

고중량 롤 미세가공기 개발 Development of Precision Roll Lathe for Heavy Workpiece

*#오정석¹, 박천홍¹, 심종엽¹, 황주호¹

*#J. S. Oh(ojs6114@kimm.re.kr)¹, C. H. Park¹, J. Y. Shim¹, J. Hwang¹

¹ 한국기계연구원 첨단생산장비연구본부

Key words : heavy roll, hydrostatic spindle, direct continuous forming, optical film

1. 서론

현재 LCD 디스플레이의 BLU에 적용되는 광학필름의 경우 주로 PET 필름 위에 UV 기반의 임프린팅 방식을 이용하여 연속성형하는 공정이 사용되어 왔으나 차세대 공정으로 직접 연속성형 공정이 부각되고 있으며 Fig. 1에 직접 연속성형 공정의 개념도를 나타내었다. 직접 연속성형 방식은 기본적으로 고온/고압으로 금형 상의 패턴을 직접 성형물에 전사하는 방식으로 기존의 UV 연속성형 방식에 비해 성형에 사용되는 롤 금형의 경우도 온도제어 및 고강성의 필요에 의해 고중량화(~3,000 kg)화 되는 특징을 가지고 있다.

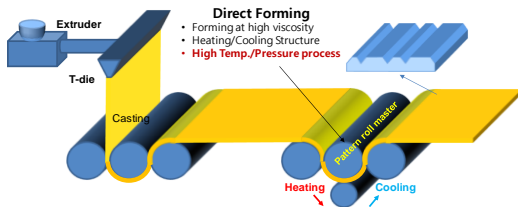


Fig. 1 Concept of direct continuous forming

본 논문에서는 한국기계연구원에서 진행하고 있는 직접 연속성형 공정 대응용 고중량 롤 미세가공기의 개발 현황에 대해 소개하고자 한다.

2. 고중량 롤 미세가공기의 설계

Fig. 2는 설계된 고중량 롤 미세가공기의 레이아웃을 보여 준다¹. 가공기의 총 중량은 약 25톤이며 3톤에 이르는 롤 금형의 장착에 따른 구조변형을 최소화하기 위해 롤 금형을

중심으로 대칭구조로 설계되었고 화장암 베드를 채택하였다. 아울러 방진시스템을 채용하여 외부진동을 차단할 수 있도록 하였다. 고중량 롤 미세가공기의 모든 축에는 유정압 베어링 및 리니어모터/벌트인모터 등의 무마찰 요소를 적용하여 평균화 효과에 의한 높은 운동정밀도를 실현하도록 설계하였으며 아울러 고분해능 엔코더와 리니어 스케일을 채택하여 인텍스 정밀도 및 운동분해능을 향상시킬 수 있도록 하였다.

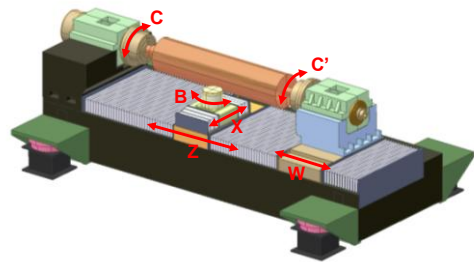


Fig. 2 Layout of roll lathe

3. 유정압 스펀들의 부하용량 향상

3톤의 고중량 롤을 지지할 경우 주축에 걸리는 하중은 1.5톤이며 주축 스펀들의 하중 450kg을 고려하면 약 2톤의 하중을 주축에서 지지해야 한다. 대부분의 하중이 앞쪽 저널 베어링에 걸리는 점을 감안하여 유정압 베어링 설계 시 앞쪽의 저널 베어링이 편심을 0.4에서 2톤의 하중을 지지하는 것을 최소 설계조건으로 하였다. 실제로 유정압 스펀들을 설계에 따라 제작하여 지지성능 평가를 실시하였으나 베어링 일부에서 접촉하여 회전하지 않는 문제가 발생하였다. 그 원인은

저널 베어링 내/외경, 주축 하우징 동심도, 스러스트 베어링/샤프트간 직각도 등으로 파악되며 이를 극복하기 위해 모세관 조정을 통한 부하용량 향상기술을 고안하였다.

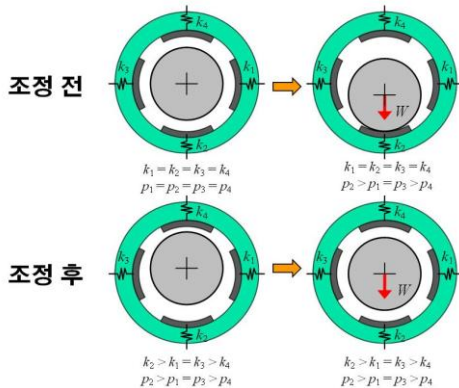


Fig. 3 Concept of load capacity enhancement by capillary adjustment

Fig. 3 는 모세관 조정을 통한 부하용량 향상 개념을 보여 준다. 저널 베어링 아래의 모세관 계수를 증가시키고 위의 모세관 계수를 감소시키면 샤프트가 저널 베어링의 정중상에 위치할 때의 아래 포켓압력(P_2)은 위 포켓압력(P_4)에 비해 높아져서 무부하 시 샤프트를 위로 편심시키는 특성을 가지게 되며 약 1.5 배 정도 부하용량을 향상시킬 수 있다. 이 방법을 스핀들에 적용한 결과 3 톤의 고중량 롤을 지지 가능함을 확인하였다.

4. Z 축 안내면 가공/조립정밀도 평가

고중량 롤 미세가공기 Z 축의 경우 행정이 약 2,400 mm 이고 유정압 베어링의 간극은 18~20 μm 에 불과하므로 베어링 안내면의 형상오차와 평행도가 매우 중요하다. Fig. 4 는 Z 축 안내면의 형상오차를 측정하기 위한 측정장치의 사진을 보여 준다. 측정장치는 기본적으로 혼합측차이점법을 적용할 수 있도록 설계되었으며 측정결과 Z 축 안내면의 수평방향 형상오차는 총 2,850 mm 길이에 대해 기준 축의 경우 8.3 μm , 종동 축의 경우 9.8 μm 으로 측정되었다. 이 결과를 이용하여 Z 축 이송계의 진직도를 시뮬레이션²하면 2,300 mm

행정에 대해 약 4.1 μm 의 진직도 오차가 예측되며 조립 후 진직도 보정을 수행할 예정이다.



Fig. 4 Measurement of rail profile

5. 결론

본 연구에서는 직접 연속성형 공정에 대응 가능한 고중량 롤 미세가공기의 설계 및 핵심기술 개발현황에 관해 소개하였다. 모세관 조정을 통한 부하용량 향상법을 고안하여 그 효과를 검증하였으며 장축 안내면 정밀도 측정장치를 도입하여 안내면 형상오차를 측정하였다. 향후 조립이 완료된 고중량 롤 미세가공기에 대한 정밀도 및 가공성능 평가가 진행될 예정이다.

후기

본 연구는 지식경제부의 산업원천기술개발사업 "대면적 미세 가공장비 원천기술 개발" 과제의 지원으로 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 오정석, 황주호, 심종엽, 박천홍, 김석일, 이원재, 권진만, "고중량 롤 미세가공기의 개념 설계," 한국정밀공학회 2011년도 춘계학술대회 논문집, 759-760, 2011.
- 오정석, 김경호, 박천홍, 정성중, 이선규, 김수진, "직선운동 시스템의 정밀도 시뮬레이션 기술," 한국정밀공학회지, 28, 275-284, 2011.