

## 공작기계기술의 현재와 미래 (3)

강 철 희\*

### Machine Tool Technology; The Present And The Future (3)

C. H. Kahng\*

#### 강좌 시리즈 차례

- |                                 |                         |
|---------------------------------|-------------------------|
| (1) 서론                          | (11) 새로운 공구와 공작기계 설계방향  |
| (2) 공작기계의 고속화와 고성능화             | (12) CNC 연삭공작기계         |
| (3) 고속MC의 Tooling               | (13) EDM, Laser가공기계     |
| (4) 공작기계의 정밀화                   | (14) 다기능 공작기계와 미래공작기계   |
| (5) 공작기계 오차의 원인과 대책             | (15) 공작기계의 성능평가         |
| (6) 공작기계의 새개념 (VARIAX, HEXAPAD) | (16) 측정 기술, Sensing 기술  |
| (7) 새로운 CNC 컨트롤                 | (17) 생산시스템 (FMC, FMS)   |
| (8) 머시닝센터의 미래                   | (18) Metal Forming 공작기계 |
| (9) CNC-선반의 미래                  | (19) 미래의 생산 (CIM, IMS)  |
| (10) 초정밀 가공공작기계                 | (20) 우리의 갈길             |

### 3. 고속 MC의 Tooling

#### 3-1. 서론

전술한 바와 같이 공작기계 기술은 고정밀화, 고속화 고성능화의 추세로 발전해 나가고 있다. 고속 절삭이라고 하면 직감적으로 주축이 수만 rpm으로 회전하면서 어떤 재료를 가공할 수 있는 MC의 고속 주축을 생각해 된다.

그러나, 이와 같은 고속절삭은 Al이나 Plastic등 재료를 가공하는데 국한되고 있으며, 철계금속의 고속절

삭이란 정의는 절삭속도를 수백 m/min의 초고속 가공뿐만 아니라 '가공시간의 단축'도 고속 가공의 정의에 포함시켜서 이해해야되며 가공물의 소재가 일반 강철, 열처리된 강철, Ceramics재료, 난삭재료 등의 고속절삭을 위해 개발된 Tooling기술에 대한 검토 필요성이 급속히 증가하고 있다.

MC의 Tooling은 기계 본체와 공구간의 Interface를 다루는 것으로 MC의 요구조건과 공통된 고속화, 고정밀화, Intelligent화, 다양다기능화, 그리고 무인화에 적용 가능해야되며 고속절삭하기 위한 방법들을 열

\* 統一重工業(株) 전문

거해 보면<sup>(4)</sup>

1) 절삭속도를 높인다: 주축 회전수와 이송속도를 고속화하여 가공능률을 올린다.

2) Tooling의 강성을 높인다: 강력절삭에 대응하여 이송속도를 낼 수 있다.

3) 정도가 높은 Tooling 방법을 사용한다: Tool Nose(끝)에 Deflection(비틀어짐)이 적어 Program 한대로 이송속도를 낼 수 있다.

4) Tool Nose를 냉각한다: 고압 냉각수를 배출하므로 회전수, 이송속도를 높이고, Chip의 처리도 쉬워진다.

이와 같이 Tooling 문제는 공작기계의 여러 Unit 중에서도 Spindle과 밀접한 관계가 있으며 가공정밀도, 효율, 공구수명에 큰 영향을 미치는 중요한 항목이다.

### 3-2. Taper Shank Tool Holder

Tool Holder는 공구주축과 공구사이의 중간 매개체이다. 밀링, 드릴링, MC의 대부분이 Tool Holder를 1900년대부터 Morse Taper로 되어 있는 것을 사용하고 있다. 이 Taper Holder는 Fig. 3-1에서 보는 바와 같이 최고 지름을 millimeter로 표시하여 30, 40, 50, 60 등으로 Taper를 구별하고 있다.<sup>(5)</sup> 미국에서는 약 90%가 V-Flange이고, 1978에 ANSI 규격으로 규정하고 있다. V-Flange Tool Holder의 구조를 보면,

