สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงงานวิจัย	ก
บทคัดย่อ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญรูปภาพ	ช
สารบัญตาราง	ฑ
บทที่ 1. บทนำ	1
1.1 หัวข้อโครงงาน	1
1.2 อาจารย์ที่ปรึกษา	1
1.3 หลักการ และเหตุผล	1
1.4 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.5 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)	2
1.6 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)	2
1.7 ขอบเขต	2
1.8 สถานที่ในการดำเนินการวิจัย	2
1.9 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย	2
1.10 การศึกษาวิจัย	3
1.11 อุปกรณ์ในการศึกษา	3
1.12 ขั้นตอน และแผนการดำเนินการ (Gantt chart) ทุก 2 อาทิตย์	4
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 บทนำ	5
2.2 หลักการและเทคโนโลยีทางด้าน CAD/CAM	7
2.3 คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ	7
2.4 จุดมุ่งหมายของการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบ	11
2.5 โปรแกรมออกแบบ Pro/Engineer 2000i^2	11

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.6 คอมพิวเตอร์มาช่วยในการผลิต	14
2.7 การเชื่อมต่อระบบโปรแกรมระหว่าง CAD กับ CAM	17
2.8 ระบบ CAD/CAM ในงานอุตสาหกรรม	19
2.9 หลักการและเทคโนโลยี CNC	19
2.10 ความแตกต่างระหว่างเครื่องจักรกลทั่วไปกับเครื่องจักรกลซีเอ็นซี	20
2.11 หลักการควบคุมการทำงานของเครื่องจักร	21
2.12 การสร้างโปรแกรมเอ็นซี	23
2.13 องค์ประกอบของระบบควบคุม	25
2.14 ซีเอ็นซี แมชชีนนิ่งเซนเตอร์ (CNC Machining Center)	27
2.15 ประเภทของเครื่องแมชชีนนิ่งเซนเตอร์	33
2.16 หลักการและเทคโนโลยีทางด้านการขึ้นรูปด้วยเครื่องกัด 5 แกน	34
2.17 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องซีเอ็นซี 5 แกน HAAS VF-1 Series	47
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย	52
3.1 ทำการสร้างรูปทรงของชิ้นงาน 3 มิติ	52
3.2 การคำนวณหาทางเดินของคมมีดตัดเฉือน	54
3.3 การแปลง CL data ไปเป็น NC-Program	54
3.4 การตรวจสอบ	55
3.5 ทดสอบ NC Post-Processor	55
3.6 การตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นงาน	55
3.7 วิธีการวิเคราะห์ และแก้ไขปัญหา	55
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย	56
4.1 การทดสอบ NC Post-processor สำหรับการเคลื่อนที่ 3 แกน (X, Y, Z)	56
4.2 การทดสอบ NC Post-processor สำหรับการเคลื่อนที่ 5 แกน (X, Y, Z, A, B)	61
4.3 การทดสอบ NC Post-processor สำหรับการเคลื่อนที่ 4 แกน (X, Y, Z, A)	70
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	76
5.1สรุปผล	76

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
5.2.ข้อเสนอแนะ		77
บรรณานุกรม		78
ภาคผนวก ก	ขั้นตอนในการวาดชิ้นงาน 3 มิติ	79
ภาคผนวก ข	ขั้นตอนในการทำโมเดลแมนูแฟคเจอริ่ง โดยใช้ Pro/MANUFACTURING	93
ภาคผนวก ค	วิธีการใช้งานและการเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆ ใน NC Post-processor ของโปรแกรม Pro/ENGINEER 2000i2	109
ภาคผนวก ง	การใช้งานเครื่องกัด CNC 5 Axis HAAS VF-1 Series	127
ประวัตผู้ทำการวิจัย		134

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 กระบวนการผลิตด้วย CAD/CAM และ CNC 7

รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการออกแบบในระบบเดิม 9

รูปที่ 2.3 ขั้นตอนการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในออกแบบ 10

