



คู่มือหลักสูตรเบื้องต้นของระบบควบคุม Professional 6 Controller

คู่มือปฏิบัติงานบริษัท Makino(ประเทศไทย) จำกัด พ.ศ 2561

Professional 6 Controller Handbook of Specifications and Functions: OF MAKINO

(THAIALND) 2018 CO., LTD.

นายวีรพงษ์ จันทรณรงค์

โครงการสหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

พ.ศ.2561

คู่มือหลักสูตรเบื้องต้นของระบบควบคุม Professional 6 Controller

คู่มือปฏิบัติงานบริษัท Makino(ประเทศไทย) จำกัด พ.ศ 2561

Professional 6 Controller Handbook of Specifications and Functions: OF MAKINO
(THAIALND) 2018 CO.,LTD.

นายวีรพงษ์ จันทรณรงค์

โครงการสหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น

พ.ศ. 2561

คณะกรรมการสอบ

..... ประธานกรรมการสอบ

(อาจารย์รัฐ วัฒนรัตน์)

..... กรรมการสอบ

(อาจารย์ปฏิภาณ โรจนารักษ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์โกวิท ทวยหาญ)

..... ประธานสหกิจศึกษาสาขาวิชา

(รศ.ดร. พิสุทธิ พงศ์ชัยฤกษ์)

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ชื่อโครงการ	คู่มือหลักสูตรเบื้องต้นของระบบควบคุม Professional 6 Controller
ผู้เขียน	นาย วีรพงษ์ จันทน์รงค์
คณะวิชา	วิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาอุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์โกวิท ทวยหาญ
พนักงานที่ปรึกษา	1. นายเฉลิมยง กุณแจ่ม 2. นายพศ รอดริต
ชื่อบริษัท	บริษัท มาทีโน (ประเทศไทย) จำกัด
ประเภทธุรกิจ/สินค้า	จัดจำหน่ายและให้บริการทางด้านวิศวกรรม ติดตั้ง ซ่อมแซม เครื่องจักร สำหรับ อุตสาหกรรมแม่พิมพ์ และ อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

บทสรุป

จากการศึกษาระบบการทำงานต่าง ๆ ในแผนก Application Engineer ณ บริษัทมาทีโน (ประเทศไทย) จำกัด ทำให้ได้เรียนรู้ การทำงานของเครื่องจักรซีเอ็นซีชนิดต่างๆ และได้รู้ถึงความสำคัญของระบบควบคุม Professional 6 ซึ่งช่วยในการตัดเฉือนชิ้นงานให้ง่ายขึ้น ลดระยะเวลาในการทำงานและลดการเกิดข้อผิดพลาดลดลง ทางบริษัทมาทีโน จึงได้ให้นักศึกษาทำคู่มือระบบควบคุม Professional 6 Controller เพื่อได้เรียนรู้ฟังก์ชันการทำงานและเข้าใจกระบวนการทำงานเบื้องต้น

ในการปฏิบัติงานครั้งนี้ ได้เริ่มจากการเรียนรู้คู่มือของเครื่องจักรซีเอ็นซี และเรียนรู้การทำงานจากเครื่องจักรในโรงงาน จากนั้นได้ทำการศึกษาาระบบควบคุม Professional 6 และทำคู่มือการใช้งานระบบควบคุม Professional 6 เพื่อทำให้ง่ายต่อการนำไปศึกษาและทำความเข้าใจ ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้จริงกับเครื่องจักรซีเอ็นซีที่ใช้ระบบควบคุม Professional 6

Project's name	Professional 6 Controller Handbook of Specifications And Functions
Writer	Weerapong Jannarong
Faculty	Faculty of Industrial Engineering
Faculty Advisor	Kowit Tuayharn
Job Supervisor	1.Cha-Hliang Goonjam 2.Phot Rodrid
Company's name	Makino (Thailand) co.,ltd.
Business Type / Product	As a supplier of engineering services, installation, repair of machines for the tooling industry and the automotive parts industry.

Summary

From the study of the various functionalities in the Application Engineer, at the Makino (Thailand) co.,ltd in this work. Have started learning the manual of CNC machines. And learn from the factory machinery. Then study the professional control system 6 and make manual control system Professional 6 to make it easy to study and understand. This can be applied to CNC machines using the Professional 6 control system.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานสหกิจศึกษาเรื่องการทำคู่มือของระบบควบคุม Professional 6 Controller บริษัท มากิโน(ประเทศไทยจำกัด) สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณกลุ่ม บุคคลากรในส่วนงานต่างๆ ของบริษัท มากิโน(ประเทศไทยจำกัด) ที่มีส่วนช่วยให้รายงานสหกิจศึกษา ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ โดยคอยให้คำแนะนำคำปรึกษาพร้อมทั้งช่วยเหลืออีกทั้งยังให้การสนับสนุน ผู้จัดทำเป็นอย่างดี อาทิเช่น

- บริษัทมากิโน(ประเทศไทยจำกัด) แผนก Application Engineering
- บริษัทมากิโน(ประเทศไทยจำกัด) แผนก Turnkey Engineering

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา อาจารย์และพี่เลี้ยง ที่ได้ให้คำแนะนำและ คำปรึกษาที่ดีมาโดยตลอด

นายวีรพงษ์ จันทรินทร์

TNI

สารบัญ

หน้า

บทสรุป

ก

Summary

ข

กิตติกรรมประกาศ

ค

สารบัญ

ง

สารบัญตาราง

ช

สารบัญภาพประกอบ

ซ

บทที่

1. บทนำ

1.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ	1
1.2 ลักษณะธุรกิจของสถานประกอบการ หรือการให้บริการหลักขององค์กร	2
1.3 รูปแบบการจัดองค์กรและการบริหารองค์กร	2
1.4 ตำแหน่งและหน้าที่งานที่นักศึกษาได้รับมอบหมาย	3
1.5 พนักงานที่ปรึกษา และ ตำแหน่งของพนักงานที่ปรึกษา	3
1.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน	3
1.7 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	3
1.8 วัตถุประสงค์หรือจุดมุ่งหมายของโครงการ	3
1.9 ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการปฏิบัติงานหรือ โครงการที่ได้รับมอบหมาย	3
1.10 นิยามศัพท์เฉพาะ	3

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2. ทฤษฎีและเทคโนโลยีที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

2.1 ประวัติของเครื่อง CNC

4

2.2 เครื่องกัด 5 แกน

6

2.3 เครื่อง CNC Makino D300

8

3. แผนงานการปฏิบัติงานและขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 แผนงานปฏิบัติงาน

11

3.2 รายละเอียดโครงการ

12

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

13

4. สรุปผลการดำเนินงาน การวิเคราะห์และสรุปผลต่างๆ

4.1 ขั้นตอนและผลการดำเนินงาน

70

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

74

4.3 วิเคราะห์ข้อมูลโดยเปรียบเทียบผลที่ได้รับกับวัตถุประสงค์และ

75

จุดมุ่งหมายการปฏิบัติงานหรือการจัดทำโครงการ

5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

76

5.2 แนวทางการแก้ไขปัญหา

76

5.3 ข้อเสนอแนะจากการดำเนินงาน

76

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

เอกสารอ้างอิง

77

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

78

ภาคผนวก ข.

83

ประวัติผู้จัดทำโครงการ

84

TNI

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 แผนงานปฏิบัติงาน	11
4.1 ความถูกต้องของเนื้อหาเมื่อเปรียบเทียบกับ คู่มือต้นฉบับ	71
4.2 ความรู้ที่ได้จากการอ่านคู่มือที่ทำการแปล	71
4.3 ความเข้าใจเนื้อหาของคู่มือที่ผ่านการแปล	72
4.4 การนำไปใช้งานในการปฏิบัติงานจริง	72
4.5 รายละเอียดและการจัดเรียงเนื้อหา	73
4.6 การนำไปใช้กับเครื่องจักรเพื่อพัฒนาและ ปรับปรุงการทำงาน	73
4.7 ตารางสรุปการตอบแบบสอบถาม	74
6.1 ตารางแสดง G-code	79
6.2 ตารางแสดง M-code	81

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญภาพประกอบ

รูปที่	หน้า
1.1 สัญลักษณ์ของบริษัท มากิโน (ประเทศไทย) จำกัด	1
1.2 แผนที่ของบริษัท มากิโน (ประเทศไทย) จำกัด	1
1.3 แผนผังองค์กร	2
2.1 ใ้ะวางชิ้นงานที่สามารถผลิตชิ้นงานเข้าหามิดกักได้	7
2.2 เครื่อง D300 5-Axis Vertical Machining Center	8
3.1 ฟังก์ชันการข้ามบล็อก บนหน้าจอ NC function และ My panel	14
3.2 รูปแบบ และตารางการใช้ Custom macro common variables 1100	16
3.3 กราฟการทำงานของ ฟังก์ชัน Adaptive control	17
3.4 การตัดเฉือนก่อนและหลังใช้ GI control	18
3.5 รูปแบบการทำงานของ GI Drill	19
3.6 รูปแบบการทำงานของ GI Milling	20
3.7 ชิ้นงานที่ใช้ฟังก์ชัน GI smoothing แบบที่ไม่ถูกต้อง และแบบถูกต้อง	20
3.8 วิธีป้องกันการชน แบบ Pro.6 screen type และ Built-in monitor type	23
3.9 หลักการทำงานของเครื่องดับเพลิงอัตโนมัติ	23
3.10 โหมด Power Out	24
3.11 การเชื่อมต่อไฟฟ้าระหว่าง M Code (ซอฟต์แวร์) ที่ออกจากเครื่อง	26
3.12 รูปแบบการควบคุมการขัดจิ้งหะ	26
3.13 ตัวอย่างฟังก์ชันการ แทรก Chamfer และ Corner ตามลำดับ	27
3.14 รูปแบบการทำงานของ Automatic corner override	28

สารบัญภาพประกอบ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.15 สิ่งที่แสดงใน Run hour และ Parts quantity	29
3.16 รูปแบบฟังก์ชันการบันทึกเวลาของการตัดเฉือนสำหรับ FANUC FOCAS	30
3.17 ลักษณะของ ฟังก์ชันการวัดรูปร่างแบบ 3 มิติ A	31
3.18 รูปแบบของ Stored stroke	36
3.19 รูปร่างของสายเคเบิล Twisted-pair ที่หุ้มด้วยฉนวน ขนาด 20 หรือ 50 m	37
3.20 รูปร่างของ 8-port switching HUB	38
3.21 แสดงการวางตำแหน่งการสอดแทรกแบบเชิงเส้นและแบบไม่เชิงเส้น	40
3.22 รูปแบบการเคลื่อนที่ Helical interpolation และ การใช้ Ball end mill ในการ Boring	41
3.23 ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน การแก้ไขรูปทรงกรวย	42
3.24 รูปแบบการทำงานของ Involute interpolation (G02.2, G03.2)	43
3.25 รูปแบบการแก้ไขทรงกลม 3 มิติ (G02.4, G03.4)	44
3.26 รูปแบบการแก้ไข NURBS	45
3.27 การระบุค่า G07 เพื่อกำหนดแกนที่จะเป็นแกนสมมุติฐาน (Hypothetical axis)	46
3.28 รูปแบบฟังก์ชัน การแก้ไขรูปทรงกระบอก (G07.1)	46
3.29 การแก้ไขพิกัดแบบ เชิงซ้าย ตามแนวแกน X (แกนเส้น) และแกน C (แกนหมุน)	48
3.30 รูปภาพตัวอย่างของฟังก์ชัน คำสั่งพิกัดเชิงซ้าย	49
3.31 ฟังก์ชันการ 3rd & 4th reference position return (G30)	50
3.32 รูปแบบของฟังก์ชัน Floating reference position return (G30.1)	50
3.33 ฟังก์ชันการตัดเฉือนแบบ 3 มิติ	51

สารบัญภาพประกอบ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.34 รูปแบบการควบคุมทิศทางปกติ และ hale machining	52
3.35 รูปแบบการใช้ฟังก์ชัน Programmable mirror image (G51.1, G50.1)	53
3.36 รูปแบบการทำงานของโต๊ะหมุนแบบไดนามิกฟีกเจอร์ชดเชย	55
3.37 ค่าชดเชยข้อผิดพลาดในการทำงาน	56
3.38 รูปแบบการวางตำแหน่งแบบไม่มีทิศทาง	56
3.39 ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน Coordinate system rotation (G68, G69)	57
3.40 ตัวอย่างการคำนวณพิกัดและการตั้งค่าสำหรับมุมของแกนหมุน	58
3.41 รูปแบบฟังก์ชัน การเปลี่ยนระยะพิกัด 3 มิติ (G68, G69)	59
3.42 ฟังก์ชันการจัดทำ ดัชนีการทำงานที่เอียง (G68.2, G69, G53.1)	59
3.43 ตัวอย่างการคัดลอก รูปภาพ การหมุน Rotation copy (G72.1)	60
3.44 ตัวอย่างการคัดลอก รูปภาพ การเคลื่อนที่แบบขนาน Parallel copy (G72.2)	60
3.45 รูปแบบการทำงานของ i chopping (G80, G81.1)	61
3.46 รูปแบบการใช้ฟังก์ชันการชดเชยเครื่องมือตัดเฉือน 3 มิติ	68
3.47 รูปแบบการ Tool retract and recover	69

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ



รูปที่ 1.1 สัญลักษณ์ของบริษัท มากิโน (ประเทศไทย) จำกัด
ที่มา : บริษัทมากิโน (ประเทศไทย) จำกัด

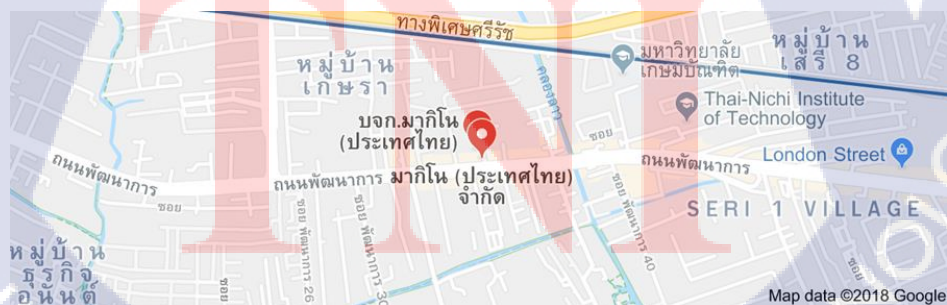
1.1.1 ชื่อสถานประกอบการ

ชื่อบริษัท : บริษัท มากิโน (ประเทศไทย) จำกัด

ภาษาอังกฤษ : MAKINO (Thailand) Co., Ltd.

1.1.2 ที่ตั้งของสถานประกอบการ

1555 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขต สวนหลวง กรุงเทพมหานคร 10250



รูปที่ 1.2 แสดงแผนที่ของบริษัท มากิโน (ประเทศไทย) จำกัด

1.2 ลักษณะธุรกิจของสถานประกอบการ หรือการให้บริการหลักขององค์กร

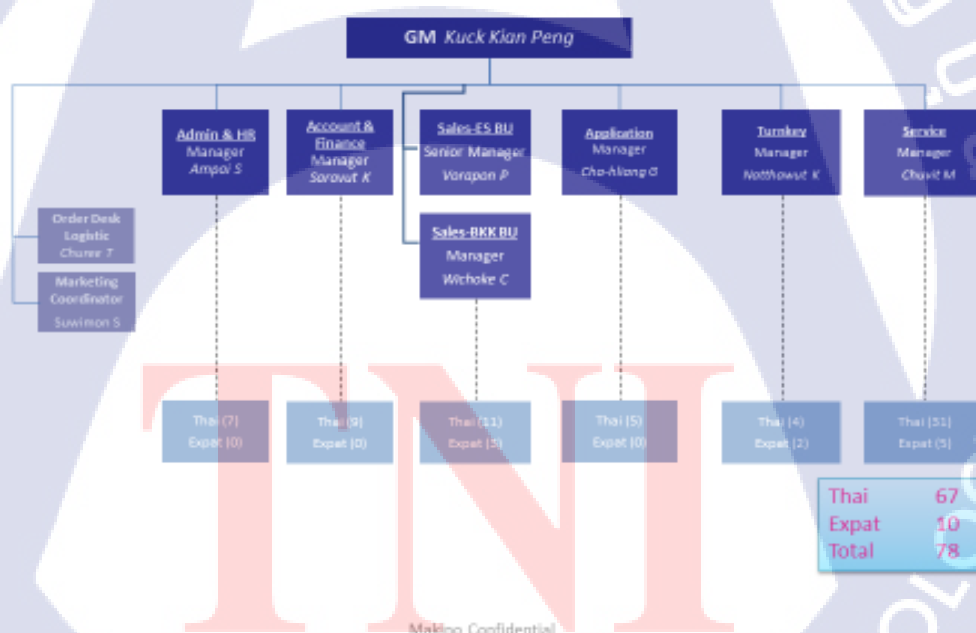
ผู้จำหน่ายและให้บริการทางวิศวกรรม ติดตั้ง ซ่อมแซม เครื่องจักรสำหรับอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ และอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

กลุ่มสินค้าและบริการหลักของบริษัท มากิโน (ประเทศไทย) จำกัด ได้แก่:

- เครื่องจักร CNC Machining Center
- CNC Wire Cut
- บริการทางวิศวกรรม ติดตั้ง ซ่อมแซมเครื่องจักร

1.3 รูปแบบการจัดองค์กรและการบริหารองค์กร

MAT Organization Chart



รูปที่ 1.3 แสดงแผนผังองค์กรของบริษัท มากิโน (ประเทศไทย) จำกัด

ที่มา : บริษัทมากิโน (ประเทศไทย) จำกัด

1.4 ตำแหน่งและหน้าที่งานที่นักศึกษาได้รับมอบหมาย

1) ผู้ช่วย Application Engineer

1.5 พนักงานที่ปรึกษา และ ตำแหน่งของพนักงานที่ปรึกษา

ชื่อ นายเจเลียก กุนแจ่ม

ตำแหน่ง Application Manager

1.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน

ตั้งแต่วันที่ 4 เดือนมิถุนายน พ.ศ.2561 จนถึง วันที่ 28 เดือนกันยายน พ.ศ.2561 รวมระยะเวลาในการปฏิบัติงานทั้งหมด 4 เดือน

1.7 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

1.7.1 เพื่อให้มีโอกาสดูแลเรียนรู้และหาประสบการณ์จากชีวิตการทำงานที่แท้จริง

1.7.2 เพื่อปลูกฝังจิตสำนึกของการเป็นวิศวกรที่ดีและพัฒนาตัวเองอย่างต่อเนื่อง

1.7.3 เพื่อนำประสบการณ์ที่ได้จากการฝึกงานไปประยุกต์ใช้กับการทำงานในอนาคต

1.8 วัตถุประสงค์หรือจุดมุ่งหมายของโครงการ

1.8.1 เพื่อได้รับทักษะและองค์ความรู้ใหม่ๆที่สามารถไปปรับใช้ได้ในอนาคต

1.8.2 เพื่อให้ผู้ที่ควบคุมเครื่องจักรสามารถเรียนรู้และนำไปใช้ได้โดยง่าย

1.9 ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการปฏิบัติงานหรือโครงการที่ได้รับมอบหมาย

1.9.1 รู้ฟังก์ชันการทำงานและการควบคุมเครื่อง CNC ต่าง ๆ ได้

1.9.2 สามารถนำความรู้จากการดำเนินโครงการไปปรับใช้กับการทำงานในอนาคตได้

1.10 นิยามศัพท์เฉพาะ

FS

เป็นคำย่อมาจาก FANUC SYSTEM หรือ FANUC Series

Synchronized

การทำให้ข้อมูลที่แตกต่างกัน มาใช้งานร่วมกันได้

Boring

การเจาะรูชิ้นงาน

เครื่องจักร CNC

เครื่องจักรที่ใช้ผลิตหรือขึ้นรูปชิ้นงานที่มีมาตรฐานสูง

บทที่ 2

ทฤษฎีและเทคโนโลยีที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

รายงานสหกิจศึกษาฉบับนี้เป็นการศึกษาและทำคู่มือการใช้งาน ระบบปฏิบัติการ Professional 6 Controller เพื่อใช้ในการปฏิบัติงานภายในองค์กรและไว้มอบแก่ลูกค้าเพื่อนำไปศึกษาการใช้งานกับเครื่อง Pro 6 โดยทฤษฎีที่เกี่ยวข้องนี้ได้นำเสนอเฉพาะที่นำมาใช้กับรายงาน สหกิจศึกษาฉบับนี้เท่านั้น มีดังต่อไปนี้

2.1 ประวัติเครื่อง CNC

ประวัติของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

CNC เป็นคำย่อมาจากคำว่า Computer Numerical Control หมายถึงการใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลอัตโนมัติต่างๆ เช่น เครื่องกัด เครื่องกลึง เครื่องเจาะ เครื่องเจียรไน ฯลฯ โดยการสร้างรหัส ตัวเลข สัญลักษณ์ หรือเรียกว่าโปรแกรม NC ขึ้นมาควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลซึ่งสามารถทำให้ผลิตชิ้นงานได้รวดเร็วถูกต้อง และเที่ยงตรง

นับตั้งแต่ปีค.ศ. 1960 เป็นต้นมา เทคโนโลยีทางด้านไมโครโปรเซสเซอร์เข้ามามีบทบาทแทนที่หลอดสุญญากาศ และทรานซิสเตอร์ก็มีการพัฒนาจากเครื่องจักร NC มาเป็นเครื่องจักร CNC (Computer Numerically Controlled) และเครื่องจักร CNC ก็กลายเป็นพระเอกที่โดดเด่นเรื่อยมา เนื่องจากมีหน่วยความจำขนาดใหญ่สามารถบรรจุโปรแกรมการทำงานต่างๆ ได้เป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ยังมีจอภาพแสดงผลแบบกราฟิกแสดงผลหรือจำลองการทำงานได้อีกด้วย ในการโปรแกรมข้อมูลเข้าไปยังตัวควบคุมเครื่องจักร (Machine Control) ซึ่งเรียกการควบคุมแบบนี้ว่าระบบ softwired โดยมีการเปลี่ยนอุปกรณ์ แบบเก่าเป็นอุปกรณ์ที่สามารถจัดเก็บโปรแกรมได้ ตั้งแต่นั้นเป็นต้นมาก็เป็นยุคต้นของเครื่องจักรกล CNC

เครื่อง CNC จะใช้เทปแม่เหล็ก, แผ่นดิสก์ หรือ ทรัม (Drum) ในการเก็บข้อมูลที่โปรแกรมเอาไว้การใช้โปรแกรมสามารถทำได้ที่สถานีควบคุมไปยังกลุ่มเครื่องจักรกล NC แต่ถ้าเป็นกลุ่มหรือ

เครื่องจักรกล CNC การโปรแกรมหรือรับสัญญาณมักจะรับจาก เครื่องจักรเองโดยตรงหรือเก็บไว้ในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ประจำเครื่อง DNC เป็นแนวความคิดใหม่ซึ่งใช้คอมพิวเตอร์หนึ่งตัว (Main Computer or Host) เป็นศูนย์กลางในการควบคุม และบริหารเครื่องจักรกล NC และ CNC หลายๆ เครื่อง CNC จะใช้เทปแม่เหล็ก, แผ่นดิสก์ หรือ ทรัม (Drum) ในการเก็บข้อมูลที่โปรแกรมเอาไว้การโปรแกรมสามารถทำได้ที่ สถานีควบคุมไปยังกลุ่มเครื่องจักรกล NC แต่ถ้าเป็นกลุ่มหรือเครื่องจักรกล CNC การโปรแกรมหรือรับสัญญาณมักจะรับจาก เครื่องจักรเองโดยตรงหรือเก็บไว้ในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ประจำเครื่อง

