

NC工作機械의 展望과 來日의 機械工學

Future Trends of NC Machine Tool and Mechanical Engineering

李 奉 珍*

LEE, BONG JIN

1. 머리말

최근 機械工業分野에서 數値制御工作機械란 말이 매우 注目을 끌게 되었다.

그래서 機械工業의 形態에 있어서는 NC技術과 NC工作機械가 매우 重要한 役割을 하리라 豫想된다.

그 까닭은 現在 工産品의 質과 製造에 있어서 NC工作機械가 그 主役을 담당해 가고 있기 때문이다.

多年間 人間이 經驗的으로 축적해온 從來의 機械製造技術에다 최근 日新이 進행되는 技術革新과 特別히 激進的인 發展을 經유하는 電子技術 그리고 그 製品들을 機械에 活用하고므로써 NC工作機械는 드디어 頭腦産業의 기수라고 해도 과언이 아닐 것이다. 따라서 NC技術과 NC工作機械가 그렇게 重要視되는 理由와 展望을 살펴보기로 한다.

2. NC工作機械 System

2.1 數値制御 (Numerical control)

먼저 그림 1을 보면

NC工作機械의 구성과 정보의 흐름을 표시하고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 NC에는 지령테이프라는 것이 있는데 무엇인가를 가공하고자 할때 미리정해진 약

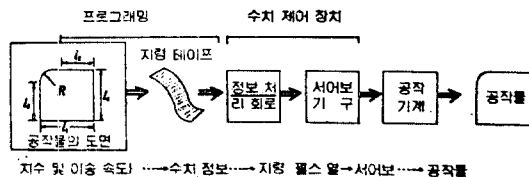


그림 1. NC 공작기계의 구성과 정보의 흐름

속에 따라 치수라든가 가공조건등을 테이프에 穿孔한 것으로 컴퓨터의 入力裝置에서 볼수있는 것과 같다. 이 지령테이프에 穿孔된 數値情報(coded data)를 情報處理回路가 읽어서 지령펄스(pulse data)로 變換하게 된다. 이 지령펄스가 서어보기구(가령 pulse motor)의 人力이 되어 기계를 구동시켜 指令하는대로 가공이 이루어지게 되어 있다.

2.2 NC技術의 變遷

NC技術을 論하기에 앞서 이 技術의 核心이라 할수 있는 NC裝置의 特徵을 살펴보기로 한다.

일반적으로 他의 電子裝置와 같이 보다 小型化, 性能向上 그리고 價格을 줄이는 傾向을 볼수 있다. 이것은 NC裝置의 主軸을 이루고 있는 半導體素子の 變遷에 힘입은 바가 크다. 그림 2에서 보는 바와 같이 Transister와 Diode 등의 個別部品을 사용하여 回路를 構成하면서부터 IC(集積回路), MSI(中規模集積回路) 그리고 LSI(大規模集積回路)로 變遷하여 그 機能은 비약적으로 向上이 되었지만 素子の 크기엔 별로 變遷한 것이 없다고 보겠다.

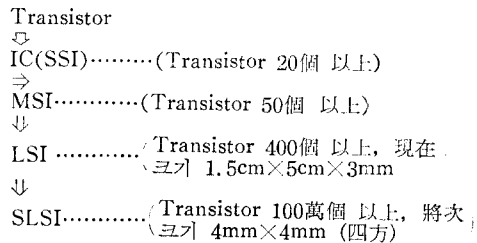


그림 2. 半導體素子の 變遷과豫想

특히 NC裝置의 Print 板의 量的인 면에서 2軸의 旋盤用 NC裝置를 例로 들면 그림 3과 같이 나타낼 수가 있다. Print 板의 相互間의 配線을 줄이기 위해서 Print 板의 크기는 Transistor의 時代에 비해 큰 것은 使用되고 있으나 LSI를 쓰므로써 從來의 MSI를 使用했

