

日本에 있어서의 高度自動化 生產加工 시스템

佐田 登志夫

<東京大學 工學部>

[忠南大 工大；卞 文 鈸 譯]

■ 다음 글을 本 學會 1983年度 定期總會 및 秋季
學術大會(1983. 11. 5)에서 特別講演社 内容을 요약
하여 옮긴 것임.

1. 序 論

이 20年 乃至 30年 사이의 機械生產의 生產性
의 飛躍的인 向上은 自動化, 오우터메이숀(automation)
의 導入에 依한 바 크다. 機械生產의 自動化는
처음 1950年頃부터 大量生產의 分野에
서 導入되어, 시퀀스(sequence) 制御에 依한
生産設備, 특히 自動車產業에서 볼 수 있는 것과
같은 트랜스퍼 라인(transfer line)의 設置에 依
하여 生產能率을 현저하게 높일 수가 있었다. 그
리하여 이와 같은 種類의 自動化는 高度成長의 물
결을 타고 1960年代에 쭉 繼續해서 進行되었다.

그런 채 機械生產의 全體生產量中에서 前述한
것과 같은 制限된 品種을 한 時期에 大量으로 生
產하는 小品種大量生產方式에 依하여 製作되는
生産量은 많아서 30%에 지나지 않으며, 그 외의
70%는 1로트(lot)의 製品數가 500개 以下의
多品種少量生產에 依하는 것으로서 大量生產
에 依한 自動化가 普及함에 따라 1960年代의 後
半에서부터 自動化의 關心은 當然히 後者の 쪽
으로 向하게 되었다. 다만, 多品種少量生產의
自動化의 困難한 點은 取扱하는 製品, 部分品의
種類가 많고 따라서 加工法, 工具, 取付具가 多樣

하여, 處理하지 않으면 안될 生產의 情報量이 大
量生產의 境遇와 比較하여 엄청나게 많은 것
이다. 그러나 그 後의 計算機의 發達, 특히 그의
機能의 向上과 價格의 低下, NC工作機械나 工
業用 로봇(robot)과 같은 프로그램 할 수 있는 自
動化 生產機械의 普及, 특히 그의 柔軟性(flexi
-fility)의 增大와 信賴性의 向上等에 依하여, 機
械工場에 있어서도 大量의 生產情報률 그렇게 많
지 않은 사람의 힘으로 自動的으로 處理하고, 또
한 生產情報에서 生成한 加工指令情報에 依하여
多樣한 形狀, 材質, 精度를 갖는 部分品을 自動
的으로 加工, 組立하게 되었다. 그 中에서도 여
러대의 NC工作機械를 1臺의 中央處理計算機에
依하여 集中管理하는 加工시스템이 1960年代 後
半부터 實用化되고, 그 위에 部分品의 自動搬送
機能이 付加되어 1970年代 中葉에는 小規模의 시
스템이긴 하지만 夜間無人運轉이 實現되고 1980
年代의 初期에 이르러서 相當히 大規模의 시스
템이 設置되어 多品種小量生產의 生產向上에 크
게 貢獻하기 始作했다. 이 시스템은 그 機能으로
봐서 最近에는 플렉시블 生產加工 시스템(flexible
manufacturing system, FMS)이라고 불리우게
되었고, 나아가서 機械加工뿐만 아니라 熔接, 塗
裝, 組立, 檢查等에도 自動化를 넓혀서 工場全
體의 物品管理, 運營管理 等도 1臺의 計算機로
하게 하자는 提案도 나와서, 이것을 플렉시블
工場自動化(flexible factory automation, FFA)
라고 부르게 되었다.

여기서는 多樣한 自動化 機械加工의 中心인 플렉시ブル 生產加工 시스템을 들어 그의 發展의 歷史的 經過 시스템의 計劃과 構成, 시스템에 要求되는 機能, 將來의 發展等에 關하여 機械工學의 立場에서 講하고자 한다.

2. 플렉시블 生產加工 시스템 發展의 歷史

2.1. NC工作機械의 誕生

機械加工分野에서 多樣한 加工이 自動的으로 할 수 있게 된 것은 NC工作機械의 開發에 비롯된다. 그 後의 NC工作機械의 눈부신 發展은 大端하다. NC情報의 處理와 그것에 依한 工具 혹은 工作物의 運動의 制御라는 情報處理能力을 工作機械가 갖게 된 點에 이 開發의 歷史的 意味가 있다.

