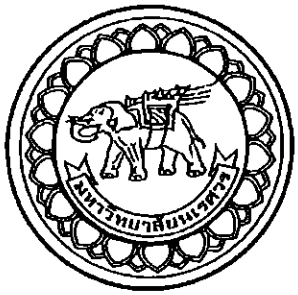


การประยุกต์ใช้หลักวิศวกรรมย้อนรอยเพื่อศึกษาเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 ระยะที่ 1: ส่วนประกอบที่สำคัญ

Application of reverse engineering principle to study a rice-milling machine model NW 1000 phase 1: main components

นายเอกวิทย์ อ่ำดี รหัส 51361513

นายจิรัฐติกร เหมาะทอง รหัส 51363937

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 2 ต.ค. 2556
เลขทะเบียน 16436363
เลขเรียกหนังสือ ปร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ว883ก 2555

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2555

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การประยุกต์ใช้หลักการวิศวกรรมย้อนรอยเพื่อศึกษาเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 ระยะที่ 1 : ส่วนประกอบที่สำคัญ
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายเอกวิทย์ อ่ำดี รหัสนิสิต 51361513
	นายจิรัฐติกร เหมาะทอง รหัสนิสิต 51363937
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร.ศลิษา วีรพันธุ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา	2555

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ดร.ศลิษา วีรพันธุ์)

.....กรรมการ
(รศ.ดร. มัทนี สงวนเสริมศรี)

.....กรรมการ
(ดร. รัตนา การุญบุญญานันท์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การประยุกต์ใช้หลักการวิศวกรรมย้อนรอยเพื่อศึกษาเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 ระยะที่ 1 : ส่วนประกอบที่สำคัญ
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายเอกวิทย์ อ่ำดี รหัส 51361513
	นายจิรัฐติกร เหมาะทอง รหัส 51353937
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร.ศลิษา วีรพันธุ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา	2555

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาโครงสร้างและทดสอบการทำงานเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 โดยประยุกต์หลักการทำวิศวกรรมย้อนรอย และ QFD ซึ่งเป็นเครื่องมือในกระบวนการคุณภาพมาใช้ในการวิเคราะห์เครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000

เริ่มจากการหาข้อมูลที่มาจากผู้ผลิตของเครื่องสีข้าวรุ่น NW1000 ซึ่งผลิตโดยบริษัทนาทวีเทคโนโลยี่และนำไปเปรียบเทียบกับเครื่องสีข้าวขนาดเล็กในท้องตลาด จากนั้นนำเครื่องสีข้าวรุ่น NW1000 มาถอดชิ้นส่วน ทำความสะอาด ทำบันทึกชิ้นส่วน และสร้างแบบจำลอง 3 มิติเพื่อให้ได้ข้อมูลด้านมิติของชิ้นส่วนแต่ละชิ้น และประกอบเครื่องกลับตามเดิม และทดสอบการทำงานโดยพิจารณาจากข้าวที่สีได้ นอกจากนั้นยังได้ทำการทดลองเพิ่มเติมในส่วนกะเทาะเปลือก เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างระหว่างลูกยางและข้าวที่สีได้

เครื่องสีข้าวรุ่น NW1000 ประกอบด้วยส่วนประกอบหลักสี่ส่วนคือ ส่วนกะเทาะเปลือก ส่วนขัดขาว ส่วนคัดแยกและส่วนต้นกำลัง จากการทดสอบการทำงานพบว่าส่วนกะเทาะเปลือกเป็นส่วนสำคัญต่อข้าวที่สีได้ จึงได้นำมาวิเคราะห์ตัวแปรโดยใช้ตารางบ้านคุณภาพในกระบวนการ QFD เพื่อทำการทดลองเพิ่มเติม

การทดลองทำขึ้นเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างระหว่างลูกยางและข้าวที่สีได้ จากการทดลองพบว่าเมื่อระยะห่างระหว่างลูกยางที่ 1 และ 2 เป็น 0.8 มิลลิเมตร และระยะห่างระหว่างลูกยางลูกที่ 2 และ 3 เป็น 0.6 มิลลิเมตร โดยได้ข้าวเต็มเมล็ด 72.76 เปอรเซ็นต์ ข่าวหัก 3.94 เปอรเซ็นต์ และขาวเปลือกที่ไมถูกกะเทาะ 11.18 เปอรเซ็นต์ตามลำดับ แต่ข้อเสียของเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 คือตัวเครื่องมีน้ำหนักที่มาก เคลื่อนย้ายลำบาก มีฝุ่นฟุ้งกระจาย และมีเสียงดัง

Project title	Application of reverse engineering principle to study a rice-milling machine model NW 1000 phase 1:main components
Name	Mr.eakawit Amdee ID. 51361513
	Mr.Chirattitikorn Morthong ID. 51363937
Project advisor	Dr.Salisa Weerapan
Major	Mechanical Engineering
Department	Mechanical Engineering
Academic year	2008

Abstract

This research applies reverse engineering and Quality Function Deployment (QFD) principles to study the rice-milling machine model NW1000 manufactured by Nataweetechnology company.

Product information provided by the manufacturer is collected and compared with other rice-milling machine models available in the market. The NW1000 is disassembled. Its parts are cleaned, measured and documented. To obtain dimensional information, their 3D models are generated. Afterward, the machine is reassembled and tested to observe its operational performance. Additional experiment focused on a huller section is then carried out.

The NW1000 is considered in four main sections; the huller, the polisher, the grading and the power system. According to observation during the operational test, the huller seems to play a significant role in milling quality.

Additional experiment is carried out to observe the relationship between the spaces between two rubber rollers and the rice produced. The result shows that, by setting the distance between the rubber ball 1 and 2 at 0.8 mm and 2 and 3 at 0.6 mm, the machine produces 72.76% whole grain, 3.94% broken grain. 11.18% remains with the husk. Disadvantages of the NW 1000 include its heavy weight and bulky shape. Moreover, it produces dusk and loudness during its operation.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความเมตตาช่วยเหลืออย่างดียิ่งของท่านอาจารย์ ดร.ศลิษา วีรพันธุ์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล และเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของการทำปริญญานิพนธ์มาโดยตลอด และกราบขอบพระคุณอย่างสูงท่านอาจารย์ รศ.ดร. มัทนี สงวนเสริมศรี และอาจารย์ ดร. รัตนา การุญบุญญานันท์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ที่ให้คำแนะนำมาโดยตลอด จึงขอกราบขอบพระคุณทุก ๆ ท่านที่ให้กำลังใจเสมอมา กระทั่งการศึกษาค้นคว้าปริญญานิพนธ์ครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี และความดีอันเกิดจากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ขอมอบแด่ บิดา มารดา ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้กล่าวนามมา และขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม
นายเอกวิทย์ อ่ำดี
นายจิรัฐิติกร เหมาะทอง
มีนาคม 2556

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ช

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.5 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน 2
1.6 สถานที่ปฏิบัติงาน 2
1.7 อุปกรณ์ที่ใช้ 2
1.8 งบประมาณของโครงงาน 2
1.9 แผนการดำเนินงานตลอดโครงงาน 3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี 5
2.1 วิศวกรรมย้อนรอย (Reverse Engineering) 5
2.2 Quality function deployment (QFD) 6
2.3 ข้าวและการหาประสิทธิภาพการสี 9
2.4 ส่วนประกอบทั่วไปของเครื่องสีข้าว 12
2.5 ตัวอย่างเครื่องสีข้าว 20

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน 25
3.1 เก็บข้อมูล 26
3.2 ถอดชิ้นส่วนทำความสะอาดและเขียนแบบ 27
3.3 ประกอบเครื่องสีข้าว 28
3.4 ทดสอบการทำงานของเครื่องสีข้าว 28
3.5 สรุปข้อมูล 28

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ส่วนประกอบเครื่องสีข้าว....29
4.1 ส่วนกะเทาะเปลือก.... 31
4.2 ส่วนขัดข้าวขาว....35
4.3 ส่วนคัดแยก....47
4.4 ส่วนต้นกำลัง....40

บทที่ 5 การทดสอบเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000....45
5.1 ทดสอบการทำงานของเครื่องสีข้าวด้วยข้าวเปลือกที่มีความชื้น 12%....48
5.2 ความเชื่อมโยงของคุณลักษณะที่ได้กับส่วนประกอบของเครื่องสีข้าว....49
5.3 ทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างระหว่างลูกยาง....50
5.4 การทดลองเพิ่มเติม....54

บทที่ 6 สรุปและข้ออภิปราย....57
6.1 กระบวนการวิศวกรรมย้อนรอย....59
6.2 หาความเชื่อมโยงทางคุณลักษณะ....59
6.3 การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างของลูกยางกับสัดส่วนข้าวที่สีได้....61
6.4 สรุป....61
6.5 ข้อเสนอแนะ....61

เอกสารอ้างอิง....62

ภาคผนวก ก QFD (Quality Function Deployment)....64
ภาคผนวก ข หาอัตราทดระหว่างพูเลย์....70
ภาคผนวก ค การทดลองที่ 1 การสุ่มตัวอย่าง....74
การทดลองที่ 2 ผลการปรับระยะห่างลูกยางลูกที่ 2 และ 3....78
ภาคผนวก ง ส่วนประกอบเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000....82

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า
2.1 รายชื่อบริษัทที่จำหน่ายเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก....21
2.2 เครื่องสีข้าวที่จำหน่ายในท้องตลาด....21
3.1 คุณสมบัติเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 TURBO 27
4.1 ชิ้นส่วนที่สำคัญของส่วนกะเทาะ.... 33
4.2 ชิ้นส่วนที่สำคัญตัวขัดข้าวขาว.... 36
4.3 ชิ้นส่วนสำคัญของส่วนคัดแยก....39
4.4 ชิ้นส่วนสำคัญของต้นกำลัง....43
5.1 ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000....47
5.2 ความเชื่อมโยงของคุณลักษณะที่ได้กับส่วนประกอบของเครื่องสีข้าว....48
5.3 ทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างระหว่างลูกยางลูก....49
5.4 ตารางการเปรียบเทียบการคัดแยก....52
5.5 ผลสรุปค่าเฉลี่ยการสุ่มตัวอย่าง สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของ ข้าวเต็มเมล็ด ข้าวหัก ข้าวเปลือก 52
5.6 ค่าเฉลี่ยการสุ่มตัวอย่าง สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของ ข้าวเต็มเมล็ด ข้าวหัก ข้าวเปลือก....54
5.7 ความแข็งของลูกยาง....55
6.1 ความเชื่อมโยงคุณลักษณะ....60

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 เครื่องสีข้าวขนาดเล็กรุ่น NW 1000 1
2.1 หลังคาบ้านคุณภาพ....6
2.2 แมทริกซ์แสดงความสัมพันธ์....8
2.3 ส่วนที่ประยุกต์ใช้จากบ้านคุณภาพ....8
2.4 ส่วนประกอบของข้าว.... 9
2.5 การแบ่งข้าวหัก ข้าวเต็มเมล็ด....10
2.6 ข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก 2....11
2.7 ส่วนกะเทาะ.... 12
2.8 เครื่องกะเทาะแบบโม่หินแนวนอน....14
2.9 ทิศทางการเคลื่อนที่ของลูกยาง....16
2.10 รูตะแกรงขัดขาว....17
2.11 เครื่องแยกแกลบแบบพัดลมดูด....18
2.12 เครื่องแยกแกลบแบบพัดลมดูดสองจังหวะ....18
2.13 การเคลื่อนที่ของข้าวกล้องและข้าวเปลือก 19
2.14 ตัวอย่างลักษณะของรูตะแกรงประเภทต่างๆ....19
2.15 พูเลย์และมอเตอร์....20
3.1 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน....25
3.2 เครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000....26
3.3 เครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 TURBO....26
3.4 ส่วนกะเทาะเปลือก....27
4.1 เครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 ที่ใช้ศึกษา 29
4.2 ส่วนประกอบเครื่องสีข้าวขนาดเล็กรุ่น NW 1000 30
4.3 ส่วนกะเทาะ 31
4.4 ตัวปล่อยข้าว....31
4.5 ตัวปรับระดับลูกบด....32
4.6 ทิศทางการหมุนของลูกบดและตัวปรับลูกบด.... 33
4.7 ส่วนขัดขาว 35
4.8 ตัวหมุนปรับความขาวของข้าว 35
4.9 ส่วนคัดแยก 37
4.10 ช่องลมพัดลมดูดแกลบและไซโคลนด้านหน้า 38
4.11 ช่องลมพัดลมดูดแกลบและไซโคลนด้านหลัง 38
4.12 ภาพตะแกรงคัดแยกข้าว 39
4.13 ชิ้นส่วนต้นกำลัง 40
4.14 ชิ้นส่วนสำคัญของส่วนต้นกำลัง....40
4.15 แสดงการทำงานของพูเลย์และสายพานเส้นที่ 1 ขับลูกบด 41

สารบัญรูป(ต่อ)

4.16 แสดงการทำงานของพูเลย์และสายพานเส้นที่ 2 ขับตัวปล่อยข้าว.....41
4.17 แสดงการทำงานของพูเลย์และสายพานเส้นที่ 3 ขับพัดลมดูดรำ.....42
4.18 แสดงการทำงานของพูเลย์และสายพานเส้นที่ 4 ขับตัวขับข้าวขาว.....42
5.1 ลักษณะของข้าวที่สีได้.....45
5.2 เครื่องวัดความชื้นในเมล็ดธัญพืช..... 46
5.3 กระป๋องใส่ข้าว..... 46
5.4 เครื่องชั่งดิจิตอล..... 46
5.5 ถุงดำสำหรับใส่แกลบและข้าว..... 47
5.6 เครื่องวัดความเร็วรอบ.....50
5.7 เครื่องวัดเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์.....50
5.8 เครื่องวัดความแข็ง.....51
5.9 วิธีวางลูกยางและติดตั้งอุปกรณ์.....55
5.10 การใช้เครื่องวัดความแข็ง.....55
6.1 รูปส่วนกะเทาะ..... 57
6.2 ส่วนขัดขาว..... 58
6.3 ส่วนคัดแยก..... 58
6.4 ชิ้นส่วนต้นกำลัง 59

บทที่ 1
บทนำ

1.1. ความสำคัญและที่มาของโครงงาน

การทำการเกษตรเป็นอาชีพหลักของคนไทย โดยเฉพาะการปลูกข้าว มีการทำการเกษตรปลูกข้าวทุกภาคของประเทศไทย เพราะคนไทยรับประทานข้าวเป็นอาหารหลัก แต่ข้าวสารที่ซื้อมานั้นมีราคาที่แพงกว่าการนำข้าวเปลือกมาสีเอง และจะเป็นเรื่องที่ดีถ้าเกษตรกรที่ทำการเกษตรข้าวสามารถปลูกข้าวแล้วนำข้าวเปลือกที่ได้มาสีรับประทานและจำหน่ายได้เอง นอกจากประหยัดค่าสีข้าวแล้วยังได้รำสำหรับจำหน่ายอีกด้วย ซึ่งในปัจจุบันมีเครื่องสีข้าววางจำหน่ายอย่างหลากหลาย กลุ่มโครงงานจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเครื่องสีข้าวให้มีขนาดเล็กและเหมาะสมกับการนำมาใช้ในระดับครัวเรือน เครื่องมือหนึ่งที่ช่วยย่นระยะเวลาการพัฒนาต่อยอด คือ การนำหลักการวิศวกรรมย้อนรอยมาศึกษาเครื่องต้นแบบ แต่ปัญหาที่สำคัญคือการหาเครื่องต้นแบบมาทดสอบ

ในปี 2554 กลุ่มโครงงาน มีโอกาสได้รับเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 ของบริษัทนาทวี เทคโนโลยี่ มาเป็นเครื่องต้นแบบ ซึ่งอยู่ในสภาพที่ใช้งานไม่ได้ มีสิ่งสกปรกอุดตันตามชิ้นส่วนต่างๆ เมื่อทดสอบเดินเครื่องพบว่า มอเตอร์ต้นกำลังยังทำงานได้ แต่เกิดเสียงดังและมีฝุ่นฟุ้งกระจายขณะเครื่องทำงาน กลุ่มโครงงานได้สอบถามบริษัทนาทวี เทคโนโลยี่ เพื่อขอข้อมูลทางเทคนิคของเครื่อง ได้รับแจ้งว่าทางบริษัทเลิกผลิตเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 แล้ว และได้พัฒนารุ่น NW 1000 TURBO มาทดแทน

จากข้อจำกัดดังกล่าว เครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 จึงเหมาะสมที่จะนำมาเป็นเครื่องต้นแบบในการทำวิศวกรรมย้อนรอย

รูปที่ 1.1 เครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 ของบริษัทนาทวี เทคโนโลยี่

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

ประยุกต์ใช้หลักการวิศวกรรมย้อนรอยและกระบวนการควอลิตี้ฟังก์ชันดีพลอยเมนต์ (QFD) เพื่อศึกษาส่วนประกอบและการทำงานของเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 แยกส่วนประกอบของเครื่องสีข้าว NW 1000

1.3.2 บันทึกชิ้นส่วนและเขียนแบบ 3 มิติ

1.3.3 ปรับปรุงให้อยู่ในสภาพที่ทำงานได้

1.3.4 ทดสอบการทำงานของเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้เรียนรู้ส่วนประกอบและการทำงานของเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000

1.4.2 ได้เครื่องสีข้าวที่สามารถใช้งานได้

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.5.1 ถอดชิ้นส่วนเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 ทำความสะอาดสิ่งอุดตัน ในส่วนต่างๆของเครื่อง

1.5.2 ทำการบันทึกชิ้นส่วนและสร้างแบบ 3 มิติ

1.5.3 ประกอบเครื่องสีข้าวขนาดรุ่น NW 1000

1.5.4 ทำการทดสอบเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000

1.5.5 สรุปผลการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูล

1.6 สถานที่ปฏิบัติงาน

1.6.1 มหาวิทยาลัยนเรศวร อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล

1.7.อุปกรณ์ที่ใช้

1.7.1 ไขควง

1.7.2 ประแจหกเหลี่ยม

1.7.3 ประแจ

1.7.4 ตลับเมตร

1.7.5 กล้องถ่ายรูป

1.7.6 สีเมจิก

1.7.7 คีมปากนกแก้ว

1.8 งบประมาณของโครงงาน

1.8.1 ค่าแรง	700	บาท
1.8.2 ค่าวัสดุ	1,000	บาท

1.8.3 ค่าเอกสาร	300	บาท
รวม	2,000	บาท

1.9 แผนการดำเนินงานตลอดโครงงาน

กิจกรรม	พ.ศ.2554							พ.ศ.2555												พ.ศ.2556	
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค	ม.ค	ก.พ
1. หาข้อมูลเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000																					
2.ทำการถอดแยกชิ้นส่วนเครื่องสีข้าว																					
3.ทำความสะอาดชิ้นส่วน																					
4.ทำบันทึกชิ้นส่วนและเขียนแบบ																					
5.ประกอบเครื่องสีข้าว																					
6.ทดสอบเครื่องสีข้าว																					
7.สรุปผลการทดสอบ																					
8.วิเคราะห์ข้อมูลและจัดทำรายงาน																					

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 วิศวกรรมย้อนรอย (Reverse Engineering)

วิศวกรรมย้อนรอย (Reverse Engineering) เป็นกระบวนการศึกษาชิ้นส่วนหรือเครื่องจักรเพื่อสร้างและผลิตขึ้นเอง การทำวิศวกรรมย้อนรอยอย่างเต็มรูปแบบจึงเกี่ยวข้องกับการสืบค้นหาข้อมูลทางเทคนิค การย้อนรอยเพื่อให้ได้ข้อมูลมิติของชิ้นส่วน การวิเคราะห์วัสดุและกรรมวิธีการผลิตชิ้นส่วนแต่ละชิ้น การประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เป็นอุปกรณ์หรือระบบ และพัฒนาสมรรถนะทั้งในระหว่างการผลิตและระหว่างการใช้งาน {10}

2.1.1 วัตถุประสงค์ของการทำวิศวกรรมย้อนรอย

1. ต้องการ “แกะ” ผลิตภัณฑ์ต้นแบบจากที่อื่น เช่น จากบริษัทคู่แข่งหรือจากบริษัทต่างประเทศ เพื่อศึกษาว่าผลิตภัณฑ์นั้นได้รับการออกแบบและผลิตมาอย่างไร
2. ต้องการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ของตนเองที่มีอยู่ แต่เนื่องจากไม่มีแบบและรายละเอียดข้อกำหนดทางเทคนิคที่ไม่ครบถ้วน
3. ต้องการผลิตชิ้นส่วนอะไหล่ใช้แทนชิ้นส่วนเดิมที่เกิดความเสียหาย เนื่องจากผู้ผลิตไม่ได้ทำการผลิตชิ้นส่วนดังกล่าวอีกต่อไป

ใน 2 กรณีแรกนั้น จุดมุ่งหมายของการทำวิศวกรรมย้อนรอยคือ การผลิตสินค้าในปริมาณมากเพื่อผลในเชิงพาณิชย์เป็นหลัก ส่วนกรณีสุดท้ายนั้น จุดมุ่งหมายคือ การผลิตอะไหล่ทดแทนเนื่องจากความจำเป็นบังคับ โดยมีผลพลอยได้คือ ความรู้ความเข้าใจ, ความสามารถในการผลิต, การตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น รวมทั้งข้อมูลทางวิชาการต่างๆ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรกลอื่นๆ และปรับปรุงชิ้นส่วนอุปกรณ์ให้มีสมรรถนะซึ่งองค์ความรู้ที่ได้สามารถนำไปเป็นพื้นฐานในการพัฒนาเครื่องจักร หรือการพัฒนาในเชิงพาณิชย์ได้ต่อไป

2.1.2 หลักการทำวิศวกรรมย้อนรอยสมัยใหม่

ด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัยในปัจจุบัน ทำให้สามารถทำวิศวกรรมย้อนรอยได้สะดวกขึ้น ได้ข้อมูลที่มีความเที่ยงตรงมากยิ่งขึ้น สามารถถ่ายเทข้อมูลไปสู่การทำงานออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์และสู่กระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบ ได้อย่างง่ายขึ้น

เช่น การสแกนวัตถุสามมิติ ทำให้ได้ข้อมูลด้านมิติ ขนาดและรูปร่างใน 3 มิติ ซึ่งสามารถส่งต่อไปพัฒนาโดยใช้โปรแกรมสร้างแบบจำลอง เช่น Auto CAD และ Design Software SolidWorks เป็นต้น

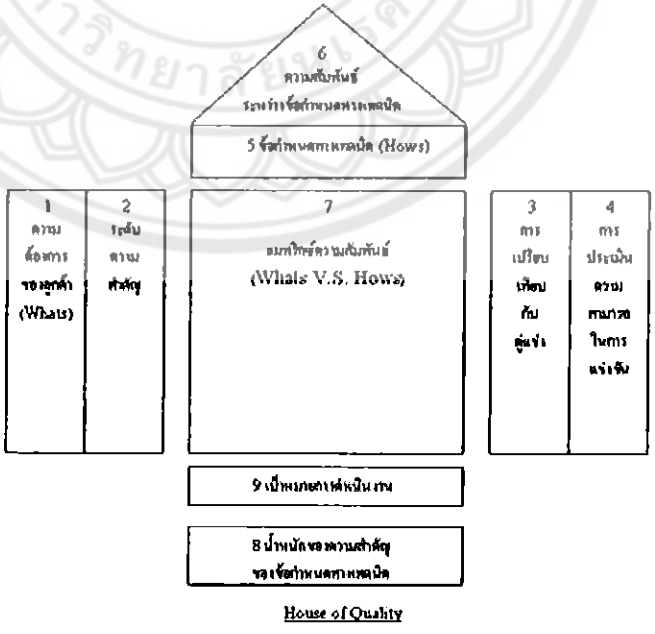
2.2 Quality function deployment (QFD)

Quality function deployment (QFD) เป็นเทคนิคหนึ่งในกระบวนการคุณภาพที่เน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ โดยเทคนิคนี้ มีจุดมุ่งหมายที่จะบูรณาการความต้องการของผู้ใช้ให้เข้าไปอยู่ในคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ ต่อเนื่องไปสู่กระบวนการผลิต

2.2.1 ประวัติและเทคนิคของ QFD

QFD เป็นเทคนิคที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาใช้เป็นครั้งแรกในประเทศญี่ปุ่นที่อู่ต่อเรือของบริษัทมิตซูบิชิ จังหวัดโกเบ ต่อมา ใน ปี ค.ศ. 1960 บริษัทโตโยต้าประเทศญี่ปุ่นได้นำ QFD มาปรับปรุงและพัฒนาเพื่อใช้ในบริษัทโตโยต้าและบริษัทในเครือ ทำให้ QFD เป็นที่นิยมแพร่หลายในญี่ปุ่นมากขึ้น

ในปัจจุบัน QFD เป็นกระบวนการที่สำคัญ ISO 9000/2000 ที่ได้รับการบรรจุอยู่ในมาตรฐานคุณภาพ ISO 9000 ที่เน้นความพึงพอใจ แปลงความต้องการของลูกค้าให้เป็นข้อกำหนดทางเทคนิคที่จำเป็นต้องมี เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า เมื่อได้ผลการสำรวจความต้องการของลูกค้า (Whats) และระดับความสำคัญของความต้องการแต่ละข้อแล้ว (ทีมงาน) ซึ่งประกอบไปด้วยฝ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้องกับวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (product life cycle) เช่นฝ่ายออกแบบ ฝ่ายวิศวกรรม ฝ่ายจัดซื้อ ฝ่ายผลิตเป็นต้น จะพิจารณาข้อกำหนดทางเทคนิคต่างๆ (Hows) ที่จะสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ โดยนำมาเขียนอยู่ในรูปของแมทริกซ์ความสัมพันธ์ (What V.S. Hows) และข้อกำหนดทางเทคนิคต่างๆ นั้นจะถูกนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างกันและกัน โดยเขียนเป็นแมทริกซ์รูปสามเหลี่ยม เหนือแมทริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่าง Whats กับHows ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะแสดงอยู่ในรูปของบ้านคุณภาพตามรูปที่ 2.4 [11]



รูปที่ 2.1 หลังคาบ้านคุณภาพ [11]

2.2.2 ขั้นตอนการทำ QFD

1. ระบุความต้องการของลูกค้า (Voice of Customer) หรือคุณภาพที่ลูกค้าต้องการ (Required Quality) โดยการสัมภาษณ์ หรือ ออกแบบสอบถาม หรือ จากข้อมูลการร้องเรียนของลูกค้า นำมาจัดเรียงความต้องการของลูกค้า(Whats)ลงในช่องริมซ้ายสุดของบ้านคุณภาพ

2. ประเมินระดับความสำคัญของความต้องการของลูกค้าแต่ละข้อ

3. เปรียบเทียบสินค้าของบริษัทกับสินค้าของคู่แข่งจากมุมมองของลูกค้า

4. ประเมินจุดอ่อนจุดแข็งของตนเองและคู่แข่งแล้วกรอกลงในช่องทางขวามือของบ้านคุณภาพแยกตามความต้องการของลูกค้าแต่ละข้อ

5. ระบุข้อกำหนดทางเทคนิค(Technical Characteristics) หรือองค์ประกอบคุณภาพ (Quality Element) ที่จะตอบสนองความต้องการของลูกค้าแต่ละข้อ(Hows) ลงในช่องด้านบนของบ้านคุณภาพ ในช่องที่ 6

6. แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละข้อไว้ที่ส่วนหลังคาของบ้านคุณภาพ ความสัมพันธ์ของข้อกำหนดทางเทคนิคมี 4 แบบ

