

金型加工機械와 NC 프로그래밍

金 應 瑞

<서울대 工大 教授>

1. 製造工業의 基礎金型加工

金型을 利用한 프레스加工, 플라스틱成形加工은 切削加工을 代身한 生産方式으로서 單一品種의 多量生産에 使用되어 지난 70年代에 있어 大量生産을 基礎로 한 經濟成長에 커다란 역할을 하였다.

80년에 있어 低成長 不安定經濟 속에서 自動車, 家電製品을 中心으로한 國內外市場競爭에서 이겨내려면 새로운 生産戰略이 세워져야 할 것이다.

機械部品の 高精密化, 複雜化, 機能의 高精度化 그리고 이들의 多樣化에의 對應으로서 部品製造의 大量生産方式의 模型變化型의 多品種中 少量生産方式에의 轉換이 바로 그것이다.

이에 迅速히 對應하려면 金型製造業界의 金型工業의 手作業에 依存하는 技能産業으로부터 裝置産業化로의 脫皮이며 金型納期의 短縮, 製造코스트의 低減, 機械部品の 機能面에 의한 金型의 複雜化, 高密度化에 對處할 수 있는 金型製造技術의 발달이 요구된다.

Fns化의 물결로 보인 雜品種 單品生産形態를 취하는 金型의 製造工程에 따라서 金型加工의 FA化가 試圖되고 있다.

이것은 金型加工用 三次元自動프로그래밍의 開發을 核心으로 해서 시스템화된 金型加工用 머시닝센터를 中心으로 放電加工機, 自動計劃裝置를 添加한 金型自動加工시스템의 誕生에서 찾아볼 수 있다.

2. 메카트로화에의 轉移傾向

金型은 設計者가 圖面이나 클레이모델위에 表現한 形狀을 製品으로서 具體化하기 위한 轉寫工具이다.

즉, 製品形狀의 反轉된 形狀을 金型캐비티의 表面에 긋加工하고 그 表面形狀을 加工物表面에 轉寫, 賦型하여서 製品을 만들어내는 工具이다. 따라서 金型캐비티의 表面形狀의 大部分은 意匠 디자이너의 뜻에 따라서 만들어진 個性的인 自由曲面인 수가 많다.

이 自由曲面的 加工物表面에 完全히 轉寫하여 再現시켰을 때 精度가 높은 製品이 만들어진다. 設計者가 創作한 形狀이 金型캐비티面에 轉寫되어 다시 製品表面에 轉寫되기 위해서는 金型의 製作과 塑性加工, 成形加工技術에 熟한 노우하우가 蓄積되어 있으며 이것이야말로 熟練과 技能의 獨舞臺인 것이다. 그러나 自由曲面的 表面 創成과 完全轉寫를 누구든지 할 수 있게 하려면 自由曲面的 形狀記憶創成加工을 科學的인 立場에서 解明하고 工學의 立場에서 處理되지 않으면 안된다. 이때 컴퓨터의 援用技術이 커다란 역할을 맡아줄 것으로 期待된다.

金型은 그 利用範圍와 製品形狀, 加工, 原理 혹은 加工物材料(金屬, 플라스틱, 세라믹 등)에 따라 多樣하며 몇가지 形式으로 分類된다. 大部分의 경우 基本的으로는 各기 다른 캐비티面을 갖는 固定側型과 可動側型의 두가지 部分으로 分離되며 이 두가지 型의 接合面이 파이팅라인이 된다.

메카트로닉스時代의 開幕(3)

製造物의 部品形狀이 나타나면 形狀데이터가 주어지는 쪽과 處理의 難易度에 따라 加工法과 工作機械가 결정된다.

金型캐비티의 輪廓的인 形狀이 形狀加工法에 의해 創成되나 그 加工面의 다음질의 精度는 30 내지 100미크론ax정도이다. 金型캐비티面의 形狀要素 가운데 自由曲面은 30~40%를 點하고 있으며 이의 加工에는 NC프라이스盤, 模倣프라이스盤 및 放電加工機의 利用이 필요하다. 다시 平面, 혹은 圓柱面의 경우도 다른 曲面과 固有線을 갖고 接合하는 경우 單純하게는 汎用工作機械의 利用에 의한 形狀加工은 困難하며 數値制御된 高級工作機械, 複合工作機械 따위가 사용된다.