2. 2. NC工作機械의 計算機制御

이 NC工作機械가 機械工場 안에서 한 개의 시스템으로서 생각하게 된 것은 여러臺의 NC裝置에 NC情報의 供給을 1臺의 中央處理計算機와 結合하여, 그곳에서 一括하여 하도록 한 것으로부터 始作하였다. 當時에는 이 시스템은 機算機에 依한 NC 工作機械의 群制御, 群管理 혹은 直接數值制御(direct numerical control, DNC)等으로 불리우고 있었다. 이와 같은 DNC 시스템이 언제부터 積動했는지는 分明하지 않지만 美國에서는 1963年에 이미 國防省主催로 DNC시스템의 實力기울이 이루어지고 있었다.

日本에 있어서의 最初의 DNC시스템은 1966년에 機關車의 保修工場인 國鐵의 大宮工場에 設置된 7臺의 NC旋盤으로 構成된 旋盤加工시스템¹⁾이다. 이 시스템은 機關車의 保修期間사이에 必要한 補給 部分品을 發見하고, 加工指令을 내고 加工하여 供給하려고 하는 것으로서, 事前에 加工部分品의 選定, 시스템의 構成 等에 關하여 關係者의 周到緻密한 準備가 이루어져서 이 것에 依하여, 結果的으로 補給部分品의 在庫를

大幅削減하는데 成功했다. 그림 1에 이 시스템의 構成圖를 表示한다. 이 시스템은 國鐵의 公共的인 性格의 理由로서 널리 一般에 公開되어 日本의 機械加工의 發展에 커다란 衝擊을 주어 그 後 數年內에 小規模의 것으로부터 大規模의 것에 이르기까지 거의 10個의 시스템까지 開發되어 設置된 것으로 생각된다.

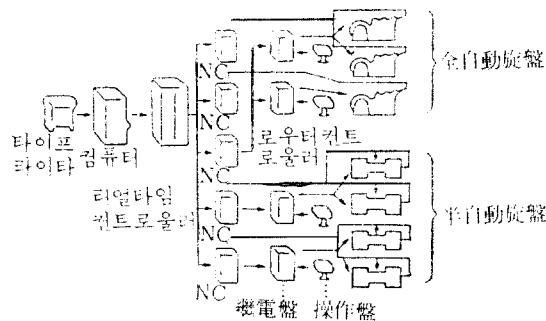


그림 1 計算機 制御生產 시스템

이와 같은 시스템에서는 計算機는 工作機械의
要求에 따라 必要한 NC情報 를 供給할 뿐만 아
니라, 시스템全體의 運轉을 미리 計劃하여 두고,
素材, 工具, NC情報의 準備도 하여야 비로소
有效하게 機能을 發揮하게 되는 것으로서, 그런
意味로 生產시스템이라고 하여도 좋을 것이다.

2.3. 素材의 搬送機能을 갖는 生產시스템

이제까지의 시스템에서는 素材가 工作機械에 裝着되어지면, 以後의 加工은 全部 自動的으로 되지만, 素材의 着脫이나 시스템內에서의 移動은 全部 사람의 손에 依存하여 왔다. 1967년 美國의 White Sundstrand社에 設置된 시스템에서는 모든 NC工作機械가 컨베이어로 結合되어 있어서 素材는 사람이 着脫場所에서 펠릿(pallet)이라고 불리우는 標準取具의 위에 裝着하면 그以後 素材의 工作機械까지의 移動, 裝入, 배림等은 計算機制御에 依하여 自動的으로 하게 되어 自動化의 水準은 顯著하게 높아졌다. 當時 美國에서는 몇 가지의 類似한 시스템이 設置되어 한 會社가 이 시스템을 플렉시를 生產加工 시스템이라는 商品名을 붙여, 이것이 近來에 갑자기 一

三

般化된 名稱으로 使用하게 되었다.

