

고속 CNC Scribing Machine 의 개발에 관한 보고

편 영 식 여 진 옥

A Report on the development of high-speed CNC Scribing Machine

Young Shik Pyoun. Jin Uk Yea.

제 1 장 연구개발의 배경 및 목적

가전기기 분야(전자레인지의 창, 냉장고 수납장치 등)뿐만 아니라, 사무자동화기기 분야(프린터의 반사경, 복사기의 복사면 접지유리, 팩스밀기의 반사경, Notebook PC 의 LCD 용 Panel, 컴퓨터 보안경 등)에도 미관 뿐 아니라 복합적인 기능에 적합한 특성 때문에 평판 유리나 거울의 수요가 증대되어 가고 있다. 이러한 산업 분야에 사용하는 유리는 기존의 건축용과는 달리 정밀한 가공이 요구되고 있으며, 가격경쟁력 때문에 고속가공이 필수적인 추세이다.

이제까지의 국내외 산업계에서 개발하여 사용하는 건축용 CNC Scribing Machine 의 최고 금긋기 속도는 100m/min 정도이고 금긋기 정밀도는 특수정밀용일 때 $\pm 0.15\text{mm}$ 이고 일반용일 때는 $\pm 0.3\text{mm}$ 이다. 그러나 정밀가공시 금긋기 위치를 선정하는데 사용하는 이동속도는 최고금긋기 속도의 50 ~ 60%정도 범위에서 사용되고 있다. 이러한 건축용 기계의 최대가공능력은 $2,450 \times 3,100\text{mm}$ 이상의 대형기계들이다.

산업용으로 개발되는 정밀 CNC Scribing Machine 에서 최고성능을 보유하고 있다고 자랑하고 있는 미국의 기계(Stroke 1100 * 1200 정도)는 LCD 용 Panel($350 \times 350\text{mm}$)을 가공할 때 최고의 금긋기 속도가 60m/min 이고, 이를 위해 Linear Motor 를 사용하는 이송기구를 채택하고 있다. 이 기계의 금긋기 정

밀도는 Optical Scale 을 부착한 Closed feed back system 인 경우에 $\pm 20 \mu\text{m}$ 이다. 그러나 이때에도 금긋기 위치선정이 잦은 적은 규격(레이저 프린터나 팩스밀의 반사경 $25 \times 125\text{mm}$ 정도)을 금긋기 할 때에는 이러한 최고 속도를 기대할 수 없다고 생각된다.

본 산학 개발 프로젝트의 목적은 레이저 프린터나 팩스밀의 반사경같은 소형 정밀 반사경을 생산하고 있는 최종사용자의 국제경쟁력 향상을 위해 고속 CNC Scribing Machine 을 개발하여 공급하는 것이다.

제 2 장 개발의 목표설정 및 설계 제작

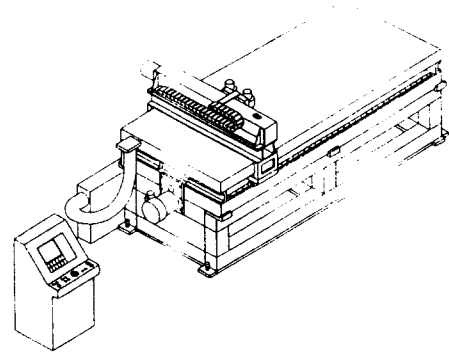
2-1. 유리 Scribing 가공

유리 금긋기가공이란 Diamond 나 Carbide 로 만든 공구로 유리나 거울의 표면을 요구치수로 재단하듯이 금을 긋는 것을 말한다. 최종 사용할 유리는 금긋기를 하고 난후 금을 그은 대로 전단력을 주어 분리 하는데 이는 대개 수동 공구를 이용하여 작업하고 일부 자동화 작업도 하고 있다. 이후의 공정은 모서리의 연삭과 세척작업이 추가된 후 기계에 조립되어 진다.

