

生産工程의 自動化에 關하여 (I)

李 奉 珍

〈KIST 정밀기계기술센터 담당부장·工博〉

1. 머 리 말

Automation(自動化)은 1946년 Ford自動車會社에서 出生한以來 半導體工業의 技術進步를 배경으로 한 Computer, NC, Digital 情報處理技術, 圖形情報處理技術등의 개발로 급격히 발전하였다. 1970年代에 접어들면서 工業計器의 發達로 計裝 system의 Hardware가 性能이나 信賴性이 實用化레벨에 올라서 Roqort, 人工知能, man-machine system까지도 나타나게 되었다. 生産 system의 自動化에 있어서도 生産工程의 素材管理, 機械加工, 組立, 檢査, 포장 등을 일관성있는 연속작업이 되도록 하는 종래의 Mechanical Automation이 있다. 이는 小品種 多量生産체제에서 高能率, 高度의 加工效率의 요구에 따라 製品의 品質管理 및 製造를 自動專用機에 의한 量産체제라 하겠는데 이것이 先進國의 1950年代의 自動化의 形態라 할 수 있다. 1960年代에 들어서 앞서 기술한 전기 전자 기술의 發達과 製品에 對한 社會의 要求와 그것에 부응하기 爲하여서는 生産 Line의 自動化가 漸次 知能化하는 傾向을 보이고 있으며 이를 Mechatronical Automation이라 부르기도 하나 이 點이 從來의 自動化와 性格이 다르다고 하겠다. 여기서는 生産시스템의 自動化에 對한 새로운 傾向이 어떠한 것이며 또 앞으로의 展望등을 살펴보기로 한다.

2. 生産 line의 system 構成

機械加工 工場을 예들 들면 生産 line의 system構成은 그림 1과 같이 簡略시킬 수가 있다.

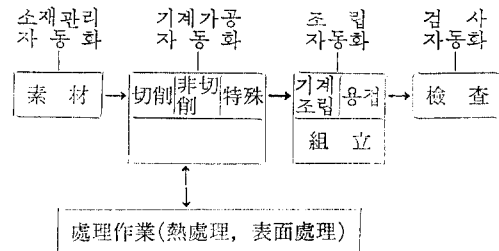


그림 1. 生産 line의 system·構成과 各部分의 system

즉 생산 시스템의 自動化는 素材管理, 機械加工, 組立, 檢査의 4단계의 自動化와 이들 工程間의 運送의 自動化와 이 生産 Line全體의 System을 管理하는 Total Plant Production System의 自動化가 豫想된다. 여기서 그림 1에 依據하여 工 程別로 解説해 보기로 한다.

3. 素材管理의 自動化(Automatic material handling)

소재관리의 자동화라 함은 各種 素材의 分類, 倉庫에의 入·出力 및 保管, 그리고 그 管理시스템을 自動化하는 것을 말한다. 이러한 시스템으로써 現在 사용중인 것이 自動倉庫시스템으로써 素材管理뿐만 아니라, 完製品의 在庫管理에

□ 解 說

도 사용되고 있다. 元來 이 分野는 低賃金 努力에 의해 低級作業으로 取扱해 왔었는데 人件費의 上昇과 漸次 作業의 機械化, 作業改善 및 標準化의 進行으로 人力 依存形에서 脫避하고 있다고 하겠다. 더구나 土地代 上昇등으로 空間利用의 合理등으로 高層倉庫등의 등장과 電子計算機械를 活用한 管理가 臺頭되고 있다. 自動化 自體가 人間依存度가 특히 強한 技術이라 하겠는데, 따라서 最近 이 分野의 自動化에 있어서도 시설의 知的化에 對해서는 例外는 아니라 하겠다. 必要한 이들 裝置들을 列舉해 보면

(가) 移送裝置

- belt conveyor 類
- chain " "
- 往復 " "
- hydraulic " "
- 重力 " "
- magnetic " "

(나) 供給裝置

- 貯藏·保留裝置
- 移送 裝置
- Hopper, chute 등
- magazine 類
- loader, unloader
- magnetic lifter
- friction pusher
- vacuum chuk, pickup 등

(다) 感知·記憶 裝置

- 感知·確認·識別 裝置
- 記憶裝置

(라) 分合裝置

- 分岐 裝置
- 合併 "
- 分離 "
- 集結 "
- 分配 "

