

生産工程의 自動化에 關하여 (II)

李 奉 珍

〈KIST 정밀기계기술센터 담당부장·工博〉

5. 組立의 自動化

5-1. 組立作業의 性格과 自動組立機械

대체로 機械加工 工程은 部品加工 工程과 部品組立 工程으로 區分할 수가 있다. 部品組立의 自動化에 있어선 加工의 自動化와 같이 사람과 機械가 組가 되어 作業을 効果의으로 하여 生産性을 높이는데 그 主體가 사람이냐 아니면 機械냐에 따라 自動化 形式을 나누어서 半自動化(semi-automation) 또는 全自動(full-automation)이라고 불리워진다. 半自動化에는 在來式인 cam과 link를 中心으로 한 自動機械로부터 最近式인 電子의인 制御裝置를 一部 갖춘 自動機械 등으로 作業形便에 따라 構成되고 있는 것이 實情이라 하겠는데, 그 作業內容을 보면 加工 또는 組立등의 直接的인 作業을 行하는 機械의 制御操作은 사람이 行하고 部品の 供給, 製品의 移送등 間接的인 作業은 機械가 일에 맞게 만들어진 自動機械가 行하는 것이라 하겠다. 이것에 對해 全自動이라는 것은 앞서의 半自動部分을 全部自動化시킨 것이라 하겠는데, 廣義의 뜻에서 自動化한 것을 말한다. 이 system에선 現在 사람이 命令, 保全(事前 정비), 復修등 만을 하고 있으며 將次는 自動保全, 自動復修가 完全히 이루어지겠끔 技術이 開發되어지면, 그 時點에서 無人化(unmanned)가 되었다고 하겠다. 그러나 製品組立의 自動機械는 部品加工의 그것에 비해 그 普及이 매우 뒤 떨어져 있다고 하겠다. 이것은 從來 製品設計하는데 있어서 加

工性은 考慮한데 비해 그 部品들이 모여서 組立하는데 있어서 機械的인 配列과 機構와 그 機能에 對한 先行되는 配慮가 未洽한데 그 原因이 있는것 같다. 機械的인 組立이라는 것은 製品의 基本部品과 組立部品과를 機械的인 組立工具로 兩者를 位置決定하고 그대로 組立部品을 基本部品에 裝入해서 組立함을 뜻한다. 따라서 組立工具와 組立治具등의 機械的인 位置決定精度(가령 $\pm 0.02\text{mm}$)와 部品精度와 嵌合隙間이, 그것에 알맞게 設計가 되고 製作이 되어 있어야 機械的 組立이 순조롭다고 하겠다. 따라서 嵌合隙間의 적은 것의 機械的 組立은 部品の 高精度化 때문에 加工費가 비싸고 高精度의 組立機械가 必要하는 등 값이 비싸, 經濟的으로 成立이 되지 않는 일이 많았다. 따라서 機械的 組立 設計가 製品의 機能上 아무래도 無理가 있는 것은 自動組立을 斷念해 왔었다. 그러나 最近에 와서 微細調心組立等の 새로운 技術이 開發이 되어서 今後는 이 問題도 樣相이 달라지리라 생각이 든다. 그리고 또 하나의 原因으로 생각할 수 있는 것은 製品組立은 生産工程의 最終作業임으로 製品의 種類에 相當한 만큼의 數의 專用의 特殊한 組立 機械가 必要한 作業內容을 들 수가 있다. 그 때문에 組立機械는 比較的 個別注文生産(custom made)形式으로 設計 製作이 되지 않으면 안 되었다. 따라서 앞서와 같이 이에 따른 높은 費用과 긴 納期, 그리고 機械의 特殊性 때문에 使用者와 製作者間의 經驗의 未熟으로 인한 機械의 故障도 또한 많아서 稼働率도 떨어 지곤 했다. 이런 諸點이 自動組立 機械普及의 차

질의 原因으로 指摘할 수가 있으리라 생각된다.

自動組立을 作業狀態로 分類해 보면 다음과 같다.

