สำนักหอสมุด

สำนักหอสมุด

การประยุกต์ใช้หุ่นยนต์ ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์

THE INDUSTRIAL ROBOTICS APPLICATION FOR THE FURNITURE INDUSTRY

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน - 6 ก.พ. 2561
เลขทะเบียน 1122449
เลขเรียกหนังสือ ป
ก ๒๗๓
๒๕๕๙

นายกิติศักดิ์ สุกิตนิยากรณ์ รหัส 54365648

นายศตวรรษ รัตนิน รหัส 54366102

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2559

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การประยุกต์ใช้หุ่นยนต์ ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์
คณะนิสิตผู้จัดทำโครงงาน	นายกิติศักดิ์ สุกิตนิยากรณ์ รหัส 54365648
	นายศตวรรษ แสนสุข รหัส 54366102
ที่ปรึกษาโครงงาน	รศ.ดร. กวิน สนธิเพิ่มพูน
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2559

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(รศ.ดร. กวิน สนธิเพิ่มพูน)

.....กรรมการ

(อ. เกตุชนา บุญฤทธิ์)

.....กรรมการ

(ดร. พิสุทธิ์ อภิชยกุล)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การประยุกต์ใช้หุ่นยนต์ ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์		
คณะนิสิตผู้จัดทำโครงงาน	นายกิติศักดิ์	สุกิตนิยากรณ์	รหัส 54365648
	นายศตวรรษ	รัตนิน	รหัส 54366102
ที่ปรึกษาโครงงาน	รองศาสตราจารย์ ดร.กวิน	สนธิเพิ่มพูน	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ปีการศึกษา	2559		

.....

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ได้ศึกษา การประยุกต์โปรแกรมหุ่นยนต์อุตสาหกรรมในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ โดยใช้โปรแกรม AUTODESK INVENTOR HSM 2017 ช่วยในการออกแบบชิ้นงาน ได้เป็นไฟล์นามสกุล .ipt นำไฟล์เข้าไปในโปรแกรม Sprut CAM 10 แล้วทำการแปลงไฟล์ที่ได้ออกแบบเพื่อควบคุมหุ่นยนต์ KUKA ในการขึ้นรูปชิ้นงานเฟอร์นิเจอร์เป็นนามสกุล .src แต่เนื่องจากโปรแกรม Sprut CAM 10 มีราคาแพง

ทางคณะผู้จัดทำปริญญานิพนธ์จึงมีแนวคิดที่จะใช้โปรแกรม AUTODESK INVENTOR HSM 2017 ช่วยในการออกแบบชิ้นงาน แล้วทำการแปลงโค้ดให้เป็นคำสั่ง CNC ผลที่ได้จากการออกแบบนั้นจะถูกแสดงเป็นค่า G – Code ที่มีค่าพิกัดตำแหน่ง และคำสั่งของ NC Program แล้วทำการเปลี่ยนรูปแบบของคำสั่ง NC Program โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ให้มีรูปแบบของคำสั่งและข้อมูลพิกัดตำแหน่งให้สามารถใช้เป็นโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์อุตสาหกรรม KUKA ได้

ผลที่ได้จากการเปลี่ยนรูปแบบคำสั่งโปรแกรม โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel สามารถควบคุมทิศทางของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม KUKA ได้ในระนาบ 2มิติ เหมือนกับโปรแกรม Sprut CAM 10 แต่โปรแกรม Sprut CAM 10 สามารถควบคุมหุ่นยนต์ในอุตสาหกรรม KUKA ได้ในระนาบ 3มิติ ที่แม่นยำกว่า

Projecttitle	THE INDUSTRIAL ROBOTICS APPLICATION FOR THE FURNITURE INDUSTRY		
Auther	Mr.Kitisak	Sukitniyakorn	ID 54365648
	Mr.Satawat	Rutnin	ID 54366102
Projectadvisor	Assoc.Prof.Dr.Kawin	Sonthipermpoon	
Major	Industrial Engineering		
Department	Industrial Engineering		
Academic year	2016		

Abstract

In this thesis has studied The test program industrial robots KUKA KR-125 in the manufacture of furniture. AUTODESK INVENTOR HSM 2017 program by helping to design the piece. The value of the design will be displayed as the G - Code with the resolution to be taken to change the program that is written in the Microsoft Excel For Application for variation of order and position. the program can be used to control the robot industry.

The results of the testing program, the ability to control the direction of movement, as we have designed and planned. But the movement, as we have designed and planned. But the movement is in three axes X Y Z because the program used to design. To create a corridor of only three cores

กิตติกรรมประกาศ

ในการดำเนินโครงงานนี้ คณะนิสิตผู้จัดทำโครงงานขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.กวิน สนธิเพิ่มพูน อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน เป็นอย่างสูง ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ ให้ความรู้ ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง นอกจากนั้นยังทำให้คณะนิสิตผู้จัดทำโครงงานมีกำลังใจที่จะฝ่าฟันอุปสรรค และความย่อท้อต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินโครงงานในครั้งนี้ ให้ผ่านไปอย่างราบรื่น จนสำเร็จลุล่วงออกมาเป็นปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อาจารย์ทุกท่าน ตลอดจนบุคลากรทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ และให้ข้อมูลสำหรับการดำเนินโครงงานนี้ด้วยดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ คณะนิสิตผู้จัดทำโครงงานขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และญาติพี่น้อง ผู้ที่มีพระคุณยิ่งที่ให้การสนับสนุน ส่งเสริมในด้านการศึกษา ตลอดจนพี่ๆ และเพื่อนร่วมรุ่น ที่ได้ให้ความรักให้การสนับสนุน คอยช่วยเหลือ เป็นกำลังใจที่ดี และอยู่เคียงข้างกันเสมอมา ทำให้คณะนิสิตผู้จัดทำโครงงานประสบผลสำเร็จในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

คณะนิสิตผู้จัดทำโครงงาน
นายกิติศักดิ์ สุกิตนิยากรณ์
นายศตวรรษ รัตนิน
เมษายน 2560

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (Abstract) ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญรูป ..... ช
สารบันตาราง ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน 1
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ 1
1.5 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.6 สถานที่ที่ใช้ในการดำเนินโครงงาน 2
1.7 ระยะเวลาดำเนินโครงงาน 2
1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน 2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น 3
2.1 หุ่นยนต์ 3
2.2 ระบบการทำงานของหุ่นยนต์ (Robot Operation System) 3
2.3 องค์ประกอบของหุ่นยนต์ (Robot Work Cell) 4
2.4 ประเภทของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม 4
2.5 โปรแกรม Microsoft Office Excel 5
2.5.1 ส่วนต่างๆ ที่สำคัญของโปรแกรม Microsoft Office Excel 6
2.5.2 โครงสร้างของฟังก์ชันในโปรแกรม Microsoft Office Excel 7
2.6 องค์ประกอบของโปรแกรม 8
2.6.1 องค์ประกอบของโปรแกรม NC 8

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6.2 โค้ด G และโค้ด M....10
2.7 คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบและการผลิต (CAD/CAM) 16
2.7.1 องค์ประกอบของระบบคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบและคอมพิวเตอร์ช่วยการผลิต.16
2.8 โปรแกรมการเคลื่อนที่....17
2.8.1 Linear motion (LIN) 17
2.8.2 Circular motion (CIRC) 18
2.8.3 Point-to-point motion (PTP) 19
2.9 ปริพันธ์หลายชั้นและการประยุกต์....21
2.9.1 ปริพันธ์สองชั้นในระบบพิกัดเชิงขั้ว....21
2.9.2 การหาปริพันธ์สองชั้นโดยการแปลงระบบพิกัด....22
2.10 โปรแกรม Autodesk Inventor HSM 2017 23
2.11 โปรแกรม Sprut CAM 10....23
2.11.1 ข้อดี และประโยชน์ 23
2.11.2 ตำแหน่งหุ่นยนต์....23
2.11.3 การจำลองการใช้เครื่องจักร....24

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน 25

บทที่ 4 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน....26
4.1 ออกแบบลวดลายเฟอร์นิเจอร์....26
4.2 การเปลี่ยนลวดลายที่ได้จากการออกแบบให้เป็น NC Program 29
4.3 การนำลวดลายที่ได้ออกแบบมาประยุกต์ในโปรแกรม Sprut CAM 10 เพื่อควบคุมสั่งการหุ่นยนต์ในอุตสาหกรรม KUKA KR-125....30
4.4 การเปลี่ยน NC Program ให้เป็น KUKA KR-125 Program โดยใช้ Microsoft Excel 33
4.5 การนำคำสั่งที่ได้ไปใช้งานกับหุ่นยนต์อุตสาหกรรม KUKA KR-125 38
4.6 วิธีการคำนวณการเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้งของหุ่นยนต์ KUKA KR-125 ในระนาบ2มิติ.....40
4.7 ความสัมพันธ์ I , J , K ของเครื่อง CNC และ A , B , C ของหุ่นยนต์.....42

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.7.1 ความหมาย I , J , K ของเครื่อง CNC.....42
4.7.2 ความหมาย A , B , C หุ่นยนต์..... 43

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....44

เอกสารอ้างอิง.....45

ภาคผนวก ก Drawing ที่ใช้ในการออกแบบ.....46

ประวัติคณะนิสิตผู้จัดทำโครงงาน.....50

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงการเปรียบเทียบสรีระของมนุษย์กับหุ่นยนต์ 3

2.2 ส่วนต่างๆ ที่สำคัญของโปรแกรม Microsoft Office Excel 7

2.3 โครงสร้างของฟังก์ชัน 7

2.4 การพิมพ์ชื่อฟังก์ชันและอาร์กิวเมนต์ลงในเซลล์ที่ต้องการ 8

2.5 ตัวอย่างโค้ดต่างๆ ที่ใช้ในโปรแกรมเอ็นซี 9

2.6 องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ 16

2.7 องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ช่วยผลิต 17

2.8 แสดงการเคลื่อนไหวเชิงเส้นกับการวางตำแหน่งที่แน่นอน 18

2.9 แสดงการเคลื่อนไหวเชิงเส้นกับการวางตำแหน่งโดยประมาณ 18

2.10 แสดงการเคลื่อนไหวเชิงเส้นโค้งกับการวางตำแหน่งที่แน่นอน 19

2.11 แสดงการเคลื่อนไหวเชิงเส้นโค้งที่มีการวางตำแหน่งโดยประมาณ 19

2.12 แสดงการเคลื่อนไหวจุดที่มีวางตำแหน่งที่แน่นอน 20

2.13 แสดงการเคลื่อนไหวจุดที่มีการวางตำแหน่งโดยประมาณ 20

2.14 รูปแสดงระบบพิกัดเชิงขั้ว 21

2.15 รูปแสดงปริพันธ์สองชั้นของระบบพิกัดเชิงขั้ว 21

3.1 ผังแสดงขั้นตอนการเดินเนินโครงงาน 25

4.1 สร้างขนาดบานประตู 2000x800mm. 26

4.2 ออกแบบลวดลาย 26

4.3 แสดงการกำหนดขนาดของลวดลายที่ออกแบบไว้ 27

4.4 แสดงโครงสร้างของลวดลาย 27

4.5 เพิ่มรายละเอียดของลวดลายให้เป็น 3 มิต 27

4.6 แสดงการใช้คำสั่ง 2D Adaptive 28

4.7 แสดงภาพจำลองการทำงานของเครื่องจักร CNC 28

4.8 แสดงผลเป็นภาพ 3D 28

4.9 แสดงเมนูคำสั่ง Post Process 29

4.10 กำหนดค่า Mach3mill.cps – Generic Mach3mill เสร็จแล้วกด Post 29

4.11 แสดง CNC – CODE ที่ได้จากการทำ Toolpaths 30

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.12 การทดลองของเครื่องยนต์ดีเซลเลือกประเภทเครื่องจักรก่อน และ เลือกยี่ห้อของหุ่นยนต์ และนำเข้าไฟล์ที่ได้ออกแบบไว้ จาก โปรแกรม Autodesk Inventor HSM 2017 ที่บันทึกไว้เป็น *.STP30

4.13 ตั้งค่า set base และ set tool ของหุ่นยนต์ เพื่อเลือกขนาดของหัวกัด และเครื่องมือกัดชิ้นงาน และเลือกตำแหน่งของลวดลายที่จะให้หุ่นยนต์ทำงานตามออกแบบไว้ เพื่อกำหนดความเร็วในการเดินเครื่องจักร 31

4.14 ทำการบันทึกและแสดงโค้ดของเครื่องจักรที่ทำงานตรงตามที่ออกแบไว้ 31

4.15 ภาพแสดงโค้ดหลังจากเครื่องจักรทำงานเสร็จเรียบร้อย 32

4.16 นำโค้ดที่ได้มาใส่ในโปรแกรม Note pad และบันทึกไฟล์ *.SRC และนำไปใช้งานในอุตสาหกรรม 32

4.17 แสดงการนำ CNC – CODE ที่ได้มาทำการแปลงข้อมูลในโปรแกรม Microsoft Excel 33

4.18 พิมพ์คำสั่งเพื่อหาตำแหน่ง F ในข้อความ 33

4.19 แสดงตำแหน่ง F ในข้อความหลังจากที่พิมพ์คำสั่งแล้ว 34

4.20 แสดง CODE หลังจากตัด F แสดงค่าในคอลัมน์ B และเติม "}" ด้านหลังข้อความ 34

4.21 พิมพ์คำสั่งเพื่อหาตำแหน่ง G2 ในข้อความ 35

4.22 แสดงการเปลี่ยน prefix ข้อความให้เป็น LIN และข้อความที่มี G2 ให้ตัด LIN ออก และแทนที่ด้วย CIRC 35

4.23 พิมพ์คำสั่งเพื่อหาตำแหน่ง G3 ในข้อความ 36

4.24 แสดงการเปลี่ยน prefix ข้อความให้เป็น LINและข้อความที่มี G3 ให้ตัด LIN ออก และแทนที่ด้วย CIRC 37

4.25แสดงขั้นตอนการตัด G CODE 37

4.26 NC Program 40

4.27 KUKA Program 40

4.28 ตำแหน่ง การวางของ LIN และCIRC 41

4.29 ขนาดของรัศมีจากจุดศูนย์กลางความโค้งของเส้นโค้ง AB 41

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน 2

2.1 รูปแบบของคำสั่งของภาษาคอมพิวเตอร์และ NC โปรแกรมเมื่อเปรียบเทียบกัน 8

2.2 แสดงตัวอย่าง NC โปรแกรม 9

2.3 แสดงการสรุปผลขององค์ประกอบของโปรแกรม 10

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์มีความเป็นที่นิยม เนื่องจากมีรูปแบบลวดลาย และมีความสวยงามเพราะต้องใช้พนักงานไม้ที่มีฝีมือในการผลิตที่ปราณีตละเอียดอ่อน และใช้ระยะเวลาในการผลิตเฟอร์นิเจอร์นาน อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ต่างก็มีแรงงานในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ ซึ่งอาจก่อให้เกิดความผิดพลาดในการผลิต และก่อให้เกิดอุบัติเหตุในระหว่างการทำงานได้ จึงต้องเอาหุ่นยนต์เข้ามาช่วยในการผลิตเฟอร์นิเจอร์

ในการผลิตมีการใช้เครื่องมือ เครื่องจักรที่แตกต่างกันออกไปรวมถึงการใช้เครื่องจักร CNC ในการผลิต โดยมีข้อผิดพลาดน้อยกว่ามนุษย์ และมีความรวดเร็วมากกว่า แต่ไม่สามารถใช้ผลิตเฟอร์นิเจอร์ที่มีขนาดใหญ่ ๆ ได้ เนื่องจากข้อจำกัดของขนาดเฟอร์นิเจอร์

ทางคณะผู้จัดทำโครงงานจึงมีความคิดที่จะประยุกต์ใช้หุ่นยนต์อุตสาหกรรม KUKA KR-125 ในการขึ้นรูปเฟอร์นิเจอร์เพื่อแก้ปัญหาเฟอร์นิเจอร์ที่มีขนาดใหญ่โดยใช้โปรแกรม Sprut CAM 10 มาช่วยในการออกแบบ และสั่งการผลิตหุ่นยนต์อุตสาหกรรม KUKA

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 ทดสอบการใช้โปรแกรมหุ่นยนต์อุตสาหกรรม KUKA KR-125 ในการผลิตเฟอร์นิเจอร์

1.2.2 เพื่อศึกษาระบบควบคุมและสั่งการ KUKA KR-125

1.2.3 โปรแกรมออกแบบเฟอร์นิเจอร์สามารถใช้สั่งการหุ่นยนต์ได้แม่นยำ

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

1.3.1 ได้ลวดลาย 3 มิติ ที่ออกแบบด้วยโปรแกรม

1.3.2 โปรแกรมจำลองสามารถทำงานได้ตามแบบที่ต้องการ

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

1.4.1 โปรแกรมสามารถใช้งานกับหุ่นยนต์ KUKA KR-125 ได้ในอุตสาหกรรม

1.4.2 สามารถเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของกระบวนการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบ (CAD) เทียบกับ การนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการผลิต (CAM)

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน

โปรแกรมหุ่นยนต์อุตสาหกรรม KUKA KR-125 ในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ที่มีขนาด 2000x800x50 มิลลิเมตร

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

อาคารปฏิบัติการทางวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึง เดือนเมษายน พ.ศ. 2560

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงการ

ลำดับ	การดำเนินโครงงาน	ช่วงเวลา						
		ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1.8.1	ออกแบบลวดลายเฟอร์นิเจอร์โดยโปรแกรม Autodesk Inventor HSM 2017	↔						
1.8.2	การเปลี่ยนลวดลายที่ได้จากการออกแบบให้เป็น NC Program		↔					
1.8.3	การนำลวดลายที่ได้ออกแบบมาประยุกต์ในโปรแกรม Sprut CAM 10 เพื่อควบคุมสั่งการหุ่นยนต์ในอุตสาหกรรม KUKA KR-125			↔				
1.8.4	การเปลี่ยน NC Program ให้เป็น KUKA KR-125 Program โดยใช้ Microsoft Excel				↔	↔		
1.8.5	การนำคำสั่งที่ใช้งานกับหุ่นยนต์อุตสาหกรรม KUKA KR-125						↔	
1.8.6	วิธีการคำนวณการเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้งของหุ่นยนต์ KUKA KR-125 ในระนาบ 2 มิติ							↔

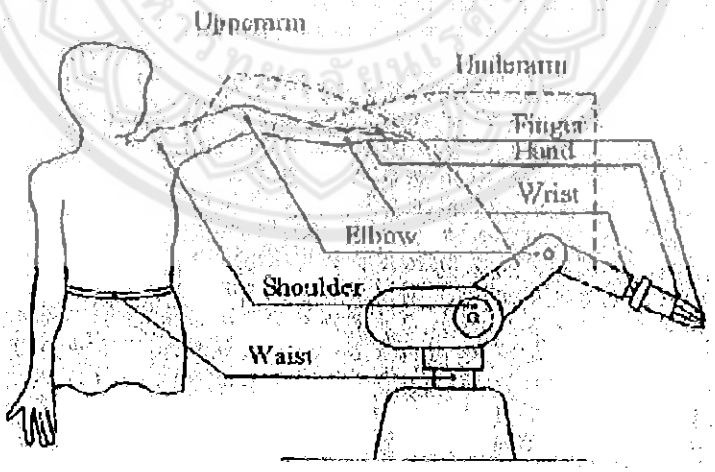
บทที่2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หุ่นยนต์

หุ่นยนต์ คือ เครื่องจักรชนิดหนึ่งที่นำมาใช้งานแทนมนุษย์ โดยงานที่ใช้หุ่นยนต์มาช่วยนั้นจะเป็นงานที่ต้องการตำแหน่งที่แน่นอน และหุ่นยนต์ในแต่ละประเภท จะมีหน้าที่การทำงานในด้านต่างๆ ตามการควบคุมโดยตรงของมนุษย์ สามารถทำได้ทางอ้อมและอัตโนมัติ โดยทั่วไปหุ่นยนต์ถูกสร้างขึ้นเพื่อสำหรับงานที่มีความยากลำบาก เช่น ด้านอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ ด้านอุตสาหกรรมการผลิต เป็นต้น ที่แตกต่างจากเมื่อก่อนหุ่นยนต์มักถูกนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ ปัจจุบันมีการนำหุ่นยนต์มาใช้งานมากขึ้น เช่น หุ่นยนต์ที่ใช้ในทางการแพทย์ หุ่นยนต์สำหรับงานสำรวจ หรือแม้แต่หุ่นยนต์ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องเล่นของมนุษย์

2.2 ระบบการทำงานของหุ่นยนต์ (Robot Operation System)

หุ่นยนต์อุตสาหกรรมเป็นเครื่องจักรที่ถูกควบคุมโดยอัตโนมัติ ซึ่งโปรแกรมจะถูกบรรจุใส่เข้าไว้ในอุปกรณ์ของหน่วยความจำ ตัวหุ่นยนต์อาจจะยึดอยู่กับที่หรือย้ายตำแหน่งเพื่อใช้งาน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับประเภทของงานที่ใช้ หุ่นยนต์อุตสาหกรรมเป็นอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น เพื่อเลียนแบบการทำงานของแขนมนุษย์



รูปที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบสรีระของมนุษย์กับหุ่นยนต์

จากภาพประกอบที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบต่างๆของหุ่นยนต์เปรียบเทียบกับแขนของมนุษย์โดยมีส่วนประกอบดังนี้

2.2.1 เป็นส่วนของเอว (Waist)

2.2.2 เป็นส่วนของไหล่ (Shoulder)

2.2.3 เป็นส่วนของข้อศอก (Elbow)

2.2.4 เป็นส่วนของแขนท่อนบน (Upper arm)

2.2.5 เป็นส่วนของแขนท่อนล่าง (Under arm)

2.2.6 เป็นส่วนของข้อมือ (Wrist)

2.2.7 เป็นส่วนของมือ (Hand)

2.2.8 เป็นส่วนของนิ้วมือ (Finger)

2.3 องค์ประกอบของหุ่นยนต์ (Robot Work Cell)

ในหุ่นยนต์หนึ่งตัวจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์และส่วนต่างๆ อีกมากมาย ซึ่งอุปกรณ์แต่ละชนิดรวดเร็ว คงทน และประหยัดพลังงาน จะมีหน้าที่แตกต่างกันไปตามลักษณะวัตถุประสงค์ของการใช้งาน การเลือกใช้จึงจำเป็นต้องอาศัยความรู้และความเข้าใจรวมถึงความเหมาะสม เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งองค์ประกอบของหุ่นยนต์ Robot Work Cell ประกอบด้วย

2.3.1 หุ่นยนต์ ระบบอัตโนมัติที่มีลักษณะการรับรู้และการปรับตัว ต่อกระบวนการเคลื่อนที่และการทำงาน

2.3.2 หน่วยควบคุม ระบบคอมพิวเตอร์ที่จัดการกิจกรรมการเคลื่อนที่ การโปรแกรม การเชื่อมต่อกับผู้ใช้ และอื่นๆ

2.3.3 อุปกรณ์ที่อยู่รอบนอก เช่น Working table ที่จับยึดชิ้นงาน

2.3.4 อุปกรณ์ที่สามารถถือได้ด้วยมือ ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมให้กับหุ่นยนต์

2.3.5 ซอฟแวร์ โปรแกรมที่ทำการควบคุมการทำงานของคอมพิวเตอร์ หรือ หน่วยควบคุม ของหุ่นยนต์

2.3. 6 เซนเซอร์ ส่วนประกอบทางฮาร์ดแวร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ทางการวัดใช้เพื่อใช้ตรวจจับปรากฏทางกายภาพ

2.3.7 อุปกรณ์ป้องกันเหตุ และเพิ่มความปลอดภัยแก่พนักงานในรัศมีการทำงานของหุ่นยนต์

2.4 ประเภทของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

หุ่นยนต์อุตสาหกรรมสามารถจำแนกได้เป็นกลุ่มต่างๆ ได้ 6 กลุ่ม โดยเรียงลำดับตามความเหมาะสมในการทำงานดังนี้

2.4.1 มือกลบังคับด้วยมือ (Manual Manupulator) เป็นมือกลที่สามารถทำงานได้โดยการบังคับด้วยมือของผู้ควบคุม โดยที่ผู้ควบคุมต้องทำหน้าที่บังคับทำงานอยู่ตลอดเวลา สัญญาณที่สั่งจากคันบังคับอาจส่งผ่านอุปกรณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง หรืออาจเป็นสัญญาณวิทยุก็ได้

2.4.2 หุ่นยนต์ทำงานตามลำดับขั้นตอนที่เปลี่ยนลำดับไม่ได้ (Fixed Sequence Robot) เป็นหุ่นยนต์ที่ออกแบบให้ทำงานโดยมีเครื่องควบคุมแบบซีเควนเซอร์ (Sequence) ซึ่งมีหน้าที่สั่งงานเรียงตามลำดับ เมื่อทำงานที่เปลี่ยนลำดับขั้นการทำงานใหม่ จะต้องเปลี่ยนวงจรควบคุมใหม่

