

# DC 主軸驅動모우터를 사용한 NC 旋盤에 있어서 Headstock의 自動化

趙 孝 相

〈大宇重工業(株)工作機械事業本部開發研究室 室長〉

## 1. 머릿말

現在까지는 國內에서 NC 工作機械에 대한 論議가 활발히 이루어지지 않아 廣範圍하게 理解되어 있지 못하고 記號와 用語의 意味도 統一되어 있지 못하므로 NC 工作機械의 構成, 構成要素, 記號등을 간단히 살펴보고 具體的인 論議를 시작하기로 하자.

## 2. NC 工作機械의 構成

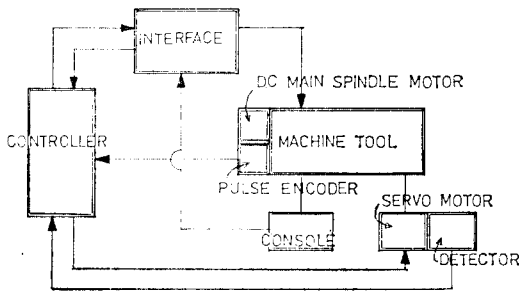


그림 1. NC 工作機械의 構成

NC 工作機械의 가장 基本的인 構成은 그림 1에서 보는 바와 같이 機械本體와 controller 이다. NC 工作機械에서도 機械本體가 必要하고, 이 機械本體의 工作物과 工具 사이의 位置와 速度를 指令하는 controller가 있다. 원래 NC(數值制御)의 意味는 바로 이 工作物과 工具사이의 位置와 상대速度를 數值的으로 制御한다는 뜻이다.

그러면 controller의 指令을 받아 遂行하는 곳은 어디인가? 이 媒介體가 바로 servo motor 이다. 凡用工作機械에서는 主軸의 回轉을 feed

gear box와 apron을 통해 전달하면서 工具台의 縱橫移送, 移送速度制御 등을 遂行하였는데, NC 工作機械에서는 이것 대신에 servo motor를 사용한다. controller에서는 pulse encoder를 통하여 主軸의 驅動을 感知하고, 이에 따라서 servo motor 驅動回路에 命命을 보낸다. servo motor 驅動回路에서는 이 命命을 받아 X, Z軸 servo motor를 각각 驅動하여 位置와 速度制御를 하게 된다.

이와같이 NC 工作機械의 基本的인 構成이 이루어지게 되는데, 이외에도 作業者 依存度を 낮추고 生産性を 向上시키기 위하여 主軸의 正逆回轉 및 停止, gear의 變換, 工具의 選擇, guideway의 潤滑 등을 自動으로 할 必要性이 대두되었다. 이 自動化를 위하여 機械本體와 controller를 連結시켜 주는 것이 interface circuit 이다. interface의 주요목적은 controller에서 나오는 弱電信號를 motor, solenoid 등을 驅動할 수 있는 强電信號로 증폭하는 것과 controller에서 나오는 간단한 信號들을 多樣性있게 組合하여 使用하는 데 있다.

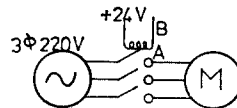


그림 2. Interface 略圖

예를들면, 지금 그림 2에서 보는 바와 같이 controller에 24V의 電源이 있으며, 이것으로 220V 3상의 motor를 驅動시킨다고 하자. controller에서는 이 motor를 驅動시켜 줄 만한 出

## DC 主軸驅動모터를 사용한 NC 旋盤에 있어서 Headstock의 自動化 □

력이 나오지 않으므로 回路 構成時 220V의 電源을 motor에 가해 주고 그대신 A점을 끊어 놓는다. NC controller에서 motor를 驅動하라는 24V 信號가 나오게 되면, 이 電流는 B를 통하여 흐르게 되고, 이것이 A지점을 連結시키는 힘으로 作用하여 motor가 驅動된다. 이와같이 interface 回路가 構成되는데, 실제로는 여러가지 安靜性, 즉 主軸回轉 前에 headstock의 潤滑은 제대로 되고 있는가? gear의 물림은 확실한가? 등 여러가지 事項을 考慮해야 하고, 機械側에서 나오는 各 信號들도 確認해야 하기 때문에 複合的으로 構成되어 있다.

