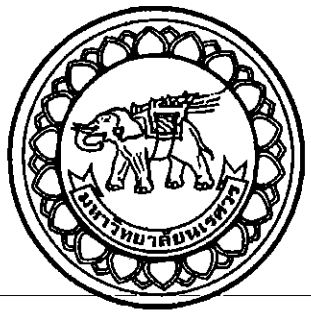


เครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน

THE TREBLE FOOT OF THE BRIDGE VIOLIN POLISH MACHINE

นายสิทธิพร แพงไธสงค์ รหัส 51361001

นายไพรสันต์ สาดมุณี รหัส 51363630

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 10 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 1694113
เลขเรียกหนังสือ ป.ร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ส723 ก
2554

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2554

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน เครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน
ผู้ดำเนินโครงงาน นายสิทธิพร แพงไธสงค์ รหัส 51361001
นายไพรสันต์ สาดมุณี รหัส 51363630
ที่ปรึกษาโครงงาน อาจารย์อาภาภรณ์ จันทร์ปิรักษ์
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา 2554

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(อาจารย์อาภาภรณ์ จันทร์ปิรักษ์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ธนา บุญฤทธิ์)

.....กรรมการ
(อาจารย์กานต์ ลี่วัฒนายิ่งยง)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	เครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายสิทธิพร แพงไธสงค์ รหัส 51361001
	นายไพรสันต์ สาดมุณี รหัส 51363630
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์อาภาภรณ์ จันทร์ปิรักษ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2554

.....

บทคัดย่อ

ออกแบบและสร้างเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลินเพื่อนำไปใช้ในการแต่งตีนหย่องไวโอลินให้ตีนหย่องไวโอลินสัมผัสกับส่วนโค้งของไม้แผ่นหน้า ซึ่งหย่องเป็นอุปกรณ์สำคัญที่ทำให้เกิดเสียงของไวโอลินทำหน้าที่เป็นสะพานส่งเสียงจากสายไปยังตัวไวโอลินผิวสัมผัสของตีนหย่องแนบสนิทมากจะทำให้เสียงของไวโอลินดี โดยการเปลี่ยนหย่องไวโอลินเกิดจากการเสียหายหรือใช้เป็นเวลานาน ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการแต่ง ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงเล็งเห็นว่าการแต่งตีนหย่องด้วยการใช้มือแบบเดิมนั้นเกิดความล้าช้าและเกิดข้อผิดพลาดขึ้นได้ง่าย จึงได้คิดออกแบบและสร้างเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลินขึ้น เพื่อเป็นการลดเวลา ลดข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นกับหย่อง ได้ผลงานที่มีคุณภาพและเกิดความสะดวกในการใช้งาน จึงมีแนวคิดที่จะสร้างเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลินขึ้นมา จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูล ผู้จัดทำ ทำการออกแบบและการสร้างเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลินนั้น ได้นำความรู้ทางด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่องจักรกลและผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่อง เพื่อให้เกิดความสะดวกและลดขั้นตอนในการสร้างเครื่อง เครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลินแบ่งออกเป็นส่วนๆ ดังนี้ ส่วนที่ 1 ส่วนของโครงสร้าง ส่วนที่ 2 เป็นส่วนของตัวยึดจับหย่อง ส่วนที่ 3 เป็นส่วนของตัวยึดจับเครื่องกับตัวไวโอลิน และส่วนที่ 4 เป็นระบบส่งกำลัง

การออกแบบเครื่องแต่งตีนหย่อง ออกแบบให้มีรางสไลด์แบบคู่มีบูทลูกปืนช่วยลดแรงเสียดทานและมีเสาค้ำ 4 เสา ช่วยให้สามารถลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากการควบคุมทิศทางในการแต่งหย่อง มีแรงกดที่สม่ำเสมอ เมื่อแต่งตีนหย่องแล้วสามารถวางหย่องได้อย่างแนบสนิท เครื่องแต่งตีนหย่องทำงานมีระยะชัก 1-4 เซนติเมตร ความเร็วรอบ 88.862 รอบ/นาที เวลาที่ใช้ในการแต่งตีนหย่องใช้เวลา 431.2 วินาที เมื่อเทียบกับคนซึ่งใช้เวลาในการแต่งตีนหย่อง 844.2 วินาที จะเห็นได้ว่าเครื่องใช้เวลาน้อยกว่า เครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลินสามารถลดเวลาในการแต่งลงถึงร้อยละ 48.92 และจุดคุ้มทุนในการใช้เครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน คือ เครื่องสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการจ้างผู้เชี่ยวชาญแต่งตีนหย่อง เมื่อได้ใช้เครื่องแต่งตีนหย่องเป็นจำนวน 5 ครั้ง

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือของหลายๆ ฝ่าย โดยเฉพาะ อาจารย์อาภาภรณ์ จันทร์ปิรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่ได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา แนะนำวิธีแก้ปัญหารวมถึงข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดจนความดูแลเอาใจใส่ติดตามการดำเนินโครงงานมาโดยตลอด และขอขอบคุณคณะอาจารย์ ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยนเรศวรทุกท่าน ที่ได้ให้วิชาความรู้ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

นอกจากนี้ยังต้องขอขอบคุณ อาจารย์วราภร ยูงหนู และอาจารย์คณะมนุษยศาสตร์ ภาควิชาศิลปกรรมศาสตร์ สาขาวิชาดุริยางคศาสตร์สากลที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการเข้าไปเก็บข้อมูล เพื่อใช้ในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นอย่างดีมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ผู้ดำเนินโครงงานใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้ให้การดูแล อบรมสั่งสอนและให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา ตลอดการดำเนินโครงงานจนสำเร็จการศึกษา

ผู้ดำเนินโครงงาน
สิทธิพร แพงไธสงค์
ไพรสันต์ สาดมุณี

พฤษภาคม 2555

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญรูป ..... ช

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output) 2
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome) 2
1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน 2
1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน 2
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน 2
1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน 3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น 4
2.1 การสร้างแบบสอบถาม 4
2.2 โครงสร้างและส่วนประกอบหลักของไวโอลิน 5
2.3 หย่อง 7
2.4 หลักการเกิดเสียงของไวโอลิน 7
2.5 ทฤษฎีมอเตอร์ 8
2.6 กำลังต้านทานแรงดัด 11
2.7 การออกแบบ 11
2.8 พลาสติกอะคริลิก 17
2.9 ทฤษฎีแรงเสียดทาน 18
2.10 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน 20
2.11 ประเภทของการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน 21
2.12 การคำนวณจุดคุ้มทุน 22
2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย 24
3.1 ศึกษาขั้นตอนการแต่งไวโอลินวิธีเดิม 24
3.2 ออกแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับพฤติกรรมการแต่งตีนหย่องไวโอลิน 25
3.3 การออกแบบเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน 25
3.4 การสร้างเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน 25
3.5 ขั้นตอนการทดสอบเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน 26
3.6 ขั้นตอนทดลองและการวิเคราะห์ผลของเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน 26
3.7 สรุปผลโครงการและจัดทำเอกสาร 26

บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย 27
4.1 ศึกษาการแต่งตีนไวโอลิน 27
4.2 แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับพฤติกรรมการแต่งตีนหย่องไวโอลิน 31
4.3 การออกแบบ 34
4.4 การสร้างเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน 41
4.5 การทดสอบเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน 45
4.6 ขั้นตอนทดลองและการวิเคราะห์ผลของเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน 49

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน 55
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 55
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน 55
5.3 ข้อเสนอแนะ 56

เอกสารอ้างอิง 57

ภาคผนวก ก 59
ภาคผนวก ข 62
ภาคผนวก ค 64
ภาคผนวก ง 67

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน 3
2.1 แสดงส่วนประกอบของไวโอลิน 6
2.2 แสดงตัวอย่างค่าประมาณของสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสำหรับผิวสัมผัสแบบต่างๆ 21
4.1 เวลาในการแต่ง 29
4.2 ระยะชักในการแต่งตีนหย่องด้วยมือ 30
4.3 รอบในการแต่งตีนหย่องด้วยมือ 30
4.4 แสดงจำนวนร้อยละเกี่ยวกับพฤติกรรมการแต่งตีนหย่องไวโอลิน 31
4.5 แสดงผลการทดสอบการยึดจับเครื่องกับตัวไวโอลิน 45
4.6 แสดงผลการทดสอบการจับยึดหย่อง 46
4.7 แสดงผลการทดสอบการเคลื่อนที่ของรางเลื่อน 46
4.8 แสดงผลการทดสอบรอบการแต่งของเครื่อง 47
4.9 แสดงผลการทดสอบระยะชักของเครื่อง 47
4.10 แสดงผลการทดสอบการแต่ง 48
4.11 บันทึกผลการทดสอบการแต่งตีนหย่องไวโอลินของเครื่อง 49
4.12 แสดงรายการค่าใช้จ่ายในการผลิตเครื่องแต่งตีนหย่อง 50
4.13 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจต่อเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน 53
ข1. สถิติค่า Ft ขายปลีก 63
ข2. ค่าโมดูลัสแตกหักของไม้ 63

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 รูปส่วนประกอบของไวโอลิน 5
2.2 แสดงตัวอย่างของหย่อง 7
2.3 แสดงส่วนประกอบของมอเตอร์ 8
2.4 แสดงโครงสร้างทั่วไปของมอเตอร์กระแสตรง 8
2.5 โครงสร้างภายนอก (สเตเตอร์) ของมอเตอร์ 9
2.6 แสดงแกนเหล็กอาเมเจอร์ (โรเตอร์) ของมอเตอร์ 9
2.7 แสดง Tensile Strength 14
2.8 แสดง Compressive Strength 14
2.9 แสดง Shearing Strength 14
2.10 แสดง Hardness 15
2.11 แสดงแรงเสียดทานสถิตย์ต่างๆ 19
2.12 แรงเสียดทานจลน์ 19
2.13 แสดงจุดคุ้มทุนเชิงเส้นตรง (Linear Break-Even Point Analysis) 21
3.1 การแต่งตีนหย่องด้วยมือ 24
4.1 แสดงการเตรียมกระดาษทราย 28
4.2 แสดงการนำหย่องติดตั้งกับตัวจับยึดหย่อง 28
4.3 แสดงตำแหน่งการแต่งตีนหย่องไวโอลิน 29
4.4 ส่วนโครงสร้าง 36
4.5 แกนสไลด์แนวนอน 37
4.6 ส่วนของตัวยึดจับหย่อง 37
4.7 ส่วนของข้อเหวี่ยง 40
4.8 ส่วนของก้านชัก 40
4.9 ส่วนของคานยึด 41
4.10 ส่วนของขอยึดรูปตัวที 41
4.11 โครงสร้างและแกนสไลด์แนวดิ่ง 42
4.12 ตัวจับยึดหย่อง 42
4.13 การประกอบแกนสไลด์กับบูท 42
4.14 ขอยึด 43
4.15 ตัวยึดจับไวโอลิน 43
4.16 คานยึด 43
4.17 ตัวรองรับมอเตอร์ 44

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.18 ประกอบมอเตอร์เข้ากับตัวรองรับมอเตอร์ 44
4.19 ประกอบข้อเหวี่ยงเข้ากับมอเตอร์ 44
4.20 ประกอบก้านชักเข้ากับข้อเหวี่ยงและตัวยึดจับหย่อง 45
4.21 แสดงผลการแต่งตีนหย่องก่อนและหลัง 48
4.22 ทดลองการแต่งตีนหย่องไวโอลิน 49
4.23 แสดงจุดคุ้มทุนในการแต่งหย่อง 52
ง.1 เครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน 68
ง.2 ชุดรางเลื่อน 69
ง.3 ฐาน 70
ง.4 แกนสไลด์แนวนอน 71
ง.5 แกนสไลด์แนวดิ่ง 72
ง.6 ชุดจับยึด 73
ง.7 คานยึด 74
ง.8 เสายึด 75
ง.9 BOX ยึด 76
ง.10 ขอยึด 77
ง.11 ข้อเหวี่ยง 78
ง.12 แขนข้อเหวี่ยง 79
ง.13 ตัวจับหย่อง 80

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ไวโอลินที่เป็นเครื่องดนตรีที่มีเสียงไพเราะและเป็นเอกลักษณ์ของตัวมันเอง ชิ้นส่วนที่ประกอบขึ้นเป็นตัวไวโอลินแต่ละชิ้นส่วนจะส่งผลโดยตรงต่อเสียงของไวโอลิน ซึ่งชิ้นส่วนชิ้นหนึ่งที่มีความสำคัญเช่นกันก็คือหย่องไวโอลิน หย่องไวโอลินมีความสำคัญกล่าวได้คือ เป็นตัวกลางในการส่งคลื่นเสียงจากสายทั้งสี่สายออกไปยังไม้แผ่นหน้า และไม้แผ่นหลังโดยมี เบสบาร์ (Bass-bar) เป็นตัวกระจายคลื่นเสียงจากหย่องไปสู่ไม้แผ่นหน้าอีกส่วนหนึ่งคือ หลักเสียง (Sound Post) เป็นตัวกระจายคลื่นเสียงจากหย่องไปสู่ไม้แผ่นหลัง

ก่อนการติดตั้งหย่อง (Bridge) ต้องทำการแต่งหย่องเสียก่อน การแต่งหย่องจะประกอบไปด้วยสามส่วนหลักๆ คือ ส่วนโค้งด้านบน รูและส่วนเว้าต่างๆ ซึ่งสองส่วนแรกนี้เจ้าของไวโอลินสามารถแต่งเองได้ และส่วนสุดท้ายที่สำคัญมากต้องอาศัยช่างผู้ชำนาญก็คือ ตีนหย่อง การแต่งตีนหย่องนั้นต้องคำนึงถึงองค์ประกอบหลายๆ ด้านด้วยกันคือ เมื่อวางหย่องลงบนไม้ด้านหน้าแล้วตีนหย่องต้องวางแนบสนิทกับไม้แผ่นหน้า ควรแต่งตีนหย่องให้มีความบางมากๆ เพราะตีนหย่องยิ่งบางการส่งคลื่นสั่นสะเทือนของสายจะส่งผ่านไปได้ดีมากยิ่งขึ้น การวางตำแหน่งของตีนหย่องด้านซ้ายต้องตรงกับเบสบาร์และด้านขวาต้องตรงกับหลักเสียง และวางอยู่ตรงกลางของไม้แผ่นหน้าระหว่างช่องเสียง ดังนั้นเวลาเหลาตีนหย่องต้องเหลาให้ตรงตามตำแหน่งการวางของตีนหย่องด้วย

ทางคณะผู้จัดทำได้เล็งเห็นว่าการแต่งตีนหย่องมีความยุ่งยากมาก จึงได้คิดออกแบบและสร้างเครื่องแต่งตีนหย่องขึ้นเพื่อลดหรือแก้ไขปัญหา ทรัพยากรบุคคลที่มีความรู้ความสามารถเรื่องการแต่งหย่องไวโอลินที่มีอยู่จำนวนจำกัด (ช่างแต่งหย่องไวโอลินในประเทศไทยมีน้อย) ลดข้อผิดพลาดจากการทำงานของคน กล่าวคือการทำงานของคนย่อมเกิดการผิดพลาดได้เสมอ ดังนั้นการใช้ช่างแต่งตีนหย่องที่มีความชำนาญก็ต้องเกิดข้อผิดพลาดได้เช่นกัน ข้อผิดพลาดที่พบบ่อยคือ เมื่อทำการแต่งหย่องไปเรื่อยๆ จึงทำให้เมื่อยล้า แรงในการขัดไม่สม่ำเสมอเกิดการทิ้งน้ำหนักมือไปข้างใดข้างหนึ่งทำให้ตีนหย่องเอียง เมื่อนำไปวางบนไม้แผ่นหน้าจะวางไม่ตรงตำแหน่งของการวางหย่องและวางได้ไม่แนบสนิทกับไม้แผ่นหน้าของไวโอลิน ลดต้นทุนจากข้อผิดพลาดจากการทำงานของคนทำให้หย่องเกิดความเสียหายไม่สามารถนำมาใช้งานได้อีก จึงต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นในการที่ต้องซื้อหย่องมาเปลี่ยนใหม่ และอีกประการคือในโรงเรียนหรือสถาบันสอนดนตรีที่มีการเรียนการสอนไวโอลินควรจะมีเครื่องแต่งตีนหย่องไว้ใช้ เพราะเมื่อต้องการแต่งตีนหย่องไวโอลินก็ต้องมีการจ้างช่างผู้ชำนาญทำให้เสียค่าใช้จ่ายในจำนวนมาก และประการสุดท้ายคือ ลดเวลาในการผลิต กล่าวคือในโรงงานที่มีการผลิตไวโอลินปริมาณมากๆ (เช่น โรงงานไวโอลินในประเทศจีน) การแต่งตีนหย่องนั้นต้องอาศัยเวลาในการแต่งค่อนข้างนาน ไม่ทันต่อความต้องการของลูกค้า

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

เครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน สามารถนำมาใช้ในการแต่งตีนหย่องไวโอลินได้

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

1.4.1 สามารถลดระยะเวลาในการแต่งตีนหย่องไวโอลิน

1.4.2 สามารถลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากการควบคุมทิศทางในการแต่งตีนหย่อง แรงกดที่สม่ำเสมอและวางหย่องได้อย่างแนบสนิท

1.4.3 สามารถลดค่าใช้จ่ายในการจ้างช่างผู้ชำนาญได้

1.5 ขอบเขตของการดำเนินโครงงาน

เครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลินทำงานด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ามีข้อเหวี่ยงเป็นตัวส่งกำลังโดยมีรางเลื่อนนำทางให้ตัวจับหย่องเคลื่อนที่ไปมาทำการแต่งตีนหย่องกับกระดาษทราย

1.5.1 เครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลินสามารถใช้แต่งตีนหย่องไวโอลินได้ทุกขนาด

1.5.2 ต้องติดตั้งเครื่องบนตัวของไวโอลินในขณะทำการเดินเครื่อง เพื่อให้ตีนหย่องได้สัมผัสกับส่วนโค้งของตัวไวโอลินมากที่สุด

1.6 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

กรกฎาคม 2554 ถึง มีนาคม 2555

1.7 สถานที่ในการดำเนินการวิจัย

อาคารปฏิบัติการภาควิชาอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินการ (Gantt Chart)

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

แผนการดำเนินงาน	ช่วงเวลา								
	ปี 2554						ปี 2555		
	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1.8.1 ศึกษาส่วนประกอบและเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องของไวโอลิน	←	→							
1.8.2 การออกแบบเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน		←	→						
1.8.3 จัดหาวัสดุอุปกรณ์และสร้างเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน					←	→			
1.8.4 การทดลองเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน วิเคราะห์ผล และแก้ไข								←	→
1.8.5 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและสรุปผลการสร้างเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน								←	→

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 การสร้างแบบสอบถาม

แบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นชุดของคำถาม ซึ่งจัดเรียงไว้อย่างเป็นระเบียบเรียบร้อย สำหรับส่งให้ผู้ตอบอ่านและตอบเอง ส่วนมากมักจะส่งไปให้ผู้ตอบทางไปรษณีย์ การรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามสามารถใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวนมากได้ เสียค่าใช้จ่าย แรงงาน และเวลาน้อยกว่าวิธีการอื่นด้วย แต่ก็มีข้อจำกัด ต้องใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่อ่านออกเขียนได้ และมักจะได้คำตอบกลับคืนมาน้อย อย่างไรก็ตามการใช้แบบสอบถามรวบรวมข้อมูลก็เป็นที่นิยมกันโดยทั่วไป การสร้างแบบสอบถามโดยทั่วไปมีขั้นตอน 7 ขั้นตอนเรียงลำดับดังนี้

2.1.1 กำหนดข้อมูลและตัวชี้วัด ต้องกำหนดให้ชัดเจนว่าข้อมูลหรือสิ่งที่ต้องการทราบนั้นมีอะไรบ้าง และจะใช้อะไรเป็นตัวชี้วัด

2.1.2 เลือกชนิดและรูปแบบคำถาม ต้องเลือกว่าจะใช้คำถามชนิดใด รูปแบบไหน จะใช้เพียงรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง หรือจะใช้หลายรูปแบบผสมกัน

2.1.3 เขียนข้อคำถาม โดยการร่างข้อคำถามแต่ละข้อตามตัวชี้วัดแต่ละตัว ตัวชี้วัดหนึ่งตัวอาจจะมีข้อคำถามหลายข้อก็ได้ เขียนข้อคำถามตามรูปแบบที่เลือกไว้ให้ครอบคลุม ครบถ้วนตัวชี้วัดทุกตัว

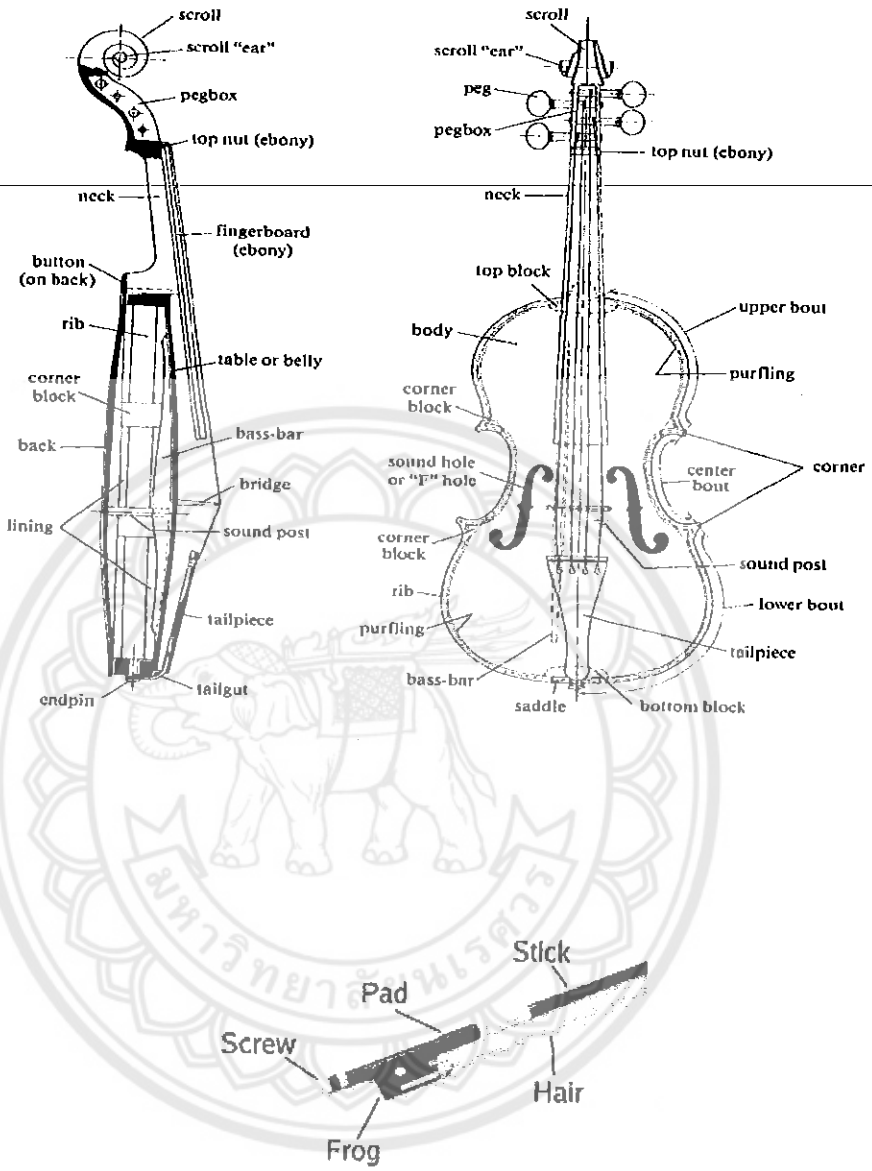
2.1.4 เรียงข้อคำถามและจัดรูปแบบ นำข้อคำถามแต่ละข้อที่ร่างไว้มาจัดเรียงกันวางรูปแบบการเรียงให้แลดูง่ายและสะดวกต่อการตอบ จัดรวมเป็นแบบสอบถาม 1 ชุด พร้อมทั้งมีคำชี้แจ้งการตอบไว้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์

2.1.5 ตรวจสอบและแก้ไขขั้นต้น ตรวจความเรียบร้อยของแบบสอบถามในทุกด้าน

2.1.6 นำแบบสอบถามไปทดลองใช้ เป็นการนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างเล็กๆ เพื่อตรวจสอบคุณภาพของข้อคำถามแต่ละข้อ รวมทั้งตรวจสอบความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ และปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้น เพื่อที่จะได้แก้ไขในตอนนำไปใช้จริง

2.1.7 คัดเลือกข้อคำถาม ปรับปรุงและแก้ไขขั้นสุดท้าย นำผลการทดลองใช้มาพิจารณาคัดเลือกข้อคำถามที่มีคุณภาพดีรวมเป็น 1 ชุด ที่ครอบคลุมเนื้อหาตามที่ต้องการวัด

2.2 โครงสร้างและส่วนประกอบหลักของไวโอลิน



รูปที่ 2.1 รูปส่วนประกอบของไวโอลิน

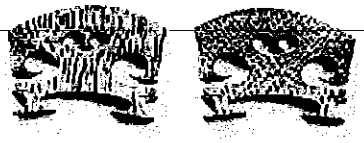
ที่มา : http://www.metromusicroom.com/index.

