หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ครองพล จงตระกูล, เสถียรพงศ์ หุยะนันท์ และ เหล็ก ดาวเรือง. *การเชื่อมต่อเครื่องจักรอัตโนมัติซีเอ็นซีเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์.* วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมระบบควบคุม ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2534

สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงาน กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน กระทรวงมหาดไทย. *คู่มือการฝึกอบรมหลักสูตร CNC LATHE (1).* 2536

อำไพ พรประเสริฐกุล. *การวิเคราะห์และออกแบบระบบ.* ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ.

ภาษาอังกฤษ

David Gibbs. *An Introduction to CNC Machining.* :Cassell ,1984

Mak, Ronald. *Writing compilers and interpreters: an applied approach.* :John Wiley & Sons, Inc. ,1994

Nakamura-Tome Precision Industry Co., Ltd..*Programming Manual TMC Series with FANUC-0T. 10T. 11T. 15T* .1993

Robert A. DelRossi. C++ Programming Tools. *Software Development Magazine.* ,August 1999

Programming Manual for MORI FANUC 6T

S.F.Krar, J.W.Oswald, J.E.St.Amand. *Technology of machine tools.* :Mc Graw-Hill Company of Canada Limited., 1969

Web Page

MMS online: Better Production – Shop Students Learn CNC Programming On Windows-Based PCs. *http://www.mmsonline.com/articles/0197bp1.html* ,January 1997.

MMS online: Better Production - Teach-In CNC Lathes Improve Shop Productivity. *http://www.mmsonline.com/articles/0599bp5.html* ,May 1999.

Borland C++ Builder White Paper: Four reasons why every Visual C++ developer should own Borland C++ Builder ™ 4. *http://www.borland.com/bcppbuilder/papers/cb4comp/* ,1999.

ภาคผนวก ก.

การเขียนชุดรหัสสั่งการทำงาน

ระบบการอ้างอิงตำแหน่ง

การอ้างอิงตำแหน่งในเครื่องซีเอ็นซีแบ่งเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่

การอ้างอิงแบบสัมบูรณ์ (Absolute Reference) เป็นการอ้างอิงตำแหน่งโดยการบอกพิกัดแน่นอนเทียบกับจุดอ้างอิงเดียวกัน ใช้ตัวแปร 3 ตัวสำหรับการเคลื่อนที่ 3 แกนคือ X เพื่ออ้างอิงตำแหน่งในแนวรัศมี Z อ้างอิงตำแหน่งตามแนวยาวของชิ้นงาน และ C อ้างอิงองศาการหมุนของหัวจับชิ้นงาน

การอ้างอิงแบบบวกเพิ่ม (Increment Reference) ใช้ตำแหน่งปัจจุบันของหัวตัดเป็นตำแหน่งอ้างอิงให้กับการเคลื่อนที่ครั้งต่อไป ใช้ตัวแปร 3 ตัวสำหรับการเคลื่อนที่ 3 แกนคือ U เพื่ออ้างอิงตำแหน่งในแนวรัศมี W อ้างอิงตำแหน่งตามแนวยาวของชิ้นงาน และ H อ้างอิงองศาการหมุนของหัวจับชิ้นงาน

ระบบการระบุค่าของพิกัด

การระบุค่าของพิกัดในเครื่องซีเอ็นซีแบ่งเป็น 2 ระบบ ได้แก่

การระบุค่าของพิกัดในระบบเมตริก หน่วยที่ใช้เป็น 0.001มิลลิเมตร รูปแบบของการระบุค่าคือ xxxxx.xx เช่นการระบุค่าของ 154 ม.ม. สามารถเขียนได้ดังนี้ 154.00 หรือ 154.0 หรือ 154. หรือ 154000 เป็นต้น

การระบุค่าของพิกัดในระบบอังกฤษ หน่วยที่ใช้เป็น 0.0001นิ้ว รูปแบบของการระบุค่าคือ xxxx.xxxx เช่นการระบุค่าของ 18.3 นิ้ว สามารถเขียนได้ดังนี้ 18.3000 หรือ 18.300 หรือ 18.30 หรือ 18.3 หรือ 183000 เป็นต้น

ระบบการระบุค่าความเร็วในการป้อนชิ้นงาน

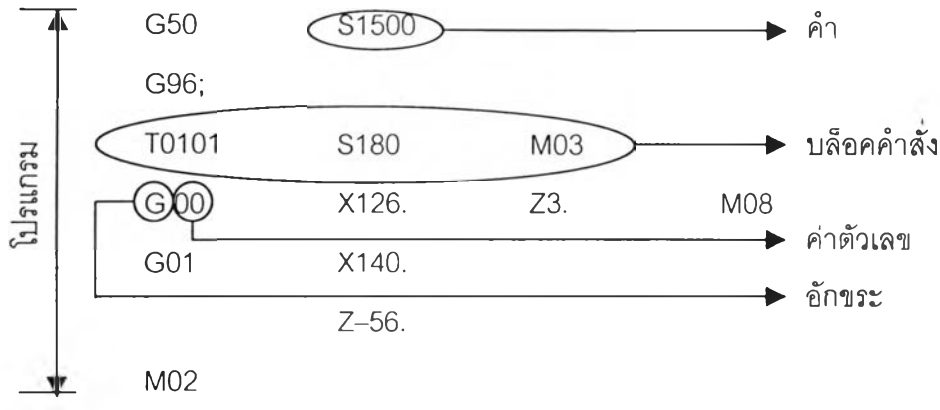
การระบุค่าความเร็วในการป้อนชิ้นงานแบ่งเป็น 2 ระบบได้แก่

การระบุค่าความเร็วในการป้อนชิ้นงานสัมพันธ์กับความเร็วรอบของการหมุนของชิ้นงาน (Synchronous feed) จะมีหน่วยเป็น ม.ม. /รอบ หรือ นิ้ว/รอบ

การระบุค่าความเร็วในการป้อนชิ้นงานสัมพันธ์กับเวลา (Asynchronous feed) มีหน่วยเป็น ม.ม. /นาที หรือ นิ้ว/นาที

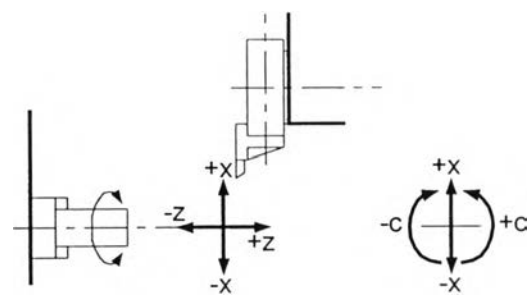
<u>รูปแบบของโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องซีเอ็นซี</u>

โปรแกรม คือ ชุดคำสั่งที่ป้อนให้แก่เครื่องซีเอ็นซี เพื่อให้เครื่องซีเอ็นซีทำงานตามที่ผู้เขียนโปรแกรมต้องการ โดยแต่ละบรรทัดในโปรแกรมเรียกว่า บล็อกคำสั่ง(Block) และแต่ละบล็อกคำสั่งประกอบด้วยคำ(Word)และสัญลักษณ์จบบล็อก(End of Block) โดยในแต่ละคำจะประกอบด้วยอักขระ(Character) และค่าตัวเลข(Numerical Value) ซึ่งแสดงได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้



โดยที่สัญลักษณ์จบบล็อกคือ การขึ้นบรรทัดใหม่

<u>การระบุเครื่องหมายการอ้างอิงการพิกัดในแกนต่างๆ</u>



รูปที่ ก.1 แสดงเครื่องหมายการอ้างอิงพิกัดในแกนต่างๆ

<u>การระบุเลขที่โปรแกรม</u>

ระบุด้วยตัวเลข 4 หลักตามหลัง อักขระ O เช่น O0001 โดยเลขที่ของโปรแกรมต้องไม่เป็นศูนย์

การระบุลำดับในโปรแกรม

ระบุด้วยตัวเลข 1 – 9999 ตามหลัง อักขระ N เพื่อใช้อ้างอิงในการพูดถึงคำสั่งในแต่ละส่วน โดยอาจระบุเฉพาะที่จุดสำคัญของโปรแกรม ไม่จำเป็นต้องกำหนดในทุกบรรทัดของโปรแกรม

อักขระในเครื่องกลึงซีเอ็นซีตัวอย่างประกอบด้วย (เรียงลำดับตามตัวอักษร)

