

안경테가공기의 주축시스템 설계 기술

Design Technologies of Spindle System of Eyewear Frame Machine

최현진¹, #최성대², 박철우¹, 장은실¹, 이태호³

*H.J. Choi¹, #S.D. Choi(sdchoi@kumoh.ac.kr)², C.W. Park¹, Y.S. Jang¹, T.H. Lee³

¹대구기계부품연구원, ²금오공과대학교 기계공학부, ³태성 기술연구소

Key words : Eyewear Frame, Spindle, Machining Tool, Design and Analysis

1. 서론

2005년 초반부터 세계 안경테 시장에서 고부가가치 플라스틱 안경테인 CA (셀룰로오스 아세테이트, Cellulose Acetate)안경테의 점유율이 증가하게 되면서 국내 안경테 업체의 CA안경테에 대한 관심이 증폭되고 있으나 CA안경테 관련 기술 및 인프라의 부재가 국내 안경테 업체의 세계 시장 진출에 걸림돌이 되고 있는 것이 현실이며 특히, 국내 안경 산업은 금속테 위주의 불균형적인 생산으로 전세계 안경의 55%를 차지 하고 있는 고부가가치 플라스틱 안경테 경쟁력 부분에서 열세에 놓여있다. 따라서 지속적으로 성장하고 있는 세계 CA안경테 시장에 국내 안경 산업이 경쟁력을 확보하기 위해서는 셀룰로오스 기반 안경테 신소재 개발 및 시트 제조기반과 함께 고부가가치 플라스틱 가공 절삭 기술을 포함한 CA안경테 전용 CNC 가공시스템의 개발이 절실히 필요한 실정이다. 무엇보다도 셀룰로오스 CA안경테의 가공품질에 핵심이 되는 안경테 가공기의 주축시스템은 고속화, 고정밀화를 실현하기 위한 요소기술로 그 중요성이 크게 대두되고 있다. 본 연구에서는 CA안경테 전용 가공장비의 40,000 rpm급 모터내장형 고속 주축시스템의 구조 설계 단계에서 윤활구조의 선정 및 주축계의 동적 정적 특성 해석을 통하여 주축 설계의 안정성을 검토 하였다.

2. 주축시스템 구조

주축시스템의 구조는 모터가 내장된 빌트인 Type으로 열발생 억제 및 고속회전의 고정도를 위하여 세라믹 앵글러베어링을 적용하였으며 주축내부 온도를 40℃로 가정하여 적정한 베어링 조립공차를 부여하였다. 윤활은 고속회전에 적당한 최소 미량급유 방식인 오일-에어 방법을 채용하

였다. 오일-에어윤활 방법은 윤활제의 양이 정밀하게 측정될 수 있기 때문에 적은 양의 윤활제이라도 베어링에 최적으로 공급 될 수 있는 장점이 있다. 예압은 운전 중 모든 상황에서 일정한 예압량을 유지할 수 있게 코일스프링을 이용한 정압예압 구조로 설계하였다. Fig. 1은 주축시스템의 구조설계 도면을 나타낸다.

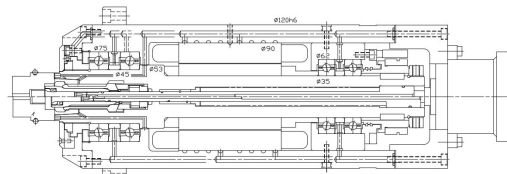


Fig. 1. Spindle System of Eyewear Frame Machine

3. 주축시스템 동적특성

회전체는 회전속도의 변화에 따라 진동의 변화가 발생하며, 회전체에서 원심력은 곧 진동을 의미하며 식(1)과 같이 진동은 회전 속도의 제곱에 비례하여 증가하게 된다.

$$F = m \cdot r \cdot \omega^2 \quad (1)$$

위험속도에 이르면 회전축의 강성은 약해지는데 이 부근에서 계속 운전될 경우 진동은 시간에 따라 점차 커지게 되고 결국 파괴에 이르게 된다. 회전체 진동은 회전속도의 제곱에 비례하여 증가하나 저속에서 오히려 진동이 증가한다는 것은 시스템의 고유 진동수와 일치하기 때문에 주로 운전하는 속도가 고유진동수 부근에서 회피 되도록 설계를 해야 하므로 시스템의 고유진동수를 파악함으로써 운전속도 영역의 안정성을 평가하기 위하여 동특성해석을 통하여 고유진동수를 확인하였다.

