

數值制御와 工作機械

李 奉 珍*
(Lee, Bong Jin)

I. 數值制御(Numerical Control)

1. 數值制御의 歷史

2次大戰이 끝난 後 美國空軍에서는 航空機開發을 爲하여 그 部品을 製作하려고 할 때 그 種類가 莫大한 反面 數量은 적으며 또한 設計變更時마다 試作品을 製作하여야 하는 애로를 느끼게 되었다. 이를 打開하기 爲하여 1948年 美國의 J. T. Parsons 氏가 NC 工作機에 關한 考案을 한 以來로 1952年 MIT에서 最初로 프로토타이프 밀링機를 開發했으며 1965年 IBM에서 群制

御를 開發할 때까지의 現況을 보이던 表 1과 같다.

한편 數值制御테이프 作成을 爲한 自動 프로그래밍에 關해서 보면 美國에서 1955年 APT-1이 開發된 以來, 英國의 2CL, 獨逸의 EXAPT, 日本의 FAPT 등이 開發되었다.

2. 數值制御의 基本構成

主로 천공테이프의 指令에 依해 工作機械를 操作하는 制御方式의 하나로서 블록다이어그램을 그리면 그림 1과 같다.

切削作業을 例로 들면 먼저 加工物의 圖面으로

表 1. NC 工作機械의 開發段階

기 술 진 보	미 국	일 본
기 초 연구 개시	1948년 J. T. Parsons	1955년 東京工業大, 東京大
원 형 기	1952년 M. I. T. NC Milling M/C	1957년 東京工業大 NC 旋盤
공 업 화 완 성	1955년 G & L NC Milling M/C	1958년 牧野 NC Milling M/C
상 품 화	1956년 Burgmaster NC Turret Drilling M/C	1959년 日立精機, 富士通, 三菱 NC Milling M/C
Machining Center	1957년 Kearney & Trecker社	1960년 日立製作
위 치 결정 제어	1955년 APT-1	1956년 富士通 Punch press
NC 회로의 IC화	1965년 Bendix	1966년 富士通, 三菱電機
Group 제어	1965년 IBM	1967년 池貝鐵工

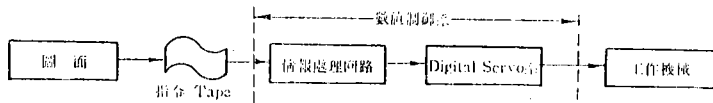


그림 1. 數值制御系의 블록 다이어그램

* 韓國科學技術研究所, 自動制御研究室
接受日字 : 1973. 6. 28
Korea Institute of Science and Technology

부터 읽기, 移送速度等 加工에 必要한 모든 情報을 테이프에 充公하며 이 테이프를 指令테이프라고 한다.

數値制御系는 그림 1과 같이 指令테이프에 들어있는 情報을 指令펄스列로 變換하는 情報處理回路, 指令펄스列에 應해서 動作하는 디지털 制御系로 構成되어 있고 이 디지털 制御系의 出力端은 테이블이나 세들 또는 工具의 位置를 驅動한다.

3. 數値制御의 形式

[1] 工具運動의 制御方式에 의한 分類

가) 位置決定制御(Positioning 또는 Point to Point Control)

工具를 한 位置에서 다른 指定된 位置로 移動시킬 때 그 經路나 移動速度는 關係 없이 位置만을 制御하는 方式이다.

例 : 드릴機, 보링機等

나) 輪廓制御(Contouring or Continuous Path Control)

工具가 運動할 때 그 經路, 速度 및 位置를 同時에 制御하는 方式이다.

例 : 밀링機, 旋盤等

[2] 制御機構에 의한 分類

그림 2에서 보는 바와 같이 制御系統의 出力側に 檢出要素(位置 또는 速度)를 設置하여 出力信號를 취트백시키는가 與否에 따라 오픈 루우프(Open Loop)와 클로오즈드 루우프(Closed Loop) 方式이 있다.

從來는 클로오즈드 루우프를 많이 使用하였으나 펄스 모터의 性能이 向上됨에 따라 最近에는 오픈 루우프를 많이 使用하고 있다. 그 外에도 信號의 種類에 따라 이내로그(Analogue)形式과 디지털(Digital)形式으로 區分된다.

4. 數値制御 테이프와 프로그래밍

複雜한 加工物의 形狀은 線分 및 圓弧로 近似시켜 加工하게 되며 이때 1本の 直線 또는 圓弧의 部分을 블록(Block)이라 하고 NC 테이프에 加工에 必要한 情報을 充公한다.

NC 테이프; 普通 8單位의 것을 使用하고 EIA 코오드와 ISO 코오드가 있다.

Tape Format; NC 테이프에 情報을 充公하는 形式 및 順序를 말하며 블록에 있어서 順序를 보이던 다음과 같다.

① EOB(End of Block) : 블록의 始作과 終止를 表示.

② 시퀀스 番號(N) : 블록의 시퀀스 番號.

③ 準備機能(G) : 圓弧補間이나 直線補間 블록의 制御機能을 表示.

④ 數値語(Dimension Word) : 各軸의 變化量.

⑤ 취트速度(F機能) : 工具와 加工物의 相對速度를 指定.

⑥ 主軸回轉數(S機能) : 主軸回轉數의 指定.

