



การศึกษากระบวนการผลิต เช็คกิ้ง ฟิกเจอร์
กรณีศึกษา บริษัท ฟิลพาร์ท เอ็นจิเนียริง 1999 จำกัด

**THE STUDY OF PROCESSES FOR CHECKING – FIXTURE
PRODUCTION: A CASE STUDY OF
FILLPART ENGINEERING (1999) CO., LTD**

นายพลฤทธิ ประยูรทอง

โครงการสหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น

พ.ศ. 2556



การศึกษากระบวนการผลิต เซ็คกิ้งฟีกเจอร์
กรณีศึกษา บริษัทฟิลพาร์ท เอ็นจิเนียริง 1999 จำกัด

THE STUDY OF PROCESSES FOR CHECKING – FIXTURE

**PRODUCTION: A CASE STUDY OF
FILLPART ENGINEERING (1999) CO., LTD**

นายพลฤทธิ์ ประยูรทอง

โครงการสหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น

พ.ศ. 2556

การศึกษากระบวนการผลิต เช็คกิ้งฟิกเจอร์
กรณีศึกษา บริษัทฟิลพาร์ท เอ็นจิเนียริง1999 จำกัด
**THE STUDY OF PROCESSES FOR CHECKING – FIXTURE
PRODUCTION: A CASE STUDY OF
FILLPART ENGINEERING (1999) CO., LTD**

นายพลฤทธิ ประยูรทอง

โครงการสหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น

พ.ศ. 2556

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการสอบ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วราคมเนติค้อย)

.....กรรมการสอบ

(อาจารย์จิรพงศ์ สุขาทิพย์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ศิริชัย พุฒวัฒนะ)

.....ประธานสหกิจศึกษาสาขาวิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิศุทธิ์พงษ์ชัยฤกษ์)

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ชื่อรายงาน	การศึกษากระบวนการผลิต เช็คกิ้งฟิกเจอร์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์ บริษัทฟิลพาร์ท เอ็นจิเนียริง1999 จำกัด The study of design automotive checking – fixture Fillpart Engineering (1999) Co.,LTD.
ผู้เขียน	นายพลฤทธิ ประยูรทอง
คณะวิชา วิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมยานยนต์	
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ศิริชัยพัชรวิริยะ
พนักงานที่ปรึกษา	นายสามารถ อุ่่นรักษา , นายदनัย แก่งศิริ
ชื่อบริษัท	บริษัทฟิลพาร์ท เอ็นจิเนียริง1999 จำกัด
ประเภทธุรกิจ / สินค้า	โรงงานผลิต เช็คกิ้งฟิกเจอร์

บทสรุป

ในการสหกิจของข้าพเจ้าที่ บริษัท ฟิลพาร์ท เอ็นจิเนียริง 1999จำกัด ข้าพเจ้าได้ศึกษากระบวนการควบคุมเครื่องจักร CNCmilling, CNC wire-cut ,CNC water jet และการออกแบบ (DESIGN) โดยใช้โปรแกรม NX 8.5 ในการออกแบบ CHECKING FIXTURE ให้กับบริษัท YOROZU

ข้าพเจ้าศึกษาขั้นตอนการใช้เครื่องมือ Machine ทำให้ข้าพเจ้าได้เข้าใจถึงปัญหาที่อาจเกิดจากการออกแบบ (CAD design) 2.จากการแปลงข้อมูลแบบเป็นโปรแกรม NC-machine (CAM) โปรแกรมและการออกแบบจากโปรแกรม AUTO CAD เพื่อที่จะได้ป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นตั้งแต่การออกแบบและการแปลงโปรแกรม (CAD/CAM)

ซึ่งในการสหกิจของข้าพเจ้าได้ทำการออกแบบ ชิ้นส่วน Checking fixture จนถึงขั้นนำไปผลิตเป็นชิ้นงานและได้รับการยอมรับจากบริษัท YOROZU

กิตติกรรมประกาศ

เนื่องจากทางสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นและบริษัท ฟิลพาร์ท เอ็นจิเนียริง 1999 จำกัด ได้มอบโอกาสให้นักศึกษาได้เข้าไปสหกิจศึกษาและให้การอบรมกฎระเบียบข้อบังคับในการทำงาน ตลอดจนความรู้ทางด้านเทคโนโลยีการผลิต Checking fixture ทุกขั้นตอน รวมถึงขั้นตอนการปฏิบัติงานจากพนักงานพี่เลี้ยง และ จากหัวหน้างาน ข้าพเจ้าขอขอบคุณ

คุณสุชาติ ภิญญวรภาค
คุณมนตรี แซ่ฉั่ว

บริษัท ฟิลพาร์ท เอ็นจิเนียริงรวมถึงขั้นตอนการปฏิบัติงานจากพนักงานพี่เลี้ยงและจาก หัวหน้างาน ขอขอบคุณพนักงานที่ปรึกษาทุกท่านและหัวหน้างานทุกท่านที่ให้ความรู้และสอนงาน อย่างเต็มที่ ทำให้ข้าพเจ้าสามารถปฏิบัติหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและสำเร็จคล่องไปได้อย่างดี และขอขอบคุณอาจารย์ ศิริชัยที่ให้คำปรึกษาและนิเทศงาน ณ บริษัท ฟิลพาร์ท เอ็นจิเนียริง 1999 จำกัดในการฝึกงานในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้การสนับสนุนดูแลเป็นอย่างดีในการมอบความรู้ และประสบการณ์จริงในการทำงานจริง ตลอดระยะเวลาการฝึกงานด้วย

ผู้จัดทำ

นาย พลฤทธิ์ ประยูรทอง
คณะวิศวกรรมการผลิต
สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

สารบัญ

	หน้า
บทสรุป	ก
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
รายการรูปประกอบ	ซ
 บทที่ 1. บทนำ	
1.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ	1
1.2 ลักษณะธุรกิจของสถานประกอบการ	2
1.3 รูปแบบการจัดองค์กรและการบริหารองค์กร	5
1.4 ตำแหน่งและหน้าที่งานที่ได้รับมอบหมาย	5
1.5 พนักงานที่ปรึกษาและตำแหน่งของพนักงานที่ปรึกษา	6
1.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน	6
1.7 วัตถุประสงค์ของการปฏิบัติงานในสหกิจศึกษา	6
1.8 ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการปฏิบัติงาน	7
 บทที่ 2. ทฤษฎีและเทคโนโลยีที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	
2.1 CNC Milling Machining Center	8
2.2 การจำแนกประเภทของ CNC Machining Center	9
2.3 ส่วนประกอบหลักของเครื่อง Machining Center	14
2.4 การขึ้นชิ้นงานโดยใช้ G – CODE , M – CODE	18
2.5 การปรับปรุงสมบัติทางความร้อนและชุบแข็งเหล็กกล้า	22
 บทที่ 3. แผนงานการปฏิบัติงานและการดำเนินโครงการ	
3.1 แผนงานการฝึกงาน	27
3.2 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ	28

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่4.สรุปผลการดำเนินงาน การวิเคราะห์และสรุปผลต่างๆ	
4.1 ขั้นตอนและผลการดำเนินงาน	56
4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลการปรับปรุงกระบวนการผลิต	58
4.3 การวิจารณ์ข้อมูล ผลการปรับปรุงกระบวนการผลิต	60
บทที่5.บทสรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1 บทสรุปโครงการ	61
5.2 ข้อเสนอแนะ	61
5.3 แนวทางการแก้ไขปัญหา	61
เอกสารอ้างอิง	62
ประวัติผู้จัดทำโครงการ	63
ภาคผนวก	64



สารบัญตาราง

รูปที่	หน้า
2.1 คำสั่ง G Code	19
2.2 คำสั่ง M Code	20
2.3 คำสั่งอื่นๆ	21
3.1 แผนการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา	27



รายการรูปประกอบ

รูปที่	หน้า
1.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ	1
1.2 บริษัท ฟิลพาร์ท เอ็นจิเนียริง 1999จำกัด	1
1.3 ที่ตั้งของบริษัท ฟิลพาร์ท เอ็นจิเนียริง 1999จำกัด	2
1.4 ตัวอย่าง ชิ้นงาน	3
1.5 ตัวอย่าง CHECKING FIXTURE	3
1.6 ตัวอย่าง CHECKING FIXTUREจริง	3
1.7 เครื่อง CNC DMG 5 AXIS	4
1.8 QC ชิ้นงานด้วย FARO ARM	4
1.9 AJA และ UKAS Certified	4
1.10 แผนผังองค์กรบริษัท ฟิลพาร์ท เอ็นจิเนียริง 1999จำกัด	5
2.1 เครื่องจักรกลซีเอ็นซี เครื่องแรกของโลก	8
2.2 CNC Machining Center ที่ใช้ในปัจจุบัน	9
2.3 การกำหนดแนวแกนของเครื่องกัดตั้ง	9
2.4 การกำหนดแนวแกนของเครื่องกัดนอน	10
2.5 Indexing Table ,รูปแบบ 3 แกน	11
2.6 รูปแบบ 4 แกน	12
2.7 เครื่อง Machining Center 5 แกน	13
2.8 ชุดควบคุมการทำงานต่าง ๆ	14
2.9 แสดงชุดเปลี่ยนทูลอัตโนมัติ	17
2.10 แผนภาพเฟสของเหล็กและการอบน	22
2.11 แผนภาพการเปลี่ยนเฟสของเหล็กกล้าไฮโปยูเทคตอยด์ ยูเทคตอยด์และไฮเปอร์ยูเทคตอยด์	23
2.12 แผนภาพเฟสการอบชุบโลหะด้วยความร้อน (Heat Treatment of Metals)	23
เหล็กกล้ายูเทคตอยด์	
2.13 Heat treatment ของเหล็กกล้า 2	4

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.14 Tempering	26
2.15 Austempering	26
3.1 ระดับขั้นตอนการทำงาน	28
3.2 การกำหนดจุดเช็ค	29
3.3 Design 3D	30
3.4 Detail Drawing 1	30
3.5 3D BASE	31
3.6 เหล็ก S50C ขนาด 150x25x1000	31
3.7 เช็คความโค้งของชิ้นงาน	32
3.8 ลาก Dial Gauge เพื่อให้ชิ้นงานระนาบกับ table CNC	32
3.9 การ set ศูนย์ของชิ้นงานด้วย Phobe	33
3.10 การ set tools โดยใช้ sensor	33
3.11 G-Code ที่ใช้สำหรับการเจาะชิ้นงาน	34
3.12 เจาะรูชิ้นงานตาม Drawing	34
3.13 ชิ้นงาน base เมื่อทำการเจาะเสร็จแล้ว	35
3.14 ชิ้นงานเสร็จ จากนั้น packing ของเพื่อทำการส่งชุบ Nickel กับบริษัทอื่น	35
3.15 3D Support	3
3.16 การตัดชิ้นงานด้วยเครื่อง Band Saw	36
3.17 การปาดหน้าผิวและการกัดชิ้นงานด้วยเครื่อง milling	37
3.18 การ chamfer ผิวงาน 3	7
3.19 การเจาะรู Support ด้วยเครื่อง drilling	38
3.20 การ Mark Gap ด้วยเครื่อง CNC	38
3.21 G-Code ที่ใช้ Mark Gap	39
3.22 การตะไบ Chamfer ชิ้นงาน	39
3.23 พ่นทรายด้วยเครื่อง Suction Blast Cabinet	40
3.24 เป่าลมชิ้นงาน	40
3.25 ชโลมน้ำมันรอส่งชุบ Nikel	41

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.26 3D Pin $\varnothing 66 \times 74$	4 2
3.27 การขึ้นชิ้นงานด้วยเครื่องกลึง	42
3.28 การกลึงชิ้นงาน	4 3
3.29 การตัดชิ้นงานให้ได้ตามขนาด drawing ด้วยเครื่อง Band saw	43
3.30 เจียระไนชิ้นงานด้วยเครื่องเจียระไนกลม	44
3.31 ใช้โปรแกรม MEDIAPT CAD/W เขียนโปรแกรมการตัด	44
3.32 การทำงานของเครื่อง Wire-cut	45
3.33 ตั้งแกน WCS ที่ชิ้นงาน 4	5
3.34 ตั้ง MCS โดยกำหนดทิศทางของ axis	46
3.35 เลือกวิธีการกัดโดยใช้คำสั่ง Custom operation	46
3.36 เลือกผิวที่จะกัดโดยใช้คำสั่ง Cut area	47
3.37 เลือก Tool ที่จะใช้ในการกัดโดยใช้คำสั่ง Cavity Mill	47
3.38 การ Generate ดูขั้นตอนการกัด	48
3.39 การ save file เพื่อที่จะเอาไปใช้	48
3.40 การทำกัดงานตามโปรแกรม CAMUGNX8.5	49
3.41 ชิ้นงานเสร็จเรียบร้อยแล้ว	49
3.42 3D PIN	50
3.43 การกลึงชิ้นงานด้วยเครื่องกลึง	50
3.44 รูป PIN เมื่อกลึงได้ขนาดตาม Drawing เรียบร้อยแล้ว	50
3.45 ตั้งอุณหภูมิที่ 550 c	51
3.46 ตั้งอุณหภูมิที่ 850 c	51
3.47 ตั้งอุณหภูมิที่ 1030 c	52
3.48 นำชิ้นงานใส่ทั้งน้ำมันเพื่อลดอุณหภูมิของชิ้นงาน	52
3.49 คลายเครียดชิ้นงานที่อุณหภูมิ 300 c	53
3.50 ทดสอบความแข็งของชิ้นงานด้วยเครื่อง Hardness Test	53
3.51 นำชิ้นงานมาวางเทียบกับ Base เพื่อตรวจเช็คชิ้นงาน	54
3.52 ประกอบ support ทุกตัวเข้ากับ base	54

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.53 ติด NAME PLATE บนชิ้นงาน	55
3.54 ชิ้นงานประกอบเสร็จสมบูรณ์	55
4.1 เครื่อง CMM ARM (FARO)	56
4.2 การยึดจับชิ้นงานบนโต๊ะ 5	6
4.3 หาพื้นที่ผิว Surface	57
4.4 จุด Check	57
4.5 Data (1)	58
4.6 Data (2)	59
4.7 Data(3)	59



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ



รูปที่ 1.1 โลโก้ บริษัท ฟิลพาร์ท เอ็นจิเนียริง 1999 จำกัด



รูปที่ 1.2 บริษัท ฟิลพาร์ท เอ็นจิเนียริง 1999 จำกัด

ชื่อ : Fillpart Engineering (1999) Co.,Ltd.

ที่ตั้ง : 143 SoiLasalle 42 Sukkhumvit 105 Rd.Bangna Bangkok 10260 THAILAND

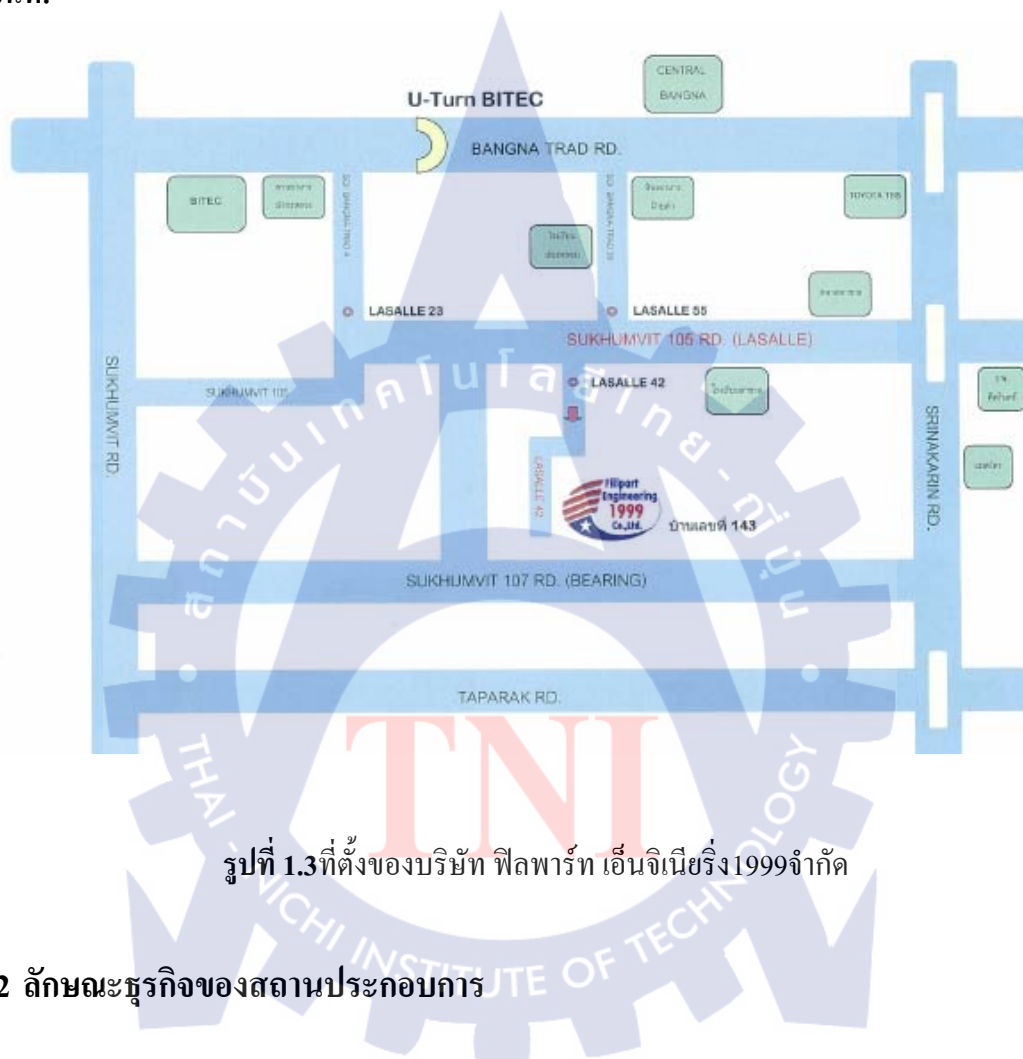
Tooling Manager : คุณ สนั่น ทองบาง (SananThongbang)

ผลิตภัณฑ์ : FABRICATE SPARE PARTS และ CHECKING FIXTURE

วันเวลาการทำงาน : จำนวนวันทำงาน 246 วัน และวันหยุดประเพณี 14 วัน

ชั่วโมงการทำงาน : กลางวัน 08.00 - 17.00น. และกลางคืน 20.00 – 05.00น

แผนที่:

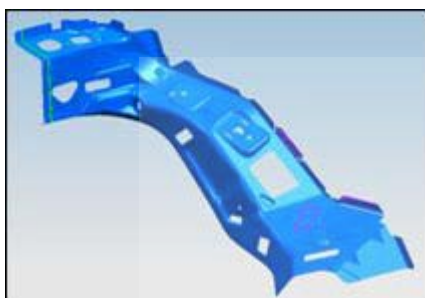


รูปที่ 1.3 ที่ตั้งของบริษัท ฟิลพาร์ท เอ็นจิเนียริง 1999 จำกัด

1.2 ลักษณะธุรกิจของสถานประกอบการ

Fillpart Engineering (1999) Co.,Ltd. is the manufacturer of jig and checking fixture to the automotive industry and electronics by the experienced team and modern technologies including the excellence of delivery and after-sales service. These lead to the acceptance from customers with the policy of executives that hope to produce the quality products and respond to the customer satisfaction to the maximum and most completely.

The production of Jigs and checking fixtures of Fillpart consists of designing and use of 5-axis CNC machine in production. The outputs will be produced in only one production process which can produce materials of steel, aluminium and epoxy resin. Our operation starts from designing to delivery. Every step of our work will be finished within Fillpart without any subcontracting. The procedure can be briefed as follows.



1. The Receipt of Work: We have the experienced marketing in jig and fixtures which especially can give advice in concept immediately.

รูปที่ 1.4 ตัวอย่าง ชิ้นงาน



2. Designing: Our team is experienced in the automotive industry and electronics as well as 3D design which is easy to monitor the details in virtual reality.

รูปที่ 1.5 ตัวอย่าง CHECKING FIXTURE



รูปที่ 1.6 ตัวอย่าง CHECKING FIXTUREจริง



3. Production: We focus on the modern and precise machinery by using 5 axis CNC machine in production leading to be precise and time-saving.

รูปที่ 1.7 เครื่อง CNC DMG 5 AXIS



4.Measurement :We use the standard and highly precise measuring instruments such as CMM and measure work with AUTO CHECK compared to CAD FILE 3D which can save time and get the precision

รูปที่ 1.8QC ชิ้นงานด้วย FARO ARM

Brown&Sharpe 2.5 μ m / 250 mm.

Faro Arm 24 μ m / 2400 mm.

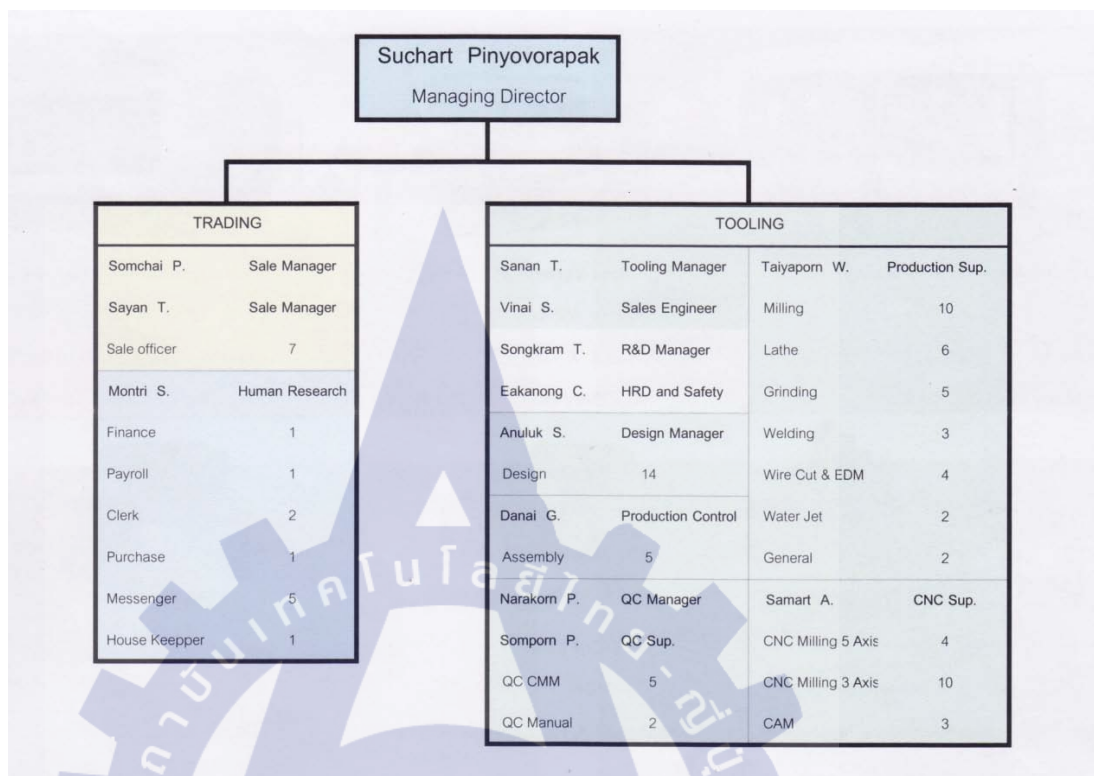


รูปที่ 1.9 AJA และ UKAS Certified

The management system of Fillpart is certified the international standards of 9001/2000 by AJA Registrars Ltd. Therefore, we emphasize that "how we should do to make our jigs and fixtures have the quality and precision which are demanded by every customer group of automotive industry" We use the pattern of large organizations in management such as the kanban production system, the follow-up project. The operational results will be reported to customers periodically resulting in the customer's benefit, time and cost reduction in following up the work of customers. The after-sales service and warranty must be satisfied to customer.

1.3 รูปแบบการจัดองค์กรและการบริหารองค์กร

1.3.1 แผนผังองค์กร



รูปที่ 1.10 แผนผังองค์กรบริษัท ฟิลพาร์ท เอ็นจิเนียริง 1999 จำกัด

1.4 ตำแหน่งและหน้าที่งานที่ได้รับมอบหมาย

1.4.1 ตำแหน่ง:

- นักศึกษาฝึกงาน
 - แผนก Finishing
 - แผนก CNC WIRE-CUT
 - แผนก MINI MILL CNC
- แผนก QC
- แผนก CF DESIGN

1.4.2 หน้าที่งานที่ได้รับมอบหมาย:

- 1.4.2.1 ตะไบชิ้นงาน , ตัดแปลียว
- 1.4.2.2 ใช้เครื่อง Sand Blast Injection
- 1.4.2.2 CNC WIRE-CUT
- 1.4.2.3 โปรแกรม ตัดชิ้นงาน โดย MEDIA CAD/W

- 1.4.2.4 MINI MILLING CNC
- 1.4.2.5 โปรแกรม กัดชิ้นงาน โดย UGS NX 8.5
- 1.4.2.6 DRAFTING 2D โดยใช้โปรแกรม UGS NX 8.5
- 1.4.2.7 CAD 3D โดยใช้โปรแกรม UGS NX 8.5
- 1.4.2.8 CNC WATER-JET
- 1.4.2.9 AUTOCAD 2D
- 1.4.3.0 CNC EDM
- 1.4.3.1 SUPER DRILL

1.5 พนักงานที่ปรึกษาและตำแหน่งของพนักงานที่ปรึกษา

- ชื่อ : นายวิรุฬ คงไทย
- ตำแหน่ง : CNC WIRE-CUT
- ชื่อ : นาย จรัญ คล้ายแสง
- ตำแหน่ง : CNC WIRE-CUT
- ชื่อ : นายสมภพ จันทร์ทรงกลด
- ตำแหน่ง : CNC MILLING
- ชื่อ : นายปาฏิภากย์
- ตำแหน่ง : CF DESIGN
- ชื่อ : อธิธิพล เจียมประยูร
- ตำแหน่ง : CNC WATER JET

1.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน

เริ่มตั้งแต่วันที่ 3 มิถุนายน 2556จนถึงวันที่ 5 ตุลาคม 2556

รวมเป็นระยะเวลาในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาทั้งสิ้น 4 เดือนหรือ 14 สัปดาห์

1.7 วัตถุประสงค์ของการปฏิบัติงานในสหกิจศึกษา

1.7.1 เพื่อให้ได้มีโอกาสฝึกการทำงานตลอดจนศึกษาหาความรู้และประสบการณ์จากการทำงานในภาคอุตสาหกรรม และหน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐ และเอกชน

1.7.2 เพื่อให้ได้มีโอกาสทำงานร่วมกับผู้อื่น และเข้าใจถึงลักษณะงานตลอดจนสภาวะจิตใจของผู้ร่วมงานในระดับต่างๆ อันจะเป็นประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานในฐานะวิศวกรที่ดีในอนาคต

1.7.3 เพื่อฝึกให้มีความรับผิดชอบ มีระเบียบวินัย มีมนุษยสัมพันธ์ และสามารถปรับตัวเข้ากับสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม

1.7.4 เพื่อให้ได้เห็นตัวอย่าง และรูปแบบในการนำความรู้ทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติมาประยุกต์ใช้ในการทำงานด้านต่างๆ

1.7.5 เพื่อให้ได้มีรับรู้ถึงวิถีชีวิตในการอยู่ร่วมอาศัยกันในโรงงาน ความสามัคคีขององค์กร ความเป็นน้ำหนึ่งใจเดียวกัน ความสัมพันธ์ของหัวหน้าและลูกน้อง ความสัมพันธ์ระหว่างพนักงานและการปฏิบัติตนเมื่ออยู่ร่วมกันในองค์กร

1.8 ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการปฏิบัติงาน

1.8.1 ได้ฝึกทักษะการทำงานตลอดจนได้ความรู้และประสบการณ์จากการทำงานในภาคอุตสาหกรรม และหน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐ และเอกชน

1.8.2 ได้มีโอกาสทำงานร่วมกับผู้อื่น และเข้าใจถึงลักษณะงานตลอดจนสภาวะจิตใจของผู้ร่วมงานในระดับต่างๆ จะเป็นประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานในฐานะวิศวกรที่ดีในอนาคต

1.8.3 มีความรับผิดชอบ มีระเบียบวินัย มีมนุษยสัมพันธ์ และสามารถปรับตัวเข้ากับสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม

1.8.4 ได้เห็นตัวอย่าง และรูปแบบในการนำความรู้ทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติมาประยุกต์ใช้ในการทำงานด้านต่างๆ

1.8.5 ศึกษาการใช้เครื่องจักรและเครื่องมือวัดได้อย่างถูกต้องและถูกวิธี

1.8.6 สามารถแก้ปัญหาหน้างานได้อย่างถูกต้องและถูกวิธี

1.8.7 สามารถวางแผนการทำงานและดำเนินการปฏิบัติได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

1.8.9 การปฏิบัติตนในการอยู่ร่วมกันในองค์กร

บทที่ 2

ทฤษฎีและเทคโนโลยีที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

2.1 CNC Milling Machining Center

ประวัติ CNC Milling Machining Center

ปี พ.ศ. 2491 (ค.ศ. 1948) กองทัพอากาศสหรัฐอเมริกาต้องการใช้ เครื่องกัด (Milling Machine) ชนิด 3 แกน ผลิตชิ้นส่วนเครื่องบินที่มีความแม่นยำ สม่ำเสมอ และรวดเร็ว

ปี พ.ศ. 2495 (ค.ศ. 1952) เครื่องเอ็นซี เครื่องแรกพัฒนาโดยทีมนักวิจัย จากสถาบันเทคโนโลยีแมสเซตชูเซต (Massachusetts Institute of Technology หรือ MIT)

ปี พ.ศ. 2498 (ค.ศ.1955) ทดสอบการใช้งาน เครื่องเอ็นซีจำนวน 100 เครื่องแรก ได้รับคำสั่งซื้อและผลิตให้แก่กองทัพอากาศสหรัฐอเมริกา

จากนั้นก็ได้มีการพัฒนาเรื่อยมา ทำให้เครื่องกัดมีความสามารถในการลดเวลาการเปลี่ยนทูลได้เป็นแบบอัตโนมัติ (Automatic Tool Changer, ATC) จากเดิมต้องหยุดเครื่องเพื่อเปลี่ยนทูล ซึ่งเรียกเครื่องกัดนี้ว่า “CNC Machining Center”



รูปที่ 2.1 เครื่องจักรกลซีเอ็นซี เครื่องแรกของโลก

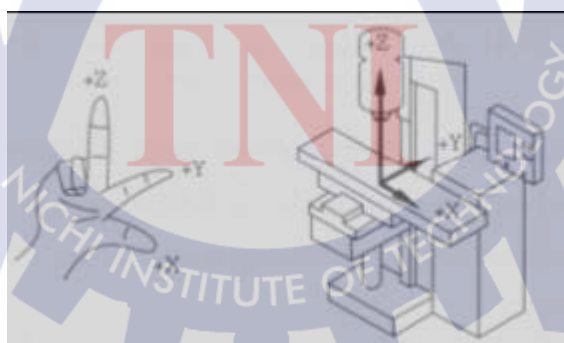


รูป 2.2 CNC Machining Center ที่ใช้ในปัจจุบัน

การจำแนกประเภทของ CNC machining center

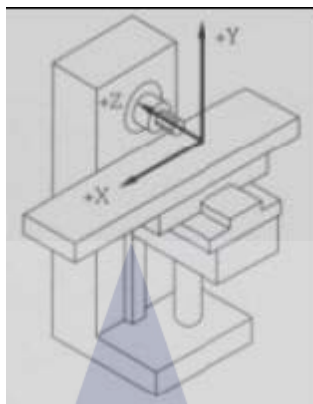
สามารถแบ่งได้ตามแบบทิศทาง การติดตั้งสปินเดิล ดังนี้

1. แนวตั้ง (Vertical Machining Center, VMC)



รูปที่ 2.3 การกำหนดแนวแกนของเครื่องกัดตั้ง

2.แนวนอน (Horizontal Machining Center, HMC)



รูปที่2.4 การกำหนดแนวแกนของเครื่องกัดนอน

เครื่องกัดแบบแนวตั้งนั้นมีจำนวนการใช้งานมากกว่าเครื่องแบบแนวนอนมากกว่าโดยเฉพาะในการนำมาใช้ผลิตชิ้นส่วนขนาดเล็กและกลาง รวมถึงขนาดใหญ่ด้วยเช่นกัน โดยที่ข้อดีของแบบแนวนอน คือ ไม่สะสมความร้อนที่ชิ้นงาน เศษโลหะจะตกลงพื้นไม่สะสมบนผิวของชิ้นงาน ที่อาจทำให้เกิดรอยขีดข่วนบนชิ้นงานได้

CNC Machining Center ที่สามารถเปลี่ยนตำแหน่งการติดตั้งหัวสปินเดิลให้อยู่ได้ทั้งในแนวนอนหรือแนวตั้ง โดยการใช้คำสั่ง CNC ในการเปลี่ยนตำแหน่งนั้น มีชื่อเรียกเครื่องประเภทนี้ว่า “Universal Machining Center” ฉะนั้นเครื่องจักรประเภทนี้จึงสามารถทำงานหลายขั้นตอนให้เสร็จได้ภายในเครื่องเดียวโดยไม่ต้องติดตั้งชิ้นงานใหม่ ซึ่งกัดได้ถึง 5-6 ด้านในครั้งเดียว

การแบ่งตามจำนวนของแกนการเคลื่อนที่ของทูล เมื่อเทียบกับชิ้นงาน ได้ดังนี้

1. แบบ 2 แกนครึ่ง (2½ Axes)

