

고속주축 후반부의 끼워 맞춤 공차에 의한 이송 마찰력의 실험적 고찰

An experimental study on the frictional force of feeding for the rear part of high speed spindle according to the internal clearance

*이석준¹, #김수태², 최대봉³, 김창용⁴

*S. J. Lee, #S. T. Kim(stkim@changwon.ac.kr)², B. D. Cho(dbchoi@kimm.re.kr)³ C. Y. Chang⁴

¹창원대학교 기계공학과, ²창원대학교, ³한국기계연구원, ⁴화천기공(주)

Key words : High speed spindle, Fit tolerance, Frictional force of feeding

1. 서론

공작기계의 고속화가 이루어짐에 따라 주축계의 발열과 열변형이 중요한 문제로 부각되고 있으며 이러한 주축계의 열 변형은 공작기계의 가공정밀도 저하의 원인이 되고 있다. 구동 시 모터와 베어링 등의 발열로 인한 열변형 문제를 해결하기 위한 열특성 연구가 진행되었으며, 미소한 축 방향의 열팽창을 유연하게 하기 위하여 주축계의 후반부에 볼 부쉬(Ball Bush)를 설치하는 구조를 사용하고 있다. 하지만 볼부쉬를 사용하는 데 있어서 끼워 맞춤 공차에 따라 주축의 온도분포 및 열변형에 크다란 영향을 줄 수 있으므로 공차설계에 주의해야 한다.^{1,2}

본 연구에서는 볼부쉬를 사용하지 않는 끼워 맞춤 공차에 대하여, 고속 모터 내장형 주축의 후반부 발열에 의한 열변위 및 축의 이송 마찰력 특성을 실험을 통하여 고찰하였다.

2. 실험 장치 및 실험 방법

상 하부 하우징의 틈새에 의하여 발생되는 열적 거동을 측정하기 위하여 Fig. 1 과 같이 실험장치를 구현하였다. 실험장치는 주축 베어링부, 하부 하우징, 상부 하우징, 발열 장치 등으로 구성되어 있으며, 베어링의 발열을 구현하기 위하여 베어링 위치에 열공급 장치를 설치하여 온도를 제어할 수 있도록 하였다.

실험장치에 부착된 열전대 및 변위센서의 신호는 데이터 획득 장치를 통하여 컴퓨터에

저장되며, 실험 장치의 온도는 주축, 베어링, 상부 하우징 및 하부 하우징에 열전대를 설치하여 측정하였다.

실험장치의 열변형을 측정하기 위하여 비접촉식 변위센서를 사용하였으며, 상부 하우징과 하부 하우징의 수직방향 (Y 축)의 변위를 측정하기 위해 2 개(Gap1(상부 하우징), Gap2(하부 하우징))의 변위센서를 설치하였다. 온도 제어장치를 통하여 30,000rpm, 40,000rpm, 50,000rpm 에서 베어링 발열 시 나타나는 온도를 구현시켜 각각의 회전수에 대한 열적 정상상태에 도달하였을 때 주축의 이송 마찰력을 측정하였다. 상부 하우징과 하부 하우징의 공차는 $-10\mu\text{m}$, $-5\mu\text{m}$, $0\mu\text{m}$ 으로 수행하였다.



Fig.1 Experimental equipment

3. 실험결과

후반부 하우징의 끼워맞춤 공차에 따른 고속주축의 이송 마찰력을 확인하기 위하여 실험장치의 조립후 마찰력을 측정한 결과는 Fig. 2 와 같으며, $-10\mu\text{m}$, $-5\mu\text{m}$ 공차일 때는 250N~270N 으로 큰 차이는 없으나 $0\mu\text{m}$ 공차일 때는 2500N 으로 크게 나타난 것은 축의 Y 축 방향의 열팽창에 의해 강하게 접촉한 것으로 사료된다.

