

## 공작기계용 고정번지식 자동 공구교환 시스템 개발

이춘만(창원대 기계설계공학과), 허영진\*(창원대 기계설계공학과)

### A Development of Fixed Address Type Automatic Tool Change System for Machine Tool

C. M. Lee(Mech. Design&Manuf. Eng. Dept., Changwon National University), Y. J. Her(Mech. Design&Manuf. Eng. Dept., Changwon National University)

#### ABSTRACT

Recently, Many studies have been undergoing to reduce a working time in a field of machine tool. There are two ways of reducing working time; to reduce actual working time by heighten spindle speed and to reduce stand-by time by shortening tool exchange time. Automatic tool change system belongs to the latter case. Fixed address type automatic tool change system that is being developed in this study can store more number of tool in small space than magazine transfer type automatic tool changer as well as shorten tool exchange time. In this paper, a simplified equivalent model of finite element method in order to analyze frame structure of fixed address type automatic tool change system is presented.

**Key Words** : Fixed Address Type Automatic Tool Change System(고정번지식 자동 공구교환 시스템), FEM: Finite Element Method(유한요소법)

#### 1. 서론

최근 공작기계분야에서 가공시간을 줄이기 위한 많은 연구가 이루어지고 있다. 가공시간은 실제 공구가 공작물을 가공하는 시간과 공구의 위치 이동 및 공구를 교환하기 위한 가공 대기 시간으로 나눌 수 있다. 실제 가공시간을 줄이기 위한 방법에는 주축의 회전속도 및 가공 이송속도를 높이는 방법이 있고, 가공 대기 시간을 줄이는 방법으로는 공구 교환 시간을 단축시킴으로써 해결 될 수 있다.

또한, 최근의 생산 체제는 소품종 대량생산 체제에서 다품종 소량생산 체제로의 변화요구에 의해 하나의 공작기계에서 다양한 공구를 사용하여야 한다. 그러기 위해선 하나의 공구 교환 시스템에 많은 수의 공구를 저장할 수 있는 시스템이 필요하다. 그래서 본 연구에서는 Fig. 1의 기존의 메거진 이송방식의 공구교환 장치보다 상대적으로 적은 공간에 많은 수의 공구를 저장할 수 있고, 또한 공구 교환 시간을 단축 할 수 있는 공작기계용 고정번지식 자동 공구 교환 시스템을 개발하고 있다.

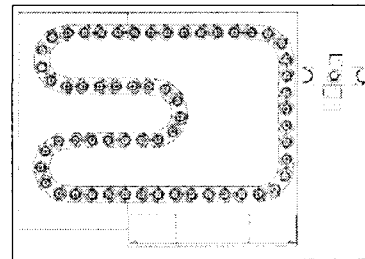


Fig. 1 Magazine transfer type automatic tool changer

본 연구에서 개발중인 공작기계용 고정번지식 자동 공구교환 시스템의 개략도는 Fig. 2와 같다. 구체적으로 고정번지식 자동 공구교환 시스템과 메거진 이송방식 자동 공구교환 장치를 비교하면, 고정번지식 자동 공구교환 시스템이 120개의 공구를 장착하기위해서 2115\*2715\*1810의 공간이 필요한 반면 메거진 이송방식 자동 공구교환 장치는 이보다 2배 이상의 공간이 필요하다. 그리고 메거진 이송방식 자동 공구교환 장치는 메거진 구동에 따른 소음발생과

중량 공구의 잦은 이송에 따른 체인 및 롤러의 마모에 의한 수명단축 그리고 공구의 중설에 따른 공간 확보의 어려움 등의 문제점을 가지고 있다. 하지만 고정면지식 자동 공구교환 시스템에서는 프레임 구조물로 이루어져 있고, 모든 공구가 Gripper에 의해 고정된 위치에 있고 X, Y축에 Slide를 장착해서 이것에 의해 공구가 교환되기 때문에 폐거진 이송방식 자동 공구교환 장치가 가지고 있는 여러 문제점을 최소화 할 수 있다.

