



การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

นายประทีป ฟองเพชร

สาขาวิชาช่างกลโรงงาน
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
ปีการศึกษา 2559

วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง
กระทรวงศึกษาธิการ

การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

นายประทีป ฟองเพชร

สาขาวิชาช่างกลโรงงาน วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ
ปีการศึกษา 2559

ชื่อผู้วิจัย : นายประทีป ฟองเพชร
ชื่องานวิจัย : การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี
ปี พ.ศ. : 2559

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) มีวัตถุประสงค์เพื่อ

- 1) พัฒนา ชุดฝึก งานกลึงมินิซีเอ็นซี
- 2) หาประสิทธิภาพชุดฝึก งานกลึงมินิซีเอ็นซีที่พัฒนาขึ้น
- 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการใช้ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีที่พัฒนาขึ้น

การดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้เชิญผู้เชี่ยวชาญมาประเมินชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีที่พัฒนาขึ้น จากนั้น นำชุดฝึกไป ทดลอง ใช้กับกลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช .) ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาช่างกลโรงงาน จำนวน 16 คน ทำการสอนด้วยชุดฝึก งานกลึงมินิซีเอ็นซี ที่พัฒนาขึ้น ในระหว่างเรียนให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด และใบงาน เพื่อประเมินความก้าวหน้า หลังจาก เรียนจบบทเรียนให้นักเรียนทำแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทั้งภาคทฤษฎีและ ภาคปฏิบัติ นำคะแนนของนักเรียนที่ได้ จากการทำแบบฝึกหัด ใบงาน และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาทำการหาประสิทธิภาพของชุดฝึก และเมื่อเรียนจบบทเรียน ให้ผู้เรียนทำแบบประเมินผล ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

ผลการวิจัยพบว่า

1. ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 82.29/81.63 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80
2. นักเรียนที่เรียนด้วยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีที่พัฒนาขึ้นมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด

Name : Mr. Prateep Fongpech

Research Title : The Development and Efficiency Evaluation of the Mini -CNC
Lathe Instructional Package

Academic Year : 2016

Abstract

This experimental research aimed to develop, evaluate the efficiency of the Mini-CNC lathe Instructional Package and study the students' satisfaction toward the instruction package.

The research used this instructional package, being estimated by technical experts, with 16 third-year Vocational Certificate students majoring in Machine Mechanics of Angthong Technical College or the sample. During the learning process, the experimental students were given the instructional package through exercises and worksheets to assess the progress of the learning process. When they had finished the lessons, they had to take the theoretical as well as practical tests. Then, the scores were calculated to evaluate the efficiency of this instructional package. Subsequently, they had to take the test for the satisfaction with the aforementioned instructional package.

The results revealed the followings:

1. The efficiency of the instructional package is 82.29/81.63 which was higher than the preset criterion of 80/80.
2. The participants who studied with this developed instructional package got the highest level of satisfaction.

ชื่อผู้วิจัย : นายประทีป พองเพชร
ชื่องานวิจัย : การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี
ปี พ.ศ. : 2559

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) มีวัตถุประสงค์เพื่อ

- 1) พัฒนา ชุดฝึก งานกลึงมินิซีเอ็นซี
- 2) หาประสิทธิภาพชุดฝึก งานกลึงมินิซีเอ็นซีที่พัฒนาขึ้น
- 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการใช้ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีที่พัฒนาขึ้น

การดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้เชิญผู้เชี่ยวชาญมาประเมินชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีที่พัฒนาขึ้น จากนั้น นำชุดฝึกไป ทดลอง ใช้กับกลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช .) ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาช่างกลโรงงาน จำนวน 16 คน ทำการสอนด้วยชุดฝึก งานกลึงมินิซีเอ็นซี ที่พัฒนาขึ้น ในระหว่างเรียนให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด และใบงาน เพื่อประเมินความก้าวหน้า หลังจาก เรียนจบบทเรียนให้นักเรียนทำแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทั้งภาคทฤษฎีและ ภาคปฏิบัติ นำคะแนนของนักเรียนที่ได้ จากการทำแบบฝึกหัด ใบงาน และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาทำการหาประสิทธิภาพของชุดฝึก และเมื่อเรียนจบบทเรียน ให้ผู้เรียนทำแบบประเมินผล ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

ผลการวิจัยพบว่า

1. ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 82.29/81.63 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80
2. นักเรียนที่เรียนด้วยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีที่พัฒนาขึ้นมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด

Name : Mr. Prateep Fongpech

Research Title : The Development and Efficiency Evaluation of the Mini -CNC
Lathe Instructional Package

Academic Year : 2016

Abstract

This experimental research aimed to develop, evaluate the efficiency of the Mini-CNC lathe Instructional Package and study the students' satisfaction toward the instruction package.

The research used this instructional package, being estimated by technical experts, with 16 third-year Vocational Certificate students majoring in Machine Mechanics of Angthong Technical College or the sample. During the learning process, the experimental students were given the instructional package through exercises and worksheets to assess the progress of the learning process. When they had finished the lessons, they had to take the theoretical as well as practical tests. Then, the scores were calculated to evaluate the efficiency of this instructional package. Subsequently, they had to take the test for the satisfaction with the aforementioned instructional package.

The results revealed the followings:

1. The efficiency of the instructional package is 82.29/81.63 which was higher than the preset criterion of 80/80.
2. The participants who studied with this developed instructional package got the highest level of satisfaction.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความร่วมมือจากนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการเก็บข้อมูลและหาประสิทธิภาพ ตลอดจนผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะในการจัดทำกรวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ครูสุนทร วีระเดชสิกุล ที่ได้ให้ คำแนะนำและข้อเสนอแนะในการพัฒนาชุดฝึกที่พัฒนาขึ้นในครั้งนี้ และ ครูธนะยศ แดงมณีกุล ที่ให้ความช่วยเหลือในการ ตรวจสอบ แบบของชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และขอบคุณภรรยา ธิดา และเพื่อนร่วมงานทุกท่านที่คอยให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือในการทำการวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วง

นาย

ประทีป ฟองเพชร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย ก	
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ข	
กิตติกรรมประกาศ ค	
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
1.3 สมมติฐานการวิจัย	4
1.4 ขอบเขตการวิจัย	4
1.5 ข้อตกลงเบื้องต้น	5
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	5
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2556	7
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน	9
2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับชุดฝึกปฏิบัติ	17
2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	27
2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ	43
2.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับเทคโนโลยีซีเอ็นซี	45
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	63
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	64
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	64
3.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	64
3.3 การดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล	80
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล	81
3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล	81
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	85
4.1 ผลการทดลองกลึงชิ้นงานโดยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี	85
4.2 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี	85
4.3 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี	86

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการเรียนการสอน	87
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	88
5.1 สรุปผลการวิจัย	89
5.2 อภิปรายผล	90
5.3 ข้อเสนอแนะทั่วไป	91
5.4 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัย	91
บรรณานุกรม	92
ภาคผนวก ก	95
- รายละเอียดหลักสูตรรายวิชา	96
- การวิเคราะห์หัวข้อเรื่อง	97
- การวิเคราะห์เนื้อหาสำคัญของหัวข้อเรื่อง	98
- การวิเคราะห์ ความสำคัญของหัวข้อเรื่อง	99
- การวิเคราะห์ระดับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	103
ภาคผนวก ข	105
- การวิเคราะห์ และกำหนดระดับวัตถุประสงค์การเรียนรู้เพื่อออกข้อสอบ	106
- การวิเคราะห์ เพื่อออกข้อสอบ	108
ภาคผนวก ค	110
- แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับดัชนีความสอดคล้อง วัตถุประสงค์การเรียนรู้กับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	111
- ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับดัชนี ความสอดคล้องวัตถุประสงค์การเรียนรู้กับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	127
- แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี	131
- ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี	133
- ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าสัมประสิทธิ์ ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	140
ภาคผนวก ง	
- ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกจากการทำแบบฝึกหัด	148
- ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	149
- แบบประเมินความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี	150
- ผลความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี	152
ภาคผนวก จ	153
- แบบสอบถามข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิชาผลิตชิ้นส่วน ด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี	154

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
- การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิชาผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี	156
ภาคผนวก ฉ	157
- รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ	158
- หนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญ	159
ภาคผนวก ช	162
- ใบเนื้อหา	163
- แบบฝึกหัด	280
- แบบทดสอบ	300
ภาคผนวก ซ	311
- คู่มือการใช้ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี	312
ภาคผนวก ฌ	368
- แบบในการพัฒนาชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี	369
ภาคผนวก ฎ	407
- ประวัติผู้วิจัย	408

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2 - 1 ตารางวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอน	31
ตารางที่ 2 - 2 ตารางวิเคราะห์ออกข้อสอบ (Test Blueprint)	33
ตารางที่ 4 - 1 ผลการทดลองกลิ้งและความผิดพลาดของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงาน	85
ตารางที่ 4 - 2 ผลการทดลองกลิ้งและความผิดพลาดของขนาดความยาวของชิ้นงาน	85
ตารางที่ 4 - 3 ผลการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญที่มีชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี	86
ตารางที่ 4 - 4 ผลการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียน	87
ตารางที่ 4 - 5 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทำแบบทดสอบ	87
ตารางที่ 4 - 6 ค่าเฉลี่ยคะแนนจากการสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการสอนด้วยชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี	87
ตารางที่ ก - 1 การวิเคราะห์หัวข้อเรื่อง	97
ตารางที่ ก - 2 การวิเคราะห์เนื้อหาสำคัญของหัวข้อเรื่อง	98
ตารางที่ ก - 3 การวิเคราะห์เนื้อหาสำคัญของหัวข้อเรื่อง	99
ตารางที่ ก - 4 การวิเคราะห์ความสำคัญของหัวข้อเรื่องการขึ้นรูปชิ้นส่วนด้วยเครื่องกลิ้งซีเอ็นซี	100
ตารางที่ ก - 5 การวิเคราะห์ระดับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	103
ตารางที่ ข - 1 การวิเคราะห์และกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้เพื่อออกข้อสอบ	106
ตารางที่ ข - 2 การวิเคราะห์เพื่อออกข้อสอบ (ภาคทฤษฎี)	108
ตารางที่ ข - 3 การวิเคราะห์วัตถุประสงค์การเรียนรู้เพื่อออกข้อสอบ (ภาคทฤษฎี)	109
ตารางที่ ค - 1 การวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ (ภาคทฤษฎี)	127
ตารางที่ ค - 2 การวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ (ภาคปฏิบัติ)	130
ตารางที่ ค - 3 ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดฝึก	133
ตารางที่ ค - 4 คะแนนการทดลองใช้แบบทดสอบของชุดฝึกที่สร้างขึ้น 35 ข้อ กลุ่มเก่ง	135
ตารางที่ ค - 5 คะแนนการทดลองใช้แบบทดสอบของชุดฝึกที่สร้างขึ้น 35 ข้อ กลุ่มอ่อน	137
ตารางที่ ค - 6 ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ 35 ข้อ	140
ตารางที่ ค - 7 คะแนนการทดลองใช้แบบทดสอบของชุดฝึกที่สร้างขึ้น 45 ข้อ กลุ่มเก่ง	141
ตารางที่ ค - 8 คะแนนการทดลองใช้แบบทดสอบของชุดฝึกที่สร้างขึ้น 45 ข้อ กลุ่มอ่อน	143
ตารางที่ ค - 9 ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ 45 ข้อ	146
ตารางที่ ง - 1 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกจากการทำแบบฝึกหัด	148
ตารางที่ ง - 2 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกจากการทำแบบทดสอบ	149
ตารางที่ ง - 3 ระดับความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี	152
ตารางที่ จ - 1 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามข้อมูลเบื้องต้น	156

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่	หน้า	
ภาพที่ 2-1	แสดงหลักการทำงานของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี	46
ภาพที่ 2-2	แสดงเครื่องวัดจุดโคออร์ดิเนตที่ควบคุมด้วยระบบซีเอ็นซี	46
ภาพที่ 2-3	แสดงชุดควบคุม	47
ภาพที่ 2-4	แสดงตัวเครื่องจักร	48
ภาพที่ 2-5	แสดงองค์ประกอบของระบบซีเอ็นซี	48
ภาพที่ 2-6	แสดงไดอะแกรมทำงานของหน่วยควบคุมเครื่องซีเอ็นซี	49
ภาพที่ 2-7	แสดงการควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โว	51
ภาพที่ 2-8	แสดงการปฏิบัติงานกับเครื่องจักร Manual	53
ภาพที่ 2-9	แสดงการปฏิบัติงานกับเครื่องจักร Automatic	53
ภาพที่ 2-10	แสดงรูปแบบการปฏิบัติงานกับเครื่องจักร Automatic	54
ภาพที่ 2-11	แสดงโครงสร้างระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ Open Loop	55
ภาพที่ 2-12	แสดงตัวอย่างระบบควบคุมอัตโนมัติแบบ Open Loop	55
ภาพที่ 2-13	แสดงโครงสร้างระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ Close Loop	56
ภาพที่ 2-14	แสดงตัวอย่างระบบควบคุมอัตโนมัติแบบ Close Loop	57
ภาพที่ 2-15	แสดงโครงสร้างระบบการควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี	57
ภาพที่ 2-16	แสดงลักษณะของเอซีเซอร์โวมอเตอร์	58
ภาพที่ 2-17	แสดงโครงสร้างของ Ball Screw	59
ภาพที่ 2-18	แสดงลักษณะการใช้งานและโครงสร้างของ Ball Screw	59
ภาพที่ 2-19	แสดงลักษณะการใช้งานและโครงสร้างของ Linear Scale	60
ภาพที่ 2-20	แสดงลักษณะการวัดตำแหน่งแบบทางอ้อม	60
ภาพที่ 2-21	แสดงหลักการทำงานของ Mini CNC	61
ภาพที่ 2-22	แสดงเครื่องกลึง Mini CNC	61
ภาพที่ 3-1	แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์หลักสูตร	65
ภาพที่ 3-2	แสดงการพัฒนาชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี	67
ภาพที่ 3-3	แสดงการนำเครื่องกลึงมาทำความสะอาด	68
ภาพที่ 3-4	แสดงแบบโครงสร้างชุดฝึก	69
ภาพที่ 3-5	แสดงการติดตั้งสเต็ปมอเตอร์ชุดบอลสกรู	69
ภาพที่ 3-6	แสดงชุดฝึกที่ติดตั้งสเต็ปมอเตอร์และชุดบอลสกรู	70
ภาพที่ 3-7	แสดงชุดควบคุมติดตั้งเรียบร้อย	70
ภาพที่ 3-8	แสดงชุดฝึกที่ติดตั้งอุปกรณ์เสร็จสิ้น	71
ภาพที่ 3-9	แสดงรูปแบบและข้อมูลของงานกลึงที่ทดลอง	71

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่	หน้า	
ภาพที่ 3-10	แสดงผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี	72
ภาพที่ 3-11	แสดงขั้นตอนการสร้างแบบประเมิน	73
ภาพที่ 3-12	แสดงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	76
ภาพที่ 3-13	แสดงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน(ปฏิบัติ)	78
ภาพที่ 3-14	แสดงขั้นตอนการดำเนินการทดลอง	79
ภาพที่ 3-15	แสดงการสอนโดยชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี	80

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยอยู่ในสถานการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงภายในประเทศทางด้านเศรษฐกิจ โดยต้องเร่งรัดการปรับโครงสร้างเศรษฐกิจสู่การเติบโตอย่างมีคุณภาพและยั่งยืน การขับเคลื่อนการปรับโครงสร้างเศรษฐกิจของไทยจะต้องใช้โอกาสจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระดับภูมิภาคและโลก อาทิ การรวมตัวเป็นประชาคมอาเซียน การขยายตัวของข้าวจ้างทางเศรษฐกิจใหม่ในเอเชีย โดยเฉพาะการดำเนินนโยบายของข้าวจ้างทางเศรษฐกิจเหล่านั้นกับประเทศเพื่อนบ้านของไทย รวมทั้งความเปลี่ยนแปลงด้านตลาดในโลก ในขณะที่การพัฒนาปรับปรุงด้านสมรรถนะในการแข่งขัน โดยเฉพาะด้านปัจจัยการผลิตจะต้องสัมพันธ์และร่วมพัฒนาในฐานะหุ้นส่วนที่เสมอภาคกับประเทศเพื่อนบ้านและประเทศสมาชิกในอาเซียนมากยิ่งขึ้น ภายใต้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญทั้งภายนอกและภายในประเทศที่จะส่งผลกระทบต่อทิศทางการพัฒนาประเทศไทยในอนาคตจำเป็นต้องกำหนดยุทธศาสตร์การพัฒนายุทธศาสตร์ที่เหมาะสม ขณะที่การทบทวนผลการพัฒนาประเทศในระยะที่ผ่านมา สะท้อนปัญหาเชิงโครงสร้างของระบบเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม และการบริหารจัดการประเทศที่ไม่เอื้อต่อการพัฒนาที่ยั่งยืนในระยะยาว ทั้งมีความเสี่ยงในหลายมิติที่อาจทำให้ปัญหาต่างๆ รุนแรงมากขึ้น การพัฒนาประเทศในอนาคตจึงจำเป็นต้องเตรียมพร้อมและสร้างภูมิคุ้มกันของประเทศให้เข้มแข็ง ให้สามารถปรับตัวรองรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงในอนาคตได้อย่างมั่นคง

ยุทธศาสตร์การปรับโครงสร้างเศรษฐกิจสู่การเติบโตอย่างมีคุณภาพและยั่งยืน ให้ความสำคัญกับการปรับโครงสร้างเศรษฐกิจ โดยใช้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี นวัตกรรม ความคิดสร้างสรรค์เป็นพื้นฐานสำคัญในการขับเคลื่อนสู่การพัฒนาที่มีคุณภาพและยั่งยืน ภายใต้ปัจจัยสนับสนุนที่เอื้ออำนวย และระบบการแข่งขันที่เป็นธรรม เพื่อสร้างภูมิคุ้มกันให้กับประเทศ มุ่งปรับโครงสร้างการค้าและการลงทุนให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสาขาบริการที่มีศักยภาพบนพื้นฐานของนวัตกรรมและความคิดสร้างสรรค์ พัฒนาธุรกิจสร้างสรรค์ และสร้างมูลค่าเพิ่มด้วยเทคโนโลยีและกระบวนการผลิต พัฒนาภาคอุตสาหกรรมสู่อุตสาหกรรมฐานความรู้เชิงสร้างสรรค์ เพื่อให้เป็นฐานเศรษฐกิจของประเทศที่เข้มแข็งและขยายตัวอย่างมีคุณภาพ การพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัย และนวัตกรรม ให้เป็นพลังขับเคลื่อนการปรับโครงสร้างเศรษฐกิจให้เติบโตอย่างมีคุณภาพและยั่งยืน เน้นการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ วิจัยและพัฒนาไปต่อยอด ถ่ายทอดและประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัย และนวัตกรรมที่ส่งเสริมการใช้ความคิดสร้างสรรค์และสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับภาคการผลิต ตลอดจนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัย และนวัตกรรมให้ทั่วถึงและเพียงพอทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ (แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11)

ความเจริญก้าวหน้าทางภาคอุตสาหกรรมส่งผลให้เกิดการพัฒนาและคิดค้นเครื่องจักรกลที่มีความเชื่อมโยงกับเทคโนโลยีสมัยใหม่โดยเฉพาะระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการผลิตของภาคอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก ส่งผลให้เกิดการแข่งขันกันทางด้านเทคโนโลยี

อย่างต่อเนื่องและไม่มีที่สิ้นสุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งการขยายตัวทางด้านอุตสาหกรรมมีแนวโน้มนับวันยิ่งมีสูงขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งจะส่งผลให้ภาคอุตสาหกรรมมีความจำเป็นต้องใช้กระบวนการผลิตที่เป็นระบบอัตโนมัติเพิ่มมากขึ้นเพื่อลดปัญหาผลผลิตที่ขาดคุณภาพและไม่ได้มาตรฐานจากกระบวนการผลิตที่เคยมีใช้กันอยู่ในอดีต ระบบซีเอ็นซี (CNC) เป็นระบบอัตโนมัติที่มีการนำมาใช้งานอีกระบบหนึ่งในภาคอุตสาหกรรม เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องไม่หยุดนิ่งตามยุคสมัย ยังคงมีความทันสมัยอยู่ตลอดเวลา โรงงานอุตสาหกรรมหลายแห่ง ไม่ว่าจะเป็นโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ขนาดกลางหรือขนาดใหญ่ต่างนำระบบซีเอ็นซี (CNC) เข้ามาใช้เพื่อควบคุมการผลิตชิ้นงาน ไม่ว่าจะเป็นชิ้นงานที่มีรูปร่างลักษณะยากง่ายเพียงใด ระบบซีเอ็นซีก็สามารถทำได้ตรงตามความต้องการ ซึ่งปัจจุบันความสามารถของระบบซีเอ็นซีมีการพัฒนาไปตามลำดับ ไม่ว่าจะเป็นความสามารถทางการส่งถ่ายข้อมูล ความยืดหยุ่นในการผลิตชิ้นงาน ระยะเวลาในการผลิตชิ้นงาน อุปกรณ์เครื่องมือหรือแม้แต่การแสดงผลภาพจำลองการทำงาน ส่งผลดีต่อการปฏิบัติงานภายในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก ดังนั้นการเรียนรู้และศึกษาระบบซีเอ็นซีจึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งในยุคปัจจุบัน เมื่อระบบซีเอ็นซีมีการพัฒนาและมีความนิยมนำมาใช้เพิ่มมากขึ้นเท่าไร ก็ย่อมมีความจำเป็นที่จะต้องจัดเตรียมบุคลากรให้มีความพร้อม สามารถเรียนรู้และเข้าใจถึงระบบการทำงานต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดีเพิ่มมากขึ้นเท่านั้น การพัฒนาบุคลากรเพื่อเตรียมความพร้อมเกี่ยวกับระบบซีเอ็นซีจึงเป็นสิ่งจำเป็น โดยในปัจจุบันจะเห็นได้ว่าทางภาคอุตสาหกรรมมีการจัดฝึกอบรมพนักงานอยู่เป็นระยะ ๆ และต่อเนื่องเพื่อให้พนักงานมีการพัฒนาตนเองให้ทันต่อเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไป หรือแม้แต่ทางภาคการศึกษาทางด้านอาชีพเองก็มีการบรรจุหลักสูตรการเรียนการสอนทางด้านระบบซีเอ็นซี ในสถานศึกษาขึ้นเพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมของบุคลากรเพื่อรองรับเข้าสู่ภาคอุตสาหกรรมในอนาคตต่อไป (อดุลย์, 2556 : 2)

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา เป็นหน่วยงานหลักในการผลิตบุคลากรด้านสายอาชีพ โดยมีจุดมุ่งหมายของหลักสูตร คือเพื่อให้มีความรู้ ทักษะและประสบการณ์ในงานอาชีพสอดคล้องกับมาตรฐานวิชาชีพสามารถนำความรู้ทักษะและประสบการณ์ในงานอาชีพไปปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีมาตรฐานการศึกษาวิชาชีพของผู้สำเร็จการศึกษา ด้านสมรรถนะวิชาชีพ สาขาวิชาช่างกลโรงงาน ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี (สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, 2557)

วิทยาลัยเทคนิคอ่างทองเป็นสถาบันหนึ่งของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ที่เปิดสอนวิชาช่างกลโรงงาน ซึ่งในหลักสูตรกำหนดให้เรียนวิชา ผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี โดยคำอธิบายรายวิชากำหนดให้ปฏิบัติงานขั้นรูปชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี ในฐานะครูผู้สอนแผนกวิชาช่างกลโรงงาน มีหน้าที่จัดการเรียนการสอนให้บรรลุวัตถุประสงค์ของหลักสูตรที่กำหนดไว้ โดยมุ่งสอนให้ความรู้ทั้งด้านทฤษฎีและปฏิบัติอย่างเต็มความสามารถ แต่ก็ยังประสบปัญหาในการจัดการเรียนการสอนอยู่มาก ทำให้นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ต่ำซึ่งอาจเป็นเพราะนักศึกษามีโอกาสได้ฝึกทักษะน้อย เนื่องจาก ชุดฝึกงานกลึงซีเอ็นซีหรือเครื่องกลึงซีเอ็นซีประกอบ การสอนที่มีอยู่ไม่เพียงพอ อาจสืบเนื่องมาจากเหตุต่างๆ ดังนี้

1. ในการฝึกแต่ละครั้งจำนวนเครื่องกลึงซีเอ็นซีเพียง 1 เครื่องไม่เพียงพอต่อจำนวนนักเรียนอีกเครื่องกลึงซีเอ็นซีที่มีอยู่ใช้งานมาเป็นเวลานานหลายปี และต้องใช้ประกอบการเรียนการสอนหลาย

รายวิชาที่มีบ่อยครั้งที่เครื่องกลึงซีเอ็นซีเกิดขัดข้องไม่สามารถใช้งานได้ต้องซ่อมแซมโดยช่างผู้ชำนาญ นักเรียนไม่สามารถเรียนได้ครบตามหลักสูตรกำหนด

2. นักศึกษาส่วนใหญ่ขาดทักษะ การผลิตชิ้นส่วนงานกลึงซีเอ็นซี ซึ่งจำเป็นต้องเรียนรู้จาก ชุดฝึกงานกลึงซีเอ็นซี หรือเครื่องกลึงซีเอ็นซี

3. การใช้เครื่อง กลึงซีเอ็นซี จริงซึ่งมีราคาสูง หากผู้สอนควบคุมไม่ดีพออาจเกิด ความเสียหายแก่เครื่องจักรได้ งบประมาณที่ใช้ในการซ่อมแซมก็สูงตามด้วยเช่นกัน

จากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นจากครูที่มีประสบการณ์ในการสอนวิชา ผลิตชิ้นส่วนด้วย เครื่องมือกลึงซีเอ็นซี ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา จำนวน 10 แห่ง ได้แก่ วิทยาลัยเทคนิคพระนครศรีอยุธยา วิทยาลัยเทคนิคท่าหลวงซิเมนต์ไทยอนุสรณ์ วิทยาลัยเทคนิค ปทุมธานี วิทยาลัยเทคนิคสิงห์บุรี วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท วิทยาลัยเทคนิค นครสวรรค์ วิทยาลัย เทคนิคสมุทรปราการ วิทยาลัย เทคนิคเพชรบูรณ์ วิทยาลัยเทคนิค เพชรบุรี เกี่ยวกับสภาพการจัดการเรียนการสอนวิชาผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลึง ซีเอ็นซี โดยการใช้การสัมภาษณ์และตอบแบบสอบถาม (ดังรายละเอียดในภาคผนวก จ หน้า 154 - 155) พบว่าสภาพการเรียนการสอนที่เป็นอยู่ให้นักศึกษามีโอกาสได้ฝึกทักษะน้อยมาก เนื่องจาก เครื่องกลึงซีเอ็นซีดังกล่าวมีจำนวนไม่เพียงพอ

จากสภาพปัญหาการจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับการผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลึงซีเอ็นซี พบว่าปัญหาที่มีอยู่ในระดับมากที่สุด คือ เครื่องกลึงซีเอ็นซี มีไม่เพียงพอกับจำนวนนักศึกษา เครื่องกลึงซีเอ็นซีหรือชุดฝึกงานกลึงซีเอ็นซีที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมีราคาสูง และขาดงบประมาณในการจัดซื้อ (ดังรายละเอียดในภาคผนวก จ หน้า 156)

จากข้อมูลดังกล่าวสรุปได้ว่าปัญหาในด้านการเรียนการสอนที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

1. ขาดชุดฝึกงานกลึงซีเอ็นซี ในการสอน นักเรียนไม่สามารถเรียนรู้ได้ครบถ้วนและทั่วถึง เนื่องจากเครื่องกลึงซีเอ็นซีมีราคาสูง ขาดงบประมาณในการจัดซื้อ
2. ชุดฝึกมีจำนวนไม่เพียงพอต่อจำนวนนักศึกษา

จากสภาพปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยได้เห็นความสำคัญของชุดฝึกประกอบการเรียนการสอน ทั้งนี้ เพราะชุดฝึก จะช่วยเพิ่มพูนประสบการณ์ให้แก่ผู้เรียนได้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะ พัฒนาชุดฝึกขึ้น เพราะชุดฝึกนั้นประกอบด้วยเครื่องกลึงมินิซีเอ็นซีประกอบการเรียนการสอน วัตถุประสงค์ ใบเนื้อหา ใบงานแสดงลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และฝึกปฏิบัติ ตอบสนองความ แตกต่างระหว่างบุคคลได้อีกด้วย

ชุมพล (2547 : 42) ได้ให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ทางการศึกษาว่า ควรมีการวิจัย และพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติ เพื่อแก้ปัญหาคาดแคลนเครื่องจักรประกอบ การเรียนการสอนสำหรับ ผู้เรียน

จากความสำคัญของชุดฝึกดังกล่าว ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงคุณค่าของชุดฝึกซึ่งเป็นสื่อการเรียน การสอนประเภทหนึ่ง ที่จะช่วยให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผล ที่สูงขึ้น ผู้วิจัยในฐานะเป็นครูผู้สอนจึงมีแนวคิดในการ พัฒนา ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี เพื่อใช้ ประกอบการเรียนการสอน นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาวิชาช่าง กลโรงงาน ในรายวิชาผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลึงซีเอ็นซี รหัสวิชา 2101-2109 ซึ่งจะเป็นประโยชน์มากในการ

แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนการสอน เป็นการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนและอาจเป็นแนวทางในการส่งเสริมให้ผู้สนใจได้ทำการศึกษาและพัฒนาสร้างสื่อชุดฝึกในรายวิชาอื่นๆ ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้ครูผู้สอนได้สร้างและพัฒนาสื่อการเรียนการสอนให้ทันสมัยยิ่งขึ้น เพื่อนำไปใช้ให้ความรู้ฝึกทักษะและประสบการณ์แก่นักเรียนนักศึกษาให้เป็นผู้ที่มีมาตรฐานด้านสมรรถนะวิชาชีพซึ่งสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายหลักของหลักสูตรสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ในการผลิตบุคลากรด้านสายอาชีพ ตรงกับความต้องการด้านแรงงานฝีมือของตลาดแรงงานต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อพัฒนาชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี
- 1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีที่พัฒนาขึ้น
- 1.2.3 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการใช้ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีที่พัฒนาขึ้น

1.3 สมมติฐานในการวิจัย

- 1.3.1 ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีมีคุณภาพไม่ต่ำกว่าระดับมาก ($\bar{X} > 3.50$)
- 1.3.2 ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีที่ พัฒนาขึ้นนำไปใช้สอนได้อย่างมีประสิทธิภาพไม่น้อยกว่าร้อยละ 80/80
- 1.3.3 นักเรียนที่เรียนด้วย ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี มีความพึงพอใจไม่ต่ำกว่าระดับมาก ($\bar{X} > 3.50$)

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1.4.1 ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีเนื้อหาตามวิชาผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี รหัสวิชา 2101-2109 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.) พ.ศ. 2556 สาขาวิชาช่างกลโรงงาน สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

1.4.2 ขอบเขตของเนื้อหาชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี ประกอบด้วย

- 1.4.2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับการผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี
- 1.4.2.2 ชุดฝึกสามารถฝึกนักเรียนได้ดังนี้

1. ชุดฝึกสามารถใช้เป็นสื่อประกอบการเรียนการสอนภาคทฤษฎีและ
ภาคปฏิบัติ

2. ใช้ฝึกปฏิบัติงานกลึงปาดหน้าด้วย Nc code
3. ใช้ฝึกปฏิบัติงานกลึงปอกด้วย Nc code
4. ใช้ฝึกปฏิบัติงานกลึงเรียวด้วย Nc code
5. ใช้ฝึกปฏิบัติงานกลึงโค้งด้วย Nc code
6. ใช้ฝึกปฏิบัติงานกลึงเจาะร่องด้วย Nc code
7. ใช้ฝึกปฏิบัติงานกลึงเกลียวด้วย Nc code

1.4.3 ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีมีลักษณะแบบ Flat Bed คือป้อมมีต่ออยู่หน้าแนวศูนย์เครื่องจับยึดเครื่องมือตัดครั้งละ 1 เครื่องมือ

1.4.4 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 3 แผนกวิชาช่างกลโรงงาน วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง ซึ่งลงทะเบียนเรียนวิชาผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี รหัสวิชา 2102-2109 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ในการวิจัยจำนวน 16 คน

1.4.5 ตัวแปรที่ศึกษา

1.4.5.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

1.4.5.2 ตัวแปรตาม

1.4.5.2.1 คุณภาพของชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

1.4.5.2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการใช้ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

1.4.5.2.3 ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

1.4.6 การวิจัย ครั้งนี้ ได้ดำเนินการในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 ระหว่าง เดือน กรกฎาคม - กันยายน พ.ศ. 2558 ช่วง 9 สัปดาห์หลังจากการออกฝึกงานของนักเรียน

1.5 ข้อตกลงเบื้องต้น

1.5.1 การวิจัยครั้งนี้ไม่คำนึงถึงเพศ อายุ พื้นฐานทางสังคมและเศรษฐกิจ

1.5.2 ประชากรที่ใช้เป็นนักศึกษาแผนกวิชาช่างกลโรงงาน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 3 วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี รหัสวิชา 2102-2009

1.5.3 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ชุดฝึก ต้องเป็นนักเรียนที่ไม่เคยเรียนวิชาผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี รหัสวิชา 2102-2109 มาก่อน

1.5.4 ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองสอนด้วยตัวเองโดยใช้ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

1.5.5 การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้คะแนนจากแบบฝึกหัด ใบงาน แบบทดสอบในภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ เพื่อหาประสิทธิภาพเครื่องมือ

1.5.6 การวิจัยครั้งนี้ถือว่านักเรียนที่เรียนด้วยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี เรียนด้วยความตั้งใจ และเต็มความสามารถ

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี หมายถึง ชุดฝึกที่ผู้วิจัย พัฒนา ขึ้นด้วยตนเอง โดยปรับปรุงเครื่องกลึงธรรมดาด้วยการติดตั้งอุปกรณ์ สามารถทำงานได้โดยใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมด้วยการป้อนโปรแกรมเอ็นซี มีใบเนื้อหา คู่มือการใช้และใบงาน จำนวน 6 ใบงาน เพื่อใช้ประกอบการเรียนด้วยชุดฝึกของนักเรียน

1.6.5 คู่มือการใช้ชุดฝึก หมายถึง เอกสารประกอบการสอนในการใช้ชุดฝึก ซึ่งประกอบไปด้วยรายละเอียดทั่วไปของชุดฝึก ส่วนประกอบของชุดฝึก คำแนะนำการใช้ชุดฝึก และการปฏิบัติงานด้วยชุดฝึก

1.6.6 คู่มือผู้เรียน หมายถึง เอกสารประกอบการเรียนของนักเรียน ประกอบด้วย ใบเนื้อหา ใบแบบฝึกหัด และใบงาน

1.6.7 ประสิทธิภาพของชุดฝึก หมายถึง ประสิทธิภาพของชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี ซึ่งวัดจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้ประเมินไม่น้อยกว่าร้อยละ 80/80 โดยคำนวณจากค่าเฉลี่ยของกลุ่ม มีความหมายดังนี้

80 ตัวแรก (E_1) หมายถึง ค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติระหว่างเรียนด้วยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

80 ตัวหลัง (E_2) หมายถึง ค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการทำคะแนนทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติด้วยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

1.6.8 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ข้อทดสอบแบบปรนัยที่สร้างขึ้นเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังจบบทเรียน (Posttest) ในภาคทฤษฎี

1.6.9 แบบทดสอบภาคปฏิบัติ หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นโดยผ่านความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนในภาคปฏิบัติ

1.6.10 แบบฝึกหัด หมายถึง แบบที่ใช้ประเมินผลความก้าวหน้าระหว่างเรียน

1.6.11 ใบงาน หมายถึง เอกสารแสดงลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน เพื่อให้นักเรียนฝึกตามขั้นตอน

1.6.12 ใบประเมินผลภาคปฏิบัติ หมายถึงเอกสารการประเมินผลการปฏิบัติงานของนักเรียน

1.6.13 นักเรียน หมายถึงนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาช่างกลโรงงาน วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ได้ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนในรายวิชาผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี และรายวิชาอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น วิชาพื้นฐานเทคโนโลยีซีเอ็นซี วิชาโปรแกรมซีเอ็นซี วิชางานเครื่องมือกลซีเอ็นซี เป็นต้น

1.7.2 การเรียนการสอนโดยใช้ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี ช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น สามารถใช้เป็นความรู้พื้นฐานในการเรียนในรายวิชาต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้อย่างต่อเนื่อง ช่วยประหยัดเวลา ช่วยประหยัดงบประมาณในการจัดซื้อจัดหาเครื่องจักรกลซีเอ็นซีที่มีราคาสูง

1.7.3 เป็นแนวทางในการพัฒนาชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีเพื่อใช้ในการเรียนการสอน

1.7.4 เป็นแนวทางให้ครูผู้สอนในการพัฒนาชุดฝึกที่มีคุณภาพในรายวิชาอื่นๆ เพื่อเป็นสื่อการเรียนการสอนที่ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดฝึก งานกลิ้งมินิซีเอ็นซี ในระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสาร และงานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นพื้นฐานและประกอบการทำวิจัย ดังนี้

- 2.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2556
- 2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน
- 2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับชุดฝึก
- 2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับความพึงพอใจ
- 2.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับเทคโนโลยีซีเอ็นซี
- 2.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับมินิซีเอ็นซี
- 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)

2.1.1 จุดมุ่งหมายของหลักสูตร

สำนักงานคณะกรรมการได้พัฒนาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 ให้สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ แผนการศึกษาแห่งชาติ และประชาคมอาเซียน เพื่อผลิตและพัฒนากำลังคนระดับฝีมือให้มีสมรรถนะสามารถประกอบอาชีพได้ตรงตามความต้องการของสถานประกอบการและการประกอบอาชีพอิสระ เน้นสมรรถนะเฉพาะด้านด้วยการปฏิบัติจริง โดยมีจุดมุ่งหมายของหลักสูตรดังนี้ (สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, 2557 : 2)

2.1.1.1 เพื่อให้มีความรู้ ทักษะและประสบการณ์ในงานอาชีพสอดคล้องกับมาตรฐานวิชาชีพ สามารถนำความรู้ ทักษะและประสบการณ์ในงานอาชีพได้อย่างมีประสิทธิภาพ เลือกวิธีการดำรงชีวิต การประกอบอาชีพได้อย่างเหมาะสมกับตน สร้างสรรค์ความเจริญต่อชุมชน ท้องถิ่น และประเทศชาติ

2.1.1.2 เพื่อให้เป็นผู้มีปัญญา มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ใฝ่เรียนรู้ เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตและการประกอบอาชีพ สามารถสร้างอาชีพ มีทักษะในการจัดการและพัฒนาอาชีพให้ก้าวหน้าอยู่เสมอ

2.1.1.3 เพื่อให้มีเจตคติที่ดีต่ออาชีพ มีความมั่นใจและภาคภูมิใจในวิชาชีพที่เรียน รักงาน รักหน่วยงานสามารถทำงานเป็นหมู่คณะได้ดี โดยมีความเคารพในสิทธิและหน้าที่ของตนเอง และผู้อื่น

2.1.1.4 เพื่อให้เป็นผู้มีพฤติกรรมทางสังคมที่ดีงามทั้งในการทำงาน การอยู่ร่วมกัน การต่อต้านความรุนแรง และสารเสพติด มีความรับผิดชอบต่อครอบครัว หน่วยงาน ท้องถิ่น และประเทศชาติ อุทิศตนเพื่อสังคม เข้าใจและเห็นคุณค่าของศิลปวัฒนธรรม ภูมิปัญญาท้องถิ่น มีจิตสำนึกด้านปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง รู้จักใช้และอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และสร้างสิ่งแวดล้อมที่ดี

2.1.1.5 เพื่อให้มีบุคลิกที่ดี มีมนุษยสัมพันธ์ มีคุณธรรม จริยธรรม และวินัยในตนเอง มีสุขภาพอนามัยที่สมบูรณ์ทั้งร่างกายและจิตใจ เหมาะสมกับงานอาชีพ

2.1.1.6 เพื่อให้ตระหนักและมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาเศรษฐกิจ สังคม การเมือง ของประเทศ และโลก มีความรักชาติ สำนึกในความเป็นไทย เสียสละเพื่อส่วนร่วม ดำรงรักษาไว้ซึ่งความมั่นคงของชาติ ศาสนา พระมหากษัตริย์ และการปกครองระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์เป็นประมุข

2.1.2 โครงสร้างหลักสูตร

โครงสร้างหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 แบ่งเป็น 3 หมวดวิชา และกิจกรรมเสริมหลักสูตร ดังนี้ (สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, 2557)

2.1.2.1 หมวดวิชาทักษะชีวิต

- 1) กลุ่มวิชาภาษาไทย
- 2) กลุ่มวิชาภาษาต่างประเทศ
- 3) กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์
- 4) กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์
- 5) กลุ่มวิชาสังคมศึกษา
- 6) กลุ่มวิชาสุขศึกษาและพลศึกษา

2.1.2.2 หมวดวิชาทักษะวิชาชีพ

- 1) กลุ่มทักษะวิชาชีพพื้นฐาน
- 2) กลุ่มทักษะวิชาชีพเฉพาะ
- 3) กลุ่มทักษะวิชาชีพเลือก
- 4) ฝึกประสบการณ์ทักษะวิชาชีพ
- 5) โครงการพัฒนาทักษะวิชาชีพ

2.1.2.3 หมวดวิชาเลือกเสรี

2.1.2.4 กิจกรรมเสริมหลักสูตร

จำนวนหน่วยกิตของแต่ละหมวดวิชาตลอดหลักสูตร ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ใน โครงสร้างของแต่ละประเภทวิชาและสาขาวิชา รายวิชาแต่ละหมวดวิชา สถานศึกษาอาชีวศึกษา หรือสถาบันสามารถจัดตามที่กำหนดไว้ในหลักสูตรและหรือพัฒนาได้ตามความเหมาะสมของภูมิภาค ตามยุทธศาสตร์ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ ทั้งนี้สถานศึกษาอาชีวศึกษา หรือสถาบันต้องกำหนดรหัสวิชา จำนวนหน่วยกิตและจำนวนชั่วโมงเรียนตามที่กำหนดไว้ในหลักสูตร

2.1.3 หลักสูตรรายวิชาผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี

รายวิชาผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี อยู่ในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2556 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างกลโรงงาน ซึ่งกำหนดให้ผู้เรียน ต้องเรียนจำนวน 6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ จำนวน 2 หน่วยกิต รายละเอียดของวิชาผลิตชิ้นส่วนด้วย เครื่องมือกลซีเอ็นซี มีดังนี้ (สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, 2557)

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. เข้าใจหลักการโครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องมือกลซีเอ็นซี
2. เขียนโปรแกรมเอ็นซี และปฏิบัติงานเกี่ยวกับเครื่องมือกลซีเอ็นซี
3. มีกิจนิสัยในการทำงานที่มีระเบียบแบบแผน มีความรับผิดชอบต่อตนเอง ส่วนรวม และปฏิบัติงานตามหลักความปลอดภัย

สมรรถนะรายวิชา

1. เขียนโปรแกรมเอ็นซี ตามหลักการและกระบวนการ
2. ผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี ตามหลักการและกระบวนการ

คำอธิบายรายวิชา

ปฏิบัติเกี่ยวกับเครื่องมือกลซีเอ็นซี หลักการ ชนิดของเครื่องมือกลซีเอ็นซี กำหนดขั้นตอน การทำงาน เตรียมวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องกลึงซีเอ็นซี เครื่องกัดซีเอ็นซี เขียนโปรแกรมเอ็นซี และป้อน โปรแกรมงานกลึง งานกัดพื้นฐาน ทดสอบแก้ไขโปรแกรม ปฏิบัติงานขั้นรูบขึ้นส่วนด้วยเครื่องกลึง ซีเอ็นซี เครื่องกัดซีเอ็นซี ใช้เครื่องมือวัด ตรวจสอบและบำรุงรักษาเครื่องมือกลซีเอ็นซี ปฏิบัติงานตาม หลักความปลอดภัย

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน

สุชาติ (2554 : 110-118) การสอนนั้นโดยความเป็นจริงแล้วเป็นงานที่ต้องใช้ทักษะขั้นสูงที่จะ ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ให้การฝึกฝนหรือปฏิบัติการต่องานที่จำเป็นตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นที่พอใจทั้งผู้สอนและผู้เรียน ผู้สอนที่ดีจะทำเนื้อหาวิชาที่ยากนั้นให้ง่ายต่อ การเรียน แต่ตรงกันข้ามผู้สอนที่ไม่ดีจะทำเนื้อหาวิชาที่ง่ายให้กลับเป็นยากต่อการเรียน ดังนั้นการ สอนที่ดี จึงจะต้องเริ่มต้นจากการเตรียมที่ดี เมื่อเนื้อหาวิชาได้ถูกจัดสรรมาอย่างเหมาะสมแล้ว ผู้สอน ก็จะมีต้นวางแผนที่ เขาจะนำผู้เรียนอย่างไรให้พวกเขาได้เรียนรู้เนื้อหาวิชาเหล่านั้นได้อย่างมี ประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งสิ่งเหล่านี้ต้องอาศัยการเลือกอย่างชาญฉลาดและใช้วิธีการในการสอนตลอดจน ถึงสื่ออุปกรณ์ช่วยสอนต่างๆ ที่จะนำมาใช้อย่างเหมาะสม อย่างไรก็ตาม วิธีการสอน เทคนิคการสอน และสื่อช่วยสอนอาจจะเปลี่ยนแปลงไปตามแต่ละสถานการณ์ของบทเรียน แต่ขอบบวนการในการช่วยนำ ผู้เรียนในบทเรียนนั้น ก็ยังมีขั้นตอนเช่นเดียวกันหมด เพื่อจะเป็นการช่วยผู้ที่จะเป็นครูใหม่ในการที่จะ วางแผนดำเนินการสอนของตนให้มีประสิทธิภาพได้อย่างสูงที่สุดนั้น ในบทนี้จึงขอแนะนำถึงโครงสร้าง ของบทเรียน เพื่อจะใช้ในการวางแผนบทเรียนที่ดี

2.2.1 ลักษณะบทเรียน

บทเรียนคืออะไร คำว่าบทเรียนที่ใช้ในการสอนทางวิชาชีพนั้น หมายถึงขบวนการทั้งหมดที่ผู้สอนจะใช้ในการสอนหรือให้เนื้อหาวิชาและประสบการณ์ในหน่วยหนึ่งๆ ให้แก่ผู้เรียน บทเรียนมิได้มีความหมายเฉพาะเพียงกิจกรรมในระหว่างชั้นเรียน หากแต่รวมถึงขบวนการทั้งหมด ตั้งแต่ต้นจนจบสิ้นสุดหน่วยการเรียนการสอนนั้น บทเรียนอาจจะเป็นหน่วยใหญ่หรือหน่วยย่อยก็ได้ เราอาจจะมีบทเรียนซึ่งใช้เวลาในการสอนเพียงไม่กี่นาที จนถึงบทเรียนซึ่งใช้เวลาในการสอนหลายๆ ชั่วโมงก็ได้ ผู้สอนทุกคนย่อมต้องการที่สร้างบทเรียนที่ดีเพื่อให้การสอนของตนเป็นไปได้อย่างดีที่สุด ดังนั้นในที่นี้จึงขอเสนอแนะลักษณะของบทเรียนที่ดีเพื่อให้ผู้สอนพิจารณา ซึ่งบทเรียนที่ดีควรมีลักษณะเด่น 5 ประการดังนี้

1. น่าสนใจ
2. เนื้อหาถูกต้อง
3. ส่งเสริมความคิด
4. เน้นจุดสำคัญ
5. ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติการ

2.2.2 ส่วนประกอบของบทเรียน

บทเรียนแต่ละบทนั้นจะไม่มีรูปแบบตายตัว อาจเปลี่ยนแปลงไปตามสถานการณ์ และลักษณะของเนื้อหาวิชาและวัตถุประสงค์ของบทเรียนนั้นๆ แต่อย่างไรก็ตามบทเรียนแต่ละบทเรียนนั้น จะมีขบวนการในดำเนินการของขั้นตอนการเรียนรู้ที่เหมือนกัน นั่นคือ M - I - A - P ดังนั้นบทเรียนที่ดีซึ่งมีลักษณะเด่น 5 ประการข้างต้นนี้จะต้องประกอบด้วยส่วนประกอบที่เด่นชัด 3 ประการต่อไปนี้

1. เป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ (Aim or Objective) ซึ่งเป็นข้อความที่จะระบุถึงจุดมุ่งหมายที่แน่ชัดที่จะให้บทเรียนบรรลุถึงได้ วัตถุประสงค์ของบทเรียนจะต้องระบุไว้เฉพาะและชัดเจน เพื่อให้การตีความหมายเป็นได้อย่างถูกต้องโดยไม่คลุมเครือ และบรรลุถึงพฤติกรรมของผู้เรียน หลังจากที่บทเรียนได้สิ้นสุดลงแล้ว เป้าหมายหรือวัตถุประสงค์เมื่อกำหนดไว้ชัดเจน จะช่วยให้ผู้เรียนรู้ว่าเขาถูกคาดหวังให้ทำอะไรได้บ้าง และยังช่วยผู้สอนในการวางแผน เตรียมการและดำเนินบทเรียน ให้บรรลุถึงสิ่งที่ได้ระบุไว้นั้น

2. เนื้อหาวิชา (Subject Matter) เนื้อหาวิชา หมายถึง สิ่งต่างๆ ที่สอนไป ซึ่งได้แก่ ทักษะหรือปฏิบัติการ ความรู้หรือข้อมูลต่างๆ หรือลักษณะนิสัยและเจตคติ ลักษณะของเนื้อหาวิชาจะมีอิทธิพลอย่างมากต่อวิธีการและเทคนิคการสอนที่ใช้ในขบวนการเรียนการสอน เนื้อหาวิชาที่เหมือนกับวัตถุประสงค์คือ จะต้องกำหนดไว้ชัดเจน จะช่วยให้ผู้เรียนรู้ว่าเขาถูกคาดหวังให้ทำอะไรได้บ้าง และยังช่วยผู้สอนในการวางแผน เตรียมการและดำเนินบทเรียนให้บรรลุถึงสิ่งที่ได้ระบุไว้นั้น

3. วิธีดำเนินการ (Procedure) วิธีดำเนินการของบทเรียนนั้นจะประกอบด้วยกลุ่มของขั้นตอนหรือปฏิบัติการต่างๆ ที่ผู้สอนจะใช้ในการช่วยนำให้ผู้เรียนได้รับเนื้อหาวิชาเพื่อที่จะให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของบทเรียนนั้น ในกิจกรรมของขั้นตอนการสอนต่างๆ เหล่านี้ จะต้องถูกดำเนินไป

ตามลำดับขั้นตอนอย่างมีประสิทธิภาพ มิฉะนั้นแล้วขบวนการของการสอนก็จะไม่สมบูรณ์ และไม่สำเร็จผลขั้นตอนต่างๆ ที่เป็นหัวใจในที่นี้ ก็คือ ขั้นตอนทั้งสี่ของขบวนการเรียน (M-I-A-P) นั่นเอง จะสังเกตได้ว่า บทเรียนที่ประกอบด้วยส่วนประกอบทั้ง 3 ประการข้างต้นนี้เป็นขบวนการที่จะดำเนินไปได้ด้วยการนำเอาขั้นตอนของขบวนการเรียนรู้มาส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาวิชาได้อย่างมีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ของบทเรียน

2.2.3 โครงสร้างของบทเรียน

เมื่อจะพิจารณากันถึงรายละเอียดของส่วนประกอบของบทเรียนแล้ว เราสามารถที่จะจำแนกลักษณะโครงสร้างของบทเรียนที่ได้ออกได้เป็นส่วนๆ ดังต่อไปนี้

1. มีรูปแบบของบทเรียนที่ถูกต้องและครบขั้นตอน
2. ใช้วิธีการสอนต่างๆ ในบทเรียนหนึ่งๆ
3. จำกัดเวลาสำหรับลำดับขั้นตอนการสอนหนึ่งๆ
4. จัดให้ผู้เรียนมีกิจกรรมร่วมอย่างเพียงพอ
5. มีอุปกรณ์ช่วยสอนที่เหมาะสม

2.2.3.1 รูปแบบของบทเรียน

สิ่งที่ทราบกันโดยทั่วไปแล้วว่า บุคคลจะเรียนรู้ได้เมื่อบุคคลนั้นได้ผ่านกิจกรรมต่างๆ ในขั้นตอนทั้ง 4 ขั้นของขบวนการเรียนรู้ อันได้แก่

- ขั้นสนใจปัญหา (Motivation)
- ขั้นศึกษาข้อมูล (Information)
- ขั้นพยายาม (Application)
- ขั้นสำเร็จผล (Progress)

และการสอน คือ การช่วยให้บุคคลอื่นได้เรียนรู้ ซึ่งทำได้ด้วยการจัดเตรียมและดำเนินการให้ผู้เรียนได้ผ่านประสบการณ์การเรียนรู้จากกิจกรรมของขั้นตอนทั้งสี่ข้างต้นนี้ ดังนั้น บทเรียนที่ผู้สอนได้จัดสร้างขึ้นควรจะต้องมีโครงสร้างซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนของขบวนการเรียนรู้ในลักษณะและลำดับที่เหมาะสม โครงสร้างของบทเรียนที่เหมาะสมจึงอาจแบ่งแยกได้เป็น 2 รูปแบบ คือ รูปแบบมาตรฐานและรูปแบบดัดแปลง

2.2.3.1.1 รูปแบบมาตรฐาน

โครงสร้างของบทเรียนรูปแบบมาตรฐานของบทเรียนหนึ่งๆ สามารถกระทำได้ด้วยการสร้างบทเรียนให้มีลำดับขั้นตอนการสอนทั้งสี่ขั้นเรียงตามลำดับดังนี้

เมื่อบทเรียนมี 1 วัตถุประสงค์ โครงสร้างของบทเรียนจะเป็นดังนี้

เวลา (นาที)	3	15	22	30
วัตถุประสงค์ที่	1	1	1	1
ขั้นสนใจปัญหา				
ขั้นศึกษาข้อมูล				
ขั้นพยายาม				
ขั้นสำเร็จผล				

ลำดับขั้นตอนการสอน

1. นำเข้าสู่บทเรียนใช้เวลา 3 นาที
2. ให้เนื้อหาความรู้ใช้เวลา 12 นาที
3. ให้แบบฝึกหัดใช้เวลา 7 นาที
4. ตรวจสอบแบบฝึกหัดในชั้นเรียนใช้เวลา 8 นาที

เมื่อบทเรียนมี 2 วัตถุประสงค์ โครงสร้างของบทเรียนจะเป็นดังนี้

เวลา (นาที)	0	10	20	30	40	50
วัตถุประสงค์ที่		1		2		
ขั้นสนใจปัญหา						
ขั้นศึกษาข้อมูล						
ขั้นพยายาม						
ขั้นสำเร็จผล						

จากตัวอย่างบทเรียนที่ 2 นี้ ใช้เวลาในการเสนอ 50 นาที โดยสอนที่ละวัตถุประสงค์ดังนี้

1. นำเข้าสู่บทเรียนของวัตถุประสงค์ที่ 1 เป็นเวลา 2 นาที
2. ให้เนื้อหาความรู้สำหรับวัตถุประสงค์ที่ 1 เป็นเวลา 9 นาที
3. ให้แบบฝึกหัดสำหรับวัตถุประสงค์ที่ 1 เป็นเวลา 6 นาที
4. ตรวจสอบผลแบบฝึกหัดในชั้นเรียนสำหรับวัตถุประสงค์ที่ 1 เป็นเวลา 3 นาที
5. นำเข้าสู่บทเรียนสำหรับวัตถุประสงค์ที่ 2 เป็นเวลา 2 นาที
6. ให้เนื้อหาความรู้สำหรับวัตถุประสงค์ที่ 2 เป็นเวลา 5 นาที

7. ให้แบบฝึกหัดสำหรับวัตถุประสงค์ที่ 2 เป็นเวลา 16 นาที

8. ตรวจสอบแบบฝึกหัดสำหรับวัตถุประสงค์ที่ 2 เป็นเวลา 7 นาที

จะเห็นได้ว่า บทเรียนนั้นมีโครงสร้างของขั้นตอนการสอนทั้งสี่ครบทุกขั้นตอนในแต่ละวัตถุประสงค์ ซึ่งจะเป็นวิธีการในการดำเนินการช่วยนำให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ที่เหมาะสม

2.2.3.1.2 รูปแบบดัดแปลง

ในบทเรียนซึ่งมีหลายวัตถุประสงค์ และบางวัตถุประสงค์อาจมีความสัมพันธ์ร่วมกัน เราอาจสร้างบทเรียนโดยรวมวัตถุประสงค์มากกว่าหนึ่งข้อในเวลาเดียวกันได้ หรืออาจมีการทำขั้นตอนที่สลับกันบ้างก็ได้ และรวมแล้วในแต่ละวัตถุประสงค์จะต้องมีครบทุกขั้นตอน บทเรียนรูปแบบดัดแปลงอาจมีลักษณะดังนี้

เวลา (นาที)	0		10		20		30		40		50	
วัตถุประสงค์ที่	1+2	1			2		2		1+2			
ขั้นสนใจปัญหา	■											
ขั้นศึกษาข้อมูล		■			■	■						
ขั้นพยายาม			■		■	■		■	■			
ขั้นสำเร็จผล				■			■					■
	(ก)	(ข)	(ค)	(ง)	(จ)	(ฉ)	(ช)	(ช)	(ช)	(ช)	(ช)	(ช)

จากบทเรียนข้างต้นนี้ จะเห็นได้ว่า วัตถุประสงค์ที่มีความสัมพันธ์ร่วมกันนั้น จะสามารถสร้างเป็นบทเรียนที่มีหลายวัตถุประสงค์ในเวลาเดียวกันได้ เช่น ในช่วง (ก), (ข), และ (ช) หรืออาจจะมีหลายขั้นตอนอยู่ในเวลาเดียวกัน เช่น ช่วง (จ) ซึ่งอาจเป็นลักษณะของการศึกษาด้วยตนเองต้องมีการศึกษาเนื้อหาไปพร้อมๆ กับการทำแบบฝึกหัด เป็นต้น ในบทเรียนบางครั้งอาจตัดช่วงของการสอนในวัตถุประสงค์หนึ่งออกเป็นหลายช่วงก็ได้เมื่อมีความจำเป็น เช่น ขั้นพยายามสำหรับวัตถุประสงค์ที่ 2 ในช่วง (จ) จะปรากฏอีกครึ่งในช่วง (ช) หรือขั้นสำเร็จผลสำหรับวัตถุประสงค์ที่ 1 จะกระทำในช่วง (ง) และอีกครั้งหนึ่งในช่วง (ช)

อีกตัวอย่างหนึ่งของบทเรียนแบบดัดแปลง ซึ่งแสดงไว้ในตัวอย่างต่อไปนี้ จะเห็นว่าในบทเรียนอาจมีช่วงที่กระทำสองขั้นตอนพร้อมกัน เช่น ในช่วง (จ) หรือบางช่วงอาจมีการทำสองวัตถุประสงค์ในเวลาเดียวกัน เช่น ช่วง (ฉ) และ (ช) และในบางตอนเช่นการให้เนื้อหาของวัตถุประสงค์ที่ 3 นั้น อาจให้ไว้ส่วนหนึ่งร่วมกับวัตถุประสงค์ที่ 2 เช่น ในช่วง (ช) และมาให้เนื้อหาเพิ่มเติมอีกในช่วง (ญ) ซึ่งรูปแบบของบทเรียนดังกล่าวจะแสดงได้ดังรูปบทเรียน

เวลา (นาที)	10		20		30		40		50		60	
วัตถุประสงค์ที่	1				2+3		2		3			
ขั้นสนใจปัญหา	■				■							
ขั้นศึกษาข้อมูล		■				■				■		
ขั้นพยายาม			■		■			■			■	
ขั้นสำเร็จผล				■	■				■			■
	(ก)	(ข)	(ค)	(ง)	(จ)	(ฉ)	(ช)	(ซ)	(ฅ)	(ญ)	(ฎ)	(ฏ)

จะเห็นได้ว่าบทเรียนหนึ่งๆ ที่มีหลายวัตถุประสงค์นั้นอาจจะดัดแปลงรูปแบบให้เหมาะสมกับลักษณะของวัตถุประสงค์ เนื้อหาวิชา ขั้นตอนการสอนหรือลักษณะกิจกรรมได้อย่างไรก็ตามในทุกๆ วัตถุประสงค์ที่สอนนั้นจะต้องมีขั้นตอนการสอนครบทั้งสี่ขั้นตอนอย่างสมบูรณ์

2.2.4 วิธีการสอนที่ใช้ในบทเรียน

เพื่อที่จะรักษาความตั้งใจของผู้เรียนให้มีอยู่ในบทเรียนตลอดเวลาและเพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสในการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการรับเนื้อหาความรู้ นั้น ผู้สอนควรจะใช้วิธีการสอนหลายๆ วิธีร่วมกัน ตลอดจนใช้เทคนิคการสอนต่างๆ ในระหว่างบทเรียนและสลับเปลี่ยนด้วยกิจกรรมของขั้นตอนต่างๆ ตามรายละเอียดที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้นลักษณะของกิจกรรมในขั้นศึกษาข้อมูลและขั้นพยายามจึงอาจแบ่งย่อยได้ตามลักษณะของวิธีการสอนและตามลักษณะกิจกรรมของแบบฝึกหัดประเภทต่างๆ ได้ ดังแสดงในแผนผังของบทเรียน

2.2.4.1 ระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน

การกำหนดกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนของขบวนการเรียนรู้นั้น จะต้องมีการแบ่งย่อยขั้นตอนสลับเปลี่ยนกันไป โดยพิจารณาถึงการส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยความเข้าใจและปริมาณรับได้ โดยเฉพาะในเรื่องความอึดตัวในการรับเนื้อหาของผู้เรียน ดังนั้นในขั้นตอนหนึ่งๆ ไม่ควรจะใช้เวลาเกิน 20 นาที

2.2.4.2 กิจกรรมผู้เรียน

การเรียนรู้จะได้ผลดีโดยเฉพาะอย่างยิ่งในระหว่างชั้นศึกษาข้อมูล ถ้าหากได้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีกิจกรรมร่วมในบทเรียน พี่ระลึกเสมอว่า ถ้าผู้สอนเป็นผู้แสดงแต่เพียงฝ่ายเดียว ผู้เรียนก็จะมีกิจกรรมต่ำ และหากผู้สอนและผู้เรียนมีกิจกรรมร่วมกันกิจกรรมของผู้เรียนจะจัดอยู่ในระดับปานกลาง ดังนั้นในบทเรียนจึงจะต้องมีการกำหนดกิจกรรมของผู้เรียนด้วยเสมอ เพื่อให้รู้ว่าในระหว่างนั้นบรรยากาศของห้องเรียนจะมีลักษณะอย่างไร กิจกรรมของผู้เรียนและผู้สอนเป็นของคู่กัน ถ้าหากกิจกรรมผู้เรียนสูง กิจกรรมผู้สอนก็จะต่ำ และในทางกลับกันถ้ากิจกรรมของผู้เรียนต่ำ กิจกรรมของผู้สอนก็จะสูง

2.2.4.3 อุปกรณ์ช่วยสอน

อุปกรณ์ช่วยสอนหรือสื่อช่วยสอนนั้น มีบทบาทสำคัญมากอย่างหนึ่ง ในการเรียนการสอนเพราะสื่อหรืออุปกรณ์ช่วยสอนนี้ จะช่วยอำนวยความสะดวกต่อการเรียนการสอน และที่สำคัญยังช่วยในการจินตนาการของผู้เรียน ช่วยทำให้ผู้เรียนสามารถรับรู้เนื้อหาความรู้ต่างๆ ได้ง่ายขึ้น อุปกรณ์ช่วยสอนนั้นมีอยู่มากมายหลายชนิด ซึ่งมีข้อดีข้อเสียและประโยชน์ในการใช้งานที่แตกต่างกันไป ซึ่งนักศึกษาจะให้ศึกษารายละเอียดในวิชา อุปกรณ์ช่วยสอน (Teaching Aids) ต่อไป ตัวอย่างของบทเรียนต่อไปนี้ แสดงถึงวิธีการของการแบ่งเวลา และกิจกรรมของขั้นตอนการสอน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับระดับกิจกรรมของผู้เรียน

เวลา (นาที)		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
วัตถุประสงค์ที่		0	1				2+3				
ขั้นสนใจปัญหา		■					■				
ขั้นศึกษาข้อมูล	-บรรยาย		■								
	-ถามตอบ			■							
	-ศึกษาด้วยตนเอง							■			
	-สรุป			■							
ขั้นพยายาม	-แบบลอกเลียน							■			
	-แบบฝึกหัด				■						
	-แบบแก้ปัญหา								■		
ขั้นสำเร็จผล						■		■			■
ระดับกิจกรรม ของผู้เรียน	-สูง				■			■		■	
	-ปานกลาง	■		■				■			■
	-ต่ำ		■				■				

รายละเอียดของลำดับขั้นตอนการสอนสำหรับตัวอย่างข้างต้น อาจอธิบายได้ดังนี้

- นำเข้าสู่บทเรียนในวัตถุประสงค์ที่ 1 ซึ่งผู้เรียนมีส่วนร่วมด้วย
- ให้นิยามสำหรับวัตถุประสงค์ที่ 1 โดยวิธีการสาธิต /บรรยาย
- ให้นิยามสำหรับวัตถุประสงค์ที่ 1 โดยวิธีถามตอบประกอบกับการสรุป
- ขั้นพยายามสำหรับวัตถุประสงค์ที่ 1 ด้วยการฝึกหัดโดยมีครูคอยช่วยเหลือ
- ขั้นพยายามสำหรับวัตถุประสงค์ที่ 1 ด้วยการฝึกหัดที่ผู้เรียนทำงานตามลำพัง
- ประเมินผลสำหรับวัตถุประสงค์ที่ 1 ซึ่งทำโดยครู
- นำเข้าสู่บทเรียนในวัตถุประสงค์ที่ 2 และ 3 ซึ่งผู้เรียนมีส่วนร่วม

- ให้นำเนื้อหาสำหรับวัตถุประสงค์ที่ 2 และ 3 โดยใช้วิธีศึกษาด้วยตนเองประกอบชั้นพยายามลอกเลียนแบบ และประเมินผลไปในเวลาเดียวกันซึ่งทำโดยผู้เรียนเอง
- ชั้นพยายามสำหรับวัตถุประสงค์ที่ 2 และ 3 ด้วยวิธีแก้ปัญหา ผู้เรียนจะทำงานตามลำพัง
- ประเมินผลสำหรับวัตถุประสงค์ที่ 2 และ 3 ซึ่งผู้สอนทำร่วมกับผู้เรียน

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับชุดฝึกปฏิบัติ

2.3.1 ความหมายของชุดฝึก

ชุดฝึกมีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไป เช่น ชุดฝึก แบบฝึก แบบฝึกทักษะ เป็นต้น แต่เป้าหมายของการจัดทำก็เป็นไปในทิศทางเดียวกันเพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการเรียนรู้ในรูปแบบที่หลากหลายจากการค้นคว้ามีผู้ให้ความหมายของชุดฝึกไว้ดังนี้

วิลลรัตน์ (2545 : 131) กล่าวว่า ชุดฝึกเป็นเทคนิคการสอนที่สนุกอีกวิธีหนึ่ง คือการให้นักเรียนทำแบบฝึกมากๆ สิ่งที่จะช่วยให้ผู้เรียนมีพัฒนาการการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชาได้ดีขึ้น เพราะนักเรียนมีโอกาสนำความรู้ที่เรียนมาแล้วฝึกให้เกิดความเข้าใจที่กว้างขวางขึ้น

อภิภู (2545) ได้ให้ความหมายของชุดฝึกไว้ว่า เป็นสื่อการศึกษาประเภทหนึ่ง ที่สร้างขึ้นเพื่อให้เป็นชุดประสบการณ์สำหรับการฝึกอบรม ชุดฝึกอาจจะประกอบด้วยสื่อเดียวหรือสื่อประสมที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อช่วยผู้ให้การฝึกอบรมใช้ประกอบกิจกรรมในการฝึกอบรมหรือช่วยผู้รับการฝึกอบรมสามารถที่จะศึกษาหาความรู้ได้ด้วยตนเอง สำหรับลักษณะสำคัญของชุดฝึกอบรมนั้นจะเกี่ยวข้องกับจุดมุ่งหมาย สื่อที่ใช้ ระยะเวลา สถานที่ และประโยชน์ที่จะได้รับ ซึ่งพอสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. เป็นสื่อที่มีจุดมุ่งหมายเฉพาะเรื่อง ชุดฝึกอบรมโดยทั่วไปจะมีจุดมุ่งหมายเฉพาะเรื่องๆ หากเนื้อหาที่ต่อเนื่องเป็นเรื่องยาวก็จะทำเป็นชุดๆ ต่อเนื่องกันไป เพื่อให้ในแต่ละชุดฝึกอบรมไม่ยาวมากจนเกินไป

2. เป็นสื่อประสมชุดฝึกอบรมโดยทั่วไปทั้งในการศึกษานอกระบบและในระบบจะพัฒนาด้วยสื่อประสม คือประกอบด้วยสื่อตั้งแต่สองประเภทขึ้นไป เช่น ชุดฝึกอบรมประกอบด้วยสื่อภาพนิ่งและเทปเสียง ชุดอบรมที่ใช้วีดิทัศน์และสื่อสิ่งพิมพ์เพื่อช่วยให้ผู้เข้ารับการอบรมได้ศึกษาความรู้หลายๆด้านด้วยกัน

3. เป็นสื่อเสริมกิจกรรมการฝึกอบรมที่มีผู้ให้การฝึกอบรมหรือเป็นผู้รับการฝึกอบรมศึกษาด้วยตนเอง

4. เป็นสื่อที่ใช้ระยะเวลาฝึกอบรมสั้น ชุดฝึกอบรมโดยทั่วไปมีความมุ่งหมายที่จัดอบรมเฉพาะเรื่องระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละชุดจึงสั้นๆ หากเนื้อหา ยากก็จะจัดทำขึ้นหลายชุด โดยแบ่งเนื้อหาเป็นเรื่องๆไป ซึ่งทำให้ผู้เข้ารับการอบรมไม่เกิดความเบื่อหน่ายในการศึกษา

5. เป็นสื่อที่ใช้ได้ทุกสถานที่และทุกเวลา ซึ่งจะทำให้ผู้ฝึกอบรมสามารถศึกษาหาความรู้ได้อยู่ที่ใดก็ได้ ชุดฝึกอบรมส่วนใหญ่จะจัดทำขึ้นมาให้อำนวยในเรื่องการใช้ได้ทุกเวลาเป็นสื่อที่ศึกษาด้วยตนเองแล้ว ผู้รับการฝึกอบรมสามารถจะศึกษาเมื่อใดก็ได้ตามที่ต้องการ

6. เป็นสื่อที่เบ็ดเสร็จในตัวเอง ชุดฝึกอบรมแต่ละชุดจะจัดทำขึ้นให้เบ็ดเสร็จในตัวเองทำให้ผู้ฝึกอบรมสามารถที่จะเลือกศึกษาหาความรู้จากชุดฝึกอบรมได้ตามความต้องการ หรือผู้รับการฝึกอบรมต้องการศึกษาเฉพาะเรื่องใดเรื่องหนึ่งจากชุดฝึกอบรมก็จะสามารถที่จะเลือกศึกษาเฉพาะเรื่องได้ โดยไม่ต้องอ่านต่อเนื่องไปยังสิ่งที่ไม่ต้องการศึกษา

ปรีชวี (2555) ได้ให้ความหมายของชุดฝึกไว้ว่า เป็นสื่อหรือนวัตกรรมที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ฝึกทักษะให้เกิดกับผู้เรียน หลังจากเรียนจบเนื้อหาในช่วงหนึ่งๆ เพื่อฝึกฝนให้เกิดความรู้ความเข้าใจรวมทั้งเกิดความชำนาญในเรื่องนั้นๆ อย่างกว้างขวาง ชุดฝึกจึงมีความสำคัญต่อผู้เรียนในการที่จะช่วยเสริมทักษะให้กับผู้เรียน ทำให้การสอนของครูอาจารย์และการเรียนของนักศึกษาประสบความสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ

ประยูร (2556) ได้สรุปความหมายของชุดฝึก คือ สื่อการเรียนประเภทหนึ่งที่สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในบทเรียน จากการฝึกปฏิบัติทำกิจกรรมที่หลากหลายรูปแบบเพื่อเสริมสร้างทักษะกระบวนการคิดและกระบวนการเรียนรู้จนสามารถนำความรู้ไปใช้ได้ถูกต้องและแม่นยำ

บรรเจิด (2557) ได้สรุปความหมาย ของชุดฝึกไว้ว่า ชุดฝึก หมายถึง สื่อการเรียนการสอนชนิดหนึ่งที่ครูสร้างขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการฝึกทักษะให้กับผู้เรียนมีลักษณะเป็นกิจกรรมให้นักเรียนได้ฝึกฝน และควรมีกิจกรรมหลายรูปแบบเพื่อให้นักเรียนได้ฝึกจนเกิดความชำนาญ และให้ผู้เรียนสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

จากความหมายดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า ชุดฝึกหมายถึง สิ่งที่ครูสร้างขึ้น หรือนวัตกรรมที่ครูสร้างขึ้น เพื่อนำมาใช้เป็นสื่อในการจัดการเรียนการสอน ช่วยฝึกทักษะให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ และเข้าใจมากขึ้น อีกทั้งยังเป็นการฝึกฝนความชำนาญให้กับผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนนำความรู้และประสบการณ์ไปใช้ได้ถูกต้อง

2.3.2 การออกแบบชุดฝึกปฏิบัติ

การออกแบบสร้างชุดปฏิบัติกล่าวได้ว่าเป็นหลักวิชาการสาขาหนึ่งที่มีความสนใจที่ต้องการศึกษา เพื่อให้ได้แนวทางดำเนินการ หรือแนวปฏิบัติที่เหมาะสมกับลักษณะงานนั้นๆ โดยทั่วไปแนวทางการออกแบบสร้างชุดฝึกปฏิบัติมีอยู่ 2 แนวทางดังนี้ (วัลลภ, 2543 : 110 - 128)

2.3.2.1 การออกแบบตามแบบนิยม (Conventional Design) เป็นการออกแบบในลักษณะที่ปฏิบัติต่อกันมาไม่มีรูปแบบหรือขั้นตอนการดำเนินงานที่เป็นแบบแผนแน่นอน แต่เป็นการออกแบบตามความรู้ความชำนาญแห่งตน

2.3.2.2 การออกแบบสร้างตามระเบียบวิธี (Methodical Design) เป็นการออกแบบโดยใช้วิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ขั้นตอนงานที่เด่นชัด แน่นนอน และเหมาะสมกับการออกแบบ แต่ละหน่วยงานอาจจะแตกต่างกันไป

ไชยยศ (2529 : 196) กล่าวว่า กระบวนการเรียนการสอนในสาขาช่างอุตสาหกรรมที่ดีสอดคล้องกับหลักสูตร ผู้สอนควรมีสื่อที่ดีและนำไปใช้ได้ถูกต้องวิธีจะเป็นผลทำให้คุณภาพการเรียนการสอนดีขึ้นในการผลิตสื่อเพื่อการสอนโดยเฉพาะสื่อในวิชาฝึกปฏิบัติ เช่น ชุดสาธิตหรือชุดฝึก นอกจากจะพิจารณาถึงแบบและวิธีสอนที่จะต้องใช้อแล้วยังมีหลักอีก 3 ประการ คือ

1. เทคนิคการผลิต
2. ความคิดสร้างสรรค์ในการผลิต
3. การออกแบบให้สอดคล้องกับกระบวนการสอน จุดมุ่งหมายการสอน ลักษณะที่นำไปใช้
วัลลภ (2529 : 44 - 46) ได้กล่าวเกี่ยวกับแนวทางในการออกแบบชุดสื่อการเรียนการสอน
อย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบด้วยกระบวนการ 5 ขั้นตอน ดังนี้
ขั้นตอนที่ 1 กำหนดขอบข่ายเนื้อหาวิชาประกอบด้วยองค์ประกอบ 4 ประการ ที่ดำเนิน
ควบคู่กันไปดังนี้

1. การศึกษาเชิงวิเคราะห์เนื้อหาวิชา เพื่อการวางโครงสร้างลำดับความสัมพันธ์
และแบ่งระดับความยากง่ายของเนื้อหาวิชาที่จะทำการออกแบบสร้างสื่อการสอน โดยศึกษาจาก
ตำรา เอกสารการสัมมนา ที่ปรึกษาผู้ทรงคุณวุฒิ และศึกษางานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

2. การศึกษาเปรียบเทียบหลักสูตร เพื่อศึกษาความสอดคล้องและความแตกต่าง
ของหลักสูตรที่ใช้เรียนของสถานศึกษาต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกัน โดยการศึกษาจากเอกสารหลักสูตร การ
สอบถามครูผู้สอน ผลที่ได้จะช่วยในการเลือกและกำหนดหัวข้อชื่อเรื่องได้สอดคล้องกับหลักสูตร

3. การสำรวจโรงงาน เป็นการสำรวจเครื่องมืออุปกรณ์ และเทคนิคที่ใช้ในการ
ทำงานตามหัวข้อเรื่องของชุดสื่อการสอน โดยสอบถามวิศวกรโรงงาน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อ
การกำหนดรายละเอียดของการวิเคราะห์งาน ความสามารถในงาน ความรู้และทักษะที่ต้องการในงาน

4. การสำรวจสถานศึกษา เป็นการเรียนรู้วิธีการเรียนการสอน ความพร้อมของ
เครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดเนื้อหา และวัตถุประสงค์จากขอบข่ายเนื้อหาที่ได้นำมาศึกษา เพื่อให้
สามารถจำแนกเป็นส่วนต่างๆ เท่าที่จำเป็น กล่าวคือ ให้รู้ถึงจุดมุ่งหมาย และหน้าที่ (Purpose
and Function) ของชุดฝึกว่าทำอะไรจึงสามารถทำงานได้ตามต้องการ และสามารถตอบสนอง
จุดมุ่งหมายของเนื้อหาวิชาได้อย่างครบถ้วน

ขั้นตอนที่ 3 การออกแบบ และสร้างสื่อการเรียนการสอน วัตถุประสงค์ของชุดฝึกที่ผ่านการ
วิเคราะห์แล้ว และตรวจสอบแล้ว เป็นแนวทางในการออกแบบ และสร้างอุปกรณ์ในการทำ
กิจกรรมของนักเรียน ชุดฝึกจึงมีความสำคัญมากต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน และ
ความสามารถในการทำงานด้านช่างอุตสาหกรรม สื่อการเรียนการสอนประเภทชุดฝึกหรือชุดสาธิต
เป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างมาก เนื่องจากนักเรียนช่างอุตสาหกรรมจำเป็นต้องได้รับประสบการณ์ จากการ
เรียนที่เป็นรูปธรรมมากที่สุด เพื่อที่จะสามารถปฏิบัติงานได้เป็นอย่างดีการออกแบบ และการสร้าง
สื่อประเภทชุดฝึกนั้น จำเป็นต้องนำหลักการด้านออกแบบทางด้านวิศวกรรมเชิงปฏิบัติมาประยุกต์
กับงานที่ออกแบบสร้างตามลำดับดังนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์ในการนำชุดฝึกไปใช้ในการเรียนการสอนควรกำหนดให้
สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียน การออกแบบสร้าง จึงสำเร็จผลตามเป้าหมายและใช้ได้จริง
จะต้องศึกษาข้อมูลต่างๆประกอบ ได้แก่ สภาพการณ์ในการเรียน ข้อมูลทางด้านวิชาการ และกลุ่ม
ผู้เรียน จากนั้นนำไปเขียนวัตถุประสงค์เป็นข้อๆ และกำหนดขอบเขตคุณลักษณะของชุดฝึกที่จะ
ออกแบบสร้าง สุดท้ายจะต้องตรวจสอบความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบทเรียนอีกครั้ง

2. การกำหนดหน้าที่ของชุดฝึก จากคำบรรยายคุณลักษณะของชุดฝึกที่กำหนดขึ้นในข้อที่ 1 นำมาวิเคราะห์เพื่อค้นหาคำตอบพื้นฐาน (basic term) ซึ่งจะช่วยให้เราทราบถึงรายการหน้าที่ต่างๆของชุดฝึกและพิจารณาปัจจัยที่จะทำให้อุปกรณ์ทำงานได้ตามกำหนด

3. การศึกษาปัจจัยที่ทำให้ชุดฝึกทำงานได้ตามรายการหน้าที่ที่กำหนดโดยทั่วไป จะอยู่ในรูปของวัสดุ (material) พลังงาน (energy) และสัญญาณ (signal) สิ่งที่ต้องกำหนดอาจเขียนเป็นคำสั้นๆ ภาพร่างต่างๆหรือแบบของวงจร เพื่อให้สามารถทราบถึงส่วนประกอบอุปกรณ์ให้มากที่สุดขึ้นส่วนหรือแบบของงานที่คิดค้นขึ้นมา ควรจะพิจารณาถึงการนำมาประกอบความยากง่ายในการผลิตอุปกรณ์ที่ใช้ง่ายที่สุด

4. การวิเคราะห์และตัดสินใจเลือกซื้อชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์จากการเลือกในข้อ 3 นำมาหาผลลัพธ์ที่ดี โดยพิจารณาเกณฑ์กำหนด เรื่องประสิทธิภาพในการทำงาน ขนาดรูปร่าง ความคงทน การบำรุงรักษา และราคา

5. การสร้างต้นแบบ และตรวจสอบ เมื่อเลือกชิ้นส่วนและอุปกรณ์ได้แล้วต้องนำมาภาพร่างเป็นภาพประกอบต้นแบบคร่าวๆ หรือเป็นภาพงานชิ้นง่ายๆ จากนั้นจึงทำการสร้างต้นแบบ ในขั้นตอนนี้จะต้องมีการทดสอบการทำงานของส่วนต่างๆ ตามรายการหน้าที่ที่กำหนดตามความจำเป็น

6. การเขียนแบบเพื่อประโยชน์ในการผลิตครั้งต่อไป งานเขียนแบบนี้บ่งชี้ว่ามีความสำคัญอย่างมาก แบบงานจะเป็นข้อมูลดำเนินการผลิต ดังนั้นแบบงานของชุดฝึกต้องมีแบบทั้งภาพประกอบ และการแยกชิ้นหรือแบบลายวงจรของแผ่นวงจรพิมพ์

7. การเตรียมเอกสารประกอบ อุปกรณ์ที่ออกแบบสร้างโดยทั่วไป ควรต้องจัดเอกสารประกอบหรือคู่มือการใช้งาน เพื่อให้ผู้ใช้จะได้ใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องสอดคล้องวัตถุประสงค์ในการออกแบบสร้าง

ขั้นตอนที่ 4 การทดลองใช้ชุดสื่อการเรียนการสอนจะถูกนำไปใช้ในสถานศึกษาโดยผู้วิจัย เพื่อค้นหาข้อบกพร่องต่างๆ เช่น ความถูกต้อง ความเที่ยงตรง ความยาก ความซับซ้อน ความทนทาน และความสะดวกในการลอกเลียนขึ้นมาทำใหม่

ขั้นตอนที่ 5 การปรับปรุง ประสบการณ์ที่ได้จากการทดลองข้างต้นจะถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงชุดสื่อการเรียนการสอนให้มีคุณภาพจนเป็นที่ยอมรับได้ วิธีสร้างชุดเครื่องมือชุดฝึกและใบงาน โดยมีลำดับขั้นการสร้างดังต่อไปนี้

1. ขั้นเตรียมเอกสารข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง
2. ขั้นตอนการเตรียมหาบุคลากรที่จะช่วยในการสร้างชุดเครื่องมือ และใบงาน

ซึ่งประกอบด้วย

- 2.1 ผู้ทรงคุณวุฒิหรือผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาวิชานั้น
- 2.2 วิทยากร วิศวกรหรือครูผู้สอน และนักเทคโนโลยีทางการศึกษา
3. ขั้นตอนดำเนินการ
 - 3.1 เลือกเนื้อหาวิชา
 - 3.2 กำหนดเวลา
 - 3.3 กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

3.4 จัดลำดับเนื้อหา

3.5 วางแผนวิธีการสอน จะสอนแบบใด ใช้สื่ออะไรบ้าง กิจกรรมอะไร ประเมินผลอย่างไร

3.6 ลงมือผลิตสื่อโดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

3.6.1 การสร้างชุดฝึก ซึ่งเป็นตัวเครื่องที่จะนำไปฝึกหรือสาธิตให้กับผู้เข้ารับการฝึกอบรมของส่วนการฝึกอบรมได้ฝึกในชั่วโมงฝึกปฏิบัติของวิชาช่างทุกสาขาวิชาโดยทั่วไป แล้วเครื่องหรือชุดฝึก 1 ชุด จะใช้กับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 2 คนเท่านั้น การสร้างโดยทั่วไปใช้อุปกรณ์ที่ทำให้ง่าย และต้องมีราคาถูกคุณภาพดี

3.6.2 การสร้างใบงานจะต้องมีรายละเอียดมีทั้งทฤษฎีบรรยาย ประกอบรูปวงจร คำตอบ สรุป และแบบฝึกหัดท้ายการฝึก ซึ่งส่วนการฝึกอบรมได้กำหนดให้เป็นรูปแบบเดียวกัน

3.7 นำชุดเครื่องมือฝึก และใบงานทดลองใช้

3.8 นำกลับมาแก้ไข (ถ้ามี)

3.9 ปรับปรุง

3.10 ผลิตชุดฝึกที่สมบูรณ์ให้เพียงพอกับการใช้งานต่อไป

จากข้อมูลที่ได้ศึกษา ผู้วิจัยสรุปได้ว่า จะทำการออกแบบและ พัฒนาชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี มีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและวัตถุประสงค์การเรียนรู้
2. ออกแบบและเขียนแบบ
3. กำหนดวัสดุ อุปกรณ์ชุดฝึก
4. พัฒนาชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี
5. ทดลองใช้ชุดฝึก
6. ปรับปรุงแก้ไขส่วนที่บกพร่อง
7. จัดทำเอกสารประกอบชุดฝึก

2.3.3 หลักการพัฒนาชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

2.3.3.1 ศึกษาข้อมูล ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลการสร้างชุดฝึก งานกลึงมินิซีเอ็นซีจากแหล่งต่างๆ เช่น เอกสาร ตำรา วิทยานิพนธ์ ซึ่งสามารถสรุปข้อมูลที่นำมา พัฒนาชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

2.3.3.2 ออกแบบพัฒนาชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี การออกแบบเป็นการนำเอาข้อมูลจากการศึกษามาทำการร่างแบบเพื่อพัฒนาชุดฝึก ซึ่งการร่างแบบนี้ผู้ศึกษาจำแนกได้ดังนี้

2.3.3.2.1 ร่างแบบชิ้นส่วนที่ใช้จับยึดติดตั้งอุปกรณ์ แนวคิดที่จะนำมาพิจารณา คือ ชิ้นส่วนจับยึดติดตั้งอุปกรณ์ควรง่ายต่อการผลิต สามารถติดตั้งอุปกรณ์ในตำแหน่งเหมาะสม สามารถจัดสร้างได้เองหรือหาได้ง่ายตามท้องตลาด ราคาเหมาะสมกับประสิทธิภาพการใช้งาน

2.3.3.2.2 ร่างแบบตำแหน่งในการติดตั้ง อุปกรณ์ของชุดฝึก ซึ่งอุปกรณ์ได้แก่ สเต็ปมอเตอร์ บอลสกรู แนวคิดที่จะนำมาพิจารณาคือ อุปกรณ์ถูกติดตั้งใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3.3.3 พัฒนาชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีโดยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

2.3.3.3.1 ปรับพิตเครื่องกลึงธรรมดาที่นำมาพัฒนาเป็นชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีให้อยู่ในสภาพใช้งาน ได้แก่ปรับพิตชุดแทนเลื่อนแกน X และแกน Z ปรับพิตชุดป้อมมีดชุดปรับความเร็วรอบ ซ่อมแซมสวิทช์ควบคุมระบบไฟฟ้าของเครื่องกลึง

2.3.3.3.2 ติดตั้งบอลสกรูเข้ากับชุดแทนเลื่อนของเครื่องกลึงที่นำมาพัฒนาเป็นชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีทั้งแกน X และแกน Z

2.3.3.3.3 ติดตั้งสเต็ปมอเตอร์พร้อมต่อร่วมกับบอลสกรูทั้งแกน X และแกน Z

2.3.3.3.4 ติดตั้งชุดควบคุมของชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

2.3.3.3.5 ติดตั้งโปรแกรม Mach 3 กับชุดคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมชุดฝึก

2.3.4 ประโยชน์ของชุดฝึก

ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี มีประโยชน์สำหรับใช้เพื่อประกอบการเรียนการสอนในภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติของงานผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี เช่น การกลึงปาดหน้า การกลึงปอก การกลึงเรียว การกลึงตกร่อง การกลึงเรียว การตรวจสอบ NC Code อีกทั้งยังเป็นสื่อที่ใช้ในการประกอบการเรียนการสอนรายวิชาอื่น ซึ่งต้องใช้เครื่องกลึงซีเอ็นซีประกอบการเรียนการสอน เช่น วิชางานเครื่องมือกลซีเอ็นซี วิชาโปรแกรมซีเอ็นซี วิชาเทคโนโลยีซีเอ็นซี

2.3.5 การประเมินคุณภาพชุดฝึกปฏิบัติ

วัลลภ (2543 : 131-133) ได้กล่าวเกี่ยวกับการประเมินชุดฝึกไว้ว่า การประเมินชุดฝึกปฏิบัติเป็นการนำเอาหลักวิชาการหลายๆ ด้านมาใช้เพื่อให้ทราบถึงข้อดี ข้อเสีย ของชุดฝึกปฏิบัติซึ่งจะนำข้อมูลที่ได้รับจากการประเมินไปใช้ในการปรับปรุงแก้ไขชุดฝึกปฏิบัติได้ถูกต้องและเหมาะสม