ในการควบคุมเครื่องจักรกลซีเอ็นซี จะใช้โปรแกรมรหัสจีเป็นชุดคำสั่ง เพื่อควบคุมขับเคลื่อน (Tool) จากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง หรือเปิด-ปิดสารหล่อเย็นหรือเปลี่ยนเครื่องมือตัดเฉือน โดยเครื่องจักรกลจะทำงานโดยอัตโนมัติตามที่ไดโปรแกรมไว้ตามชุดคำสั่ง เราไม่สามารถแยกเครื่องจักรซีเอ็นซีและรหัสจีโอออกจากกันได้ ถ้าเราต้องการให้เครื่องจักรซีเอ็นซีทำงานเราต้องเรียนรู้รหัสจีเพื่อที่เราจะได้พูดภาษาเดียวกับตัวควบคุมซีเอ็นซีได้ ภายหลังจึงได้มีการพัฒนาโปรแกรม CAD/CAM ขึ้นมาใช้งานร่วมกับเครื่องจักรกล CNC ช่วยให้เข้าใจถึงวิธีการโปรแกรมรหัสจีเพื่อให้เครื่องจักรซีเอ็นซีทำงานตามที่ผู้ใช้งานต้องการได้สะดวกรวดเร็วขึ้น

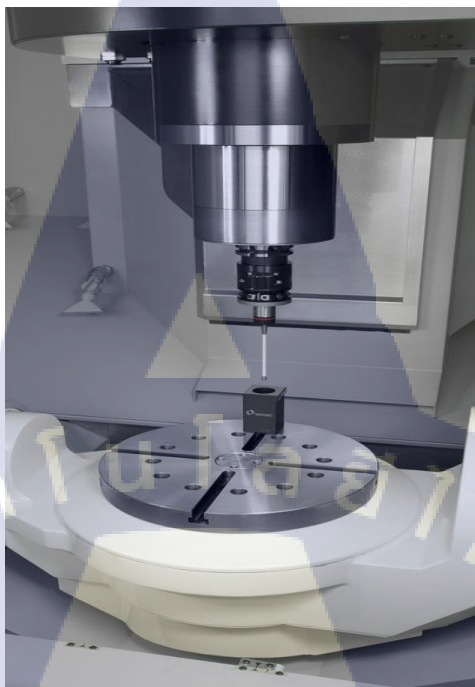
TNI

2.2 เครื่องกัด 5 แกน

การแข่งขันในตลาดปัจจุบัน ทุกแห่งแข่งเรื่องเวลาในการผลิตสินค้า ผู้ประกอบการสู้กันที่ความรวดเร็วและความแม่นยำของเครื่องจักร เพราะฉะนั้นการนำเครื่อง 5 แกน มาทดแทนเครื่อง 3 แกน จะสามารถลดการ Operation Setting ลงได้มาก คือ ตั้งค่าทีเดียว สามารถทำงานได้ 5 ด้าน จากเดิม 1 ด้าน เพียงเท่านั้นก็ลดเวลาเพิ่มความเร็วไปได้มากแล้ว

กล่าวคือ เครื่องกัด 5 แกนนี้ สามารถกัดชิ้นงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ไม่ว่าในรูปแบบของชิ้นงานที่ถูกกำหนดจะสามารถอย่างละเอียด หรือชิ้นงานฟรีฟอร์มก็สามารถกัดได้ในรูปแบบที่ไม่จำกัด เพราะด้วยคุณสมบัติของเครื่องกัด 5 แกน ที่มีความแม่นยำและความเร็วสูง ประกอบเข้ากับชุดควบคุมอย่าง Professional 6 ซึ่งเป็น Key Technology ล่าสุดของมาทิกโน ยิ่งทำให้เครื่องนี้มีทั้ง Repeatability สามารถกลับมาจุดเดิมอย่างแม่นยำ และ Accuracy คือ สิ่งอย่างไร ได้อย่างนั้น มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำมาก

การที่เครื่องสามารถทำงานได้เองโดยที่เราใช้ทัพอเพียงครั้งเดียว ไม่ใช่เพียงประหยัดเวลา และเพิ่มความเร็วของการผลิตเท่านั้น แต่จุดเด่นสำคัญของเครื่องที่ต่างจากเครื่องกัด 3 แกน คือ เครื่อง 3 แกน มีดกัดเคลื่อนที่เข้าหาชิ้นงาน ต้องใช้มีดยาว แต่เครื่อง 5 แกนนี้ จับยึดชิ้นงานเพียงครั้งเดียวก็สามารถพลิกตัวชิ้นงานเข้าหาเม็ดกัด ทำให้ใช้มีดสั้นลงประหยัดกว่า แถมยังแม่นยำขึ้นมาก เหมาะมากกับชิ้นงานที่ต้องการความประณีต และความละเอียดสูง ซึ่งเรื่องนี้เป็นข้อได้เปรียบมาก การที่ชิ้นงานพลิกเข้าหาเม็ดกัดนั้น นอกจากช่วยประหยัดต้นทุนเรื่อง Cutting Tools เพราะสามารถใช้มีดที่สั้นลง และมีดที่สั้นลงนี้ก็ยังช่วยให้ได้งานละเอียดมากขึ้น



รูปที่ 2.1 แสดงโต๊ะวางชิ้นงานที่สามารถพลิกชิ้นงานเข้าหาเม็ดกัดได้

ที่มา <https://www.mmthailand.com>

เหล็กที่กัดออกจากวัตถุดิบ ส่วนที่เราไม่ต้องการ ส่วนเกินอาจจะเป็นโลหะต่างๆ ยังมีความสามารถในการกัดเอาออกให้เร็วได้เท่าไร ยิ่งเพิ่มประสิทธิภาพของตัวเครื่อง และตัวชิ้นงาน 2 สิ่งนี้มันแปรผันตรงกัน คือ Cutting Condition และ Metal Removable Rate ด้วยคุณภาพ ความแม่นยำ และความรวดเร็วของเครื่องกัด 5 แกนของมาคิโนทั้ง Vertical Machining Center และ Horizontal Machining Center นี้ ทำให้สามารถตอบโจทย์อุตสาหกรรมแม่พิมพ์ Mold and Die ครอบคลุมถึงชิ้นส่วนอากาศยาน และเครื่องยนต์เจ็ทเทอร์ไบน์ด้วย

2.3 เครื่อง CNC Makino D300



รูปที่ 2.2 เครื่อง D300 5-Axis Vertical Machining Center

ที่มา <https://www.mmthailand.com>

รายละเอียดเครื่อง D300 (APC) Machine Specifications

Travel

- X x Y x Z	:	mm	:	300x500x350
- A axis	:	-	:	240°
- C axis	:	-	:	360°

Table

- Table working area	:	mm	:	300
- Maximum workpiece size	:	mm	:	450x270
- Maximum table load	:	kg	:	120
- Table surface configuration	:	-	:	T-slot

Spindle

- Speed range	:	min ⁻¹	:	50 – 15,000
- Motor power	:	kW	:	22/18.5/15/11
- Torque	:	N.m	:	120/99/77/42
- Table hole	:	-	:	7/24 taper No.40
- Bearing inner diameter	:	mm	:	70
- Number of speed range	:	-	:	2 step with electric changeover
- Cooling/lubrication	:	-	:	Jacket/Oil-air

Feed rates

Rapid traverse

- X,Y,Z axis	:	mm/min	:	60,000
- A axis	:	°/min	:	45,000
- C axis	:	°/min	:	54,000

Cutting feed

- X,Y,Z axis	:	mm/min	:	1- 60,000
- A axis	:	°/min	:	1- 45,000
- C axis	:	°/min	:	1- 54,000

Automatic tool changer

- Tool shank	:	-	:	JIS B6339 40T
- Retention knob	:	-	:	JIS B6339 40P
- Tool storage capacity	:	-	:	40 tools

- Maximum tool diameter	:	mm	:	70/100
- Maximum tool length	:	mm	:	250
- Maximum tool weight	:	kg	:	8

Machine size

- Height	:	mm	:	2500
- Width x Depth	:	mm	:	2860x2650
- Machine mass	:	kg	:	7600

รายละเอียดทั้งหมดข้างต้นนี้คือ เครื่อง D300 ที่ได้ศึกษาเพิ่มเติม และทดลองใช้งานระบบควบคุม Professional 6 Controller จริง เพื่อนำไปประกอบการทำรูปเล่มคู่มือฉบับสมบูรณ์

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

บทที่ 3

แผนงานการปฏิบัติงานและขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 แผนงานปฏิบัติงาน

ตารางที่ 3.1 แผนงานปฏิบัติงาน

หัวข้องาน	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3	เดือนที่ 4
1.ศึกษาและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับ เครื่อง CNC ชนิดต่างๆ				
2.ศึกษาคู่มือการควบคุมเครื่อง CNC				
3.ศึกษาเกี่ยวกับเครื่องจักร Makino ที่ใช้ ระบบ Professional 6 Controller				
4.ศึกษาและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับฟังก์ชันการ ใช้งานของระบบ Professional 6 Controller				
5.การออกแบบคู่มือการใช้งาน ระบบปฏิบัติการ Professional 6				

3.2 รายละเอียดโครงการ

ตำแหน่งงานที่ได้รับมอบหมายในการฝึกสหกิจครั้งนี้คือแผนก Application Engineer มีหน้าที่ ที่ได้รับมอบหมายในส่วนของการทำงานคู่มือการใช้งาน ระบบปฏิบัติการ Professional 6 Controller โดยเริ่มจากการศึกษาข้อมูลของเครื่องที่ใช้ ระบบปฏิบัติการ Professional 6 และออกแบบคู่มือการใช้งาน ที่ง่ายต่อการศึกษาของบุคคลภายนอก ณ บริษัทมาทิกโนประเทศไทย จำกัด



TNI

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.3.1 ฟังก์ชัน Insert G Code, M Code

ในกรณีที่ทำการแก้ไข NC โปรแกรม ให้ทำการเลือก G Code หรือ M Code จากรายการ G Code หรือรายการ M Code ที่แสดงอยู่ และทำการกดปุ่ม " insert " ที่อยู่ใต้ตาราง และเมื่อใช้ฟังก์ชันนี้ ผู้ใช้ ไม่จำเป็นต้องค้นหา G Code หรือ M Code ด้วยตนเอง

3.3.2 ฟังก์ชันแก้ไข พร้อมกันหลาย โปรแกรม

เป็นฟังก์ชันที่สามารถ เปิดและแก้ไขโปรแกรม NC ได้สูงสุดถึง 10 โปรแกรม ใน Professional 5, โปรแกรม NC ที่สามารถแก้ไขได้ ในการแก้ไขโปรแกรม NC (editing of the NC program) มีเพียง 2 แบบคือ ตอนหน้า (foreground) และตอนหลัง (background)

3.3.3 ฟังก์ชัน แทรกโปรแกรมอื่น ๆ (Other program insert function)

เมื่อทำการแก้ไขโปรแกรม NC ฟังก์ชันนี้สามารถแทรกโปรแกรม NC อื่นๆ เข้าไปในโปรแกรม NCที่กำลังทำการแก้ไขอยู่ได้ ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่เวลาในการแก้ไขโปรแกรมจะลดลง โดยการใส่คำสั่ง NC ที่มีการใช้งานบ่อยๆ อันเนื่องมาจาก NC โปรแกรม และการใช้ฟังก์ชันการแก้ไข (Insertion function)

3.3.4 Automatic ISO/EIA recognition ISO/EIA

EIA คือ Code ที่ถูกพิจารณาโดย Electronic Industries Alliance ส่วน ISO คือ Code ที่เป็นเครื่องหมายมาตรฐานที่ใช้สำหรับ เทปกระดาษ (Paper tape) สำหรับมาตรฐาน องค์การระหว่างประเทศ เป็นผู้ให้การพิจารณา Automatic ISO/EIA recognition คือ ฟังก์ชันที่ใช้ในการรับรู้ โดยอัตโนมัติและการใช้งานซึ่งไม่ว่า จะถูกเขียน NC โปรแกรมแบบใด ลงในรหัส หรือจะมีการใช้ EIA เป็นจำนวนมาก ในครั้งเดียว เทปกระดาษก็จะไม่สามารถใช้อีกต่อไป และ ISO Code ที่อยู่ติดกับ ASCII Code จะถูกใช้ใน DNC

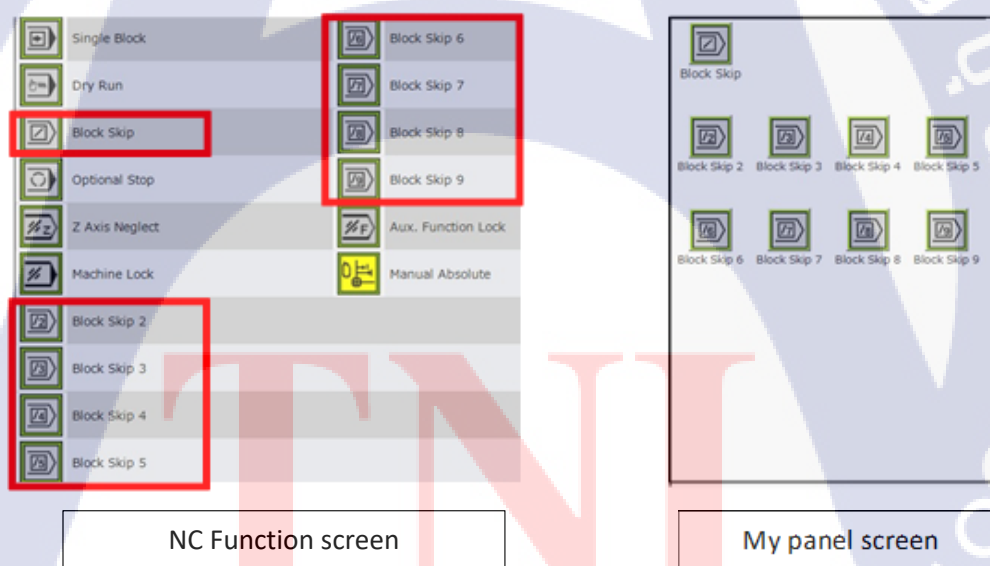
3.3.5 จำนวนพหุคูณของคำสั่ง M ใน 1 บล็อก

ฟังก์ชันนี้สามารถกำหนด M Code ได้สูงสุดเพียง 3 ตัวใน 1 บรรทัดของโปรแกรม NC โดยคำสั่ง M Code พหุคูณจะทำงาน จากซ้ายไปขวาของโปรแกรม NC

3.3.6 การข้ามบล็อก: รวม 9 (/ 2 ~ 9)

แม้ว่าข้ามบล็อก (Block skip) จะหมายถึง / 1 (ที่โดยปกติจะทำการเว้น 1 และถูกระบุแบบทั่วไปเป็น /) และสามารถข้ามบล็อกเพิ่มเติม (/ 2 ~ / 9) ได้

สามารถเลือกข้ามบล็อก (Block skip) ได้จาก หน้าจอฟังก์ชัน “function screen” (สามารถตั้งค่าเป็นสวิตช์ที่มีความยืดหยุ่นได้ (flexible switch) หากต้องการข้าม / 2 block ให้เปิดสวิตช์ / 2 ในกรณีนี้บล็อกอื่น ๆ เช่น / 3 และ / 4 จะไม่ข้าม



รูปที่ 3.1 ฟังก์ชันการข้ามบล็อก บนหน้าจอ NC function และ My panel

3.3.7 ฟังก์ชัน Program quick restart

เมื่อทำการรีสตาร์ท Interrupted machining สำหรับสาเหตุบางอย่างในระหว่างการทำงาน อัตโนมติให้ทำการเริ่มต้นการตัดเฉือนใหม่ จากบล็อกนั้น โดยการเลื่อน cursor ไปยังบล็อกที่คุณต้องการจะรีสตาร์ทโปรแกรม ที่อยู่แสดงบนหน้าจอ quick restart จึงจะสามารถเริ่มต้นใหม่ได้ ในขณะที่ที่บล็อกถูกดำเนินการโดยอัตโนมติ แกนหมุน Spindle และสารทำความเย็นจะยังคงกลายเป็นสถานะ state

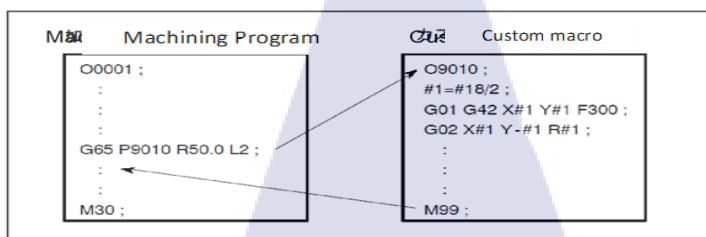
3.3.8 ฟังก์ชันเอาต์พุตไฟล์ตัวแปร Macro

ฟังก์ชันนี้จะแสดงผลตัวแปรที่จัดการโดยฟังก์ชัน Macro ที่กำหนดเองไปยังไฟล์เฉพาะที่อยู่ใน Data Area (โฟลเดอร์ข้อมูล) ของ Professional 6 สามารถใช้สำหรับบันทึกผลลัพธ์ที่วัดได้ของฟังก์ชันการวัดอัตโนมัติต่างๆ

3.3.9 Custom macro common variables 1100

คือฟังก์ชันการเขียนโปรแกรมที่สามารถสร้างวงจรการตัดเฉือน ของผู้ใช้เดิมที่สามารถจัดการกับการคำนวณเรขาคณิต (arithmetic operations) ,การแบ่งแยกตามเงื่อนไข และค่าแปรปรวน ที่อยู่ใน NC โปรแกรม

ซึ่งจำนวนตัวแปรทั้งหมดที่ลูกค้าสามารถใช้ได้ คือ 600 below # 100 ~ # 199 (100), # 800 ~ # 999 (200), # 98200 ~ # 98499 (300) ส่วนที่เหลืออีก 500 ตัวแปร จะถูกใช้กับด้านข้างของเครื่องจักร# 500 ~ # 799 (300), # 98000 ~ # 98199 (200)



Operational Command		
Function	Format	Remarks
Definition	$\#i=\#j$	
Addition	$\#i=\#j+\#k$	
Subtraction	$\#i=\#j-\#k$	
Multiplication	$\#i=\#j*\#k$	
Division	$\#i=\#j/\#k$	
Sine	$\#i=\text{SIN}[\#j]$	The angle commanded in degrees.
Arc sine	$\#i=\text{ASIN}[\#j]$	$90^{\circ}30' = 90.5$
Cosine	$\#i=\text{COS}[\#j]$	
Arc cosine	$\#i=\text{ACOS}[\#j]$	
Tangent	$\#i=\text{TAN}[\#j]$	
Atc tangent	$\#i=\text{ATAN}[\#j]$	
Square root	$\#i=\text{SQRT}[\#j]$	
Absolute value	$\#i=\text{ABS}[\#j]$	
Rounding	$\#i=\text{ROUND}[\#j]$	
Discarding fractional digits	$\#i=\text{FIX}[\#j]$	
Rounding fractional digits upward to an integer	$\#i=\text{FUP}[\#j]$	

รูปที่ 3.2 รูปแบบ และตารางการใช้ Custom macro common variables 1100

3.3.10 ฟังก์ชันบันทึกการทำงานของเครื่องจักร (Machining record function)

ฟังก์ชันนี้จะอยู่บนหน้าจอ operation results (ผลการดำเนินงาน) โดยมีหน้าที่ในการบันทึกเวลาเริ่มต้น ,เวลาสิ้นสุด ,สถานะสิ้นสุด ฯลฯ ของโปรแกรม

3.3.11 การควบคุมแบบปรับค่าได้ (AC ; Adaptive control)

ฟังก์ชัน Adaptive control คือฟังก์ชันการควบคุมความเร็ว ของอัตราการป้อนการตัดเฉือน ให้อยู่ในสถานะที่เหมาะสม ตามสภาวะ Spindle Load ในกรณีที่ การโหลดเกินขีดจำกัดบนของค่า AC ฟังก์ชันก็จะทำการหยุดการทำงานของเครื่องจักรที่มีความผิดปกติ แม้ว่าจะมีการลดอัตราการป้อนของการตัดเฉือนแล้วก็ตาม

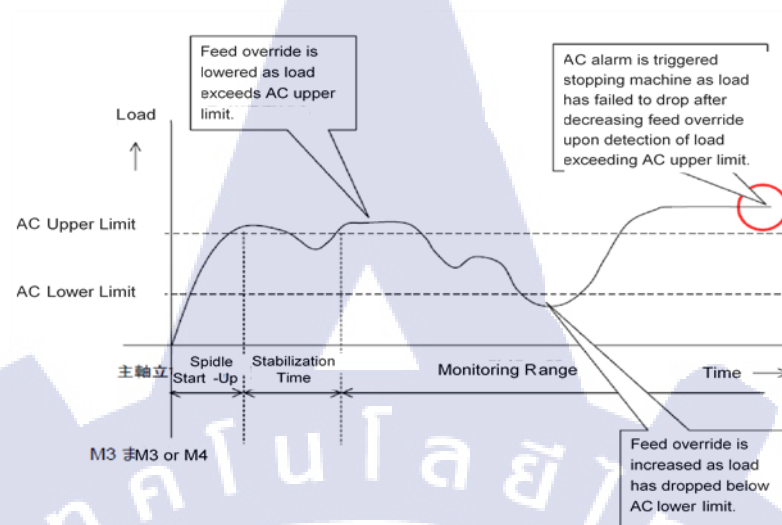


图 1. 2. 4. 'AC function'

รูปที่ 3.3 กราฟการทำงานของ ฟังก์ชัน Adaptive control

3.3.12 คำสั่งการป้องกันข้อมูล (Data protection)

ฟังก์ชันนี้จะทำการปกป้องข้อมูลโดยการ จำกัดความเป็นไปไม่ได้ (impossible)/ การเปลี่ยนแปลง (changeable) ของข้อมูลที่บันทึกไว้ใน NC เช่น การทำโปรแกรม และการชดเชย ในอดีตมีคำสั่ง บนแผงควบคุมหลัก และเรากำหนดจำกัดการเปลี่ยนแปลง / ความเป็นไปไม่ได้ของ ข้อมูลต่างๆ ที่ตำแหน่งสำคัญ แต่ใน Professional 6 มันได้กลายเป็นปุ่มฟังก์ชัน ที่ไม่มีคีย์บนแผงการทำงานหลักอีกแล้ว

3.3.13 GI control

"GI" เป็นฟังก์ชันการควบคุมอัจฉริยะ ที่สามารถจดจำกระบวนการตัดเฉือนรูปทรงเรขาคณิตที่มีความซับซ้อนแบบเรียลไทม์ (เวลาจริง) ได้ และยังสามารถควบคุมการดำเนินงานตามรูปทรงเรขาคณิตได้ดีที่สุดอีกด้วย เนื่องจาก GI control สามารถเปิดขึ้นได้โดยอัตโนมัติโดย กระบวนการทำงานโดยอัตโนมัติ, การประมวลผลที่มีความแม่นยำสูง และประสิทธิภาพสูงที่เป็นไปได้ นอกจากนี้ยังสามารถ

เพิ่มประสิทธิภาพ ให้สูงขึ้นอีกหลายเท่า ในกรณีที่มีการใช้งานหลังจาก ขยะดับเงื่อนไขการของการตัดเฉือน

GI Control จะมีการติดตั้ง GI Drilling และ GI milling ให้เป็นมาตรฐาน เพื่อใช้สำหรับลดระยะเวลาในการตัดเฉือน นอกจากนี้ GI Control ยังมีการติดตั้งการเตรียมการสำหรับ การตัดเฉือนที่มีความแม่นยำสูงเป็นมาตรฐาน

ระยะเวลาในการตัดเฉือนจะสั้นลงโดยการติดตั้ง GI Drilling และ GI milling ให้เป็นค่ามาตรฐานใน GI Control นอกจากนั้น GI Control ยังมีการติดตั้งการเตรียมการสำหรับ การตัดเฉือนที่มีความเที่ยงตรงแม่นยำสูงเป็นมาตรฐาน ซึ่งฟังก์ชันนี้สามารถที่จะปรับ Quadrant ที่ยื่นออกมา อันที่เกิดจากอายุและ การเสื่อมสภาพ ฯลฯ ให้เหมาะสมตามสภาพแวดล้อมการใช้งาน และตัวเครื่องเอง ก็สามารถปรับการเคลื่อนที่ของแกน เพื่อให้การเคลื่อนไหวยมีประสิทธิภาพดีที่สูง