รูปที่ 2.4 โครงสร้างของ Post processor (Jace B.Rochester, Jon Rochester) 17

รูปที่ 2.5 แสดงตัวอย่างของชุดควบคุม 28

รูปที่ 2.6 แสดงส่วนคำนวณ (Microprocessor) 28

รูปที่ 2.7 แสดงส่วนตัวเครื่องจักร 30

รูปที่ 2.8 แสดงส่วนเคลื่อนที่ของตัวเครื่องจักร 30

รูปที่ 2.9 แสดงส่วนชุดสปินเดิล (Spindle) 31

รูปที่ 2.10 แสดงส่วนรางนำทาง 31

รูปที่ 2.11 แสดงส่วนชุดเก็บมีด (Tool Magazine) 31

รูปที่ 2.12 แสดงส่วนแขนที่เปลี่ยนมีด 32

รูปที่ 2.13 แสดงชุดทิ้งเศษจากการตัดเฉือน (Chip Conveyer) 32

รูปที่ 2.14 แสดงชุดเปลี่ยนโต๊ะชิ้นงาน (Pallet Changer) 32

รูปที่ 2.15 เครื่องแมชชีนนิ่งเซนเตอร์แนวตั้ง (VMC) 33

รูปที่ 2.16 เครื่องแมชชีนนิ่งเซนเตอร์แนวนอน (HMC) 34

รูปที่ 2.17 การกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ เชิงเส้นของเครื่องกัดตามกฎมือขวา 35

รูปที่ 2.18 แกนการเคลื่อนที่หลัก X, Y และ Z ของเครื่องกัดแนวดิ่ง 36

รูปที่ 2.19 การกำหนดทิศบวก ของแกน A, B และ C ตามกฎมือขวา 36

รูปที่ 2.20 ปริภูมิ 3 มิติสำหรับเครื่องกัด 3 แกน ข,ค และ ง แสดงการเพิ่มแกนหมุน 2 แกน ลงบนแกนเส้นตรง 3 แกน ทำให้สามารถขึ้นรูปพื้นผิวใด ๆ ก็ได้ในปริภูมิ 3 มิติ 37

รูปที่ 2.21 การขึ้นรูปของพื้นผิวโค้งด้วยเครื่องกัด 5 แกน 38

รูปที่ 2.22 การขึ้นรูปโดยตำแหน่ง (Positioning with five axes) 38

รูปที่ 2.23 การขึ้นรูปบนพื้นผิวโค้ง (Profiling with five axes) 39

รูปที่ 2.24 Kinematics chain diagram 40

รูปที่ 2.25 เครื่องกัด 5 แกนประเภท G2/G3' 41

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่2.26 เครื่องกัด 5 แกนประเภท G5 G0'	41
รูปที่ 2.27 แกนหมุนทั้ง 2 แกน (แกน A และ C) อยู่บนมีดตัดเฉือนหรือยู่ทางฝั่งสปินเดิล	42
รูปที่ 2.28 แกนหมุนทั้ง 2 (แกน A และ B) จับชิ้นงาน	43
รูปที่ 2.29 ขั้นตอนการทำโปรแกรม NC สำหรับเครื่องกัด 5 แกน	44
รูปที่ 2.30 Past Surface, Drive Surface, Check Surface	45
รูปที่ 2.31 นิยามของมุมนำและมุมเอียง	46
รูปที่ 2.32 เครื่องจักร 5-Axis Vertical Machining Center: HAAS VF-1 Series	47
รูปที่ 2.33 แสดงทิศทางของแกนโคออดิเนตของ HAAS VF-1 Series	47
รูปที่ 2.34 แสดง Work coordinates ทั้ง 5 แกนของ HAAS VF-1 Series	48
รูปที่ 2.35 แสดง การเคลื่อนที่ของโต๊ะงาน ของเครื่อง HAAS VF-1 Series	48
รูปที่ 2.36 แสดงทิศทางของแกนโคออดิเนตสำหรับผู้ใช้งานเครื่อง HAAS VF-1 Series	49
รูปที่ 2.37 แสดงการเผื่อระยะ Tool Offset ของเครื่อง HAAS VF-1 Series	49
รูปที่ 3.1 ชิ้นงานสำหรับทดสอบการหมุนเคลื่อนที่ 3 แนวแกน	52
รูปที่ 3.2 ชิ้นงานสำหรับทดสอบการหมุนเคลื่อนที่ 5 แนวแกน	53
รูปที่ 3.2 ชิ้นงานสำหรับทดสอบการหมุนเคลื่อนที่ 4 แนวแกน	54
รูปที่ 4.1 ชิ้นงานสำหรับการทดสอบการหมุนเคลื่อนที่ 3 แนวแกน	56
รูปที่ 4.2 รูปทรงของ Work piece ของชิ้นงานทดสอบการเคลื่อนที่ 3 แกน	57
รูปที่ 4.3 การกำหนดค่าในโหมด Mfg setup ของชิ้นงานทดสอบ 3 แกน	57
รูปที่ 4.4 จำลองการกัดเนื้อวัสดุออก	58
รูปที่ 4.5 CL Data ที่ได้จากการ Generate Model	59
รูปที่ 4.6 รายการ Post Process	60
รูปที่ 4.7 ค่า G-Code ที่ได้จากการแปลงค่า	60
รูปที่ 4.8 การกัดชิ้นงานแบบ 3 แกน	62
รูปที่ 4.9 ชิ้นงานสำหรับการทดสอบการหมุนเคลื่อนที่ 5 แนวแกน	62
รูปที่ 4.10 รูปทรง Work piece ของชิ้นงานทดสอบ 5 แกน	63