การออกแบบสร้างชุดฝึกปฏิบัติให้มีความเหมาะสมในด้านต่างๆ มีคุณลักษณะเหมาะสมกับการใช้งาน สามารถทราบถึงคุณลักษณะด้านต่างๆ ได้โดยการประเมิน ซึ่งอาจจะกระทำควบคู่ในระหว่างกระบวนการออกแบบ หรือเมื่อสิ้นสุดการออกแบบสำเร็จเป็นงานต้นแบบ ก่อนการดำเนินการผลิตออกมา วัตถุประสงค์ในการประเมิน เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับข้อดีและข้อเสียในด้านต่างๆ แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการประเมินไปปรับปรุงพัฒนา เพื่อวางแผนในการพัฒนาเพิ่มเติมให้เกิดความสมบูรณ์ ประเด็นที่ควรประเมินมีดังต่อไปนี้

1. ขนาดเครื่องไม่เล็กไม่ใหญ่ มีขนาดเหมาะสมสอดคล้องกับมาตรฐานสะดวกต่อการเก็บรักษา
2. น้ำหนัก มีน้ำหนักเหมาะสมขนย้ายสะดวก
3. ชิ้นส่วนประกอบ ทำหน้าที่ได้แม่นยำ นอกจากหน้าที่หลักสามารถทำหน้าที่รอง มีรูปร่างง่ายต่อการผลิตเป็นมาตรฐาน หาอะไหล่หาง่าย มีจำนวนชิ้นไม่มาก การเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนมีความมั่นคง รูปร่างแข็งแรงคงทนมีอายุการใช้งานเหมาะสม มีความเรียบร้อยสวยงาม
4. ชนิดของวัสดุ มีคุณสมบัติเหมาะสมกับประเภทของการใช้งาน เป็นวัสดุหาง่าย คุณสมบัติวัสดุมีความแข็งแรงคงทน ราคาไม่แพง ทนต่อสภาพแวดล้อมไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้
5. การดูแลรักษา ง่ายต่อการดูแลรักษา และช่วยบำรุง มีแบบการจัดเก็บที่ง่ายและความประสงค์ ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาไม่มากนัก

6. กระบวนการผลิต ผลิตง่าย ใช้เครื่องมือง่ายๆ มีแบบงานที่ดี แบบมาตรฐานวัสดุ (หมายเลขวัสดุ) ผลิตออกมามีความเรียบร้อยสวยงาม นำความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้ ชิ้นงานมีขนาด คุณภาพ สามารถเป็นต้นแบบในการผลิตได้

7. มาตรฐาน สอดคล้องกับมาตรฐานในหน่วยงาน มีความเป็นสากล

8. ความปลอดภัย มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้

พิธีฐและ ธีระพล (2529 : 171-173) กล่าวว่า การประเมินสื่อว่ามีคุณภาพหรือไม่สามารถนำมาใช้งานได้ต้องมีประสิทธิภาพหรือไม่นั้น องค์ประกอบที่สำคัญคือ ผู้ประเมินและเครื่องมือที่ใช้ประเมิน ผู้ประเมินจะต้องมีความรู้ความสามารถ มีประสบการณ์ในด้านการประเมินเป็นอย่างดี เพื่อให้รู้ว่าที่ผลิตขึ้นมาชิ้นนั้นได้ตามผลลัพธ์ที่ต้องการ โดยหัวข้อในการประเมินมีรายละเอียดดังนี้

1. ประสิทธิภาพในการสื่อความหมาย (ด้านวิชาการ)
 - 1.1 ด้านวัตถุประสงค์
 - 1.1.1 สื่อครอบคลุมวัตถุประสงค์
 - 1.1.2 สื่อเหมาะสมกับระดับความยากง่ายของวัตถุประสงค์
 - 1.2 ด้านเนื้อหา
 - 1.2.1 เนื้อหาวิชาถูกต้องไม่มีจุดยีน
 - 1.2.2 เนื้อหาวิชาแยกย่อยได้
 - 1.2.3 เนื้อหาวิชาเรียงลำดับความยากง่าย
 - 1.3 ประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการสื่อความหมายบรรลุเป้าหมายตามวัตถุประสงค์
 - 1.3.1 บรรลุเป้าหมายตามวัตถุประสงค์
 - 1.3.2 สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดีและสั้นลง
 - 1.3.3 สามารถลดปริมาณการให้เนื้อหาแบบเลื่อนลอยให้มีความหมายมากขึ้น
 - 1.3.4 ช่วยเพิ่มกิจกรรมในการเรียนการสอนให้ผู้เรียนกระตือรือร้นมากขึ้น
 - 1.3.5 ดึงดูดความสนใจได้ดีขึ้น
2. องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับคน
 - 2.1 ด้านผู้เรียน สื่อที่ใช้เหมาะสมกับจำนวนผู้เรียน
 - 2.2 ด้านผู้สอน
 - 2.2.1 สื่อไม่จำเป็นต้องอาศัยความสามารถพิเศษในการใช้สอน
 - 2.2.2 สื่อที่ใช้เหมาะสมกับประสบการณ์ของผู้สอน
3. องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับความพร้อมและการนำไปใช้
 - 3.1 ด้านวัสดุและอุปกรณ์
 - 3.1.1 ใช้วัสดุราคาที่เหมาะสม
 - 3.1.2 ใช้วัสดุในท้องถิ่น
 - 3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้หาได้ทั่วไป
 - 3.2 ด้านเวลา
 - 3.2.1 เวลาที่ใช้ในการผลิตไม่มากนัก
 - 3.2.2 เวลาที่ใช้แสดงสื่อไม่มากเกินไป

3.3 ด้านการใช้งาน

3.3.1 สามารถนำไปใช้ได้สะดวก

3.3.2 ไม่ยุ่งยากในการเตรียมงาน

3.3.3 ไม่ต้องใช้อุปกรณ์พิเศษอื่นๆ ช่วยขณะสอน

จากการศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับการประเมินชุดฝึก ผู้วิจัยได้กำหนดรายการประเมินไว้ดังรายละเอียดดังนี้

1. ด้านใบงานประกอบชุดฝึกมีรายละเอียดดังนี้
 - 1.1 ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์
 - 1.2 ความเหมาะสมของลำดับขั้นการปฏิบัติงาน
 - 1.3 ความชัดเจนในคำอธิบายแต่ละขั้นตอน
 - 1.4 ความชัดเจนเหมาะสมของขนาดรูปภาพ
 - 1.5 ใบงานง่ายต่อการใช้งาน
 - 1.6 ความถูกต้องของเนื้อหาในใบงาน
2. ด้านการออกแบบสร้างชุดฝึก และการนำไปใช้งาน
 - 2.1 ขนาดของชุดฝึกมีความเหมาะสม
 - 2.2 รูปแบบของชุดฝึกก่อให้เกิดแรงจูงใจ
 - 2.3 ชุดฝึกเคลื่อนย้ายได้สะดวก
 - 2.4 ความเหมาะสมของตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์
 - 2.5 ชุดฝึกสามารถนำไปใช้ฝึกทักษะได้ครอบคลุมเนื้อหา
 - 2.6 ชุดฝึกมีความแข็งแรงทนทาน
 - 2.7 ความสะดวกในการดูแลรักษาและซ่อมบำรุง
 - 2.8 ชุดฝึกมีความปลอดภัยในขณะที่ทำการปฏิบัติงาน
 - 2.9 ชุดฝึกมีคุณค่าทางวิชาการ
 - 2.10 กระบวนการผลิตผลิตได้ง่าย
 - 2.11 สะดวกในการปฏิบัติงาน

2.3.6 การหาประสิทธิภาพชุดฝึก

1. การทดสอบประสิทธิภาพตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2

มนตรี (2551 : 10-11) ได้กล่าวถึง การสอบประสิทธิภาพตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไว้ดังนี้

การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพกระทำได้โดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน

2 ประเภท คือพฤติกรรมต่อเนื่อง(กระบวนการ) และพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (ผลลัพธ์) โดยกำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E_1 (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) E_2 (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์)

1) ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional Behavior) คือ ประเมินผลต่อเนื่องซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยหลายๆพฤติกรรม เรียกว่า “กระบวนการ” ของผู้เรียนที่สังเกตจากการประกอบกิจกรรมกลุ่ม (รายงานของกลุ่ม) และรายงานบุคคล ได้แก่งานที่มอบหมายและกิจกรรมอื่นใดที่ผู้สอนกำหนดไว้

2) ประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (Terminal Behavior) คือ ประเมินผลลัพธ์ของผู้เรียนโดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียนและการสอบไล่

ประสิทธิภาพของชุดการสอนหรือชุดฝึกจะกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหวังว่าเรียนจะเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจ โดยกำหนดให้เป็นร้อยละของผลเฉลี่ยของคะแนนการทำงานและการประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมดต่อเปอร์เซ็นต์ของผลการสอบหลังเรียนของผู้เรียนทั้งหมดนั้นคือ E_1/E_2 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

หลักการพื้นฐานที่มาของแนวคิดการหาประสิทธิภาพชุดการสอนหรือชุดฝึก (E_1/E_2) มีแนวคิดพื้นฐานที่สำคัญประกอบด้วย

1) การสร้างการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้อย่างเข้มข้นกระชั้นกระแจง โดยมีความเชื่อว่าการที่ผู้เรียนได้เป็นผู้ลงมือปฏิบัติเข้ามามีส่วนร่วมทั้งกายและใจจะทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงด้วยตนเองในระหว่างการเรียนซึ่งหาก กระบวนการเรียนจากชุดการสอนสามารถทำให้ผู้เรียนนำทั้งกายและใจมาร่วมในการเรียนรู้ได้ตลอดก็น่าเชื่อได้ว่าผลการเรียนรู้ขั้นสุดท้ายก็น่าจะดีตามไปด้วยซึ่งแนวคิดดังกล่าวสอดคล้องกับหลักการของทฤษฎี

2) การจัดประสบการณ์การเรียนรู้แบบค่อยเป็นค่อยไปที่ละเล็กทีละน้อย โดยการจัดเรียงลำดับเนื้อหาสาระจากง่ายไปหายาก จากสิ่งที่ซับซ้อนน้อยค่อยๆเพิ่มความซับซ้อนสะสมมากขึ้นตามลำดับ

3) การจัดประสบการณ์แห่งความสำเร็จ เพื่อสร้างความรู้สึกที่ดี ความรู้สึกภาคภูมิใจในตนเองให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียน สร้างให้ผู้เรียนรู้สึกตระหนักในศักยภาพของตนเอง เพื่อให้เกิดความมั่นใจมีพลังใจในการที่จะพยายามเรียนรู้ต่อไปอย่างมีพลังและกระตือรือร้นมีชีวิตชีวา

4) การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบทันทีทันใด เป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้รับทราบผลของการกระทำที่ตนเองได้กระทำลงไประหว่างการเรียนว่าผลของการกระทำดังกล่าวกระทำได้ถูกต้องมีคุณภาพเพียงใด มีจุดเด่น จุดอ่อน ตรงไหนบ้างซึ่งข้อมูลย้อนกลับจะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการปรับตัวเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมไปสู่ทิศทางที่เป็นเป้าหมายของการเรียนรู้ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ (2550 : 2) ได้กล่าวถึงการหาประสิทธิภาพนวัตกรรมดังนี้

1. ตัวเลขที่กำหนดนั้นหมายถึง E_1/E_2 โดยตัวเลขที่กำหนดขึ้นอยู่กับผู้วิจัยเป็นผู้กำหนดโดยต้องคำนึงถึงองค์ประกอบ ดังนี้

1.1 ธรรมชาติของรายวิชาหรือเนื้อหาความยากง่ายของรายวิชาหรือเนื้อหานั้น ถ้าง่ายก็ตั้งสูง เพราะผู้เรียนอาจจะสามารถผ่านได้ง่าย ถ้าเนื้อหายากก็ตั้งต่ำๆ เช่น คณิตศาสตร์จะตั้งประมาณ 70/70 หรือ 75/75 เพราะธรรมชาติของวิชานั้นเอง

1.2 สมรรถภาพของผู้เรียนว่าผู้เรียนมีเก่งกี่คน ปานกลางกี่คน อ่อนกี่คน ประเมินโดยภาพรวมว่าอยู่ในระดับไหน ถ้าในห้องเรียนนั้นมีนักเรียนเก่งอยู่มากประสิทธิภาพของสื่อของเราก็ต้องสามารถช่วยยกระดับความรู้ให้เข้าใกล้ 100 ให้มากที่สุดตามไปด้วย

2. ความหมายของ E_1/E_2

E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ (กระบวนการในที่นี้ หมายถึงกระบวนการจัดการเรียนการสอนระหว่างเรียนทั้งหมด โดยคิดจากคะแนนหลังเรียนแต่ละหน่วยหรือบทของ

แต่ละเรื่อง) เช่น ตัวเลข 80 หมายถึง ผู้เรียนทั้งหมดได้ทำแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบย่อยได้ คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ซึ่งหาได้จากสูตรผลรวมของคะแนนหารด้วยจำนวนผู้เรียนทั้งหมดคูณด้วย 100 หารด้วยผลรวมของคะแนนเต็มของแบบทดสอบทุกชุดก็จะได้ E_1

E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (ผลลัพธ์ในที่นี้หมายถึงหลังจากผู้เรียนเรียนจบกระบวนการโดยคิดคะแนนจากหลังเรียนได้มาจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์) ตัวเลข 80 หมายถึง ผู้เรียนทั้งหมดได้ทำแบบทดสอบหลังเรียน ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 หาได้จากสูตรผลรวมของคะแนนหารด้วยจำนวนผู้เรียนทั้งหมด คูณด้วย 100 แล้วหารด้วยผลรวมของคะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียนก็จะได้ E_2

2. ขั้นตอนการหาคุณภาพของนวัตกรรม

การหาคุณภาพของนวัตกรรม มีขั้นตอนหรือวิธีการดังนี้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. 2550 : 2)

2.1 การตรวจสอบเบื้องต้น เป็นการนำนวัตกรรมที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะเรื่องที่ทำนวัตกรรมนั้นโดยตรงอย่างน้อย 3 คนตรวจสอบ ถ้าผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน มีความเห็นสอดคล้องกัน 2 หรือ 3 คน แสดงว่าเนื้อหาและรูปแบบมีความถูกต้อง เทียบตรง และครอบคลุมจุดมุ่งหมายที่กำหนด ซึ่งการตรวจสอบความสมบูรณ์ถูกต้องโดยผู้เชี่ยวชาญก่อนที่จะนำไปทดลองใช้นั้นมักจะใช้ค่า IOC ในการพิจารณาคุณภาพของนวัตกรรมนั้น

กำหนดคะแนนของผู้เชี่ยวชาญอาจจะเป็น +1 หรือ 0 หรือ -1 ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าถูกต้อง/สอดคล้อง/ตรงกับจุดประสงค์

0 หมายถึง ไม่แน่ใจ

-1 หมายถึง แน่ใจว่ายังไม่ถูกต้อง/ไม่สอดคล้อง/ไม่ตรงจุดประสงค์

ค่าดัชนีนี้ความสอดคล้องที่ยอมรับได้ต้องมีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

2.2 การทดลองและพัฒนา เป็นการตรวจสอบคุณภาพของนวัตกรรมที่ใช้กันโดยทั่วไป เชื่อถือว่ามีมาตรฐานจะมี 3 ขั้นตอน ดังนี้

2.2.1 การทดลองแบบ 1 : 1 เป็นการนำนวัตกรรมที่สร้างขึ้นไปทดลองกับนักเรียน 3 คน ที่มีความสามารถแตกต่างกัน คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบการใช้งาน และความสอดคล้องเหมาะสมในด้านต่างๆ อย่างละเอียดจากการสังเกตพฤติกรรมการใช้ของนักเรียน และนำมาแก้ไขข้อบกพร่องที่พบให้สมบูรณ์

2.2.2 การทดลองกลุ่มเล็ก เป็นการนำนวัตกรรมที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้กับนักเรียน ตั้ง 5-10 คน ที่มีความสามารถแตกต่างกันทั้งเก่ง ปานกลาง และอ่อน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของนวัตกรรมที่สร้างหรือพัฒนาขึ้น และนำผลมาแก้ไขอีกครั้งหนึ่ง

2.2.3 การทดลองกลุ่มใหญ่ เป็นการนำนวัตกรรมที่สร้างขึ้นไปทดลองกับนักเรียน ตั้งแต่ 30 คน ขึ้นไป เพื่อประสิทธิภาพและประสิทธิผลของนวัตกรรม ซึ่งมีเกณฑ์การพิจารณา ดังนี้

- หากเกณฑ์ประสิทธิภาพของนวัตกรรม ซึ่งเกณฑ์ที่ยอมรับว่านวัตกรรมการเรียนรู้นี้มีประสิทธิภาพ คือ ด้านความรู้ ความจำ E_1/E_2 จะต้องมามีค่า 80/80 ขึ้นไป ส่วนในด้านทักษะปฏิบัติ E_1/E_2 ต้องมีค่า 70/70 ขึ้นไป โดยที่ E_1/E_2 ต้องไม่แตกต่างกันเกินกว่าร้อยละ 5 เมื่อ

E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ

N คือ จำนวนนักเรียน

E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่ได้จากคะแนนเฉลี่ยของการทำแบบทดสอบหลังเรียนของนักเรียนทั้งหมด

B คือ คะแนนเต็มของการสอบหลังเรียน

- หาค่าดัชนีประสิทธิภาพของนวัตกรรม โดยคิดวิเคราะห์จากคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทำได้อีกคะแนนเต็มทั้งก่อนเรียน และหลังเรียน ซึ่งเกณฑ์การยอมรับว่านวัตกรรมมีประสิทธิผลช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้จริงจะต้องมีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

บุญชม (2553 : 36) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (Achievement Test) หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ความสามารถของบุคคลในด้านวิชาการซึ่งเป็นผลจากการเรียนรู้ในเนื้อหาสาระ และตามจุดประสงค์ของวิชาหรือเนื้อหาที่สอบนั้น

2.4.1 ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วาโร (2551 : 212-215) กล่าวถึงแบบทดสอบไว้ว่า แบบทดสอบนั้นสามารถแบ่งได้หลายประเภทแล้วแต่ว่าจะยึดอะไรเป็นเกณฑ์ในการแบ่ง ในที่นี้แบ่งตามลักษณะการเขียนตอบซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. แบบทดสอบปรนัย (Objective) แบ่งออกเป็นส่วนย่อยๆ ได้ 5 แบบ คือ แบบทดสอบแบบตอบสั้นๆ แบบถูกผิด แบบเติมคำ แบบจับคู่ และแบบเลือกตอบ
2. แบบทดสอบอัตนัย (Subjective) หรือแบบทดสอบความเรียง หรือแบบทดสอบเรียงความ (Essay) หมายถึง แบบทดสอบที่กำหนดปัญหา แล้วให้ผู้ตอบเขียนตอบตามความรู้สึกที่มี

2.4.2 หลักการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วาโร (2551 : 213) ได้กล่าวถึงหลักการสร้างแบบทดสอบไว้ดังนี้

1. แบบทดสอบปรนัย (Objective Test) ลักษณะโดยทั่วไปของแบบทดสอบปรนัยจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ คำถามและคำตอบ ตัวคำถามของแบบทดสอบปรนัยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ตอบได้แสดงความรู้ความสามารถต่างๆ ตามที่ผู้ถามต้องการ ซึ่งจะวัดตั้งแต่ความจำผิวเผินไปจนถึงวัดพฤติกรรมที่ลึกซึ้งคือการประเมินค่า คำถามแต่ละข้อจะถามเฉพาะจุดเล็กๆ ของเนื้อหา ดังนั้นจึงมีจำนวนข้อมาก ส่วนคำตอบของคำถามประเภทนี้ผู้ตอบต้องใช้เวลาในการคิดและการตอบเป็นส่วนใหญ่ การเขียนตอบจะใช้เวลาน้อยซึ่งอาจเขียนเป็นประโยคสั้นๆ หรือทำเครื่องหมายบนคำตอบที่ต้องการสาระสำคัญของผู้ตอบที่ต้องปฏิบัติมีดังนี้

1.1 ต้องอ่านข้อสอบที่มีทั้งคำถามและคำตอบที่สมบูรณ์ ทำให้ผู้ตอบไม่มีอิสระในการแสดงความคิดเห็นในคำตอบนั้นเลย

1.2 เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดจากตัวเลือกที่ผู้เขียนข้อสอบกำหนดมาให้

1.3 ต้องตอบคำถามจากข้อสอบหลายข้อ

แบบทดสอบปรนัยสามารถแบ่งแยกย่อยได้ 5 ประเภท คือแบบเติมคำ แบบจับคู่ แบบถูก-ผิด แบบตอบสั้นๆ และแบบเลือกตอบ ซึ่งในที่นี้จะขอเสนอรายละเอียดเพียงประเภทเดียวคือแบบทดสอบแบบเลือกตอบ ทั้งนี้เพราะว่าเป็นที่นิยมกันมากซึ่งมีหลายหน่วยงานที่สร้างแบบทดสอบประเภทนี้ในรายวิชาต่างๆ จนเป็นมาตรฐาน

ข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choice Test) ลักษณะข้อสอบจะประกอบด้วย โจทย์หรือข้อความที่เป็นประโยคที่สมบูรณ์เป็นตัวคำถาม เพื่อวัดความรู้ความสามารถ และตัวเลือก ตั้งแต่ 3 ตัวเลือกขึ้นไปอีก 1 ชุด รวมเป็น 1 ข้อ ในตัวเลือกนั้นจะมีทั้งคำตอบถูก และคำตอบผิดที่เป็นตัวลวงมาให้ผู้สอบพิจารณา

หลักการสร้างข้อสอบแบบเลือกตอบ

1. วิเคราะห์จุดประสงค์ เนื้อหาวิชา โดยจะวิเคราะห์ดูว่ามีหัวข้อเนื้อหาใดบ้างที่ต้องการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และแต่ละหัวข้อเหล่านั้นต้องการให้ผู้เรียนเกิดพฤติกรรมอะไร
2. กำหนดพฤติกรรมย่อยที่จะออกข้อสอบ
3. กำหนดรูปแบบของข้อคำถาม และศึกษาวิธีการเขียนข้อสอบ
4. ลงมือเขียนข้อสอบตามจุดประสงค์ที่ได้กำหนดไว้
5. นำข้อสอบที่ได้เขียนไว้ในขั้นที่ 4 มาพิจารณาทบทวนโดยพิจารณาในเรื่องความถูกต้องตามหลักวิชา ความชัดเจนของภาษา
6. ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา
7. พิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง
8. ทดลองใช้ วิเคราะห์คุณภาพ และปรับปรุง

ข้อดีของข้อสอบแบบเลือกตอบ

1. วัดพฤติกรรมทางการศึกษาได้หลายด้าน ตั้งแต่ความรู้ความเข้าใจจนถึงการประเมินค่า
2. เป็นข้อสอบที่ตรวจให้คะแนนง่าย ถูกต้อง รวดเร็ว และมีความเป็นปรนัย
3. สามารถควบคุมความยากง่ายของข้อสอบได้
4. เป็นข้อสอบที่ครูสามารถวินิจฉัยสาเหตุแห่งการทำข้อสอบผิดว่าเนื่องมาจากสาเหตุอะไรบ้าง โดยพิจารณาจากตัวเลือกต่างๆ จากกระดาษคำตอบ
5. มีความเชื่อมั่นสูง เพราะมีจำนวนข้อสอบมากและตอบถูกโดยการเดา มีน้อย
6. สามารถใช้สัญลักษณ์ รูปภาพ หรือกราฟมาเขียนข้อสอบได้

ข้อจำกัดของข้อสอบแบบเลือกตอบ

1. สร้างข้อสอบให้ตีทำได้ยากและใช้เวลาในการสร้างนาน
2. ไม่เหมาะที่จะวัดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การเสนอแนวคิดหรือทักษะการเขียน
3. สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูงในการสร้างข้อสอบ

2. ข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง (Subjective or Easy) ข้อสอบอัตนัยมีเฉพาะคำถามเปิดโอกาสให้ผู้สอบได้สามารถแสดงออกโดยใช้ภาษาของตนเองเขียนตอบตามเสรีภาพ ตามความรู้ และความคิดเห็นของแต่ละคน

หลักการสร้างข้อสอบอัตนัย

1. เขียนคำชี้แจงให้ชัดเจนเกี่ยวกับการตอบคำถาม เวลาที่ใช้สอบ และคะแนนเต็มในแต่ละข้อ
2. ควรใช้คำถามในสิ่งที่ข้อสอบอัตนัยสามารถวัดได้ดีที่สุด เช่น การบรรยาย การแสดงข้อคิดเห็น และข้อวิจารณ์ต่างๆ และพยายามหลีกเลี่ยงคำถามที่เป็นความรู้ความจำ
3. การออกข้อสอบ ควรคำนึงถึงความสำคัญของวัตถุประสงค์ที่ไว้วางไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตรโดยเลือกถามเฉพาะจุดที่สำคัญๆ ของเรื่อง
4. พยายามให้ความยาวของข้อสอบ (จำนวนข้อสอบ) พอเหมาะกับเวลาที่กำหนดให้ เพราะผู้สอบต้องใช้เวลาในการรวบรวมและจัดระบบความคิดเห็นและเขียนตอบ
5. ไม่ควรให้มีการเลือกตอบเป็นบางข้อ เช่น มี 5 ข้อให้เลือกทำ 4 ข้อ เพราะอาจมีการได้เปรียบเสียเปรียบอันเนื่องมาจากข้อสอบมีความยากง่ายไม่เท่ากัน ทำให้คะแนนที่ได้เปรียบเทียบกันไม่ได้ อีกทั้งยังเป็นการไม่ยุติธรรมสำหรับผู้ที่ต้องตอบคำถามได้ทุกข้อ

หลักการตรวจให้คะแนนข้อสอบอัตนัย

1. สร้างรายการคำตอบให้สมบูรณ์ และกำหนดคะแนนของแต่ละคำตอบ
2. ควรให้คะแนนคำตอบที่เป็นการรวบรวมความคิด ลักษณะการเขียนชัดเจน การอธิบายความถูกต้องของแต่ละคน
3. ควรตรวจข้อสอบของผู้เรียนทีละข้อพร้อมๆ กันไปทุกคน เสร็จแล้วจึงค่อยตรวจข้อต่อไป
4. ควรประเมินผลงานตามคำตอบ ไม่ใช่ตามความรู้สึก หรือความประทับใจของผู้ตรวจ
5. ถ้าเป็นไปได้ควรมีผู้ตรวจอย่างน้อย 2 คน ตรวจข้อสอบข้อเดียวกันเพื่อตรวจสอบความยุติธรรมในการให้คะแนน

ข้อดีของข้อสอบอัตนัย

1. สามารถวัดกระบวนการคิด และความสามารถในการเขียนได้เป็นอย่างดี
2. วัดความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการเขียนได้เป็นอย่างดี
3. สามารถวัดเจตคติ ข้อคิดเห็นต่างๆ ได้ดี
4. มีความสะดวกและง่ายต่อการออกข้อสอบ
5. ผู้ตอบมีอิสระในการแสดงความคิดเห็นอย่างเต็มที่

ข้อเสียของข้อสอบอัตนัย

1. การให้คะแนนไม่แน่นอน คะแนนที่ได้ขึ้นอยู่กับผู้ตรวจ เช่น อารมณ์ เจตคติ

ลายมือ

2. ขาดความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา เพราะออกข้อสอบได้น้อย จึงทำให้ข้อสอบ

ไม่ครอบคลุมเนื้อหา

3. ตรวจให้คะแนนยาก และใช้เวลาในการตรวจมาก

สุราษฎร์ (2552 : 107-111) ได้ให้ข้อเสนอแนะในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนในวิชาต่างๆ โดยมีลำดับขั้นตอนในการจัดสร้างแบบทดสอบดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอนทั้งหมดของวิชา วิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอนเพื่อตรวจสอบว่า วัตถุประสงค์การสอนแต่ละข้อ ต้องการเน้นให้ผู้เรียนมีพฤติกรรมสูงถึงระดับใดและมีความสำคัญต่อการเรียนการสอนเพียงใด การวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอนควรพิจารณาถึงสิ่งต่างๆ ดังต่อไปนี้

- (1) ระดับความสามารถทางสติปัญญาที่ระบุไว้ตามวัตถุประสงค์การสอน
- (2) ระดับความสำคัญของวัตถุประสงค์การสอน
- (3) คะแนนหรือน้ำหนักแทนความสำคัญของวัตถุประสงค์การสอน

การวัดผลสัมฤทธิ์มีข้อจำกัดเรื่องเวลา จึงจำเป็นต้องตัดบางวัตถุประสงค์ที่สำคัญน้อยออกไป สร้างเฉพาะข้อสอบวัดที่สำคัญและจำเป็นจริงๆ โดยเขียนวัตถุประสงค์ทั้งหมดของรายวิชานั้นๆ ลงในตารางวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอน (Objective Listing Sheet) ตรวจสอบดูว่า วัตถุประสงค์แต่ละข้อเน้นให้ผู้เรียนมีพฤติกรรมในการเรียนรู้สูงถึงระดับใด ใช้สัญลักษณ์แทนความสามารถทางสติปัญญาในระดับพินิจความรู้ ระดับนำความรู้ไปใช้งาน ระดับส่งถ่ายความรู้ตามลำดับ และระดับความสำคัญของวัตถุประสงค์การสอนแต่ละหัวข้อ ให้ใช้สัญลักษณ์แทนความสำคัญเป็น X I O และน้ำหนักตามความสำคัญเป็น 3 2 1 แต้ม สำหรับวัตถุประสงค์การสอนที่มีความสำคัญมาก มีความสำคัญรองลงมา และมีความสำคัญน้อย ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 2-1 ตารางวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอน

หัวข้อเรื่อง	วัตถุประสงค์การเรียนรู้	ISL	XXO	321	แต้ม
1.	1	R	X	1	13
	2 (เขียนข้อความของวัตถุประสงค์การสอน)	R	X	3	
	3	A	X	3	
	4	A	X	3	
	5	T	X	3	
2.	1	R	I	2	10
	2	A	I	2	
	3	A	X	3	
	4	A	X	3	
3.	1	R	O	1	10
	2	R	O	1	
	3	A	I	2	
	4	T	X	3	
	5	A	X	3	
4.	1	R	I	2	15
	2	R	I	2	
	3	A	X	3	
	4	A	X	3	
	5	T	X	3	
	6	A	I	2	
รวม				48	48

2. สร้างตารางวิเคราะห์ออกข้อสอบ (Test Blueprint) ตารางวิเคราะห์ออกข้อสอบ เป็นแผนผัง สำหรับครูใช้ในการพิจารณาถึงความเหมาะสมในการออกข้อสอบวัดผลตามวัตถุประสงค์ ต่างๆ ของแต่ละหัวข้อเรื่อง ซึ่งมีส่วนประกอบสำคัญ ดังนี้

(1) เนื้อหา ได้แก่ หัวข้อเรื่องและวัตถุประสงค์การสอนต่างๆ ที่ระบุเอาไว้แต่ละ หัวข้อ

(2) รายการความสามารถทางสติปัญญา (Interllectual Skill) ระดับต่างๆ ซึ่ง กำหนดจากวัตถุประสงค์การสอนแต่ละข้อที่ต้องการ

(3) จำนวนของข้อสอบซึ่งวัดพฤติกรรมตามระดับ และจำนวนของวัตถุประสงค์ การสอน ส่วนจำนวนข้อสอบที่จะวัดนั้นมีความสัมพันธ์อยู่กับเวลาที่กำหนดไว้ สำหรับการสอบวิชา นั้นๆ เวลาที่ใช้สอบมากจำนวนข้อสอบที่จะวัดก็มีจำนวนมากด้วยในขั้นต้นการคำนวณจำนวนข้อของ ข้อสอบ โดยคิดว่าแต่ละนาที่ให้ออกข้อสอบเป็นแบบปรนัยเลือกตอบ 1 ข้อ ส่วนจะปรับปรุงข้อมูลใน ตารางเพื่อออกข้อสอบเป็นแบบอัตนัยร่วมด้วยนั้น ก็ทำให้หลังจากได้พิจารณาแล้วเห็นว่าวัตถุประสงค์ การสอนข้อนั้นควรที่จะออกข้อสอบเป็นแบบอัตนัย

เมื่อได้จำนวนข้อสอบแล้วนำมา คำนวณหาจำนวนข้อสอบ โดยเทียบจำนวนข้อสอบ กับคะแนนเต็มสำคัญ จะได้อัตราส่วนของคะแนนเต็มสำคัญต่อข้อสอบ 1 ข้อ จากนั้นพิจารณา วัตถุประสงค์การสอนในแต่ละหัวข้อเรื่อง จากการเทียบอัตราส่วนคะแนนเต็มสำคัญกับข้อสอบดัง แสดงในตารางที่ 2

3. เลือกประเภทของข้อสอบที่เหมาะสมกับข้อสอบ เพื่อใช้วัดความสามารถทาง สติปัญญาของผู้เรียน ซึ่งอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือข้อสอบแบบอัตนัยและข้อสอบแบบ ปรนัย โดยข้อสอบทั้งสองประเภทนี้ มีความเหมาะสมในการใช้วัดผลที่แตกต่างกันดังต่อไปนี้

(1) ข้อสอบแบบปรนัย ใช้วัดความสามารถทางสติปัญญาระดับพื้นความรู้ (Recalled) และการประยุกต์ความรู้ (Appied Knowledge) ได้ดี อาจใช้ข้อสอบถูกผิด จับคู่หรือ เลือกตอบวัดก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของวิชาที่วัด

(2) ข้อสอบแบบอัตนัย ใช้ความสามารถทางสติปัญญาได้ทุกระดับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งระดับการส่งถ่ายความรู้ (Transferred Knowledge) การใช้ข้อสอบแบบอัตนัยจะทำได้ค่อนข้าง ง่าย ตัดปัญหาการเดาของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ 2-2 ตารางวิเคราะห์ข้อสอบ (Test Blueprint)

	Level of Inteltechial Skill			แต้ม	ข้อสอบ	Note
	Rocall (R)	Apple (A)	Transfer (T)			
Topic 1						
1.	O			13	4	ตัด
2.	X(1)					
3.		X(1)				
4.		X(1)				
5.			X(1)			
Topic 2						
1.	I(1)			10	3	ตัด
2.		I				
3.		X(1)				
4.		X(1)				
Topic 3						
1.	O			10	3	ตัด
2.	O					
3.		I(1)				
4.			X(1)			
5.		X(1)				
Topic 4						
1.	I(1)			15	5	
2.	I(1)					
3.		X(1)				
4.		X(1)				
5.			X(1)			
6.		I				
แต้มรวม	12	27	9	48		
ข้อสอบ	4	8	3		15	

ข้อสอบ 15 ข้อ มีแต้มความสำคัญเท่ากับ 48 แต้ม ข้อสอบ 1 ข้อ มีแต้มความสำคัญเท่ากับ 3.2 แต้ม

ประสงค์ (2544 : 40) กล่าวว่าหลักการสร้างข้อสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

1. วิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ครูสร้างขึ้นนั้น สำหรับบทเรียนหนึ่งๆ จะประกอบด้วยพฤติกรรม ที่จะให้นักเรียนแสดงออกหลายๆ รูปแบบ เช่นทางด้านสติปัญญา ทางด้านทักษะปฏิบัติ และทางด้านจิตใจ ซึ่งในแต่ละพิสัยยังแบ่งออกได้หลายระดับต่างๆ กัน ดังนั้นครูจะต้องทำการวิเคราะห์เพื่อสรุปพฤติกรรมที่ต้องการทั้งหมดแล้วเลือก พฤติกรรมที่เหมาะสมนำไปออกข้อสอบต่อไป

2. กำหนดรูปแบบของข้อสอบว่าจะออกข้อสอบแบบใด เช่น แบบให้อธิบาย เต็มคำตอบเลือกตอบ แบบกาถูก-กาผิด เป็นต้น

3. เตรียมงานและเขียนข้อสอบฉบับร่างโดยเขียนฉบับร่างให้มากกว่าต้องการจริง จากนั้นคัดเลือกข้อที่คาดว่าถูกต้อง และเหมาะสมไปใช้จริงแล้วจะต้องวิเคราะห์ผลอีกครั้งหนึ่งหลัก จากสอบเสร็จแล้ว

4. วิเคราะห์ข้อสอบก่อนนำไปใช้จริง เมื่อสร้างข้อสอบเสร็จแล้วควรมีการทบทวน ตรวจสอบ ในด้านความยากง่ายของข้อคำถามเบื้องต้น ตรวจสอบความถูกต้องของภาษาที่ใช้ คำสั่ง เฉลย ครูควรแก้ไขปรับปรุงข้อสอบก่อนนำไปใช้

จากนั้นขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่มีผู้กล่าวไว้ข้างต้น สรุปได้ว่า ควรสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ให้ครอบคลุมและ ตรงตามจุดประสงค์ ที่ตั้งไว้ เน้นการวัดความสามารถ และระดับทางสติปัญญา ตั้งคำถามให้สอดคล้องเนื้อหาวิชาที่ เรียน มีความชัดเจน และถูกต้อง ในข้อคำถาม ตามหลักวิชาการ นอกจากนี้ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ ควรจะมีความ ยากง่ายที่เหมาะสม จำนวนของแบบทดสอบ ต้องเหมาะสมกับ เวลาในการทำแบบทดสอบของ ผู้เรียน

2.4.3 หลักการสร้างแบบทดสอบปรนัยแบบเลือกตอบ

สุราษฏร์ (2530 : 70-75) ได้แบ่งหลักการสร้างแบบทดสอบแบบปรนัยแบบเลือกตอบออกเป็น 2 ประเภทตามลักษณะการสร้างดังนี้

1. การสร้างปัญหาหรือคำถาม

(1) เขียนคำถามให้สมบูรณ์ โดยการใช้คำที่แสดงลักษณะการถามมาประกอบ เช่น คำว่าอะไร เพราะเหตุใด และเมื่อไร เป็นต้น

(2) หากเขียนแบบทดสอบเป็นแบบเอาตัวเลือกมาต่อตัวนำแล้ว จะต้องอ่าน แล้วเข้าใจง่าย ได้ความหมายสมบูรณ์

(3) ถามให้ตรงจุดที่จะถามให้เด่นชัด คือ อ่านคำถามแล้วตีความได้ว่า ผู้สอนมุ่งถามเรื่องอะไร ได้ความสมบูรณ์

(4) อย่าใช้คำถามปฏิเสธเพราะคำถามดังกล่าวตีความได้ยาก

(5) หลีกเลี่ยงการใช้คำที่อาจนำคำตอบ เช่น คำหรือข้อความที่เป็นคำตอบรวมในคำถามแล้ว ซึ่งจะทำให้ผู้สอบหาคำตอบได้ง่าย หรืออาจตอบถูกโดยไม่ได้ใช้ความรู้ความคิดจากการเรียนวิชานั้นๆ เลย

(6) ควรสร้างคำถามให้สั้น กระชับรัด เอาแต่ใจความสำคัญ

2. การสร้างตัวเลือก

(1) เขียนตัวเลือกให้เป็นพวกเดียวกัน หมายความว่า ตัวเลือกทั้ง หลายที่สร้างขึ้นจะต้องมีขอบข่ายอยู่ในประเภทหรือกลุ่มเดียวกัน หรือมีคุณลักษณะบางอย่างร่วมกัน

(2) ตัวเลือกควรสั้น ชัดเจน ประหยัดคำ อ่านได้ใจความสมบูรณ์

(3) ตัวเลือกทุกตัวจะต้องให้เป็นอิสระแก่กัน ถูกหรือผิดแยกกันเด็ดขาด โดยไม่คลุมเครือ และจะต้องไม่แตกต่างกันจนเด่นชัดมากเกินไป

(4) ตัวเลือกทุกตัวต้องให้ใช้ประโยชน์ได้ คือ มีคุณค่าใสการจูงใจให้ผู้สอบได้เลือกตอบ

(5) ควรให้ตัวเลือกทุกตัวยาวเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน เพราะตัวเลือกที่ยากหรือสั้นที่สุดกลับเป็นคำตอบไปด้วย จึงกลายเป็นการแนะนำคำตอบ

(6) ตัวเลือกจะต้องถูกหรือผิดตามหลักวิชาการ ไม่ใช่ถูกหรือผิดตามสมัยนิยมหรือเป็นความถูกต้องตามความคิดของกลุ่มบุคคล

(7) อย่าให้คำถามหรือตัวเลือกข้อต้นๆ ไปมีอิทธิพลกับคำตอบข้อต่อไป เพราะทำให้ข้อสอบเหล่านั้นขาดคุณค่าและไม่สามารถวัดในสิ่งที่ต้องการได้

(8) ให้ที่อยู่ของตัวเลือก เป็นตัวเลือกอยู่ในลักษณะกลุ่ม คือ ให้กระจายคำตอบจากข้อ ก. ถึง ง. หรือ จ. อย่าให้คำตอบอยู่ในข้อที่ซ้ำๆ กัน เพราะจะทำให้ผู้สอบเดาคำตอบได้

ประสงค์ (2544 : 40) ได้ให้หลักเกณฑ์การสร้างข้อสอบแบบเลือกตอบไว้ดังนี้

1. ในตัวคำถามควรมีใจความที่สำคัญบรรจุอยู่ เพื่อให้นักเรียนได้เกิดแนวคิดก่อนที่จะอ่านถึงตัวเลือกต่างๆ
2. ควรหลีกเลี่ยงการใช้คำซ้ำกันในพวกตัวเลือกต่างๆ เพื่อประหยัดเวลาในการอ่านของนักเรียน
3. คำถามแต่ละข้อควรเป็นอิสระ ไม่คาบเกี่ยวกัน เพื่อให้มีให้ผู้สอบสามารถนำข้อมูลจากข้อหนึ่งไปตอบข้อสอบอีกข้อหนึ่งได้
4. ในแต่ละข้อ ควรถามเรื่องที่สำคัญเพียงเรื่องเดียว
5. ควรหลีกเลี่ยงคำถามเชิงปฏิเสธ
6. ไม่ควรให้คำตอบที่ถูกต้องยาวกว่าตัวลวงอื่น

7. ตัวเลือกทุกตัวต้องมีเหตุผลที่เป็นไปได้
8. ควรลำดับตัวเลือกที่เป็นจำนวนเลขให้เป็นระเบียบ
9. คำถามจะต้องชัดเจนไม่คลุมเครือและกว้าง
10. ในกรณีที่ไม่สามารถเขียนตัวเลือกให้ครบจำนวน ควรหลีกเลี่ยงการใช้ตัวเลือกที่เขียนว่า “ถูกหมดทุกข้อ” “สองข้อแรกถูก” “ถูกเฉพาะข้อ ค . และข้อ ง. เพราะจะทำให้ข้อสอบดูยuckyคุณภาพลงไป
11. ข้อสอบแต่ละข้อควรมีตัวเลือกที่ถูกเพียงคำตอบเดียว
12. คำถามที่เป็นข้อความไม่สมบูรณ์แบบข้อสอบเติมคำไม่ควรเว้นวรรคที่ต้องการให้เติมในตอนต้นประโยค ควรให้เติมในตำแหน่งหลังสุด
13. ไม่ควรเขียนตัวเลือกว่า “ไม่มีคำตอบถูก” “ผิดหมดทุกข้อ” ในการสอบเกี่ยวกับวิชาคำนวณ เพื่อลดอิทธิพลการเดา
14. พยายามหลีกเลี่ยงการใช้คำว่า เสมอ โดยเฉพาะ เท่านั้น ไม่เคยเพราะคำเหล่านี้ทำให้นักเรียนเกิดความรู้สึกว่าตัวเลือกนั้นผิด และจะไม่เลือกตอบ
15. ควรหลีกเลี่ยงการใช้คำศัพท์หรือภาษาที่ไม่เคยเรียน
16. ในข้อสอบชุดเดียวกันควรมีจำนวนตัวเลือกในข้อสอบแต่ละข้อเท่ากัน โดยทั่วไปควรใช้ตัวเลือกอย่างน้อย 4 ตัวเลือก
17. ตำแหน่งของตัวเลือกที่เป็นคำตอบควรอยู่อย่างกระจาย ไม่ควรให้คำตอบอยู่ในตัวเลือกหนึ่งหลายๆ
18. ไม่ควรเขียนตัวเลือกเป็นคำๆ เดียว หรือข้อมูลเดียว ซึ่งจะทำให้ข้อสอบวัดแต่ความจำและอาจทำให้คลุมเครือ และมีข้อโต้แย้งในคำตอบได้
19. หลีกเลี่ยงคำหรือข้อความที่ชี้แนะคำตอบ

2.4.4 การสร้างแบบทดสอบวัดผลภาคปฏิบัติ

สุราษฎร์ (2552 : 109-110) ได้ให้ข้อเสนอแนะในการสร้างแบบทดสอบวัดผลภาคปฏิบัติไว้ดังนี้

ข้อสอบที่ใช้วัดความสามารถในการทำงานหรือการปฏิบัติงานนั้น นอกจากจะต้องมีใบสั่งงาน (Job Sheet) หรือคำสั่งให้ปฏิบัติงานที่ชัดเจนแล้ว เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่จัดให้ผู้สอบแต่ละคนใช้ ควรจะต้องมีลักษณะและคุณภาพเช่นเดียวกัน ส่วนเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บที่แท้จริงได้มากที่สุด ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วอาจต้องใช้เครื่องมือหลายๆ อย่างประกอบกัน เช่น บันทึกพฤติกรรมบุคคล แบบสังเกตการณ์ ซึ่งอาจทำเป็น Check List และ/หรือ Rating Scale สำหรับเก็บข้อมูลพฤติกรรมผู้เรียน เป็นต้น

ข้อสอบที่ใช้วัดผลภาคปฏิบัติ คือ ข้อสอบที่ผู้เรียนจะต้องลงมือทำกันจริงๆ ซึ่งจะให้ข้อมูลที่ชัดเจนว่า หลังจากการเรียนการสอนหรือการฝึกหัดจบลงเรียบร้อยแล้ว ผู้เรียนมีความสามารถอยู่ในระดับไหน จึงมีข้อควรระวังอยู่ที่ว่าข้อสอบวัดผลภาคปฏิบัติ เป็นคนละอย่างกันกับการสั่งงานในชั้น Application ซึ่งเป็นการฝึกหัดทักษะภาคปฏิบัติในระหว่างการเรียนการสอน เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ตามกระบวนการเรียนรู้รูปแบบ MIAP ข้อสอบวัดผลภาคปฏิบัติจะต้องวัดผลผู้เรียนได้ครบทั้งกระบวนการในการทำงาน ซึ่งจะเริ่มตั้งแต่การวัดความรู้ในการทำงาน การเตรียมงาน การทำงานที่กำหนดให้ และการพิจารณาผลงานที่ทำด้วย ดังนั้นจึงไม่น่าแปลกใจว่าบางครั้งก่อนที่จะลงมือปฏิบัติงานจริง จะต้องมีการวัดผลภาคทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทำงานนั้นๆ รวมอยู่ด้วย สำหรับตัวข้อสอบภาคปฏิบัตินั้น ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยรูปภาพ แบบงาน วัสดุที่ใช้ทำ ชิ้นงาน ขนาดวัตถุติดที่จะทำชิ้นงาน คำสั่ง รวมถึงข้อควรระวังต่างๆ ที่จะให้ผู้เรียนลงมือทำ อยู่ในเอกสารเพียงหน้าเดียวก็ได้ ทั้งนี้ข้อสอบภาคปฏิบัติมีลักษณะอย่างไรก็ขึ้นอยู่กับว่างานที่จะให้ผู้เรียนปฏิบัตินั้นเป็นอะไร

อย่างไรก็ดี ข้อสอบวัดผลทางปฏิบัตินั้น จำเป็นต้องใช้วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ร่วมด้วย ฉะนั้นสิ่งสำคัญที่จะต้องพิจารณาถึงอยู่เสมอ ก็คือ (1) เครื่องไม้เครื่องมือในการสอบของผู้สอบแต่ละคนควรจะเป็นแบบเดียวกันหรือมีคุณภาพใกล้เคียงกันมากที่สุด การปฏิบัติทดสอบควรจะทำอยู่ในอาณาบริเวณการทำงานที่เหมือนกัน และ (2) ในการสอบครูจะต้องสังเกตการณ์ทำงานของผู้สอบโดยใกล้ชิด ดังนั้นตัวข้อสอบภาคปฏิบัติอาจต้องมีเครื่องมือช่วยเก็บข้อมูลอย่างอื่นสำหรับครูใช้ควบคู่กันไปด้วย เช่น แบบประเมินผลงาน เป็นต้น

จากการสร้างแบบทดสอบวัดผลภาคปฏิบัติ สรุปได้ว่า ในแบบทดสอบจะต้องประกอบไปด้วย ใบสั่งงาน (Job Sheet) คำสั่งให้ปฏิบัติที่ชัดเจน มีรูปภาพหรือแบบงานประกอบ ระบุชื่องานที่ให้ผู้เรียนทดสอบ เวลา การทดสอบ ตารางบันทึกผลการทดสอบ จุดตรวจ ระดับคะแนน ที่จะให้ผู้เรียนลงมือทำ อยู่ในเอกสารเพียงหน้าเดียวก็ได้ ทั้งนี้ข้อสอบภาคปฏิบัติมีลักษณะอย่างไรก็ขึ้นอยู่กับว่างานที่จะให้ผู้เรียนปฏิบัตินั้นเป็นอะไรหรือขึ้นอยู่กับรายวิชานั้นๆ

2.4.5 การสร้างแบบประเมินผลภาคปฏิบัติ

สุราษฎร์ (2530 : 173-177) กล่าวว่าสิ่งที่วัดและประเมินผลการปฏิบัติผู้เรียนจะประกอบด้วย การวัดและประเมินผลความสามารถในการเตรียมงาน ความสามารถในการปฏิบัติงาน และคุณภาพของผลงานหรือชิ้นงานที่ได้ การวัดและประเมินผลภาคปฏิบัตินี้ส่วนใหญ่มักจะอยู่ที่ภาคปฏิบัติและผลงานที่ทำออกมา ตลอดจนการวัดตรวจสอบความตระหนักความรับผิดชอบในการทำงานด้วย ดังนั้นในการสร้างใบประเมินผลส่วนใหญ่จะมีรายการวัดผลและประเมินผลดังนี้

1. ในด้านความรู้ความเข้าใจเนื้อหาทางด้านทฤษฎี เป็นการวัดเนื้อหาความรู้ที่เกี่ยวข้อง สัมพันธ์กับการปฏิบัติงานไปใช้ เช่น การอ่านแบบในใบงาน การอ่านทำความเข้าใจ ไดอะแกรม สัญลักษณ์ การเตรียมงาน การวิเคราะห์งาน เป็นต้น

2. ในด้านความสามารถในการปฏิบัติงาน เป็นการตรวจสอบตั้งแต่เริ่มเตรียมงาน การทำงานตามขั้นตอน ความถูกต้องและความปลอดภัยในการใช้เครื่องจักร เครื่องมืออุปกรณ์รวมถึง การดูแลรักษา ระยะเวลาในการทำงานตั้งแต่ต้นจนกระทั่งสำเร็จและอาจพิจารณาถึงทางด้านเจตคติ ในการทำงานร่วมกับผู้อื่นด้วย

3. ด้านคุณภาพของผลงานหรือชิ้นงาน เป็นการตรวจสอบความเที่ยงตรงของงาน เช่น ผิวน้ำ ขนาด รูปร่าง น้ำหนัก เป็นต้น รวมถึงลักษณะการทำงาน หรือการใช้งานว่ามีความสมบูรณ์ ขนาดไหน ซึ่งการพิจารณาถึงคุณภาพของชิ้นงาน หรือผลงานที่ทำได้

2.4.6 การให้คะแนนงานปฏิบัติ

สุรชาภรณ์ (2530 : 114-115) กล่าวว่า การให้คะแนนและประเมินผลงานปฏิบัติแบ่งได้ เป็น 4 ประเด็น ดังต่อไปนี้

1. วิธีการให้คะแนน

การให้คะแนนงานปฏิบัติ ทำได้ 2 ลักษณะ คือ การพิจารณาจุดต่างๆ แล้วให้ คะแนน และโดยการใช้เครื่องมือไปวัดแล้วให้คะแนน ซึ่งมีหลักการให้คะแนนดังนี้

1.1 โดยการพิจารณาแล้วให้คะแนน (Subjective Valuation) เป็นการให้ คะแนนโดยอาศัยการสังเกต ใช้ความคิดเห็น ความรู้สึก พิจารณาจุดที่วัดผล เช่น การเตรียมเครื่องมือ การใช้เครื่องจักร ความรับผิดชอบ ความสะอาด ความสำเร็จของงาน คุณภาพการใช้งาน เป็นต้น

คะแนน	คุณภาพผลงาน
10	ผลงานดี ลักษณะส่วนใหญ่ดี ผลงานใช้งานได้ดี
6	ผลงานพอใช้ ลักษณะพอใช้ ผลงานพอใช้งานได้
1	ผลงานไม่ดี ลักษณะไม่ดี ผลงานใช้งานไม่ได้
0	กรณีไม่มีผลงานออกมาเลย

1.2 โดยการใช้เครื่องมือวัดเทียบแล้วให้คะแนน (Objective Valuation) เป็นการให้คะแนนโดยพิจารณาที่ขนาดของงาน (หรือชิ้นงาน) จุดที่วัด เช่น ขนาดความยาว ความหนาของผิว ขนาดมุม เป็นต้น ซึ่งสามารถใช้เครื่องมือวัดไปวัดหรือตรวจสอบขนาดได้

คะแนน	คุณภาพผลงาน
10	ขนาดอยู่ในพิสัยที่กำหนดได้
7	ขนาดอยู่นอกพิสัยไม่เกิน $\pm 25\%$ ของขนาดกำหนด
3	ขนาดอยู่นอกพิสัยไม่เกิน $\pm 50\%$ ของขนาดกำหนด
1	ขนาดอยู่นอกพิสัยเกินกว่า $\pm 50\%$ ของขนาดกำหนด
0	กรณีไม่มีผลงานออกมาเลย

2. ตัวคูณ (Factor)

ตัวคูณ คือค่าน้ำหนักของจุดที่นำมาพิจารณา ด้วยเหตุที่ขึ้นงานแต่ละชิ้นหรือการทำงานแต่ละงานแต่ละส่วนมีความสำคัญไม่เท่ากัน จุดที่เน้นมากจะมีน้ำหนักคะแนนความสำคัญมาก จุดที่ไม่ค่อยสำคัญก็จะมีน้ำหนักคะแนนน้อย โดยใช้ข้อมูล 1-5 เพิ่มความสำคัญของแต่ละจุด

3. เวลาในการทำงาน (Working Speed)

เวลาที่ใช้ในการสอบปฏิบัติเป็นเวลาเฉลี่ยสำหรับการทำงานนั้นให้สำเร็จจากต่อ เวลาสอบได้อีก แต่ไม่ควรเกิน 10 % ของเวลากำหนด เวลาที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงมีผลต่อการให้คะแนนคือ

- (1) การเพิ่มจะเพิ่มเฉพาะผู้ที่ได้คะแนนจากการสอบ เกินกว่า 75 % เท่านั้น
- (2) ในแต่ละ 2 % ของเวลาที่เร็วหรือช้ากว่าเวลากำหนด จะเพิ่มหรือลด

1 คะแนน

- (3) การเพิ่มหรือลดคะแนน ไม่ควรเกินกว่า 5 คะแนน สำหรับผู้สอบแต่ละคน

4. วิธีประเมินผลงานปฏิบัติ

การประเมินผลเป็นการจัดระดับว่าผู้เรียนคนนั้นมีความสามารถอยู่ในระดับใด ส่วนใหญ่จะเป็นการประเมินผลแบบอิงเกณฑ์ ซึ่งหากเป็นการจัดระดับคะแนนจากค่านวนเปอร์เซ็นต์ที่ทำได้จากการสอบ การคำนวณทำได้ดังนี้

$$\frac{\text{คะแนนที่ได้}}{\text{เปอร์เซ็นต์ที่ทำได้}} = \frac{\text{คะแนนเต็ม}}{\text{เปอร์เซ็นต์ที่ทำได้}} \times 100$$

ส่วนการเทียบเปอร์เซ็นต์กับเกณฑ์ มีดังนี้

เปอร์เซ็นต์	ระดับคะแนน	คุณภาพผลงาน
90 ขึ้นไป	A	ดีทุกจุด ใช้งานได้ ทำงานได้
75 ถึง 89	B	อยู่ในขั้นใช้ได้ และทำงานได้
60 ถึง 74	C	อยู่ในระดับปานกลาง
30 ถึง 59	D	อยู่ในระดับต่ำใช้งานไม่ได้
ต่ำกว่า 30	E	งานไม่สำเร็จผล ไม่มีผลงานออกมา

จากที่กล่าวข้างต้นผู้วิจัยได้จัดทำใบประเมินผลภาคปฏิบัติ โดยเลือกรูปแบบการให้คะแนนโดยพิจารณาที่ขนาดของงาน (หรือชิ้นงาน) จุดที่วัด เช่น ขนาดความยาว ขนาดความโต

ความหยาบผิว เป็นต้น ซึ่งสามารถใช้เครื่องมือวัดไปวัดหรือตรวจสอบขนาดได้ ซึ่งการให้คะแนนแบบนี้เหมาะสมกับงานที่เป็นภาคปฏิบัติ

2.4.7 คุณลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี

สุราษฎร์ (2552 : 106) กล่าวว่าเครื่องมือวัดผล เป็นตัวกลางในการแปลงพฤติกรรมของผู้เรียนออกมาเป็นคะแนน ซึ่งความถูกต้องเป็นจริงจะมีมากหรือน้อยแค่ไหนนั้น ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของเครื่องมือด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณสมบัติในด้านความเที่ยงตรง (Validity) ของเครื่องมือ ซึ่งหากเป็นการสร้างข้อสอบวัดผลทางทฤษฎีแล้ว คุณสมบัติที่สำคัญๆ ที่ควรพิจารณาถึงมี ดังนี้

1. ความเที่ยงตรง (Validity)

ความเที่ยงตรงของข้อสอบ เป็นคุณสมบัติที่บ่งบอกว่าข้อสอบที่สร้างขึ้นมานี้สามารถวัดในสิ่งที่ต้องการวัดได้จริงตามวัตถุประสงค์การสอนหรือไม่ ซึ่งจะพิจารณาได้จาก

1) ข้อสอบจะต้องวัดพฤติกรรมผู้เรียนได้ตรงตามพฤติกรรมที่วัตถุประสงค์ต้องการ เช่น วัตถุประสงค์การสอนต้องการให้ผู้เรียนคำนวณความแข็งแรงของคาน ข้อสอบก็ต้องให้ผู้เรียนได้คำนวณ ไม่ใช่อธิบายวิธีการคำนวณความแข็งแรงของคาน

(2) ข้อสอบจะต้องมีระดับความยากเหมาะสมกับระดับของ วัตถุประสงค์การสอน เช่น วัตถุประสงค์เป็นระดับ Applied Knowledge ข้อสอบก็ต้องวัดให้ถึงขั้นการ Applied Knowledge ด้วย

(3) ข้อสอบจะต้องมีจำนวนข้อวัดครอบคลุมหรือเป็นตัวแทนที่ดีของ วัตถุประสงค์การสอนข้อนั้น จะไม่วัดเพียงบางจุดหรือในบางประเด็นเท่านั้น

2. ความเป็นปรนัยเท่านั้น (Objectivity)

ความเป็นปรนัยของข้อสอบเป็นคุณสมบัติภายในตัวข้อสอบ ซึ่งเราอาจพิจารณาคุณสมบัติได้ในสองประเด็นหลักๆ คือ

1) ข้อสอบนั้นจะต้องมีคำถามที่ชัดเจน ผู้สอบอ่านแล้วสามารถเข้าใจได้ตรงกันว่าข้อสอบถามเพื่อให้ตอบอย่างไร มีข้อน่าสังเกตว่าข้อความซึ่งใช้เป็นคำถามนั้น ควรที่จะเป็นคำหรือประโยคง่าย ๆ ถ้าหากเป็นคำที่แปลมาจากภาษาอื่นก็ควรที่จะวงเล็บคำภาษาเดิมเอาไว้ด้วยเพื่อความชัดเจนมากขึ้น

(2) การให้คะแนนคำตอบมีมาตรฐานแน่นอนไม่ว่าจะตรวจที่ไหน เมื่อไรหรือว่าใครเป็นผู้ตรวจก็ตาม จะได้คะแนนคงที่แน่นอนไม่เปลี่ยนแปลง การได้คะแนนมากหรือน้อยไม่ขึ้นอยู่กับวิจารณ์ญาณของผู้ตรวจ แต่ขึ้นอยู่กับความสามารถของผู้เรียนเอง ซึ่งข้อสอบปรนัยส่วนใหญ่จะมีคุณสมบัติเหล่านี้อยู่แล้ว

3. ความสะดวกในการทำ (Practicality)

ความสะดวกในการทำข้อสอบ ก็เป็นคุณสมบัติส่วนหนึ่งของข้อสอบที่จะบ่งบอกถึงความคล่องตัวในการใช้ กล่าวคือ ข้อสอบที่ตีพิมพ์จะต้องถูกต้องชัดเจนจัดหน้ากระดาษ คำถามและคำตอบเหมาะสม ผู้สอบไม่ต้องพลิกไปมาหรือทำให้เกิดความสับสนขณะทำข้อสอบ

2.4.8 การพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สำนักทดสอบทางการศึกษาสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2550 : 3-4) กล่าวถึงขั้นตอนการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบที่เป็นมาตรฐาน ไว้ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของการประเมินคุณภาพการศึกษาขั้นพื้นฐานเป็นการประเมินเพื่อพัฒนาคุณภาพการศึกษา
2. ศึกษาทฤษฎี วิธีการ เอกสารหลักสูตรและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ได้เครื่องมือสำหรับใช้ในการประเมิน ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินคุณภาพการศึกษาขั้นพื้นฐาน คือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (General Achievement Test หรือ GAT)
3. กำหนดกรอบโครงสร้างและรูปแบบของการวัด โดยคณะกรรมการซึ่งประกอบด้วยครูผู้สอน ศึกษานิเทศก์ นักวิชาการ นักวัดผล และผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องทางการศึกษา
4. สร้างข้อสอบโดยคณะกรรมการซึ่งประกอบด้วยครูผู้สอน ศึกษานิเทศก์ นักวัดผล นักวิชาการ และผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องทางการศึกษาตามกรอบโครงสร้างและรูปแบบที่กำหนด ข้อสอบทุกข้อที่สร้างขึ้นจะได้รับการวิพากษ์วิจารณ์เพื่อให้ได้ข้อสอบที่มีคุณลักษณะที่ดี และได้รับการตรวจสอบความเที่ยงตรงโดยคณะกรรมการทุกข้อ
5. นำแบบทดสอบที่ได้ไปทดลองในภาคสนาม (Try out) ครั้งที่ 1 กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) ให้ได้ตัวแทนของสังกัดและขนาดโรงเรียน
6. วิเคราะห์หาคุณภาพของข้อสอบโดยนำผลที่ได้จากผลทดสอบมาวิเคราะห์ประมวลผลเพื่อหาค่าสถิติต่างๆ เช่น ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก ค่าความเชื่อมั่น เป็นต้น โดยนำค่าสถิติ ที่ได้มาใช้พิจารณาเพื่อปรับปรุงและพัฒนาข้อสอบให้ได้ข้อสอบที่ดีมีคุณภาพ ข้อสอบที่ใช้ได้จะต้องมีค่าสถิติ ดังนี้
 - 6.1 ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20-0.80
 - 6.2 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป
 - 6.3 ตัวลวงทุกตัวจะต้องมีจำนวนคนเลือกตอบอย่างน้อย 5 %
7. นำแบบทดสอบที่ได้รับการพิจารณาปรับปรุงและพัฒนา (จากการทดลองครั้งที่ 1) ไปทดลองในภาคสนาม (Try out) ครั้งที่ 2 กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้นแต่จำนวนกลุ่มตัวอย่างจะมากกว่าการทดลองครั้งที่ 1

8. นำผลที่ได้จากการทดลองครั้งที่ 2 มาวิเคราะห์ประมวลผล (เช่นเดียวกับข้อ 6) เพื่อให้ได้แบบทดสอบที่เป็นมาตรฐานสำหรับใช้ในการประเมิน ดังนี้

8.1 แบบทดสอบที่มีค่าความยากง่ายเหมาะสม คือ มีข้อสอบค่อนข้างง่าย ประมาณ 25 % (เฉลี่ยทั้งฉบับมีค่าความยากง่ายประมาณ 0.5 โดยค่าความยากง่ายที่ใช้จะอยู่ในระหว่าง 0.20-0.80

8.2 แบบทดสอบมีค่าอำนาจจำแนกที่ดี ข้อสอบแต่ละข้อจะมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ยิ่งค่าอำนาจจำแนกมากยิ่งดี คือ สามารถจำแนกได้ดี

8.3 แบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ที่ดีมีค่าค่อนข้างสูงประมาณ 0.70-0.80

8.4 ครูผู้สอน นักวิชาการ นักวัดผล และผู้เชี่ยวชาญได้ตรวจสอบความเที่ยงตรง (Validity) โดยพิจารณาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) แบบทดสอบแต่ละฉบับที่ใช้ในการประเมินคุณภาพการศึกษาขั้นพื้นฐานมีค่าความเที่ยงตรงต่อหลักสูตรทั้งหมด (ค่า IOC เท่ากับ 1.00)

9. กำหนดเกณฑ์การประเมิน (คะแนนจุดตัด) โดยคณะกรรมการประกอบด้วยครูผู้สอน ผู้เชี่ยวชาญในด้านหลักสูตรและการวัดผล การกำหนดคะแนนจุดตัดจะกำหนด 2 จุด คือ

9.1 คะแนนจุดตัดขั้นผ่าน (B1) หมายถึง คะแนนของนักเรียนที่อยู่คาบเส้น (Borderline) ของเกณฑ์ผ่าน หรือผู้ที่สามารถถึงเกณฑ์ผ่านพอดี คะแนนจุดตัดขั้นผ่าน (B1) จะเป็นจุดแบ่งกลุ่มนักเรียนที่ต้องปรับปรุงแก้ไขกับกลุ่มนักเรียนที่อยู่ระดับพอใช้ขึ้นไป

9.2 คะแนนจุดตัดขั้นสูง (B2) หมายถึง คะแนนของนักเรียนที่อยู่คาบเส้น (Borderline) ของเกณฑ์พอใช้กับเกณฑ์ดี หรือผู้ที่สามารถถึงเกณฑ์พอดี คะแนนจุดตัดขั้นสูง (B2) จะเป็นจุดแบ่งกลุ่มนักเรียนที่มีความสามารถระดับพอใช้กับกลุ่มนักเรียนที่มีความสามารถในระดับสูง หรือระดับดี การกำหนดคะแนนจุดตัดมีลักษณะดังนี้

ไม่ผ่าน/ปรับปรุง	ปานกลาง/พอใช้	สูง/ดี
B1	B2	

10. จัดพิมพ์ต้นฉบับแบบทดสอบฉบับใช้จริงสำหรับให้โรงพิมพ์ดำเนินการพิมพ์ต่อไป จากขั้นตอนการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบดังกล่าวข้างต้น แบบทดสอบที่ใช้ประเมินนักเรียนในการประเมินคุณภาพการศึกษาขั้นพื้นฐานทุกฉบับ จึงเป็นแบบทดสอบมาตรฐานที่สามารถวัดได้อย่างน่าเชื่อถือและเที่ยงตรง

สรุปได้ว่า แบบทดสอบที่มีคุณภาพ มีความตรงสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ มีค่าความยากง่าย มีค่าอำนาจจำแนก และมีค่าความเชื่อมั่นตามเกณฑ์ที่กำหนด สามารถใช้เป็นเครื่องมือที่เชื่อถือได้ในการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อทราบผลการพัฒนาการเรียนการสอน โดยพิจารณาจากคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียน

2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ

2.5.1 ความหมายของความพึงพอใจ

ราชบัณฑิตยสถาน ได้ให้ความหมายของคำว่า ความพึงพอใจ หมายถึงพอใจ ชอบใจ รพีพร (2550 : 12) ได้สรุปความหมายของความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกยินดี เจตคติที่ดีของบุคคลเมื่อได้รับการตอบสนองตามความต้องการของตน ทำให้เกิดความรู้สึกที่ดี สมหมาย (2551 : 6) ได้สรุปความหมายของความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้ สึกที่เกิด จากความสมดุล หรือความสอดคล้องระหว่างสิ่งที่คาดหวัง และสิ่งที่ได้รับจริง หรือจากการที่ความต้องการได้รับการตอบสนองหรือประสบการณ์ที่เข้าไปใช้บริการ และประสบการณ์นั้นตรงตาม คาดหวัง

จากความหมายที่กล่าวมาสรุปได้ว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกที่พอใจที่มี ต่อบุคคลหรือสิ่งจูงใจในด้านต่างๆ เมื่อได้รับการตอบสนองตามความต้องการของตนหรือความ ต้องการที่บุคคลหรือสิ่งจูงใจคาดหวัง

2.5.2 ทฤษฎีเกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

นักวิชาการได้พัฒนาทฤษฎีที่อธิบายองค์ประกอบของความพึงพอใจ และอธิบาย ความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจกับปัจจัยอื่นๆ ไว้หลายทฤษฎี โดยทฤษฎีที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือ ทฤษฎีลำดับความต้องการของมนุษย์ของมาสโลว์

มาสโลว์ (Maslow) ได้เป็นผู้วางรากฐานจิตวิทยาตามมนุษยนิยม ได้อธิบายว่าทำไมคนจึงถูก ผลักดันโดยความต้องการบางอย่าง ณ เวลาหนึ่ง ทำไมคนหนึ่งจึงทุ่มเทเวลาและพลังงานอย่างมาก เพื่อให้ได้มาซึ่งความปลอดภัยของตนเอง แต่อีกคนหนึ่งกลับทำสิ่งเหล่านั้นเพื่อให้ได้รับการยกย่อง นับถือจากผู้อื่น คำตอบของมาสโลว์ คือ ความต้องการของมนุษย์จะถูกเรียงตามลำดับจากสิ่งที่กดดัน มากที่สุดไปถึน้อยที่สุดโดยจัดลำดับชั้นความต้องการตามความสำคัญ (สุรางค์, 2533 : 158 - 159)

1. ความต้องการทางกาย (Physiological Needs) เป็นความต้องการพื้นฐาน คือ อาหาร ที่พัก อากาศ ยารักษาโรค
2. ความต้องการความปลอดภัย (Safety Needs) เป็นการต้องการที่เหนือกว่าความต้องการเพื่อความอยู่รอด เป็นความต้องการในด้านความปลอดภัยจากอันตราย
3. ความต้องการทางสังคม (Social Needs) เป็นความต้องการการยอมรับจากเพื่อน
4. ความต้องการการยกย่อง (Esteem Needs) เป็นความต้องการในการยกย่อง ส่วนตัวความนับถือ และสถานะทางสังคม
5. ความต้องการให้คนประสบความสำเร็จ (Self – Actualization) เป็นความต้องการสูงสุดของแต่ละบุคคล ความต้องการการทำทุกสิ่งทุกอย่างได้สำเร็จ

บุคคลพยายามที่สร้างความพึงพอใจให้กับความต้องการที่สำคัญที่สุดเป็นอันดับแรกก่อน เมื่อความต้องการนั้นได้รับความพึงพอใจ ความต้องการนั้นก็หมดลงและเป็นตัวกระตุ้นให้บุคคลพยายามสร้างความพึงพอใจกับความต้องการที่สำคัญที่สุดลำดับต่อไป ตัวอย่างเช่น คนที่อดอยาก (ความต้องการทางกาย) จะไม่สนใจต่องานศิลปะชิ้นล่าสุด (ความต้องการสูงสุด) หรือไม่ต้องการการยกย่องจากผู้อื่น หรือไม่ต้องการแม้แต่อากาศที่บริสุทธิ์ (ความปลอดภัย) แต่เมื่อความต้องการแต่ละขั้นได้รับความพึงพอใจแล้วก็จะมีความต้องการในขั้นลำดับต่อไป

การวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการศึกษา ความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการศึกษาและเกิดผลได้หรือไม่จะต้องพิจารณาถึงลักษณะของการให้บริการขององค์การประกอบด้วยระดับความรู้สึกของผู้ใช้บริการในมิติต่างๆ ของแต่ละบุคคล ดังนั้น ในการวัดความพึงพอใจต่อการจัดการศึกษาอาจทำได้หลายวิธี ดังนี้

1. การใช้แบบสอบถาม ซึ่งเป็นวิธีการที่นิยมกันอย่างแพร่หลายวิธีหนึ่งในการขอร้องหรือขอความร่วมมือจากกลุ่มบุคคลที่ต้องการวัด แสดงความคิดเห็นในรูปแบบฟอร์มที่กำหนดคำตอบไว้ให้ เลือกตอบหรือเป็นคำตอบอิสระ โดยคำถามที่ถามถึงความพึงพอใจในด้านต่างๆ ที่หน่วยงานกำลังให้บริการอยู่ เช่น ลักษณะการให้บริการ สถานที่ ระยะเวลาในการให้บริการ บุคคลที่ให้บริการ เป็นต้น

2. การสัมภาษณ์ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่วัดระดับความพึงพอใจของผู้มาใช้บริการซึ่งเป็นวิธีการที่ต้องอาศัยเทคนิค และความชำนาญพิเศษของผู้สัมภาษณ์ตอบคำถามให้ตรงกับข้อเท็จจริง การวัดความพึงพอใจ โดยวิธีการที่ประหยัดและมีประสิทธิภาพอีกอย่างหนึ่ง

3. การสังเกต เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะทำให้ทราบถึงระดับความพึงพอใจของผู้มาใช้บริการได้โดยการสังเกตจากพฤติกรรมทั้งก่อนมารับบริการ ขณะรับบริการและหลังจากที่ได้รับบริการแล้ว เช่น การสังเกตกิริยา ท่าทาง การพูด และสีหน้า การวัดความพึงพอใจโดยวิธีนี้ผู้วัดจะต้องทำอย่างจริงจังและมีแบบแผนที่แน่นอน จึงจะสามารถประเมินถึงความพึงพอใจของผู้มาบริการได้อย่างถูกต้องจะเห็นได้ว่าการวัดความพึงพอใจต่อการรับบริการนั้นสามารถได้หลายวิธี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสะดวก ความเหมาะสม ตลอดจนจุดมุ่งหมายหรือเป้าหมายของการวัดด้วย จึงจะส่งผลให้การวัดนั้นมีประสิทธิภาพน่าเชื่อถือ

โดยมีแนวทางการวัดดังนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์ประสงค์ให้ชัดเจนว่าต้องการประเมินไปเพื่อประโยชน์อะไร เช่น หากต้องการเพียงเพื่อทราบความพึงพอใจในสถานการณ์ปัจจุบันเพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการตัดสินใจ ในประเด็นใดประเด็นหนึ่งโดยเฉพาะก็ไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงการวางกรอบการวัดอย่างต่อเนื่อง

2. กำหนดปัจจัยที่จะใช้วัดความพึงพอใจ โดยกำหนดว่าจะใช้ปัจจัยใดบ้างมาเป็นตัวชี้วัดคะแนนความพึงพอใจโดยรวม และควรให้น้ำหนักแต่ละปัจจัยเท่าไร เช่น ในการวัดความพึงพอใจของนักเรียนของครู ปัจจัยที่ใช้วัดก็แยกเป็น 2 กลุ่มหลักๆ คือ การเรียนของนักเรียนหรือการ

สอนของครูเป็นต้น การได้มาซึ่งปัจจัยที่จะใช้เป็นตัวชี้วัดเป็นขั้นตอนที่ต้องอาศัยความร่วมมือระดมความเห็นจากหลายฝ่ายและควรทำการทดสอบปัจจัยเหล่านี้ก่อนนำมาทำการประเมินจริง เพื่อให้แน่ใจว่าปัจจัยที่กำหนดไม่ซ้ำซ้อนกันเกินไปหรือขาดปัจจัยสำคัญบางตัวไป รวมถึงควรทำการประเมินความสำคัญของปัจจัยแต่ละตัวเพื่อนำมาใช้ถ่วงน้ำหนักในการวัดความพึงพอใจรวมด้วย

3. กำหนดเกณฑ์ในการวัดปกติแล้วจะใช้แบบมาตราประมาณค่า (Rating Scale) ด้วยการให้คะแนน 5 ระดับ โดย 5 คือพึงพอใจมากที่สุด 4 คือพึงพอใจมาก 3 คือพึงพอใจปานกลาง 2 คือพึงพอใจน้อย 1 คือไม่พึงพอใจ (บุญใจ, 2555 : 90)

4. กำหนดวิธีวัดความพึงพอใจ ในขั้นนี้ก็คือขั้นของการทำวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) ที่ต้องการกำหนดวิธีการสุ่มตัวอย่างในเชิงสถิติเพื่อกำหนดขนาดของตัวอย่างที่ใช้ในการวัดว่าควรมีจำนวนเท่าไรโดยอาศัยเทคนิคการวิจัยเป็นตัวกำหนดวิธีการวัด

สรุปได้ว่า ความพึงพอใจเป็นความรู้สึกที่พอใจที่มีต่อบุคคลหรือสิ่งจูงใจในด้านต่างๆ เมื่อได้รับการตอบสนองตามความต้องการของตนหรือความต้องการที่บุคคลหรือสิ่งจูงใจคาดหวัง การวัดความพึงพอใจเป็นการเปรียบเทียบได้กับความเข้าใจต่างๆ ไป ซึ่งปกติจะวัดได้โดยการสอบถามจากบุคคลที่ต้องการจะถามมีเครื่องมือที่ต้องการจะใช้ในการวัดหลายๆ อย่าง มีการกำหนดวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน กำหนดปัจจัยที่จะใช้วัดความพึงพอใจ กำหนดกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการวัด กำหนดวิธีการวัดความพึงพอใจ รวมทั้งกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการวัด ปกติแล้วจะใช้ Likert Scale ด้วยการให้คะแนนความพึงพอใจในแต่ละระดับ จากระดับ 1 ถึงระดับ 5 เป็นความพึงพอใจมากที่สุด ระดับ 5 เป็นความพึงพอใจมาก ระดับ 3 เป็นความพึงพอใจปานกลาง ระดับ 2 เป็นความพึงพอใจน้อย และระดับ 1 เป็นความพึงพอใจน้อยที่สุด

2.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับเทคโนโลยีซีเอ็นซี

จักรินทร์ (2557) ได้กล่าวถึง ทฤษฎีเกี่ยวกับเทคโนโลยีซีเอ็นซี ไว้ดังนี้

2.6.1 หลักการทำงานของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

หลักการทำงานของเครื่องจักรกลซีเอ็นซีไว้ว่าเครื่องจักรกลซีเอ็นซี (CNC : Computer Numerical Control) คือ เครื่องจักรกลการผลิตที่มีคอมพิวเตอร์หรือไมโครโปรเซสเซอร์สำหรับควบคุมการทำงาน โดยมี

อักษร C ย่อมาจาก Computer หมายถึง คอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งบนเครื่องจักร

อักษร N ย่อมาจาก Numerical หมายถึง ตัวเลข หรือสัญลักษณ์ หรือโค้ด เช่น A, B, C, 1, 2, 3

อักษร C ย่อมาจาก Control หมายถึง การควบคุมโดยกำหนดค่า หรือตำแหน่งจริงที่ต้องการ เพื่อให้เครื่องจักรทำงานได้ค่าตามที่กำหนด

การทำงานของเครื่องจักรกลซีเอ็นซีจะคล้ายกับเครื่องจักรกลทั่วไป เพียงแต่ในเครื่องจักรกลซีเอ็นซีมีระบบควบคุม ที่ทำงานในขั้นตอนต่าง ๆ แทนผู้ปฏิบัติงาน โดยผู้ปฏิบัติงานจะต้องป้อนคำสั่งที่สร้างขึ้นหรือเรียกว่า โปรแกรมเอ็นซี (Program NC) ให้ชุดควบคุมเครื่อง (Controller) เพื่อสั่งให้เครื่องจักรซีเอ็นซีทำงานตามขั้นตอนต่าง ๆ ต่อไป ดังภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 แสดงหลักการทำงานของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

2.6.2 ประเภทของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

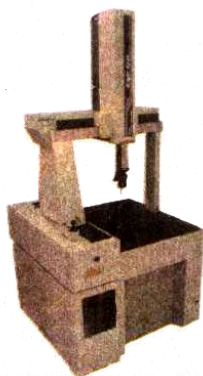
ในปัจจุบันเทคโนโลยีซีเอ็นซีถูกนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตหลายชนิดซึ่งสามารถจำแนกได้ 5 ประเภทดังนี้

2.6.2.1 งานตัดเฉือนผิวโลหะ

งานตัดเฉือนผิวโลหะ (Metal Cutting) เป็นประเภทที่นำระบบซีเอ็นซีมาใช้ งานมากที่สุดประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย เครื่องกลึงซีเอ็นซี 27 เปอร์เซ็นต์ เครื่องกัดซีเอ็นซี 13 เปอร์เซ็นต์

2.6.2.2 งานประยุกต์ใช้สำหรับงานพิเศษหรืองานเฉพาะอย่าง

งานประยุกต์ใช้สำหรับงานพิเศษหรืองานเฉพาะอย่าง (Special Purpose Application) เป็นการนำซีเอ็นซีมาใช้กับงานที่มีลักษณะพิเศษเฉพาะอย่าง เช่น เครื่องวัดจุดโคออร์ดิเนต (Coordinate Measuring Machine) งานประกอบชิ้นส่วน (Assembly) และงานขนถ่ายวัสดุ (Material Handling) ดังภาพที่ 2-2 เครื่องวัดจุดโคออร์ดิเนตควบคุมด้วยระบบซีเอ็นซี



ภาพที่ 2-2 แสดงเครื่องวัดจุดโคออร์ดิเนตที่ควบคุมด้วยระบบซีเอ็นซี

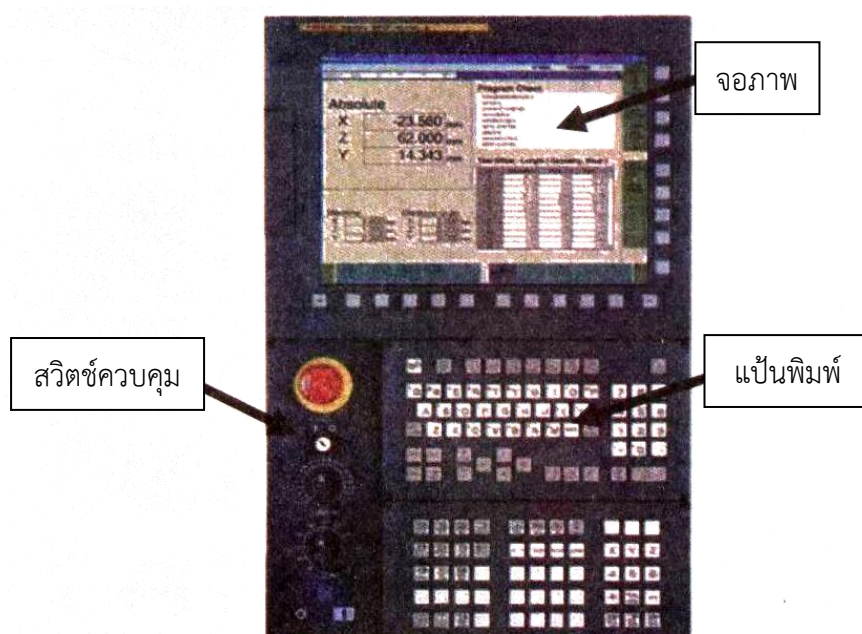
2.6.3 โครงสร้างของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

เครื่องจักรกลซีเอ็นซีมีส่วนประกอบ 3 ส่วนหลัก ได้แก่

2.6.3.1 ชุดควบคุม

ชุดควบคุม (Controller) ของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี เป็นระบบคอมพิวเตอร์ที่สามารถจัดเก็บโปรแกรม และแก้ไขตัดแปลงโปรแกรมได้ คอมพิวเตอร์จะเข้าใจโปรแกรมที่ป้อนและทำการควบคุมเครื่องจักรให้ทำงานตามคำสั่งในโปรแกรมหดงกล่าว ดังภาพที่ 2-3

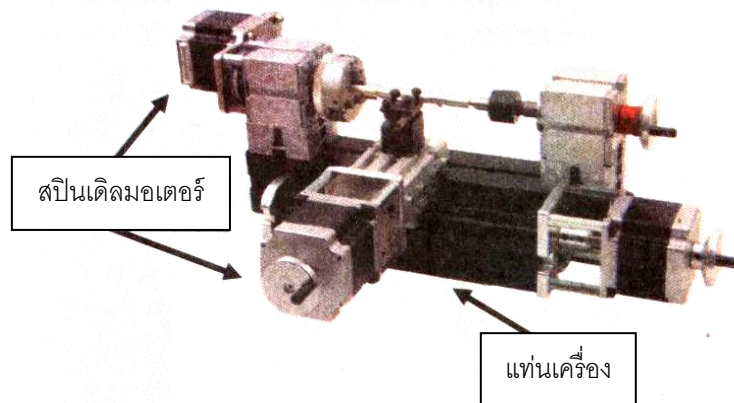
ชุดควบคุมประกอบด้วยแผงควบคุม (Control Panel) จอภาพ (Monitor) แป้นพิมพ์ (Keypad) และปุ่มสวิตช์ควบคุมต่าง ๆ เช่น ความเร็วรอบของสปินเดิล อัตราป้อน (Feed) เป็นต้น



ภาพที่ 2-3 แสดงชุดควบคุม (Controller)

2.6.3.2 กลไกการเคลื่อนที่

กลไกการเคลื่อนที่ (Drive Mechanisms) ได้แก่ มอเตอร์ ซึ่งเป็นเซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) ควบคุมการเคลื่อนที่ของแกนต่าง ๆ โดยใช้บอลสกรู (Ball Screws) แปลงการเคลื่อนที่เชิงมุม (Angular Motion) เป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้น (Linear Motion) โดยมีตำแหน่งหรือระยะทางการเคลื่อนที่และความเร็วถูกควบคุมโดยรับสัญญาณจากชุดควบคุม (Controller) นอกจากนี้ยังมีรางนำทาง (Guide Way) รองรับการเคลื่อนที่ของแกนต่าง ๆ ดังภาพที่ 2-4



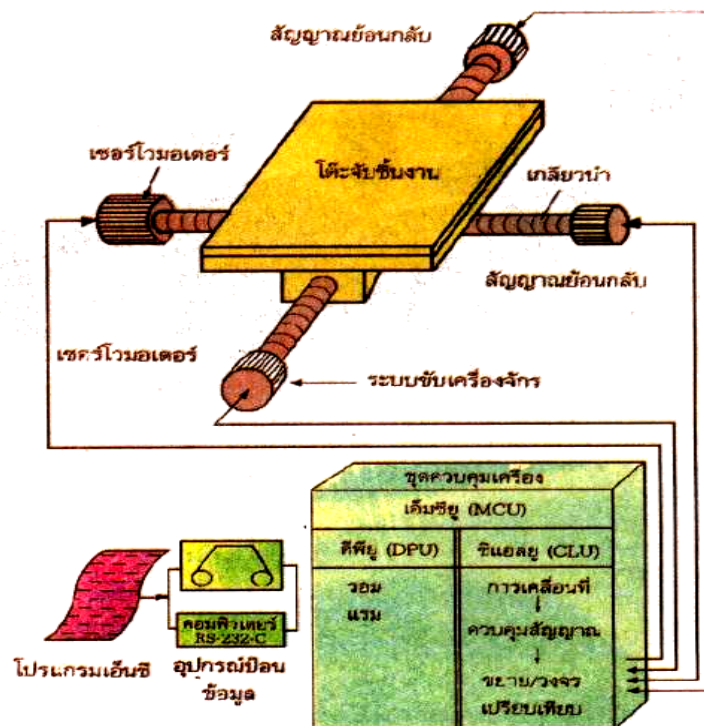
ภาพที่ 2-4 แสดงตัวเครื่องจักร (Machine Body)

(ที่มา : <http://www.unimateducation.com>)

2.6.4 องค์ประกอบระบบควบคุมของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

ระบบควบคุมเครื่องจักรกลซีเอ็นซี คือการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรด้วยคำสั่งเชิงตัวเลขและตัวอักษรด้วยคอมพิวเตอร์ โดยคอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมเครื่องจักรเก็บข้อมูลหรือช่วยในการป้อนข้อมูลเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขโปรแกรม

ในปัจจุบันเครื่องจักรที่ควบคุมด้วยระบบซีเอ็นซีนี้ สามารถป้อนข้อมูลทางมือได้ ทำให้สามารถเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขโปรแกรมหรือต้องการแทรกข้อมูลได้สะดวก หรือถ้าต้องการแทรกข้อมูล การให้ขนาดใหม่ การเปลี่ยนความเร็วรอบ การเปลี่ยนความเร็วตัดและอัตราป้อน สามารถทำได้ง่าย ระบบซีเอ็นซีมีส่วนประกอบที่สำคัญ 5 ส่วน ดังภาพที่ 2-5



ภาพที่ 2-5 แสดงองค์ประกอบของระบบซีเอ็นซี

จากภาพที่ 2-5 องค์ประกอบของระบบซีเอ็นซีมีดังนี้

2.6.4.1 ส่วนที่เป็นโปรแกรมสั่งงาน (Part Program)

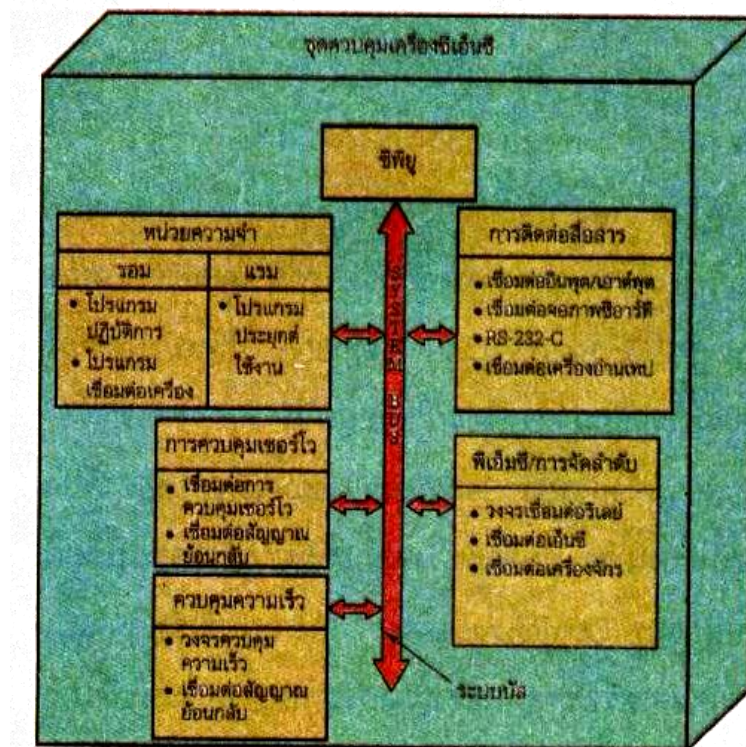
โปรแกรมสั่งงานในระบบซีเอ็นซีจะมีลักษณะเป็นแถว โดยในแต่ละแถวจะมีรหัสคำสั่ง (NC Code) ที่เขียนไว้ในรูปของตัวเลข ตัวอักษร และสัญลักษณ์ ซึ่งรหัสคำสั่งในแต่ละแถวนี้จะแทนตำแหน่งการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดบนเครื่องจักรกลซีเอ็นซี เพื่อใช้สำหรับการขึ้นรูปชิ้นส่วน ตัวอย่างของโปรแกรมสั่งงาน เช่น N10, G00, X100, Y100, Z10, M04, S1500 เป็นต้น