ตารางที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบของไวโอลิน

ลำดับที่	ชื่อส่วนประกอบ (ภาษาอังกฤษ)	ชื่อส่วนประกอบ (ภาษาไทย)
1	Scroll	หัวไวโอลิน
2	Scroll “ear”	หูรูปก้นหอยของหัวไวโอลิน
3	Peg	ลูกบิดปรับสาย
4	Peg box	กล่องลูกบิดปรับสาย
5	Top nut	น็อตตัวบน
6	Neck	ส่วนคอของไวโอลิน
7	Fingerboard	สะพานนิ้ว
8	Top block	กล่องด้านบน
9	Body	ลำตัว
10	Corner block	กล่องมุม
11	Sound hole or F-hole	ช่องเสียงหรือเอฟ-โฮล
12	Rib	ขอบไวโอลิน
13	Purfling	เพอร์ลิง
14	Bass-bar	เบสบาร์
15	Bridge	หย่อง
16	Sound post	หลักเสียง
17	Saddle	ขอบสัน
18	Bottom block	กล่องด้านล่าง
19	Tailpiece	หาง
20	Tailgut	ส่วนท้ายของหาง
21	Endpin	หมุดด้านท้าย
22	Lining	ซับใน
23	Lower bout	ส่วนล่างของลำตัวไวโอลิน
24	Corner	มุม
25	Center bout	ส่วนกลางของลำตัวไวโอลิน
26	Upper bout	ส่วนบนของลำตัวไวโอลิน
27	Back	ไม้แผ่นหลัง
28	Table or Belly	ไม้แผ่นหน้า
29	Srcew	สกรูปรับหางม้า
30	Pad	ฐาน
31	Stick	ไม้
32	Frog	ไม้ประกบหางม้า
33	Hair	หางม้า

2.3 หย่อง

หย่อง (Bridge) เป็นส่วนประกอบสำคัญของไวโอลินซึ่งเป็นตัวส่งผ่านเสียงไปยังกล่องเสียงหรือลำตัวของไวโอลิน (Body) การส่งผ่านเสียงของหย่องที่ดี หย่องต้องได้รับการตกแต่งและมีลักษณะดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างของหย่อง
ที่มา : http://th.wikipedia.org

2.3.1 ส่วนขอบโค้งของหย่องไม่ควรหนาเกินกว่า 1.2 มิลลิเมตร ถ้ามากไปเสียงจะอับและไม่กังวาน ความโค้งต้องไม่โค้งมากหรือน้อยจนเกินไป เพราะจะทำให้สายมีระดับที่สูงเกินไปเล่นไม่สะดวก (แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับผู้เล่น)

2.3.2 ตีนหย่องต้องแนบสนิทกับไม้แผ่นหน้า (Table or Belly) และไม้แผ่นหน้าควรหนาประมาณ 4 มิลลิเมตร เพื่อสร้างความสมดุลของเสียง

2.3.3 หย่องต้องตั้งฉากกับไม้แผ่นหน้า เมื่อติดตั้งแล้วควรมีความมั่นคงไม่เอนหรือเอียงไปด้านซ้ายหรือขวา

2.3.4 ร่องพาดสาย (String Grooves) ทั้งสี่สาย ควรมีความลึกหนึ่งในสามของขนาดสายและกว้างเท่ากับขนาดของสาย

2.3.5 หย่องโดยทั่วไปมีขนาด หนา 5 มิลลิเมตร กว้าง 4.5 – 5 เซนติเมตร ยาว 5 เซนติเมตร และขนาดของตีนหย่อง หนา 3 มิลลิเมตร

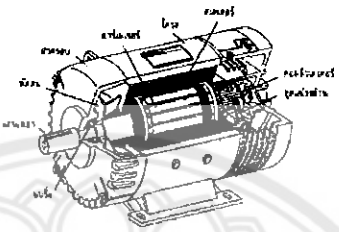
2.4 หลักการการเกิดเสียงของไวโอลิน

การเกิดเสียงของไวโอลินนั้นจะเริ่มจาก การสั่นสะเทือนของสายเมื่อมีการสีไวโอลิน แรงสั่นสะเทือนจะถูกส่งผ่านไปยังหย่อง (Bridge) ลงสู่ตีนหย่องทั้งสองด้าน ตีนหย่องจะถูกวางไว้ด้านบนของไม้แผ่นหน้า (Table or Belly) ของไวโอลิน โดยที่ตีนหย่องด้านซ้ายจะวางให้ตรงกับเบสบาร์ (Bass-Bar) ตำแหน่งของเบสบาร์จะติดอยู่ด้านล่างของไม้แผ่นหน้า เมื่อแรงสั่นสะเทือนเคลื่อนที่ลงมาสู่ไม้แผ่นหน้าและเบสบาร์จะทำให้ไม้แผ่นหน้าเกิดการสั่นสะเทือน โดยที่เบสบาร์จะทำหน้าที่เป็นตัวกระจายแรงสั่นสะเทือนให้ไม้แผ่นหน้าอย่างทั่วถึง ส่วนตีนหย่องด้านขวาจะถูกวางให้ตรงกับหลักเสียง (Sound Post) หลักเสียงจะมีลักษณะเป็นแท่งไม้กลมจะถูกวางตั้งฉากระหว่างไม้แผ่นหน้ากับไม้แผ่นหลัง (Back) ของไวโอลิน เมื่อแรงสั่นสะเทือนเคลื่อนที่ลงมาสู่ไม้แผ่นหน้าจะทำให้ไม้แผ่นหน้าเกิดการสั่นสะเทือน แรงสั่นสะเทือนจะถูกส่งผ่านลงมายังหลักเสียงและเข้าไปสู่ไม้แผ่นหลัง ทำให้ไม้แผ่น

หลังของไวโอลินเกิดการสั่นสะเทือน การสั่นสะเทือนของไม้แผ่นหน้าและไม้แผ่นหลังจะทำให้เกิดเป็นคลื่นเสียงส่งออกมายังช่องเสียง (Sound hole or F-hole) ทั้งสองช่องที่อยู่ด้านข้างของไม้แผ่นหน้า จากหลักการเกิดเสียงจะเห็นได้ว่าหย่องเป็นตัวกลางสำคัญของการเกิดเสียงของไวโอลิน

2.5 ทฤษฎีมอเตอร์

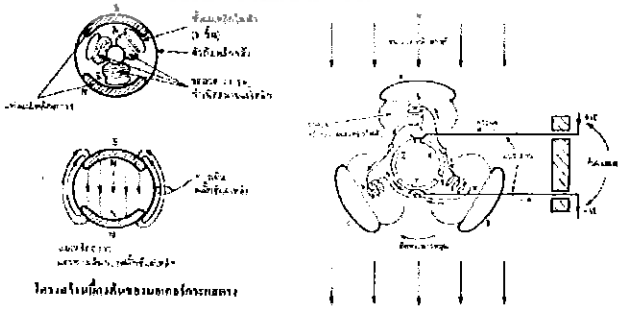
มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลโดยการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า



รูปที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบของมอเตอร์
ที่มา : ไชยชาญ หินเกิด (2544)

2.5.1 หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลในตัวนำซึ่งอยู่ในสนามแม่เหล็กนั้นจะทำให้เกิดแรงขึ้นในตัวนำ ทิศทางของแรงที่เกิดขึ้นได้ แรงที่เกิดขึ้นนี้จะอยู่ในแนวที่ตั้งฉากกับเส้นแรงแม่เหล็ก และกระแสก็จะไหลผ่านในตัวนำนั้นๆ ดังนั้น เมื่อมีกระแสไหลในขดลวดตัวนำที่พันอยู่บนแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ จะเกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นรอบๆ ตัวนำ และจะเกิดการทำปฏิกิริยากับเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากขั้วแม่เหล็กของมอเตอร์ ทำให้เกิดแรงผลักขึ้นบนตัวนำจึงทำให้อาร์เมเจอร์หมุนไปได้ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เครื่องกลไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล เครื่องกลไฟฟ้าชนิดนี้เรียกว่ามอเตอร์

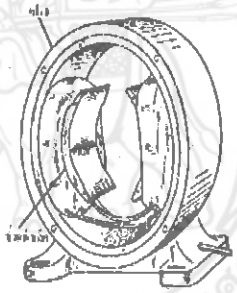


รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างทั่วไปของมอเตอร์กระแสตรง
ที่มา: http://www.technicnan.ac.th/nan_ntc/adisak51/page21.html

2.5.2 โครงสร้างหลักของมอเตอร์กระแสตรง

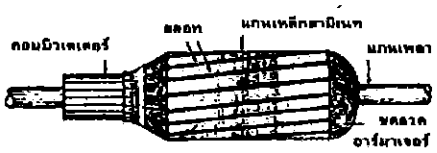
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง มีโครงสร้างและหลักการที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งโครงสร้างจะประกอบด้วยส่วนใหญ่ๆ 2 ส่วนคือ ส่วนที่อยู่กับที่ เรียกว่า สเตเตอร์ (Stator Part) และส่วนที่เคลื่อนที่ เรียกว่า โรเตอร์ (Rotor Part)

2.5.2.1 สเตเตอร์ (Stator Part) สเตเตอร์เป็นส่วนที่อยู่กับที่ประกอบด้วยเปลือกโครงสร้างทำมาจากเหล็กหล่อ หรือสารแม่เหล็กทำหน้าที่ยึดขั้วแม่เหล็ก และส่วนประกอบทั้งหมดเป็นทางเดินของแรงแม่เหล็ก ขั้วแม่เหล็ก ทำมาจากแผ่นเหล็กบางๆ อัดซ้อนเข้าด้วยกันโดยแต่ละแผ่นจะเคลือบไว้ด้วยฉนวน ขั้วแม่เหล็กนี้จะยื่นออกมาจากจากโครง ขดลวดสนามแม่เหล็กหรือขดลวดฟิลด์คอยล์ เป็นขดลวดที่พันไว้รอบขั้วแม่เหล็ก ขดลวดแม่เหล็กจะพันจากแบบภายนอก แล้วสวมเข้ากับขั้วแม่เหล็ก ซึ่งขั้วแม่เหล็กนั้นสามารถถอดได้ ขดลวดสนามแม่เหล็กนี้ต้องมีขนาดที่พอดี คือไม่แน่นหรือหลวมจนเกินไป ขดลวดสนามแม่เหล็กทำหน้าที่สร้างแรงสนามแม่เหล็ก ขดลวดฟิลด์คอยล์มี 2 ชนิด คือ ชนิดที่ 1 ขดลวดชันต์ฟิลด์ ขดลวดนี้จะพันด้วยลวดเส้นเล็กดังนั้นความต้านทานจะสูง ชนิดที่ 2 ขดลวดซีรีส์ฟิลด์ ขดลวดนี้จะพันด้วยลวดเส้นใหญ่ดังนั้นความต้านทานจะต่ำ



รูปที่ 2.5 โครงสร้างภายนอก (สเตเตอร์) ของมอเตอร์
ที่มา : ไชยชาญ หินเกิด (2544)

2.5.2.2 โรเตอร์ (Rotor Part) เป็นส่วนที่เคลื่อนที่อยู่ภายใน สเตเตอร์ ประกอบด้วย แกนเหล็กอาร์เมเจอร์ ทำมาจากแผ่นเหล็กบางๆ ที่ด้านหนึ่งฉาบด้วยฉนวนอัดซ้อนเข้าด้วยกันเป็นรูปทรงกระบอกเพื่อลดการสูญเสียจากฮีตเตอรีซีส และกระแสไหลวนในแกนเหล็ก



รูปที่ 2.6 แสดงแกนเหล็กอาเมเจอร์ (โรเตอร์) ของมอเตอร์
ที่มา : ไชยชาญ หินเกิด (2544)

แกนเหล็กอาร์เมเจอร์ทำเป็นช่องสลอตไว้เพื่อที่จะบรรจุขดลวดอาร์เมเจอร์ และที่แกนเหล็กอาร์เมเจอร์ได้มีการเจาะรูไว้ด้วย เพื่อช่วยระบายความร้อน ขดลวดอาร์เมเจอร์ คือ ขดลวดที่บรรจุลงในช่องสลอตของแกนเหล็กอาร์เมเจอร์โดยขดลวดนั้นทำมาจากลวดทองแดงอาบฉนวน ขดลวดอาร์เมเจอร์นิยมพันจากภายนอกแล้วจึงนำไปบรรจุลงในช่องสลอท คอมมิวเตเตอร์ เป็นส่วนที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับที่เกิดขึ้นในขดลวดอาร์เมเจอร์ให้ไปเป็นไฟฟ้ากระแสตรง คอมมิวเตเตอร์ทำมาจากแท่งทองแดงลักษณะคล้ายลิ่มเพื่อให้ได้นำมาประกอบเข้ากันเป็นรูปทรงกระบอก คอมมิวเตเตอร์แต่ละตัวจะมีฉนวนหนาที่แข็งแรงขั้นไว้

2.5.3 ทอร์คของมอเตอร์

มอเตอร์ในปัจจุบัน ตัวนำใส่ไว้ในร่องสล็อตของอาร์เมเจอร์แบบกลอง (Drum Armature) เช่นเดียวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มอเตอร์ขนาดใหญ่กำลังสูงจะกินกระแสมากมักจะพันขดลวดอาร์เมเจอร์แบบ Lap Winding ส่วนมอเตอร์ขนาดเล็กกำลังต่ำกินกระแสน้อยพันขดลวดแบบ Wave Winding ด้วยเหตุนี้มอเตอร์จึงสร้างทอร์คให้เกิดขึ้น และผลักดันให้อาร์เมเจอร์หมุนได้ ทอร์คของมอเตอร์สามารถคำนวณได้ตามสมการไฟฟ้าต่อไปนี้

$$T = F \times r \qquad (2.1)$$

เมื่อ

T = โมเมนต์บิด มีหน่วยเป็น นิวตันเมตร

F = แรงที่เกิดขึ้น มีหน่วยเป็น นิวตัน

r = รัศมีของเพลากลม มีหน่วยเป็น เมตร

2.5.4 คำนวณหากำลังของมอเตอร์

การคำนวณหากำลังของมอเตอร์ เมื่อแรง F นิวตัน กระทำสัมผัสกับเพลาทำให้เพลาหมุนความเร็วรอบต่อนาที ขณะเพลาหมุน 1 รอบ ซึ่งสามารถคำนวณหากำลังของมอเตอร์ได้จาก

$$P = \frac{2\pi TN}{60} \qquad (2.2)$$

เมื่อ

P = กำลังของมอเตอร์ มีหน่วยเป็น วัตต์

T = โมเมนต์บิดที่กระทำกับเพลา มีหน่วยเป็น นิวตันเมตร

N = ความเร็วรอบของมอเตอร์ มีหน่วยเป็น รอบ/นาที

2.6 กำลังต้านทานแรงดัด

กำลังต้านทานแรงดัดได้ถูกพิจารณาโดยโมดูลัสการแตกหัก ซึ่ง ณ จุดที่ขาดการวิบัติของไม้ที่นำมาพิจารณาจะอาศัยค่าของแรงดึงและค่าของแรงอัดประลัย โดยคำนวณจากสูตรของแรงอัด แทนค่าด้วยแรงดัดประลัย สำหรับสาเหตุที่ไม่เรียกว่าเป็นหน่วยแรงดัดสูงสุดเนื่องจากค่าที่คำนวณจากสูตรของแรงดัดที่คำนวณได้มีค่าเกินขอบเขตที่ตั้งสมมติฐานที่กำหนดของแรงดัด

สูตรของแรงดัดเพื่อคำนวณหาโมดูลัสการแตกหักนี้ ได้จากสมการ

$$\text{Modulus of Rupture} = (1.5 \times P_c \times L) / (b \times d^2) \qquad (2.3)$$

เมื่อ

Modulus of Rupture = ค่าโมดูลัสแตกหัก (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)

P_c = ค่าน้ำหนักกดที่ทำให้แท่งทดสอบวิบัติ (กิโลกรัม)

L = ความยาวของแท่งทดสอบ (เซนติเมตร)

b = ความกว้างของแท่งทดสอบ (เซนติเมตร)

d = ความหนาของแท่งทดสอบ (เซนติเมตร)

2.7 การออกแบบ (Design)

ในการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ซึ่งเป็นงานที่มีความรับผิดชอบมากเพื่อต้องการให้ผลิตภัณฑ์ได้รับความนิยมจากตลาดอยู่ในระยะพอสมควร ดังนั้นหลังจากที่ได้มีการปฏิบัติการเกี่ยวกับขั้นตอนการเตรียมงานเป็นที่เรียบร้อยแล้วนักออกแบบจำเป็นต้องรวบรวมข้อมูลต่างที่ได้จากการเตรียมงานขั้นแรกมาศึกษา ทำความเข้าใจร่วมกับนักวิชาการอื่นและผู้บริหารเพื่อสรุปผลการดำเนินการออกแบบต่อไป

ในขั้นการออกแบบ นับเป็นขั้นตอนที่นักออกแบบเป็นผู้มีหน้าที่สัมผัสกับงานอย่างละเอียดใกล้ชิดทุกขั้นตอน ทั้งนี้นักออกแบบอาจจะมีการทำงานเป็นคณะ ขั้นการออกแบบเป็นระยะที่นักออกแบบต้องใช้ความรู้ทางทฤษฎี ความสามารถ สติปัญญา อย่างเต็มความสามารถของตนเพื่อให้บรรลุความสำเร็จอันงดงามตามที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้

ในงานออกแบบจะกำหนดกฎเกณฑ์ให้แน่นอนลงไปได้ เพราะการออกแบบขึ้นอยู่กับเหตุผลการเวลา สิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นอิทธิพลอันสำคัญ โดยเฉพาะเมื่อรูปแบบผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับสามมิติ การเขียนแบบแสดงด้วยแบบอาจจะได้รูปที่ดูสวยงามดีแต่เมื่อขึ้นรูปเป็นหุ่นจำลองแล้ว อาจไม่สวยก็ได้ นักออกแบบจะต้องเป็นผู้ที่มีความสามารถในงานหลายๆ ด้าน

การออกแบบ จึงมีความจำเป็นที่ต้องเข้าใจเกี่ยวกับหลักการอันเป็นทฤษฎีและหลักการปฏิบัติต่างๆ เป็นพื้นฐานเป็นอย่างดีก่อนดังต่อไปนี้

2.7.1 การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (Principle of Industrial Design)

การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม โดยที่ได้ทำการค้นคว้าวิจัยอันเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลต่างๆ ซึ่งนักออกแบบจะต้องทำความเข้าใจอย่างดีและนำมาเป็นแนวทางสิ่งที่นักออกแบบจะต้องคำนึงถึงหลักมีดังต่อไปนี้

2.7.1.1 หน้าที่ใช้สอย (Function)

หน้าที่ใช้สอยนับเป็นสิ่งจำเป็นที่สุดที่จะต้องมีหน้าที่ใช้สอยถูกต้องตามความเป็นจริง สนองความต้องการของผู้ใช้ให้มากที่สุด เช่น ที่เขี่ยบุหรี่สำหรับสาธารณะกับที่เขี่ยบุหรี่เฉพาะบุคคล หรือสำหรับใช้ในห้องประชุม ย่อมมีหน้าที่ใช้สอยที่แตกต่างกัน การออกแบบต้องคำนึงถึงหน้าที่ให้สามารถตอบสนองได้จริง

สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีระบบกลไก หรือเครื่องจักรกลเข้าประกอบด้วย ควรจะมีระบบการทำงานหรือสมรรถภาพการทำงานที่คล่องตัว ทำงานสะดวกไม่ขัดข้อง และง่ายเป็นต้น

การออกแบบผลิตภัณฑ์ในลักษณะที่มีหน้าที่ใช้สอยได้หลายอย่าง ที่เรียกว่าเอนกประสงค์ นับเป็นหลักการที่หน้าสนใจสำหรับปัจจุบันและอนาคต เพราะจะส่งผลในด้านการประหยัดได้อีกทางหนึ่ง เช่น ที่บดอาหาร ยังสามารถนำมาทำ น้ำผลไม้ได้อีก เป็นต้น

2.7.1.2 ความปลอดภัย (Safety)

ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันว่า สิ่งที่อำนวยประโยชน์ได้มากน้อยเพียงใดย่อมจะมีโทษเพียงนั้น ผลิตภัณฑ์ที่ให้ความสะดวกต่างๆ มักจะเกิดจากเครื่องจักรกล เครื่องผลิตภัณฑ์ไฟฟ้า การออกแบบควรคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้ ถ้าหากหลีกเลี่ยงไม่ได้ ก็ต้องแสดงเครื่องหมายให้ชัดเจน หรือมีคำอธิบายไว้

ผลิตภัณฑ์สำหรับเด็ก ต้องคำนึงถึงวัสดุเป็นพิษ เวลาเด็กเอาเข้าปากกัดหรืออม นักออกแบบจะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้เป็นสำคัญ

2.7.1.3 ความแข็งแรงของโครงสร้าง (Construction)

ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ กล่าวคือ นักออกแบบจะต้องรู้จักเลือกโครงสร้างให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์เพื่อการรับน้ำหนักมากน้อยเพียงใด ให้มีความแข็งแรงทั้งต้องประหยัดด้วย ทั้งนี้เกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุ และขนาดรูปแบบของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะต้องมีความสัมพันธ์กัน ปัญหาอยู่ที่ว่ารูปแบบที่มีความแข็งแรงจะขาดความสวยงาม ซึ่งนักออกแบบจะต้องใช้ความสามารถแก้ปัญหาให้มีความเหมาะสม

2.7.1.4 ความสะดวกสบายในการใช้ (Ergonomics)

ความสะดวกในการใช้ผลิตภัณฑ์อย่างเหมาะสม ดังนั้น นักออกแบบจะต้องคำนึงถึงสัดส่วน ขนาด และขีดจำกัดของอวัยวะส่วนต่างๆ ของผู้ใช้ เช่น เก้าอี้ ต้องมีความสูงพอเหมาะ มีความนุ่มนวล นั่งแล้วสบาย หรือด้ามจับมือถือที่เป็นเครื่องมือต่างๆ ควรคำนึงถึงให้สามารถจับได้สบายขนาดพอเหมาะไม่เล็กหรือใหญ่เกินไป และเมื่อยง่าย

การออกแบบประตูรถยนต์ในระบบที่เปิดสูงขึ้น โดยที่มีบานพับอยู่ส่วนบนของหลังคา นับเป็นการออกแบบที่ให้ความสะดวกในการใช้และสามารถประหยัดพื้นที่ในขณะที่ใช้อีกด้วย

2.7.1.5 ความสวยงามน่าใช้ (Aesthetics)

นักออกแบบจะต้องออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีรูปร่างสีสันสวยงามน่าใช้ ชวนให้ผู้ซื้ออยากซื้อความแปลกใหม่ของรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่ทำให้ประชาชนสนใจซื้อไว้อีกทั้งๆ ที่ของเดิมยังใช้การได้อยู่ เป็นต้น

ในทางความรู้สึกทางสุนทรียภาพ นักออกแบบสามารถช่วยยกระดับรสนิยมเกี่ยวกับรูปแบบและสีของผลิตภัณฑ์แก่ประชาชนและผู้ใช้ให้ดีขึ้น

2.7.1.6 ราคาพอสมควร (Cost)

นักออกแบบจะต้องรู้จักเลือกชนิดของวัสดุและกรรมวิธีการผลิตได้ง่ายและรวดเร็ว อันเป็นผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีราคาพอสมควรเหมาะสมกับค่าครองชีพ

ราคาพอสมควรอาจแก้ปัญหาโดยการทำหลายๆ ขนาด โดยให้ประชนสามารถเลือกซื้อใช้ตามความเป็นอยู่ และเศรษฐกิจของตน

2.7.1.7 สามารถซ่อมแซมได้ง่าย (Ease of Maintenance)

การออกแบบผลิตภัณฑ์ต้องออกแบบให้มีการแก้ไขซ่อมแซมได้ง่ายไม่ยุ่งยาก เมื่อมีการใช้งานแล้วเกิดชำรุดเสียหายขึ้น การมีอะไหล่เพื่อสามารถเปลี่ยนใหม่อันเกี่ยวพันกับการบริการ

ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบางประเภทที่มีวัตถุประสงค์ในการใช้สอย เพียงระยะเวลาสั้นๆ เพื่อให้การผลิตใหม่เป็นการตอบสนองความสามารถในการผลิตได้อย่างรวดเร็ว โดยที่การซ่อมทำให้เสียเวลาและสิ้นเปลืองแรงงานมากกว่า จึงทำให้เกิดระบบผลิตภัณฑ์แล้วทำลายหมุนเวียนกันเท่านั้น

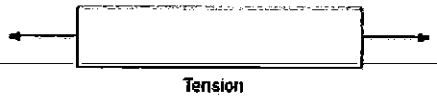
2.7.2 วัสดุ

ในการนำวัสดุต่างๆ มาใช้กับงานออกแบบผลิตภัณฑ์นั้นมีวัสดุหลายชนิดที่จะให้เลือกใช้ซึ่งอยู่กับการเลือกใช้ที่ถูกต้องและเหมาะสม กล่าวคือการนำวัสดุมาแปรรูปหรือใช้สร้างชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ต่างๆ นั้น จำเป็นต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติและจุดอ่อนต่างๆ ของวัสดุแต่ละชนิด เพื่อจะได้เลือกใช้ชนิดและวิธีการผลิตให้เหมาะสมกับการให้งานนอกจากนี้แล้วเพื่อใช้ประกอบการพิจารณาเลือกเครื่องมือเครื่องจักรที่จะใช้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและเพื่อสามารถเลือกวิธีการยึดต่อประสานได้อย่างเหมาะสม การตกแต่งสามารถทำได้ง่าย สะดวก มีความสวยงาม และราคาพอเหมาะกับผลิตภัณฑ์นั้นๆ สามารถที่จะผลิตขึ้นเพื่อจำหน่ายในท้องตลาดได้

2.7.2.1 คุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้งาน

ก. ความแข็งแรง (Strength) คือ ความสามารถในการรับแรงโดยไม่ทำให้วัสดุแตกหักหรือเกิดความเสียหายความแข็งแรงนี้แบ่งออกเป็น

ข. ความแข็งแรงในการรับแรงดึง (Tensile Strength) คือ ความสามารถของวัสดุที่จะต้านทานการแตกหักเมื่อได้รับแรงดึงทั้งสองข้างออกจากกัน คุณลักษณะนี้สำคัญสำหรับวัสดุโครงสร้างผลิตภัณฑ์ เช่น พลาสติกสามารถรับแรงดึงสูงสุดประมาณ ½ เท่า ของอะลูมิเนียม เป็นต้น



รูปที่ 2.7 แสดง Tensile Strength

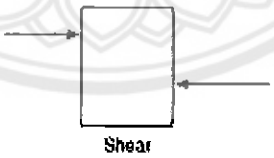
ที่มา : เอกสารคำสอนการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมการผลิต รหัสวิชา 5614102

ค. ความแข็งแรงในการรับแรงอัด (Compressive Strength) คือ ความสามารถของวัสดุที่ต้องต้านทานการปริแตกเมื่อถูกแรงอัด เช่น เหล็กหล่อเป็นวัสดุที่สามารถรับแรงอัดได้สูง แต่สามารถรับแรงดึงได้ต่ำ เป็นต้น

รูปที่ 2.8 แสดง Compressive Strength

ที่มา : เอกสารคำสอนการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมการผลิต รหัสวิชา 5614102

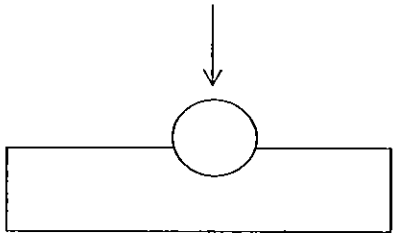
ง. ความแข็งแรงในการรับแรงเฉือน (Shearing Strength) คือ โลหะถูกกรรไกรตัดไม่ฉีกขาดเมื่อถูกแรงเฉือน เช่น เมื่อแผ่นโลหะถูกกรรไกรตัดไม่ฉีกขาดออกจากกัน เป็นต้น



รูปที่ 2.9 แสดง Shearing Strength

ที่มา : เอกสารคำสอนการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมการผลิต รหัสวิชา 5614102

ฉ. ความแข็งของผิว (Hardness) คือ คุณสมบัติของวัตถุในการต้านทานต่อการสึกหรอหรือการขีดข่วนหรือแรงกดวัสดุที่แข็งแรงจะกดวัสดุที่อ่อนกว่าให้เป็นรอย



รูปที่ 2.10 แสดง Hardness

ที่มา : เอกสารคำสอนการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมการผลิต รหัสวิชา 5614102

ช. ความเปราะ (Brittleness) เป็นลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ในงานออกแบบผลิตภัณฑ์ เมื่อนำวัสดุมางอหรือทุบกระแทก วัสดุนั้นแตกหักเป็นเสี่ยงๆ ง่าย แทนที่จะโค้งงอเรียกว่าวัสดุเปราะ

ซ. ความสามารถในการยืดตัว (Ductility) คือ คุณสมบัติของวัสดุสามารถที่จะดึงหรืออัดให้ยืดตัวออกง่ายโดยไม่แตกหักหรือขาดออกจากกัน เช่น อะลูมิเนียม ทองแดง เหล็กกล้า ทองเหลือง และพลาสติก เป็นต้น

ฌ. ความสามารถในการบิดงอและอัดขึ้นรูปได้ (Malleability) คือ คุณสมบัติของวัสดุที่สามารถในการยืดตัว เช่น โลหะอ่อนสามารถบิดงอได้ดีกว่าโลหะแข็ง เป็นต้น

ญ. ความสามารถในการยืดหยุ่นตัว (Elasticity) คือ คุณสมบัติในการคืนตัวสู่ที่เก่าภายหลังจากถูกแรงดึงหรืออัด เช่น แท่งยางเมื่อเราดึงออกจากกัน เมื่อปล่อยมือแท่งยางจะหดกลับคืนที่เดิม เป็นต้น

ฑ. ความสามารถในการนำหรือเป็นฉนวนไฟฟ้า (Electrical Conductivity) คือ วัสดุที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลได้ดี เช่น ทองแดง อะลูมิเนียม เป็นต้น และวัสดุที่ไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ง่าย เช่น ยาง พลาสติก เป็นต้น

ฒ. ความสามารถในการนำความร้อน (Heat Conductivity) คือ วัสดุบางอย่างสามารถทำให้ความร้อนไหลผ่านได้ดี เช่น ทองแดง อะลูมิเนียม เป็นต้น และวัสดุบางอย่างไม่ยอมให้ความร้อนไหลผ่านได้ง่าย เช่น กระดาษ ชานอ้อย ไม้และใยแก้ว เป็นต้น

