

CAD/CAM 系統整合應用於2¹/₂軸NC加工

學生姓名： 黃朝榮 A8332112
郭文人 A8332135
廖俊榮 A8332146
陳新展 A8332132
柯怡峰 A8332133
周信宏 A8332144

指導教授：王柏村

國立屏東技術學院
機械工程技術系

摘要

本專題在探討AutoCAD及SmartCAM軟體之整合，針對2.5D之工件，作鑽孔，攻牙，中心孔，銑內槽和外形等加工類型之應用。2.5D之工件以AutoCAD軟體繪製，再以DXF圖形交換檔傳至SmartCAM軟體，即可利用本專題發展的自動設計程式來產生NC加工程式。本系統以人性化，友善的設計原則，可減少NC程式撰寫時間，簡化NC程式撰寫難度及降低CAM使用者的訓練時間，並讓完全不懂CAM的使用者也能在SmartCAM中撰寫NC程式。未來將可發展3D曲面加工以廣泛應用於工業界。

一、前言

這幾年，CAD/CAM 整合一直都是熱門的話題〔1〕〔2〕，目前CAD能透過DXF圖形交換檔或IGES圖形交換檔和CAM結合，而且這樣的發展在產業界已有相當的成績〔3〕，業者已能夠經由這樣的方式得到所要的模型。目前在工廠上，NC在2D部份大多是鑽孔、挖槽、攻牙等，而這些加工其實是可以歸在一起。目前業界，所有的加工參數設定都由專業CAM人員來處理，而懂CAD的人比懂CAM的人，多出很多，若簡單的平面加工交由CAD人員來處理，而複雜曲面加工交由專業的CAM人員，這會是不錯的策略。正因為簡單的加工交由CAD人員來處理可省去人員的耗費，所以為了使CAD人員能夠獨當一面，應

該要有一套方法使CAD人員也能夠加工簡單的模型。

目前，有一些相關研究，如郭鴻森〔4〕對壓鑄模具作CAD/CAM 整合系統的研究，而在產業界上有佳工公司開發的T.CAD-11〔5〕、Auto-Mould〔6〕〔7〕以AutoCAD為基礎，結合CAD/CAM/CAE的一套模具專用軟體、Graphic Products開發的CAD/CAM Tool〔8〕等軟體，其中以Graphic Products開發的CAD/CAM Tool的理念是讓初學者也能容易上手，從製圖到NC碼產生，這和本工作所要達到的目標不謀而合。

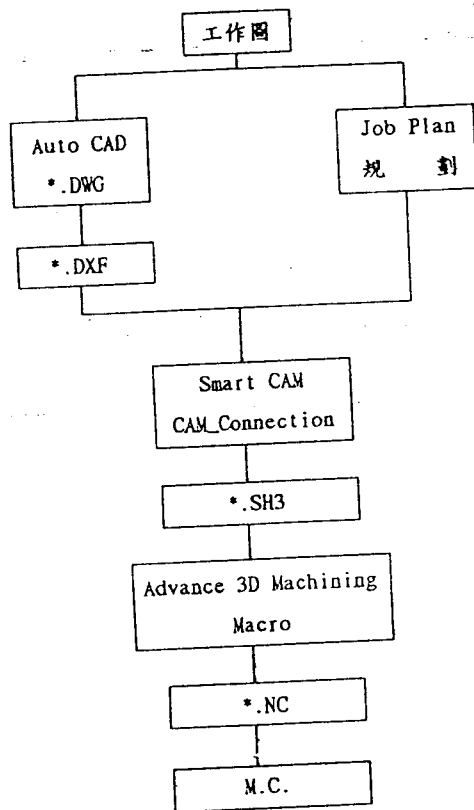
為了使CAD人員也能夠加工簡單的模型，我們藉由SmartCAM之巨集功能，撰寫簡單的巨集程式(Macro)，將CAD和CAM之功能結合在一起，讓只懂CAD的人員也能從事NC程式之撰寫，除了能大量縮減加工設定的複雜性外，也能避免人力的浪費，以及有效提昇產業競爭力。