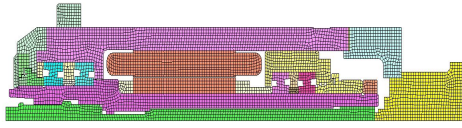


Fig. 2 Mesh of spindle system for FEM analysis

유한요소 모델 생성은 Hypermesh를 이용하여 solid element 요소인 hex(8node)와 wech(6node)를 이용하여 Fig. 2와 같이 분할하였으며 해석은 상용 소프트웨어인 NASTRAN을 이용하여 수행하였다. 해석결과 고유진동수가 주축회전수 40,000rpm에 비해서 매우 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과로부터 주축시스템의 동적 안정성이 확보된 설계임을 알 수 있다. 1, 2, 3차 진동모드는 주축 시스템 내부의 톨홀더를 고정하는 역할을 하는 회전체로 draw bar의 중앙부에서 크게 나타나고 있는데 이는 직경에 비해 길이가 긴 형상으로 진동에 취약한 형태로 인한 결과임을 알 수 있었다.

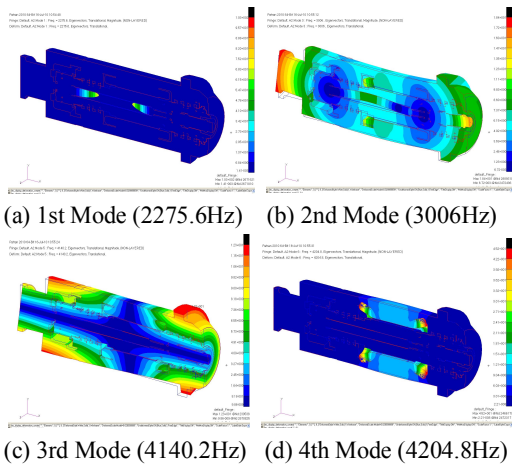


Fig. 3 Mode Shape of Spindle

4. 주축시스템 정적특성

주축의 강성은 강력절삭, 채터(chatter) 방지뿐만 아니라 공작물의 가공정도, 가공물의 품질 등에 밀접하게 관련되어 있으므로, 강성을 높이는 것은 매우 중요하다. 주축의 강성은 전-후부 베어링의 중앙에 휨이 1 μ m가 되는 하중으로 표시하며, 생산용 장비의 경우 통상 12kgf/ μ m 이상을 요구하고 있다. 주축시스템의 해석모델을 바탕으로 경계조건 경계조건은 Fig. 4와 같이 중력가속도를 부여하고 베어링 중앙에 10kgf를 가하고, 베어링 부는

R방향으로 구속하였으며, 중앙부는 normal 방향으로 구속하여 rigid mode발생을 억제하였다..

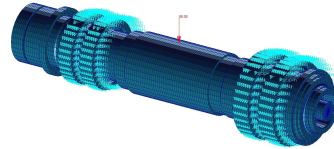


Fig. 4 Boundary conditions of Static Analysis

해석 결과 주축부의 최대 변형은 0.0005mm로 주축의 중앙부에서 발생 하였으며 정강성은 베어링의 중앙부의 휨이 1 μ m가 되는 하중이므로 해석주축시스템의 정강성은 18.35kgf/ μ m로 추정됨에 따라 강성이 매우 높게 설계 된 것으로 판단된다.

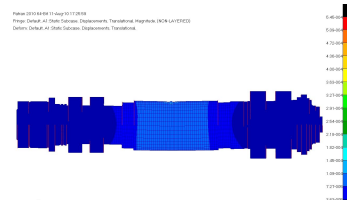


Fig. 5 Result of Analysis

5. 결론

본 연구에서는 CA안경테 전용 가공장비의 40,000 rpm급 모터내장형 고속 주축시스템의 설계 단계에서 베어링 윤활 및 예압구조를 선정, 검토하였으며 주축계의 정동적 특성 해석을 통하여 시스템의 구조안정성에 우수함을 알 수 있었다. 향후 주축시스템의 회전에 따른 온도상승 및 열변형에 따른 안정성을 검토 할 예정이다.

후기

본 연구는 지식경제부의 산업원천기술개발사업인 “고품격 하이테크 안경테 소재 및 가공기술 개발”의 지원으로 수행되었습니다. 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. Wang, W. R., Chang, C. N., "Dynamic Analysis and Design of a Machine Tool Spindle-Bearing System," ASME J. of Vibration and Acoustics, Vol. 116, pp. 280-285, 1994.