⑦ 工具選擇機能(T機能) : 工具變換에 있어서 使用工具의 指定.

⑧ 補助機能(M機能) : 上記以外의 補助機能의 指定.

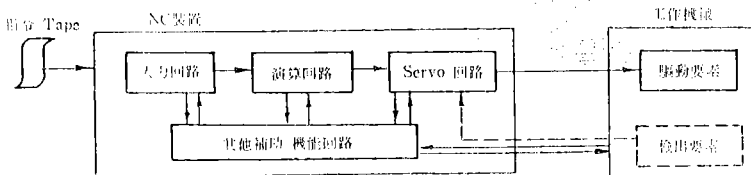
⑨ EOB

프로그래밍

[1] 手動 프로그래밍(Manual Programming)

加工圖面으로부터 人間이 卓上計算器 및 數表等을 利用하여 數値情報을 計算한다. 位置決定 및 直線切削用 NC나 輪廓制御라도 加工部品의 形狀이 簡單한 경우, 手計算으로 NC테이프를 作成한다.

[2] 自動 프로그래밍



* 檢出要素가 있는 경우는 크로오즈드 루우프 그렇지 않은 경우는 오픈 루우프임.

그림 2. NC 裝置의 블록圖

加工物の 形狀이 複雜한 경우 特히 三次元形狀인 경우에는 工具通路를 手計算으로 計算하는 것이 不可能하게 되므로 電算機를 利用하게 된다.

自動 프로그래밍 시스템으로서 代表的인 것으로는 美國의 APT, 西獨의 EXAPT 등이 있다.

5. 數値制御의 應用分野

各種 工作機械分野를 비롯하여 自動製圖器, 自動寫眞密着機, 自動回路結線機, 自動熔接機, 自動 리베팅機, 自動電子回路組立機, 機械加工物檢査機, 誘導武器制御機等に 利用된다.

II. 數値制御 工作機械

數値制御工作機械(Numerically controlled Machine Tool)란 工作機械에 數値制御裝置(Numerical control Equipment)를 附加한 것을 總稱한다. NC裝置에는 펄스모타(Electric Pulse Motor)或은 Electro-hydraulic Pulse Motor), NC 制御器 및 檢出器 등이 包含된다.

그 間의 NC技術의 發達을 살펴보면 다음과 같다. 制御軸數는 簡單한 2軸의 位置決定用 NC로부터 10數軸을 가진 輪廓制御用 NC까지 出現하고 있다. 入力媒體는 穿孔 테이프가 大部分이고 電算機와 NC裝置를 直結한 所謂 DNC의 臺頭에 따라 穿孔테이프나 磁氣테이프와 같은 入力媒體가 없어질 可能性이 있다. 制御器內의 演算回路는 眞空管에서 트랜지스터로 移行되었고 지금은 IC가 全盛으로 一部 LSI가 使用된 NC裝置가 商品化되고 있다.

Servo 回路에 있어서는 當初 回轉形의 位置檢出器에 依해 輻드백되는 크로오즈드 루우프形式의 써보가 採用되었지만 1959년부터 펄스 모타의 開發에 따라 開된 루우프形式의 써보回路가 誕生했다. 펄스모타의 高速化, 高出力化에 따라 日本에서는 約 90%, 歐州에서 約 45%, 美國에서 約 25%의 NC가 開된 루우프形式을 採用하고 있다.

NC工作機械는 生産性이 높고 製品生産에 있어 彈力性이 있기 때문에 1971年 現在 美國의 境遇 全工作機械에 對한 NC工作機械의 比率이 約 50% 日本은 約 17%로서 表 2에 나타나 있는 바와 같이 앞으로 繼續 急伸張할 推勢이다.

한편 國內現況을 살펴보면 1968年 海軍士官學

表 2. NC 工作機械의 成長豫測

(a) 美國(A. D. L. 報告에 依함)

年 度	工作機械(百萬弗)	NC 工作機械(百萬弗)
1967	1,320	240
1968	1,400	360
1969	1,440	480
1970	1,560	720
1971	1,680	840
1972	1,800	960
1973	1,920	1,080
1974	2,040	1,200
1975	2,160	1,230

(b) 日本(日本工作機械工業會 資料에 依함)

年 度	工作機械(百萬弗)	NC 工作機械(百萬弗)
1967	420	6
1968	460	13
1969	330	27
1970	450	53
1971	480	80
1972	510	107
1973	550	133
1974	580	157
1975	620	183

校에서 「數値制御 工作機械設計 研究」란 題目으로 보링盤의 基礎研究를 한 바 있으나 그後の 研究開發은 全연 없다.

1. NC 工作機械의 妥當性

工作機械에 있어서 NC를 適用하는 것이 利得이 되는 範圍는 그림 3에 나타나 있다. 即 橫軸에 複雜性, 縱軸을 로트數로 하면 汎用工作機械, 專用工作機械, NC工作機械의 適用範圍는 그림과 같이 되며 比較的 로트數가 적고 複雜性이 있는 部品加工에 適合하다는 것을 알 수 있다.

