

틸팅터릿 3축 이송시스템의 동특성 연구
A Study of Dynamic Characteristics of the 3-Axis Slide System
for Tilting Turret

정상화/조선대, 차경래*/조선대 대학원
Sanghwa Jeong/Chosun Univ., Kyoungrae Cha*/Graduate School, Chosun Univ.

ABSTRACT

In the multi-purpose lathe, the design of tilting turret slide system has an important and critical role to enhance the accuracy of the machining process. Tilting turret unit is traveled by 3-axis slide systems. There is a need to design this part very carefully. In this research, the 3-axis slide system with tilting turret unit is modeled and simulated using ADAMS software. The dynamic behavior of this system is visualized by data graphs and dynamic animations. The first step of virtual prototype which makes it possible to design economically and effectively is developed.

1. 서 론

현재 고도화된 산업사회에서는 가전제품이나, 자동차 부품, 특히 정밀기계 등의 부품들은 성능향상과 조립공정을 줄이기 위하여 복잡한 형상의 가공이 요구되고 있다.⁽¹⁾ 이러한 요구에 부응하기 위하여 개발되고 있는 공작기계가 다기능 복합가공기이다. 기존의 공작기계에서는 터닝, 드릴링, 보링 등의 단위가공만을 수행하였지만 다기능 복합가공기는 이러한 여러 가공공정을 한 공작기계에서 동시에 실행하여 복합가공 및 가공시간 단축을 실현할 수 있는 공작기계이다. 또한 다기능 복합가공기는 공구축의 회전전달장치, 자동 공구 교환장치와 초정밀 이송장치, 공작물의 자동 이송장치 및 동시

4축 제어장치를 도입하여 고가의 복잡한 형상의 제품가공이 가능한 다기능화된 공작기계이다. 특히, 다기능 복합가공기의 틸팅터릿 유닛은 절삭기능이 서로 다른 두 개의 공구를 부착하여 선삭, 밀링 및 보링 등의 복합공정을 동시에 수행할 수 있게 하는 가장 중요한 구성요소이다. 이러한 틸팅터릿 유닛은 3축이 동시에 구동되는 이송시스템으로 이송되어진다. 그러므로 이송시스템의 적절한 설계는 다기능 복합가공 공정의 정밀도에 영향을 미친다.

본 연구에서는 다기능 복합가공기 틸팅터릿 이송시스템을 각 요소별로 분해하여 ADAMS(Automated Dynamic Analysis of Mechanical System)를 이용하여 모델링 및 시뮬레이션을 수행하였다. 또한 모델링과 시뮬레이션을 통하여 틸팅터릿 이송시스템의 동적거동을 컴퓨터 화면에서 가시화함으로써 가상시제품(Virtual Prototype)을 제작하여 가상 실험을 수행하였다. 가상시제품은 다기능 복합가공기 이송시스템의 가상적인 거동을 미리 파악할 수 있고 기계를 제작하기 이전에 설계상의 문제점들을 발견함으로써 제작 후 오차수정 등의 손실을 줄여 보다 효율적이고 정확하고 경제적인 최적설계가 가능하리라 기대된다. 또한 다기능 복합 가공기의 동적 특성과 함께 이 분야 연구는 기본적 구조시스템에 관한 최적 설계 사양을 제공하고, 이와 유사한 복잡한 가공형상의 동특성 해석에도 연구결과가 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

2. ADAMS를 이용한 이송시스템 모델링

2.1 틸팅터릿 이송시스템의 모델링

본 연구에서는 다기능 복합가공기의 틸팅터릿 이송시스템을 각축별로 분리하여 모델링하였고 각축별로 분리된 이송시스템을 주요 구성요소인 볼스크류, 볼너트, 베어링, 직선운동가이드, 테이블, 커플링, 모터샤프트로 나누어서 각 특성을 고려하여 ADAMS를 이용하여 모델링하였다.

ADAMS는 기계적인 시스템을 시뮬레이션 하기 위한 프로그램으로 자동차공학, 항공학 및 일반적인 기계공학분야에서 널리 쓰이고 있는 프로그램이다.⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁶⁾ Fig. 1은 ADAMS를 이용하여 모델링하는 과정을 순서도로 나타낸 그림이다. 본 연구에서의 ADAMS를 이용한 모델링 과정은 이 순서도에 준하여 이루어 졌다.

