

공작기계용 주축계의 온도변동 최소화 방안

Minimization of temperature fluctuations of spindle system for the machine tool

*박수성¹, #정원지²

*S. S. Park¹, #W. J. Chung(wjchung@hanmail.net)²

¹창원대학교 기계설계공학과, ²창원대학교 기계설계공학과

Key words : Built-in spindle, Temperature fluctuations

1. 서론

최근의 공작기계는 고속, 고정밀, 고능률화를 이루기 위하여 연구가 활발히 진행되고 있다. 이를 위하여 주축을 회전시키기 위한 모터가 벨트나 체인을 이용하여 동력을 전달하는 방식에서 주축과 일체화 시켜 내부에서 회전시키는 모터 내장형 방식으로 발전해 나가고 있다.

기존의 주축 구동방식은 모터에서 커플링, 벨트, 기어등을 통하여 주축으로 동력을 전달하였고 이 때문에 고속 가공시 진동 및 소음을 유발하는 원인이 되었다. 내장형 모터는 이러한 문제를 해결하고 고속, 고정밀, 고능률화를 만족하는 성능의 주축의 개발이 가능하게 하였다.

하지만 모터 내장형 주축은 구조가 간단하고 벨트, 기어 등이 고속에서 발생시키는 문제점을 해결할 수 있으나 회전 시 내부발열로 인한 열변형 문제가 발생하게 된다. 이 열변형 문제는 정적이나 동적 변형에서 다루어지는 수 μm 와는 달리 그 변형 정도가 수십 μm 에 달하기 때문에 공작기계의 정도 개선에 있어서 우선적으로 다루어야 할 문제이다.

이러한 주축의 열적특성에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 내장형 모터구동과 베어링 회전에 따른 발열이다. 이중 베어링 회전에 따른 발열은 베어링에 가해지는 압력에 큰 영향을 받게 된다. 본 논문에서는 이러한 베어링의 특성을 이용하여 주축계의 온도변동을 최소화할 방안을 강구해보고자 한다.

2. 주축계의 발열

2.1 베어링에 의한 발열 원인

주축을 구동시키면 모터와 베어링이 회전함에

따라 모터와 베어링의 발열에 의해서 주축계의 온도상승이 일어나게 된다.

베어링의 발열은 회전운동의 마찰 손실에 의해서 일어나므로 마찰 모멘트를 구함으로써 베어링의 발열량을 계산할 수 있다. 일반적으로 공작기계용 고속, 고정밀 스피ن들의 베어링으로는 앵귤러 콘택트 베어링이 주로 사용되고 있다. 회전운동을 하는 주축을 지지하는 앵귤러 콘택트 베어링은 축방향하중(axial load)과 반경방향하중(radial load)을 동시에 받는다. 앵귤러 콘택트 볼 베어링의 발열원은 미끄럼 모멘트인 스피ن 모멘트(spin moment)와 자이로스코픽모멘트(gyroscopic moment), 그리고 베어링의 형식, 하중의 크기에 따라 결정되는 하중 동마찰모멘트, 윤활류의 점도, 양, 회전수에 의해 결정되는 점성 동마찰모멘트로 구분된다.^{1,2,3}

이중 베어링 발열에 가장 큰 영향을 주는 요소는 하중에 의한 마찰로 초기 결정되는 예압과 회전중에 발생하는 베어링 내부 틈새변화로 인해 베어링에 가해지는 하중이 결정되게 된다.

2.2 베어링에 가해지는 하중

선행연구에 따르면 주축의 원심팽창량은 베어링 내륜 내경의 원심팽창량에 비해 적게 발생한다. 이로 인해 스피들 회전시 틈이 발생하게 되고 이를 방지 하기 위하여 베어링 내륜의 끼워 맞춤은 쥘새 끼워맞춤을 실시하고 있다. 베어링 외륜의 끼워 맞춤은 하우징에 비해 외륜의 원심팽창량이 크기 때문에 틈새 맞춤으로 베어링 내부 틈새감소를 방지한다.^{4,5,6}

이러한 베어링 내외륜의 틈새 맞춤으로 주축의 회전시 베어링 내부틈새의 변화를 방지하려고 하

지만 내부틈새변화는 내륜 씘새 끼워맞춤, 회전시

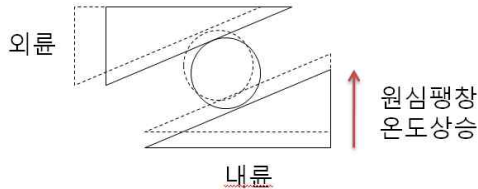


Fig. 1 Schematic diagram of bearing

발생하는 원심팽창, 스피들 내부 온도상승 등 복합적인 원인으로 인해 발생하게 되고 과도한 내부틈새변화는 베어링의 마찰을 가중시키고 발열상승으로 이어지게 된다.

Fig. 1은 스피들의 원심 팽창과 온도상승에 의해 베어링 틈새에 변화가 생기는 모습을 나타낸 것이다. 이러한 내외륜의 변화는 정위치 예압에서 예압하중의 변화를 초래하게 된다.

3. 결론

공작기계용 모터내장형 주축계의 온도 변동은 크게 모터와 베어링에 의해 발생하지만 그 저변에는 수많은 요인에 의하여 영향을 받는다. 본 논문에서는 그중 하나인 베어링의 끼워맞춤과 예압과의 관계를 분석하고 온도변동을 최소화할 방안을 강구해 보았다. 스피들 회전시 발생하게 되는 베어링 틈새변화의 원인은 다음과 같다.

- 내륜 씘새 끼워맞춤
- 회전시발생하는 원심팽창
- 스피들 내부 온도상승으로 인한 열팽창

이러한 원인을 고려하여 설계단계에서 베어링 내외륜의 최적의 끼워맞춤량을 선정한다면 온도변동을 최소화 할수 있을 것이다. 차후 실제 공작기계용 모터내장형 스피들에 적용하여 운행조건에 따른 최적의 베어링 끼워 맞춤량에 대한 연구를 진행할 예정이다.

후기

본 연구는 지식경제부 지방기술혁신사업 (RT104-01-03) 지원으로 수행 되었습니다. 이 연구에 참여한 연구자(의 일부)는 「2단계 BK21 사업」의 지원비를 받았습니다.

참고문헌

1. Lim J. S., Yu K. H., Chung W. J., Kim S. T., Lee J. H., Lee C. M., 2009, "Thermal characteristics Analysis of 30,000rpm high speed spindle", Journal of the Korean Society of Precision Engineering Vol. 26, No. 7, pp. 120~126
2. Kim S. T., Kim C. S., Choi D. B., Kim J. H., Jeong D. S., "The temperature distribution and thermal displacement analysis of the high speed spindle according to the bearing preloads and cooling methods", Engineering Research & Technology Vol. 5, pp. 13~18
3. Lee C. H., "Thermal deformation characteristics and compensation of high speed spindle unit", Journal of the Korean Society of Precision Engineering Vol. 19, No. 5, pp. 7~12
4. Kim S. I., Jo J. W., Lee W. J., Lee Y. H., 2003, "Static/Dynamic/Thermal Characteristics Analysis of a High-Speed Spindle System with 50,000rpm" Korean Society of Precision Engineering, spring Conference, pp.494~499
5. Report, Study of the Clearance Control for High Speed Spindle Bearing and Optimization of Spindle Cooling System, KIMM
6. Lim J. S., Lee C. M., Chung W. J., Lee J. H., 2007 "FEM to select bearing position of 40,000RPM high-speed spindle", Korean Society of Precision Engineering, Autumn Conference, pp. 637~638