สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

คอมพิวเตอร์ช่วยการเขียนโปรแกรมเอ็นซี

Computer Aided NC Programming

T034124

นายดุสิต นิยะโต
นายสาดิศย์ เสถียรไพศาล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 34124
วัน, เดือน, ปี - 5 ต.ค. 2542

คอมพิวเตอร์ช่วยการเขียนโปรแกรมเอ็นซี

Computer Aided NC Programming

โดย

นายดุสิต นิยะโต

นายสาดิศย์ เสถียรไพศาล

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ อภิเนตร อูนากูล

อาจารย์ สุธี ผู้เจริญชนะชัย

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2541

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง คอมพิวเตอร์ช่วยการเขียนโปรแกรมเอ็นซี

Computer Aided NC Programming

ผู้จัดทำ

1. นายดุสิต	นิยะโต	รหัสนักศึกษา	38014162
2. นายสาดิศย์	เสถียรไพศาล	รหัสนักศึกษา	38014554

อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์อภิเนตร อูนากูล)

อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์สุรี ผู้เจริญชนะชัย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์ช่วยการเขียนโปรแกรมเอ็นซี

นายดุสิต นิยะโต 38014162
นายสาดิศย์ เสถียรไพศาล 38014554
อ. อภิเนตร อูนากูล อาจารย์ที่ปรึกษา
ดร. สุธี ผู้เจริญชนะชัย อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2541

บทคัดย่อ

เครื่องซีเอ็นซีเป็นเครื่องจักรสำหรับผลิตชิ้นงานต่างๆทางด้านอุตสาหกรรม โดยแบ่งออกเป็นหลายประเภท เช่น เครื่องกลึง เครื่องกัดและเครื่องเจาะ เป็นต้น สำหรับประเทศไทยส่วนใหญ่นั้นเป็นเครื่องจักรซีเอ็นซีประเภทเครื่องกลึงและเครื่องกัด ในการใช้เครื่องจักรซีเอ็นซีเหล่านี้ต้องสั่งงานในรูปแบบของคำสั่งซึ่งเป็นรหัสมาตรฐานในการสั่งงานหรือที่เราเรียกว่า รหัสจี (G-Code) และ รหัสเอ็ม (M-Code) หรือที่เรียกรวมๆว่า ภาษาเอ็นซี (NC Code) ในการใช้งานทั่วไปผู้ใช้เครื่องซีเอ็นซีจะต้องเขียนรหัสจีเพื่อใช้สั่งงานเครื่องซีเอ็นซี ซึ่งจะเป็นการไม่สะดวกเนื่องจากว่าในอุตสาหกรรมนั้นผู้ใช้เครื่องจักรซีเอ็นซีจะได้รับงานมาเป็นภาพวาดแล้วจึงนำมาแปลงเป็นรหัสจีซึ่งเป็นกลุ่มของอักขระด้วยมือดังนั้นในโครงงาน คอมพิวเตอร์ช่วยการเขียนโปรแกรมเอ็นซี จึงได้พัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อใช้ในการแปลงไฟล์มาตรฐาน APT(Automatically Programmed Tools) หรือวาดภาพแล้วนำอินพุทเหล่านั้นไปแปลเป็นภาษาเอ็นซีเพื่อใช้สั่งงานเครื่องจักรซีเอ็นซีสำหรับงานกลึงต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Computer Aided NC Programming

Dusit Niyato 38014162

Sadit Sathianpaisarn 38014554

Abstract

CNC is a kind of machine for industrial production. It contains many types, such as turning machine, milling machine and drilling machine. In Thailand, most of CNCs are turning and drilling machines. To command CNC, we use codes called as G-code and M-code, normally called both as NC-code. Conventionally, users must write code manually even they got drawing pictures. This thesis, Computer Aided NC Programming, presents design and development of software for transformation from Automatically Programmed Tools (APT) file format or drawing picture to NC-code so that users can command turning machine efficiently.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และร่วมมือจากหลาย ๆ ฝ่าย ด้วยกัน ซึ่งพวกเราต้องขอขอบคุณ คือ

ขอขอบคุณ อาจารย์ที่ปรึกษา อ. อภิเนตร อูนากูล และ ผู้ช่วยอาจารย์ที่ปรึกษา อ. สุธี ผู้เจริญชนะชัย ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำจนกระทั่งโครงงานนี้เสร็จสิ้นลง

ขอขอบคุณ อาจารย์ทุกๆท่านที่ให้ความรู้ตลอดระยะเวลา 4 ปีเพื่อที่จะได้นำความที่ได้รับมาดำเนินโครงการ

ขอขอบคุณ ชุมนุมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. ที่ทำให้ผู้จัดทำโครงงานมีความรู้ ความสามารถในด้านต่างๆ ที่นำไปซึ่งความสำเร็จของโครงงาน

ขอขอบคุณ พี่ๆ น้องๆ ของชุมนุมคอมพิวเตอร์ ที่คอยให้คำปรึกษา, ช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดมา

ขอขอบคุณ ทีมงาน Gang 4D ที่คอยเป็นกำลังใจและสนับสนุนทางด้านต่างๆ ในการทำโครงงาน

ขอขอบคุณ พี่อดิศักดิ์, พี่วิโรจน์และพี่สัมฤทธิ์ ที่ให้คำแนะนำตลอดมา

ขอขอบคุณ สมาชิกห้องปฏิบัติการ Robotic and Hardware Application (RHA) และห้องปฏิบัติการ CT-Lab ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการดำเนินโครงงาน

ขอขอบคุณ ศูนย์พัฒนาและวิจัยอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ(NECTEC) ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือและซอฟต์แวร์ต่างๆ ในการดำเนินโครงงาน

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมาในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นายดุสิต นิยะโต 38014162

นายสาดิศย์ เสถียรไพศาล 38014554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้าที่

บทที่ 1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา 1
1.1 ความสำคัญและที่มา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัยและขอบเขตของโครงงาน 1
1.3 ขั้นตอนในการดำเนินโครงงาน 1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.4.1 ในแง่ของการวิจัย 2
1.4.2 ในแง่ของการนำไปประยุกต์ใช้ 2
บทที่ 2 ความรู้พื้นฐาน 3
2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องจักรซีเอ็นซี 3
2.1.1 การอธิบายกระบวนการควบคุมเชิงตัวเลขอย่างง่าย 3
2.1.2 แนวความคิดพื้นฐาน 5
2.1.3 ระบบควบคุมเครื่องจักรด้วยการควบคุมเชิงตัวเลข 7
2.1.4 ระบบการเคลื่อนที่ 8
2.1.5 การควบคุมการเคลื่อนที่ 10
2.2 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับภาษาเอ็นซี (NC-Code) 12
2.2.1 รหัสจี (G-Code) 12
2.1.3 รหัสเอ็ม (M-Code) 13
2.3 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับ CL-File 14
2.4 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับภาษา APT 14
2.4.1 ประโยค Geometry 15
2.4.2 ประโยค Cutter Motion 15
บทที่ 3 การวิเคราะห์ความต้องการของซอฟต์แวร์ 16
3.1 โครงสร้างพื้นฐานของซอฟต์แวร์ 17
3.2 โครงสร้างภายใน 17
3.3 ขั้นตอนการทำงานหลักของโปรแกรม NC-Code Generator 18
3.4 โครงสร้างของส่วนวาดภาพ 19
3.4.1 การออกแบบซอฟต์แวร์ 19
3.5 ส่วนสำหรับแปลงภาษา APT เป็นภาษาเอ็นซี 24
3.5.1 คำสั่งภาษา APT ที่ซอฟต์แวร์รองรับ 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 ไวยากรณ์ของภาษา APT....26
3.6 อัลกอริทึม....32
3.6.1 การแปลงข้อมูลชนิดข้อความ(Text) ให้เป็นข้อมูลชนิดทศนิยม(Float)สำหรับรับข้อมูลประกอบการกลึง....32
3.6.2 การหาจุดศูนย์กลางของวงกลมโดยบอกจุดต้น, จุดปลายของส่วนของเส้นรอบวงและรัศมีมาให้....33
3.6.3 อัลกอริทึมสำหรับใช้ตรวจสอบว่าผู้ใช้คลิกที่ส่วนประกอบใดของชิ้นงานหรือไม่....34
3.6.4 อัลกอริทึมในการสร้างภาษาเอ็นซีสำหรับการกลึงละเอียด....37
3.6.5 อัลกอริทึมในการตรวจสอบข้อความว่าผู้ใช้ใส่ว่าจะเลือกหมายเลขชิ้นงานใดบ้าง....38
3.6.6 อัลกอริทึมในการสร้างภาษาเอ็นซีสำหรับการกลึงหยาบ....39
3.6.7 อัลกอริทึมในการแปลภาษา APT เป็นภาษาเอ็นซี....40
3.7 การออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้....40
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง....41
4.1 ขั้นตอนการทดลอง....41
4.1.1 ส่วนการวาดภาพและแปลงเป็นภาษาเอ็นซี....41
4.1.2 ส่วนในการแปลงภาษา APT เป็นภาษาเอ็นซี....47
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย....52
5.1 สรุปผลการวิจัย....52
5.2 ปัญหาที่พบ....52
5.3 ข้อจำกัด....52
5.4 แนวทางการพัฒนาต่อ....53
ภาคผนวก....54
ภาคผนวก ก ภาษา APT....55
ภาคผนวก ข NC-Codes....75
ภาคผนวก ค คู่มือการใช้งานซอฟต์แวร์ NC-Code Generator....86
บรรณานุกรม....99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 รหัสจี.....13
ตารางที่ 2.2 รหัสเอ็ม.....14
ตารางที่ 2.3 CL-File.....14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2.1 กระบวนการควบคุมเชิงตัวเลขอย่างง่าย....4
รูปที่ 2.2 ระบบคู่ลำดับแบบพิกัดฉากชนิดสองมิติ....6
รูปที่ 2.3 ลำดับการทำงานของระบบเอ็นซี....8
รูปที่ 2.4 การทำงานแบบอินครีเมนทัล....8
รูปที่ 2.5 การทำงานแบบแอบโซลูท....9
รูปที่ 2.6 ระบบโพสิชันนิง....10
รูปที่ 2.7 ระบบโพสิชันนิง/ตัดตรง....11
รูปที่ 2.8 ระบบคอนทัวริง....11
รูปที่ 2.9 ระบบรวม....12
รูปที่ 3.1 โครงสร้างพื้นฐานของซอฟต์แวร์....17
รูปที่ 3.2 โครงสร้างภายในของซอฟต์แวร์....17
รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการทำงานหลักของโปรแกรม....18
รูปที่ 3.4 โดเมนของโปรแกรม NC-Code Generator....19
รูปที่ 3.5 ออบเจ็กต์ไดอะแกรม....20
รูปที่ 3.6 ชิ้นงานทรงกระบอกตันและทรงกระบอกกลวง....22
รูปที่ 3.7 เส้นตรงที่นำมาประกอบเป็นชิ้นงาน....23
รูปที่ 3.8 เส้นโค้งที่นำมาประกอบเป็นชิ้นงาน....23
รูปที่ 3.9 เกลียวเข้าและเกลียวออก....23
รูปที่ 3.10 ส่วนลบคม....24
รูปที่ 3.11 ส่วนของวงกลมที่โค้งออก....33
รูปที่ 3.12 ส่วนของวงกลมที่โค้งเข้า....34
รูปที่ 3.13 อัลกอริทึมสำหรับใช้ตรวจสอบว่าผู้ใช้คลิกที่ส่วนประกอบใดของชิ้นงานหรือไม่....35
รูปที่ 3.14 อัลกอริทึมในการแปลงเลขทศนิยมให้เป็นข้อความที่มีทศนิยมสามตำแหน่ง....36
รูปที่ 3.15 อัลกอริทึมในการสร้างภาษาเอ็นซีสำหรับการกลึงละเอียด....37
รูปที่ 3.16 อัลกอริทึมในการตรวจสอบข้อความว่าผู้ใช้ใส่ว่าจะเลือกหมายเลขชิ้นงานใดบ้าง....38
รูปที่ 3.17 อัลกอริทึมในการสร้างภาษาเอ็นซีสำหรับการกลึงหยาบ....39
รูปที่ 3.18 อัลกอริทึมในการแปลภาษา APT เป็นภาษาเอ็นซี....40
รูปที่ 4.1 ภาพชิ้นงานสำหรับการวาดภาพ....41
รูปที่ 4.2 หน้าจอสำหรับกำหนดขนาดและชนิดของชิ้นงานเริ่มต้น....42
รูปที่ 4.3 หน้าจอสำหรับวาดภาพชิ้นงาน....43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4 หน้าจอสำหรับกำหนดตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือ....43
รูปที่ 4.5 หน้าจอสำหรับกำหนดขั้นตอนการกลึงหยาบ....43
รูปที่ 4.6 หน้าจอสำหรับเลือกส่วนประกอบของชิ้นงานสำหรับการกลึงหยาบ....44
รูปที่ 4.7 หน้าจอสำหรับกำหนดขั้นตอนการกลึงละเอียด....44
รูปที่ 4.8 หน้าจอสำหรับเลือกส่วนประกอบของชิ้นงานสำหรับการกลึงละเอียด....44
รูปที่ 4.9 หน้าจอสำหรับสร้างภาษาเอ็นซีจากการวาดภาพ....45
รูปที่ 4.10 โปรแกรมจำลองการทำงานของภาษาเอ็นซีจากการวาดภาพ....46
รูปที่ 4.11 ภาพชิ้นงานสำหรับแปลงภาษา APT เป็นภาษาเอ็นซี....47
รูปที่ 4.12 หน้าจอสำหรับการแปลงภาษา APT เป็นภาษาเอ็นซี....49
รูปที่ 4.13 หน้าจอเมื่อเปิดไฟล์ APT ขึ้นมา....49
รูปที่ 4.14 หน้าจอเมื่อแปลงภาษา APT เป็นภาษาเอ็นซีเรียบร้อยแล้ว....50
รูปที่ 4.15 โปรแกรมจำลองการทำงานของภาษาเอ็นซีที่ได้จากการแปลงภาษา APT....51
รูปที่ ก.1 การกำหนดจุดในพิกัดฉาก....56
รูปที่ ก.3 การกำหนดจุดจากจุดอ้างอิง, รัศมีและมุม....57
รูปที่ ก.4 การกำหนดจุดจากจุดศูนย์กลางของวงกลม....58
รูปที่ ก.5 กำหนดจุดจากการตัดกันของวงกลมกับเส้นรัศมี....58
รูปที่ ก.6 การกำหนดจุดจากจุดอ้างอิงบนวงกลม....59
รูปที่ ก.7 การกำหนดเส้นจากจุดสองจุด....59
รูปที่ ก.8 การกำหนดเส้นจากจุดอ้างอิงและมุมที่ทำกับแกน X หรือแกน Y....60
รูปที่ ก.9 การกำหนดเส้นจากจุดอ้างอิงกับเส้นอ้างอิงที่ตั้งฉากหรือขนานกัน....61
รูปที่ ก.10 การกำหนดวงกลมจากจุดศูนย์กลางและรัศมี....61
รูปที่ ก.11 การกำหนดวงกลมจากจุดอ้างอิงสองจุดที่เป็นจุดศูนย์กลางและจุดที่อยู่บนเส้นรอบวง....62
รูปที่ ก.12 การกำหนดระนาบจากจุดอ้างอิงสามจุดที่ไม่ได้เรียงตัวอยู่บนเส้นตรง....62
รูปที่ ก.13 ประโยค GOTO....63
รูปที่ ก.14 ประโยค GODTLA....64
รูปที่ ก.15 Drive Surface....65
รูปที่ ก.16 การตัดแบบ ON, PAST และ TANTO....66
รูปที่ ก.17 ประโยค GO แบบสามพื้นผิว....67
รูปที่ ก.18 ประโยค GO แบบสองพื้นผิว....68
รูปที่ ก.19 ประโยค GO แบบหนึ่งพื้นผิว....68
รูปที่ ก.20 ประโยค GORGT, GOLFT และ GORGT....69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.21 การใช้ประโยค ประโยค GORGT, GOLFT และ GORGT 70
รูปที่ ข.1 การทำงานของรหัส G00 75
รูปที่ ข.2 การทำงานของรหัส G00 75
รูปที่ ข.3 การทำงานของรหัส G02 76
รูปที่ ข.4 การทำงานของรหัส G03 76
รูปที่ ข.5 การทำงานของรหัส G04 77
รูปที่ ข.6 การทำงานของรหัส G28 78
รูปที่ ข.7 การทำงานของรหัส G29 78
รูปที่ ข.8 การทำงานของรหัส G41 79
รูปที่ ข.9 การทำงานของรหัส G42 79
รูปที่ ข.10 การทำงานของรหัส G70 80
รูปที่ ข.11 การทำงานของรหัส G71 80
รูปที่ ข.12 ค่า U และ W ที่มีผลต่อรหัส G71 81
รูปที่ ข.13 การทำงานของรหัส G72 81
รูปที่ ข.14 การทำงานของรหัส G74 82
รูปที่ ข.15 การทำงานของรหัส G75 83
รูปที่ ข.16 การทำงานของรหัส G76 83
รูปที่ ค.5 เมนูกำหนดชิ้นงานเริ่มต้น 87
รูปที่ ค.6 หน้าจอสำหรับกำหนดชิ้นงานเริ่มต้น 88
รูปที่ ค.7 เมนูตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือ 88
รูปที่ ค.8 หน้าจอสำหรับกำหนดตำแหน่งเครื่องมือ 88
รูปที่ ค.9 เมนูตั้งค่ารายละเอียดเครื่องมือ 89
รูปที่ ค.10 หน้าจอสำหรับตั้งค่ารายละเอียดชิ้นงาน 89
รูปที่ ค.11 เมนูออกแบบชิ้นงาน 89
รูปที่ ค.12 หน้าจอสำหรับวาดภาพชิ้นงาน 90
รูปที่ ค.13 ปุ่มสำหรับสร้างส่วนประกอบของชิ้นงาน 90
รูปที่ ค.14 เมนูเพิ่มส่วนประกอบของชิ้นงาน 90
รูปที่ ค.15 หน้าจอสำหรับเพิ่มเส้นตรง 91
รูปที่ ค.16 หน้าจอสำรับเพิ่มเส้นโค้งตามเข็มนาฬิกา 91
รูปที่ ค.17 หน้าจอสำหรับเพิ่มส่วนโค้งทวนเข็มนาฬิกา 92
รูปที่ ค.18 หน้าจอสำหรับเพิ่มส่วนประกอบเกลียว 92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.19 หน้าจอสำหรับเพิ่มส่วนลบคม 93
รูปที่ ค.20 เมนูกำหนดขั้นตอนการกลึงหยาบ 93
รูปที่ ค.21 หน้าจอสำหรับกำหนดขั้นตอนการกลึงหยาบ 94
รูปที่ ค.22 หน้าจอสำหรับเลือกส่วนประกอบของชิ้นงานสำหรับการกลึงหยาบ 94
รูปที่ ค.23 เมนูสำหรับกำหนดขั้นตอนการกลึงละเอียด 94
รูปที่ ค.24 หน้าจอสำหรับขั้นตอนการกลึงละเอียด 95
รูปที่ ค.25 หน้าจอสำหรับเลือกส่วนประกอบของชิ้นงานสำหรับการกลึงละเอียด 95
รูปที่ ค.26 เมนูสร้างภาษาเอ็นซี 96
รูปที่ ค.27 หน้าจอสำหรับสร้างภาษาเอ็นซี 96
รูปที่ ค.28 เมนูบันทึกแฟ้มภาษาเอ็นซี 97
รูปที่ ค.29 เมนูแปลงภาษา APT 97
รูปที่ ค.30 หน้าจอสำหรับแปลงภาษา APT 98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา

1.1 ความสำคัญและที่มา

ในการที่จะสั่งงานให้เครื่องจักรซีเอ็นซีสามารถสร้างชิ้นงานขึ้นมาได้นั้นผู้ใช้จำเป็นต้องเขียนภาษาเอ็นซีขึ้นมาเองด้วยมือ ซึ่งก็ไม่สะดวกและยังมีโอกาสเกิดความผิดพลาดที่สูงด้วย หรือไม่ผู้ใช้ก็เขียนภาษา APT ซึ่งเป็นภาษาที่อธิบายรูปร่างเลขาคณิตพื้นฐานที่ประกอบขึ้นเป็นชิ้นงานแล้วจึงใช้โปรแกรมแปลงให้เป็นภาษาเอ็นซี แต่ถ้าต้องการความถูกต้องสูงผู้ใช้ก็จะใช้โปรแกรมประเภท CAD ในการวาดภาพชิ้นงานขึ้นมาก่อนแล้วจึงใช้โปรแกรม CAD นั้นหรือโปรแกรมเสริมช่วยในการแปลงเป็นภาษาเอ็นซี โดยทั่วไปแล้วซอฟต์แวร์ทั้งที่ใช้แปลงภาษา APT และซอฟต์แวร์ประเภท CAD เหล่านี้เป็นซอฟต์แวร์ที่พัฒนาโดยต่างประเทศซึ่งมีราคาแพง มีขนาดใหญ่ ใช้ภาษาต่างประเทศและมีความสามารถมากเกินความต้องการของผู้ใช้ส่วนมากในประเทศไทย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ควรจะมีการพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในการแปลงภาษา APT และโปรแกรมที่ใช้ในการวาดภาพพร้อมทั้งสามารถที่จะแปลงออกไปเป็นภาษาเอ็นซีขึ้นเองเพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการของผู้ใช้ในประเทศไทย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัยและขอบเขตของโครงงาน

เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์ที่สามารถวาดภาพรูปทรงเลขาคณิตพื้นฐานเพื่อนำมาประกอบขึ้นเป็นชิ้นงาน พร้อมทั้งสามารถรับภาษา APT เพื่อแปลงออกไปเป็นภาษาเอ็นซีตามที่กำหนดไว้ โดยแบ่งออกเป็นสองส่วน คือส่วนที่ทำหน้าที่วาดภาพแล้วแปลงเป็นภาษาเอ็นซีและส่วนที่รับไฟล์ของภาษา APT มาแปลงเป็นภาษาเอ็นซี

โดยขอบเขตของโครงงานจะพัฒนาซอฟแวร์ที่ใช้กับงานประเภทงานกลึงเท่านั้น ทั้งในส่วนของการวาดรูปภาพชิ้นงานจากผู้ใช้ และส่วนของการแปลงไฟล์ภาษา APT ที่เป็นเฉพาะคำสั่งพื้นฐานที่ได้กำหนดเอาไว้ในตัวซอฟต์แวร์

1.3 ขั้นตอนในการดำเนินโครงงาน

1. ศึกษา ค้นคว้า รวบรวมความรู้ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเครื่องจักรซีเอ็นซี ถึงลักษณะ โครงสร้าง การทำงาน ความสามารถในการทำงาน และการนำไปประยุกต์ เพื่อให้เกิดความเข้าใจถึงการทำงานของเครื่องจักรซีเอ็นซี โดยเฉพาะในส่วนที่เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการสั่งงานให้เครื่องจักรซีเอ็นซี
2. ทำการออกแบบโมดูลต่างๆ ของซอฟต์แวร์ที่จะทำการพัฒนาขึ้นมาใช้สั่งงานให้กับเครื่องจักรซีเอ็นซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 พัฒนาและทำการทดสอบโมดูลที่ออกแบบและทำการเขียนขึ้นเป็นระยะๆ เพื่อนำผลการทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงและแก้ไขจนสำเร็จ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ในแง่ของการวิจัย

1. ศึกษาความเป็นมาและรายละเอียดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับซอฟต์แวร์ที่ใช้สั่งงานเครื่องจักรซีเอ็นซี
2 สามารถระบุความจำเป็นและประโยชน์ที่ได้จากการพัฒนาที่ใช้สั่งงานเครื่องจักรซีเอ็นซี
3 เพื่อเป็นการกระตุ้นให้เกิดการวิจัยและพัฒนาสำหรับเครื่องจักรซีเอ็นซีที่ใช้งานในประเทศไทย

1.4.2 ในแง่ของการนำไปประยุกต์ใช้

1. ช่วยประหยัดการนำเข้าผลิตภัณฑ์ทางด้านซอฟต์แวร์สำหรับเครื่องจักรซีเอ็นซีจากต่างประเทศ
2 เป็นซอฟต์แวร์ที่เหมาะสมกับเทคโนโลยีที่ใช้ในกระบวนการผลิตของเครื่องจักรซีเอ็นซีที่มีในประเทศไทย
3 เป็นซอฟต์แวร์ที่เหมาะสมกับบุคคลากรซึ่งใช้เครื่องจักรซีเอ็นซีในประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ความรู้พื้นฐาน

2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องจักรซีเอ็นซี

ในระบบการผลิตสมัยใหม่และหุ่นยนต์เชิงอุตสาหกรรม(Industrial Robots) เป็นระบบอัตโนมัติที่ก้าวหน้ามาเพราะใช้คอมพิวเตอร์เป็นส่วนหนึ่งของการควบคุมเครื่องมือกล(Machine Tools) เครื่องเชื่อมและเครื่องกัดโดยลำแสงเลเซอร์เป็นต้น ต่างก็ประยุกต์คอมพิวเตอร์ซึ่งในปัจจุบันมีราคาถูกลงเข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มความสะดวก ความรวดเร็วและความถูกต้องในการผลิตที่เป็นจำนวนมาก

การควบคุมเครื่องมือกลโดยใช้ตัวกลางซึ่งเป็นโปรแกรมที่ได้เตรียมล่วงหน้าไว้แล้ว เรียกว่า การควบคุมเชิงตัวเลข(Numerical Control : NC) สมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์(Electronic Industries Association : EIA) ได้นิยามอุปกรณ์เอ็นซี(NC) ไว้ดังนี้คือ

ระบบหนึ่งซึ่งกิริยาของระบบถูกควบคุมโดยข้อมูลเชิงตัวเลขที่ป้อนเข้าไปโดยตรง ณ จุดใดจุดหนึ่ง ระบบนี้จะต้องทำงานแบบอัตโนมัติอย่างน้อยช่วงใดช่วงหนึ่งของข้อมูลนี้

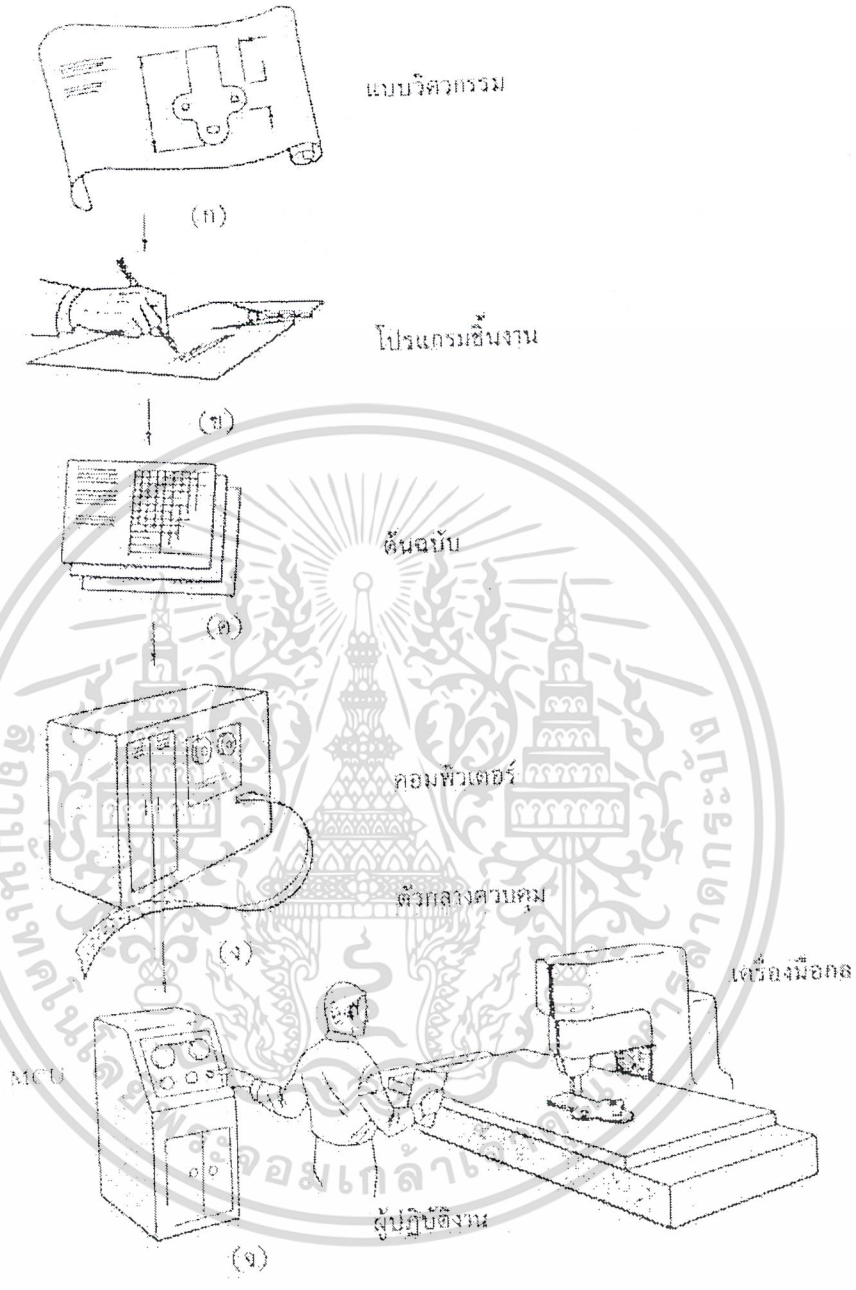
การนำเอ็นซีมาประยุกต์ใช้โดยส่วนมากจะเป็นการนำเข้ามาช่วยในงานผลิตสินค้า(Manufacuring) อย่างไรก็ตามยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในด้านการผลิตทั้งหมด(Total Production)และในด้านจัดการ

เอ็นซีซึ่งช่วยในการผลิตสินค้านี้ เป็นวิวัฒนาการมาจากกระบวนการการผลิตสินค้าด้วยมืออย่างไรก็ตามเอ็นซีนี้สามารถใช้งานในหลายด้านได้ ตั้งแต่การออกแบบวิศวกรรม(Design Engineering) การวางแผนการทำเครื่องมือ ตลอดจนการควบคุมคุณภาพ สิ่งที่เด่นที่สุดของเอ็นซีคือ การจัดเตรียมกระบวนการผลิตสินค้าทั้งหมดด้วยการควบคุมอย่างใกล้ชิด

2.1.1 การอธิบายกระบวนการควบคุมเชิงตัวเลขอย่างง่าย

ผลิตภัณฑ์ที่จะผลิตนั้นจะต้องวาดและกำหนดสัดส่วนลงในแบบวิศวกรรม(Engineering Drawing) นั่นคือจะต้องมีการกำหนดชิ้นวัสดุและเงื่อนไข กำหนดการทำขั้นสุดท้ายของผิวชิ้นงานและค่าผิดพลาดที่ยอมรับได้และกำหนดสัดส่วนของชิ้นงาน เช่น ความยาว ความกว้าง ความสูง รัศมีและเส้นโค้งดังในรูปที่ 2.1 ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 กระบวนการควบคุมเชิงตัวเลขอย่างง่าย

จากนั้นผู้เขียนโปรแกรมชิ้นงาน(Part Programmer) จะทำหน้าที่ขั้นต่อไปคือ พยายามดึงข้อมูลทั้งหมดและสัดส่วนที่ต้องการผลิตจากแบบวิศวกรรมจากรูปที่ 2.1 ข. ดังนั้นผู้เขียนโปรแกรมจึงเป็นบุคคลเดียวกันที่ทำหน้าที่เป็น

ผู้วางแผน(Planner) ซึ่งจะกำหนดลำดับขั้นตอนในการปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาที่ได้รับความคุ้มครองตามกฎหมาย ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้จัดเตรียมเครื่องมือ(Tooling Man) ซึ่งจะกำหนดฟิกซ์เจอร์เครื่องมือกล(Machine Tool Fixtures) และเครื่องมือตัด(Cutting Tools) ที่จะใช้

ผู้ชำนาญทางเครื่องกล(Machnist) ซึ่งทำหน้าที่พิจารณาการป้อนส่ง(Feed) และความเร็ว(Speed)

เมื่อผู้เขียนโปรแกรมชิ้นงานได้วิเคราะห์แล้ว จึงบันทึการตัดสินใจทั้งหมดลงในต้นฉบับในรูปแบบของรหัสหรือสัญลักษณ์ซึ่งจะได้ออกมาเป็นโปรแกรมที่จะป้อนเข้าสู่เครื่องกลดังรูปที่ 2.1 ค.

ในขั้นต่อไปคอมพิวเตอร์จะถูกนำมาใช้ช่วยผู้เขียนโปรแกรมในการคำนวณชิ้นงาน คอมพิวเตอร์จะคำนวณการตัดกัน(Intersection) การสัมผัส(Tangencies) เป็นต้น จากจุด เส้นตรง และเส้นโค้งที่ได้ถูกกำหนดไว้ในแบบวิศวกรรมโดยอัตโนมัติ แล้วยังคงข้อมูลเหล่านี้เพื่อใช้กับคำสั่งในการตัด(Cutting Instruction) คำสั่งในการตัดนี้คือการเคลื่อนที่เป็นลำดับที่กำหนดไว้แล้วโดยผู้เขียนโปรแกรมชิ้นงานและคำสั่งนี้ยังจำเป็นต้องใช้เพื่อสั่งเลื่อนโลหะ ซึ่งจะได้รูปลักษณ์ของชิ้นงานตามที่ต้องการ คอมพิวเตอร์ยังคำนวณทางเดินออฟเซ็ต(Offset Path) ซึ่งจะเป็นทางเดินไปตามออฟเซ็ตพื้นผิวของชิ้นงานอันเกิดจากการเลือกใช้มีดตัด(Cutter) และคอมพิวเตอร์ยังผลิตตัวกลางควบคุมการใช้อัตราการป้อนส่ง(Feed Rate) ระบบควบคุมและลักษณะพลวัตรของเครื่องมือกล ตัวกลางควบคุมนี้คือเทปที่ใช้สำหรับปฏิบัติงานและเครื่องมือกลและสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ดังรูปที่ 2.1 ง.

หน้าที่ของผู้ปฏิบัติงานคือประกอบฟิกซ์เจอร์ บนเครื่องมือกล วางชิ้นงานลงบนฟิกซ์เจอร์นี้มีมีดตัด ใส่มีดตัดในสปินเดิล(Spindle) และตัวกลางควบคุมที่ระบบควบคุมเครื่องมือกลพร้อมกับเริ่มสตาร์ทการปฏิบัติงาน ระบบควบคุมจะให้คำสั่งของเครื่องมือกลและนำมีดตัดไปตามทางเดินที่ได้กำหนดไว้ก่อนหน้านี้แล้ว ระบบจะทำงานจนถึงขั้นตอนสุดท้ายโดยอ่านตัวกลางควบคุมนี้ แล้วกระตุ้นให้ระบบเซอร์โว สกรูนำ(Lead Screw) และระบบป้อนกลับให้ทำงานดังรูปที่ 2.1 จ.