이제, 이 system에서 主軸의 驅動命令을 내린다고 가정해 보자, programmer는 “MO3”를 program한 후, punching machine에 가서 tape punch를 하게 된다. 作業者는 이 tape를 받아 controller에 loading한 후, start button을 누르면 主軸이 驅動된다. 이 간단한 主軸의 驅動을 위하여, 위와 같은 節次를 일일이 거치게 된다면, 이것은 常識에 벗어난 일이 될 것이다. 따라서 主軸의 起動, 停止, 工具의 選擇, 工具台의 縱橫移送 등 간단한 作業은 作業者도 手動으로 운전 가능토록 할 수 있게 하는 것이 必要하다. 이 때문에 NC 工作機械에서는 作業者 console이 있어 機械를 手動으로도 動作시킬 수 있다.

이것을 요약하면,

① Machine Tool: 凡用工作機械와 마찬가지로 headstock, bed, tail stock, 工具台, 主軸 驅動모우터 등으로 구성된다. (feed gear box, apron 등 不要)

② controller: 移送命令을 내리고 確認하는 諸般業務, machine tool을 動作시키기 위한 信號를 Interface로 發送및 確認.

③ Interface: 自動化를 위한 controller 와 machine tool의 連結이며 이후의 論議는 이 部分에 관한 것임.

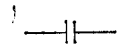
④ Servo Motor : Controller의 命令을 받아 移送速度, 位置를 制御하는 기구.

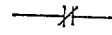
⑤ Console: 作業者의 便依를 위하여 machine tool을 手動으로 動作 可能토록 구성.

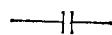
### 3. 記號 및 說明

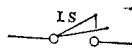
 Motor

 Relay

 A접점 (relay가 'on' 되면 전류가 흐르고 'off' 되면 전류의 흐름이 中止함)

 B접점 (A접점과 반대)

 A, B접점이 함께 動作함, 따라서, 위의 回路로 電流가 흐르면 아래 回路가 차단되며 반대의 경우도 마찬가지임.

 Limit switch (外部의 힘에 의하여 눌리면 電流가 흐르고 눌림이 解除되면 電流의 흐름이 中止함)

위의 回路를 基本으로 간단한 回路를 構成하여 보자.

이제 relay R1이 'on' 되면 이에 의해 relay R2가 'on' 되고 R1이 'off' 되더라도 R2는 계속 'on'이 되도록 한다.

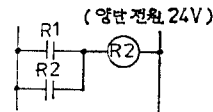


그림 3. 自己維持回路

그림 3에서 보는 바와 같이 relay R1이 'on' 되면 R1의 A접점을 통하여 電流가 흐르게 된다. 따라서 relay R2 양단에 電壓이 걸리므로 R2가 'on' 된다. 이때 아래 回路의 R2의 A접점을 통하여서도 relay R2에 電流가 흐르게 되어 relay R1이 'off' 되더라도 relay R2는 계속 'on'상태로 된다. 이것을 自己維持回路라고 한다.

이제는 油壓실린더에 대하여 생각해 보기로 하자.

2段실린더는 그림 4에서 보는 바와 같이 solenoid 201이 動作하면 右側으로, solenoid 202가 動作하면 左側으로 移動한다.