日本에 있어서는 1972년에 앤마 디이겔社에 50種類 가까운 다른 엔진 블럭을 加工하는 4臺의 머시이닝 센터(machining center)와 컨베이어 라인과를 主로 하는 플렉시블 生產加工 시스템²⁾이 처음으로 設置되었다. 이 시스템에서는 이제까지 50臺程度의 汎用 工作機械로 하고 있던 일을 4臺의 머시이닝 센터로 代替되고, 作業者도 1交代 3名이 擔當할 수 있어, 2交代로 運轉한다고 하더라도 1/10에 가까운 사람의 힘이 節減되고, 또한 加工을 始作하여 끝날 때 까지의 生產의 리이드 時間(lead time)도 1/10程度로 短縮할 수 있는 等 經濟的으로도 큰 效果를 올렸다. 이것이 이어서 數年內에 여러가지로 形態는 무르지만 搬送시스템을 가진 플렉시블 生產加工 시스템이 多數 開發되어 각각 큰 成果를 올렸다. 이 시스템 中에는 工場의 바닥위에 素材를 실은 카아트(cart)가 誘導되어 複合化한 루우프(loop) 위를 走行하는 것, 自動倉庫를 가지고 있고, 機械대기, 혹은 作業者 대기의 能力を 가진 것도 나타나서 시스템이 차차로 大規模화의 方向으로 向해서 갔다.

2.4. 셀(Cell)형 플렉시블 生產加工 시스템

그러나 이와 같은 比較的 大規模의 시스템은 中央計算機 搬送裝置를 包含하여, 多額의 設備投資를 要하고, 또한 그 後의 不況 等으로 因하여 經濟的 效果를 올리는 對象이 急速하게 적어졌다. 그릴 때에 마이크로 컴퓨터 普及의 時代로 들어가 NC裝置도 마이크로 컴퓨터에 依한 CNC (computerized numerical control)化 되고, 또한 工業用 로봇도 開發되어 이것을 組合하여 小規模의 셀型 플렉시블 生產加工 시스템이 實現되게 되었다. 이와 같은 加工 셀에서는 中央에 있는 로봇이 그 周圍에 配置된 3,4臺의 NC工作機械에 素材의 供給을 各各의 마이크로 컴퓨터相互의 링크에 依하여 實行하므로, 投資額은 작고 높은 經濟性이 얻어진다. 이 때문에 그 後 이 셀內에서만 加工되는 比較的 簡單한 部分品을 對象으로 하여 이 型의 시스템이 路이導

입되게 되었다.

2.5. 工具매거진(Magazine) 交換機能과 夜間 無人運轉機能의 付加

이 셀형 플렉시블 生產加工 시스템의 開發에 뒤이어, 1976年頃에 規模로서는 그렇게 크지 않지만 注目할 만한 新機能을 가진 2個의 시스템이 開發되었다. 그 하나는 工具를 끼워두는 工具매거지인 自體를 自動交換할 수 있게 한 것이다. 하나의 시스템에서 多樣한 加工을 하려고 하면自然히 使用工具가 많아지게 되는데 이 工具매거지인 交換機能은 使用工具의 制限을 벗어난 점에 意味가 있다.

다른 또 한 가지는 1臺의 머시이닝 센터에 펠렛을 모아두는 펠렛스테이션(pallet station)을 달고 또한 제어장치에 기계의 운전과 加工狀態를 監視하는 機能을 付與하여 夜間의 2交代의 無人운전을 可能하게 한 世界에서 처음으로 한 劃期的인 시스템³⁾이 開發된 것이다. 이것이 依하여 사람의 勞動과 기계의 운전이 分離되어 시스템의 積動率을 飛躍的に 向上시키는 素地가 되었다.

2.6. 大規模 푸렉시블 生產加工 시스템

以上과 같은 技術의 인進步에 依하여 1980年
末부터 1981年에 걸쳐서 大規模의 플렉시블 生產
加工 시스템이 繼續하여 設置되게 되고, 또한 夜間
無人運轉도 單一 機械뿐만 아니라 여려 臺의
機械로 되는 시스템 全體에 對하여 實施할 수 있
게 되었다. 그 하나가 그림 2에 表示한 바와 같
이 30臺 가까운 NC工作機械, 그 사이를 移送하
는 複合 투우프型의 搬送라인, 搬送用 카아트, 自
動倉庫 等으로 되는 것으로서 그것을 1臺의 中
央處理計算機로 制御하는 플렉시블生產加工工
場⁴⁾으로서 實現했다.