การลองการผลิตและตัวกลางควบคุมในครั้งแรกนี้ โดยปกติจะมีความผิดพลาดเกิดขึ้นในการผลิตและในการเขียนโปรแกรม เมื่อได้แก้ไขความผิดพลาดเหล่านี้ และทางควบคุมคุณภาพได้ยอมรับชิ้นงานแล้ว จะสามารทำการผลิตโดยไม่ต้องวิเคราะห์หรือตัดสินใจใหม่ ตัวเลขที่ได้พิจารณาล่วงหน้าเรียบร้อยแล้วนี้จะควบคุมกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ดังนั้น จึงเรียกว่า การควบคุมเชิงตัวเลข

2.1.2 แนวความคิดพื้นฐาน

i ระบบคู่ลำดับแบบพิกัดฉาก

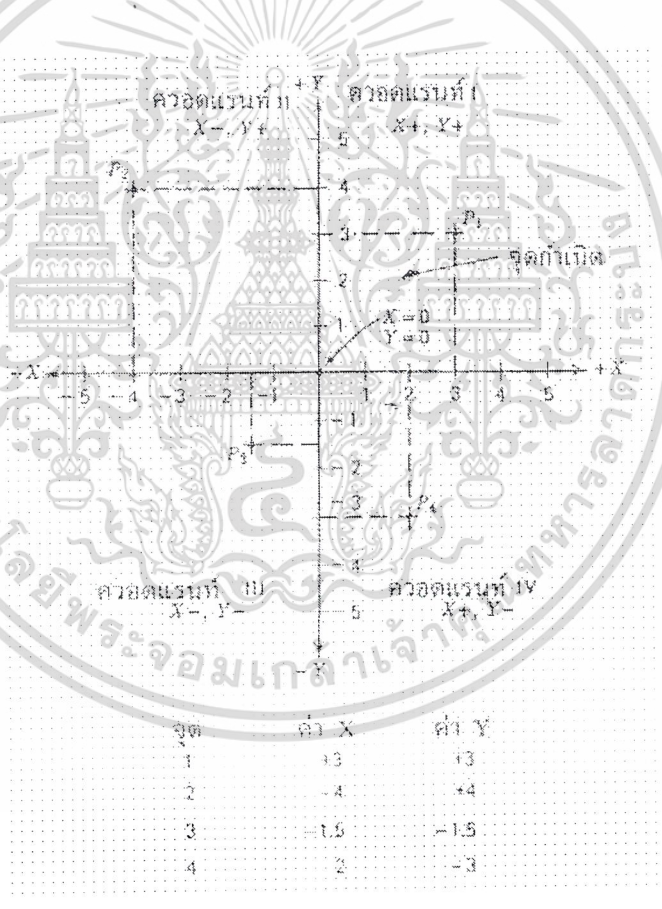
ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในเบื้องต้นว่า ผู้เขียนโปรแกรมชิ้นงานเป็นผู้ดึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องและขนาดสัดส่วนที่นำไปใช้ผลิตชิ้นงานจากแบบวิศวกรรม การที่จะแสดงข้อมูลของขนาดสัดส่วนให้แก่ระบบคอมพิวเตอร์นั้น ชิ้นงานเหล่านี้จะถูกนิยามในรูปอนุกรมของจุด เส้นตรง และเส้นโค้ง นั่นคือนิยามให้อยู่ในรูปเลขาคณิตของผิวหน้าชิ้นงาน(Part surfaces) กระบวนการเอ็นซีนี้ได้ใช้ระบบของคู่ลำดับ(Coordinates) เพื่อสร้างรูปเรขาคณิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ii ระบบสองมิติ(2D)

ระบบคู่ลำดับที่ง่ายที่สุดคือระบบสองมิติ(Two-Dimensional System) หรือระบบสองแกนรูปที่ 2.2 เป็นระบบสองมิติที่ถูกสร้างขึ้นด้วยเส้นตรงสองเส้นที่มีสเกลบ่งอยู่และเส้นตรงสองเส้นนี้ต่างตั้งฉากซึ่งกันและกัน จุดที่ตัดกันของเส้นตรงสองเส้นนี้จะเป็นศูนย์ของเส้นตรงทั้งสอง ดังนั้นเส้นตรงทั้งสองจึงเป็นแกนคู่ลำดับ(Coordinate Axis) และจุดตัดกันจะเรียกว่าจุดกำเนิด(Origin) ซึ่งจะกำหนดว่า X เท่ากับ 0, Y เท่ากับ 0

เครื่องหมายของแกนนั้นพิจารณาจากทิศทางที่ออกจากจุดกำเนิดดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.2 แกน X ที่อยู่ทางซ้ายของจุดกำเนิดจะเป็นลบและเป็นบวกเมื่ออยู่ทางขวาของจุดกำเนิด ในทำนองเดียวกันแกน Y ที่อยู่ใต้จุดกำเนิดจะเป็นลบและเป็นบวกเมื่ออยู่เหนือจุดกำเนิด ตำแหน่งจุดใดๆในระนาบ(Plane) จะถูกพิจารณาและถูกบรรยายได้โดยอ้างอิงจุดกำเนิด เช่น จุด P1 จะเป็น X เท่ากับ 2, Y เท่ากับ 3



จุด	ค่า X	ค่า Y
1	+3	+3
2	−4	+4
3	−1.5	−1.5
4	2	−3

รูปที่ 2.2 ระบบคู่ลำดับแบบพิกัดฉากชนิดสองมิติ

ระนาบดังกล่าวยังแบ่งออกได้เป็น 4 ควอดแรนท์ คือควอดแรนท์ 1, ควอดแรนท์ 2, ควอดแรนท์ 3 และควอดแรนท์ 4 เครื่องหมายคู่ลำดับของจุดที่อยู่ภายในระนาบนี้จะถูกพิจารณาโดยตำแหน่งของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควอดแรนท์ดังนั้นจุดใดๆที่อยู่ในควอดแรนท์ 1 จะได้ว่า X เป็นบวกและ Y เป็นบวก อยู่ในควอดแรนท์ 2 จะได้ว่า X เป็นลบ Y เป็นบวก อยู่ในควอดแรนท์ 3 จะได้ว่า X เป็นลบ Y เป็นลบและอยู่ควอดแรนท์ 4 จะได้ว่า X เป็นบวก Y เป็นลบ แต่ละจุดจะมีตำแหน่งเอกลักษณ์ของตัวเอง และสามารถนิยามในเชิงคณิตศาสตร์ได้ ค่า Y จะหาได้จากระยะที่ห่างจากแกน X และค่า X จะหาได้จากระยะห่างจากแกน Y ค่าเหล่านี้จะหมายถึงคู่ลำดับของจุด

2.1.3 ระบบควบคุมเครื่องจักรด้วยการควบคุมเชิงตัวเลข

ในรูปที่ 2.3 เป็นรูปที่แสดงถึงการควบคุมเครื่องจักรด้วยวิธีการควบคุมเชิงตัวเลข ลำดับขั้นตอนในการทำงานมีดังต่อไปนี้

ลำดับที่ 1 ในส่วนของหน่วยควบคุมเครื่องจักรกล(Machine Control Unit) ซึ่งใช้สัญลักษณ์ย่อเป็น MCU นั้น จะอ่านเทปที่ได้จัดเตรียมไว้เรียบร้อยแล้วและสมมติว่าได้สร้างสัญญาณพัลส์ขึ้นมาจำนวน 5 พัลส์

ลำดับที่ 2 พัลส์ที่ได้สร้างขึ้นมานี้ ได้ถูกส่งออกไปเป็นตามลำดับ ในขณะนี้สมมติว่าได้ส่งออกไปทั้งหมด 4 พัลส์แล้ว

ลำดับที่ 3 ตัวขับเร้า(Auctuator) ของเครื่องมือกลจะไปกระตุ้นให้สกรูนำหมุน ซึ่งมีผลให้เทเบิล(Table) ของเครื่องมือกลเคลื่อนไปด้วยระยะ 0.001 มิลลิเมตรต่อสัญญาณ 1 พัลส์การเคลื่อนไปด้วยระยะเท่าใดนั้นจะขึ้นอยู่กับรายละเอียดจำเพาะของแต่ละเครื่อง เมื่อพัลส์ได้ถูกส่งออกมาแล้ว 4 พัลส์ดังนั้นในขณะนี้จึงได้เคลื่อนที่ไปเป็นระยะทาง 0.004 มิลลิเมตรแล้ว

ลำดับที่ 4 อุปกรณ์ป้อนกลับ จะทำหน้าที่เป็นตัวชี้บอกว่า สัญญาณจำนวน 4 พัลส์ได้ส่งมาเรียบร้อยแล้ว

ลำดับที่ 5 ในหน่วยของ MCU จะมีอุปกรณ์ปรับดุล ซึ่งทำหน้าที่รับรู้(Sense) สัญญาณพัลส์ที่กลับมา แล้วนำไปลบออกจากจำนวนพัลส์เดิม ซึ่งมีอยู่ 5 พัลส์แต่ในขณะนี้มีสัญญาณจำนวน 4 พัลส์กลับมาแล้วดังนั้นจึงเหลือสัญญาณอีก 1 พัลส์ที่จะส่งไปในระบบเอ็นซี

ลำดับที่ 6 สัญญาณจำนวน 1 พัลส์จะผ่านไปยังตัวขับเร้าของระบบเอ็นซี

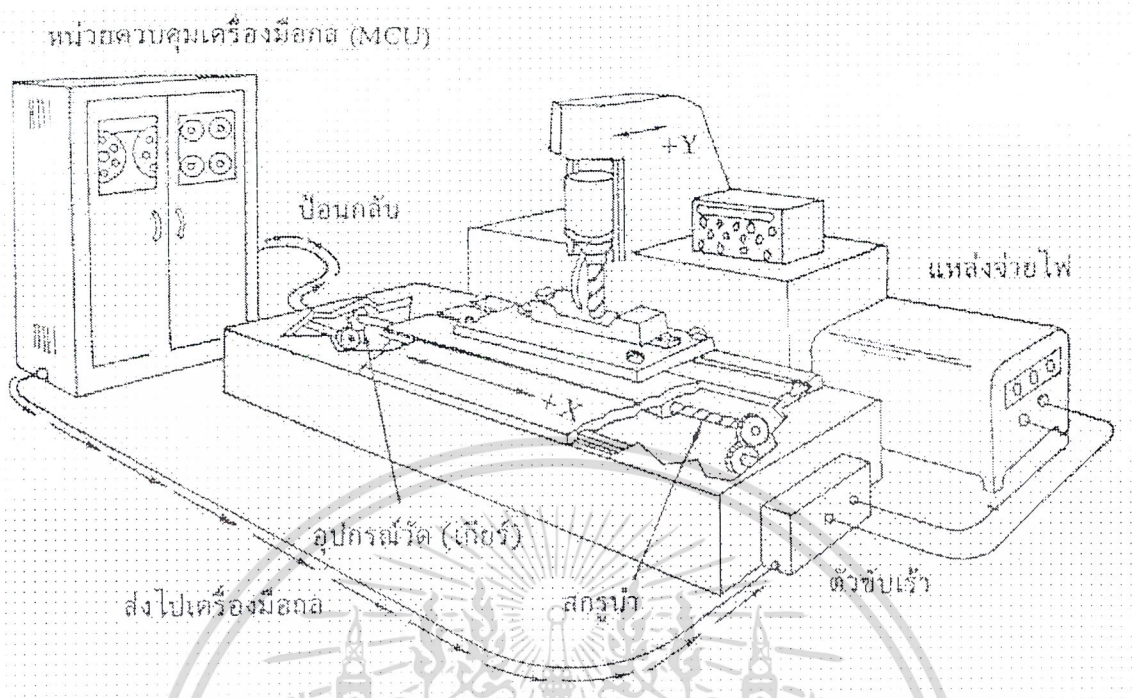
ลำดับที่ 7 ตัวขับเร้ากระตุ้นให้สกรูนำหมุน และเทเบิลของเครื่องมือกลจะเคลื่อนที่ไปอีกระยะทาง 0.001 มิลลิเมตร

ลำดับที่ 8 อุปกรณ์ป้อนกลับจะลงทะเบียน(Regist) สัญญาณอีก 1 พัลส์แล้วส่งไปยัง MCU

ลำดับที่ 9 อุปกรณ์ปรับดุลจะลงทะเบียนว่า สัญญาณพัลส์จำนวน 5 พัลส์ได้ถูกส่งออกไปแล้วผ่านระบบเอ็นซีเรียบร้อยแล้ว และจะไม่มีการกระทำใดๆเกิดขึ้นอีก จนกว่าข้อมูลบล็อค(Block) ต่อไป (ดูการเขียนโปรแกรมชิ้นงาน) จะถูกอ่านเข้ามา

ลำดับขั้นตอนการทำงานดังกล่าวข้างบนนี้ เป็นการทำงานเพียงหนึ่งแกน หรือหนึ่งมิติของเครื่องมือกลเท่านั้น เมื่อต้องการให้ระบบสามารถทำงานได้อีกสองแกน ก็เพิ่มแกน Y แล้ว Z เข้าไปเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



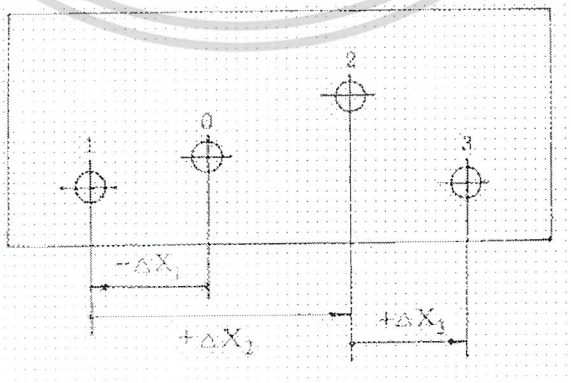
รูปที่ 2.3 ลำดับการทำงานของระบบเอ็นซี

2.1.4 ระบบการเคลื่อนที่

การเคลื่อนที่ของระบบเอ็นซีอาศัยโปรแกรมที่เขียนขึ้น เพื่อส่งให้เครื่องมือกลเคลื่อนที่ไป การเคลื่อนที่จะแบ่งออกเป็นสองระบบ คือ ระบบอินครีเมนทัล(Incremental System) และระบบแอบโซลูท(Absolute Systerm)

i ระบบอินครีเมนทัล

ในการเขียนระบบโปรแกรมแบบอินครีเมนทัลนั้น จำเป็นต้องเข้าใจในเรื่องของขนาดสัดส่วนแบบอินครีเมนทัลด้วย ตัวอย่างชิ้นงานที่จะมาอธิบาย จะเป็นชิ้นงานที่เจาะรู 4 รู ดังรูปที่ 2.4



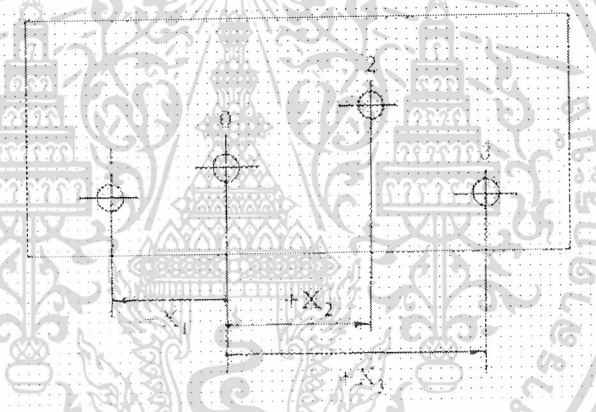
รูปที่ 2.4 การทำงานแบบอินครีเมนทัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานในระบบอินครีเมนทัลนั้น จะทำงานในลักษณะที่เพิ่ม(Increment) จากตำแหน่งปัจจุบันออกไปไม่ว่าจะเป็นชิ้นงานหรือมีดตัด การคำนวณจะเริ่มจากตำแหน่งของมีดตัดหรือของเทเบิลไปสู่ตำแหน่งที่จะไป เครื่องหมายลบและบวก ไม่ได้หมายความว่า เดินไปในแกน +X แต่หมายถึง การให้เคลื่อนที่ไปทางขวาโดยไปตามแกน X จากตำแหน่งปัจจุบัน ในรูปที่ 2.4 รูในตำแหน่งที่ 0 จะเป็นจุดเริ่มต้นและไปที่ตำแหน่ง 1 ด้วยระยะ $-\Delta X_1$ แล้วไปที่ตำแหน่ง 2 ด้วยระยะ $+\Delta X_2$ และไปที่ตำแหน่ง 3 ด้วยระยะ $+\Delta X_3$

ii ระบบแอบโซลูท

จากรูปที่ 2.5 ซึ่งเป็นชิ้นงานชิ้นเดียวกันกับในรูปที่ 2.4 แต่แสดงขนาดสัดส่วนในวิธีที่ต่างกันออกไปวิธีนี้เรียกว่าการแสดงขนาดสัดส่วนแบบแอบโซลูทหรือเส้นพื้นฐาน(Baseline Dimensioning) ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากว่าตำแหน่งทุกตำแหน่งได้ถูกกำหนดเป็นระยะทางจากตำแหน่ง 0 หรือจุดอ้างอิง ขนาดสัดส่วนจะถูกคำนวณจากตำแหน่ง 0 ดังได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การทำงานแบบแอบโซลูท

ระบบแอบโซลูทปฏิบัติงานเช่นเดียวกันกับขนาดสัดส่วนแอบโซลูท กล่าวคือทุกๆตำแหน่งจะถูกแสดงและปรุเทปโดยให้สัมพันธ์กับจุด 0 หรือจุดอ้างอิง การเคลื่อนที่ไปตามตำแหน่งต่างๆจะมาจากจุดเดียวกันทุกครั้ง จึงต่างกับระบบอินครีเมนทัลที่เพิ่มระยะทางจากตำแหน่งปัจจุบัน ข้อดีของระบบแอบโซลูทซึ่งเป็นข้อดีเหนือกว่าระบบอินครีเมนทัลคือเรื่องความผิดพลาดในตำแหน่ง(Positioning Errors) ถ้าเกิดความผิดพลาดในตำแหน่งในระบบอินครีเมนทัลแล้วทุกตำแหน่งที่ตามมาจะถูกกระทบหมด และการเคลื่อนที่ที่เหลือจะไม่ถูกต้อง แต่ถ้ามีความผิดพลาดในตำแหน่งเกิดขึ้นในระบบเอ็นซีแบบแอบโซลูทแล้ว ตำแหน่งที่เจาะจงในขณะนั้นจะเกิดความผิดพลาด แต่ตำแหน่งที่ตามมาจะไม่ถูกกระทบเพราะว่าทุกขนาดสัดส่วนและการเคลื่อนที่ในแบบตำแหน่งในแต่ละตำแหน่งจะเคลื่อนที่จากจุดฐาน 0 หรือจุดอ้างอิงจุดเดียวกันเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

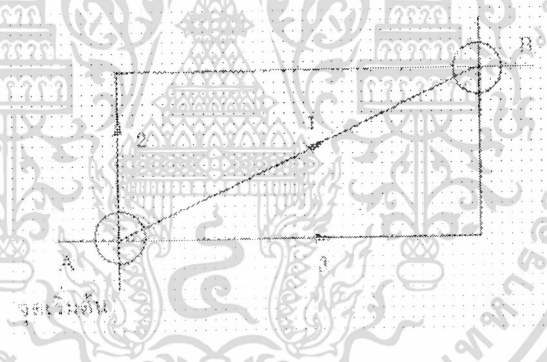
ทั้งระบบแอบโซลูทและระบบอินครีเมนทัลมีการประยุกต์ใช้ต่างกันจึงบอกไม่ได้ว่าระบบใดถูกหรือผิด ในการประยุกต์บางครั้งอาจใช้ทั้งสองระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของงานควบคุมในปัจจุบัน สามารถเปลี่ยนโหมดการทำงานโดยการใช้รหัสคำสั่งง่ายๆได้ แต่การเลือกใช้ว่าจะเป็นแบบใดนั้น ในหลายๆกรณียังต้องใช้การตัดสินใจของผู้เขียนโปรแกรมซึ่งต้องเป็นผู้ที่เข้าใจระบบทั้งสองเป็นอย่างดี

2.1.5 การควบคุมการเคลื่อนที่

การควบคุมให้มีดตัดเคลื่อนที่ไปตามทางที่จะให้ทำงานนั้น เป็นตัวบ่งชี้ถึงต้นทุนของเครื่องมือกลเอ็นซี รวมทั้งต้นทุนการผลิต วิศวกรอัตโนมัติจะต้องเข้าใจในความแตกต่างของเครื่องเหล่านั้นเพื่อการลงทุนที่เหมาะสม โดยปกติการเคลื่อนที่ของเครื่องมือกลเอ็นซีจะแบ่งออกเป็น 4 แบบดังต่อไปนี้

i ระบบโพสิชันนิง

ระบบโพสิชันนิง(Position System) หรือระบบจุดถึงจุด(Point-to-Point) เป็นระบบที่ง่ายที่สุดของเอ็นซี ซึ่งจะควบคุมเครื่องมือกลให้เคลื่อนที่ไปตามตำแหน่งที่ได้กำหนดไว้เป็นตัวเลขโดยอัตโนมัติ ดังรูปที่ 2.6



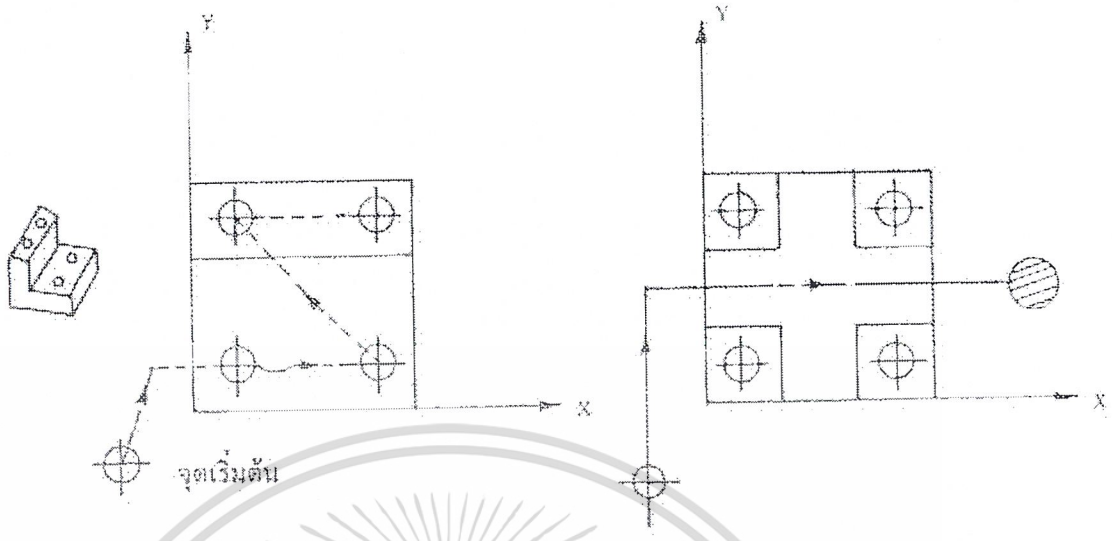
รูปที่ 2.6 ระบบโพสิชันนิง

การเจาะจากจุด A ไปยังจุด B จะเจาะได้หลายวิธีแล้วแต่ว่าผู้เขียนโปรแกรมจะกำหนดอย่างไร เพราะระบบควบคุมไม่มีระบบควบคุมแนวทางเดิน(Path) จากจุด A ไปจุด B อย่างไรก็ตามการเคลื่อนที่จากจุด A ไปจุด B ควรใช้เวลาน้อยที่สุด

ii ระบบโพสิชันนิง/ตัดตรง

ระบบโพสิชันนิง/ตัดตรงเป็นระบบที่มีความสามารถในการทำงานอยู่สองประการคือการทำงานในลักษณะเป็นตำแหน่งและการกัด(Milling) ไปในตามแกนแต่ละแกน ดังนั้นระบบนี้จึงมีความสามารถในการเจาะชิ้นงานและทำชิ้นงานให้มีรูปร่างเป็นรูปสี่เหลี่ยมดังรูปที่ 2.7

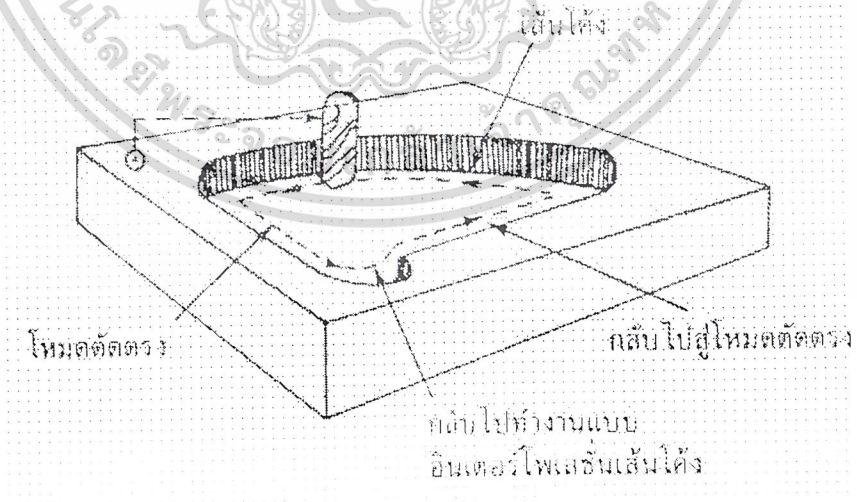
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ระบบโพสิชันนิง/ตัดตรง

iii ระบบคอนทัวริง

ระบบคอนทัวริง(Contouring) เป็นระบบที่มีความสามารถหลายอย่าง โดยทั่วไปจะเป็นระบบที่ทำงานดังในหัวข้อ ii คือ ทำงานแบบโพสิบชันนิงและแบบตัดตรง นอกจากนั้นยังสามารถทำงานเป็นเส้นหักมุมใดๆเป็นวงกลม เป็นรูปกรวย(Conics) หรือเป็นรูปร่างต่างๆที่สามารถใช้คณิตศาสตร์นิยามได้ ระบบนี้เป็นระบบที่ควบคุมทางเดินแบบต่อเนื่อง(Continuous Path Control) จึงเป็นระบบที่มีแกนสามแกนหรือมากกว่านั้น

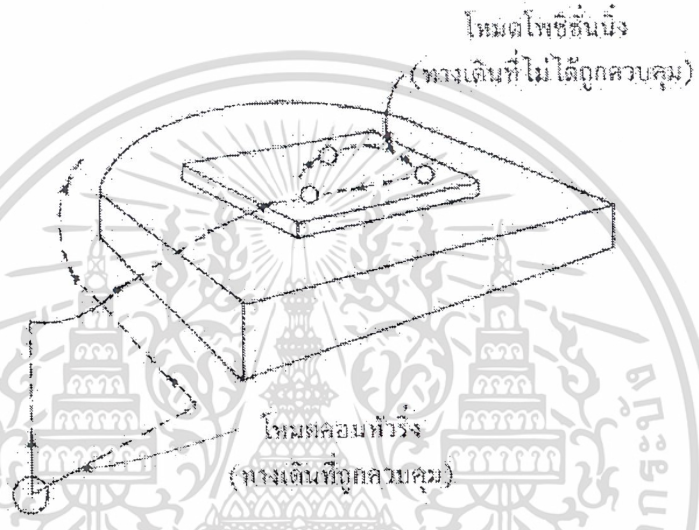


รูปที่ 2.8 ระบบคอนทัวริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

iv ระบบรวม

ระบบรวมหมายถึง ระบบที่รวมข้อดีของแต่ละโหมดซึ่งหมายถึงโหมดโพสิชันนิงและโหมดคอนทัวริงรวมกัน ตัวอย่างเช่นถ้าให้ MCU ทำงานโหมดคอนทัวริง เครื่องมือเอ็นซีจะทำงานในโหมดคอนทัวริงอย่างเดียวโดยไม่มีระบบโพสิชันนิงเข้ามาเกี่ยวข้องเลย อย่างไรก็ตามถ้าต้องการให้เครื่องเอ็นซีทำงานแบบโพสิชันนิงแล้ว ส่วนที่ควบคุมการทำงานแบบคอนทัวริงจะถูกตัดออกไปเพื่อเพิ่มความเร็วในการทำงาน



รูปที่ 2.9 ระบบรวม

2.2 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับภาษาเอ็นซี (NC-Code)

ภาษาเอ็นซี เป็นคำสั่งพื้นฐานที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรซีเอ็นซีโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

2.2.1 รหัสจี (G-Code)

เป็นคำสั่งที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือที่ใช้ในการกัดชิ้นงานโดยในโครงงาน Computer Aided NC Programming ครอบคลุมถึงรหัสจีดังต่อไปนี้

รหัสจี	ความหมาย
G00 X Z	เครื่องมือเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว
G01 X Z F	เครื่องมือเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง
G02 X Z R F	เครื่องมือเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้งในทิศทางตามเข็มนาฬิกา
G03 X Z R F	เครื่องมือเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้งในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
G04 P	หยุดการเคลื่อนที่ของเครื่องมือในช่วงเวลาในหน่วยวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

G20	เลือกหน่วยวัดเป็นนิ้ว
G21	เลือกหน่วยวัดเป็นมิลลิเมตร
G28 X Y Z	เครื่องมือเคลื่อนที่กลับจุดเริ่มต้นอัตโนมัติ
G29	เครื่องมือเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดเดิมอัตโนมัติ
G40	ยกเลิกการชดเชยเครื่องมือ
G41 X	ชดเชยเครื่องมือทางด้านซ้าย
G42 Z	ชดเชยเครื่องมือทางด้านขวา
G70 P Q	กลึงชิ้นงานละเอียด
G71 P Q U W D F	กลึงชิ้นงานหยาบตามแกน Z
G72 P Q U W D F	กลึงชิ้นงานหยาบตามแกน X
G74 X0 Z K F	เจาะชิ้นงานเป็นจังหวะ
G75 X Z F D I K	ทำร่องชิ้นงาน
G76 X Z D K A F	ทำเกลียวชิ้นงาน
G90	เลือกตำแหน่งแบบแอบโซลูต
G91	เลือกตำแหน่งแบบอินครีเมนทอล
G98	เลือกหน่วยการเคลื่อนที่ต่อหน่วยเวลา
G99	เลือกหน่วยการเคลื่อนที่ต่อรอบการหมุน

ตารางที่ 2.1 รหัสจี

2.1.3 รหัสเอ็ม (M-Code)

เป็นคำสั่งที่ใช้ควบคุมอุปกรณ์เสริมต่างๆ ในเครื่องจักรซีเอ็นซี เช่น ระบบหล่อเย็น ทิศทางการหมุนของเครื่องมือ เป็นต้น โดยในโครงงาน Computer Aided NC Programming ครอบคลุมถึงรหัสเอ็มดังต่อไปนี้

รหัสเอ็ม	ความหมาย
M01	หยุดโปรแกรมแบบมีเงื่อนไข
M02	จบโปรแกรม
M03	ชิ้นงานหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา
M04	ชิ้นงานหมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
M05	ชิ้นงานหยุดหมุน
M07	เปิดระบบหล่อเย็นที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M08	เปิดระบบหล่อเย็นที่
M09	ปิดหล่อเย็น
M30	จบโปรแกรม รีเซ็ตใหม่

ตารางที่ 2.2 รหัสเอ็ม

2.3 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับ CL-File

เป็นคำสั่งพื้นฐานอย่างง่ายที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับภาษา APT แต่จะแตกต่างกันที่ใน CL-File นั้นจะไม่มีการติดค่าเป็นตัวแปร จะมีเฉพาะค่าตัวเลขค่าคงที่

คำสั่ง	พารามิเตอร์	คำอธิบาย
CIRCLE	Radius, centre, and start point	การประกาศวงกลม
COOLNT	On/Off	การเปิด-ปิดอุปกรณ์หล่อเย็น
FEDRAT	Value	ตั้งความเร็วสูงสุดในการหมุนของเครื่องมือ
FINI	-	สิ้นสุดการทำงาน
FROM	X, Y, Z	ตั้งตำแหน่งเริ่มต้นของหัวเครื่องมือ
GOTO	X, Y, Z	เคลื่อนที่หัวเครื่องมือไปยังตำแหน่งที่กำหนด
RAPID	-	เคลื่อนที่เครื่องมืออย่างรวดเร็ว
SPINDL	Speed(rpm), CW/CCW	กำหนดทิศทางการหมุนของหัวเครื่องมือ
STOP	-	หยุดรอชั่วคราว
TOOLNO	Tool parameter like	เลือกหัวเครื่องมือ
UNITS	Inch/mm	กำหนดหน่วยที่ใช้

ตารางที่ 2.3 CL-File

2.4 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับภาษา APT

APT เป็นไวยากรณ์ภาษาอังกฤษที่ใช้แทนประโยคของรูปทรงเลขาคณิตและการเคลื่อนที่ซึ่งใช้บอกเส้นทางการเคลื่อนที่ของเครื่องมือสำหรับชิ้นงานและเครื่องจักร และเมื่อเราจะนำ APT ไปใช้เราก็ต้องแปลงประโยค APT ให้เป็น G-Code เสียก่อน เครื่องจักร CNC จำเป็นต้องมี APT Processor ที่เป็นโปรแกรมทำหน้าที่ตีความและคำนวณชุดของชุดที่จะตัด ซึ่งก็จะได้เป็นเส้นทางออกมา APT เป็นระบบเลขาคณิตสามมิติที่ใช้กำหนดรูปทรงของชิ้นงานซึ่งมีความซับซ้อนและใช้ควบคุมเครื่องจักร CNC 5 แกน ข้อดีของ APT ก็คือเป็นการสร้างมาตรฐานสำหรับเครื่องจักร ส่วนข้อเสียก็คือ APT เป็นชุดคำสั่งทำให้จำเป็นต้องมีการแปลงเป็น G-Code เพื่อนำไปใช้งานก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยค APT แบ่งออกเป็น 4 ประเภทคือ

ประโยค Geometry ใช้กำหนดรูปทรงพื้นฐานเช่นจุด, เส้น, วงกลม, ระนาบ

ประโยค Cutter Motion ใช้อธิบายเส้นทางการเคลื่อนที่ของเครื่องมือที่สัมพันธ์กับรูปทรงที่กำหนดไว้

ประโยค Postprocessor ใช้บอกภาษาของเครื่องจักรรวมทั้งความเร็วนการเคลื่อนที่และการหมุนของใบมีดกัด

ประโยค Auxiliary ใช้บอกชื่อชิ้นงานและอัตราความผิดพลาดของชิ้นงานที่ยอมรับได้

โปรแกรม APT มักจะมีประโยคชื่อของชิ้นงานและ Postprocessor และตามด้วยประโยคของโปรแกรม

PARTNO…

MACHINE/…

ประโยค Geometry

ประโยค Cutter Motion และคำสั่งของเครื่องมือ

FINI

2.4.1 ประโยค Geometry

รูปแบบทั่วไปของประโยค Geometry คือ

สัญลักษณ์ = ชนิดของรูปทรงเลขาคณิต/ข้อมูลเฉพาะของรูปทรง

เช่น	P1=POINT/1, 2, 3	(จุดที่พิกัด(1,2,3) ตามหน่วยที่กำหนด)
	L1=LINE/P1, P2	(เส้นจากจุด P1 ไปจุด P2)
	L3=LINE/P1, PAREL, L2	(เส้นจากจุด P1 ที่ขนานกับเส้น L2)
	C1=CIRCLE/CENTER, P1, RADIUS, 3	(วงกลมที่มี P1 เป็นจุดศูนย์กลางและมีรัศมี 3 ตามหน่วยที่กำหนดไว้)

เป็นต้น

(ดูเพิ่มเติมในภาคผนวก)

2.4.2 ประโยค Cutter Motion

ประโยคที่กำหนดลักษณะการเคลื่อนที่ของเครื่องมือจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง

เช่น	FROM/P1	(กำหนดจุดเริ่มต้นของหัวเครื่องมือที่จุด P1)
	GOTO/P2	(เคลื่อนที่หัวเครื่องมือไปที่จุด P2)

เป็นต้น

(ดูเพิ่มเติมในภาคผนวก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การวิเคราะห์ความต้องการของซอฟต์แวร์

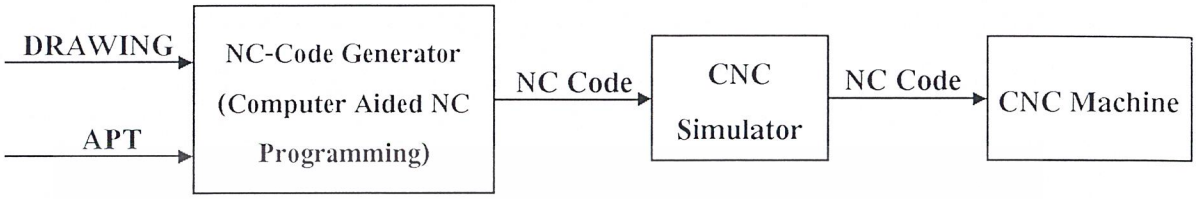
ในการพัฒนาซอฟต์แวร์ NC-Code Generator ได้มีการเก็บความต้องการของผู้ใช้ในอุตสาหกรรมโดยได้สรุปออกมาเป็นข้อๆดังนี้

1. โปรแกรมจะต้องสามารถวาดรูปทรงเลขาคณิตพื้นฐานเพื่อนำมาประกอบเป็นชิ้นงานได้
2. โปรแกรมจะต้องสามารถเลือกและกำหนดขนาดของชิ้นงานได้ โดยความต้องการของผู้ใช้นั้นต้องการเลือกชิ้นงานจากเหล็กทรงกระบอกตันและเหล็กทรงกระบอกกลวงเท่านั้น
3. โปรแกรมควรจะสามารถวาดรูปภาพขึ้นมาโดยการใช้คีย์บอร์ดและการกำหนดจุดขอบของชิ้นงานเป็นส่วนใหญ่ทั้งนี้เพื่อความรวดเร็วในการป้อนข้อมูลของชิ้นงาน
4. โปรแกรมควรจะรับข้อมูลขนาดของชิ้นงานเข้ามาได้ทั้งในหน่วยนิ้วและหน่วยมิลลิเมตรเพื่อความสะดวกต่อผู้ใช้
5. โปรแกรมควรจะสามารถบันทึกข้อมูลของชิ้นงานได้ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเรียกขึ้นมาใช้หรือแก้ไขได้ในภายหลัง
6. โปรแกรมจะต้องสามารถกำหนดพารามิเตอร์ของชิ้นงานและตำแหน่งของเครื่องมือบนป้อมมีดเพื่อใช้ประกอบการสร้างรหัสเอ็มและรหัสจี
7. โปรแกรมจะต้องสามารถเปลี่ยนรูปของชิ้นงานให้เป็นภาษาเอ็นซีได้โดยมีผู้ใช้เป็นผู้กำหนดขั้นตอนการทำงานแต่ถ้าผู้ใช้ไม่ต้องกำหนดการทำงานพื้นฐานของเครื่องซีเอ็นซีก็จะดีมาก
8. โปรแกรมควรจะรับภาษา APT มาและแปลงออกมาเป็นภาษาเอ็นซีได้
9. โปรแกรมควรจะสามารถทำงานโดยมีส่วนติดต่อกับผู้ใช้เป็นแบบกราฟิกและมีคำอธิบายประกอบเป็นภาษาไทยเพื่อให้ผู้ใช้สะดวกต่อการเรียนรู้และใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 โครงสร้างพื้นฐานของซอฟต์แวร์

เมื่อได้เก็บความต้องการของผู้ใช้มาได้แล้วก็สามารถออกแบบโครงสร้างพื้นฐานของโปรแกรมได้ดังนี้

