

## 초고속 고정밀 5축 가공기 개발 PART II

### Development of High speed and precision 5-axis machining center

\*김법민<sup>1</sup>, 최원선<sup>1</sup>, 하재용<sup>1</sup>, 김태형<sup>1</sup>

\*B. M. Kim(bupmin.kim@doosan.com)<sup>1</sup>, W. S. Choi<sup>1</sup>, J. Y. Ha<sup>1</sup>, T. H. Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>두산인프라코어 공기 자동화 BG

Key words : IT device, Mineral casting, Linear motor, DDM, Run-out

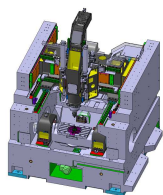
### 1. 서론

최근 공작기계를 사용하는 산업분야가 기존의 자동차나, 항공산업 정밀기계 등 전통적인 기계 제조업에 국한되지 않고, 초정밀 금형산업 및 IT 부품산업의 휴대폰과 더불어 PMP, DMB 등의 휴대용 IT 기기와 점점 소형화되는 노트북 등으로 사업군이 확대되면서 고정밀 초고속 머시닝센터 장비 필요성이 증대되고 있다.

본 연구에서는 난삭제인 IT부품 생산에 적합한 장비인 초고속 고정밀 5축 가공기 개발 단계에서 주요 유닛트의 설계 결과 및 제작 후 테스트 결과를 서술 하였다.

### 2. 초고속 고정밀 5축 가공기 Lay-out 및 제원

초고속 고정밀 5축 가공기는 복잡하고 미세한 형상을 가지는 IT 부품의 금형가공에 적합한 장비로서 기존의 일반 기계부품 가공기 보다 정밀도가 2~3배 높고, 소형 공구를 위한 초고속 회전으로 주로 난삭제의 고속 미소 밀링가공이 필수적인 장비의 Lay-out 및 제원을 Fig. 1에 나타내었다.



Descriptions	Model	Unit	DOOSAN
			Ultra High Speed 5-axis Machine
Travel	X, Y, Z axis	mm	400/600/500
	A, C axis	deg	240/360
	Rapid traverse rate (XYZ)	m/min	80/80/80
Feedrate	Rapid traverse rate (A/C)	rpm	100/200
	Max. acceleration	m/sec <sup>2</sup>	19.8
	Table size	mm	820/0
Table	Table loading capacity	kgf	20
	Max. spindle speed	rpm	50,000
	Motor power	kW	6.5 / 7
Spindle	Spindle taper		#50 A/B
	Repeatability (XYZ)	mm	±0.0005
Accuracy	Repeatability (A/C)	arcsec	± 2

Fig. 1 Machine lay-out and specification.

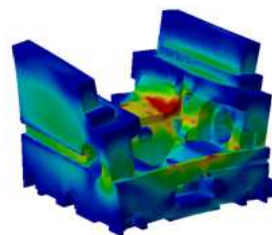
### 3. 고감쇠 미네랄 캐스팅 베이스

높은 가감속으로 인해 발생하는 진동에 대한 감쇠 특성을 높이기 위해, 주물 대비 10배의 진동 흡수력을 가진 미네랄 캐스팅을 베이스에 적용하

여 최적화를 수행 하였다.

미네랄 캐스팅의 모드 해석 결과, 1차 고유진동수는 193Hz로 나타났고 제작 후 실험값은 189Hz로서 2%의 오차 이내로 해석 결과와 근접한 결과를 얻을 수 있었다.

감쇠 특성 실험 결과 일반 주철 주물 대비 약 5~10배 정도의 감쇠 계수 값을 확인할 수 있었다.



193Hz

Fig. 2 Mode analysis result for mineral casting base

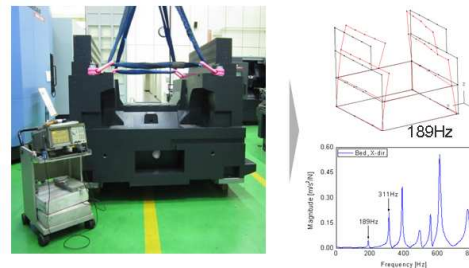


Fig. 3 Modal test result for mineral casting base

### 4. 고속 주축

세라믹 볼베어링과, 빌트인 모터, 그리고 오일에 어 윤활을 이용한 50000rpm 주축을 개발하기 위해 먼저 40000rpm 고속주축을 제작하여 Run-out 실험한 결과, 전체 오차량은 반경방향 3.3 $\mu$ m, 축방향 4.5 $\mu$ m 이내 측정되었다

