

最近의 工作機械와 制御技術動向

李 奉 珍*

— 차 례 —

- 1. 工作機械의 發生과 變遷
- 2. 工作機械의 精密度
- 3. 生産性を 爲한 對策
- 4. 工作機械의 制御 System
參考文獻

1. 工作機械의 發生과 變遷

人間이 얼마나 智慧로운 動物인가를 알 수 있고, 人間이 機械를 必要에 依해 發明하고, 또 人間の 必要와 趣向에 따라 發達시키게 된 變遷過程을 살펴보는 것은 매우 興味롭다.

특히 工作機械의 製造에 從事하는 當事者로서 工作機械의 發展過程을 살펴보는 것도 매우 有用하리라 생각이 된다.

1800年代의 새로운 技術은 水車木工, 木工, 器具工 등에 依한 工藝製作技術로 부터 發達되었다고 하겠다.

1769年 蒸氣機關을 發明한 James Watt가 그렇듯이 當時의 發明家は 器具工들 이었다.

蒸氣機關을 主軸으로 한 産業革命의 成敗는 이들 機械部品을 精密히 加工해 내는데에 있었다고 해도 過言이 아니었다.

그 後 1774年 Wilkinson에 依한 水車驅動 Boring machine의 發明으로 因해 蒸氣機關의 實用化가 빛을

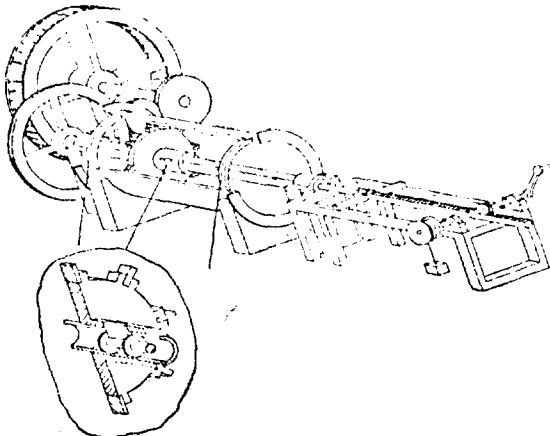


그림 1. Wilkinson의 Boring machine 中心을 고정 한 칼

보게 되었다(그림 1).

1779年 Henry Moudslay에 依해 나사加工用 旋盤이 發明되어 蒸氣機關과 그 外에 機械類의 製造를 했었다. Moudslay는 加工精度가 從來의 1/8inch程度였었던 것을 1/32inch로 부터 1/1000inch까지 向上시켰다.

그는 精密한 加工을 爲해서는 工作機械自體가 精密하게 製作되어야 한다는 것을 認識하고 있었고, 높은 精度의 工作機械가 얻어지면 그것으로 同等한 程度의 機械를 만들어 낼 수 있다는 原理(coping principle)까지 認識하고 있었다.

이것은 工作機械가 모든 機械의 母體임을 이미 그 當時 充分히 認識하고 있었다는 것을 말해준다.

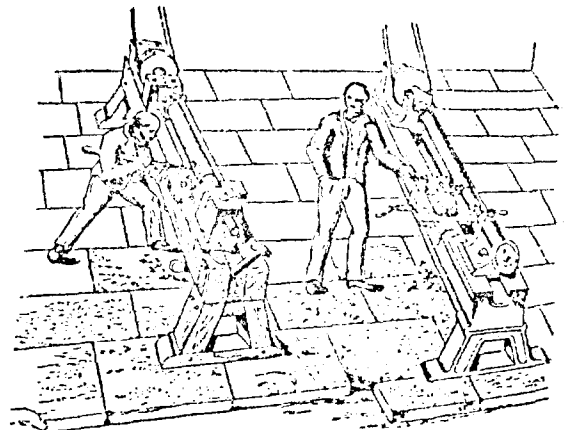


그림 2.