따라서 이제까지 初期에는 스포트(spot)의 인 플렉시블 生產 셀이었던 것이 다음에는 라인화 하고, 여기에 이르러서는 面的인 擴大를 갖게 되었다고 할 수 있다. 이 시스템의 一部에서는 完全한 無人運轉이 可能하게 하는 機能을 갖고 있

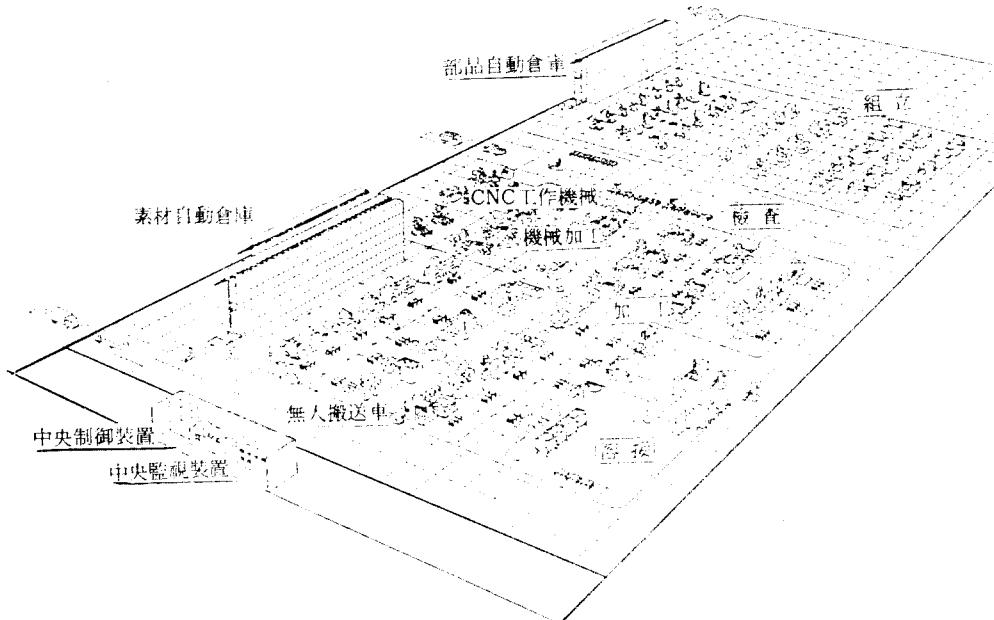


그림 2 複合 루우프型의 플렉시블生産시스템

으며, 아직 完全한 無人運轉이 되지 않는 部分에 關해서는 모니터(monitor) TV를 좋아 集中監視를 하도록 하고 있다. 다른 시스템에서는 素材를 펠릿에 自動的으로 着脫할 수 있는 자동 펠리타이징(auto-palletizing)의 設備를 開發하여 省人化와 펠릿 場所의 面積을削減하고 있는 것 도 있다.

3. 플렉시블 生產加工 시스템의 計劃과 構成

3.1. 시스템의 計劃

지금까지 여러가지 型式의 플렉시블 生產加工 시스템에 關하여 생각하여 보았으나, 한가지의 시스템으로 모든 種類의 部分品을 加工할 수는 없다. 오히려 플렉시블 生產加工 시스템의 가장 重要한 課題는 計劃함에 있어서 加工의 多樣性 等의 範圍에 限定하고, 效率이 좋은 시스템을 만드는데 있다고 하겠다. 그러기 위하여서는 우선 加工해야 할 部分品設計의 標準化를 꾀하고, 類

似部分品마다 類別하는 그룹 테크놀러지(group technology: GT)⁵⁾의 手法을 써서, 部分品을 그룹화하고, 對象 部分品을 選定할 것, 各 그룹에 따라 加工方法, 加工技術情報를 檢討하는 것 等이다. 다음에 하나의 시스템으로 커버하려는 各部分品의 ロット 사이즈(lot size), 全生產量, 加工順序, 加工精度, 各 工程의 加工時間 等의 分析으로부터 시스템內의 工作機械의 候補의 種類와 數, 必要工具의 數의 案이 몇 가지 생각될 수 있다. 그와 同時에 部分品 素材의 工作機械에의 取付方法, 取付具, 그의 搬送方法, 搬送裝置도 檢討하여 場所의 制約, 將來의 變更, 擴張 等의 考慮等으로 시스템構成에 關한 複數의 案이 세워질 것이다.