2.7.3 ลักษณะที่สำคัญของวัสดุ

2.7.3.1 ผิว

ผิวของวัสดุต่างชนิดกันไม่เหมือนกัน เช่น เหล็กกล้ามีผิวเรียบ สีเทากระเดียดไปทางน้ำเงิน เมื่อเคาะดูมีเสียงแหลงกังวาน เมื่อทดลองหักดูแล้ว จะเห็นเม็ดเกรนละเอียดแน่นอยู่ สีเทาขาวทึบ สำหรับเหล็กหล่อ ผิวจะหยาบ ขรุขระ สีเทาหรือดำ เมื่อเคาะดูเสียงจะดังแป๊กๆ เมื่อทดลองหักดู จะเห็นเม็ดเกรนโตสีเทา

2.7.3.2 ลักษณะการใช้งาน

ชิ้นงานทุกชิ้นสร้างจากวัสดุในลักษณะต่างๆ กัน โดยอาศัยคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุนั้นๆ เป็นเกณฑ์

2.7.3.3 ความหนาแน่น

คิดจากน้ำหนักต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของวัสดุ วัสดุต่างชนิดกันจะมีความหนาแน่นต่างกัน เช่น อะลูมิเนียมจะเบา ความหนาแน่นเท่ากับ 2.7 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร แต่ของตะกั่ว 11.3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งหนักกว่าอะลูมิเนียมประมาณ 4 เท่า

2.7.3.4 ความแข็งแรง

วัสดุต่างๆ ขณะใช้งานโดยเฉพาะอย่างยิ่งในงาน ที่ต้องได้รับความเค้นในลักษณะต่างๆ กัน สลักเกลียวและน็อตเมื่อขันแน่น จะปรากฏว่ามีความเค้นแรงดึงอยู่ในลำตัวค้อน เมื่อตีลงบนผิวงาน ในเนื้อค้อน จะปรากฏเป็นความเค้นแรงอัด หมุดย้ำที่ย้ำอยู่บนโลหะอยู่จะต้องได้รับความเค้นแรงเฉือน วัสดุของสลักเกลียวก็ดี หัวค้อนหรือของหมุดย้ำก็ดี จะสามารถทนรับความเค้นต่างๆ ได้ค่าสูงสุดนั้นไป วัสดุจะชำรุดหักหรือขาดไม่สามารถใช้งานได้ต่อ วัสดุต่างๆ กัน ก็จะรับค่าความเค้นต่างๆ เหล่านี้ไม่เท่ากัน ฉะนั้นจะต้องรู้จักเลือกใช้วัสดุและขนาดของวัสดุนั้นๆ ให้ถูกต้อง

2.7.3.5 ความแข็งแรงของผิว

คุณสมบัติที่สำคัญอีกอันหนึ่งของผิววัสดุคือ ความแข็ง ผิวที่แข็งมากจะสึกหรอได้ยาก ความแข็งดังกล่าว มีความสามารถในการต้านทานการถูกแทงทะลุ ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลมีมากมายหลายชิ้นที่จะต้องทำให้ผิวแข็ง เช่น ผิวของเพลาข้อเหวี่ยงในเครื่องยนต์ เป็นต้น สามารถวัดความแข็งของผิววัสดุได้ด้วยเครื่องมือวัดซึ่งมีอยู่สามระดับด้วยกันคือ วิธีบริเนล วิธีรอคเวล และวิธีวิค-เกอร์

2.7.3.6 ความเปราะ

ความเปราะเป็นคุณสมบัติที่ไม่พึงประสงค์ในการนำวัสดุไปใช้งาน เพราะทันทีที่มีความแรงมากระทบหรือกระแทกแรงๆ วัสดุที่เปราะจะแตกออกเป็นเสี่ยงๆ ทันที วัสดุใดที่มีแต่ความเปราะอย่างเดียว เราไม่ใช้ เว้นแต่วัสดุนั้นจะมีคุณสมบัติเด่นพิเศษในทางด้านอื่นๆ เช่น เหล็กหล่อเปราะแต่ที่เรายังนิยมใช้ เพราะหลอมหล่อแบบขึ้นรูปได้ง่าย

2.7.3.7 ความสามารถในการอัดขึ้นรูป

คุณสมบัติข้อนี้ เป็นลักษณะพิเศษของวัสดุซึ่งเป็นลักษณะที่ดี และสะดวกต่อการทำงาน เราสามารถดัดรีดหรือโค้งขึ้นรูปได้โดยวัสดุนั้นไม่หัก เช่น ทองแดง เป็นต้น

2.7.3.8 ความแข็งแกร่งและความหยุ่นตัว

วัสดุที่แกร่ง ทนต่อความเครียดในลำตัวได้สูง เช่น เหล็ก เมื่อถูกยืดตัวออกและภายในเนื้อเหล็กจะเกิดความเครียดขึ้นก็ตาม แต่เหล็กก็ยังคงตัวอยู่ได้ หากแรงดึงนั้น ยังอยู่ในพิกัดความแข็งแรงเหล็ก

2.7.4 ข้อควรคำนึงถึงในการใช้วัสดุสำหรับงานออกแบบผลิตภัณฑ์

2.7.4.1 ใช้วัสดุอะไรบ้าง และมีข้อกำหนดเกี่ยวกับวัสดุอย่างไร

2.7.4.2 วัสดุที่ใช้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกันหรือไม่

2.7.4.3 สั่งซื้อวัตถุดิบในรูปหรือลักษณะอื่นได้หรือไม่

2.7.4.4 เลือกซื้อขนาดและปริมาตรวัตถุดิบ เพื่อลดความสิ้นเปลืองได้หรือไม่

2.7.4.5 วัสดุที่ใช้มีความเหมาะสมหรือไม่

2.7.4.6 มีวัสดุที่ถูกกว่า หรือสามารถใช้ดีพอกันหรือไม่

2.7.4.7 ใช้วัสดุที่ดีกว่า เพื่อลดความสิ้นเปลือง และเวลาในการผลิตได้หรือไม่

2.7.4.8 ใช้วัสดุที่เสีย ให้เป็นประโยชน์ได้หรือไม่

2.7.4.9 ซื้อชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากที่อื่นได้หรือไม่

2.7.4.10 การขนส่งวัตถุดิบ มีวิธีอื่นหรือไม่

2.7.4.11 มีแหล่งวัตถุดิบ หรือแหล่งสั่งซื้อวัสดุ หรือชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่อื่นหรือไม่

2.7.4.12 ราคา

จากที่กล่าวมาแล้วนั้น นักออกแบบควรศึกษาค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติม เกี่ยวกับวัสดุใหม่ๆ อาจจะหาอ่านจากวารสาร หนังสือ หรืออื่นๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อจะได้นำเทคโนโลยี มาใช้ประกอบการออกแบบ และพัฒนาผลิตภัณฑ์ และอย่าลืมว่าวัสดุเป็นส่วนหนึ่งของแนวทางในการออกแบบที่สำคัญ

2.8 พลาสติกอะคริลิก

แผ่นอะคริลิก (Acrylic) เป็นแผ่นพลาสติกเรียบชนิด Thermoplastic ซึ่งผลิตจากน้ำยา MMA (Methyl Methacrylate) นำไปเข้าระบบหล่อแบบ (Casting System) ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษ คือ เมื่อได้รับความร้อนสูงจะอ่อนตัวลง สามารถดัดหรือขึ้นรูปเป็นแบบต่าง ๆ ได้ และเมื่อเย็นตัวลงจะแข็งตัวและคงสภาพไว้ มีน้ำหนักเบาและสามารถแกะสลัก พ่นสี ระบาย เป็นรูปหรือลวดลายต่างๆ ได้

คุณสมบัติที่สำคัญของพลาสติกอะคริลิกเมื่อเทียบกับเหล็ก

2.8.1 น้ำหนักเบา สามารถขนย้ายได้ง่าย

2.8.2 ทนต่อกรด – ด่างได้ดี ทำให้ไม่เกิดสนิม

2.8.3 กรรมวิธีผลิตชิ้นงานทำได้ง่ายและครั้งละหลาย ๆ ชิ้น

2.8.4 เป็นฉนวน กับกระแสไฟฟ้าได้ดี

2.8.5 สามารถ เชื่อม กลึง ใส เจาะ ประกอบได้ง่าย

2.8.6 ราคามีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ เพราะกรรมวิธีการผลิตทันสมัย และปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้น

2.8.7 ผสมสีเข้ากันได้ดี ชิ้นงานจึงสามารถจะย้อมสีอะไรก็จะทำได้ง่ายและคงทน

2.9 ทฤษฎีแรงเสียดทาน

แรงที่เกิดขึ้นในขณะที่เครื่องกำลังทำงานมีแรงที่เกิดขึ้นระหว่างตีนหย่องกับกระดาษทรายคือแรงเสียดทาน เมื่อวัตถุอยู่นิ่งหรือลื่นไถลไปบนผิว แรงสัมผัสที่ผิวกระทำต่อวัตถุมีแรงในทิศทางตั้งฉากกับแรงในทิศทางขนานกับผิว แรงในทิศทางตั้งฉากเรียกว่า แรงแนวฉาก และแรงในทิศทางขนานกับผิวเรียกว่า แรงเสียดทาน แรงเสียดทานจะมีทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ โดยขนาดของแรงเสียดทานจลน์จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อแรงแนวฉากเพิ่มขึ้น หลักการนี้ใช้ในระบบห้ามล้อรถด้วย ยิ่งแผ่นเบรกถูกบีบเข้ากับจานหมุนแรงมากเท่าใด การห้ามล้อก็จะมีผลมากขึ้นเท่านั้นเช่นเดียวกัน เมื่อหย่องเคลื่อนที่สัมผัสกับกระดาษทรายโดยมีแรงกดมากจะทำให้ผิวของตีนหย่องถูกแต่งออกไปมาก

2.9.1 แรงเสียดทานสถิตย์

แรงเสียดทานสถิตย์ เป็นแรงเสียดทานที่เกิดขึ้น ขณะวัตถุยังไม่มีการเคลื่อนที่ โดยมีค่าตั้งแต่ 0 จนถึงค่ามากที่สุด

ขณะที่วัตถุกำลังจะเริ่มเคลื่อนที่แต่ยังไม่เคลื่อนที่ เกิด $f_{s\,max}$

$$f_{s\,max} = \mu_s N \qquad (2.4)$$

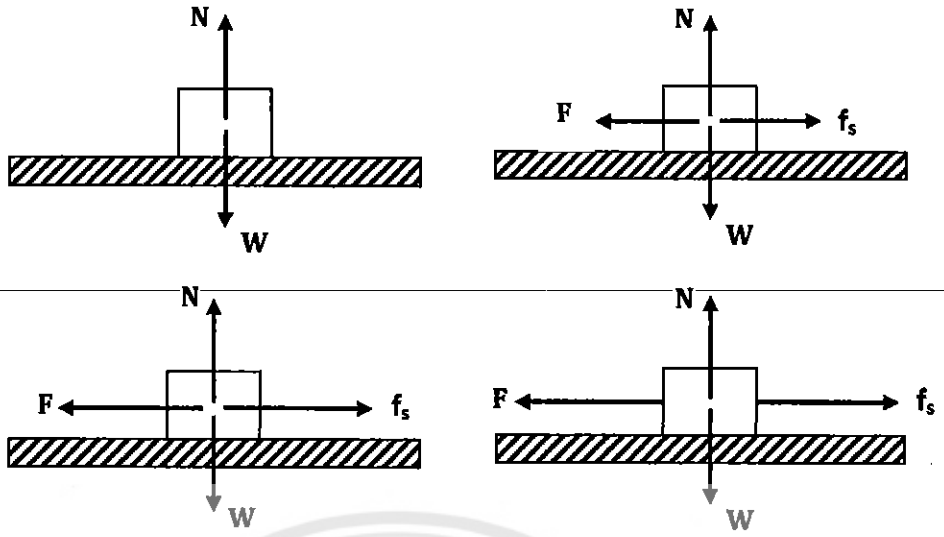
ถ้าวัตถุยังคงหยุดนิ่ง $f_s < f_{s\,max}$ แต่ถ้าวัตถุกำลังจะเริ่มเคลื่อนที่ $f_s = f_{s\,max}$ หรืออาจสรุปได้ว่า $f_s \leq f_{s\,max}$

เมื่อ

f_s คือ แรงเสียดทานสถิต

μ_s คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตย์

N คือ แรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัสกระทำต่อวัตถุ ในทิศตั้งฉาก

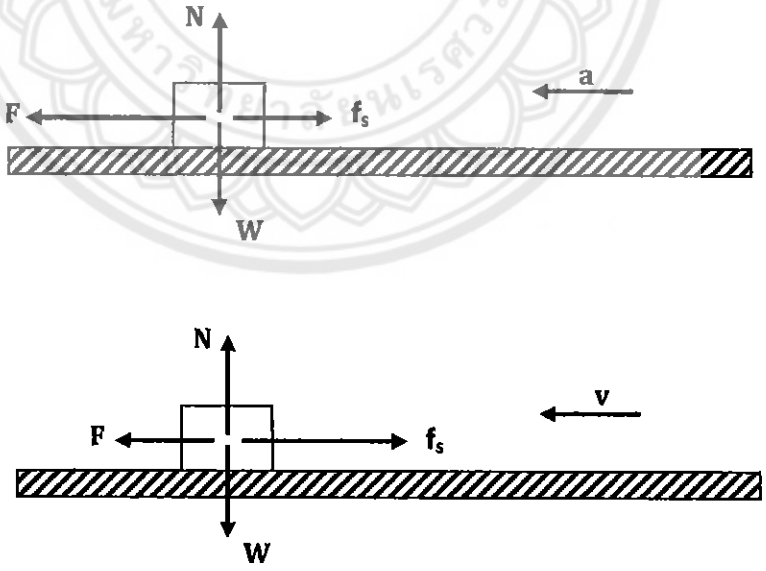


รูปที่ 2.11 แสดงแรงเสียดทานสถิตย์ต่างๆ

ที่มา : Halliday (1993)

2.9.2 แรงเสียดทานจลน์

แรงเสียดทานจลน์ เป็นแรงเสียดทานที่เกิดขึ้น ขณะวัตถุกำลังไถลไปบนผิวของอีกวัตถุหนึ่ง ไม่ว่าจะมีความเร็วคงที่หรือมีความเร่งก็ตาม แรงเสียดทานจลน์นี้ก็มีค่าเดียว



รูปที่ 2.12 แรงเสียดทานจลน์

ที่มา : Halliday (1993)

แรงเสียดทานจลน์

$$f_k=\mu_k N \qquad (2.5)$$

เมื่อ

f_k คือ แรงเสียดทานจลน์

μ_k คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์

N คือ แรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัสกระทำต่อวัตถุ ในทิศตั้งฉาก

ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน คืออัตราส่วนระหว่างแรงกับแรง จึงเป็นตัวเลขที่ไม่มีหน่วย จากค่าในตารางพบว่า สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตย์จะมีค่ามากกว่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์เสมอ

ตารางที่ 2.2 แสดงตัวอย่างค่าประมาณของสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสำหรับผิวสัมผัสแบบต่างๆ

ชนิดของผิวสัมผัส	สถิต μ_s	จลน์ μ_k
เหล็กบนเหล็ก	0.74	0.57
อลูมิเนียมบนเหล็ก	0.61	0.47
ทองแดงบนเหล็ก	0.53	0.36
ทองเหลืองบนเหล็ก	0.51	0.44
สังกะสีบนเหล็กหล่อ	0.85	0.21
ทองแดงบนเหล็กหล่อ	1.05	0.29
แก้วบนแก้ว	0.94	0.40
ทองแดงบนแก้ว	0.68	0.53
ยางบนผิวคอนกรีต (แห้ง)	1.00	0.80
ยางบนผิวคอนกรีต (เปียก)	0.30	0.25

ที่มา : ผศ.จรัส บุณยธรรมา (2543)

2.10 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ช่วยในการตัดสินใจในการลงทุนในโครงการต่างๆ ว่าผลผลิตที่จะผลิตนั้นคุ้มทุนที่จำนวนการผลิตเท่าไร จุดคุ้มทุน (Break-even Analysis) คือจุดที่มีรายรับเท่ากับรายจ่าย นั่นแสดงถึงผลกำไรที่เป็นศูนย์นั่นเอง การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุน รายได้ และกำไรที่ปริมาณการผลิตต่างๆ เหมาะสมกับโครงการระยะสั้น

เงื่อนไขต่างๆ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะการดำเนินโครงการ เพราะถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นจะทำให้ผลการตัดสินใจคลาดเคลื่อนได้

ในการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนต้องอาศัยข้อสมมติต่างๆ ต่อไปนี้

2.10.1 ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกิดขึ้น สามารถแยกได้ว่าเป็นต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร

2.10.2 ประสิทธิภาพ ความสามารถในการผลิต เทคนิค และนโยบาย ไม่เปลี่ยนมีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการดำเนินโครงการที่ทำการวิเคราะห์

2.10.3 ราคาขายไม่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณการขาย

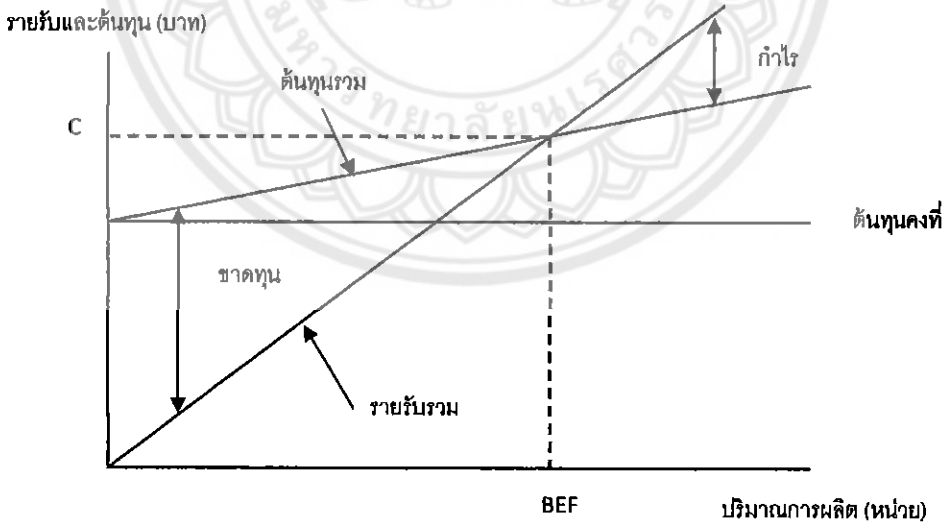
2.10.4 กรณีที่เป็นการขายสินค้าหลายชนิด ส่วนผสมการขายจะคงที่

2.10.5 ไม่พิจารณาในความแตกต่างของสินค้าคงเหลือต้นงวด และสินค้าคงเหลือปลายงวด

2.10.6 ปริมาณสินค้าที่ผลิตและขายได้มีปริมาณเท่ากัน

2.11 ประเภทของการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนสามารถแบ่งได้ 2 ส่วน ตามลักษณะของรายรับและรายจ่าย คือการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเชิงเส้นตรง (Linear Break-Even Point Analysis) และการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนที่ไม่เป็นเชิงเส้นตรง (Non-linear Break-Even Point Analysis) แต่ประเภทของการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนที่ใช้ในที่นี้คือ วิเคราะห์จุดคุ้มทุนเชิงเส้นตรง (Linear Break-Even Point Analysis)



รูปที่ 2.13 แสดงจุดคุ้มทุนเชิงเส้นตรง (Linear Break-Even Point Analysis)

ที่มา : เพียงจันทร์ จริงจิต เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม (2539)

2.12 การคำนวณหาจุดคุ้มทุน

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนโดยทั่วไปมีสองวิธีการคือ การวิเคราะห์โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์และโดยการใช้แผนภูมิ แต่วิธีการใช้สมการทางคณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนได้รับความนิยมมากกว่าวิธีการอื่น

2.13.1 โดยสมการทางคณิตศาสตร์

การหาจุดคุ้มทุนโดยสมการทางคณิตศาสตร์ จะพิจารณาที่จุดคุ้มทุน นั่นคือ

$$Q = \frac{FC}{r - v} \qquad (2.6)$$

เมื่อ

Q = ปริมาณการขาย (หน่วย)

FC = ต้นทุนคงที่รวม

r = ราคาขายต่อหน่วย

v = ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย

ค่า Q ที่ได้จากสมการที่ เป็นปริมาณการขายที่จุดคุ้มทุน ในกรณีที่ต้องการวางแผนการผลิตเพื่อให้ได้กำไรตามที่ต้องการ สามารถหาปริมาณการผลิตหรือขายได้จาก

$$Q^* = \frac{FC + Profit}{r - v} \qquad (2.7)$$

เมื่อ

Q* = ปริมาณการผลิตหรือขาย (หน่วย)

FC = ต้นทุนคงที่รวม

Profit = กำไรที่ต้องการ

r = ราคาขายต่อหน่วย

v = ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย

2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พงษ์ศักดิ์ นาใจคง (2553) จากการทดลองการทำงานของเครื่องฝานกล้วยน้ำว้าสุกสำหรับทำกล้วยเบรกแตกผลการตรวจสอบพบว่าคุณภาพของแผ่นกล้วยที่ใช้เครื่องฝานกล้วยน้ำว้าสุกสำหรับทำกล้วยเบรกแตกมีคุณภาพไม่ด้อยไปกว่าการใช้มือฝานจากการทดลองใช้เครื่องฝานกล้วยน้ำว้าสุกที่ทำการสร้างขึ้นมาสามารถฝานกล้วยน้าว้าสุกได้ปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 27.84 กิโลกรัมต่อชั่วโมงเป็น 52.08 กิโลกรัมชั่วโมงและมีขนาดความหนาของแผ่นกล้วยที่ฝานได้ไม่เกิน 3 มิลลิเมตร

ผดุงศักดิ์ วานิชชัง (2549) เครื่องขัดขาวพริกไทยมีอัตราการทำงานไม่สูงนักเพียง 24.12 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมล็ดพริกไทยที่ได้มีคุณภาพสีขาวเฉลี่ยร้อยละ 33.74 ได้รับเมล็ดเต็มเฉลี่ยร้อยละ 50.79 เมล็ดพริกไทยแตกเฉลี่ยร้อยละ 13.37 และมีลำเปลือกพริกไทยเฉลี่ยร้อยละ 27.84 เมล็ดพริกไทยแตกยังสามารถใช้ทำพริกไทยป่นได้นอกจากนั้นรำเปลือกที่ถูกขัดออกมาเป็นรำแห้งก็ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้อีก จึงทำให้ไม่มีส่วนใดเสียหาย

พิมพ์พรรณ ปรีองาม (2550) การทดสอบหาความต้องการกำลังขับชุดแปลงขัดของเครื่องขัดผิวท่อนอ้อยแบบป้อนต่อเนื่องที่ความเร็วรอบแปรงขัด 3 ระดับ คือ 864 รอบ/นาที 1,080 รอบ/นาที และ 1,152 รอบ/นาที และความเร็วรอบชุดป้อน 3 ระดับ คือ 16.11 รอบ/นาที 24.17 รอบ/นาที และ 36.25 รอบ/นาที พบว่ามีความเร็วรอบแปรงขัด 1,080 รอบ/นาที และความเร็วรอบชุดป้อน 36.25 รอบ/นาที มีความต้องการกำลังขับชุดแปลงขัดในการทำงานต่ำสุดคือ 727.81 วัตต์ จากนั้นทำการทดสอบหาความสามารถในการทำงานของเครื่องขัดผิวท่อนอ้อยแบบป้อนต่อเนื่องมีความเร็วรอบแปรงขัด 3 ระดับ คือ 864 รอบ/นาที 1,080 รอบ/นาที และ 1,152 รอบ/นาที และความเร็วรอบชุดป้อน 3 ระดับ คือ 16.11 รอบ/นาที 24.17 รอบ/นาที และ 36.25 รอบ/นาที โดยทำการขัดสองรอบ พบว่าที่ความเร็วรอบแปรงขัด 1,080 รอบ/นาที และความเร็วรอบชุดป้อน 36.25 รอบ/นาที มีอัตราการทำงานสูง 276.96 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อ้อยมีความสะอาดร้อยละ 74.72

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

ในการออกแบบและสร้างเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลินจำเป็นจะต้องมีลำดับขั้นตอนการทำงานที่ชัดเจน เพื่อที่จะสามารถดำเนินงานให้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ได้ ซึ่งขั้นตอนในการดำเนินงานมีรายละเอียดดังนี้

1. ศึกษาขั้นตอนการแต่งตีนหย่องไวโอลิน
2. ออกแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับพฤติกรรมการแต่งตีนหย่องไวโอลิน
3. ออกแบบเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน
4. สร้างเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน
5. ทดสอบการทำงานของเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลินและบันทึกผล
6. ขั้นตอนการวิเคราะห์ผล
7. สรุปผลโครงการและจัดทำเอกสาร

3.1 ศึกษาขั้นตอนการแต่งตีนหย่องไวโอลินโดยใช้มือ

จากการศึกษาขั้นตอนการแต่งตีนหย่องไวโอลินวิธีเดิม การแต่งตีนหย่องไวโอลินวิธีเดิมจะใช้มือในการแต่ง โดยที่มีอุปกรณ์ช่วยจับยึดหย่องในขณะที่แต่ง การแต่งตีนหย่องจะขัดบนกระดาษทรายที่ถูกวางไว้บนไม้แผ่นหน้าของไวโอลินในตำแหน่งตรงกลางระหว่างช่องเสียง (F-hole) ทั้งสองช่อง แสดงได้ดังรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 การแต่งตีนหย่องด้วยมือ

3.2 ออกแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับพฤติกรรมการแต่งตีนหย่องไวโอลิน

ทำการสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหาและความต้องการในการแต่งตีนหย่องไวโอลินด้วยมือ แล้วทำการวิเคราะห์ผลที่ได้จากแบบสอบถาม

3.2.1 วิเคราะห์ปัญหาการแต่งตีนหย่องไวโอลิน

3.2.2 วิเคราะห์ความต้องการเกี่ยวกับคุณลักษณะของเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน

3.3 การออกแบบเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน

3.3.1 กำหนดลักษณะจำเพาะของเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน

นำผลการวิเคราะห์ปัญหาการแต่งตีนหย่องไวโอลินและความต้องการเกี่ยวกับคุณลักษณะของเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน มากำหนดลักษณะจำเพาะของเครื่อง เช่น รูปร่าง เป็นต้น

3.3.2 การออกแบบ

การออกแบบและการสร้างเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลินนั้น ได้นำความรู้ทางด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่อง เพื่อให้เกิดความสะดวกและลดขั้นตอนในการสร้างเครื่อง การออกแบบเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลินแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้

3.3.1.1 ออกแบบส่วนโครงสร้าง

3.3.1.2 ออกแบบส่วนของตัวยึดจับหย่อง

3.3.1.3 ออกแบบส่วนของตัวยึดจับเครื่องกับไวโอลิน

3.3.1.4 ออกแบบระบบส่งกำลัง

3.4 การสร้างเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน

จากผลการออกแบบเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน ทางคณะผู้จัดทำได้มีแผนการดำเนินงานในการสร้างเครื่องตีนหย่อง ดังนี้

3.4.1 สร้างส่วนโครงสร้าง

3.4.2 สร้างส่วนของตัวยึดจับหย่อง

3.4.3 สร้างส่วนของตัวยึดจับเครื่องกับไวโอลิน

3.4.4 สร้างระบบส่งกำลัง

1694 1131
มร.
ว7239
2554

3.5 ขั้นตอนการทดสอบเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน

เมื่อสร้างเครื่องแต่งตีนหย่องสำเร็จเรียบร้อยแล้ว ทางคณะผู้จัดทำต้องการทดสอบหาประสิทธิภาพในด้านต่างๆของเครื่องขัดตีนหย่องไวโอลิน โดยได้แบ่งการทดสอบดังต่อไปนี้