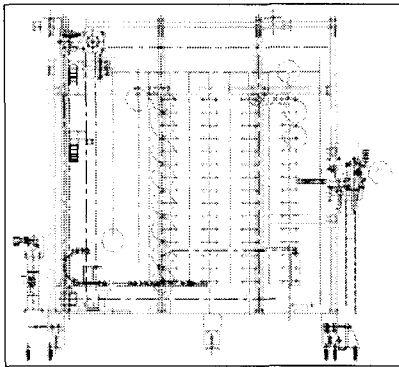


Fig. 2 Fixed address type automatic tool change system (gripper type)

이러한 여러 가지 이유로 일본 등의 선진국에서는 이미 상품화가 되어있지만, 국내에서는 폐거진 이송방식의 자동 공구교환 장치는 실용화가 되어 있으나, 공작기계용 고정면지식 자동 공구교환 시스템은 적용되어있지 않은 실정이다. 이에 본 연구에서는 공작기계용 고정면지식 자동 공구교환 시스템을 개발하고자 한다.

## 2. 본론

### 2.1 구조

현재 개발하고 있는 공작기계용 고정면지식 자동 공구교환 시스템의 구조가 처음부터 Fig. 2와 같은 형태의 구조로 결정된 것은 아니었다. 처음에는 Fig. 3과 같은 Port type의 주물 주물구조를 생각하고 있었다. 하지만 이는 중량 구조물이고 제작비용이 많이 들며 제작이 어렵다는 단점이 있다. 또한 독일과 같은 선진국에서도 Fig. 2와 같은 Gripper type으로 바뀌어 가는 추세이기 때문에 Gripper type으로 설계 변경을 하게 됐다.

개발중인 시스템에서는 Fig. 4와 같이 Gripper를 각각 분리형으로 제작하였다. 이는 일체형으로 했을 때 소재의 가격이 올라가고 가공이 어려워지며 한

부분에 불량 발생했을 때 전체를 교체해야하는 문제가 있기 때문이다.

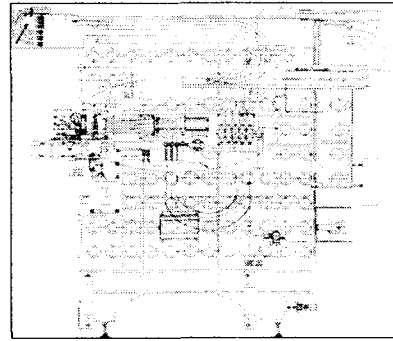


Fig. 3 Fixed address type automatic tool change system (port type)

공구는 Fig. 5와 같이 Gripper의 스프링에 의해 눌러있는 형태로 고정된 위치에 있게 되고, Fig. 6과 같은 X, Y축 이송 UNIT에 의해 공구를 교환 할 수 있게 된다.

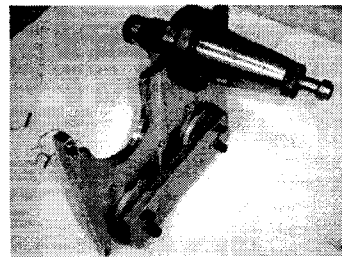


Fig. 4 Gripper and tool holder

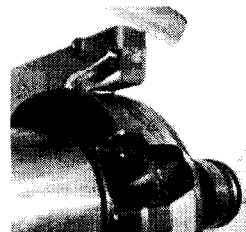


Fig. 5 Spring of gripper

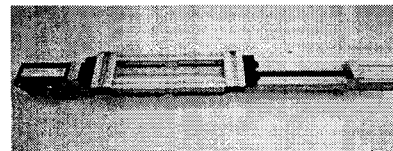


Fig. 6 Transfer unit

### 2.2 Frame 구조해석

Fig. 7은 본 시스템에서 사용하고 있는 알루미늄 프로파일이다. 이처럼 아주 복잡한 형상을 하고 있기 때문에 구조해석 시 이 형상 그대로를 사용하면 해석이 곤란 할 것이다. 이 때문에 모든 요소를 밍으로 가정하여 단순화 시켰다. Fig. 8은 본 시스템의 유한요소 모델이다. 본 연구에서는 구조해석 수단으로 상용 유한요소 해석 시스템인 ANSYS 5.6을 이용하였다.