形狀加工이 끝나면서 表面에 남겨진 工具의 搬送標識로 인한 거칠面을 除去하고 또는 放電加工에 의한 加工變質層을 除去한다. 表面의 거칠음은 2~10미크로Rmax 정도의 매끄러운 表面으로 다듬질이 필요하다. 이 工程이 마무리 加工의 第一段階로서 平滑加工이라 부르며 表面의 거칠음을 가지고 要求되는 形狀과 幾何學的으로 一致시킬 필요가 있다.

그리고 그 形狀精度를 유지한채 다시 部品の 表面精度를 얻기 위해 第2工程 즉 鏡面마무리 加工이 이루어진다. 이 마무리 加工過程의 대부분은 熟練金型工의 手作業에 맡겨지는 것이 通常이며 平滑加工後의 表面測定에 맞춰서 金型캐비티面의 마무리 加工의 自動化, 高精度化를 迅速히 進행시켜야 한다. 金型設計에의 CAD導入 試圖와 더불어 마무리 加工에 있어서의 技能에 대한 CAM의 挑戰이 豫想되고 있다.

그러나 最近 先進國들의 金型産業實態를 보면 開發希望 裝置類에 있어 金型用自動研磨完成 加工裝置, 金型設計製作소프트웨어 및 3次元曲面加工用 NC테이프의 自動作成裝置, 射出成型用 金型트라이專用成形機 등에 커다란 關心이 集中되고 있다.

이런 點으로 미루어 從來의 技能依存産業에서 脫皮, 컴퓨터援用에 의한 메카트로닉스化에의 傾向이 뚜렷해지고 있다. 그리고 이와같은 메카트로닉스化의 過程에서 CAD/CAM, 컴퓨터制御

에 의한 無人化시스템(FMS)의 導入의 具體化 내지는 로봇, 레이저加工機에도 깊은 관심이 나타나고 있다.

3. FMS化컴퓨터의 援用

金型的 構造는 分割面을 境界로해서 10餘枚의 플래트를 겹쳐 그 플래트들을 볼트, 핀 따위의 結着工具, 案内工具로서 各 플래트가 直接 間接으로 接合되는 구조로서 이루어진다.

이러한 部品數, Unit數는 1個의 金型에 있어서 100내지 300개에 달하고 있으나 一部는 標準化部品이 利用되고 또 加工面의 대부분은 接合面의 平面과 案内面의 圓筒面이다.

그러나 加工工程에서 보면 캐비티, 코어 혹은 펀치의 캐비티面(製品形狀이 賦形되는 面, 2, 30%는 自由曲面으로 構成되어 있음)의 形狀加工과 마무리 加工에 全金型製造工程의 50~80%를 차지하게 된다.

이러한 캐비티面을 加工하기 위해 自由度가 높은 NC工作機械, 模倣프라이스盤, 成形研削盤, 放電加工機가 사용되며 그 使用技術이 金型加工의 ノウ하우이며 金型加工의 어려운 面과 興味面을 함께 지니는 것이다. 따라서 金型加工機械의 新技術은 金型캐비티의 自由曲面의 加工機械에 集約되는 것으로 생각할 수 있다.

金型캐비티面은 製品形狀을 反轉시킨 모양으로 切削加工되기 때문에 製品圖面 혹은 製品模型(클레이모델試作模型으로)부터 金型圖面이 作成된다.

그러나 金型캐비티의 自由曲面을 圖面化하는 것은 힘들며 또 그 形狀의 評價가 눈얼림에 그치고 意匠디자이너의 손에 의존하지 않으면 안되기 때문에 製品模型으로서 되지 않는 경우가 많다.

이런 경우 製品模型으로부터 直接 轉寫加工된 패턴을 이용한 模倣프라이스盤이 사용된다. 따라서 金型加工의 主要工作機械는 여전히 熟練金型工이 사용하는 模倣프라이스盤이 된다. 그러나 曲面加工用的 自動프로그래밍方法이 開發됨에 따라 그 자리는 NC프라이스盤으로 代替되어

가고 있다. 한편 머시닝센터의 機能向上과 價格低下에 따라 金型加工의 主要機械設備은 머시닝센터와 放電加工機로 바뀌어 가고 있는 實情이다.