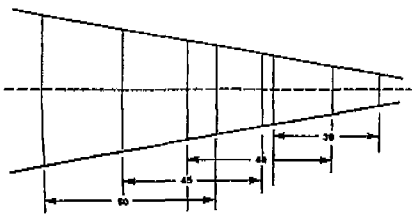


Fig. 3-1 Common taper diameters for V-flange tooling

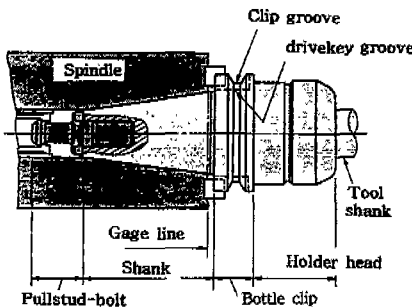


Fig. 3-2 Design of V-flange tool holder

Fig. 3-2와 같다.<sup>(6)</sup> 그 구조는, 1) Pullstud-Bolt 2) Shank 3) Gage Line 4) Clip Groove 5) Drive Key 6) Holder Head로 되어 있다.

공작기계의 주축 선단 (Cone)을 Taper로 만들고, 거기에 맞게 Tool Holder도 역시 Taper Shank로 만들고 있는 것이다. Taper Shank Holder의 특징은, 1) Holder 교환했을 때 오차가 적고 2) 강성이 크며 3) 고정도 결합이 가능하며 4) Spindle과의 조립 및 분해가 용이하다

Taper Shank의 특성을 발휘하려면 Taper의 가공정도가 높아야한다. Taper Gage를 사용하면서 Taper 부위 접촉율을 100% 정확하게 제작하려고 노력하지만 쉽지 않기 때문에 접촉율이 80%이상이면 만족할만하다. Taper의 종류에는 두 가지가 있다. 첫째는, Self-Holding-Taper이다. Taper Shank를 삽입하면 저절로 Clamp력을 얻게 되며, 그 대표적인 것이 Taper Shank Drill인데 Morse Taper라고 일반적으로 많이 부르고 있다. Taper각은 약 2.86°~3.01°이며 결합부의 구조가 간단하다. 다음은 Self-Release Taper로서 비교적 높은 경사의 Taper이므로 자체적으로 끼울 수 없기 때문에 삽입작업은 외력에 의해야만 한다. 그 대표적인 것이 MC용 Tooling에 사용되는 7/24 Taper이다. 보통 National Taper (NT)라고 부르며, Taper가 비교적 급하며, Taper의 비가 7/24, Taper 각도가 약 16.26°이다. Self-Holding 작용이 없으므로 Taper후부에서 잡아 당기는 구조가 필요하다.

공구를 Tool Holder에 부착시키는 방법은 Straight Shank를 제일 많이 쓰고 있다. 그 방법도 여러가지가 있으나 대표적인 것이 Collect Chuck, Roll-Lock Chuck, Hydraulic Chuck 등이다. Collect Chuck에는 Single Taper Collect Chuck, Double Taper Collect Chuck가 있으며, Fig. 3-3에서 그 차이점을 볼 수 있다.<sup>(7)</sup>

### 3-3. 7/24 Taper Shank의 문제점

Tool 재료의 발달과 비철 재료의 증가 등으로 절삭속도가 높아지고, 또 가공부품이 소형화되는 추세에 따라 가공 공정이 소형화되고 있으며 Tool이 소형화되는 추세에 따라 주축의 회전 속도가 점점 높아져 가고 있다.

Table 3-1은 90, 92년의 JIMTOF에 출품한 MC의 Tool Size별 최고 회전수를 보면 확실히 고속화가 진행되고 있음을 알 수 있으며, BT30의 고속화는 2년

Table 3-1 JIMTOF 출품 MC의 회전속도

MC의 구분	1990① min <sup>-1</sup>	1992② min <sup>-1</sup>	②/①
총평균	8200	10400	1.27
BT50	5800	6400	1.10
BT40	7400	12700	1.72
BT30	8500	36000	4.24
특수 Taper	32000	44000	1.38