한편, 이웃 日本의 工作機械의 경우를 살펴보면 1905年 池田가 美國製 旋盤을 複寫하여 國産化한 것이 始初였다.

當時 工作機械의 具備條件으로서는 工作物의 加工性能과 그 加工精度가 重要視되었으며 汎國家的으로 實施된 富國強兵策을 支援하기 爲한 主要關聯産業으로서 機械工業 특히 工作機械工業이 發達하여 왔다.

* 韓國科學技術研究所 精密機械技術센터 擔當部長

1952年 3月 美國 M.I.T에서 開發된 世界最初의 NC 工作機械 또한 美·蘇의 世界霸權 競爭의 所産이라 하겠는데 그러나 工作機械의 要求度는 매우 그 様相이 달라졌다.

精密度는 勿論이거니와 工作機械의 耐久度와 生産性을 經濟的 側面에서 重要視하게 됐다.

오늘날과 같은 매우 高度화된 工作機械時代에도 보다 높은 精密度에의 要求, 自動化와 製品의 受樣에 對應한 配慮로 더욱 높은 生産性을 追求하게 되어 모든 研究와 開發은 이런 方向으로 推進되고 있음을 볼 수가 있다.

以上 이런 點들을 하나하나 살펴보기로 한다.

2. 工作機械의 精密度

現在 一般工作機械의 경우, 그 精度의 限界를 보면 다이아몬드工具를 使用한 精密旋盤이 直徑 100mm의 丸棒을 마이크론의 公差로 다듬어질(Finishing)이 可能하다.

그러나 이와 같은 高精度는 심중하게 다듬어진 工作機械와 매우 높은 熟練作業者에 依해서만이 비로서 規律할 수가 있다고 하겠다.

現在 一般으로서는 1/100mm程度의 精度가 常識인 것 같다.

더구나 作業者가 없는 自動化 工作機械에선 그 工作精度의 低下는 어쩔 수가 없다.

ISO 6級 程度의 精度를 넘려면 工作機械의 各部의 精度를 充分히 向上시켜줄 必要가 있다.

또한 作業者의 熟練이 精度向上에 必要함은 勿論이다.

作業者가 工作機械의 特性을 充分히 把握하고, 切削狀況을 觀察하면서 실재없이 그 結果를 feed back함으로써 비로서 높은 工作精度의 確保가 可能하다. 따라서 作業者가 없는 自動工作機械는 自然히 그 工作精度가 低下하기 마련이다.

이 精度를 回復하기 爲해선 自動工作機械의 各部의 精度를 一般工作機械의 것보다 一段 높힐 必要가 있다. 즉 同一한 工作機械의 精度를 얻기 爲해선, NC工作機械와 같이 無人化 工作機械의 精度는 一般的인 것보다 더 높힐 必要가 있으며, 더욱이 마이크론單位의 製品精度를 얻기 爲해선 格別한 精度向上을 必要로 하게 된다.

製品精度에 影響을 주는 因子로서 重要하다고 생각 되는 것으로서

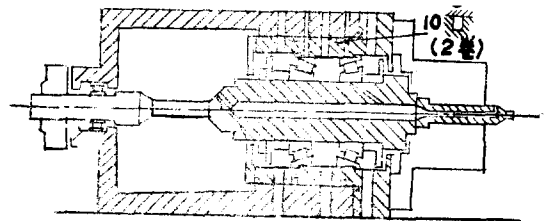
- 1) 熱變化
- 2) 剛性, 特히 動剛性(振動)
- 3) 位置決定精度의 3點을 들 수 있다.

熱變位에 依한 工作誤差는 全體의 70%以上이 된다 고 한다.

