

## 공작기계기술의 현재와 미래(7)

강 철 희\*

### Machine Tool Technology; The Present And The Future (7)

C. H. Kahng\*

#### 강좌 시리즈 차례

- |                     |                                  |
|---------------------|----------------------------------|
| (1) 서론              | (11) EDM, Laser 가공 공작기계          |
| (2) 공작기계의 고속화와 고성능화 | (12) CNC 컨트롤의 발전                 |
| (3) 고속MC의 Tooling   | (13) 공작기계의 새 개념(VARIAX, HEXAPAD) |
| (4) 공작기계의 정밀화       | (14) 측정, Sensing 기술              |
| (5) 공작기계의 동적 특성     | (15) CAD/CAM/CAE 와 공작기계          |
| (6) 공작기계의 열적 특성     | (16) 공작기계의 성능 평가                 |
| (7) CNC-선반의 현재와 미래  | (17) Metal Forming 공작기계          |
| (8) 머시닝 센터의 현재와 미래  | (18) 생산시스템(FMC, FMS)             |
| (9) CNC 연삭 공작기계     | (19) 미래의 생산(CIM, IMS)            |
| (10) 초정밀 가공 공작기계    | (20) 한국 공작기계의 갈 길                |

#### 7. CNC-선반의 현재와 미래

##### 7-1. 서론

기계가공(Machining)중에서 가장 기본적인 것이 선삭(Turning)작업이며, 이 가공은 선반(Lathe)에 의해서 행하여지고 있는 것은 다 아는 사실이다. 공작기계의 발달과 금속 절삭 원리(Principles of metal cutting)는 선반을 중심으로 약 일세기동안 꾸준히 발전해 오고 있으며, 수없이 쏟아져 나온 연구논문들의 대부분이 선반에 의한 가공과 그 공작기계에 의해서 이

루어졌으며 앞으로도 계속 보통선반, CNC선반의 토대 위에서 이루어지리라고 보고 있다.

공작기계 중에서 CNC 선반의 발달 과정을 요약해보면 1960년대의 대량 생산시대에는 Programmable control 방식의 자동 터렛(Turret) 선반이 개발되어 생산 공정이 비교적 간단한 양산 가공기로서 환영을 받게 되었다. 1970년대에 들어서면서 다품종소량생산(多品種少量生産)이 중요시되었고, 그 때 NC 선반시대가 시작되었다고 볼 수 있다. 현 시점에서 볼 때 이것은 중품종중량생산(中品種中量生産)이라고 말할 수 있

\* 統一重工業(株) 전무

며, Turret 선반의 NC화 즉, Multi-tool(多刃工具)에 의한 선반의 복합가공(複合加工)이 가능해졌지만 Tooling에 문제가 발생하였다. 1980년에 들어서 각종 MC들이 광범위하게 발달, 보급되는 경향에 따라서 NC 선반도 고능률화의 일환으로 고속화와 더불어 회전공구인 End mill, Drill, Tap 등의 복합가공이 가능한 복합선반이 차례로 개발되었고 선삭공구와 회전공구 등의 자동공구교환(Automatic Tool.Changing, ATC)이 가능해지고 Y축 보정(Co-mpensation)기구를 부착한 대형 Turning center가 개발되어 보급되게 되었다. 1986년경에 지금까지는 별개의 공정으로만 가능했던 2차 가공 부품을 다른 선반으로 옮기지 않고, 부착한 그대로 같은 선반내의 Atta-achment인 배면가공장치(背面加工裝置)를 사용하여 간단한 형상(Form)을 경절삭으로 완성시킬 수 있었으므로 수요가 급증하였다.

그러나, 회전공구를 포함한 Turret tool holder 한 대만으로 제1공정과 제2공정(배면)의 가공을 동시에 진행시킬 수 없기 때문에 능률이 그다지 좋지 않고, 제2공정용 주축의 공간(Space)때문에 제1공정의 주축과 동등한 Size로 할 수 없어서 부품가공은 경절삭에 한정될 수 밖에 없게 되었다. 이 문제를 해결하기 위하여 본격적으로 Twin spindle lathe를 개발하게 되었다. 그리고, 앞으로 자동화의 지장을 주는 「수송」(Transportation)을 충분히 고려하여 Flexible Manufacturing Cell (FMC)화 하는 방향으로 나아가고 있다.

7-2. 선삭가공(Turning)의 부가가치 비교

CNC 선반의 종류가 수없이 시장에 출하되고 있어서 선삭가공은 무엇이든지 CNC 선반으로 할 수 있을 것이라고 생각하게 된다. 그러나, 현실적으로 CNC 선반에는 적합한 롯트량(Lot size)이 있다. Fig 7-1에서 보는 바와 같이  $\phi 50$ 의 Bar를 가공할 때 적은 Lot수를 가지는 작업은 가공정도가 좋은 범용선반과 고기능을 가진 Operator가 있으면 비싼 CNC 선반을 설치할 필요가 없다. 최근에는 기능인력이 부족함과 동시에 정밀도를 확보하고 있는 선반의 수가 적어지고 있기 때문에 10개 이상의 Lot 생산에 CNC 선반을 사용하고 있다. 그러나, Lot수가 60개, 100개 이상이 되면 CNC 선반보다 Single purpose lathe(單能盤)인 선반을 사용하는 것이 더욱 경제적이다.<sup>(1)</sup>

이상과 같이 경제적인 가공을 하려면 Lot size를 고

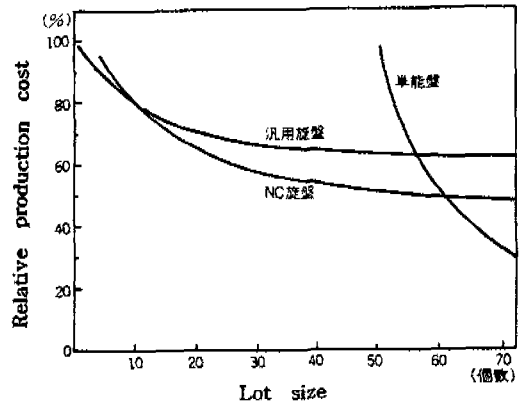


Fig. 7-1 Lot size vs Relative production cost

려해야 함은 물론이지만 재료의 길이와 요구되는 정밀도에 따르는 가공비를 고려해야 한다. Fig 7-2에서 보는 바와 같이 소재의 황삭 가공시에는 가공비/재료비의 비율에 거의 영향을 받지 않는다. 그러나, 가공 정밀도를 높이면 높일수록 가공비는 상승한다.  $\phi 50$ mm의 Bar의 길이가 10mm에서 120mm까지 일 때 이것을 Turning 할 때 전가공을 Finishing할 정도의 IT9급을 얻기 위해서는 재료비의 3.5배에서 4.0배까지 올라간다. H9 Hole의 정밀도에 맞는 h8, h9 정도의 정밀도를 얻기