本工作以2D架構為主，提供使用者作鑽孔、挖槽、攻牙、銑外形等常見之加工功能，並藉由交談式視窗，讓使用者可達到簡單、明瞭、更容易的應用。本工作針對只懂CAD的人而著手，所以在內容方面多加入圖片、解說，使初學者能藉由這些解說的輔助下，作出成品來，詳細內容可參閱〔9〕。

二、研究內容與方法

2-1 整合流程圖

本文所探討之2 $\frac{1}{2}$ 軸加工之CAD/CAM系統整合流程，如圖一



圖一 CAD/CAM系統整合流程圖

2-2 AutoCAD 之作圖與圖層規劃

步驟：

1. 進入R12 建新圖檔
2. 設定圖層
3. 作圖
4. 用DXFOUT指令建立 *.DXF圖形交換檔

AutoCAD注意事項：

1. 每一刀具要各設一層。
2. 挖槽處的層名必須設為 Pocket。
3. 3D作圖只能用設高度(elevation)和厚度(thickness)的方法作圖，絕對不可使用AutoCAD AWE或 3D.lsp提供的建圖功能，否則 SmartCAM無法將其轉*.SH3。
4. 中心鑽部份可用甜甜圈(donut)指令，畫出該位置。

5. 從CAD轉圖至SmartCAM，layer 之安排必須有整體的考量，並配合Job_plan之設定傳輸路徑或圖層資料。

2-3 Smart CAM 刀具檔之規劃

步驟：

1. 進入 SmartCAM Job-Plan 建新刀具檔
2. 規劃刀具庫(Tools)
註：必需根據廠商之機器刀具資料鍵入
3. 設定CAM_Layers

Job Plan注意事項：

1. 製作Job Plan之前需將刀具及圖層規劃好，使每一刀具分別在各個圖層。
2. 根據刀具型式類別，查閱機器(FANUC 0M)的手冊，記錄層名及所使用刀具為何及其刀具資料，包括直徑，刀長，鑽唇角及刀數，轉數進給速率等等。再填入Job Plan。
3. 挖槽處的層名必須設為 Pocket。