* 正會員, 韓國科學技術研究所

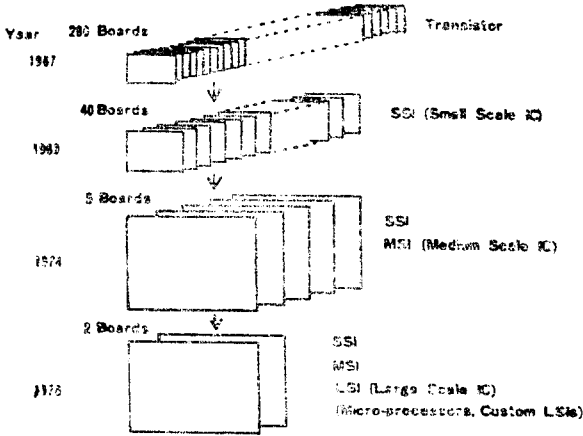


그림 3. NC 裝置 Print 板의 變遷

은 때 5枚程度보다 더 적은 2枚정도로 그 技能을 收容할 수가 있게 된다.

또 半導體素子は 단지 集積精度뿐만이 아니라 機能面에 있어서도 매우 發展이 向上되고 있다. 1971年 4bit의 Micro Processor가 첫 등장과 더불어 半導體 Memory의 出現으로 말미암아 從來에 있던 裝置規模가 단지 素子만으로도 代置가 可能하게 되었다. 이로 因해서 現在의 NC 裝置라하면 大概 CNC 裝置(Computerized NC 裝置)를 뜻하게 되었다.

이 CNC 裝置엔 2가지의 形이 있다 이것은 CNC 裝置의 性能을 規定하는 Soft ware를 기억시키는 Memory에 어느쪽을 쓰느냐에 따라서 그림 4와 같이 區分이 된다.

즉 Read-Write가 可能한 Memory* (Core Memory 또는 RAM)와 Read만 할수있는 Memory**(ROM)을 쓴 것이 있는데 後者は 價格面에서 前者보다 有利하므로 標準機에 많이 利用되고 있다.

2.3 CNC 裝置의 機能

主로 現在 使用되고 있는 이의 主機能을 紹介해 보면

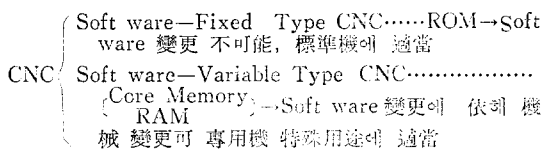


그림 4. CNC 裝置의 分類

* RAM(Random Access Memory) ** ROM (Read Only Memory)

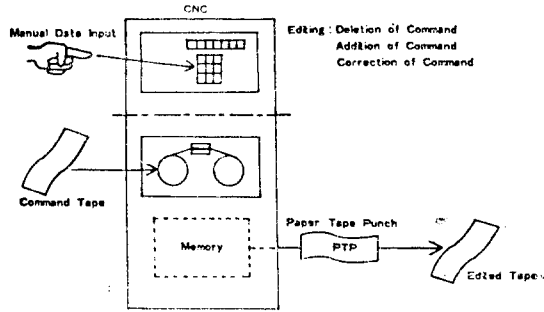


그림 5. Tape 記憶編集

(1) Tape 記憶과 編集

그림 5에서 보는 바와 같이 CNC 裝置內에 指令 Tape의 內容을 일단 기억시키면 그후 指令 Tape을 쓰지 않아도 기억된 Memory 內容을 Read-out 하므로서 反復 NC 加工을 할수가 있다. 만일 指令 Tape에 잘못기입을 했다면 그 內容또한 Memory에 잘못기억되어 있을 것이므로 Manual Data Input Key에 의해 옳은 指令을 내려서 Memory의 內容을 修正하면은 NC 加工을 역시 再開할 수가 있다. 이 修正을 編集(Edit)이라고 하는데 Tape Punch를 접속하면 修正이 끝난 Memory 內容을 저차 Tape에 作成이 可能하며 次會 NC 加工時 利用할 수가 있다.