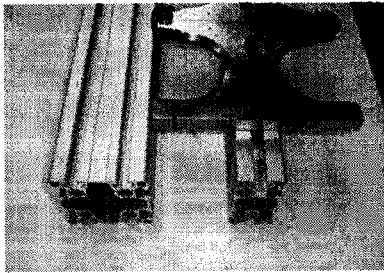


Fig. 7 Aluminum profile for frame

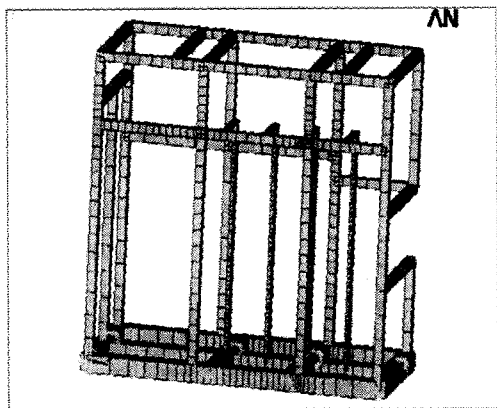


Fig. 8 FEM model of the frame

본 시스템을 구성하고 있는 주요 구조물의 재료는 Main Frame과 Gripper Part의 알루미늄(AL6063)과 Base Frame과 Gripper 위쪽 지지부의 강재(SS41)이다. 각 재료의 물성치와 단면계수를 Table 1과 Table 2에 제시하였다.

Table 1 Material properties of FEM model

Steel (SS41)	Young's modulus[GPa]	140
	Poisson's ratio	0.3
	Density[Nsec <sup>2</sup> /mm <sup>4</sup> ]	7.8e-9
Aluminum (AL6063)	Young's modulus[GPa]	70
	Poisson's ratio	0.33
	Density[Nsec <sup>2</sup> /mm <sup>4</sup> ]	2.7e-9

Table 2 Cross-sectional property of FEM model

	Area[mm <sup>2</sup> ]	2990
	I[mm <sup>4</sup> ]	10158847.7094
	Area	3963.292
	Izz	22680281.4393
	Iyy	14571254.0011
	Area	1200
	Izz	562500
	Iyy	25600
	Area	2068
	I	2117000
	Area	971.5484
	Izz	611843.0986
	Iyy	170290.0986

구조해석 시 경계조건으로서 외각 Base Frame과 지면이 만나는 8개의 지지점들의 자유도를 모두 고정시켰고, 자중은 무시하였다. 하중은 틀 1개의 무게를 최대 무게인 25kg으로 가정하고, Gripper 한 줄에 양쪽으로 30개의 틀이 달려있으므로 틀이 장착되는 각각의 위치마다 질량을 힘으로 환산하여 245N의 힘을 적용하였다.

해석 결과 최대응력은 Base Frame의 세 번째 Gripper Part에서 7.083MPa로 나타났고 이는 Base Frame의 재질인 강재의 205MPa보다 매우 작기 때문에 구조적으로 문제를 일으킬 가능성은 없다고 판단된다. 변위는 두 번째 Gripper Part의 맨 위쪽에서 0.093477mm로 나타났다. 이 값은 틀의 위치를 지정하는데 문제가 되지 않을 정도로 작다. Fig. 9와 Fig. 10은 응력과 변형결과를 보여주고 있다.

시스템의 고유진동수영역이 운전영역보다 높게 설계되어야 시스템이 안전하게 작동한다. 그러므로

모든 위치에 공구가 장착 된 상태에서 진동해석을 하기 위해 공구가 장착되는 각 지점마다 25kg의 질량요소를 적용하여 해석하였다. Table 3에 각 모드별 진동수를 나타내었고 Fig. 11에 1차 모드 형태를 나타냈다. 본 시스템에 사용되는 모터는 정격회전수가 2000rpm으로 5.3051Hz가 된다. 이 값은 해석결과 1차 모드의 진동수인 9.0502Hz보다 낮은 영역에서 작동함을 나타내므로 본 시스템은 안전하다고 예측된다.

