

Custom Abutment 가공용 마이크로 5축가공기의 동적 특성 해석

Dynamic characteristic analysis of a micro 5-axis machine tool for the custom abutment machining

*장성현¹, 이상화¹, 황인욱¹, 김찬봉², #최영휴¹

*S. H. Jang¹, S. H. Lee¹, I. W. Hwang¹, C. B. Kim², #Y. H. Choi(yhchoi@changwon.ac.kr)¹

¹창원대학교 기계설계공학과, ²㈜바텍

Key words : Micro 5-axis machine tool, Custom abutment, Modal Analysis, Compliance

1. 서론

마이크로팩토리(Micro-Factory)에 관한 연구가 1990년대에 일본에서 최초로 시작된 이후로 미국, 유럽과 더불어 한국에서도 꾸준히 진행되어 왔으며, 국내에서는 이에 관한 지속적인 연구를 통해 현재에는 실용화 단계를 진행하고 있다.

초소형 생산시스템인 마이크로팩토리의 실용화 연구는 폰 카메라 렌즈모듈 조립공정을 위한 IT Micro-Factory와 인공치아의 가공 및 환자맞춤형 지대주(custom abutment)의 생산이 가능한 BT Micro-Factory의 구현을 목표로 연구가 진행되고 있다. 특히, BT Micro-Factory는 구강스캐너(oral scanner)를 통한 환자의 인상체(impression) 획득, Dental CAD/CAM S/W를 통한 환자맞춤형 지대주 설계, 마이크로 5축가공기를 통한 환자맞춤형 지대주 가공의 일련의 과정들이 비교적 단시간 내에 연속적으로 이루어질 수 있는 생산시스템이다.

여기서, 환자맞춤형 지대주를 가공하기 위한 마이크로 5축가공기는 복합형상 및 고속 가공이 요구되므로 적절한 작동영역의 선정을 위해 구조본체의 고유진동특성을 파악할 필요가 있으며, 티타늄 소재의 지대주를 가공하기 위해서는 구조본체의 높은 구조강성이 요구된다.

따라서 본 논문에서는 마이크로 5축가공기의 동특성을 파악하기 위하여 상용구조해석 소프트웨어인 ANSYS를 이용하여 모달(modal) 해석과 조화 해석을 수행하여 고유진동수와 강성의 역수인 정동적 컴플라이언스를 해석적으로 구하였다.

2. 마이크로 5축가공기의 유한요소모델

환자맞춤형 지대주 가공용 마이크로 5축가공기

의 동특성해석을 위하여 ANSYS를 사용하였으며, 구조물을 Fig. 1과 같은 유한요소모델로 나타내었다. 솔리드 요소(Solid 187)와 사면체(tetrahedral) 메쉬를 통해 전체 구조물은 170,390개의 절점(nodes)과 107,714개의 유한 요소(elements)로 분할하였다.

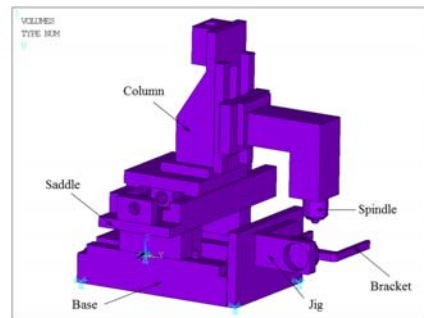


Fig.1 FE model of a micro 5-axis machine tool

본 연구의 5축가공기는 부분에 따라 알루미늄 합금(Al 6061)과 스테인리스 스틸(SUS 304) 재질로 설계되어 있는데, 스피들, 새들, 칼럼, 베이스 부는 Al 6061 재질이며, 브라켓과 지그 부는 SUS 304 재질이다. 각각의 물성치는 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Material properties

	Al 6061	SUS 304
Young's modulus (E)	68.9 GPa	190 GPa
Poisson's ratio (ν)	0.27	0.27
Density (ρ)	2,700 kg/m ³	8,000 kg/m ³