3.2 시스템의 機能

플렉시블한 生產加工 시스템으로서 可能한 限
效率이 좋고 多樣한 部分品 加工을 自動的으로
하려면, 다음과 같은 몇 가지의 機能을 付與하여
두지 않으면 안된다. 即, (1) 工具 혹은 工作物

◆ 展望

의運動의 數直制御機能, (2) 工具自動交換機能, (3) 工具自動搬送機能, (4) 部分品素材自動交換機能, (5) 部分品素材自動搬送機能, (6) 部分品素材着脱機能, (7) 工具壽命監視機能 等이 必要 할 것이다. 다만 위의 하나하나의 機能에 있어서도 對象에 따라 實現하는 方法은 달라진다. 例를 들면 部分品素材搬送裝置로서는 뱃트 컨베이어型의 것, 마루 바닥에 電線을 깔고 電機의 으로 카아트를 誘導하는 것, 테일을 깔고 그 위로 카아트를 달리게 하는 것 等이 있어서 마루 위 面積의 有效한 利用擴張이나 變更의 自由, 카아트의 全重量, 位置決定精度 等에서, 그때에 따라 가장 適當한 것을 選擇하면 된다.

3.3. 시스템의 構成

시스템의 計劃에 있어서는 部分品加工의 多樣性이나 加工工數, 로트數, 生產量을 생각하여, 工作機械의 種類와 台數, 시스템의 型式, 具備해야 할 機能, 시스템內의 工作機械, 그 代外의 設備配置의 案을 決定하여 複雜한 境遇에는 시뮬레이숀(simulation)의 技法을 使用하여 시스템의 構成, 펜리의 數, 버퍼(buffer)容量, 搬送카아트台數 等의 最適化를 도모한다. 하아드의 어(hardware)가 이와 같이 하여 決定되면 다음에 그것을 制御하기 為한 計算機시스템이 決定된다. 어느 程度 規模의 計算機制御시스템에서는 그림 3과 같은 構成을 하고 있으며 中央計算機는 버스(bus)를 通하여 各 工作機械의 數值制御計算機, 시이퀸스制御計算機, 其他 設備의 시이퀸스制御計算機, 인터페이스(interface)와 結合하고 있다. 中央處理計算機는 各 서브시스템(subsystem)의 運轉 모우드(mode)制御, 運轉制御, 시이퀸스制御를 하여, 監視패널(panel), 作業指示패널에의 表示情報의 傳達, 部分品素材着脫스테이션, 工具室, 工作機械操作部로 부터의 入力데이터의 受信과 그에 의한 工程管理를 하고 있다. 또한 이 計算機는 오프라인(off-line) 또는 온라인(on-line)으로 스케줄우링(scheduling), NC의 프로그래밍 業務實績의 集計도 하는 것이一般的이다.

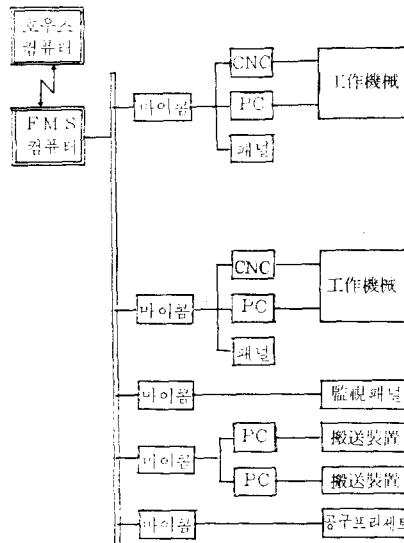


그림 3 플렉시블 生產加工시스템의 計算機
制御시스템의 構成

4. 機械加工 無人化를 위한 기능

工作機械의 運轉, 素材의 搬送, 着脫, 工具의
交換 等은 自動化되어, 사람의 肉體的인 作業은
거의 없어졌지만, 工作機械를 完全한 無人狀態
로 運轉하기 위하여서는 사람이 이제까지 加工
作業中에 해온 知能的인 機能, 即 加工狀態, 加
工部分品의 加工精度, 機械의 運轉狀態를 稽임
없이 監視하고 나쁜 狀態가 생겼다고 判斷되면
適切한 處置를 取하도록 하여 놓지 않으면 안
된다.