2.4.3 หุ่นยนต์ทำงานตามลำดับขั้นตอนที่เปลี่ยนลำดับได้ (Variable Sequence Robot) เป็นหุ่นยนต์ที่สามารถปรับเปลี่ยนวงจรที่มีอยู่ได้โดยง่าย ทำให้สะดวกต่อการเปลี่ยนแปลงชุดคำสั่งการทำงาน

2.4.4 หุ่นยนต์ทำงานตามชุดคำสั่งที่บันทึกไว้ (Playback Robot) ชุดคำสั่งการทำงานจะถูกบันทึกไว้ในเครื่องบันทึกความจำ ตัวอย่างเช่น ชุดคำสั่งเกี่ยวกับลำดับขั้นตอนการทำงาน และการปรับตำแหน่ง เป็นต้น ชุดคำสั่งดังกล่าวจะถูกเรียกออกมาสั่งให้หุ่นยนต์ทำงานตามที่ได้บันทึกไว้ การบันทึกความจำนั้น นิยมใช้วิธีสอนให้หุ่นยนต์ทำงาน โดยผู้สอนจับมือหุ่นยนต์ให้ทำงานตามที่ผู้สอนต้องการ สมองหุ่นยนต์จะบันทึกข้อมูลได้ เมื่อสอนเสร็จหุ่นยนต์จะทำงานเลียนแบบที่เรียนมานั้นได้

2.4.5 หุ่นยนต์ควบคุมด้วยตัวเลข (numerical control robot) ในหุ่นยนต์แบบนี้คำสั่งบังคับการทำงานของหุ่นยนต์มีลักษณะเป็นตัวเลข (numercial data) ชุดคำสั่งที่ใช้บังคับหุ่นยนต์อาจอยู่ในแถบ หรือจานแม่เหล็ก

2.4.6 หุ่นยนต์คิดเองได้ (intelligent robot) เป็นหุ่นยนต์ที่มีประสาทรับความรู้สึก เช่น สามารถมองเห็นได้ สามารถตัดสินใจเกี่ยวกับขั้นตอนการทำงานได้ เป็นต้น หุ่นยนต์ที่ใช้กันมากที่สุดในอุตสาหกรรมปัจจุบัน คือ หุ่นยนต์ทำงานตามลำดับขั้นตอนที่เปลี่ยนลำดับไม่ได้ ซึ่งวิศวกรจำนวนมากไม่ถือว่าเป็นหุ่นยนต์ โดยถือว่า หุ่นยนต์ที่แท้จริงคือหุ่นยนต์ที่สามารถทำงานตั้งแต่ระดับหุ่นยนต์ทำงาน ตามชุดคำสั่งที่บันทึกไว้ขึ้นไป

2.5 โปรแกรม Microsoft Office Excel

โปรแกรม Microsoft Office Excel เป็นโปรแกรมตารางคำนวณ หรือที่ทั่วๆ ไปเรียกว่า เป็นโปรแกรมประเภทรวบรวมข้อมูลให้ถูกจัดเป็นกลุ่ม ซึ่งนิยมใช้สำหรับจัดเก็บข้อมูลเกี่ยวกับตัวเลขที่มีปริมาณมากเพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์ หรือคำนวณผล โดยใช้สูตรทางคณิตศาสตร์ตั้งแต่ขั้นพื้นฐานจนถึงขั้นซับซ้อน เช่น การสรุปข้อมูลทางการตลาด บัญชีเงินเดือนของพนักงานหรือข้อมูลรายรับรายจ่ายของบริษัท และการคิดคะแนนให้กับนักเรียน เป็นต้น ซึ่งผลที่ได้จากการใช้โปรแกรมนี้จะช่วยให้เราทำงานเร็วขึ้นและมีประสิทธิภาพ โดยทั่วไปจะใช้โปรแกรม Microsoft Office Excel ในลักษณะการคำนวณตัวเลขจำนวนมากๆ สร้างกราฟเพื่อแสดงผลของตัวเลขสถิติ สร้างแผนภูมิเพื่อแสดงภาพ สร้างแบบฟอร์มสำหรับองค์กร เป็นระบบฐานข้อมูลแบบย่อย เป็นแผนหรือตารางกำหนดการทำงาน

2.5.1 ส่วนต่างๆ ที่สำคัญของโปรแกรม Microsoft Office Excel

ส่วนต่างๆ ที่สำคัญของโปรแกรม Microsoft Office Excel ประกอบไปด้วย 10 ส่วนหลักๆ แสดงดังรูปที่ 2.2 และมีรายละเอียดในแต่ละส่วน ดังต่อไปนี้

2.5.1.1 ชุดโปรแกรมทำงาน (Office) เป็นปุ่มรวบรวมคำสั่งพื้นฐาน เช่น การเปิดหรือปิดโปรแกรม การบันทึกไฟล์และคำสั่งพิมพ์เอกสาร เป็นต้น

2.5.1.2 แถบรวบรวมคำสั่ง (Quick Access) เป็นส่วนที่ใช้เก็บชุดเครื่องมือสำคัญๆ และนิยมใช้เป็นประจำ โดยเราสามารถเพิ่มเครื่องมือเข้ามาไว้ได้อีก ตามต้องการ

2.5.1.3 ริบบอน (Ribbon) เป็นแหล่งรวบรวมแถบชุดคำสั่ง และปุ่มเครื่องมือต่างๆ เข้าด้วยกัน โดยจัดแบ่งออกเป็นกลุ่มๆ เพื่อเรียกใช้งานได้สะดวก

2.5.1.4 กล่องชื่อ (Name Box) ใช้บอกตำแหน่งเซลล์หรือชื่อเซลล์ในขณะคลิกเลือกเซลล์

2.5.1.5 แถบสูตร (Formula) เป็นช่องที่ใช้สำหรับพิมพ์ข้อความ ตัวเลข และสูตรคำนวณทางคณิตศาสตร์

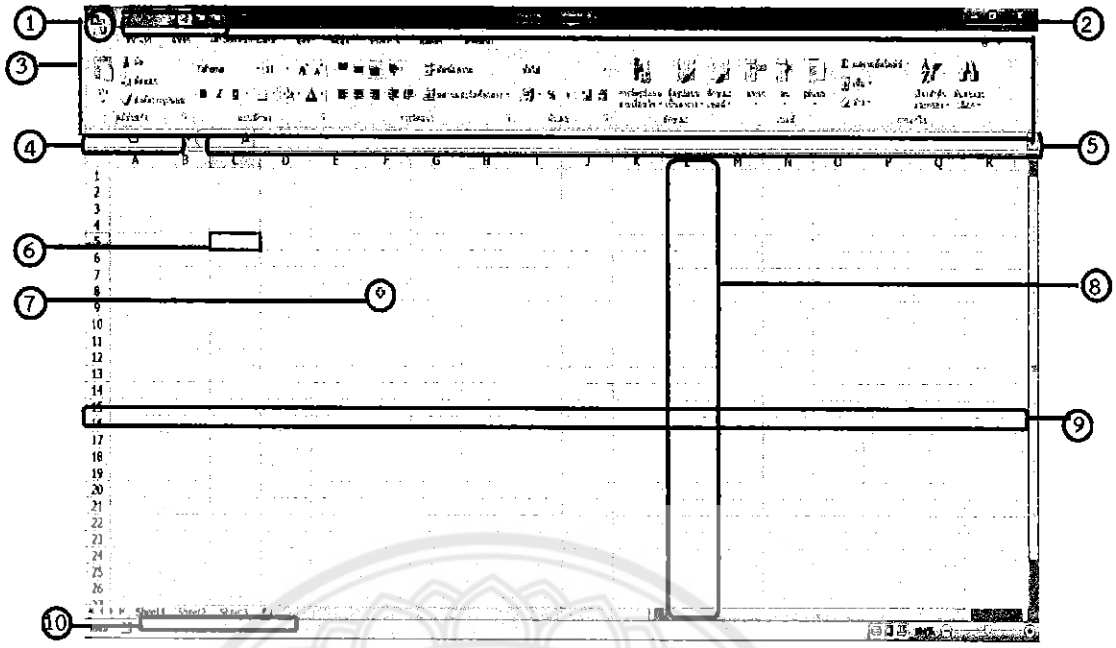
2.5.1.6 แผ่นงาน (Worksheet) เป็นพื้นที่ที่ใช้สำหรับพิมพ์ข้อความ หรือกรอกตัวเลขลงไปในพื้นที่ทำงาน

2.5.1.7 ตัวชี้เมาส์ (Pointer) เป็นตัวชี้เมาส์ที่ใช้สำหรับคลิกเลือกเซลล์ต่างๆ

2.5.1.8 หลัก (Column) คือ แถวที่อยู่ในแนวตั้งของแผ่นงาน โดยมีชื่อหัวแถวเป็นตัวอักษร A,B,C,..... ไปจนถึงแถว XFD

2.5.1.9 แถว (Row) คือ แถวที่อยู่ในแนวนอนของแผ่นงาน โดยมีชื่อหัวแถวเป็นตัวเลข 1,2,3,..... ไปจนถึงแถวที่ 1,048,576

2.5.1.10 ป้ายชื่อ (Title Bar) เป็นแถบชื่อของแผ่นงานที่เลือกใช้งานอยู่ในขณะนั้น ซึ่งโดยปกติเมื่อเปิดไฟล์ใหม่จะมีอยู่ 3 แผ่นงาน



รูปที่ 2.2 ส่วนต่างๆ ที่สำคัญของโปรแกรม Microsoft Office Excel

2.5.2 โครงสร้างของฟังก์ชันในโปรแกรม Microsoft Office Excel

2.5.2.1 ฟังก์ชัน คือ สูตรคำนวณสำเร็จรูปที่ถูกสร้างขึ้นมา แล้วเก็บไว้ภายในโปรแกรม Microsoft Office Excel และเมื่อเราต้องการนำออกมาใช้ก็เพียงแค่พิมพ์ฟังก์ชันเข้าไปตามรูปแบบของแต่ละฟังก์ชัน ซึ่งจะต้องใส่ให้ครบตามโครงสร้าง โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ 2 ส่วนหลักๆ แสดงดังรูปที่ 2.3 และมีรายละเอียดแต่ละส่วน ดังต่อไปนี้

ก. ชื่อฟังก์ชัน (Function Name) เป็นส่วนที่บอกให้ทราบว่า ฟังก์ชันที่สร้างขึ้นมานี้เป็นฟังก์ชันใด และมีหน้าที่อย่างไรในการคำนวณ

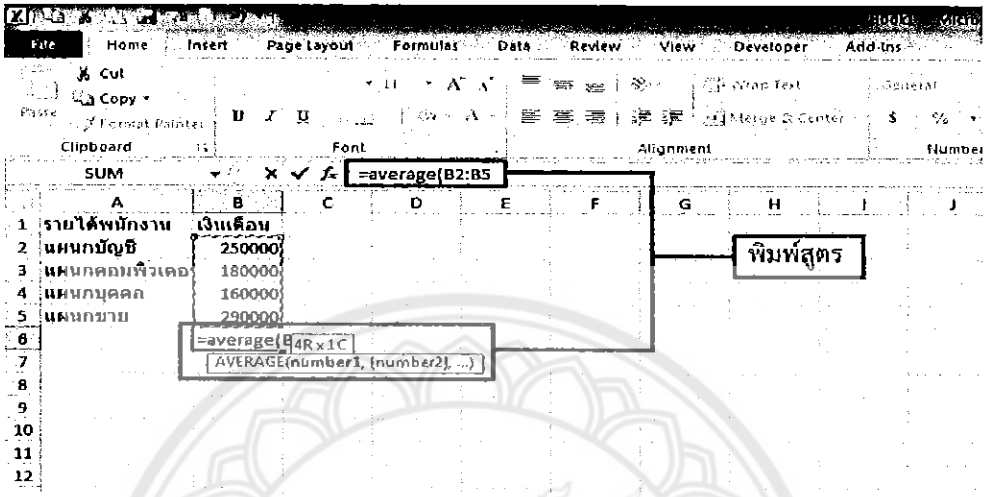
ข. อาร์กิวเมนต์ (Argument) คือ องค์ประกอบต่างๆ ที่อยู่ต่อจากชื่อฟังก์ชัน จะนำไปใช้ในการคำนวณ หรือประมวลผล ซึ่งอาร์กิวเมนต์จะอยู่ในวงเล็บ และอาร์กิวเมนต์จะถูกแยกกันด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,)

รูปที่ 2.3 โครงสร้างของฟังก์ชัน

2.5.2.2 วิธีการใส่ฟังก์ชันลงในเซลล์ มีดังต่อไปนี้

ก. การใส่ฟังก์ชันด้วยตัวเอง

การใส่ฟังก์ชันด้วยตัวเองจะเหมาะสำหรับผู้ที่มีพื้นฐาน หรือเคยผ่านการใช้งานโปรแกรม Microsoft Office Excel โดยการพิมพ์ฟังก์ชัน แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การพิมพ์ชื่อฟังก์ชัน และอาร์กิวเมนต์ลงในเซลล์ที่ต้องการ

2.6 องค์ประกอบของโปรแกรม

2.6.1 องค์ประกอบของโปรแกรม NC

โปรแกรมเอ็นซี (หรือ NC Program) จะมีลักษณะเหมือนกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทั่วไป โดยประกอบด้วยหลายบรรทัด ในแต่ละบรรทัดประกอบด้วยคำสั่งต่าง ๆ สำหรับ NC โปรแกรมมีศัพท์เรียกเฉพาะเมื่อเทียบกับโปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์ทั่วไปดังนี้

ตารางที่ 2.1 รูปแบบของคำสั่งของภาษาคอมพิวเตอร์ และ NC โปรแกรมเมื่อเปรียบเทียบกัน

	ภาษาคอมพิวเตอร์ทั่วไป	NC โปรแกรม
1	บรรทัด (Line)	บล็อก (Block)
2	คำสั่ง	เวิร์ด (Word)

ที่มา : การใช้โปรแกรม AutoCAD ในงาน CNC ,ศุภางค์ เจริญศรี และสุชิต เรืองศรี

โดยในแต่ละบล็อกประกอบด้วยหลายเวิร์ด ในแต่ละเวิร์ดประกอบด้วย 1 ตัวอักษร ภาษาอังกฤษหรือเรียกว่า " โค้ด " (Code) ซึ่งเป็นคำสั่งให้เครื่องจักรกล CNC ทำงานในลักษณะที่ต้องการแล้วตามด้วยตัวเลข (Number) สำหรับประกอบการสั่งการหรือการทำงานนั้นๆ

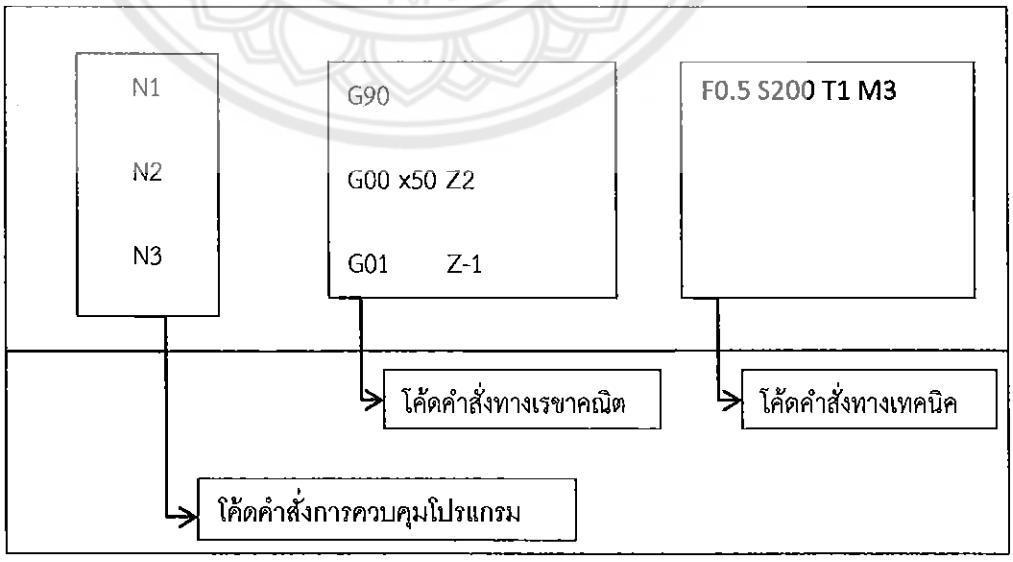
ตารางที่ 2.2 แสดงตัวอย่าง NC โปรแกรม

ตัวอย่าง NC โปรแกรม
N1 G90 F0.5 S200 T1 M3 N2 G00 X50 Z2 N3 G01 Z-1
จะเห็นว่า NC โปรแกรมประกอบด้วยหลาย ๆ บล็อก (หรือบรรทัด) แต่ละบล็อกประกอบด้วยหลายเวิร์ด (Word) หรือคำสั่งต่าง ๆ ดังนั้นตัวอย่างนี้เป็นการแสดงโปรแกรมเพียง 3 บล็อก โดยบล็อกที่ 1 คือ N1 ,G90 ,F0.5 ,T1 ,M3 ในบล็อกที่ 1 นี้มี 6 เวิร์ด N1 ,G90 ,S200 ,T1 และ M3 ในแต่ละเวิร์ดประกอบด้วย 1. โค้ด (Code) หรือ Address เป็นตัวอักษร 2. ตัวเลข (Numbers) โค้ดของบล็อกที่ 1 ได้แก่ :N ,G ,F ,S ,T และ M ตัวเลขได้แก่ :1 ,90 ,0.5 ,200 ,1 และ 3

ที่มา : การใช้โปรแกรม AutoCAD ในงาน CNC ,ศุภางค์ เจริญศรี และ สุชิต เรืองศรี

โค้ดต่างๆ ที่ใช้ใน NC โปรแกรมสามารถแยกได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. โค้ดคำสั่งควบคุมโปรแกรม (Program Control Instructions)
2. โค้ดคำสั่งทางเรขาคณิต (Geometric Instruction)
3. โค้ดคำสั่งทางเทคนิค (Technical Instruction)



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างโค้ดต่างๆ ที่ใช้ในโปรแกรมเอ็นซี

โดยคำสั่งควบคุมโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดลำดับขั้นตอนการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกล CNC ส่วนคำสั่งทางเรขาคณิตเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรเพื่อให้ได้รูปทรงทางเรขาคณิตของชิ้นงานที่ต้องการ (ได้แก่ คือ โค้ดจี G-Code) และคำสั่งทางเทคนิคเป็นการควบคุมทางเทคนิคของการทำงานของเครื่องจักรเช่น ความเร็วฟีด ความเร็วสปินเดิล การเปิดปิดสปินเดิล และการเปลี่ยนทูล เป็นต้น โค้ดหลักและสำคัญที่ใช้ใน NC โปรแกรม คือ โค้ด G และโค้ด M

ตารางที่ 2.3 แสดงการสรุปผลขององค์ประกอบของโปรแกรม

สรุป องค์ประกอบของโปรแกรม
ก) โปรแกรม ประกอบด้วย บล็อก
บล็อก ประกอบด้วย เวิร์ด
เวิร์ด ประกอบด้วย โค้ดและตัวเลข
ข) โค้ดแยกได้เป็น 3 ประเภท คือ
1. คำสั่งควบคุมโปรแกรม ได้แก่ N
2. คำสั่งทางเรขาคณิต ได้แก่ G ,X ,Y ,Z ,I ,J และ K เป็นต้น
3. คำสั่งทางเรขาคณิต ได้แก่ M ,F ,S และ T เป็นต้น

ที่มา : การใช้โปรแกรม AutoCAD ในงาน CNC ,ศุภางค์ เจริญศรี และ สุชิต เรืองศรี

2.6.2 โค้ด G และโค้ด M

กลุ่มโค้ดหลักที่ใช้ในโปรแกรมเอ็นซี คือ โค้ดจี หรือ จีโค้ด (G-Code) และ โค้ดเอ็ม หรือ เอ็มโค้ด (M-Code)

2.6.2.1 ความหมายของ G CODE ที่จำเป็นต้องใช้

G00 การเดินเป็นแนวเส้นตรง เป็นการเคลื่อนที่แบบเร็ว ใช้ในกรณีต้องการให้เคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งอย่ารวดเร็ว ในลักษณะที่ไม่มีการตัดชิ้นงาน, ความเร็วในการเคลื่อนที่สามารถควบคุมได้โดย Rapid

G01 เป็นการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง ส่วนมากใช้ในการลักษณะการกินชิ้นงาน สามารถควบคุมความเร็วโดย Speed และ Feed

G02 การเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งตามรัศมี มีทิศทางตามเข็มนาฬิกา

G03 การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งตามรัศมี มีทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

G04 เป็นคำสั่งหยุดให้หยุดทำงานชั่วขณะในลักษณะของการหน่วง (Dwell)

G09 หยุดการทำงาน

G10 การ Setting Data ของการเดินด้วยความเร็ว

G11 การ Setting Data ของการเดินเป็นเส้นตรง

G12 การเดินเส้นโค้งแบบตามเข็มนาฬิกา

G13 การเดินเส้นโค้งแบบทวนเข็มนาฬิกา

G15 การยกเลิกคำสั่งเดินเส้นโค้ง

G16 การเดินโดยใช้คำสั่งการเดินเส้นโค้ง

G17 การเลือกพื้นผิวบนระนาบ X Y

G18 การเลือกพื้นผิวบนระนาบ Z X

G19 การเลือกพื้นผิวบนระนาบ Z Y

G20 เป็นการกำหนดหน่วยวัดระบบนิ้ว (ค่าที่ป้อนเป็นนิ้ว)

G21 เป็นการกำหนดหน่วยวัดเป็นระบบเมตริก (ค่าที่ป้อนเป็นมิลลิเมตร)

G23 การยกเลิกหรือปิดตรวจสอบระยะเผื่อของชิ้นงาน

G25 ปิดการตรวจสอบวัดเพลาของหัวกัด

G26 เปิดการตรวจสอบวัดเพลาของหัวกัด

G27 การตรวจสอบการกลับสู่จุดที่ใช้อ้างอิง

G28 การกลับสู่จุดที่ใช้ในการอ้างอิงของเครื่อง

G29 การกลับจุดที่ใช้อ้างอิงของเครื่อง

G30 การกลับจุดอ้างอิงของเครื่องจากการกำหนดข้อมูลในเครื่อง

G31 การข้ามคำสั่งเกี่ยวกับจุดอ้างอิง

G33 การเดินกัดทำเกลียว

G34 การเดินกัดทำกลึงเกลียว

G40 การยกเลิกค่าชดเชยรัศมีของ Tool

G41 การกำหนดค่าชดเชยรัศมีของ Tool (offset) ไปทางด้านซ้าย

G42 การกำหนดค่าชดเชยรัศมีของ Tool (offset) ไปทางด้านขวา

G43 การกำหนดความยาวของมีดกัดที่มีค่าบวก

G44 การกำหนดความยาวของมีดกัดที่มีค่าลบ

G49 ยกเลิกค่าความยาวของมีดกัด

G50 ยกเลิกมาตรฐาน

G51 กำหนดมาตราส่วน

G54 กำหนดตำแหน่งงานในข้อมูลที่ 1

G55 กำหนดตำแหน่งงานในข้อมูลที่ 2

G56 กำหนดตำแหน่งงานในข้อมูลที่ 3

G57 กำหนดตำแหน่งงานในข้อมูลที่ 5

G59 กำหนดตำแหน่งงานในข้อมูลที่ 6

G63 เลือกหมวดของการทำเกลียวแบบ Tap

G64 เลือกขนาดของการตัดเฉือนด้วยการกัด

G65 การเรียก Macro โปรแกรมมาใช้งาน

G67 ยกเลิก Macro โปรแกรม

G68 การลอกแบบงานโดยหมุนรอบจุดอ้าง

G69 ยกเลิกการลอกแบบงาน

G71 คำสั่งวัฏจักรกลึงหยาบตามแนวแกน X

G72 คำสั่งวัฏจักรกลึงหยาบตามแนวแกน Z

G73 การเจาะแบบหยุดให้คายเศษ

G74 การทำเกลียวด้วยการ Tap

G75 คำสั่งวัฏจักรกลึงเซาะร่อง

G76 การคว้านรูปแบบละเอียด

G80 ยกเลิกการเจาะ การคว้านในแบบต่างๆ

G81 การเจาะแบบไม่ยก (Spot Drilling)

G82 การเจาะแบบไม่ยก (Counter Boring)

G83 การเจาะลึกแบบยกคายเศษ

G84 การทำเกลียวในแบบ Tapping

G85-89 การคว้านรูปแบบคว้านหยาบ

G90 มีดเคลื่อนบนจุดใดๆ วัดระยะจากจุดศูนย์งานทุกครั้ง (Absolute System)

G91 มีดเคลื่อนแบบจุดใดๆ วัดระยะจากจุดเริ่มงานทุกครั้ง(IncrementSystem)