(가) Flow 作業方式 : (製品移送・作業分散)의 單品種 專用組立. (製品移送・作業分散)의 多品種 專用組立

(나) 集中作業方式 : (部品集中, 製品定置)의 多品種 專用組立

(다) 高附加價値의 多機能 : 高性能製品의 自動組立

(라) 中, 大形部品の 自動組立 : 이들중에는 從來의 簡單한 conveyor와 같은 機械的 移送裝置를 中心으로 한 組立方式, 一名 Ford方式이라는 것인데 이것은 小形物 組立을 위한 回轉移送方式과 中形, 大形 組立을 爲한 直進移送方式이었다. 또한 製品組立이 量産形이나 아니면 多品種形이나에 따라서 同缺製品移送方式(fixed cycle type), 同期回轉型, 同期直進型, 또는 시설에 柔軟性を 갖는 flexible manufacturing system이 되겠다. 이 system의 경우는 system 自體에도 주로 computer를 中心으로 한 control이기 때문에 그 system 自體도 hard wide가 아닌 programmable control이 可能한 soft wide라 하겠다. 따라서 必要時에는 必要한 만큼 製品種類를 바꾸어서 組立 line에 옮길 수 있는 混合組立方式으로 random混合 flow作業方式이라는 것이 開發되어 있다. 구성 unit인 自動機械도 flexibility을 具備하기 爲한 device가 實施되어 있다. 가령 組立時 工具交換을 迅速히 하기 爲한 Quick Tool Change (QTC) mechanism이라든지 部品自動裝入機라는 것들이 開發되어 있다. 多品種 生産 system은 性格上 非同期 製品移送方式이라 할 수 있겠는데, 現在 使用되고 있는 system으로서 Automatic Programmable Assembly System (APAS)과 그리고 各品種에 對해서 그것에 必要한 組立 部品를 基本 部品과 같이 組立 line의 上流에서 製品移送 pallet上的 所定の 處에 位置決定해 놓고 下流에서 各기 部品の station에서 그 移送 pallet에 설치되어 있는 信號에 따라서 그 部品까지 組立

되겠끔 되어 있는 marshalling方式이라는 것도 있다. 이 方式은 美國 SRI와 MIT가 共同開發한 system이다. 한편 多品種組立에서 集中作業方式이라는 것이 있는데 이것은 line flow working方式과는 對照的인 方式으로 machine center 등을 中心으로 한 加工 center처럼 assembling center方式이라는 것이다. 이것은 또한 assembling cell system이라고도 불려지기도 하며 多品種의 組立에 매우 flexible한 組立 system이라 하겠다. 그의 高附加精密機器 등의 組立에는 Charge Coupled Device (CCD)를 써서 位置測定을 하고 그 정보를 computer(또는, mini computer)로써 正確한 位置計算을 하여 NC unit를 通하여 機械的 制御를 시켜 組立시키는 方式이 있다. 주로 半導體素子の 内外의 端子接續하는 wire bonding에 使用되고 있다. 이의 Adaptive assembling Auto mechanism을 가진 自動機械를 中心으로 한 組立이 있는데 여기엔 passive adaptive control과 active adaptive control이 있다. 그리고 組立을 하는데 部品들을 선택하고 matching組立을 하는 auto mechanism도 開發이 되어 Rotary compressor, Rotary cylinder, Ball bearing, piston cylinder, Diesel jet pump 등의 組立에 利用되고 있으며, 作業 sensing을 하며 自動調整하는 組立도 pattern recognition과 Auto-measuring 技術의 發展도 可能하게 되어 있다. 比較的 中, 大形部品の 自動組立에는 gross motion system이 導入되어 作業手段으로써 robot가 많이 活用되고 있다. 따라서 위에 記述한 바와 같이 결국, assemble style을 크게 만들어서 單品種用인 fixed manufacturing system과 多品種用인 flexible manufacturing system으로 大別할 수가 있다.