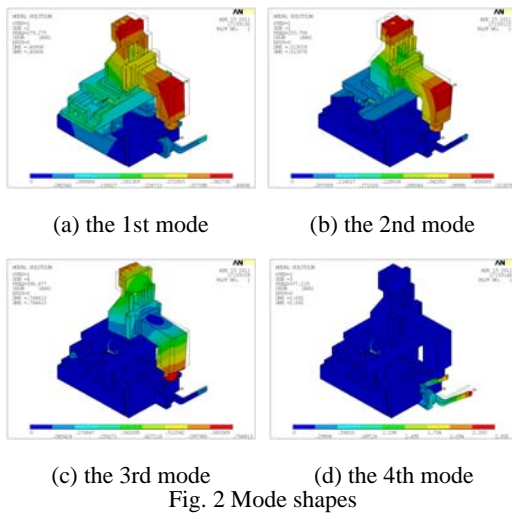
5축가공기의 유한요소모델에서 스피들부의 회전특성은 제외하고 하우징 부만을 모델링하였으며, 각 이송축 사이의 파트들은 용접구조로 가정하였다. 구조물의 구속조건은 베이스 부 하단의 네 군데 모서리 부분을 완전구속 하였으며, 조화해석을 위해서 스피들 끝단 중심에 X, Y, Z축 방향으로 각각 100 N의 하중(절삭력)을 부가하였다.

3. 동특성 해석 및 결과

모달해석(modal analysis)을 통해서 마이크로 5축가공기의 고유진동수와 고유모드를 구하였다. 해석 주파수영역은 0 Hz에서 1,000 Hz까지 두었으며, 1차~10차 고유진동수와 고유모드를 Table 2와 Fig. 2에 나타내었다.

Table 2 Calculated natural frequency

Mode number	Natural frequency [Hz]
1	253.8
2	279.3
3	377.8
4	396.5
5	417.8
6	545.6
7	554.6
8	576.8
9	652.1
10	713.3



조화해석을 통해 구조물의 정·동적 컴플라이언스(정·동강성의 역수) 함수를 Fig. 3과 같이 구하였으며, 이 함수에서 0 Hz에서의 값이 정적 컴플라이언스이고, 최대값이 동적컴플라이언스가 된다.

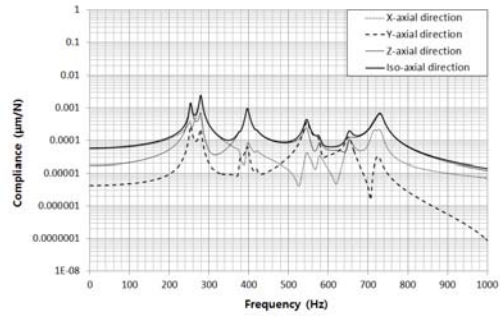


Fig. 3 Compliance function

Fig. 3의 컴플라이언스 함수에서 굵은 실선은 하중에 대한 등척(isometric) 방향의 컴플라이언스를 나타낸다. 그 결과, 정적·동적 컴플라이언스 값은 각각 0.002 µm/N와 0.107 µm/N이다.

4. 결론

본 연구를 통해 마이크로 5축가공기의 고유진동수와 정·동적 컴플라이언스를 구하였다. 이는 시작품의 가공정밀도를 고려한 작동영역의 선정과 구조설계의 보완 및 최적설계를 위한 기초자료를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

후기

본 연구는 지식경제부 “차세대 BT Micro-Factory 시스템 기술 개발”의 지원으로 연구되었습니다.

참고문헌

1. Park, J. K., Kim, C. B. and Song, J. Y., "Development and Micro-Factory System Technology for Next Generation," Proceedings of Ksmte Autumn Conference 2010, 161-162, 2010.
2. Jang, S. H., Choi, Y. H. and Ha, J. S., "A Study on Analysis of Dynamic Characteristics and Evaluation of Dynamic Compliance of a 5-Axis Multi-tasking Machine Tool by Using F.E.M and Exciter Test," Tran. of the Korean Society of Machine Tool Engineers, **18(2)**, 162-169, 2009.