ตารางที่ ก.1 แสดงอักขระที่ใช้ในรหัสสั่งการทำงาน

C	ระบุพิกัดในแนวแกน C ในระบบพิกัดสัมบูรณ์
F	เพื่อควบคุมความเร็วในการป้อนชิ้นงาน
G	เพื่อควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของหัวตัด
H	ระบุพิกัดในแนวแกน C ในระบบพิกัดสัมพันธ์
I	ระบุค่าระยะทางในแนวรัศมีชิ้นงาน ของการเคลื่อนที่ในแนวโค้ง
K	ระบุค่าระยะทางตามยาวของชิ้นงาน ของการเคลื่อนที่ในแนวโค้ง
M	เพื่อควบคุมการหมุนของมอเตอร์ และหน้าที่การทำงานต่างๆของเครื่องซีเอ็นซี
N	ระบุเลขที่ลำดับในโปรแกรม
O	ระบุเลขที่โปรแกรม
S	เพื่อควบคุมความเร็วรอบ
T	เพื่อควบคุมการใช้หัวตัดและอุปกรณ์เสริม
U	ระบุค่าพิกัดของการเคลื่อนที่ตามแนวรัศมีชิ้นงาน ในระบบพิกัดสัมพันธ์
W	ระบุค่าพิกัดของการเคลื่อนที่ตามยาวของชิ้นงาน ในระบบพิกัดสัมพันธ์
X	ระบุค่าพิกัดของการเคลื่อนที่ตามแนวรัศมีชิ้นงาน ในระบบพิกัดสัมบูรณ์
Z	ระบุค่าพิกัดของการเคลื่อนที่ตามยาวของชิ้นงาน ในระบบพิกัดสัมบูรณ์

F Function

ใช้ในการกำหนดความเร็วในการเคลื่อนที่หัวตัด เพื่อตัดชิ้นงาน

รูปแบบของคำสั่งคือ F_____

แบ่งการกำหนดอัตราการป้อนตัดได้เป็น 2 ลักษณะคือ

อัตราการป้อนตัดรอบการหมุน (ม.ม./รอบ ,นิ้ว/รอบ) (Asynchronous Feed)

อัตราการป้อนตัดต่อเวลา (ม.ม./นาที ,นิ้ว/นาที) (Synchronous Feed)

S Function

ใช้ในการกำหนดความเร็วรอบในการหมุนของชิ้นงาน

รูปแบบของคำสั่งคือ S_____

โดยตัวเลขที่ตามหลังอักขระ S จะเป็นตัวเลข 1 – 4 หลัก

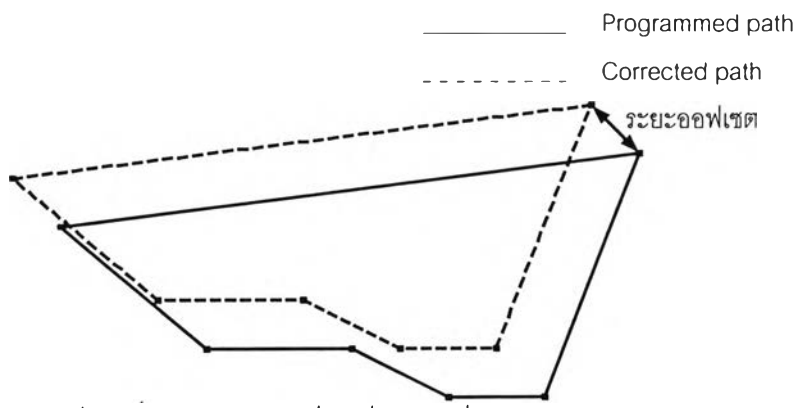
T Function

เพื่อกำหนดมีดตัด และค่าออฟเซตที่ใช้

รูปแบบของคำสั่งคือ T_____

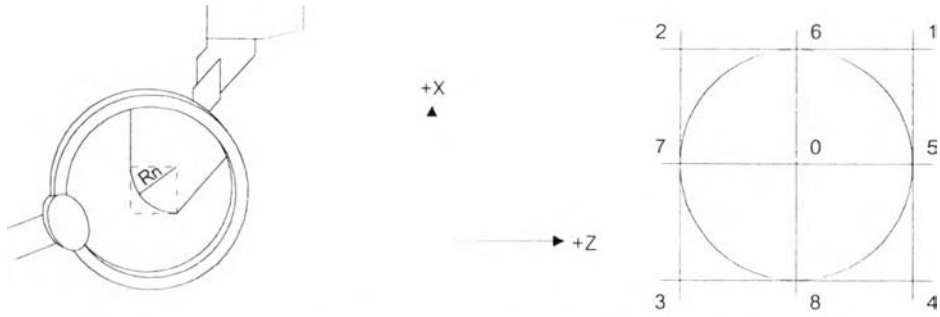
โดยตัวเลขที่ตามหลังอักขระ T จะเป็นตัวเลข 4 หลัก ซึ่ง 2 หลักแรกจะเป็นตัวเลขบอกหมายเลขของมีดตัดที่เลือกใช้ และ 2 หลักหลังเป็นตัวเลขบอกหมายเลขของค่าออฟเซตที่เลือกใช้โดยที่ 00 คือการยกเลิกการระบุค่าออฟเซต

เมื่อออฟเซต คือ ค่าที่ระบุเพื่อชดเชยตำแหน่งของหัวตัดที่ผิดไปเนื่องจากการติดตั้ง หรือการสึกหรอของมีดตัดเนื่องจากการใช้งาน โดยค่าออฟเซตในแนวแกน X จะระบุในรูปแบบของค่ารัศมี ไม่ใช่ค่าเส้นผ่าศูนย์กลางที่ใช้ในการระบุตำแหน่ง

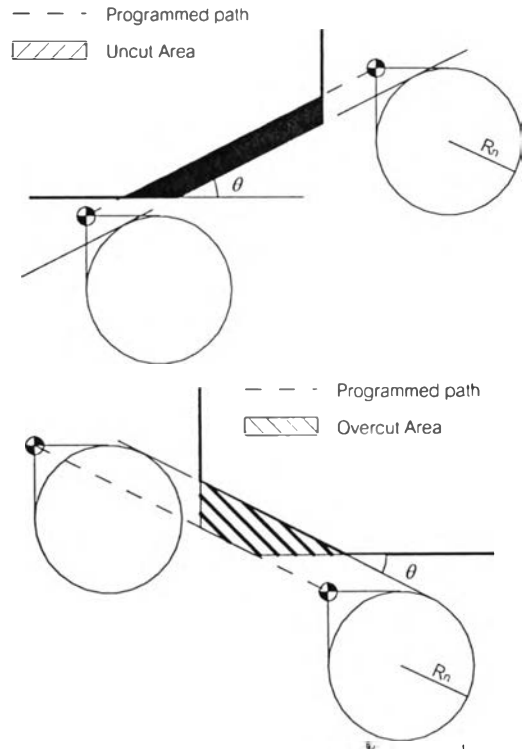


รูปที่ ก.2 เส้นทางการเคลื่อนที่หัวตัดเมื่อมีการแก้ไขโดยการกำหนดออฟเซต

และการระบุค่าออฟเซตจะรวมถึงการระบุค่ารัศมีจมูกมีดและหมายเลขปลายมีด(Tool Tip)ด้วย เมื่อการชดเชยจมูกมีดคือการเพิ่ม/ลดตำแหน่งในการสั่งการเคลื่อนที่เนื่องจากปลายมีดที่ไม่ใช่ปลายแหลมแต่เป็นรัศมีความโค้งซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ ก.3



รูปที่ ก.3 แสดงภาพจมูกมีด และตำแหน่งการระบุหมายเลขปลายมีด



รูปที่ ก.4 แสดงความผิดพลาดในการตัดชิ้นงานเนื่องจากจมูกมีด

G Function

แบ่งเป็น 2 ประเภท

1. One-Shot G Function จะอยู่ใน กลุ่ม 00 ซึ่งจะมีผลเฉพาะในบล็อกที่กำหนดไว้เท่านั้น
2. Modal G Function จะอยู่ในกลุ่มอื่นๆ ที่ไม่ใช่กลุ่ม 00 จะมีผลไปถึง G Function ในบล็อกอื่นๆที่เป็นคำสั่งในกลุ่มเดียวกัน จนกว่าจะมีการกำหนดใหม่

ตารางที่ ก.2 แสดงคำสั่งต่างๆในกลุ่มอักขระ G

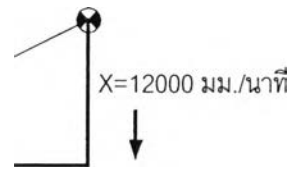
G Code	Group	Function
G00	01	Rapid transverse (Positioning)
G01		Linear Cutting (Linear interpolation)
G02		Circular cutting (Interpolation) CW
G03		Circular cutting (Interpolation) CCW
G04	00	Timer (Dwell)
G20	06	Inch data input
G21		Metric data input
G27	00	Reference point return check
G28		Return to reference point
G32	01	Thread Cutting
G40	07	Tool tip R compensation cancel
G41		Tool tip R compensation right
G42		Tool tip R compensation left
G50	00	Coordinate system setting
G96	02	Constant surface speed control
G97		Constant spindle speed control
G98	05	Per minute feed
G99		Per revolution feed

เป็นค่าปกติเมื่อไม่มีการกำหนดค่าให้เป็นอย่างอื่น (Default)