6. 檢査의 自動化

前章에서 素材로부터 이 素材가 加工이 되고 加工된 것이 어떻게 組立이 되었느냐는 過程을 自動化하는 觀點에서 記述해 왔다. 이 章에선 組立된 製品들이 어떻게 檢出되어 가느냐를 記

□ 解 說

述하고 그리고 이들 檢出과 檢査의 自動化를 다루어 보기로 한다.

6-1. 檢出, 計測機能의 分類

檢出, 計測機能을 大別하면

(가) 裝置機能의 確認

(나) 組立製品의 品質, 機能의 確認 등으로 大別할 수 있다.

裝置機能의 確認으로서는 裝置動作, 裝置仕樣條件, 裝置의 動力源 그리고 安全確認 등이 되겠다.

組立機能의 確認으로서는 製品 種類의 判別, 供給 部品의 品質, 供給品의 姿勢, 適合 與否 選擇 그리고 自動調整 機能을 과 할 수 있는 檢査와 計測機能, 組立過程과 完成後의 組立된 製品의 機能과 品質을 確認하는 일이 되겠다. 이들 機能을 發揮할 수 있겠끔 檢査와 計測하는 機能이 각 部分으로 Device 또는 自動化가 되어 있다. 이와같이 機械自體 또는 工程마다 要所上 述과 같은 機能을 다할 수 있는 計測機器들의 設置되어 있는데 그 計測方式과 선택되는 計器들은 形便에 따라 電氣, 電子式 또는 油空壓式 등이 되겠다.

6-2. 檢査의 自動化

檢査의 自動化에는 工作機械의 加工狀態에서 의 in process 또는 out process의 計測 그리고

加工된 部品의 檢査등서 부터 自動組立機에 있어서의 組立物과 被組立物과의 움직임에 있어서의 對象物의 檢査등은 部分的으로 說明해 왔다. 여기서 將次 檢査의 自動化에 있어서 가장 難點이라 여겨지는 sensing(感覺)에 依한 檢査의 自動化 몇개를 紹介하기로 한다. 그 한가지 예로 金屬製品이나 또는, 機械加工製品 또는, sheet類의 完成品 檢査에는 自動探傷檢査機 또는, 그 system이 開發되고 있다. 檢査手段으로서는 磁氣를 使用하는것 micro wave를 쓰는것, 또는, 音波, 光등의 여러가지 手段이 있다. 그 가운데 여기서 sheet狀의 製品의 被檢査物을 光으로 探傷을 하는 原理를 紹介하기로 한다. 이 光學的方式도 표 1과 같이 多樣하다고 하겠으나 大概 反射方式과 透過方式으로 大別할 수 있다.

(가) 透過光 方式

그림 1은 透過方式에 依한 檢査裝置의 system을 表示한 그림이다. 光源과 光電素子が 被檢査物의 走行方向에 直角으로 물리겠끔 位置하고 있다. 光源에는 텅그스텐 電球가 使用된다. 缺點의 檢出種類(參照표 2)에 應해서 光電管燈, 형광등, 또 그의 組立 등으로 適宜光線의 質을 바꾸어 간다. 이들은 直流 또는 交流에 依해 點燈된다. 또, 缺點의 檢出種類에 맞겠끔 光源은 平行光束을 내든지 유리를 써서 擴散시키는 일도 있다. 檢出部分의 原理는(그림 2)와 같이 된다. 光電素子は silicon光電池를 使用하고 있다.

표 1. 광학적 자동검사 방법

무접촉 검사방식	특 징	검사 대상물
固定式 透過光方式	구멍 등의 검출에는 우수하나 결점에 대해서는 종이 두께에 따라 비교적 약하다.	종이, 필름, 布 등의 pin hole이나 재료의 얼룩 등의 검사 금속판 등의 pin hole검사
固定式 反射光方式	더러운 결점 등에는 우수하나 구멍결점에 대해서는 투과식보다 못하다.	종이, 필름, 금속 등의 표면 결점검사
固定式 레이저광방식	구멍, 더러운 결점은 검출 불가능하나 주름, 부풀어오름 등의 결점에 대해서 매우 우수하다. 고정투과, 반사증폭기를 공통으로 병용 가능하다.	종이, 필름 등의 주름, 부풀어오름 검사
走査式 透過方式 (光學的 飛像法)	고정투과 방법과 유사하나 특히 vertical 방향 결점에 대해 좋다.	종이, 필름 등의 coat 얼룩검사
走査式 反射光方式 (光學的 飛像法)	고정반사광 방식과 유사하나 특히 vertical 방향 결점에 대해 좋다.	금속판 등의 표면결점 검사. 종이, 필름 등의 coat 얼룩검사