1) ความสัมพันธ์ทางบวกมาก

2) ความสัมพันธ์ทางบวก

3) ความสัมพันธ์ทางลบมาก

4) ความสัมพันธ์ทางลบ

โดยอาจกำหนดเป็นสัญลักษณ์หรือค่าตัวเลขก็ได้ เพื่อให้ผู้ออกแบบเข้าใจว่า ถ้าเรามีการเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดทางเทคนิคข้อใดข้อหนึ่งแล้วจะมีผลกระทบต่อข้อกำหนดทางเทคนิคข้ออื่นอย่างไรมากน้อยแค่ไหน

7. หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้าและข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละข้อลงในแมทริกซ์ความสัมพันธ์ตรงส่วนกลางของตัวบ้านคุณภาพ โดยใช้สัญลักษณ์แสดงให้เห็นถึงระดับความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิคกับความต้องการของลูกค้า ว่ามีความสัมพันธ์มาก ปานกลาง หรือ น้อย

และในการแสดงแมทริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้าและข้อกำหนดทางเทคนิคนั้น จะแสดงด้วยสัญลักษณ์

△ หมายถึง มีความสัมพันธ์น้อย

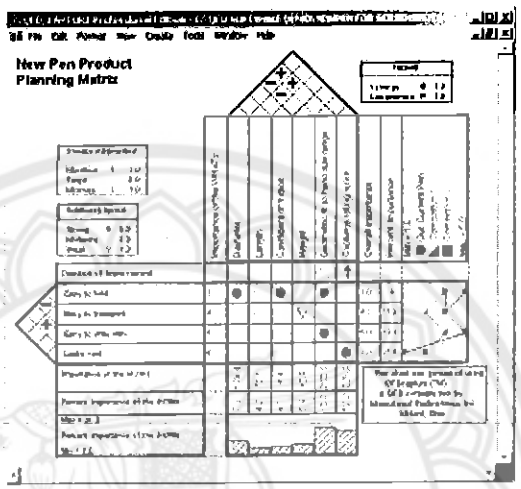
○ หมายถึง มีความสัมพันธ์ปานกลาง

◎ หมายถึง มีความสัมพันธ์มาก

โดยอาจระบุคะแนนมากน้อยตามลำดับเช่น 1,3,9 เป็นต้น ซึ่งข้อมูลนี้อยู่ในช่องที่ 7

8. กำหนดระดับความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละข้อโดยพิจารณาจากระดับความสำคัญของความต้องการของลูกค้า แมทริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่าง Whats กับHows และข้อมูลเปรียบเทียบกับคู่แข่งประกอบกันในช่องที่ 8

9. ระบุข้อกำหนดทางเทคนิคที่จะนำไปใช้ออกแบบผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้ายอันเป็นเป้าหมายการดำเนินงาน ในช่องที่ 9



รูปที่ 2.2 แมทริกซ์แสดงความสัมพันธ์ [11]

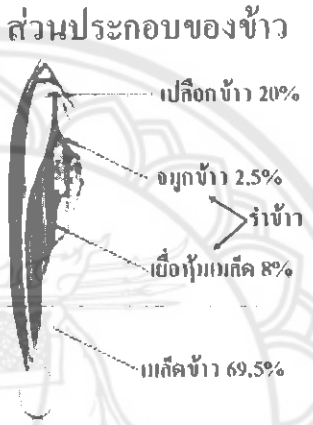
ในการทำการศึกษาเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 ได้ใช้กระบวนการ QFD (Quality function deployment) มาใช้หาความเชื่อมโยงระหว่างคุณลักษณะของเครื่องสีข้าวกับส่วนประกอบของเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 โดยในช่องที่ 1 ระบุความต้องการของลูกค้า (Voice of Customer) หรือคุณลักษณะของเครื่องสีข้าว(What) และช่องที่ 5 ระบุ คุณลักษณะทางเทคนิค (Technical Characteristics) หรือส่วนประกอบหลักของเครื่องสีข้าว (How) และในช่องที่ 7 ประเมินค่าความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะที่ต้องการและส่วนประกอบที่ทำให้ได้มาซึ่งคุณลักษณะที่ต้องการตามรูปที่ 2.6 ซึ่งจะช่วยให้ระบุส่วนที่ต้องการพัฒนาให้ตรงตามความต้องการของผู้ซื้อได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

1.ความต้องการของลูกค้า Whats	5.ข้อกำหนดทางเทคนิค Hows	7.แมทริกซ์ความสัมพันธ์ Whats VS Hows

รูปที่ 2.3 ส่วนที่ประยุกต์ใช้จากบ้านคุณภาพ [11]

2.3 ข้าวและการหาประสิทธิภาพการสี

ข้าว เป็นธัญญาหารหลักของชาวโลก จัดเป็นพืชสายพันธุ์เดียวกับหญ้า ซึ่งนับได้ว่าเป็นหญ้าที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลก และมีความหลากหลายทางชีวภาพ สามารถปลูกขึ้นได้ง่ายมีความทนทานต่อทุกสภาพภูมิประเทศในโลก ไม่ว่าจะเป็นถิ่นแห้งแล้งแบบทะเลทราย พื้นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง หรือแม้กระทั่งบนเทือกเขาที่หนาวเย็น ข้าวก็ยังสามารถงอกงามขึ้นมาได้อย่างทรหดอดทน ปัจจุบันประเทศไทยเป็นแหล่งปลูกข้าวที่ผลิตออกสู่ตลาดโลกมากที่สุด และเป็นศูนย์กลางของการศึกษาวิจัยพันธุ์ข้าว ซึ่งแสดงให้เห็นถึงบทบาทของผู้สร้างตำนานแห่งอารยธรรมธัญญาหาร ของมนุษยชาติ



รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบของข้าว [1]

ข้าวเปลือก 1 เมล็ดจะประกอบไปด้วยเปลือกข้าว 20% จมูกข้าว 2.5% เยื่อหุ้มเมล็ดข้าว 8% (จมูกข้าวและเยื่อหุ้มข้าวรวมกันจะได้รำข้าว) และที่เหลือเป็นเมล็ดข้าว 65.9%

คุณภาพเมล็ดทางกายภาพ หมายถึง คุณสมบัติต่างๆ ของเมล็ดที่สามารถมองเห็น หรือชั่งตวง วัดได้ เช่น น้ำหนักเมล็ด สีข้าวเปลือก ขนาดรูปร่างเมล็ด ลักษณะท้องไข่ ความขุ่นใสของข้าวสาร ความแกร่งของเมล็ด ความขาวของข้าวสาร และคุณภาพการสี

น้ำหนักเมล็ด สามารถประเมินได้ 2 รูปแบบ คือ น้ำหนักต่อปริมาณ เช่น กรัม/ลิตร หรือ กิโลกรัม/ถัง และน้ำหนักต่อจำนวนเมล็ด เช่น น้ำหนัก 100 เมล็ด หรือน้ำหนัก 1,000 เมล็ด เป็นต้น น้ำหนักเมล็ดเป็นลักษณะหนึ่งที่ใช้จำแนกพันธุ์ข้าว การสีข้าวกล้อง เมื่อกะเทาะเปลือกข้าวออกจะพบข้าวกล้องที่มีสีขาวเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้มีข้าวบางพันธุ์มีข้าวกล้องสีแดงหรือสีม่วงจนเกือบดำ ข้าวกล้องที่มีสีเหล่านี้ถือว่าเป็นข้าวคุณภาพเฉพาะ และมักนิยมบริโภคเพื่อวัตถุประสงค์ทางด้านโภชนาการ หรือเป็นขนมหวาน เช่น ข้าวแดง ข้าวเหนียวดำ ข้าวกล้องที่มีสีนี้ หากเป็นสีล้วนๆ จะมีราคาสูง แต่ถ้าปนในข้าวขาวจะทำให้คุณภาพหรือราคาด้อยลง

2.3.1 ขนาดรูปร่างเมล็ด

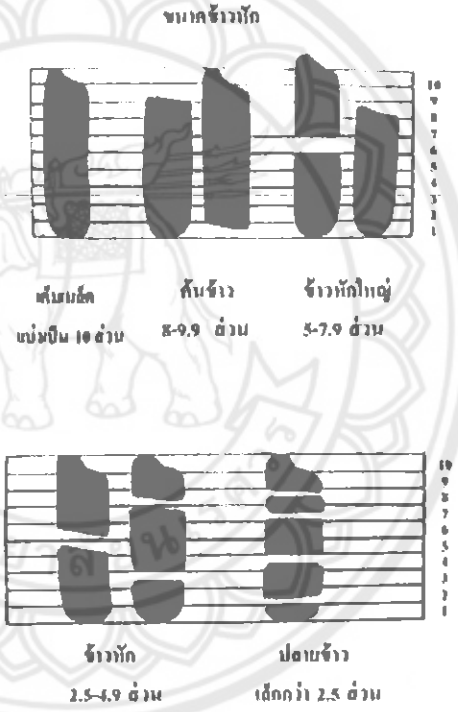
ขนาดรูปร่างเมล็ด เป็นลักษณะแรกทางด้านคุณภาพเมล็ด ที่นักปรับปรุงพันธุ์ใช้ในการจำแนกพันธุ์ข้าว ขนาดรูปร่างเมล็ด หมายถึง ความยาว ความกว้าง และความหนาของเมล็ด

• ความยาวของเมล็ด หมายถึง ระยะทางจากปลายยอดสุดเมล็ดถึงโคนเมล็ด

• ความกว้างของเมล็ด หมายถึง ระยะทางส่วนที่กว้างที่สุดของเมล็ดระหว่างเปลือกใหญ่ (lemma) ถึงเปลือกเล็ก (palea)

• ความหนาของเมล็ด หมายถึง ระยะทางที่มากที่สุดระหว่างเปลือกด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง

2.3.2 การแบ่งข้าวหัก ข้าวเต็มเมล็ด



รูปที่ 2.5 การแบ่งข้าวหัก ข้าวเต็มเมล็ด [2]

ส่วนของเมล็ด (Parts of rice kernels) หมายถึง ส่วนของข้าวเต็มเมล็ดแต่ละส่วนที่แบ่งตามความยาวของเมล็ดออกเป็น 10 ส่วนเท่า ๆ กัน

ข้าวเต็มเมล็ด หมายถึง เมล็ดข้าวที่อยู่ในสภาพเต็มเมล็ดไม่มีส่วนใดหักและให้รวมถึงเมล็ดข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 9 ส่วนขึ้นไป (รูปที่ 2.2)

ข้าวหัก (Brokens) หมายถึง เมล็ดข้าวหักที่มีความยาวน้อยกว่าหรือเท่ากับ 2.5 ส่วน (รูปที่ 2.2) รวมถึงเมล็ดข้าวแตกเป็นซีก ที่มีเนื้อที่เหลืออยู่ไม่ถึงร้อยละ 80 ของเมล็ด [2]

2.3.3 ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2

รูปที่ 2.6 ข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก 2 [9]

ลักษณะประจำพันธุ์

- เป็นข้าวเจ้า สูงประมาณ 114 เซนติเมตร
- ไม่ไวต่อช่วงแสง
- อายุเก็บเกี่ยว 119-121 วัน
- ทรงกอตั้ง ใบสีเขียวเข้ม ใบธงตั้ง รวงแน่นปานกลาง ระแง้ค่อนข้างถี่ คอรวงสั้น ฟางแข็ง ใบแก่ช้า
- ระยะพักตัวของเมล็ดประมาณ 8 สัปดาห์
- เมล็ดข้าวเปลือก ยาว x กว้าง x หนา = 10.5 x 2.5 x 1.9 มิลลิเมตร
- เมล็ดข้าวกล้อง ยาว x กว้าง x หนา = 7.9 x 2.1 x 1.6 มิลลิเมตร
- ปริมาณอมิโลส 28.6 %

ผลผลิตลักษณะเด่น

- ประมาณ 807 กิโลกรัมต่อไร่
- ผลผลิตสูง และมีเสถียรภาพในการให้ผลผลิต
- ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยกระโดดหลังขาว และเพลี้ยจักจั่นสีเขียว
- คุณภาพการสีดี ท้องไข่น้อย

ข้อควรระวัง

- ไม่ต้านทานโรคไหม้ และโรคใบหงิก
- ไม่ต้านทานแมลงบั่ว
- เมล็ดค่อนข้างร่วงง่าย

พื้นที่แนะนำ

• ทุกภาคในเขตชลประทาน

2.4 ส่วนประกอบทั่วไปของเครื่องสีข้าว

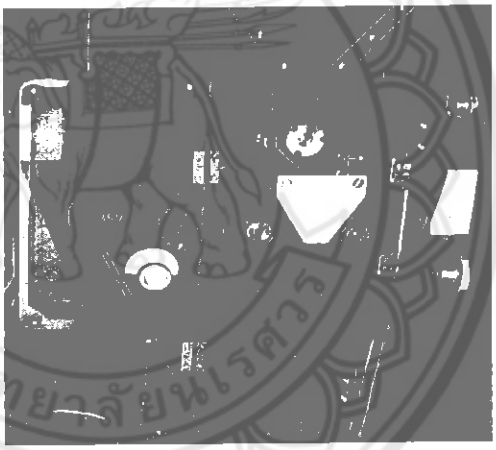
ส่วนประกอบของเครื่องสีข้าวโดยทั่วไป แบ่งได้เป็น 4 ส่วนใหญ่ๆ คือ 1.ส่วนกะเทาะ 2. ส่วนคัดแยก 3.ส่วนขัดขาว และ 4.ส่วนต้นกำลัง ส่วนกะเทาะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่กะเทาะเปลือกข้าวออกจากเปลือกข้าวออกมาเป็นข้าวกล้อง ข้าวกล้องที่ถูกกะเทาะแล้วจะไหลไปสู่ส่วนขัดขาว แล้วไหลไปสู่ส่วนคัดแยกข้าวหักข้าวเต็มเมล็ด ซึ่งระบบทั้งหมดจะทำงานได้ต้องอาศัยส่วนต้นกำลังและพูเลย์ในการส่งแรงให้ระบบทำงาน

2.4.1 ส่วนกะเทาะเปลือก

ส่วนกะเทาะเปลือกเป็นส่วนที่ทำให้เปลือกแยกออกจากเมล็ด ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

2.4.1.1 การกะเทาะเปลือก

2.3.1.1.1 เครื่องกะเทาะเปลือกแบบลูกยาง (Rubber roll huller)



รูปที่ 2.7 ส่วนกะเทาะ [7]

สำหรับเมล็ดธัญพืช ซึ่งเปลือกไม่ได้ยึดติดกับส่วนที่เป็นเมล็ด การทำให้เปลือกแยกออกจากเมล็ด โดยใช้แรงเฉือน หรือแรงกดก็เพียงพอ โดยทั่วไปนิยมใช้พื้นผิวสัมผัสที่เป็นยางในการกะเทาะ หลักการทำงาน : สำหรับเครื่องกะเทาะแบบลูกยางจะประกอบด้วยลูกยางกะเทาะ 2 ลูก ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากัน หมุนในทิศทางที่ตรงข้ามกัน และออกแบบให้ความเร็วในการหมุนแตกต่างกัน ลูกยางกะเทาะซึ่งมีความเร็วรอบสูงกว่า จะยึดติดกับแบริ่งที่อยู่กับที่ ในขณะที่ลูกยางอีกลูกหนึ่งที่หมุนด้วยความเร็วรอบที่ต่ำกว่า จะยึดติดกับแบริ่งที่สามารถเลื่อนเข้า – ออก ได้ ดังนั้น ระยะห่างระหว่างลูกยางทั้งสองจึงสามารถปรับตั้งได้

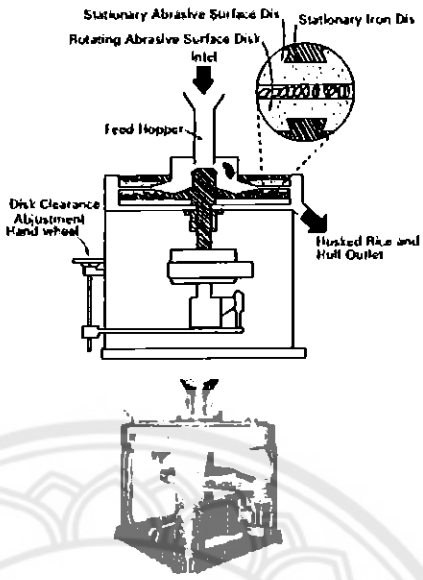
ในโรงสีข้าว ความเร็วในแนวสัมผัส (Peripheral speed) ของลูกยางลูกที่มีความเร็วรอบสูงจะมีค่าอยู่ระหว่าง 15.0 – 17.5 เมตรต่อวินาที ในขณะที่ลูกยางที่มีความเร็วรอบต่ำกว่า จะมี

ความเร็วในแนวสัมผัสอยู่ระหว่าง 12.5 – 15.0 เมตรต่อวินาที ถ้าเพิ่มความเร็วสัมผัสให้มากขึ้น จะทำให้อัตราการกะเทาะสูงขึ้น แต่อาจทำให้ผิวสัมผัสหน้ายางสึกหรอเร็วขึ้น นอกจากนี้ยังอาจก่อให้เกิดความสั่นสะเทือนในระหว่างการทำงาน ทำให้การตั้งระยะห่างระหว่างลูกยางทั้งสองเกิดการผิดพลาดได้ โดยทั่วไปค่าความแตกต่างระหว่างความเร็วสัมผัสของลูกยางทั้งสอง ไม่ควรเกิน 2.5 เมตร ต่อวินาที ถ้าเกินจากค่านี้ จะทำให้ประสิทธิภาพการกะเทาะลดลง เมื่อลูกยางที่หมุนด้วยความเร็วรอบสูงกว่า เกิดการสึกหรอทำให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่าลูกยางอีกลูกหนึ่ง ทำให้ค่าความเร็วสัมผัสของลูกยางทั้งสอง แตกต่างกันน้อยลง ทำให้ประสิทธิภาพการกะเทาะลดลง ความแข็งของลูกยาง จะขึ้นกับอุณหภูมิของลูกยางขณะทำงาน ยิ่งอุณหภูมิขณะทำงานมีค่าสูง จะทำให้ยางอ่อนนุ่มลง การออกแบบระบบที่มีลมระบายความร้อนให้กับลูกยาง จะทำให้อัตราการสึกหรอลดลง

การกะเทาะเปลือกโดยใช้ลูกยาง ง่ายต่อการบำรุงรักษา เพราะเครื่องมือ ให้อัตราการกะเทาะสูง และมีประสิทธิภาพในการกะเทาะสูง เมล็ดเสียหายน้อย ในขณะที่ข้อเสียของเครื่อง กะเทาะชนิดนี้ คือ ลูกยางมีอัตราการสึกหรอสูง โดยเฉพาะเมื่อทำงานในฤดูร้อน อีกทั้ง ราคาของลูกยางสูง ประสิทธิภาพในการกะเทาะของเครื่องชนิดนี้ จะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของความเร็วรอบของลูกยางทั้งสอง ระยะห่างระหว่างลูกยาง ความแข็งของผิวสัมผัสหน้ายาง รวมทั้งความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือก

2.4.1.2 เครื่องกะเทาะแบบโม่หินแนวนอน (Disc huller or Under – Runner disc huller)

หลักการทำงาน : เครื่องกะเทาะชนิดนี้ใช้สำหรับการกะเทาะข้าวเปลือกและข้าวโอต และยังสามารถใช้กับข้าวฟ่างได้ด้วย ในระบบการทำงานนี้ ข้าวเปลือกจะไหลผ่านระหว่างแผ่นจานทั้งสอง ซึ่งระยะห่างระหว่างจานทั้งสองสามารถปรับตั้งได้ ที่ผิวของจานบนจะเคลือบด้วยวัสดุที่มีลักษณะหยาบ เช่น หินกากเพชร จานที่ยู่ด้านบนจะถูกยึดอยู่กับที่ ในขณะที่จานที่อยู่ด้านล่างจะขนานกับจานบน และสามารถหมุนได้ โดยอาศัยการถ่ายทอดกำลังจากเพลาที่หมุน ข้าวเปลือกจะถูกป้อนเข้าที่ตรงกลางของจานด้านบนที่เป็นช่องป้อน เมล็ดที่ร่วงผ่านสู่จานล่าง จะถูกตั้งขึ้นด้วยแรงหมุน และเคลื่อนออกจากจุดศูนย์กลางด้วยแรงเหวี่ยง ผ่านส่วนของหินขัด ส่วนยอดของเมล็ดจะสัมผัสกับจานด้านบน ซึ่งจะกดเปลือกให้หลุดจากเมล็ดข้าวได้ ถ้าระยะห่างระหว่างจานบนและจานล่าง มากเกินกว่าความยาวของเมล็ด ทำให้เมล็ดข้าวเปลือก เคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ จะไม่ก่อให้เกิดการกะเทาะ



รูปที่ 2.8 เครื่องกะเทาะแบบโม่หินแนวนอน [7]

2.4.1.3 เครื่องกะเทาะแบบแรงเหวี่ยงกระทบ (Impact huller or Centrifugal husker)

เครื่องกะเทาะเปลือกแบบอาศัยแรงเหวี่ยงกระทบ ทำให้เปลือกหลุดออกจากเมล็ดได้ ประกอบด้วย ถังป้อน (Hopper) จานหมุน (Acceleration disc) เป้ากระทบ (Impact plate) และฝาครอบ (Housing) ข้าวเปลือกจะถูกป้อนเข้าที่ตำแหน่งตรงกลางของจานหมุน ข้าวเปลือกจะหมุนไปตามทิศทางการหมุนของจาน และไปกระทบกับเป้ากระทบที่ทำจากยาง ทำให้เปลือกหลุดออกจากเมล็ดข้าวได้ มุมการกระทบของข้าวเปลือก อยู่ระหว่าง 30-45 องศา กับแนวระดับของจานหมุน ข้าวที่กะเทาะเปลือกออกแล้ว จะเคลื่อนที่โดยความเร็วของลมที่เกิดจากจานหมุน

2.4.1.4 ลูกยางกะเทาะเปลือก

จากโครงงานวิจัยของ บุญเจิด กาญจนา และคณะ [12] เรื่องการพัฒนาเครื่องกะเทาะ และเครื่องคัดขนาดเมล็ดข้าวกล้อง เพื่อใช้ผลิตข้าวกล้องงอกสำหรับครัวเรือนเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกแบบลูกยาง ได้ผลว่า เครื่องกะเทาะข้าวเปลือกแบบลูกยางนิยมใช้กันมากทั้งในโรงสีข้าว และขนาดใหญ่ เพราะว่าอุปกรณ์ ที่ใช้ในการกะเทาะข้าวเปลือกทำด้วยยางที่มีความยืดหยุ่นสูง จึงช่วยลดการแตกหักของเมล็ดข้าวกล้องได้มาก ลูกยางกะเทาะข้าวเปลือก ทำด้วย ยางสังเคราะห์NBR ยางหุ้มอยู่บนแกนเหล็กซึ่งมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก ซึ่งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกยางกะเทาะจะอยู่ระหว่าง 150 -250 มิลลิเมตร ความหนาของเนื้อยางที่หุ้มบนแกนเหล็กประมาณ 15 – 30 มิลลิเมตร ความแข็งของผิวหน้ายาง ประมาณ 90 -95 shore ซึ่งความแข็งของผิวหน้ายางนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ข้าว ที่จะนำไปกะเทาะ ถ้าเป็นข้าวเปลือก ที่มีเนื้อแข็งการแตกหักของเมล็ดต่ำ จะใช้ลูกยางที่

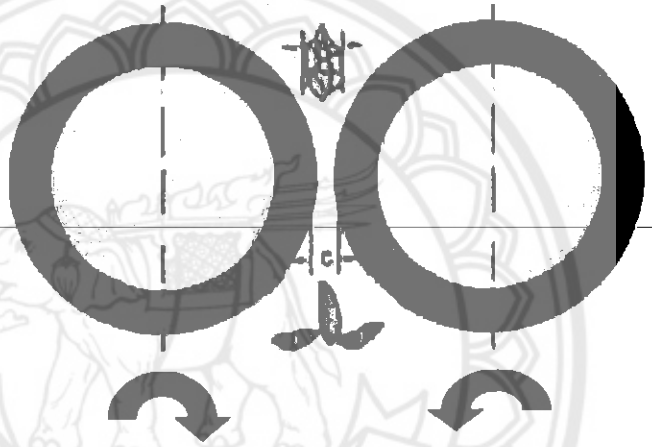
มีความแข็งที่ผิวหน้ายางสูง เพราะจะช่วยลดการสึกหรอของยางได้มาก แต่ถ้าเป็นเมล็ดข้าวเปลือกที่เมล็ดแตกหักได้ง่าย และมีราคาสูง เช่นข้าวหอมมะลิ จะต้องใช้ลูกยางกะเทาะที่มีความแข็งของผิวหน้ายางต่ำ จึงจะช่วยลดความเสียหายจากการแตกหักของเมล็ดได้ แต่อัตราการสึกหรอของลูกยางจะสูงขึ้น อุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องกะเทาะ การควบคุมการทำงานของเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกแบบลูกยาง เครื่องกะเทาะข้าวเปลือกแบบลูกยาง จะประกอบด้วยลูกยางกะเทาะ (Rubber Roll) ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากัน จำนวน 2 ลูก ซึ่งได้แก่ ลูกยางกะเทาะเพลาหลัก (Main Shaft Rubber Roll) และลูกยางกะเทาะเพลาที่เคลื่อนที่ได้ (Movable Shaft Rubber Roll) สำหรับลูกยางกะเทาะเพลาหลักนั้น เพลาของลูกยางจะถูกยึดไว้กับที่ แต่ลูกยางกะเทาะเพลาที่เคลื่อนที่ได้ จะสามารถปรับระยะห่างระหว่าง ลูกยางกะเทาะทั้งสองลูก ให้มีความเหมาะสมกับขนาดของเมล็ดข้าวเปลือก เพื่อกำหนดอัตราการกะเทาะข้าวเปลือกได้ความต้องการ โดยลูกยางกะเทาะทั้งสองลูกจะติดตั้งให้อยู่ในตำแหน่ง ที่ขนานกัน และหมุนในทิศทางตรงกันข้าม ลูกยางกะเทาะเพลาหลักจะหมุนเร็วกว่าลูกยางกะเทาะเพลาที่เคลื่อนที่ได้ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกยาง โดยปกติแล้ว ความเร็วในแนวสัมผัส (Peripheral speed) ของลูกยางกะเทาะเพลาหลัก(Main Shaft Rubber Roll) จะมีค่าอยู่ระหว่าง 15 – 17.5 เมตรต่อวินาที (Vf) ในขณะที่ลูกยางกะเทาะ เพลาที่เคลื่อนที่ได้(Movable Shaft Rubber Roll) จะมีความเร็วในแนวสัมผัสอยู่ระหว่าง 12.5 – 15 เมตรต่อวินาที (Vs) ค่าความเร็วสัมผัสของลูกยางทั้งสองไม่ควรแตกต่างกันเกิน 2.5 เมตร ต่อวินาที ถ้ามีความแตกต่างกันมากกว่านี้ อาจจะทำให้การทำงานของเครื่องกะเทาะเกิดการสั่นสะเทือนมาก และลูกยางกะเทาะจะเกิดความร้อนสูง ทำให้สึกหรอเร็วขึ้น แต่ถ้าความเร็วของลูกยางกะเทาะต่ำกว่า 2.5 เมตร ต่อวินาที จะทำให้ประสิทธิภาพการกะเทาะลดลง

