

RBF 근사기법을 이용한 초고속 스피indle 베어링 위치선정 Selecting Position of Bearing for High Speed Spindle using RBF

*박수성¹, #정원지¹

*S. S. Park¹, #W. J. Chung(wjchung@changwon.ac.kr)¹

¹창원대학교 기계설계공학

Key words : RBF, High Speed Spindle, Bearing, Optimum Design, FEM model

1. 서론

현재 공작기계 산업은 부품·소재산업의 발전에 따라 고속·고정밀화가 요구되고 있다. 이러한 공작기계의 핵심 부품인 주축은 회전수가 높고, 강력 절삭과 정밀 절삭 능력 모두가 뛰어나야하며, 정적 및 동적 강성 또한 우수해야한다.^[1]

모터 내장형 스피indle들은 구조가 간단하고 벨트, 기어 등이 고속에서 발생시키는 문제점을 해결할 수 있지만 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 다루어야할 문제이다.

박기범^[2] 등은 초고속 스피indle들의 설계 및 설계 예측에 관한 연구를 수행하였으나 단순히 실험계획법만을 이용하여 연구를 진행하였기에 가장 최적화된 결과값을 도출하였다고 보기 힘들다.

또한 권구홍^[3] 등은 iSIGHT[®] 이용한 툴홀더 스피indle에 관한 최적화를 수행하였으나 ANSYS Workbench[®] 만 사용하여 해석을 수행하였으며 강성만을 고려하고 열변위를 고려하지 않았다.

이에 본 논문에서는 유한요소해석을 통하여 공작기계용 주축의 열적 거동을 최소화 하는 베어링의 위치를 선정하고자 한다.

2. 유한요소 모델의 구축

Fig. 1은 유한요소 해석 대상인 고주파 모터 내장형 주축계의 구조로 주축을 지지하는 전반부와 후반부의 베어링은 앵글러 콘택트 볼베어링을 사용하였고 베어링의 윤활은 오일&에어 방식을 적용하고 있다.

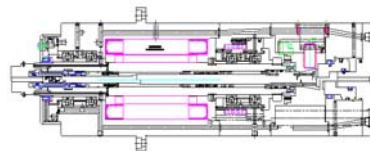


Fig. 1. Schematic diagram of spindle system

베어링 간격에 따른 주축의 열변위 변화를 해석하기 위해 상용 FEM(Finite Element Model) 해석 프로그램인 ANSYS Workbench[®] 12.1^[4]을 사용하여 해석 모델을 구축하였다. 주축계는 열적, 구조적으로 축대칭이므로 이를 고려하여 1/2만 모델링하였고 해석결과에 영향을 미치지 않는 부분인 조립부분, 윤활유 및 에어 공급라인등은 근사화 하여 나타냈었다. 내장형 모터의 고정자의 곡면 부분은 직선형태로 단순화 하였고 베어링부도 모델링을 생략하고 발열에 대한 경계조건을 부여하였다. 구축된 모습은 Fig. 3 과 같으며 Fig. 4 에 고유진동수와 열변위 해석에 사용된 베어링의 간격 배치를 나타 내었다. 여기서 FB는 Front Bearing, RB는 Rear Bearing을 뜻한다.

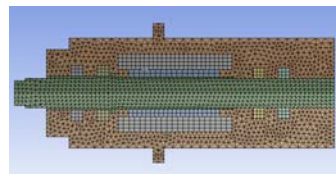


Fig. 3 FE model of spindle system using ANSYS[®]