(1)



(2)

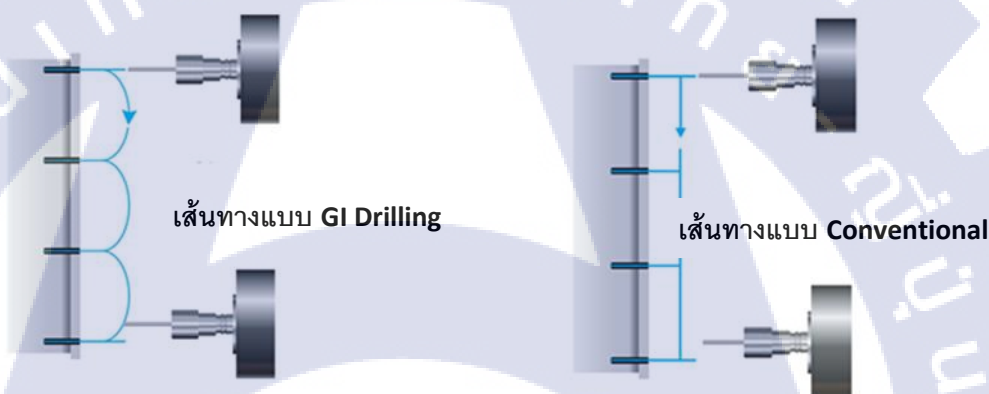
รูปที่ 3.4 (1) การตัดเฉือนก่อน "การตัดเฉือนที่มีความแม่นยำสูง"

(2) การประมวลผลหลังจาก "การเตรียมเครื่องจักรที่มีความแม่นยำสูง"

- **GI Drilling**

เป็นรอบการขุดเจาะแบบถาวรที่มีความเฉพาะตัว และการเชื่อมต่อแต่ละรู ในแบบแผนการทำโปรแกรม ตามเส้นแนวโค้งเหมือน (arc-like path)

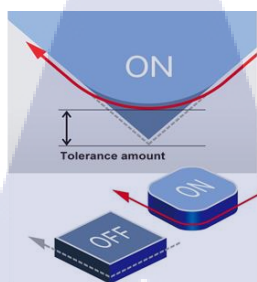
ระยะการเดินทางทั้งหมดจะลดลงตามการเคลื่อนไหวแบบเส้นโค้ง (arc-motion) ซึ่งจะสร้างความเป็นไปได้ ในการเก็บรักษา ความเร็วของอัตราการป้อน ในการวางตำแหน่งของการเจาะต่อเนื่อง ซึ่งมันจะสมบูรณ์ในระหว่าง วงจรคงที่ (fixed cycle) ของ G81 / G82 / G73



รูปที่ 3.5 รูปแบบการทำงานของ GI Drill

- **GI Milling**

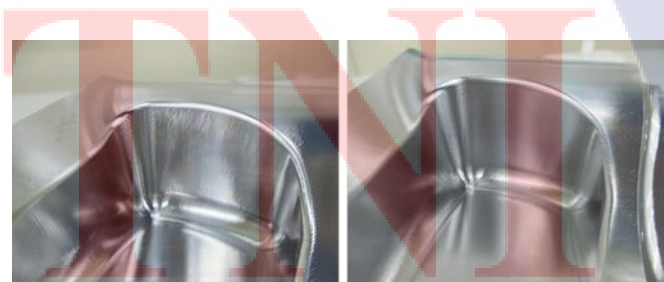
สามารถกำหนด ค่าความคลาดเคลื่อน ณ ตำแหน่งมุมของเส้นทางเครื่องมือตัด (tool path) ดังนั้นการเคลื่อนที่ตำแหน่งของมุมจึงสามารถ ทำได้อย่างราบรื่น (smooth) โดยการลดการชะลอตัวของอัตราการป้อน



รูปที่ 3.6 รูปแบบการทำงานของ GI Milling

- **Super GI. 5 control**

ฟังก์ชันนี้ แม้ในขณะที่ NC โปรแกรมของ micro block มีขนาดการเดินทางเท่ากับ 1 มิลลิเมตร หรือน้อยกว่า ได้รับคำสั่งอย่างต่อเนื่อง เช่น ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักร โดยใช้ความแม่นยำสูง แม้ในการป้อน (feed) ความเร็วสูงและการตัดเฉือนรูปชิ้นงานแบบสามมิติ, รูปร่างอิสระ เป็นต้น ซึ่งฟังก์ชันนี้จะเห็นถึงความสามารถในการประมวลผลโปรแกรมด้วยความเร็วอันน่าเหลือเชื่อในระดับสูง นอกจากนี้ฟังก์ชัน GI smoothing ที่มาพร้อมกับ Super GI. 5 control นอกจากจะยังจะช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถใช้เครื่องจักรในการตัดเฉือนได้อย่างราบรื่นแล้วยังจะช่วย ลดระยะเวลาการตัดเฉือน และทำให้พื้นผิวเรียบได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย



GI smoothing: invalid GI smoothing: valid

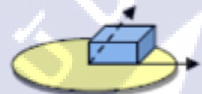
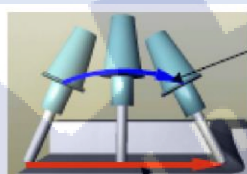
รูปที่ 3.7 ชิ้นงานที่ใช้ฟังก์ชัน GI smoothing แบบที่ไม่ถูกต้อง และแบบถูกต้องตามลำดับ

3.3.14 High-speed smooth TCP

คือ คำสั่งที่ใช้สำหรับการตัดเฉือน 5 แกนพร้อมกัน ซึ่งจะประกอบด้วย 4 ฟังก์ชันหลักๆ ดังนี้

● Tool Center Point Control

Tool Center Point Control



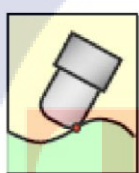
- สามารถกำหนดเส้นทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางเครื่องมือได้โดยตรง
- ไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนโปรแกรมแม้ว่าจะเปลี่ยนความยาวของเครื่องมือตัด
- ในตารางประเภทของ **rotation** ผู้ใช้สามารถสั่งในระบบพิกัดตารางได้

● Cutting Point Command

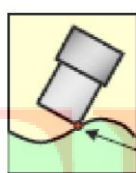
Cutting Point Command



Ball end mill



Radius end mill



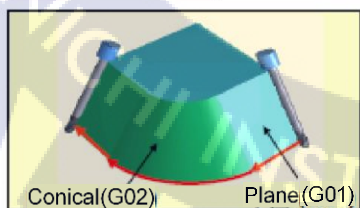
Square end mill

Cutting point

- รูปการตัดเฉือนสามารถ ติดตั้งโปรแกรมได้โดยตรง
- ไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนโปรแกรมแม้ว่าจะเปลี่ยนประเภทเครื่องมือตัดก็ตาม

● Tool Posture Control

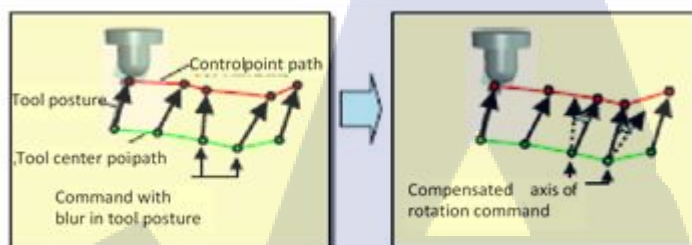
Tool Posture Control



- ระนาบและกรวย ด้านข้างเครื่องมือตัดสามารถ ตัดเฉือนได้

- Smooth TCP

Smooth TCP

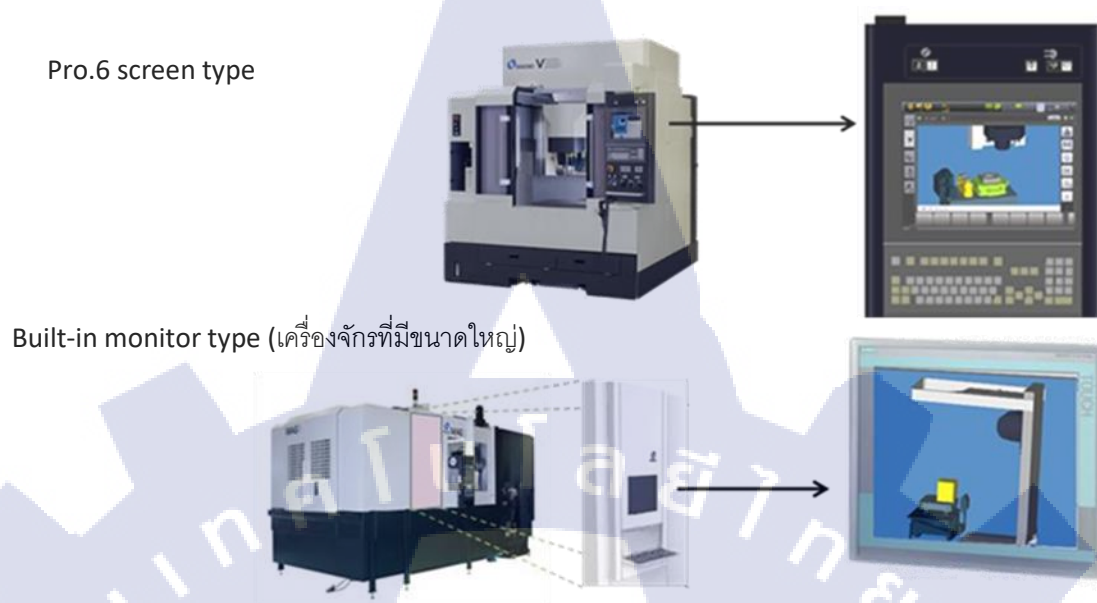


- ซดเซย์ค่าสั่งโปรแกรมสำหรับการควบคุมจุดศูนย์เครื่องมือ โดยอัตโนมัติ
- สดส่วนการเคลื่อนไหวของแกนหมุนเรียบ กับจำนวนการเดินทางของแกนเชิงเส้นเป็นที่ยอมรับ

3.3.15 การป้องกันการชนกัน (Collision Safeguard)

ฟังก์ชันนี้จะช่วยป้องกันการรบกวนระหว่าง เครื่องมือตัดเฉือน, วัสดุ, จิ๊ก (ตัวจับยึด) และ โครงสร้างที่สร้างขึ้นใน Machining chamber และยังช่วยรักษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง เมื่อ ใช้แบบจำลองสามมิติ ความเป็นไปได้ที่จะมีการแทรกแซงเกิดขึ้นระหว่างเครื่องมือตัด และวัสดุใน ระหว่างการวางตำแหน่ง หรือในระหว่างเครื่องมือและอุปกรณ์จับยึดกำลังทำการ ป้อนการตัดเฉือน (Cutting feed) ฯลฯ ซึ่งฟังก์ชันนี้จะทำการคำนวณในแบบเรียลไทม์ และเมื่อมีการคาดการณ์สัญญาณ รบกวน ฟังก์ชันจะทำการการหยุดการเคลื่อนที่ของ แกนและสร้างการเตือนภัย Alarm ฟังก์ชันการ ป้องกันการชนกัน (Collision Safeguard) จะมีอยู่ 2 วิธีที่ขึ้นอยู่กับรูปแบบการเชื่อมต่อ คือ

1. "Pro.6 screen type" ที่จะรวมอยู่ในหน้าจอการทำงานของ Professional 6
2. "Built-in monitor type" ซึ่งเป็นคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ติดตั้งอยู่ใกล้กับ แผงควบคุมหลักใน ตัวเครื่องจักร ชนิดที่แนบมาจะขึ้นกับรุ่นและข้อกำหนด ซึ่งรายละเอียดสามารถดูได้ที่ข้อกำหนด ทางเทคนิคของ Collision Safeguard



รูปที่ 3.8 วิธีป้องกันการชน แบบ Pro.6 screen type และ Built-in monitor type

3.3.16 อินเทอร์เฟซ เครื่องดับเพลิงอัตโนมัติ

(เครื่องดับเพลิงอัตโนมัติและแหล่งจ่ายไฟ จะต้องถูกจัดหาให้กับลูกค้า)

ฟังก์ชันนี้จะทำการปิดเบรกเกอร์หลัก ของตัวเครื่องจักร ด้วยสัญญาณจากเครื่องดับเพลิงอัตโนมัติ เบรกเกอร์หลักจะถูกปิดเมื่อการเชื่อมของเครื่องดับเพลิงอัตโนมัติถูกเปิดใช้งาน



การเชื่อมของเครื่องดับเพลิงอัตโนมัติถูกเปิดใช้งาน

เบรกเกอร์ หลักถูกปิด

รูปที่ 3.9 หลักการทำงานของเครื่องดับเพลิงอัตโนมัติ

3.3.17 การปิดเครื่อง โดยอัตโนมัติ (Automatic power shut off)

ฟังก์ชันนี้จะทำการปิดการใช้งานของแหล่งจ่ายไฟหลักของเครื่องจักร เมื่อถึงสิ้นสุดการทำงานโดยอัตโนมัติ ซึ่งการปิดเครื่องโดยอัตโนมัติจะทำงานก็ต่อ เมื่อเกิดสภาวะดังต่อไปนี้

- เมื่อเสร็จสิ้นการตัดเฉือน และย้ายพาเลท (pallet) ทั้งหมดแล้ว
- เมื่อการตัดเฉือนไม่สามารถดำเนินการอย่างต่อเนื่องได้ อันเนื่องจากการแจ้งเตือนเกิดขึ้น

ฟังก์ชันนี้จะใช้งานได้เมื่อเปิดใช้งาน "Power Out" ที่อยู่บนหน้าจอ Function



รูปที่ 3.10 โหมด Power Out สามารถเปิดหรือปิดจากหน้าจอ Function หรือ Floating Function ได้

3.3.18 ข้อกำหนดและฟังก์ชันเสริม

- แกนควบคุม 1 แกน (control axis)

ฟังก์ชันนี้จำเป็นต้องใช้ ก็ต่อเมื่อแกนควบคุม เช่นแกน RWH (C, A axis) หรือ Cs ถูกเพิ่มลงในแกนพื้นฐาน (XYZ) 1 แกน ฟังก์ชันนี้จะเป็มาตรฐานสำหรับเครื่องจักร ที่มีโต๊ะแบบหมุนเป็นแกนที่ 4

- แกนควบคุม 2 แกน (control axes)

ฟังก์ชันนี้จำเป็นต้องใช้ก็ต่อ เมื่อแกนควบคุมสองแกนเช่นแกน RWH (C, A axis) หรือ Cs ถูกเพิ่มลงในแกนพื้นฐาน (XYZ) 2 แกน ฟังก์ชันนี้จะเป็นมาตรฐานสำหรับเครื่อง 5 แกนเช่น D series, 5XA, 5CB หรือ 5XR

3.3.19 F1-digit feed

การระบุหมายเลข 1 หลัก “1-digit number” ตาม F (F1 - F9) จะช่วยให้การตั้งค่า อัตราป้อนสำหรับพารามิเตอร์ NC มีค่าตรงกับหมายเลขที่ระบุไว้ โดยผู้ใช้สามารถตั้งค่าอัตราการป้อนได้ถึง 9 รายการ ซึ่งโปรแกรม NC รุ่นเก่าบางรุ่นจะระบุอัตราการป้อนในรูปแบบนี้ (เมื่ออัตราการป้อนในปัจจุบัน คือ 2000 มิลลิเมตร / นาที, F2000 ที่ถูกระบุอาจเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า "คำสั่งโดยตรง F (F direct command)") เมื่อระบุเป็น F0 จะมีการเลือกอัตราการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว (the rapid traverse rate) และเมื่อทำการเปิด F1-digit feed บนหน้าจอฟังก์ชัน และทำการหมุน Handle Manual Pulse Generator อัตราการป้อนของหมายเลข F ที่เลือกในปัจจุบันจะมีการเปลี่ยนแปลงไป

ฟังก์ชันนี้จะถูกใช้งานก่อน ในกรณีที่ คนทำโปรแกรมไม่ทราบเงื่อนไขการตัดเฉือนทั้งหมด F1 จะถูกใช้ในโปรแกรม และผู้ใช้งาน จะดำเนินการตัดเฉือนในขณะที่มีการปรับอัตราการป้อน federate

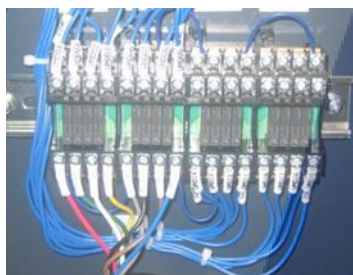
ตัวอย่างการใช้ ฟังก์ชัน

G01X100.0Y50.0F1;

Z-10.0F2;

3.3.20 ฟังก์ชันอินเทอร์เฟซ I / O แบบพิเศษ

อินเทอร์เฟซนี้จะรวมอยู่ในแผงควบคุมของเครื่องจักร เพื่อให้การเชื่อมต่อไฟฟ้าระหว่าง M Code (ซอฟต์แวร์) ที่ออกจากเครื่องเพื่อควบคุมอุปกรณ์ต่อพ่วง ที่ถูกสั่งให้ทำงานเช่นตัวกระตุ้น (actuators) และ part counters (ฮาร์ดแวร์)

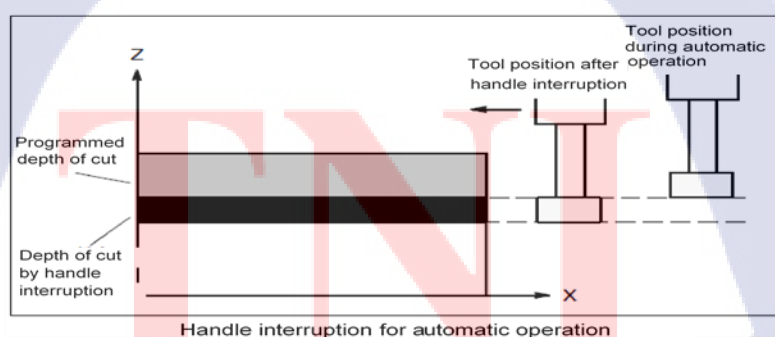


+ M Code

รูปที่ 3.11 การเชื่อมต่อไฟฟ้าระหว่าง M Code (ซอฟต์แวร์) ที่ออกจากเครื่องเพื่อควบคุมอุปกรณ์ต่อพ่วง

3.3.21 ควบคุมการขัดจังหวะ (Handle interruption)

ในระหว่างการทำงานโดยอัตโนมัติ ผู้ใช้สามารถเพิ่มอัตราการป้อน เพื่อจัดการการทำงานอัตโนมัติได้ ตัวอย่างเช่น เมื่อแกน X และ Y เคลื่อนที่ไปตามที่ตั้งไว้ จำนวนการตัดเฉือนจะถูกปรับโดยการเลื่อนแกน Z ไปพร้อมกับ Manual pulse generator หลังจากนั้นการตัดเฉือนจะดำเนินต่อไปในสถานะที่มีการขัดจังหวะ



รูปที่ 3.12 รูปแบบการควบคุมการขัดจังหวะ

3.3.22 Optional chamfering / corner R

ฟังก์ชันนี้จะทำการแทรกเส้นตรง แคมเฟอร์ หรือมุม R ที่ส่วนสุดท้ายของ G01 หรือบล็อก G02, G03 ให้ทำการระบุค่า ", C" สำหรับ chamfering หรือ ", R" สำหรับมุม (corner) R

G01 X_, C10.0 ;

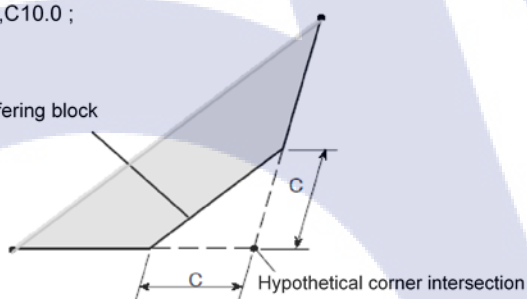
แทรก Chamfer 10 mm โดยอัตโนมัติที่ X_Y_;

G01X_, R10.0 ;

แทรก R10 mm โดยอัตโนมัติที่ X_Y_;

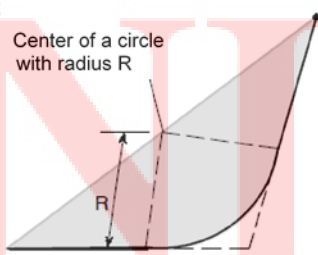
[1]G91 G01 X100.0 ,C10.0 ;
[2] X100.0 Y100.0 ;

Inserted chamfering block



[1] G91 G01 X100.0 ,R10.0 ;
[2] X100.0 Y100.0 ;

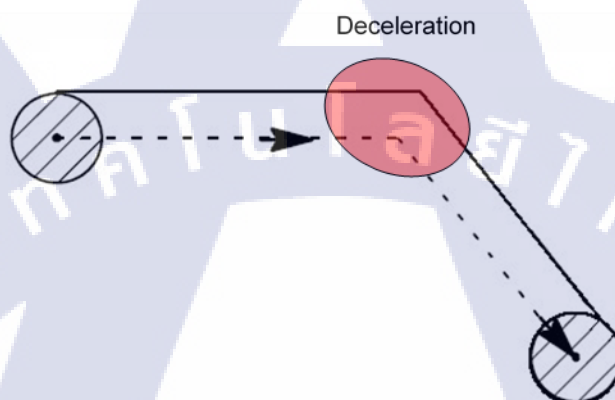
Center of a circle
with radius R



รูปที่ 3.13 ตัวอย่างฟังก์ชันการ แทรก Chamfer และ Corner ตามลำดับ

3.3.23 การแทนที่มุมอัตโนมัติ (Automatic corner override)

ฟังก์ชันนี้จะทำการลดอัตราความเร็วลงชั่วคราวเมื่อเครื่องมือตัด ผ่านพื้นผิวด้านในของมุมหรือรูปทรงกลม นอกจากนี้ฟังก์ชันนี้ยังใช้เพื่อลดปัญหาในการตัดที่มุมด้านใน



รูปที่ 3.14 รูปแบบการทำงานของ Automatic corner override

3.3.24 ฟังก์ชันสิทธิผู้ใช้ (User privilege function)

ฟังก์ชันนี้คือ โต้ตอบเข้าสู่ระบบ (login dialog) ที่จะแสดงขึ้น ในเวลาเริ่มเปิดใช้งาน Professional 6 และหลังจากเข้าสู่ระบบ ฟังก์ชันจะทำการจำกัดการทำงาน และการแสดงผลหน้าจอ ตามระดับของผู้ใช้ในปัจจุบัน

3.3.25 เรียกใช้ชั่วโมง (Run hour) และปริมาณบางส่วน (Part quantity) สำหรับ FANUC FOCAS

Professional 6 สามารถใช้ฟังก์ชันการนับและการบันทึกชิ้นส่วน (มาตรฐาน) สำหรับสถานการณ์ส่วนใหญ่ได้ แต่ฟังก์ชันนี้จำเป็นต้องใช้เมื่อใช้ข้อมูลเดียวกันกับ Professional 3 หรือเมื่อได้รับชั่วโมงการทำงานและปริมาณชิ้นส่วนโดยใช้ FANUC FOCAS Library

Run hour : จะแสดงเวลาทำงาน (รอบเวลา) สำหรับโปรแกรมหลักและเวลาทำงานสะสม (เวลาในการตัดเฉือนทั้งหมดจนถึงปัจจุบัน)

Parts quantity: ระบุจำนวนครั้งที่ M30 (สิ้นสุดโปรแกรมหลักหนึ่งรายการ) จนถึงวันนี้

