LM 가이드 등가 강성을 고려한 초정밀 연삭 가공기 구조 해석

Structural Analysis of a Grinding Machine with regard to Equivalent Stiffness of LM Guides

*오선열[1], 전재원[1], #최우천[2], 최병열[3], 조순주[3]

*S. Y. Oh[1], J. W. Jeon[1], #W. C. Choi(wcchoi@korea.ac.kr)[2], B. Y. Choi[3], S. J. Cho[3]

[1]고려대학교 기계공학과 대학원, [2]고려대학교 기계공학부, [3](주)CESCO

Key words : Grinding machine, Structural analysis, Stiffness, LM guide, Deformation

1. 서론

정밀도를 요하는 각종 생산 라인의 마무리 가공에 집중되어 있는 연삭 가공기에 대한 고강성, 초정밀 기술 연구 개발은 중요하다. 기존의 연삭 가공기에 대한 연구는 설계 결과를 토대로 구축한 유한요소 모델을 이용해서 자중 및 연삭력이 초정밀 연삭기의 구조 변형에 미치는 영향을 해석 및 평가하였다[1-4].

초정밀 연삭 가공을 실현하기 위해서는 공작기계가 충분한 강성을 유지하여야 하며, 정밀한 위치 결정이 가능해야 한다. 본 연구에서는 이상과 같은 조건을 만족하는 리니어 모션(LM) 가이드를 적용한 초정밀 연삭 가공기 시스템 개발을 위해 AUTODESK사의 AUTOCAD와 INVENTOR프로그램으로 구조 설계를 거쳐 유한 요소 모델을 완성한 후, LM 가이드의 등가 강성 값을 고려하여 유한요소 해석 프로그램인 ANSYS를 사용하여 구조 해석을 수행하였다.

2. 초정밀 연삭 가공기 구조

본 연구의 대상인 리니어 모션 가이드 적용 초정밀 연삭 가공기의 베드 위에 있는 컬럼 구조는 문형이다. y축 이송계가 베드 위의 LM가이드 안내면을 따라 전후 이송을 수행할 때 c축 테이블은 그 위를 회전하고, x축 이송계는 컬럼 앞면의 LM 가이드 안내면을 따라 운동하며, z축은 스핀들을 탑재한 상태로 상하로 운동한다. Fig. 1은 이러한 구조적 특징을 갖는 연삭 가공기를 3차원으로 모델링한 형상이다.

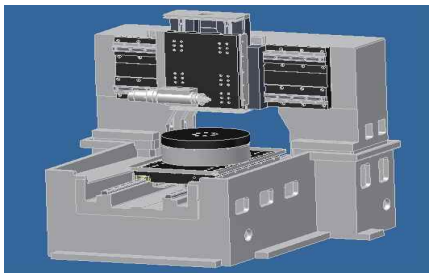
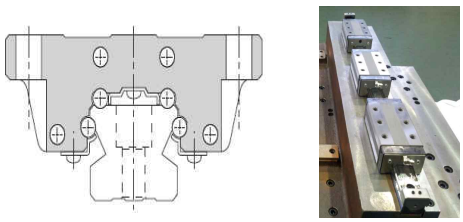


Fig. 1 Finite element model of the grinding machine

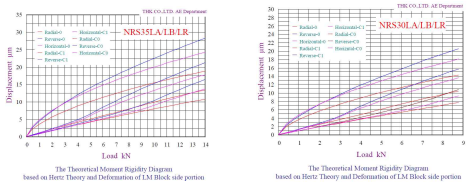
3. LM 가이드 등가 강성 값을 고려한 구조 해석

초정밀, 고강성을 위해 y축, x축, z축 테이블 이송의 가이드 역할을 할 3축에 대한 직선 운동 안내기구(LM)와 리니어 모터가 사용된다. 리니어 모션 가이드 적용 초정밀 연삭 가공기에서는 허용 하중이 크고 고강성이며 우수한 위치 결정 정도와 고속성의 성능을 지닌 NRS35LR LM 가이드를 y축 테이블과 x축 테이블의 위치 이송 가이드로, NRS30LR LM 가이드를 z축 테이블의 위치 이송 가이드로 채택하였다. Fig. 2는 실제 LM 가이드와 블록을 나타낸다.