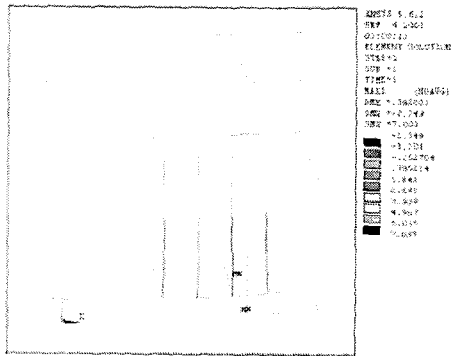


Fig. 9 Stress of the Frame

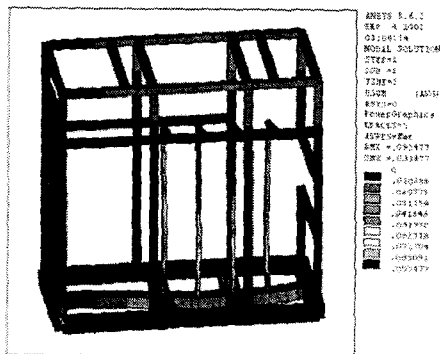


Fig. 10 Deformation of the frame

Table 3 Modal frequency of the frame

Set	Frequency[Hz]	Set	Frequency[Hz]
1	9.0502	4	29.858
2	9.4402	5	33.879
3	12.790	6	35.387

### 3. 결론

본 연구에서는 공작기계용 고정번지식 자동 공구교환 시스템을 개발함에 있어 그 과정과 프레임 구조물을 유한요소법으로 구조해석을 수행하여 공작기계용 고정번지식 자동 공구교환 시스템이 안전함을

확인하였다. 또한 본 구조해석에 사용된 등가 모델은 이상적으로 단순화 된 결과라 볼 수 있고 이는 계산 시간을 매우 단축시킬 수 있을 뿐만 아니라 간단 명료한 해석 결과를 얻을 수 있다. 이런 과정들을 통해 현재 공작기계용 고정번지식 자동 공구교환 시스템이 조립단계에 있다.

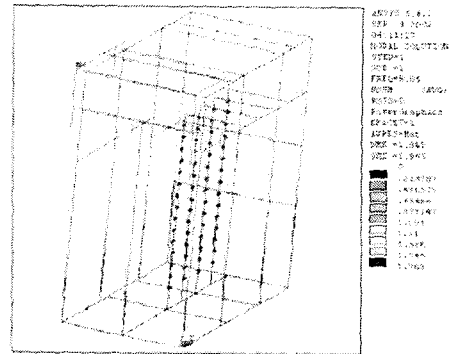


Fig. 11 A first set mode shape

### 후기

본 연구는 과학술부 한국과학재단 지경 창원대학교 공작기계기술연구센터와 ㈜화인 ATC의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사 드립니다.

### 참고문헌

- 고정환, 강기영, 이상조, "저보모터를 이용한 자동 공구교환 장치의 개발," 한국정밀공학회지, 제16권, 제5호, pp. 66-73
- 김석일, 성하성, "콘크리트 베드를 이용한 무심 연삭기의 구조특성 해석," 한국정밀공학회 논문집, pp. 32-36, 2002.
- 지상현, 김민수, "서지탱크의 최적설계," 대한기계학회지, 제31권, 제1호, pp. 34-42, 1991.
- Mustafa Iihan Gokler, Murat Bilgin Koc, "Design of an Automatic Tool Changer with Disc Magazine for a CNC Horizontal Machining Center," Int. J. Mach. Tools Manufact., vol. 37, pp. 277-286, 1997.
- 고재용, "ANSYS 와 유한요소법," 시그마프레스, 2001.
- 주요출판사/주CIFES, "CATIA V5 이론에서 실기까지," 용보출판사, 2001.