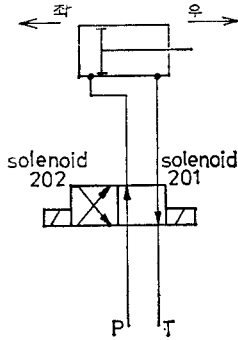


그림 4. 2단 실린더와 유압회로

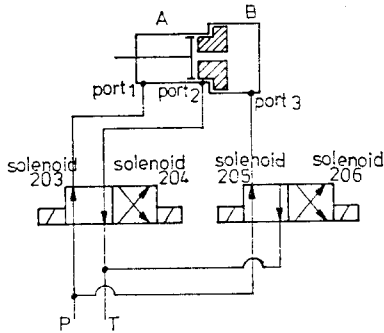


그림 5. 3단 실린더와 유압회로

3단실린더의 停止位置는 다음과 같다.

中立: 그림 6의 solenoid 203과 205가 動作되면 port 1과 port 3에서 기름이 들어오므로 A와 B는 中間에서 만나게 된다. 이때 B는 A보다 斷面積이 넓으므로 A를 밀면서 左側으로 移動하다가 그림 6과 같이 실린더 벽에 부딪쳐 停止하게 된다.

右: Solenoid 203과 206이 動作되면 port 1에서만 기름이 들어오므로 실린더 A는 右側으로 움직여 停止하게 된다.

左: Solenoid 204와 205가 動作되면 port 2 port 3에서 기름이 들어오므로 실린더 A는 左側으로 움직여 停止하게 된다.

#### 4. DC 主軸驅動모우터

旋盤의 主軸驅動모우터는 주로 AC 모우터를 사용하여 왔다. AC 모우터의 回轉數 S(R.P.M.)는

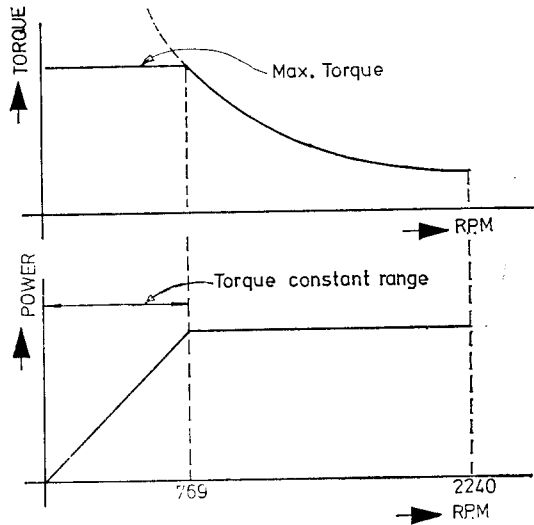


그림 6. Power torque—R.P.M. 線圖

$$S = \frac{120f}{p} \quad \begin{matrix} f: \text{frequency (Hz)} \\ p: \text{pole 數} \end{matrix}$$

이다.

윗 式에서 보는 바와 같이 AC 모우터의 回轉數는 frequency와 pole數에 의하여 決定되어 버리므로, AC 모우터를 使用한 旋盤의 主軸의 回轉數變換은 gear 配列에 의한 加減速으로 보통 8~15段으로 設計되어 왔다. DC 모우터의 特性은 모우터 驅動回路에 의하여, 원하는 回轉數를 얻을 수 있다. 加工에 있어서 가장 重要的 것은 切削速度이다. 切削速度 V (mm/min)는

$$V = \frac{\pi DN}{1000} \quad \begin{matrix} D: \text{直徑 (mm)} \\ N: \text{回轉數 (R.P.M)} \end{matrix}$$

이다.

AC 主軸驅動모우터를 使用한 NC 旋盤에서 斷面을 加工하려 하면 直徑은 連續적으로 변하고 回轉數는 固定되어 있으므로 원하는 切削速度를 얻을 수 없다. DC 主軸驅動모우터를 使用한 NC 旋盤에서는 바로 controller에 切削速度 V를 指令할 수 있고 이에 따라, 直徑이 변하면 自動적으로 回轉數도 따라 변해 항상 원하는 切削速度를 얻을 수 있다. 이것을 圓周速度一定制御 (Constant surface speed control or constant

.....DC 主軸驅動모우터를 사용한 NC 旋盤에 있어서 Headstock의 自動化 □  
cutting speed)라고 한다.