(마) 入·出裝置

- 貯藏·保留裝置
- chute, roller conveyor, wheel conveyor
- loader 달린 高層 rack, magazine, hopper, tank 등

格納·取出裝置

(바) 作動·指令裝置

- 作動 裝置
- 感知 "
- 指令 "
- 計算 "
- 記錄 "
- 標示 "
- 컴퓨터
- 端末 "

4. 機械加工의 自動化

(machinery automatiomne)

機械加工의 自動化는 2가지 type로 要約할 수가 있다. 既存 설비되어있는 汎用機械를 自動化하는 것과 自動機械를 中心으로 한 自動化가 그것이다. 前者의 自動化 形式은 主로 機械間 또는 工程間의 供給, 移送, 또는 運搬등의 自動化가 그 주된 性格이라 하겠는데 이들은 앞서 自動 Material handling의 一部이기도하다. 따라서 이 章에서 後者, 즉 自動機械를 主軸으로 한 自動화를 들어보기로 한다.

4-1 自動機械의 새로운 性格

從來의 自動機械라 하면 機械的機構를 中心으로 한 그림 2에서 보는 바와 같이 量產體制로서의 專用機械의 性格이 있었다. 機械的 機構를 갖춘 自動機械는 信賴性도 높고 高速化도 可能하며 그 生産性도 좋음으로 小品種 量產體에서의 主軸를 이루고 있었다. 그러나 最近엔 人間の 意識構造의 變化등 환경의 變化에 따라 自動機械에 對한 要求로 從前과는 달리 새로운 要請이 대두되고 있다고 하겠다.

그 새로운 要請과 傾向을 보면

(가) 高機能, 高性能의 製品需要가 增大하고 있다. 이것에 呼應할 만한 高度의 熟練된 技能者가 不足하다. 賃金도 上昇하고 있는 反面, 要求되는 精度를 내기 爲해선 複雜한 作業과 工程이 必要하다. 따라서 이와같은 性能과 作業을 할 수 있는 自動機械가 要請되고 있다.

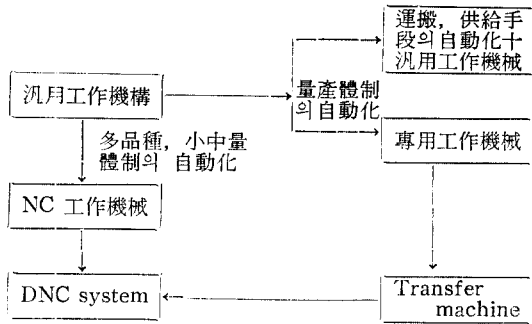


그림 2

(나) 高精度, 高微細度, 특히 脆弱한 部品과 組立品이 電子機器를 中心으로 해서 必要로 하게 되었다. 따라서 그 目的에 맞는 自動生産機械, 또는 그 system이 要請되고 있으며, 이와같은 等級에서는 從來의 機械的 機構의 生産機械에서는 機械가 達成되는 程度의 點에서 매우 困難한 문제이기도 하다. 機械的機構를 갖춘 從來의 自動機械의 制御方式은 open loop式인 反面 새로운 要請에 應할려면 作業途中 修正에 可能한 closed loop 方式의 制御方式으로한 自動化가 必要하다

(다) 最近의 製品은 商品으로서의 壽命이 짧다. 그리고 이 期間內에 要請되는 生産量은 많으나 그러나 그 目的에 應할려면 高速度生産性이 있는 生産機械 system을 迅速히 製作해서 그 짧은 販賣壽命期間에 可能限 多量生産을 할 必要가 있다. 이 要請에 應하기 위해선 機械的機構를 中心으로 한 自動機械 system도 그 價値가 發揮할 수 있는 機會가 남아 있다고 하겠다. 특히 晝夜 運轉이 可能한 信賴性과 高速 生産性이 있는 機械的 機構를 갖춘 自動機械 system이면 兪급할 必要가 없다. 그러나 周知한 바와 같이 機械的인 自動機械는 새로운 것을 製作하려면 個個의 製作하는 데 時間이 너무 걸려서 早期의 製品生産開始에 timing을 맞추는데 문제가 있다. 또한, 機械的 製作 cost도 比較的 높다고 하겠다. 그 때문에 變化가 심한 短壽命의 製品에는 그것이 비록 量的으로는 機械的인 自動機械에 적합한 것이라 할지라도 製品의 壽命과 生産性 등을 생각하면 이와같은 現實에 呼應하는 融通性이 있는 自動機械의 system이 要請되는 것이

다. 이것에 對應하기 위하여 自動機械의 標準化, GT化 또는 Module化등 많은 試圖가 있으나 從來의 機構의 自動機械에 對한 對策으로만 볼때에 그 成果는 未洽한 것 같다. 다른 方向에서의 自動機械의 system이 考慮가 되고있다(그림 2).