2.6.4.2 ส่วนที่ใช้ป้อนข้อมูลของโปรแกรม (Program Input Device)

การป้อนข้อมูลของโปรแกรมในเครื่องจักรซีเอ็นซีที่เป็นแบบซอฟต์แวร์ (Soft Wire) นั้น จะใช้วิธีการป้อนเข้าไปเก็บไว้ในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ที่ชุดควบคุมเครื่องด้วยสายส่งสัญญาณ (Interface Bus) เช่น RS-232-C โดยไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องอ่านเทปแปลรหัสคำสั่ง เหมือนกับเครื่องในระบบเอ็นซี

2.6.4.3 ส่วนหน่วยควบคุมการทำงาน (Controller or Machine Control Unit : MCU)

หน่วยควบคุมการทำงานเป็นส่วนที่สำคัญของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี มีส่วนประกอบดังภาพที่ 2-6



ภาพที่ 2-6 แสดงไดอะแกรมทำงานของหน่วยควบคุมเครื่องซีเอ็นซี

จากภาพที่ 2-6 ไตอะแกรมทำงานของหน่วยควบคุมเครื่องซีเอ็นซี ประกอบด้วย

1. หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมด ซีพียูประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ คือ

(1) ส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุม (Control Section) มีหน้าที่ติดต่อกับหน่วยรับข้อมูลเข้าเพื่อนำมาควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ทั้งหมดในคอมพิวเตอร์ และนำเข้าข้อมูลจากหน่วยความจำมาแปลรหัส หรือแปลคำสั่งเพื่อส่งสัญญาณข้อมูลของระบบควบคุมที่แปลรหัสเสร็จออกไปยังหน่วยส่งข้อมูลออก

(2) ส่วนจัดการทางตรรกศาสตร์ (Arithmetic Logic Section) มีหน้าที่คำนวณข้อมูลเกี่ยวกับตรรกะหรือคณิตศาสตร์ เช่น การบวก และการลบ เป็นต้น

(3) ส่วนที่เป็นหน่วยความจำชั่วคราว มีหน้าที่นำข้อมูลจากหน่วยรับข้อมูลมาเรียงลำดับไว้เพื่อส่งไปยังหน่วยอื่น เช่น หน่วยจัดการทางตรรกศาสตร์ ทั้งนี้เพื่อให้หน่วยอื่น ๆ ทำงานอยู่ตลอดเวลา ไม่เกิดภาวะรอข้อมูล

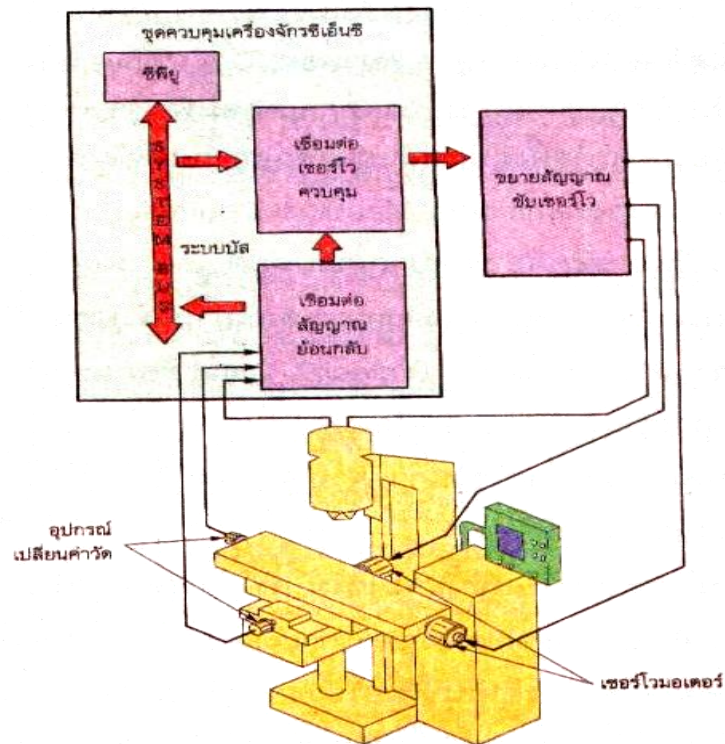
2. หน่วยความจำ (Memory) เนื่องจากหน่วยความจำของหน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียูของคอมพิวเตอร์มีจำกัด ดังนั้น จำเป็นจะต้องหาหน่วยความจำที่มีขนาดใหญ่สำหรับเก็บข้อมูลของโปรแกรม หน่วยความจำของคอมพิวเตอร์แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

(1) หน่วยความจำหลัก (Primary Memory) ได้แก่ หน่วยความจำประเภทแรม (RAM : Random Access Memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่สามารถอ่านและเขียนหรือลบข้อมูลได้ตลอดเวลา และหน่วยความจำประเภทรอม (ROM: Ready Only Memory) เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลอย่างถาวรและอ่านได้อย่างเดียว ไม่สามารถเขียน ลบหรือแก้ไขข้อมูลได้

(2) หน่วยความจำสำรอง (Secondary Memory) โดยทั่วไปแล้วหน่วยความจำประเภทนี้จะใช้เป็นหน่วยเก็บข้อมูลของโปรแกรม ยกตัวอย่างเช่น ฮาร์ดดิสก์ ฟลอปปีดิสก์ เทปแม่เหล็ก เป็นต้น

3. การติดต่อสื่อสาร (Communication) ในระบบซีเอ็นซีจำเป็นต้องมีการติดต่อสื่อสารกันระหว่างหน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู และส่วนประกอบของระบบอื่น ๆ ซึ่งอยู่ภายนอกของเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยทั่วไปแล้วในระบบซีเอ็นซีจะมีการติดต่อสื่อสารโดยผ่านระบบบัส ในส่วนของการรับข้อมูลนั้น ช่างควบคุมเครื่องจะติดต่อสื่อสารเพื่อควบคุมระบบซีเอ็นซีผ่านทางจอภาพ และแผงควบคุมการทำงานของเครื่อง หรือใช้วิธีการส่งข้อมูลทางเทปกระดาษ เทปแม่เหล็ก แผ่นดิสก์ เป็นต้น

4. การควบคุมการขับเคลื่อน (Servo Drive Control) การควบคุมเครื่องจักรในระบบซีเอ็นซีนั้น จำเป็นต้องอาศัยระบบการแปลงและควบคุมสัญญาณพัลส์ที่ถูกส่งมาจากระบบซีเอ็นซีไปเป็นสัญญาณสำหรับควบคุมการขับเคลื่อนของมอเตอร์ โดยการควบคุมการขับเคลื่อนจะมีระบบย่อยอยู่ 2 ระบบ คือ ระบบควบคุมการเชื่อมต่อเซอร์โว (Servo Control Interface) และระบบเชื่อมต่อสัญญาณย้อนกลับ (Feedback Interface) ดังภาพที่ 2-7



ภาพที่ 2-7 แสดงการควบคุมการขับเซอร์โว

จากภาพที่ 2-7 ระบบควบคุมการเชื่อมต่อเซอร์โวจะเป็นส่วนที่ใช้ควบคุมตำแหน่งและความเร็วในการขับเคลื่อนมอเตอร์ แต่เนื่องจากสัญญาณควบคุมที่ส่งมาจากระบบซีเอ็นซีและระบบควบคุมการเชื่อมต่อเซอร์โวมักมีกำลังต่ำ ดังนั้นก่อนที่จะส่งสัญญาณควบคุมไปยังมอเตอร์จำเป็นต้องมีการขยายคลื่นสัญญาณโดยใช้ชุดขยายสัญญาณขับเซอร์โว (Servo Drive Amplifier) โดยที่ชุดขยายสัญญาณขับเซอร์โวจะไม่ใช่ส่วนประกอบของชุดควบคุมระบบซีเอ็นซี แต่จะเป็นชุดประกอบของระบบควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์ ส่วนระบบเชื่อมต่อสัญญาณย้อนกลับ (Feedback Interface) จะมีอุปกรณ์เปลี่ยนค่าวัด (Encode or Resolver) ซึ่งมีหน้าที่บันทึกตำแหน่งการเคลื่อนที่เพื่อส่งข้อมูลกลับไปยังหน่วยประมวลผลกลางและวงจรถอดรหัสของชุดควบคุมเซอร์โว ซึ่งระบบควบคุมก็จะใช้สัญญาณนี้ไปคำนวณหาระยะทางในการเคลื่อนที่ของแท่นเคลื่อนต่อไป

5. การควบคุมความเร็วรอบของเพลาจับยึดเครื่องมือตัด (Spindle Speed Control) ส่วนมากจะควบคุมด้วยคำสั่ง S ในโปรแกรมซีเอ็นซี แต่ในระบบควบคุมการขับเซอร์โวที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นจำเป็นต้องอาศัยระบบควบคุมความเร็วรอบของเพลาขับเคลื่อน เช่น การควบคุมความเร็วรอบของเพลาขับในระบบเชื่อมต่อสัญญาณย้อนกลับ เป็นต้น บางครั้งในระบบซีเอ็นซีจำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์แปลงสัญญาณจากสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก (D/A Converter) ทั้งนี้เนื่องจากสัญญาณที่ใช้ควบคุมการหมุนของมอเตอร์เป็นสัญญาณแบบอนาล็อก แต่คอมพิวเตอร์ของระบบซีเอ็นซีจะส่งสัญญาณแบบดิจิทัล ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์แปลงสัญญาณเพื่อให้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้

6. พีเอ็มซี (PMC: Programmable Machine Controller) การควบคุมสัญญาณที่ส่งไปเพื่อควบคุมระบบซีเอ็นซีแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ สัญญาณควบคุมตัวเลข (Numerical Control Signals) และสัญญาณควบคุมลำดับ (Sequence Control Signals) สัญญาณควบคุม

ตัวเลขจะใช้ควบคุมข้อมูลของตำแหน่ง (Position Data) ข้อมูลของความเร็ว (Velocity Data) ข้อมูลของการวางตำแหน่งเครื่องมือตัด (Tool Offset) ข้อมูลเกี่ยวกับการชดเชยรัศมีของเครื่องมือตัด (Compensation Data) และข้อมูลของค่าตัวแปรอื่น ๆ ส่วนสัญญาณควบคุมลำดับนี้จะใช้ในการควบคุมลำดับขั้นการทำงานของเครื่องจักร โดยจะมีหน่วยอินพุต/เอาต์พุตที่ส่งสัญญาณแบบดิจิทัล ส่วนการควบคุมในระบบซีเอ็นซีนั้นจะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ของคอมพิวเตอร์ร่วมกับหน่วยประมวลผลของพีแอลซี (PLC : Programmable Logic Controller) ซึ่งพีแอลซีหรือพีซี (PC : Programmable Control) เป็นระบบการควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซีโดยใช้วิธีการเขียนโปรแกรมในลักษณะเช่นเดียวกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และพีแอลซีที่ใช้ควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซีเรียกว่า “พีเอ็มซี (PMC: Programmable Machine Controller)” ซึ่งจะทำหน้าที่เชื่อมต่อกับระบบควบคุมต่อไปนี้เป็น

- (1) การเปลี่ยนเครื่องมือโดยอัตโนมัติ (Automatic Tool Change)
- (2) ควบคุมระบบน้ำหล่อเย็น (Coolant Control)
- (3) เชื่อมต่อลิมิตสวิตช์ (Limit Switch Interface)
- (4) ควบคุมระบบจับยึดชิ้นงาน (Clamping System Control)
- (5) เชื่อมต่ออินพุต/เอาต์พุตโปรแกรมเอ็นซี (NC I/O Interface)
- (6) การหยุดฉุกเฉิน (Emergency Stop)
- (7) เชื่อมต่ออินพุต/เอาต์พุตกับเครื่องจักร (Machine I/O Interface)
- (8) อื่น ๆ

2.6.4.4 ส่วนระบบการขับเคลื่อน (Drive System)

การควบคุมการขับเคลื่อนในระบบซีเอ็นซี แบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ ไซมูเตอร์แบบเป็นขั้น (Stepping Motor) ไซมูเตอร์กระแสตรง (DC Servo Motor) ไซมูเตอร์กระแสสลับ (AC Servo Motor) และระบบไฮดรอลิก (Hydraulic Servo Drive)

2.6.4.5 ส่วนวัดระยะและส่งสัญญาณกลับ (Feedback System)

เครื่องจักรกลที่ถูกออกแบบมาเพื่อควบคุมด้วยระบบซีเอ็นซีจะมีลักษณะควบคุม 2 ลักษณะ คือ แบบวงจรรอบเปิด และแบบวงจรรอบปิด หรือการผสมผสานระหว่างวงจรรอบเปิดและแบบวงจรรอบปิด โดยเครื่องจักรที่ตำแหน่งที่โปรแกรมไว้จะมีสัญญาณจับเพื่อควบคุมให้โต๊ะจับชิ้นงานหรือเครื่องมือตัดหยุด

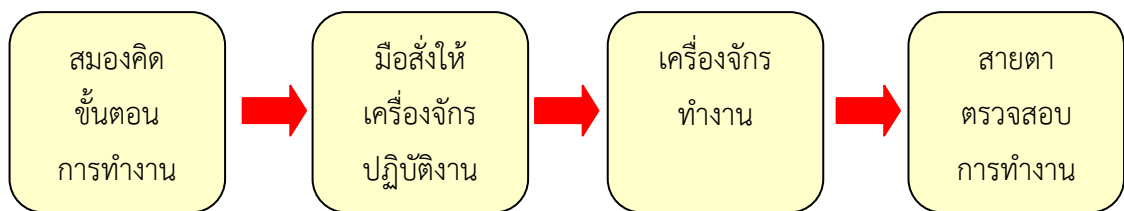
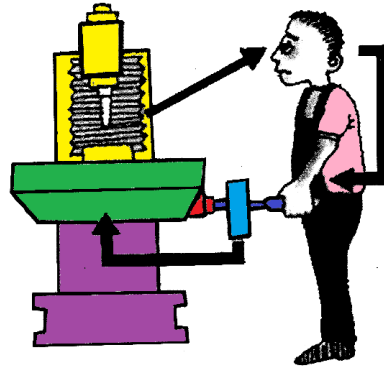
นอกจากส่วนประกอบพื้นฐานดังกล่าวแล้ว ในปัจจุบันเครื่องจักรซีเอ็นซีมีการเพิ่มอุปกรณ์อำนวยความสะดวกสำหรับผู้ปฏิบัติงานอีกมากมาย เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตให้มากขึ้น การควบคุมแบบวงจรรอบเปิดจะมีสัญญาณส่งไปยังมอเตอร์ ทำให้โต๊ะงานเคลื่อนที่ไปตามที่โปรแกรมไว้ ซึ่งการควบคุมด้วยระบบนี้จะไม่มียุติตรวจสอบสัญญาณย้อนกลับ ทำให้ไม่สามารถตรวจสอบได้ว่าสัญญาณที่ส่งมานั้นได้ทำหรือยัง หรือมีข้อผิดพลาดอย่างไร ส่วนการควบคุมแบบวงจรรอบปิดจะมีระบบตรวจสอบสัญญาณย้อนกลับเมื่อโต๊ะงานหรือเครื่องมือตัดเคลื่อนที่ถึง

2.6.5. ระบบควบคุมอัตโนมัติและโครงสร้างการควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี

ตำรงค์ (2556) ได้กล่าวถึง ระบบควบคุมอัตโนมัติและโครงสร้างการควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี ไว้ดังนี้

2.6.5.1 ระบบควบคุมที่ใช้งานเครื่องจักรต่างๆ มีอยู่ 2 ระบบ คือ

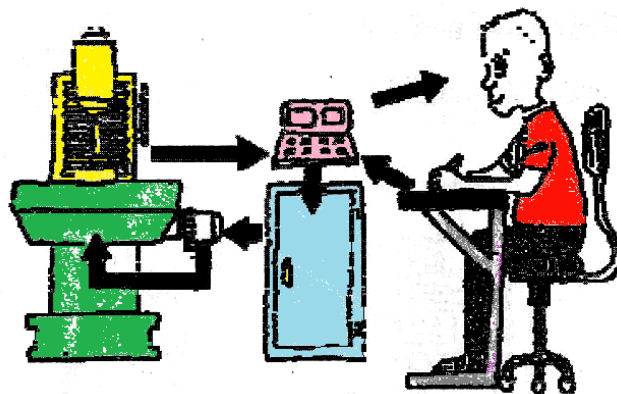
1. ระบบควบคุมแบบ Manual มีวิัจกรในการทำงานดังภาพที่ 2-8



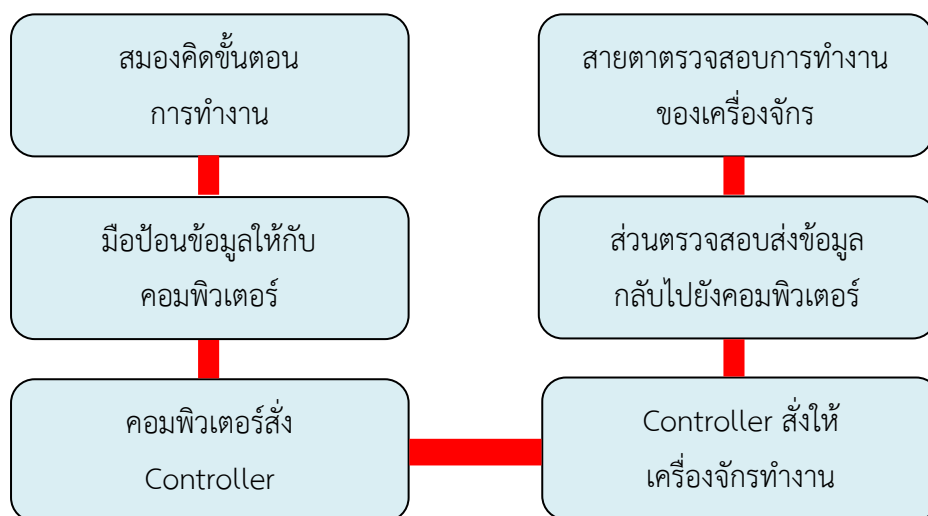
ภาพที่ 2-8 แสดงการปฏิบัติงานกับเครื่องจักร Manual

ระบบนี้ผู้ควบคุมและเครื่องจักรถ่ายทอดคำสั่งโดยตรง ดังนั้นหากเกิดข้อผิดพลาดในการทำงาน ผู้ควบคุมสามารถแก้ไขหรือหยุดการทำงานเพื่อตรวจสอบได้ทันทีทันใด แต่ในขณะที่เครื่องจักรกำลังทำงาน ผู้ควบคุมไม่สามารถตรวจสอบการทำงานได้อย่างละเอียด เช่น ไม่สามารถวัดขนาดชิ้นงานได้ เนื่องจากการตรวจสอบด้วยประสาทสัมผัสทั้ง 5 ของมนุษย์ เป็นต้น

2. ระบบควบคุมแบบ Automatic มีวิัจกรในการทำงานดังภาพที่ 2-9



ภาพที่ 2-9 แสดงการปฏิบัติงานแบบ Automatic



ภาพที่ 2-10 แสดงรูปแบบการปฏิบัติงานกับเครื่องจักร Automatic

ระบบการควบคุมอัตโนมัติ ถ้าดูจากรูปการปฏิบัติงาน จะเห็นว่าผู้ควบคุมทำหน้าที่ในส่วนการคิดขั้นตอนการทำงาน ป้อนข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์และตรวจสอบการทำงานของเครื่องจักรเท่านั้น ส่วนการสั่งงานเป็นหน้าที่ของระบบควบคุม ที่ประกอบด้วยชุดควบคุมและคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่ถ่ายทอดสัญญาณข้อมูลให้กับเครื่องจักร ดังนั้นการทำงานที่เกิดขึ้นมีการผิดพลาด ระบบจะไม่สามารถหยุดเองได้ถ้าคำสั่งที่ถูกถ่ายทอดไปให้กับระบบนั้นผิดพลาดเอง เช่น สั่งงานผิด กำหนดขั้นตอนผิด ฯลฯ หากผู้ควบคุมระบบไม่มีความรอบคอบให้ถี่ถ้วนในการปฏิบัติงาน หรือขาดความชำนาญในการวางแผน กระบวนการผลิตของเครื่องจักรนั้น ๆ อย่างเพียงพอ ก็จะเกิดความเสียหายกับเครื่องมือเครื่องจักรและผู้ปฏิบัติงานได้

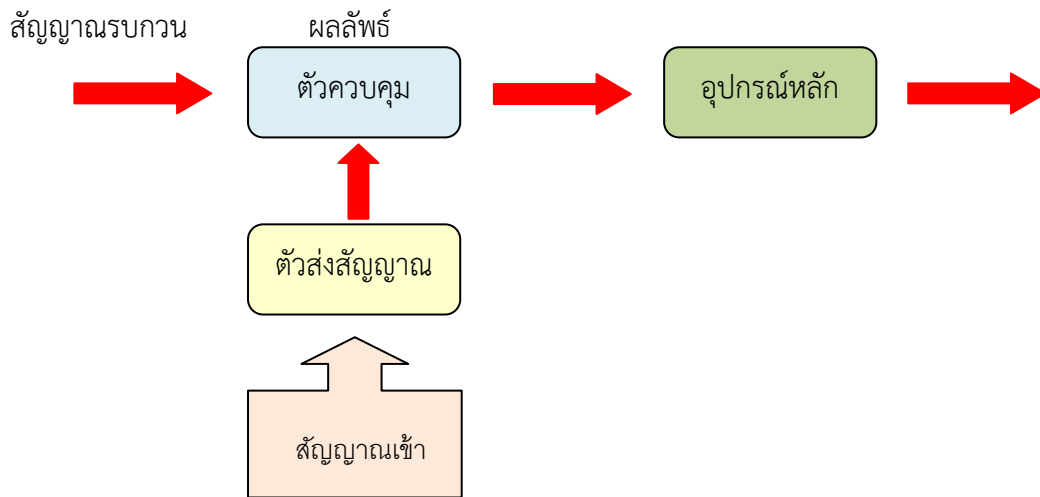
จากระบบการทำงานทั้ง 2 แบบจะเห็นว่า ผู้ทำหน้าที่ควบคุมเครื่องจักรมีหน้าที่แตกต่างกัน ทำให้ต้องมีการทบทวนหน้าที่ของผู้ปฏิบัติงานกับเครื่องจักรให้ดี จะได้ไม่เกิดข้อผิดพลาดในการปฏิบัติงาน อันจะนำมาซึ่งความเสียหายแก่เครื่องมือเครื่องจักรและตัวผู้ปฏิบัติงานเอง

ชนิดของระบบควบคุมอัตโนมัติ มีลักษณะการทำงานอยู่ 2 รูปแบบ

(1) ระบบควบคุมแบบ Open Loop ควบคุมอัตโนมัติแบบ Open Loop มีส่วนประกอบของระบบดังนี้

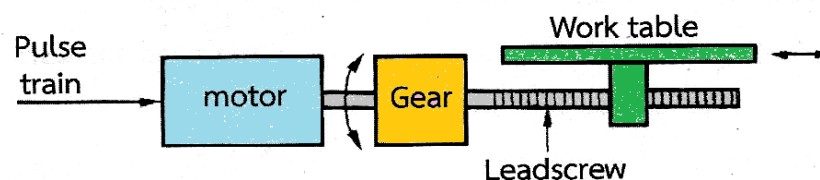
- ตัวส่งสัญญาณทำหน้าที่รับสัญญาณจากนอกระบบเข้าสู่ระบบเพื่อทำการจัดเก็บข้อมูลและส่งสัญญาณต่อไปให้กับตัวควบคุม
- ตัวควบคุมทำหน้าที่ รับสัญญาณจากตัวส่งสัญญาณเพื่อดำเนินการสั่งงานให้อุปกรณ์หลักทำงาน
- อุปกรณ์หลัก ทำหน้าที่ สร้างงานให้เกิดขึ้นหรือเป็นส่วนที่ทำให้เกิดผลลัพธ์ของระบบ

วัฏจักรการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติแบบ Open Loop



ภาพที่ 2-11 แสดงโครงสร้างระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ Open Loop

จากรูปแบบของระบบจะเห็นว่าสัญญาณที่ส่งเข้าระบบกับผลลัพธ์ ไม่มีความสัมพันธ์กัน ดังนั้น หากกระบวนการผิดพลาดหรือมีสัญญาณรบกวนจากนอกระบบเข้าสู่ระบบอาจทำให้ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นไม่เป็นไปตามเป้าหมายของผู้ควบคุมระบบได้ เช่น ผู้ควบคุมระบบต้องการให้เกิดการเคลื่อนที่ไปทางซ้ายมือ เป็น ระยะทาง เท่ากับ 10 มม. เป็นต้น หลังจากป้อนข้อมูลเข้าสู่ระบบแล้ว ระบบก็สั่งให้เครื่องจักรเคลื่อนที่ตามที่ผู้ควบคุมได้โปรแกรมให้กับระบบ ส่วนควบคุมก็ทำหน้าที่คำนวณจำนวนรอบของการหมุนของเกลียวที่จะขับเครื่องจักรให้เคลื่อนที่ไปทางซ้าย เมื่อได้จำนวนรอบแล้วก็สั่งให้เครื่องจักรเคลื่อนที่ เครื่องจักรก็เคลื่อนที่ไปตามที่สัญญาณถูกส่งมาให้ แต่ในทางปฏิบัติ มีหลายสาเหตุที่จะทำให้เครื่องจักรเคลื่อนที่ไม่ได้ตามระยะทางที่กำหนด เช่นระบบสัญญาณค่าความผิดพลาด การสึกหรอของชิ้นส่วนเครื่องจักร สิ่งเหล่านี้คือสัญญาณที่เข้ารบกวนระบบทำให้ระบบเกิดข้อผิดพลาดได้ทั้งนั้น

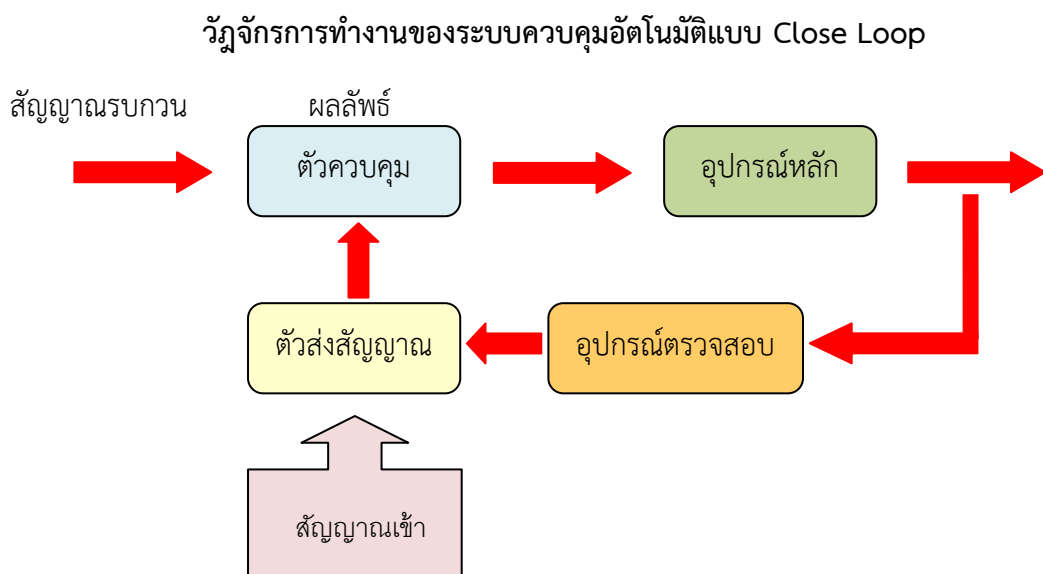


ภาพที่ 2-12 แสดงตัวอย่างระบบควบคุมอัตโนมัติแบบ Open Loop

จากการพบข้อผิดพลาดของระบบดังกล่าว จึงมีผู้คิดค้นระบบที่สมบูรณ์มากกว่ามาใช้งานเพื่อแก้ไขปัญหาเครื่องสัญญาณรบกวน

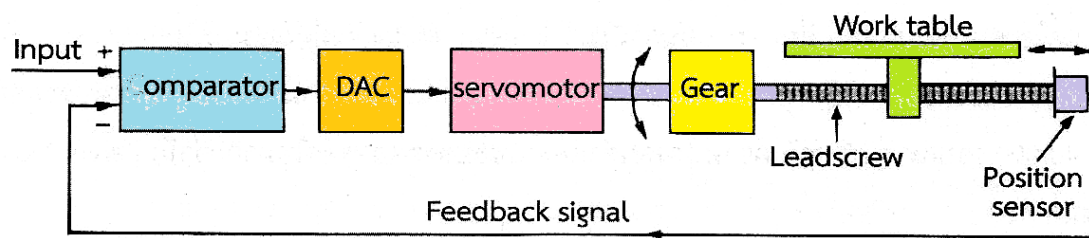
(2) ระบบควบคุมแบบ Close Loop ระบบควบคุมอัตโนมัติแบบ Close Loop คือระบบที่ถูกคิดค้นขึ้นมาเพื่อแก้ไขปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวน มีส่วนประกอบของระบบ ดังนี้คือ

- ตัวส่งสัญญาณ ทำหน้าที่รับสัญญาณจากนอกระบบเข้าสู่ระบบเพื่อทำการจัดเก็บข้อมูลและส่งสัญญาณต่อไปให้กับตัวควบคุม
- ตัวควบคุมทำหน้าที่รับสัญญาณจากตัวส่งสัญญาณเพื่อดำเนินการสั่งงานให้อุปกรณ์หลักทำงาน
- อุปกรณ์หลัก ทำหน้าที่สร้างงานให้เกิดขึ้นหรือเป็นส่วนที่ทำให้เกิดผลลัพธ์ของระบบ
- อุปกรณ์ตรวจสอบ ทำหน้าที่ตรวจสอบผลการปฏิบัติงานหรือผลลัพธ์ที่เกิดจากการปฏิบัติงานของอุปกรณ์หลัก แล้วส่งกลับไปยังส่วนควบคุมเพื่อทำการเปรียบเทียบค่าและทำการปรับชุดเซตค่าหรือสัญญาณให้ได้ผลลัพธ์เท่ากับสัญญาณที่ถูกส่งเข้าสู่ระบบ



ภาพที่ 2-13 แสดงโครงสร้างระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ Close Loop

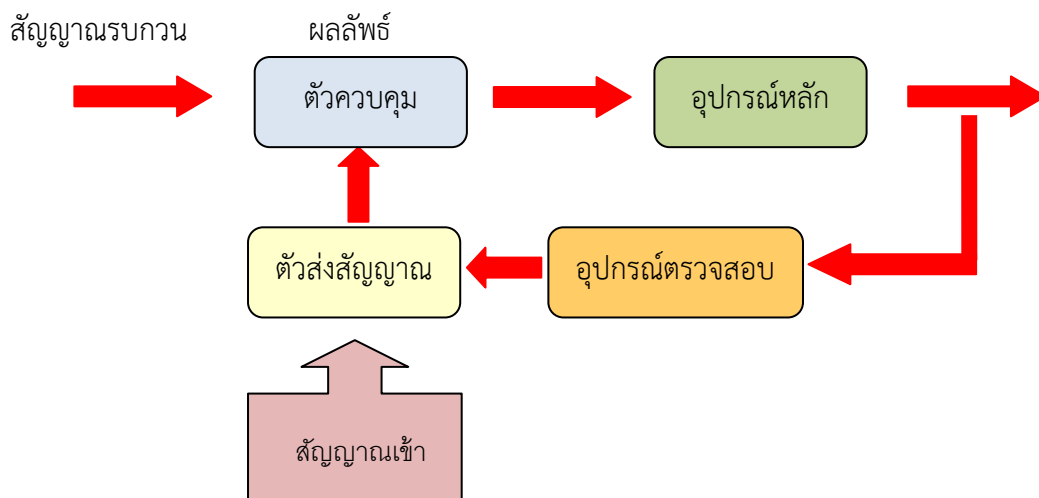
จากรูปแบบของระบบจะเห็นว่าสัญญาณที่ส่งเข้าระบบกับผลลัพธ์มีความสัมพันธ์กัน ดังนั้นหากกระบวนการผิดพลาดหรือมีสัญญาณรบกวนจากนอกระบบเข้าสู่ระบบอาจทำให้ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นไม่เป็นไปตามเป้าหมายของผู้ควบคุมระบบ ผู้ควบคุมระบบต้องการให้เกิดการเคลื่อนที่ไปทางซ้ายเป็นระยะทางเท่ากับ 10 มม. หลังจากป้อนข้อมูลเข้าสู่ระบบแล้ว ระบบก็สั่งให้เครื่องจักรเคลื่อนที่ตามที่ผู้ควบคุมได้โปรแกรมให้กับระบบ ส่วนควบคุมก็ทำหน้าที่คำนวณจำนวนรอบของการหมุนเกลียวที่จะขับเคลื่อนเครื่องจักรได้เคลื่อนที่ไปทางซ้าย เมื่อได้จำนวนรอบแล้วก็สั่งให้เครื่องจักรเคลื่อนที่ เครื่องจักรก็เคลื่อนที่ไปตามที่สัญญาณถูกส่งมาให้ เมื่อเครื่องจักรเคลื่อนที่อุปกรณ์ตรวจสอบก็จะทำหน้าที่วัดระยะและทิศทางเคลื่อนที่ของเครื่องจักรไปพร้อมๆ กับการเคลื่อนที่ แล้วส่งข้อมูลย้อนกลับไปให้กับส่วนควบคุมทำหน้าที่ตรวจสอบความถูกต้องของระยะทางที่เครื่องจักรได้เคลื่อนที่ไป และเมื่อส่วนควบคุมได้รับสัญญาณตรวจสอบของอุปกรณ์ตรวจสอบและประมวลผลแล้วว่ามีค่าเท่ากับ สัญญาณเข้าสู่ระบบก็สั่งให้เครื่องจักรหยุดการเคลื่อนที่ กระบวนการทำงานก็จะสมบูรณ์และถูกต้อง



ภาพที่ 2-14 แสดงตัวอย่างระบบควบคุมอัตโนมัติแบบ Close Loop

5.1.2 โครงสร้างการควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี

เครื่องจักรซีเอ็นซี เป็นเครื่องจักรที่มีระบบการควบคุมเป็นระบบอัตโนมัติ ดังนั้นจึงมีโครงสร้างการควบคุมการทำงานเหมือนกับระบบอัตโนมัติทั่วไป ที่ใช้งานในภาคอุตสาหกรรมจะเป็นระบบควบคุมอัตโนมัติ Close Loop เพราะมีการตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์หลัก ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากอุปกรณ์หลักมีความเที่ยงตรงสูง ถ้านำระบบมาเปรียบเทียบกับกันแล้วจะได้โครงสร้างระบบการควบคุมของเครื่องจักรซีเอ็นซี ดังภาพที่ 2-15



ภาพที่ 2-15 แสดงโครงสร้างระบบการควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี

2.6.6 การควบคุมการวัดและตรวจสอบของเครื่องจักรซีเอ็นซี

ระบบการวัดและการตรวจสอบของเครื่องจักรซีเอ็นซี มีการวัดและตรวจสอบอยู่ 2 จุดใหญ่ๆ ดังนี้

2.6.6.1 การตรวจสอบความเร็วรอบของเพลาหลัก (Spindle)

เครื่องจักรซีเอ็นซี มีความแตกต่างจากเครื่องระบบ Manual อยู่หลายอย่างด้วยกัน แต่ที่มีผลต่อการปฏิบัติงานของผู้ควบคุมอย่างหนึ่งก็คือ ระบบต้นกำลังและส่งกำลังของเพลาหลัก (Spindle) เนื่องจากเครื่องจักรซีเอ็นซี ได้เปลี่ยนระบบต้นกำลังมาใช้ Servo Motor ซึ่งมีคุณสมบัติในการสร้าง

แรงบิดได้สูงสุดที่ความเร็วรอบการใช้งานประมาณ 70-100 รอบนาที และให้ความเร็วรอบสูงสุดได้ประมาณ 30,000-40,000 รอบนาที (ปัจจุบันความเร็วรอบต่ำสุดและรอบสูงสุดอาจทำให้มากกว่านี้) Servo Motor มีอยู่ 2 ชนิดดังนี้

1. DC Servo ส่วนใหญ่จะมีการใช้งานมากในเครื่องจักรรุ่นเก่าๆ
2. Ac Servo เป็นระบบขับเคลื่อนที่ใช้มอเตอร์เอซี ซึ่งมีทั้งอินดักชันมอเตอร์และซิงโครนัสมอเตอร์ ปัจจุบันเป็นที่นิยมมาก เนื่องจากเอซีมอเตอร์ต้องการดูแลบำรุงรักษาและเอซีเซอร์โวไดรฟ์กินกระแสต่ำกว่าดีซีเซอร์โวค่อนข้างมาก



ภาพที่ 2-16 แสดงลักษณะของเอซีเซอร์โวมอเตอร์

ผลของการเปลี่ยนระบบต้นกำลังเข้ามาใช้ Servo Motor ของเครื่องจักรซีเอ็นซี มีผลทำให้การปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของเพลาหลัก (Spindle) เครื่องจักรซีเอ็นซี ไม่ต้องผ่านระบบทดกำลังทางกล (เฟือง สายพาน) จึงไม่ต้องปิดการหมุนของเพลาหลัก (Spindle) หมายถึง การเปลี่ยนความเร็วรอบเครื่องจักรซีเอ็นซีสามารถกระทำเวลาใดก็ได้ และสามารถเปลี่ยนได้ทุกค่าความเร็วรอบ (ไม่เป็นขั้น)

ประกอบกับ Servo Motor มีระบบขับเคลื่อนเซอร์โว (Servo Drive System) เป็นตัวควบคุมการทำงาน ทำให้สามารถรับสัญญาณที่ถูกส่งกลับมาจากอุปกรณ์ป้อนกลับสัญญาณ ซึ่งอาจเป็นเอนโคเดอร์ รีโซลเวอร์ อุปกรณ์นี้จะทำหน้าที่ตรวจนับความเร็วรอบของ Servo Motor ขณะทำงานแล้วส่งสัญญาณกลับไปยัง Servo Drive System เพื่อให้ตรวจสอบความถูกต้องและปรับแก้ไขเมื่อผิดพลาด ด้วยองค์ประกอบเหล่านี้ ผู้ควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี จึงสามารถใช้ความเร็วตัดสูงสุดของเครื่องมือตัด (Cutting Tool) ในการปฏิบัติงานได้ โดยไม่ต้องกังวลในเรื่องความเสียหายของเครื่องมือตัด (Cutting Tool) อันเนื่องมาจากความเร็วรอบของเพลาหลัก (Spindle) ส่วนในด้านการทำงานที่ต้องการความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด (Cutting Tool) กับการหมุนของเพลาหลัก ก็สามารถทำได้อย่างถูกต้องและแม่นยำด้วยระบบการทำงานของอุปกรณ์ดังกล่าว

1. การวัดและการตรวจสอบการเคลื่อนที่ของแกนต่างๆ ของเครื่องจักร

การเคลื่อนที่ของเครื่องจักรซีเอ็นซี ในแนวแกนต่างๆ เกิดจากระบบควบคุมอัตโนมัติ ตามคำสั่งในโปรแกรมเอ็นซี การขับป้อนจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อน อาจพาให้ชิ้นงานเคลื่อนที่หรือด้วยวงจรมอเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ (Servo Drive System) จากภายนอก

หัวใจระบบขับเคลื่อนของเครื่องจักรซีเอ็นซี คือ การส่งกำลังขับเคลื่อนด้วยบอลสกรู บอลสกรู ประกอบด้วยสกรูและนอตที่มีลักษณะเป็นเกลียวกลม เมื่่อมอเตอร์หมุนขับเคลื่อนสกรู นอตก็จะเคลื่อนที่ไปตามความยาวของสกรูทำให้แท่นเลื่อนและโต๊ะงานเคลื่อนที่ไปตามรางเลื่อน การต่อกำลังระหว่างมอเตอร์กับบอลสกรูจะมีชุดคลัตช์ความฝืดเป็นตัวเชื่อมการทำงาน



ภาพที่ 2-17 แสดงโครงสร้างของ Ball Screw

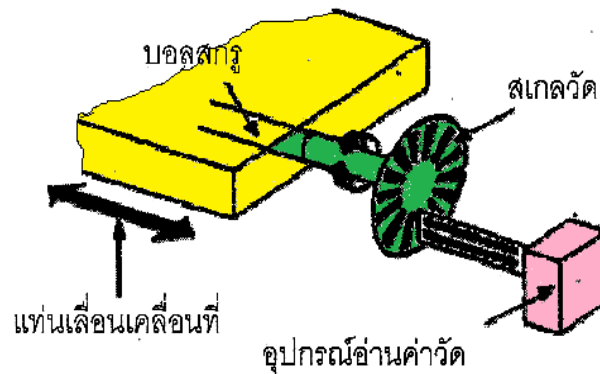


ภาพที่ 2-18 แสดงลักษณะการใช้งานและโครงสร้างของ Ball Screw

2. ระบบวัดขนาด (Measuring System)

การวัดตำแหน่งของแท่นเลื่อนหรือส่วนการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรซีเอ็นซี สามารถที่จะวัดได้ทั้งโดยตรงและโดยอ้อม

(1) การวัดตำแหน่งทางตรง วิธีนี้จะใช้สแกนวัดยึดติดกับส่วนที่เคลื่อนที่ เช่น แท่นเลื่อนหรือทำงาน ฯลฯ โดยตรง อุปกรณ์อ่านข้อมูลในการวัดที่ใช้หลักการของแสง คือ ใช้วิธียิงแสงไปที่แผ่นสะท้อนแสงหรือทะลุผ่านไปตามกระทบที่ตัวรับแสง แล้วแปลงข้อมูลนี้เป็นสัญญาณไฟฟ้าและส่งกลับไปยังระบบควบคุม อุปกรณ์ที่ใช้มีชื่อเรียกว่า บรรทัดวัดละเอียด (Linear Scale) ข้อดีของการวัดละเอียดโดยตรงก็คือ ระบบบกลไกในการขับเคลื่อนเพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ที่ไม่มีผลต่อความถูกต้องของการวัดตำแหน่ง แต่เนื่องจากการทำงานเหมือนไม้บรรทัด จึงต้องใช้ความยาวของบรรทัดวัดละเอียดเท่ากับหรือมากกว่าระยะทางการเคลื่อนที่ของส่วนเคลื่อนที่ที่ต้องการวัด

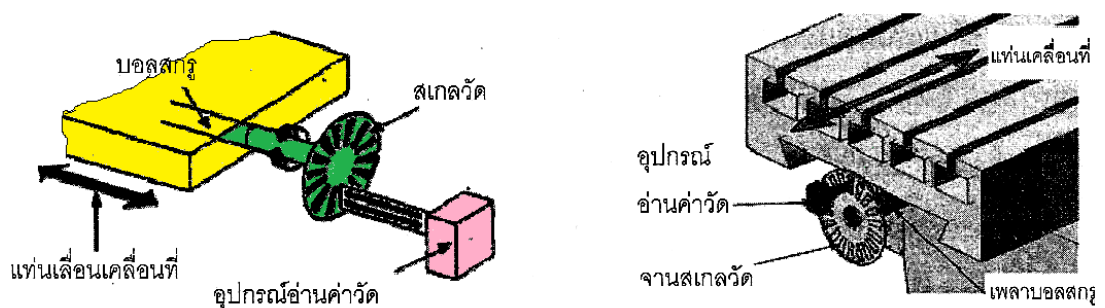


ภาพที่ 2-19 แสดงลักษณะการใช้งานและโครงสร้างของ Linear Scale

2) การวัดตำแหน่งทางอ้อมเป็นการวัดการเคลื่อนที่ของส่วนที่เคลื่อนที่ เช่น แท่นเลื่อนหรือโต๊ะงาน เป็นต้น โดยการวัดตำแหน่งจะใช้วิธีการวัดผ่านระบบการขับเคลื่อนที่อยู่ใกล้กับส่วนที่เคลื่อนที่มากที่สุดซึ่งอุปกรณ์ขับเคลื่อนที่อยู่ใกล้กับส่วนที่เคลื่อนที่มากที่สุดก็คือ บอลสกรู (Ball Screw) โดยใช้หลักการของแสงคือใช้วิธียิงแสงไปที่แผ่นสะท้อนแสงหรือช่องว่างเพื่อให้แสงสะท้อนหรือทะลุผ่าน ไปตกกระทบที่ตัวรับแสงและหาส่งต่อไปยังระบบควบคุมของเครื่อง ระบบควบคุมก็จะใช้สัญญาณที่ได้รับนี้ไปคำนวณระยะทางการเคลื่อนที่ของส่วนที่เคลื่อนที่

ข้อสังเกตของการวัดตำแหน่งทางอ้อม

- เป็นการวัดตำแหน่งที่วัดผ่านระบบการขับเคลื่อน ดังนั้นประสิทธิภาพของระบบการขับเคลื่อนจะมีผลต่อความถูกต้องของระยะทางการเคลื่อนที่ที่วัดได้
- ใช้วิธีการวัดการหมุนของ (Ball Screw) ดังนั้นอุปกรณ์ที่ใช้ (Encoder) ก็คือ อุปกรณ์ที่ใช้วัดจำนวนรอบการหมุนของ (Ball Screw) นั้นเองทำให้อุปกรณ์ดังกล่าวสามารถใช้กับระยะการเคลื่อนที่เท่าไรก็ได้

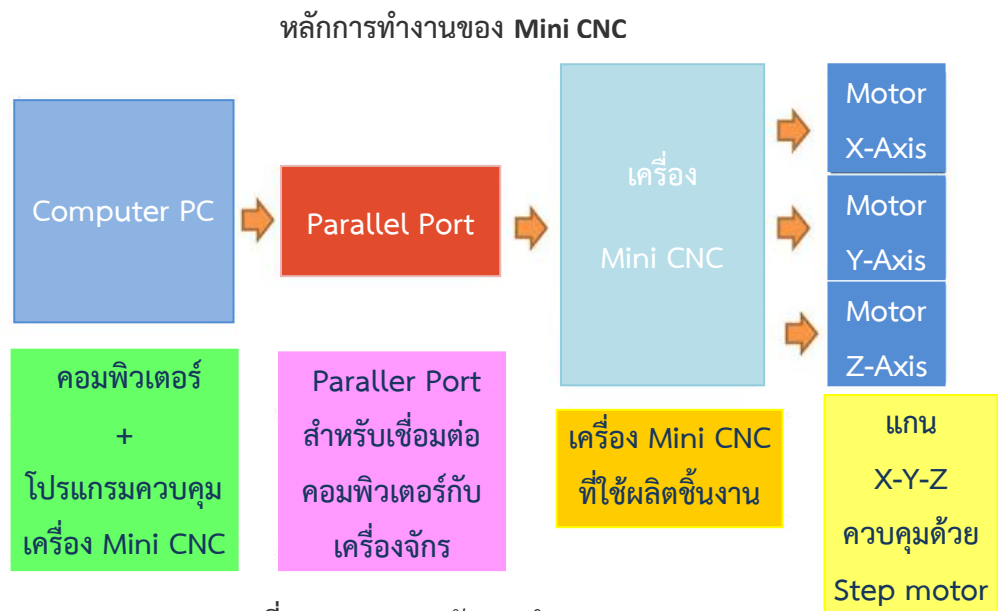


ภาพที่ 2-20 แสดงลักษณะการวัดตำแหน่งแบบทางอ้อม

2.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับมินิซีเอ็นซี

2.7.1 หลักการทำงานของมินิซีเอ็นซี

CNCprog.blogspot.com ได้กล่าวถึง หลักการทำงานของมินิซีเอ็นซี ไว้ดังต่อไปนี้ Mini CNC คือ เครื่องจักร CNC ขนาดเล็ก มีหลักการทำงานเหมือนกับเครื่อง CNC ขนาดใหญ่หรือที่ใช้ทั่วไปโดยทั่วไปตามโรงงานอุตสาหกรรม เพียงแต่ว่า Function ต่างๆ บางส่วนที่ไม่จำเป็นอาจจะถูกตัดออกไป ด้วยเหตุผลต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องราคา , ความซับซ้อนในการออกแบบ , ความต้องการในการใช้งาน , ค่าความละเอียดและความแม่นยำ และอื่นๆ. โดยที่ส่วนประกอบหลักยังอยู่ครบ เช่น สามารถควบคุมการด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ , สามารถปรับ Speed, Feed ได้, ควบคุมการเคลื่อนที่ด้วย Step Motor ทั้งในแกน X-Y สำหรับเครื่องประเภท 2 แกน และ แกน X-Y-Z สำหรับเครื่องประเภท 3 แกน



ภาพที่ 2-21 แสดงหลักการทำงานของ Mini CNC

ปัจจุบันเครื่อง Mini CNC ได้ถูกพัฒนาและนำมาใช้กับงานหลากหลายประเภท เช่น งานกลึง , งานกัด, งานเซาะร่อง, การตัดพลาสติก เป็นต้น



ภาพที่ 2-22 แสดงเครื่องกลึง Mini CNC

2.7.2 ความแตกต่างระหว่าง Mini CNC กับ CNC

ตามที่ได้กล่าวในหัวข้อ Mini CNC คืออะไร เหตุผลหลักที่ทำให้ต้องมี Mini CNC น่าจะเป็นเรื่องของราคาเป็นหลัก ดังนั้นเครื่อง Mini CNC จึงมีส่วนที่แตกต่างจาก CNC ทั่วๆ ไป ดังนี้

1. ขนาด มีการย่อส่วนเครื่อง CNC ให้มีขนาดเล็กลง ทำให้มีราคาที่ต่ำลงหลายเท่าตัว
2. Function การใช้งานเสริมหลายๆ อย่างที่ถูกตัดออกไป เพื่อลดต้นทุนในการผลิต โดยที่ไม่มีผลต่อการใช้งาน
3. ความแม่นยำหรือความละเอียด เครื่อง Mini CNC แทบจะ 100% จะมีค่าความแม่นยำหรือความละเอียดในกาขึ้นรูปชิ้นงานที่ต่ำกว่าเครื่อง CNC ขนาดใหญ่ แต่ก็ไม่ใช่เหตุผลที่เราต้องมานั่งกังวล เนื่องจากว่า งานส่วนมากที่ใช้เครื่อง Mini CNC ผลิตค่าความละเอียดไม่สูงจนเกินไป
4. ราคา เครื่อง CNC ทั่วไปมีราคาตั้งแต่หลักบาทแสนขึ้นไปจนถึงหลักสิบล้านบาท ส่วน Mini CNC มีราคาตั้งแต่หลักหมื่นขึ้นไป
5. อื่นๆ เช่น Software ที่ใช้งานในการควบคุมเครื่อง Mini CNC อาจไม่ทันสมัยเท่ากับเครื่อง CNC ใหญ่ ซึ่งมีการพัฒนาปรับปรุงจากผลิตรายใหญ่ในต่างประเทศ. ส่วน Mini CNC ส่วนมากผลิตภายในประเทศ

CNC และ Mini CNC มีหลักการทำงานที่เหมือนกัน คือ ประกอบไปด้วย

1. Computer และ Software ควบคุม CNC ที่ส่วนนี้จะทำหน้าที่ควบคุมโปรแกรมการทำงาน
2. Parallel Port ส่วนนี้จะทำหน้าที่แปลงสัญญาณจาก คอมพิวเตอร์ ให้อยู่ในรูปแบบสัญญาณของเครื่องจักร

2.7.3 โครงสร้างของ Mini CNC

1. โครงสร้าง เป็นส่วนที่ต้องรองรับทั้งอุปกรณ์ที่ติดตั้ง , วางชิ้นงาน, และรับโหลดที่เกิดขึ้นขณะขึ้นรูปชิ้นงาน ดังนั้นการออกแบบโครงสร้างของเครื่อง Mini CNC ควรออกแบบที่วัสดุที่ทนต่อการรับน้ำหนักและแรงเสียดทานสูง โดยเฉพาะเครื่องจักร 3 แกน ขนาดและวัสดุ และการออกแบบจะต้องออกแบบโดยคำนึงถึงเวลาที่ใช้งานจริงให้มากที่สุด
 2. ชุดส่งกำลัง ประกอบด้วยอุปกรณ์ในการส่งกำลังเช่น Ball Screw, สายพาน, Slide Bar, Feed Screw เป็นต้น วัสดุที่ใช้ต้องสามารถทนต่อการเสียดสีและแรงบิดที่สูงได้ เพราะถ้ามีการสึกหรอกจะส่งผลโดยตรงกับความแม่นยำ (Accuracy) ของชิ้นงาน
 3. ชุดควบคุมการเคลื่อนที่ ประกอบด้วย Step Motor, Servo Motor มีหน้าที่ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของแกนต่างๆ
 4. ชุดโปรแกรมควบคุมการทำงาน ทำหน้าที่สั่งการให้เครื่อง Mini CNC เคลื่อนที่ไปในทิศทางและระยะต่างๆ ตามที่กำหนด โปรแกรมที่นิยมใช้ในปัจจุบัน เช่น March 3
- จากทฤษฎีที่กล่าวไว้เกี่ยวกับหลักการของมินิซีเอ็นซี ผู้วิจัยจึงนำมาพัฒนาชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี โดยนำเครื่องกลึงธรรมดาามาปรับซ่อมและติดตั้งอุปกรณ์ ได้แก่ Ball Screw, Step Motor และใช้ Computer และ Software March 3 ควบคุมการทำงานของชุดฝึก

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บรรเจ็ด (2557) ได้ทำการวิจัยเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึก ระบบฉีดเชื้อเพลิง เครื่องยนต์ดีเซลแบบคอมมอนเรลด้วยอิเล็กทรอนิกส์ ได้นำไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้น ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 จำนวน 28 คน โดยแบ่งผู้เรียนออกเป็นสองกลุ่ม คือกลุ่มทดลอง เรียนด้วยชุดฝึกที่สร้างขึ้น และกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีการสอนตามแผนการสอน ผลปรากฏว่า ชุดฝึกที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 84.58/82.79 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดฝึกที่สร้างขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธี สอนตามแผนการสอน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

บรรลือ (2547) ได้ทำวิจัยสร้างชุดฝึกปฏิบัติงานกลึงเบื้องต้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอน ฝึกทักษะปฏิบัติงานกลึงเบื้องต้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาความเหมาะสมชุดฝึกโดยผู้เชี่ยวชาญ ผลการวิจัยพบว่าชุดฝึกปฏิบัติงานกลึงเบื้องต้นมีความเหมาะสมในระดับดี สามารถนำไปใช้ในการ เรียนการสอนฝึกทักษะปฏิบัติงานกลึงเบื้องต้นได้

เอกสิทธิ์ (2547) ได้ทำการวิจัยสร้างชุดฝึกทักษะลับดอกสว่านและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ ทักษะการลับดอกสว่านระหว่างกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยชุดฝึกทักษะลับดอกสว่านที่สร้างขึ้นกับกลุ่มควบคุม ที่ฝึกทักษะลับดอกสว่านแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่าคะแนนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ชุมพล (2547) ได้ทำวิจัยการสร้างชุดฝึกปฏิบัติเจียรไนเพลากลมต้นแบบบนเครื่องกลึง โดยมี วัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นสื่อในการเรียนการสอนนำไป หากคุณภาพกับผู้เชี่ยวชาญ ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดฝึกปฏิบัติเจียรไนเพลากลมต้นแบบบนเครื่องกลึงมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก สามารถนำไปใช้ใน การเรียนการสอนเรื่องงานเจียรไนเพลากลมได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะ เพียงพอที่จะนำไปใช้ในการทำงาน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถนำมาเป็นแนวทางในการวิจัย ได้ดังนี้

1. ชุดฝึกที่พัฒนาขึ้น ควรสามารถใช้ฝึกปฏิบัติได้หลายหัวข้อการเรียนของผู้เรียน ใช้เป็นสื่อ ประกอบการเรียนการสอนได้ทั้งทฤษฎีและปฏิบัติ และควรมีความปลอดภัย ต่อการฝึกปฏิบัติ ของ ผู้เรียนและความคุ้มค่าต่อการลงทุนในการพัฒนาจัดทำ

2. ชุดฝึกที่พัฒนาขึ้น ควรส่งเสริมให้เกิดความรู้แล ะทักษะภายในเวลาที่กำหนด และสื่อ ความหมายได้ตรงตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้

ดังนั้น ผู้วิจัยเห็นว่าการ พัฒนาชุดฝึกเพื่อใช้ในการเรียนการสอนสามารถที่จะนำไปแก้ปัญหา การขาดสื่อการเรียนการสอนในรายวิชา ผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี รหัสวิชา 2101-2109 หัวข้อผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซี อีกทั้งยังใช้สำหรับเป็นแนวทางในการพัฒนาชุดฝึกต่างๆ ในรายวิชาอื่นๆ ได้อีกด้วย

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) แบบ One Shot Case Study โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพการเรียนการสอนโดยการใช้ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี รหัสวิชา 2102-2109 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2556 สาขาวิชาช่างกลโรงงาน สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.4 วิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาช่างกลโรงงาน วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง ซึ่งลงทะเบียนเรียนวิชาผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี รหัสวิชา 2102-2109 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558

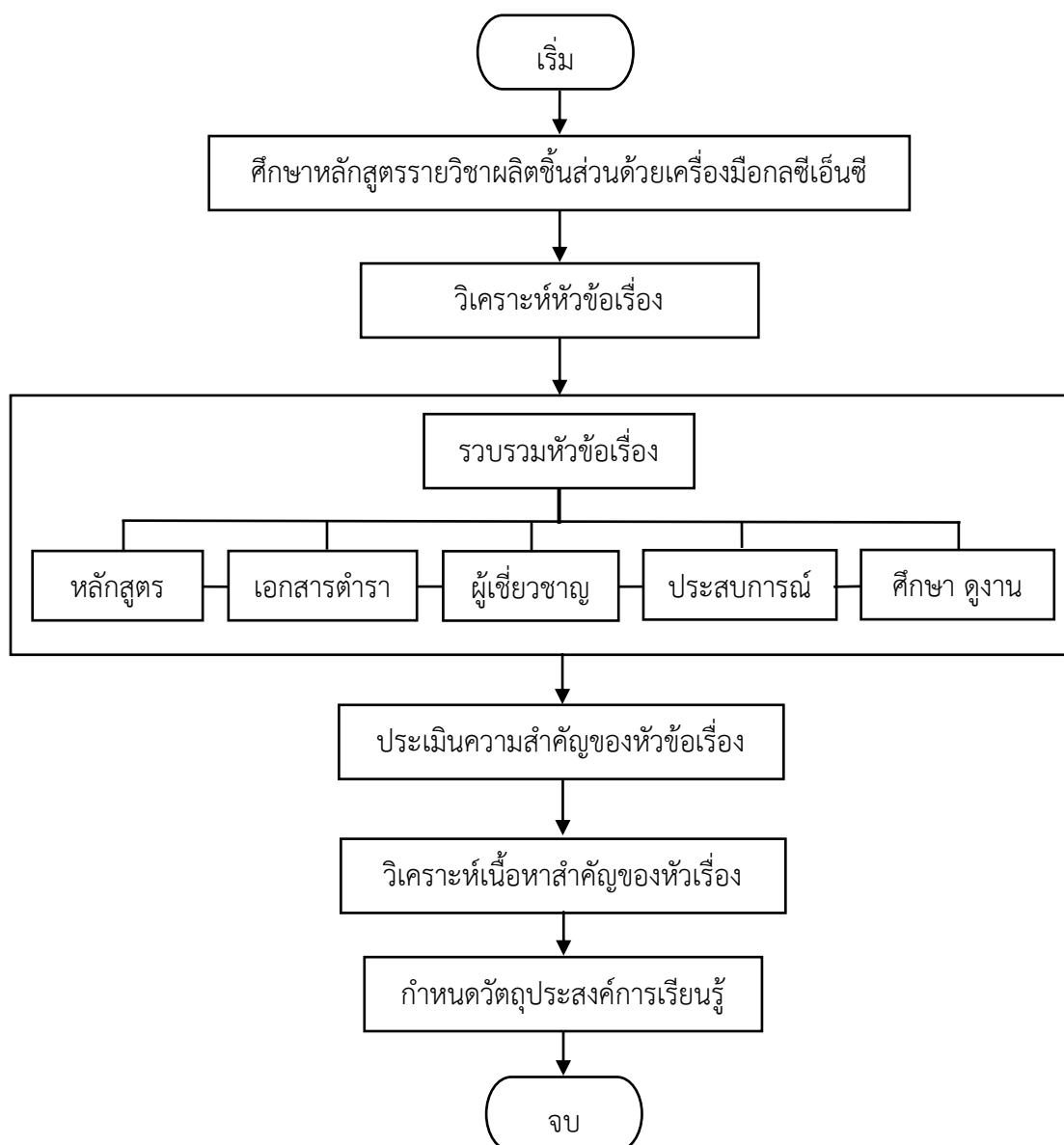
3.1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองคือนักเรียนสาขาวิชาช่างกลโรงงานระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง จำนวน 16 คน ได้จากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ซึ่งเป็นกลุ่มที่ผู้วิจัยสอนเอง เพื่อให้การดำเนินการศึกษามีความสะดวกและคล่องตัวมากยิ่งขึ้น

3.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

3.2.1 วิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา

การวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชาเพื่อออกแบบชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี วิชาผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี รหัสวิชา 2102-2109 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2556 ซึ่งมีขั้นตอนการวิเคราะห์หลักสูตรดังภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา

จากภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

3.2.1.1 ศึกษาหลักสูตรรายวิชาผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซีรหัสวิชา 2102- 2109 ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.) เรื่องผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก หน้า 96)

3.2.1.2 วิเคราะห์หัวข้อเรื่อง พิจารณาจากจุดประสงค์ รายวิชา สมรรถนะรายวิชาและคำอธิบายรายวิชา แล้ววิเคราะห์ว่าผู้เรียนต้อง เรียนรู้เรื่องใดบ้างจึง สามารถปฏิบัติงาน ได้สมบูรณ์จะต้องมีทักษะอย่างไร โดยพิจารณาวิเคราะห์จากเนื้อหา (Content Analysis) เพื่อให้ทราบว่า

ต้องการให้ผู้เรียนมีความสามารถในเรื่องใดบ้าง ต้องเรียนรู้เนื้อหาอะไรบ้างซึ่งจะต้องสอดคล้องกับ จุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชาและคำอธิบายรายวิชา ของหลักสูตร การนำความรู้ไปใช้งาน และระดับการเรียนรู้ (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก หน้า 97)

3.2.1.3 รวบรวมหัวข้อเรื่อง ด้วยการวิเคราะห์เนื้อหาสำคัญของหัวข้อเรื่อง หลังจากทำการวิเคราะห์หัวข้อเรื่องและวิเคราะห์เนื้อหาแล้วจึงได้ทำการรวบรวมหัวข้อเรื่อง โดยอาศัยข้อมูลจาก หลักสูตรรายวิชา เอกสาร ตำรา ผู้เชี่ยวชาญ ประสบการณ์ การศึกษา คุงาน (ดังรายละเอียดใน ภาคผนวก ก หน้า 98)

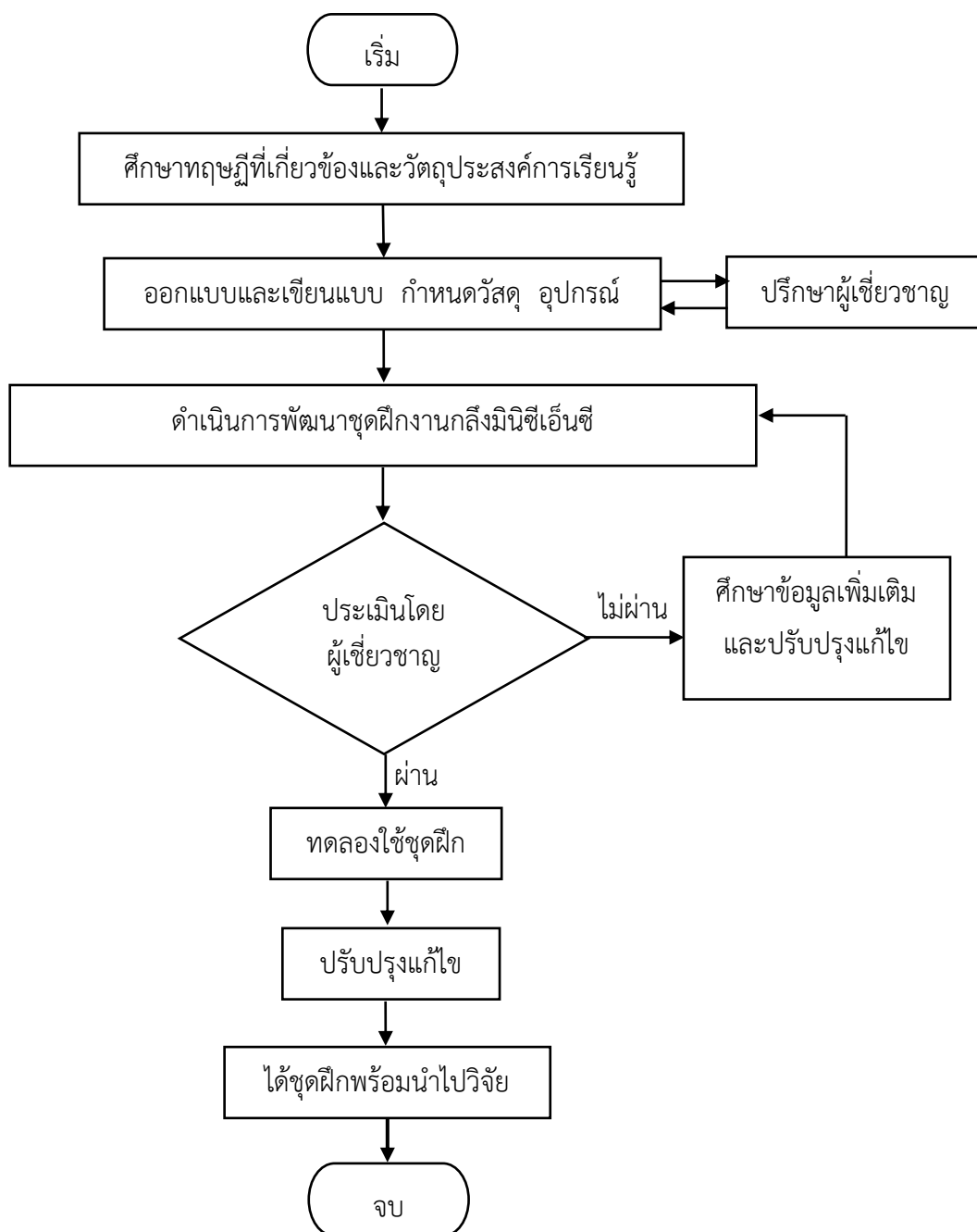
3.2.1.4 ประเมินความสำคัญของหัวข้อเรื่อง เมื่อรวบรวมหัวข้อเรื่องแล้ว จึงนำมา ประเมินความสำคัญของหัวข้อเรื่องแต่ละหัวข้อ โดยในแต่ละหัวข้อจะพิจารณาถึงระดับความสำคัญ ประโยชน์ต่อการเรียนการสอนในแต่ละด้านว่ามีระดับความสำคัญมากน้อยเพียงใด (ดังรายละเอียดใน ภาคผนวก ก หน้า 99)

3.2.1.5 วิเคราะห์เนื้อหาสำคัญของหัวข้อเรื่อง (Main Concept Analysis) เมื่อได้ ประเมินคุณค่าหรือความสำคัญของหัวข้อเรื่อง ได้นำมาทำการวิเคราะห์เนื้อหาสำคัญของหัวข้อเรื่อง อีกครั้งหนึ่ง โดยนำหัวข้อที่ผ่านการประเมินมาวิเคราะห์เนื้อหาว่ามีประเด็นใดบ้างที่สำคัญและต้องทำ การสอน ผู้เรียนจะต้องนำความรู้ไปใช้ในระดับใด นำมาแยกเป็นหัวข้อย่อย (ดังรายละเอียดใน ภาคผนวก ก หน้า 100-102)

3.2.1.6 กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ โดยวิเคราะห์ว่าต้องการให้ผู้เรียนมีความรู้ และมีทักษะอย่างไร ในระดับใด หลังจากผ่านการเรียนการสอนในหัวข้อเรื่องนั้นแล้ว (ดังรายละเอียดใน ภาคผนวก ก หน้า 103-104)

3.2.2 การพัฒนาชุดฝึก

การพัฒนาชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี วิชาผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี รหัสวิชา 2102-2109 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.) พุทธศักราช 2556 สาขาวิชา ช่างกลโรงงาน ประกอบด้วยรายละเอียดตามขั้นตอนดังภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-2 การพัฒนาชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

จากภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการพัฒนาชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดดังนี้

3.2.2.1 ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอน วิชาผลิตชิ้นส่วน ด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี รหัสวิชา 2102-2109 เริ่มจากศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง หัวข้อและเนื้อหา การเรียนรู้ กำหนดวัตถุประสงค์ ทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ โดยวัตถุประสงค์จะต้องสอดคล้อง กับหัวข้อเรื่องที่วิเคราะห์ไว้ โดยนักเรียนจะต้องศึกษาภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติควบคู่กันไป

3.2.2.2 ออกแบบและเขียนแบบ กำหนดวัสดุและอุปกรณ์ โดยผู้วิจัยได้ออกแบบและเขียนแบบ กำหนด โครงสร้าง ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ของชุดฝึกแล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเพื่อให้คำแนะนำ จากนั้นจึงแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ในส่วนของวัสดุ อุปกรณ์ ได้ใช้วัสดุที่หาง่าย ราคา ประหยัด และเหมาะสมกับการนำมาประยุกต์พัฒนาชุดฝึกเพื่อเป็นสื่อประกอบการเรียนการสอน

ผู้วิจัยได้ออกแบบชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี ซึ่งสามารถใช้เป็นสื่อ ประกอบการเรียนการสอนและเครื่องมือในการฝึกทักษะเรื่องต่างๆ ดังนี้

1. ชุดฝึกสามารถใช้เป็นสื่อประกอบการเรียนการสอนภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ
2. ใช้ฝึกปฏิบัติการกลึงปาดหน้าด้วย Nc Code
3. ใช้ฝึกปฏิบัติการการกลึงปอกด้วย Nc Code
4. ใช้ฝึกปฏิบัติการกลึงเรียวด้วย Nc Code
5. ใช้ฝึกปฏิบัติการกลึงโค้งด้วย Nc Code
6. ใช้ฝึกปฏิบัติการกลึงเจาะร่องด้วย Nc Code
7. ใช้ฝึกปฏิบัติการกลึงเกลียวด้วย Nc Code

3.2.2.3 พัฒนาชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างชุดฝึกดังนี้

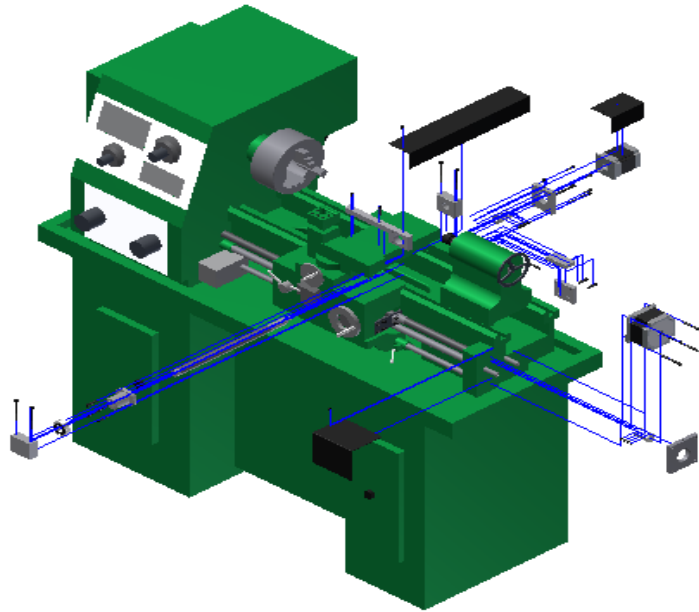
3.2.2.3.1 นำเครื่องกลึงย่นศูนย์ท้ายแทนธรรมดา ของสาขาวิชาช่างกลโรงงาน วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง ซึ่งถูกส่งคืนพัสดุหลังผ่านการใช้งานกว่า 25 ปี มาทำการปรับซ่อมชุดส่งกำลังหัวเครื่อง ชุดแทนเลื่อน ชุดแทนตัดขวาง ชุดป้อนมิดและชุดย่นศูนย์ท้ายให้อยู่ในสภาพใช้งาน



ภาพที่ 3-3 นำเครื่องกลึงมาทำความสะอาด และทำการปรับซ่อมให้อยู่ในสภาพใช้งาน

3.2.2.3.2 ออกแบบและเขียนแบบโครงสร้างของชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

ดังภาพที่ 3-4

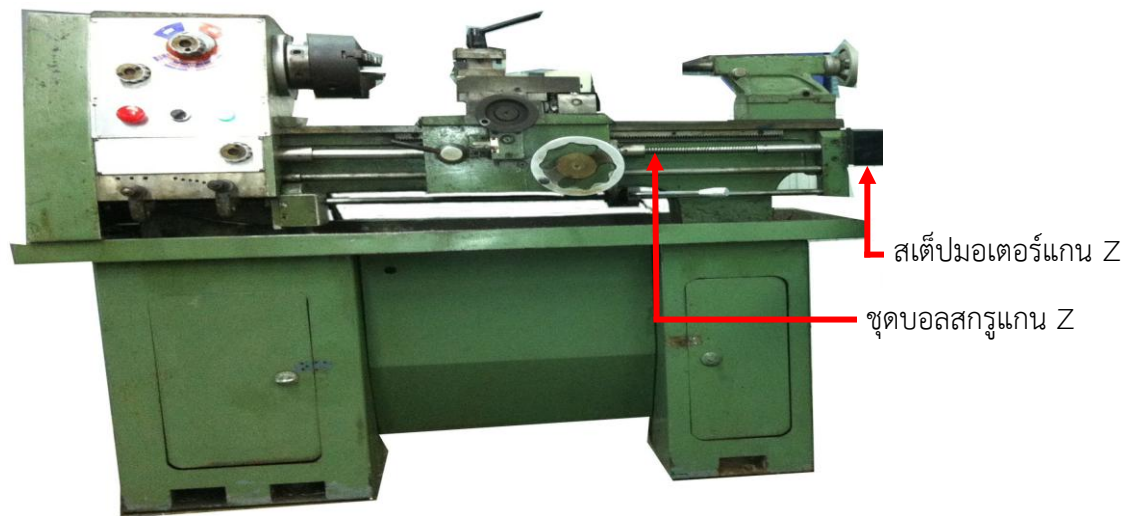


ภาพที่ 3-4 แสดงแบบโครงสร้างของชุดฝึก

3.2.2.3.3. ประกอบติดตั้งอุปกรณ์ขับเคลื่อน คือสเต็ปมอเตอร์และชุดบอลสกรูทั้งแกน X และแกน Z ดังภาพที่ 3-5



ภาพที่ 3-5 แสดงการติดตั้งสเต็ปมอเตอร์และชุดบอลสกรูทั้งแกน X และแกน Z



ภาพที่ 3-6 แสดงชุดฝึกที่ติดตั้งสตีปมอเตอร์และชุดบอลสกรูแกน X และแกน Z เสร็จเรียบร้อยแล้ว

3.2.2.3.4 ติดตั้งชุดควบคุม ดังภาพที่ 3-7



ภาพที่ 3-7 แสดงชุดควบคุมถูกติดตั้งเรียบร้อยแล้ว

3.2.2.3.5 ติดตั้งโปรแกรม Mach 3 Turn version 1.9 กับคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมชุดฝึกที่กระงานกลึงมินิซีเอ็นซี

3.2.2.3.6 ชุดฝึกที่พัฒนาติดตั้งอุปกรณ์เสร็จเรียบร้อยแล้ว



ภาพที่ 3-8 แสดงลักษณะชุดฝึกที่ติดตั้งอุปกรณ์เสร็จสิ้นเรียบร้อยแล้ว

3.2.2.3.7 ทดสอบใช้ชุดฝึกกลึงชิ้นงานจริง นำชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีที่พัฒนาเสร็จเรียบร้อยแล้วกลึงชิ้นงานจริง ซึ่งวัสดุเป็นอลูมิเนียม ทำการกลึงจำนวน 5 ครั้ง เพื่อเก็บข้อมูลและหาค่าความคลาดเคลื่อนของการกลึง ซึ่งรูปแบบและข้อมูลของการกลึงแสดงดังภาพ 3-9



ภาพที่ 3-9 รูปแบบและข้อมูลของงานกลึงที่ทดลอง

3.2.2.4 ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ เมื่อทำการพัฒนาชุดฝึกเรียบร้อยแล้ว ได้เชิญผู้เชี่ยวชาญ มาประเมินด้านการออกแบบพัฒนาชุดฝึกและการนำไปใช้งาน ด้านใบงานประกอบชุดฝึก เพื่อให้ได้ ชุดฝึกที่มีคุณภาพพร้อมนำไปใช้เป็นสื่อ ประกอบการเรียนการสอน (รายละเอียดในภาคผนวก ค หน้า 133 - 134)



ดร.เชาวรัตน์ เตมียกุล และ
ครูบุญทริก สันติวิเศษ
ผู้เชี่ยวชาญ

ครูสัญญาชัย นครไทยภูมิ
ผู้เชี่ยวชาญ



ครูชลอ การทวี
ผู้เชี่ยวชาญ



ครูอภิชาติ เนินพรหม
ผู้เชี่ยวชาญ



ภาพที่ 3-10 ผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

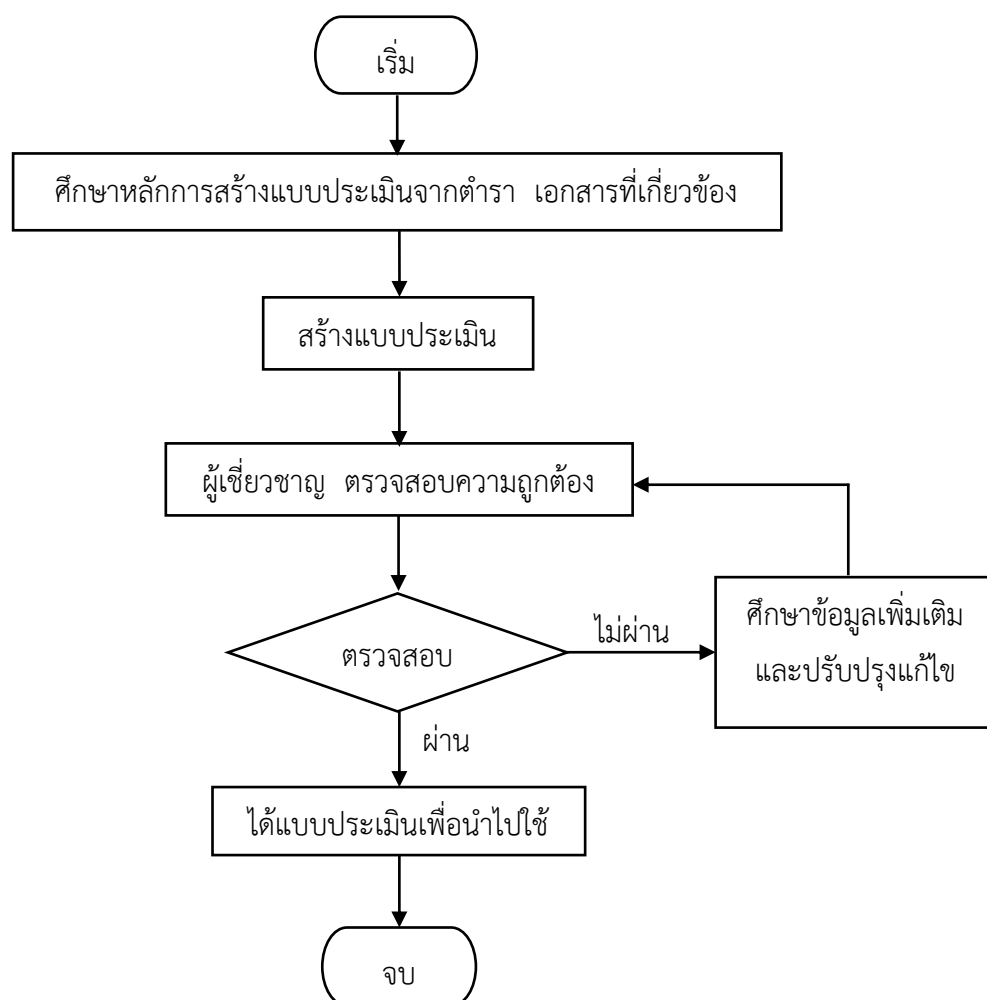
3.2.2.6 ทดลองใช้ชุดฝึก โดยนำชุดฝึกที่ผ่านการทดสอบและการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ กลิ้งชิ้นงานจริง มาทดลองใช้กับนักเรียนที่มีคุณสมบัติเหมือนกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อศึกษาข้อบกพร่องต่างๆ ในด้านการสอน ใบงาน และความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน

3.2.2.7 นำข้อบกพร่องต่างๆที่ได้จากการทดลองใช้นำมาปรับปรุงทั้งชุดฝึก ใบงาน อีกครั้งก่อนนำไปใช้จริง

3.2.2.8 ได้ชุดฝึกที่สมบูรณ์พร้อมนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

3.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อประเมินคุณภาพชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อใช้ในการประเมินชุดฝึก งานกลิ้งมินิซีเอ็นซี คือแบบสอบถามสำหรับผู้เชี่ยวชาญ เป็นแบบรายการประเมินค่าสำหรับประเมินชุดฝึก โดยดำเนินการสร้างและหาคุณภาพตามขั้นตอน ดังภาพที่ 3-11



ภาพที่ 3-11 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อประเมินคุณภาพชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี

จากภาพที่ 3-11 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดฝึก มีรายละเอียดดังนี้

3.2.3.1 ศึกษาการสร้างแบบประเมินจากตำรา เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบประเมินเพื่อนำไปสร้างแบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี

3.2.3.2 สร้างแบบประเมิน ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินที่มีลักษณะเป็นมาตราส่วนการประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ เกณฑ์การแปลความหมายของค่าความเห็นของผู้ประเมินที่มีต่อชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี โดยกำหนดความหมายเป็น 5 ระดับ คือ (บุญชม, 2553)

เกณฑ์การกำหนดค่าระดับความคิดเห็น

มากที่สุด มีค่าเท่ากับ	5	คะแนน
มาก มีค่าเท่ากับ	4	คะแนน
ปานกลาง มีค่าเท่ากับ	3	คะแนน
น้อย มีค่าเท่ากับ	2	คะแนน
น้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ	1	คะแนน

การแปลความหมายของค่าระดับความคิดเห็น (บุญชม, 2553)

คะแนนเฉลี่ย	4.51 – 5.00	แปลความว่า	มากที่สุด
คะแนนเฉลี่ย	3.51 – 4.50	แปลความว่า	มาก
คะแนนเฉลี่ย	2.51 – 3.50	แปลความว่า	ปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	1.51 – 2.50	แปลความว่า	น้อย
คะแนนเฉลี่ย	1.00 – 1.50	แปลความว่า	น้อยที่สุด

3.2.3.3 นำแบบประเมิน เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อพิจารณาความถูกต้องและเหมาะสม และให้ข้อเสนอแนะแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้แบบประเมินมีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

3.2.3.4 นำแบบประเมิน ที่ปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญแล้วไปใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อประเมินชุดฝึก งานกลิ้งมินิซีเอ็นซี (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค หน้า 131-132)

3.2.4 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นคะแนนระหว่างเรียนและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลผลสอบหลังเรียน

การสร้างเครื่องมือในการเก็บรวบรวมคะแนน แบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ

3.2.4.1 แบบวัดความก้าวหน้าระหว่างเรียนหรือแบบฝึกหัด เป็นแบบวัดความก้าวหน้าของผู้เรียนในระหว่างเรียนแต่ละหัวข้อเรื่อง โดยในภาคทฤษฎีผู้วิจัยตั้งเป็นข้อคำถามแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือกและแบบเติมค่าจำนวน 35 ข้อคิดเป็นคะแนน 35 คะแนน ส่วนในภาคปฏิบัติผู้วิจัยได้สร้างเป็นใบงาน 6 ใบงานคิดเป็นคะแนน 60 คะแนน (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข หน้า 280-299)

3.2.4.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยได้ทำการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คะแนนหลังการเรียน มี 2 แบบ คือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคทฤษฎีและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคปฏิบัติ มีขั้นตอนในการสร้างดังนี้ (ขั้นตอนการสร้างแสดงในภาพที่ 3-12 และภาพที่ 3-13)

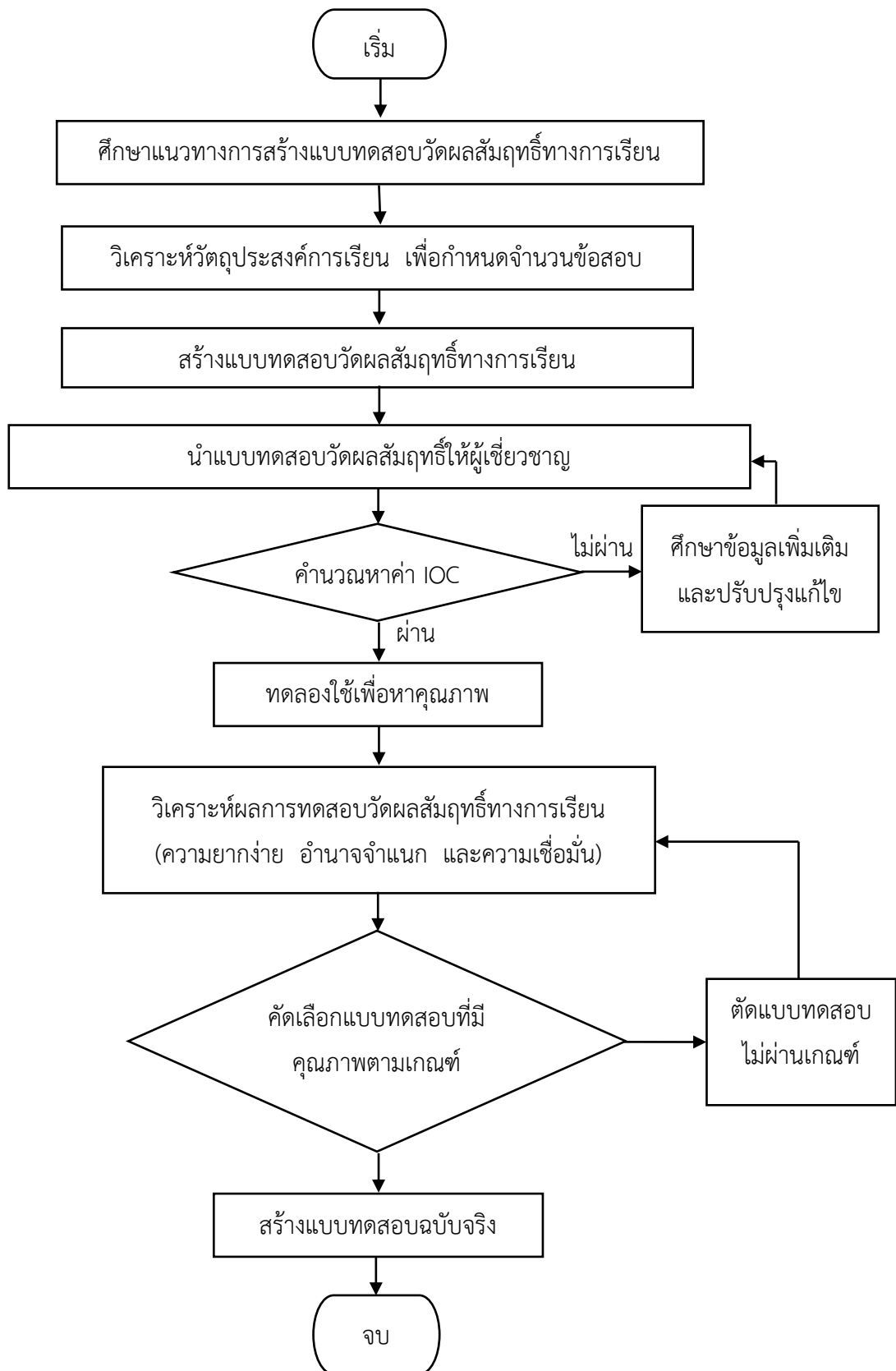
3.2.4.2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคทฤษฎี รายละเอียดแต่ละขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบภาคทฤษฎี ดังนี้

1) ศึกษาแนวทางการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากเอกสารที่เกี่ยวข้อง ตำราต่างๆ

2) วิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ โดยสร้างตารางวิเคราะห์การ ออกข้อสอบตามจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ โดยพิจารณาถึงความ จำเป็นของการนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในการทำงาน ความยากง่ายของเนื้อหา และปริมาณของ เนื้อหา แล้วนำค่าที่ได้จากการประเมินความสำคัญตามระดับของวัตถุประสงค์ลงในตารางวิเคราะห์ ข้อสอบ (Test Blueprint) เพื่อกำหนดจำนวนข้อของข้อสอบในแต่ละวัตถุประสงค์ (ดังรายละเอียด ในภาคผนวก ข หน้า 106-108)

3) สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยได้สร้าง แบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 45 ข้อ โดยแบบทดสอบที่ออกต้องให้สอดคล้องกับ วัตถุประสงค์การเรียนรู้ และยึดหลักจำนวนข้อสอบที่ออกนั้นมากกว่าจำนวนข้อของแบบทดสอบที่ ต้องการ 25 เปอร์เซ็นต์ และเลือกข้อสอบมาใช้ตามตารางที่วิเคราะห์ จำนวน 35 ข้อ

4) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบพิจารณาความตรงของเนื้อหา (Content Validity) โดยวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง ระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์ (Index of Item Objective Congruence : IOC) แล้วเลือก แบบทดสอบที่มีค่าความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบทั้ง 45 ข้อ พบว่า แบบทดสอบมีค่าความสอดคล้อง 0.60-1.00 (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ค หน้า 127-129)



ภาพที่ 3-12 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5) นำแบบทดสอบที่ผ่านการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องแล้ว ไปใช้กับนักเรียนที่เคยเรียน วิชา ผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี (2102-2109) จำนวน 20 คน เพื่อนำผลคำตอบมาวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบ

6) หาคุณภาพของแบบทดสอบ โดยนำผลคำตอบมาวิเคราะห์ ดังนี้ ค่าความยาก - ง่าย (Difficulty Index) หรือค่า p โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือกความยากง่ายระหว่าง 0.20 - 0.80 ซึ่งผลการวิเคราะห์แบบทดสอบที่ทดลองใช้ ในครั้งนี้มีค่าความยากง่าย เฉลี่ย 0.44 (รายละเอียดในภาคผนวก ค หน้า 140)

ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination Index) หรือค่า r โดยมีเกณฑ์ค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ซึ่งผลการวิเคราะห์ แบบทดสอบที่ทดลองใช้ครั้งนี้มีค่าอำนาจจำแนก เฉลี่ย 0.25 (รายละเอียดในภาคผนวก ค หน้า 140)

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (Reliability of test) นำแบบทดสอบที่มีค่าของความยาก - ง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ที่ได้ตามเกณฑ์ มาหาค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สูตรคือ $KR - 20$ ของ คูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder - Richardson) พิจารณาค่าความเชื่อมั่นที่ 0.5 ขึ้นไป จากการวิเคราะห์ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ พบว่ามีค่าความเชื่อมั่น 0.84 (รายละเอียดในภาคผนวก ค หน้า 140)

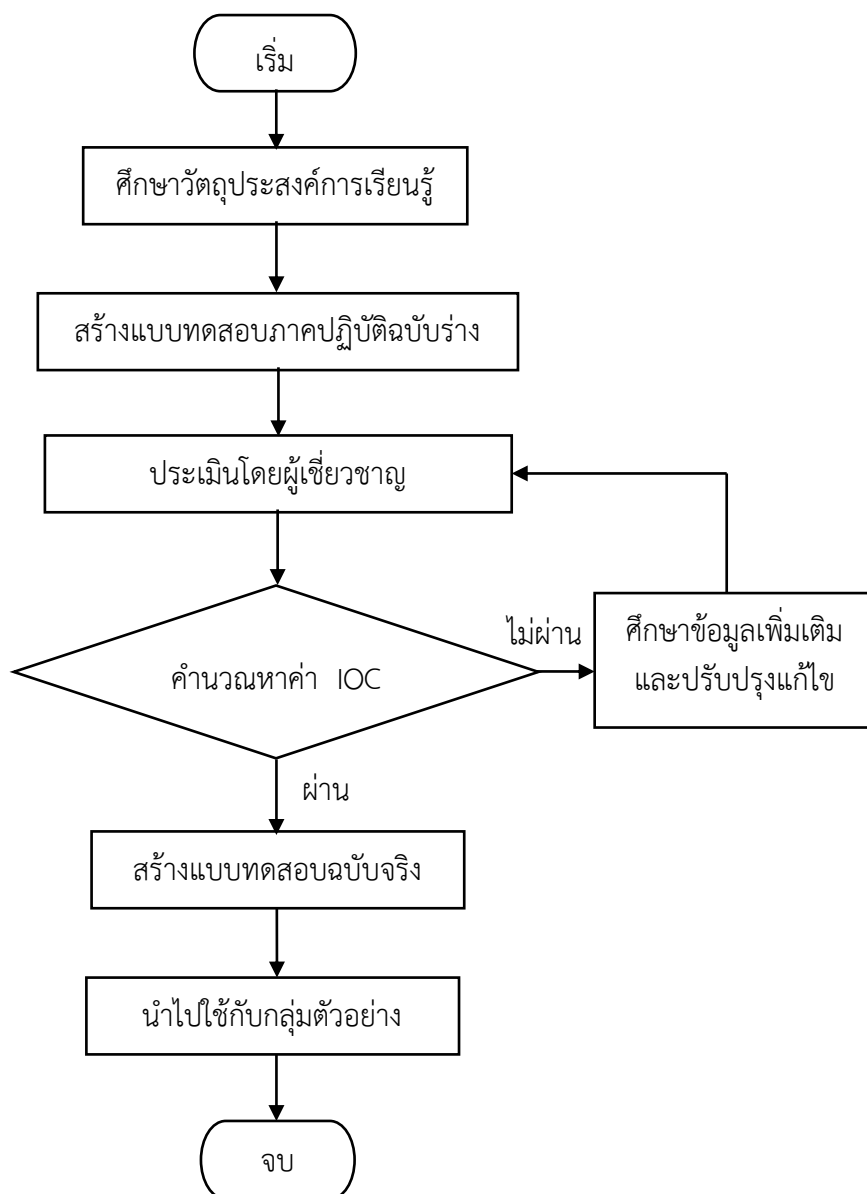
7) ได้ข้อสอบที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ จำนวน 35 ข้อ มาใช้ในการวิจัย (รายละเอียดในภาคผนวก ช หน้า 300-308)

3.2.4.2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคปฏิบัติ รายละเอียดแต่ละขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติ มีดังนี้

1) ศึกษาวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ได้วิเคราะห์ไว้ในตารางการวิเคราะห์วัตถุประสงค์การเรียนรู้เพื่อออกข้อสอบ

2) สร้างแบบทดสอบโดยออกข้อสอบให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์การเรียนรู้ซึ่งในแบบทดสอบ จะประกอบไปด้วยหัวข้อต่างๆ ได้แก่ ใบสั่งงาน (Job Sheet) เวลาในการปฏิบัติงาน แบบงาน เครื่องมือในการปฏิบัติงาน คำสั่ง แบบทดสอบจะเป็นเอกสารหน้าเดียว และทำการสร้างแบบประเมินผลภาคปฏิบัติที่สอดคล้องกับแบบทดสอบตามเกณฑ์พิจารณาดังนี้

10	คะแนน	ค่าวัดขนาดถูกต้องหรือมีความผิดพลาด	± 0.02 มม.
9	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.04 มม.
8	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.06 มม.
7	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.08 มม.
6	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.10 มม.
5	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.12 มม.
4	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.14 มม.
3	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.16 มม.
2	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.18 มม.
1	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.20 มม.
0	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	= หรือ $> \pm 0.22$ มม.



