

Study on the Machining Turbine Blade Surface Using Five-Axis Numerical Control Machine Tool

蘇宏明、余振華

E-mail: 9405654@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

In order to reach the high-precision and high-quality produce demand these years, adopting 5-axis CNC has become an advantage among the industrial competition. 5-axis machining has been valued by the aerospace industry, the automobile industry, the tire mold industry and other mold industries. Besides, the demand of 5-axis machining has gradually become keen. In Taiwan, more and more machine industries are developing 5-axis CNC actively. Because 5-axis CNC has two additional rotation degrees of freedom than 3-axis CNC, it has more powerful processing ability. It's used to deal with the special curve or geometrics that 3-axis CNC can't do with. Take the centrifugal air turbine blade and axial-flow spiral blade for example, 5-axis CNC can deal with the processing problems such as the large changeability of the curve rate, the highly demand of curve precision and the highly overlap of the blades. Therefore, we use turbine blade as an example in this study to analyze the process planning of 5-axis CNC and tool path generation. We try to simulate and confirm the axis program by the machine interface. First of all, we produce the proper tool path from UG/CAM, and take the first step to simulate and check it. We can use DECKEL MAHO DMU 60T machine interface which is based on VERICUT to simulate NC code of the tool path. At last, we can complete the air turbine blade successfully through the accurate experimental confirmation.

Keywords : CAM ; five-axis machining ; axial-wheel turbine blade

Table of Contents

封面內頁 簽名頁 授權書.....	iii	中文摘要	iv	英文摘要	
.....v		誌謝.....	vi	目錄.....	vii
圖目		錄.....	ix	表目錄.....	xiii
第一章 緒論.....	1	1.1 前言.....	1	1.2 研究動機與目的.....	1
1.3 文獻回顧.....	4	1.4 研究方法.....	7	1.5 研究架構.....	9
第二章 UG的電腦輔助製造.....	11	2.1 三軸粗銑削加工設定.....	11	2.2 五軸中銑削及精銑削葉片設定.....	15
2.3 五軸中銑削及精銑削輪轂凹面設定.....	22	2.4 刀軸長度設定.....	24	2.5 巨指令設定及後處理.....	25
第三章 VERICUT模擬銑削.....	28	3.1 工具機建構.....	28	3.2 素材設定.....	34
3.3 刀具設定.....	36	3.4 模擬銑削設定.....	37	3.5 實際模擬銑削.....	41
第四章 CNC車床之素材加工.....	43	4.1 CNC車床.....	43	4.2 CNC車床製程指令參數設定.....	44
4.3 工作原點設定.....	46	4.4 刀具幾何形狀補正值設定.....	47	4.5 刀尖磨損補正值設定.....	48
4.6 素材加工注意事項.....	49	第五章 五軸數控工具機之曲面加工.....	50	5.1 五軸數控工具機.....	50
5.2 加工素材夾持及校正.....	51	5.3 X軸座標量測及修正.....	52	5.4 刀長量測及設定.....	54
5.5 程式傳輸及修改.....	56	5.6 執行銑削其他注意事項.....	58	5.7 實際加工及結果.....	59
第六章 結果與討論.....	62	第七章 結論與建議.....	70	參考文獻.....	73
圖目錄 圖1.1 三軸球刀加工曲面.....	1	圖1.2 五軸球刀加工曲面.....	1	圖1.3 一般無VERICUT模擬之流程圖.....	8
圖1.4 本研究之流程圖.....	9	圖2.1 零件幾何元素.....	12	圖2.2 點選穴型加工.....	12
圖2.3 實際加工用素材.....	12	圖2.4 模擬用素材.....	12	圖2.5 模擬素材附於零件位置.....	13
圖2.6 實際素材及夾治具.....	13	圖2.7 座標系統不一.....	14	圖2.8 座標系相同.....	14
圖2.9 粗銑削模擬切削情形.....	15	圖2.10 區段圖.....	16	圖2.11 驅動方法選擇.....	16
圖2.12 刀軸Swarf驅動設定.....	16	圖2.13 刀軸Swarf驅動模擬切削情形.....	17	圖2.14 刀軸Swarf驅動模擬有過切.....	17
圖2.15 刀軸相對於驅動設定.....	18	圖2.16 Z軸超行程.....	19	圖2.17 2L葉片面模擬情形.....	19
圖2.18 刀軸朝向一點設定.....	19	圖2.19 尋找點座標及刀軸朝向一點UG模擬情形.....	20	圖2.20 面積比例不變有過切.....	21
圖2.21 曲面比例選項.....	21	圖2.22 面積比例縮小無過切.....	21	圖2.23 凹面分割為五個小區域.....	22
圖2.24 凹面五個小區域UG刀具路徑模擬.....	22	圖2.25 VERICUT模擬精銑削.....	24	圖2.26 刀長設定.....	25
圖2.27 巨指令之刀具路徑選項.....	26	圖2.28 後處			