數値制御工作機械를 利用하는 경우 製品의 形狀데이터의 處理方法과 形狀加工機와의 關係에서 形狀加工上의 形狀處理用소프트웨어가 그 生産性的의 改善 및 코스트에 點하는 部分이 크다는 것은 注意하여야 한다.

最近의 機械工場의 FMS化 또는 無人化志向의 影響을 크게 받아 長時間 自動運轉을 가능케 하기 위한 對策이 先進諸國에서 서둘러지고 있다. 최근의 切削加工機械에 관한 技術的인 傾向을 특징짓는다면 다음과 같다.

- A. 多機能化
- B. 主軸의 高速化
- C. 自動計測·補正

多機能化로서는 머시닝센터에 있어 5面加工機能이나 自動工具交換裝置(ATC), 自動 Head交換裝置(AHC)의 併用裝置化등을 들 수 있다.

主軸의 高速化에서는 NC旋盤, 머시닝센터 등 5,000내지 6,000rpm을 내는 機能은 一般的이며 머시닝센터의 경우에는 10,000rpm의 機種도 Al 合金切削加工用으로서 出現하기 시작하였다.

4. 放電加工特性的 向上

放電加工의 加工特性을 改善하려면 加工에너지의 供給方法, 電極材質, 加工液, 極間制御 등에서 追求해 갈 수 있으나 電極材質面에서의 檢討는 종래부터 形刻放電加工, 와이어放電加工이 많이 사용되어 왔다.

와이어放電加工에 있어 實用化當初에는 銅電極의 使用이 主流였으나 그 후 黃銅電極의 많은 사용은 放電의 安定性이 좋은 點과 引張強度가 크며 張力을 크게 걸 수 있다는데에서 長點이 찾아진다.

최근 銅 혹은 黃銅材質을 基材로해서 어떤 種類의 元素의 添加(新合金와이어) 혹은 表面에 鍍金한 것(複合 또는 積層와이어) 따위가 개발되어 매우 뛰어난 結果를 얻을 수 있게 되었다.

電極材質을 바꾸는데 따른 加工特性向上이 노리는 바는 作業函數 등의 放電特性, 熱物理的 特性, 冷却效果 등의 改善에 의한 加工特性的 向上을 目的으로 하는 것이나 특히 新合金와이어에서는 黃銅(65/35)에 알루미늄(Al)을 添加한 것이 좋으며(加工速度가 20~30% 向上) 複合와이어電極으로서 AL含有黃銅(65/35)에 亞鉛(Zn)을 一層鍍金한 와이어가 加工速度面에서 좋은 結果를 얻고 있다.

와이어電極의 材質面에서의 加工特性向上의 檢討는 最近 放電加工機의 메이커들이 自體加工機에 適合한 와이어材質을 쓰도록 권장하는 傾向이 있다. 이것이 加工電源과의 組合에 의해 加工特性에 差異가 있는 때는 펄스電源으로서도 각기 特色을 지니고 있게 마련이다.

즉 同一材質電極을 갖고 同一電氣條件에서 加工하더라도 加工特性에 差異가 생기는 것은 加工에너지(電力)波形등에 각기 特色이 있기 때문이다.

形刻放電加工上의 電極材質은 銅과 그래피트가 主役이나 그래피트의 材質改善은 기금도 계속되고 있으며 마무리段階에서 뛰어난 加工特性을 지니고 있다. 放電加工의 加工特性은 工作物材質에 대한 電極材質의 선택(組合)이 가장 重要한 것이기 때문에 새로운 材料의 出現에 對應해서 電極의 材質面에서의 檢討는 항상 필요하다.

加工特性的 面에서 뛰어난 結果가 얻어지는 電極材質이 개발되어도 실제 사용면서는 價格이 중요한 사용기준이 되기 때문에 이 점에서 低用擴大가 안되는 것이 많다는 데에 커다란 問題점이 있다.