加工狀態의 監視를 하기 위하여 現在는 工作機械의 主軸電動機의 電氣子電流가 거의 切削 토크(torque)에 比例하고 있는 것을 利用하여 그 平均值를 監視하여 커다란 異常狀態의 檢出³⁾을 하고 있다. 即 그림 4와 같이 어느 定하여진 作業에 대하여 미리 正常狀態의 加工時의 電流值 폐턴과 그 許容範圍를 설정하고 있어서 實測值가 그 範圍를 넘는 것에 의하여 異狀를 檢出하고 工作機械에 停止信號를 보내는 조치를 取하고 있다. 다만 이 方法은 工具의 작은 缺損이

日本에 있어서의 高度自動化 生產加工 시스템 ◆

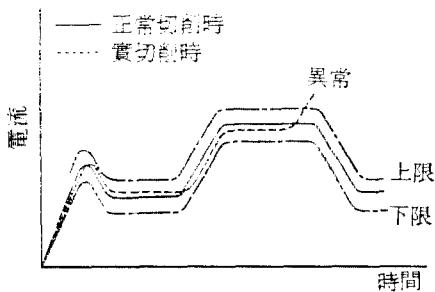


그림 4 電動機의 電流의 監視에 의한
異狀切削狀態의 檢出

나 徑이 작은 工具의 缺損 等을 檢出할 수 없다는 缺點이 있고 電流變動의 分析⁶⁾, 혹은 接觸式 프로브(probe)와의 併用 等에 의하여 異常檢出을 하려고 試圖되고 있다.

部分品의 加工精度의 監視와 그의 制御에는 그림 5에 表示한 것과 같은 두가지의 方法, 加工 치수를 인프로세스(in-process)가 포스트프로세서(post-processor)로直接測定하여 그 結果를 運動系에 피이드백(feed back)하여 制御하는 方法과, 加工誤差를 생기게 하는 原因인 工作機械, 工具—工作物系의 幾何誤差, 熱變形, 彈性變形에 關하여 數學모델을 구성하고 工作機械의 座標位置, 切削抵抗, 機械系의 主要位置의 溫度 등을 入力으로 하여 加工誤差를 推定하여 數值制御命令을 修正하는 方式⁷⁾ 等이 생각되고 있다. 다만, 이 方法들은 現在 研究 開發中으로서 實用的으로 겨우 工具代身에 接觸式 프로브를 量

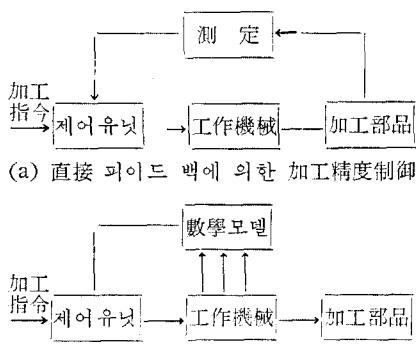


그림 5 加工精度制御의 그 方式

여, 工作機械의 座標值보다 平面位置, 予め徑, 予め位置을 測定하고 있을 뿐으로 大多은 無人運轉시스템에서는 經驗的인 加工條件 設定으로 加工精度를 얻으려고 하고 있다.

工作機械의 運轉은 씨이肯스制御로 하고 있으
므로, 그림 6에 表示된 바와 같이, 미리 그 시
이肯斯 信號의 時間關係를 알아 두면, 實際의
信號와의 時間比較에 의하여 運轉狀態의 異狀을
檢出할 수 있으며, 또한 故障箇所의 파악, 機械
停止等의 處理를 取할 수가 있다⁸⁾. 工作機械의
各 機械部分은 信賴性이 大端히 높으며 所定의
定期検査만으로 充分하여 特別한 配慮를 할 必
要是는 없다.

現在의 機械加工의 無人化에 있어서 큰 障害로 되어 있는 것은 銅이나 鐵質金屬의 旋削, 구멍뚫기 等의 加工時에 連續하여 排出되는 침의 檢知와 그의 排除의 方法이다.

이것에 對하여는 適切한 칡의 切斷方式의 研究를 기다리던가, 連續된 칡을 檢出하여 切削을 一時 中斷하는 方法을 取하는 수밖에 없는데 어느 것이나 解決에는 時間을 要하고 있다.