ภาพที่ 3-13 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ภาคปฏิบัติ)

- 3) นำแบบทดสอบภาคปฏิบัติให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน
ประเมินความสอดคล้องวัตถุประสงค์การเรียนรู้กับข้อสอบ (IOC) โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณาว่า
ดัชนีความสอดคล้องดังนี้ (พรรณี, 2553 : 197) (รายละเอียดในภาคผนวก ค หน้า 126)
- | | | |
|--------------------|-------------|---|
| เห็นว่าสอดคล้อง | ให้คะแนน + | 1 |
| ไม่แน่ใจ | | |
| | ให้คะแนน | 0 |
| เห็นว่าไม่สอดคล้อง | ให้คะแนน -1 | |

นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence : IOC) พบว่าแบบทดสอบมีค่าดัชนีความสอดคล้อง 1.00 (รายละเอียดในภาคผนวก ค หน้า 130)

4) สร้างแบบทดสอบฉบับจริง นำแบบทดสอบที่ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้อง และปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญแล้วมาสร้างเป็นแบบทดสอบฉบับจริง ซึ่งมีทั้งหมด 1 ฉบับ (ใบงาน) (รายละเอียดในภาคผนวก ช หน้า 309)

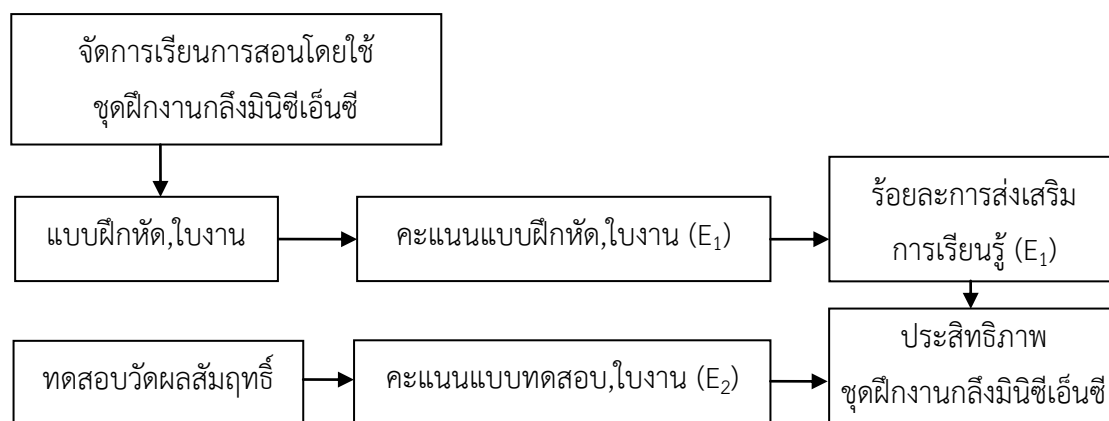
5) นำแบบทดสอบฉบับจริงไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

3.3 การดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี มีขั้นตอนแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

3.3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน โดยให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความคิดเห็นเกี่ยวกับชุดฝึก ด้วยแบบประเมินด้านการออกแบบพัฒนาชุดฝึกและการนำไปใช้งาน และด้านใบงานประกอบชุดฝึก

3.3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลจากการใช้ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีนักเรียน เพื่อหาประสิทธิภาพ โดยการหาค่า E_1/E_2 ดังนี้



ภาพที่ 3-14 แสดงขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

จากภาพที่ 3-14 แสดงขั้นตอนการเก็บข้อมูลคะแนนจากแบบฝึกหัด ใบงานและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการสอนโดยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีให้กลุ่มตัวอย่าง หลังจากการเรียนได้ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อประเมินความก้าวหน้าระหว่างเรียน ผู้วิจัยได้ใช้ขั้นตอนดังกล่าวเพื่อทำการเก็บข้อมูลเพื่อนำคะแนนไปหาค่า E_1 ส่วนการหาค่า E_2 นั้นผู้วิจัยได้ใช้คะแนนจากการทดสอบหลังการเรียนในภาคทฤษฎีของแต่ละหน่วยด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และคะแนนทดสอบในภาคปฏิบัติ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสอนโดยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีให้กับนักเรียน



ภาพที่ 3-15 แสดงการสอนโดยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีให้กับนักเรียน

3.3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อประเมินความพึงพอใจ

เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อประเมินความพึงพอใจชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี โดยมีวิธีการดังนี้

3.3.3.1 ในสัปดาห์สุดท้ายของการเรียน ผู้วิจัยแจกแบบสอบถามความพึงพอใจของการใช้ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีให้แก่กลุ่มตัวอย่างประเมิน จากนั้นเก็บรวบรวมแบบสอบถาม

3.3.3.2 รวบรวมแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่าง นำมาหาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

3.4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4.1.1 คะแนนจากการทำแบบฝึกหัดตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0

คะแนน

3.4.1.2 คะแนนจากการทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ถ้าตอบถูกได้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดได้ 0 คะแนน

3.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.4.2.1 วิเคราะห์แบบทดสอบหรือแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ (IOC) หาค่าอำนาจจำแนก (p) ค่าความยากง่าย (r) และค่าความเชื่อมั่น

3.4.2.2 หาประสิทธิภาพชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี โดยการนำคะแนนจากการทำแบบฝึกหัดและใบงาน มาคิดเป็นร้อยละ และนำคะแนนจากการทำแบบทดสอบทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ มาคิดเป็นร้อยละตามเกณฑ์ 80/80 โดยใช้สูตร E_1/E_2

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 สถิติที่ใช้ในขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบ

3.5.1.1 ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามของกับจุดประสงค์ (Index of Item Objective Congruence : IOC) (พรรณี, 2553 : 196 - 197)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับเนื้อหาหรือระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนของผู้เชี่ยวชาญ

3.5.1.2 การหาค่าความยากง่าย (Difficulty) หรือ ค่า p ของข้อสอบ
(พรรรณี, 2553 : 206 - 208)

$$p = \frac{R_H + R_L}{2n}$$

เมื่อ p แทน ค่าความยากง่าย
 R_H แทน จำนวนผู้ตอบถูกของข้อนั้นในกลุ่มสูง
 R_L แทน จำนวนผู้ตอบถูกของข้อนั้นในกลุ่มต่ำ
 n แทน จำนวนผู้ตอบในแต่ละกลุ่ม (ซึ่งมีจำนวนเท่ากัน)

3.5.1.3 อำนาจจำแนก (Discrimination Index) หรือค่า r (พรรรณี, 2553 : 209
- 211)

$$r = \frac{R_H - R_L}{n}$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนก
 R_H แทน จำนวนผู้ตอบถูกของข้อนั้นในกลุ่มสูง
 R_L แทน จำนวนผู้ตอบถูกของข้อนั้นในกลุ่มต่ำ
 n แทน จำนวนผู้ตอบในแต่ละกลุ่ม (ซึ่งมีจำนวนเท่ากัน)

3.5.1.4 ค่าความเชื่อถือได้หรือค่าความเชื่อมั่น (reliability) ใช้สูตร KR - 20 ของ Kuder -
Richardson (พรรรณี, 2553 : 203)

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{\sum pq}{s^2} \right\}$$

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าความเชื่อถือได้ของเครื่องมือวัด
 k แทน จำนวนข้อของเครื่องมือวัด
 \sum แทน ผลรวม
 p แทน สัดส่วนของผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ
 q แทน สัดส่วนของผู้ตอบผิดในแต่ละข้อ
 s^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

3.5.1.5 ค่าความแปรปรวน (s^2) (วาโร, 2551: 241)

$$s^2 = \frac{N \sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}$$

เมื่อ s^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ
 x แทน คะแนนนักเรียนแต่ละคนที่ตอบถูก
 N แทน จำนวนผู้เรียนทั้งหมด
 $\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนผู้เรียนที่ตอบถูก

3.5.2 สถิติที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพการเรียนการสอนโดยใช้ชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี (E_1 และ E_2) (เสาวนีย์, 2528 : 291 - 292)

$$E_1 = \frac{(\sum X/n)}{A} \times 100$$

เมื่อ E_1 แทน คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละจากการทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้อง
 $\sum X$ แทน คะแนนรวมที่นักเรียนทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้อง
 A แทน คะแนนเต็มของแบบฝึกหัด
 n แทน จำนวนนักเรียน

$$E_2 = \frac{(\sum F/n)}{B} \times 100$$

เมื่อ E_2 แทน คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบ
 หลังเรียนได้ถูกต้อง
 $\sum F$ แทน คะแนนรวมที่นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนได้ถูกต้อง
 B แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 n แทน จำนวนนักเรียน

3.5.3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญและความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

3.5.3.1 ค่าเฉลี่ย (mean) (วาโร, 2551 : 284)

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ \bar{X} แทน ค่าเฉลี่ย
 $\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
 n แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3.5.3.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) (วาโร, 2551 : 296)

$$S.D. = \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 \sum แทน ผลรวม
 X แทน ข้อมูล หรือคะแนนแต่ละตัว
 n แทน จำนวนข้อมูล หรือคะแนนทั้งหมด

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในลักษณะตารางประกอบคำอธิบาย แบ่งออกได้เป็น 2 หัวข้อคือ ดังนี้

- 4.1 ผลการทดลองกลึงชิ้นงานโดยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี
- 4.2 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี
- 4.3 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี
- 4.4 ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนการสอนด้วยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

4.1 ผลการทดลองกลึงชิ้นงานโดยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

4.1.1. จากการทดลองใช้ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีกลึงชิ้นงาน จำนวน 5 ชิ้น ปรากฏผลดังแสดงในตารางที่ 4-1 และ 4-2

ตารางที่ 4-1 ผลการทดลองกลึงและความผิดพลาดของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน

ครั้งที่ทดลองกลึง	เส้นผ่าศูนย์กลางที่ต้องการ	เส้นผ่าศูนย์กลางที่กลึงได้	ค่าความผิดพลาด
1	20.00	20.00	0.00
2	20.00	20.00	0.00
3	20.00	20.00	0.00
4	20.00	20.02	0.02
5	20.00	20.02	0.02

ตารางที่ 4-2 ผลการทดลองกลึงและความผิดพลาดของขนาดความยาวของชิ้นงาน

ครั้งที่ทดลองกลึง	ขนาดความยาวที่ต้องการ	ขนาดความยาวที่กลึงได้	ค่าความผิดพลาด
1	30.00	30.00	0.00
2	30.00	30.00	0.00
3	30.00	30.02	0.02
4	30.00	30.02	0.02
5	30.00	30.02	0.02

4.2 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

4.2.1. หาค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบ กับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ โดยนำแบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ประเมิน หลังจากนั้นนำทำการวิเคราะห์ผลการประเมินหาค่าดัชนีความสอดคล้อง ปรากฏว่าแบบทดสอบมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.6-1.00 (รายละเอียดในภาคผนวก ค หน้า 127-129)

4.2.2 หาค่าดัชนีความยากง่าย นำแบบทดสอบที่มีคุณภาพไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ผ่านการเรียนวิชาผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลมาแล้ว จำนวน 20 คน หลังจากนั้นนำผลมาวิเคราะห์ หาค่าดัชนีความยากง่ายของแบบทดสอบ ปรากฏว่า แบบทดสอบมีค่าความยากง่าย ระหว่าง 0.20-0.80 เฉลี่ย 0.44 (รายละเอียดในภาคผนวก ค หน้า 139-140)

4.2.3 หาค่าอำนาจจำแนก นำแบบทดสอบที่มีคุณภาพไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ผ่านการเรียนวิชาผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลมาแล้ว จำนวน 20 คน หลังจากนั้นนำผลมาวิเคราะห์ หาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ ปรากฏว่า แบบทดสอบมีค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.30 - 0.40 เฉลี่ย 0.25 (รายละเอียดในภาคผนวก ค หน้า 139-140)

4.2.4 หาค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ผลการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ปรากฏว่าแบบทดสอบพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.84 (รายละเอียดในภาคผนวก ค หน้า 140)

4.2.5 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดฝึก โดยเชิญผู้เชี่ยวชาญมาทำการประเมินชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีด้วยแบบประเมินความเหมาะสมทั้ง 2 ด้าน คือ ด้านการออกแบบพัฒนาชุดฝึกและการนำไปใช้งาน และด้านใบงานประกอบชุดฝึก ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญที่มีชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

รายการความคิดเห็น	ค่าเฉลี่ย	แปลความหมาย
1. ด้านการออกแบบพัฒนาชุดฝึกและการนำไปใช้งาน	4.82	มากที่สุด
2. ด้านใบงานประกอบชุดฝึก	4.72	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	4.79	มากที่สุด

จากตารางที่ 4-3 แสดงให้เห็นว่าผลการประเมินคุณภาพของชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ครอบคลุมทั้ง 2 ด้าน พบว่าโดยรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.79 และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าด้านการออกแบบพัฒนาชุดฝึกและการนำไปใช้งาน มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.82 ด้านใบงานประกอบชุดฝึกมีค่าเฉลี่ยรวม เท่ากับ 4.72 (รายละเอียดในภาคผนวก ค หน้า 133-134)

4.3 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

จากการนำชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 16 คน จากนั้นนำผลมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอน ซึ่งพิจารณาจากผลการทำแบบฝึกหัด ใบงาน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏดังตารางที่ 4-4 และ 4-5

ตารางที่ 4-4 แสดงผลการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียน E_1

รายการ	N	$\sum x$	A	E_1
คะแนนจากการทำแบบฝึกหัด	16	1185	74.06	82.29

ตารางที่ 4-5 แสดงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน E_2

รายการ	N	$\sum F$	B	E_2
คะแนนจากการทำแบบทดสอบ	16	849	53.06	81.63

จากตารางที่ 4-4 และตารางที่ 4-5 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการทดลอง จำนวน 16 คน ทำแบบฝึกหัดได้คะแนนคิดเป็นร้อยละ 82.29 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 ตัวแรกที่ตั้งไว้ และทำข้อสอบในแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 81.63 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 ตัวหลังที่ตั้งไว้ ซึ่งแสดงว่าชุดฝึกที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 โดยสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ที่ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค หน้า 148-149)

4.4 ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการเรียนการสอน

จากการสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการเรียนการสอนด้วยชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี โดยใช้แบบสอบถามความคิดเห็น ซึ่งปรากฏผลดังแสดงในตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 แสดงค่าเฉลี่ยคะแนนจากการสอบถามความคิดเห็นของเรียนที่มีต่อการเรียนการสอน ด้วยชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี

รายการความคิดเห็น	ค่าเฉลี่ยของคะแนน	แปลความหมาย
1. ด้านการออกแบบพัฒนาชุดฝึก	4.89	มากที่สุด
2. ด้านเนื้อหาประกอบชุดฝึก	4.80	มากที่สุด
3. ด้านใบงานประกอบชุดฝึก	4.79	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	4.84	มากที่สุด

จากตารางที่ 4-6 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นต่อการเรียนการสอน ด้วยชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี ทั้งในด้านการออกแบบพัฒนาชุดฝึก ด้านเนื้อหาประกอบชุดฝึกและ ด้านใบงานประกอบชุดฝึกมีค่าเฉลี่ยรวมของคะแนนเท่ากับ 4.84 อยู่ในระดับเห็นด้วยมากที่สุด (รายละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวก ข หน้า 152)

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี รหัสวิชา 2102-2109 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งมีรายละเอียดสรุปผลการศึกษาวิจัยดังต่อไปนี้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี
2. เพื่อหาประสิทธิภาพชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีที่พัฒนาขึ้น
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการใช้ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีที่พัฒนาขึ้น

สมมติฐานในการวิจัย

1. ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีมีคุณภาพไม่ต่ำกว่าระดับมาก ($\bar{X} > 3.50$)
2. ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีที่พัฒนาขึ้นนำไปใช้สอนได้อย่างมีประสิทธิภาพไม่น้อยกว่าร้อยละ 80/80
3. นักเรียนที่เรียนด้วยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีมีความพึงพอใจไม่ต่ำกว่าระดับมาก ($\bar{X} > 3.50$)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาช่างกลโรงงาน วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง ซึ่งลงทะเบียนเรียนวิชาผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี รหัสวิชา 2102-2109 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558
2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง คือนักเรียนสาขาวิชาช่างกลโรงงาน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง จำนวน 16 คน ได้จากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
3. แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

แบบแผนการวิจัย

ใช้แบบแผนการศึกษาแบบ One Shot Case Study ซึ่งมีกลุ่มทดลองเพียงกลุ่มเดียว

วิธีดำเนินการทดลอง

1. ผู้วิจัยได้ทดลองใช้ชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซีกลิ้งชิ้นงาน
2. ผู้วิจัยได้ดำเนินการสอนโดยใช้ชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซีกับกลุ่มตัวอย่าง ในระหว่างเรียน ได้ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อประเมินความก้าวหน้าระหว่างเรียน และเก็บรวบรวมคะแนนจากการทำแบบฝึกหัดและใบงานในภาคปฏิบัติ นำค่าคะแนนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดและใบงาน ไปหาค่า E_1 เมื่อจบเนื้อหาทำทำการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ นำผลคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์มาหาค่า E_2
3. ให้นักเรียนประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ความผิดพลาดของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและขนาดความยาวของชิ้นงานที่ทดลองกลิ้งโดยชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี
2. การหาประสิทธิภาพของชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ คือ การหาประสิทธิภาพของชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี ผู้วิจัยได้นำคะแนนจากการทำแบบฝึกหัด ใบงาน และการทำแบบทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติของนักเรียนที่เรียนด้วย ชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซีมาหาค่าร้อยละเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกได้ค่าเท่ากับ 82.29/81.63
3. วิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี โดยใช้ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี ผลการวิจัยสรุปได้ดังต่อไปนี้

5.1.1 จากการนำชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซีที่พัฒนาขึ้นไปทดลองกลิ้งชิ้นงาน พบว่าค่าความผิดพลาดของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงานมีค่าผิดพลาดมากที่สุด 0.02 มิลลิเมตร และค่าขนาดความผิดพลาดของขนาดความยาวชิ้นงานมีค่าผิดพลาดมากที่สุด 0.02 มิลลิเมตร

5.1.2 ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เห็นด้วยว่าชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซีที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพจริง เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านการออกแบบพัฒนาชุดฝึกและการนำไปใช้งานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.82 ด้านใบงานประกอบชุดฝึกมีค่าเฉลี่ยรวม 4.72 เมื่อเฉลี่ยรวมทุกด้านพบว่าโดยรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.79 อยู่ในระดับเห็นด้วยมากที่สุด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 3.50 ที่ตั้งไว้ แสดงให้เห็นว่าผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วยว่าชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซีที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพจริง

5.1.3 จากการนำชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซีไปใช้จัดการเรียนการสอน พบว่าผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบฝึกหัดและใบงานร้อยละ 82.29 และมีคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนร้อยละ 81.63 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซีมีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.29/81.63 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์กำหนด 80/80 ที่กำหนดไว้

5.1.4 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี ทั้ง 3 ด้านคือ ด้านการออกแบบพัฒนาชุดฝึก ด้านใบเนื้อหาประกอบชุดฝึกและด้านใบงานประกอบชุดฝึก พบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 3.5 ที่กำหนดไว้

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษาเรื่องการพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี สามารถอภิปรายผลการศึกษาดังต่อไปนี้

อภิปรายผลการหาประสิทธิภาพของชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

จากผลการศึกษา พบว่า ประสิทธิภาพของชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมี ประสิทธิภาพ 82.29/81.63 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ทั้งนี้เพราะในการดำเนินการพัฒนาชุดฝึกได้มีการดำเนินการพัฒนาอย่างมีระบบ ผ่านการแนะนำ ปรับปรุงและตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่ง ผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของ บรรเจิด (2557 : บทคัดย่อ) เรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพ ชุดฝึกระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ดีเซลแบบคอมมอนเรลควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ ผลการวิจัยปรากฏว่า การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ดีเซล แบบคอมมอนเรลควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ มีประสิทธิภาพ 84.58/82.79 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ กำหนด

สำหรับค่าประสิทธิภาพตัวแรก เป็นคะแนนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดและใบงาน ซึ่งมีค่า ประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์กำหนด เพราะว่า

1. การเรียนการสอนด้วยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีนั้น มีส่วนให้นักเรียนเกิดความตั้งใจและสนใจ ใฝ่เรียน เนื่องจากผู้วิจัยได้นำเครื่องกลึงธรรมดามาทำการพัฒนาเป็นชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี ทำให้นักเรียนต้องการหาคำตอบว่าชุดฝึกที่พัฒนาขึ้นจะทำงานได้จริงหรือ จึงเกิดความกระตือรือร้นให้ ความร่วมมือในการเรียนด้วยชุดฝึกเป็นอย่างดี ส่งผลให้คะแนนเฉลี่ยของประสิทธิภาพตัวแรกสูงกว่า เกณฑ์ที่ตั้งไว้

2. การเรียนการสอนด้วยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีนั้น ผู้วิจัยได้จัดเตรียมชุดฝึก ใบงาน เครื่องมือ และอุปกรณ์ไว้อย่างครบครัน ส่งผลให้เกิดความสะดวกแก่ผู้เรียน ทำให้การเรียนการสอนบรรลุตาม วัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

สำหรับค่าประสิทธิภาพตัวหลัง เป็นคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์กำหนดก็จริง แต่เมื่อเทียบกับค่า ประสิทธิภาพตัวแรกจะเห็นว่าต่ำกว่า เพราะวาระยะเวลาที่นักเรียนได้ศึกษาเนื้อหาได้ผ่านไป ระยะเวลาดังกล่าวอาจส่งผลต่อการจำของนักเรียนจึงมีผลต่อคะแนนที่ได้ แต่ค่าโดยเฉลี่ยก็ยังสูงกว่า เกณฑ์ที่กำหนด

อภิปรายผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

จากการสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการเรียนการสอนด้วยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี พบว่านักเรียนมีความพอใจในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ยรวม 4.84) สูงกว่าเกณฑ์ 3.5 ที่กำหนดไว้ ซึ่ง สอดคล้องกับ ชูวาทธณ์ (2552 : บทคัดย่อ) การพัฒนาแบบฝึกทักษะการอ่านจับใจความ กลุ่มสาระ

การเรียนรู้ภาษาไทย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยปรากฏว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนโดยใช้แบบฝึกทักษะ โดยรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด

สำหรับผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี ซึ่งมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด เพราะว่า นักเรียนมีความสนใจในการเรียนการสอนด้วยชุดฝึกเป็นอย่างมาก และยังมีใบเนื้อหาอ่านทำความเข้าใจได้ง่ายและเหมาะสมกับเวลาที่ใช้สอน ใบงานมีรูปภาพประกอบชัดเจน การออกแบบพัฒนาชุดฝึกมีความน่าสนใจและใช้งานได้ง่ายไม่ซับซ้อน เห็นผลการปฏิบัติได้ชัดเจน เมื่อจบการเรียนการสอนแล้วนักศึกษามีความรู้เรื่องการผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องกลิ้งซีเอ็นซี

5.3 ข้อเสนอแนะทั่วไป

5.3.1 ในการปฏิบัติงานกลิ้งด้วยชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซีแต่ละครั้ง ควรให้นักศึกษาอ่านเนื้อหาการใช้งานให้ละเอียดจนเกิดความเข้าใจก่อน ทั้งนี้เพื่อผลการปฏิบัติที่ถูกต้องและเกิดความปลอดภัย

5.3.2 ควรมีการส่งเสริมให้สร้างชุดฝึกงานกัดมินิซีเอ็นซีและชุดฝึกแบบอื่นๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้มีชุดฝึกที่เพียงพอในรายวิชาที่มีปัญหาเช่นเดียวกัน

5.3.3 ก่อนทำการพัฒนาชุดฝึก ควรศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับชิ้นส่วนอุปกรณ์ ราคาและแหล่งจำหน่าย เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบราคาและคุณภาพในการจัดซื้อก่อนจะดำเนินการจัดสร้างชุดฝึก

5.4 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัย

5.4.1 ในการวิจัยครั้งต่อไปเกี่ยวกับชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี ควรออกแบบให้สเต็ปมอเตอร์แกน X ให้มีขนาดแรงบิดที่สูงกว่านี้ เพื่อเพิ่มอัตราป้อนที่สูงกว่าช่วยให้ประหยัดเวลาในการฝึกปฏิบัติ

5.4.2 ควรสร้างชุดฝึกงานกัดมินิซีเอ็นซี เพื่อให้ให้นักเรียนเกิดประสบการณ์ตรงลักษณะเดียวกับชุดฝึกที่พัฒนาขึ้นและสามารถเรียนรู้ได้รวดเร็วขึ้น

บรรณานุกรม

- จักรินทร์ คงสิบ. **โปรแกรมเอ็นซีพื้นฐาน**. นนทบุรี : บริษัทศูนย์หนังสือเมืองไทย, 2557.
- ชุมพล คำเทียน. **การสร้างชุดฝึกปฏิบัติเจียรไนเพลากลมต้นแบบบนเครื่องกลึง**. วิทยานิพนธ์
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ, 2547.
- ชวกรณ์ ชื่อสัตย์. **การพัฒนาแบบฝึกทักษะการอ่านจับใจความ กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4**. [บทความออนไลน์] 2552. [สืบค้นวันที่ 28 มกราคม 2558] จาก
www.banhuakhua.ac.th/banhuakhua/file-editor/research%209-1.doc.
- เชาวลิต เพ่งทอง. **เทคโนโลยีงานกลึงซีเอ็นซี**. ปทุมธานี : สกายบุ๊กส์, 2555.
- ไชยยศ เรืองสุวรรณ. **เทคโนโลยีทางการศึกษา หลักการและแนวปฏิบัติ**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์
วัฒนาพานิช, 2529.
- ดำรงค์ สุตวิสัย. **โปรแกรมเอ็นซีพื้นฐาน**. นนทบุรี : บริษัทศูนย์หนังสือเมืองไทย, 2556.
- บรรเจิด เปาจิ้น. **รายงานการใช้ หนังสือเรียนวิชางานถอดประกอบเครื่องกลึงเบื้องต้น
รหัสวิชา 2100-1007**. เอกสารประกอบการพิจารณาผลงานวิชาการ. ถ่ายเอกสาร, 2557.
- บันลือ อ่อนศรี. **การสร้างชุดฝึกปฏิบัติงานกลึงเบื้องต้น**. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2547.
- บุญชม ศรีสะอาด. **การวิจัยเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น, 2545.
- _____. **การวิจัยเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์สุวีริยาสาส์น
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร, 2535.
- _____. **การวิจัยเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์สุวีริยาสาส์น, 2553.
- บุญใจ ศรีสถิตย่นรากุล. **การพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย : คุณสมบัติการวัด
เชิงจิตวิทยา**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2555.
- ปรีชวี สวามิวัศค์. **การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สมการและการแก้สมการ
โดยใช้ชุดฝึกเสริมทักษะคณิตศาสตร์กับการจัดการเรียนรู้ตามคู่มือครูของนักเรียน
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6**. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย, 2555.
- ประยูร เทพนวล. **“เอกสารการประชุมหาดีใหญ่วิชาการ ครั้งที่ 4 เรื่องการวิจัยเพื่อพัฒนา
สังคมไทย”** สงขลา : สำนักงานบัณฑิตวิทยาลัย, 2556. (เอกสารอัดสำเนา)
- ประสงค์ พรจินดารักษ์. **การวัดและประเมินผลการศึกษาช่างอุตสาหกรรม**. คณะครุศาสตร์
อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2544.
- พรรณณี ลีกิจวัฒน์. **วิธีการวิจัยทางการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : ภาควิชาครุศาสตร์
เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง, 2553.

- _____. **วิธีการวิจัยทางการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2553.
- พิสิฐ เมธาภัทร และธีระพล เมธากุล. **เทคนิคการเรียนการสอนวิชาเทคนิค**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2529.
- มนตรี แยมกสิกร. “เกณฑ์ประสิทธิภาพในงานวิจัยและพัฒนาสื่อการสอนความแตกต่าง 90/90 Standard และ E1/E2” **วารสารศึกษาศาสตร์**. ปีที่ 19 (2551) : 10-11.
- ราชบัณฑิตยสถาน. **พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์, 2546.
- รพีพร พิระธรรม. **ความพึงพอใจของผู้ปกครองที่มีต่อการจัดการศึกษา : กรณีศึกษาอนุบาล รพีพร**. วิทยานิพนธ์ ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 2550.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. **เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้ศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น, 2543.
- _____. **สถิติวิทยาทางการวิจัย**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : สุวีริยาสาส์น, 2536.
- วาโร เฟิงส์สวัสดิ์. **วิธีวิทยาการวิจัย**. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น, 2551.
- วิมลรัตน์ สุนทรโรจน์. **นวัตกรรมเพื่อการเรียนรู้**. พิมพ์ครั้งที่ 3. เอกสารประกอบการสอน วิชา 0506703. ภาควิชาหลักสูตรการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2545.
- วัลลภ จันทรตระกูล. “การเลือกใช้สื่อการสอน” **วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรมพระจอมเกล้าพระนครเหนือ**, 2529.
- _____. **สื่อการเรียนการสอน**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2543.
- สถาบันสังคมศึกษา สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. (ออนไลน์) สืบค้นวันที่ 16 ตุลาคม 2556 : จาก <http://social.obec.go.th/node/99>.
- สมนึก ภัททิยธนี. **การวัดผลการศึกษา**. กทม. : ประสานการพิมพ์, 2555.
- สมบัติ ชิวหา. **ผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี**. นนทบุรี : บริษัทศูนย์หนังสือเมืองไทย, 2558.
- สมหมาย เปียถนอม. **ความพึงพอใจของนักศึกษาในการได้รับบริการจากมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม**. นครปฐม : มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, 2551.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. **คู่มือหลักสูตรการพัฒนาข้าราชการครูเพื่อให้มีหรือเลื่อนเป็นวิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ**, 2550. (อัดสำเนา)
- สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. **หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2556 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ : แผนกวิชาการพิมพ์ วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี, 2557.

- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. **แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 11. พุทธศักราช 2555-2559.** [ออนไลน์] 2555. [สืบค้นวันที่ 30 มกราคม 2558] จาก http://www.nesdb.go.th/download/article/article_20160323112431.pdf
- สำนักทดสอบทางการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. **การทดสอบและการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์, 2550.
- สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ. **แผนพัฒนาการศึกษาของกระทรวง ศึกษาธิการฉบับที่ 11. พุทธศักราช 2555-2559.** [ออนไลน์] 2555. [สืบค้นวันที่ 30 มกราคม 2558] จาก http://www.tu.ac.th/org/ofrefector/planning/m1_m1/m1_m11/05_plan.pdf
- สุชาติ ศิริสุขไพบูลย์. **เทคนิคและวิธีการสอนวิชาชีพ.** พิมพ์ครั้งที่ 15. กรุงเทพฯ : ศูนย์ผลิตตำราเรียนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2554.
- _____. **เอกสารประกอบการฝึกอบรม การเลื่อนวิทยฐานะ.** กรุงเทพฯ : สาขาวิชาเครื่องกล ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550. (อัดสำเนา)
- สุรงค์ โค้วตระกูล. **จิตวิทยาการศึกษา.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.
- สุราษฎร์ พรหมจันทร์. **การพัฒนาหลักสูตรรายวิชา Course Development.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2552.
- _____. **การวัดผลการศึกษา.** กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2530.
- เสาวนีย์ สีغبานิต. **เทคโนโลยีทางการศึกษา.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2528
- อดุลย์ อินตะโม. **โปรแกรมเอ็นซีพื้นฐาน.** นนทบุรี : สำนักพิมพ์เอมพันธ์, 2556
- อภิภู สิทธิภูมิมงคล. **การพัฒนาชุดฝึกอบรมการวิจัยชั้นเรียน เรื่อง การพัฒนาและการทดลองใช้นวัตกรรมเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยศิลปกร, 2545.
- เอกสิทธิ์ สุทธิปรีชากุล. **การสร้างชุดฝึกทักษะลับดอกสว่าน.** วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2547.
- Cncprog.blogspot.com. **Mini CNC.** [ออนไลน์] 2555. [สืบค้นวันที่ 19 มกราคม 2558] จาก www.Cncprog.blogspot.com/p/mini-cnc.html.

ภาคผนวก ก

รายละเอียดหลักสูตรรายวิชา รายละเอียดการศึกษาและการวิเคราะห์เนื้อหา

- หลักสูตรรายวิชา
- วิเคราะห์หัวข้อจากคำอธิบายรายวิชา
- วิเคราะห์หัวข้อเรื่อง
- ประเมินความสำคัญของหัวข้อเรื่อง
- วิเคราะห์เนื้อหาสำคัญของหัวข้อเรื่อง
- วิเคราะห์ระดับวัตถุประสงค์การเรียนรู้

หลักสูตรรายวิชา

หลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2556 **ประเภทวิชา** อุตสาหกรรม

วิชา ผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี (2102 - 2109) **หน่วยกิต** 0-6-2

จุดประสงค์รายวิชา

1. เข้าใจหลักการโครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องมือกลซีเอ็นซี
2. เขียนโปรแกรมเอ็นซี และปฏิบัติงานกับเครื่องมือกลซีเอ็นซี
3. มีกิจนิสัยที่ดีในการทำงาน ที่มีระเบียบแบบแผน มีความรับผิดชอบต่อตนเอง ส่วนรวมและปฏิบัติงานตามหลักความปลอดภัย

สมรรถนะรายวิชา

1. เขียนโปรแกรมเอ็นซี ตามหลักการและกระบวนการ
2. ผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซีตามหลักการและกระบวนการ

คำอธิบายรายวิชา

ปฏิบัติเกี่ยวกับเครื่องมือกลซีเอ็นซี หลักการ ชนิดของเครื่องมือกลซีเอ็นซี กำหนดขั้นตอนการทำงาน เตรียมวัสดุ เครื่องมือ อุปกรณ์ เครื่องกลึงซีเอ็นซี เครื่องกัดซีเอ็นซี เขียนโปรแกรมเอ็นซี และป้อนโปรแกรมงานกลึง งานกัดขั้นพื้นฐาน ทดสอบแก้ไขโปรแกรม ปฏิบัติงานขึ้นรูปชิ้นส่วนด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซี เครื่องกัดซีเอ็นซี ใช้เครื่องมือวัด ตรวจสอบและบำรุงรักษาเครื่องมือกลซีเอ็นซี ปฏิบัติงานตามหลักความปลอดภัย

การวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา

ตารางที่ ก - 1 การวิเคราะห์หัวข้อเรื่อง

วิชาผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี รหัสวิชา 2102 - 2109 จำนวน 0-6-2 (ท-ป-น)

หน่วยที่	ชื่อหน่วย	แหล่งข้อมูล				หมายเหตุ
		A	B	C	D	
1	โครงสร้างและส่วนประกอบเครื่องจักรซีเอ็นซี	✓	✓	✓	✓	
2	หลักการทำงานของเครื่องจักรซีเอ็นซี	✓	✓	✓	✓	
3	เครื่องมือตัดสำหรับงานซีเอ็นซี	✓	✓	✓	✓	
4	ระบบควบคุมกับชุดควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี	✓	✓	✓	✓	
5	การเขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงกับ	✓	✓	✓	✓	
	เครื่องกลึงซีเอ็นซี					
6	การขึ้นรูปชิ้นส่วนด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซี	✓	✓	✓	✓	
7	การเขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกัดกับเครื่องกัด	✓	✓	✓	✓	
	ซีเอ็นซี					
8	การขึ้นรูปชิ้นส่วนด้วยเครื่องกัดซีเอ็นซี	✓	✓	✓	✓	
9	การบำรุงรักษาเครื่องกลึงซีเอ็นซี	✓	✓	✓	✓	

หมายเหตุ แหล่งข้อมูล A = หลักสูตรรายวิชา

B = เอกสารตำราเรียน

C = ผู้เชี่ยวชาญ

D = ประสบการณ์

ตารางที่ ก - 2 การวิเคราะห์เนื้อหาสำคัญของหัวข้อเรื่อง

ลำดับที่	หัวข้อเรื่อง	แหล่งข้อมูล				
		A	B	C	D	E
1	หลักการเบื้องต้นของเครื่องกลึงซีเอ็นซี					
	1.1 หลักการทำงานของเครื่องกลึงซีเอ็นซี	✓	✓	✓	✓	
	1.2 ส่วนประกอบของเครื่องกลึงซีเอ็นซี	✓	✓	✓	✓	
2	ระบบควบคุมกับชุดควบคุมเครื่องกลึงซีเอ็นซี					
	2.1 ลักษณะของชุดควบคุมทั่วไป	✓	✓	✓	✓	
	2.2 การใช้งานปุ่มควบคุมของชุดควบคุมเครื่องกลึงซีเอ็นซี	✓	✓	✓	✓	
3	การเขียนโปรแกรมเอ็นซีสำหรับงานกลึงซีเอ็นซี					
	3.1 โครงสร้างของโปรแกรมเอ็นซี	✓	✓	✓	✓	
	3.2 ส่วนประกอบพื้นฐานของโครงสร้างของโปรแกรมเอ็นซี	✓	✓	✓	✓	
	3.3 การเขียนโปรแกรมเอ็นซีสำหรับงานกลึงซีเอ็นซี					
4	การขึ้นรูปชิ้นส่วนด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซี					
	4.1 การเตรียมเครื่องกลึงซีเอ็นซีและชิ้นงาน	✓	✓	✓	✓	
	4.2 การตั้งค่าศูนย์ชิ้นงานกับชุดควบคุมเครื่องกลึงซีเอ็นซี	✓	✓	✓	✓	
	4.3 การป้อนโปรแกรมเอ็นซีกับชุดควบคุมเครื่องกลึงซีเอ็นซี	✓	✓	✓	✓	
	4.4 การขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซี	✓	✓	✓	✓	

แหล่งข้อมูล A = หลักสูตรรายวิชา
 B = เอกสาร ตำรา
 C = ผู้เชี่ยวชาญ
 D = ประสบการณ์
 E = การศึกษา ดูงาน

ลำดับที่	หัวข้อเรื่อง	1	2	3
1	หลักการเบื้องต้นของเครื่องกลึงซีเอ็นซี			
	1.1 หลักการทำงานของเครื่องกลึงซีเอ็นซี	I	I	X
	1.2 ส่วนประกอบของเครื่องกลึงซีเอ็นซี	X	X	I
2	ระบบควบคุมกับชุดควบคุมเครื่องกลึงซีเอ็นซี			
	2.1 ลักษณะของชุดควบคุมทั่วไป	I	I	X
	2.2 การใช้งานปุ่มควบคุมของชุดควบคุมเครื่องกลึงซีเอ็นซี	X	X	I
3	การเขียนโปรแกรมเอ็นซีสำหรับงานกลึงซีเอ็นซี			
	3.1 โครงสร้างของโปรแกรมเอ็นซี	I	I	0
	3.2 ส่วนประกอบพื้นฐานของโครงสร้างของโปรแกรมเอ็นซี	X	X	0
	3.3 การเขียนโปรแกรมเอ็นซีสำหรับงานกลึงซีเอ็นซี	X	X	0
4	การขึ้นรูปชิ้นส่วนด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซี			
	4.1 การเตรียมเครื่องกลึงซีเอ็นซีและชิ้นงาน	X	X	I
	4.2 การตั้งค่าศูนย์ชิ้นงานกับชุดควบคุมเครื่องกลึงซีเอ็นซี	X	X	0
	4.3 การป้อนโปรแกรมเอ็นซีกับชุดควบคุมเครื่องกลึงซีเอ็นซี	X	X	0

4.4 การขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซี	X	X	I
--	---	---	---

ตารางที่ ก - 3 การวิเคราะห์ความสำคัญของหัวข้อเรื่อง

หมายเหตุ 1 = การส่งเสริมความสำคัญในการแก้ปัญหา
 2 = การส่งเสริมการทำงานให้ถูกต้อง
 3 = การส่งเสริมให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดี

ความสำคัญ X = มาก
 I = ปานกลาง
 O = น้อย

ตารางที่ ก - 4 การวิเคราะห์เนื้อหาสำคัญของหัวข้อเรื่องการขึ้นรูปชิ้นส่วนด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซี

เนื้อหาสำคัญ	ความรู้ (Knowledge)	ISL			ทักษะ (Skill)	PSL		
		R	A	T		I	C	A
1.หลักการเบื้องต้นของเครื่องกลึงซีเอ็นซี								
1.1 หลักการทำงานของเครื่องกลึงซีเอ็นซี	1. หลักการทำงานของเครื่องกลึงซีเอ็นซี	✓						
1.2 ส่วนประกอบของเครื่องกลึงซีเอ็นซี	1. ส่วนประกอบของเครื่องกลึงซีเอ็นซี	✓						
	2. ประเภทของเครื่องกล	✓						

	ซีเอ็นซี							
2. ระบบควบคุม กับชุดควบคุม เครื่องกลึงซีเอ็นซี		✓						
2.1 ลักษณะของ ชุดควบคุมทั่วไป	1. ลักษณะของชุดควบคุม ทั่วไป		✓					
2.2 การใช้งานปุ่ม ควบคุมของชุด ควบคุมเครื่องกลึง ซีเอ็นซี	1. การใช้งานปุ่มควบคุมของ ชุดควบคุมเครื่องกลึงซีเอ็นซี		✓					
3. การเขียน โปรแกรมเอ็นซี สำหรับงานกลึง ซีเอ็นซี								
3.1 โครงสร้างของ โปรแกรมเอ็นซี	1. โครงสร้างของโปรแกรม เอ็นซี	✓						
	2. ลักษณะของคำสั่งที่ใช้ใน โปรแกรมเอ็นซี	✓						

ISL = ระดับทักษะทางสติปัญญา (Intellectual Skill Level) PSL = ระดับทักษะทางกล้ามเนื้อ (Physical Skill Level)

R = พื้นคืนความรู้ (Recalled Knowledge)

I = ทำได้ตามแบบ (Imitation is needed)

A = ประยุกต์ความรู้ (Applied Knowledge)

C = ทำได้ด้วยความถูกต้อง (Control is needed)

T = ส่งถ่ายความรู้ (transferred Knowledge)

A₂ = ทำได้ด้วยความชำนาญ (Automation is needed)

ตารางที่ ก - 4 (ต่อ) การวิเคราะห์เนื้อหาสำคัญของหัวข้อเรื่องการผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซี

เนื้อหาสำคัญ	ความรู้ (Knowledge)	ISL			ทักษะ (Skill)	PSL		
		R	A	T		I	C	A
3.2 ส่วนประกอบ พื้นฐานของ โครงสร้างของ โปรแกรมเอ็นซี	1. ส่วนประกอบพื้นฐาน โครงสร้างของโปรแกรมเอ็นซี	✓						
3.3 การเขียน	1. การเขียนโปรแกรมสำหรับ							

โปรแกรมเอ็นซี สำหรับงานกลึง ซีเอ็นซี	งานกลึงปาดหน้า		✓				
	2. การเขียนโปรแกรม สำหรับงานกลึงปอก		✓				
	3. การกลึงปาดหน้าชิ้นงาน โดยเครื่องกลึงซีเอ็นซี		✓				
	4. การเขียนโปรแกรม สำหรับงานกลึงโค้ง		✓				
	5. การเขียนโปรแกรม สำหรับงานกลึงเจาะร่อง		✓				
	6. การเขียนโปรแกรม สำหรับงานกลึงเกลียว		✓				
4. การขึ้นรูป ชิ้นส่วนด้วย เครื่องกลึงซีเอ็นซี							
	1. การเตรียมเครื่องกลึง ซีเอ็นซีและชิ้นงาน		✓		เตรียมเครื่องกลึง ซีเอ็นซีและชิ้นงาน		✓
	2. การเรียกโปรแกรมเอ็นซี ของเครื่องกลึงซีเอ็นซี		✓				
	3. การกลึงปาดหน้าชิ้นงาน โดยเครื่องกลึงซีเอ็นซี		✓		กลึงปาดหน้าโดย เครื่องกลึงซีเอ็นซี		✓
	4. การกลึงปอกชิ้นงานโดย เครื่องกลึงซีเอ็นซี		✓		กลึงปอกโดย เครื่องกลึงซีเอ็นซี		✓

ISL = ระดับทักษะทางสติปัญญา (Intellectual Skill Level) PSL = ระดับทักษะทางกล้ามเนื้อ (Physical Skill Level)

R = ฟังคืนความรู้ (Recalled Knowledge) I = ทำได้ตามแบบ (Imitation is needed)

A = ประยุกต์ความรู้ (Applied Knowledge) C = ทำได้ด้วยคำสั่งควบคุม (Control is needed)

T = ส่งถ่ายความรู้ (transferred Knowledge) A = ทำได้ด้วยความชำนาญ (Automation is needed)

เนื้อหาสำคัญ	ความรู้ (Knowledge)	ISL			ทักษะ (Skill)	PSL		
		R	A	T		I	C	A

	5. การกลึงเร็วขึ้นงานโดยเครื่องกลึงซีเอ็นซี		✓		กลึงเร็วขึ้นงานโดยเครื่องกลึงซีเอ็นซี		✓	
	6. การกลึงโค้งขึ้นงานโดยเครื่องกลึงซีเอ็นซี		✓		กลึงโค้งขึ้นงานโดยเครื่องกลึงซีเอ็นซี		✓	
	7. การกลึงเจาะร่องขึ้นงานโดยเครื่องกลึงซีเอ็นซี		✓		กลึงเจาะร่องขึ้นงานโดยเครื่องกลึงซีเอ็นซี		✓	
	8. การกลึงเกลียวขึ้นงานโดยเครื่องกลึงซีเอ็นซี		✓		กลึงเกลียวขึ้นงานโดยเครื่องกลึงซีเอ็นซี		✓	

ISL = ระดับทักษะทางสติปัญญา (Intellectual Skill Level) PSL = ระดับทักษะทางกล้ามเนื้อ (Physical Skill Level)

R = พื้นคืนความรู้ (Recalled Knowledge)

I = ทำได้ตามแบบ (Imitation is needed)

A = ประยุกต์ความรู้ (Applied Knowledge)

C = ทำได้ด้วยควบคุม (Control is needed)

T = ส่งถ่ายความรู้ (transferred Knowledge)

A = ทำได้ด้วยอัตโนมัติ (Automation is needed)

ตารางที่ ก - 5 การวิเคราะห์ระดับวัตถุประสงค์การเรียนรู้เรื่องการทำงานกับเครื่องมือกลึงซีเอ็นซี

ลำดับ ที่	วัตถุประสงค์การเรียนรู้	ISL			PSL			IS
		R	A	T	I	C	L	
1	หลักการเบื้องต้นของเครื่องกลึงซีเอ็นซี							
	1.1 บอกหลักการเบื้องต้นของเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้ถูกต้อง	✓						
	1.2 บอกส่วนประกอบของเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้ถูกต้อง	✓						
	1.3 บอกประเภทของเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้ถูกต้อง	✓						
2	ระบบควบคุมกับชุดควบคุมเครื่องซีเอ็นซี							
	2.1 อธิบายระบบควบคุมเครื่องซีเอ็นซีได้ถูกต้อง		✓					
	2.2 บอกส่วนประกอบของชุดควบคุมเครื่องซีเอ็นซีได้ถูกต้อง	✓			✓			
	2.3 บอกวิธีจัดเก็บข้อมูลโปรแกรมเอ็นซีได้ถูกต้อง	✓			✓			
3	การเขียนโปรแกรมเอ็นซีสำหรับงานเครื่องกลึง							
	3.1 บอกโครงสร้างของโปรแกรมเอ็นซีได้ถูกต้อง	✓						
	3.2 บอกลักษณะของคำสั่ง G-code ในโปรแกรมเอ็นซีได้ถูกต้อง	✓						
	3.3 บอกลักษณะของคำสั่ง M-code ในโปรแกรมเอ็นซีได้ถูกต้อง	✓						
	3.4 บอกส่วนประกอบพื้นฐานของโครงสร้างโปรแกรมเอ็นซีได้ถูกต้อง	✓						
	3.5 เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงปาดหน้าได้ถูกต้อง		✓			✓		
	3.6 เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงปอกได้ถูกต้อง		✓			✓		
	3.7 เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงเรียวได้ถูกต้อง		✓			✓		
	3.8 เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงโค้งได้ถูกต้อง		✓			✓		
	3.9 เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงเจาะร่องได้ถูกต้อง		✓			✓		
	3.10 เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงเกลียวได้ถูกต้อง		✓			✓		

IST=ระดับทักษะทางสติทางปัญญา PSL=ระดับทักษะทางกล้ามเนื้อ IS=ระดับความสามารถในการปรับตัว

R =	พื้นในความรู้	I =	ทำได้ตามแบบ
A =	ประยุกต์ความรู้	C =	ทำได้ด้วยความถูกต้อง
T =	ส่งถ่ายความรู้	A =	ทำได้ด้วยความชำนาญ

ตารางที่ ก - 5 (ต่อ) การวิเคราะห์ระดับวัตถุประสงค์การเรียนรู้เรื่องการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซี

ลำดับ ที่	วัตถุประสงค์การเรียนรู้	ISL			PSL			IS
		R	A	T	I	C	L	
4	การขึ้นรูปชิ้นส่วนด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซี							
	4.1 บอกวิธีการเตรียมเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้ถูกต้อง	✓						
	4.2 บอกวิธีการเตรียมชิ้นงานพร้อมsetศูนย์ชิ้นงานได้ถูกต้อง		✓					
	4.3 บอกวิธีการเรียกโปรแกรมซีเอ็นซีของเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้ถูกต้อง		✓					
	4.4 อธิบายวิธีการกลึงขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้ถูกต้อง		✓					
	4.5 กลึงขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้					✓		

IST=ระดับทักษะทางสติทางปัญญา PSL=ระดับทักษะทางกล้ามเนื้อ IS=ระดับความสามารถในการปรับตัว

R =	พื้นในความรู้	I =	ทำได้ตามแบบ
A =	ประยุกต์ความรู้	C =	ทำได้ด้วยความถูกต้อง
T =	ส่งถ่ายความรู้	A =	ทำได้ด้วยความชำนาญ

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์วัตถุประสงค์เพื่อออกข้อสอบ

- การกำหนดระดับวัตถุประสงค์การเรียนรู้เพื่อออกข้อสอบ
- การวิเคราะห์เพื่อออกข้อสอบ
- การวิเคราะห์วัตถุประสงค์การเรียนรู้เพื่อออกข้อสอบ

ตารางที่ ข - 1 การวิเคราะห์และกำหนดระดับวัตถุประสงค์การเรียนรู้เพื่อออกข้อสอบ(ภาคทฤษฎี)

หัวข้อ เรื่อง	วัตถุประสงค์การเรียนรู้	ISL	XIO	321	แต้ม
1	หลักการเบื้องต้นของเครื่องกลึงซีเอ็นซี				6
	1.1 บอกหลักการเบื้องต้นของเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้ถูกต้อง	R	I	2	
	1.2 บอกส่วนประกอบของเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้ถูกต้อง	R	I	2	
	1.3 บอกประเภทของเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้ถูกต้อง	R	I	2	
2	ระบบควบคุมกับชุดควบคุมเครื่องซีเอ็นซี				8
	2.1 อธิบายระบบควบคุมเครื่องซีเอ็นซีได้ถูกต้อง	R	I	2	
	2.2 บอกส่วนประกอบของชุดควบคุมเครื่องซีเอ็นซีได้ถูกต้อง	R	X	3	
	2.3 บอกวิธีจัดเก็บข้อมูลโปรแกรมเอ็นซีได้ถูกต้อง	R	X	3	
3	การเขียนโปรแกรมเอ็นซีสำหรับงานเครื่องกลึง				30
	3.1 บอกโครงสร้างของโปรแกรมเอ็นซีได้ถูกต้อง	R	X	3	
	3.2 บอกลักษณะของคำสั่ง G-code ในโปรแกรมเอ็นซีได้ถูกต้อง	R	X	3	
	3.3 บอกลักษณะของคำสั่ง M-code ในโปรแกรมเอ็นซีได้ถูกต้อง	R	I	2	
	3.4 บอกส่วนประกอบพื้นฐานของโครงสร้างโปรแกรมเอ็นซีได้ถูกต้อง	R	X	3	
	3.5 เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงปาดหน้าได้ถูกต้อง	A	X	3	
	3.6 เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงปอกได้ถูกต้อง	A	X	3	
	3.7 เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงเรียวได้ถูกต้อง	A	X	3	
	3.8 เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงโค้งได้ถูกต้อง	A	X	3	
	3.9 เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงเจาะร่องได้ถูกต้อง	A	X	3	
	3.10 เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงเกลียวได้ถูกต้อง	A	X	3	

หมายเหตุ

ISL = ระดับความสามารถทางสติปัญญา (Intellectual Skill Level)

R = ฟิ้นคืนความรู้ (Recalled Knowledge)

- A = ประยุกต์ความรู้ (Applied Knowledge)
 T = ส่งถ่ายความรู้ (Transferred Knowledge)
 XIO = ระดับความสำคัญของวัตถุประสงค์การสอน
 X = ระดับวัตถุประสงค์มีความสำคัญมาก แต่มีความสำคัญ = 3
 I = ระดับวัตถุประสงค์มีความสำคัญปานกลาง แต่มีความสำคัญ = 2
 O = ระดับวัตถุประสงค์มีความสำคัญน้อย แต่มีความสำคัญ = 1

ตารางที่ ข - 1 (ต่อ) การวิเคราะห์และกำหนดระดับวัตถุประสงค์การเรียนรู้เพื่อออกข้อสอบ
 (ภาคทฤษฎี)

หัวข้อ เรื่อง	วัตถุประสงค์การเรียนรู้	ISL	XIO	321	แต้ม
4	การขึ้นรูปชิ้นส่วนด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซี				
	4.1 บอกวิธีการเตรียมเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้ถูกต้อง	A	X	3	
	4.2 บอกวิธีการเตรียมชิ้นงานพร้อมsetศูนย์ชิ้นงานได้ถูกต้อง	A	X	3	
	4.3 บอกวิธีการเรียกโปรแกรมซีเอ็นซีของเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้ถูกต้อง	R	X	3	
	4.4 อธิบายวิธีการกลึงขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้ถูกต้อง	A	X	3	
	รวม			56	56

หมายเหตุ

- ISL = ระดับความสามารถทางสติปัญญา (Intellectual Skill Level)
 R = ฟังคืนความรู้ (Recalled Knowledge)
 A = ประยุกต์ความรู้ (Applied Knowledge)
 T = ส่งถ่ายความรู้ (Transferred Knowledge)
 XIO = ระดับความสำคัญของวัตถุประสงค์การสอน
 X = ระดับวัตถุประสงค์มีความสำคัญมาก แต่มีความสำคัญ = 3
 I = ระดับวัตถุประสงค์มีความสำคัญปานกลาง แต่มีความสำคัญ = 2
 O = ระดับวัตถุประสงค์มีความสำคัญน้อย แต่มีความสำคัญ = 1

ตารางที่ ข - 2 การวิเคราะห์เพื่อออกข้อสอบ (ภาคทฤษฎี)

หัวข้อ เรื่อง	ระดับทักษะทางสติปัญญา (ISL)			เต็ม	จำนวน ข้อสอบ	Note
	Recall (R)	Apply (A)	Transfer (T)			
1						
1.1	I (1)			6	4	1
1.2	I (2)					2
1.3	I (1)					1
2						
2.1	(3)			8	5	3
2.2	X (1)					1
2.3	X (1)					1
3						1
3.1	X (1)			30	19	3
3.2	X (3)					2
3.3	X (2)					1
3.4	X (1)					2
3.5		X (2)				2
3.6		X (2)				2
3.7		X (2)				2
3.8		X (2)				2

3.9		X (2)				2
3.10		X (2)				2
4				9	7	
4.1		X (2)				2
4.2		X (2)				2
4.3	X (1)					1
4.4		X (2)				2
แต่้มรวม				43		
ข้อสอบ					35	35

หมายเหตุ

ข้อสอบ 35 ข้อ มีแต่้มความสำคัญเท่ากับ 43 แต่้ม

ตารางที่ ข - 3 การวิเคราะห์วัตถุประสงค์การเรียนรู้เพื่อออกข้อสอบ (ภาคทฤษฎี)

วัตถุประสงค์การเรียนรู้	ISL	XIO	จำนวนข้อสอบ	ข้อที่
1. หลักการเบื้องต้นของเครื่องกลึงซีเอ็นซี				
1.1 บอกหลักการเบื้องต้นของเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้ถูกต้อง	R	I	1	1
1.2 บอกส่วนประกอบของเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้ถูกต้อง	R	I	2	2-3
1.3 บอกประเภทของเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้ถูกต้อง	R	I	1	4
2 ระบบควบคุมกับชุดควบคุมเครื่องซีเอ็นซี				
2.1 อธิบายระบบควบคุมเครื่องซีเอ็นซีได้ถูกต้อง	R	I	3	5-7
2.2 บอกส่วนประกอบของชุดควบคุมเครื่องซีเอ็นซีได้ถูกต้อง	R	X	1	8
2.3 บอกวิธีจัดเก็บข้อมูลโปรแกรมเอ็นซีได้ถูกต้อง	R	X	1	9
3. การเขียนโปรแกรมเอ็นซีสำหรับงานเครื่องกลึง				
3.1 บอกโครงสร้างของโปรแกรมเอ็นซีได้ถูกต้อง	R	X	1	10
3.2 บอกลักษณะของคำสั่ง G-code ในโปรแกรมเอ็นซีได้ถูกต้อง	R	X	3	11-13

3.3 บอกลักษณะของคำสั่ง M-code ในโปรแกรม เอ็นซีได้ถูกต้อง	R	X	2	14-15
3.4 บอกส่วนประกอบพื้นฐานของโครงสร้างโปรแกรมเอ็นซี ได้ถูกต้อง	R	X	1	16
3.5 เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงปาดหน้าได้ถูกต้อง	A	X	2	17-18
3.6 เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงปอกได้ถูกต้อง	A	X	2	19-20
3.7 เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงเรียวได้ถูกต้อง	A	X	2	21-22
3.8 เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงโค้งได้ถูกต้อง	A	X	2	23-24
3.9 เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงเจาะร่องได้ถูกต้อง	A	X	2	25-26
3.10 เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงเกลียวได้ถูกต้อง	A	X	2	27-28
4 การขึ้นรูปชิ้นส่วนด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซี				
4.1 บอกวิธีการเตรียมเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้ถูกต้อง	A	X	2	29-30
4.2 บอกวิธีการเตรียมชิ้นงานพร้อมsetศูนย์ชิ้นงานได้ ถูกต้อง	A	X	2	31-32
4.3 บอกวิธีการเรียกโปรแกรมซีเอ็นซีของเครื่องกลึงซีเอ็นซี ได้ถูกต้อง	R	X	1	33
4.4 อธิบายวิธีการกลึงขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้ ถูกต้อง	A	X	2	34-35

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์หาคคุณภาพของชุดฝึก และคุณภาพของข้อสอบ

- แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี
- แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับดัชนีความสอดคล้อง
วัตถุประสงค์การเรียนรู้กับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับดัชนีความสอดคล้อง
วัตถุประสงค์การเรียนรู้กับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดฝึกงานกลึง
มินิซีเอ็นซี
- ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าสัมประสิทธิ์
ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตารางที่ ค - 1 การวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ (ภาคทฤษฎี)

วัตถุประสงค์	ข้อสอบ ข้อที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.1	1	1	1	1	1	1	5	1
1.2	2	1	1	1	1	1	5	1
1.2	3	1	1	1	1	1	5	1
1.2	4	1	1	1	1	1	5	1
1.3	5	1	1	1	1	1	5	1
2.1	6	0	1	1	1	1	4	0.8
2.1	7	1	1	1	0	1	4	0.8
2.1	8	1	1	1	0	1	4	0.8
2.2	9	1	1	1	1	1	5	1
2.3	10	1	1	1	1	1	5	1
3.1	11	1	1	1	1	1	5	1
3.1	12	1	1	1	1	0	4	0.8
3.2	13	1	1	1	1	1	5	1
3.2	14	1	1	1	1	1	5	1
3.2	15	1	1	1	1	1	5	1
3.2	16	1	1	1	1	1	5	1
3.3	17	1	1	1	1	1	5	1

หมายเหตุ โดยใช้เกณฑ์ต่อไปนี้ (พรรณี, 2553 : 197)

ข้อคำถามที่เลือกไว้ใช้ควรมีค่า IOC ตั้งแต่ .50 ขึ้นไป

เห็นว่าสอดคล้อง ให้คะแนน + 1

ไม่แน่ใจ ให้คะแนน 0

เห็นว่าไม่สอดคล้อง ให้คะแนน -1

ตารางที่ ค - 1 (ต่อ)

วัตถุประสงค์	ข้อสอบ ข้อที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
3.3	18	1	1	1	1	1	5	1
3.3	19	1	1	1	1	1	5	1
3.3	20	1	1	1	1	1	5	1
3.4	21	1	1	1	0	1	4	0.8
3.5	22	1	1	1	1	1	5	1
3.5	23	1	1	1	1	1	5	1
3.5	24	1	1	1	0	1	4	0.8
3.6	25	1	1	1	1	1	5	1
3.6	26	1	1	1	1	1	5	1
3.6	27	0	1	1	1	1	4	0.8
3.7	28	1	1	1	1	1	5	1
3.7	29	1	1	1	1	1	5	1
3.7	30	1	1	1	0	1	4	0.8
3.8	31	0	1	1	0	1	3	0.6
3.8	32	0	1	1	0	1	3	0.6
3.8	33	1	1	1	1	1	5	1
3.9	34	0	1	1	0	1	3	0.6
3.9	35	1	1	1	1	1	5	1
3.9	36	1	1	1	1	1	5	1

หมายเหตุ โดยใช้เกณฑ์ต่อไปนี้ (พรณิ, 2553 : 197)

ข้อคำถามที่เลือกไว้ใช้ควรมีค่า IOC ตั้งแต่ .50 ขึ้นไป

เห็นว่าสอดคล้อง ให้คะแนน +

ไม่แน่ใจ ให้คะแนน 0
เห็นว่าไม่สอดคล้อง ให้คะแนน -1

ตารางที่ ค - 1 (ต่อ)

วัตถุประสงค์	ข้อสอบ ข้อที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
3.9	37	1	1	1	1	1	5	1
3.10	38	1	1	1	0	1	4	0.8
3.10	39	1	1	1	1	1	5	1
4.1	40	1	0	1	1	1	4	0.8
4.1	41	1	1	1	0	1	4	0.8
4.2	42	0	1	1	1	1	4	0.8
4.3	43	1	1	1	0	1	4	0.8
4.4	44	1	0	1	1	1	4	0.8
4.4	45	0	1	1	1	1	4	0.8

หมายเหตุ โดยใช้เกณฑ์ต่อไปนี้ (พรรณิ, 2553 : 197)

ข้อคำถามที่เลือกไว้ใช้ควรมีค่า IOC ตั้งแต่ .50 ขึ้นไป

เห็นว่าสอดคล้อง ให้คะแนน +

ไม่แน่ใจ ให้คะแนน 0
เห็นว่าไม่สอดคล้อง ให้คะแนน -1

ตารางที่ ค - 2 การวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ (ภาคปฏิบัติ)

วัตถุประสงค์	ข้อสอบ ข้อที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1		1	1	1	1	1	5	1
2		1	1	1	1	1	5	1
3		1	1	1	1	1	5	1
4		1	1	1	1	1	5	1
5		1	1	1	1	1	5	1
6		1	1	1	1	1	5	1

หมายเหตุ โดยใช้เกณฑ์ต่อไปนี้ (พรรณิ, 2553 : 197)

ข้อความที่เลือกไว้ใช้ควรมีค่า IOC ตั้งแต่ .50 ขึ้นไป

เห็นว่าสอดคล้อง ให้คะแนน +

การแปลความหมายจะใช้เกณฑ์ในการแปลความหมายดังนี้ (บุญชม, 2553 : 103)

คะแนนเฉลี่ย	4.51 – 5.00 แปลความว่า มากที่สุด
คะแนนเฉลี่ย	3.51 – 4.50 แปลความว่า มาก
คะแนนเฉลี่ย	2.51 – 3.50 แปลความว่า ปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	1.51 – 2.50 แปลความว่า น้อย
คะแนนเฉลี่ย	1.00 – 1.50 แปลความว่า น้อยที่สุด

ตารางที่ ค - 3 (ต่อ)

ข้อ ที่	คำถาม	ระดับความคิดเห็น					คะแนน	\bar{X}	S.D.	ความ หมาย
		5	4	3	2	1				
	ด้านใบงานประกอบชุดฝึก									
1	ใบงานสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	4	1				24	4.80	0.45	มากที่สุด
2	ลำดับชั้นการปฏิบัติงานเหมาะสม	4	1				24	4.80	0.45	มากที่สุด
3	คำอธิบายแต่ละขั้นตอนชัดเจน	3	2				23	4.60	0.55	มากที่สุด
4	รูปภาพประกอบคำอธิบายชัดเจน	3	2				23	4.60	0.55	มากที่สุด
5	ใบงานง่ายต่อการใช้งาน	4	1				24	4.80	0.45	มากที่สุด
	เฉลี่ยด้านที่ 2							4.72	0.49	มากที่สุด
	เฉลี่ยรวมทั้ง 2 ด้าน							4.81	0.32	มากที่สุด

การแปลความหมายจะใช้เกณฑ์ในการแปลความหมายดังนี้ (บุญชม, 2553 : 103)

คะแนนเฉลี่ย	4.51 – 5.00 แปลความว่า มากที่สุด
คะแนนเฉลี่ย	3.51 – 4.50 แปลความว่า มาก
คะแนนเฉลี่ย	2.51 – 3.50 แปลความว่า ปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	1.51 – 2.50 แปลความว่า น้อย
คะแนนเฉลี่ย	1.00 – 1.50 แปลความว่า น้อยที่สุด

ตารางที่ ค - 4 คะแนนการทดลองใช้แบบทดสอบชุดฝึกที่สร้างขึ้น 35 ข้อ (กลุ่มเก่ง)

ข้อที่ \ คนที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	H
1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	8
2	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	8
3	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	8
4	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	8
5	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	7
6	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	7
7	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	8
8	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	8
9	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	8
10	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	8
11	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	7
12	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	6
13	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	6

14	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	7
15	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	7
16	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	8
17	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	7
18	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	8
19	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	7
20	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	8
21	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	7
22	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	6
23	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	7
24	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	6
25	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	8

ตารางที่ ค - 4 (ต่อ) คะแนนการทดลองใช้แบบทดสอบชุดฝึกที่สร้างขึ้น 35 ข้อ (กลุ่มเก่ง)

ข้อที่ \ คนที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	H
26	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	6
27	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	8
28	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	8
29	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	7
30	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	7
31	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	7
32	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	6
33	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	8

34	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	7
35	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	8
X	19	27	24	27	27	27	25	22	23	29	255
x^2	361	729	576	729	729	729	625	484	529	841	6627

หมายเหตุ H คือ คะแนนนักเรียนกลุ่มเก่ง

1 คือ นักเรียนตอบถูก

0 คือ นักเรียนตอบผิด

x คือ คะแนนรวม

ตารางที่ ค - 4 คะแนนการทดลองใช้แบบทดสอบชุดฝึกที่สร้างขึ้น 35 ข้อ (กลุ่มอ่อน)

ข้อที่ \ คนที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	L
1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	5
2	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	5
3	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	4
4	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	5
5	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	4

6	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3
7	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	3
8	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	5
9	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	5
10	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	4
11	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	3
12	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	3
13	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	3
14	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	4
15	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	4
16	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	4
17	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	3
18	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	5
19	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	4
20	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	5
21	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	4
22	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	3
23	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	4
24	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	3
25	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	5

ตารางที่ ค - 4 (ต่อ)

ข้อที่	คนที่										L
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

26	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	3
27	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	5
28	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	5
29	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	4
30	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	4
31	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	4
32	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	3
33	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	5
34	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	4
35	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	5
x	22	16	17	14	13	13	11	14	9	13	142
x^2	484	256	289	196	169	169	121	196	81	169	2130

หมายเหตุ L คือ คะแนนนักเรียนกลุ่มเก่ง
 1 คือ นักเรียนตอบถูก
 0 คือ นักเรียนตอบผิด
 x คือ คะแนนรวม

ตารางที่ ค - 6 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ 35 ข้อ

ข้อที่	L	H	p	r	q	p · q	แปลผลคุณภาพของข้อสอบ
1	5	8	0.65	0.30	0.35	0.23	ใช้ได้
2	5	8	0.65	0.30	0.35	0.23	ใช้ได้
3	4	8	0.60	0.40	0.4	0.24	ใช้ได้
4	5	8	0.65	0.30	0.35	0.23	ใช้ได้
5	4	7	0.55	0.30	0.45	0.25	ใช้ได้
6	3	7	0.50	0.40	0.5	0.25	ใช้ได้
7	3	8	0.55	0.50	0.45	0.25	ใช้ได้
8	5	8	0.65	0.30	0.35	0.23	ใช้ได้
9	5	8	0.65	0.30	0.35	0.23	ใช้ได้
10	4	8	0.60	0.40	0.4	0.24	ใช้ได้
11	3	7	0.50	0.40	0.5	0.25	ใช้ได้
12	3	6	0.45	0.30	0.55	0.25	ใช้ได้
13	3	6	0.45	0.30	0.55	0.25	ใช้ได้
14	4	7	0.55	0.30	0.45	0.25	ใช้ได้
15	4	7	0.55	0.30	0.45	0.25	ใช้ได้
16	4	8	0.60	0.40	0.4	0.24	ใช้ได้
17	3	7	0.50	0.40	0.5	0.25	ใช้ได้
18	5	8	0.65	0.30	0.35	0.23	ใช้ได้
19	4	7	0.55	0.30	0.45	0.25	ใช้ได้
20	5	8	0.65	0.30	0.35	0.23	ใช้ได้
21	4	7	0.55	0.30	0.45	0.25	ใช้ได้
22	3	6	0.45	0.30	0.55	0.25	ใช้ได้
23	4	7	0.55	0.30	0.45	0.25	ใช้ได้
24	3	6	0.55	0.30	0.45	0.25	ใช้ได้
25	5	8	0.65	0.30	0.35	0.23	ใช้ได้

ตารางที่ ค - 6 (ต่อ)

ข้อที่	L	H	P	r	q	p · q	แปลคุณภาพของข้อสอบ
26	3	6	0.45	0.30	0.55	0.25	ใช้ได้
27	5	8	0.65	0.30	0.35	0.23	ใช้ได้
28	5	8	0.65	0.30	0.35	0.23	ใช้ได้
29	4	7	0.55	0.30	0.45	0.25	ใช้ได้
30	4	7	0.55	0.30	0.45	0.25	ใช้ได้
31	4	7	0.55	0.30	0.45	0.25	ใช้ได้
32	3	6	0.45	0.30	0.55	0.25	ใช้ได้
33	5	8	0.65	0.30	0.35	0.23	ใช้ได้
34	4	7	0.55	0.30	0.45	0.25	ใช้ได้
35	5	8	0.65	0.30	0.35	0.23	ใช้ได้
รวม	142	255	19.95	11.30	15.15	8.40	
เฉลี่ย			0.57	0.32			

$$\begin{aligned}
 s^2 &= \frac{N \sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)} \\
 &= \frac{20(6627130) - (255142)^2}{20(20-1)} \\
 &= 46.13 \\
 r_{tt} &= \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{\sum pq}{s^2} \right\} \\
 &= \frac{35}{35-1} \times \left(1 - \frac{8.40}{46.13} \right)
 \end{aligned}$$

$$= 0.84$$

∴ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ = 0.84

ตารางที่ ค - 7 คะแนนของการทดลองใช้แบบทดสอบของชุดฝึก 45 ข้อ (กลุ่มเก่ง)

ข้อที่ \ คนที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	H
1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	8
2	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	8
3	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	9
4	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	8
5	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	8
6	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	7
7	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	7
8	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	8
9	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	8
10	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	8
11	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	7
12	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	8
13	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	7
14	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	6
15	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	6
16	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	3
17	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	7
18	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2
19	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	7

20	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	8
21	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	7
22	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	8
23	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	9
24	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	7
25	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	8

ตารางที่ ค - 7 (ต่อ)

คนที่ ชื่อที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	H
26	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	7
27	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	9
28	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	6
29	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	7
30	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	8
31	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	6
32	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	3
33	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	8
34	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	9
35	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	6
36	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	8
37	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
38	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	8
39	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	7
40	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	7

41	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	7
42	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	6
43	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	8
44	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	7
45	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	8
x	39	26	34	29	34	34	31	31	28	38	324
x^2	1521	676	1156	841	1156	1156	961	961	784	1444	10656

หมายเหตุ H คือ คะแนนนักเรียนกลุ่มเก่ง
 1 คือ นักเรียนตอบถูก
 0 คือ นักเรียนตอบผิด
 x คือ คะแนนรวม

ตารางที่ ค - 8 คะแนนของการทดลองใช้แบบทดสอบของชุดฝึก 45 ข้อ (กลุ่มอ่อน)

ข้อที่ \ คนที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	L
1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	5
2	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	5
3	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	8
4	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	4
5	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	5
6	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	4
7	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3
8	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	3
9	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	5
10	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	5
11	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	6

12	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	4
13	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	3
14	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	3
15	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	3
16	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2
17	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	4
18	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
19	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	4
20	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	4
21	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	3
22	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	5
23	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	8
24	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	4
25	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	5

ตารางที่ ค - 8 คะแนนของการทดลองใช้แบบทดสอบของชุดฝึก 45 ข้อ (กลุ่มอ่อน)

คนที่ ข้อที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	L
26	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	4
27	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	8
28	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	3
29	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	4
30	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	7
31	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	3

32	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2
33	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	5
34	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	8
35	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	3
36	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	5
37	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	9
38	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	5
39	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	4
40	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	4
41	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	4
42	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	3
43	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	5
44	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	4
45	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	5
x	29	20	22	19	19	18	19	19	16	20	201
x ²	841	400	484	361	361	324	361	361	256	400	4149

หมายเหตุ L คือ คะแนนนักเรียนกลุ่มอ่อน

1 คือ นักเรียนตอบถูก

0 คือ นักเรียนตอบผิด

x คือ คะแนนรวม

ตารางที่ ค - 9 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ 45 ข้อ

ข้อที่	L	H	p	R	q	p · q	คัดเลือก
1	5	8	0.65	0.30	0.35	0.23	ใช้ได้
2	5	8	0.65	0.30	0.35	0.23	ใช้ได้
3	8	9	0.85	0.10	0.15	0.13	ปรับปรุงหรือตัดออก

4	4	8	0.6	0.40	0.4	0.24	ใช้ได้
5	5	8	0.65	0.30	0.35	0.23	ใช้ได้
6	4	7	0.55	0.30	0.45	0.25	ใช้ได้
7	3	7	0.5	0.40	0.5	0.25	ใช้ได้
8	3	8	0.55	0.50	0.45	0.25	ใช้ได้
9	5	8	0.65	0.30	0.35	0.23	ใช้ได้
10	5	8	0.65	0.30	0.35	0.23	ใช้ได้
11	6	7	0.65	0.10	0.35	0.23	ปรับปรุงหรือตัดออก
12	4	8	0.6	0.40	0.4	0.24	ใช้ได้
13	3	7	0.5	0.40	0.5	0.25	ใช้ได้
14	3	6	0.45	0.30	0.55	0.25	ใช้ได้
15	3	6	0.45	0.30	0.55	0.25	ใช้ได้
16	2	3	0.25	0.10	0.75	0.19	ปรับปรุงหรือตัดออก
17	4	7	0.55	0.30	0.45	0.25	ใช้ได้
18	1	2	0.15	0.10	0.85	0.13	ปรับปรุงหรือตัดออก
19	4	7	0.55	0.30	0.45	0.25	ใช้ได้
20	4	8	0.6	0.40	0.4	0.24	ใช้ได้
21	3	7	0.5	0.40	0.5	0.25	ใช้ได้
22	5	8	0.65	0.30	0.35	0.23	ใช้ได้
23	8	9	0.85	0.10	0.15	0.13	ปรับปรุงหรือตัดออก
24	4	7	0.55	0.30	0.45	0.25	ใช้ได้
25	5	8	0.65	0.30	0.35	0.23	ใช้ได้
26	4	7	0.55	0.30	0.45	0.25	ใช้ได้
27	8	9	0.85	0.10	0.15	0.13	ปรับปรุงหรือตัดออก
28	3	6	0.45	0.30	0.55	0.25	ใช้ได้
29	4	7	0.55	0.30	0.45	0.25	ใช้ได้
30	7	8	0.75	0.10	0.25	0.19	ปรับปรุงหรือตัดออก

ตารางที่ ค - 9 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ 45 ข้อ

ข้อที่	L	H	p	r	q	p · q	คัดเลือก
31	3	6	0.45	0.30	0.55	0.25	ใช้ได้
32	2	3	0.25	0.10	0.75	0.19	ปรับปรุงหรือตัดออก
33	5	8	0.65	0.30	0.35	0.23	ใช้ได้
34	8	9	0.85	0.10	0.15	0.13	ปรับปรุงหรือตัดออก
35	3	6	0.45	0.30	0.55	0.25	ใช้ได้
36	5	8	0.65	0.30	0.35	0.23	ใช้ได้
37	9	10	0.95	0.10	0.05	0.05	ปรับปรุงหรือตัดออก
38	5	8	0.65	0.30	0.35	0.23	ใช้ได้
39	4	7	0.55	0.30	0.45	0.25	ใช้ได้
40	4	7	0.55	0.30	0.45	0.25	ใช้ได้
41	4	7	0.55	0.30	0.45	0.25	ใช้ได้
42	3	6	0.45	0.30	0.55	0.25	ใช้ได้
43	5	8	0.65	0.30	0.35	0.23	ใช้ได้
44	4	7	0.55	0.30	0.45	0.25	ใช้ได้
45	5	8	0.65	0.30	0.35	0.23	ใช้ได้
รวม	201	324	26.25	12.30	18.75	9.883	
เฉลี่ย			0.58	0.27			

$$\begin{aligned}
 s^2 &= \frac{N \sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)} \\
 &= \frac{20(10650) - (324)^2}{20(20-1)} \\
 &= 53.88 \\
 r_{tt} &= \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{\sum pq}{s^2} \right\} \\
 &= \frac{45}{45-1} \times \left(1 - \frac{9.88}{53.88} \right)
 \end{aligned}$$

$$= 0.83$$

$$\therefore \text{ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ} = 0.83$$

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์หาคุณภาพของชุดฝึกและคุณภาพของข้อสอบ

- แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับดัชนีความสอดคล้อง
วัตถุประสงค์การเรียนรู้กับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับดัชนี
ความสอดคล้องวัตถุประสงค์การเรียนรู้กับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี
- ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี
- ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าสัมประสิทธิ์
ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับดัชนีความสอดคล้อง วัตถุประสงค์การเรียนรู้กับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คำชี้แจง

แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์การเรียนรู้กับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบสอบถามชุดนี้ เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซี โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาแบบสอบถามที่ละข้อว่าวัดได้ตรงวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ระบุไว้หรือไม่ และกรุณาแสดงความคิดเห็นด้วยการทำเครื่องหมายถูก (✓) ลงในช่องระดับความคิดเห็น ดังนี้

- + 1 หมายถึง แน่ใจว่าแบบทดสอบวัดได้ตรงวัตถุประสงค์ข้อนั้น
- 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบวัดได้ตรงวัตถุประสงค์ข้อนั้น
- 1 หมายถึง แน่ใจว่าแบบทดสอบวัดได้ไม่ตรงวัตถุประสงค์ข้อนั้น

ตัวอย่าง

วัตถุประสงค์การเรียนรู้ / แบบทดสอบ	ระดับความคิดเห็น		
	+ 1	0	- 1
วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : บอกหลักการเบื้องต้นของเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้ถูกต้อง 1. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับหลักการทำงานของเครื่องจักรซีเอ็นซี <ul style="list-style-type: none"> ก. ใช้ช่างที่มีความชำนาญในการควบคุมเครื่องจักร ข. ใช้ช่างควบคุมและคอมพิวเตอร์ตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นงาน ค. ใช้คอมพิวเตอร์จัดเก็บข้อมูลชิ้นงานอย่างเดียวเท่านั้น ง. ใช้คอมพิวเตอร์ในการควบคุมเครื่องจักรแทนการใช้ช่างควบคุม 	✓		

จากตัวอย่าง แสดงถึงผู้เชี่ยวชาญแน่ใจว่าแบบทดสอบวัดได้ตรงวัตถุประสงค์ข้อนั้น

ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะ

นายประทีป ฟองเพชร

ผู้ศึกษาวิจัย

วัตถุประสงค์การเรียนรู้ / แบบทดสอบ	ระดับความคิดเห็น		
	+ 1	0	- 1
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : บอกหลักการเบื้องต้นของเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้ถูกต้อง</p> <p>1. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับหลักการทำงานของเครื่องจักรซีเอ็นซี</p> <p>ก. ใช้ช่างที่มีความชำนาญในการควบคุมเครื่องจักร</p> <p>ข. ใช้ช่างควบคุมและคอมพิวเตอร์ตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นงาน</p> <p>ค. ใช้คอมพิวเตอร์จัดเก็บข้อมูลชิ้นงานอย่างเดียวเท่านั้น</p> <p>ง. ใช้คอมพิวเตอร์ในการควบคุมเครื่องจักรแทนการใช้ช่างควบคุม</p>			
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : บอกส่วนประกอบของเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้ถูกต้องจากรูปชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี จงใช้ตอบคำถามข้อ 2 - 4</p> 			
<p>2. จากรูปชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี ส่วนประกอบหมายเลข 1 คือ</p>			

ก. ฐานเครื่อง (Base) ข. หัวจับชิ้นงาน (Chuck) ค. ป้อมมีด (Tool Post) ง. ยันศูนย์ท้ายแท่น (Tail Stock)			
วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : บอกส่วนประกอบของเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้ถูกต้อง 3. จากรูปชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี ส่วนประกอบหมายเลข 2 คือ ก. ฐานเครื่อง (Base) ข. หัวจับชิ้นงาน (Chuck) ค. ป้อมมีด (Tool Post) ง. ยันศูนย์ท้ายแท่น (Tail Stock)			
วัตถุประสงค์การเรียนรู้ / แบบทดสอบ	ระดับความคิดเห็น		
	+ 1	0	- 1
วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : บอกส่วนประกอบของเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้ถูกต้อง 4. จากรูปชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี ส่วนประกอบหมายเลข 3 คือ ก. ฐานเครื่อง (Base) ข. หัวจับชิ้นงาน (Chuck) ค. ป้อมมีด (Tool Post) ง. ยันศูนย์ท้ายแท่น (Tail Stock)			