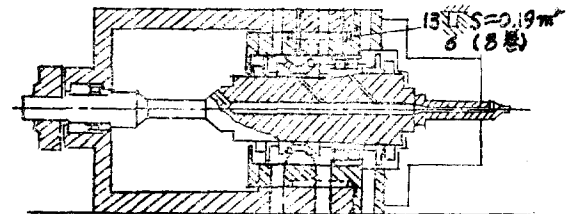
그 原因이 되는 熱의 發生도 工作機械의 內外部 共に 存在하지만 主軸 軸受部의 發熱에 依한 溫度上昇은 直接的으로 精度에 影響을 주므로 이들 중 가장 중요한 要因이라 하겠다.

一般工作機械에선 10度以上の 溫度上昇도 許容되는 일이 많으나 NC工作機械의 精度를 維持하려면 10度以下 2~3度 程度의 溫度上昇 範圍로 維持하는 것이 좋다. 이렇게 하기 爲해서 主軸 軸受構造에 여러가지 device가 行해지고 있는데 溫度上昇을 抑制하는 것도 不可能하지는 않다.

그림 3 (a), (b)에서 보는 바와 같이 Taper roller bearing 및 NNK와 Angular contact bearing에 支持된 2種類의 milling主軸에 對해서 여러 가지의 潤滑法을 적용했을 때 軸受內輪 溫度上昇 및 發生量의 狀況은 그림 4에서 보는바와 같다. 그림에서 보는 바와 같이 潤滑法의 影響이 큼을 알 수가 있다.



(a) Taper roller bearing 사용 內輪 #42350



(b) NNK와 angular conduct bearing 사용 內輪 #NN3017K, #562017

그림 3. 實驗에 사용된 모델主軸과 冷却用 자케트

또한 工作機械의 連續運轉中の 精度維持에 重要한 作業中の 彈性變形과 熱變形의 解析과 工作機械의 溫度分布의 測定, 變形等의 檢出을 自動的으로 補償하는 方式등이 현재 研究가 行해지고 있다.

다음 工作機械의 振動에 對해서 이야기하면, 이 問題는 工作機械 全般에 걸친 問題라 하겠는데,

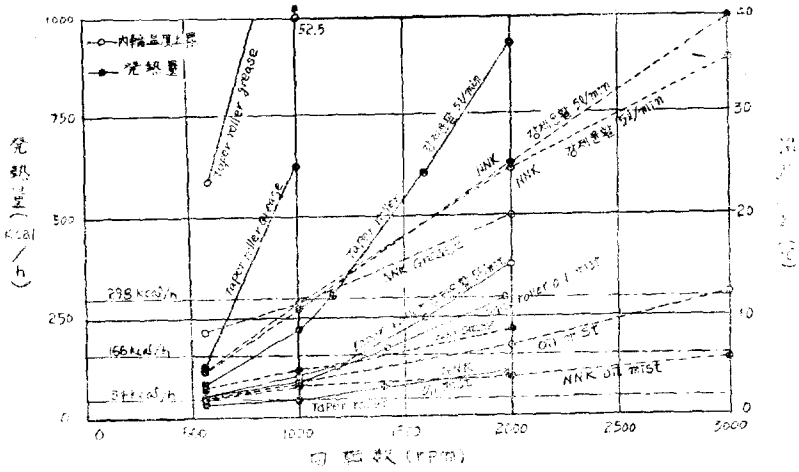


그림 4. 각종 조건하에서의 Bearing의 발열량과 내륜 온도 상승(무부하운전 기동 Torque 3kg/cm)

從來經驗에 依存性이 強했던 工作機械의 構造, 性能에 비해서 最近에는 科學的인 研究가 매우 活發하다.

切削抵抗力을 支持하고 工具와 工作物의 相對運動의 精度를 維持하도록 本體 및 主要部品の 靜 및 動剛性이 工作機械의 性能을 左右하는 重要한 因子가 되고 있다.

이들은 設計圖의 段階에서 計算에 依해 求하는 方法, 즉 컴퓨터를 써서 設計段階에서 動剛性 持性의 豫知가 可能케 됐다. 따라서 動剛性에 對한 最適設計도 行해 지고 있다.