그러므로, DC 모우터를 사용하여 headstock을 구성한 NC 旋盤을 만들면 다음과 같은 長點이 있다.

- 1) 工具摩耗로 인한 損失의 減少
- 2) 加工時間의 短縮
- 3) Maintenance의 容易
- 4) 表面粗度の 上昇

따라서 外國의 NC 旋盤은 主軸驅動모우터를 DC 모우터로 設計하고 있는 傾向이다.

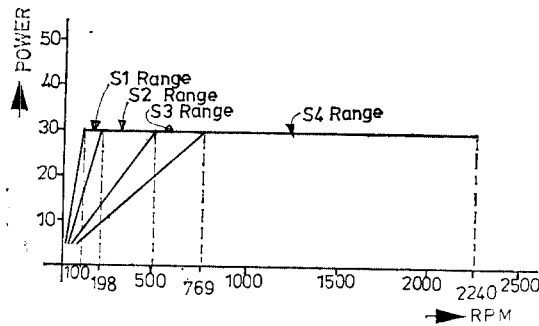


그림 7. 4段 power-R.P.M 線圖

DC 主軸驅動모우터는 위와같은 長點이 있는 반면 그림 7에서 보는 바와 같이 最大 torque가 制限되므로 回轉數가 낮은 部分에서는 出力을 얻을 수 없다. 보통 80~100 R.P.M. 程度에서 出力을 얻는 것이 必要하므로 (이 以下까지 出力을 얻게 하면 전달 torque가 增大하여 機械本體 各 要素들에 무리가 생긴다.) DC 主軸驅動모우터를 使用하여 設計할 때도 出力을 얻을 수 있는 範圍를 80~100 R.P.M. 까지 낮추도록 하는 것이 必要하다. 이에 減速을 하여 最大回轉數를 줄이면 낮은 回轉數에서도 出力을 얻을 수 있다. 따라서, DC 主軸驅動모우터를 쓰는 NC 旋盤의 設計는 2段~4段으로 減速하여 각 range를 設定한다.

4段으로 設計된 power-R.P.M 線圖가 그림 7에 나타나 있다.

加工時 높은 回轉數를 원할 때나 낮은 回轉數에서라도 큰 出力을 要하지 않을 경우 S4 range에서 加工하고, 낮은 回轉數에서 큰 出力을 원할 때에는 각 경우에 따라서 S1, S2, S3 range를 選擇하여 加工한다.

