

연삭 휠 형상 복합가공시스템의 구조 안전성에 관한 연구

이원석*, 안범상*, 김진현*, 이종찬*[#], 우봉근**, 이영식**

*금오공과대학교 기계설계공학과, ** (주)대성하이텍

A Study on Structural Safety of Integrated Machine for Grinding Wheel Forming

Won-Suk Lee*, Beom-Sang An*, Jin-Hyeon Kim*, Jong-Chan Lee*[#],
Bong-Geun Woo** and Young-Sik Lee**

*Kumoh National Institute of Technology, ** Daesung HI-TECH co., Ltd.

(Received 25 January 2016; received in revised form 12 February 2016; accepted 16 February 2016)

ABSTRACT

This study evaluated the structural safety of a heavy-duty integrated machine for grinding wheel forming. Structural analysis was performed to evaluate the structural safety of the base. The base was designed by dividing the single base and detachable base. The analysis conditions were applied to the own weight and the load of component parts. From the structural analysis results, although the stress of the detachable base was decreased, the amount of deformation was increased. If the deformation of the detachable base decreases, it is expected to be safer than the single base.

Key Words : Grinding Wheel(연삭 휠), Forming(형상), Modal Analysis(고유진동수 해석), Base(베이스), Structural Analysis(구조해석)

1. 서 론

최근 자동차, 조선, 우주항공, 공작기계를 비롯한 다양한 산업의 발달과 동시에 장비 및 시설에 필요한 요소부품이 고정밀을 요구하고 있다. 이러한 고정밀 부품의 경우 대부분 연삭가공을 통해 제작된다.

연삭가공기술은 피삭재의 종류와 형상에 따라 다양한 연삭 휠이 적용되고 있으며, 난삭재의 경우 다이아몬드, CBN과 같은 고가의 초연마재를 이용하고, 일반강의 경우 대부분 가격이 저렴한 재래식 연삭 휠을 적용하고 있다.

재래식 연삭 휠의 경우 피삭재의 형상에 따라 다양한 형상을 가지도록 형상(Forming) 공정을 거치게 된다. 연삭 휠 형상 공정은 소결된 연삭 휠을 사용자의 요구에 맞게 형상을 가공하는 공정이다.

연삭 휠 형상 공정에 쓰이는 장비인 연삭 휠 형상 복합가공시스템은 베이스, 컬럼 구조물과 턴테이블, 스피들 등 요소부품으로 구성되어 있다. 다양한 요소부품, 연삭 휠의 크기로 인해 중대형 장비가 필요하다.

주물품인 베이스의 경우 대형 사이즈로 인해 가공, 조립, 이동에 어려움이 있을 것으로 판단되어 초기 설계한 싱글 베이스(Single Base)를 전면 베이스, 후면 베이스로 나뉜 조립형 베이스

Corresponding Author : jclee@kumoh.ac.kr

Tel: +82-54-478-7376, Fax: +82-54-478-7382

(Detachable Base)로 설계가 필요하다.

본 연구에서는 연삭 휠 형상 복합가공시스템의 베이스를 싱글 베이스, 조립형 베이스로 각각 설계하고 구조해석을 통해 구조 안전성을 비교 분석하고자 한다.

2. 본 론

2.1 실험 방법

본 연구에서는 연삭 휠 형상 복합가공시스템 구조물 중 베이스의 구조 안전성을 평가하기 위해 싱글 베이스와 조립형 베이스로 나누어 설계 및

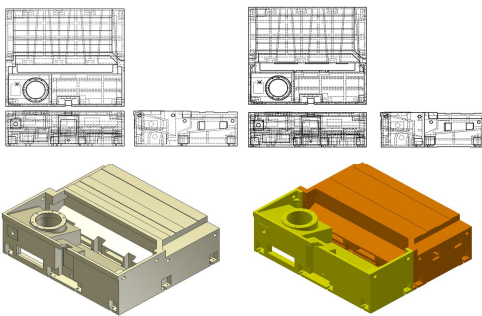


Fig. 1 3D Modeling of Bases
(Left : Single Base, Right : Detachable Base)

Table 1 Material Properties of GC300

Density (kg/m ³)	Young's Modulus (GPa)	Poisson Ratio
7300	124	0.3

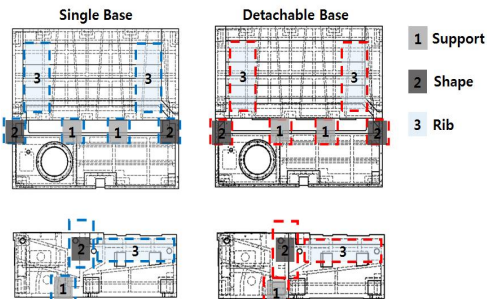


Fig. 2 Changes of Design

구조해석을 진행하였다.