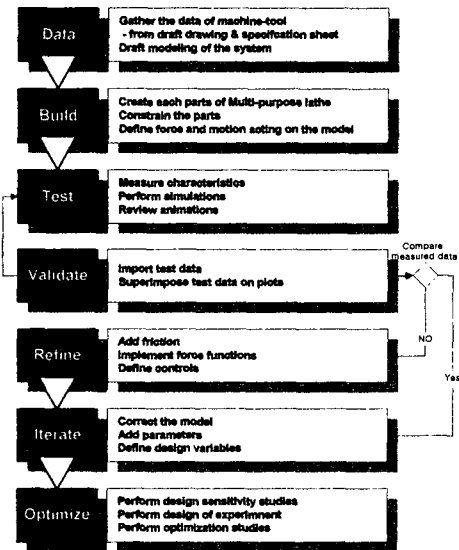


Fig. 1. Design Process Steps of Tilting Turret Slide System

○ DATA 수집

다기능 복합가공기의 모델링은 첨단 생산시스템 사업에서 개발중인 통일중공업의 다기능 복합가공기 설계도면(Fig. 2) 및 주요 사양(Table 1)⁽¹⁾을 참조하여 필요로 하는 데이터를 수집한 후 ADAMS를 이용하여 모델링하였다.

본 연구에서는 먼저 가장 기본이 되는 제 1축부터 이상적인 모델링을 하여 기구학적 운동상태 등

을 확인하는 테스트과정을 마친 후 제 2축, 제 3축으로 확대해 나갔다.

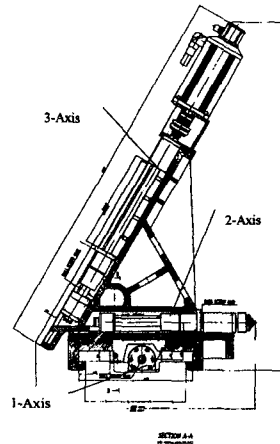


Fig. 2 Draft Drawing of Slide System

Table 1. Modeling Specification

Contents	Axis	Spec.
Length of Slide System	1st	4100 mm
	2nd	1050 mm
	3rd	1815 mm
Travel Length	1st	1100 mm
	2nd	270 mm
	3rd	510 mm
Travel Speed	1st	30 m/sec
	2nd	10 m/sec
	3rd	24 m/sec

○ BUILD SLIDE SYSTEM

각 축의 이송시스템의 주요구성 요소들을 모델링 할 때 프로그램상의 메뉴에 나타나있는 형상을 조합하여 각 구성요소를 모델링하였다. 모델링 된 각각의 부품에 구속조건(Constraint)과 Motion을 부가함으로써 동적 특성을 이상화하였다. 예를 들면 볼스크류와 볼너트는 원주로 모델링한 다음 Screw joint 및 Cylindrical joint로 제한하였고 트리스트 베어링은 사각형 블록에 회전방향의 운동만 허용하고 다른 방향의 운동을 구속하는 Rotational joint로 구성하였다. 단 볼스크류 및 직선운동 가이드에서의 마찰은 없는 것으로 가정하였으며 모터 동역

학은 포함시키지 않았다. 각 구성요소를 연결하는 구속조건들은 Table 2.와 같은 유형을 사용하였다.

Table 2. Modeling Constraint Specification

Component	Geometry	Modeling Constraint	Added Motion or Force
Ball Screw	Cylinder	Screw Joint	No.
Thrust Bearing	Plate	Rotational Joint	No
LM Guide	Extrusion	Inline Joint	No
Motor	Cylinder	Rotational Joint & Motion	Rotational Motion

○ TEST of MODEL

위와 같이 모델링이 끝나면 시뮬레이션을 수행하게 되고 모델링이 올바르게 되었는지 테스트 과정을 거치게 된다. 테스트 과정에서는 모델링에 대한 자유도를 점검하고 시뮬레이션이 올바르게 실행되는지 검사하게 된다. 시뮬레이션이 끝나면 시뮬레이션 데이터들이 산출되고 시뮬레이션을 통하여 테이블의 동적 거동을 가시화할 수 있게 된다.

○ VALIDATE

산출된 데이터들은 그래프로 그려질 수 있고 이 그래프를 분석하거나 실측 데이터들과 비교를 하게 되는데 본 연구에서는 다기능 복합가공기가 제작된 후에 데이터를 비교 분석할 계획이다.

○ REFINE

이 과정에서는 시뮬레이션에 의하여 나온 결과를 기준으로 모델링의 결함유무를 확인하고 모델링하지 못했던 부분들을 다시 수정하고 구속조건 및 힘과 Motion을 다시 첨가하는 단계이다.

