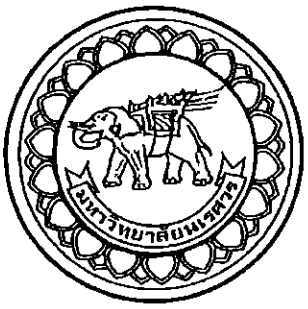


ฟิกซ์เจอร์ของเครื่องกลึงสำหรับงานทำร่องลิ่ม

FIXTURE OF LATHE MACHINE FOR KEYWAY MILLING

นายจิรยุทธ์ สุพรรณ์ รหัส 52360102

นายพิทยา บุญงาม รหัส 52360478

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 24 ก.ค. 2556
เลขทะเบียน 16316840
เลขเรียกหนังสือ มร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร 9498 ฟ 2555

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2555

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	ฟิกซ์เจอร์ของเครื่องกลึงสำหรับงานทำร่องลิ่ม	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายจิรยุทธ์ สุพรรณ์	รหัส 52360102
	นายพิทยา บุญงาม	รหัส 52360478
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์เสาวลักษณ์ ตองกลิ่น	
ที่ปรึกษาร่วมโครงงาน	ครูช่างประเทือง โมราราย	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	
ปีการศึกษา	2555	

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(อาจารย์เสาวลักษณ์ ตองกลิ่น)

.....ที่ปรึกษาร่วมโครงงาน
(ครูช่างประเทือง โมราราย)

.....กรรมการ
(รศ.ดร.กวิน สนธิเพิ่มพูน)

.....กรรมการ
(อาจารย์ธนา บุญฤทธิ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	: ฟิกซ์เจอร์ของเคลื่องกลึงสำหรับงานทำร่องลิ่ม	
ผู้ดำเนินโครงงาน	: นายจิรยุทธ์ สุพรรณ์	รหัส 52360102
	นายพิทยา บุญงาม	รหัส 52360478
อาจารย์ที่ปรึกษา	: อาจารย์เสาวลักษณ์ ตองกลิ่น	
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	: ครูช่างประเทือง โมราราย	
สาขาวิชา	: วิศวกรรมอุตสาหการ	
ภาควิชา	: วิศวกรรมอุตสาหการ	
ปีการศึกษา	: 2555	

.....

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการศึกษา ออกแบบ และจัดสร้างฟิกซ์เจอร์ของเครื่องกลึงสำหรับงานทำร่องลิ่มบนเพลา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เพิ่มความสามารถให้กับเครื่องกลึง (Universal Lathe Machine) ให้สามารถทำงานกัดร่องลิ่มบนเพลากลมได้ ให้กับสถานประกอบการอู่ซ่อมเครื่องจักรกลทางการเกษตรขนาดเล็กซึ่งสถานประกอบการดังกล่าวมีเครื่องกลึงใช้งานตามปกติอยู่แล้ว อีกทั้งยังต้องง่ายต่อการติดตั้งและใช้งานบนเครื่องกลึง โดยใช้ค่าใช้จ่ายทั้งหมด 5,532 บาทใช้เวลาทั้งหมด 12 ชั่วโมง ซึ่งจะได้ต้นทุนรวมทั้งหมด 11,532 บาท ดังนั้น จุดคุ้มทุนคือจะต้องกัดชิ้นงานจำนวน 77 หน่วย จึงจะคุ้มทุน

การทดลองใช้ฟิกซ์เจอร์ของเครื่องกลึงสำหรับงานทำร่องลิ่มกัดชิ้นงานตัวอย่างเทียบกับช่วงมาตรฐาน DIN 6885 แบบ พบว่าสามารถใช้งานได้จริงตามวัตถุประสงค์และเมื่อวัดค่าแล้วนำค่าไปคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนเทียบกับมาตรฐานแล้วพบว่าพบว่า แบบปลายเปิด ขนาดของ b เกินกว่าค่ามาตรฐานอยู่ที่ +0.126 มิลลิเมตร ขนาดของ t_1 ยอมรับได้ และขนาดของ l เกินกว่าค่ามาตรฐานอยู่ที่ +0.175 แบบปลายปิด ขนาดของ b เกินกว่าค่ามาตรฐานอยู่ที่ +0.118 ขนาดของ t_1 เกินกว่าค่ามาตรฐานอยู่ที่ -0.056 และขนาดของ l ยอมรับได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอแสดงความขอบคุณบุคคล สถานประกอบการ และสถาบันที่มีส่วนสำคัญที่ทำให้การจัดทำโครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ทำให้คณะผู้ดำเนินโครงงานได้มีโอกาสในการทำโครงงานนี้

ขอขอบคุณ อาจารย์เสาวลักษณ์ ตองกลิ่น (อาจารย์ที่ปรึกษา) ที่ได้แนะนำ แนวทางในการดำเนินการจัดทำโครงงาน และแก้ปัญหาในทุกๆ ด้าน

ขอขอบคุณ ครูช่างประเทือง โมรารายา (อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม) ที่ได้ให้แนวความคิด อธิบาย คำแนะนำ แนวทางในการจัดทำโครงงาน และแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดทำโครงงาน

ขอขอบคุณ อาจารย์ธนา บุญฤทธิ์ ที่ได้ให้คำแนะนำ และเสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดทำโครงงาน

ขอขอบคุณ รศ.ดร. กวิน สนธิเพิ่มพูน ที่ได้ให้คำแนะนำ และเสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดทำโครงงาน

ขอขอบคุณ ครูช่างธวัชชัย ชุลบุตร ที่ได้ให้คำแนะนำสำหรับการจัดทำโครงงานและอำนวยความสะดวกในการใช้อาคารปฏิบัติการอุตสาหกรรม

ขอขอบคุณ บิดามารดา และเพื่อนๆที่คอยสนับสนุนและเป็นกำลังใจแก่ผู้จัดทำโครงงาน

ผู้จัดทำโครงงานจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม

นายจิรยุทธ์ สุพรรณ์

นายพิทยา บุญงาม

มกราคม 2556

สารบัญ

หน้า

สารบัญ ..... ก

สารบัญตาราง ..... ค

สารบัญรูป ..... ง

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output) 1

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome) 1

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน 2

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน 2

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน 2

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน (Gantt Chart) 2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น 3

2.1 การออกแบบฟิกซ์เจอร์ 3

2.2 ลิ่มส่งกำลัง 14

2.3 งานกัด 33

2.4 เครื่องกลึง 35

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน 37

3.1 ศึกษาและทำความเข้าใจทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน 38

3.2 ออกแบบฟิกซ์เจอร์ (Fixture) 38

3.3 จัดหาวัสดุและอุปกรณ์สำหรับการสร้างฟิกซ์เจอร์ 39

3.4 ทำการสร้างฟิกซ์เจอร์ 39

3.5 ทำการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ของฟิกซ์เจอร์ (Fixture) เข้าด้วยกัน 39

3.6 ทดสอบและแก้ไขให้ได้ตามวัตถุประสงค์ 40

3.7 วิเคราะห์และสรุปผลโครงงานวิจัย 40

3.8 จัดรายงานทำรูปเล่ม 40

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการดำเนินวิจัย....41

4.1 ออกแบบฟิกซ์เจอร์ (Fixture) 40

4.2 จัดหาวัสดุและอุปกรณ์สำหรับการสร้างฟิกซ์เจอร์ 42

4.3 ทำการสร้างฟิกซ์เจอร์และประกอบทุกส่วนเข้าด้วยกัน....43

4.4 การวิเตราะห์จุดคุ้มทุน....47

4.5 ขั้นตอนการทดลอง....48

4.6 วิเคราะห์ผลการทดลอง....50

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ....53

5.1 สรุปผลโครงงานวิจัย....53

5.2 ข้อเสนอแนะ....53

เอกสารอ้างอิง....55

ภาคผนวก ก. 56

ภาคผนวก ข. 82

ภาคผนวก ค. 90

ประวัติของผู้ดำเนินโครงงาน....95

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน 2
2.1 ตารางเปรียบเทียบความแข็ง 10
2.2 ตารางเปรียบเทียบความสามารถในการตกแต่ง 11
2.3 ปฏิกิริยาของธาตุต่างๆ ที่เติมลงในวัสดุ 15
2.4 ความกว้างและความสูงของลิ่ม 26
4.1 ต้นทุนวัสดุ 47
4.2 ผลการทดลองที่ได้จากการวัดร่องลิ่ม (หน่วย/มิลลิเมตร) 51
4.3 การเปรียบเทียบกับมาตรฐาน (หน่วย/มิลลิเมตร) 51
ข.1 ขนาดมาตรฐานของลิ่มขัดแบบแท่งตาม DIN 6885 84
ข.2 แสดงพิกัดความเผื่อมาตรฐาน 84

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ฟิกซ์เจอร์แบบแผ่น (Plate Fixture) 4

2.2 ฟิกซ์เจอร์แบบแผ่นตั้งฉาก (Angle - Plate Fixture) 4

2.3 ฟิกซ์เจอร์แบบแผ่นปรับมุม (Modified Angle - Plate fixture) 5

2.4 ฟิกซ์เจอร์แบบปากกา (Vise - Jaw Fixture) 5

2.5 ฟิกซ์เจอร์แบบหัวแบ่ง (Indexing Fixture) 6

2.6 ชิ้นงานที่ถูกกระทำโดยใช้ฟิกซ์เจอร์แบบหัวแบ่ง 6

2.7 ฟิกซ์เจอร์แบบดูเพล็ก (Duplex Fixture) 7

2.8 ฟิกซ์เจอร์แบบโปรไฟล์ (Profiling Fixture) 8

2.9 การยึดด้วยลิ่มส่งกำลัง 14

2.10 การกำหนดขนาดลิ่ม 14

2.11 ปฏิกิริยาของแรงในขณะยึดด้วยลิ่มส่งกำลัง 15

2.12 ปฏิกิริยาของแรง เมื่อลิ่มมีความลาดน้อย 15

2.13 ปฏิกิริยาของแรง เมื่อลิ่มมีความลาดมาก 15

2.14 แรงปฏิกิริยาเมื่อยึดด้วยลิ่มส่งกำลัง 16

2.15 ศูนย์เพลาและศูนย์ล้อม (Hub) จะเยื้องกันเมื่อยึดประกอบ 16

2.16 การยึดล้อและเพลาด้วยลิ่มฝัง 17

2.17 การยึดล้อและเพลาด้วยลิ่มเว้า 17

2.18 การยึดล้อและเพลาด้วยลิ่มราบ 18

2.19 ทิศทางแรงตอกลิ่มเลื่อนเข้า – ออก 18

2.20 การประกอบลิ่มเลื่อน 19

2.21 การยึดล้อและเพลาด้วยลิ่มสัมผัส 19

2.22 ลักษณะการประกอบอัดลิ่มสัมผัส 20

2.23 การส่งถ่ายกำลัง, ระยะฟรี และร่องเพลาทำมุม 180° 20

2.24 ปฏิกิริยาของแรง เมื่อลิ่มมีความลาดมาก 21

2.24 ลักษณะภาระที่กระทำต่อลิ่มคู่ในขณะที่เพลาหมุนตามเข็มนาฬิกา 21

2.26 การยึดล้อกับเพลาด้วยลิ่มหัว 22

2.27 รูยาวเยื้องของชิ้นส่วนทั้งสอง ก่อนการประกอบด้วยลิ่มขวาง 22

2.28 ปฏิกิริยาของแรงที่เกิดขึ้นเมื่อยึดด้วยลิ่มขวาง 23

2.29 ระยะฟรีด้านข้างของลิ่มขวางการส่งถ่ายแรงบริเวณขอบโค้ง 23

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.30 ลิ่มกำลัง DIN 6886 24
2.31 ลิ่มเว้า ตาม DIN 6881 25
2.32 ลิ่มมีหัวตาม DIN 8687 25
2.33 ปฏิกิริยาแรงต่อลิ่มอัดและแสดงระยะฟรี 27
2.34 การสวมอัดล้อกับลิ่มให้ยึดแน่น 27
2.35 ล้อเลื่อนได้บนลิ่มอัด 28
2.36 ลิ่มอัดปลายมนโค้ง (แบบ A) 28
2.37 ลิ่มอัดปลายตัดตรง (แบบ B) 29
2.38 ลิ่มอัดปลายมนโค้ง (แบบ C) 29
2.39 ลิ่มอัดปลายตัดตรง (แบบ D) 30
2.40 ลิ่มอัดแบบงัดได้ (แบบ G) 30
2.41 ลิ่มอัดปลายมนโค้ง (แบบ E) 31
2.42 ลิ่มอัดปลายตัดตรง (แบบ F) 31
2.43 ลิ่มอัดแบบวงพระจันทร์ 32
2.44 พิกัดงานสวมสำหรับลิ่มอัด 32
2.45 งานกัดร่อง 33
2.46 เครื่องกลึง 35
2.47 หัวจับชิ้นงาน (Chuck) 36
3.1 แผนผังการดำเนินงาน 37
4.1 ระบบจับยึดชิ้นงาน 44
4.2 ระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน Y หรือแนวดิ่ง 45
4.3 ชุดติดตั้งฟิกซ์เจอร์ (Fixture) สำหรับเครื่องกลึง 46
4.4 ฟิกซ์เจอร์หลังจากประกอบสมบูรณ์ 46
4.5 ชิ้นงานตัวอย่างก่อนทดสอบ 48
4.6 การติดตั้งฟิกซ์เจอร์บนป้อมมีดของเครื่องกลึง 49
4.7 จุดที่ทำการวัดค่าเทียบกับมาตรฐาน DIN 6885 แบบ A 50
ก.1 ส่วนกลางของระบบการจับยึดชิ้นงาน 57
ก.2 ส่วนบนของระบบการจับยึดชิ้นงาน 58
ก.3 ส่วนล่างของระบบการจับยึดชิ้นงาน 59
ก.4 ส่วนกลาง (อยู่กับที่) ของระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน Y 60
ก.5 ส่วนบนของระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน Y 61

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

ก.6 ขาสำหรับติดตั้งฟิกซ์เจอร์บนเครื่องกลึง 62
ก.7 ส่วนกลาง (เครื่อนที่) ของระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน Y 63
ก.8 V-BOX 64
ก.9 ตัวล็อค Digital Caliper ตัวล่าง 65
ก.10 ตัวล็อค Digital Caliper ตัวบน 66
ก.11 ตัวล็อคระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน Y 67
ก.12 เกลียวกรางสำหรับระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน Y 68
ก.13 ชิ้นส่วนที่ต่อกับตัวกลาง (เคลื่อนที่) สำหรับติดตั้งกับ Digital Caliper 69
ก.14 ส่วนล่างของระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน Y 70
ก.15 Bushing ของเกลียว ในระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน Y 71
ก.16 แสดงการประกอบทุกชิ้นส่วนของฟิกซ์เจอร์ของเครื่องกลึงสำหรับงานทำร่องลิ่ม 72
ก.17 Guide Bushing 73
ก.18 Bearing Unit (UCFL 204-12) 74
ก.19 Guide post 75
ก.20 ระบบการจับยึดชิ้นงาน 76
ก.21 ระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน Y 77
ก.22 แสดงการประกอบของระบบการจับยึดชิ้นงานกับระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน Y 78
ก.23 แสดงการประกอบของชุดติดตั้งฟิกซ์เจอร์ (Fixture) สำหรับเครื่องกลึง 79
ก.24 แสดงการประกอบของ Guide Bushing, Bushing ของเกลียว กับ ส่วนกลาง 80
ก.25 Digital Caliper 81
ค.1 การตั้งฟิกซ์เจอร์บนป้อมมีด 91
ค.2 แสดงการล็อคชิ้นงาน 92
ค.3 แสดงการนำดอกกัดสัมผัสที่ด้านบนของชิ้นงาน 92
ค.4 แสดงการเซตศูนย์ที่ Digital Caliper 93
ค.5 การกัดชิ้นงาน 93
ค.6 ตัวปรับแนวแกน Z ของเครื่องกลึง 94
ค.7 ตัวปรับแนวแกน X เครื่องกลึง 94

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ปัจจุบันบางสถานประกอบการซึ่งเป็นอู่ซ่อมเครื่องจักรกลทางการเกษตรที่มีเครื่องกลึง (Universal Lath) ใช้งานแต่ยังขาดเครื่องกัด (Milling Machine) หรือเครื่องไส (Sharping Machine) เพื่องานทำร่องลิ่มบนเพลา ในขณะที่งานกลึงบางงานจำเป็นต้องมีการทำร่องลิ่มบนเพลาด้วยหลังกลึงชิ้นงานเสร็จ ทำให้สถานประกอบการจำเป็นต้องส่งชิ้นงานที่ต้องการทำร่องลิ่มดังกล่าวให้สถานประกอบการอื่นๆ ที่มีเครื่องกัดหรือเครื่องไสรับช่วงงานทำร่องลิ่ม ซึ่งเป็นการสูญเสียค่าใช้จ่าย รวมถึงโอกาสรับงาน และรายได้ที่ควรจะได้รับเมื่อลูกค้าบางรายหันไปใช้บริการสถานประกอบการที่มีเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ครบครันกว่า อีกทั้งสถานประกอบการที่ไม่มีเครื่องกัดหรือเครื่องไสก็ไม่สามารถสั่งซื้อเครื่องจักรดังกล่าวได้เนื่องจากมีราคาสูง และงานทำร่องลิ่มบนเพลาก็มีปริมาณเพียงบางส่วนเท่านั้นเมื่อเทียบกับงานหลักๆ ของสถานประกอบการ

ดังนั้นทางผู้ดำเนินงานวิจัยจึงเห็นว่าควรศึกษา ออกแบบ และสร้างฟิกเจอร์ (Fixture) สำหรับติดตั้งบนเครื่องกลึง (Universal Lath) เพื่อเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยให้สามารถทำงานกัดร่องลิ่มบนเพลาได้เนื่องจากเครื่องกลึง และเครื่องกัดมีคุณสมบัติด้านความเร็วรอบและกำลังของเครื่องจักรค่อนข้างใกล้เคียงกัน อีกทั้งเป็นการเพิ่มศักยภาพให้กับเครื่องกลึงที่มีอยู่ ให้สามารถทำงานทดแทนเครื่องกัดได้ในกรณีงานทำร่องลิ่มบนเพลา

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

ออกแบบ และสร้างฟิกซ์เจอร์ (Fixture) สำหรับติดตั้งบนเครื่องกลึง เพื่อให้สามารถกัดร่องลิ่มบนเพลาได้ มีความสะดวกต่อการใช้งาน และการติดตั้ง

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

ฟิกซ์เจอร์ (Fixture) สำหรับติดตั้งบนเครื่องกลึง เพื่อทำการกัดร่องลิ่มบนเพลาอ้างอิงมาตรฐาน DIN 6885 แบบ A

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

ได้ค่าความผิดพลาดจากการเทียบกับขนาดพิกัดความเผื่อมาตรฐาน DIN 6885 แบบ A ของร่องลิ่ม

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน

1.5.1 ฟิกเจอร์ (Fixture) ใช้สำหรับติดตั้งบนเครื่องกลึง (Universal Lath) ที่ทำการศึกษา คือ เครื่องกลึง (Universal Lath) ยี่ห้อ: MASHSTROY, รุ่น: C11MT ที่มีอยู่ในอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมอุตสาหการเท่านั้น

1.5.2 การปรับตั้งระยะของฟิกซ์เจอร์ (Fixture) ในแนวแกน Y หรือแนวดิ่ง มีไว้สำหรับการปรับระยะเพื่อการตั้งศูนย์ของชิ้นงานเท่านั้น

1.5.3 สามารถใช้ดอกกัดร่องลิ่มที่มีขนาดตั้งแต่ 8 มิลลิเมตรเท่านั้น

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

ตั้งแต่ เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2555 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ. 2556

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

	การดำเนินโครงงาน	ช่วงเวลา															
		มิ.ย.		ก.ค.		ส.ค.		ก.ย.		ต.ค.		พ.ย.		ธ.ค.		ม.ค.	
1.8.1	ศึกษาและทำความเข้าใจทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบฟิกซ์เจอร์ (Fixture)																
1.8.2	ออกแบบฟิกซ์เจอร์ (Fixture)																
1.8.3	จัดหาวัสดุและอุปกรณ์สำหรับการสร้างออกแบบฟิกซ์เจอร์ (Fixture)																
1.8.4	ลงมือสร้างฟิกซ์เจอร์ (Fixture)																
1.8.5	ทดสอบและแก้ไขให้ได้ตามวัตถุประสงค์																
1.8.6	สรุป																
1.8.7	ส่งโครงงาน (จัดทำรายงานรูปเล่ม)																

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 การออกแบบจิ๊กและฟิกซ์เจอร์

วัชระ มีทอง (2545) ได้กล่าวว่า การออกแบบเครื่องมือเป็นกระบวนการของการออกแบบปรับปรุงเครื่องมือ วิธีการ และเทคนิคที่จำเป็นหลายๆ อย่าง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม และเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้นด้วย การออกแบบเครื่องมือที่เกี่ยวกับเครื่องจักรในอุตสาหกรรม หรือเครื่องมือพิเศษอื่นๆ ทำให้ทุกวันนี้มีการผลิตงานได้อย่างรวดเร็ว มีปริมาณสูง และทำให้สินค้ามีคุณภาพและประหยัดขึ้น ซึ่งจะทำให้เป็นที่แน่ใจว่าสินค้าที่ผลิตออกไปจะได้ผลสำเร็จเป็นอย่างดี

2.1.1 จุดประสงค์ของการออกแบบเครื่องมือ

จุดประสงค์ของการออกแบบเครื่องมือ คือ การช่วยลดค่าใช้จ่ายในการผลิตของภาคอุตสาหกรรม โดยที่คุณภาพไม่ลดลง และผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งการออกแบบเครื่องมือมีจุดประสงค์ ดังนี้

2.1.1.1 หาวิธีการทำงานกับเครื่องมือให้เป็นแบบธรรมดา

2.1.1.2 ลดค่าใช้จ่ายในการผลิต

2.1.1.3 ออกแบบเครื่องมือให้มีคุณภาพเมื่อถูกนำใช้กับการผลิตงานที่ต่อเนื่องกัน

2.1.1.4 เพิ่มอัตราการผลิตด้วยเครื่องจักรที่มีอยู่แล้ว

2.1.1.5 ออกแบบเครื่องมือให้มีตัวกันพลาดเพื่อป้องกันการใช้งานที่อาจจะผิดพลาด

2.1.1.6 เลือกวัสดุที่ใช้ทำเครื่องมือซึ่งมีอายุการใช้งานอย่างเหมาะสมกับการผลิต

2.1.1.7 ออกแบบเครื่องมือให้ปลอดภัยต่อผู้ใช้

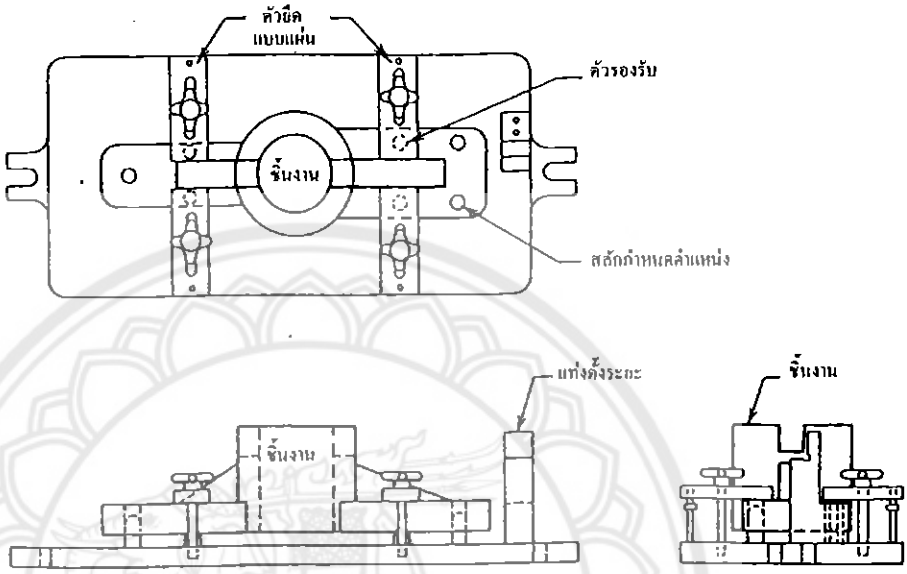
2.1.2 ชนิดและหน้าที่ของฟิกซ์เจอร์

ฟิกซ์เจอร์ (Fixtures) เป็นเครื่องมือสำหรับการผลิตที่ใช้ในการกำหนดตำแหน่งตัวยึดจับชิ้นงาน และรองรับชิ้นงานให้อยู่คงที่ขณะเครื่องจักรทางานอยู่ ฟิกซ์เจอร์จะแปรเปลี่ยนไปตามการออกแบบให้สัมพันธ์กับเครื่องมือต่างๆ ตั้งแต่แบบธรรมดาไปจนถึงแบบที่ยุ่งยาก และมีราคาแพง ฟิกซ์เจอร์ช่วยให้การทำงานด้านโลหะต่างๆ ง่ายขึ้น และสามารถใช้งานรวมกับเครื่องมือพิเศษอย่างดี เช่น การทำงานกับเครื่องจักรที่เป็นมาตรฐาน เป็นต้น โดยที่ฟิกซ์เจอร์แบ่งเป็นชนิดต่างๆ ดังนี้

2.1.2.1 ฟิกซ์เจอร์แบบแผ่น

ฟิกซ์เจอร์แบบแผ่น เป็นฟิกซ์เจอร์ที่เป็นแบบธรรมดาที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 2.1 โดยพื้นฐานแล้วฟิกซ์เจอร์ชนิดนี้จะถูกสร้างมาจากแผ่นเรียบๆ ซึ่งมีตัวจับยึด (Clamps) ชนิดต่างๆ กัน

ติดอยู่ และยังมีตัวกำหนดตำแหน่ง (Locator) อยู่ด้วย ซึ่งจะทำหน้าที่ในการจับยึดและกำหนดตำแหน่งของชิ้นงานความที่เป็นฟิกซ์เจอร์แบบธรรมดา ทำให้ฟิกซ์เจอร์แบบแผ่นเป็นฟิกซ์เจอร์ที่มีประโยชน์สำหรับการทำงานของเครื่องจักรทั่วๆ ไปเป็นอย่างมาก และเป็นฟิกซ์เจอร์ที่มีผู้นิยมใช้มากที่สุดชนิดหนึ่ง

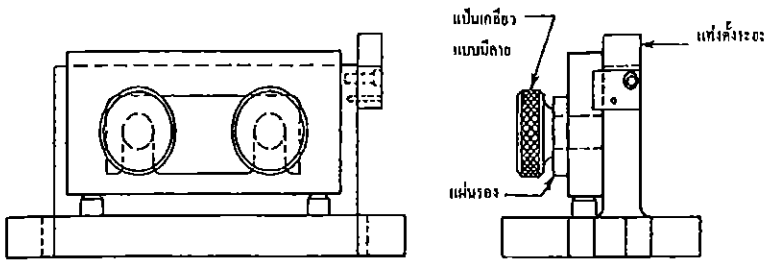


รูปที่ 2.1 ฟิกซ์เจอร์แบบแผ่น (Plate Fixture)

ที่มา : วชิระ มีทอง (2545)

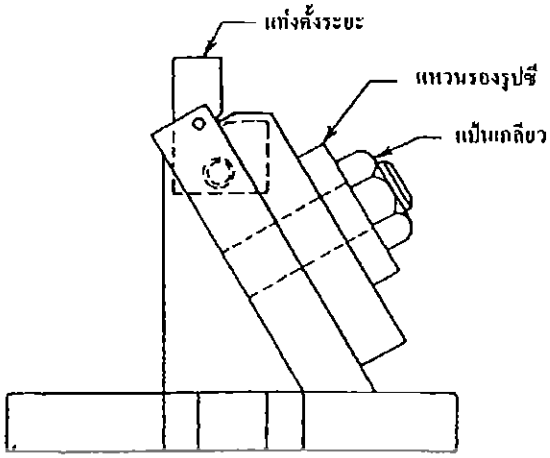
2.1.2.2 ฟิกซ์เจอร์แบบแผ่นตั้งฉาก

ฟิกซ์เจอร์แบบแผ่นตั้งฉาก เป็นฟิกซ์เจอร์แบบหนึ่งของฟิกซ์เจอร์แบบแผ่น ดังแสดงในรูปที่ 2.2 การทำงานของฟิกซ์เจอร์ชนิดนี้ คือ ชิ้นงานจะถูกกระทำในทิศทางตั้งฉากกับตัวกำหนดตำแหน่ง (Locator) ของฟิกซ์เจอร์ ปกติแล้วฟิกซ์เจอร์แบบแผ่นตั้งฉากจะถูกทำให้เป็นมุม 90 องศา แต่มีบางครั้งที่จำเป็นต้องใช้มุมอย่างอื่นที่ไม่ใช่ 90 องศา ซึ่งในกรณีนี้ต้องเปลี่ยนมาใช้ฟิกซ์เจอร์แบบแผ่นปรับมุม ดังแสดงใน รูปที่ 2.3



รูปที่ 2.2 ฟิกซ์เจอร์แบบแผ่นตั้งฉาก (Angle - plate Fixture)

ที่มา : วชิระ มีทอง (2545)

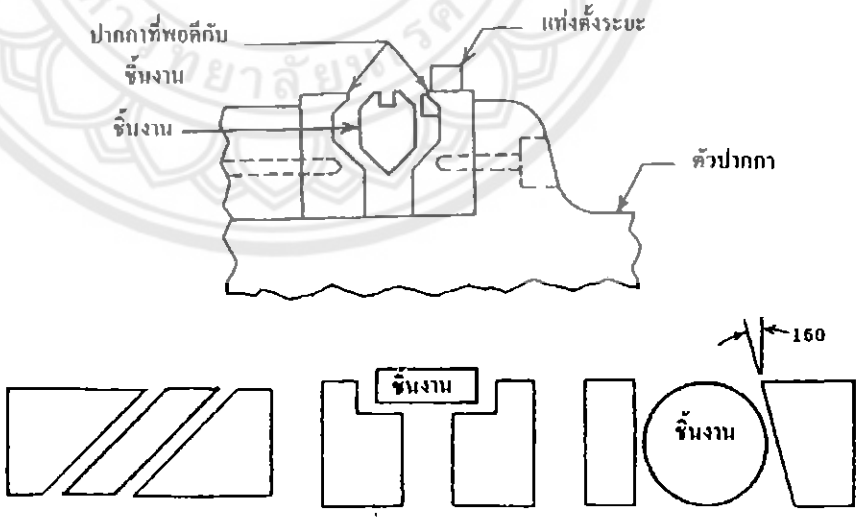


รูปที่ 2.3 ฟิกซ์เจอร์แบบแผ่นปรับมุม (Modified Angle - Plate Fixture)

ที่มา : วชิระ มีทอง (2545)

2.1.2.3 ฟิกซ์เจอร์แบบปากกา

ฟิกซ์เจอร์แบบปากกา เป็นฟิกซ์เจอร์ที่ใช้สำหรับการทำงานกับชิ้นงานที่มีขนาดเล็ก ดังรูปที่ 2.4 สำหรับฟิกซ์เจอร์ชนิดนี้จะมีปากกาสำหรับจับชิ้นงาน (Vise Jaw) ที่เป็นมาตรฐาน ดังนั้นจึงสามารถที่จะเปลี่ยนปากสำหรับจับชิ้นงานได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว ฟิกซ์เจอร์แบบปากกานี้เป็นฟิกซ์เจอร์ที่มีราคาถูกที่สุดในบรรดาฟิกซ์เจอร์ทั้งหลายที่ถูกทำขึ้นมา การใช้งานของมันจะถูกจำกัดอยู่เฉพาะที่ขนาดของปากจับชิ้นงานที่จะแปรเปลี่ยนไปได้ขนาดไหน

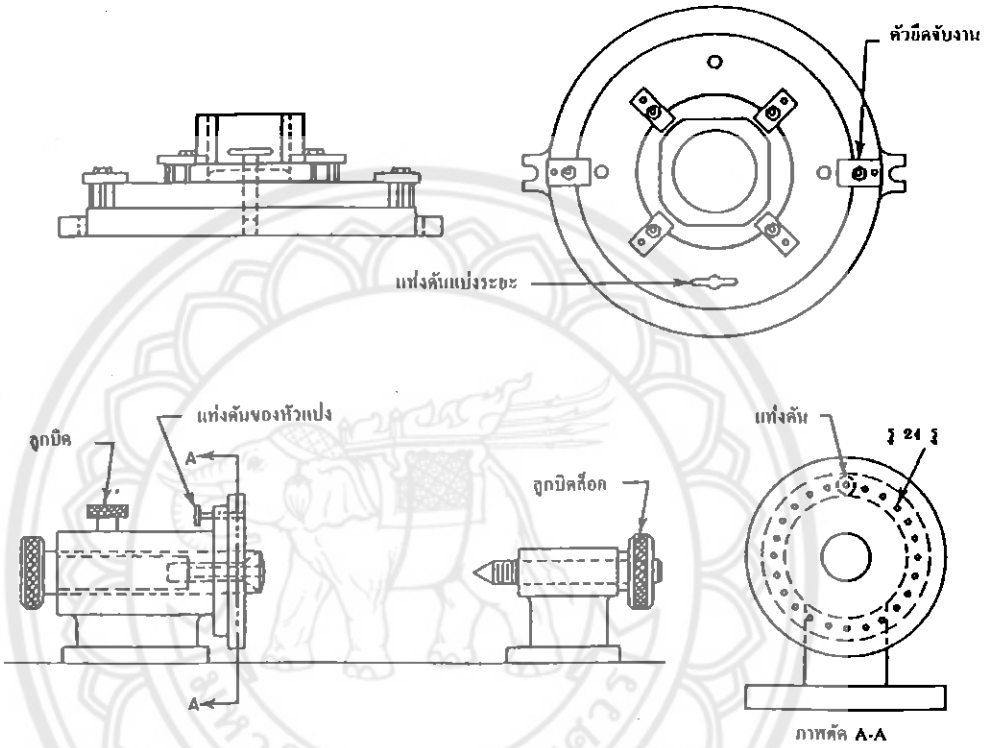


รูปที่ 2.4 ฟิกซ์เจอร์แบบปากกา (Vise Jaw Fixture)

ที่มา : วชิระ มีทอง (2545)

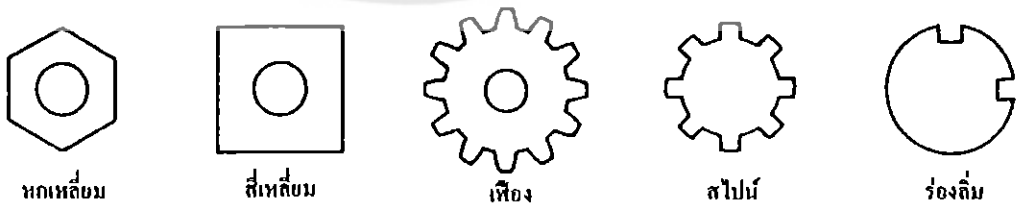
2.1.2.4 ฟิกซ์เจอร์แบบหัวแบ่ง

ฟิกซ์เจอร์แบบหัวแบ่ง เป็นฟิกซ์เจอร์ที่มีลักษณะคล้ายกับจิ๊กแบบหัวแบ่งเป็นอย่างมาก ดังรูปที่ 2.5 ฟิกซ์เจอร์แบบหัวแบ่งเหล่านี้จะถูกใช้สำหรับการทำงานกับชิ้นงานที่จะต้องมีการตกแต่งให้มีช่องว่าง หรือระยะห่างเท่าๆ กัน และสำหรับตัวอย่างชิ้นงานที่ถูกทำบนฟิกซ์เจอร์แบบนี้ ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.5 ฟิกซ์เจอร์แบบหัวแบ่ง (Indexing Fixture)

ที่มา : วชิระ มีทอง (2545)

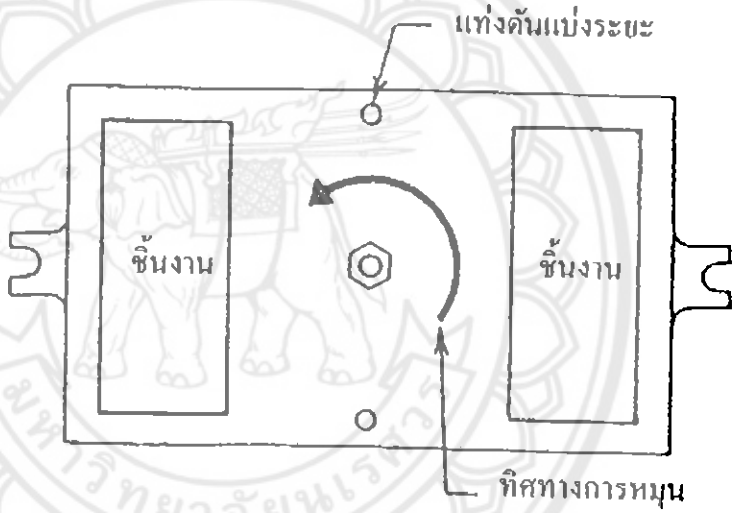


รูปที่ 2.6 ชิ้นงานที่ถูกกระทำโดยใช้ฟิกซ์เจอร์แบบหัวแบ่ง

ที่มา : วชิระ มีทอง (2545)