G92 การเปลี่ยนจุดศูนย์ของงานที่ใช้อ้างอิง

G93 อัตราการป้อนตรงข้ามกับหน่วยของเวลา

G94 อัตราการป้อน หน่วยเป็น ระยะทาง/เวลา

G95 อัตราการป้อน หน่วยเป็น ระยะทาง/รอบ

G96 คำสั่งกำหนดความเร็วรอบแปรผัน

G97 คำสั่งกำหนดความเร็วรอบคงที่

G98 คำสั่งเดินมีดมีหน่วยเป็นฟีดต่อนาที (FEED/MIN)

G99 คำสั่งเดินมีดมีหน่วยเป็นฟีดต่อรอบ (FEED/REV)

2.6.2.2 ความหมายของ M CODE ที่จำเป็นต้องใช้

M00 หยุดการทำงานของโปรแกรม

M01 หยุดการทำงานชั่วคราว (ต้องกดปุ่ม Option Stop ที่เครื่องด้วย)

M02 จบการทำงานของโปรแกรม

M03 หมุนหัวสปินเดิลตามเข็มนาฬิกา

M04 หมุนหัวสปินเดิลทวนเข็มนาฬิกา

M05 หยุดการหมุนของหัวสปินเดิล

M06 เปลี่ยน Tool

M07 Thru Spindle

M08 เปิดน้ำหล่อเย็น (Coolant On)

M09 ปิดน้ำหล่อเย็น (Coolant Off)

M11 Set Tool Carousel Position To 1

M19 หัวอยู่ในตำแหน่งเปลี่ยน Tool

M20 Does Nothing Standard

M22 Chip Conveyor Toggle On/Off Option

M30 จบการทำงานของโปรแกรม

M41 Low Gear Select

M42 Hight Ear Select

M48 100% Spindle Speed Override Forced

M49 Release

M60 A Axis Brake On

2.6.2.3 จีโค้ด (G-Code)

จีโค้ด เป็นคำสั่งที่ทำให้ระบบควบคุมหรือคอนโทรลเลอร์สั่งการให้เครื่องจักรกล CNCทำการ แมชชีนให้เป็นรูปทรงทางเรขาคณิตตามความต้องการ โดยในการแมชชีนใด ๆ คอนโทรลเลอร์ต้องการทราบทิศทางและตำแหน่งการเคลื่อนของทูล ลักษณะการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงหรือเส้นโค้งวงกลม หน่วยความยาวที่ใช้ และบอกตำแหน่งการเคลื่อนที่แบบ Absolute หรือ Increment เป็นต้น

จีโค้ด จึงจัดเป็นฟังก์ชั่นเตรียมการ (Preparatory Function) หรือเป็นการเตรียมข้อมูลของการเคลื่อนที่ให้ได้รูปทรงทางเรขาคณิตเพื่อป้อนให้แก่คอนโทรลเลอร์

จีโค้ด มีมาตรฐานอุตสาหกรรม เช่น มาตรฐาน ISO6983/BS 3635 มาตรฐาน ANSI/EIARS274D, (ประเทศสหรัฐอเมริกา) ,BS3635 (ประเทศอังกฤษ) และ มาตรฐาน DIN 66025 (ประเทศเยอรมัน) เป็นต้น โดยทุกมาตรฐานดังกล่าวมีจีโค้ดพื้นฐานที่เหมือนกัน

NC โปรแกรมที่ใช้มาตรฐานเหล่านี้นิยมเรียกว่า "โปรแกรมจีโค้ด" (หรือ G-Code Program)

2.6.2.4 เอ็มโค้ด (M-Code)

นอกเหนือจากจีโค้ดแล้ว จะต้องมีคำสั่งอื่นๆ ที่เครื่องจักรกล CNC ต้องใช้ในกระบวนการแมชชีนต่างๆ เช่น การใช้สปินเดิลหมุนในทิศที่ต้องการ การเปลี่ยนทูล การใช้น้ำหล่อเย็น (Coolant) การหยุดสปินเดิล และการหยุดโปรแกรมเป็นต้น โดยคำสั่งเหล่านี้กำหนดให้ใช้เป็นโค้ดเอ็ม (M-Code) ดังนั้น เอ็มโค้ด (M-Code) คือ คำสั่งอื่นๆ (Miscellaneous Functions) ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมกลไกการทำงานเครื่องจักรกล CNC ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของทูล

หมายเหตุ

ก. ทั้ง G-Code และ M-Code โดยทั่วไปจะตามด้วยตัวเลข 2 ตัว แต่ในคอนโทรลเลอร์บางรุ่นอาจมี 3 ตัวได้ เพื่อเพิ่มคำสั่งให้หลากหลายมากขึ้น

ข. โค้ดบางช่วงเช่น G22 ถึง G32 และ G98 ถึง 99 มาตรฐาน EIA และ ISO ไม่ได้กำหนด ทำให้ผู้ผลิตคอนโทรลเลอร์สามารถกำหนดเป็นคำสั่งพิเศษเพิ่มเติมได้เอง

ค. NC โปรแกรมหรือ จีโค้ดโปรแกรม อาจเรียกโปรแกรมที่ใช้โค้ดของ EIA และโค้ด ISO (EIA/ISO Code)

2.6.2.5 โค้ดอื่น ๆ ในเวิร์ด

โค้ดในแต่ละเวิร์ดนอกเหนือจาก G-Code และ M-Code แล้วยังประกอบด้วยโค้ดอื่น ๆ อีก 7 ประเภทคือ

ก. เลขที่บล็อก (เลขที่บรรทัด) :N

ข. ตำแหน่งหรือระยะทางความยาว: :X ,Y และ Z

ค. ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของวงกลม :I ,J และ K

ง. ความเร็วของสปินเดิลและความเร็วตัด :S และ V

จ. ความเร็วฟีด :F

ฉ. เลขที่ทูล :T

ช. อื่น ๆ :B ,D และ O เป็นต้น

ก. เลขที่บล็อก (Block Number ,Sequence Number) :N

เลขที่บล็อกหรือลำดับคำสั่งต่าง ๆ จะเริ่มด้วยตัวอักษร N ตามด้วยตัวเลข (0 ถึง 9) จำนวนตัวเลขมีเพียง 3 ตัว (3หลัก) หรือสูงสุด 999 บล็อก (N001 ถึง N999) ซึ่งใช้ในตอนโทรลเลอร์ยุคแรก ๆ เนื่องจากคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในยุคนั้นมีหน่วยความจำ (memory) น้อย

ในปัจจุบันเลขที่บล็อกในคอนโทรลเลอร์สามารถกำหนดได้ถึง 5 หลัก (N00001 ถึง N99999) หรือมากกว่า ทำให้สามารถรองรับโปรแกรมขนาดใหญ่ของชิ้นงานที่ซับซ้อนที่ทำจากซอฟท์แวร์ CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) ได้

การกำหนดเลขที่บล็อก สามารถเริ่มจากเลข 1,2,3,4 ..... หรือเพิ่มไปยังบล็อกถัดไปครั้งละหนึ่ง ซึ่งมีข้อเสีย คือ ทำให้ลำบากต่อการแก้ไขโปรแกรมโดยเฉพาะในการแทรกบล็อก ดังนั้นลำดับที่ใช้จึงนิยมให้เพิ่มครั้งละ 5 เช่น N0005 ,N0015 ,N0020 , ... หรือเพิ่มครั้งละ 10 เช่น N0010 ,N0030 ,N0040 , ... คอนโทรลเลอร์บางรุ่นต้องพิมพ์ N0005 (ต้องมีเลขศูนย์สามตัว) แทน N5 มิฉะนั้นแล้วจะใช้ไม่ได้

ในคอนโทรลเลอร์บางรุ่นเลขที่บล็อกไม่จำเป็นต้องกำหนดให้ทุก ๆ บรรทัดแต่จะกำหนดเฉพาะ บล็อกที่ใช้อ้างอิงถึงในโปรแกรมย่อย หรือ Subprogram ดังนั้นจึงควรศึกษาคู่มือการใช้โปรแกรมของแต่ละคอนโทรลเลอร์ และของแต่รุ่น

ข. ความเร็วสปินเดิล (Spindle Speed) S

ความเร็วสปินเดิลคือความเร็วรอบของสปินเดิล ใช้ตัวอักษร S ตามด้วยตัวเลข เช่น S1500 หมายถึงให้ความเร็วสปินเดิลเป็น 1500 รอบต่อวินาที (rpm หรือ rev/min) ความเร็วสปินเดิลจะนิยมเรียกสั้น ๆ ว่า " สปีด " (Speed)

ค. ความเร็วฟีด F

ความเร็วฟีด (หรือ ฟีดเรต ,Feed rate) คือ ความเร็วของการเคลื่อนที่ของทูลในขณะแมชชีนชิ้นงาน หรือเคลื่อนที่ลึกลงในชิ้นงานเพื่อกัดหรือกลึงเอาเนื้อชิ้นงานออก หน่วยความเร็วฟีดสามารถกำหนดได้เป็น

ค.1 มม/นาที (mm/min) หรือ นิ้ว/นาที (inch/mm) ใช้สำหรับการกัด และการเจาะคำสั่งที่ใช้คือ G94

ค.2 มม/รอบ (mm/rev) หรือ นิ้ว/รอบ (inch/rev) สำหรับการกลึงคำสั่งที่ใช้คือ G95

ง. เลขที่ทูล : T

เลขที่ทูล สำหรับการเลือกใช้ทูลในเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ และเครื่องกลึง CNC ใช้ตัวอักษร T ตามด้วยตัวเลข โดยทั่วไปใช้รวมกับโค้ดการเปลี่ยนทูล (M06) ตัวอย่างเช่น T0102 และ T0101 เป็นต้น

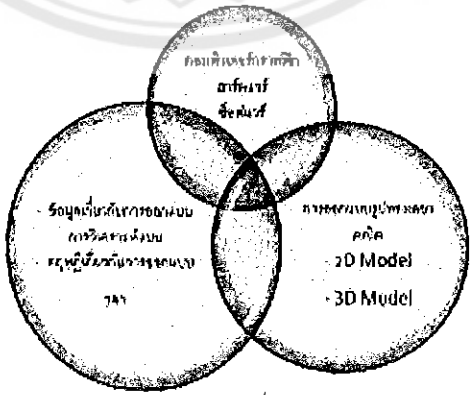
2.7 คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบและการผลิต (CAD/CAM)

งานอุตสาหกรรมเป็นงานที่มีการแข่งขันเพื่อที่จะผลิตสินค้าให้มีคุณภาพแต่ราคาต่ำแต่เดิมนั้นโรงงานส่วนใหญ่มักอาศัยแรงงานของคนเป็นหลักแต่ในปัจจุบันได้นำคอมพิวเตอร์มาช่วยเพิ่มผลผลิต เช่น การนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบ (computer aided design) หรือ CAD การนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการผลิต (computer aided manufacturing) หรือ CAM งานวิศวกรรมก็ได้นำคอมพิวเตอร์กราฟิกมาช่วยในการสร้างแบบซึ่งเราเรียกว่า "คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (computer aided design)" และพัฒนามาใช้คอมพิวเตอร์ช่วยผลิตด้วย โดยใช้ควบคุมอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ผลิตชิ้นงานในโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งเราเรียกว่า "คอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต (computer aided manufacturing)"

เนื่องจาก CAM ต้องอาศัยข้อมูลจาก CAD และ CAM จึงมักจำนำมาใช้ร่วมกันโดยเรามักเรียกเทคโนโลยีนี้ว่า "CAD/CAM" ซึ่งเป็นพื้นฐานการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ในงานอุตสาหกรรม

2.7.1 องค์ประกอบของระบบคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบและคอมพิวเตอร์ช่วยการผลิต

การนำคอมพิวเตอร์มาช่วยออกแบบและช่วยผลิต (CAD/CAM) มีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้



รูปที่ 2.6 องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ

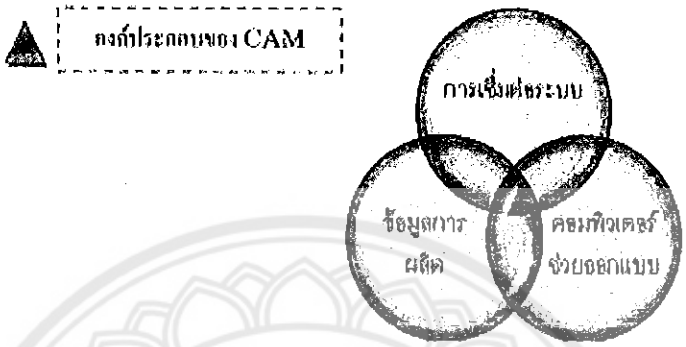
ที่มา : อำนาจ ทองแสน เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบและผลิต พิมพ์ครั้งที่ 1

2.7.1.1 องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ (CAD)

ก. ข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบ (Design Tool)

ข. การสร้างรูปทรงเรขาคณิต (Geometic Modelling)

ค. เครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ (Computer Graphics)



รูปที่ 2.7 องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ช่วยผลิต

ที่มา : อำนาจทองแสน เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบและผลิต **พิมพ์ครั้งที่1**

2.7.1.2 องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ช่วยผลิต (CAM)

ก. คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ (CAM)

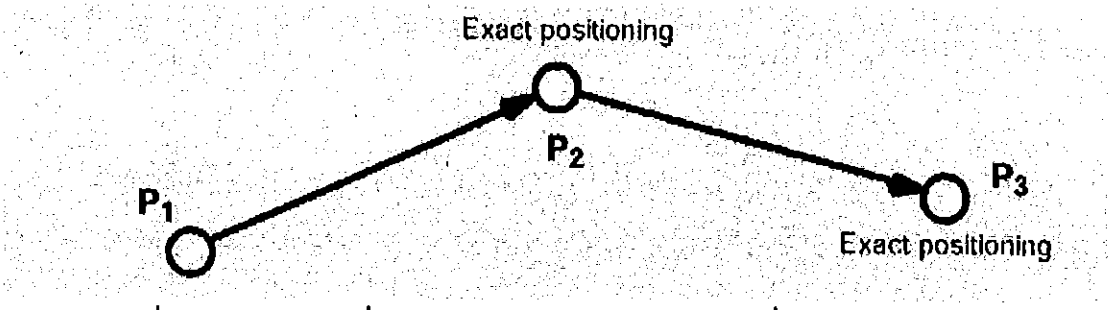
ข. ข้อมูลเกี่ยวกับการผลิต (Manufacturing Tool)

ค. การเชื่อมต่อระบบ (Network)

2.8 โปรแกรมการเคลื่อนที่

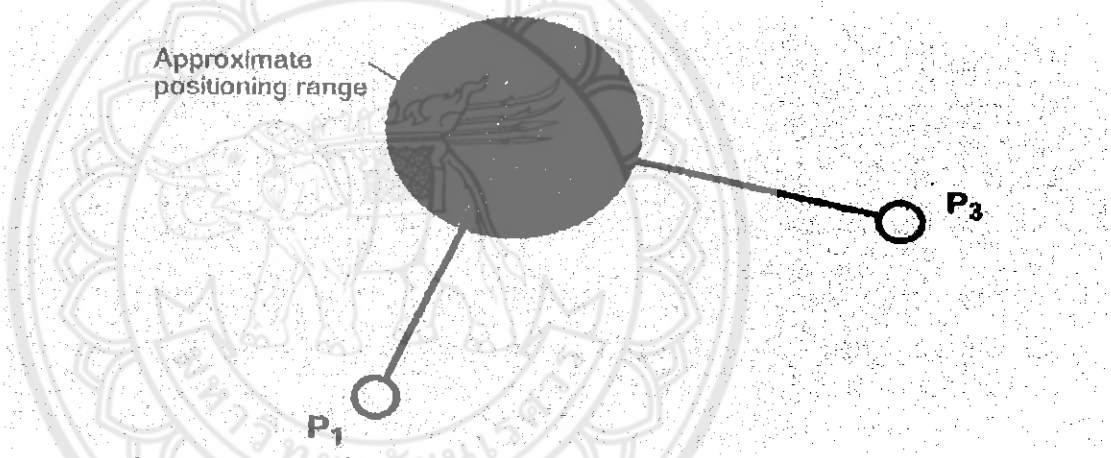
2.8.1 Linear motion (LIN)

ที่มาของการเคลื่อนไหวเชิงเส้นว่าหุ่นยนต์มีการประสานงานในลักษณะจุดอ้างอิงหรือชิ้นงานถูกย้ายไปตามแนวเส้นตรงจนถึงจุดปลายทาง การเคลื่อนที่เชิงเส้นที่ใช้ในกรณีที่หุ่นยนต์มีการปฏิบัติตามเส้นทางที่แน่นอนที่จะเป็นที่จุดที่มีความเร็วที่กำหนดไว้หรือถ้ามีการย้ายไปยังจุดที่ไม่สามารถเข้าถึงได้โดยใช้การเคลื่อนไหวเนื่องจากมีความเสี่ยงของการปะทะกัน ในกรณีของการเคลื่อนที่เชิงเส้นที่มีตำแหน่งที่แน่นอนของหุ่นยนต์ จะหยุดตรงที่แต่ละจุดปลายทาง



รูปที่ 2.8 แสดงการเคลื่อนไหวเชิงเส้นกับการวางตำแหน่งที่แน่นอน

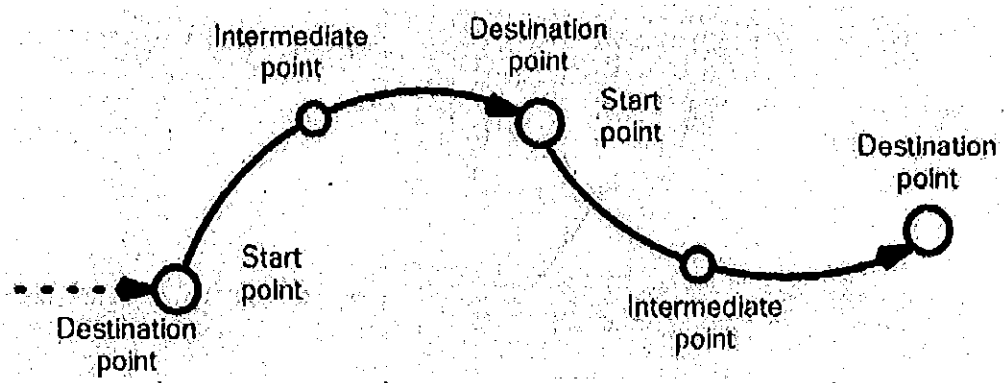
ในระหว่างการวางตำแหน่งโดยประมาณ จะควบคุมตรวจสอบที่เรียกว่าช่วงการวางตำแหน่งโดยประมาณรอบจุดปลายทาง ในตัวอย่างคือ จุดP2 เมื่อบริเวณนั้นมีการเคลื่อนที่หุ่นยนต์ดำเนินไปสู่จุดปลายทางของคำสั่งการเคลื่อนไหวถัดไปทันที



รูปที่ 2.9 แสดงการเคลื่อนไหวเชิงเส้นกับการวางตำแหน่งโดยประมาณ

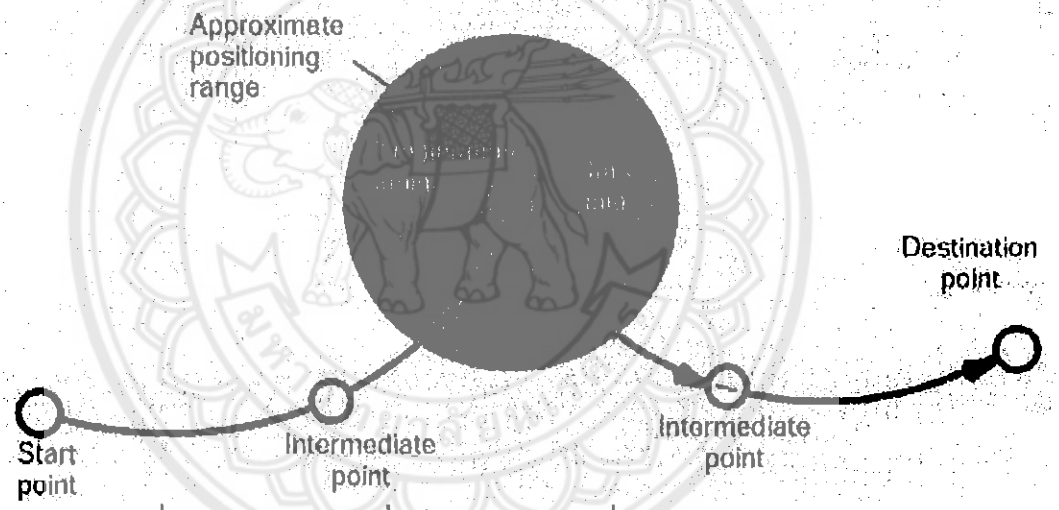
2.8.2 Circular motion (CIRC)

ที่จุดอ้างอิงหรือชิ้นงานที่ย้ายไปยังจุดเป้าหมายตามเส้นโค้ง โดยเส้นทางที่กำหนดเป็นทางเริ่มต้น ระดับกลาง และจุดสิ้นสุด จุดปลายของคำสั่งเคลื่อนไหวดำเนินการกับตำแหน่งที่แน่นอนที่สับเปลี่ยนเป็นจุดเริ่มต้นสำหรับการเคลื่อนที่ตามแนวอย่างสม่ำเสมอไปตามความยาวทั้งหมดของเส้นทาง ในกรณีของการเคลื่อนไหวเส้นโค้ง กับการวางตำแหน่งที่แน่นอนของหุ่นยนต์จะหยุดตรงที่แต่ละจุดปลายทาง



รูปที่ 2.10 แสดงการเคลื่อนไหวเชิงเส้นโค้งกับการวางตำแหน่งที่แน่นอน

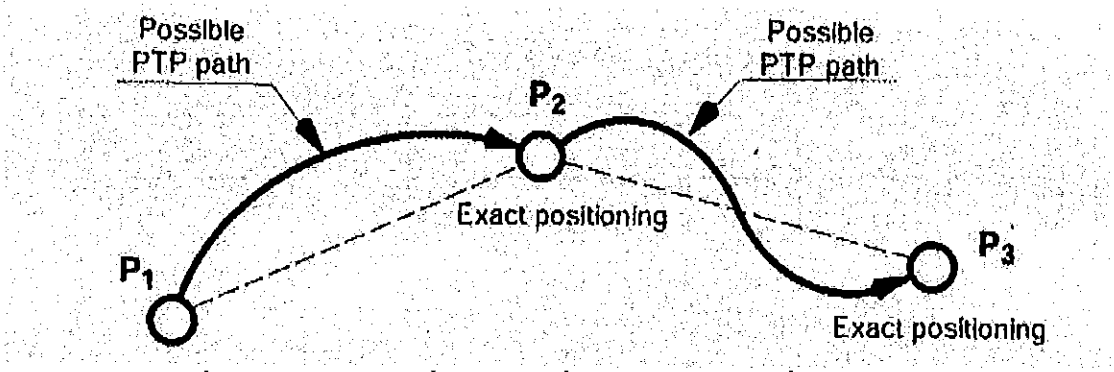
ในระหว่างการวางตำแหน่งโดยประมาณจะตรวจสอบเรียกว่า ตำแหน่งพิสัยใกล้จุดปลายทาง และการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ดำเนินไปสู่จุดปลายทางของคำสั่งการเคลื่อนไหวถัดไปทันที



รูปที่ 2.11 แสดงการเคลื่อนไหวเชิงเส้นโค้งที่มีการวางตำแหน่งโดยประมาณ

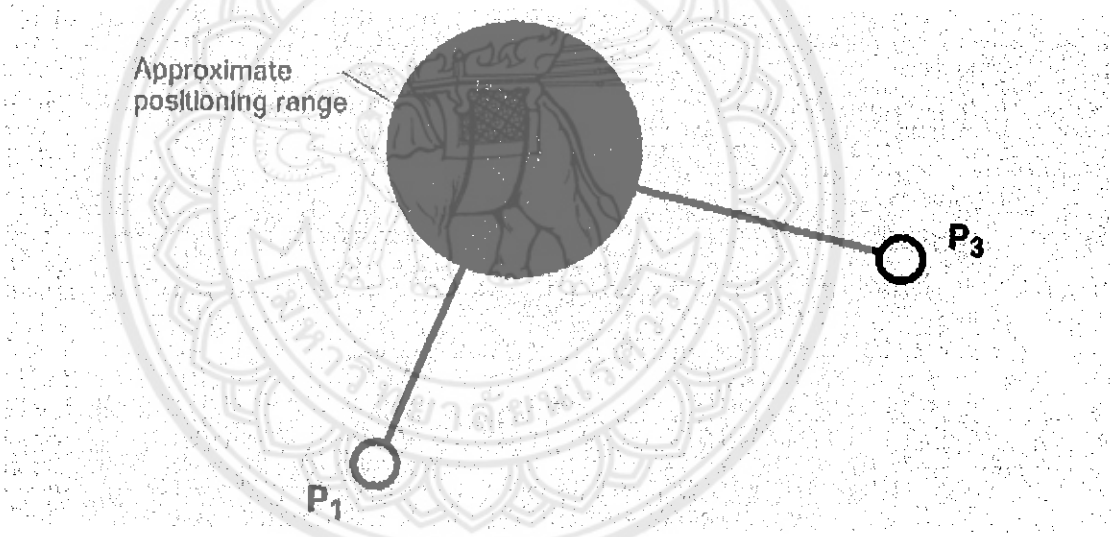
2.8.3 Point-to-point motions (PTP)