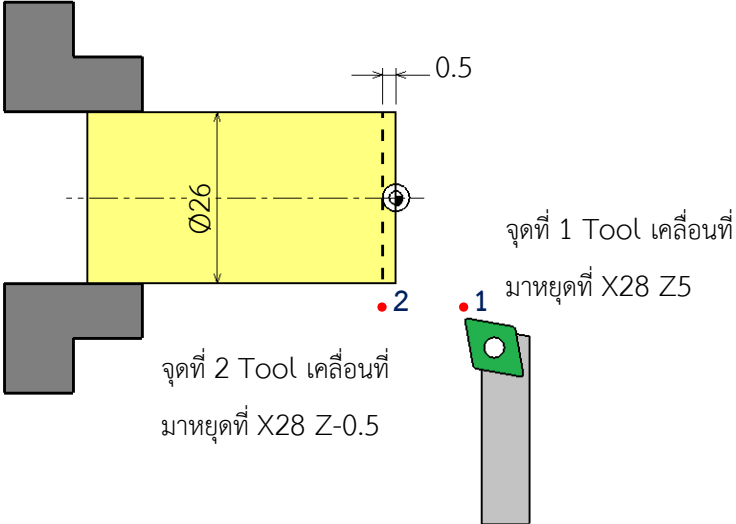
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : บอกประเภทของเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้ถูกต้อง จากรูปชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี จึงใช้ตอบคำถามข้อ 5</p>  <p>5. จากรูปชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีจัดเป็นเครื่องกลึงซีเอ็นซีประเภทใด</p> <p>ก. เครื่องกลึงซีเอ็นซี แบบ Spindle แนวตั้ง</p> <p>ข. เครื่องกลึงซีเอ็นซี แบบ Spindle แนวนอน</p> <p>ค. เครื่องกลึงซีเอ็นซี แบบ Flat Bed</p> <p>ง. เครื่องกลึงซีเอ็นซี แบบ Rotary</p>			
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : อธิบายระบบควบคุมเครื่องซีเอ็นซีได้ถูกต้อง</p> <p>6. ข้อใดคือหลักการควบคุมเครื่องจักร</p> <p>ก. การควบคุมการทำงานของตัวเครื่องจักรทั้งหมด</p> <p>ข. การควบคุมระบบโดยผู้ควบคุมเครื่องจักร</p> <p>ค. การควบคุมความเร็วและการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ</p> <p>ง. การควบคุมความเร็วรอบของชิ้นงานและความเร็วของโต๊ะงาน</p>			
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ / แบบทดสอบ</p>	ระดับความคิดเห็น		
	+ 1	0	- 1
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : อธิบายระบบควบคุมเครื่องซีเอ็นซีได้ถูกต้อง</p> <p>7. ในปัจจุบันเครื่องจักรอัตโนมัติ เช่น เครื่องกลึง เครื่องกัด ส่วนใหญ่ใช้ใน</p>			

<p>การควบคุมระบบใด</p> <p>ก. ระบบ NC</p> <p>ข. ระบบ CNC</p> <p>ค. ระบบ CIM</p> <p>ง. ระบบ CAM</p>			
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : อธิบายระบบควบคุมเครื่องซีเอ็นซีได้ถูกต้อง</p> <p>8. ข้อใดกล่าวได้ถูกต้องเกี่ยวกับระบบอัตโนมัติแบบปิด(Close Loop Control System)</p> <p>ก. สัญญาณจากภายนอกที่ถูกป้อนเข้าสู่ระบบอัตโนมัติ</p> <p>ข. สัญญาณจากภายนอกที่เข้าสู่ระบบอัตโนมัติโดยไม่ตั้งใจ</p> <p>ค. สัญญาณที่เป็นอุปกรณ์หลักสร้างขึ้นเพื่อชดเชยค่าความผิดพลาด</p> <p>ง. สัญญาณที่มีการประมวลผลผลลัพธ์แล้วส่งกลับไปยังส่วนควบคุมเพื่อแก้ไขข้อผิดพลาด</p>			
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : บอกส่วนประกอบของชุดควบคุมเครื่องซีเอ็นซีได้ถูกต้อง</p> <p>9. ข้อใดไม่ใช่ส่วนประกอบของชุดควบคุมซีเอ็นซี</p> <p>ก. ชุดควบคุมการส่งข้อมูลเข้าออก</p> <p>ข. ชุดควบคุมการทำงานอัตโนมัติ</p> <p>ค. ชุดควบคุมการส่งสัญญาณสู่เครื่องจักร</p> <p>ง. ชุดคอมพิวเตอร์</p>			
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : บอกวิธีจัดเก็บข้อมูลโปรแกรมเอ็นซีได้ถูกต้อง</p> <p>10. สำหรับชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีมีวิธีจัดเก็บข้อมูลโปรแกรมเอ็นซีอย่างไร</p> <p>ก. จัดเก็บไว้ที่ Folder ใดก็ได้หลังจากพิมพ์ข้อมูลโปรแกรมเอ็นซีด้วยโปรแกรม Notepad</p> <p>ข. จัดเก็บไว้ที่ Drive C: หลังจากพิมพ์ข้อมูลโปรแกรมเอ็นซีด้วยโปรแกรม Word</p> <p>ค. จัดเก็บด้วยเทปกระดาษ</p> <p>ง. จัดเก็บไว้ที่ชุดควบคุมระบบปิด</p>			

วัตถุประสงค์การเรียนรู้ / แบบทดสอบ	ระดับความคิดเห็น		
	+ 1	0	- 1
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : บอกโครงสร้างของโปรแกรมเอ็นซีได้ถูกต้อง</p> <p>11. ข้อใดคือความหมายของโครงสร้างโปรแกรม NC</p> <p>ก. โปรแกรม NC คือการเขียนโปรแกรมต่างๆ ส่งไปให้เครื่องจักร CNC ทำงานที่ต้องการ</p> <p>ข. โปรแกรม NC คือการเขียนอักษรลงไปในโปรแกรมและส่งให้เครื่องจักรทำงาน</p> <p>ค. โปรแกรม NC คือการนำกลุ่มตัวอักษรต่างๆ มาเขียนใน Block เดียวกันและสั่งให้เครื่องจักรทำงาน</p> <p>ง. โปรแกรม NC คือการกำหนดเครื่องหมายและตัวเลขลงไปในโปรแกรมและส่งให้เครื่องจักรทำงาน</p>			
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : บอกโครงสร้างของโปรแกรมเอ็นซีได้ถูกต้อง</p> <p>12. <u>N10 G01 X123 Y67 Z10 F100 M03</u> จากข้อความดังกล่าว Address ประกอบด้วยอะไร</p> <p>ก. N</p> <p>ข. G</p> <p>ค. Y</p> <p>ง. ถูกทุกข้อ</p>			
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : บอกลักษณะของคำสั่ง G-Code ในโปรแกรมเอ็นซีได้ถูกต้อง</p> <p>13. คำสั่ง G00 หมายถึงอะไร</p> <p>ก. ลักษณะการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงของ Tool โดยมีอัตราป้อน</p> <p>ข. ลักษณะการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงของ Tool อย่างรวดเร็ว</p> <p>ค. การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งของ Tool ทิศทางตามเข็มนาฬิกา</p> <p>ง. การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งของ Tool ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา</p>			

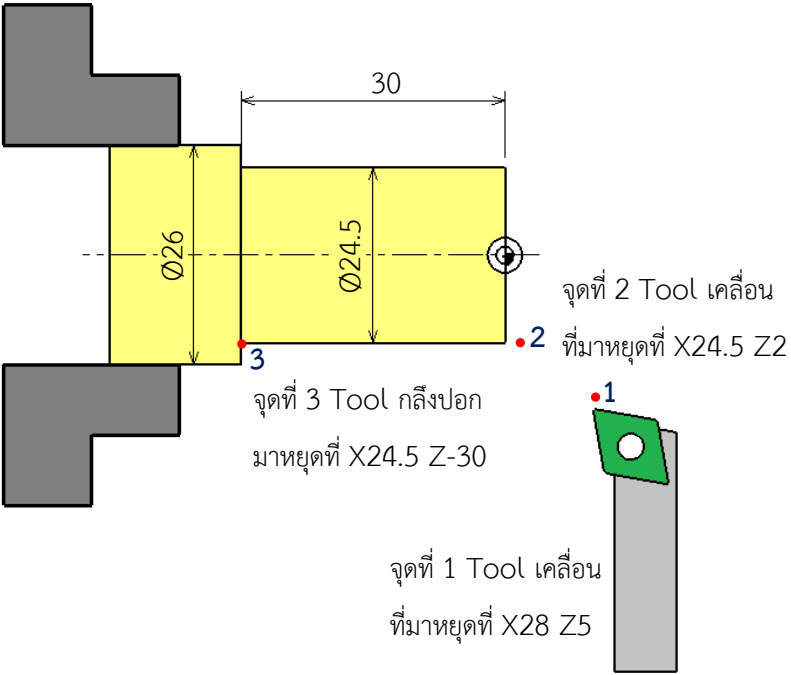
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : บอกลักษณะของคำสั่ง G-Code ในโปรแกรมเอ็นซีได้ถูกต้อง</p> <p>14. คำสั่ง G01 หมายถึงอะไร</p> <p>ก. การเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในแนวเส้นตรง</p> <p>ข. การเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในแนวเส้นเฉียง</p> <p>ค. การเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในแนวเส้นโค้งตามเข็มนาฬิกา</p> <p>ง. การเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในแนวเส้นโค้งทวนเข็มนาฬิกา</p>			
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ / แบบทดสอบ</p>	ระดับความคิดเห็น		
	+ 1	0	- 1
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : บอกลักษณะของคำสั่ง G-Code ในโปรแกรมเอ็นซีได้ถูกต้อง</p> <p>15. คำสั่ง G02 หมายถึงอะไร</p> <p>ก. การเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในแนวเส้นตรง</p> <p>ข. การเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในแนวเส้นเฉียง</p> <p>ค. การเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในแนวเส้นโค้งตามเข็มนาฬิกา</p> <p>ง. การเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในแนวเส้นโค้งทวนเข็มนาฬิกา</p>			
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : บอกลักษณะของคำสั่ง G-Code ในโปรแกรมเอ็นซีได้ถูกต้อง</p> <p>16. คำสั่ง G03 หมายถึงอะไร</p> <p>ก. ลักษณะการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงของ Tool โดยมีอัตราป้อน</p> <p>ข. ลักษณะการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงของ Tool อย่างรวดเร็ว</p> <p>ค. การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งของ Tool ทิศทางตามเข็มนาฬิกา</p> <p>ง. การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งของ Tool ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา</p>			
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : บอกลักษณะของคำสั่ง M-Code ในโปรแกรมเอ็นซีได้ถูกต้อง</p> <p>17. คำสั่ง M00 หมายถึงอะไร</p> <p>ก. เปิด Spindle หมุนตามเข็มนาฬิกาพร้อมน้ำหล่อเย็น</p> <p>ข. เปิด Spindle หมุนทวนเข็มนาฬิกาพร้อมน้ำหล่อเย็น</p> <p>ค. การหยุดโปรแกรมชั่วคราว</p>			

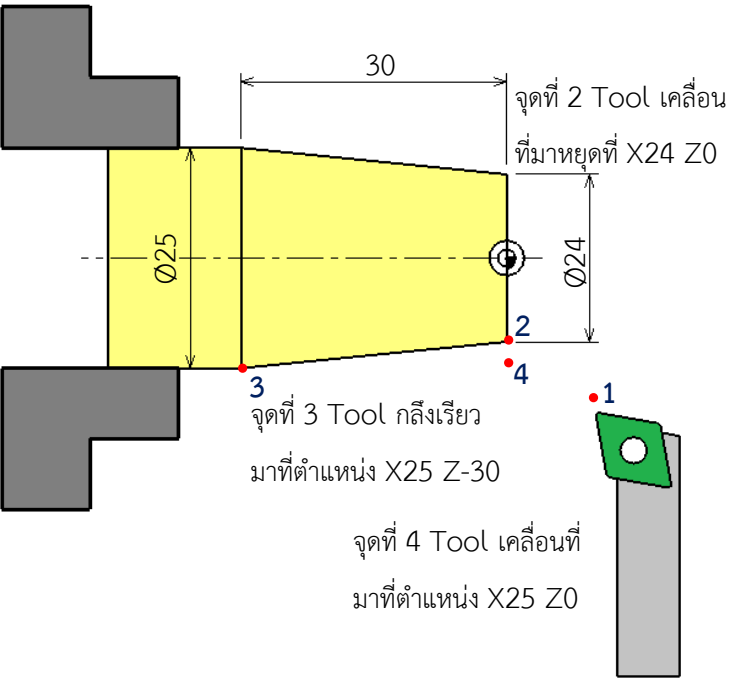
ง. จบโปรแกรมการทำงานแล้วกลับไปยังจุดเริ่มต้นของโปรแกรม			
วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : บอกลักษณะของคำสั่ง M-Code ในโปรแกรม เอ็นซีได้ถูกต้อง 18. คำสั่ง M03 หมายถึงอะไร ก. การจบการทำงานของโปรแกรม NC ข. เปิด Spindle หมุนทวนเข็มนาฬิกาพร้อมน้ำหล่อเย็น ค. เปิด Spindle หมุนทวนเข็มนาฬิกา ง. จบโปรแกรมการทำงานแล้วกลับไปยังจุดเริ่มต้นของโปรแกรม			
วัตถุประสงค์การเรียนรู้ / แบบทดสอบ	ระดับความคิดเห็น		
	+ 1	0	- 1
วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : บอกลักษณะของคำสั่ง M-Code ในโปรแกรม เอ็นซีได้ถูกต้อง 19. คำสั่ง M04 หมายถึงอะไร ก. การจบการทำงานของโปรแกรม NC ข. เปิด Spindle หมุนทวนเข็มนาฬิกาพร้อมน้ำหล่อเย็น ค. เปิด Spindle หมุนทวนเข็มนาฬิกา ง. จบโปรแกรมการทำงานแล้วกลับไปยังจุดเริ่มต้นของโปรแกรม			
วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : บอกลักษณะของคำสั่ง M-Code ในโปรแกรม เอ็นซีได้ถูกต้อง 20. คำสั่ง M30 หมายถึงอะไร ก. การจบการทำงานของโปรแกรม NC ข. เปิด Spindle หมุนทวนเข็มนาฬิกาพร้อมน้ำหล่อเย็น ค. เปิด Spindle หมุนทวนเข็มนาฬิกา ง. จบโปรแกรมการทำงานแล้วกลับไปยังจุดเริ่มต้นของโปรแกรม			

<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : บอกส่วนประกอบพื้นฐานของโครงสร้างโปรแกรมเอ็นซีได้ถูกต้อง</p> <p>21. โครงสร้างของโปรแกรม NC ข้อใดถูกต้อง</p> <p>ก. N10 G01 X 40 Z 30 F0.4</p> <p>ข. N10 G01 F0.4 X40 Z30</p> <p>ค. G01 X 40 Z 30 F0.4 N10</p> <p>ง. F0.4 G01 X 40 Z 30 N10</p>			
<p>จากรูปต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 22 - 24</p>  <p>จุดที่ 1 Tool เคลื่อนที่ มาหยุดที่ X28 Z5</p> <p>จุดที่ 2 Tool เคลื่อนที่ มาหยุดที่ X28 Z-0.5</p>			
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ / แบบทดสอบ</p>	ระดับความคิดเห็น		
	+ 1	0	- 1
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงปาดหน้าได้ถูกต้อง</p> <p>22. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงจากจุดที่ 1-2 โดยใช้คำสั่ง G-Code พื้นฐานซึ่ง Tool เคลื่อนที่เข้าจากจุด 1 มาที่จุด 2 เขียนโปรแกรม NC ที่จุด 2 ได้อย่างไร</p> <p>ก. G00 X 28 Z 5</p> <p>ข. G00 X 28 Z- 5</p> <p>ค. G01 X 28 Z 5 F 100</p> <p>ง. G01 X 25 Z- 5 F 100</p>			

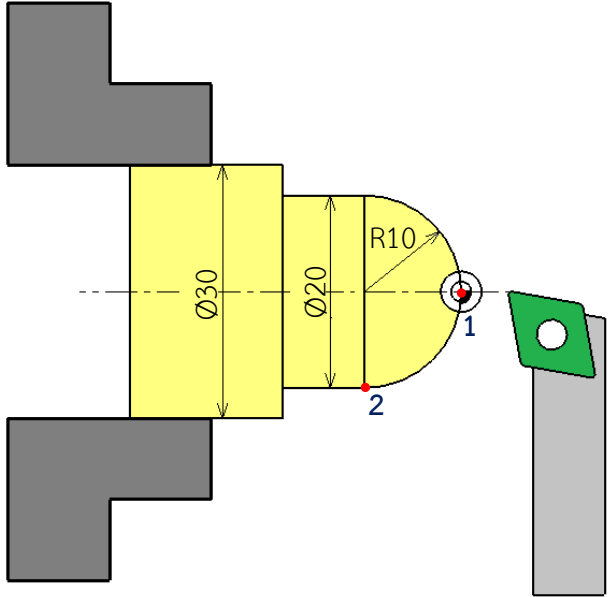
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงปาดหน้าได้ถูกต้อง</p> <p>23. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงปาดหน้าจากจุด 2 ไปยังตำแหน่ง X-1 Z-0.5 ด้วย Feed Rate 0.2 mm/r โดยคำสั่ง G-Code พื้นฐานเป็นโปรแกรม NC ได้อย่างไร</p> <p>ก. G00 X-1 Z-0.5 F 0.2</p> <p>ข. G00 X 28 X-1 Z 0.5 F 0.2</p> <p>ค. G01 X-1 Z-0.5 F 0.2</p> <p>ง. G01 X 28 X-1 Z- 0.5 F0.2</p>			
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงปาดหน้าได้ถูกต้อง</p> <p>24. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงปาดหน้าโดย Tool เคลื่อนที่เร็ว จากจุด X-1 Z-0.5 มาที่ตำแหน่ง X 28 Z 5 โดยคำสั่ง G-Code พื้นฐานเขียนโปรแกรม NC ได้อย่างไร</p> <p>ก. G00 X28 Z 5</p> <p>ข. G00 X-1 Z0.5 X 28 Z 5</p> <p>ค. G01 X28 Z5 F 1000</p> <p>ง. G01 X-1 Z-0.5 X 28 Z5 F5</p>			

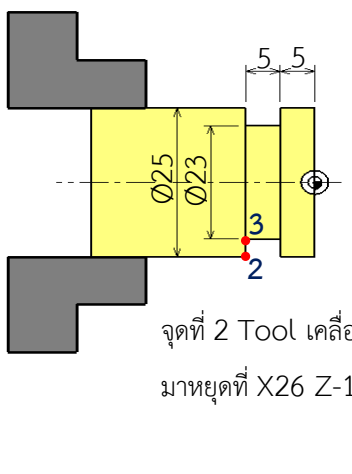
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ / แบบทดสอบ</p>	<p>ระดับความคิดเห็น</p>		
	<p>+ 1</p>	<p>0</p>	<p>- 1</p>

<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงปอกได้ถูกต้อง จากรูปต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 25 - 27</p>  <p>จุดที่ 2 Tool เคลื่อน ที่มาหยุดที่ X24.5 Z2</p> <p>จุดที่ 3 Tool กลึงปอก มาหยุดที่ X24.5 Z-30</p> <p>จุดที่ 1 Tool เคลื่อน ที่มาหยุดที่ X28 Z5</p>			
<p>25. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงปอก จากจุดที่ 1-2 โดยใช้คำสั่ง G Code พื้นฐานซึ่ง Tool เคลื่อนที่เร็วจากจุด 1 มาจุดที่ 2 เขียนโปรแกรม NC จุดที่ 2 ได้อย่างไร</p> <p>ก. G00 X30 Z10</p> <p>ข. G00 X30 Z10 X24.5Z2</p> <p>ค. G00 X24.5 Z2</p> <p>ง. G01 X24.5 Z2 F1000</p>			
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงปอกได้ถูกต้อง 26. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงปอก จากจุดที่ 2-3 โดยใช้คำสั่ง G Code พื้นฐานซึ่ง Tool กลึงปอกจากจุดที่ 2 ไปยังตำแหน่งจุดที่ 3 X24.5 Z-30 Feed Rate 0.2 mm/r เขียนโปรแกรม NC ที่จุดที่ 3 ได้อย่างไร</p> <p>ก. G00 X24.5 Z-30</p>			

<p>ข. G01 X24.5 Z-30 F0.2</p> <p>ค. G01 X24.5 Z2 X24.5 Z-30 F0.2</p> <p>ง. G00 X24.5 Z2 X24.5 Z-30 F0.2</p>			
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ / แบบทดสอบ</p>	ระดับความคิดเห็น		
	+ 1	0	- 1
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงปอกได้ถูกต้อง</p> <p>27. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงปอกโดย Tool เคลื่อนที่เร็วจากจุดที่ 3 X24.5 Z-30 มาที่ตำแหน่ง X30 Z10 เขียนโปรแกรม NC ได้อย่างไร</p> <p>ก. G00 X24.5 Z-30</p> <p>ข. G01 X24.5 Z-30 F1000</p> <p>ค. G00 X30 Z10</p> <p>ง. G01 X24.5 Z-30 F1000</p>			
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงเร็วได้ถูกต้อง</p> <p>จากรูปต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 28-30</p>  <p>จุดที่ 2 Tool เคลื่อนที่มาหยุดที่ X24 Z0</p> <p>จุดที่ 3 Tool กลึงเร็ว มาที่ตำแหน่ง X25 Z-30</p> <p>จุดที่ 4 Tool เคลื่อนที่ มาที่ตำแหน่ง X25 Z0</p>			



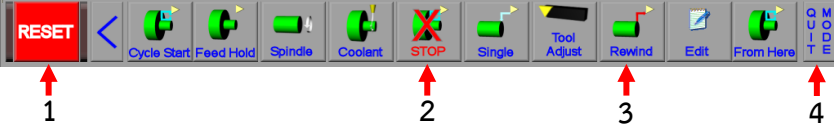
<p>28. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงเรียว จากจุดที่ 1-2 โดยใช้คำสั่ง G Code พื้นฐาน ซึ่ง Tool เคลื่อนที่เร็วไปยังจากจุด 2 ตำแหน่ง X24 Z0 เขียนโปรแกรม NC ได้อย่างไร</p> <p>ก. G00 X24 Z0</p> <p>ข. G01 X24 Z0 F100</p> <p>ค. G00 X24 Z0 F1000</p> <p>ง. G01 X0 Z24 F100</p>			
<p style="text-align: center;">วัตถุประสงค์การเรียนรู้ / แบบทดสอบ</p>	ระดับความคิดเห็น		
	+ 1	0	- 1
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงเรียวได้ถูกต้อง</p> <p>29. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงเรียว จากจุดที่ 2-3 โดยใช้คำสั่ง G Code พื้นฐาน ซึ่ง Tool เคลื่อนที่กลึงเรียวจากจุด 2 ไปยังจุดที่ 3 ตำแหน่ง X25 Z-30 Feed Rate 0.2 mm/r เขียนโปรแกรม NC ได้อย่างไร</p> <p>ก. G00 X25 Z-30</p> <p>ข. G01 X25 Z-30 F0.2</p> <p>ค. G01 X24.5 Z0 X25 Z-30 F0.2</p> <p>ง. G00 X24.5 Z0 X25 Z-30 F0.2</p>			
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงเรียวได้ถูกต้อง</p> <p>30. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงเรียว จากจุดที่ 3-4 โดยใช้คำสั่ง G Code พื้นฐาน ซึ่ง Tool เคลื่อนที่เร็วไปยังจากจุด 3 ไปยังจุดที่ 4 ตำแหน่ง X25 Z0 เขียนโปรแกรม NC ได้อย่างไร</p> <p>ก. G00 X25 Z0</p> <p>ข. G01 X25 Z0 F100</p> <p>ค. G00 X25 Z-30 X25 Z0</p> <p>ง. G01 X25 Z-30 X25 Z0 F100</p>			
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงโค้งได้ถูกต้อง</p> <p>31. การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งของ Tool ทิศทางทวนเข็มนาฬิกาคือ</p> <p>ก. G00</p> <p>ข. G01</p>			

ค. G02 ง. G03			
วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงโค้งได้ถูกต้อง 32. การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งของ Tool ทิศทางตามเข็มนาฬิกาคือ ก. G00 ข. G01 ค. G02 ง. G03			
วัตถุประสงค์การเรียนรู้ / แบบทดสอบ	ระดับความคิดเห็น		
	+ 1	0	- 1
จากรูปต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 33 			
33. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงโค้ง จากจุดที่ 1-2 โดยใช้คำสั่ง G Code พื้นฐาน ซึ่ง Tool เคลื่อนที่กลึงโค้งจากจุด 1 ไปยังจุดที่ 2 ตำแหน่ง X20 Z-20 ด้วย Feed Rate 0.2 mm/r เขียนโปรแกรม NC ได้อย่างไร			

<p>ก. G00 X25 Z-10 I 0.0 K-10 F 0.2</p> <p>ข. G01 X20 Z-10 I 0.0 K-10 F 0.2</p> <p>ค. G02 X20 Z-10 I 0.0 K-10 F 0.2</p> <p>ง. G03 X20 Z-10 I 0.0 K-10 F 0.2</p>			
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงเซาะร่องได้ถูกต้อง</p> <p>34. การเคลื่อนที่ของ Tool ในการกลึงเซาะร่อง การใช้คำสั่งใด</p> <p>ก. G00</p> <p>ข. G01</p> <p>ค. G02</p> <p>ง. G03</p>			
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ / แบบทดสอบ</p>	ระดับความคิดเห็น		
	+ 1	0	- 1
<p>จากรูปต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 35-37</p>  <p>จุดที่ 3 Tool กลึงเซาะร่อง มาที่ X23 Z-10</p> <p>จุดที่ 2 Tool เคลื่อน มาหยุดที่ X26 Z-10</p>			
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงเซาะร่องได้ถูกต้อง</p> <p>35. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงเซาะร่องจาก 1-2 โดยใช้คำสั่ง G Code พื้นฐานซึ่ง Tool ซึ่งเคลื่อนที่เร็วจากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2 ตำแหน่ง</p>			

<p>X 26 Z-10 เขียนโปรแกรม NC ได้อย่างไร</p> <p>ก. G00 X26 Z-10</p> <p>ข. G00 X26 Z-20 F100</p> <p>ค. G01 X26 Z-10</p> <p>ง. G01 X26 Z-10 F100</p>			
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงเซาะร่องได้ถูกต้อง</p> <p>36. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงเซาะร่องจากจุดที่ 2 ไปจุดที่ 3 ตำแหน่ง X23 Z-10 Feed Rate 0.02 mm/r เขียนโปรแกรม NC ได้คือ</p> <p>ก. G00 X23 Z-10 F0.02</p> <p>ข. G01 X23 Z-20 F0.02</p> <p>ค. G02 X23 Z-10 F0.02</p> <p>ง. G03 X23 Z-10 F0.02</p>			
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงเซาะร่องได้ถูกต้อง</p> <p>37. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงเซาะร่องจากจุดที่ 3 ไปจุดที่ 2 โดยคำสั่ง G Code พื้นฐาน Tool เคลื่อนที่เร็วจากจุด 3 ไปจุด 2 ตำแหน่ง X26 Z-10 ด้วย Feed Rate 2 mm/r เขียนโปรแกรม NC ได้อย่างไร</p> <p>ก. G00 X26 Z-10 F2</p> <p>ข. G01 X26 Z-10 F2</p> <p>ค. G02 X26 Z-10 F2</p> <p>ง. G03 X26 Z-10 F2</p>			
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ / แบบทดสอบ</p>	ระดับความคิดเห็น		
	+ 1	0	- 1
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงเกลียวได้ถูกต้อง</p> <p>38. การเขียนโปรแกรม NC งานกลึงเกลียวโดยคำสั่งวัฏจักร คือ</p> <p>ก. G81</p> <p>ข. G84</p> <p>ค. G85</p> <p>ง. G86</p>			

<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงเกลียวได้ถูกต้อง</p> <p>39. การเขียนโปรแกรม NC งานกลึงเกลียวโดย Tool เคลื่อนที่กลึงเกลียวที่ตำแหน่ง X.9.5 Z-20 ระยะพิตช์ 2.5 มม.โดยใช้คำสั่ง G Code พื้นฐาน คือ</p> <p>ก. G33 X 9.5 Z-20 F2.5</p> <p>ข. G33 X 9.5 Z-20 F2.5</p> <p>ค. G33 X 9.5 Z-20 F2.5 P2.5</p> <p>ง. G33 X 9.5 Z-20 F2.5 P2.5 Z 2.5</p>			
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : บอกวิธีการเตรียมเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้ถูกต้อง</p> <p>40. เมื่อต้องการเปิดชุดฝึกงานกลึงซีเอ็นซีสามารถเปิดได้ที่ตำแหน่งใด</p> <p>ก. สวิตช์ควบคุมเครื่องกลึง</p> <p>ข. สวิตช์ควบคุมชุดควบคุม</p> <p>ค. เปิดชุดคอมพิวเตอร์ควบคุม</p> <p>ง. เปิดทั้ง ก ,ข และ ค</p>			
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : บอกวิธีการเตรียมเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้ถูกต้อง</p> <p>41. การเตรียมชุดคอมพิวเตอร์ควบคุมของชุดฝึกงานกลึงซีเอ็นซีให้เข้าเปิดที่ไอคอนใด</p> <p>ก. Notepad</p> <p>ข. Load</p> <p>ค. CNC Control</p> <p>ง. Mach 3 Turn</p>			
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : บอกวิธีการเตรียมชิ้นงานพร้อม Set ศูนย์ชิ้นงานได้ถูกต้อง</p> <p>42. วิธี Set ตำแหน่ง Tool ที่แกน Z ให้เป็น 0 สามารถทำได้โดย</p> <p>ก. กด 0 ที่ตำแหน่ง X</p> <p>ข. กด 0 ที่ตำแหน่ง Z</p> <p>ค. กด Set 0</p> <p>ง. พิมพ์ Set Origin</p>			
<p style="text-align: center;">วัตถุประสงค์การเรียนรู้ / แบบทดสอบ</p>	ระดับความคิดเห็น		
	+ 1	0	- 1

<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : บอกวิธีการเรียกโปรแกรมซีเอ็นซีของเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้ถูกต้อง</p> <p>43. จากรูปวิธีเรียกข้อมูล NC เพื่อเข้าสู่โปรแกรมชุดควบคุมของชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีให้กดที่ปุ่มใด</p>  <p>ก. ปุ่มหมายเลข 1 ข. ปุ่มหมายเลข 2 ค. ปุ่มหมายเลข 3 ง. ปุ่มหมายเลข 4</p>			
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : อธิบายการกลึงขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้ถูกต้อง</p> <p>44. จากรูปเมื่อต้องการให้ชุดฝึกงานกลึงซีเอ็นซีเริ่มกลึงชิ้นงาน หลังจากโหลดข้อมูล NC เรียบร้อยแล้วให้กดที่ปุ่มใด</p>  <p>ก. ปุ่มหมายเลข 1 ข. ปุ่มหมายเลข 2 ค. ปุ่มหมายเลข 3 ง. ปุ่มหมายเลข 4</p>			
<p>วัตถุประสงค์การเรียนรู้ : อธิบายการกลึงขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้ถูกต้อง</p> <p>45. จากรูปขณะทำการกลึงขึ้นรูปชิ้นงานด้วยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี แล้วต้องการหยุดการทำงานของชุดฝึกงานกลึงซีเอ็นซีชั่วคราวควรกดที่ปุ่มใด</p>  <p>ก. ปุ่มหมายเลข 1</p>			

ข. ปุ่มหมายเลข 2			
ค. ปุ่มหมายเลข 3			
ง. ปุ่มหมายเลข 4			

**แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับดัชนีความสอดคล้อง
วัตถุประสงค์การเรียนรู้กับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ภาคปฏิบัติ**

วัตถุประสงค์การเรียนรู้	แบบทดสอบ	ระดับความคิดเห็น		
		+1	0	-1
กลึงขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเครื่องกลึง CNC ได้	กลึงขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเครื่องกลึง CNC			

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ ง - 1 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกจากการทำแบบฝึกหัด และใบงาน (E_1)

ลำดับ ที่	ทฤษฎี	ปฏิบัติ (1)	ปฏิบัติ (2)	ปฏิบัติ (3)	ปฏิบัติ (4)	ปฏิบัติ (5)	ปฏิบัติ (6)	รวม 90	ร้อยละ
	30	10	10	10	10	10	10		
1	28	8	6	7	8	9	7	73	81.11
2	25	6	8	9	7	8	9	72	80.00
3	26	9	6	8	7	8	8	72	80.00
4	27	7	8	6	8	7	8	71	78.89
5	28	6	5	8	7	8	9	71	78.89
6	24	8	9	7	8	8	10	74	82.22
7	29	9	8	9	8	10	9	82	91.11
8	26	6	8	7	8	8	9	72	80.00
9	27	8	7	8	9	8	10	77	85.56
10	25	7	9	8	7	6	9	71	78.89
11	29	8	8	9	8	10	10	82	91.11
12	25	9	7	8	7	8	9	73	81.11
13	25	7	8	8	6	7	8	69	76.67
14	28	8	8	9	8	10	9	80	88.89
15	26	6	9	8	7	8	8	72	80.00
16	27	9	7	7	8	7	9	74	82.22
รวม	425	121	121	126	121	130	141	1185	1316.67
									82.29

หาประสิทธิภาพของชุดฝึกจากการทำแบบฝึกหัด และใบงาน (E_1) หาได้จากสมการ

$$\begin{aligned}
 E_1 &= \frac{(\sum x / n)}{A} \times 100 \\
 &= \frac{(1185)/1}{90} \times 100
 \end{aligned}$$

$$= 82.29 \%$$

ตารางที่ ง - 2 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (E₂)

ลำดับที่	ทฤษฎี 35 คะแนน	ปฏิบัติ 30 คะแนน	รวม 65 คะแนน	ร้อยละ
1	30	26	56	86.15
2	28	24	52	80.00
3	30	27	57	87.69
4	21	24	45	69.23
5	23	25	48	73.85
6	26	27	53	81.54
7	30	26	56	86.15
8	23	26	49	75.38
9	31	28	59	90.77
10	28	23	51	78.46
11	30	26	56	86.15
12	29	24	53	81.54
13	23	25	48	73.85
14	32	27	59	90.77
15	30	25	55	84.62
16	28	24	52	80.00
รวม	442	407	849	1306.15
				81.63

หาประสิทธิภาพของชุดฝึกจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (E₂) หาได้จากสมการ

$$E_2 = \frac{(\sum Y/n)}{B} \times 100$$

$$= \frac{(849)6}{65} \times 100$$

$$= 81.63 \%$$

แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อ ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

แบบประเมินชุดนี้ เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการ พัฒนา และหาประสิทธิภาพชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี โดยแบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ ด้านการออกแบบ การพัฒนาเพื่อนำไปใช้งาน และด้านใบงานประกอบชุดฝึก

คำชี้แจง

โปรดแสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี ตามความเป็นจริง โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความคิดเห็นของท่านทางด้านขวามือ โดยมีระดับความคิดเห็นดังนี้

- ระดับ 5 หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด
- ระดับ 4 หมายถึง เห็นด้วยมาก
- ระดับ 3 หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง
- ระดับ 2 หมายถึง เห็นด้วยน้อย
- ระดับ 1 หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด

ตัวอย่าง

ข้อที่	หัวข้อประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
0	ชุดฝึกที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมกับผู้เรียน	✓				

จากตัวอย่าง หมายความว่า ชุดฝึกที่ พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 5 แต่ถ้าชุดฝึกที่ พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมกับระดับของ ผู้เรียน ในระดับที่แตกต่างกันให้ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับตามความคิดเห็นของท่าน ที่ท่านเห็นว่าเหมาะสม

ข้อที่	หัวข้อประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
	ด้านการออกแบบพัฒนาชุดฝึกและนำไปใช้งาน					
1	วัสดุ อุปกรณ์ที่นำมาใช้พัฒนาชุดฝึกมีความเหมาะสม					
2	การวางตำแหน่งอุปกรณ์เหมาะสม					
3	การดูแลและบำรุงรักษาสะดวก					
4	ชุดฝึกที่พัฒนาขึ้นก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียนของนักเรียน					
5	ชุดฝึกมีความแข็งแรงทนทาน					
6	ชุดฝึกมีความปลอดภัยขณะปฏิบัติงาน					
7	ชุดฝึกมีความสะดวกในการใช้งาน					
8	ชุดฝึกสามารถใช้ฝึกทักษะได้ครอบคลุมเนื้อหา					
9	ชุดฝึกมีคุณค่าต่อการเรียนการสอน					
10	คู่มือการใช้มีความชัดเจนเหมาะสม					
	ด้านใบงานประกอบชุดฝึก					
1	ใบงานสอดคล้องกับวัตถุประสงค์					
2	ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานเหมาะสม					
3	คำอธิบายแต่ละขั้นตอนชัดเจน					
4	รูปภาพประกอบคำอธิบายชัดเจน					
5	ใบงานง่ายต่อการใช้งาน					

ข้อเสนอแนะและความคิดเห็น

1. ด้านการออกแบบพัฒนาชุดฝึกและนำไปใช้งาน

.....

.....

.....

.....

2. ด้านใบงานประกอบชุดฝึก

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้เชี่ยวชาญ

แบบประเมินความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อ ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

แบบประเมินชุดนี้ เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดฝึก งานกลึงมินิซีเอ็นซี วิชาผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี (2101-2109) ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช) พุทธศักราช 2556 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

คำชี้แจง

โปรดแสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อชุดฝึก งานกลึงมินิซีเอ็นซี ตามความเป็นจริง โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความคิดเห็นของท่านทางด้านขวามือ โดยมีระดับความคิดเห็นดังนี้

ระดับ	5	หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด
ระดับ	4	หมายถึง เห็นด้วยมาก
ระดับ	3	หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง
ระดับ	2	หมายถึง เห็นด้วยน้อย
ระดับ	1	หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด

ตัวอย่าง

ข้อที่	หัวข้อประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
0	ชุดฝึกที่พัฒนาขึ้นมีประโยชน์ต่อการเรียน	✓				

จากตัวอย่าง หมายความว่า ชุดฝึกที่ พัฒนาขึ้นมีประโยชน์ต่อการเรียน อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 5 แต่ถ้าชุดฝึกที่ พัฒนาขึ้นมีประโยชน์ต่อการเรียน อยู่ในระดับที่แตกต่างกันให้ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับตามความคิดเห็นของท่านที่เห็นว่าเหมาะสม

ข้อที่	ข้อความคำถามความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
	ด้านการออกแบบพัฒนาชุดฝึก					
1	วัสดุที่นำมาใช้พัฒนาชุดฝึกมีความแข็งแรงทนทาน					
2	ขนาดของชุดฝึกมีความเหมาะสม					
3	ตำแหน่งการวางอุปกรณ์เหมาะสม					
4	ชุดฝึกมีความปลอดภัย					
5	ชุดฝึกที่สร้างขึ้นใช้งานได้ง่าย					
6	ชุดฝึกที่สร้างขึ้นก่อให้เกิดแรงจูงใจในการเรียน					
7	ชุดฝึกสามารถมองเห็นการทำงานได้ชัดเจน					
8	ชุดฝึกที่สร้างขึ้นมีคุณค่าต่อการเรียน					
	ด้านใบเนื้อหาประกอบชุดฝึก					
1	ใบเนื้อหาที่มีความเข้าใจง่าย					
2	รูปภาพประกอบเนื้อหาชัดเจน					
3	รูปภาพสอดคล้องกับเนื้อหา					
4	แบบฝึกหัดมีความเหมาะสมกับเนื้อหา					
5	ข้อความคำถามในแบบฝึกหัดเข้าใจง่าย					
	ด้านใบงานประกอบชุดฝึก					
1	คำอธิบายแต่ละขั้นตอนชัดเจน					
2	ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานเข้าใจง่าย					
3	รูปภาพประกอบคำอธิบายชัดเจน					
4	รูปภาพสอดคล้องกับคำอธิบาย					
5	ใบงานง่ายต่อการใช้งาน					

ตาราง ง - 3 แสดงระดับความคิดเห็นของนักเรียน ที่มีต่อชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

ข้อ ที่	ข้อความความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น					X	S.D	ความ หมาย
		5	4	3	2	1			
	ด้านการออกแบบพัฒนาชุดฝึก								
1	วัสดุที่นำมาใช้พัฒนาชุดฝึกมีความแข็งแรงทนทาน	16					5.00	0.00	มากที่สุด
2	ขนาดของชุดฝึกมีความเหมาะสม	13	2	1			4.75	0.58	มากที่สุด
3	ตำแหน่งการวางอุปกรณ์เหมาะสม	12	2	2			4.36	0.72	มากที่สุด
4	ชุดฝึกมีความปลอดภัย	14	2				4.88	0.34	มากที่สุด
5	ชุดฝึกที่สร้างขึ้นใช้งานได้ง่าย	15	1				4.94	0.25	มากที่สุด
6	ชุดฝึกที่สร้างขึ้นก่อให้เกิดแรงจูงใจในการเรียน	16					5.00	0.00	มากที่สุด
7	ชุดฝึกสามารถมองเห็นการทำงานได้ชัดเจน	15	1				4.94	0.25	มากที่สุด
8	ชุดฝึกที่สร้างขึ้นมีคุณค่าต่อการเรียน	16					5.00	0.00	มากที่สุด
	เฉลี่ย						4.89	0.27	มากที่สุด
	ด้านใบเนื้อหาประกอบชุดฝึก								
1	ใบเนื้อหามีความเข้าใจง่าย	12	3	1			4.69	0.60	มากที่สุด
2	รูปภาพประกอบเนื้อหาชัดเจน	13	1	2			4.69	0.70	มากที่สุด
3	รูปภาพสอดคล้องกับเนื้อหา	14	2				4.88	0.34	มากที่สุด
4	แบบฝึกหัดมีความเหมาะสมกับเนื้อหา	14	1	1			4.81	0.54	มากที่สุด
5	ข้อความในแบบฝึกหัดเข้าใจง่าย	15	1				4.90	0.25	มากที่สุด
	เฉลี่ย						4.80	0.49	มากที่สุด
	ด้านใบงานประกอบชุดฝึก								
1	คำอธิบายแต่ละขั้นตอนชัดเจน	13	2	1			4.75	0.58	มากที่สุด
2	ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานเข้าใจง่าย	12	1	3			4.56	0.81	มากที่สุด

3	รูปภาพประกอบคำอธิบายชัดเจน	14	2				4.88	0.34	มากที่สุด
4	รูปภาพสอดคล้องกับคำอธิบาย	15	1				4.94	0.25	มากที่สุด
5	ใบงานง่ายต่อการใช้งาน	13	1	1			4.81	0.54	มากที่สุด
เฉลี่ย							4.79	0.51	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม							4.84	0.39	มากที่สุด

ในการแปลความหมายค่ามัชฌิมเลขคณิต จะใช้เกณฑ์ในการแปลความหมายดังต่อไปนี้ (บุญชม, 2545 :103)

- 4.51 – 5.00 แปลความหมายว่า มากที่สุด
- 3.51 – 4.50 แปลความหมายว่า มาก
- 2.51 – 3.50 แปลความหมายว่า ปานกลาง
- 1.51 – 2.50 แปลความหมายว่า น้อย
- 1.00 – 1.50 แปลความหมายว่า น้อยที่สุด

แบบสอบถามข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน

วิชาผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี

เรื่องจำนวนเครื่องกลึงซีเอ็นซีหรือชุดฝึกงานกลึงซีเอ็นซี

เป็นแบบสอบถามข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับจัดการเรียนการสอน

แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อสอบถามครูผู้สอนเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน
วิชาผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี

แบบสอบถามฉบับนี้แบ่งออกเป็น

ตอนที่ 1 สถานภาพส่วนตัวของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 สอบถามการมีสื่อที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน

ตอนที่ 3 สอบถามระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพปัญหาในการจัดการเรียนการสอน
เรื่องจำนวนเครื่องกลึงซีเอ็นซีหรือชุดฝึกงานกลึงซีเอ็นซีเพียงพอต่อการจัดการเรียนการสอนผลิต
ชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลึงซีเอ็นซี โดยขอความอนุเคราะห์ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความ
คิดเห็นของท่านตรงกับสภาพความเป็นจริง

ระดับ 5 หมายถึง มากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง มาก

ระดับ 3 หมายถึง ปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง น้อย

ระดับ 1 หมายถึง น้อยที่สุด

ตอนที่ 1 สถานภาพส่วนตัวของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. สถานศึกษา.....

2. ตำแหน่งปัจจุบัน ข้าราชการครู ครูพิเศษสอน

3. ประสบการณ์ในการสอน.....ปี

ตอนที่ 2 จำนวนเครื่องกลึงซีเอ็นซีหรือชุดฝึกงานกลึงซีเอ็นซีเพียงพอต่อการจัดการเรียนการสอน
เรื่องผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซี

ข้อที่	ชนิดของเครื่องที่ใช้ในการเรียนการสอน	ไม่มี	มี	จำนวน	สภาพใช้งาน	
					ใช้ได้	ใช้ไม่ได้
1	เครื่องกลึงซีเอ็นซี					
2	ชุดฝึกงานกลึงซีเอ็นซี					

ตอนที่ 3 ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพปัญหาในการจัดการเรียนการสอน เรื่องผลิตชิ้นส่วน
ด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซี

ข้อที่	รายการ	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1	เครื่องกลึงซีเอ็นซีหรือชุดฝึกงานกลึงซีเอ็นซีมีจำนวนไม่เพียงพอ					
2	เครื่องกลึงซีเอ็นซีหรือชุดฝึกมีราคาสูง					
3	ขาดงบประมาณในการจัดซื้อ					

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้ตอบแบบสอบถาม

ตารางที่ จ - 1 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามข้อมูลเบื้องต้น

ประสบการณ์ในการสอนของผู้ตอบแบบสอบถาม เฉลี่ย 20 ปี

ตอนที่ 2 จำนวนเครื่องกลึงซีเอ็นซีหรือชุดฝึกงานกลึงซีเอ็นซีเพียงพอต่อการจัดการเรียนการสอน
เรื่องผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซี

ข้อที่	ชนิดของเครื่องที่ใช้ในการเรียนการสอน	ไม่มี	มี	จำนวน	สภาพใช้งาน	
					ใช้ได้	ใช้ไม่ได้
1	เครื่องกลึงซีเอ็นซี	4	6	6	2	4
2	ชุดฝึกงานกลึงซีเอ็นซี	7	3	8	0	8

ตอนที่ 3 ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพปัญหาในการจัดการเรียนการสอน เรื่องผลิตชิ้นส่วน
ด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซี

ข้อที่	รายการ	ระดับความคิดเห็น					\bar{X}	S.D.	แปลความหมาย
		5	4	3	2	1			
1	เครื่องกลึงซีเอ็นซีหรือชุดฝึกงานกลึงซีเอ็นซีมีจำนวนไม่เพียงพอ	10					5	0.00	มากที่สุด

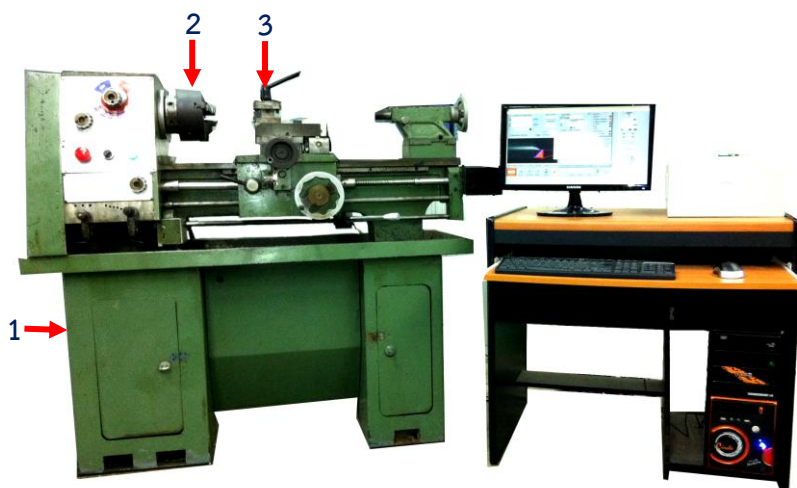
2	เครื่องกลึงซีเอ็นซีหรือชุดฝึกมีราคาสูง	9	1				4.90	0.32	มากที่สุด
3	ขาดงบประมาณในการจัดซื้อ	8	2				4.80	0.42	มากที่สุด

ข้อสอบวิชาผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี

หน่วยที่ 5 กลึงขึ้นรูปชิ้นส่วนด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซี

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยกาเครื่องหมาย (X) ลงในกระดาษคำตอบ

- ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับหลักการทำงานของเครื่องจักรซีเอ็นซี
 - ใช้ช่างที่มีความชำนาญในการควบคุมเครื่องจักร
 - ใช้ช่างควบคุมและคอมพิวเตอร์ตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นงาน
 - ใช้คอมพิวเตอร์จัดเก็บข้อมูลชิ้นงานอย่างเดียวนั้น
 - ใช้คอมพิวเตอร์ในการควบคุมเครื่องจักรแทนการใช้ช่างควบคุมจากรูปชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี จงใช้ตอบคำถามข้อ 2 - 4



- จากรูปชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี ส่วนประกอบหมายเลข 1 คือ
 - ฐานเครื่อง (Base)
 - หัวจับชิ้นงาน (Chuck)
 - ป้อมมีด (Tool Post)
 - ยันศูนย์ท้ายแทน (Tail Stock)
- จากรูปชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี ส่วนประกอบหมายเลข 2 คือ
 - ฐานเครื่อง (Base)
 - หัวจับชิ้นงาน (Chuck)
 - ป้อมมีด (Tool Post)
 - ยันศูนย์ท้ายแทน (Tail Stock)

4. จากรูปชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี ส่วนประกอบหมายเลข 4 คือ

- ก. ฐานเครื่อง (Base)
- ข. หัวจับชิ้นงาน (Chuck)
- ค. ป้อมมีด (Tool Post)
- ง. ยันศูนย์ท้ายแทน (Tail Stock)

จากรูปชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี จงใช้ตอบคำถามข้อ 5



5. จากรูปชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีจัดเป็นเครื่องกลึงซีเอ็นซีประเภทใด

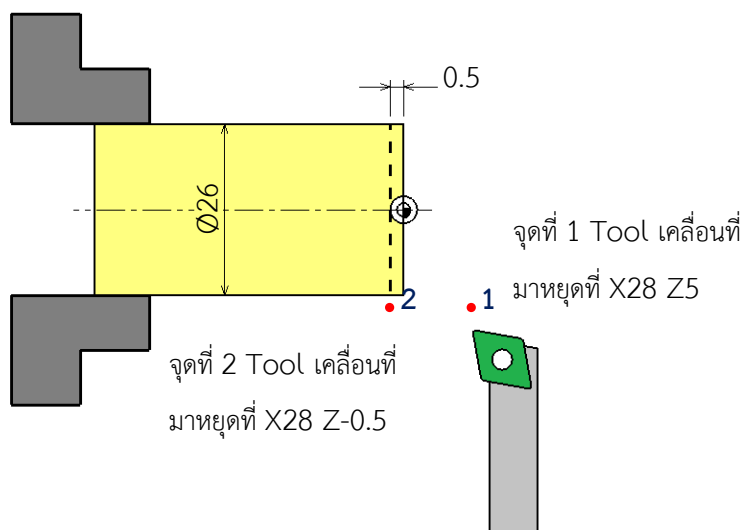
- ก. เครื่องกลึงซีเอ็นซี แบบ Spindle แนวตั้ง
 - ข. เครื่องกลึงซีเอ็นซี แบบ Spindle แนวนอน
 - ค. เครื่องกลึงซีเอ็นซี แบบ Flat Bed
 - ง. เครื่องกลึงซีเอ็นซี แบบ Rotary
6. ข้อใดคือหลักการควบคุมเครื่องจักร
- ก. การควบคุมการทำงานของตัวเครื่องจักรทั้งหมด
 - ข. การควบคุมระบบโดยผู้ควบคุมเครื่องจักร
 - ค. การควบคุมความเร็วและการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ
 - ง. การควบคุมความเร็วรอบของชิ้นงานและความเร็วของโต๊ะงาน

7. ในปัจจุบันเครื่องจักรอัตโนมัติ เช่น เครื่องกลึง เครื่องกัด ส่วนใหญ่ใช้ในการควบคุมระบบใด
- ก. ระบบ NC
 - ข. ระบบ CNC
 - ค. ระบบ CIM
 - ง. ระบบ CAM
8. ข้อใดกล่าวได้ถูกต้องเกี่ยวกับระบบอัตโนมัติแบบปิด (Close Loop Control System)
- ก. สัญญาณจากภายนอกที่ถูกป้อนเข้าสู่ระบบอัตโนมัติ
 - ข. สัญญาณจากภายนอกที่เข้าสู่ระบบอัตโนมัติโดยไม่ตั้งใจ
 - ค. สัญญาณที่เป็นอุปกรณ์หลักสร้างขึ้นเพื่อชดเชยค่าความผิดพลาด
 - ง. สัญญาณที่มีการประมวลผลผลลัพธ์แล้วส่งกลับไปยังส่วนควบคุมเพื่อแก้ไขข้อผิดพลาด
9. ข้อใดไม่ใช่ส่วนประกอบของชุดควบคุมซีเอ็นซี
- ก. ชุดควบคุมการส่งข้อมูลเข้าออก
 - ข. ชุดควบคุมการทำงานอัตโนมัติ
 - ค. ชุดควบคุมการส่งสัญญาณสู่เครื่องจักร
 - ง. ชุดคอมพิวเตอร์
10. สำหรับชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีมีวิธีจัดเก็บข้อมูลโปรแกรมเอ็นซีอย่างไร
- ก. จัดเก็บไว้ที่ Folder ใดก็ได้หลังจากพิมพ์ข้อมูลโปรแกรมเอ็นซีด้วย โปรแกรม Notpad
 - ข. จัดเก็บไว้ที่ Drive C: หลังจากพิมพ์ข้อมูลโปรแกรมเอ็นซีด้วย โปรแกรม Word
 - ค. จัดเก็บด้วยเทปกระดาษ
 - ง. จัดเก็บไว้ที่ชุดควบคุมระบบปิด
11. ข้อใดคือความหมายของโครงสร้างโปรแกรม NC
- ก. โปรแกรม NC คือการเขียนโปรแกรมต่างๆ ส่งไปให้เครื่องจักร CNC ทำงานที่ต้องการ
 - ข. โปรแกรม NC คือการเขียนอักษรลงไปในโปรแกรมและสั่งให้เครื่องจักรทำงาน
 - ค. โปรแกรม NC คือการนำกลุ่มตัวอักษรต่างๆ มาเขียนใน Block เดียวกันและสั่งให้เครื่องจักรทำงาน
 - ง. โปรแกรม NC คือการกำหนดเครื่องหมายและตัวเลขลงไปในโปรแกรมและสั่งให้เครื่องจักรทำงาน
12. N10 G01 X123 Y67 Z10 F100 M03 จากข้อความดังกล่าว Address ประกอบด้วยอะไร
- ก. N
 - ข. G
 - ค. Y

- ง. ถูกทุกข้อ
13. คำสั่ง G00 หมายถึงอะไร
- ก. ลักษณะการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงของ Tool โดยมีอัตราป้อน
 - ข. ลักษณะการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงของ Tool อย่างรวดเร็ว
 - ค. การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งของ Tool ทิศทางตามเข็มนาฬิกา
 - ง. การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งของ Tool ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
14. คำสั่ง G01 หมายถึงอะไร
- ก. การเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในแนวเส้นตรง
 - ข. การเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในแนวเส้นเฉียง
 - ค. การเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในแนวเส้นโค้งตามเข็มนาฬิกา
 - ง. การเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในแนวเส้นโค้งทวนเข็มนาฬิกา
15. คำสั่ง G02 หมายถึงอะไร
- ก. การเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในแนวเส้นตรง
 - ข. การเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในแนวเส้นเฉียง
 - ค. การเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในแนวเส้นโค้งตามเข็มนาฬิกา
 - ง. การเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในแนวเส้นโค้งทวนเข็มนาฬิกา
16. คำสั่ง G03 หมายถึงอะไร
- ก. ลักษณะการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงของ Tool โดยมีอัตราป้อน
 - ข. ลักษณะการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงของ Tool อย่างรวดเร็ว
 - ค. การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งของ Tool ทิศทางตามเข็มนาฬิกา
 - ง. การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งของ Tool ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
17. คำสั่ง M00 หมายถึงอะไร
- ก. เปิด Spindle หมุนตามเข็มนาฬิกาพร้อมน้ำหล่อเย็น
 - ข. เปิด Spindle หมุนทวนเข็มนาฬิกาพร้อมน้ำหล่อเย็น
 - ค. การหยุดโปรแกรมชั่วคราว
 - ง. จบโปรแกรมการทำงานแล้วกลับไปยังจุดเริ่มต้นของโปรแกรม
18. คำสั่ง M03 หมายถึงอะไร
- ก. การจบการทำงานของโปรแกรม NC
 - ข. เปิด Spindle หมุนทวนเข็มนาฬิกาพร้อมน้ำหล่อเย็น
 - ค. เปิด Spindle หมุนทวนเข็มนาฬิกา
 - ง. จบโปรแกรมการทำงานแล้วกลับไปยังจุดเริ่มต้นของโปรแกรม

19. คำสั่ง M04 หมายถึงอะไร
- ก. การจบการทำงานของโปรแกรม NC
 - ข. เปิด Spindle หมุนทวนเข็มนาฬิกาพร้อมน้ำหล่อเย็น
 - ค. เปิด Spindle หมุนทวนเข็มนาฬิกา
 - ง. จบโปรแกรมการทำงานแล้วกลับไปยังจุดเริ่มต้นของโปรแกรม
20. คำสั่ง M30 หมายถึงอะไร
- ก. การจบการทำงานของโปรแกรม NC
 - ข. เปิด Spindle หมุนทวนเข็มนาฬิกาพร้อมน้ำหล่อเย็น
 - ค. เปิด Spindle หมุนทวนเข็มนาฬิกา
 - ง. จบโปรแกรมการทำงานแล้วกลับไปยังจุดเริ่มต้นของโปรแกรม
21. โครงสร้างของโปรแกรม NC ข้อใดถูกต้อง
- ก. N10 G01 X 40 Z 30 F0.4
 - ข. N10 G01 F0.4 X40 Z30
 - ค. G01 X 40 Z 30 F0.4 N10
 - ง. F0.4 G01 X 40 Z 30 N10

จากรูปต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 22 - 24



22. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงจากจุดที่ 1-2 โดยใช้คำสั่ง G-Code พื้นฐานซึ่ง Tool เคลื่อนที่เข้าจากจุด 1 มาที่จุด 2 เขียนโปรแกรม NC ที่จุด 2 ได้อย่างไร

- ก. G00 X 28 Z 5
- ข. G00 X 28 Z- 5
- ค. G01 X 28 Z 5 F 100
- ง. G01 X 25 Z- 5 F 100

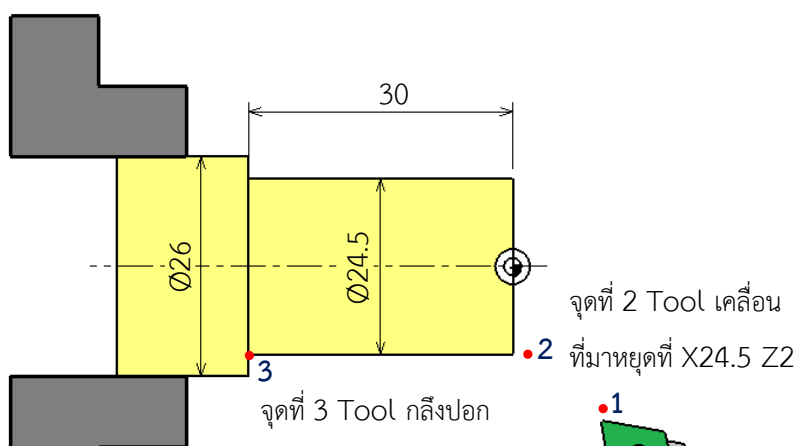
23. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงปาดหน้าจากจุด 2 ไปยังตำแหน่ง X-1 Z-0.5 ด้วย Feed Rate 0.2 mm/r โดยคำสั่ง G-Code พื้นฐานเป็นโปรแกรม NC ได้อย่างไร

- ก. G00 X-1 Z-0.5 F 0.2
- ข. G00 X 28 X-1 Z 0. 5 F 0.2
- ค. G01 X-1 Z-0.5 F 0.2
- ง. G01 X 28 X-1 Z- 0.5 F0.2

24. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงปาดหน้าโดย Tool เคลื่อนที่เร็วจากจุด X-1 Z-0.5 มาที่ตำแหน่ง X 28 Z 5 โดยคำสั่ง G-Code พื้นฐานเขียนโปรแกรม NC ได้อย่างไร

- ก. G00 X28 Z 5
- ข. G00 X-1 Z0.5 X 28 Z 5
- ค. G01 X28 Z5 F 1000
- ง. G01 X-1 Z-0.5 X 28 Z5 F5

จากรูปต่อไปนีใช้ตอบคำถามข้อ 25 - 27



25. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงปอก จากจุดที่ 1-2 โดยใช้คำสั่ง G-Code พื้นฐานซึ่ง Tool เคลื่อนที่เร็วจากจุด 1 มาจุดที่ 2 เขียนโปรแกรม NC จุดที่ 2 ได้อย่างไร

- ก. G00 X30 Z10
- ข. G00 X30 Z10 X24.5Z2
- ค. G00 X24.5 Z2
- ง. G01 X 24.5 Z2 F1000

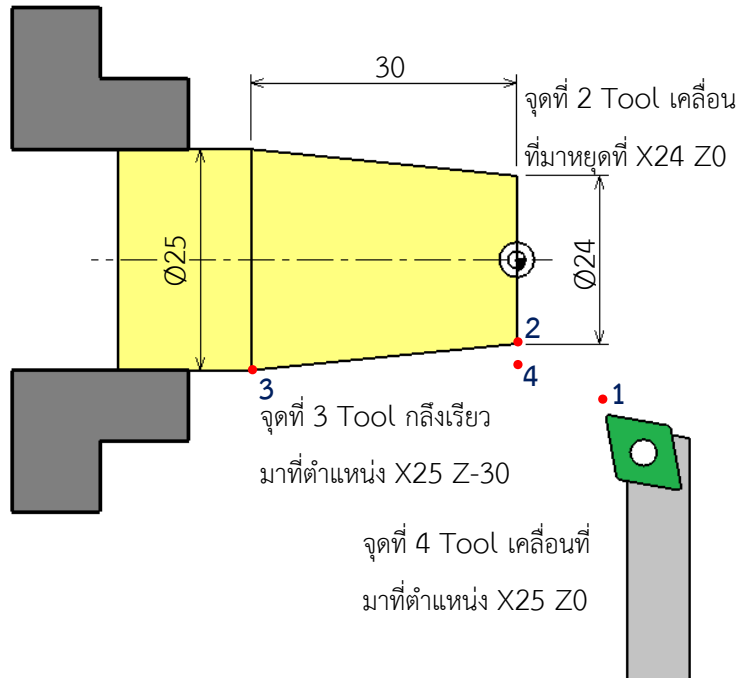
26. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงปอก จากจุดที่ 2-3 โดยใช้คำสั่ง G-Code พื้นฐานซึ่ง Tool กลึงปอกจากจุดที่ 2 ไปยังตำแหน่งจุดที่ 3 X 24.5 Z-30 Feed Rate 0.2 mm/r เขียนโปรแกรม NC จุดที่ 3 ได้อย่างไร

- ก. G00 X24.5 Z-30
- ข. G01 X24.5 Z-30 F0.2
- ค. G01 X24.5 Z2 X24.5 Z-30 F0.2
- ง. G00 X 24.5 Z2 X24.5 Z-30 F0.2

27. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงปอกโดย Tool เคลื่อนที่เร็วจากจุดที่ 3 X24.5 Z-30 มาที่ ตำแหน่ง X30 Z10 เขียนโปรแกรม NC ได้อย่างไร

- ก. G00 X24.5 Z-30
- ข. G01 X24.5 Z-30 F1000
- ค. G00 X30 Z10
- ง. G01 X24.5 Z-30 F1000

จากรูปต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 28-30



28. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงเรียว จากจุดที่ 1-2 โดยใช้คำสั่ง G Code พื้นฐาน ซึ่ง Tool เคลื่อนที่เร็วไปยังจากจุด 2 ตำแหน่ง X24 Z0 เขียนโปรแกรม NC ได้อย่างไร

- ก. G00 X24 Z0
- ข. G01 X24 Z0 F100
- ค. G00 X24 Z0 F1000
- ง. G01 X0 Z24 F100

29. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงเรียว จากจุดที่ 2-3 โดยใช้คำสั่ง G Code พื้นฐาน ซึ่ง Tool เคลื่อนที่กลึงเรียวจากจุด 2 ไปยังจุดที่ 3 ตำแหน่ง X25 Z-30 Feed Rate 0.2 mm/r เขียนโปรแกรม NC ได้อย่างไร

- ก. G00 X25 Z-30
- ข. G01 X25 Z-30 F0.2
- ค. G01 X24.5 Z0 X25 Z-30 F0.2
- ง. G00 X24.5 Z0 X25 Z-30 F0.2

30. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงเรียว จากจุดที่ 3-4 โดยใช้คำสั่ง G Code พื้นฐาน ซึ่ง Tool เคลื่อนที่เร็วไปยังจากจุด 3 ไปยังจุดที่ 4 ตำแหน่ง X25 Z0 เขียนโปรแกรม NC ได้อย่างไร

- ก. G00 X25 Z0
- ข. G01 X25 Z0 F100
- ค. G00 X25 Z-30 X25 Z0
- ง. G01 X25 Z-30 X25 Z0 F100

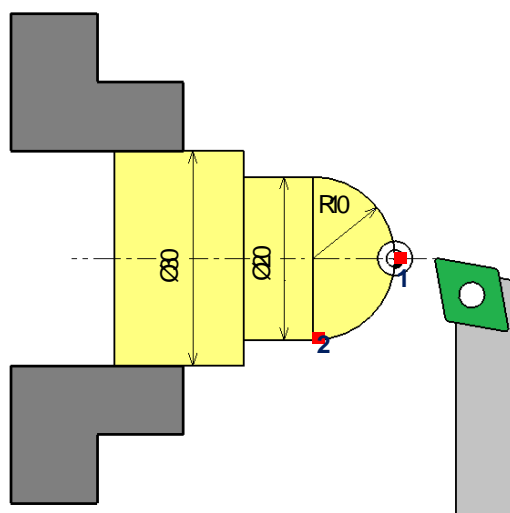
31. การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งของ Tool ทิศทางทวนเข็มนาฬิกาคือ

- ก. G00
- ข. G01
- ค. G02
- ง. G03

32. การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งของ Tool ทิศทางตามเข็มนาฬิกาคือ

- ก. G00
- ข. G01
- ค. G02
- ง. G03

จากรูปต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 33



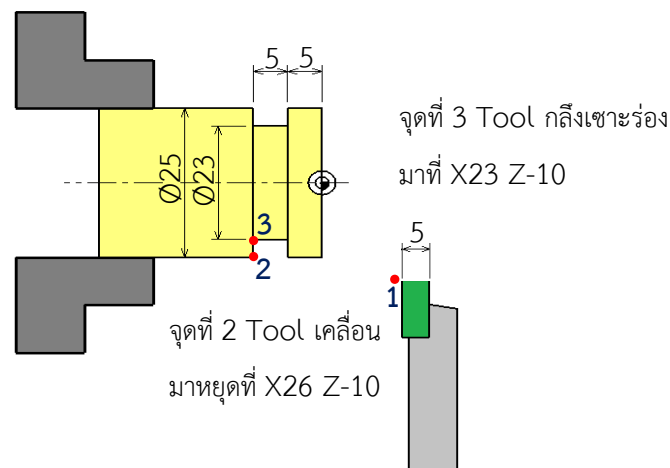
33. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงโค้ง จากจุดที่ 1-2 โดยใช้คำสั่ง G Code พื้นฐาน ซึ่ง Tool เคลื่อนที่กลึงโค้งจากจุด 1 ไปยังจุดที่ 2 ตำแหน่ง X20 Z-20 ด้วย Feed Rate 0.2 mm/r เขียนโปรแกรม NC ได้อย่างไร

- ก. G00 X25 Z-10 I 0.0 K-10 F 0.2
- ข. G01 X20 Z-10 I 0.0 K-10 F 0.2
- ค. G02 X20 Z-10 I 0.0 K-10 F 0.2
- ง. G03 X20 Z-10 I 0.0 K-10 F 0.2

34. การเคลื่อนที่ของ Tool ในการกลึงเซาะร่อง การใช้คำสั่งใด

- ก. G00
- ข. G01
- ค. G02
- ง. G03

จากรูปต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 35-37



35. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงเซาะร่องจาก 1-2 โดยใช้คำสั่ง G Code พื้นฐานซึ่ง Tool ซึ่งเคลื่อนที่เร็วจากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2 ตำแหน่ง X 26 Z-10 เขียนโปรแกรม NC ได้อย่างไร

- ก. G00 X26 Z-10
- ข. G00 X26 Z-20 F100
- ค. G01 X26 Z-10

- ง. G01 X26 Z-10 F100
36. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงเซาะร่องจากจุดที่ 2 ไปจุดที่ 3 ตำแหน่ง X23 Z-10 Feed Rate 0.02 mm/r เขียนโปรแกรม NC ได้คือ
- ก. G00 X23 Z-10 F0.02
 - ข. G01 X23 Z-20 F0.02
 - ค. G02 X23 Z-10 F0.02
 - ง. G03 X23 Z-10 F0.02
37. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงเซาะร่องจากจุดที่ 3 ไปจุดที่ 2 โดยคำสั่ง G Code พื้นฐาน Tool เคลื่อนที่เร็วจากจุด 3 ไปจุด 2 ตำแหน่ง X26 Z-10 ด้วย Feed Rate 2 mm/r เขียนโปรแกรม NC ได้อย่างไร
- ก. G00 X26 Z-10 F2
 - ข. G01 X26 Z-10 F2
 - ค. G02 X26 Z-10 F2
 - ง. G03 X26 Z-10 F2
38. การเขียนโปรแกรม NC งานกลึงเกลียวโดยคำสั่งวัฏจักร คือ
- ก. G81
 - ข. G84
 - ค. G85
 - ง. G86
39. การเขียนโปรแกรม NC งานกลึงเกลียวโดย Tool เคลื่อนที่เกลียวที่ตำแหน่ง X.9.5 Z-20 ระยะพิทช์ 2.5 มม. โดยใช้คำสั่ง G Code พื้นฐาน คือ
- ก. G33 X 9.5 Z-20 F2.5
 - ข. G33 X 9.5 Z-20 F2.5
 - ค. G33 X 9.5 Z-20 F2.5 P2.5
 - ง. G33 X 9.5 Z-20 F2.5 P2.5 Z 2.5
40. เมื่อต้องการเปิดชุดฝึกงานกลึงซีเอ็นซีสามารถเปิดได้ที่ตำแหน่งใด
- ก. สวิตช์ควบคุมเครื่องกลึง
 - ข. สวิตช์ควบคุมชุดควบคุม
 - ค. เปิดชุดคอมพิวเตอร์ควบคุม
 - ง. เปิดทั้ง ก ,ข และ ค

41. การเตรียมชุดคอมพิวเตอร์ควบคุมของชุดฝึกงานกลึงซีเอ็นซีให้เข้าเปิดที่ไอคอนใด
- Notepad
 - Load
 - CNC Control
 - Mach 3 Turn
42. วิธี Set ตำแหน่ง Tool ที่แกน Z ให้เป็น 0 สามารถทำได้โดย
- กด 0 ที่ตำแหน่ง X
 - กด 0 ที่ตำแหน่ง Z
 - กด Set 0
 - พิมพ์ Set Origin
43. จากรูปวิธีเรียกข้อมูล NC เพื่อเข้าสู่โปรแกรมชุดควบคุมของชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีให้กดที่ปุ่มใด



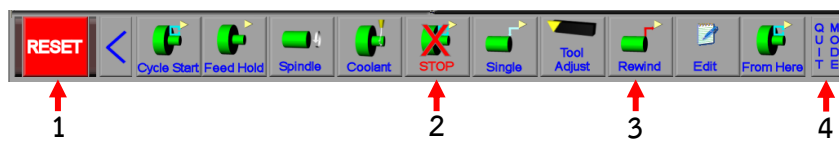
- ปุ่มหมายเลข 1
- ปุ่มหมายเลข 2
- ปุ่มหมายเลข 3
- ปุ่มหมายเลข 4

44. จากรูปเมื่อต้องการให้ชุดฝึกงานกลึงซีเอ็นซีเริ่มกลึงชิ้นงาน หลังจากโหลดข้อมูล NC เรียบร้อยแล้วให้กดที่ปุ่มใด



- ก. ปุ่มหมายเลข 1
- ข. ปุ่มหมายเลข 2
- ค. ปุ่มหมายเลข 3
- ง. ปุ่มหมายเลข 4

45. จากรูปขณะทำการกลึงขึ้นรูปชิ้นงานด้วยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี แล้วต้องการหยุดการทำงาน
ของชุดฝึกงานกลึงซีเอ็นซีชั่วคราวควรกดที่ปุ่มใด



- ก. ปุ่มหมายเลข 1
- ข. ปุ่มหมายเลข 2
- ค. ปุ่มหมายเลข 3
- ง. ปุ่มหมายเลข 4

1.14 การใช้งานชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี

1. เริ่มต้นเปิดเครื่องกลิ้งซึ่งพัฒนาเป็นชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี โดยหมุนเปิดสวิตช์ Power ควบคุมเครื่องกลิ้ง ดังภาพ 1-111



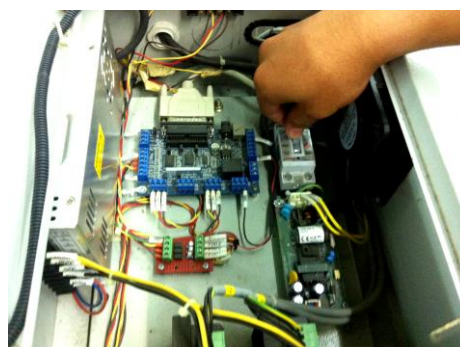
ภาพที่ 1-111 เปิดสวิตช์ Power ควบคุมเครื่องกลิ้ง

2. เปิดคอมพิวเตอร์ของชุดควบคุมชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี โดยกดปุ่ม ดังภาพ 1-112



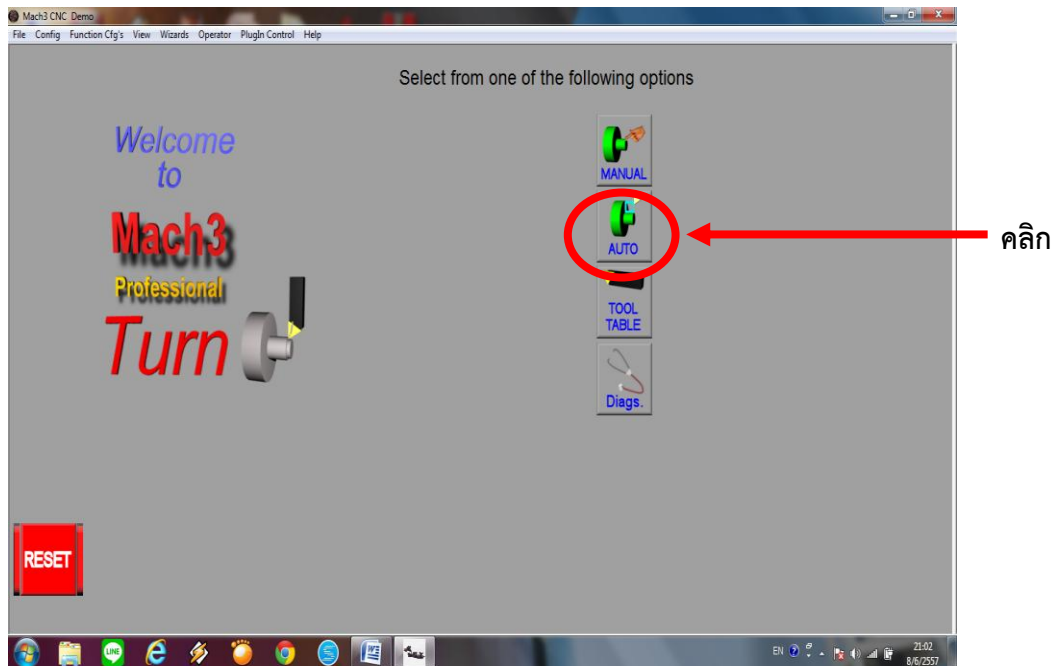
ภาพที่ 1-112 การกดปุ่มเปิดคอมพิวเตอร์ชุดควบคุมชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี

3. เปิดสวิตช์ชุดควบคุมชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี ให้อยู่ที่ตำแหน่ง ON ดังภาพ 1-113



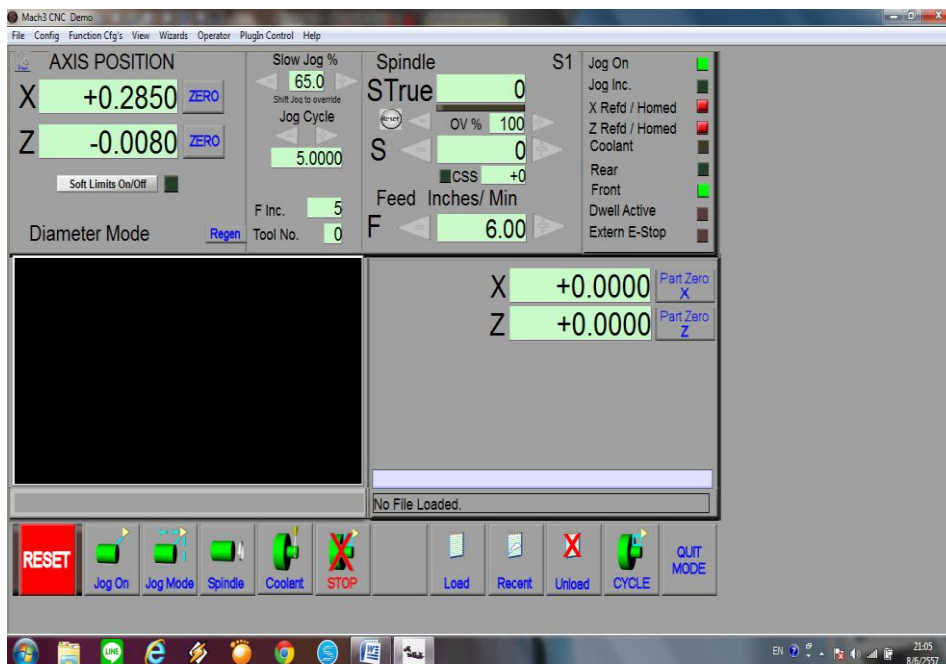
ภาพที่ 1-113 ลักษณะการเปิดสวิตช์ชุดควบคุมชุดฝึกงานถึงมินิซีเอ็นซี

4. หลังจากนั้นให้ดับเบิลคลิกที่ไอคอน Auto ดังภาพ เพื่อเข้าสู่หน้าต่างการทำงานของโปรแกรม



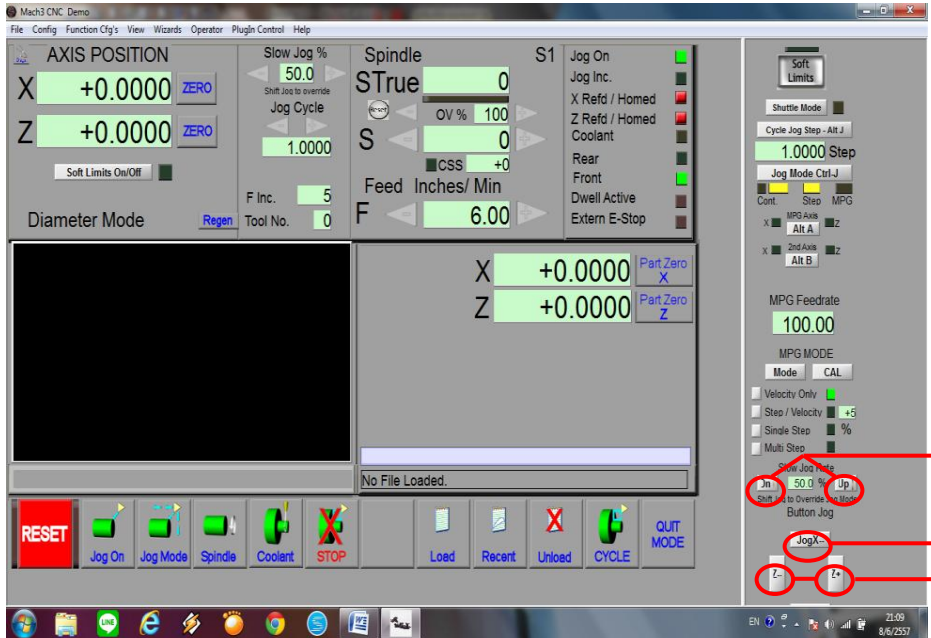
ภาพที่ 1-114 ตำแหน่ง Auto

5. เมื่อคลิกเลือกฟังก์ชันการทำงานแบบ Auto จะเข้าสู่หน้าต่างการทำงานดังภาพ 1-115



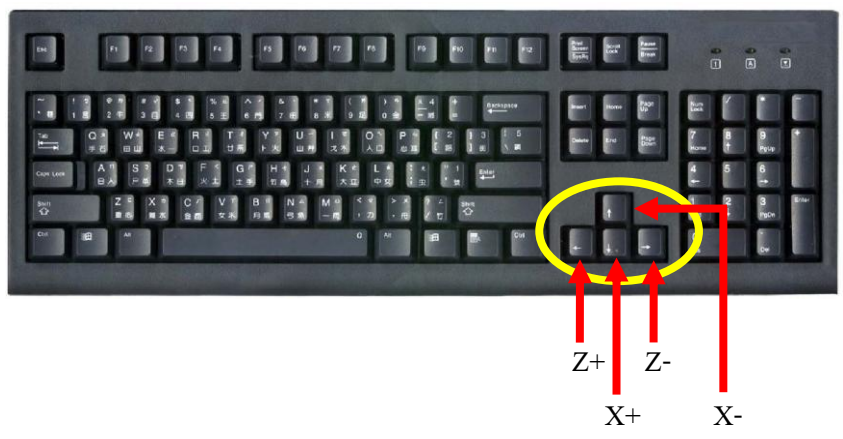
ภาพที่ 1-115 หน้าต่างการทำงานแบบ Auto

6. จากนั้นให้กด Tap บนคีย์บอร์ดโปรแกรมจะเปิดหน้าต่างฟังก์ชันควบคุมการเคลื่อนที่ของทูล (Tool) ในแนวแกน X และแนวแกน Z



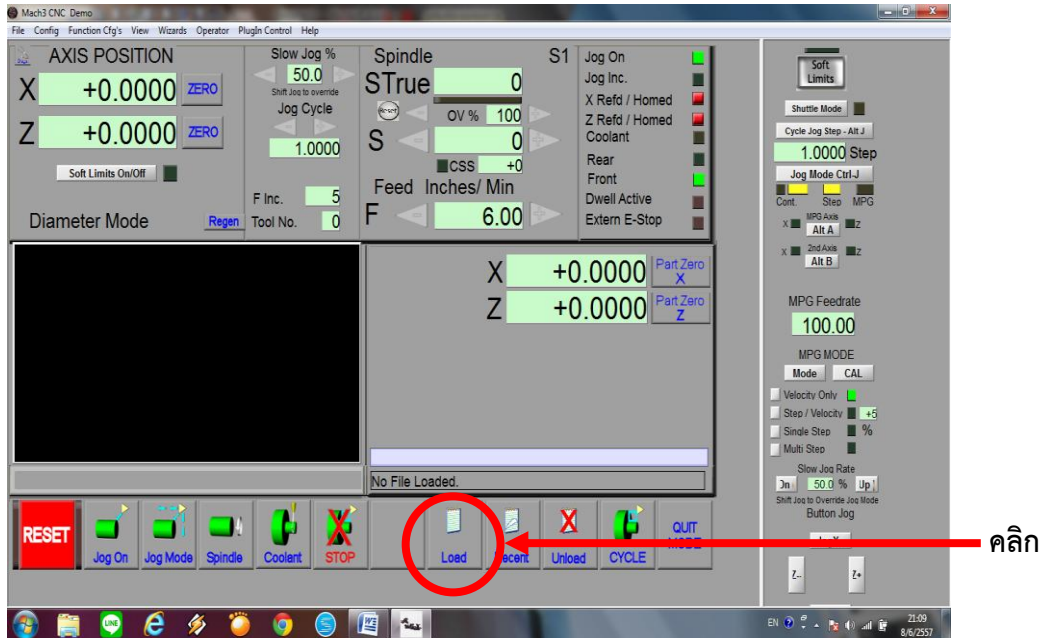
ภาพที่ 1-116 หน้าต่างการควบคุมการเคลื่อนที่ทูลแนวแกน X และแนวแกน Z

7. สำหรับการควบคุมการเคลื่อนที่ของทูลในแนวแกน X และแนวแกน Z สามารถทำการควบคุมได้อีกทางหนึ่งคือจากคีย์บอร์ดที่บริเวณปุ่ม ↓ ใช้ควบคุมแกน X ทิศทางบวก ส่วนปุ่ม ↑ ใช้ควบคุมแกน X ทิศทางลบ และปุ่ม → ใช้ควบคุมแกน Z ทิศทางบวก ส่วนปุ่ม ← ใช้ควบคุมแกน Z ทิศทางลบ เพื่อความเข้าใจจึงแสดงดังในภาพด้านล่างนี้



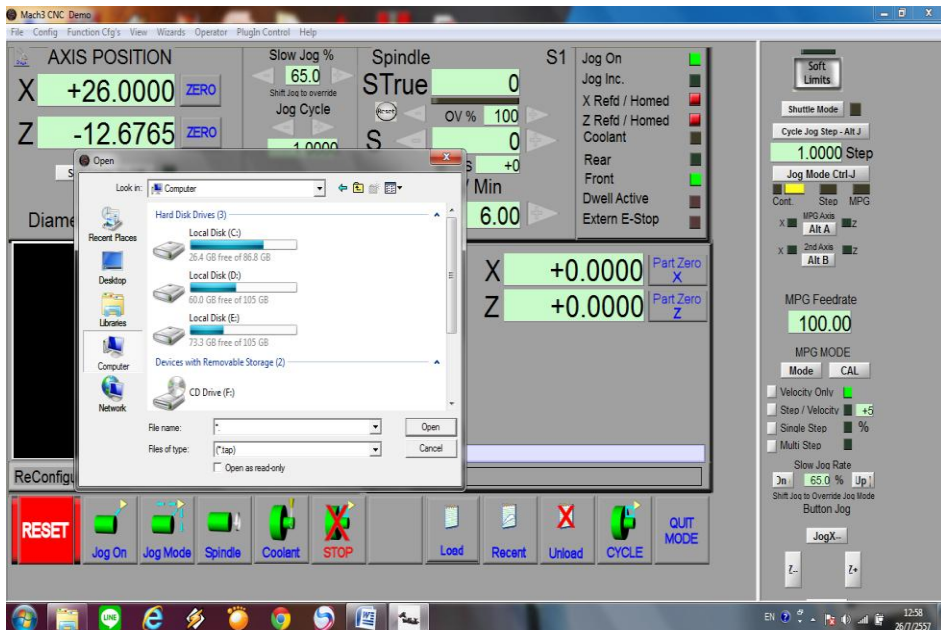
ภาพที่ 1-117 ปุ่มควบคุมการเคลื่อนที่ของทูลแนวแกน X และแนวแกน Z บนคีย์บอร์ด

8. สำหรับการเริ่มต้นสั่งงานให้ชุดฝึกงานกลึงซีเอ็นซีทำงานก็คือ การโหลดคำสั่ง Nc Code ที่ได้ทำการพิมพ์ไว้ด้วยโปรแกรม Notepad เรียบร้อยแล้ว โดยผู้เรียนเข้าไปคลิกที่ปุ่ม Load ดังภาพด้านล่างนี้



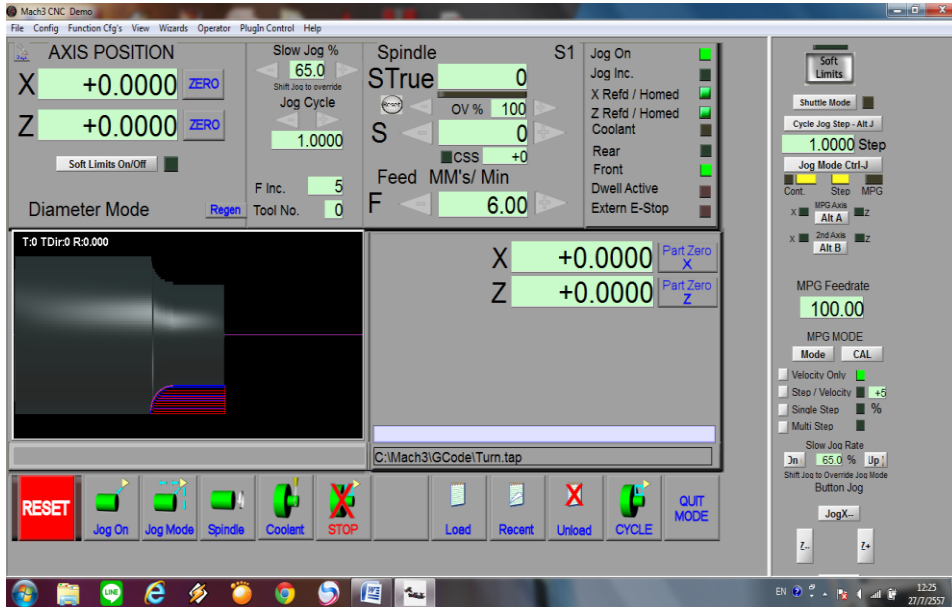
ภาพที่ 1-118 ตำแหน่งของปุ่ม Load

9. เมื่อคลิกที่ปุ่ม Load แล้วโปรแกรมจะทำการเปิดหน้าต่าง Open มาให้ผู้เลือกที่จะเข้าไปทำการโหลดคำสั่ง Nc Code ที่ได้ทำการพิมพ์ไว้ด้วยโปรแกรม Notepad จาก ไดรฟ์ใด ชื่อ Folder อะไร เหมือนกับที่ผู้เรียนเปิดงานจากโปรแกรม Window นั้นเอง




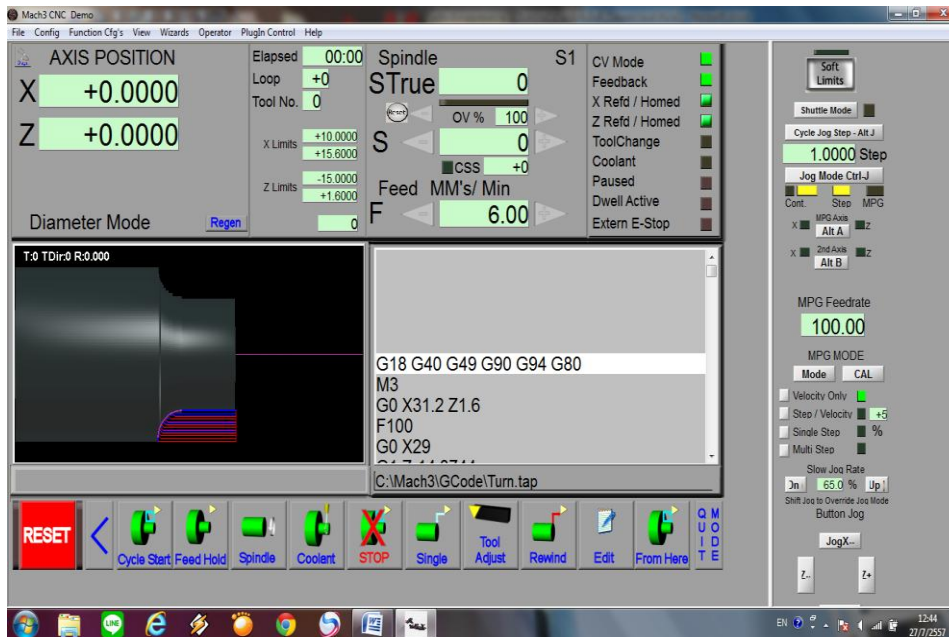
ภาพที่ 1-119 หน้าต่าง Open

10. หลังจากที่ทำกรเปิดไฟล์คำสั่ง Nc Code ให้โปรแกรมแล้ว โปรแกรมจะดำเนินการโหลดคำสั่ง Nc Code เข้ามาที่หน้าต่างหลัก สังเกตที่บริเวณจอแสดงการกลึงชิ้นงานจะแสดงภาพชิ้นงานให้เรียบร้อยแล้ว




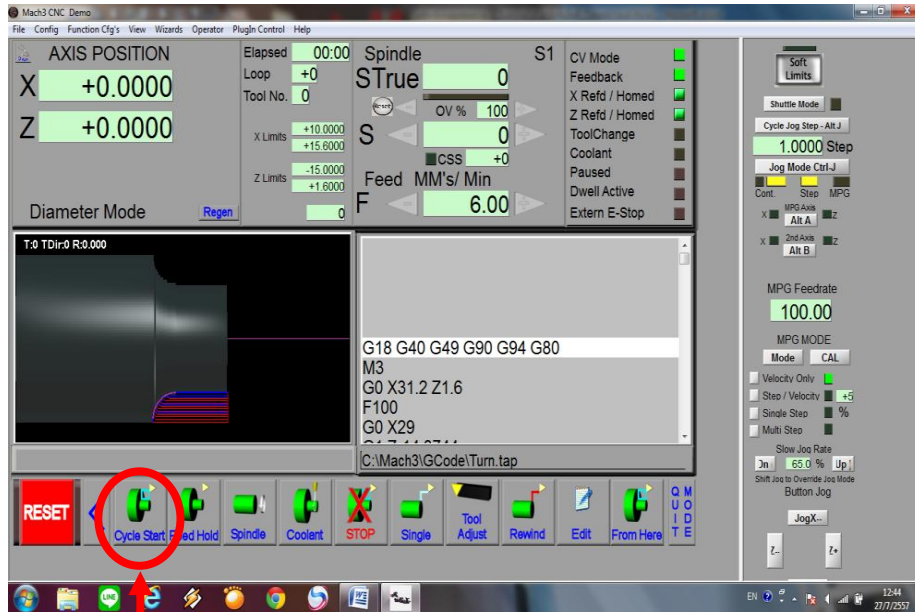
ภาพที่ 1-120 จอแสดงการกลึงชิ้นงานแสดงภาพชิ้นงาน

11. หลังจากที่ทำกรเปิดไฟล์คำสั่ง Nc Code ให้โปรแกรมแล้ว เมื่อต้องการจะดำเนินการกลึงชิ้นรูป ชิ้นงานตามคำสั่ง Nc Code ที่โหลดเข้ามา ให้ผู้เรียนคลิกที่ปุ่ม  โปรแกรมจะแสดง คำสั่ง Nc Code เป็น บรรทัดตามที่ทำคำสั่งไว้ดังภาพด้านล่าง เมื่อมาถึงจุดนี้โปรแกรมพร้อมจะทำการควบคุมเครื่องจักรให้ทำงานแล้ว



ภาพที่ 1-121 โปรแกรมจะแสดง คำสั่ง G – Code

12. เมื่อต้องการกลึงขึ้นรูปชิ้นงานตามคำสั่ง G - Code ให้ผู้เรียนคลิกที่ปุ่ม  (Cycle Start) โปรแกรมจะควบคุมชุดฝึกงานกลึงซีเอ็นซีตามคำสั่ง G - Code ทันที ข้อควรระวังคือเมื่อดำเนินการถึงขั้นตอนนี้ ผู้เรียนต้องเปิดตัวเครื่องจักรหรือชุดฝึกงานกลึงซีเอ็นซีไว้ก่อนแล้ว



คลิก ภาพที่ 1-122 โปรแกรมจะแสดง คำสั่ง G-Code

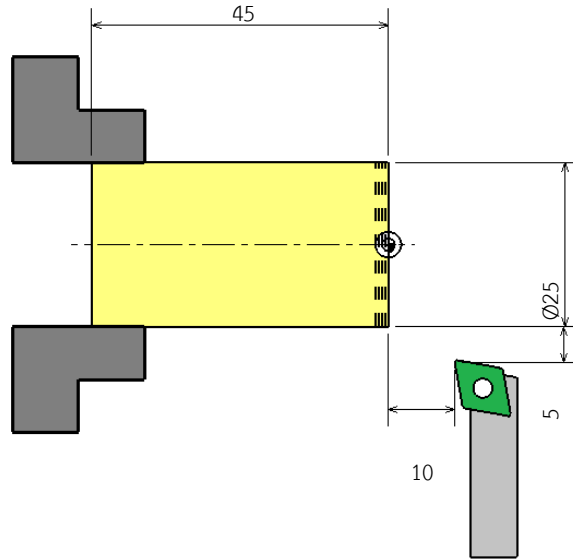
13. ในขณะที่โปรแกรมดำเนินการควบคุมชุดฝึกงานกลึงซีเอ็นซีทำงานตามคำสั่ง G-Code ผู้เรียนอาจต้องใช้ปุ่มควบคุมการทำงานของโปรแกรมตามสภาพจริงในบางกรณี จึงควรเรียนรู้ปุ่มควบคุมดังต่อไปนี้



- เริ่มการทำงาน ←
- เปิด ปิด Feed Hold ←
- เปิด ปิด Spindle ←
- เปิด ปิด น้ำหล่อเย็น ←
- แก้ไข G - code →
- เริ่มต้นทำงานใหม่ →
- ทำงานที่ลบบรรทัด →
- หยุดการทำงาน →

ภาพที่ 1-123 ปุ่มควบคุมการทำงานของโปรแกรม Mach 3

การใช้ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีเอ็นซีกลึงปาดหน้าชิ้นงาน วัสดุอลูมิเนียมหล่อตามแบบงาน ภาพที่ 1-124 โดยกำหนดให้กินปาดหน้าชิ้นงาน 2 มม. ด้วยการกินลึกครั้งละ 0.5 มม.