그림 4는 로트數와 被加工物綜合經費(生産코스트)와의 關係를 汎用工作機械, 專用工作機械,

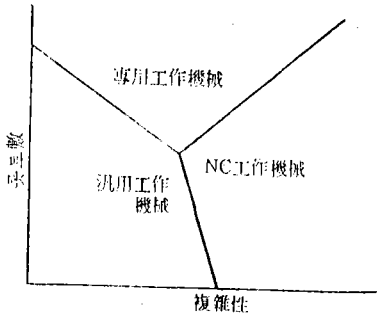


그림 3. NC工作機械의 適用範圍

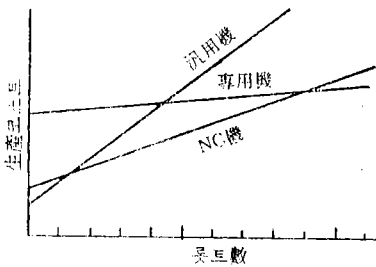


그림 4. 數와 生産コスト

NC工作機械에 關해서 比較한 것이다. 勿論 이 그림은 機械 및 部品의 形狀에 따라서 달라지겠지만 一般的으로 數가 100個以下일 때는 NC工作機械가 有利하다고 말할 수 있다. NC工作機械의 長短點을 綜合하면 다음과 같다.

㉑ NC工作機械의 長點

가) 多品種 小量生産에 適合하다.

設計圖面에 依해 指令테이프를 作成하면 部品生産이 可能하므로 試作品이나 모델을 製作할 必要가 없고 設計變更에 對하여 迅速하게 對應할 수 있다.

나) 精密度向上

一般工作機에서는 作業者의 熟練度에 따라 精密度에 있어 差異가 發生하나 NC工作機械에서는 프로그램에 指定된 均一한 精密度를 얻을 수 있고 또한 一般工作機에서 到達하기 힘든 高精度加工이 可能하다.

다) 省力化

旋盤의 境遇를 實例로 調査한 바에 依하면 運轉時間中 實際加工時間은 NC旋盤의 境遇 約 75%

普通旋盤에서는 約 30%로서 NC旋盤의 境遇가 實際稼動率이 훨씬 높다는 結果가 나와 있다.

또한 加工能率에 있어서도 作業의 種類에 따라 相異하나 最高 300%까지 向上된다고 한다.

NC旋盤과 普通旋盤을 具體的인 實例를 들어 比較하면 表 3과 같다.

表 3. 普通旋盤과 NC旋盤의 比較

	普通旋盤 (A)	NC 旋盤(B)	비율% (B/A)
가공시간	191hr×10대=1910hr	191hr×2대=392hr	20%
소요인원수	10인	2인	20%
기계수	10대	2대	20%
상면적	40m ²	21m ²	52.5%

㉒ NC工作機械의 短點

가) 테이프의 修正時間所要

프로그램에 依해서 作成된 프로그램은 반드시 完全하지는 않다. 따라서 作業者는 프로그램의 不備한 點을 正確히 把握해서 프로그램에게 테이프를 修正할 수 있도록 항상 情報를 提供하는 것이 重要하다. 이러한 테이프의 修正으로부터 本格的인 作業에 들어가기까지는 普通 約 3~4時間이 所要된다.

나) 補修, 點檢의 困難 및 費用增大

電子制御裝置의 補修 및 點檢은 一般使用者側으로 보아서는 技術的으로 困難하므로 普通 製造 메이커에 依賴하게 되며 따라서 補修費用이 增大한다.

다) 購入費의 增大

NC工作機械는 普通工作機械에 比較해서 훨씬 高價이다.

2. NC 裝置

NC工作機械를 大別하면 指令테이프를 읽고 檢査, 判別, 變換, 演算等の 過程을 거쳐 最終的으로 工作機械의 各制御軸에 指令펄스를 供給하는 制御器와 이 指令펄스에 依해 驅動되는 펄스모타 리이드스크류(Lead Screw), 테이블, 工具臺等の 써보機構 및 工作機械本體로 構成되어 있다. 여기에서는 工作機械本體를 除外한 NC制御器 및 펄스모타에 限定해서 記述하고자 한다.

