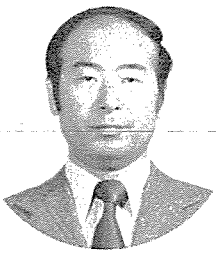
"圖面없는 꿈의 工場을 기대"

-日本의 工場自動化추세



李 奉 珍
〈江原大기계공학과 교수〉

산업혁명이후 導入된 自動化로 人間은 편리하다는 것 하나로 규격화된 量産品을 감수하여야 했다.

그러나 다가오는 情報社会에는 사회구조의 변화와 생활수준의 향상으로 편리하다는 것 보다도, 利用者의 개성과 기호에 맞는 商品이 보다 환영을 받게 되었다. 따라서 상품은 多様化 多品種化되어 결과적으로는 非量産의 길을 택하지 않을 수 없게 되었다. 이는 곧 商品質의 변화를 뜻할뿐만 아니라 生産手段의 변화를 초래하게 된 것이다.

상품의 내용은 mechatronics化되어 그내용이 고급화하였고, 고급화된 개성있는 個体의 상품을 생산하는 데에도 보다 발전된 생산수단이 필요하게 되었다.

이 새 생산수단은 FMS(Flexible Manufacturing System)라 불리어지고 있는데, 이 方法은 컴퓨터의 지시에 의해서 움직이는 有機的인 생산시스템인 것이다. 이 시스템에는 또 서브시스템으로서 自動生産機械, 로보트 등이 연관되어서「필요한 물건을 필요할 때, 필요한 量만큼」自動生産이 가능한 것이다.

지금 FMS의 등장과 그의 高度化로 세상의 생산형태가 一変하려 하고 있다. 그것이 앞으로 어떻게 변할 것이며 社会生活에 어떤 영향을 미칠 것인가에 대해서는 명확히 예측하기는 어려우나, FMS化가 완전히 성공한다면 아마도 人類의 생활은 보다 윤택하여질 것이다.

그 까닭은 산업혁명이 당시 貴族의 珍品에 속하였던 工芸品을 공업화시킴으로써 대중화되었던 것처럼 이 생산수단은 공업화시대의 残影인 劃一性, 規格化를 탈피, 個性있는 더욱 풍요로운 生活道具를 쉽게 얻을 수 있게 되기 때문이다.

이와같이 생각하면 FMS는 이미 機械技術者에게만 국한된 관심의 대상이 아닌 것이다.

2천년대에 들어서면 細胞가 자연증식하는 것과같이 機械가 機械를 생산하는 것과 같은 自己增殖機能을 갖게하는 Metamorphism 概念이 더 구체화되어 절대적인Flexible한 기계가 탄생하

게되면 현재의 FMS는 더욱 발달되어서 圖面없이도 생산이 가능한 꿈의 工場도 바라볼 수 있을 것이다. 이것은 현재 활발히 연구진행되고 있는 컴퓨터 統合生産System(CIMS, Computer intergrated Manufacturing System)이 바로 그것이다.

◇대표적인 日本의 FMS-FANUC후지工場

200m×100m 크기의 공장에 NC工作機械, 레이저 열처리기와 로보트가 중심으로된 FMC(Flexible manufacturing cell:가공셀)를 Module로 한 대규모 본격적인 FMS가 日本에 등장한 것은 1981年 가을이었다. 이 FMS화된 FANUC 후지工場은 産業用로보트를 비롯, CNC Wire Cut machine, CNC 工作機械등 월간생산량 약 250台로 한달에 약70億원어치를 생산하고 있다. 낮에는 100명의 작업자가 근무하고 있다. 그중 50명이 현장작업원이다. 야간은 monitor TV를 감시하는 단 한 사람만으로 운영되고 있다.

단순한 계산으로 이 공장에서는 종업원 한사람이 한해 8억4천만원의 매상을 올리고 있는 것이다. 日本의 보통 공장과는 한단위가 다르다. 물론 이 높은 效率은 FMS化에 의한 自動化와 높은 內削率에 의존하고 있다. 內削率을 보면 Machining center(MC) 95%이상, 旋削 70%, 平面硏削 50%로 금액상으로는 90%이상이 內削이다.