จากงานวิจัยของ จินดามณี นิสยันต์ และคณะ [13] เรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องกะเทาะพบว่า ระยะห่างของลูกยาง ควรมีระยะห่าง 5 มิลิเมตร เมื่อระยะห่างของลูกยาง มากกว่าหรือน้อยกว่า 6 มิลลิเมตรจะมีการแตกหักสูง แต่โดยทั่วไปเมื่อพนักงานในโรงสีพบว่าลูกยางห่างกันจะทำการปรับเลื่อนลูกยางให้ชิดกันโดยไม่มีมาตรฐานทำให้ระยะห่างลูกยางแคบเกินไปซึ่งจะทาให้ข้าวแตกหักมากขึ้น และได้ให้ค่าความแข็งของลูกยางที่ใช้ ให้วัดค่าความแข็งลูกยางให้อยู่ระหว่าง 85-95 ชอร์ (การทดสอบความแข็งแบบชอร์ เซโรสโคบ (Shore Scleroscope)) และควรสลับลูกยางระหว่างลูกหมุนช้ากับลูกหมุนเร็วเพื่อให้ความเร็วของลูกยางคงที่

จากงานวิจัยของ สมควร แววดี และคณะ [14] เรื่อง การลดอุณหภูมิอากาศในกระบวนการกะเทาะเปลือกเพื่อเพิ่มร้อยละของข้าวพบว่าเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกชนิดลูกกลิ้งยาง ประกอบไปด้วยลูกกลิ้งยาง 2 ลูก โดยลูกกลิ้งยางด้านซ้ายจะถูกติดตั้ง อยู่บนเพลาที่หมุนอยู่กับที่ ส่วนลูกกลิ้งยางด้านขวาจะถูกติดตั้งอยู่บนเพลาที่สามารถปรับเข้า – ออกได้ เพื่อปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งยาง ลูกกลิ้งยางทั้ง สองลูกนี้จะหมุนในทิศทางตรงข้ามกัน โดยที่ลูกกลิ้งยางที่อยู่บนเพลาเคลื่อนที่ได้จะมีความเร็วช้ากว่าลูกยางที่หมุนอยู่กับที่ (รอบเร็ว 1,050 รอบ/นาที, รอบช้า 865 รอบ/นาที) รูปแบบการทำงานที่ลูกกลิ้ง 2 ลูกหมุนด้วยความเร็วรอบที่ต่างกันมีผลทำให้ความเร็วเชิงเส้นต่างกันไปด้วย

เมื่อข้าวเปลือกถูกปล่อยลงไปในช่องระหว่างลูกกลิ้งยางทั้งสองลูก เมล็ดข้าวเปลือกจะถูกแรงบีบจากลูกกลิ้งยางและผลจากความเร็วเชิงเส้นของลูกกลิ้งยางที่ต่างกัน ทำให้เกิดแรงเฉือนกระทำต่อเมล็ดข้าวเปลือก

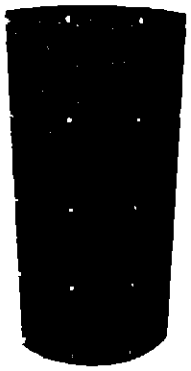
และจากงานวิจัยของ ทนนทรัตนรวมการ [15] เรื่องการกะเทาะขาวเปลือกแบบลูกยาง 4 ลูก สรุปไว้ว่า เครื่องกะเทาะข้าวเปลือกแบบลูกยาง 4 ลูก ใช้ระยะห่างของลูกยางลูกที่1 กับลูกที่ 2 ที่0.20 มิลลิเมตรและลูกที่3 กับลูกที่4 ที่0.10 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นระยะที่ได้เปอร์เซ็นต์การกะเทาะสูงสุด พบว่าเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดเทากับ 72.76 เปอรเซ็นต์ขาวหักเทากับ 3.94 เปอรเซ็นต์และเปอรเซ็นต์ข้าวเปลือกที่ไมถูกกะเทาะเทากับ 11.18 เปอรเซ็นต์



รูปที่ 2.9 ทิศทางการเคลื่อนที่ของลูกยาง [7]

2.4.2 **ส่วนขัดขาว**

เมื่อข้าวเปลือกได้รับการกะเทาะเปลือกและคัดแยกจะได้ข้าวออกมาเป็นข้าวกล้อง ไหลลงสู่ส่วนขัดขาว การขัดขาวใช้การขัดสีระหว่างผิวสัมผัส ตะแกรงจะถูกเจาะเป็นช่องเล็กๆ ทำให้ส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดถูกขัดออกไป



รูปที่ 2.10 รูตะแกรงขัดขาว [10]

2.4.3 ส่วนคัดแยก

ในส่วนของการคัดแยกนั้นมีการใช้กระบวนการดังต่อไปนี้

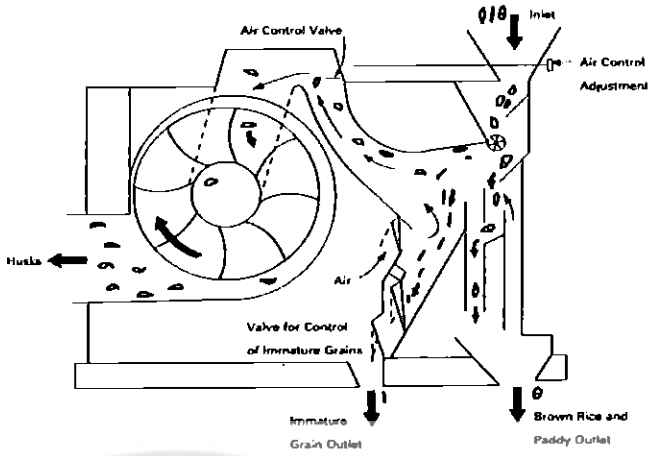
2.4.3.1 กรรมวิธีการคัดแยก (Sorting)

การคัดแยก หมายถึง การคัดเอาวัสดุที่มีลักษณะเฉพาะเหมือนกัน ออกจากวัสดุที่มีคุณลักษณะต่างกัน ตัวอย่างเช่น การคัดแยกข้าวหักและข้าวเต็มเมล็ด โดยใช้รูตะแกรงในการคัดแยก [4] เป็นต้น วิธีการแยก มีดังนี้

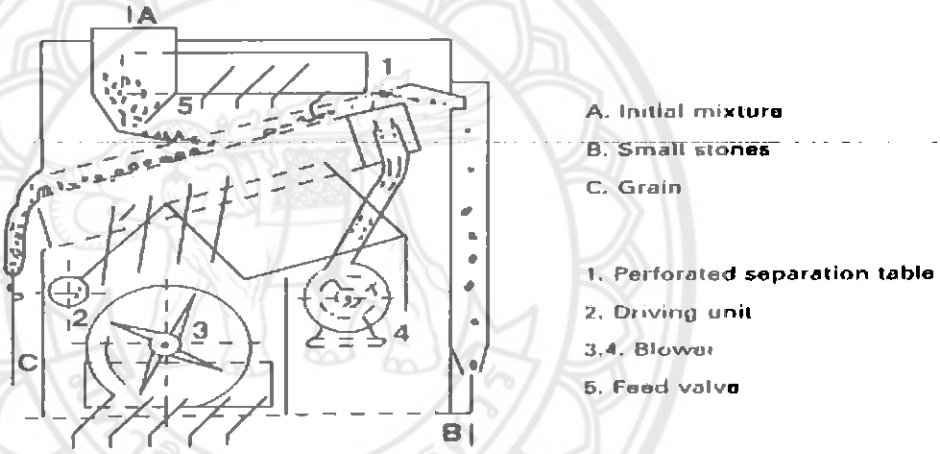
- ขนาด (Size)
- ความหนาแน่น (Density)
- ลักษณะของผิวสัมผัส (Surface texture)
- สมบัติทางกลของวัสดุ (Mechanical properties)
- คุณลักษณะทางไฟฟ้าของวัสดุ (Electrical properties)
- คุณลักษณะอื่น ๆ เช่น น้ำหนัก สี สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน เป็นต้น

2.4.3.2 การแยกแกลบ (Husk aspirator)

ข้าวเปลือกเมื่อผ่านกระบวนการกะเทาะเปลือกออกแล้ว จะได้ส่วนผสมของข้าวกล้องกับข้าวเปลือก แกลบ ฝุ่น รำ และเมล็ดข้าวที่แตกหัก ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบแยกแกลบได้แก่ พัดลม ซึ่งสร้างอัตราการไหลของอากาศให้สามารถแยกแกลบออกจาก ส่วนผสมของข้าวเปลือกกับข้าวกล้องได้ดังภาพ ความหนาแน่นของข้าวเปลือกที่ต้องการแยก จะมีความสัมพันธ์กับความเร็วของอากาศที่ใช้ในการคัดแยก ดังนั้น จึงจำเป็นต้องควบคุมการไหลของข้าวและอัตราการไหลของอากาศ เพื่อให้ประสิทธิภาพการคัดแยกสูงสุด เมื่อแกลบ ข้าวกล้องและข้าวเปลือกตกมายังบริเวณที่มีลมดูดผ่าน จะมีการแยกตัวเกิดขึ้น เนื่องจากแรงต้านการปะทะของลม ซึ่งแรงต้านของวัสดุส่วนผสมต่างๆเหล่านี้ จะแปรผันตาม ขนาด รูปร่าง น้ำหนัก ลักษณะของผิวสัมผัส รวมทั้งตำแหน่งของวัสดุ ความเร็วของลม จะทำให้แกลบถูกดูดไปตามทิศทางของลม



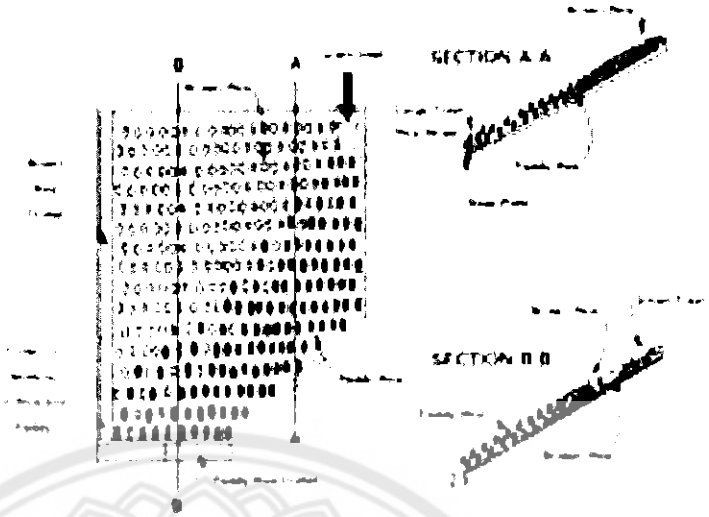
รูปที่ 2.11 เครื่องแยกแกลบแบบพัดลมดูด [4]



รูปที่ 2.12 เครื่องแยกแกลบแบบพัดลมดูดสองจังหวะ [4]

2.3.3.3 การแยกข้าวกล้องออกจากข้าวเปลือก (Paddy separator)

วัตถุประสงค์ของการใช้เครื่องคัดแยก คือ เพื่อทำการแยกข้าวกล้องออกจากข้าวเปลือก จากส่วนผสมระหว่างข้าวกล้องและข้าวเปลือกที่ได้จากเครื่องกะเทาะ หลักการในการคัดแยก คือ อาศัยคุณสมบัติความแตกต่างระหว่างข้าวกล้อง และข้าวเปลือก เช่น น้ำหนักจำเพาะ แรงลอยตัว ขนาด และผิวสัมผัสชนิดของเครื่องคัดแยก



รูปที่ 2.13 การเคลื่อนที่ของข้าวกล้องและข้าวเปลือก [4]

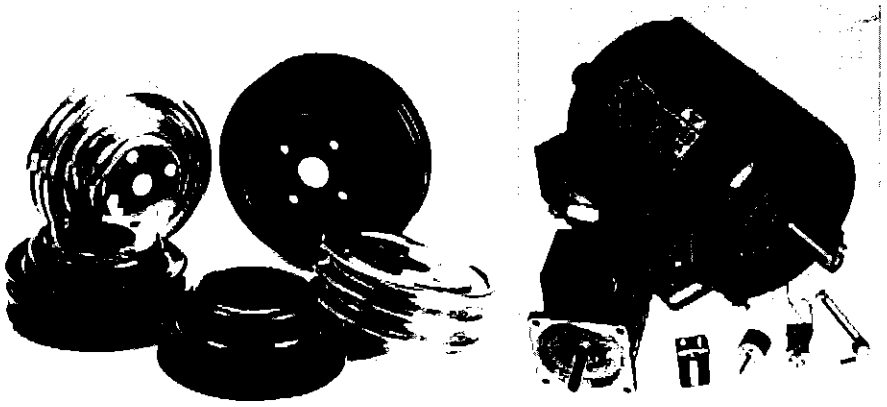
รูปที่ 2.13 หลักการทำงานของเครื่องคัดแยกข้าวเปลือก แบบถาด (Tray type paddy separator) ซึ่งระบบนี้จะประกอบด้วยถาดจำนวน 4-7 ถาด วางในตำแหน่งเอียง ความเอียงด้านหน้าจะยึดอยู่กับที่ แต่ถาดด้านหลังสามารถปรับตำแหน่งความเอียงของถาดได้ เพลาขับแบบเยื้องศูนย์ (Essentric driving crank) จะถ่ายทอดกำลังมายังถาดคัดแยก ดังนั้น ถาดคัดแยกจะเคลื่อนที่แบบกลับไปกลับมา โดยอาศัยความแตกต่างของน้ำหนักจำเพาะของข้าวเปลือกและข้าวกล้อง ข้าวกล้องมีน้ำหนักเบากว่า จะเคลื่อนที่ขึ้นข้างบน ในขณะที่ข้าวเปลือกที่มีน้ำหนักจำเพาะสูงกว่าจะเคลื่อนที่ลงด้านล่าง ข้าวกล้องที่รวบรวมที่ด้านบนของถาด จะถูกส่งต่อไปยังเครื่องขัดขาวต่อไป

ก.แบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า ข.แบบวงรี ค.แบบวงกลม ง.แบบสามเหลี่ยม

รูปที่ 2.14 ตัวอย่างลักษณะของรูตะแกรงประเภทต่างๆ [4]

2.3.4 ส่วนต้นกำลัง

เครื่องสีข้าวในตลาด ทั่วไปใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟสในการส่งกำลังมีขนาดตั้งแต่ 1/2 แรงม้าถึง 3แรงม้า เพราะเครื่องสีข้าวที่ใช้ในครัวเรือนต้องมี จึงคำนึงถึงน้ำหนักและรูปร่างที่เล็กใช้งานง่าย ไม่เปลืองไฟมากนัก



รูปที่ 2.15 พูเลย์และมอเตอร์ [8]

2.3.4.1 มอเตอร์

มอเตอร์ เป็นเครื่องกลเพื่อเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล โดยการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า ด้วยส่วนหมุนได้ที่พันด้วยขดลวดเป็นกระบวนการย้อนกลับของ ไดนาโม หรือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

มอเตอร์อาจแบ่งประเภทหลากหลายตาม แหล่งกำเนิดไฟฟ้า โครงสร้างการทำงาน และการประยุกต์ใช้

1. มอเตอร์กระแสตรง
2. มอเตอร์กระแสสลับ
   2.1 มอเตอร์เฟสเดียว ใช้กับแรงดัน 220 โวลต์ มีสายไฟเข้าไปยังตัวมอเตอร์ 2 เส้น มีแรงม้าไม่สูงมากนัก
   2.2 มอเตอร์ 3 เฟส ใช้กับแรงดันอย่างต่ำ 380 โวลต์ สายไฟเข้า 3 เส้น

2.5 ตัวอย่างเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

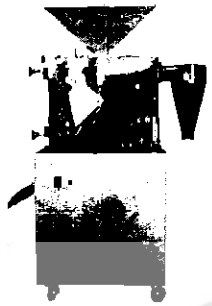
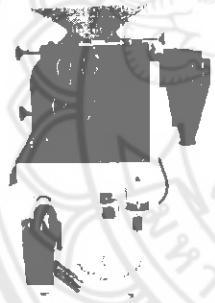
เครื่องสีข้าว คือ เครื่องที่สามารถกะเทาะเปลือกข้าวออกจากเมล็ดข้าว โดยทั่วไปในท้องตลาดเครื่องสีข้าวจะใช้มอเตอร์อยู่ระหว่าง 1-3 แรงม้า ราคาเครื่องละ 20,00-70,000 บาท ขนาดความสูงไม่เกิน 1.5 เมตร ตัวอย่างบริษัทที่จำหน่ายเครื่องสีข้าวในท้องตลาดมีดังต่อไปนี้

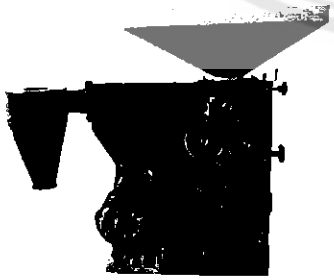
ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างรายชื่อตัวบริษัทที่จำหน่ายเครื่องสีข้าว

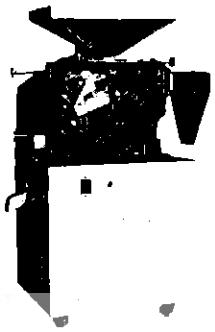
บริษัทที่จำหน่าย	รุ่นที่จำหน่าย
แอล พี	รุ่น ซีอาร์-80
นาทวีเทคโนโลยี	รุ่น NW 300 รุ่น NW 500 รุ่น NW 1000 TURBO รุ่น NW 2000 TURBO
มิเชนแมชีนนารี่	รุ่น MS 100 RM รุ่น MS 150 RM รุ่น MS 300 RM รุ่น MS 33 BM รุ่น MS 100 BM

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างเครื่องสีข้าวที่จำหน่ายในท้องตลาด

เครื่องสีข้าวรุ่น	อัตราการผลิต กก./ชม.	ขนาดมอเตอร์	ขนาดเครื่อง(cm.) กว้างxยาวxสูง	ราคา (บาท)
บริษัท แอล พี				
 ชื่อรุ่นซีแอลพี รุ่น ซีอาร์-80 [5]	80	2 แรงม้า (1.5 กิโลวัตต์) 220V 50Hz	800x915x1030	-
บริษัทนาทวีเทคโนโลยี				
 ชื่อรุ่น NW 300 [5]	50-70	1/2 แรงม้า 220 โวลต์	770X460X1120	28,000

เครื่องสีข้าวรุ่น	อัตราการผลิต กก./ชม.	ขนาดมอเตอร์	ขนาดเครื่อง(cm.) กว้างxยาวxสูง	ราคา (บาท)
 ชื่อรุ่น NW 500 [5]	170-180	1 แรงม้า 220 โวลต์	110X58X141	50,000
 ชื่อรุ่น NW 1000 TURBO [5]	70 - 80	มีมอเตอร์ให้เลือกทั้ง 1และ 1.5 แรงม้า 220 โวลต์	75x46x110	41,000
ชื่อรุ่น NW 2000 TURBO [5]	170 - 180	3 แรงม้า 220 โวลต์	110x 57x142	68,000

เครื่องสีข้าว	อัตราการผลิต กก./ชม.	ขนาดมอเตอร์	ขนาดเครื่อง(cm.) กว้างxยาวxสูง	ราคา (บาท)
บริษัท มิเชนแมชีนนารี่				
ชื่อรุ่น MS 100 RM	96	1 แรงม้า 220 โวลต์	75 x 46 x 110	52,000
รุ่น MS 300 RM	150 - 160	3 แรงม้า	90 x 57 x 142	67,000
 รุ่น MS 33 BM	30	1/3 แรงม้า	26 x 72 x 72	27,000

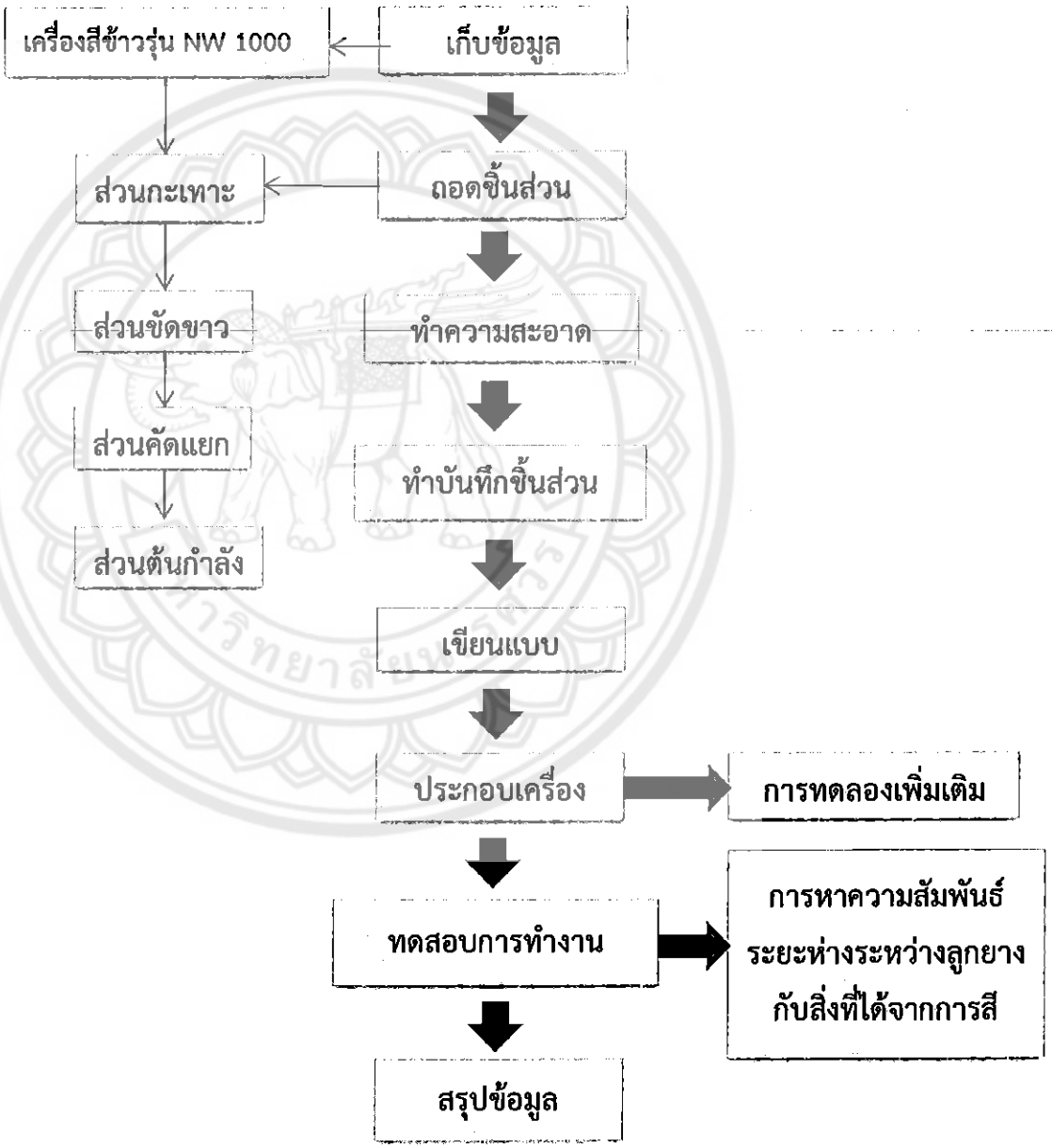
เครื่องสีข้าวรุ่น	อัตราการผลิต กก./ชม.	ขนาดมอเตอร์	ขนาดเครื่อง(cm.) กว้างxยาวxสูง	ราคา (บาท)
 รุ่น MS 50 BM	50 - 60	1/2 แรงม้า	75 x 46 x 110	42,000
รุ่น MS 100 BM	150-160	1 แรงม้า	57x 90.5 x 142	80,000

จากตารางที่ 2.2 จะเห็นได้ว่าแต่ละบริษัทมีการจำหน่ายเครื่องสีข้าวที่ลักษณะคล้ายๆกัน ไม่ว่าจะเป็นขนาด ราคา กำลังแรงม้า หรืออัตราการผลิต เครื่องสีข้าวที่มีกำลังมอเตอร์เพิ่มมากขึ้น ราคาของเครื่องสีข้าวก็จะเพิ่มขึ้นด้วย และจะสามารถสีข้าวได้เร็วยิ่งขึ้น

เครื่องสีข้าวที่กลุ่มโครงงานเลือกทำการศึกษา คือ เครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 เป็นเครื่องสีข้าวของอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน เป็นเครื่องรุ่นเก่าที่เลิกผลิตและไม่มีการจัดจำหน่ายแล้ว ทำให้ไม่ทราบอัตราการผลิตและราคา แต่เครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 มีขนาดมอเตอร์และรูปร่างใกล้เคียงกับเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 TURBO และจากการสอบถามบริษัทนาทวีเทคโนโลยี่ ทำให้ทราบว่า เครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 TURBO พัฒนามาจากเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 ซึ่งมีรูปร่าง หลักการทำงาน และอัตราการสีใกล้เคียงกัน

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

วิธีการศึกษาเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 ด้วยกระบวนการวิศวกรรมย้อนรอย มีการดำเนินงานดังต่อไปนี้



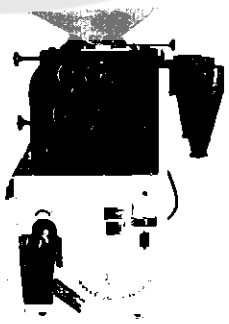
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

3.1 เก็บข้อมูล

รูปที่ 3.2 เครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000

จากการสอบถามบริษัทนาทวี เทคโนโลยี่ พบว่า ทางบริษัทได้หยุดการผลิตและสนับสนุนเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 ไปแล้ว แต่ได้พัฒนาและผลิตเครื่องสีข้าว รุ่น NW 1000 TURBO ขึ้นมาแทน ซึ่ง

เครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 ผลิตโดยบริษัทนาทวี เทคโนโลยี่ มีขนาด กว้าง 45 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร สูง 100 เซนติเมตร โดยใช้มอเตอร์ 1 แรงม้า เป็นต้นกำลังมีรูปร่างเครื่องและอัตราการสีที่ใกล้เคียงกันกับเครื่องสีข้าวรุ่น NW 100 TURBO ซึ่งมีรายระเอียดดังนี้



รูปที่ 3.3 เครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 TURBO

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติเครื่องสีข้าวร่น NW 1000 TURBO

เครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 TURBO
เครื่องสีข้าว กล้อง และ ข้าว • รหัสสินค้า : NW 1000 TURB • เครื่องสีข้าวขาวและข้าวกล้อง สีข้าวเปลือก ได้ 70 - 80 กิโลกรัม/ชั่วโมง แยกรำข้าว
ปลายข้าวและแกลบในตัว มีไซโคลนดัก • แกลบและรำลงถุง ทำให้ไม่มีฝุ่นในขณะสี • สามารถปรับความขาวของข้าวได้ตามต้องการ
สเปคของเครื่อง NW 1000 TURBO • มีมอเตอร์ให้เลือกทั้ง 1 และ 1.5 Hp 220 V • น้ำหนักเครื่อง 96 กิโลกรัม • ขนาด กว้าง x ยาว x สูง 75 x 46 x 110 เซนติเมตร
หมายเหตุ • การสีข้าวกล้องจะไม่มีรำและปลายข้าว • การสีข้าวกล้องต้องสีซ้ำอีกหนึ่งรอบ • ราคา 41,000 บาท