2-2. 개발목표 설정

94 년도에 건축용 자유 곡선가공 및 산업용 정밀가공의 공용으로 시행했던 '2D Free Curve CNC Scribing Machine'개발의 경험을 기본으로 하고 [1] 최신 선진국의 개발 추세를 반영하여

최대 금긋기속도를 40m/min 으로 하고 실제 효율을 향상시키기 위해 금긋기 위치를 선정하는데 사용하는 이송속도도 동일하게 40m/min 으로 설정하였다. 최대 가공능력도 가공할 유리의 원판에 맞추어서 940*1810mm (Y*X)로 설정하였다. 이송부의 무게문제 때문에 최고이송속도를 올리기가 어렵다. 따라서, Head 를 2 개 사용하여 이송길이가 긴 X 방향 Scribing 시에는 2 줄씩 금긋기하고, Y 방향 Scribing 시에는 1 줄씩 금긋기하여 Head 가 1 개일때 보다 생산속도를 향상시킬 수 있게 하였다. 그리고 또, 세부적인 정강성 및 동강성의 계산을 할 수 없었지만, 금긋기 가공은 고속 경부하 작업이므로 정적강성 보다는 동강성이 더 중요한 인자이므로 모든 구조물은 동강성 특성이 우수하다고 입증된 Box 형 리브 보강구조의 주물구조로 하였다 [2]. 이러한 개념하에 개발목표의 기본사양과 Layout 를 표시하면 다음[표 1] 및 [그림 1]과 같다.



[그림 1] Layout

달성하는데 있다. 이의 달성에 필요한 주요 이송부의 기능부품인 Ball-Screw, LM Guide, Servo Motor의 사양을 정하는 과정을 설명한다. 예비 설계단계에서 정밀도를 유지하면서 고속 이송속도를 얻을 수 있는 여러 종류의 정밀공작기계용 AC Servo Motor, Ballscrew, LM Guide의 사양을 대안으로서 선정하였다.

구체적인 세부사양의 결정을 위해서는 Ballscrew에 걸리는 부하 (이송부 구조부분의 중량 + Ballscrew Diameter 와 Lead에 따른 변수 + LM Guide의 사양에 따른 변수) 를 고려하면서 모터의 특성을 만족 하는가를 평가하는 과정을 반복 하면서 적정한 사양을 결정하는 것이다. 이러한 과정을 정리하면 [그림 2]와 같다.

Y축 이송부의 경우에는 Ballscrew위에 걸리는 부하가 22kg 정도밖에 되지 않아 각각의 사양선정에는 큰 어려움이 없었다. 단지 최대 이송속도를 얻을 수 있는 Ballscrew의 lead가 24mm이상이나, 20mm가 시중에서 구할 수 있는 최대 리드이므로 정격회전수를 넘는 최대회전수의 80%에서 토크 특성을 분석하여 적정 모터를 선정하였다. 그러나 이렇게 선정된 모터도 국내 생산이 되지 않고 수입공급을 하는 관계로 납기상의 문제가 발생하여, 한 단위 큰 규격의 모터로 사양을 변경하게 되었다.

[표 1] 기본설계 사양

DESCRIPTION	SPECIFICATION
Max. Feed Rate	40m/min
Scribing Accuracy	$\leq \pm 0.03\text{mm}$
No. of Head	2:헤드간격 조절범위 50mm 이상
Stroke (Y*X)	940mm*1810mm
CNC	SENTROL-M
Clamp/Unclamp System	Vacuum & Blowing System

2-3. 주요 구성부품 설계

[1] 기계구조 부분

이번 고속CNC Scribing Machine 개발의 주된목표는 이송속도를 40m/min 로 올리 면서 $\pm 0.03\text{mm}$ 의 정밀도를

X축 이송부의 설계에서는 예비계산시 Ballscrew 에 걸리는 부하를 110kg 이상 할 수 없다고 판정하였기에 적정한 사양을 얻는데 많은 반복계산이 필요하였다. 그러나 이렇게 결정한 사양도 선정된 Ballscrew의 직경과 리드를 갖는 제품의 납기 문제로 인해, 한 단위 큰 직경을 갖는 제품으로 변경하게 되었고, 또한 Y축 모터 사양의 변경문제도 추가로 발생하여 X축 Ballscrew에 걸리는 부하가 증대하게 되었다. 이로 인해 기 선정된 X축 모터의 가감속시 순간토크의 문제가 발생하게 되어 사양을 한단계 올리는 변경을 하게 되었다.