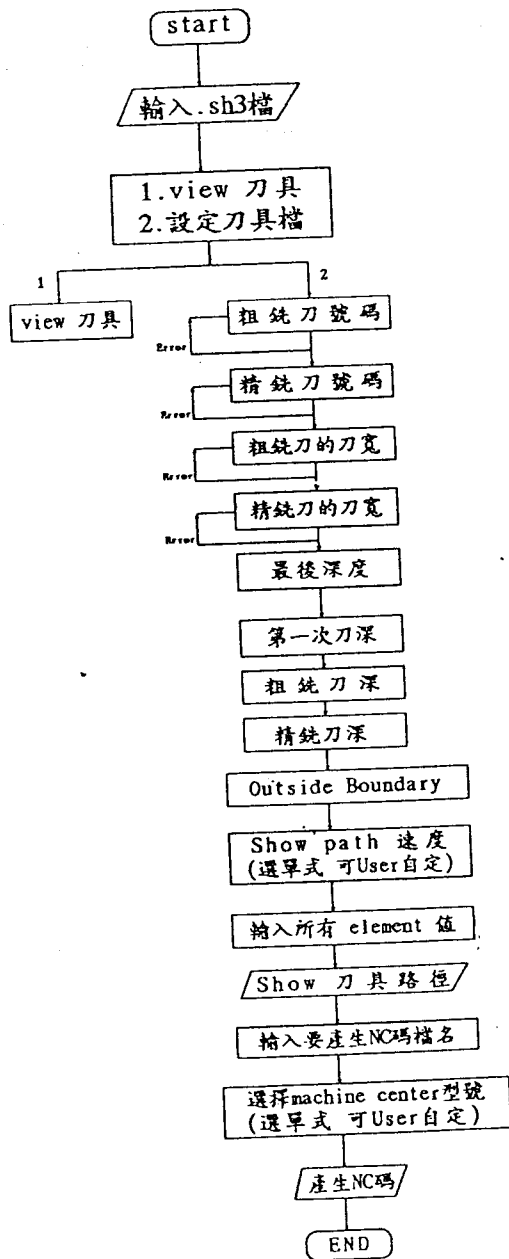
2-4 *.DXF與*.JSF轉換成*.SH3流程

.DXF與.JSF完成之後，欲形成*.SH3，則須在SmartCAM之CAM_Connection之功能下進行，步驟如下：

1. CAM_Connection - Auto CAD Extended - Mem CC
2. Settings - Conversion-Misc_options
3. 將Use CAM Layer definition in Job Plan 設定為YES
4. 將Use 3-D machining file(.SH3) 設定為YES
5. 按ESC直到From_CAD出現為止
6. 進入From_CAD
7. Enter General DXF file name:
c:\sm6\plate.DXF
8. Enter Destination shape file name:
C:\sm6\plate.SH3
9. Enter Job Plan file name:
C:\sm6\plate.JSF
10. plate.SH3 轉換完成

2-5 Advanced 3D Machining-Macro

Macro(巨集檔)提供了記錄的功能，可記錄在SmartCAM - Advance 3D Machining下操作的步驟，以作為學習操作過程的參考與問題的檢查與判斷。另外，Macro更可以將其撰寫成程式，針對特定類型的加工，只要AutoCAD圖形與Job Plan 規劃完成，進入SmartCAM轉換成*.SH3，執行Macro即可很快的得到NC碼。本文所架構之Macro程式流程圖，如圖二所示。主要執行步驟說明如下：



圖二 Macro程式流程圖

- 1.*.SH3：*.SH3為SmartCAM圖檔。此檔是利用CAM_Connection將AutoCAD之*.DXF 檔與Job Plan之*.JSF檔轉換成SmartCAM可執行的*.SH3。
- 2.Tool：是由Job Plan來規劃。依加工順序依序排列刀具，再輸入所對應之刀具規格、加工量及對應CAD層。每一把刀對應一個刀具號碼。本Macro另外兼具觀看刀具庫內容的功能，以利使用者選擇所需刀具，進行切削。
- 3.Element：在SmartCAM下，每一圖形都有一個Element，其中包括了線條、弧線、曲線等。每一Element都會有一對應之Element Number，當圖形增加時Element Number會跟著增加，Element Number會顯示在“列出視窗”中，並可利用捲動轉軸之Bar來選擇所要之Element。由於SmartCAM之Macro並無提供執行時可用滑鼠選項，因此須由Key in的方式輸入。
 - (1)在本Macro中選取Outside Boundary Element時，利用滑鼠選取“列出視窗”中之Element，並從工作圖視窗中找出工件邊界所對應的Element Number，再將號碼輸入於輸入視窗，才能進行挖槽。
 - (2)在選取Final Element時，由於挖槽設定完成後，Element數目增加。須由上述方式選擇最後之Element Number輸入，以便於觀看刀具加工順序及產生NC碼。
- 4.Pocket參數設定：輸入參數值，作為挖槽時所需之資料。
 - (1)Outside Boundary Element：在上述Element之中的方法得到Element number。
 - (2)Width of cut：輸入切削路徑寬度，內定值為刀具直徑(Default：Diameter)。
 - (3)First path depth：第一刀進刀深度。
 - (4)Depth of cut：每次進刀深度。
 - (5)Final depth：挖槽最後深度。(總深度)
- 5.Show_Path：用來觀看刀具切削順序及刀具使用順序是否正確。本Macro在Show_Path Speed選項選擇觀看速度，並分快速(9)、中速(6)、慢速(3)及自定(0~9)四種。
- 6.*.NC：當完成上述設定，並產生刀具路徑後，尚需輸入機器之定義檔(*.SMF)及樣本檔(*.TMP)，輸入完畢後，則NC程式碼就會自動產生。(Default：Fanuc 0M之機器)