3D 모델링은 AUTODESK INVENTOR를 활용하였으며, 구조해석은 ANSYS Workbench를 활용하였다. Fig. 1은 싱글 베이스와 조립형 베이스의 설계 도면과 3D 모델링을 나타내고 있다.

베이스의 재질은 주조성과 기계적 성질을 고려하여 GC300으로 선정하였다. Table 1에서는 GC300의 기계적 성질을 나타내었다.

싱글 베이스와 조립형 베이스의 차이점은 Fig. 2와 같이 지지부의 수와 조립되는 부분의 형상, 컬럼(Column)과 조립되는 부분의 리브(Rib) 설계 차이가 있다.

2.2 싱글 베이스의 구조해석

싱글 베이스를 구조해석하기 위해 구조 단순화를 진행하였으며, 경계조건을 적용하여 자중에 의한 응력, 변형 및 고유진동수 해석을 진행하였다.

Fig. 3과 같이 베이스 하부의 지지부를 구속조

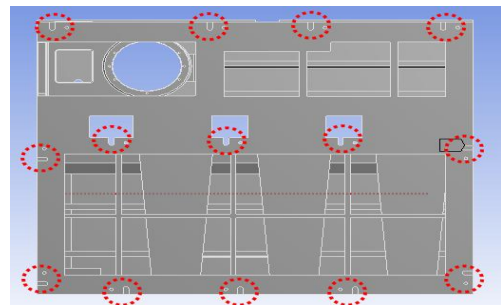


Fig. 3 Supports of Single Base

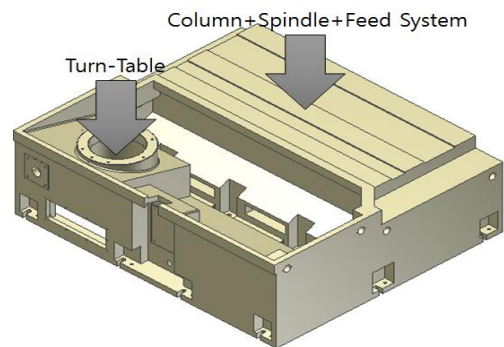


Fig. 4 Boundary Conditions

건으로 적용하고, Fig. 4와 같이 자중과 연삭 휠 형상 복합가공시스템의 컬럼, 주요 요소부품에 대한 하중을 부여하였다. 컬럼, 스피들 및 이송계의 부여하중은 3500kg, 턴-테이블은 200kg을 적용하였다.

2.3 싱글 베이스의 구조해석 결과

싱글 베이스에 경계조건과 구속 조건을 적용하여 구조해석을 수행하였으며, Fig. 5, Table 2와 같이 변형과 응력에 대한 결과를 얻었다.

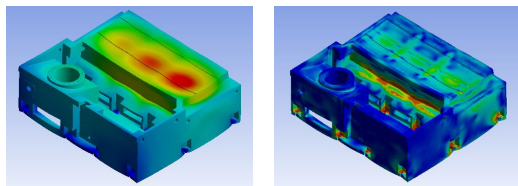
Fig. 5에 (a)는 변형량을 나타내고 있으며, 최대 변형량은 10.1 μ m로 컬럼이 조립되는 부분에 나타났다.

Fig. 5에 (b)는 응력 분포를 나타낸다. 최대 응력은 11.39MPa로써 하단 지지부에서 발생하였다.

본 구조물의 항복강도 310MPa을 고려할 때 최대 응력에 대한 안전율은 27.2로 안전한 구조임을 알 수 있다.

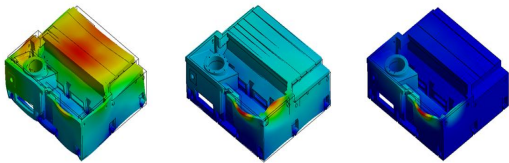
Table 2 Results of Structural Analysis

Type	Result
Equivalent Stress(MPa)	11.39
Deformation(μ m)	10.1
Total Weight(kg)	6906.2



(a) Deformation (b) Stress

Fig. 5 Results of Single Base Structural Analysis



(a) Mode 1 (b) Mode 2 (c) Mode 3

Fig. 6 Mode Shapes of Single Base

Table 3 Results of Modal Analysis

Mode	Frequency(Hz)	Shape
1	273.02	Bending
2	289.83	Bending
3	314.59	Bending

싱글 베이스의 고유진동수 해석을 수행하였다. 고유진동수 해석에 대한 결과는 Fig. 6과 Table 3에 나타내었다. 1차 모드는 293.02Hz로 나타났으며, Y축으로 굽힘 형상을 확인하였다.