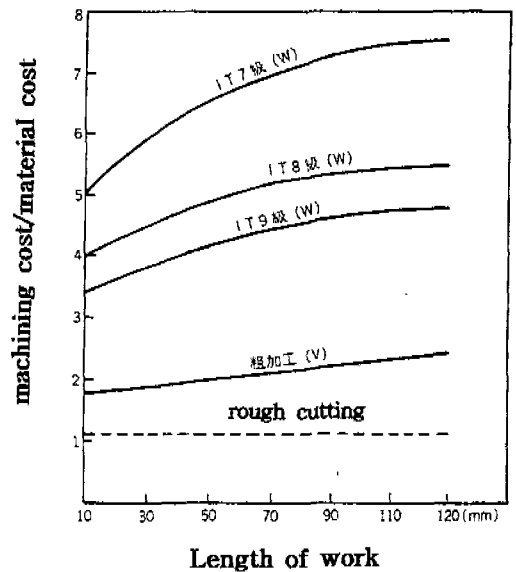


Fig. 7-2 Machining accuracy vs Machining cost/material cost

위해서 즉, IT8급을 얻기 위해서는 CNC 선반은 너무 고가이지만, IT7급 Level을 얻기 위해 CNC 선반을 사용하는 것이 적합하다고 볼 수 있다. 많은 선반 사용자들 중에는 고정밀(고기능 레벨)생산을 실현시켜 Turning 가공 후의 가공 공정에 파잉 품질을 제공하여 생산에 주어진 Cost를 다음 공정에서도 상쇄시키지 못하고 생산가공 Cost에 과대하게 부담을 주게된다. 현재와 같이 산업구조가 급변하고 있는 상황에서 NC 선반에 주어진 역할은 적은 Lot 생산을 아주 짧은 준비시간으로 되풀이되는 작업을 하는 것이지만 생산 Lot 당 Cost의 경쟁력을 구체적으로 파악하여 각 기업의 실정에 따라 NC Turning을 활용, 방책을 세울 필요가 있다.<sup>(1)</sup>

선삭 가공 중에는 단순한 Turning 이외에 Work를 Chuck에 부착한 후 여러가지 Machining을 할 수 있는데 CNC 선반으로 할 수 있는 가공 내용에 따라서 부가 가치성을 조사한 사례가 있다. Fig 7-3에서 보는 바와 같이 Cylinder의 외경을 Turning하고 Taper Turning한 것을 1로 하고, 타가공 방법과 비교하여 부가 가치의 값을 정하였다. 그 중 CNC-Turning에서는 비교적 손쉽게 고신뢰성 가공의 실천이 가능하며, 수나사, 암나사의 절삭은 부가 가치성이 높다. 같은 방법으로 외경, 내경의 자유곡면을 절삭할 때는 NC-Program의 형상 설정에 지식과 경험이 요구되기 때문에 거기에 해당하는 부가 가치성이 있다. 단능기로서도 절삭이 가능한 원통의 외경을 Turning하거나, 단면의

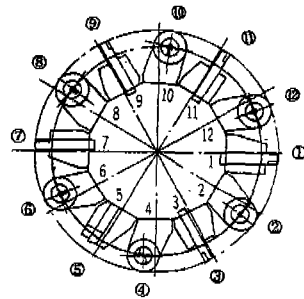
절삭등으로 CNC 선반을 사용한다면 부가 가치가 있는 작업이 아니므로 CNC 선반을 유효하게 활용하였다고 할 수 없으며 경영자는 부가 가치향상을 위한 노력이 필요하다.<sup>(1)</sup>

실제로 CNC-Lathe에서 어떻게 Tooling하느냐에 따라서 부가 가치를 향상시킬 수 있으며, 그 예를 Fig 7-4에서 볼 수 있다. Drum형 Tool holder에 부착한 공구의 종류와 그 사용빈도(횟수), 사용시간을 관찰하여 정리하면 그 각각의 부품가공의 부가 가치성을 판단할 수 있다. 많은 생산량을 소화시키는 것만 가지고는 아무리 작업이 바쁘게 돌아간다고 해도 이익을 낼 수 없는 경우가 생긴다. 작업하는 사람이나 그를 감독하는 사람이나 매일 매일 Cost down할 것을 요구당하게 되는데 여기에 부가 가치향상에 대한 노력이 필요하다. 작업하는 한 사람, 한 사람이 부가 가치 향상을 위하여 얼마만큼 노력을 하고, 구체적으로 성과를 얻는가에 기업의 운명이 걸려 있으며, 경영자는 이 성과를 얼마만큼 대응해 나아가느냐 하는 것이 기업의 승부가 좌우된다고도 과언이 아닐 것이다.

일반 Fig 7-5에서 보는 바와 같이 여러 기종의 CNC 선반이 시장에 나오게 되었다. 각 기계의 특징을 살리면서 활용해야 한다. 최근 CNC 가공의 Profile data를 대화 입력(對話入力)이 가능해지고 있으므로 가공 형상의 Pattern화, CNC 데이터 입력수준의 Pat-

Type of machining	Illustration	Added value	Remark
(1) Turning Tapering		1	most demanding machining Sufficient in accuracy and surface finish
(2) Facing Sloped facing		1.2	Constant surface speed improves surface quality,
(3) Boring		1.5	L/D=3 is limit, Chip ejection is difficult
(4) Centering		1	Long machining time, Hole dia within 0.5~40mm
(5) Threading		2.0	Lost machining process Base with NC program
(6) Cut off		1.2	D/W=3 is limit, Difficult with chip ejection
(7) Profile cutting		2.0	Most suitable NC machining

Fig 7-3. Various turning operations and added values.



Station No	Type of machining	Cutting tool	Added value
1	Outer roughing	Roughing tool	1
2	Centering	Center drill	1
3	Outer roughing	55° or 35° tool	2.1
4	Drilling	Hss drill	1
5	Face grooving	Through away tool	1.3
6	Inner roughing	Boring bar	1.3
7	Outer grooving	O. grooving tool	1.2
8	Inner grooving	I. grooving tool	1.5
9	Outer finishing	O. Finishing tool	1.2
10	Inner finishing	Boring bar	1.7
11	Outer threading	O. Threading tool	2.0
12	Inner threading	I. Threading tool	2.5

Fig 7-4 Types of tooling vs Added values

	Form finish	Outer	Inner	Length	Cham. groove in groove	Angle	Thread	Tool Loc.	Prod. Mech. Cost
engine lathe								1	1
spec. purp. lathe								2.5	0.7
with formed tool								3	0.8
With diam. turret								3	0.6
automatic lathe								1	0.7
turning center								4	1

Fig. 7-5 Types of CNC-lathe vs Productivity

tern화가 발전되고 있으며, CNC 선반이 「영리한」 기계로 변해가고 있다. 보통 선반이 가지고 있는 생산성을 1로 할 때, 타기종이 발휘할 수 있는 생산성은 2.5-4로 크게 향상되고 있으므로 CNC 선반의 사용자는 생산량을 달성한다는 목적으로 생각할 때, 아무리 유능한 Operator를 가지고 있고 우수한 범용선반을 가지고 있다 하더라도 선반 가공의 중점을 CNC 선반으로 옮기지 않을 수 없는 경향으로 움직이고 있다. 생산성은 확실히 향상되고 있으나 「NC 단가」로 볼 때 한 개당 가공단가를 매우 적게 책정하는 경향이 있는데 이것은 실제 발생하는 단가를 CNC 선반을 기준으로 하기 때문이다. 작업을 주는 쪽에서 볼 때, CNC 선반의 도입에 따르는 설비 상자의 부담을 고려하더라도 생산성 향상에 따르는 Cost down의 기여율이 크기 때문에 적극 CNC 선반의 도입을 권유하게 된다. 최근에는 CNC Turning center를 사용하면서 가공한다는 전제하에서 부품설계가 이루어지고 있는 경향이다. Turning 후에 Milling 가공 기능을 추가한 CNC-Turning center의 등장은 CNC 선반 가공에 종사하는 Operator에 회전공구, 즉 End Mill, Drill, Tap 등의 활용지식을 보충하게 하고 있다. 선반가공기술과 함께 Milling 가공 기술을 상당수준까지 올리게 한다는 것은 용이한 일이 아니다. 선삭가공에 CNC 선반이 활용되어서 생산 품질, 단위시간당의 생산수량, 납기의 확보가 매우 용이하게 되었으며, 생산 활동이 Smooth하게 된 것은 사실이다. 그렇다고 해서, 모든 선삭가공이 Smooth하게 될려면 사전에 부품(Workpiece)선정의 적합여부에 따라서 생산 Cost가 좌우된다. 그리고, 또 CNC 선반 가공을 초보자애 의존할 때, CNC 선반의 Bed 형상과 Saddle의 위치 등을 고려한 기계 선택이 중요하다.