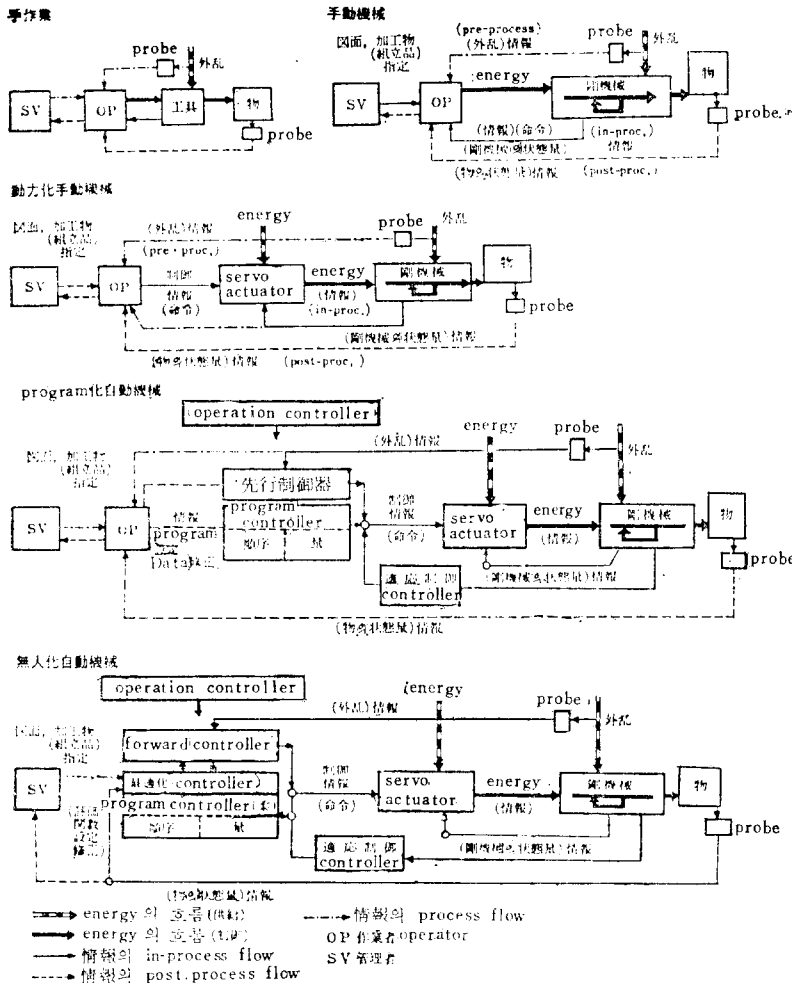
4-2 새로운 自動機械의 機能과 制御形態

지금 自動機械를 주로 加工과 組立등 生産의 自動機械에 限定해서 생각해보면 그 機能은 3가지의 module로 分解가 된다. 剛物을 加工作業하는 剛作業機械(rigid working machine), 作業 Energy의 供給의 順序와 量을 加工과 組立의 目的에 맞게 計劃하고 指示하는 作業을 情報處理 module, 知能 module라 할 수 있다. 즉 operation controller가 그것이다. 그리고 이와 같이 處理된 情報의 信號화된 作業命令대로 作業機械에 正確히 傳達되고 energy變換을 行하여야할 servo actuator라 할 수가 있다. 이것은 마치 사람의 機能을 예를 든다면 手足, 頭腦, 筋肉이 그것에 妥當되는 것이라 할 수가 있다. 現在 사용되고 있는 自動機械를 分類해 보면 그림 3과 같이 表示 할 수가 있다. 이것을 보면, 作業機械가 어떻게 手作業서부터 手動機械, 動力機械, 自動化機械, 그리고 操作人이 없는 無人化 自動機械에로의 過程을 알 수가 있으리라 생각이 된다. 즉, 自動化란 手動機械서부터 自動機械로 展開함에 따라 作業者가 行하고 있던 作業知識과 그 實行機能이 점차 作業情報處理를 行하는 operation controller에 移讓되어 가는 것이라 하겠는데 그 發達過程을 보면 이 自動機械의 發達과 그에따르는 自動化의 發達임을 알 수가 있다.