ยการเคลื่อนที่พร้อมกัน 2 แกนด้วยความเร็วสูงสุด ใน
อนที่ ไม่จำเป็นต้องเขียนก็ได้

')_____

.ป



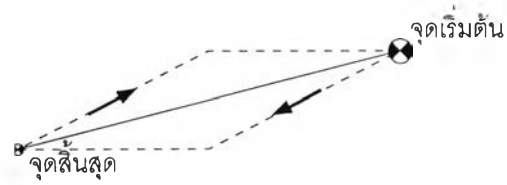
./นาที

ารเคลื่อนที่ด้วยคำสั่ง G00

งะแกนไม่เท่ากัน ทำให้การเคลื่อนที่ที่ไม่เป็นเส้นตรงจาก
งหัวตัดกับชิ้นงานด้วย ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูป

_____ Programmed Path

- - - - - - - - - Actual Path



อนที่ด้วยคำสั่ง G00 (เพิ่มเติม)

ที่กำหนดใน F function

')_____ F_____

.ป

G02, G03 Circular interpolation

เป็นการเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้งในแกน X และ Z ด้วยความเร็วตามที่กำหนดใน F function

G02 เป็นการเคลื่อนที่ตามเข็มนาฬิกา และ G03 เป็นการเคลื่อนที่ทวนเข็มนาฬิกา

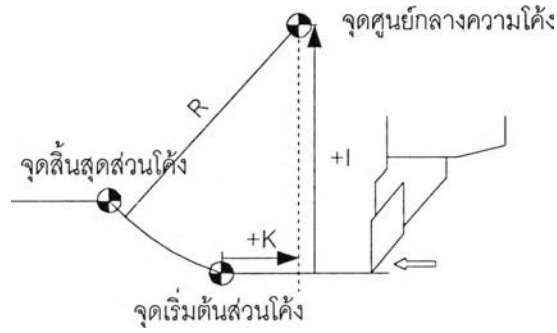
รูปแบบของคำสั่งคือ G02(G03) X(U)_____ Z(W)_____ I_____ K_____ F_____

โดยที่ X, Z คือ พิกัดสิ้นสุดส่วนโค้ง

I คือ ระยะและทิศทางในแนวแกน X จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดศูนย์กลางความโค้ง (รัศมี)

K คือ ระยะและทิศทางในแนวแกน Z จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดศูนย์กลางความโค้ง

F คืออัตราการป้อนตัด โดยคิดระยะทางตามความยาวของส่วนโค้ง



รูปที่ ก.7 แสดงเครื่องหมายของ I และ K ในการเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้งด้วยคำสั่ง G02

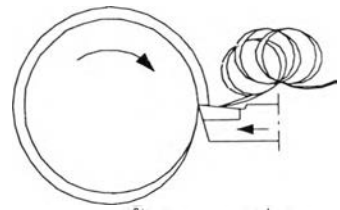
G04 Dwell

เป็นคำสั่งเพื่อให้หัวตัดรักษาตำแหน่งที่อยู่เป็นระยะเวลาตามที่กำหนด

รูปแบบของคำสั่งคือ G04 X_____

เมื่อ X คือระยะเวลาที่ต้องการหยุดการเคลื่อนที่ของมีดตัด มีหน่วยเป็น วินาที โดยที่ค่าต่ำสุดคือ 0.001 วินาที และค่าสูงสุดคือ 9999.999 วินาที

ประโยชน์ของการหยุดการเคลื่อนที่ของมีดตัด เช่นในการตกร่องจำเป็นต้องทำการหยุดการเคลื่อนที่ของมีดตัดเพื่อให้ได้ร่องที่กลม ไม่เบี้ยว ดังรูป



รูปที่ ก.8 แสดงข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากการที่ไม่ได้หยุดการเคลื่อนที่ของมีดตัด

G20 Inch data input

เป็นคำสั่งเพื่อระบุระบบการวัดที่ใช้ในการกำหนดระยะทางเป็นระบบอังกฤษ (นิ้ว)

รูปแบบของคำสั่งคือ G20

G21 Metric data input

เป็นคำสั่งเพื่อระบุระบบการวัดที่ใช้ในการกำหนดระยะทางเป็นระบบเมตริก (ม.ม.)

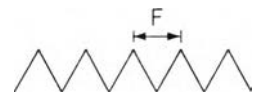
รูปแบบของคำสั่งคือ G21

G32 Thread cutting

เป็นคำสั่งเพื่อใช้ในการทำเกลียว

รูปแบบของคำสั่งคือ G32 Z(W)_____F_____

เมื่อ F **คือ ระยะห่างระหว่างยอดเกลียว** (Pitch)



รูปที่ ก.9 **แสดงระยะห่างระหว่างยอดเกลียว**

G40 Tool tip R compensation cancel

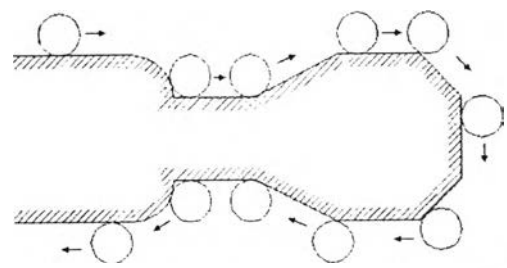
เป็นคำสั่งเพื่อยกเลิกการชดเชยจมูกมีด

รูปแบบของคำสั่งคือ G40

G41 Tool tip R compensation right

เป็นคำสั่งเพื่อชดเชยค่าจมูกมีดในทิศทางขวา

รูปแบบของคำสั่งคือ G41

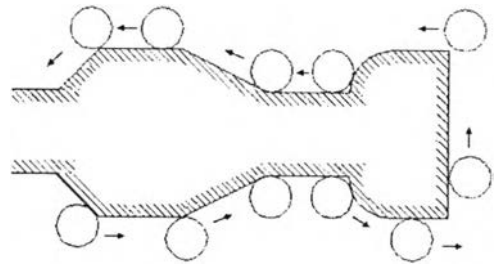


รูปที่ ก.10 **แสดงทิศทางการชดเชยค่าจมูกมีดด้วยคำสั่ง** G41

G42 Tool tip R compensation left

เป็นคำสั่งเพื่อชดเชยค่าจมูกมีดในทิศทางซ้าย

รูปแบบของคำสั่งคือ G42



รูปที่ ก.11 แสดงทิศทางการชดเชยค่าจมูกมีดด้วยคำสั่ง G42

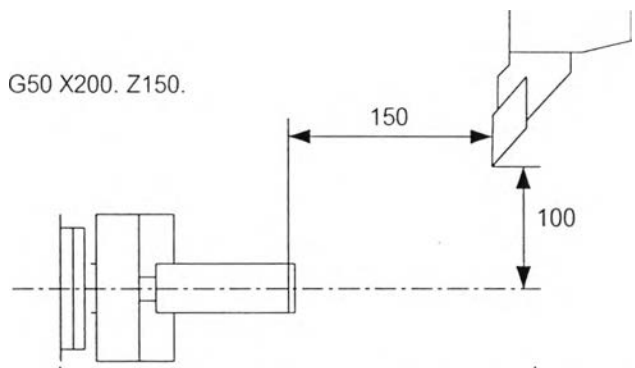
G50 Coordinate system setting

เป็นคำสั่งเพื่อระบุพิกัดของจุดกำเนิด และค่าความเร็วสูงสุดในการหมุนของชิ้นงาน (รอบ/นาที)

รูปแบบของคำสั่งคือ G50 X_____ Z_____ S_____

เมื่อ X **และ** Z **คือพิกัดของหัวตัดเมื่อเทียบกับจุดกำเนิด**

S **คือความเร็วรอบสูงสุด**



รูปที่ ก.12 แสดงการกำหนดจุดกำเนิดด้วยคำสั่ง G50

G96 Constant surface speed control

เป็นคำสั่งเพื่อระบุให้การอ้างอิงความเร็วรอบในการหมุนของชิ้นงานมีหน่วยเป็น ม.ม./นาที

รูปแบบของคำสั่งคือ G96

G97 Constant spindle speed control

เป็นคำสั่งเพื่อระบุให้การอ้างอิงความเร็วรอบในการหมุนของชิ้นงานมีหน่วยเป็น รอบ/นาที

รูปแบบของคำสั่งคือ G97

G98 Per minute feed

เป็นคำสั่งเพื่อระบุให้การอ้างอิงความเร็วในการป้อนตัดของชิ้นงานมีหน่วยเป็น ม.ม./นาที

รูปแบบของคำสั่งคือ G98

G99 Per revolution feed

เป็นคำสั่งเพื่อระบุให้การอ้างอิงความเร็วในการป้อนตัดของชิ้นงานมีหน่วยเป็น ม.ม./รอบ

รูปแบบของคำสั่งคือ G99

M Function

ตารางที่ ก.3 แสดงคำสั่งต่างๆในกลุ่มอักขระ M

M Code	Function
M00	Program stop
M01	Optional stop
M02	End of program
M03	Start Normal rotation of spindle and rotary tool
M04	Start Reverse rotation of spindle and rotary tool
M05	Spindle / rotary tool rotation stop
M08	Coolant motor on (coolant discharge)
M09	Coolant motor off (coolant stop)
M41	C axis cancel
M86	Spindle disk brake 'ON' (clamp)
M87	Spindle disk brake 'OFF' (unclamp)
M91	C axis selection