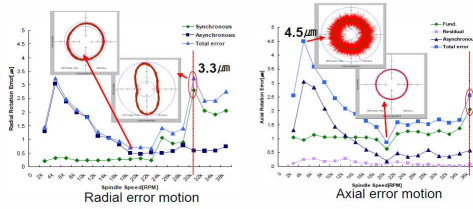


Fig. 4 40,000rpm run-out test

#### 4. DDM 로터리 테이블

고강성 베어링과 Torque Motor, Rotary Encoder를 이용하여 A축 100rpm, C축 200rpm의 고속 고강성 Rotary Table을 설계하였다. 장비에 장착하기 전 test를 수행하기 위하여 Fig. 5와 같이 test bench를 수행하였다. 제작된 로터리 테이블의 각가속도 성능 test 결과, A/C축 모두 100ms 이하의 시정수로 최대 속도에 도달 가능한 것으로 나타났다.

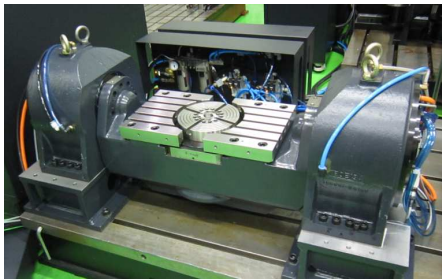


Fig.5 DDM Rotary table test bench.

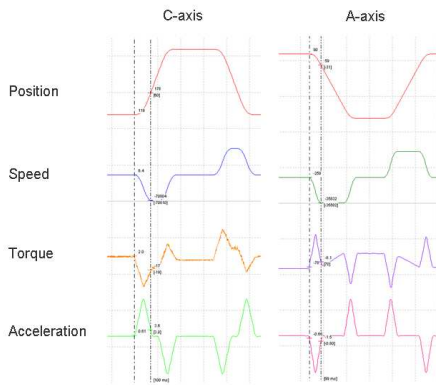


Fig. 6 Diagram for DDM rotary table.

#### 5. 초고속 이송계 설계

리니어 모터와 고강성 직선 Roller Guide way를 이용한 최대 속도 80m/min, 최고 가감속도

2g(g 중력가속도)의 고정밀 초고속 직선 이송계를 설계하고, 최적화하여 1차 고유진동수 120Hz, Y방향 정강성 5kgf/μm을 달성하였고, Fig.8과 같이 proto type을 제작 중에 있다.

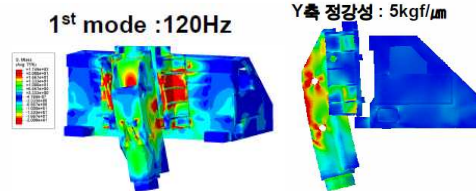


Fig. 7 Static/Dynamic analysis for axis drive system.

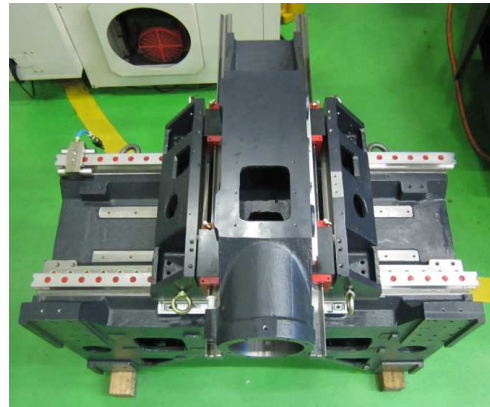


Fig. 8 Sub assembly of axis drive system.

#### 결론

리니어 모터를 이용한 속도 80m/min, 최대 가감속도 2g의 직선 이송계, 최고회전속도 200rpm의 DDM Rotary Table, 고강쇠 미네랄 캐스팅 베이스 그리고 이에 상응하는 최고회전속도 50000rpm의 고속주축이 탑재된 Compact 장비를 개발하기 위하여 본 논문에서는 아래와 같은 결론에 도달하였다.

1. 미네랄 캐스팅 베이스 설계 및 제작 후 특성 파악
2. 고속 주축의 Runout 측정결과 축/반경방향 오차 5μm이내
3. A축 100rpm, C축 200rpm의 DDM Rotary Table 테스트 벤치 제작 및 가감속 특성 파악
4. 리니어 모터 이송계 최적화 결과 동적 해석결과 120Hz 달성

향후, 시제품 조립 후 장비의 성능 평가를 실시할 예정이다.