

PCB印刷電路板壓合加熱板 定位溝槽之加工技術

巫維標／東南科技大學 機械工程系 助理教授・黃仁清／東南科技大學 機械工程系 副教授

以往工廠現場在對油壓熱壓機的PCB印刷電路板壓合加熱板定位溝槽之加工，每次在床台上僅以6件堆疊一起校正定位設定零點夾緊準備加工，開始使用比溝槽寬度小之端銑刀(End mill)粗銑後更換與溝槽寬等徑端銑刀精加工；其缺點有粗加工時因要控制精加工預留量需訂製特定尺寸刀具或計算粗加工軌跡，及精加工時使用與溝槽寬等徑的端銑刀銑削時，當端銑刀鈍化後其溝槽尺寸精度公差不易控制，而壓合加熱板因重量大，操作員花費在使用天車吊掛及裝卸校正定位夾緊、程式準備、及刀具交換的時間非常多…等缺點；本技術改良為利用控制器提供之判斷指令(Judgement command)及刀具補償(Cutter compensation)…等功能，將粗、精銑削加工等加工程式全部結合在一起，在相同尺寸精度公差條件要求下，可一次加工12件(依機台載重量上限)，大幅降低每件壓合加熱板在裝卸、定位、夾緊、切削等總加工時間達33%，使程式設計者及現場操作人員簡化程式及迅速處理加工準備，改善在上機台裝卸與加工操作時間，有效控制加工精度提高生產效率。

關鍵字：油壓機械、PCB印刷電路板、壓合加熱板、端銑刀、刀具補償功能

1. 前言

本技術報告是國內大型油壓機械製造廠—連結機械股份有限公司與本校機械工程系之產學合作-技術服務項目成果之一，現將在工廠技術服務貢獻油壓機械的PCB印刷電路板壓合加熱板定位溝槽之加工技術項目改良提出報告，而這改良技術亦獲得工廠現場實際採納使用，並能改善現有CNC工具機加工效率促進提高產品競爭力。

以往在油壓機械的PCB印刷電路板壓合加熱板定位溝槽之加工，大多加工一次只堆疊6件來加工，因此花費在校正定位夾緊的時間非常多，且亦有粗銑時需訂製特定尺寸的粗銑刀具，或計算粗銑的銑削軌跡困擾與精加工時，使用等徑端銑刀精加工時無法有效控制溝槽寬度尺寸公差…等缺點。雖然控制器亦提供很多銑削模組(Milling pattern)軟體〔1〕，但仍無法適用於此加工需求。因本技術針對以上缺點進行加工技術改良，利用控制器提供之判斷指令(Judgement command)〔2〕及刀具補正(Cutter compensation)〔3〕…等功能，可依加工件數設定一次多件加工，根據精加工預留量設定計算粗加工軌跡精確保留精加工預留量，於精銑削加工溝槽刀具補償功能有效控制溝槽寬

度尺寸。並將粗、精銑削加工等加工程式全部結合在一起，以達簡化程式設計、有效控制加工精度、縮短每件加工時間與降低成本以提高生產效率。

2. 加工技術背景簡介

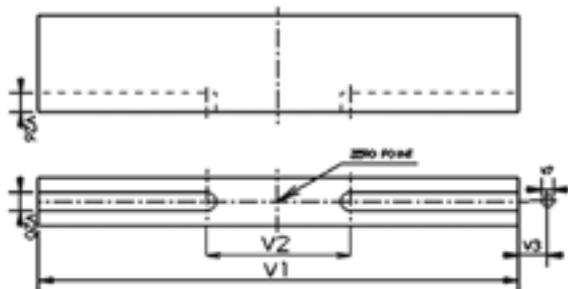
PCB印刷電路板壓合加熱板是以S50C厚鋼板為材質，壓合加熱板定位溝槽形狀是在板的兩側面銑削一道長形且接近中心均有圓弧狀溝槽，此溝槽可使壓合機導柱桿引導壓合加熱板進行定位作動。壓合加熱板是油壓壓合機對多層PCB印刷電路板之熱壓盤基板，在壓合作動時壓合加熱板需承受很大壓力，且板的中間有加熱管外，所以結構堅固且重量大。因壓合作動之移位速度快，所以壓合加熱板定位溝槽之必須準確。以往對壓合加熱板定位溝槽之加工每次在床台上僅以6件堆疊。壓合加熱板體積大重量達百餘公斤，裝卸校正均需使用吊車作業，平均每一件花費在校正定位準備加工時間多，再加上計算粗加工切削軌跡、程式準備、加工時交換刀具等的時間非常浪費，精加工時端銑刀鈍化後其溝槽尺寸精度公差不易控制…等缺點，造成現場操作人員處理上困難及加工效率低之缺憾。