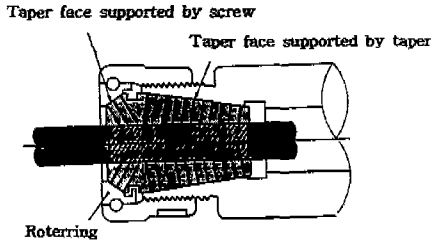


Fig. 3-3 Clamping method of a Collect chuck

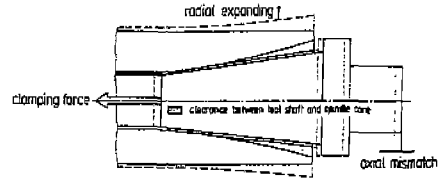


Fig. 3-4 Spindle deformation influenced by centrifugal force

사이에 8500min<sup>-1</sup>에서 36000min<sup>-1</sup>로 상승하고 있다.<sup>(2)</sup> 이것은 BT30용 기계의 대부분이 고속화에 대응하기 위해서 개발되고 있음을 뜻한다. BT40의 최고 회전수는 92년에 12700min<sup>-1</sup>이었으나 Option으로 20000~40000min<sup>-1</sup>에 도달하고 있는 실정이다. 이와 같은 주축의 고속화에 따라서 Tooling문제 즉 Shank의 형상과 주축, Tool의 Clamping 문제가 논의의 대상이 되고 있다. 주축을 고속으로 회전하면 원심력에 의해서 주축이 팽창하고 Pullstud를 통한 Disc Spring의 힘에 의해 Tool이 주축속으로 들어가는 것은 이미 알려져 있다. Tool은 팽창하지만 Solid이기 때문에 주축의 Taper부위 팽창량이 더 크고, Tool이 주축속으로 빨려들어 Tool Nose가 Preset한 위치로부터 이동하기 때문에 가공정도가 떨어진다. Holder와 주축 사이에 단면 접촉부(Contact Face)가 없으므로 Tool의 축방향 위치를 결정하는 정도 관리가 어렵고, 1면 구속이기 때문에 Bending 강성이 적고, 특히 Tool에 작용하는 Radial하중에 약해서 특히 긴 Tool에는 불리하다. 이 문제를 해결하기 위하여 BT Shank에서 주축과 Tool의 단면(Contact Face)을 밀착시키는 방법을 사용하게 되었다. 이 방식은 구형의 기계 주축을 그대로 이용할 수 있어서 편리한 점이 있다. 이 방법으로 Tool이 주축속으로 들어가는 결점이 해소되고 Tool Nose의 Axial방향의 공구교환 정도는 향상된다. 그러나, 고속 회전시 Tool Shank보다도 주축의 팽창되는 상태는 변하지 않고 있다. 그러므로, 고속회전에 따라서 주축과 Tool Shank사이의 Clearance가 생기며, Radial방향

의 강성이 매우 저하된다.<sup>(2)(3)</sup>(Fig. 3-4). 이 문제를 해결하는데는 어려움이 많고, 또 다른 결점으로서 Shank가 Solid이므로 질량이 크고, 길이 때문에 공구교환 속도를 빠르게 할 수 없고, 교환할 때 Stroke가 커지는 결점이 있다.

### 3-4. HSK Shank

상기한 문제를 해결하기 위하여 독일의 DIN 표준 위원회에서는 공작기계 Maker, 공구 Maker, 자동차 Maker등으로 구성된 Working Group을 설치하여 Aachen공대 공작기계 연구소와 산학 합동연구를 시작하여 1991년에 새로운 Interface로서 HSK(Hohl Schaft Kegel:독일어로 중공 샤프)가 발표되었다.<sup>(2)(3)(6)</sup> 그리고, 이 HSK Tooling은 규격화되어 DIN 69393으로 채택 되었으며, 그 동안 자동차 Maker를 중심으로 User의 평가가 3년에 걸쳐 실시되고 있으며, 그 기능을 확인하는 작업도 진행중이다. 현재 ISO에서도 이 HSK Shank의 규격화를 고려중이고, 일본에서는 미국과 달리 HSK의 이점을 이해하고, 채택하는 방향으로 움직이고 있으며, 공작기계와 공구 Maker들이 제작을 시작하게 되었다.