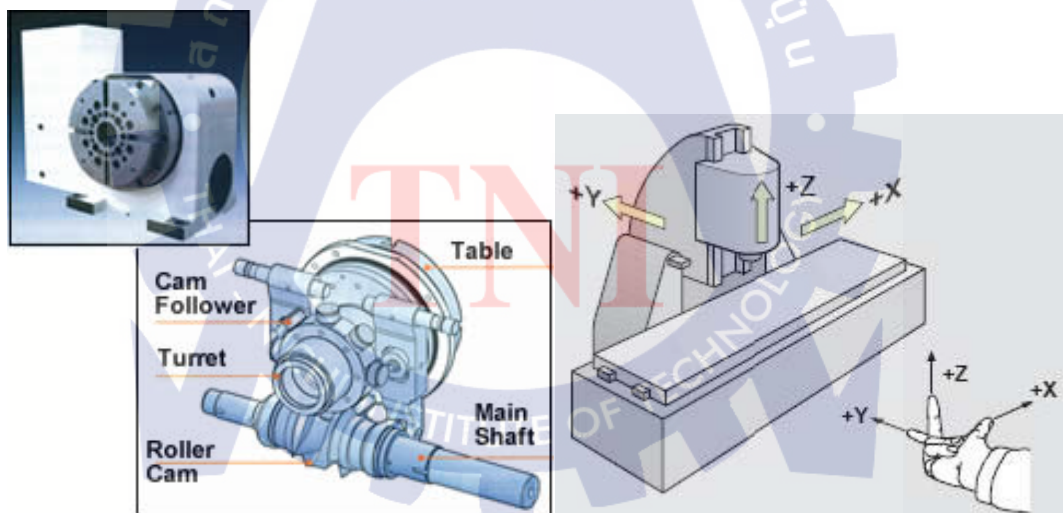
เป็นเครื่องที่สามารถเคลื่อนที่ได้ 3 แกน แต่เคลื่อนที่ได้พร้อม ๆ กันคราวละ 2 แกน เช่น X-Y, X-Z, Y-Z เป็นต้น เครื่องประเภทนี้เหมาะสำหรับการเจาะ (Drilling)

2. แบบ 3 แกน (3½ axes)

เป็นเครื่องที่สามารถเคลื่อนที่ได้พร้อม ๆ กันได้ทั้ง 3 แกน

3. แบบ 3 แกนครึ่ง (3 axes)

พบมากในเครื่อง HMC โดยเป็นการหมุนของ Indexing table ในแกน B แล้วจึงเคลื่อนที่ไปแกน X, Y และ Z ถ้าเป็นเครื่อง VMC จะติดตั้งให้หมุนในแกน A เป็นส่วนมาก

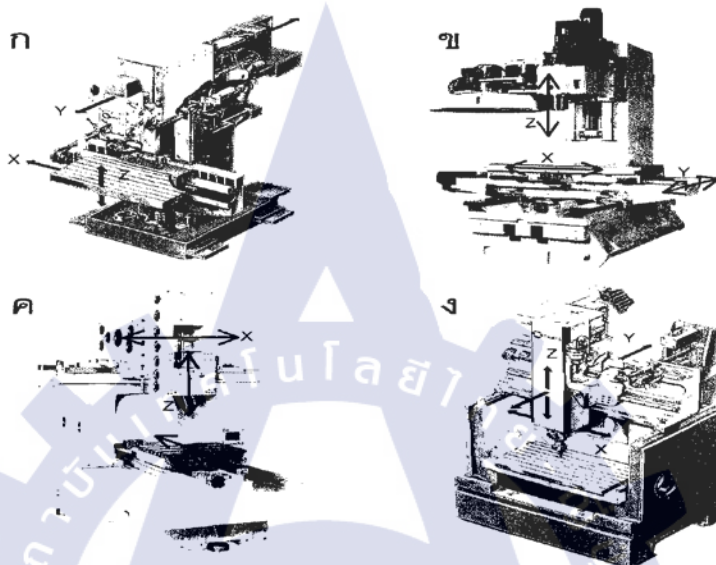


รูปที่ 2.5 Indexing Table

รูปแบบ 3 แกน

4. แบบ 4 แกน (4axes)

พบมากในเครื่อง HMC โดยแกนที่ 4 เป็นแกนหมุนของโต๊ะหมุน(Rotary Table) ในแกน B ไปพร้อม ๆ กับการเคลื่อนที่ที่เชิงเส้น (แกน X,Y และ Z) จึงเป็นการเคลื่อนที่ 4 แกนพร้อม ๆ กัน ถ้าเป็นแกนเครื่อง VMC จะติดตั้งให้หมุนในแกน A เป็นส่วนมาก



เครื่องกัดซีเอ็นซีและแมชชีนนิ่งเซนเตอร์ 3 แกน แยกตามลักษณะการเคลื่อนที่ของโต๊ะและสปินเดิล โดย ก) โต๊ะเคลื่อนที่ในแกน X และ Z สปินเดิลในแกน Y ข) โต๊ะเคลื่อนที่ในแกน X และ Y สปินเดิลในแกน Z ค) โต๊ะเคลื่อนที่ในแกน Y สปินเดิลในแกน X และ Z ง) สปินเดิลเคลื่อนที่ในแกน X, Y และ Z

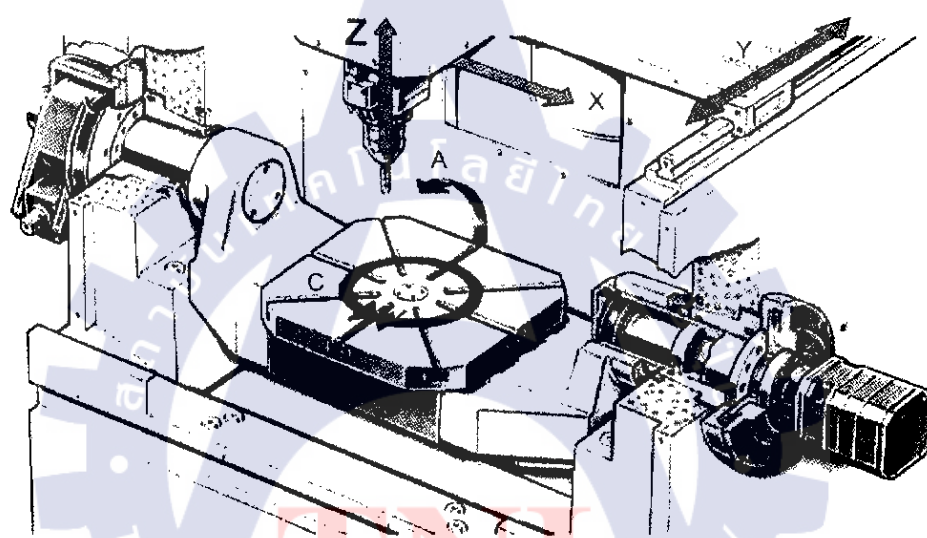


เครื่องแรงขึ้นถึงระบบแบบสามแกนครึ่งและสี่โดยมีแกนการหมุน แกน A ของเครื่องแบบ VMC (รูป ก) และแบบมีแกนการหมุน แกน B แบบแกนของเครื่องแบบ HMC (รูป ข)

รูปที่ 2.6 รูปแบบ 4 แกน

5. แบบ 5 แกน (5 axes)

มีการเคลื่อนที่เชิงเส้น (Linear Motion) 3 แกน (X Y Z) และการเคลื่อนที่เชิงมุม (Angular Motion) หรือการหมุน 2 แกน เครื่อง 5 แกนสามารถเคลื่อนที่ได้พร้อม ๆ กันทั้ง 5 แกน



รูปที่ 2.7 เครื่อง Machining Center 5 แกน ที่มีการเคลื่อนที่ในแกน X, Y, Z และการหมุนในแกน A และ C

นอกจากนี้แล้วเครื่องจักรในระบบซีเอ็นซีบางชนิดก็จะมีแนวแกนป้อนและแนวแกนหมุนรวมกันอยู่หลายแนวแกน ซึ่งในการกำหนดแนวแกนของเครื่องจักรกลซีเอ็นซีตามมาตรฐาน EIA-267-B (Electronic Industries Association) ได้กำหนดแนวแกนมาตรฐานไว้ทั้งหมด 14 แนวแกน ประกอบไปด้วยแนวแกนที่เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง 9 แนวแกน แนวหมุนอีก 5 แนวแกน

ส่วนประกอบหลักของเครื่อง Machining Center

สามารถแบ่งได้ 4 ส่วนหลัก ได้แก่

- ชุดควบคุมการทำงาน (Controller)
- ระบบกลไกในการเคลื่อนที่ (Drive mechanisms)
- ตัวเครื่องจักร (Machine Body)
- อุปกรณ์เปลี่ยนหัวอัตโนมัติ (Automatic Tool Changer)

1. ชุดควบคุมการทำงาน (Controller)

ชุดควบคุมของ Machining Center เป็นระบบคอมพิวเตอร์ที่สามารถจัดเก็บโปรแกรม แก้ไข ดัดแปลงได้ คอมพิวเตอร์เข้าใจโปรแกรมที่ป้อนและทำงานตามคำสั่งในโปรแกรม

ชุดควบคุมประกอบไปด้วย แผงควบคุม (control panel) จอภาพ (monitor) แป้นพิมพ์ (keyboard หรือ keypad) และปุ่มสวิตช์ควบคุมต่างๆ เช่น ความเร็วฟีด (Feed) และความเร็วสปินเดิล (Spindle) เป็นต้น

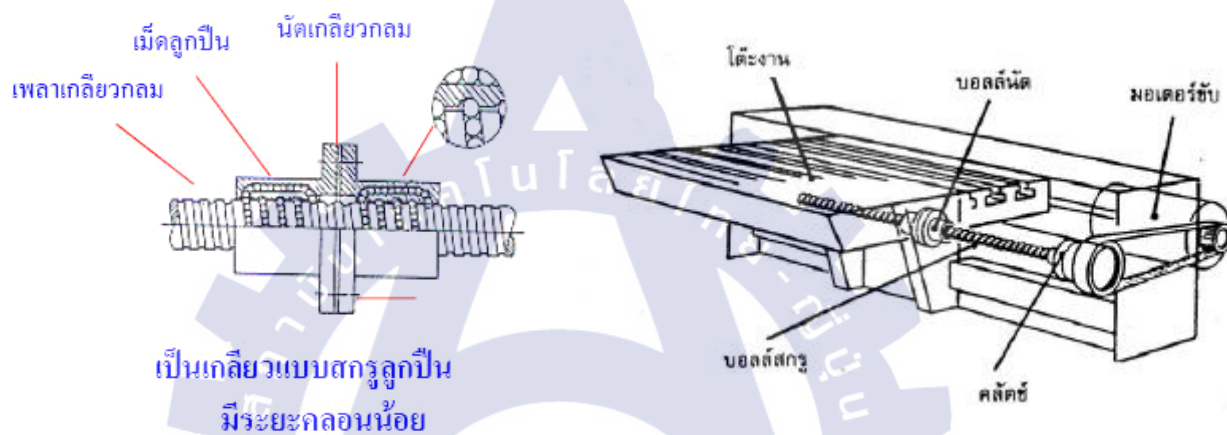


รูปที่ 2.8 ชุดควบคุมการทำงานต่าง ๆ

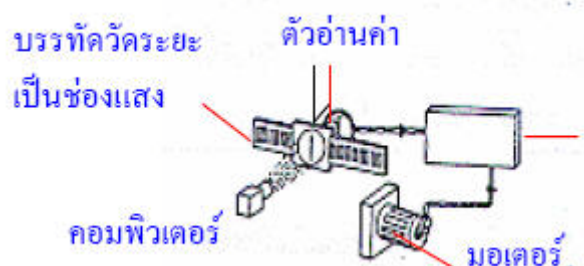
2. กลไกการเคลื่อนที่

ได้แก่ ฟีดมอเตอร์ (feed Motor) ซึ่งเป็นเซอร์โวมอเตอร์ (servo motor)

ควบคุมการเคลื่อนที่ของแกนต่างๆ ได้โดยใช้ บอลสกรู (ball screw) แปลงการเคลื่อนที่เชิงมุม (angular motion) เป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้น (linear motion) โดยมีตำแหน่งหรือระยะทางการเคลื่อนที่และความเร็วถูกควบคุมโดยรับสัญญาณจากคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้จะมีรางนำทาง (guide way) รองรับการเคลื่อนที่ที่แกนต่างๆ เป็นต้น



สำหรับเครื่องที่ต้องการความแม่นยำสูงจะมี ลิเนียร์สเกล (linear scale) เป็นอุปกรณ์ตรวจสอบหรือเซนเซอร์ (sensor) บอกตำแหน่งในการเคลื่อนที่ในแต่ละแกน



3. ตัวเครื่องจักร

โครงสร้างที่ประกอบเป็นรูปร่างที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานตามประเภทของเครื่องจักรนั้นๆ ตัวเครื่องจักรมีส่วนประกอบหลัก เช่น

- แท่นเครื่อง (machine bed) เป็นโครงสร้างหลักของตัวเครื่องจักร สำหรับรองรับอุปกรณ์และชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องจักร
- หมอนรอง หรือ แสดเดิล (saddle) เคลื่อนที่ได้ 1 แกน บนแท่นเครื่อง เช่น แกน X หรือแกน Y
- โต๊ะ (table) สำหรับวางชิ้นงาน โดยทั่วไปโต๊ะเคลื่อนที่อยู่บนหมอนรอง มีร่องรูปตัวที (T-slot) สำหรับใช้ในการจับยึดชิ้นงานให้แนบติดกับโต๊ะ มีระนาบโต๊ะตั้งติดกับเสา
- เสา (column) เป็นโครงสร้างสำหรับติดตั้งสปินเดิล เครื่องแมชชีนนิ่งเซนเตอร์แนวตั้งรุ่นใหม่นิยมสร้างเป็นแบบเสาคู่ (double Column) เพราะให้ความแม่นยำที่ดีกว่า
- สปินเดิล (spindle) สำหรับติดตั้งชุดจับทุล แบบเทเปอร์แชงก์ (tapered shank) หรือแบบไฮสปีด (high speed) โดยมีมอเตอร์สปินเดิล (spindle motor) ขับเคลื่อนสปินเดิลผ่านเกียร์หรือสายพานหรือต่อตรงรวมเป็นชุดเดียวกัน

4. อุปกรณ์เปลี่ยนทุลอัตโนมัติ (Automatic Tool Changer, ATC)

ติดตั้งในเครื่องแมชชีนนิ่งเซนเตอร์ทั้งแบบแนวตั้ง (Vertical Machining Center หรือ VMC) และแบบแนวนอน (horizontal machining center) สามารถเปลี่ยนทุลจากที่เก็บทุล (Tool Storage) หรือทุล แมกกาซีน (Tool Magazine) ประเภทของATC สามารถแยกได้ดังนี้

- เป็นแบบโซ่ (Chain-Type)
- แบบจานหมุน (Carousel-Type)

โดยแบบโซ่สามารถเก็บทูลได้จำนวนมากกว่าแบบจานหมุน ทั้งสองแบบจะมีแขนจับเปลี่ยนทูล (Tool Changing Arm) ระหว่างที่เก็บทูลและสปินเดิล บางรุ่นอาจจะไม่ต้องใช้แขนหรือเป็นแบบไร้แขน (Armless)



รูปที่ 2.9 แสดงชุดเปลี่ยนทูลอัตโนมัติ



2.2 การขึ้นชิ้นงานโดยใช้ G – CODE , M – CODE

จีโค้ด (G Code) เป็นชุดคำสั่งประเภทหนึ่งในการเขียนโปรแกรมติดต่อกับเครื่องจักรให้เครื่องจักรเคลื่อนที่ไปตามคำสั่ง ในรูปแบบการเคลื่อนที่แบบรูปเลขาคณิต เช่น เส้นตรง เส้นโค้ง วงกลม หรือ เคลื่อนที่แบบวิถีจักร และเป็น โค้ดคำสั่งกำหนดค่าต่างๆให้กับเครื่องจักร ได้แก่การกำหนดระนาบการทำงาน กำหนดหน่วยวัด กำหนดประเภทการกำหนดพิกัด

G Code พื้นฐาน	
โค้ด	คำสั่ง
G00	การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงอย่างรวดเร็ว แบบไม่กินงาน ด้วยความเร็วสูงสุด
G01	การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงกินงาน ด้วยความเร็วที่กำหนด
G02	การเคลื่อนที่เป็นวงกลมหรือเส้นโค้งทิศทางตามเข็มนาฬิกา
G03	การเคลื่อนที่เป็นวงกลมหรือเส้นโค้งทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
G04	การหยุดการเคลื่อนที่ในระยะเวลาที่กำหนด
G17-G19	กำหนดระนาบการทำงาน
G20/G70	กำหนดหน่วยวัด เป็น นิ้ว
G21/G71	กำหนดหน่วยวัด เป็น มิลลิเมตร
G80	ยกเลิกไซเคิลต่างๆ
G81-G83	ไซเคิลรูเจาะชนิดต่างๆ
G84	ไซเคิลการทำเกลียว

G85-G88	ไซเคิลการคว้านรู
G90	กำหนดโปรแกรมให้เป็นแบบสัมบูรณ์ (Absolute)
G91	กำหนดโปรแกรมให้เป็นแบบสัมพัทธ์ (Increment)
G94	ให้ค่าฟีด เป็น มม./นาที หรือ นิ้ว/นาที
G95	ให้ค่าฟีด เป็น มม./รอบ หรือ นิ้ว/รอบ
G96	ให้ความเร็วผิววงที่ เป็น เมตร / นาที
G97	ให้สปินเดิลหมุนคงที่ เป็น รอบ / นาที

ตารางที่ 2.1 คำสั่ง G code

2 เอ็มโค้ด

เอ็มโค้ด (M Code) เป็นชุดคำสั่งประเภทหนึ่งในการเขียนโปรแกรม ติดต่อกับเครื่องจักร เอ็มโค้ดเป็นรหัสในการติดต่อสั่งงานเครื่องจักรโดยตรง เช่น สั่งให้ทูลหมุน , สั่งให้ เปิดหรือปิดน้ำหล่อเย็น , สั่งให้จบการทำงาน เป็นต้น เอ็มโค้ดเป็น คำสั่งอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมกลไกการทำงานของเครื่องจักร ไม่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของทูล

M Code พื้นฐาน	
โค้ด	คำสั่ง
M00	หยุดโปรแกรมชั่วคราวจะทำงานต่อเมื่อกดสวิตช์
M01	หยุดโปรแกรมเมื่อต้องการ (Optional Stop)
M03	ให้สปินเดิลหมุนตามเข็มนาฬิกา

M04	ให้สปินเดิลหมุนทวนเข็มนาฬิกา
M05	หยุดหมุนสปินเดิล
M06	สลับ เปลี่ยนทูล
M07	เปิดน้ำหล่อเย็น เป็นละออง
M08	เปิดน้ำหล่อเย็นที่หัวทูล
M09	ปิด น้ำหล่อเย็น
M13	ให้สปินเดิลหมุนตามเข็มนาฬิกาและเปิดน้ำหล่อเย็น
M14	ให้สปินเดิลหมุนทวนเข็มนาฬิกาและเปิดน้ำหล่อเย็น
M30	จบโปรแกรมแล้วกลับไปบล็อกเริ่มต้น

ตารางที่ 2.2 คำสั่ง M code

3 โค้ดอื่นๆ

โค้ดอื่นๆ เป็นโค้ด หรือตัวอักษร ที่ช่วยในการเขียนเอ็นซีโปรแกรมไปกรมติดต่อกับเครื่องจักร นอกเหนือจากจีโค้ด (G Code) และเอ็มโค้ด (M Code) ประกอบด้วย

Code พื้นฐานอื่นๆ	
โค้ด	คำสั่ง
N	เลขที่บล็อกในการทำงาน
X Y Z	ตำแหน่งการเคลื่อนที่ เป็นพิกัด
i j k	ตำแหน่งของจุดศูนย์กลาง ในการเขียนวงกลม หรือส่วนโค้ง
S	ความเร็วของสปินเดิล

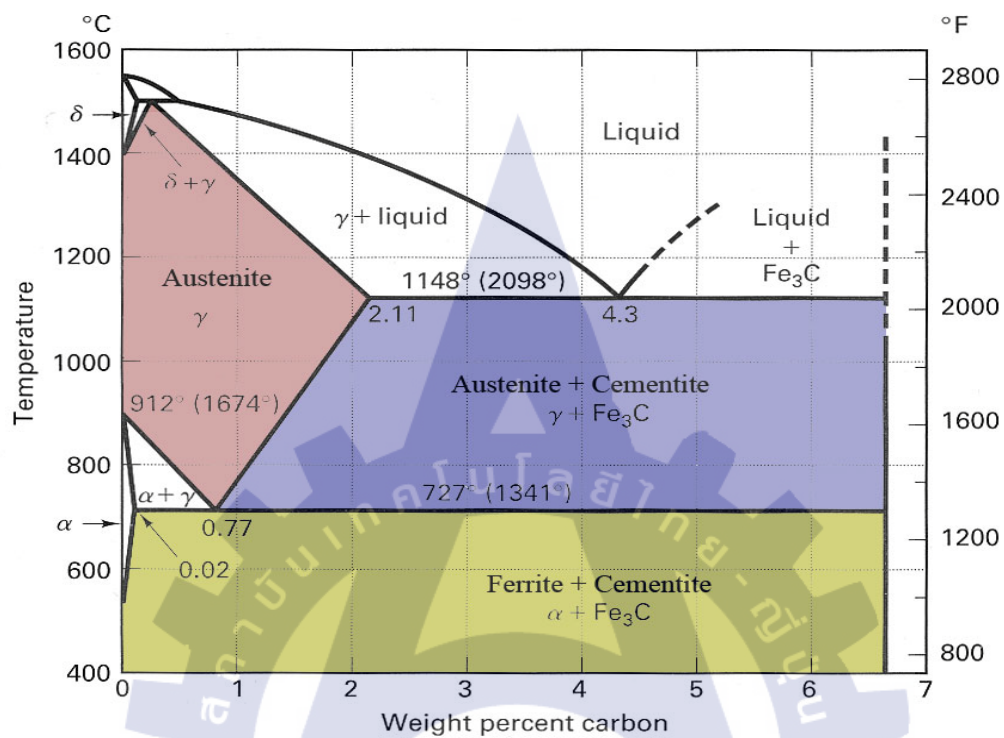
V	ความเร็วแบบค่าความเร็วตัด
F	ความเร็วในการเคลื่อนที่ของทูล
T	ทูล หรือ หมายเลขของเครื่องมือตัด
อื่นๆ	เป็นตัวอักษรอื่นๆ ในการผลิตของแต่ละคอนโทรลเลอร์

ตารางที่ 2.3 คำสั่งอื่นๆ

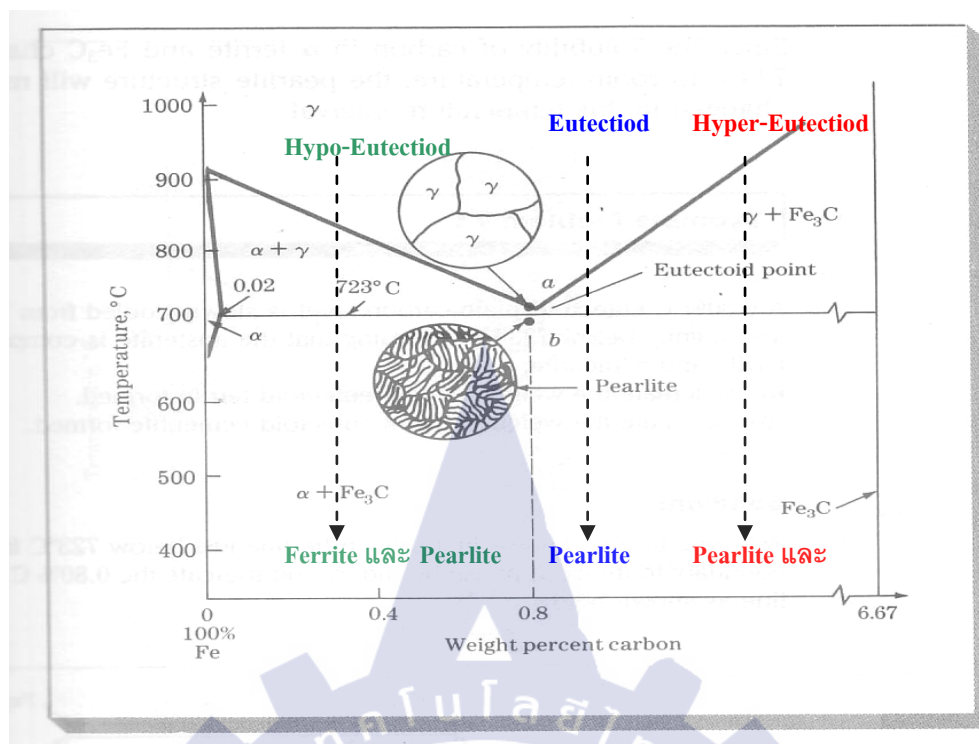


2.3 การปรับปรุงสมบัติทางความร้อนและชุบแข็งเหล็กกล้า

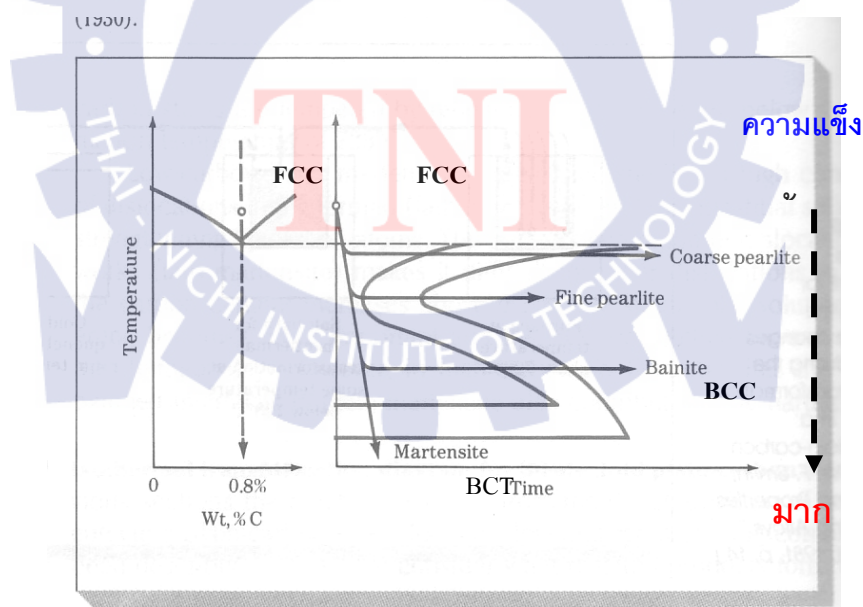
2.3.1) ความรู้พื้นฐาน



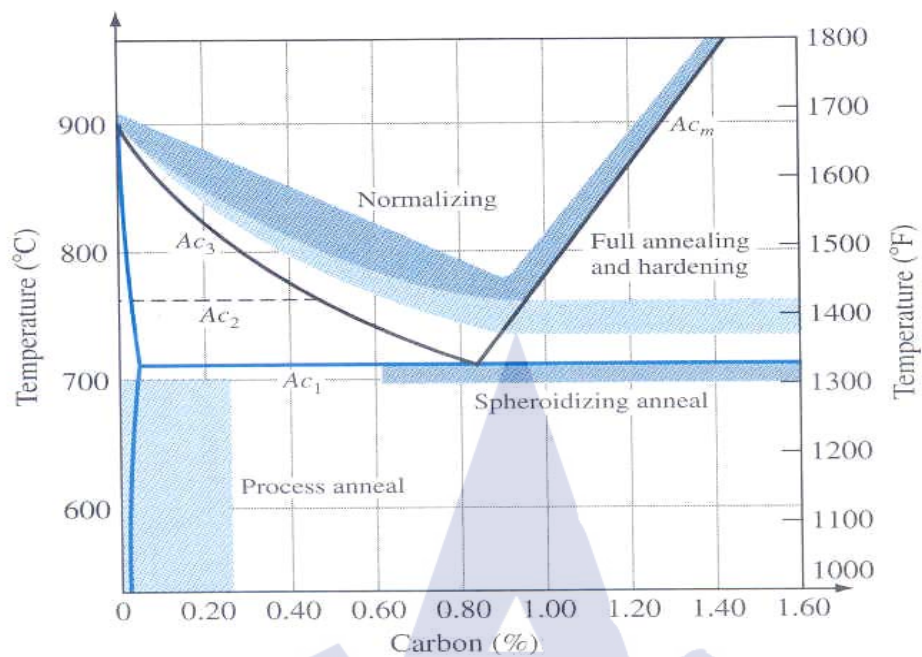
รูปที่ 2.10 แผนภาพเฟสของเหล็กและคาร์บอน



รูปที่ 2.11 แผนภาพการเปลี่ยนเฟสของเหล็กกล้าไฮโปยูเทคตอยด์ ยูเทคตอยด์ และไฮเปอร์ยูเทคตอยด์



รูปที่ 2.12 แผนภาพเฟสการอบชุบโลหะด้วยความร้อน (Heat Treatment of Metals) เหล็กกล้ายูเทคตอยด์



รูปที่ 2.15 Heat treatment ของเหล็กกล้า

การปรับปรุงสมบัติความแข็งหรือการอบชุบของเหล็กกล้า แบ่งได้เป็นสองประเภทหลักคือ

1) การอบชุบโลหะด้วยความร้อน (Heat Treatment of Metals)

สมบัติเชิงกลของโลหะและโลหะผสมนอกจากจะขึ้นอยู่กับส่วนผสมทางเคมี ซึ่งมีผลต่อโครงสร้างจุลภาคแล้ว อีกปัจจัยหนึ่งที่มีต่อโครงสร้างจุลภาคของ โลหะคือการอบชุบด้วยความร้อนของโลหะ กระบวนการ heat treatment สำหรับเหล็กกล้าที่สำคัญมีดังนี้

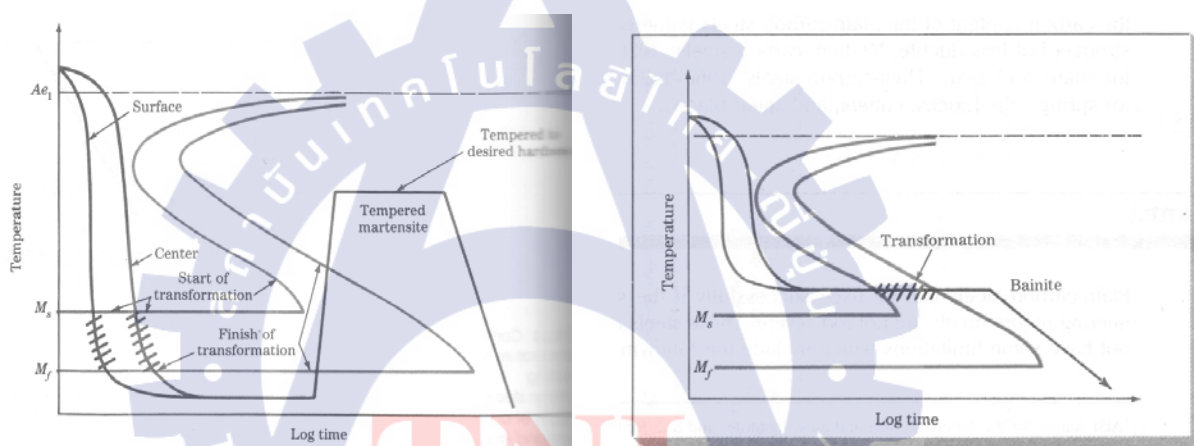
- การอบลดความเค้น (Stress-relief annealing or process annealing) กระบวนการนี้ในบางครั้งเรียก Subcritical Annealing เป็นประโยชน์มากสำหรับการลดความเค้นเหลือค้าง (Residual Stress) ภายในชิ้นงาน เนื่องจากกระบวนการกลึงไส หรือการขึ้นรูปเย็น โดยปกติการอบอ่อนเพื่อคลายเครียดทำที่อุณหภูมิต่ำกว่าขอบเขตล่างของอุณหภูมิวิกฤต (Lower Critical Temperature) ซึ่งอยู่ระหว่าง 540°C ถึง 650°C แล้วค่อยๆ ให้ความร้อนในเตาอบการอบลดความเค้นเป็นกระบวนการทางความร้อนที่นิยมทำในระหว่างการขึ้นรูปเย็น (Cold Working) สำหรับเหล็กแผ่น (Sheet) และเส้นลวด (Wire) กระทำเพื่อให้เหล็กแผ่น หรือลวดมีความอ่อนตัว

- **การอบปกติ (Normalizing)** จุดประสงค์ของการอบปกติ (Normalizing) คือ เพื่อให้ได้ความแข็ง และความแข็งแรงมากกว่าเหล็กที่ผ่านการอบอ่อน (Annealing) และทำเพื่อปรับปรุงความสามารถในการกลึงไส (Machinability) และทำให้โครงสร้างเดนไดรต์จากการหล่อมีขนาดเล็ก (Modify and refine cast dendritic structures) หรือเตรียมขนาดเกรนให้มีขนาดเล็ก และมีโครงสร้างสม่ำเสมอก่อนไปผ่านกระบวนการชุบแข็ง (Hardening) วิธีการทำเริ่มโดยอบเหล็กกล้าให้ได้เฟสออสเทนไนต์ (Austenite) แล้วทำให้เย็นในอากาศปรกตินอกเตาอบ
- **การอบอ่อนสมบูรณ์ (Full annealing)** มีจุดประสงค์ของการอบอ่อนนี้กันไปได้ทั้ง ทำให้เกรนมีขนาดเล็กลง (Refine grain) ทำให้เหล็กมีความอ่อนตัว (Soften) ปรับปรุงสมบัติทางไฟฟ้า และสมบัติความเป็นแม่เหล็ก (Improve electrical and magnetic properties) และในบางกรณีเพื่อปรับปรุงความสามารถในการกลึง ไส (Improve machinability)
- **การอบเพื่อเปลี่ยนแปลงรูปร่างซีเมนไตต์ให้มีลักษณะกลม (Spheroidizing)** เหล็กกล้าคาร์บอนมากกว่าร้อยละ 0.8 0 โดยน้ำหนัก ประกอบด้วยเพิร์ลไรท์ (Pearlite) ล้อมรอบด้วยโครงข่ายซีเมนไตต์ที่ไม่สามารถกลึง ไส ได้ดี เพราะซีเมนไตต์แข็ง และเปราะ เครื่องมือตัด (Cutting Tool) ไม่สามารถตัดผ่านโครงข่ายซีเมนไตต์ได้ดี นอกจากนี้รอยตัดก็จะไม่เรียบสวยงามตามต้องการ เพื่อปรับปรุงความสามารถการกลึง ไส จึงต้องอบเปลี่ยนแปลงรูปร่างของโครงข่ายซีเมนไตต์
- **การชุบแข็ง (Hardening or rapid quenching)** ภายใต้อัตราการเย็นตัวที่เร็วของออสเทนไนต์ (Austenite) ทำให้อะตอมคาร์บอนไม่สามารถเคลื่อนย้ายออกจากสารละลายของแข็ง (ของเหล็ก) ได้ทัน โครงสร้างอะตอมพื้นฐานไม่สามารถเกิด BCC เพราะคาร์บอนอะตอม บางส่วนยังเหลือค้างในโครงข่ายของเหล็กทำให้ได้โครงสร้างชนิดหนึ่งที่เรียกว่า **มาร์เทนไซต์ (Martensite)** ซึ่งเป็นสารละลายของแข็งที่อิ่มตัวไปด้วยอะตอมของคาร์บอน (Supersaturated solid solution) ในโครงสร้าง Body Centered Tetragonal (BCT Structure)
- **การอบคืนตัว (Tempering)** ชี้นงานหรือเหล็กในสภาพภายหลังการชุบแข็ง โครงสร้างที่ได้เป็นมาร์เทนไซต์ (ถ้ามี