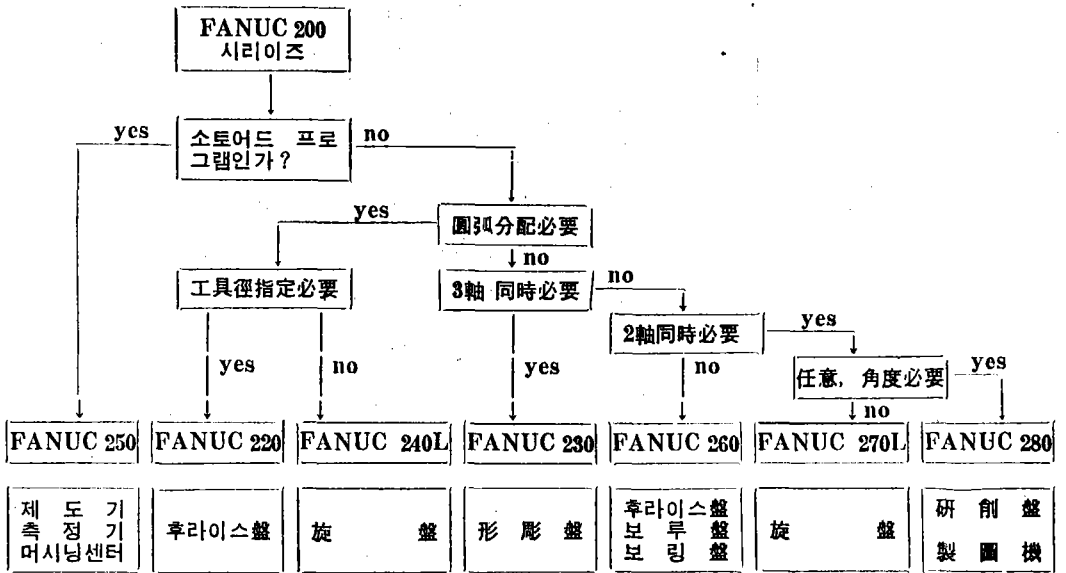


表 4. FANUC 200 시리즈 分類

① NC制御器

가) NC制御器의 機能

工具를 移送시키는 主機能과 其他 附隨하는 補助的 機能이 있다.

(1) 主機能—指令된 位置로 또는 指令된 速度 및 通路에 沿해서 工具를 移送하는 機能.

(2) 補助的 機能

M機能—主軸의 起動, 停止, 冷却軸의 入, 切等을 指令.

S機能—主軸의 回轉數를 指令.

T機能—工具의 選擇等을 指令.

工具치수補正機能—工具의 길이 및 半徑을 補正.

其他 加工精度를 向上 시키기 爲한 백래쉬 (Backlash) 및 위치誤差의 補正機能, 手動操作 機能, 機械稼動部의 位置 및 加工시퀀스等을 表示하는 表示機能, 프로그램을 容易하게 하기 爲한 固定사이클等 여러 가지가 있다.

NC制御器에는 適用機械, 制御軸數 및 펄스分配方式等에 따라 數많은 種類가 있으며 이를 日本의 메이커인 富士通의 製品을 中心으로 하여 分類하면 表 4와 같다.

이 中에서 旋盤用인 FANUC 240을 代表로 選定하여 主要仕樣을 살펴보면 다음과 같다(그림 參照).

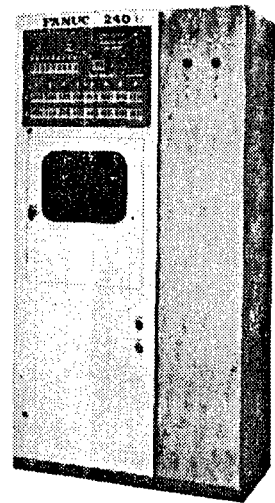


그림 5. 富士通 制御器 FANUC 240B

FANUC 240(MODULE-N/C)

가) 概要

旋盤 專用的 NC로서 IC로직을 使用하고 工具 位置의 補正, 工具選擇機能, 主軸速度選擇機能, 同期移送機能(나사切削用)等 旋盤에 必要한 모든 機能을 가지고 있다. 指令은 増分式, 絕對值式的 混合方式이다. 많은 옵션을 프린트板, 유니트의 插入만으로 附加시킬 수 있는 모듈 NC이다.

나) 特徵

(1) 電氣—油壓 펄스모터를 使用하고 있으므로

表 5. 富士通의 펄스모타

種	類	리니어 펄스모타	電氣펄스모타	電氣·油壓펄스모타
仕樣	形式	LEPM 0A	EPM 10A	EHPM 1-SSSSS
出力馬力 (約)		$\frac{1}{200}$ HP	$\frac{1}{20}$ HP	4 HP
1펄스當 回轉角 또는 移動量		0.1mm	1.5度	1.2度
最高追從 펄스速度		500pps	2k pps	16k pps
出力토크 또는 推力 (펄스速度)		10kg (500pps에서)	10kg·cm (2k pps에서)	180kg·cm 90kg·cm (8kpps에서)(16kpps에서)
最高起動, 停止펄스速度		100pps	0.8k pps	2k pps
(負荷 이너지야 또는 負荷重量)		(100kg에서)	($2 \times 10^{-3} \text{kg} \cdot \text{cm} \cdot \text{sec}^2$ 에서)	($4.6 \times 10^{-2} \text{kg} \cdot \text{cm} \cdot \text{sec}^2$ 에서)
許容負荷 이너지야 또는 負荷重量		150kg	$8 \times 10^{-3} \text{kg} \cdot \text{cm} \cdot \text{sec}^2$	$13.5 \times 10^{-2} \text{kg} \cdot \text{cm} \cdot \text{sec}^2$
使用油壓		—	—	140kg/cm ²
1回轉當의 所要油量		—	—	14cm ³

회드백은 不要하다.

(2) 圓弧補間機能을 가지고 있으므로 프로그램이 容易하다.

(3) 固定사이클機能, 増分式 絶對值混合方式에 依해 프로그램이 簡單하다.

다) 仕樣

(1) 指令테이프: 8單位천공테이프

(2) 테이프讀取: 光電式테이프 리더

(3) 制御軸數: 2軸(同時 2軸)

(4) 設定單位 X軸: 0.005mm/펄스
Y軸: 0.01mm/펄스

(5) 最大數值指令: 線分 50,000mm, 圓弧 335,000mm

(6) 移送速度 切削移送最高 2,400mm/min
早送 X軸: 2,400/min
Y軸: 4,800mm/min

(라) 適用

테이파加工, R付軸加工

㉑ 펄스모타(Pulse Motor)

펄스모타란 電氣的인 入力펄스를 増分形의 機械的인 出力變位로 바꾸는 하나의 액츄에이터(Actuator)라고 할 수 있다.