2.1.2.5 ฟิกซ์เจอร์แบบหลายตำแหน่ง

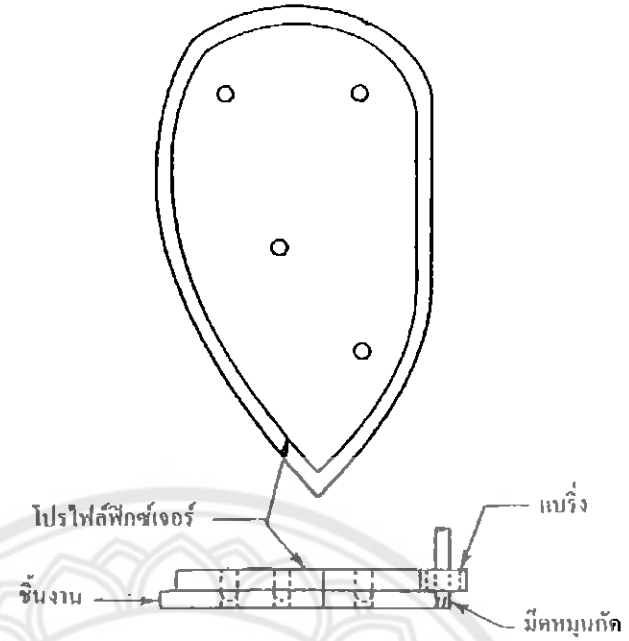
ฟิกซ์เจอร์แบบหลายตำแหน่ง เป็นฟิกซ์เจอร์ที่ถูกนำมาใช้เมื่อต้องการการผลิตที่ต้องการความรวดเร็ว และมีปริมาณมากๆ ในขณะที่การทำงานของเครื่องจักรจะต้องทำงานเป็นจังหวะต่อเนื่องกันไปตลอด สำหรับดูเพล็กฟิกซ์เจอร์เป็นแบบหนึ่งของฟิกซ์เจอร์แบบหลายตำแหน่ง แบบที่ธรรมดาที่สุดโดยมีการทำงานเพียง 2 ตำแหน่ง เท่านั้น ดังรูปที่ 2.7 ฟิกซ์เจอร์แบบนี้อนุญาตในการทำงานในขั้นตอนการถอดชิ้นงานออก และการใส่ชิ้นงานเข้าไปถูกกระทำในขณะที่การทำงานของเครื่องจักรกำลังเดินเครื่องอยู่ ตัวอย่างเช่น ในตำแหน่งที่หนึ่งการทำงานได้สำเร็จเรียบร้อยสมบูรณ์แล้วเราก็หมุนฟิกซ์เจอร์ให้ตำแหน่งที่สอง ซึ่งมีชิ้นงานอยู่แล้วไปถูกกระทำแทนที่ตำแหน่งที่หนึ่งเดิม ในขณะเดียวกันเราก็เอาชิ้นงานที่ทำเสร็จแล้วออกจากตำแหน่งที่หนึ่งพร้อมทั้งใส่ชิ้นงานเข้าไปใหม่ ซึ่งระหว่างนี้เครื่องจักรก็กำลังกระทำต่อชิ้นงานในตำแหน่งที่สองเช่นกัน



รูปที่ 2.7 ฟิกซ์เจอร์แบบดูเพล็ก (Duplex Fixture)
ที่มา : วชิระ มีทอง (2545)

2.1.2.6 ฟิกซ์เจอร์แบบโปรไฟล์

ฟิกซ์เจอร์แบบโปรไฟล์ เป็นฟิกซ์เจอร์ที่ถูกใช้เป็นตัวนำทางสำหรับการทำงานที่กระทำตามเส้นรอบรูปที่เครื่องจักรไม่สามารถไปตามทิศทางปกติได้ สำหรับเส้นรอบรูป (Contours) นี้ อาจจะเป็นเส้นรอบรูปภายในหรือภายนอกก็ได้ ในรูปที่ 2.8 แสดงการทำลูกเบี้ยว (Cam) โดยลูกเบี้ยวถูกตัดอย่างเที่ยงตรงโดยการทำงาน การสัมผัสอย่างคงที่ระหว่างฟิกซ์เจอร์แบบนี้กับแบริ่งของเครื่องมือตัด สำหรับแบริ่งนี้จะเป็นส่วนที่สำคัญในการทำงาน และจะต้องถูกนำมาใช้อยู่เสมอ



รูปที่ 2.8 ฟิกซ์เจอร์แบบโปรไฟล์ (Profiling Fixture)

ที่มา : วชิระ มีทอง (2545)

2.1.3 ประเภทของฟิกซ์เจอร์

ประเภทของฟิกซ์เจอร์ โดยปกติแล้ว ฟิกซ์เจอร์จะถูกแบ่งตามชนิดของเครื่องจักรที่ฟิกซ์เจอร์นั้นๆ ถูกนำไปใช้งานด้วย และสามารถที่จะเรียกชนิดเฉพาะเจาะจงตามการใช้งานย่อยอีกก็ได้ ตัวอย่างเช่น ถ้าฟิกซ์เจอร์ถูกออกแบบมาให้ใช้เครื่องกัดมันก็ถูกเรียกว่าฟิกซ์เจอร์เครื่องกัด และถ้าชี้เฉพาะว่าใช้กับเครื่องกลึงมันก็จะถูกเรียกว่าฟิกซ์เจอร์เครื่องกลึง เป็นต้น

สำหรับรายการต่อไปนี้เป็นการทำงานการผลิตที่ใช้ฟิกซ์เจอร์ คือ งานประกอบ, งานแลปปิ้ง, งานคว้าน, งานกัด, งานทำร่อง, งานเพลนนิ่ง, งานเจาะรู, งานเลื่อย, งานขึ้นรูป, งานไส, งานทำเกจ, งานปั๊ม, งานเจียรนัย, งานทำเกลียว, งานอบชุบ, งานทดสอบ, งานทำมุมเรียบ, งานกลึง, งานตรวจสอบ และงานเชื่อม

2.1.4 วัสดุที่ใช้ทำฟิกซ์เจอร์

นอกจากการออกแบบฟิกซ์เจอร์แล้ว นักออกแบบฟิกซ์เจอร์ยังจะต้องมีความรับผิดชอบต่อการเลือกใช้วัสดุด้วย ว่าควรจะเลือกใช้วัสดุชนิดไหนอย่างไร เพื่อที่จะนำมาทำฟิกซ์เจอร์ให้ได้ผลดีมากที่สุด

ความสามารถในการดัดแปลง ความคงทนในการนำไปใช้งาน และความประหยัดจะต้องถูกนำมาพิจารณาก่อนที่วัสดุจะถูกเลือกเข้ามาใช้งาน อย่างไรก็ตาม ก่อนที่จะทำหรือเลือกสิ่งต่างๆ เหล่านี้ขึ้นมาได้ นักออกแบบฟิกซ์เจอร์จะต้องมีความรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติ และคุณลักษณะต่างๆ ของวัสดุทั่วๆ ไป สำหรับการสร้างฟิกซ์เจอร์เสียก่อน

2.1.3.1 คุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุที่ใช้จิ๊กและฟิกซ์เจอร์

คุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุที่ใช้ทำจิ๊ก และฟิกซ์เจอร์จะมีผลกระทบโดยตรงต่อวัสดุนั้นๆ ในระหว่างการใช้งาน คุณสมบัติเหล่านี้มีทั้งผลดี และผลเสีย ซึ่งขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของการใช้งานว่า ต้องการคุณสมบัติอย่างไรบ้าง

คุณสมบัติของวัสดุที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบจิ๊ก และฟิกซ์เจอร์ ได้แก่ ความแข็ง (Hardness) ความเหนียว (Toughness) การต้านทานความสึกหรอ (Wear Resistance) ความสามารถในการตกแต่ง (Machinability) ความเปราะ (Brittleness) ความแข็งแรงต่อแรงดึง (Tensile Strength) และความแข็งแรงต่อแรงเฉือน (Shear Strength)

ก. ความแข็ง คือ ความสามารถของวัสดุที่จะต้องต่อต้านการแทงทะลุผ่านหรือต่อต้านการทำให้เป็นรอยปกติ แล้ววัสดุที่มีความแข็งมากกว่าย่อมมีความแข็งแรงต่อแรงดึง (Tensile Strength) มากกว่า ด้วยวิธีการที่ใช้วัดความแข็งของวัสดุที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง คือ การทดสอบแบบร็อคเวล (Rockwell Hardness Test) และการทดสอบแบบบริเนล (Brinell Hardness Test) การเปรียบเทียบของการวัดความแข็งทั้งสองระบบ แสดงดังตารางที่ 2.1

ข. ความเหนียว คือ เป็นความสามารถของวัสดุที่รองรับน้ำหนักหรือแรงกระแทกซ้ำหลายๆ ครั้ง โดยปราศจากการเปลี่ยนแปลงของวัสดุนั้นอย่างถาวร ซึ่งความแข็งจะเป็นตัวควบคุมความเหนียวอีกทีหนึ่ง คือ ถ้าวัสดุที่มีความเหนียวจะมีความแข็งโดยประมาณไม่เกิน 44 - 48 Rc (Rockwell Scale C) หรือ 410 - 453 BHN (Brinell Hardenss Test) แต่ถ้าวัสดุมีความแข็งเกินนี้แล้ววัสดุนั้นก็จะเป็นวัสดุที่มีความเปราะ (Brittleness)

ค. ความต้านทานความสึกหรอ คือ จะเป็นความสามารถของวัสดุที่จะต่อต้านการขัดถูของวัสดุหรือโลหะอื่นๆ หรือมีความคงที่เมื่อสัมผัสวัสดุที่มีความแข็งเท่ากับปกติแล้ววัสดุที่มีความแข็งมากก็จะทนการสึกหรอไม่มากเช่นเดียวกัน

ง. ความสามารถในการตกแต่งวัสดุ คือ จะมีสิ่งต่างๆ ที่นำมาพิจารณาถึงความสามารถในการตกแต่ง ได้แก่ อัตราเร็วในการตัด (Cutting Speed) อายุการใช้งาน (Tool Life) และความเรียบของผิวหน้า (Surface Finish) ตารางสำหรับการเปรียบเทียบของความสามารถในการตกแต่งของวัสดุต่างๆ แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 ตารางเปรียบเทียบความแข็ง

ร็อคเวล "C"	บริเนล BHN	แรงดึง x 1,000 ปอนด์/ตร.นิ้ว	ร็อคเวล "C"	บริเนล BHN	แรงดึง x 1,000 ปอนด์/ตร.นิ้ว
65	740	-	41	381	189
64	723	-	40	370	182
63	705	-	39	361	178
62	690	-	38	352	171
61	670	-	37	344	166
60	655	-	36	335	163
59	635	-	35	325	160
58	615	-	34	318	154
57	596	-	33	310	149
56	577	-	32	300	143
55	560	-	31	294	140
54	544	283	30	285	137
53	525	275	29	279	133
52	504	268	28	270	130
51	490	259	27	265	127
50	479	250	26	258	124
49	467	244	25	253	122
48	453	235	24	247	119
47	445	228	23	243	116
46	434	220	22	237	113
45	421	214	21	231	110
44	410	207	20	226	108
43	400	201	18	219	106
42	390	195	16	212	102

ที่มา : วชิระ มีทอง (2545)

ตารางที่ 2.2 ตารางเปรียบเทียบความสามารถในการตกแต่ง

ชนิดของวัสดุ	หมายเลข	อัตราส่วน	ชนิดของวัสดุ	หมายเลข	อัตราส่วน
เหล็กคาร์บอน	1010	65	เหล็กนิเกิล โมลิบดีนัม	4320	63
	1015	72		4340	57
	1020	72	เหล็กนิเกิล โมลิบดีนัม	4620	64
	1030	70		4640	66
	1040	64	เหล็กโครเมียม	4820	53
	1050	55	เหล็กโครเมียม	5045	70
	1060	51		5120	75
	1070	49	เหล็กคาร์บอน โครเมียม	5140	70
	1080	42		50100	45
	1095	42		52100	40
เหล็ก ตกแต่งอิสระ	[1] 1112	100	เหล็กนิเกิล โครเมียม โมลิบดีนัม	6102	57
	1115	81		6150	60
	1125	81		8640	66
	1140	72		8750	60
	1151	70		9310	48
เหล็กนิเกิล	2330	55		9747	64
	2340	57	เหล็กมังกานีส ซิลิคอน	9260	51
	2515	52	เหล็กสแตนเลส	303	60
เหล็กนิเกิล-โครเมียม	3120	66		440	37
	3150	60	อลูมิเนียมผสม	1050	300-1500
	3310	51		2024	500-1500
เหล็กโมลิบดีนัม	4037	73	ทองเหลือง	ทั่วไป	100
	4063	52	บรอนซ์	ทั่วไป	60
เหล็กโครเมียม โมลิบดีนัม	4130	72	ทองแดง	ทั่วไป	70
	4140	62	นิเกิล	ทั่วไป	40
	4150	59	แมกนีเซียม	ทั่วไป	500-2000

[1] กำหนดให้ เหล็ก 1112 เป็น 100 เปอร์เซ็นต์

ที่มา : วชิระ มีทอง (2545)

2.1.3.2 วัสดุใช้ทำฟิกซ์เจอร์ที่เป็นเหล็ก

เหล็กที่ใช้ทำจิ๊กและฟิกซ์เจอร์ ได้แก่ เหล็กหล่อ (Cast Iron) เหล็กเหนียวผสมคาร์บอน (Carbon Steel) เหล็กเหนียวผสมธาตุพิเศษ (Alloy Steel) และเหล็กทำเครื่องมือ (Tool Steel) ซึ่งโลหะเหล่านี้มีเหล็กเป็นส่วนผสมหลัก และเป็นกลุ่มที่ใหญ่ที่สุดที่นิยมนำมาใช้ทำจิ๊กและฟิกซ์เจอร์ ดังนั้น จึงควรรู้รายละเอียดปลีกย่อยของเหล็กชนิดต่างๆ ถึงคุณสมบัติและความสามารถของมัน

ก. เหล็กหล่อ คือ เหล็กหล่อจะถูกนำมาใช้ทำลำตัวของจิ๊กและฟิกซ์เจอร์ (Tool Body) และส่วนประกอบบางส่วนที่ทำออกมาเพื่อการขายสำหรับทำจิ๊กและฟิกซ์เจอร์ แต่โดยทั่วๆ ไปแล้ว เหล็กหล่อจะถูกวัสดุอย่างอื่นที่ราคาถูกกว่า และเสียเวลาในการทำน้อยกว่าเข้ามาใช้งานแทน เพราะการใช้เหล็กหล่อมีข้อเสียอย่างมากอยู่อย่างหนึ่ง คือ จำเป็นต้องใช้เวลาในการทำอย่างมาก นับตั้งแต่ก่อนที่จะนำมาทำลำตัวของจิ๊กและฟิกซ์เจอร์จะต้องมีการทำแบบไม้ (Pattern) การทำแบบหล่อ (Mold) แล้วจึงทำการหลอมเหล็กเพื่อทำการหล่อเหล็กซึ่งในแต่ละขั้นตอนเหล่านี้ นอกจากจะเสียเวลามากแล้ว ยังต้องเสียภาพการใช้งานมากกว่าจึงเป็นวัสดุหลักที่นำมาใช้กับการทำจิ๊กและฟิกซ์เจอร์

ข. เหล็กเหนียวผสมคาร์บอน คือ เหล็กเหนียวคาร์บอนนี้เป็นวัสดุอย่างแรกที่ใช้ในการฟิกซ์เจอร์ด้วยคุณสมบัติในการขึ้นรูปต่างๆ ได้ง่าย ราคาต่ำ หาได้ง่าย และใช้งานได้อย่างกว้างขวาง เหล็กคาร์บอนนี้จึงเป็นวัสดุที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางที่สุดในการใช้สร้างฟิกซ์เจอร์ เหล็กคาร์บอนแบ่งออกเป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ คือ

ข.1 เหล็กเหนียวคาร์บอนต่ำ เป็นเหล็กที่สำคัญในการทำโครงสร้างฟิกซ์เจอร์ การใช้เหล็กชนิดนี้ควรจะใช้ในพื้นที่ที่ไม่ค่อยมีการสึกหรอ หรือต้องรับแรงเครียด เช่น แผ่นฐาน (Base Plates) หรือตัวรองรับงาน (Supports) เป็นต้น ปริมาณคาร์บอนที่ผสมอยู่ในเหล็กชนิดนี้อยู่ระหว่างร้อยละ 0.05 - 0.30 เหล็กเหนียวคาร์บอนต่ำนี้สามารถทำให้แข็งที่ผิวได้เพื่อป้องกันการสึกหรอ ใช้ฟิกซ์เจอร์ที่มีการผลิตที่ไม่มากนัก นอกจากนี้ เหล็กเหนียวคาร์บอนต่ำยังสามารถที่จะต่อเชื่อมโดยขบวนการเชื่อมต่างๆ ได้เป็นอย่างดี

ข.2 เหล็กเหนียวคาร์บอนปานกลาง เหล็กเหนียวที่ใช้งานเหมือนๆ กันเหล็กเหนียวคาร์บอนต่ำ แต่สามารถใช้ได้ในพื้นที่ที่ได้รับความแข็งแรงมากกว่าเหล็กเหนียวคาร์บอนปานกลางนี้จะนำมาใช้ทำตัวยึดจับชิ้นงาน (Clamps) สลักเดือย (Studs) แป้นเกลียว (Nuts) และชิ้นส่วน หรือพื้นที่ของเครื่องมือที่ต้องการความเหนียว (Toughness) เหล็กชนิดนี้จะมีปริมาณคาร์บอนอยู่ระหว่างร้อยละ 0.30 - 0.50 ซึ่งทำให้สามารถที่จะนำมาทำให้ผิวแข็งได้หรืออบชุบด้วยวิธีธรรมดาทั่วๆ ไป ทำให้เกิดความแข็งขึ้นได้ เหล็กเหนียวคาร์บอนปานกลางจะตกแต่งทำผิวแข็ง และเชื่อมได้ยากกว่าเหล็กเหนียวคาร์บอนต่ำ ส่วนคุณสมบัติอื่นๆ ก็จะเหมือนกัน แต่เพราะว่า การใช้เหล็กชนิดนี้จะมีค่าใช้จ่ายสูงขึ้นจึงควรเลือกใช้ให้ถูกว่าตรงส่วนไหนมีความจำเป็น และทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดจึงจะนำมาใช้งานได้

ข.3 เหล็กเหนียวคาร์บอนสูง โดยทั่วๆ ไปแล้ว เหล็กชนิดนี้จะถูกนำมาใช้ในการสร้างฟิกซ์เจอร์ก็เฉพาะตรงส่วนที่ต้องการต้านทานการสึกหรอเท่านั้น ชิ้นส่วนต่างๆ เช่น ปลอกนำทางดอกสว่าน (Drill Bushings) ตัวกำหนดตำแหน่ง (Locators) และตัวรองรับชิ้นงาน (Supports) จะถูกทำด้วยเหล็กคาร์บอนสูงนี้ เหล็กชนิดนี้จะมีปริมาณคาร์บอนอยู่ระหว่างร้อยละ 0.5 - 2.0 ทำให้สามารถชุบแข็งได้เป็นอย่างดี แต่ไม่สามารถทนหรือต้านทานการสึกหรอได้ดีเท่าเหล็กทำเครื่องมือ (Tool Steel) ด้วยเหตุนี้ การใช้เหล็กเหนียวคาร์บอนสูงนี้ทำชิ้นส่วนที่ต้องการต่อต้านการสึกหรอสูง จึงต้องมีการวิเคราะห์ศึกษาก่อนการทำชิ้นส่วนนั้นๆ และเหล็กชนิดนี้ยังเชื่อมได้ยากอีกด้วย นอกจากจะควบคุมสิ่งต่างๆ อย่างระมัดระวัง

ค. เหล็กเหนียวผสมธาตุพิเศษ ปกติแล้วเหล็กชนิดนี้ไม่ค่อยนำมาใช้ทำจิ๊กและฟิกซ์เจอร์เพราะเหตุว่าราคาของเหล็กนี้สูงมาก อย่างไรก็ตาม จะกล่าวถึงโดยย่อ เกี่ยวกับปฏิกิริยาของธาตุต่างๆ ที่ผสมอยู่ในเหล็กชนิดนี้ ซึ่งจะทำให้มีความเข้าใจเกี่ยวกับเหล็กทำเครื่องมือ (Tool Steel) ดียิ่งขึ้น

ธาตุต่างๆ ที่เติมลงไปในเหล็กหรือวัสดุจะทำการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงคุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุนั้นๆ สำหรับธาตุที่สำคัญและการเกิดปฏิกิริยา ดังตารางที่ 2.3

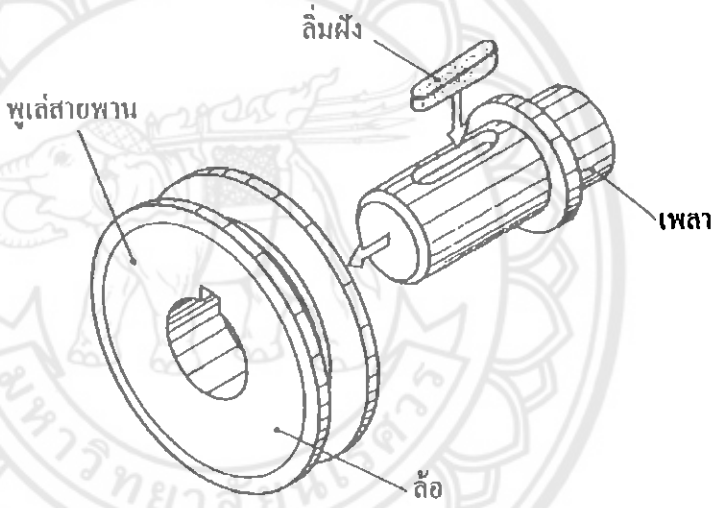
ตารางที่ 2.3 ปฏิกิริยาของธาตุต่างๆ ที่เติมลงในวัสดุ

ธาตุต่างๆ	ปฏิกิริยา
คาร์บอน	เป็นตัวทำให้เกิดความแข็งแรง
ซัลเฟอร์	ตกแต่งได้ง่าย
ฟอสฟอรัส	ตกแต่งได้ง่าย
แมงกานีส	ควบคุมซัลเฟอร์, เพิ่มความแข็ง
นิเกิล	มีความเหนียว
โครเมียม	ป้องกันการกัดกร่อน (เมื่อมีโครเมียมมากกว่าร้อยละ 15)

ที่มา : วชิระ มีทอง (2545)

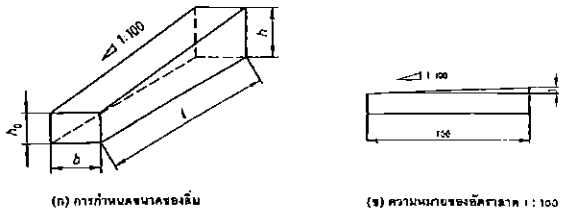
2.2 ลิ่มส่งกำลัง (Tapered Keys)

ลิ่มส่งกำลังมีหน้าที่ส่งกำลังระหว่างล้อ (Hub) กับเพลา ดังรูปที่ 2.9 ในเครื่องจักรกลใหญ่ๆ เช่น ใช้ขับล้อสายพานใหญ่ เฟือง คลัตช์ หรือในงานเครื่องจักรหยาบๆ เช่น โรงสีข้าว เครื่องกลการเกษตร ลิ่มนี้จะถอดประกอบได้ ลิ่มส่งกำลังได้กำหนดให้เป็นไปตามมาตรฐาน เช่น DIN 6886 ลิ่มนี้จะมีความลาด 1 : 100 หมายความว่า ที่ความยาวลิ่ม 100 มิลลิเมตร ความสูงของลิ่มจะลดลง 1 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 2.10 เมื่อทำการสวมตอกลิ่มเข้าไปในร่องเพลา และล้อ ดังรูปที่ 2.11 ความลาดของร่องในล้อจะเท่ากับความลาดของลิ่มส่งกำลัง ลิ่มนี้จะพยายามอัดดันเพลา และล้อให้หนีจากกัน นั่น คือ แรงที่ตอกลิ่ม (F_E) จะทำให้เกิดแรงปกติ F_N (เป็นแรงที่ทำให้เกิดความฝืดระหว่างผิวบนและล่าง) และแรงอัด (F_V) ดังรูปที่ 2.12 และ 2.13 จะเห็นว่าถ้าอัตราลาดยิ่งน้อยลง ก็จะยิ่งทำให้แรง F_N และ F_V มากขึ้นด้วยเหตุนี้จึงได้กำหนดให้อัตราลาดของลิ่มเท่ากับ 1 : 100

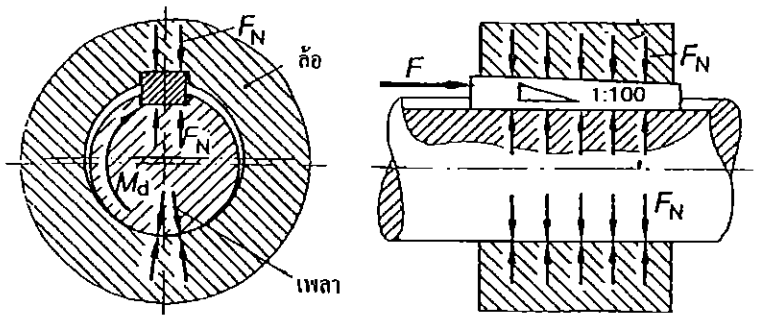


รูปที่ 2.9 การยึดด้วยลิ่มส่งกำลัง
ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)

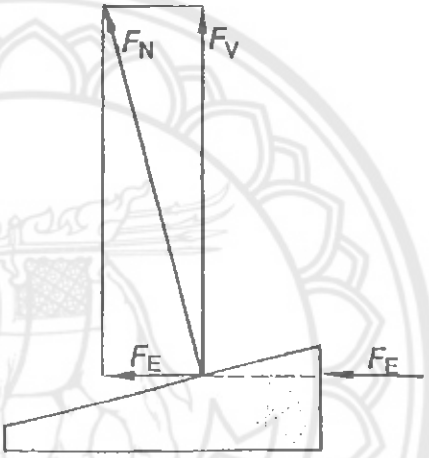
ในกรณีที่ล้อหรือเพลารับภาระมากเกินไป ลิ่มนี้จะเลื่อนไปสัมผัสร่องด้านข้างและรับภาระเฉือนเพิ่มขึ้นจากการที่ตอกอัดลิ่มส่งกำลังเข้าไปในร่องลิ่มอัดดันล้อให้แน่นนั้น แรงจะอัดดันในล้อและเพลาหนีจากกัน มีผลให้เกิดการเลื่อนศูนย์จากแกนเพลา



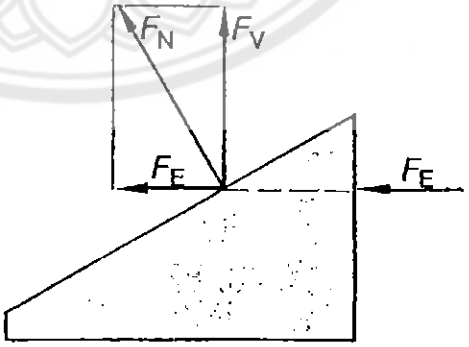
รูปที่ 2.10 การกำหนดขนาดลิ่ม
ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)



รูปที่ 2.11 ปฏิกิริยาของแรงในขณะยึดด้วยลิ่มส่งกำลัง
ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)

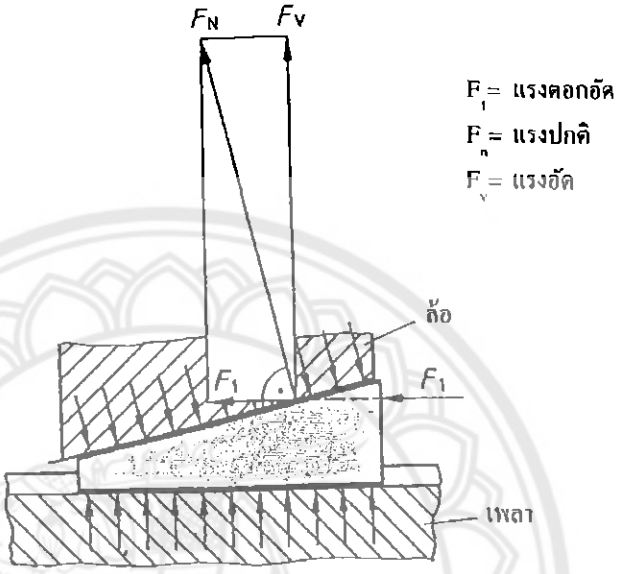


รูปที่ 2.12 ปฏิกิริยาของแรง เมื่อลิ่มมีความลาดน้อย
ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)

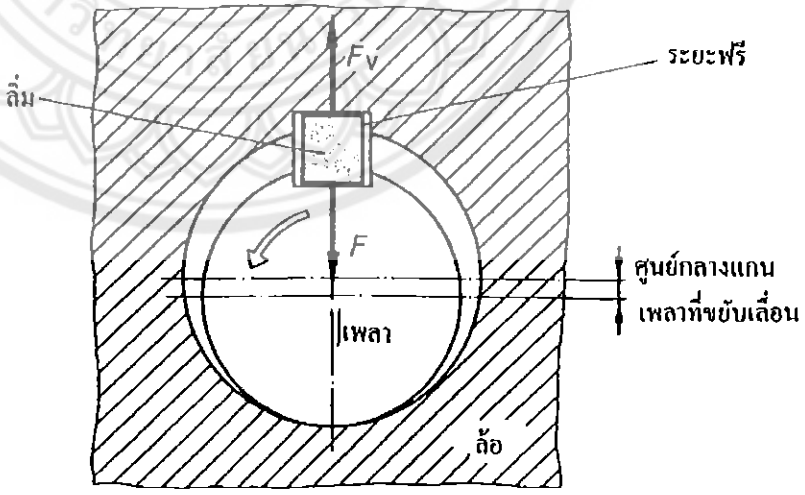


รูปที่ 2.13 ปฏิกิริยาของแรง เมื่อลิ่มมีความลาดมาก
ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)

การเยื้องศูนย์เล็กน้อย ดังรูปที่ 2.15 ในขณะยึดเข้าด้วยกัน ถ้านำไปใช้ในงานที่มีความเร็วรอบสูง จะทำให้เกิดการเหวี่ยง (น้ำหนักไม่สมดุล) ทำให้เครื่องสั่นได้โดยปกติด้านบน และด้านล่างของลิ่มส่งกำลังจะอัดยึดแน่นกับล้อ และเพลา ส่วนด้านข้างลิ่มจะมีระยะฟรี ซึ่งการยึดด้วยลิ่มส่งกำลังเหมาะสำหรับงานที่รับภาระสูงแต่ความเร็วรอบต่ำ



รูปที่ 2.14 แรงปฏิกิริยาเมื่อยึดด้วยลิ่มส่งกำลัง
ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)

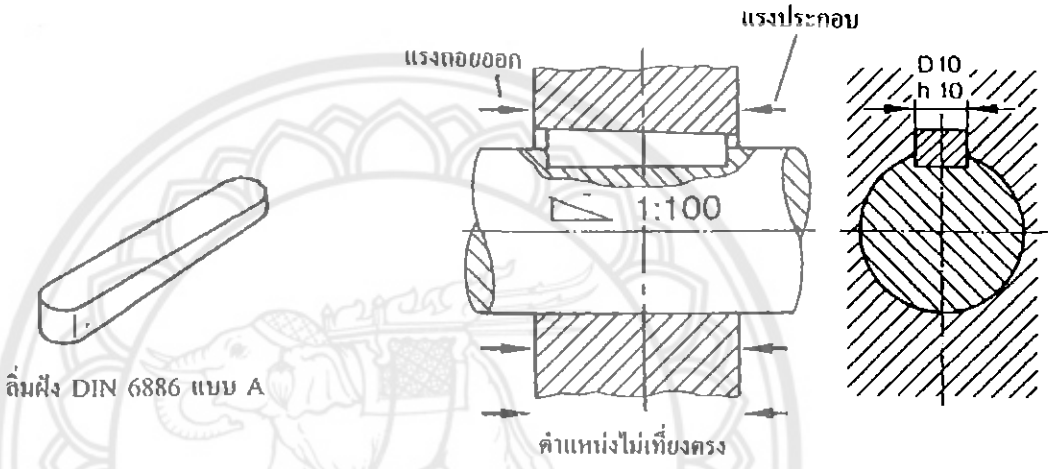


รูปที่ 2.15 ศูนย์เพลาและศูนย์ล้อม (Hub) จะเยื้องกันเมื่อยึดประกอบ
ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)

2.2.1 รูปร่างของลิ่มส่งกำลัง

2.2.1.1 ลิ่มฝัง

ลิ่มฝัง จะมีหัวท้ายเป็นรูปโค้งครึ่งวงกลม ในการประกอบจะวางลิ่มลงในร่องเพลาก่อน แล้วเลื่อนล้อสวมอัดเข้าไปให้แน่น ดังรูปที่ 2.16 ด้วยเหตุนี้ตำแหน่งล้อที่อัดแน่นจะไม่สามารถกำหนดได้ตายตัว รวมทั้งการปาดผิวร่องก็กระทำได้ไม่ง่ายนัก จึงไม่เป็นที่นิยมในการนำมาใช้งาน แต่เนื่องจากลิ่มนี้ฝังลงในร่องเพลาจึงสามารถนำมาใช้งานที่รับโมเมนต์มากได้

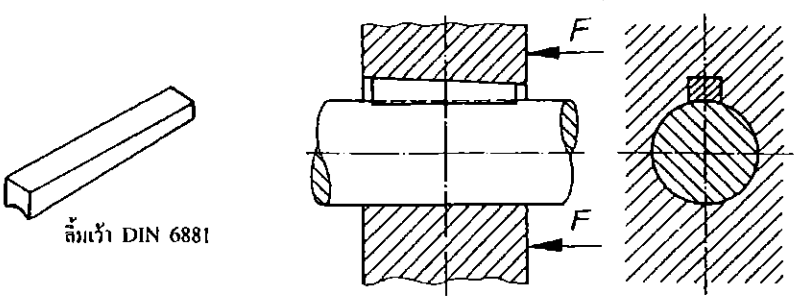


รูปที่ 2.16 การยึดล้อและเพลาด้วยลิ่มฝัง

ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)

2.2.1.2 ลิ่มเว้า

ลิ่มเว้า มีด้านที่จะประกอบติดเพลาเป็นรูปร่างเว้า ดังรูปที่ 2.17 ให้แนบติดกับผิวเพลากลม ไม่จำเป็นต้องปาดผิวเพลาอีกเพิ่มเติม ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการผลิต ใช้กับงานที่รับโมเมนต์ต่ำ เช่น ใช้ยึดล้อขนาดเล็กๆ

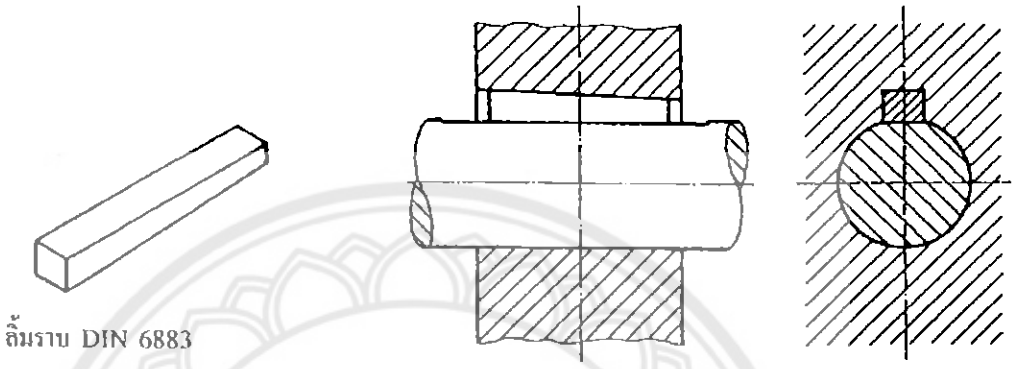


รูปที่ 2.17 การยึดล้อและเพลาด้วยลิ่มเว้า

ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)

2.2.1.2 ลิ่มราบ

ลิ่มราบ เป็นลิ่มที่มีภาคตัดขวางเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ก่อนการประกอบยึดจะต้องกัดหรือไสให้ผิวเพลาราบพอที่จะให้ลิ่มนี้ประกอบได้ ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการผลิตและผิวราบนี้ มีผลต่อความแข็งแรงของเพลาน้อย ลิ่มนี้รับภาระโมเมนต์ได้น้อยกว่าลิ่มฝัง แต่มากกว่าลิ่มเว้า ดังรูปที่ 2.18



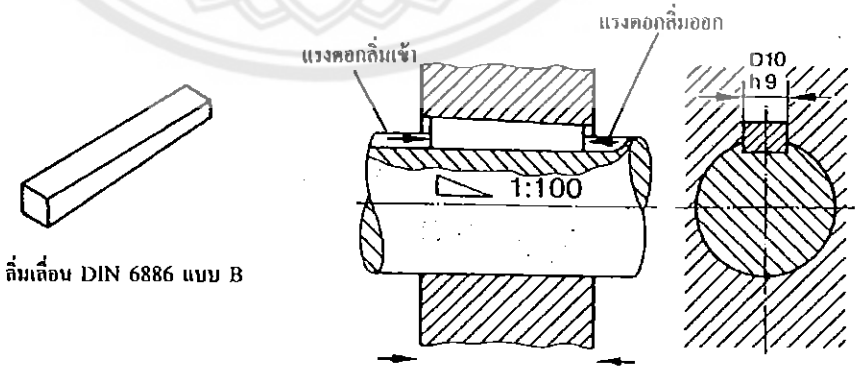
รูปที่ 2.18 การยึดล้อและเพลาด้วยลิ่มราบ

ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)

2.2.2 ลิ่มประเภทสวมอัดเข้าไปในล้อกับเพลา

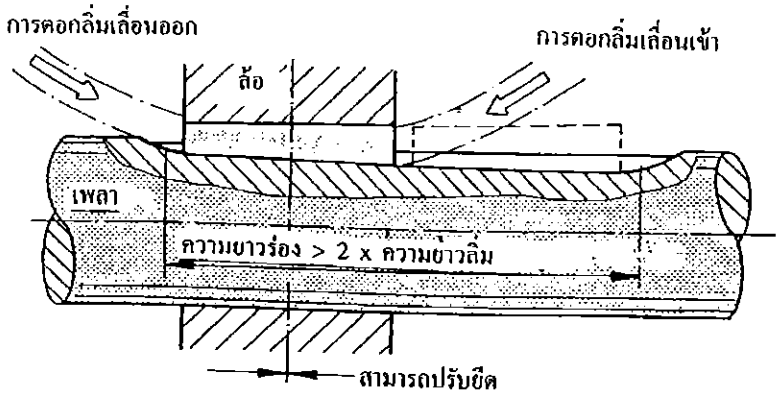
2.2.2.1 ลิ่มเลื่อน

ลิ่มเลื่อน จะมีหัวท้ายเป็นปลายตัดตรง ลิ่มนี้จะใช้สอดเข้าไประหว่างร่องล้อและเพลา จากนั้นจึงใช้แรงตอกอัดให้แน่น ดังรูปที่ 2.19 และ 2.20 ให้ได้ตำแหน่งของล้อตามที่ต้องการได้ ด้วยเหตุนี้ร่องของเพลาจะต้องยาวไม่น้อยกว่า 2 เท่าของความยาวลิ่ม ในการประกอบใส่ลิ่มจะกระทำในทิศทางหนึ่ง ส่วนเวลาถอดจะกระทำในทิศทางตรงกันข้าม ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.19 ทิศทางแรงตอกลิ่มเลื่อนเข้า - ออก

ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)



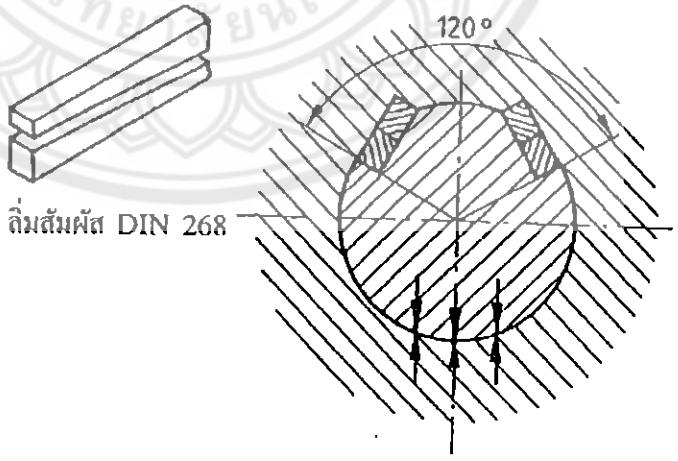
รูปที่ 2.20 การประกอบลิ่มเลื่อน

ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)

2.2.2.2 ลิ่มสัมผัส

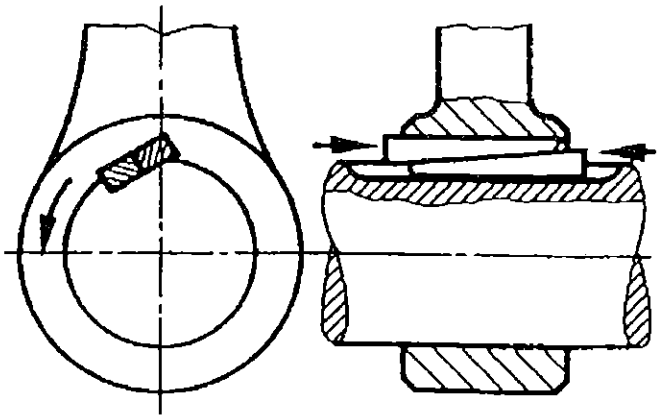
ลิ่มสัมผัส สามารถที่จะกำหนดทำร่องบากมุมฉากเข้าไปในเพลาได้ 2 ร่องหรือร่องเดียว (แต่ถ้าเป็นร่องบากเดียวจะทำให้เวลาหมุนไม่กลม) เหมาะใช้ในงานที่รับภาระโมเมนต์มากๆ และมีการหมุนไปกลับหรือรับภาระกระแทก ลิ่มสัมผัสนี้จะประกอบในลักษณะให้ผิวความลาดของลิ่มทั้งสองสัมผัสกัน

โดยปกติลิ่มสัมผัสจะกำหนดให้มีร่อง 2 ร่อง ทำมุม 120° ดังรูปที่ 2.21 แต่จะมีกรณียกเว้นให้ร่องทั้งสอง ทำมุม 180° ก็ต่อเมื่อกระบวนการผลิตหรือการประกอบนั้นต้องกระทำด้วยความลำบาก



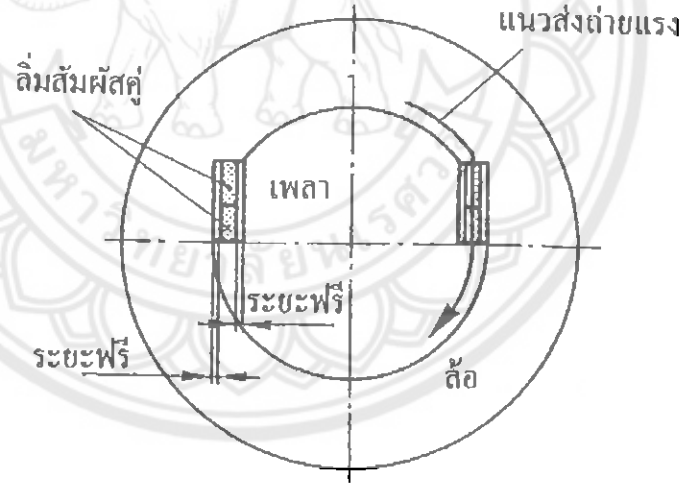
รูปที่ 2.21 การยึดล้อและเพลาด้วยลิ่มสัมผัส

ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)

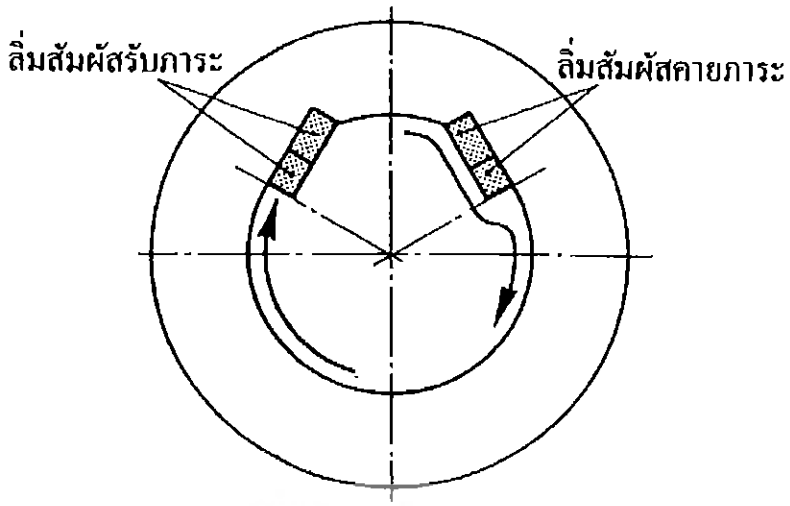


รูปที่ 2.22 ลักษณะการประกอบอัดลิ่มสัมผัส
ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)

ระหว่างผิวด้านข้างของลิ่ม และร่องลิ่มจะมีระยะฟรีอยู่ เพราะการส่งถ่ายแรงจะกระทำผ่านผิวขนานด้านบน และล่างของลิ่มสัมผัสทั้งสอง ดังรูปที่ 2.23 ดังนั้นจะต้องปรับให้ลิ่มทั้งสองได้ความสูงที่จะไปอัดกับร่องลิ่มเท่านั้นเอง



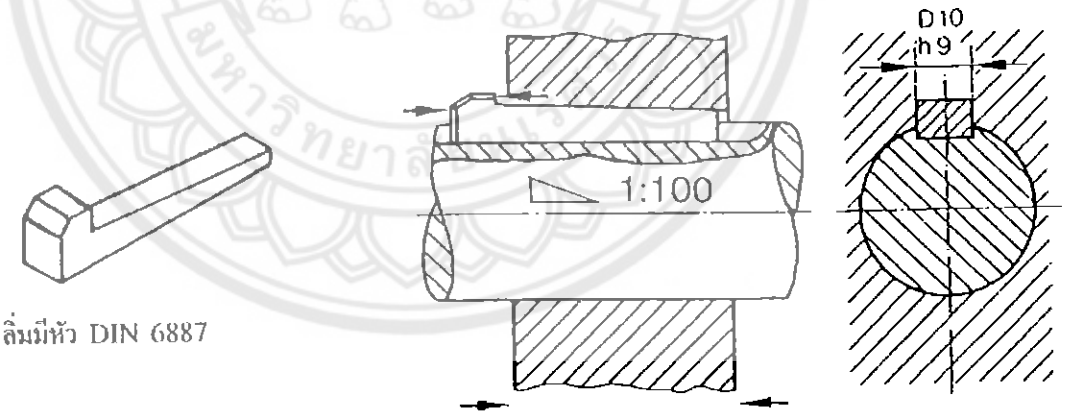
รูปที่ 2.23 การส่งถ่ายกำลัง ระยะฟรี และร่องเพลาทำมุม 180°
ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)



รูปที่ 2.24 ลักษณะภาระที่กระทำต่อลิ่มคู่ในขณะที่เพลาหมุนตามเข็มนาฬิกา
ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)

2.2.3 ลิ่มมีหัว

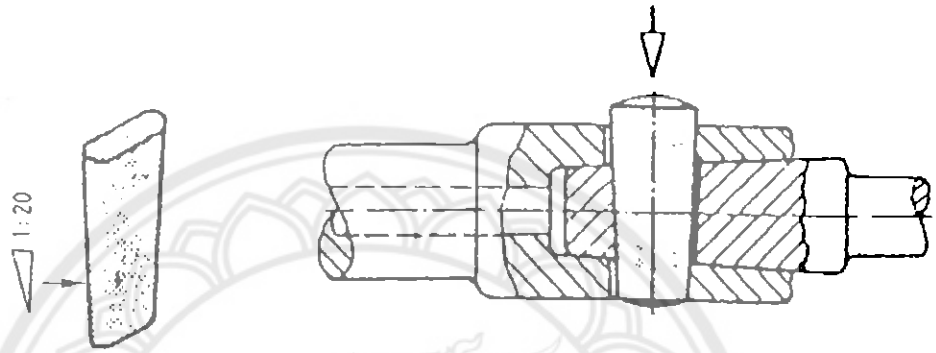
ลิ่มมีหัว จะใช้งานในกรณีที่ล้อ และเพลา สามารถใส่ลิ่มได้เพียงด้านเดียว ด้วยเหตุนี้การถอดประกอบจะทำได้เพียงด้านเดียว ในการออกแบบหรือประกอบลิ่มมีหัวจะต้องมิให้หัวลิ่มโผล่พ้นเลยปลายของเพลา ดังนั้น จะทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย ดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 การยึดล้อกับเพลาด้วยลิ่มหัว
ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)

2.2.4 ลิ่มขวาง

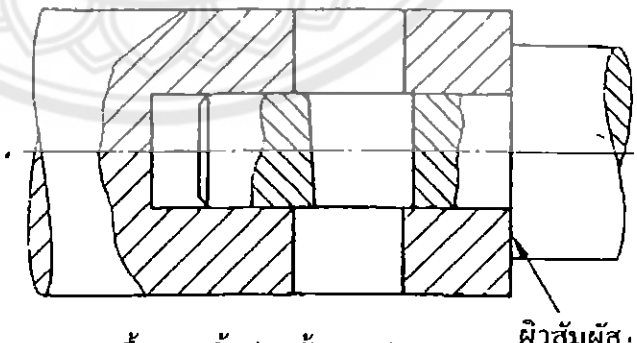
ลิ่มขวาง เหมาะสำหรับชิ้นงานที่ต้องรับแรงดึงหรือแรงกดโก่งและแรงอัด แต่มีข้อเสีย คือ ชิ้นงานจะมีความแข็งแรงน้อยลง เพราะมีรูขวางสำหรับใส่ลิ่มชนิดนี้ ลิ่มต่างๆ ที่กล่าวมานี้ จะผลิตโดยการดึงขึ้นรูปผิวมัน เป็นเหล็กกล้าสี่เหลี่ยมที่มีค่าความต้านแรงดึง (R_m) ตั้งแต่ 500 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตรกำลังสอง ขึ้นไปถึงขนาดสูง 25 มิลลิเมตร (St 50 - 1K) และตั้งแต่ขนาดลิ่มสูงกว่า 25 มิลลิเมตร จะใช้เหล็กกล้า St 60 - 2K



รูปที่ 2.26 การยึดข้อต่อด้วยลิ่มขวาง
ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)

2.2.4.1 การใช้งานลิ่มขวาง

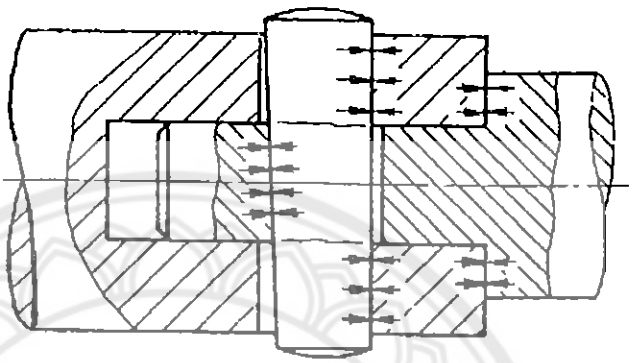
ลิ่มขวางจะนำมาใช้ยึดชิ้นส่วนเครื่องจักรกล เช่น แอกเซิล เพลา และอื่นๆ การยึดด้วยลิ่มขวางสามารถถอดออกได้ง่าย จึงเหมาะสำหรับชิ้นส่วนที่ต้องการถอดแยกออกบ่อยๆ ตัวอย่างการใช้ลิ่มขวางยึดชิ้นงาน เช่น แท่งแรงเฉือน แท่งรับแรงอัด หัวข้อต่อก้านสูบ และอื่นๆ ดังรูปที่ 2.27



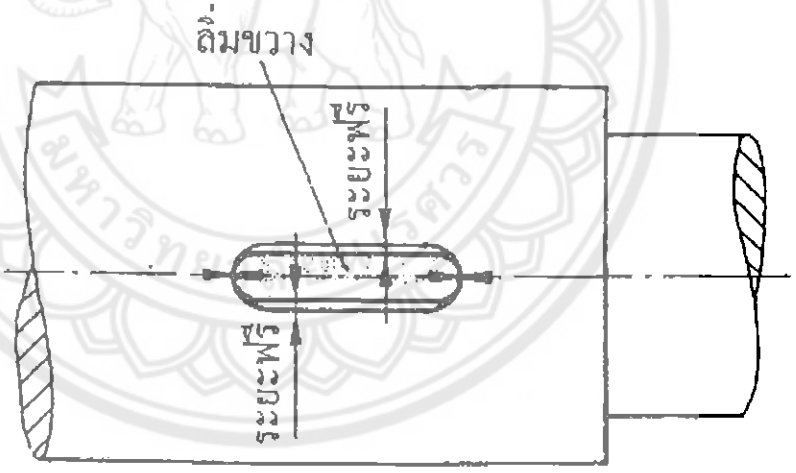
รูปที่ 2.27 รูยาวเยื้องของชิ้นส่วนทั้งสอง ก่อนการประกอบด้วยลิ่มขวาง
ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)

2.2.4.2 ลักษณะการยึดของลิ่มขวาง

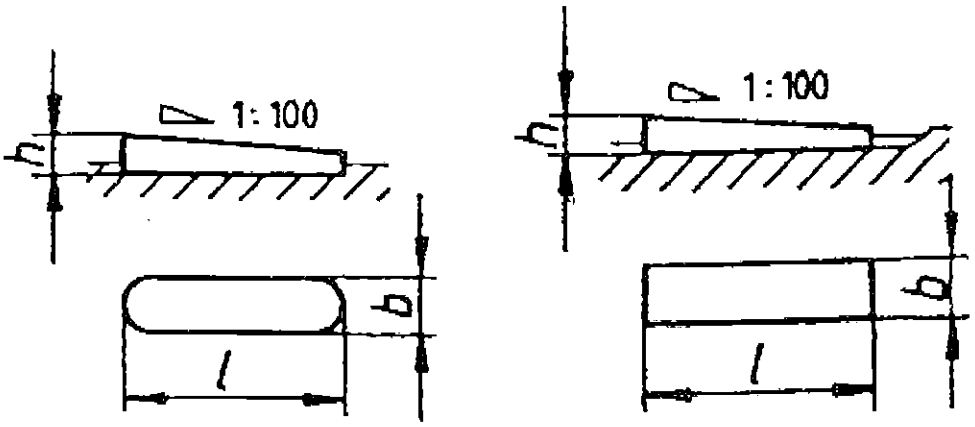
ลิ่มขวางมีลักษณะเช่นเดียวกับลิ่มชนิดอื่น กล่าวคือ สามารถถอดออกได้ ลิ่มนี้ทำหน้าที่ยึดชิ้นงานด้วยลักษณะรูปร่างจากการประกอบลิ่มเข้าไปในรูยาวจะยึดชิ้นงานไม่ให้ขยับเลื่อนตามแนวแกนได้เลย ดังรูปที่ 2.28 และ 2.29 แต่ละช่องมีระยะฟรีด้านข้างของลิ่มขวางทั้งสองข้าง แรงที่ใช้ส่งถ่ายกำลังไม่ควรจะมีค่ามากกว่าแรงอัดตามพื้นที่ระหว่างบริเวณผิวโค้งของเพลาทั้งสอง



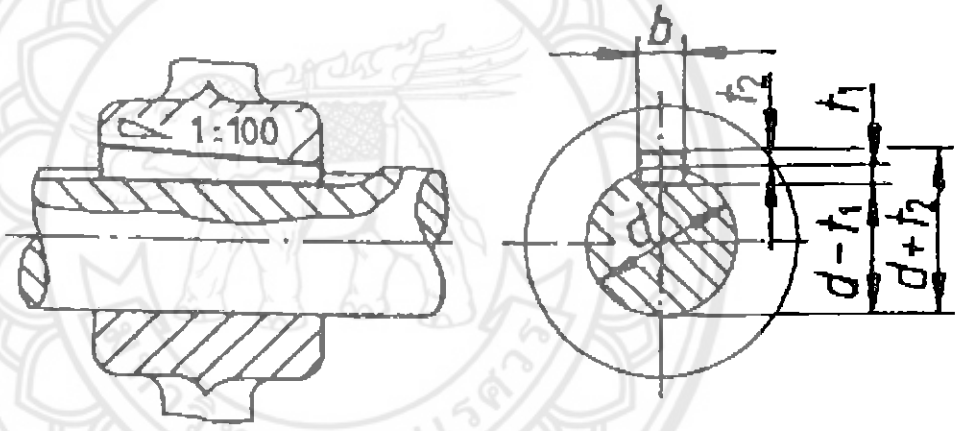
รูปที่ 2.28 ปฏิกิริยาของแรงที่เกิดขึ้นเมื่อยึดด้วยลิ่มขวาง
ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)



รูปที่ 2.29 ระยะฟรีด้านข้างของลิ่มขวางการส่งถ่ายแรงบริเวณขอบโค้ง
ที่มา: ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)



ฟอร์ม A ฟอร์ม B

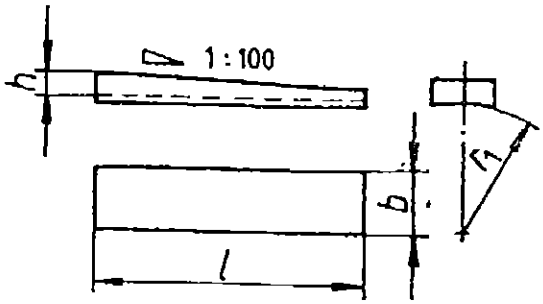


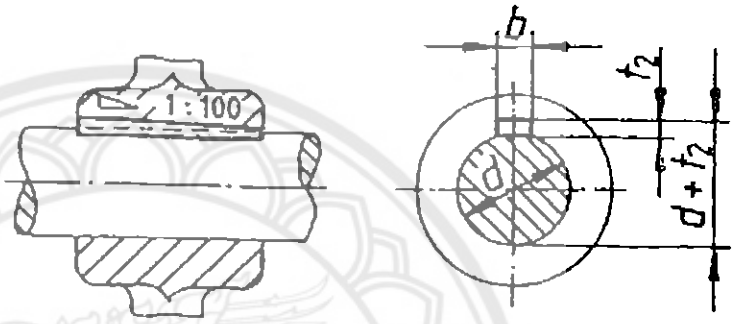
สัญลักษณ์ย่อการเรียกลิ่มฟอร์ม A(b × h × l)

ตัวอย่าง: ลิ่ม DIN 6886-A20 × 12 × 125

รูปที่ 2.30 ลิ่มกำลัง DIN 6886 (Gib Head Key)

ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)



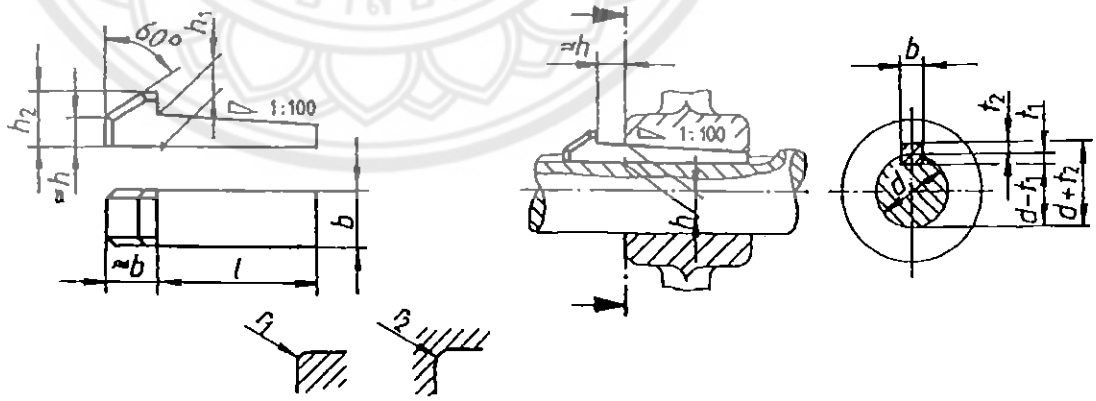


สัญลักษณ์ย่อการเรียกลิ่มเว้า (b × h × l)

ตัวอย่าง: ลิ่มเว้า DIN 6881-8 × 3,5 × 40

รูปที่ 2.31 ลิ่มเว้า ตาม DIN 6881

ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)



สัญลักษณ์ย่อการเรียกลิ่มมีหัว (b × h × l)

ตัวอย่าง: ลิ่มมีหัว DIN6887-8 × 7 × 63

รูปที่ 2.32 ลิ่มมีหัวตาม DIN 8687

ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)

ตารางที่ 2.3 ความกว้างและความสูงของลิ่ม

เพลา ตั้งแต่	10	12	17	22	30	38	44	50	58	65	75
Ød ถึง	12	17	22	30	38	44	50	58	65	75	85
ความกว้าง b หรือ b_1	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22
ความสูง DIN 6881	-	-	-	3,5	4	4	4,5	5	5	6	7
h DIN 6886, 6887	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	14
h_1 DIN 6887	4,1	5,1	6,1	7,2	8,2	8,2	9,2	10,2	11,2	12,2	14,2
h_2	7	8	10	11	12	12	14	16	18	20	22
t_1 DIN 6881				1,3	1,8	1,8	1,4	1,9	1,9	1,9	1,8
t_2				3,2	3,7	3,7	4	4,5	4,5	5,5	6,5
t_1 DIN 6886, 6887	2,5	3	3,5	4	5	5	5,5	6	7	7,5	9
t_2	1,2	1,7	2,2	2,4	2,4	2,4	2,9	3,4	3,4	3,9	4,4
$r_1=r_2$	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0.5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6
r				15	19	22	25	29	33	38	43
l DIN 6881 จาก	10	12	16	20	25	32	40	45	50	56	63
6882, 6887 ถึง	45	56	70	90	110	140	160	180	200	220	250

ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)

2.2.5 ลิ่มอัด (Flat Keys)

ลิ่มอัด เป็นลิ่มที่ไม่มีความลาดตามแนวยาวของลิ่ม (จะขนานกันตามแนวยาว ยกเว้น ลิ่มอัดแบบวงพระจันทร์) ดังนั้น แรงที่ขับล้อหรือเพลาให้หมุนจะกระทำผ่านผิวด้านข้างของลิ่มอัด นั่นคือผิวด้านข้างจะรับภาระเฉือนและมีข้อดีกว่า คือ ระหว่างล้อกับเพลาจะไม่มีการเยื้องศูนย์เหมือนลิ่มส่งกำลัง ลิ่มอัดนี้ผลิตจากเหล็กกล้าชนิดเดียวกับลิ่มส่งกำลัง

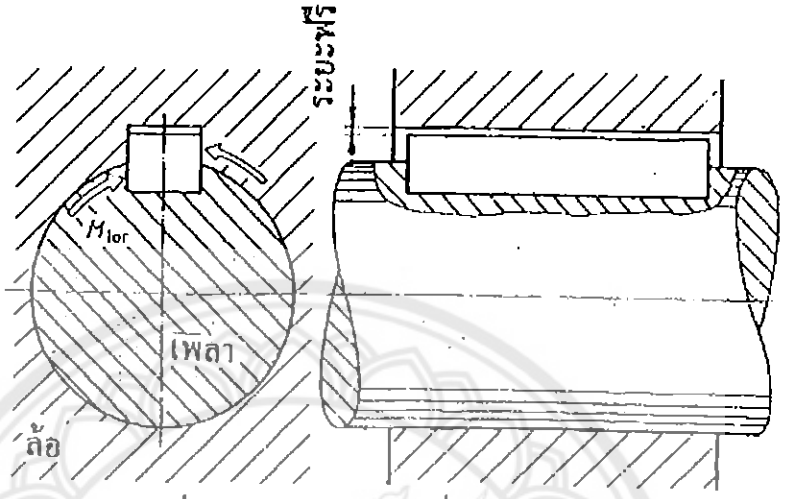
ลิ่มอัดนิยมใช้ในงานสร้างเครื่องจักรกลมาก เพราะเหมาะสมกับเพลาละล้อที่หมุนเร็วได้ดี แต่เมื่อเปรียบเทียบกับลิ่มส่งกำลังแล้ว ลิ่มอัดจะรับโมเมนต์ได้น้อยกว่า เพราะด้านบนของลิ่มอัดกับร่องล้อจะมีระยะฟรีเสมอ ดังรูปที่ 2.33 ลิ่มอัดแบ่งได้ 2 แบบ ดังนี้

2.2.5.1 ลิ่มอัดแบบล้อสวมอัดแน่น

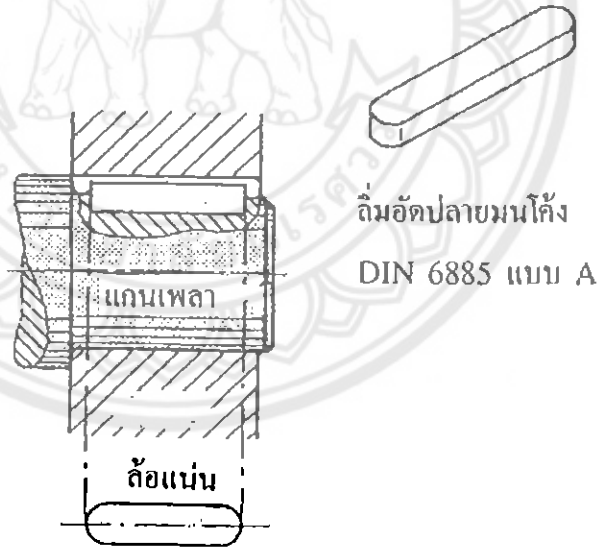
ลิ่มอัดแบบล้อสวมอัดแน่น จะใช้กับงานที่รับโมเมนต์มากๆ เช่น คลัชช์ ล้อ เฟือง เข้ากับปลายเพลาระหว่างลิ่มอัด และร่องที่จะสวมจะต้องสวมแบบอัด โดยในการประกอบ ให้ประกอบร่องล้อตรงกับลิ่มอัด ใช้ท่อสวมเข้าปลายเพลาสัมผัสล้อแล้วตอกอัดด้วยค้อนจะล้อหรือเฟือง ในกระปุกเกียร์ จะกำหนดให้พิกัดความเผื่อระหว่างล้อกับลิ่มอัดเป็นแบบสวมฟิต เพื่อให้การถอดประกอบสามารถทำได้ง่ายขึ้น ดังรูปที่ 2.34

2.2.5.2 ลิ่มอัดแบบล้อสวมคลอน

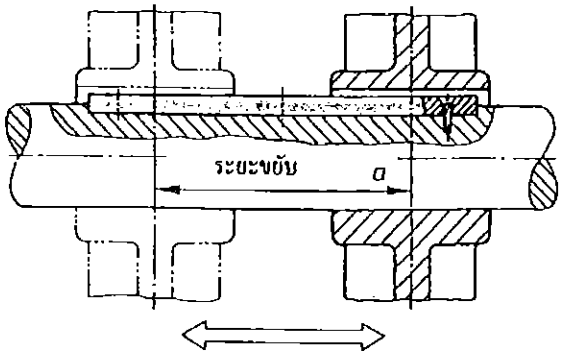
ลิ่มอัดแบบล้อสวมคลอน ใช้เฟืองที่ต้องเลื่อนไปมา และรับโมเมนต์ไม่มากนักในกระปุกเกียร์ จะกำหนดให้พิกัดความเผื่อของล้อ และลิ่มอัดเป็นแบบสวมคลอน ความยาวลิ่มอัดจะต้องรวมกับความกว้างของล้อด้วย ดังรูปที่ 2.35



รูปที่ 2.33 ปฏิกิริยาแรงต่อลิ่มอัดและแสดงระยะฟรี
ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)



รูปที่ 2.34 การสวมอัดล้อกับลิ่มให้ยึดแน่น
ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)



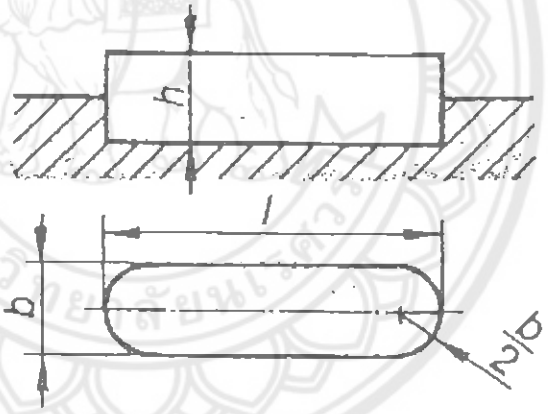
ลิ่มอัด DIN 6885 แบบ E มีสกรูยึด 2 ที่ และรูเกลียวกลางสำหรับใช้สกรูถอดได้

รูปที่ 2.35 ล้อเลื่อนได้บนลิ่มอัด

ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)

2.2.5.3 ลิ่มอัดแบบปลายมนโค้ง (แบบ A)

ลิ่มอัดแบบปลายมนโค้ง (แบบ A) เป็นลิ่มที่มีใช้งานบ่อยที่สุด ในการประกอบจะต้องแน่ใจว่าลิ่มอัดอยู่ในร่องลึกเพียงพอ โดยมนโค้งของลิ่มจะต้องไม่เกยบนขอบ อาจจะมีผลทำให้เกิดการงัดเมื่อประกอบล้อ ลิ่มนี้ใช้ในงานที่ต้องการหมุนให้เที่ยงตรง เช่น การยึดเฟืองในเครื่องมือกล การยึดดอกกับบนเพลาอาร์เบอร์

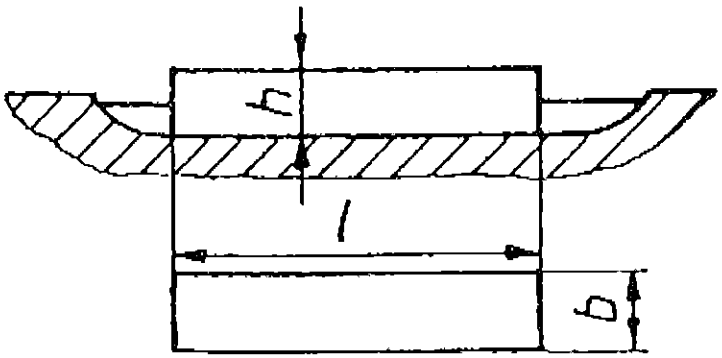


รูปที่ 2.36 ลิ่มอัดปลายมนโค้ง (แบบ A)

ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)

2.2.5.4 ลิ่มอัดแบบปลายตัดตรง (แบบ B)

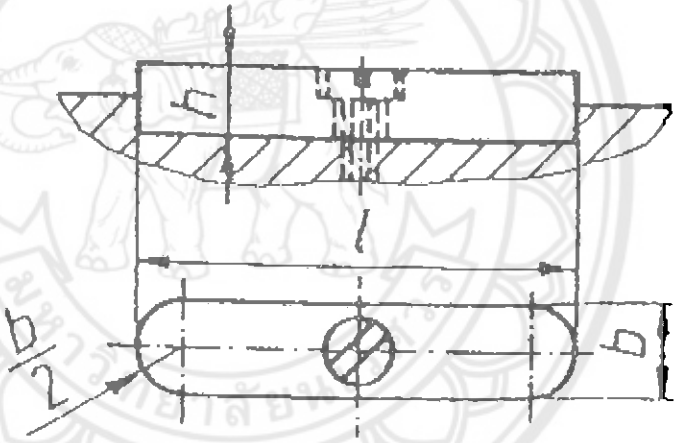
ลิ่มอัดแบบปลายตัดตรง (แบบ B) จะต้องมีการล็อคป้องกันการเลื่อนตามแนวแกนนอน ลิ่มอัดนี้ผลิตได้ง่ายกว่าลิ่มอัดปลายมนโค้ง ดังรูปที่ 2.37



รูปที่ 2.37 ลิ่มอัดปลายตัดตรง (แบบ B)
ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)

2.2.5.5 ลิ่มอัดปลายมนโค้ง (แบบ C)

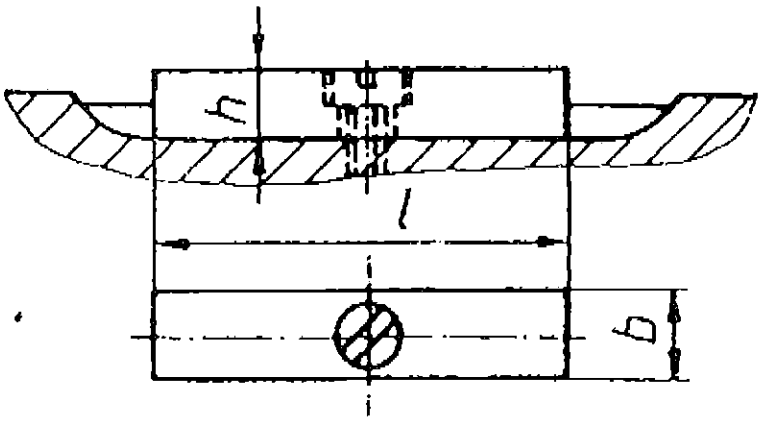
ลิ่มอัดปลายมนโค้ง (แบบ C) เป็นลิ่มอัดสำหรับประกอบกับร่องเพลาที่มีพิกัดความเผื่อเป็นแบบสวมฟิตหรือสวมคลอน ด้วยเหตุนี้จะต้องมีสกรูขันยึดลิ่มกันการหลุด ดังรูปที่ 2.38



รูปที่ 2.38 ลิ่มอัดปลายมนโค้ง (แบบ C)
ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)

2.2.5.6 ลิ่มอัดแบบปลายตัดตรง (แบบ D)

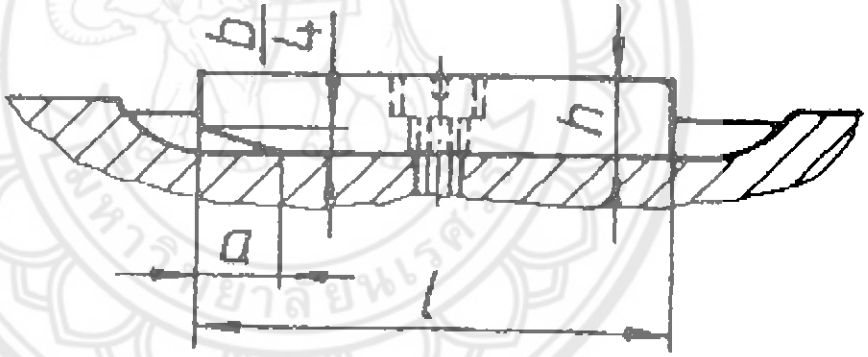
ลิ่มอัดแบบปลายตัดตรง (แบบ D) จะมีสกรูยึดลิ่มที่ร่องเพลา มีพิกัดความเผื่อเป็นแบบสวมฟิตหรือสวมคลอนเพื่อป้องกันไม่ให้ลิ่มหลุดออกจากร่องเพลา ดังรูปที่ 2.39



รูปที่ 2.39 ลิ่มอัดปลายตัดตรง (แบบ D)
ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)

2.2.5.7 ลิ่มอัดแบบงัดได้ (แบบ G)

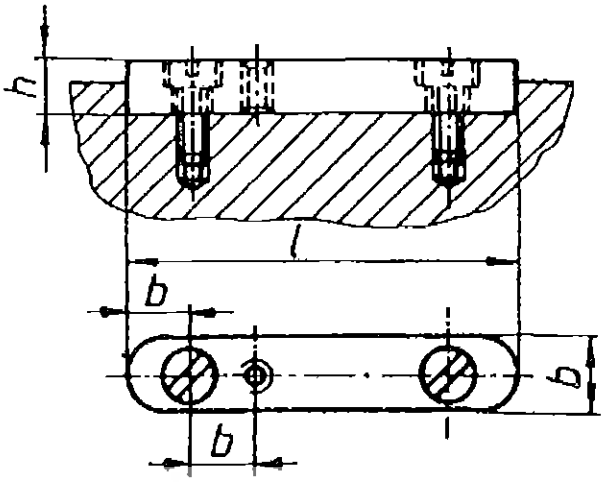
ลิ่มนี้จะมีผิวเอียงด้านล่างเล็กน้อย ดังรูปที่ 3.56 เพื่อให้**สามารถถอดลิ่มได้ง่าย** จะมีการกำหนดค่าระยะ a (สำหรับงัด) = 5 มิลลิเมตร เมื่อความยาว 1 < 40 **มิลลิเมตร และระยะ a** = 8 มิลลิเมตร เมื่อระยะ 1 > 40 มิลลิเมตร



รูปที่ 2.40 ลิ่มอัดแบบงัดได้ (แบบ G)
ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)

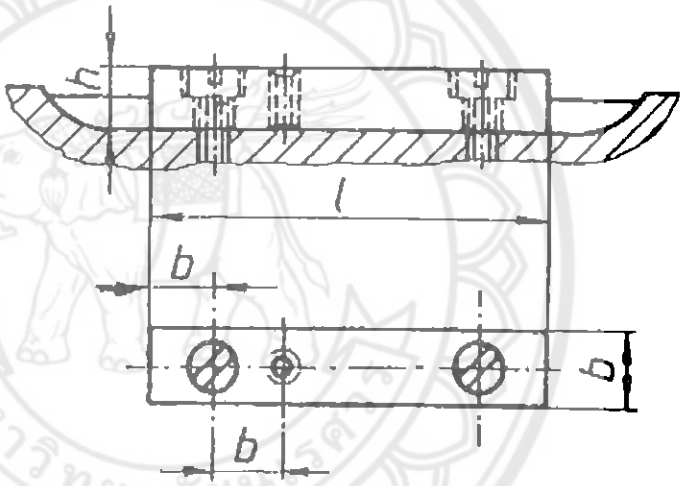
2.2.5.7 ลิ่มอัดปลายมนโค้งแบบ E และแบบปลายตัดตรงแบบ F