HSK Tool Shank는 공작기계와 용도에 따라서 A부터 F까지 6종류가 준비되어 있다.(Fig. 3-5) 그 중 MC의 ATC에 사용되는 A Type과 전용기에 사용되는 수동교환식의 C Type로 대별할 수 있다. 그것을 더 자세히 설명하면 Fig. 3-6에서 보는 바와 같이 탄성이 있는 중공(中空)Taper와 Flange로 구성되어 있으며,

Type	Form	Feature	Size(φD)
A		<ul style="list-style-type: none"> <li>For ATC</li> <li>Cent coolant possible</li> </ul>	32, 40, 50 63, 80, 100 125, 160
B		<ul style="list-style-type: none"> <li>Manual clamping</li> <li>High rigidity</li> <li>Through coolant</li> </ul>	40, 50, 63 80, 100, 125 160
C		<ul style="list-style-type: none"> <li>Manual clamping</li> </ul>	32, 40, 50 63, 80, 100
D		<ul style="list-style-type: none"> <li>Manual clamping</li> <li>High rigidity</li> <li>Through coolant</li> </ul>	40, 50, 63 80, 100
E		<ul style="list-style-type: none"> <li>For ATC</li> <li>High rpm</li> </ul>	25, 32, 40 50, 63
F		<ul style="list-style-type: none"> <li>For ATC</li> <li>For wood work machine</li> </ul>	50, 63

Fig. 3-5 Different types of HSK tooling

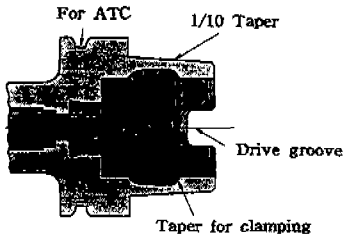


Fig. 3-6 Design of HSK shank

Clamp 원리는 Shank의 내경부에 만들어진 30° 면을 Clamp Unit로 잡아 당기고 1/10 Taper(2.86°)부를 탄성변형시키면서 Flange단면과 Taper부가 접촉하는 2면구속으로 이루어진다. (Fig. 3-7)

MC에 사용되는 HSK Shank는 높은 회전수에서 사용하기 위하여 Taper부의 Dia가 작은 쪽에서 주축 회전을 전달할 수 있도록 되어있다. 그렇기 때문에 탄성 변형하는 중공 Taper부에는 비틀림과 굽힘력이 Taper의 원주상에 연속적으로 작용하는 부하를 얻을 수 있다. 이 Taper면에 Hole이나 Groove를 만드는 것은 강도를 저하시키고, 파손의 원인이 될 수 있으므로 ATC용 Shank에서는 Taper면에 Hole을 만들지 않고 수동교환용에만 별도로 설계되어 있다. (Fig. 3-8) Tool을 잡아 당기는 부분과 Torque를 전달하는 부분을 분리하여 Twisting Force와 Tension Force를 집중시키지 않은 방법으로 강도를 확보하고 있다. 공구교

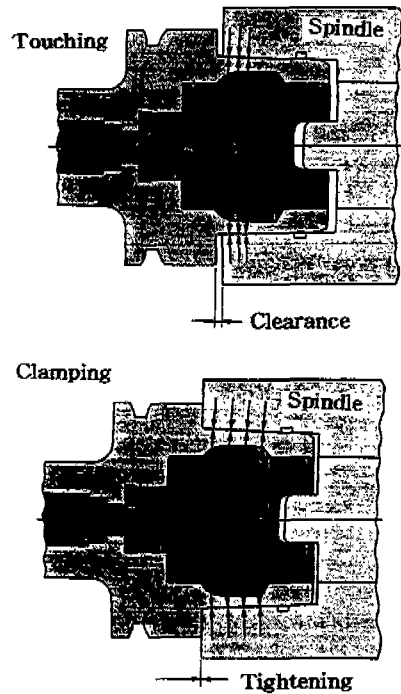


Fig. 3-7 Clamping method of a HSK shank

환시 주축과 Holder내부를 항상 깨끗하게 하기 위해서는 Taper부에 Hole이 없는 것이 이상적이다. 이런 구조 때문에 주축 Taper와 결합하여 탄성변형하는 Taper Shank는 주축의 축심에 정확하게 부착시키는 것이 가능하다. 그리고, Flange의 Contact Face와 주축의 Contact Face가 밀착되므로서 2면 구속구조가 되어 높은 Positioning정도와 장착정도를 유지하는데 적합하다.