3.2 ถอดชิ้นส่วนทำความสะอาดและเขียนแบบ

ทำการถอดชิ้นส่วนของเครื่องสีข้าวทำความสะอาด แล้วทำการเขียนแบบจำลองชิ้นส่วนต่างๆออกมาเป็นรูปภาพ 3 มิติ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการเขียนรูป โดยประกอบไปด้วย 4 ส่วนใหญ่ๆคือ

3.2.1 ส่วนกะเทาะเปลือก

3.2.2 ส่วนขัดขาว

3.2.3 ส่วนคัดแยก

3.2.4 ส่วนต้นกำลัง

การถอดชิ้นส่วนเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 จะเริ่มถอดจากด้านบนลงมาด้านล่าง เริ่มจากการถอดส่วนกะเทาะออกก่อนเป็นอันดับแรก

รูปที่ 3.4 ส่วนกะเทาะเปลือก

จากนั้นทำการถอดส่วนขัดขาวส่วนคัดแยก และส่วนต้นกำลังตามลำดับ เมื่อถอดชิ้นส่วนออกมาได้แล้ว ก็ทำความสะอาด เศษอุดตันตามชิ้นส่วนต่างๆ

ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นได้ถูกนำไปวัดขนาดและเขียนแบบ 3 มิติด้วยโปรแกรม Design Software SolidWorks ซึ่งรายระเอียดจะนำเสนอในบทที่ 4

3.3 ประกอบเครื่องสีข้าว

เมื่อทำความสะอาดเครื่องสีข้าวเสร็จเรียบร้อย จากนั้นก็ประกอบเครื่องสีข้าวกลับตามเดิม แล้วทำการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสีข้าว โดยการประกอบเครื่องกลับนั้นจะเริ่มประกอบจากด้านล่างขึ้นมาข้างบนจะประกอบด้วย ส่วนต้นกำลัง ส่วนคัดแยก ส่วนขัดขาวและส่วนกะเทาะตามลำดับ

3.4 ทดสอบการทำงานของเครื่องสีข้าว

แบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วน

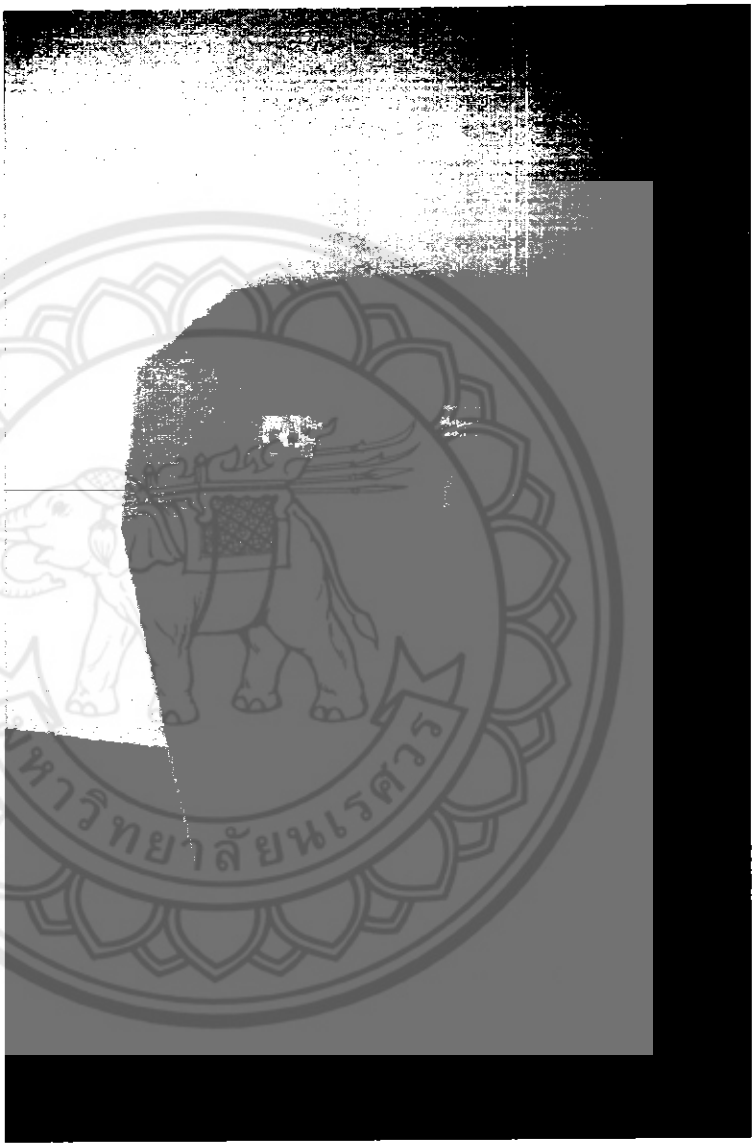
3.4.1 ทดสอบการทำงานของเครื่องสีข้าว พิจารณาจากระยะเวลาที่ใช้ในการสีและผลผลิตที่ได้จากการสี

3.4.2 ทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างระหว่างลูกยางกับข้าวที่สีได้

3.5 สรุปข้อมูล

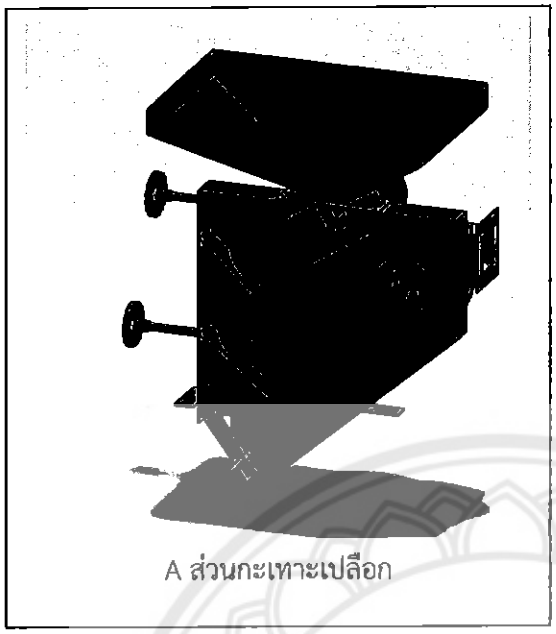
เมื่อทำการประกอบเครื่องสีข้าวแล้ว นำเครื่องสีข้าวมาทดลองสีข้าวที่ความชื้นเฉลี่ย 12% เพื่อหาสัดส่วนของข้าวที่ได้ และเวลาที่ใช้สี หลังจากนั้นทำการทดลองเพิ่มเติมในส่วนของส่วนกะเทาะเพื่อหาระยะห่างระหว่างลูกยางทั้ง 3 ลูกที่สีข้าวออกมาได้สัดส่วนข้าวที่ดีที่สุด

บทที่ 4
ส่วนประกอบเครื่องสีข้าว

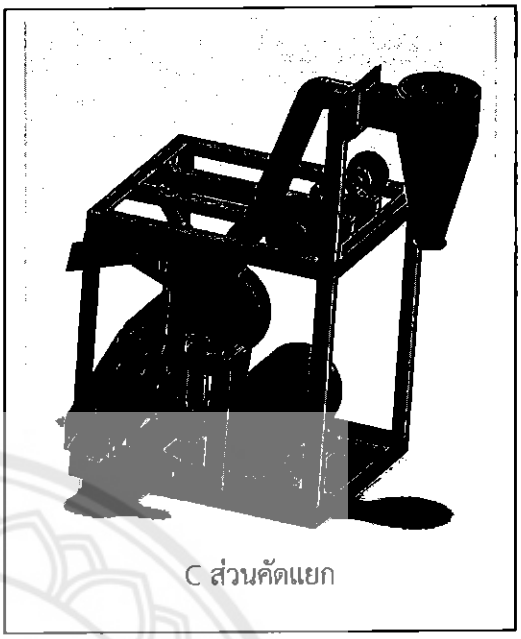


รูปที่ 4.1 เครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 ของบริษัทนาทวี เทคโนโลยี่

เครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 มีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน คือ ส่วนกะเทาะเปลือก ส่วนขัดขาว ส่วนคัดแยก และส่วนต้นกำลัง

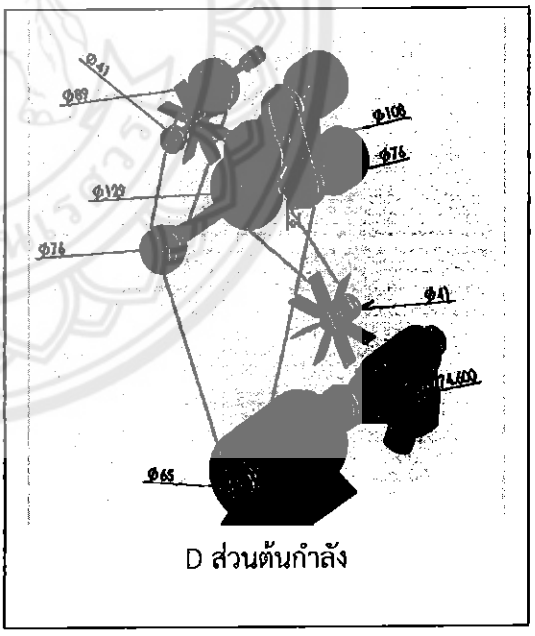


A ส่วนกะเทาะเปลือก



C ส่วนคัดแยก

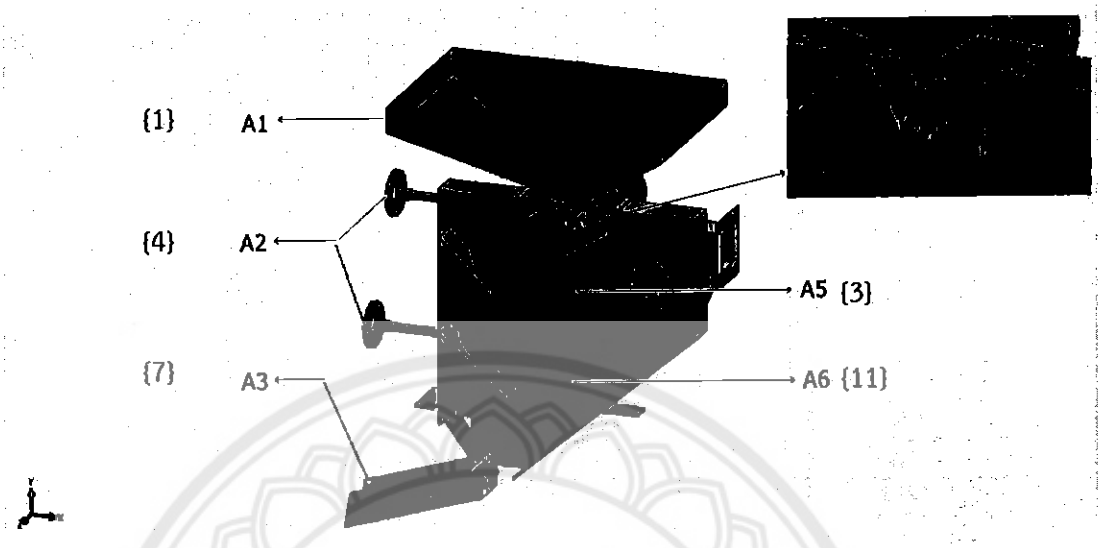
B ส่วนขัดขาว



D ส่วนต้นกำลัง

รูปที่ 4.2 ส่วนประกอบหลักของเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000

4.1 ส่วนกะเทาะ



รูปที่ 4.3 ส่วนกะเทาะ

ส่วนกะเทาะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการกะเทาะเปลือกของเมล็ดข้าวออกมาเป็นข้าวกล้อง โดยเริ่มแรกเมื่อเทข้าวลงบนภาชนะรับข้าว(รูปที่ 4.3 หมายเลข A1) ตัวปล่อยข้าว(รูปที่ 4.3 หมายเลข A4) จะหมุน ปล่อยให้ข้าวผ่านไปสู่ลูกยางกะเทาะเปลือก

รูปที่ 4.4 ตัวปล่อยข้าว

จากรูปที่ 4.4 แสดงภาพตัวปล่อยข้าวที่มีร่อง 2 ร่อง ตัวปล่อยข้าวจะหมุนด้วยความเร็วรอบ 1044.36 รอบ/นาที (สามารถดูวิธีคิดหาความเร็วรอบในส่วนของภาคผนวก ข) ร่องปล่อยข้าวแต่ละร่อง มีขนาดความกว้าง 4 มิลลิเมตร ยาว 50 มิลลิเมตร และสูง 4 มิลลิเมตร ในการทดสอบ ใช้ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 10.7 x 2.6 x 2.1 ลูกบาศก์มิลลิเมตร (ยาว x กว้าง x หนา) โดยที่น้ำหนักข้าวเปลือก 1,000 เมล็ดมีน้ำหนักประมาณ 29.2 กรัม (อ้างอิงน้ำหนักข้าวจากบทที่ 2)

ดังนั้นหาอัตราข้าวที่ปล่อยลงสู่ส่วนกะเทาะ จะได้

ปริมาตรของร่องปล่อยข้าว $4 \times 50 \times 4 = 800$ ลูกบาศก์มิลลิเมตร

ขนาดปริมาตรข้าวพันธุ์ พิษณุโลก 2 $10.7 \times 2.6 \times 2.1 = 58.42$ ลูกบาศก์มิลลิเมตร

จะได้จำนวนข้าวที่ลงสู่ส่วนกะเทาะ $800/58.42 = 13.69$ เมล็ด

จะได้ข้าวผ่านร่อง 1 ครั้งประมาณ 13 เมล็ด

ร่องปล่อยข้าว 1 รอบมี 2 ร่องจะได้ $13 \times 2 = 26$ เมล็ด

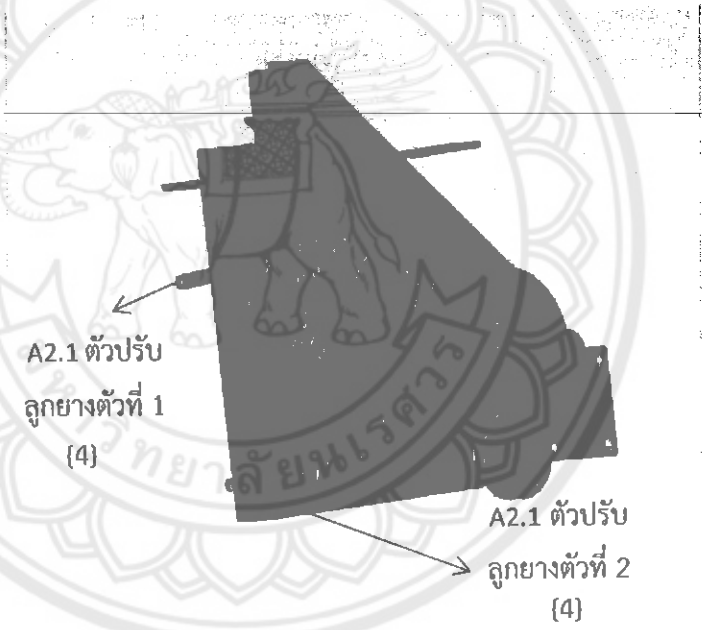
ความเร็วรอบของตัวปล่อยข้าว 1044.36 รอบ/นาที

จะได้จำนวนข้าวทั้งหมดลงสู่ส่วนกะเทาะ $1044.36 \times 26 = 27,153.36$ เมล็ด/นาที

เพราะฉะนั้น 1 นาทีจะมีเมล็ดข้าวไปสู่ส่วนกะเทาะประมาณ 27,153 เมล็ด

คิดเป็นน้ำหนักข้าวเปลือก $(27,153 \times 29.2)/1000 = 792.87$ กรัม/นาที

หรือ 47.57 กิโลกรัม/ชั่วโมง



รูปที่ 4.5 แสดงตัวปรับระดับลูกยาง

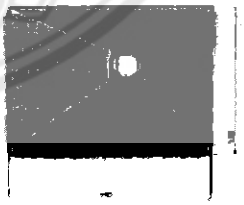
เมื่อข้าวเปลือกถูกกะเทาะออกจะไหลไปสู่ส่วนขัดขาวและคัดแยกต่อไป แต่ถ้าไม่ต้องการให้ข้าวที่ถูกกะเทาะไปที่ส่วนคัดแยกและส่วนขัดขาว สามารถนำข้าวออกตรงทางออก รูปที่ 4.3 หมายเลข A3 ได้

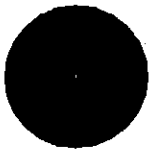
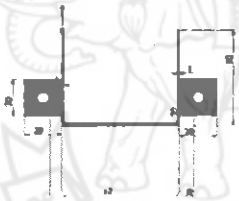
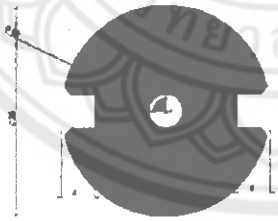
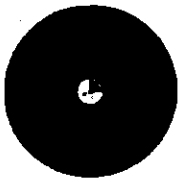
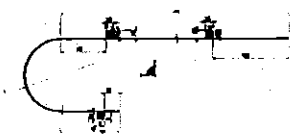
รูปที่ 4.6 ทิศทางการหมุนของลูกยางและตัวปรับลูกยาง

จากรูปที่ 4.6 ลูกยางลูกที่ 1 (A5.1) และ 3 (A5.3) ในรูปที่ 4.6 สามารถปรับได้ด้วยลูกบิดปรับระดับส่วนลูกยางลูกที่ 2 (A5.2) จะปรับไม่ได้ โดยระยะร่องห่างระหว่างลูกยาง 1(A5.1) และ 2(A5.2) มีขนาด 2.48 มิลลิเมตร และระยะห่างร่องลูกยางลูกที่ 2(A5.2) และ 3(A5.3) มีขนาด 2.39 มิลลิเมตร

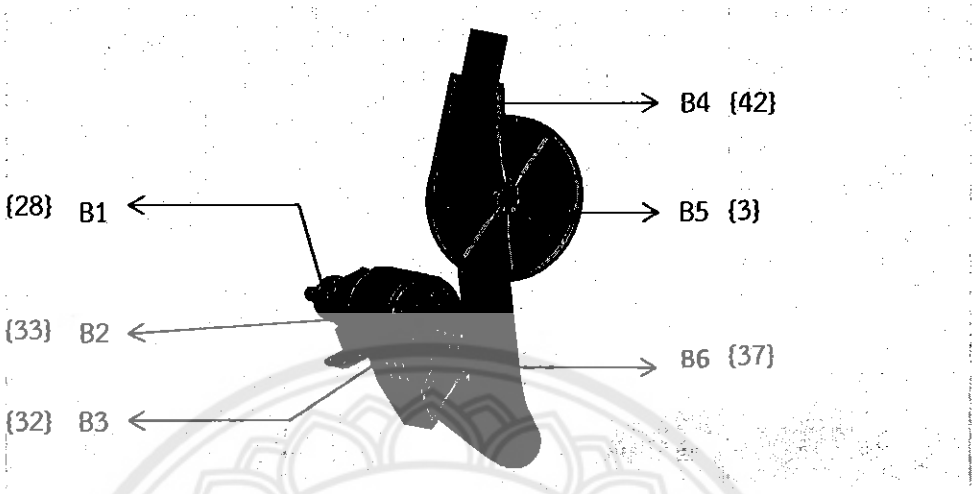
ส่วนกะเทาะประกอบไปด้วยลูกยาง 3 ลูก หมุนเข้าหากันทิศทางตามภาพที่ 4.6 ช่องระหว่างลูกยางสามารถปรับระดับระยะห่างได้ด้วยการหมุนแท่งเหล็กเข้าออก (รูปที่ 4.3 หมายเลข A2) ชิ้นส่วนที่สำคัญของส่วนกะเทาะเปลือกแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ชิ้นส่วนที่สำคัญของส่วนกะเทาะ

ชิ้นที่	ชื่อ	Front	Top	จำนวน	หมายเหตุ
A1	กรวยรับข้าว {1}			1	รองรับข้าว
A2.1	สปริง {21}			2	ใช้ในการปรับลูกยาง

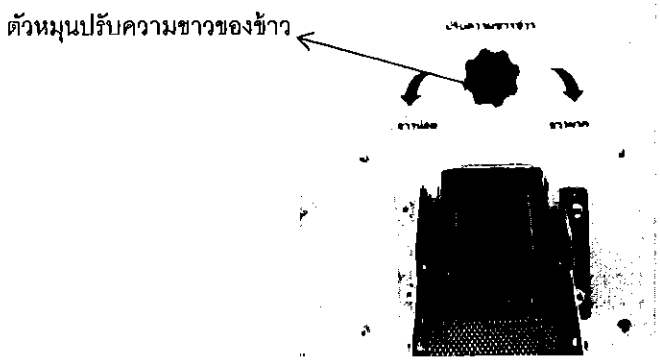
ชิ้นที่	ชื่อ	Front	Top	จำนวน	หมายเหตุ
A2.2	เหล็กตัน {22}			2	ใช้เป็นก้านลูกบิด
A2.3	ลูกบิด รูปที่ 4.2 {4}			2	เป็นตัวปรับลูกยาง
A3	ทางออกข้าว รูปที่ 4.2 {7}			1	ปล่อยข้าว
A4	- {8}			1	ใช้ปล่อยข้าวจากกรวย
A5	ลูกยาง {3}			3	ใช้กะเทาะเปลือก
A6	แผ่นกั้น {11}			1	แผ่นกั้นข้าว

4.2 ส่วนขัดข้าวขาว



รูปที่ 4.7 ส่วนขัดข้าวขาว

รูปที่ 4.8 ภาพขยายส่วนขัดขาว

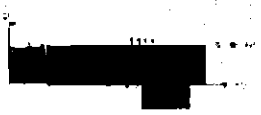
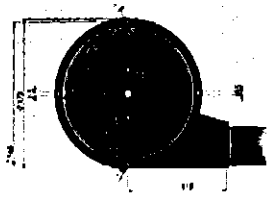
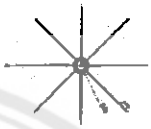
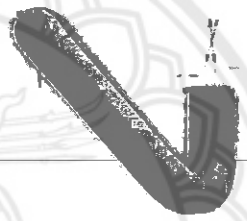


รูปที่ 4.9 ตัวหมุนปรับความขาวของข้าว

ส่วนขัดข้าวขาวมีหน้าที่ขัดข้าวให้มีสีขาวน่ารับประทาน ติดตั้งอยู่ด้านล่างส่วนกะเทาะ ซึ่งมีชิ้นส่วนที่สำคัญแสดงในตารางที่ 4.2 เมื่อข้าวถูกกะเทาะแล้วจะไหลลงมาที่ส่วนขัดข้าวขาว ภายในส่วนตัวเครื่องขัดข้าวขาว ผนังของเครื่องด้านในจะเป็นช่องตะแกรงเล็กๆ เมื่อข้าวมาสัมผัสช่องตะแกรง ช่องตะแกรงก็จะขูดผิวข้าวออก ทำให้ข้าวขาว ผิวข้าวส่วนที่ถูกขัดออกก็จะกลายเป็นรำและในส่วนเครื่องขัดข้าวขาว แกนกลางจะเป็นเหล็กเกลียวอยู่ตรงกลางสำหรับพาข้าวเคลื่อนที่ ผ่านผนังที่เป็นตะแกรงเหล็กมีรู ดังรูปที่ 4.7 เมื่อข้าวเคลื่อนที่ต้องการให้ข้าวขาว จะหมุนเหล็กเกลียวดังรูปที่ 4.9 เมื่อหมุนเหล็กเข้าไปก็จะเพิ่มระยะเกลียวให้ยาวขึ้น ระยะเวลาในการขัด และระยะทางที่ข้าวสัมผัสกับรูตะแกรงก็จะเพิ่ม ทำให้เมล็ดข้าวสัมผัสกับรูตะแกรงมากขึ้น รูตะแกรงก็จะขูดเอาผิวของข้าวออกได้มากขึ้น จนข้าวขาว ส่วนผิวข้าวที่ถูกขูดออกก็จะร่วงรอดตะแกรงออกมาด้านล่างเป็นรำ พัดลมดูดรำ ก็จะดูดรำที่ได้จากการขัดข้าวขาว (B) แล้วส่งไปที่ไซโคลน(รูปที่ 4.10 หมายเลข C3) แต่ยิ่งต้องการให้ข้าวขาวมาก ก็จะยิ่งทำให้มีข้าวหักเพิ่มมากขึ้นเพราะเกิดการเสียดสีและบีบอัดระหว่างเมล็ดข้าวและรูตะแกรงเหล็กมากขึ้น เมื่อขัดข้าวขาวเสร็จก็จะถูกเกลียวเหล็กพาไปสู่ส่วนคัดแยกต่อไป

ตารางที่ 4.2 ชิ้นส่วนตัวขัดข้าวขาว

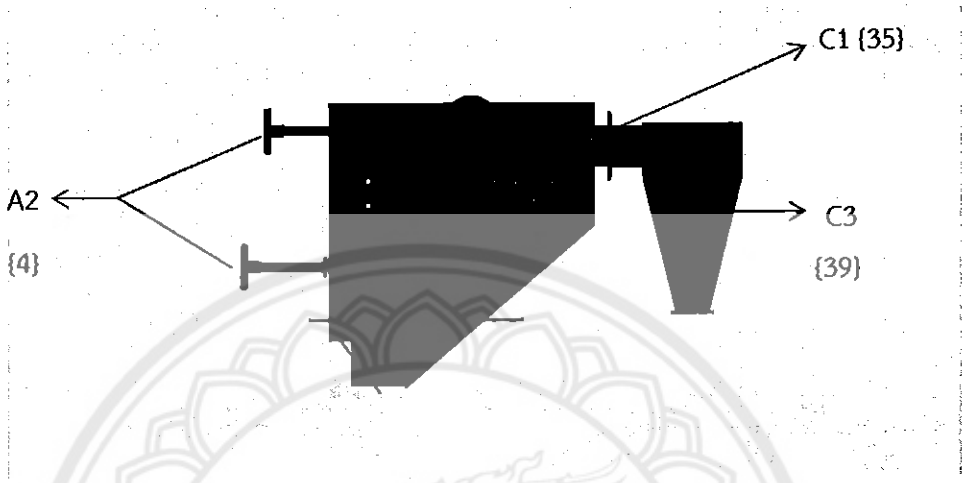
ชิ้นที่	ชื่อ	Front	Top	จำนวน	หมายเหตุ
B1	ตัวเครื่องขัดข้าวขาว {28}			1	-
B2	ตะแกรงเหล็ก {33}			1	ใช้ขัดข้าว
B3	เหล็กเกลียว {32}			1	พาข้าวเคลื่อนที่

ชิ้นที่	ชื่อ	Front	Top	จำนวน	หมายเหตุ
B4	ฝาครอบ {42}			1	ตัวครอบใบพัด
B5	พัดลม {30}			1	ดูดรำ
B6	ท่อ {37}			1	ลำเลียงรำข้าว