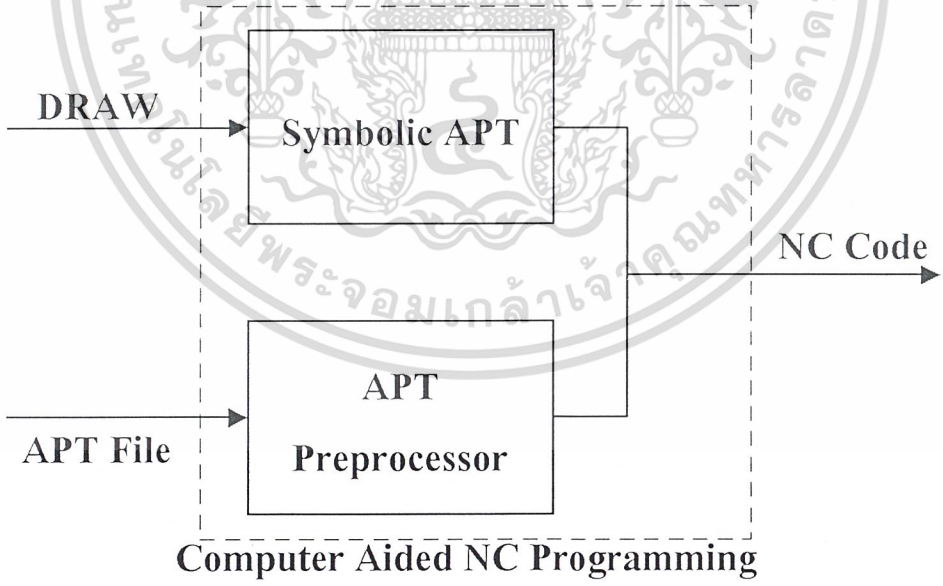


รูปที่ 3.1 โครงสร้างพื้นฐานของซอฟต์แวร์

คือตัวโปรแกรมจะต้องรับอินพุทสองแบบคือการวาดภาพจากผู้ใช้หรือไฟล์ภาษา APT โดยมีเอาท์พุทเป็นภาษาเอ็นซีเพื่อใช้สั่งงานเครื่องจักรซีเอ็นซีต่อไป

3.2 โครงสร้างภายใน

เมื่อได้โครงสร้างพื้นฐานของโปรแกรมแล้วจากนั้นก็ออกแบบโครงสร้างภายในของซอฟต์แวร์



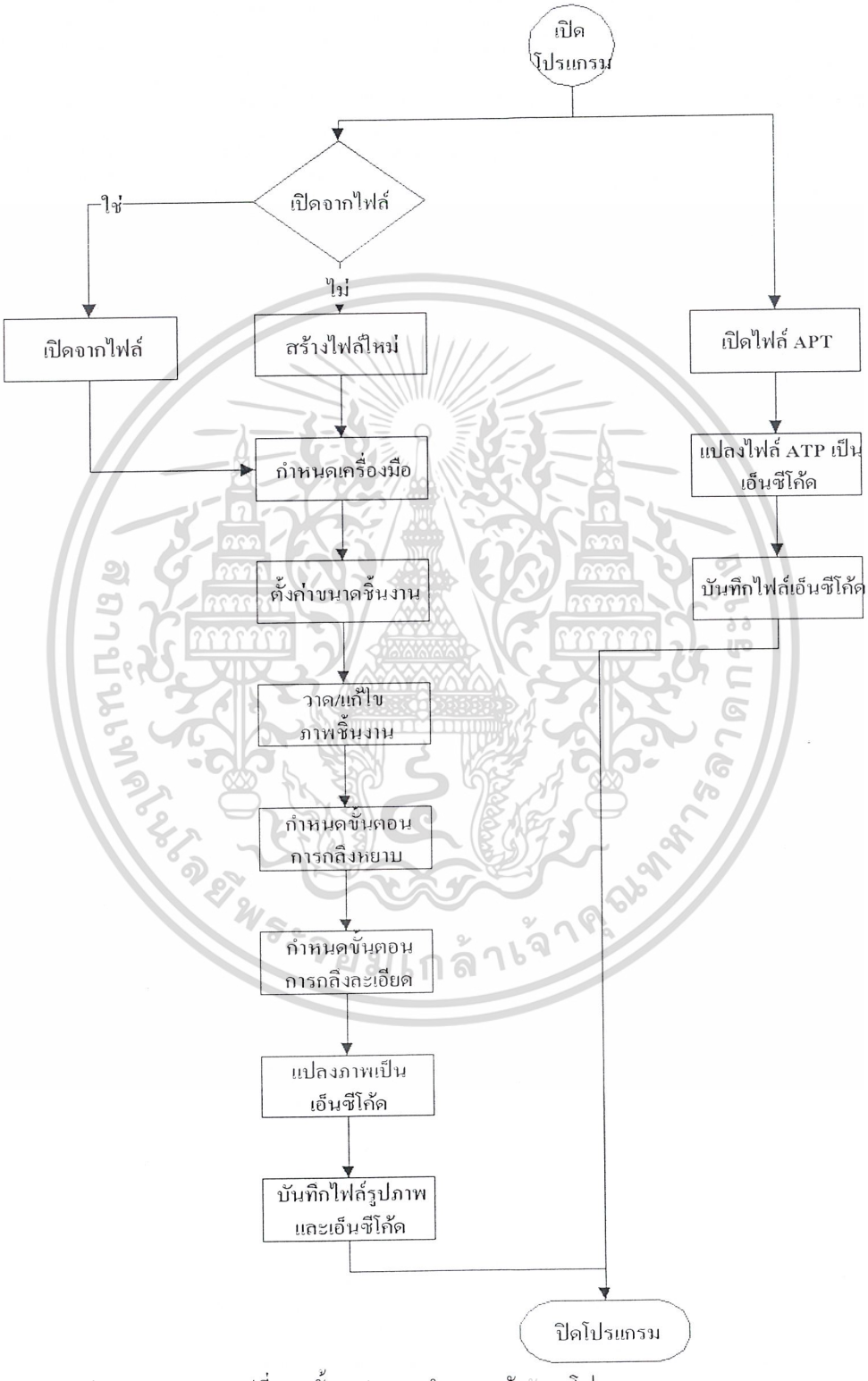
รูปที่ 3.2 โครงสร้างภายในของซอฟต์แวร์

โครงสร้างภายในของตัวโปรแกรมจะประกอบไปด้วยสองส่วนหลักๆคือส่วนสำหรับวาดภาพแล้วแปลงออกไปเป็นภาษาเอ็นซีและส่วนสำหรับรับไฟล์ APT แล้วแปลงออกไปเป็นภาษาเอ็นซีเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

34124

3.3 ขั้นตอนการทำงานหลักของโปรแกรม NC-Code Generator



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการทำงานหลักของโปรแกรม

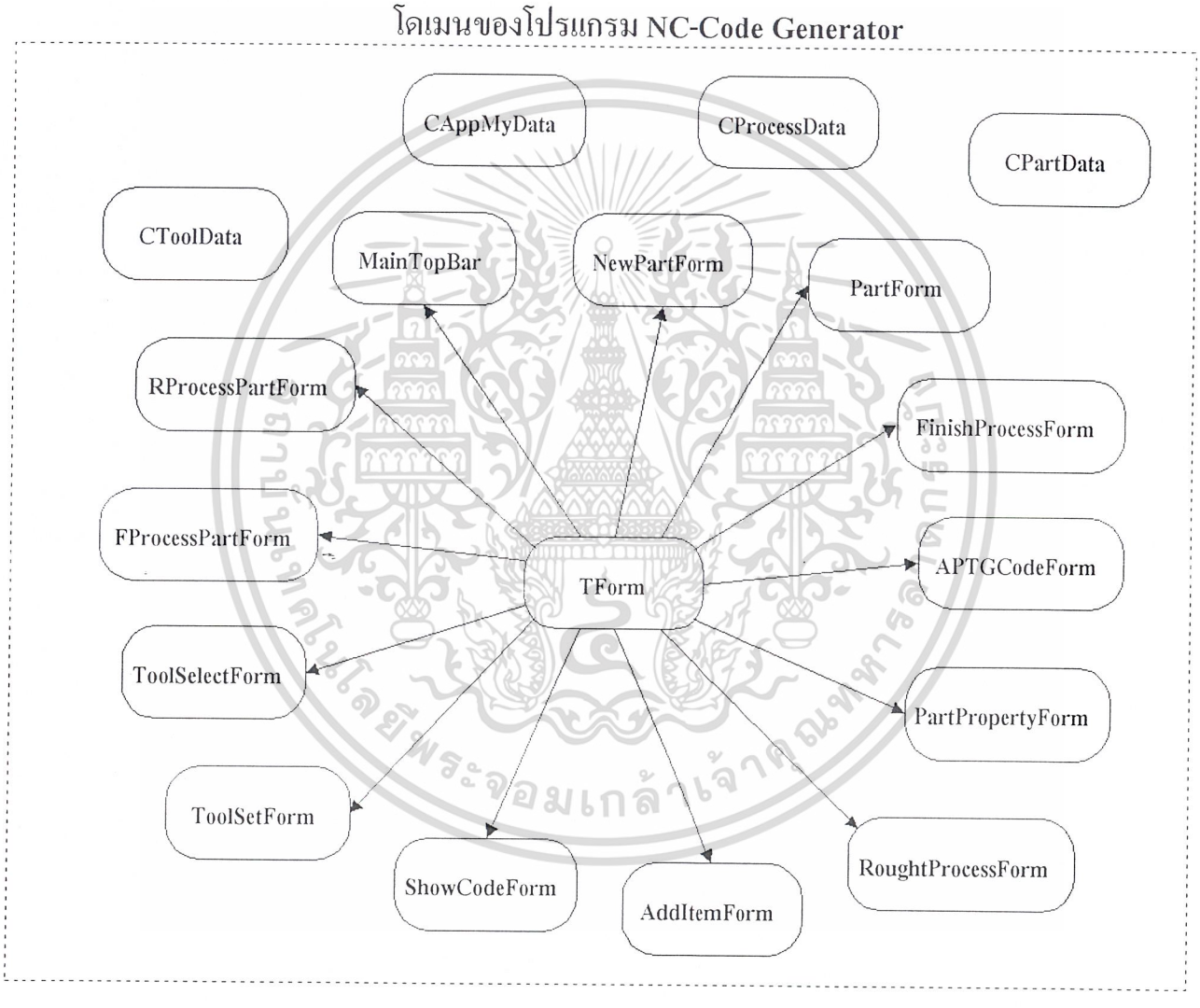
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 โครงสร้างของส่วนวาดภาพ

3.4.1 การออกแบบซอฟต์แวร์

โปรแกรม NC-Code Generator นี้ใช้หลักการออกแบบแบบออบเจ็กต์ออเรียนเท็ดเพื่อให้ง่ายต่อการแก้ไขและดูแลซอฟต์แวร์

i Class Diagram



รูปที่ 3.4 โดเมนของโปรแกรม NC-Code Generator

อธิบายคลาสสำคัญๆ

คลาส CAppMyData ใช้สำหรับเก็บข้อมูลที่จำเป็นในโปรแกรม

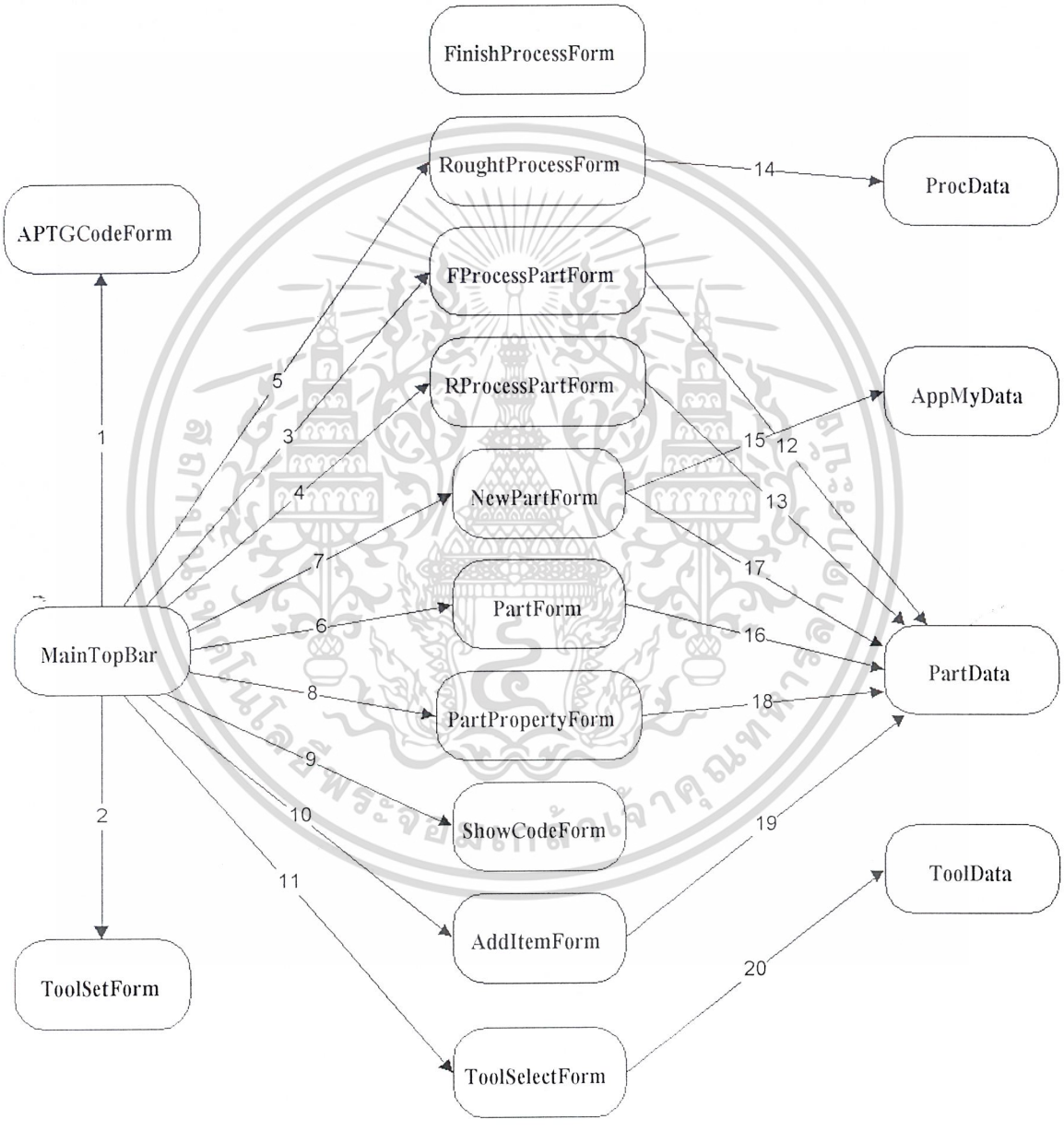
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลาส **CToolData** ใช้สำหรับเก็บข้อมูลเครื่องมือ

คลาส **CPartData** ใช้สำหรับเก็บข้อมูลของชิ้นงาน

คลาส **CProcessData** ใช้สำหรับสร้างและเก็บข้อมูลกระบวนการกลึง

ii ออบเจ็กต์ไดอะแกรม



รูปที่ 3.5 ออบเจ็กต์ไดอะแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. hide(), show()

2. hide(), show()

3. hide(), show()

4. show(), ClearPartShowing(), Hide()

5. hide(), show()

6. hide(), show(),

7. hide(), show(), PartDrawing(), ClearPartShowing()

8. hide(), show()

9. hide(), show(), ClearMemo(), AddMemo(), SaveToFile()

10. ShowPropertyOfActiveItem(), show(), hide()

11. show(), hide()

12. ReadItem(), GetItemIndex()

13. ReadItem(), GetItemIndex()

14. ParseSelectItem(), GetSelectItemIndex(), GetSelectItem(), AddRProcess(), GetRProcessIndex (), GetRprocessItem(), ReplaceRProcess(), DeleteRProcess()

15. HadActiveItem(), GetPointerButtonClick(), CheckPointerInBorder(), ClearAllActiveItem(), GetLineButtonClick(), GetInnerCircleButtonClick(), GetOuterCircleButtonClick(), GetThreadInButtonClick(), GetThreadOutButtonClick(), GetSharpButtonClick()

16. ConvertTon(), SetPartType(), SetPartL(), SetPartD(), SetPartD0(), SetPartZP(), SetMyItem(), GetMyItem(),

17. GetPartType(), GetPartL(), GetPartD(), GetPartD0(), GetPointIndex(), HadActiveItem(), GetMyItem(),

18. SetPartProperties()

19. ConvertTon(), InsertLine(), InsertCircle(), InsertThread(), InsertSharp(), GetActiveItemIndex(), SetActiveItemIndex(), GetMyItem(), ReplaceLine(), ReplaceCircle(), ReplaceThread(), ReplaceSharp()

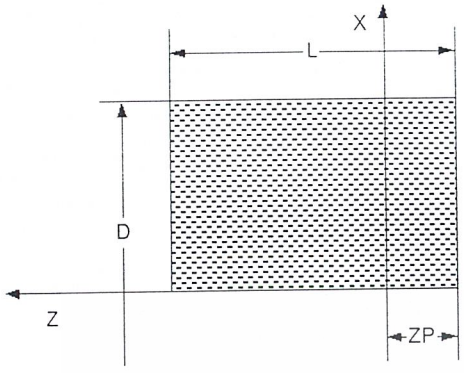
20. SetTool(), GetTool()

iii ส่วนของการเลือกและกำหนดขนาดของชิ้นงาน

สามารถให้ผู้ใช้เลือกชิ้นงานเริ่มต้นได้ 2 แบบ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เหล็กตัน เป็นเหล็กทรงกระบอกตัน

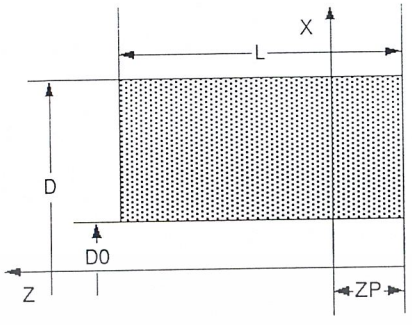


L = ความยาวของชิ้นงาน

D = เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน

ZP = ระยะปาดหน้าของชิ้นงาน

- เหล็กกลวง เป็นเหล็กทรงกระบอกที่มีรูตรงกลาง



L = เป็นความยาวของชิ้นงาน

D = เป็นเส้นผ่าศูนย์กลายภายนอกของชิ้นงาน

D0 = เป็นเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของชิ้นงาน

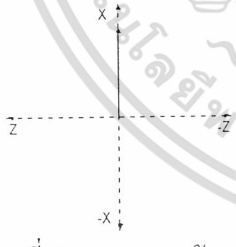
ZP = เป็นระยะปาดหน้าของชิ้นงาน

รูปที่ 3.6 ชิ้นงานทรงกระบอกตันและทรงกระบอกกลวง

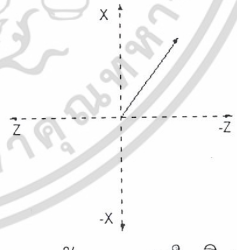
iv ส่วนของการวาดภาพชิ้นงาน

ผู้ใช้สามารถเลือกรูปทรงพื้นฐานสำหรับประกอบขึ้นเป็นชิ้นงานได้ 4 แบบคือ

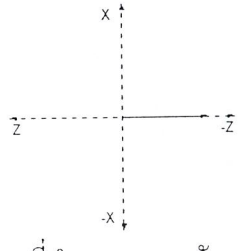
- เส้นตรงที่มีเวคเตอร์ 7 แบบคือ



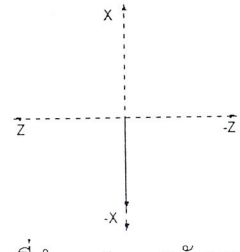
เส้นตรงที่ทำมุม 0 องศากับแกน X



เส้นตรงที่ทำมุม 0-90 องศากับแกน X ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

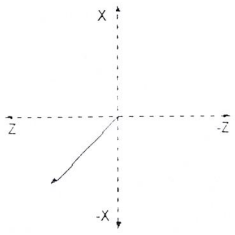


เส้นตรงที่ทำมุม 0 องศากับแกน –Z

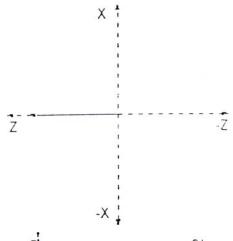


เส้นตรงที่ทำมุม 0 องศากับแกน –X

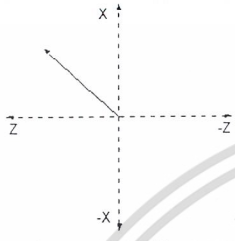
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เส้นตรงที่ทำมุม 0-90 องศากับแกน -X ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา



เส้นตรงที่ทำมุม 0 องศากับแกน Z



เส้นตรงที่ทำมุม 0-90 องศากับแกน Z ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

รูปที่ 3.7 เส้นตรงที่นำมาประกอบเป็นชิ้นงาน

โดยผู้ใช้สามารถใส่ข้อมูลของเส้นตรงได้สองแบบคือ

1. ใส่จุดปลายทางของเส้นตรง
2. ใส่มุมของเส้นตรงที่ทำกับแกน X หรือแกน Z และความยาวของเส้นตรง

- ส่วนของเส้นโค้งแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

เส้นโค้งในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

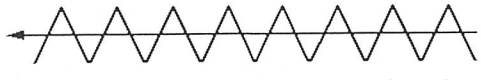
เส้นโค้งในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

รูปที่ 3.8 เส้นโค้งที่นำมาประกอบเป็นชิ้นงาน

โดยผู้ใช้สามารถใส่ข้อมูลของวงกลมโดยกำหนดจุดปลายทางของส่วนของเส้นตรงและรัศมีของวงกลม

- เส้นตรงที่ขนานกับแกน Z เพื่อใช้แทนส่วนของเกลียว โดยแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

เกลียวเข้า



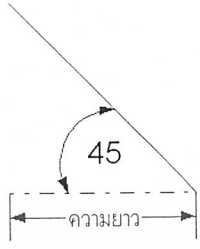
เกลียวออก

รูปที่ 3.9 เกลียวเข้าและเกลียวออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยผู้ใช้จะใส่ข้อมูลของเกลียวโดยกำหนดจุดปลายทางในแกน Z หรือความยาวของเกลียวก็ได้

- ส่วนลบคม เป็นเส้นตรงที่ทำมุมกับแกน Z ขนาด 45° หรือ -45°



รูปที่ 3.10 ส่วนลบคม

โดยผู้ใช้ต้องกำหนดความยาวของระยะลบคมที่อยู่ในแนวแกน Z

3.5 ส่วนสำหรับแปลงภาษา APT เป็นภาษาเอ็นซี

3.5.1 คำสั่งภาษา APT ที่ซอฟต์แวร์รองรับ

ส่วนสำหรับแปลงภาษา APT เป็นภาษาเอ็นซีนั้นจะรับอินพุทเป็นไฟล์ภาษา APT และแปลงออกมาเป็นภาษาเอ็นซีเพื่อนำไปสั่งงานเครื่องจักรซีเอ็นซีต่อไป

ภาษา APT ที่โปรแกรมสนับสนุน

i ประโยคสำหรับประกาศรูปทรงเลขาคณิต

ประโยคสำหรับประกาศจุด

1. POINT/X_co, Y_co
2. POINT/X_co, Y_co, Z_co
3. POINT/RTHERA, $\left\{\begin{matrix} XYPLAN \\ YZPLAN \\ ZXPLAN \end{matrix}\right\}$, radius_value, angle_value
4. POINT/P_IDEN, RADIUS, radius_value, ATANGL, angle_value
5. POINT/CENTER, C_IDEN
6. POINT/C_IDEN, ATANGL, angle_value
7. POINT/P_IDEN, DELTA, $\left\{\begin{matrix} CLW \\ CCLW \end{matrix}\right\}$, ON, C_IDEN, ATANGL, angle_value

ประโยคสำหรับประกาศเส้นตรง

LINE/P_IDEN, P_IDEN

LINE/X1_co, Y1_co, X2_co, Y2_co

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LINE/ $\begin{Bmatrix} XAXIS \\ YAXIS \end{Bmatrix}$, offset_value โดยที่ offset_value ว่างใส่ค่าอะไรก็ได้

LINE/P_IDEN, ATANGL, angle_value, $\begin{Bmatrix} XAXIS \\ YAXIS \end{Bmatrix}$

LINE/P_IDEN, $\begin{Bmatrix} PARLEL \\ PERPTO \end{Bmatrix}$, P_IDEN

ประโยคสำหรับประกาศวงกลม

1. CIRCLE/X_co, Y_co, radius_value
2. CIRCLE/CENTER, P_IDEN, RADIUS, radius_value
3. CIRCLE/CENTER, P_IDEN, P_IDEN

ประโยคสำหรับประกาศระนาบ

1. PLANE/a, b, c, d โดยที่ ax+by+cz = d

ii **ประโยคกำหนดขั้นตอนการเคลื่อนที่ของเครื่องมือกัด**

1. FROM/X_co, Y_co, (Z_co)
2. FROM/P_IDEN
3. GOTO/X_co, Y_co, (Z_co)
4. GOTO/P_IDEN
5. GODLTA/X_co, Y_co, Z_co
6. GODLTA/Z_co
7. GO/$\begin{Bmatrix} TO \\ ON \\ PAST \end{Bmatrix}$, drive_surface, $\begin{Bmatrix} TO \\ ON \\ PAST \end{Bmatrix}$, part_surface, $\begin{Bmatrix} TO \\ ON \\ PAST \\ TANTO \end{Bmatrix}$, check_surface
8. GO/$\begin{Bmatrix} TO \\ ON \\ PAST \end{Bmatrix}$, drive_surface, $\begin{Bmatrix} TO \\ ON \\ PAST \end{Bmatrix}$, part_surface
9. GO/$\begin{Bmatrix} TO \\ ON \\ PAST \end{Bmatrix}$, drive_surface

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. $\left\{\begin{matrix} GOFWD \\ GOBACK \\ GORGT \\ GOLFT \\ GOUP \\ GODOWN \end{matrix}\right\}$ / drive_surface, $\left\{\begin{matrix} TO \\ ON \\ PAST \\ TANTO \\ PSTAN \end{matrix}\right\}$, check_surface

iii ประโยคโพสโพรเซสเซอร์

1. UNITS/$\left\{\begin{matrix} INCHES \\ MM \end{matrix}\right\}$
2. CUTTER/D, [R]
3. CUTTER/2R
4. SPINDL/RPM_value, $\left\{\begin{matrix} CLW \\ CCLW \end{matrix}\right\}$
5. SPINDL/OFF
6. FEDRAT/feed_value, $\left[\begin{matrix} IPM \\ IPR \end{matrix}\right]$
7. RAPID
8. LOADTL/tool_no
9. COOLNT/$\left\{\begin{matrix} FLOOD \\ MIST \\ OFF \end{matrix}\right\}$
10. DELAY/time_value
11. STOP
12. OPSTOP
13. CLEARP/XYPLAN, z_axis_intercept_value
14. RETRCT
15. END
16. FINI

3.5.2 ไวยากรณ์ของภาษา APT

ไวยากรณ์ของภาษา APT ที่ใช้ในโปรแกรมนั้นเป็นไวยากรณ์ที่พัฒนาขึ้นบนเครื่องมือ PCLEX และ PCYACC โดยมีไวยากรณ์ต่างๆดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

i การออกแบบส่วนนิยามพื้นฐานของคำในภาษา APT (Definition Section)

```
letter          [a-zA-Z]
digit           [0-9]
alphanum                [a-zA-Z0-9]
blank           [ \t]
other           .
```

ii การออกแบบกฎที่ใช้ในการตัดคำในภาษา APT (Rule Section)

```
{letter}{alphanum}*     {   return search_key(yytext);      }
{digit}+                {   return FLOAT_CONSTANT;  }
{digit}+\.{digit}+      {   return FLOAT_CONSTANT;  }
\.{digit}+              {   return FLOAT_CONSTANT;  }
{blank}+                ;
\n                      {   ++yylineno;     }
{other}                 {   return yytext[0];       }
```

iii การออกแบบฟังก์ชันที่ช่วยในการตัดคำในภาษา APT (User subroutine section)

```
struct {  char *name;
          int yylex;
} keywords[] =
{
        {"ATANGL",      ATANGL},
        {"CCLW",        CCLW},
                {"CENTER",      CENTER},
                {"CIRCLE",      CIRCLE},
                {"CLEARP",      CLEARP},
                {"CLW",         CLW},
                {"COOLNT",      COOLNT},
                {"CUTTER",      CUTTER},
        {"DELAY",       DELAY},
                {"DELTA",       DELTA},
        {"END",         END},
        {"FEDRAT",      FEDRAT},
                {"FINI",        FINI},
                {"FLOOD",       FLOOD},
                {"FROM",        FROM},
        {"GO",          GO},
                {"GOBACK",      GOBACK},
                {"GODLTA",
        GODLTA},
                {"GODOWN",      GODOWN},
                {"GOFWD",       GOFWD},
                {"GOLFT",       GOLFT},
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        {"GORGT",       GORGT},
        {"GOTO",        GOTO},
        {"GOUP",        GOUP},
{"INCH",        INCH},
        {"INTOF",       INTOF},
        {"IPM",         IPM},
        {"IPR",         IPR},
{"LINE",        LINE},
        {"LOADTL",      LOADTL},
{"MIST",        MIST},
        {"MM",          MM},
{"OFF",         OFF},
        {"ON",          ON},
        {"OPSTOP",      OPSTOP},
{"PARLEL",      PARLEL},
        {"PAST",        PAST},
        {"PERPTO",      PERPTO},
        {"PLANE",       PLANE},
        {"POINT",       POINT},
        {"PSTAN",       PSTAN},
{"RADIUS",      RADIUS},
        {"RAPID",       RAPID},
        {"RETRCT",      RETRCT},
        {"RTHETA",      RTHETA},
{"SPINDL",      SPINDL},
        {"STOP",        STOP},
{"TANTO",       TANTO},
        {"TO",          TO},
{"UNITS",       UNITS},
{"XAXIS",       XAXIS},
        {"XLARGE",      XLARGE},
        {"XSMALL",      XSMALL},
        {"XYPLAN",      XYPLAN},
    {"YAXIS",       YAXIS},
        {"YLARGE",      YLARGE},
        {"YSMALL",      YSMALL},
        {"YZPLAN",      YZPLAN},
    {"ZXPLAN",      ZXPLAN}
};

int search_key(char *YYTEXT)
{       register int mid;
        int cc, hi, lo;
        lo = 0;
        hi = DIM(keywords) - 1;
    while (lo<=hi)
    {
        mid = (lo+hi) / 2;
        if ((cc=strcmp(YYTEXT, keywords[mid].name))==(
            {
                return keywords[mid].yylex;
            }
        if (cc<0)
            hi = mid-1;
        else
            lo = mid+1;
    }
    return IDENTIFIER;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบ grammar พื้นฐานสำหรับภาษา APT ที่ซอฟต์แวร์รองรับได้ (GDL)

```
commands
        :
        | commands command
        ;
command
        : geo_command
        | cutter_command
        | post_command
        ;
geo_command
        : point_command
        | line_command
        | circle_command
        | plane_command
        ;
cutter_command
        : FROM '/' from_def
        | GOTO '/' goto_def
        | GODLTA '/' godlta_def
        | GO '/' go_def
        | gotype '/' identifier ',' modifierss ',' identifier
        ;
post_command
        : UNITS '/' units_use
        | CUTTER '/' cutter_detail
        | SPINDL '/' spindle
        | FEDRAT '/' number ',' type_feed_rate
        | RAPID ',' cutter_command
        | LOADTL '/' identifier
        | COOLNT '/' type_coolant
        | DELAY '/' number
        | STOP
        | OPSTOP
        | CLEARP '/' XYPLAN ',' number
        | RETRCT
        | END
        | FINI
        ;
point_command
        : IDENTIFIER '=' POINT '/' point_defs
        ;
line_command
        : IDENTIFIER '=' LINE '/' line_defs
        ;
circle_command
        : IDENTIFIER '=' CIRCLE '/'
circle_defs
        ;
plane_command
        : IDENTIFIER '=' PLANE '/' plane_def
        ;

point_defs
        : number ',' number
        | number ',' number ',' number
        | RTHETA ',' plans ',' number ',' number
        | identifier ',' RADIUS ',' number ','
ATANGL ',' number
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        | CENTER ',' identifier
        | identifier ',' ATANGL ',' number
        | identifier ',' DELTA ',' clock_direction ',' ON
',' identifier ',' ATANGL ',' number
        | INTOF ',' identifier ',' identifier
        | xysize ',' INTOF ',' identifier ',' identifier
        | identifier ',' identifier ',' identifier
        ;
line_defs
        : identifier ',' identifier
        | number ',' number ',' number ',' number
        | axis offset_value
        | identifier ',' ATANGL ',' number ',' axis
        | identifier ',' parlelorperpto ',' identifier
        ;
circle_defs
        : number ',' number ',' number
        | CENTER ',' identifier ',' RADIUS ',' number
        | CENTER ',' identifier ',' identifier
        ;
plane_def
        : number ',' number ',' number ',' number
        ;

from_def
        : number ',' number
        | number ',' number ',' number
        | identifier
        ;
goto_def
        : number ',' number
        | number ',' number ',' number
        | identifier
        ;

godlta_def
        : number
        | number ',' number ',' number
        ;
go_def
        : modifier ',' identifier
        | modifier ',' identifier ',' modifier ','
identifier
        | modifier ',' identifier ',' modifier ','
identifier ',' modifiers ',' identifier
        ;

cutter_detail
        : number
        | number ',' number
        ;
spindle
        : OFF
        | number ',' clock_direction
        ;
plans
        : XYPLAN
        | YZPLAN
        | ZXPLAN
        ;
clock_direction
        : CLW
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        | CCLW
        ;
xysize
        : XLARGE
        | XSMALL
        | YLARGE
        | YSMALL
        ;
axis
        : XAXIS
        | YAXIS
        ;
parlelorperpto
        : PARLEL
        | PERPTO
        ;
gotype
        : GOFWD
        | GOBACK
        | GORGT
        | GOLFT
        | GOUP
        | GODOWN
        ;
modifierss
        : modifiers
        | PSTAN
        ;
modifiers
        : modifier
        | TANTO
        ;
modifier
        : TO
        | ON
        | PAST
        ;
offset_value
        :
        | ',' number
        ;
units_use
        : INCH
        | MM
        ;
type_feed_rate
        : IPM
        | IPR
        ;
type_coolant
        : FLOOD
        | MIST
        | OFF
        ;
identifier
        : IDENTIFIER
        ;
number
        : FLOAT_CONSTANT
        ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 อัลกอริทึม

3.6.1 การแปลงข้อมูลชนิดข้อความ(Text) ให้เป็นข้อมูลชนิดทศนิยม(Float)สำหรับรับข้อมูลประกอบการกลึง

ในโปรแกรม Symbolic APT สำหรับเครื่องกลึงนั้นใช้ฟังก์ชัน FloatToStr ในการแปลงข้อมูล โดยมีรูปแบบดังนี้

float StrToFloat(const AnsiString) ;

ตัวฟังก์ชัน StrToFloat มีพารามิเตอร์เป็นสตริงและให้เอาท์พุทเป็นข้อมูลตัวเลขทศนิยม

การตรวจสอบข้อมูลชนิดตัวเลข

ในการแปลงข้อมูลข้อความเป็นข้อมูลตัวเลขทศนิยมนั้นจำเป็นต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อความที่เข้ามาว่าเป็นตัวเลขหรือไม่ โดยในเครื่องมือพัฒนา C++ Builder นั้นถ้าใช้ฟังก์ชัน StrToFloat แล้วข้อมูลข้อความที่ส่งเข้าไปมีอักขระปะปนเข้าไปจะทำให้เกิด Exception ขึ้น ซึ่งถ้าเราดัก Exception นี้ก็จะทำให้เราสามารถตรวจสอบความถูกต้องในการแปลงข้อมูลได้

วิธีการประกาศดัก Exception

```
try
{
        เอ็กซ์เพรสชันที่ต้องการตรวจดัก Exception
}
catch ( ชนิดของ Exception )
{
        ถ้าเกิด Exception ขึ้นจะทำเอ็กซ์เพรสชันนี้
} ;
```

ถ้าต้องการดักทุกๆ Exception ให้ใส่ชนิดของ Exception เป็น ... เช่น

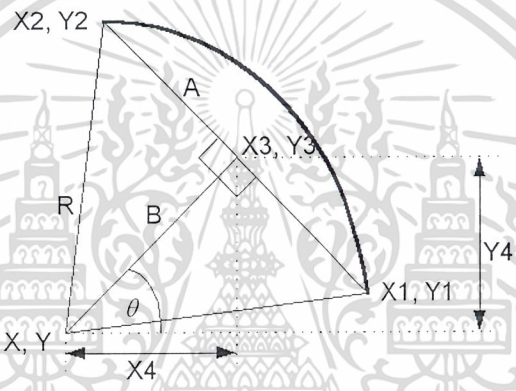
```
// ประกาศตัวแปร FTemp เป็นตัวแปรชนิดข้อมูลตัวเลขทศนิยม
float FTemp ;

try
{
        // แปลงข้อมูลข้อความที่เก็บอยู่ในตัวแปร StrIn เป็นข้อมูลตัวเลขทศนิยม
        FTemp = StrToFloat(StrIn) ;
}
catch ( ... ) // ดักทุกๆ Exception
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{
        // ให้แสดง Message Box เมื่อเกิด Exception ขึ้น
Application->MessageBox(MyErrorMessage.c_str(), MyErrorCaption.c_str(), MB_OK) ;
        return -1.0 ;
} ;
```