2-6 執行Macro注意事項

1. Prompt 與Pause 之畫面顯示無換行指令，畫面需自己安排。
2. 若輸入數值錯誤，可用程式迴圈判別其範圍值修正。但若數值變數卻輸入字元，則整個程式會被中斷，須要小心。
3. 程式中，若開檔、關檔有錯，或是所要之檔案不在，則程式自動終止。
4. 若找不到檔案，請鍵入完整路徑及檔名。
5. 可用#變數=數值，及#字串變數="字串"設定預定值。
6. 變數使用後，需讓變數指向NULL，否則Macro程式在不離開SmartCAM之情況下，再次執行時，會有不可預期之情況發生。
(若變數在迴圈或副程式之後就不再使用，立刻指向NULL，ex:#變數=""。若程式不知在整個程式中何時再使用，則讓變數在程式尾讓它指向NULL。)
7. Macro 之副程式功能不強，它只能向下跳躍某些副程式，而無法往上回跳到副程式，故程式之寫法多利用迴圈處理。

2-7 人性化處理

1. 錯誤之輸入處理

各項輸入中，若輸入值範圍有錯誤，則警告後重新要求輸入。但請注意，若不小心輸入字元，則程式自動終止，須重頭再執行。輸入之刀具號碼主要為銑刀號碼，若非，則會要求重新輸入。

2. 選單式輸入

- (1) 可觀看刀具內容或決定刀具號碼
- (2) Show Path Speed
- (3) Machine Center 型號

3. 內定值設定

- (1) 輸入之*.SH3檔名
(default:plate.sh3)
- (2) Show Path Speed (default:Speed6)
- (3) Machine Center 型號
(default:M_FANUC)

4. 自動給定有效範圍

- (1) 可從刀具庫中得到刀具總數，即可判定刀具號碼範圍。
- (2) 從刀具庫選擇刀具號碼後，可得刀之直徑判別最大之銑削寬度。

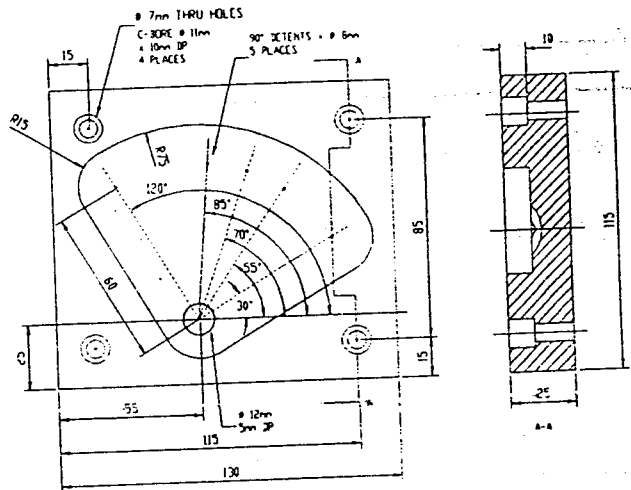
- (3) 得最後之加工深度，可判別第一次進刀深，粗銑刀深和精銑刀深。

三、結果與討論

以下則以2¹/₂軸加工實例，分別由工作圖、AutoCAD製圖、CAD圖層設定、DXF圖形交換檔之產生、刀具庫檔(*.JSF)之規畫，Macro程式執行步驟分別加以說明

3-1 工作圖

欲加工工件之工作圖，如圖三



圖三 加工工件工作圖

3-2 AutoCAD繪製步驟

1. R12

說明：進入Auto CAD R12

2. File → New → plate.DWG

說明：建新檔，命名為 plate.DWG

3. Setting → Layer control

說明：設定 CAD 圖層(參見圖五)