Fig 7-6에서는 Bed의 형상과 공구를 부착하는 Head의 위치에 따르는 CNC-선반의 종류를 6개 소개하였고, 각 기종의 특징을 비교하였다. 그림 좌측으로

Type of bed	A	B	C	D	E	F
Performance						
Chip flow	x	o	o	o	o	o
Work clamp	x	o	o	x	o	o
Reach to work	x	o	o	x	o	o
Tool mount	o	o	o	o	x	x
Reach to tool	o	o	o	o	x	x
Protection from chip	o	o	o	o	o	o
Influence of work automation	x	x	x	o	x	x
Automation	x	x	o	x	o	o
Ensurance of accuracy	o	x	o	o	o	o
Less skilled labor	o	o	o	o	x	x

Fig. 7-6 Comparisons of various bed types

부터 Type A는 가장 오랫동안 사용된 범용선반의 대부분이 이 Type에 속하며, 공구의 부착, 공구까지의 접근성, 그리고 부품이 커서 무겁다할지라도 공작기계의 정밀도에 영향을 주지 않는다. Type B는 Chip의 처리에 좋고, 저기능자가 취급할 수 있고, Type C도 역시 Chip 처리가 양호하며 Space가 있으므로 Robot으로 Work를 운송시키는 자동화에 적합하다. Type D는 Tool을 용이하게 부착시키는데 좋고, Type E는 Slant type로서 45의 경사를 지고 있으므로 Chip이 자동적으로 밑으로 내려오기 때문에 Chip을 처리하는데 신경을 쓸 필요가 없다. Type F는 최근 모든 CNC-선반의 대부분이 바로 이 60 Slant Bed Type이다. 두 Slant Type에 따라서 특징이 있으며, 타형식에 기계에 비해 60 Slant bed type은 기계 설치면적이 작고, X축 stroke를 길게 할 수 있어서 가공능력이 우수하다. 공작기계의 발달 즉, 자동화, 다수 공구의 부착 용이성, Multi-spindle의 가능성, ATC를 가지는 FMC화 가능성등을 고려하면서 설계가 변천해 가고 있다.

### 7-3. Back face machining

한때는 Turning center라고 하면 선반에 Milling 기능을 붙여 소위 복합가공선반(複合旋盤)을 말하였으나 User들의 요구와 Maker의 기술개발 노력이 그 결실을 얻어 차례차례로 새로운 Concept을 가지는 Turning center가 탄생하였다. 첫째는 배면가공기능(Back face machining)이며, 여기에 Pick-off chuck장치, Subspindle, 3rd Turret, Twin spindle 등이 있다.<sup>(2)</sup> Fig 7-7에서 보는 바와 같이 Turning center에서 종래의 Milling 기구를 사용하면서 그 Unit 대신에 Pick-off chuck를 Turret에 부착시키면 Main spin-

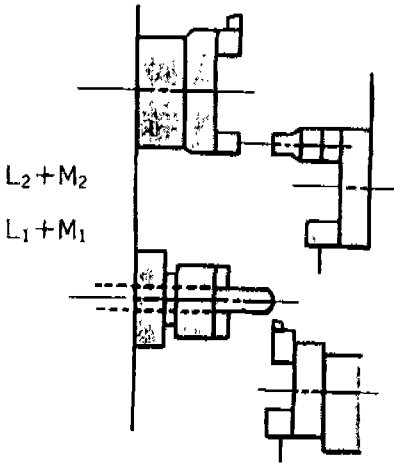


Fig. 7-7 Pick off chuck

die에서 제1공정이 완료한 후 이 Pick-off chuck에 Work를 바꿔 물게하여 하부에 있는 공구대 또는 3rd Turret으로 제2공정을 완료시키는 것을 말한다. 그러나, 이것은 어디까지나 제2공정은 부가적인(Supplemental)공정이며 예를 들면 Bar의 돌출 단면을 Finishing하거나, Drilling한 후 뒷면을 고르게 하는 것들이다. Subspindle을 Fig 7-8에서 보는 바와 같이 Tailstock 부착 위치에 NC축에 의해서 이동할 수 있는 또 한개의 적은 Subspindle을 배치하여 Main spindle에서 가공 후 제2공정을 Subspindle에서 가공하여 전가공을 완결시키는 선반이다. Subspindle의 가공능력은 Main spindle의 1/2 정도이며, Bar 재료를 가공할 때, 비교적 적은 Work를 취급한다.

Subspindle을 사용하여 Bar work의 가공 예를 Fig 7-9에서 볼 수 있다.<sup>(3)</sup> Oil-air pressure 기구인 Dia가  $\phi 40$ -길이 70mm정도의 Part를 가공하는 경우를 설명하고 있으며, Main spindle에서 가공한 Work를 Subspindle에서 받아서 Subspindle용 Combination tool로 2단계 공정을 완성시키는 예들이다. 3rd Turret은 Pick-off chuck와 같이 Spindle을 가지고 있으나, 그 외에 Turning, Hole making할 수 있는 제3의 Turret을 보유하여 표면, 배면에 각각 Turning 그리고 Drilling등을 할 수 있게 한다. 1, 2 공정을 평행하게 할 수 있고, 동시 가공할 수 있을 뿐만 아니라 통상 가공시간이 장시간인 긴 표면가공을 상하의 Turret에 의해서 동시, 4축 가공도 할 수 있으며, 매우 높은 능률을 가지는 기계이다.