ระบบหุ่นยนต์อยู่ในตำแหน่งที่ใช้เป็นทางที่เร็วที่สุดระหว่างสองจุดโดยวางตั้งแต่เริ่มต้นและสิ้นสุดการเคลื่อนไหวในทุกแกนในเวลาเดียวกันตัวแกนจะต้องมีการทำข้อมูลให้ตรงกันและ เมื่อคำสั่งนี้ถูกนำมาใช้เส้นทางที่ถ่ายโดยหุ่นยนต์จะไม่สามารถคาดการณ์ว่าด้วยเหตุความเสี่ยงของการปะทะกันในบริเวณใกล้เคียงของอุปสรรคในลักษณะการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ที่อยู่ใกล้อุปสรรคต้องผ่านการทดสอบที่ความเร็วลดลง และในกรณีของการชี้ไปที่จุดการเคลื่อนไหวกับการวางตำแหน่งที่แน่นอนของหุ่นยนต์จะหยุดตรงที่จุดปลายทางของแต่ละแกน



รูปที่ 2.12 แสดงการเคลื่อนไหวจุดที่มีการวางตำแหน่งที่แน่นอน

ในระหว่างการวางตำแหน่งโดยประมาณจะควบคุมตรวจสอบที่เรียกว่าช่วงการวางตำแหน่งโดยประมาณรอบจุดปลายทาง เป็นจุด P2 เมื่อป้อนพื้นที่นี้เข้าไป การเคลื่อนที่หุ่นยนต์จะไปยังจุดปลายทางคำสั่งเคลื่อนไหวถัดไปทันที

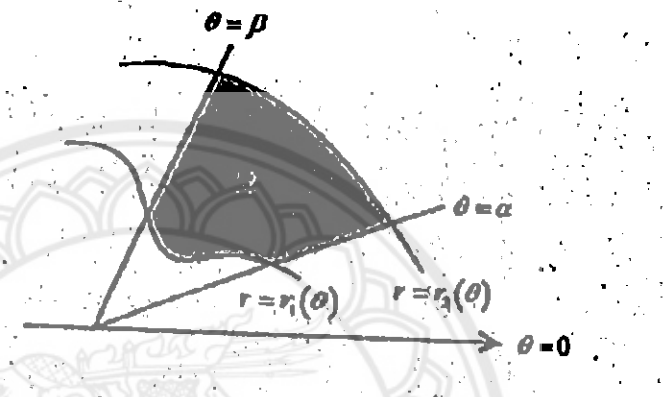


รูปที่ 2.13 แสดงการเคลื่อนไหวจุดที่มีการวางตำแหน่งโดยประมาณ

2.9 ปริพันธ์หลายขั้นและการประยุกต์

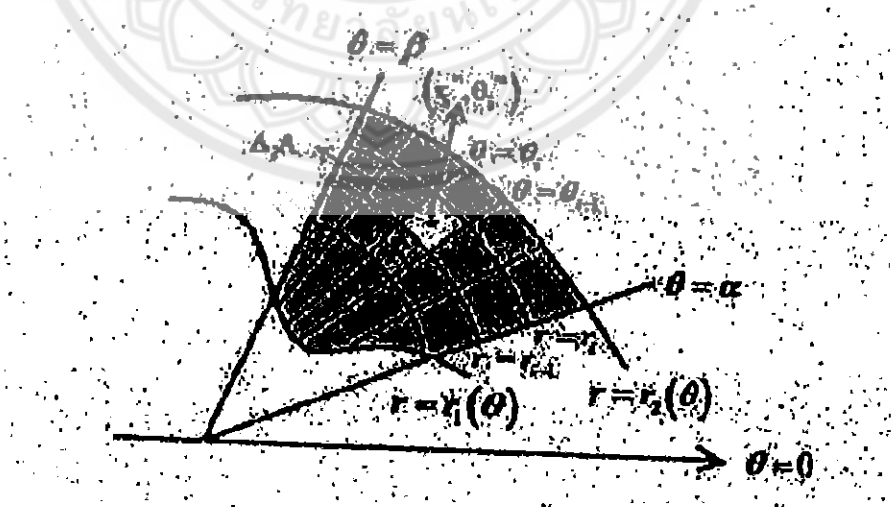
2.9.1 ปริพันธ์สองขั้นในระบบพิกัดเชิงขั้ว

พิจารณาการหาปริพันธ์สองชั้นของฟังก์ชั้นแบบบริเวณปิด R ในระนาบพิกัดเชิงขั้วที่ปิดล้อมด้วยเส้นตรง $\theta = \alpha$, $\theta = \beta$ และเส้นโค้ง $r = r_1(\theta)$, $r = r_2(\theta)$ โดยที่ $r_1(\theta) \leq r_2(\theta)$ สำหรับ $\alpha \leq \beta$ ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 รูปแสดงระบบพิกัดเชิงขั้ว

แบ่งบริเวณ R ออกเป็นรูปสี่เหลี่ยมโค้งย่อย ๆ n รูป และให้ สามเหลี่ยม เป็นพื้นที่ของสี่เหลี่ยมโค้งรูปที่ i ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 รูปแสดงปริพันธ์สองชั้นของระบบพิกัดเชิงขั้ว

(พื้นที่สี่เหลี่ยมโค้งคำนวณโดยอาศัยสูตรเซกเตอร์ที่รองรับมุม θ ของวงกลมรัศมี r โดยที่ $A = \frac{1}{2}r^2\theta$)

2.9.2 การหาปริพันธ์สองชั้นโดยการแปลงระบบพิกัด

บางครั้งเพื่อให้เกิดความสะดวกในการหาปริพันธ์ และในการหาขอบเขตของการหาปริพันธ์ เราอาจเปลี่ยนตัวแปรจากระบบเดิมเป็นระบบใหม่ ในหัวข้อนี้จะเน้นการเปลี่ยนจากระบบพิกัดเชิงขั้ว แต่ก่อนอื่นจะกล่าวถึงการเปลี่ยนระบบพิกัดฉากไปเป็นระบบพิกัด UV ใด ๆ ก่อน

ค่าปริพันสองชั้นโดยการเปลี่ยนตัวแปรจาก x , y ไปเป็นตัวแปร u , v หาได้จาก

$$\iint_R f(x,y)\,dA_{xy} = \iint_R f(x(u,v), y(u,v)) \left| J(u,v) \right| dA_{uv}$$

โดยที่

$$J(u,v) = \frac{\partial(x,y)}{\partial(u,v)} = \frac{\partial x}{\partial u}\frac{\partial y}{\partial v} - \frac{\partial y}{\partial u}\frac{\partial x}{\partial v}$$

เรียก J(u,v) ว่า จาโคเบียนของการแปลง x=x(u,v) และ y = y(u,v)

การเปลี่ยนตัวแปรจากระบบพิกัดฉากเป็นระบบพิกัดเชิงขั้ว ใช้ความสัมพันธ์

$$x = r\cos\theta \,,\; y = r\sin\theta$$

ซึ่งจากความสัมพันธ์นี้จะได้ว่า

$$r^2 = x^2 + y^2 \,,\; r = \sqrt{x^2 - y^2}$$

จาโคเบียนในการเปลี่ยนตัวแปรในระบบพิกัดฉากไปเป็นระบบพิกัดเชิงขั้ว คือ

$$J(r,\theta) = \frac{\partial(x,y)}{\partial(r,\theta)} = \begin{vmatrix} \cos\theta & -r\sin\theta \\ \sin\theta & r\cos\theta \end{vmatrix} = r\cos^2\theta + r\sin\theta^2 = r$$

ดังนั้นค่าปริพันธ์สองชั้น โดยการเปลี่ยนตัวแปรจาก x , y ไปเป็นตัวแปร r, θ หาได้จาก

$$\iint_R f(x,y)\,dA_{xy} = \iint_R f(x(r,\theta), y(r,\theta)) \left| J(r,\theta) \right| dA_{r\theta}$$

$$= \iint_R f(x(r,\theta), y(r,\theta))\, r\,dA_{r\theta}$$

2.10 โปรแกรม Autodesk Inventor HSM 2017

Autodesk HSM เป็นฟังช์ชันที่มีความเร็วสูงและมีเครื่องจักรในการแก้ปัญหาที่ครบวงจรภายในประดิษฐ์ซอฟแวร์รวมถึง

2.10.1 การเขียนโปรแกรม มี 2.5 ถึง 5 แกน

2.10.2 การกลึงแบบดั้งเดิม และการหมุนเลี้ยวขั้นสูง

2.10.3 กลยุทธ์ที่ดีที่สุดสำหรับรูปร่างส่วนหนึ่งของคุณ

2.10.4 การตัดเฉือน และหลีกเลี่ยงการจับเครื่องมือ

2.10.5 เครื่องมือจำลอง และการตรวจสอบแบบบูรณการ

2.11 โปรแกรม Sprut CAM 10

Sprut CAM อัพโหลดขั้นตอนยุ่งยากของการเขียนโปรแกรมหุ่นยนต์จากการผลิตคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ทำให้มีมากขึ้น และมีประสิทธิภาพมากขึ้น หุ่นยนต์ Sprut CAM มีหลากหลายของการดำเนินงานสำหรับ 3-5 แกนมิลลิ่ง ขัด ตัดแต่ง ตัด งานเชื่อม และอื่น ๆ หุ่นยนต์ Sprut CAM สนับสนุนการเขียนโปรแกรมหุ่นยนต์จาก Fanuc, Kuka, Toshiba และอื่น ๆ อีกมากมาย

2.11.1 ข้อดีและประโยชน์

2.11.1.1 เพิ่มประสิทธิภาพการเขียนแบบออฟไลน์ (ลดระยะใช้งานหุ่นยนต์) และลดต้นทุนการเขียนโปรแกรม

2.11.1.2 เร็วกว่าการเขียนโปรแกรมโดยสอน (โดยไม่มีการเรียนการสอนจุด)

2.11.1.3 เพิ่มประสิทธิภาพโดยอัตโนมัติ และการค้นหา การเคลื่อนไหวการปะทะ

2.11.1.4 จำลองเครื่องจักรจริง และตรวจสอบ

2.11.2 ตำแหน่งหุ่นยนต์

การเขียนโปรแกรมหุ่นยนต์หุ่นยนต์ Sprut CAM จะดำเนินการกับตำแหน่งของหุ่นยนต์และตรึงในพื้นที่พิจารณา ชั้นผนัง ชั้นวาง เพดาน ตำแหน่งใด ๆ ของหุ่นยนต์ภายในเซลล์จะได้รับการสนับสนุน ทั้งสองส่วน ตอนจะใช้เครื่องมือ และ เครื่องมือส่วนการตั้งค่าที่ได้รับอนุญาต

2.11.3 การจำลองการใช้เครื่องจักร

เพื่อรับประกันเส้นทางเครื่องมือที่สร้างขึ้นปราศจากข้อผิดพลาด และมีประสิทธิภาพ Sprut CAM หุ่นยนต์มีโมดูลขั้นสูงสำหรับการจำลองเครื่องจักรกล การจำลองใช้เครื่องจักรใน Sprut CAM คุณสมบัติ Sprut CAM ดังนี้

2.11.3.1 การจำลองจลนศาสตร์หุ่นยนต์แม่นยำ

2.11.3.2 การจำลองการกำจัดวัสดุ

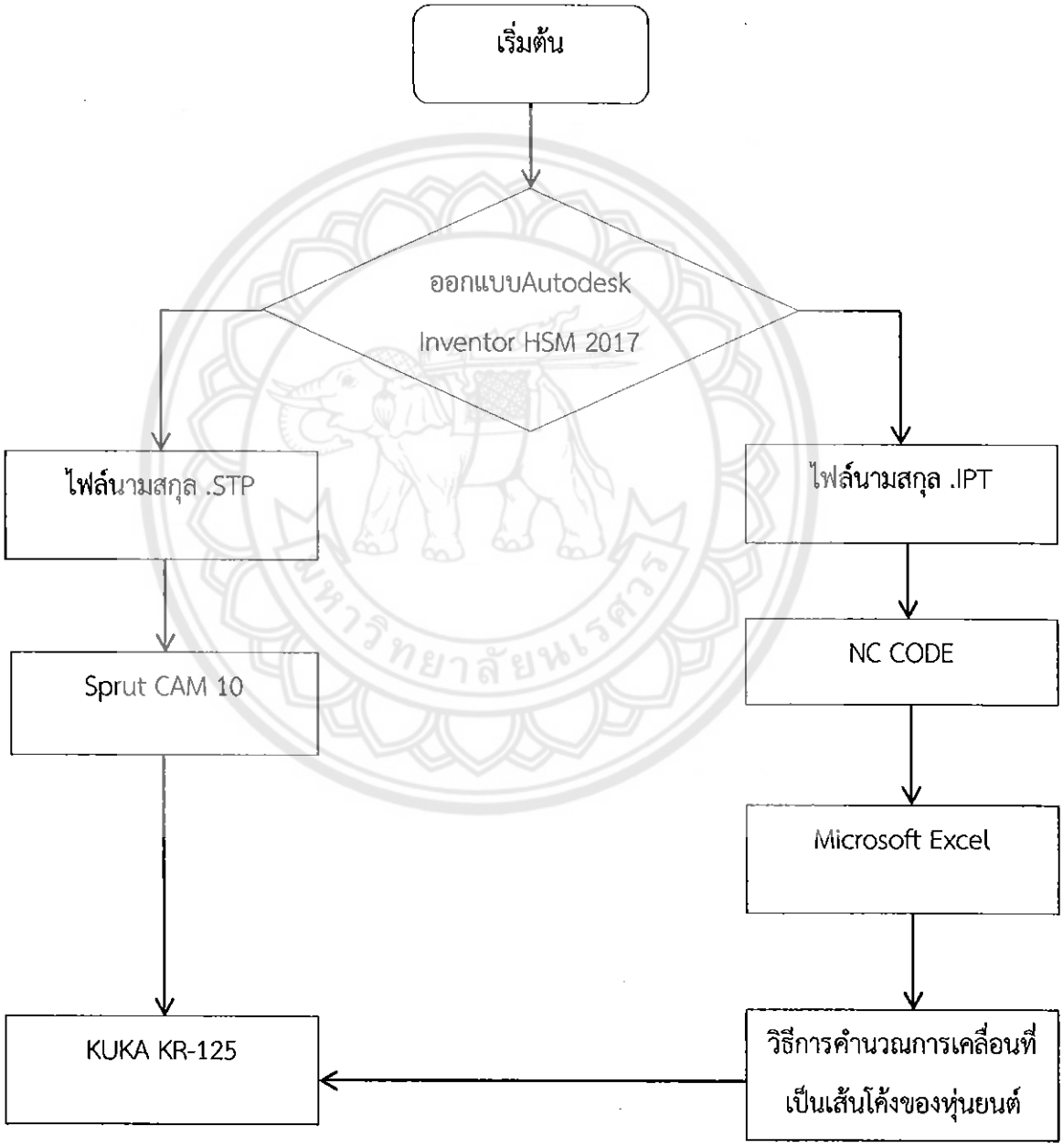
2.11.3.3 ตรวจจับการชนทางกล

2.11.3.4 การตรวจจับการกัดเซาะ ส่วนต่าง ๆ

1722497
สำนักหอสมุด
6 ก.ย. 2561

บทที่ 3
วิธีการดำเนินโครงงาน

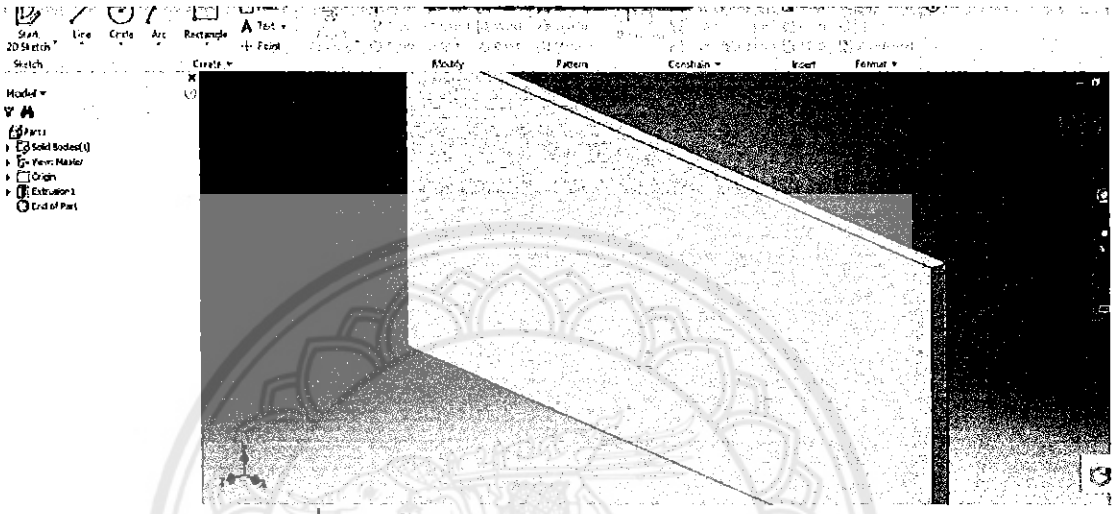
การศึกษาโครงงานนี้ เป็นการประยุกต์ใช้หุ่นยนต์ ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ โดยมีแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ซึ่งมีขั้นตอนในการศึกษาและวิเคราะห์โครงงานตามผังแสดงขั้นตอนการดำเนินโครงงาน แสดงดังรูปที่ 3.1



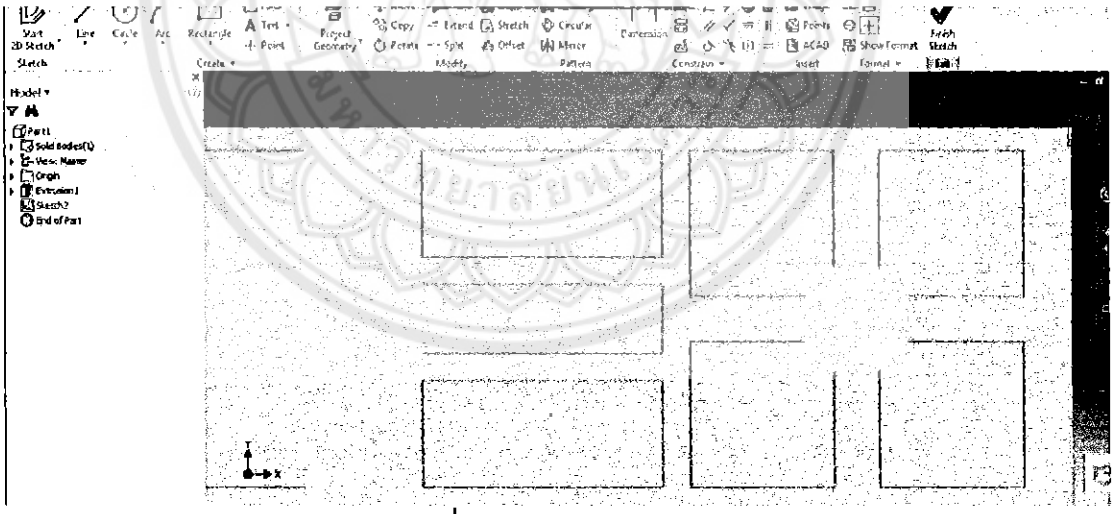
รูปที่ 3.1 ผังแสดงขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

บทที่ 4
ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

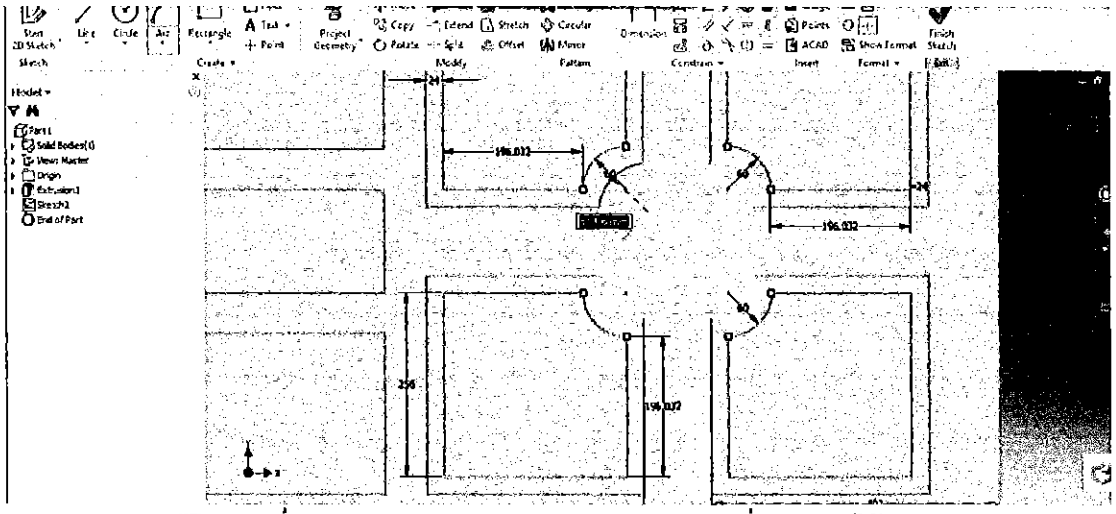
4.1 ออกแบบลวดลายเฟอร์นิเจอร์



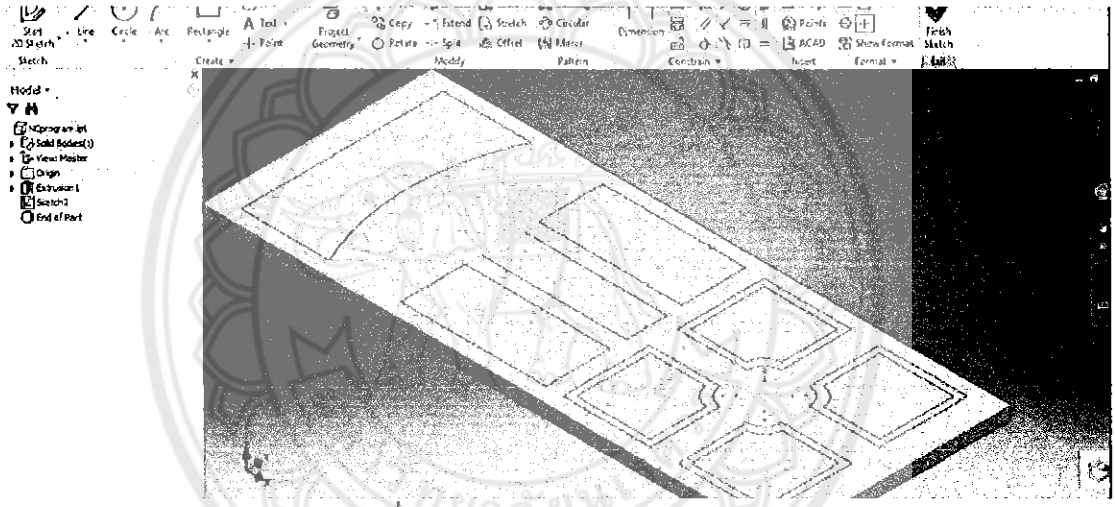
รูปที่ 4.1 สร้างขนาดบานประตู 2000x800x50mm.