이 機能의 長點들은 指令 Tape의 마모에 의한 誤讀防止와 効果적인 Tape 管理로 NC 工作機械의 移動率과 生産性을 向上시키는데 있다고 하겠다.

(2) 旋削 Cycle

그림 6에서 보는 바와 같이 旋削加工에는 Cycle이란 工具의 動作이 要求되는 일이 많다. CNC 機能은 이런 作業을 위한 프로그램을 簡素化 하는데 매우 큰 役割을 한다. 그림 6에서 설명하던 A點에서 B點에 이르는 輪廓形狀에 關한 Data를 指令 Tape에 넣어 實際

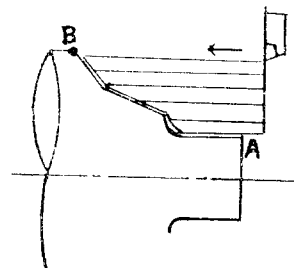


그림 6. 旋削 Cycle

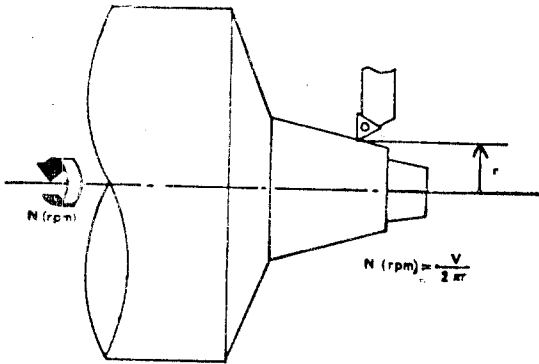


그림 7. 周速一定制御

의 工具 Path는 CNC 裝置內의 Micro Computer에 算出시켜서 決定 加工하게 된다.

(3) 周速一定 制御

NC 工作機械의 主軸이 AC Motor에서 DC Motor의 驅動으로 되면서부터 旋盤에 있어서는 加工面을 均一하게 하기 위해 그림 7과 같이 主軸回轉을 工具의 位置에 따라 變化시켜 work와 工具의 相對速度를 一定하게 유지하도록 하는 制御가 普及되고 있다.

(4) 基 他

그의 圓弧補間, 工具位置補正, 工具徑路補正, Incremental Absolute Change, Inch-Metric Change, EIA ISO Code Change, Fixed Cycle 등이 從來 高級 Option 機能部分이었는데 CNC 裝置가 되면서부터는 比較的 간싸져 실현이 萬能하므로 標準機械化되는 傾向이 있다.

2.4 數値制御 工作機械의 構成

그림 8에 나타난 바와 같이 數値制御工作機械는 數値制御裝置와 工作機械의 總체로 構成되어 있다. 數値

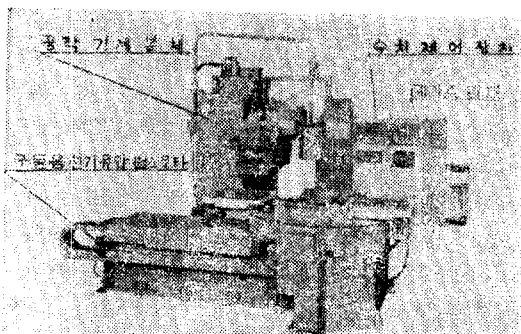


그림 8. 수치제어공작기계구성

制御의 역할은 符號化(code化)된 테이프상의 情報를 테이프 리더(Tape Reader)로 읽어내어 工作機械의 各軸의 運動을 制御指令으로 변환하는 일이다.

수치제어장치로부터의 制御指令은 工作機械의 백이블과 주축등을 구동하는 구동계에 가회점으로써 테이블상의 공작물을 절삭하는 운동이 프로그램대로 제현된다. 이 때문에 數値制御用의 工作機械는 마찰과 백래시(backlash)등이 적은 안정된 運動을 하도록 매우 精確을 기하여 설계를 하여야 한다.

그런데 구동계는 크게 2가지 方式으로 나눌수 있다.