연삭 휠 형상 복합가공시스템의 구동부는 턴-테이블과 스피들로 구성되어 있으며, 구동 범위는 턴-테이블이 1000rpm, 스피들이 2500rpm으로, 본 구조물은 공진에 대해 안전하다고 판단된다.

2.4 조립형 베이스의 구조해석 비교

베이스의 크기가 2400×2080×750mm로 싱글 베이스로 제작의 어려움과 많은 가공비용, 이동 및 조립의 어려움으로 전면 베이스와 후면 베이스로 나누어 설계하였다. 조립형 베이스의 구조해석을 통해 싱글 베이스와 구조 안전성을 비교 분석하였다.

재질과 경계조건은 싱글 베이스와 동일하며, 구속 조건은 전면 베이스의 지지부 4부분이 추가되었으며, Fig. 7에 구속조건을 나타내었다.

조립형 베이스의 변형과 응력 구조해석 결과는 Fig. 8 그리고 Table 4에 나타내었다.

Fig. 8에 (a)는 변형량을 나타내고 있으며, 싱글 베이스와 마찬가지로 컬럼이 조립되는 영역에서 가장 많은 변형이 발생하였으며, 크기는 9.33 μ m 발생하였다.

Fig. 8에 (b)는 응력 분포를 나타내고 있으며, 최대 응력은 8.96MPa로 베이스 지지부에서 발생하였다.

싱글 베이스와 비교 시 2.43MPa 감소한 것을 볼 수 있는데, 하단 지지부의 증가로 인해 하중이 분산 된 것으로 판단된다.

조립형 베이스의 고유진동수 해석 결과 Fig. 9와 Table 5에 나타내었다. Fig. 9는 모드별 형상을 나타내고 있다. 1차 모드에서 271.47Hz로 싱글 베

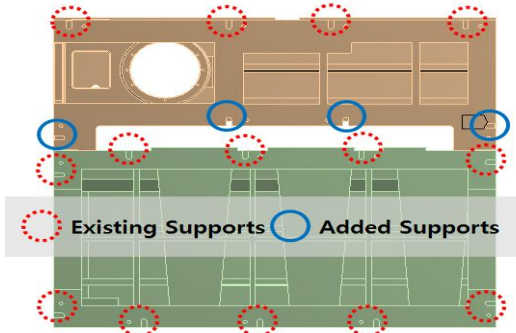
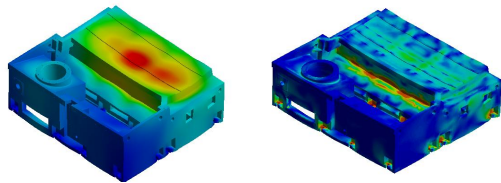


Fig. 7 Supports of Detachable Base

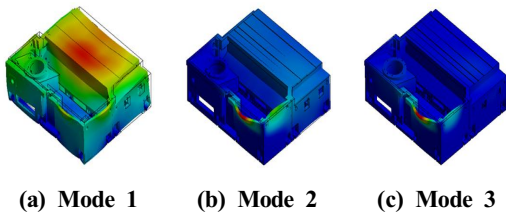
Table 4 Results of Structural Analysis

Type	Result
Equivalent Stress(MPa)	8.96
Deformation(μm)	9.33
Total Weight(kg)	6592.7



(a) Deformation (b) Stress

Fig. 8 Results of Detachable Base Structural Analysis



(a) Mode 1 (b) Mode 2 (c) Mode 3

Fig. 9 Mode Shapes of Detachable Base

Table 5 Results of Modal Analysis

Mode	Frequency(Hz)	shape
1	271.47	Bending
2	309.06	Bending
3	322.43	Bending

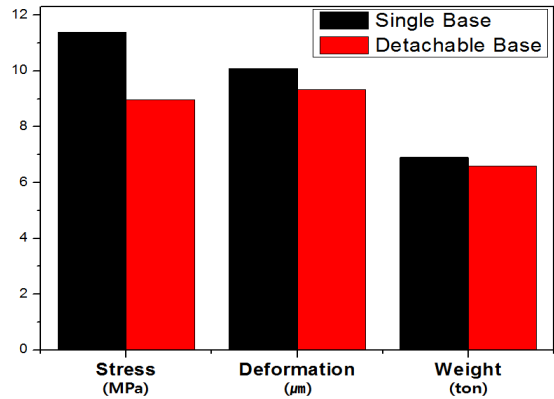


Fig. 10 Compare of Analysis Results

이스보다 감소하였다.