3.6.2 การหาจุดศูนย์กลางของวงกลมโดยบอกจุดต้น, จุดปลายของส่วนของเส้นรอบวงและรัศมีมาให้

i ในกรณีของส่วนโค้งออก



รูปที่ 3.11 ส่วนของวงกลมที่โค้งออก

เมื่อเราต้องการหา X, Y

$$X3 = \frac{X2 - X1}{2}$$

$$Y3 = \frac{Y2 - Y1}{2}$$

$$A = \sqrt{(\frac{X2 - X1}{2})^2 + (\frac{Y2 - Y1}{2})^2}$$

$$B = \sqrt{R^2 - A^2}$$

$$\theta = \tan^{-1} - (\frac{Y2 - Y1}{X2 - X1})$$

$$X4 = B\cos\theta$$

$$Y4 = B\sin\theta$$

$$X = X3 + X4$$

$$Y = Y3 - Y4$$

สรุปเป็นสิ่งที่ควรคำนวณเก็บไว้ประกอบด้วย

$$B = \sqrt{R^2 - (\frac{X2 - X1}{2})^2 + (\frac{Y2 - Y1}{2})^2}$$

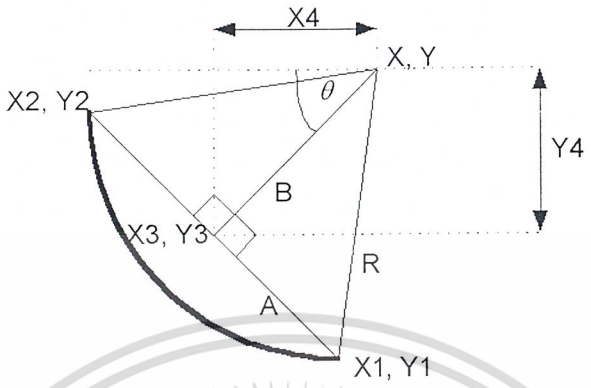
$$\theta = \tan^{-1}(\frac{Y2 - Y1}{X2 - X1})$$

$$X = \frac{X2 - X1}{2} + B\cos\theta$$

$$Y = \frac{Y2 - Y1}{2} - B\sin\theta$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ii ในกรณีของส่วนโค้งเข้า



รูปที่ 3.12 ส่วนของวงกลมที่โค้งเข้า

เมื่อเราต้องการหา X, Y

$$X3 = \frac{X2 - X1}{2}$$

$$Y3 = \frac{Y2 - Y1}{2}$$

$$A = \sqrt{(\frac{X2 - X1}{2})^2 + (\frac{Y2 - Y1}{2})^2}$$

$$B = \sqrt{R^2 - A^2}$$

$$\theta = \tan^{-1}(\frac{Y2 - Y1}{X2 - X1})$$

$X4 = B\cos\theta$

$Y4 = B\sin\theta$

$X = X3 + X4$

$Y = Y3 + Y4$

สรุปเป็นสิ่งที่ควรคำนวณเก็บไว้ประกอบด้วย

$$B = \sqrt{R^2 - (\frac{X2 - X1}{2})^2 + (\frac{Y2 - Y1}{2})^2}$$

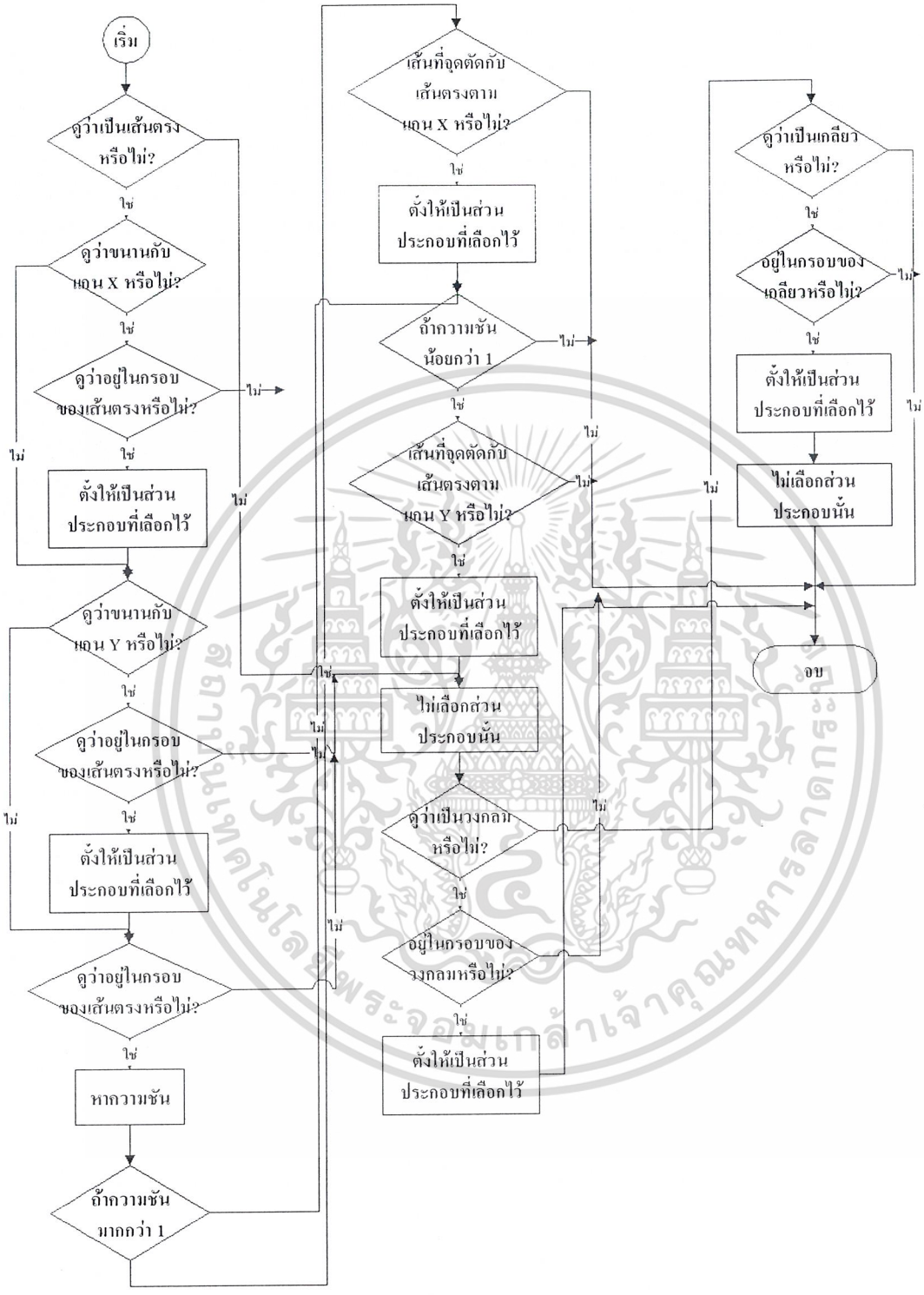
$$\theta = \tan^{-1}(\frac{Y2 - Y1}{X2 - X1})$$

$$X = \frac{X2 - X1}{2} + B\cos\theta$$

$$Y = \frac{Y2 - Y1}{2} + B\sin\theta$$

3.6.3 อัลกอริทึมสำหรับใช้ตรวจสอบว่าผู้ใช้คลิกที่ส่วนประกอบใดของชิ้นงานหรือไม่

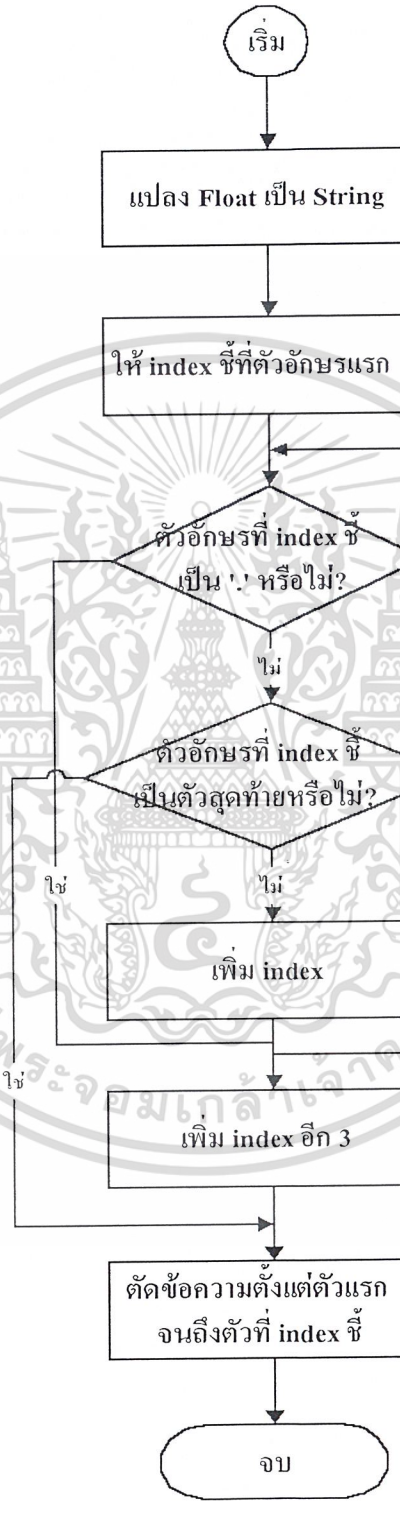
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 อัลกอริทึมสำหรับใช้ตรวจสอบว่าผู้ใช้คลิกที่ส่วนประกอบใดของชิ้นงานหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

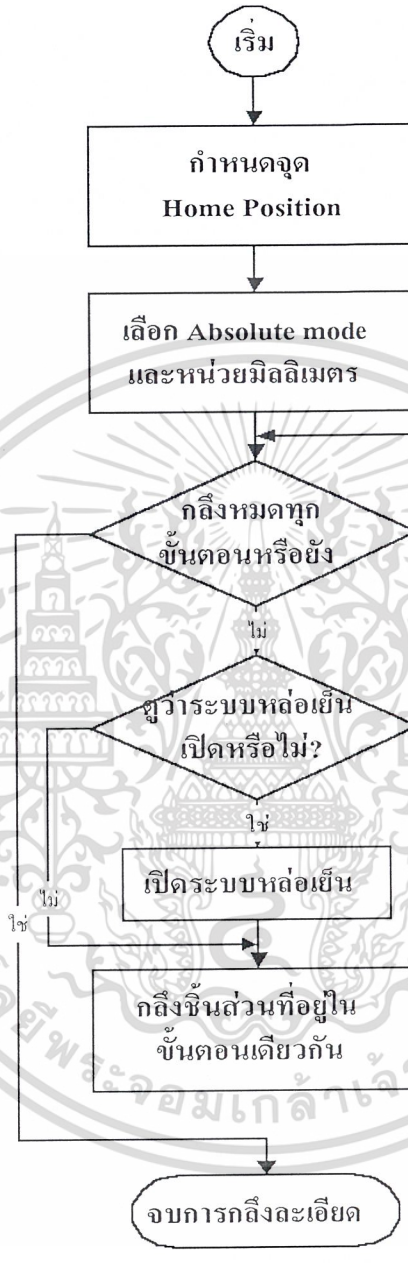
3.6.4 อัลกอริทึมในการแปลงเลขทศนิยมให้เป็นข้อความที่มีทศนิยมสามตำแหน่ง



รูปที่ 3.14 อัลกอริทึมในการแปลงเลขทศนิยมให้เป็นข้อความที่มีทศนิยมสามตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

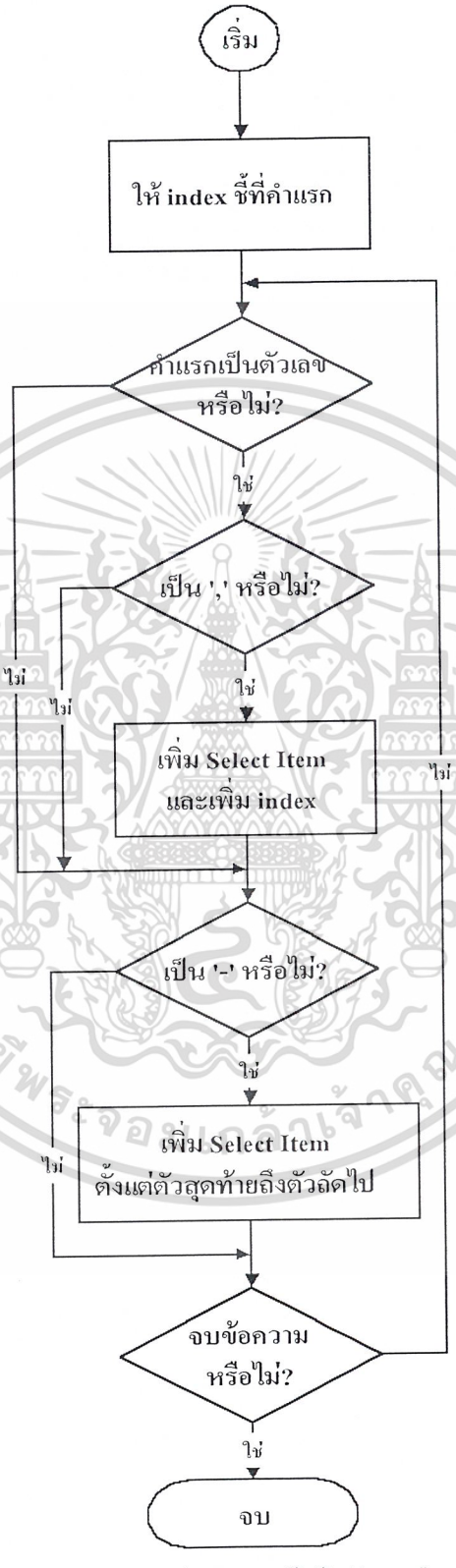
3.6.5 อัลกอริทึมในการสร้างภาษาเอ็นซีสำหรับการกลึงละเอียด



รูปที่ 3.15 อัลกอริทึมในการสร้างภาษาเอ็นซีสำหรับการกลึงละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

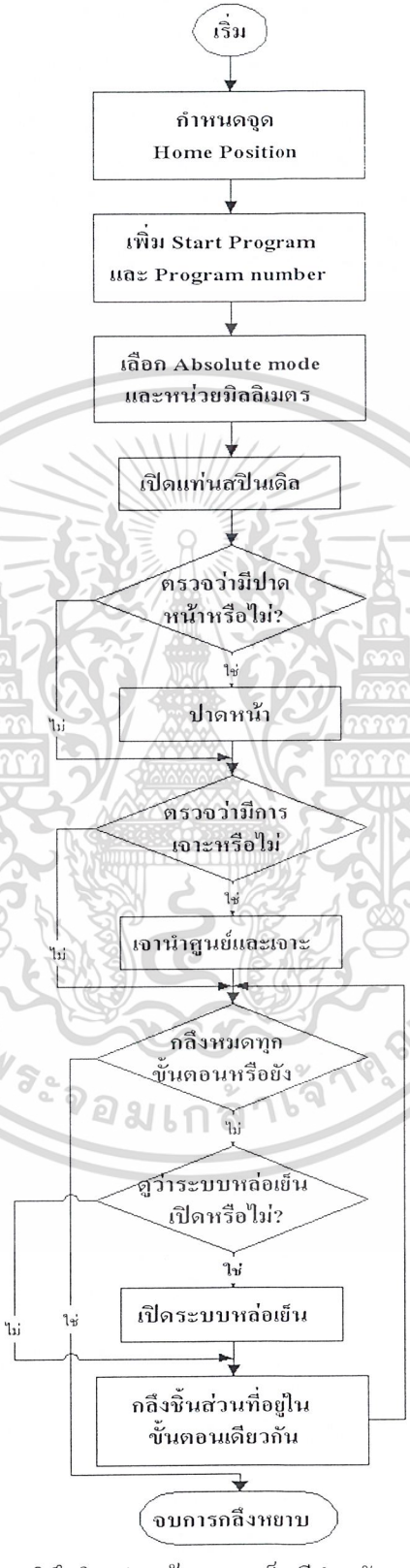
3.6.6 อัลกอริทึมในการตรวจสอบข้อความว่าผู้ใช้ใส่ว่าจะเลือกหมายเลขชิ้นงานใดบ้าง



รูปที่ 3.16 อัลกอริทึมในการตรวจสอบข้อความว่าผู้ใช้ใส่ว่าจะเลือกหมายเลขชิ้นงานใดบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

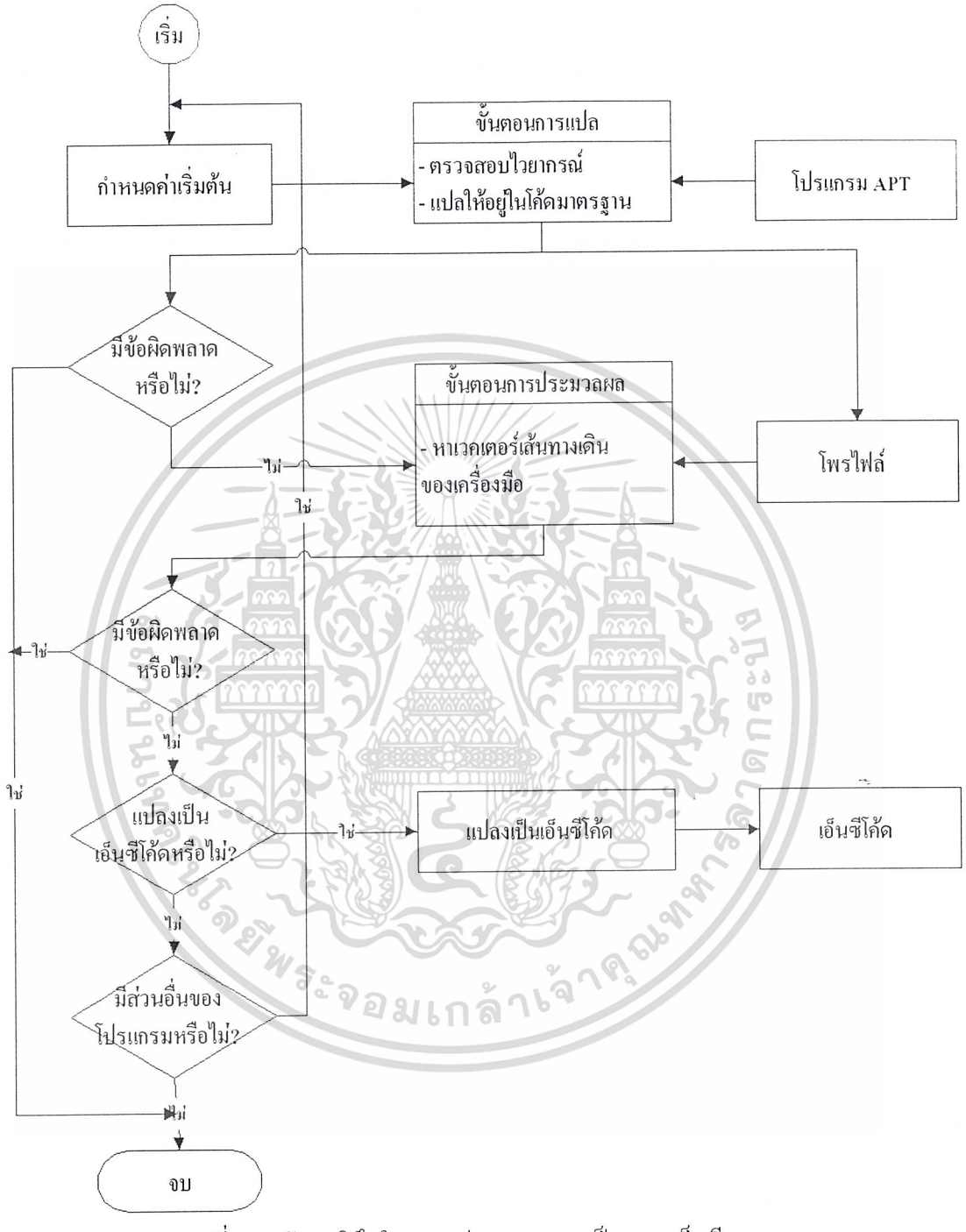
3.6.7 อัลกอริทึมในการสร้างภาษาเอ็นซีสำหรับการกลึงหยาบ



รูปที่ 3.17 อัลกอริทึมในการสร้างภาษาเอ็นซีสำหรับการกลึงหยาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.8 อัลกอริทึมในการแปลภาษา APT เป็นภาษาเอ็นซี



รูปที่ 3.18 อัลกอริทึมในการแปลภาษา APT เป็นภาษาเอ็นซี

3.7 การออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้

(ดูที่ภาคผนวกเรื่อง คู่มือการใช้โปรแกรม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

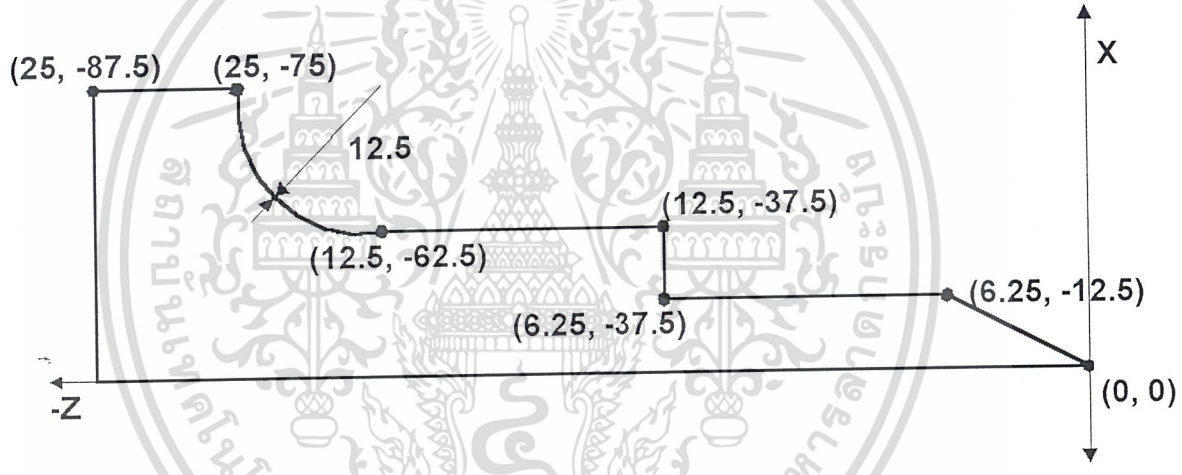
บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 ขั้นตอนการทดลอง

ในการทดสอบโปรแกรม NC-Code Generator นั้นแบ่งออกเป็นสองส่วนคือส่วนในการวาดภาพชิ้นงานแล้วจึงแปลงออกเป็นภาษาเอ็นซีและส่วนที่แปลงภาษา APT เป็นภาษาเอ็นซี โดยเมื่อทั้งสองส่วนสร้างภาษาเอ็นซีออกมาแล้วก็จะนำไปจำลองการทำงานของเครื่องจักรซีเอ็นซีจริงๆด้วยโปรแกรม CNC Simulator

4.1.1 ส่วนการวาดภาพและแปลงเป็นภาษาเอ็นซี

ขั้นที่ 1 กำหนดจุดและส่วนประกอบของชิ้นงาน



รูปที่ 4.1 ภาพชิ้นงานสำหรับการวาดภาพ

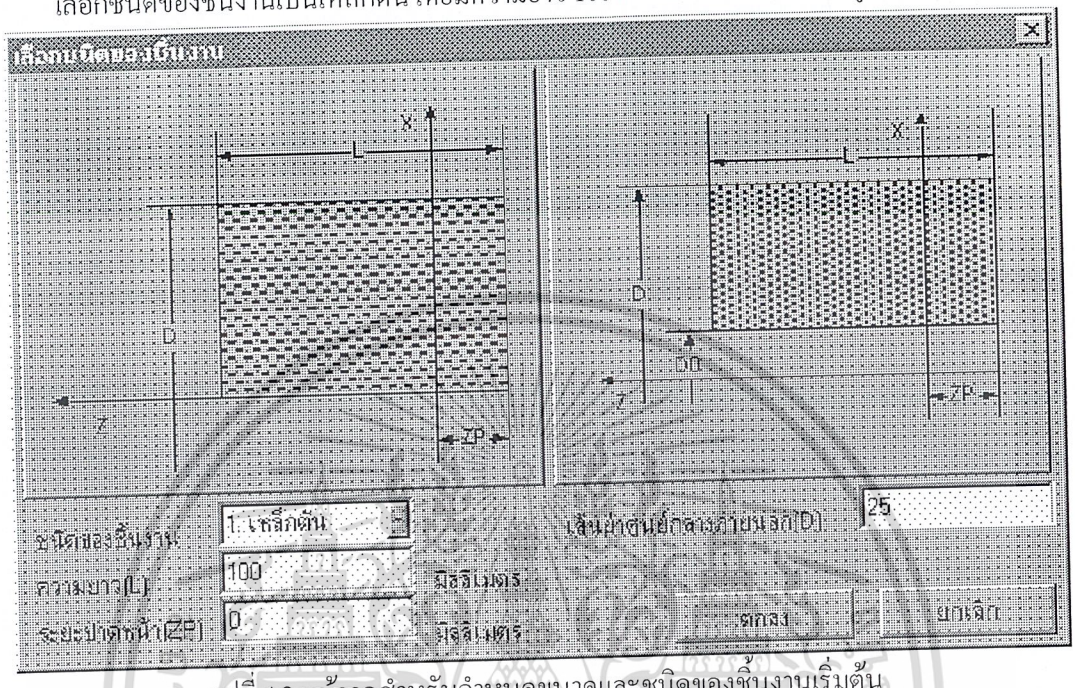
ในชิ้นงานตัวอย่างนี้ประกอบไปด้วย

1. เส้นตรงที่มีจุดปลาย 6.25, -12.5
2. เส้นตรงที่มีจุดปลาย 6.25, -37.5
3. เส้นตรงที่มีจุดปลาย 12.5, -37.5
4. เส้นตรงที่มีจุดปลาย 12.5, -62.5
5. เส้นโค้งเข้าที่มีจุดปลาย 25, -75 และมีรัศมี 12.5 มิลลิเมตร
6. เส้นตรงที่มีจุดปลาย 25, -87.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

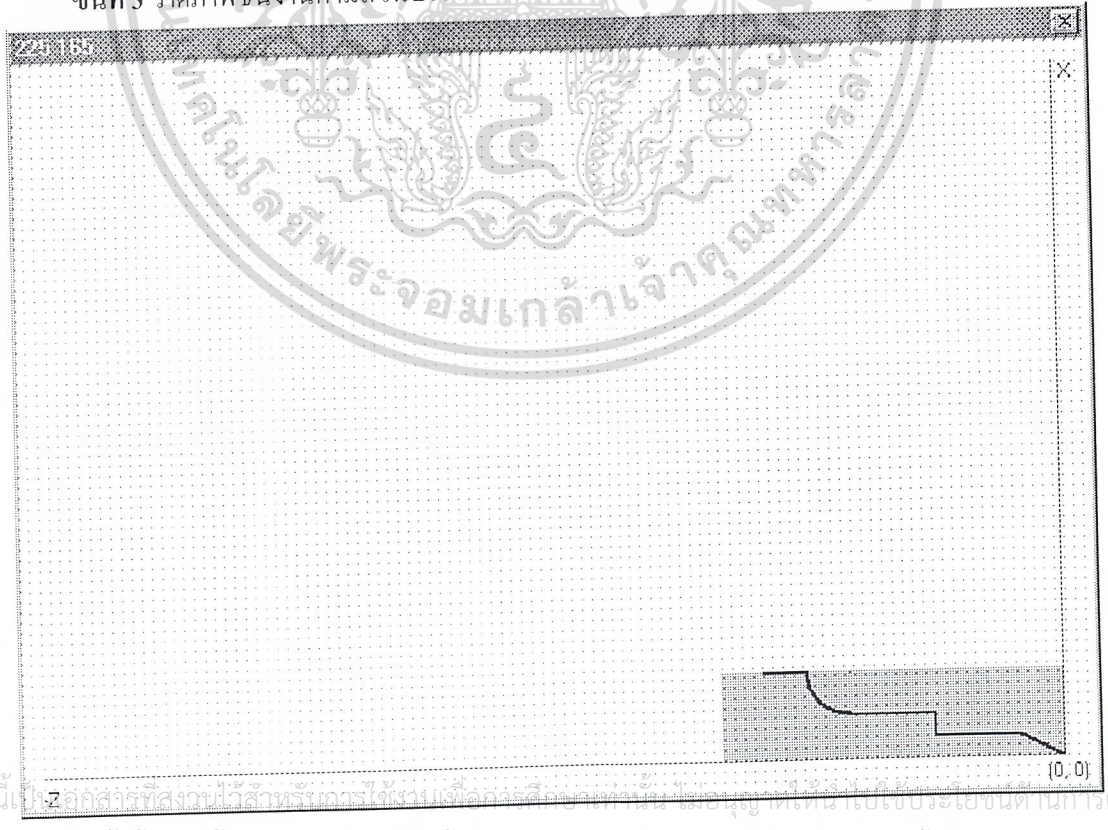
ขั้นที่ 2 เปิดโปรแกรม NC-Code Generator และเลือกเมนูไฟล์/สร้างใหม่

เลือกชนิดของชิ้นงานเป็นเหล็กตัน โดยมีความยาว 100 มิลลิเมตรและมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.2 หน้าจอสำหรับกำหนดขนาดและชนิดของชิ้นงานเริ่มต้น

ขั้นที่ 3 วาดภาพชิ้นงานตามส่วนประกอบที่ได้กำหนดไว้

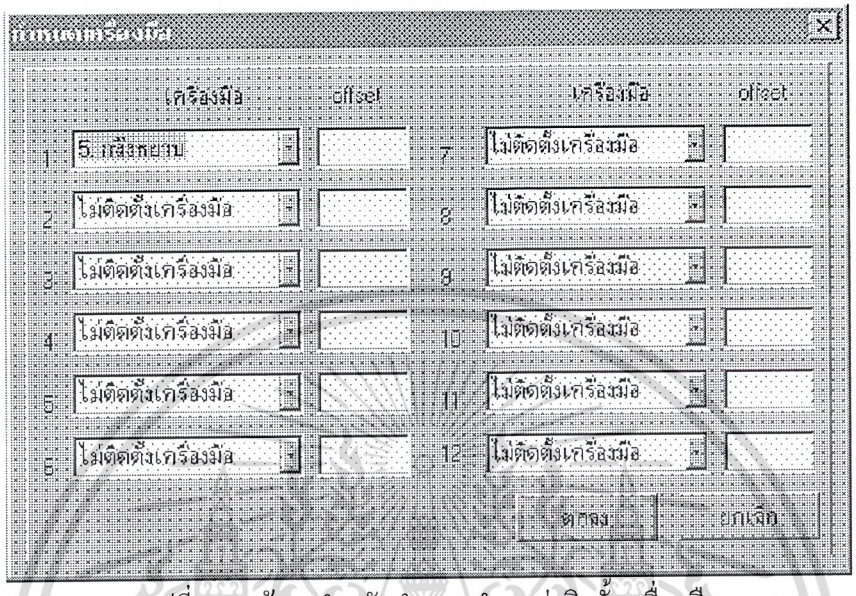


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 หน้าจอสำหรับวาดภาพชิ้นงาน

ขั้นที่ 4 กำหนดเครื่องมือโดยเลือกเมนูตั้งค่า/ตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือ

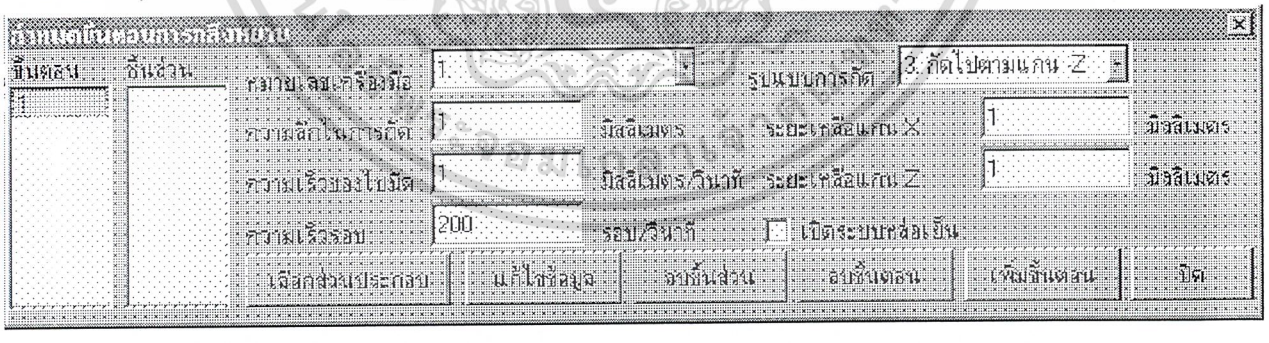
เลือกตำแหน่งป้อมมีดที่ 1 ให้เป็นเครื่องมือหมายเลข 5



รูปที่ 4.4 หน้าจอสำหรับกำหนดตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือ

ขั้นที่ 5 กำหนดขั้นตอนการกลึงหยาบโดยเลือกจากเมนูระบบงานกลึง/กำหนดขั้นตอนการกลึงหยาบ

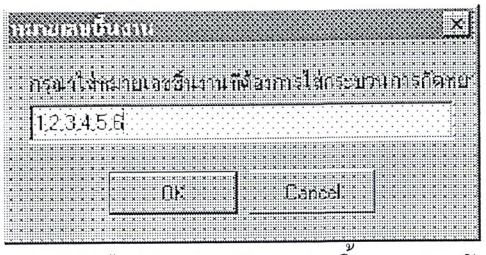
สร้างขั้นตอนการกลึงที่ 1 โดยใช้เครื่องมือที่ 1, ความลึกในการกัด 1 มิลลิเมตร, ความเร็วของใบมีด 1 มิลลิเมตรต่อวินาที, ความเร็วรอบในการหมุน 200 รอบต่อวินาที รูปแบบการกัดแบบที่ 3 , ระยะเหลือแกน X 1 มิลลิเมตร, ระยะเหลือแกน –Z 1 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.5 หน้าจอสำหรับกำหนดขั้นตอนการกลึงหยาบ

ขั้นที่ 6 เลือกส่วนประกอบของชิ้นงานที่ 1-6 เพื่อดำเนินการกลึงหยาบตามขั้นตอนที่ 1.

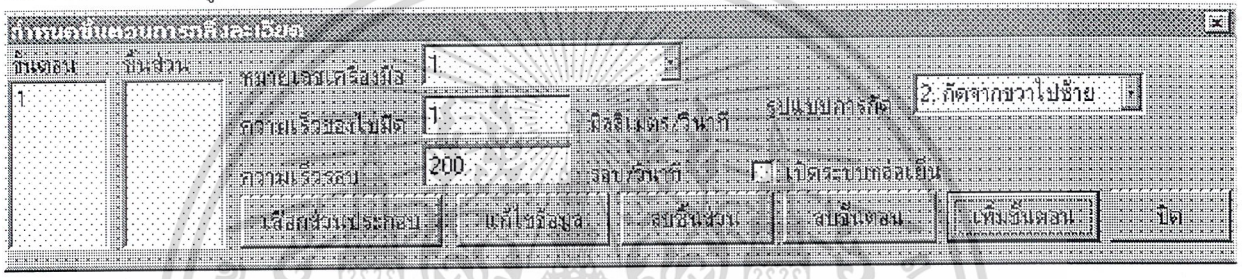
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 หน้าจอสำหรับเลือกส่วนประกอบของชิ้นงานสำหรับการกลึงหยาบ

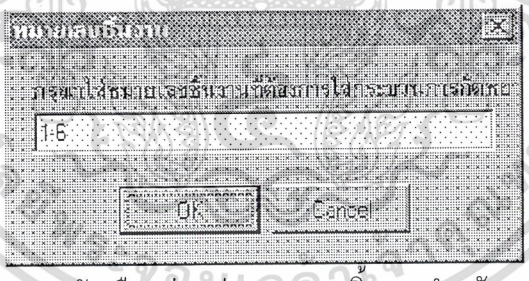
ขั้นที่ 7 กำหนดขั้นตอนการกลึงละเอียดโดยเลือกจากเมนูระบบงานกลึง/กำหนดขั้นตอนการกลึงละเอียด

สร้างขั้นตอนการกลึงที่ 1 โดยใช้เครื่องมือที่ 1, ความเร็วของใบมีด 1 มิลลิเมตร/วินาที, ความเร็วรอบ 200 รอบต่อวินาที, รูปแบบการกัดแบบที่ 2



รูปที่ 4.7 หน้าจอสำหรับกำหนดขั้นตอนการกลึงละเอียด

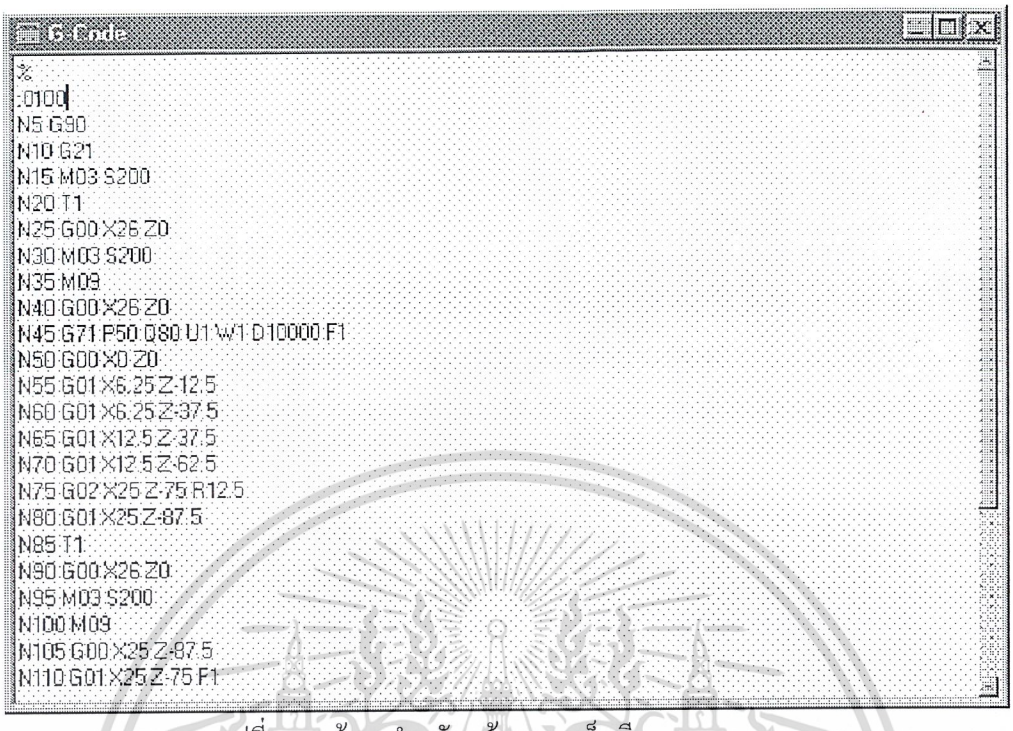
ขั้นที่ 8 เลือกส่วนประกอบของชิ้นงานที่ 1-6 เพื่อดำเนินการกลึงละเอียดตามขั้นตอนที่ 1.