理設定.....	26	圖3.1 VERICUT工具機模型建構圖.....	28	圖3.2 A軸及B軸設定方
式.....	29	圖3.3 當B軸設定為Component時轉向正確.....	30	圖3.4 如果B軸設定為Model時旋轉軸錯
誤.....	30	圖3.5 當A軸設定為Component時旋轉正確.....	31	圖3.6 刀具座標設定錯誤.....
量測		圖3.7 量測		圖3.8 刀具座標設定一.....
刀具轉軸下緣中心相對於B軸中心的座標值.....	32	圖3.9 刀具座標設定		圖3.10 A軸轉向相反設定.....
二.....	33	圖3.11 素材轉入IGES設定.....	35	圖3.12 素材轉入前一次成品檔設定.....
圖3.13 刀長設定.....	36	圖3.14 刀具號碼設		圖3.15 刀具路徑檔案型態選擇.....
定.....	37	圖3.16 程式相對應點設定.....	38	圖3.17 程式初始原點設定.....
圖3.18 程式初始原點量測.....	39	圖3.19 刀具路徑原點設		圖3.20 粗銑模擬完成結果.....
定.....	40	圖3.21 中銑模擬完成結果.....	41	圖3.22 精
銑模擬完成結果.....	42	圖4.1 素材尺寸.....	43	圖4.2 CNC車床.....
圖4.3 CNC車床軸向座標圖.....	44	圖4.4 修端面.....	47	圖4.5 測量Z軸尺
寸.....	47	圖4.6 修外徑.....	47	圖4.7 測量外徑尺寸.....
圖4.8 素材車削		圖4.9 素材成品及治具.....	49	圖4.10 完成.....
完成.....	49	圖5.1 DECKEL MAHO DMU 60T 五軸數控工具		圖5.2 素材夾持.....
機.....	50	圖5.2 素材夾持.....	52	圖5.3 校正素材.....
圖5.4 X軸座標量		圖5.5 X軸座標設定.....	53	圖5.6 刀長量測.....
測.....	52	圖5.6 刀長量測.....	54	圖5.7 TT130
程式類別選擇.....	54	圖5.8 TT130 刀長量測程式.....	55	圖5.9 輸入刀具概略長
度.....	55	圖5.10 刀長增加10mm測試.....	55	圖5.11 網路傳輸畫面.....
圖5.12 粗		圖5.11 網路傳輸畫面.....	55	圖5.12 粗
銑之比較.....	59	圖5.13 試銑插刀及過切現象.....	60	圖5.14 整個粗銑成品.....
圖5.15 葉片及凹面中銑成品.....	61	圖5.16 葉片及凹面精銑成品.....	61	圖5.17 完成
品.....	61	圖6.1 UG之刀具設定.....	62	圖6.2 UG刀具路徑模擬.....
圖6.3 VERICUT刀		圖6.2 UG刀具路徑模擬.....	63	圖6.3 VERICUT刀
刀刃長設定.....	63	圖6.4 刀刃長不足之模擬.....	63	圖6.5 球型長頸2刃刀目
錄.....	63	圖6.6 刀具頸部磨擦工件.....	64	圖6.7 變更刀柄同刀刃直徑設定.....
圖6.8 刀柄		圖6.7 變更刀柄同刀刃直徑設定.....	64	圖6.8 刀柄
納入刀把設定.....	64	圖6.9 模擬出刀具頸部磨擦工件.....	65	圖6.10 UG實際刀長設
定.....	66	圖6.11 VERICUT刀長設定.....	66	圖6.12 VERICUT模擬顯示撞刀.....
圖6.13 VERICUT		圖6.12 VERICUT模擬顯示撞刀.....	68	圖6.14 經修改後模擬銑削正常.....
模擬無撞刀		圖6.14 經修改後模擬銑削正常.....	69	表目錄 表2.1 葉片曲面
第一次UG		表目錄 表2.1 葉片曲面		第一次UG
刀具路徑設定		表2.2 經修改後葉片曲面UG		刀具路徑設定
值.....	18	表2.2 經修改後葉片曲面UG		刀具路徑設定
值.....	20	表2.3 中銑削葉片曲面		比例
設定		表2.3 中銑削葉片曲面		比例
值.....	21	表2.4 輪轂凹面UG		刀具路徑設定
值.....	23	表2.4 輪轂凹面UG		刀具路徑設定
值.....	23	表2.5 中銑削輪轂凹面		比例
設定		表2.5 中銑削輪轂凹面		比例
值.....	23	表2.6 G-Cord 部份修正說明.....	27	表4.1 切削速率.....
表4.1 切削		表4.1 切削速率.....	45	表4.2 NC車床車
削速率.....	45	表5.1 MAHO DMU 60T		削素材程式.....
表5.1 MAHO		表5.1 MAHO DMU 60T		配備功能表.....
DMU 60T		表5.2 原始程		式.....
配備功能		表5.2 原始程		式.....
表.....	51	表5.3 經修改後程式.....	57	表5.4 循環銑削主程式.....
表5.2 原始		表5.3 經修改後程式.....	57	表5.4 循環銑削主程式.....
式.....	56	表5.4 循環銑削主程式.....	57	表6.1 UG後處理
式.....	56	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	程式部份內容.....
表5.3 經		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
修改後		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
程式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
式.....	57	表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
表5.4 循		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
環銑削		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表6.2 VERICUT刀軸設定.....
主程		表6.2 VERICUT刀軸設定.....	66	表

- [15] 余振華, “空間凸輪五軸加工數值控制程式設計系統之研究”, 博士論文, 國立成功大學機械工程研究所, 1997.
- [16] 周波, 巫維標, “數控工具機及實習”, 文京圖書, 1997.
- [17] 黃俊明, 吳運明, 詹永裕, “Unigraphics II模型設計進階篇” 全華科技圖書, 2002.
- [18] 蔡國銘, 黃俊明, 吳運明, “Unigraphics/CAM”, 全華科技圖書, 2002.
- [19] VERICUT User Manual V5.3, CGTECH, 2003.
- [20] Unigraphics NX Documentation Help.