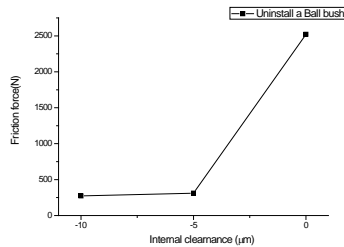


Fig. 2 Friction force (no heating)

Fig.3 과 Fig.4 는 고속주축 회전수 증가에 따라 상부 하우징과 하부 하우징의 온도 변화 및 열변위를 나타낸 그래프이다. 베어링부가 가까운 하부 하우징의 경우 상부 하우징에 비하여 온도와 열변위가 높게 나타났으며, 끼워맞춤 공차가 작고, 회전수가 높을수록 열변위와 온도 분포가 증가하는 것을 볼 수 있는데, 이것은 공차에 따른 접촉 면적의 영향으로 볼 수 있다.

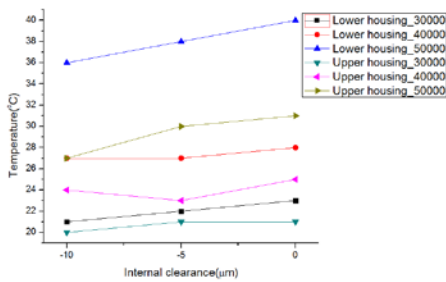


Fig.3 Temperature distribution according to the internal clearance

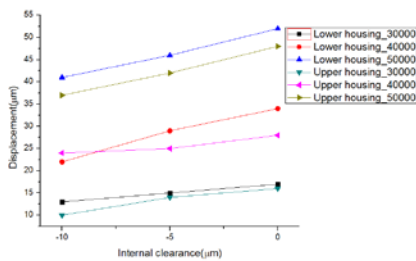


Fig. 4 Displacement according to the internal clearance

Fig. 5 는 고속 주축의 회전수에 따른 이송 마찰력을 측정된 결과를 나타낸 그래프이다.

회전수에 따라서 열 변위가 마찰력에 어떤 영향을 주는지 확인할 수 있는데, 끼워 맞춤 공차가 0μm 의 경우가 크게 나타남을 확인할 수 있다. 이는 하부 하우징의 열팽창으로 인하여 마찰 저항력이 커짐을 알 수 있다.

이와 같이 온도상승에 의한 마찰력의 영향을 파악할 수 있으며, 기존 조립상태에서의 마찰력보다 공차가 0μm 의 경우에 약 4000N 의 큰 차이를 보였다. -10 μm 의 경우는 약 550N 의 차이를 보여 역시 끼움의 경우가 마찰력이 크게 작용함을 확인할 수 있다.

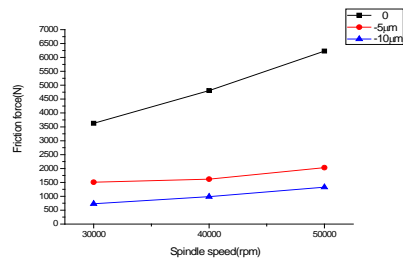


Fig. 5 Friction force according to the spindle speed

4. 결론

고속 주축 후반부의 끼워맞춤 공차는 험거운 끼워맞춤 공차보다 역시 끼워맞춤이 이송 마찰력에 더 큰 영향을 줄을 확인할 수 있었다. 후반부 베어링부의 온도 상승과 열변형이 작고, 후반부 하우징의 이송 마찰력이 작아 축 방향의 열팽창이 유연하게 늘어날 수 있는 험거운 끼워 맞춤 적절한 공차의 설계가 필요하다.

참고문헌

1. 최대봉, 권희돈, 김수태, 김창용 “고속주축 Ball Bush 의 끼워 맞춤 공차에 따른 열 특성의 실험적 고찰” 한국공작기계학회, 춘계학술대회 논문집, pp75, 2010
2. 정다운, 김수태, 최대봉, 김창용, “볼부쉬 끼워맞춤 공차에 따른 고속주축의 이송마찰력의 실험적 고찰” 한국정밀공학회, 춘계학술대회 논문집, pp349-350, 2010