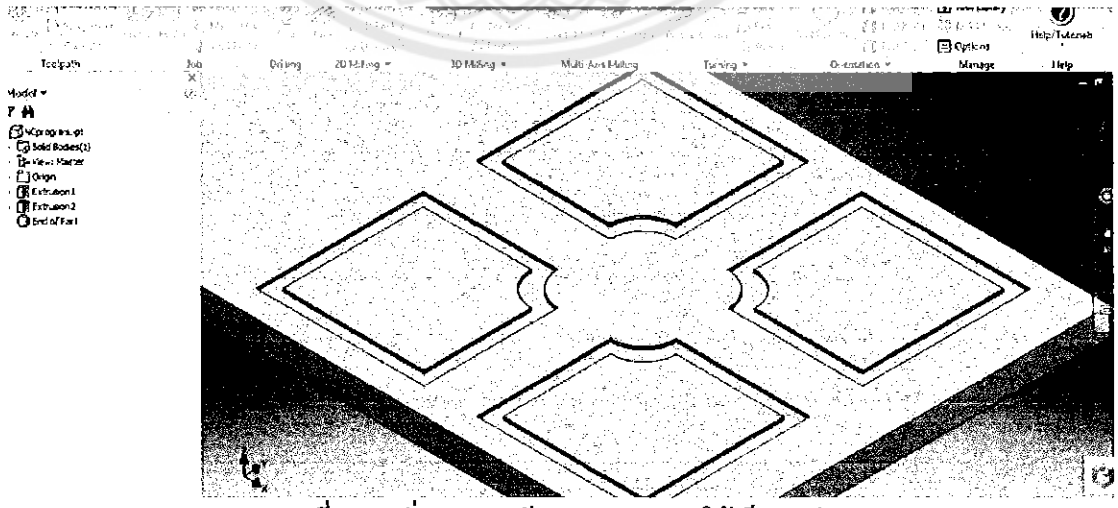
รูปที่ 4.2 ออกแบบลวดลาย



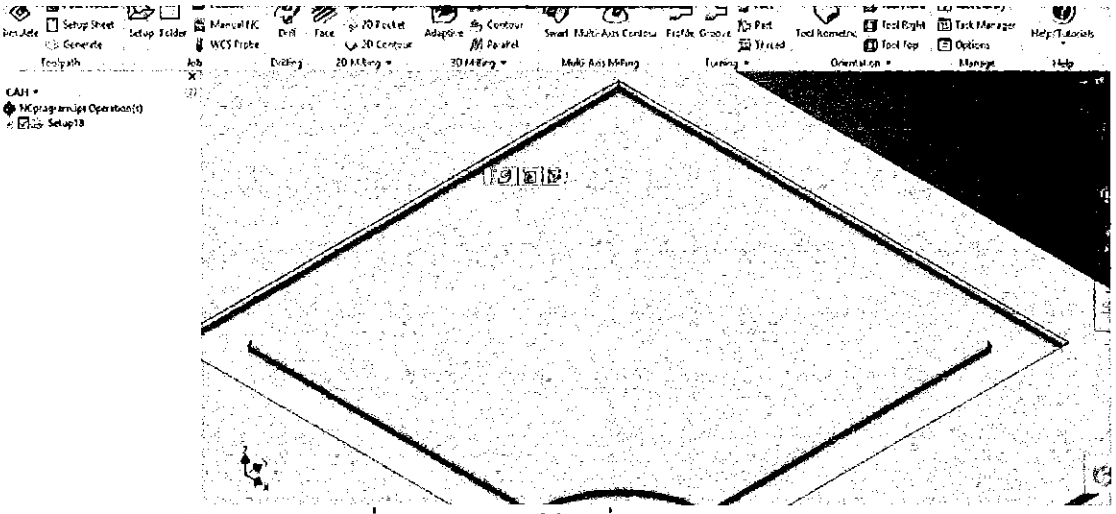
รูปที่ 4.3 แสดงการกำหนดขนาดของลวดลายที่ออกแบบไว้



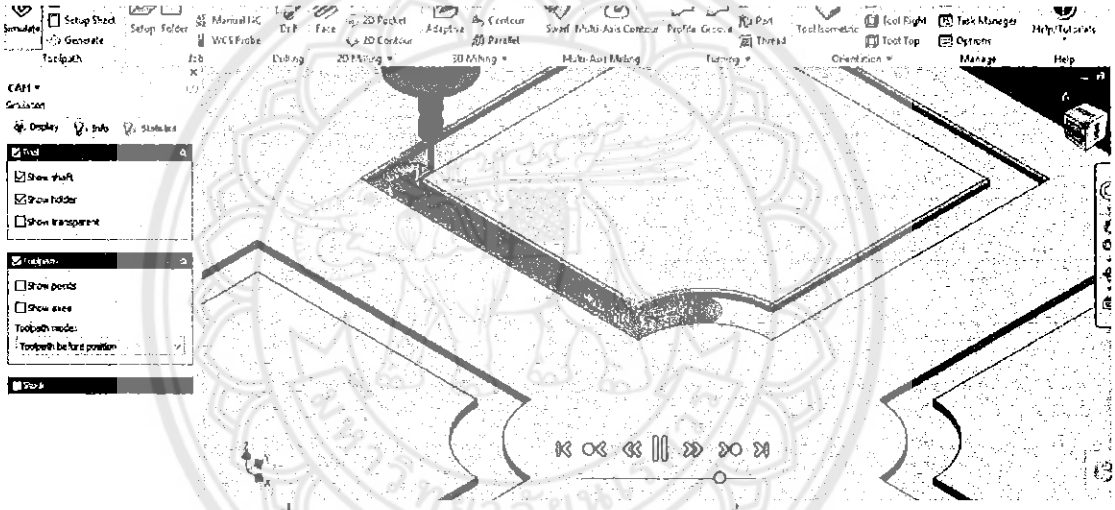
รูปที่ 4.4 แสดงโครงสร้างของลวดลาย



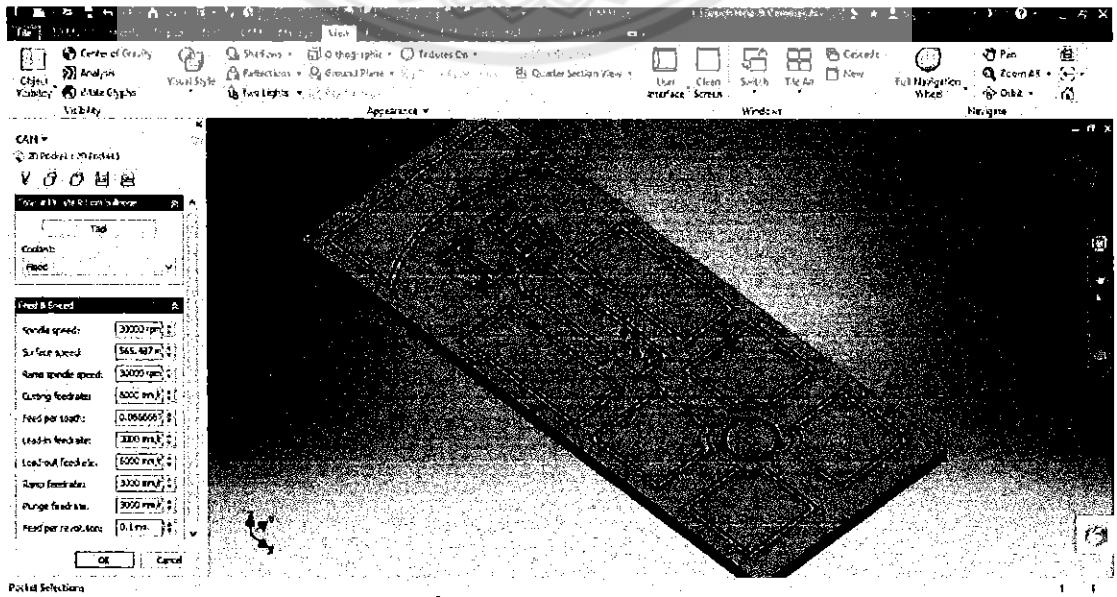
รูปที่ 4.5 เพิ่มรายละเอียดของลวดลายให้เป็น 3 มิติ



รูปที่ 4.6 แสดงการใช้คำสั่ง 2D Adaptive

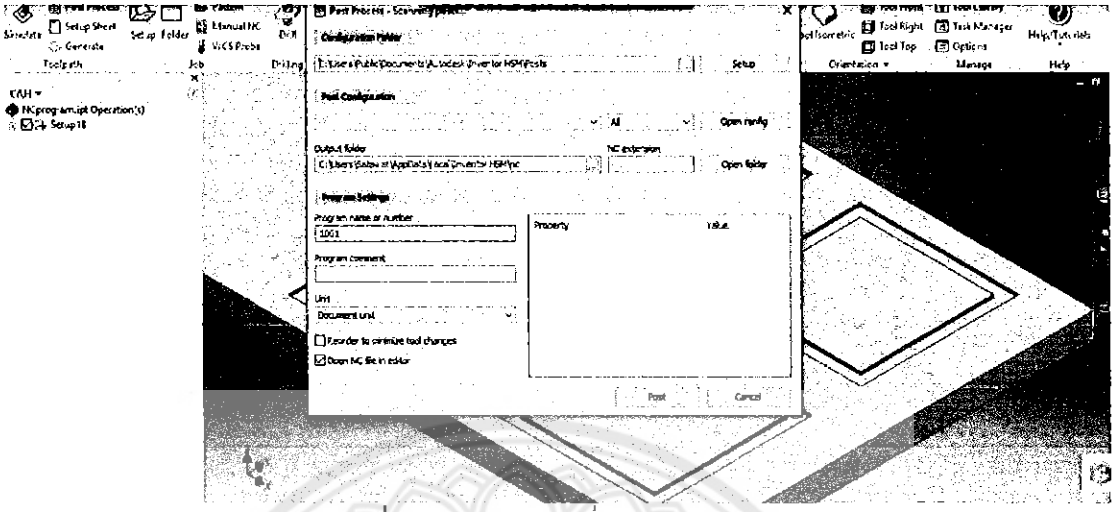


รูปที่ 4.7 แสดงภาพจำลองการทำงานของเครื่องจักร CNC

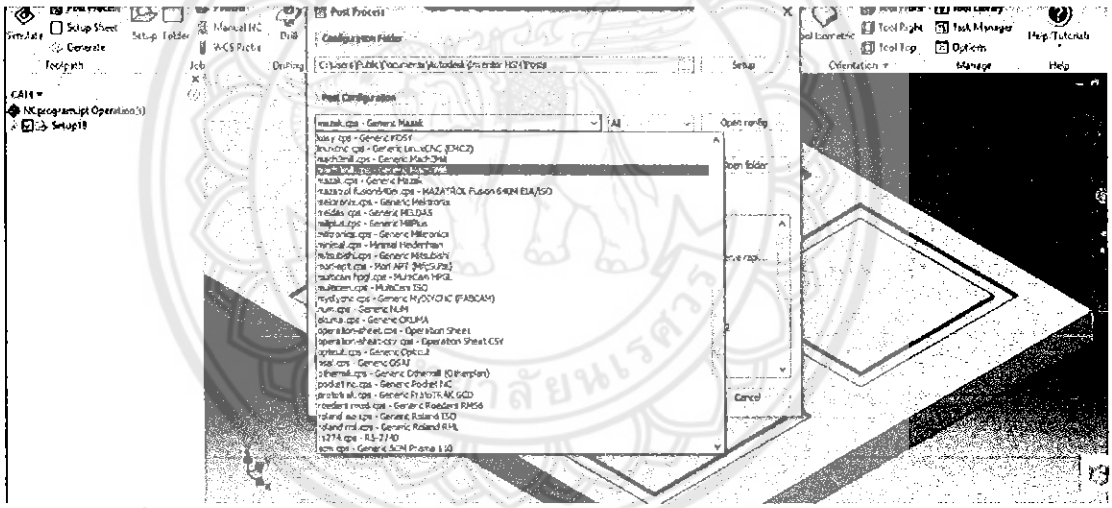


รูปที่ 4.8 แสดงผลเป็นภาพ 3D

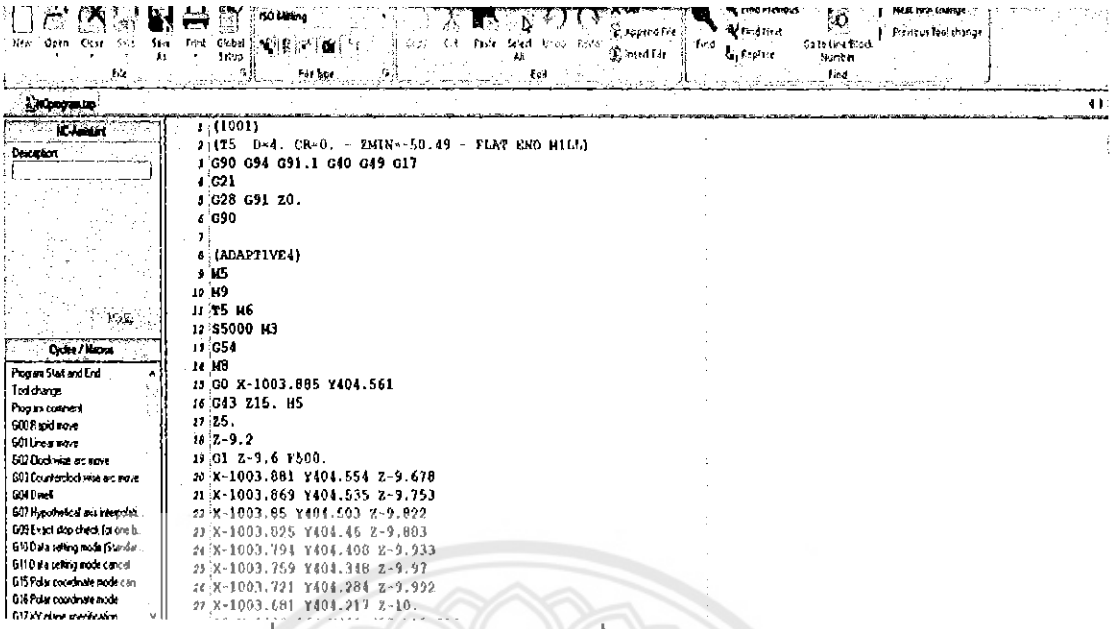
4.2 การเปลี่ยนลวดลายที่ได้จากการออกแบบให้เป็น NC Program



รูปที่ 4.9 แสดงเมนูคำสั่ง Post Process

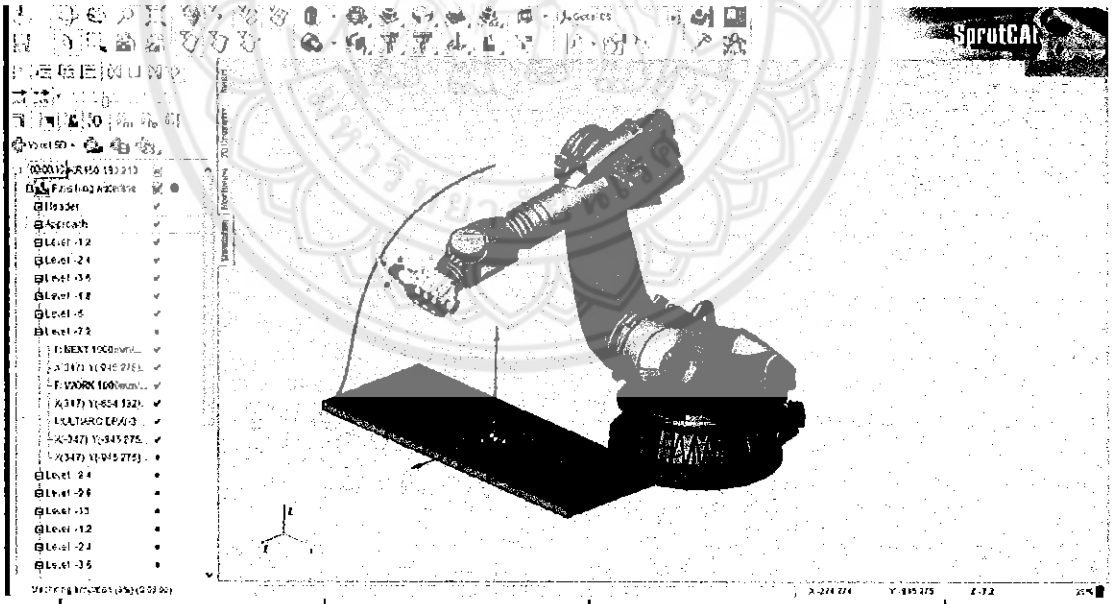


รูปที่ 4.10 กำหนดค่า Mach3mill.cps – Generic Mach3mill เสร็จแล้ว กด Post

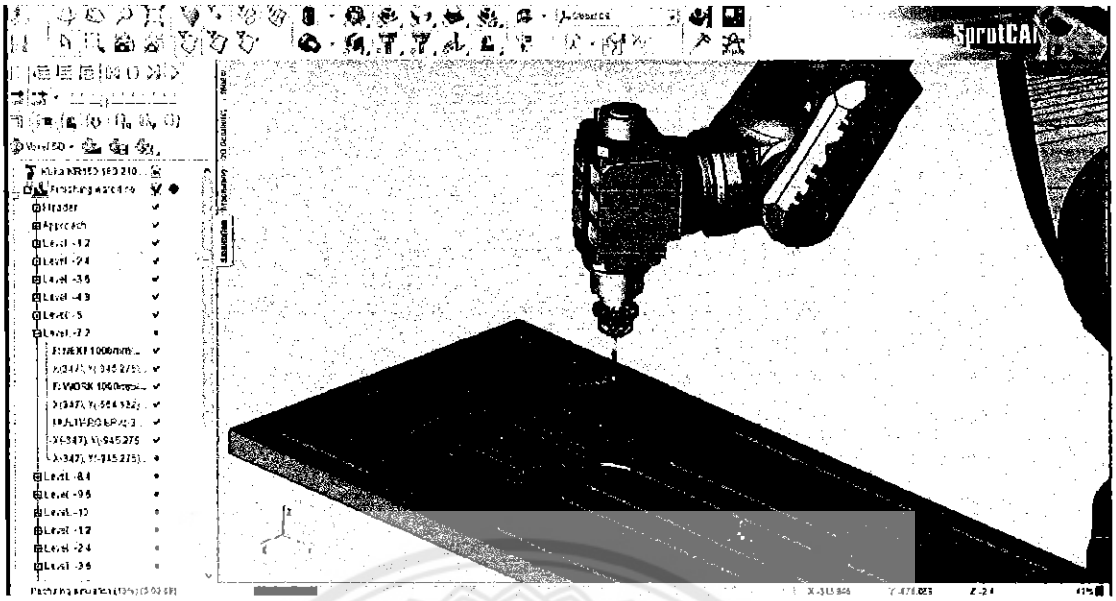


รูปที่ 4.11 แสดง CNC – CODE ที่ได้จากการทำ Toolpaths

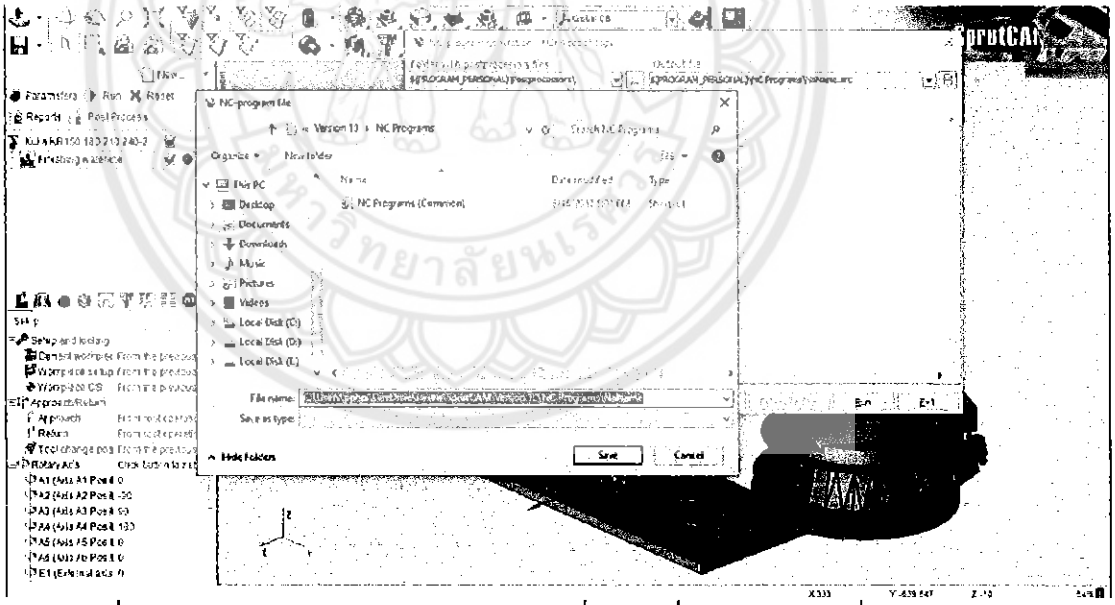
4.3 การนำลวดลายที่ได้ออกแบบมาประยุกต์ในโปรแกรม Sprut CAM 10 เพื่อควบคุมสั่งการหุ่นยนต์ในอุตสาหกรรม KUKA KR-125



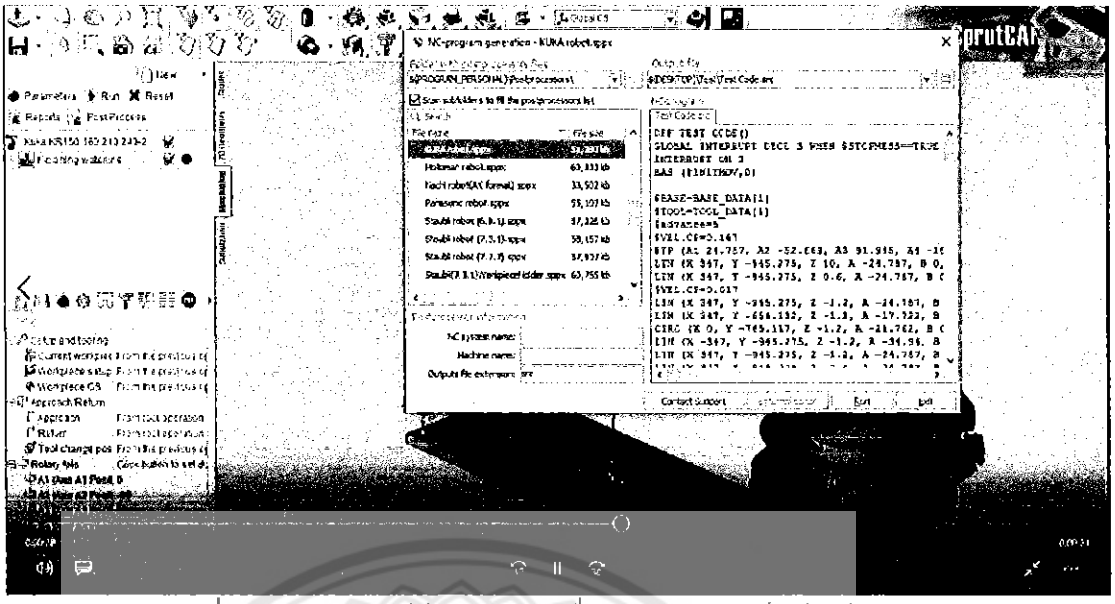
รูปที่ 4.12 เลือกประเภทเครื่องจักรก่อน และ เลือกยี่ห้อของหุ่นยนต์ และนำเข้าไฟล์ที่ได้ออกแบบไว้จาก โปรแกรม Autodesk Inventor HSM 2017 ที่บันทึกไว้เป็น *.STP



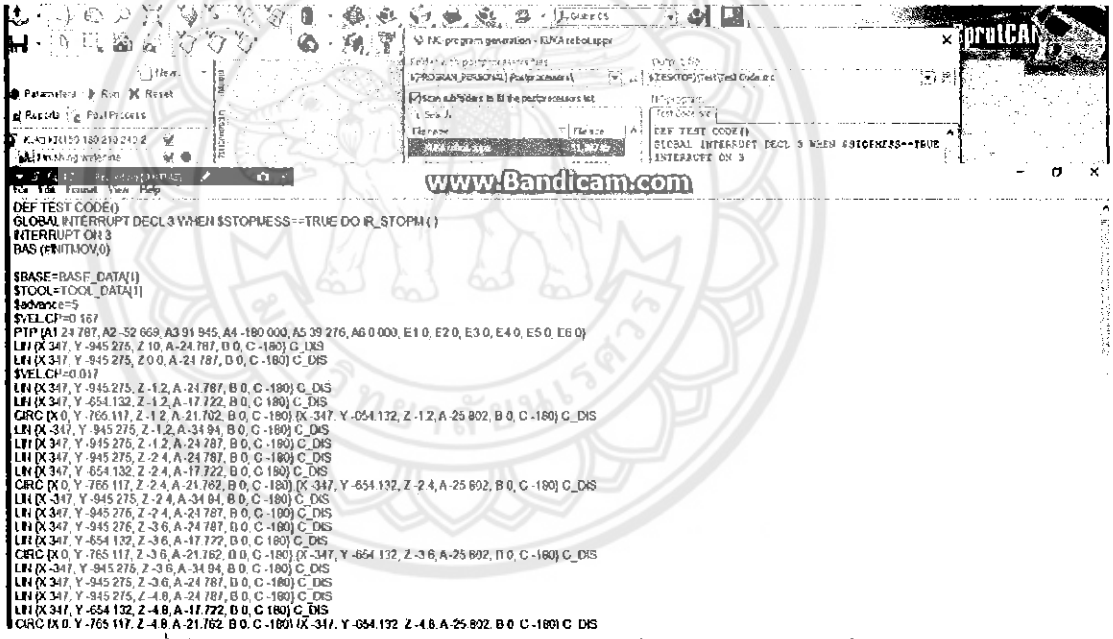
รูปที่ 4.13 ตั้งค่า set base และ set tool ของหุ่นยนต์ เพื่อเลือกขนาดของหัวกัด และเครื่องมือกัดชิ้นงาน และเลือกตำแหน่งของลวดลายที่จะให้หุ่นยนต์ทำงานตามออกแบบไว้ เพื่อกำหนดความเร็วในการเดินเครื่องจักร