하나는 지령펄스가 1개들어갈 때 하나 회전각만큼 회전하는 전기펄스 모우터와 이 出力軸의 회전각을 증폭하기 위한 회전형 유압-서어보계를 가지고 있는 유압-모우터로 構成되어 있는 전기 유압펄스-모우터를 사용하는 것이 있는데 이를 Open Loop 方式이라 한다 또 하나는 지령펄스와 리이드-스크루우(Lead Screw)의 단위 회전각도마다 1펄스를 발생하는 피이드백(Feed Back)을 검출기로부터의 펄스를 항상 비교해서 편차에 비례하는 조각선호를 서어보모우터(Servo Motor)에 보내는 랄로우즈드루우프(Closed Loop) 方式이 있다.

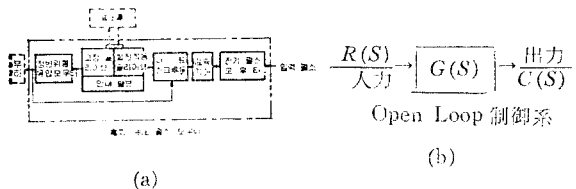


그림 9. 전기전압펄스 모우터를 사용한 NC 공작기계 System

2.5 NC 工作機械의 制御特性

從來의 NC 工作機械의 System은 Pulse Motor를 驅動 Motor로한 Servo 機構와 誘導電動機를 主軸驅動 Motor로한 Open Loop 制御方式이었다(그림 9(a)(b)이 方式으로는 加工精度를 높이는데 限界가 있었는데 最近에는 高性能 半導體表材가 開發되어 直流 大電力이 容易하게 制御可能性을 고이게 됨에 따라 NC 工作機械用 Servo Motor로는 DC Servo Motor가 사용되게 되었고 또한 主軸驅動 Motor도 이런 이유로 DC-Spindle Motor가 사용되게 되었다. 이렇게 됨에 따라 速度制御가 電子의으로 無段階의 方式을 사용할 수가 있다. 이러한 Closed Loop 制御方式의 特性을 NC 工作機械 System에 導入하여 그 性能을 向上시키게 됐다 그러면 制御系의 Open Loop와 Closed Loop 特性을

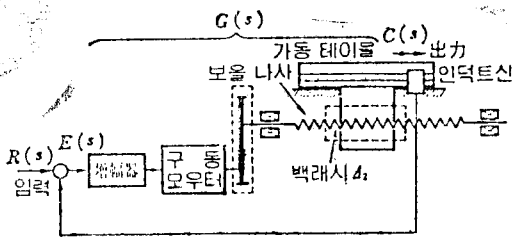
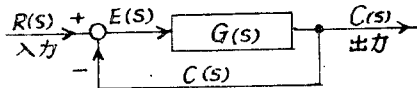


그림 10. Closed Loop 식 NC 공작기계 System

Block diagram 1.으로 보기로 한다.

그림 10은 DC—Spindle Motor를 主軸驅動으로 한 Closed Loop式 NC工作機械의 System이라 하겠다.

이 system의 Closed Loop Block線圖는 그림 11과 같이 나타낼 수가 있다. 이 Block線圖에 따라 制御에 있어서는 다음 식이 成立한다.



$$E(S) = R(S) - C(S) \quad (1)$$

$$C(S) = E(S) \cdot G(S) \quad (2)$$

따라서

$$W(S) = \frac{C(S)}{R(S)} = \frac{G(S)}{1+G(S)} \quad (3)$$

그림 11. 칼로우즈드 루우프 制御系의 블록선도

이 $W(S)$ 를 칼로우즈드 루우프 傳達函數, $G(S)$ 를 오픈 루우프 傳達函數라고 한다. 여기서 $|G(S)|$ 의 값이 충분히 크면 式 3에서 $|W(S)| \rightarrow 1$

$$\text{포 식 1, 2에서 } \frac{E(S)}{R(S)} = \frac{1}{1+G(S)} \rightarrow 0 \quad (4)$$

이것은 그림 11에 표시한 제어계에 入力指令 $R(S)$ 를 주었을 경우, 出力 $C(S)$ 가 완전히 追從하고 있는 것을 표시한 것이며 서어보게로서는 가장 좋은 성질이다. $G(S)$ 의 값이 무엇이든, 예를들어 增幅器의 드리프트, 기어의 백래시등에 다소 변동하는 일이 있어도 $|G(S)|$ 의 값이 1보다 훨씬크면 $|W(S)| \approx 1$ 이 되므로 오차의 영향은 거의 없어진다.