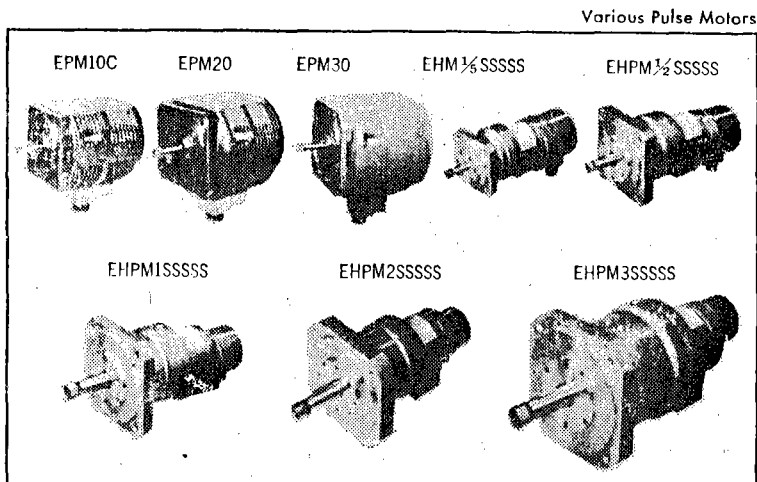


그림 6. 富士通의 펄스모타의 外觀

蘇聯에서 最初로 펄스모터를 NC工作機械에 適用한 以來 美國에서는 最近까지 主로 垂直밀링機를 廉價로 리트로피트(Retrofit)하기 爲하여 많이 使用되었다. 日本에서는 가장 廣範圍하게 活用되고 있으며 富士通에서는 FANUC 制御系統과 함께 開發을 爲한 先導의인 役割을 擔當하여 왔다. 富士通의 製品을 對象으로 살펴보면 表 5에서 나타나 있는 바와 같이 電氣펄스모터, 電氣油壓펄스모터뿐만 아니라 最近에는 펄스入力에 應해 直接 直線運動을 얻을 수 있는 리니어 펄스모터(Linear Pulse Motor)가 開發되었다.

出力馬力面에서 보면 1/200에서 20HP까지 最高追從 펄스速度는 16.0000pps, 最高起動停止펄스速度는 2,000pps까지 向上되었다. 또한 1펄스當 回轉角이 1.2°로 細分되어 工作機械의 最少設定單位(Resolution)가 0.01mm로서 高精度加工이 可能하게 되었다.

3. 數値制御工作機械와 電子計算機

NC加工方式이 登場해서 20餘年동안 NC는 個別生産加工의 自動化에 先導의인 役割을 해왔다. 工作機械를 NC化함으로써 생기는 利點이 認識됨에 따라 電算機直接制御(DNC: Direct Numerical Control), 適應制御(AC: Adaptive Control) 등의 시스템이 뒤따라 1970年代에 登場했다. NC工作機械가 數值的으로 制御하는 NC裝置를 單體의 機械에 附着시킴으로써 機械의 運動을 數值的으로 操作하는 機能임은 앞서 說明한 바와 같다. NC를 管理된 工程에서 On-line的으로 制御, 管理함을 目的으로 利用하여 生産性 및 經濟性的의 向上을 꾀하는 것은 技術의 發展過程에 있어서 自然스런 일이다. 따라서 DNC의 登場이 NC의 登場 當時처럼 劃期的이라기보다는 制御加工시스템의 未來像으로 注目을 끌고 있는 것이다. 從來의 NC는 個個의 機械에 그 機械의 目的에 맞추어서 Hardwired制御裝置를 갖고 있었으나 管理를 爲한 機能, 또는 파아트 프로그램(Part Program)을 編輯하는 機能을 갖추지 못하였었다. DNC시스템은 이와 같은 것을 補完하는데 主目的이 있으며 그 具體的인 機能으로서 重要的 것은 다음과 같다.

(1) 中央의 프로세스 컴퓨터에 依한 多數의 工

作機械를 時分割베이스로 同時制御한다.

(2) 파아트 프로그램을 리얼 타임(Real Time)으로 編輯하는 能力을 갖는다.

(3) 工場의 生産管理 또는 能率管理를 爲한 機能을 한다.

(4) 適應制御의 機能을 갖는다.