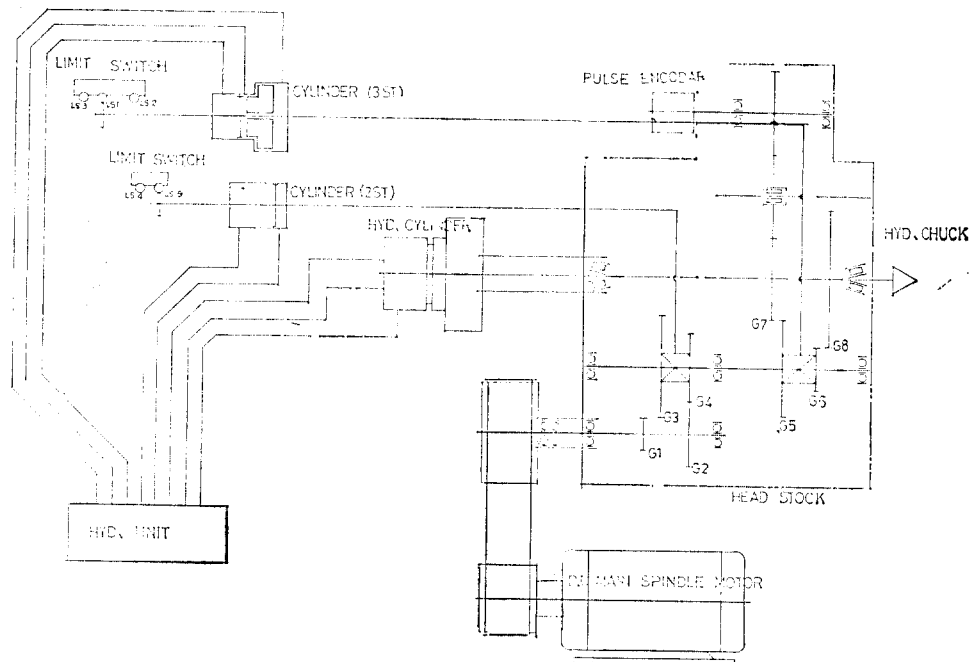


그림 8. Headstock 의 구성

□ 解 說

4. Headstock의 構成

Headstock의 構成은 그림 8에서 보는 바와 같이 主軸의 驅動과 回轉速度 範圍 變換을 위한 gear 4쌍, 실린더, gear의 물림 位置를 確認하기 위한 limit switches, pulse encoder 및 hydraulic chuck 등으로 構成되어 있다.

gear의 配列은 다음과 같다.

모우터— $\begin{bmatrix} G1-G3 \\ G2-G4 \end{bmatrix}$ — $\begin{bmatrix} G5-G7 \\ G6-G8 \end{bmatrix}$ —主軸

각 range에 따른 gear 列은

S1 Range: 모우터—G1—G3—G6—G8—主軸

S2 Range: 모우터—G2—G4—G6—G8—主軸

S3 Range: 모우터—G1—G3—G5—G7—主軸

S4 Range: 모우터—G2—G4—G5—G7—主軸  
으로 된다.

Gear의 位置變換은 앞에서 說明된 바와 같이 油壓 unit에 附着되어 있는 solenoid의 作動에 의하여 실린더의 位置가 변하며, 실린더와 같은 軸으로 連結되어 있는 shifter가 gear를 끌고 움직이게 되어, 원하는 位置에 도달했을 때 limit switch가 動作한다.

NC의 指令, solenoid 및 limit switch의 作動의 速度 range에 대한 相關關係는 表 1과 같다.

표 1. Controller 信號, solenoid limit switch의 速度 range의 關係

Range	Signal	Solenoid						NC Controller 에서 나오는 신호	Limit Switch 의 작동	비 고
		201	202	203	204	205	206			
S0				○		○		M 40	1,0	중립
S1	○			○			○	M 41	2,4	
S2		○		○			○	M 42	2,5	
S3	○				○	○		M 43	3,4	
S4		○			○	○		M 44	3,5	

5. Interface의 構成

自動化를 위한 諸般與件이 이루어졌다. 이제 controller에서 M40~M44의 信號를 받아 機械側에서 원하는 위치에 gear가 도달할 수 있도록 回路를 構成하여 보자.

이 回路가 뒤에 添附되어 있다.

C1에서 C5까지는

controller에서 M40~M44의 信號가 나왔을 때 relay S0~S4가 動作하도록 되어 있다.

C6에서 C10까지는

Relay S0~S4 중 어느 하나가 動作되면 自己維持를 할 수 있도록 構成되어 있으며, 또한 어떤 relay라도 2개 이상 同時에 'on'되어 있지 못하도록 'interlock'를 하고 있다.

C11에서 C15까지는

Limit switch의 눌림 狀態가 relay L40~L44에 表示된다.

C16에서 C20까지는

NC의 命令에 의하여 'on'된 relay의 A접점과 limit switch의 눌림에 의하여 'on'된 relay의 A접점이 같은 線상에 있을 때, 즉 NC의 指令과 機械의 現在狀態가 一致할 때, gear의 물림이 完了 되었다는 relay GOK가 'on'된다.