รูปที่ 4.14 ทำการบันทึก และแสดงโค้ดของเครื่องจักรที่ทำงานตรงตามที่ออกแบบไว้

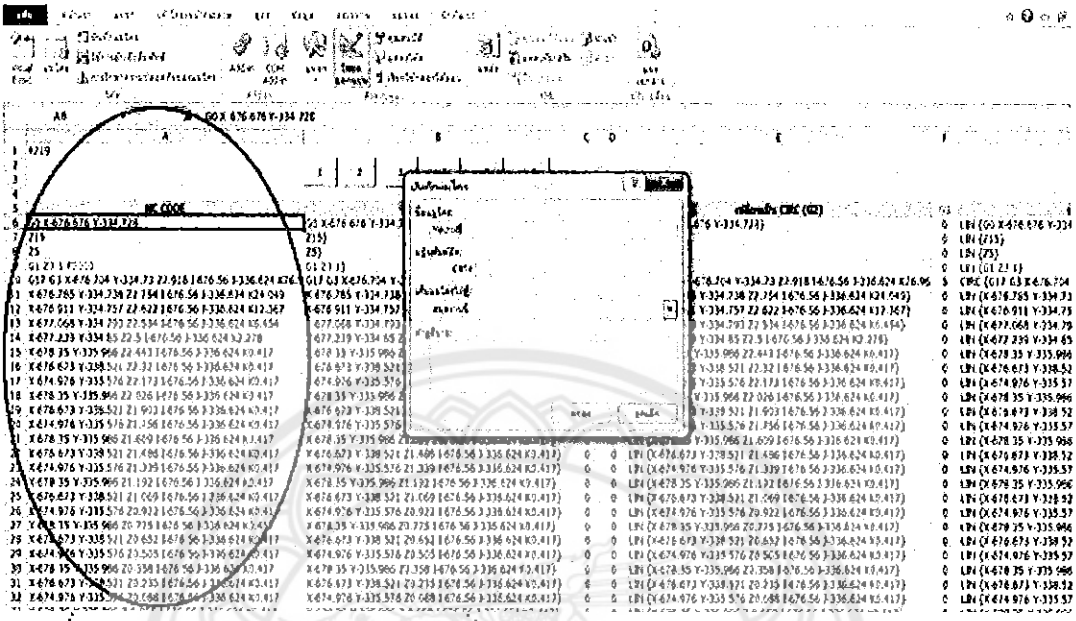


รูปที่ 4.15 ภาพแสดงโค้ดหลังจากเครื่องจักรทำงานเสร็จเรียบร้อย



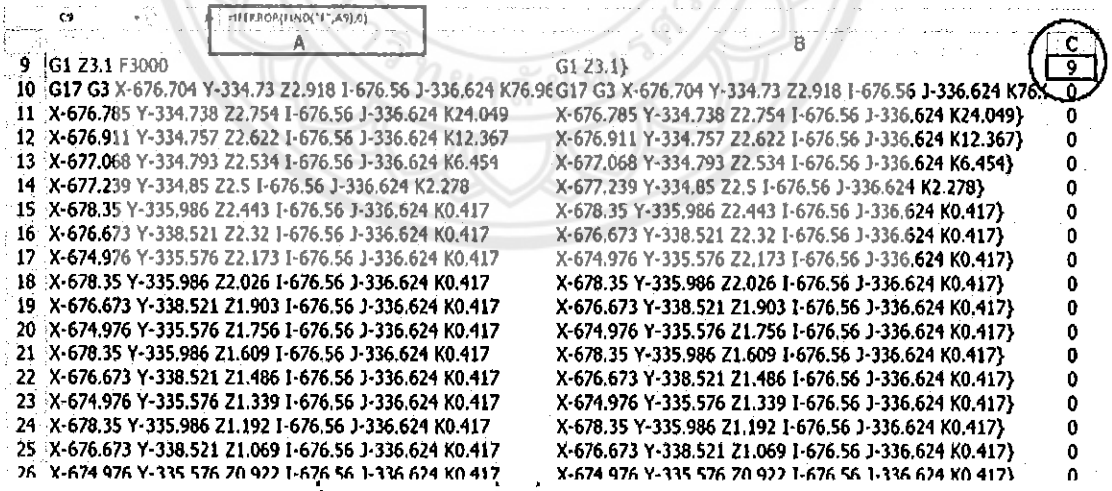
รูปที่ 4.16 นำโค้ดที่ได้มาใส่ในโปรแกรม Note pad และบันทึกไฟล์ *.SRC และนำไปใช้งานในอุตสาหกรรม

4.4 การเปลี่ยน NC Program ให้เป็น KUKA KR-125 Program โดยใช้ Microsoft Excel



รูปที่ 4.17 แสดงการนำ CNC – CODE ที่ได้มาทำการแปลงข้อมูลในโปรแกรม Microsoft Excel

4.4.1 จากภาพ 4.17 นำ CNC – CODE ที่ได้มาวางในโปรแกรม Microsoft Excel ในคอลัมน์ A



	A	B	C
9	G1 Z3.1 F3000	G1 Z3.1}	9
10	G17 G3 X-676.704 Y-334.73 Z2.918 I-676.56 J-336.624 K76.96	G17 G3 X-676.704 Y-334.73 Z2.918 I-676.56 J-336.624 K76.	0
11	X-676.785 Y-334.738 Z2.754 I-676.56 J-336.624 K24.049	X-676.785 Y-334.738 Z2.754 I-676.56 J-336.624 K24.049}	0
12	X-676.911 Y-334.757 Z2.622 I-676.56 J-336.624 K12.367	X-676.911 Y-334.757 Z2.622 I-676.56 J-336.624 K12.367}	0
13	X-677.068 Y-334.793 Z2.534 I-676.56 J-336.624 K6.454	X-677.068 Y-334.793 Z2.534 I-676.56 J-336.624 K6.454}	0
14	X-677.239 Y-334.85 Z2.5 I-676.56 J-336.624 K2.278	X-677.239 Y-334.85 Z2.5 I-676.56 J-336.624 K2.278}	0
15	X-678.35 Y-335.986 Z2.443 I-676.56 J-336.624 K0.417	X-678.35 Y-335.986 Z2.443 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0
16	X-676.673 Y-338.521 Z2.32 I-676.56 J-336.624 K0.417	X-676.673 Y-338.521 Z2.32 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0
17	X-674.976 Y-335.576 Z2.173 I-676.56 J-336.624 K0.417	X-674.976 Y-335.576 Z2.173 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0
18	X-678.35 Y-335.986 Z2.026 I-676.56 J-336.624 K0.417	X-678.35 Y-335.986 Z2.026 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0
19	X-676.673 Y-338.521 Z1.903 I-676.56 J-336.624 K0.417	X-676.673 Y-338.521 Z1.903 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0
20	X-674.976 Y-335.576 Z1.756 I-676.56 J-336.624 K0.417	X-674.976 Y-335.576 Z1.756 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0
21	X-678.35 Y-335.986 Z1.609 I-676.56 J-336.624 K0.417	X-678.35 Y-335.986 Z1.609 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0
22	X-676.673 Y-338.521 Z1.486 I-676.56 J-336.624 K0.417	X-676.673 Y-338.521 Z1.486 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0
23	X-674.976 Y-335.576 Z1.339 I-676.56 J-336.624 K0.417	X-674.976 Y-335.576 Z1.339 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0
24	X-678.35 Y-335.986 Z1.192 I-676.56 J-336.624 K0.417	X-678.35 Y-335.986 Z1.192 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0
25	X-676.673 Y-338.521 Z1.069 I-676.56 J-336.624 K0.417	X-676.673 Y-338.521 Z1.069 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0
26	X-674.976 Y-335.576 Z0.922 I-676.56 J-336.624 K0.417	X-674.976 Y-335.576 Z0.922 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0

รูปที่ 4.18 พิมพ์คำสั่งเพื่อหาตำแหน่ง F ในข้อความ

4.4.2 จากภาพ 4.18 การหาตำแหน่ง F ทำได้โดยการพิมพ์คำสั่ง

=IF(ERROR(FIND("F",A9),0)

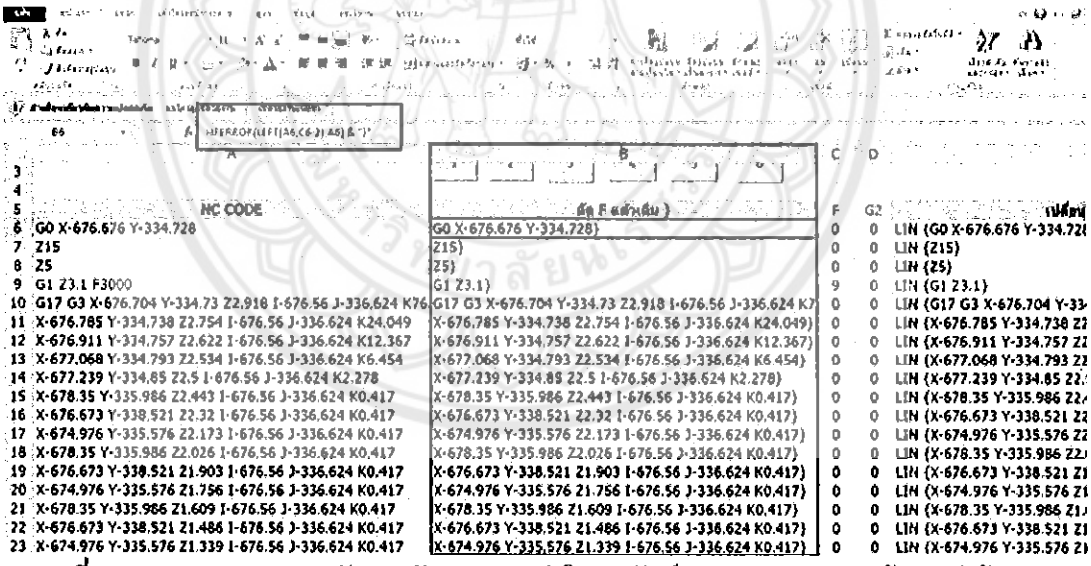
ในคอลัมน์ C หลังจากที่พิมพ์คำสั่งแล้วคลุมข้อความคำสั่งลงจนถึงบรรทัดสุดท้ายของโค้ด

C102 =IFERROR(FIND("F",A102),0)

	A	B	C
101	X-674.976 Y-335.576 Z-9.5 I-676.56 J-336.624 K0.417	X-674.976 Y-335.576 Z-9.5 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0
102	G1 X-675.266 Y-335.137 F6000	G1 X-675.266 Y-335.137}	24
103	G3 X-675.563 Y-335.167 I-675.407 J-335.231	G3 X-675.563 Y-335.167 I-675.407 J-335.231}	0
104	G2 X-675.935 Y-336.002 I-688.275 J-330	G2 X-675.935 Y-336.002 I-688.275 J-330}	0
105	G3 X-675.762 Y-336.278 I-675.762 J-336.086	G3 X-675.762 Y-336.278 I-675.762 J-336.086}	0
106	G1 X-674.831	G1 X-674.831}	0
107	G3 X-674.688 Y-336.011 I-674.831 J-336.106	G3 X-674.688 Y-336.011 I-674.831 J-336.106}	0
108	G1 X-674.976 Y-335.576	G1 X-674.976 Y-335.576}	0
109	X-675.026 Y-335.5 Z-9.493	X-675.026 Y-335.5 Z-9.493}	0
110	X-675.075 Y-335.426 Z-9.472	X-675.075 Y-335.426 Z-9.472}	0
111	X-675.122 Y-335.355 Z-9.438	X-675.122 Y-335.355 Z-9.438}	0
112	X-675.166 Y-335.289 Z-9.392	X-675.166 Y-335.289 Z-9.392}	0
113	X-675.205 Y-335.23 Z-9.334	X-675.205 Y-335.23 Z-9.334}	0
114	X-675.238 Y-335.179 Z-9.266	X-675.238 Y-335.179 Z-9.266}	0
115	X-675.266 Y-335.137 Z-9.189	X-675.266 Y-335.137 Z-9.189}	0
116	G3 X-675.303 Y-335.097 Z-9.049 I-675.407 J-335.231 K2.679	G3 X-675.303 Y-335.097 Z-9.049 I-675.407 J-335.231 K2.679}	0
117	X-675.319 Y-335.086 Z-8.9 I-675.407 J-335.231 K8.398	X-675.319 Y-335.086 Z-8.9 I-675.407 J-335.231 K8.398}	0
118	G0 Z5	G0 Z5}	0
119	X-937.575 Y-336.973	X-937.575 Y-336.973}	0

รูปที่ 4.19 แสดงตำแหน่ง F ในข้อความหลังจากที่พิมพ์คำสั่งแล้ว

4.4.3 จากภาพ 4.19 ค่าที่อยู่ในคอลัมน์ C เท่ากับ 24 คือค่าตำแหน่งของตัวอักษร F ตัวอย่างเช่น คอลัมน์ A102 คือ G1 X-675.266 Y-335.137 F6000 หากนับตำแหน่งของตัวอักษร F จากโค้ดจะได้ตำแหน่งที่ 24 พอดี



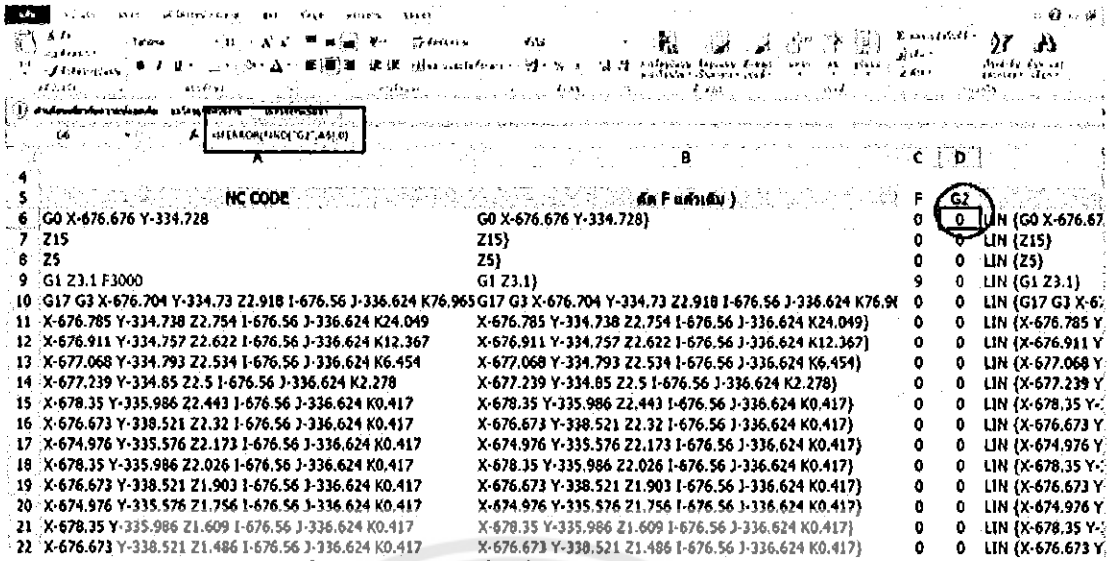
	A	B	C	D	
3					
4					
5	NC CODE	ค่า F แสดงค่าใน	F	G2	เปลี่ยน
6	G0 X-676.676 Y-334.728	G0 X-676.676 Y-334.728}	0	0	LIN {G0 X-676.676 Y-334.728
7	Z15	Z15}	0	0	LIN {Z15}
8	Z5	Z5}	0	0	LIN {Z5}
9	G1 Z3.1 F3000	G1 Z3.1}	9	0	LIN {G1 Z3.1}
10	G17 G3 X-676.704 Y-334.73 Z2.918 I-676.56 J-336.624 K76	G17 G3 X-676.704 Y-334.73 Z2.918 I-676.56 J-336.624 K7	0	0	LIN {G17 G3 X-676.704 Y-33
11	X-676.785 Y-334.738 Z2.754 I-676.56 J-336.624 K24.049	X-676.785 Y-334.738 Z2.754 I-676.56 J-336.624 K24.049}	0	0	LIN {X-676.785 Y-334.738 Z2
12	X-676.911 Y-334.757 Z2.622 I-676.56 J-336.624 K12.367	X-676.911 Y-334.757 Z2.622 I-676.56 J-336.624 K12.367}	0	0	LIN {X-676.911 Y-334.757 Z2
13	X-677.068 Y-334.793 Z2.534 I-676.56 J-336.624 K6.454	X-677.068 Y-334.793 Z2.534 I-676.56 J-336.624 K6.454}	0	0	LIN {X-677.068 Y-334.793 Z2
14	X-677.239 Y-334.85 Z2.5 I-676.56 J-336.624 K2.278	X-677.239 Y-334.85 Z2.5 I-676.56 J-336.624 K2.278}	0	0	LIN {X-677.239 Y-334.85 Z2.
15	X-678.35 Y-335.986 Z2.443 I-676.56 J-336.624 K0.417	X-678.35 Y-335.986 Z2.443 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	0	LIN {X-678.35 Y-335.986 Z2
16	X-676.673 Y-338.521 Z2.32 I-676.56 J-336.624 K0.417	X-676.673 Y-338.521 Z2.32 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	0	LIN {X-676.673 Y-338.521 Z2
17	X-674.976 Y-335.576 Z2.173 I-676.56 J-336.624 K0.417	X-674.976 Y-335.576 Z2.173 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	0	LIN {X-674.976 Y-335.576 Z2
18	X-678.35 Y-335.986 Z2.026 I-676.56 J-336.624 K0.417	X-678.35 Y-335.986 Z2.026 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	0	LIN {X-678.35 Y-335.986 Z2
19	X-676.673 Y-338.521 Z1.903 I-676.56 J-336.624 K0.417	X-676.673 Y-338.521 Z1.903 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	0	LIN {X-676.673 Y-338.521 Z1
20	X-674.976 Y-335.576 Z1.756 I-676.56 J-336.624 K0.417	X-674.976 Y-335.576 Z1.756 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	0	LIN {X-674.976 Y-335.576 Z1
21	X-678.35 Y-335.986 Z1.609 I-676.56 J-336.624 K0.417	X-678.35 Y-335.986 Z1.609 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	0	LIN {X-678.35 Y-335.986 Z1
22	X-676.673 Y-338.521 Z1.486 I-676.56 J-336.624 K0.417	X-676.673 Y-338.521 Z1.486 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	0	LIN {X-676.673 Y-338.521 Z1
23	X-674.976 Y-335.576 Z1.339 I-676.56 J-336.624 K0.417	X-674.976 Y-335.576 Z1.339 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	0	LIN {X-674.976 Y-335.576 Z1

รูปที่ 4.20 แสดง CODE หลังจากตัด F แสดงค่าในคอลัมน์ B และ เติม "}" ด้านหลังข้อความ

4.4.4 จากภาพ 4.20 การตัด F และตัวอักษรหลัง F แล้วเติม "}" ด้านหลังข้อความทำได้โดยการพิมพ์คำสั่ง

=IFERROR(LEFT(A6,C6-2),A6)& "}"

หลังจากที่พิมพ์คำสั่งแล้วคลุมข้อความคำสั่งลงจนถึงบรรทัดสุดท้ายของโค้ด ตัวอย่างเช่น B9 คือ G1 Z3.1} คือค่าที่แสดงการตัด F และตัวเลขหลัง F เรียบร้อยแล้ว



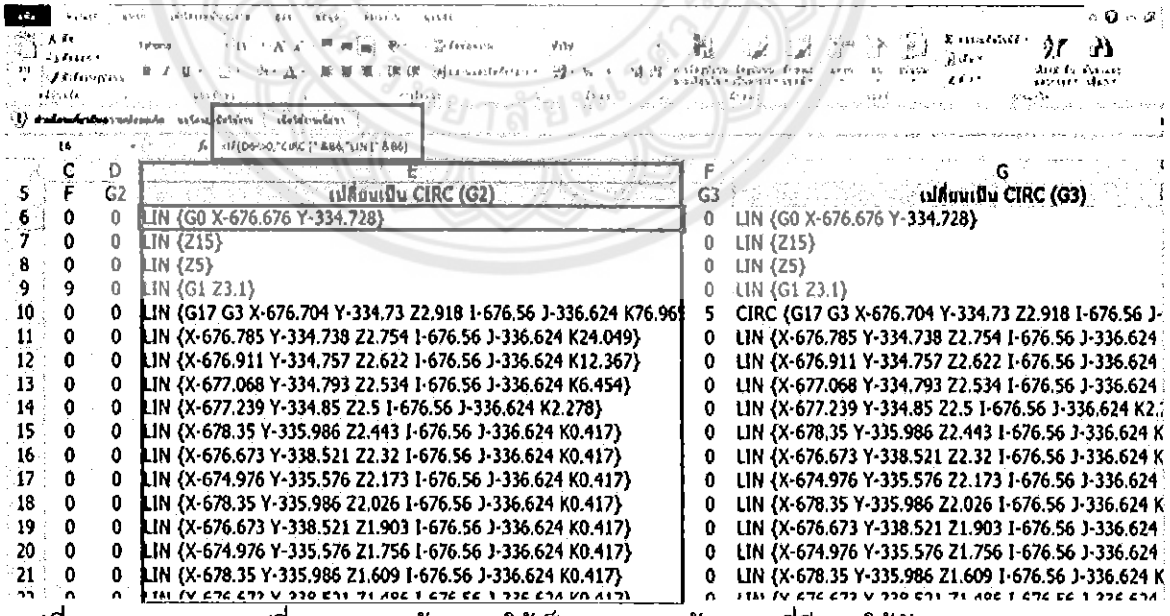
	A	B	C	D
5	NC CODE	ค่า F ที่กำหนด)	F	G2
6	G0 X-676.676 Y-334.728	G0 X-676.676 Y-334.728}	0	0 LIN {G0 X-676.67
7	Z15	Z15}	0	0 LIN {Z15}
8	Z5	Z5}	0	0 LIN {Z5}
9	G1 Z3.1 F3000	G1 Z3.1}	9	0 LIN {G1 Z3.1}
10	G17 G3 X-676.704 Y-334.73 Z2.918 I-676.56 J-336.624 K76.965	G17 G3 X-676.704 Y-334.73 Z2.918 I-676.56 J-336.624 K76.9	0	0 LIN {G17 G3 X-6
11	X-676.785 Y-334.738 Z2.754 I-676.56 J-336.624 K24.049	X-676.785 Y-334.738 Z2.754 I-676.56 J-336.624 K24.049}	0	0 LIN {X-676.785 Y
12	X-676.911 Y-334.757 Z2.622 I-676.56 J-336.624 K12.367	X-676.911 Y-334.757 Z2.622 I-676.56 J-336.624 K12.367}	0	0 LIN {X-676.911 Y
13	X-677.068 Y-334.793 Z2.534 I-676.56 J-336.624 K6.454	X-677.068 Y-334.793 Z2.534 I-676.56 J-336.624 K6.454}	0	0 LIN {X-677.068 Y
14	X-677.239 Y-334.85 Z2.5 I-676.56 J-336.624 K2.278	X-677.239 Y-334.85 Z2.5 I-676.56 J-336.624 K2.278}	0	0 LIN {X-677.239 Y
15	X-678.35 Y-335.986 Z2.443 I-676.56 J-336.624 K0.417	X-678.35 Y-335.986 Z2.443 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	0 LIN {X-678.35 Y-
16	X-676.673 Y-338.521 Z2.32 I-676.56 J-336.624 K0.417	X-676.673 Y-338.521 Z2.32 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	0 LIN {X-676.673 Y
17	X-674.976 Y-335.576 Z2.173 I-676.56 J-336.624 K0.417	X-674.976 Y-335.576 Z2.173 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	0 LIN {X-674.976 Y
18	X-678.35 Y-335.986 Z2.026 I-676.56 J-336.624 K0.417	X-678.35 Y-335.986 Z2.026 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	0 LIN {X-678.35 Y-
19	X-676.673 Y-338.521 Z1.903 I-676.56 J-336.624 K0.417	X-676.673 Y-338.521 Z1.903 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	0 LIN {X-676.673 Y
20	X-674.976 Y-335.576 Z1.756 I-676.56 J-336.624 K0.417	X-674.976 Y-335.576 Z1.756 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	0 LIN {X-674.976 Y
21	X-678.35 Y-335.986 Z1.609 I-676.56 J-336.624 K0.417	X-678.35 Y-335.986 Z1.609 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	0 LIN {X-678.35 Y-
22	X-676.673 Y-338.521 Z1.486 I-676.56 J-336.624 K0.417	X-676.673 Y-338.521 Z1.486 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	0 LIN {X-676.673 Y

รูปที่ 4.21 พิมพ์คำสั่งเพื่อหาตำแหน่ง G2 ในข้อความ

4.4.5 จากภาพ 4.21 การหาตำแหน่ง G2 เพื่อที่จะเปลี่ยน prefix ให้เป็น CIRC ทำได้โดยการพิมพ์คำสั่ง

=IFERROR(FIND("G2",A6),0)

ในคอลัมน์ D หลังจากที่พิมพ์คำสั่งแล้วคลุมข้อความคำสั่งลงจนถึงบรรทัดสุดท้ายของโค้ด ตัวอย่างเช่น D6 คือ 0 คือค่าที่แสดงการค้นหา G2