รูปที่ 4.8 หน้าจอสำหรับเลือกส่วนประกอบของชิ้นงานสำหรับการกลึงละเอียด

ขั้นที่ 9 สร้างภาษาเอ็นซีโดยเลือกจากเมนูระบบงานกลึง/สร้าง NC-Code

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 หน้าจอสำหรับสร้างภาษาเอ็นซีจากการวาดภาพ

โดยภาษาเอ็นซีที่โปรแกรมสร้างขึ้นมาคือ

%

:0100

N5 G90

N10 G21

N15 M03 S200

N20 T1

N25 G00 X26 Z0

N30 M03 S200

N35 M09

N40 G00 X26 Z0

N45 G71 P50 Q80 U1 W1 D10000 F1

N50 G00 X0 Z0

N55 G01 X6.25 Z-12.5

N60 G01 X6.25 Z-37.5

N65 G01 X12.5 Z-37.5

N70 G01 X12.5 Z-62.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N75 G03 X25 Z-75 R12.5

N80 G01 X25 Z-87.5

N85 T1

N90 G00 X26 Z0

N95 M03 S200

N100 M09

N105 G00 X25 Z-87.5

N110 G01 X25 Z-75 F1

N115 G02 X12.5 Z-62.5 R12.5 F1

N120 G01 X12.5 Z-37.5 F1

N125 G01 X6.25 Z-37.5 F1

N130 G01 X6.25 Z-12.5 F1

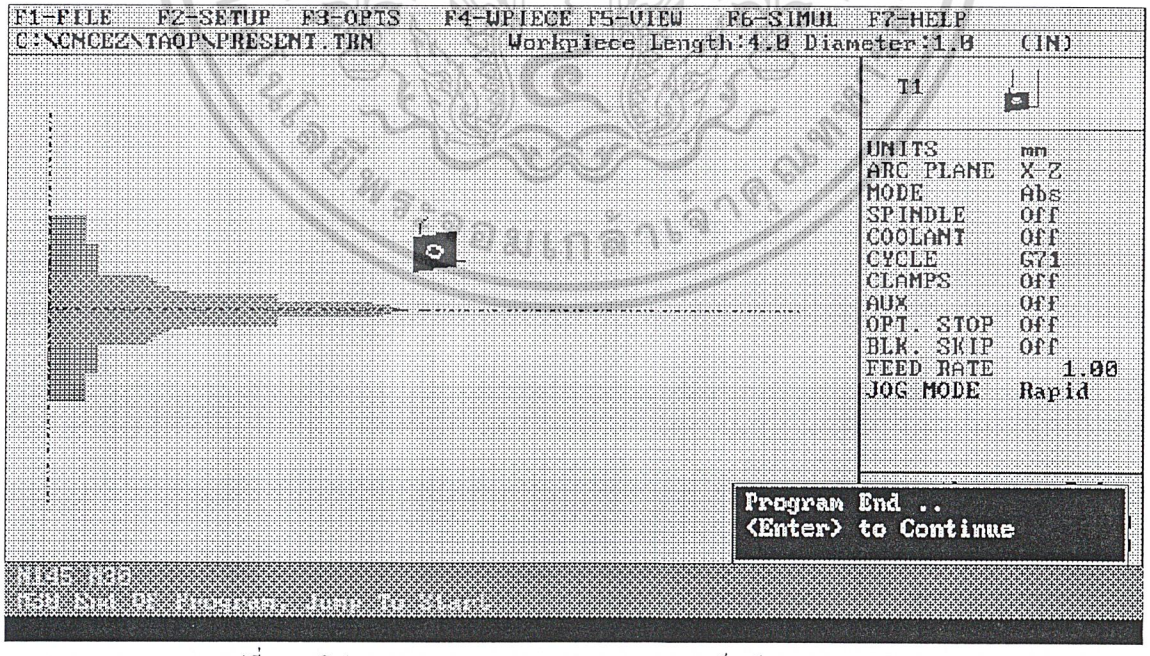
N135 G01 X0 Z0 F1

N140 G00 X26 Z0

N145 M30

N150

- ขั้นที่ 10 นำภาษาเอ็นซีที่ได้ไปจำลองการทำงานบนโปรแกรม CNC Simulator

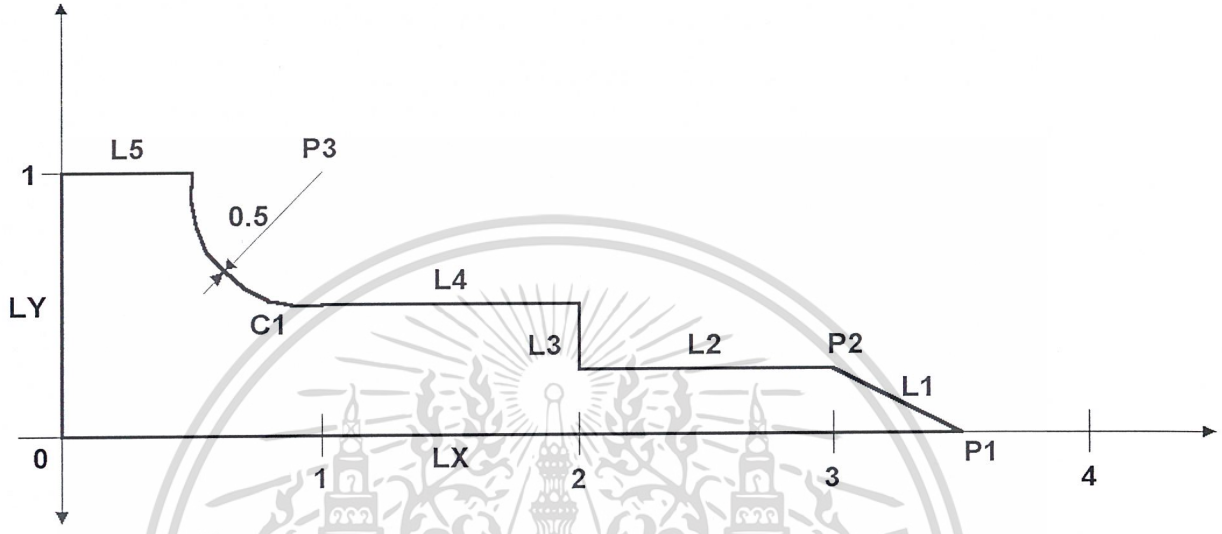


รูปที่ 4.10 โปรแกรมจำลองการทำงานของภาษาเอ็นซีจากการวาดภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ส่วนในการแปลงภาษา APT เป็นภาษาเอ็นซี

ขั้นที่ 1 กำหนดจุดและส่วนประกอบของชิ้นงานพร้อมสร้างไฟล์ APT



รูปที่ 4.11 ภาพชิ้นงานสำหรับแปลงภาษา APT เป็นภาษาเอ็นซี

ไฟล์ APT คือ

UNITS/INCH

CUTTER/0.1

P1=POINT/3.5, 0

P2=POINT/3, 0.5

LX=LINE/XAXIS

LY=LINE/YAXIS

L1=LINE/P1, P2

L2=LINE/XAXIS, 0.25

L3=LINE/YAXIS, 2

L4=LINE/XAXIS, 0.5

L5=LINE/XAXIS, 1

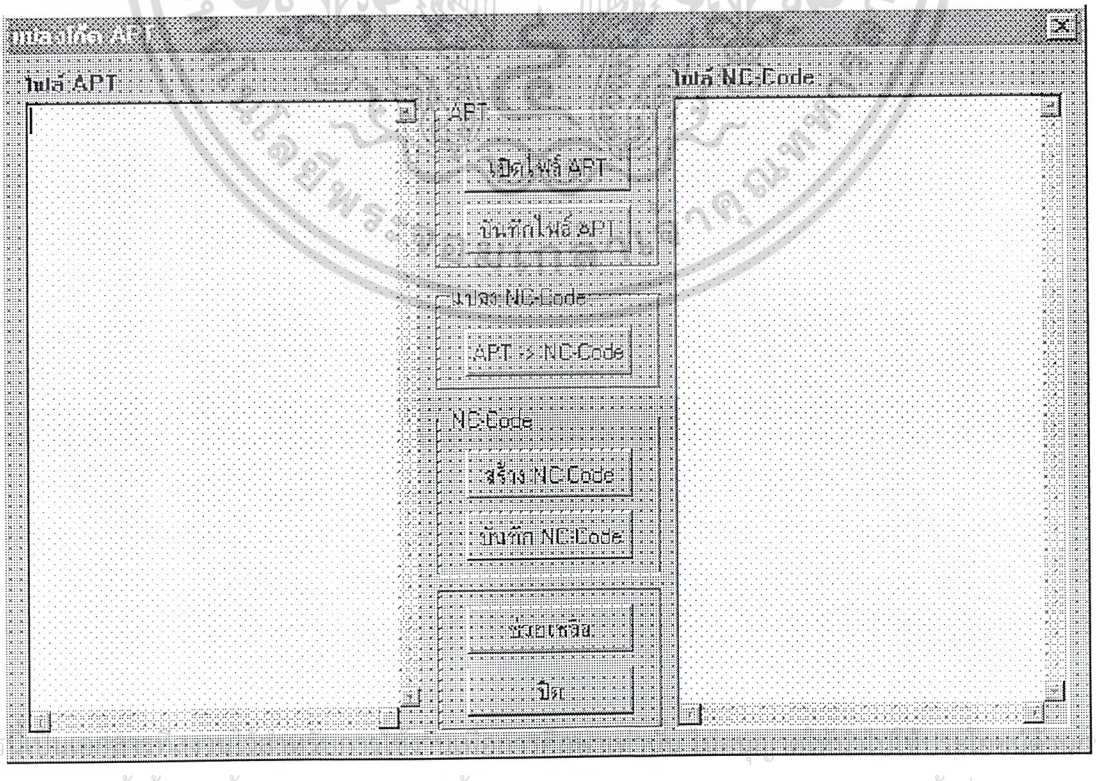
P3=POINT/1, 1

C1=CIRCLE/CENTER, P3, RADIUS, 0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SP=POINT/4, 1.5
PL=PLANE/0, 0, 1, 0
LOADTL/1
SPINDL/1000, CLW
COOLNT/MIST
FEDRAT/0.0075, IPR
RAPID, FROM/SP
GO/TO, L1, TO, PL, TO, LX
GORGT/L1, PAST, L2
GOFWD/L2, TO, L3
GOLFT/L3, TANTO, C1
GOLFT/C1, PAST, LY
GODLTA/0, 0.1, 0
RAPID, GOTO/SP
END
FINI
```

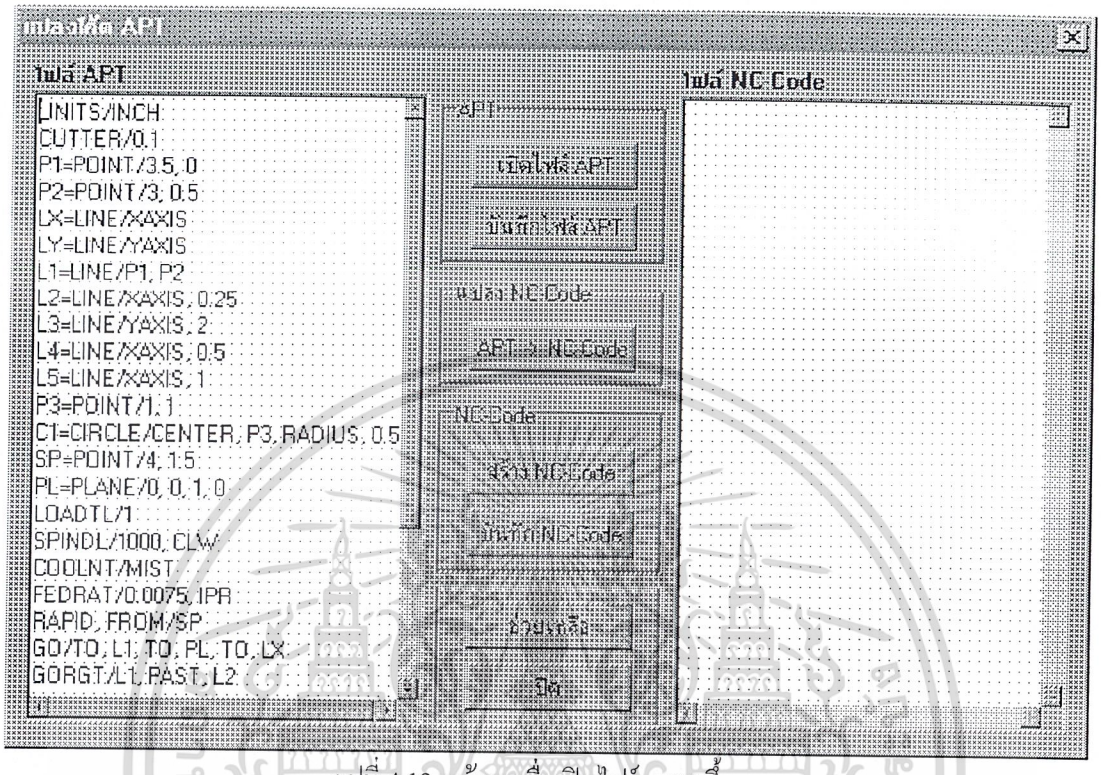
ขั้นที่ 2 เปิดโปรแกรม NC-Code Generator และเลือกเมนูไฟล์/แปลงภาษา APT



เอกสาร ... การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

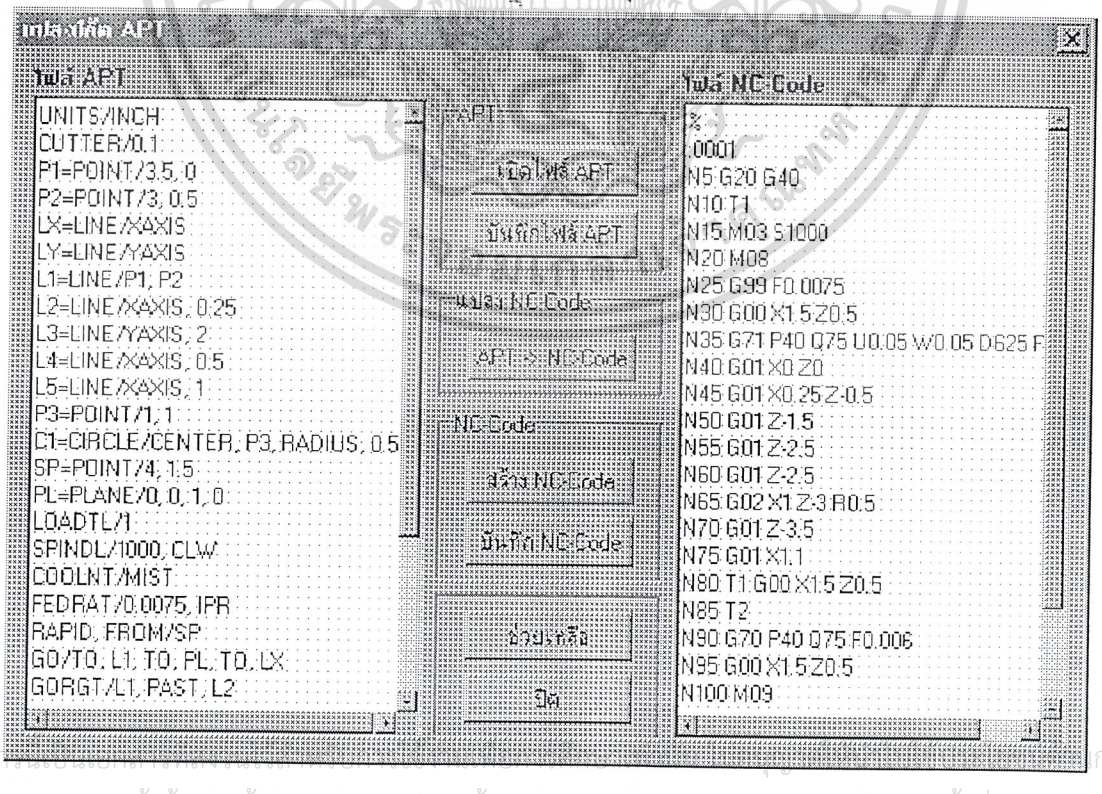
รูปที่ 4.12 หน้าจอสำหรับการแปลงภาษา APT เป็นภาษาเอ็นซี

ขั้นที่ 3 เปิดไฟล์ APT โดยคลิกที่ปุ่มเปิดไฟล์ APT



รูปที่ 4.13 หน้าจอเมื่อเปิดไฟล์ APT ขึ้นมา

ขั้นที่ 4 แปลงไฟล์ APT เป็นภาษาเอ็นซีโดยคลิกที่ปุ่ม APT->NC-Code



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

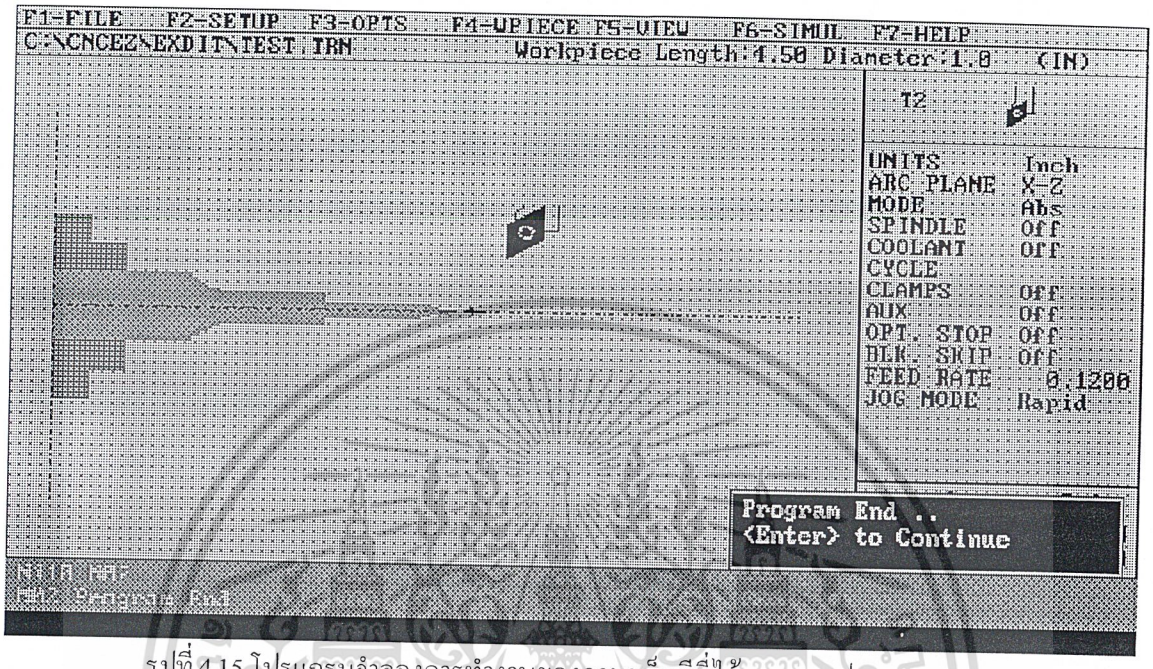
รูปที่ 4.14 หน้าจอเมื่อแปลงภาษา APT เป็นภาษาเอ็นซีเรียบร้อยแล้ว

โดยภาษาเอ็นซีที่โปรแกรมสร้างขึ้นมาคือ

```
%
:0001
N5 G20 G40
N10 T1
N15 M03 S1000
N20 M08
N25 G99 F0.0075
N30 G00 X1 Z0
N35 G71 P40 Q75 U0.05 W0.05 D625 F0.12
N40 G01 X0 Z0
N45 G01 X0.25 Z-0.5
N50 G01 Z-1.5
N55 G01 X0.5
N60 G01 Z-2.5
N65 G02 X1 Z-3 R0.5
N70 G01 Z-3.5
N75 G01 X1.1
N80 T1 G00 X1.5 Z0.5
N85 T2
N90 G70 P40 Q75 F0.006
N95 G00 X1.5 Z0.5
N100 M09
N105 M05
N110 M02
N115
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 5 นำภาษาเอ็นซีที่ได้ไปจำลองการทำงานบนโปรแกรม CNC Simulator



รูปที่ 4.15 โปรแกรมจำลองการทำงานของภาษาเอ็นซีที่ได้จากการแปลงภาษา APT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

ด้วยซอฟต์แวร์ NC-Code Generator ทำให้เราสามารถสร้างภาษาเอ็นซีเพื่อใช้ในการสั่งงานเครื่องจักรซีเอ็นซีได้สะดวก, รวดเร็วและถูกต้องมากกว่าการเขียนด้วยมือ โดยทำให้ผู้ใช้สามารถวาดภาพหรือว่าเขียนโปรแกรมในภาษา APT ซึ่งถือว่าเป็นภาษาระดับสูงสำหรับเครื่องจักรซีเอ็นซีและแปลงเป็นภาษาเอ็นซีได้ จากนั้นก็นำภาษาเอ็นซีที่ได้ส่งไปยังเครื่องซีเอ็นซีเพื่อสร้างชิ้นงานต่อไป แต่โดยจุดหลักแล้วซอฟต์แวร์ NC-Code Generator นี้ได้พัฒนาขึ้นเพื่อใช้เป็นสื่อการสอนสำหรับผู้ที่จะทำการเริ่มศึกษาและออกแบบชิ้นงานสำหรับเครื่องจักรซีเอ็นซี เพราะซอฟต์แวร์ NC-Code Generator นี้จะสนับสนุนคำสั่งในภาษา APT เฉพาะที่เป็นคำสั่งพื้นฐานและใช้งานกับเครื่องกลึงเท่านั้น

5.2 ปัญหาที่พบ

- มีผู้เชี่ยวชาญทางด้านการพัฒนาโปรแกรมสำหรับเครื่องจักรซีเอ็นซีในประเทศไทยอยู่น้อยเพราะซอฟต์แวร์ส่วนใหญ่ที่ใช้ในโรงงานเป็นซอฟต์แวร์จากต่างประเทศ ดังนั้นการค้นหาข้อมูลและการขอคำปรึกษาจึงเป็นไปได้อย่างจำกัดส่งผลให้การพัฒนาโปรแกรมมีความล่าช้ากว่ากำหนด
- เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาและตรวจสอบผลการทำงานมีอยู่จำกัดและเป็นของต่างประเทศด้วยซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายในการพัฒนา

5.3 ข้อจำกัด

- เป็นซอฟต์แวร์สำหรับเครื่องกลึงเท่านั้น
- สนับสนุนคำสั่งในภาษา APT ที่เป็นพื้นฐานที่ตัวซอฟต์แวร์กำหนดไว้เท่านั้น
- ในส่วนของการวาดภาพผู้ใช้สามารถกำหนดขนาดในหน่วยมิลลิเมตรเท่านั้น
- ภาษาเอ็นซีที่โปรแกรมสร้างขึ้นมาจำเป็นต้องใช้โปรแกรมจำลองการทำงานเครื่องจักรซีเอ็นซีของผู้พัฒนาคนอื่น ซึ่งในชุดโปรแกรม NC-Code Generator ที่พัฒนาขึ้นไม่มีโปรแกรมจำลองการทำงานนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 แนวทางการพัฒนาต่อ

- ควรพัฒนาให้โปรแกรม NC-Code Generator สามารถรับพิกัดในหน่วยนิ้วได้
- ควรพัฒนาให้โปรแกรมสามารถรับคำสั่งในภาษา APT ชั้นสูงอื่นๆได้
- ควรพัฒนาโปรแกรมจำลองการทำงานของภาษาเอ็นซีเพิ่มเข้าไปในชุดของซอฟต์แวร์
- ควรพัฒนาให้โปรแกรม NC-Code Generator รองรับการวาดภาพและไฟล์ APT ที่เป็นชิ้นงานสำหรับเครื่องจักรประเภทอื่นๆนอกจากเครื่องกลึงเช่นเครื่องกัดและเครื่องเจาะเป็นต้น
- เนื่องจากในโรงงานอุตสาหกรรมจริงๆนั้นเครื่องจักรที่ใช้จะมีจำนวนมาก ในอนาคตจึงควรมีการจัดระบบสารสนเทศสำหรับการผลิตด้วยเครื่องจักรในโรงงานเหล่านี้ ดังนั้นในตัวซอฟต์แวร์ที่จะพัฒนาต่อไปนั้น ควรจะสนับสนุนการทำงานทำงานผ่านระบบเน็ตเวิร์กภายในโรงงานด้วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตของโรงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ภาษา APT

1. ภาษา APT (Automatically Programmed Tools)

APT เป็นไวยากรณ์ภาษาอังกฤษที่ใช้แทนประโยคของรูปทรงเลขาคณิตและการเคลื่อนที่ซึ่งใช้บอกเส้นทางการเคลื่อนที่ของเครื่องมือสำหรับชิ้นงานและเครื่องจักร และเมื่อเราจะนำ APT ไปใช้เราก็ต้องแปลงประโยค APT ให้เป็น G-Code เสียก่อน เครื่องจักร CNC จำเป็นต้องมี APT Processor ที่เป็นโปรแกรมทำหน้าที่ตีความและคำนวณชุดของชุดที่จะตัด ซึ่งก็จะได้เป็นเส้นทางออกมา APT เป็นระบบเลขาคณิตสามมิติที่ใช้กำหนดรูปทรงของชิ้นงานซึ่งมีความซับซ้อนและใช้ควบคุมเครื่องจักร CNC 5 แกน ข้อดีของ APT ก็คือเป็นการสร้างมาตรฐานสำหรับเครื่องจักร ส่วนข้อเสียก็คือ APT เป็นชุดคำสั่งทำให้จำเป็นต้องมีการแปลงเป็น G-Code เพื่อนำไปใช้งานก่อน

ประโยค APT แบ่งออกเป็น 4 ประเภทคือ
ประโยค Geometry ใช้กำหนดรูปทรงพื้นฐานเช่นจุด, เส้น, วงกลม, ระนาบ
ประโยค Cutter Motion ใช้อธิบายเส้นทางการเคลื่อนที่ของเครื่องมือที่สัมพันธ์กับรูปทรงที่กำหนดไว้
ประโยค Postprocessor ใช้บอกรหัสของเครื่องจักรรวมทั้งความเร็วนการเคลื่อนที่และการหมุนของใบมีดกัด
ประโยค Auxiliary ใช้บอกชื่อชิ้นงานและอัตราความผิดพลาดของชิ้นงานที่ยอมรับได้

โปรแกรม APT มักจะมีประโยคชื่อของชิ้นงานและ Postprocessor และตามด้วยประโยคของโปรแกรม

PARTNO…
MACHINE/…
ประโยค Geometry
ประโยค Motion และคำสั่งของเครื่องมือ
FINI

1.1 ประโยค Geometry

รูปแบบทั่วไปของประโยค Geometry คือ
สัญลักษณ์ = ชนิดของรูปทรงเลขาคณิต/ข้อมูลเฉพาะของรูปทรง
เช่น POINT/100.0, 200.0, 300.0 (หน่วยมิลลิเมตร)
LINE/P1, P2 (เส้นจากจุด P1 ไปจุด P2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LINE/P1, PAREL, L@ (เส้นจากจุด P1 ที่ขนานกับเส้น L2)

โดยประโยค Geometry นั้นประกอบไปด้วย

1.1.1 การกำหนดจุด

1. การกำหนดจุดในพิกัดฉาก

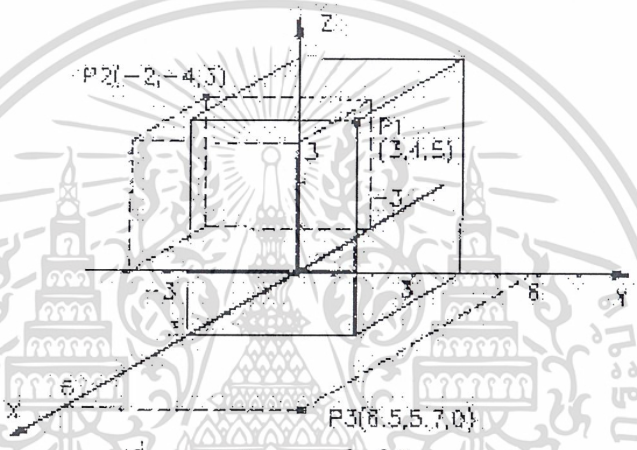
รูปแบบประโยค

POINT/ ระยะในแกน X, ระยะในแกน Y, (ระยะในแกน Z)

เช่น P1=POINT/3, 4, 5

P2=POINT/-2, -4, 3

P3=POINT/6.5, 5.7



รูปที่ ก.1 การกำหนดจุดในพิกัดฉาก

2. กำหนดจุดโดยใช้พิกัดขั้ว(Polar Coordinate)

จุดสามารถกำหนดขึ้นจากค่ารัศมี, มุมบนระบบพิกัดฉาก และระนาบ ซึ่งระนาบนี้จะขึ้นอยู่กับแกนหลักคือ XYPLAN(ระนาบ X และ Y), YZPLAN(ระนาบ Y และ Z) และ ZXPLAN (ระนาบ Z และ X)

รูปแบบของประโยค

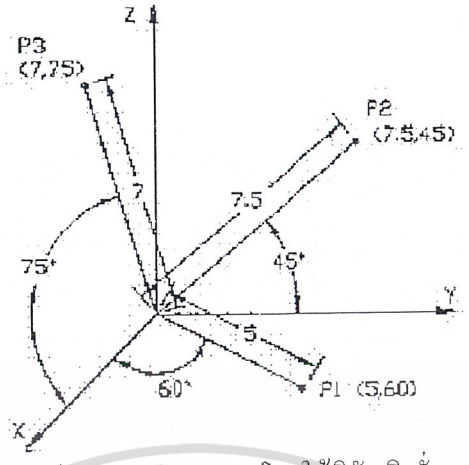
$$\text{POINT/RTHETA, } \begin{Bmatrix} XYPLAN \\ YZPLAN \\ ZXPLAN \end{Bmatrix}\text{, ค่ารัศมี, ขนาดมุม}$$

เช่น P1=POINT/RTHETA, XYPLAN, 5, 60

P2=POINT/RTHETA, YZPLAN, 7.5, 45

P3=POINT/RTHETA, ZXPLAN, 7, 75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ก.2 การกำหนดจุดโดยใช้พิกัดเชิงขั้ว

3. กำหนดจุดจากจุดอ้างอิง, รัศมีและมุม

จุดในระนาบ XY สามารถกำหนดได้โดยบอกค่ารัศมีและมุมในระบบพิกัดเชิงขั้ว

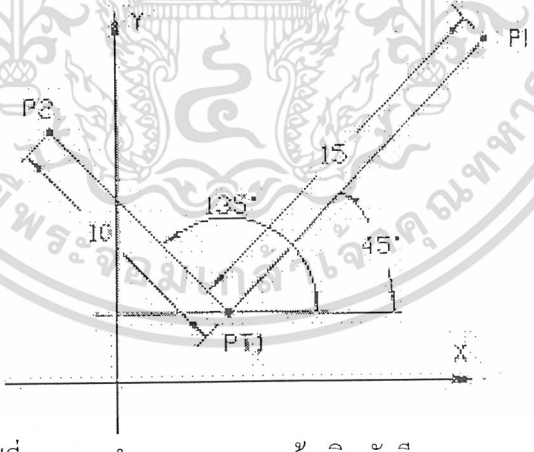
รูปแบบของประโยค

POINT/ชื่อจุดอ้างอิง, RADIUS, ค่ารัศมี, ATANGL, ขนาดมุม

โดย ATANGL ย่อมาจาก at an angle of

เช่น P1=POINT/PT1, RADIUS, 15, ATANGL, 45°

P2=POINT/PT1, RADIUS, 10, ATANGL, 135°



รูปที่ ก.3 การกำหนดจุดจากจุดอ้างอิง, รัศมีและมุม

4. กำหนดจุดจากจุดศูนย์กลางของวงกลม

จุดศูนย์กลางของวงกลมสามารถใช้กำหนดจุดได้

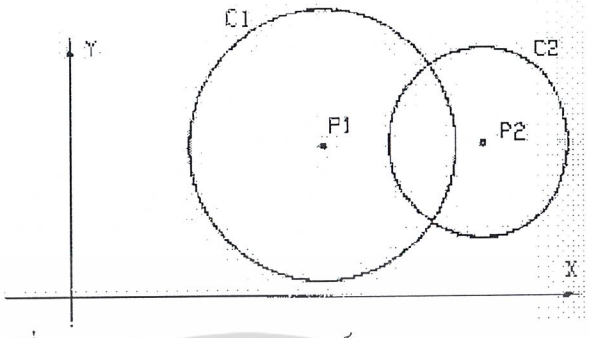
รูปแบบประโยค

POINT/CENTER, ชื่อวงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น P1=POINT/CENTER, C1

P2=POINT/CENTER, C2



รูปที่ ก.4 การกำหนดจุดจากจุดศูนย์กลางของวงกลม

5. กำหนดจุดจากการตัดกันของวงกลมกับเส้นรัศมี

จุดสามารถกำหนดขึ้นได้โดยการตัดกันของวงกลมกับรัศมีที่ทำมุมอ้างอิงกับแกน X

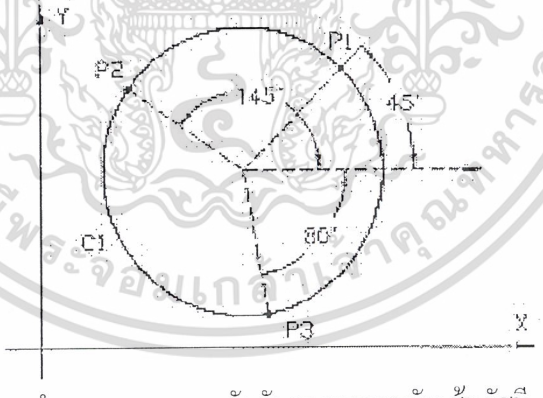
รูปแบบประโยค

P1=POINT/C1, ATANGL, ขนาดมุม

เช่น P1=POINT/C1, ATANGL, 45

P2=POINT/C1, ATANGL, 145

P3=POINT/C1, ATANGL, -80



รูปที่ ก.5 กำหนดจุดจากการตัดกันของวงกลมกับเส้นรัศมี

6. กำหนดจุดจากจุดอ้างอิงบนวงกลม

จุดสามารถกำหนดได้โดยใช้วงกลมและมุมที่ทำกับจุดอ้างอิงของวงกลม โดยมี modifier CLW, CCLW ใช้บอกทิศทางของการหมุน(ตามเข็มนาฬิกา[Clockwise] และทวนเข็มนาฬิกา [Counterclockwise]) ส่วน modifier DELTA และ ATANGL ใช้บอกขนาดของมุมแบบ Incremental กับจุดอ้างอิง

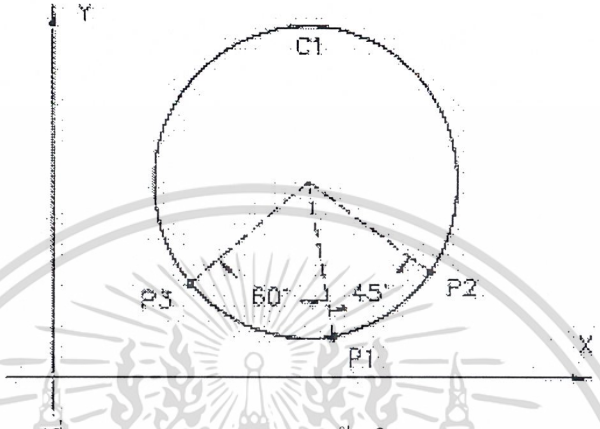
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบประโยค

POINT/ชื่อจุดอ้างอิง, DELTA, $\left\{ \begin{matrix} CLW \\ CCLW \end{matrix} \right\}$, ON, ชื่อวงกลม, ATANGL ขนาดมุม

เช่น P2=POINT/P1, DELTA, CCLW, On, C1, ATANGL, 45°

P3=POINT/P1, DELTA, CLW, ON, C1, ATANGL, 60°



รูปที่ ก.6 การกำหนดจุดจากจุดอ้างอิงบนวงกลม

1.1.2 การกำหนดเส้น

1. กำหนดเส้นจากจุดสองจุด

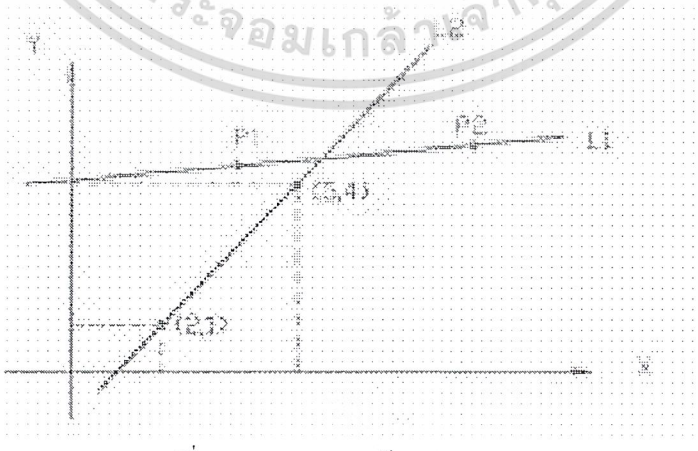
ถ้ามีจุดสองจุด และเมื่อลากเส้นระหว่างจุดสองจุดนั้นเราจะได้เส้นขึ้นมา

รูปแบบประโยค

LINE/ ชื่อจุดที่ 1, ชื่อจุดที่ 2

เช่น L1=LINE/P1, P2

L2=LINE/5, 4, 2, 1



รูปที่ ก.7 การกำหนดเส้นจากจุดสองจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กำหนดเส้นที่ขนานกับแกน X, Y หรือแกน Z