이들의 機能은 管理된 生産工程의 主要機能 가운데 몇개에 지나지 않으나 凡用의 小形컴퓨터에 依해 處理된다는 點에서 共通性을 갖고 있다. DNC의 目的은 小形 또는 미니 컴퓨터를 機械의 制御, 管理를 爲해 On-line的으로 利用한다는 데

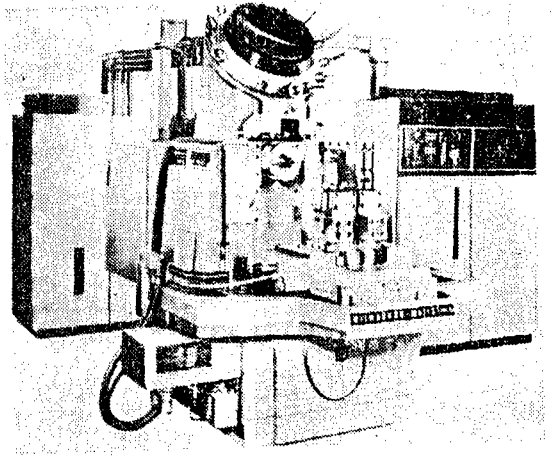


그림 7. 머시닝 센터 東芝機械製

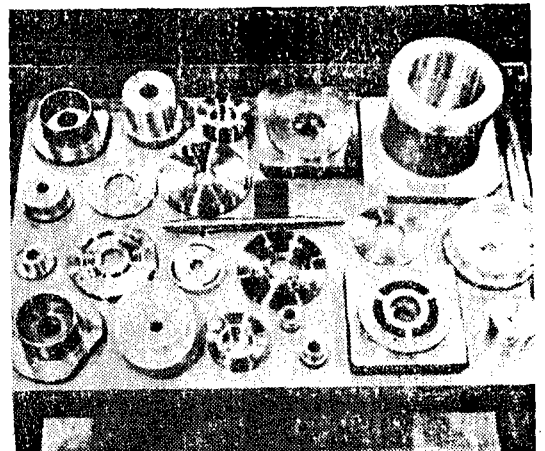


그림 8. FANUC System-T series 에 의해 加工된 펄스모터部分의 一例

있다.

① NC의 傾向

1970年 11月 日本 大阪에서 第5回 國際工作機械見本市가 開催되었다. DNC 및 NC의 새로운 시스템이 登場하여 話題를 모았다. 그 中 몇개를 紹介하면 다음과 같다.

② DNC 시스템

數台의 異種工作機械를 生産과 管理시스템으로서 制御하는 方式인데 例로서 日本 富士通의 시스템의 內容은 自社의 펄스모타 部品生産시스템을 展示했다. 이것은 旋盤, MC(Machining Center), 研削盤을 包含한 20台의 工作機械를 時分割(Time Sharing)로 自動 프로그램과 自動生産管理를 示範했다.

그림 8은 富士通의 群管理 工場에서 FANUC System-T Series에 의해 加工된 펄스모타 部品

의 一例들이다.

③ 適應制御(AC)

ATC(Automatic Tool Changer)가 달린 AC, MC는 中型電算機와 데이터 뱅크(Data Bank)가 달린 小型電算機를 情報管理에 使用해 主驅動油 壓모타와 써보 밸브의 特性을 利用해서 壓力差에 依해 主軸의 負荷토크를 檢出하여 이것을 切削材에 應한 最適切削速度와 리이드(Lead)를 工具데이터貯藏裝置로부터 自動적으로 選擇하는 것이다. 이들은 몇개의 例에 지나지 않으나 機械工業이 電子技術을 應用함으로써 高度化를 企하고 있음을 말하여 준다. 表 6과 表 7은 美國과 日本에서의 DNC 現況을 나타내고 있다. 主要工作메이커의 大部分이 DNC 裝置의 製作에 進出하고 있음을 알 수 있을 것이다.

表 6. 美國에 있어서의 DNC System의 實用·設置狀況

Direct NC System Supplier	Name of System	DNC Computer	Type of Machine Under Control	Machine Builder	Type of Installation
Cincinnati Milacron	Cincinnati DNC	CIP 2100 or others	Horiz. Tool Changer Machining Center	Cincinnati Milacron	1970 Machine Tool Show
Cincinnati Mil., Heald Div.	Cincinnati DNC	CIP 2100 or others	Vert. Tool Changer Machining Center	Heald	1970 Machine Tool Show
Cinc. Mil., Turn, Center Div.	Cincinnati DNC	CIP 2100 or others	Chucking Center	Turing Center Div.	1970 Machine Tool Show
Ex-Cell-O	Multi-Machine DNC	MAC 16	Horiz. Tool Changer Machining Center	Ex-Cell-O	1970 Machine Tool Show
Ex-Cell-O	Multi-Machine DNC	MAC 16	Vert. Turret Lathes	Ex-Cell-O	1970 Machine Tool Show
General Electric	CommanDir	GE-PAC 30	Turning Centers	American	1970 Machine Tool Show
General Electric	CommanDir	GE-PAC 30	Vert. Turret Lathes	Bullard	1970 Machine Tool Show
General Electric	CommanDir	GE-PAC 30	Horiz. 2-head Tool Change Mach. Centr.	Burgmaster (Houdaille)	1970 Machine Tool Show
General Electric	CommanDir	GE-PAC 30	Horiz. Tool Changer Machining Center	Carlton	1970 Machine Tool Show
General Electric	CommanDir	GE-PAC 30	Horiz. Boring and Milling Machine	DeVlieg	1970 Machine Tool Show
General Electric	CommanDir	GE-PAC 30	Chucking Lather	LeBlond	1970 Machine Tool Show
General Electric	CommanDir	GE-PAC 30	Chucking Lathes	Monarch	1970 Machine Tool Show
General Electric	CommanDir	GF-PAC 30	Vert. Chucker	Motch & Merryweather	1970 Machine Tool Show
General Electric	CommanDir	GE-PAC 30	Vert. Tool Changer Machining Center	Avey Div., Motch & Mer.	1970 Machine Tool Show
General Electric	CommanDir	GE-PAC 30	Vert. Tool Changer Machining Center	Nat. Automatic Tool	1970 Machine Tool Show