3.5.1 ทดสอบการยึดจับเครื่องกับตัวไวโอลิน

3.5.2 ทดสอบการจับยึดหย่อง

3.5.3 ทดสอบการเคลื่อนที่ของรางเลื่อน

3.5.4 ทดสอบรอบการแต่งตีนหย่องของเครื่อง

3.5.5 ทดสอบระยะชัก

3.5.6 ทดสอบการแต่งตีนหย่อง

3.6 ขั้นตอนทดลองและการวิเคราะห์ผลของเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน

3.6.1 ขั้นตอนทดลองและวิเคราะห์เปรียบเทียบผลของเวลาในการแต่งตีนหย่องด้วยเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลินกับเวลาการแต่งตีนหย่องโดยใช้มือ

3.6.2 การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อหาจุดคุ้มทุน ของการใช้งานของเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน เพื่อช่วยในการตัดสินใจที่สร้างเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน

3.6.3 วิเคราะห์ผลจากแบบประเมิน เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ที่ทดลองแต่งตีนหย่องด้วยเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน

3.7 สรุปผลโครงการและจัดทำเอกสาร

สรุปผลการออกแบบและสร้างเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลินและจัดทำรูปเล่ม

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

จากการศึกษาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน ทางคณะผู้จัดทำจึงได้ลงมือปฏิบัติและดำเนินงานตามขั้นตอนและแผนการที่กำหนด ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยมีรายละเอียดและขั้นตอนดังจะกล่าวในหัวข้อต่อไปนี้

4.1 ศึกษาการแต่งตีนหย่องไวโอลิน

จากการลงสถานที่เก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแต่งตีนหย่องไวโอลิน ทางคณะผู้จัดทำได้สนใจศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบและสร้างเครื่องแต่งตีนหย่อง โดยมีรายละเอียดข้อมูลที่ได้ทำการศึกษาและเก็บรวบรวมมาดังต่อไปนี้

4.1.1 ขั้นตอนการแต่งตีนหย่องไวโอลิน

การแต่งตีนหย่องมีอยู่หลากหลายวิธี เช่น แต่งบนกระดาษทรายที่วางไว้บนลำตัวไวโอลินตรงตำแหน่งของการวางหย่อง การตัดด้วยของมีคม เช่น มีดคัตเตอร์ (Cutter) เป็นต้น แต่วิธีการที่ได้รับความนิยม คือ แต่งตีนหย่องบนกระดาษทรายที่วางไว้บนลำตัวไวโอลินตรงตำแหน่งของการวางหย่อง วิธีการนี้จะได้ตีนหย่องที่สามารถวางได้แนบสนิทและตรงตำแหน่งการวางอีกด้วย โดยมีรายละเอียดขั้นตอนต่อไปนี้

4.1.1.1 เตรียมวัสดุและอุปกรณ์

ก. กระดาษทรายเบอร์ศูนย์ ขนาด 10x10 เซนติเมตร

ข. หย่องไวโอลิน

ค. ตัวจับยึดหย่อง

ง. ไวโอลิน

4.1.1.2 ขั้นตอนการแต่งตีนหย่องไวโอลิน

ก. การแต่งตีนหย่องไวโอลินเริ่มจากการเตรียมกระดาษทรายเบอร์ศูนย์ ขนาด 10x10 เซนติเมตร จำนวน 1 แผ่น วางหรือติดด้วยเทปกาวบนลำตัวไวโอลินตรงกลางระหว่างช่องเสียงทั้งสองช่อง ดังรูปที่ 4.1

รูปที่ 4.1 แสดงการเตรียมกระดาษทราย

ข. นำหย่องติดตั้งกับตัวจับยึดหย่อง ดังรูปที่ 4.2

รูปที่ 4.2 แสดงการนำหย่องติดตั้งกับตัวจับยึดหย่อง

ค. นำหย่องที่ติดตั้งกับตัวจับยึดหย่องเรียบร้อยแล้วไปแต่งกับกระดาษทราย การแต่งต้องแต่งให้ตรงตามตำแหน่งการวางคือ ทำการตรวจสอบโดยการมองดูว่าตีนหย่องทั้งสองข้างต้องวางอยู่ตรงกลางระหว่างช่องเสียงทั้งสองและตีนหย่องทั้งสองต้องตรงกับสะพานนิ้ว (Fingerboard) ในระหว่างการแต่งควรมีการหยุดทดสอบดูตีนหย่องว่าเอียงหรือวางได้ตรงตามตำแหน่งหรือไม่ แต่งและตรวจสอบไปเรื่อยๆ จนได้ตีนหย่องที่สามารถวางบนลำตัวไวโอลิน

รูปที่ 4.3 แสดงตำแหน่งการแต่งตีนหย่องไวโอลิน

4.1.2 เวลาในการแต่งโดยใช้มือ

การเก็บข้อมูลทางด้านเวลาในการแต่งตีนหย่องโดยใช้มือ ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการเก็บข้อมูลทั้งหมด 5 ครั้ง โดยใช้นาฬิกาในการจับเวลาตั้งแต่ทำการเริ่มแต่งไปจนถึงเสร็จสิ้นกระบวนการโดยที่ตีนหย่องหนาไม่เกิน 1.2 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4.1 เวลาในการแต่ง

ครั้งที่	เวลา (วินาที)
1	768
2	863
3	813
4	1,032
5	745
เฉลี่ย	844.2

จากตารางที่ 4.1 เวลาที่ได้จากการจับเวลาการแต่งตีนหย่องโดยใช้มือนั้นจะนำไปใช้ในการเปรียบเทียบกับเวลาการแต่งตีนหย่องของเครื่องเพื่อนำไปวิเคราะห์ผลด้านเวลา

4.1.3 ระยะชักในการแต่งตีนหย่องด้วยมือ

การเก็บข้อมูลระยะในการแต่งตีนหย่องด้วยมือ ได้ทำการเก็บข้อมูลโดยการใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์วัดรอยที่เกิดจากการแต่งบนกระดาษทรายซึ่งการเก็บข้อมูลในครั้งนี้ได้มีการเก็บข้อมูลระยะในการแต่งต่ำสุดและสูงสุดจำนวน 5 ครั้ง บันทึกผล แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ดังแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 ระยะชักในการแต่งตีนหย่องด้วยมือ

ครั้งที่	ระยะในการแต่งต่ำสุด (เซนติเมตร)	ระยะในการแต่งสูงสุด (เซนติเมตร)
1	1	4
2	1.4	3.8
3	1.5	3.5
4	1.2	4.2
5	1.3	3.9
เฉลี่ย	1.28	3.88

จากตารางที่ 4.2 เมื่อได้ระยะชักของการแต่งด้วยมือ สามารถนำไปกำหนดระยะชักของเครื่องให้มีความเหมาะสมกับการแต่งตีนหย่องไวโอลิน

4.1.4 รอบในการแต่งตีนหย่องด้วยมือ

การเก็บข้อมูลรอบในการแต่ง ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการนับจำนวนรอบในการแต่งพร้อมกับการจับเวลาด้วยนาฬิกาโดยใช้เวลา 1 นาที ในการแต่ง และใช้คนแต่งจำนวน 1 คน แต่งจำนวน 5 ครั้งทำการบันทึกผลและหาค่าเฉลี่ย รายละเอียดแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.3 รอบในการแต่งตีนหย่องด้วยมือ

ครั้งที่	รอบในการแต่ง (รอบ/นาที)
1	106
2	98
3	97
4	101
5	100
เฉลี่ย	100.4

จากตารางที่ 4.3 ผลของรอบการแต่งตีนหย่องด้วยมือสามารถนำไปพิจารณาเลือกรอบการทำงานของมอเตอร์ให้มีความใกล้เคียงกับรอบการแต่งตีนหย่องด้วยมือ

4.2 แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับพฤติกรรมการแต่งตีนหย่องไวโอลิน

คณะผู้จัดทำได้ออกแบบสอบถามจำนวน 10 ชุด เพื่อสอบถามพฤติกรรมการแต่งตีนหย่องไวโอลินของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับไวโอลิน ซึ่งผลจากแบบสอบถาม แสดงได้ในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงจำนวนร้อยละเกี่ยวกับพฤติกรรมการแต่งตีนหย่องไวโอลิน

หัวข้อสอบถาม	จำนวน	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	8	80
หญิง	2	20
2. อายุ		
20-25	2	20
26-30	2	20
31-35	2	20
36-40	2	20
41-45	1	10
46-50	1	10
51-55	0	0
56-60	0	0
60 ปี ขึ้นไป	0	0
3. อาชีพ		
ช่างแต่งหย่องไวโอลิน	1	10
นักดนตรี	2	20
อาจารย์/ครูสอนดนตรี	5	50
นักเรียน/นักศึกษา	2	20
4. ระดับการศึกษา		
ต่ำกว่าปริญญาตรี	1	10
ปริญญาตรี	4	40
สูงกว่าปริญญาตรี	5	50
5. ท่านเล่นไวโอลินบ่อยแค่ไหน		
ทุกวัน	4	40
อาทิตย์ละครั้ง	2	20
อาทิตย์ละ 2-3 ครั้ง	3	30
อาทิตย์ละ 4-5 ครั้ง	1	10

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) แสดงจำนวนร้อยละเกี่ยวกับพฤติกรรมการแต่งตีนหย่องไวโอลิน

หัวข้อสอบถาม	จำนวน	ร้อยละ
6. จำนวนไวโอลินที่ท่านมี		
1 ตัว	4	40
2 ตัว	3	30
3 ตัว	2	20
3 ตัวขึ้นไป	1	10
ไม่มี	0	0
7. ท่านมีความรู้เรื่องแต่งตีนหย่องไวโอลินหรือไม่		
มี	6	60
ไม่มี	4	40
8. ท่านแต่งตีนหย่องด้วยตนเองหรือไม่		
แต่งด้วยตนเอง	2	20
จ้างช่างแต่ง	8	80
9. ท่านเปลี่ยนหย่องบ่อยแค่ไหน		
เดือนละครั้ง	0	0
3 เดือนครั้ง	0	0
6 เดือนครั้ง	4	40
ปีละครั้ง	1	10
ทุกครั้งที่มีการขึ้นแสดง	0	0
หย่องมีการสึก	5	50
10. ปัญหาที่พบในการแต่งตีนหย่องด้วยตนเองหรือจ้างช่างแต่ง (ตอบได้มากกว่าหนึ่งข้อ)		
1. ใช้เวลาในการแต่งตีนหย่องนาน (ด้วยตนเอง)	8	80
2. เกิดความเมื่อยล้า (ด้วยตนเอง)	6	60
3. ตีนหย่องไม่แนบสนิท (ด้วยตนเอง)	8	80
4. ขณะแต่งต้องควบคุมน้ำหนักนิ้วทั้งสองข้างให้เท่ากัน (ด้วยตนเอง)	6	60
5. เกิดความเสียหายในการแต่ง (ด้วยตนเอง)	5	50
6. คุณภาพเสียงไม่ดี (ด้วยตนเอง)	6	60
7. ใช้เวลาในการแต่งตีนหย่องนาน(รวมเวลารอและแต่ง) (จ้างช่าง)	9	90
8. ราคาค่อนข้างสูง (จ้างช่าง)	9	90
9. ร้านแต่งตีนหย่องหาได้ยาก (จ้างช่าง)	9	90

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) แสดงจำนวนร้อยละเกี่ยวกับพฤติกรรมการแต่งตีนหย่องไวโอลิน

หัวข้อสอบถาม	จำนวน	ร้อยละ
10. ร้านแต่งตีนหย่องมีเฉพาะในเมืองใหญ่ (จ้างช่าง)	10	100
11. จำนวนช่างมีน้อย (จ้างช่าง)	10	100
12. ช่างไม่มีความชำนาญ (จ้างช่าง)	4	40
13. คุณภาพเสียงไม่ดี (จ้างช่าง)	4	40
11. ถ้ามีเครื่องแต่งตีนหย่องที่ช่วยแก้ปัญหาในข้อ 10 ท่านต้องการจะใช้เครื่องแต่งตีนหย่องหรือไม่		
ต้องการ	7	70
ไม่ต้องการ	2	20
ไม่แน่ใจ	1	10
12. ถ้าสมมติว่าท่านต้องการท่านอยากให้เครื่องมีคุณสมบัติอย่างไรบ้าง (ตอบได้มากกว่าหนึ่งข้อ)		
1. น้ำหนักเบา	7	70
2. พกพาง่าย	3	30
3. ใช้งานง่ายสะดวก	8	80
4. ใช้เวลาในการแต่งน้อย	8	80
5. ราคาถูก	8	80
6. ตีนหย่องแนบสนิทกับไวโอลิน	8	80
7. ตีนหย่องทั้งสองข้างบาง	7	70
8. คุณภาพเสียงดี	7	70
9. เครื่องแต่งตีนหย่องไม่ส่งผลเสียหายต่อไวโอลิน	8	80

จากตารางที่ 4.4 ผลการสรุปแบบสอบถามข้างต้น ปัญหาที่พบเมื่อแต่งตีนหย่องด้วยตนเองส่วนใหญ่ให้ความเห็นว่าใช้เวลาในการแต่งตีนหย่องนานและตีนหย่องไม่แนบสนิทคิดเป็นร้อยละ 80 และปัญหาที่พบเมื่อจ้างช่างแต่งตีนหย่อง จำนวนช่างมีน้อยและร้านแต่งตีนหย่องมีเฉพาะในเมืองใหญ่ คิดเป็นร้อยละ 100 รองลงมาคือใช้เวลาในการแต่งตีนหย่องนาน (รวมเวลารอและแต่ง) ราคาค่อนข้างสูง ร้านแต่งตีนหย่องหาได้ยากคิดเป็นร้อยละ 90 ซึ่งส่วนใหญ่มีความต้องการอยากที่จะใช้เครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลินในการแก้ไขปัญหาที่พบ คิดเป็นร้อยละ 70

คุณลักษณะเครื่องแต่งตีนหย่องที่อยากได้คือ ใช้งานได้สะดวก ราคาถูก ใช้เวลาในการแต่งตีนหย่องน้อย เครื่องแต่งตีนหย่องไม่ส่งผลเสียหายต่อต่อไวโอลิน และเมื่อแต่งตีนหย่องแล้ววางได้แนบสนิทกับไม้แผ่นหน้าของไวโอลิน คิดเป็นร้อยละ 80

จากข้อมูลข้างต้นทางคณะผู้จัดทำจึงได้นำมาเป็นเงื่อนไขและข้อกำหนดหลักในการออกแบบและสร้างเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน ออกแบบให้ราคาถูก ใช้เวลาในการแต่งตีนหย่องน้อย เครื่องแต่งตีน

หย่องไม่ส่งผลเสียหายต่อไวโอลิน ใช้งานได้สะดวก และเมื่อแต่งตีนหย่องแล้ววางได้แนบสนิทกับไม้แผ่นหน้าของไวโอลิน

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ปัญหาของการแต่งตีนหย่องไวโอลิน

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลการแต่งตีนหย่องไวโอลินแบบเดิม ได้พบปัญหาต่างๆ ในการแต่งตีนหย่องไวโอลิน เช่น ใช้เวลาในการแต่งตีนหย่องนาน ตีนหย่องไม่แนบสนิท จำนวนช่างมีน้อย และร้านแต่งตีนหย่องมีเฉพาะในเมืองใหญ่ นอกจากนี้ยังพบว่าราคาในการจ้างช่างแต่งตีนหย่องแต่งให้ค่อนข้างสูง

จากปัญหาข้างต้นทำให้สรุปได้ว่าต้องมีการสร้างเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลินเพื่อแก้ปัญหาด้านต่างๆ ดังนี้ คือ แต่งตีนหย่องไม่แนบสนิท จำนวนช่างมีน้อยและร้านแต่งตีนหย่องมีเฉพาะในเมืองใหญ่และด้านเวลาในการแต่งตีนหย่องให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

4.2.2 วิเคราะห์ความต้องการเกี่ยวกับคุณลักษณะเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน

จากการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามและผลจากการวิเคราะห์ปัญหาทำให้ได้ความต้องการด้านต่างๆ ดังนี้

4.2.2.1 เครื่องแต่งตีนหย่องไม่ส่งผลเสียหายต่อตัวไวโอลิน เช่น เกิดรอยขีดข่วน แตกหรือยุบตัวเนื่องจากน้ำหนักที่ถูกเครื่องแต่งตีนหย่องกดทับอยู่

4.2.2.2 ลดเวลาที่ใช้ในการแต่งตีนหย่อง เพื่อเพิ่มปริมาณการผลิตเมื่อมีการสั่งผลิตจำนวนมาก

4.2.2.3 เมื่อแต่งตีนหย่องแล้ววางได้แนบสนิทกับไม้แผ่นหน้าของไวโอลิน

4.2.2.4 ราคาถูก

4.2.2.5 ใช้งานได้สะดวก

4.3 การออกแบบ

คณะผู้จัดทำได้ทำการศึกษาหลักการออกแบบ เพื่อตอบสนองความต้องการตามวัตถุประสงค์และผู้ใช้ให้มากที่สุด โดยการออกแบบแต่ละชิ้นส่วนต้องคำนึงถึงความต้องการเกี่ยวกับคุณลักษณะเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลินเป็นข้อกำหนดและเงื่อนไขในการออกแบบดังต่อไปนี้

4.3.1 ลักษณะจำเพาะของเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน

จากการวิเคราะห์ผลการศึกษาโครงสร้างไวโอลิน ปัญหาของการแต่งตีนหย่องไวโอลิน ความต้องการเกี่ยวกับคุณลักษณะเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน และหลักการออกแบบและเลือกวัสดุทำให้สามารถกำหนดลักษณะจำเพาะของเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลินได้ดังนี้

4.3.1.1 ส่วนโครงสร้าง มีลักษณะรูปทรงสี่เหลี่ยม ทำจากพลาสติกเพื่อคำนึงถึงความต้องการเครื่องแต่งตีนหย่องที่จะไม่ส่งผลเสียหายต่อตัวไวโอลิน เช่น เกิดรอยขีดข่วน แตกหรือยุบตัวเนื่องจากน้ำหนักที่ถูกเครื่องแต่งตีนหย่องกดทับอยู่

4.3.1.2 ส่วนของตัวยึดจับหย่อง มีลักษณะรูปทรงสี่เหลือม ทำจากพลาสติกเพื่อความสวยงามและแข็งแรง

4.3.1.3 ส่วนของตัวยึดจับเครื่องกับไวโอลิน เป็นคานและมีตัวยึดติดกับไวโอลินเพื่อให้สามารถยื่นไปยึดจับขอบลำตัวของไวโอลินได้

4.3.1.4 ส่วนส่งกำลัง ประกอบไปด้วยมอเตอร์และก้านชักข้อเหวี่ยง เพื่อเป็นส่งกำลังและเปลี่ยนการเคลื่อนที่เป็นเส้นกลมของแกนมอเตอร์ให้มีการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

4.3.1.5 น้ำหนักเครื่องที่ไวโอลินสามารถรับได้

คำนวณจากสมการที่ 2.3

$$\text{Modulus of Rupture} = (1.5 \times P_c \times L) / (b \times d^2)$$

กำหนดให้

Modulus of Rupture = ค่าโมดูลัสแตกหัก (กิโลกรัมต่อตาราง**เซนติเมตร**)

P_c = ค่าน้ำหนักกดที่ทำให้ไม้แผ่นหน้าแตกหัก (กิโลกรัม)

L = ความยาวของไม้แผ่นหน้า (เซนติเมตร)

b = ความกว้างของไม้แผ่นหน้า (เซนติเมตร)

d = ความหนาของไม้แผ่นหน้า (เซนติเมตร)

เมื่อ L = 35.5 เซนติเมตร

b = 25 เซนติเมตร

d =0.35 เซนติเมตร

Modulus of Rupture = 61000 kPa (จากภาคผนวก ข.)

แปลงหน่วย จาก 1 Pa = (1 N/m^2)x(1m^2/10,000cm^2)x(1kg/9.81N)

1 Pa = 0.00001019 kg/cm^2

ดังนั้น 61000x10^3 Pa = 61000x10^3x0.00001019

= 621.59 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

แทนค่า

จะได้ 621.59 = (1.5xP_c x35.5)/(25x0.35^2)

P_c = (621.59x25x0.35^2)/(1.5x35.5)

P_c = 35.749 กิโลกรัม

ดังนั้นน้ำหนักโดยรวมของเครื่องที่ไม้แผ่นหน้าสามารถรับน้ำหนักได้ต้องมีค่าน้อยกว่า 35.749 กิโลกรัม

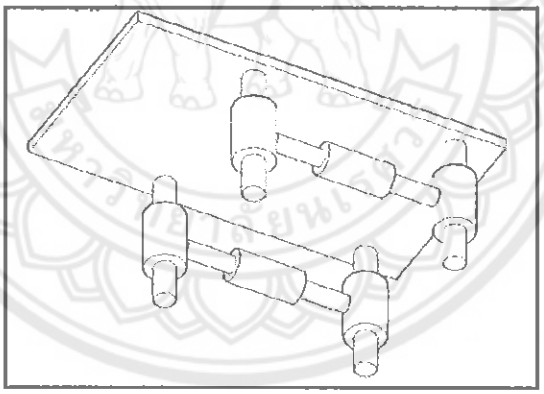
4.3.2 ขั้นตอนในการออกแบบ

4.3.2.1 ส่วนโครงสร้างเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลินมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 18 เซนติเมตร สูง 7 เซนติเมตร

ก. วัสดุประกอบด้วยแผ่นอะคริลิก กว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 18 เซนติเมตร หนา 0.5 เซนติเมตร และแกนสไลด์แนวดิ่งมีลักษณะเป็นเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ยาว 6.5 เซนติเมตร

ข. เหตุผล เนื่องจากขนาดพื้นที่ไม้ด้านหน้าของไวโอลินที่สามารถวางเครื่องได้มีขนาด กว้าง 11 เซนติเมตร ยาว 21 เซนติเมตร จึงได้ออกแบบโครงสร้างของเครื่องให้มีขนาดดังที่ได้กล่าวข้างต้น ความสูงของเครื่องวัดจากความสูงของหย่อง ตัวหย่องมีความสูง 4.5 – 5 เซนติเมตร จึงออกแบบให้มีการเผื่อความสูงของเครื่อง

เหตุผลในการเลือกใช้แผ่นอะคริลิก เพราะมีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ สามารถผลิตและสร้างประกอบได้ง่าย หาได้ง่ายและสวยงาม



รูปที่ 4.4 ส่วนโครงสร้าง

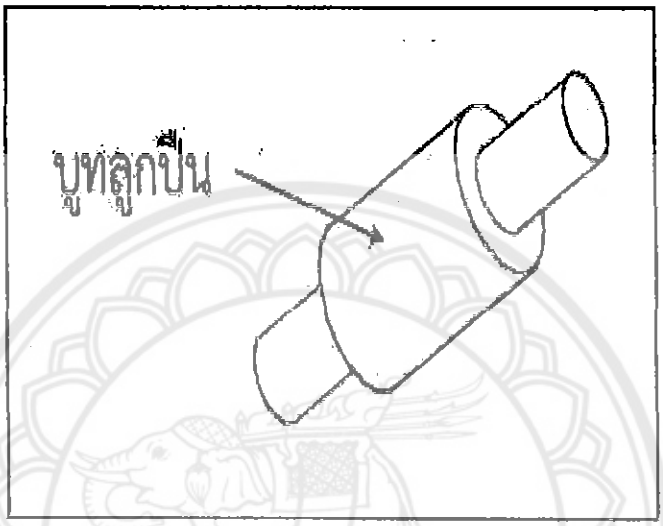
4.3.2.2 ส่วนของตัวยึดจับหย่อง มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า 2 แผ่นประกบกันโดยแต่ละแผ่นมีขนาดกว้าง 4 เซนติเมตร ยาว 10.5 เซนติเมตร หนา 0.5 เซนติเมตร

ก. วัสดุประกอบด้วยแผ่นอะคริลิก กว้าง 4 เซนติเมตร ยาว 10.5 เซนติเมตร หนา 0.5 เซนติเมตร และแกนสไลด์แนวนอนมีลักษณะเป็นเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 เซนติเมตร ยาว 7.9 เซนติเมตรและบูทลูกปืนเพื่อช่วยในการเคลื่อนที่

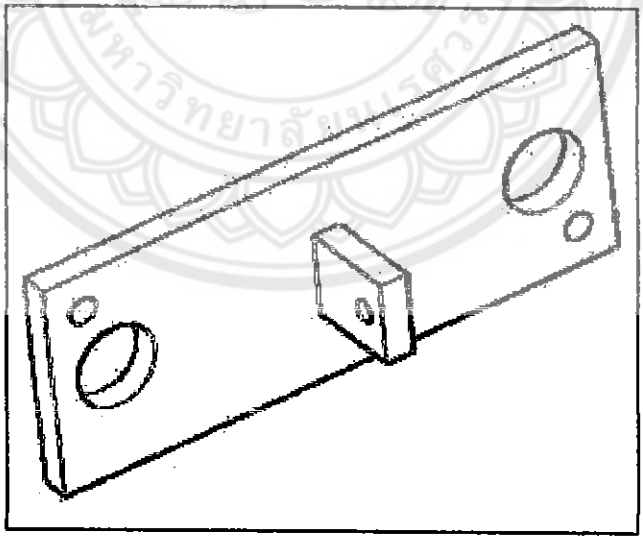
ข. เหตุผล เนื่องจากขนาดของตัวหย่องมีขนาดยาว 5 เซนติเมตร สูง 4.5 – 5 เซนติเมตร และเนื่องจากส่วนของตัวยึดจับหย่องต้องประกอบเข้ากับบูท 2 ตัวขนาดเส้นผ่าน

ศูนย์กลางตัวละ 1.5 เซนติเมตร และรูเจาะเพื่อยึดน๊อต 2 ตัว จึงได้เผื่อความยาวของส่วนของตัวยึดจับหย่องเท่ากับ 10.5 เซนติเมตร จากระยะในการแต่งตีนหย่องมีระยะ 1 – 4 เซนติเมตร จึงได้ออกแบบให้แกนสไลด์แนวนอนมีความยาว 7.9 เซนติเมตรโดยเผื่อความยาวของบูทด้วย

เหตุผลในการเลือกใช้แผ่นอะคริลิกเพราะมีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ สามารถผลิตและสร้างประกอบได้ง่าย หาได้ง่ายและสวยงาม



รูปที่ 4.5 แกนสไลด์แนวนอน



รูปที่ 4.6 ส่วนของตัวยึดจับหย่อง

4.3.2.3 ส่วนส่งกำลัง ประกอบไปด้วยมอเตอร์ ก้านชักและข้อเหวี่ยง

ก. คำนวณหาขนาดมอเตอร์

คำนวณแรงจากสมการแรงเสียดทานจากสมการที่ 2.5

$$\Sigma F_x = 0$$

$$F - f = 0$$

$$F - \mu N = 0$$

$$F - \mu(mg + P) = 0$$

เมื่อ P = 1 กิโลกรัม

g = 9.81 เมตร/วินาที^{2}

m = 0.0066 กิโลกรัม

μ = 0.6 (ใช้กระดาษทรายเบอร์ละเอียดสุด)

ที่มา : (http://cadlab6.mit.edu/2.009.wiki/anchor/index.php?title=Friction_of_sandpaper_on_wood)

แทนค่าในสูตรจะได้

$$F = 0.6((0.0066 \times 9.81) + (1 \times 9.81))$$

$$F = 9.85 \text{ นิวตัน}$$

แรงบิดมอเตอร์

จากสมการที่ 2.1

สูตร $T = F \times r$

เมื่อ F = 9.85 นิวตัน

r = 0.02 เมตร (ขนาดรัศมีข้อเหวี่ยง)