ภาพที่ 1-124 แบบงานกลึงปาดหน้า

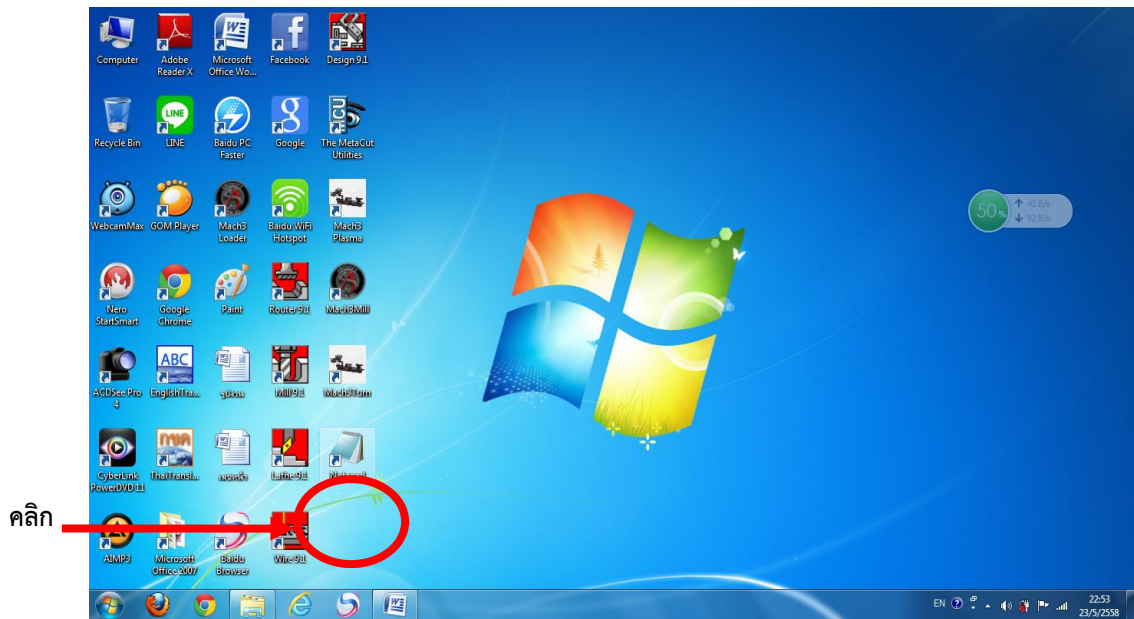
ขั้นตอนที่ 1 เริ่มเขียนโปรแกรมเอ็นซีเอ็นซีกลึงปาดหน้าตามแบบงาน ด้วยรหัสคำสั่ง G00 และ G01

N5 G00 X30 Z10 S600 T1 M03	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง X30 Z10 ให้เพลงานหมุน 600 รอบต่อนาที ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ใช้มีดกลึง T1)
N10 G01 X26 Z0 F100	(มีดกลึงเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง X26 Z0 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N15 X0	(กลึงปาดหน้าไปยังตำแหน่ง X0 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N20 G00 Z1	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง Z1)
N25 X26	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง X26)
N30 G01 Z-0.5	(มีดกลึงเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง Z-0.5 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N35 X0	(กลึงปาดหน้าไปยังตำแหน่ง X0 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N40 G00 Z1	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง Z1)
N45 X26	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง X26)
N50 G01 Z-1	(มีดกลึงเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง Z-1 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N55 X0	(กลึงปาดหน้าไปยังตำแหน่ง X0 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N60 G00 Z1	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง Z1)
N65 X26	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง X26)
N70 G01 Z-1.5	(มีดกลึงเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง Z-1.5 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N75 X0	(กลึงปาดหน้าไปยังตำแหน่ง X0 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N80 G00 Z1	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง Z1)

N85	X26	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง X26)
N90 G01	Z-2	(มีดกลึงเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง Z-2 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N95	X0	(กลึงปาดหน้าไปยังตำแหน่ง X0 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N100 G00	Z1	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง Z1)
N105	X30 Z10	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง X26 Z10)
N110	M30	(จบโปรแกรมการทำงานกลับไปยังบรรทัดแรก)

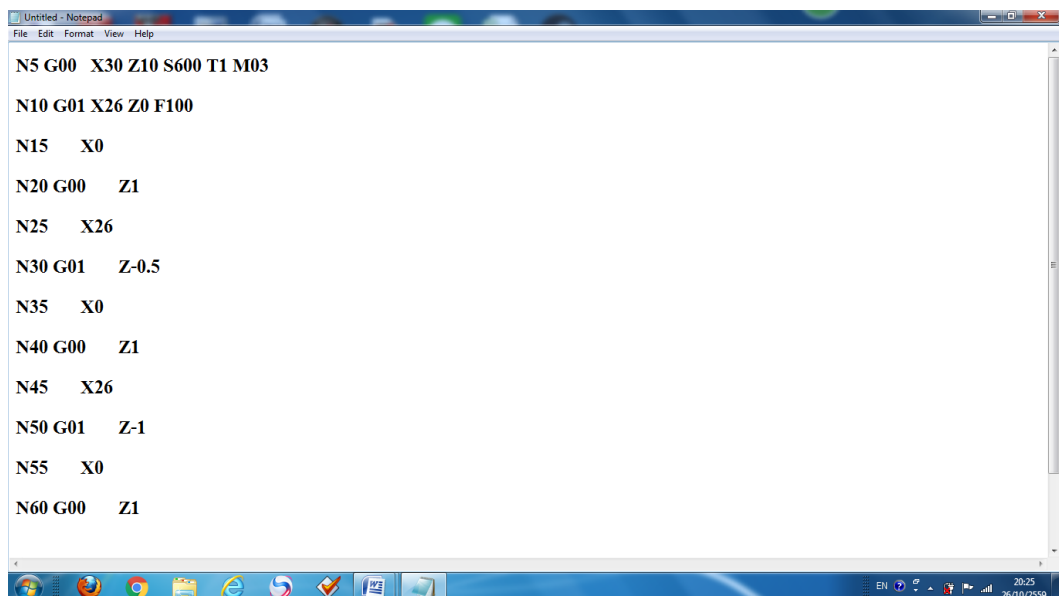
ขั้นตอนที่ 2 พิมพ์ Nc code ด้วยโปรแกรม Notepad

สำหรับโปรแกรม Notepad จะถูกติดตั้งมาพร้อมกับ Windows เสมอ สามารถเปิดใช้งานได้โดยดับเบิลคลิกที่ ไอคอน  หากในกรณีที่ไม่มีไอคอนโปรแกรม Notepad ดังกล่าวข้างต้นให้เปิดใช้งานที่ Accessories ของ Windows โดยเข้าไปคลิกที่ All Programs แล้วค้นหา Accessories เมื่อพบก็คลิกเปิดก็จะพบกับ Notepad



ภาพที่ 1-125 ไอคอน Notepad

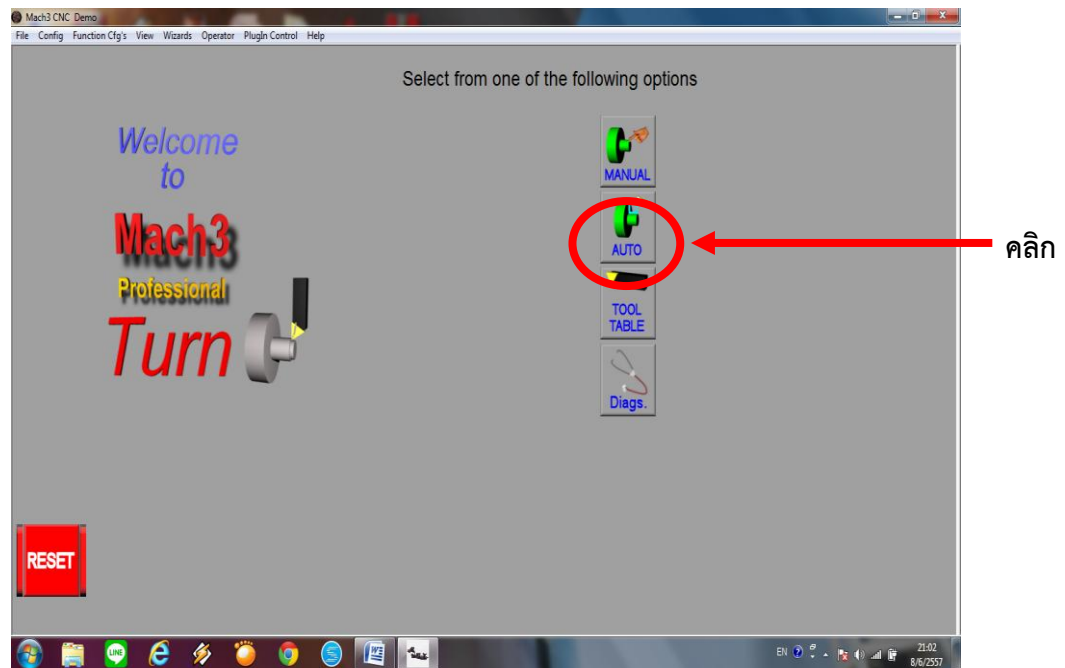
หลังจากที่เข้าสู่ Notepad ก็จะเข้าสู่หน้าต่าง Untitled Notepad ซึ่งผู้เรียนสามารถพิมพ์ Nc code ตามรูปแบบที่เขียนไว้ ซึ่งลักษณะการพิมพ์ก็จะคล้ายกับโปรแกรม Microsoft Word แล้วทำการบันทึก File ไว้ให้เรียบร้อย



ภาพที่ 1-126 แสดง Nc code งานกลึงปาดหน้าที่พิมพ์ด้วย Notepad

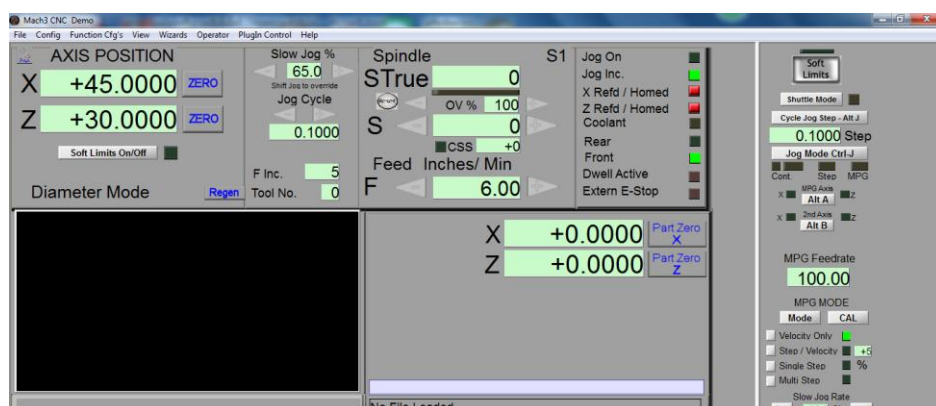
ขั้นตอนที่ 3 เข้าสู่โปรแกรม Mach3 Turn

เข้าสู่โปรแกรม Mach3 Turn โดยคลิกที่ไอคอน Auto ดังภาพ 1-127 เพื่อเข้าสู่การทำงานของโปรแกรม



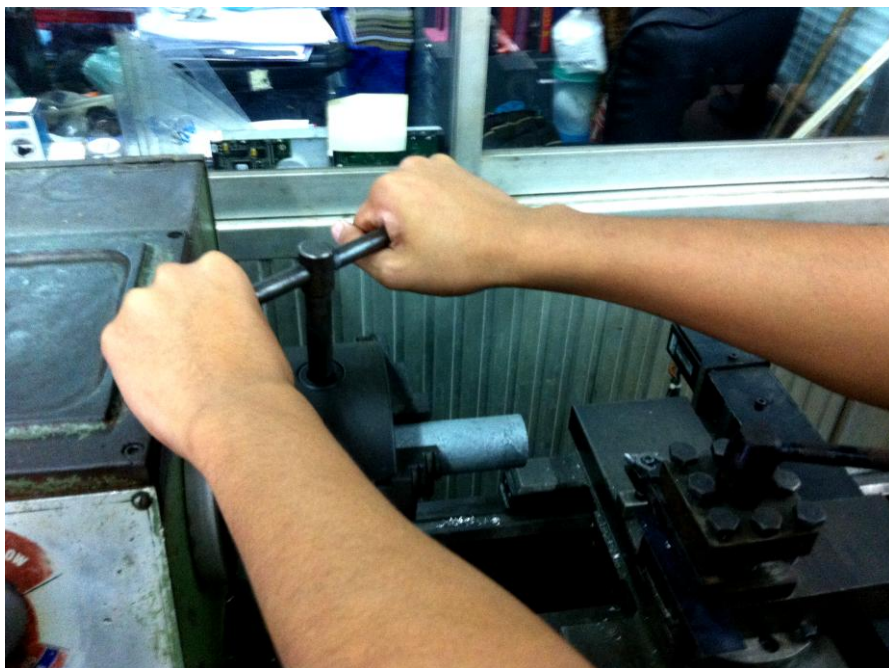
ภาพที่ 1-127 ตำแหน่ง Auto

เข้าสู่โปรแกรม Mach3 Turn ต่อจากนั้นให้กด Tap บนคีย์บอร์ดโปรแกรมจะเปิดหน้าต่างฟังก์ชันควบคุมการเคลื่อนที่ของ Tool ดังภาพ 1-128



ภาพที่ 1-128 เข้าสู่โปรแกรม Mach3 Turn

ขั้นตอนที่ 4 จับยึดชิ้นงานบนเครื่องกลึงให้แน่น ปรับความเร็วรอบที่ Spindle ที่ 600 รอบต่อนาที



ภาพที่ 1-129 จับยึดชิ้นงาน

ขั้นตอนที่ 5 ทำการเปิดเครื่องกลึงโดยการยกแขนโยก เปิด Spindle เครื่องกลึง ดังภาพ 1-130



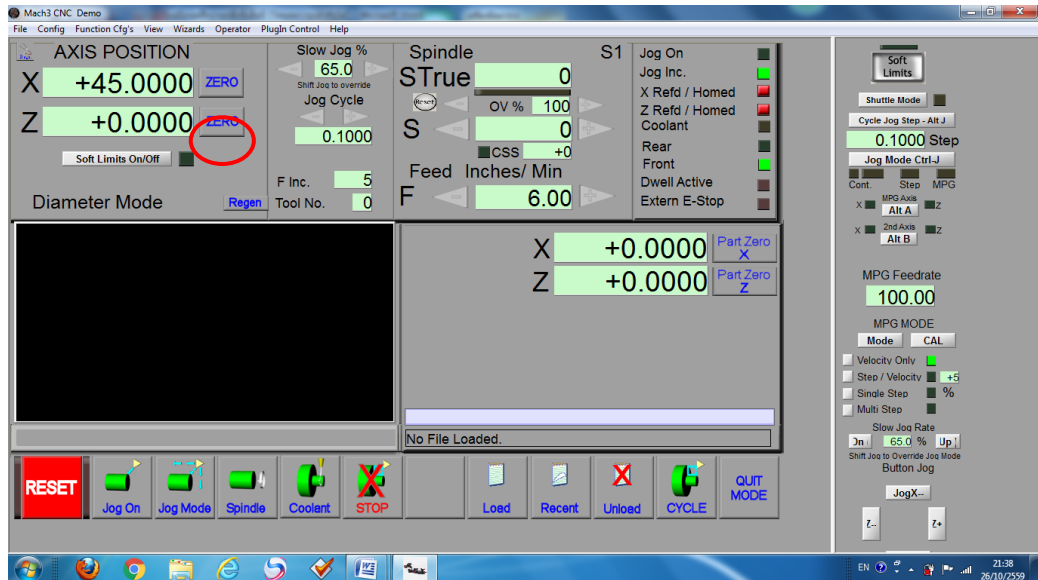
ภาพที่ 1-130 ยกแขนโยกขึ้น เปิด Spindle เครื่องกลึง

ขั้นตอนที่ 6 ควบคุมการเคลื่อนที่แกน X และแกน Z โดยคีย์บอร์ด ทำการกลึงปาดหน้าชิ้นงานจนเรียบใช้ Feed เท่ากับ 5% แล้วให้ทำการ Set ตำแหน่ง Tool แกน Z ขณะทำการกลึงปาดหน้าให้ผู้เรียนใส่แว่นตากันเศษโลหะ



ภาพที่ 1-131 กลึงปาดหน้าชิ้นงาน

ทำการ Set ตำแหน่ง Tool แกน Z โดยกดปุ่ม Zero ดังภาพ 1-132



ภาพที่ 1-132 Set ตำแหน่ง Tool แกน Z

ขั้นตอนที่ 7 ควบคุมการเคลื่อนที่แกน X และแกน Z โดยซีบอร์ด ทำการกลึงปาดป้องกันความลึก 0.5 มิลลิเมตร ความยาว 5 มิลลิเมตร ใช้ Feed เท่ากับ 5% ขณะทำการกลึงปาดให้ผู้เรียนใส่แว่นตานิรภัยด้วย



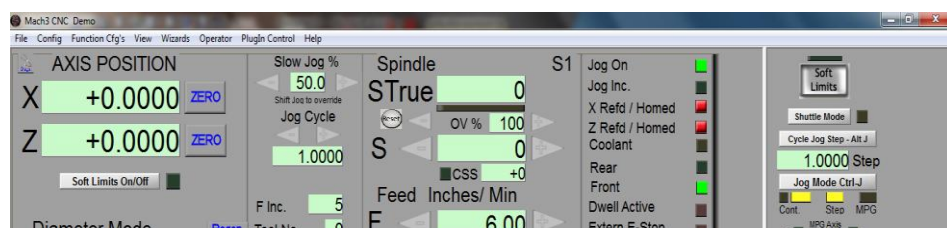
ภาพที่ 1-133 กลึงปอกชิ้นงาน

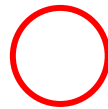
หลังจากกลึงปอกชิ้นงานเสร็จแล้วให้ปิดเครื่องกลึง ทำการวัดขนาดความโตชิ้นงานได้ขนาดเท่าไรให้นำมาป้อนให้ตำแหน่งแกน X โดยกดไปที่ตำแหน่งแกน X แล้วป้อนค่าที่ คีย์บอร์ด เช่น วัดขนาดความโตชิ้นงานหลังกลึงปอกได้ 24.5 มิลลิเมตร ก็ให้ป้อนขนาดที่แกน X เท่ากับ 24.5 แล้วกด Enter ดังภาพ 1-134



ภาพที่ 1-134 Set ตำแหน่ง Tool แกน X

ขั้นตอนที่ 8 ทำการโหลดคำสั่ง Nc Code ที่ได้ทำการพิมพ์ไว้ด้วยโปรแกรม Notepad เรียบร้อยแล้ว โดยผู้เรียนเข้าไปคลิกที่ปุ่ม Load ดังภาพ 1-135





ภาพที่ 1-135 ตำแหน่งของปุ่ม Load

หลังจากโหลดคำสั่ง Nc Code ให้โปรแกรมแล้ว โปรแกรมจะแสดง คำสั่ง Nc Code พร้อมทำการกลิ้งปาดหน้า



ภาพที่ 1-136 โปรแกรมแสดงคำสั่ง Nc Code

ขั้นตอนที่ 9 ควบคุมการเคลื่อนที่แกน X และแกน Z โดยคีย์บอร์ด ถอย Tool มาที่ X 30 Z 20 ทำการเปิดเครื่องกลึงโดยการยกแขนโยก เปิด Spindle เครื่องกลึง ดังภาพ 1-137



ภาพที่ 1-137 การยกแขนโยกขึ้น เปิด Spindle เครื่องกลึง

ขั้นตอนที่ 10 เมื่อเปิด Spindle เครื่องกลึงแล้วให้กดปุ่ม Cycle Start ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีก็จะทำการกลึงไปตาม Nc code เมื่อต้องการหยุดชั่วคราวให้กดที่ปุ่ม STOP เมื่อกดปุ่ม Cycle Start ก็จะมีกลึงต่อ



ภาพที่ 1-138 ตำแหน่งปุ่ม Cycle Start

เมื่อกลึงไปตาม Nc code ให้ผู้ปฏิบัติงานกดแขนโยกลงปิด Spindle เครื่องกลึง จากนั้นกด Z+ เพื่อถอย tool เคลื่อนที่หลบชิ้นงานเพื่อนำชิ้นงานออกจากชุดฝึก และเมื่อเลิกใช้งาน

ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี ให้นักเรียนทำความสะอาด เช็ด ซิลิโคนน้ำมันชิ้นส่วนชุดฝึกให้เรียบร้อยทุกครั้ง

แบบฝึกหัด

ตอนที่ 1. จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. หลักการทำงานของเครื่องจักร CNC คือ

ก. ใช้เครื่องจักรควบคุมคอมพิวเตอร์ด้วยข้อมูล NC

ข. ใช้ระบบควบคุมของเครื่องจักร CNC ทำหน้าที่ควบคุมเครื่องจักรโดยอัตโนมัติ

ค. ป้อนข้อมูล CNC ให้เครื่องจักร NC ทำงาน

ง. ป้อนข้อมูล NC ให้ระบบควบคุมของเครื่องจักร CNC ระบบควบคุมอ่านรหัส NC แล้วเปลี่ยนรหัส NC เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าไปควบคุมให้มอเตอร์ป้อนความเร็วและระยะทางการเคลื่อนที่แทน



ภาพที่ 1-1 ส่วนประกอบเครื่องกลึง CNC

2. จากภาพ 1-1 เครื่องกลึง CNC ส่วนประกอบหมายเลข 1 คือส่วนประกอบใด

ก. ชุดควบคุม

ข. ชุดลำเลียงเศษโลหะ

ค. ชุดจับยึดเครื่องมือตัด

ง. ชุดยื่นศูนย์

3. จากรูป เครื่องกลึง CNC ส่วนประกอบหมายเลข 3 คือส่วนประกอบใด

ก. ชุดควบคุม

ข. ชุดลำเลียงเศษโลหะ

ค. ชุดจับยึดเครื่องมือตัด

ง. ชุดยื่นศูนย์

4. ข้อใดไม่จัดอยู่ในประเภทของเครื่องกลึง CNC
 - ก. เครื่องกลึง CNC แบบ Flat Bed
 - ข. เครื่องกลึง CNC แบบ Slant Bed
 - ค. เครื่องกลึง CNC แบบ Horizontal Bed
 - ง. เครื่องกลึง CNC แบบ Horizontal Spindle
5. ข้อใดกล่าวถึงระบบควบคุมเครื่องจักร CNC ได้ถูกต้องที่สุด
 - ก. ระบบควบคุม CNC ส่วนใหญ่จะควบคุมโดยผู้ควบคุมเครื่องจักรเท่านั้น
 - ข. ระบบควบคุม CNC ส่วนใหญ่จะติดตั้งระบบสั่งงานเพื่อใช้ในการควบคุม
 - ค. ระบบควบคุม CNC ส่วนใหญ่จะควบคุมด้วยระบบควบคุมการโปรแกรมจากภายนอกโดยการต่อเข้ากับโปรแกรมคอมพิวเตอร์
 - ง. ระบบควบคุม CNC ส่วนใหญ่จะถูกควบคุมจากโปรแกรมสำเร็จรูปเท่านั้น
6. ข้อใดไม่ใช่ส่วนประกอบของชุดควบคุมเครื่อง CNC
 - ก. ชุดควบคุมการส่งข้อมูลเข้าออก
 - ข. ชุดควบคุมการส่งสัญญาณสู่เครื่องจักร
 - ค. ชุดคอมพิวเตอร์
 - ง. ชุดหม้อแปลง แปลงสัญญาณ
7. ข้อใดคือวิธีจัดเก็บข้อมูล NC
 - ก. เก็บไว้ในชุดควบคุมของเครื่องจักร CNC
 - ข. เก็บไว้ในชุดคอมพิวเตอร์ที่จัดทำข้อมูล NC
 - ค. จัดเก็บไว้ใน Flash drive
 - ง. ถูกทุกข้อ
8. ข้อใดไม่ใช่ส่วนประกอบของโครงสร้างโปรแกรม NC
 - ก. Block
 - ข. Word
 - ค. Address
 - ง. Structure
9. ความหมายของ G28 คือ
 - ก. การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงอย่างรวดเร็ว

- ข. การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงโดยมีอัตราป้อน
- ค. การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งทิศทางตามเข็มนาฬิกา
- ง. การเคลื่อนที่ไปยังจุดอ้างอิง (Reference)
10. ความหมายของ G33 คือ
- ก. การเจาะรู
- ข. การกลึงเกลียว
- ค. การคว้านรู
- ง. การกลึงโค้ง
11. ความหมายของ M03 คือ
- ก. เปิด Spindle ตามเข็มนาฬิกา
- ข. เปิด Spindle ทวนเข็มนาฬิกา
- ค. ปิด Spindle
- ง. จบโปรแกรมการทำงานแล้วกลับไปยังจุดเริ่มต้นของโปรแกรม
12. . ความหมายของ M05 คือ
- ก. เปิด Spindle ตามเข็มนาฬิกา
- ข. เปิด Spindle ทวนเข็มนาฬิกา
- ค. ปิด Spindle
- ง. จบโปรแกรมการทำงานแล้วกลับไปยังจุดเริ่มต้นของโปรแกรม
13. ข้อใดไม่ใช่ส่วนประกอบพื้นฐานของโครงสร้างโปรแกรม NC
- ก. ส่วนหัวโปรแกรม เช่น % หรือตัวอักษร O
- ข. ตัวของโปรแกรม ประกอบด้วยคำสั่ง G-Code หรือ M-Code
- ค. ส่วนท้ายของโปรแกรม เช่น คำสั่ง M30
- ง. ระบบมาตรฐานของโครงสร้างโปรแกรม เช่น ISO, DIN, JIS
14. การกลึงปอกควรใช้คำสั่งใด
- ก. G00, G01
- ข. G01, G02

ค. G02, G03

ง. G33, M30

15. การกลึงโค้งควรใช้คำสั่งใด

ก. G00, G01

ข. G01, G02

ค. G02, G03

ง. G33, M30

16. การกลึงเกลียวควรใช้คำสั่งใด

ก. G00, G01

ข. G01, G02

ค. G02, G03

ง. G33, M30

17. การกลึงเซาะร่องควรใช้คำสั่งใด

ก. G00, G01

ข. G01, G02

ค. G02, G03

ง. G33, M30

18. ขั้นตอนการเตรียมเครื่องกลึง CNC RAMA L-120 ที่ถูกต้องคือ

ก. เปิด BREAKER ขึ้นในตำแหน่ง ON

ข. เปิด BREAKER ขึ้นในตำแหน่ง ON แล้วเปิด POWER ON สวิตช์ข้างตู้ไฟ

ค. เปิด BREAKER ขึ้นในตำแหน่ง ON แล้วเปิด POWER ON สวิตช์ข้างตู้ไฟและกดปุ่ม NC ON

ง. เปิด BREAKER ขึ้นในตำแหน่ง ON แล้วเปิด POWER ON สวิตช์ข้างตู้ไฟและกดปุ่ม NC ON

หลังจากนั้นกดปุ่ม EMERGENCY STOP

19. วิธีการ SET ZERO ขึ้นงาน แกน Z คือ

ก. นำ Tool ไปกลึงปาดหน้าชิ้นงานแล้ว SET ZERO แกน Z

ข. นำ Tool ไปกลึงปอกชิ้นงานแล้ว SET ZERO แกน Z

ค. นำ Tool ไปกลึงปาดหน้าชิ้นงานแล้ว SET ZERO แกน X

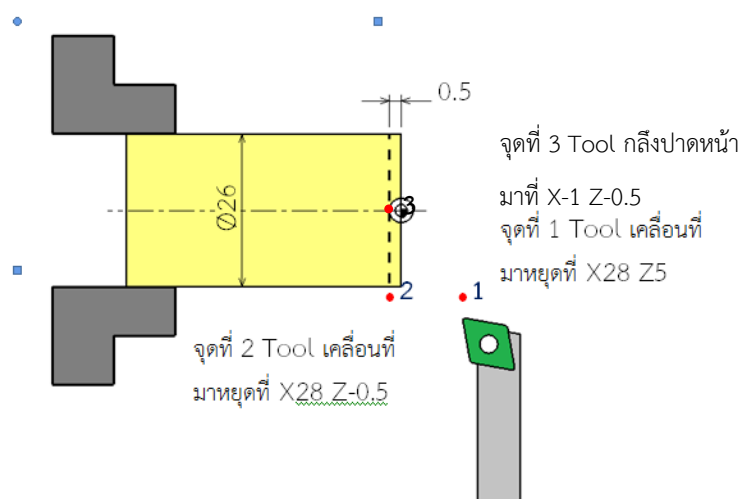
ง. นำ Tool ไปกลึงปอกชิ้นงานแล้ว SET ZERO แกน X

20. วิธีการกลึงขึ้นรูปโดยเครื่องกลึง CNC คือ

ก. สั่งเครื่อง CNC RUN PROGRAM

- ข. ป้อนข้อมูลหรือโหลดข้อมูล NC → RUN PROGRAM
- ค. ใช้โหมด MANUAL แล้วใช้ HANDWILL ขึ้นรูปชิ้นงาน
- ง. ป้อนข้อมูลหรือโหลดข้อมูล NC → SET ZERO ชิ้นงาน → RUN PROGRAM

ตอนที่ 2. จงเติมค่าลงในช่องว่างให้สมบูรณ์



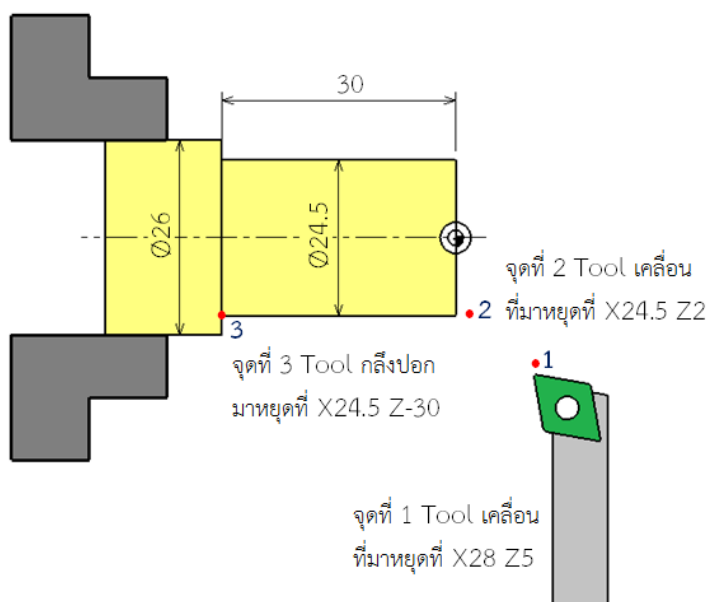
ภาพที่ 1-2

1. จากภาพ 1-2 จงเขียนโปรแกรม NC งานกลึงปาดหน้า โดยเติมค่าลงในช่องว่างให้สมบูรณ์

```

N5 G00 X28 Z5 S600 T1 M03
N10 G00      Z-0.5
N15 ..... X-1      F100
N20 G00 X28 Z5
N25                               M30

```



ภาพที่ 1-3

2. จากภาพ 1-3 จงเขียนโปรแกรม NC งานกลึงปอก โดยเติมคำสั่งในช่องว่างให้สมบูรณ์

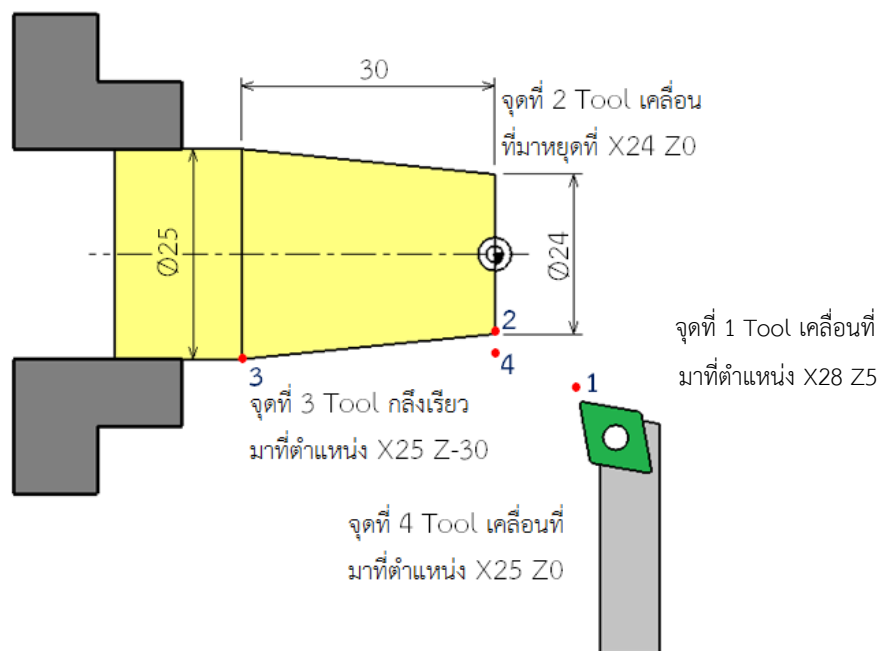
N5 G00 X28 Z5 S600 T1 M03

N10 G01 Z2 F100

N15
.....

N20 G00 X28 Z5

N25 M30



ภาพที่ 1-4

3. จากภาพ 1-4 จงเขียนโปรแกรม NC งานกลึงเรียว โดยเติมคำสั่งในช่องว่างให้สมบูรณ์

N5 G00 X28 Z5 S600 T1 M03

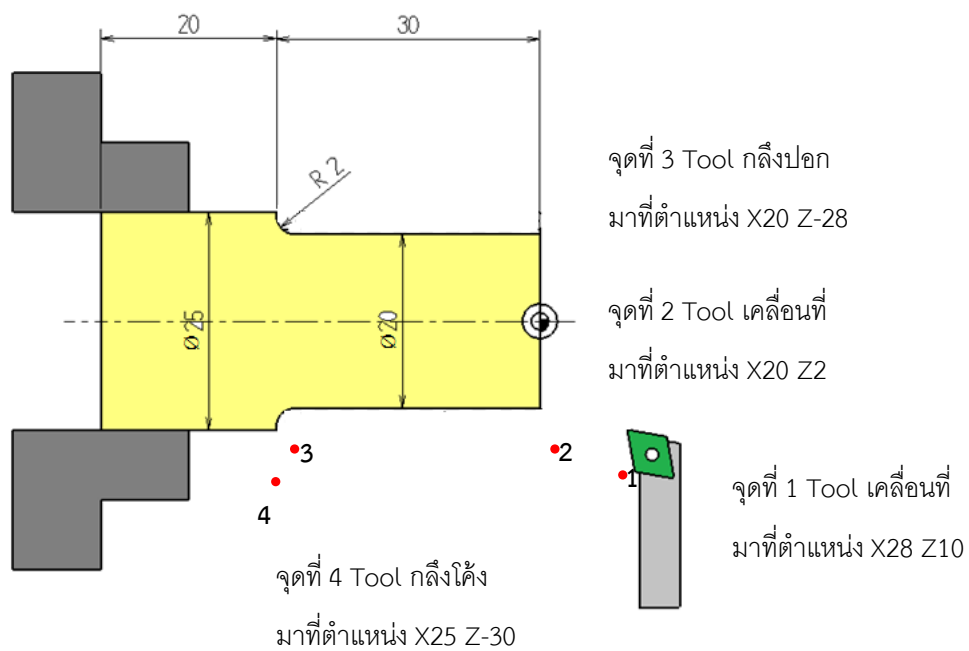
N10 G01 X24 Z0 F100

N15 Z-30

N20 G00 X25 Z0

N25

M30



ภาพที่ 1-5

4. จากภาพ 1-5 จงเขียนโปรแกรม NC งานกลึงโค้ง โดยเติมคำสั่งในช่องว่างให้สมบูรณ์

N5 G00 X28 Z10 S600 T1 M03

N10 G01 X20 Z2 F100

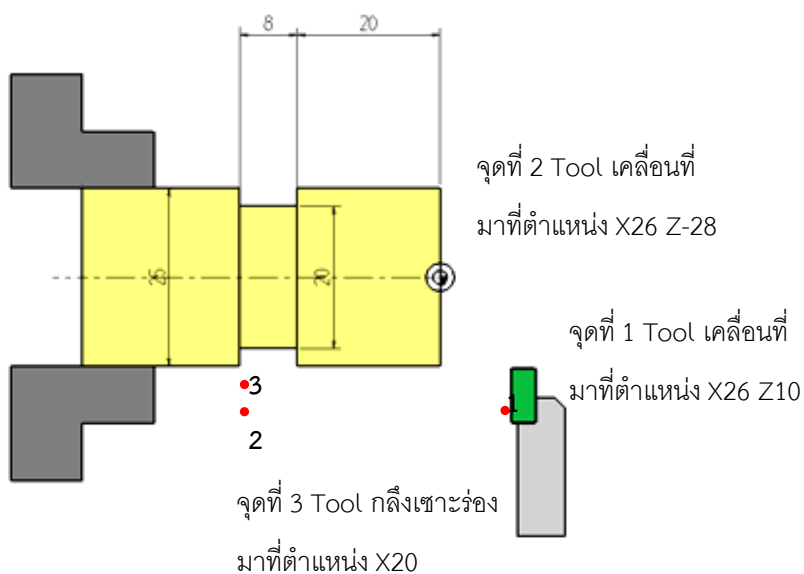
N15 Z-28

N20 X25 Z-30

N25 G00 X28 Z10

N30

M30



ภาพที่ 1-6

5. จากภาพ 1-6 จงเขียนโปรแกรม NC งานกลึงโค้ง โดยเติมคำสั่งในช่องว่างให้สมบูรณ์

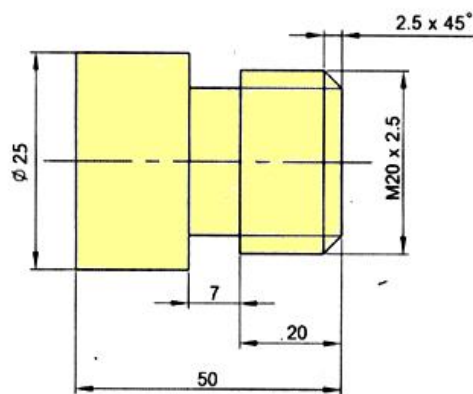
```

N5 G00 X26 Z10 S600 T1 M03
N10 G01 ..... F100
N15 ..... F1
N20 G00 X26
N25 ..... Z10
N30 ..... M30
    
```



ภาพที่ 1-7

6. วิธีการใช้ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีกลึงเกลียวขึ้นงาน โดยใช้ Wizards ของโปรแกรม Mach3 Turn หลังจากคลิกปุ่ม Wizards แล้ว ให้คลิกที่ปุ่ม.....
จากภาพที่ 1-7 และ 1-8 จงใช้ตอบคำถามข้อ 7. และข้อ 8.



ภาพที่ 1-8



ภาพที่ 1-9

7. จากแบบงานภาพที่ 1-7 วิธีใช้ Wizards ของโปรแกรม Mach3 Turn สร้างข้อมูล NC การกลึงเกลียว ควรใส่ค่า Pitch เท่ากับ.....

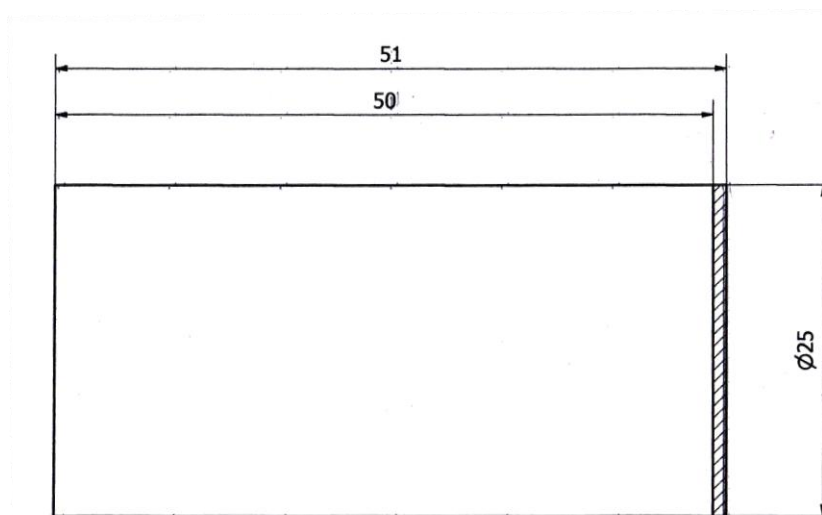
ใบงานที่ 1

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. กลึงขึ้นรูปชิ้นงานโดยเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้

คำสั่ง

ให้นักเรียนกลึงปาดหน้าชิ้นงานตามแบบงาน โดยกำหนดให้กินปาดหน้าชิ้นงาน 1 มม. จาก 51 มม. ให้เหลือ 50 มม. ด้วยการกินลึกครั้งละ 0.25 มม. โดยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี



เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี
2. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
3. แวนตานิรภัย
4. ชิ้นงาน อลูมิเนียมหล่อ $\varnothing 25 \times 51$

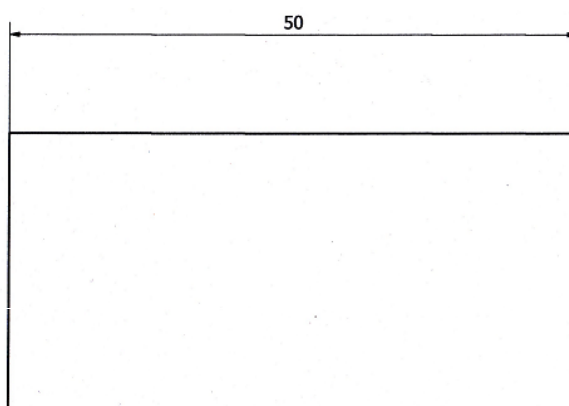
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. เปิดชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีพร้อมจับยึดชิ้นงาน
2. เขียนโปรแกรมเอ็นซีกลึงปาดหน้าโดย Notepad
3. เปิดโปรแกรม Mach 3 Turn
4. Set Zero แกน Z และ Set ขนาดแกน X
5. โหลดโปรแกรมเอ็นซีกลึงปาดหน้าสู่ Mach 3 Turn
6. กลึงปาดหน้าชิ้นงานด้วยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

ใบประเมินผลการปฏิบัติงานกลึงปาดหน้าโดยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

ชื่อนักเรียน..... ระดับชั้น.....

กลุ่ม..... เลขที่..... วันเดือน/ปี.....



ลำดับที่	จุดพิจารณาให้คะแนน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	ขนาดความยาวขนาด 50 มม.	10	
รวม		10	

ระดับคะแนนได้ทั้งสิ้น

10

คะแนน

เกณฑ์การพิจารณาให้คะแนน

10	คะแนน	ค่าวัดขนาดถูกต้องหรือมีความผิดพลาด	± 0.02 มม.
9	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.04 มม.
8	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.06 มม.
7	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.08 มม.
6	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.10 มม.
5	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.12 มม.
4	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.14 มม.
3	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.16 มม.
2	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.18 มม.
1	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.20 มม.
0	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	= หรือ $> \pm 0.22$ มม.

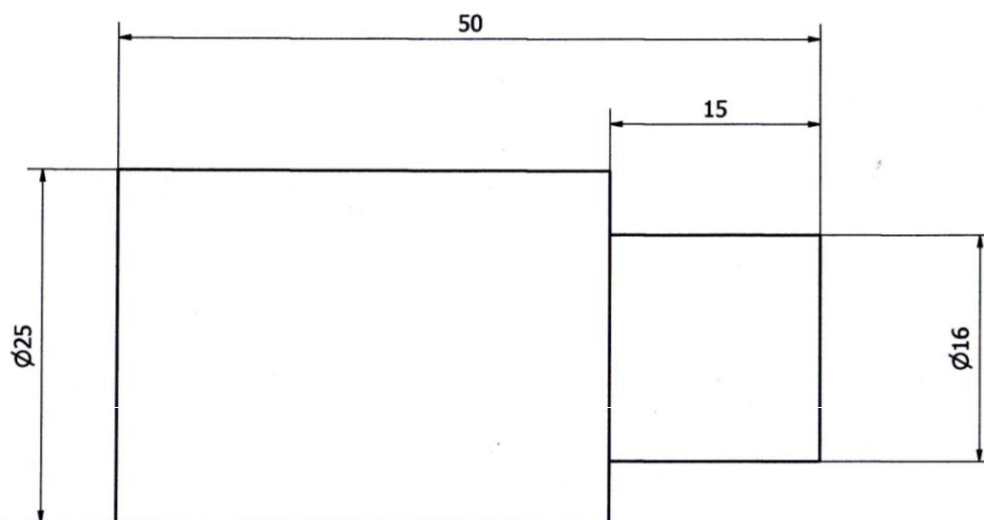
ใบงานที่ 2

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. กลึงขึ้นรูปชิ้นงานโดยเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้

คำสั่ง

ให้นักเรียนนำชิ้นงานที่กลึงปาดหน้าจากใบงานที่ 1. มาทำการกลึงปอกตามแบบงาน โดยกำหนดให้กินลึกครั้งละ 0.5 มม. โดยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี



เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี
2. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
3. แวนตานิรภัย
4. ชิ้นงาน อลูมิเนียมหล่อ $\phi 25 \times 50$ จากการปฏิบัติใบงานที่ 1.

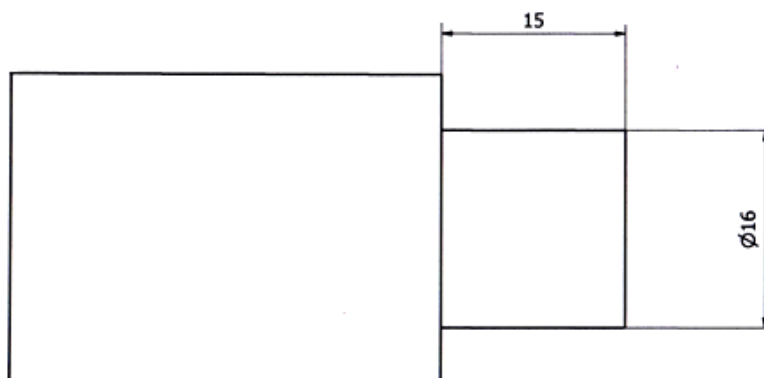
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. เปิดชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีพร้อมจับยึดชิ้นงาน
2. เขียนโปรแกรมเอ็นซีกลึงปอกโดย Notepad
3. เปิดโปรแกรม Mach 3 Turn
4. Set Zero แกน Z และ Set ขนาดแกน X
5. โหลดโปรแกรมเอ็นซีกลึงปอกสู่ Mach 3 Turn
6. กลึงปอกชิ้นงานด้วยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

ใบประเมินผลการปฏิบัติงานกลึงปอกโดยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

ชื่อนักเรียน.....ระดับชั้น.....

กลุ่ม.....เลขที่.....วันเดือน/ปี.....



ลำดับที่	จุดพิจารณาให้คะแนน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	ขนาดความโตขนาด 16 มม.	10	
2	ขนาดความยาว 15 มม.	10	
รวม		20	

ระดับคะแนนที่ได้ทั้งสิ้น $(10+10)/2 = 10$ คะแนน

เกณฑ์การพิจารณาให้คะแนน

10	คะแนน	ค่าวัดขนาดถูกต้องหรือมีความผิดพลาด	± 0.02 มม.
9	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.04 มม.
8	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.06 มม.
7	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.08 มม.
6	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.10 มม.
5	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.12 มม.
4	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.14 มม.
3	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.16 มม.
2	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.18 มม.

- | | | | |
|---|-------|-------------------------|-------------------------|
| 1 | คะแนน | ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด | ± 0.20 มม. |
| 0 | คะแนน | ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด | = หรือ $> \pm 0.22$ มม. |

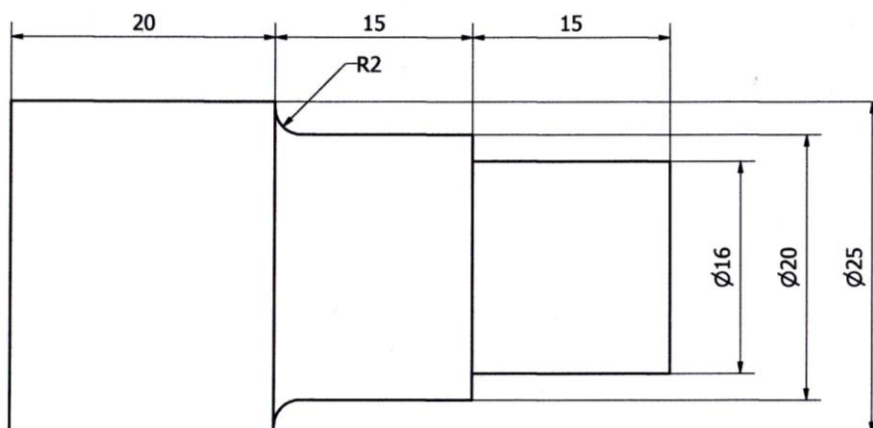
ใบงานที่ 3

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. กลึงขึ้นรูปชิ้นงานโดยเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้

คำสั่ง

ให้นักเรียนนำชิ้นงานที่กลึงออกจากใบงานที่ 2. มาทำการกลึงโค้งตามแบบงาน โดยกำหนดให้กินลึกครั้งละ 0.5 มม. ด้วยชุดฝักงานกลึงมินิซีเอ็นซี



เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดฝักงานกลึงมินิซีเอ็นซี
2. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
3. แวนตานิรภัย
4. ชิ้นงาน อลูมิเนียมหล่อ $\varnothing 25 \times 50$ จากการปฏิบัติใบงานที่ 2.

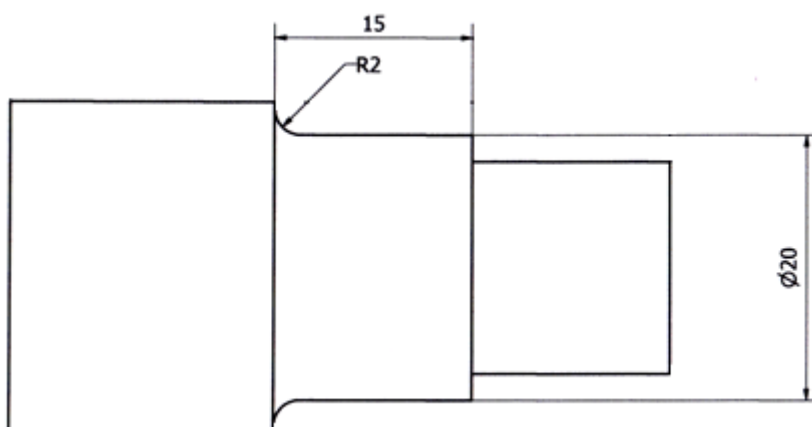
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. เปิดชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีพร้อมจับยึดชิ้นงาน
2. เขียนโปรแกรมเอ็นซีกลึงโค้งโดย Notepad
3. เปิดโปรแกรม Mach 3 Turn
4. Set Zero แกน Z และ Set ขนาดแกน X
5. โหลดโปรแกรมเอ็นซีกลึงโค้งสู่ Mach 3 Turn
6. กลึงโค้งชิ้นงานด้วยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

ใบประเมินผลการปฏิบัติงานกลึงโค้งโดยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

ชื่อนักเรียน.....ระดับชั้น.....

กลุ่ม.....เลขที่.....วันเดือน/ปี.....



ลำดับที่	จุดพิจารณาให้คะแนน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	ขนาดรัศมี 2 มม.	10	
2	ขนาดความโตขนาด 20 มม.	10	
3	ขนาดความยาว 15 มม.	10	
รวม		30	

ระดับคะแนนที่ได้ทั้งสิ้น $(10+10+10)/3 = 10$ คะแนน

เกณฑ์การพิจารณาให้คะแนน

10	คะแนน	ค่าวัดขนาดถูกต้องหรือมีความผิดพลาด	± 0.02 มม.
9	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.04 มม.
8	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.06 มม.
7	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.08 มม.
6	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.10 มม.
5	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.12 มม.
4	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.14 มม.
3	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.16 มม.
2	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.18 มม.
1	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.20 มม.
0	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	= หรือ $> \pm 0.22$ มม.

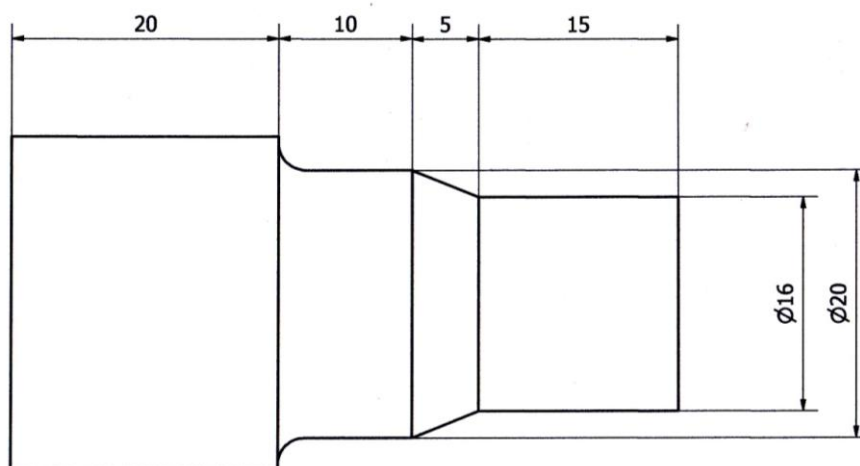
ใบงานที่ 4

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. กลึงขึ้นรูปชิ้นงานโดยเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้

คำสั่ง

ให้นักเรียนนำชิ้นงานที่กลึงโค้งจากใบงานที่ 3. มาทำการกลึงเรียบตามแบบงาน โดยกำหนดให้กินลึกครั้งละ 0.5 มม. โดยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี



เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี
2. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
3. แวนตานิรภัย
4. ชิ้นงาน อลูมิเนียมหล่อ $\varnothing 25 \times 50$ จากการปฏิบัติใบงานที่ 3.

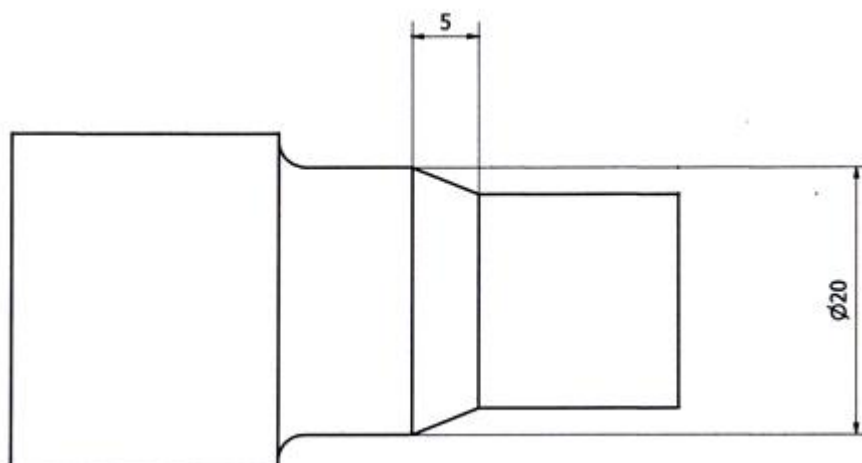
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. เปิดชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีพร้อมจับยึดชิ้นงาน
2. เขียนโปรแกรมเอ็นซีกลึงเรียวโดย Notepad
3. เปิดโปรแกรม Mach 3 Turn
4. Set Zero แกน Z และ Set ขนาดแกน X
5. โหลดโปรแกรมเอ็นซีกลึงเรียวสู่ Mach 3 Turn
6. กลึงเรียวชิ้นงานด้วยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

ใบประเมินผลการปฏิบัติงานกลึงโค้งโดยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

ชื่อนักเรียน.....ระดับชั้น.....

กลุ่ม.....เลขที่.....วันเดือน/ปี.....



ลำดับที่	จุดพิจารณาให้คะแนน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	ขนาดความโตขนาด 20 มม.	10	
2	ขนาดความยาว 5 มม.	10	
รวม		20	

ระดับคะแนนทั้งสิ้น $(10+10)/2 = 10$ คะแนน

เกณฑ์การพิจารณาให้คะแนน

10	คะแนน	ค่าวัดขนาดถูกต้องหรือมีความผิดพลาด	± 0.02 มม.
9	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.04 มม.
8	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.06 มม.
7	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.08 มม.
6	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.10 มม.
5	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.12 มม.
4	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.14 มม.
3	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.16 มม.
2	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.18 มม.
1	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.20 มม.
0	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	= หรือ $> \pm 0.22$ มม.

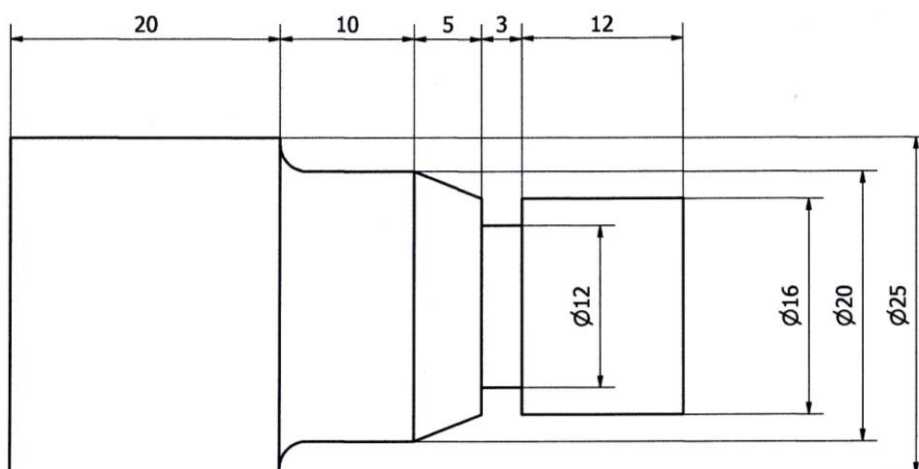
ใบงานที่ 5

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. กลึงขึ้นรูปชิ้นงานโดยเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้

คำสั่ง

ให้นักเรียนนำชิ้นงานที่กลึงได้จากใบงานที่ 4. มาทำการกลึงเซาะร่องตามแบบงาน โดยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี



เครื่องมือและอุปกรณ์

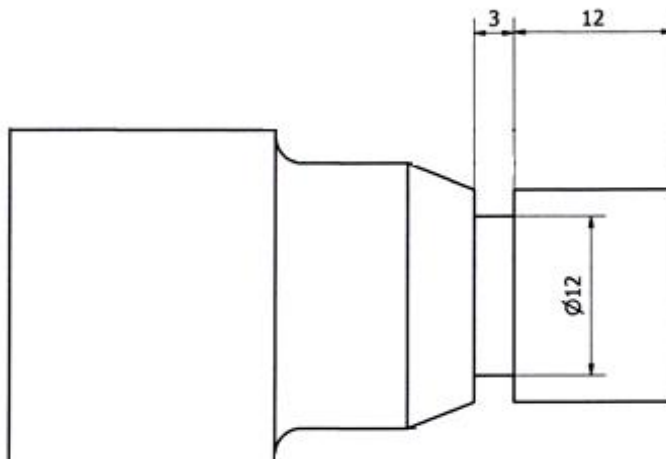
1. ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี
2. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
3. แวนตานิรภัย
4. ชิ้นงาน อลูมิเนียมหล่อ $\phi 25 \times 50$ จากการปฏิบัติใบงานที่ 4.

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. เปิดชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีพร้อมจับยึดชิ้นงาน
2. เขียนโปรแกรมเอ็นซีกลึงเจาะร่องโดย Notepad
3. เปิดโปรแกรม Mach 3 Turn
4. Set Zero แกน Z และ Set ขนาดแกน X
5. โหลดโปรแกรมเอ็นซีกลึงเจาะร่องสู่ Mach 3 Turn
6. กลึงเจาะร่องชิ้นงานด้วยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

ใบประเมินผลการปฏิบัติงานกลึงเจาะร่องโดยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

ชื่อนักเรียน.....ระดับชั้น.....
 กลุ่ม.....เลขที่.....วันเดือน/ปี.....



ลำดับที่	จุดพิจารณาให้คะแนน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	ขนาดความโตขนาด 12 มม.	10	
2	ขนาดความยาว 12 มม.	10	
3	ขนาดความกว้างของร่อง 3 มม.	10	
รวม		30	

ระดับคะแนนทั้งสิ้น $(10+10+10)/3 = 10$ คะแนน

เกณฑ์การพิจารณาให้คะแนน

10	คะแนน	ค่าวัดขนาดถูกต้องหรือมีความผิดพลาด	± 0.02 มม.
9	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.04 มม.
8	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.06 มม.
7	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.08 มม.
6	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.10 มม.
5	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.12 มม.
4	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.14 มม.

3	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.16 มม.
2	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.18 มม.
1	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.20 มม.
0	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	= หรือ $> \pm 0.22$ มม.

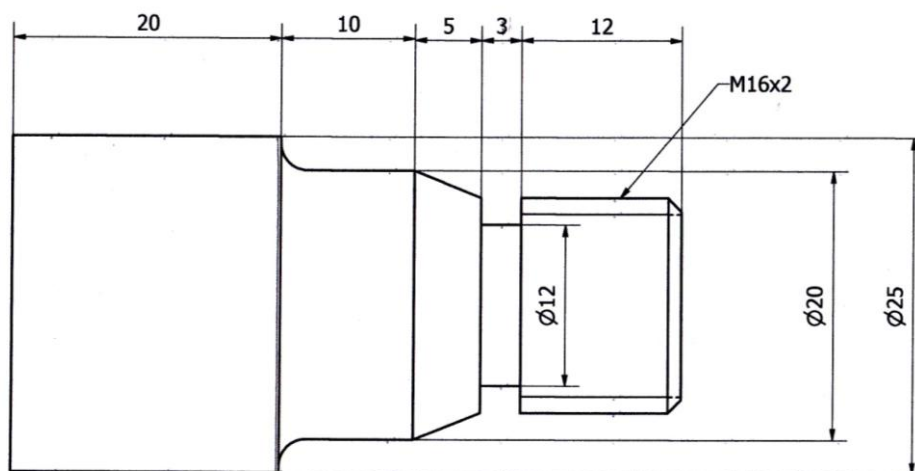
ใบงานที่ 6

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. กลึงขึ้นรูปชิ้นงานโดยเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้

คำสั่ง

ให้นักเรียนนำชิ้นงานที่กลึงเสร็จจากใบงานที่ 5. มาทำการกลึงเกลียว M16x2 ตามแบบงานด้วย Wizards ของโปรแกรม Mach3 Turn โดยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี



เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี
2. เวอร์เนียคาลิปเปอร์
3. แวนตานิรภัย

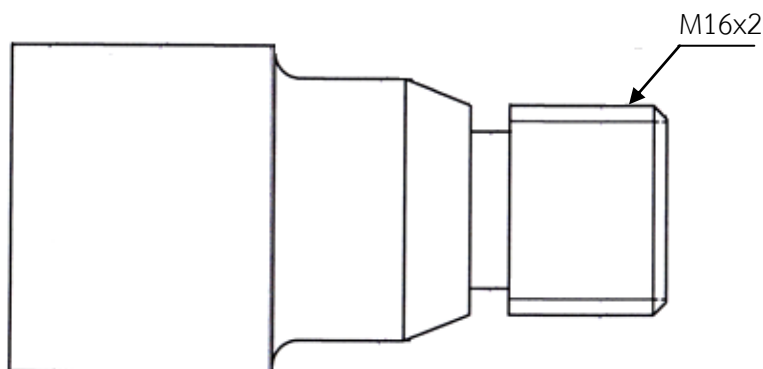
4. ชิ้นงาน อลูมิเนียมหล่อ $\varnothing 25 \times 50$ จากการปฏิบัติใบงานที่ 5.

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. เปิดชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีพร้อมจับยึดชิ้นงาน
2. เปิดโปรแกรม Mach 3 Turn
3. Set Zero แกน Z และ Set ขนาดแกน X
4. สร้างข้อมูลโปรแกรมเอ็นซีกลึงเกลียว ด้วย Wizards ของโปรแกรม Mach3 Turn
5. โหลดข้อมูลโปรแกรมเอ็นซีกลึงเกลียว สู่ Mach 3 Turn
6. กลึงเกลียวชิ้นงานด้วยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

ใบประเมินผลการปฏิบัติงานกลึงเกลียวโดยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

ชื่อนักเรียน.....ระดับชั้น.....
 กลุ่ม.....เลขที่.....วันเดือน/ปี.....



ลำดับที่	จุดพิจารณาให้คะแนน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	ขนาดระยะพิตซ์เกลียว 2 มม.	10	
2	ขนาดความโตเกลียว 16 มม.	10	
รวม		20	

$$\text{ระดับคะแนนทั้งสิ้น} \quad (10+10)/2 = 10 \quad \text{คะแนน}$$

เกณฑ์การพิจารณาให้คะแนน

10	คะแนน	ค่าวัดขนาดถูกต้องหรือมีความผิดพลาด	± 0.02 มม.
9	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.04 มม.
8	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.06 มม.
7	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.08 มม.
6	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.10 มม.
5	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.12 มม.
4	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.14 มม.
3	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.16 มม.
2	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.18 มม.
1	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.20 มม.
0	คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	= หรือ $> \pm 0.22$ มม.

ข้อสอบวิชาผลิตชิ้นส่วนด้วยเครื่องมือกลซีเอ็นซี

หน่วยที่ 6 การขึ้นรูปชิ้นส่วนด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซี

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยกาเครื่องหมาย (X) ลงในกระดาษคำตอบ

1. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับหลักการทำงานของเครื่องจักรซีเอ็นซี
 - ก. ใช้ช่างที่มีความชำนาญในการควบคุมเครื่องจักร
 - ข. ใช้ช่างควบคุมและคอมพิวเตอร์ตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นงาน
 - ค. ใช้คอมพิวเตอร์จัดเก็บข้อมูลชิ้นงานอย่างเดียวนั่น
 - ง. ใช้คอมพิวเตอร์ในการควบคุมเครื่องจักรแทนการใช้ช่างควบคุม

จากรูปชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี จงใช้ตอบคำถามข้อ 2 - 3



2. จากรูปชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี ส่วนประกอบหมายเลข 1 คือ
 - ก. ฐานเครื่อง (Base)
 - ข. หัวจับชิ้นงาน (Chuck)
 - ค. ป้อมมีด (Tool Post)
 - ง. ยันศูนย์ท้ายแทน (Tail Stock)
3. จากรูปชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี ส่วนประกอบหมายเลข 2 คือ
 - ก. ฐานเครื่อง (Base)
 - ข. หัวจับชิ้นงาน (Chuck)
 - ค. ป้อมมีด (Tool Post)
 - ง. ยันศูนย์ท้ายแทน (Tail Stock)

จากรูปชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี จงใช้ตอบคำถามข้อ 4

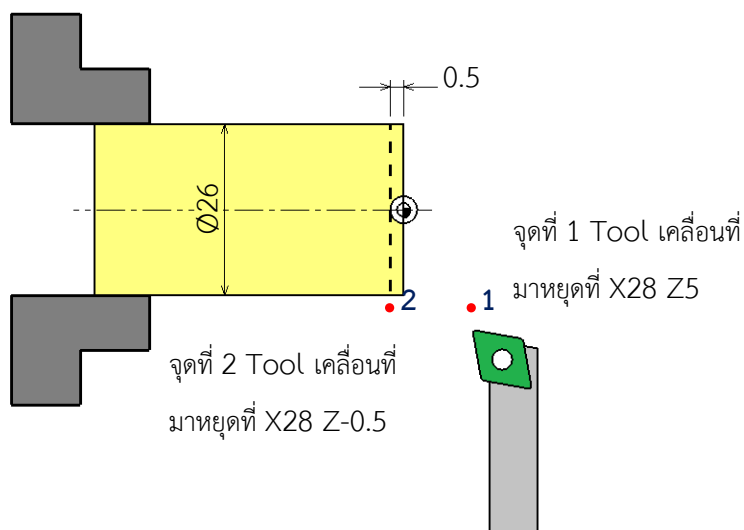


4. จากรูปชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีจัดเป็นเครื่องกลึงซีเอ็นซีประเภทใด
 - ก. เครื่องกลึงซีเอ็นซี แบบ Spindle แนวตั้ง
 - ข. เครื่องกลึงซีเอ็นซี แบบ Spindle แนวนอน
 - ค. เครื่องกลึงซีเอ็นซี แบบ Flat Bed
 - ง. เครื่องกลึงซีเอ็นซี แบบ Rotary
5. ข้อใดคือหลักการควบคุมเครื่องจักร
 - ก. การควบคุมการทำงานของตัวเครื่องจักรทั้งหมด
 - ข. การควบคุมระบบโดยผู้ควบคุมเครื่องจักร
 - ค. การควบคุมความเร็วและการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ
 - ง. การควบคุมความเร็วรอบของชิ้นงานและความเร็วของโต๊ะงาน
6. ในปัจจุบันเครื่องจักรอัตโนมัติ เช่น เครื่องกลึง เครื่องกัด ส่วนใหญ่ใช้ในการควบคุมระบบใด
 - ก. ระบบ NC
 - ข. ระบบ CNC
 - ค. ระบบ CIM
 - ง. ระบบ CAM
7. ข้อใดกล่าวได้ถูกต้องเกี่ยวกับระบบอัตโนมัติแบบปิด (Close Loop Control System)
 - ก. สัญญาณจากภายนอกที่ถูกป้อนเข้าสู่ระบบอัตโนมัติ
 - ข. สัญญาณจากภายนอกที่เข้าสู่ระบบอัตโนมัติโดยไม่ตั้งใจ
 - ค. สัญญาณที่เป็นอุปกรณ์หลักสร้างขึ้นเพื่อชดเชยค่าความผิดพลาด
 - ง. สัญญาณที่มีการประมวลผลผลลัพธ์แล้วส่งกลับไปยังส่วนควบคุมเพื่อแก้ไขข้อผิดพลาด

8. ข้อใดไม่ใช่ส่วนประกอบของชุดควบคุมซีเอ็นซี
- ก. ชุดควบคุมการส่งข้อมูลเข้าออก
 - ข. ชุดควบคุมการทำงานอัตโนมัติ
 - ค. ชุดควบคุมการส่งสัญญาณสู่เครื่องจักร
 - ง. ชุดคอมพิวเตอร์
9. สำหรับชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีมีวิธีจัดเก็บข้อมูลโปรแกรมเอ็นซีอย่างไร
- ก. จัดเก็บไว้ที่ Folder ใดก็ได้หลังจากพิมพ์ข้อมูลโปรแกรมเอ็นซีด้วยโปรแกรม Notepad
 - ข. จัดเก็บไว้ที่ Drive C: หลังจากพิมพ์ข้อมูลโปรแกรมเอ็นซีด้วยโปรแกรม Word
 - ค. จัดเก็บด้วยเทปกระดาษ
 - ง. จัดเก็บไว้ที่ชุดควบคุมระบบปิด
10. **N10 G01 X123 Y67 Z10 F100 M03** จากข้อความดังกล่าว Address ประกอบด้วยอะไร
- ก. N
 - ข. G
 - ค. Y
 - ง. ถูกทุกข้อ
11. คำสั่ง G00 หมายถึงอะไร
- ก. การเคลื่อนที่เครื่องมือตัดในแนวเส้นตรงโดยมีอัตราป้อน
 - ข. การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงของ Tool อย่างรวดเร็ว
 - ค. การเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในแนวเส้นโค้งทิศทางตามเข็มนาฬิกา
 - ง. การเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในแนวเส้นโค้งทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
12. คำสั่ง G01 หมายถึงอะไร
- ก. การเคลื่อนที่เครื่องมือตัดในแนวเส้นตรงโดยมีอัตราป้อน
 - ข. การเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในแนวเส้นเฉียง
 - ค. การเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในแนวเส้นโค้งตามเข็มนาฬิกา
 - ง. การเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในแนวเส้นโค้งทวนเข็มนาฬิกา
13. คำสั่ง G02 หมายถึงอะไร
- ก. การเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในแนวเส้นตรง
 - ข. การเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในแนวเส้นเฉียง
 - ค. การเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในแนวเส้นโค้งตามเข็มนาฬิกา
 - ง. การเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในแนวเส้นโค้งทวนเข็มนาฬิกา

14. คำสั่ง M00 หมายถึงอะไร
- เปิด Spindle หมุนตามเข็มนาฬิกาพร้อมน้ำหล่อเย็น
 - เปิด Spindle หมุนทวนเข็มนาฬิกาพร้อมน้ำหล่อเย็น
 - การหยุดโปรแกรมชั่วคราว
 - จบโปรแกรมการทำงานแล้วกลับไปยังจุดเริ่มต้นของโปรแกรม
15. คำสั่ง M04 หมายถึงอะไร
- การจบการทำงานของโปรแกรม NC
 - เปิด Spindle หมุนทวนเข็มนาฬิกาพร้อมน้ำหล่อเย็น
 - เปิด Spindle หมุนทวนเข็มนาฬิกา
 - จบโปรแกรมการทำงานแล้วกลับไปยังจุดเริ่มต้นของโปรแกรม
16. คำสั่ง M30 หมายถึงอะไร
- การจบการทำงานของโปรแกรม NC
 - เปิด Spindle หมุนทวนเข็มนาฬิกาพร้อมน้ำหล่อเย็น
 - เปิด Spindle หมุนทวนเข็มนาฬิกา
 - จบโปรแกรมการทำงานแล้วกลับไปยังจุดเริ่มต้นของโปรแกรม
17. โครงสร้างของโปรแกรม NC ข้อใดถูกต้อง
- N10 G01 X40 Z30 F0.4
 - N10 G01 F0.4 X40 Z30
 - G01 X40 Z30 F0.4 N10
 - F0.4 G01 X40 Z30 N10

จากรูปต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 18 – 19



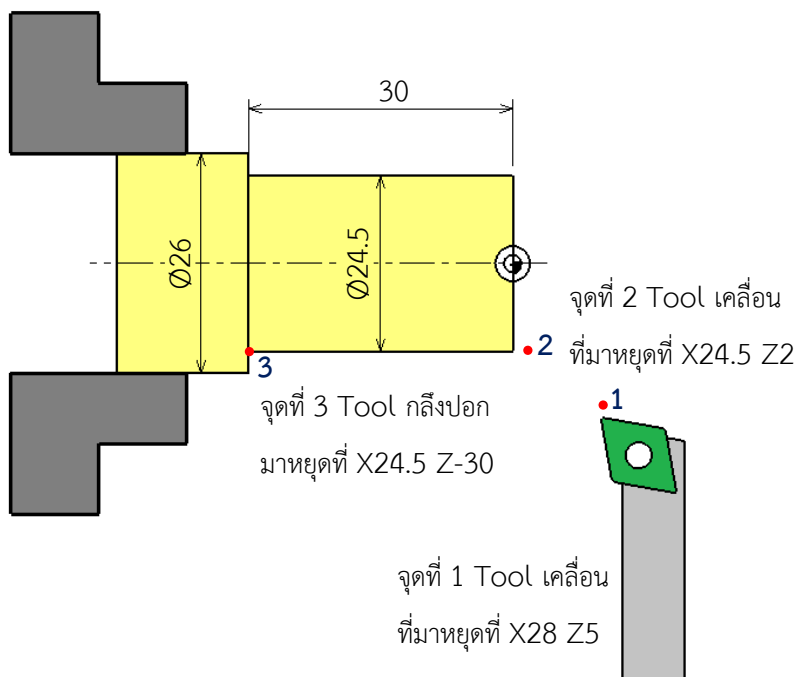
18. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงจากจุดที่ 1-2 โดยใช้คำสั่ง G-Code พื้นฐานซึ่ง Tool เคลื่อนที่เร็วจากจุด 1 มาที่จุด 2 เขียนโปรแกรม NC ที่จุด 2 ได้อย่างไร

- ก. G00 X28 Z5
- ข. G00 X28 Z-5
- ค. G01 X28 Z5 F100
- ง. G01 X25 Z-5 F100

19. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงปาดหน้าโดย Tool เคลื่อนที่เร็วจากจุด X-1 Z-0.5 มาที่ตำแหน่ง X28 Z5 โดยคำสั่ง G-Code พื้นฐานเขียนโปรแกรม NC ได้อย่างไร

- ก. G00 X28 Z5
- ข. G00 X-1 Z0.5 X 28 Z5
- ค. G01 X28 Z5 F1000
- ง. G01 X-1 Z-0.5 X 28 Z5 F5

จากรูปต่อไปนี้นำใช้ตอบคำถามข้อ 20 - 21



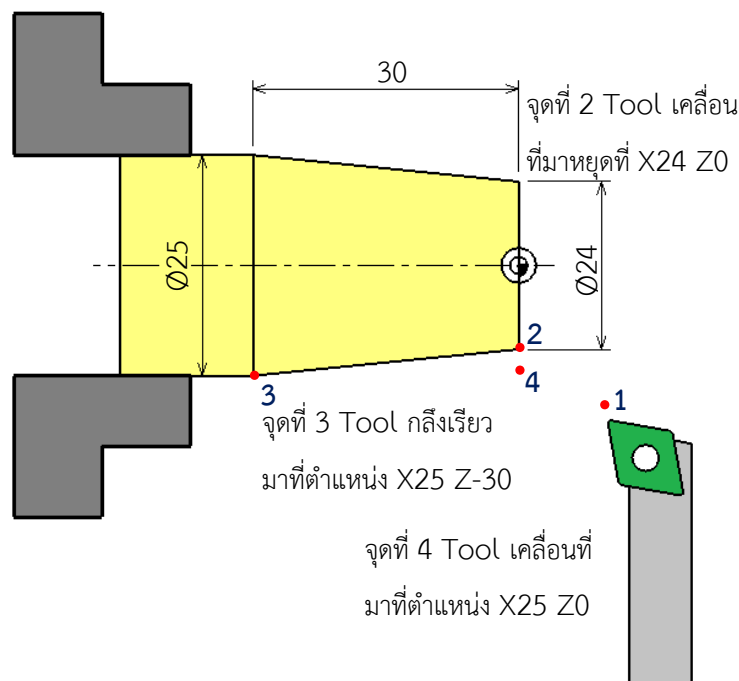
20. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงปอก จากจุดที่ 1-2 โดยใช้คำสั่ง G-Code พื้นฐานซึ่ง Tool เคลื่อนที่เร็วจากจุด 1 มาจุดที่ 2 เขียนโปรแกรม NC จุดที่ 2 ได้อย่างไร

- ก. G00 X30 Z10
- ข. G00 X30 Z10 X24.5 Z2
- ค. G00 X24.5 Z2
- ง. G01 X24.5 Z2 F1000

21. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงปอก จากจุดที่ 2-3 โดยใช้คำสั่ง G-Code พื้นฐานซึ่ง Tool กลึงปอกจากจุดที่ 2 ไปยังตำแหน่งจุดที่ 3 X 24.5 Z-30 Feed Rate 0.2 mm/r เขียนโปรแกรม NC จุดที่ 3 ได้อย่างไร

- ก. G00 X24.5 Z-30
- ข. G01 X24.5 Z-30 F0.2
- ค. G01 X24.5 Z2 X24.5 Z-30 F0.2
- ง. G00 X 24.5 Z2 X24.5 Z-30 F0.2

จากรูปต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 22-23



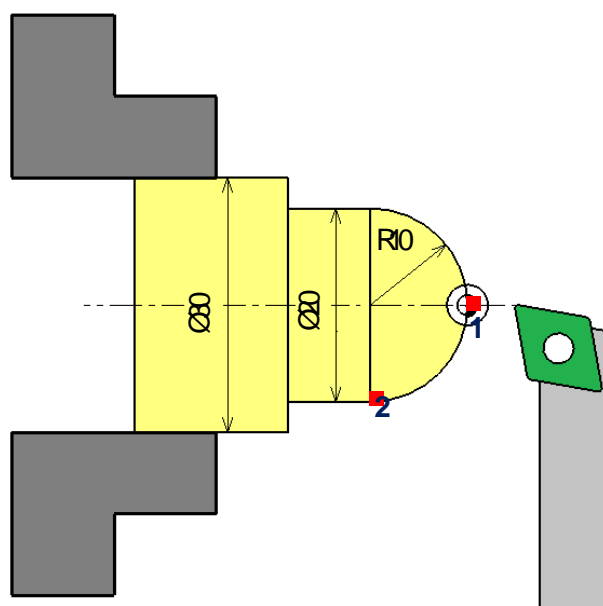
22. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงเรียว จากจุดที่ 1-2 โดยใช้คำสั่ง G Code พื้นฐาน ซึ่ง Tool เคลื่อนที่เร็วไปยังจุด 2 ตำแหน่ง X24 Z0 เขียนโปรแกรม NC ได้อย่างไร

- ก. G00 X24 Z0
- ข. G01 X24 Z0 F100
- ค. G00 X24 Z0 F1000
- ง. G01 X0 Z24 F100

23. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงรีียว จากจุดที่ 2-3 โดยใช้คำสั่ง G Code พื้นฐาน ซึ่ง Tool เคลื่อนที่กลึงรีียวจากจุด 2 ไปยังจุดที่ 3 ตำแหน่ง X25 Z-30 Feed Rate 0.2 mm/r เขียนโปรแกรม NC ได้อย่างไร

- ก. G00 X25 Z-30
 - ข. G01 X25 Z-30 F0.2
 - ค. G01 X24.5 Z0 X25 Z-30 F0.2
 - ง. G00 X24.5 Z0 X25 Z-30 F0.2
24. การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งของ Tool ทิศทางทวนเข็มนาฬิกาคือ
- ก. G00
 - ข. G01
 - ค. G02
 - ง. G03

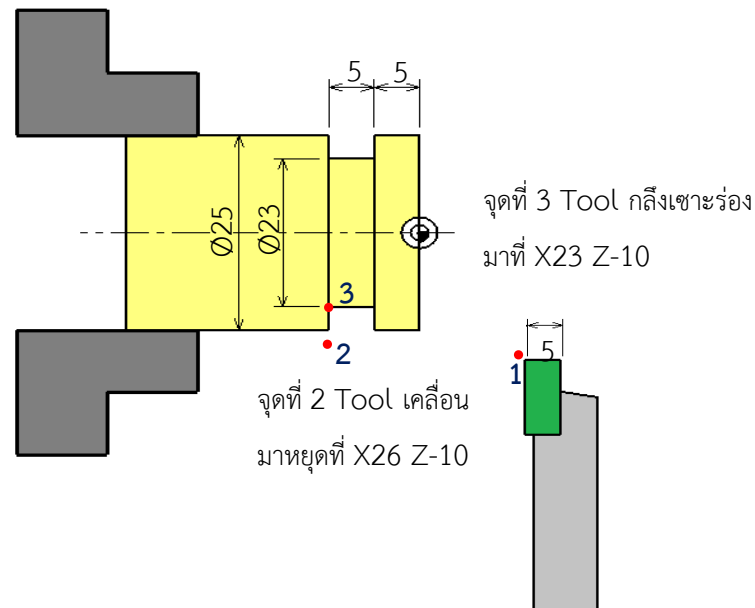
จากรูปต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 25



25. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงโค้ง จากจุดที่ 1-2 โดยใช้คำสั่ง G Code พื้นฐาน ซึ่ง Tool เคลื่อนที่กลึงโค้งจากจุด 1 ไปยังจุดที่ 2 ตำแหน่ง X20 Z-20 ด้วย Feed Rate 0.2 mm/r เขียนโปรแกรม NC ได้อย่างไร

- ก. G00 X25 Z-10 I 0.0 K-10 F 0.2
- ข. G01 X20 Z-10 I 0.0 K-10 F 0.2
- ค. G02 X20 Z-10 I 0.0 K-10 F 0.2
- ง. G03 X20 Z-10 I 0.0 K-10 F 0.2

จากรูปต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 26-27



26. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงเซาะร่องจาก 1-2 โดยใช้คำสั่ง G Code พื้นฐานซึ่ง Tool เคลื่อนที่เร็วจากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2 ตำแหน่ง X26 Z-10 เขียนโปรแกรม NC ได้อย่างไร

- ก. G00 X26 Z-10
- ข. G00 X26 Z-20 F100
- ค. G01 X26 Z-10
- ง. G01 X26 Z-10 F100

27. จากรูปเขียนโปรแกรม NC งานกลึงเซาะร่องจากจุดที่ 2 ไปจุดที่ 3 ตำแหน่ง X23 Z-10 Feed Rate 0.02 mm/r เขียนโปรแกรม NC ได้คือ

- ก. G00 X23 Z-10 F0.02
- ข. G01 X23 Z-10 F0.02
- ค. G02 X23 Z-10 F0.02
- ง. G03 X23 Z-10 F0.02

28. การเขียนโปรแกรม NC งานกลึงเกลียวโดยคำสั่งวัฏจักร คือ

- ก. G81
- ข. G84
- ค. G85
- ง. G86

29. การเขียนโปรแกรม NC งานกลึงเกลียวโดย Tool เคลื่อนที่กลึงเกลียวที่ตำแหน่ง X.9.5 Z-20 ระยะพิตช์ 2.5 มม. โดยใช้คำสั่ง G Code พื้นฐาน คือ
- G33 X9.5 Z-20 F2.5
 - G33 X9.5 Z-20 F2.5
 - G33 X9.5 Z-20 F2.5 P2.5
 - G33 X9.5 Z-20 F2.5 P2.5 Z 2.5
30. เมื่อต้องการเปิดชุดฝึกงานกลึงซีเอ็นซีสามารถเปิดได้ที่ตำแหน่งใด
- สวิตช์ควบคุมเครื่องกลึง
 - สวิตช์ควบคุมชุดควบคุม
 - เปิดชุดคอมพิวเตอร์ควบคุม
 - เปิดทั้ง ก ,ข และ ค
31. การเตรียมชุดคอมพิวเตอร์ควบคุมของชุดฝึกงานกลึงซีเอ็นซีให้เข้าเปิดที่ไอคอนใด
- Notepad
 - Load
 - CNC Control
 - Mach 3 Turn
32. วิธี Set ตำแหน่ง Tool ที่แกน Z ให้เป็น 0 สามารถ Set ได้โดย
- กด 0 ที่ตำแหน่ง X
 - กด 0 ที่ตำแหน่ง Z
 - กด Set 0
 - พิมพ์ Set Origin
33. จากรูปวิธีเรียกข้อมูล NC เพื่อเข้าสู่โปรแกรมชุดควบคุมของชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีให้กดที่ปุ่มใด



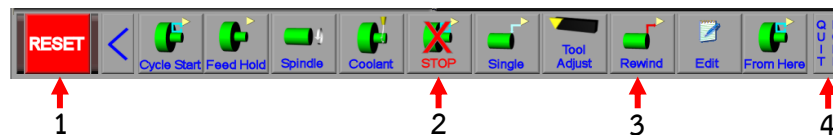
- ปุ่มหมายเลข 1
- ปุ่มหมายเลข 2
- ปุ่มหมายเลข 3
- ปุ่มหมายเลข 4

34. จากรูปเมื่อต้องการให้ชุดฝึกงานกลึงซีเอ็นซีเริ่มกลึงชิ้นงาน หลังจากโหลดข้อมูล NC เรียบร้อยแล้วให้กดที่ปุ่มใด



- ก. ปุ่มหมายเลข 1
- ข. ปุ่มหมายเลข 2
- ค. ปุ่มหมายเลข 3
- ง. ปุ่มหมายเลข 4

35. จากรูปขณะทำการกลึงชิ้นรูปชิ้นงานด้วยชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี แล้วต้องการหยุดการทำงาน ของชุดฝึกงานกลึงซีเอ็นซีชั่วคราวควรกดที่ปุ่มใด

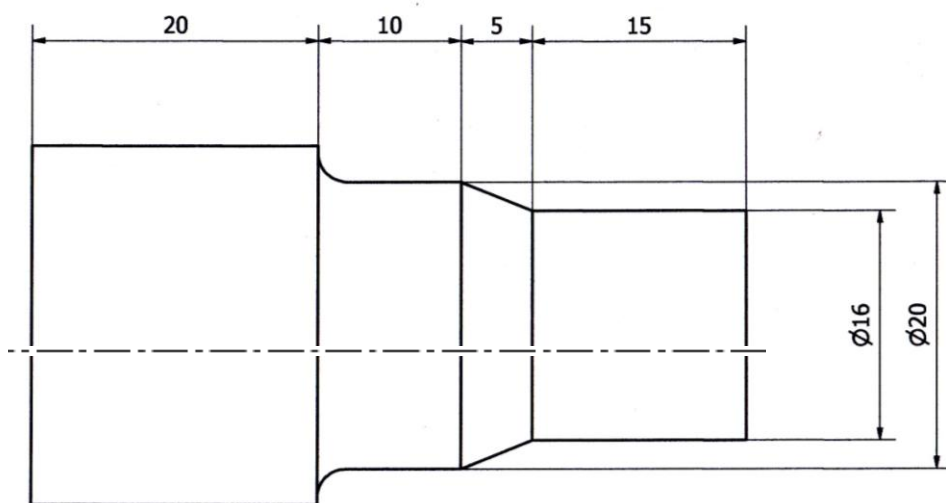


- ก. ปุ่มหมายเลข 1
- ข. ปุ่มหมายเลข 2
- ค. ปุ่มหมายเลข 3
- ง. ปุ่มหมายเลข 4

แบบทดสอบภาคปฏิบัติ

คำสั่ง

ให้นักเรียนกลึงชิ้นรูปอลูมิเนียมหล่อ ขนาด $\varnothing 25 \times 51$ มิลลิเมตร ตามแบบงาน โดยกำหนดให้ การกลึงปาดหน้ากินลึกครึ่งละ 0.3 มม. การกลึงปอกให้กินลึกครึ่งละ 0.5 มม. โดยการใช้ชุดฝักงาน กลึงมินิซีเอ็นซี

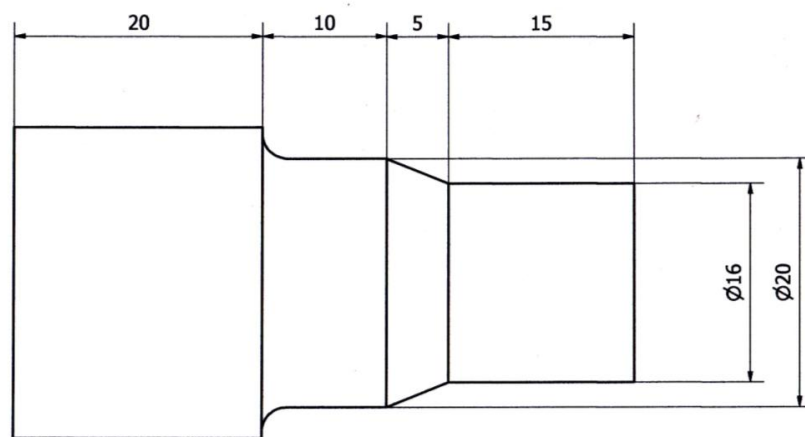


เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดฝักงานกลึงมินิซีเอ็นซี
2. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
3. แวนตานิรภัย
4. ชิ้นงาน อลูมิเนียมหล่อ $\varnothing 25 \times 51$

ใบประเมินผลการสอบภาคปฏิบัติ

ชื่อนักเรียน.....ระดับชั้น.....
 กลุ่ม.....เลขที่.....วันเดือน/ปี.....