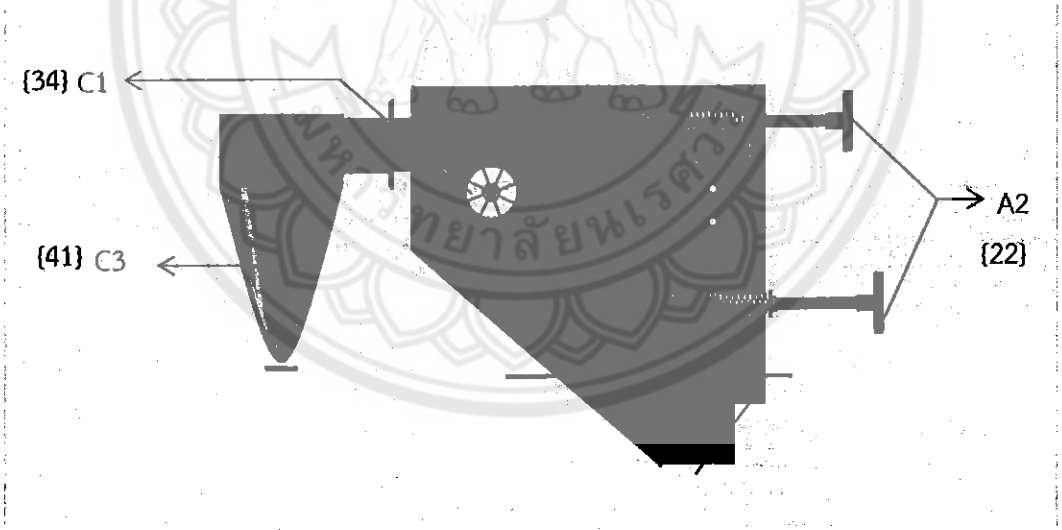
4.3 ส่วนคัดแยก

รูปที่ 4.10 ส่วนคัดแยก

ส่วนคัดแยกทำหน้าที่ในการคัดแยกส่วนต่างๆที่ได้จากการสี โดยจะคัดแยกออกเป็น ข้าวกล้อง รำข้าวหัก และข้าวเปลือก เมื่อลูกยางทำการบดเมล็ดข้าวออกแล้ว จะหล่นลงมาสู่รางด้านล่าง เปลือกข้าวที่ถูกกะเทาะออกมาเป็นแกลบ จะมีพัดลม C1 ดูดแกลบออกมาลงไซโคลน C3

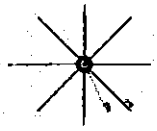


รูปที่ 4.11 ช่องลมพัดลมดูดแกลบและไซโคลนด้านหน้า

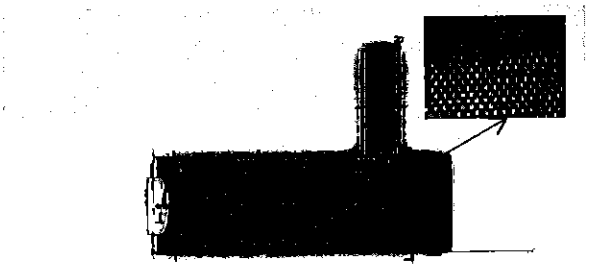


รูปที่ 4.12 ช่องลมพัดลมดูดแกลบและไซโคลนด้านหลัง

ตารางที่ 4.3 ชิ้นส่วนสำคัญของส่วนคัดแยก

ชิ้นที่	ชื่อ	Front	Top	จำนวน	หมายเหตุ
C1	พัดลม {54}			1	ดูดรำ
C2	แผ่นกรอง {43}			1	คัดข้าวหัก
C3	กรวย {39}			1	ทางออกแกลบ
C4	กรวย {40}			1	ทางออกรำ

เมื่อผ่านส่วนขัดขาวมาแล้วข้าวสารจะหล่นมาสู่ตะแกรงคัดแยกมีลักษณะเป็นตะแกรงมี 2 ชั้น เจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตรข้าวหักที่มีขนาดเล็กก็จะรอดผ่านรูตะแกรงออกลงไปด้านล่าง ส่วนข้าวเต็มเมล็ดที่มีขนาดใหญ่จะออกไปทางช่องข้าวเต็มเมล็ด

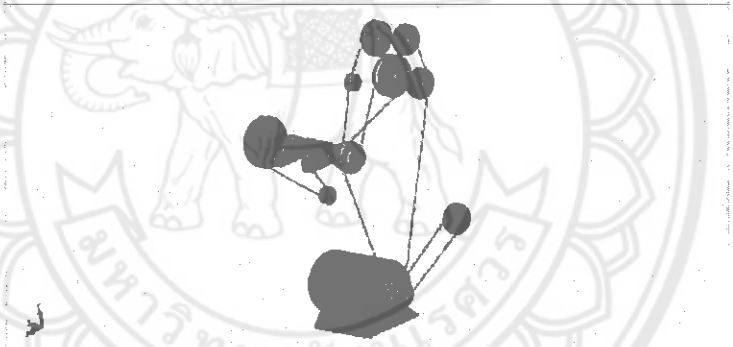


รูปที่ 4.13 ภาพตะแกรงคัดแยกข้าว

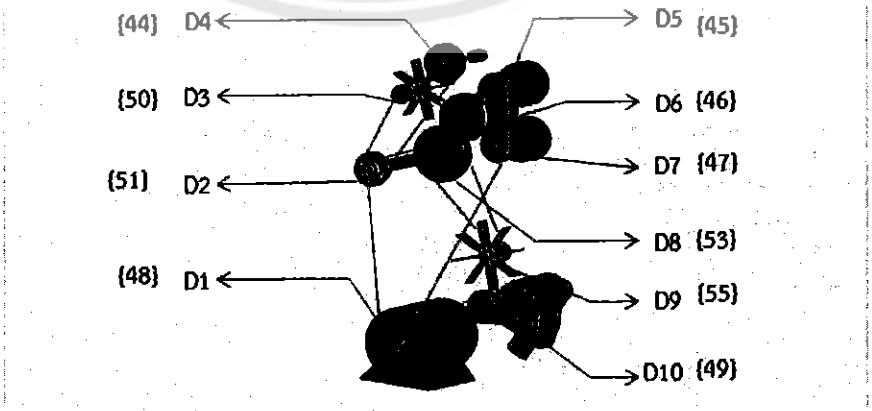
จากรูปที่ 4.13 รูตะแกรงคัดแยกข้าวหักและข้าวเต็มเมล็ด โดยเป็นตะแกรงซ้อนกัน เจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/2 มิลลิเมตร ข้าวหักที่มีขนาดเล็กกว่าจะรอดผ่านรูตะแกรง

4.4 ส่วนต้นกำลัง

เป็นส่วนที่คอยส่งกำลังขับเคลื่อนการทำงานทั้งระบบ เชื่อมต่อระบบด้วยสายพาน ซึ่งตัวมอเตอร์จะอยู่ด้านล่างสุดของเครื่อง ดังรูปที่ 4.15

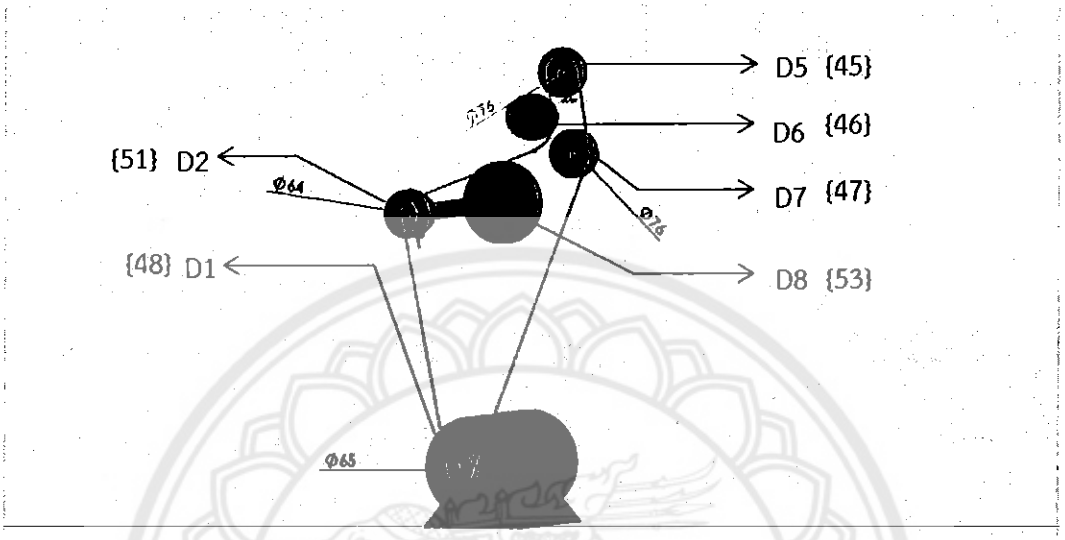


รูปที่ 4.14 ชิ้นส่วนต้นกำลัง



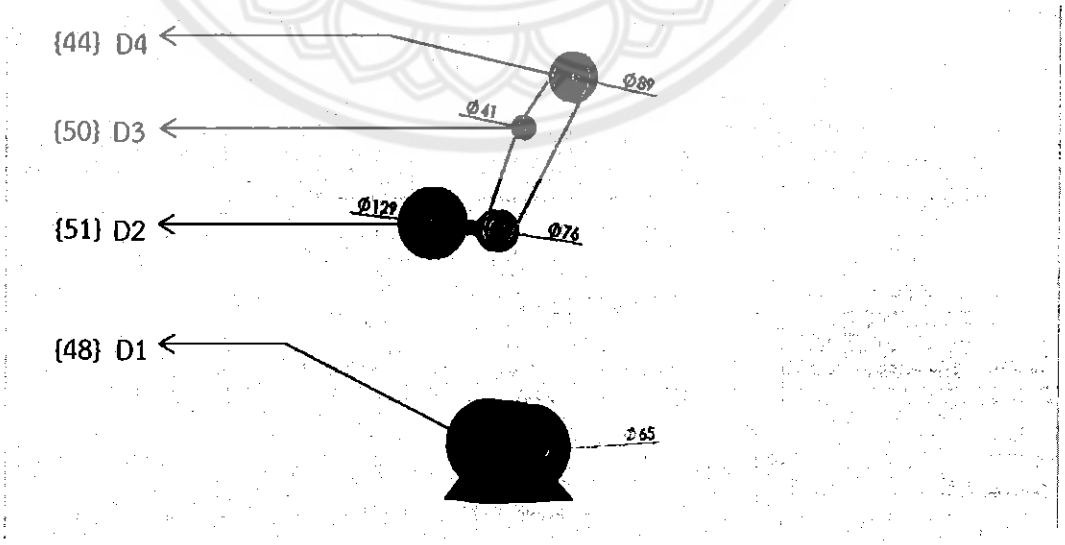
รูปที่ 4.15 ชิ้นส่วนสำคัญของส่วนต้นกำลัง

ส่วนต้นกำลังของเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 เป็นมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า มีความเร็วรอบ 1440 รอบ/นาที เชื่อมต่อระหว่างพูเลย์ด้วยสายพาน ความยาวต่างกัน 4 เส้นแต่ละเส้นมีหน้ากว้าง ½ นิ้ว ขับเคลื่อนระบบต่างๆ ดังนี้



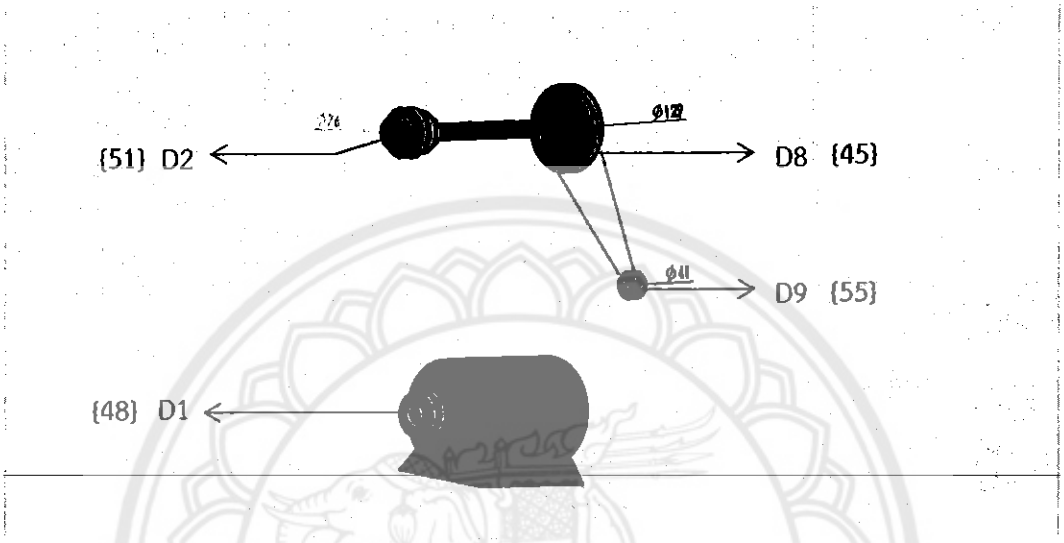
รูปที่ 4.16 แสดงการทำงานของพูเลย์และสายพานเส้นที่ 1 ขับลูกยาง

จากรูปที่ 4.16 เมื่อมอเตอร์ทำงาน สายพานเส้นที่ 1 จะรับแรงขับของพูเลย์ของมอเตอร์ D1 จะไปขับพูเลย์ D2 จากนั้นพูเลย์ D2 จะไปขับพูเลย์ D6 ซึ่งเป็นพูเลย์ที่ขับเคลื่อนลูกยางจากนั้นจะขับพูเลย์ D5 ให้ลูกยางทำงาน แล้วสุดท้ายไปขับพูเลย์ D7 ทำให้ลูกยางตัวสุดท้ายทำงาน ใช้สายพาน เบอร์ AX70 ทั้งหมดยาว 1643 มิลลิเมตร



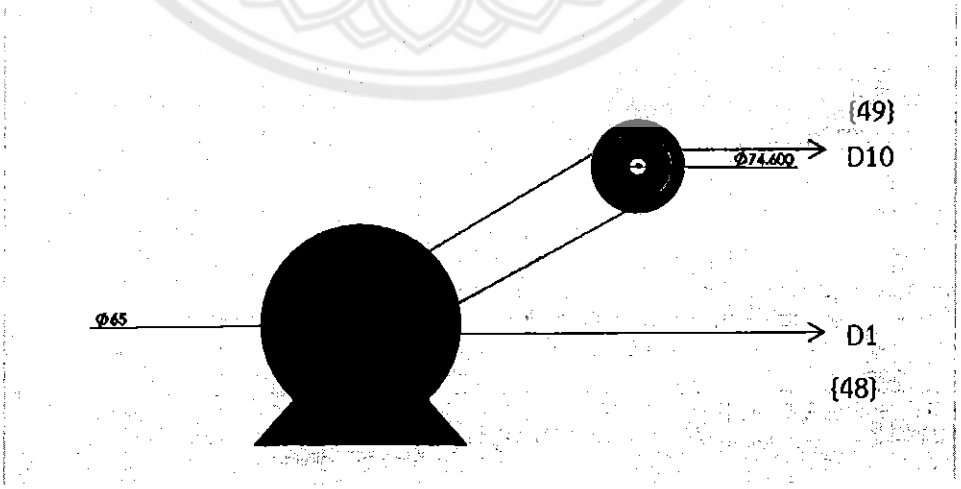
รูปที่ 4.17 แสดงการทำงานของพูเลย์และสายพานเส้นที่ 2 ขับตัวปล่อยข้าว

สายพานเส้นที่ 2 จะเป็นตัวส่งแรงขับของพูเลย์ D2 ถึง D4 ดังรูปที่ 4.17 โดยที่พูเลย์ D2 จะมีร่องสายพานสองร่อง เมื่อพูเลย์ D2 ทำงานก็จะไปขับพูเลย์ D3 และพูเลย์ D4 ให้ทำงานด้วย โดยที่พูเลย์ D3 จะเป็นพัดลมดูดแกลบ และพูเลย์ D4 เป็นตัวปล่อยข้าวลงสู่ส่วนกะเทาะ เชื่อมกันด้วยสายพาน เบอร์ AX29 ยาว 825 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.18 แสดงการทำงานของพูเลย์และสายพานเส้นที่ 3 ขับพัดลมดูดรำ

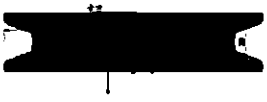
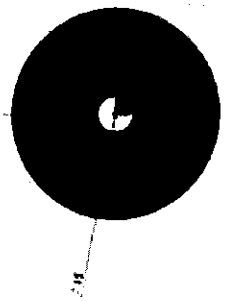
รูปที่ 4.18 เป็นระบบสายพานเส้นที่สาม โดยที่พูเลย์ 2 และพูเลย์ 8 จะมีความเร็วรอบเท่ากันเพราะเป็นแกนเดียวกัน เมื่อพูเลย์ 2 หมุนพูเลย์ 8 ก็จะหมุนไปด้วยแล้วจะไปขับพูเลย์ 9 ซึ่งเป็นพูเลย์พัดลมดูดรำ ระบบนี้เชื่อมต่อกันด้วยสายพานเบอร์ AX 29 ยาว 736 มิลลิเมตร

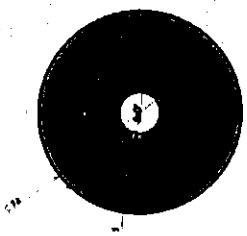
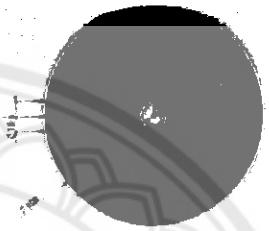
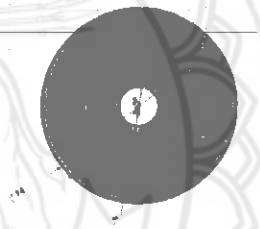
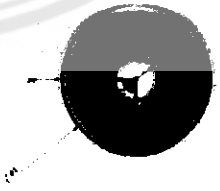


รูปที่ 4.19 แสดงการทำงานของพูเลย์และสายพานเส้นที่ 4 ขับตัวขัดข้าวขาว

จากรูปที่ 4.19 เป็นรูปแสดงการขับพูเลย์ระหว่าง D1 และ D10 โดยเมื่อพูเลย์ D1 หมุน พูเลย์ D10 ซึ่งเป็นพูเลย์ส่วนขัดขาวก็จะทำงาน เชื่อต่อด้วยสายพานเบอร์ AX30 ยาว 667 มิลลิเมตร ชิ้นส่วนที่สำคัญส่วนต้นกำลังแสดงอยู่ในตารางที่ 4.4

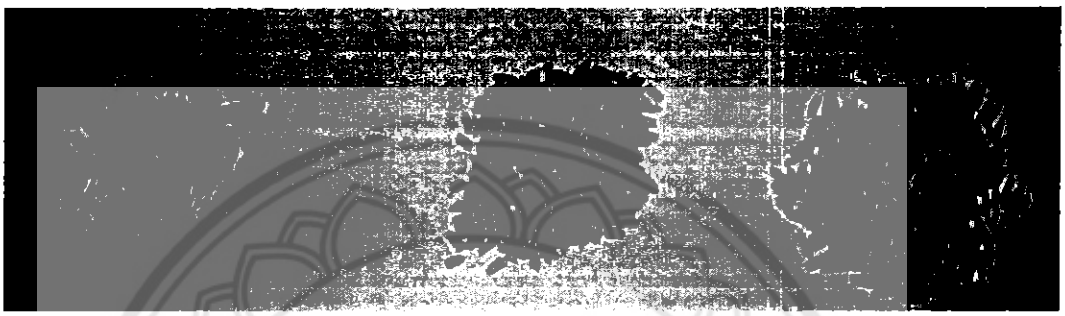
ตารางที่ 4.4 ชิ้นส่วนสำคัญของต้นกำลัง

ชิ้นที่	ชื่อ	Front	Top	จำนวน	หมายเหตุ
D1	พูเลย์ {48}			1	ส่งกำลัง
D2	พูเลย์ {51}			1	ส่งกำลัง
D3	พูเลย์ {50}			1	ส่งกำลัง
D4	พูเลย์ {41}			1	ส่งกำลัง

ชิ้นที่	ชื่อ	Front	Top	จำนวน	หมายเหตุ
D5	พูเลย์ {45}			2	ส่งกำลัง
D6	พูเลย์ {46}			1	ส่งกำลัง
D7	พูเลย์ {47}			2	ส่งกำลัง
D8	พูเลย์ {53}			1	ส่งกำลัง
D9	พูเลย์ {55}			1	ส่งกำลัง
D10	พูเลย์ {49}			1	ส่งกำลัง

บทที่ 5
การทดสอบเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000

หลังจากที่ทำบันทึกชิ้นส่วนของเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 และประกอบเรียบร้อยแล้ว ได้นำเครื่องมาทดสอบการทำงาน โดยใช้พันธุ์ข้าวพิษณุโลก 2 ในการทดสอบ



ข้าวเปลือก ข้าวหัก ข้าวเต็มเมล็ด

รูปที่ 5.1 ลักษณะของข้าวที่สีได้

การทดสอบเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 ได้แบ่งการทดลองเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

1. ทดสอบการทำงานของเครื่องสีข้าวด้วยข้าวเปลือกที่มีความชื้น 12% พิจารณาจากระยะเวลาที่ใช้ในการสีและผลผลิตที่ได้จากการสี และสภาพการทำงานทั่วไป

2. ทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างระหว่างลูกยางลูกที่ 1 และ 2 และลูกยางลูกที่ 2 และ 3 กับเปอร์เซ็นต์ ข้าวที่สีได้

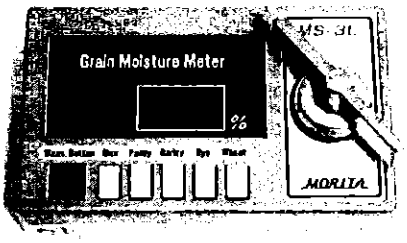
5.1 ทดสอบการทำงานของเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000

5.1.1 วัตถุประสงค์

ทดสอบการทำงานของเครื่องสีข้าวโดยใช้ข้าวเปลือกพิษณุโลก 2 ที่มีความชื้นเฉลี่ย 12% ระยะเวลาที่ใช้ในการสีสัดส่วนของข้าวจากการสี และสภาพการทำงานทั่วไป

5.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้

1. เครื่องวัดความชื้นในเมล็ดธัญพืช



รูปที่ 5.2 เครื่องวัดความชื้นในเมล็ดธัญพืช

2. กระป๋องใส่ข้าว

รูปที่ 5.3 กระป๋องใส่ข้าว

3. เครื่องชั่งดิจิตอล ความละเอียด 4 จุดทศนิยม

รูปที่ 5.4 เครื่องชั่งดิจิตอล

4. ถุงใส่ข้าว

รูปที่ 5.5 ถุงดำสำหรับใส่แกลบและข้าว

5.1.3 ขั้นตอนการทดลอง

1. นำข้าวเปลือกที่มีความชื้นเฉลี่ย 12% ใส่ถุง ถุงละ 1 กิโลกรัม จำนวน 3 ถุง

2. เปิดสวิตช์เครื่องสีข้าว นำข้าวเปลือกใส่ช่องรับข้าวเปลือก ทำการสีครั้งละ 1 กิโลกรัม จับเวลาการสีแต่ละครั้ง ทดลองสีข้าว 3 ครั้ง

4. นำข้าวที่สีได้มาแยกแกลบ รำ และข้าวสารไปชั่ง (แกลบ รำ ข้าวสาร สามารถแยกด้วยเครื่องอยู่แล้ว) และบันทึกผล

5. นำข้าวสารที่ได้แต่ละครั้ง มาทำการแยกด้วยตาทีละเมล็ด แบ่งเป็น ข้าวเต็มเมล็ด ข้าวหัก และข้าวเปลือกว่าแต่ละอย่างมีจำนวนเท่าไร (หน่วยเป็นกรัม) บันทึกผล

ตารางที่ 5.1 ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000

	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ค่าเฉลี่ย
ก่อนทดลอง				
น้ำหนักข้าวเปลือก	1 กิโลกรัม	1 กิโลกรัม	1 กิโลกรัม	1 กิโลกรัม
ความชื้น	12.15%	12.14%	12.84%	12.38%
สิ่งที่ได้จากการสี				
เวลาที่ใช้สี	7.45 นาที	7.47 นาที	7.58 นาที	7.50 นาที
รำ	12.12 กรัม	13.74 กรัม	12.26 กรัม	12.71 กรัม
แกลบ	265.25 กรัม	251.15 กรัม	238.72 กรัม	251.71 กรัม
ข้าวสารทั้งหมดที่ได้	723.31 กรัม	735.55 กรัม	749.28 กรัม	736.05 กรัม
ข้าวเต็มเมล็ด	482.31 กรัม	477.22 กรัม	502.14 กรัม	487.22 กรัม
ข้าวหัก	224.27 กรัม	229.45 กรัม	217.49 กรัม	223.74 กรัม
ข้าวเปลือก	21.45 กรัม	28.88 กรัม	29.65 กรัม	26.66 กรัม

5.1.4 สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบการทำงานโดยใช้พันธุ์ข้าว พิษณุโลก 2 วัดความชื้นได้ 12% ได้ข้าวเต็มเมล็ด 48.72% ข้าวหัก 22.37% และข้าวเปลือก 2.66% และส่วนที่เหลือเป็นแกลบและรำ คิดเป็น 26.44 % จากการสังเกตในขณะที่เครื่องทำงาน พบว่ามีเสียงดัง มีฝุ่นฟุ้งกระจายและมีการสั่นสะเทือนเกิดขึ้นด้วย

5.2 ความเชื่อมโยงของคุณลักษณะที่ได้กับส่วนประกอบของเครื่องสีข้าว

QFD ถูกนำมาประยุกต์ใช้ เพื่อแสดงข้อมูลที่ได้จากการแยกส่วนประกอบและทำบันทึกชิ้นส่วนของเครื่องสีข้าวรุ่น NW1000 (ส่วน 5) และหาความเชื่อมโยงกับคุณลักษณะที่ต้องการซึ่งได้มาจากการทดสอบและสังเกตการทำงานของเครื่องสีข้าว (ส่วน 1) ดังแสดงในตารางที่ 5.2 ในส่วน 1 นอกจากจะแสดงคุณลักษณะที่ต้องการแล้ว ยังแสดงผลกระทบที่อาจจะเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการได้อีกด้วย

ตารางที่ 5.2 ความเชื่อมโยงของคุณลักษณะที่ได้กับส่วนประกอบของเครื่องสีข้าว

คุณลักษณะ	ส่วนประกอบของเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000																
	ส่วนกะเทาะ						ส่วนขัดข้าวขาว					ส่วนคัดแยก				ส่วนต้นกำลัง	
	กรวยรับข้าว	ตัวปล่อยข้าว	ลูกยาง	ลูกบิดปรับลูกยาง	แผ่นกั้นข้าว	ทางออกข้าว	ตัวเครื่องขัดข้าวขาว	รูตะแกรงขัดข้าว	แท่งเหล็กเคลื่อนที่	พัดลมดูดรำ	ท่อลำเลียงรำ	พัดลมดูดแกลบ	แผ่นตะแกรงกรอง	ไซโคลนแกลบ	ไซโคลนรำ	พูเลย์	สายพาน	มอเตอร์
1. ข้าวที่สีได้																		
1.1 ข้าวเต็มเมล็ด																		
1.2 ข้าวเปลือก																		
1.3 ข้าวหัก																		
1.4 แกลบ																		
1.5 รำ																		
2. ความเร็วในการสี																		
3. ผลกระทบ																		
3.1 เสียง																		
3.2 ฝุ่น																		
3.3 การสั่นสะเทือน																		

จากการบันทึกชิ้นส่วนพบว่าเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 สามารถแยกชิ้นส่วนประกอบหลักๆ ได้ 4 ส่วน ประกอบไปด้วย ส่วนกะเทาะเปลือก ส่วนขัดขาว ส่วนคัดแยก และส่วนต้นกำลัง

ส่วนกะเทาะประกอบไปด้วย กรวยรับข้าว ตัวปล่อยข้าว ลูกยาง ลูกบิดปรับลูกยาง แผ่นกั้นข้าว ทางออกข้าว