แทนค่าในสูตรจะได้

$$T = 9.85 \times 0.02$$

$$T = 0.197 \text{ นิวตัน.เมตร}$$

คำนวณกำลังมอเตอร์

จากสมการที่ 2.2

สูตร $P = 2\pi TN/60$

เมื่อ $T = 0.197$ นิวตัน.เมตร

$N = 100$ รอบ/นาที

แทนค่าในสูตรจะได้

$P = 2 \times \pi \times 0.197 \times 100/60$

$P = 2.063$ วัตต์

พิจารณาเลือกมอเตอร์จากกำลังที่ได้ออกมาโดยการคำนวณได้ไม่ควรต่ำกว่า 2.063 วัตต์ ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกใช้มอเตอร์ขนาด 30 วัตต์

คำนวณขนาดของข้อเหวี่ยง

โดยรัศมีข้อเหวี่ยงจะมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของระยะชัก

สูตร $r = L/2$

r คือ รัศมีข้อเหวี่ยง

L คือ ระยะชัก

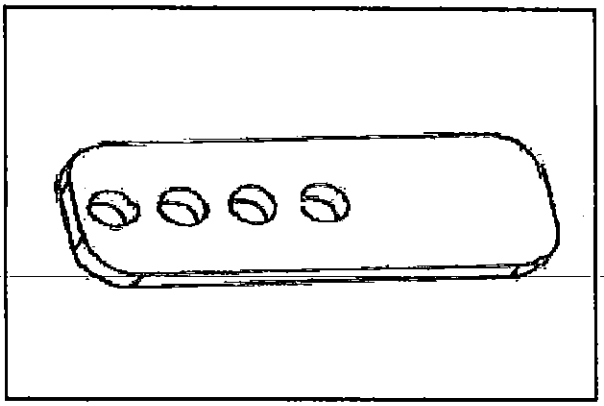
เมื่อ $L = 2.54$ เซนติเมตร

แทนค่าในสูตรจะได้

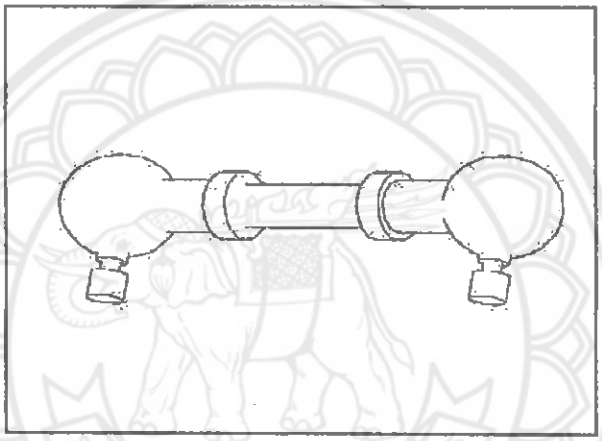
$r = 2.54/2$

$r = 1.27$ เซนติเมตร

รัศมีของข้อเหวี่ยงควรมีขนาด 1.27 เซนติเมตร



รูปที่ 4.7 ส่วนของข้อเหวี่ยง



รูปที่ 4.8 ส่วนของก้านชัก

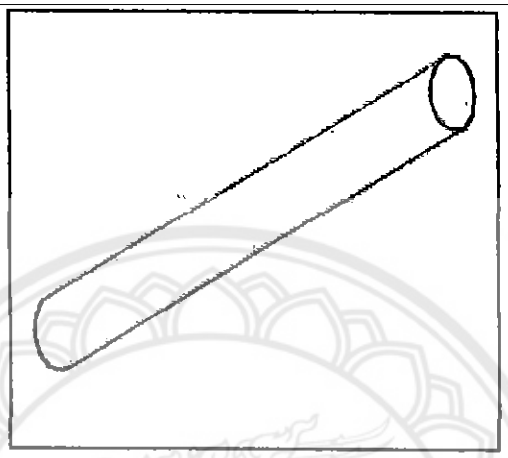
4.3.2.4 ส่วนของตัวยึดจับเครื่องกับไวโอลิน ออกแบบให้มีลักษณะเป็นคาน มีข้อต่อและเสามีตัวยึดจับกับไวโอลิน

ก. วัสดุ ประกอบด้วยอะคริลิกแท่งกลมสำหรับทำคานจำนวน 2 แท่ง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร ยาว 28 เซนติเมตรและอะคริลิกแท่งกลมสำหรับทำเสายึดจำนวน 4 แท่ง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร ยาว 14 เซนติเมตร และอะคริลิกแผ่นสำหรับทำตัวยึดจับไวโอลินจำนวน 8 แผ่น สี่แผ่นแรกแต่ละแผ่นมีขนาดความกว้าง 1.5 เซนติเมตร ยาว 6.5 เซนติเมตร หนา 0.5 เซนติเมตรและสี่แผ่นหลังแต่ละแผ่นมีขนาดความกว้าง 1.5 เซนติเมตร ยาว 5 เซนติเมตร หนา 0.5 เซนติเมตร

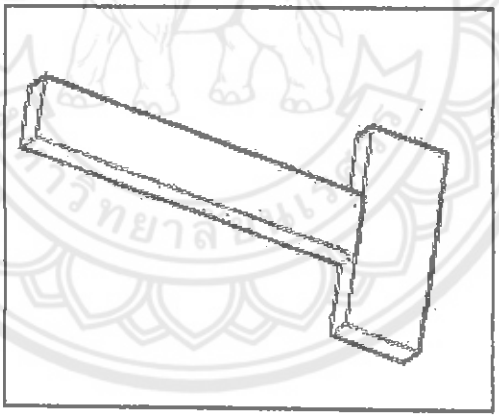
ข. เหตุผล เนื่องจากลำตัวไวโอลินในตำแหน่งยึดจับเครื่องมีขนาดความกว้าง 24 เซนติเมตร และ 11 เซนติเมตรตามลำดับ จึงได้ออกแบบให้คานมีการเผื่อความยาวเพื่อต่อกับเสายึดออกไปข้างละ 2 เซนติเมตร รวมกับความกว้างของลำตัวไวโอลิน 24 เซนติเมตรจึงเป็นความยาวของคานยึดคือ 28 เซนติเมตร

ส่วนของตัวยึดจับไวโอลิน เนื่องจากพื้นที่ในการยึดจับไวโอลินมีพื้นที่จำกัด ดังนั้นจึงได้ออกแบบเป็นรูปตัวทีให้มีขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 8 เซนติเมตร ดังรูปที่ 4.10

เหตุผลในการเลือกใช้แผ่นอะคริลิกเพราะมีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ สามารถผลิตและสร้างประกอบได้ง่าย หาได้ง่ายและสวยงาม



รูปที่ 4.9 ส่วนของคานยึด



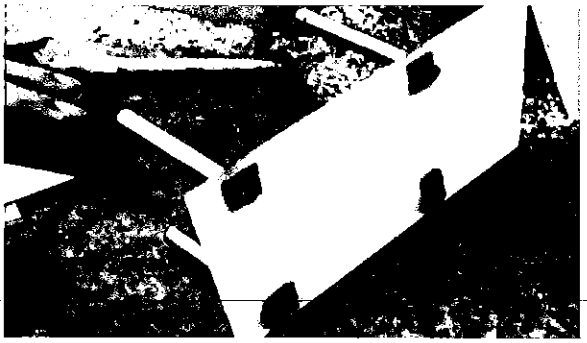
รูปที่ 4.10 ส่วนของขอยึดรูปตัวที

4.4 การสร้างเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน

จากการออกแบบและเลือกวัสดุข้างต้นได้นำมาสู่การสร้างเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน

4.4.1 สร้างส่วนที่เป็นโครงสร้าง

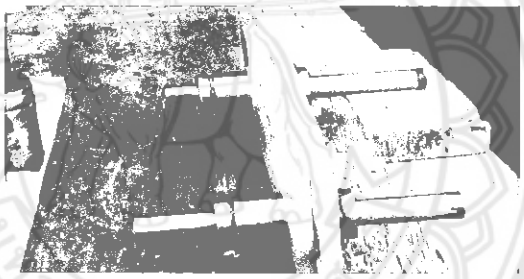
ขั้นตอนในการสร้างชิ้นส่วนโครงสร้าง เริ่มจากตัดแผ่นอะคริลิกที่มีความหนา 0.5 เซนติเมตร ให้ได้ขนาดความกว้าง 10 และยาว 18 เซนติเมตร แล้วทำการเจาะรูสำหรับใส่แกนสไลด์แนวดิ่ง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร จำนวน 4 รู ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 โครงสร้างและแกนสไลด์แนวดิ่ง

4.4.2 ส่วนของตัวยึดจับหย่อง

นำแผ่นอะคริลิกตัดให้ได้ขนาดความกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 10.5 **เซนติเมตร เจาะรูสำหรับ**ใส่บูทขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตรจำนวน 2 รู และรูสำหรับยึด**น๊อต ขนาดเส้นผ่านศูนย์ก**ลาง 0.5 เซนติเมตร แล้วนำไปประกอบเข้ากับบูทโดยใช้กาวประสานติด**ทั้งสองด้านดังรูปที่** 4.12

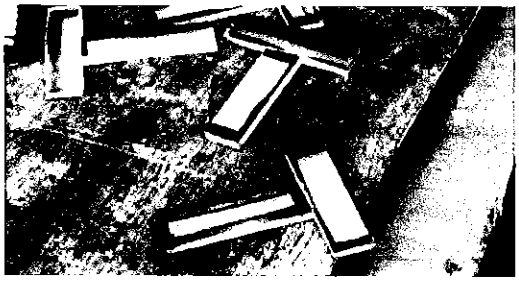


รูปที่ 4.12 ตัวจับยึดหย่อง

รูปที่ 4.13 การประกอบแกนสไลด์กับบูท

4.4.3 สร้างส่วนของตัวยึดจับเครื่องกับตัวไวโอลิน

ตัดอะคริลิกแผ่นจำนวน 8 แผ่น สี่แผ่นแรกแต่ละแผ่นมีขนาดความกว้าง 1.5 เซนติเมตร ยาว 6.5 เซนติเมตร หนา 0.5 เซนติเมตรและสี่แผ่นหลังแต่ละแผ่นมีขนาดความกว้าง 1.5 เซนติเมตร ยาว 5 เซนติเมตร หนา 0.5 เซนติเมตรประกอบเป็นรูปตัวทีด้วยกาวดังรูปที่ 4.14

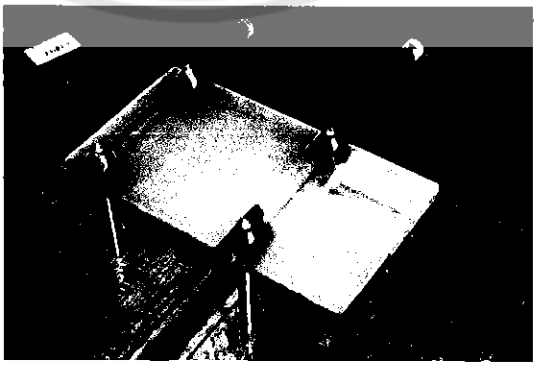


รูปที่ 4.14 ขอยึด

ตัดอะคริลิกแท่งกลมสำหรับทำเสายึดจำนวน 4 แท่ง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร ยาว 14 เซนติเมตรประกอบกันกับแผ่นรูปตัวทีให้มีลักษณะดังรูปที่ 4.15 โดยใช้กาวประสาน

รูปที่ 4.15 ตัวยึดจับไวโอลิน

ตัดอะคริลิกแท่งกลมจำนวน 2 แท่ง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร ยาว 28 เซนติเมตรเจาะรู 4 รูเพื่อยึดกับตัวยึดจับไวโอลินและตัวเครื่อง



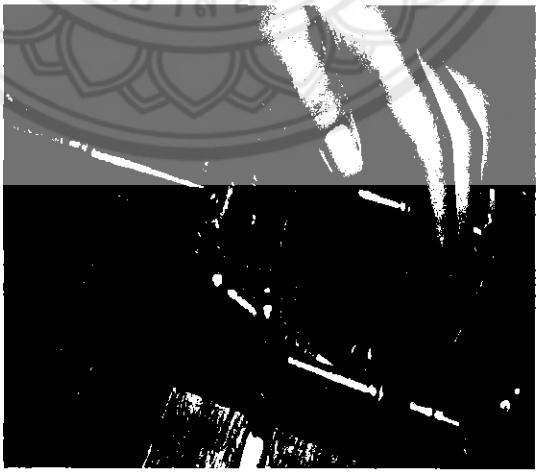
รูปที่ 4.16 คานยึด

4.4.4 สร้างส่วนส่งกำลัง

แผ่นอะคริลิกหนา 5 มิลลิเมตร ตัดยาว 5 เซนติเมตร กว้าง 5 เซนติเมตร และเจาะรู ขนาด 4 มิลลิเมตรจำนวน 4 รู ดังรูปที่ 4.17

รูปที่ 4.17 ตัวรองรับมอเตอร์

รูปที่ 4.18 ประกอบมอเตอร์เข้ากับตัวรองรับมอเตอร์



รูปที่ 4.19 ประกอบข้อเหวี่ยงเข้ากับมอเตอร์

รูปที่ 4.20 ประกอบก้านชักเข้ากับข้อเหวี่ยงและตัวยึดจับหย่อง

4.5 การทดสอบเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน

หลังจากที่ได้สร้างเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลินตามที่ได้ออกแบบไว้แล้วนั้น ขั้นตอนต่อไปคือทดสอบระบบต่างๆ ของเครื่อง โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.5.1 ทดสอบการยึดจับเครื่องกับตัวไวโอลิน

ทำการทดสอบโดยการติดตั้งหย่องกับตัวจับยึดหย่อง ติดตั้งเครื่องลงบนตัวไวโอลิน แล้วทำการยึดจับเครื่องเข้ากับไวโอลิน เปิดการทำงานของเครื่อง สังเกตการทำงานยึดจับเครื่องกับตัวไวโอลินว่าสามารถยึดจับได้ดีหรือไม่ และทำการบันทึกผล

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดสอบการยึดจับเครื่องกับตัวไวโอลิน

รายการ	ผลการทดสอบ
1. เครื่องมีการสั่นสะเทือนหรือเลื่อนจากตำแหน่งการวางหรือไม่	1. เครื่องไม่มีการสั่นสะเทือนหรือเลื่อนจากตำแหน่งการวาง
2. ตัวยึดจับเครื่องมีการคลายตัวหรือหลุดหรือไม่	2. ตัวยึดจับเครื่องไม่มีการคลายตัวหรือหลุดสามารถยึดจับได้อย่างแน่นหนา
3. ตัวยึดจับเครื่องเกิดความเสียหายหรือแตกหักหรือไม่	3. ตัวยึดจับเครื่องไม่เกิดความเสียหายหรือแตกหัก
4. เมื่อติดตั้งเครื่องแล้วเครื่องวางได้ตรงตำแหน่งการแต่งหรือไม่	4. เมื่อติดตั้งเครื่องแล้วเครื่องวางได้ตรงตำแหน่งการแต่ง

4.5.2 ทดสอบการจับยึดหย่อง

ทำการทดสอบโดยการติดตั้งหย่องกับตัวจับยึดหย่อง ติดตั้งเครื่องลงบนตัวไวโอลิน เปิดการทำงานของเครื่อง สังเกตการทำงานของตัวจับยึดหย่องว่าสามารถยึดจับหย่องได้ดีหรือไม่ และทำการบันทึกผล

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดสอบการจับยึดหย่อง

รายการ	ผลการทดสอบ
1. ตัวจับยึดหย่องสามารถยึดจับหย่องได้ดีหรือไม่	1. ตัวจับยึดหย่องสามารถยึดจับหย่องได้ดี
2. เมื่อเดินเครื่องไประยะเวลานานตัวจับยึดหย่องมีการคลายตัวหรือทำให้หย่องหลุดออกมาหรือไม่	2. ตัวจับยึดหย่องไม่มีการคลายตัวหรือทำให้หย่องหลุดออกมา
3. ตัวจับยึดหย่องเกิดความเสียหายหรือแตกหักหรือไม่	3. ตัวจับยึดหย่องไม่เกิดความเสียหายหรือแตกหักสามารถรับแรงกระทำจากมอเตอร์ได้ดี

4.5.3 ทดสอบการเคลื่อนที่ของรางเลื่อน

ทำการทดสอบโดยการติดตั้งเครื่องลงบนตัวไวโอลิน ติดตั้งหย่องกับตัวจับยึดหย่อง เปิดการทำงานของเครื่อง สังเกตการทำงานของรางเลื่อนว่าสามารถเลื่อนตามแนวแกนตั้งและตามแนวแกนนอนได้ดีหรือไม่ และทำการบันทึกผล

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดสอบการเคลื่อนที่ของรางเลื่อน

รายการ	ผลการทดสอบ
1. รางเลื่อนสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างราบรื่นหรือไม่	1. รางเลื่อนสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างราบรื่นไม่มีการติดขัดทั้งเคลื่อนที่ในแนวแนวและแนวตั้ง
2. รางเลื่อนสามารถเคลื่อนที่ได้เป็นแนวเส้นตรงหรือไม่เอียงไปข้างใดข้างหนึ่งหรือไม่	2. รางเลื่อนสามารถเคลื่อนที่ได้เป็นแนวเส้นตรงและไม่เอียงไปข้างใดข้างหนึ่ง
3. รางเลื่อนเกิดความเสียหายหรือแตกหักหรือไม่	3. รางเลื่อนไม่เกิดความเสียหายหรือแตกหัก

4.5.4 ทดสอบรอบการแต่งของเครื่อง

ทำการทดสอบโดยการติดตั้งเครื่องลงบนตัวไวโอลิน ติดตั้งหย่องกับตัวจับยึดหย่อง และติดเชือกเข้ากับแกนมอเตอร์ เปิดการทำงานของเครื่องเป็นเวลา 1 นาที แล้วปิดการทำงานของเครื่อง นำระยะเชือกที่พันกับแกนมอเตอร์มาทำการคำนวณหารอบการแต่งของเครื่อง ทำการบันทึกผล (กำหนดรอบการแต่งไว้ที่ 100 รอบต่อนาที)

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการทดสอบรอบการแต่งของเครื่อง

ครั้งที่	ความยาวของเชือกที่พันรอบแกนมอเตอร์ (ซม.)	ผลการทดสอบ (รอบ/นาที)
1	169.3	89.82
2	165.7	87.91
3	170.5	90.45
4	160.8	85.31
5	171.2	90.82
เฉลี่ย	167.5	88.862

การคำนวณ

$$\text{รอบการแต่งของเครื่อง} = \frac{\text{ความยาวของเชือกที่พันรอบแกนมอเตอร์}}{\text{เส้นรอบวงของแกนมอเตอร์ } (2\pi r)}$$

เมื่อ รัศมีแกนมอเตอร์ (r) = 3 มิลลิเมตร

จากการทดสอบรอบการแต่งของเครื่อง ซึ่งตั้งรอบการแต่งไว้ที่ 100 รอบ/นาที ผลการทดสอบรอบการแต่งนั้นมีค่าเท่ากับ 88.862 รอบ/นาที ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่กำหนดไว้ และจะเห็นว่ามอเตอร์มีรอบการทำงานที่ต่ำลงเนื่องจากต้องรับภาระในการแต่งหย่อง

4.5.5 ทดสอบระยะชักของเครื่อง

ทำการทดสอบโดยการติดตั้งเครื่องลงบนตัวไวโอลิน ติดตั้งหย่องกับตัวจับยึดหย่อง เปิดการทำงานของเครื่อง วัดระยะทางการเคลื่อนที่และทำการบันทึกผล

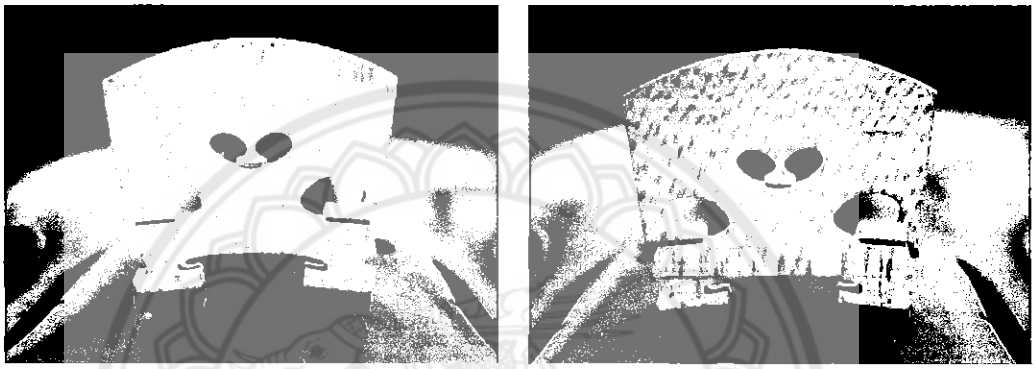
ตารางที่ 4.9 แสดงผลการทดสอบระยะชักของเครื่อง

ครั้งที่	ผลการทดสอบ (เซนติเมตร)
1	2
2	2
3	2
4	2
5	2

จากผลการทดสอบระยะชักของเครื่องเป็นไปตามที่ได้กำหนดไว้คือ ที่ระยะ 2 เซนติเมตร ซึ่งแสดงว่าระยะการแต่งของเครื่องมีความคงที่แน่นอน ทำให้เห็นว่าระบบส่งกำลัง รางเลื่อน และตัวจับยึดหย่องมีการทำงานได้ดีส่งผลให้ระยะในการแต่งมีความคงที่และตรงตามที่กำหนดไว้

4.5.6 ทดสอบการแต่งตีนหย่องของเครื่อง

ทำการทดสอบโดยการติดตั้งเครื่องลงบนตัวไวโอลิน ติดตั้งหย่องกับตัวจับยึดหย่อง เปิดการทำงานของเครื่อง เมื่อทำการแต่งเรียบร้อยแล้วทำการบันทึกผล



รูปที่ 4.21 แสดงผลการแต่งตีนหย่องก่อนและหลัง

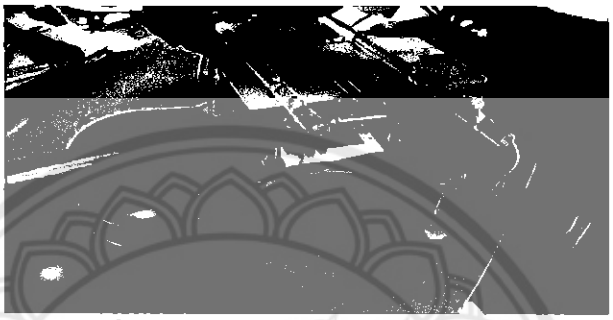
ตารางที่ 4.10 แสดงผลการทดสอบการแต่ง

รายการ	ผลการทดสอบ
1. เครื่องสามารถแต่งหย่องได้จริงหรือไม่	1. เครื่องสามารถแต่งหย่องได้จริง
2. ตีนหย่องถูกแต่งได้โดยไม่เกิดความเสียหรือไม่	2. ตีนหย่องถูกแต่งได้โดยไม่เกิดความเสีย
3. เมื่อแต่งตีนหย่องแล้วตีนหย่องสามารถวางได้แนบสนิทกับตัวไวโอลินหรือไม่	3. เมื่อแต่งตีนหย่องแล้วตีนหย่องสามารถวางได้แนบสนิทกับตัวไวโอลิน
4. ตีนหย่องถูกวางไว้ตำแหน่งการวางที่ถูกต้องหรือไม่	4. ตีนหย่องถูกวางไว้ตำแหน่งการวางที่ถูกต้อง
5. การแต่งตีนหย่องส่งผลเสียหายต่อไวโอลินหรือไม่ เช่น เกิดรอยขีดข่วน ไวโอลินมีการแตกร้าว	5. การแต่งตีนหย่องไม่ส่งผลเสียหายต่อไวโอลิน

4.6 ขั้นตอนทดลองและการวิเคราะห์ผลของเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน

4.6.1 ขั้นตอนทดลองและวิเคราะห์เปรียบเทียบผลของเวลาในการแต่งตีนหย่อง

ติดตั้งหย่องเข้ากับตัวจับยึดหย่อง เปิดการทำงานของเครื่อง ทำการแต่งหย่องขนาดเดียวกันให้เหลือความหนาประมาณ 1.2 มิลลิเมตร จากความหนาของตีนหย่องเดิม 3 มิลลิเมตร จำนวน 5 ครั้ง ทำการบันทึกเวลาการแต่งตีนหย่องไวโอลิน แล้วหาเวลาเฉลี่ยในการแต่งของเครื่องเทียบกับเวลาเฉลี่ยของการแต่งตีนหย่องด้วยมือ (จากตารางที่ 4.1)



รูปที่ 4.22 ทดลองการแต่งตีนหย่องไวโอลิน

ตารางที่ 4.11 บันทึกผลการทดสอบการแต่งตีนหย่องไวโอลินของเครื่อง

ครั้งที่	เวลาการแต่งตีนหย่องด้วยมือ (วินาที)	เวลาการแต่งตีนหย่องของเครื่อง (วินาที)	ร้อยละความแตกต่าง
1	768	443	42.32
2	863	447	48.20
3	813	400	50.80
4	1,032	440	57.36
5	745	426	42.82
เฉลี่ย	844.2	431.2	48.92

$$\text{ร้อยละความแตกต่าง} = \frac{(\text{เวลาการแต่งตีนหย่องด้วยมือ} - \text{เวลาการแต่งตีนหย่องของเครื่อง})}{\text{เวลาการแต่งตีนหย่องด้วยมือ}} \times 100$$

หมายเหตุ จากตารางจะเห็นได้ว่าเวลาใช้ในการแต่งไม่เท่ากันทั้งที่ใช้หย่องชนิดและขนาดเดียวกัน รอบในการแต่งเท่ากัน ระยะในการแต่งเท่ากัน อาจเกิดจากความคลาดเคลื่อนในการจับเวลา

จากตารางที่ 4.11 ผลด้านเวลาการแต่งตีนหย่องของเครื่องเปรียบเทียบกับการแต่งตีนหย่องด้วยมือ สรุปได้ว่าเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลินสามารถแต่งตีนหย่องในเวลาที่น้อยกว่าการแต่งตีนหย่องด้วยมือ โดยเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลินสามารถลดเวลาลงถึงร้อยละ 48.92

4.6.2 การวิเคราะห์ผลด้านเศรษฐศาสตร์

ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องแต่งตีนหย่องมีดังนี้

ตารางที่ 4.12 แสดงรายการค่าใช้จ่ายในการผลิตเครื่องแต่งตีนหย่อง

ลำดับ	รายการ	จำนวน(ชิ้น)	ราคา(บาท)
1	เหล็กหล่อเทากลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ยาว 80 เซนติเมตร	2	60
2	เหล็กหล่อเทากลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ยาว 65 เซนติเมตร	4	120
3	บูทลูกปืน	6	240
4	แผ่นอะคริลิก หนา 5 มิลลิเมตร ขนาด 22X22 เซนติเมตร	1	80
5	แผ่นอะคริลิก หนา 10 มิลลิเมตร ขนาด 10X10 เซนติเมตร	1	30
6	อะคริลิกเพลากลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร ยาว 100 เซนติเมตร	1	400
7	มอเตอร์เกียร์ 24 V 100 รอบ/นาที	1	760
8	น๊อต	16	80
9	กาวร้อน	1	30
10	อะแดปเตอร์ (Adapter)	1	220
11	สวิตช์ ปิด-เปิด	1	20
12	ค่าแรงงาน	-	300
	รวม		2,340

ดังนั้นค่าใช้จ่ายโดยรวมทั้งหมดในการผลิตเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน เท่ากับ 2,340 บาทจากข้อมูลนำไปวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน

การคำนวณหาจุดคุ้มทุน

การคำนวณหาจุดคุ้มทุนในกรณีที่จ้างช่างผู้เชี่ยวชาญโดยค่าใช้จ่ายจากการจ้างมีค่า 500 บาทต่อครั้ง

จากสมการที่ 2.6

$$Q = F / (P-V)$$

F ค่าใช้จ่ายคงที่รวม

V ค่าใช้จ่ายผันแปร

เมื่อ จำนวนเวลาที่ใช้เครื่อง = 431.2 วินาที จากตารางที่ 4.11

= 431.2/60

= 7.187 นาที

ค่าแรงขั้นต่ำของผู้ปฏิบัติงาน = 300 บาท /วัน

= 7.187 x 300/480

= 4.4919 บาท /ครั้ง

ค่าไฟคำนวณจากค่า Ft = 0.06 (ล่าสุด จาก http://www2.egat.co.th/ft/)