M00 Program stop

เป็นการหยุดการทำงานของโปรแกรม เพื่อจุดประสงค์ต่างๆ คือ เพื่อนำเศษโลหะออก ตรวจวัดขนาดของชิ้นงาน เป็นต้น โดยจะทำการหยุดการหมุนของชิ้นงาน หยุดการหล่อเย็น หยุดการเคลื่อนที่ทั้งหมด และเมื่อกดปุ่ม Start โปรแกรมจะเริ่มทำงานต่อ ทั้งนี้จำเป็นที่จะต้องทำการสั่งการทำงานของสารหล่อเย็น สั่งการหมุนชิ้นงาน รวมทั้งสั่งการทำงานอื่นๆ ใหม่ทั้งหมด

รูปแบบของคำสั่งคือ M00

M01 Optional stop

เป็นการหยุดการทำงานของโปรแกรม เช่นเดียวกับ M00 แต่คำสั่ง M01 จะทำงานได้ก็เฉพาะเมื่อสวิตช์ Optional Stop ที่เครื่องจักรถูกเลือกไว้แล้วเท่านั้น

รูปแบบของคำสั่งคือ M01

M02 End of program

หยุดการทำงานของโปรแกรม และรีเซตค่าต่างๆ กลับไปเป็นค่า Default

รูปแบบของคำสั่งคือ M02

M03 Start Normal rotation of spindle and rotary tool

ชิ้นงาน/มอเตอร์ เริ่มหมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา

รูปแบบของคำสั่งคือ M03

M04 Start Reverse rotation of spindle and rotary tool

ชิ้นงาน/มอเตอร์ เริ่มหมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา

รูปแบบของคำสั่งคือ M04

M05 Spindle / rotary tool rotation stop

หยุดการหมุนของชิ้นงาน/มอเตอร์

รูปแบบของคำสั่งคือ M05

M08 Coolant motor on (coolant discharge)

เริ่มการฉีดสารหล่อเย็น

รูปแบบของคำสั่งคือ M08

M09 Coolant motor off (coolant stop)

หยุดการฉีดสารหล่อเย็น

รูปแบบของคำสั่งคือ M09

M41 C axis cancel

ยกเลิกการสั่งการทำงานในแกน C

รูปแบบของคำสั่งคือ M41

M86 Spindle disk brake 'ON' (clamp)

ยึดจับชิ้นงานเพื่อให้อยู่นิ่ง สำหรับการทำงานในแกน C

รูปแบบของคำสั่งคือ M86

M87 spindle disk brake 'OFF' (unclamp)

ยกเลิกการยึดจับชิ้นงานเพื่อให้อยู่นิ่ง

รูปแบบของคำสั่งคือ M87

M91 C axis selection

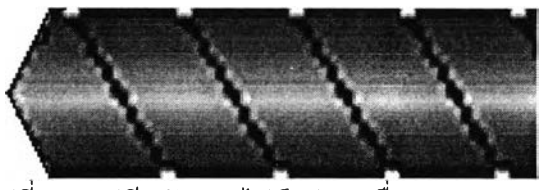
หมวดการสั่งการทำงานในแกน C

รูปแบบของคำสั่งคือ M91

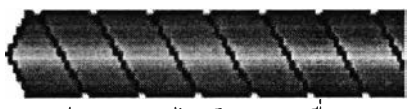
ภาคผนวก ข.

ตัวอย่างรูปภาพมีดตัด

รูปภาพมีดตัดที่ใช้การทดสอบการทำงานของโปรแกรมประกอบด้วยมีดตัดต่างๆดังนี้



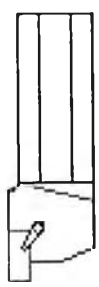
รูปที่ ข.1 รูปมีดตัดจากไฟล์รูปภาพชื่อ Drill01.BMP



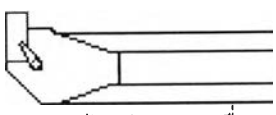
รูปที่ ข.2 รูปมีดตัดจากไฟล์รูปภาพชื่อ Drill02.BMP

รูปที่ ข.3 รูปมีดตัดจากไฟล์รูปภาพชื่อ Drill03.BMP

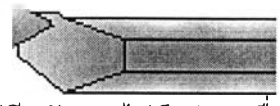
รูปที่ ข.4 รูปมีดตัดจากไฟล์รูปภาพชื่อ Drill04.BMP



รูปที่ ข.5 รูปมีดตัดจากไฟล์รูปภาพชื่อ Groove01.BMP

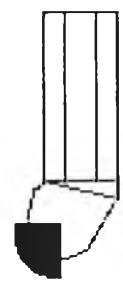


รูปที่ ข.6 รูปมีดตัดจากไฟล์รูปภาพชื่อ Groove02.BMP

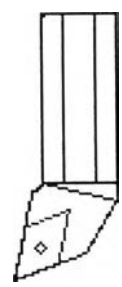


รูปที่ ข.7 รูปมีดตัดจากไฟล์รูปภาพชื่อ ID01.BMP

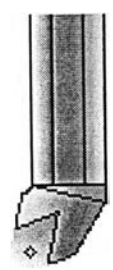
รูปที่ ข.8 รูปมีดตัดจากไฟล์รูปภาพชื่อ Nose0.BMP



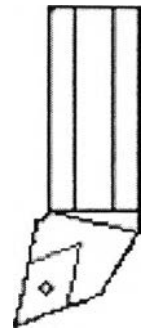
รูปที่ ข.9 รูปมีดตัดจากไฟล์รูปภาพชื่อ Nose7_5.BMP



รูปที่ ข.10 รูปมีดตัดจากไฟล์รูปภาพชื่อ OD01.BMP

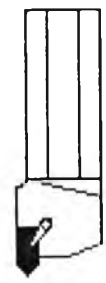


รูปที่ ข.11 รูปมีดตัดจากไฟล์รูปภาพชื่อ OD02.BMP

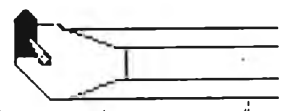


รูปที่ ข.12 รูปมีดตัดจากไฟล์รูปภาพชื่อ OD03.BMP

รูปที่ ข.13 รูปมีดตัดจากไฟล์รูปภาพชื่อ OD04.BMP



รูปที่ ข.14 รูปมีดตัดจากไฟล์รูปภาพชื่อ Thread01.BMP



รูปที่ ข.15 รูปมีดตัดจากไฟล์รูปภาพชื่อ Thread02.BMP

ภาคผนวก ค.

ข้อความแสดงความผิดพลาดในการใช้โปรแกรม

แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

- ผิดหลักไวยากรณ์ (Syntax Error)
- ความผิดพลาดระหว่างการทำงาน (Runtime Error)

<u>ผิดหลักไวยากรณ์</u>

Err101Th = "Err101 : C ต้องตามด้วยจำนวน";

Err101En = "Err101 : C command require number consequently.";

Err102Th = "Err102 : F ต้องตามด้วยจำนวน";

Err102En = "Err102 : F command require number consequently.";

Err103Th = "Err103 : H ต้องตามด้วยจำนวน";

Err103En = "Err103 : H command require number consequently.";

Err104Th = "Err104 : I ต้องตามด้วยจำนวน";

Err104En = "Err104 : I command require number consequently.";

Err105Th = "Err105 : K ต้องตามด้วยจำนวน";

Err105En = "Err105 : K command require number consequently.";

Err106Th = "Err106 : N ต้องตามด้วยจำนวนเต็ม";

Err106En = "Err106 : N command require Integer consequently.";

Err107Th = "Err107 : O ต้องตามด้วยจำนวนเต็ม";

Err107En = "Err107 : O command require integer consequently.";

Err108Th = "Err108 : S ต้องตามด้วยจำนวน";

Err108En = "Err108 : S command require number consequently.";

Err109Th = "Err109 : U ต้องตามด้วยจำนวน";

Err109En = "Err109 : U command require number consequently.";

Err110Th = "Err110 : W ต้องตามด้วยจำนวน";

Err110En = "Err110 : W command require number consequently.";