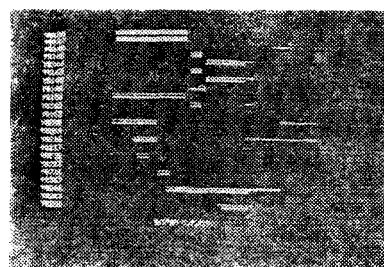


그림 6 機械의 시이퀴스制御 信號의 監視

5. 플렉시블 生產加工 시스템의 將來

플렉시블 生產加工 시스템의 導入, 특히 그의 夜間 無人運轉의 實現은, 生產設備의 利用時間의 飛躍的으로 올려 이 것에 의하여 多品種少量生產의 省人化, 生產性의 向上, 價格引下, 生產의 라이드시간의 減少, 設備의 償却期間의 短縮等 커다란 成果를 올려, 오늘의 機械生產에 大端한 衝擊을 주었다.

이와 같은效果로부터 생각하여, 지금부터도
플래시를 生產加工 시스템은 數量的으로 增加하는
同時에 그 規模의 擴大, 시스템의 充實, 技術的充實,
應用範圍의 擴大, 他分野에의 波及等이 있을 것으로豫測된다.

5.1. 시스템의 充實化

시스템의 充實化로서 우선 바람직한 것은 시스템의 設計原理의 確立일 것이다. 플렉시블生產加工 시스템으로서 效率向上을 생각하면, 部分品 設計의 設計變更를 求하는 것이 되어, 設計의 自由를 어느 意味에서는 拘束하는 것이 된다. 이 設計와의 거래 단절을 考慮한 시스템의 計劃, 設計의 方策을 만들어 가지 않으면 안된다. 또 한 플렉시블 生產加工 시스템은 工場 全體의 生產 시스템의 下位 시스템으로서 그 속에 들어가서 上位의 生產管理部門 혹은 關聯部門인 倉庫, 工具室과 密接한 情報交換을 하면서 시스템의 運營을 進行하여 가는 管理프로그램의 充實化도 바래진다. 現在의 시스템에서는 各 工作機械를 運轉하기 위하여 設計圖面으로부터 NC自動프로그램 시스템을 使用하여 大端히 힘든 NC情報률을 生成하고 있다. 따라서 앞으로는 技術的인 上位 시스템, 即 設計, 生產準備部門으로부터 容易하게 生產技術情報률 얻을 수 있도록 특히 CAD/CAM시스템과 플렉시블 生產加工 시스템과의 統合화가 急先務의 課題일 것이다. 시스템 하아드웨어로서는 보다 效果的인 工具搬送裝置, 部分品 素材의 自動着脫裝置 等의 開發도 要求되고 있다.

5.2. 技術的充實化

技術의in充實化로서는前述한 바와 같은加工의監視術의進步에의한工具缺損, 침의狀態,加工表面狀態의檢出, 識別과 그의制御,加工精度의監視와 그의制御方式의實用化, 그리고機械故障의보다效果的인檢出方法의開發, 혹은그의豫知,豫防技術의進步等의課題가있다.

5.3. 適用範圍의擴大

以上과 같은 시스템의 充實化, 技術的 充實化에 의하여 플렉시블 生產加工 시스템은 機械加工의 다른 分野에 適用範圍를 넓혀가게 될 것으로期待된다. 특히 取付員의 研究에 하의여 從來 困難 하다고 되어있던 短時間 加工部分品의 多數同時加工이나 旋盤, 머시이닝 센터 加工뿐만 아니라 研削, 齒切等 다른 加工法의 包含, 그리고 大量生產方式에의 應用, 例를 들면 플렉시블한 트랜스퍼 라인의 開發, 試作部門이나 生產準備分野에의 플렉시블 生產加工 시스템의 導入과 그 것에 의한 新製品 開發速度의 向上과 生產準備時間의 短縮, 나아가서 補給部分品 加工用 시스템의 設置에 의한 舊生產設備의 廢却 等 等은 適用分野가 있다.