ลิ่มอัดปลายมนโค้งแบบ E และแบบปลายตัดตรงแบบ F เป็นลิ่มอัดที่นิยมใช้กับเพลาขนาดยาวๆ ที่ล้อหรือเฟืองสามารถเลื่อนไปมาได้ ดังรูปที่ 2.41 ด้วยเหตุนี้ร่องลิ่มที่เพลากับลิ่มอัดจะต้องมีการยึดด้วยสกรูให้แน่นอย่างน้อย 2 ตัวขึ้นไป และมีรูเกลียวสำหรับใช้สกรูขันอัดให้ลิ่มถอยออกจากร่องลิ่มในเพลาได้



รูปที่ 2.41 ลิ่มอัดปลายมนโค้ง (แบบ E)

ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)

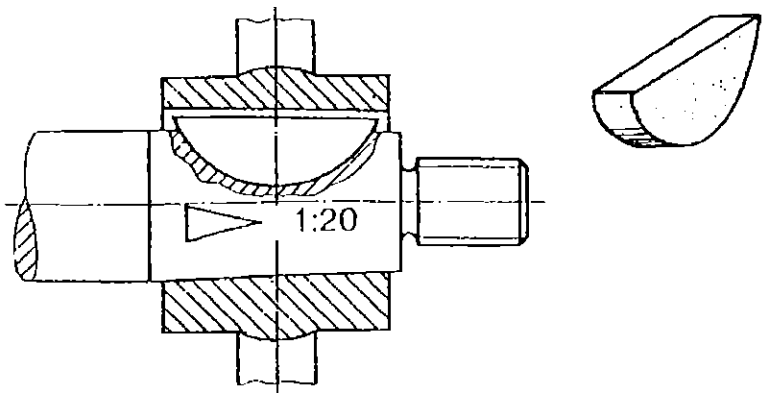


รูปที่ 2.42 ลิ่มอัดปลายตัดตรง (แบบ F)

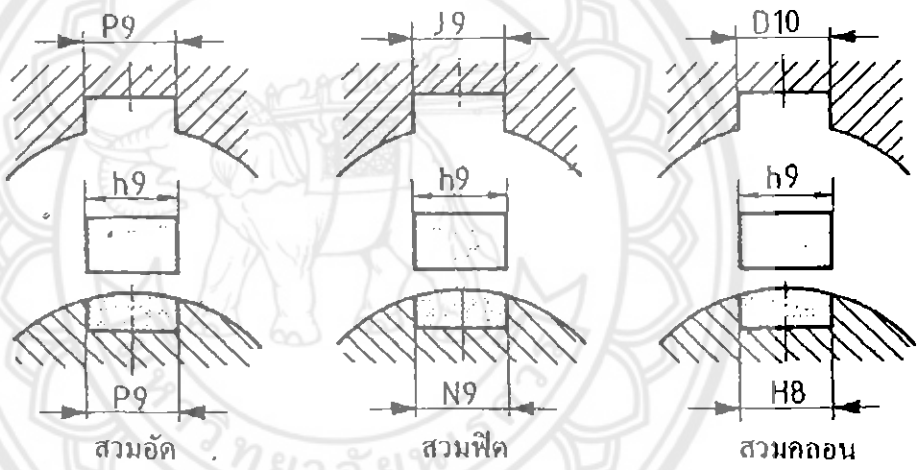
ที่มา : ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)

2.2.5.8 ลิ่มอัดแบบวงพระจันทร์

ลิ่มอัดแบบวงพระจันทร์ เหมาะสำหรับใช้รับภาระโมเมนต์บนเพลาเรียว เพราะลิ่มแบบนี้สามารถปรับตัวกับร่องของล้อได้เอง เนื่องจากมีรูปร่างเหมือนเสี้ยวของวงกลมและต้องให้มีความลึกของร่องบนเพลา จึงใช้งานรับภาระได้จำกัด ลิ่มอัดแบบวงพระจันทร์ที่มีขนาดใหญ่ จะนิยมใช้กับเพลาเรียวพิกัดงานสวมระหว่างร่องเพลาลิ่มอัด และล้อแสดงให้เห็น ดังรูปที่ 2.44



รูปที่ 2.43 ลิ่มอัดแบบวงพระจันทร์
ที่มา: ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)



รูปที่ 2.44 พิกัดงานสวมสำหรับลิ่มอัด
ที่มา: ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น)

2.3 งานกัด

มีหลักการทำงาน ใช้การหมุนของตัวมีดกัด (Cutter) ซึ่งติดอยู่บนเพลาหมุน จะมีฟันอยู่รอบๆ ตัวเรียกกันว่า มีดกัด (Milling Cutter) ซึ่งขับเคลื่อนให้เกิดการตัดเฉือนด้วยเพลา (Spindle) โดยพิจารณางานกัดของเครื่องกัดชนิดแนวตั้ง (Vertical Milling Machine) มีหลักการคำนวณค่าต่างๆ ที่จำเป็น ดังต่อไปนี้

2.3.1 ความเร็วรอบ (n) ของมีดกัด (Cutter)

การหาค่าความเร็วรอบ n ของเครื่องกัดจากเส้นผ่านศูนย์กลางของคมตัด d และความเร็วตัด V_c ที่เลือกใช้ซึ่งมีหน่วยเป็นรอบต่อนาที หรือ rpm สามารถหาได้ด้วยวิธี ดังต่อไปนี้

คำนวณจากสูตร $n = \frac{Vc}{\pi d}$ **(2.1)**

2.3.2 ความเร็วป้อน (V_f)

ความเร็วป้อนสำหรับงานกัดสามารถหาได้จากสมการที่ 2.2

$$V_f = n \cdot f_z \cdot z \quad \textbf{(2.2)}$$

โดยที่ V_f = ความเร็วป้อน

n = ความเร็วรอบ

f_z = ระยะป้อนต่อการตัดหนึ่งครั้ง

z = จำนวนคมตัด (จำนวนฟันของเฟืองมีดตัด)

2.3.3 ระยะป้อนต่อมีดตัดหมุนหนึ่งรอบ (f)

ระยะป้อนต่อมีดตัดหมุนหนึ่งรอบสามารถหาได้จากสมการที่ 2.3

$$f = f_z \cdot z \quad \textbf{(2.3)}$$

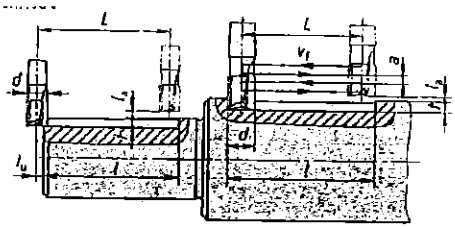
โดยที่ f = ระยะป้อนต่อรอบ

f_z = ระยะป้อนต่อการตัดหนึ่งครั้ง

Z = จำนวนคมตัด (จำนวนฟันของเฟืองมีดตัด)

2.3.4 งานกัดร่อง

งานกัดร่องสามารถกันได้ 2 ลักษณะ ดังรูปที่ 2.46



รูปที่ 2.45 งานกัดร่อง

ที่มา : ตารางคู่มืองานโลหะ

2.3.4.1 ร่องเปิดด้านเดียว จะคำนวณระยะป้อนได้จากสมการที่ 2.4

$$L = l - \frac{d}{2} + l_u \qquad \textbf{(2.4)}$$

โดยที่ L = ระยะป้อน

l = ความยาวชิ้นงาน

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของคัตเตอร์

l_u = ระยะกันชิ้นงาน

2.3.4.2 ร่องปิด จะคำนวณระยะป้อนได้จากสมการที่ 2.5

$$L = l - d \qquad \textbf{(2.5)}$$

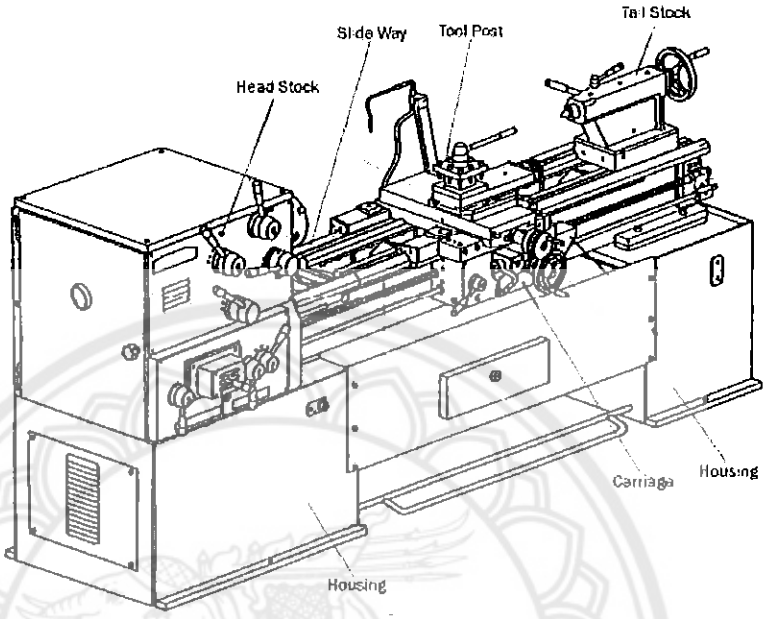
โดยที่ L = ระยะป้อน

l = ความยาวชิ้นงาน

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของคัตเตอร์

2.4 เครื่องกลึง

เครื่องกลึง ถือเป็นเครื่องมือกลพื้นฐานที่สำคัญประเภทหนึ่งใช้แปรรูปโลหะได้อย่างกว้างขวาง ส่วนประกอบของเครื่องกลึงแบ่งเป็นส่วนใหญ่ๆ ได้ 6 ส่วน ดังรูปที่ 2.47

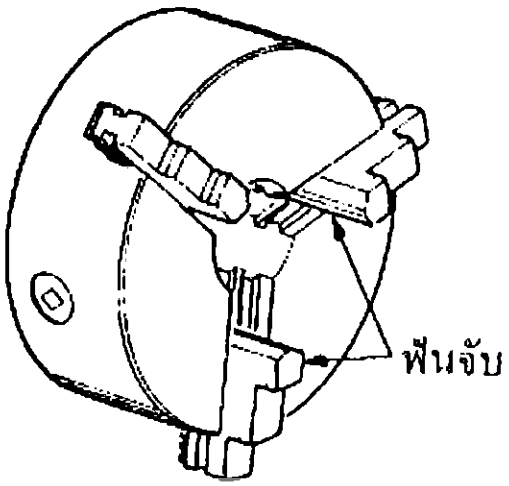


รูปที่ 2.46 เครื่องกลึง
ที่มา : เครื่องกลึงและงานกลึงซีเอ็นซี (นายปรีชา ช่างย้อม)

โดยส่วนประกอบต่างๆ ที่ได้กล่าวมามีดังต่อไปนี้ คือ ฐานเครื่อง (Housing) ชุดหัวเครื่อง (Head Stock) รางนำเลื่อน (Slide Way) ชุดแคร่เลื่อน (Carriage) ชุดป้อมมีด (Tool Post) และ ยันศูนย์ท้าย (Tail Stock)

2.4.1 หัวจับชิ้นงาน (Chuck)

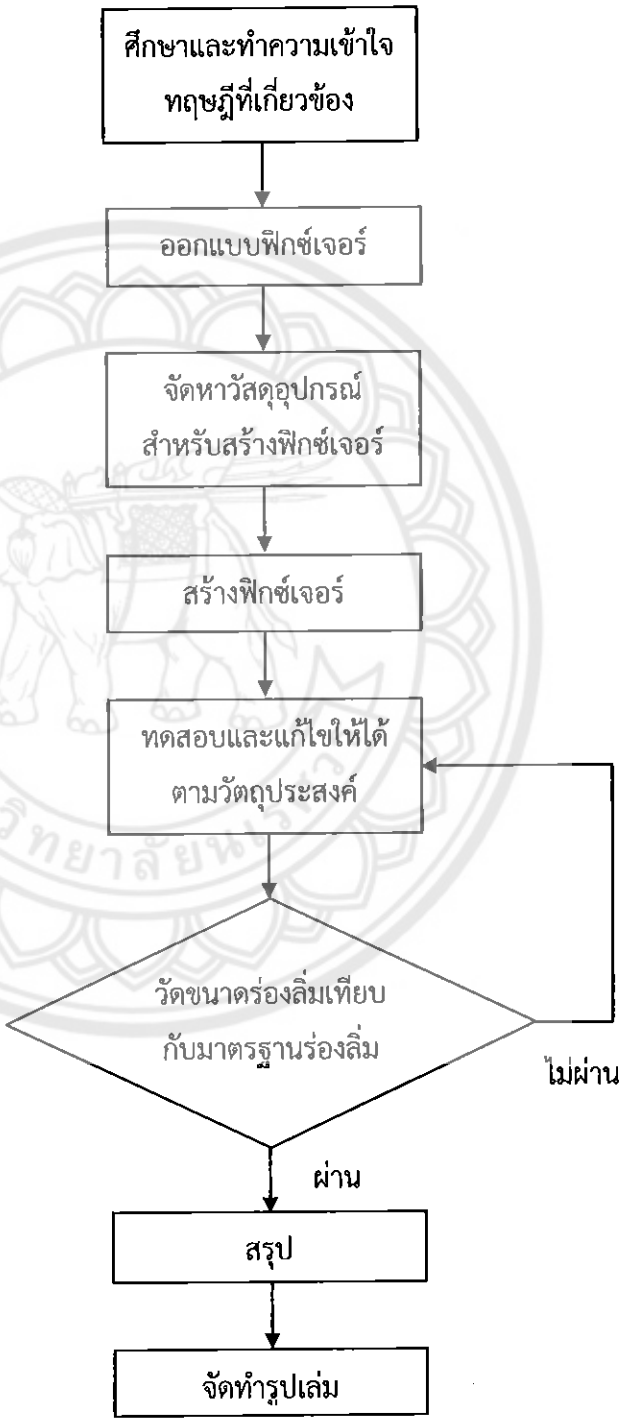
หัวจับชิ้นงาน (Chuck) คือ อุปกรณ์ที่ใช้จับชิ้นงานกลึงที่ใช้โดยปกติจะใช้ชนิดสามฟัน (Three Jaw Chuck) หมุนเข้าจับงานพร้อมๆ กันทั้งสามฟัน และคลายออกพร้อมๆ กันเช่นเดียวกัน ดังรูปที่ 2.48



รูปที่ 2.47 หัวจับชิ้นงาน (CHUCK)
ที่มา : เครื่องกลึงและงานกลึงซีเอ็นซี (นายปรีชา ช่างย้อม)

บทที่ 3
วิธีดำเนินโครงงาน

ในการดำเนินงานมีขั้นตอนดังข้อที่ 3.1 – 3.8 และแสดงขั้นตอนดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังการดำเนินงาน

3.1 ศึกษา และทำความเข้าใจทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน

ศึกษาและทำความเข้าใจทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน มีดังต่อไปนี้

3.1.1 ศึกษา และทำความเข้าใจทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับหลักการออกแบบฟิกซ์เจอร์

ศึกษาเกี่ยวกับหลักการ และทฤษฎีในการออกแบบฟิกซ์เจอร์ (Fixture Design) มาตรฐานของวัสดุที่ใช้ทำฟิกซ์เจอร์ (Fixture) เพื่อนำหลักการดังกล่าวไปใช้ในการออกแบบฟิกซ์เจอร์ให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน

3.1.2 ศึกษาทำความเข้าใจทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานของลิ่ม และร่องลิ่ม

ศึกษาเกี่ยวกับมาตรฐานของลิ่ม และร่องลิ่มต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัยเพื่อใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการออกแบบการทดลองและวัดผลการทดลอง

3.1.3 ศึกษาทำความเข้าใจทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานกัด (End Milling) และระบบการทำงานของเครื่องกลึง (Universal Lathe)

ศึกษาหลักการ และทฤษฎีเกี่ยวกับงานกัด หลักการในการคำนวณต่างๆ ชนิดของมีดกัด (End Mill Cutter) ที่ใช้ในการกัดร่องลิ่ม ค่าปัจจัยต่างๆ ของงานกัดที่ส่งกระทบต่อชิ้นงาน ศึกษาโครงสร้าง และองค์ประกอบในระบบการทำงานของเครื่องกลึงเพื่อนำไปใช้เป็นข้อกำหนดในการออกแบบระบบการทำงานของฟิกซ์เจอร์

3.2 ออกแบบฟิกซ์เจอร์ (Fixture)

3.2.1 ออกแบบระบบการจับยึดชิ้นงาน

ระบบการจับยึดชิ้นงานมีหน้าที่ในการจับยึดชิ้นงานให้ติดแน่นอยู่กับตัวจับยึด เพื่อให้ชิ้นงานอยู่ในตำแหน่งที่ต้องการอย่างเที่ยงตรง และเพื่อให้การทำงานของระบบมีประสิทธิภาพจึงต้องทำการออกแบบระบบการทำงาน และชิ้นส่วนประกอบของระบบการจับยึดชิ้นงานตามหลักการและทฤษฎีที่ได้ทำการ ศึกษาโดยจะทำการออกแบบตามขนาดของขนาดชิ้นงานที่กำหนด และคำนึงถึงปัจจัยผลกระทบอื่นๆ ตามหลักวิศวกรรม เพื่อนำระบบการจับยึดชิ้นงานดังกล่าว ไปประกอบและติดตั้งให้เป็นฟิกซ์เจอร์ที่สมบูรณ์ต่อไป

3.2.2 ออกแบบระบบการปรับตั้งระยะแนว แกน Y หรือแนวดิ่ง

ระบบการปรับตั้งระยะแนว แกน Y หรือแนวดิ่ง มีหน้าที่ในการปรับตั้งศูนย์ของชิ้นงานให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการทำการกัดร่อง (End Milling) อย่างเที่ยงตรงเพื่อให้ระบบการทำงานมีประสิทธิภาพจึงต้องทำการออกแบบระบบการทำงาน และชิ้นส่วนประกอบของระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน Y หรือแนวดิ่ง ให้มีความเหมาะสมตามหลักวิศวกรรมโดยออกแบบตามค่าความ

แตกต่างของขนาดชิ้นงานต่างๆที่กำหนดซึ่งจะเป็นค่ากำหนดระยะการปรับเลื่อนในแนวแกน Y หรือแนวดิ่งที่ต้องการ เพื่อนำระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน Y หรือแนวดิ่งดังกล่าวไปประกอบและติดตั้งให้เป็นฟิกเจอร์ที่สมบูรณ์ต่อไป

3.2.3 ออกแบบชุดติดตั้งฟิกซ์เจอร์ (Fixture) สำหรับเครื่องกลึง

ชุดติดตั้งฟิกซ์เจอร์ของเครื่องกลึงสำหรับงานทำร่องลิ่มมีหน้าที่เป็นตัวรองรับน้ำหนักทั้งหมดของฟิกซ์เจอร์ และชิ้นงานดังนั้นประสิทธิภาพและความเที่ยงตรงของระบบการทำงานอื่นๆ ในฟิกซ์เจอร์จึงขึ้นอยู่กับความแข็งแรง และความเที่ยงตรงชุดติดตั้งฟิกซ์เจอร์ เพื่อให้ระบบการทำงานดังกล่าวมีประสิทธิภาพจึงต้องทำการออกแบบระบบการทำงานและชิ้นส่วนประกอบของชุดติดตั้งฟิกซ์เจอร์สำหรับเครื่องกลึงให้มีความเหมาะสมตามหลักวิศวกรรม เพื่อนำชุดติดตั้งฟิกซ์เจอร์ดังกล่าวไปประกอบ และติดตั้งเป็นฟิกซ์เจอร์ที่สมบูรณ์ต่อไป

3.3 จัดหาวัสดุและอุปกรณ์สำหรับการสร้างฟิกซ์เจอร์

การจัดหาวัสดุ และอุปกรณ์สำหรับการสร้างฟิกซ์เจอร์ มีขั้นตอน ดังนี้

3.3.1 จัดหาวัสดุ และอุปกรณ์สำหรับการสร้างระบบการจับยึดชิ้นงาน

3.3.2 จัดหาวัสดุ และอุปกรณ์สำหรับการสร้างระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน Y หรือแนวดิ่ง

3.3.3 จัดหาวัสดุ และอุปกรณ์สำหรับการสร้างชุดติดตั้งฟิกซ์เจอร์ (Fixture) สำหรับเครื่องกลึง (Universal Lathe)

3.4 ทำการสร้างฟิกซ์เจอร์

ทำการสร้างฟิกซ์เจอร์ตามลำดับ ต่อไปนี้

3.4.1 ลงมือสร้างระบบการจับยึดชิ้นงาน

3.4.2 ลงมือสร้างระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน Y หรือแนวดิ่ง

3.4.3 ลงมือสร้างระบบชุดติดตั้งฟิกซ์เจอร์ (Fixture) สำหรับเครื่องกลึง (Universal Lathe)

3.5 ทำการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ของฟิกซ์เจอร์ (Fixture) เข้าด้วยกัน

โดยชิ้นส่วนของฟิกซ์เจอร์ที่ต้องทำการประกอบเข้าด้วยกัน มีดังต่อไปนี้

3.5.1 ชิ้นส่วนของระบบการจับยึดชิ้นงาน

3.5.2 ชิ้นส่วนของระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน Y หรือแนวดิ่ง

3.5.3 ชิ้นส่วนของระบบชุดติดตั้งฟิกซ์เจอร์สำหรับเครื่องกลึง

3.6 ทดสอบ และแก้ไขให้ได้ตามวัตถุประสงค์

หลังการประกอบชิ้นส่วน และระบบการทำงานของฟิกซ์เจอร์เสร็จแล้ว จึงทำการทดสอบระบบการทำงานต่างๆ ด้วยการติดตั้งเข้ากับเครื่องกลึง และทดลองการกัดร่องลิ่มบนเพลา โดยเป้าหมายคือ ฟิกซ์เจอร์ของเครื่องกลึงสำหรับงานทำร่องลิ่มสามารถใช้งานได้จริง และได้ค่าความคลาดเคลื่อนของขนาดร่องลิ่มที่กัดได้โดยอ้างอิงพิกัดความเผื่อมาตรฐาน DIN แบบ A ของร่องลิ่ม

3.7 วิเคราะห์ และสรุปผลโครงงาน

ทำการวิเคราะห์ และสรุปผลโครงงานเรื่องฟิกซ์เจอร์ของเครื่องกลึงสำหรับงานทำร่องลิ่ม โดยผลการทดลองที่ได้จากการดำเนินงานวิจัย

3.8 จัดรายงานทำรูปเล่ม

เมื่อทำการสรุปผลโครงงานเรียบร้อยแล้ว จะจัดทำรูปเล่มรายงานฉบับสมบูรณ์

บทที่ 4
ผลการดำเนินการวิจัย

4.1 ออกแบบฟิกเจอร์ (Fixture)

4.1.1 ออกแบบระบบจับยึดชิ้นงาน

ออกแบบระบบการจับยึดชิ้นงานเพื่อรองรับชิ้นงานเพลากลมซึ่งในการออกแบบได้เลือกใช้ V-Block (ในรูปที่ ก.8) ในการรองรับชิ้นงานเพลากลม โดยได้มีการออกแบบการล็อคโดยใช้สลักเกลียวบีดอัดและการออกแบบระบบการจับยึดชิ้นงานยังต้องมีรูปร่างสอดคล้องกับระบบการตั้งระยะในแนวแกน y หรือแนวดิ่ง ดังรูป ก.20

ข้อจำกัดของระบบการจับยึดชิ้นงาน

4.1.1.1 รองรับชิ้นงานเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 40 มิลลิเมตร

4.1.1.2 รองรับชิ้นงานที่มีความยาวชิ้นงานไม่เกิน 400 มิลลิเมตร

4.1.2 ออกแบบระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน y หรือแนวดิ่ง

ออกแบบระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน y เพื่อให้สามารถปรับระยะขึ้นลงในแนวแกน y โดยมีการออกแบบโดยใช้เสาเพื่อควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ (รูปที่ ก.19) ในแนวแกน y ซึ่งการเคลื่อนที่จะถูกกำหนดโดยเกลียว (รูปที่ ก.12) เพื่อให้สามารถรู้ถึงระยะขึ้นลงจึงได้ทำการออกแบบการติดตั้งเวอร์เนียร์แบบดิจิตอลเพื่อสะดวกต่อการปรับตั้งระยะในแนวแกน y ในการออกแบบระบบของการปรับตั้งระยะในแนวแกน y ยังต้องมีรูปทรงสอดคล้องกันกับชุดติดตั้งฟิกซ์เจอร์กับเครื่องกลึงและต้องสามารถประกอบเข้ากับระบบการจับยึดชิ้นงานได้ รูปดัง ก.21

ข้อจำกัดของระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน y

สามารถปรับขึ้น - ลงได้ไม่เกิน 57 มิลลิเมตร

4.1.3 ออกแบบชุดติดตั้งฟิกซ์เจอร์ (Fixture) สำหรับเครื่องกลึง

ออกแบบชุดติดตั้งฟิกซ์เจอร์ (Fixture) ในการออกแบบในส่วนนี้จะต้องออกแบบให้สามารถติดตั้งกับส่วนป้อมมีดของเครื่องกลึงได้ โดยการออกแบบได้คำนึงถึงการประกอบกับส่วนของระบบปรับตั้งระยะในแนวแกน Y ได้ ดังรูป ก.23

ข้อจำกัดของชุดติดตั้งฟิกซ์เจอร์ (Fixture) สำหรับเครื่องกลึง

ไม่สามารถใช้ได้กับป้อมมีดที่มีขนาดนอกเหนือจากเครื่องทดสอบ

4.2 จัดหาวัสดุและอุปกรณ์สำหรับการสร้างฟิกซ์เจอร์

การจัดหาวัสดุและอุปกรณ์ที่ต้องใช้หลังจากขั้นตอนการออกแบบฟิกซ์เจอร์ของเครื่องกลึงสำหรับงานทำร่องลิ่มจึงดำเนินการจัดหาดังต่อไปนี้

4.2.1 จัดหาวัสดุอุปกรณ์สำหรับการสร้างระบบการจับยึดชิ้นงาน

วัสดุและอุปกรณ์ที่ต้องจัดหาหลังจากออกแบบระบบจับยึดชิ้นงานคือ

4.2.1.1 เหล็กแผ่นดำ (SS400) ขนาด 20 x 100 x 220 มิลลิเมตร	2	ชิ้น
4.2.1.2 เหล็กเพลาสี่เหลี่ยม (SS400) ขนาด 50.4 x 50.4 x 130มิลลิเมตร	1	ชิ้น
4.2.1.3 เหล็กแผ่นดำ (SS400) ขนาด 25 x 100 x 220 มิลลิเมตร	1	ชิ้น
4.2.1.4 สกรูหัวจม M8 x 30 มิลลิเมตร (JISB1176)	8	ตัว
4.2.1.5 สกรูหัวจม M10 x 40 มิลลิเมตร (JISB1176)	10	ตัว
4.2.1.6 สกรูหกเหลี่ยม M12 x 60 มิลลิเมตร (JISB1180SUS304)	2	ตัว

4.2.2 จัดหาวัสดุอุปกรณ์สำหรับการสร้างระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน Y หรือแนวดิ่ง

วัสดุและอุปกรณ์ที่ต้องจัดหาหลังจากกระบวนการออกแบบระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน Y หรือแนวดิ่ง คือ

4.2.2.1 เหล็กแผ่นดำ (SS400) ขนาด 20 x 100 x 220 มิลลิเมตร	2	ชิ้น
4.2.2.2 เหล็กแผ่นดำ (SS400) ขนาด 25 x 100 x 220 มิลลิเมตร	1	ชิ้น
4.2.2.2 เหล็กแผ่นดำ (SS400) ขนาด 25 x 70 x 220 มิลลิเมตร	1	ชิ้น
4.2.2.3 เหล็กแผ่นดำ (SS400) ขนาด 10 x 40 x 250 มิลลิเมตร	1	ชิ้น
4.2.2.4 เหล็กแผ่นดำ (SS400) ขนาด 25 x 35 x 160 มิลลิเมตร	2	ชิ้น
4.2.2.5 เหล็กเพลากลม (SS400) ขนาด Ø25 x 300 มิลลิเมตร	1	ชิ้น
4.2.2.6 เหล็กเพลากลม (SS400) ขนาด Ø35 x 40 มิลลิเมตร	1	ชิ้น
4.2.2.7 Guide Bushing ขนาด Ø20 x 30 มิลลิเมตร (รูปที่ก.17)	2	ชิ้น
4.2.2.8 Guide post ขนาด Ø20 x 140 มิลลิเมตร (รูปที่ก.19)	2	ชิ้น
4.2.2.9 Bearing Unit (UCFL 204-12) ขนาด Ø19.05 มิลลิเมตร (รูปที่ ก.18)	2	ตัว
4.2.2.10 Digital Caliper ขนาด 150 มิลลิเมตร (รูปที่ ก.25)	1	ตัว
4.2.2.11 สกรูหัวจม M12 x 25 มิลลิเมตร (JISB1176)	4	ตัว
4.2.2.12 สกรูหัวจม M10 x 40 มิลลิเมตร (JISB1176)	16	ตัว
4.2.2.13 สกรูหัวจม M10 x 25 มิลลิเมตร (JISB1176)	1	ตัว
4.2.2.14 สกรูหัวจม M8 x 20 มิลลิเมตร (JISB1176)	4	ตัว

4.2.2.15 สกรูหัวจม M8 x 30 มิลลิเมตร (JISB1176)	4	ตัว
4.2.2.16 สกรูหัวจมเตเปอร์ M12 x 25 มิลลิเมตร (DIN 7991)	4	ตัว
4.2.2.17 แผ่นเหล็ก (SS400) ขนาด 2 x 25 x 100 มิลลิเมตร	1	ตัว

4.2.3 จัดหาวัสดุและอุปกรณ์สำหรับการสร้างชุดติดตั้งฟิกซ์เจอร์ (Fixture) สำหรับเครื่องกลึง

วัสดุและอุปกรณ์ที่ต้องจัดหาหลังจากกระบวนการออกแบบชุดติดตั้งฟิกซ์เจอร์ (Fixture) สำหรับเครื่องกลึงคือ

4.2.3.1 เหล็กแผ่นดำ (SS400) ขนาด 25 x 160 x 220 มิลลิเมตร	1	ชิ้น
4.2.3.2 สกรูหัวจม M12 x 40 มิลลิเมตร (JIS B1176)	6	ตัว

4.3 ทำการสร้างฟิกซ์เจอร์และประกอบทุกส่วนเข้าด้วยกัน

ลงมือสร้างตามที่ได้ออกแบบไว้ดังนี้

4.3.1 สร้างระบบจับยึดชิ้นงาน

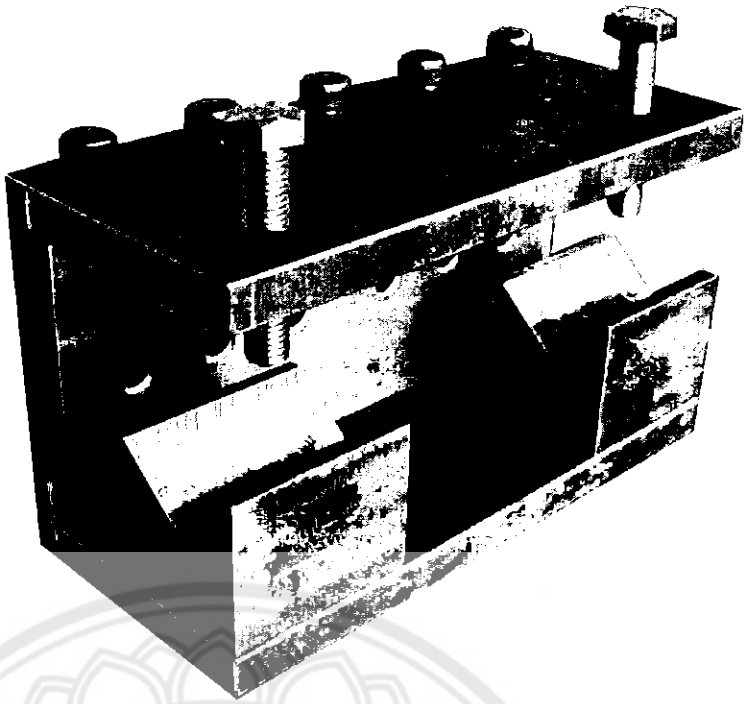
จากการที่ได้ทำการออกแบบจัดหาวัสดุและอุปกรณ์ของระบบการจับยึดชิ้นงานจึงได้ทำการสร้างดังนี้

4.3.1.1 นำเหล็กแผ่นดำที่เตรียมไว้ขนาด 20 x 100 x 220 มิลลิเมตรมาตัดปาดผิวทั้ง2 ชิ้นให้ได้ตามที่ออกแบบไว้ดังรูปที่ ก.2 และดังรูปที่ ก.3

4.3.1.2 นำเหล็กแผ่นดำที่ได้ทำการจัดเตรียมไว้ขนาด 25x 100 x 220 มิลลิเมตรมาตัดปาดผิวจำนวน 1 ชิ้น ให้ได้ขนาดตามที่ออกแบบไว้ ดังรูปที่ ก.1

4.3.1.3 นำเหล็กเพลาสี่เหลี่ยมที่เตรียมไว้ขนาด 50.4 x 50.4 x 130 มิลลิเมตรจำนวน 1 ชิ้น มาตัดปาดผิวให้เป็น V–Block และตัดแบ่งออกเป็น 2 ชิ้น ให้ได้ตามที่ออกแบบไว้ ดังรูปที่ ก.8

4.3.1.4 นำส่วนประกอบของระบบการจับยึดชิ้นงานทั้งหมดที่ผ่านการตัดปาดผิวแล้วมาประกอบเข้าด้วยกันโดยวิธีการยึดสกรูโดยที่สกรูมีขนาด M10 x 40 มิลลิเมตร จำนวน 10 ตัว สกรูที่มีขนาด M8 x 30 มิลลิเมตร จำนวน 8 ตัว และสกรูหัวจมเตเปอร์ M12 x 60 มิลลิเมตรสำหรับล็อคชิ้นงานจำนวน 2 ตัว ให้ได้ลักษณะตามที่ออกแบบไว้ ดังรูป ก.23 หลังจากประกอบเรียบร้อยแล้วจะมีลักษณะ ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ระบบจับยึดชิ้นงาน

4.3.2 สร้างระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน Y หรือแนวดิ่ง

จากการที่ได้ออกแบบจัดหาวัสดุและอุปกรณ์ของระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน Y หรือแนวดิ่งจึงได้ทำการสร้างดังนี้

4.3.2.1 นำเหล็กแผ่นดำ (SS400) ขนาด 20 x 100 x 220 มิลลิเมตรที่จัดหาไว้จำนวน 2 ชิ้นมาตัดปาดผิวให้ได้ตามที่ออกแบบไว้ ดังรูปที่ ก.5 และ ดังรูปที่ ก.14

4.3.2.2 นำเหล็กแผ่นดำ (SS400) ขนาด25 x 100 x 220 มิลลิเมตรที่จัดหาไว้จำนวน 1 ชิ้นมาตัดปาดผิวให้ได้ตามที่ออกแบบไว้ ดังรูปที่ ก.4

4.3.2.3 นำเหล็กแผ่นดำ (SS400) ขนาด 25 x 70 x 220 มิลลิเมตรที่จัดหาไว้จำนวน 1 ชิ้นมาตัดปาดผิวให้ได้ตามที่ออกแบบไว้ ดังรูปที่ ก.7

4.3.2.4 นำเหล็กแผ่นดำ (SS400) ขนาด 10 x 40 x 250 มิลลิเมตรที่จัดหาไว้จำนวน 1 ชิ้นมา ตัดปาดผิว ให้ได้ตามที่ออกแบบไว้ ดังรูปที่ ก.10

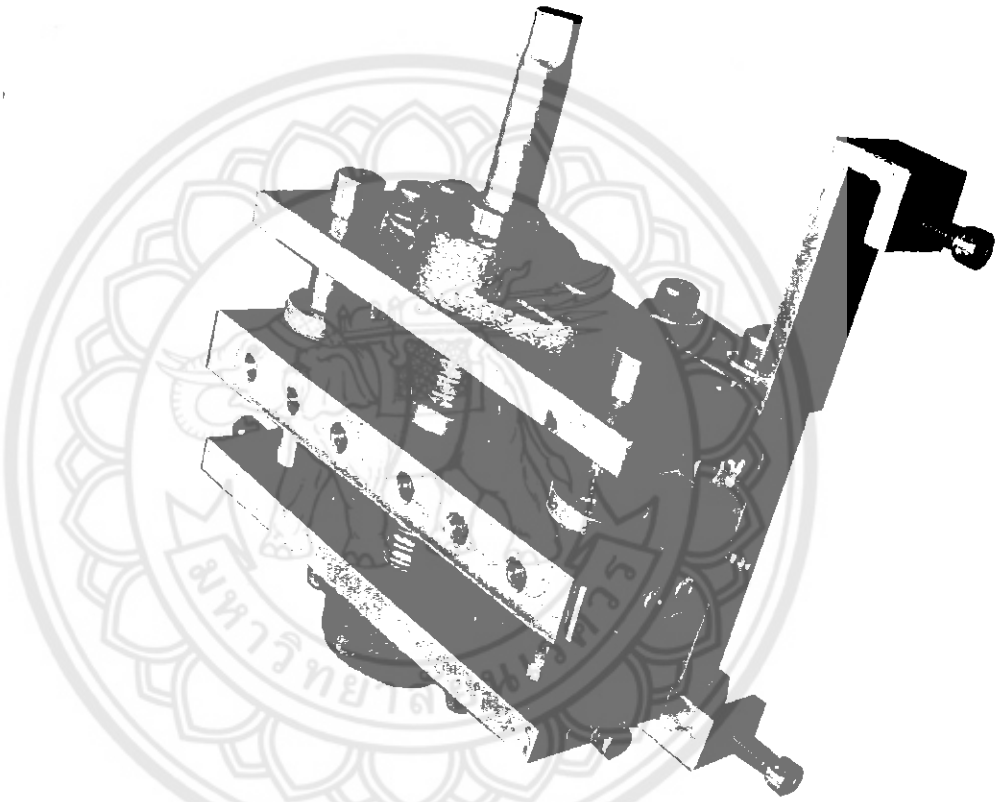
4.3.2.5 นำเหล็กแผ่นดำ (SS400) ขนาด 25 x 35 x 160 มิลลิเมตรที่จัดหาไว้จำนวน 1 ชิ้นมาตัดปาดผิวให้ได้ตามที่ออกแบบไว้ ดังรูปที่ ก.9