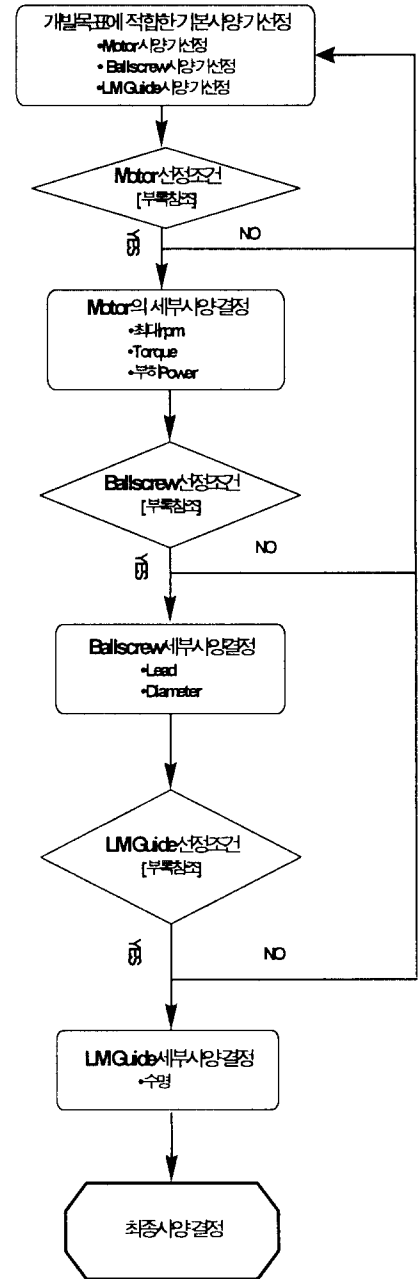
이러한 기술 및 시장의 제약조건하에서 반복적인 계산을 거쳐 선정된 이송부의 주요기능부품들의 사양을 정리하면 [표 2]와 같다.

[표 2] 기계부분의 사양

Ballscrew		
Lead (mm)	20 mm	40 mm
Diameter (mm)	20 mm	50 mm
Total Length(mm)	1165 mm	2064 mm
Stroke (mm)	940 mm	1810 mm
LM Guide		
Model No.	SR15W2UU	SR25W2UU
AC Servo Motor		
	Y axes	X axes
정격출력(W)	450 W	1300 W
최대 회전수 (RPM)	2500	2500
정격회전수 (RPM)	1500	1500

[2] 제어부분

주 제어부분은 기존 밀링용 3축 CNCSystem 인 통일



[그림 2] 기계구성부품설계의 Flow-Chart

중공업의 SENTROL-M 을 고속 이송속도에 적합하도록 Software 를 변경하여 사용하였다. SENTROL-M 의 기본사양은 [표3]과 같다. 주축의 상하이송, 각도회전 공구의 압력 조절, 제품의 탈착 등의 제어에는 공압시스템을 사용하고 이들의 시퀀스제어도 SENTROL 에 내장된 PLC 기능을 사용하였다.

[표 3] SENTROL 의 사양

ITEM	SPEC
Controlled axes	max. 6 axes
동시제어축수	max. 5 axes
G code system	A/B/C system
Part program storage	40/120/280/610/950M
Registrable programs	63/200
Auxiliary function	M,B code command
CRT	10 inch Monitor, color
DNC Control	Yes
I/O interface	RS 232C×RS 442×1
DI/CO	40/40-456/448

제 3 장 제작 및 성능평가

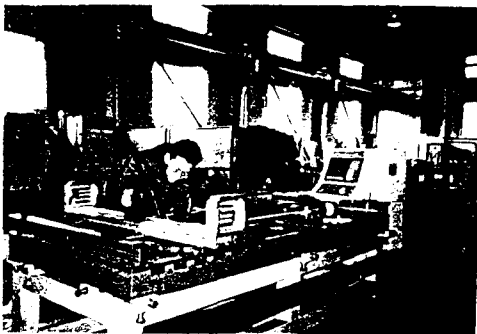
3-1. 가공 및 조립

산학의 공동작업에 의해서 세부 설계도면이 작성되었고 제작도 산학의 협력하에 진행되었다. 조립중인 고속 CNC Scribing Machine의 모습을 [그림 3]에 보였다.

3-2. 조립 성능평가

본 보고서를 쓰는 시점은 아직 최종 조립이 완료되지 않은 상태이어서 기계의 성능을 시험하지 못하였다. 6월 초 까지 완료된 것이므로 발표 시 보완하겠다.

그러나, 현재 까지의 조립과정중에 실시한 부분적인



[그림 3] 조립중인 고속 CNC Scribing Machine

검사결과를 토대로 판단한다면 충분히 목표 성능을 발휘할 것으로 기대하고 있다.