표 2. 결점의 종류

被檢査物	주된 결점의 종류
종이, 不織物	異物, 먼지, 구멍, 찢어짐, 눈알, 형(型), 영킴, 주름, 굽힘, 투명얼룩, 두께얼룩, 파손줄무늬(筋), 더러움, 요철, coat얼룩 등
織 布	후단(厚段), 薄段, 機械段, 실의 헐거움, 실두줄의 병행, 직물불량, 異物의 짜어들어감, 실의 누락, 耳불량, 浮織, 穴傷, 더러움, 기름, 실얼룩, 풀칠불량, 매듭 등
樹脂 sheet 필름	異物, 먼지, 벌레, 구멍, 찢어짐, 파손, 얼룩더러움, 변색, 기포 등
Urethane, Form, Mold, Plane類	구멍, 균열, knife line 잔털, 틈, 기운 모양 등
磁氣 sheet, carbon紙 등의 塗布 sheet類	구멍, 無塗구멍, 塗布누락, 塗布얼룩, 파손 등
금속箔, 판	pin hole, 균일, 파손, 요철, 녹, 더러움 등
glass板, 管	異物, 파편, 왜곡, 요철, 손상, 기포, 제작불량 등

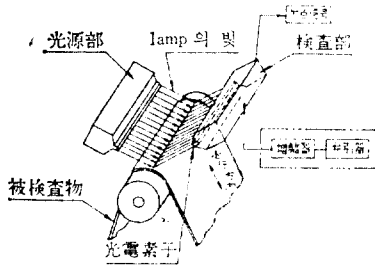


그림 1. 透過方式 說明圖

sheet를 透過한 光은 a點에서 光電素子の 出力을 얻는다. 이 出力分은 直流에 paper이면 散亂의 濃度, 布이면 亂절의 정도, 汚, 穴, 切烈 등이 直流에 雜音으로서 合成되어 出力이 된다. 간단하게 말하면, 穴이면 出力이 增加하고 汚物인 경우는 出力이 減少한다. 이때의 直流分은 缺點에 相當하는 雜音보다 훨씬 큰 出力이다. a.b間에서 缺點에 妥當되는 交流分만 增幅해서 b.c間에선 檢出하고 싶은 缺點信號만을 取出하겠단 하여, 取出한 缺點信號를 c.d間에서 增幅하고, 그 波形을 d.e間에서 整形한다. 比較回路에서의 比較電壓은 感度を 制御할 수가 있다. 그림 2에 있어서 a부터 e까지의 波形을 그림 3에 表示하고 있다. 또 光電池는 被檢査物의 色에 의해 出力特性이 달라지므로, 앞서 記述한 바와 같이 光源의 質에 變化를 주어서 그림 4에 表示하는 a에서 b에 特性을 바꾸어줄 必要가 있다. 透過光 方式은 sheet의 表面서 뒷면에 걸쳐