Err111Th = "Err111 : X ต้องตามด้วยจำนวน";

```
Err111En = "Err111 : X command require number consequently.";
Err112Th = "Err112 : Z ต้องตามด้วยจำนวน";
Err112En = "Err112 : Z command require number consequently.";
Err113Th = "Err113 : G ต้องตามด้วยจำนวน";
Err113En = "Err113 : G command require parameter consequently.";
Err114Th = "Err114 : M ต้องตามด้วยจำนวน";
Err114En = "Err114 : M command require parameter consequently.";
Err115Th = "Err115 : T ต้องตามด้วยจำนวนเต็ม 4 หลัก";
Err115En = "Err115 : T command require 4 digits consequently.";
Err120Th = "Err120 : ค่า C เกินขอบเขต";
Err120En = "Err120 : C value is out of Range.";
Err121Th = "Err121 : ค่า F เกินขอบเขต";
Err121En = "Err121 : F value is out of Range.";
Err122Th = "Err122 : ค่า H เกินขอบเขต";
Err122En = "Err122 : H value is out of Range.";
Err123Th = "Err123 : ค่า I เกินขอบเขต";
Err123En = "Err123 : I value is out of Range.";
Err124Th = "Err124 : ค่า K เกินขอบเขต";
Err124En = "Err124 : K value is out of Range.";
Err125Th = "Err125 : ค่า N เกินขอบเขต";
Err125En = "Err125 : N value is out of Range.";
Err126Th = "Err126 : ค่า O เกินขอบเขต";
Err126En = "Err126 : O value is out of Range.";
Err127Th = "Err127 : ค่า S เกินขอบเขต";
Err127En = "Err127 : S value is out of Range.";
Err128Th = "Err128 : ค่า U เกินขอบเขต";
Err128En = "Err128 : U value is out of Range.";
Err129Th = "Err129 : ค่า W เกินขอบเขต";
Err129En = "Err129 : W value is out of Range.";
Err130Th = "Err130 : ค่า X เกินขอบเขต";
```

Err130En = "Err130 : X value is out of Range.";

Err131Th = "Err131 : ค่า Z เกินขอบเขต";

Err131En = "Err131 : Z value is out of Range.";

Err132Th = "Err132 : ไม่มี G ที่ระบุ";

Err132En = "Err132 : G command was not exist.";

Err133Th = "Err133 : ไม่มี M ที่ระบุ";

Err133En = "Err133 : M command was not exist.";

Err134Th = "Err134 : ระบุมีดตัดได้เฉพาะ 01-08";

Err134En = "Err134 : Tool number must be 01-08";

Err135Th = "Err135 : ระบุออฟเซตได้เฉพาะ 00-16";

Err135En = "Err135 : Tool offset value must be 00-16";

Err140Th = "Err140 : C และ H ระบุในบรรทัดเดียวกันไม่ได้";

Err140En = "Err140 : C and H cannot define in same block";

Err141Th = "Err141 : H และ C ระบุในบรรทัดเดียวกันไม่ได้";

Err141En = "Err141 : H and C cannot define in same block";

Err142Th = "Err142 : X และ U ระบุในบรรทัดเดียวกันไม่ได้";

Err142En = "Err142 : X and U cannot define in same block";

Err143Th = "Err143 : U และ X ระบุในบรรทัดเดียวกันไม่ได้";

Err143En = "Err143 : U and X cannot define in same block";

Err144Th = "Err144 : Z และ W ระบุในบรรทัดเดียวกันไม่ได้";

Err144En = "Err144 : Z and W cannot define in same block";

Err145Th = "Err145 : W และ Z ระบุในบรรทัดเดียวกันไม่ได้";

Err145En = "Err145 : W and Z cannot define in same block";

Err150Th = "Err150 : ไม่มีคำสั่งที่ระบุ";

Err150En = "Err150 : Character was not existed !";

Err151Th = "Err151 : คำสั่งซ้ำ";

Err151En = "Err151 : override command";

Err152Th = "Err152 : N ต้องเป็นคำสั่งแรกในบรรทัด";

Err152En = "Err152 : N must be first word";

Err153Th = "Err153 : O ต้องเป็นคำสั่งแรกในบรรทัด";

```
Err153En = "Err153 : O must be first word";
Err154Th = "Err154 : G98 หรือ G99 ต้องเป็นคำสั่งเดี่ยว";
Err154En = "Err154 : G98 or G99 must be single command";
Err155Th = "Err155 : M00 M01 หรือ M02 ต้องเป็นคำสั่งเดี่ยว";
Err155En = "Err155 : M00, M01 or M02 must be single command";
Err160Th = "Err160 : ห้ามระบุ U ในบรรทัด G04";
Err160En = "Err160 : U cannot apply in G04 block.";
Err161Th = "Err161 : ห้ามระบุ u ในบรรทัด G04";
Err161En = "Err161 : u cannot apply in G04 block.";
Err162Th = "Err162 : ห้ามระบุ W ในบรรทัด G04";
Err162En = "Err162 : W cannot apply in G04 block.";
Err163Th = "Err163 : ห้ามระบุ w ในบรรทัด G04";
Err163En = "Err163 : w cannot apply in G04 block.";
Err164Th = "Err164 : ห้ามระบุ Z ในบรรทัด G04";
Err164En = "Err164 : Z cannot apply in G04 block.";
Err165Th = "Err165 : ห้ามระบุ z ในบรรทัด G04";
Err165En = "Err165 : z cannot apply in G04 block.";
Err170Th = "Err170 : ขนาดต้องมากกว่าศูนย์";
Err170En = "Err170 : number must be larger than zero";
Err171Th = "Err171 : ระบุค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงาน";
Err171En = "Err171 : require number for Diameter.";
Err172Th = "Err172 : ระบุค่าความยาวของชิ้นงาน";
Err172En = "Err172 : require number for Length.";
Err173Th = "Err173 : ขนาดต้องไม่เกิน 180 ม.ม.";
Err173En = "Err173 : number must be smaller than 180 mm.";
Err174Th = "Err174 : ขนาดต้องไม่เกิน 7 นิ้ว";
Err174En = "Err174 : number must be smaller than 7 inch";
Err175Th = "Err175 : ขนาดต้องไม่เกิน 250 ม.ม.";
Err175En = "Err175 : number must be smaller than 250 mm.";
Err176Th = "Err176 : ขนาดต้องไม่เกิน 9.84 นิ้ว";
```

Err176En = "Err176 : number must be smaller than 9.84 inch";

Err190Th = "Err190 : หน่วยผิด";

Err190En = "Err190 : not existed unit";

<u>ความผิดพลาดระหว่างการทำงาน</u>

Err300Th = "Err300 : ความเร็วรอบสูงสุดคือ 4500 รอบ/นาที";

Err300En = "Err300 : Spindle Speed was limited at 4500 rpm.";

Err301Th = "Err301 : ค่าความเร็วรอบต้องมากกว่าศูนย์";

Err301En = "Err301 : Spindle Speed must be specified more than zero";

Err302Th = "Err302 : ค่าอัตราการป้อนตัดต้องมากกว่าศูนย์";

Err302En = "Err302 : Feed Rate must be specified more than Zero";

Err303Th = "Err303 : ต้องกำหนดค่า C ในการควบคุมแกน C";

Err303En = "Err303 : C must be used in C-Axis mode";

Err304Th = "Err304 : ต้องกำหนดค่า H ในการควบคุมแกน C";

Err304En = "Err304 : H must be used in C-Axis mode";

Err305Th = "Err305 : ไม่สามารถเปิดรูปภาพมีดตัดได้";

Err305En = "Err305 : Cannot open Cutting tool picture file";

Err306Th = "Err306 : ค่าออฟเซตไม่ถูกต้อง";

Err306En = "Err306 : Offset value doesn't exist";

Err307Th = "Err307 : ไม่สามารถเปลี่ยนทิศทางการหมุนในขณะที่ชิ้นงานกำลังหมุนอยู่ได้";

Err307En = "Err307 : Unable to change direction during rotating";

Err310Th = "Err310 : เบรกก่อนสั่งหมุน";

Err310En = "Err310 : Brakes is not applied";

Err311Th = "Err311 : ปลดเบรกก่อนสั่งหมุน";

Err311En = "Err311 : Brake is applied";

Err312Th = "Err312 : เบรกกำลังทำงานอยู่แล้ว";

Err312En = "Err312 : Braked is already applied";

Err313Th = "Err313 : เบรกไม่ได้ทำงานอยู่";

Err313En = "Err313 : Braked is not applied";

Err314Th = "Err314 : เบรกก่อนควบคุมแกน C";

Err314En = "Err314 : Applied braked before use C-Axis mode";

Err315Th = "Err315 : ไม่สามารถเบรกในขณะที่ชิ้นงานหมุนอยู่ได้";

Err315En = "Err315 : Cannot brake while spindle is rotating";

Err316Th = "Err316 : ไม่อยู่ในการควบคุมแกน C";

Err316En = "Err316 : not in C-Axis mode";

Err317Th = "Err317 : อยู่ในส่วนควบคุมแกน C อยู่แล้ว";

Err317En = "Err317 : Already in C-Axis mode";

Err320Th = "Err320 : ระบุปลายมีดผิดพลาด";

Err320En = "Err320 : Invalid tool tip";

Err321Th = "Err321 : ระบุจุดสิ้นสุดผิดพลาด";

Err321En = "Err321 : Invalid end point";

Err322Th = "Err322 : มีดตัดเคลื่อนที่เกินขอบเขต";

Err322En = "Err322 : Tools travel over bound";

Err323Th = "Err323 : ชน !";

Err323En = "Err323 : Crash !";

Err324Th = "Err324 : G32 ต้องทำงานที่ความเร็วรอบคงที่";

Err324En = "Err324 : G32 must operate in Constant Spindle Speed mode";

Err325Th = "Err325 : มีการตัดชิ้นงานในการเคลื่อนที่ G00";

Err325En = "Err325 : Cutting in G00 mode";

ภาคผนวก ง.

ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับเครื่องกลึงซีเอ็นซีตัวอย่าง

เครื่องกลึงซีเอ็นซีตัวอย่างเป็นเครื่องกลึงซีเอ็นซีขนาดเล็กแบบ 3 แกนคือสามารถบังคับหัวตัดให้เคลื่อนที่ได้ 2 แนว ตามแนวรัศมี(แกน X) และตามความยาวของชิ้นงาน(แกน Z) และสามารถบังคับการเคลื่อนที่ของหัวจับชิ้นงานให้หมุนเป็นมุมตามที่ต้องการได้ ซึ่งถือเป็นการเคลื่อนที่ในอีกแกนหนึ่ง (แกน C) นอกจากนี้ที่ป้อมมีดยังมีการเพิ่มมอเตอร์ซึ่งมีความเร็วรอบคงที่เข้าไปเพื่อประโยชน์ในการเจาะรูที่ชิ้นงาน เมื่อรวมกับความสามารถในการควบคุมมุมการหมุนช่วยให้เครื่องสามารถเจาะรูได้ณ. ตำแหน่งใดใดทั่วทั้งหน้าตัดของชิ้นงาน เครื่องกลึงซีเอ็นซีตัวอย่างนี้มีคุณสมบัติต่างๆดังนี้

ขนาดความยาวสูงสุดของชิ้นงานที่กลึงได้	250	ม.ม.
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดของชิ้นงานที่กลึงได้	180	ม.ม.
ระยะทางสูงสุดที่หัวตัดเคลื่อนที่ได้ในแนวรัศมี	180	ม.ม.
ระยะทางสูงสุดที่หัวตัดเคลื่อนที่ตามแนวยาว	250	ม.ม.
ความเร็วรอบสูงสุด	4,500	รอบต่อนาที
อัตราการป้อนตัดสูงสุด		
แกน X	12	ม.ต่อนาที
แกน Z	24	ม.ต่อนาที
แกน C	600	องศาต่อนาที
ระยะเล็กที่สุดที่ควบคุมได้		
แกน X	0.001	ม.ม.
แกน Z	0.001	ม.ม.
แกน C	0.001	องศา
การยึดจับชิ้นงาน	ยึดจับชิ้นงานด้วยหัวจับแบบ 3 ฟัน (3 Jaws Chuck) โดยอาศัยแรงจากระบบลม (Pneumatic Chuck)	
สภาพแวดล้อมในการทำงาน อุณหภูมิ	10-35	°C
ความชื้นไม่เกิน	75	%

อุปกรณ์ควบคุมการเคลื่อนที่ของมีดตัดและชุดรหัสสั่งการทำงาน ใช้เครื่องควบคุม(Controller) ของ FANUC 0T

ภาคผนวก จ.

คู่มือการใช้โปรแกรม

การใช้งานโปรแกรมแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

- จัดเตรียมข้อมูลชุดรหัสสั่งการทำงานเพื่อจำลองการทำงาน
- ควบคุมการจำลองการทำงาน

การจัดเตรียมข้อมูลชุดรหัสสั่งการทำงานเพื่อจำลองการทำงานประกอบด้วย

- การเปิดไฟล์ข้อมูลเดิมมาใช้
- การแก้ไขข้อมูล
- การค้นหา
- การบันทึกการแก้ไข
- การพิมพ์รายงาน
- การระบุมีดตัด
- การระบุค่าออฟเซตต่างๆ
- การกำหนดตัวเลือกการหยุด
- การเปลี่ยนภาษา

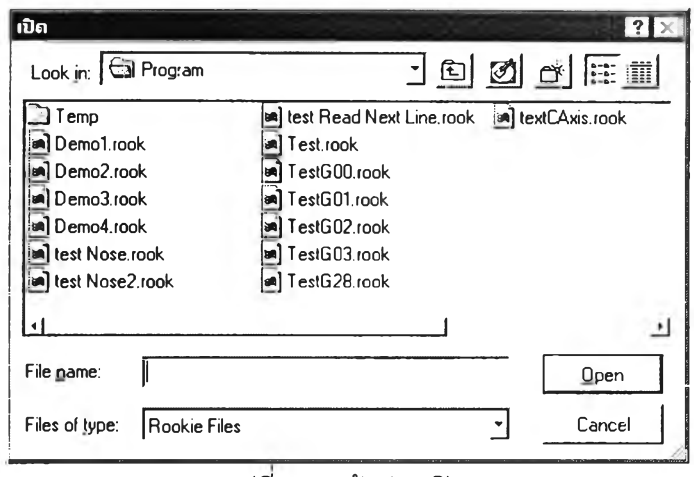
ควบคุมการจำลองการทำงาน ประกอบด้วย

- การจำลองการทำงานทีละบรรทัด
- การจำลองการทำงานต่อเนื่อง
- การพักการจำลองการทำงาน
- การยกเลิกการจำลองการทำงาน

อธิบายการใช้งานโปรแกรมแบบไปทีละขั้น

การเปิดไฟล์ข้อมูลเดิมมาใช้

1. เมื่อเข้าสู่โปรแกรมแล้ว เลือกที่เมนู แฟ้ม->เปิด หรือกดคีย์บอร์ด Ctrl+O หรือกดที่ปุ่ม จะปรากฏหน้าต่างเพื่อให้ระบุชื่อไฟล์ที่ต้องการ ดังรูป



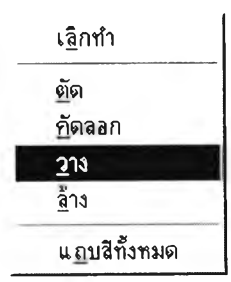
รูปที่ ง.1 หน้าต่างเปิด

2. เลือกชื่อไฟล์ที่ต้องการ หรือพิมพ์ชื่อไฟล์ลงในช่อง File name แล้วกดปุ่ม

3. โปรแกรมจะทำการเปิดไฟล์ข้อมูลขึ้นมา พร้อมสำหรับการทำงานต่อไป

การแก้ไขข้อมูล

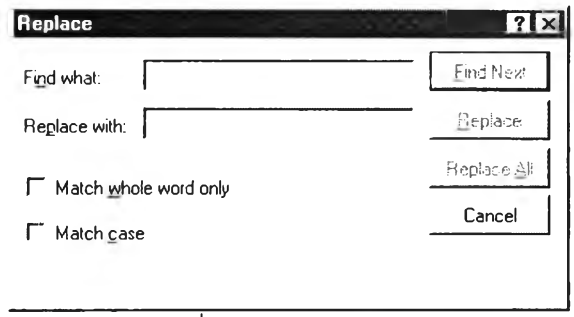
ผู้ใช้สามารถแก้ไขข้อมูลอักษรในส่วนต่างๆ ได้ตามต้องการ โดยสามารถกดเมาส์ปุ่มขวา เพื่อเรียกเมนูการแก้ไขข้อมูลขึ้นมาใช้ได้ทันที



รูปที่ ง.2 เมนูการแก้ไข จากการกดเมาส์ปุ่มขวา

การค้นหา/แทนที่

1. เมื่อต้องการค้นหาคำที่ต้องการให้เลือกที่เมนู แก้ไข->ค้นหา หรือกดคีย์บอร์ด Ctrl+F หรือกดปุ่ม จะปรากฏหน้าต่างค้นหาดังรูป

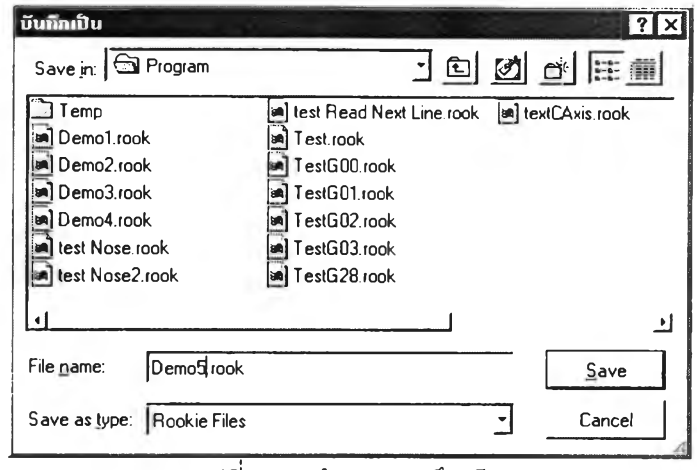


รูปที่ ง.3 หน้าต่างค้นหา

2. ระบุคำที่ต้องการค้นหาในช่อง Find what แล้วกดปุ่ม Find Next จนพบคำที่ต้องการ
3. เมื่อต้องการกลับสู่การแก้ไขข้อความ ให้กดปุ่ม Cancel
4. ถ้าต้องการแทนที่ ให้ระบุคำที่ต้องการถูกแทนที่ในช่อง และระบุคำที่จะนำมาแทนที่ในช่อง Replace with แล้วกดปุ่ม Replace สำหรับการแทนที่คำที่ค้นหาเจอคำแรก หรือกดปุ่ม Replace All เพื่อแทนที่คำทั้งหมด