이 때문에 칼로우즈드 루우프 제어제는 높은 정밀도를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

이에 대해 그림 9(b)에 표시한 바와 같이 오픈 루우프 제어계에는

$$C(S) = R(S) \cdot G(S) \quad (5)$$

즉 $|G(S)| \approx 1$ 일 때만 $C(S) \approx R(S)$ 이고 $G(S)$ 가 변동하면 그 변동분이 모두 오차가 된다.

이상에서 칼로우즈드 루우프 제어제 즉 피이드백 제어제는 높은 정밀도를 얻게되는 본질적으로 우수한 방식이라는 것을 알 수가 있다.

칼로우즈드 루우프 제어제는 반드시 能動要素를 가지며 피이드백이 걸리는데 그 때문에 자려진동이라든가 發振이라고 하는 不安定狀態에 빠질우려가 있으므로 安定性解析이 重要하다고 하겠다.

3. 最近 NC 工作機械의 開發 傾向

지금까지 NC의 概念과 그 技術을 利用한 NC工作機械에 대해서 現在까지의 變遷과정과 그 特徵를 살펴 보았다.

이것으로 볼 때 NC工作機械가 電子計算機와 電子技術을 機械에 應用한 複合機械임이 理解가 될 것이다. 모든 機械가 그렇지만 특히 NC工作機械는 복합기계기술의 혁신과 價格 및 性能의 인 問題가 解決됨에 따라 앞으로 더욱더 多樣한 制御裝置가 出現하게 될 것이다.

1971年 4bit로 出發한 당시의 Micro Processor는 現在 16bit로 構成된 것까지 製作이 되어서 演算速度, 價格 등 모든 點에서 Mini Computer와 맞먹게 되었다.

이로서 NC工作機械에 Micro Computer의 利用이 擴大되는 傾向이 있다. 따라서 機械의 機能도 이런 多樣한 制御裝置가 充分한 機能을 발휘할 수 있도록 研究開發하고 있다.

工作機械 및 그 주변에서의 Micro Computer의 利用을 살펴보자.

- (1) 從來의 Hard Ware Logic Circuit와의 置換
- (2) 從來의 Mini Computer로 處理하고 있었던 部分의 置換

(3) 低價格 低 Mini Computer로써의 利用이 豫想되는데 이들은 앞서 說明한 CNC裝置 및 適應制御工作機械에 이런 部品들이 사용되어지고 있다. 특히 NC工作機械에는 NC制御와 Sequence制御로 大別할 수 있는데 NC制御는 Micro Processor를 利用한 CNC化 傾向은 前述한 바와 같다. 그리고 Sequence制御部는 機械의 動作에 直接關係하는 部分으로써 이 部分은 一般의 Relay 回路로 되어있는 것이 많으나 最近에는 Soft化한 Programable Sequence Controller가 많이 利用되고 있다.

그외 NC情報 가운데에도 移動軸制御, 補助機能(M機能), 主軸機能(S機能) 그리고 工具機能(T機能)이

라 분리어지는 機械 Sequence 에 관한 것이 있는데 이들도 Member Code 에 의해 Sequence 制御側에 轉達되어서 그 制御信號에 따라서 Relay 등을 On-Off 시키고 있다. 이와같은 制御系에서부터 NC 裝置 Sequence 制御部 그리고 Sequence 制御部에 Micro Computer를 利用해 Sequence Logic을 Soft化하는 Programmable Machine Interface (PMI) 方向으로 研究開發이 되고 있다.