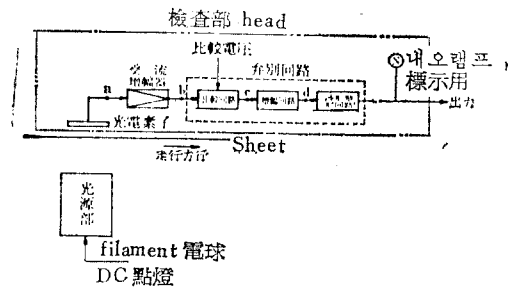


그림 2. 透過方式 検査部 BLOCK 圖

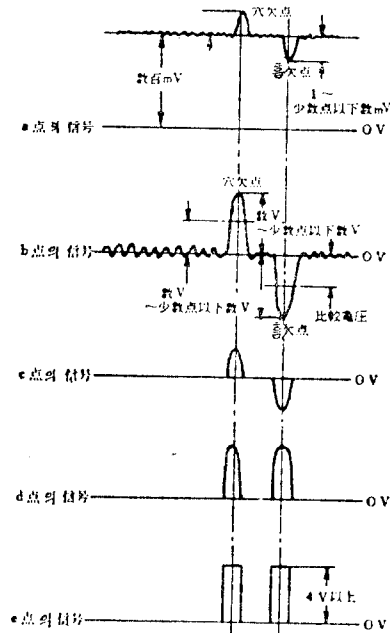


그림 3. 그림 2에서 各點의 波形

□ 解 說

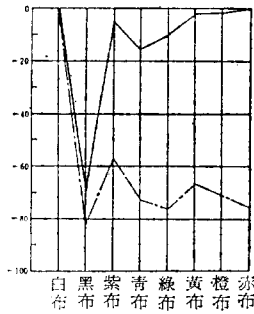


그림 4. 色變化에 의한 相對出力特性

서 斷面全體의 缺點이 檢出되는 것이 特色이라 하겠다. 表面 뒷면에도 눈으로는 發見하기 어려운 異物의 混入등의 缺點檢出에는 効果的이라 하겠다. 그리고 sheet의 進行方向에 直角으로 sheet가 흔들리는 振動의 影響이 적으므로, sheet의 送行에 對해서의 振動에 그다지 配慮하지 않아도 된다. 裝置全體로서 反射光 방식에 비해 값이 싼 편이라 하겠다.

내 反射光 방식

그림 5에서 이 方法의 system 구성을 볼 수 있다. sheet의 走行方向에 對해서 直角方向의 振動 影響을 極端으로 받으므로 sheet가 roll에 걸쳐 있는 部分에서 檢出이 되겠음 되어 있다. 求하는 缺點만을 檢出할 수 있겠끔 roller의 徑(曲率) 投光角度, 受光角度를 調整할 수 있겠끔 되어 있다. 각 機器의 配慮以外, 光電素子에서 受光後의 波形處理는 透過光方式과 거의 같은 方法이라 생각할 수 있다. 특히 sheet의 “주름” 이라든가 “블록튀어난” 것과 같은 形狀缺陷을 敏

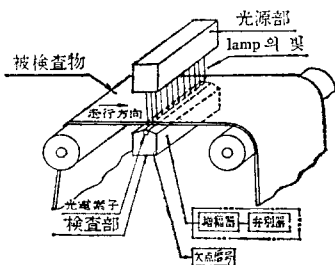


그림 5. 反射光 방식 說明圖

感히 檢出할 때엔 그림 6에서 볼 수 있는 것처럼 反射光方式에 sheet의 側面서 부터 roller軸에 平行해서 光變調한 laser beam을 보내면 効果的인 檢出이 可能하다. 그림 7은 反射光 laser beam을 1의 光電素子로 受光했을 때, 그림 8은 2個의 光電素子로 受光했을 때의 原理圖이다. 1의 光電素子, 2의 光電素子로 受光했을 때의 波音을 表示한 것이 그림 9와 10이다.