การบันทึกการแก้ไข

1. เมื่อต้องการบันทึกการแก้ไขไว้ในไฟล์ข้อมูลเดิม ให้เลือกที่เมนู แฟ้ม->บันทึก หรือกดคีย์บอร์ด Ctrl+S หรือ กดที่ปุ่ม โปรแกรมจะทำการบันทึกข้อมูลไว้ในไฟล์ข้อมูลเดิม
2. เมื่อต้องการบันทึกการแก้ไขโดยต้องการเปลี่ยนชื่อไฟล์ด้วย ให้เลือกที่เมนู แฟ้ม->บันทึกเป็น จะปรากฏหน้าต่างให้ป้อนชื่อไฟล์ดังรูป

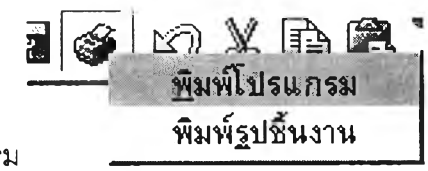


รูปที่ ง.4 หน้าต่างบันทึกเป็น

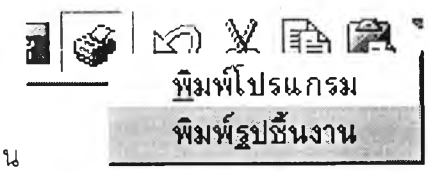
3. เลือกชื่อไฟล์ที่ต้องการ หรือพิมพ์ชื่อที่ต้องการลงในช่อง File name แล้วกดปุ่ม Save
4. โปรแกรมจะทำการบันทึกข้อมูลไว้ในไฟล์ที่กำหนด

การพิมพ์รายงาน

1. ถ้าต้องการพิมพ์ชุดรหัสสั่งการทำงานให้เลือกที่เมนู แฟ้ม->พิมพ์โปรแกรม หรือกดคีย์บอร์ด Ctrl+P จะปรากฏหน้าต่างพิมพ์ ให้กดที่ปุ่ม OK



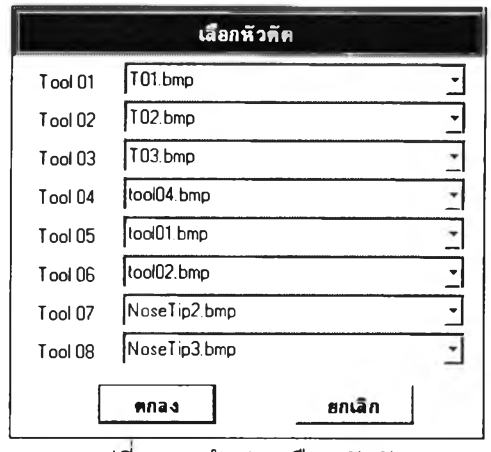
2. หรือกดที่ปุ่ม จะปรากฏเมนู ให้เลือกที่พิมพ์โปรแกรม
3. ถ้าต้องการพิมพ์รูปชิ้นงานให้เลือกที่เมนู แฟ้ม->พิมพ์รูปชิ้นงาน จะปรากฏหน้าต่างพิมพ์ ให้กดที่ปุ่ม OK



4. หรือกดที่ปุ่ม จะปรากฏเมนู ให้เลือกที่พิมพ์รูปชิ้นงาน

การระบุมีดตัด

1. เลือกที่เมนู ตั้งค่าหัวตัด->เลือกหัวตัด หรือกดคีย์บอร์ด Ctrl+T
2. จะปรากฏหน้าต่างดังรูป

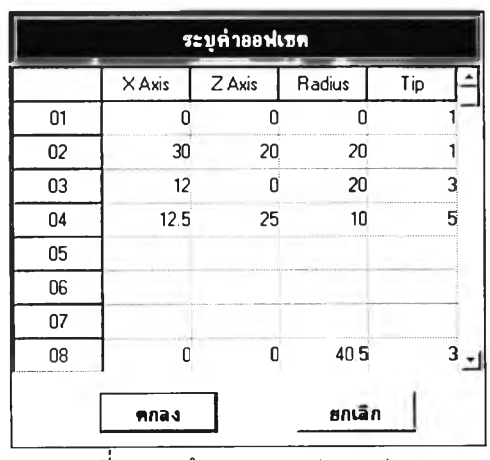


รูปที่ ง.5 หน้าต่างเลือกหัวตัด

3. เลือกรูปภาพสำหรับหัวตัดแต่ละหมายเลข แล้วกดปุ่ม **ตกลง**

การระบุค่าออฟเซต

1. เลือกที่เมนู ตั้งค่าหัวตัด->ระบุค่าออฟเซต หรือกดคีย์บอร์ด Ctrl+D
2. จะปรากฏหน้าต่างดังรูป



รูปที่ ง.6 หน้าต่างระบุค่าออฟเซต

3. ระบุค่าออฟเซตตามต้องการแล้วกดปุ่ม **ตกลง**

การกำหนดตัวเลือกการหยุด

เลือกที่เมนู ตั้งค่าหัวตัด->ตัวเลือกการหยุด

การเปลี่ยนภาษา

เลือกที่เมนู ช่วยเหลือ->English Menu

การจำลองการทำงานทีละบรรทัด

เลือกที่เมนู จำลองการทำงาน->ไปทีละขั้น หรือกดปุ่ม

การจำลองการทำงานต่อเนื่อง

เลือกที่เมนู จำลองการทำงาน->เริ่ม หรือกดปุ่ม

การพักการจำลองการทำงาน

เลือกที่เมนู จำลองการทำงาน->หยุด หรือกดปุ่ม โปรแกรมจะทำงานจนสิ้นสุดการทำงานในบรรทัดปัจจุบันแล้วหยุดรอการสั่งงานต่อไป

การยกเลิกการจำลองการทำงาน

เลือกที่เมนู จำลองการทำงาน->ยกเลิก หรือกดปุ่ม จะเป็นการสิ้นสุดการจำลองการทำงานและกลับสู่การทำงานในส่วนจัดเตรียมข้อมูลชุดรหัสสั่งการทำงาน

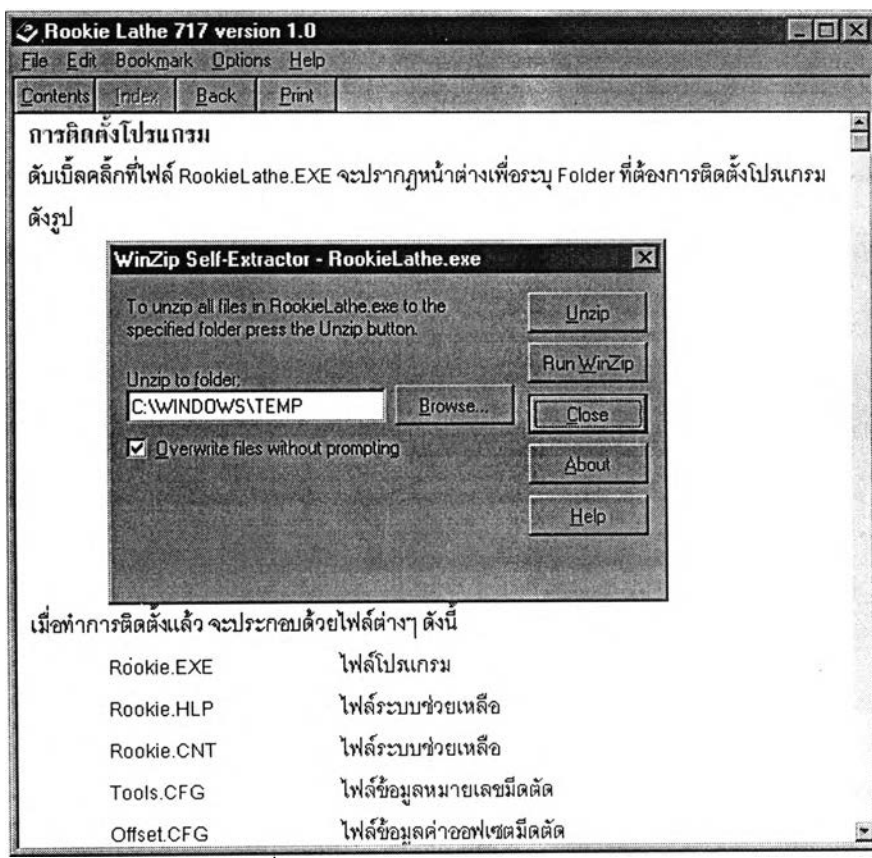
ภาคผนวก ฉ.