กำลังมอเตอร์ P = V x I

= 24 x 1.25

= 30 วัตต์

จำนวนหน่วย(ยูนิต) = (กำลังไฟฟ้า (วัตต์)/1000) x จำนวนชั่วโมงที่ใช้งาน

= (30/1000) x (431.2/3600)

= 0.1198 ยูนิต

ค่าไฟฟ้าที่ใช้ = 0.1198 x 0.06

= 0.007188 บาท/ครั้ง

V ค่าใช้จ่ายผันแปร = 4.4919 + 0.007188

= 4.499088 บาท/ครั้ง

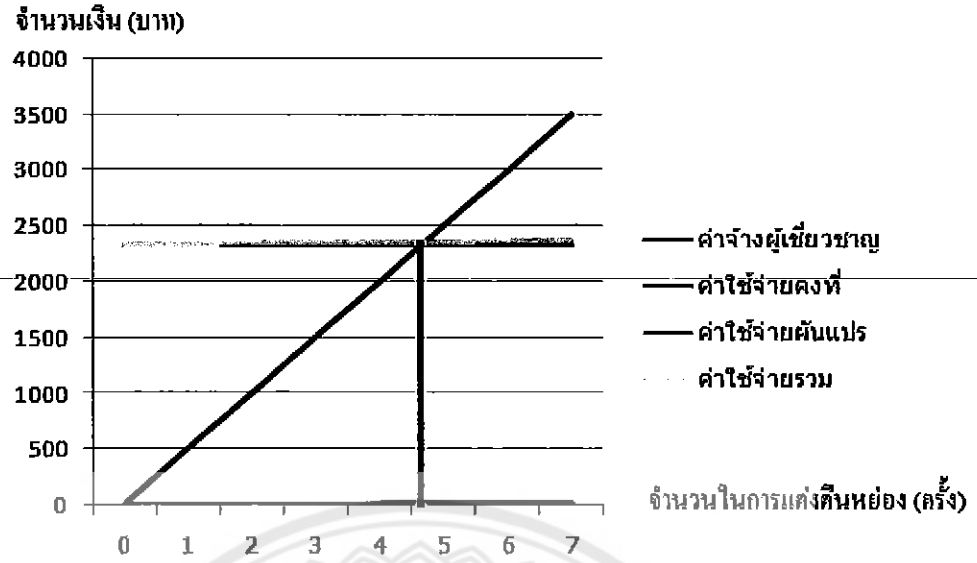
F ค่าใช้จ่ายคงที่ = 2,340 บาท

P ค่าใช้จ่ายในการจ้าง = 500 บาท/ครั้ง

Q = 2,340/(500-4.499088)

Q = 4.722 ครั้ง

≅ 5 ครั้ง



รูปที่ 4.23 แสดงจุดคุ้มทุนในการแต่งหย่อง

จุดคุ้มทุนในการใช้เครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลินให้ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องรวมกับค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องแต่ละครั้งเป็นค่าใช้จ่ายรวมและเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายในการจ้างช่างผู้เชี่ยวชาญที่สามารถประหยัดลงได้ เครื่องสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการจ้างผู้เชี่ยวชาญแต่งตีนหย่อง เมื่อได้ใช้เครื่องแต่งตีนหย่องแต่งตีนหย่องเป็นจำนวน 4.722 ครั้งหรือประมาณ 5 ครั้ง

4.6.3 การวิเคราะห์ผลจากแบบประเมิน

นำข้อมูลที่ได้จากแบบประเมินมาวิเคราะห์ เพื่อแสดงผลของการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อเครื่องแต่งตีนหย่อง โดยหาค่าเฉลี่ยของระดับคะแนนตามรายการแล้วนำค่าเฉลี่ยมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ ซึ่งใช้ตามแนวคิดของเบส โดยกำหนดเกณฑ์มาตรฐานเป็นระดับการปฏิบัติการดังนี้

4.51-5.00 หมายถึง มากที่สุด

3.51-4.50 หมายถึง มาก

2.51-3.50 หมายถึง ปานกลาง

1.51-2.50 หมายถึง น้อย

1.00-1.50 หมายถึง น้อยที่สุด

ข้อมูลของการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน โดยผู้ที่มีประสบการณ์ในการแต่งตีนหย่อง จำนวน 10 คน

ตารางที่ 4.13 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจต่อเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน

ประเด็นการประเมิน	ความถี่	ระดับความพึงพอใจ					
		5	4	3	2	1	ค่าเฉลี่ย
1. ลักษณะทางกายภาพ							3.15
1.1 เครื่องแต่งตีนหย่องภาพรวมมีความคงทน	จำนวน	0	1	8	1	0	3
	ร้อยละ	0	10	80	10	0	
1.2 การออกแบบเครื่องมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน	ความถี่	0	5	3	2	0	3.3
	ร้อยละ	0	50	30	20	0	
1.3 การออกแบบและสร้างชิ้นส่วนเครื่องแต่งตีนหย่องมีความแข็งแรง	จำนวน	0	1	8	1	0	3
	ร้อยละ	0	10	80	10	0	
1.4 การออกแบบและสร้างเครื่องมีความลงตัวได้อย่างเหมาะสม	จำนวน	1	2	6	1	0	3.3
	ร้อยละ	10	20	60	10	0	
2. ลักษณะการใช้งาน							3.6
2.1 การติดตั้งหย่องเข้าเครื่องทำได้สะดวก	จำนวน	1	2	5	2	0	3.2
	ร้อยละ	10	20	50	20	0	
2.2 การทำงานของชิ้นส่วนต่างๆมีความสัมพันธ์กัน	จำนวน	4	4	2	0	0	4.2
	ร้อยละ	40	40	20	0	0	
2.3 เครื่องแต่งตีนหย่องสามารถทำงานได้นานติดต่อกัน	จำนวน	1	3	6	0	0	3.5
	ร้อยละ	10	30	60	0	0	
2.4 เครื่องแต่งตีนหย่องมีขั้นตอนการปฏิบัติงานน้อย	จำนวน	2	2	5	1	0	3.5
	ร้อยละ	20	20	50	10	0	
3. ลักษณะการบำรุงรักษา							4.35
3.1 เครื่องแต่งตีนหย่องสามารถเก็บรักษาได้ง่าย	จำนวน	5	2	3	0	0	4.2
	ร้อยละ	50	20	30	0	0	
3.2 วัสดุที่นำมาใช้ทำเครื่องหาได้ง่ายและราคาถูก	จำนวน	3	5	4	1	0	4.9
	ร้อยละ	30	50	40	10	0	
3.3 เมื่อมีชิ้นส่วนชำรุดสามารถปรับเปลี่ยนได้ง่าย	จำนวน	0	2	7	3	0	3.5
	ร้อยละ	0	20	70	30	0	
3.4 เครื่องแต่งตีนหย่องง่ายต่อการบำรุงรักษา	จำนวน	8	2	0	0	0	4.8
	ร้อยละ	80	20	0	0	0	
4. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้							3.77
4.1 เครื่องแต่งตีนหย่องสามารถช่วยลดขั้นตอนในการทำงานได้ดี	จำนวน	5	2	3	0	0	4.2
	ร้อยละ	50	20	30	0	0	

ตารางที่ 4.13 (ต่อ) แสดงผลการประเมินความพึงพอใจต่อเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน

ประเด็นการประเมิน	ความถี่	ระดับความพึงพอใจ					
		5	4	3	2	1	ค่าเฉลี่ย
4.3 ผู้ปฏิบัติงานมีความพอใจในการใช้เครื่อง	จำนวน	2	3	3	2	0	3.5
	ร้อยละ	20	30	30	20	0	
4.4 มีความสะดวกในการทำงาน	จำนวน	2	3	4	1	0	3.6
	ร้อยละ	20	30	40	10	0	

การคิดค่าเฉลี่ย

$$\text{ค่าเฉลี่ย} = \frac{\text{จำนวนคะแนนรวม}}{\text{จำนวนผู้ประเมิน 10 คน}}$$

หมายเหตุ จำนวนผู้ประเมิน 10 คน

จากตาราง พบว่า ระดับความพึงพอใจเกี่ยวกับด้านลักษณะทางกายภาพของเครื่องมีค่าเฉลี่ย 3.15 ซึ่งอยู่ในระดับเกณฑ์พึงพอใจปานกลาง ระดับความพึงพอใจเกี่ยวกับประเด็นด้านลักษณะการใช้งานมีค่าเฉลี่ย 3.6 ซึ่งอยู่ในระดับเกณฑ์พึงพอใจมาก ระดับความพึงพอใจเกี่ยวกับประเด็นด้านลักษณะการบำรุงรักษามีค่าเฉลี่ย 4.35 ซึ่งอยู่ในระดับเกณฑ์พึงพอใจมาก ระดับความพึงพอใจเกี่ยวกับประเด็นด้านความเหมาะสมด้านการนำไปใช้มีค่าเฉลี่ย 3.77 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์พึงพอใจมาก

บทที่ 5
สรุปผล

จากการดำเนินงานตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา ทางคณะผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ได้ดำเนินการงานตามแผนการและวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้อย่างสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ซึ่งผลการดำเนินงานได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 4 ซึ่งนำมาสู่การสรุปผลการดำเนินงาน มีข้อสรุปดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากผลการทดลอง เครื่องแต่งตีนหย่องทำงานโดยมีระยะชักที่ 1-4 เซนติเมตร ความเร็วรอบ 88.862 รอบ/นาที เมื่อทำการแต่งตีนหย่อง สามารถใช้เวลาในการแต่ง 431.2 วินาที เมื่อเทียบกับการแต่งตีนหย่องด้วยมือซึ่งใช้เวลาแต่ง 844.2 วินาที จะเห็นได้ว่าเครื่องใช้เวลาในการแต่งตีนหย่องน้อยกว่าแต่งตีนหย่องด้วยมือ เครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลินสามารถลดเวลาในการแต่งลงถึงร้อยละ 48.92

การออกแบบเครื่องแต่งตีนหย่อง ออกแบบให้มีรางสไลด์แบบคู่มีบูทลูกปืนช่วยลดแรงเสียดทานและมีเสาค้ำ 4 เสา ช่วยให้สามารถลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากการควบคุมทิศทางในการแต่งหย่อง มีแรงกดที่สม่ำเสมอ เมื่อแต่งตีนหย่องแล้วสามารถวางหย่องได้อย่างแนบสนิท

ตัวเครื่องใช้แผ่นอะคริลิกหนา 5 มิลลิเมตร ขนาด 18X10 เซนติเมตรเป็นขนาดที่วางบนตัวไวโอลินได้ ตัวยึดจับกับไวโอลินใช้อะคริลิกแท่งกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร ยาว 15 เซนติเมตร ระบบส่งกำลังใช้ข้อเหวี่ยงมีการเจาะรูเพื่อปรับระยะชักโดยมีระยะชัก 1-4 เซนติเมตร แขนชักมีลูกหมากช่วยให้การเคลื่อนที่ มอเตอร์ใช้มอเตอร์เกียร์ ขนาด 24 V 100 รอบ/นาที ต่อเข้ากับ อะแดปเตอร์ขนาด 24 V

จุดคุ้มทุนในการใช้เครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน คือ เครื่องสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการจ้างผู้เชี่ยวชาญแต่งตีนหย่อง เมื่อได้ใช้เครื่องแต่งตีนหย่องเป็นจำนวน 5 ครั้ง

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน

5.2.1 การดำเนินงานไม่สามารถดำเนินงานได้ตามระยะเวลาที่กำหนด เนื่องจากการจัดหาอุปกรณ์ เครื่องมือและวัสดุล้าช้า เพราะต้องรอการจัดหา อุปกรณ์ เครื่องมือและวัสดุ และการทดสอบผลการทดลองต้องมีการรออุปกรณ์โดยเฉพาะหย่องหาได้ยาก ต้องมีการจัดซื้อจากต่างจังหวัด

5.2.2 การทดสอบรอบของมอเตอร์โดยการใช้เชือกพันรอบแกนมอเตอร์ทำให้เชือกพันทับกันทำให้ค่าที่ได้อาจมีความคลาดเคลื่อน

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 เครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลินนี้เป็นเครื่องต้นแบบสามารถนำไปพัฒนาให้สามารถใช้ได้ในอุตสาหกรรมเพื่อการผลิตจำนวนมาก

5.3.2 สามารถประยุกต์ใช้วัสดุอื่นๆ ได้ แต่ควรรักษาหลักการทำงานของเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลินไว้

5.3.3 เครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลินสามารถนำไปพัฒนาให้สามารถประยุกต์ใช้กับการแต่งตีนหย่องของหย่องขนาดอื่นๆ ได้ เช่น หย่องวิโอลา เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. **การปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (Ft).** สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 10 มีนาคม 2555. จาก http://www.mea.or.th/internet/Ft/FtExplain_01&0455.pdf.

จรัส บุณยธรรมา. (2543). **ฟิสิกส์ระดับมหาวิทยาลัย ภาคกลศาสตร์.** คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. สุรีริยสาส์น. กรุงเทพฯ

ไชยชาญ หินเกิด. (2543). **เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).** กรุงเทพฯ.

ดร.ชาญวุฒิ ตั้งจิตวิทยา, สาโรช ฐิติเกียรติพงศ์. (2521). **วัสดุ ในงานวิศวกรรม. ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด.** กรุงเทพ,

ธนาพร เสาวรัตน์วงศ์. **มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.** สืบค้นเมื่อวันที่ 16 กันยายน 2554. จาก http://www.lib.ku.ac.th/kuthesis/.

ธีระ วงศ์เนตร. (2549). **กลศาสตร์เบื่องต้น 1.** นครสวรรค์

ธีรุตม์ รักษ์บำรุง. **ส่วนประกอบของไวโอลิน.** สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 17 กันยายน 2554. จาก http://www.metromusicroom.com/index.

บทความ. **อะคริลิกคืออะไร.** สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 3 พฤษภาคม 2555. จากhttp://www.jstumpai.com/index.php/article/96.

ปิยพงษ์ สิทธิคง (แปล). (2547). **ฟิสิกส์ระดับอุดมศึกษา 1 กลศาสตร์.** เพียร์สัน **เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า.** กรุงเทพฯ

ผดุงศักดิ์ วานิชชัง, ใจทิพย์ วานิชชัง. (2549). **การพัฒนาเครื่องขัดขาวพริกไทยขนาดเล็กสำหรับวิสาหกิจชุมชน.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก.

ผศ.บุญเรือน แก้วพุ้งรังสี. (2543). **เอกสารคำสอน การออกแบบผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมการผลิต รหัสวิชา 5614102.** คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม.

ผศ.ศุภชัย สุรินทร์วงศ์. (2541). **เครื่องกลไฟฟ้า 1 ตอน 2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.** สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). กรุงเทพฯ.

ผศ.อุดมวิทย์ กาญจนวรงค์. (2545). **การทดสอบวัสดุ.** สกายบุ๊ก. กรุงเทพ,

พงษ์ศักดิ์ นาใจคง, นายกัมปนาท ถ่ายสูงเนิน. (2553). **การวิจัยและพัฒนาเครื่องฝานกล้วยน้ำว้าสุก.** สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน,

พิมพ์พรรณ ปรืองาม. (2550). **การพัฒนาและทดสอบเครื่องขัดผิวท่อนอ้อยแบบป้อนต่อเนื่อง.** คณะวิศวกรรมเกษตร สาขาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

เพียงจันทร์ จริงใจ. (ตุลาคม 2539). **เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Economy).** ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต.

โพลิเมอร์ (Polymers). **ข้อเปรียบเทียบคุณสมบัติพลาสติกเมื่อเทียบกับเหล็ก.** สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 3 พฤษภาคม 2555.จากhttp://www.industrial.cmru.ac.th/Civil/wechsawan/materials/ch08/ch08.htm

ไพบูลย์ แย้มเผื่อน. (2542). **เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Economy). ซีเอ็ดยูเคชั่น.** กรุงเทพฯ.

มงคล ทองสงคราม. (2533). **เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง.** บริษัทรามาการพิมพ์ จำกัด ปทุมวัน กรุงเทพฯ

รศ.ดร.วิริยะ พิเชฐจำเริญ. (2535). **เครื่องจักรกลไฟฟ้า1.** ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

David W.Green, Jerrold E.Winandy, David E. Kretschmann. **Mechanical Properties of Wood.** สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่10 มีนาคม 2555. จาก http://www.mif.pg.gda.pl/kft/Akron/ch4-Mechanical-Properties-of-Wood.pdf.

ภาคผนวก ก

คู่มือการใช้งานและการบำรุงรักษาเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน

คู่มือการใช้งานและการบำรุงรักษา
เครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน

ลักษณะสำคัญของเครื่องแต่งตีนหย่อง

การใช้งาน	ใช้สำหรับแต่งตีนหย่องไวโอลิน
ขนาดของเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน	28x18x65 เซนติเมตร
น้ำหนักของเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน	1 กิโลกรัม
ความยาวระยะชักในการขัด	2-4 เซนติเมตร
ขนาดของมอเตอร์	24 โวลต์
ความเร็วรอบที่เหมาะสม	100 รอบ/นาที

ข้อควรปฏิบัติก่อนการใช้งาน

1. ตรวจสอบสกรู ขันแน่นให้เรียบร้อย
2. ตรวจสอบรางสไลด์ ต้องให้สะอาดอยู่เสมอ
3. ตรวจสอบ สวิตช์ ปิด-เปิด ต้องปิดก่อนเสียบปลั๊ก
4. ตรวจสอบแผนยางรองที่ตัวเครื่องและที่เสายึดติดกับตัวเครื่องว่าครบหรือไม่อาจหลุดหายได้
5. ตรวจสอบอุปกรณ์ต่างๆ ให้อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งาน

ขั้นตอนในการทำงาน

1. นำกระดาษทราย ที่ตัดให้ได้ขนาด 8x7 เซนติเมตร แล้วนำไปวางบนกลางตัวไวโอลินให้ตรงกลางของกระดาษทรายตรงกับจุดที่ต้องตั้งหย่องโดยจะมีขีดบอกตำแหน่งที่รู F-Hole โดยใช้ยางรัดกับตัวไวโอลินหรือใช้เทปติดไว้ก็ได้
2. กำหนดระยะตีนหย่องที่ต้องการแต่งออกไปกี่มิลลิเมตร
2. ติดตั้งหย่องที่ต้องการแต่งตีน มาติดตั้งที่ตัวจับยึดโดยจะมีการมาร์คจุดกึ่งกลางทั้งที่ตัวหย่องและที่ตัวจับยึด จึงจะสามารถวางตรงกึ่งกลางพอดี
3. วางเครื่องบนตัวของไวโอลิน โดยที่เครื่องจะมีการมาร์คจุดสองจุด จุดแรกคือ กลางรางสไลด์ตรงกับจุดที่ตั้งหย่องโดยดูจากขีดที่ รู F-Hole จุดที่สองอยู่ตรงส่วนหัวและส่วนท้ายของเครื่องแต่งตีนหย่องอยู่กึ่งกลางของเครื่องดูเทียบกับ Finger Board และท้ายของไวโอลิน
4. ติดตั้งเสายึดโดยยึดติดกับคานด้านบนของตัวเครื่อง มีบล็อกยึด ขันแน่นด้วยสกรู
5. เมื่อติดตั้งเครื่องเรียบร้อยแล้วก็จะทำการแต่งตีนหย่อง โดยการเปิดสวิตช์ เดินเครื่องจนแต่งหย่องได้ตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ก็หยุดเดินเครื่อง

การบำรุงรักษา

1. หมั่นตรวจสอบดูแลรางสไลด์ ไม่ให้โดนความชื้นหรือโดนน้ำจะทำให้รางขึ้นสนิมได้
2. รักษาบูทลูกปืนให้มีความลื่นอยู่เสมอโดยการใส่น้ำมันหล่อลื่นแต่ใส่เพียงเล็กน้อยเพื่อไม่ให้ไปโดนตัวไวโอลินเกิดความเสียหายได้

3. หมั่นตรวจสอบบริเวณที่อาจทำให้เกิดความเสียหายได้ เช่น บริเวณที่มีการติดประสานกันด้วยกาวและสกรู

4. ตรวจสอบและทำความสะอาดอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานอยู่เสมอ

5. ตรวจสอบความผิดปรกติในการทำงานของเครื่องและทำการแก้ไขปรับปรุง ซ่อมแซมอยู่เสมอ

ข้อเสนอแนะในการปฏิบัติงาน

1. ขณะเดินเครื่องควรระมัดระวังให้เกิดความเสียหายกับตัวไวโอลินน้อยที่สุด

2. ควรเก็บเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลินในที่ที่ห่างจากความชื้นและไม่ร้อน เนื่องจากวัสดุที่ใช้สร้างเครื่องแต่งตีนหย่อง มีทั้งเหล็กและอะคริลิก

3. ควรระมัดระวังอย่าให้เครื่องได้รับการกระแทก เพราะจะทำให้อะคริลิกแตกหักได้

4. ระมัดระวังอย่าให้เครื่องโดนน้ำโดยเด็ดขาด

ภาคผนวก ข
ค่าที่ใช้ในการคำนวณ

ตารางที่ ข1. สถิติค่า Ft ขายปลีก
(ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2554 - เมษายน 2555)

เดือนเรียกเก็บ	Ft ขายปลีก	เปลี่ยนแปลง
ก.ค.54-ส.ค.54	-6.00	-
ก.ย.54-ธ.ค.54	-6.00	+0.00
ม.ค.55-เม.ย.55	0.00	+6.00

ที่มา : http://www.mea.or.th/internet/Ft/FtExplain_01&0455.pdf

ตารางที่ ข2. ค่าโมดูลัสแตกหักของไม้

Table 4–3a. Strength properties of some commercially important woods grown in the United States (metric)[a]—con.

Common species names	Moisture content	Specific gravity[b]	Static bending: Modulus of rupture (kPa)	Static bending: Modulus of elasticity[c] (MPa)	Static bending: Work to maximum load (kJ/m³)	Impact bending (mm)	Compression parallel to grain (kPa)	Compression perpendicular to grain (kPa)	Shear parallel to grain (kPa)	Tension perpendicular to grain (kPa)	Side hardness (N)
Hickory, pecan											
Bitternut	Green	0.60	71,000	9,700	138	1,680	31,500	5,500	8,500	—	—
	12%	0.66	118,000	12,300	125	1,680	52,300	11,600	—	—	—
Nutmeg	Green	0.56	63,000	8,900	157	1,370	27,400	5,200	7,100	—	—
	12%	0.60	114,000	11,700	173	—	47,600	10,800	—	—	—
Pecan	Green	0.60	68,000	9,400	101	1,350	27,500	5,400	10,200	4,700	5,800
	12%	0.66	94,000	11,900	95	1,120	54,100	11,900	14,300	—	8,100
Water	Green	0.61	74,000	10,800	130	1,420	32,100	6,100	9,900	—	—
	12%	0.62	123,000	13,900	133	1,350	59,300	10,700	—	—	—
Hickory, true											
Mockernut	Green	0.64	77,000	10,800	180	2,240	30,900	6,600	8,800	—	—
	12%	0.72	132,000	15,300	156	1,960	61,600	11,900	12,000	—	—
Pignut	Green	0.66	81,000	11,400	219	2,260	33,200	6,300	9,400	—	—
	12%	0.75	139,000	15,600	210	1,880	63,400	13,700	14,800	—	—
Shagbark	Green	0.64	76,000	10,800	183	1,880	31,600	6,800	10,500	—	—
	12%	0.72	139,000	14,900	178	1,700	63,500	12,100	16,800	—	—
Shellbark	Green	0.62	72,000	9,200	206	2,840	27,000	5,600	8,200	—	—
	12%	0.69	126,000	13,000	163	2,240	55,200	12,400	14,500	—	—
Honeylocust	Green	0.60	70,000	8,900	87	1,190	30,500	7,900	11,400	6,400	6,200
	12%	—	101,000	11,200	92	1,190	51,700	12,700	16,500	6,200	7,000
Locust, black	Green	0.66	95,000	12,800	106	1,120	46,900	8,000	12,100	5,300	7,000
	12%	0.69	134,000	14,100	127	1,450	70,200	12,600	17,100	4,400	7,600
Magnolia											
Cucumber tree	Green	0.44	51,000	10,800	69	760	21,600	2,300	6,800	3,000	2,300
	12%	0.48	85,000	12,500	84	890	43,500	3,900	9,200	4,600	3,100
Southern	Green	0.46	47,000	7,700	106	1,370	18,600	3,200	7,200	4,200	3,300
	12%	0.50	77,000	9,700	88	740	37,600	5,900	10,500	5,100	4,500
Maple											
Bigleaf	Green	0.44	51,000	7,600	60	580	22,300	3,100	7,700	4,100	2,800
	12%	0.48	74,000	10,000	54	710	41,000	5,200	11,900	3,700	3,800
Black	Green	0.52	54,000	9,200	88	1,220	22,500	4,100	7,800	5,000	3,700
	12%	0.57	92,000	11,200	86	1,020	46,100	7,000	12,500	4,600	5,200
Red	Green	0.49	53,000	9,600	79	810	22,600	2,800	7,900	—	3,100
	12%	0.54	92,000	11,300	86	810	45,100	6,900	12,800	—	4,200
Silver	Green	0.44	40,000	6,500	76	740	17,200	2,600	7,200	3,900	2,600
	12%	0.47	61,000	7,900	57	640	36,000	5,100	10,200	3,400	3,100
Sugar	Green	0.56	65,000	10,700	92	1,020	27,700	4,400	10,100	—	4,300
	12%	0.63	109,000	12,600	114	990	54,000	10,100	16,100	—	6,400
Oak, red											
Black	Green	0.56	57,000	8,100	84	1,020	23,900	4,900	8,400	—	4,700
	12%	0.61	96,000	11,300	94	1,040	46,000	6,400	13,200	—	5,400
Cherrybark	Green	0.61	74,000	12,300	101	1,370	31,900	5,200	9,100	6,500	5,500
	12%	0.68	125,000	15,700	126	1,240	60,300	8,600	13,600	5,800	6,600
Laurel	Green	0.56	54,000	9,600	77	990	21,900	3,900	8,100	5,300	4,400
	12%	0.63	87,000	11,700	81	990	48,100	7,300	12,600	5,400	5,400
Northern red	Green	0.56	57,000	9,300	91	1,120	23,700	4,200	8,300	5,200	4,400
	12%	0.63	99,000	12,500	100	1,090	46,600	7,000	12,300	5,500	5,700
Pin	Green	0.58	57,000	9,100	97	1,220	25,400	5,000	8,900	5,500	4,800
	12%	0.63	97,000	11,900	102	1,140	47,000	7,000	14,300	7,200	6,700
Scarlet	Green	0.60	72,000	10,200	103	1,370	28,200	5,700	9,700	4,800	5,300
	12%	0.67	120,000	13,200	141	1,350	57,400	7,700	13,000	5,000	6,200
Southern red	Green	0.52	48,000	7,900	55	740	20,900	3,800	8,400	3,300	3,800
	12%	0.59	75,000	10,300	65	660	42,000	6,000	9,600	3,500	4,700
Water	Green	0.56	61,000	10,700	77	990	25,800	4,300	8,500	5,700	4,500
	12%	0.63	106,000	13,900	148	1,120	46,700	7,000	13,900	6,300	5,300

ที่มา : http://www.mif.pg.gda.pl/kft/Akron/ch4-Mechanical-Properties-of-Wood.pdf

ภาคผนวก ค
แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับความต้องการ
การใช้เครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลินของคนที่เกี่ยวข้องกับไวโอลิน

แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับความต้องการ
การใช้เครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลินของคนที่เกี่ยวข้องกับไวโอลิน

<u>คำชี้แจง</u> แบบสอบถามนี้ใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลความต้องการการใช้เครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลินโดยแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

<u>ตอนที่ 1</u> ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

<u>ตอนที่ 2</u> พฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับไวโอลิน

<u>ตอนที่ 3</u> ข้อมูลความต้องการในการแต่งตีนหย่องไวโอลิน

ขอความกรุณาท่านผู้ตอบแบบสอบถาม ได้โปรดตอบคำถามด้วยความเป็นจริงและขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

<u>ตอนที่ 1</u> ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ ชาย ( ) หญิง ( )

2. อายุ 20-25 ( ) 26-30 ( ) 31-35 ( ) 36-40 ( ) 41-45 ( )
46-50 ( ) 51-55 ( ) 56-60 ( ) 60 ปี ขึ้นไป ( )

3. อาชีพ ช่างแต่งหย่องไวโอลิน ( ) นักดนตรี ( )
อาจารย์/ครูสอนดนตรี ( ) นักเรียน/นักศึกษา ( )

4. ระดับการศึกษา
ต่ำกว่าปริญญาตรี ( ) ปริญญาตรี ( ) สูงกว่าปริญญาตรี ( )

<u>ตอนที่ 2</u> พฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับไวโอลิน

5. ท่านเล่นไวโอลินบ่อยแค่ไหน
ทุกวัน ( ) อาทิตย์ละครั้ง ( ) อาทิตย์ละ 2-3 ครั้ง ( )
อาทิตย์ละ 4-5 ครั้ง ( ) อื่นๆ (โปรดระบุ).....