5.4. 다른 分野에의 波及

플렉시블 生產加工 시스템의 생각하는 方法은 機械加工의 分野뿐만 아니라 當然히 다른 生產分野에도 波及하여 가는 것으로 생각된다. 특히 最近의 工業用 로봇의 눈부신 發展은 點熔接, 아아크熔接, 塗裝, プレス加工, 組立, 檢查 等의 플렉시블 生產加工 시스템화를 促進하는 것은 틀림없을 것이다. 事實, 組立의 分野에서는 自動車用 計器의 組立에서 1秒 단트, ロット交換도 1秒, 250種類 以上의 다른 種類의 計器를 한 개의 組立라인에서 組立하고 있는例도 있다. 또한 로봇에 의한 오디오 部分品의 플렉시블한 組立라인에서는 省人化 뿐만 아니라, 組立品의 信賴性이 사람의 손에 의한 組立品에 比하여 1段向上했다는 結果도 나와 있다. 다만 現在의 工業用 로봇의 作業指示는 主로 사람의 손에 의한 教示에 의한 것이 많으며, CAD시스템에 입각한 로봇의 프로그래밍 시스템의 開發이 要求되게 될 것이다.

6. 結 言

以上으로 플렉시블 生產加工 시스템에 關하여

특히 그의 發展經過計劃과 設計時의 問題點, 無人化 運轉技術, 그의 將來의 發展動向에 關하여 機械工學의 立場에서 생각하여 보았다. 앞으로 이 시스템은 그것이 擴大된 플렉시블한 工場自動化(FFA)는 計算機 利用의 하나의 커다란 分野로서 發展해 갈 것이다. 이 分野에서의 計算機 利用, 情報處理의 特色은 다른 分野보다도 價格意識이 높은 것, 一品目 多樣生產인 것, 또 情報處理라고 하여도 반드시 生產의 固有技術과 結合되어 있는 것이다. 그런 意味에서 플렉시블 生產加工 시스템이나 플렉시블 工場自動化의 將來의 發展은 情報處理 技術者와 生產技術은 密接한 共同作業에 期待되는 바가 크다.

參 考 文 獻

- (1) 相原健一, 和泉忠美, 木村 昭; “群管理旋盤およびそのシステム”, 日本機械學會誌 Vol. 72, No. 607, pp. 1051~1057 (1969)
 - (2) 鈴木博一, 菅田 稔; “適應制御マーシニング”

(34 페이지에서 계속)

Sirignano, "Numerical Prediction of Axially-symmetric Laminar and Turbulent Flows in Motored", Reciprocating Internal Combustion Engines, SAE Paper Series 790356.

(11) W.M. Scott, "Diesel Engine Combustion Chamber Design", Consulting Ricardo Engineers, DP 20896.

(12) Rodney D. Hugelman, Stak Hoo Ong, Recent Development in Swirl Induced Turbulent Mixingf or 4-Stroke Cycle Engine, SAE Paper Series 820157

(13) L. Elsbett, M. Behrens, Elko's Light Duty D.I. Diesel Engines with Heat Insulated Combustion System and Component Design, SAE Paper Series 810478.

- によるトランسفアセンター”, 機械技術, 21, p. 59 (1973)

(3) 馬嶋武彦; “マシーニングセンタの無人運轉技術”, 機械の研究, 32, 1, p. 45 (1980)

(4) Inaba, S.; “An Experience and Effect of FMS in Machining Factory, Proc. IFAC Triennel World Congress, CS-132 (1981)

(5) Opitz, H. (鈴木, 三宅譯); “グループテクノロジ”, 日本能率協会 (1969).

(6) Matsushima, K., Bertok, P. and Sata, T.; “Inprocess Detection of Tool Breakage by Monitoring the Spindle Motor Current of a Machine Tool”, ASME. Winter Ann. Meeting (1982)

(7) 竹内芽美, 坂本正央, 佐田登志夫; “NC旋盤の工具熱變位補正によるの加工精度の向上”, 精密機械, 11, p. 1392, 46 (1980)

(8) 佐田登志夫編; 自動化辞典, 産業調査會 (1982)

- (14) 長尾不二夫, 内燃機關 講義, 養賢堂, 1977年, pp. 238-304.
- (15) 仲谷新治, ディーゼル機関講義(上), 社團法人漁船機關士協會 pp. 126-150.
- (16) W.F. Ball, A Practical Approach to the Combustion Modelling of Direct-Injection Diesel Engines, RICARDO Consulting Engineers, DP 80/635.
- (17) G.C. Davis, C. Borgnakke, The Effect of In-cylinder Flow Processes(swirl, squish and Turbulence Intensity) on Engine Efficiency-Model Prediction, SAE Paper Series 820045.
- (18) John Francis Lee, Francis Weston Sears, Thermodynamics, 2nd Edition, Addison-Wesley Publishing Company, 1969.