3. PCB印刷電路板壓合加熱板定位溝槽之加工技術簡介

PCB印刷電路板壓合加熱板定位溝槽之加工改良技術是利用控制器之判斷指令(Judgement command)可一次加工12件(依機台載重量上限)·以大幅降低原來花費在定位夾緊部份的時間·及粗加工時能為精加工控制適當的預留量·在精銑削加工溝槽時配合刀具補償功能(Cutter compensation)可有效控制溝槽寬度尺寸·並將粗、精銑削加工等加工程式全部結合在一起·如此對於程式設計者及現場操作者均可以簡化及迅速處理加工準備·以縮短程式設計及加工操作時間·有效控制加工精度提高生產效率·

本技術於日本TOSNUC 888控制器開發·使用機器為日本TOSHIBA SHIBAURA LTD-13FR22 CNC臥式搪銑床·PCB印刷電路板壓合加熱板定位溝槽之加工改良技術主要方式如下：

1. 粗加工時：由第1工件(最底層)開始銑削·端銑刀快速移位至溝槽端面外緣刀具中心與工件間隙量(V3)距離位置(圖1)·快移至指令設定之精加工(Y軸)預留量上偏位處·Z軸下刀至銑削深度(V26)·沿X軸銑削至溝槽終點·以精加工預留量(V13)為半徑逆時針圓弧切削至精加工(下偏位處)預留量位置·再沿X軸銑削至起點·Z軸快速移位至提刀位置(V18)·X-Y軸快速移位至第2工件(上一層)起點位置繼續銑削·此方式優點粗加工時能為精加工有效控制設定預留量·以利精確的精加工控制尺寸公差·



(圖1) 壓合加熱板定位溝槽圖

2. 精加工時：下刀方式及切削軌跡與粗加工相同·但應用端銑刀端面外緣刀具中心與工件間隙量(V3)為緩衝距離間·依工具機主軸偏轉度及溝槽寬尺寸要求在該段距離作刀具補償·實施刀具補償方式採G41刀具偏左補償順銑切削·刀具補償號碼由程式指令參數V21指定·其優點為溝槽尺寸可由刀具補償方式及補正量控制·操作方便·且不必因精加工而去訂製與溝槽相同尺寸之刀具可節省成本·

3. 壓合加熱板每次可依工件層數量及粗、精加工方式設定加工：每次加工層數由參數V8設定·第一層加工座標設定於補正NO.921〔4〕·第二層加工座標設定於補正號碼NO.922·依加工件層數順序逐一設於補正號碼資料欄位置·加工方式設定由參數V4設定·設1為粗加工·設2為精加工；利用控制器均具有的巨集指令之分歧(Branch)控制功能〔5〕判斷粗、精加工方式·有效控制精加工之精度·其優點是可依加工件數設定一次多件加工·粗、精銑削加工等加工程式全部結合在一起·如此對於程式設計者及現場操作者均可以簡化及迅速處理加工準備·以縮短程式設計及加工操作時間·

使用TOSNUC 888控制器對PCB印刷電路板壓合加熱板定位溝槽之加工加工技術指令為：
\$1234；

【SV, V1 = __, V2 = __, V3 = __, V4 = __, V7 = __, V8 = __, V13 = __, V20 = __, V21 = __, V24 = __, V25 = __, V26 = __, V18 = __, V9 = __】；