(a) The cross-section (b) Actual LM guide

Fig. 2 LM guide and block



(a) NRS35LR (b) NRS30LR

Fig. 3 LM guide relation curve of load and displacement[5]

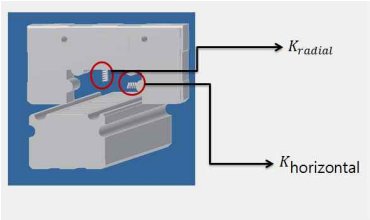


Fig. 4 Equivalent stiffness K

Fig. 3은 LM 가이드의 힘과 변위의 관계 곡선을 나타내며 Fig. 4는 힘과 변위의 관계 곡선들로부터 변형된 등가 스프링 상수 K값을 나타낸다. 한 블록 내의 강성 값은 힘이 가해지는 방향인 Radial(수직 방향)의 K_r 강성과 힘이 부하되는 방향과 평행하는 horizontal(수평 방향)의 K_h 강성값들을 중예압 상태에서 LM 가이드를 사용하는 경우로 고려하여 다음 식 (1)을 통해 구한다.

$$K=\frac{P}{\delta} \qquad (1)$$

여기서 K(N/μm)는 강성치, δ(μm)은 변위량, P(N)는 설계 하중이다.

이렇게 구한 NRS35LR의 LM 블록과 레일 사이의 K_r 값은 0.71kN/μm, K_h 값은 0.56kN/μm 이고 NRS30LR LM 블록과 레일사이의 K_r 값은 0.57 kN/μm, K_h 값은 0.47kN/μm로 NRS35LR형의 LM가이드가 더 고강성임을 알 수 있다.

도출된 LM 가이드 등가 강성 값들을 고려하고 베드 밑면의 11개의 지지점과 c축 테이블 면의 자중 방향 100N의 힘, z축 테이블상의 스핀들의 절삭력 15N의 조건에서 구조해석을 수행한 결과 연삭 가공기의 최대 처짐이 6.59μm으로 나타났다. Fig. 5에서 확인할 수 있듯이 베드 위의 컬럼에 결합된 z축과 x축 테이블의 상부 부분에서 최대 처짐이 나타나있다.

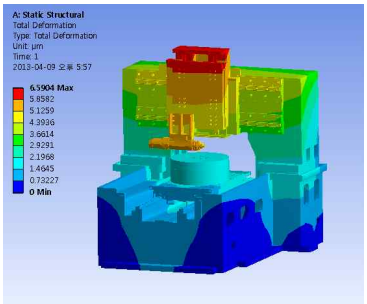


Fig. 5 Structural analysis of the grinding machine with regard to equivalent stiffnesses

4. 결론

구조 설계 결과를 토대로 한 유한 요소 모델에 LM 가이드 등가 강성을 적용하고 외부 조건에서 고려하여 구조 해석을 수행한 결과 6.59μm의 최대 처짐이 컬럼과 결합된 z축 테이블의 상단에서 일어남을 알 수 있다. 향후 연구에서 연삭 가공기의 처짐량을 줄일 수 있도록 컬럼 구조를 개선해서 보완하도록 하겠다.

후기

본 연구는 ㈜세스코의 지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. 이대길, “초정밀 3축 CNC 연삭기의 구조설계 및 평가”, 대한기계학회 논문집 제 19권 제 12호, 1995.12, pp. 3392-3402
2. 조재완, “콘크리트 충진 베드를 적용한 초정밀 무심 연삭기의 구조 해석”, 한국정밀공학회지 제22권 제2호, 2005. 2, pp. 172-179
3. 조순주, “페룰 가공용 초정밀 무심 연삭기의 유정압 안내면 및 이송계에 대한 구조 특성 해석”, 대한기계학회 눈문집 A권 제 28권 제7호, 2004. 7, pp. 896-903
4. 최성대, “UT-380 공작기계의 구조 및 진동해석”, 한국기계가공학회 2009년도 춘계학술대회, 2009. 6, pp. 97-100
5. Information on http://www.e-lmsystem.co.kr