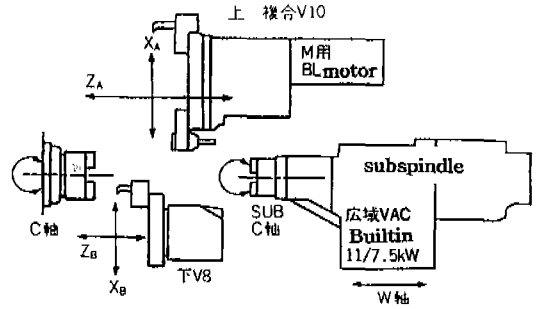


Fig. 7-8 Subspindle layout

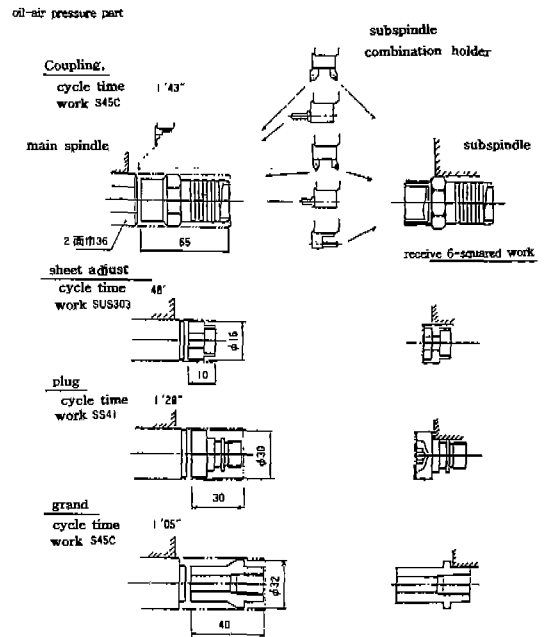


Fig. 7-9 Examples of machining parts by using subspindle CNC-lathe

3rd Turret를 이용한 가공 예를 Fig 7-10에 소개하였다.<sup>(3)</sup> Bar work에서 1, 2공정을 Turning, Drilling, Milling등을 하여 소재로부터 완성품까지 한대의 기계로 완성시키고 있다. 또 Tapping 가공은 공구회전(M주축)과 Z축의 운동을 동시 제어하여 동기 Tapping 기능을 사용 고속, 고정도로 가공을 할 수 있다. Twin spindle(對向主軸)은 좌우에 거의 동등한 능력을 가지고 있는 주축을 배치시켜 제1공정 가공후 work를 제1주축으로부터 직접 제2주축으로 받아서 표면, 뒷면을 동시에 효율적으로 가공하게 하는 기구이

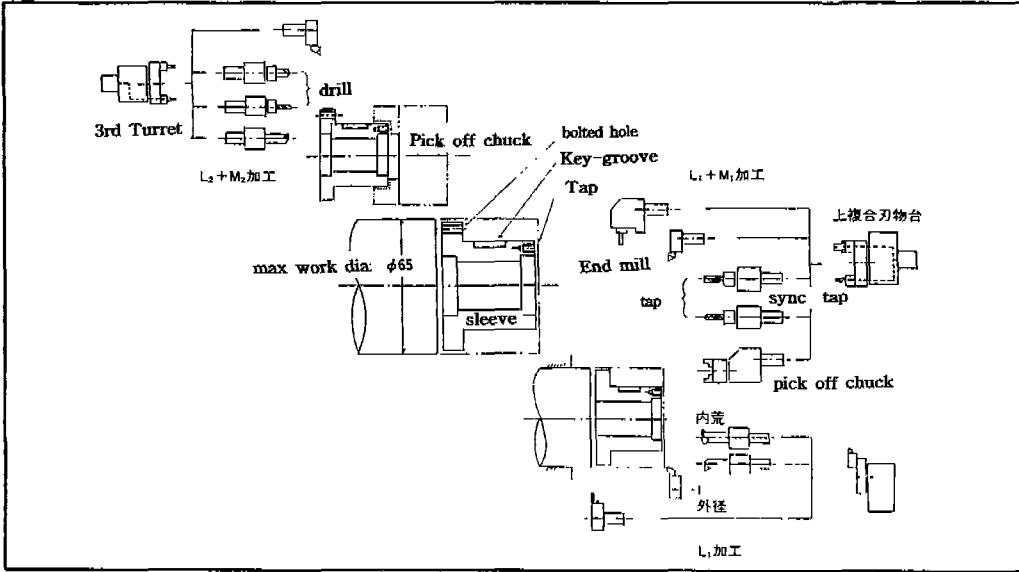


Fig. 7-10 3rd turret application in CNC-lathe

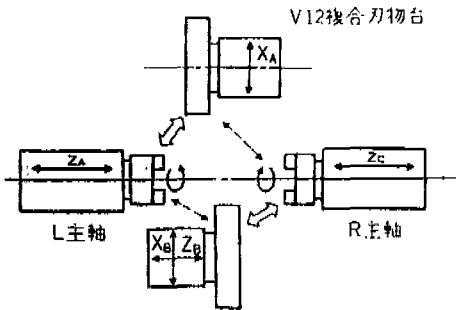


Fig. 7-11 Principles of twin spindle operations

다.(Fig 7-11) 이 Twin spindle을 이용하여 가공한 예를 Fig 7-12에 소개하였다.<sup>(4)</sup>

Sample A는 배면가공이 매우 적으므로 동시가공의 비율이 적다. 이 경우는 Subspindle 기계로 가공한 것과 큰 차가 없으므로 Subspindle 기계에 적합한 Sample이다. Sample B와 C의 외경가공은 어떤 쪽이든 가공 할 수 있으므로 Subspindle 기계에서는 Chuck의 강성이 높은 Main spindle에서 될 수 있는 대로 많이 깎고, Subspindle 쪽에는 될 수 있는대로 양측의 Cycle time의 Balance를 맞출 수 있게 가공을 할 수 있다. 이와같은 예는 어느 기계든지 조작하는 방법에 따라 효율 좋게 절삭할 수 있는 Work의 예이다. Sample D는 전반적으로 공정이 많기 때문에 1 Tur-

ret의 Subspindle 기계보다는 2 Turret의 Twin Spindle 기계로 가공하는 것이 동시 가공의 비율이 크며, 시간도 단축할 수 있다. Sample E는 Work의 좌우는 거의 같은 시간을 요하는 Milling 가공이다.

이러한 경우에는 Milling attachment을 부착한 Twin spindle 기계로 시간의 Balance를 얻을 수 있는 가공방법이 좋고, 좌우 Milling 공정의 Phase를 맞출 수 있으며, Y축을 이용하는 평면가공도 가능하다. CNC 선반에 부착한 회전공구 기능 또는 회전공구 Head는 소물가공에는 편리한 반면 Turret 상부에 부착시켜야 하기 때문에 Space의 제약을 받게된다. 결국 큰 부하용량의 주축은 사용할 수 없다. 그리고 또 축, Gear등의 크기에도 자연적으로 한계가 있으므로 과대한 부하는 회피하는 것이 좋고, 6개월에 한번씩 윤활 점검이 필요하다.

#### 7-4. Twin Spindle CNC-선반의 설계

여기서는 CNC-선반의 구조와 설계에 대하여 기술하고자 한다. 다품종변량시대(多品種變量時代)에 대응하기 위해서 생산 설비는 가능한 공정을 복합화하고 완품가공(完品加工)을 할 수 있는 기계이어야 한다. 종래의 CNC 선반으로는 불가능한 복합도가 높은 부품가공을 고능률적으로 할 수 있게 하는 고부가 가치 CNC 선반이 요망되고 있다. CNC 선반으로 생산 Cost를 절감하

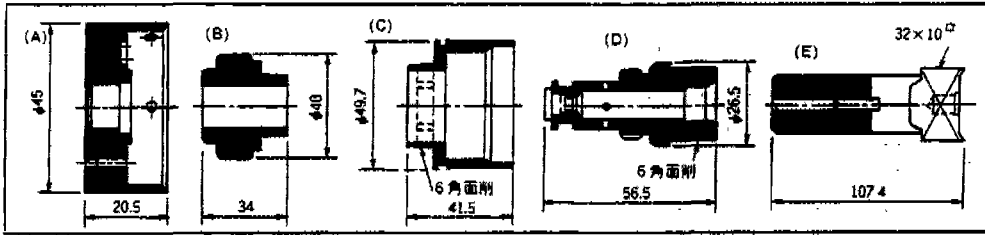


Fig. 7-12 Examples of machined part by twin spindles.