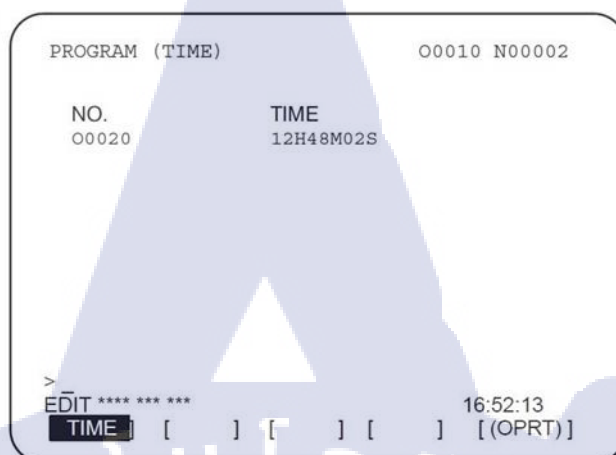
SETTING (TIMER)		O0001 N00000
PARTS TOTAL	= 14	
PARTS REQUIRED	= 0	
PARTS COUNT	= 23	
POWER ON	= 4H 31M	
OPERATING TIME	= 0H 0M 0S	
CUTTING TIME	= 0H 37M 5S	
FREE PURPOSE	= 0H 0M 0S	
CYCLE TIME	= 0H 0M 0S	
DATE	= 1993/07/05	
TIME	= 11:32:52	
> MDI *****		16:05:59
[OFFSET] [SETING] [WORK] [] [(OPRT)]		

รูปที่ 3.15 สิ่งที่แสดงใน Run hour และ Parts quantity

3.3.26 ฟังก์ชันการบันทึกเวลาของการตัดเฉือนสำหรับ FANUC FOCAS

Professional 6 ฟังก์ชันการบันทึกการตัดเฉือน (มาตรฐาน) สามารถใช้แทนฟังก์ชันนี้ได้ในทุกสถานการณ์ แต่ต้องใช้ฟังก์ชันนี้เมื่อมีการใช้ข้อมูลเดียวกันกับ Professional 3 หรือเมื่อเวลาในการผลิตของแต่ละโปรแกรมได้รับมาโดยใช้ FANUC FOCAS Library

หลังจากการตัดเฉือนของโปรแกรมหลักเสร็จสิ้นแล้วระยะเวลาในการตัดเฉือนจะปรากฏขึ้นโดยอัตโนมัติบนหน้าจอ NC และจะถูกบันทึกไว้ แม้แต่ในขณะปิดเครื่องก็สามารถบันทึกข้อมูลได้มากถึง 10 รายการ เวลาในการตัดเฉือนสามารถแทรกเป็นข้อสังเกต ณ ด้านข้างของหมายเลขโปรแกรมที่ใช้ โดยลูกค้ายางรายจะเชื่อมั่นในการตัดเฉือนชิ้นส่วนซึ่งเป็นการประมวลผลแบบทั่วไป



รูปที่ 3.16 รูปแบบฟังก์ชันการบันทึกเวลาของการตัดเฉือนสำหรับ FANUC FOCAS

3.3.27 ฟังก์ชันการวัดรูปร่างแบบ 3 มิติ A

ฟังก์ชันนี้จะทำการวัดรูปร่างบน พื้นผิวโค้ง โดยจะวัดรูปร่าง ด้วยโปรแกรมการวัดที่สร้างขึ้น โดย Smart Checker ผลการวัดสามารถยืนยันได้บนหน้าจอ NC หรือ Smart Checker

โปรดจำไว้ว่า ฟังก์ชันนี้จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์วัดชิ้นงานโดยอัตโนมัติ

- การขยายความจุของหน่วยความจำผู้ใช้ A

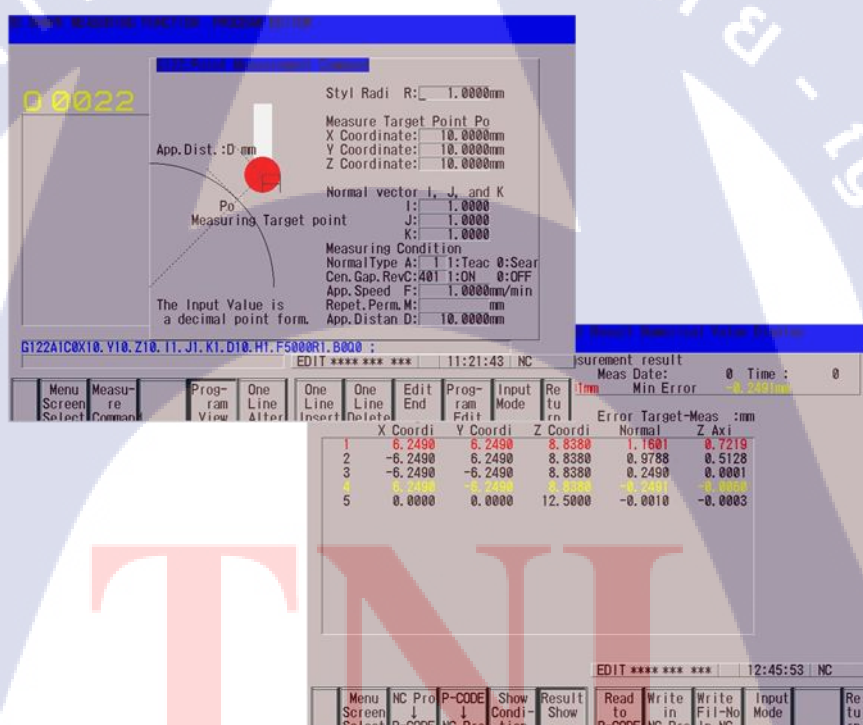
ขยายหน่วยความจำผู้ใช้สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนดังนี้

[1] หน่วยความจำโปรแกรม: 20GB

[2] หน่วยความจำ M198 / DNC, พื้นที่เก็บข้อมูล 20GB, [3] พร้อมกัน

โดยปกติข้อกำหนดมาตรฐาน 3GB จะเพียงพอสำหรับหน่วยความจำของโปรแกรมและหน่วยความจำ ผู้ใช้อื่น ๆ ซึ่งอาจจำเป็นสำหรับการใช้งานแบบพิเศษ เช่น ข้อมูลจำนวนมากที่นอกเหนือจากโปรแกรม

NC การขยายหน่วยความจำของผู้ใช้ไม่สามารถสนับสนุนก่อนการจัดส่ง หรือติดตั้งใหม่หลังจากการจัดส่งได้ทันที



รูปที่ 3.17 ลักษณะของ ฟังก์ชันการวัดรูปร่างแบบ 3 มิติ A

3.4 องค์ประกอบเบื้องต้น

3.4.1 User Memory (หน่วยความจำผู้ใช้)

User Memory คือความจุสูงสุดที่สามารถจัดเก็บโปรแกรม NC และข้อมูลต่างๆ ซึ่ง User Memory สามารถแบ่งพื้นที่ออกได้เป็น 3 ส่วนดังต่อไปนี้

- **Program memory (หน่วยความจำหลัก)**

เป็นพื้นที่ๆ ใช้สำหรับจัดเก็บโปรแกรมการตัดเฉือน (โปรแกรม NC) ซึ่งเทียบเท่ากับ "พื้นที่จัดเก็บโปรแกรม ("program storage area)" ดังเดิม

ความจุ: 2GB

- **M198 / DNC memory (หน่วยความจำของศูนย์ข้อมูล)**

เป็นพื้นที่ๆ ใช้สำหรับจัดเก็บโปรแกรม M198 และโปรแกรมการตัดเฉือน (NC program) โดยใช้ DNC ซึ่งเทียบเท่า ศูนย์ข้อมูล (data center) และหน่วยความจำภายใน (built-in memory) ดังเดิม

ความจุ: ไม่มีขีดจำกัด * M198: สามารถเรียกโปรแกรมย่อยของไฟล์ที่อยู่ในอุปกรณ์ input / output ภายนอก

- **Data are**

เป็นพื้นที่ๆ ใช้สำหรับจัดเก็บประวัติการแจ้งเตือนและข้อมูลต่างๆ ซึ่งเทียบเท่าศูนย์ข้อมูลและหน่วยความจำภายใน ดังเดิม

เนื่องจากโปรแกรมของ หน่วยความจำ "M198 / DNC" จะดำเนินการโดย กระบวนการ DNC ซึ่งผู้ใช้ไม่สามารถที่จะใช้ custom macro หรือเรียกโปรแกรมย่อย (Subprogram) ของโปรแกรม หน่วยความจำ "M198 / DNC" ได้ หน่วยความจำโปรแกรมจะถูกจัดการใน หน่วยของเพจ (page) และแม้แต่โปรแกรมที่มีเพียงตัวเดียว (1 ไบต์) ก็ ใช้ความจุของ เพจเพียง 1 เพจ และเนื่องจากความจุของ เพจ อาจมีความแตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับชุดควบคุม ซึ่งความจุอาจมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับการบันทึกโดย Professional 3 หรือ Professional 5 ความจุของโปรแกรม 80 เมตร คือมาตรฐานใน

Professional 5 หรือก็คือประมาณ 31,000 อักษร 31,000 ไบต์ 31 กิโลไบต์และ 20,480 เมตร 8 เมกะไบต์
 ดังนั้นความสามารถในการเก็บข้อมูลขนาด 2 กิกะไบต์ของหน่วยความจำโปรแกรม จึงมีขนาดมหาศาล
 เมื่อเทียบกับ Professional 5

3.4.2 Address / Word search

ตัวอักษรเช่น G ของ G01 ของโปรแกรม NC หรือตัวอักษร M ของ M03 ฯลฯ จะเรียกว่า
 Address และสิ่งที่เรียกว่า G01, G02, M03, M04 ฯลฯ โดยมีค่าตัวเลขแนบติดกับ Address จะเรียกว่า
 Word ดังนั้น

Address search คือ การค้นหาตัวอักษรดังเช่น G, M, X เป็นต้น ส่วน

Word search คือ การค้นหาหน่วยของ Word เช่น M03 หรือ G01

3.4.3 Program preview

เมื่อทำการเลือกโฟลเดอร์ และไฟล์ NC โปรแกรม ที่มีการใช้งานไฟล์หน้าจอโปรแกรมโดยจะ
 แสดงเนื้อหาของ โปรแกรม NC เนื้อหาของ NC โปรแกรม สามารถตรวจสอบได้ โดยไม่จำเป็นต้อง
 ค้นหา หรือตรวจสอบ บนหน้าจอแก้ไข (Edit screen)

3.4.4 พอร์ต 10/100 BASE Ethernet (ข้อกำหนดเราเตอร์ “Router”)

ใน Professional 6 จะมีพอร์ต Ethernet 10/100 BASE และพอร์ต Ethernet ที่ถูกควบคุมโดย
 router เพื่อให้ลูกค้าสามารถแลกเปลี่ยนไฟล์ กับระบบ CAD / CAM ได้

ตัวอย่าง PC เช่น ไฟล์เซิร์ฟเวอร์ที่กำลังใช้พอร์ต Ethernet และอุปกรณ์ ที่จำเป็นต้องใช้ที่อยู่ IP และการ
 ตั้งค่าเราเตอร์ ดังต่อไปนี้

[1] เราเตอร์ (การตั้งค่าโรงงาน 192.168.1.219)

[2] Professional 6 (การตั้งค่าโรงงาน 192.168.1.4)

[3] การป้องกันการชนกัน

(Pro.6 screen type specification) (การตั้งค่าโรงงาน 192.168.1.27) (Built-in monitor type specification)
(การตั้งค่าโรงงาน 192.168.1.10)

(อาจต้องใช้ที่อยู่ IP และการตั้งค่า โดยขึ้นอยู่กับตัวเลือก (Option) ดังนั้นโปรดทำการตรวจสอบข้อกำหนดของเครื่องให้ดีกว่าก่อน)

3.4.5 FS-15M program format

นี่คือรูปแบบของ NC โปรแกรม ที่ได้รับการแต่งตั้ง ตามปกติสำหรับ Professional 6

"FS" เป็นคำย่อมาจาก FANUC SYSTEM หรือ FANUC Series โดย โปรแกรม NC จะมี program format ที่ใช้สำหรับ FS6 ถึง FS0, FS16 และ program format ที่ใช้จาก FS11 ถึง FS15 ซึ่งรูปแบบมากมายจาก FS6 จะมีความยากที่จะเข้าใจ โดยรุ่นที่ใหม่กว่าจะใช้ program format ที่ใช้ ใน FS11 และ FS15 ส่วน FS-15M program format จะเปิดอยู่เมื่อเครื่องได้รับการส่งมอบ เมื่อใช้โปรแกรม NC ที่ใช้ FS6M และ FS0 FS-15M program format จะถูกปิดใช้งานโดยการตั้งค่า

3.4.6 Control in/out

Control-out คือวงเล็บ (Parenthesis) ที่มีขนาดเล็กที่อยู่ทางด้านซ้าย โดยโปรแกรม NC จะละเว้น Character information หลังจากนั้น และจนกว่าจะมีการอ่าน ที่อ้างอิงถึงความคิดเห็น ส่วนวงเล็บ (Parenthesis) เล็กที่อยู่ทางด้านขวา จะเรียกว่า Control-in จะถูกละเว้น

3.4.7 การนำเข้าพิกัด (Importing coordinates)

ในขณะที่โปรแกรม NC กำลังแก้ไข ค่าพิกัดปัจจุบันสามารถแทรกได้ ลงไปในโปรแกรม NC โดยกดปุ่ม [Coordinate Value Import] นอกจากนี้ยังสามารถเลือกแกนที่จะนำเข้าหรือขดเซชค่าปัจจุบัน โดยจะเป็นฟังก์ชันเดียวกับฟังก์ชันการสอนของ FANUC ซึ่งเป็นไปได้ที่จะดำเนินการทำงานซ้ำ โดยการนำเข้าข้อมูลพิกัดหนึ่ง หลังจากการดำเนินการด้วย Manual หรือ MDI ไปยังโปรแกรม NC ใดๆก็ได้ ตามเนื่องจากเส้นทางไม่ได้รับการจดจำ จึงไม่ใช่การทำสำเนาที่สมบูรณ์

3.4.8 Stored stroke limit 1

จะทำหน้าที่ในการกำหนดช่วงการทำงานของเครื่องจักร และในกรณีที่เครื่องจักร เคลื่อนที่เกินกว่าช่วงที่ตั้งค่าไว้ มันก็จะลดการทำงานลง จนกว่าจะหยุดทำงาน และจะแสดงการเตือนภัย alarm

3.4.9 Stored stroke limit 2, 3

นอกเหนือจาก Stored stroke limit 1 สามารถเพิ่มได้ 2 ขอบเขต Stored stroke limit 2 จะทำการตั้งค่าขอบเขตด้วยพารามิเตอร์ NC หรือคำสั่งโปรแกรม forbidden area (พื้นที่ต้องห้าม) ที่อยู่ภายในหรือภายนอกขอบเขตที่ตั้งไว้ โดยไม่ว่าจะเป็นภายในหรือภายนอกจะถูกกำหนดโดยพารามิเตอร์ NC

สำหรับคำสั่งโปรแกรม G22 จะป้องกันไม่ให้เครื่องมือตัดให้ทำการป้อน forbidden area ในขณะที่ G23 อนุญาตให้เครื่องมือตัด ป้อน forbidden area

ใน Stored stroke limit 3 ด้านในของขอบเขตที่ตั้งเป็นพารามิเตอร์ NC จะกลายเป็น forbidden area ซึ่งมีประสิทธิภาพมาก เมื่อมีวัตถุรบกวนในพื้นที่การตัดเฉือน และป้องกันการบุกรุกเข้าไปในพื้นที่นั้น สำหรับการตรวจเช็คจังหวะที่เก็บไว้ทั้ง 2 และ 3 การตั้งค่าการยับยั้ง (prohibited settings) จะถูกเก็บไว้ แม้จะปิดเครื่องหรือเปิดเครื่องก็ตาม

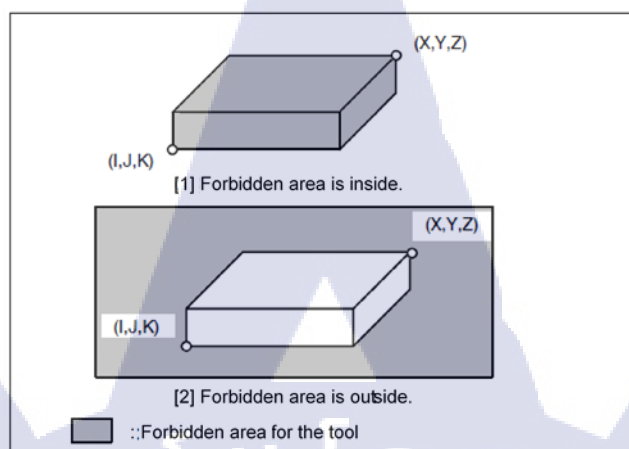


図6.3 (a) ストロークチェック

รูปที่ 3.18 รูปแบบของ Stored stroke

3.4.10 Self-diagnostics

Professional 6 จะมีหน้าจอที่เรียกว่า Self-diagnostics ซึ่งจะสามารถตรวจสอบสาเหตุของสัญญาณเตือนที่เกิดขึ้นในขณะนี้ โดยสาเหตุของการ Alarm, วิธีการกู้คืน และข้อมูลเครื่องสามารถได้รับการยืนยันได้ ดังเช่น สาเหตุของการ Feed hold และการ Interlock ที่ตำแหน่งต้นกำเนิดช่วงแกน และ Tool magazine manual

3.4.11 ECO mode

ในกรณีที่เครื่องจักรอยู่ในสถานะ สแตนด์บาย (เมื่อ tool magazine ฯลฯ ไม่ทำงานในระยะเวลาหนึ่งแม้ในระหว่างที่ไม่มีการตัดเฉือน) ECO mode จะช่วยในประหยัดพลังงานการลดการจ่ายอากาศ, ทำการปิด servo โดยใช้เบรก (หยุดการทำงาน) มอเตอร์ของแกนโน้มถ่วง เป็นต้น ซึ่งฟังก์ชันที่แนบมาจะแตกต่างกันไปโดยขึ้นอยู่กับแต่ละรุ่น

3.4.12 สายเคเบิล Twisted-pair 10 ม. (หุ้มฉนวน)

สายเคเบิล (Shielded twist pair) (สาย STP) มีความทนทานต่อเสียง หรือสัญญาณรบกวนที่ดีเยี่ยม สายตรงจะใช้สำหรับการเชื่อมต่อสายเคเบิลระหว่าง Professional 6 กับ ฮับสวิตช์ หรือระหว่าง ฮับสวิตช์ กับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล สายในเชิงพาณิชย์ทั่วไปจะไม่มีหุ้มฉนวน (สาย UTP) แต่สำหรับการเชื่อมต่อภายในโรงงานต้องใช้สายที่เป็นเคเบิลคู่ป้องกัน



- สายเคเบิล Twisted-pair 20 ม (หุ้มฉนวน)
- สายเคเบิล Twisted-pair 50 ม (หุ้มฉนวน)

รูปที่ 3.19 รูปร่างของสายเคเบิล Twisted-pair ที่หุ้มด้วยฉนวน ขนาด 20 หรือ 50 ม

3.4.13 8-port switching HUB

8-port hub คือ ฮับสวิตช์ ที่ใช้เป็นอุปกรณ์ในการถ่ายโอนข้อมูลกับเครือข่าย เมื่อเข้าถึง shared folder ของเจ้าของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล บนหน้าจอโปรแกรมของ Professional 6 จำเป็นต้องเชื่อมต่อ Professional 6 เข้ากับเครือข่าย แต่ในกรณีนี้จำเป็นต้องใช้ 8-port switching HUB ในการเชื่อมต่อ นอกจากนี้สำหรับการใช้งานด้วย μ DMS5 หรือ μ CellExpert จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ตัวนี้ (แม้ว่าลูกค้าสามารถใช้ผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ได้ ในกรณีนี้โปรดใช้ ฮับสวิตช์ ที่มีสายไฟ 3P พร้อมสายดิน)



รูปที่ 3.20 รูปร่างของ 8-port switching HUB

3.4.14 Fast Ethernet interface

นอกเหนือจากอีเทอร์เน็ตมาตรฐาน แล้วระบบอีเทอร์เน็ตก็ อีกหนึ่งสิ่งที่ถูกเพิ่มเข้ามา เพื่อการสื่อสารด้วยความเร็วสูง ซึ่งมีความจำเป็นต้องใช้ในกรณีที่ μ DMS5, μ CellExpert และ MML ถูกใช้งาน นอกจากนี้ยังแนะนำให้เลือกแม่จะเชื่อมต่อ MPmax ก็ตาม

3.4.15 ชุดพัฒนา MML (MML development kit)

ชุดพัฒนา MML นี้เป็นซอฟต์แวร์ไลบรารี Windows ที่ใช้เพื่อเข้าถึงข้อมูล Professional 6 จากคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ซึ่งจะมีให้ในแผ่นซีดีรอม ในการใช้ชุดพัฒนา MML นี้ลูกค้าสามารถพัฒนาแอปพลิเคชัน Windows เช่น ซอฟต์แวร์ตรวจสอบเครื่องได้ ชุดพัฒนาหนึ่งชุดต่อลูกค้าหนึ่งราย (ไม่จำเป็นต้องซื้อสำหรับทุกเครื่อง)

3.4.16 ส่วนติดต่อ MML (MML interface)

ชื่อเดิมคือ MML machine kit อย่างไรก็ตามฟังก์ชันการขยายหน่วยความจำศูนย์ข้อมูล A (รวม: 360MB) ที่รวมอยู่ใน MML machine kit จะไม่ได้รวมอยู่ด้วยเนื่องจากพื้นที่ข้อมูลของ Professional 6 มี 1GB เป็นค่ามาตรฐาน

ตัวเลือกนี้จำเป็นสำหรับเครื่องทุกเครื่อง เมื่อเชื่อมต่อแอปพลิเคชันพีซีที่สร้างขึ้นโดยใช้ MML machine kit โดยโปรดเลือกส่วนติดต่อ Fast Ethernet



TNI

3.5 G Code เบื้องต้น

3.5.1 G 00; การวางตำแหน่ง การสอดแทรกแบบเชิงเส้น และแบบไม่เชิงเส้น

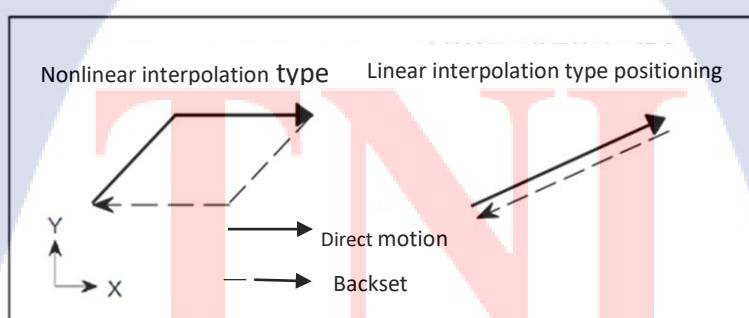
การสอดแทรกแบบไม่เชิงเส้น และการสอดแทรกแบบเชิงเส้น จะถูกใช้สำหรับการวางตำแหน่งในระหว่างการทำงานอัตโนมัติ

- การวางตำแหน่งแบบสอดแทรกเชิงเส้น (Linear interpolation type positioning)

คือ ระบบการวางตำแหน่ง ที่การเคลื่อนที่ของแกนตามลำดับ จะถูกซิงโครไนซ์ (Synchronized) เพื่อให้เส้นทางของเครื่องมือตัด (Tool path) ของแกนฟีด (feed axes) เป็นเส้นตรงตลอดเวลา ซึ่งเส้นทางจะเป็นเส้นที่เรียบง่ายแม้ว่าจะมีการย้ายหลายแกนไปพร้อมกันก็ตามส่วน

- การวางตำแหน่งการสอดแทรกแบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear interpolation type positioning)