4-3 機能과 機構에서 본 自動機械

加工 工場에서 볼 수 있는 汎用工作機械는 動力化 手動機械라 하겠다. 作業情報를 處理하는 機能 즉, 知能機能은 모두 作業者가 가져 있다고 하겠다. 自動機械는 이 作業者의 知能機能이 어떤 方式으로 機械에 自動化(또는 programmed)되어 있기에 따라 區別이 되겠는데 여기에

□ 解 說



註: 最適化 controller는 加工物(組立品)이 管理者서부터 指定될 때의 作業手順(順序量)를 自動的으로 最適으로 設定 programming하는 contraller이다. 具體的으로 이 program controller는 그와 같이 조정할 수 있는 것을 쓴다. 圖面의 自動讀取도 포함한다.

그림 3. 制御 system의 block線圖

주로 從來式인 機械的인 것으로 부터 電氣, 電子的인것 그리고 混合式등으로 나눌수가 있는데 그 內容을 보면 이들 機能을 어떻게 制御하느냐는 制御方式에 依據되어 있다고 하겠다. 따라서 그들을 적어보면

- (가) 機械的機構
- (나) 做加工機的機構
- (다) 逐次機構
- (라) 電子制御回路機構
- (마) hard wired computer 機構

(바) soft wired computer機構 등을 들 수 있다.

4-4 自動化的形式

(가) 自動機械의 配置와 構成

機械加工과 組立을 自動化에선 Index table 과 Transfer machine이 代表的이라 하겠다. Index table은 대개 小物의 加工과 組立에 많이 사용된다. 몇개의 自動機械가 工程順에 따라 하나의 turn table의 周圍에 配置되어 있어

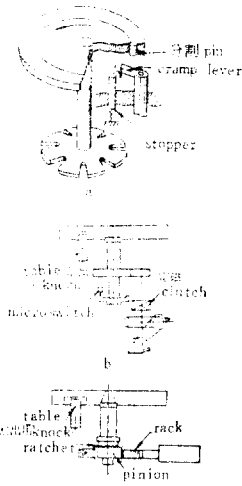


그림 4. Table의 柔性機構

table로가서 各 section까지 一定한 角度씩 回轉 시킨다.

自動機도 比較的 小型으로써 section數도 10 以下가 많다. 加工되는 物品이 다른 位置에 정지시키기 爲해서는 table의 割出機構가 매우 重要하다. 그림 4 (a)는 丹筒形의 分割 pin과 stepper를 사용한 것이고 (b)는 電子 clutch와 Micro-clutch (c)와 같이 ratchet와 pinion에 依한 것이 있다. Transfer machine은 自動機

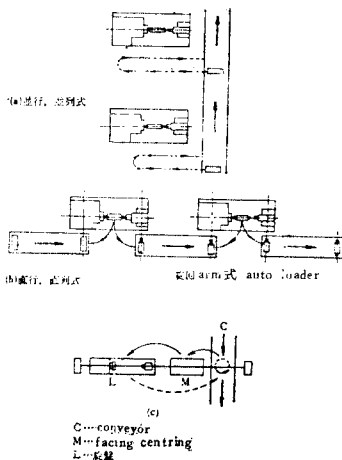


그림 5. 加工部品の 흐름

도 大型이며 多數의 工程을 連結할 때의 配置라 하겠다. 加工物은 conveyor로 順次 section에 移送, 供給이 된다. 最近의 汎用工作機械에는 自動 挿入, 取出裝置가 內藏되어 있으며 앞에 記述한 바와 같이 CNC工作機械가 大勢를 이루고 있다. 그리고 工作機械間에 移送된 物品을 處理하는 loader, unloader의 運搬설비가 달려 있는데 工場의 事情에 따라 機械의 配置를 보면 그림 5와 같은 配置가 있다.

Index table에서나 Transfer machine에서 도 作業에 應해서 適當한 自動機械가 配置된다. 그림 6과 같이 自動機自體가 building block式으로 되어 있으면 融通性이 增加 한다.

一體構送에 比해 多少費用이 들지만 作業變更할 때 工具의 交換調整의 手苦가 덜 되어진다.