เราสามารถกำหนดเส้นที่ขนานกับแกน X, Y หรือ Z ได้ โดยอาจจะมีค่าออฟเซ็ตซึ่งเป็นค่าระยะห่างระหว่างเส้นที่กำหนดขึ้นกับแกนอ้างอิง

รูปแบบประโยค

LINE/ $\begin{Bmatrix} XAXIS \\ YAXIS \end{Bmatrix}$, ค่าออฟเซ็ต

เช่น L1=LINE/XAXIS

L2=LINE/XAXIS, 5

L3=LINE/YAXIS, 4

3. การกำหนดเส้นจากจุดอ้างอิงและมุมที่ทำกับแกน X หรือแกน Y

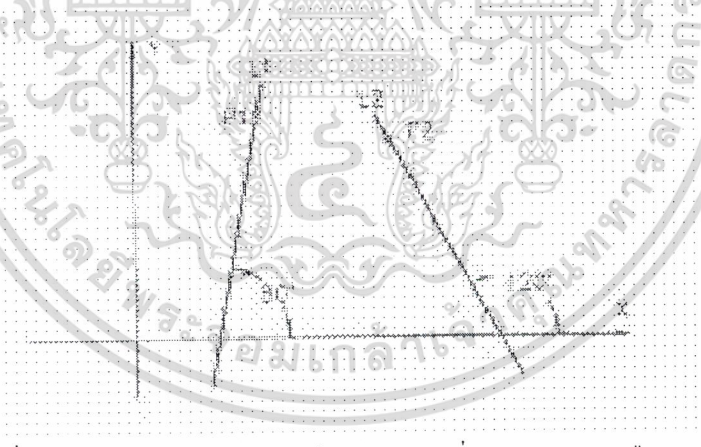
เส้นสามารถกำหนดจากจุดอ้างอิงที่เส้นนั้นลากผ่านและมุมที่เส้นทำกับแกน X หรือแกน Y

รูปแบบประโยค

LINE/ชื่อจุดอ้างอิง, ATANGL, ขนาดมุม, $\begin{Bmatrix} XAXIS \\ YAXIS \end{Bmatrix}$

เช่น L1=LINE/P1, ATANGL, 80°, XAXIS

L2=LINE/P2, ATANGL, 120°, XAXIS



รูปที่ ก.8 การกำหนดเส้นจากจุดอ้างอิงและมุมที่ทำกับแกน X หรือแกน Y

4. การกำหนดเส้นจากจุดอ้างอิงกับเส้นอ้างอิงที่ตั้งฉากหรือขนานกัน

เส้นสามารถกำหนดผ่านจุดอ้างอิง โดยบอกว่าเส้นนั้นขนานหรือตั้งฉากกับเส้นอ้างอิง โดย modifier PARLEL และ PERPTO ใช้เป็นตัวบอกว่าเส้นนั้นขนานหรือตั้งฉากกับเส้นอ้างอิง

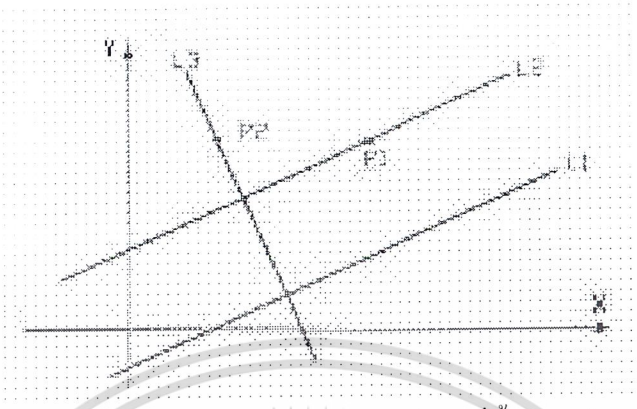
รูปแบบประโยค

LINE/ ชื่อจุดอ้างอิง, $\begin{Bmatrix} PARLEL \\ PARPTO \end{Bmatrix}$, ชื่อเส้นอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น L2=LINE/P1, PARLEL, L1

L3=LINE/P2, PERPTO, L1



รูปที่ ก.9 การกำหนดเส้นจากจุดอ้างอิงกับเส้นอ้างอิงที่ตั้งฉากหรือขนานกัน

1.1.3 การกำหนดวงกลม

1. การกำหนดวงกลมจากจุดศูนย์กลางและรัศมี

วงกลมสามารถกำหนดขึ้นมาได้จากจุดอ้างอิงที่เป็นจุดศูนย์กลางและค่ารัศมีของวงกลม

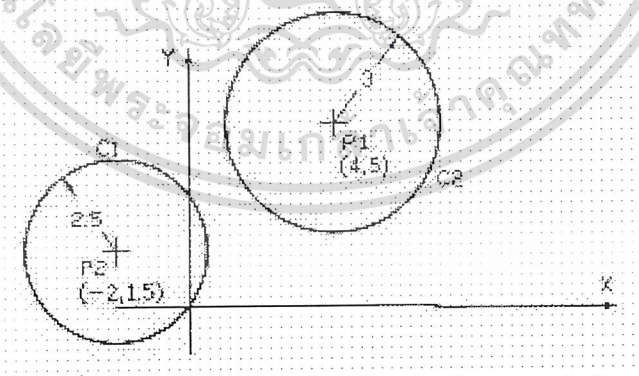
รูปแบบประโยค

CIRCLE/ค่าในระนาบ X, ค่าในระนาบ Y, ค่ารัศมี

CIRCLE/CENTER, ชื่อจุดอ้างอิง, RADIUS, ค่ารัศมี

เช่น C1=CIRCLE/-2, 1.5, 2.5

C2=CIRCLE/CENTER, P1, RADIUS, 3



รูปที่ ก.10 การกำหนดวงกลมจากจุดศูนย์กลางและรัศมี

2. การกำหนดวงกลมจากจุดอ้างอิงสองจุดที่เป็นจุดศูนย์กลางและจุดที่อยู่บนเส้นรอบวง

วงกลมสามารถกำหนดขึ้นมาได้จากจุดอ้างอิงที่เป็นจุดศูนย์กลางและจุดอ้างอิงที่อยู่บนเส้นรอบวง

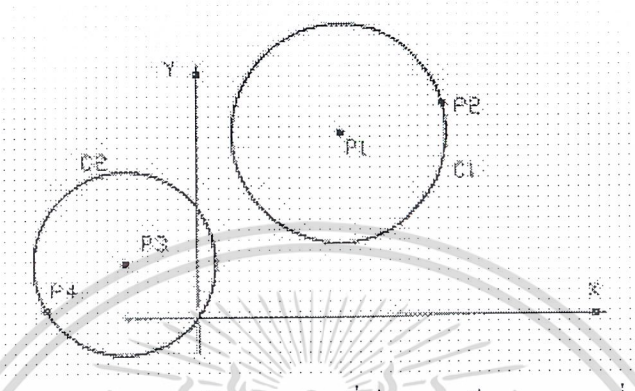
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบประโยค

CIRCLE/CENTER, ชื่อจุดอ้างอิงที่เป็นจุดศูนย์กลาง, ชื่อจุดอ้างอิงที่เป็นจุดอยู่บนเส้นรอบวง

เช่น C1=CIRCLE/CENTER, P1, P2

C2=CIRCLE/CENTER, P3, P4



รูปที่ ก.11 การกำหนดวงกลมจากจุดอ้างอิงสองจุดที่เป็นจุดศูนย์กลางและจุดที่อยู่บนเส้นรอบวง

1.1.4 การกำหนดระนาบ

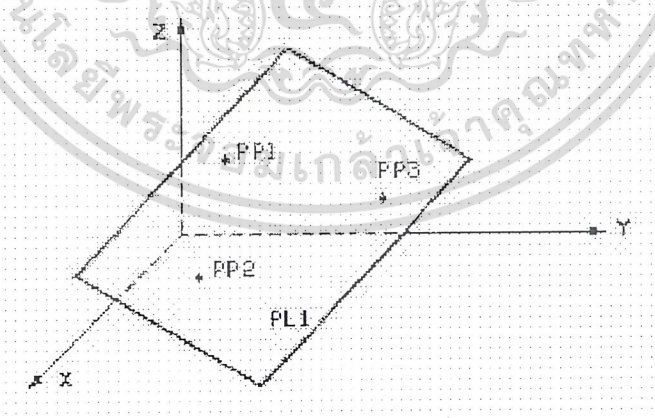
1. การกำหนดระนาบจากจุดอ้างอิงสามจุดที่ไม่ได้เรียงตัวอยู่บนเส้นตรง

ระนาบสามารถกำหนดขึ้นมาได้จากจุดอ้างอิงสามจุดที่ไม่ได้อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน

รูปแบบประโยค

PLANE/ จุดอ้างอิงที่ 1, จุดอ้างอิงที่ 2, จุดอ้างอิงที่ 3

เช่น PL1=PLANE/PP1, PP2, PP3



รูปที่ ก.12 การกำหนดระนาบจากจุดอ้างอิงสามจุดที่ไม่ได้เรียงตัวอยู่บนเส้นตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ประโยค Cutter Motion

1.2.1 ประโยคที่กำหนดการเคลื่อนที่จากจุดไปยังจุด

FROM

ประโยค FROM ใช้กำหนดจุดเริ่มต้นของคัตเตอร์ซึ่งเป็นจุดอ้างอิงสำหรับจุดอื่นๆ ประโยค FROM มีการใช้ในตอนเริ่มต้นของกลุ่มประโยค Cutter Motion ในโปรแกรม และถ้าคัตเตอร์อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการแล้วประโยค FROM ก็ไม่ทำให้คัตเตอร์เคลื่อนที่

รูปแบบประโยค

FROM/ ระยะในแกน X, ระยะในแกน Y, (ระยะในแกน Z) หรือ

FROM/ ชื่อจุด

เช่น FROM/3, 4, 3 เป็นการตั้งจุดเริ่มต้นให้กกับคัตเตอร์ที่จุด (3, 4, 3)

GOTO

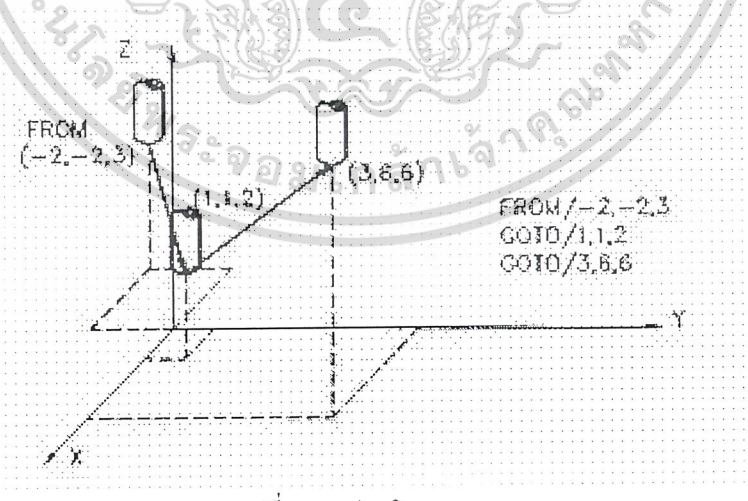
ประโยค GOTO ใช้สั่งให้คัตเตอร์เคลื่อนที่จากตำแหน่งปัจจุบันไปยังจุดที่กำหนด ส่วนมากจะใช้หลังประโยค FROM

รูปแบบประโยค

GOTO/ ระยะในแกน X, ระยะในแกน Y, (ระยะในแกน Z) หรือ

GOTO/ ชื่อจุด

เช่น GOTO/6, 5, 3 เป็นการทำให้คัตเตอร์เคลื่อนที่จากตำแหน่งปัจจุบันไปยังจุด (6, 5, 3)



รูปที่ ก.13 ประโยค GOTO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GODLTA

ประโยค GODLTA ทำให้คัตเตอร์เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งใหม่เป็นระยะทางตามที่กำหนดให้ หรือเคลื่อนที่ไปยังตำแแหน่งใหม่แบบ Incremental

รูปแบบประโยค

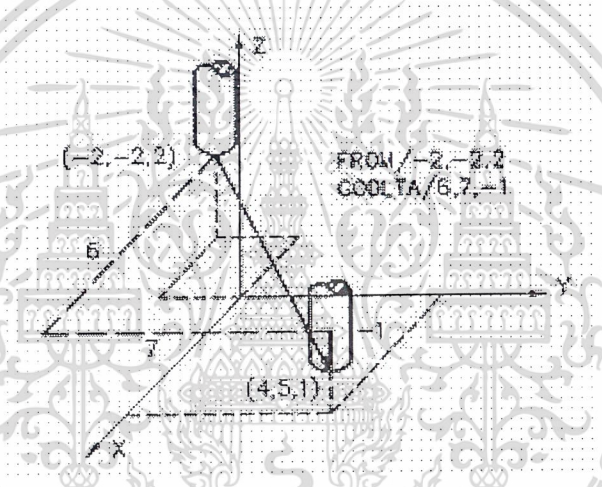
GODLTA/ ระยะในแกน X, ระยะในแกน Y, ระยะในแกน Z

GODLTA/ Z

GODLTA/ ชื่อเวคเตอร์

เช่น FROM/-2, -2, 2

GODLTA/6, 7, -1เป็นการทำให้คัตเตอร์เคลื่อนที่จากจุด (-2, -2, 2) ไปยังจุด (4, 5, 1)



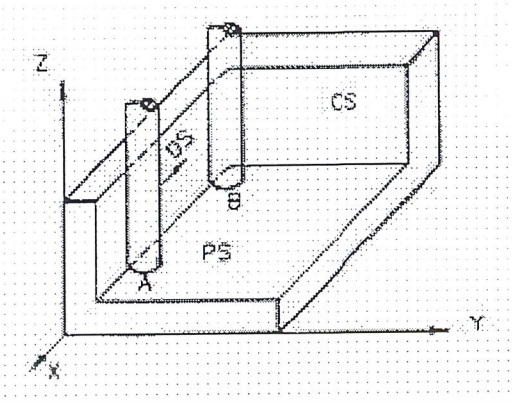
รูปที่ ก.14 ประโยค GODTLA

CONTROL SURFACE

การเคลื่อนที่ของคัตเตอร์สามารถทำให้เกิดรูปทรงเลขาคณิต ซึ่งการเคลื่อนที่ของคัตเตอร์นี้ก่อให้เกิดพื้นผิวขึ้นพร้อมกัน 2 พื้นผิว โดยเราแบ่งพื้นผิวออกเป็น 3 ชนิดคือ Drive Surface(DS), Part Surface(PS) และ Check Surface(CS)

Drive Surface เป็นพื้นผิวที่สัมผัสกับด้านข้างหรือศูนย์กลางของคัตเตอร์ ผิวสัมผัสนี้อยู่ในระนาบเดียวกับเส้นทางการเคลื่อนที่ของคัตเตอร์ Part Surface เป็นพื้นผิวที่สัมผัสแกนของคัตเตอร์ ซึ่งเป็นพื้นผิวที่สัมผัสกับส่วนล่างของคัตเตอร์นั่นเอง โดยคัตเตอร์ใช้ผิวสัมผัสนี้ในการควบคุมความลึก ส่วน Check Surface เป็นพื้นผิวของจุดที่คัตเตอร์หยุดการเคลื่อนที่ โดยทั่วไป Check Surface จะเป็นเส้นทางการเคลื่อนที่ต่อไปของคัตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.15 Drive Surface

CHECK SURFACE MODIFIER

การเคลื่อนที่ของคัตเตอร์จะสิ้นสุดลงเมื่อคัตเตอร์เคลื่อนที่มาถึง Check Surface แต่ว่าก็มีคัตเตอร์ก็มีตำแหน่งในการหยุดที่ต่างกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมี modifier เป็นตัวบอก โดยประกอบไปด้วย

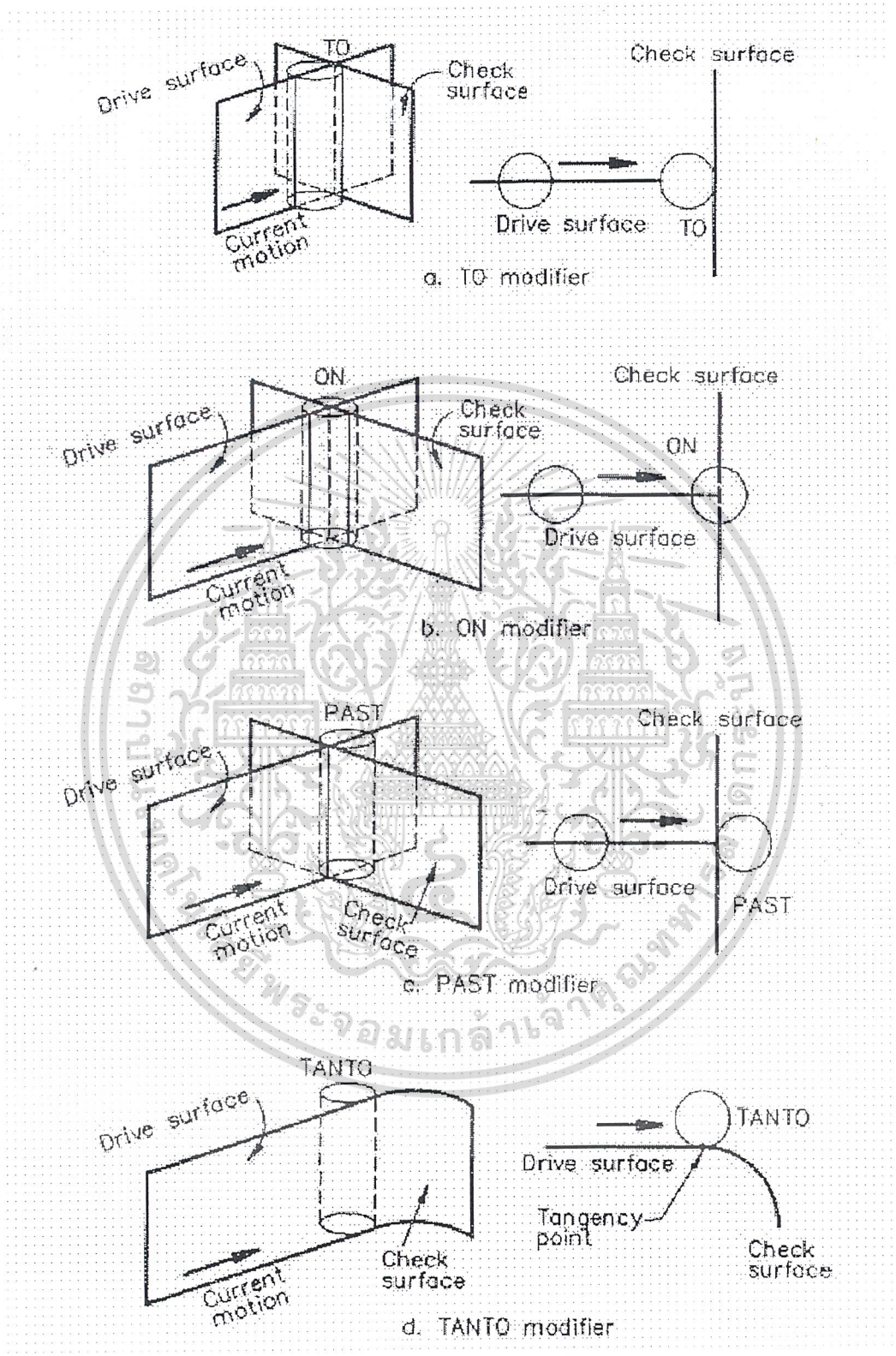
TO คัตเตอร์จะหยุดเมื่อขอบของคัตเตอร์ด้านใกล้เคลื่อนที่มาสัมผัสกับ Check Surface

ON คัตเตอร์จะหยุดเมื่อจุดศูนย์กลางของคัตเตอร์อยู่บน Check Surface

PAST คัตเตอร์จะหยุดเมื่อขอบของคัตเตอร์ด้านไกลสัมผัสกับ Check Surface

TANTO คัตเตอร์จะหยุดเมื่อขอบของคัตเตอร์เคลื่อนที่มาถึงจุดสัมผัสระหว่างรูปเลขาคณิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.16 การตัดแบบ ON, PAST และ TANTO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

START-UP STATEMENT

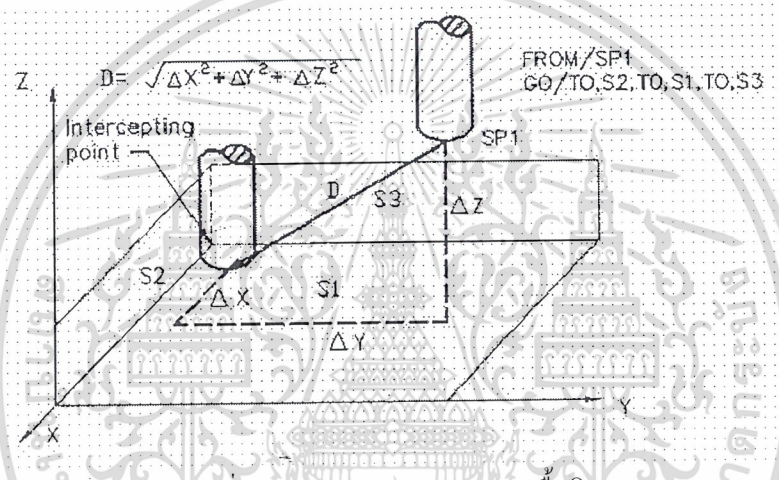
โดยทั่วไปก่อนที่คัตเตอร์จะทำงาน คัตเตอร์จะต้องอยู่ในตำแหน่งที่พร้อมจะรับคำสั่งการเคลื่อนที่ต่อไป ดังนั้นทำให้จึงจำเป็นต้องมีคำสั่งเริ่มต้นเพื่อตั้งตำแหน่งของคัตเตอร์ให้เหมาะสม

- Start-Up Statement แบบสามพื้นผิว

รูปแบบประโยค

$$\text{GO/}\left\{\begin{matrix}TO\\ON\\PAST\end{matrix}\right\}\text{, Drive Surface, }\left\{\begin{matrix}TO\\ON\\PAST\end{matrix}\right\}\text{, Part Surface, }\left\{\begin{matrix}TO\\ON\\PAST\end{matrix}\right\}\text{, Check Surface}$$

เป็นการสั่งให้คัตเตอร์เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่กำหนดโดยพื้นผิวทั้งสามพื้นผิว ซึ่ง modifier ใช้ในการบอกตำแหน่งบนพื้นผิวตามที่ต้องการ



รูปที่ ก.17 ประโยค GO แบบสามพื้นผิว

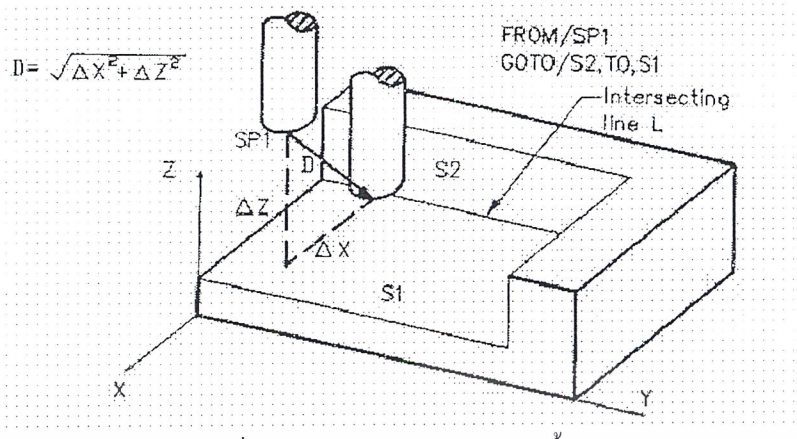
- Start-Up Statement แบบสองพื้นผิว

รูปแบบประโยค

$$\text{GO/}\left\{\begin{matrix}TO\\ON\\PAST\end{matrix}\right\}\text{, Drive Surface, }\left\{\begin{matrix}TO\\ON\\PAST\end{matrix}\right\}\text{, Part Surface}$$

เป็นการสั่งให้คัตเตอร์เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่กำหนดโดยพื้นผิว Drive Surface และ Part Surface

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



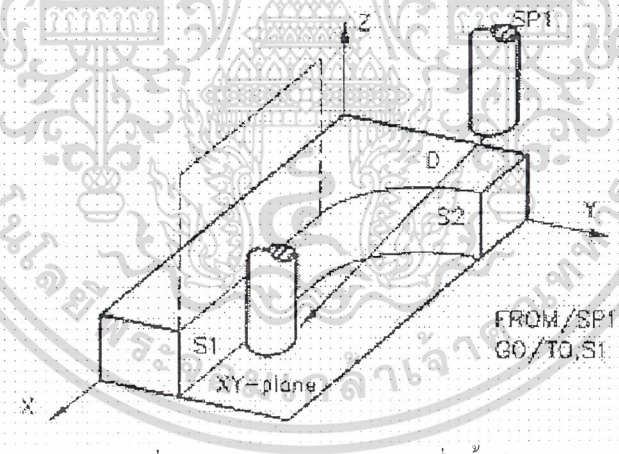
รูปที่ ก.18 ประโยค GO แบบสองพื้นผิว

- Start-Up Statement แบบหนึ่งพื้นผิว

  รูปแบบประโยค

  $$GO/\left\{\begin{matrix} TO \\ ON \\ PAST \end{matrix}\right\}, \text{Drive Surface}$$

  เป็นการสั่งให้คัตเตอร์เคลื่อนที่ไปยัง Drive Surface



รูปที่ ก.19 ประโยค GO แบบหนึ่งพื้นผิว

Continuous-Path Programming

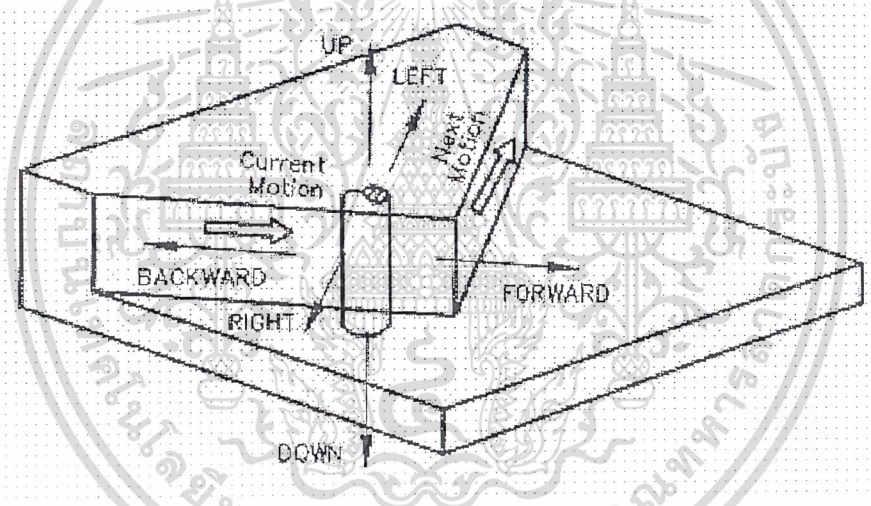
ภาษา APT ที่กล่าวมานั้นเป็นการเคลื่อนที่ของคัตเตอร์เฉพาะจุด ซึ่งประโยคแบบ continuous-path เป็นคำสั่งที่ทำให้คัตเตอร์เดินทางติดต่อกัน โดยระหว่างจุดเชื่อมของรูปเลขาคณิตจะถูกกำหนดค่าความถูกต้องโดยประโยค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Modifier ทิศทางสำหรับการเคลื่อนที่ของคัตเตอร์

เรามีพื้นผิวสามพื้นผิวในการกำหนดการเคลื่อนที่ของคัตเตอร์ อย่างไรก็ตามคัตเตอร์จะหยุดเคลื่อนที่ที่ Check Surface แต่ว่าจะมีทิศทางสองทิศทางที่เป็นไปได้ในการสร้าง Drive Surface ดังนั้นเราจำเป็นต้องใช้ modifier เพื่อบอกทิศทางการเคลื่อนที่โดยแบ่งออกเป็น 6 ตัวคือ

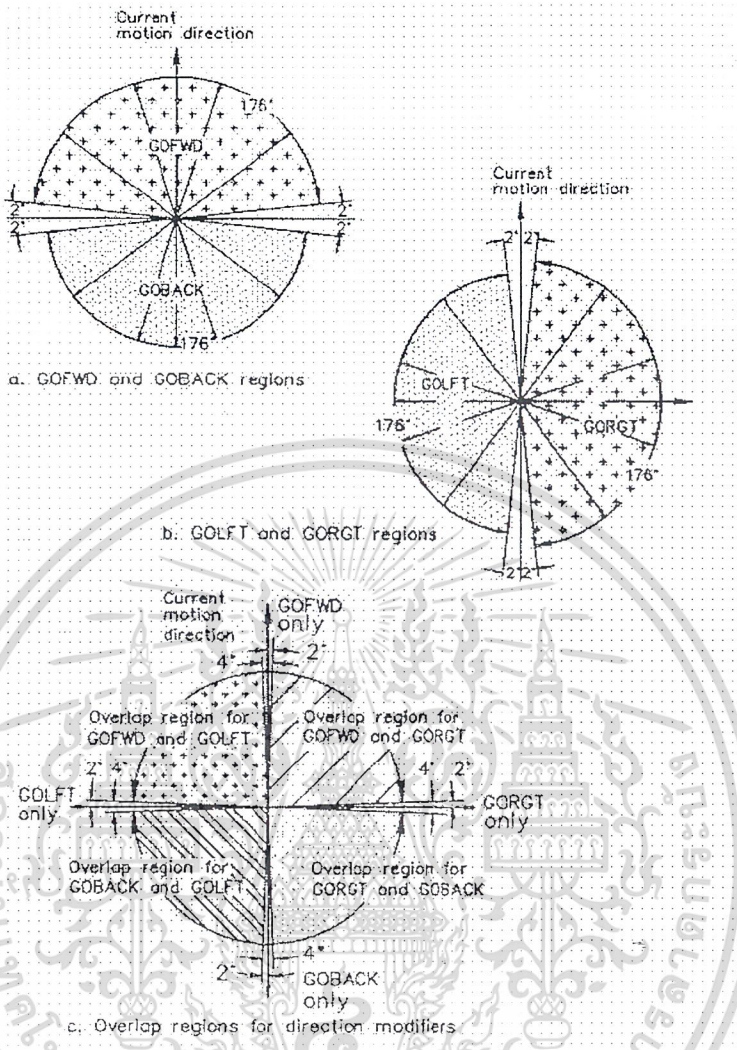
GOUP	ยกคัตเตอร์ขึ้นในตำแหน่งที่คัตเตอร์อยู่ปัจจุบัน
GODOWN	ลดระดับคัตเตอร์ลงในตำแหน่งที่คัตเตอร์อยู่ปัจจุบัน
GOFWD	ให้คัตเตอร์เคลื่อนที่ต่อไปยัง Check Surface ในทิศทางที่สัมผัสกับ Drive Surface
GOBACK	ตรงข้ามกับ GOFWD
GORGT	เคลื่อนไปในทิศทางของเวคเตอร์ที่ได้จากการ cross-product ระหว่างเวคเตอร์ของ GOFWD และเวคเตอร์ GOUP หรือใช้กฎมือขวาโดยนิ้วชี้เป็นเวคเตอร์ของ GOFWD และนิ้วกลางเป็นเวคเตอร์ของ GOUP ส่วนนิ้วโป้งจะเป็นเวคเตอร์ GORGT GOLFT ตรงข้ามกับ GORGT



รูปที่ ก.20 ประโยค GORGT, GOLFT และ GORGT

โดยมุมของคำสั่ง GOFWD, GOBACK, GORGT และ GOLFT นั้นมีขนาดครอบคลุมมุมขนาด 176 องศา ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.21 การใช้ประโยค ประโยค GORGT, GOLFT และ GORGT

1.3 ประโยค Postprocessor Statements

Postprocessor Statements เป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรม APT ที่ใช้ในการกำหนดค่าต่างๆที่จำเป็นในการควบคุมเครื่องมือและคอนโทรลเลอร์ โดยทั่วไป Postprocessor Statements นั้นจะอยู่ในรูปแบบ

คำสั่งหลัก/ ส่วนประกอบย่อย

Postprocessor Statements จะแบ่งออกเป็นสองส่วนคือส่วนของคำสั่งหลักและส่วนประกอบย่อยซึ่งเป็นออปชัน ซึ่งในส่วนประกอบย่อยนี้จะประกอบไปด้วยคีย์เวิร์ด, โมดิไฟลเออร์และพารามิเตอร์ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับคำสั่งหลักที่ใช้

Unit

ในภาษาเอ็นซีนั้นมีหน่วยของการวัดที่ใช้เป็นหลักอยู่สองหน่วยคือนิ้วและมิลลิเมตร โดยรูปแบบของประโยค unit คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UNITS/[INCHES]

หรือ

UNITS/MM

โดยปกติแล้วหน่วยที่ตั้งไว้จะเป็นนิ้ว แต่เราก็สามารถที่จะใช้หน่วยการวัดทั้งสองหน่วยได้ในโปรแกรมเดียวกันโดยการใช้ประโยค UNITS และ MM เมื่อเราได้เลือกใช้หน่วยการวัดหน่วยใดหน่วยหนึ่งแล้วหน่วยการวัดที่ตั้งไว้ก่อนหน้าก็จะถูกยกเลิกไปซึ่งคำสั่งที่ปรากฏหลังจากคำสั่งกำหนดหน่วยการวัดนี้ก็จะใช้หน่วยในการวัดตามที่ได้ตั้งไว้

Cutter Statement

Cutter Statement ในภาษา APT นั้นเป็นคำสั่งที่ใช้กำหนดการเคลื่อนที่ของเครื่องมือในการกัดแบบต่อเนื่อง ในการเขียนโปรแกรม APT แบบจุดต่อจุดนั้นไม่จำเป็นต้องใช้คำสั่งกำหนดเส้นทางเดินของเครื่องมือ เนื่องจากว่าไม่จำเป็นต้องมีการคำนวณออฟเซ็ตของเครื่องมือคือเพียงแค่สั่งให้เครื่องมือเดินทางจากจุดใดไปยังจุดใดเท่านั้น สำหรับคำสั่งการกัดในสองมิตินั้นเราใช้รูปแบบของ Cutter Statement ดังนี้

CUTTER/D, [R]

โดยที่ D และ R นั้น i)นเส้นผ่าศูนย์กลางและค่ารัศมีที่มุมของเครื่องมือ โดยพารามิเตอร์ R นั้นเป็นออปชันโดยไม่จำเป็นต้องใส่หรือให้มีค่าเป็นศูนย์ได้ ดังตัวอย่างในรูป

Spindle Statement

คำสั่ง SPINDL นั้นใช้ในงานต่างสามงานดังนี้

1. ใช้เปิดหรือปิดการหมุนของเครื่องมือ
2. ในกำหนดทิศทางในการหมุนของเครื่องมือ(ตามเข็มหรือทวนเข็มนาฬิกา)
3. ตั้งความเร็วในการหมุนของเครื่องมือโดยมีหน่วยเป็นรอบต่อนาที(RPM)

คำสั่ง SPINDL นั้นมีรูปแบบดังนี้คือ

$$\text{SPINDL/ความเร็วในหน่วย RPM,} \left\{ \begin{matrix} CLW \\ CCLW \end{matrix} \right\}, \left[\begin{matrix} HIGH \\ LOW \end{matrix} \right]$$

SPINDL/OFF

ในคำสั่งแรกนั้นเป็นการเปิดให้เครื่องมือหมุนในทิศทางและความเร็วที่กำหนดส่วนคำสั่งที่สองนั้นใช้ในการปิดเครื่องมือ

เช่น

SPINDL/1000, CLW

SPINDL/1500, CCLW

SPINDL/OFF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยคำสั่งทั้งสามนี้สามารถแปลงเป็นภาษาเอ็นซีได้ดังนี้คือ

Spindle Statement	ภาษาเอ็นซี
SPINDL/1000, CLW	S1000 M3
SPINDL/1500, CCLW	S1500 M4
SPINDL/OFF	M5

Feed Rate Statement

Feed rate เป็นการกำหนดความเร็วในการเคลื่อนที่ของเครื่องมือผ่านพื้นผิวใดๆ โดยเราสามารถกำหนดให้อยู่ในหน่วยนิ้วต่อนาทีหรือนิ้วต่อรอบการหมุน

คำสั่ง feed rate มีรูปแบบดังนี้คือ

FEDRAT/ค่าความเร็ว, $\begin{bmatrix} IPM \\ IPR \end{bmatrix}$

RAPID

คำสั่ง RAPID นั้นเป็นการสั่งให้เครื่องมือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วโดยไม่มีการผ่านพื้นผิวใดๆ คำสั่งนี้จะส่งผลกับคำสั่งที่ตามมาจากคำสั่งนี้เพียงคำสั่งเดียว โดยคำสั่งที่ตามมาจากคำสั่งนี้จะถูกแปลงเป็น G00 ในภาษาเอ็นซี ส่วนในคำสั่งแรกนั้นส่วนประกอบย่อย IPM เป็นการบอกให้วัดความเร็วนิวต่อนาทีซึ่งถ้าไม่กำหนดก็จะเป็นหน่วยนี้ด้วย

เช่น

FEDRAT/10.0, IPM

FEDRAT/10.0

FEDRAT/0.005, IPR

RAPID

สองคำสั่งแรกนั้นให้ผลเหมือนกันเหมือนกันคือสั่งให้เครื่องมือเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 10 นิ้วต่อนาที คำสั่ง feed rate นั้นจะถูกแปลงเป็นภาษาเอ็นซีดังตัวอย่าง

Feed Rate Statement	ภาษาเอ็นซี
FEDRAT/5, IPM	G94 F5.0
FEDRAT/0.002, IPR	G95 F.002
RAPID	G00