NC化의 흐름은 形刻放電加工機를 걸어 치우고 NC形刻放電加工機의 時代에 접어들고 있다. 또 放電加工機의 利用面에서의 金型生産시스템(CAD, CAM, FMS)와 같이 一貫生産體制의 技術開發과 導入이 이루어져 이에 對應한 形刻放電加工機의 無人運轉化에의 技能賦與과 火災發生따위에 대한 安全通轉確立對應은 무엇보다 嚴格히 요구되고 있다.

메카트로닉스時代의 開幕(3)

不燃性加工液으로 形刻放電加工이 가능한 加工機의 出現은 最近의 世界的傾向이겠으나 이것은 長時間 安全無人運轉의 要求를 充足시키는 첫 단계인 것이다.

와이어放電加工과는 달리 電極과 工作物의 對向面積이 큰 形刻放電加工에서는 加工液의 絶緣性 確保는 에너지利用效率面에서 重要하다. 또한 電極走行型을 취하지 않는 形刻放電加工에서는 極間에 있어 加工層 등의 加工安定性에의 영향이 크게 이를 排除하는 方法이 시급히 마련되어야 할 것이다.

不燃性液(水)을 加工液으로 사용했을 때의 問題點의 하나는 低電極消耗加工이 되지 않는 點에 있다. 低電極消耗加工을 하는데 필요한 電極表面의 附着炭素物質의 役割은 이에 많이 報告되고 있으나 이 炭素物質의 生成은 放電時의 高溫에 의한 油性加工液의 燃燒에서 얻어지는 것으로서 加工液에 물을 사용한 때에는 效果的인 低電極消耗加工은 實現되지 않는다. 따라서 水加工液의 形刻放電加工時에는 그래픽트와 같은 炭素系材質을 電極에 사용함으로써 低電極消耗加工에 效果的인 燃燒炭化物的 生成이 없는 非油性加工液의 缺點을 克服하는 方法을 취하고 있다.

두번째 問題點은 加工速度가 油性加工液을 사용하는 경우보다 떨어진다라는 것이다. 油性加工液에서의 單發放電加工實驗에 있어 粘성이 큰 머신포를 사용하면 燈油의 경우보다 除去량이 크다는 것이 確認되었다.

이것은 溶蝕部를 除去하는데 필요한 放電衝擊電力의 發生이 粘성이 큰 머신포의 사용時에는 強力하다는 데에 主原因이 있다.

여기서 小加工液에 어떤 種類의 有機物을 添加함으로써 에너지使用效率를 높임과 동시에 이 缺點을 除去하고 커다란 效果를 올릴 수 있다.

와이어放電加工에도 이것이 利用되어 加工速度를 현저히 높이고 있으나 최근에는 先進國에서는 每分 100年萬밀리이상의 성과를 올리는 와이어放電加工에 관한 實績은 加工液 改善效果가 커다란 要因이 되고 있다.

添加有機物 등이 무엇인가에 대해서는 現在로

서 노우하우에 屬하고 있다. 그러나 放電衝擊力 發生의 除去作用에 대한 效果를 높이려는 노력이 지금 한창 傾注되고 있다. 加工特性이라는 點에서 加工液의 良은 아직 큰 成果를 얻지 못하고 있는 實情이며 電極材質의 開發과 함께 加工의 基本的要素에 加工特性向上에 대한 열쇠가 아직 많이 남아 있다는 것은 放電加工의 可能性이 크다는 것을 示唆한다고 보아 옳을 것이다.

5. CAD/CAM과 NC自動프로그래밍

金型加工에 있어 處理되는 部合의 形狀은 一般的인 機械部合과 比較해서 複雜한 경우가 많다.

그 形狀에는 意道上的 美的感覺이 強力히 요구되는 例가 많다. 그밖에 表面마무리에 嚴格한 品質이 요구된다. 이러한 것으로 미루어 金型加工의 有望한 高付加價値産業의 하나는 浮上하리라는 것은 쉽게 豫測할 수 있다.

그러나 金型加工은 技術的인 어려움이 많다. 그 중 하나가 工具經路情報作成일 것이다. 金型加工에 있어서 다음에 列擧하는 特有的 問題에서 또다시 새로운 어려움이 加重된다.

① 金型의 形狀은 製品의 形狀에 從屬되기 때문에 그 製品의 種別에 따라 表現方法이 크게 달라진다.