คือ ระบบการวางตำแหน่ง ที่ประเภทของการเคลื่อนที่ซิงโครไนซ์ (Synchronized) จะไม่มีการทำงาน และแกนมีการเคลื่อนที่ในระยะที่สั้น จะหยุดก่อนหน้าแกนอื่น ๆ เนื่องจากแกนบางตัวหยุดลง ในระหว่างเส้นทาง (ช่วงกลางๆ) ทำให้เส้นทางเครื่องมือตัด เป็นเส้นคดเคี้ยว



รูปที่ 3.21 แสดงการวางตำแหน่งการสอดแทรกแบบเชิงเส้นและแบบไม่เชิงเส้น

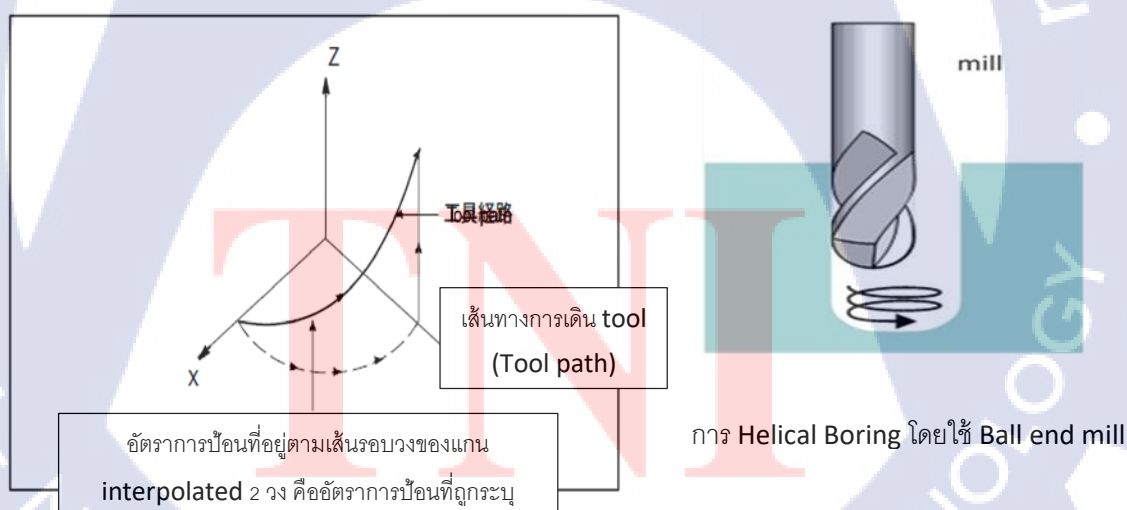
ซึ่ง เวลาที่แกนทั้งหมดจะถึงจุดสิ้นสุด (end point) คือ เวลาการทำงานที่เท่ากัน สำหรับทั้ง 2 ระบบ จึงทำให้เวลาในการทำงาน จะไม่มีความต่างกัน ในกรณีที่มีการรบกวนการทำงานของเครื่องจักร, เครื่องมือตัด (Tool) หรือชิ้นงาน ซึ่งทั้งหมดจะถูกตรวจสอบโดย CAM (Computer Aided Manufacturing) ที่การทำงานทั่วไปจะใช้การวางตำแหน่งแทรกสอดแบบเชิงเส้น (linear interpolation type positioning)

3.5.2 G02, G03; การประมาณค่าเส้นโค้ง, ทรงกลม 3 มิติ, Involute, เกลียวและ รูปกรวย

- การประมาณค่าเส้นโค้ง “Helical interpolation” (G02, G03)

เครื่องมือตัด สามารถเคลื่อนที่ในเส้นทางของ Helical path ได้ โดยการระบุแกน 1 หรือ 2 แกน ที่ใช้ สำหรับการเคลื่อนออกไปนอกระนาบที่ระบุ พร้อมกันกับ Circular interpolation (G02, G03) ซึ่งจะทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางของเกลียวที่มีขนาดใหญ่ทั้งภายนอก ,ภายในและ Taper สามารถตัดได้ ด้วยเครื่องตัดเกลียว (threading cutter)

การเจาะรู สามารถทำได้ โดยการใช้ Ball end mill ในการแก้ไขแกนวงกลม 3 แกนพร้อมกัน



รูปที่ 3.22 รูปแบบการเคลื่อนที่ Helical interpolation และ การใช้ Ball end mill ในการ Boring

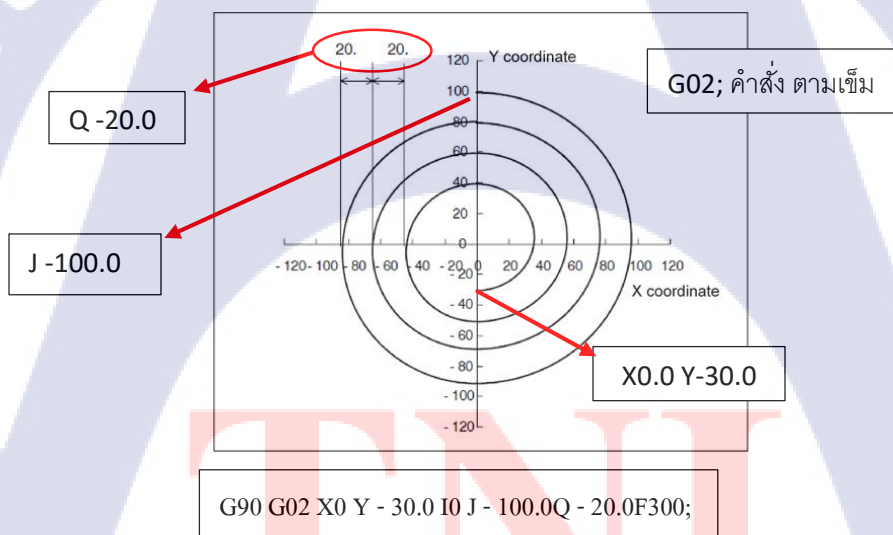
- การแก้ไขรูปทรงกรวย / เกลียว (G02, G03)

- การแก้ไขรูปทรงเกลียว (Spiral interpolation)

คือ ฟังก์ชันการแก้ไขนี้จะทำการร่างภาพเส้นทางของเครื่องมือตัด (tool path) รูปเกลียว โดยการค่อยๆ เพิ่ม (หรือลดลง) รัศมีการเวียนของวงกลมตั้งแต่จุดเริ่มต้นจนถึงจุดสิ้นสุด

- การแก้ไขรูปทรงกรวย (Conical interpolation)

คือ ฟังก์ชันการแก้ไขที่ทำการร่างภาพ เส้นทางของเครื่องมือตัด (tool path) รูปทรงกรวย โดยการเพิ่มการเคลื่อนที่ของแกน Z แกนหนึ่ง ที่ด้านนอกระนาบ เพื่อเลื่อนการแก้ไข (ในลักษณะที่ทำรูปทรงไอศกรีม) ตัวอย่างเช่น ชิ้นงานที่สามารถตัดเฉือนให้เป็นรูปทรงกรวยได้ง่าย ด้วยการใช้ ball end mill โดยระบุนการเคลื่อนที่สำหรับแกน XY กับ การร่างภาพการเคลื่อนที่สำหรับแกน Z

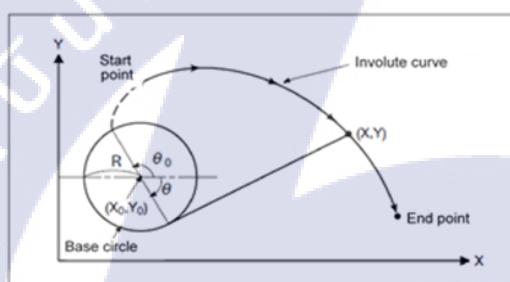


รูปที่ 3.23 ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน การแก้ไขรูปทรงกรวย

- การประมาณค่า Involute (G02.2, G03.2)

ฟังก์ชันนี้ สามารถที่จะทำการตัดเชื่อมแบบ เส้นโค้งม้วน (Involute curves) ได้ ซึ่งการใช้ Involute interpolation จะช่วยขจัดสิ่งที่เป็นของเส้นโค้งม้วน (Involute curves) ที่ใกล้เคียงโดยเส้นที่ละเอียดหรือวงกลม ซึ่งจะช่วยให้โปรแกรมสามารถติดตั้งง่ายขึ้นและตัวโปรแกรมจะมีการสั้นลงนอกจากนี้การกระจาย pulse ยังจะไม่ถูกขัดจังหวะในระหว่างการดำเนินงาน Micro blocks (บล็อกขนาดเล็ก) ที่มีความเร็วสูง จึงทำให้สามารถใช้งานได้อย่างราบรื่น และมีความเร็วสูง

นอกจากนี้ ฟังก์ชัน Involute interpolation ยังใช้สำหรับการตัดเชื่อมชิ้นส่วน คอมเพรสเซอร์แบบโรตารีอีกด้วย



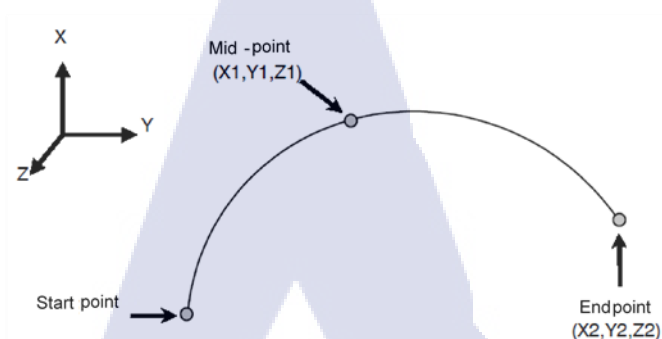
เส้นโค้งจะถูกวาดโดย ปลายเส้น เมื่อคลายเส้นที่ห่อ รอบกระบอบกสูบอย่างแน่นหนา Involute (curve) มักใช้สำหรับฟันเกียร์ (เกียร์แบบม้วน)



รูปที่ 3.24 รูปแบบการทำงานของ Involute interpolation (G02.2, G03.2)

- การประมาณค่ารูปทรงกลม 3 มิติ (G02.4, G03.4)

ฟังก์ชันนี้สามารถช่วยในการแก้ไข วงกลมในพื้นที่ 3D ได้ โดยการระบุจุดกึ่งกลาง และจุดสิ้นสุดของวงกลม



รูปที่ 3.25 รูปแบบการแก้ไขทรงกลม 3 มิติ (G02.4, G03.4)

3.5.3 G04; Dwell

เมื่อใช้คำสั่งนี้ การทำงานของโปรแกรม NC จะหยุดลงตามเวลาที่สั่ง ซึ่งจะช่วยให้อยู่ในพื้นที่สำหรับระยะเวลาที่คงที่ หรือเพื่อเลื่อนการเปลี่ยนแปลง ไปยังการทำงานของบล็อกถัดไปที่ G04 ได้รับคำสั่ง

3.5.4 G06.2; NURBS interpolation “การแก้ไข NURBS”

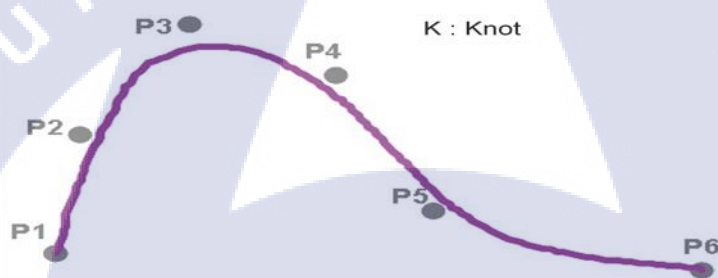
NURBS: Non Uniform Rational B-Spline คือ ฟังก์ชันที่ใช้ในการระบุ เส้นทางของเครื่องมือตัด (Tool path) ที่ใช้สร้างเส้นโค้ง NURBS

เส้นโค้ง NURBS สามารถที่จะแสดงเส้นโค้งที่เรียบแต่ซับซ้อน ด้วยฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ที่เรียบง่าย ซึ่งโดยปกติจะมีการใช้งาน ในกรณีที่มีการออกแบบชิ้นงานให้รูปร่างมีความซับซ้อน ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์เช่น CAD

ถ้า NURBS interpolation ถูกใช้สำหรับการเขียนโปรแกรม สามารถที่จะระบุ เส้นทางของเครื่องมือตัด (tool path) ในการสร้างเส้นโค้งที่ซับซ้อน ได้มากกว่าแบบราบเรียบ (smooth) ด้วย จำนวนบล็อกที่เล็กกว่า การประมาณด้วยการสอดแทรกเชิงเส้นเหมาะสำหรับการตัดเฉือนส่วนพื้นผิวโค้ง 3 มิติ

ในแม่พิมพ์ die และ mold การใช้ NURBS interpolation จำเป็นต้องใช้ CAM ที่สนับสนุนการแก้ไข NURBS

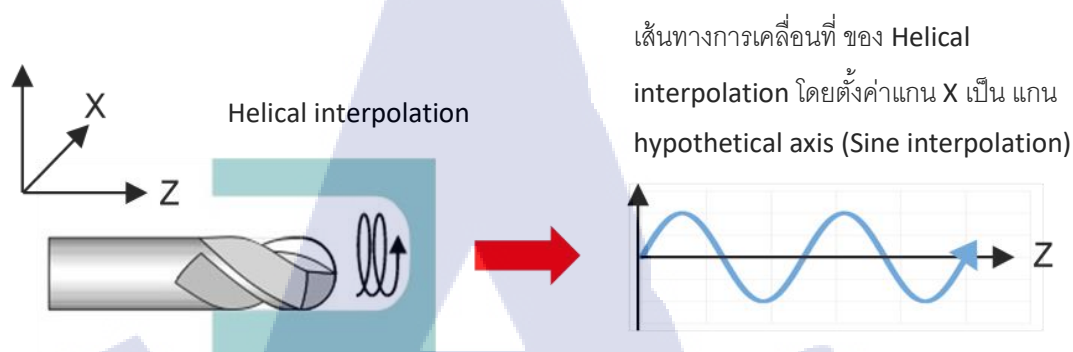
G06.2 X_ Y_ Z_ K_ R_ F_ ;	(P1)	
X_ Y_ Z_ K_ R_ F_ ;	(P2)	X,Y,Z : Control Point
X_ Y_ Z_ K_ R_ F_ ;	(P3)	R : Weight
X_ Y_ Z_ K_ R_ F_ ;	(P4)	K : Knot
X_ Y_ Z_ K_ R_ F_ ;	(P5)	
X_ Y_ Z_ K_ R_ F_ ;	(P6)	



รูปที่ 3.26 รูปแบบการแก้ไข NURBS (G06.2)

3.5.5 G07; การเพิ่มเติมแกนสมมุติฐาน (Hypothetical axis)

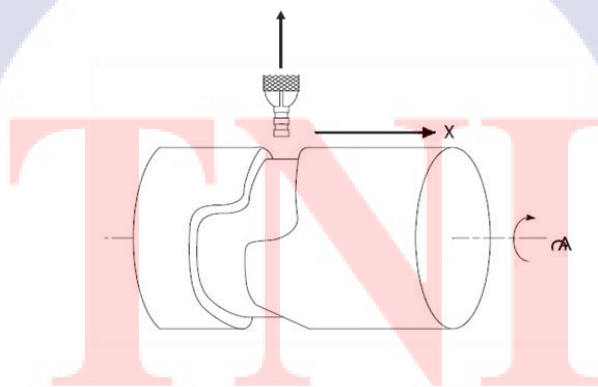
ฟังก์ชันนี้จะมีหน้าที่ในการ หยุดแกนเฉพาะ สำหรับการเพิ่มเติม ที่เกี่ยวข้องกับแกนตั้งแต่ 2 แกนขึ้นไป ถ้าแกนถูกตั้งค่าเป็นแกนสมมุติ (Hypothetical axis) แกนนั้นจะไม่เคลื่อนที่ แต่แกนอื่น ๆ จะเคลื่อนที่ตามที่กำหนดไว้ ตัวอย่างเช่นถ้า แกน interpolated หนึ่งวงกลม มีการแก้ไขเพิ่มเติมด้วยเส้นขด ที่เป็นแกนสมมุติฐานสามารถใช้การแก้ไขไซน์ (การแก้ไขคลื่นไซน์) ได้ โดย * คลื่นไซน์ (Sine wave) คือ คลื่นที่แสดงด้วยเส้นโค้งไซน์ ซึ่งรูปคลื่นจะมีความเรียบง่าย และมีระยะ



รูปที่ 3.27 การระบุค่า G07 เพื่อกำหนดแกนที่จะเป็นแกนสมมุติฐาน (Hypothetical axis)

3.5.6 G07.1; การแก้ไขรูปทรงกระบอก

ฟังก์ชันนี้จะทำหน้าที่ในการแปลงการเคลื่อนที่ของแกนหมุนที่ระบุไว้ในองศาการเดินทางบนเส้นรอบวงเพื่อ ทำการแก้ไขแบบเชิงเส้นหรือแบบวงกลมในแกนอื่นๆ ฟังก์ชันการแก้ไขรูปทรงกระบอก จะช่วยให้อนุมัติ การทำงานงานของโปรแกรมสำหรับ พื้นผิวด้านข้างของกระบอกสูบ และด้วยเหตุนี้จึงสามารถใช้โปรแกรมกลึงร่องสำหรับลูกกลิ้งทรงกระบอกได้โดยง่าย



รูปที่ 3.28 รูปแบบฟังก์ชัน การแก้ไขรูปทรงกระบอก (G07.1)

3.5.7 G09; การตรวจสอบจุดที่แน่นอน

คำสั่งการตัดเฉือนต่อเนื่อง (G01, G02, etc.) สามารถทำได้อย่างต่อเนื่อง แต่ในบล็อกของการป้อนการตัดเฉือนที่ระบุโดย G09 การชะลอตัว (deceleration) จะถูกใช้ที่จุดสิ้นสุด (end-point) และหลังจากตรวจสอบตำแหน่ง ดังเช่น การวางตำแหน่งเสร็จสิ้นไปยังบล็อกถัดไป

คำสั่งนี้จะถูกใช้เมื่อ ขอบคมกับมุมการทำงาน ฯลฯ

3.5.8 G10; การป้อนข้อมูลแบบโปรแกรม

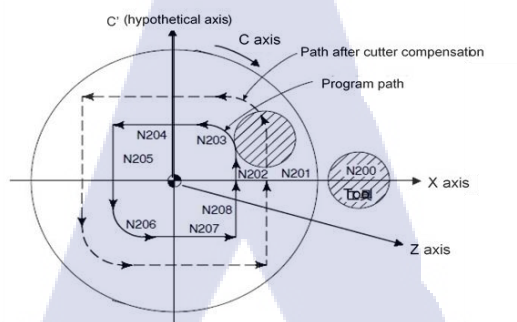
โดยปกติข้อมูลต่าง ๆ (tool offset, work offset และพารามิเตอร์ NC) จะต้องทำการป้อนด้วยตนเองโดยคีย์คำสั่ง MDI ที่สามารถใส่เข้าไปใน NC โปรแกรมได้

การเขียนค่าชดเชยการทำงาน เช่น G54 เป็น G59 ให้ลงไปใน NC โปรแกรม และสามารถที่จะใช้เมื่อต้องการเปลี่ยนค่าสำหรับการรันโปรแกรม NC ในแต่ละครั้ง นอกจากนี้ เนื่องจากข้อมูลที่ถูกระบุโดยโปรแกรม ข้อมูลจึงไม่จำเป็นต้องถูกเขียนใหม่สำหรับการดำเนินการ ทำให้สามารถจัดข้อผิดพลาด ในการป้อนข้อมูล

3.5.9 G12.1, G13.1; การแก้ไขพิกัดเชิงขั้ว (Polar coordinate interpolation)

ฟังก์ชันนี้จะทำการแปลงคำสั่งที่ตั้งโปรแกรม ในระบบพิกัดมุมฉาก ให้เป็นแกนเชิงเส้น (การเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด) และการเคลื่อนที่ของแกนหมุน (การหมุนชิ้นงาน) เพื่อทำการควบคุมเส้นขอบ ให้มีประสิทธิภาพสำหรับการกลึงของแผ่น cams

พิกัดเชิงขั้ว คือ พิกัดที่จะแสดงตำแหน่งจุด 1 จุด บนระนาบ ที่ระยะห่างและมุม จากจุดคงที่ fixed point (ขั้ว “Pole”)



รูปที่ 3.29 การแก้ไขพิกัดแบบเชิงขั้ว ตามแนวแกน X (แกนเส้น) และแกน C (แกนหมุน)

3.5.10 G15, G16; คำสั่งพิกัดเชิงขั้ว “Polar coordinate command”

ฟังก์ชันนี้จะทำการระบุตำแหน่งพิกัด ที่มีพิกัดเชิงขั้ว ในโปรแกรม NC สำหรับรัศมี และมุม โดยใช้ G16 หรือ G15 ฟังก์ชันนี้จะใช้งานได้สะดวกเมื่อมีการใช้เครื่องจักรชนิดเดียวกันอย่างต่อเนื่อง รอบ ๆ วงกลม

(* พิกัดเชิงขั้ว คือ พิกัดที่แสดงตำแหน่งหนึ่งจุดบนระนาบที่ระยะห่าง และมุมจากจุดคงที่ fixed point (เชิงขั้ว))

ตัวอย่าง ฟังก์ชัน คำสั่งพิกัดเชิงขั้ว

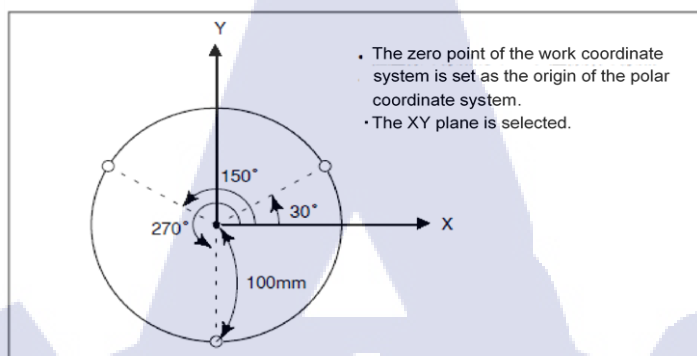
N1 G17 G90 G16; ระบุคำสั่งพิกัดเชิงขั้ว, เลือกระนาบ XY และกำหนดจุดศูนย์กลางของระบบพิกัดการทำงานเชิงขั้ว ให้เป็นจุดเริ่มต้นของ ระบบพิกัดเชิงขั้ว

N2 G81 X100.0 Y30.0 Z - 20.0 R - 5.0 F200.0; ระบุรัศมี 100 มิลลิเมตร และมุม 30 องศา

N3 Y150.0; ระบุรัศมี 100 มม. และมุม 150 องศา

N4 Y270.0; ระบุรัศมี 100 มม. และมุม 270 องศา

N5 G15 G80; ยกเลิกคำสั่งพิกัดเชิงขั้ว



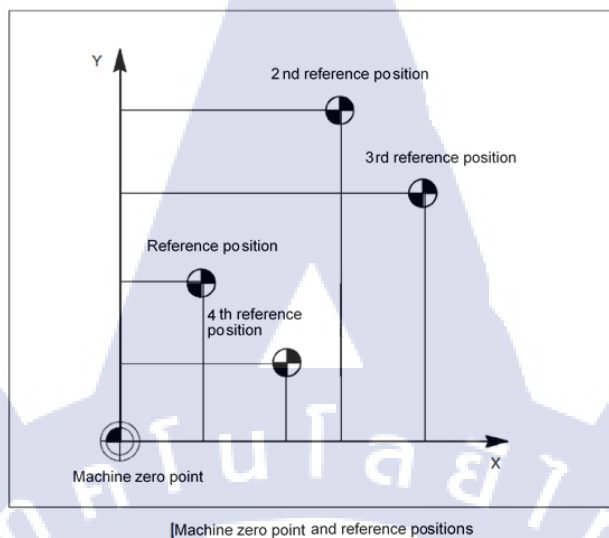
รูปที่ 3.30 รูปภาพตัวอย่างของฟังก์ชัน คำสั่งพิกัดเชิงขั้ว