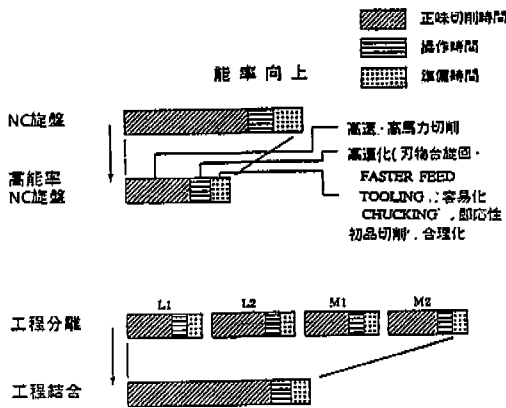


Fig. 7-13 United process influences higher productivity

려면 능력을 향상시켜야 하며 그러기 위해서는 공작기계는 고속, 고마력 절삭 그리고 Turret을 고속으로 선회시켜야 되고, Feed를 빨리 할 수 있게 해야하며, Tooling을 용이하게 하고 Chucking의 유연성을 가지게 해야 한다. 그리고 더 효율을 얻으려면 공정이 불리한 것을 결합하게 하여 Lead time을 줄이고 자동화를 용이하게 하고 Floor space를 적게하는 일이다. 이와 같은 요구를 만족하게 하는 것이 새로운 복합선반이다.<sup>(3)</sup> Fig 7-13에서 보는 복합화 공정결합의 잇점을 설명하고 있다. 이 선반의 작업을 요약하면 Fig 7-14에서 볼 수 있는 바와 같이 L1+M1+(L2) (Sequential 가공), L1+M1, L2+M2(2공정이 동시에 진행된다), L1+M1, L2+M2(1, 2공정 L, M이 동시에 가공된다) 또 Subspindle을 사용함으로써 L1, L2가 중절삭이 되고, 1, 2공정이 동시에 가공된다.<sup>(3)</sup>

종래의 Twin spindle 기계는 주축대가 Parallel로 배치되어 있어 이런 경우에는 진동간섭을 피할 수 없게 되는 경우가 있다. 즉 한 Spindle이 Finishing 가공 중에 또한 Spindle은 단속(Interrupted cutting)가

工程結合, 複合加工

- 特長
- 高速 — M主軸1500rpm → 3000, 4000rpm
  - 高에너지 — Quick change, 同時加工
  - 多機能 — M — POLYGON HOLE, OBLIQUE-  
— 背面加工 — PICK OFF, SUB-SPINDLE  
— 3rd Turret — 管理2次加工, 高速進化  
— ATC — 長時間自動加工

背面加工

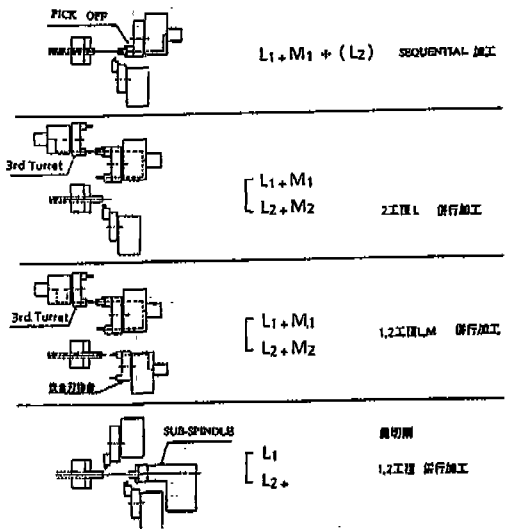


Fig. 7-14 United process and combined tool arrangement

공을 하게 되는 경우, 그 영향을 받아 사상 표면(Finishing surface)을 얻기 어렵게 되어 공작기계 성능으로서의 치명적인 문제가 된다. 또 제1공정에서 제2공정으로 Work를 수송해야 할 때, 복잡한 구조를 가지고 있는 Loading장치가 필요하게 되는 문제점이 있으므로 수평대향주축(Horizontal spindle)을 설계할 경우가 있다.(Fig 7-15)

주축대는 일반적으로 선반가공에 있어서 1공정이 중

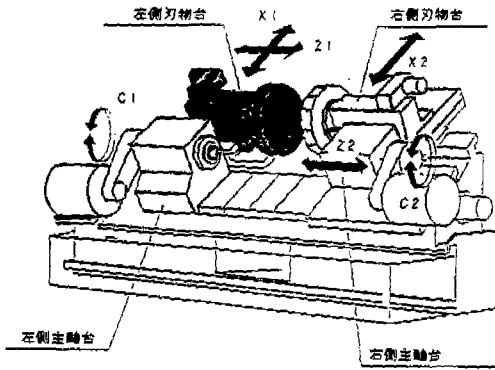


Fig. 7-15 Twin spindle CNC-lathe

절삭인 경우가 대부분인 것을 고려하여 설계해야 한다. Bar feeder에 의해서 Bar가 긴 재료로서 Clamp되어 회전시키는 것도 1공정에 속한다. 따라서, 제1공정의 가공을 하는 좌측 Spindle은 더욱 큰 강성이 요구되므로 Bed위에 직접 부착한 고정형으로하고 제2공정의 우측 Spindle은 이동형으로 하여 제1공정에서 제2공정으로 Work를 이송까지 겸하게 하는 합리적인 구조로 되어있다. 우측 Spindle의 가공에 있어서는 우측 Tool holder의 X축 이동과 잘 조합하지만 좌측 Spindle에 비하면 진동의 관점에서 불리하게 되는 이동형의 약점을 이동방향으로 분산시켜 Slide면의 증폭을 회피하게 함으로써 해결하고 있다. 또, 제1공정에서 제2공정으로 가는 Work의 이송을 좌우의 Spindle사이에서 직접적으로 이루어지므로 Speedy하며 또 고정도로 행하여지고 있다.<sup>(7)</sup>

Spindle의 구조는 Gearless 방식을 채용하여 Spindle에서의 진동이나 열팽창의 문제를 철저하게 제거해 놓고 있다. 주축 구동부(Main spindle drive)에도 Gear 변속기가 없는 광역 추력 모터의 채용으로 12:1의 넓은 Speed ratio를 가지고 정출력회전과 높은 Torque를 발생시킬 수 있다. 또, 좌우 주축의 Synchronized control이 가능하며 제1, 제2공정의 Phase adjustment가 필요로하는 가공에 적합하다고 할 수 있다.

X, Y축의 Slide에는 합성수지를 부착시킨 습동면 구조를 채용하여 마찰 저항이 일어나고, 단절절삭시 발생할지 모르는 진동의 감쇄 특성을 향상시킬 수 있게 설계하였다. 고능률 가공을 목적으로 비절삭시간의 단축을 위하여 Slide의 Fast feeding 속도는 X축에

12m/min, Z축에 24m/min으로 하였다. Tool holder는 좌우 Turret 모두 12 Station으로 했으며 그 중 6 Station에는 회전공구의 부착이 가능하게 하였다. 회전공구 6개가 불필요할 때는 회전공구 Station에 선삭공구의 부착이 가능하다. 따라서, Milling, Drilling 가공을 포함하는 복잡형상 Work의 가공에 유익하다. 1 Station의 Indexing 시간은 0.2초의 고속이고, 한 Station 건너뛰는 Indexing도 가능하기 때문에 비절삭 시간을 대폭 단축시킬 수 있다. 기계 본체 Frame의 설계에 있어서는 무인 운전시 Chip의 처리가 중요한 문제임을 고려하였다. 이 관점에서 45 Slant bed를 채용하여 Chip의 제거가 쉬운 구조이다. Chip를 자동적으로 기계에 배출시키기 위해서는 Chip conveyer 장치를 부착시켜야 하는데 기계를 공장내에 설치할 때 Chip의 배출 방향에 제약을 받게 되므로 좌, 우, 후방향으로 자유로이 할 수 있게 선택이 가능하게 하였다. Chip tank는 본체와 분리된 구조로서 Chip에 의한 열의 영향을 방지하고 또 청소를 용이하게 할 수 있게 이동가능한 구조로 하였다.