또 實際의 機械의 動剛性을 實驗的으로 檢討하는 加振實驗에 對해서는 機械 impedance測定法 등이 實用化되어 있다.

그리고 각종 方式에 依한 主軸受, 案内面 등의 工作機械의 構成要素의 設計法과 性能에 對한 研究, 靜壓支持系의 最適設計, 靜壓軸受의 回轉時의 靜動剛性, table驅動系의 動持性등 基礎研究 등이 行해지고 있다.

防振對策으로써는 各種 damper特性, 振動을 檢出해서 逆位相의 加振하는 servo制御의 active damper, 異種材料의 重合으로 인한 減衰特性改善 등의 研究가 行해지고 있음을 볼 수 있다.

NC工作機械에서의 位置決定精度의 問題는 매우 重要하다. 位能決定精度를 定하는 것은 feed驅動 system을 構成하는 各 要素의 特性이라 하겠다.

그 중에서도 table案内面의 構造과 驅動制御系의 設計의 영향이 크다.

前者인 경우 Roller guide 또 靜壓guide面의 採用, 또는 lead-screw 등의 採用으로 驅擦을 감소시키고 slip 등을 防止해서 位置精度를 向上시키고 있다.

後者인 경우 驅動制御系의 設計가 더욱 量要하다 하겠다. 位置決定制御 system은 그림 5에서 보는바와 같이 open system, semiclosed system과 closed system으로 大別이 되는데, 이들 位置制御는 servo motor의 種類와 併合시켜 考慮해야 한다.

初期段階의 NC工作機械에는 pulse motor를 驅動

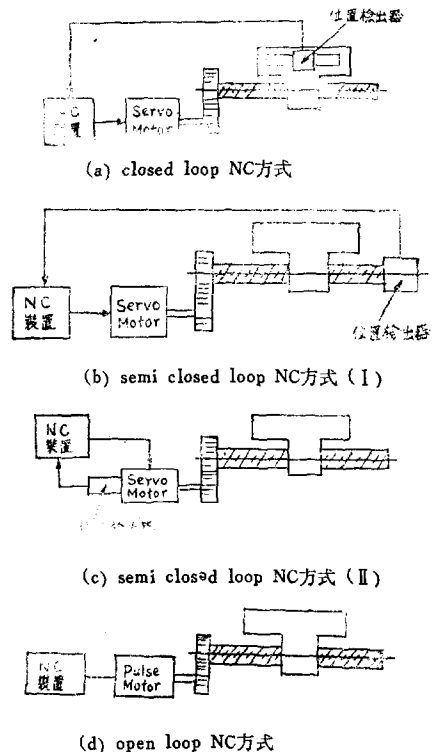


그림 5. NC에 있어서 Servo方式의 종류

motor로 하는 open system이 주였으나 最近에는 工作機械의 性能向上을 期한 power up와 feed speed up에는 從來의 open system으로는 要求精度가 確保되지 않으므로 servo DC motor를 驅動motor로 하는 closed system이 採用되고 있다.

現在 cost面에서의 問題가 있어 semiclosed system이 呼評받고 있다.

3. 生産性を 爲한 對策

1) 自動化에 對하여

工作機械의 生産性を 向上시키는 方向으로서는 工作機械의 NC化도 그 思想의 一環이라 하겠지만 디나아가 省力化, 省人化 將次 完全 無人化를 指向하고 있음을 볼 수 있다.

勿論 이렇게 하기 위해서 設計段階로부터 一貫된 自動化 system인 IMS가 必要하겠고 그에 따른 hard ware와 soft ware의 開發이 必要하다.

또한 이런 system의 成功을 期하기 爲해서는 從來 作業者の 領域이었던 作業部品에의 完全 feed back의 自動化가 先急하다고 하겠다.