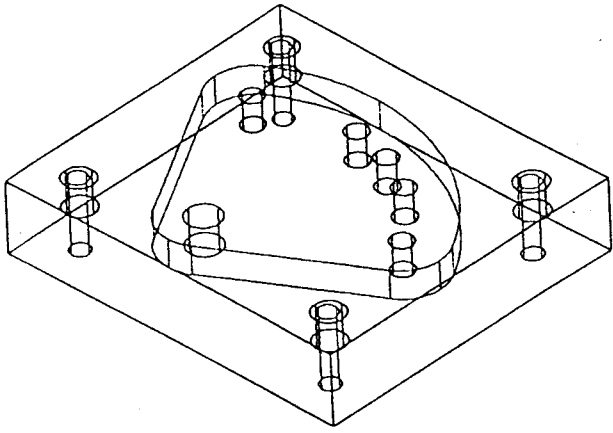
4. Draw → Line

說明：構圖(如圖四)

5. File → Save

說明：存檔

Machine: Fanuc
 Customer: Auto CAD demos
 Dwg#:
 Part: Mold cavity
 operation: Drill and machine



pocket

Material Blank: _____

Notes: _____

2. Tools (註: CAD為Auto CAD 對應之層)

TL#	TYPE	ID#	CAD	Diff	Loft	Diameter	Length
1	Spot Drill	81			1	8.0000	41.000
2	Drill	82			2	12.000	54.000
3	Drill	83			3	7.0000	38.000
4	Drill	84			4	11.000	52.000
7	Drill	85				8.0000	41.000
5	End Mill			33	5	10.000	25.000
6	End Mill			34	6	4.0000	12.000

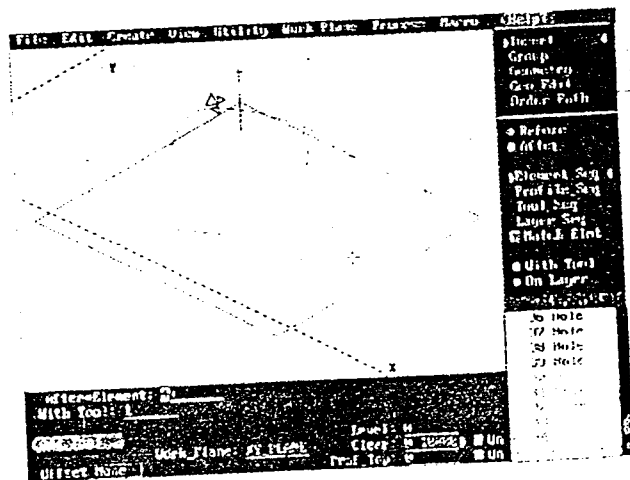
3. CAM_Layers CAD Layer

1	70
2	pocket

4. Files - SAVE

3-6 SmartCAM圖形檔 (*.SH3) 之產生

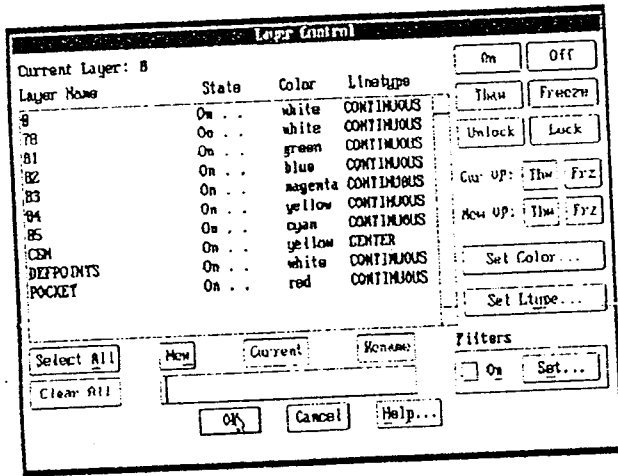
當有了 plate.DXF (DXF圖形檔) 及 Plate.JSF (刀具檔), 即可依照2-4節所述之步驟轉換成SmartCAM之plate.SH3圖形檔, 如圖六:



圖六 plate.SH3圖形檔

圖四 AutoCAD繪製之工作圖(plate.dwg)

3-3 AutoCAD之圖層(Layer)設定



圖五 AutoCAD圖層設定

3-4 圖形交換檔 (*.DXF) 產生

指令:

Utility → DXF/DXB → DXFOUT → plate.DXF
 轉成圖形交換檔 plate.DXF

3-5 刀具庫檔 (Job Plan) 規劃

刀具庫檔之規畫, 包含刀具庫資料 (Job information), 刀具 (tools), 圖層設定 (CAD Layer及CAM Layer), 分別敘述如下:

1. Job Information

Filename: plate.JSF

Date: 10/11/95

Units: Metric

Machine type: Mill

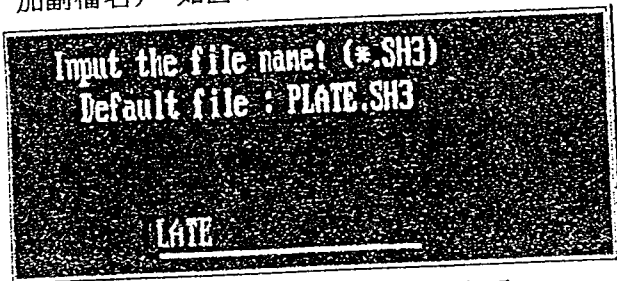
3-7 Macro執行步驟

Macro執行前步驟：

1. 啟動SmartCAM。
2. 在畫面中用滑鼠選擇，進入3D-Machining。
3. 進入主畫面後，在螢幕上方之功能表中選擇Macro項目中Execute或Demo。
4. 使用滑鼠選擇PLATE.MCL檔，並按Accept，則Macro程式開始執行。

Macro程式開始執行：

1. 輸入*.SH3圖檔，預設PLATE.SH3檔。(不需加副檔名)，如圖七



圖七 Macro提示語與輸入值畫面

2. 選單式選擇查看刀具內容或決定刀具號碼。
3. 查看刀具內容資料，畫面顯示各刀具號碼及各刀具直徑、型態。
按 1. 選擇下頁刀具內容
2. 上頁刀具內容
3. 回上一選單
4. 輸入粗加工銑刀刀具號碼，若輸入之刀具號碼非銑刀刀具，則警告此刀非銑刀型態。或輸入值超過刀具庫之總刀數範圍亦提出警告。
5. 輸入精加工銑刀刀具號碼，若輸入值錯誤，則警告，同4。
6. 輸入粗銑之每次銑寬(正值)，其範圍值從0至粗銑刀之直徑。
7. 輸入精銑之每次銑寬(正值)，其範圍值從0至精銑刀之直徑。
8. 輸入精銑之最後深度(正值)，也就是凹槽深度，其範圍值不可超過銑刀之刀長。畫面中提示粗銑刀、精銑刀之刀長值。程式中，自動給定加工裕度1mm，故粗銑最後深度=精銑最後深度(槽深)-1。
9. 輸入第一次進刀深(正值)，範圍值不可大於粗銑最後深度。
10. 輸入粗銑每次進刀深(正值)，範圍值不可大

於粗銑最後深度。

11. 輸入精銑每次進刀深(正值)，範圍值不可大於精銑最後深度(槽深)。
12. Outside Boundary Element Number 提示及輸入。

提示：使用滑鼠在畫面右下方之Element列出視窗，找出任一Packet之Element Number。

輸入：按 Enter後，輸入找到之 Element Number。

13. 選單式選擇 Show path speed。

按 1. 慢速顯示(Speed:3)

2. 正常顯示(Speed:6)