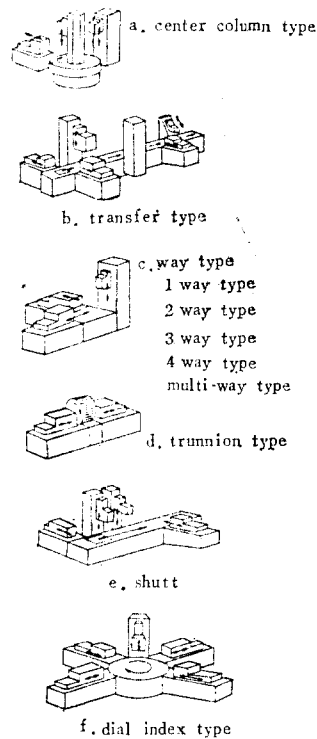


그림 6. Bvilding blocch方式

(나) 無人化(unmanned)와 DNC(direct numerical control)

現在 製造工程에서의 無人化는 CNC 工作機械

□ 解 說

들을 詳管理하는 形式과 이 system에 Auto material handling이 結合된 複合型들이 있는데 어느것이나 生産 line에서의 어느 工程別로 自動化가 部分的으로 試圖되고 있는 것이 實情이라 하겠다. 이것을 바꾸어 말하면 一種의 DNC system의 性格이라고도 할 수가 있다. 따라서 筆者는 이 DNC system과 그 擴張도 一種의 無人化이며 全製造工程이 部分的으로나 그리고, 그 周邊管理마저 包含한 自動化가 참뜻에서의 無人化라 定義할 수가 있다고 본다. 그림 7은 日本 豐田工機가 自動軍 Engine 部品加工圖로 完成된 DNC system이다. 그림 8은 金型加工圖로 實際稼動하고 있는 DNC system이라고 하겠다. 橫型 machining center와 立型 machining center 各 1臺씩으로 構成되어 있으며 이들 機械를 loop conveyor로 連結된 system이다. loop conveyor는 어디서나 loading, unloading이 可能하며 同前에 pallet pool로서의 機

能을 兼하고 있다. 最大 24個의 pallet의 收納이 可能하다. 이 system의 特徵은 미리 定해진 schedule에 따라 全自動運轉과 工具破損, 摩耗檢出과 工具의 自動切損 및 加工不良品의 自動排出로써 連續運轉의 中斷, 또한 工具의 切削狀態檢出에 依한 移送의 自動調整등으로 連續無人運轉에 必要한 것을 갖추고 있다. 끝으로 이 DNC 및 無人化가 機械加工工程에서의 位置를 그림 3에서 推測이 可能하리라 생각된다.

4-5 加工의 自動化에 있어서의 制御問題

自動化 以前의 手動作業機械의 加工 system에서 보면 人間の 知能과 感知, 判斷과 熟練등의 融和된 技能과 作業機械의 協助로 目的하는 製品을 얻을 수가 있었다. 自動化에 있어선 이들 人間の 能力의 機械속의 自動化 機能에 代役시키게 되는데 加工作業에서 人間の 役割을 分析해 보면 素材를 加工機械에 付着시켜서 加工하고 그 過程에서 願하는 대로 加工이 되고 있는 가를 確認하면서 加工狀態를 調整하는 行爲는 一種의 feed back 作業임을 理解할 수가 있다. 그러나 이 feed back system을 生産工程의 自動化에 適用하는데엔 여러가지 難題가 많다. 加工物을 切削加工 하든지 塑性하든지 아니면 熱處理할때 이 作業이 끝나고나서 그 加工物의 狀態量을 測定해서 그 情報量을 feed back해서 加工條件과 熱處理를 制御하려면 이미 때가 늦어 加工物의 狀態量은 修正할 수가 없게 된다. 여기서 加工中에 加工 情報를 얻는 方法(in process measuring)이 必要하게 된다. 따라서 自動化 특히, 無人化에는 in process measuring system과 feed back control system의 確立이 絕對 必要하다. 生産工程의 自動化에 있어서 主流가 되고 있는 制御 system으로써는 역시 高速度의 情報處理가 可能한 電子計算機를 中心으로 한 operation controller에 依해 in process的인 測定으로 얻은 量을 土臺로 短時間에 處理해서 그 結果를 또한 強力한 高速度 應答性이 있는 servo actuator에 傳達시켜 作業機械를 操作시키고 그것에 依해 될 수 있는 한 目標值에 가깝고 높은 精度의 製品을 얻는 方向으로