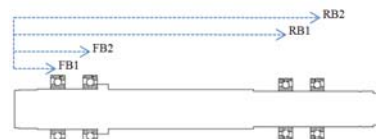


Fig. 4 Schematic diagram of bearing position

Fig. 4 은 본 논문 연구 대상인 초고속 스피ndl의 주축과 베어링의 위치를 나타내고 있다. 일반적으로 후반부 베어링에 비해 전반부 베어링이 절삭력 등 부가적인 요인으로 인해 후반부 베어링에 비해 발열이 높다. 또한 축방향 하중을 전반부 베어링이 지지하기 때문에 후반부 베어링은 축방향 하중을 지지할 필요가 없어서 대부분의 스피ndl에서는 주축의 열변위가 앞쪽 보다는 뒤쪽으로 나타나도록 후반부 베어링이 밀리도록 설계하고 있다. 따라서 후반부 베어링은 간격의 조절이 비교적 전반부 베어링에 비해 용이하다. 본 논문에서는 전반부 베어링의 내부 조건을 고려하여 전반부와 후반부 베어링의 간격을 동일하게 $\pm 5\text{mm}$ 만큼 변경하여 해석을 수행하였다. 내용을 입력하시오.

3. RBF 기법을 이용한 위치선정

본 연구에서는 RBF(Radial Basis Function)^[5] 근사기법을 이용하여 최적 설계의 데이터를 산출하였다. 즉, RBF 근사기법을 이용하여 근사모델을 구축하고 열변위를 최소화 하는 베어링 간격을 구하였다. RBF 근사기법을 통하여 구축된 근사화 모델을 통해 1000개의 데이터를 해석 수행한 결과로 구해진 최적의 값은 Table 1과 같다. Fig. 5는 RBF 근사기법을 통해 구축한 근사화 모델이다.

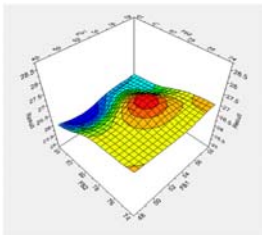


Fig. 8 Approximation model using RBF

Table 1 Initial values and Optimized approximation values

	Initial Values of Design Variables (mm)	Optimized Values of Design Variables (mm)
FB1	53	58
FB2	84	74
RB1	300.5	297.72
RB2	330.5	340.13

Table 2 Comparison of Results using Initial Values and Optimized Values

	Result using Initial Values	Result using Optimized Values	Rate
Deformation (μm)	27.16	26.004	4.23%

Table 2는 초기 베어링 위치에서의 열변위와 최적화된 베어링 위치에서의 열변위를 비교한 결과이다.

4. 결론

본 연구에서는 초고속 스피ndl의 주축의 Z방향 열변위를 최소화 시키는 베어링의 위치를 RBF 근사기법을 이용하여 구해보았다. 최적화된 베어링 위치에서 Z방향 열변위는 $26.004\mu\text{m}$ 로 초기값에 비해 4.23% 향상된 결과를 보였다. 차후 주축의 열변위, 고유진동수, 정강성을 고려한 최적의 베어링 위치에 대한 연구를 진행해 나갈 계획이다.

후기

본 연구는 지식경제부 지방기술혁신사업(RT104-01-03) 지원으로 수행 되었습니다.

참고문헌

1. 박수성, 정원지, 정다운, 김수태, “45000rpm 고주파 모터 내장형 스피ndl의 열특성 해석” 한국정밀공학회 춘계학술대회, pp343~344, 2010
2. K. B. Park, W. J. Chung, C. M. Lee, Y. D. Cho, J. H. Kim, “Finite Element Modeling and Simulation for Shape Design of a High-speed Rotating-Shaft Using Design of Experiment”, MSV07, 2007, pp. 157~163
3. K. H. Kwon, W. J. Chung, S. J. Lee, K. B. Park, J. H. Park, S. W. Kye, “Optimized Approximation of Finite Element Modeling for Complex Tool Holder Spindle using Optimal Latin Hypercube (OLH) method and Radial Basis Function (RBF) Neural Network”, CSC09, 2009, pp. 204~210
4. ANSYS Workbench® 12.1 Manual, TSNE, 2008
5. iSIGHT® 4.5 Manual, Engineous Korea, 2010