ลำดับที่	จุดพิจารณาให้คะแนน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	ขนาดความโต 16 มม.	10	
2	ขนาดความโต 20 มม.	10	
3	ขนาดความยาว 15 มม.	10	

4	ขนาดความยาว 5 มม.	10	
5	ขนาดความยาว 10 มม.	10	
6	ขนาดรัศมี 2 มม.	10	
รวม		60	

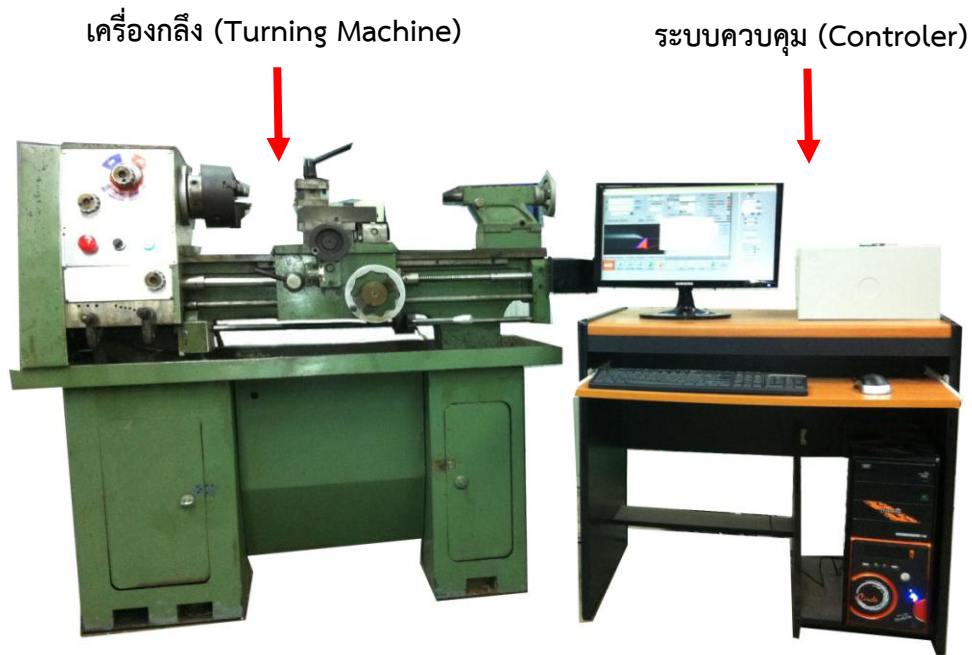
ระดับคะแนนรวมทั้งสิ้น $(10+10+10+10+10+10)/2 = 30$ คะแนน

เกณฑ์การให้คะแนน	10 คะแนน	ค่าวัดขนาดถูกต้องหรือมีความผิดพลาด	± 0.02 มม.
	9 คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.04 มม.
	8 คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.06 มม.
	7 คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.08 มม.
	6 คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.10 มม.
	5 คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.12 มม.
	4 คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.14 มม.
	3 คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.16 มม.
	2 คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.18 มม.
	1 คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	± 0.20 มม.
	0 คะแนน	ค่าวัดขนาดมีความผิดพลาด	= หรือ $> \pm 0.22$ มม.

หลักการทำงานของชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

หลักการทำงานของชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี คือ การทำงานของเครื่องกลึงจะถูกควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ชุดควบคุมซึ่งประมวลผลเชื่อมโยงข้อมูลสั่งการให้เครื่องกลึงเคลื่อนที่ทำงานตามข้อมูลที่ป้อนเข้าไป โดยอาศัยสเต็ปมอเตอร์ควบคุมชุดแทนเลื่อนให้เคลื่อนที่ ซึ่งระบบควบคุมจะทำการอ่านรหัส NC code แล้วก็แปลงรหัส NC code ทั้งข้อมูลระบบตัวเลข ตัวอักษรและสัญลักษณ์ เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าสั่งให้สเต็ปมอเตอร์ทำงานตามความเร็วและระยะทางการเคลื่อนที่ของชุดแทนเลื่อนที่กำหนด

ส่วนประกอบของชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี



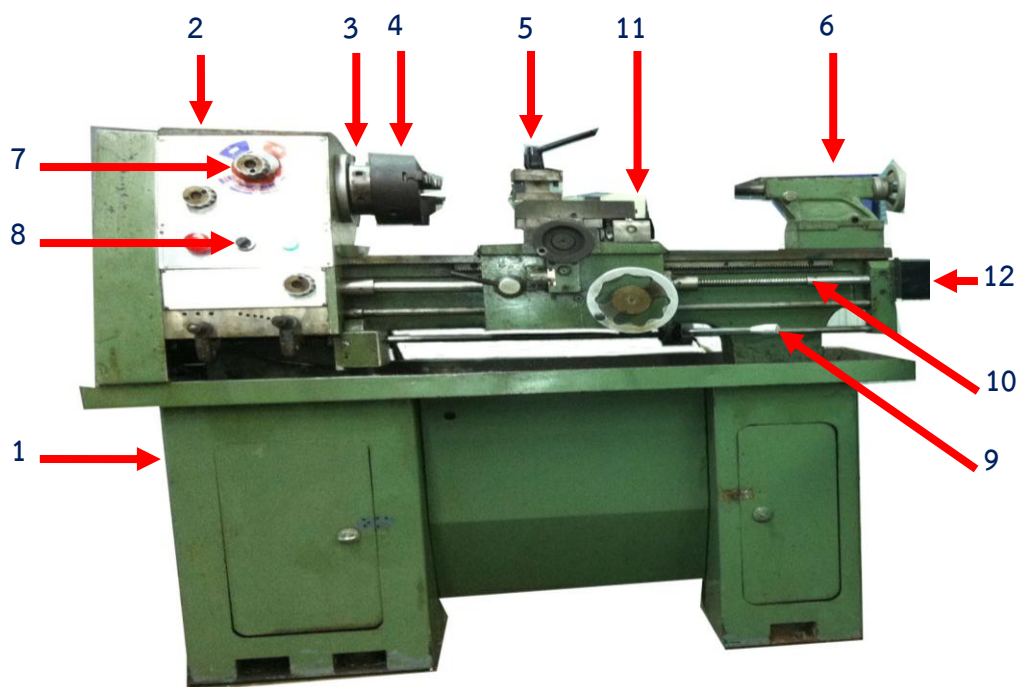
ภาพที่ 1-1 แสดงชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

เครื่องกลึงที่นำมาพัฒนาเป็นชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี เป็นเครื่องกลึงยี่ห้อ Darsin ขนาด 125 มิลลิเมตร เป็นครุภัณฑ์ประจำสาขาวิชาช่างกลโรงงานตั้งแต่ปี 2533 เครื่องกลึงจะถูกควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ชุดควบคุมซึ่งประมวลผลเชื่อมโยงข้อมูลสั่งการให้เครื่องกลึงเคลื่อนที่ตามข้อมูล NC



ภาพที่ 1-2 แสดงเครื่องกลึงที่พัฒนาเป็นชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

ส่วนประกอบของเครื่องกลึง (Turning Machine) ซึ่งพัฒนาเป็นชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี



ภาพที่ 1-3 แสดงส่วนประกอบของเครื่องกลึงที่พัฒนาเป็นชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

1. **ฐานเครื่อง (Base)** เป็นส่วนที่อยู่ด้านล่างสุดวางอยู่บนพื้นโรงงาน ทำหน้าที่รองรับน้ำหนักของเครื่องทั้งหมดทำจากเหล็กหล่อหรือเหล็กเหนียวทำให้เกิดความมั่นคงไม่สั่นสะเทือนขณะกลึงชิ้นงาน
2. **ชุดหัวเครื่อง (Head Stock)** เป็นส่วนที่อยู่ด้านซ้ายของเครื่องมีลักษณะเป็นห้องสี่เหลี่ยมด้านในจะมีชุดเฟืองทดสำหรับปรับความเร็วรอบ Spindle
3. **แกนเพลลาเครื่องกลึง (Spindle)** มีลักษณะเป็นเพลากลมใช้ประกอบกับหัวจับ จะหมุนด้วยความเร็วตามอัตราทดจากชุดเฟืองในหัวเครื่อง
4. **หัวจับ (Chuck)** มีลักษณะเป็นสามจับฟันพร้อม ทำหน้าที่จับยึดชิ้นงานที่ต้องการกลึง
5. **ป้อมมิต (Tool Post)** เป็นตัวจับยึดมีดกลึงหรือด้ามมีดแบบ Insert
6. **ชุดท้ายแทน (Tail Stock)** เป็นส่วนที่อยู่ทางด้านท้ายของเครื่องทำหน้าที่ยันชิ้นงานให้ได้ศูนย์
7. **ชุดปรับความเร็วรอบ** เป็นอุปกรณ์หมุนปรับเปลี่ยนชุดเฟืองเพื่อปรับความเร็วรอบ Spindle
8. **สวิตช์ควบคุมเครื่อง** เป็นสวิตช์หลักควบคุมระบบไฟ ทำหน้าที่ ปิดและเปิดไฟฟ้าเข้าเครื่องกลึง
9. **แขนโยก เปิด-ปิด Spindle** มีลักษณะเป็นสวิตช์แขนโยก ทำหน้าที่ ปิดและเปิด Spindle ให้หมุนตามเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิกาโดยการยกขึ้นหรือกดลง
10. **บอลสกรูแกน Z (Ball Screw)** เป็นระบบขับเคลื่อนที่ของป้อมมิต ในแนวแกน Z
11. **บอลสกรูแกน X (Ball Screw)** เป็นระบบขับเคลื่อนที่ของป้อมมิต ในแนวแกน X

12. สเต็ปมอเตอร์แกน Z (Step Motor) เป็นตัวควบคุมการเคลื่อนที่แกน Z ผ่านบอลสกรูซึ่งจะแปลงการเคลื่อนที่เชิงมุมเป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้น โดยจะมีตำแหน่งหรือระยะทางและความเร็วตามที่ได้รับสัญญาณจากชุดควบคุม (Controller)

ส่วนประกอบของระบบควบคุม (Controller) ที่พัฒนาเป็นชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี



ภาพที่ 1-4 แสดงส่วนประกอบระบบควบคุม (Controller)

1. ชุดควบคุม (Controller) มีลักษณะเป็นกล่องภายในประกอบด้วย แผงวงจรคอนโทรลเลอร์และระบบอินเตอร์เฟซ เชื่อมโยงข้อมูลการควบคุมไทรฟ์มอเตอร์แกน X และแกน Z ของชุดฝึกทักษะงานกลึงซีเอ็นซี



ภาพที่ 1-5 แสดงชุดควบคุม

2. CPU (Central Processing Unit) คือ หัวใจหลักในการประมวลผลของคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์ที่อยู่ในคอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์ต่อพ่วงที่ต่อร่วมกับคอมพิวเตอร์ ในที่นี่จะลงโปรแกรมการควบคุมชุดฝึกงานกลึงซีเอ็นซีให้ทำงานแบบซีเอ็นซี คือโปรแกรม Mach 3

3. จอภาพ (Monitor) เป็นอุปกรณ์แสดงผลการทำงานของโปรแกรมและข้อมูลโหมดการทำงาน

4. คีย์บอร์ด (Key board) เป็นอุปกรณ์นำเข้าข้อมูลใช้สำหรับป้อนข้อมูลให้กับโปรแกรมและสำหรับชุดฝึกงานกลิ้งซีเอ็นซียังใช้ควบคุมการเคลื่อนที่แกน X และแกน Z แบบควบคุมด้วยมืออีกด้วย

5. เมาส์ (Mouse) เป็นอุปกรณ์นำเข้าข้อมูลเช่นเดียวกับคีย์บอร์ด ทำหน้าที่เลื่อนเคอร์เซอร์ หรือสัญลักษณ์ตัวชี้เมาส์บนจอภาพ การเลือกคำสั่งโดยใช้เมาส์จะให้ความสะดวกกว่าการใช้คีย์บอร์ด

การใช้งานชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี

1. เริ่มต้นเปิดเครื่องกลิ้งซึ่งพัฒนาเป็นชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี โดยหมุนเปิดสวิตช์ Power ควบคุมเครื่องกลิ้ง ดังภาพ 1-6



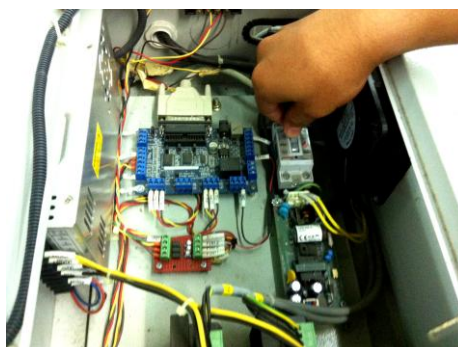
ภาพที่ 1-6 แสดงหมุนเปิดสวิตช์ Power ควบคุมเครื่องกลิ้ง

2. เปิดคอมพิวเตอร์ของชุดควบคุมชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี โดยกดปุ่ม ดังภาพ 1-7



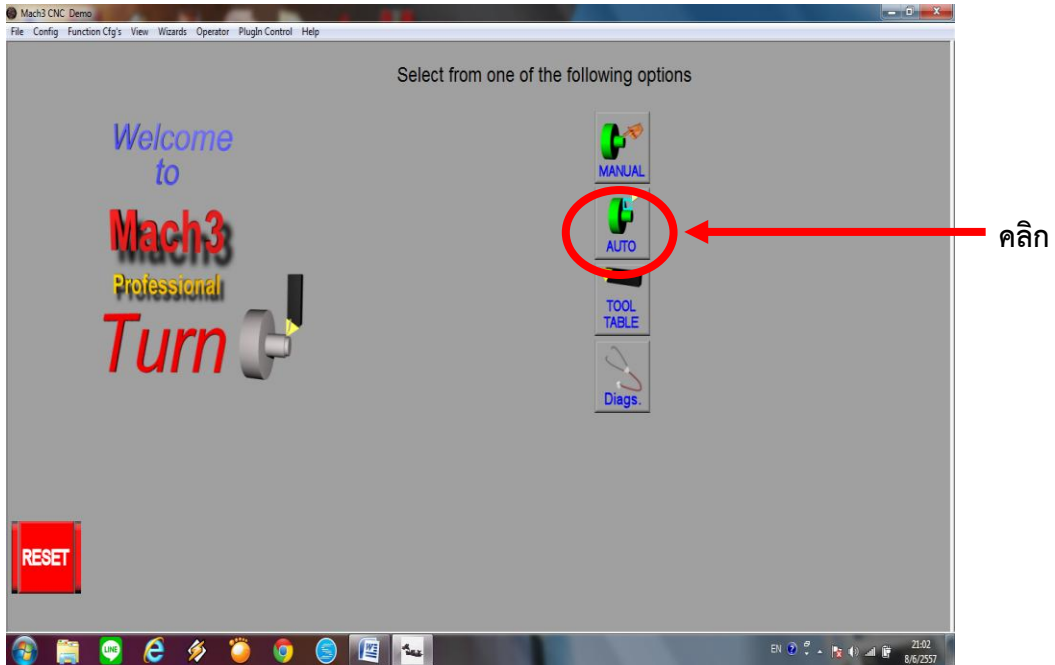
ภาพที่ 1-7 แสดงลักษณะการกดปุ่มเปิดคอมพิวเตอร์ชุดควบคุมชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี

3. เปิดสวิตช์ชุดควบคุมชุดฝึกงานกลิ้งมินิซีเอ็นซี ให้อยู่ที่ตำแหน่ง ON ดังภาพ 1-8



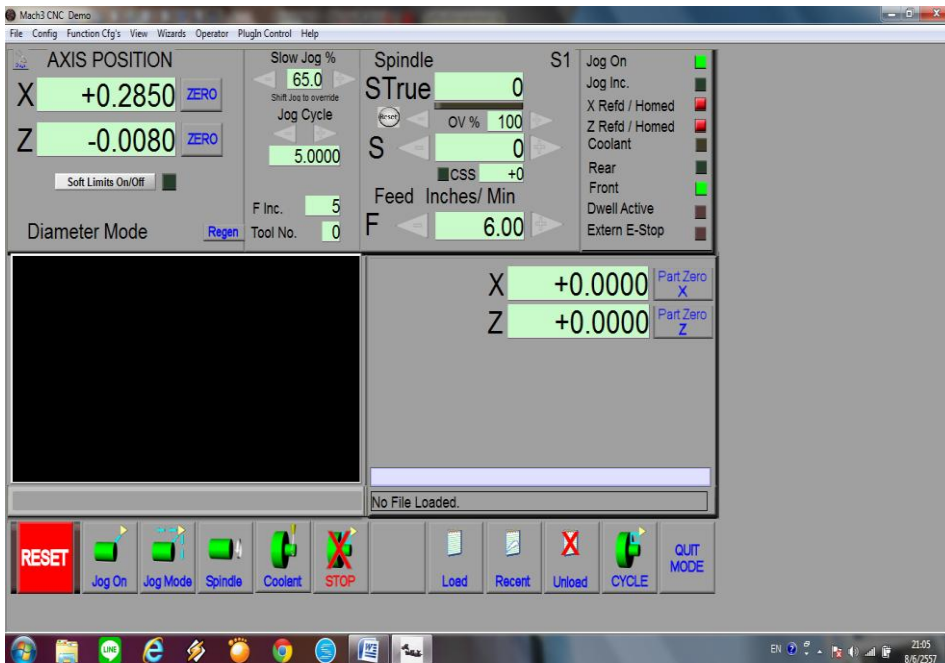
ภาพที่ 1-8 แสดงลักษณะการเปิดสวิตช์ชุดควบคุมชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี

4. หลังจากนั้นให้ดับเบิลคลิกไอคอน Mach 3 Turn และปุ่ม Auto ดังภาพ เพื่อเข้าสู่หน้าต่างการทำงาน
ของโปรแกรม



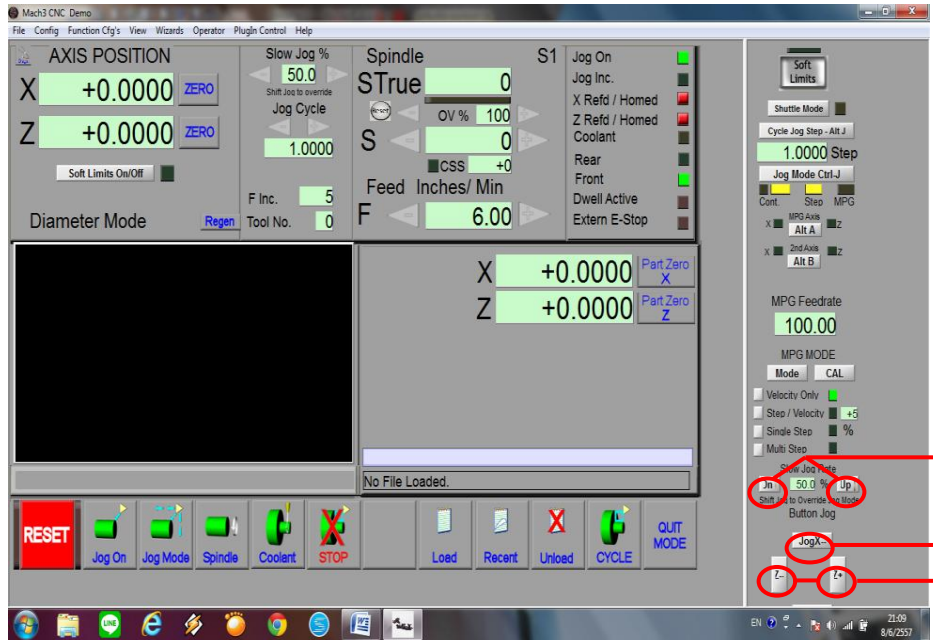
ภาพที่ 1-9 แสดงตำแหน่ง Auto

5. เมื่อคลิกเลือกฟังก์ชันการทำงานแบบ Auto จะเข้าสู่หน้าต่างการทำงานดังภาพ 1-10



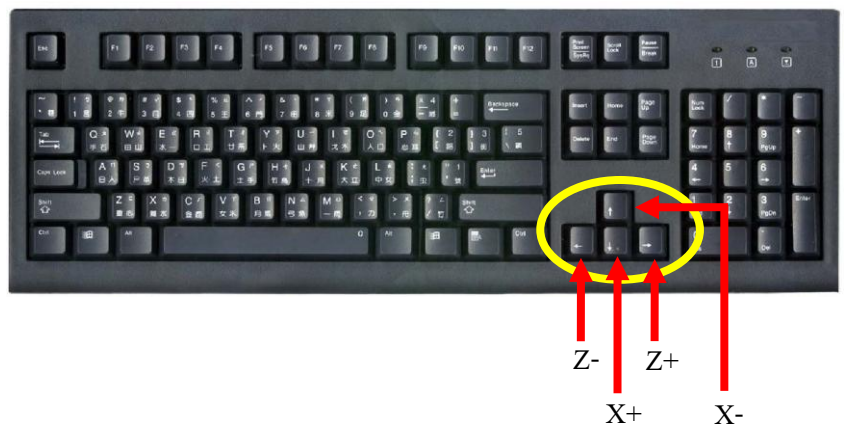
ภาพที่ 1-10 แสดงหน้าต่างการทำงานแบบ Auto

6. จากนั้นให้กด Tap บนคีย์บอร์ดโปรแกรมจะเปิดหน้าต่างฟังก์ชันควบคุมการเคลื่อนที่ของทูล (Tool) ในแนวแกน X และแนวแกน Z



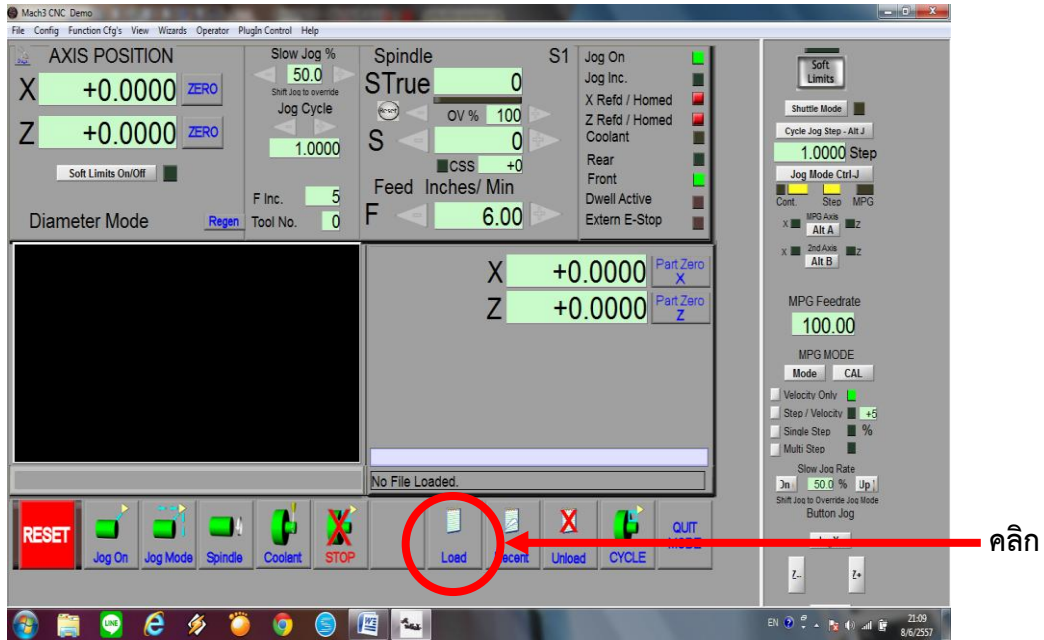
ภาพที่ 1-11 แสดงหน้าต่างการควบคุมการเคลื่อนที่ของทูลแนวแกน X และแนวแกน Z

7. สำหรับการควบคุมการเคลื่อนที่ของทูลในแนวแกน X และแนวแกน Z สามารถทำการควบคุมได้อีกทางหนึ่งคือจากคีย์บอร์ดที่บริเวณปุ่ม ↓ ใช้ควบคุมแกน X ทิศทางบวก ส่วนปุ่ม ↑ ใช้ควบคุมแกน X ทิศทางลบ และปุ่ม → ใช้ควบคุมแกน Z ทิศทางบวก ส่วนปุ่ม ← ใช้ควบคุมแกน Z ทิศทางลบ เพื่อความเข้าใจจึงแสดงดังในภาพด้านล่างนี้



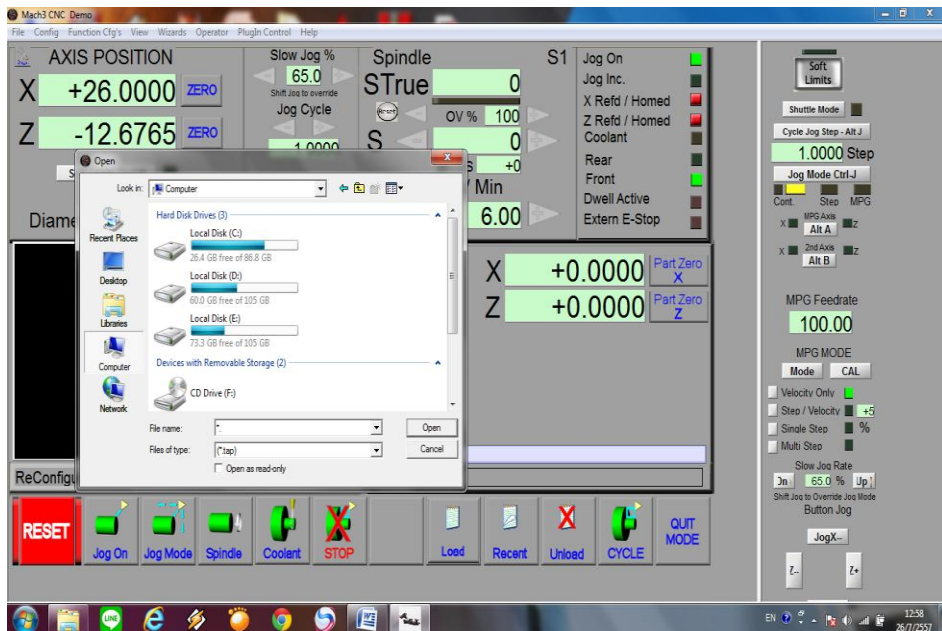
ภาพที่ 1-12 แสดงปุ่มควบคุมการเคลื่อนที่ของทูลแนวแกน X และแนวแกน Z บนคีย์บอร์ด

8. สำหรับการเริ่มต้นสั่งงานให้ชุดฝึกงานกลึงซีเอ็นซีทำงานก็คือ การโหลดคำสั่ง Nc Code ที่ได้ทำการพิมพ์ไว้ด้วยโปรแกรม Notepad เรียบร้อยแล้ว โดยผู้เรียนเข้าไปคลิกที่ปุ่ม Load ดังภาพด้านล่างนี้



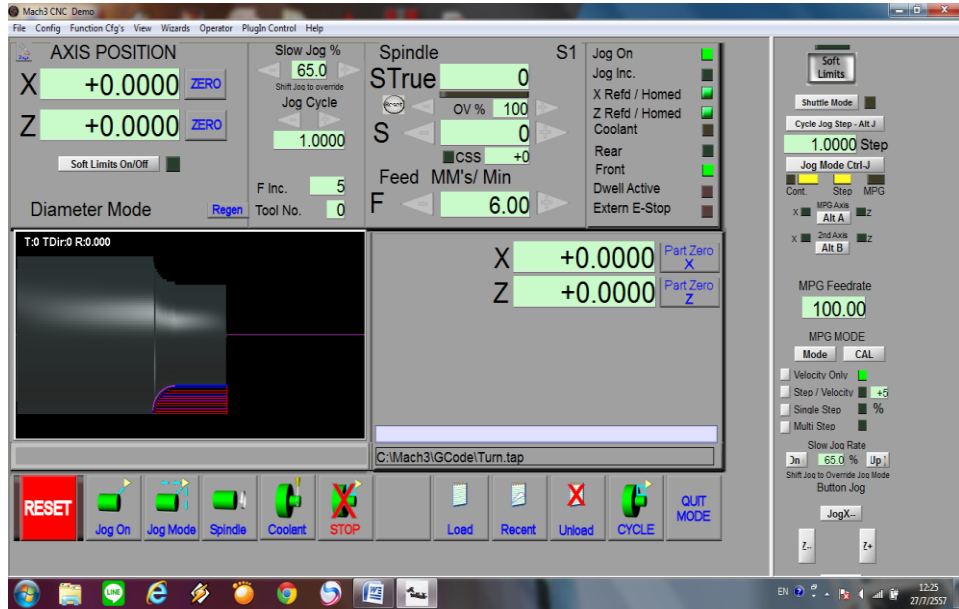
ภาพที่ 1-13 แสดงตำแหน่งของปุ่ม Load

9. เมื่อคลิกที่ปุ่ม Load แล้วโปรแกรมจะทำการเปิดหน้าต่าง Open มาให้ผู้ใช้เลือกที่จะเข้าไปทำการโหลดคำสั่ง Nc Code ที่ได้ทำการพิมพ์ไว้ด้วยโปรแกรม Notepad จาก ไดรฟ์ใด ชื่อ Folder อะไร เหมือนกับที่ผู้เรียนเปิดงานจากโปรแกรม Window นั้นเอง




ภาพที่ 1-14 แสดงหน้าต่าง Open

10. หลังจากที่ทำกรเปิดไฟล์คำสั่ง Nc Code ให้โปรแกรมแล้ว โปรแกรมจะดำเนินการโหลดคำสั่ง Nc Code เข้ามาที่หน้าต่างหลัก สังเกตที่บริเวณจอแสดงการกลึงชิ้นงานจะแสดงภาพชิ้นงานให้เรียบร้อยแล้ว




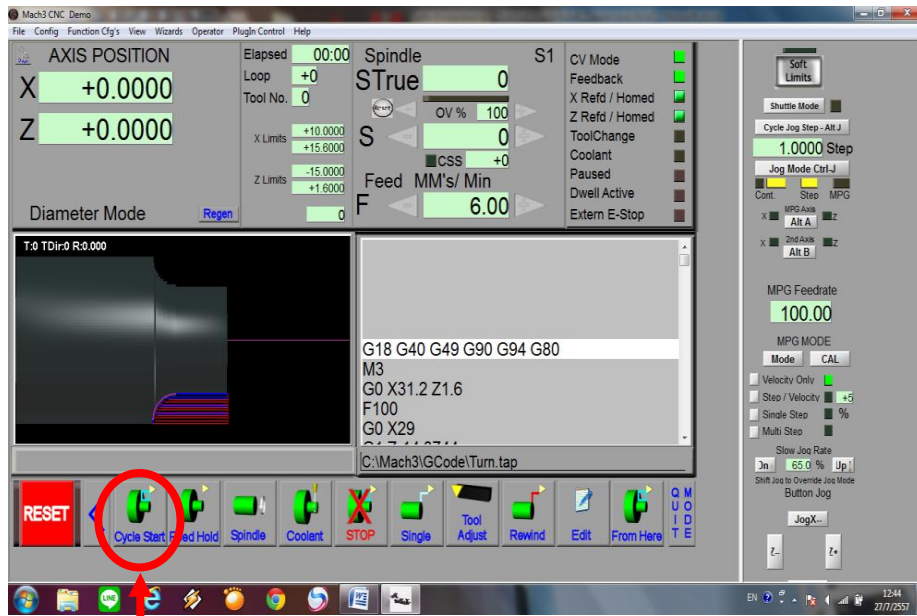
ภาพที่ 1-15 แสดงหน้าต่าง Open

11. หลังจากที่ทำกรเปิดไฟล์คำสั่ง Nc Code ให้โปรแกรมแล้ว เมื่อต้องการจะดำเนินการกลึงชิ้นรูปชิ้นงานตามคำสั่ง Nc Code ที่โหลดเข้ามา ให้ผู้เรียนคลิกที่ปุ่ม  โปรแกรมจะแสดง คำสั่ง Nc Code เป็นบรรทัดตามที่ทำคำสั่งไว้ดังภาพด้านล่าง เมื่อมาถึงจุดนี้โปรแกรมพร้อมจะทำการควบคุมเครื่องจักรให้ทำงานแล้ว



ภาพที่ 1-16 แสดงโปรแกรมจะแสดง คำสั่ง G - Code

12. เมื่อต้องการกลิ้งขึ้นรูปชิ้นงานตามคำสั่ง G - Code ให้ผู้เรียนคลิกที่ปุ่ม  (Cycle Start) โปรแกรมจะควบคุมชุดฝึกงานกลิ้งซีเอ็นซีตามคำสั่ง G - Code ทันที ข้อควรระวังคือเมื่อดำเนินการถึงขั้นตอนนี้ ผู้เรียนต้องเปิดตัวเครื่องจักรหรือชุดฝึกงานกลิ้งซีเอ็นซีไว้ก่อนแล้ว



คลิก ภาพที่ 1-17 แสดงโปรแกรมจะแสดง คำสั่ง G-Code

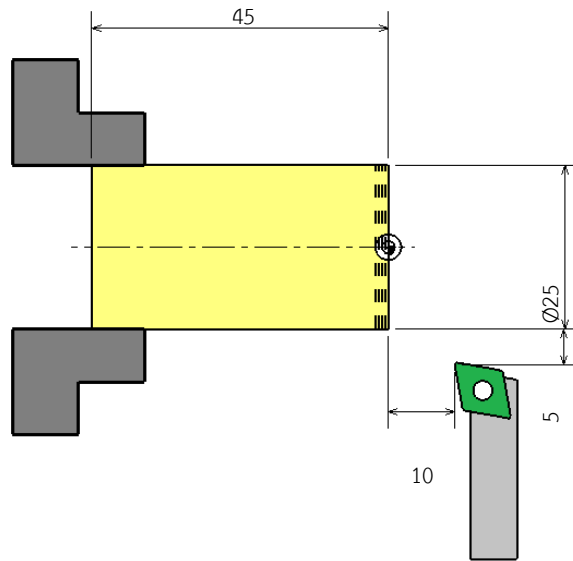
13. ในขณะที่โปรแกรมดำเนินการควบคุมชุดฝึกงานกลิ้งซีเอ็นซีทำงานตามคำสั่ง G-Code ผู้เรียนอาจต้องใช้ปุ่มควบคุมการทำงานของโปรแกรมตามสภาพจริงในบางกรณี จึงควรเรียนรู้ปุ่มควบคุมดังต่อไปนี้



- เริ่มการทำงาน ←
- เปิด ปิด Feed Hold ←
- เปิด ปิด Spindle ←
- เปิด ปิด น้ำหล่อเย็น ←
- แก้ไข G - code →
- เริ่มต้นทำงานใหม่ →
- ทำงานที่ลบบรรทัด →
- หยุดการทำงาน →

ภาพที่ 1-18 แสดงปุ่มควบคุมการทำงานของโปรแกรม Mach 3

วิธีการใช้ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีกลึงปาดหน้าชิ้นงาน วัสดุอลูมิเนียมหล่อตามแบบงาน ภาพที่ 1-19 โดยกำหนดให้กินปาดหน้าชิ้นงาน 2 มม. ด้วยการกินลึกครึ่งละ 0.5 มม.



ภาพที่ 1-19 แสดงแบบงานกลึงปาดหน้า

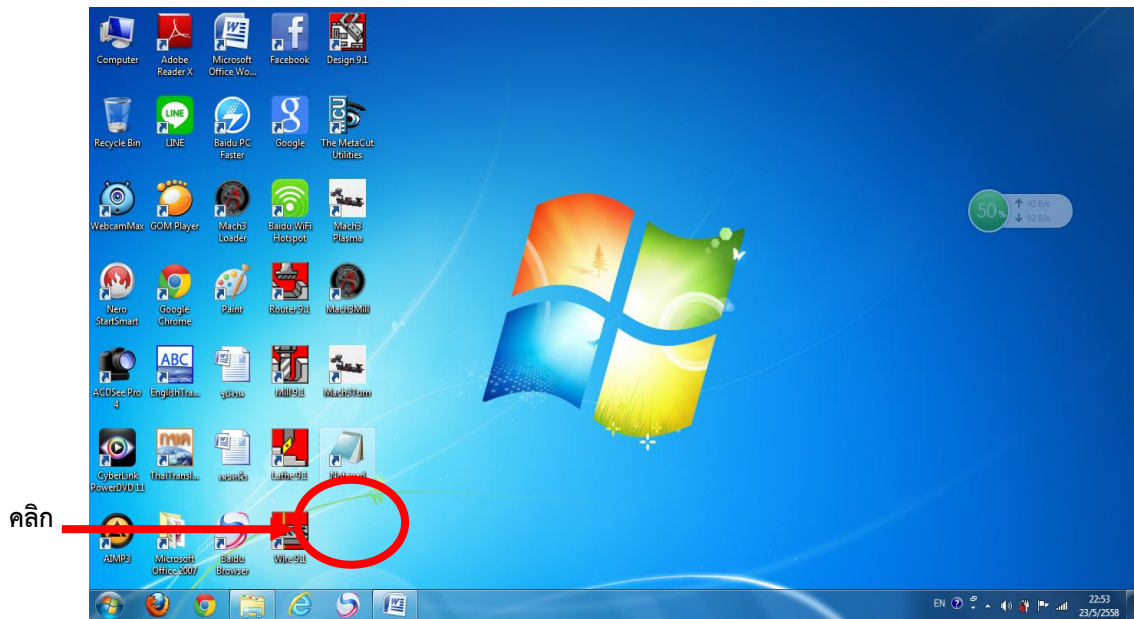
ขั้นตอนที่ 1 เริ่มเขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงปาดหน้าตามแบบงาน ด้วยรหัสคำสั่ง G00 และ G01

N5 G00 X30 Z10 S600 T1 M03	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง X30 Z10 ให้เพลางานหมุน 600 รอบต่อนาที ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ใช้มีดกลึง T1)
N10 G01 X26 Z0 F100	(มีดกลึงเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง X26 Z0 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N15 X0	(กลึงปาดหน้าไปยังตำแหน่ง X0 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N20 G00 Z1	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วถอยไปยังตำแหน่ง Z1)
N25 X26	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง X26)
N30 G01 Z-0.5	(มีดกลึงเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง Z-0.5 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N35 X0	(กลึงปาดหน้าไปยังตำแหน่ง X0 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N40 G00 Z1	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง Z1)
N45 X26	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง X26)
N50 G01 Z-1	(มีดกลึงเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง Z-1 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N55 X0	(กลึงปาดหน้าไปยังตำแหน่ง X0 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N60 G00 Z1	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง Z1)
N65 X26	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง X26)
N70 G01 Z-1.5	(มีดกลึงเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง Z-1.5 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N75 X0	(กลึงปาดหน้าไปยังตำแหน่ง X0 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N80 G00 Z1	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง Z1)

N85	X26	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง X26)
N90 G01	Z-2	(มีดกลึงเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง Z-2 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N95	X0	(กลึงปาดหน้าไปยังตำแหน่ง X0 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N100 G00	Z1	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง Z1)
N105	X30 Z10	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง X26 Z10)
N110	M30	(จบโปรแกรมการทำงานกลับไปยังบรรทัดแรก)

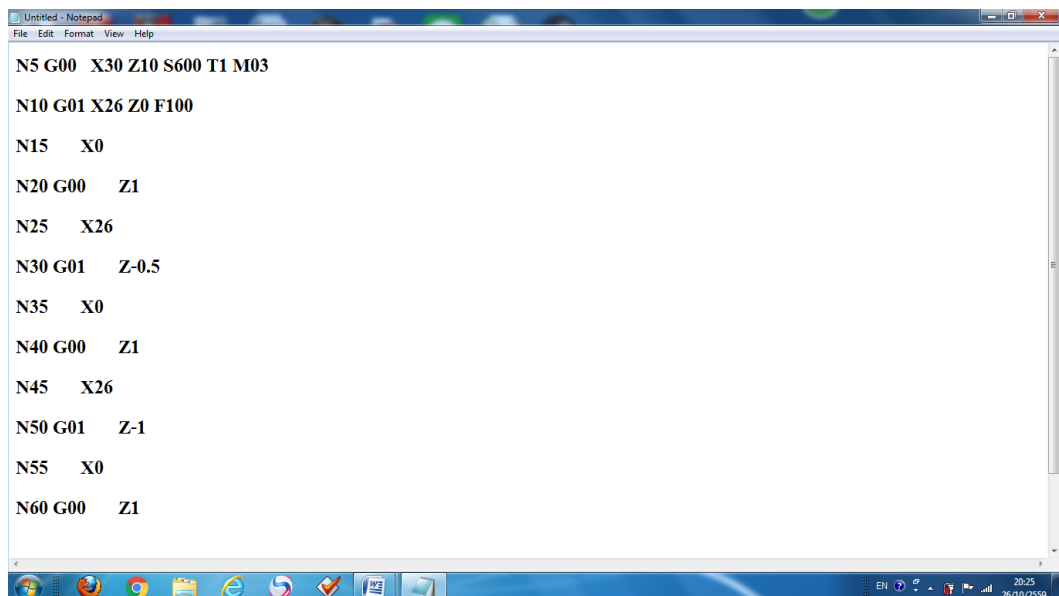
ขั้นตอนที่ 2 พิมพ์ Nc code ด้วยโปรแกรม Notepad

สำหรับโปรแกรม Notepad จะถูกติดตั้งมาพร้อมกับ Windows เสมอ สามารถเปิดใช้งานได้โดยดับเบิลคลิกที่ไอคอน  หากในกรณีที่ไม่มีไอคอนโปรแกรม Notepad ดังกล่าวข้างต้นให้เปิดใช้งานที่ Accessories ของ Windows โดยเข้าไปคลิกที่ All Programs แล้วค้นหา Accessories เมื่อพบก็คลิกเปิดก็จะพบกับ Notepad



ภาพที่ 1-20 แสดงไอคอน Notepad

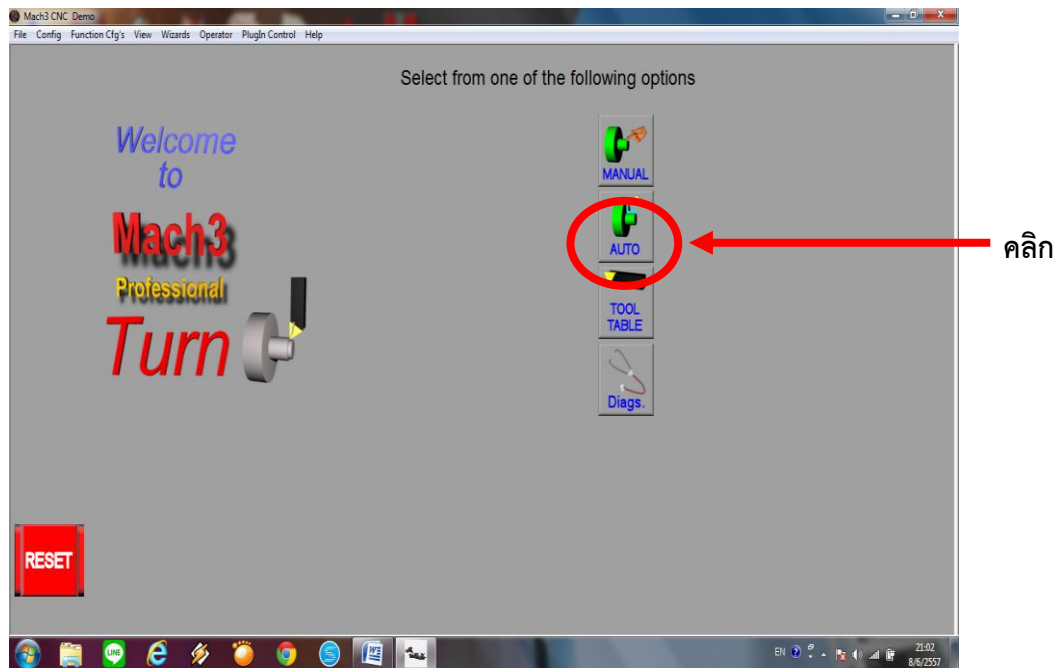
หลังจากที่เข้าสู่ Notepad ก็เข้าสู่หน้าต่าง Untitled Notepad ซึ่งผู้เรียนสามารถพิมพ์ Nc code ตามรูปแบบที่เขียนไว้ ซึ่งลักษณะการพิมพ์ก็จะคล้ายกับโปรแกรม Microsoft Word แล้วทำการบันทึก File ไว้ให้เรียบร้อย



ภาพที่ 1-21 แสดง Nc code งานกลึงปาดหน้าทีพิมพ์ด้วย Notepad

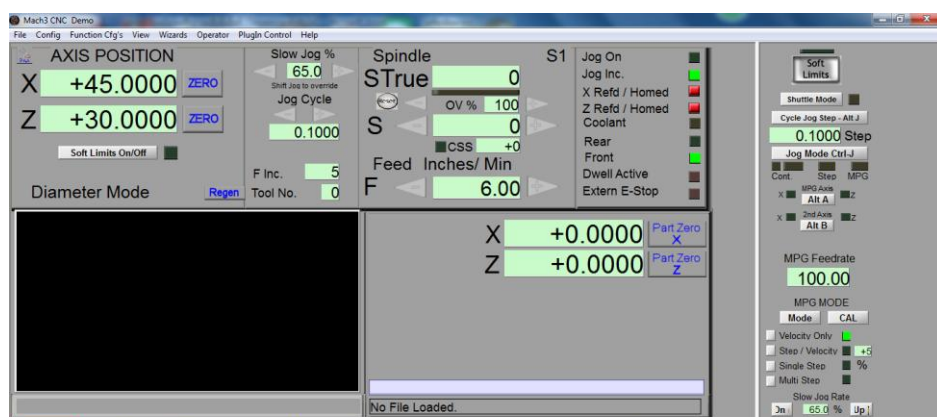
ขั้นตอนที่ 3 เข้าสู่โปรแกรม Mach3 Turn

เข้าสู่โปรแกรม Mach3 Turn โดยคลิกที่ไอคอน Auto ดังภาพ 1-20 เพื่อเข้าสู่การทำงานของโปรแกรม



ภาพที่ 1-22 แสดงตำแหน่ง Auto

เข้าสู่โปรแกรม Mach3 Turn ต่อจากนั้นให้กด Tap บนคีย์บอร์ดโปรแกรมจะเปิดหน้าต่างฟังก์ชันควบคุมการเคลื่อนที่ของ Tool ดังภาพ 1-23



ภาพที่ 1-23 แสดงการเข้าสู่โปรแกรม Mach3 Turn

ขั้นตอนที่ 4 จับยึดชิ้นงานบนเครื่องกลึงให้แน่น ปรับความเร็วรอบที่ Spindle ที่ 600 รอบต่อนาที



ภาพที่ 1-24 แสดงการจับยึดชิ้นงาน

ขั้นตอนที่ 5 ทำการเปิดเครื่องกลึงโดยการยกแขนโยก เปิด Spindle เครื่องกลึง ดังภาพ 1-25



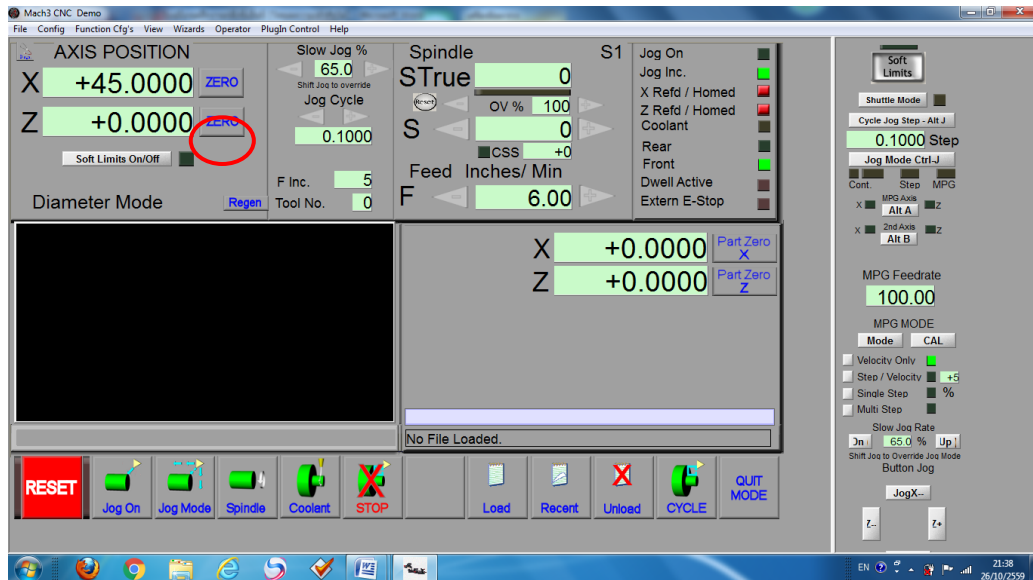
ภาพที่ 1-25 แสดงการยกแขนโยกขึ้น เปิด Spindle เครื่องกลึง

ขั้นตอนที่ 6 ควบคุมการเคลื่อนที่แกน X และแกน Z โดยคีย์บอร์ด ทำการกลึงปาดหน้าชิ้นงานจนเรียบใช้ Feed เท่ากับ 5% แล้วให้ทำการ Set ตำแหน่ง Tool แกน Z ขณะทำการกลึงปาดหน้าให้ผู้เรียนใส่แว่นตากันเศษโลหะ



ภาพที่ 1-26 แสดงการกลึงปาดหน้าชิ้นงาน

ทำการ Set ตำแหน่ง Tool แกน Z โดยกดปุ่ม Zero ดังภาพ 1-27



ภาพที่ 1-27 แสดงการ Set ตำแหน่ง Tool แกน Z

ขั้นตอนที่ 7 ควบคุมการเคลื่อนที่แกน X และแกน Z โดยคีย์บอร์ด ทำการกรึงปอกป้อนความลึก 0.5 มิลลิเมตร ความยาว 5 มิลลิเมตร ใช้ Feed เท่ากับ 5% ขณะทำการกรึงปอกให้ผู้เรียนใส่แว่นตาดำกันเศษโลหะด้วย



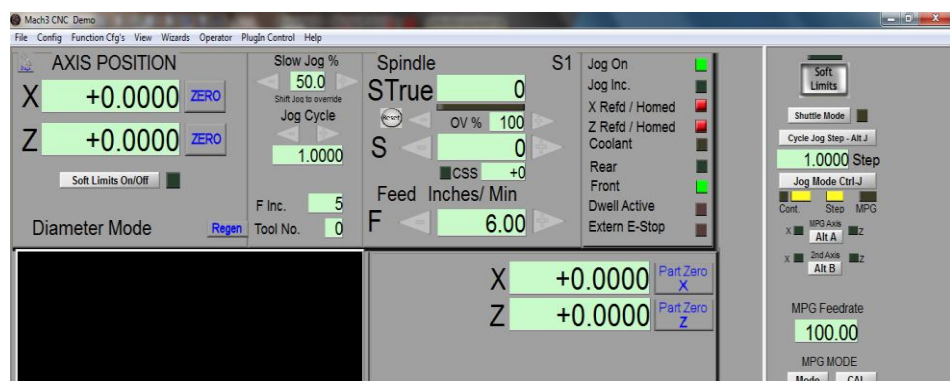
ภาพที่ 1-28 แสดงการกึ่งปอกชิ้นงาน

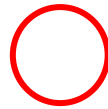
หลังจากกึ่งปอกชิ้นงานเสร็จแล้วให้ปิดเครื่องกึ่ง ทำการวัดขนาดความโตชิ้นงานได้ขนาดเท่าไรให้นำมาป้อนให้ตำแหน่งแกน X โดยกดไปที่ตำแหน่งแกน X แล้วป้อนค่าที่ คีย์บอร์ด เช่น วัดขนาดความโตชิ้นงานหลังกึ่งปอกได้ 24.5 มิลลิเมตร ก็ให้ป้อนขนาดที่แกน X เท่ากับ 24.5 แล้วกด Enter ดังภาพ 1-29



ภาพที่ 1-29 แสดงการ Set ตำแหน่ง Tool แกน X

ขั้นตอนที่ 8 ทำการโหลดคำสั่ง Nc Code ที่ได้ทำการพิมพ์ไว้ด้วยโปรแกรม Notepad เรียบร้อยแล้ว โดยผู้เรียนเข้าไปคลิกที่ปุ่ม Load ดังภาพ 1-30





ภาพที่ 1-30 แสดงตำแหน่งของปุ่ม Load

หลังจากโหลดคำสั่ง Nc Code ให้โปรแกรมแล้ว โปรแกรมจะแสดง คำสั่ง Nc Code พร้อมทำการกลิ้งปาดหน้า



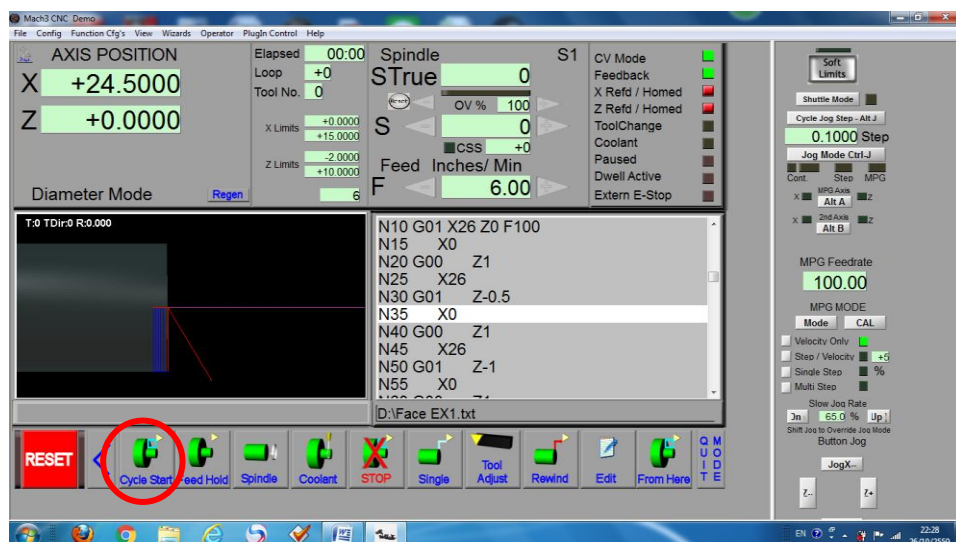
ภาพที่ 1-31 แสดงการโหลดคำสั่ง Nc Code

ขั้นตอนที่ 9 ควบคุมการเคลื่อนที่แกน X และแกน Z โดยคีย์บอร์ด ถอย Tool มาที่ X 30 Z 20 ทำการเปิดเครื่องกลึงโดยการยกแขนโยก เปิด Spindle เครื่องกลึง ดังภาพ 1-32



ภาพที่ 1-32 แสดงการยกแขนโยกขึ้น เปิด Spindle เครื่องกลึง

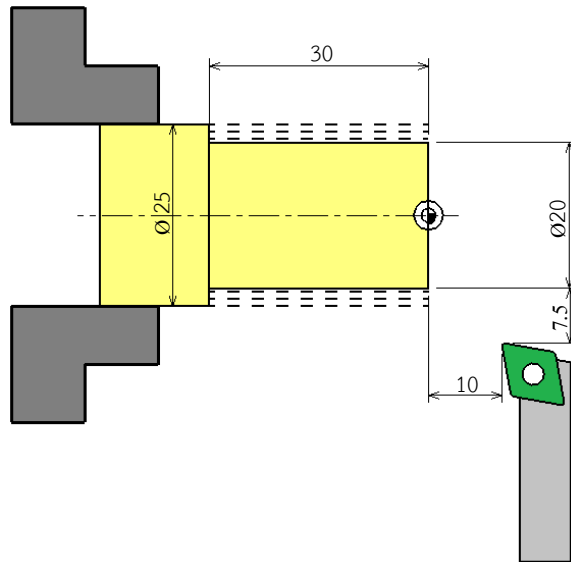
ขั้นตอนที่ 10 เมื่อเปิด Spindle เครื่องกลึงแล้วให้กดปุ่ม Cycle Start ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีก็จะทำการกลึงไปตาม Nc code เมื่อต้องการหยุดชั่วคราวให้กดที่ปุ่ม STOP เมื่อกดปุ่ม Cycle Start ก็จะกลึงต่อ



ภาพที่ 1-33 แสดงตำแหน่งปุ่ม Cycle Start

เมื่อกลึงไปตามชิ้นงานเสร็จตาม Nc code ให้ผู้ปฏิบัติงานกดแขนโยกลง ปิด Spindle เครื่องกลึง จากนั้นกด Z+ เพื่อถอย tool เคลื่อนที่หลบชิ้นงานเมื่อคลายหัวจับนำชิ้นงานออกจากชุดฝึก

วิธีการใช้ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีกลึงปอกชิ้นงาน วัสดุอลูมิเนียมหล่อตามแบบงาน ภาพที่ 1-34
 กลึงปอกตามแบบชิ้นงาน ด้วยรหัสคำสั่ง G00 และ G01 ด้วยการกินลึกครั้งละ 1 มม.




ภาพที่ 1-34 แสดงแบบงานกลึงปอก

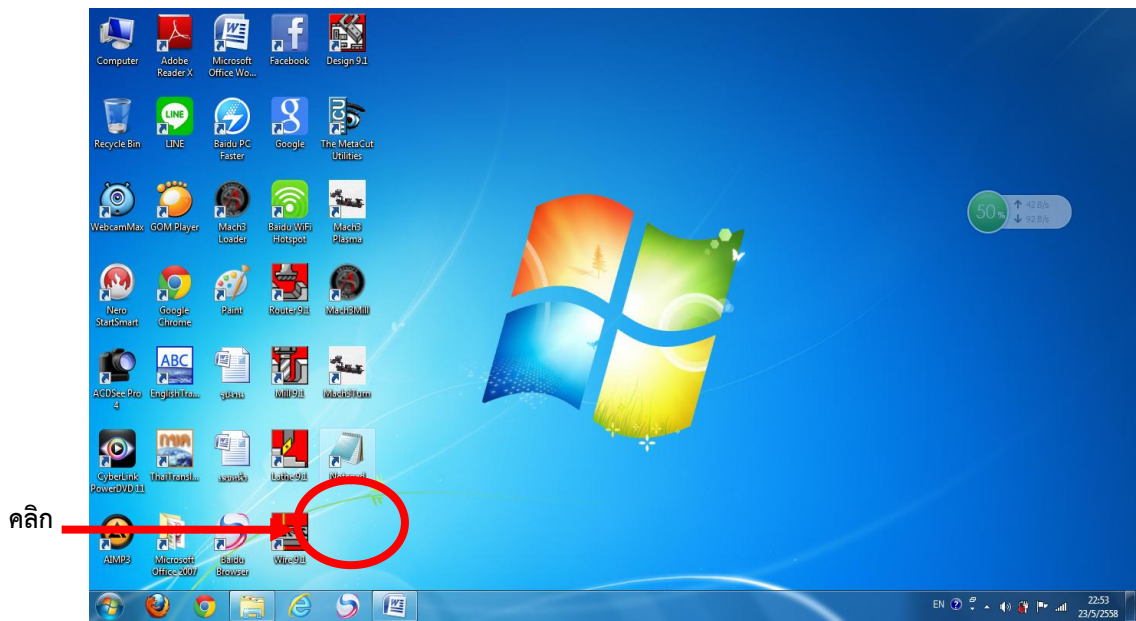
ขั้นตอนที่ 1 เริ่มเขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงปอกตามแบบงาน ด้วยรหัสคำสั่ง G00 และ G01

N5 G00 X25 Z10 S600 T1 M03	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง X30 Z10 ให้เพลงานหมุน 600 รอบต่อนาที ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ใช้มีดกลึง T1)
N10 G01 X24 Z0 F100	(มีดกลึงเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง X24 Z0 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N15 Z-30	(กลึงปอกไปยังตำแหน่ง Z-30 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N20 X25	(มีดกลึงเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง X25 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N25 G00 Z0	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง Z0)
N30 X23	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง X23)
N35 G01 Z-30	(กลึงปอกไปยังตำแหน่ง Z-30 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N40 X25	(มีดกลึงเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง X25 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N45 G00 Z0	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วถอยออกไปยังตำแหน่ง Z0)
N50 X22	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง X22)
N55 G01 Z-30	(กลึงปอกไปยังตำแหน่ง Z-30 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N60 X25	(มีดกลึงเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง X25)
N65 G00 Z0	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง Z0)
N70 X21	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง X21)

N75 G01	Z-30	(กลิ้งปอกไปยังตำแหน่ง Z-30 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N80	X25	(มีดกลิ้งเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง X25 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N85 G00	Z0	(มีดกลิ้งเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง Z0)
N90	X20	(มีดกลิ้งเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง X20)
N95 G01	Z-30	(กลิ้งปอกไปยังตำแหน่ง Z-30 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N100	X25	(มีดกลิ้งเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง X25 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N105 G00	Z10	(มีดกลิ้งเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง Z10)
N110	M30	(จบโปรแกรมการทำงาน)

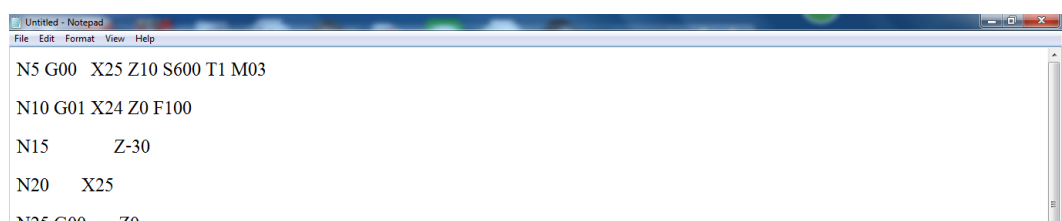
ขั้นตอนที่ 2 พิมพ์ Nc code ด้วยโปรแกรม Notepad

สำหรับโปรแกรม Notepad จะถูกติดตั้งมาพร้อมกับ Windows เสมอ สามารถเปิดใช้งานได้โดยดับเบิลคลิกที่ไอคอน  หากในกรณีที่ไม่มีไอคอนโปรแกรม Notepad ดังกล่าวข้างต้นให้เปิดใช้งานที่ Accessories ของ Windows โดยเข้าไปคลิกที่ All Programs แล้วค้นหา Accessories เมื่อพบก็คลิกเปิดก็จะพบกับ Notepad



ภาพที่ 1-35 แสดงไอคอน Notepad

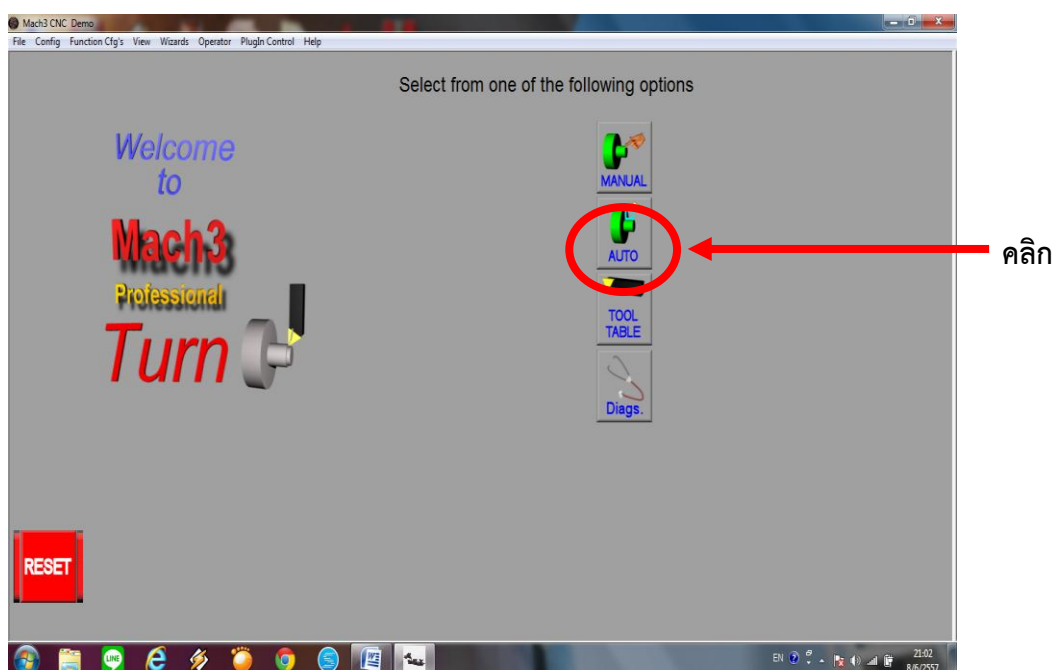
หลังจากที่เข้าสู่ Notepad ก็จะเข้าสู่หน้าต่าง Untitled Notepad ซึ่งผู้เรียนสามารถพิมพ์ Nc code ตามรูปแบบที่เขียนไว้ แล้วทำการบันทึก File ไว้ให้เรียบร้อย



ภาพที่ 1-36 แสดง Nc code งานกลึงปอกที่พิมพ์ด้วย Notepad

ขั้นตอนที่ 3 เข้าสู่โปรแกรม Mach3 Turn

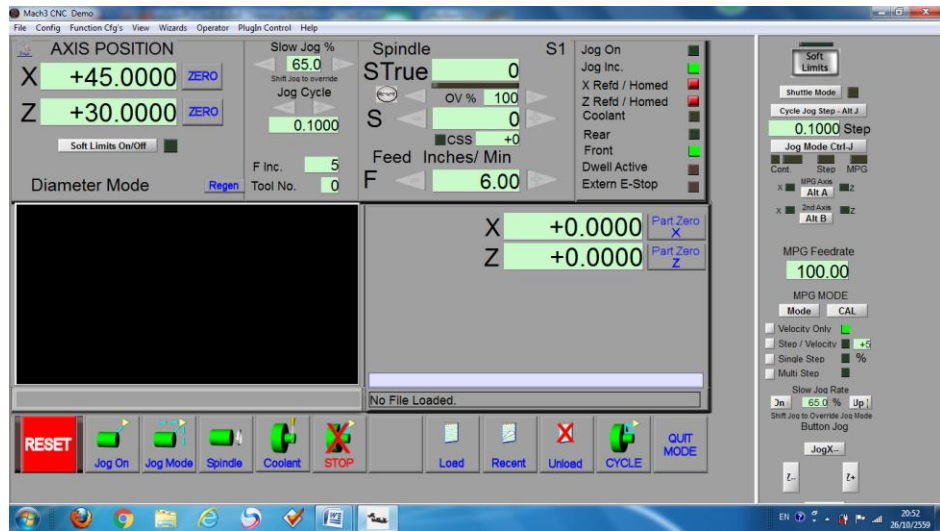
เข้าสู่โปรแกรม Mach3 Turn โดยคลิกที่ไอคอน Auto ดังภาพ 1-37 เพื่อเข้าสู่การทำงานของโปรแกรม



ภาพที่ 1-37 แสดงตำแหน่ง Auto

เข้าสู่โปรแกรม Mach3 Turn ต่อจากนั้นให้กด Tap บนคีย์บอร์ดโปรแกรมจะเปิดหน้าต่างฟังก์ชันควบคุม

การเคลื่อนที่ของ Tool ดังภาพ 1-38



ภาพที่ 1-38 แสดงการเข้าสู่โปรแกรม Mach3 Turn

ขั้นตอนที่ 4 จับยึดชิ้นงานบนเครื่องกลึงให้แน่น ปรับความเร็วรอบที่ Spindle ที่ 600 รอบต่อนาที



ภาพที่ 1-39 แสดงการจับยึดชิ้นงาน

ขั้นตอนที่ 5 ทำการเปิดเครื่องกลึงโดยการยกแขนโยก เปิด Spindle เครื่องกลึง ดังภาพ 1-40



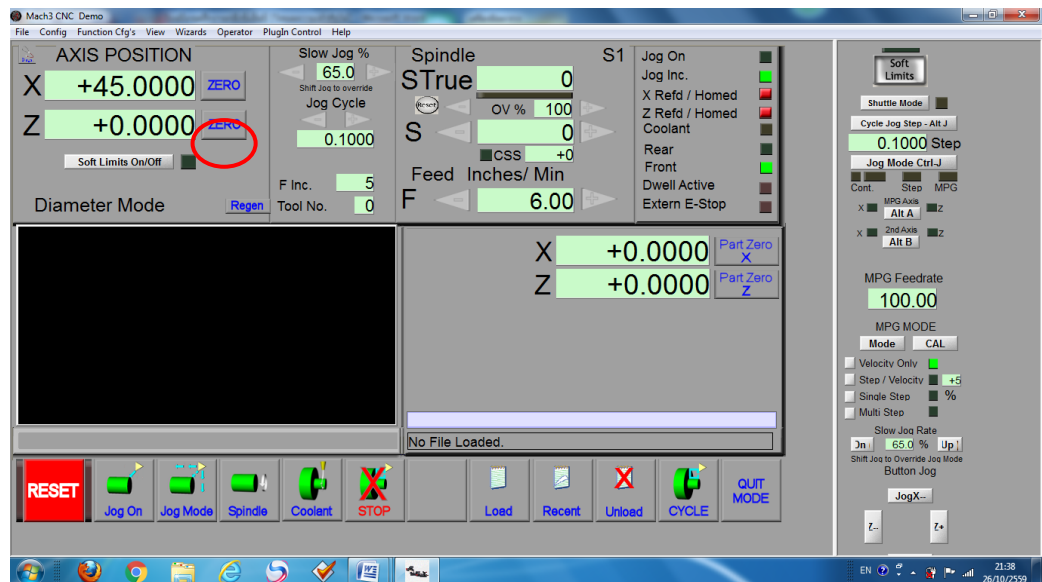
ภาพที่ 1-40 แสดงการยกแขนโยกขึ้น เปิด Spindle เครื่องกลึง

ขั้นตอนที่ 6 ควบคุมการเคลื่อนที่แกน X และแกน Z โดยคีย์บอร์ด ทำการกลึงปาดหน้าชิ้นงานจนเรียบใช้ Feed เท่ากับ 5% แล้วให้ทำการ Set ตำแหน่ง Tool แกน Z ขณะทำการกลึงปาดหน้าให้ผู้เรียนใส่แว่นตากันเศษโลหะ



ภาพที่ 1-41 แสดงการกึ่งปาดหน้าชิ้นงาน

ทำการ Set ตำแหน่ง Tool แกน Z โดยกดปุ่ม Zero ดังภาพ 1-42



ภาพที่ 1-42 แสดงการ Set ตำแหน่ง Tool แกน Z

ขั้นตอนที่ 7 ควบคุมการเคลื่อนที่แกน X และแกน Z โดยคีย์บอร์ด ทำการกึ่งปาดหน้าความลึก 0.5 มิลลิเมตร ความยาว 5 มิลลิเมตร ใช้ Feed เท่ากับ 5% ขณะทำการกึ่งปาดให้ผู้เรียนใส่แว่นตานิรภัยด้วย



ภาพที่ 1-43 แสดงการกึ่งปอกชิ้นงาน

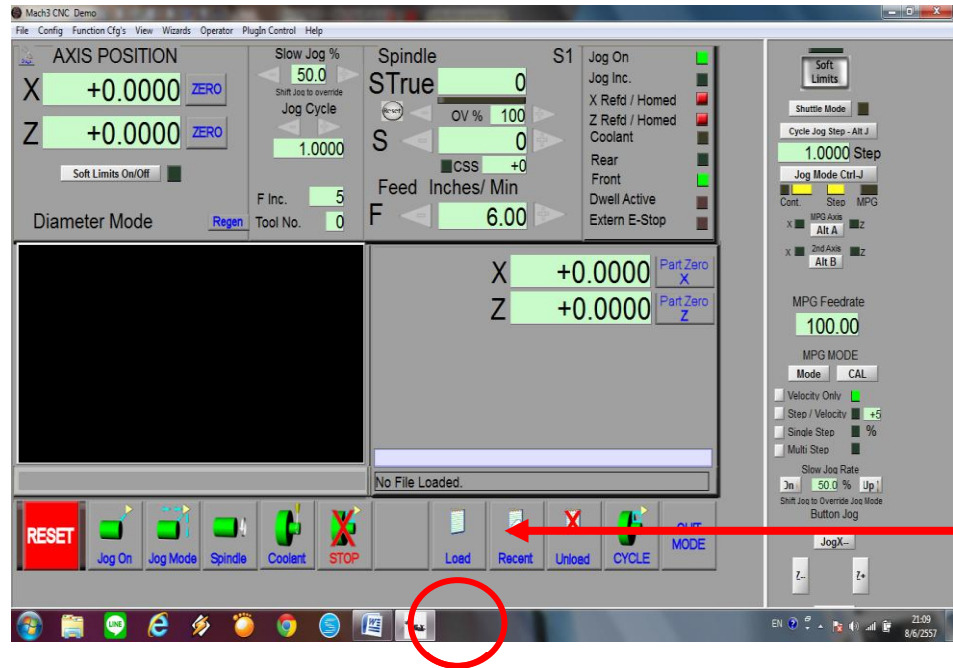
หลังจากกึ่งปอกชิ้นงานเสร็จแล้วให้ปิดเครื่องกึ่ง ทำการวัดขนาดความโตชิ้นงานได้ขนาดเท่าไรให้นำมาป้อนให้ตำแหน่งแกน X โดยกดไปที่ตำแหน่งแกน X แล้วป้อนค่าที่ คีย์บอร์ด เช่น วัดขนาดความโตชิ้นงานหลังกึ่งปอกได้ 25.5 มิลลิเมตร ก็ให้ป้อนขนาดที่แกน X เท่ากับ 25.5 แล้วกด Enter ดังภาพ 1-44



ภาพที่ 1-44 แสดงการ Set ตำแหน่ง Tool แกน X

ขั้นตอนที่ 8 ทำการโหลดคำสั่ง Nc Code งานกึ่งปอกที่ได้ทำการพิมพ์ไว้ด้วยโปรแกรม Notepad เรียบร้อย

โดยผู้เรียนเข้าไปคลิกที่ปุ่ม Load ดังภาพ 1-45



ภาพที่ 1-45 แสดงตำแหน่งของปุ่ม Load

หลังจากโหลดคำสั่ง Nc Code ให้โปรแกรมแล้ว โปรแกรมจะแสดง คำสั่ง Nc Code พร้อมทำการกลึงปอก



ภาพที่ 1-46 แสดงการโหลดคำสั่ง Nc Code งานกลึงปอก

ขั้นตอนที่ 9 ควบคุมการเคลื่อนที่แกน X และแกน Z โดยคีย์บอร์ด ถอย Tool มาที่ X 30 Z 20 ทำการเปิดเครื่องกลึงโดยการยกแขนโยก เปิด Spindle เครื่องกลึง ดังภาพ 1-47



ภาพที่ 1-47 แสดงการยกแขนโยกขึ้น เปิด Spindle เครื่องกลึง

ขั้นตอนที่ 10 เมื่อเปิด Spindle เครื่องกลึงแล้วให้กดปุ่ม Cycle Start ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีก็จะทำการกลึงปอกตาม Nc code ต้องการหยุดชั่วคราวให้กดที่ปุ่ม STOP และเมื่อกดปุ่ม Cycle Start ก็จะทำกลึงต่อ

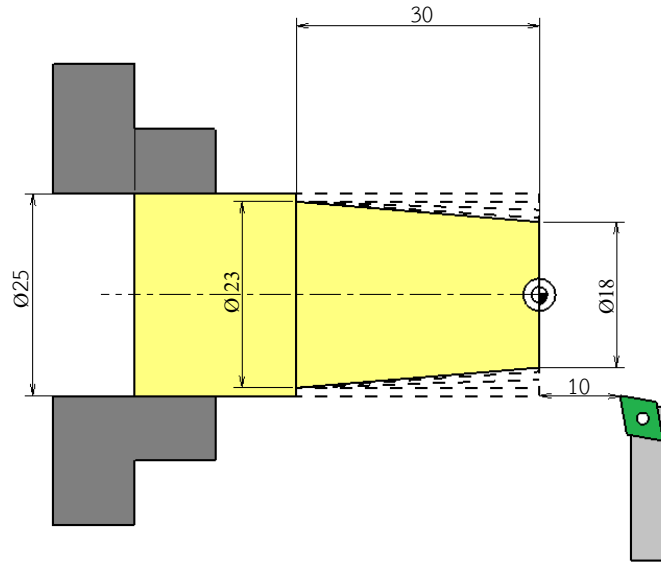


ภาพที่ 1-48 แสดงตำแหน่งปุ่ม Cycle Start

เมื่อกลึงปอกชิ้นงานเสร็จตาม Nc code ให้ผู้ปฏิบัติงานกดแขนโยก ลง ปิด Spindle เครื่องกลึง

จากนั้นกด Z+ เพื่อถอย tool เคลื่อนที่หลบชิ้นงานเมื่อนำชิ้นงานออกจากชุดฝึก หลังจากทำงานเสร็จทุกครั้งให้ผู้เรียนปิดชุดควบคุม ปิดคอมพิวเตอร์ชุดควบคุม ปิดเครื่องกลึง เก็บทำความสะอาดชุดฝึก เช็ดด้วยผ้าสะอาดเรียบร้อย ซิลิโคนน้ำมันป้องกันสนิมให้เรียบร้อย

วิธีการใช้ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีกลึงเรียวยังชิ้นงาน วัสดุอะลูมิเนียมหล่อตามแบบงาน ภาพที่ 1-49 กลึงเรียวยตามแบบงาน ด้วยรหัสคำสั่ง G00 และ G01 โดยกำหนดให้กินลึกชิ้นงานครั้งละ 1 มม.