6. จำนวนไวโอลินที่ท่านมี
1 ตัว ( ) 2 ตัว ( ) 3 ตัว ( ) 3ตัวขึ้นไป ( ) ไม่มี ( )

7.ท่านมีความรู้เรื่องแต่งหย่องไวโอลินหรือไม่ (ไม่มีข้ามไปตอบข้อ9) มี ( ) ไม่มี ( )

8. ท่านแต่งหย่องด้วยตนเองหรือไม่ แต่งด้วยตนเอง ( ) จ้างช่างแต่ง ( )

9.ท่านเปลี่ยนหย่องบ่อยแค่ไหน
เดือนละครั้ง ( ) 3 เดือนครั้ง ( )
6 เดือนครั้ง ( ) ปีละครั้ง ( )
ทุกครั้งที่มีการขึ้นแสดง ( )
อื่นๆ (โปรดระบุ).....

10.ปัญหาที่พบในการแต่งตีนหย่องด้วยตนเองหรือจ้างช่างแต่ง (ตอบได้มากกว่าหนึ่งข้อ)

ด้วยตนเอง	เลือก(√)	จ้างช่างแต่ง	เลือก(√)
1. ใช้เวลาในการแต่งตีนหย่องนาน		1. ใช้เวลาในการแต่งตีนหย่องนาน (รวมเวลารอและขัด)	
2. เกิดความเมื่อยล้า		2. ราคาค่อนข้างสูง	
3. ตีนหย่องไม่แนบสนิท		3. ร้านแต่งตีนหย่องหาได้ยาก	
4. ขณะแต่งต้องควบคุมน้ำหนักนิ้วทั้งสองข้างให้เท่ากัน		4. ร้านแต่งตีนหย่องมีเฉพาะในเมืองใหญ่	
5. เกิดความเสียหายในการขัด		5. จำนวนช่างมีน้อย	
6. คุณภาพเสียงไม่ดี		6. ช่างไม่มีความชำนาญ	
7. อื่นๆ(ระบุ)		7. คุณภาพเสียงไม่ดี	
		8. อื่นๆ(ระบุ)	

<u>ตอนที่ 3</u> ข้อมูลความต้องการในการแต่งตีนหย่องไวโอลิน

11.ถ้ามีเครื่องแต่งตีนหย่องที่ช่วยแก้ปัญหาในข้อ 10 ท่านต้องการจะใช้เครื่องแต่งตีนหย่องหรือไม่

ต้องการ ( ) ไม่ต้องการ ( ) ไม่แน่ใจ ( )

12.ถ้าสมมติว่าท่านต้องการท่านอยากให้เครื่องมีคุณสมบัติอย่างไรบ้าง (ตอบได้มากกว่าหนึ่งข้อ)

น้ำหนักเบา ( ) พกพาง่าย ( )
ใช้งานง่ายสะดวก ( ) ใช้เวลาในการแต่งน้อย ( )
ราคาถูก ( ) ตีนหย่องทั้งสองข้างหนาเท่ากัน ( )
ตีนหย่องแนบสนิทกับไวโอลิน ( ) เครื่องแต่งตีนหย่องไม่ส่งผลเสียหายต่อไวโอลิน ( )
คุณภาพเสียงดี ( )

13.ความคิดเห็นอื่นๆ

.....

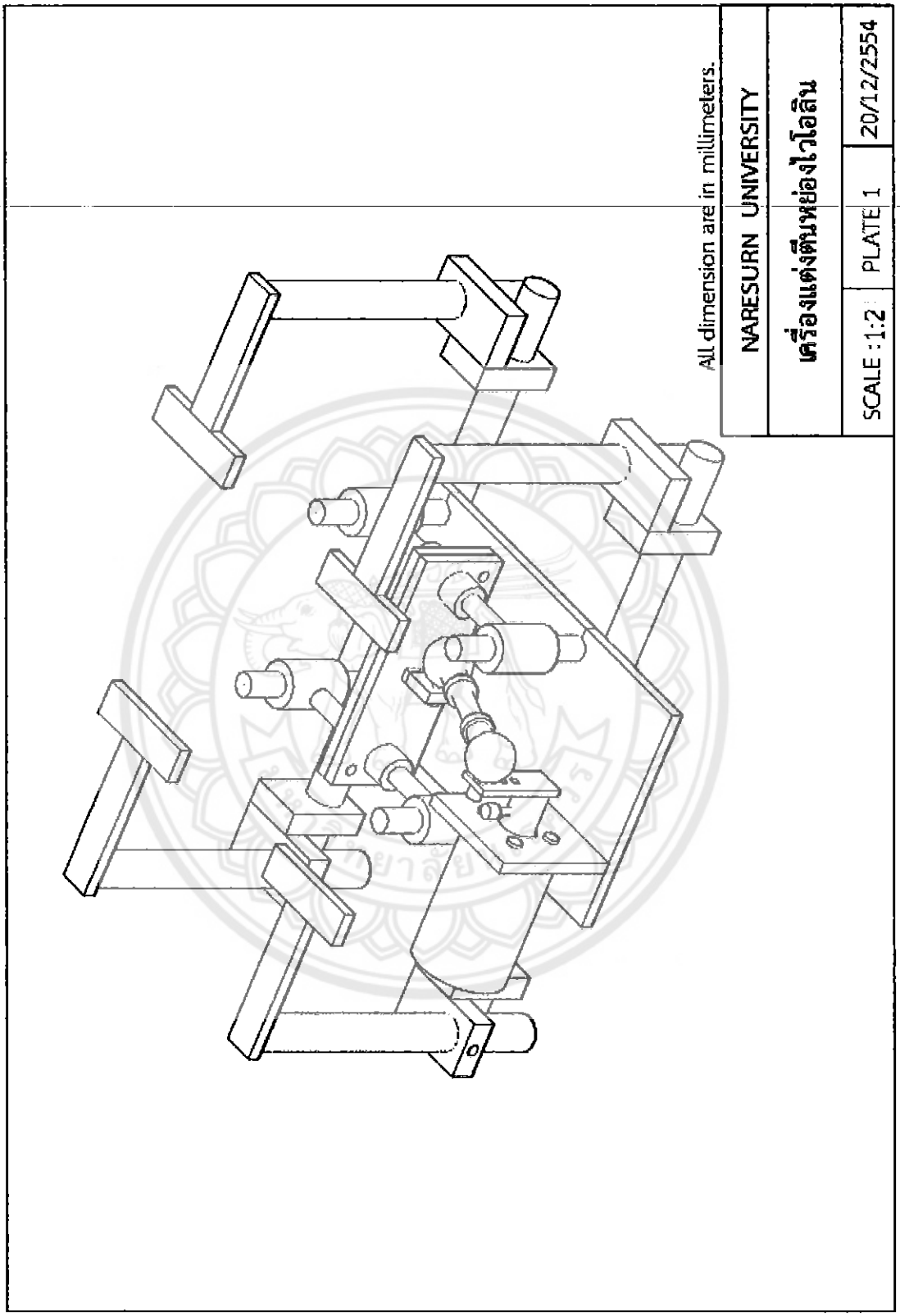
.....

.....

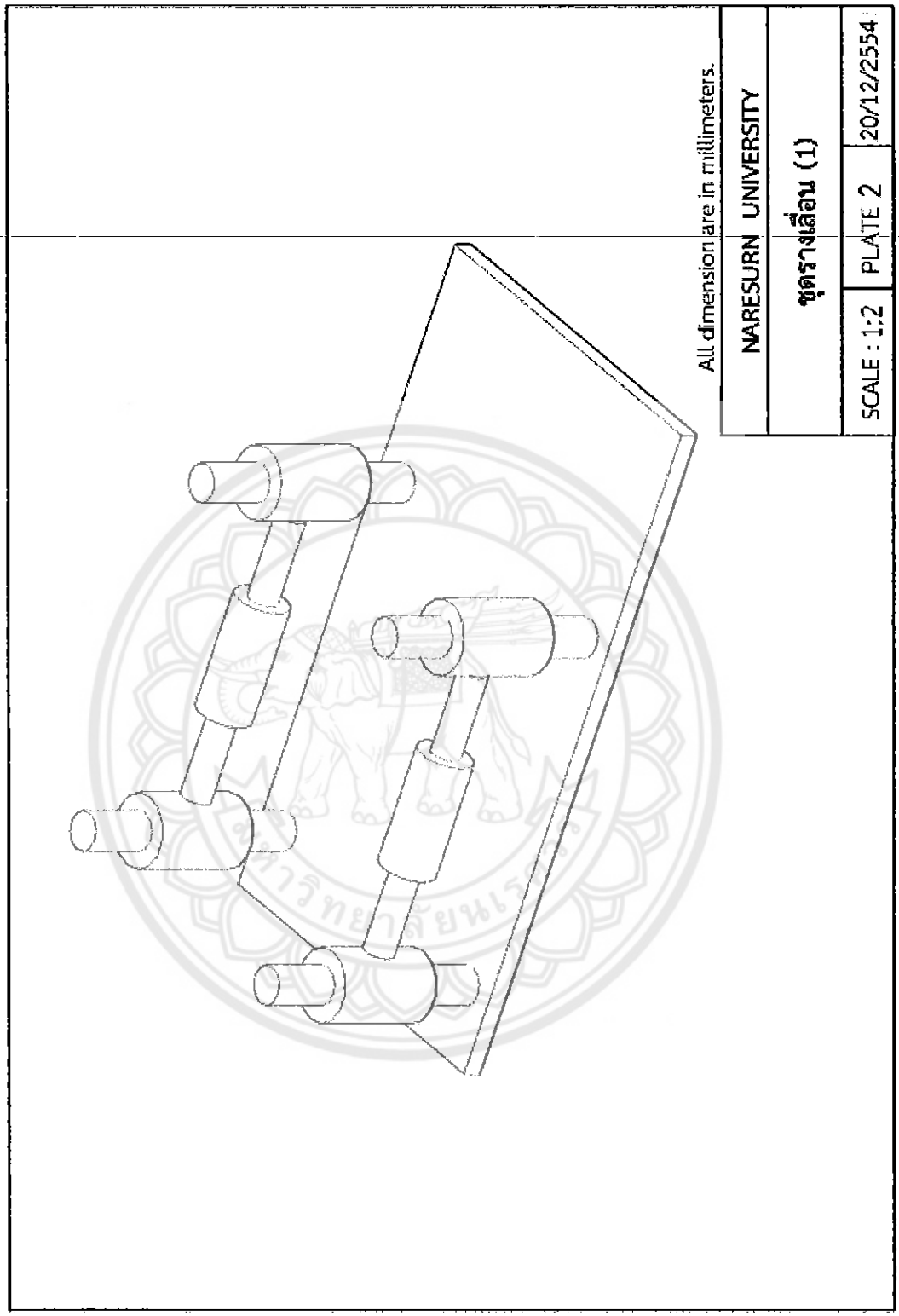
.....

.....

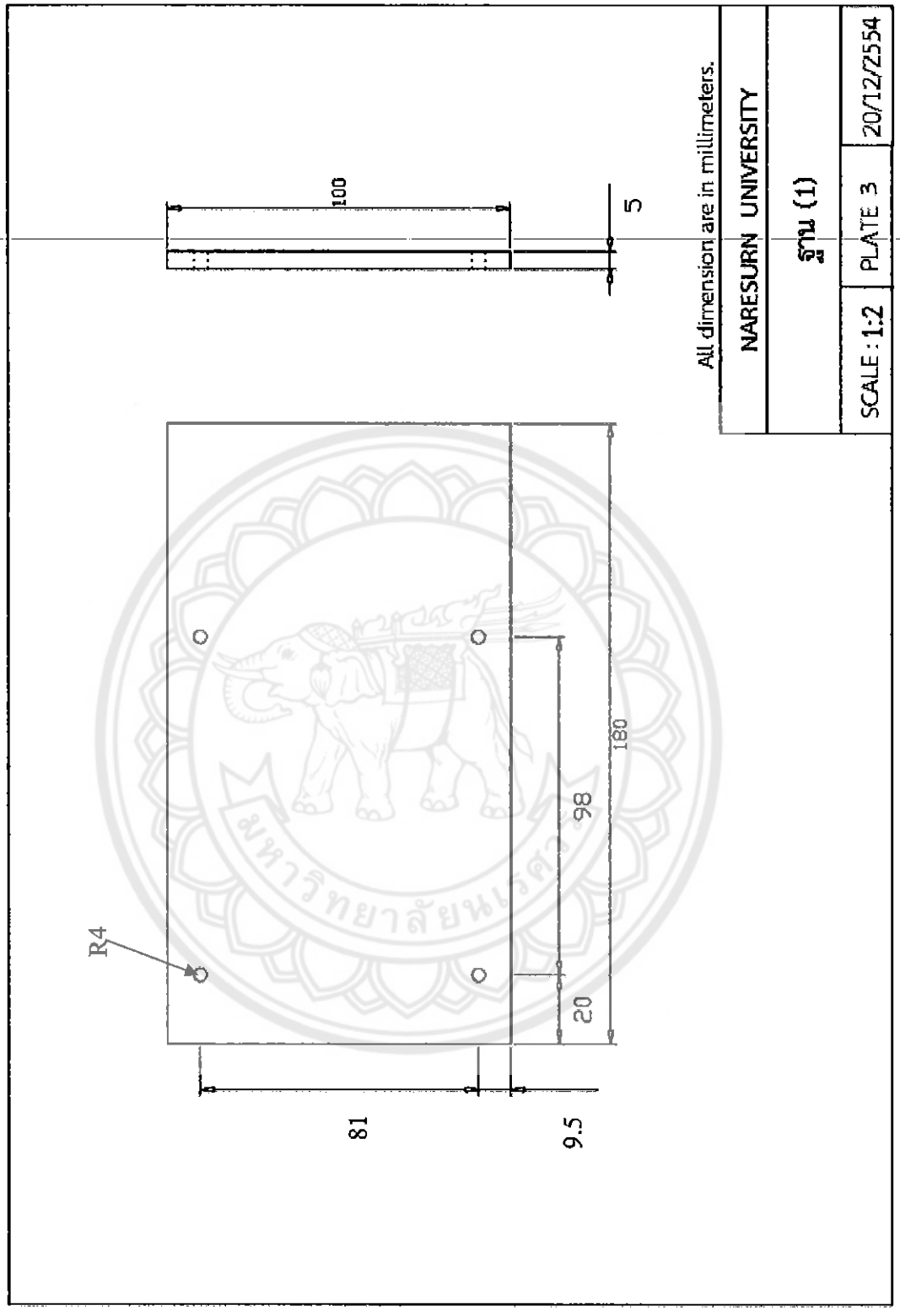
ภาคผนวก ง
แบบเครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน



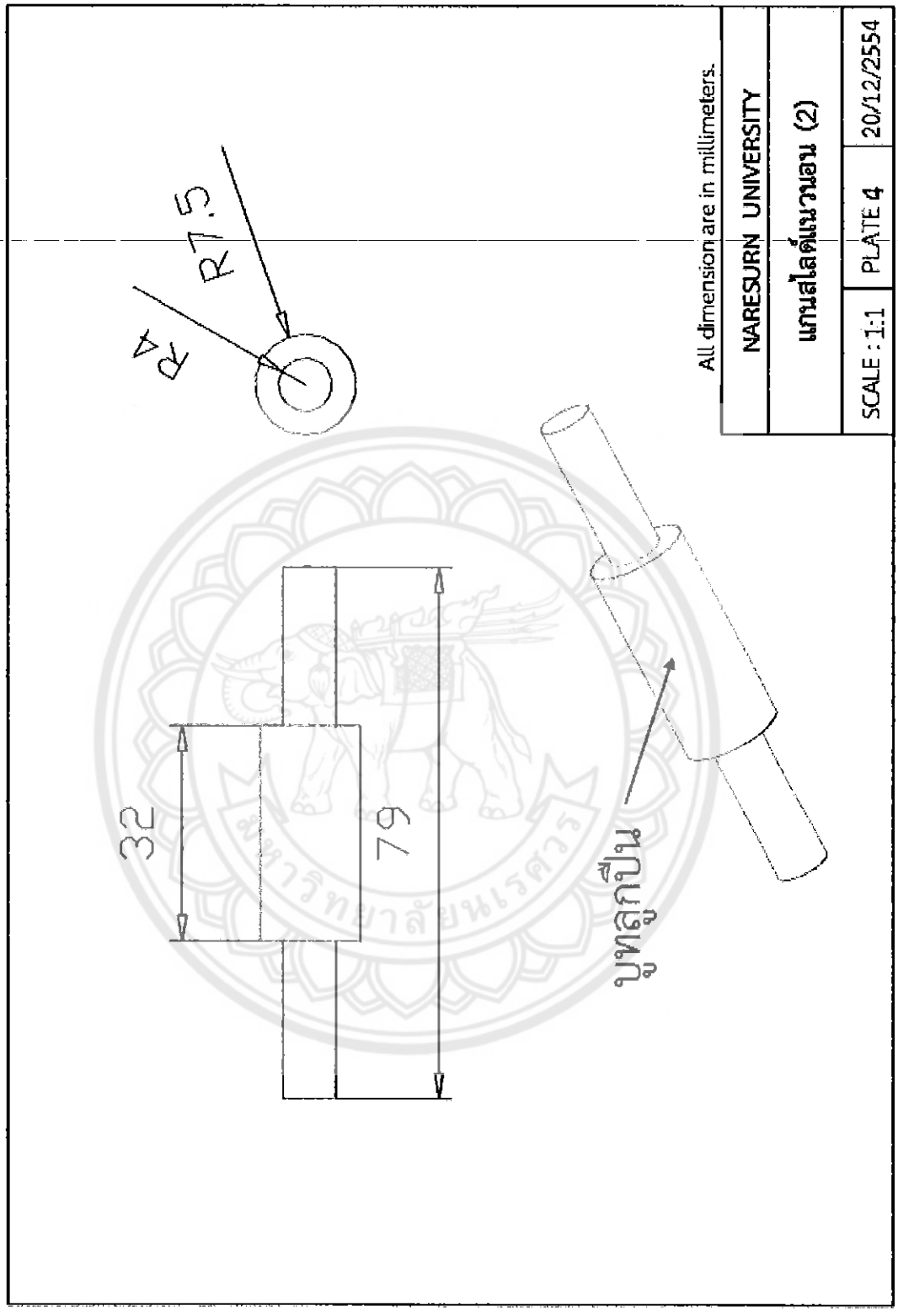
รูปที่ ง.1 เครื่องแต่งตีนหย่องไวโอลิน



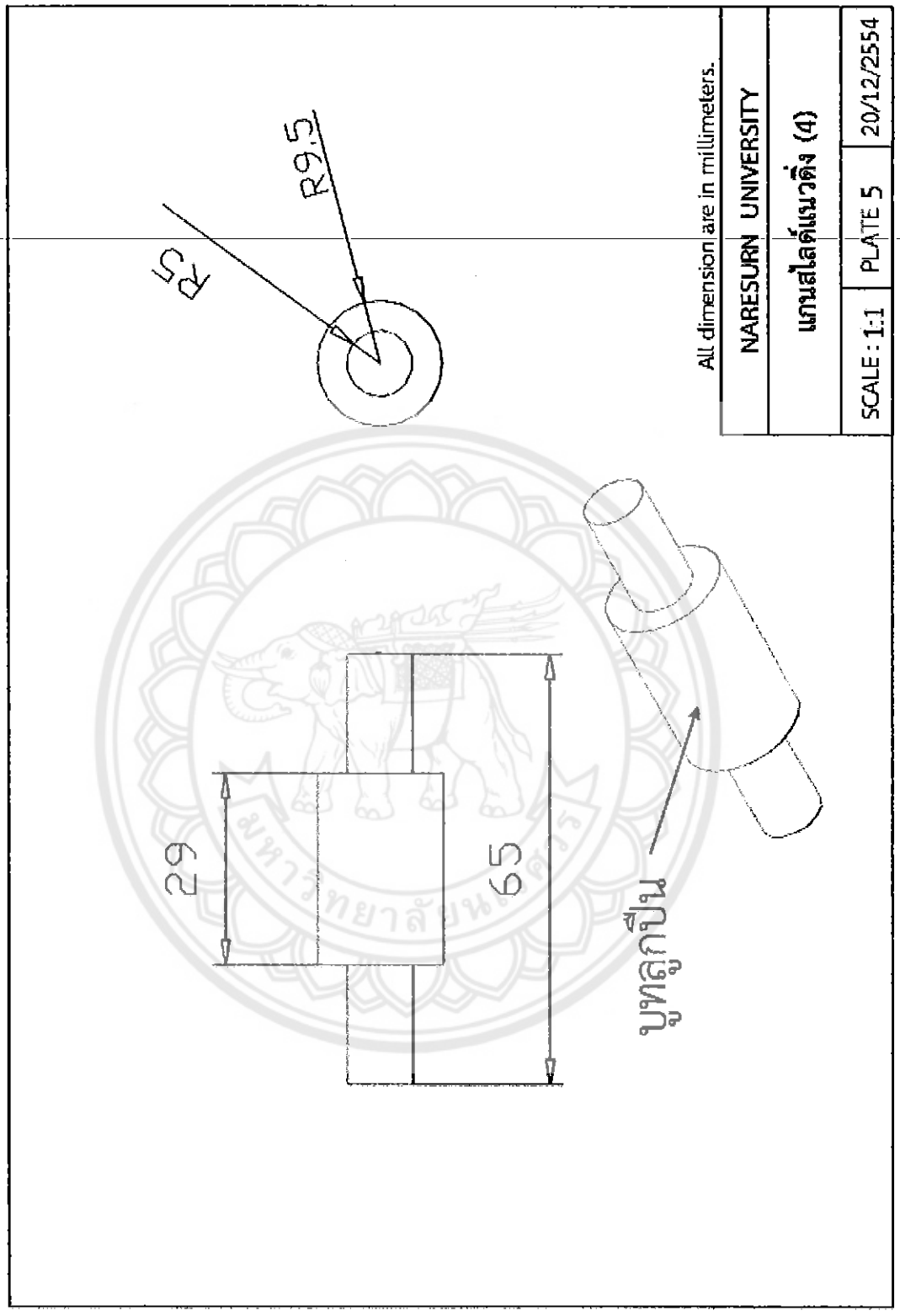
รูปที่ ง.2 ชุดรางเลื่อน


All dimension are in millimeters.
NARESURN UNIVERSITY
ฐาน (1)
SCALE : 1:2
PLATE 3
20/12/2554
100
5
R4
180
98
20
81
9.5