3.5.11 G30; 3rd & 4th reference position return

ฟังก์ชันนี้จะส่งกลับเครื่องไปยังตำแหน่งอ้างอิงที่ 3 หรือ 4 ที่ได้รับการตั้งค่าให้เป็นพารามิเตอร์ล่วงหน้า ฟังก์ชันนี้เหมือนกับ การกลับตำแหน่งการอ้างอิงโดยอัตโนมัติ (G28) ยกเว้นแต่ว่า ตำแหน่งที่จะกลับมีความแตกต่างกัน ส่วนใหญ่จึงใช้สำหรับเปลี่ยน pallet แบบพิเศษหรือ ATC หรือ AWC แบบพิเศษ

G30P3X__Y__Z__; 3rd reference position return

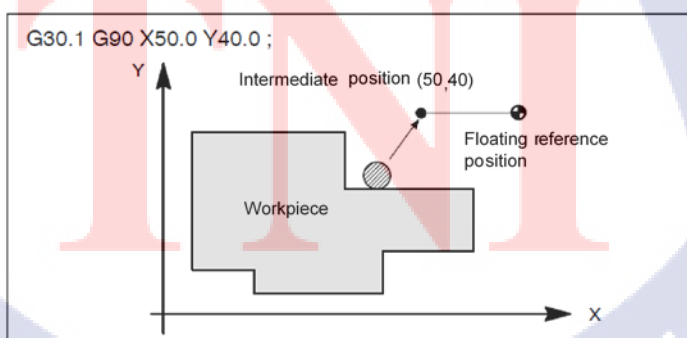
G30P4X__Y__Z__; 4th reference position return



รูปที่ 3.31 ฟังก์ชันการ 3rd & 4th reference position return (G30)

3.5.12 G30.1; Floating reference position return

ฟังก์ชันนี้จะส่งเครื่องมือตัดเหวี่ยงกลับไปยังตำแหน่งอ้างอิงแบบลอยตัว ซึ่งตำแหน่งอ้างอิงแบบลอยตัว คือตำแหน่งอ้างอิงสำหรับการเคลื่อนที่ของเครื่องจักร แต่ไม่จำเป็นต้องเป็นตำแหน่งคงที่และในบางกรณีตำแหน่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้ แต่ไม่ได้มีในระบบ Professional 5 และ Professional 6 มากนัก



รูปที่ 3.32 รูปแบบของฟังก์ชัน Floating reference position return (G30.1)

3.5.13 G31; ฟังก์ชัน ข้ามความเร็วสูง (High speed skip function)

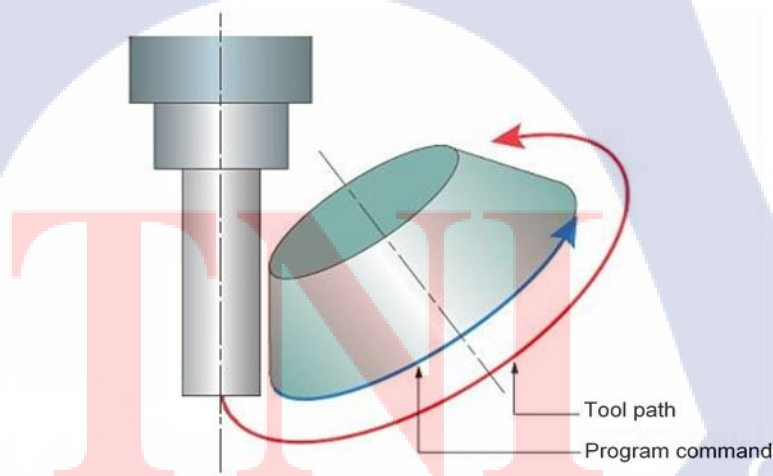
ฟังก์ชันนี้จะทำการตรวจจับสัญญาณสัมผัสของเซ็นเซอร์การวัด เช่น อุปกรณ์วัดความยาวของเครื่องมือตัด และชิ้นงาน โดยอัตโนมัติ ที่ความเร็วสูงมากกว่าสัญญาณข้ามปกติ

G31 IP_ ;

G31: One-shot G code
(If is effective only in the block in which it is specified)

3.5.14 G40, G41.2, G42.2; ค่าชดเชยเครื่องมือตัดเฉือน 3

การตั้งค่าจะมี หรือไม่มี ก็อาจจะแตกต่างกันออกไปโดย ขึ้นอยู่กับรุ่นแต่ละรุ่นของเครื่องจักร นอกจากนี้ ค่าชดเชยเครื่องมือตัดยัง ยังสามารถใช้กับการตัดเฉือนชิ้นงานในรูปแบบ 5 แกน ได้

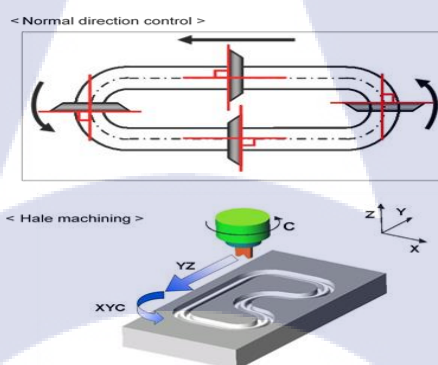


รูปที่ 3.33 ฟังก์ชันการตัดเฉือนแบบ 3 มิติ

3.5.15 G40.1, G41.1, G42.1; การควบคุมทิศทางปกติ

ฟังก์ชันนี้จะทำการควบคุมแกนหมุน (แกน Cs) เพื่อให้เครื่องมือตัด หันหน้าไปยังทางทิศทางตั้งฉาก (ทิศทางปกติ) ไปยังทิศทางการเดินทาง โดยขอแนะนำให้ใช้ฟังก์ชันนี้สำหรับการตัดเส้นโดย G41.1 ระบุทวนเข็มนาฬิกา กับ G42.1 ตามเข็มนาฬิกา และทำการยกเลิกด้วย G40.1

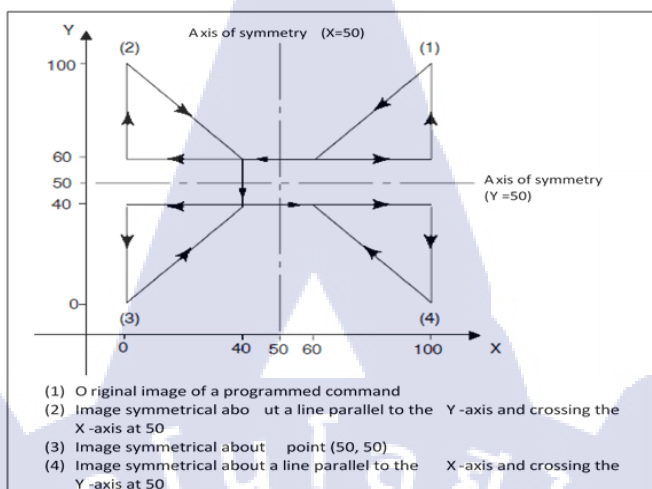
เมื่อทำการตัดเส้นโดยไม่ต้องใช้ฟังก์ชันนี้ ให้สร้างโปรแกรมที่มีศูนย์กลางอยู่รอบ ๆ เครื่องมือหมุน (turning tool) วงเลี้ยวและระบุจำนวนการหมุนของแกน Cs นอกเหนือไปจากคำสั่งการเดินทางแกน X และ Y



รูปที่ 3.34 รูปแบบการควบคุมทิศทางปกติ และ helix machining

3.5.16 G50.1, 51.1; Programmable mirror image “การเขียนโปรแกรมภาพกระจก”

ฟังก์ชันนี้จะถูกใช้งาน ก็ต่อเมื่อชิ้นงานมีรูปร่างที่สมมาตรกัน ตามแนวแกน X หรือแกน Y เกี่ยวกับแกนสมมาตรที่ได้รับคำสั่งจากโปรแกรม มีความเป็นไปได้ที่จะใช้ภาพสะท้อนของ G51.1 ไปยังตำแหน่งคำสั่ง โดยโปรแกรม และสามารถยกเลิกได้ที่ G50.1



รูปที่ 3.35 รูปแบบการใช้ฟังก์ชัน Programmable mirror image (G51.1, G50.1)

การเขียนโปรแกรมภาพสะท้อน จะถูกนำมาใช้เสมือนกับว่า วางกระจกไว้ที่ตำแหน่งที่ระบุไว้สำหรับแต่ละแกน โดยโปรดทราบว่าวิธีการตัดจะเปลี่ยนจากการตัดลงเป็น การตัดขึ้น หรือเปลี่ยนจากการตัดขึ้น กลายเป็นการตัดลง หากภาพสะท้อนถูกใช้กับแกนเดียวเท่านั้น

3.5.17 G54 ~ G59; คำสั่งอ้างอิงตำแหน่งศูนย์ของชิ้นงาน 54 คู่ (6 + 48) (G54.1P1 ~ G54.1P48)

นอกเหนือจากระบบพิกัดการทำงาน 6 คู่แล้ว (ระบบพิกัดงานมาตรฐาน) G54 ~ G59 สามารถใช้ระบบพิกัดการทำงานเพิ่มเติมได้ถึง 48 คู่ (ระบบพิกัดการทำงานเพิ่มเติม)

คำสั่งที่ใช้จุดทศนิยม (G54.1P1 ~ G54.1P48)

G54.1 P1 ระบบพิกัดชิ้นงานเพิ่มเติม 1

G54.1 P2 ระบบพิกัดชิ้นงานเพิ่มเติม 2

.

.

G54.1 P48 ระบบพิกัดชิ้นงานเพิ่มเติม 48

3.5.18 คำสั่งอ้างอิงตำแหน่งศูนย์ของชิ้นงาน A 306 (6 + 300) กู้ขยาย (G54 ~ G59, G54.1P1 ~ G54.1P300)

นอกเหนือไปจากระบบพิกัดชิ้นงาน 6 กู้ (ระบบพิกัดชิ้นงานมาตรฐาน) ของ G54 ถึง G59 และระบบพิกัดชิ้นงาน 48 กู้ (ระบบพิกัดชิ้นงานเพิ่มเติม) ของ G54.1P1 ถึง G54.1P48 ที่แนบมาพร้อมกับข้อกำหนดมาตรฐาน สามารถใช้ระบบพิกัดชิ้นงานจำนวน 306 กู้ กับระบบพิกัดชิ้นงาน (ระบบพิกัดชิ้นงานเพิ่มเติม) ได้ถึง G54.1 สามารถใช้ P300 ได้

คำสั่งใช้จุดทศนิยม (G54.1P1 ~ G54.1P300)

G54.1 P1 ระบบพิกัดชิ้นงานเพิ่มเติม1

G54.1 P2 ระบบพิกัดชิ้นงานเพิ่มเติม2

.

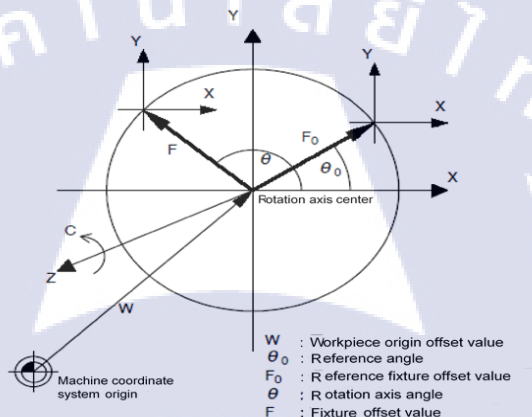
.

G54.1 P300 ระบบพิกัดชิ้นงานเพิ่มเติม 300

3.5.19 G 54.2; โต้ะหมุนแบบไดนามิกฟิเจอร์ ชดเชย

เมื่อโต้ะหมุนทำการหมุน ฟังก์ชันนี้จะคำนวณค่าชดเชยจากศูนย์กลางการหมุน และสร้างระบบพิกัดขึ้นงานขึ้น โดยอัตโนมัติ

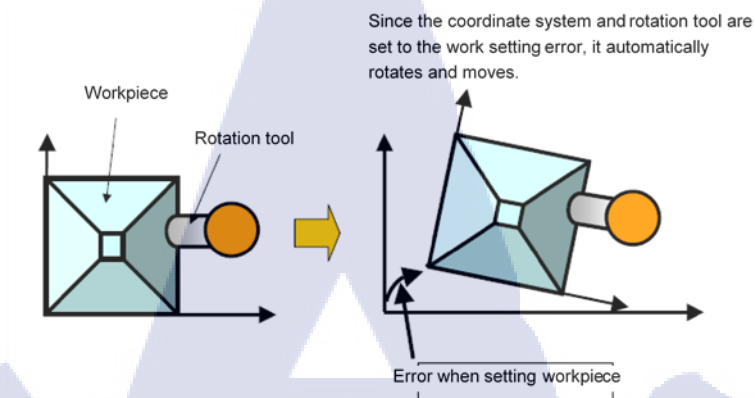
ตัวอย่างเช่น ในกรณีที่ขึ้นงานเกิดการขยับ อันเนื่องมาจากการหมุนของโต้ะหมุน ระบบพิกัดงานก็สามารถที่จะเคลื่อนย้ายได้โดยอัตโนมัติเช่นกัน



รูปที่ 3.36 รูปแบบการทำงานของโต้ะหมุนแบบไดนามิกฟิเจอร์ชดเชย

3.5.20 G54.4; ค่าชดเชยข้อผิดพลาดในการทำงาน (Work setting error compensation)

ในกรณีที่ตั้งค่า งานบนเครื่องจักรอาจมีความคลาดเคลื่อนที่มาจากสถานะที่ไม่เหมาะสม แม้ในกรณีนี้ก็ยังสามารถดำเนินการตัดเฉือนได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนโปรแกรมสำหรับงานที่ตั้งค่าไว้ ค่าชดเชยนี้จะมีการพิจารณาในระหว่าง high-speed smooth TCP ,การชดเชยเครื่องตัด 3 มิติและคำสั่งการจัดทำดัชนีการทำงานแบบเอียง

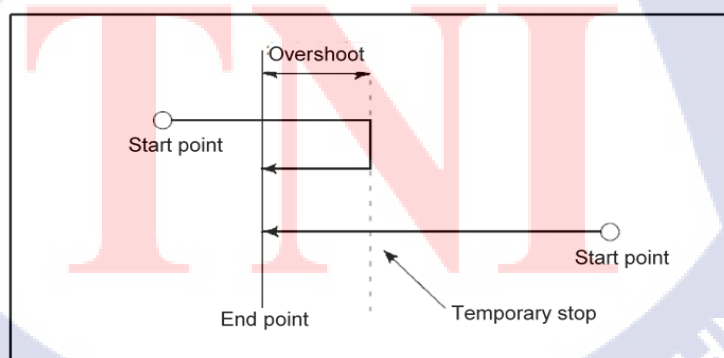


รูปที่ 3.37 ค่าเซตเซชข้อผิดพลาดในการทำงาน

3.5.21 G60; การวางตำแหน่งแบบไม่มีทิศทาง (Unidirectional positioning)

ฟังก์ชันจะถูกใช้ เมื่อต้องการกำหนดตำแหน่งด้วยความแม่นยำสูง โดยตำแหน่งจะทำงานจากทิศทางเดียว และเท่ากันตลอดเวลาเพื่อลดการเคลื่อนที่ของตัวเครื่อง

ทิศทางการเดิน และการวางแนว ตั้งค่าด้วยพารามิเตอร์ เครื่องจะหยุดก่อนถึงจุดสิ้นสุดแม้ว่าทิศทางการระบุตำแหน่งที่ระบุจะเหมือนกับทิศทางการวางตำแหน่งที่กำหนดไว้ด้วยพารามิเตอร์



รูปที่ 3.38 รูปแบบการวางตำแหน่งแบบไม่มีทิศทาง

3.5.22 G61; โหมดการตรวจสอบจุดหยุดที่แน่นอน

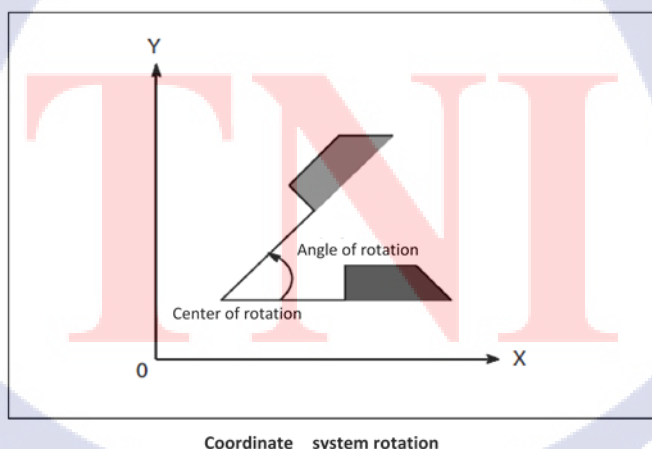
หลังจากที่ได้รับคำสั่งให้ใช้ G61 ความเร็วจะลดลง ณ จุดสิ้นสุดของแต่ละคำสั่งตัด และจะดำเนินการตรวจสอบตำแหน่ง G61 ซึ่งจะมีผลจนถึง G64 (โหมดตัด), G63 (โหมดการเกาะ), G62 (การคานมูอัตโนมัติ) ที่ได้รับคำสั่ง

3.5.23 G68, G69; คำสั่งใช้การหมุน, รูปแบบ 3 มิติ เปิด/ปิด และการกักรูปเอียง

- คำสั่งใช้การหมุน (Coordinate system rotation)

คือ ฟังก์ชันที่ใช้สำหรับ การหมุนรูปทรงเรขาคณิตที่ระบุในโปรแกรม NC โดยใช้ G68 หรือ G69 ในการสร้างตามมุมที่ต้องการ ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน เช่น ในกรณีที่มี รูปแบบรูปทรงเรขาคณิตที่แน่นอน และโปรแกรมของรูปทรงนั้น ถูกหมุนหรือ มีการเรียกโปรแกรมย่อยเกิดขึ้น ระยะเวลา และเวลาในการเขียนโปรแกรมจะลดลง

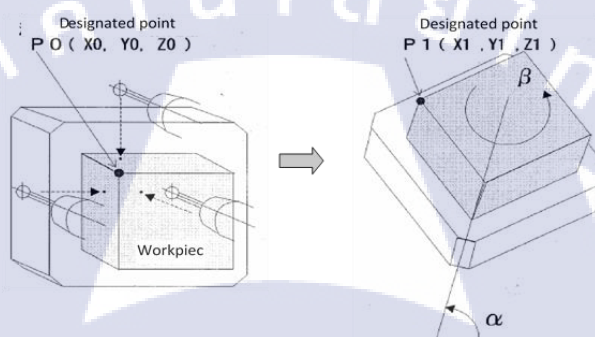
นอกจากนี้หากมีการติดตั้งชิ้นงาน ณ บริเวณที่ มุมไปยังเครื่องฟักัด (machine coordinate) ตำแหน่งของชิ้นงานสามารถแก้ไขได้โดย คำสั่งหมุน



รูปที่ 3.39 ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน Coordinate system rotation (G68, G69)

- การคำนวณพิกัด และการตั้งค่าสำหรับมุมของแกนหมุน

ในกรณีที่เครื่องจักรมีแกน A หรือแกน B (หรือ A / C) ฟังก์ชันนี้จะทำการคำนวณค่าพิกัดหลังจากการหมุนชิ้นงานที่ขึ้นอยู่กับ มุมที่ระบุไว้ โดยจะใช้สำหรับการจัดทำดัชนี เริ่มต้นของการตัดเฉือนที่ใช้แกนหมุน ซึ่งฟังก์ชันนี้จะไม่รองรับแกนหมุนที่ติดตั้งไว้บนด้านข้าง spindle

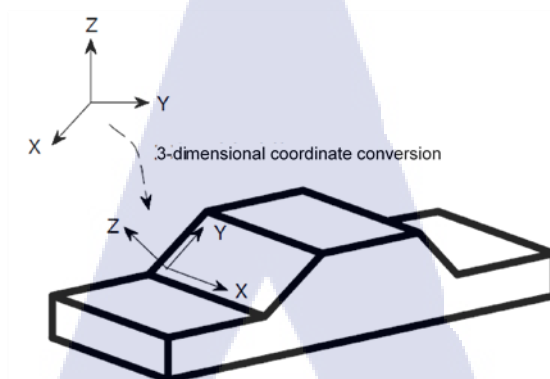


รูปที่ 3.40 ตัวอย่างการคำนวณพิกัดและการตั้งค่าสำหรับมุมของแกนหมุน

• คำสั่งใช้การหมุน เปิด/ปิด รูปแบบ 3 มิติ (3-dimensional Coordinate conversion)

ระขะพิกัดสามารถที่จะที่จะเปลี่ยน รอบๆแกน Arbitrary axis ได้โดย การระบุ จุดศูนย์กลางของการหมุน, ทิศทางของแกนศูนย์กลางการหมุน (rotational center axis) และมุมที่ได้จากการหมุน

ฟังก์ชันนี้จะมีประสิทธิภาพอย่างมากสำหรับการตัดเฉือนแบบ 3 มิติ ตัวอย่างเช่น ในกรณีที่โปรแกรมทำงานโดยปกติ ในระนาบ XY ต้องผ่านการเปลี่ยนระขะพิกัดแบบ 3 มิติและหลังจากดำเนินการแล้วการตัดเฉือนจึงจะสามารถดำเนินการได้บนระนาบ arbitrary ในพื้นที่ 3D

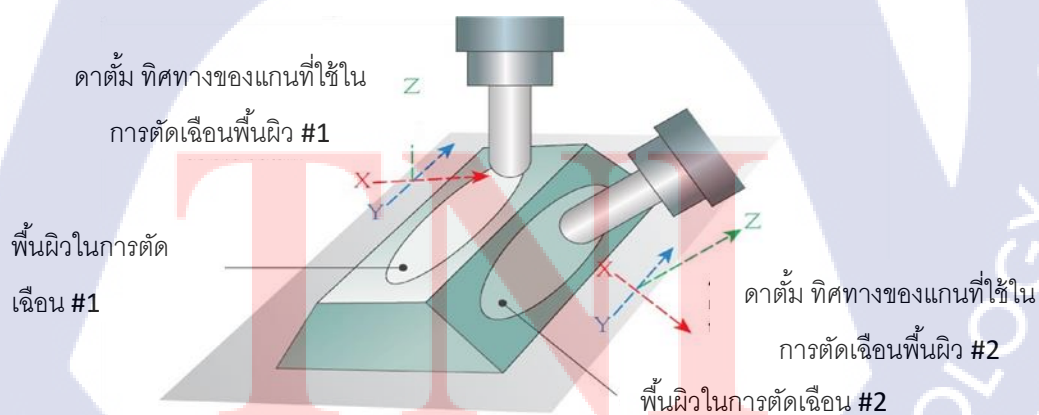


รูปที่ 3.41 รูปแบบฟังก์ชัน การเปลี่ยนระยะพิกัด 3 มิติ (G68, G69)

- G68.2, G69, G53.1; คำสั่งการจัดทำดัดขึ้น การทำงานบนพื้นที่ระนาบเอียง

(การตั้งค่าจะมี หรือไม่มี ก็อาจจะแตกต่างกันออกไปโดย ขึ้นอยู่กับรุ่นแต่ละรุ่นของเครื่องจักร)

แม้พื้นผิวในการตัดเฉือนจะมีความเอียง แต่เครื่องจักรก็สามารถที่จะดำเนินการการตัดเฉือนได้ โดยโปรแกรมที่สร้างด้วยแกน 3 แกน (X, Y, Z) ซึ่งผู้ใช้งานสามารถที่จะทำการตัดเฉือนได้โดยอัตโนมัติบนพื้นผิวในการตัดเฉือนที่มีความลาดเอียง โดยไม่คำนึงถึงความเอียงของผิว