C21에서 C25까지는

Relay GOK가 動作하지 않았을 때, S0~S4 중의 어느 하나라도 A접점이 불으면, gear의 變換을 하기 위하여 DC모우터 制御 unit에 모우터를 低速으로 돌리라는 信號인 relay GCS가 'on'되고, 이 信號를 받아, DC모우터 制御 Unit에서 低速이 되었다는 信號인 relay SSP의 A접점이 불으면, gear 變換을 始作하라는 relay GRT가 'on'된다.

C26에서 C31까지는

Relay GRT의 A접점에 電流가 흐르게 되면 Relay S0~S4의 A접점에 의하여 relay S202, S204, S 206이 動作하고, 이것들이 solenoid의

DC 主軸驅動모우터를 사용한 NC 旋盤에 있어서 Headstock의 自動化 □

actuate 信號가 된다.

C3에서 C34까지는

Relay S202, S204, S206의 自己維持回路이며, 지금의 gear 물림 位置와 다른 NC controller의 指令이 나와 Gear의 變換을 始作하기 직전까지 自己維持를 한다.

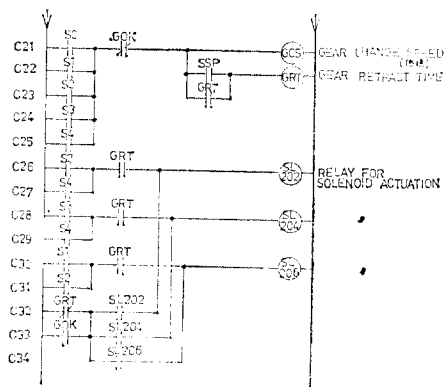
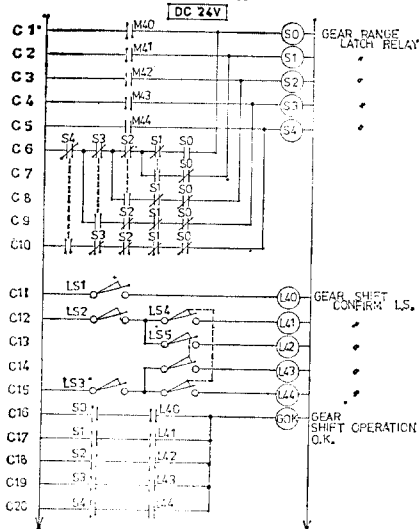
실제적으로 例를 들면,

現在 gear의 range가 S1일 때, 다시 controller에서 S1 range를 選擇하라는 命令 'M41' 이 나왔다면, C 17例를 보면 relay S1의 접점과 relay L41의 접점이 모두 電流를 통하므로 relay GOK가 'on' 되어 controller의 M 명령이 完了되었다는 信號가 controller로 feed back 되어 다음 命令을 遂行한다. 現在 gear의 range가 S1일 때, controller에서 S2 range를 選擇하라는 命令 'M42'가 나왔다면, M42의 A접점이 불고 Relay S2가 'on' 되면서 Relay

S1이 'off' 된다. 이때 relay GOK도 C17, C18列 모두 斷絶되어 있으므로 'off' 된다. 따라서 C23列을 통하여 gear의 變換速度로 모우터를 돌리라는 信號 relay GCS가 'on' 되고, 모우터가 低速이 되면 Relay SSP의 A접점이 불어 relay GRT가 'on' 된다.

GRP가 'on' 되면 relay SL202, SL206이 'on'되어, solenoid SL202, SL203, SL206을 動作시키고, 이때 油路가 바뀌어 gear의 變換이 이루어진다. gear의 變換이 이루어져 S2 range의 limit switch를 누르게 되면 relay L42가 'on' 되고 relay L42의 A접점이 불어 C18列을 통하여 gear의 變換이 完了되었다는 relay GOK가 動作한다. controller는 이 信號를 받아 gear의 變換이 完了되었음을 알고 다음 program을 遂行하게 된다.

\*-GEAR SHIFT CONTROL CIRCUIT



\*-GEAR SHIFT ACTUATOR