4.3.2.6 นำเหล็กเพลากลม (SS400) ขนาด Ø25 x 300 มิลลิเมตรที่จัดหาไว้จำนวน 1 ชิ้นมาตัดปาดผิวให้ได้เกลียวและลักษณะตามที่ออกแบบไว้ ดังรูปที่ก.12

4.3.2.7 นำเหล็กเพลากลม (SS400) ขนาด Ø35 x 40 มิลลิเมตร จำนวน 1 ชิ้นมาตัดปาดผิวให้ได้เกลียวและลักษณะตามที่ออกแบบไว้ ดังรูปที่ก.15

4.3.2.8 นำเหล็กแผ่นดำ (SS400) ขนาด 25 x 70 x 220 มิลลิเมตร จำนวน 1 ชิ้นที่ผ่านการตัดปาดผิวแล้วมาประกอบเข้ากับ Guide Bushing ขนาด Ø20 x 30 มิลลิเมตรจำนวน 2 ชิ้นและเหล็กเพลากลม (SS400) ขนาด Ø20 x 40 มิลลิเมตรจำนวน 1 ชิ้น ที่ผ่านการตัดปาดผิวแล้วด้วยวิธีการอัดสกรู ให้มีลักษณะตามที่ออกแบบไว้ ดังรูปที่ ก.24

4.3.2.9 นำชิ้นส่วนประกอบทั้งหมดรวมไปถึง Digital Caliper ของระบบการปรับตั้งระยะในแนวแกน Y มาประกอบเข้าด้วยกันด้วยวิธีการอัดสกรู ดังรูป ก.21 โดยจะต้องประกอบเข้ากับชุดระบบการจับยึดชิ้นงานด้วย ดังรูปที่ ก.22 หลังจากประกอบเรียบร้อยแล้วจะมีลักษณะ ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน Y หรือแนวดิ่ง

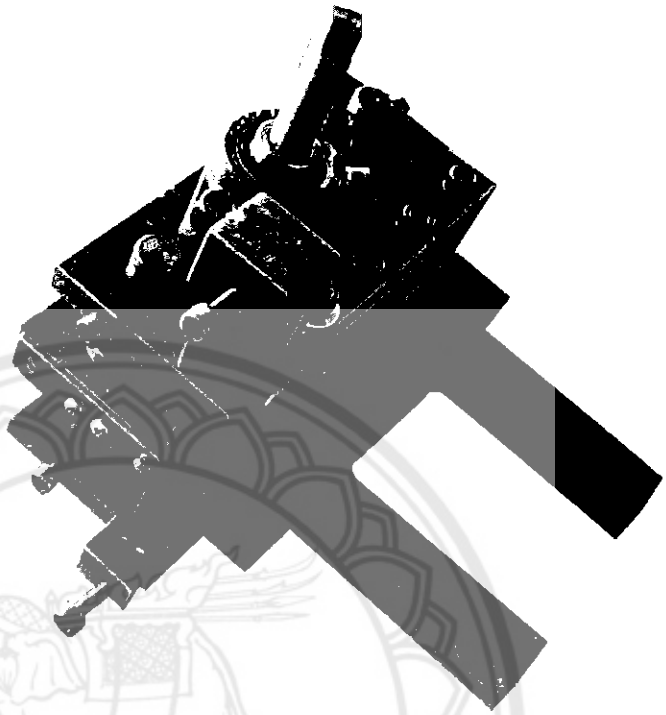
4.3.3 สร้างชุดติดตั้งฟิกซ์เจอร์ (Fixture) สำหรับเครื่องกลึง

จากการที่ได้ออกแบบจัดหาวัสดุและอุปกรณ์ของชุดติดตั้งฟิกซ์เจอร์ (Fixture) สำหรับเครื่องกลึงจึงได้ทำการสร้างดังนี้

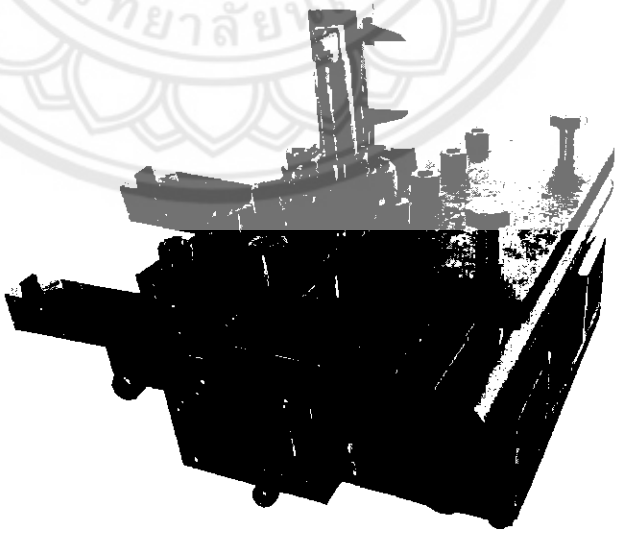
4.3.3.1 นำเหล็กแผ่นดำ (SS400) ขนาด 25 x 160 x 220 มิลลิเมตรจำนวน 1 ชิ้นมาตัดปาดผิวให้ได้ตามที่ออกแบบไว้ ดังรูปที่ ก.6

4.3.3.2 นำเหล็กแผ่นดำ (SS400) ขนาด 25 x 160 x 220 มิลลิเมตรที่ผ่านการตัดปาดผิวแล้วมาประกอบเข้ากับระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน Y ด้วยการอัดสกรู โดยสกรูหัวจมมีขนาด

M12 x 40 มิลลิเมตร (JIS B1176) จำนวน 6 ตัวดังรูปที่ ก.23 หลังจากประกอบเรียบร้อยแล้วจะมีลักษณะ ดังรูปที่ 4.3 และ รูปที่ 4.4



รูปที่ 4.3 ชุดติดตั้งฟิกซ์เจอร์ (Fixture) สำหรับเครื่องกลึง



รูปที่ 4.4 ฟิกซ์เจอร์หลังจากประกอบสมบูรณ์

4.4 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

หลังจากที่ได้ทำการออกแบบ จัดหาวัสดุอุปกรณ์ และสร้างฟิกซ์เจอร์ของเครื่องกลึงสำหรับงานทำร่องลิ่มแล้วได้เกิดต้นทุนทางวัสดุ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ต้นทุนวัสดุ

NO.	รายการ	ราคา/หน่วย	จำนวนหน่วย	ค่าใช้จ่าย(บาท)
1	Guide Bushing	184	2	368
2	Guide Post	297	2	594
3	Bearing Unit	180	2	360
4	เหล็กแผ่นดำ (SS400)	60	32.5	1950
5	Screw M10 x 40	20	26	520
6	Screw M12 x 25	15	4	60
7	Screw M12 x 40	20	6	120
8	Screw M8 x 20	12	6	72
9	Screw M8 x 30	15	12	180
10	Screw M8 x 25	18	2	36
11	Screw M12 x 60	60	2	120
12	เหล็กเพลาสี่เหลี่ยม 2 x 2 in	120	2	312
13	Digital Caliper Gauge	770	1	770
14	เหล็กเพลากลม Ø25.4 x 300	35	1	35
15	เหล็กเพลากลม Ø35 x 50	35	1	35
	รวม			5,532

และในการจัดทำใช้เวลาโดยประมาณ 12 ชม. ซึ่งก่อให้เกิดต้นทุนแรงงานดังนี้

อัตราค่าแรงงาน 500 บาท/ชม.

เวลาที่ใช้ในการผลิต 12 ชม

ต้นทุนค่าแรงงานคือ 500 (บาท/ชม.) X 12 (ชม.) ได้เท่ากับ 6,000 บาท

โดยต้นทุนรวมของการสร้างสร้างฟิกซ์เจอร์ของเครื่องกลึงสำหรับงานทำร่องลิ่มจะได้ดังนี้

ต้นทุนรวม = ต้นทุนวัสดุ + ต้นทุนแรงงาน

= 5,532 + 6,000 บาท

= 11,532 บาท

จากต้นทุนรวมทั้งหมดสามารถวิเคราะห์จุดคุ้มทุนได้ดังนี้

กำหนดให้ ราคาในการทำร่องลิ่มคือ 150 บาท/หน่วย (ประเมินโดยประมาณจากสถานประกอบการ)

$$\text{จะได้ จุดคุ้มทุน (หน่วย)} = \frac{\text{ต้นทุนรวมของฟิกซ์เจอร์}}{\text{ราคาการทำร่องลิ่ม}(\text{บาท}/\text{หน่วย})}$$

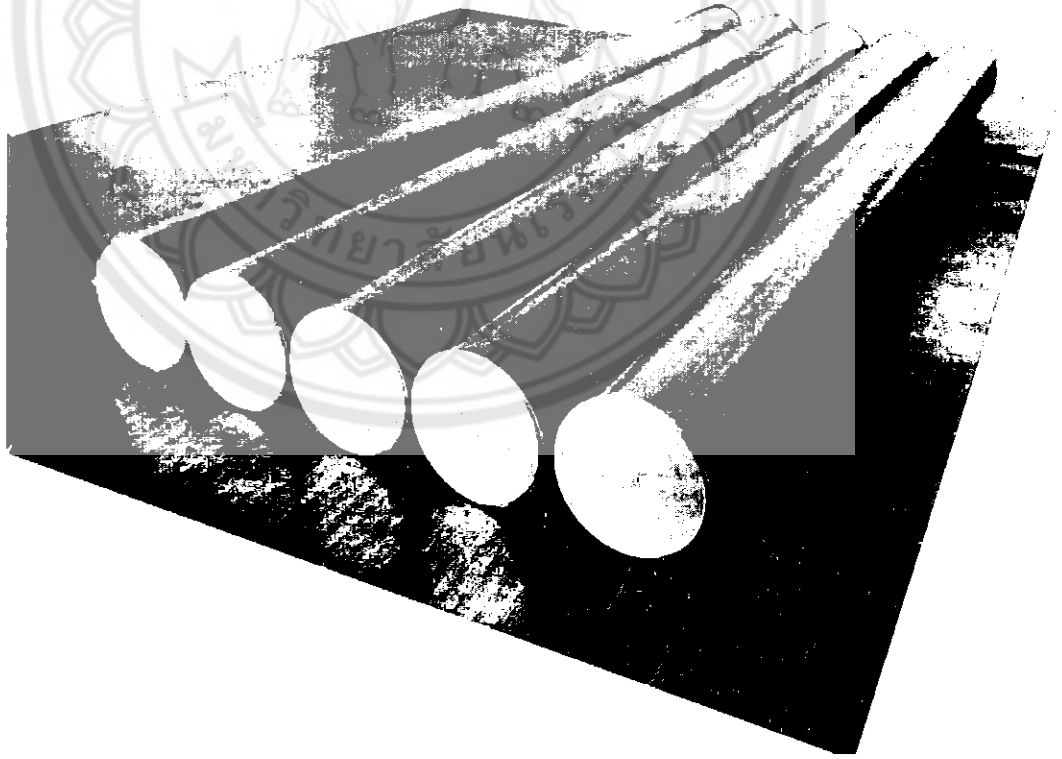
$$= \frac{11{,}532}{150}$$

$$= 76.96 \approx 77 \text{ หน่วย}$$

ดังนั้น ต้องทำร่องลิ่มจำนวน 77 หน่วย จึงจะคุ้มทุน

4.5 วิธีการทดลอง

4.5.1 จัดเตรียมชิ้นงานตัวอย่างที่จะนำมาทดสอบโดยทำการตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 มิลลิเมตรยาว 300 มิลลิเมตรจำนวน 10 ชิ้น ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ชิ้นงานตัวอย่างก่อนทดสอบ

4.5.2 เปิดเครื่องกลึงและทำการตรวจสอบความสมบูรณ์ของเครื่องกลึงและระบบการปรับระยะในแนวแกน X และ แกน Z ของเครื่องกลึงว่าสามารถเคลื่อนที่และอ่านค่าที่สเกลได้หรือไม่

4.5.3 นำดอกกัดจับที่หัวจับของเครื่องกลึงและทำการตั้งความเร็วรอบให้ใกล้เคียงกับการคำนวณมากที่สุดโดยความเร็วรอบจะขึ้นอยู่กับดอกกัด

4.5.4 นำฟิกซ์เจอร์ของเครื่องกลึงสำหรับงานทำร่องลิ่มมาติดตั้งบนป้อมมีดของเครื่องกลึงติดตั้งฟิกซ์เจอร์บนป้อมมีดของเครื่องกลึง ดังรูปที่ 4.6

รูปที่ 4.6 การติดตั้งฟิกซ์เจอร์บนป้อมมีดของเครื่องกลึง

4.5.5 นำชิ้นงานทดสอบใส่ในฟิกซ์เจอร์และทำการล็อคให้แน่น

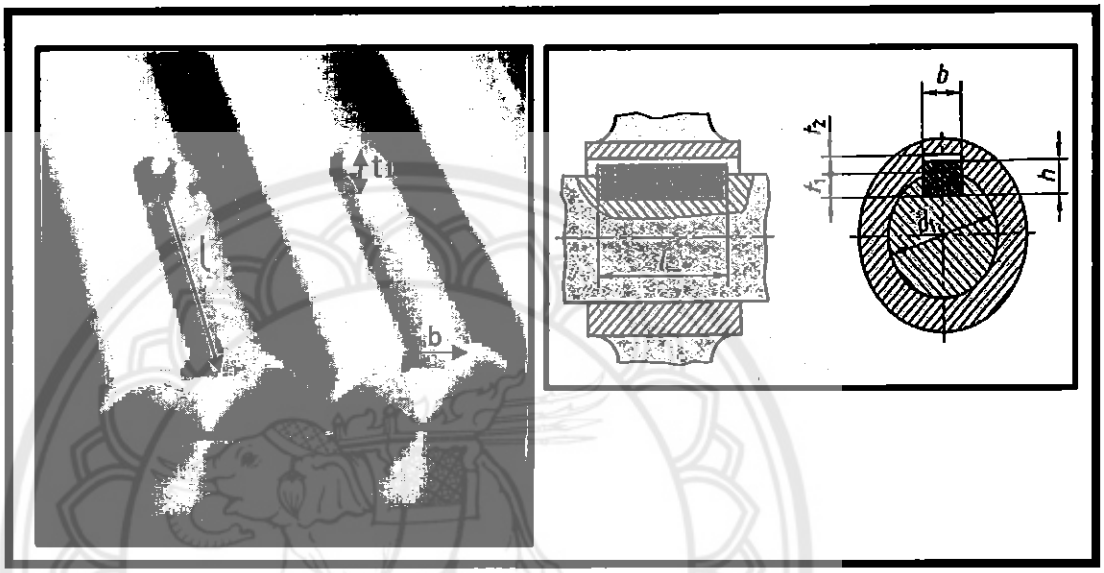
4.5.6 ทำการปรับตั้งศูนย์ในแนวแกน Y โดยนำดอกกัดสัมผัสที่ด้านบนของชิ้นงานจากนั้นเลื่อนชิ้นงานออกทำการเซตศูนย์ที่ Digital Caliper แล้วเลื่อนขึ้นตามระยะที่คำนวณ (คำนวณได้จากการนำรัศมีของดอกกัดบวกกับรัศมีของชิ้นงาน) เพื่อจะให้กึ่งกลางของชิ้นงานตรงกับกึ่งกลางของดอกกัด

4.5.7 เปิดเครื่องกลึงและทำการกัดชิ้นงานแบบปลายปิดให้ได้ขนาดความกว้าง 8มิลลิเมตรความยาว 40 มิลลิเมตรและความลึก 4 มิลลิเมตรทำจนครบ 10 ชิ้น

4.5.8 ทำการกัดที่ปลายอีกด้านของชิ้นงานโดยกัดแบบปลายเปิดโดยให้ได้ขนาดของความกว้าง 8 มิลลิเมตรความยาว 40 มิลลิเมตรและความลึก 4 มิลลิเมตรทำจนครบ 10 ชิ้น

4.5.9 ทำการคำนวณทางสถิติเพื่อหาจำนวนตัวอย่างที่จะนำมาวัดค่าจากประชากร 10 ชิ้น โดยต้องการค่าความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 และสามารถคลาดเคลื่อนได้ร้อยละ 5 ของการวัด

4.5.10 ทำการวัดและบันทึกค่าของชิ้นงาน (จำนวนชิ้นที่จะต้องทำการวัดจะถูกระบุด้วยวิธีการคำนวณจากค่าความเชื่อมั่นและจำนวนประชากรดัง ภาคผนวก ข) ที่ผ่านการกัดร่องลิ่มแล้วทั้งร่องลิ่มแบบปลายปิดและร่องลิ่มแบบปลายเปิด ดังรูปที่ 4.7 และบันทึกค่าลงใน ตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.7 จุดที่ทำการวัดค่าเทียบกับมาตรฐาน DIN 6885 แบบ A

4.5.11 หาค่าเฉลี่ยของความกว้าง ความยาว และความลึกของร่องลิ่มทั้งแบบปลายปิดและร่องลิ่มแบบปลายเปิดและบันทึกลงดัง ตารางที่ 4.1

4.5.12 นำค่าเฉลี่ยของความกว้าง ความยาว และความลึกของร่องลิ่มทั้งแบบปลายปิดและร่องลิ่มแบบปลายเปิดมาคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนเมื่อเทียบกับมาตรฐาน

4.6 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการที่ได้ทำการกัดชิ้นงานตัวอย่างด้วยฟิกซ์เจอร์แล้วได้ดำเนินการวัดค่า พบว่า ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองที่ได้จากการวัดร่องลิ่ม (หน่วย/มิลลิเมตร)

NO.	แบบเปิด			แบบปิด		
	b	t_1	l	b	t_1	l
1	8.03	3.92	39.35	8.06	3.83	38.08
2	8.18	4.31	40.54	8.23	3.87	40.09
3	8.15	3.96	40.06	8.09	4.25	40.87
4	8.15	3.94	39.93	8.06	3.18	40.68
5	8.17	4.09	41.13	8.11	3.86	38.40
6	8.12	4.23	40.68	8.15	3.92	39.62
7	8.06	3.94	41.21	8.18	3.97	40.07
8	8.08	3.89	39.96	8.07	4.12	40.96
9	8.13	3.84	40.89	8.09	3.95	41.21
10	8.19	4.26	41.06	8.14	3.89	41.13
ค่าเฉลี่ย	8.126	4.038	40.475	8.118	3.944	40.111

จากค่าของทั้งสองแบบที่ได้นำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานว่าค่าที่ได้อยู่ในช่วงความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (ภาคผนวก ข) ที่สามารถยอมรับได้หรือไม่ ถ้าไม่ได้เกินหรือน้อยกว่ามาตรฐานเท่าไร ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบกับมาตรฐาน (หน่วย/มิลลิเมตร)

ชนิด		ค่าเฉลี่ย	ช่วงของมาตรฐาน	ยอมรับได้/ยอมรับไม่ได้	คลาดเคลื่อน
แบบเปิด	b	8.126	7.964 – 8.000	ยอมรับไม่ได้	+0.126
	t_1	4.038	4.000 – 4.100	ยอมรับได้	-
	l	40.475	40.000 – 40.300	ยอมรับไม่ได้	+0.175
แบบปิด	b	8.118	7.964 – 8.000	ยอมรับไม่ได้	+0.118
	t_1	3.944	4.000 – 4.100	ยอมรับไม่ได้	-0.056
	l	40.111	40.000 – 40.300	ยอมรับได้	-

จากตารางพบว่าค่าของ b เกินกว่าค่ามาตรฐานอยู่ที่ +0.126 มิลลิเมตร ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าเกิดจากหัวจับของเครื่องกลึงที่ใช้ในการศึกษาและทดลองมีอายุการใช้งานหลายปีซึ่งทำให้ความ

เกิดการสั่น และเที่ยงตรงลดน้อยลงเป็นสาเหตุให้ขนาดของร่องลิ่มคลาดเคลื่อนจากมาตรฐาน ค่าของ t_1 และ l จากตารางจะสังเกตได้ว่าแบบปลายเปิดจะมีทั้งค่า t_1 ยอมรับได้แต่ l มีค่าที่ไม่สามารถยอมรับได้โดยคลาดเคลื่อนจากมาตรฐาน +0.175 มิลลิเมตร แต่แบบปลายปิดจะมีค่า l ยอมรับได้แต่ t_1 มีค่าที่ไม่สามารถยอมรับได้โดยคลาดเคลื่อนจากมาตรฐาน -0.056 มิลลิเมตร ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าเกิดจากระหว่างการป้อนความลึก (t_1) และความยาว (l) จากการคำนวณ (ดังแสดงภาคผนวก ข) ต้องทำการป้อนกัดหลายรอบหลายรอบจึงเป็นสาเหตุทำให้ความคลาดเคลื่อนจากมาตรฐานไป ดังตารางที่ 4.3

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลโครงงานวิจัย

5.1.1 จากการออกแบบฟิกซ์เจอร์ของเครื่องกลึงสำหรับงานทำร่องลิ่ม ได้ทำการจัดหาวัสดุและทำการสร้างฟิกซ์เจอร์ขึ้น พบว่า สามารถสร้างได้ตามที่ออกแบบและใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ดังรูป ก.16 และหลังจากสร้างแล้ว พบว่า มีน้ำหนัก 26 กิโลกรัม โดยใช้เวลาในการสร้างทั้งหมด 12 ชั่วโมง โดยใช้ค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนรวมจำนวน 11,532 ซึ่งจะคุ้มทุนได้หลังจากกัดชิ้นงาน 77 หน่วย

5.1.2 หลังจากสร้างฟิกซ์เจอร์ของเครื่องกลึงสำหรับงานทำร่องลิ่มเรียบร้อยแล้ว ได้ทำการติดตั้งบนเครื่องกลึงสามารถทำและได้ทำการทดสอบ พบว่า สามารถใช้งานได้จริงตามวัตถุประสงค์ และได้ทำการวัดร่องลิ่ม จากนั้น นำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานพบว่าค่าของ b เกินกว่าค่ามาตรฐาน แบบปลายเปิดอยู่ที่ +0.126 มิลลิเมตร และแบบปลายปิดอยู่ที่ +0.118 ค่าของ t_1 และ l จากตาราง ได้ว่าแบบปลายเปิดจะมีทั้งค่า t_1 ยอมรับได้แต่ l มีค่าที่ไม่สามารถยอมรับได้โดยคลาดเคลื่อนจากมาตรฐาน +0.175 มิลลิเมตร แต่แบบปลายปิดจะมีค่า l ยอมรับได้แต่ t_1 มีค่าที่ไม่สามารถยอมรับได้โดยคลาดเคลื่อนจากมาตรฐาน -0.056 มิลลิเมตร

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อจำกัดในการใช้งาน

5.2.1.1 สามารถวัดค่าที่ได้แสดงรายละเอียดได้ 0.01 มิลลิเมตร เท่านั้น เนื่องจากได้ใช้ Digital Caliper ที่มีความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร

5.2.1.2 ในการกัดชิ้นงานนั้น สามารถกัดชิ้นงานได้เฉพาะส่วนที่ยื่นออกมาจากด้านข้างของฟิกซ์เจอร์เท่านั้น ไม่สามารถกัดส่วนที่อยู่ตรงกลางของฟิกซ์เจอร์ได้ เนื่องจากการปรับระยะการเคลื่อนในแนวแกน x ของตัวเครื่องกลึงเองไม่สามารถทำได้

5.2.1.3 ในการใช้ดอกกัดขนาดเล็กสุด 7 มิลลิเมตร และดอกกัดขนาดโตสุด 20 มิลลิเมตร เนื่องข้อจำกัดในการปรับความเร็วรอบของเครื่องกลึงดังการคำนวณ (ภาคผนวก ข)

5.2.2 การติดตั้งและการใช้งาน

เพื่อความสะดวกและง่ายในการติดตั้ง และการใช้งานควรปฏิบัติตามคำแนะนำ ดังต่อไปนี้

5.2.2.1 การใช้งานฟิกซ์เจอร์ของเครื่องกลึงสำหรับงานทำร่องลิ่มนั้น ผู้ใช้งานควรปฏิบัติตาม Standard Work in Process เพื่อให้การทำงานสะดวก และเที่ยงตรงมากขึ้น

5.2.2.2 ก่อนติดตั้งฟิกซ์เจอร์บนเครื่องกลึง วรตรวจสอบการทำงานของการปรับระยะในแนวแกน x และแกน z ว่าสามารถใช้ และปรับระยะให้ตรงตามสเกลหรือไม่ ทุกครั้ง

5.2.2.3 ในการติดฟิกซ์เจอร์บนเครื่องกลึงควรต้องมีการติดตั้งให้ตั้งฉากกับดอกกัดโดยจับฉากบริเวณฐานของป้องมีด ดังรูป ค.1

5.2.2.4 ในขณะติดตั้งได้ทำการวัดความตรงแกน x ของฟิกซ์เจอร์ โดยใช้ High Gauge วัดทั้งสองข้างของฟิกซ์เจอร์ขณะจับชิ้นงาน

เอกสารอ้างอิง

มานพ ตันตระบัณฑิตย์ สำลี แสงห้าว และสุทิน จิตร์เจริญ. (2540). **ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล.** กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น).

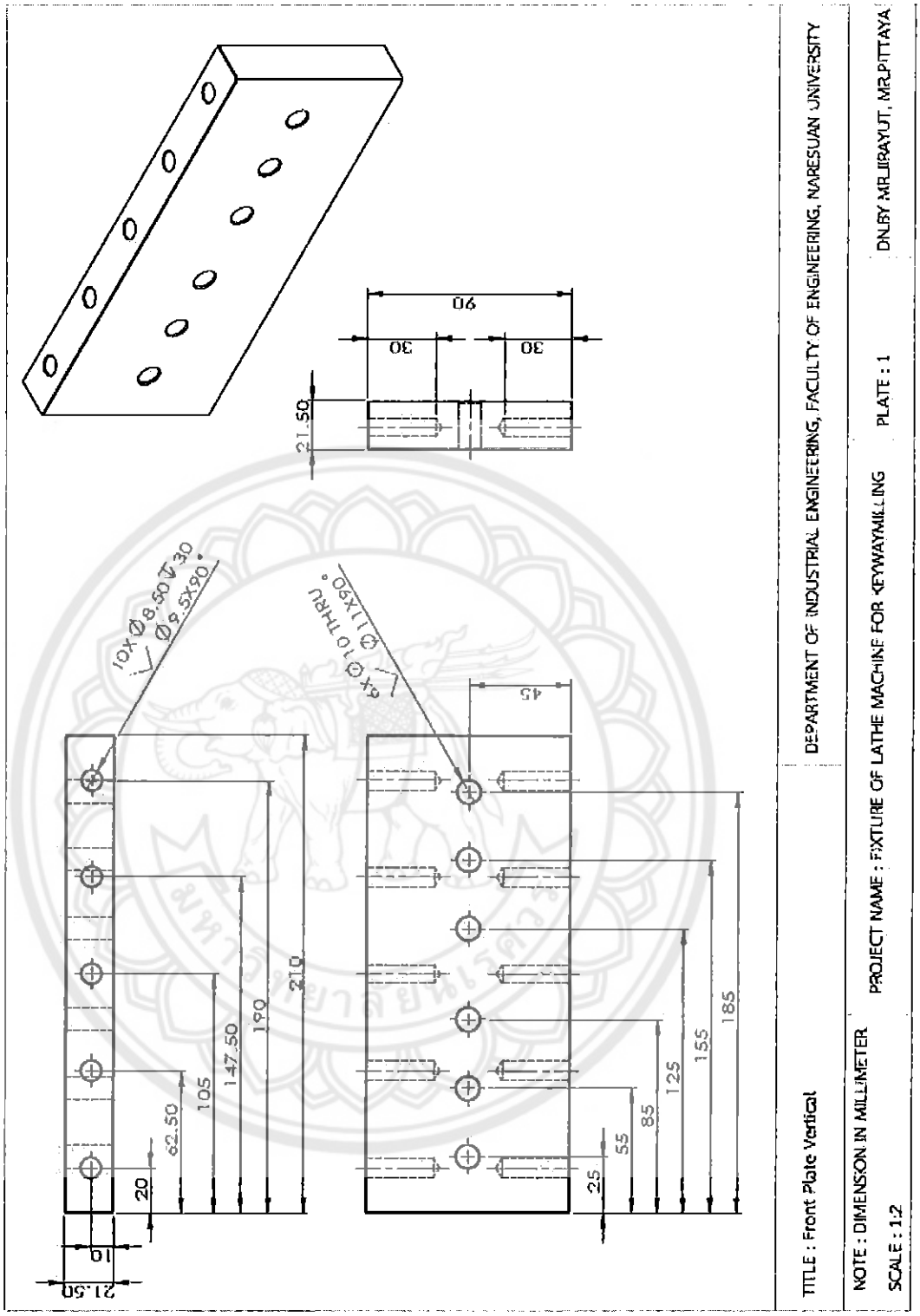
บรรเลง ศรนิล และรศ.ดร. สมนึก วัฒนศรียกุล. (2554). **ตารางคู่มืองานโลหะ.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

วชิระ มีทอง. (2554). **การออกแบบจิ๊กและฟิกซ์เจอร์.** กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น).

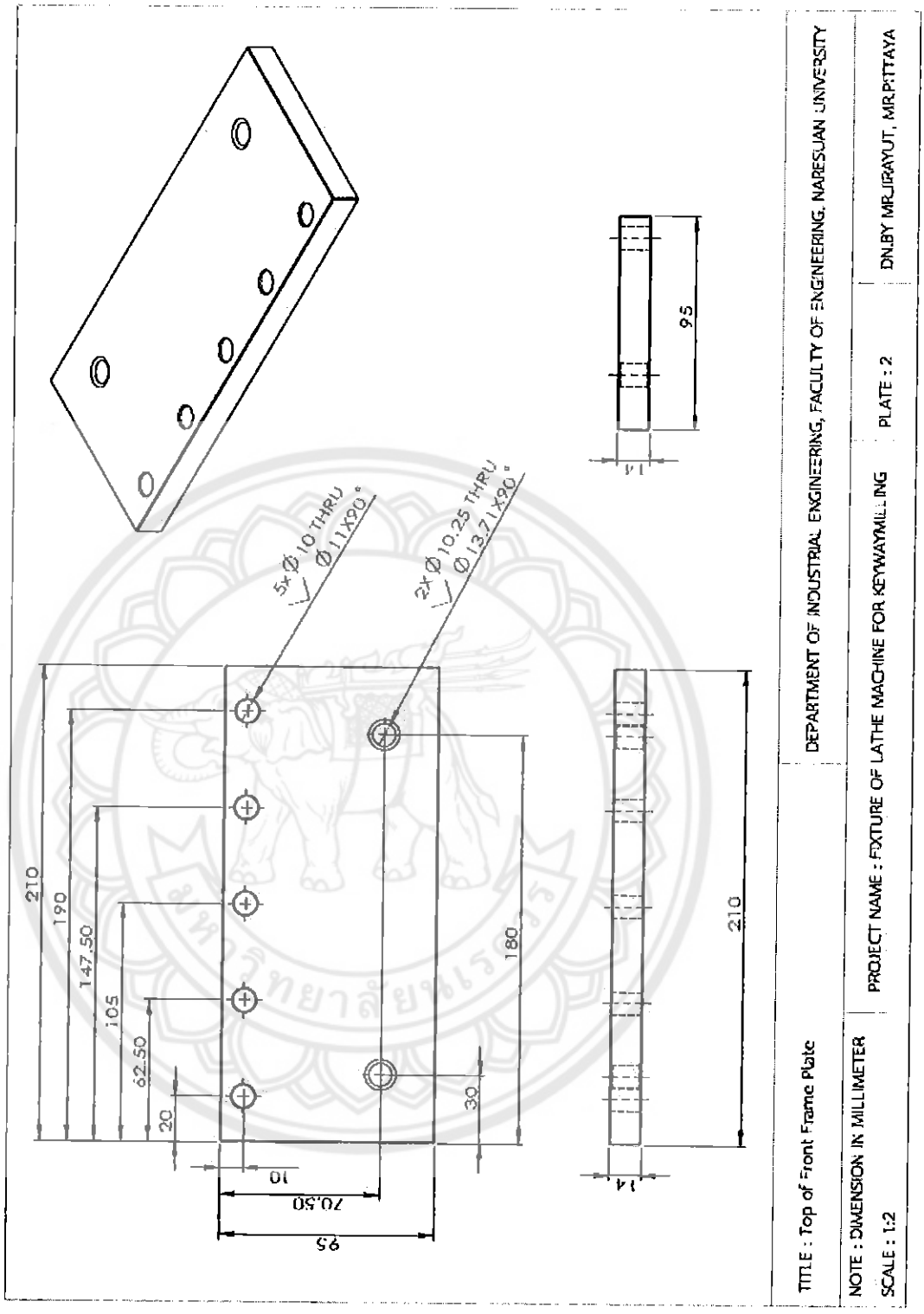
ศ.ดร. วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และรศ.ชาญ ถนัดงาน. (2545). **การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1.** กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

ภาคผนวก ก

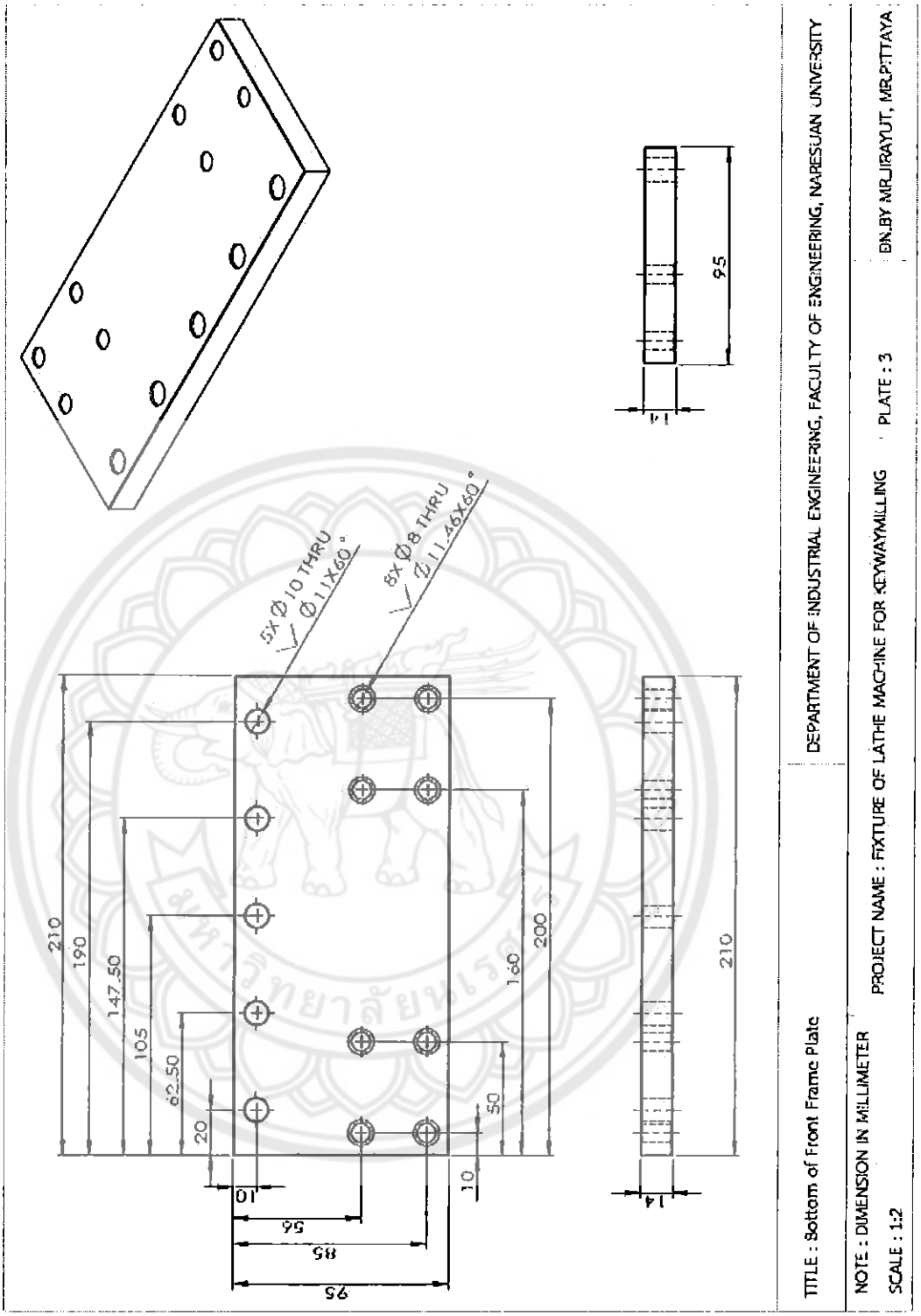
Design and Drawing



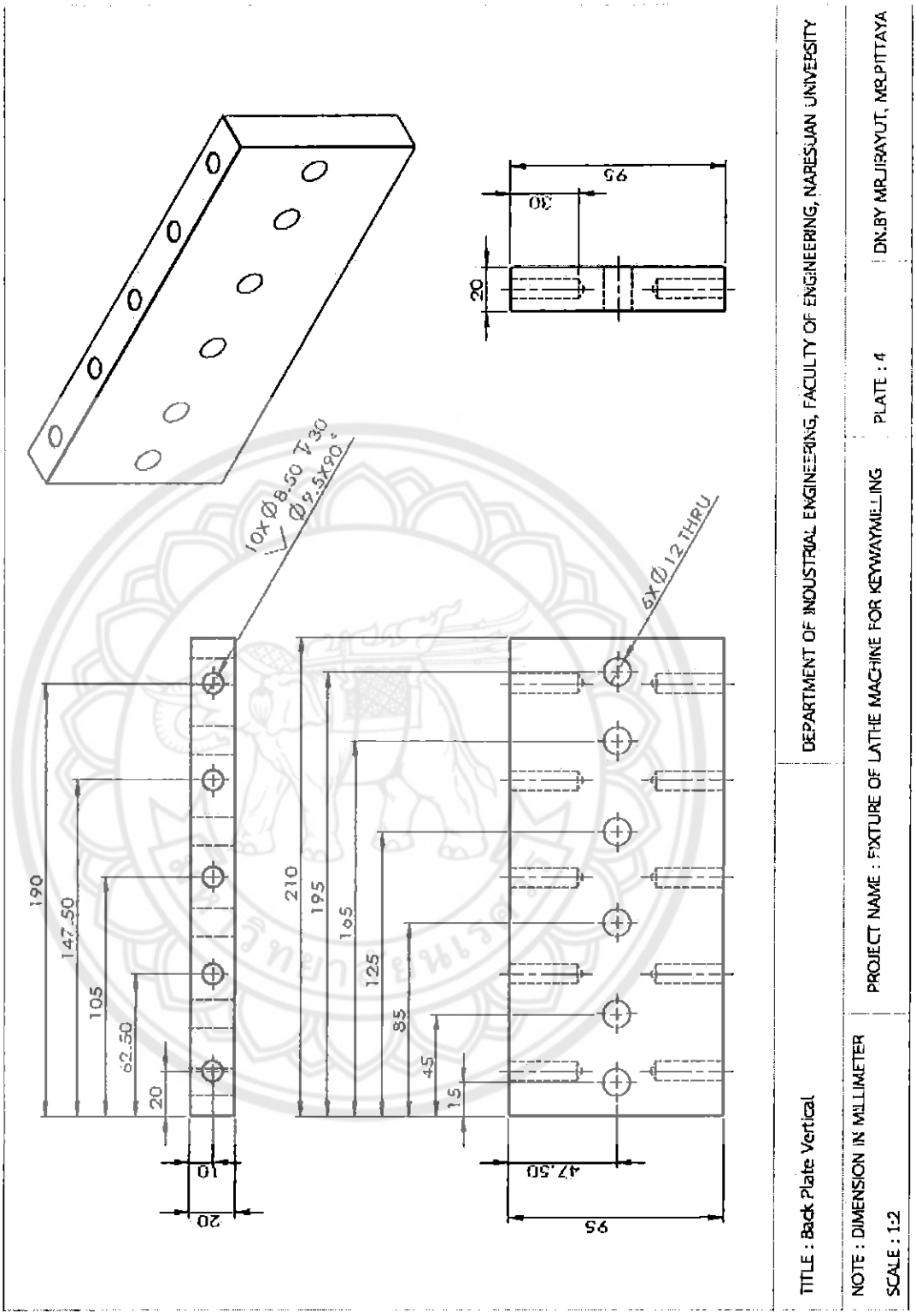
รูปที่ ก.1 ส่วนกลางของระบบการจับยึดชิ้นงาน