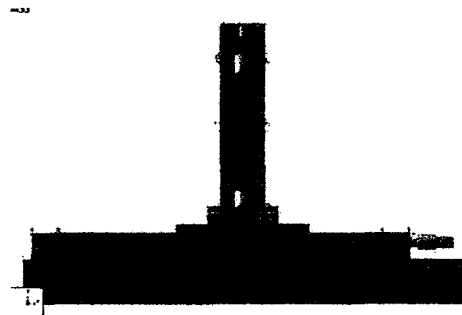
○ ITERATE AND OPTIMIZE

REFINE 후 다시 시뮬레이션이 끝나면 기본적인 모델링이 올바르게 됐는지를 점검할 수 있고 다시 새로운 조건들을 첨가함으로써 모델링과 테스트 과정을 반복하여 모델링을 최적화하게 된다.

제 1축 테이블이 모델링이 끝나면 순서대로 제 2축, 제 3축 테이블을 모델링하게 되는데 제 1축, 제 2축이 선삭을 하기 위해서 텨팅터릿을 이송시키는 부분이라면 제 2축, 제 3축 테이블은 텨링의 기능을 수행할 때 텨팅터릿의 상하운동 및 Y축을

따라 운동을 할 수 있게 하는 테이블이다. 제 3축 테이블은 Y축에 대해 경사를 두고 있는데 제 2축과 함께 텨릿의 상하운동 및 Y축의 병진운동의 분해능을 높이고 경사면에 힘을 분산되게 함으로써 절삭시 진동을 줄여 정밀한 가공을 하게 하는 기능을 갖고 있다. 그러나 경사면이기 때문에 운동시 제 2축과 제 3축이 동시에 운동하게 되어 제어와 설계가 복잡해지게 되므로 설계 초기단계부터 주의 기울여야 할 부분이다.

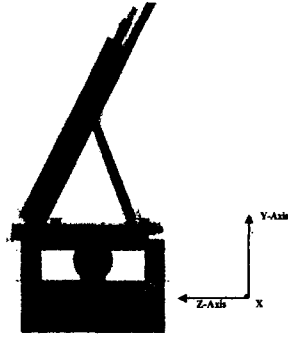
모델링이 완성되면 1축, 2축, 3축 테이블의 운동 현상을 컴퓨터 3차원 동화상으로 시뮬레이션하여 운동상태를 파악할 수 있으며, 원하는 요소의 운동 물리량을 그래프로 산출할 수 있다. ADAMS를 이용하여 모델링된 그림은 Fig. 3과 같다.



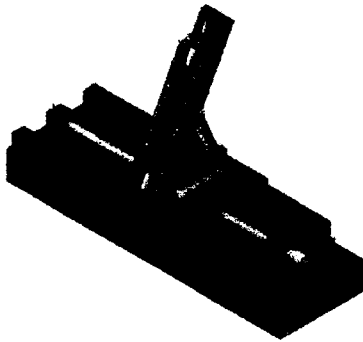
a) Front view of slide system



b) Top view of slide system



c) Side view of slide system



d) Isometric view of slide system

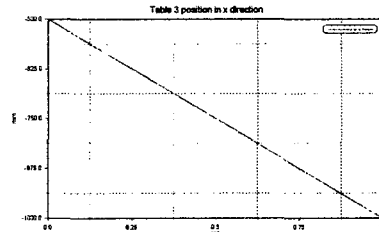
Fig. 3 Modeling of Slide System of Multi-purpose Lathe

2.2 틸팅테이블 이송시스템의 시뮬레이션

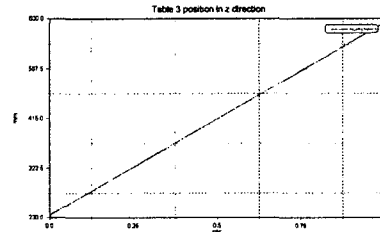
모델링된 이송시스템을 특정 조건을 주고 시뮬레이션하면 동적 거동을 컴퓨터 화면에서 가시적으로 확인 할 수 있게 된다. 시뮬레이션이 수행된 후 각각의 동적 상태량들의 그래프를 나타내면 Fig. 4와 같다. 각 축의 모터 회전 속도는 Table 4의 최고속도에 준하여 각각 제 1축 2500 RPM, 제 2축 1000 RPM, 제 3축은 2000 RPM으로 하였다⁽¹⁾. 구동시간은 0초부터 1초까지이다.