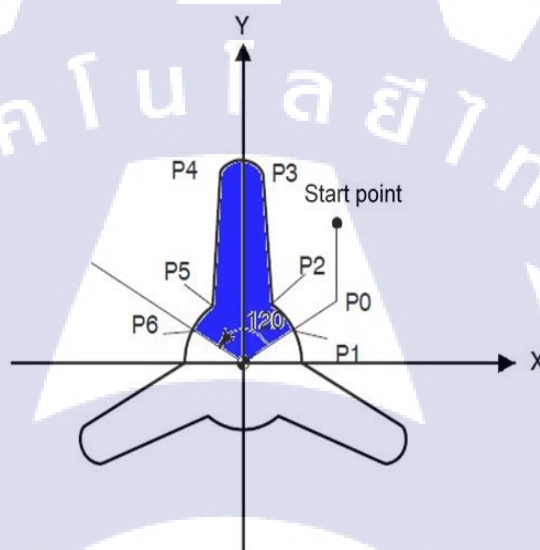


รูปที่ 3.42 ฟังก์ชันการจัดทำ ดัดขึ้นการทำงานที่เอียง (G68.2, G69, G53.1)

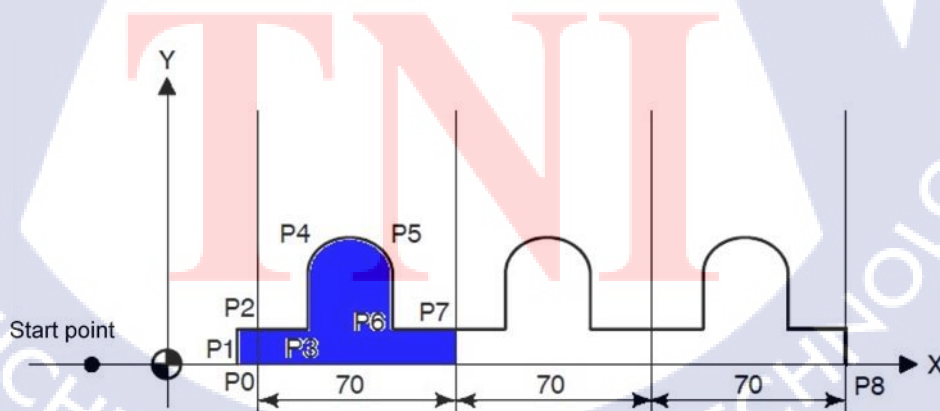
3.5.24 G72.1, G72.2; การคัดลอกรูปภาพ “Figure Copying”

ฟังก์ชันนี้จะทำการตัดเนื้อซ้ำ ๆ โดยใช้การหมุนหรือการเลื่อนไวด้านขนานกับรูปทรงเรขาคณิตที่ระบุด้วย โปรแกรมย่อยของ NC โปรแกรม

การคัดลอกการหมุนจะต้องมีการระบุด้วย G72.1 และการคัดลอกแบบขนานจะต้องระบุด้วย G72.2



รูปที่ 3.43 ตัวอย่างการคัดลอก รูปภาพ การหมุน Rotation copy (G72.1)



รูปที่ 3.44 ตัวอย่างการคัดลอก รูปภาพ การการเคลื่อนที่แบบขนาน Parallel copy (G72.2)

3.5.25 G80, G81.1 เจาะแบบวัฏจักร “i chopping”

ฟังก์ชันนี้สามารถใช้รันโปรแกรม เส้นแสดงรูปร่าง (Contour program) สำหรับแกนอื่นได้ ในขณะที่กำลังเคลื่อนขึ้นและลง แกน Arbitrary (แกน Z ปกติ) อย่างต่อเนื่อง ซึ่งในระหว่างการตัดเฉือน จะมีประสิทธิภาพอย่างมากสำหรับการบดเส้นรอบวงของลูกเบี้ยว

ด้วยฟังก์ชัน chopping ธรรมดาไม่สามารถใช้ร่วมกับ GI Control และการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นเมื่อแกนเคลื่อนขึ้นและลง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องลดความเร็วในการตัดเฉือนลง เพื่อปรับปรุงคุณภาพของพื้นผิว แต่ฟังก์ชัน i chopping สามารถทำการตัดเฉือนได้โดยไม่ลดความเร็วลง โดยใช้ GI Control

G81.1 Z - Q - R - F - ;

Z : จุด Upper dead

(สำหรับแกนอื่นที่ไม่ใช่แกน Z ให้ระบุ axis address)

Q : ระยะทางระหว่าง upper dead point กับ lower dead point

(ให้ระบุเป็นค่า relative ที่เพิ่มขึ้นสำหรับจุด Upper dead)

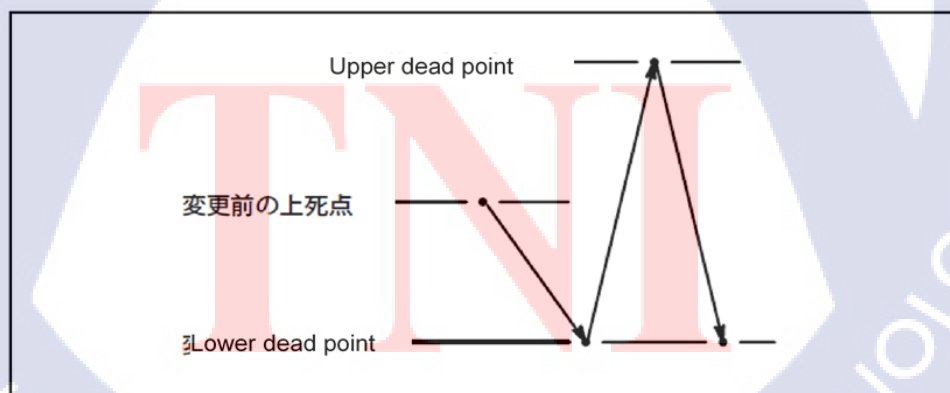
R : ระยะทางระหว่าง upper dead point ถึง จุด R

(ให้ระบุเป็นค่า relative ที่เพิ่มขึ้นสำหรับจุด Upper dead)

F : อัตราการป้อนระหว่างการ chopping

G80 ;

ยกเลิกการ Chopping



รูปที่ 3.45 รูปแบบการทำงานของ i chopping (G80, G81.1)

3.5.26 G84.2 / M135; การ Tap เกลียว “Rigid tap”

คือ ฟังก์ชันที่ใช้สำหรับการกัดเกลียว ที่อยู่ในแกนหมุน spindle และ แกนฟีด (feed axis) ที่ทำการชิงโครไนซ์ โดยวงจร Rigid tap จะชิงโครไนซ์ การหมุน spindle ของเครื่องจักร และ ทำการป้อนให้มีความแม่นยำ กับระยะของเกลียวพิทช์ (thread pitch) ฟังก์ชันนี้จะช่วยให้สามารถทำเกลียวได้โดยไม่ต้องใช้ตัวจับยึดชนิดลอยตัว

- การถอยกลับ สำหรับ Rigid tap

ในระหว่างการ Rigid tap เมื่อถูกขัดจังหวะโดยสัญญาณ emergency stop, reset ฯลฯ และสถานการณ์เกาะ (tap) บนชิ้นงาน แกน Z สามารถดึงออกได้ขณะหมุนแกน spindle ตามคำสั่งของโปรแกรม G30 และ tap ก็ยังสามารถดึงออกไปได้ ณ โกล้จุด R

3.5.27 G92.1; ระบบพิกัดชิ้นงาน

ฟังก์ชันตั้งระบบพิกัดการทำงานไว้ล่วงหน้า (The work coordinate system preset function) จะทำการตั้งระบบพิกัดการทำงานที่เปลี่ยนไป ให้กลับไปยังระบบพิกัดการทำงานต้นฉบับ ก่อนที่จะมีการปรับค่าด้วยระบบ manual

3.5.28 G93; อัตราการป้อนตรงข้ามกับหน่วยของเวลา “Inverse time feed”

นี่คือวิธีการกำหนดอัตราการป้อนของการตัดเฉือน

โดยปกติอัตราการป้อนจะถูกระบุโดย "ค่า F code = ระยะทางในการเดินทาง ต่อ นาที" (อัตรา การป้อน ต่อ นาที) แต่การป้อนเวลาผกผัน (inverse time feed) จะระบุ "ค่า F code = ค่าผกผันของเวลา ในการเดินทางในทุกๆบล็อก" หรือกล่าวคือ F จะถูกระบุลงในทุกๆ บล็อก โดย (ค่าผกผัน: 1หารด้วยค่า เดิม “original value”) แม้ว่าจะเป็นวิธีพิเศษสำหรับโปรแกรมที่ใช้ในการตัดเฉือนชิ้นงานในขณะที่ เคลื่อนที่แกนหมุน การคำนวณค่า F Code จะมีความง่าย และรวดเร็วกว่าการคำนวณ การป้อน ต่อ นาทีและ CAM โดยทั่วไป มักจะใช้วิธีนี้ในกรณีที่ต้องการจะเพิ่มฟังก์ชันนี้ลงไปในเครื่อง

$$\text{กระบวนกรปกติ} \Rightarrow \text{Feed (F)} = \frac{\text{ระยะทาง (Distance)}}{\text{เวลา (Time)}}$$

$$\text{Inverse time} \Rightarrow \text{Feed (F)} = \frac{\text{เวลา (Time)}}{\text{ระยะทาง (Distance)}}$$

3.6 M Code เบื้องต้น

3.6.1 M48, M49; การยกเลิก Feedrate override

จากข้อจำกัด ของเงื่อนไขการตัดเฉือน เช่น เมื่อมีการใช้คำสั่ง M49 ในกรณีที่มีการตัดเฉือนด้วย อัตราการป้อนในโปรแกรม NC สวิตช์ Feedrate override บนแผงควบคุมหลัก จะไม่ถูกใช้จนกว่าจะ ได้รับคำสั่งให้ใช้ M48 และอัตราการป้อน จะเปลี่ยนไปตาม NC โปรแกรม

TNI

3.7 หลักการทำงานเบื้องต้น

3.7.1 โปรแกรม Program

- การใส่ชื่อโปรแกรม (32 ตัวอักษร)

ชื่อของโปรแกรมที่อยู่ใน หน่วยความจำโปรแกรม (Program memory) ของ Professional 6 สามารถใช้ตัวอักษรได้สูงสุด 32 ตัว โดยจะใช้ ตัวอักษรภาษาอังกฤษ ร่วมกัน (ตัวพิมพ์ใหญ่ / ตัวพิมพ์เล็ก), ตัวเลข, (บวก(+) / ลบ (-)), _ (ขีดเส้นใต้), (ช่วงเวลา) (แต่เฉพาะ 00000 ถึง 09999 สามารถใช้งานได้ ในมาตรฐาน Professional 5)

ชื่อของโปรแกรมที่อยู่ใน หน่วยความจำของศูนย์ข้อมูล (The data center memory) จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง เช่นเดียวกับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล โดยคุณสามารถใช้ชื่อไฟล์ได้ถึง 260 ตัว แต่จะใช้หมายเลข 0 ได้ในฟังก์ชัน M198

- การเขียนโปรแกรมจุดทศนิยม / เครื่องคิดเลขแบบพกพา ประเภทการเขียนโปรแกรม จุดทศนิยม

ฟังก์ชันนี้จะทำการเลือกหน่วย ในกรณีที จุดทศนิยม (decimal point) ไม่ได้เชื่อมต่อกับตำแหน่ง คำสั่ง ของ NC โปรแกรม

การเขียนโปรแกรมจุดทศนิยม คือ ค่าของหน่วยคำสั่ง คือ การเพิ่มการป้อนข้อมูลเพิ่มให้น้อยที่สุด (ในกรณีที่การป้อนข้อมูลเพิ่มที่น้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 1 ไมครอน X1000 จะมีขนาดเท่ากับ 1000 ไมครอน หรือเท่ากับ 1 มิลลิเมตร) ซึ่งโดยปกติจะใช้ก็ต่อเมื่อ มีการป้อนโปรแกรม NC

เครื่องคิดเลขแบบพกพา ประเภทการเขียนโปรแกรม จุดทศนิยม ; ค่าของ คำคำสั่งจะต้องเลือกจาก มิลลิเมตร (หรือนิ้ว), องศา (deg) หรือวินาที (sec) ตัวอย่างเช่น "X1000" จะมีขนาดเท่ากับ 1000 มิลลิเมตร เป็นต้น

- การตรวจสอบโปรแกรม

สามารถยืนยันได้ โดยการวิเคราะห์ว่าโปรแกรมที่สร้างขึ้นนั้นผิดพลาดหรือไม่ โดยหลังจากการวิเคราะห์แล้วยังสามารถแสดงเฉพาะเครื่องมือที่จะใช้บนหน้าจอข้อมูลเครื่องมือเท่านั้น

3.8 Spindle

3.8.1 การปรับ การตั้งค่าภายนอก ของประเภท Spindle

มุมการปรับค่า Spindle สามารถระบุได้ (เพิ่มการป้อนข้อมูล ได้อย่างน้อยที่สุด: 0.1 องศา)

ฟังก์ชันนี้จำเป็นต้องใช้เมื่อมีการปรับการวางตำแหน่งเฟส ของปลายเครื่องมือตัด สำหรับความยาว หรือ เส้นผ่านศูนย์กลางของเครื่องมือตัด หรือเมื่อมีการใช้ฟังก์ชันการวัดเฟสเดียว

3.8.2 ฟังก์ชันการตรวจสอบภาระของแกนหมุน (SL)

ฟังก์ชันนี้จะประกอบไปด้วย ฟังก์ชัน "SL upper limit" และฟังก์ชัน "SL lower limit" โดยจะทำการตรวจจับ การตัดเฉือนที่มีความผิดปกติ โดยการโหลด Spindle

ฟังก์ชัน SL upper limit จะทำการหยุดเครื่องจักรที่เกิดความผิดปกติ เมื่อ Spindle load เกินค่าขีดจำกัด สูงสุดของ SL โดยจะหยุดเมื่อสภาวะการทำงานของเครื่องจักร มีความรุนแรง

ฟังก์ชัน SL lower limit จะทำการหยุดเครื่องจักรที่มีความผิดปกติเมื่อ Spindle load ต่ำกว่าค่าขีดจำกัด ล่างของ SL

ซึ่งฟังก์ชันนี้จะทำการตรวจจับการตัดเฉือนที่ไม่สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง เช่น turning free ที่เกิดจากจากข้อผิดพลาดในโปรแกรม และการชดเชยการทำงาน (Work offset) ฯลฯ

3.9 อุปกรณ์ทำการตัดเฉือน Tool

3.9.1 T คำสั่ง 8 หลัก

ในโปรแกรม NC เมื่อทำการเลือกเครื่องมือตัดที่ใช้ในการตัดเฉือน T Code จะถูกใช้เป็นหมายเลขของเครื่องมือตัด โดยสามารถใช้เลข 1 ถึง 8 หลักเช่น T1, T123 และ T12345678 ซึ่งหมายเลขของเครื่องมือตัดจะถูกตั้งค่าไว้ที่ หน้าจอข้อมูลเครื่องมือ (Tool data screen)

3.9.2 หน่วยความจำชดเชยเครื่องมือตัดเฉือน C (Tool offset memory C)

มีหน้าที่ในการระบุวิธีตั้งค่าข้อมูลเครื่องมือตัดสามารถเก็บค่าความลึกหรือของความยาว และรัศมี นอกจากความยาวของเครื่องมือตัด และข้อมูลรัศมีได้ เช่น

No.	Length (geom.)	Length (wear)	Radius (geom.)	Radius (wear)
1.	1111.1111	0.1000	1.1111	0.1000
2.	2222.2222	0.2000	2.2222	0.2000
3.	3333.3333	0.3000	3.3333	0.3000

เมื่อ H1 ถูกระบุในโปรแกรม NC จะใช้ 1111.2111 (1111.1111 (geom) + 0.1000 (wear)) เป็นค่าชดเชยของความยาวของเครื่องมือตัด

ส่วน D1 เมื่อถูกระบุจะใช้ 1.2111 (1.1111 (geom) + 0.1000 (wear)) เป็นค่าชดเชยของรัศมีเครื่องมือตัด สำหรับหมายเลข H และ D สามารถใช้หมายเลขเดียวกันได้ (H1, D1) ซึ่งมันจะได้ง่ายกว่า เมื่อเทียบกับการใช้ Type A และ Type B

3.9.3 เครื่องมือชดเชย 400 คู่

เป็นจำนวนพื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูลชดเชยเครื่องมือตัด

วิธีการจัดการค่าชดเชยเครื่องมือตัดของ Professional 6 จะประกอบไปด้วย ข้อมูลเครื่องมือตัดดั้งเดิมของ Professional 6 เช่นเดียวกับเมื่อก่อนเช่น "P-type" ที่สามารถใช้ในค่าชดเชยเครื่องมือตัดเงื่อนไข NC, "M type" ที่ใช้ บนหน้าจอเครื่องมือ (tool screen) ของ Professional 6 เท่านั้น และ "N type" ที่ใช้เครื่องมือตัดเงื่อนไขชดเชย NC

แต่เครื่องมือตัดเงื่อนไขชดเชยในที่นี้หมายถึง เครื่องมือตัดเงื่อนไขชดเชยที่อยู่ บนด้านข้าง NC ที่ใช้สำหรับ "P-type" และ "N-type" โดยเครื่องมือตัดเงื่อนไขชดเชยนี้จะเป็น การป้อน (input) และการแก้ไข (Edit) จากหน้าจอข้อมูลเครื่องมือตัด (Tool data) "แถบเครื่องมือชดเชย" ที่ใช้ในการแก้ไขเครื่องมือ โดยจะไม่ปรากฏในกรณีของ "M type"

3.9.4 การเลือกเครื่องมือตัดทดแทน (Spare tool)

เมื่อมีการเรียก เครื่องมือที่มีข้อห้ามการใช้งานที่ถูกบันทึกไว้ และในกรณีที่เครื่องมือตัดประเภทเดียวกัน ที่เรียกว่าเครื่องมือทดแทน (Spare tool) ฟังก์ชันนี้จะไม่ทำการหยุด สัญญาณเตือน (alarm) และดำเนินการการตัดเงื่อนไขอย่างต่อเนื่อง โดยใช้เครื่องมือตัดชนิดเดียวกัน

โดยจะมีวิธี FTN และวิธี PTN สำหรับการระบุเครื่องมือตัดทดแทน (The Specifying Spare Tool)

วิธี FTN คือ วิธีบันทึกหมายเลขเครื่องมือตัด ที่เรียกว่า (FTN : Functional Tool Number) ให้แยกต่างหากจากหมายเลขเครื่องมือตัดที่อยู่ใน Tool data

วิธี PTN คือ วิธีบันทึก เครื่องมือตัดทั้งหมดที่เหมือนกัน รวมถึง spare tool ที่เป็นหมายเลขเครื่องมือเดียวกัน (PTN: Program Tool Number)

3.9.5 การเลือกเครื่องมือตัด สำรอง โดยอัตโนมัติ

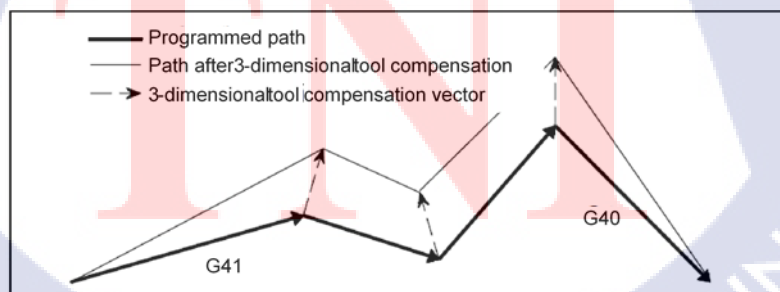
เมื่อเครื่องมือตัด (tool) ของ spindle เกิด สัญญาณเตือนการใช้งาน (life alarm) การตัดเฉือนจะถูกขัดจังหวะชั่วคราว และจะเริ่มต้นใหม่หลังจากเปลี่ยน spindle tool ด้วยเครื่องมือตัดทดแทน (spare tool)

3.9.6 เครื่องมือชดเชย 999 คู่ (Tool offset 999 pairs)

มีหน้าที่ในการระบุจำนวนตำแหน่ง ที่ข้อมูล tool offset ถูกจัดเก็บไว้ เมื่อใช้ตัวเลขนี้ค่ามาตรฐาน 400 จะถูกขยายจนกลายเป็น 999 แต่การใช้งานพิเศษ การชดเชยเครื่องมือแบบนี้มักจะไม่สามารถใช้ได้

3.9.7 การชดเชยเครื่องมือตัดเฉือน 3 มิติ

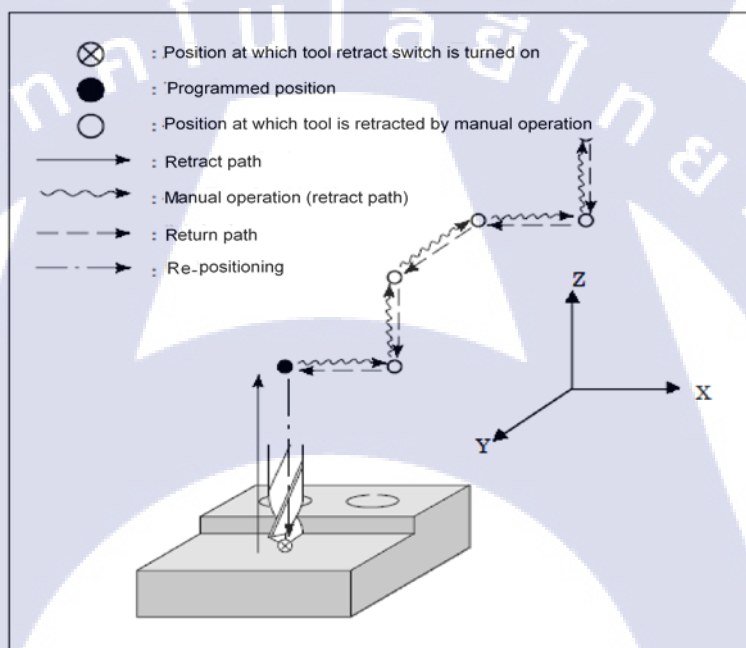
ในขณะที่การชดเชยของเครื่องมือตัดเฉือนแบบปกติจะถูกชดเชยเป็น 2 มิติเช่นแกน Z และระนาบ X, Y แต่ฟังก์ชันนี้สามารถที่จะชดเชยใน 3 มิติได้ โดยการระบุ X, Y, Z หรือแกนคู่ขนาน ซึ่งฟังก์ชันนี้ จะมีความแตกต่างจากการชดเชยเครื่องตัด 3 มิติที่สามารถชดเชย ให้ระนาบเอียงไปตามการหมุนของแกนหมุนได้



รูป 3.46 รูปแบบการใช้ฟังก์ชันการชดเชยเครื่องมือตัดเฉือน 3 มิติ

3.9.8 Tool retract and recover

ในการตรวจสอบการสึกหรอของเครื่องมือตัด และสภาวะการตัดเฉือน เช่น ค่าความหนาของผิวในระหว่างการตัดเฉือน ฟังก์ชันนี้สามารถที่จะดึงเครื่องมือตัดเฉือน ให้ออกจากชิ้นงานโดยการใช้ Manual feed และหลังจากเสร็จสิ้นการตรวจสอบ เครื่องมือตัดเฉือน จะถูกส่งกลับไปยังตำแหน่งเดิมได้โดยอัตโนมัติ



รูปที่ 3.47 รูปแบบการ Tool retract and recover

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน การวิเคราะห์และสรุปผลต่าง ๆ