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.11 การกำหนดค่าในโหมด Mfg	64
รูปที่ 4.12 จำลองการกัดเนื้อวัสดุออก	65
รูปที่ 4.13 CL Data ที่ได้จากการ Generate Model ของชิ้นงานทดสอบ 5 แกน	66
รูปที่ 4.14 รายการในโหมด Post Process ของชิ้นงานทดสอบ 5 แกน	66
รูปที่ 4.15 ค่า G-Code ของชิ้นงานทดสอบ 5 แกน	66
รูปที่ 4.16 วิธีการวัดค่า Offset แกน Z	68
รูปที่ 4.17 การกัดชิ้นงานแบบ 5 แกน	69
รูปที่ 4.18 ชิ้นงานสำหรับการทดสอบการหมุนเคลื่อนที่ 4 แนวแกน	71
รูปที่ 4.19 แสดงรูปทรงของ Work piece ของชิ้นงานทดสอบ 4 แกน	71
รูปที่ 4.20 การกำหนดค่าใน Operation Setup ของชิ้นงานทดสอบ 4 แกน	72
รูปที่ 4.21 จำลองการกัดเนื้อวัสดุออก	73
รูปที่ 4.22 CL Data ที่ได้จากการ Generate Model ของชิ้นงานทดสอบ 4 แกน	73
รูปที่ 4.23 รายการในโหมด Post Process ของชิ้นงานทดสอบ 4 แกน	74
รูปที่ 4.24 ค่า G-Code ของชิ้นงานทดสอบ 4 แกน	74
รูปที่ 4.25 ชิ้นงานแบบ 4 แกน ที่กัดได้	75
รูปที่ ก-1 การกำหนดรูปแบบสภาพแวดล้อมการทำงานของระบบ	81
รูปที่ ก-2 แบบ Drawing ของชิ้นงานที่ใช้ทดสอบการเคลื่อนที่ 3 แกน	82
รูปที่ ก-3 การเข้าสู่โหมดการสร้างชิ้นงาน 3 มิติ	82
รูปที่ ก-4 การกำหนดทิศทางของระนาบ Sketch	83
รูปที่ ก-5 เส้นกรอบสี่เหลี่ยมที่ Sketch ขึ้น	84
รูปที่ ก-5 การเลือกกรอบสี่เหลี่ยมที่สร้างขึ้นมา	84
รูปที่ ก-6 การกำหนดขาดของรูปสี่เหลี่ยม	85
รูปที่ ก-7 การผูกความสัมพันธ์ของเส้นบอกขนาดชิ้นงาน	85
รูปที่ ก-8 การจัดมุมมองของชิ้นงาน	86
รูปที่ ก-9 การมนขอบทั้ง 4 ด้านของชิ้นงาน	87
รูปที่ ก-10 รูปชิ้นงาน 3 มิติ ที่ออกแบบเสร็จแล้ว	87

