디스플레이를 중심으로 대면적 또는 대화면 제품의 수요가 급증하고 있으며 이에 따라 도광판 및 광학필름 등 주요 미세형상 부품의 생산공정에도 대면적화 요구가 증대되고 있다. 1 m 이상의 대형 LCD TV 용 광학필름 또는 도광판의 양산을 위한 공정으로는 대면적의 PET 필름 위에 UV 기반의 임프린팅 방식을 이용하여 연속성형하는 공정이 생산성이 높은 방식으로 선호되고 있으며 BLU 용 광학부품의 경우 현재 대부분 이 공정을 채택하고 있다.

반면에 최근 들어 UV 연속성형 공정을 대체할 차세대 공정으로 직접 연속성형 공정이 부각되고 있으며 Fig. 1 에 직접 연속성형 공정의 개념도를 나타내었다. 직접 연속성형 방식은 기본적으로 고온/고압으로 금형 상의 패턴을 직접 성형물에 전사하는 방식으로 UV 연속성형 방식에 비해 다음과 같은 장점을 지니고 있다.

- 기존 PET 기반 UV 성형필름은 소수 PET 원단 공급사가 공급 결정력을 보유하고 있으나 고중량 압출롤 방식은 PMMA, PC 등 다양한 재료의 적용이 가능하며 원단제조와 동시에 기능성 형상 성형을 함으로써 제조 원가의 절감이 가능하다.
- 기존의 PET 기반 UV 성형필름은 필름의 두께가 사실상 2 가지로 제한되어 있는 데 비해 다양한 두께의 필름과 도광판 생산에도 적용이 가능하여 시장요구 대응에 유리한 측면이 있다.
- 복합기능성 다층 원단제조와 동시에 기능성

형상 성형이 가능하여 복합기능성 필름 제조에 유리하다.

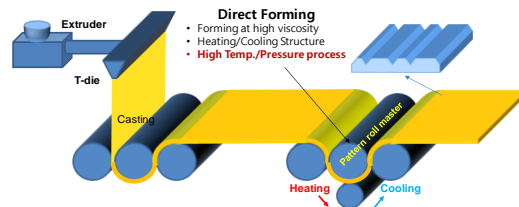


Fig. 1 Concept of direct continuous forming

이미 언급했듯이 직접 연속성형 공정의 경우 특성 상 고온/고압 공정이 필요하며 이에 따라 롤 금형의 경우도 온도제어 및 고강성의 필요에 의해 고중량화(~3,000 kg)되는 특징을 가지고 있다. 한국기계연구원에서는 그간 개발되어 왔던 초정밀 롤 금형 가공기¹에 이어 고중량 롤에 대응 가능한 고중량 롤 미세가공기의 개발을 진행하고 있으며 본 연구에서는 가공기의 개념설계에 대해 소개하고자 한다.

2. 고중량 롤 미세가공기의 개념설계

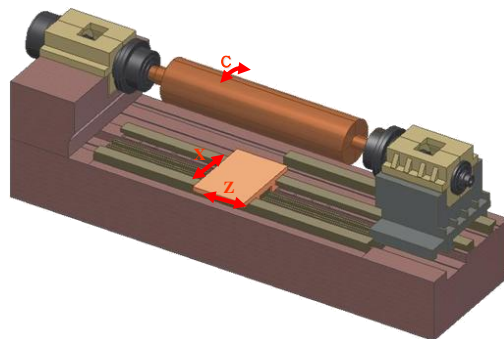


Fig. 2 Concept design of roll lathe for heavy roll

Fig. 2 는 현재까지 진행된 고중량 롤 미세 가공기의 레이아웃을 보여 준다. 3,000 kg 에 이르는 고중량 롤의 장착에 따른 구조변형을 최소화하기 위해 주축대와 심압대는 롤을 중심으로 대칭으로 지지되는 구조를 취하였으며 감쇠 특성과 열적 안정성이 높은 화강암 베드를 채택하였다.