### 7-5. Turning Center

이 기계는 주축과 대향 방향에 Subspindle을 가지고 상부 Slide에 Universal milling head를 하부 Slide에는 Main turret을 구비하고 있다.<sup>(4)</sup> 두 개의 Slide는 두 개의 Spindle과 같이 동시에 또는 별도로 각각 자유로운 Combination을 만들어 작동할 수 있다.(Fig 7-16) 예를 들면 주축의 회전에 대하여 고속이고, 역회전하는 Universal head의 Drilling 가공을

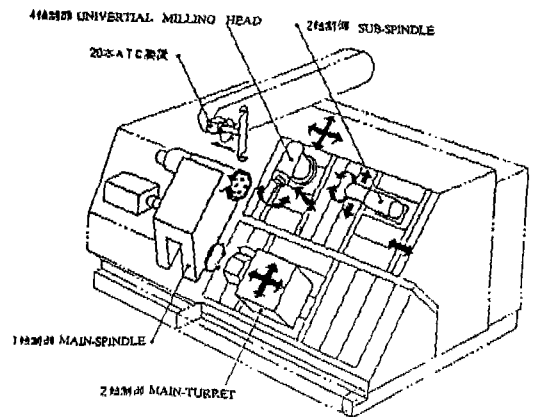


Fig. 7-16 Turning center



하거나 매우 좁고 얇은 Cylinder형의 가공물에 응용할 수 있는 양 Slide의 Tool에 의해서 Balance cutting 하는 경우인 특징적인 가공을 할 수 있으며 예를 Fig

7-17에서 볼 수 있다.

주축에 대한 Tool turret의 동작이 선삭 가공 뿐이던 2차 평면으로도 충분하지만 M기능이 부가되고 M가

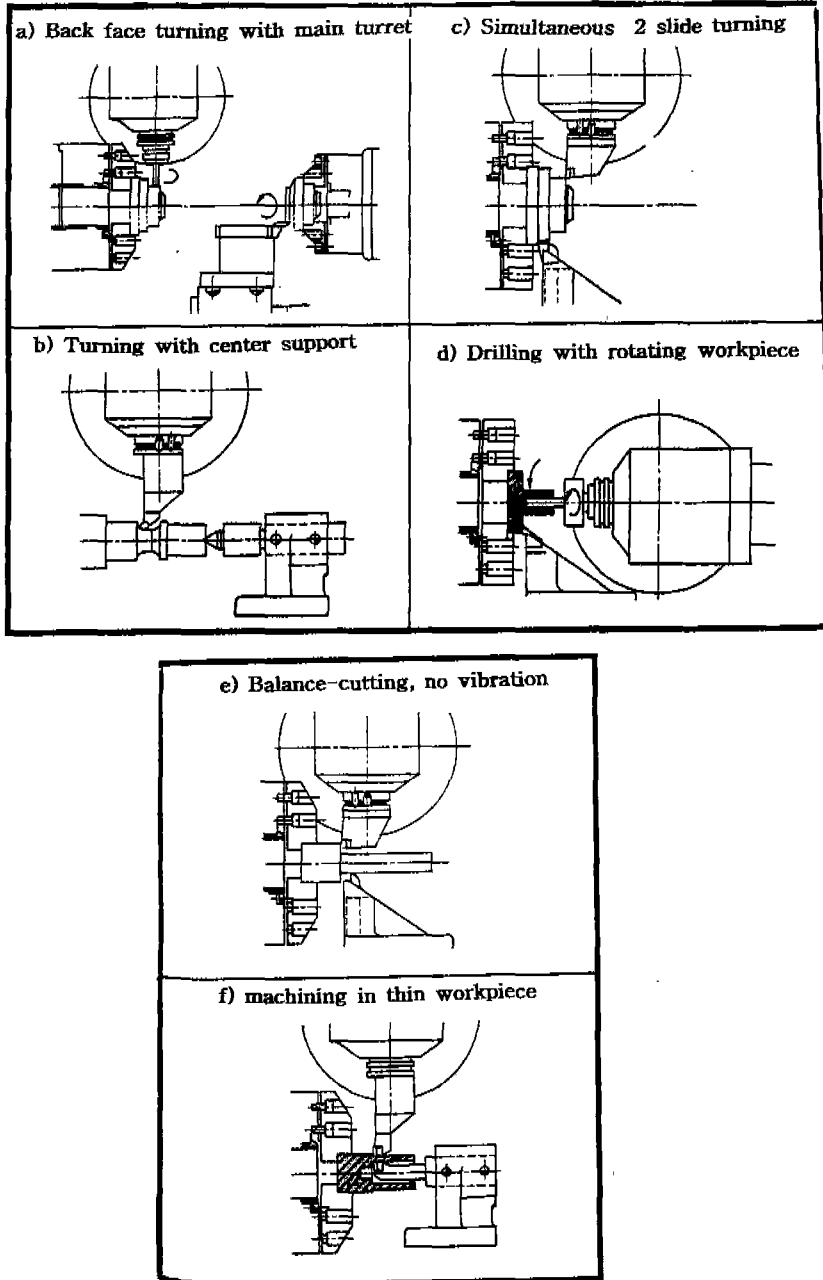


Fig. 7-17 Examples of machined parts by turning center

공자체의 분야가 확장되면 선삭공구를 위로 올려주는 방향의 동작을 하는 Y축 기능이 필요하다.<sup>6)</sup> NC 선반의 Turret에 Y축을 구성시키는 방법으로는 직선 1축 방식, Arc방식, 직선 2축방식이 고려될 수 있다. 정도 측면, 강성측면을 중시하는 관계로 보통 X축에 Ys축을 추가시키고 Y축을 구성하는 직선 2축합성방식을 채택하고 있다.(Fig 7-18) Y축을 이용한 것에는 Offset drilling, 평면가공, 고정도 Key groove가공, Oblique key groove가공등이 있다.(Fig 7-19)

일반적으로 Turning center에는 NC 선반에 주축 Indexing(C축)과 회전공구(M작업)주축을 추가시킨 복합가공기를 기본으로 하고 있다. 이 복합 가공기에 여러 Attachments 즉 Flat turning, (Polygon 가공), Slanting 가공, Universal angle, Side cutting, 그리고 배속 Attachment를 부착해서 가공을 하면 종래에는 다른 기계로서만 가공이 가능했던 가공 공정도 가능해지고, Chuck로서 가공할 수 있는 범위를 확대시킬 수 있다. 여기에 사용되는 여러 종류의 Attachment를 Fig 7-20에 소개하였다.<sup>2)</sup>