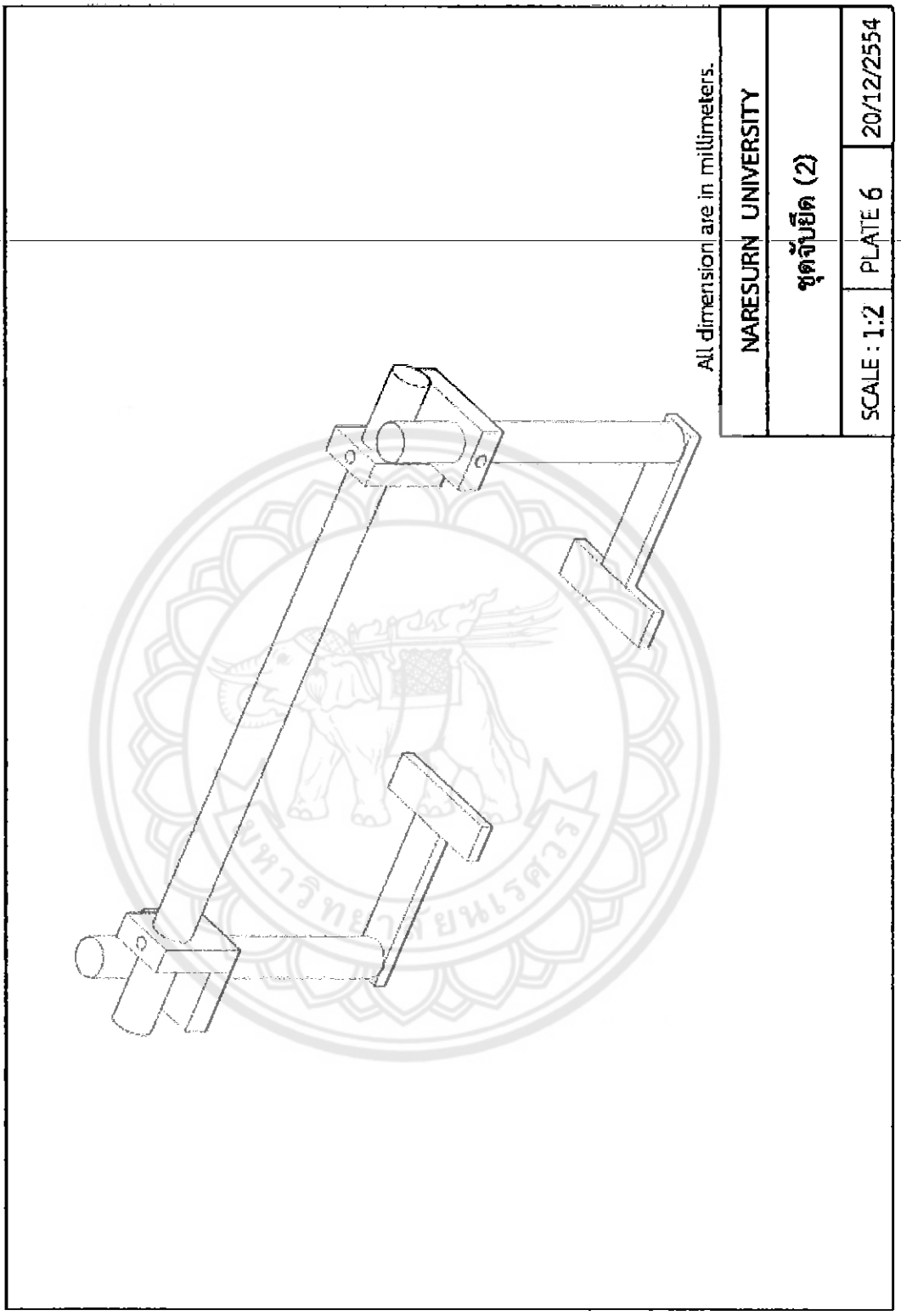
รูปที่ ง.3 ฐาน



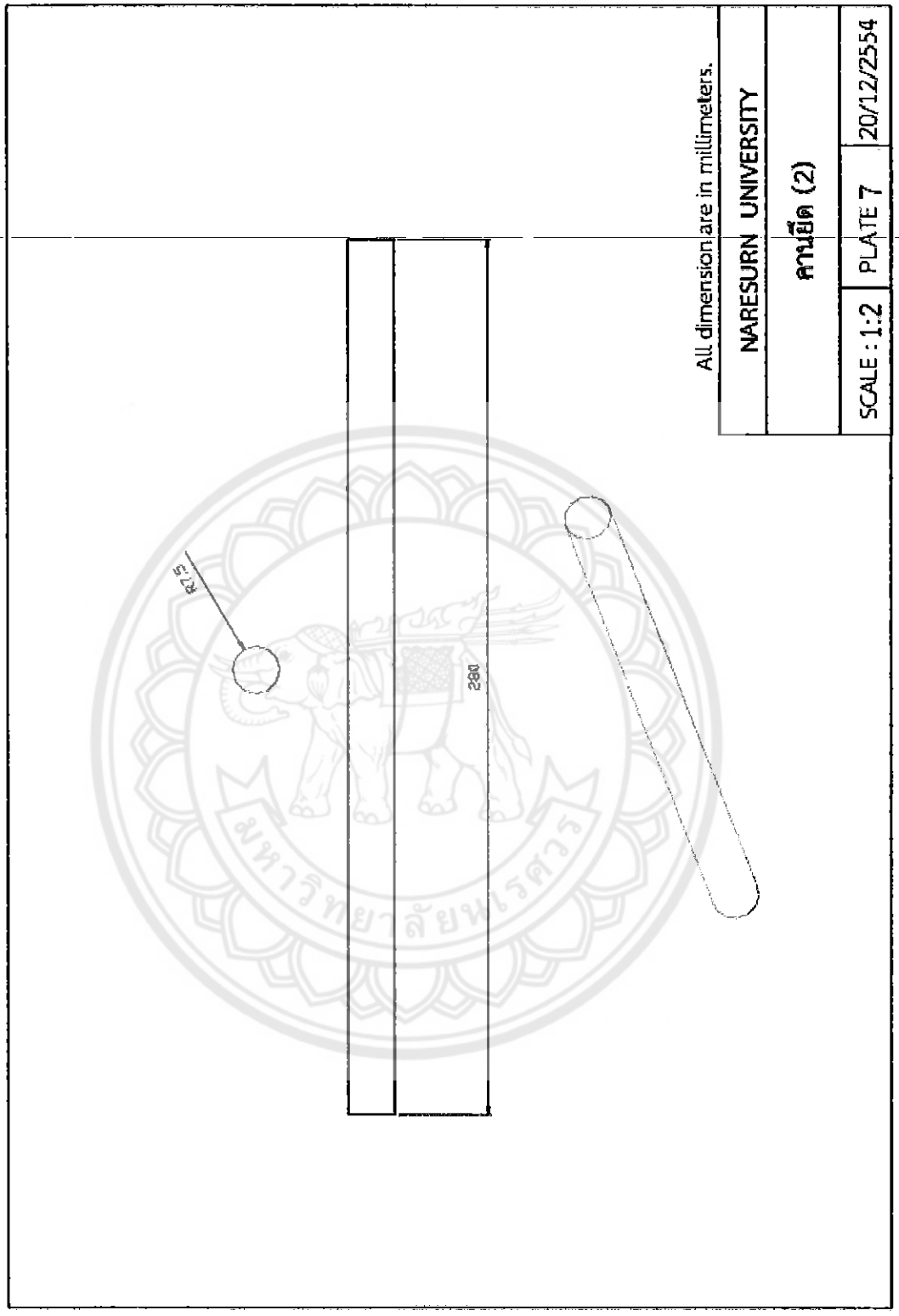
รูปที่ ง.4 แกนสไลด์แนวนอน



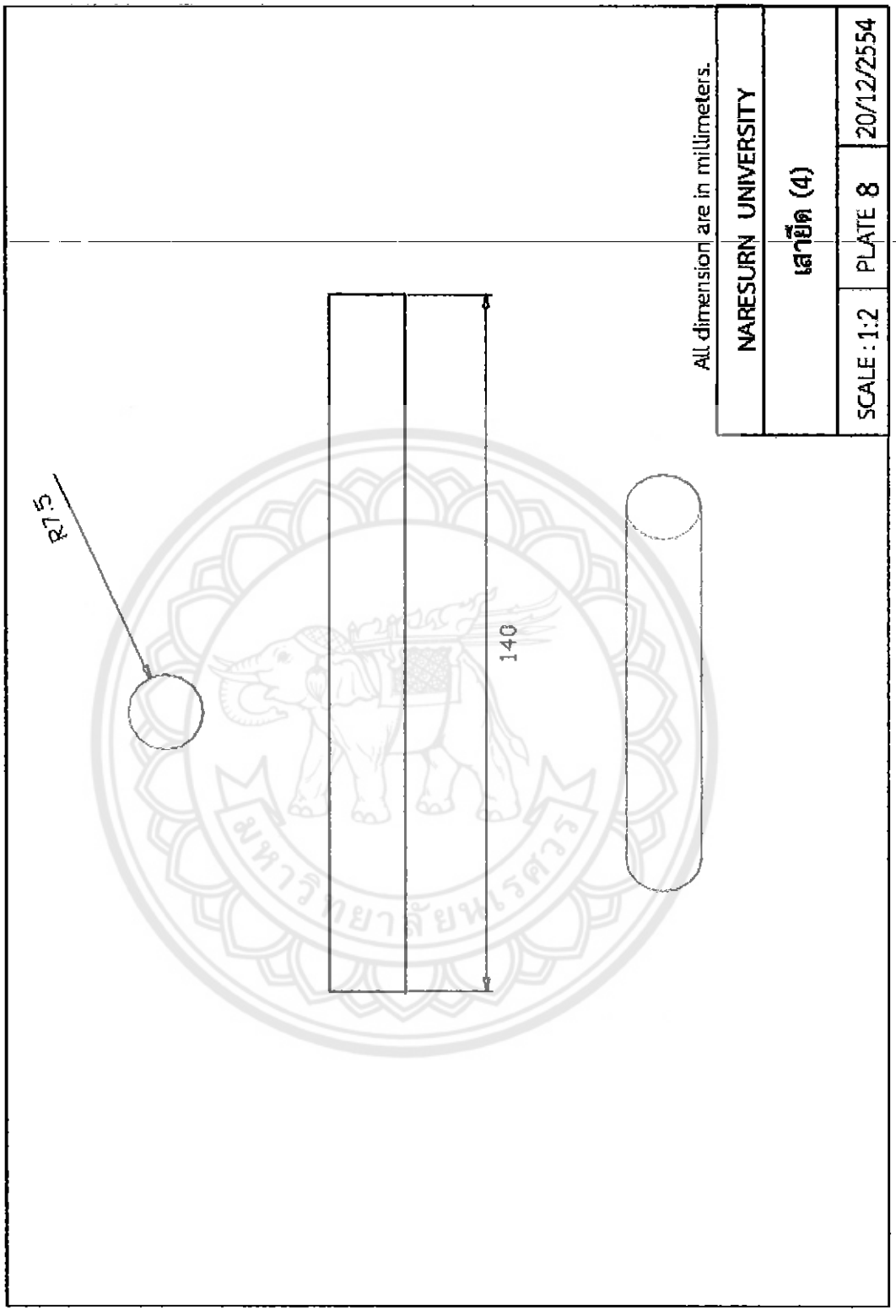
รูปที่ ง.5 แกนสไลด์แนวดิ่ง



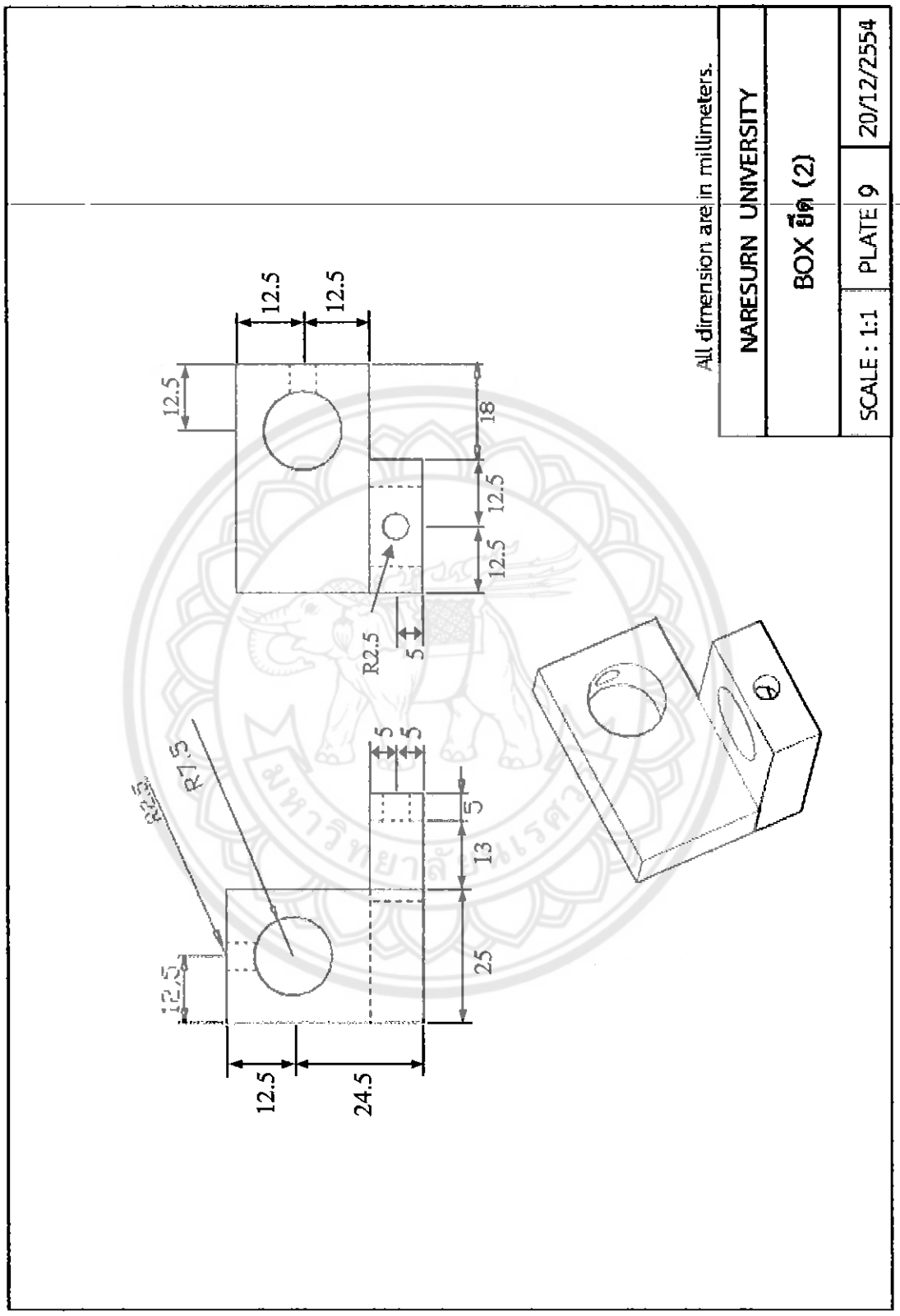
รูปที่ ง.6 ชุดจับยึด


All dimension are in millimeters.
NARESURN UNIVERSITY
คานยึด (2)
SCALE : 1:2
PLATE 7
20/12/2554
280

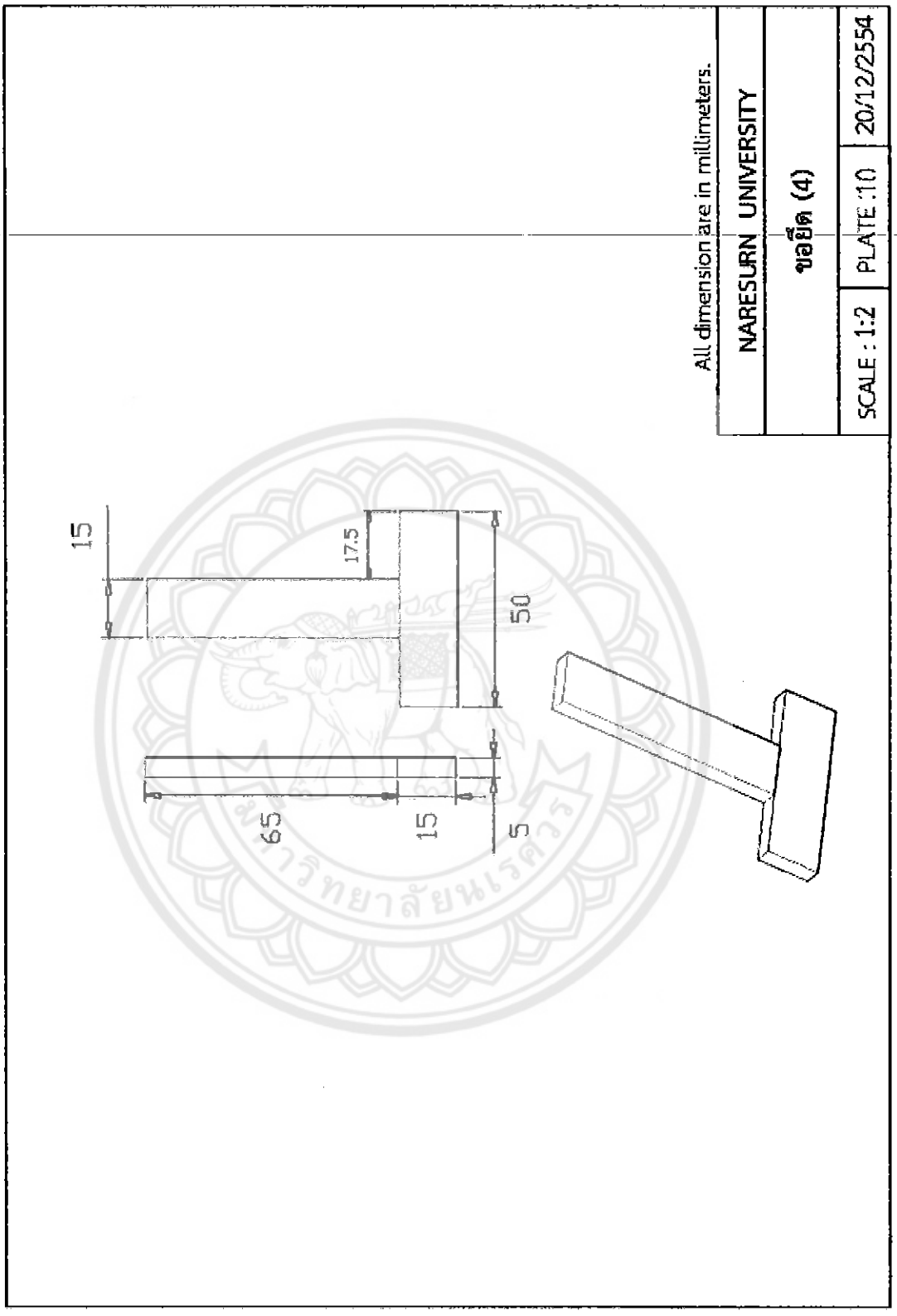
รูปที่ ง.7 คานยึด


All dimension are in millimeters.
NARESURN UNIVERSITY
เสายึด (4)
SCALE : 1:2
PLATE 8
20/12/2554
R7.5
140

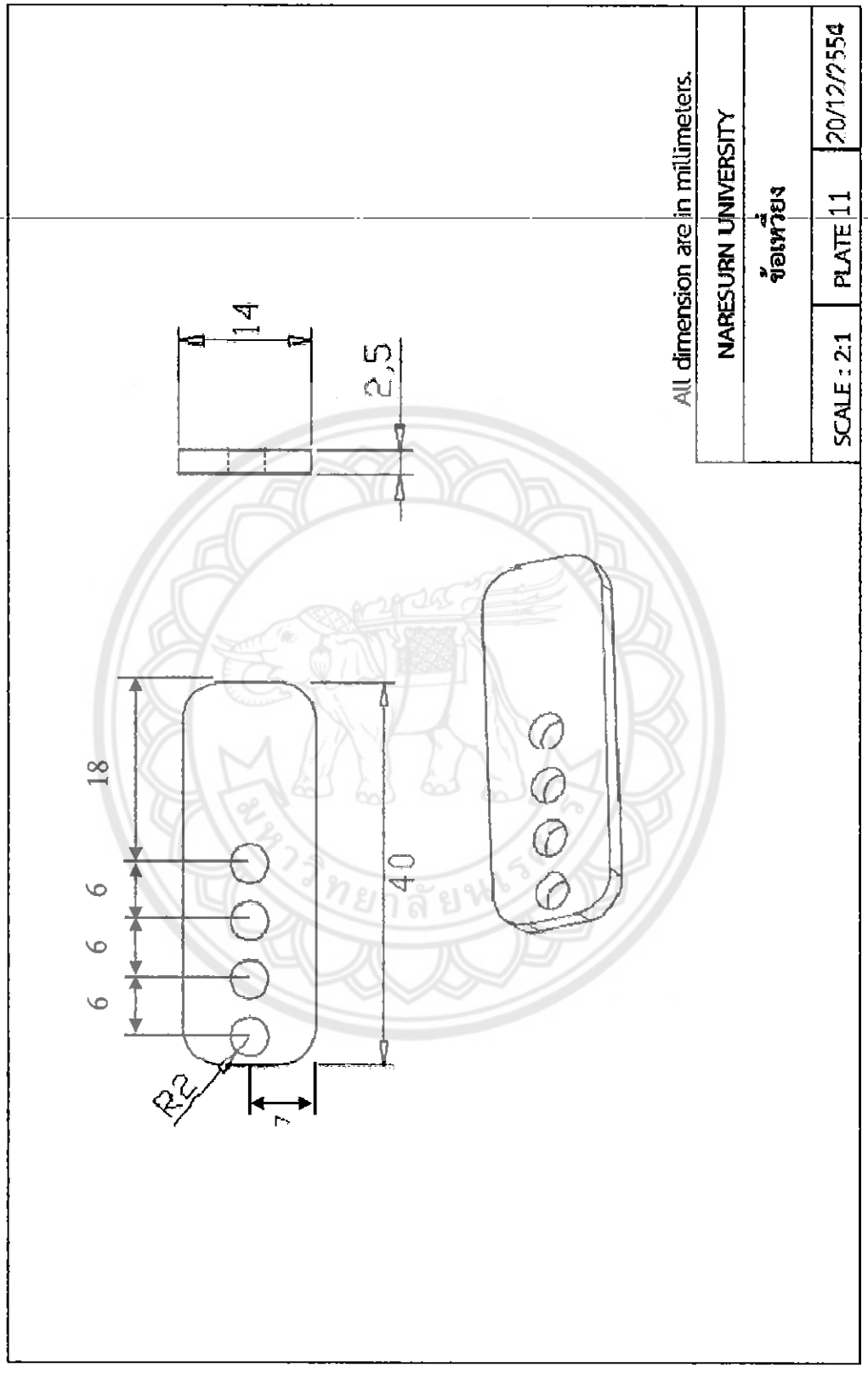
รูปที่ ง.8 เสายึด


All dimension are in millimeters.
NARESURN UNIVERSITY
BOX ยึด (2)
SCALE : 1:1
PLATE 9
20/12/2554
12.5
12.5
12.5
18
12.5
12.5
R2.5
5
5
5
5
R1.5
R2.5
12.5
13
25
12.5
24.5

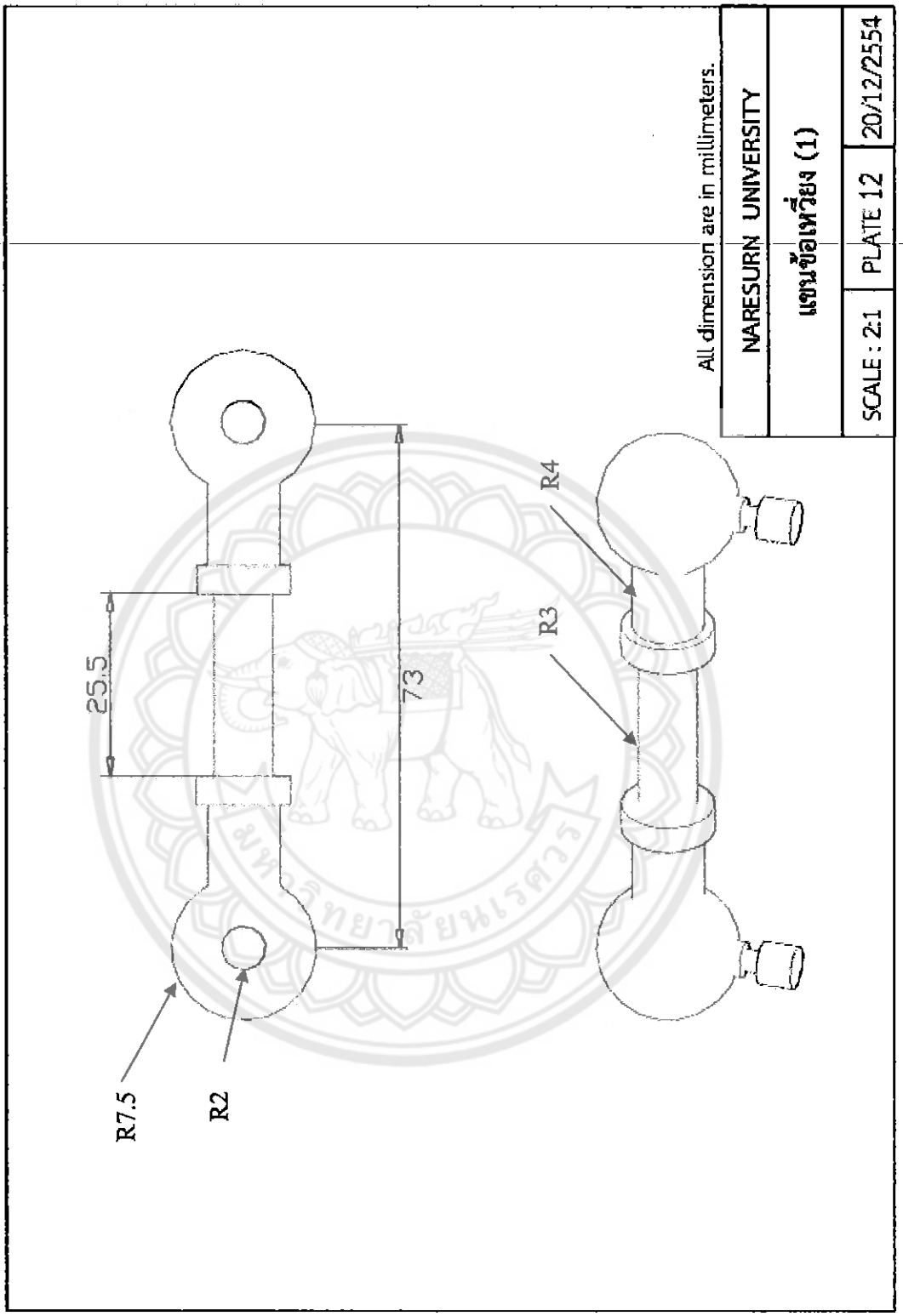
รูปที่ ง.9 BOX ยึด


All dimension are in millimeters.
NARESURN UNIVERSITY
ขอยึด (4)
SCALE : 1:2
PLATE :10
20/12/2554
15
17.5
50
65
15
5

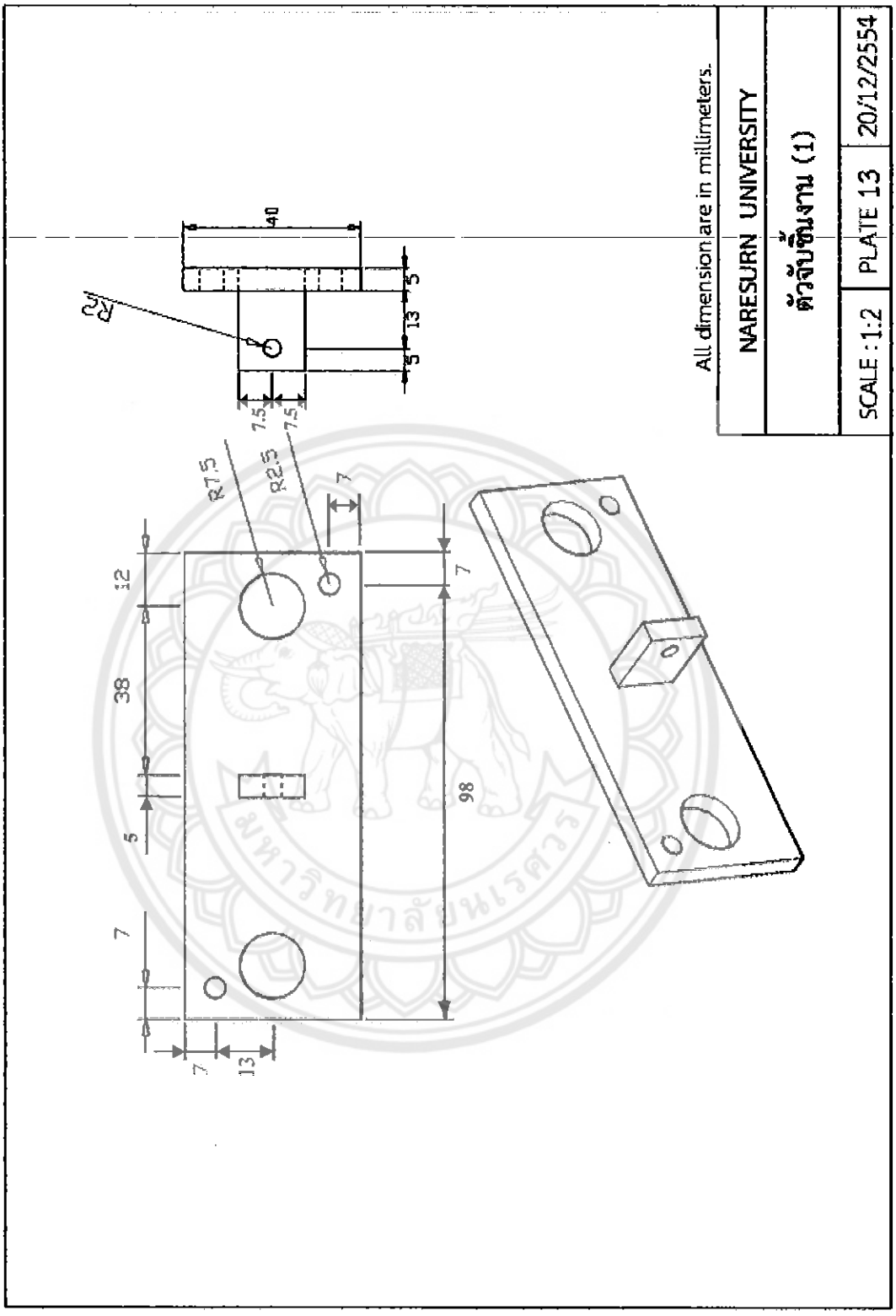
รูปที่ ง.10 ขอยึด



รูปที่ ง.11 ข้อเหวี่ยง

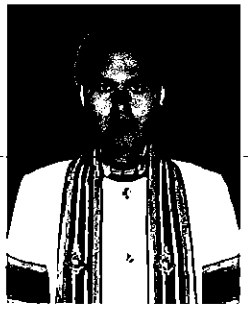


รูปที่ ง.12 แขนข้อเหวี่ยง



รูปที่ ง.13 ตัวจับหย่อง

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน



ชื่อ นายสิทธิพร แพงไธสงค์

ภูมิลำเนา 2 หมู่ 5 ต. ประชาสุขสันต์ อ. ลานกระบือ
จ. กำแพงเพชร

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนมัธยมพัชรกิติยา – ภา 2 กำแพงเพชร จ. กำแพงเพชร
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
  สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ
  คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : Air210632@hotmail.com

ชื่อ นายไพรสันต์ สาดมุณี

ภูมิลำเนา 167/1 หมู่ 2 ต. หนองบัวแดง อ. หนองบัวแดง
จ. ชัยภูมิ

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนหนองบัวแดงวิทยา จ. ชัยภูมิ
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
  สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ
  คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : Dayvayo_19@hotmail.com