조립형 베이스의 고유진동수 해석 결과, 싱글 베이스와 마찬가지로 장비 구동영역 범위 외의 결과를 나타내어 구조물 공진에 대해 안전하다 판단된다.

Fig. 10은 싱글 베이스와 조립형 베이스 구조해석 결과를 응력, 변형량, 중량으로 나누어 비교 분석한 것이다. 비교 분석 결과, 조립형 베이스는 싱글 베이스 대비 응력은 21.3% 감소, 변형량은 7.6% 감소, 무게는 4.5% 감소하는 것으로 나타났다.

3. 결 론

본 연구는 연삭 휠 형상 복합가공시스템의 베이스 제작에 앞서 대형 주물품에 대한 구조 안전성 평가를 연구하기 위해 싱글 베이스와 조립형 베이스로 나누어 구조해석을 진행하였으며, 아래와 같은 결론을 도출하였다.

1. 3D 모델링된 싱글 베이스에 자중과 컬럼 및 주요 구성 유닛의 하중을 부여하여 구조해석 결과, 응력이 11.39MPa으로 안전율 27.2로 안전한 구조라 판단된다.
2. 싱글 베이스의 크기로 인해 제작비용, 이동, 조립 등의 어려움으로 인해 전면 베이스와 후면 베이스로 설계하여 구조해석을 진행하

였다. 구조해석 결과, 응력은 8.96MPa, 무게는 6592.7kg으로 나타났다.

3. 조립형 베이스의 변형량 최소화를 위해 컬럼이 조립되는 부분에 추가적인 내부 리브 설계 변경이 필요할 것으로 판단된다.
4. 고유진동수 해석 결과, 싱글 베이스와 조립형 베이스 모두 주 구동영역 밖의 고유진동수 결과를 나타내어 구조물은 공진에 대해 안전하다 판단된다.
5. 조립형 베이스는 싱글 베이스 대비 구조 안전성 향상 되어 연삭 휠 형상 복합가공시스템의 베이스로 제작이 가능할 것으로 기대된다.

후 기

“본 연구는 산업통산자원부와 한국산업기술진흥원이 지원하는 경제협력권산업 육성사업으로 수행된 연구결과입니다.”

REFERENCES

1. Kim, W. J., Lee, C. S., Chae, S. S., Kim, T. S., Lee, S. M., Park, H. K., Jo, S. M., Song, D. J. and Lee, J. C., “A Study on the Structural Analysis of CNC Micro Center,” Proceeding of the KSMPE Spring Conference, pp. 239-244, 2009.
2. Lee, T. H. and Choi, J. W., “Structural Analysis on Horizontal CNC Lathe,” Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, Vol. 20, No. 3, pp. 298-303, 2011.
3. Lim, S. H., Shin, S. H. and Lee, C. M., “A Study on Structural Design and Evaluation of the High Precision Cam Profile CNC Grinding Machine”, Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 23, No. 10, pp. 113-120, 2006.
4. Cho, J. H., Moon, D. J. and Lee, J. C., “A Study on CAE Analysis of Bed of Multi-Tasking Machine for Automotive Power Train Shaft,” Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 14, No. 1, pp. 9-14, 2015.
5. Shon, J. Y., Cheong, S. H., Choi, S. D., Choi, U. D. and Son, H. S., “Improvement Design for Structure Analysis of Tool Machine Bed for Line Center,” Proceeding of the KSMPE Spring Conference, pp. 234-237, 2003.
6. Hong, J. P., Gong, B. C., Choi, S. D., Choi, H. J. and Lee, D. S., “Study on Structure Design of High-Stiffness for 5-Axis Machining Center,” Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 10, No. 5, pp. 7-12, 2011.
7. Choi, Y. S., Lee, W. S., Hwang, I. H., Park, H. K., Jo, H. T., Lee, Y. S., Kim, K. J., Song, S. T. and Lee, J. C., “A Study on the Structural Analysis of Automotive Crankshaft Multi Grinding Machine,” Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 11, No. 1, pp. 20-25, 2012.