ส่วนขัดข้าวขาว ประกอบไปด้วย ตัวเครื่องขัดข้าวขาว รูตะแกรงขัดข้าว แท่งเหล็กเคลื่อนที่ข้าวพัดลม ดูดรำ ท่อลำเลียงรำ

ส่วนคัดแยกประกอบไปด้วย พัดลมดูดแกลบ แผ่นตะแกรงกรองข้าว ไซโคลนแกลบ ไซโคลนรำ

ส่วนต้นกำลังประกอบไปด้วย พูเลย์ สายพาน มอเตอร์

สิ่งที่ได้จากการสีแบ่งเป็น

1. ข้าวเต็มเมล็ด
2. ข้าวเปลือก
3. ข้าวหัก
4. แกลบ

และสิ่งที่สังเกตได้จากการสี

1. เสียง
2. ฝุ่น
3. การสั่นสะเทือน

แสดงในตารางที่ 5.2 คอลัมน์ที่ 1

ส่วนประกอบสำคัญของเครื่องสีข้าว คือ ส่วนกะเทาะเปลือก ซึ่งมีผลต่อสัดส่วนของข้าวที่สีได้ (ส่วนที่แสดงเป็นแถบสีในตารางที่ 5.2) เมื่อทำการวิเคราะห์เพิ่มเติมพบว่าส่วนของลูกยาง เป็นส่วนที่กะทบกับเมล็ดข้าวโดยตลอด จึงนำส่วนนี้มาวิเคราะห์เพื่อหาตัวแปรที่เกี่ยวข้องและทำการทดลองเพิ่มเติมต่อไป

5.3 ทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างระหว่างลูกยางลูกที่ 1 และ 2 และลูกยางลูกที่ 2 กับ 3 กับ % ข้าวที่สีได้

จากการสังเกตพบว่าส่วนที่มีผลกับข้าวที่สีได้ คือส่วนของลูกยาง ซึ่งมีตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

ตารางที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนกะเทาะลูกยางกับคุณลักษณะที่ต้องการ

คุณลักษณะที่พบ	ส่วนกะเทาะลูกยาง						
	ลักษณะทางกายภาพ					การทำงาน	
	เส้นผ่านศูนย์กลาง	ความหนาของลูกยาง	วัสดุที่ใช้ทำลูกยาง	[redacted]	แนวการวางตัว	ความเร็วรอบ	ทิศทางการหมุน
ข้าวที่ได้							
1. ข้าวที่สีได้							
1.1 ข้าวเต็มเมล็ด							
1.2 ข้าวเปลือก							
1.3 ข้าวหัก							
1.4 แกลบ							

จากการพิจารณาพบว่าส่วนกะเทาะมีผลต่อสิ่งที่ได้จากการสี โดยเฉพาะลูกยาง ซึ่งเป็นส่วนที่สัมผัสกับเมล็ดข้าวโดยตรง จึงได้นำมาวิเคราะห์หาตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 100 มิลลิเมตร
2. ความหนาของลูกยาง 50 มิลลิเมตร
3. วัสดุที่ใช้ทำลูกยางมีความแข็ง 60-90 Shore
4. ระยะห่างระหว่างลูกยาง
5. วางตัวตามแนวของเครื่อง
6. ความเร็วรอบ ลูกที่ 1 และ 3 มีความเร็วรอบ 1444 รอบ/นาที และลูกที่ 2 มีความเร็วรอบ 1025 รอบ/นาที
7. ทิศทางการหมุน ลูกที่ 1 หมุนตามเข็มนาฬิกา ลูกที่ 2 หมุนทวนเข็มนาฬิกา ลูกที่ 3 หมุนตามเข็มนาฬิกา

5.3.1 วัตถุประสงค์

เปรียบเทียบ % การคัดแยกระหว่างการคัดแยกด้วยสายตาเต็มจำนวนกับการคัดแยกจากตัวอย่างสุ่ม

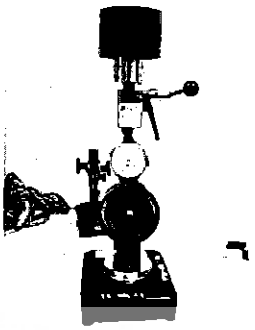
5.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้

อุปกรณ์ที่ใช้เหมือนการทดลองที่ 1 แต่มีอุปกรณ์เพิ่มเติม ดังนี้

1. เครื่องมือวัดเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

รูปภาพที่ 5.7 เครื่องวัดเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

2. เครื่องวัดความแข็ง



รูปที่ 5.8 เครื่องวัดความแข็ง

5.3.4 การทดลอง

ในการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระยะห่างระหว่างลูกยาง ชุดที่ 1 และชุดที่ 2 กับสัดส่วนข้าวที่สีได้ ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

5.3.4.1 การสุ่มตัวอย่าง

5.3.4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างลูกยาง โดยการสีมี 2 ขั้นตอน โดยการปรับระยะห่างของลูกยางชุดที่ 1 กับสัดส่วนข้าวที่สีได้

5.3.4.3 ความสัมพันธ์ระยะห่างของลูกยางชุดที่ 2 กับสัดส่วนข้าวที่สีได้

5.3.5 การทดลองที่ 1 การสุ่มตัวอย่าง

การทดลองสีข้าว ด้วยเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 เมื่อทำการสี ได้ทำการหาอัตราส่วนเปอร์เซ็นต์ ของข้าวเต็มเมล็ด ข้าวเปลือก และข้าวหัก ด้วยวิธีการแยกด้วยสายตาทีละเมล็ดที่แต่เนื่องด้วยเวลาทำการทดลองที่จำกัด ทางกลุ่มการทดลอง จึงเลือกใช้วิธีสุ่มตัวอย่าง โดยได้ผลของการนับด้วยสายตาทีละเมล็ด และการสุ่มตัวอย่างดังนี้

ขั้นตอนการทดลอง

1. นำข้าวเปลือกพิษณุโลก 2 มาชั่งใส่ถุง ถุงละ 1กิโลกรัม
2. ปรับลูกยางชุดที่ 1 ที่ 2.0 มิลลิเมตร
3. วัดความชื้นข้าว บันทึกค่า
4. ทำการสีข้าวเปลือก จับเวลาสีข้าว บันทึกผลเวลาที่ใช้สี
5. ชุดที่ 1 คัดแยกด้วยสายตาเต็มจำนวน
6. ชุดที่ 2 สุ่มตัวอย่าง ทำการสุ่ม 3 ครั้ง ในการปรับลูกยางแต่ละครั้ง แล้วนำค่าที่ได้จากการสุ่มมาหาค่าเฉลี่ย
7. เปรียบเทียบการคัดแยก

ตารางที่ 5.4 ตารางการเปรียบเทียบการคัดแยก (สามรถดูผลการทดลองแต่ละครั้งได้ในภาคผนวก การทดลองที่ 1)

ข้าวที่ได้จากการสี	การคัดแยกด้วยสายตา		การคัดแยกด้วยสายตาจากการสุ่มตัวอย่าง	
	น้ำหนัก (กรัม)	%	น้ำหนัก(กรัม)	%
ข้าวเต็มเมล็ด	298.175	34.61	14.9	34.65
ข้าวเปลือก	524.579	60.89	26.4	61.39
ข้าวหัก	38.669	4.48	1.7	3.95

จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์ของข้าวที่ได้ระหว่างการนับด้วยสายตาทีละเม็ดทั้งหมด และด้วยการนับแบบสุ่ม มีค่าใกล้เคียงกัน ทางกลุ่มโครงงานจึงใช้วิธีนับสัดส่วนข้าวแบบสุ่ม เพื่อเป็นการประหยัดเวลา

5.3.6 การทดลองที่ 2

การทดลองสีข้าว ด้วยการปรับระยะห่างระหว่างลูกยางลูกที่ 1 และ 2 ที่แตกต่างกัน เพื่อหาระยะห่างของลูกยาง ที่สีข้าวออกมาดีที่สุด

ขั้นตอนการทดลอง

1. นำข้าวเปลือกพิษณุโลก 2 มาชั่งใส่ถุง ถุงละ 1กิโลกรัม
2. ปรับลูกยางชุดที่ 1 ที่ 2.0 มิลลิเมตรและทำการทดลองโดยลดระยะห่างครั้งละ 0.2 จนถึง 0.5
3. บันทึกค่าความชื้น
4. ทำการสีข้าวเปลือก จับเวลาสีข้าวตั้งแต่เริ่มปล่อยข้าวลงส่วนกะเทาะจนไม่มีข้าวไหลออกจากเครื่องสีข้าว บันทึกผลเวลาที่ใช้สี

ตารางที่ 5.5 ผลสรุปค่าเฉลี่ยการสุ่มตัวอย่าง สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของ ข้าวเต็มเมล็ด ข้าวหัก ข้าวเปลือก (สามรถดูผลการทดลองแต่ละครั้งได้ในภาคผนวก การทดลองที่ 1)

ระยะห่างลูกยาง ลูกที่ 1 และ 2 (ม.ม.)	ค่าเฉลี่ยข้าวเต็มเมล็ด (%)	ค่าเฉลี่ยข้าวเปลือก (%)	ค่าเฉลี่ยข้าวหัก (%)
2	35.05	60.81	4.12
1.8	42.6	50.18	7.20
1.6	54.17	37.46	8.35
1.4	73.38	17.97	9.23
1.2	73.73	13.71	13.37
0.8	74.3	11.96	14.60
0.6	73.71	11.88	15.04

ระยะห่างลูกยาง ลูกที่ 1 และ 2 (ม.ม.)	ค่าเฉลี่ยข้าวเต็มเมล็ด (%)	ค่าเฉลี่ยข้าวเปลือก (%)	ค่าเฉลี่ยข้าวหัก (%)
0.5	72.81	11.12	16.03
0.4	72.74	8.89	17.70

จากการพิจารณาตารางที่ 5.5 จะเห็นได้ว่าระยะห่างลูกยางลูกที่ 1 และ 2 ที่มีค่าห่างกัน 0.8 มิลลิเมตร จะให้ข้าวเต็มเมล็ดเยอะที่สุด เพราะฉะนั้นในการทดลองนี้ ให้ ระยะห่างลูกยางลูกที่ 1 และ 2 มีระยะ ห่างกัน 0.8 มิลลิเมตรดีที่สุด และช่วงที่ได้ข้าวเต็มเมล็ดที่ดีคือช่วงระยะห่าง 1.4 – 0.5 มิลลิเมตร ต่อจากนั้นทำการกำหนด ระยะห่างลูกยางลูก ที่ 1 และ 2 ให้ห่างกัน 0.8 มิลลิเมตร แล้วทำการทดลองหาระยะลูกยาง ลูกที่ 2 และ 3 ที่สีข้าวออกมาดีที่สุด เมื่อผ่านการกะเทาะทั้ง 2 ระบบ
(การกะเทาะ 2 ระบบ คือ การที่ข้าวเปลือกได้รับการกะเทาะจากลูกยางสองครั้ง ครั้งที่ 1 กะเทาะด้วย ลูกยางตัวที่หนึ่งและสอง ครั้งที่สองกะเทาะด้วยลูกยางตัวที่สองและสาม)

5.3.7 การทดลองที่ 2 หาระยะลูกยาง ระหว่างลูกยางตัวที่ 2 และตัวที่ 3 เพื่อหาระยะที่สีข้าวได้ดีที่สุด

ทำการปรับระยะระหว่างลูกยางลูกที่ 1 และ 2 ระยะ 0.8 มิลลิเมตร ให้เป็นค่าคงที่ จากนั้นมาปรับหาค่าระยะห่างระหว่างลูกยางลูกที่ 2 และ 3 ให้ได้ข้าวกล้องออกมาดีที่สุด ด้วยการสุ่มทดลองด้วยระยะต่างๆ แต่ ขนาดของระยะห่างของลูกยางลูกที่ 2 และ 3 จะต้องน้อยกว่าระยะห่างระหว่างลูกยางลูกที่ 1 และ 2 เพราะข้าวเปลือกที่ผ่านช่องลูกยางที่ 1 และ 2 มาได้ แสดงว่าจะต้องมีขนาดเล็กกว่าที่ช่องระหว่างลูกยางลูกที่ 1 และ 2 จะกะเทาะได้ ดั้งนั้นจึงต้องปรับระยะห่างระกว่างลูกยาง ตัวที่ 2 และ 3 ให้มีค่าน้อยกว่า 0.8 มิลลิเมตร แต่ต้องมาก กว่า 0.4 มิลลิเมตรเพราะถ้าระยะห่างน้อยกว่า 0.4 มิลลิเมตร ข้าวจะหักมากเกินไป

1. ปรับระยะห่างลูกที่ 1 และ 2 ปรับให้มีระยะห่างระหว่างลูกยางคงที่ ที่ 0.8 มิลลิเมตร และปรับระยะห่างระหว่าง ลูกยางลูกที่ 2 และ 3 ให้ได้ระยะห่าง 0.6 มิลลิเมตร

2. นำข้าวเปลือกที่เตรียมไว้มา 1 ถุง สุ่มหยิบข้าวในถุง มาวัดความชื้น บันทึกค่าความชื้น

3. ข้าวเปลือกที่สุ่มวัดความชื้นแล้ว เทลงบนตัวรับข้าว ทำการสีข้าวเปลือก จับเวลาสีข้าว บันทึกผล

4. เก็บส่วนประกอบข้าวที่สีออกมาได้ ข้าวเต็มเมล็ด ข้าวเปลือก และข้าวหัก ใส่ถุง

5. เขย่าถุงข้าวที่ได้จากการสีให้เข้ากัน นำถ้วยตวงมาตวงข้าวที่ผสมกันอยู่ นำไปชั่งน้ำหนัก แล้วบันทึกผล

6. ทำการทดลอง 2 ถึง 5 ซ้ำ แต่เปลี่ยนระยะลูกยางลูกที่ 2 และลูกที่ 3 เป็น 1.6 มิลลิเมตร1.4 มิลลิเมตร,1.2 มิลลิเมตร,1.0 มิลลิเมตร,0.8 มิลลิเมตร,และ 0.4 มิลลิเมตร ตามลำดับ

7. นำข้าวที่สีได้แต่ละครั้ง ในการปรับลูกยางแต่ละระดับ มาทำการสุ่ม เพื่อหาสัดส่วน ข้าวเต็มเมล็ด ข้าวเปลือก และข้าวหัก

8. นำข้าวในถ้วยตวงที่ไปชั่งน้ำหนัก มาทำการคัดแยก ข้าวเต็มเมล็ด ข้าวเปลือก และข้าวหัก ด้วยตาทีละเมล็ด แล้วนำ ข้าวเต็มเมล็ด ข้าวเปลือก และข้าวหัก ที่แยกได้ไปชั่งน้ำหนัก

9. นำน้ำหนักชั่งที่ได้ของ ข้าวเต็มเมล็ด ข้าวเปลือก และข้าวหักของการสีแต่ครั้ง มาหาอัตรา % ร้อยละ ของ ข้าวเต็มเมล็ด แกลบ และข้าวหัก ก็จะทราบว่า ในการสีด้วยระยะห่างแต่ละครั้งมี สัดส่วนของ ข้าวเต็มเมล็ด ข้าวเปลือก และข้าวหัก เท่าไรบ้าง

10. ทำการสุ่ม 3 ครั้ง ในการปรับลูกยางแต่ละครั้ง แล้วนำค่าที่ได้จากการสุ่มมาหาค่าเฉลี่ย

11. นำข้อมูลค่าเฉลี่ยสัดส่วนของ ข้าวเต็มเมล็ด ข้าวเปลือก และข้าวหัก ของแต่ระยะห่างลูกยางแต่ละระดับ มาเปรียบเทียบกัน เพื่อหาระยะลูกยางที่สีข้าวออกมาดีที่สุด

ตารางที่ 5.6 ค่าเฉลี่ยการสุ่มตัวอย่าง สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของ ข้าวเต็มเมล็ด ข้าวหัก **ข้าวเปลือก**

ระยะห่างลูกยาง ลูกที่ 1 และ 2 (ม.ม.)	ค่าเฉลี่ย ข้าวเต็มเมล็ด (%)	ค่าเฉลี่ย ข้าวเปลือก (%)	ค่าเฉลี่ย ข้าวหัก (%)
0.7	73.72	3.66	22.60
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
0.5	71.53	2.74	25.72

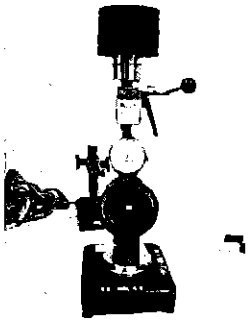
จากตารางที่ 5.6 จะเห็นว่า การทดสอบสุดท้าย หยุดที่ ระยะห่างลูกยางที่ 0.5 มิลลิเมตร เพราะเมื่อปรับค่าระยะห่างช่องว่างลูกที่ 2 และ 3 น้อยกว่านี้ ลูกยางจะไม่หมุน เพราะ ลูกยางจะถูกข้าวที่มาจากการกะเทาะ ระยะระหว่างลูกยางที่ 1 และ 2 มาอัดแน่นที่ ช่องว่างลูกยาง 2 และ 3 ทำให้ ลูกยางหมุนไม่ได้ การทดสอบจึงได้ข้อสรุปว่า ระยะห่างระหว่างลูกยางลูกที่ 2 และ 3 ที่ดีที่สุด คือ 0.6 มิลลิเมตร

5.4 การทดลองเพิ่มเติม

5.4.1 การทดลองหาความแข็งของลูกยาง

5.4.1.1 ขั้นตอนการทดลอง

1. เตรียมเครื่องวัดความแข็ง Durometer
2. ถอดลูกยางทั้ง 3 ลูก ออกจากส่วนกะเทาะ
3. นำลูกยางลูกที่ 1 ตั้งไว้บนแท่น ปรับระยะเข็มตัววัด ให้ห่างจากลูกยาง เล็กน้อย ดังรูป



รูปที่ 5.9 วิธีวางลูกยางและติดตั้งอุปกรณ์

4. นำหินทับ มาทับมาทับด้านบนของเครื่อง หมุนเกลียวปลดล็อคเครื่อง **ให้เข็มทิ่มลงบนเนื้อยาง จับ**เวลา 15 วินาที อ่านค่า

5. ทำการสุ่ม ตรวจลูกยาง 5 ครั้งโดยเฉลี่ยให้ทั่วลูกยางทุกด้าน บันทึกผล

6. นำลูกยางลูกที่ 2 และ 3 มาทำการทดลอง ขั้นตอนที่ 3-5 บันทึกผล

รูปที่ 5.10 การใช้เครื่องวัดความแข็ง

ตารางที่ 5.7 ความแข็งของลูกยาง

ลูกยางลูกที่	ครั้งที่ 1 ความแข็งที่วัดได้ (Shore)	ครั้งที่ 2 ความแข็งที่วัดได้ (Shore)	ครั้งที่ 3 ความแข็งที่วัดได้ (Shore)	ครั้งที่ 4 ความแข็งที่วัดได้ (Shore)	ครั้งที่5 ความแข็งที่วัดได้ (Shore)	ค่าเฉลี่ย ความแข็งที่วัดได้ (Shore)
1	84.3	78.9	72.8	85.0	79.3	80.6
2	75.4	77.6	77.3	79.0	78.5	77.5
3	77.2	74.1	75.5	80	76.0	76.56

5.4.2 การทดลองหาความเร็วรอบของลูกยาง

5.4.2.1 ขั้นตอนการทดลอง

1. เปิดเครื่องสีข้าวให้ทำงาน
2. นำเครื่องมือความเร็วรอบมาตั้งค่า หน่วยเป็นความเร็วรอบต่อนาที
3. ทำการวัดความเร็วรอบลูกยางทั้ง 3 ลูก

ตารางที่ 5.8 ความเร็วรอบที่ได้จากเครื่อง และจากการคำนวณ

ลูกยาง ตัวที่	ความเร็วรอบที่วัดได้จากเครื่อง (รอบ/นาที)	ความเร็วรอบที่ได้จากการคำนวณ (รอบ/นาที)
1	1443	1029.92
2	1025	724.76
3	1445	1029.92

จากตารางที่ 5.8 จะเห็นว่า ความเร็วรอบของลูกยางตัวที่ 1 และ 3 มีค่าใกล้เคียงกันจากการวัดแบบใช้เครื่องวัด แต่ถ้าความเร็วรอบที่ได้จากการคำนวณ ความเร็วรอบของลูกยาง ลูกที่ 1 และ 3 จะมีค่าเท่ากัน ซึ่งลูกยางลูกที่ 1 และ 3 จะมีความเร็วรอบที่เร็วกว่าลูกยางลูกที่ 2 เป็นเพราะการกะเทาะเปลือกข้าวต้องอาศัยแรงเฉือนกันของลูกยาง และจะเกิดแรงเฉือนได้นั้น ลูกยางจะต้องหมุนด้วยความเร็วรอบต่างกัน และอีกเหตุผลหนึ่งที่ให้ความเร็วรอบของลูกยาง ลูกที่ 1 และ 3 เท่ากัน เพื่อที่จะสามารถให้ใช้สายพานเส้นเดียวกันได้ โดยที่ขนาดพูเลย์ และขนาดลูกยางของลูกยาง 1 และ 3 เท่ากัน ก็จะง่ายต่อการหาซื้อ เมื่อลูกบดหรือพูเลย์ชำรุด

บทที่ 6
สรุปและข้ออภิปราย

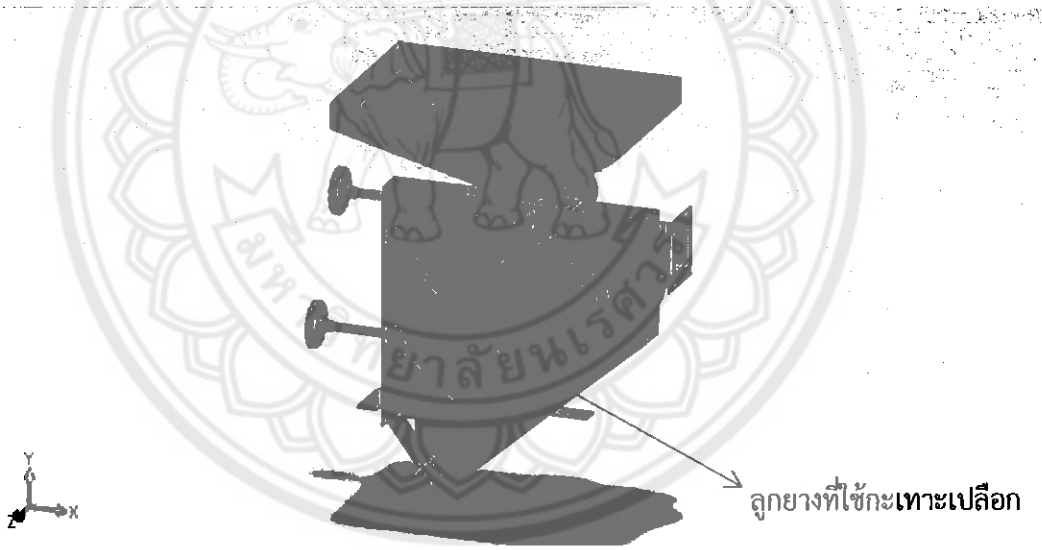
6.1 กระบวนการวิศวกรรมย้อนรอย

ศึกษาส่วนประกอบและการทำงานของเครื่องสีข้าว

จากการใช้กระบวนการวิศวกรรมย้อนรอยในการศึกษาส่วนประกอบและการทำงานของเครื่องสีข้าว รุ่น NW 1000 โดยการพิจารณาชิ้นส่วนและการทำงาน จะได้ส่วนสำคัญๆ ออกมาเป็น 4 ส่วนดังนี้

6.1.1 ส่วนกะเทาะ

ส่วนกะเทาะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการกะเทาะเปลือกของเมล็ดข้าวออกมาเป็นข้าวกล้องประกอบไปด้วยลูกยาง 3 ลูก ดังรูปที่ 6.1 เมื่อข้าวเปลือกไหลผ่านช่องลูกยาง ลูกยางก็จะบีบเปลือกข้าวให้แตกออก จะได้ข้าวสารและข้าวเปลือกออกมา แต่ส่วนกะเทาะนี้จะทำให้เกิดข้าวหักมากที่สุด เพราะด้วยแรงกดและเฉือนจากลูกยาง

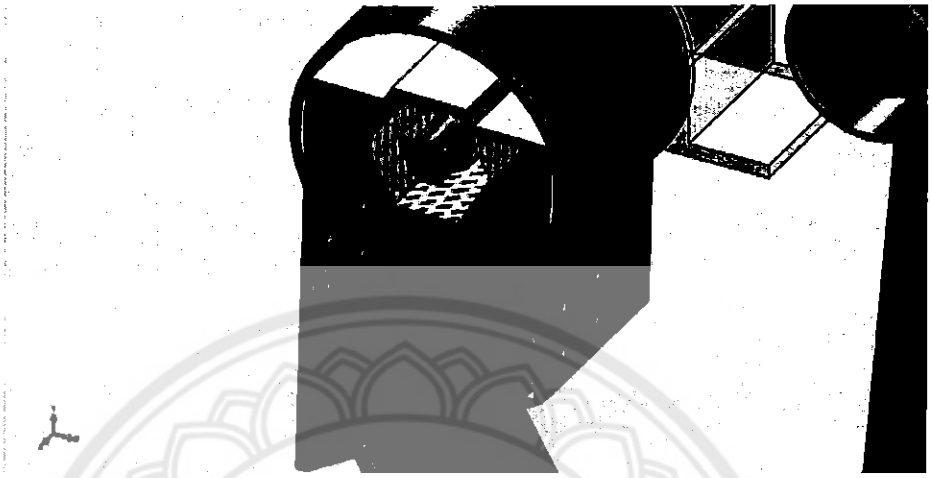


รูปที่ 6.1 รูปส่วนกะเทาะ

6.1.2 ส่วนขัดขาว

ส่วนขัดข้าวขาวมีหน้าที่ขัดข้าวให้มีสีขาวน่ารับประทาน ข้างในประกอบไปด้วย เหล็กเกลียวอยู่ตรงกลางสำหรับพาข้าวเคลื่อนที่ ผนังเป็นเหล็กตะแกรงมีรู เมื่อข้าวเคลื่อนที่ ต้องการให้ข้าวขาว จะหมุนเหล็กเกลียว เมื่อหมุนเหล็กเข้าไปช่องว่างภายในจะน้อยลง ทำให้เมล็ดข้าวสัมผัสกับรูตะแกรงมากขึ้น รูตะแกรงก็จะขูดเอาผิวของข้าวออก จนข้าวขาว ส่วนผิวข้าวที่ถูกขูดออกก็จะร่วงรอดตะแกรงออกมาด้านล่างเป็นรำ ถูกพัด