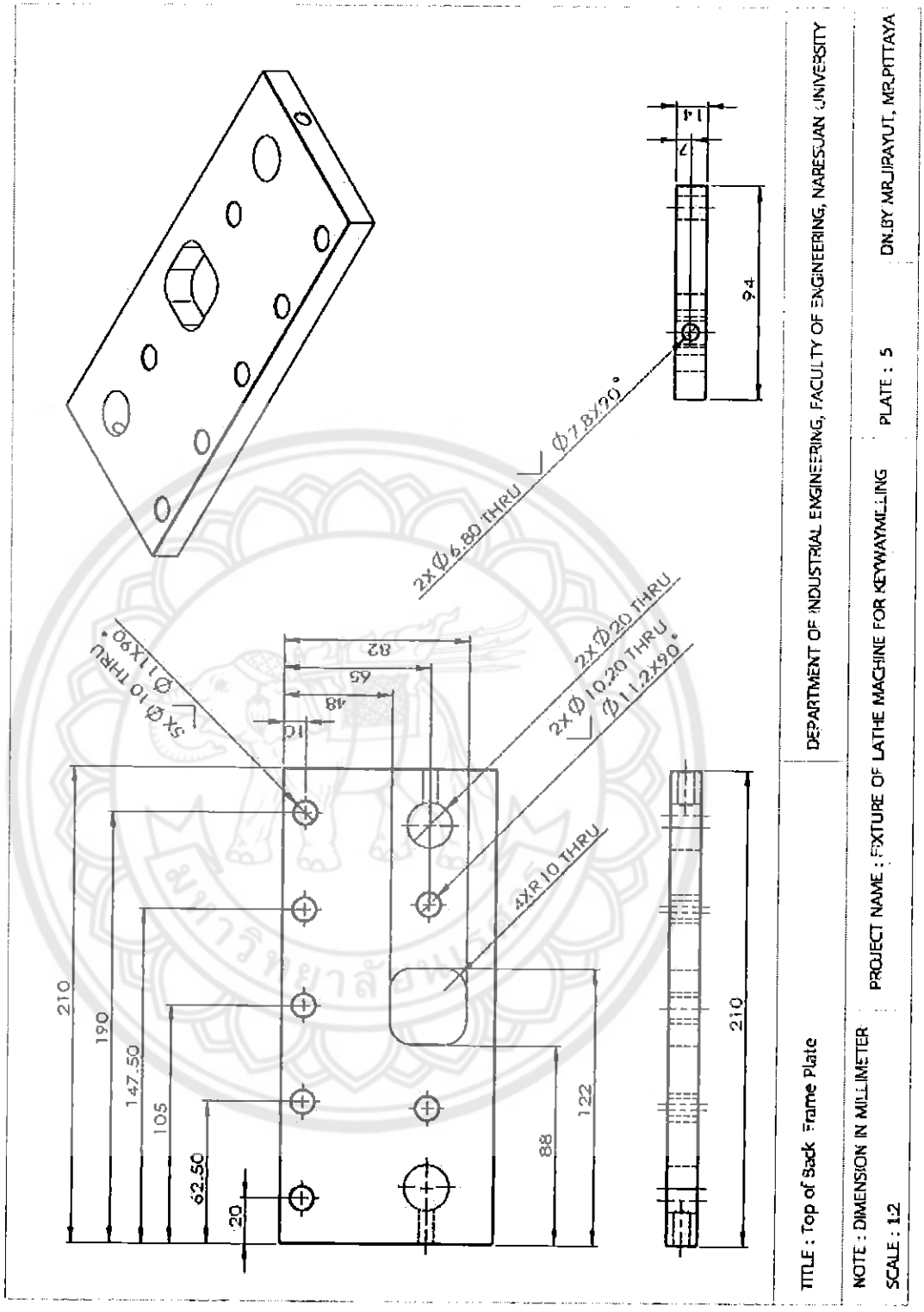
รูปที่ ก.2 ส่วนบนของระบบการจับยึดชิ้นงาน



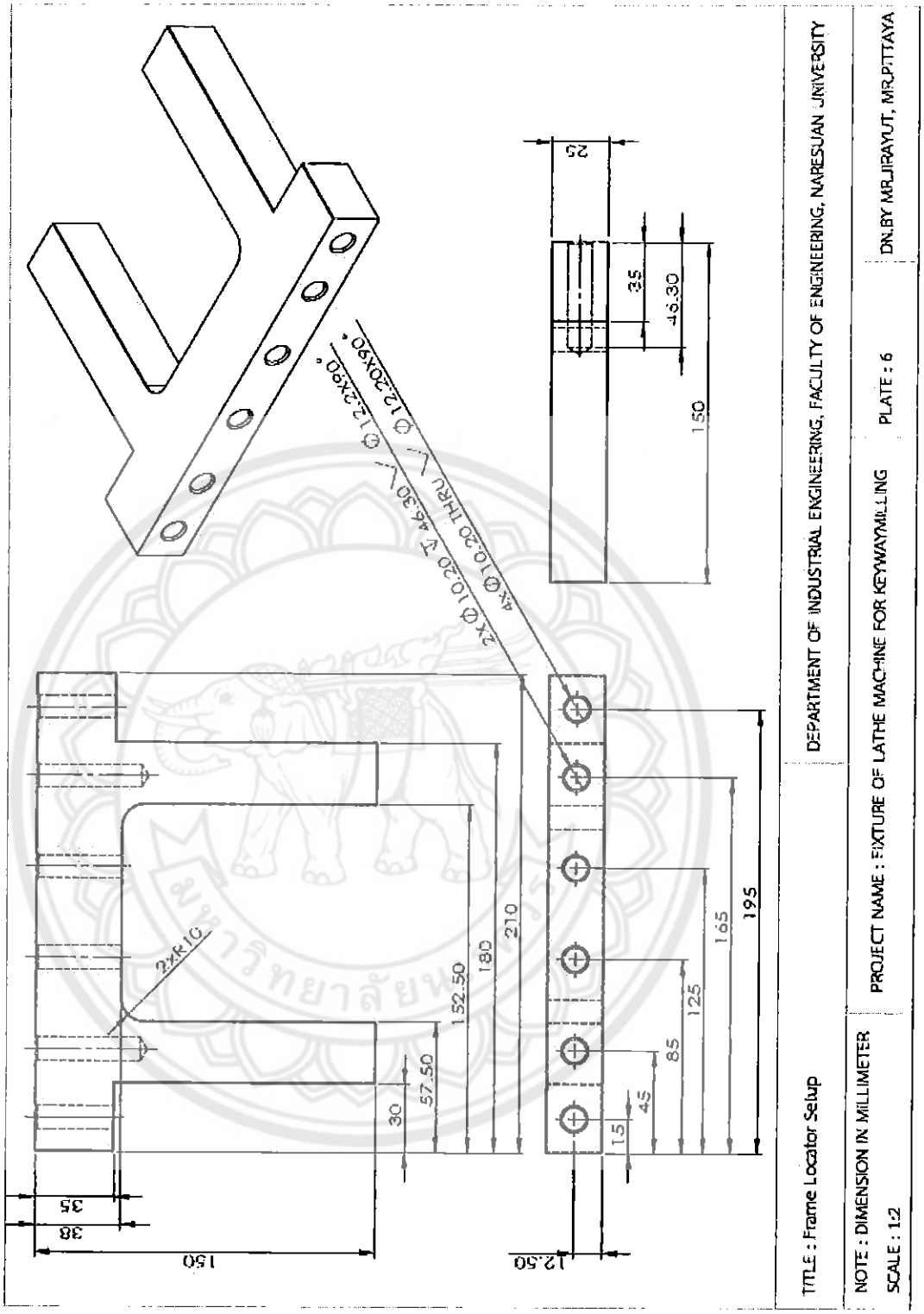
รูปที่ ก.3 ส่วนล่างของระบบการจับยึดชิ้นงาน



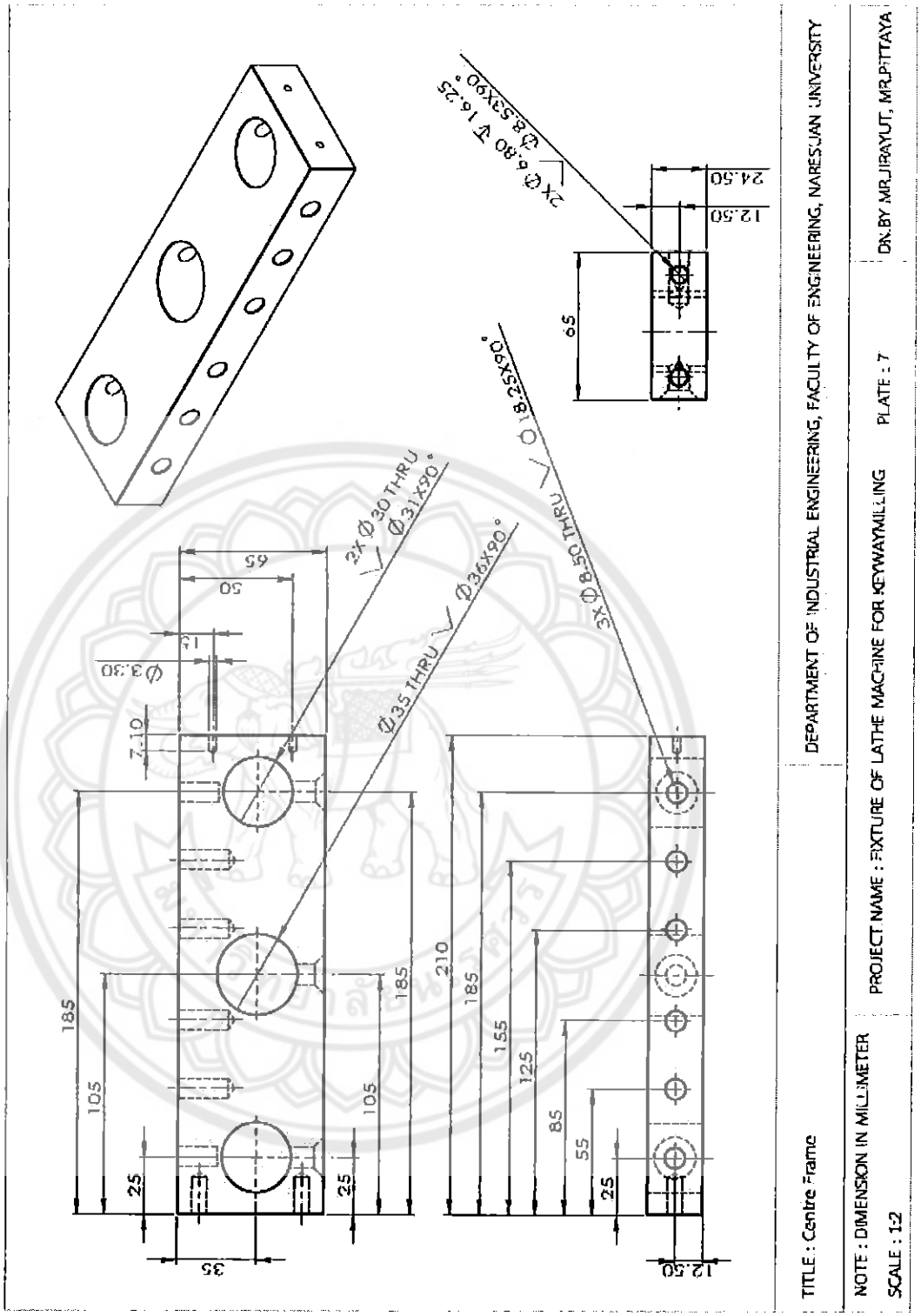
รูปที่ ก.4 ส่วนกลาง (อยู่กับที่) ของระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน Y



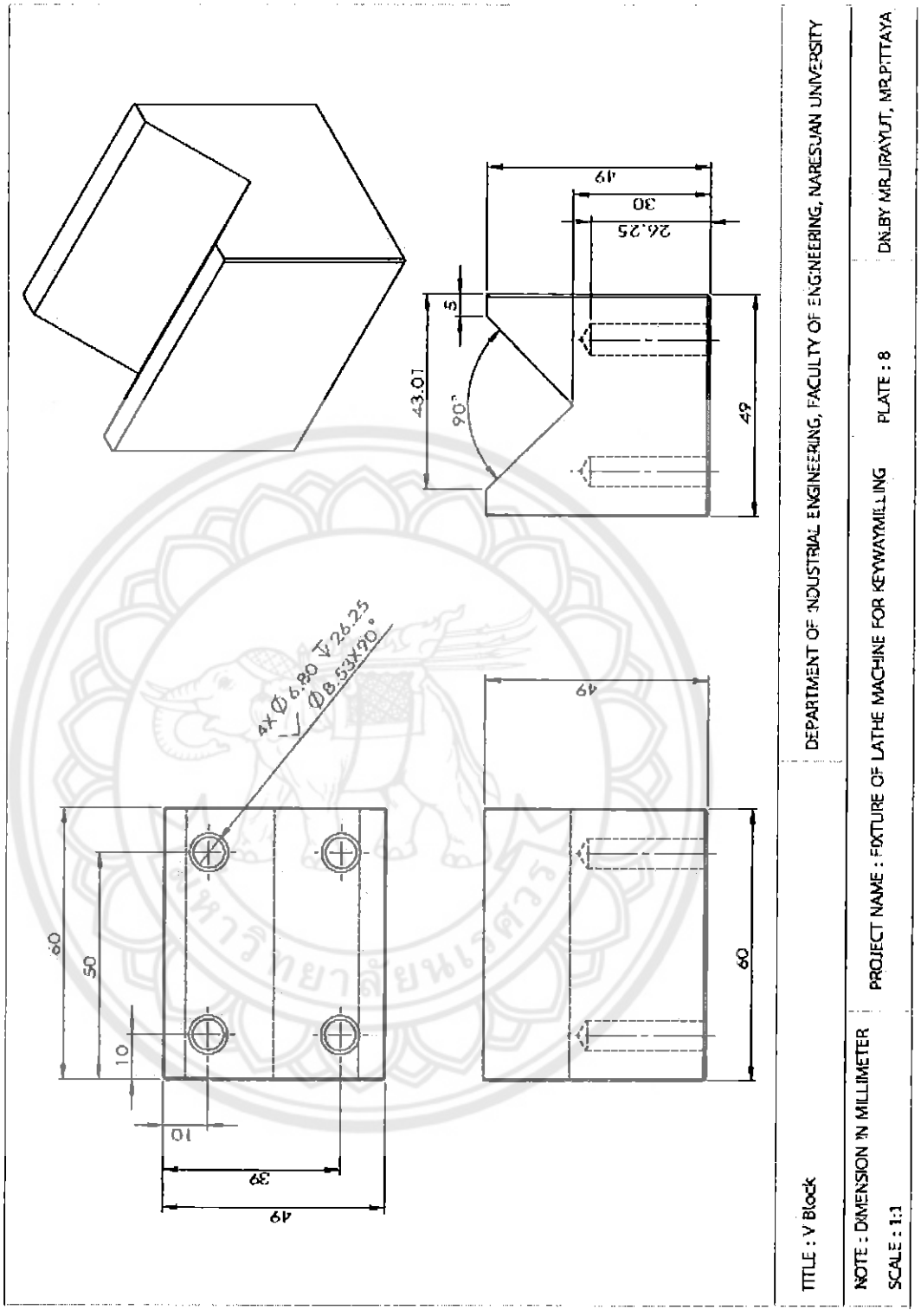
รูปที่ ก.5 ส่วนบนของระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน Y



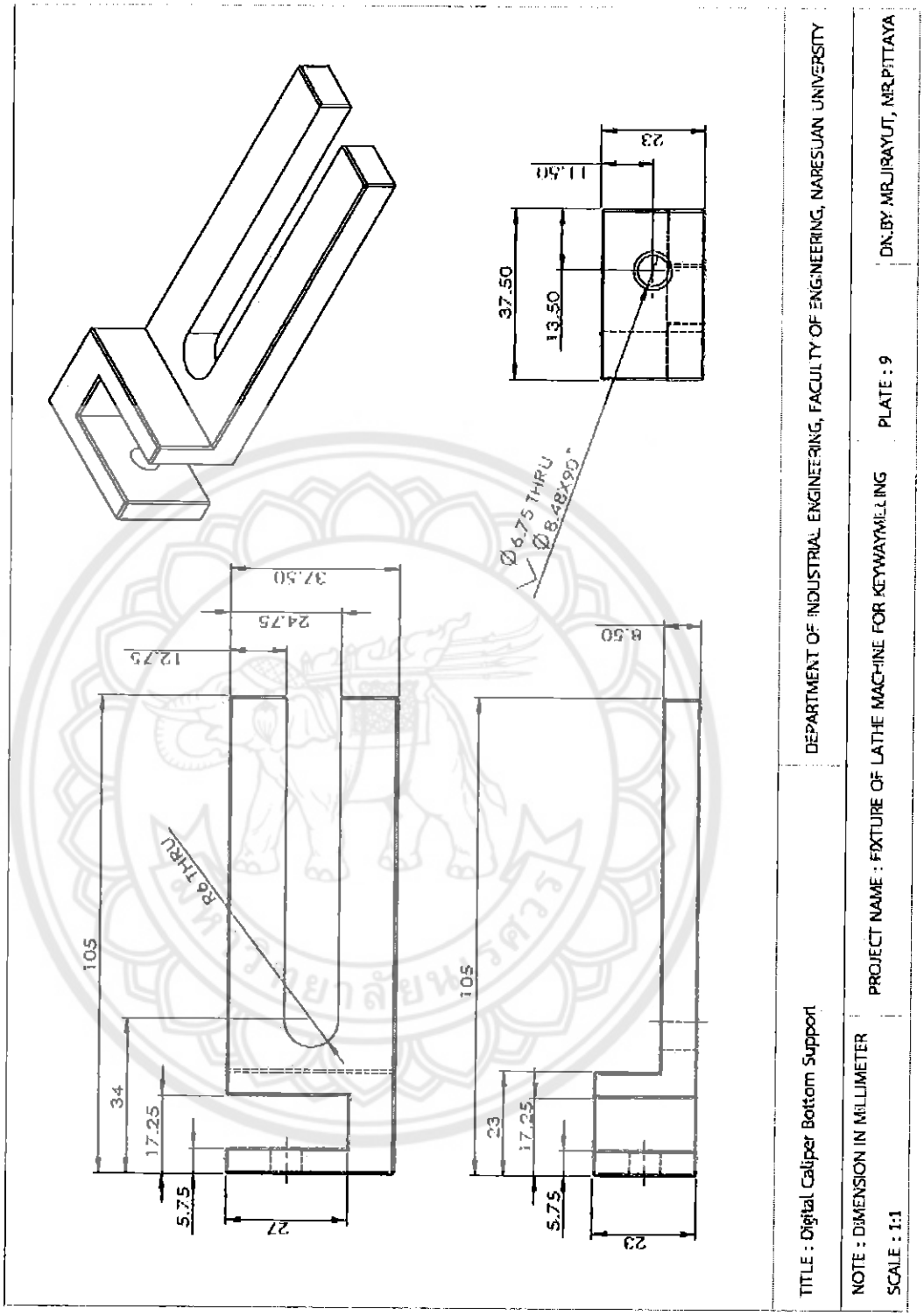
รูปที่ ก.6 ขาสำหรับติดตั้งฟิกซ์เจอร์บนเครื่องกลึง



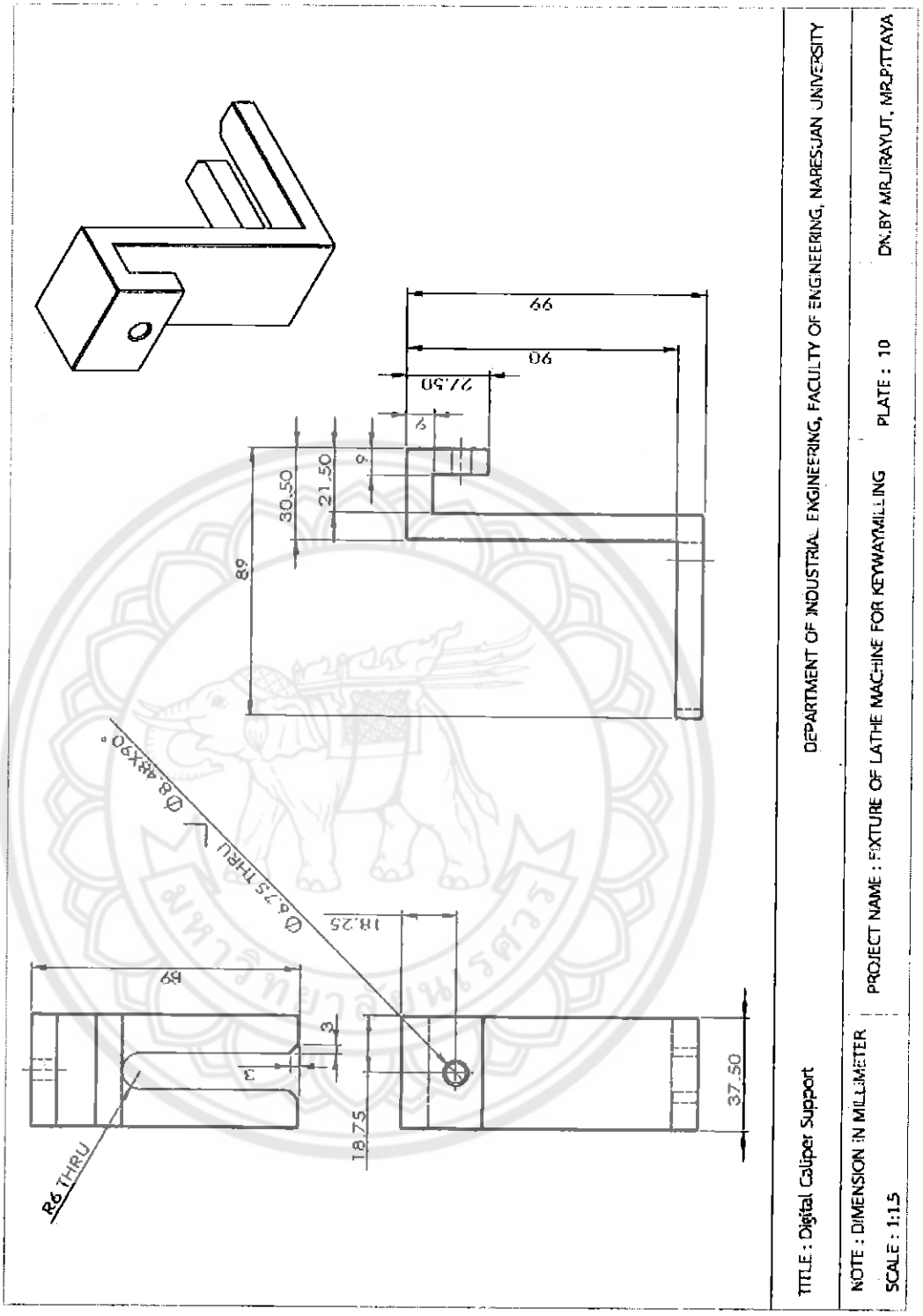
รูปที่ ก.7 ส่วนกลาง (เคลื่อนที่) ของระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน Y



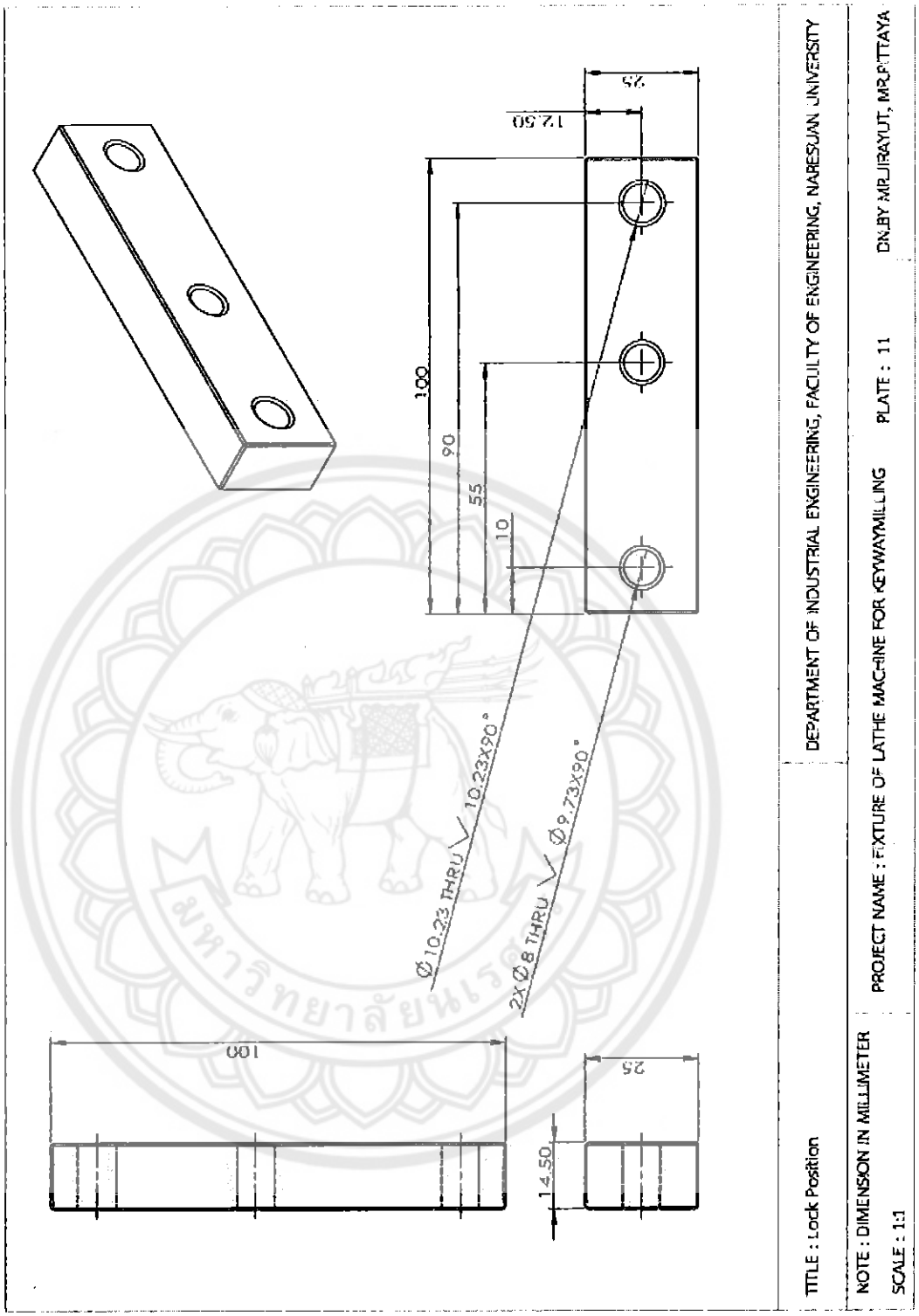
รูปที่ ก.8 V-Block



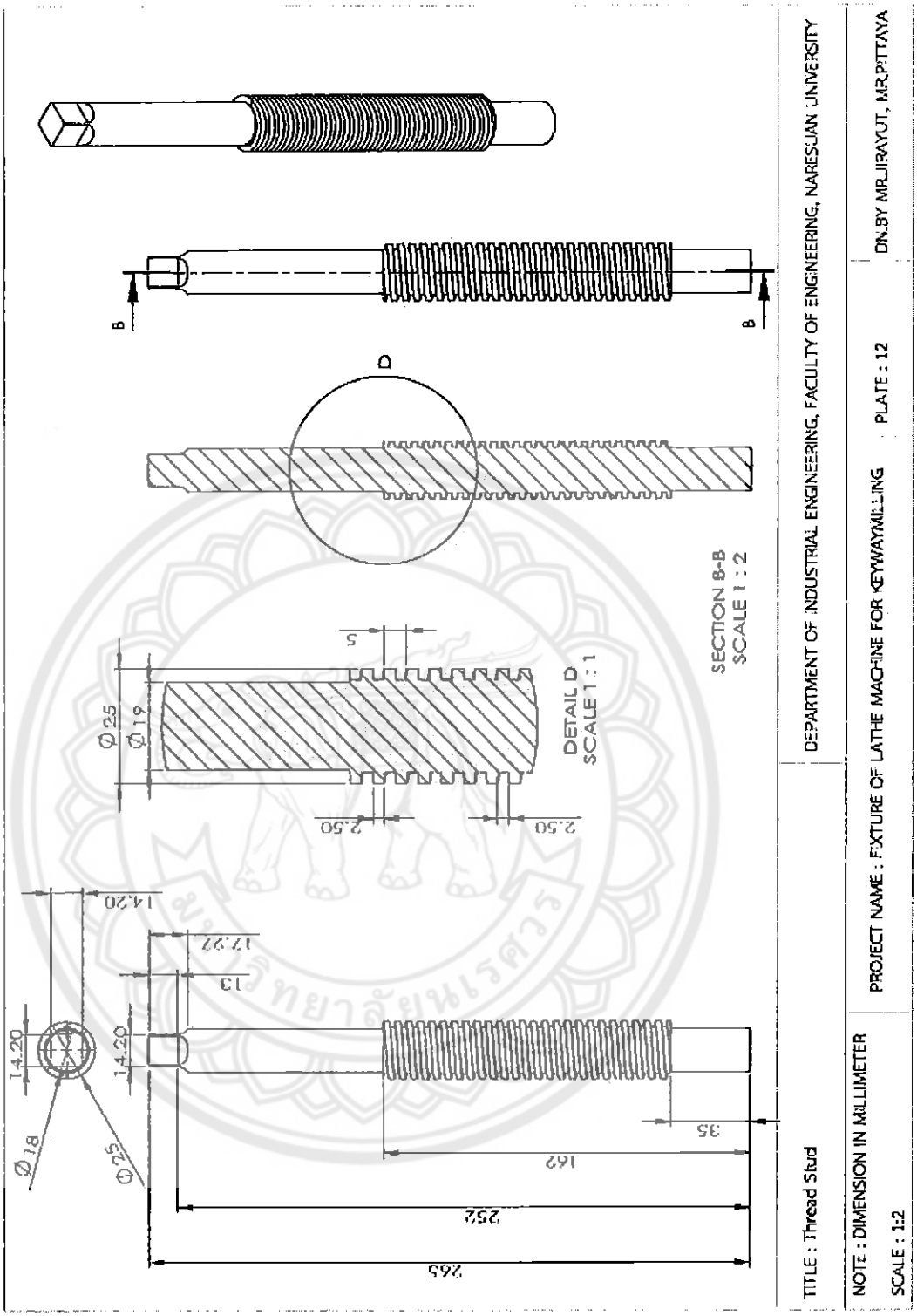
รูปที่ ก.9 ตัวล็อค Digital Caliper ตัวล่าง



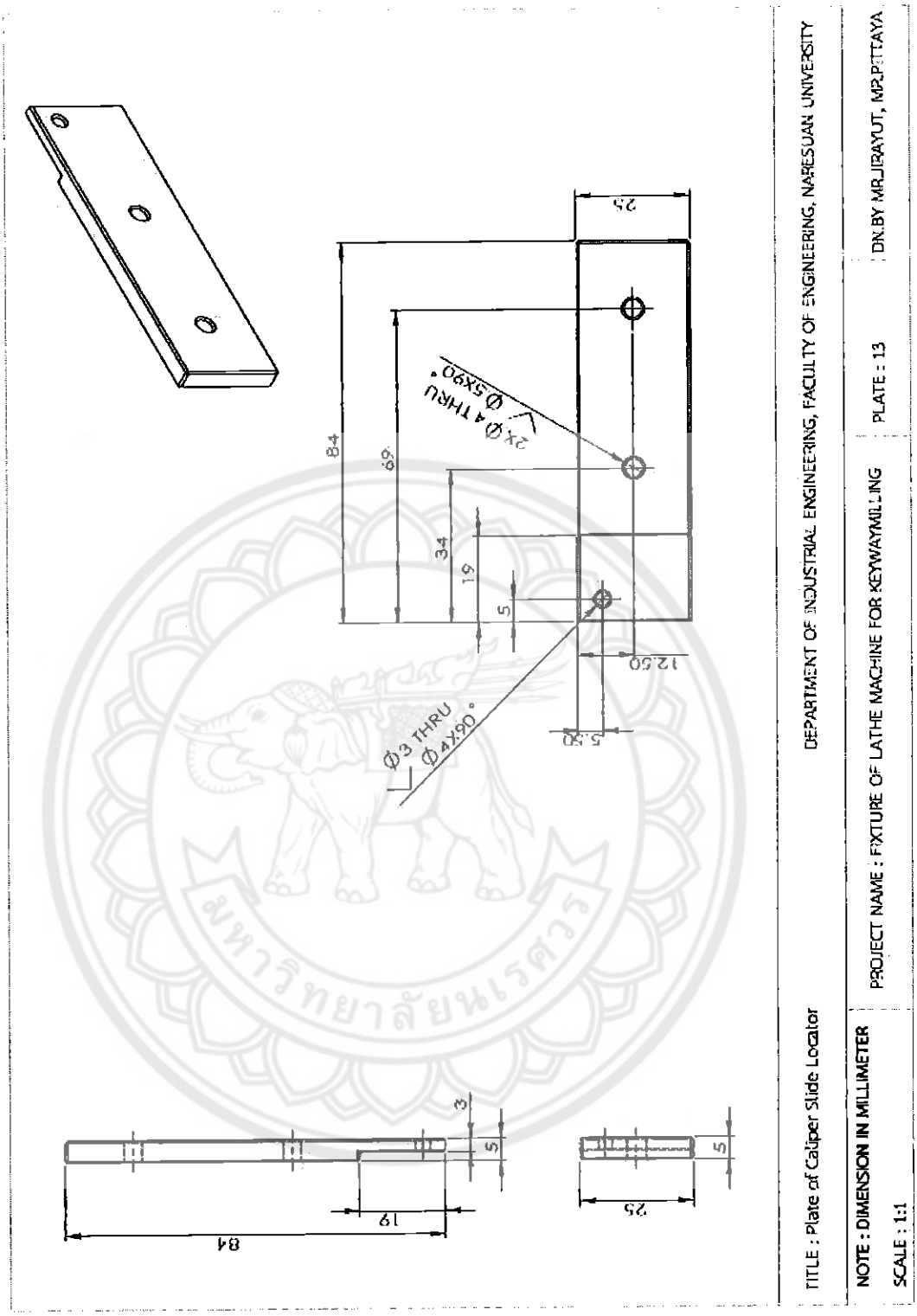
รูปที่ ก.10 ตัวล็อค Digital Caliper ตัวบน