參數說明：

- V1：壓合加熱板溝槽外側兩端面距離(取正值)
- V2：壓合加熱板溝槽內側終點兩圓弧中心距離(取正值)
- V3：刀具中心與工件間隙量(取正值)
- V4：加工方式設定；1粗加工、2精加工
- V7：刀具之直徑(絕對值)
- V8：工件層數(取正值)
- V9：銑削進給率(mm/min)
- V13：精加工預留量(取正值)
- V18：提刀Z軸(絕對值)
- V20：槽寬(絕對值)
- V21：補正號碼
- V24：槽中心X軸(絕對值)
- V25：槽中心Y軸(絕對值)
- V26：銑削之深度(絕對值)

4. PCB印刷電路板壓合加熱板定位溝槽之加工技術實例

以一油壓熱壓機的PCB印刷電路板壓合加熱板定位溝槽之銑削加工為例·其壓合加熱板溝槽外側兩端面距離2,260mm·溝槽內側終點兩圓弧中心距離1,840mm·溝槽寬度(如圖2)24mm·溝槽深度位置5mm·精加工預留量0.25mm·使用TOSNUC 888控制器發展·粗、精加工、刀具補償及溝槽尺寸精度控制等程式來加工·對PCB印刷電路板壓合加熱板定位溝槽之溝槽銑削加工技術指令使用之程式如程式1·其使用機器設

備、切削條件、程式指令如下：

使用機器：日本TOSHIBA SHIBAURA BTD-13FR22 CNC臥式搪銑床

控制器：日本TOSHIBA TOSNUC 888

切削條件

端銑刀規格：NACHI SG-FAX ϕ 20mm(粗加工為2刃、精加工為4刃)

被削材料：S50C

壓合加熱板溝槽外側兩端面距離：2,260mm

溝槽內側終點兩圓弧中心距離：1,840mm

刀具中心與工件間隙量：15mm

加工方式設定：1粗加工、2精加工

刀具之直徑：20mm (絕對值mm)

工件層數：12

槽寬：24 mm

精加工預留量：0.25 mm

補正號碼：

槽中心位置X軸：0(絕對值mm)

槽中心位置Y軸：0

銑削之深度：5 mm

提刀位置Z軸：12 mm

進給率：粗加工120mm/min(2刃)、精加工150mm/min(4刃)

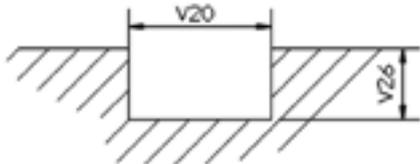
切削油劑：水溶性乳化劑

粗加工程式參數指令

```
【SV, V1 = 2260, V2 = 1840, V3 = 15, V4 = 1,
V7 = 20, V8 = 12, V13 = 0.25,
V20 = 24, V21 = 1, V24 = 0, V25 = 0, V26 = -5, V18 = 12, V9 = 120】；
```

精加工程式參數指令

```
【SV, V1 = 2260, V2 = 1840, V3 = 15, V4 = 2,
V7 = 20, V8 = 12, V13 = 0, V20 = 24, V21 = 1, V24 = 0, V25 = 0, V26 = -5, V18 = 12, V9 = 150】；
```



(圖2) 壓合加熱板定位溝槽之斷面圖

5. 結果與探討

1. 利用控制器之判斷及分歧控制指令...等功能，以進行壓合加熱板定位溝槽之加工。每次加工數量提高一倍(依機台載重量上限)，可大幅降低花費在定位夾緊時間。平均每件壓合加熱板在裝卸、定位、夾緊、切削等總加工時間節省達33%。