주축대와 심압대 스피ndl의 베어링 측면에서는 기존에 채택했던 정압형 유정압 베어링의 부하용량 및 강성이 한계가 있는 점을 감안하여 정유량형 유정압 베어링을 채택하였다. Fig. 3 는 동일 유량 조건에서의 정유량형 베어링과 정압형 베어링의 부하용량을 비교한 결과를 보여 준다. 그림에서 알 수 있듯이 편심률이 커질수록 정유량형 유정압 베어링의 부하용량이 정압형에 비해 훨씬 커짐을 알 수 있으며 편심률 0.4 를 기준으로 정압형에 비해 약 2.2 배의 부하용량을 보임을 알 수 있다.

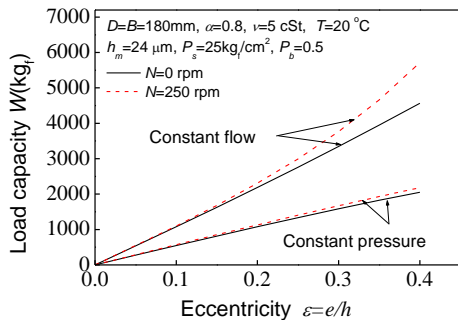


Fig. 3 Comparison of two types of hydrostatic bearing

고정되어 있는 주축대에 비해 심압대의 경우 롤 길이에 따라서 전후 이동이 필요하므로 그만큼 구조강성이 약화될 소지가 크다. 심압대의 구조강성을 강화하기 위하여 Fig. 2 의 레이아웃에서 화강암 베드의 바닥 및 심압대 슬라이드 부의 베어링 강성을 무한대로 경계조건을 부여하여 수치해석을 실시하였으며 이를 기반으로 총 2 회의 설계 개선을 실시하였다. Fig. 4 는 각 설계안을 이용해 해석된 심압대 스피ndl 축의 변형을 보여 준다. 심압대 스피ndl 축의 최대/최소 변위편차는 1 차 설계에서 97.0 μm 으로 나타났고, 2 차 설계에서는 59.1 μm 으

로 대폭 개선되었으며 3 차 설계에서는 54.2 μm 으로 2 차 설계에 비해 조금 더 향상된 결과를 보였다. 주축대 스피ndl 축의 변위편차는 38.6 μm 으로 나타났으며 심압대와는 15.6 μm 의 차이를 보였다. 이 차이는 심압대 슬라이드 부의 구조강성에 의한 영향으로 볼 수 있다.

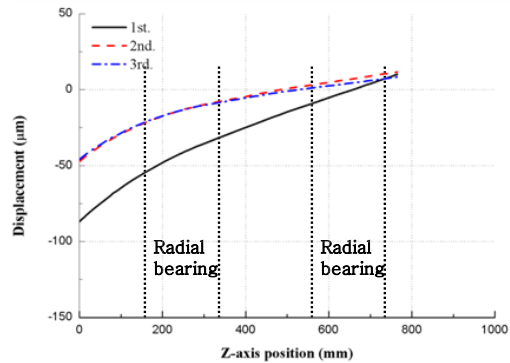


Fig. 4 Deformation of tailstock spindle

3. 결론

본 연구에서는 직접 연속성형용 3,000 kg 급 고중량 롤에 대응 가능한 고중량 롤 미세 가공기의 개념설계를 수행하였다. 대칭구조 및 정유량 유정압 베어링을 채택하였으며 수치해석을 통해 심압대의 구조강성을 강화하였다. 본 가공기는 현재 상세설계 완료 단계로 고중량 롤 지지에 가장 중요한 주축대 및 심압대에 대한 제작 및 검증이 우선적으로 진행될 예정이다.

후기

본 연구는 지식경제부의 산업원천기술개발사업 “대면적 미세 가공장비 원천기술 개발” 과제 지원으로 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Oh, J. S., J. Y. Shim, C. H. Park, "Performance Evaluation of Ultra Precision Roll Lathe for Flat Panel Industry," Proceedings of ICPT 2010, 178-179, 2010