คาร์บอนมากพอ และอัตราการเย็นตัวที่แท้จริงเร็วกว่าอัตราการเย็นตัววิกฤต) ซึ่งแข็ง และเปราะ (Brittle) จึงยังไม่เหมาะที่จะนำไปใช้งาน นอกจากนี้ผลของการเกิดโครงสร้างมาร์เทนไซต์ยังทำให้มีความเค้นเหลือค้าง (Residual Stresses) ดังนั้นทุกครั้งภายหลังกระบวนการชุบแข็ง (Hardening) จำเป็นต้องทำการอบคืนตัว (Tempering) ด้วยการให้ความร้อนแก่ชิ้นงานไปจนถึง

อุณหภูมิหนึ่งที่ต่ำกว่าขอบเขตล่างของอุณหภูมิวิกฤต (Lower Critical Temperature)

จุดประสงค์ของการอบคืนตัว คือ การลดความเครียดเหลือค้าง ปรับปรุงความแกร่ง (Toughness) และความเหนียว (Ductility) ของเหล็ก อย่างไรก็ตามการอบคืนตัวย่อมทำให้ความแข็ง (Hardness) และความแข็งแรง (Strength)



รูปที่ 2.16 Tempering รูปที่ 2.17 Austempering

2) การอบชุบแข็งผิวของโลหะ (Case hardening of metals)

การอบชุบแข็งผิวที่นิยมคือ คาร์บูไรซิ่ง (Carburizing) ไนไตรดิง (Nitriding) ไซยาไนดิง หรือคาร์บอนไนไตรดิง (Cyaniding or Carbonitriding) การใช้เปลวไฟ (Flam Hardening) และการใช้การเหนี่ยวนำของไฟฟ้า (Induction Hardening)



บทที่ 2

ทฤษฎีและเทคโนโลยีที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

2.1 CNC Milling Machining Center

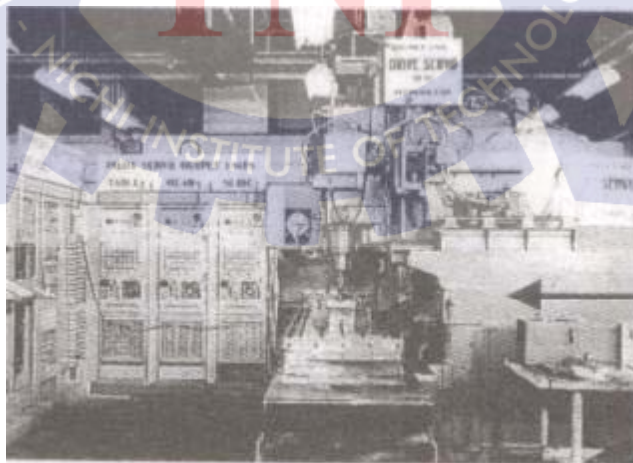
ประวัติ CNC Milling Machining Center

ปี พ.ศ. 2491 (ค.ศ. 1948) กองทัพอากาศสหรัฐอเมริกาต้องการใช้ เครื่องกัด (Milling Machine) ชนิด 3 แกน ผลิตชิ้นส่วนเครื่องบินที่มีความแม่นยำ สม่ำเสมอ และรวดเร็ว

ปี พ.ศ. 2495 (ค.ศ. 1952) เครื่องเอ็นซี เครื่องแรกพัฒนาโดยทีมนักวิจัย จากสถาบันเทคโนโลยีแมสซาชูเซต (Massachusetts Institute of Technology หรือ MIT)

ปี พ.ศ. 2498 (ค.ศ. 1955) ทดสอบการใช้งาน เครื่องเอ็นซีจำนวน 100 เครื่องแรก ได้รับคำสั่งซื้อและผลิตให้แก่กองทัพอากาศสหรัฐอเมริกา

จากนั้นก็ได้มีการพัฒนาเรื่อยมา ทำให้เครื่องกัดมีความสามารถในการลดเวลาการเปลี่ยนหัวได้เป็นแบบอัตโนมัติ (Automatic Tool Changer, ATC) จากเดิมต้องหยุดเครื่องเพื่อเปลี่ยนหัว ซึ่งเรียกเครื่องกัดนี้ว่า “CNC Machining Center”



รูปที่ 2.1 เครื่องจักรกลซีเอ็นซี เครื่องแรกของโลก

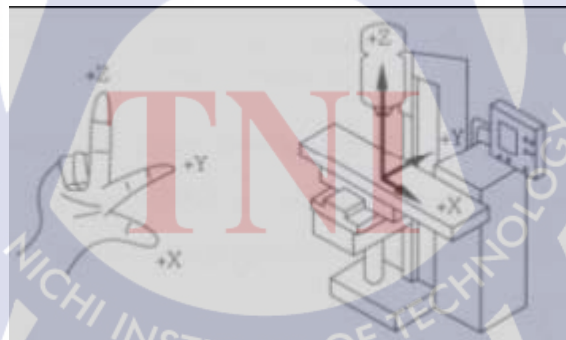


รูป 2.2 CNC Machining Center ที่ใช้ในปัจจุบัน

การจำแนกประเภทของ CNC machining center

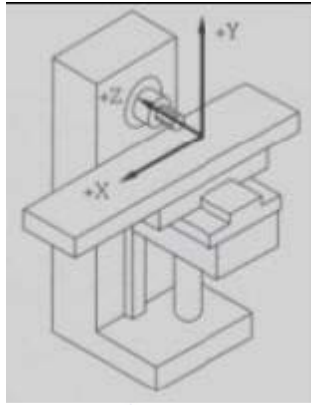
สามารถแบ่งได้ตามแบบทิศทาง การติดตั้งสปินเดิล ดังนี้

1. แนวตั้ง (Vertical Machining Center, VMC)



รูปที่ 2.3 การกำหนดแนวแกนของเครื่องกัดตั้ง

2. แนวนอน (Horizontal Machining Center, HMC)



รูปที่ 2.4 การกำหนดแนวแกนของเครื่องกัดนอน

เครื่องกัดแบบแนวตั้งนั้นมีจำนวนการใช้งานมากกว่าเครื่องแบบแนวนอนมากกว่าโดยเฉพาะในการนำมาใช้ผลิตชิ้นส่วนขนาดเล็กและกลาง รวมถึงขนาดใหญ่ด้วยเช่นกัน โดยที่ข้อดีของแบบแนวนอน คือ ไม่สะสมความร้อนที่ชิ้นงาน เศษโลหะจะตกลงพื้นไม่สะสมบนผิวของชิ้นงาน ที่อาจทำให้เกิดรอยขีดข่วนบนชิ้นงานได้

CNC Machining Center ที่สามารถเปลี่ยนตำแหน่งการติดตั้งหัวสปินเดิลให้อยู่ได้ทั้งในแนวนอนหรือแนวตั้ง โดยการใช้คำสั่ง CNC ในการเปลี่ยนตำแหน่งนั้น มีชื่อเรียกเครื่องประเภทนี้ว่า “Universal Machining Center” ฉะนั้นเครื่องจักรประเภทนี้จึงสามารถทำงานหลายขั้นตอนให้เสร็จได้ภายในเครื่องเดียวโดยไม่ต้องติดตั้งชิ้นงานใหม่ ซึ่งกัดได้ถึง 5-6 ด้านในครั้งเดียว

การแบ่งตามจำนวนของแกนการเคลื่อนที่ของทุล เมื่อเทียบกับชิ้นงาน ได้ดังนี้

1. แบบ 2 แกนครึ่ง (2½ Axes)

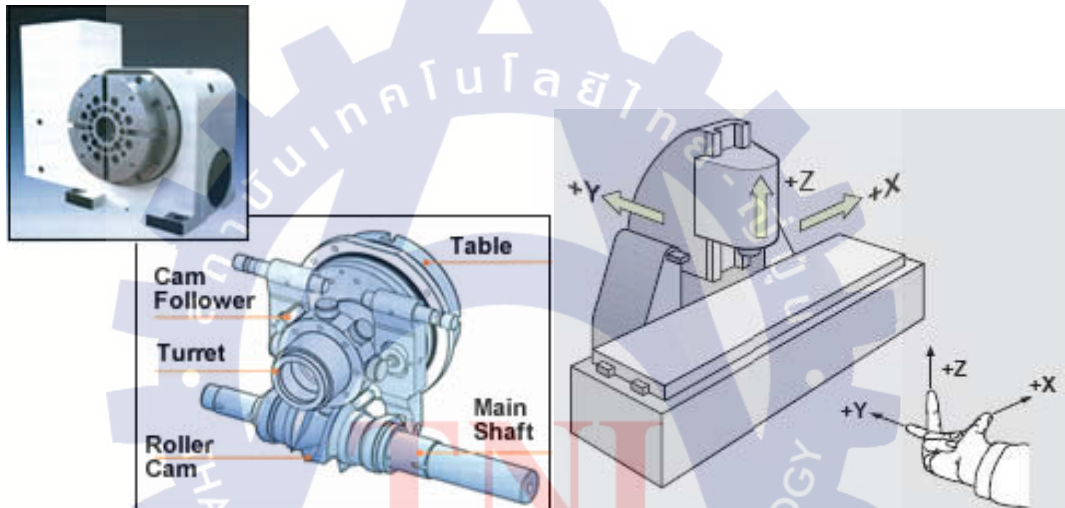
เป็นเครื่องที่สามารถเคลื่อนที่ได้ 3 แกน แต่เคลื่อนที่ได้พร้อม ๆ กันคราวละ 2 แกน เช่น X-Y, X-Z, Y-Z เป็นต้น เครื่องประเภทนี้เหมาะสำหรับการเจาะ (Drilling)

2. แบบ 3 แกน ($3\frac{1}{2}$ axes)

เป็นเครื่องที่สามารถเคลื่อนที่ได้พร้อม ๆ กันได้ทั้ง 3 แกน

3. แบบ 3 แกนครึ่ง (3 axes)

พบบ่อยในเครื่อง HMC โดยเป็นการหมุนของ Indexing table ในแกน B แล้วจึงเคลื่อนที่ไปแกน X, Y และ Z ถ้าเป็นเครื่อง VMC จะติดตั้งให้หมุนในแกน A เป็นส่วนมาก

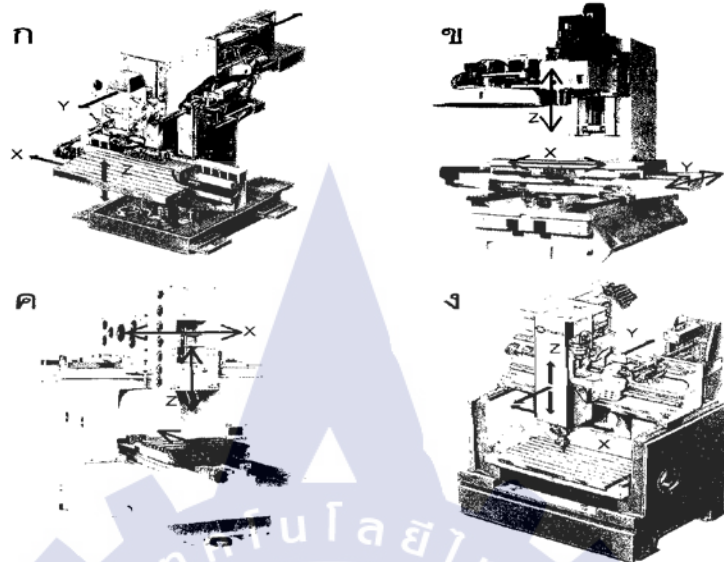


รูปที่ 2.5 Indexing Table

รูปแบบ 3 แกน

4. แบบ 4 แกน (4axes)

พบมากในเครื่อง HMC โดยแกนที่ 4 เป็นแกนหมุนของโต๊ะหมุน(Rotary Table) ในแกน B ไปพร้อม ๆ กับการเคลื่อนที่ที่เชิงเส้น (แกน X,Y และ Z) จึงเป็นการเคลื่อนที่ 4 แกนพร้อม ๆ กัน ถ้าเป็นแกนเครื่อง VMC จะติดตั้งให้หมุนในแกน A เป็นส่วนมาก



เครื่องกัดซีเอ็นซีและแมชชีนนิ่งเซนเตอร์ 3 แกน แยกตามลักษณะการเคลื่อนที่ของโต๊ะและสปินเดิล โดย ก) โต๊ะเคลื่อนที่ในแกน X และ Z สปินเดิลในแกน Y ข) โต๊ะเคลื่อนที่ในแกน X และ Y สปินเดิลในแกน Z ค) โต๊ะเคลื่อนที่ในแกน Y สปินเดิลในแกน X และ Z ง) สปินเดิลเคลื่อนที่ในแกน X, Y และ Z



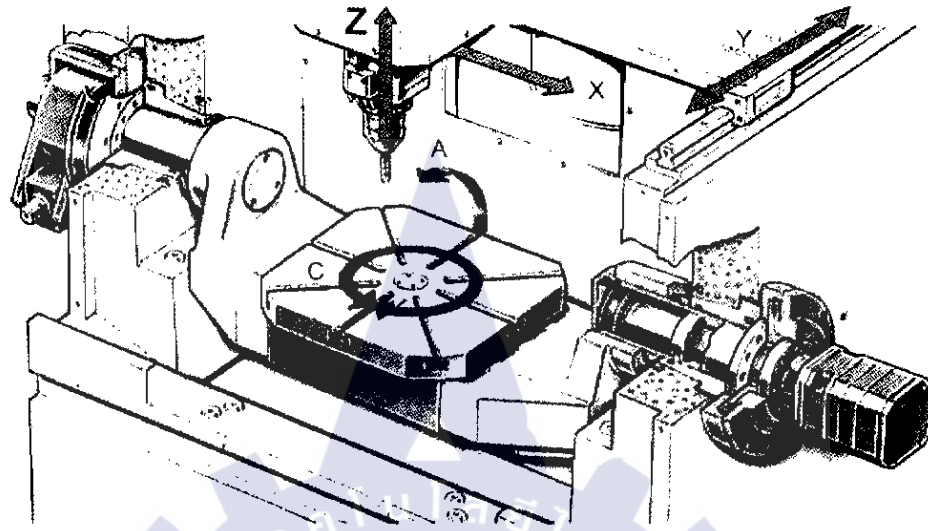
เครื่องแมชชีนนิ่งเซนเตอร์แบบสามแกนครึ่งและสี่โดยมีแกนการหมุน แกน A ของเครื่องแบบ VMC (รูป ก) และแบบมีแกนการหมุน แกน B แบบแกนของเครื่องแบบ HMC (รูป ข)

รูปที่ 2.6 รูปแบบ 4 แกน

5. แบบ 5 แกน (5 axes)

มีการเคลื่อนที่เชิงเส้น (Linear Motion) 3 แกน (X Y Z) และการ

เคลื่อนที่เชิงมุม (Angular Motion) หรือการหมุน 2 แกน เครื่อง 5 แกนสามารถเคลื่อนที่ใด
พร้อม ๆ กันทั้ง 5 แกน



รูปที่ 2.7 เครื่อง Machining Center 5 แกน

นอกจากนี้แล้วเครื่องจักรในระบบซีเอ็นซีบางชนิดก็จะมีแนวแกนป้อนและแนวแกนหมุน
รวมกันอยู่หลายแนวแกน ซึ่งในการกำหนดแนวแกนของเครื่องจักรกลซีเอ็นซีตามมาตรฐาน EIA-
267-B (Electronic Industries Association) ได้กำหนดแนวแกนมาตรฐานไว้ทั้งหมด 14 แนวแกน
ประกอบไปด้วยแนวแกนที่เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง 9 แนวแกน แนวหมุนอีก 5 แนวแกน

ส่วนประกอบหลักของเครื่อง Machining Center

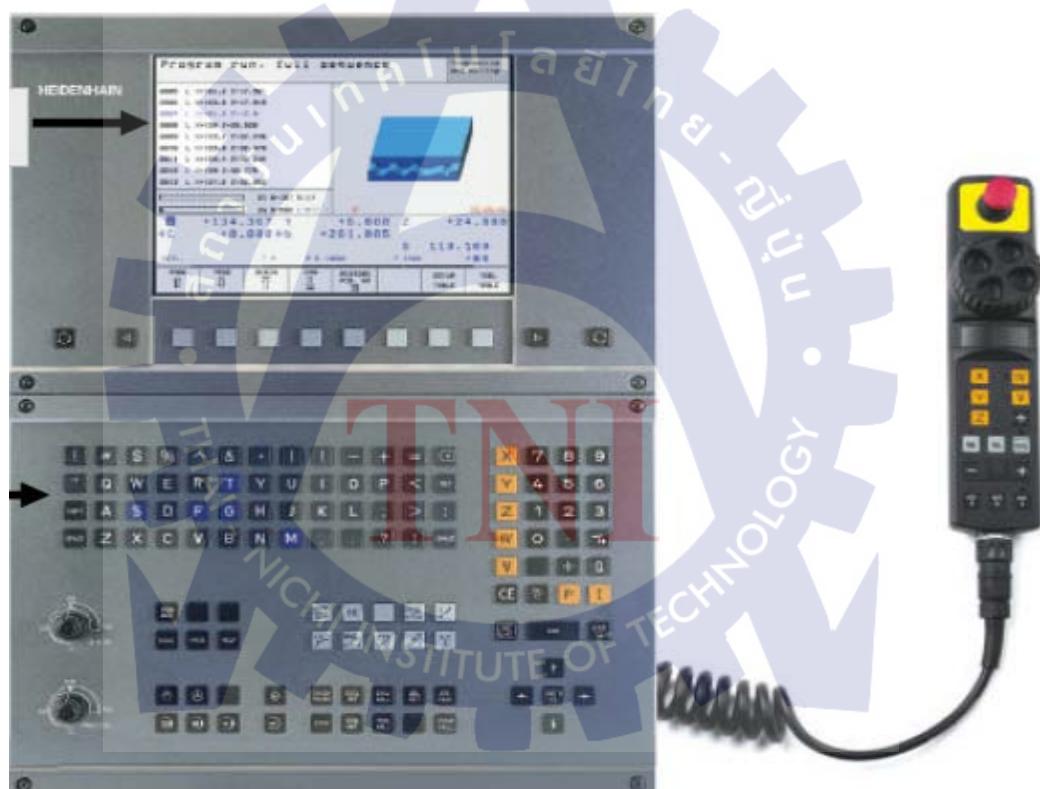
สามารถแบ่งได้ 4 ส่วนหลัก ได้แก่

- ชุดควบคุมการทำงาน (Controller)
- ระบบกลไกในการเคลื่อนที่ (Drive mechanisms)
- ตัวเครื่องจักร (Machine Body)
- อุปกรณ์เปลี่ยนทูลอัตโนมัติ (Automatic Tool Changer)

1. ชุดควบคุมการทำงาน (Controller)

ชุดควบคุมของ Machining Center เป็นระบบคอมพิวเตอร์ที่สามารถจัดเก็บโปรแกรมแก้ไขได้ คอมพิวเตอร์เข้าใจโปรแกรมที่ป้อนและทำงานตามคำสั่งในโปรแกรม

ชุดควบคุมประกอบไปด้วย แผงควบคุม (control panel) จอภาพ (monitor) แป้นพิมพ์ (keyboard หรือ keypad) และปุ่มสวิตช์ควบคุมต่างๆ เช่น ความเร็วฟีด (Feed) และความเร็วยก/ลด (Spindle) เป็นต้น

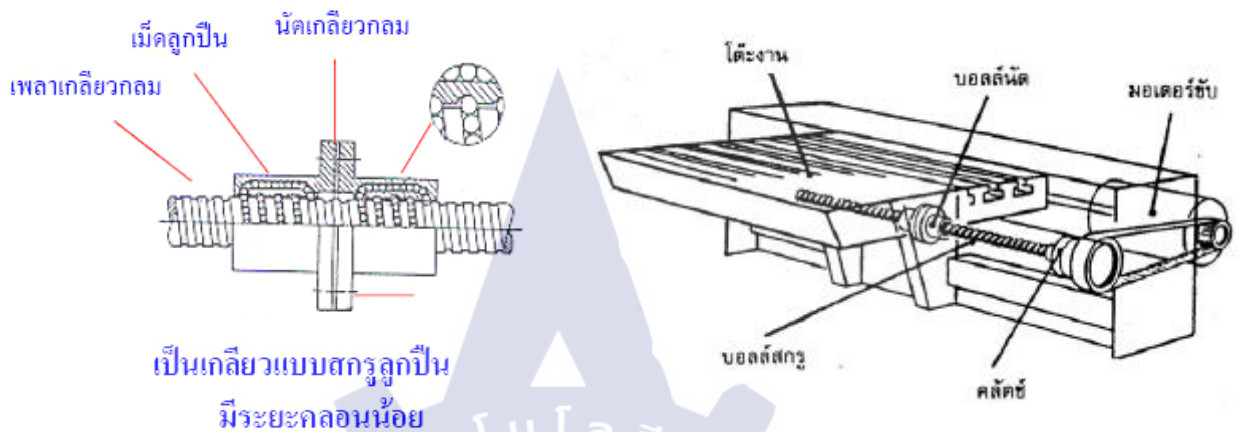


รูปที่ 2.8 ชุดควบคุมการทำงานต่าง ๆ

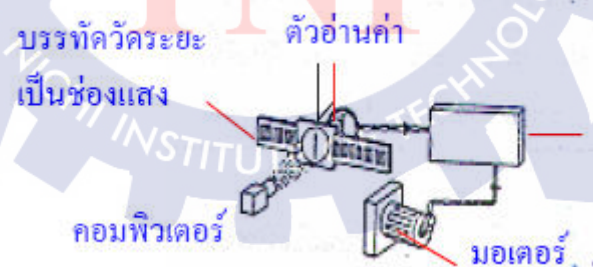
2. กลไกการเคลื่อนที่

ได้แก่ ฟีดมอเตอร์ (feed Motor) ซึ่งเป็นเซอร์โวมอเตอร์ (servo motor)

ควบคุมการเคลื่อนที่ของแกนต่างๆ ได้โดยใช้ บอลสกรู (ball screw) แปลงการเคลื่อนที่เชิงมุม (angular motion) เป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้น (linear motion) โดยมีตำแหน่งหรือระยะทางการเคลื่อนที่และความเร็วถูกควบคุมโดยรับสัญญาณจากคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้จะมีรางนำทาง (guide way) รองรับรับการเคลื่อนที่ที่แกนต่างๆ เป็นต้น



สำหรับเครื่องที่ต้องการความแม่นยำสูงจะมี ลิเนียร์สเกล (linear scale) เป็นอุปกรณ์ตรวจรู้หรือเซนเซอร์ (sensor) บอกตำแหน่งในการเคลื่อนที่ในแต่ละแกน



3. ตัวเครื่องจักร

โครงสร้างที่ประกอบเป็นรูปร่างที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานตามประเภทของเครื่องจักรนั้นๆ ตัวเครื่องจักรมีส่วนประกอบหลัก เช่น

- แท่นเครื่อง (machine bed) เป็นโครงสร้างหลักของตัวเครื่องจักร สำหรับรองรับอุปกรณ์และชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องจักร

- หมอนรอง หรือ แสดเดิล (saddle) เคลื่อนที่ได้ 1 แกน บนแท่นเครื่อง เช่น แกน X หรือแกน Y

- โต๊ะ (table) สำหรับวางชิ้นงาน โดยทั่วไปโต๊ะเคลื่อนที่อยู่บนหมอนรอง มีร่องรูปตัวที (T-slot) สำหรับใช้ในการจับยึดชิ้นงานให้แนบติดกับโต๊ะ มีระนาบโต๊ะตั้งติดกับเสา

- เสา (column) เป็นโครงสร้างสำหรับติดตั้งสปินเดิล เครื่องแมชชีนนิ่งเซนเตอร์แนวตั้งรุ่นใหม่นิยมสร้างเป็นแบบเสาคู่ (double Column) เพราะให้ความแม่นยำที่ดีกว่า

- สปินเดิล (spindle) สำหรับติดตั้งชุดจับทูล แบบเทเปอร์แชงก์ (tapered shank) หรือแบบไฮสปีด (high speed) โดยมีมอเตอร์สปินเดิล (spindle motor) ขับเคลื่อนสปินเดิลผ่านเกียร์หรือสายพานหรือต่อตรงรวมเป็นชุดเดียวกัน

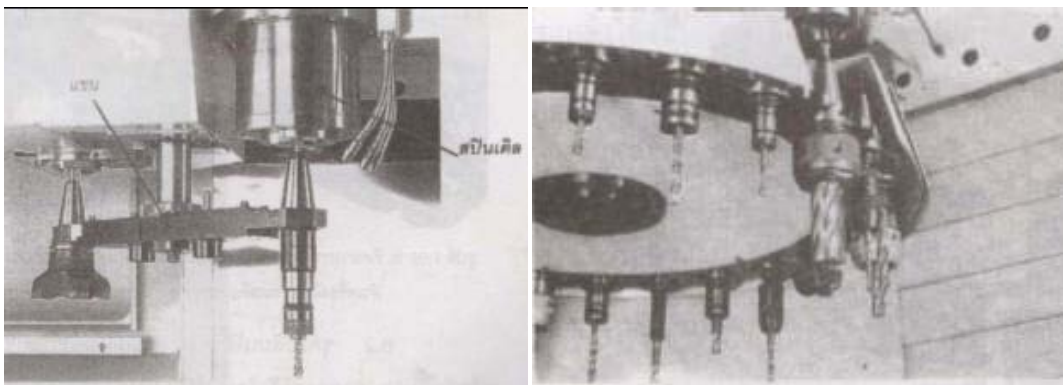
4. อุปกรณ์เปลี่ยนทูลอัตโนมัติ (Automatic Tool Changer, ATC)

ติดตั้งในเครื่องแมชชีนนิ่งเซนเตอร์ทั้งแบบแนวตั้ง (Vertical Machining Center หรือ VMC) และแบบแนวนอน (horizontal machining center) สามารถเปลี่ยนทูลจากที่เก็บทูล (Tool Storage) หรือทูล แมกกาซีน (Tool Magazine) ประเภทของATC สามารถแยกได้ดังนี้

- เป็นแบบโซ่ (Chain-Type)

- แบบจานหมุน (Carousel-Type)

โดยแบบโซ่สามารถเก็บทูลได้จำนวนมากกว่าแบบจานหมุน ทั้งสองแบบจะมีแขนจับเปลี่ยนทูล (Tool Changing Arm) ระหว่างที่เก็บทูลและสปินเดิล บางรุ่นอาจจะไม่ต้องใช้แขนหรือเป็นแบบไร้แขน (Armless)



รูปที่ 2.9 แสดงชุดเปลี่ยนทูลอัตโนมัติ



2.2 การขึ้นชิ้นงานโดยใช้ G – CODE , M – CODE

จีโค้ด (G Code) เป็นชุดคำสั่งประเภทหนึ่งในการเขียนโปรแกรมติดต่อกับเครื่องจักรให้เครื่องจักรเคลื่อนที่ไปตามคำสั่ง ในรูปแบบการเคลื่อนที่แบบรูปเลขาคณิต เช่น เส้นตรง เส้นโค้ง วงกลม หรือ เคลื่อนที่แบบวิถีจักร และเป็นโค้ดคำสั่งกำหนดค่าต่างๆให้กับเครื่องจักร ได้แก่ การกำหนดระนาบการทำงาน กำหนดหน่วยวัด กำหนดประเภทการกำหนดพิกัด

G Code พื้นฐาน	
โค้ด	คำสั่ง
G00	การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงอย่างรวดเร็ว แบบไม่กินงาน ด้วยความเร็วสูงสุด
G01	การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงกินงาน ด้วยความเร็วที่กำหนด
G02	การเคลื่อนที่เป็นวงกลมหรือเส้นโค้งทิศทางตามเข็มนาฬิกา
G03	การเคลื่อนที่เป็นวงกลมหรือเส้นโค้งทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
G04	การหยุดการเคลื่อนที่ในระยะเวลาที่กำหนด
G17-G19	กำหนดระนาบการทำงาน
G20/G70	กำหนดหน่วยวัด เป็น นิ้ว
G21/G71	กำหนดหน่วยวัด เป็น มิลลิเมตร
G80	ยกเลิกไซเคิลต่างๆ
G81-G83	ไซเคิลรูเจาะชนิดต่างๆ
G84	ไซเคิลการทำเกลียว
G85-G88	ไซเคิลการคว้านรู
G90	กำหนดโปรแกรมให้เป็นแบบสัมบูรณ์ (Absolute)
G91	กำหนดโปรแกรมให้เป็นแบบสัมพัทธ์ (Increment)
G94	ให้ค่าฟีด เป็น มม./นาท หรือ นิ้ว/นาท

G95	ให้ค่าฟีด เป็น มม./รอบ หรือ นิ้ว/รอบ
G96	ให้ความเร็วผิวคงที่ เป็น เมตร / นาที
G97	ให้สปีนเดิลหมุนคงที่ เป็น รอบ / นาที

ตารางที่ 2.1 คำสั่ง G code

2 เอ็มโค้ด

เอ็มโค้ด (M Code) เป็นชุดคำสั่งประเภทหนึ่งในการเขียนโปรแกรม ติดต่อกับเครื่องจักร เอ็มโค้ดเป็นรหัสในการติดต่อสั่งงานเครื่องจักรโดยตรง เช่น สั่งให้ทูลหมุน , สั่งให้ เปิดหรือปิดน้ำหล่อเย็น , สั่งให้จบการทำงาน เป็นต้น เอ็มโค้ดเป็น คำสั่งอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมกลไกการทำงานของเครื่องจักร ไม่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของทูล

M Code พื้นฐาน	
โค้ด	คำสั่ง
M00	หยุดโปรแกรมชั่วคราวจะทำงานต่อเมื่อกดสวิตช์
M01	หยุดโปรแกรมเมื่อต้องการ (Optional Stop)
M03	ให้สปีนเดิลหมุนตามเข็มนาฬิกา
M04	ให้สปีนเดิลหมุนทวนเข็มนาฬิกา
M05	หยุดหมุนสปีนเดิล
M06	สลับ เปลี่ยนทูล
M07	เปิดน้ำหล่อเย็น เป็นละออง
M08	เปิดน้ำหล่อเย็นที่หัวทูล
M09	ปิด น้ำหล่อเย็น

M13	ให้สปีนเดิลหมุนตามเข็มนาฬิกาและเปิดน้ำหล่อเย็น
M14	ให้สปีนเดิลหมุนทวนเข็มนาฬิกาและเปิดน้ำหล่อเย็น
M30	จบโปรแกรมแล้วกลับไปบล็อกเริ่มต้น

ตารางที่2.2 คำสั่ง M code

3 โค้ดอื่นๆ

โค้ดอื่นๆ เป็น โค้ด หรือตัวอักษร ที่ช่วยในการเขียนเอ็นซีโปรแกรม โปรแกรมติดต่อกับเครื่องจักร นอกเหนือจากจีโค้ด (G Code) และเอ็มโค้ด (M Code) ประกอบด้วย

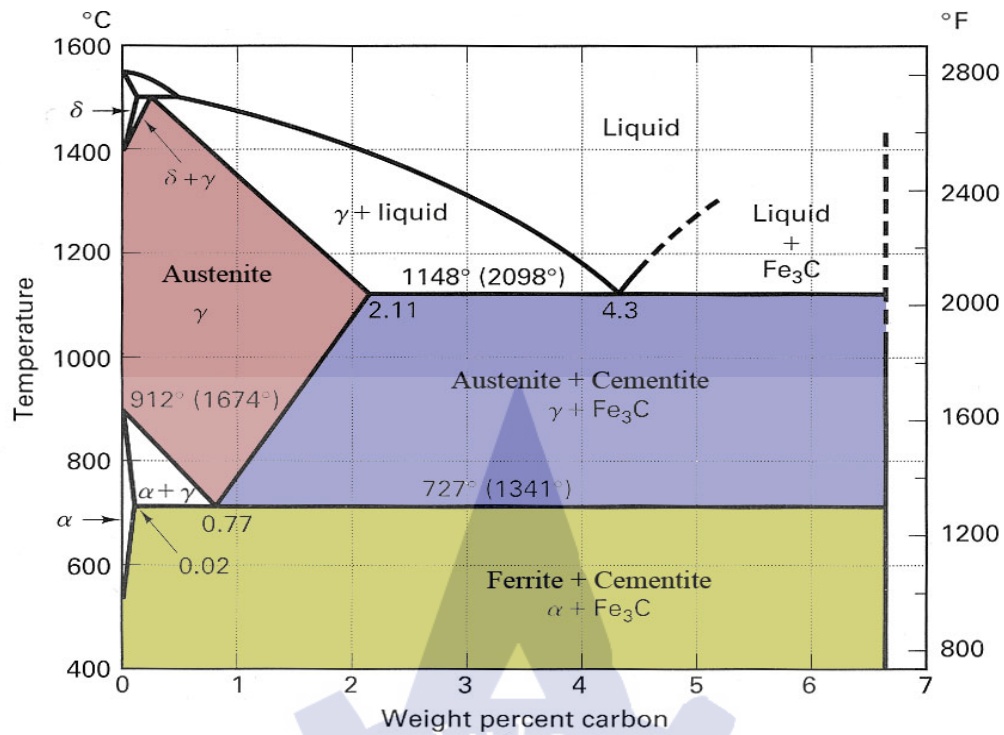
Code พื้นฐานอื่นๆ	
โค้ด	คำสั่ง
N	เลขที่บล็อกในการทำงาน
X Y Z	ตำแหน่งการเคลื่อนที่เป็นพิกัด
i j k	ตำแหน่งของจุดศูนย์กลาง ในการเขียนวงกลม หรือส่วนโค้ง
S	ความเร็วของสปีนเดิล
V	ความเร็วแบบค่าความเร็วตัด
F	ความเร็วในการเคลื่อนที่ของทูล
T	ทูล หรือ หมายเลขของเครื่องมือตัด
อื่นๆ	เป็นตัวอักษรอื่นๆ ในการผลิตของแต่ละคอนโทรลเลอร์