Direct NC System Supplier	Name of System	DNC Computer	Type of Machine Under Control	Machine Builder	Type of Installation
Houdaille	Houdaille Comp. Contr.	PDP-8	Punch Presses	Strippit Div.	Customer Application
Kearney & Trecker	System Gemini	IBM 1800	Turret Type Machining Centers	Carlton	In-House Application
Kearney & Trecker	System Gemini	IBM 1800	Vertical Boring Mills	Giddings & Lewis	In-House Application
Kearney & Trecker	System Gemini	IBM 1800	Horiz. Tool Changer Machining Centers	Kearney & Trecker	In-House Application 1970 Machine Tool Show
Kearney & Trecker	System Gemini	IBM 1800	Tool Changer Turning Centers	Kearney & Trecker	In-House Application 1970 Machine Tool Show
Kearney & Trecker	System Gemini	IBM 1800	Horiz. Tool Changer Machining Centers	Gorton(K&T)	1970 Machine Tool Show
Kearney & Trecker	System Gemini	IBM 1800	Vert. Machining Centers	Cleereman (Gorton)	1970 Machine Tool Show
Kearney & Trecker	System Gemini	IBM 1800	Chucking Lathes	Monarch	In-House Application
Kearney & Trecker	System Gemini	IBM 1800	Pipe Benders	Teledyne Pines	In-House Application
Kearney & Trecker	System Gemini	IBM 1800	Turret Lathes	Warner & Swasey	Application
Lodge & Shipley	Word Central	PDP-8/I	Chucking Lathes	Lodge & Shipley	1970 Machine Tool Show
Monarch(Machine Control)	Computer Directed Production Control	PDP-8/L	Chucking Lathes	Monarch	In-House Application 1970 Machine Tool Show
Monarch	CDPC	PDP-8/L	Bar Machines	Monarch	In-House Application
Monarch	CDPC	PDP-8/L	Horiz. Tool Changer Machining Centers	Monarch	In-House Application
Reeves Computer Systems	Reeves DNC	Gen. Auto. SPC-12	Riveting Machine	Omark Ind., CRACO	Customer Application
Sundstrand Machine Tool.	Omnicontrol	IBM 360 Mod. 30	Vert. Tool Changer Machining Centers	Brown & Sharpe	1970 Machine Tool Show Customer Application
Sundstrand	Omnicontrol	IBM 360	Vert. Turret Lathes	Bullard	Customer Application
Sundstrand	Omnicontrol	IBM 360	Turning Centers, Universal Type	Cinc. Mil., Turn Center	Customer Application
Sundstrand	Omnicontrol	IBM 360 Mod. 30	Horiz. Boring Mills	Giddings & Lewis	1970 Machine Tool Show
Sundstrand	Omnicontrol	IBM 360	Vert. Tool Changer Machining Centers	G&L Bickford	Customer Application
Sundstrand	Omnicontrol	IBM 360	Vert. Turret Lathes	G&L Gisholt	Customer Application
Sundstrand	Omnicontrol	IBM 360 Mod. 30	Turret Lathes	Jones & Lamson	1970 Machine Tool Show
Sundstrand	Omnicontrol	IBM 360	Double-End Chuckers	Oloffson	Customer Application
Sundstrand	Omnicontrol	IBM 360	Horiz. Tool Changer Machining Centers	Sundstrand	Customer Application 1970 Machine Tool Show

Direct NC System Supplier	Name of System	DNC Computer	Type of Machine Under Control	Machine Builder	Installation
Sundstrand	Omnicontrol	IBM 360	Bar-Type Tool Change Machining Centers	Sundstrand	Customer Application 1970 Machine Tool Show
Sundstrand	Omnicontrol	IBM 360	Vert. Tool Changer Machining Centers	Sundstrand	Customer Application
Sundstrand	Omnicontrol	IBM 360	Lathes	Sundstrand	Customer Application 1970 Machine Tool Show
Sundstrand	Omnicontrol	IBM 360	Turret Lathes	Warner & Swasey	Customer Application
Tridea, Sub. McDonnell Doug.	Computrol	Gen. Auto. SPC-12	Turret Type Machining Centers	Burgmaster	In-House Application
Warner & Swasey	W & S DCC	PDP-8/I	Turret Lathes	Warner & Swasey	1970 Machine Tool Show
Westinghouse	Stored Logic NC	Prodac 2000	Chucking Lathes	American	In-House Application
Westinghouse	SLNC	Prodac 2000	Milling Machines	Boston Digital	In-House Application
Westinghouse	SLNC	Prodac 2000	Vert. Turret Lathes	Bullard	In-House Application
Westinghouse	SLNC	Prodac 2000	Turret Type Machining Center	Burgmaster	In-House Application
Westinghouse	SLNC	Prodac 2000	Turret Type Machining Centers	Burgmaster	In-House Application 1970 Machine Tool Show
Westinghouse	SLNC	Prodac 2000	Turret Type Machining Centers	Cincinnati Milacron	In-House Application
Westinghouse	SLNC	Prodac 2000	Horiz. Tool Changer Machining Centers	Ex-Cell-O	In-House Application