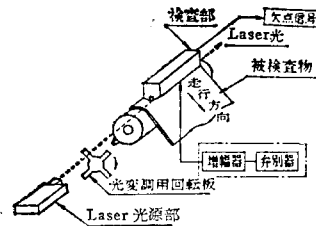


그림 6. Laser光에 의한 反射光 방식說明圖

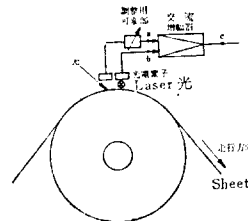


그림 7. 反射光, laser光을 1개의 光電素子로 받아들이는 경우의 BLOCK圖

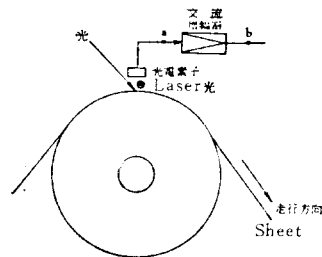


그림 8. 反射光, laser光을 2개의 光電素子로 받아들이는 경우의 block圖

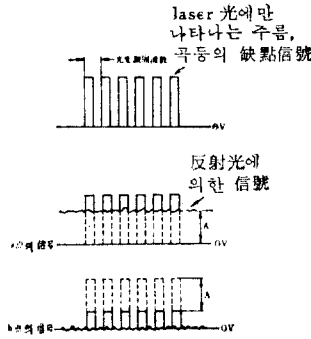


그림 9. 各點의 波形

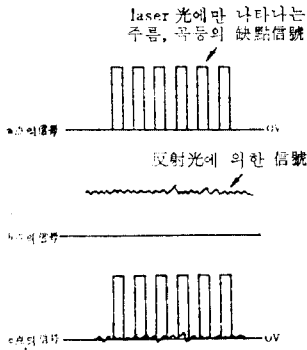


그림 10. 各點의 波形

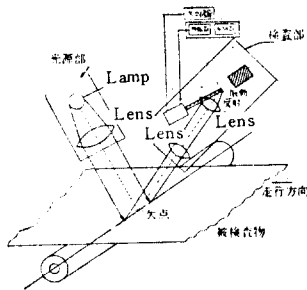


그림 11. 走査形 反射光方式(光學的 飛像法) 說明圖
被檢査物이 銅系의 板, Al板, 등의 表面에 微少한 긁힌 傷, 斑點, 變色등의 “흠”의 缺點을 檢出하고자 할 때엔 그림 11과 같은 光學的 飛像法에 依한 走査形反射光方式을 採用하면 有効하다. 그림 12은 그 檢出部의 回路 block이다. 同一 缺點 檢出에 있어서도 光電素子의 位置, 또는 거리에 따라 波形이 달라지므로 선택과 配

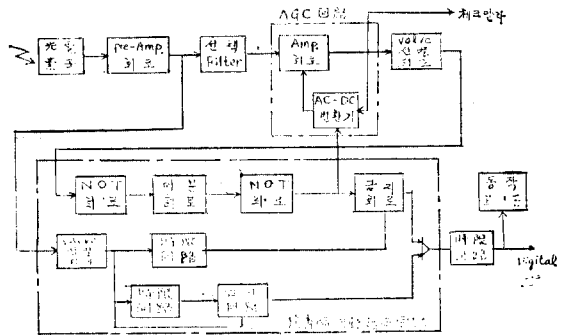


그림 12. 檢出回路의 block diagram

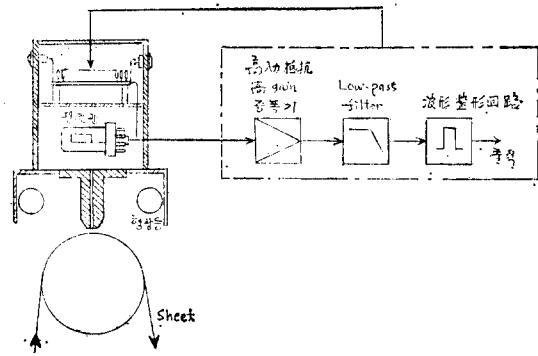


그림 13. 色의 오점 檢出器 개략도

置에 留意해야 할 것이다. 그림 13은 色과 汚의 檢出에 使用되는 것으로서 效果를 높이기 爲하여 光電管과 螢光灯을 組合하고 있다.

이와같이 缺點檢出效果를 求해 보면 標準的인 檢査能力은 紙類에서는 穴 0.5mm²以上, 黑汚 1.5m²以上, film類에서는 0.6mm²以上, magnetic tape類에서는 穴, 塗布빠트림 1mm²以上 金屬箔類 烈目, 穴 0.5mm²以上 金屬箔類 pin hole 直徑 100μ以上 기타 異物 1mm²以上の 檢出이 可能하다.