M, S, T 機能以外 Sequence 制御部分에도 從來와 같이 固定 Program 方式처럼 Program 內容이 變換되거나 配線變更를 要하지 않는 Program Sequence Controller라 稱하는 準 Computer化하는 傾向이 있다.

이런 方式과 手法를 써서 最近에는 計算機와 機械가 綜合되어 Controller 自體의 診斷과 制御對象을 包含한 System으로써의 초기고장발견 및 진단등을 스스로 행하므로써 生産性を 높일 수 있도록 NC 工作機械등에 開發과 研究를 하고 있다. 한편 機械의 Hard ware 側은 이런 機能에 充分히 機械적으로 反應하였음 Spindle Motor의 長時間 稼動에 充分한 信賴性이 있도록 研究開發하고 있다고 하겠다.

가령 예를 들면 Motor의 熱問題라든가 速度制御에 限定性を 除去하기 위한 No Gear 直接驅動方式이나 加工精度를 높이기 위한 高精度 Ball Screw 등이 있다.

4. 結 論

NC 工作機械 System을 大別하면 NC 裝置(強電制御部分) 그리고 機械本體로 나눌 수가 있다. NC 裝置는 Micro Computer를 내장한 CNC 裝置로 從來보다 매우 性能이 向上 했다고 하겠다. 그리고 NC 裝置와 機械本體와의 Interface라 분리어지는 強電制御部分보다 유연성을 높여서 Programmable Machine Interface화해 NC 裝置와 機械仕樣이 바꿀적마다 回路設計를 해야 했던 번거러움을 피하는 傾向이 있다고 하겠다. 이 傾向은 그의 Sequence Controller에도 擴張되 準 Mini Computer化하는 傾向이 있으며 NC 裝置의 小型化와 키랄 나란히 하겠음 힘쓰는 것 같다.

機械本體도 NC 裝置의 性能을 具現시키겠음 Feed와 Spindle의 高速化에 따른 機械적인 問題, 切削 그리고 治工具의 效率性を 考慮한 ATC(自動工具交換器)라든지 主軸 Motor와 Servo Motor의 高性能및 小型化등에의 努力을 잇볼 수가 있다. 이들을 綜合하여 表現될 지않아 이 모든 기구들이 個別的으로된 NC 工作機械가 아니라 이 세가지가 모두 集約어된 NC 工作機械도 가까운 장래에 실현될 것 같다. 따라서 NC 工作機械에서 볼 수 있는 바와 같이 1980年代엔 機械라면 機械, 電氣 그리고 電子技術의 綜合이 되리라는 것은 時間問題라고 할 수가 있으며 또한 Mechanical Electronics의 分野가 확립이되 전자, 기계공학分野의 時代代가 도래하게 될 것이다. 이에 따라 거의 無人化된 工場을 人工頭腦를 가진 Robot가 운영하게 될 날도 멀지 않을 것 같다.

參 考 文 獻

1. 李奉珍, 最近工作機械의 開發動向, 大津機械學會誌 第18卷 1號 1978
2. 李奉珍, 數値制御, 賢文社, 1978
3. 李奉珍, 最近의 工作機械와 制御技術動向 大韓電氣學誌, 第27卷 1號 1978
4. 李奉珍, 梁培德, 機械制御動으로서의 電動機의 動向, 大韓電氣學會誌, 第27卷 1號, 1978
5. 小林堅吾, NC 裝置—最近動向, 機械技術, 第25卷 7號, 1977.6
6. 稱葉清右衛門, NC, NC 工作機械의 展望, Fuji-Tsu FANUC, 1977.6
7. 小島利大, 最近의 NC 裝置とその特徵, Fuji-Tsu FANUC, 1977.6
8. 高橋自三, 마이크로コンピュータ用 LSI, 機械의 研究, 第8卷 1號 1976
9. 和田龍兒, 計算機制御工作機械의 現況, 日本機械學會誌, Vol. 81, No. 713, 1978
10. 岡本清和, 마이크로コンピュータ의 現狀と將來, 日本機械學會誌, Vol. 81, No. 713, 1978