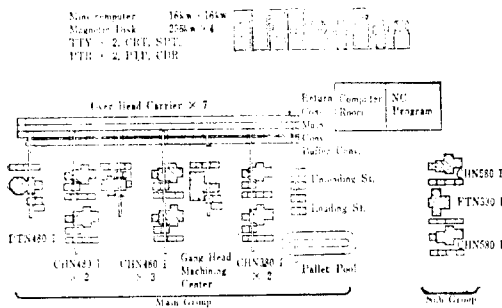


그림 7. 工程 Module形 大規模 Tipros

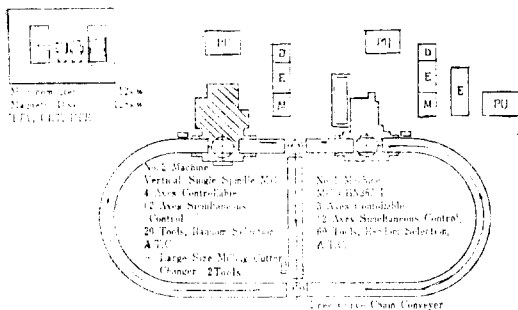


그림 8. 無人運轉 Tipros

技術이 進步하고 있는 것이 事實이다. 이것은 또한 前述한 NC工作機械와 같은 Programed自動機械에 있어서 適應制御와 無人化 自動機械의 最適化制御에 相當하는 것이라 하겠다. 그러나 生産工程에 있어서 被制御量으로서의 加工工場의 狀態量등을 in process的으로 測定한다는 것은 技術的으로 매우 어려운 問題라 하겠다. 특히 切削加工 工程에서의 切削現象등은 現在の 電算機의 演算速度로도 감당할 수 없을 정도의 짧은 時間內的 現象이어서 切削點 그 自體의 尺寸등을 in process 測定하는 것은 매우 難題라 하겠다. 따라서 이 狀況에서 얻어진 情報量을 處理해서 servo actuator를 作動시켜 作業機械를 驅動시키는 feed back control로 거의 實效를 期待하기가 어려운 實情이라 하겠다. 이때문에 實際的인 見地에서 加工이 끝난 時點에서 可及的 신속히 測定을 해서 그 狀態情報量을 可及的 신속히 feed back시켜서 高速, 高精度의 制御裝置로써 制御를 行하게 하는 方式이 取해지고 있다.

그러나 이 時點에서 加工點 그 自體의 尺寸의 修正은 不可能함은 물론이다. 이 絕對尺寸 誤差를 줄이는 方法으로 最近 先行制御(feed forward control)라는 system이 生産工程의 自動化에 效果的으로 利用되고 있다. 이것은 制御對象인 被制御量(加工物등의 狀態量)이 目標보다 차지는 것은 그의 制御對象에 作用하는 外亂(disturbance) 때문이므로 이 外亂의 狀態量을 別途로 測定해 두었다가 이 情報量을 先行制御情報處理裝置에 보내어 그 外亂때문에 制御對象의 被制御량이 變動하는 量을 미리 Analogue의 또는 Digital的으로 計算機에 依해 Simulation을 行해서 求해 두었다가 外亂에 의한 變動量을 豫測하고 그 豫測量을 미리 앞서 修正을 하게끔 命令情報를 내서 servo actuator의 動作의 time Delay를 防止하고 目標로 하는 程度에 接近하려는 것이다. 따라서 外亂의 影響으로 制御對象의 被制御량이 變動始作할 時點에 工具등의 移動이 이미 修正量을 包含한 servo-actuator의 動作에 依해 지는 것이다. 이 先行制御方式에서 豫測修正量의 算出에도 많은 技術的인 問題가

남아있다. 그 問題點들을 보기로 한다.

4-6 先行制御와 問題點

(가) 切削 및 研削工程: 이 工程에서 使用되고 있는 in process 自動定寸裝置는 加工物의 尺寸이 既定의 값(值)에 達했을 때 工具의 移送이 停止되겠음 되어 있다. 그러나 加工物의 過度가 上昇되어 있으면 아무리 in process測定이 理相的으로 行해졌다 하더라도 加工物의 既定의 尺寸은 常過에 있어서의 것임으로 加工物의 過度上昇에 依한 加工物의 熱膨脹으로 因한 誤差는 當然히 除去할 수는 없다. 따라서 이런 경우 加工物의 過度上昇을 外亂으로 보고 그것을 測定해서 定寸裝置의 誤差치수를 그것에 맞추어 修正하는 式의 先行制御를 行하고 있다. 數 ém의 order의 程度를 必要로하는 研削加工에는 이 方式이 取해 지고 있다. 從前에는 Analogue式이 많았으나 最近 漸次 NC研削盤과 같은 Digital式이 많아지고 있다.