7. 生産 system의 自動化

生産計劃이 決定되어 機械加工을 中心으로 한 自動化를 생각 해 볼때 素材를 購入하는 過程(資材管理) 즉, 購入된 素材를 保管하고 必要時 加

□ 解 說

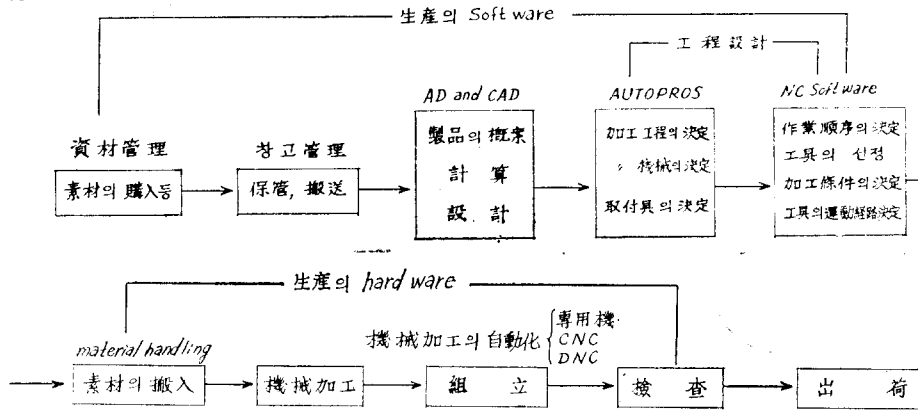


그림 14

工工程에 까지 搬送하는 過程(material handling 등). 製品을 어떻게 만드느냐는 立場에서 設計者 부터 加工의 中間位置라 할 수 있는 機械加工에 들어가기 前까지의 過程(automatic process planing system: AUTOPROS) 그리고 機械加工과 組立, 檢査의 過程과 그 後의 市場活動이 있겠다. 그 過程을 要約해 보면 그림 14와 같이 表示할 수 있다. 이 製品 line은 大別하면 그림처럼 生産 software와 生産 hard ware로 나눌 수가 있다. 需要者의 要求에 만족할 만한 製品을 生産하기 爲하여 software 및 hard ware의 兩面에서 製品計劃, 製品設計, 生産管理 및 生産 process에 이르는 工程을 合理的으로 設定된 評價基準에 따라서 運營處理하고 總合的 見地에서 最適化를 期하는 目的으로 하는 system을 總合生産 system (intergrated manufacturing system; IMS)라 불려진다. 이 目的을 達하기 爲해선 資材管理, 設計管理(AD and CAD), 工程管理(AUTOPROS), 機械管理(機械加工), 品質管理 등 生産管理가 部分的 또는 全體的인 自動管理가 있을 수 있다. 이 方法에 있어서 가령 設計管理에서 computer가 活用이 되면 그것은 自動設計(computer aided design, CAD)가 되고 機械加工인 경우 機械自體가 NC 또는 CNC工作機械로 生産 line이 구성되어 computer의 도움으로 自動화가 이루어져 있으면 그것은 DNC (direct numerical control)라 불려진다. 따라서 이 IMS에 computer가 活用된 system을 CAM (computer aided manu-

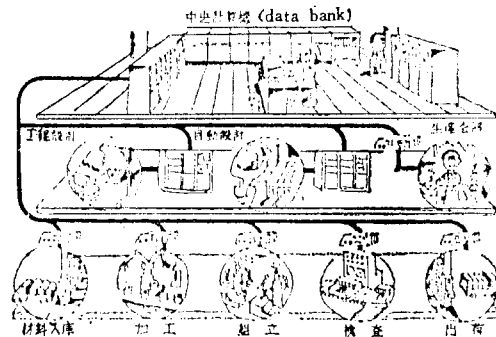


그림 15. CAM system

facturing)라 불려진다. 이 CAM이 生産 line의 궁극적인 自動化的 目標인 것 같다. (그림 15)

8. 結 言

素材의 搬入서 부터 加工되어 組立, 檢査過程의 自動化 現況과 解說을 紙面이 許容하는 限 記述해 보았다. 人間의 知識도 成長과 그 過程에서 體得하는 經驗이 知識이 되고 智慧가 될 수 있는 것처럼 技術 역시 單純한 것으로부터 보다 複雜한 것으로 그리고 보다 智慧로운 機械, 이들이 무리를 이룬 自動화가 試圖되고 있다. 이것은 人間의 知識 發達과 智慧의 所産으로 結局은 人間의 自像을 具現시키려는 努力인 것 같다.