7-6. 특수 Turning Center 설계

1) Robotics turning center

급속도로 발전하고 있는 가운데 종래의 Image를 새로 바꿔 놓은 소형부품 가공용 Turning center가 탄

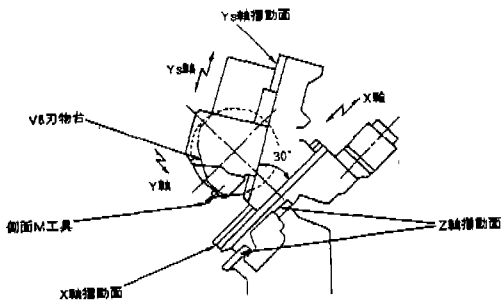


Fig. 7-18 Y-axis arrangement in turning center

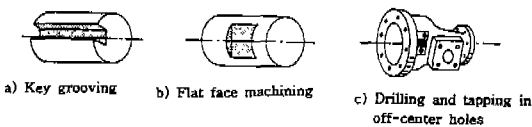


Fig. 7-19 Typical machined part by Y-axis operation

<p><b>Flat turning (Polygon machining)</b></p>	<p>正軸 (Main axis), 回転工具主軸 (Rotating tool main axis), M, S</p>
<p><b>Oblique drilling</b></p>	
<p><b>Universal angle attachment</b></p>	
<p><b>Side cutt attachment</b></p>	
<p><b>High speed attachment</b></p>	

Fig. 7-20 Various attachment for turning center

생했다. 이 Turning center를 보면 Robot과 같이 여러 축 즉, 8축을 제어하는 기계가 출현한 것이다. 소재의 자유 공급으로 시작 Turning, Drilling, Milling, Tapping등 원형 Bar의 가공에 요구되는 열처리와 Grinding을 제외한 모든 가공은 다 한 기계에서 할 수 있으며 이 Turning center에서 가공되어 나오는 물품은 최종 Finishing된 부품이 된다. 소재에서 최후 제품까지 한대의 기계로 완성시키는 공정 집약형의 공작 기계이다. Set up 시간을 단축시킬 수 있고, 착수하여 미완성된 부품의 Stock가 불필요한 생산의 합리화를 할 수 있으며 정밀도도 크게 만족시키고 있다. 이와같은 Turning center가 탄생한 것은 일본에서 공장의 장소가 적어 여러기계를 설치 할 수 없고 또 남기를 단

측시켜 초다품중소량생산에 대응하기 위하여 필연적으로 개발이 요구되는 공작기계 형태라고 말할 수 있다. 공작집약형 Turning center의 구조 형태는 여러가지가 있으나 종래의 NC 선반 두대를 한대로 종합해서 만들었다고 생각하면 될 것이다. 제1주축대, 제1의 공구대 외에 제2주축, 제2공구대, 제3공구대까지 있으며 공구대는 X축, Z축 운동뿐만 아니라 Y축 운동도 할 수 있다.<sup>(6)</sup> Fig 7-21에서 그 전형적인 구조를 볼 수 있다. 공구대에 Milling 기능이 붙어 있으며, 주5일을 작업해야 한다고 하면 장시간의 무인 운전이 가능하도록 Machining center의 경우와 똑같이 자동 공구 교환 기능(ATC)이 부착되어 있어야 한다. Turning 공구뿐만 아니라 다른 회전공구도 다 자동교환되어야 한다. Turning Center의 기능을 충분히 발휘하려면 제어기능도 여러가지 가공 방식에 대응할 필요가 있기 때문에 종래의 단순한 X축, Z축의 이송제어뿐만이 아니

라 다계통제어, 동기제어, 중첩제어가 이루어져야 한다. 다계통제어는 복수의 공구대의 동작을 가동하는 Program을 동시에 독립시켜서 실행시키는데 필요로 하는 것이며 각 공구대간의 가공순서, 간섭의 제거, 공정간 Timing을 맞출 수 있어야 한다. 동기제어는 두 개의 공구로 동시에 한 부품을 가공하는 경우 즉, 제1주축과 제2주축을 동시에 작용시키는 긴 Bar를 가공할 때 필요로 한다. 중첩제어는 두 공구를 동시에 서로 다른 부품을 가공하는데 필요로 한다. 이와 같이 구조물 형태뿐만 아니라 이것을 제어하기 위한 제어기능도 복잡하게 되고 있다.

2) ATC가 있는 Twin Spindle Turning Center

Fig 7-22는 All-Do-Matic이라고 부르는 Twin spindle(Z축과 W축) Turning center로서 두 군데에서 동시에 가공할 수 있다.<sup>(6)</sup> 공구 Magazine은 기계 Top에 있고, 14개 공구를 자동으로 교환할 수 있지만 보조 Magazine을 쓰면 24개의 공구를 자동 교환할 수 있다. 공구축은 Vertical과 Horizontal 방향으로(X축과 Y축) 45씩 움직일 수 있으며, CNC는 5축(X, Y, Z, W, C)를 제어할 수 있다. Spindle C는 Work의 위치로 Boring, Milling을 하기 위하여 상하로 움직이게 할 수 있다. 이 기계로 작업할 수 있는 부품의 한 예를 Fig 7-23에서 볼 수 있다. 이 외에 여러 새로운 CNC 자동선반(Automatic lathe)이 개발되어 소개되고 있으나 여기서는 CNC-lathe에 국한하고자 한다.

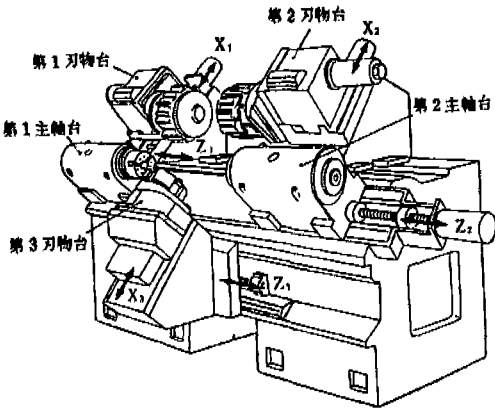


Fig. 7-21 Robotics turning center

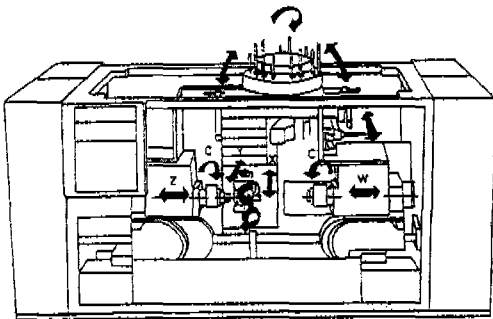


Fig. 7-22 The turning center with ATC

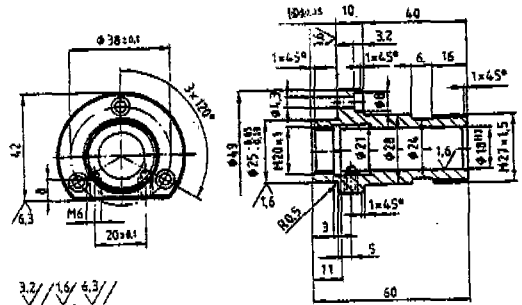


Fig. 7-23 Sample of workpiece machined by the turning center

FA로 시스템을 구축할 때, 그 중에서 FMC는 그 핵심이라고 말할 수 있다. FMC화를 위한 여러가지 응용예를 기술하겠다.

1) Bar feeder

이것은 제일 간단한 FMC 구축수단의 하나이다. 3rd Turret과 결합시켜 Turning 1, 2 공정, Milling 1, 2공정을 완수함으로써 소재 Bar로부터 최종 Work를 완성 가공하게 된다.

2) Robot

매우 용이한 선택이며 Robot과 Turning Center의 결합으로 Work의 이송과 Pick up을 할 수 있다.