Clamp할 때 Taper와 Contact Face사이의 접촉면을 Balance있게 설계 하지 않으면 그 효과를 충분히

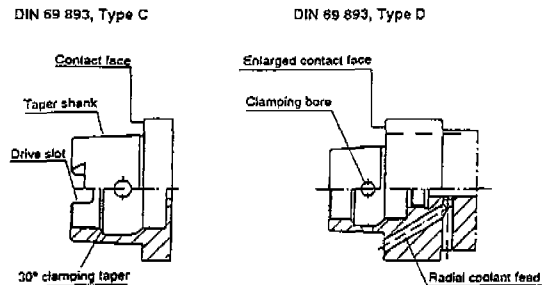


Fig. 3-8 HSK shanks for manual tool changing

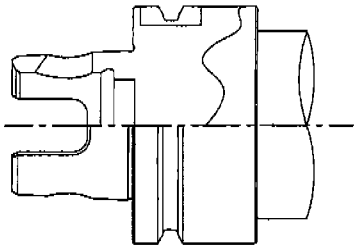


Fig. 3-9 Design of a KM tool shank

발휘할 수 없다. 예를들어 Taper부의 탄성을 약하게 하여 억지로 변형하기 쉽게해서 적은 Pulling Force로 Clamp를 하게할 때는 강성을 높게할 수 없다. 따라서, HSK Shank에서는 Taper부의 두께와 주축 접합부의 Contact Face의 Clearance, 그리고 Pulling Force와 Balancing을 충분히 고려한 Size의 설정이 중요하다. Balancing이 잘 잡힌 2면구속에서는 Bending강성이 크고, Long Tool에도 매우 효과가 있다. Clamping방법은 DIN에 규격화되어 있지 않아서 각 Maker가 Maker 고유의 Clamping 방법들을 제안하고 있다.

### 3-5. 그 외의 Tooling방법

#### 1) KM Tooling

독일에서 HSK Shank를 개발하고 있을 때 미국 Kennametal에서도 2면구속방식인 KM Tooling의 Shank를 개발하였다.<sup>(6)</sup> KM Shank는 Fig. 3-9에서 볼 수 있다. 특징은 Ball을 이용하는 Clamp방식이다. (Fig. 3-10) Clamping Unit가 Tool Shank속에 들어가 Ball을 통하여 Lock-rod를 잡아당겨서 Tool을 Clamping 한다. 고속회전할 때 원심력에 의해서