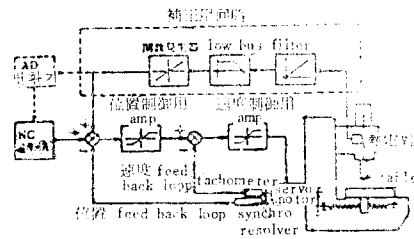
(나) NC工作機械인 경우: 移送 Ball Screw의 pitch 誤差, 背景, guide機構의 直線도와 背隙 主軸機構의 心振과 歪(strain) 또는 溫度上昇때문에 생기는 熱變位 加工物의 加工中の 變形切削力과 溫度의 不均一上昇등), 工具의 摩耗 素材材料의 物性值(hardness, 延性등)의 變動등을 外亂量으로 考慮해서 이들을 in process 的 또는 out process的으로 測定해서 그 情報를 NC裝置에 先行制御裝置에 보내어 그것으로 加工物에 生길 수 있는 加工誤差를 豫測計算해서 그것을 미리 修正하게끔 NC裝置에 信號를 보내어 加工誤差分만큼 工具의 移動등을 補償해 주는 方法이 行해지고 있다. 특히 NC工作機械와 Transfer machine등으로 自動化가 이루어졌을 때에 無人狀態에서의 加工時間이 길어지므로 實際로 使用中에 工具의 破損의 時刻를 豫測하는 것이 重要的 課題라 하겠다. 工具의 破損壽命은 統計的으로는 자기 工具의 材質과 素材의 材質, 加工條件에 關해서 求할 수 있으나 그 Data의 不確實性때문에 正確한 工具의 壽命算出은 어렵다. 따라서 統計的인 平均值壽命에 工具壽命으로 設定해서 自動機械를 運轉時는 반드시 그 設

□ 解 說

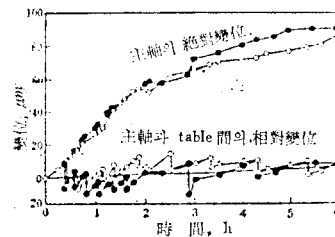
定보다 짧은 時間에 破損에 이르는 工具도 나와서 그로 因해 加工物을 不良品으로 만드는 일이 종종 있으며 때로는 機械를 망가뜨리는 일이 많다. 때문에 自動機械에서는 不經濟이기는 하나 統計的 平均壽命보다 짧은 時間에 工具壽命을 設定할 수가 없다. 이와같은 問題를 解決하기 爲하여 先行制御에 依한 工具破損壽命 決定方式이 採用되고 있다. 즉 個個의 工具의 破損壽命이 不一致하는 것은 工具의 材質과 刃先의 研摩狀態 또는 加工物材質등의 不均質과 工作機械의 振動에 따른 刃先의 劣化성 破損등이 겹쳐서 생기는 것이라 생각이 된다. 그러나 個個의 경우 工具가 切削加工에 들어가면 그 結果로써 工具刃先磨耗는 여러가지 다른 速度로 進行한다고 생각이 된다. 따라서 切削加工의 進行中の 工具의 刃先磨耗面을 in process的으로 測定할 수가 있으면 그것에 依해 實際의 使用中の 工具壽命(面來磨耗幅에 限度值를 設定한)을 豫測하는 것은 可能하다고 생각이 된다. 즉 feed back control하는 方式으로 個個의 工具의 面磨耗를 基準으로 하는 壽命管理는 可能하겠다. 그러나 一般으로 工具의 刃先磨耗를 in process的으로 測定하는 것은 매우 困難하다. 現實的으로는 工具의 振動과 刃先 溫度등을 測定해서 그것에 依해서 工具의 刃先磨耗量을 推定하는 것으로써 豫測하는 方法이 試圖되고 있다. 反面 工具破損의 壽命은 工具의 刃先의 溫度上昇으로 因한 工具의 破損強度의 低下등으로 面磨耗幅만으로 決定할 수 없다는 것도 實驗的으로 알려져 있다. 最近에는 工具의 刃先過度의 變動을 工具破損壽命에 對한 外亂으로 擇해서 이 Data를 micro computer에 넣어서 工具破損壽命의 豫測을 行하는 方法등이 開發되어 있다. 특히 CNC(Computer numerical control)裝置를 使用하는 NC工作機械인 경우는 그 CPU(central processing unit)에서 上述의 先行制御를 爲한 情報處理를 行할 수 있다. 자기 目的에 맞게 使用할 수 있는 program을 머리 soft ware로써 加工 Data와 함께 入力시켜주고 上述의 外亂量을 digital化한 pata로써 보내 計算시켜 豫測修正을 爲한 命令信號를 NC의 pulse配分에 加하는