ตารางที่2.3 คำสั่งอื่นๆ

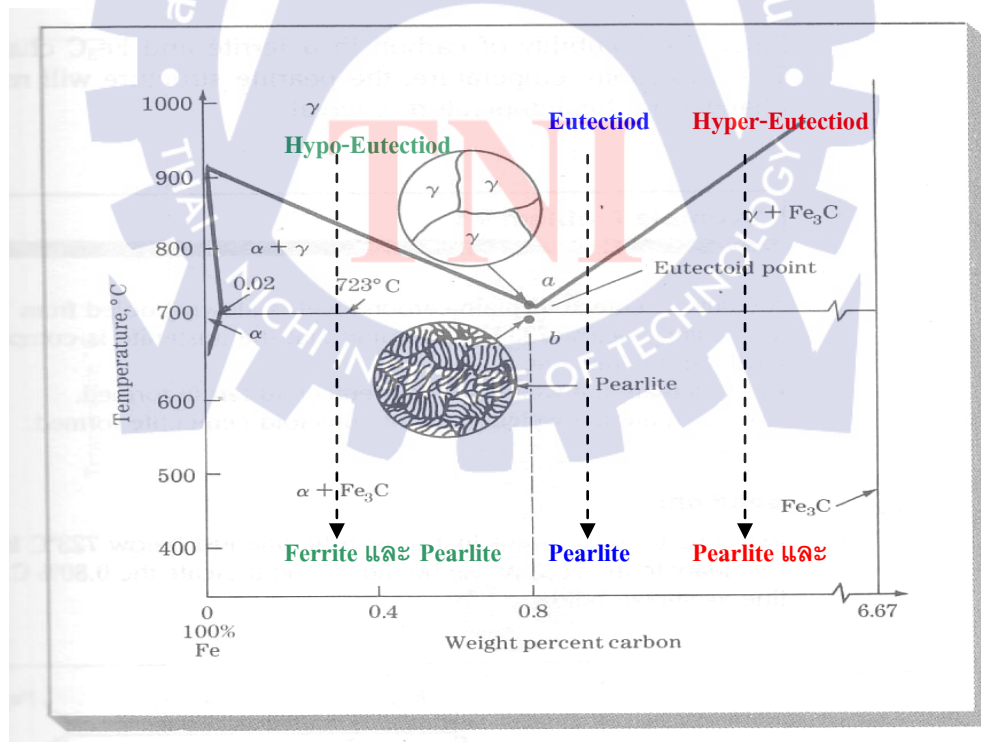


2.3การปรับปรุงสมบัติทางความร้อนและหุบแข็งเหล็กกล้า

2.3.1) ความรู้พื้นฐาน

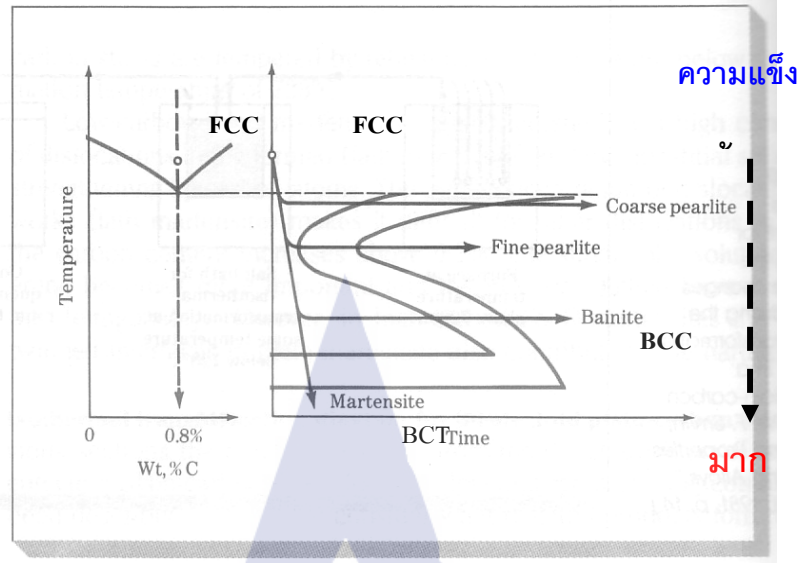


รูปที่ 2.10 แผนภาพเฟสของเหล็กและคาร์บอน

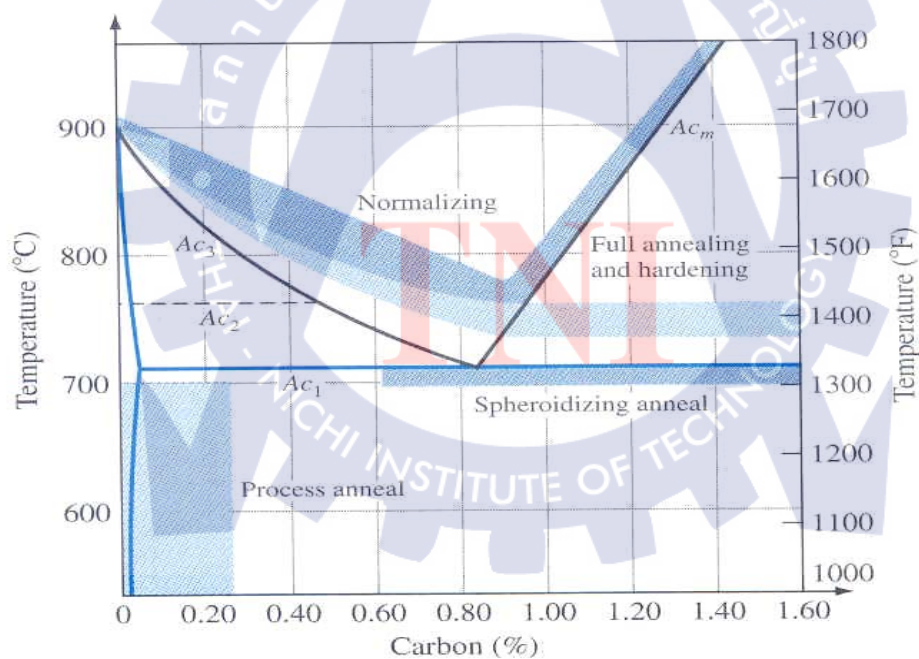


รูปที่ 2.11 แผนภาพการเปลี่ยนเฟสของเหล็กกล้าไฮโปยูเทคตอยด์ ยูเทคตอยด์ และไฮเปอร์ยูเทคตอยด์

(1999).



รูปที่ 2.12 แผนภาพเฟสการอบชุบโลหะด้วยความร้อน (Heat Treatment of Metals) เหล็กกล้ายูเทคตอยด์



รูปที่ 2.13 Heat treatment ของเหล็กกล้า

การปรับปรุงสมบัติความแข็งหรือการอบชุบของเหล็กกล้า

แบ่งได้เป็นสองประเภทหลักคือ

1) การอบชุบโลหะด้วยความร้อน (Heat Treatment of Metals)

สมบัติเชิงกลของโลหะและโลหะผสมนอกจากจะขึ้นอยู่กับส่วนผสมทางเคมี ซึ่งมีผลต่อโครงสร้างจุลภาคแล้ว อีกปัจจัยหนึ่งที่มีต่อโครงสร้างจุลภาคของ โลหะคือการอบชุบด้วยความร้อนของโลหะ กระบวนการ heat treatment สำหรับเหล็กกล้าที่สำคัญมีดังนี้

- การอบลดความเค้น (**Stress-relief annealing or process annealing**) กระบวนการนี้ในบางครั้งเรียก Subcritical Annealing เป็นประโยชน์มากสำหรับการลดความเค้นเหลือค้าง (Residual Stress) ภายในชิ้นงาน เนื่องจากกระบวนการกลึงไส หรือการขึ้นรูปเย็น โดยปกติการอบอ่อนเพื่อคลายเครียดทำที่อุณหภูมิต่ำกว่าขอบเขตล่างของอุณหภูมิวิกฤต (Lower Critical Temperature) ซึ่งอยู่ระหว่าง 540°C ถึง 650°C แล้วค่อยๆ ให้ความร้อนในเตาอบการอบลดความเค้นเป็นกระบวนการทางความร้อนที่นิยมทำในระหว่างการขึ้นรูปเย็น (Cold Working) สำหรับเหล็กแผ่น (Sheet) และเส้นลวด (Wire) กระทำเพื่อให้เหล็กแผ่น หรือลวดมีความอ่อนตัว

- การอบปกติ (**Normalizing**) จุดประสงค์ของการอบปกติ (Normalizing) คือ เพื่อให้ได้ความแข็งแรงและความแข็งแรงมากกว่าเหล็กที่ผ่านการอบอ่อน (Annealing) และทำเพื่อปรับปรุงความสามารถในการกลึงไส (Machinability) และทำให้โครงสร้างเดนไดรต์จากการหล่อมีขนาดเล็ก (Modify and refine cast dendritic structures) หรือเตรียมขนาดเกรนให้มีขนาดเล็ก และมีโครงสร้างสม่ำเสมอก่อนไปผ่านกระบวนการชุบแข็ง (Hardening) วิธีการทำเริ่มโดยอบเหล็กกล้าให้ได้เฟสออสเทนไนต์ (Austenite) แล้วทำให้เย็นในอากาศปกตินอกเตาอบ

- การอบอ่อนสมบูรณ์ (**Full annealing**) มีจุดประสงค์ของการอบอ่อนนี้เป็นไปได้ทั้ง ทำให้เกรนมีขนาดเล็กลง (Refine grain) ทำให้เหล็กมีความอ่อนตัว (Soften) ปรับปรุงสมบัติทางไฟฟ้า และสมบัติความเป็นแม่เหล็ก (Improve electrical and magnetic properties) และในบางกรณีเพื่อปรับปรุงความสามารถในการกลึง ไส (Improve machinability)

- การอบเพื่อเปลี่ยนแปลงรูปร่างซีเมนไตต์ให้มีลักษณะกลม (**Spheroidizing**) เหล็กกล้าคาร์บอนมากกว่าร้อยละ 0.8 0 โดยน้ำหนัก ประกอบด้วยเพิร์ลไรท์ (Pearlite) ล้อมรอบด้วยโครงข่ายซีเมนไตต์ที่ไม่สามารถกลึงไสได้ดี เพราะซีเมนไตต์แข็ง และเปราะ เครื่องมือตัด (Cutting Tool) ไม่สามารถตัดผ่านโครงข่ายซีเมนไตต์ได้ดี นอกจากนี้รอยตัดก็จะไม่เรียบสวยงามตามต้องการ เพื่อปรับปรุงความสามารถการกลึงไสจึงต้องอบเปลี่ยนแปลงรูปร่างของโครงข่ายซีเมนไตต์

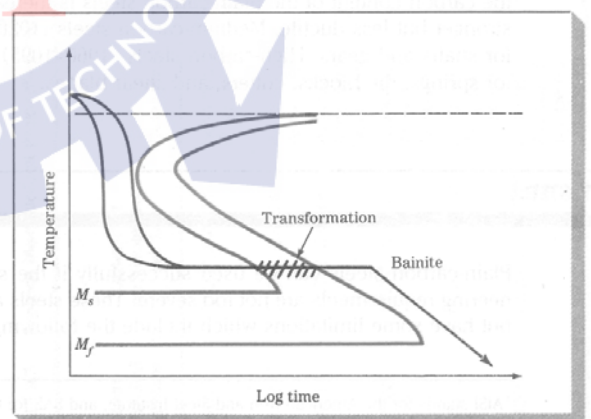
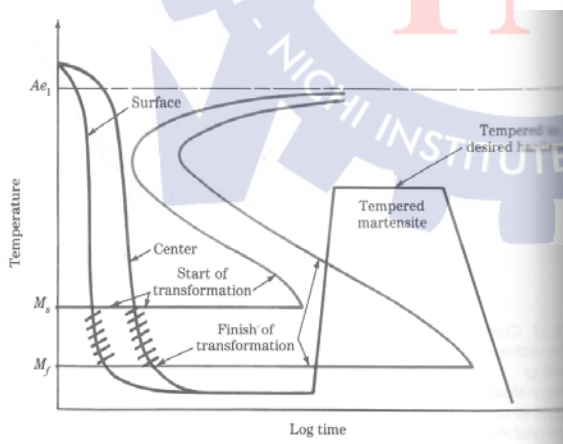
- **การชุบแข็ง (Hardening or rapid quenching)** ภายใต้อัตราการเย็นตัวที่เร็วของออสเทนไนต์ (Austenite) ทำให้อะตอมคาร์บอนไม่สามารถเคลื่อนย้ายออกจากสารละลายของแข็ง (ของเหล็ก) ได้ทัน โครงสร้างอะตอมพื้นฐานไม่สามารถเกิด BCC เพราะคาร์บอนอะตอม บางส่วนยังเหลือค้างในโครงข่ายของเหล็กทำให้ได้โครงสร้างชนิดหนึ่งที่เรียกว่า **มาร์เทนไซต์ (Martensite)** ซึ่งเป็นสารละลายของแข็งที่อิ่มตัวไปด้วยอะตอมของคาร์บอน (Supersaturated solid solution) ในโครงสร้าง Body Centered Tetragonal (BCT Structure)

- **การอบคืนตัว (Tempering)** ชีงงานหรือเหล็กในสภาพภายหลังการชุบแข็ง โครงสร้างที่ได้เป็นมาร์เทนไซต์ (ถ้ามี

คาร์บอนมากพอ และอัตราการเย็นตัวที่แท้จริงเร็วกว่าอัตราการเย็นตัววิกฤต) ซึ่งแข็ง และเปราะ (Brittle) จึงยังไม่เหมาะที่จะนำไปใช้งาน นอกจากนี้ผลของการเกิดโครงสร้างมาร์เทนไซต์ยังทำให้มีความเค้นเหลือค้าง (Residual Stresses) ดังนั้นทุกครั้งภายหลังกระบวนการชุบแข็ง (Hardening) จำเป็นต้องทำการอบคืนตัว (Tempering) ด้วยการให้ความร้อนแก่ชิ้นงานไปจนถึง

อุณหภูมิหนึ่งที่ต่ำกว่าขอบเขตล่างของอุณหภูมิวิกฤต (Lower Critical Temperature)

จุดประสงค์ของการอบคืนตัว คือ การลดความเครียดเหลือค้าง ปรับปรุงความแกร่ง (Toughness) และความเหนียว (Ductility) ของเหล็ก อย่างไรก็ตามการอบคืนตัวย่อมทำให้ความแข็ง (Hardness) และความแข็งแรง (Strength)



รูปที่ 2.14 Tempering รูปที่ 2.15 Austempering

2) การอบชุบแข็งผิวของโลหะ (Case hardening of metals)

การอบชุบแข็งผิวที่นิยมคือ การชุบไนโตรเจน (Carburizing) ไนไตรดิง (Nitriding) ไซยาไนด์
หรือคาร์บอนไนไตรดิง (Cyaniding or Carbonitriding) การใช้เปลวไฟ (Flam Hardening) และการใช้
การเหนี่ยวนำของไฟฟ้า (Induction Hardening)



บทที่ 3

แผนการปฏิบัติงานและการจัดทำรายงาน

3.1 แผนการปฏิบัติงาน

month	june				july				august				september				october			
week	wk1	wk2	wk3	wk4	wk1	wk2	wk3	wk4	wk1	wk2	wk3	wk4	wk1	wk2	wk3	wk4	wk1	wk2	wk3	wk4
CNC																				
training HAAS CNC																				
design																				
wire cut																				

ตารางที่ 3.1แผนการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

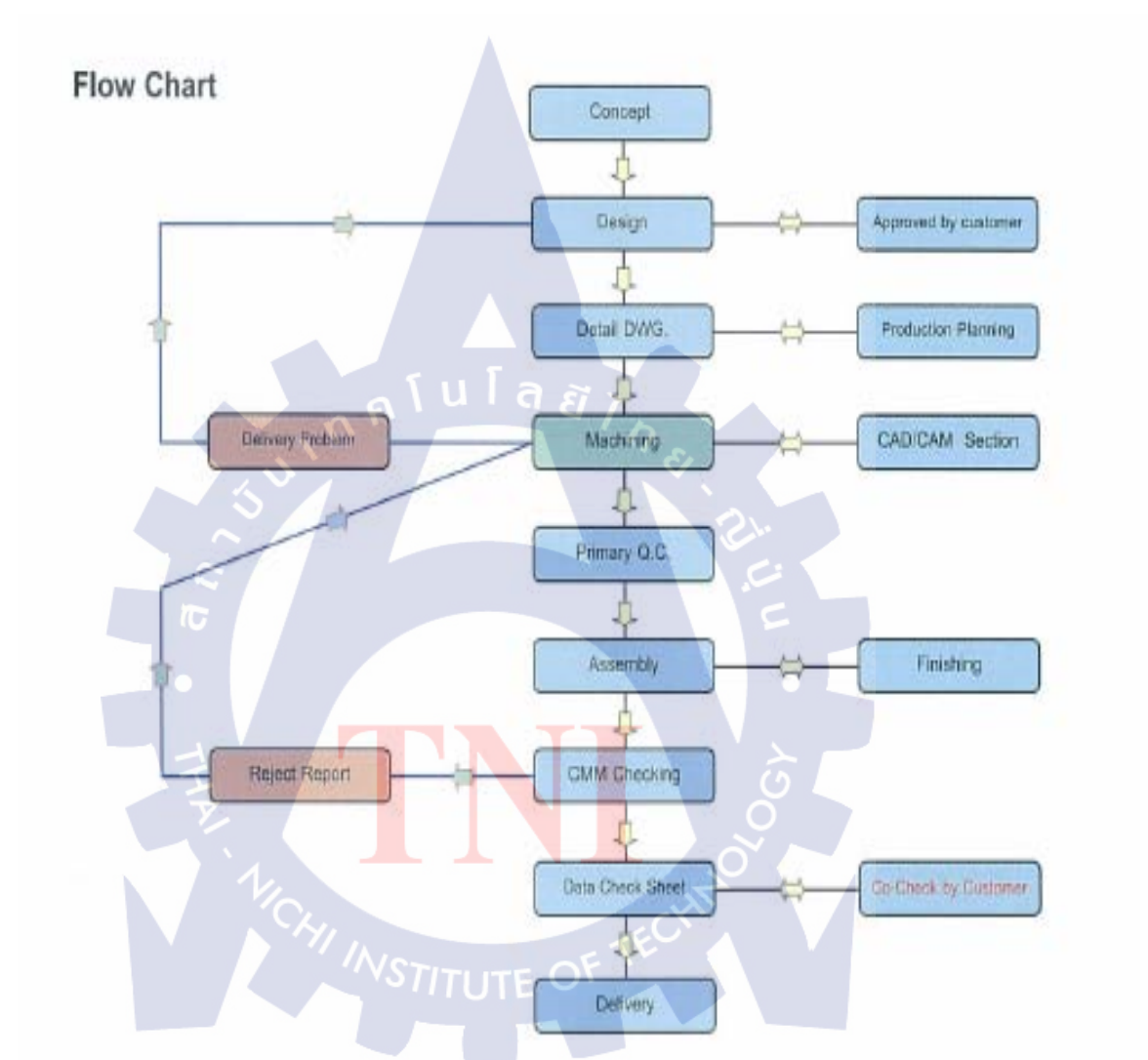
Co – Operative student and schedule plan



3.2 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ

3.2.1 แผนภูมิแสดงระดับขั้นตอนการทำงาน

แผนภูมิแสดงลักษณะการทำงานเป็นขั้นตอนโดย C/F แต่ละชิ้นงานจะได้ Concept Design มาจากลูกค้า ซึ่งแต่ละโปรเจกต์นั้นมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับว่าชิ้นงานที่ลูกค้าต้องการเช็คเป็นส่วนประกอบส่วนไหนของรถยนต์

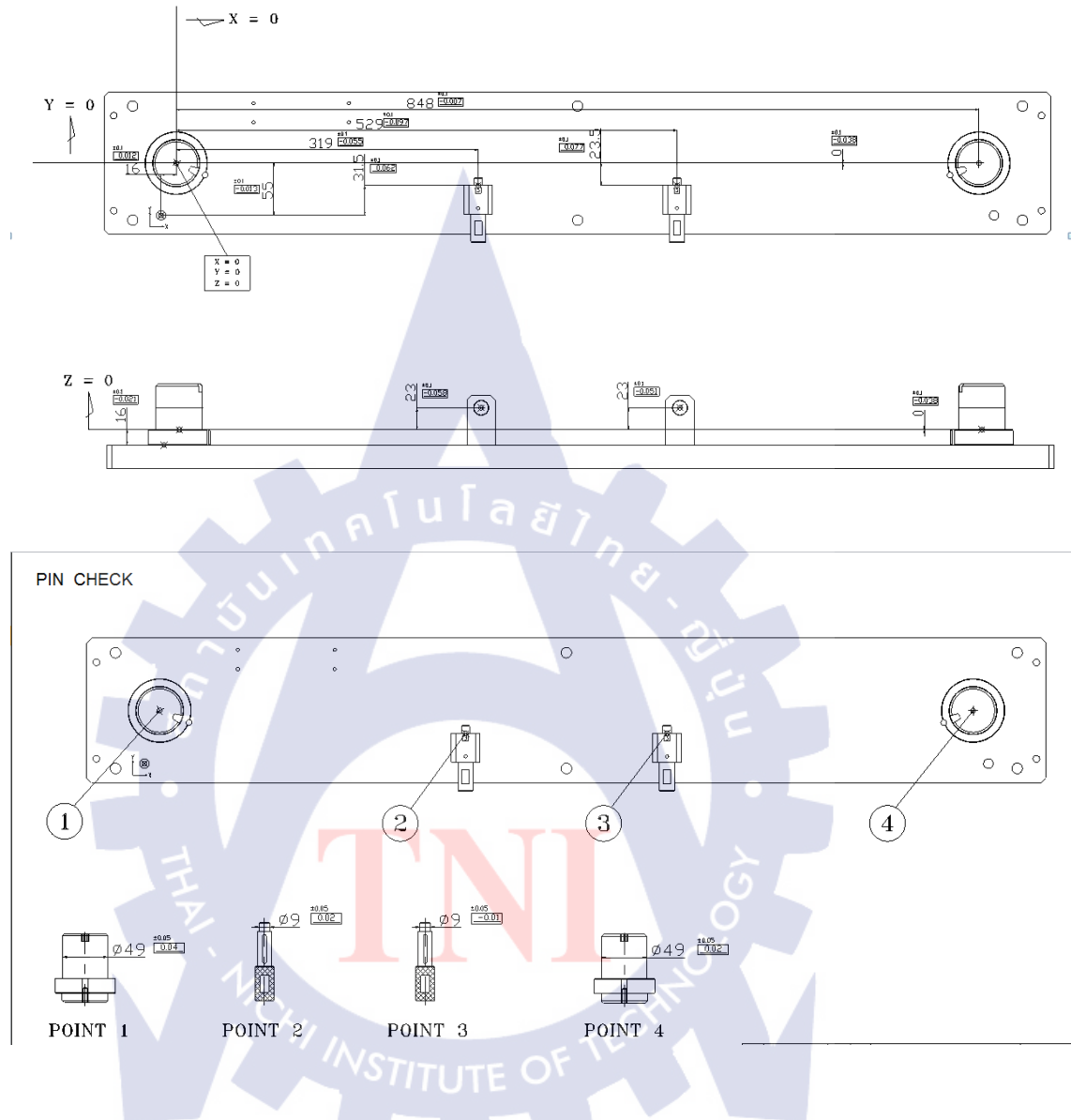


รูปที่ 3.1 ระดับขั้นตอนการทำงาน

3.2.2 Concept Design (Fillpart Engineering)

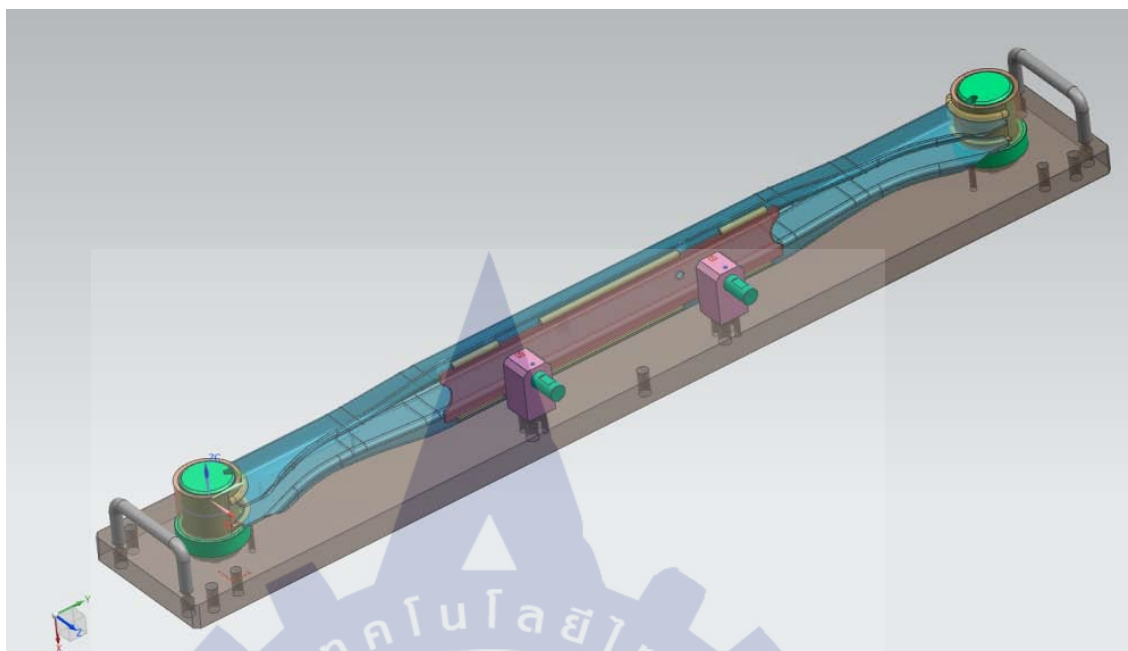
Concept Design แบ่งได้เป็น 2 กรณี โดยกรณีแรกทางลูกค้าเป็นตัวกำหนดจุดเช็ค

กรณีที่ 2 คือทางบริษัท Fillpart Engineering เป็นคนกำหนดจุดเช็คเอง



รูปที่ 3.2 การกำหนดจุดเช็ค

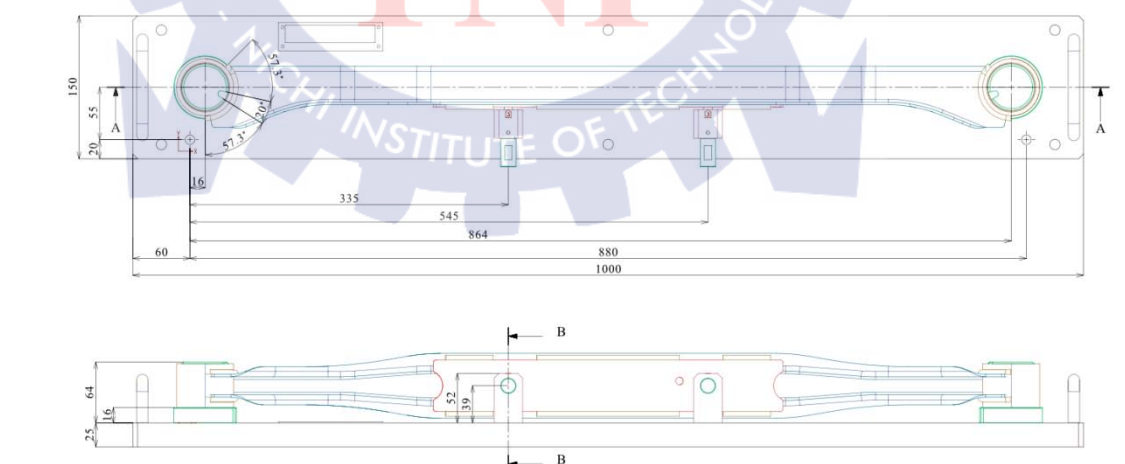
3.2.3 Design 3D



รูปที่ 3.3 Design 3D

3.2.4 Detail Drawing

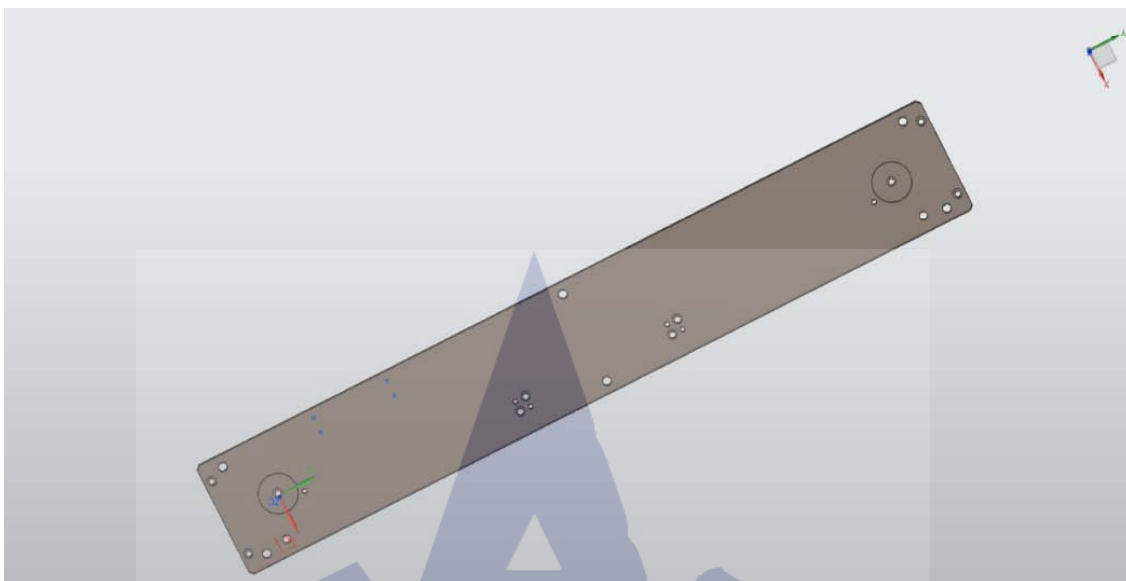
Detail Drawing เป็นการบอกค่าต่างๆ เพื่อให้แผนก Machining ทำงานได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว โดย Detail Drawing แต่ละใบจะมีคนตรวจสอบความถูกต้องก่อนที่จะส่งมอบให้ Machining



รูปที่ 3.4 Detail Drawing 1

สามารถดูเพิ่มเติมในภาคผนวก

3.2.5 Machining base



รูปที่3.5 3D BASE

3.2.5.1 ทางบริษัทสั่ง Material ที่ได้ทำการ finishing มาเรียบร้อยแล้วจากบริษัทอื่น