(程式1)

```
$I234 :
【SV,V22=V7/2】：
【SV,V14=V20/2】：
【SV,V15=V14-V22-V13】：
【SV,V5=V1/2】：
【SV,V6=V2/2】：
【SV,V12=V5+V3】：
G90 G00 X,V24, Y,V25 :
Z,V18 :
【SV,V10=921】：
【SV,V11=1】：
【IF,V4.EQ.2,GO,500】：
N100【IF,V11.GT.V8,GO,150】：
G57 H,V10 :
G90 G00 X,V12,Y,V25 :
Y,V15 :
Z,V26 :
G01 X,V6, F,V9 :
G03 Y,-V15, J-V15 :
G01 X,V12 :
Z,V18, F,【2*V9】：
【SV,V10=V10+1】：
【SV,V11=V11+1】：
【GO,N-100】：
N150【SV,V10=V10-1】：
【SV,V11=V11-1】：
N200【IF,V11.EQ.0,GO,900】：
G57 H,V10 :
G90 G00 X,-V12, Y,V25 :
Z,V26 :
G01 X,-V6, F,V9 :
Z,V18,F,【2*V9】：
【SV,V10=V10-1】：
【SV,V11=V11-1】：
【GO,N-200】：
N500【IF,V11.GT.V8,GO,550】：
G57 H,V10 :
G90 G00 X,V12,Y,V25 :
Z,V26 :
G01 G41 X,【V5+1.】, Y,V22,D,V21, F,V9 :
G01 X,-V6 :
G03 Y,-V22,J,-V22 :
G01 X-【V5+1.】：
G00 G40 X,V12, Y,V25 :
Z,V18, F,【2*V9】：
【SV,V10=V10+1】：
【SV,V11=V11+1】：
【GO,N-500】：
N550【SV,V10=V10-1】：
【SV,V11=V11-1】：
N600【IF,V11.EQ.0,GO,900】：
G57 H,V10 :
G90 G00 X,-V12, Y,-V25 :
Z,V26 :
G01 G41X,-【V5+1.】, Y,-V22,D,V21, F,V9 :
G01 X,-V6 :
G03 Y,V22,J,V22 :
G01 X-【V5+1.】：
G00 G40 X,-V12, Y,V25 :
Z,V18,F,【2*V9】：
【SV,V10=V10-1】：
【SV,V11=V11-1】：
【GO,N-600】：
N900 M30 :
```

2. 在粗加工時，控制器可依程式指令設定之精加工的預留量自動計算銑削軌，不必訂製特定尺寸的粗銑刀具或計算粗銑的銑削軌跡麻煩，提供在精加工時適當加工預留量，有效控制溝槽尺寸控制。
3. 在精加工時，刀具補償方式與補正號碼由程式指令參數設定補正量由控制器補正值設定。因此在溝槽尺寸控制與操作皆非常方便，且不必因精加工而去訂製與溝槽相同尺寸之刀具可節省成本。
4. 全程精、粗銑削加工之程式全部結合在一

起，各項加工數據皆以指令參數形式設定。對現場操作者可以很容易、迅速、精確處理完成銑削加工，降低加工成本提高生產效率。

6. 對工廠之貢獻

本項技術改良亦是獲得工廠現場操作技術人員最受好評技術之一，在相同尺寸精度公差條件要求下，以往每次在床台上僅以6件加工，平均每件加工時間約108分鐘，現提高至每次12件加工，每件加工時間降為72分鐘，大幅降低壓合加熱板每件加工時間達33%。同時本技術將精、粗銑削加工之程式全部結合在一起，各項加工數據皆以指令參數形式設定，操作者可以很容易、迅速、精確處理完成銑削加工，提高生產效率。以工廠現有日本TOSHIBA SHIBAURA BTD-13FR22 CNC臥式搪銑床，對規格為壓合加熱板溝槽外側兩端面距離2,260mm、溝槽內側終點兩圓弧中心距離1,840mm、溝槽寬度24mm、溝槽深度位置5mm，平均每工件約可縮短36分鐘，以1分鐘24元加工費用計算每一工件節省約864元，除了加工時間縮短降低生產成本外，又可精確控制溝槽尺寸。

參考文獻

1. "TOSNUC 888 PROGRAMMING MANUAL (ADDITIONAL) " TOSHIBA MACHINE CO., LTD STE42864-2 1995 pp132-pp162
2. "TOSNUC 888 PROGRAMMING MANUAL (MACRO) " TOSHIBA MACHINE CO., LTD STE42865-1 1995 pp42-pp73
3. "TOSNUC 888 PROGRAMMING MANUAL (BASIC) " TOSHIBA MACHINE CO., LTD STE42763-3 1995 19954. pp61-pp72
4. "TOSHIBA SHIBAURA BTD-13FR22 OPERATOR' S MANUAL " TOSHIBA MACHINE CO., LTD STE42760-5 1995 pp76-pp82
5. "FANUC Series 15 - MA OPERATOR' S MANUAL" FANUC LTD, 1985. B-61224E/01 pp556-pp560