즉, 工作機械의 馬力등이 주어졌을 때 그 條件 밑에서 적절히 自動制御하는 拘束制御와 恒常 最適條件으로 作動하겠끔 하는 自動最適制御 그리고 機械自身的 故障를 檢知하여 自動保守機能을 갖춘 넓은 뜻에서의 適應制御가 必要하다.

그러나 自己檢知와 保守能力엔 아직 問題點이 많다.

方法의 하나로서 可及的 故障이 생기지 않는 機械構造로 하여 만일 故障이 發生하더라도 修理하는데 時間을 最小로 하는 機械의 moudle構造라든가 그 融通性を 높이는 方向으로 工作機械를 設計方法이 研究되고

있다.

지금까지는 電氣關係(制御器)의 信賴度가 工作機械 本體의 것보다 現在는 制御器의 開發研究가 盛行해 從來의 信賴度가 逆轉된 點을 量視해야 된다.

事實上 NC工作機械인 경우 電氣的인 故障보다 工具의 破損, chip등에 依한 機械故障이 原因으로 稼動率에 영향을 주는 일이 적지 않다.

그림 6은 工作機械에 있어서의 適應制御 system을 나타내고 있다.

2) 製品多樣化에 對하여

現在는 小品種 大量生産時代라기 보다 多品種 小量生産時代라 하고 싶다.

여기서 從前의 大量生産과 같은 merit를 多品種 小量生産에도 要求하게 되었다고 본다.

從來의 Transfer machine과 같은 專用工作機械는 多量生産에 依해서 有效였지만 製品이 多樣化되고 變化가 심한 경우엔 設備는 固定化, 陳腐化가 되기 쉽다. 따라서 作業中엔 專用工作機械처럼 融通性を 갖인 自動工作機械가 必要하게 된다.

現在 NC工作機械를 base로 한 複數의 NC工作機械를 conveyor 또는 産業Robot와의 有機的으로 結合된 NC Transfer, 또는 數個의 工具를 set한 工具臺를 magazine에 依해서 必要에 따라 使用하는 DNC system 등이 實用化되어 있다.

그러나 이들 構想엔 그 type이 있다. NC工作機械의 構造를 base로 한 것과 根本的으로 構造改革을 必要로 한 것인데 後者の 例로써 machine moudle이란 構想이 提案되고 있다(그림 7 참조).

즉, 加工floor는 數個의 cell로 되어 있고 그들은 work의 工具의 搬送路을 통해 連結이 되게 되어 있다.

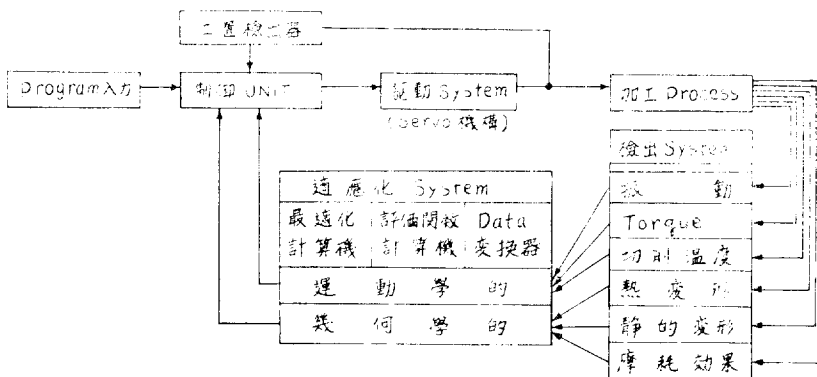


그림 6. 工作機械에 있어서 適應制御 System

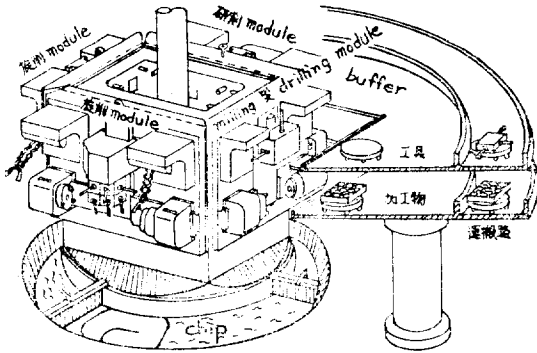


그림 7. Module 構造工作機械

4. 工作機械의 制御System

NC工作機械의 制御方式도 그 長點이 널리 認識되어 各種 工作機械에 적용되고 있다. 制御軸數도 從來의 것보다 늘어서 7軸으로 同時 5軸制御가 可能해 매우 複雜한 形狀加工이 可能해 왔다.