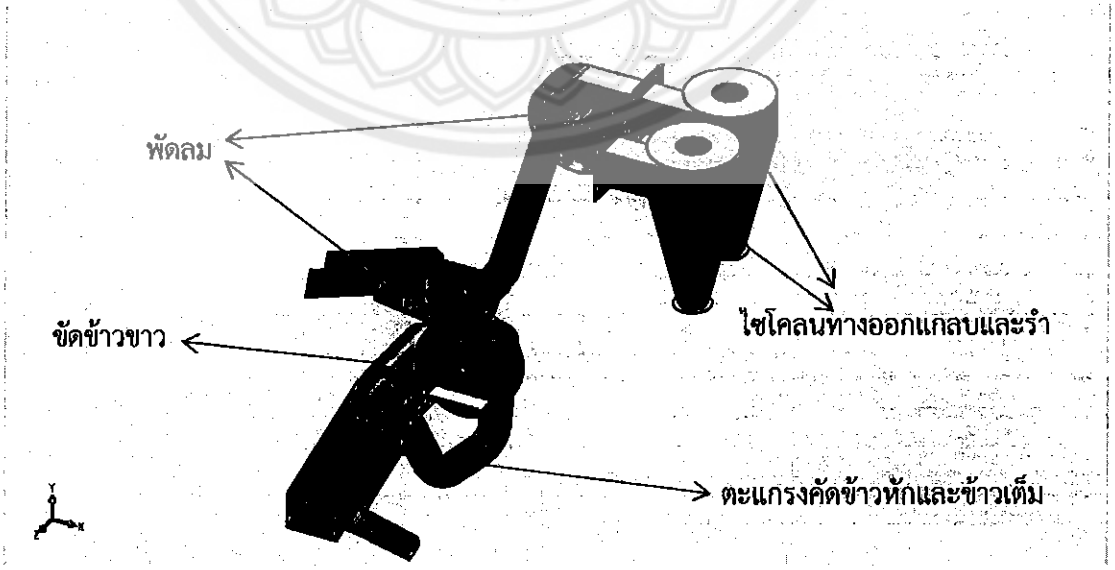
ลมดูดขึ้นไปออกที่ไซโคลน แต่ยิ่งต้องการให้ข้าวขาวมาก ก็จะยิ่งทำให้มีข้าวหักเพิ่มมากขึ้นเพราะเกิดการเสียดสีและบีบอัดระหว่างเมล็ดข้าวและรูตะแกรงเหล็กมากขึ้น



รูปที่ 6.2 ส่วนขัดขาว

6.1.3 ส่วนคัดแยก

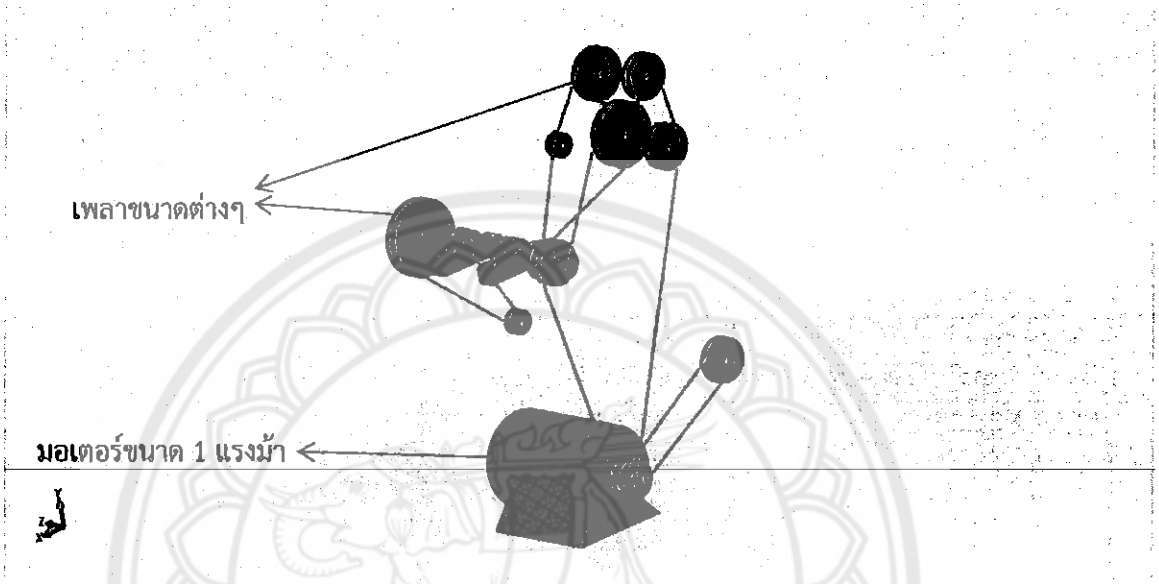
ส่วนคัดแยกทำหน้าที่ในการคัดแยกส่วนต่างๆที่ได้จากการสี โดยจะคัดแยกออกเป็น ข้าวกล้อง รำ ข้าวหัก และแกลบ เมื่อลูกยางทำการบดเมล็ดข้าวออกแล้ว จะหล่นลงมาสู่ราง จากนั้นพัดลม(พัดลมหอยโข่ง) จะพัดแกลบและรำซึ่งมีน้ำหนักเบาออกไปที่ไซโคลน ส่วนข้าวที่มีน้ำหนักมากกว่าที่แรงลมจะพัดไปได้จะลงสู่ตะแกรงคัดแยกด้านล่าง โดยข้าวที่มีขนาดเล็กกว่าก็จะรอดผ่านรูตะแกรงออกไปอยู่ในส่วนของข้าวหัก ส่วนข้าวเต็มเมล็ดที่มีขนาดใหญ่ก็จะไม่สามารถรอดผ่านรูตะแกรงได้ ก็จะออกไปสู่ส่วนทางออกของข้าวเต็มเมล็ดดังรูปที่ 6.2



รูปที่ 6.3 ส่วนคัดแยก

6.1.4 ส่วนต้นกำลัง

เป็นส่วนที่คอยส่งกำลังขับเคลื่อนการทำงานทั้งระบบ ใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า เชื่อมต่อระบบด้วยสายพาน อยู่ด้านล้างสุดของเครื่อง ดังภาพที่ 6.4 ถือได้ว่าเป็นหัวใจของเครื่องสีข้าว เพราะเป็นส่วนที่ทำให้เครื่องสามารถทำงานได้



รูปที่ 6.4 ชิ้นส่วนต้นกำลัง

ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นได้ถูกวัดขนาดและทำการเขียนแบบ 3 มิติ ดังแสดงในตาราง ในภาคผนวก

6.2 หาความเชื่อมโยงระหว่างคุณลักษณะที่ต้องการจากเครื่องสีข้าวกับส่วนประกอบเครื่อง

ตาราง QFD ส่วนที่ 1 คุณลักษณะ (What) ส่วนที่ 5 ส่วนประกอบของเครื่อง (How) และมีส่วนที่ 7 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนที่ 1 และส่วนที่ 5 ได้ถูกนำมาใช้เพื่อบันทึกข้อมูลที่ได้จากการสังเกต

จากการทดลองที่ 2 ในบทที่ 5 สรุปได้ว่าลูกยางกับเปอร์เซ็นต์ข้าวที่ได้จากการสีมีความสัมพันธ์กันจึงใช้สัญลักษณ์ ● ซึ่งเป็นผลมาจากการทดลองในส่วนกะเทาะ แต่ในส่วน ขัดขาว คัดแยกและต้นกำลัง จะใส่สัญลักษณ์ที่ ● หรือ O จะได้มากจากการสังเกต เพราะไม่ได้มีการทดลอง

ตัวอย่างเช่น (จากตารางที่ 6.1) ตัวอย่างเช่น -% ข้าวเต็มเมล็ดกับลูกยางใช้สัญลักษณ์ ● แสดงว่าลูกยางมีส่วนส่งผลที่ทำให้เกิดข้าวเต็มเมล็ดเยอะมาก เพราะเป็นส่วนนำเปลือกออกจากเมล็ดข้าว ส่วน % ข้าวเต็มเมล็ดกับตัวปรับลูกยางใช้สัญลักษณ์ O แสดงให้เห็นว่าตัวปรับลูกยางมีส่วนส่งผลให้เกิดข้าวเต็มเมล็ดแต่ส่งผลไม่มาก เป็นต้น และในส่วนที่ไม่ใส่สัญลักษณ์แสดงว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน

แต่ข้อมูลที่ถูกต้องต้องได้จากการทดลองอย่าง ละเอียด ซึ่งอยู่นอกขอบเขตของการทำงาน ของโครงงานนี้

ตารางที่ 6.1 สรุปหาความเชื่อมโยงระหว่างคุณลักษณะที่ต้องการจากเครื่องสีข้าวกับลักษณะเครื่องที่ใช้งาน

คุณลักษณะที่ต้องการ	ส่วนกะเทาะ						ส่วนขัดข้าวขาว					ส่วนคัดแยก				ส่วนต้นกำลัง		
	กรวยรับข้าว	ตัวปล่อยข้าว	ลูกยาง	คูกปิดปรับลูกยาง	แผ่นกันข้าว	ทางออกข้าว	ตัวเครื่องขัดข้าวขาว	รูตะแกรงขัดข้าว	แท่งเหล็กเกลียวที่ข้าว	พัดลมดูดรำ	ท่อลำเลียงรำ	พัดลมดูดแกลบ	แผ่นตะแกรงกรองข้าว	ไซโคลนแกลบ	ไซโคลนรำ	มูเล่ย์	สายพาน	มอเตอร์
1.% ข้าวเต็มเมล็ด			●	○	○		●	○	○				○					
2.การปนกันของข้าว											○	●	●	○	○			
3.ความเร็วในการสี		●	○							●						○	○	●
4.ความขาวของข้าว							●	●	○									
5.ความสะดวกในการใช้งาน																		●
6.การดูแลรักษา			●	●			○	○								●	●	○
7.ขนาด	○													○	○	○	○	●
8.เสียง		○	●							●		●		○	○		●	●
9.ความฟุ้งของฝุ่น			○							●		●		●	●			

6.3 การทดลองเนื้อหาความสัมพันธ์ระหว่างของลูกยางกับสัดส่วนข้าวที่สีได้

จากตาราง QFD พบว่าส่วนของลูกยางและตัวปรับระยะช่วงต่างๆมีผลต่อสัดส่วนที่สีได้ จึงนำส่วนนั้นมาวิเคราะห์ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง เพื่อทำการทดลองเพิ่มเติม

การทดสองที่ว่านั้น ปรับค่าระยะห่างของลูกยางทั้งจากค่าที่ทางทฤษฎี เริ่มต้นที่ 5 mm และปรับลดลงมาเรื่อยๆ จนได้ค่าที่เหมาะสม

ค่าระยะห่างระหว่างลูกยางถูกเลือกทำการทดลอง โดยกำหนดค่าตัวแปรอื่นๆ ให้เป็นค่าคงที่ทั้งหมด โดยพิจารณาลูกยาง 2 ชุด พบว่า การตั้งค่าระยะห่างระหว่างชุดที่ 1 ให้คงที่ ที่ 0.8 มิลลิเมตรข้าวจะสีออกมาดีที่สุด เมื่อชุดที่ 2 มีระยะห่างกัน 0.6 มิลลิเมตร ได้ข้าวเต็มเมล็ด74.26% ข้าวเปลือก 3.25%และข้าวหัก 23.28% แตกต่างจากระยะห่างระว่างลูกยาง แบบลูกยาง 4 ลูก ของทนนท์ รัตนรวมการที่ทดสอบเครื่องกะเทาะเปลือกแบบ 4 ลูกยาง ซึ่งใช้ระยะห่างของลูกยางลูกที่1 กับลูกที่ 2 ที่ 0.20 มิลลิเมตรและลูกที่ 3 กับลูกที่ 4 ที่ 0.10 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นระยะที่ได้เปอร์เซ็นต์การกะเทาะสูงสุด พบว่าเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดเทากับ 72.76 เปอรเซ็นต์ข้าวหักเทากับ 3.94 เปอรเซ็นต์และเปอรเซ็นต์ข้าวเปลือกที่ไมถูกกะเทาะเทากับ 11.18 เปอรเซ็นต์ จะเห็นได้ว่าข้าวที่สีออกมาได้มี ข้าวเปลือก ข้าวหัก และแกลบใกล้เคียงกันแต่ระยะห่างในระบบที่ 1 ของ 3 ลูกยาง และ 4 ลูกยางแตกต่างกันมาก ซึ่งจากการสังเกตมีผลมาจากขนาดของลูกยาง ความเร็วรอบของ 3 ลูกยาง และ 4 ลูกยางที่แตกต่างกัน และพันธุ์ข้าวที่ใช้ก็แตกต่างกันทำให้ระยะห่างระหว่างลูกยาง 3 ลูก และ 4 ลูกมีขนาดไม่เท่ากันแต่ก็สามารถสีข้าวออกมาได้ประสิทธิภาพเท่าๆกัน

6.4 สรุป

6.4.1 กระบวนการวิศวกรรมย้อนรอยเป็นการศึกษาส่วนประกอบของเครื่องและมีการบันทึกอย่างเป็นระบบ

6.4.2 QFD ช่วยในการบันทึกข้อมูล และหาความเชื่อมโยงกับผู้ใช้ ในขณะเดียวกันสามารถย้อนกลับไปพิจารณาถึงที่มาของการออกแบบได้

6.4.3 ระยะห่างระหว่างลูกบด มีผลต่อสัดส่วนของข้าวที่สีได้

6.5 ข้อเสนอแนะ

ควรมีการทดลองเพิ่มเติม โดยวิเคราะห์ตัวแปรที่เกี่ยวข้องในแต่ละส่วน เพื่อหาข้อมูลในตาราง QFD ให้สมบูรณ์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] Aim Star Artumh.(2553) เว็บลิงค์ **น้ำมันรำข้าวและจมูกข้าว vital star**
:http://artumh.blogspot.com/2010/09/vital-star.html
:เข้าใช้เมื่อ 24 พฤศจิกายน พ.ศ.2555

[2] **สำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว : คุณสมบัติทางกายภาพของข้าว**
:http://riceproduct.org/index.php?option=com_content&task=view&id=84&Itemid=50
:เข้าใช้เมื่อ 24 พฤศจิกายน พ.ศ.2555

[3] ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
: http://www.tpabookcentre.com/e-book/lesson/t-0227/s1.pdf
: http://www.cadthai.com/article/4411/5/reveng20.htm
:เข้าใช้เมื่อ 5 มกราคม พ.ศ.2556

[4] ผศ.ดร. รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ มหาวิทยาลัยราชมงคลธัญบุรี
: http://203.158.184.2/elearning/AgricultMachine2/content.htm
: http://www.arda.or.th/kasetinfo/rice/rice_product/rice-product4_2.html
:เข้าใช้เมื่อ 5 มกราคม พ.ศ.2556

[5] เว็บไซต์ ก้าวหน้าดอทคอม
: http://freshrice.9nha.com/sikao.html
:เข้าใช้เมื่อ 6 มกราคม พ.ศ.2556

[6] เว็บไซต์ บริษัท ซี แอล พี เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด
: http://www.clpe.co.th/page-rice-miller-cr-80.php?id=2&CatTop=1
:เข้าใช้เมื่อ 6 มกราคม พ.ศ.2556

[7] เว็บไซต์ http://www.brrd.in.th/rkb/manual/data_012/E-book/Eb_012.pdf
:จากกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
:เข้าใช้เมื่อ 1 เมษายน พ.ศ.2556

[8] David G. Ullman (1944) **The Mechanical Design Process** .(3rdED).ISBN 0-07-112281-8

[9] **ฐานข้อมูลพันธุ์ข้าวรับรองของไทย**
:เข้าใช้เมื่อ 1 เมษายน พ.ศ.2556

[10] เว็บไซต์ pipat phonphet
: http://replicainspection.blogspot.com/2011/09/blog-post_23.html
:เข้าใช้เมื่อ 1 เมษายน พ.ศ.2556

[11] Yoshijo :**Quality Function Deployment (QFD) การวิเคราะห์ความต้องการของลูกค้า**

[12] บุญเจิด กาญจนา และคณะ : **การพัฒนาเครื่องกะเทาะ และเครื่องคัดขนาดเมล็ดข้าวกล้องขนาดเล็ก**

[13] งานวิจัยของ จินดามณี นิสยันต์ และคณะ : **การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องกะเทาะ**

: http://ora.kku.ac.th/RES_KKU/ATTACHMENTS_PROCEEDING_PUBLICATION/8900.pdf

:เข้าใช้เมื่อ 1 เมษายน พ.ศ.2556

[14] งานวิจัยของ สมควร แววดี และคณะ : **การลดอุณหภูมิอากาศในกระบวนการกะเทาะเปลือก**

: http://www.eg.mahidol.ac.th/dept/egie/images/IE-Network-Archives/2011/PDF/6.MPM/MPM120.pdf

:เข้าใช้เมื่อ 1 เมษายน พ.ศ.2556

[15] ทนนท์ รัตนรวมการ : **เครื่องกะเทาะข้าวเปลือกแบบ 4 ลูกยาง**

:http://ird.rmuti.ac.th/newweb/download_document/%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%A1%E0%B8%97%E0%B8%A3/%E0%B8%AD.%E0%B8%97%E0%B8%99%E0%B8%99%E0%B8%95%E0%B9%8C.pdf

:เข้าใช้เมื่อ 1 เมษายน พ.ศ.2556

ภาคผนวก ก

QFD (Quality Function Deployment)

QFD ย่อมาจาก Quality Function Deployment (การแปลงหน้าที่ผลิตภัณฑ์เชิงคุณภาพ ให้เป็นแนวทางปฏิบัติ) เป็นการประกันคุณภาพในการออกแบบ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อความพึงพอใจของลูกค้าและเพื่อถ่ายทอดความต้องการของลูกค้าให้เป็นเป้าหมายการออกแบบ เราใช้เป็นเครื่องมือตัวหนึ่ง ที่เริ่มต้นที่การตลาด โดยสืบหาว่า ถ้าลูกค้า จะพอใจผลิตภัณฑ์ของเรา ผลิตภัณฑ์ของเราจะต้องมีลักษณะอะไรบ้าง (ที่กำลังจะออกแบบขึ้นมาเพื่อผลิตขาย) ฝ่ายออกแบบจะต้องแปลความหมายให้ตรงกันจากภาษาลูกค้า โดยจะเริ่มตั้งแต่กระบวนการรับฟังเสียงจากลูกค้าา (Voice of Customer) และถ่ายทอดไปสูการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ลุกค้าต้องการ การออกแบบชิ้นส่วนส่วน ๆ ของผลิตภัณฑนั้น และนำไปสู่การออกแบบกระบวนการผลิตที่ต้องการ เพื่อสร้างความพอใจให้กับลูกค้าอย่างต่อเนื่อง Quality Function Deployment, QFD เป็นเครื่องมือสำคัญซึ่งองคกรต้องเรียนรู้เป็นพื้นฐานแล้วนำไปประยุกต์ใช้อย่างเป็นระบบ ด้วยการสรางบ้านแห่งคุณภาพ (House of Quality) อย่างมั่นคง เพื่อถ่ายทอดความต้องการของลูกค้าไปสูกระบวนการผลิตอย่างสมบูรณ์ ดังนั้นเราต้องออกไปเก็บรวบรวมข้อมูลจากลูกค้าให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ในระหว่างที่รวบ รวมข้อมูลอยู่นั้น ทีม QFD จะต้องถามต่อและตอบคำถามอย่างมากมาย อาทิเช่น

ลูกค้าต้องการอะไรอย่างแท้จริงจากเรา ความคาดหวังของลูกค้าคืออะไร ความคาดหวังของลูกค้านำไปใช่ในกระบวนการออกแบบหรือไม่ ทีมออกแบบทำให้ลูกค้าพึงพอใจจนบรรลุผลสำเร็จอะไรได้บ้าง

คำถาม คำตอบเหล่านี้จะต้องมาจากการพูดคุยกับลูกค้าโดยตรง หรือ การมุ่งเน้นไปที่ลูกค้า (Customer focus) กล่าวโดยกว้าง ๆ QFD คือ การฟังเสียงลูกค้าว่าต้องการอะไร (Hearing the customer voice) หมายความว่า เราจะใช้ QFD มาแปลความ ต้องการ (Needs) ความอยากได้ (Wants) และ ความคาดหวัง (Expectations) ของลูกค้า (ที่จะซื้อของเราในอนาคต) ซึ่งมักอยู่ในเทอมของสิ่ง หรือ ข้อกำหนดที่ลูกค้า ต้องการ แต่กล่าว ออกมาเป็นคำพูดที่ใช้กัน โดยทั่วไป ไม่ใช่ภาษาเชิงเทคนิค เช่น อยากได้เครื่องโทรศัพท์มือถือที่น้ำหนักเบา (ไม่รู้ว่า เบาเท่าใด) ขนาดเล็ก (ไม่รู้ว่าเล็กขนาดไหน) จอสี (ไม่รู้ว่ากี่พิก เซล) ดูหนัง (ไม่รู้ว่า เป็น Video Clip หรือ ดูแบบโทรทัศน์) ฟังเพลงได้ (ไม่รู้ว่า เพลงจาก FM หรือ MP3) เป็นต้น จะเห็นได้ว่า ความ ต้องการของลูกค้ามักอยู่ในเชิง คำพูด ความรู้สึก การมอง เห็น เป็นส่วนมาก QFD จะช่วยเปลี่ยนความต้องการของลูกค้าข้างต้น ให้เป็นแนวทาง หรือ การกระทำ ในเทอม ของคุณสมบัติจำเพาะทางวิศวกรรม เช่น น้ำหนักประมาณ 120 กรัม ขนาด 10 x12 x 1.5 เซนติเมตร จอสีแบบ SFTN ขนาด 128x640 จุด เป็นต้น

QFD ถูกนำมาใช้เพื่อทำความเข้าใจความต้องการของลูกค้า (the needs of the customer) และเปลี่ยนความต้องการของลูกค้าไปเป็นข้อกำหนดในการออกแบบ และ ข้อกำหนดที่ จำเป็นในการผลิต ถือได้ว่า QFD เป็นกระบวนการเชิงระบบ (systematic process) สำหรับใช้เป็นพลัง ขับดัน เพื่อมุ่งเน้นตรงไปยังความต้องการของลูกค้า

นอกจากนั้น QFD ช่วยในการออกแบบสินค้าให้สามารถแข่งขันได้ในตลาด ใช้เวลาการออก แบบน้อยกว่าปกติ และ ใช้ต้นทุนน้อยกว่า QFD ใช้ช่วยให้เกิดการเปลี่ยนแปลง จากแนวทางการแก้ไข (reactive) มาเป็น การควบคุมคุณภาพในเชิงป้องกัน (preventative manufacturing quality control)
ตัวอย่างที่บริษัทหนึ่งที่นำ QFD มาใช้งานแล้วประสบความสำเร็จคือ โตโยต้า โดยเขาพบว่า
ก่อนที่จะนำเทคนิค QFD มาใช้นั้น หลังจากผลิตภัณฑ์ถูกผลิตออกสู่ตลาด มีเสียงร้องบ่นเข้าอย่างมาก มาย ทำให้ต้องมีการดำเนินการแก้ไขเกิดขึ้น แต่หลังจากทำเทคนิค QFD มาใช้ พบว่า หลังจากผลิตภัณฑ์ ออกสู่ตลาดแล้ว เสียงร้องบ่นลดลง แสดงว่า QFD สามารถใช้แก้ปัญหา อันอาจเกิดขึ้นในอนาคตได้

บ้านแห่งคุณภาพ (House of Quality)

โครงสร้างของบ้าน ประกอบด้วย

ก) กำแพงด้านซ้าย (Customer Requirement)

ด้านซ้ายเป็นสิ่งที่ลูกค้าคาดหวังว่าจะได้จากผลิตภัณฑ์ (voice of customer)

ข) กำแพงด้านขวา (Prioritize Customer Requirement)

ด้านขวาเป็นการจัดลำดับความสำคัญ ของสิ่งที่ลูกค้าต้องการ (planning matrix) แยกออกเป็น หมวดหมู่ เช่น การทดสอบของลูกค้า การให้คะแนน จุดขาย เป็นต้น

ค) เพดานห้อง (Technical Descriptors)

เพดาน (หรือชั้นสอง) เป็นรายละเอียดเชิงเทคนิค (Technical descriptor หรือ voice of the organization) ที่สอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ในเชิงคุณสมบัติจำเพาะ ข้อกำหนด การออกแบบ ตัวแปรต่าง ๆ ทางด้านวิศวกรรม

ง) ภายในห้อง หรือ ตัวบ้าน

ภายในห้องเป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้าและราย ละเอียด เชิงเทคนิค หรือกล่าวง่าย ๆ ว่าเป็นการแปลความต้องการของลูกค้า ให้เป็นคุณสมบัติ จำเพาะทางวิศวกรรม

จ) หลังคาบ้าน (Interrelationship between technical descriptors)

หลังคาของบ้านใช้แสดงความสัมพันธ์ภายในระหว่างรายละเอียดทางเทคนิค ต่าง ๆ เป็นการ นำเสนอความเหมือนกัน ความแตกต่างในเชิงเทคนิคของราย ละเอียดที่กำหนดขึ้น

ฉ) พื้นห้อง (Prioritized technical descriptors)

พื้นบ้านเป็นรายละเอียดเชิงเทคนิคที่ถูกจัดลำดับความสำคัญ ตัวอย่างเช่น การเปรียบเทียบ กับคู่แข่ง อัตราความยากง่าย คุณค่าของจุดมุ่งหมาย

หน้าที่ของเราคือ หาข้อมูลใส่เข้าไปในแต่ละส่วนของตัวบ้าน

ที่มา ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่โดยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความต้องการของลูกค้า (QFD)เชื่อมโยงเข้ากับเทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น(TRIZ)

ผศ.วิเชียร เบญจวัฒนาผลผู้จัดการ สำนักผู้อำนวยการ(สายงานบริหาร)สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่นั้นหลีกเลี่ยงไม่ได้ ที่จะต้องมีการสำรวจความต้องการของลูกค้า เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ เทคนิคอย่างหนึ่งที่นิยมใช้กัน คือ Quality Function Deployment

หรือ QFD แต่เทคนิคของ QFD นั้นเป็นเพียงการแปลงความต้องการของลูกค้ามาเป็นข้อกำหนดทางเทคนิคที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ แต่ไม่สามารถใช้แก้ปัญหาต่างๆในเชิงวิศวกรรมได้ จึงได้มีการนำเทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้นของ TRIZ(Theory of Inventive Problem Solving) มาเชื่อมโยงเข้ากับ QFD เพื่อใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ดังตัวอย่างโถชักโครกแบบสุดยอดประหยัดน้ำซึ่งจะเล่าให้ฟังต่อไป

ประวัติและเทคนิคของ QFD

QFD เป็นเทคนิคที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาใช้เป็นครั้งแรกในประเทศญี่ปุ่นที่อู่ต่อเรือของบริษัทมิตซูบิชิ จังหวัดโกเบ ต่อมา ใน ปี ค.ศ. 1960 บริษัทโตโยต้าประเทศญี่ปุ่นได้นำ QFD มาปรับปรุงและพัฒนาเพื่อใช้ในบริษัทโตโยต้าและบริษัทในเครือ ทำให้ QFD เป็นที่นิยมแพร่หลายในญี่ปุ่นมากขึ้น มีบริษัทยักษ์ใหญ่ในอเมริกาหลายบริษัทได้ให้ความสนใจและนำเทคนิคของ QFD ไปใช้ด้วย ในการสำรวจความต้องการของลูกค้า จะมีการประเมินระดับความสำคัญของความต้องการแต่ละข้อ จากนั้นทีมงานพัฒนาผลิตภัณฑ์ของบริษัทซึ่งประกอบด้วยฝ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้องตั้งแต่ฝ่ายออกแบบ ฝ่ายวิศวกรรม ฝ่ายจัดซื้อ ฝ่ายผลิต ฝ่ายขาย ฝ่ายการตลาด ตลอดจนฝ่ายการวางแผน จะร่วมกันปรึกษาวิเคราะห์ เพื่อแปลงความต้องการของลูกค้าให้เป็นข้อกำหนดทางเทคนิคที่จำเป็นต้องมี เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าโดยดูจากระดับความสำคัญ ข้อมูลของคู่แข่งและความสามารถในการแข่งขัน จากนั้น จะนำข้อกำหนดทางเทคนิคที่มีความสำคัญมาใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่