3) 문형 Loader

좌우로 주행하고 또 상하로 이동할 수 있는 고속 Gantry loader이다. Loader가 Work의 착탈시간을 빨리하고, 주행 도중에 여러 축정 장치를 가동시키고 Working하는 주변기기를 부착할 수 있는 자유도가 있다는 것이 최대의 잇점이다.

4) VDI Tooling

Turning center의 Tooling system은 VDI 방식이라고 부르는 Quick change holder가 대부분을 차지한다. Maching center와 같이 ATC를 구비하고 있는 Turning center는 BT shank를 채용하고 있다. 이 방식은 Size의 한도 때문에 대형 CNC-선반에만 국한되고 있으며, 중소형의 기계에는 특수 Holder를 사용한다.

5) ATC 방식(BT 50형)Tooling

MC와 같은 방법으로 BT 50 shank의 Holder를 이용한다. Turret은 L 공구용, 정면 M공구용, 측면 M공구용으로 구분되어 있으며, 강성이 높고, 강력 절삭이 가능하다.

6) ATC(Short Taper) 방식 Tooling

기계 Size에 비교하여 비교적 적기 때문에 BT 40 short holder를 채용하고 있다. Taper의 길이가 짧기 때문에 강성면에서 볼 때 불안정하지만 Taper부와 Holder단면부에 2면 구속 방식을 사용하여 이 문제를 해결한다. 이상의 여러 Tooling 방식중 ATC(Short taper)방식의 Tooling을 Fig 7-24에 소개하였다.<sup>(2)</sup> Fig 7-25는 보통 MC에서 사용되는 것과 유사한 ATC이다.<sup>(5)</sup>

7) Touch-setter

Tool chip 교환 또는 공구교환할 때, Tool Nose의 위치를 기계내에 부착되어 있는 Touch-prove에 반자동

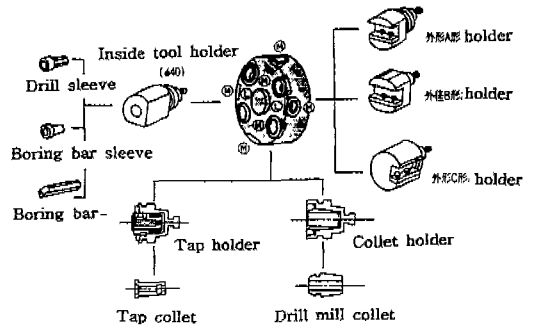


Fig. 7-24 Short taper ATC

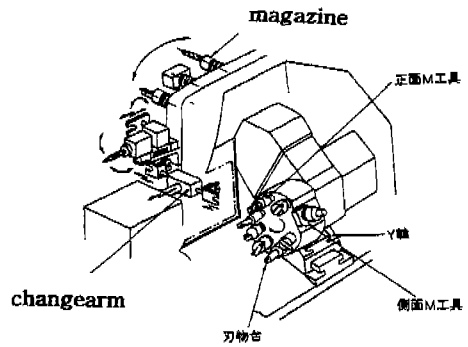


Fig. 7-25 ATC for CNC-lathe

또는 전자동으로 Tool nose에 접촉시켜 그 보정치를 자동으로 Input시키는 System을 말한다. 이와같은 방법으로 공구교환 Setting을 간략하게 할 수 있다.

8) Tool setter

Tool setter는 기계밖에서 Tool의 위치를 Setting 하는 장치로서 Presetting하는 장치를 말한다.

9) Load monitor

이 장치는 구동축 Motor(주축, X축, Z축, M축)의 부하전류를 검출하는 방법으로 각종 공구의 결합, Chipping등에 의해서 생기는 이상상태가 발생하면 기계를 정지시키는 방법이며 실용성이 있고, 사용하기 쉬운「절삭 감시기능」이다.

10) 절삭 동력 Monitor

절삭시 Tool nose에 발생하는 절삭력을 Sensor에 의해서 검출하는 방법을 말한다.

11) 공구 식별 방법

방대한 종류의 공구의 Data가 필요하다. 그 방법은 Magazine 고정 번호 방식과 Random selection 방식이 있는데 이것은 Tool ID 시스템이라고 말하며 자

동화된 공구 관리 시스템이다.

12) FMC화의 모델

기본단위로 CNC 선반, MC, CNC Grinder등 여러 종류의 CNC 공작기계들을 삼위일체(三位一體)로 하여 L. M. G의 융합된 System으로 하고 자동반송, 공구 및 공작물을 보관하는 창고(Stocker crane)를 보유하고 전체를 제어하는 Computer를 가지는 생산 시스템인 FMC화가 여기저기서 진행되고 있으며, 가까운 장래에 이 시스템은 「특수한 시스템」이 아니라 「일반적인 시스템」으로 개발 과급될 것이다.<sup>9)</sup>

7-8. 결 론

1) 선반의 부가가치가 가공방법, 공구의 Tooling, 선반기종에 따라 매우 차이가 있다는 것을 인식하여 상기한 여러 변수를 토대로 고려한 후 CNC 선반의 선택을 해야 한다.

2) CNC 선반은 한세기 동안 사용되어 왔듯이 단축 Spindle, Tailstock, Saddle로 구성된 보통 선반 구조를 혁신적으로 바꿔 놓고 있다.

3) Subspindle, Twin Spindle, 3rd Turret 등의 구조와 그 기능을 검토하고 사용 예를 소개 하였다.

4) 최근의 CNC 선반은 고능률 선반이고 Turning center라고 부르며 Turning뿐만이 아니라 한 기계로 Drilling, Milling, Tapping등을 할 수 있게 8축이 가동하게 설계되고 있으며, 공정을 결합 복합가공을하여 가공시간을 단축시켜 생산성을 비약적으로 상승시키고 있다.

5) 가장 많이 이용되는 Turning center는 공정을 복합하고 공정을 집약시키는 기계로서 소재로부터 완성품까지 한 기계로 가공을 완료할 수 있으며 ATC의 부착도 가능해지고 있다.

6) 특수하게 설계된 CNC 선반을 두 가지 소개하였다.  
7) FMC화를 위한 CNC 선반의 발전 방향을 검토하였다.

8) CNC 선반은 MC, CNC Grinding machine과 더불어 L.M.G의 삼위일체의 종합된 생산시스템으로 발전될 것이다.

참고문헌

1. 佐藤 善治, “旋削加工の 付加價値性” 應用機械工學, 1993, 5, pp.68-73
2. 西川 敬, “ターニングセンタのFMCにおけるツリーングと工具管理” 應用機械工學 1991, 1. pp.76-83
3. 三宅 和久 “ターニングセンタへの工程集約化ニーズと 技術動向” Machinist, 1990, 3. pp.56-60
4. 金子 淳, “複合加工と 加工ワーク” 應用機械工學, 1993, 5. pp.80-85
5. 林 敏晴 et al, “マシンングセンタ, 旋盤による複合.複雜加工” 機械技術, 1994, 10.(42-11) pp. 44-48
6. 堤 正臣, “工作機械の 新潮流” M&E, 1992, 11. pp.98-105
7. 浦 久直, “2スピンドルCNC旋盤による 高能率複合加工” Machinist, 1990, 3. pp.74-78
8. J Talacko, “Tschecho-slowakischer Werkze-ugmaschinenbau auf europäischem Nive-au” Werkstatt und Betrieb 124 (1991)6 pp.483-484
9. P.Swensen “Automated Machining” Manufacturing Engineering-Dec. 1990. pp.31-33