Tool Change Statement

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยปกติในชิ้นงานหนึ่งชิ้นจำเป็นต้องใช้เครื่องมือมากกว่าหนึ่งอย่างในการกัด ในภาษา APT ก็มีคำสั่งในการเปลี่ยนเครื่องมือโดยคำสั่งนี้จะสั่งย้ายเครื่องมือมายังตำแหน่งเปลี่ยนเครื่องมือแล้วจึงจะเปลี่ยนเครื่องมือจากนั้นก็จะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งเดิม

คำสั่งสำหรับเปลี่ยนเครื่องมือนั้นมีรูปแบบดังนี้

LOADTL/ หมายเลขเครื่องมือ

เช่น

LOADTL/1

LOADTL/2

คำสั่งในการเปลี่ยนเคลื่องมือในภาษา APT นั้นจะถูกแปลงเป็นรหัส M06 และ T-หมายเลขเครื่องมือในภาษาเอ็นซี ตัวอย่างเช่น LOADTL/1 จะถูกแปลงเป็น T1 M06 ในภาษาเอ็นซี

Coolant Statement

เครื่องจักรซีเอ็นซีส่วนมาจะมีระบบหล่อเย็นเพื่อช่วยลดความร้อนที่ตัวชิ้นงานและเครื่องมือโดย Coolant statement นั้นมีรูปแบบดังนี้คือ

$$\text{COOLNT/}\left\{\begin{array}{l} FLOOD \\ MIST \\ OFF \end{array}\right\}$$

Coolant Statement นี้จะถูกแปลงเป็นรหัส M07 สำหรับ MIST, M08 สำหรับ FLOOD และ M09 สำหรับคำสั่ง OFF

Delay Statement

คำสั่งหน่วงเวลาจะส่งผลให้คอนโทรลเลอร์หน่วงเวลาการทำงานของเครื่องจักรเป็นช่วงระยะเวลาหนึ่ง คำสั่งนี้ส่วนมากจะใช้สั่งหยุดการทำงานของเครื่องจักรชั่วคราวที่ก้นหลุมของการเจาะเพื่อให้หัวเครื่องมือได้ควานเอาเศษชิ้นส่วนออก

รูปแบบ

DELAY/t

โดยที่ t เป็นระยะหน่วงเวลาในหน่วยวินาที

เช่น

DELAY/0.5

DELAY/2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stop Statement

คำสั่งหยุดนั้นจะสั่งให้เครื่องจักรหยุดการทำงานเพื่อให้ช่างได้ตรวจสอบเครื่องมือหรือวัดชิ้นงานหรือว่างานบางอย่างที่จำเป็นต้องหยุดการเคลื่อนที่ของเครื่องมือไว้ก่อน โดยคำสั่งหยุดใน APT นั้นมีสองคำสั่งคือ STOP และ OPSTOP ซึ่งการใช้คำสั่ง STOP นั้นจะสั่งให้เครื่องจักรหยุดไปจนกว่าผู้ใช้จะกดปุ่ม start คือจะเป็นการหยุดแบบไม่มีเงื่อนไขส่วนคำสั่ง OPSTOP นั้นจะเป็นคำสั่งหยุดแบบมีเงื่อนไขนั่นคือเครื่องจักรจะหยุดการทำงานก็ต่อเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม OPSTOP ด้วยเท่านั้น

รูปแบบ

STOP

OPSTOP

คำสั่ง STOP จะถูกแปลงเป็นรหัส M00 และคำสั่ง OPSTOP จะถูกแปลงเป็นรหัส M01 ในภาษาเอ็นซี

END Statement

END Statement เป็นคำสั่งที่บ่งบอกว่าจบกระบวนการของเครื่องจักรแล้ว คำสั่ง END นี้จะแปลงเป็นคำสั่ง M02 หรือ M30 ในภาษาเอ็นซี คำสั่งจบการทำงานนี้จะปิดระบบหล่อเย็นและหัวสปินเดิล เราสามารถใส่คำสั่ง END ไว้ในรูปแบบใดก็ได้

FINI Statement

FINI Statement จะเป็นตัวบ่งบอกว่าจบส่วนของโปรแกรม โดยทั่วไปจะเป็นคำสั่งสุดท้ายของส่วนโปรแกรม โดยใช้ในรูปแบบใดก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

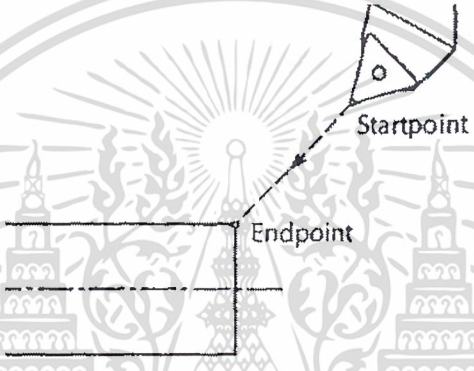
NC-Codes

2.1 รหัสจีที่ใช้ในเครื่องกลึง

G00 Positioning In Rapid

รูปแบบ N_ G00 X_ Z_

G00 ใช้เพื่อสั่งให้เครื่องซีเอ็นซีย้ายเครื่องมือจากตำแหน่งปัจจุบันไปยังตำแหน่ง X, Z ที่ต้องการเป็นเส้นตรงด้วยความเร็วที่สูงที่สุด

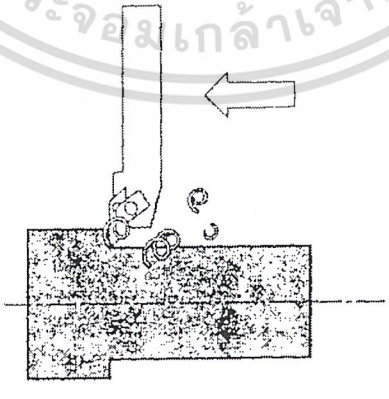


รูปที่ ข.1 การทำงานของรหัส G00

G01 Linear Interpolation

รูปแบบ N_ G01 X_ Z_ F_

G01 ใช้เพื่อเคลื่อนย้ายเครื่องมือเป็นเส้นตรงด้วยความเร็ว F จากตำแหน่งปัจจุบันไปยังตำแหน่ง X, Z แต่ถ้าไม่บอกค่า F ก็จะใช้ความเร็วเดิม



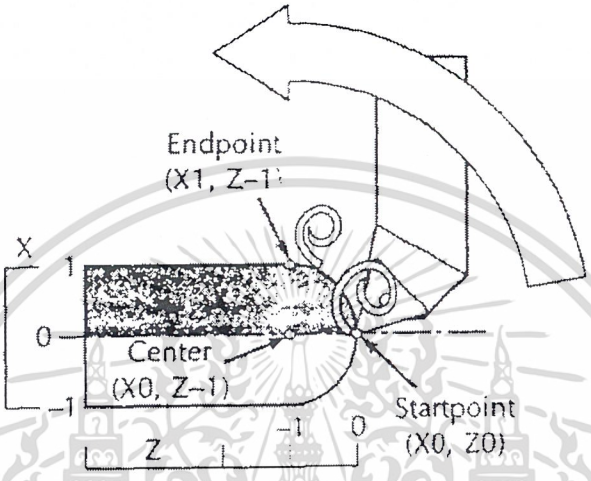
รูปที่ ข.2 การทำงานของรหัส G00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

G02 Circular Interpolation(CW)

รูปแบบ N_ G02 X_ Z_ I_ K_ F_ หรือ N_ G02 X_ Z_ R_ F_

G02 ใช้เพื่อสั่งให้เครื่องมือเคลื่อนที่เป็นส่วนของวงกลมในทิศตามเข็มนาฬิกาจากตำแหน่งปัจจุบันไปยังจุด X, Z ด้วยความเร็ว F โดยมีรัศมีเป็นค่า R

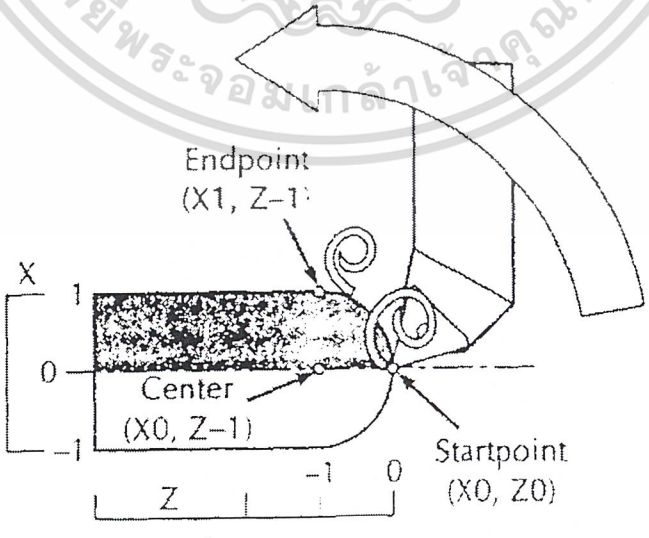


รูปที่ ข.3 การทำงานของรหัส G02

G03 Circular Interpolation(CCW)

รูปแบบ N_ G03 X_ Z_ I_ K_ F_ หรือ N_ G03 X_ Z_ R_ F_

G03 ใช้เพื่อสั่งให้เครื่องมือเคลื่อนที่เป็นส่วนของวงกลมในทิศทวนเข็มนาฬิกาจากตำแหน่งปัจจุบันไปยังจุด X, Z ด้วยความเร็ว F โดยมีรัศมีเป็นค่า R



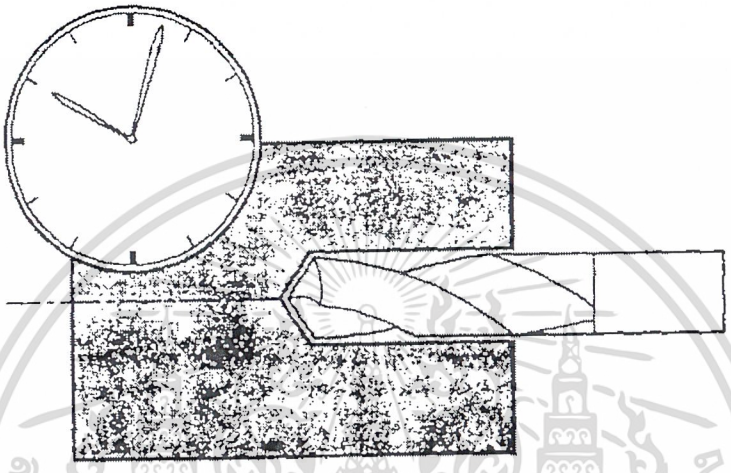
รูปที่ ข.4 การทำงานของรหัส G03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

G04 DWELL

รูปแบบ N_ G04 P_

G04 ใช้เพื่อสั่งให้เครื่องมือหยุดการเคลื่อนที่ชั่วคราวเป็นเวลา P ในหน่วยวินาที รหัสจี G04 นี้ใช้มากในงานของการเจาะเพื่อรอให้ดอกสว่านเจาะชิ้นงานให้เป็นรูปทรงที่ต้องการ



รูปที่ ข.5 การทำงานของรหัส G04

G20 Inch Unit

รูปแบบ N_ G20

G20 ใช้บอกกับเครื่องซีเอ็นซีว่าหน่วยการวัดที่ใช้หลังจากคำสั่งนี้เป็นหน่วยนิ้ว

G21 Inch Unit

รูปแบบ N_ G21

G21 ใช้บอกกับเครื่องซีเอ็นซีว่าหน่วยการวัดที่ใช้หลังจากคำสั่งนี้เป็นหน่วยเมตริกเช่น เมตร, มิลลิเมตร

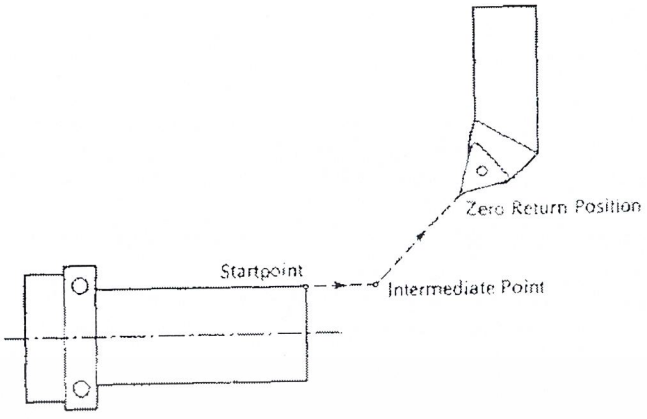
G28 Automatic Zero Return

รูปแบบ N_ G28 หรือ

N_ G28 X_ Y_ Z_

G28 ใช้สั่งให้เครื่องมือเคลื่อนที่โดยอัตโนมัติไปยังจุด Zero ที่ได้ตั้งไว้ก่อนแล้วหรือว่าเคลื่อนที่ไปยังจุดที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



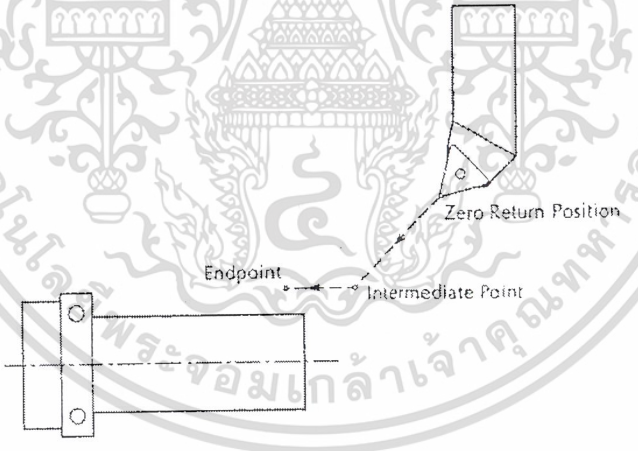
รูปที่ ข.6 การทำงานของรหัส G28

G29 Return From Zero Return Position

รูปแบบ N_ G29 หรือ

N_ G29 X_ Y_ Z_

G29 จะใช้หลังจาก G28 เพื่อนำเครื่องมือกลับมายังตำแหน่งเดิมก่อนที่จะใช้คำสั่ง G28 หรือมายังตำแหน่งที่กำหนดไว้



รูปที่ ข.7 การทำงานของรหัส G29

G40 Tool Nose Radius(TNR) Compensation Cancel

รูปแบบ N_ G40

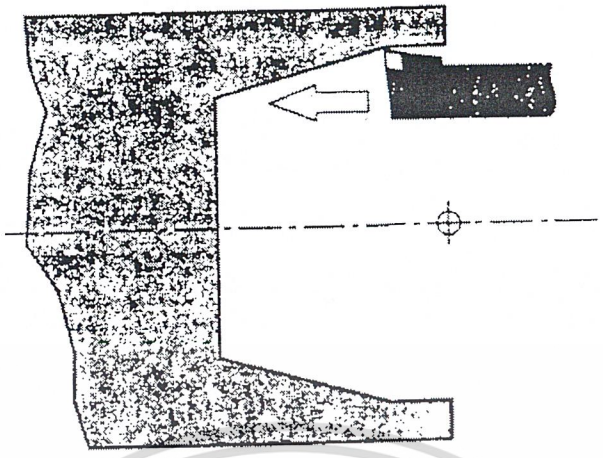
G40 ใช้ยกเลิกการชดเชยเครื่องมือทั้งหมด

G41 Tool Nose Radius Compensation Left

รูปแบบ N_ G41 X_

G41 ใช้บอกระยะชดเชยในทิศทางซ้ายมือเมื่อเทียบกับการเคลื่อนที่ของเครื่องมือโดยมีค่าเป็น X

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของ [illegible] ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.8 การทำงานของรหัส G41

G42 Tool Nose Radius Compensation Right

รูปแบบ N_ G42 Z_

G42 ใช้บอกระยะชดเชยในทิศทางขวามือเมื่อเทียบกับการเคลื่อนที่ของเครื่องมือ โดยมีค่าเป็น Z

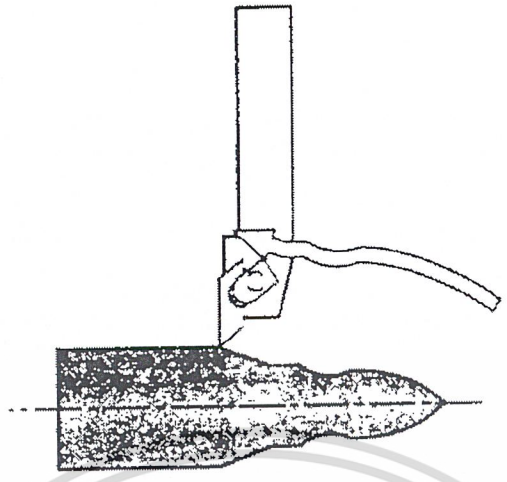
รูปที่ ข.9 การทำงานของรหัส G42

G70 Finishing Cycle

รูปแบบ N_ G70 P_ Q_

G70 ใช้สำหรับสั่งให้เครื่องมือเก็บงานตามพื้นผิวของชิ้นงานตามบล็อคของรหัสจีที่ได้ตั้งไว้หรือก็คือการกลึงละเอียด โดยตำแหน่งเริ่มต้นของบล็อคคือค่า P และจุดสิ้นสุดของบล็อคคือค่า Q

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.10 การทำงานของรหัส G70

G71 Turning Cycle

รูปแบบ N_ G71 P_ Q_ U_ W_ D_ F_

G71 เป็นคำสั่งที่ใช้สั่งให้เครื่องมือกัดชิ้นงาน โดยค่อยๆกินชิ้นงานลงไปในแนวแกน Z ตามพื้นผิวที่กำหนดอยู่ในบล็อคของรหัสจีที่ต้องการหรือก็คือการกลึงหยาบ การใช้ G71 นี้เหมาะสำหรับการกลึงหยาบที่ต้องการกัดเนื้อของชิ้นงานในแนวแกน Z มากกว่า ซึ่งมีรายละเอียดในการกัดชิ้นงานดังนี้

P จุดเริ่มต้นของบล็อค

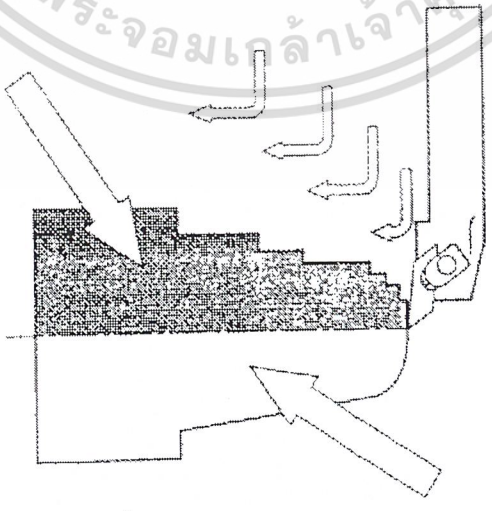
Q จุดสิ้นสุดของบล็อค

U ระยะที่จะเหลือชิ้นงานไว้สำหรับการกลึงละเอียดในแนวแกน X

W ระยะที่จะเหลือชิ้นงานไว้สำหรับการกลึงละเอียดในแนวแกน Z

D ระยะในการกัดชิ้นงานในแต่ละการเคลื่อนที่ของชิ้นงานแต่ละครั้ง

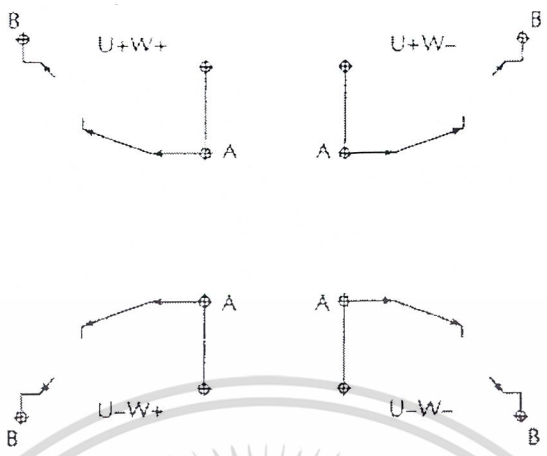
F ความเร็วในการเคลื่อนที่ของเครื่องมือ(Feed Rate)



รูปที่ ข.11 การทำงานของรหัส G71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับทิศทางของค่า U และ W มีการกำหนดดังนี้



รูปที่ ข.12 ค่า U และ W ที่มีผลต่อรหัส G71

G72 Rough Facing Cycle

รูปแบบ N_ G71 P_ Q_ U_ W_ D_ F_

G71 เป็นคำสั่งที่ใช้สั่งให้เครื่องมือกัดชิ้นงานโดยค่อยๆกินชิ้นงานลงไปในแนวแกน X ตามพื้นผิวที่กำหนดอยู่ในบล็อคของรหัสจีที่ต้องการหรือก็คือการกลึงหยาบ การใช้ G72 นี้เหมาะสำหรับการกลึงหยาบที่ต้องการกัดเนื้อของชิ้นงานในแนวแกน X มากกว่า ซึ่งมีรายละเอียดในการกัดชิ้นงานดังนี้

P จุดเริ่มต้นของบล็อค

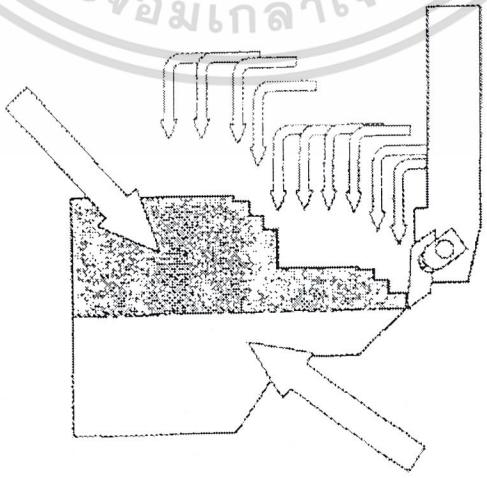
Q จุดสิ้นสุดของบล็อค

U ระยะที่จะเหลือชิ้นงานไว้สำหรับการกลึงละเอียดในแนวแกน X

W ระยะที่จะเหลือชิ้นงานไว้สำหรับการกลึงละเอียดในแนวแกน Z

D ระยะในการกัดชิ้นงานในแต่ละการเคลื่อนที่ของชิ้นงานแต่ละครั้ง

F ความเร็วในการเคลื่อนที่ของเครื่องมือ(Feed Rate)



รูปที่ ข.13 การทำงานของรหัส G72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

G74 Peck Drilling Cycle

รูปแบบ N_G74 X0 Z_ K_ F_

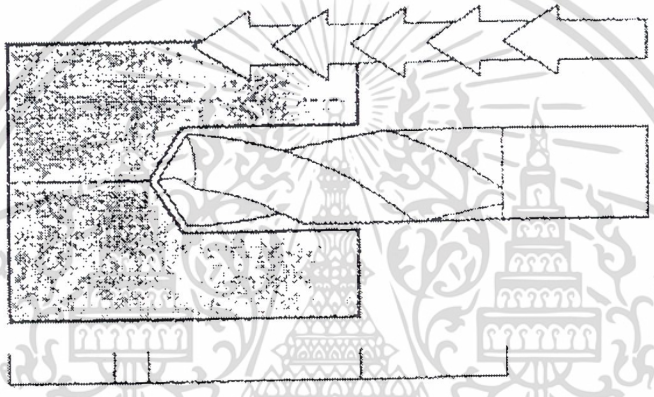
G74 ใช้สั่งให้เครื่องซีเอ็นซีเจาะชิ้นงานแบบค่อยๆเจาะเป็นระยะทางเล็กๆ โดยมีรายละเอียดของการเจาะดังนี้

X0 X จะมีค่าเป็น 0 เสมอ

Z ความลึกในการเจาะทั้งหมด

K ความลึกในการเจาะแต่ละครั้ง

F ความเร็วในการเจาะ(Feed Rate)



รูปที่ ข.14 การทำงานของรหัส G74

G75 Grooving Cycle

รูปแบบ N_ G75 X_ Z_ F_ D_ I_ K_

G75 ใช้ในการเซาะร่องเป็นความยาวค่าหนึ่งโดยมีการค่อย เซาะซึ่งมีรายละเอียดของการเซาะดังนี้

X เส้นผ่าศูนย์กลางของร่อง

Z ตำแหน่งสิ้นสุดของร่อง

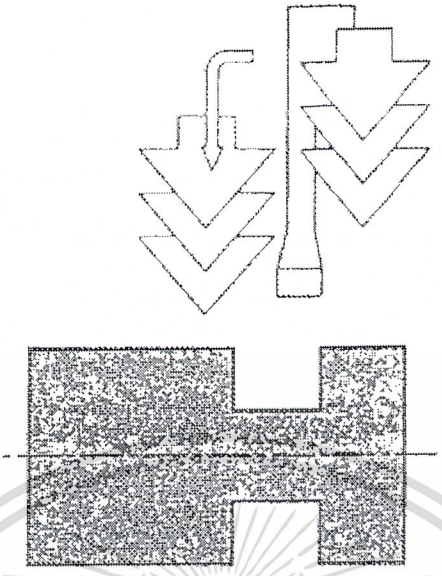
F ความเร็วในการเคลื่อนที่ของเครื่องมือ

D ความลึก(ไม่จำเป็นต้องมีก็ได้)

K ระยะการเคลื่อนที่ของเครื่องมือในแกน Z

I ระยะการเคลื่อนที่ของเครื่องมือในแกน X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.15 การทำงานของรหัส G75

G76 Threading Cycle

รูปแบบ N_ G76 X_ Z_ D_ K_ A_ F_

G76 ใช้ในการกลึงเกลียวตามรายละเอียดดังนี้

X เป็นเส้นผ่าศูนย์กลางของเกลียวด้านใน

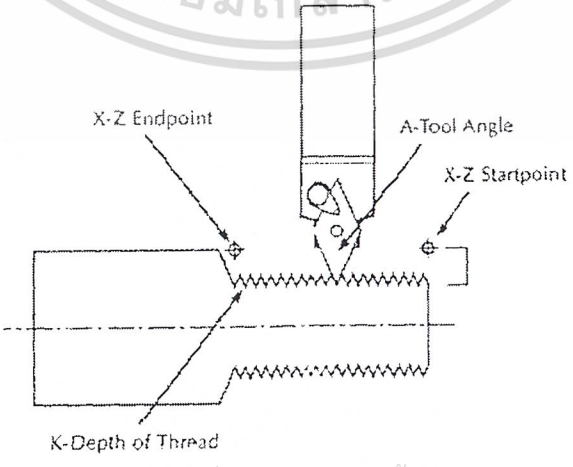
Z ตำแหน่งสิ้นสุดของเกลียว

D ความลึกในการกลึงเกลียวครั้งแรก ซึ่งตัวเครื่องซีเอ็นซีจะใช้ความลึกนี้ในการคำนวณหาจำนวนครั้งในการกลึง

K ความลึกของเกลียว

F ระยะความห่างระหว่างเกลียวหรือระยะ Pitch

A มุมของเกลียว(ขึ้นอยู่กับเครื่องมือ จึงไม่จำเป็นต้องใส่ก็ได้)



รูปที่ ข.16 การทำงานของรหัส G76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

G90 Absolute Positioning

รูปแบบ N_ G90

G90 ใช้ตั้งให้ระบบรับตำแหน่งโคออดิเนตแบบแอบโซลูต(Absolute) คือให้ตำแหน่งอ้างอิงกับจุดกำเนิด

G91 Incremental Positioning

รูปแบบ N_ G91

G90 ใช้ตั้งให้ระบบรับตำแหน่งโคออดิเนตแบบอินครีเมนทอล(Incremental) คือให้ตำแหน่งอ้างอิงกับจุดก่อนหน้า

G98 Linear Feedrate Per Time

รูปแบบ N_ G98

G98 ใช้สั่งว่าหน่วยความเร็วของเครื่องในการเคลื่อนที่ที่ใช้เป็นความเร็วเชิงเส้นต่อหน่วยเวลาเช่น วินาที

G99 Feedrate Per Revolution

รูปแบบ N_ G99

G99 ใช้สั่งว่าหน่วยความเร็วของเครื่องในการเคลื่อนที่ที่ใช้เป็นความเร็วต่อรอบการหมุน

2.2 รหัสเอ็มที่ใช้ในเครื่องกลึง

M00 Program Stop

รูปแบบ N_ M00

M00 ใช้สั่งให้เครื่องซีเอ็นซีหยุดทำงานชั่วคราวโดยจะรอรับอินพุทจากผู้ใช้ คำสั่ง M00 นี้จะปิดระบบควบคุมของเครื่องจักรทั้งหมด(มอเตอร์ ระบบระบายความร้อน และอุปกรณ์อื่นๆ)

M01 Optional Program Stop

รูปแบบ N_ M01

M01 จะเป็นคำสั่งที่สั่งให้เครื่องมือหยุดทำงานชั่วคราวแต่โปรแกรมจะหยุดการทำงานถ้าได้สวิตช์สำหรับ Optional Stop มีค่าเป็น ON เท่านั้น

M02 Program End

รูปแบบ N_ M02

M02 ใช้บอกเครื่องซีเอ็นซีว่าจบโปรแกรมหลักแล้ว ตัวเครื่องจะปิดอุปกรณ์ทั้งหมดและหยุดการทำงานของโปรแกรม โดยทั่วไป M02 จะอยู่ที่บรรทัดสุดท้ายของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M03 Spindle On Clockwise

รูปแบบ N_ M03 S_

M03 สั่งให้เครื่องซีเอ็นซีหมุนชิ้นงานในทิศทางตามเข็มนาฬิกาด้วยความเร็ว S ในหน่วยรอบต่อนาที (rpm)

M04 Spindle On Counterclockwise

รูปแบบ N_ M04 S_

M04 สั่งให้เครื่องซีเอ็นซีหมุนชิ้นงานในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาด้วยความเร็ว S ในหน่วยรอบต่อนาที **(rpm)**

M05 Spindle Stop

รูปแบบ N_ M05

M05 สั่งให้เครื่องซีเอ็นซีหยุดหมุนชิ้นงาน

M07 Coolant 1 On

รูปแบบ N_ M07

M07 สั่งให้เครื่องซีเอ็นซีเปิดวาล์วของท่อหล่อเย็นเบอร์ 1

M08 Coolant 2 On

รูปแบบ N_ M08

M08 สั่งให้เครื่องซีเอ็นซีเปิดวาล์วของท่อหล่อเย็นเบอร์ 2

M09 Coolant Off

รูปแบบ N_ M09

M09 สั่งให้เครื่องซีเอ็นซีปิดวาล์วของท่อหล่อเย็นทั้งหมด

M30 End of Program, Reset To Start

รูปแบบ N_ M30

M30 เป็นคำสั่งบอกว่าจบการทำงานของโปรแกรมและรออินพุทจากผู้ใช้เพื่อรอทำงานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

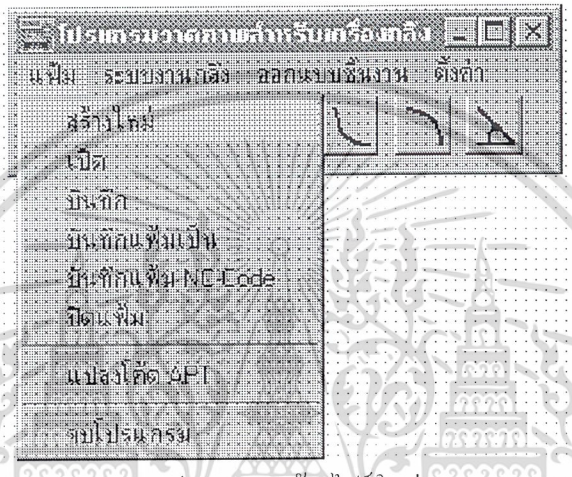
ภาคผนวก ค.

คู่มือการใช้งานซอฟต์แวร์ NC-Code Generator

3.1 คู่มือการใช้งานซอฟต์แวร์ Symbolic APT

1. การสร้างไฟล์ใหม่

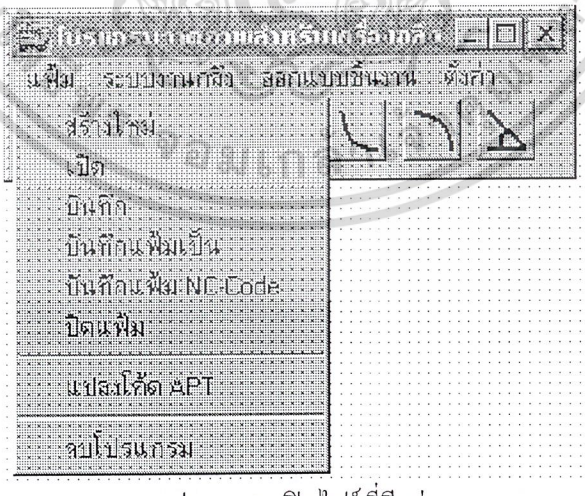
คลิกที่เมนูแฟ้ม/สร้างใหม่



รูป ค.1 เมนูสร้างไฟล์ใหม่

2. การเปิดไฟล์

คลิกที่เมนูแฟ้ม/เปิด

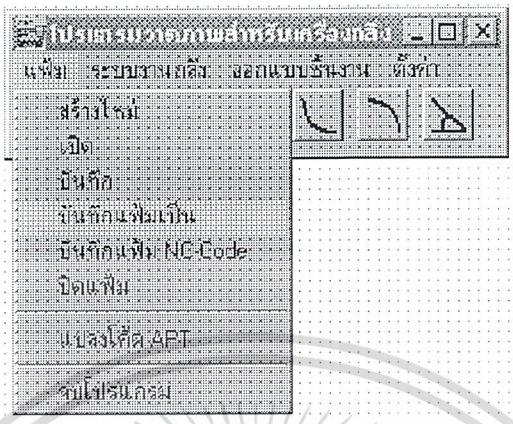


รูป ค.2 เมนูเปิดไฟล์ที่มีอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

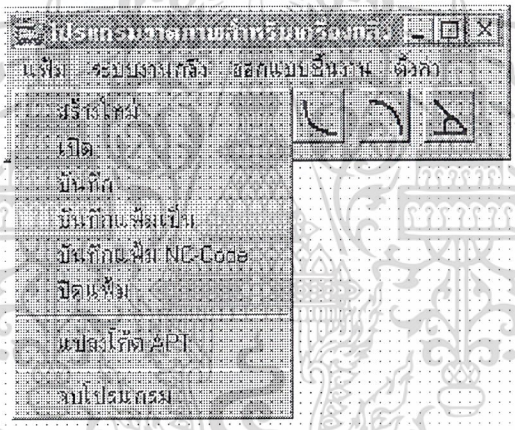
3. การบันทึกไฟล์

คลิกที่เมนูแฟ้ม/บันทึก



รูป ค.3 เมนูบันทึกแฟ้ม

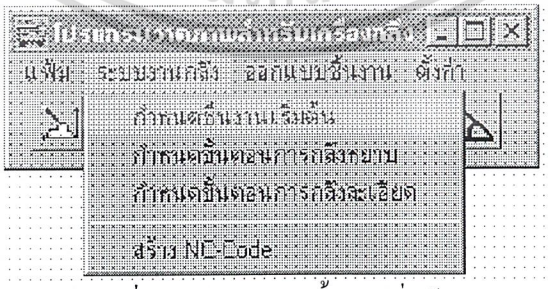
หรือคลิกที่เมนูแฟ้มบันทึกแฟ้มเป็น



รูป ค.4 เมนูบันทึกแฟ้มเป็น

4. การกำหนดขนาดชิ้นงาน

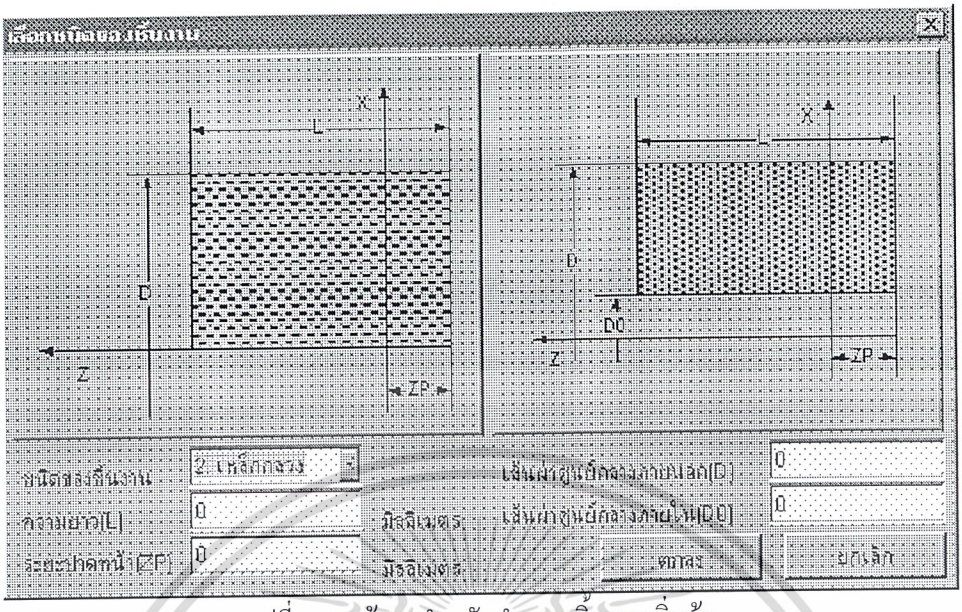
คลิกที่เมนูระบบงานกลึง/กำหนดชิ้นงานเริ่มต้น



รูปที่ ค.5 เมนูกำหนดชิ้นงานเริ่มต้น

จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างขึ้นมาก็ให้เลือกชนิดของชิ้นงานคือว่าจะเป็นทรงกระบอกตันหรือทรงกระบอกกลาง จากนั้นก็ใส่ความยาว, ระยะปาดหน้า, เส้นผ่าศูนย์กลางและถ้าเลือกเป็นทรงกระบอกกลวงก็ต้องใส่เส้นผ่าศูนย์กลางภายในด้วย เมื่อใส่ข้อมูลที่จำเป็นทั้งหมดแล้วก็ให้กดปุ่มตกลง