② 金型에는 gradstion, 비틀림, 필렛등의 獨特한 形狀要素가 있다. 이러한 것들은 컴퓨터가 專用하는 數學的 表現方法을 適用하기가 까다롭다.

③ 收縮率 등을 考慮해서 金型形狀을 設計해야 할 필요가 있으며 形狀의 表現方法이 거듭 複雜해진다.

이상과 같은 問題點들을 해결하는 한가지 方法으로 外國의 大메이커들은 벌써 CAD/CAM시스템 같은 것을 導入하여 金型의 自體供給을 꾀하고 있다. 한편 金型메이커 自身들이 이러한 問題點을 일찍이 깨닫고 工作機械와 그 自動프로그래밍의 可能性을 打診하는 경향도 엿보인다. 여럿은 金型加工에 NC工作機械의 導入이 有效하다는 點에 대해서는 異論이 없을 것이다.

문제는 앞서도指摘한 바와 같이 여느만큼 正確히 迅速히 經濟的으로 工具經路情報를 作成하는데 있다. 金型加工에 있어서는 NC自動프로그래밍 시스템의 필요성이 깊이 認識되어 있거나 需要의 요구를 充足시킬만한 시스템을 發見하기가 매우 어렵다. 이것은 金型の 特有性에서 수요자의 요구조건이 千差萬別인데 그 원인이 있다.

金型加工用 NC自動프로그래밍에 具備해야할 機能 몇가지를 들어보면...

① 各種 工具形狀을 指定할 수 있는 일 이로 인해 工具經路의 複雜性이 經減되고 따라서 效率的인 功削이 기대됨.

② 回轉테이블(서큘러 테이블)의 併用이 가능한 일. 直線軸과 回轉테이블運動의 組合에 의해 複雜한 曲面을 容易하게 만들어낼 可能性을 가짐.

③ 同時三軸制御가 可能한 일. 曲面上에 따라 工具經路를 만들어 낼 때의 프로그램의 負擔이 가벼워짐.

④ 演算文, 分岐文(프로그램의 흐름의 變化), 領域功削 등의 기능이 있는 것. 演算文과 分岐(條件分岐, 無條件分岐)의 기능이 있으면 定義될 수 있는 幾何學要素가 點, 直線, 圓弧 등에 限해 있으나 이것을 工具動作에 結付시켜 프로그램함으로써 各種工具經路는 만들어낼 可能性을 가짐.

⑤ 定義되는 形狀에 대해 任意의 工具 및 功

削方向을 指定할 수 있는 일. 이로 말미암아 非效率的인 功削加工을 排除할 수 있음.

⑥ 各種 曲面要素를 定義할 수 있으며 즉 그 隣接要素間과의 接續을 부드럽게 하도록 境界上의 接續方向등을 指定할 수 있음. 이러한 機能이 없으면 각종 曲面要素의 應用이 限定되어 버림.

이상이 金型加工用의 NC自動프로그래밍시스템에 具備해야할 機能들이라 하겠다.

이제 結論으로서 CAD/CAM에 대해 說明하자면 이것은 컴퓨터援用設計 및 컴퓨터援用動作이라는 하나의 方法을 나타내는 것이다.

그러나 一般的으로는 터키어로서의 CAD/CAM 시스템을 가리키는 경우가 많다.

이 종류의 시스템에 있어 CAM이란 NC自動프로그래밍의 기능을 가리키는 예가 대부분이다. 따라서 金型加工의 경우는 앞서 말한 機能을 갖고 自動프로그래밍일 경우 지극히 편리하다. 하지만 아직 不充分한 것은 특히 專用化란 것을 제외하고 通常의 CAD/CAM시스템은 一般的인 機械部品을 處理하는 것을 主目的으로 하는 때문이다.

최근 CAD/CAM시스템에는 本格的인 三次元 幾何모델링機能을 갖는 것이 많아지고 있다. 이러한 시스템을 設計段階서부터 使用할 수 있으며 NC프로그래밍機能을 갖는 것이면 金型加工에 있어서도 그 效果가 매우 기대된다고 본다.

<完>

늘 때는 조용하게

갈 때는 혼적없이