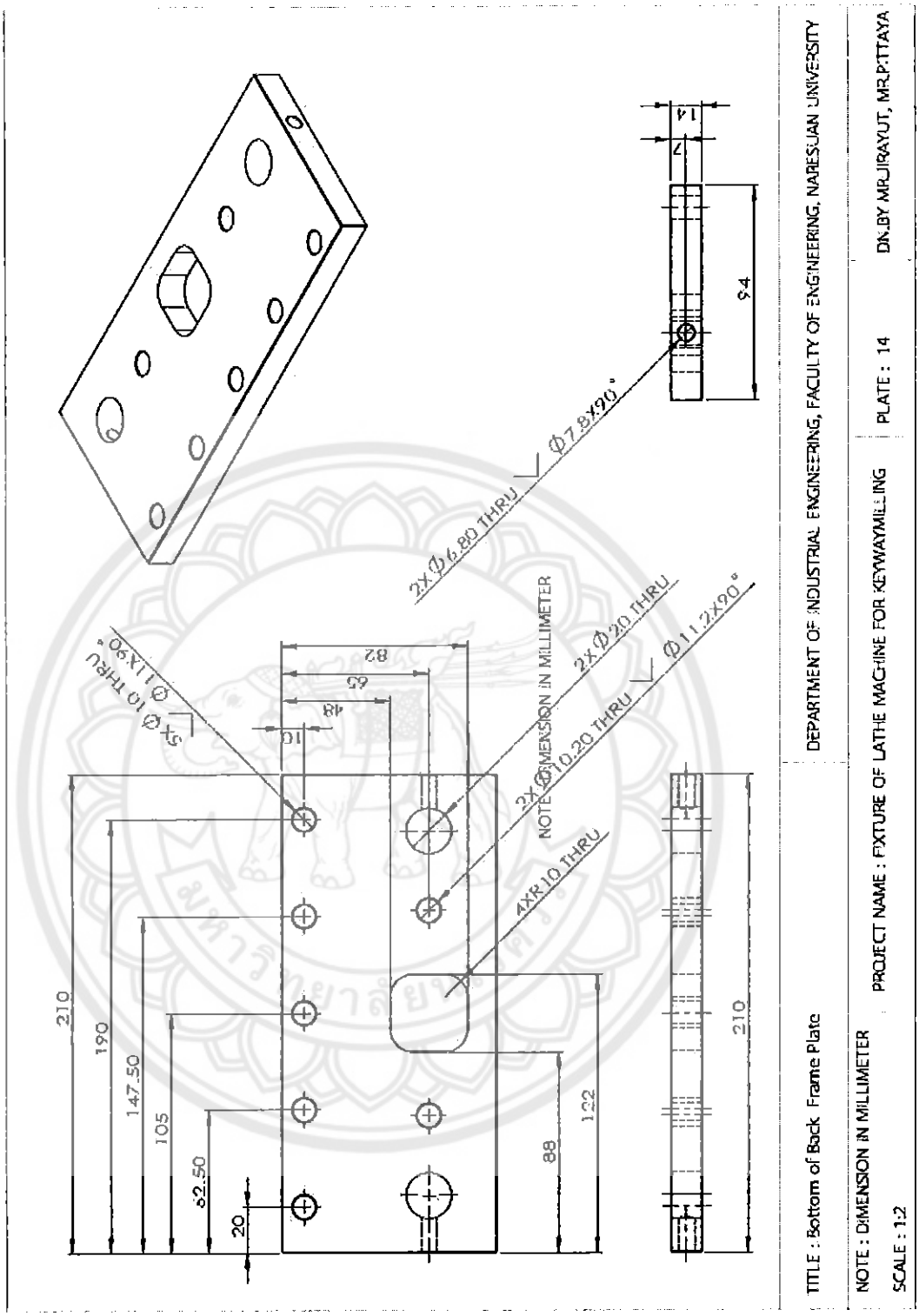
รูปที่ ก.11 ตัวล็อคระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน Y



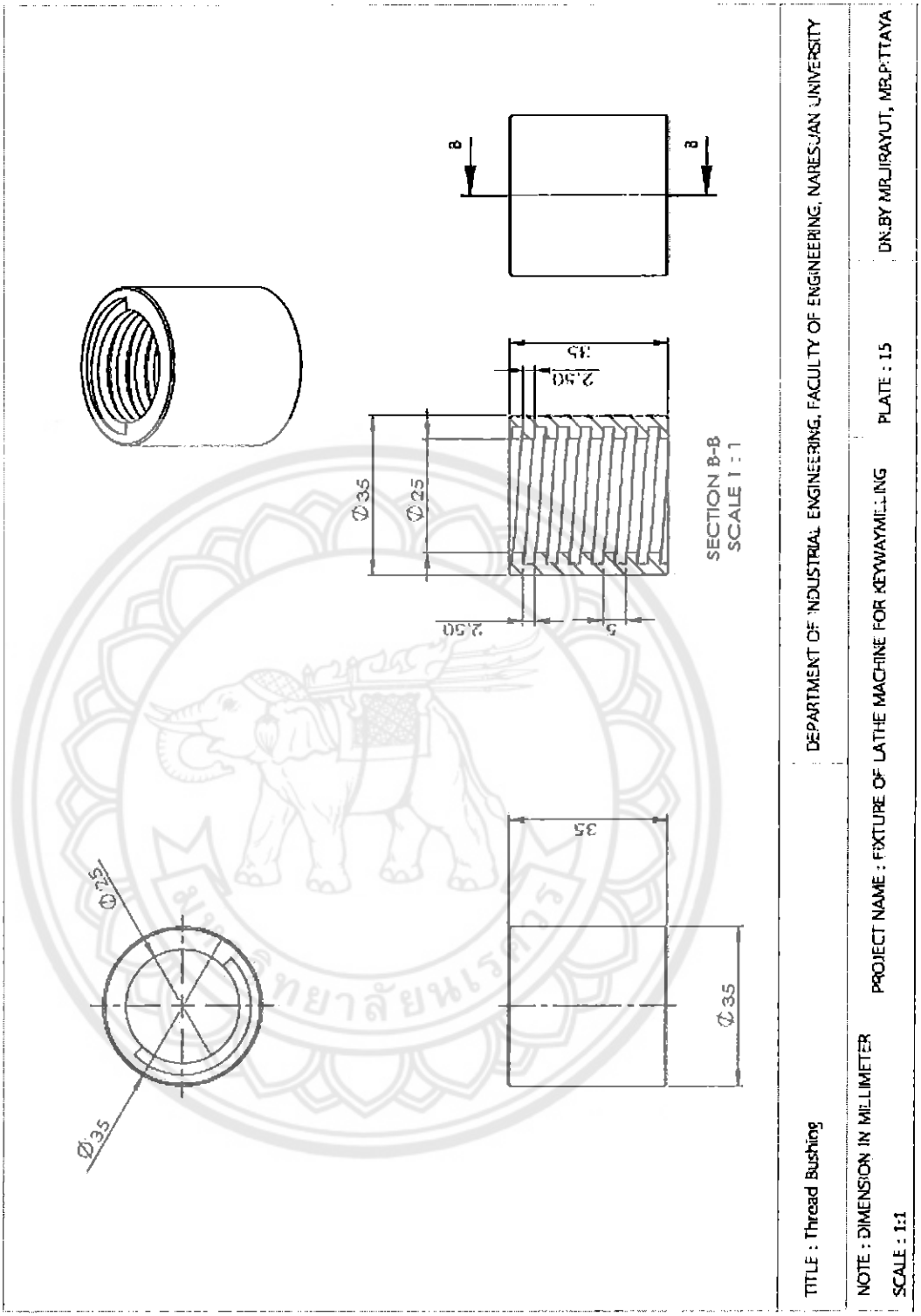
รูปที่ ก.12 เกลียวกลางสำหรับระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน Y



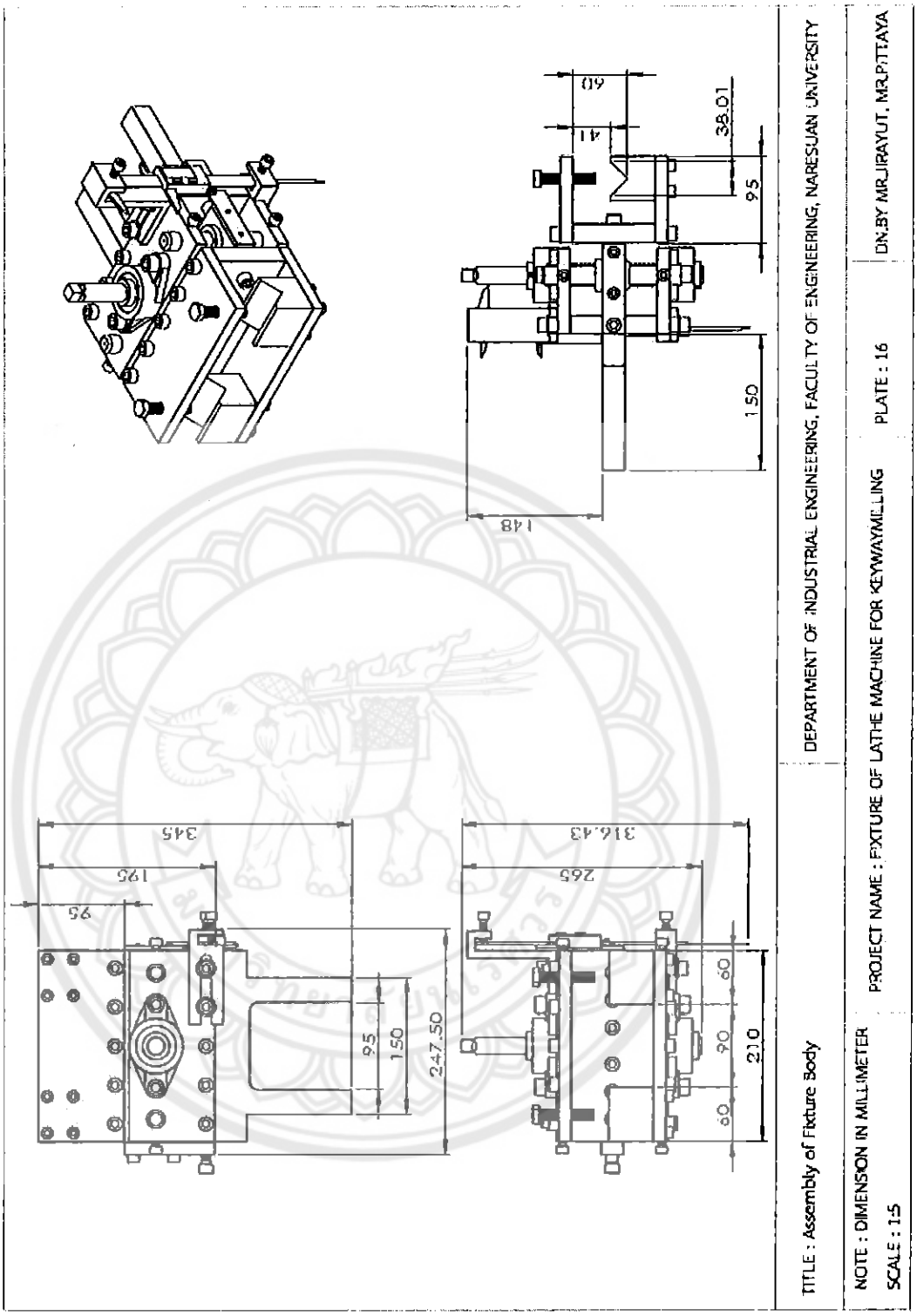
รูปที่ ก.13 ชิ้นส่วนที่ต่อกับตัวกลาง (เคลื่อนที่) สำหรับติดตั้งกับ Digital Caliper



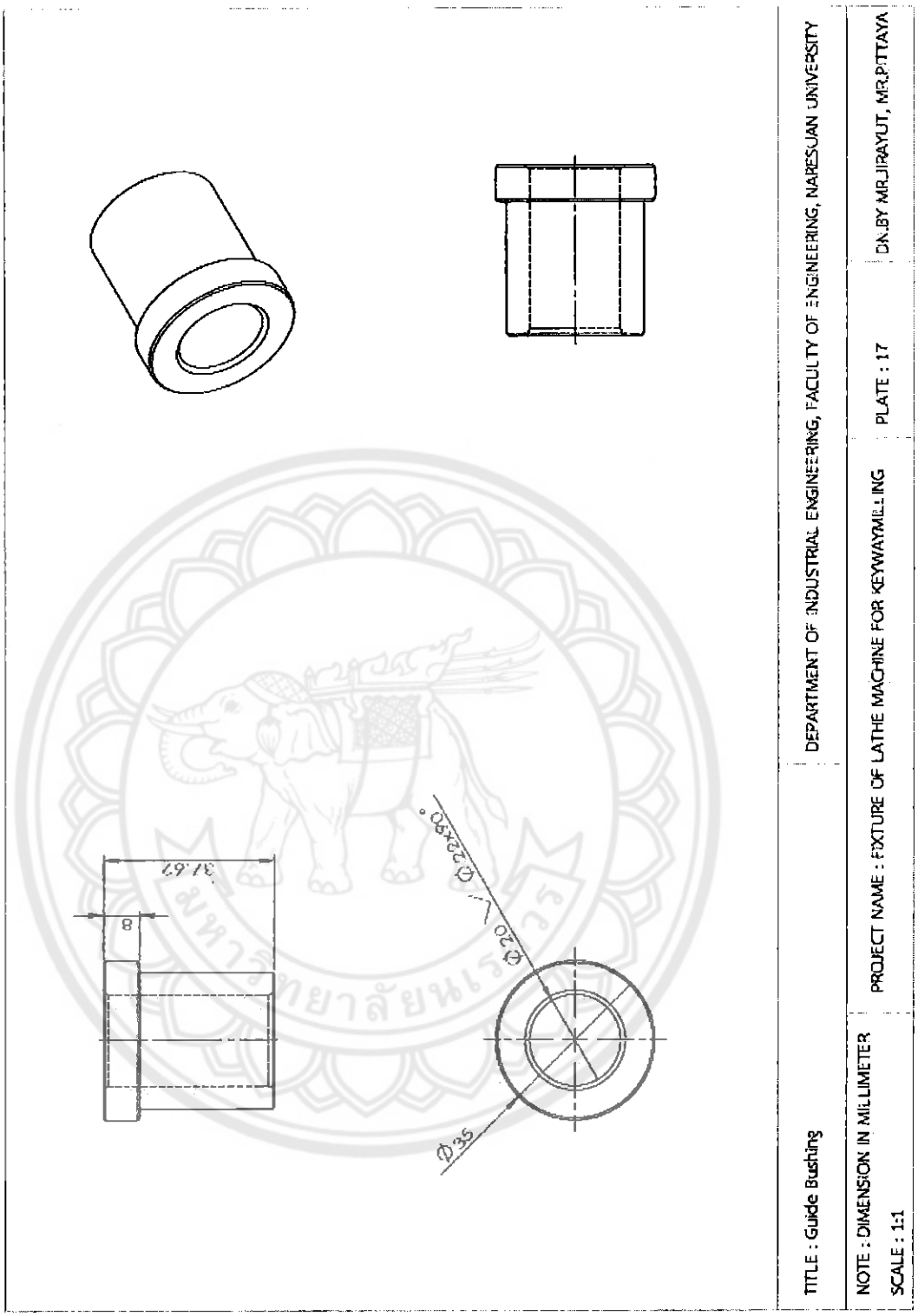
รูปที่ ก.14 ส่วนล่างของระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน Y



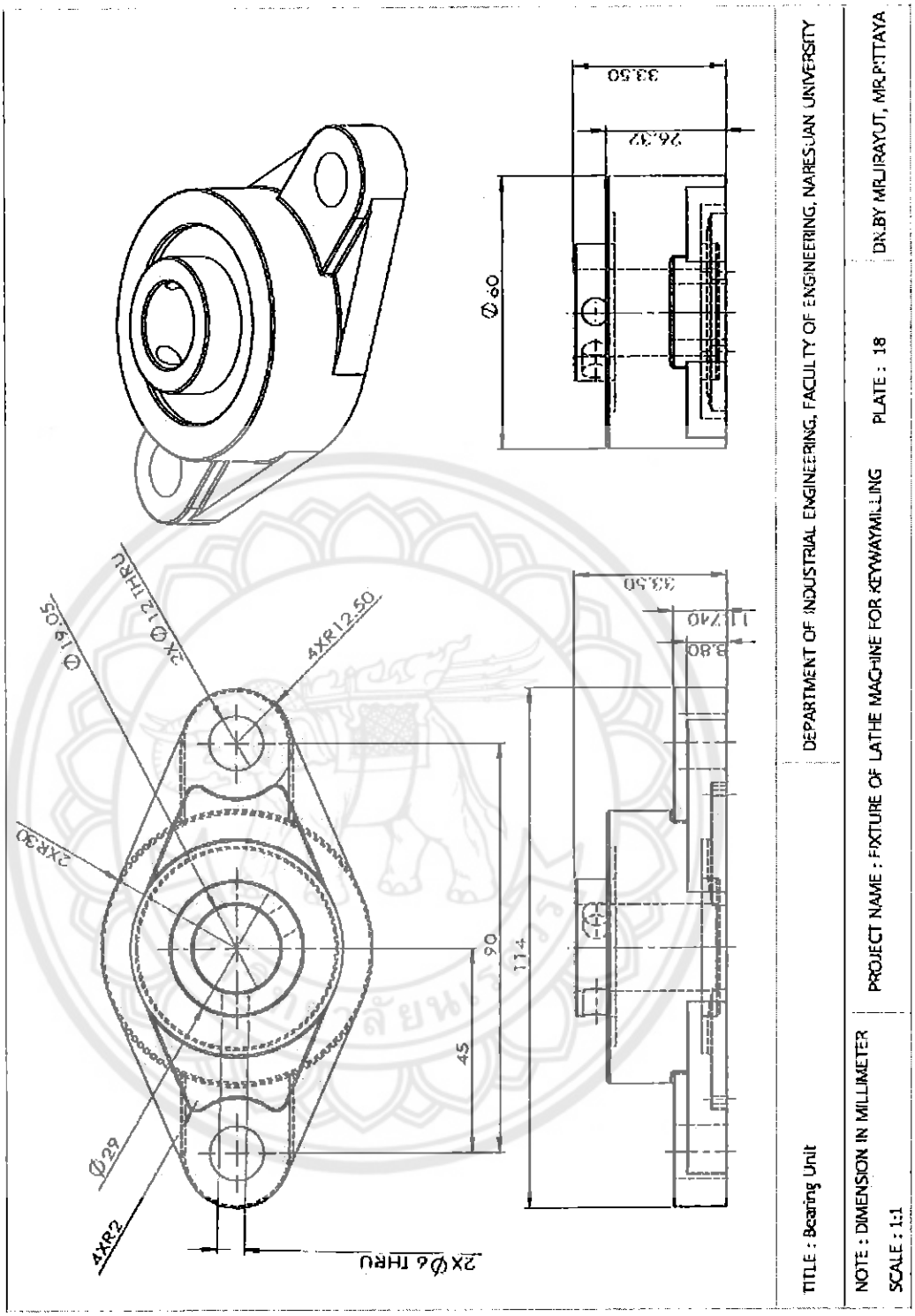
รูปที่ ก.15 Bushing ของเกลียว ในระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน Y



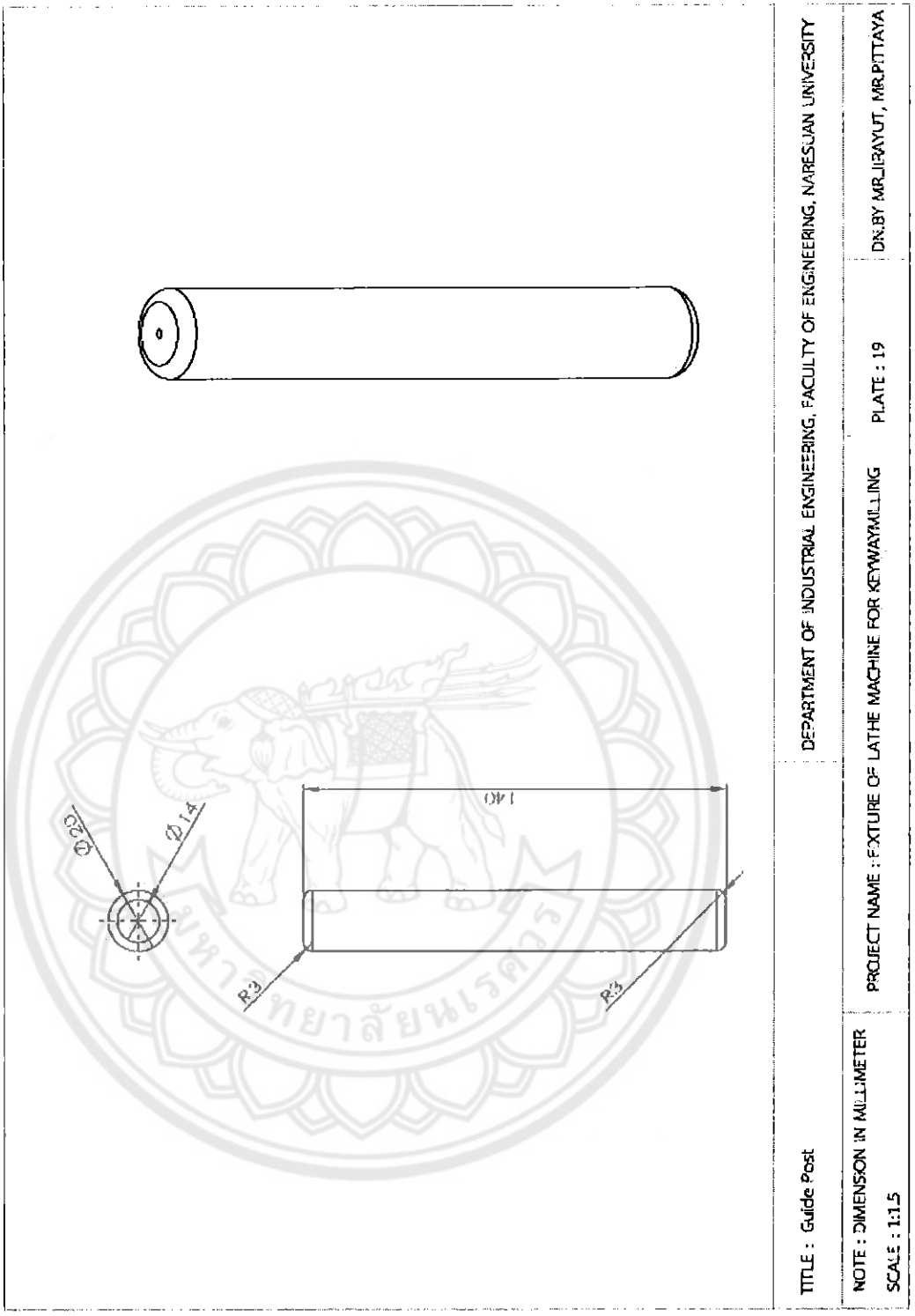
รูปที่ ก.16 แสดงการประกอบทุกชิ้นส่วนของฟิกซ์เจอร์ของเครื่องกลึงสำหรับงานทำร่องลิ่ม



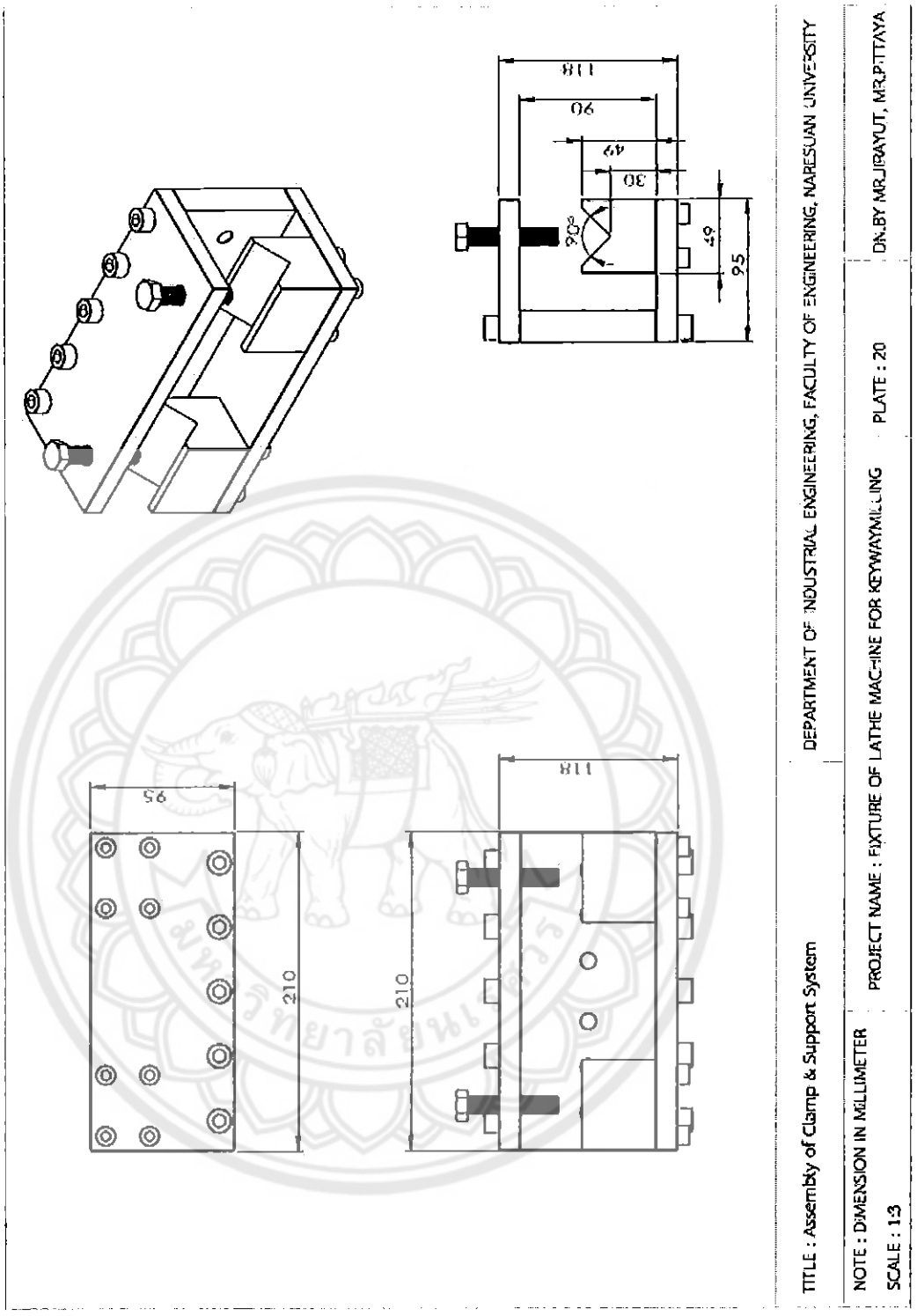
รูปที่ ก.17 Guide Bushing



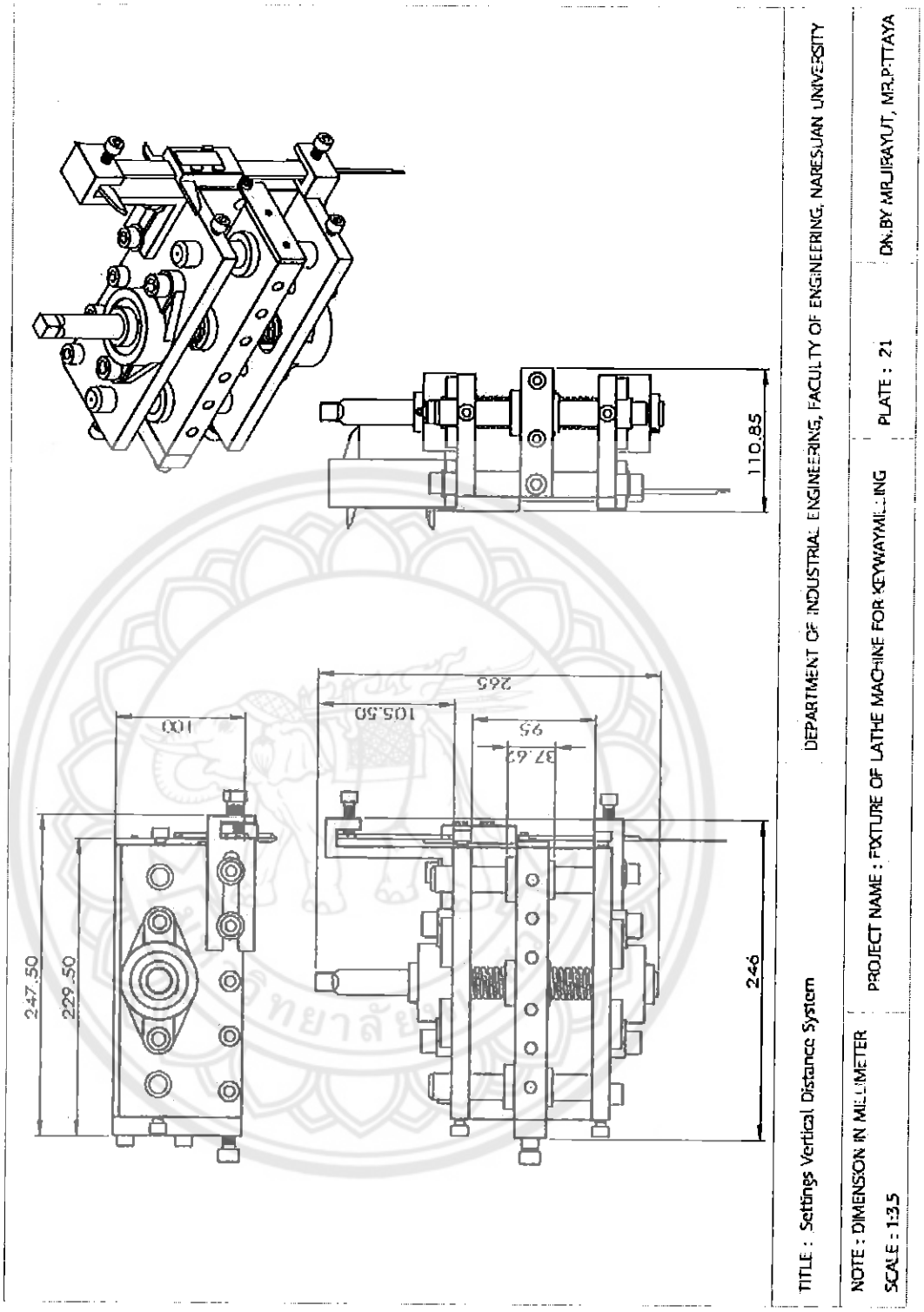
รูปที่ ก.18 Bearing Unit (UCFL 204-12)



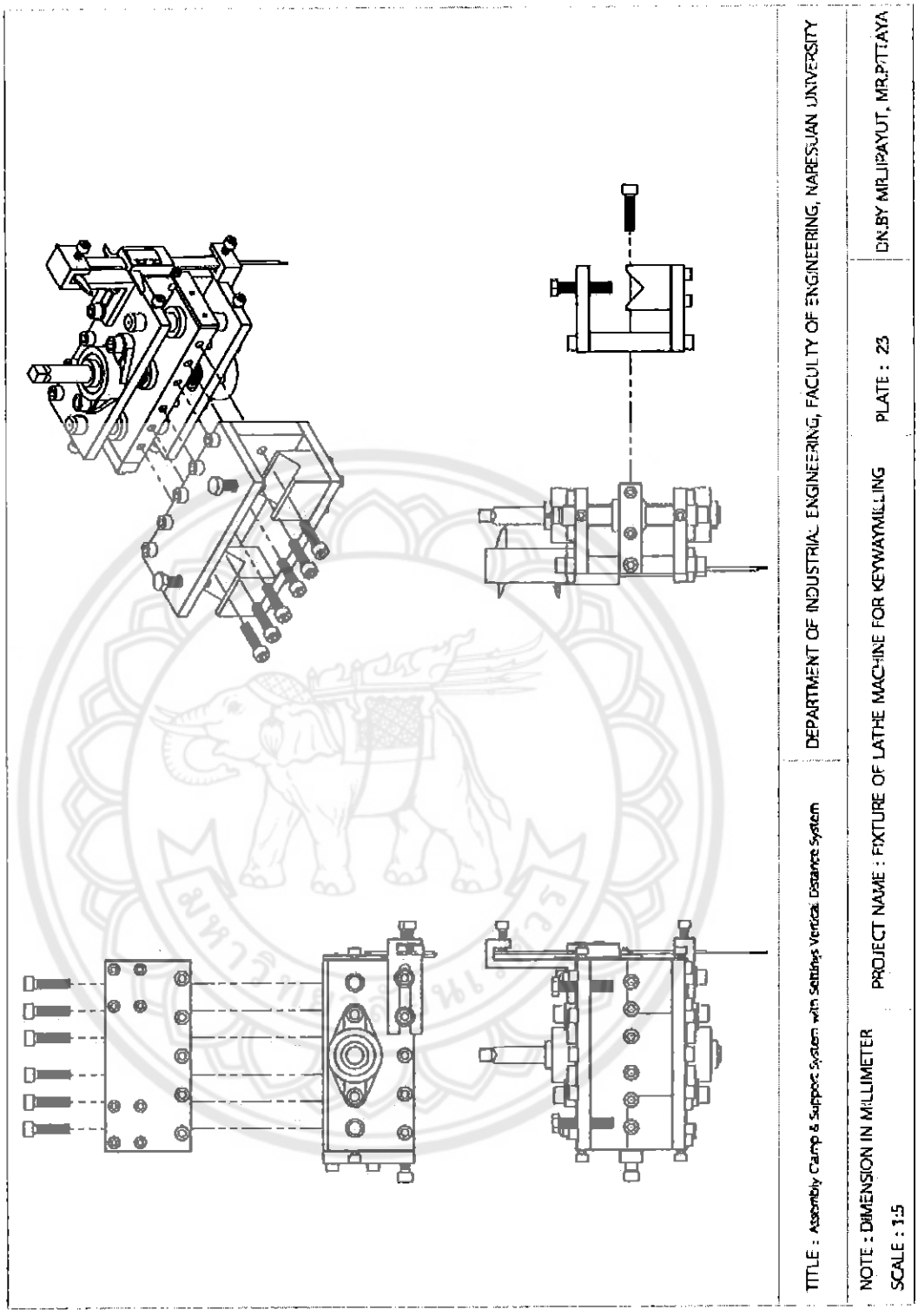
รูปที่ ก.19 Guide Post



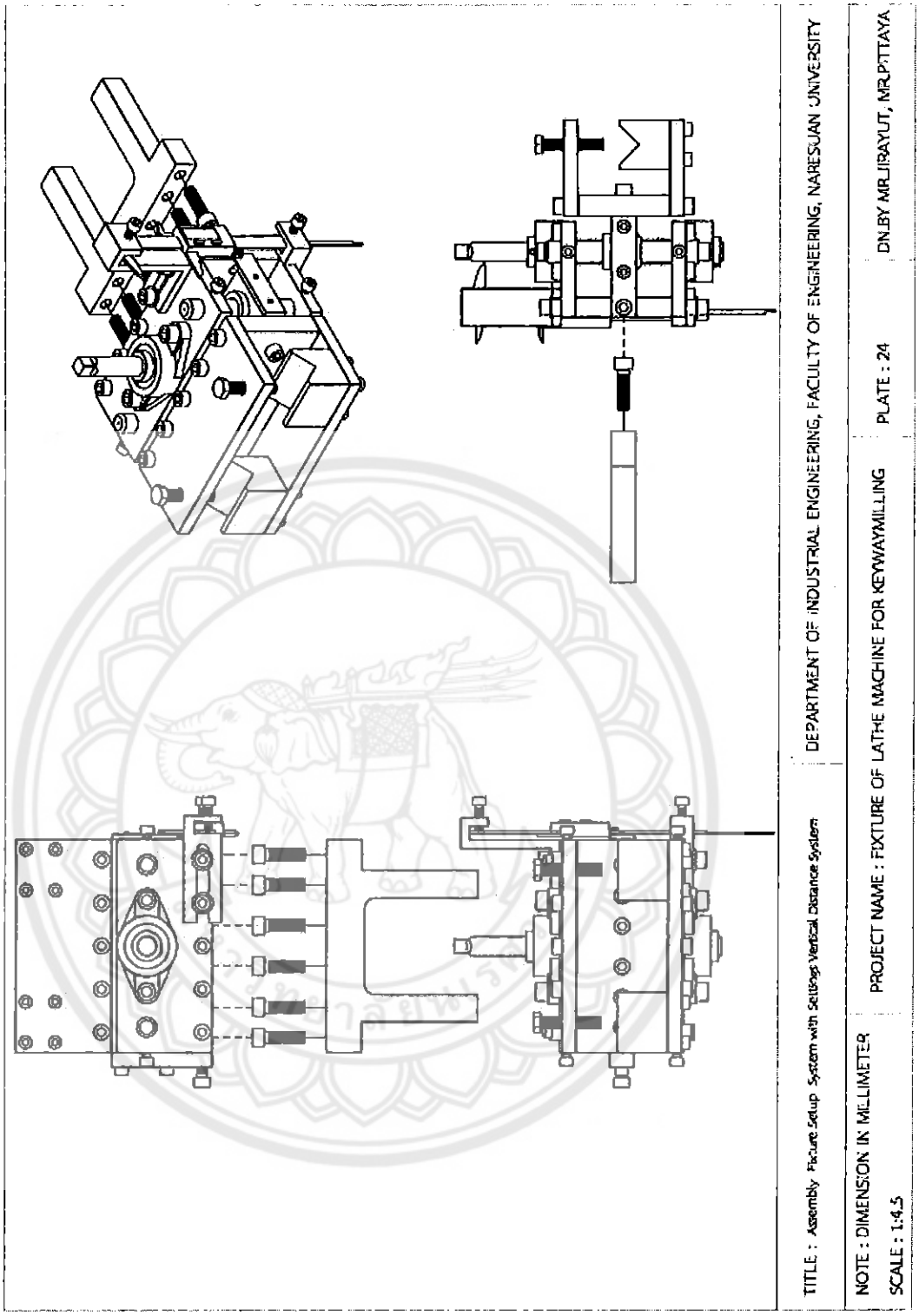
รูปที่ ก.20 ระบบการจับยึดชิ้นงาน



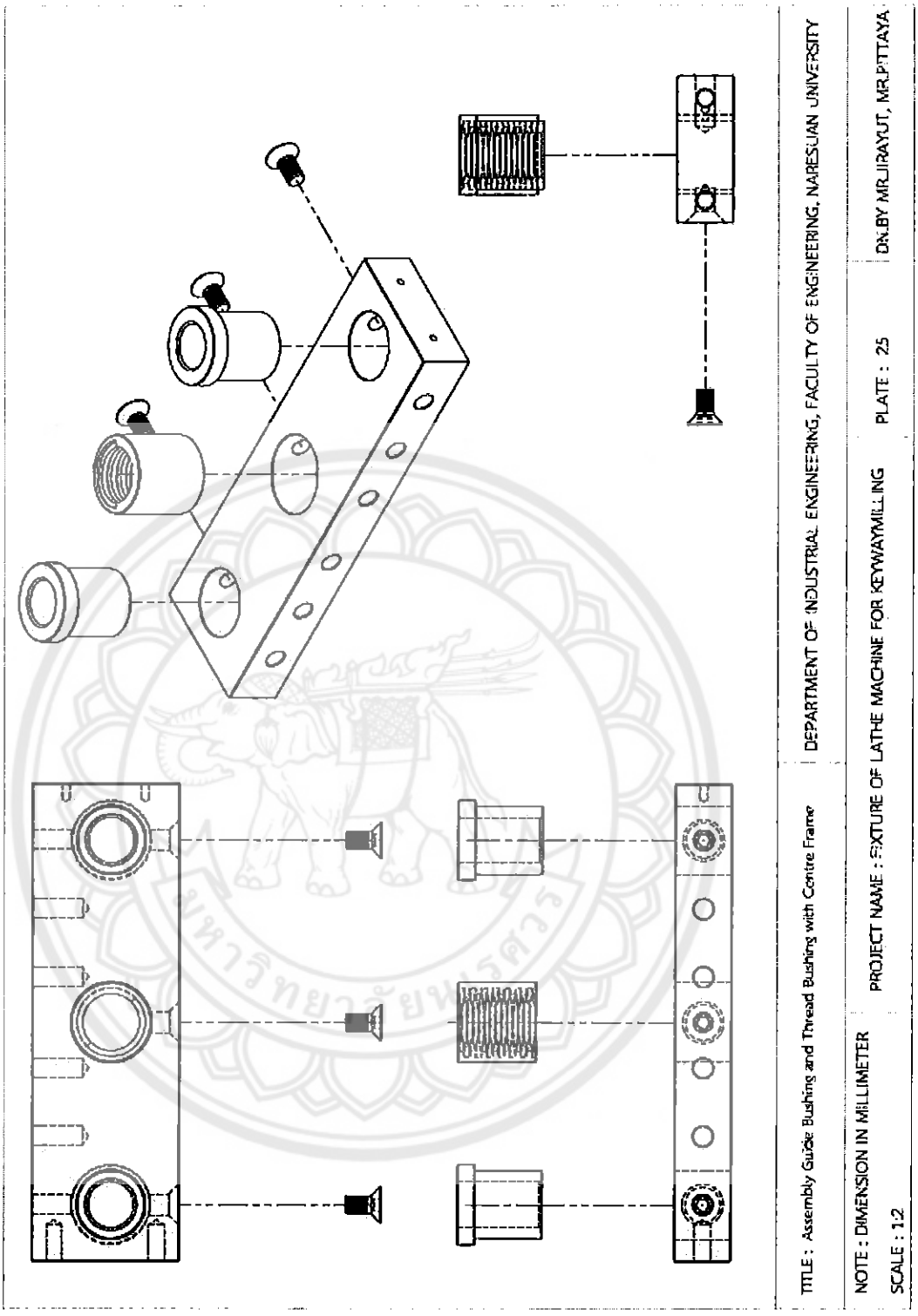
รูปที่ ก.21 ระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน Y