加工대상은 앞서 기술한 제품의 構成部品이며. 250종, 1,500점의 공작물량을 처리하고 있다. 1～5工程에서 加工cycle time은 10분서부터 2시간정도. 짧은 것으로는 기준面削등이 있다. 작업자의 일은 Software center지시에 따라 Pallet에 素材를 장착하고 工具의 체크와 교환, 素材呼出등 프로그램 호출과 Memory조작을 한다.

공장내의 작업 흐름은 ①鑄造品이나 鑄物 등의 素材는 大物과 中小物도 동일 치수의 파레트에 移載되어 우선 大物用과 中·小物用의 2가지 素材治工具 창고에 들어간다. 加工部門에서의 素材의 이동은 모두 이 파레트에 실은채 無人搬送車로 행한다. ②入荷한 것은 端末裝置에서 호스트 컴퓨터에 人力, 동시에 창고入庫用 리스트를 프린트아우트한다. ③생산계획에 따라 素材治工具를 자동적으로 창고에서 꺼내어 無人搬送車로 所定의 「加工셀」에 보낸다.

• 加工셀은 워크交換用의 로보트나 NC파레트 체인져나 切削工具 異常모니터등으로 구성되어 있다.

• CNC장치에는, 事前에 多数의 워크NC프로그램이 記憶시켜져 있다.

• 工具異常 모니터는 主軸모터의 電流値가 所定의 上·下限値의 범위내에 있는지 어떤지를 監視하고, 電流値의 分散이 큰 切削開始機는 모니터링을 停止하고 動作을 방지하고 있다.

④加工部門의 搬送시스템의 制御는 원칙적으로 다음工程에서의 요구가 있어야 비로소 물체가 移動하는 「잡아끄는 方式」을 채용하고 있다. 內部倉庫에서 加工셀에의 素材의 공급도 이 방식이다.

加工셀의 作業者는 日程計劃의 리스트를 보고, 端末裝置에서 제품번호, 로트数등을 入力하면 필요한 素材 및 治工具가 自動倉庫에서 자동적으로 出庫되어, 無人搬送車가 要求가 있었던 셀의 固定로딩스테이션에 搬送하고 파레트채 놓고 간다.

端末裝置는 3～72의 加工셀에 대해서 1台가 있다.

또 第2工程 이후의 加工時는 前工程의 加工셀에 無人搬送車가 워크를 가지러 간다.

固定로딩스테이션은, 다만 파레트를 놓아두는 台이지만 工程間 백업도 겸하고 있다.

固定로딩스테이션 워크는 다음에 파레트체인져에 부착하든가 로보트에 의해 기계에 세트된다.

加工셀에서 가공이 끝나면 다시 워크를 固定로딩스테이션에 놓고 동시에 中央제어장치에 작업이 終了된것을 入力한다.

加工이 끝난 워크는 기본적으로 다음 工程이

引受할때까지 固定로딩스테이션에 놓아둔채가 된다.

全加工이 終了된 워크는 檢査되어 組立部門에 운반되지만 部品補充 스테이션을 향해 부품창고에 입고된다.

현재 이 会社의 株価는 日本 株価의 最高値를 견지하고 있다. (一株 50엔 짜리가 17,000엔을 기록하고 있다) 日本전후경제부흥의상징이 sony 社라고 하면 技術혁신기의 日本경제의 상징이 FANUC社라 할 수 있다.

다소 내용이 차이는 있으나 현재 日本에 이와같은 FMS와 FMC(가공셀)는 49셋트나 있다. 〈표 1참조〉 그리고 이들FMS와 FMC에서는 주로 디젤엔진, Gear unit, 工作機械등이 제조대상이 되고 있다.