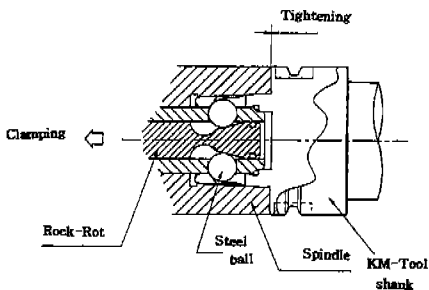


Fig. 3-10 Clamping method of a KM shank

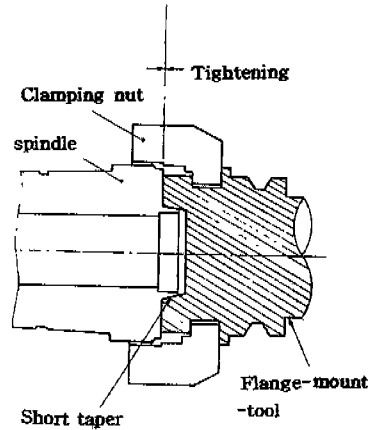


Fig. 3-11 Design of a FMT shank

Shank와 Clamp요소의 Ball이 바깥쪽으로 이동하지만 Lock-rod는 경사면에서 Ball과 접촉하고 있으므로 같이 움직이며 회전속도가 빨라도 Clamping Force의 저하를 막고 있다. 밀착되는 Contact Face에 Key가 없으므로 밀착면에 이물질의 침입을 방지한다. Torque의 전달을 BT Shank와 같은 방법으로 Key를 쓰는데 그 위치가 다르며 주축 Contact Face위에 있지 않다. 단면 밀착 방식으로는 밀착면에 Key가 있으면 Cleaning문제가 생기고 정도, 강성을 얻을 수 없게 된다. 공구교환시 교환 정도는 Radial, Axial방향의 정도가 BT Shank보다 안정되어 있다. Spindle Through Coolant System에서는 Coolant System과 Tooling System의 사이에 O-Ring, Seal로 되어있어 Coolant가 Clamp Pin 기구 내부에 침투하는 것을 가로막고 있다. KM 32부터 KM 80까지 5종류가 있으며 12.1 N(1240kgf)의 부하에 대하여 변형량은 5 $\mu$ m뿐이다.

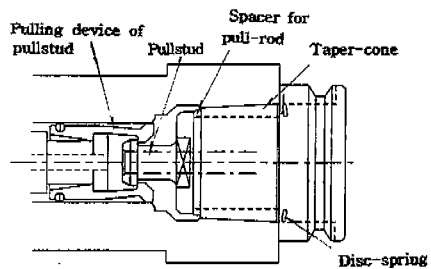


Fig. 3-12 Design of 'NC 5' shank

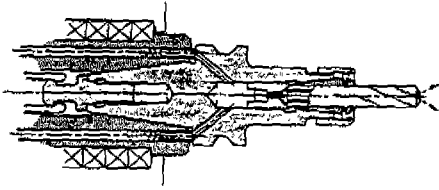


Fig. 3-13 Oil hole holder

2) FMT (Flangement Tooling)

일본 Mori-Seiki사와 Kurota-Seiki가 공동으로 개발한 것이다.<sup>(2)</sup> Short Taper단면(Contact face) 밀착 방식은 HSK와 KM과 같은 방법이지만 고속회전시 FMT Clamp방식이 강성이 더 높다고 하며 Pullstud로 당기는 방식이 아니라 Nut를 이용하여 나사를 조이는 것이기 때문에 단면밀착과 동시에 주축과 Tool의 결합력이 크고, 강성을 대폭 향상시킨 것이다. (Fig. 3-11)

3) NC 5

94 JIMTOF에서 주목을 끈 것은 새로운 2면구속 Tooling의 출현이다. NIKKEN공작소에서 개발한 NC 5이다.<sup>(3)</sup> Fig. 3-12에서 보는 바와 같이 2면 구속이고 1/10의 Short Taper인 것은 HSK나 KM과 같으나 다른점은 Shank가 중공이 아닌 중실(Solid)이고 Clamp 기구가 종래의 7/24 Taper Shank와 같이 Pullstud를 사용하는 방식이다. NC 5에서 Shank를 2중구조로 하여 주축의 Taper 부위와 접촉하는 부분에 Taper Cone을 삽입하여 오차를 흡수하도록 하고있다. Taper Cone에는 Disc Spring에 Groove를 만들어 오차를 흡수하는데 유리하도록 되어 있으며, Disc Spring에 의해서 항상 주축의 Taper 부위를 밀어서 밀착하게 하는 구조로 되어있다.

4) Oil Hole Holder

Coolant를 Tool End에 공급하여 절삭열과 Chip을 강제로 배출하여 가공 능률을 높이게 하는 방법이 Oil

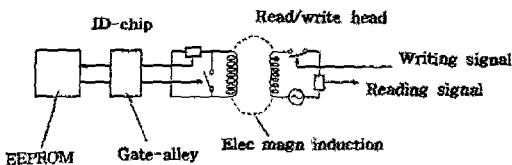
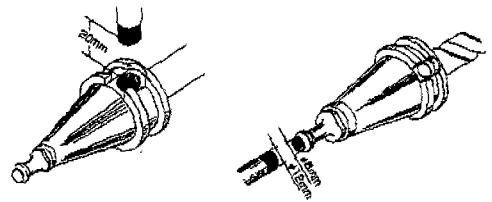