參 考 文 獻

1. ~2. 谷口紀男, 自動組立 技術의 現狀とその

- 問題點(1), (2) 機械의 研究, vol. 31, No. 10, 11, 1979
3. 桑原外 5, 制御用 計算機의 利用と 技術의 動向, 日立評論, Vol. 61, 1979. 8
 4. Hayakawa others, CAD/CAM Application to Manufacturing Industry, The Hitachi Hyoron, vol. 61, No. 6, 1979
 5. 谷口紀男, 自動組立技術의 最近의 動向, 機械と 工具 Vol. 23, No. 11, 1979
 6. Grabbe, others, Handbook of Automation Computartion and control, Vol. 3, Wiley, 1975
 7. 山内二郎, 計測工學用語辭典, オム社, 1970
 8. 精機學會編, 工業測定使覽, コロナ社, 1978
 9. 松田博信, 機械加工의 自動化 設計, 日刊工業社, 1976
 10. 杉田稔, 自動化 機器의 回路設計, 日刊工業社, 1977
 11. T. Morikawa, Automation Guidebook, 電波新聞社刊, 1969
 12. Frank W. Wilson, Numerical Control in Manufacturing, Mcgraw-Hill, 1965,
 13. Kallen, Handbook of Instrumentation and Control, Mcgraw-Hill, 1962
 14. 橋本寛外, 自動組立における 檢出と 計測 機能, 機械と 工具, Vol. 23, No. 11, 1979,
 15. 李奉珍, 自動制御의 基礎, 賢文社, 1979.
 16. 李奉珍, 生産設計工學, 正祐社, 1977.

大韓機械學會誌 投稿 案内

- ① 論說은 機械工學 및 工業, 學會活動에 關한 提言 및 意見을 記述한 것으로 한다.
- ② 展望은 機械工學 및 工業에 關한 最近의 進歩를 土臺로 한 將來의 豫想必要等을 資料에 의거 公正한 立場에서 記述한 것으로 한다.
- ③ 解説은 機械工學 및 工業에 關한 最近의 發展을 詳細하게 記述한 것으로서 著者의 調査結果를 包含한 것으로 한다.
- ④ 講座는 이미 學問體系가 確立된 機械工學의 基礎原理 또는 技術 및 方法에 대하여 平易하게 說明한 것으로 한다.
- ⑤ 資料는 機械工學 및 工業에 有用한 보편적인 技術資料를 收錄한 것으로 한다.
- ⑥ 紹介는 機械工學 및 工業에 關한 現況을 記述한 것으로 한다.
- ⑦ 座談會記錄은 本會主催 또는 協贊의 公開座談會의 記錄으로 한다.
- ⑧ 紀行文, 見學 및 參觀記는 會員에게 有益한 著者의 旅行見學 및 參觀의 所感을 記述한 것으로 한다.
- ⑨ 體驗談은 著者가 機械工學 및 工業分野에서 體驗한 것으로서 會員에게 有益한 內容을 記述한 것으로 한다.
- ⑩ 隨筆은 工學 및 技術에 對한 內容이 있는 隨筆로 한다.
- ⑪ 國內外 뉴스는 國內外의 機械工學 및 工業에 關聯이 있는 時事性 있는 것으로 한다.
- ⑫ 論文集抄錄은 本會의 論文集에 掲載된 論文의 抄錄으로 한다.
- ⑬ 委員會報告는 本會의 各 部門委員會 및 其他委員會의 經過報告로 한다
- ⑭ 會員의 소리는 會員으로 부터의 本會의 業務 및 活動에 對한 意見 및 提言을 書信으로 本會에 보내진 것으로서 公間할 意義가 있는 것으로 한다.