〈표-1〉 世界의 FMS 및 FMC의 設置數

(1981. 10)

國 名	System數	國 名	System 數
日 本	49	체 코	7
美 國	44	폴 란 드	4
西 獨	35	불가리아	3
英 國	10	스 웨 덴	3
동 독	9	이탈리아	2
소 련	8	루마니아	1
항가리	8	스 위 스	1
놀웨이	8	總 計	192 System

〈표-2〉 各國別 FMS 및 FMC의 主要 加工대상製品

國 名	加工對象部品에 속하는 製品名	總 System에 차지하는 比率(%)
日 本	디젤엔진 공작기계 Gearunit	약 35
美 國	자동차 건설기계	약 45
西 獨	驅動齒車箱	약 30
놀 웨 이	兵 器	약 50
共産圈諸國	工作機械	약 35

◇日本의 Flexible生産시스템

FMS의 전반적인 현황을 보면 아래와 같이 기술 할 수 있다. 그러나 이 기술 상황은 일본에 국한되지 않고 구미제국에서도 마찬가지이다.

(1) 部品加工用 System이 거의 전부이다.

(2) 多品種小量生産에 對應할 수 있는 柔軟性(Flexibility)을 갖고 있지만 그 實態는 "形狀이 유사한 部品이고, 그 치수(寸法)에 변동이 있는 경우" 즉 多様性(Versatility)에 對應할 수 있는 水準.

(註 : Flexible Manufacturing System이라고 하기보다 Variants Machining System)

(3) FMS의 導入효과는 크고, 부품, 동일한 量을 在來形 System으로 생산하는 경우와 비교하여, 일반적으로 종전의 自動化보다,

(a) 所要人員은 1/5, (b) 加工 Cost는 50% 減少를 보인다.

(4) FMS는 多種·中·小量 생산, 中種中量생산 및 小種多量생산의 어느것에도 對應할 수 있다.

〈그림-1〉은 가공대상부품별로 日本과 欧美에서 현재 가동되고 있는 FMS, FMC의 System数를 분석, 분류하여본 것이다. 日本에서는 공작기계, 디젤엔진, Gearunit등에 FMS적용이 주목된다. 이해를 돕기 위하여 FMS와 FMC의 정의를 적어둔다.

FMS : 合理化된, 柔軟性 또는 多様性(Versatility)이 있는 加工시스템, 적어도 다음의 機能을 구비하고 있을 것.

(a) 中核部分은 자동화된 加工 System.