Fig. 3-14 Principles of read/write for ID chip

Hole Holder이다. 종래의 방법으로는 3000min<sup>-1</sup> 이상의 고속회전에 문제가 있었으나 주축 단면으로부터 Tool 단면으로 Coolant를 공급하는 방식이 채택되고 있다. Fig. 3-13에서 보는 바와 같이 Center through방식보다 이상적이기는 하나 공구 관리문제, 기계설계문제등으로 활용이 적지만 70kg/cm<sup>2</sup> 이상의 고압 Coolant를 활용할 수 있어 장래에 난삭재 가공분야나 Deep Hole Drilling방면에 널리 이용될 것으로 보고 있다.<sup>(4)</sup>

3-6. 공구관리

다중소량생산에 있어서는 방대한 종류와 수량이 있는 현장에서 필요로 하는 공구를 찾아 그 공구의 번호, Size, 보정량등을 정확하게 파악하지 못하면 NC공작기계를 가동시킬 수 없다. 또한 공구관리에 있어 실수나 낭비가 없이 진행되고 있다고 생각해서는 안되며 Data 입력을 잘못했거나 공구의 공급시간을 맞출 수 없거나 하는 문제는 항상 일어나는 현실이다. 다중소량생산의 공구관리에 최근 주목을 받고 있는 부분이 Tool ID(Identification)시스템이다.<sup>(4)</sup> 이 방법은 Tool Holder에 Data Carrier라고 부르는 소형 ID Chip을 붙여 공구를 식별하는 방법이다. 공구의 정보를 NC장치로 자동으로 인식시킨다. 공구번호만 식별시키는 Bar Code 방식에 비해 기억용량이 큰 각종정보를 입력시킬 수 있는 특징이 있다. ID칩은 정보를 기억시키는 EE PROM 송수신 신호를 제어하는 Gate Alley신호를 송수신하는 Coil을 가지고 있다. (Fig. 3-14) 정보를 Read/Write는 비접촉으로 하는 것이 일반적이며 Head를 ID칩에 가까이하여 전자유도를 이용하는 전자결합으로 Read/Write 할 수 있게 하는 장치이며, ID 칩 속에 전원을 두지 않는 이점이 있다. 94 JIMTOF에 여러 일본 공작기계Maker에서 ID시스템을 도입한 MC형 시스템을 출품하고 있었다. Tool ID는 사용자의 날카로운 평가를 받게 되는 단계에 도달하였다. ID칩의