3. 高速顯示(Speed:9)

4. 使用者自定顯示速度(Speed:0-9)

14. End Element Number 提示及輸入。

提示：使用滑鼠在畫面右下方之Element列出視窗，找出任最後之Element Number 總數。

輸入：按 Enter 後，輸入找到之Element Number。

15. 畫面開始顯示刀具路徑模擬，如圖八。

16. 輸入產生之 NC碼檔案，預設為 PLATE.NC (副檔名可加、可不加)。

17. 選單式選擇 Machine Center 機型。

按 1. M_FANSUB (FANUC 10M) 預設機型

2. M_FANUC (FANUC 11M)

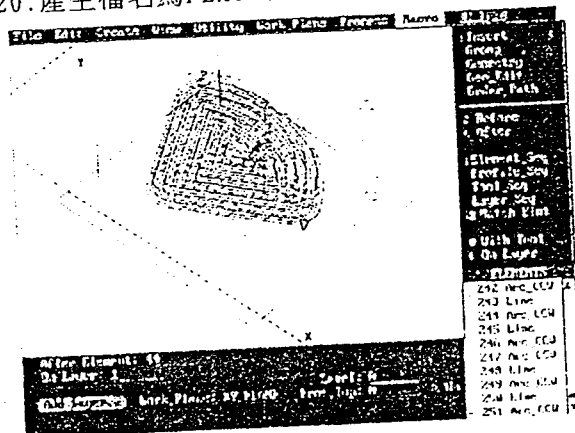
2. M_MONARC (FANUC 15MA)

4. 使用者自行輸入機型。

18. 使用者自行輸入機型時，其機型檔(.SMF)與樣本檔(.TMP)需輸入副檔名。

19. 程式結束畫面。

20. 產生檔名為PLATE.NC之刀具碼檔。



圖八 刀具路徑模擬圖

3-8 效率性評估

針對挖槽與鑽孔類型之工件經由AutoCAD繪圖配合刀具庫規劃，轉出SmartCAM圖檔。即可使用巨集程式(Macro)得到NC碼。雖然在SmartCAM上直接繪圖效率較高，但在多圖樣及圖形複雜情況下，由AutoCAD較易繪製，且鑽孔的安排也較簡單。因此在不同的情況下，效率各有所不同。一般考慮的原則為：複雜圖形在AutoCAD繪製效率較高；反之，由SmartCAM繪製效率較高。

優點

1. 可省去繪製兩次的麻煩，生產者可將AutoCAD圖檔轉成SmartCAM圖檔，無需在CAM下重新繪製。
2. 可大量縮減加工時所需的參數設定，所有參數設定皆採用選單式。
3. 交談視窗顯示，讓使用者能得知目前的加工參數環境。
4. 本程式的加工型式為2.5軸銑槽及鑽孔，針對此類型之工作可藉由此巨集程式(Macro)執行得到NC碼。

缺點

1. 刀具庫的設定稍嫌繁雜，非一般人所能勝任。
2. AutoCAD圖檔必須是2.5D圖形架構，且只限於一種畫法。
3. 鑽孔順序若要改變時，在SmartCAM下排序是非常複雜。
4. 目前錯誤迴圈只能對數值做判斷，無法對字元做判斷。
5. 加工順序不易加以控制排列。
6. 無法用Mouse選取圖素(Element)。
7. 交談視窗和工作視窗重疊，使圖形被掩蓋不易看出。

3-9 未來展望

1. 可提供一般小型OEM工廠使用。
2. 可用於刻字、雕刻、模具方面，製作上相當方便。
3. 因為刀具庫的設定繁雜，使用者必須具備刀具庫規劃的知識和技術，最好是CAD圖形的