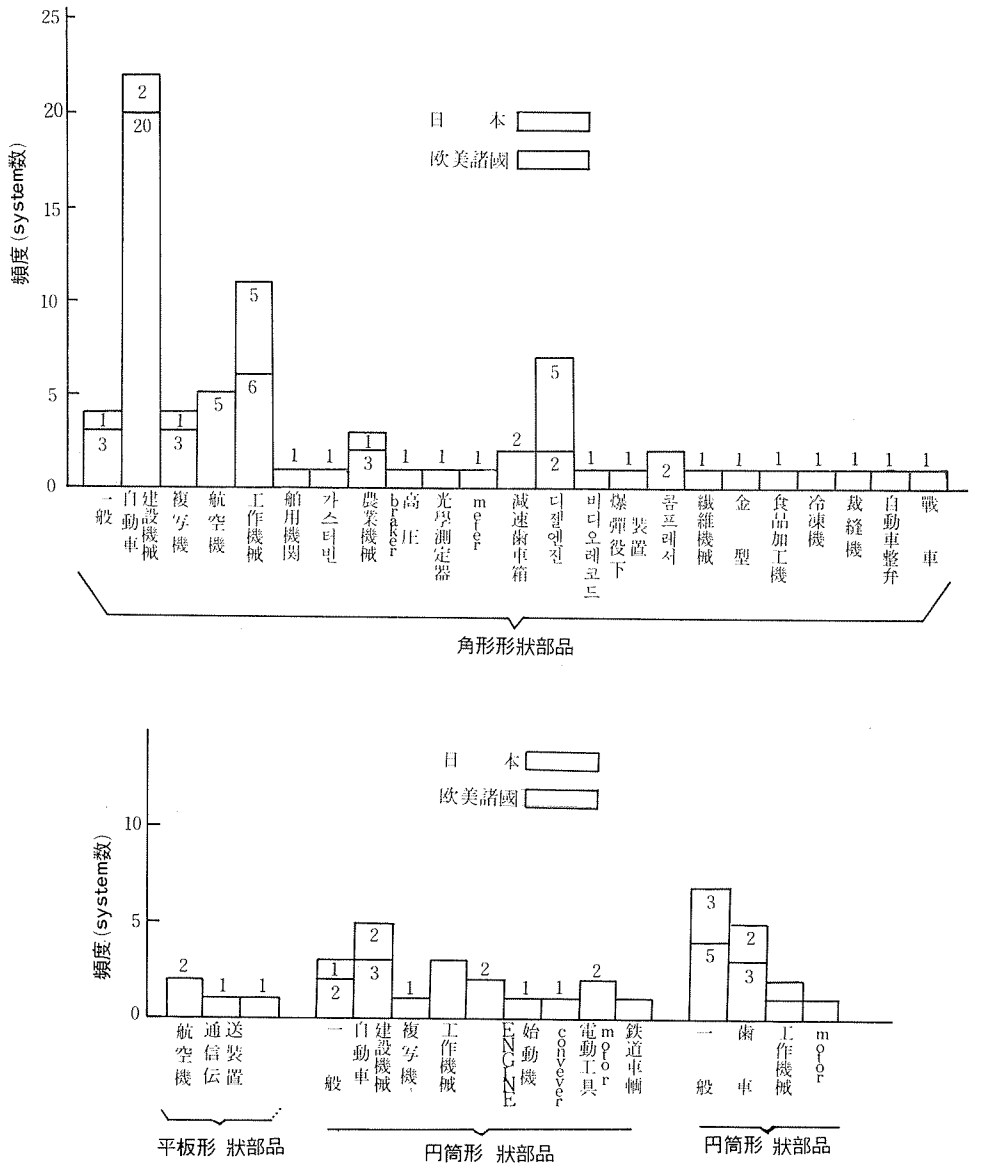
(b) 加工 System과 유기적으로 결합된 自動搬送 System.

(c) (a) 및 (b)를 統合的으로 制御하는 장치와 総合 Software기능

FMC : (a) 자동화시킨 中核加工機能,

(b) 자동화시킨 內部搬送기능, (c) 그것들의 制御기능을 갖고, 그것 自體單獨稼動이 가능한 소규모의 FMS 外部搬送시스템과의 連結點을 설치하면 FMS 基本 module로 되는 것.

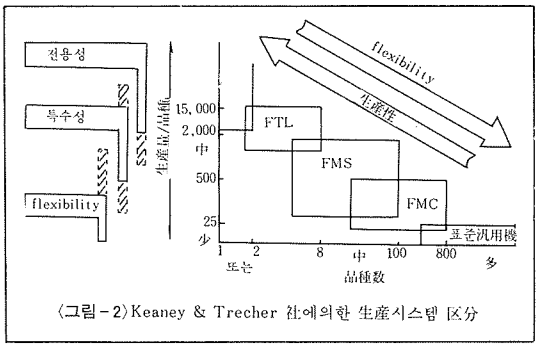
〈그림－1〉加工對象部品이 속하는 製品別分類



◇Flexible生産시스템의 최근 傾向

〈東京국제공작기계展에서〉

지난해는 FMS가 중심이었으나 금번 전시회엔 Flexible Transfer Line (FTL)와 Flexible machining cell(FMC)가 대거 출품되었다. 〈그림－2〉에 표시한것 같이 FTL은 Flexibility를 다소 희생시키더라도 Conveyor line의 장점을 활용, 종전의 量産化방식에 새技術을 반영시켜본 것이라 하겠다.