รูปที่3.6

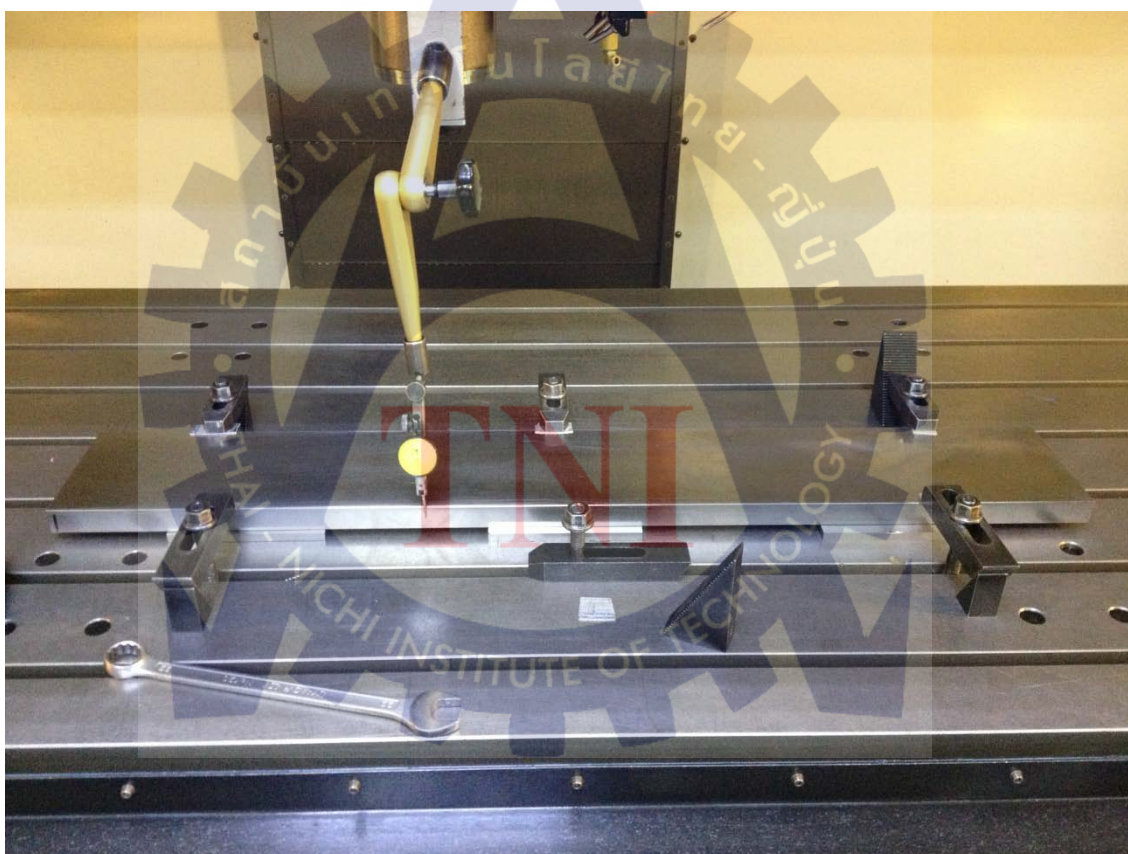
เหล็ก S50C ขนาด 150x25x1000

3.2.5.2 เช็คความโค้งชิ้นงาน



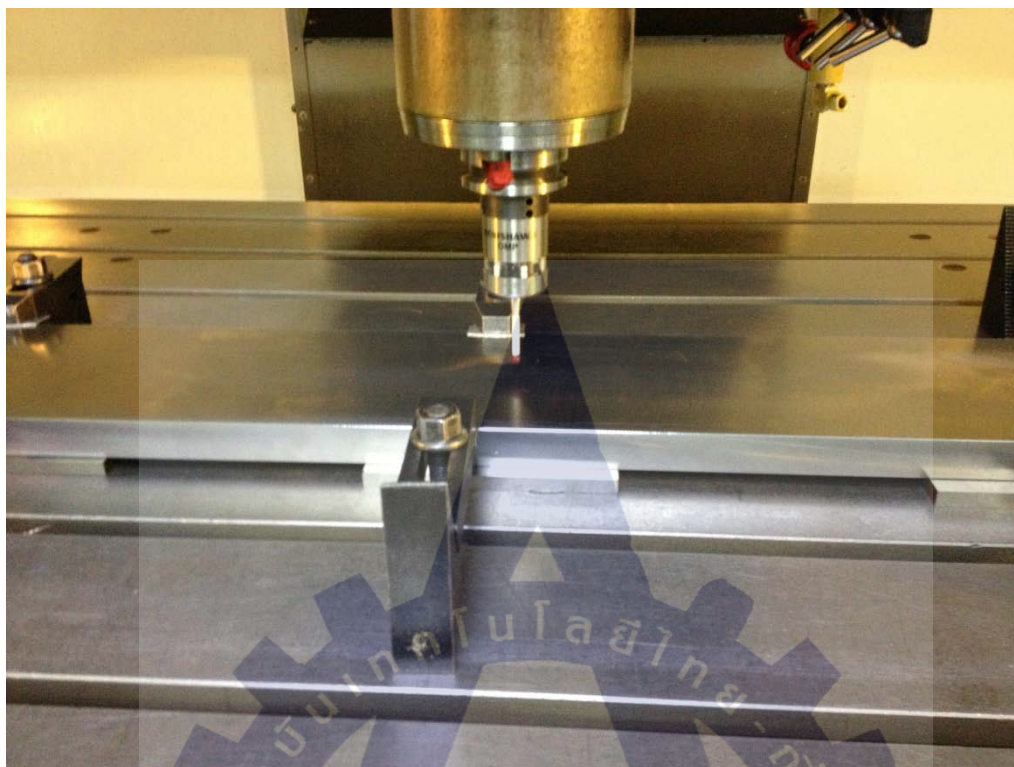
รูปที่ 3.7 เช็คความโค้งของชิ้นงาน

3.2.5.3 ตั้งชิ้นงานโดยการลาก Dial Gauge เพื่อให้ชิ้นงานระนาบกับ table CNC



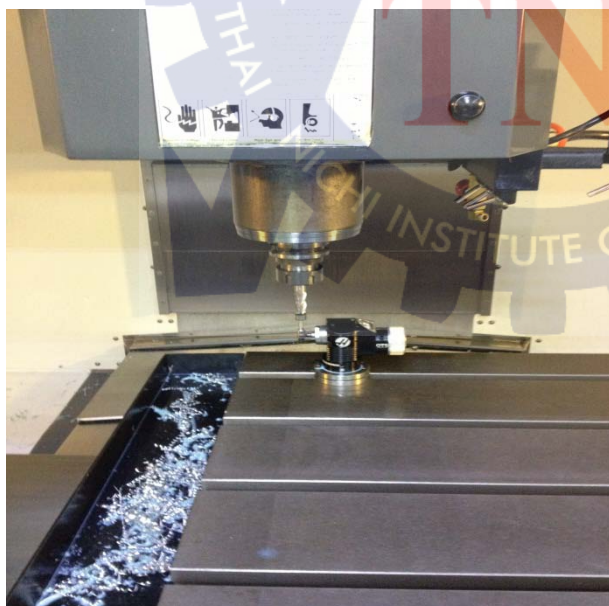
รูปที่ 3.8 ลาก Dial Gauge เพื่อให้ชิ้นงานระนาบกับ table CNC

3.2.5.4 ทำการ Set ศูนย์ชิ้นงาน โดยที่แกน X และ Y อยู่ตรงกลางของชิ้นงาน จากนั้น Offset ค่า X และ Y ไปที่มุมขวาล่างของชิ้นงานตาม Drawing



รูปที่ 3.9 การ set ศูนย์ของชิ้นงานด้วย Probe

3.2.5.5 Set tools ที่ต้องใช้ในกระบวนการเจาะ



รูปที่ 3.10 การ set tools โดยใช้ sensor

3.2.5.6 เขียนโปรแกรม G-Code ตาม Drawing และ เริ่มทำการเจาะชิ้นงาน

```

T1 M06 ;
S1500 M03 ;
G54 G90 G00 X-10. Y25. ;
G43 H01 Z150. ;
G98 G83 Z-6.5 R3. Q0.5 F100. ;
Y125. ;
X-76. Y75. ;
X-388. Y29.5 ;
X-402. Y43.5 ;
X-598. Y29.5 ;
X-612. Y43.5 ;
X-924. Y75. ;
X-990. Y25. ;
Y125. ;
X-106.5 Y62.5 Z-3. ;
X-388. Y43.5 ;
X-402. Y29.5 ;
X-598. Y43.5 ;
X-612. Y29.5 ;
X-893.5 Y62.5 ;
X-30. Y15. Z-6. ;
X-500. ;
X-970. ;
Y135. ;
X-500. ;
X-30. ;
X-60. Y20. Z-5.5 ;

```

รูปที่3.11 G-Code ที่ใช้สำหรับการเจาะชิ้นงาน



รูปที่3.12 เจาะรูชิ้นงานตาม Drawing

3.2.5.7 นำชิ้นงานลงจากเครื่องตรวจเช็คชิ้นงานกับ Drawing



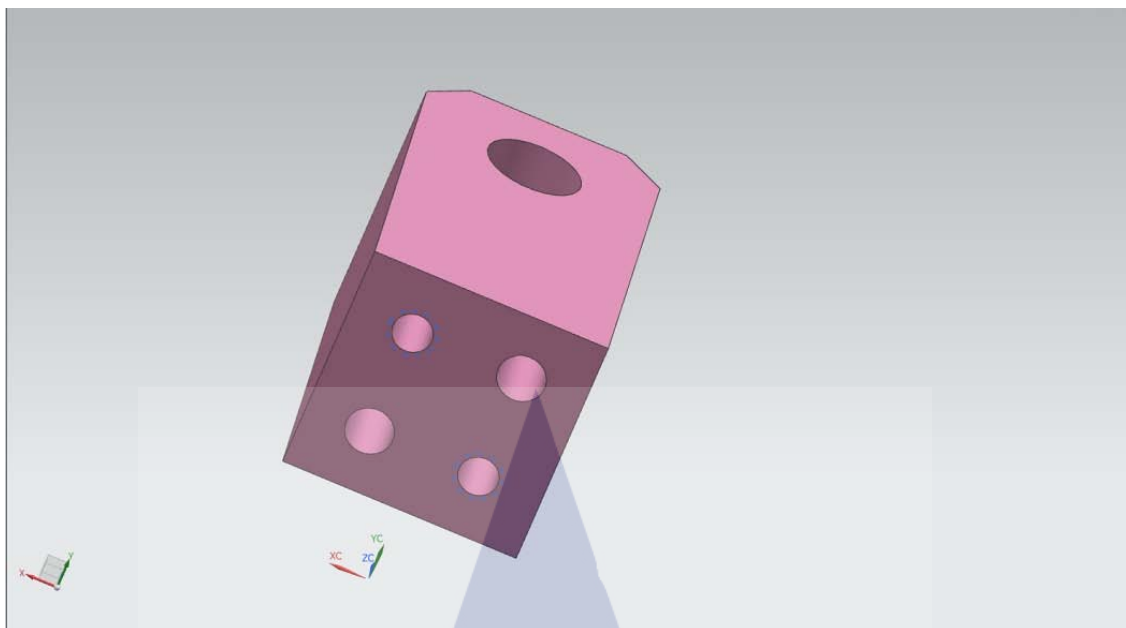
รูปที่3.13 ชิ้นงาน base เมื่อทำการเจาะเสร็จแล้ว

3.2.5.8 packing ของเพื่อทำการส่งหุบ Nickel กับบริษัทอื่น



รูปที่3.14 ชิ้นงานเสร็จ จากนั้น packing ของเพื่อทำการส่งหุบ Nickel กับบริษัทอื่น

3.2.6 Machining support



รูปที่ 3.15 3D Support

3.2.6.1 ตัดชิ้นงานตามขนาด Drawing โดยเผื่อขนาดไว้ 3-5 mm.



รูปที่ 3.16 การตัดชิ้นงานด้วยเครื่อง Band Saw

3.2.6.2 ปาดผิวชิ้นงานให้เรียบและกัดชิ้นงานให้ได้ตามขนาด Drawing



รูปที่ 3.17 การปาดหน้าผิวและการกัดชิ้นงานด้วยเครื่อง milling

3.2.6.3 นำชิ้นงานที่กัดเสร็จเรียบร้อมมาทำการ chamfer





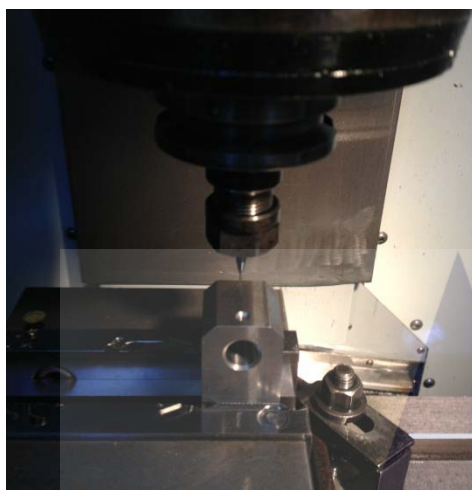
รูปที่ 3.18 การ chamfer ฟิวงาน

3.2.6.4 นำชิ้นงานมาเจาะรูตาม Drawing

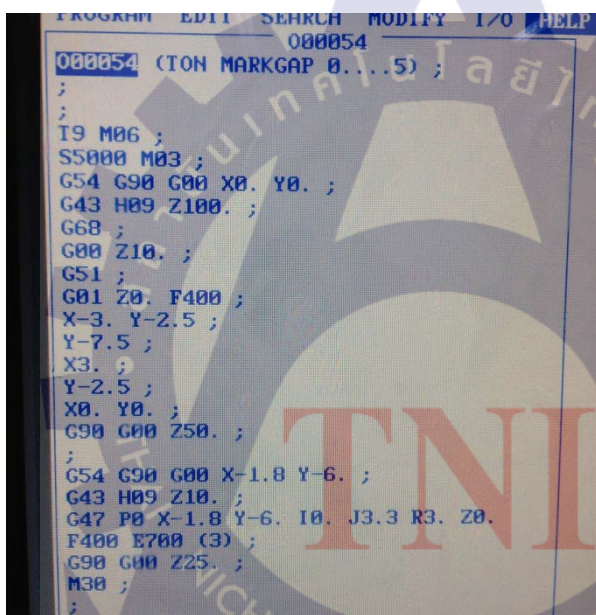


รูปที่ 3.19 การเจาะรู Support ด้วยเครื่อง drilling

3.2.6.5 Mark Gap บนตัว support

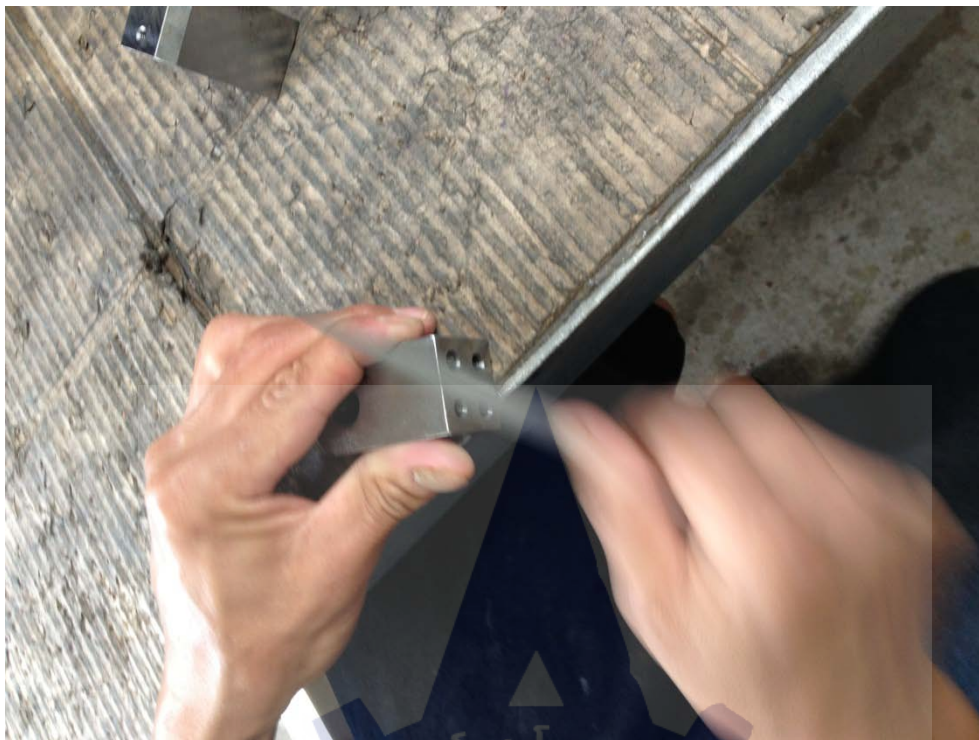


รูปที่ 3.20 การ Mark Gap ด้วยเครื่อง CNC



รูปที่ 3.21 G-Code ที่ใช้ Mark Gap

3.2.6.6 ทำการ Chamfer ชิ้นงาน



รูปที่ 3.22

การตะไบ Chamfer ชิ้นงาน

3.2.6.7 ขัดผิวชิ้นงานด้วยการพ่นทรายเพื่อการเตรียมผิวก่อนที่จะส่งไปชุบและทำความสะอาดผิว



รูปที่ 3.23

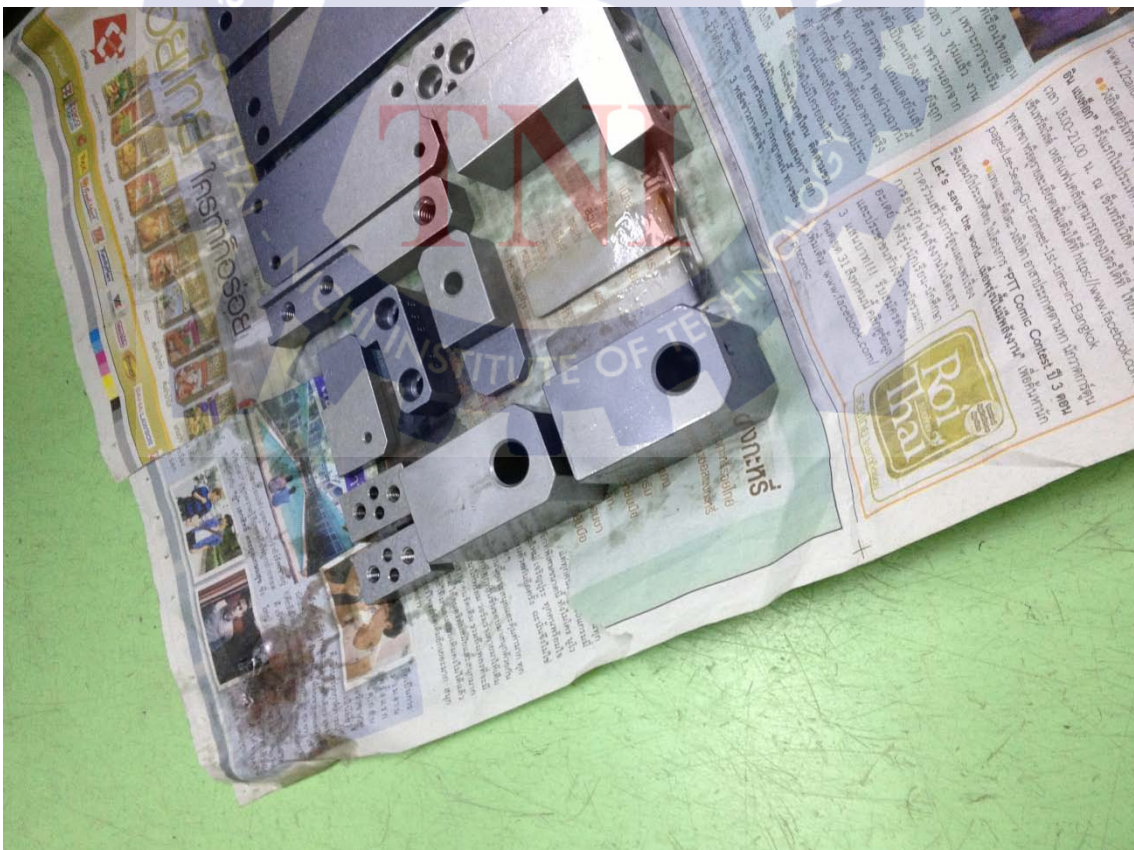
พ่นทรายด้วยเครื่อง Suction Blast Cabinet

3.2.6.8 เป่าลม



รูปที่ 3.24 เป่าลมชิ้นงาน

3.2.6.9 ซิลิโคนน้ำมันหล่อลื่น Nickel บริษัทอื่น



รูปที่ 3.25

ชโลมน้ำมันหล่อลื่น Nickel

3.2.7 Machining Pin Ø66x74



รูปที่ 3.26 3D Pin Ø66x74

3.2.7.1 นำชิ้นงานมาตั้งไว้ที่เครื่อง



รูปที่ 3.27

การขึ้นชิ้นงานด้วยเครื่องกลึง

3.2.7.2 ปาดผิวให้ได้ตามขนาด drawing กลึงหยาบใช้ความเร็วรอบที่ 650 rpm เก็บละเอียดใช้ความเร็วที่ 950 rpm เมื่อได้ตามขนาด drawing แล้วให้ทำการ Chamfer ชิ้นงานจากนั้นสลับฝั่งกลึงอีกด้าน



รูปที่ 3.28

การกลึงชิ้นงาน

3.2.7.3 นำชิ้นงานมาตัด 2 ฝั่งเพื่อให้ได้ขนาด



รูปที่ 3.29 การตัดชิ้นงานให้ได้ตามขนาด drawing ด้วยเครื่อง Band saw

3.2.7.4 ส่งกระบวนการชุบแข็ง

3.2.7.5 ส่งชุบ nickel กับบริษัทอื่น

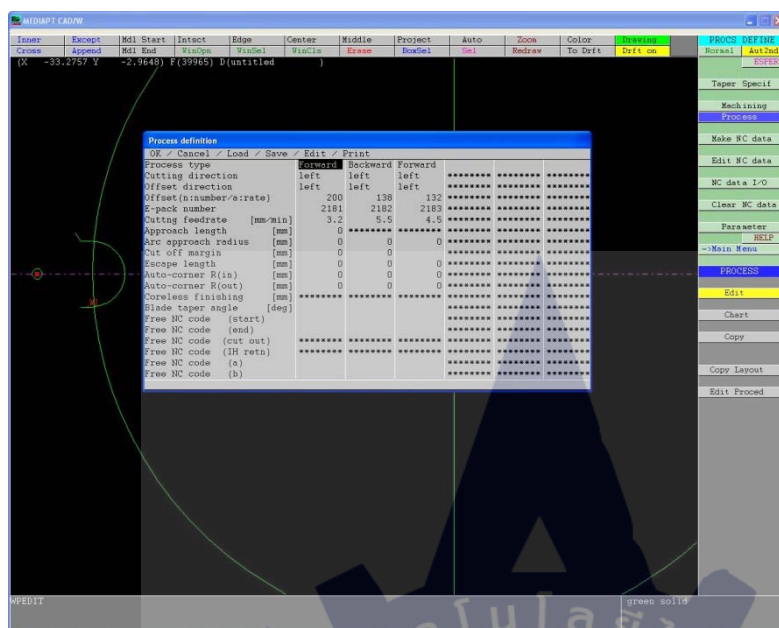
3.2.7.6 นำชิ้นงานมาเจียรระไน



รูปที่ 3.30

เจียระไนชิ้นงานด้วยเครื่องเจียระไนโรคม

3.2.7.7 นำชิ้นงานมาჭกร่องรูล็อก Pin ด้วยการ Wire cut



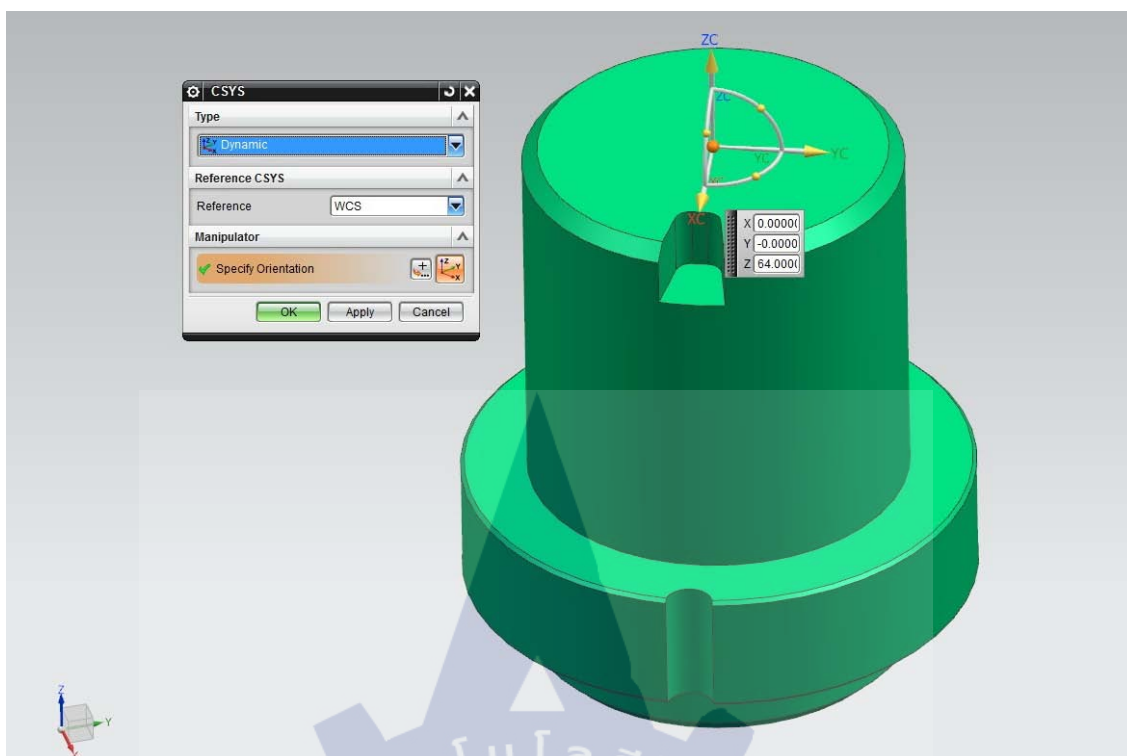
รูปที่ 3.31 ใช้โปรแกรม MEDIAPT CAD/W เขียนโปรแกรมการตัด