Fig. 4는 제 3축에 위치한 테이블의 동적 상태량을 나타낸 그래프들이다. a), b), c) 그래프는 각각 제 3축 이송테이블의 X, Y, Z 축방향으로의 변위를 나타낸다. 각 축방에서의 변위량들이 선형적으로 증가하고 있음을 알 수 있다. 여기서 X축 방향은 제 1축 테이블에 의한 값이고, Z축 방향은 제 2축 테이블에 의한 값이고, 마지막 Y축 방향은 제 3축 테이블이 운동에 의한 변위량이다. d), e), f)

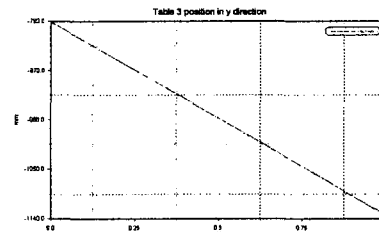
는 X, Y, Z축 방향의 속도에 대한 그래프들이고 g), h), i)는 X, Y, Z축 방향의 가속도를 나타내는 그래프들이다. 속도와 가속도의 그래프를 볼 때 아주 미세하지만 요동이 발생하는 것을 볼 수 있는데 이러한 것들은 고정밀 가공에서 정밀도에 영향을 미치는 특성들로서 고정밀 제어를 도입하거나 설계 팩터들을 변화시켜서 보정할 수 있다.⁽²⁾



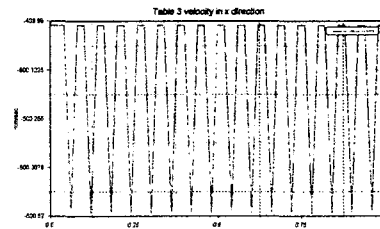
a) Position in X Direction of Table 3 on 3rd Axis



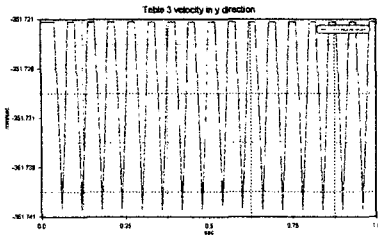
b) Position in Y Direction of Table 3 on 3rd Axis



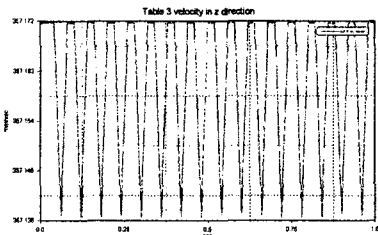
c) Position in Z Direction of Table 3 on 3rd Axis



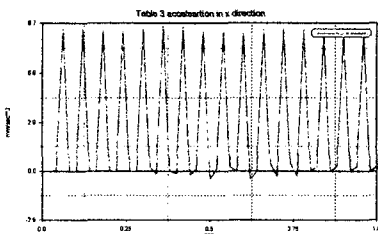
d) Velocity in X Direction of Table 3 on 3rd Axis



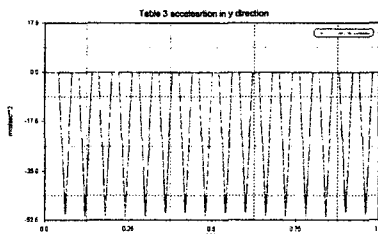
e) Velocity in Y Direction of Table 3 on 3rd Axis



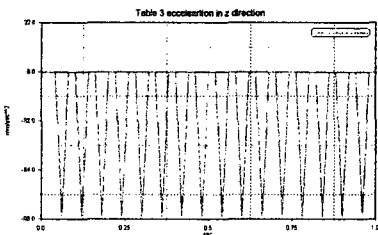
f) Velocity in Z Direction of Table 3 on 3rd Axis



g) Acceleration in X Direction of Table 3 on 3rd Axis



h) Acceleration in Y Direction of Table 3 on 3rd Axis



i) Acceleration in Z Direction of Table 3 on 3rd Axis

Fig. 4 Dynamic States of Table 3 in 3-Axis

2.3 Tool Position

3축 이송테이블 모델링이 끝나고 나면 틸팅 터릿 유닛을 모델링하고 이송시스템에 장착하게 된다. 모델링 테스트가 끝난 후 틸팅터릿을 포함한 전체 이송시스템의 모델링을 완성하고 시뮬레이션을 수행하면 틸팅터릿 이송시스템의 동적 거동을 가시적으로 확인 할 수 있게 되는데 Fig. 5는 시뮬레이션을 수행하고 있는 ADAMS 윈도우 화면의 한 장면이다.