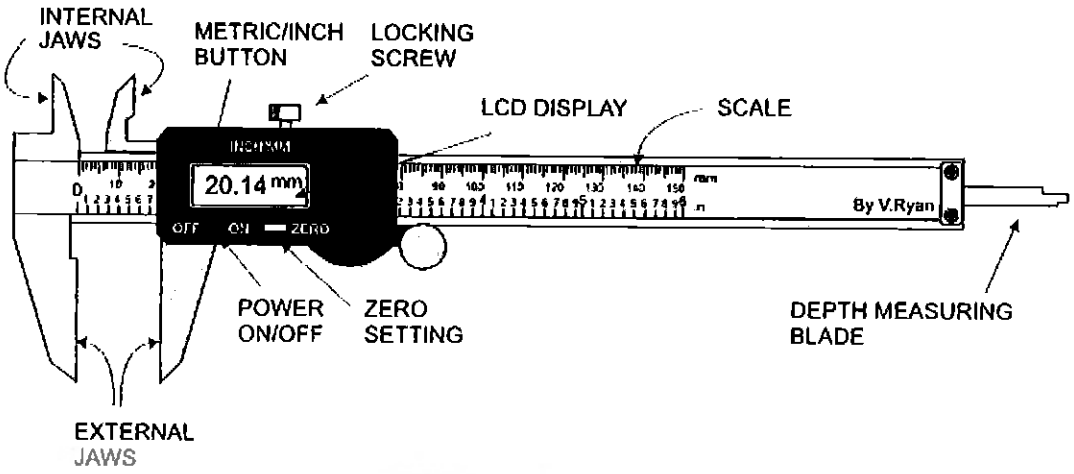
รูปที่ ก.22 แสดงการประกอบของระบบการจับยึดชิ้นงานกับระบบการปรับตั้งระยะแนวแกน Y



รูปที่ ก.23 แสดงการประกอบของชุดติดตั้งฟิกซ์เจอร์ (Fixture) สำหรับเครื่องกลึง



รูปที่ ก.24 แสดงการประกอบของ Guide Bushing, Bushing ของเกลียว กับส่วนกลาง (เคลื่อนที่) ของระยะการปรับตั้งระยะแนวแกน Y



รูปที่ ก.25 Digital Caliper

ภาคผนวก ข
การคำนวณที่เกี่ยวข้อง

ข.1 การคำนวณหาจำนวนชิ้นที่ต้องทำการวัด

จากจำนวณประชากรทั้งหมด 10 ชิ้นและต้องการระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 หรือยอมให้คลาดเคลื่อนได้ร้อยละ 5 สามารถหาจำนวณตัวอย่างที่ต้องวัดได้ดังนี้

จากสูตร

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

n = จำนวนของตัวอย่าง

N = จำนวนของประชากร

e = สัดส่วนความคลาดเคลื่อนเมื่อเทียบกับพารามิเตอร์

แทนค่าต่างๆ ลงในสมาการ

$$n = \frac{10}{1 + (10)(0.05)^2}$$

n = 9.75 หรือประมาณ 10 ชิ้น

ดังนั้น จำต้องทำการวัดจำนวน 10 ชิ้น โดยวัดค่าได้ดังตารางที่ ข.1

ข.2 การคำนวณหาช่วงมาตรฐานที่ยอมรับได้

1. ความกว้างของร่องลิ่ม 8 มิลลิเมตร (b)

ใช้เป็นงานสวมพอดี ดังตารางที่ ข.2 จะใช้ค่าความเผื่อ N9

จากตาราง ข.3 ขนาดความกว้างร่องลิ่ม 8 มิลลิเมตร อยู่ในช่วง 6 - 10 มิลลิเมตร คือ +0 และ -36

ดังนั้นพิความเผื่อมาตรฐานของร่องลิ่มที่กว้าง 8 มิลลิเมตร คือตั้งแต่ 8 – 0.036 ถึง 8 + 0 หรือมีค่าอยู่ในช่วง 7.964 – 8.000

2. ความลึกของร่องลิ่ม 4 มิลลิเมตร (t_1)

ใช้เป็นงานสวมพอดี ดังตารางที่ ข.2 จะใช้ค่าความเผื่อ ≤ 22

จากตาราง ข.2 ขนาดความลึกร่องลิ่ม 4 มิลลิเมตร อยู่ในช่วง ≤ 22 คือ +0.1 และ -0

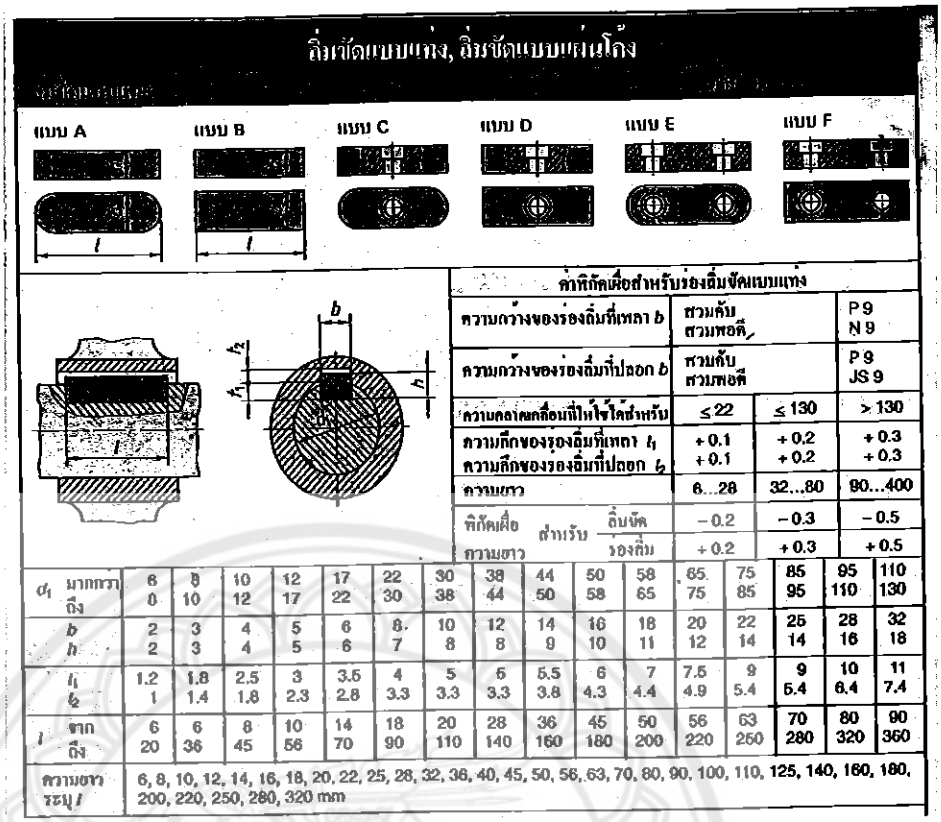
ดังนั้นพิความเผื่อมาตรฐานของร่องลิ่มที่ลึก 4 มิลลิเมตร คือตั้งแต่ 4 – 0 ถึง 4 + 0.1 หรือมีค่าอยู่ในช่วง 4.000 – 4.100

3. ความยาวของร่องลิ่ม 40 มิลลิเมตร (l)

ใช้เป็นงานสวมพอดี ดังตารางที่ ข.2 จะใช้ค่าความเผื่อ 32 - 80

จากตาราง ข.2 ขนาดความยาวร่องลิ่ม 40 มิลลิเมตร อยู่ในช่วง 32 – 80 คือ +0.3 และ -0

ดังนั้นพิความเผื่อมาตรฐานของร่องลิ่มที่ยาว 40 มิลลิเมตร คือตั้งแต่ 8 – 0 ถึง 8 + 0.3 หรือมีค่าอยู่ในช่วง 40.000 – 40.300



ลิ่มขัดแบบแท่ง, ลิ่มขัดแบบแผ่นโค้ง

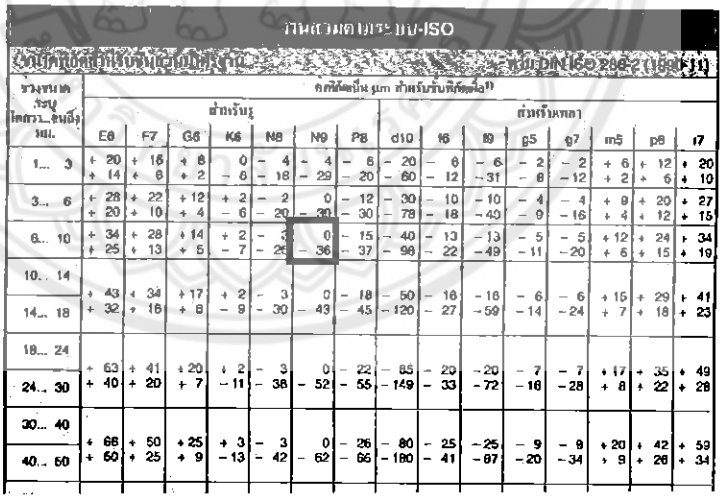
แบบ A แบบ B แบบ C แบบ D แบบ E แบบ F

ค่าพิกัดเผื่อสำหรับร่องลิ่มขัดแบบแท่ง			
ความกว้างของร่องลิ่มที่เพลา b	สวมหลวม, สวมพอดี,		P 9 N 9
ความกว้างของร่องลิ่มที่ปลอก b	สวมหลวม สวมพอดี		P 9 JS 9
ความคลาดเคลื่อนที่ใช้ได้สำหรับ	≤ 22	≤ 130	> 130
ความลึกของร่องลิ่มที่เพลา t_1	+ 0.1	+ 0.2	+ 0.3
ความลึกของร่องลิ่มที่ปลอก t_2	+ 0.1	+ 0.2	+ 0.3
ความยาว	6...28	32...80	90...400
พิกัดเผื่อความยาว สำหรับ ลิ่มขัด	− 0.2	− 0.3	− 0.5
พิกัดเผื่อความยาว สำหรับ ร่องลิ่ม	+ 0.2	+ 0.3	+ 0.5

d_1 มากกว่า	6	8	10	12	17	22	30	38	44	50	58	65	75	85	95	110
ถึง	8	10	12	17	22	30	38	44	50	58	65	75	85	95	110	130
b	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32
h	2	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	14	14	16	18
t_1	1.2	1.8	2.5	3	3.5	4	5	5	5.5	6	7	7.5	9	9	10	11
t_2	1	1.4	1.8	2.3	2.8	3.3	3.3	3.3	3.8	4.3	4.4	4.9	5.4	5.4	6.4	7.4
l จาก	6	6	8	10	14	18	20	28	36	45	50	56	63	70	80	90
ถึง	20	36	45	56	70	90	110	140	160	180	200	220	250	280	320	360
ความยาว ระบุ l	6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 220, 250, 280, 320 mm																

ตารางที่ ข.2 ขนาดมาตรฐานของลิ่มขัดแบบแท่งตาม DIN 6885

ที่มา: ตารางคู่มืองานโลหะ



ค่าความคลาดเคลื่อนระบบ ISO

ตาม DIN ISO 286-2 (1990-11)

ช่วงขนาดระบุ มากกว่า ... ถึง มม.	ค่าพิกัดเผื่อ µm สำหรับรับพิกัดเผื่อ[1]														
	สำหรับรู							สำหรับเพลา							
	E8	F7	G6	K6	N8	N9	P8	d10	f6	f9	g5	g7	m5	p6	r7
1 ... 3	+ 20 + 14	+ 16 + 6	+ 8 + 2	0 − 6	− 4 − 18	− 4 − 29	− 6 − 20	− 20 − 60	− 6 − 12	− 6 − 31	− 2 − 8	− 2 − 12	+ 6 + 2	+ 12 + 6	+ 20 + 10
3 ... 6	+ 28 + 20	+ 22 + 10	+ 12 + 4	+ 2 − 6	− 2 − 20	0 − 30	− 12 − 30	− 30 − 78	− 10 − 18	− 10 − 40	− 4 − 9	− 4 − 16	+ 9 + 4	+ 20 + 12	+ 27 + 19
6 ... 10	+ 34 + 25	+ 28 + 13	+ 14 + 5	+ 2 − 7	− 3 − 25	0 − 36	− 15 − 37	− 40 − 98	− 13 − 22	− 13 − 49	− 5 − 11	− 5 − 20	+ 12 + 6	+ 24 + 15	+ 34 + 19
10 ... 14	+ 43	+ 34	+ 17	+ 2	− 3	0	− 18	− 50	− 16	− 16	− 6	− 6	+ 15	+ 29	+ 41
14 ... 18	+ 32	+ 16	+ 6	− 9	− 30	− 43	− 45	− 120	− 27	− 59	− 14	− 24	+ 7	+ 18	+ 23
18 ... 24	+ 63	+ 41	+ 20	+ 2	− 3	0	− 22	− 85	− 20	− 20	− 7	− 7	+ 17	+ 35	+ 49
24 ... 30	+ 40	+ 20	+ 7	− 11	− 38	− 52	− 55	− 149	− 33	− 72	− 16	− 28	+ 8	+ 22	+ 28
30 ... 40	+ 68	+ 50	+ 25	+ 3	− 3	0	− 26	− 80	− 25	− 25	− 9	− 9	+ 20	+ 42	+ 59
40 ... 50	+ 50	+ 25	+ 9	− 13	− 42	− 62	− 66	− 180	− 41	− 87	− 20	− 34	+ 9	+ 26	+ 34

ตารางที่ ข.3 แสดงพิกัดความเผื่อมาตรฐาน

ที่มา: ตารางคู่มืองานโลหะ

ข.3 การคำนวณหาการวิเคราะห์ขีดจำกัดของฟิกซ์เจอร์

1. ขีดจำกัดด้านเส้นผ่านศูนย์กลางมีดกัด (d) โดยค่าความเร็วรอบที่สามารถปรับตั้งได้บนเครื่องกลึงที่ทำการศึกษา ดังนี้

- ความเร็วรอบ ต่ำสุด **(Minimum)** เท่ากับ 16 รอบต่อนาที
- ความเร็วรอบ สูงสุด **(Maximum)** เท่ากับ 2000 รอบต่อนาที

โดยการหาขีดจำกัดด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของมีดกัด (End Mill) สามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

จาก สมการที่ 2.1 สูตร $n = \frac{v_c \times 1000}{\pi d}$

การคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมีดกัด (d) ที่เล็กที่สุด **(Minimum) ดังนี้**

เมื่อ n = 2000 รอบต่อนาที

V_c = 43 เมตรต่อนาที

d = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมีดกัด (End Mill) ที่ต้องการหา (มม.)

จะได้ $d = \frac{v_c \times 1000}{\pi n} = \frac{43 \times 1000}{\pi(2000)} = 6.84 \approx 7$ มม.

ดังนั้น ขีดจำกัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมีดกัด (d) ที่เล็กที่สุด เท่ากับ 7 มม.

การคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมีดกัด (d) ที่โตที่สุด **(Maximum) ดังนี้**

เมื่อ n = 16 รอบต่อนาที

V_c = 43 เมตรต่อนาที

d = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมีดกัดที่ต้องการหา (มม.)

จะได้ $d = \frac{v_c \times 1000}{\pi n} = \frac{43 \times 1000}{\pi(16)} = 855.46 \approx 855$ มม.

ดังนั้น ขีดจำกัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมีดกัด (d) ที่โตที่สุด เท่ากับ 855 มม. หรือสามารถใช้ได้กับมีดกัด (d) ที่มีขนาดโตสูงสุดเท่าที่มีใช้งาน คือ 20 มิลลิเมตร

ข.4 การคำนวณหาค่าความเร็วรอบและค่าความเร็วป้อน ที่ใช้สำหรับการทดลอง

โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. พิจารณาคุณสมบัติของวัสดุชิ้นงานเพลากลม

เหล็กเพลากลม ชนิดวัสดุ Structural Steel ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 มิลลิเมตรมีคุณสมบัติทางกลดังนี้

- Density = 7860 kg/m^3
- Young's Modulus = 190 - 210 GPa
- Tensile Strength = 400 - 510 MPa
- Yield Strength = 205 - 245 MPa
- Brinell Hardness = 160 HB

2. พิจารณาคุณสมบัติของมีดกัด (End Mill)

- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของมีดกัด (d) ที่ใช้ในการทดลองเท่ากับ 8 มิลลิเมตร
- ชนิดวัสดุของมีดกัดคือ High Speed Steel (HSS)
- จำนวนฟันคมตัดของมีดกัดเท่ากับ 4 คมตัด

เพื่อใช้ในการกัดร่องลิ่มสำหรับลิ่มขัดแบบแท่งมาตรฐาน DIN 6885 A 8 x 7 x 40

3. การกำหนดค่าความเร็วตัด (V_z) และระยะป้อนต่อคมตัด (f_z)

จากตารางงานกัดด้วยคัตเตอร์ High Speed Steel (HSS) ของ

- วัสดุชิ้นงาน Structural Steel ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มเหล็กสร้าง ที่มีค่า Tensile Strength น้อยกว่า 700 Pa/mm^2
- มีค่าความแข็ง (Brinell Hardness) น้อยกว่า 200 HB

จะต้องเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์การใช้งานที่เหมาะสมต่างๆ ดังนี้

- ค่าความเร็วตัด (V_c) เท่ากับ 43 เมตรต่อนาที
- ระยะป้อนต่อคมตัด (f_z) อยู่ในช่วง 0.013 - 0.11 มิลลิเมตร

4. คำนวณหาค่าความเร็วรอบ (n) และค่าความเร็วป้อน (V_f)

- ความเร็วรอบ สมการที่ 2.1 สูตร $n = \frac{v_c \times 1000}{\pi d}$

แทนค่า เมื่อ V_c = 43 เมตรต่อนาที

d = 8 มิลลิเมตร

ได้ $n = \frac{43 \times 1000}{\pi(8)} = 1710.92 \approx 1711$ รอบต่อนาที

- ความเร็วป้อน (V_f)

จากสมการที่ 2.2 สูตร $V_f = f_z \cdot z \cdot n$

แทนค่า เมื่อ f_z = 0.013 มิลลิเมตร

z = 4 คมตัด

n = 1711 รอบต่อนาที

ได้ $V_f = (0.013) \times (4) \times (1711) = 88.97$ มิลลิเมตรต่อนาที

ดังนั้น ค่าความเร็วป้อน (V_f) ที่ความเร็วรอบ (n) 1400 รอบต่อนาที เท่ากับ 88.97 มิลลิเมตรต่อนาที

5. ในทางปฏิบัติเครื่องกลึงที่ใช้ทำการศึกษาทดลองสามารถปรับค่าความเร็วรอบ (n) ที่ใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการได้ดังนี้ 1000, 1400 และ 2000 รอบต่อนาที

ดังนั้น จึงทำการเลือกใช้งานค่าความเร็วรอบที่ใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้ (1711 รอบต่อนาที) ที่สุดโดยสามารถทำงานได้อย่างปลอดภัยคือ 1400 รอบต่อนาที โดยสามารถคำนวณค่าความเร็วป้อน (V_f) ที่ใช้งานจริงได้ดังนี้

จาก จากสมการที่ 2.2 สูตร $V_f = f_z \cdot z \cdot n$

แทนค่า เมื่อ f_z = 0.013 มิลลิเมตร

z = 4 คมตัด

n = 1400 รอบต่อนาที

ได้ $V_f = (0.013) \times (4) \times (1400) = 72.8$ มิลลิเมตรต่อนาที

ดั้นนั้น ค่าความเร็วป้อน (V_f) ที่ใช้ในทางปฏิบัติที่ความเร็วรอบ (n) 1400 รอบต่อนาที เท่ากับ 72.8 มิลลิเมตรต่อนาที

ข.5 การคำนวณหาเป็นร้อยละ

นำค่าเฉลี่ยที่ได้จาก ตาราง ข.1 มาคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนเมื่อเทียบกับมาตรฐาน DIN 6885 แบบ ปลายปิดและปลายเปิด (แบบ A) ดังตารางที่ ข.2 โดยคำนวณได้ดังนี้

แบบปลายเปิด

ความกว้างของชิ้นงานทดลอง	8.126	มิลมิเมตร
ความกว้างของมาตรฐาน	8.000	มิลมิเมตร

จากสูตร ร้อยละความคลาดเคลื่อน $= \dfrac{|\text{ค่าจริง} - \text{ค่าการทดลอง}|}{\text{ค่าจริง}} \times 100\%$

แทนสูตรได้ $= \dfrac{|8.000 - 8.126|}{8.000} \times 100\%$

ดังนั้น ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความกว้างเท่ากับร้อยละ 1.58

ความยาวของชิ้นงานทดลอง 40.475 มิลลิเมตร
ความยาวของมาตรฐาน 40.000 มิลลิเมตร

$$\text{จากสูตร ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{|\text{ค่าจริง} - \text{ค่าการทดลอง}|}{\text{ค่าจริง}} \times 100\%$$

$$\text{แทนสูตรได้} = \frac{|40.000 - 40.475|}{40.000} \times 100\%$$

ดังนั้น ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความยาวเท่ากับร้อยละ 1.19

ความลึกของชิ้นงานทดลอง 4.038 มิลมิเมตร
ความลึกของมาตรฐาน 4.000 มิลมิเมตร

$$\text{จากสูตร ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{|\text{ค่าจริง} - \text{ค่าการทดลอง}|}{\text{ค่าจริง}} \times 100\%$$

$$\text{แทนสูตรได้} = \frac{|4.000 - 4.038|}{4.000} \times 100\%$$

ดังนั้น ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความลึกเท่ากับร้อยละ 0.95
แบบปลายปิด

ความกว้างของชิ้นงานทดลอง 8.118 มิลมิเมตร
ความกว้างของมาตรฐาน 8.000 มิลมิเมตร

$$\text{จากสูตร ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{|\text{ค่าจริง} - \text{ค่าการทดลอง}|}{\text{ค่าจริง}} \times 100\%$$

$$\text{แทนสูตรได้} = \frac{|8.000 - 8.118|}{8.000} \times 100\%$$

ดังนั้น ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความกว้างเท่ากับร้อยละ 1.48

ความยาวของชิ้นงานทดลอง 40.111 มิลมิเมตร
ความยาวของมาตรฐาน 40.000 มิลมิเมตร

$$\text{จากสูตร ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{|\text{ค่าจริง} - \text{ค่าการทดลอง}|}{\text{ค่าจริง}} \times 100\%$$

แทนสูตรได้ $= \frac{|40.000 - 40.111|}{40.000} \times 100\%$

ดังนั้น ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความยาวเท่ากับร้อยละ 0.28

ความลึกของชิ้นงานทดลอง 3.944 มิลมิเมตร
ความลึกของมาตรฐาน 4.000 มิลมิเมตร

จากสูตร ร้อยละความคลาดเคลื่อน $= \frac{|\text{ค่าจริง} - \text{ค่าการทดลอง}|}{\text{ค่าจริง}} \times 100\%$

แทนสูตรได้ $= \frac{|4.000 - 3.944|}{4.000} \times 100\%$

ดังนั้น ร้อยละความคลาดเคลื่อนของความลึกเท่ากับร้อยละ 1.4

ภาคผนวก ค

Standard Work in Process

ข้อควรปฏิบัติก่อนการใช้งาน

1. ก่อนติดตั้งฟิกซ์เจอร์บนเครื่องกลึงควรตรวจสอบการทำงานของการปรับระยะในแนวแกน x และแกน z ว่าสามารถใช้และปรับระยะให้ตรงตามสเกลหรือไม่ทุกครั้ง
2. ตรวจสอบสภาพเครื่องกลึงโดยต้องมีสภาพพร้อมใช้งานเสมอ
3. ตรวจสอบหัวจับของเครื่องต้องเป็นหัวสามจับ เท่านั้น

ขั้นตอนการทำงาน

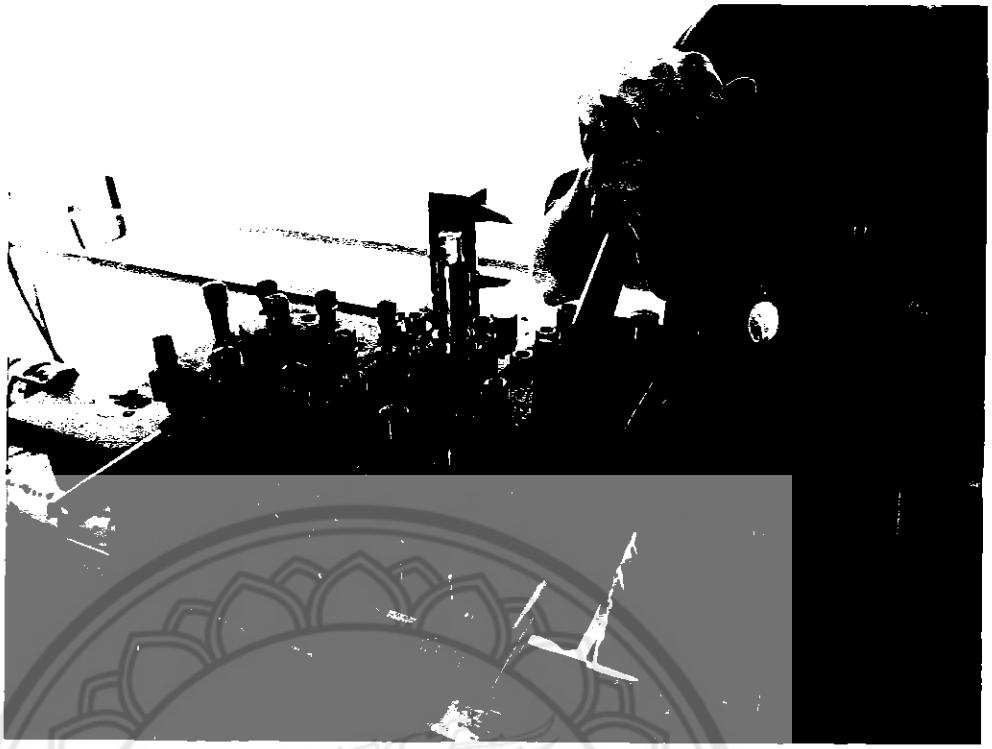
1. นำดอกกัดจับที่หัวจับของเครื่องกลึงและทำการตั้งความเร็วรอบให้ใกล้เคียงกับการคำนวณมากที่สุดโดยความเร็วรอบจะขึ้นอยู่กับดอกกัด

2. นำฟิกซ์เจอร์ของเครื่องกลึงสำหรับงานทำร่องลิ่มมาติดตั้งบนป้อมมีดของเครื่องกลึงติดตั้งฟิกซ์เจอร์บนป้อมมีดของเครื่องกลึงโดยฐานของป้องมีดต้องตั้งฉากล็อกให้แน่น ดังรูปที่ ค.1

รูปที่ ค.1 การตั้งฟิกซ์เจอร์บนป้อมมีด

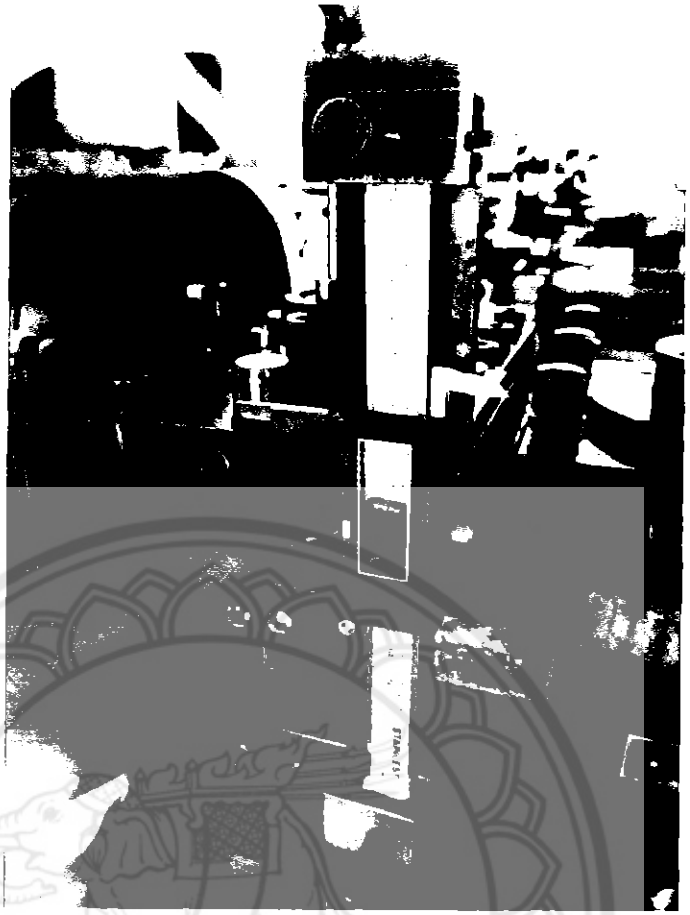
3. นำชิ้นงานใส่ในฟิกซ์เจอร์และทำการล็อกให้แน่น ดังรูปที่ ค.2

4. ทำการปรับตั้งศูนย์ในแนวแกน Y โดยนำดอกกัดสัมผัสที่ด้านบนของชิ้นงานดังรูปที่ ค.3 จากนั้นเลื่อนชิ้นงานออกทำการเซตศูนย์ที่ Digital Caliper ดังรูปที่ ค.4 แล้วเลื่อนขึ้นตามระยะที่คำนวณ (คำนวณได้จากการนำรัศมีของดอกกัดบวกกับรัศมีของชิ้นงาน) เพื่อจะให้กึ่งกลางของชิ้นงานตรงกับกึ่งกลางของดอกกัด



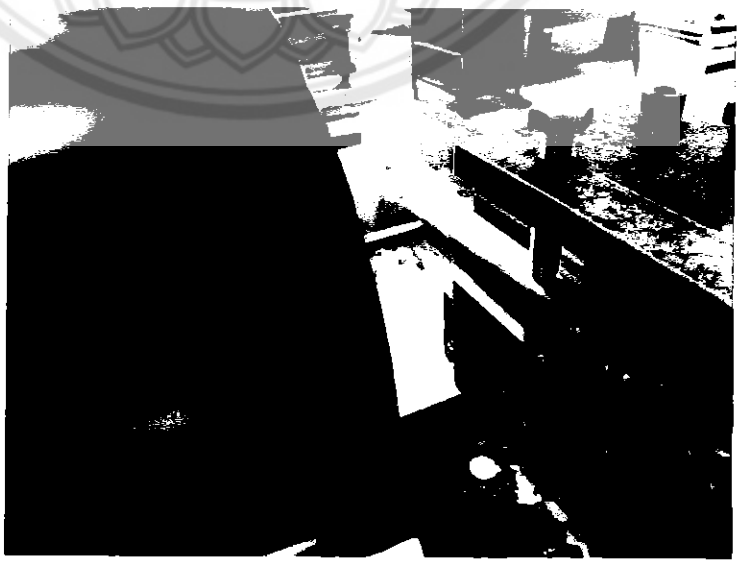
รูปที่ ค.2 แสดงการล็อคชิ้นงาน

รูปที่ ค.3 แสดงการนำดอกกัดสัมผัสที่ด้านบนของชิ้นงาน

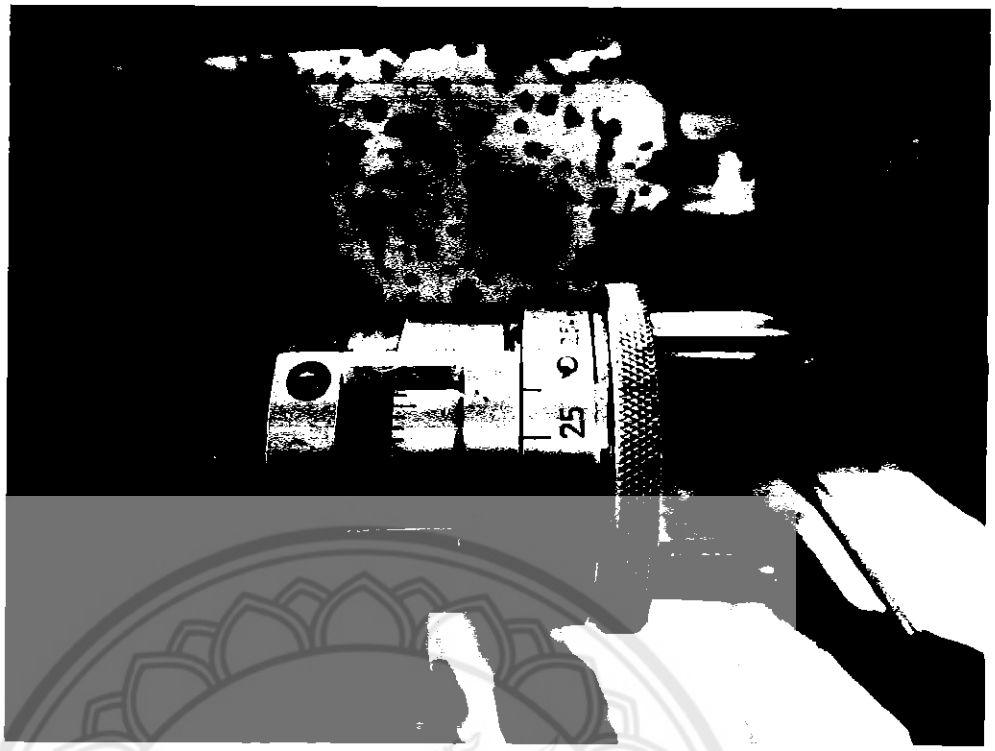


รูปที่ ค.4 แสดงการเซตศูนย์ที่ Digital Caliper

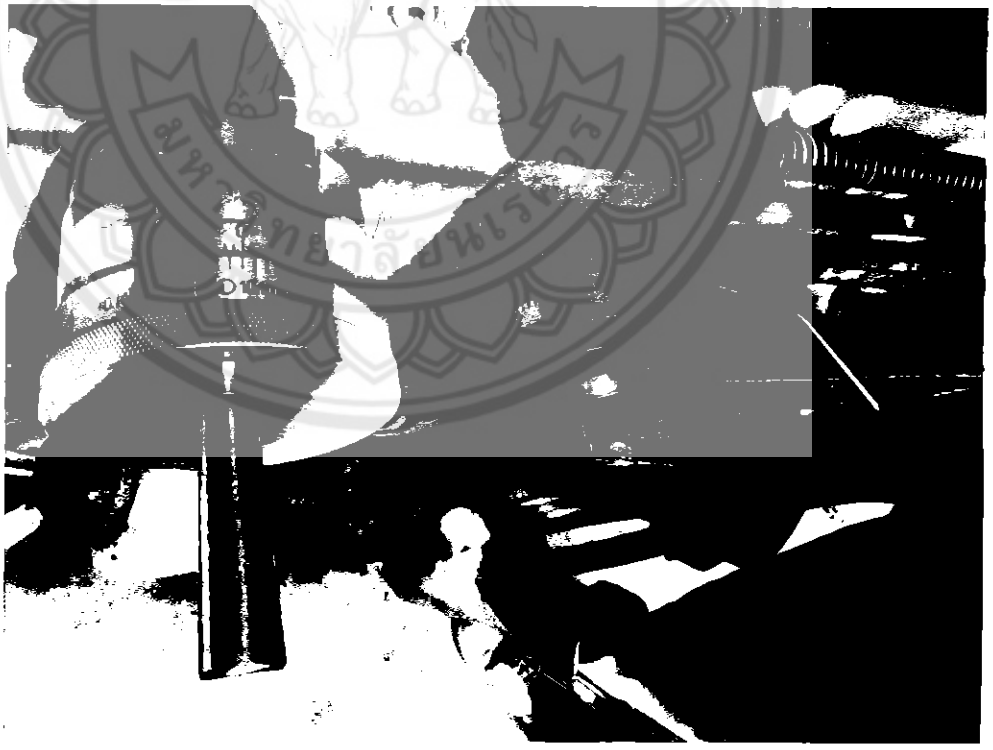
5. เปิดเครื่องและทำการกัดชิ้นงานดังรูปที่ ค.5 ให้ได้ขนาดที่ต้องการโดยสามารถปรับความลึกได้จากตัวปรับแนวแกน Z ของเครื่องกลึง ดังรูปที่ ค.6 และความยาวปรับได้จากตัวปรับแนวแกน X เครื่องกลึง ดังรูปที่ ค.7



รูปที่ ค.5 การกัดชิ้นงาน



รูปที่ ค.6 ตัวปรับแนวแกน Z ของเครื่องกลึง



รูปที่ ค.7 ตัวปรับแนวแกน X เครื่องกลึง

6. เมื่อกัดเสร็จแล้วปิดเครื่องและนำชิ้นงานออก