繪製者，至少要了解此圖的繪製過程，加工順序及圖層設定。

4. 在SmartCAM下排序鑽孔的順序是非常複雜，所以鑽孔的順序要事先規劃，在CAD繪圖下依照孔的位置排列選擇適合的繪圖方法(順時針、逆時針或相鄰最近的兩個孔)。
5. 期待錯誤迴圈能對字元作判斷，這樣可以提高偵錯功能。
6. 期待Mouse能直接抓取圖素(Element)，可以不用鍵入方式輸入圖素號碼(Element Number)。
7. 交談視窗的位置，能由使用者自行決定，這樣可避免圖形被掩蓋不易看出的缺點。

四、結論

本文的目標為CAD/CAM系統整合應用於2.5軸NC加工，方法為用SmartCAM的MCL(Macro Command Language)發展一個自動設計程式。工作圖在AutoCAD繪製，再轉成DXF圖形交換檔，同時配合規劃完成的刀具庫資料傳至SmartCAM，執行本自動設計程式即可產生NC加工程式。

本專題以一個含中心鑽，鑽孔和內槽的2.5軸工作為實例，成功的完成了CAD/CAM系統之整合。結果發現本自動設計程式確實可以簡化NC程式撰寫的難度和縮短NC程式撰寫的時間。

目前本自動設計程式適用的加工範圍為攻牙、鑽孔、中心鑽、銑內槽和外形等2.5軸加工型式。未來研究方向有二：

- 一. 加強本自動設計程式功能，使其能進行3D工件的加工。
- 二. 發展通用型式的刀具庫或改進本自動設計程式使其在巨集指令下也能規劃刀具庫，讓完全不懂CAM的使用者也能使用本自動設計程式。

五. 參考資料

1. 傅筱蓉, 1991, "1991年CAD/CAM/CAE發展趨勢分析", CAD與自動化, 第45期, pp. 3-7.
2. 傅筱蓉, 1991, "1991年 CAD/CAM, 產業現象論", CAD與自動化, 第45期, pp. 15-30.
3. 佚名, 1992, "CAD CAM的新風貌", 自動化科技, 第100期, pp. 25-27.
4. 郭鴻森、吳俊瑩、傅光華、何明果, 1994, "壓鑄模具 CAD/CAM整合系統研究", 國科會(機械工程), PA8310-2162, pp. 500.
5. 佳工公司, 1994, "T.CAD-11", 自動化科技, 第121期, pp. 15.
6. 劉金龍譯, 1994, "模具專用 CAD/CAM/CAE系統-Auto MOULD(上)", CAD與自動化, 第43期, pp. 122-127.
7. 劉金龍譯, 1994, "模具專用CAD/CAM/CAE系統-Auto MOULD(下)", CAD與自動化, 第44期, pp. 67-72.
8. 崇道國際股份有限公司, 1991, "CAM-TOOL", 自動化科技, 第103期, pp. 6.
9. 黃朝榮、廖俊榮、郭文人、陳新展、柯怡峰、周信宏, 1995, "CAD/CAM系統整合應用於 $2\frac{1}{2}$ 軸加工".

The Integration of CAD/CAM for the Applications to $2\frac{1}{2}$ D NC Machining

Chaur-Rong Hwang
Wen-Jen Kuo
Jiunn-Rong Liaw
Shin-Jaan Chen
Yi-Feng Ke
Shin-Horng Jou
Bor-Tsuen Wang

Department of Mechanical Engineering
National PingTung Polytechnic Institute

Abstract

This work presents the integration of AutoCAD and SmartCAM software and its applications to $2\frac{1}{2}$ D NC machining. Drilling, tapping, pocket and island machining are considered. The part drawing is first generated by AutoCAD. The DXF file can then be obtained. SmartCAM can transfer DXF file into shape file format which can be used in SmartCAM. The developed MCL (macro command language) program is executed to automatically generate NC program for machining. The MCL program is a user-friendly system and can reduce the time of producing NC program and the cost of training CAM users. An inexperienced user can easily utilize the program to generate NC program in SmartCAM. The MCL program can be utilized for 3D machining and adopted for industrial applications.