또 NC에 minicomputer를 갖춘 CNC工作機械도 出現하게 됐다. micro processor의 發達에 依해 NC의 電子回路에 micro processor를 導入해서 soft ware는 ROM에 格納하는 soft ware 固定形의 CNC와 使用者가 soft ware를 바꿀 수 있게해서 NC의 機能을 使用目的에 應하여 變更할 수 있는 soft ware 可變形의 CNC등이 最近 盛行하고 있다.

이런 여러가지 system들은 각각 使用目的에 따라 선택이 되고 있다.

NC servo에는 從來 電氣 pulse motor 또는 油壓 電氣 pulse motor 등이 사용했는데 最近에는 DC motor 驅動이 많아졌다.

그리고 情報入力 type의 作成을 直接 入力시키는 manual NC system이 制限된 機能으로 活用되고 있다. 外 加工 data의 使用消滅을 막기 위하여 cassette type으로 保管해 再生하는 system이 開發되었다.

NC工作機械用 programming의 作成을 容易하게 하기 위하여 自動programming이 FAPT, APT, EXAPT 등으로 開發되었다.

複雜한 曲面處理도 可能해졌지만 너무 汎用性을 의

우면 大型computer가 아니면 處理가 不可能하므로 機能을 限定한 小規模化한 system의 開發도 盛行하고 있다. 또 CRT를 入力으로 使用한 會話形 自動 programming方式도 研究해 實用化가 되어가고 있다.

특히 工具經路를 擇定하는 programming의 工具의 選定, 工程의 決定, 切削條件 등의 Technology등이 自動적으로 決定하는 EXAPT가 西獨에서 開發돼 普及이 되고 있다.

NC tape의 作成方法에 data通信을 利用하는 方法도 先進國에선 實用化가 되어가고 있다.

參 考 文 獻

- 1) 奧島啓式: 最新의 NC工作機械, 機械技術, 日刊工業, 1977.6.
- 2) 大高義徳: 生産狀況かええた NC工作機械, 機械技術, 日刊工業, 1977.6.
- 3) 小林堅吾: NC裝置의 傾向, 機械技術, 日刊工業, 1977.6.
- 4) 岸 甫: NC自動プログラミング의 傾向, 機械技術, 日刊工業, 1977.6.
- 5) 日本機械學會編: 機械工學 および 工業の 10年の歩を, 1977.11.
- 6) 養賢堂 發行: 工業機械 解説, 機械の 研究, Vol. 28, No.12, 1976.12.
- 7) 垣野義昭: 工作機의 剛性と 熱變形 解析への 有限要素法의 應用, 機械の 研究, Vol.29, No.7, 1977.
- 8) 吉川男こ: 工作機械의 모ジュラ テキイン, 精密機器, Vol.43, No.7, 1977.7.
- 9) 李奉珍: 最近 工作機械의 製造動向, 大韓機械學會 (投稿中).
- 10) 廉永夏: 우리나라 工作機械의 現況과 展望, 大韓機械學會, 學術講演會, 1977.10.
- 11) 田中 有雄: マイクロ コンピューダ의 機械制御への 應用, 日本機械學會, 第75回 講習會, 1977.10.
- 12) 兵頭厚一: TLCS-12의 數値制御への 應用.
- 13) R.T. Forbes :
- 14) 田中實譯: 技術의 歷史, 岩波書店, 1976.