ระบบช่วยเหลือ

ผู้ใช้สามารถฝึกใช้โปรแกรมโดยเบื้องต้นได้ด้วยตัวเอง ด้วยความช่วยเหลือจากระบบช่วยเหลือ ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับ การติดตั้งโปรแกรม การใช้โปรแกรม และการเขียนรหัสสั่งการทำงาน

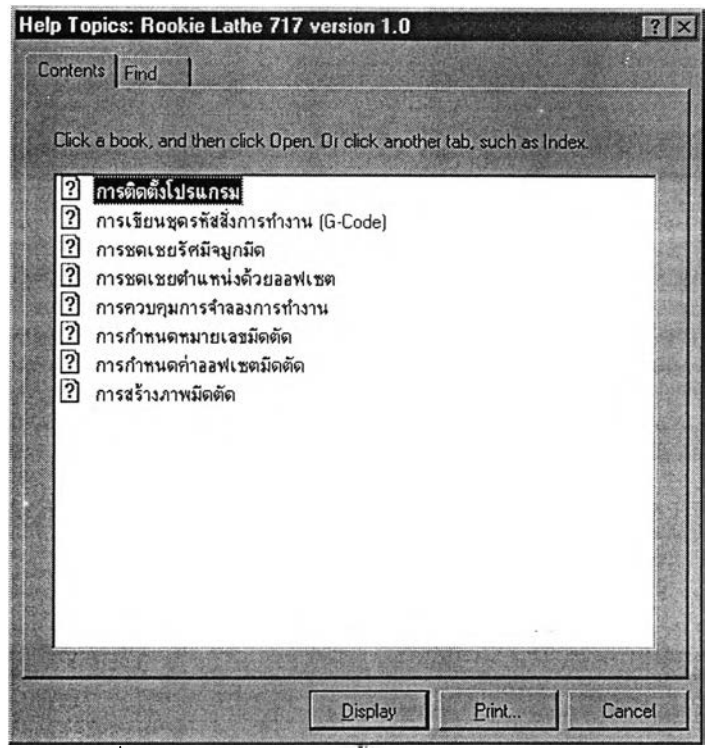
การใช้ระบบช่วยเหลือ

ผู้ใช้สามารถเข้าสู่ระบบช่วยเหลือได้โดยการกดคีย์ F1 เมื่ออยู่ในโปรแกรม หรือเลือกจากเมนู ระบบช่วยเหลือ->เนื้อหา จะปรากฏหน้าแรกของระบบช่วยเหลือ คือหน้าการติดตั้งโปรแกรม ดังรูปที่ ฉ.1



รูปที่ ฉ.1 แสดงหน้าต่างระบบช่วยเหลือ

เมื่อผู้ใช้ต้องการเข้าสู่เนื้อหาส่วนอื่นของระบบช่วยเหลือให้กดที่ปุ่ม Contents จะปรากฏหน้าต่างดังรูปที่ ฉ.2



รูปที่ ฉ.2 แสดงหน้าต่างเนื้อหาของระบบช่วยเหลือ

เลือกหัวข้อที่ต้องการแล้วกดที่ปุ่ม Display หรือในเนื้อหาของระบบช่วยเหลือ คำที่มีคำอธิบายเพิ่มเติมจะขีดด้วย เส้นใต้ 1 เส้น ผู้ใช้สามารถกดที่คำดังกล่าวเพื่อดูเนื้อหาเพิ่มเติมได้ และเมื่อผู้ใช้ต้องการที่จะพิมพ์เนื้อหาในหน้าที่ปรากฏอยู่ ให้กดที่ปุ่ม Print...

เนื้อหาของระบบช่วยเหลือ ประกอบด้วยหัวข้อหลักคือ

- การติดตั้งโปรแกรม และไฟล์ที่เกี่ยวข้อง
- การเขียนชุดรหัสสั่งการทำงาน
  - ระบบการอ้างอิงตำแหน่ง
  - ระบบการระบุค่าของพิกัด
  - อักขระต่างๆ และค่าตัวเลข
  - รูปแบบการใช้คำสั่ง G ต่างๆ
  - รูปแบบการใช้คำสั่ง M ต่างๆ
- การชดเชยรัศมีจมูกมีด
- การชดเชยตำแหน่งด้วยออฟเซต
- การควบคุมการจำลองการทำงาน
- การกำหนดหมายเลขมีดตัด

- การกำหนดค่าออฟเซตมีดตัด
- การสร้างภาพมีดตัด

โดยเนื้อหาในระบบช่วยเหลือจะสามารถดูได้จาก ภาคผนวก ก. และ ภาคผนวก จ.

ภาคผนวก ช.

การคำนวณเกี่ยวกับเกลียว

เพื่อทำการกลึงเกลียวให้ได้ขนาดที่ถูกต้องตามที่ต้องการ จำเป็นต้องมีการคำนวณต่างๆ ซึ่งสามารถแสดงได้ด้วยสูตรและรูปภาพดังนี้

สัญลักษณ์ที่ใช้

C - width of flat at root

D - single depth of thread

F - width of flat at crest

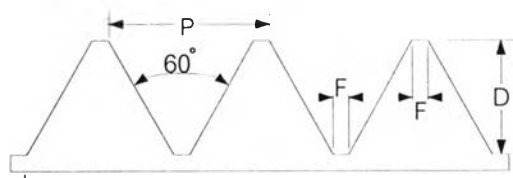
N - number of threads per inch

P - pitch

R - radius at crest of root

W - width of groove and ridge

เกลียวแบบ American national

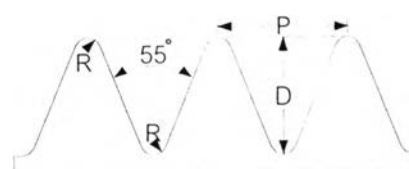


รูปที่ ช.1 แสดงภาพเกลียวแบบ American national

$D = .6495 \times P$ หรือ $D = \frac{.6495}{N}$

$F = .125 \times P$ หรือ $F = \frac{.125}{N}$

เกลียวแบบ Whitworth

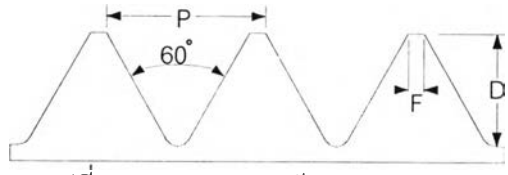


รูปที่ ช.2 แสดงภาพเกลียวแบบ Whitworth

$$D = .6403 \times P \quad \text{หรือ } D = \frac{.6403}{N}$$

$$R = .1373 \times P \quad \text{หรือ } R = \frac{.1373}{N}$$

เกลียวแบบ Unified



รูปที่ ซ.3 แสดงภาพเกลียวแบบ Unified

เกลียวนอก

$$D = .6134 \times P \quad \text{หรือ } D = \frac{.6134}{N}$$

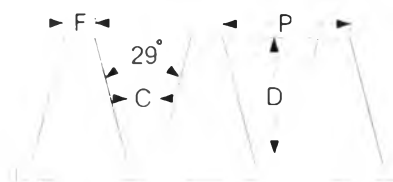
$$F = .125 \times P \quad \text{หรือ } F = \frac{.125}{N}$$

เกลียวใน

$$D = .5413 \times P \quad \text{หรือ } D = \frac{.5413}{N}$$

$$F = .250 \times P \quad \text{หรือ } F = \frac{.250}{N}$$

เกลียวแบบ Acme



รูปที่ ซ.4 แสดงภาพเกลียวแบบ Acme

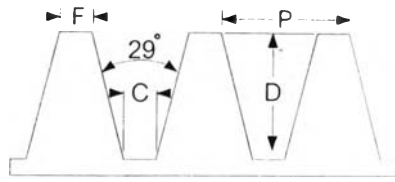
D ต่ำสุด = .500 x P

D สูงสุด = .500 x P + .010

F = .3707 x P

C = .3707 x P - .0052

เกลียวแบบ Brown and Sharpe Worm



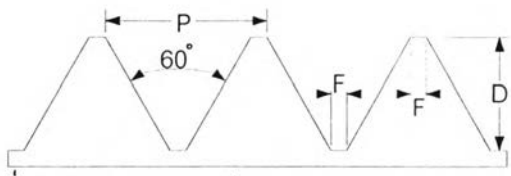
รูปที่ ช.5 แสดงภาพเกลียวแบบ Brown and Sharpe Worm

D = .6866 x P

F = .335 x P

C = .310 x P

เกลียวแบบ International Metric



รูปที่ ช.6 แสดงภาพเกลียวแบบ International Metric

D สูงสุด = .7035 x P

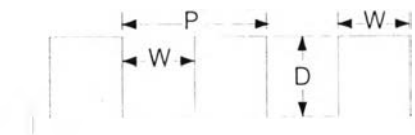
D ต่ำสุด = .6855 x P

F = .125 x P

R สูงสุด = .0633 x P

R ต่ำสุด = .054 x P

เกลียวแบบ Square



รูปที่ ช.7 แสดงภาพเกลียวแบบ Square

D = .500 x P

F = .500 x P

C = .500 x P + .002

ประวัติผู้วิจัย

นายณวัชร์ พงษ์พานิช เกิดวันจันทร์ที่ 14 พฤษภาคม พ.ศ. 2516 ที่ อ.เมือง จ.อุบลราชธานี สำเร็จการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2538 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2539