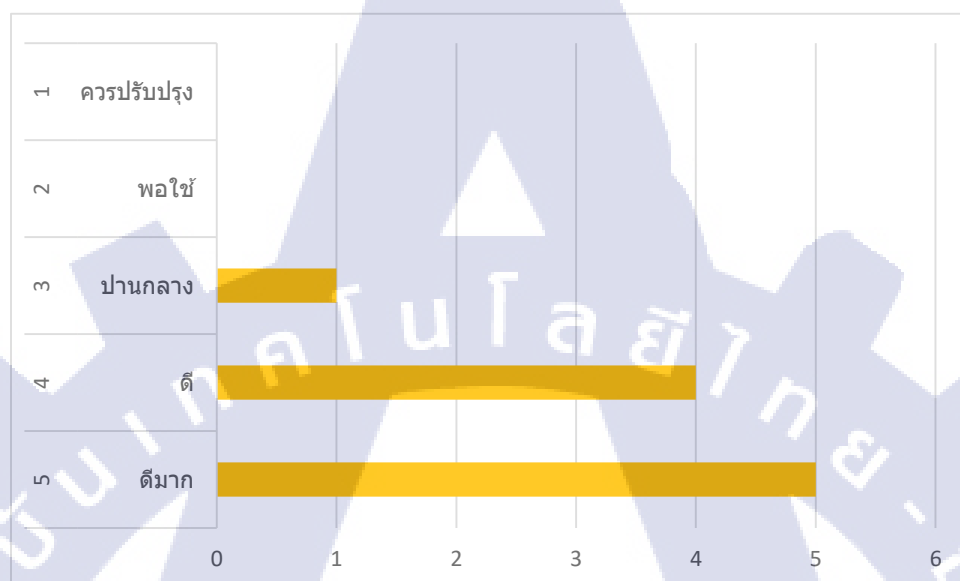
4.1 ขั้นตอนและผลการดำเนินงาน

จากการปฏิบัติงานในครั้งนี้ แบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วน

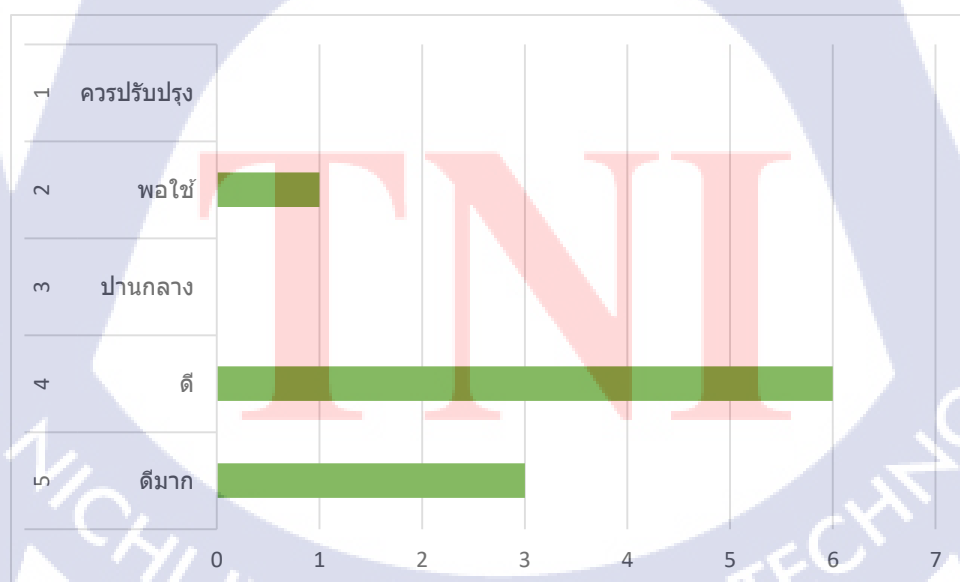
1. ศึกษาและเรียนรู้เครื่องจักร CNC เบื้องต้นเพื่อให้รู้ความสามารถพื้นฐาน และระบบฟังก์ชันใช้งานต่างๆ
2. ศึกษาคู่มือของระบบปฏิบัติการ Professional 6 Controller
3. ทำการแปลคู่มือเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปศึกษา และจัดทำรูปเล่ม
4. ส่งคู่มือให้พี่เลี้ยงตรวจสอบ พร้อมให้ทำแบบประเมินคู่มือว่าตรงกับวัตถุประสงค์ของโรงงานหรือไม่

จากการทำแบบสอบถาม Google forms จากกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานคู่มือทั้ง 10 คน แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานคู่มือสามารถเข้าใจเนื้อหาได้อย่างดี และได้รับความรู้จากการอ่านคู่มือที่แปลได้อย่างดี และจากการสำรวจผู้ใช้งานสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง รวมถึงผู้ใช้งานมีความพอใจในการจัดเรียงเนื้อหาและความถูกต้องของเนื้อหา ซึ่งสามารถดูได้จากตารางด้านล่าง

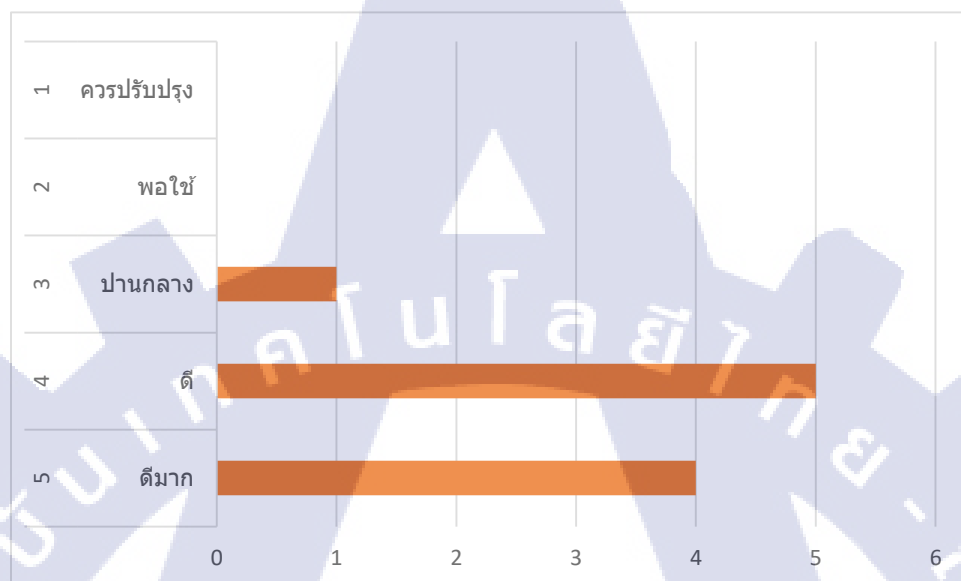
ตารางที่ 4.1 ความถูกต้องของเนื้อหาเมื่อเปรียบเทียบกับคู่มือต้นฉบับ



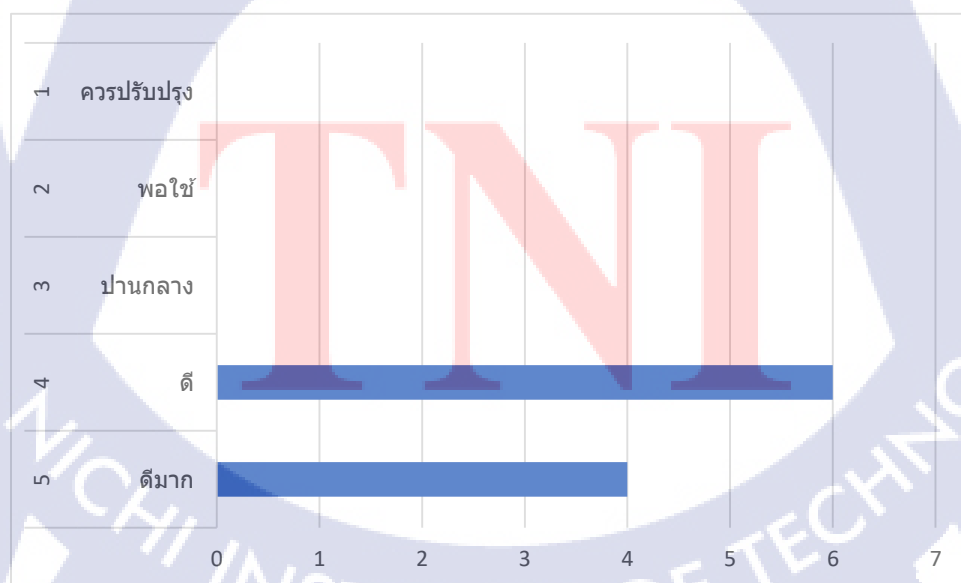
ตารางที่ 4.2 ความรู้ที่ได้จากการอ่านคู่มือที่ทำการแปล



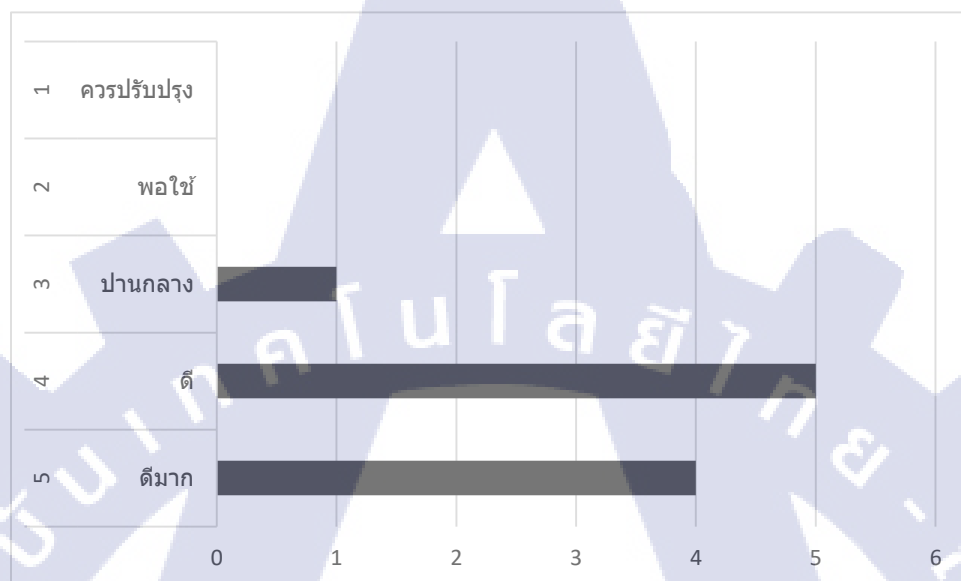
ตารางที่ 4.3 ความเข้าใจเนื้อหาของคู่มือที่ผ่านการแปล



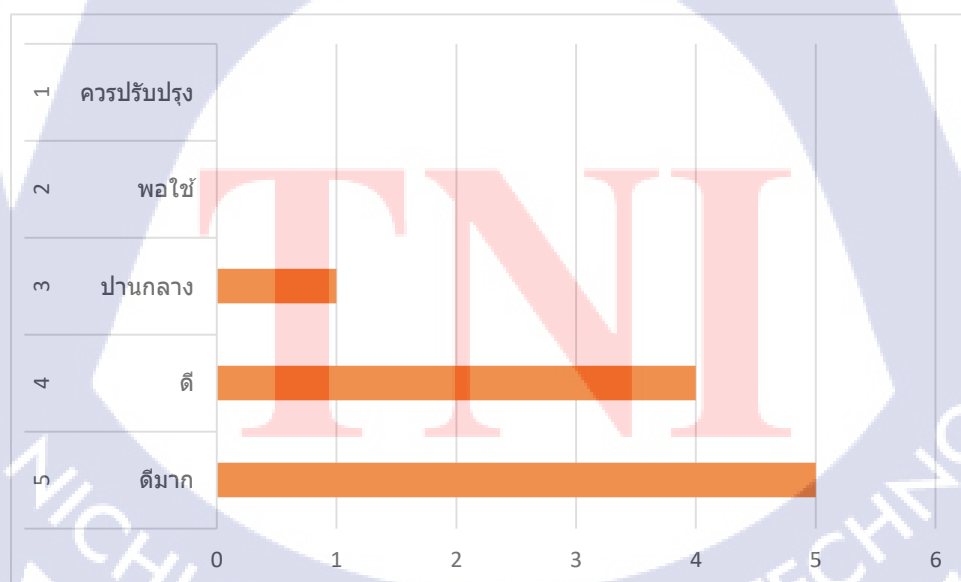
ตารางที่ 4.4 การนำไปใช้งานในการปฏิบัติงานจริง



ตารางที่ 4.5 รายละเอียดและการจัดเรียงเนื้อหา



ตารางที่ 4.6 การนำไปใช้กับเครื่องจักรเพื่อพัฒนาและปรับปรุงการทำงาน



โดยจากผลแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานคู่มือ ได้คะแนนเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.38 จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน หรือคิดเป็นร้อยละ 88

ตารางที่ 4.7 ตารางสรุปการตอบแบบสอบถาม

ลำดับ ที่	หัวข้อแบบสอบถาม	5 ดี มาก	4 ดี	3 ปาน กลาง	2 พอใช้	1 ควร ปรับปรุง
1	ความถูกต้องของเนื้อหาเมื่อเปรียบเทียบกับคู่มือต้นฉบับ	5	4	1	0	0
2	ความรู้ที่ได้จากการอ่านคู่มือที่ทำการแปล	3	6	0	1	0
3	ความเข้าใจเนื้อหา ของคู่มือที่ผ่านการแปล	4	5	1	0	0
4	การนำไปใช้งาน ในการปฏิบัติงานจริง	4	6	0	0	0
5	รายละเอียด แบบการจัดเรียงเนื้อหา	4	5	1	0	0
6	การนำไปการทำงานของเครื่องจักรประยุกต์ใช้ เพื่อพัฒนาและ ปรับปรุง	5	4	1	0	0

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. จากแบบสอบถามจะเห็นได้ว่าผู้ใช้งานส่วนใหญ่ สามารถนำคู่มือที่ทำการแปลไปใช้งานได้จริง เพราะเข้าใจในเนื้อหาและสามารถไปปรับใช้กับการทำงานให้ดียิ่งขึ้น

2. นอกจากเครื่องจักรที่มีคุณภาพสูงแล้ว หากได้ Cutting Tools ที่ดี NC Program ที่ดี รวมถึง CAD/CAM ที่ดีจะส่งเสริมประสิทธิภาพทั้งด้านความแม่นยำและความรวดเร็ว สามารถลดเวลาการทำงานลงได้ 50% เลยทีเดียว

3. การใช้ชุดควบคุมอย่าง Professional 6 ซึ่งเป็น Key Technology ล่าสุดของมาทิกโน ยิ่งทำให้เครื่องจักรมีความสามารถกลับมาจุดเดิมอย่างแม่นยำ (Repeat ability) และมีความแม่นยำสูง (Accuracy)

4. จุดแข็งของเครื่อง 5 แกนที่ตอบสนองอุตสาหกรรม 4.0 ได้อย่างดี คือ การเซ็ตอัพที่น้อย เซ็ตอัพเพียงครั้งเดียว ที่เหลือเครื่องทำงานได้เองทั้งหมด โดยจับยึดชิ้นงานครั้งเดียว และตัวโต๊ะจับยึดชิ้นงานก็จะพลิกเองทั้งหมดเลย จึงใกล้เคียงกับระบบ Full-Automation

4.3 วิเคราะห์ข้อมูลโดยเปรียบเทียบผลที่ได้รับกับวัตถุประสงค์และจุดมุ่งหมายการปฏิบัติงานหรือการจัดทำโครงการ

1. รู้กระบวนการทำงานของเครื่องจักร CNC
2. ผู้ควบคุมเครื่องสามารถนำคู่มือไปปรับใช้และพัฒนาการทำงานได้
3. เข้าใจระบบการควบคุม Professional 6 และสามารถใช้งานในฟังก์ชันพื้นฐานได้
4. สามารถนำไปปรับใช้กับเครื่องจักร CNC ที่ใช้ ระบบการควบคุม Professional 6 ได้
5. สามารถนำความรู้ไปใช้ได้จริงกับการทำงานในอนาคต

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ

จากการปฏิบัติงานในครั้งนี้ ทำให้ได้เรียนรู้ถึงการศึกษาคู่มือต้นฉบับและการจัดทำรูปเล่มคู่มือให้ถูกต้องตามรูปแบบของการทำหนังสือคู่มือ โดยเริ่มจากการอ่าน ทำความเข้าใจ และเรียนรู้จากเครื่องจักรจริงภายในโรงงาน เพื่อนำไปใช้กับการทำรูปเล่มคู่มือ

จากการได้ศึกษาระบบการควบคุม Professional 6 เป็นระบบที่ความเหมาะสมกับการนำมาใช้กับเครื่องจักร 5 แกน เช่นเครื่อง D300 เพราะจะทำให้ประหยัดเวลาในการทำงาน และลดข้อผิดพลาด (Defect) ที่อาจจะเกิดในระหว่างการการตัดเฉือนชิ้นงาน ลูกค้าหรือผู้ใช้งาน เมื่อได้เรียนรู้ในระบบ การควบคุม Professional 6 เพียงในเครื่องเดียว ก็สามารถนำไปปรับใช้กับเครื่องอื่นๆที่ใช้งานในระบบเดียวกันได้ แต่จะแตกต่างกันในบางฟังก์ชันที่มีเฉพาะของแต่ละเครื่องจักรเท่านั้น

5.2 แนวทางการแก้ไขปัญหา

ปัญหาที่พบในการทำงานคือ การเรียนรู้กับเครื่องจักรจริงในโรงงานที่ยังไม่มากพอ เนื่องจากบุคลากรที่ควบคุมเครื่อง ต้องออกไปบริษัทลูกค้าทำให้การศึกษางานในบางเครื่องจะอยู่กับการศึกษาคู่มือ โดยการแก้ปัญหา คือ การนัดวันกับพี่เลี้ยงที่คุมเครื่อง เพื่อที่จะได้สามารถทำความเข้าใจได้มากขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะจากการดำเนินงาน

1. การใช้งานเครื่องจักรจริงยังไม่มากพอ ควรได้รับการฝึกฝนมากกว่านี้
2. ความชำนาญในการควบคุม Professional 6 ยังน้อย ถ้าได้ทำการตัดเฉือนชิ้นงานจริงอาจทำให้เข้าใจในระบบมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Professional 6 & NC. (2018). บริษัท มากิโน (ประเทศไทย) จำกัด, กรุงเทพมหานคร
- [2] สถานที่ตั้ง บริษัท มากิโน (ประเทศไทย) จำกัด [Online]. สืบค้นจาก <https://smelink.net/company/makino-thailand-co-ltd.html> [3 กันยายน 2561]
- [3] เครื่องกัดมากิโน 5 แกน [Online]. สืบค้นจาก <https://www.mmthailand.com/เครื่องกัด-5-แกน-มากิโน> [12 กันยายน 2561]



TNI

ภาคผนวก ก.

ตาราง แสดง M-code และ G-code สำหรับการตัดเฉือนชิ้นงาน

TNI

คำสั่ง G-code เป็นรหัสคำสั่งที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องจักร มีดังนี้

ตารางที่ 6.1 ตารางแสดง G-code

G code	หน้าที่
G00	การเคลื่อนเร็วเข้าหาตำแหน่ง
G01	การเคลื่อนที่แนวเส้นตรงตามอัตราป้อนที่กำหนด
G02	การเคลื่อนที่แนวโค้งตามเข็มนาฬิกา
G03	การเคลื่อนที่แนวโค้งทวนเข็มนาฬิกา
G04	การหยุดการเคลื่อนที่ชั่วขณะ
G17	เลือกหน้า plane Xp Yp ในการทำงาน
G18	เลือกหน้า plane Zp Xp ในการทำงาน
G19	เลือกหน้า plane Yp Zp ในการทำงาน
G20	ใช้งานในหน่วยนิ้ว
G21	ใช้งานในหน่วยมิลลิเมตร
G28	เดินทางกลับไปยังจุด ศูนย์ของเครื่อง X0Y0Z0
G30	เดินทางกลับไปยังจุด ศูนย์ของเครื่องตำแหน่งที่ 2
G40	ยกเลิกการชดเชยหน้ามีด
G41	ชดเชยหน้ามีดด้านซ้ายมือ
G42	ชดเชยหน้ามีดด้านขวามือ
G43	ชดเชยความยาวมีดด้านบวก

ตารางที่ 6.1 ตารางแสดง G-code (ต่อ)

G44	ชดเชยความยาวมีดด้านลบ
G49	ยกเลิกการชดเชยความยาวมีดตัด
G54 – G59	ตำแหน่งของการเซตชิ้นงานที่ต้องการเซตและจำค่าไว้
G65	เรียกโปรแกรมมาโครมาใช้งาน
G73	การเจาะแบบ Peck drilling cycle
G74	การทำเกลียวCounter tapping cycle
G76	การคว้านละเอียดFine boring cycle
G80	ยกเลิกคำสั่งCanned cycle cancel
G81	การเจาะDrilling cycle, spot boring cycle
G83	การเจาะPeck drilling cycle
G84	การทำเกลียวTapping cycle
G85	การใช้ดอกกริม เมอร์Boring cycle
G90	คำสั่งให้เดินแบบ absolute
G91	คำสั่งให้เดินแบบ incremental
G98	ถอยกลับ ไปสู่จุดอ้างอิงก่อนเจาะ (initial point)
G99	ถอยกลับ ไปสู่จุดอ้างอิงก่อนเจาะ (R point)

ที่มา : บริษัทมาทิกโนประเทศไทย จำกัด

M-Code เป็นรหัสคำสั่งต่าง ๆ ที่ช่วยในการควบคุมอุปกรณ์มีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 6.2 ตารางแสดง M-code

M-code	หน้าที่
M00	หยุดเดินโปรแกรมชั่วคราวแบบไม่มีเงื่อนไข
M01	หยุดเดินโปรแกรมชั่วคราวแบบมีเงื่อนไข
M02	คำสั่งจบโปรแกรม
M03	Spindle หมุนตามเข็มนาฬิกา
M04	Spindle หมุนทวนเข็มนาฬิกา
M05	Spindle หยุดหมุน
M06	เปลี่ยน Tool อัตโนมัติ
M07	คำสั่งเปิดลม
M08	คำสั่งเปิดน้ำหล่อเย็น
M09	คำสั่งปิดลมและน้ำหล่อเย็น
M10	คำสั่ง Clamp งาน
M11	คำสั่ง Unclamp งาน
M19	คำสั่งล็อกหัว Spindle
M21	Mirror ในแนวแกน X
M22	Mirror ในแนวแกน Y
M23	ยกเลิกการทำ Mirror
M26	เปิดน้ำหล่อเย็นไหลผ่าน Tool
M30	คำสั่งจบโปรแกรม
M98,M198	เรียกใช้ Sub-program

ตารางที่ 6.2 ตารางแสดง M-code (ต่อ)

M-code	หน้าที่
M99	คำสั่งกลับไปยัง Main program
M135	เปิดการทำงานของ Rigid tap

ที่มา : บริษัทเทคโนโลยีประเทศไทย จำกัด

Code อื่น ๆ ประกอบด้วย

N	เลขที่บล็อก (Number)
X, Y, Z	ตำแหน่งหรือระยะทางความยาว การกำหนดค่าพิกัดการเคลื่อนที่ของแกน
S	ความเร็วสปินเดิล(Spindle Speed)
V	ความเร็วตัด (Cutting Speed)
F	ความเร็วฟีด(Feed)
T	เลขที่ทูล (Tool Number) เป็นต้น

ภาคผนวก ข.

รายงานการปฏิบัติงานรายสัปดาห์ (Weekly report)

TNI

ประวัติผู้จัดทำโครงการ

ชื่อ-สกุล

นายวีรพงษ์ จันทร์นรงค์



วัน เดือน ปีเกิด

13 มิถุนายน 2539

ประวัติการศึกษา

ระดับประถมศึกษา

ประถมศึกษาตอนปลายพ.ศ. 2551

โรงเรียนอัสสัมชัญคอนแวนต์ ลำานรายณ์

ระดับมัธยมศึกษา

มัธยมศึกษาตอนปลายพ.ศ. 2558

โรงเรียนอัสสัมชัญคอนแวนต์ ลำานรายณ์

ระดับอุดมศึกษา

คณะวิศวกรรม สาขาอุตสาหกรรมพ.ศ. 2561

สถาบันเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น

ทุนการศึกษา

-ไม่มี-

ประวัติการฝึกอบรม

1. Monodzukuri Test

2. การวิเคราะห์งบการเงิน

3. การใช้งาน M-code, G-code เบื้องต้น