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ ก-11 แบบ Drawing ของชิ้นงานที่ใช้ทดสอบการเคลื่อนที่ 4 แกน	88
รูปที่ ก-12 การมนขอบบนของชิ้นงาน	89
รูปที่ ก-13 รูปชิ้นงาน 3 มิติ ที่ออกแบบเสร็จแล้ว	89
รูปที่ ก-14 แบบ Drawing ของชิ้นงานที่ใช้ทดสอบการเคลื่อนที่ 5 แกน	90
รูปที่ ก-15 การแก้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางครึ่งวงกลม	91
รูปที่ ก-16 รูปทรงกระบอกที่ Extrude ขึ้นมา	91
รูปที่ ก-17 รูปชิ้นงาน 3 มิติ ที่ออกแบบเสร็จแล้ว	92
รูปที่ ข-1 หน้าจอของโปรแกรม Pro\Engineer 2000i^2	94
รูปที่ ข-2.ไดอะล็อกบ๊อกซ์ ของโปรแกรม Pro\Engineer 2000i^2	95
รูปที่ ข-3 แสดงขั้นตอนการทำ Work piece ของชิ้นงานทดสอบ 5 แกน	95
รูปที่ ข-4 การเลือกคำสั่งเพื่อสร้าง Work piece	96
รูปที่ ข-5 การกำหนดทิศทางลูกศร	96
รูปที่ ข-6 รูปทรง Work piece คือกรอบสี่เหลี่ยมที่เป็นสีเขียว	97
รูปที่ ข-7 ขั้นตอนการเลือกการกัดชิ้นงานเป็น 5 แกน	98
รูปที่ ข-8 การสร้างจุดศูนย์ชิ้นงาน	99
รูปที่ ข-9 การกำหนดค่า Parameter ต่างๆ ของ Tool ที่จะใช้	100
รูปที่ ข-10 การกำหนดค่า Parameter ต่างๆ ในหน้าต่าง Param Tree	100
รูปที่ ข-11 การเลือกระนาบ Sketch และกำหนดให้ทิศลูกศรพุ่งลง	101
รูปที่ ข-12 การกำหนดขนาดของปริมาตร	102
รูปที่ ข-13 การจำลองทางเดินของมิดกัด	102
รูปที่ ข-14 การกำหนดค่า Parameter ต่างๆ ในหน้าต่าง Param Tree	103
รูปที่ ข-15 การกำหนดทิศทางการกัดชิ้นงาน	104
รูปที่ ข-16 การจำลองทางเดินของมิดกัด	104
รูปที่ ข-17 CL Data ที่ได้จากการ Generate Model	105
รูปที่ ข-18 การจำลองการกัดชิ้นงานเหมือนจริง	106
รูปที่ ข-19 หน้าต่าง Open	106

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ ข-20 การเลือก Post-Processor และตั้งชื่อโปรแกรม	107
รูปที่ ข-21 การเปิด File NC-Program	107
รูปที่ ข-22 ค่า NC-Program ที่ได้จากการ Post-Processor	108
รูปที่ ค-1 การสร้าง Option File ขึ้นใหม่	110
รูปที่ ค-2 การกำหนดหมายเลขเครื่องและเครื่องที่ถูกอ้างอิง	111
รูปที่ ค-3 การเลือกกำหนดค่า Post-processor ตามมาตรฐาน และกำหนดชื่อเครื่องกัด	111
รูปที่ ค-4 ส่วนประกอบของหน้าต่างที่ใช้กำหนดค่า	112
รูปที่ ค-5 รายการ Content ของ Help	112
รูปที่ ค-6 คำอธิบายรายละเอียดจากการคลิกที่หัวข้อนั้นๆ	113
รูปที่ ค-7 การเลือกโครงสร้างของ Machine Tool Type	114
รูปที่ ค-8 การกำหนด Primary rotary Table	115
รูปที่ ค-9 โครงสร้างการเคลื่อนที่ตามมาตรฐาน EIA	116
รูปที่ ค-10 เวกเตอร์แกน tool อยู่ที่ตำแหน่ง 0 ของแกนหมุน A	116
รูปที่ ค-11 การกำหนด Secondary rotary Table	117
รูปที่ ค-12 การกำหนด Specs	117
รูปที่ ค-13 การกำหนดค่าใน MCD File Format	118
รูปที่ ค-14 การกำหนดค่าใน List File Format	119
รูปที่ ค-15 การกำหนดค่าต่างๆ ใน Sequence Number	119
รูปที่ ค-16 การกำหนดค่าใน Prep/G-Codes	120
รูปที่ ค-17 การกำหนดค่าใน Aux. / M-Codes	120
รูปที่ ค-18 การกำหนดค่าใน Coolant Aux / M-Codes	121
รูปที่ ค-19 การกำหนด Circle Codes	121
รูปที่ ค-20 การกำหนดค่าใน Rapid Motion	122
รูปที่ ค-21 การกำหนดค่าใน Feedrates	122
รูปที่ ค-22 การกำหนดค่าต่างๆ ใน Spindle Code	123
รูปที่ ค-23 การกำหนดค่าใน Tool Change Sequence	123

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ ค-24 การกำหนดค่าใน Startup/End of Program 124

รูปที่ ค-25 การกำหนดเครื่องหมายสิ้นสุดของบล็อก 124

รูปที่ ค-26 การกำหนดให้ Post processor ขึ้นกรอบให้ป้อนหมายเลขโปรแกรม 125

รูปที่ ค-27 การกำหนดส่วนของ Cutter Compensation 125

รูปที่ ง-1 ชุดควบคุมของเครื่อง CNC HAAS VF-1 Series 128

รูปที่ ง-2 คีย์บอร์ดที่ใช้สำหรับควบคุม และป้อนคำสั่งให้เครื่อง 130

รูปที่ ง-3 ลักษณะการติดตั้งแกน 4 และ 5 133

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองหาค่า Offset แกน Z 68