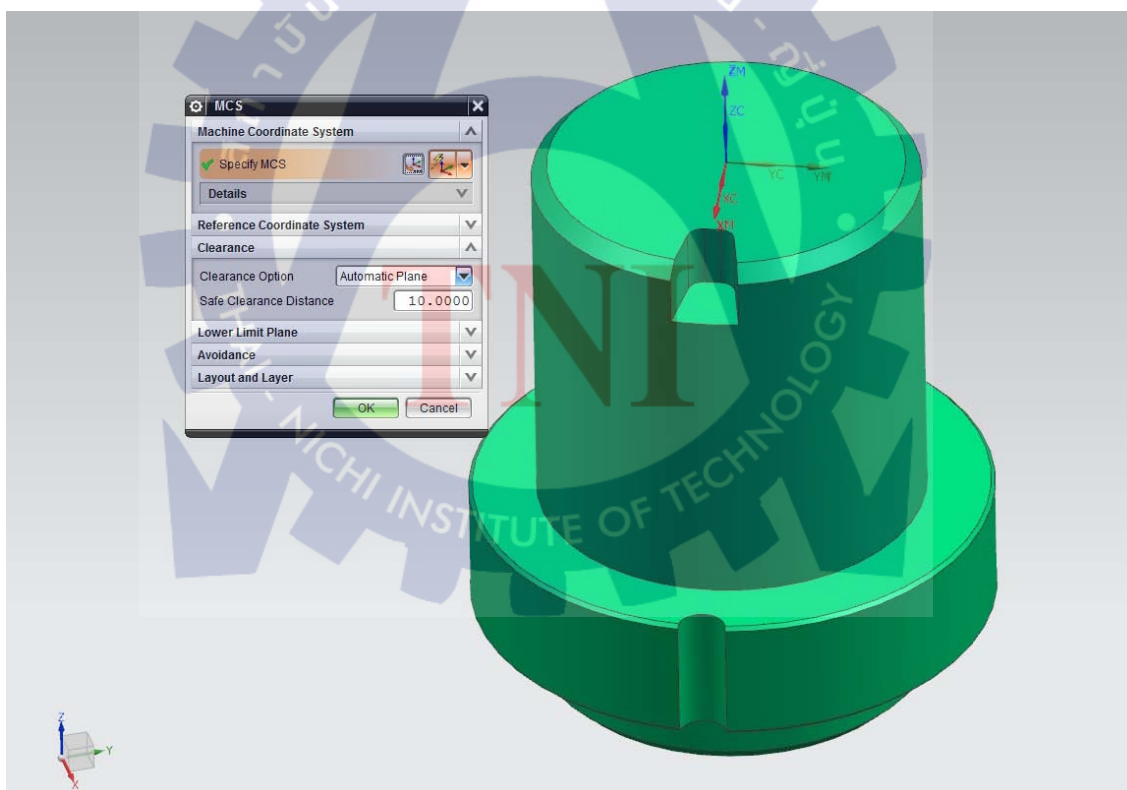
รูปที่ 3.32

การทำงานของเครื่อง Wire-cut

3.2.7.9 นำชิ้นงานมาჭกร่องด้วยเครื่อง CNC โดยการใช้โปรแกรม CAD/CAM

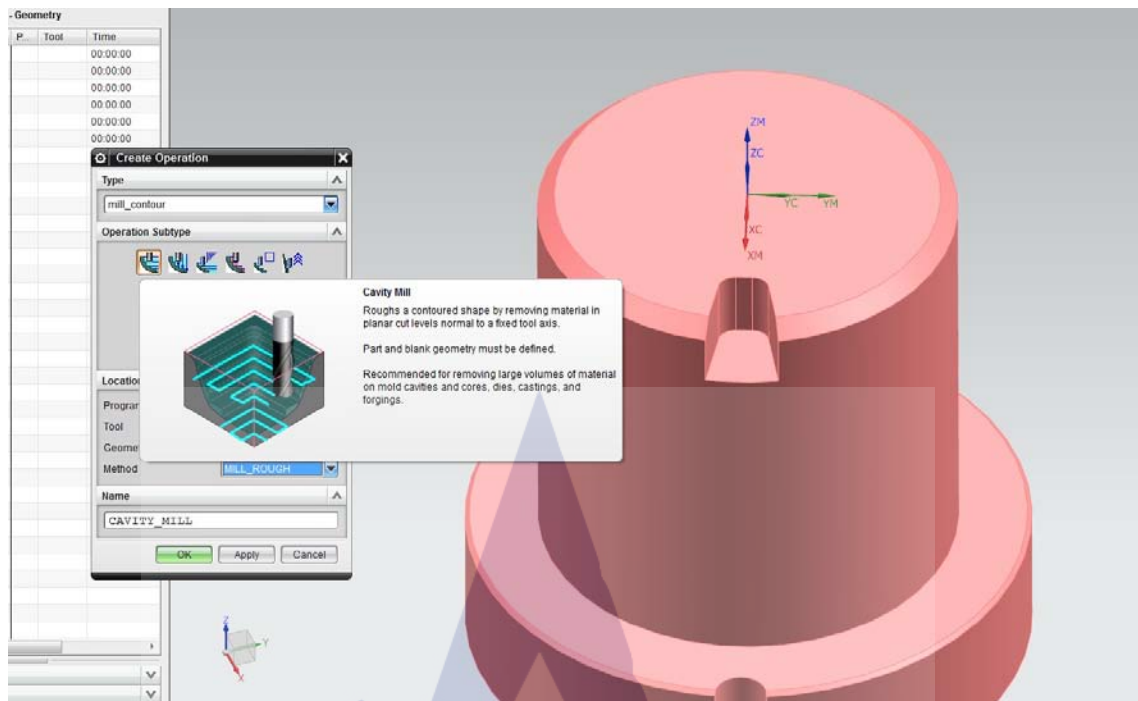


รูปที่ 3.33 ตั้งแกน WCS ที่ชิ้นงาน



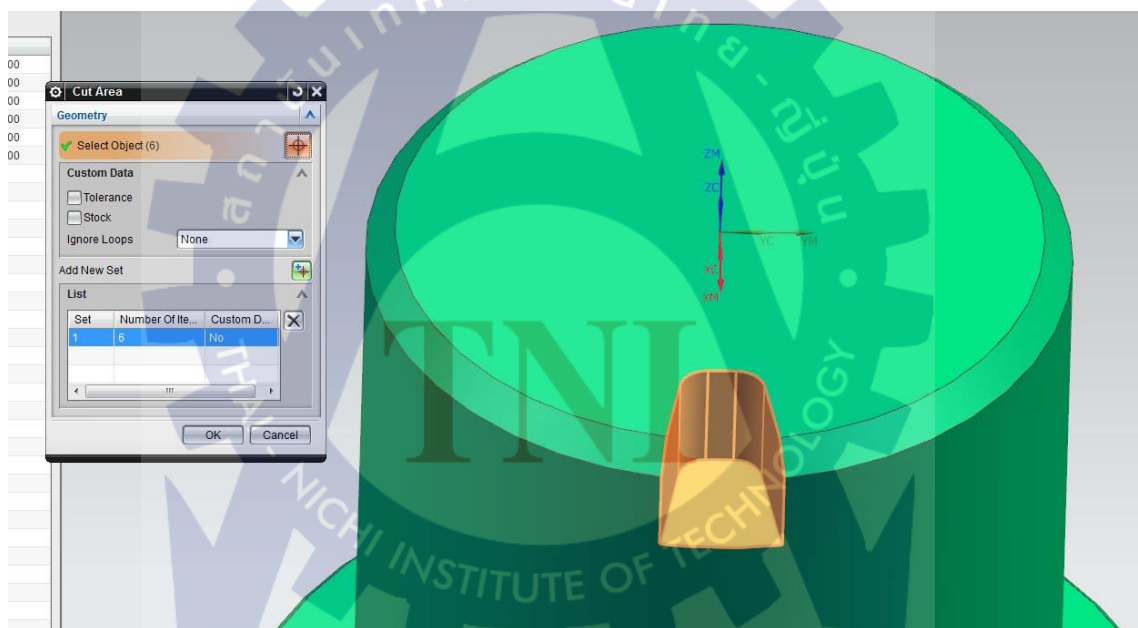
รูปที่ 3.34

ตั้ง MCS โดยกำหนดทิศทางของ axis

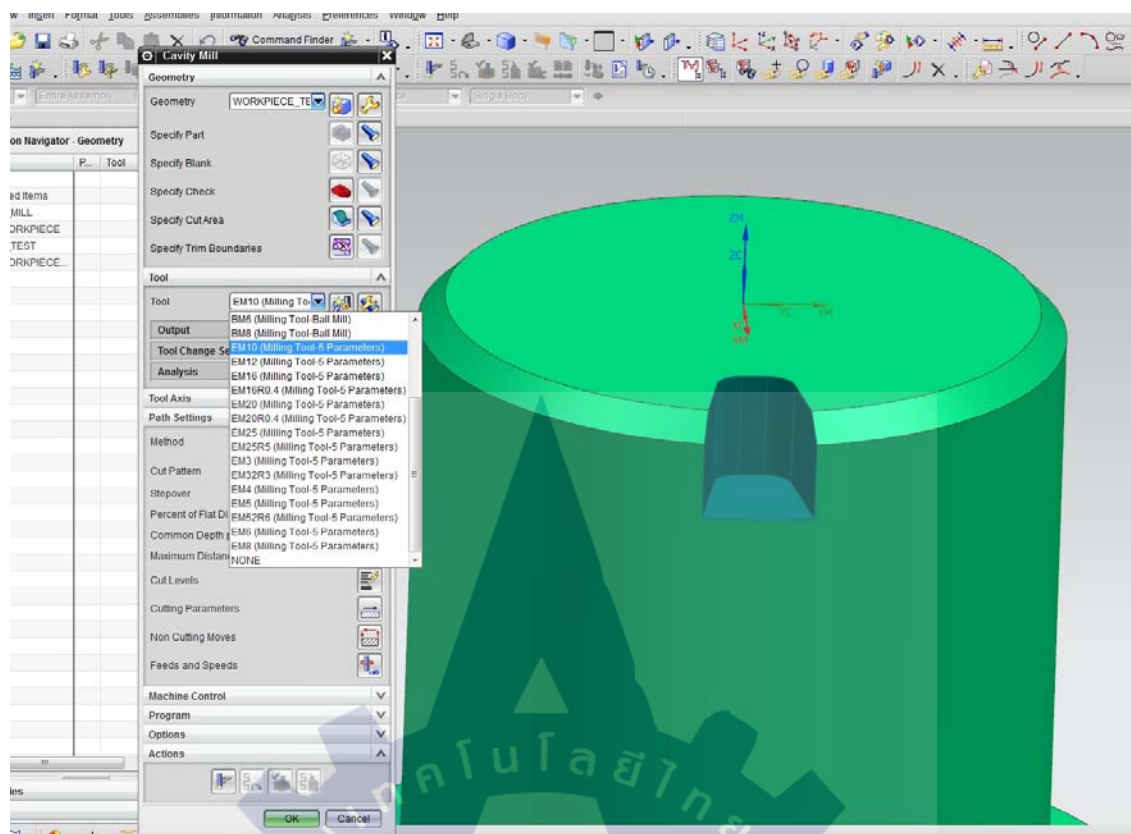


รูปที่ 3.35

เลือกวิธีการกัดโดยใช้คำสั่ง Custom operation

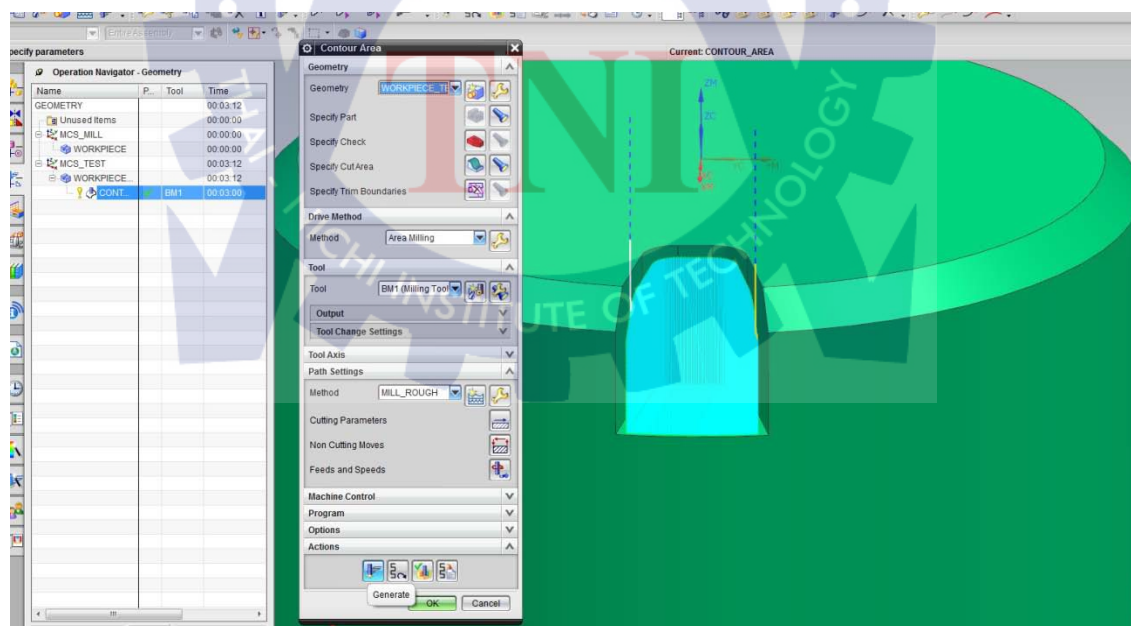


รูปที่ 3.36 เลือกผิวที่จะกัดโดยใช้คำสั่ง Cut area

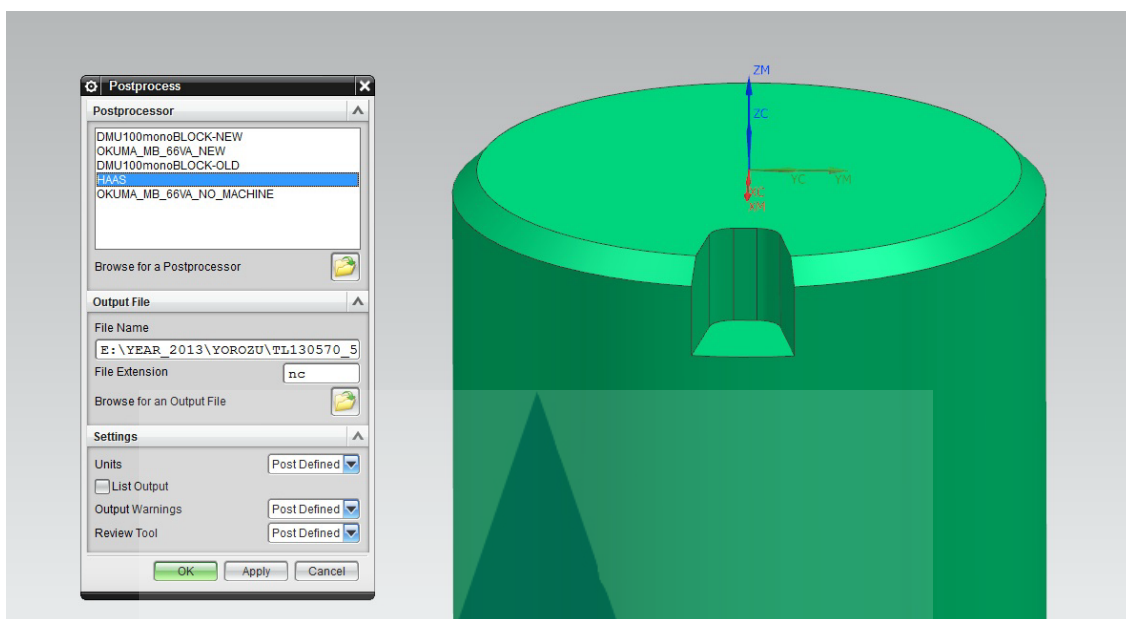


รูปที่ 3.37

เลือก Tool ที่จะใช้ในการกัดโดยใช้คำสั่ง Cavity Mill

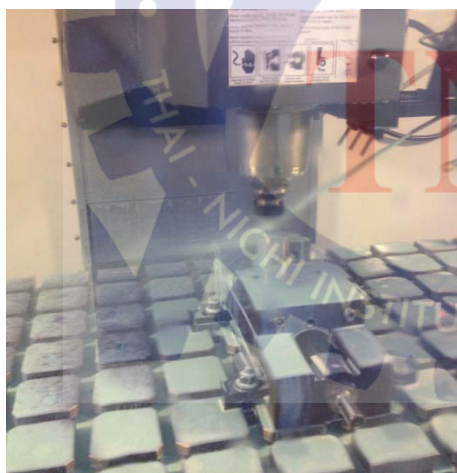


รูปที่ 3.38 การ Generate คู่มือขั้นตอนการกัด



รูปที่3.39

การ save file เพื่อที่จะเอาไปใช้



รูปที่3.40การทำงานตามโปรแกรมCAMUGNX8.5



รูปที่ 3.41 ชิ้นงานเสร็จเรียบร้อยแล้ว

3.2.8 Machining Pin



รูปที่ 3.42 3D PIN

3.2.8.1 ปอกผิวกลึงชิ้นงาน



รูปที่ 3.43 การกลึงชิ้นงานด้วยเครื่องกลึง

3.2.8.2 กลึงชิ้นงานให้ได้ขนาดตาม drawing โดยใช้มีดกลึงในการกลึงด้วยความเร็วรอบ 950 pm



รูปที่ 3.44 รูป PIN เมื่อกลึงได้ขนาดตาม Drawing เรียบร้อยแล้ว

3.2.8.3 Chamfer ชิ้นงานให้เรียบร้อยและทำการ MARK Ø เพื่อบอกขนาดของ PIN

3.2.8.4 ส่งกระบวนการชุบแข็ง (พร้อม Pin Ø66x74)

3.2.8.5 เจียรไนเป็น slot

3.2.8.6 รวบรวม assembly

3.2.9 กระบวนการชุบแข็ง

3.2.9.1 ตั้งอุณหภูมิที่ 550 c ทิ้งไว้ 5 นาที



รูปที่ 3.45 ตั้งอุณหภูมิที่ 550 c

3.2.9.2 ตั้งอุณหภูมิที่ 850 c ทิ้งไว้ 5 นาที



รูปที่ 3.46 ตั้งอุณหภูมิที่ 850 c

3.2.9.3 ตั้งอุณหภูมิที่ 1030 c ทิ้งไว้ 10 นาที



รูปที่ 3.47 ตั้งอุณหภูมิที่ 1030 c

3.2.9.4 นำชิ้นงานออกจากเตาชุบแข็งจากนั้นนำมาใส่ถังน้ำมันทิ้งไว้ 1 ชม. เพื่อลดอุณหภูมิของชิ้นงาน



รูปที่ 3.48

นำชิ้นงานใส่ถังน้ำมันเพื่อลดอุณหภูมิของชิ้นงาน

3.2.9.5 นำชิ้นมาอบคลายเครียดทิ้งไว้ 1 ชม.



รูปที่ 3.49

คล้ายเครื่องขึ้นงานที่อุณหภูมิ 300 c

3.2.9.6 นำชิ้นงานมาวางไว้ข้างนอก 1 ชม.

3.2.9.7 นำชิ้นงานมาทดสอบความแข็งของชิ้นงาน



รูปที่ 3.50

ทดสอบความแข็งของชิ้นงานด้วยเครื่อง Hardness Test

3.2.10 Assembly

3.2.10.1 ตรวจสอบจำนวนชิ้นงานกับ drawing และความเรียบร้อยของชิ้นงาน



รูปที่ 3.51 นำชิ้นงานมาวางเทียบกับ Base เพื่อตรวจสอบชิ้นงาน

3.2.10.2 ประกอบชิ้นงานตาม Drawing



รูปที่ 3.52 ประกอบ support ทุกตัวเข้ากับ base

3.2.10.3 ตัด NAME PLATE บนชิ้นงาน



รูปที่3.53 ติด NAME PLATE บนชิ้นงาน

3.2.10.4เมื่อประกอบเสร็จแล้วเช็คอีกครั้งว่าตรงตามกับ Drawing หรือไม่



รูปที่3.54 ชิ้นงานประกอบเสร็จสมบูรณ์

บทที่ 4

สรุปผลการดำเนินงาน การวิเคราะห์และสรุปผลต่าง ๆ

4.1 ผลการดำเนินการ

4.1.1 ตรวจสอบชิ้นงาน ด้วยเครื่อง CMM ARM (FARO)



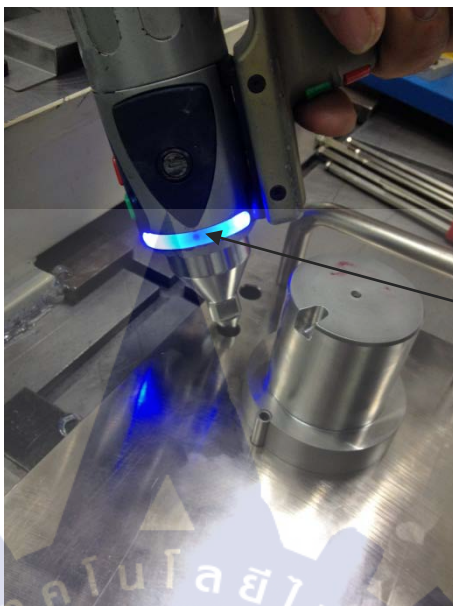
รูปที่ 4.1 เครื่อง CMM ARM (FARO)

4.1.2 ยึดจับชิ้นงานด้วยแคลมป์ และ ยึดชิ้นงานด้วยกาวร้อน



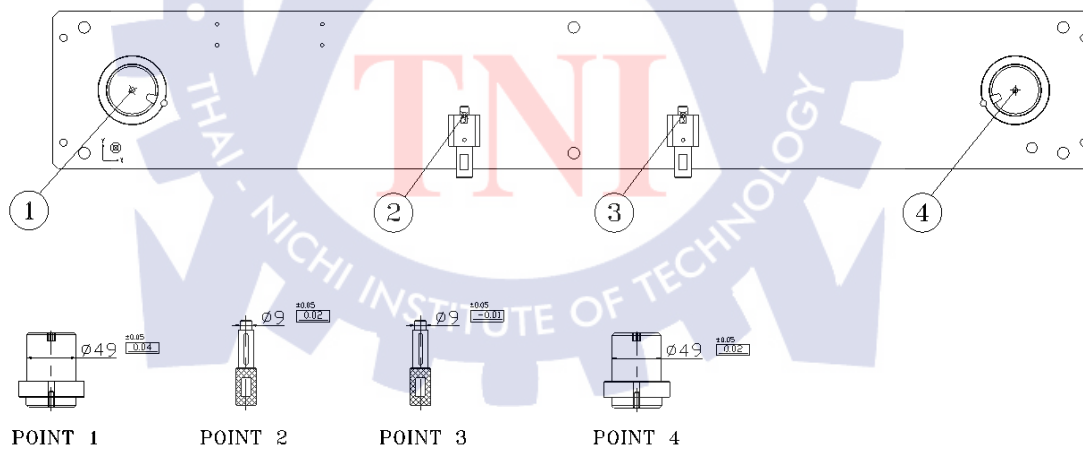
รูปที่ 4.2 การยึดจับชิ้นงานบนโต๊ะ

4.1.3 CMM ARM หาดผิว Surface



รูปที่ 4.3 หาพื้นที่ผิว Surface

4.1.4 เช็คจุดต่างๆตาม DATA CAD2D



รูปที่ 4.4 จุด Check

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลจากโปรแกรม Delcam Power inspection

หลังจากการดำเนินการในแต่ละขั้นตอนทั้งหมดเสร็จสิ้นได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยโปรแกรมทำการแปลงไฟล์เป็น Excel ให้ลูกค้า

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบจาก CAD และ CMMARM



FILLPART ENGINEERING(1999)CO.,LTD.

143 Soi Lasalle42, Sukhumvit105 Road(Lasalle), Bangna, Bangkok, Thailand

DELCAM PLC

Talbot Way

Small Heath Business Park

Birmingham B10 0HJ, UK

Telephone **0121 766 5544**

Fax: **0121 766 5511**

E-mail: **marketing@delcam.com**

Web Site: **http://www.delcam.com**

Customer		DELCAM PLC		Report No. XYZ 345	
Description	DEMO TEST PART		Customer contact	lez	
Part No.	RESIN MODEL		Customer phone No.	0121 766 5544	
CAD File	stub4lex.odx		Customer fax No.	0121 766 5511	
Datum	AS CAD		Customer Email	mark@delcam.com	

Geometric Group 1							
Circle 1							
		-Tol.	+Tol.	Nominal	Measured	Dev/Mean	Error
Centre	X	-0.100	0.100	-16.000	-16.000	0.000	
	Y	-0.100	0.100	-55.000	-55.000	0.000	
	Z	-0.100	0.100	-16.000	-16.000	0.000	
Diameter		-0.100	0.100	10.000	10.017	0.016	
Circle 2							
		-Tol.	+Tol.	Nominal	Measured	Dev/Mean	Error
Centre	X	-0.100	0.100	864.000	864.034	0.034	
	Y	-0.100	0.100	-55.000	-55.000	0.000	
	Z	-0.100	0.100	-16.000	-16.000	0.000	
Diameter		-0.100	0.100	10.000	9.912	-0.089	
Line 1							
Distance		-0.100	0.100	0.000	880.034	880.034	879.934

รูปที่ 4.5 Data (1)

Geometric Group 3

1

		-Tol.	+Tol.	Nominal	Measured	Dev/Mean	Error
Centre	X	-0.100	0.100	0.000	-0.053	-0.053	
	Y	-0.100	0.100	0.000	-0.001	-0.001	
	Z	-0.100	0.100	0.000	0.032	0.032	
Diameter		-0.100	0.100	49.000	49.011	0.011	

2

		-Tol.	+Tol.	Nominal	Measured	Dev/Mean	Error
Centre	X	-0.100	0.100	-16.000	-15.988	0.012	
	Y	-0.100	0.100	-55.000	-55.013	-0.013	
	Z	-0.100	0.100	-16.000	-16.021	-0.021	
Diameter		-0.100	0.100	10.000	9.992	-0.008	

3

		-Tol.	+Tol.	Nominal	Measured	Dev/Mean	Error
Centre	X	-0.100	0.100	319.000	318.944	-0.055	
	Y	-0.100	0.100	-23.500	-23.438	0.062	
	Z	-0.100	0.100	23.000	22.942	-0.058	
Diameter		-0.100	0.100	9.000	8.974	-0.026	

4

		-Tol.	+Tol.	Nominal	Measured	Dev/Mean	Error
Centre	X	-0.100	0.100	529.000	528.903	-0.097	
	Y	-0.100	0.100	-23.500	-23.423	0.077	
	Z	-0.100	0.100	23.000	22.986	-0.015	
Diameter		-0.100	0.100	9.000	8.949	-0.051	

5

		-Tol.	+Tol.	Nominal	Measured	Dev/Mean	Error
Centre	X	-0.100	0.100	848.000	847.993	-0.007	
	Y	-0.100	0.100	0.000	-0.038	-0.038	
	Z	-0.100	0.100	0.000	-0.038	-0.038	
Diameter		-0.100	0.100	49.000	49.038	0.038	

รูปที่ 4.6 Data (2)

Number of controled parts	1
Inspector	Lez Tongue
Revised Delcam98	0
	0
Copyright Delcam plc -1998-2001 tel : Int+ 44 121 766 55 44	

รูปที่ 4.7 Data(3)

4.3 การวิจารณ์ข้อมูล ผลการCMM ARM

4.3.1 ในการCMMARMชิ้นงานชิ้นนี้มีค่าเพื่อเกิน 0.1 mm

4.3.2 แกะไขด้วยการนำชิ้นงานไปกัดลดขนาดด้วยเครื่อง milling จนได้ขนาดที่กำหนด

4.3.3 แกะไขด้วยใช้ตะไบ Chamfer ชิ้นงาน



บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุปโครงการ

โครงการนี้เป็นโครงการที่จัดทำขึ้นเพื่อรวบรวมขั้นตอนในการทำ CF โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เห็นถึงกระบวนการผลิต CF ของ บริษัท ฟิลพาร์ท เอ็นจิเนียริง 1999 จำกัด

ในแผนก Tooling ประกอบด้วยไลน์ Finishing, Sand Blast Injection ไลน์การผลิต CNC Wire-Cut, Milling, Turning และ แผนก QC ตรวจสอบด้วย เครื่องจักร CMM และ CMM ARM

การดำเนินโครงการนี้ ซึ่งเป็นโครงการการศึกษากระบวนการในการผลิต CF ดังนั้น จึงต้องค้นหาศึกษากระบวนการทำงานโดยรวม เป็น การศึกษาการใช้งานเครื่องจักรกลการผลิตและจะต้องทราบความต้องการของลูกค้า จนนำมาออกแบบ CF ที่ลูกค้าต้องการ

หลังจากพิจารณา Concept Design ลูกค้าแล้วทำการ Design CF ทำการ Drafting จึงเริ่มทำการผลิตตามกระบวนการ โดยเลือกใช้เครื่องจักรที่มีความเหมาะสมในการดำเนินงานตามขั้นตอนยกตัวอย่าง เช่น งานที่ขึ้นเครื่องจักร Manual ในการเจาะรูหรือ กัดหน้า ชิ้นงาน เพื่อลดขั้นตอนในการทำงานของเครื่องจักร CNC

หลังจากเสร็จสิ้นการดำเนินงานทั้งหมด สรุปได้ว่าการผลิตชิ้นงานประสบความสำเร็จตามที่ได้ตั้งหมายไว้ มีปัญหาคือ ตอนวัดชิ้นงานด้วยเครื่อง CMM ARM แล้ว support มีค่า tolerance เกิน 0.1 mm เลยต้องทำการปาดขนาดชิ้นงานออกด้วยเครื่อง Milling Manual

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 พนักงาน design ออกแบบชิ้นงานไม่ได้ไปทางแนวเดียวกัน

5.2.2 ก่อนส่งชิ้นงานไปให้แผนก QC ควรที่จะคนตรวจเช็คชิ้นงานประจำแผนก

5.2.3 Pin และ Bush ส่วนใหญ่ไม่มีขนาดมาตรฐาน

5.3 แนวทางการแก้ไขปัญหา

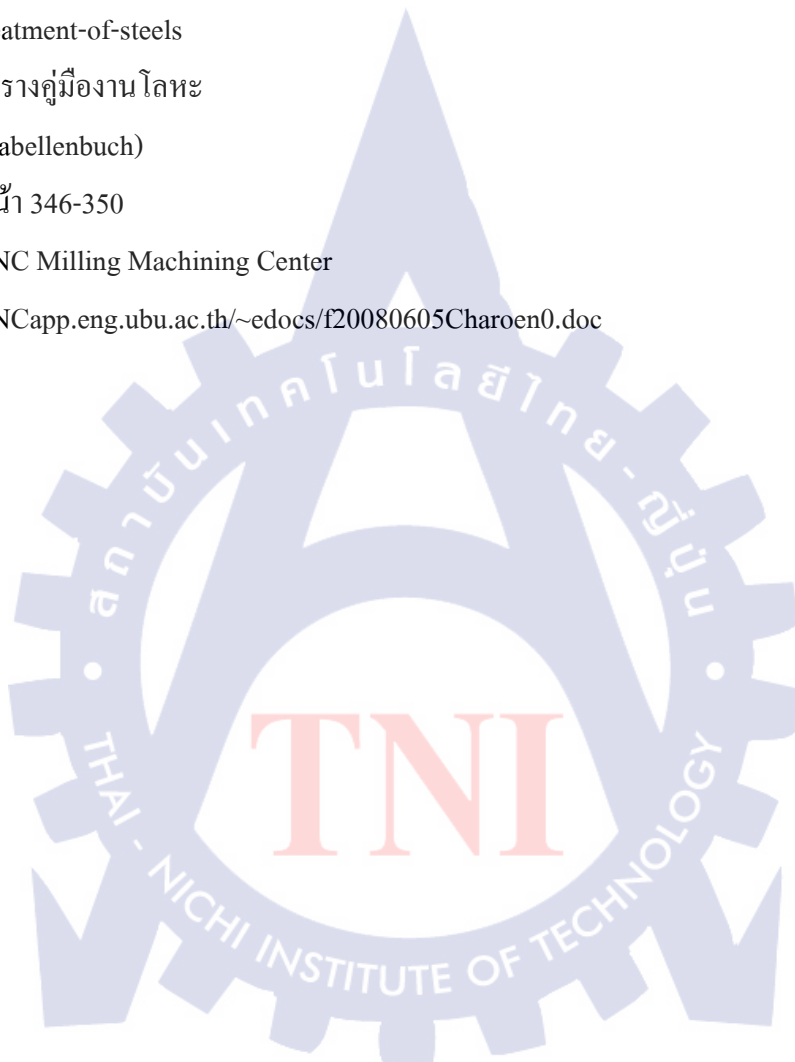
5.3.1 จัดอบรมหรือตกลงกันทางแผนกให้ design ไปในทางเดียวกัน

5.3.2 ทำใบเซ็นรับทั้งเข้าและออกจากแผนก Tooling ไป QC และทั้ง 2 ฝ่ายเซ็นรับว่าชิ้นงานครบทุกประการ

5.3.3 กำหนดค่ามาตรฐานของ Pin และ Bush เช่น ค้ำจับและไกด์ของ PIN ควรจะมีขนาดเท่ากันทุกตัว

เอกสารอ้างอิง

1. บริษัท ฟิลพาร์ท เอ็นจิเนียริง 1999จำกัด, 1999, Company Profile
<http://www.fillpart.com/web/>
2. การชุบแข็ง
<https://sites.google.com/site/metallurgytak/3-kar-xb-chub-helkkla-khan-phun-than-heat-treatment-of-steels>
3. ตารางคู่มืองานโลหะ
(Tabellenbuch)
หน้า 346-350
4. CNC Milling Machining Center
CNCapp.eng.ubu.ac.th/~edocs/f20080605Charoen0.doc



ประวัติผู้จัดทำโครงการ



ชื่อ – นามสกุล

นายพลฤทธิ์ ประยูรทอง

วัน เดือน ปีเกิด

6 สิงหาคม 2533

ประวัติการศึกษา

ระดับประถมศึกษา โรงเรียนโสมภา 2 พ.ศ. 2540

ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนนวมินทราชินูทิศบดินทรเดชา พ.ศ.2546

ระดับอาชีวศึกษา โรงเรียนดอนบอสโกกรุงเทพ พ.ศ.2549

ระดับอุดมศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมการผลิต พ.ศ. 2551

สถาบันเทคโนโลยีไทย - ญี่ปุ่น

ประวัติการทำงาน

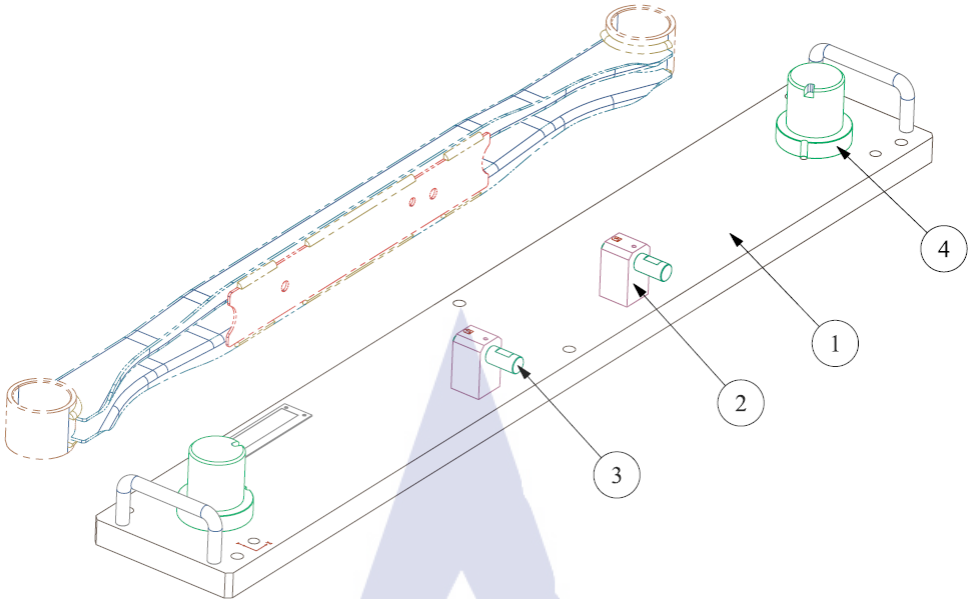
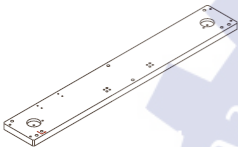
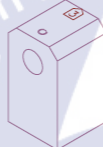
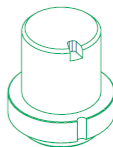
นักศึกษาฝึกงาน FILLPART ENGINEERING 1999 CO.,LTD.

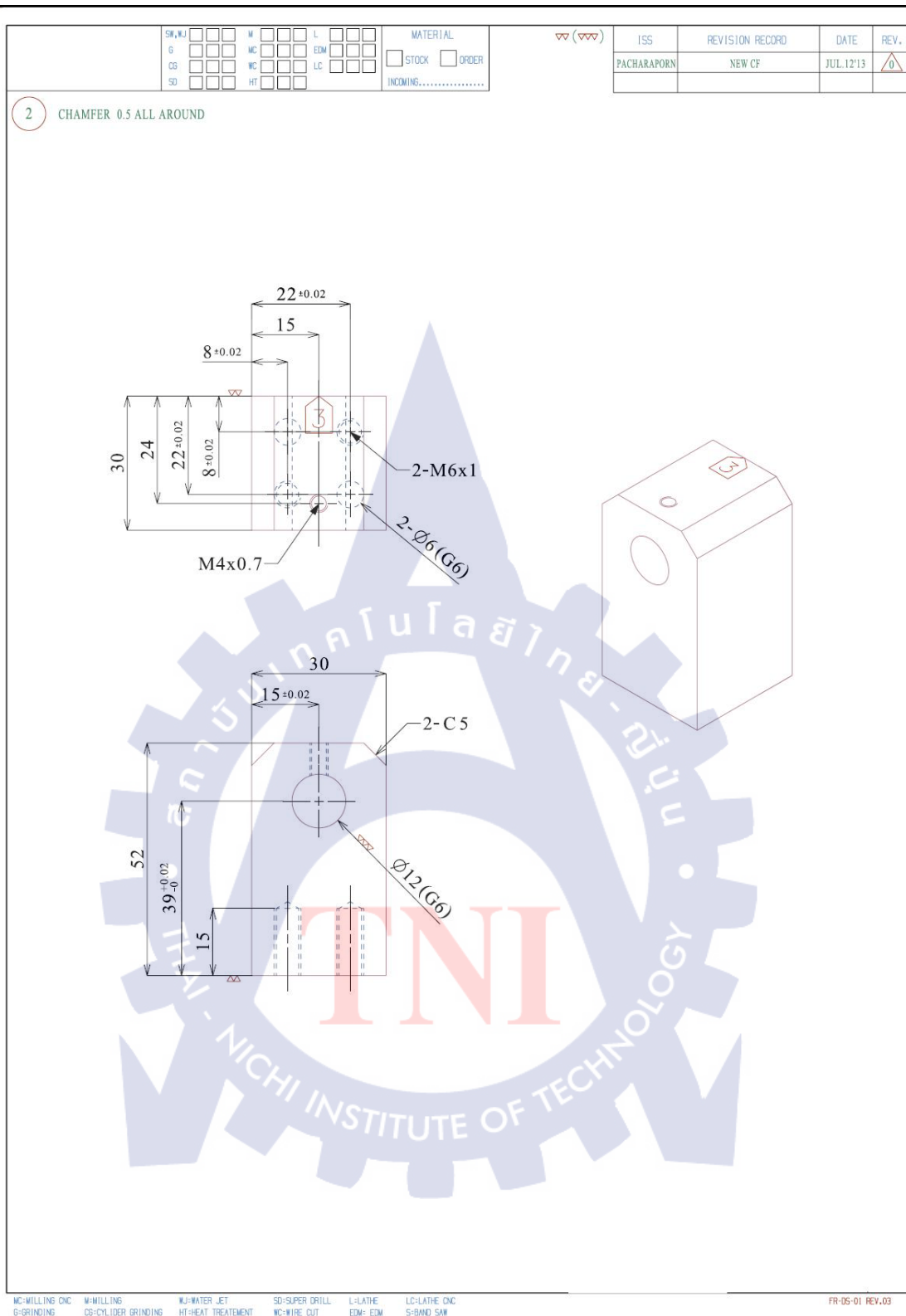


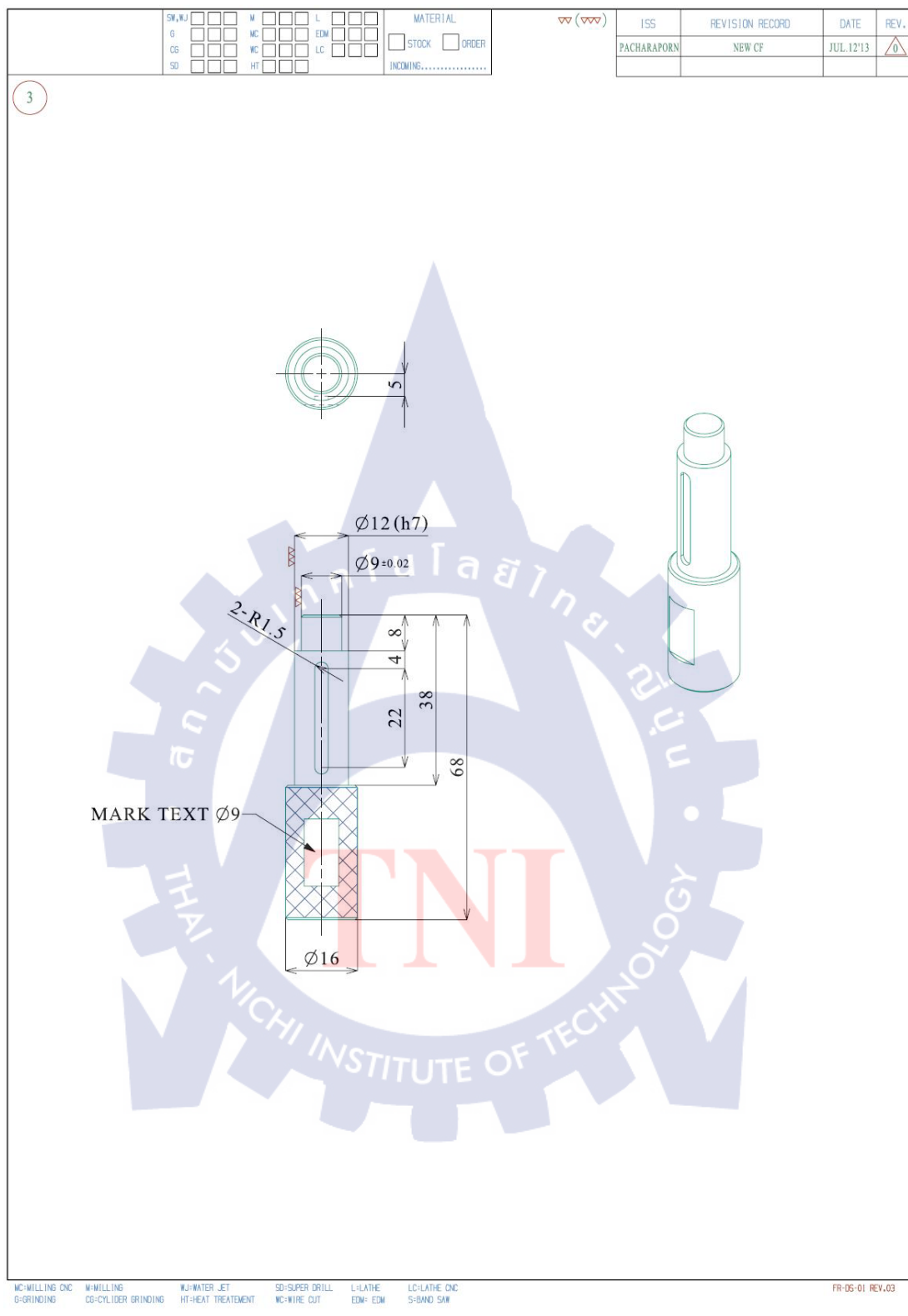
ภาคผนวกก.