参 考 文 献

- 1) NC ハンドブック—編集委員会編, NC ハンドブック—日刊工業新聞社 (1973)
- 2) 研野和人: “数値制御の ソフトウエ”, 産業圖書株(1971)
- 3) 森政弘: “自動化技術”, オーム社(1972, 5)
- 4) 日本機械學會: 機械工學年監(1970)
- 5) 日本機械學會: 機械工學年監(1971)
- 6) 應用機械工學: 國際工作機械見本市場 カイト (1970, 11)
- 7) 富士通(株): Catalogue (1973)
- 8) The University of Manchester Institute of Science and Technology: “The Application of Stepping Motors to Machine Tools.”
- 9) 稲葉清右衛門: 数値制御入門, 日刊工業新聞社 (1970)
- 10) F. W. Wilson: “Numerical Control in Manufacturing, ASTME.
- 11) Y. Koren, J. Benuri: “Numerical Control for Machine Tool,” *Control and Instrumentation*, 1 (1) (May 1969)
- 12) T. J. Viersma: “Some Consideration on Numerical Control of Machine Tool,” *Philips Technical Review*, 24 (6) (1962-63)
- 13) R. Bell, F. Koenigsberger: “Observation on the Present Position of Numerical Control for Machine Tool”, *Machinery and Production Engineering*, 117(3027) (Nov. 18, 1970)
- 14) 人見: 日本機械學會論集, 37(301) (1972)
- 15) 竹山: 日本機械學會誌, 74(634) (1972)
- 16) 酒井: 日本機械學會誌, 74(634) (1972)

表 7. 日本에 있어서의 DNC System의 實用・設置狀況

DNC maker 名		system	DNC計算機	制御斗는 機械形成	工作機 maker名	設備狀況
富士通	1	FANUC SYSTEM-K	FACOM 270-20	旋盤	池貝鐵工	Customer Application (國鐵)
	2	// K	FACOM 270-10	旋盤, 車軸旋盤	池貝鐵工	Customer Application (國鐵)
	3	// K	FACOM 270-20	Milling Machine, 旋盤, 直立旋盤		Customer Application
	4	// T10		旋盤, Milling Machine, MC, 研削盤, Drafter		In Home Application
	5	// T10		旋盤, Milling Machine, Chucking Lathe Boring Machine		Customer Application
	6	// T10		研削盤		//
	7	// T10		旋盤		//
	8	// T10		Milling Machine, Boring Machine		//
	9	// T10		旋盤, Milling Machine, 研削機, MC		1970 大阪 見本市
日立製作所	1	HIDAM MASTER	HIDIC-100	Milling Machine 2台(日立精工), 旋盤		In Home Application
	2	//	HIDIC-100	Milling Machine(日立精工), 旋盤 Turret Miller(大阪機工), 研削盤(岡本工作)		//
	3	//	HIDIC-500	半自動配線機	日立精工	//
沖電氣工業	1	Computrol-45	OKITAC-4500	旋盤, Milling Machine, Boring Machine, 기타		Customer Application
	2	//	//	旋盤, Milling Machine, Boring Machine, 기타		In-home Application
	3	//	//	自動製圖機		//
東京芝浦電氣	1	SYSTEM 2000	TOSBAC-40	Milling Machine, Boring Machine, Drafter		1970 大阪 見本市
	2	//	//	旋盤, Boring Machine		Customer Application (豫定)
	3	SYSTEM 2500	//	Gas Cutter, Drafter		Customer Application (豫定)
東芝機械	1	SYSTEM/GM	TOSBAC-40	Poll 研削機	東芝機械 기타	Customer Application
GE	1	Comman Dir	GE PAC-30	Horizontal Chucking Machine, MC	KT, 東芝鐵工	Customer Application

- 17) 久保島：機械の研究, 23(8) (1972) (8) (1972)
- 18) 東ほか：日本機械學會誌, 74(627) (1972) 23) Budzilovich P.N. : "Computerized NC—a Step toward the Automated Factory", *Control Engineering*, 16(7) (1969)
- 19) 北川：Minicomputerを導入した NC工作機の Simulation, OIIM 59(5) (1972)
- 20) 小林：“數値制御 System”, オートメーション 17(8) (1972) 24) Anon: "New Computer Numerical Control System", *Machinery* (NY), 76(8) (1970)
- 21) 石川：“Computer 化した 數値制御系”, 日立評論, 21(8) (1972) 25) R. E. Reed: "Guidelines for DNC," *Automation*, 18(5) (May 1971)
- 22) 渡邊：“DDC System”, オートメーション 17 26) C. H. Wick: "Economical Direct Compu-

- ter Control for Machine," *Machinery* (NY), **76** (7) (May 1970)
- 27) T. Holland: "Choosing an NC Language," *Engeneering*, **211** (2) (May 1971)
- 28) G. Knight: "Quality Control and NC Machine," *Machinery and Production Engineering*, **119**(3075) (Oct. 20, 1971)
- 29) 李奉珍, 崔德奎: "工作機械 數值制御에 대하여", KIST, 새기술, **3**(1) (1971)
- 30) 朴喆熙外: "數值制御 工作機械設計 研究", MOST (1968)