ภาพที่ 1-49 แสดงแบบงานกลึงเรียวย

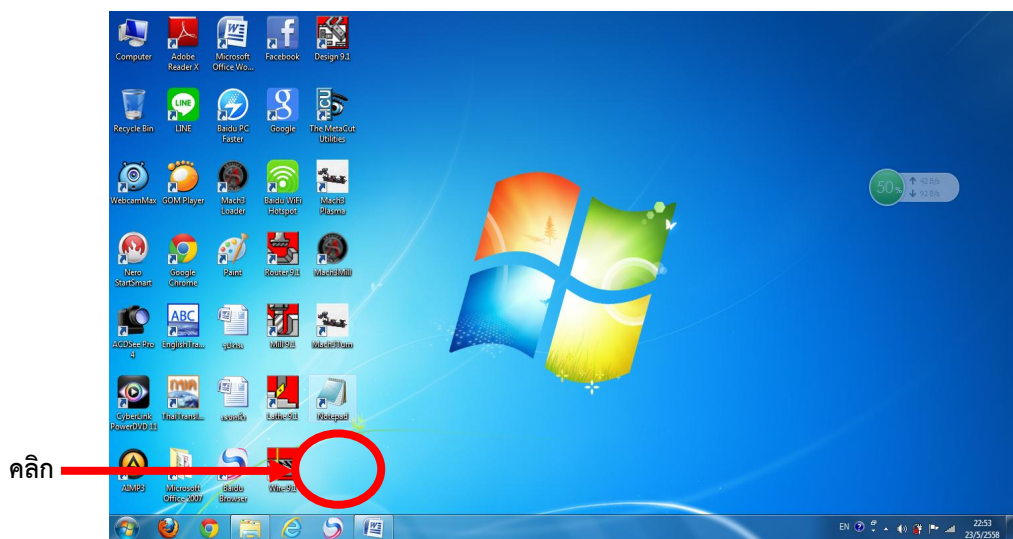
ขั้นตอนที่ 1 เริ่มเขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงเรียวยตามแบบงาน ด้วยรหัสคำสั่ง G00 และ G01

N5 G00 X25 Z10 S600 T1 M03	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง X30 Z10 ให้เพลงานหมุน 600 รอบต่อนาที ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ใช้มีดกลึง T1)
N10 G01 X24 Z0 F100	(มีดกลึงเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง X24 Z0 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N15 Z-30	(กลึงปอกไปยังตำแหน่ง Z-30 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N20 X25	(มีดกลึงเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง X25 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N25 G00 Z0	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วถอยไปยังตำแหน่ง Z0)
N30 X23	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง X23)
N35 G01 Z-30	(กลึงปอกไปยังตำแหน่ง Z-30 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N40 X25	(กลึงปาดออกไปยังตำแหน่ง X25 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N45 G00 Z0	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วถอยออกไปยังตำแหน่ง Z0)
N50 X22	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง X22)
N55 G01 X23 Z-30	(กลึงเรียวยไปยังตำแหน่ง X23 Z-30 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N60 X25	(กลึงปาดออกไปยังตำแหน่ง X25 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N65 G00 Z0	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วถอยไปยังตำแหน่ง Z0)

N70	X21	(มีดกลิ้งเคลื่อนที่เร็วเข้าไปยังตำแหน่ง X21)
N75	G01 X23 Z-30	(กลิ้งเร็วไปยังตำแหน่ง X23 Z-30 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N80	X25	(กลิ้งปาดออกไปยังตำแหน่ง X25 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N85	G00 Z0	(มีดกลิ้งเคลื่อนที่เร็วถอยออกไปยังตำแหน่ง Z0)
N90	X20	(มีดกลิ้งเคลื่อนที่เร็วเข้าไปยังตำแหน่ง X20)
N95	G01 X23 Z-30	(กลิ้งเร็วไปยังตำแหน่ง X23 Z-30 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N100	X25	(กลิ้งปาดออกไปยังตำแหน่ง X25 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N105	G00 Z0	(มีดกลิ้งเคลื่อนที่เร็วถอยออกไปยังตำแหน่ง Z0)
N110	X19	(มีดกลิ้งเคลื่อนที่เร็วเข้าไปยังตำแหน่ง X19)
N115	G01 X23 Z-30	(กลิ้งเร็วไปยังตำแหน่ง X23 Z-30 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N120	X25	(กลิ้งปาดออกไปยังตำแหน่ง X25 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N125	G00 Z0	(มีดกลิ้งเคลื่อนที่เร็วถอยออกไปยังตำแหน่ง Z0)
N130	X18	(มีดกลิ้งเคลื่อนที่เร็วเข้าไปยังตำแหน่ง X18)
N135	G01 X23 Z-30	(กลิ้งเร็วไปยังตำแหน่ง X23 Z-30 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N140	X25	(กลิ้งปาดออกไปยังตำแหน่ง X25 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N145	G00 Z10	(มีดกลิ้งเคลื่อนที่เร็วถอยออกไปยังตำแหน่ง Z10)
N150	M30	(จบโปรแกรมการทำงาน กลับไปที่บรรทัดเริ่มต้น)

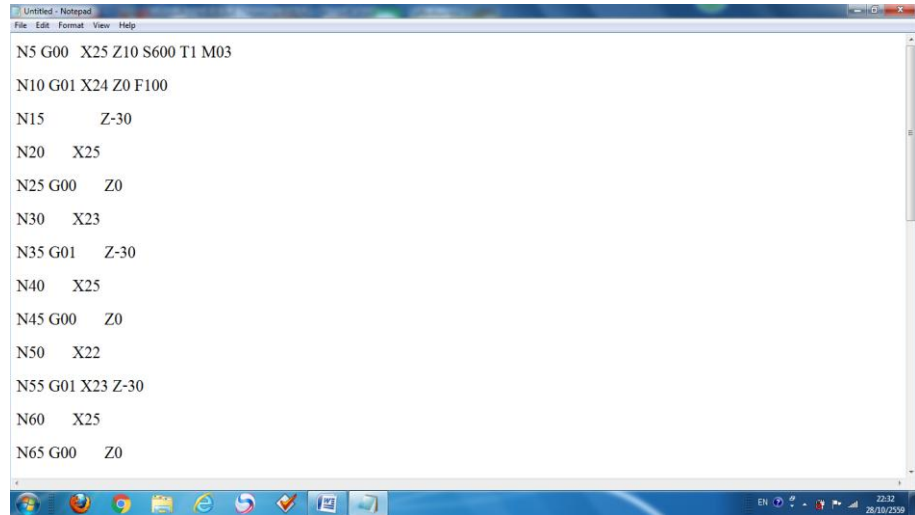
ขั้นตอนที่ 2 พิมพ์ Nc code ด้วยโปรแกรม Notepad

เปิดใช้งานโปรแกรม Notepad ได้โดยดับเบิลคลิกที่ไอคอน 



ภาพที่ 1-50 แสดงไอคอน Notepad

หลังจากที่เข้าสู่ Notepad ก็เข้าสู่หน้าต่าง Untitled Notepad ซึ่งผู้เรียนสามารถพิมพ์ Nc code งานกลึงเรียวยตามรูปแบบที่เขียนไว้ แล้วทำการบันทึก File ไว้ให้เรียบร้อย

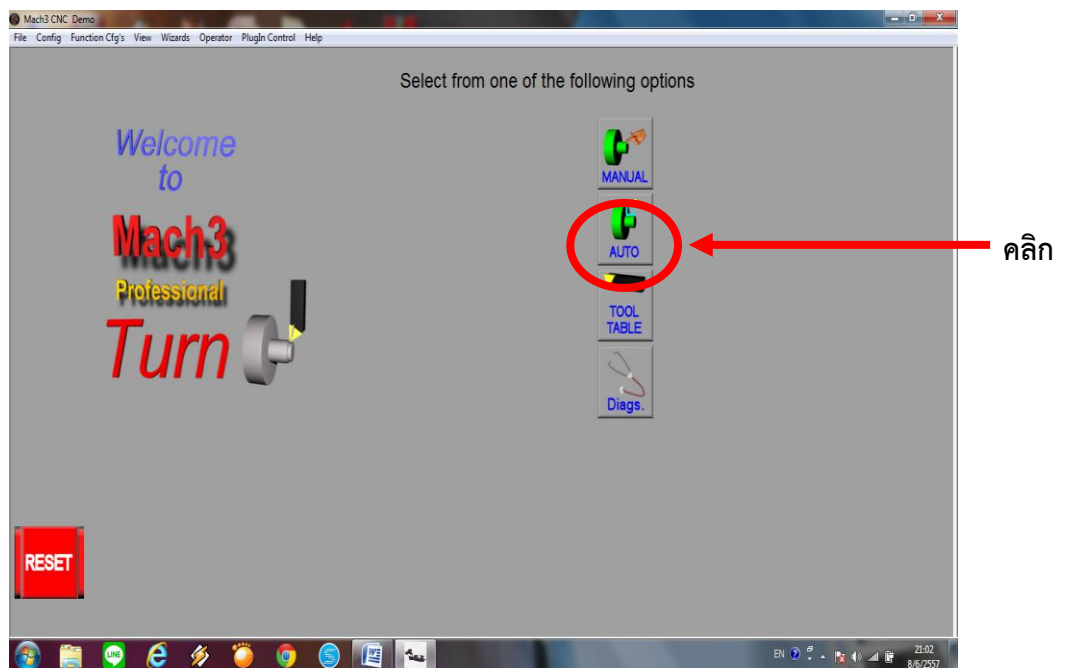


```

Untitled - Notepad
File Edit Format View Help
N5 G00 X25 Z10 S600 T1 M03
N10 G01 X24 Z0 F100
N15 Z-30
N20 X25
N25 G00 Z0
N30 X23
N35 G01 Z-30
N40 X25
N45 G00 Z0
N50 X22
N55 G01 X23 Z-30
N60 X25
N65 G00 Z0
  
```

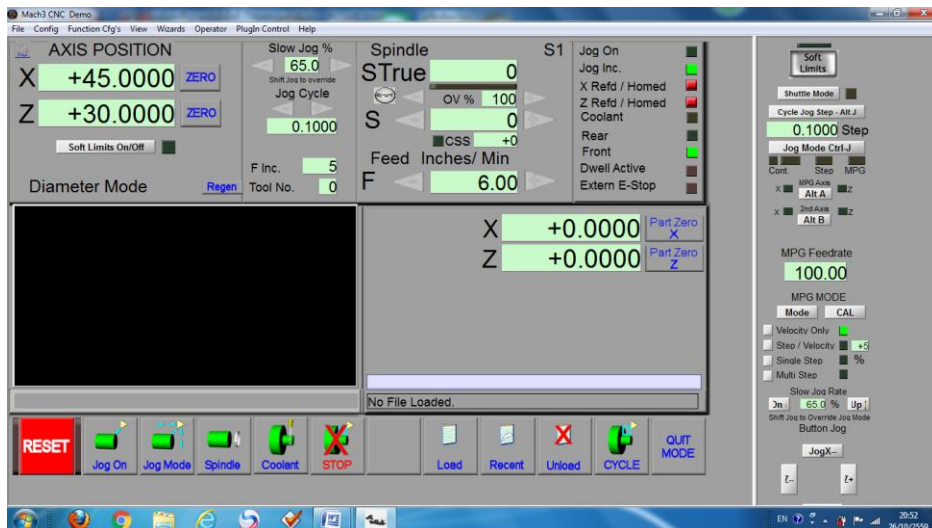
ภาพที่ 1-51 แสดง Nc code งานกลึงเรียวยที่พิมพ์ด้วย Notepad
ขั้นตอนที่ 3 เข้าสู่โปรแกรม Mach3 Turn

เข้าสู่โปรแกรม Mach3 Turn โดยคลิกที่ไอคอน Auto ดังภาพ 1-52 เพื่อเข้าสู่การทำงานของโปรแกรม



ภาพที่ 1-52 แสดงตำแหน่ง Auto

เข้าสู่โปรแกรม Mach3 Turn ต่อจากนั้นให้กด Tap บนคีย์บอร์ดโปรแกรมจะเปิดหน้าต่างฟังก์ชันควบคุมการเคลื่อนที่ของ Tool ดังภาพ 1-53



ภาพที่ 1-53 แสดงการเข้าสู่โปรแกรม Mach3 Turn

ขั้นตอนที่ 4 จับยึดชิ้นงานบนเครื่องกลึงให้แน่น ปรับความเร็วรอบที่ Spindle ที่ 600 รอบต่อนาที



ภาพที่ 1-54 แสดงการจับยึดชิ้นงาน

ขั้นตอนที่ 5 ทำการเปิดเครื่องกลึงโดยการยกแขนโยก เปิด Spindle เครื่องกลึง ดังภาพ 1-40



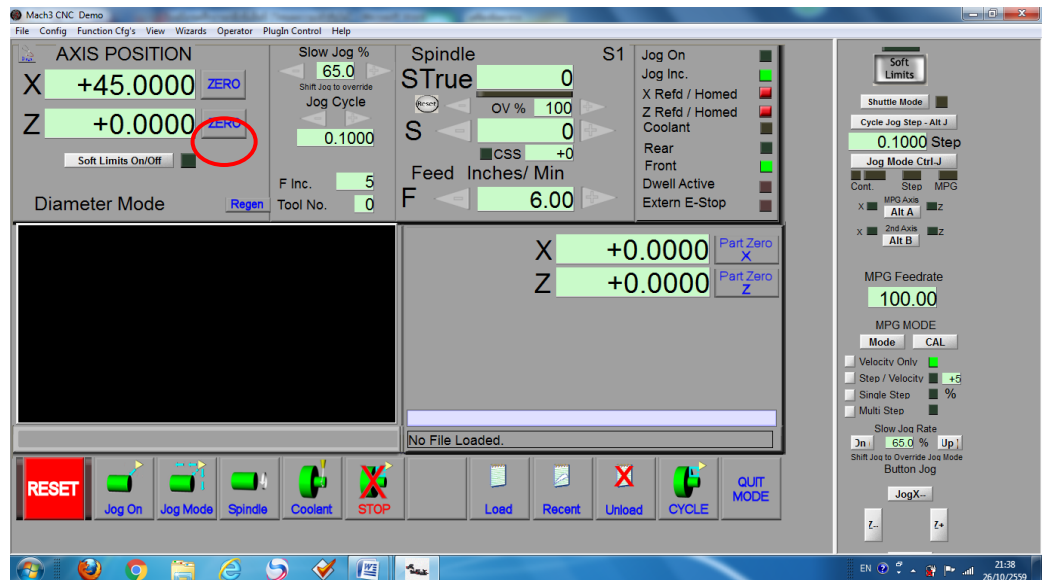
ภาพที่ 1-55 แสดงการยกแขนโยกขึ้น เปิด Spindle เครื่องกลึง

ขั้นตอนที่ 6 ควบคุมการเคลื่อนที่แกน X และแกน Z โดยคีย์บอร์ด ทำการกลึงปาดหน้าชิ้นงานจนเรียบใช้ Feed เท่ากับ 5% แล้วให้ทำการ Set ตำแหน่ง Tool แกน Z ขณะทำการกลึงปาดหน้าให้ผู้เรียนใส่แว่นตานิรภัย



ภาพที่ 1-56 แสดงการกึ่งปาดหน้าชิ้นงาน

ทำการ Set ตำแหน่ง Tool แกน Z โดยกดปุ่ม Zero ดังภาพ 1-57



ภาพที่ 1-57 แสดงการ Set ตำแหน่ง Tool แกน Z

ขั้นตอนที่ 7 ควบคุมการเคลื่อนที่แกน X และแกน Z โดยคีย์บอร์ด ทำการกึ่งปาดก่อนความลึก 0.5 มิลลิเมตร ความยาว 5 มิลลิเมตร ใช้ Feed เท่ากับ 5% ขณะทำการกึ่งปาดให้ผู้เรียนใส่แว่นตานิรภัยทุกครั้ง



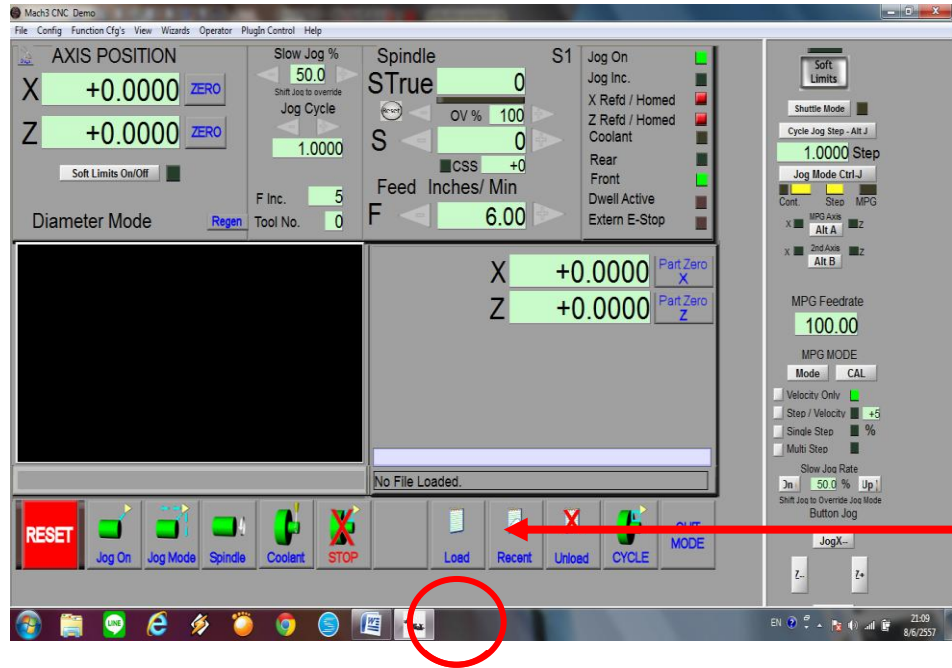
ภาพที่ 1-58 แสดงการกึ่งปอกชิ้นงาน

หลังจากกึ่งปอกชิ้นงานเสร็จแล้วให้ปิดเครื่องกึ่ง ทำการวัดขนาดความโตชิ้นงานได้ขนาดเท่าไรให้นำมาป้อนให้ตำแหน่งแกน X โดยกดไปที่ตำแหน่งแกน X แล้วป้อนค่าที่ คีย์บอร์ด เช่น วัดขนาดความโตชิ้นงานหลังกึ่งปอกได้ 25.00 มิลลิเมตร ก็ให้ป้อนขนาดที่แกน X เท่ากับ 25.00 แล้วกด Enter ดังภาพ 1-59



ภาพที่ 1-59 แสดงการ Set ตำแหน่ง Tool แกน X

ขั้นตอนที่ 8 ทำการโหลดคำสั่ง Nc Code งานกลึงเรียที่ได้ทำการพิมพ์ไว้ด้วยโปรแกรม Notepad เรียบร้อย โดยผู้เรียนเข้าไปคลิกที่ปุ่ม Load ดังภาพ 1-60



ภาพที่ 1-60 แสดงตำแหน่งของปุ่ม Load

หลังจากโหลดคำสั่ง Nc Code ให้โปรแกรมแล้ว โปรแกรมจะแสดง คำสั่ง Nc Code พร้อมทำการกลึงเรีย



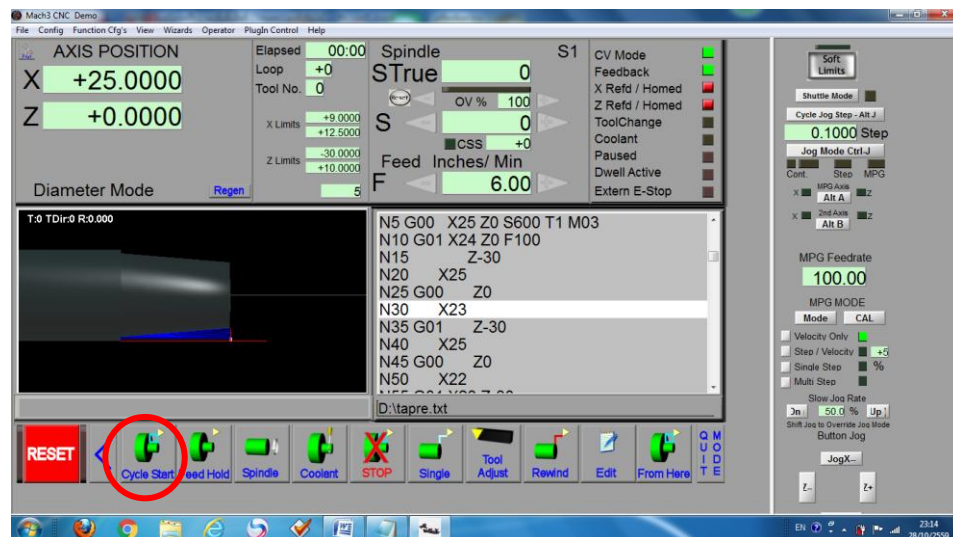
ภาพที่ 1-61 แสดงการโหลดคำสั่ง Nc Code งานกลึงเรีย

ขั้นตอนที่ 9 ควบคุมการเคลื่อนที่แกน X และแกน Z โดยคีย์บอร์ด ถอย Tool มาที่ X 30 Z 20 ทำการเปิดเครื่องกลึงโดยการยกแขนโยก เปิด Spindle เครื่องกลึง ดังภาพ 1-47



ภาพที่ 1-62 แสดงการยกแขนโยกขึ้น เปิด Spindle เครื่องกลึง

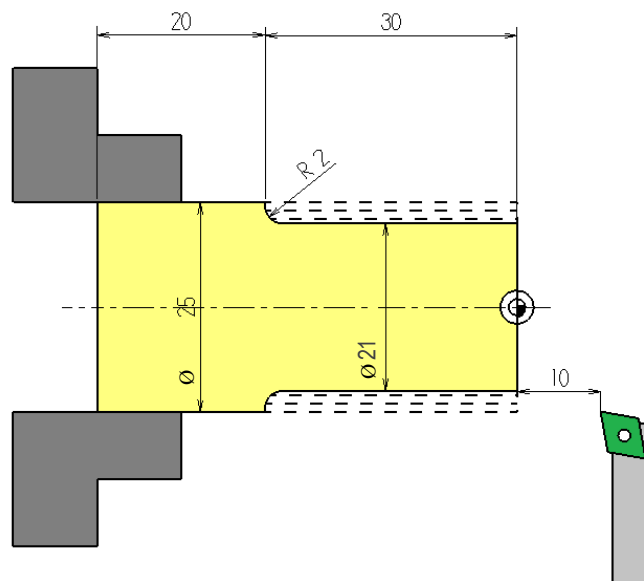
ขั้นตอนที่ 10 เมื่อเปิด Spindle เครื่องกลึงแล้วให้กดปุ่ม Cycle Start ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีก็จะทำการกลึงเร็วตาม Nc code หากต้องการหยุดชั่วคราวให้กดที่ปุ่ม STOP และเมื่อกดปุ่ม Cycle Start จะกลึงต่อ



ภาพที่ 1-63 แสดงตำแหน่งปุ่ม Cycle Start

เมื่อกิ่งเร็วขึ้นงานเสร็จตาม Nc code ให้ผู้ปฏิบัติงานดันแขนโยกลง เพื่อปิด Spindle เครื่องกลึง จากนั้นกด Z+ เพื่อถอย tool เคลื่อนที่หลบชิ้นงานเมื่อนำชิ้นงานออกจากชุดฝัก หลังจากทำงานเสร็จ ทุกๆ ครั้ง เมื่อเลิกทำงานให้ผู้เรียนปิดชุดควบคุม ปิดคอมพิวเตอร์ชุดควบคุม ปิดเครื่องกลึง เก็บทำความสะอาดชุดฝัก เช็ดด้วยผ้าสะอาดเรียบร้อย ซิลิโคนน้ำมันป้องกันสนิมให้เรียบร้อย

ตัวอย่าง วิธีการใช้ชุดฝักงานกลึงมินิซีเอ็นซีกลึงโค้งชิ้นงาน วัสดุอลูมิเนียมหล่อตามแบบงาน ภาพที่ 1-64 กลึงโค้งตามแบบงาน ด้วยรหัสคำสั่ง G00,G01 และ G02 โดยกำหนดให้กินลึกชิ้นงานครั้งละ 1 มม.



ภาพที่ 1-64 แสดงแบบงานกลึงโค้ง

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มเขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงโค้งตามแบบงาน ด้วยรหัสคำสั่ง G00 และ G01 และ G02

N5 G00 X25 Z10 S600 T1 M03	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง X25 Z10 ให้เพลงานหมุน 600 รอบต่อนาที ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ใช้มีดกลึง T1)
N10 X24 Z0	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง X24 Z0)
N15 G01 Z-28 F100	(กลึงปอกไปยังตำแหน่ง Z-28 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N20 G02 X25 Z-28.5 R0.5	(กลึงโค้งทิศทางตามนาฬิกาไปที่ตำแหน่ง X25 Z-28.5 รัศมี 0.5 มม.)
N25 G00 Z0	(มีดกลึงถอยเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง Z0)
N30 G01 X23	(มีดกลึงเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง X23 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N35 Z-28	(กลึงปอกไปยังตำแหน่ง Z-28 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)

N40 G02 X25 Z-29 R1	(กลิ้งโค้งทิศทางตามเข็มนาฬิกาไปที่ตำแหน่ง X25 Z-29 รัศมี 1 มม.)
N45 G00 Z0	(มีดกลิ้งถอยเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง Z0)
N50 G01 X22	(มีดกลิ้งเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง X22 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N55 Z-28	(กลิ้งปอกไปยังตำแหน่ง Z-28 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N60 G02 X25 Z-29.5 R1.5	(กลิ้งโค้งทิศทางตามเข็มนาฬิกาไปที่ตำแหน่ง X25 Z-29.5 รัศมี 1.5 มม.)
N65 G00 Z0	(มีดกลิ้งถอยเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง Z0)
N70 G01 X21	(มีดกลิ้งเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง X21 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N75 Z-28	(กลิ้งปอกไปยังตำแหน่ง Z-28 ด้วยอัตราป้อน 100 มม./นาที)
N80 G02 X25 Z-30 R2	(กลิ้งโค้งทิศทางตามเข็มนาฬิกาไปที่ตำแหน่ง X25 Z-30 รัศมี 2 มม.)
N85 G00 Z10	(มีดกลิ้งถอยเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง Z10)
N90 M30	(จบโปรแกรมการทำงาน)

ขั้นตอนที่ 2 พิมพ์ Nc code ด้วยโปรแกรม Notepad

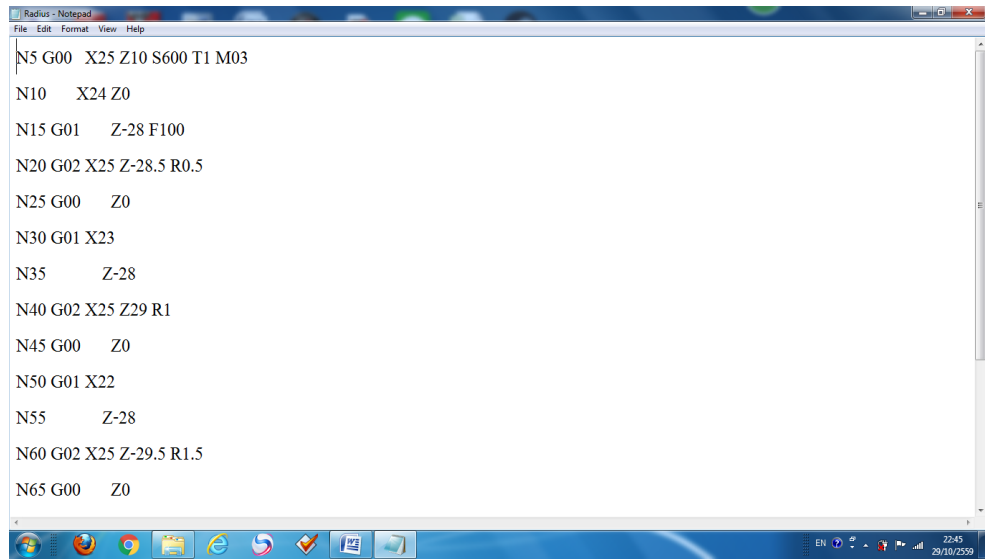
เปิดใช้งานโปรแกรม Notepad ได้โดยดับเบิลคลิกที่ไอคอน



ภาพที่ 1-65 แสดงไอคอน Notepad

หลังจากที่เข้าสู่ Notepad ก็จะไปสู่หน้าต่าง Untitled Notepad ซึ่งผู้เรียนสามารถพิมพ์ Nc code

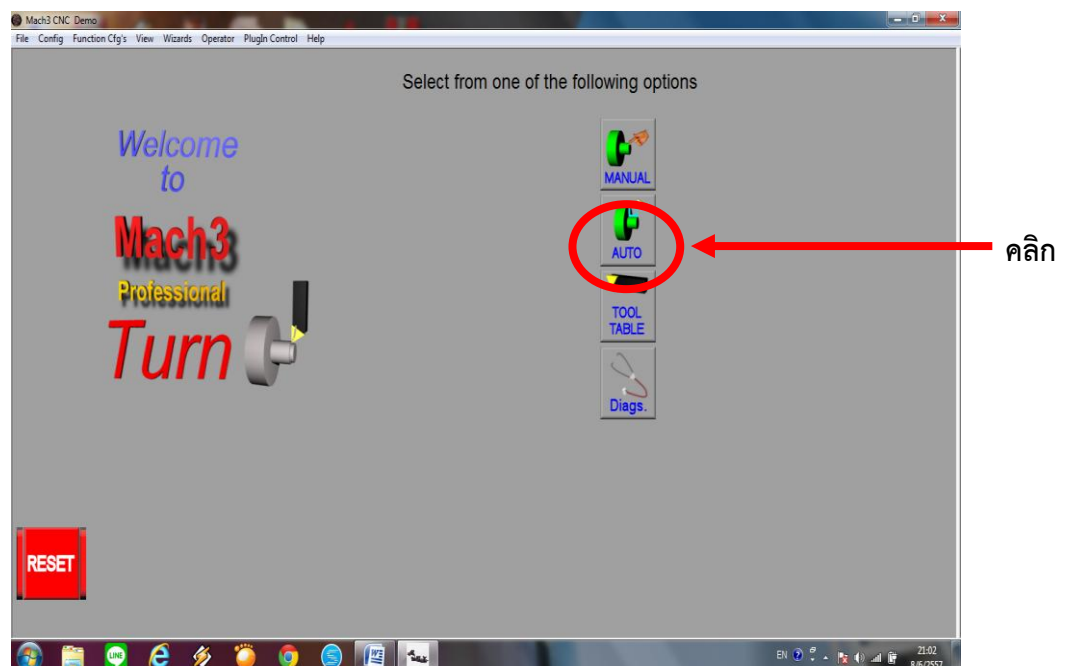
งานกลึงโค้งตามรูปแบบที่เขียนไว้ แล้วทำการบันทึก File ไว้ให้เรียบร้อย



ภาพที่ 1-66 แสดง Nc code งานกลึงโค้งที่พิมพ์ด้วย Notepad

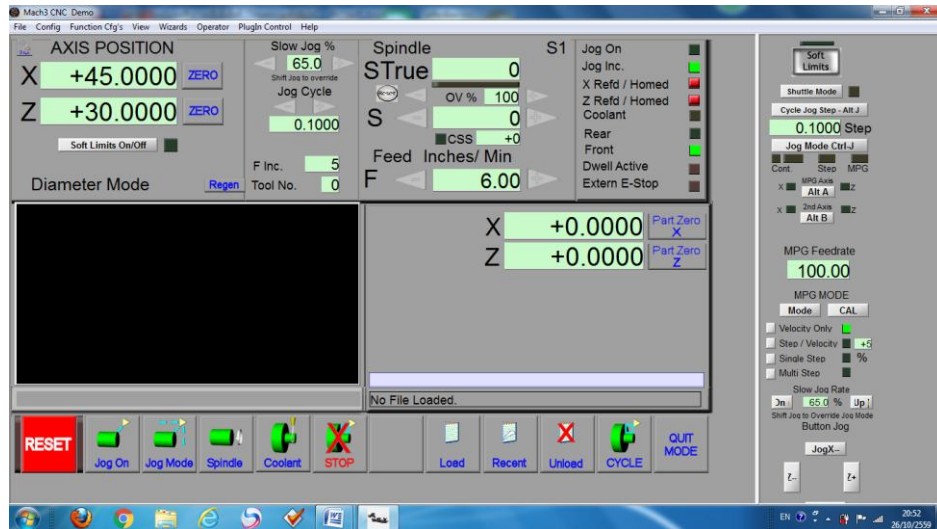
ขั้นตอนที่ 3 เข้าสู่โปรแกรม Mach3 Turn

เข้าสู่โปรแกรม Mach3 Turn โดยคลิกที่ไอคอน Auto ดังภาพ 1-67 เพื่อเข้าสู่การทำงานของโปรแกรม



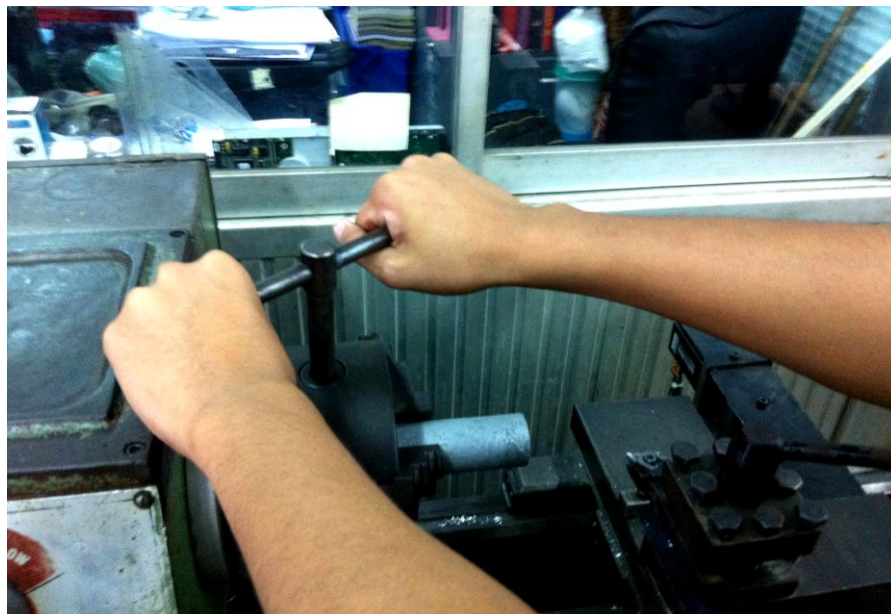
ภาพที่ 1-67 แสดงตำแหน่ง Auto

เข้าสู่โปรแกรม Mach3 Turn ต่อจากนั้นให้กด Tap บนคีย์บอร์ดโปรแกรมจะเปิดหน้าต่างฟังก์ชันควบคุมการเคลื่อนที่ของ Tool ดังภาพ 1-68



ภาพที่ 1-68 แสดงการเข้าสู่โปรแกรม Mach3 Turn

ขั้นตอนที่ 4 จับยึดชิ้นงานบนเครื่องกลึงให้แน่น ปรับความเร็วรอบที่ Spindle ที่ 600 รอบต่อนาที



ภาพที่ 1-69 แสดงการจับยึดชิ้นงาน

ขั้นตอนที่ 5 ทำการเปิดเครื่องกลึงโดยการยกแขนโยก เปิด Spindle เครื่องกลึง ดังภาพ 1-70



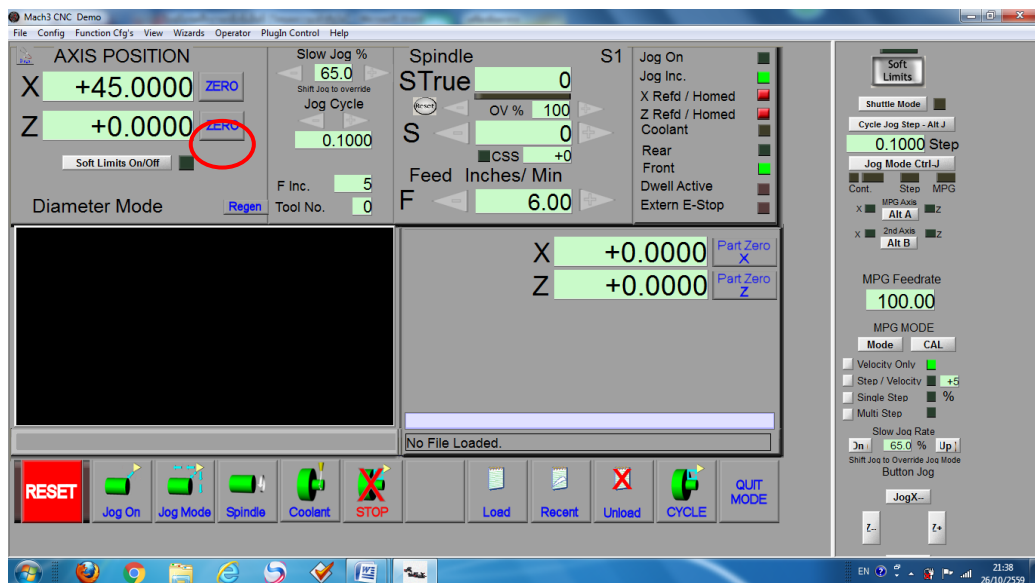
ภาพที่ 1-70 แสดงการยกแขนโยกขึ้น เปิด Spindle เครื่องกลึง

ขั้นตอนที่ 6 ควบคุมการเคลื่อนที่แกน X และแกน Z โดยคีย์บอร์ด ทำการกลึงปาดหน้าชิ้นงานจนเรียบใช้ Feed เท่ากับ 5% แล้วให้ทำการ Set ตำแหน่ง Tool แกน Z ขณะทำการกลึงปาดหน้าให้ผู้เรียนใส่แว่นตากันเศษโลหะ



ภาพที่ 1-71 แสดงการกึ่งปาดหน้าชิ้นงาน

ทำการ Set ตำแหน่ง Tool แกน Z โดยกดปุ่ม Zero ดังภาพ 1-72



ภาพที่ 1-72 แสดงการ Set ตำแหน่ง Tool แกน Z

ขั้นตอนที่ 7 ควบคุมการเคลื่อนที่แกน X และแกน Z โดยคีย์บอร์ด ทำการกึ่งปาดหน้าความลึก 0.5 มิลลิเมตร

ความยาว 5 มิลลิเมตร ใช้ Feed เท่ากับ 5% ขณะทำการกลึงปอกให้ผู้เรียนใส่แวนตักกันเศษโลหะทุกครั้ง



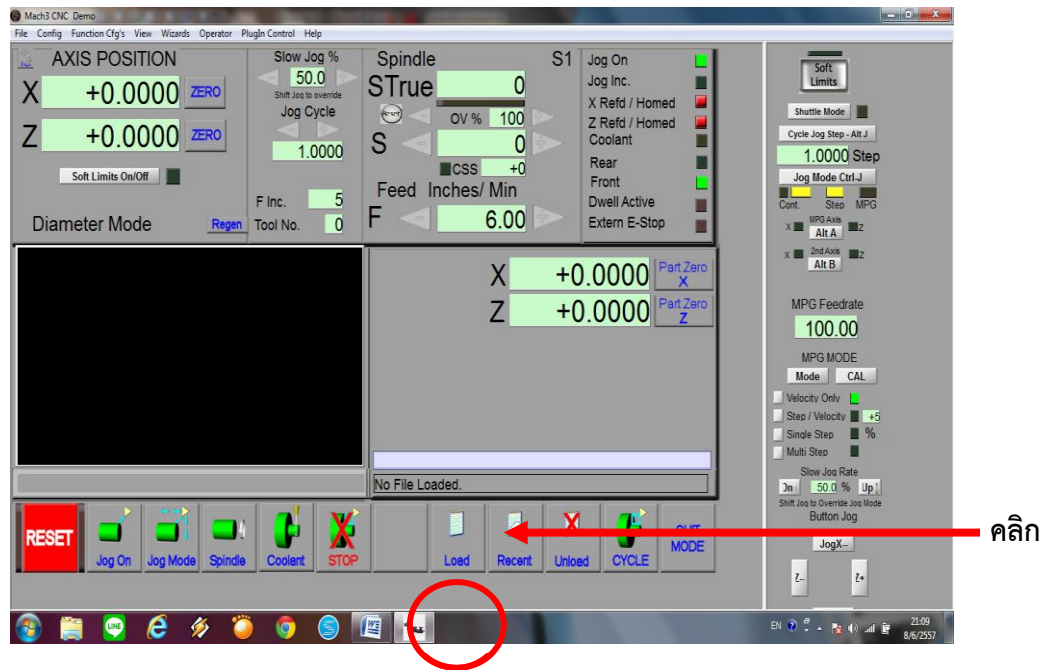
ภาพที่ 1-73 แสดงการกลึงปอกชิ้นงาน

หลังจากกลึงปอกชิ้นงานเสร็จแล้วให้ปิดเครื่องกลึง ทำการวัดขนาดความโตชิ้นงานได้ขนาดเท่าไรให้นำมาป้อนให้ตำแหน่งแกน X โดยกดไปที่ตำแหน่งแกน X แล้วป้อนค่าที่ คีย์บอร์ด เช่น วัดขนาดความโตชิ้นงานหลังกลึงปอกได้ 25.00 มิลลิเมตร ก็ให้ป้อนขนาดที่แกน X เท่ากับ 25.00 แล้วกด Enter ดังภาพ 1-74



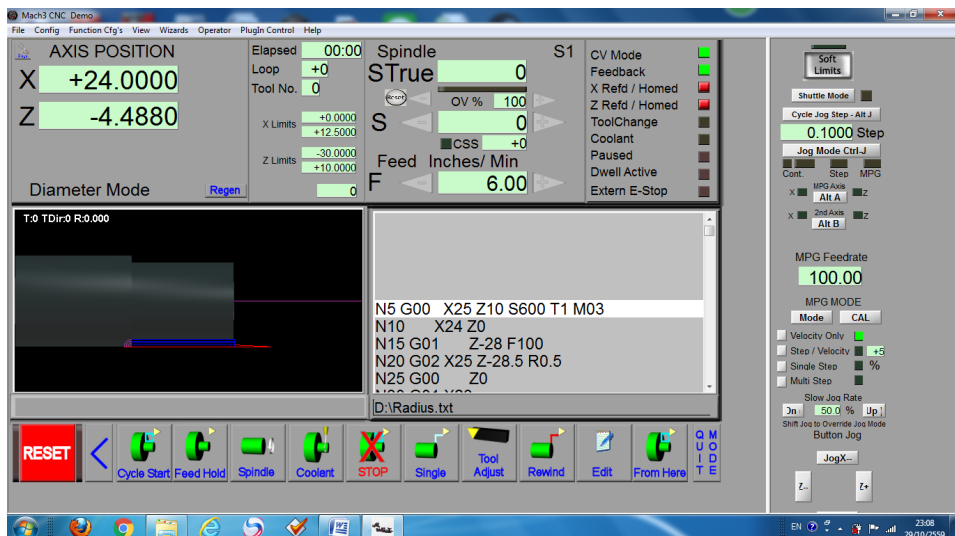
ภาพที่ 1-74 แสดงการ Set ตำแหน่ง Tool แกน X

ขั้นตอนที่ 8 ทำการโหลดคำสั่ง Nc Code งานกลึงเรียวยที่ได้ทำการพิมพ์ไว้ด้วยโปรแกรม Notepad เรียบร้อย โดยผู้เรียนเข้าไปคลิกที่ปุ่ม Load ดังภาพ 1-75



ภาพที่ 1-75 แสดงตำแหน่งของปุ่ม Load

หลังจากโหลดคำสั่ง Nc Code ให้โปรแกรมแล้ว โปรแกรมจะแสดง คำสั่ง Nc Code พร้อมทำการกลึงได้



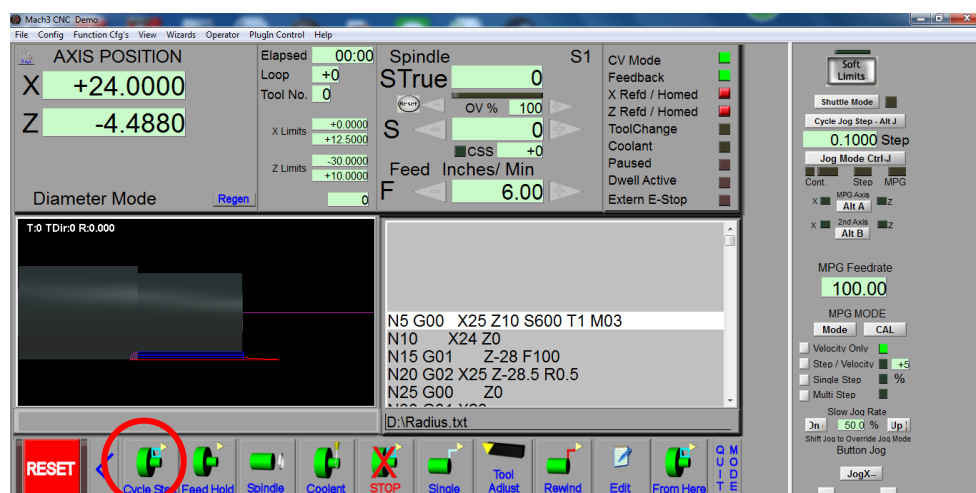
ภาพที่ 1-76 แสดงการโหลดคำสั่ง Nc Code งานกลึงโค้ง

ขั้นตอนที่ 9 ควบคุมการเคลื่อนที่แกน X และแกน Z โดยคีย์บอร์ด ถอย Tool มาที่ X 30 Z 20 ทำการเปิดเครื่องกลึงโดยการยกแขนโยก เปิด Spindle เครื่องกลึง ดังภาพ 1-77



ภาพที่ 1-77 แสดงการยกแขนโยกขึ้น เปิด Spindel เครื่องกลึง

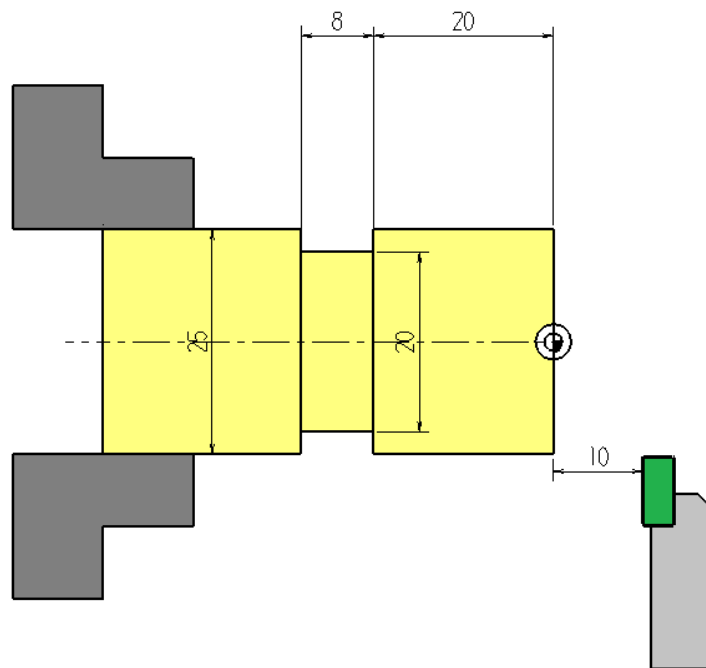
ขั้นตอนที่ 10 เมื่อเปิด Spindle เครื่องกลึงแล้วให้กดปุ่ม Cycle Start ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีก็จะทำการกลึงโค้งตาม Nc code หากต้องการหยุดชั่วคราวให้กดที่ปุ่ม STOP และเมื่อกดปุ่ม Cycle Start จะกลึงต่อ



ภาพที่ 1-78 แสดงตำแหน่งปุ่ม Cycle Start

เมื่อกิ่งเรียงชิ้นงานเสร็จตาม Nc code ให้ผู้ปฏิบัติงานดันแขนโยกลง เพื่อปิด Spindle เครื่องกลึง จากนั้นกด Z+ เพื่อถอย tool เคลื่อนที่หลบชิ้นงานเมื่อนำชิ้นงานออกจากชุดฝัก หลังจากทำงานเสร็จทุกๆ ครั้ง เมื่อเลิกทำงานให้ผู้เรียนปิดชุดควบคุม ปิดคอมพิวเตอร์ชุดควบคุม ปิดเครื่องกลึง เก็บทำความสะอาดชุดฝัก เช็ดด้วยผ้าสะอาดเรียบร้อย ซิลิโคนน้ำมันป้องกันสนิมให้เรียบร้อย

วิธีการใช้ชุดฝักงานกลึงมินิซีเอ็นซีกลึงเซาะร่องชิ้นงาน วัสดุลูมิเนียมหล่อตามแบบงาน ภาพที่ 1-79 กลึงเซาะร่องตามแบบงาน ด้วยรหัสคำสั่ง G00, G01 โดยใช้มีดเซาะร่องมีขนาดความโตหน้ามีด 5 มม.



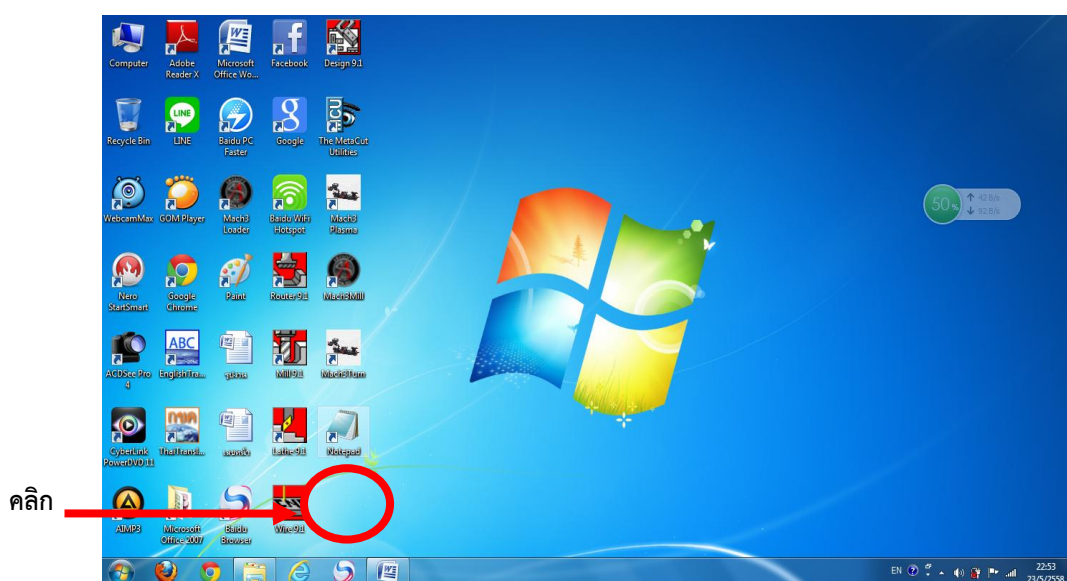
ภาพที่ 1-79 แสดงแบบงานกลึงเซาะร่อง

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มเขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงเซาะร่องตามแบบงาน ด้วยรหัสคำสั่ง G00 และ G01

N5 G00 X26 Z10 S200 T2 M03 (มีดเซาะร่องเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง X60 Z10 ให้เพลงานหมุน 200 รอบต่อนาที ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ใช้มีด T2)

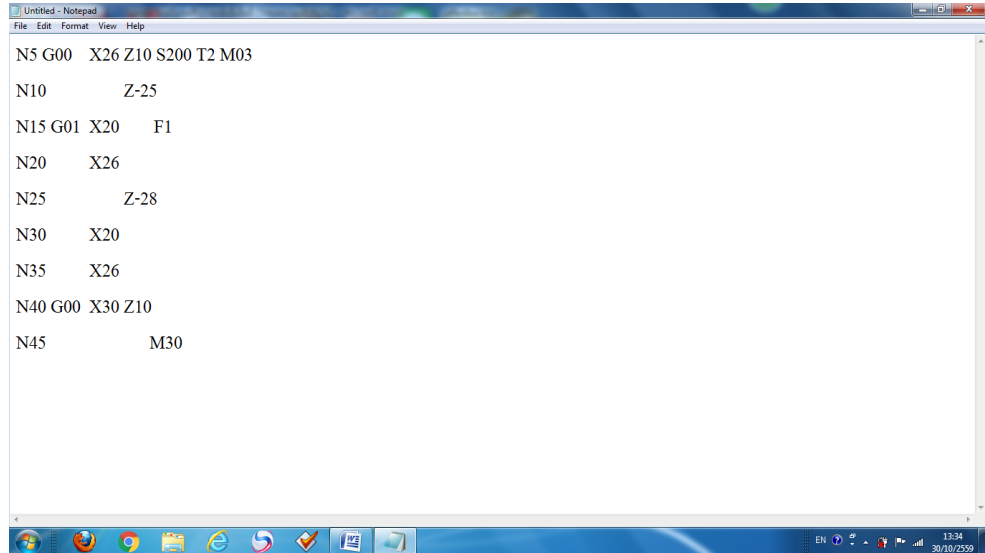
N10	Z-25	(มีดเซาะร่องเคลื่อนเร็วไปยังตำแหน่ง Z-25)
N15	G01 X20 F1	(กลึงเซาะร่องเข้าไปยังตำแหน่ง X20 ด้วยอัตราป้อน 1 มม./นาที)
N20	X26	(มีดเคลื่อนที่ออกไปยังตำแหน่ง X26 ด้วยอัตราป้อน 1 มม./นาที)
N25	Z-28	(มีดกลึงเคลื่อนไปยังตำแหน่ง Z-28 ด้วยอัตราป้อน 1 มม./นาที)
N30	X20	(กลึงเซาะร่องเข้าไปยังตำแหน่ง X20 ด้วยอัตราป้อน 1 มม./นาที)
N35	X26	(มีดเคลื่อนที่ออกไปยังตำแหน่ง X26 ด้วยอัตราป้อน 1 มม./นาที)
N40	G00 X30 Z10	(มีดกลึงเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่ง X30 Z10)
N45	M30	(จบโปรแกรมการทำงาน)

ขั้นตอนที่ 2 พิมพ์ Nc code ด้วยโปรแกรม Notepad
เปิดใช้งานโปรแกรม Notepad ได้โดยดับเบิลคลิกที่ไอคอน



ภาพที่ 1-80 แสดงไอคอน Notepad

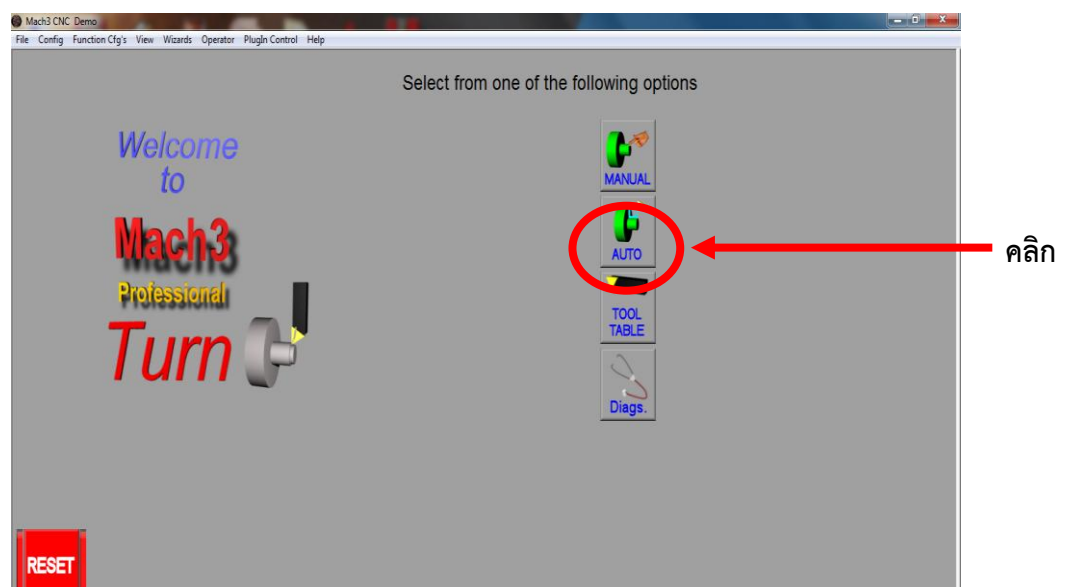
หลังจากที่เข้าสู่ Notepad ก็เข้าสู่หน้าต่าง Untitled Notepad ซึ่งผู้เรียนสามารถพิมพ์ Nc code งานกลึงเซาะร่องตามรูปแบบที่เขียนไว้ แล้วทำการบันทึก File ไว้ให้เรียบร้อย



ภาพที่ 1-81 แสดง Nc code งานกลึงเซาะร่องที่พิมพ์ด้วย Notepad

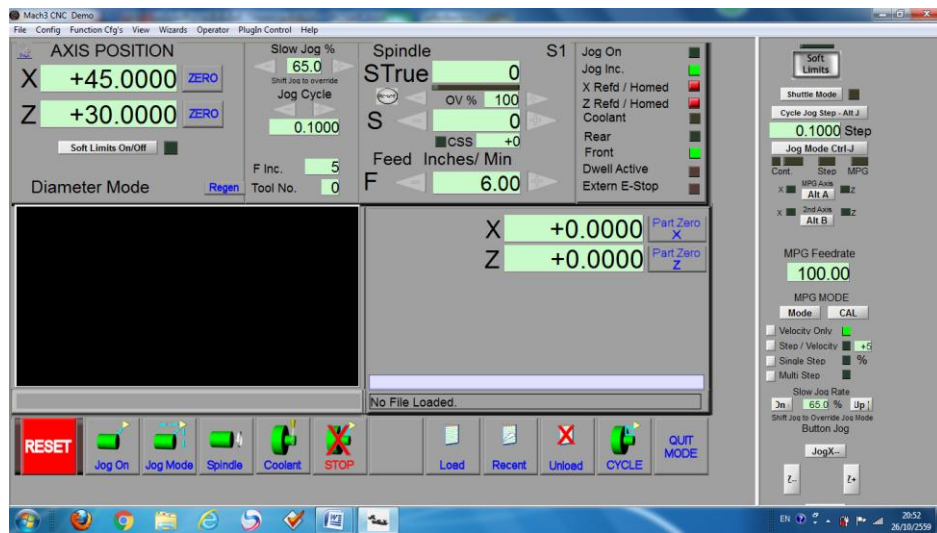
ขั้นตอนที่ 3 เข้าสู่โปรแกรม Mach3 Turn

เข้าสู่โปรแกรม Mach3 Turn โดยคลิกที่ไอคอน Auto ดังภาพ 1-67 เพื่อเข้าสู่การทำงานของโปรแกรม



ภาพที่ 1-82 แสดงตำแหน่ง Auto

เข้าสู่โปรแกรม Mach3 Turn ต่อจากนั้นให้กด Tap บนคีย์บอร์ดโปรแกรมจะเปิดหน้าต่างฟังก์ชันควบคุมการเคลื่อนที่ของ Tool ดังภาพ 1-68



ภาพที่ 1-83 แสดงการเข้าสู่โปรแกรม Mach3 Turn

ขั้นตอนที่ 4 จับยึดชิ้นงานบนเครื่องกลึงให้แน่น ปรับความเร็วรอบที่ Spindle ที่ 200 รอบต่อนาที



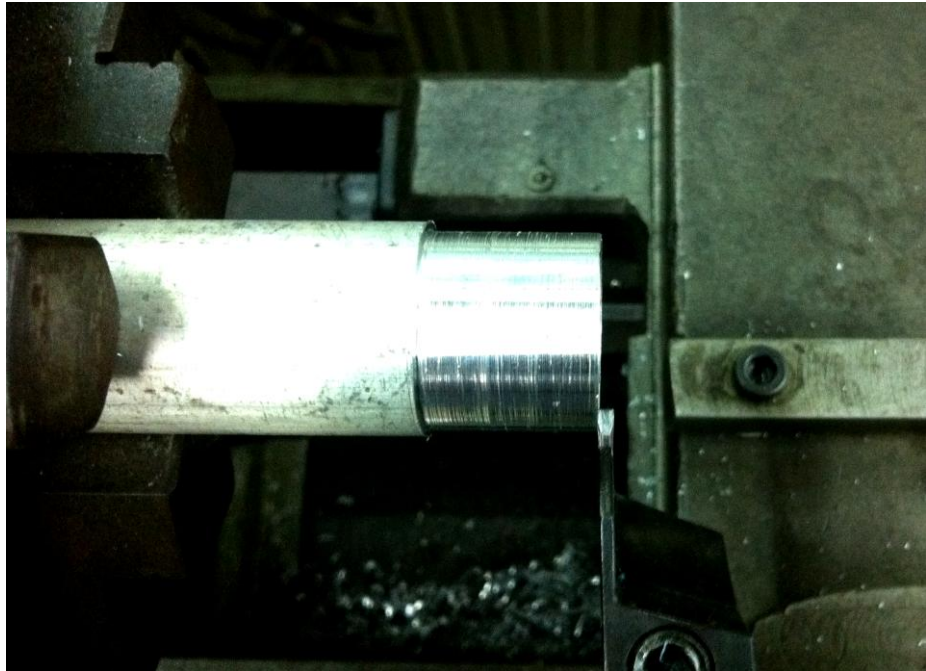
ภาพที่ 1-84 แสดงการจับยึดชิ้นงาน

ขั้นตอนที่ 5 ทำการเปิดเครื่องกลึงโดยการยกแขนโยก เปิด Spindle เครื่องกลึง ดังภาพ 1-85



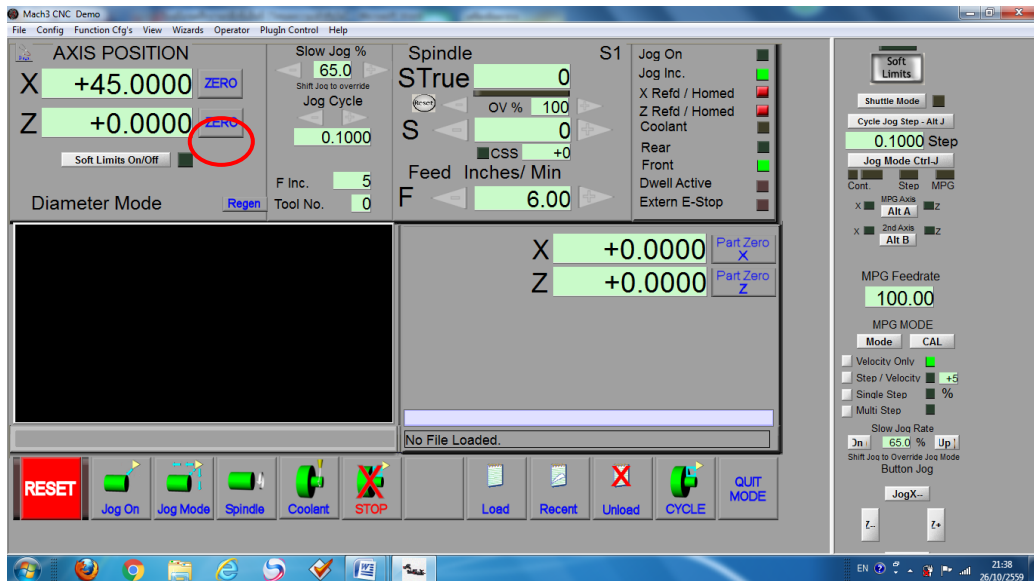
ภาพที่ 1-85 แสดงการยกแขนโยกขึ้น เปิด Spindle เครื่องกลึง

ขั้นตอนที่ 6 ควบคุมการเคลื่อนที่แกน X และแกน Z โดยคีย์บอร์ด นำเม็ดกลึงเขาระ่องสัมผัสหน้าชิ้นงาน ใช้ Feed เท่ากับ 5% แล้วให้ทำการ Set ตำแหน่ง Tool แกน Z



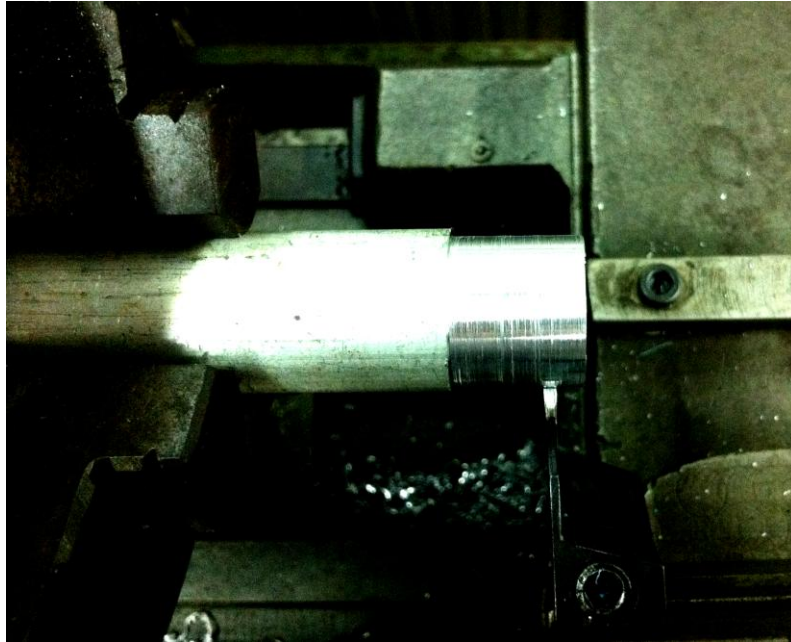
ภาพที่ 1-86 แสดงการนำมีดกลึงเจาะร่องสั้มน้้าขึ้นงาน

ทำการ Set ตำแหน่ง Tool แกน Z โดยกดปุ่ม Zero ดังภาพ 1-87



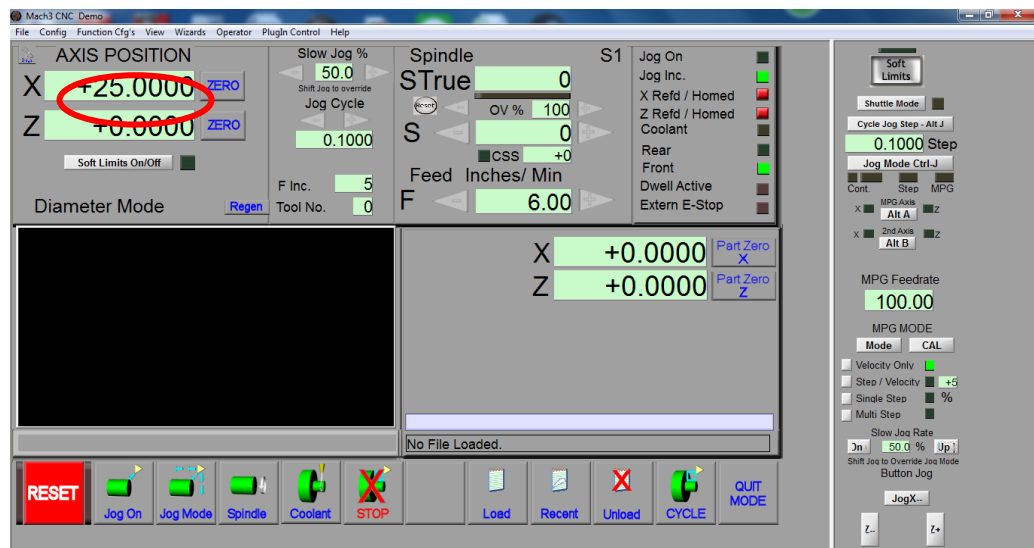
ภาพที่ 1-87 แสดงการ Set ตำแหน่ง Tool แกน Z

ขั้นตอนที่ 7 ควบคุมการเคลื่อนที่แกน X และแกน Z โดยคีย์บอร์ด นำมิติกลึงเซาะร่องสัมผัสความโตชิ้นงาน ใช้ Feed เท่ากับ 5% ขณะทำการสัมผัสให้ผู้เรียนใส่แวนตากับเศษโลหะทุกครั้ง



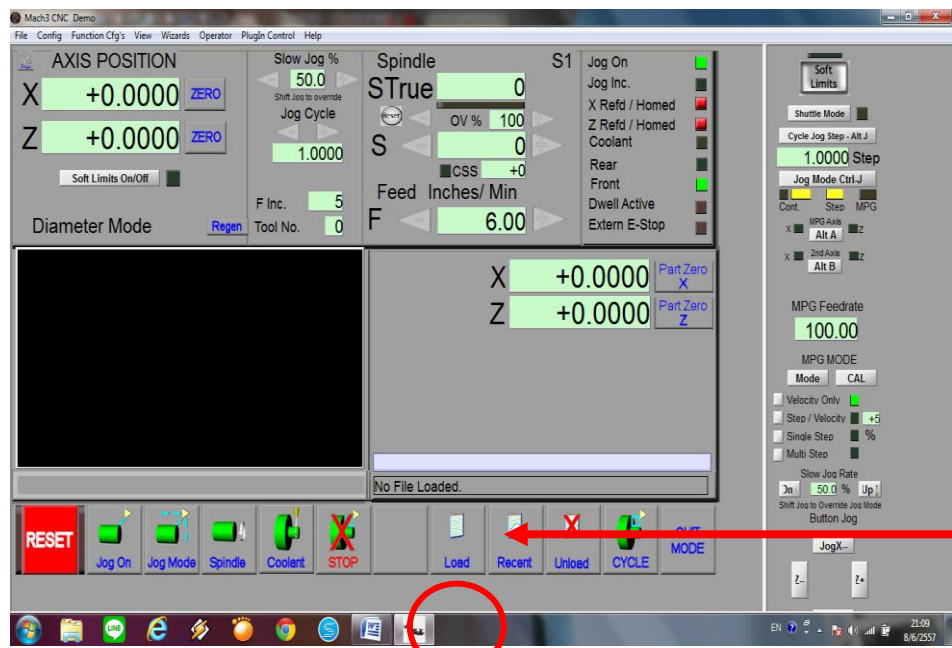
ภาพที่ 1-88 แสดงการกลึงเซาะร่องสัมผัสความโตชิ้นงาน

หลังจากนำมิติกลึงเซาะร่องสัมผัสความโตชิ้นงาน เสร็จแล้วให้ปิดเครื่องกลึง ทำการวัดขนาดความโตชิ้นงานได้ขนาดเท่าไรให้นำมาป้อนให้ตำแหน่งแกน X โดยกดไปที่ตำแหน่งแกน X แล้วป้อนค่าที่ คีย์บอร์ด เช่น วัดขนาดความโตชิ้นงานได้ 25.00 มิลลิเมตร ก็ให้ป้อนขนาดที่แกน X เท่ากับ 25.00 แล้วกด Enter ดังภาพ 1-89



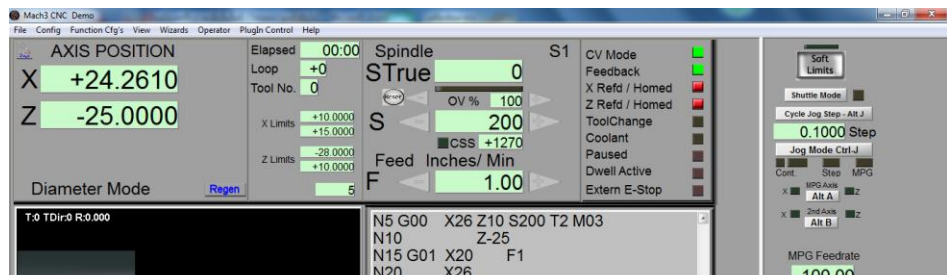
ภาพที่ 1-89 แสดงการ Set ตำแหน่ง Tool แกน X

ขั้นตอนที่ 8 ทำการโหลดคำสั่ง Nc Code งานกลึงเซาะที่ได้ทำการพิมพ์ไว้ด้วยโปรแกรม Notepad เรียบร้อย โดยผู้เรียนเข้าไปคลิกที่ปุ่ม Load ดังภาพ 1-90



ภาพที่ 1-90 แสดงตำแหน่งของปุ่ม Load

หลังจากโหลดคำสั่ง Nc Code ให้โปรแกรมแล้ว โปรแกรมจะแสดง คำสั่ง Nc Code พร้อมทำการกลึงเซาะร่อง



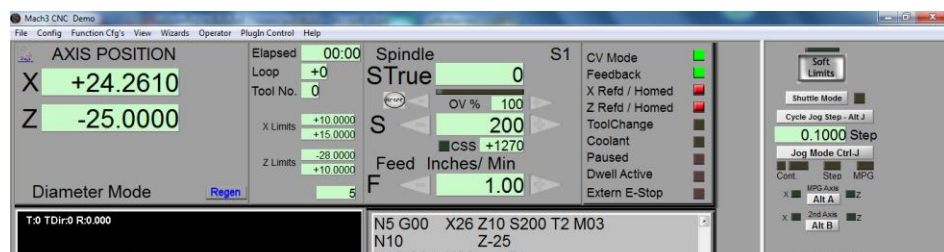
ภาพที่ 1-91 แสดงการโหลดคำสั่ง Nc Code งานเซาะร่อง

ขั้นตอนที่ 9 ควบคุมการเคลื่อนที่แกน X และแกน Z โดยคีย์บอร์ด ถอย Tool มาที่ X 30 Z 20 ทำการเปิดเครื่องกลึงโดยการยกแขนโยก เปิด Spindle เครื่องกลึง ดังภาพ 1-92



ภาพที่ 1-92 แสดงการยกแขนโยกขึ้น เปิด Spindle เครื่องกลึง

ขั้นตอนที่ 10 เมื่อเปิด Spindle เครื่องกลึงแล้วให้กดปุ่ม Cycle Start ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีก็จะทำการกลึงเซาะร่องตาม Nc code ต้องการหยุดชั่วคราวให้กดที่ปุ่ม STOP และเมื่อกดปุ่ม Cycle Start จะกลึงต่อ

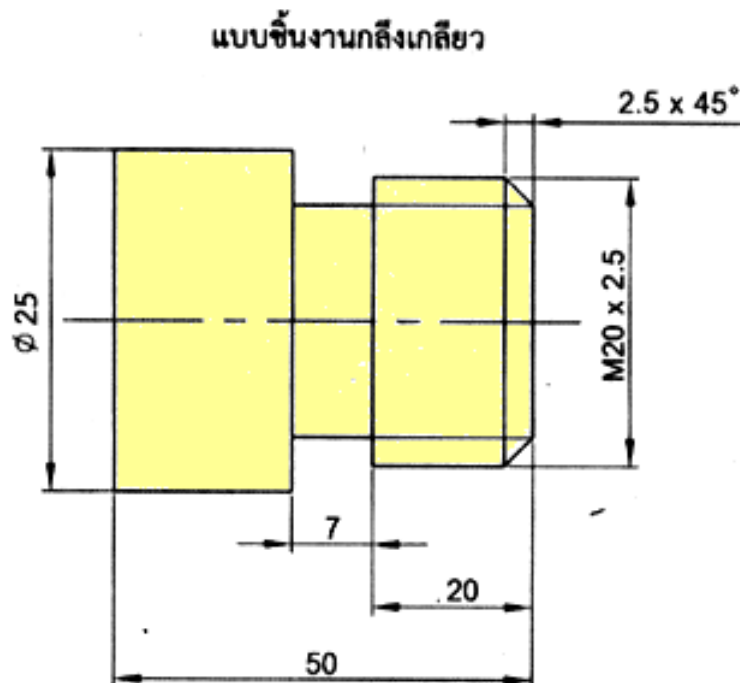




ภาพที่ 1-93 แสดงตำแหน่งปุ่ม Cycle Start

เมื่อกำลังจะขึ้นงานเสร็จตาม Nc code ให้ผู้ปฏิบัติงานดันแขนโยกลง เพื่อปิด Spindle เครื่องกลึง จากนั้นกด Z+ เพื่อถอย tool เคลื่อนที่หลบขึ้นงานเมื่อนำชิ้นงานออกจากชุดฝัก หลังจากทำงานเสร็จ ทุกๆ ครั้ง เมื่อเลิกทำงานให้ผู้เรียนปิดชุดควบคุม ปิดคอมพิวเตอร์ชุดควบคุม ปิดเครื่องกลึง เก็บทำความสะอาดชุดฝัก เช็ดด้วยผ้าสะอาดเรียบร้อย ซิลิโคนน้ำมันป้องกันสนิมให้เรียบร้อย

วิธีการใช้ชุดฝักงานกลึงมินิซีเอ็นซีกลึงเกลียวขึ้นงาน วัสดุอลูมิเนียมหล่อตามแบบงาน ภาพที่ 1-94 กลึงเกลียวตามแบบงาน โดยใช้ Wizards ของโปรแกรม Mach3 Turn



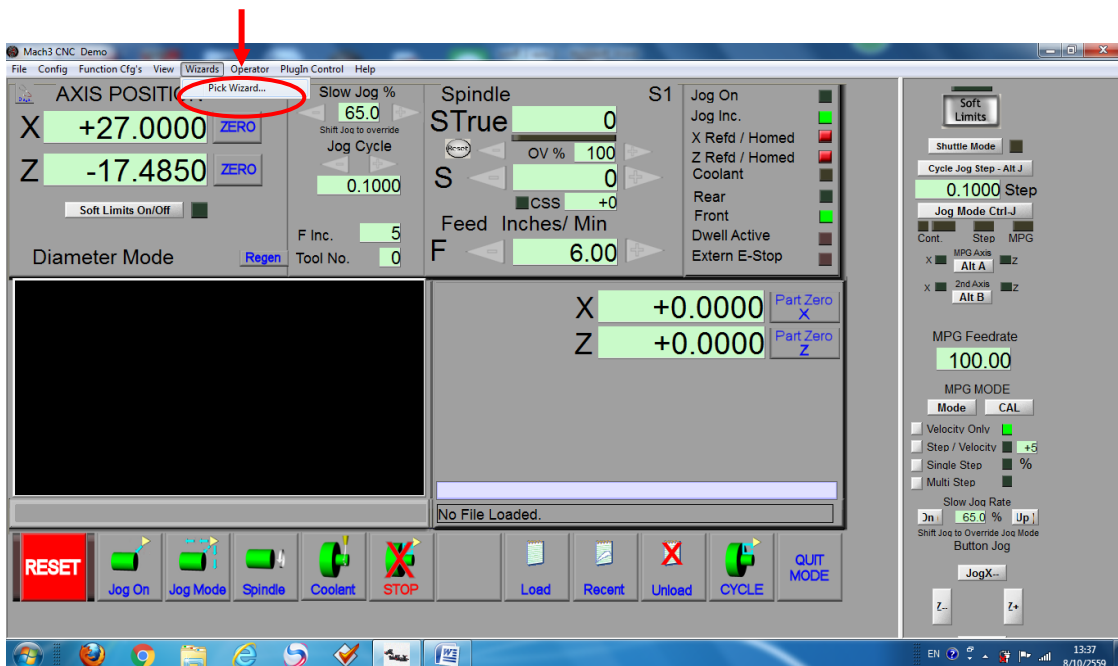
ภาพที่ 1-94 แบบสำหรับกลึงเกลียว

ขั้นตอนที่ 1 เปิดโปรแกรม Mach 3 Turn คลิกที่ Wizards ของโปรแกรม Mach 3 Turn โดยกดปุ่ม Wizards
ดั่งภาพ 1-95



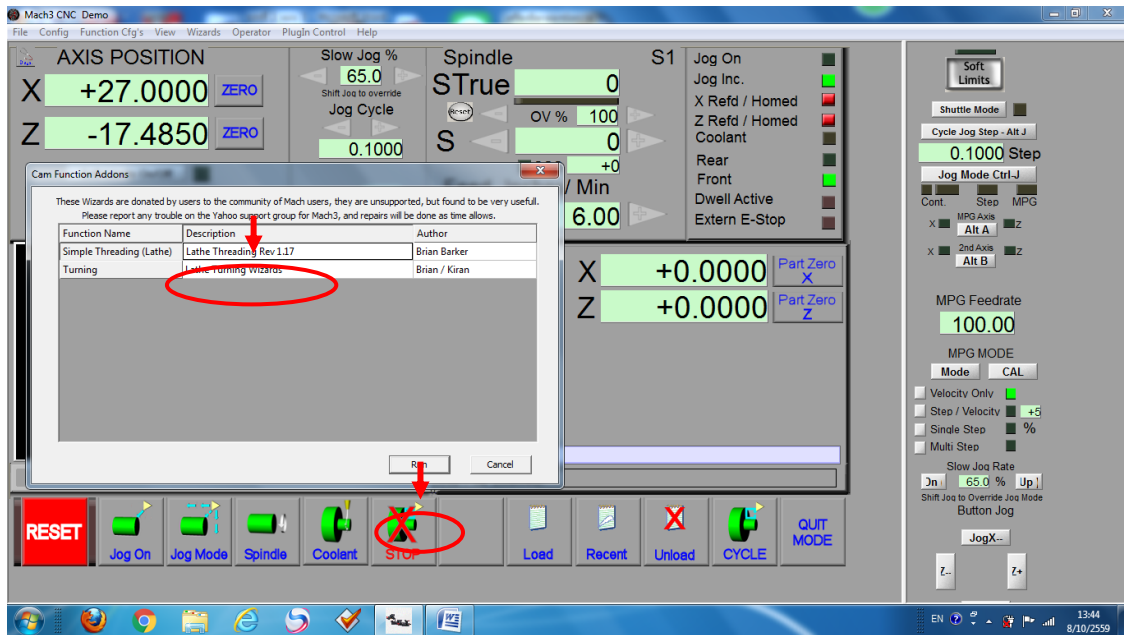
ภาพที่ 1-95 ตำแหน่งปุ่ม Wizards

ขั้นตอนที่ 2 จากนั้นกดปุ่ม Pick Wizards ของโปรแกรม Mach 3 ดั่งภาพ 1-96



ภาพที่ 1-96 ตำแหน่งปุ่ม Pick Wizards

ขั้นตอนที่ 3 หลังจากนั้นก็กดปุ่ม Lathe Threading Rev1.17 และกดปุ่ม Run ดังภาพ 1-97



ภาพที่ 1-97 ตำแหน่งปุ่ม Lathe Threading Rev1.17 และปุ่ม Run

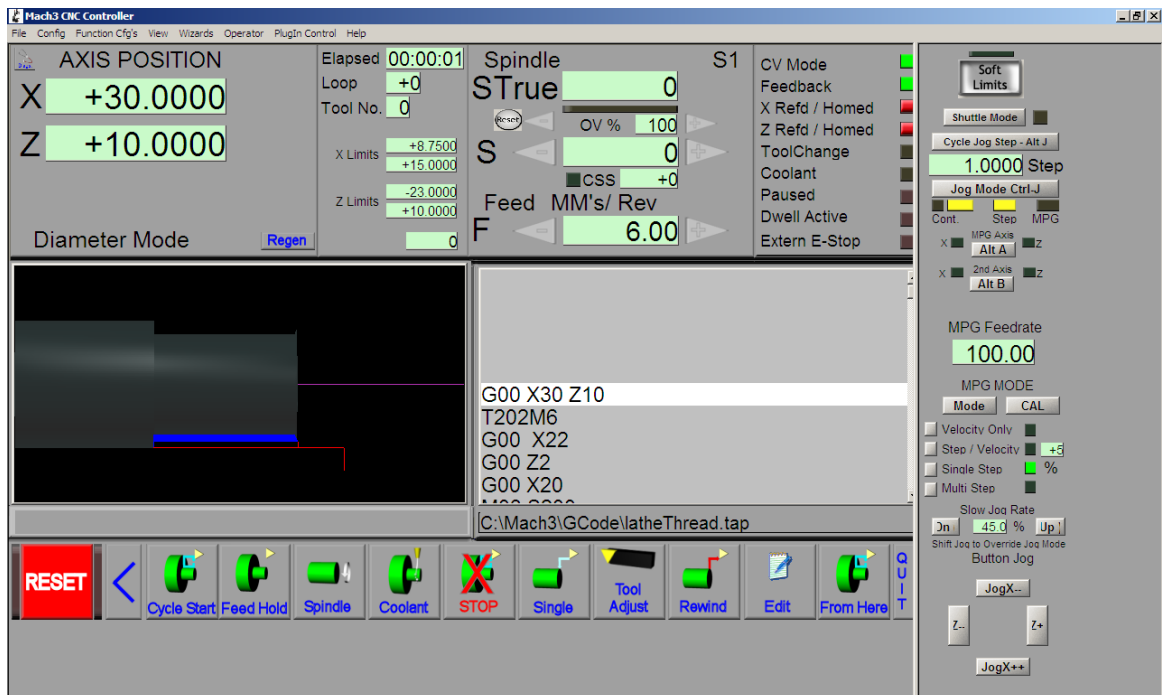
ขั้นตอนที่ 4 จากนั้นให้ตั้งค่าพารามิเตอร์ของการกลึงเกลียวตามแบบงานการกลึงเกลียว แล้วกดปุ่ม Post Code และปุ่ม save and setting ดังภาพด้านล่าง โปรแกรม Mach 3 โดย Wizards ก็จะเขียนโปรแกรม NC ให้แบบอัตโนมัติ สามารถสั่งให้ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีกลึงเกลียวตามแบบงานได้โดยกดปุ่ม Exit





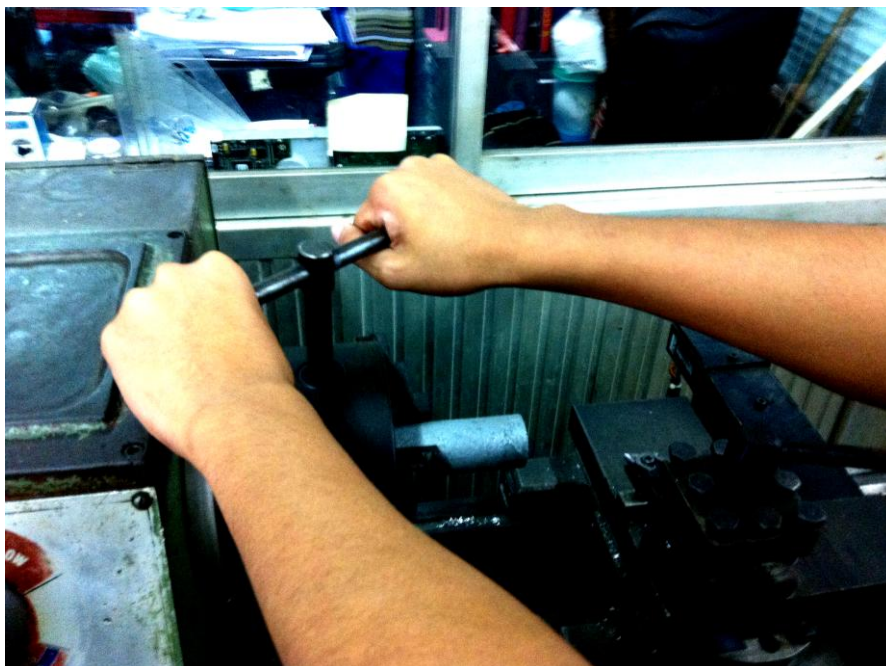
ภาพที่ 1-98 การตั้งค่าพารามิเตอร์การกลึงเกลียวของโปรแกรม Mach 3 โดย Wizards

ขั้นตอนที่ 5 หลังจากกดปุ่ม Exit โปรแกรมจะส่งข้อมูล Nc code มาที่หน้าโปรแกรมการควบคุมการกลึงเกลียว ดังภาพ 1-99



ภาพที่ 1-99 ข้อมูล Nc code การกลึงเกลียว

ขั้นตอนที่ 4 จับยึดชิ้นงานบนเครื่องกลึงให้แน่น ปรับความเร็วรอบที่ Spindle ที่ 200 รอบต่อนาที



ภาพที่ 1-100 แสดงการจับยึดชิ้นงาน

ขั้นตอนที่ 5 ทำการเปิดเครื่องกลึงโดยการยกแขนโยก เปิด Spindle เครื่องกลึง ดังภาพ 1-101

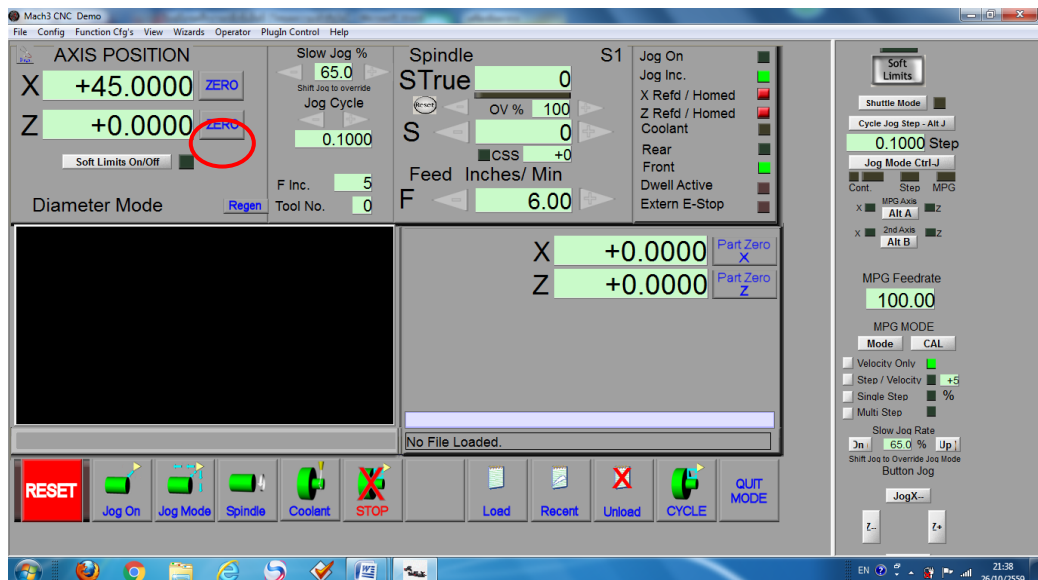


ภาพที่ 1-101 แสดงการยกแขนโยกขึ้น เปิด Spindle เครื่องกลึง
 ขั้นตอนที่ 6 ควบคุมการเคลื่อนที่แกน X และแกน Z โดยคีย์บอร์ด นำมีดกลึงเกลียวสัมผัสหน้าชิ้นงาน
 ใช้ Feed เท่ากับ 5% แล้วให้ทำการ Set ตำแหน่ง Tool แกน Z



ภาพที่ 1-102 แสดงการนำมีดกลึงเกลียวสัมผัสหน้าชิ้นงาน

ทำการ Set ตำแหน่ง Tool แกน Z โดยกดปุ่ม Zero ดังภาพ 1-103



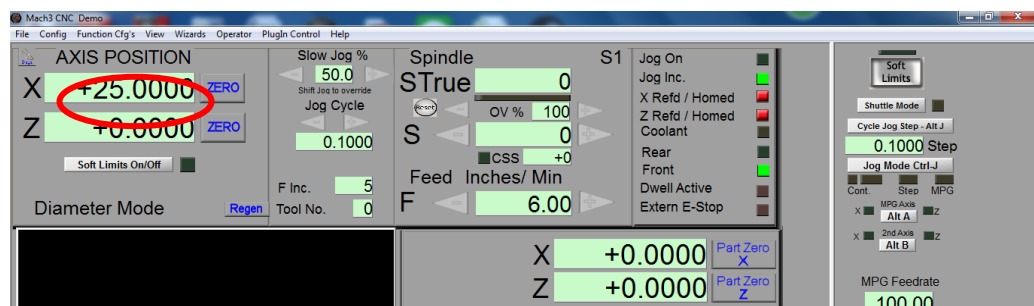
ภาพที่ 1-103 แสดงการ Set ตำแหน่ง Tool แกน Z

ขั้นตอนที่ 7 ควบคุมการเคลื่อนที่แกน X และแกน Z โดยคีย์บอร์ด นำมีดกลึงเกลียวสัมผัสความโตชิ้นงาน ใช้ Feed เท่ากับ 5% ขณะทำการสัมผัสให้ผู้เรียนใส่แวนตากับเศษโลหะทุกครั้ง



ภาพที่ 1-104 แสดงการนำมีดกลึงเกลียวสัมผัสความโตชิ้นงาน

หลังจากนำมีดกลึงเกลียวสัมผัสความโตชิ้นงาน เสร็จแล้วให้ปิดเครื่องกลึง ทำการวัดขนาดความโตชิ้นงานได้ขนาดเท่าไรให้นำมาป้อนให้ตำแหน่งแกน X โดยกดไปที่ตำแหน่งแกน X แล้วป้อนค่าที่ คีย์บอร์ด เช่น วัดขนาดความโตชิ้นงานได้ 25.00 มิลลิเมตร ก็ให้ป้อนขนาดที่แกน X เท่ากับ 25.00 แล้วกด Enter ดังภาพ 1-105



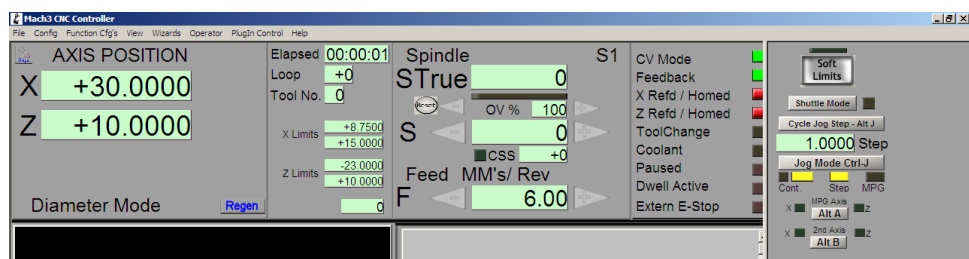
ภาพที่ 1-105 แสดงการ Set ตำแหน่ง Tool แกน X

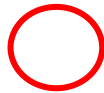
ขั้นตอนที่ 9 ควบคุมการเคลื่อนที่แกน X และแกน Z โดยคีย์บอร์ด ถอย Tool มาที่ X 30 Z 20 ทำการเปิดเครื่องกลึงโดยการยกแขนโยก เปิด Spindle เครื่องกลึง ดังภาพ 1-92



ภาพที่ 1-92 แสดงการยกแขนโยกขึ้น เปิด Spindle เครื่องกลึง

ขั้นตอนที่ 10 เมื่อเปิด Spindle เครื่องกลึงแล้วให้กดปุ่ม Cycle Start ชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซีก็จะทำการกลึงเกลียวตาม Nc code หากต้องการหยุดชั่วคราวให้กดที่ปุ่ม STOP และเมื่อกดปุ่ม Cycle Start จะกลึงต่อ





ภาพที่ 1-93 แสดงตำแหน่งปุ่ม Cycle Start

เมื่อกลึงเกลียวชิ้นงานเสร็จตาม Nc code ให้ผู้ปฏิบัติงานดันแขนโยกลง เพื่อปิด Spindle เครื่องกลึง จากนั้นกด Z+ เพื่อถอย tool เคลื่อนที่หลบชิ้นงานเมื่อนำชิ้นงานออกจากชุดฝัก หลังจากทำงานเสร็จทุกๆ ครั้ง เมื่อเลิกทำงานให้ผู้เรียนปิดชุดควบคุม ปิดคอมพิวเตอร์ชุดควบคุม ปิดเครื่องกลึง เก็บทำความสะอาดชุดฝัก เช็ดด้วยผ้าสะอาดเรียบร้อย ซิลิโคนน้ำมันป้องกันสนิมให้เรียบร้อย



ประวัติผู้วิจัย

- ชื่อ : นายประทีป ฟองเพชร
- ชื่อผลงาน : การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดฝึกงานกลึงมินิซีเอ็นซี
- สาขาวิชา : ช่างกลโรงงาน
- ประวัติส่วนตัว : เกิดวันที่ 8 กรกฎาคม 2514 ปัจจุบันอายุ 45 ปี
- ภูมิลำเนาเดิม : 57 หมู่ 3 ต.เอกราช อ.ป่าโมก จ.อ่างทอง 14130
- ภูมิลำเนาปัจจุบัน : 71 ถนนเทศบาล 10 ต.ตลาดหลวง อ.เมือง จ.อ่างทอง 14000
- ประวัติการศึกษา : ประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.) สาขาวิชาช่างกลโรงงาน วิทยาลัยเทคนิค
พระนครศรีอยุธยา ปี พ.ศ. 2533
- ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.) สาขาวิชา เทคนิคการผลิต วิทยาลัยเทคนิค
พระนครศรีอยุธยา ปี พ.ศ. 2535
- ประกาศนียบัตรวิชาชีพครูเทคนิคชั้นสูง(ปทส.) สาขาวิชา ครูเครื่องมือกล
วิทยาลัย ช่างกลปทุมวัน ปี พ.ศ. 2537
- ปริญญาโท ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต(ค.อ.ม.) สาขาเครื่องกล
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ ปี พ.ศ. 2546
- ประวัติการทำงาน : ปี พ.ศ. 2537 - ปัจจุบัน วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง จ.อ่างทอง