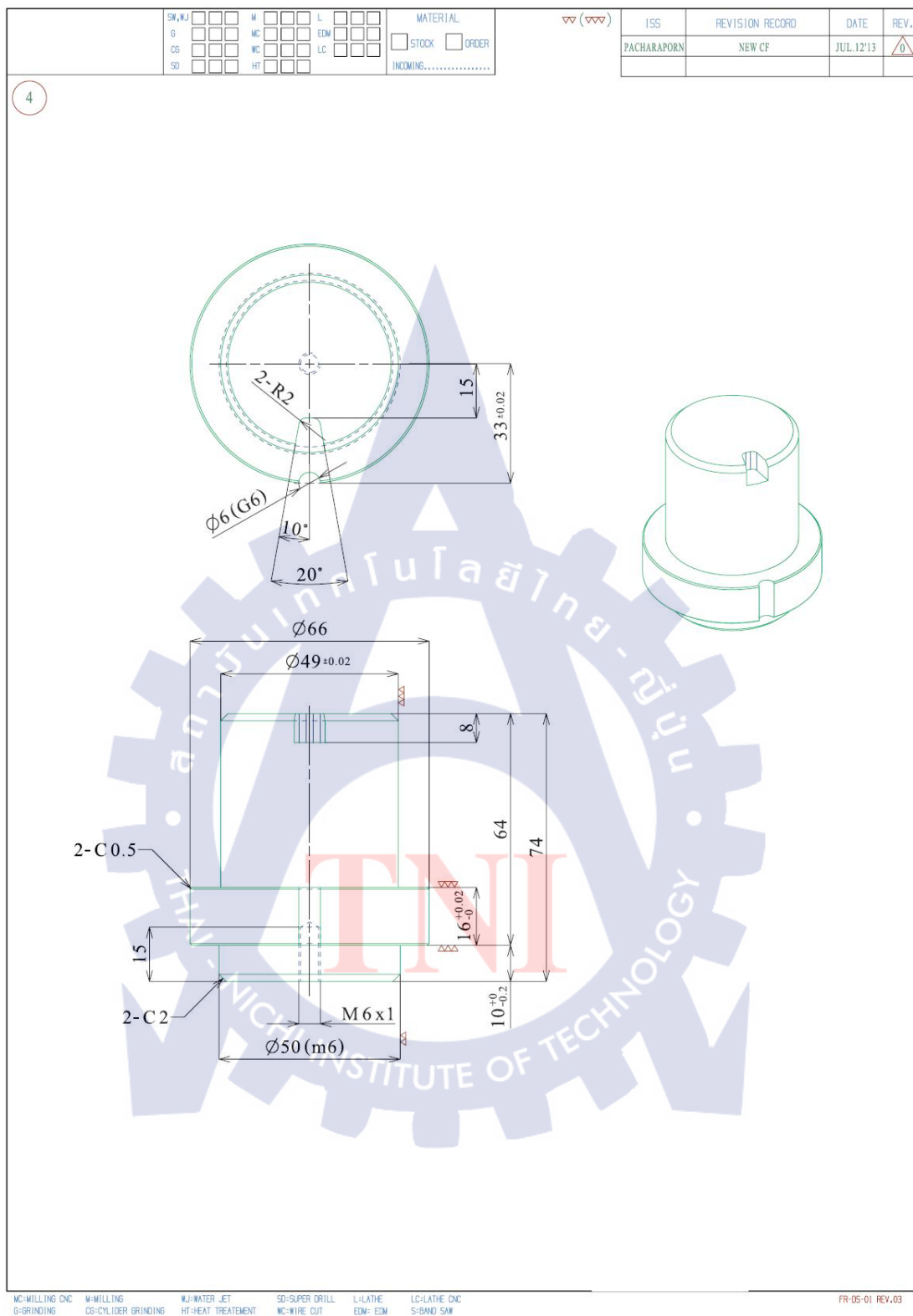
Detail Drawing

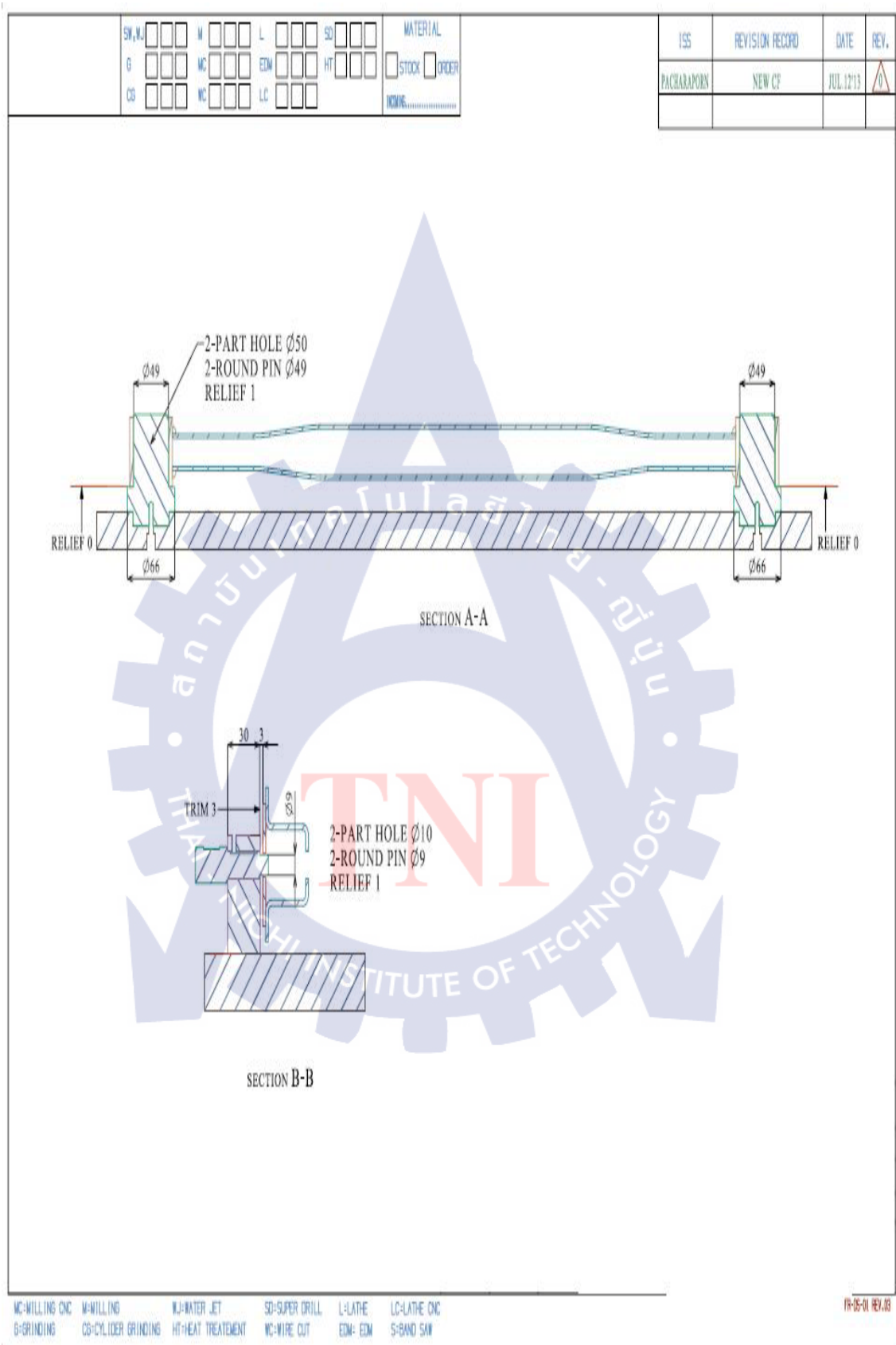


																			
DETAIL PARTS MAKING																			
1	MAT'L	S50C	QTY.	1	2	MAT'L	S50C	QTY.	2	3	MAT'L	SKD11	QTY.	2	4	MAT'L	SKD11	QTY.	2
																			
5	MAT'L		QTY.		6	MAT'L		QTY.		7	MAT'L		QTY.		8	MAT'L		QTY.	
9	MAT'L		QTY.		10	MAT'L		QTY.		11	MAT'L		QTY.		12	MAT'L		QTY.	
13	MAT'L		QTY.		14	MAT'L		QTY.		15	MAT'L		QTY.		16	MAT'L		QTY.	









การเขียนโปรแกรมMEDIAPT CAD/W

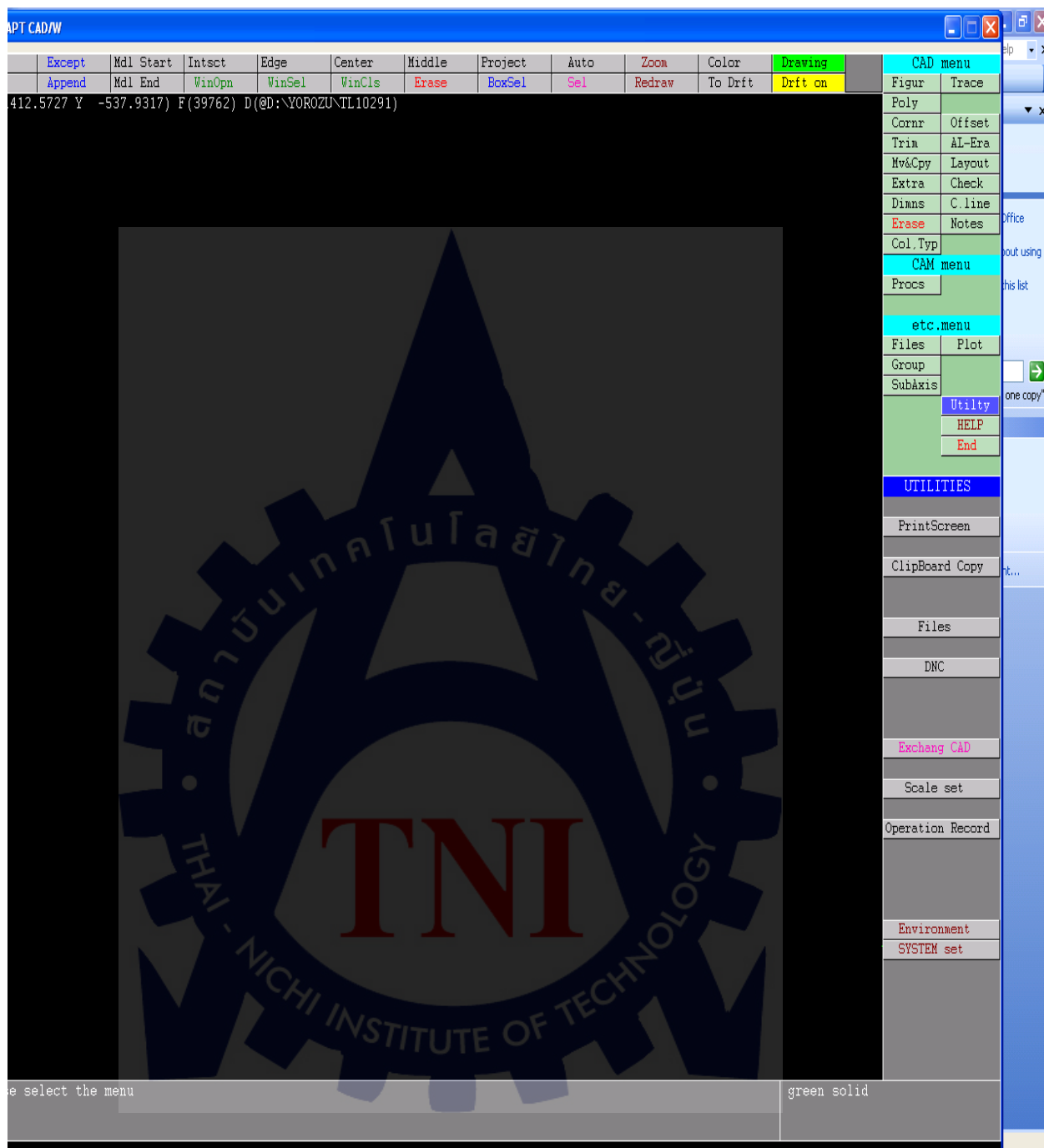
การเขียน CAD/W มี2วิธี

1. การเขียนใน CAD/W

2.การเขียนจาก AUTO CAD แล้วโหลดมาใช้ CAD/Wขั้นตอนการแปลงรูปจาก AUTO CAD ไปเป็นโปรแกรม G cold1.โหลดรูปที่เขียนจาก AUTO CAD แล้วโหลดมาใช้ CAD/WF โดยการเลือก



คำสั่ง utility

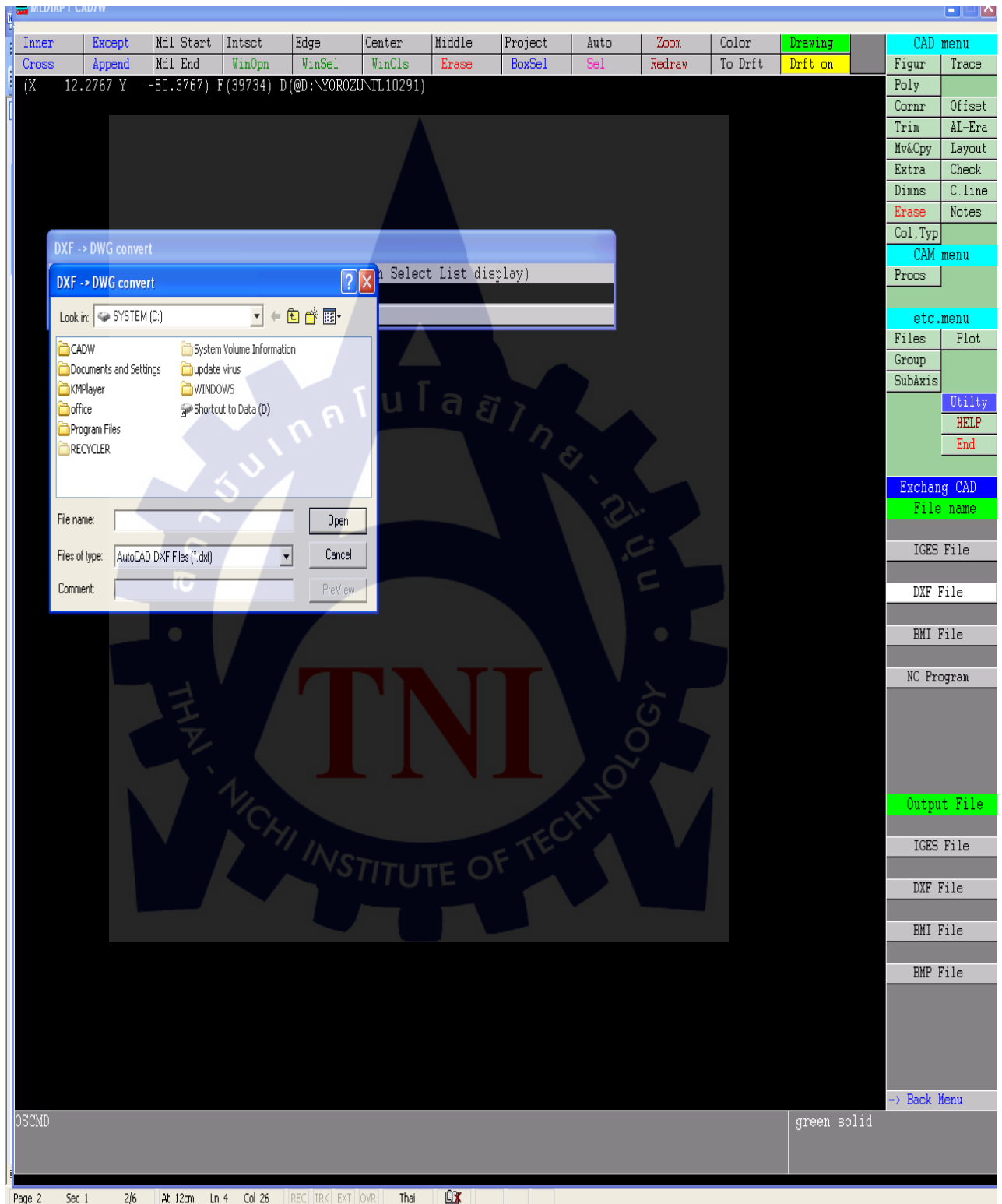


2. กดเลือก Exchang CAD



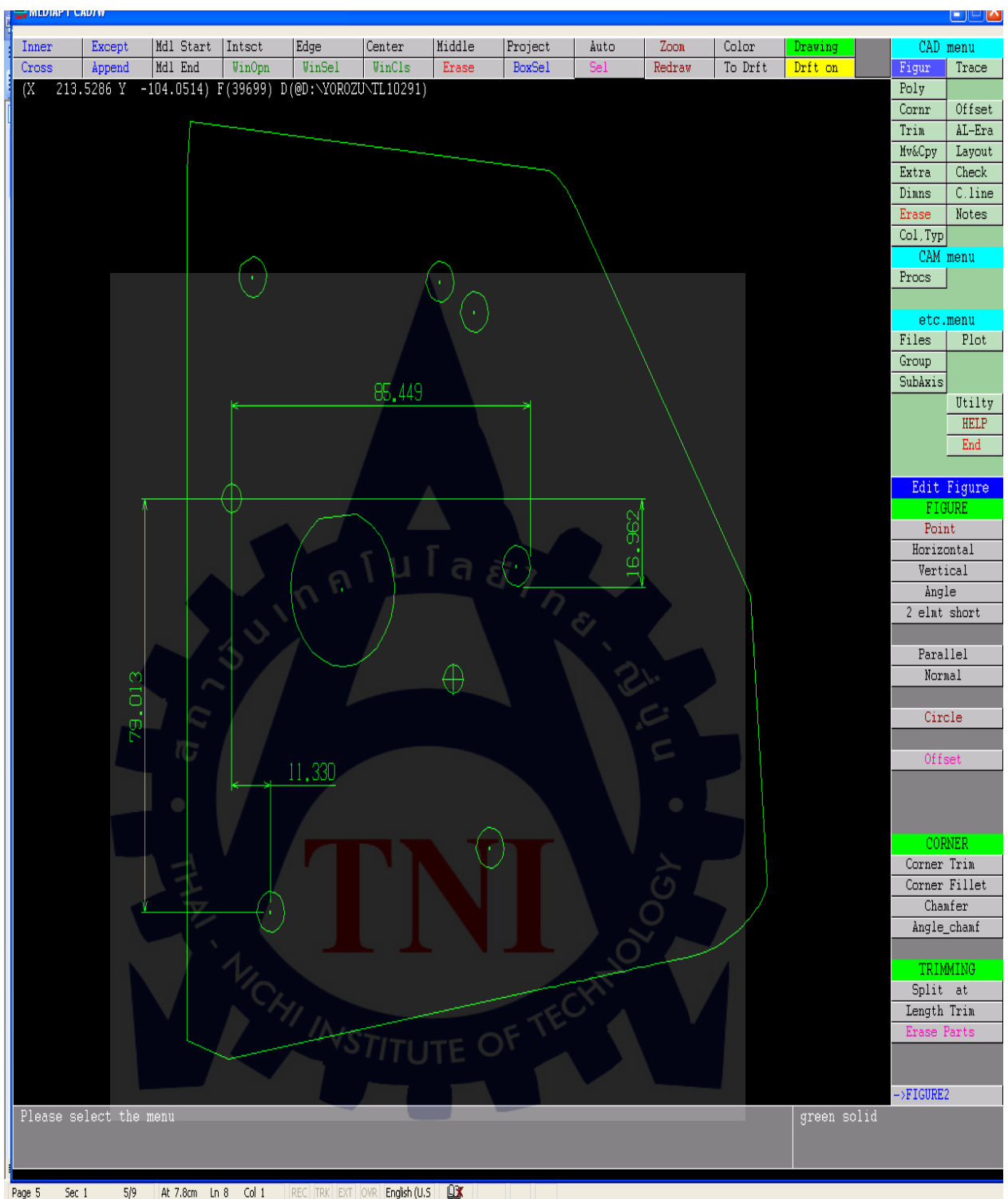


4.กดหาข้อมูลที่เรา save ไว้แล้วกด open ก็จะปรากฏรูปที่เราเขียนไว้ขึ้นมา

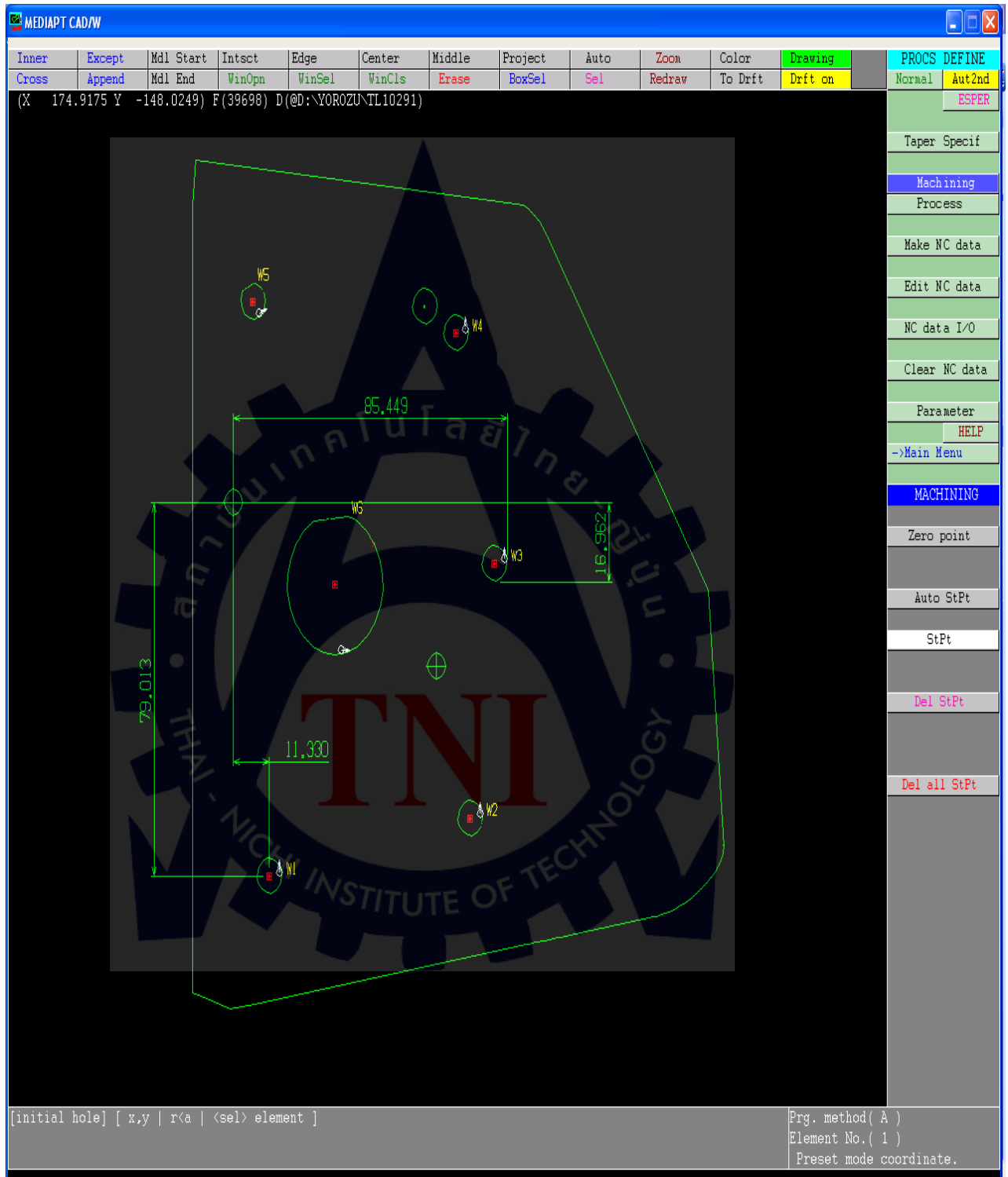


5.ดูไปที่CAM MANU เลือกไปที่Procsจากนั้นเลือกไปที่ Aut2nd คลิ๊กให้เกิด สีเหลืองขึ้น

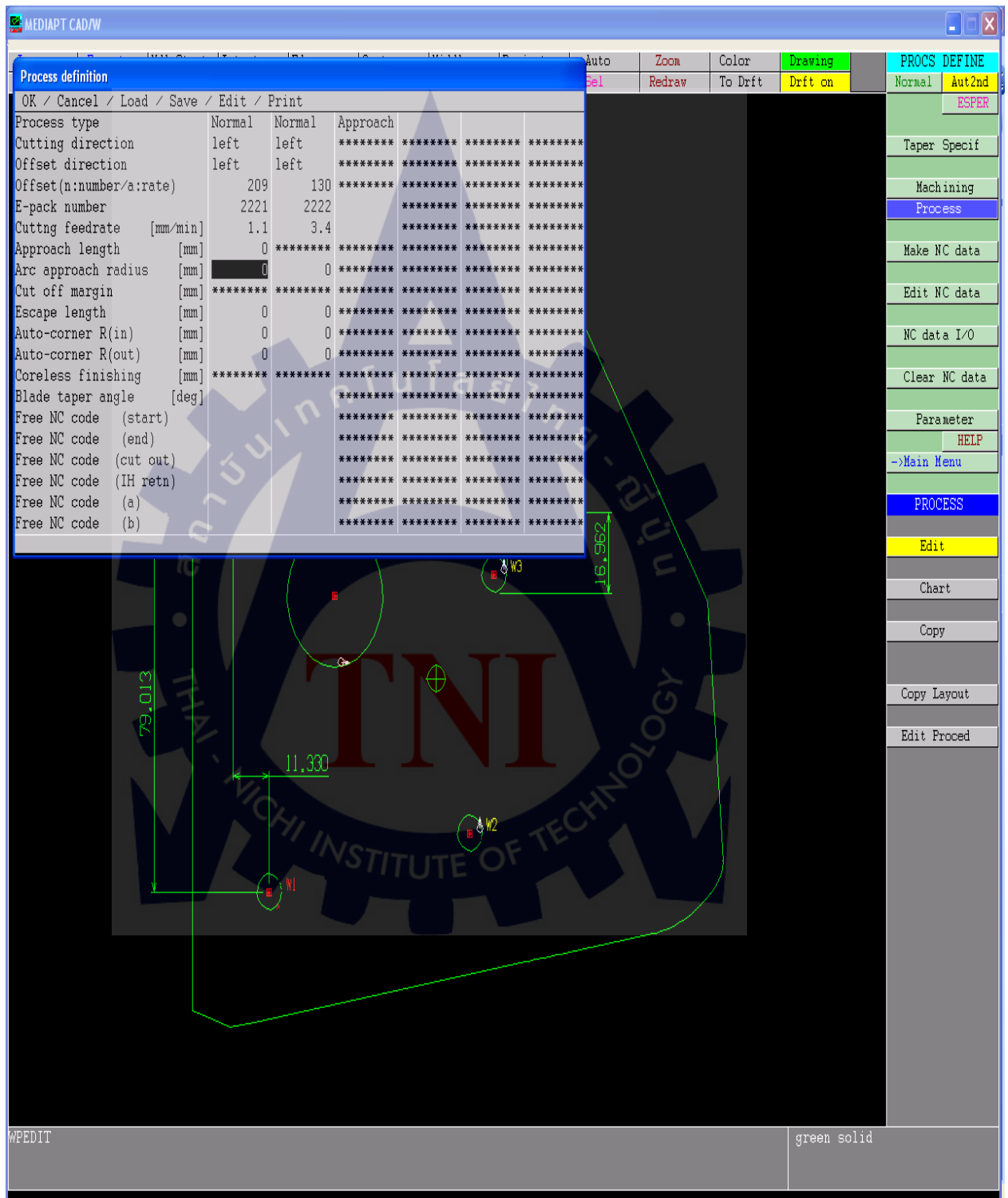




6.เลือกไปที่ Machiningดับเบิลคลิกไปที่เส้นวงกลมที่เราต้องการ WIRE CUT ให้เกิดจุดสีแดงกลางวงกลมแล้วเกิดลูกศรชี้ทิศทางการเดินของลวด



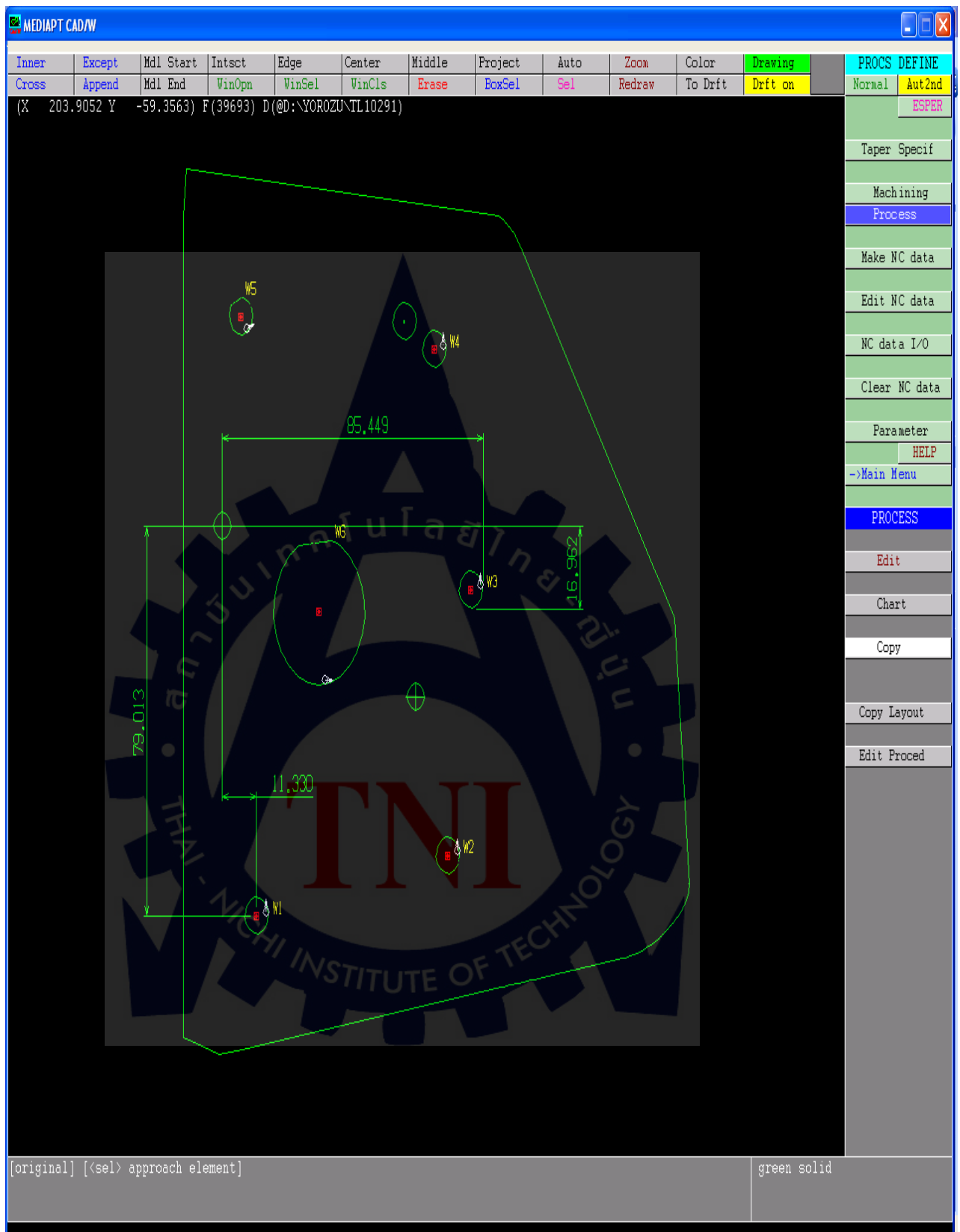
7.คลิกไปที่ Process แล้วคลิกไปที่เส้นวงกลมที่เราต้องการ WIRE จะเกิดหน้าต่าง Process definition
ทำการใส่ค่าไฟตามวัสดุของชิ้นงานและขนาดของชิ้นงาน