(a) Drivekey (b) Pullstud

Fig. 3-15 Sticking locations of ID chips

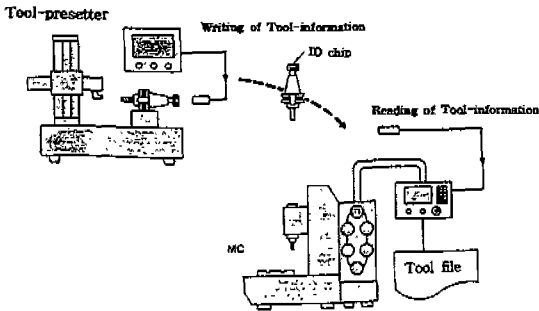


Fig. 3-16 An examples of tool ID system

크기는 작은 것이 약  $\phi 12\text{mm}$ , 두께 5~8mm가 보통이지만 기억용량에 대해서 각각 다르고 A사에서 256 Bite, B 사에서는 200 Bite, C사에서는 단 32 Bite이다. 4 Bite로 8 Digit Number를 하나의 정보로 기억시킬 수 있으므로 32 Bite이면 8항목, 256 Bite이면 64항목까지 입력이 가능하다. 사용상의 문제는 ID칩을 공구 Holder의 어떤 곳에 부착시키느냐 하는 것이다. 현재로는 Fig. 3-15에서와 같이 Drive Key의 Groove 또는 Pullstud Bolt에 부착하는데 장, 단점이 있다. 후자는 Pullstud Bolt만 교환하면 기존의 공구 Holder를 사용할 수 있으나, 전자는 Holder를 모두 교환해야 한다. 그렇지만, 후자는 Bolt 단면이 적은 것은 대형 Holder에 적용할 수 없고, 또 Holder 밑바닥에 붙인 ID칩 때문에 절삭액의 통로를 막아서 절삭액이 유통에 지장이 있어 최근에는 칩의 주위에서부터 Holder의 중앙을 통하여 공구끝에 절삭액이 분출하게 하고 있다. 그것에 비해 Drive Key방식은 부착시키는데 Size의 제약이 적기 때문에 많이 채택되고 있다. 일반적으로 직경 12mm의 소형 ID칩의 Read/Write거리가 2~4mm 이고 그 이상 멀어지면 Read/Write 역할이 불가능하다. Groove의 깊이가 BT50 Holder의 경우 14mm정도 이므로 Read/Write Head를 Groove속으로 삽입시켜야 한다. 더 긴 감지거리를 얻을 수 있는 ID칩을 택하거나 그렇지 않으면 현재의 12mm Size를 그대로 사용하든지 선택을 해야한다. Drive Key방식에서 염려되는 것은 고속 회전시 큰 원심력이 발생한다는 것인데 현재로서는 ID칩이 50G 이상의 충격력이나 10,000rpm인 경우에도 Read/Write가 가능한 것으로 신뢰를 받고 있다. 그 다음 문제가 되는것은 ID칩과 거리 Clear-

ance이며,  $\pm 2\text{mm}$ 이내이어야 한다. 또, Tool Magazine에서 Head의 정확한 위치결정 하는데에 설계문제가 대두된다. Tool ID System은 Fig. 3-16에서 보는 바와같이 Tool의 Presetter에서 얻어진 공구의 종류, 번호, 길이, 직경, 보정치, 수명 등의 Data를 Head를 통하여 ID칩에 넣는다. 다음에 공구를 MC에 설치할 때 Head에서 읽은 Data를 NC장치에 자동적으로 전송한다. A회사에서 Tool ID System을 도입하여 확인해야할 사항이 많이 줄어들어 현장 Operator들의 큰 호응을 얻고 있으며, 1년반 전에 Tool ID System과 Pallet ID System을 종합한 MC 3대를 구입하여 각 MC에 공구 100개, 여유공구 500개를 사용하는 FMC 에도 많은 효과를 보고 있다. 장래에는 공구의 회전수 이송 속도를 ID칩에 입력시키면 NC Program에는 계획정보만 가지고 있으면 충분하므로 Program 작성이 쉬워진다. 가장 합리적인 절삭 Data를 입력시킴으로서 MC작업을 더욱 효과있게 할 수 있을 것이다.

### 3-7. 결 론

- 1) 고속화, 고성능화에 Tooling문제가 대두되고 있다.
- 2) BT방식의 장점과 단점을 검토하였다.
- 3) 고속회전시 Tooling 문제해결 방법은 Tool과 주축 사이에 1면 구속방식이 아닌 2면 구속방식을 채택하면 가능하다.
- 4) 독일에서 개발한 HSK Tooling방식을 검토하였고, 기타 유사한 Tooling 방식도 검토하였다.
- 5) Tool Management를 Tool ID System으로 성과를 거둘 수 있는 방법에 대해 검토하였다.

### 참고문헌

1. Manufacturing Engineering April, pp.55-60, 1994.
2. 杉矢建- "2面拘束 ツーリングの構造と效果" 應用機械工學, pp.89~93, 1994. 5.
3. W. Kelch, "HSK Tooling System for High Speed Machining" 6th IMEC, pp.126-140, 1994.
4. "多種少量生産で注目のツールID凡ミスの 追放, 工具の合理化目指す" NIKKEI MECHANICAL,

- pp.76~82, 1990. 10. 15.
5. H. Schulz. "Current State of Art Concerning HSC-Machine Tools" 5th IMEC, pp.117-130, 1992.
  6. 石川均 "HSK ツールシャンクの 機能" ツールエンジニア, pp.110-113, 1994. 8
  7. 成決保廣 "ツーリング" 應用機械工學 pp.88-91, 1993. 4.
  8. 久保治明 "難削材加工用 ツーリングの 最近動向" 精密工學會誌(日本) pp.13-16, 58/12/1992.
  9. "多くのメーカーが HSKを採用" NIKKEI MECHANICAL, pp.30-33, 1994.12.12