方式을 取하고 있다. 具體的인 例로는 工作機械의 數個所에 溫度測定量을 장치해서 in process的으로 溫度를 測定해서 이것에 依한 工作機械의 各부의 熱變位를 豫측 하므로써 加工誤差를 補正하는 先行制御를 하고 있다. 그림 9(a)는 그 補償回路이며 (b)는 이와 같이 digital補償을 했을때의 修正된 相對誤差를 나타내고 있다.

(다) 移送加工裝置(transfer machine) : 이 裝置에 依해 作業할 경우 그前의 作業 station에서 加工物의 치수와 材質(hardness)등의 標準值와 變動差를 測定해 두었다가 이들 變動으로 因해 생기리라는 豫測加工誤差를 先行制御裝置로 豫測計算하고, 그 情報를 다음 加工 Station의 加工 工具의 移動을 行하는 Servo actuator에 보내어 加工工具의 移動量의 設定值를 先行的으로 修正하는 方式을 取하고 있다.



(a) 主軸熱變位補正回路



(b) digital補正을 行했을때의 主軸의 絕對變位와 補正된 相對變位

그림 9.

參 考 文 獻

- 1) 李奉珍 : 機械制御에 있어서의 mini computer의 應用 Kotic, 技術現況分析報告, Vol. 2 No. 1, 1979. 1.

生産工程の自動化에 關하여 (I) □

- 2) 李奉珍: NC工作機械의 展望과 來日의 機械工業, 大韓機械學會誌, Vol. 18, No. 2, 1978.
- 3) 李奉珍: 製造 line省力化를 爲한 理論과 現況(세미나資料), 大韓商工會議所 1979. 9.
- 4) 李奉珍: Robot 産業技術의 現況과 開發動向. Kostic, 技術現況分析報告, Vol. 2, No. 7, 1979.
- 5) 工場自動化機器集成編委會, 省力のため 工場 自動化 機器 集成, 建設産業 調査會, 1974.
- 6)~(7) 谷口紀男: 自動化に おみる 最新の 課題(1), (2), 機械の 研究, Vol. 29, No. 5, 6, 1977.
- 8) 森政弘編: 自動化 技術 實賢, オーム社 1974.
- 9) 澁部外 3人: 機械加工の 自動制御, 共立出版, 1964.
- 10) 稻葉肇: 機械加工の 自動化 システム, 日本機械學會關支部 第35回 特別 講義會, 1974.
- 11) 遠藤健兒: 自動 マテリアル ハンドリング, 日本機械學誌, Vol. 74, No. 632, 1971.
- 12) Fujitsu Fanuc: Fanuc system 6T, 1979. 8
- 13) 尾崎省太郎, 多品種 少量生産の 無人化に あたつての 考之方, 精機學會誌 Vol. 43, No. 3, 1977.
- 14) 安井武司: 工作機械の 高精度化の 現狀, 機械の 研究, Vol. 31, No. 12, 1979.
- 15) 川越孝司: NC機械工場に おみる 工程 管理と 自動搬送 システム, 機械と 工具, Vol. 23, No. 7, 1979.
- 16) 島吉男: DNC システムの 實際, 機械と 工具, Vol. 22, No. 10, 1978.
- 17) 關進外: 生産システムの 現狀と 動向, 日立評論, Vol. 55, No. 2, 1973.
- 18) 岩田一門: 切削工具摩耗の インプロセス 測定, 日本機學誌, Vol. 82, No. 731 1979. 10.
- 19) 本田富士雄: 機械工場 無人化 モデル, 日本機械學誌, Vol. 79, No. 692, 1976.

生活속에 科學심어

이특하자 科學韓國