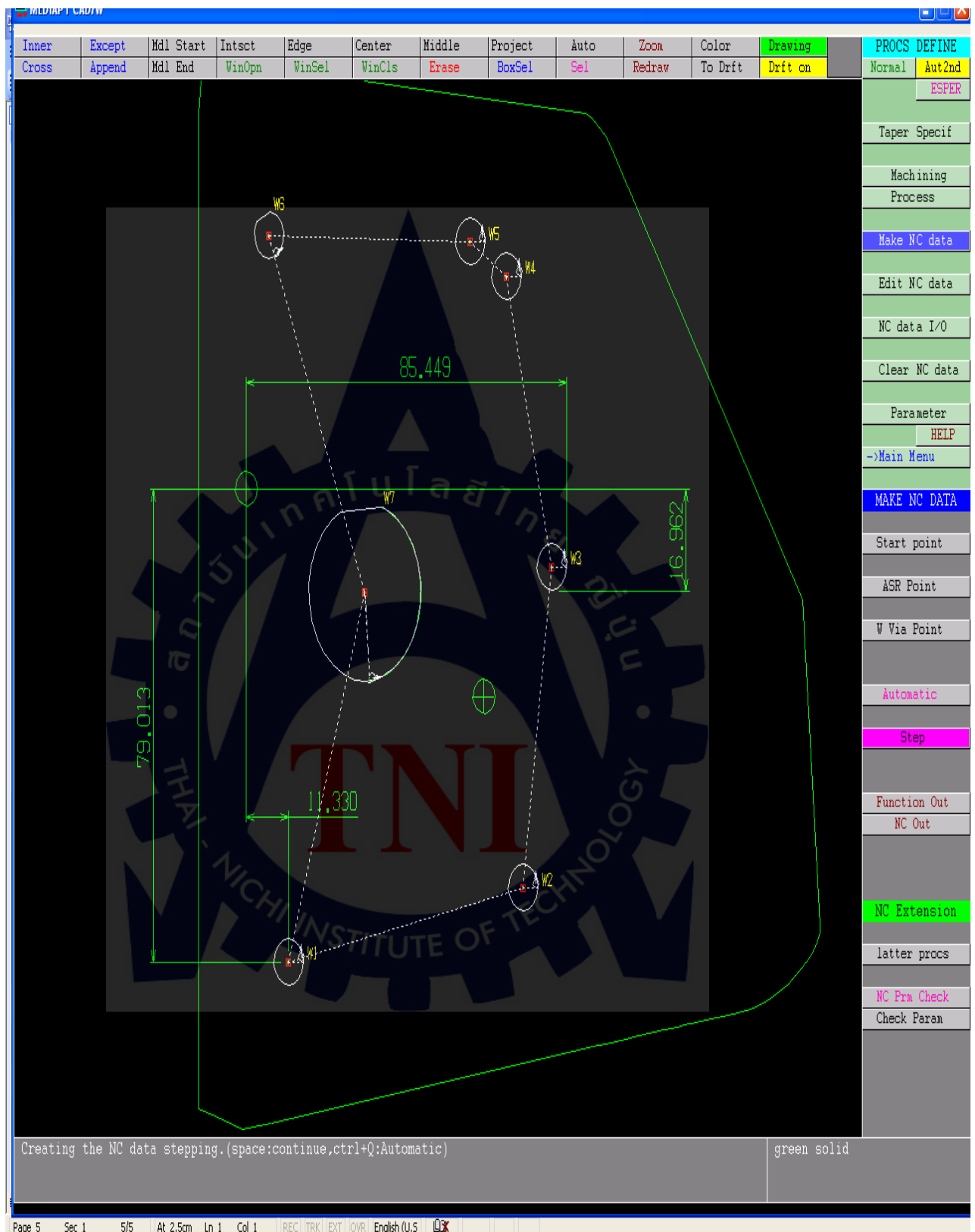
(ดูได้จากคู่มือการใส่ค่าไฟ) ใส่ค่าไฟเสร็จแล้วกด Enter

8. จากนั้นเลือกคำสั่ง copy แล้วคลิกที่เส้นวงกลมที่จะทำการ WIRE

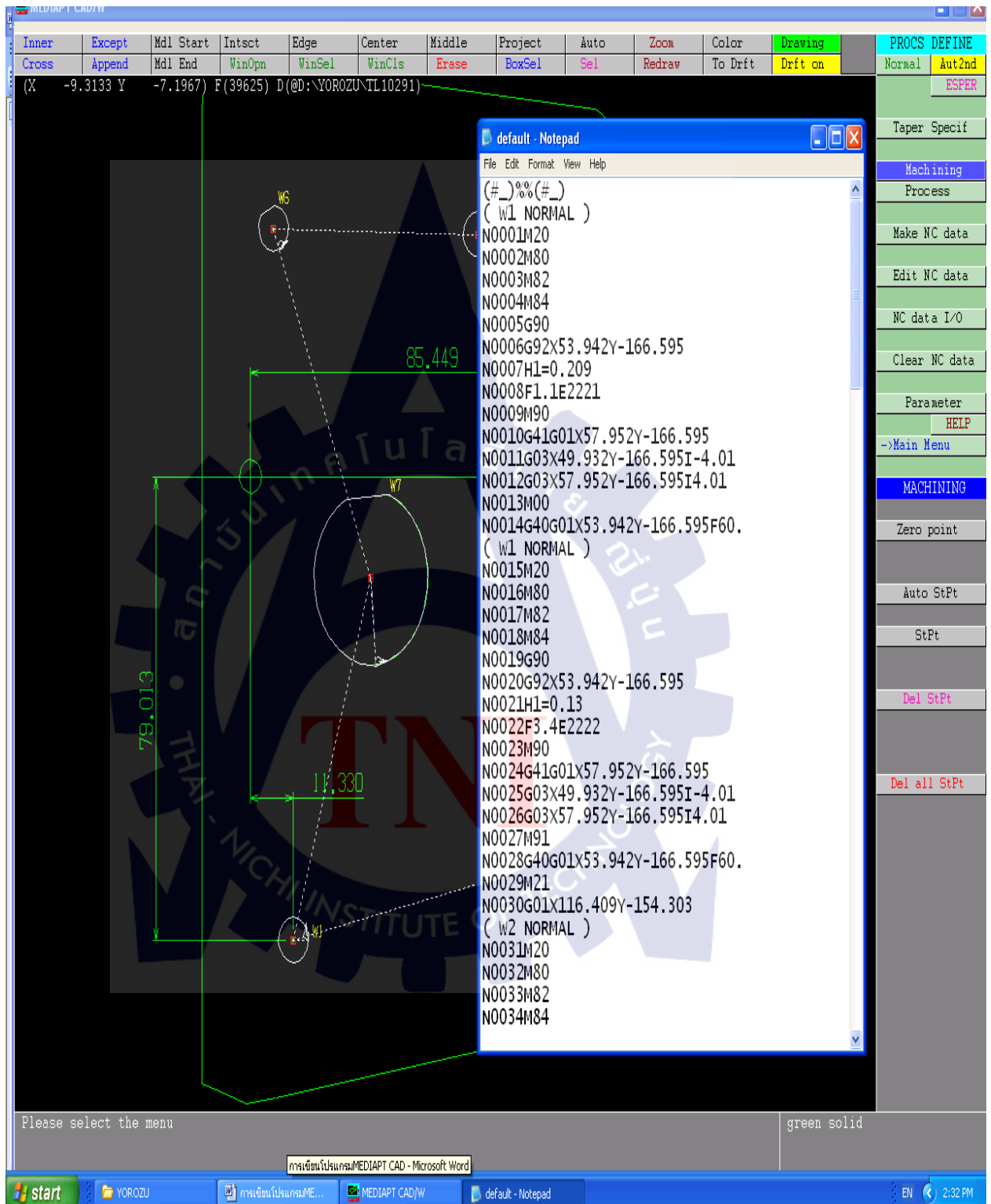




9.เลือกคำสั่ง Make Nc data แล้วเลือกคำสั่ง Step แล้วกด spekbart เพื่อดูทิศทางการวิ่งของลวด

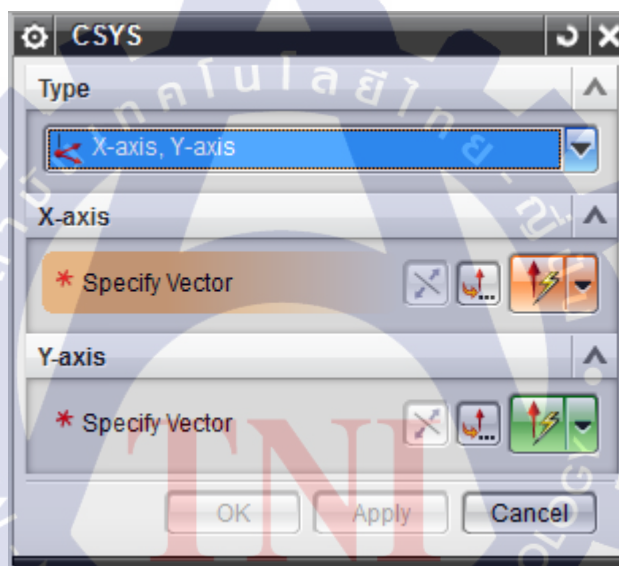
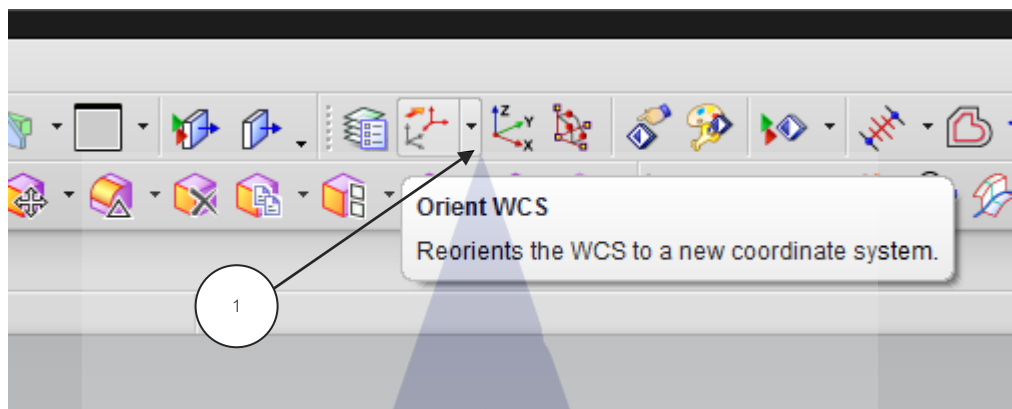


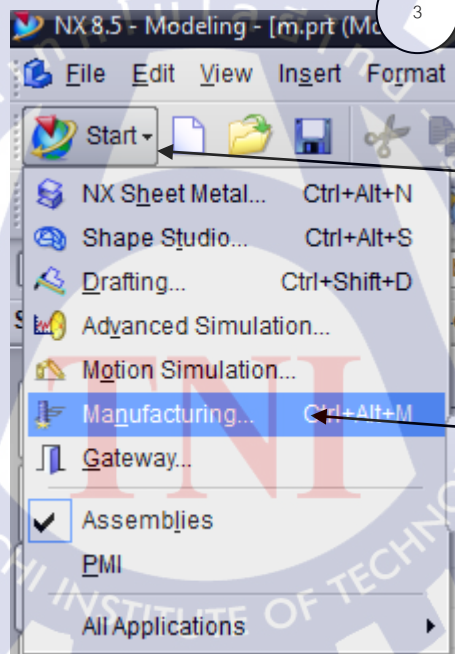
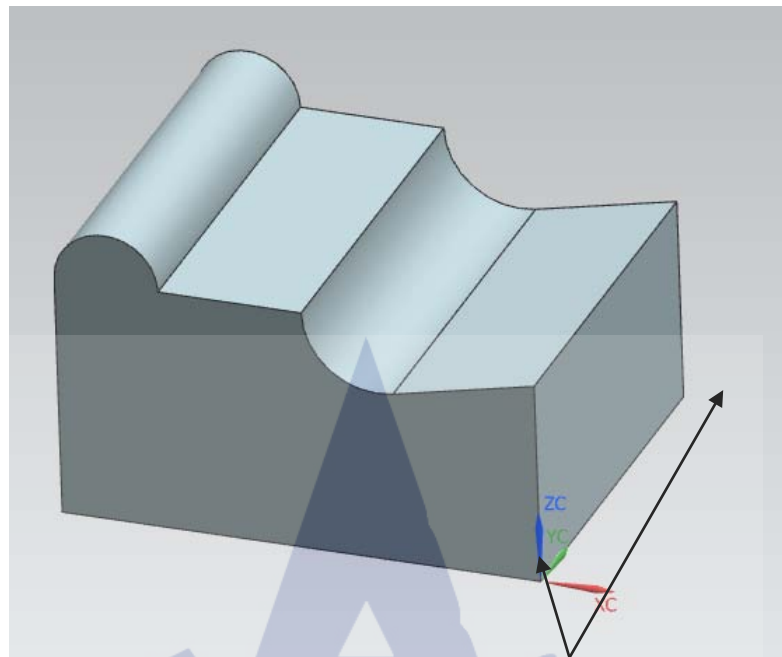
10.เลือก Edit Nc data จะปรากฏหน้าต่าง default-Notepad แสดงเป็นโปรแกรมG code จากนั้น Save file ใส่เครื่องWIRE CUT เพื่อทำการ WIRE ขึ้นงานต่อไป

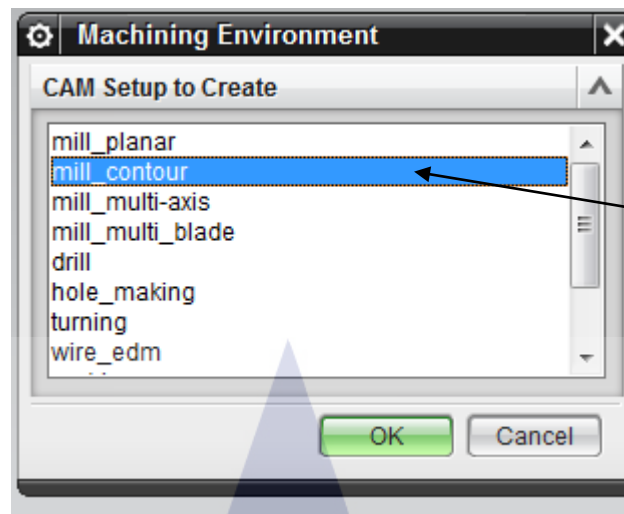


การทำ CAD/CAM เบื้องต้น

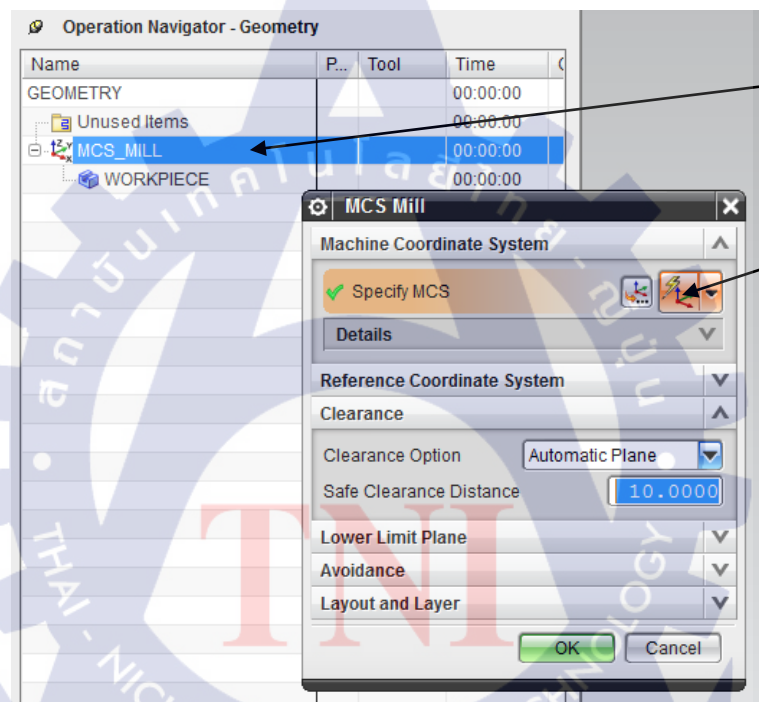
1. การหาจุดอ้างอิงของชิ้นงานหรือ G54





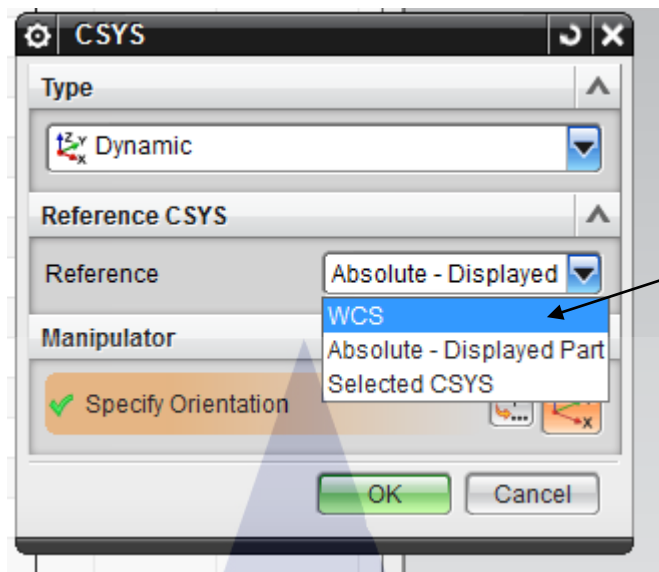


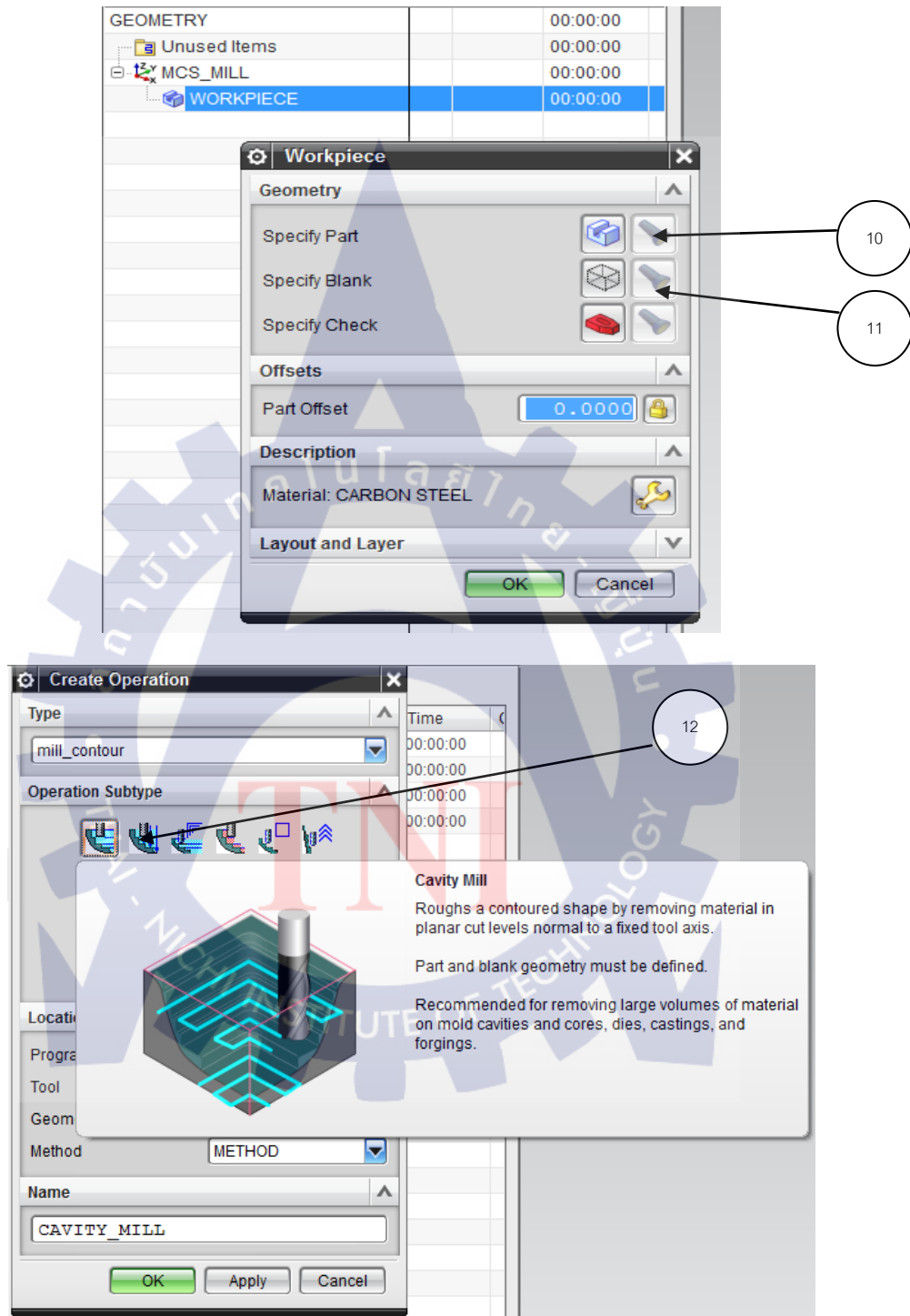
6

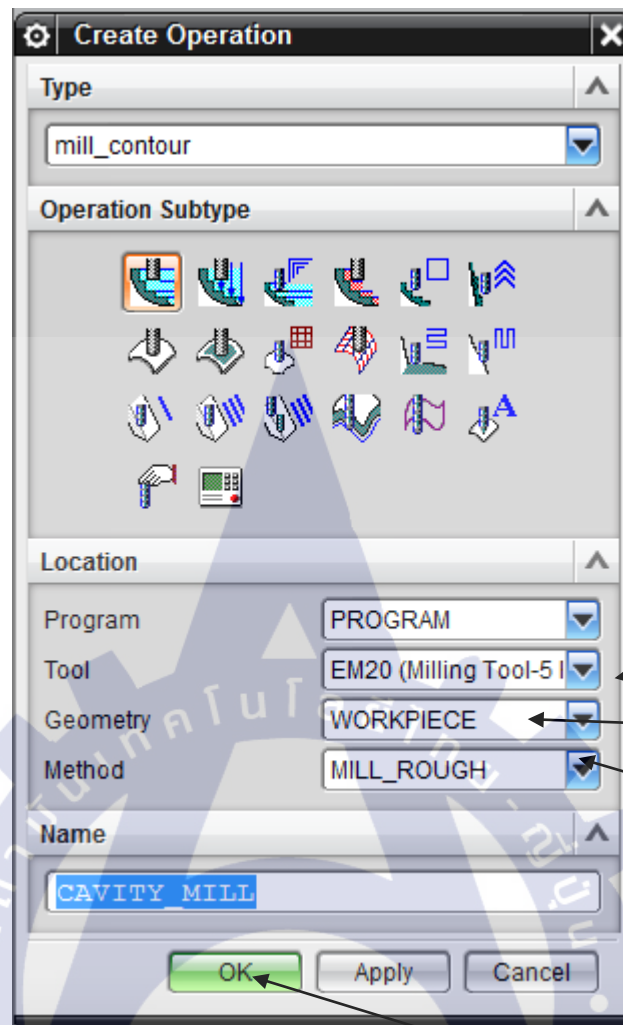


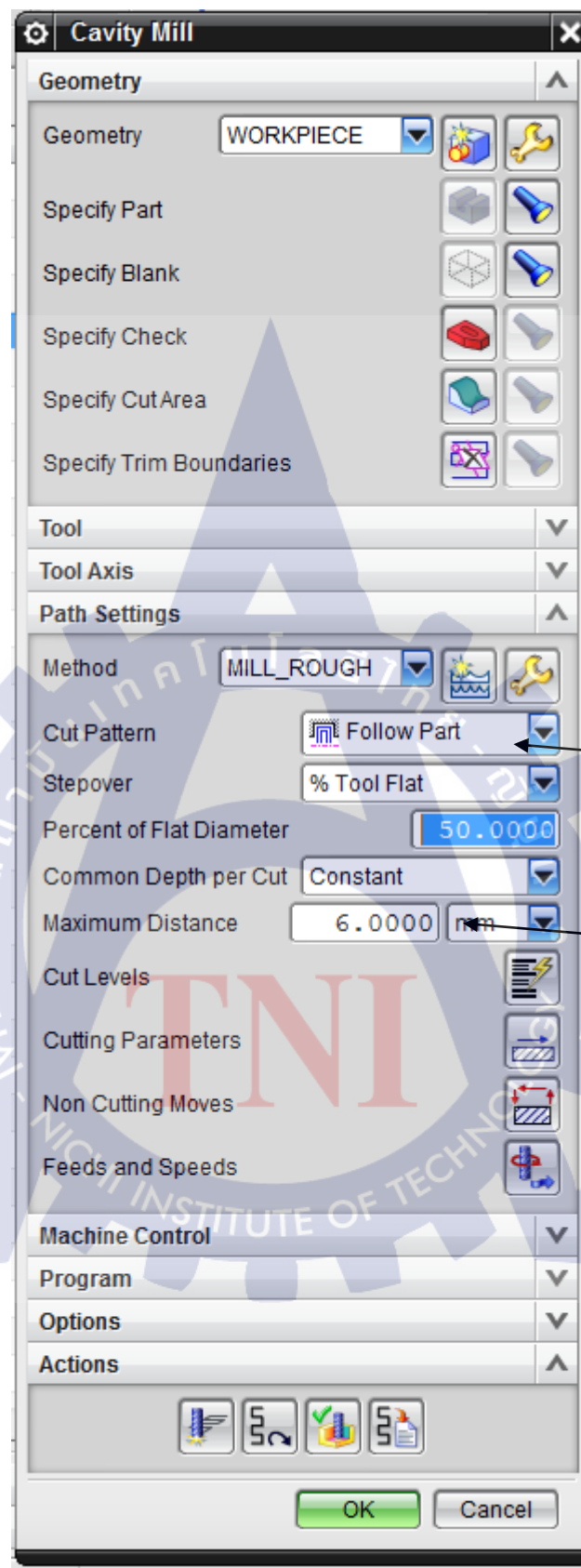
7

8









17

รูปแบบการกัด

18

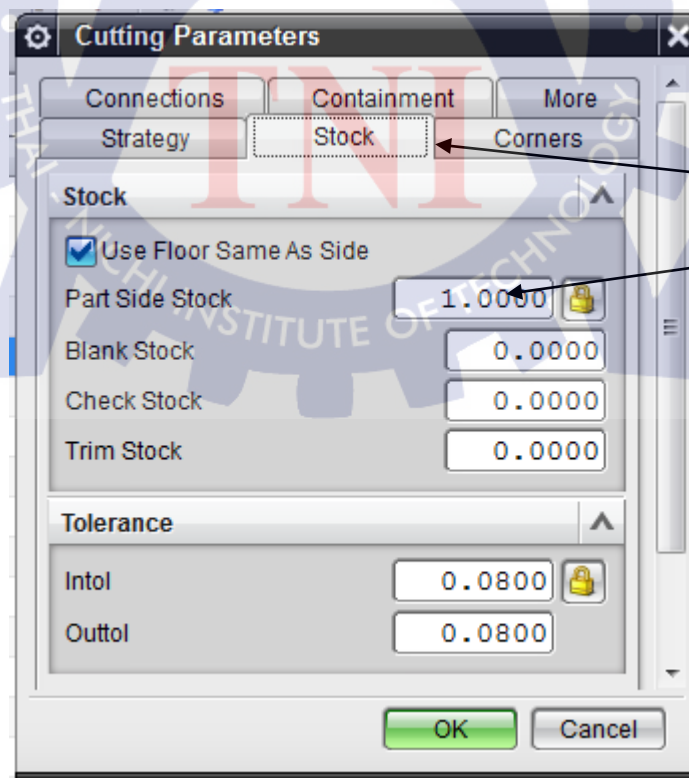
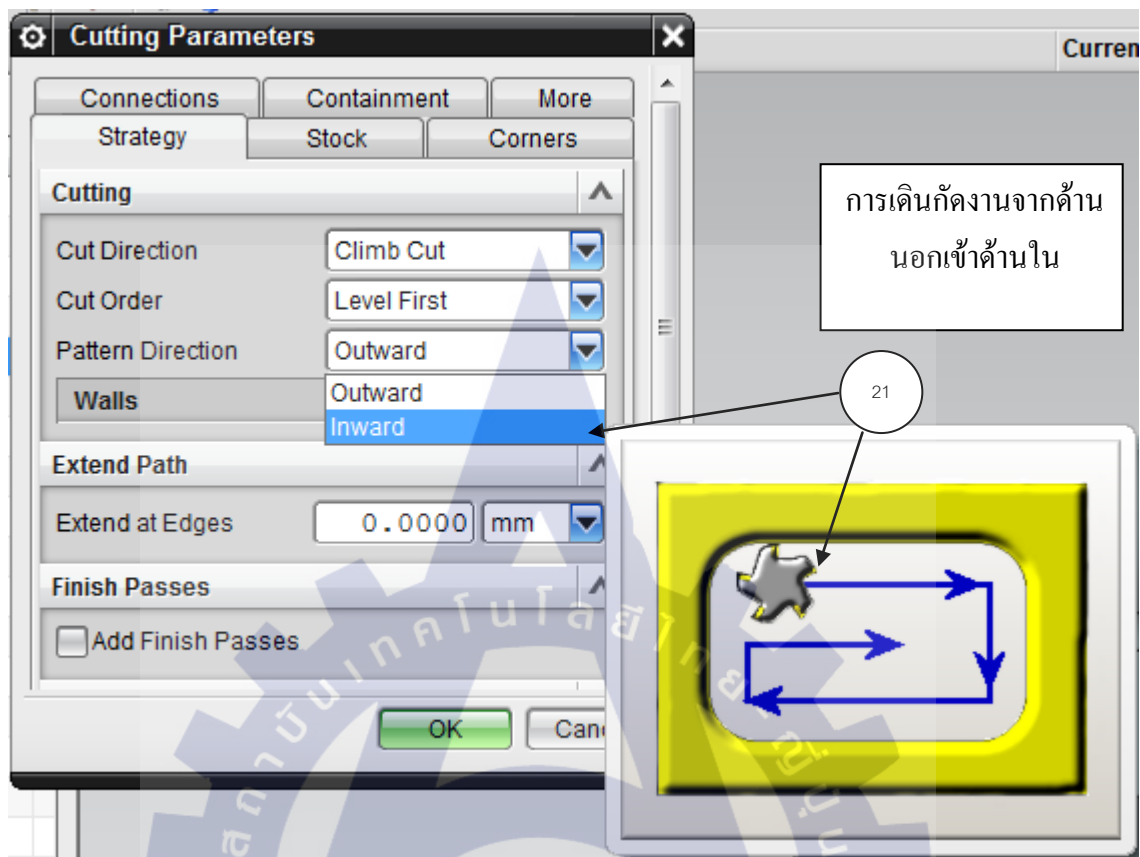
กินครั้งละเท่าไร

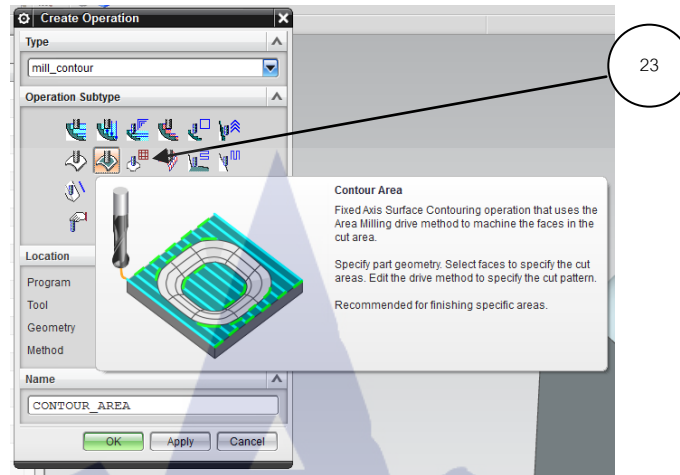
19

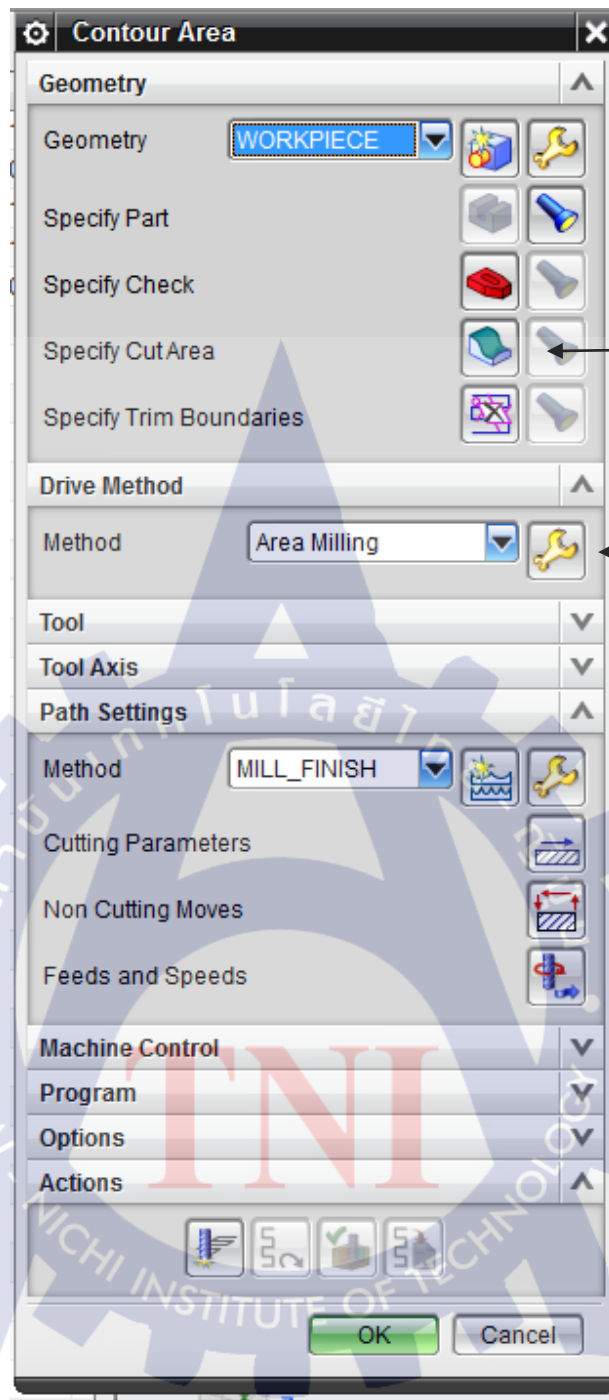
การแก้ไข stock

20

การกำหนด feeds และ speeds







24

เลือกผิวตัด

25

รูปแบบการกัด

26

การแก้ไข s

27

การกำหนด feeds และ

speeds

บรรณานุกรม

1. การชุบแข็ง

<https://sites.google.com/site/metallurgytak/3-kar-xb-chub-helkkla-khan-phun-than-heat-treatment-of-steels>