〈그림-2〉Keaney & Trecher 社에의한 生産시스템 区分

FMC는 多品種小量用의 소규모생산시스템이며 Flexibility가매우 높다. FTL, FMS, FMC등은 모두 高度의 자동화기능을 갖추고 있다.

FTL는 工作物搬送line 도중에 加工 Station이 설치되어 있다. Colum移動形machining center부터 工作物을 line위에서 가공하는 형식과, 搬送line부터 공작물을 공작기계쪽에 끌어들여 가공하는 構成形式이 있다.

후자의 끌어들이는 방식이 Flexible한 非同期運転에는 적합하다. 工作物의 공급방식에는 Pallet固定방식에 의해 line終了까지 같은 Pallet를 사용하는 방식과 搬送專用 Holder에 의해 工作物을 각 Station에 공급하여 加工專用 Pallet에 固定시키는 방식이 있다.

후자인 경우, Flexible Auto work Cramp 機能을 갖추어야 된다. 이번에 出品된 시스템구성을보면 2台의 Horizontal machining center, Conveyor line, material handling用 Scara robot등으로 되어 있다. 또, Modular 구성의 machining Center, 공작물識別機能, Robot에 의한 handling, 加工 Cycle 呼出式 CNC(Computer NC), 工具 monitering, Quick Changing System, 최고 10,000RPM高速主軸등이 FTL에 要求되는 Flexilility·자동화 ·생산성을 実現하고 있다.

FTL의 目的은 中量生産 및 大量生産영역에서 Flexibility를 추구하는 것이다.

반드시 동일품종의 量産이 아닌 類似加工 内容의 多品種을 모아서 外見上 量産을 행할때 이는 위력을 발휘하고 있다. 예를들면 歯車加工같은 것은 이 分類에 속한다.

최종적으로는 素材供給부터 가공, 검사에 이르기 까지 매우 集積度와 生産性을 높인 line을 완성하는데 목표를 둔것 같다.

FMS는 小規模의 Model이 출품되었는데 Horizontal Machining Center 2台, 有軌道搬送台車, Pallet Storage, Tool Storage그리고 컴퓨터로 구성되어 있다. 工具와 공작물과 같이 Pallet搬送을 하고 있으며, 軌道를 사이에 끼고 Machining Center와 대항해서 위치한 Pallet Storage에 Buffer보관 된다. Machining Center는 ATC Magazine을 부속하고 있지 않아서 Tool Storage로 부터 Pallet상에 고정된 Cassette로 공급된다. 工具 12개를 格納할 수 있는 Tool Cassette는 台車로 Machining Center 옆에 대기 위치에 반송되어 ATC arm에 의해 工具교환이 이루어진다. 工作物의 흐름을 중심으로한 시스템化 設計를 쉽게 하기 위하여, Machining Center는 Table Fixed, Colum 移動形이 채용되고 있다.

FMC는 旋盤을 중심으로한 원형加工用과 Machining Center 중심인 角物加工用으로 区分된다.

금번 FMC의 새로운 動向이라면 종전의 工作物 Handling기능에 비해서 앞서 기술한 ATC機能이 잘 보급되어 있고, Chuck의 自動交換機能이 実用化된 점이다. 예를들면 Turning Center를 核으로한 FMC의 내용을 보면, NC 로보트가 工作物을 Handling하고 Chuck의 自動交換을 담당한다. 工具는 機械側의 ATC Magazine부터 Turret에 공급된다. 工具 50개, ATC Magazine, Pallet 40개 格納 工作物 Stacker, Chuck 6式格納 Magazine, 로보트, 機内計測장치등으로 결합되어 있어서 장시간에 걸쳐 Flexible한 自動加工을 가능케 하고 있다.

角物加工用 FMC는 ATC Magazine에 工具 자동보급기능, 工具 및 工作物 Storage의 大容量化, 工作物 Flexible Rapping장치의 자동화 등의 새로운 기술이 채용되고 있다. 또, 主軸회전속도의 高速化로 AL系 製品을 가공대상으로 생산성을 높이고 있다.