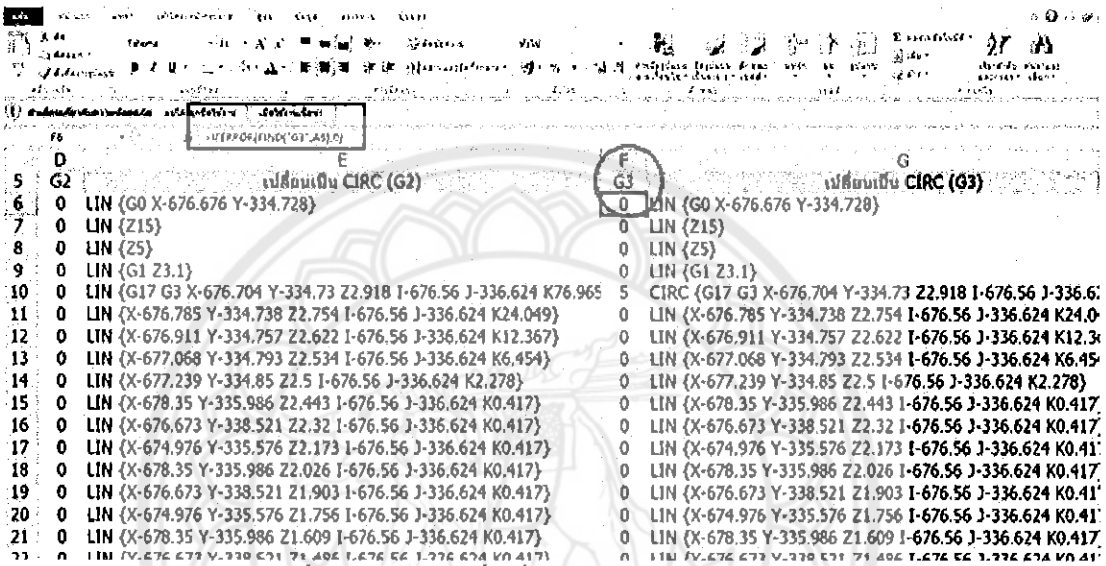
	C	D	E	F	G
5	F	G2	เปลี่ยนเป็น CIRC (G2)	G3	เปลี่ยนเป็น CIRC (G3)
6	0	0	LIN {G0 X-676.676 Y-334.728}	0	LIN {G0 X-676.676 Y-334.728}
7	0	0	LIN {Z15}	0	LIN {Z15}
8	0	0	LIN {Z5}	0	LIN {Z5}
9	9	0	LIN {G1 Z3.1}	0	LIN {G1 Z3.1}
10	0	0	LIN {G17 G3 X-676.704 Y-334.73 Z2.918 I-676.56 J-336.624 K76.96	5	CIRC {G17 G3 X-676.704 Y-334.73 Z2.918 I-676.56 J-
11	0	0	LIN {X-676.785 Y-334.738 Z2.754 I-676.56 J-336.624 K24.049}	0	LIN {X-676.785 Y-334.738 Z2.754 I-676.56 J-336.624
12	0	0	LIN {X-676.911 Y-334.757 Z2.622 I-676.56 J-336.624 K12.367}	0	LIN {X-676.911 Y-334.757 Z2.622 I-676.56 J-336.624
13	0	0	LIN {X-677.068 Y-334.793 Z2.534 I-676.56 J-336.624 K6.454}	0	LIN {X-677.068 Y-334.793 Z2.534 I-676.56 J-336.624
14	0	0	LIN {X-677.239 Y-334.85 Z2.5 I-676.56 J-336.624 K2.278}	0	LIN {X-677.239 Y-334.85 Z2.5 I-676.56 J-336.624 K2.
15	0	0	LIN {X-678.35 Y-335.986 Z2.443 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	LIN {X-678.35 Y-335.986 Z2.443 I-676.56 J-336.624 K
16	0	0	LIN {X-676.673 Y-338.521 Z2.32 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	LIN {X-676.673 Y-338.521 Z2.32 I-676.56 J-336.624 K
17	0	0	LIN {X-674.976 Y-335.576 Z2.173 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	LIN {X-674.976 Y-335.576 Z2.173 I-676.56 J-336.624
18	0	0	LIN {X-678.35 Y-335.986 Z2.026 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	LIN {X-678.35 Y-335.986 Z2.026 I-676.56 J-336.624 K
19	0	0	LIN {X-676.673 Y-338.521 Z1.903 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	LIN {X-676.673 Y-338.521 Z1.903 I-676.56 J-336.624
20	0	0	LIN {X-674.976 Y-335.576 Z1.756 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	LIN {X-674.976 Y-335.576 Z1.756 I-676.56 J-336.624
21	0	0	LIN {X-678.35 Y-335.986 Z1.609 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	LIN {X-678.35 Y-335.986 Z1.609 I-676.56 J-336.624 K

รูปที่ 4.22 แสดงการเปลี่ยน prefix ข้อความให้เป็น LIN และข้อความที่มี G2 ให้ตัด LIN ออก และแทนที่ด้วย CIRC

4.4.6 จากภาพ 4.22 การเปลี่ยน prefix ข้อความให้เป็น LIN และข้อความที่มี G2 ให้แทน LIN ด้วย CIRC ทำได้โดยการพิมพ์คำสั่ง

=IF(D6<>0,“CIRC {” &B6,“LIN {” &B6)

ในคอลัมน์ E หลังจากที่พิมพ์คำสั่งแล้วคลุมข้อความคำสั่งลงจนถึงบรรทัดสุดท้ายของโค้ด ตัวอย่างเช่น D10 คือ 0 แสดงว่าในบรรทัด B6 ไม่มี G2 จึงแสดงผลในบรรทัด E10 คือ LIN {G17 G3 X-676.704 Y-334.73 Z2.918 I-676.56 J-336.624 K76.965}



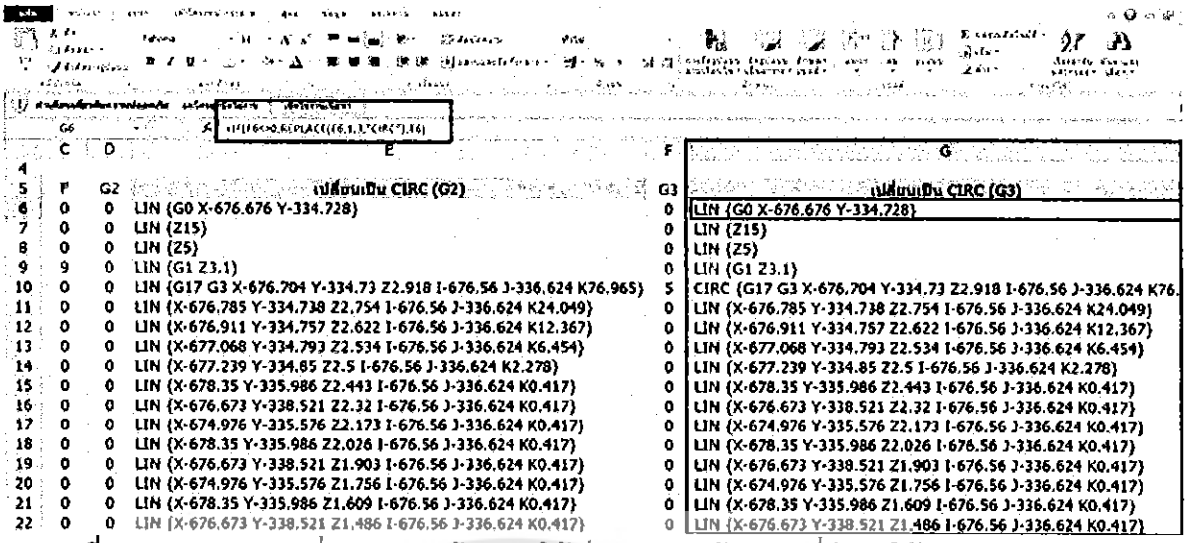
	D	E	F	G
5	G2	เปลี่ยนเป็น CIRC (G2)	G3	เปลี่ยนเป็น CIRC (G3)
6	0	LIN {G0 X-676.676 Y-334.728}	0	LIN {G0 X-676.676 Y-334.728}
7	0	LIN {Z15}	0	LIN {Z15}
8	0	LIN {Z5}	0	LIN {Z5}
9	0	LIN {G1 Z3.1}	0	LIN {G1 Z3.1}
10	0	LIN {G17 G3 X-676.704 Y-334.73 Z2.918 I-676.56 J-336.624 K76.965	5	CIRC {G17 G3 X-676.704 Y-334.73 Z2.918 I-676.56 J-336.6
11	0	LIN {X-676.785 Y-334.738 Z2.754 I-676.56 J-336.624 K24.049}	0	LIN {X-676.785 Y-334.738 Z2.754 I-676.56 J-336.624 K24.0
12	0	LIN {X-676.911 Y-334.757 Z2.622 I-676.56 J-336.624 K12.367}	0	LIN {X-676.911 Y-334.757 Z2.622 I-676.56 J-336.624 K12.3
13	0	LIN {X-677.068 Y-334.793 Z2.534 I-676.56 J-336.624 K6.454}	0	LIN {X-677.068 Y-334.793 Z2.534 I-676.56 J-336.624 K6.45
14	0	LIN {X-677.239 Y-334.85 Z2.5 I-676.56 J-336.624 K2.278}	0	LIN {X-677.239 Y-334.85 Z2.5 I-676.56 J-336.624 K2.278}
15	0	LIN {X-678.35 Y-335.986 Z2.443 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	LIN {X-678.35 Y-335.986 Z2.443 I-676.56 J-336.624 K0.417
16	0	LIN {X-676.673 Y-338.521 Z2.32 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	LIN {X-676.673 Y-338.521 Z2.32 I-676.56 J-336.624 K0.417
17	0	LIN {X-674.976 Y-335.576 Z2.173 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	LIN {X-674.976 Y-335.576 Z2.173 I-676.56 J-336.624 K0.41
18	0	LIN {X-678.35 Y-335.986 Z2.026 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	LIN {X-678.35 Y-335.986 Z2.026 I-676.56 J-336.624 K0.417
19	0	LIN {X-676.673 Y-338.521 Z1.903 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	LIN {X-676.673 Y-338.521 Z1.903 I-676.56 J-336.624 K0.41
20	0	LIN {X-674.976 Y-335.576 Z1.756 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	LIN {X-674.976 Y-335.576 Z1.756 I-676.56 J-336.624 K0.41
21	0	LIN {X-678.35 Y-335.986 Z1.609 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	LIN {X-678.35 Y-335.986 Z1.609 I-676.56 J-336.624 K0.417

รูปที่ 4.23 พิมพ์คำสั่งเพื่อหาตำแหน่ง G3 ในข้อความ

4.4.7 จากภาพ 4.23 การหาตำแหน่ง G3 เพื่อที่จะเปลี่ยน prefix ให้เป็น CIRC ทำได้โดยการพิมพ์คำสั่ง

=IFERROR(FIND(“G3”,A6),0)

ในคอลัมน์ F หลังจากที่พิมพ์คำสั่งแล้วคลุมข้อความคำสั่งลงจนถึงบรรทัดสุดท้ายของโค้ด ตัวอย่างเช่น F10 คือ 5 แสดงว่ามี G3 ในบรรทัด A6



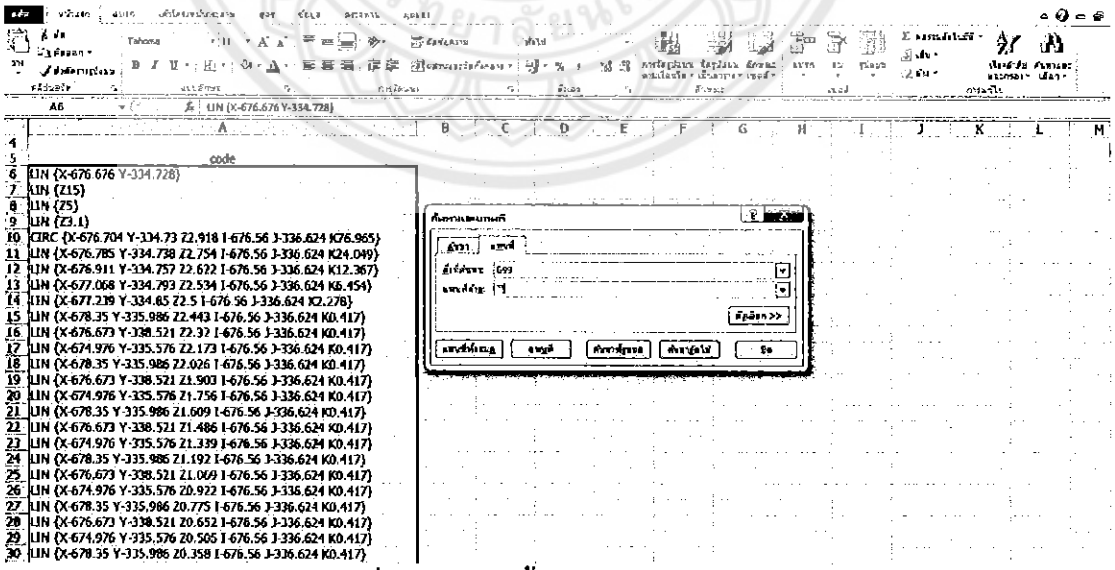
	C	D	E	F	G
4					
5	F	G2	เปลี่ยนเป็น CIRC (G2)	G3	เปลี่ยนเป็น CIRC (G3)
6	0	0	LIN {G0 X-676.676 Y-334.728}	0	LIN {G0 X-676.676 Y-334.728}
7	0	0	LIN {Z15}	0	LIN {Z15}
8	0	0	LIN {Z5}	0	LIN {Z5}
9	9	0	LIN {G1 Z3.1}	0	LIN {G1 Z3.1}
10	0	0	LIN {G17 G3 X-676.704 Y-334.73 Z2.918 I-676.56 J-336.624 K76.965}	5	CIRC {G17 G3 X-676.704 Y-334.73 Z2.918 I-676.56 J-336.624 K76.
11	0	0	LIN {X-676.785 Y-334.738 Z2.754 I-676.56 J-336.624 K24.049}	0	LIN {X-676.785 Y-334.738 Z2.754 I-676.56 J-336.624 K24.049}
12	0	0	LIN {X-676.911 Y-334.757 Z2.622 I-676.56 J-336.624 K12.367}	0	LIN {X-676.911 Y-334.757 Z2.622 I-676.56 J-336.624 K12.367}
13	0	0	LIN {X-677.068 Y-334.793 Z2.534 I-676.56 J-336.624 K6.454}	0	LIN {X-677.068 Y-334.793 Z2.534 I-676.56 J-336.624 K6.454}
14	0	0	LIN {X-677.239 Y-334.85 Z2.5 I-676.56 J-336.624 K2.278}	0	LIN {X-677.239 Y-334.85 Z2.5 I-676.56 J-336.624 K2.278}
15	0	0	LIN {X-678.35 Y-335.986 Z2.443 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	LIN {X-678.35 Y-335.986 Z2.443 I-676.56 J-336.624 K0.417}
16	0	0	LIN {X-676.673 Y-338.521 Z2.32 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	LIN {X-676.673 Y-338.521 Z2.32 I-676.56 J-336.624 K0.417}
17	0	0	LIN {X-674.976 Y-335.576 Z2.173 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	LIN {X-674.976 Y-335.576 Z2.173 I-676.56 J-336.624 K0.417}
18	0	0	LIN {X-678.35 Y-335.986 Z2.026 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	LIN {X-678.35 Y-335.986 Z2.026 I-676.56 J-336.624 K0.417}
19	0	0	LIN {X-676.673 Y-338.521 Z1.903 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	LIN {X-676.673 Y-338.521 Z1.903 I-676.56 J-336.624 K0.417}
20	0	0	LIN {X-674.976 Y-335.576 Z1.756 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	LIN {X-674.976 Y-335.576 Z1.756 I-676.56 J-336.624 K0.417}
21	0	0	LIN {X-678.35 Y-335.986 Z1.609 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	LIN {X-678.35 Y-335.986 Z1.609 I-676.56 J-336.624 K0.417}
22	0	0	LIN {X-676.673 Y-338.521 Z1.486 I-676.56 J-336.624 K0.417}	0	LIN {X-676.673 Y-338.521 Z1.486 I-676.56 J-336.624 K0.417}

รูปที่ 4.24 แสดงการเปลี่ยน prefix ข้อความให้เป็น LINและข้อความที่มี G3 ให้ตัด LIN ออก และแทนที่ด้วย CIRC

4.4.8 จากภาพ 4.24 การเปลี่ยน prefix ข้อความให้เป็น LIN และข้อความที่มี G3 ให้ตัด LIN ออก และแทนที่ด้วย CIRC ทำได้โดยการพิมพ์คำสั่ง

=IF(F6<>0,REPLACE{(E6,1,3,"CIRC"),E6)

ในคอลัมน์ G หลังจากที่พิมพ์คำสั่งแล้วคลุมข้อความคำสั่งลงจนถึงบรรทัดสุดท้ายของโค้ด ตัวอย่างเช่น F10 คือ 5 แสดงว่าบรรทัด A6 มี G3 จึงแสดงผลในบรรทัด G3 คือ CIRC {G17 G3 X-676.704 Y-334.73 Z2.918 I-676.56 J-336.624 K76.965}



	A
4	
5	code
6	LIN {X-676.676 Y-334.728}
7	LIN {Z15}
8	LIN {Z5}
9	LIN {Z3.1}
10	CIRC {X-676.704 Y-334.73 Z2.918 I-676.56 J-336.624 K76.965}
11	LIN {X-676.785 Y-334.738 Z2.754 I-676.56 J-336.624 K24.049}
12	LIN {X-676.911 Y-334.757 Z2.622 I-676.56 J-336.624 K12.367}
13	LIN {X-677.068 Y-334.793 Z2.534 I-676.56 J-336.624 K6.454}
14	LIN {X-677.239 Y-334.85 Z2.5 I-676.56 J-336.624 K2.278}
15	LIN {X-678.35 Y-335.986 Z2.443 I-676.56 J-336.624 K0.417}
16	LIN {X-676.673 Y-338.521 Z2.32 I-676.56 J-336.624 K0.417}
17	LIN {X-674.976 Y-335.576 Z2.173 I-676.56 J-336.624 K0.417}
18	LIN {X-678.35 Y-335.986 Z2.026 I-676.56 J-336.624 K0.417}
19	LIN {X-676.673 Y-338.521 Z1.903 I-676.56 J-336.624 K0.417}
20	LIN {X-674.976 Y-335.576 Z1.756 I-676.56 J-336.624 K0.417}
21	LIN {X-678.35 Y-335.986 Z1.609 I-676.56 J-336.624 K0.417}
22	LIN {X-676.673 Y-338.521 Z1.486 I-676.56 J-336.624 K0.417}
23	LIN {X-674.976 Y-335.576 Z1.339 I-676.56 J-336.624 K0.417}
24	LIN {X-678.35 Y-335.986 Z1.192 I-676.56 J-336.624 K0.417}
25	LIN {X-676.673 Y-338.521 Z1.069 I-676.56 J-336.624 K0.417}
26	LIN {X-674.976 Y-335.576 Z0.922 I-676.56 J-336.624 K0.417}
27	LIN {X-678.35 Y-335.986 Z0.775 I-676.56 J-336.624 K0.417}
28	LIN {X-676.673 Y-338.521 Z0.652 I-676.56 J-336.624 K0.417}
29	LIN {X-674.976 Y-335.576 Z0.505 I-676.56 J-336.624 K0.417}
30	LIN {X-678.35 Y-335.986 Z0.358 I-676.56 J-336.624 K0.417}

รูปที่ 4.25 แสดงขั้นตอนการตัด G CODE

4.4.9 จากภาพ 4.25 ขั้นตอนการตัด G CODE ทำได้โดย

4.4.9.1 การกด CTRL+F แล้วเลือกแทนที่พิมพ์ G99 ลงในช่องสิ่งที่ค้นหา และ พิมพ์ “” ลงในช่องแทนที่ด้วย จากนั้นกดปุ่มแทนที่ทั้งหมด

4.4.9.2 ทำขั้นตอนใน 4.4.9.1 ซ้ำแต่เปลี่ยนเป็น G98 และเรียงลำดับจนถึง G1 ตัวอย่างเช่น G99 G98 G97 ... G3 G2 G1 เพื่อป้องกันการตัด G – CODE ที่ไม่สมบูรณ์ เช่น ตัด G1 ก่อนที่จะตัด G11 จะเหลือข้อความตกค้างที่ไม่ได้ทำการตัด คือ 1

G11 X-100 Y-100 Z-100 I-50 J-50 K-50

และแทนที่ข้อความด้วย “” ผลลัพธ์ที่ออกมาจะได้

1 X-100 Y-100 Z-100 I-50 J-50 K-50

สังเกตได้ว่าโปรแกรมไม่สามารถแทนที่ตัวเลขของ G CODE ได้ทั้งหมด จึงต้องจัดเรียงลำดับเลขค่าที่มากกว่าไปยังค่าที่น้อยกว่าตามลำดับ

4.5 การนำคำสั่งที่ได้ไปใช้งานกับหุ่นยนต์อุตสาหกรรม KUKA KR-125

การนำข้อมูลที่แปลงด้วยด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ที่ได้ มาเพิ่มส่วนต้น – ส่วนท้าย เพื่อที่จะสามารถนำมาใช้ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม โดยข้อมูลส่วนต้นจะประกอบด้วยชุดคำสั่งดังแสดงข้างล่าง

```
&ACCESS RVO
DEF TEST CODE()
GLOBAL INTERRUPT DECL 3 WHEN $STOPMESS==TRUE DO IR_STOPM ( )
INTERRUPT ON 3
BAS (#INITMOV,0)

$BASE=BASE_DATA[1]
$TOOL=TOOL_DATA[1]
$advance=5
$VEL.CP=0.167
```

ซึ่งชุดคำสั่งส่วนต้นที่ถูกเพิ่มขึ้นเข้าไปนี้ จะเป็นการประกาศให้ทราบว่า Code ที่นำเข้าไปนั้นถูกใช้งานกับ KUKA Robot, ถูกใช้กับ KUKA Robot รุ่นอะไร,บอกให้รู้ว่า File name ที่เรานำ Code เข้าสู่ Robot ชื่ออะไร, บอกให้ทราบว่าจุดอ้างอิงของแกนต่างๆ ของ Robot อยู่ที่ตำแหน่งของ Home , ความเร็วเริ่มต้นของ Robot เริ่มต้นที่ 0, และสุดท้ายเป็นการประกาศว่า HOME ของ Robot ที่ประกอบด้วยแกน A1 ถึง A6 ประกอบด้วยค่ามุมอะไรบ้างตามลำดับ ซึ่งค่า HOME เป็นการสั่งให้ Robot เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง HOME ด้วยการเคลื่อนที่แบบ PTP

ข้อมูลส่วนต้นเหล่านี้เป็นส่วนสำคัญที่จะช่วยให้ Robot อ่านว่า Code ที่เราได้นำเข้าไปได้ และสามารถทำงานได้ตามที่เราออกแบบไว้ในส่วนของชุดคำสั่งส่วนท้ายจะประกอบด้วย ชุดคำสั่งดังแสดงข้างล่าง

END

ซึ่งชุดคำสั่งส่วนท้ายนี้จะบอกให้ Robot ทราบว่าเมื่อสิ้นสุด Code การเคลื่อนที่บรรทัดสุดท้ายแล้ว สั่งให้ Robot เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง HOME ด้วยการเคลื่อนที่แบบ PTP แล้วสั่งให้จบโปรแกรมการทำงานคือ END

เมื่อเราได้ทำการเพิ่มข้อมูลส่วนต้นและส่วนท้ายจะสามารถแสดงได้ดัง Code ข้างล่าง

```
LIN {X-676.676 Y-334.728}
LIN {Z15}
LIN {Z5}
LIN {Z3.1}
CIRC {X-676.704 Y-334.73 Z2.918 I-676.56 J-336.624 K76.965}
LIN {X-676.785 Y-334.738 Z2.754 I-676.56 J-336.624 K24.049}
LIN {X-676.911 Y-334.757 Z2.622 I-676.56 J-336.624 K12.367}
. . .
. . .
. . .
. . .
. . .
CIRC {X616.472 Y-326.941 Z-9.471 I615.9 J-327.124 K0.597}
LIN {X616.399 Y-326.791 Z-9.385 I615.9 J-327.124 K1.921}
LIN {X616.314 Y-326.689 Z-9.253 I615.9 J-327.124 K3.771}
LIN {X616.248 Y-326.635 Z-9.085 I615.9 J-327.124 K7.395}
LIN {X616.224 Y-326.619 Z-8.9 I615.9 J-327.124 K23.809}
LIN {Z15}
PTP HOME
END
```

หลังจากเพิ่มส่วนต้น – ส่วนท้ายแล้ว ก็ทำการ copy ไปวางใน Notepad และบันทึกไฟล์ที่เขียนให้อยู่ในรูปแบบดังนี้

-File name = *.SRC

-Save as type = All Files [*.*]

4.6 วิธีการคำนวณการเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้งของหุ่นยนต์ KUKA KR-125 ในระนาบ 2 มิติ

1. Autodesk Inventor HSM 2017
2. NC CODE
3. ใช้โปรแกรม Excel ปรับรูปแบบ CODE
4. ตัด G , F
5. เติม Lin {NC}
6. เปลี่ยน i j k เป็น A B C