시뮬레이션을 마치게 되면 각 요소들의 동적 상태량들이 구해지고 따라서 공구의 궤적을 알 수 있게 되는데 X-Y 평면에서의 위치, X-Z 평면에서의 위치 그리고 Y-Z 평면에서의 툴 위치들을 Fig. 6과 같이 그래프로 나타내었다.

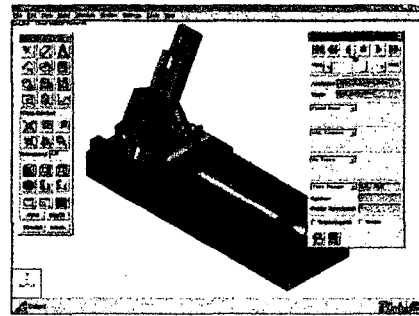
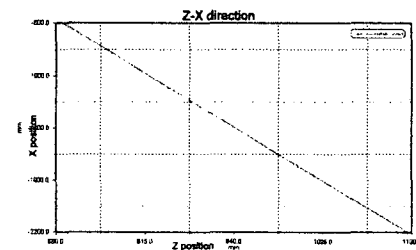
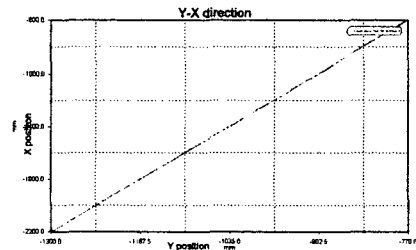


Fig. 5 Simulation of Slide System with Tilting Turret



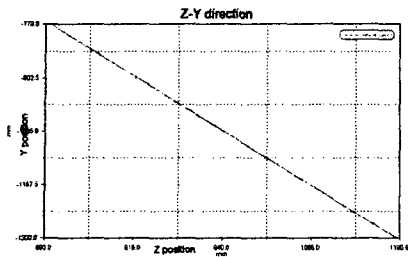


Fig. 6 Tool Position along the Two Axis

3. 결 론

다기능 복합가공기의 이송 시스템은 선반과 밀링을 동시에 수행할 수 있는 톨팅터릿을 이송하는데 적용되는 3축 이송 시스템이다. 본 연구에서는 다기능 복합가공기의 최적 설계를 위해 톨팅터릿 이송시스템을 각 축별로 분리하여 각 축을 이루고 있는 요소들을 ADAMS를 이용하여 모델링하였고 시뮬레이션을 통해 시스템의 신뢰성을 평가할 수 있는 설계 모듈을 개발하였다. 그리고 다기능 복합가공기 톨팅터릿 이송시스템의 동적 거동을 가시화함으로써 가상시제품을 제작하여 컴퓨터 가상 실험에 의하여 시제품을 만들지 않고도 설계 타당성을 검토할 수 있는 설계방법을 제시하였다. 본 연구결과는 다기능 복합가공기 뿐만 아니라 유사한 복잡한 가공기의 설계에서 각 요소들의 동특성 해석에도 적용될 수 있을 것으로 사료된다. 또한 설계된 시스템의 동적 거동을 제작 이전에 가시화함으로써 가상실험을 통해 문제점을 보완하여 시제품 개발비가 크게 절감되리라 기대된다.

4. 참고문헌

1. 통일중공업, "다기능 복합 가공기 기술개발에 관한 연구" 1차년도 연차보고서, 1997. 9.
2. 정상화, "압전액츄에이터를 이용한 초정밀 볼스크류시스템의 능동감쇠", 조선대학교 수송기계 부품 연구센터 국제공동연구 연차보고서, 1997
3. Andrew S. Elliot, "Mark H. Richardson, Virtual Experimental Modal Analysis (VEMA)", ADAMS Users' Conference, 1998

4. Lars Lindkvist "ADAMS/View Powertrain Model", 11th European ADAMS Users' Conf. 1996
5. A. Shimokobe, *Ultra-Precision Positioning*, TIT Seminar materials, 1997.
6. A. Arenz, W. Borchert, E. Schnieder, "Simulation of a goliath transfer robot combining the software tools ADAMS and MATLAB", 11th European ADAMS Users' Conf. 1996
7. 정상화, "다기능 복합가공기의 최적설계를 위한 이송시스템의 동특성 연구", 선도기술개발(G7) 사업 Workshop Proc. 1998, pp. 310-320.
8. 정상화, 차경래, 김중환, "다기능 복합가공기 이송시스템 동특성 해석", 한국정밀공학회 추계학술대회는논문집 1998. pp. 1269-1273.