제4장 결어

산업용의 수요로 인해 정밀한 유리 가공품의 수요가 지속적으로 증대하리라 기대된다. 그러나 고속 CNC Scribing Machine의 시장 규모가 아직은 적기 때문에 전문개발 공급 업체가 국내에 출현하기를 기대하기는 쉽지 않을 것이며, 이태리, 미국 및 일본 등의 장비 공급업체도 대량생산체제를 구축하지 못하고 있기 때문에 이들로부터의 공급가격도 대단히 높은 실정이다. 국내에서 계속 개발이 안된다면 이들로부터의 수입가격은 점점 높아질 것이기 때문에 국내 최종 수요자의 국제 경쟁력은 상대적으로 더욱 어려워질 것이다. 이러한 상황에 있는 중소기업체와 산학 협동으로 Inhouse용 장비를 개발공급함으로써 중소기업체의 세계시장에서의 경쟁력 우위를 지켜 나가게 할 수 있을뿐 아니라 수입 가격의 파격적인 인하도 가능하므로 부수적인 국제경쟁력 제고 효과도 기대할 수 있을 것이다.

고속 CNC Scribing Machine의 국내외의 시장규모를 고려하면서 이전까지의 투자에 걸친 개발결과와 문제점을 보완하는 지속적인 개발을 추진해 나갈 예정이다.

< 참고문헌 >

- [1] 편영식, 정경민 “CNC Glass Scribing Machine 개발: Free Curve Scribing 용”, 한국공작기계 기술학회, 1995년도 춘계학술대회 논문집,

[2] Manfred Weck "Handbook of MACHINE TOOLS" Vol.2. Chapter 2, JOHN WILEY & SONS, 1984.

[3] HYOSUNG INDUSTRY CO. "AC Servo Motor Catalogue ", 1995, pp.10~11

[4] THK CO. "THK LM System Catalog No. 100-1K", 1996, pp. C8~C22

[5] THK CO. "THK LM System Catalog No. 100-1K", 1996, pp. A7~A19

< 부 록 >

< 부록 1 > 모터 선정조건 [3]

[조건 1]

$$T_L \leq T_S \dots\dots\dots(1)$$

여기서, T_S : 모터의 정격토크

$$T (= \frac{F_A \cdot L}{2\pi \cdot \eta}) : \text{부하 토크}$$

L : Ballscrew의 전장

F_A : 축방향 힘, η : 효율

[조건 2]

$$\rho_a + \rho_b \leq 2W \dots\dots\dots(2)$$

여기서, ρ_a : 부하 주행과워

ρ_b : 부하 가속과워

W : 모터의 정격출력

[조건 3]

$$J_{LE} + J_S \leq 5J_M \dots\dots\dots(3)$$

여기서, J_{LE} : 직선운동부의 회전inertia

J_S : Ballscrew의 회전inertia

J_M : Motor의 회전inertia

[조건 4]

$$\text{연속 최대토크} > T_L + T_p \dots\dots\dots(4)$$

여기서, T_L : Ballscrew이송부하중에 의한 토크

T_p : Ballscrew 예압 토크

[조건 5]

$$\text{순간 최대토크} > T_L + T_p + T_J \dots\dots\dots(5)$$

여기서, T_L : Ballscrew이송부하중에 의한 토크

T_p : Ballscrew 예압에 의한 토크

T_J : 가속에 의한 토크

< 부록 2 > Ball-Screw 선정조건 [4]

[조건 6] 허용회전수 = $\min(N_c, N)$

$$N_c = \frac{60 \times \lambda^2}{2 \times \pi \times \ell^2} \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot g}{\gamma \cdot A}} \dots\dots\dots(6)$$

여기서, N_c : 위험속도 (Rpm)

L : 장착간거리 (mm)

I : 나사축의 최소단면 2차모멘트 (mm⁴)

A : 나사축 단면적

$$N = \frac{70000}{D} \dots\dots\dots(7)$$

여기서, N : 매분회전수 (Rpm)

D : 볼의 중심경 (mm)

<부록 3> LM Guide 선정조건 [5]

[조건 7]

$$L_h = \frac{L \times 10^3}{2 \times I_s \times N_1 \times 60} \dots\dots\dots(8)$$

여기서, L_h : 수명시간 (hour)

L : 정격수명

I_s : 스트로크 (m)

N_1 : 매분 왕복수