วิธีการคำนวณการเดิน KUKA KR-125 ในระบบพิกัดเชิงขั้ว 2มิติ

ตัวอย่างของ NC ที่ได้

G1 X347 Y-654.132 Z-1.2 I-180 J0 K-24.787

G3 X-347 Y-654.132 Z-1.2 I-180 J0 K-25.802

ทำการเปลี่ยนรูปแบบโปรแกรมให้อยู่ในรูปของโปรแกรม KUKA KR-125

ตัวอย่างรูปแบบโปรแกรม KUKA KR-125

LIN {X347, Y-654.132, Z-1.2, A-24.787, B0, C-180}

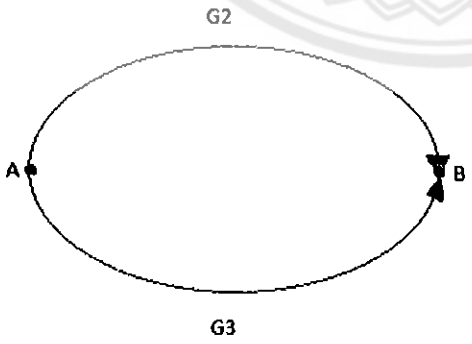
CIRC {X.. , Y.. , Z.. , A.. , B.. , C..}, {X, Y, Z, A, B, C}

เมื่อนำค่าใน NC โปรแกรมมาแทนค่าจะได้ดังนี้

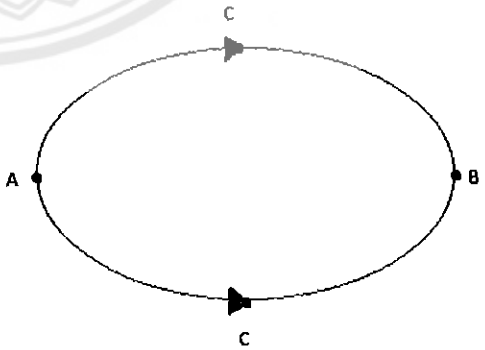
LIN {X347, Y-654.132, Z-1.2, A -24.787, B0, C-180} C_DIS

CIRC {_ _ PDF _ _ _}, { X-347, Y-654.132, Z-1.2, A-25.802, B0, C-180} C_DIS

จากการแทนค่าจะสามารถเปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของ CNC กับ KUKA KR-125 ได้



รูปที่ 4.26 NC Program



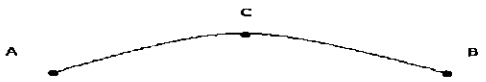
รูปที่ 4.27 KUKA Program

จะเห็นได้ว่า KUKA Program จะต้องมีค่าจุดกึ่งกลางส่วนโค้งเป็นตัวกำหนดทิศทาง

วิธีการหาตำแหน่ง จุดอ้างอิง C

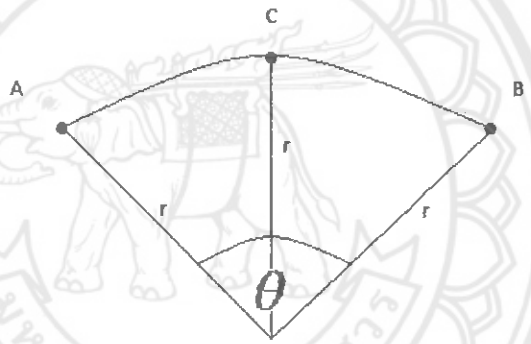
กำหนดให้ รูปแบบโปรแกรม LIN {ตำแหน่ง A}

CIRC {ตำแหน่ง C}, {ตำแหน่ง B} C_DIS



รูปที่ 4.28 ตำแหน่ง การวางของ LIN และCIRC

จากภาพ 4.28 แสดงพิกัดสมมติอ้างอิงตามตำแหน่งในโปรแกรมหุ่นยนต์ KUKA และกำหนดให้ r เป็นขนาดของรัศมีจากจุดศูนย์กลางความโค้งของเส้นโค้ง AB



รูปที่ 4.29 ขนาดของรัศมีจากจุดศูนย์กลางความโค้งของเส้นโค้ง AB

ให้ $r = x_r$ i + y_r j

จาก NC Code คิดเฉพาะ (x , y , z)

ตำแหน่ง A = X = 347 Y = -654.132 Z = -1.2

ตำแหน่ง B = X = -347 Y = -654.132 Z = -1.2

เนื่องจาก Z มีค่าเท่ากัน สามารถคิดในระบบ 2มิติ ได้ว่า

A = (347 , -654.132)

B = (-347 , -654.132)

$|r| = |A| = |B| = |C|$

$$|A| = \sqrt{(347)^2+(-654.132)^2} \qquad \text{——————(1)}$$

$$|B| = \sqrt{(-347)^2+(-654.132)^2} \qquad \text{——————(2)}$$

$= 740.471 = |r|$

จากรูป จุด C มีพิกัดอยู่กึ่งกลาง ระหว่าง A กับ B

จึงได้ว่า $x_C = \frac{x_A + x_B}{2} = \frac{347+(-347)}{2} = 0$

แต่ $| r | = | c | = \sqrt{x_c{}^2 - y_c{}^2} = 740.471$ ————————(3)

$= \sqrt{0^2 - y_c{}^2}$

ดังนั้น r = +740.471 , -740.471

เนื่องจากค่า Y_A และ Y_B เป็น – จึงได้ r = -740.471 ————(1) = (2) = (3)

ค่าที่ได้คือค่าที่คำนวณอ้างอิงจากพิกัด X = 0 จึงยังไม่ใช่ค่าที่จะสามารถนำไปใช้ได้ โดยต้องนำค่าพิกัดตำแหน่งจุดศูนย์กลางความโค้งของเส้นโค้ง AB คือตำแหน่ง X = 0 , Y = -24.646 มาบวกกับค่าที่คำนวณได้ จึงจะได้ตำแหน่ง C ที่แม่นยำ

จึงได้ว่า Y_c = r + Y ณ จุดศูนย์กลางส่วนโค้ง AB

จะได้ Y_c = -740.471-24.646 = -765.117

เพราะฉะนั้นค่า x_c = 0 และ Y_c = -765.117

จึงนำค่าที่ได้ไปใส่ในค่า X และ Y ของตำแหน่งที่พิกัด C จะได้โค้ดดังนี้

LIN {X 347, Y -654.132, Z -1.2, A -17.722, B 0, C 180}

CIRC {X 0, Y -765.117, Z -1.2, A -21.762, B 0, C -180} , {X -347, Y -654.132, Z -1.2, A -25.802, B 0, C -180}

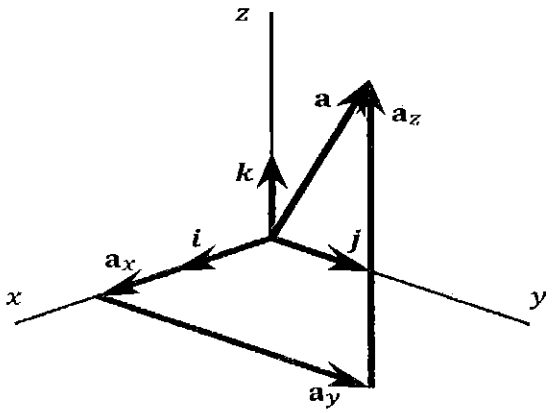
4.7 ความสัมพันธ์ I , J , K ของเครื่อง CNC และ A , B , C ของหุ่นยนต์

4.7.1 ความหมาย I , J , K ของเครื่อง CNC

4.7.1.1 I เป็นการเคลื่อนที่แบบ incremental และหมุนรอบ แกน X

4.7.1.2 J เป็นการเคลื่อนที่แบบ incremental และหมุนรอบ แกน Y

4.7.1.3 K เป็นการเคลื่อนที่แบบ incremental และหมุนรอบ แกน Z



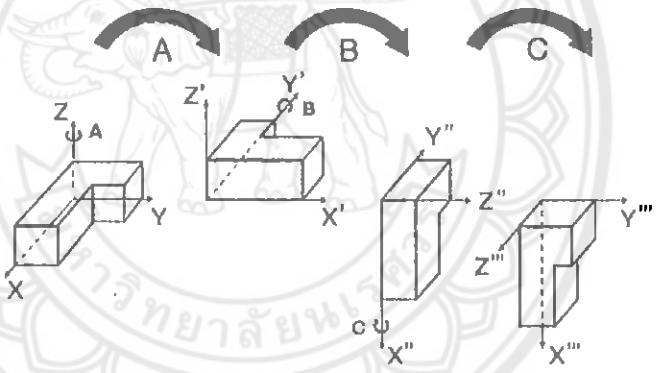
รูปที่ 4.30 รูปแสดงทิศทาง I , J , K ของ CNC

4.7.2 ความหมาย A , B , C หุ่นยนต์

4.7.2.1 แกน A หมุนรอบแกน Z

4.7.2.2 แกน B หมุนรอบแกน Y

4.7.2.3 แกน C หมุนรอบแกน X



รูปที่ 4.31 รูปแสดงทิศทาง A , B , C ของหุ่นยนต์ KUKA

สรุปค่าความสัมพันธ์ I , J , K ของเครื่อง CNC และ A , B , C ของหุ่นยนต์ KUKA

I = C , J = B , K = A

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

5.1.1 สามารถใช้โปรแกรม Auto Desk Inventor HSM ช่วยในการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ แล้วทำการแปลงโค้ดให้เป็นคำสั่ง CNC ผลที่ได้จะแสดงเป็นค่า G – CODE แล้วทำการเปลี่ยนรูปแบบของคำสั่ง NC Program โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ให้มีรูปแบบของคำสั่งและข้อมูลพิกัดตำแหน่งให้สามารถใช้เป็นโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์อุตสาหกรรม KUKA ได้

5.1.2 เมื่อทดสอบโปรแกรมที่ได้จากการเปลี่ยนรูปแบบคำสั่งโปรแกรม โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel สามารถควบคุมทิศทางของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม KUKA ได้ในระนาบ 2 มิติ เหมือนกับโปรแกรม Sprut CAM 10 แต่โปรแกรม Sprut CAM 10 สามารถควบคุมหุ่นยนต์ในอุตสาหกรรม KUKA ได้ในระนาบ 3มิติ ที่แม่นยำกว่าเดิม

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ปัญหาการแปลงโค้ดขณะบันทึกไฟล์ด้วยโปรแกรม Auto Desk Inventor จะได้นามสกุล .IPT แต่ชนิดของนามสกุลที่ใช้กับหุ่นยนต์ KUKA จะต้องเป็นนามสกุล .STP เพื่อนำค่ารัศมีความโค้งมาใช้ในการคำนวณ เนื่องจากการใช้นามสกุล .STP ไฟล์จะสามารถแสดงค่ารัศมีความโค้งของส่วนโค้งในแบบที่เราได้ทำการออกแบบไว้

5.2.2 การเปลี่ยนโค้ด G2 และ G3 จึงจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบโปรแกรมจาก LIN ให้เป็น CIRC ก่อนที่จะทำการตัด G – CODE ออกไป เพื่อให้ทราบว่าโค้ดบรรทัดไหนต้องนำมาคำนวณหาพิกัดตำแหน่งทิศทางของเส้นโค้ง

5.2.3 ผู้จัดทำโครงงานไม่มีความชำนาญในการใช้ VBA จึงต้องทำการแปลงโค้ดทีละขั้นตอนทำให้โปรแกรมไม่สามารถทำงานเป็นระบบอัตโนมัติ

5.2.4 ผู้ที่จะมาศึกษาต่อจากโครงงานนี้สามารถนำวิธีการคำนวณไปเขียนโปรแกรมแปลงโค้ดอัตโนมัติได้

เอกสารอ้างอิง

อำนาจ ทองแสง. (2542). **เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบและผลิต (CAD/CAM Technology)** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

พงศกร กระทง. (2552). **การขึ้นรูปงานแกะสลักไม้โดยหุ่นยนต์ (Wood Production base On Robotics)**

คู่มือหุ่นยนต์อุตสหกรรม (Sofeware KrC1 User Programming KUKA KR-125). ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

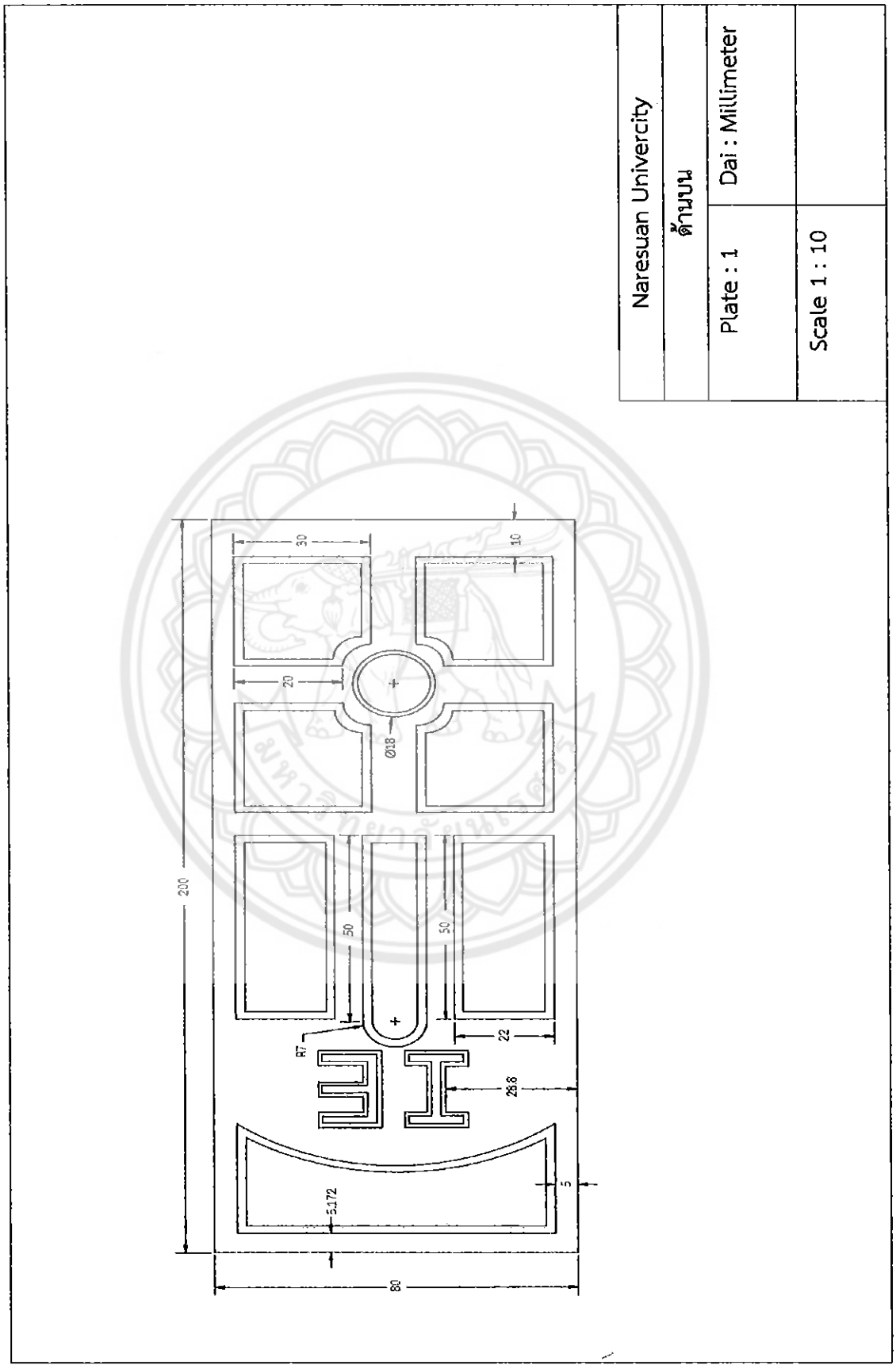
ประทวน ชีวะรัตน์. (2545). **โปรแกรมการเชื่อมต่อระหว่าง CAD/CAM กับหุ่นยนต์อุตสาหกรรม (A CAD/CAM and Industrial Robot Interfacing)**

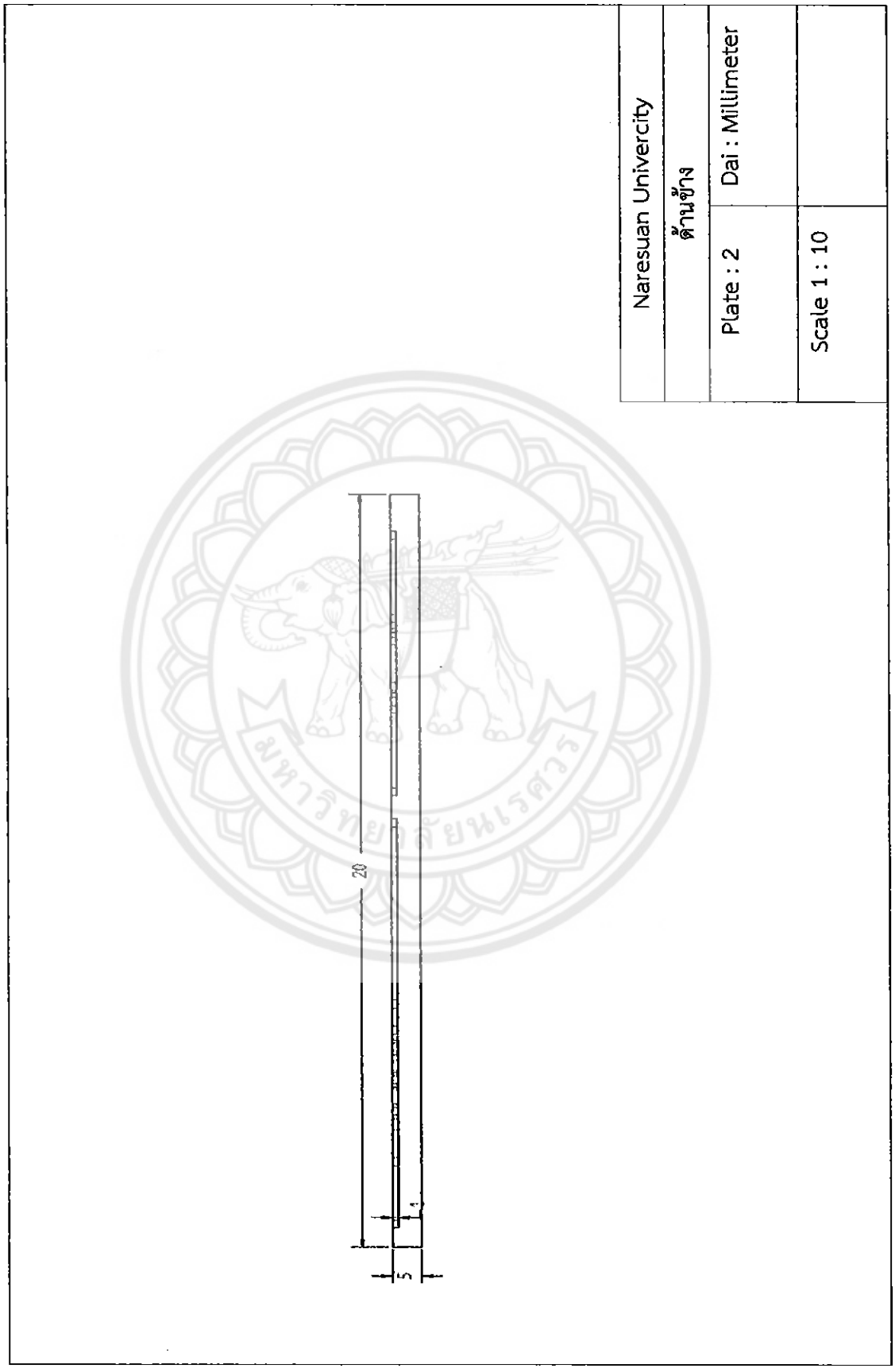
Autodesk Inc. (2017). โปรแกรม Autodesk Inventor HSM 2017 สืบค้นเมื่อ 19 เมษายน 2560 , จาก http://www.autodesk.com/campaigns/hsm-trial-inventor

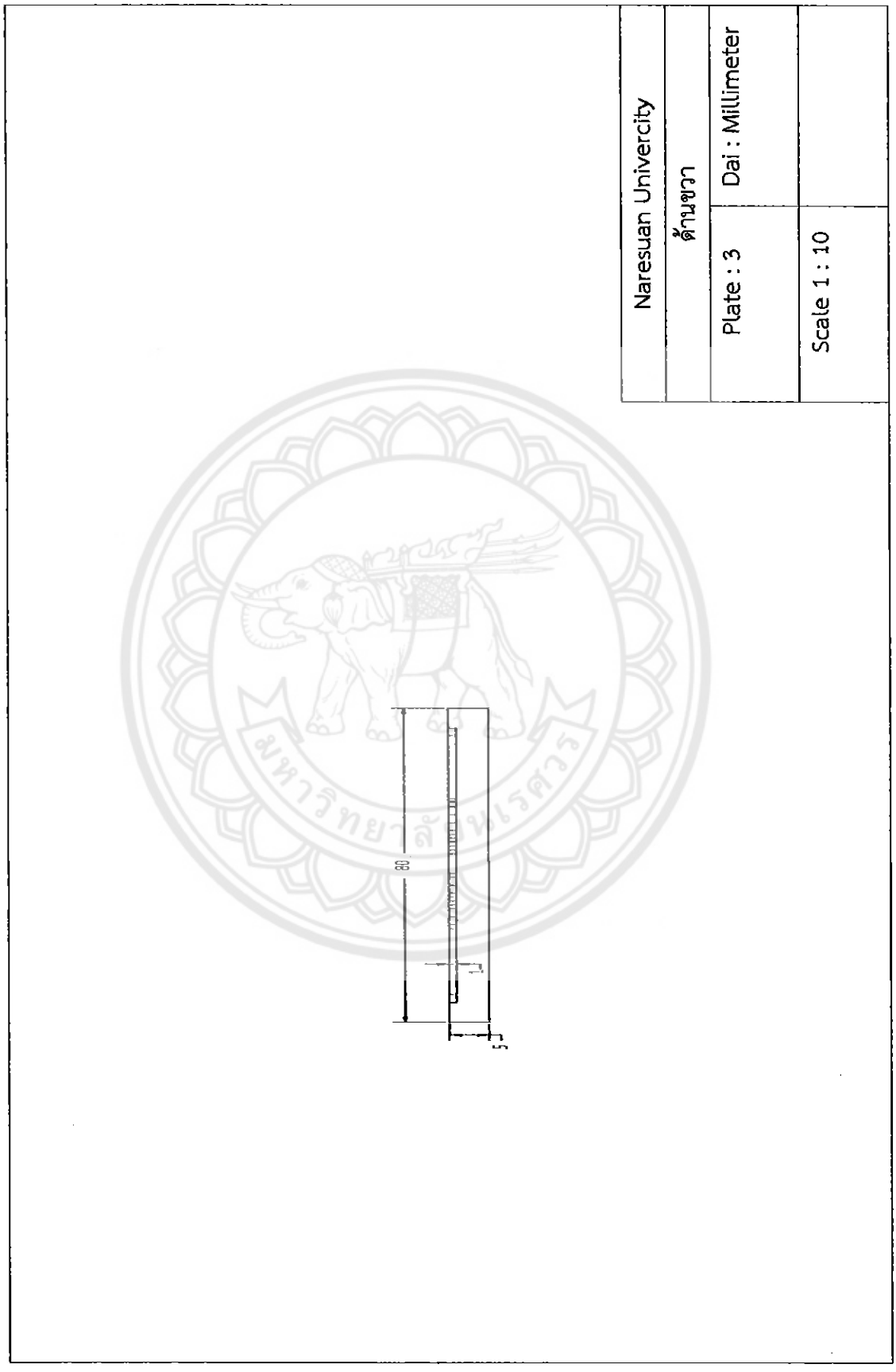
SPRUT Technology, JSC., (2017). โปรแกรม SprutCAM 10 สืบค้นเมื่อ 19 เมษายน 2560 , จาก http://th.sprutcam.com/home/sprutcam-robot

ภาคผนวก ก

ก. Drawing ที่ใช้ในการออกแบบเฟอร์นิเจอร์


Naresuan Univercity
ด้านบน
Plate : 1
Dai : Millimeter
Scale 1 : 10
30
10
20
Ø18
200
50
50
22
R7
26.6
5
5.172
80


Naresuan Univercity
ด้ามขัด
Plate : 2
Dai : Millimeter
Scale 1 : 10
20
5
1


Naresuan Univercity
ด้านยาว
Plate : 3
Dai : Millimeter
Scale 1 : 10
80
1
5

ประวัติผู้จัดทำโครงงาน

ชื่อ นายกิติศักดิ์ สุกิตนิยากรณ์

ภูมิลำเนา 158 ถ.จอมพล ต.หนองหลวง อ.เมือง จ.ตาก

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนตากพิทยาคม จ.ตาก
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 6 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: kitisak_14@hotmail.com

ชื่อ นายศตวรรษ รัตนิน

ภูมิลำเนา 38/4 หมู่ 2 ต.บ้านคลอง อ.เมือง จ.พิษณุโลก

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนจ่านกร้อง จ. พิษณุโลก
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 6 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: shelterstorm_porche911@hotmail.com