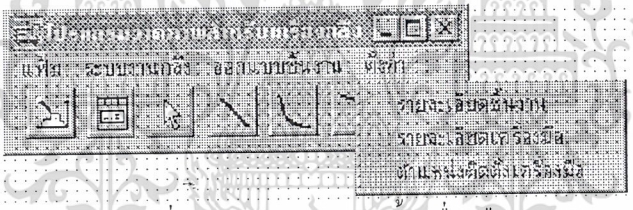
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.6 หน้าจอสำหรับกำหนดชิ้นงานเริ่มต้น

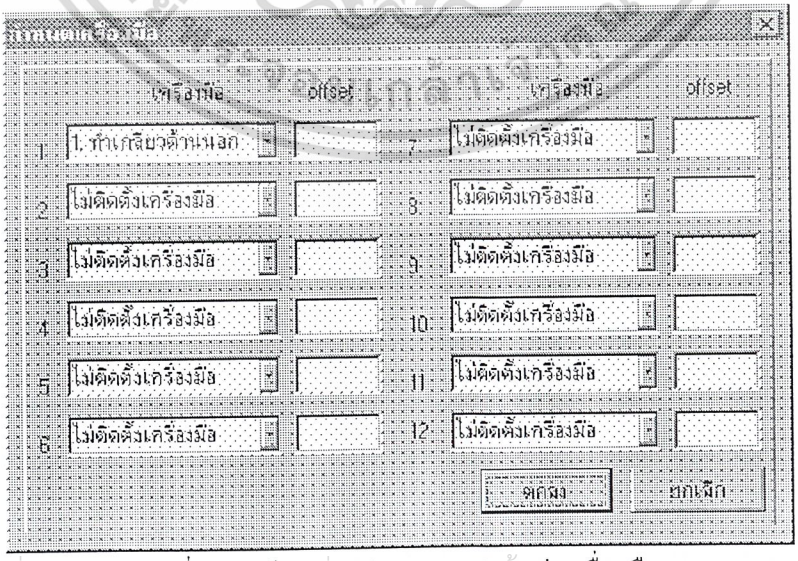
5. กำหนดการตำแหน่งเครื่องมือบนเครื่องจักรซีเอ็นซี

คลิกที่เมนูตั้งค่า/ตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือ



รูปที่ ค.7 เมนูตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือ

จากนั้นก็จะมีหน้าต่างปรากฏขึ้นมาให้เลือกชนิดเครื่องมือที่จะติดตั้งกับป้อมมีดโดยมีป้อมมีดให้เลือกทั้งหมด 12 ป้อมมีด เมื่อตั้งค่าตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือเสร็จเรียบร้อยแล้วก็กดปุ่มตกลง

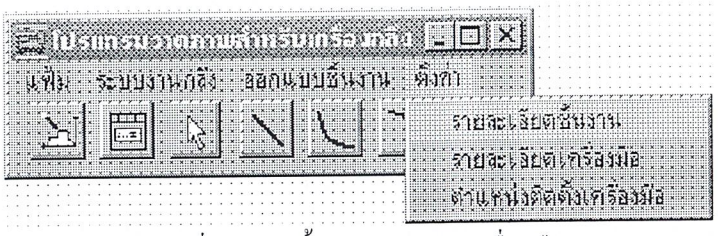


รูปที่ ค.8 หน้าจอสำหรับกำหนดตำแหน่งเครื่องมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การบันทึกข้อมูลพื้นฐานของชิ้นงาน

คลิกที่เมนูตั้งค่า/รายละเอียดชิ้นงาน



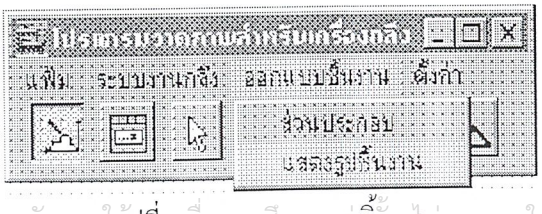
รูปที่ ค.9 เมนูตั้งค่ารายละเอียดเครื่องมือ

จากนั้นก็จะมีหน้าต่างปรากฏขึ้นมาให้กรอกรายละเอียดของเครื่องมือคือ ชื่อชิ้นงาน, หมายเลขชิ้นงาน, วันเดือนปีที่สร้างหรือแก้ไขชิ้นงาน เมื่อใส่ข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้วก็กดปุ่มตกลง

รูปที่ ค.10 หน้าจอสำหรับตั้งค่ารายละเอียดชิ้นงาน

7. การวาดชิ้นงาน

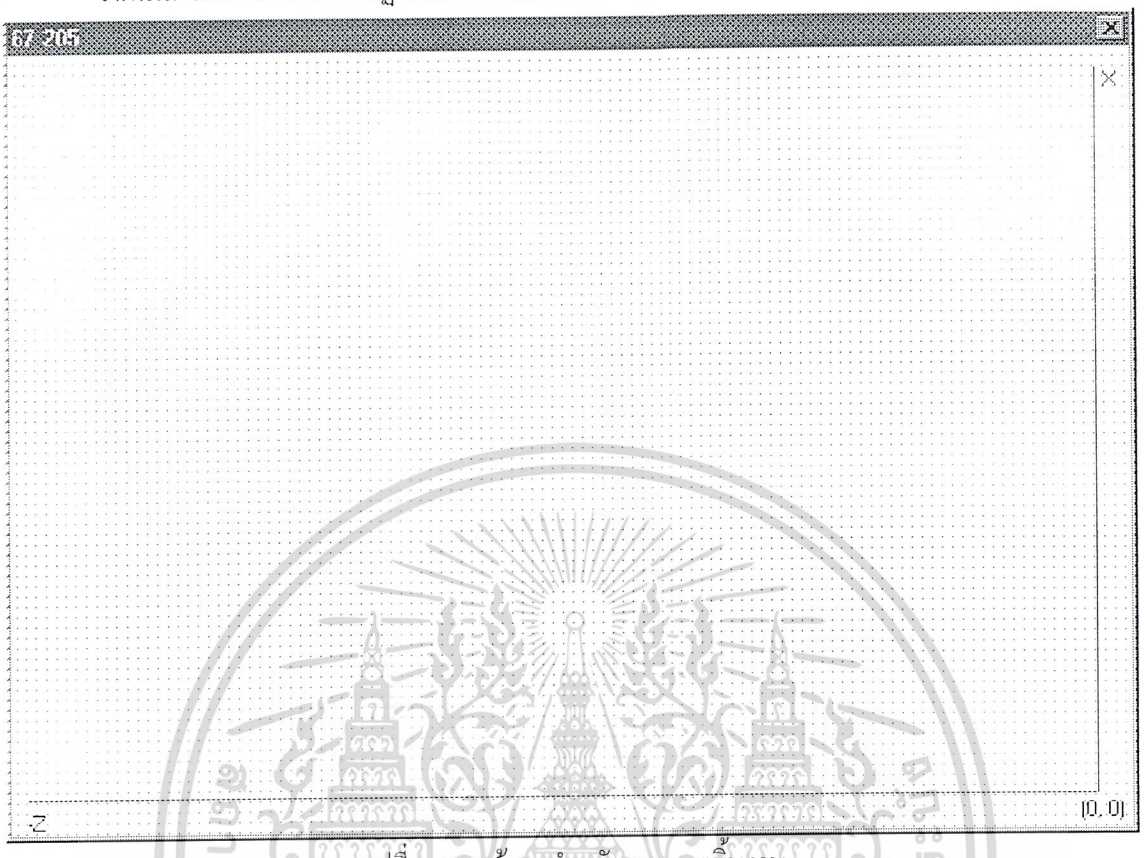
คลิกที่เมนูออกแบบชิ้นงาน/ส่วนประกอบหรือคลิกที่ปุ่ม



รูปที่ ค.11 เมนูออกแบบชิ้นงาน

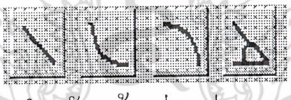
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นก็จะมีหน้าต่างปรากฏขึ้นมาให้วาดภาพชิ้นงาน



รูปที่ ค.12 หน้าจอสำหรับวาดภาพชิ้นงาน

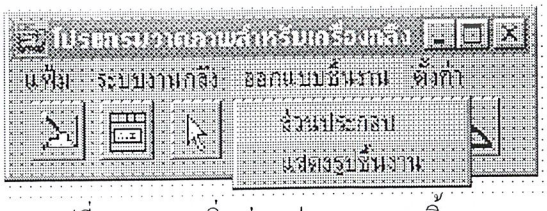
โดยผู้ใช้สามารถวาดภาพได้โดยคลิกที่ปุ่มเลือกเครื่องมือในการวาดภาพที่ประกอบไปด้วยเส้นตรง, เส้นโค้งเข้า/โค้งออกและส่วนลบคม



รูปที่ ค.13 ปุ่มสำหรับสร้างส่วนประกอบของชิ้นงาน

8. การเพิ่มเส้นตรง

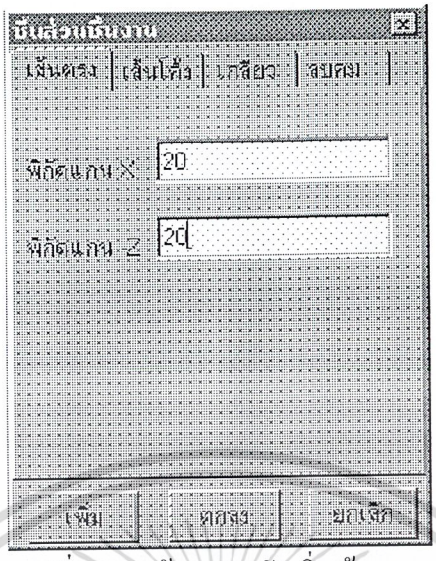
คลิกที่เมนูออกแบบชิ้นงาน/ส่วนประกอบหรือคลิกที่ปุ่ม



รูปที่ ค.14 เมนูเพิ่มส่วนประกอบของชิ้นงาน

จากนั้นก็จะมีหน้าต่างแสดงส่วนประกอบขึ้นมาก็ให้เลือกที่เส้นตรงจากนั้นก็ใส่พิกัด X และ –Z ลงไป เมื่อใส่ข้อมูลเสร็จแล้วก็กดปุ่มเพิ่ม

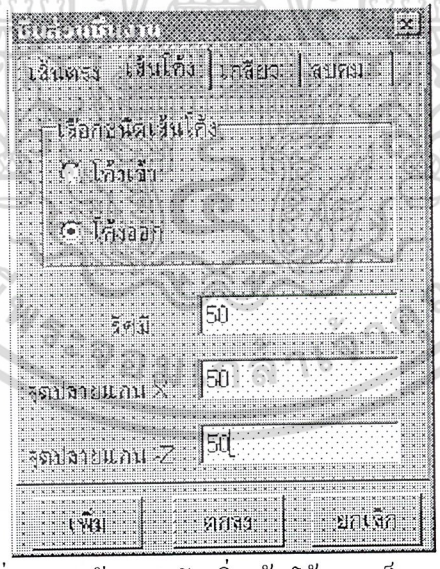
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.15 หน้าจอสำหรับเพิ่มเส้นตรง

9. การเพิ่มเส้นโค้งตามเข็มนาฬิกา

คลิกที่เมนูออกแบบชิ้นงาน/ส่วนประกอบหรือคลิกที่ปุ่ม จากนั้นเลือกที่เส้น โค้งเลือกที่เส้นโค้งออก จากนั้นใส่ค่ารัศมี, จุดปลายแกน X และจุดปลายแกน –Z เมื่อใส่ข้อมูลเสร็จแล้วก็กดปุ่มเพิ่ม

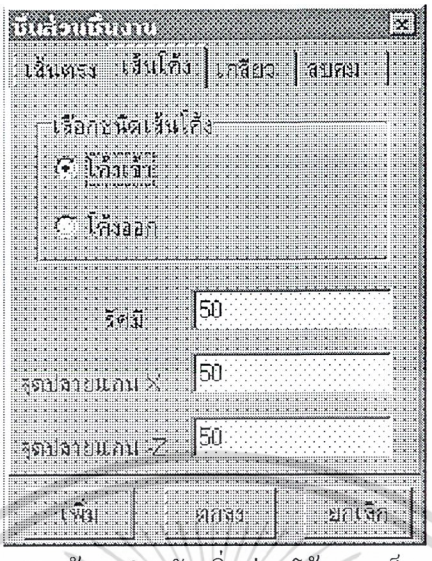


รูปที่ ค.16 หน้าจอสำรับเพิ่มเส้นโค้งตามเข็มนาฬิกา

10. การเพิ่มเส้นโค้งทวนเข็มนาฬิกา

คลิกที่เมนูออกแบบชิ้นงาน/ส่วนประกอบหรือคลิกที่ปุ่ม จากนั้นเลือกที่เส้น โค้งเลือกที่เส้นโค้งเข้าจากนั้นใส่ค่ารัศมี, จุดปลายแกน X และจุดปลายแกน –Z เมื่อใส่ข้อมูลเสร็จแล้วก็กดปุ่มเพิ่ม

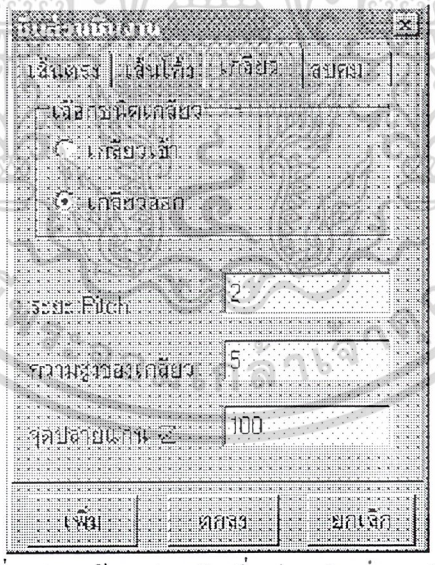
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.17 หน้าจอสำหรับเพิ่มส่วนโค้งทวนเข็มนาฬิกา

11. การเพิ่มเกลียว

คลิกที่เมนูออกแบบชิ้นงาน/ส่วนประกอบหรือคลิกที่ปุ่ม จากนั้นเลือกที่เกลียวจากนั้นเลือกชนิดของเกลียวคือเกลียวเข้าและเกลียวออก, ใส่ค่าระยะ Pitch, ความสูงของเกลียวและจุดปลายแกน –Z เมื่อใส่ข้อมูลเสร็จแล้วก็กดปุ่มเพิ่ม

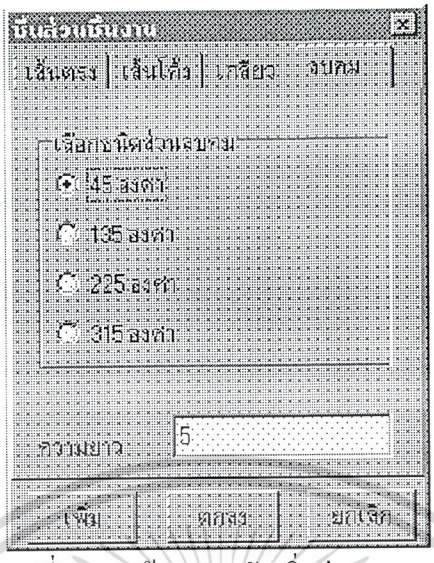


รูปที่ ค.18 หน้าจอสำหรับเพิ่มส่วนประกอบเกลียว

12. การเพิ่มส่วนลบคม

คลิกที่เมนูออกแบบชิ้นงาน/ส่วนประกอบหรือคลิกที่ปุ่ม จากนั้นเลือกที่ส่วนลบคมและเลือกมุมของส่วนลบคมที่ทำกับแกน Z คือ 45, 135, 255 และ 315 องศาและใส่ความยาวของส่วนลบคมตามแนวแกน Z เมื่อใส่ข้อมูลเสร็จแล้วก็กดปุ่มเพิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



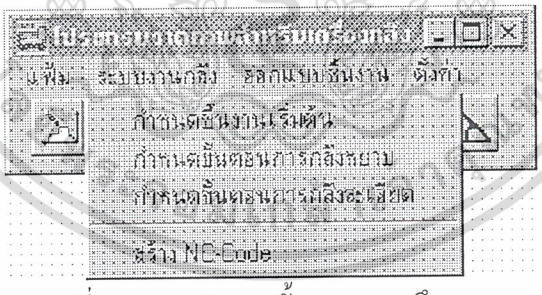
รูปที่ ค.19 หน้าจอสำหรับเพิ่มส่วนลบคม

13. การแก้ไขข้อมูลของส่วนประกอบ

ให้คลิกเลือกชิ้นส่วนที่ต้องการแก้ไขจากหน้าต่างสำหรับวาดภาพชิ้นงานจากนั้นกดปุ่ม โปรแกรมก็จะแสดงหน้าต่างส่วนประกอบชิ้นงานขึ้นมา ก็ให้แก้ไขข้อมูลตามที่ต้องการเมื่อแก้ไขข้อมูลเสร็จแล้วก็ให้กดปุ่มตกลง

14. การกำหนดขั้นตอนการกลึงหยาบ

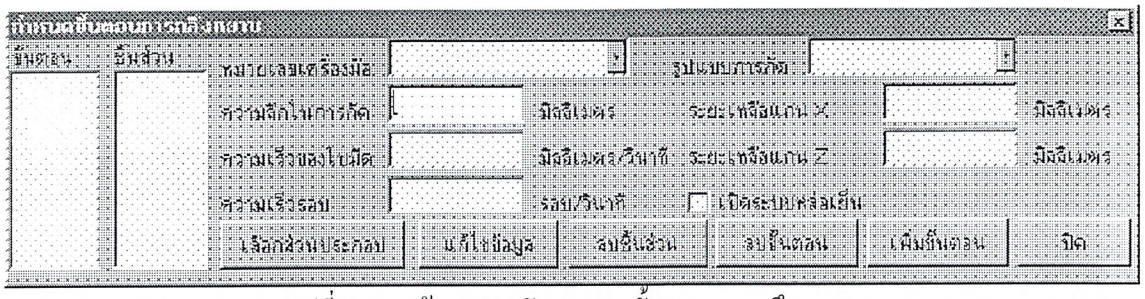
คลิกที่เมนูระบบงานกลึง/กำหนดขั้นตอนการกลึงหยาบ



รูปที่ ค.20 เมนูกำหนดขั้นตอนการกลึงหยาบ

14.1 การเพิ่มขั้นตอนการกลึงหยาบ หลักจากที่เรียกเมนูระบบงานกลึง/กำหนดขั้นตอนการกลึงหยาบแล้วโปรแกรมก็จะแสดงหน้าต่างสำหรับกำหนดขั้นตอนการกลึงหยาบ โดยขั้นแรกผู้ใช้ต้องเลือกหมายเลขของเครื่องมือที่ใช้, ใส่ค่าความลึกในการกัด, ความเร็วของใบมีด, ความเร็วรอบ, เลือกรูปแบบการกัดใส่ค่าระยะเหลือในแกน X และแกน –Z และถ้าต้องการเปิดระบบหล่อเย็นก็ให้เลือกเปิดระบบหล่อเย็น

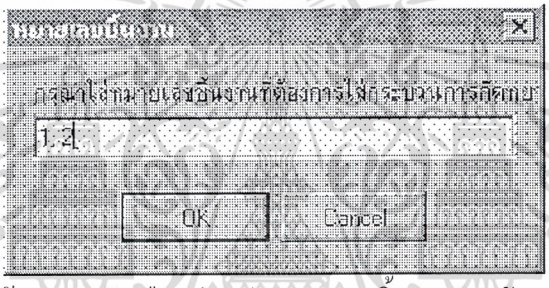
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.21 หน้าจอสำหรับกำหนดขั้นตอนการกลึงหยาบ

เมื่อใส่ข้อมูลเสร็จแล้วก็กดปุ่มเพิ่มขั้นตอน ขั้นตอนที่กำหนดไว้ก็จะไปปรากฏอยู่ในรายการขั้นตอน

14.2 การเพิ่มส่วนประกอบสำหรับขั้นตอนการกลึงหยาบ จากนั้นก็จะต้องเลือกชิ้นส่วนที่จะดำเนินการกลึงตามขั้นตอนที่ต้องการ โดยทำได้สองแบบแบบแรกคือคลิกเลือกที่รูปภาพแล้วกดปุ่มเลือกส่วนประกอบก็จะมีหน้าต่างขึ้นมาให้ถามว่าชิ้นส่วนที่ต้องการเลือกถูกต้องหรือไม่ถ้าถูกต้องก็กดปุ่ม OK เสร็จแล้วส่วนประกอบที่เลือกไว้ก็จะมาปรากฏอยู่ในรายการชิ้นส่วน



รูปที่ ค.22 หน้าจอสำหรับเลือกส่วนประกอบของชิ้นงานสำหรับการกลึงหยาบ

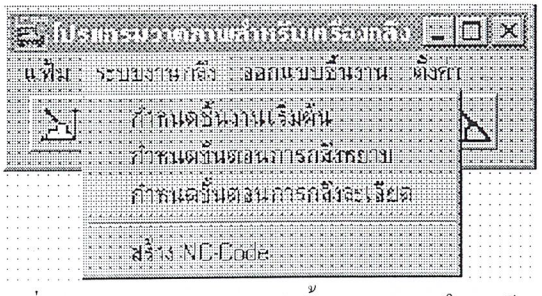
14.3 การแก้ไขข้อมูลกระบวนการกลึงหยาบ ให้คลิกเลือกหมายเลขกระบวนการที่ต้องการแก้ไขที่รายการขั้นตอน จากนั้นก็แก้ไขข้อมูลที่ต้องการและกดปุ่มแก้ไขข้อมูล

14.4 การลบชิ้นส่วนในขั้นตอนการกลึงหยาบ ให้เลือกส่วนประกอบที่ต้องการลบออกจากรายการชิ้นส่วนแล้วกดปุ่มลบชิ้นส่วน

14.5 การลบขั้นตอนกระบวนการกลึงหยาบ ให้คลิกเลือกหมายเลขกระบวนการที่ต้องการลบที่รายการขั้นตอน จากนั้นก็กดปุ่มลบขั้นตอน

15. การกำหนดขั้นตอนการกลึงละเอียด

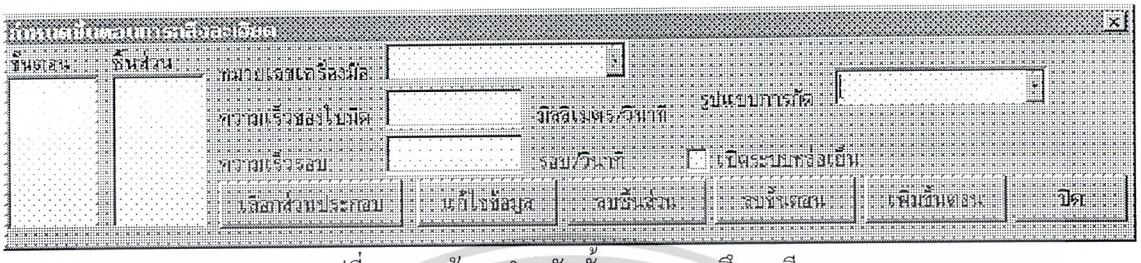
คลิกที่เมนูระบบงานกลึง/กำหนดขั้นตอนการกลึงละเอียด



รูปที่ ค.23 เมนูสำหรับกำหนดขั้นตอนการกลึงละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

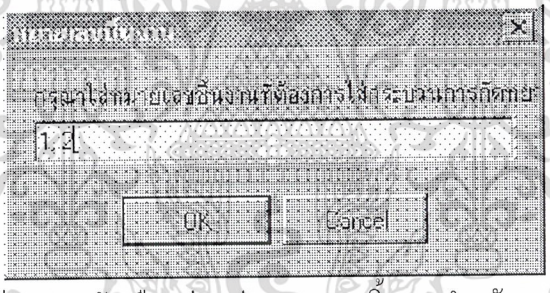
15.1 การเพิ่มขั้นตอนการกลึงละเอียด หลักจากที่เรียกเมนูระบบงานกลึง/กำหนดขั้นตอนการกลึงละเอียดแล้วโปรแกรมก็จะแสดงหน้าต่างสำหรับกำหนดขั้นตอนการกลึงละเอียดโดยขั้นแรกผู้ใช้ต้องเลือกหมายเลขของเครื่องมือที่ใช้, ใส่ค่าความลึกในการกัด, ความเร็วของใบมีด, ความเร็วรอบ, เลือกรูปแบบการกัดและถ้าต้องการเปิดระบบหล่อเย็นก็ให้เลือกเปิดระบบหล่อเย็น



รูปที่ ค.24 หน้าจอสำหรับขั้นตอนการกลึงละเอียด

เมื่อใส่ข้อมูลเสร็จแล้วก็กดปุ่มเพิ่มขั้นตอน ขั้นตอนที่กำหนดไว้ก็จะไปปรากฏอยู่ในรายการขั้นตอน

15.2 การเพิ่มส่วนประกอบสำหรับขั้นตอนการกลึงละเอียด จากนั้นก็จะต้องเลือกชิ้นส่วนที่จะดำเนินการกลึงตามขั้นตอนที่ต้องการ โดยทำได้สองแบบแบบแรกคือคลิกเลือกที่รูปภาพแล้วกดปุ่มเลือกส่วนประกอบก็จะมีหน้าต่างขึ้นมาให้ถามว่าชิ้นส่วนที่ต้องการเลือกถูกต้องหรือไม่ถ้าถูกต้องก็กดปุ่ม OK เสร็จแล้วส่วนประกอบที่เลือกไว้ก็จะมาปรากฏอยู่ในรายการชิ้นส่วน



รูปที่ ค.25 หน้าจอสำหรับเลือกส่วนประกอบของชิ้นงานสำหรับการกลึงละเอียด

15.3 การแก้ไขข้อมูลกระบวนการกลึงละเอียด ให้คลิกเลือกหมายเลขกระบวนการที่ต้องการแก้ไขที่รายการขั้นตอน จากนั้นก็แก้ไขข้อมูลที่ต้องการและกดปุ่มแก้ไขข้อมูล

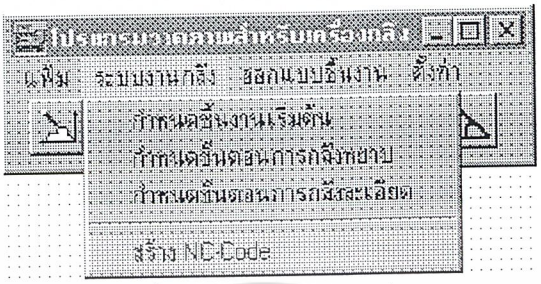
15.4 การลบชิ้นส่วนในขั้นตอนการกลึงละเอียด ให้เลือกส่วนประกอบที่ต้องการลบออกจากรายการชิ้นส่วนแล้วกดปุ่มลบชิ้นส่วน

15.5 การลบขั้นตอนกระบวนการกลึงละเอียด ให้คลิกเลือกหมายเลขกระบวนการที่ต้องการลบที่รายการขั้นตอน จากนั้นก็กดปุ่มลบขั้นตอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

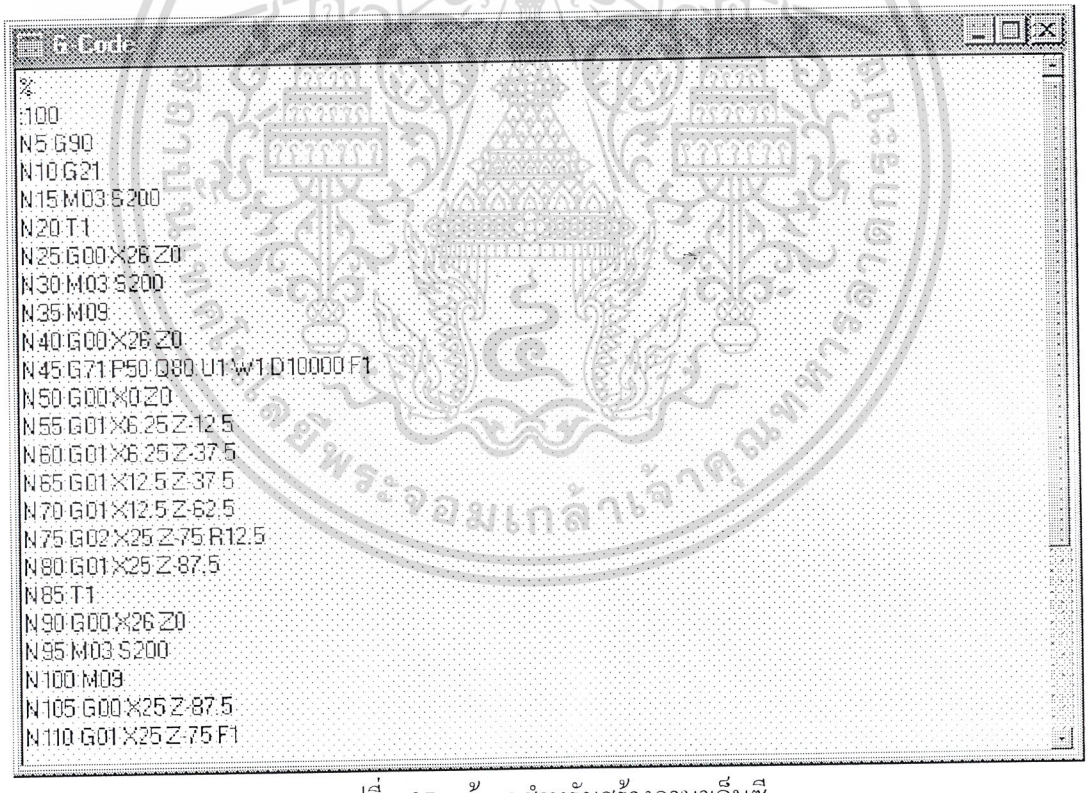
16. การสร้างไฟล์ภาษาเอ็นซี

คลิกที่เมนูระบบงานกลึง/สร้าง NC-Code



รูปที่ ค.26 เมนูสร้างภาษาเอ็นซี

ถ้าได้กำหนดขั้นตอนการกลึงหยาบและกลึงละเอียดเรียบร้อยแล้วโปรแกรมก็จะแสดงหน้าต่างของภาษาเอ็นซีขึ้นมา

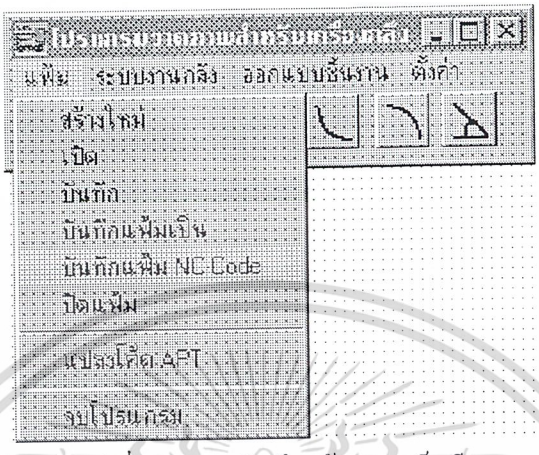


รูปที่ ค.27 หน้าจอสำหรับสร้างภาษาเอ็นซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17. การบันทึกแฟ้มภาษาเอ็นซี

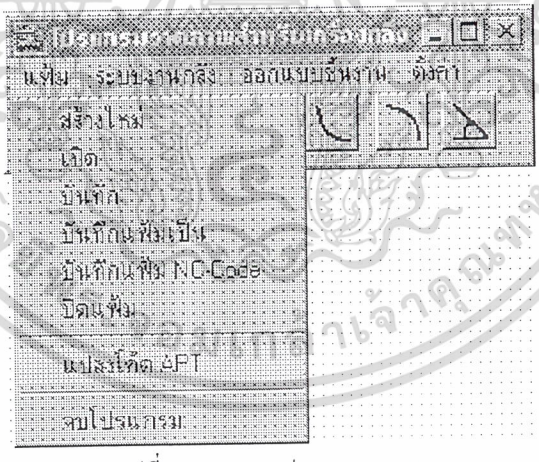
คลิกที่เมนูแฟ้ม/บันทึกแฟ้ม NC-Code



รูปที่ ค.28 เมนูบันทึกแฟ้มภาษาเอ็นซี

3.2 การแปลงภาษา APT เป็นภาษาเอ็นซี

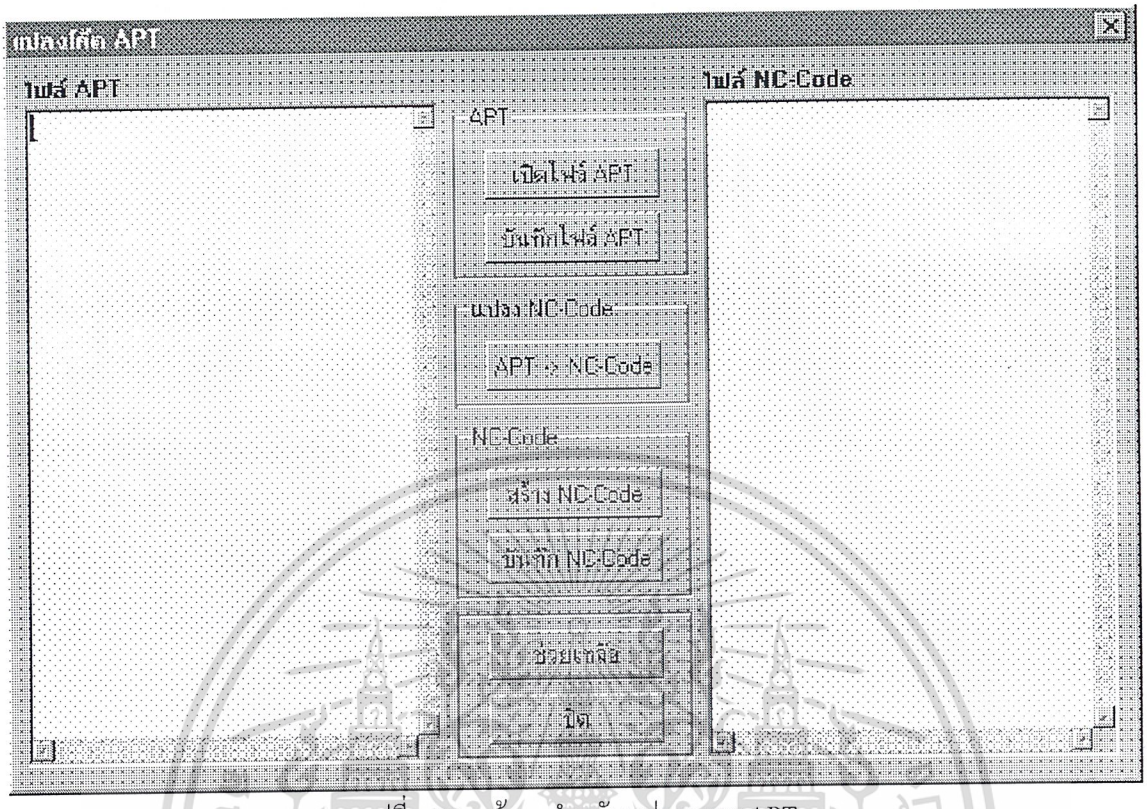
คลิกที่เมนูแฟ้ม/แปลงภาษา APT



รูปที่ ค.29 เมนูแปลงภาษา APT

จากนั้นโปรแกรมก็จะแสดงหน้าต่างสำหรับการแปลงภาษา APT ขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.30 หน้าจอสำหรับแปลงภาษา APT

1. การเปิดไฟล์ APT

คลิกที่ปุ่ม เปิดไฟล์ APT

2. การแปลงไฟล์ APT

คลิกที่ปุ่ม APT-> NC-Code

3. การบันทึกไฟล์ภาษาเอ็นซี

คลิกที่ปุ่มบันทึก NC-Code

4. การบันทึกไฟล์ APT

คลิกที่ปุ่มบันทึกไฟล์ APT

5. การเปิดดูภาษา APT ที่ตัวโปรแกรมสนับสนุน

คลิกที่ปุ่มช่วยเหลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] จงกล งามวิวิทย์, *"การควบคุมเชิงตัวเลข"*, ตำราชุดวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[2] Al Kelley / Ira Pohl : *"A Book on C Third Edition"*, The Benjamin Cummings Publishing Company, Inc., Redwood City, California, USA.

[3] *"Turbo C 2.0 Reference and User's Guide"*, Technical Support Department, Borland International Scotts Valley, CA, USA.

[4] *"FANUC SYSTEM P series Symbolic FAPT MILL/CUT OPERATOR'S MANUAL"*, Fanuc Ltd.

[5] *"FANUC SYSTEM 10T-F OPERATOR'S MANUAL"*, Fanuc Ltd.

[6] G.W. Vickers/M.LY/R.G. Oetter : *"NUMERICALLY CONTROLLED MACHINE TOOLS"*, ELLIS HORWOOD, Newyork.

[7] Seth Bergmann (1994) : *"COMPILER DESIGN Theory, Tools, and Example"*, Wm. C. Brown Communications, Inc.

[8] Jim Holmes : *"OBJECT-ORIENTED COMPILER CONSTRUCTION"*, Prentice-Hall International, Inc., EngleWood Cliffs, New Jersey, USA

[9] John R. Levine/Tony Mason/Doug Brown : *"lex & yacc"*, O'Reilly & Associates, Inc., A Sebastopol, CA, USA.

[10] Yan Luo : *"PCYACC OBJECT ORIENTED TOOLKIT"*, Abraxas Software Inc., Portland, OR, USA.

[11] *"Generating Lexical Scanners with PCLEX"*, Abraxas Software Inc., Portland, Oregon, USA.

[12] *"COMPILER CONSTRUCTION ON PERSONAL COMPUTERS(WITH PCYACC)"*, Abraxas Software Inc., Portland, OR, USA.

[13] S.C. Jonathan Lin : *"Computer Numerical Control From Programming to Networking"*, Delmar Publishers Inc., New York, USA.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้