QFD กับบ้านคุณภาพ(House of Quality) เมื่อได้ผลการสำรวจความต้องการของลูกค้า(Whats) และระดับความสำคัญของความต้องการแต่ละข้อแล้ว ทีมงานจะต้องพิจารณาข้อกำหนดทางเทคนิคต่างๆ (Hows)ที่จะสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ โดยนำมาเขียนอยู่ในรูปของแมทริกซ์ความสัมพันธ์ (What V.S. Hows) และข้อกำหนดทางเทคนิคต่างๆ นั้นจะถูกนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างกันและกัน โดยเขียนเป็นแมทริกซ์รูปสามเหลี่ยม เหนือแมทริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่าง Whats กับHows อันเปรียบเสมือนหลังคาของบ้านคุณภาพ

ข้อจำกัดของQFDและความสำคัญของTRIZ

QFDเป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยการแปลงความต้องการของลูกค้า ให้เป็นข้อกำหนดทางเทคนิค ที่จะนำไปใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ แต่มีบ่อยครั้งที่ข้อกำหนดทางเทคนิคเหล่านี้มีความขัดแย้งกันเอง กล่าวคือ เมื่อเราทำการปรับปรุงข้อกำหนดทางเทคนิคอันใดอันหนึ่งให้ดีขึ้น จะมีผลทำให้ข้อกำหนดทางเทคนิคอีกอันหนึ่งเลวลง หรือบางครั้ง ข้อกำหนดทางเทคนิคอันเดียวกันก็มีความขัดแย้งกันเอง เช่น เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าอย่างหนึ่ง จะต้องมีคุณสมบัติอย่างหนึ่ง แต่เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าอีกอย่างหนึ่ง ข้อกำหนดทางเทคนิคอันเดียวกันนั้น จะต้องมีคุณสมบัติตรงข้ามกับคุณสมบัติอันก่อนเป็นต้น ในการแก้ปัญหาความขัดแย้งดังกล่าวมีบ่อยครั้งที่แก้ปัญหาในลักษณะ Trade-off กล่าวคือ ยอมเสียสละอย่างหนึ่ง เพื่อให้ได้อีกอย่างหนึ่ง ซึ่งอาจไม่ใช่วิธีการแก้ปัญหาที่ถูกต้องเหมาะสม QFD ไม่ใช่เครื่องมือที่ใช้สำหรับการแก้ปัญหาโดยเฉพาะ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องนำ TRIZ เข้ามาใช้ในการแก้ปัญหาทางเทคนิคที่เกิดขึ้น

TRIZ : เครื่องมือสำหรับแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น ผู้ให้กำเนิด TRIZ เป็นวิศวกรชาวรัสเซียชื่อ เกนริค เซาโลวิช อัลท์ชูลเลอร์ (Genrikh Saulovich Altshuller, 1925-1998) อัลท์ชูลเลอร์ได้ทำการศึกษาค้นคว้าสิทธิบัตรต่างๆ มากกว่า 2,000,000 ชิ้น ทำให้เขาพบว่าสิ่งประดิษฐ์หรือการคิดค้นหลายๆอย่างที่ผ่านมาได้มาจากการใช้รูปแบบความคิดสร้างสรรค์ที่คล้ายกัน อัลท์ชูลเลอร์ได้พัฒนาเครื่องมือต่างๆในการแก้ปัญหาโดยมีสมมติฐาน 2 อย่างต่อไปนี้เป็นพื้นฐาน คือ วิวัฒนาการของระบบเทคโนโลยี (เช่น ผลิตภัณฑ์ หรือ กระบวนการผลิต เป็นต้น) ดำเนินไปอย่างมีกฎเกณฑ์ และ ในการคิดค้นหาทางแก้ปัญหาใดๆนั้นจะต้องมีวิธีการคิดที่เป็นระบบ สามารถเรียนรู้กันได้ เครื่องมือที่สำคัญมี 2 อัน คือ

เครื่องมืออันดับที่ 1 ความขัดแย้งเชิงเทคนิค

ในการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม ส่วนใหญ่จะมีความขัดแย้งทางเทคนิค เมื่อต้องการให้คุณสมบัติอย่างหนึ่งดีขึ้น คุณสมบัติอีกอย่างหนึ่งมักจะเลวลง จากการค้นคว้าสิทธิบัติต่างๆ อัลท์ชูลเลอร์พบว่า คุณสมบัติที่สำคัญมี 39 อย่าง และ ความขัดแย้งของคุณสมบัติแต่ละอย่างนั้นใช้หลักการการแก้ปัญหาที่มีรูปแบบคล้ายๆกัน ซึ่งเขาได้พัฒนาขึ้นมาเป็นหลักการ 40 ข้อเชิงประดิษฐ์คิดค้น และได้จัดทำเป็นตารางแมทริกซ์ความขัดแย้ง โดยเมื่อเราสามารถระบุคู่ของความขัดแย้งได้ เราสามารถดูแนวทางในการแก้ปัญหาว่า ควรจะใช้หลักการข้อใด โดยดูจากตัวเลขที่ระบุไว้ในช่องที่เป็นจุดตัดของคู่ความขัดแย้งนั้น

การแก้ปัญหาความขัดแย้งเชิงเทคนิคโดยใช้ตารางแมทริกซ์ความขัดแย้ง

เครื่องมืออันดับที่ 2 ความขัดแย้งเชิงกายภาพ

ในการแก้ปัญหาทางเทคนิค บางครั้ง อาจพบว่ามีความต้องการคุณสมบัติอย่างเดียวกันแต่ตรงข้ามกัน เช่น ถ้าเราต้องการให้ระบบมีสมรรถนะอย่างหนึ่ง(F1) องค์ประกอบหนึ่งจะต้องมีคุณสมบัติอย่างหนึ่ง(P) แต่เมื่อเราต้องการระบบให้มีสมรรถนะอีกอย่างหนึ่ง(F2) องค์ประกอบอันเดียวกันนั้นจะต้องมีคุณสมบัติที่ตรงกันข้ามกับ P คือ –P

ถ้าอธิบายด้วยคำพูดง่ายๆ จะสามารถอธิบายได้ว่าองค์ประกอบนั้นจะต้องมีคุณสมบัติสูง และต้องมีคุณสมบัติต่ำ องค์ประกอบนั้นจะต้องมีอยู่และไม่มีอยู่ ลักษณะเช่นนี้ เราเรียกว่า ความขัดแย้งเชิงกายภาพ

การแก้ปัญหาความขัดแย้งเชิงกายภาพโดยใช้หลักการของการแบ่งแยก

ในการแก้ปัญหา ความขัดแย้งเชิงกายภาพ เราจะใช้หลักการของการแบ่งแยก (Separation) ซึ่งแยกได้ดังนี้

- การแบ่งแยกในเชิงสถานที่ (Space)
- การแบ่งแยกในเชิงเวลา (Time)
- การแบ่งแยกในเชิงส่วนย่อยกับภาพรวม (Parts and The Whole)
- การแบ่งแยกโดยการกำหนดเงื่อนไข (Condition)

ขั้นตอนการทำ QFD

1.ระบุความต้องการของลูกค้า (Voice of Customer) หรือคุณภาพที่ลูกค้าต้องการ(Required Quality) โดยการสัมภาษณ์ หรือ ออกแบบสอบถาม หรือ จากข้อมูลการร้องเรียนของลูกค้า นำมาจัดเรียงความต้องการของลูกค้า(Whats)ลงในช่องริมซ้ายสุดของบ้านคุณภาพ

2.ประเมินระดับความสำคัญของความต้องการของลูกค้าแต่ละข้อ

3.เปรียบเทียบสินค้าของบริษัทกับสินค้าของคู่แข่งจากมุมมองของลูกค้าและ

4. ประเมินจุดอ่อนจุดแข็งของตนเองและคู่แข่งแล้วกรอกลงในช่องทางขวามือของบ้านคุณภาพแยกตามความต้องการของลูกค้าแต่ละข้อ

5. ระบุข้อกำหนดทางเทคนิค(Technical Characteristics) หรือองค์ประกอบคุณภาพ(Quality Element) ที่จะตอบสนองความต้องการของลูกค้าแต่ละข้อ(Hows) ลงในช่องด้านบนของบ้านคุณภาพ

6. แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละข้อไว้ที่ส่วนหลังคาของบ้านคุณภาพ ความสัมพันธ์ของข้อกำหนดทางเทคนิคมี 4 แบบ

6.1).ความสัมพันธ์ทางบวกมาก

6.2).ความสัมพันธ์ทางบวก

6.3).ความสัมพันธ์ทางลบมาก

6.4).ความสัมพันธ์ทางลบ

โดยอาจกำหนดเป็นสัญลักษณ์หรือค่าตัวเลขก็ได้ เพื่อให้ผู้ออกแบบเข้าใจว่า ถ้าเรามีการเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดทางเทคนิคข้อใดข้อหนึ่งแล้วจะมีผลกระทบต่อข้อกำหนดทางเทคนิคข้ออื่นอย่างไรมากน้อยแค่ไหน

7.หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้าและข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละข้อลงในแมทริกซ์ความสัมพันธ์ตรงส่วนกลางของตัวบ้านคุณภาพ โดยใช้สัญญลักษณ์แสดงให้เห็นถึงระดับความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิคกับความต้องการของลูกค้า ว่ามีความสัมพันธ์มาก

8.ปานกลาง หรือ น้อยและในการแสดงแมทริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้าและข้อกำหนดทางเทคนิคนั้น จะแสดงด้วยสัญลักษณ์

หมายถึง มีความสัมพันธ์น้อย

หมายถึง มีความสัมพันธ์ปานกลาง

หมายถึง มีความสัมพันธ์มาก

โดยอาจระบุคะแนนมากน้อยตามลำดับเช่น 1,3,9 เป็นต้น

9. กำหนดระดับความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละข้อโดยพิจารณาจากระดับความสำคัญของความต้องการของลูกค้า แมทริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่าง Whats กับHows และข้อมูลเปรียบเทียบกับคู่แข่งประกอบกัน

ระบุข้อกำหนดทางเทคนิคที่จะนำไปใช้ออกแบบผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้ายอันเป็นเป้าหมายการดำเนินงาน

สรุป

บทความนี้ได้แสดงให้เห็นว่า เราสามารถนำเทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้นของ TRIZ มาเชื่อมโยงเข้ากับ QFD เพื่อใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ โดย Quality Function Deployment หรือ QFD นั้นเป็นเทคนิค ในการแปลงความต้องการของลูกค้าให้เป็นข้อกำหนดทางเทคนิค เพื่อใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ แต่บ่อยครั้งเราจะพบความขัดแย้งระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิค ซึ่งQFDไม่สามารถใช้แก้ปัญหาต่างๆในเชิงวิศวกรรมได้ แต่เมื่อนำเทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้นของ TRIZ เข้ามาใช้ จะพบว่าปัญหาหลายอย่างสามารถแก้ไขไปได้ด้วยดี แบบที่ไม่จำเป็นต้องเสียสละอย่างหนึ่ง เพื่อให้ได้อีกอย่างหนึ่ง(Trade-off)

ภาคผนวก ข
หาอัตราทดระหว่างพูเลย์

พิสูจน์สูตร

จาก $V_1 = V_2$

จะได้ $\omega_1 \times r_1 = \omega_2 \times r_2$

จะได้ $\omega = N_1 \times \frac{2\pi}{60}$

แปลงค่า $N_1 \times \frac{2\pi}{60} \times \frac{D_1}{2} = N_2 \times \frac{2\pi}{60} \times \frac{D_1}{2}$

จะได้ $N_1 \times D_1 = N_2 \times D_2$

รู้ ความเร็วรอบของมอเตอร์(N_1) 1430 รอบ/นาที มีขนาดพูเลย์ 65 มิลลิเมตร(d_1)

หา i = อัตราทด

N_1 = ความเร็วรอบของล้อขับ (รอบ/นาที)

N_2 = ความเร็วรอบของล้อตาม (รอบ/นาที)

D_1 = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพูเลย์ตัวขับ(มม.)

D_2 = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพูเลย์ตัวตาม (มม.)

หาอัตราทดระหว่าง พูเลย์ 1 และ 2

(n_1) 1430 รอบ/นาที (d_1) 65 มิลลิเมตร

(n_2)=? (d_{21}) 76 มิลลิเมตร

หา N_2 จากสูตร $N_1 \times D_1 = N_2 \times D_2$

$$N_2 = \frac{N_1 \times D_1}{D_2}$$

$$= \frac{1430 \times 65}{76}$$

$$= 1223.03$$

จะได้ $i = \frac{N_1}{N_2} \rightarrow \frac{1430}{1223.03} = 1.17$

หาอัตราทดระหว่าง พูเลย์ 2 และ 3

(n_2) 1223.03 รอบ/นาที (d_{21}) 76 มิลลิเมตร

(n_3)=? (d_3) 41 มิลลิเมตร

หา n_2 จากสูตร $N_2 \times D_2 = N_3 \times D_3$

$$N_3 = \frac{N_2 \times D_2}{D_3}$$

$$= \frac{1223.03 \times 76}{41} = 2267.08$$

จะได้ $i = \frac{N_1}{N_3} \rightarrow \frac{1430}{2267.08} = 0.63$

หาอัตราทดระหว่าง พูเลย์ 3 และ 4

(n_3) 2267.08 รอบ/นาที (d_3) 41 มิลลิเมตร

(n_4)=? (d_4) 89 มิลลิเมตร

หา n_4 จากสูตร $N_1 \times D_1 = N_2 \times D_2$

$$N_4 = \frac{N_3 \times D_3}{D_4}$$

$$= \frac{2267.08 \times 41}{89} = 1044.39$$

จะได้ $i = \frac{N_3}{N_4} \rightarrow \frac{2267.08}{1044.39} = 2.17$

อัตราทดระหว่าง พูเลย์ 1 และ 4 $i = \frac{N_1}{N_4} \rightarrow \frac{1430}{1044.39} = 1.37$

หาอัตราทดระหว่าง พูเลย์ 2 และ 6

(n_2) 1223.03 รอบ/นาที (d_{22}) 64 มิลลิเมตร

(n_6)=? (d_6) 108 มิลลิเมตร

หา n_2 จากสูตร $N_1 \times D_1 = N_2 \times D_2$

$$N_6 = \frac{N_2 \times D_2}{D_6}$$

$$= \frac{1223.03 \times 64}{108} = 724.76$$

จะได้ $i = \frac{N_2}{N_6} \rightarrow \frac{1223.03}{724.76} = 1.68$

อัตราทดระหว่าง พูเลย์ 1 และ 6 $i = \frac{N_1}{N_6} \rightarrow \frac{1430}{724.76} = 1.97$

หาอัตราทดระหว่าง พูเลย์ 6 และ 5

(n_6) 724.76 รอบ/นาที (d_6) 108 มิลลิเมตร

(n_5)=? (d_5) 76 มิลลิเมตร

หา n_2 จากสูตร $N_1 \times D_1 = N_2 \times D_2$

$$N_5 = \frac{N_6 \times D_6}{D_5}$$

$$= \frac{724.76 \times 108}{76} = 1029.92$$

จะได้ $i = \frac{N_6}{N_5} \rightarrow \frac{724.79}{1029.92} = 0.70$

อัตราทดระหว่าง พูเลย์ 1 และ 5 $i = \frac{N_1}{N_5} \rightarrow \frac{1430}{1029.92} = 1.38$

หาอัตราทดระหว่าง พูเลย์ 5 และ 7

(n_5) 1029.92 รอบ/นาที (d_5) 76 มิลลิเมตร

(n_7)=? (d_7) 76 มิลลิเมตร

หา n_2 จากสูตร $N_1 \times D_1 = N_2 \times D_2$

$$N_7 = \frac{N_5 \times D_5}{D_7}$$

$$= \frac{1029.92 \times 76}{76} = 1029.92$$

จะได้ $i = \frac{N_5}{N_7} \rightarrow \frac{1029.92}{1029.92} = 1$

อัตราทดระหว่าง พูเลย์ 1 และ 7 $i = \frac{N_1}{N_7} \rightarrow \frac{1430}{1029.92} = 1.38$

D2 และ D8 เป็นแกนเดียวกัน เพราะฉะนั้นจะได้ว่า $N_2 = N_8$

หาอัตราทดระหว่าง พูเลย์ 8 และ 9

(n_8) 1223.03 รอบ/นาที (d_8) 129 มิลลิเมตร

(n_9)=? (d_9) 41 มิลลิเมตร

หา n_2 จากสูตร $N_1 \times D_1 = N_2 \times D_2$

$$N_9 = \frac{N_8 \times D_8}{D_9}$$

$$= \frac{1223.03 \times 129}{41} = 3848.07$$

จะได้ $i = \frac{N_8}{N_9} \rightarrow \frac{1223.03}{3848.07} = 0.32$

อัตราทดระหว่าง พูเลย์ 1 และ 9 $i = \frac{N_1}{N_9} \rightarrow \frac{1430}{3848.07} = 0.37$

หาอัตราทดระหว่าง พูเลย์ 1 และ 10

n_1) 1430 รอบ/นาที (d_1) 65 มิลลิเมตร

(n_{10})=? (d_{10}) 74.6 มิลลิเมตร

หา N_2 จากสูตร $N_1 \times D_1 = N_2 \times D_2$

$$N_{10} = \frac{N_1 \times D_1}{D_{10}}$$

$$= \frac{1430 \times 65}{74.6}$$

$$= 1245.98$$

จะได้ $i = \frac{N_1}{N10} \rightarrow \frac{1430}{1245.98} = 1.14$

อัตราทดเกียร์เทียบกับมอเตอร์ (D_1:D_x)

พูเลย์ตัวที่ Dx	อัตราทดเกียร์เทียบกับมอเตอร์ (D_1:D_x)	หมายเหตุ
D2	1.17	สามารถดูวิธีการทดเกียร์ในภาคผนวก
D3	0.63	
D4	1.37	
D5	1.38	
D6	1.97	
D7	1.38	
D8	1.17	
D9	0.37	
D10	1.14	

ภาคผนวก ค
การทดลองที่ 1 การสุ่มตัวอย่าง

การทดลองสีข้าว ด้วยเครื่องสีข้าวรุ่น NW 1000 เมื่อทำการสี ได้ทำการหาอัตราส่วนเปอร์เซ็นต์ ของข้าวเต็มเมล็ด ข้าวเปลือก และข้าวหัก ด้วยวิธีการแยกด้วยสายตาทีละเมล็ดที่แต่เนื่องด้วยเวลาทำการทดลองที่จำกัด ทางกลุ่มการทดลอง จึงเลือกใช้วิธีสุ่มตัวอย่าง โดยได้ผลของการนับด้วยสายตาทีละเมล็ด และการสุ่มตัวอย่างดังนี้

ชุดที่ 1 คัดแยกด้วยสายตาเต็มจำนวน

ชุดที่ 2 สุ่มตัวอย่าง ทำการสุ่ม 3 ครั้ง ในการปรับลูกยางแต่ละครั้ง แล้วนำค่าที่ได้จากการสุ่มมาหาค่าเฉลี่ย

ตารางที่ 5.3 การทดลองกะเทาะเปลือกหาระยะห่างลูกยางลูกที่ 1 และ 2

ระยะห่างลูกยางลูกที่ 1 และ 2 (ม.ม.)	ความชื้นข้าวที่ใช้สี 1 กิโลกรัม (%)	เวลาที่ใช้สี (วินาที)	จำนวนข้าวที่สุ่ม (กรัม)	A ข้าวเต็มเมล็ด (กรัม)	B ข้าวเปลือก (กรัม)	C ข้าวหัก (กรัม)
2	11.6	2.28	41	14.9	25.4	1.7
1.8	11.1	2.26	40.2	17.4	18.7	4.1
1.6	11.3	2.18	41.2	21.9	14.7	4.6
1.4	11.4	2.18	46.5	34.3	8.3	3.9
1.2	11.5	2.22	43.4	31.9	6.2	5.3
0.8	11.3	2.25	45.5	34.1	5.4	6.0
0.6	11.1	2.20	45.4	33.4	5.7	6.3
0.5	11.6	2.19	45.2	32.2	5.2	7.9

จากตารางการทดลองที่ 3 หาระยะลูกยางที่กะเทาะข้าวเปลือกออกมาดีที่สุด โดยการสุ่มตัวอย่างแล้วหาเปอร์เซ็นต์สัดส่วน เทียบกันระหว่าง ข้าวเต็มเมล็ด ข้าวเปลือก ข้าวหัก

ตารางที่ 5.4 การสุ่มตัวอย่างครั้งที่ 1 สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของ ข้าวเต็มเมล็ด ข้าวหัก ข้าวเปลือก จากการสุ่มตัวอย่าง

ระยะห่างลูกยาง ลูกที่ 1 และ 2 (ม.ม.)	A ข้าวเต็มเมล็ด (กรัม)	B ข้าวเปลือก (กรัม)	C ข้าวหัก (กรัม)	ผลรวมของข้าวที่ได้ N=A+B+C (กรัม)	A ข้าวเต็มเมล็ด $\frac{A}{N}\times 100$ (%)	B ข้าวเปลือก $\frac{B}{N}\times 100$ (%)	C ข้าวหัก $\frac{C}{N}\times 100$ (%)
2	14.9	26.4	1.7	43.0	34.65	61.39	3.95
1.8	17.4	20.7	2.1	40.2	43.28	51.49	5.22
1.6	21.9	16.7	2.6	41.2	53.16	40.53	6.31
1.4	34.3	8.3	3.9	46.5	73.76	17.85	8.38
1.2	31.9	6.2	5.3	43.4	73.50	14.28	12.21
0.8	34.1	5.4	6.0	45.5	74.94	11.87	13.19
0.6	33.4	5.7	6.3	45.4	73.56	12.55	13.87
0.5	32.2	5.2	6.9	44.3	72.68	11.7	15.57
0.4	33.3	4.9	7.7	45.9	72.54	10.67	16.77

ตารางที่ 5.5 การสุ่มตัวอย่างครั้งที่ 2 สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของ ข้าวเต็มเมล็ด ข้าวหัก ข้าวเปลือก

ระยะห่างลูกยาง ลูกที่ 1 และ 2 (ม.ม.)	A ข้าวเต็มเมล็ด (กรัม)	B ข้าวเปลือก (กรัม)	C ข้าวหัก (กรัม)	ผลรวมของข้าวที่ได้ N=A+B+C (กรัม)	A ข้าวเต็มเมล็ด $\frac{A}{N}\times 100$ (%)	B ข้าวเปลือก $\frac{B}{N}\times 100$ (%)	C ข้าวหัก $\frac{C}{N}\times 100$ (%)
2	15.3	23.7	1.5	40.5	37.77	58.51	3.70
1.8	17.0	20.6	2.8	40.4	42.07	50.99	6.93
1.6	22.3	15.2	3.6	41.1	54.25	36.98	8.75
1.4	34.3	7.5	4.4	46.2	74.24	9.74	9.52
1.2	31.4	4.6	6.1	42.1	74.58	10.9	14.48
0.8	34.3	3.9	7.3	45.9	74.72	8.49	15.90
0.6	32.9	4.3	7.4	44.6	73.79	9.64	16.59
0.5	32.2	4.1	7.2	44.2	72.85	9.27	16.28
0.4	33.3	4.4	7.5	45.2	73.45	9.17	16.59

ตารางที่ 5.6 การสุ่มตัวอย่างครั้งที่ 3 สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของ ข้าวเต็มเมล็ด ข้าวหัก ข้าวเปลือก

ระยะห่างลูกยาง ลูกที่ 1 และ 2 (ม.ม.)	A ข้าวเต็มเมล็ด (กรัม)	B ข้าวเปลือก (กรัม)	C ข้าวหัก (กรัม)	ผลรวมของข้าวที่ได้ N=A+B+C (กรัม)	A ข้าวเต็มเมล็ด $\frac{A}{N}\times 100$ (%)	B ข้าวเปลือก $\frac{B}{N}\times 100$ (%)	C ข้าวหัก $\frac{C}{N}\times 100$ (%)
2	13.2	25.2	1.9	40.3	32.75	62.53	4.71
1.8	16.6	18.8	3.7	39.1	42.45	48.08	9.46
1.6	22.6	14.3	4.1	41.0	55.12	34.88	10.00
1.4	32.4	8.1	4.4	44.9	72.16	18.04	9.79
1.2	32.1	5.9	5.9	43.9	73.12	13.43	13.43
0.8	32.3	5.3	6.5	44.1	73.24	12.01	14.73
0.6	33.2	5.2	6.6	45.0	73.77	11.55	14.66
0.5	32.3	4.8	7.2	44.3	72.91	10.84	16.25
0.4	30.7	3.4	8.4	42.5	72.23	8.00	19.76

ตารางที่ 5.7 เปอร์เซ็นต์สัดส่วนของข้าวเต็มเมล็ดที่ได้จากการสุ่ม 3 ครั้ง

ระยะห่างลูกยาง ลูกที่ 1 และ 2 (ม.ม.)	ข้าวเต็มเมล็ดจากการสุ่มครั้งที่ 1 (%)	ข้าวเต็มเมล็ดจากการสุ่มครั้งที่ 2 (%)	ข้าวเต็มเมล็ดจากการสุ่มครั้งที่ 3 (%)	ค่าเฉลี่ยข้าวเต็มเมล็ด (%)
2	34.65	37.77	32.75	35.05
1.8	43.28	42.07	42.45	42.6
1.6	53.16	54.25	55.12	54.17
1.4	73.76	74.24	72.16	73.38
1.2	73.50	74.58	73.12	73.73
0.8	74.94	74.72	73.24	74.3
0.6	73.56	73.79	73.77	73.71
0.5	72.68	72.85	72.91	72.81
0.4	72.54	73.45	72.23	72.74

ตารางที่ 5.8 เปอร์เซ็นต์สัดส่วนของข้าวเปลือกที่ได้จากการสุ่ม 3 ครั้ง

ระยะห่างลูกยางลูกที่ 1 และ 2 (ม.ม.)	ข้าวเปลือกจากการสุ่มครั้งที่ 1 (%)	ข้าวเปลือกจากการสุ่มครั้งที่ 2 (%)	ข้าวเปลือกจากการสุ่มครั้งที่ 3 (%)	ค่าเฉลี่ยข้าวเปลือก (%)
2	61.39	58.51	62.53	60.81
1.8	51.49	50.99	48.08	50.18
1.6	40.53	36.98	34.88	37.46
1.4	17.85	18.04	18.04	17.97
1.2	14.28	13.43	13.43	13.71
0.8	11.87	12.01	12.01	11.96
0.6	12.55	11.55	11.55	11.88
0.5	11.7	10.84	10.84	11.12
0.4	10.67	8.00	8.00	8.89

ตารางที่ 5.9 เปอร์เซ็นต์สัดส่วนของข้าวหักที่ได้จากการสุ่ม 3 ครั้ง

ระยะห่างลูกยางลูกที่ 1 และ 2 (ม.ม.)	ข้าวหักจากการสุ่มครั้งที่ 1 (%)	ข้าวหักจากการสุ่มครั้งที่ 2 (%)	ข้าวหักจากการสุ่มครั้งที่ 3 (%)	ค่าเฉลี่ยข้าวหัก (%)
2	3.95	3.70	4.71	4.12
1.8	5.22	6.93	9.46	7.20
1.6	6.31	8.75	10.00	8.35
1.4	8.38	9.52	9.79	9.23
1.2	12.21	14.48	13.43	13.37
0.8	13.19	15.90	14.73	14.60
0.6	13.87	16.59	14.66	15.04
0.5	15.57	16.28	16.25	16.03
0.4	16.77	16.59	19.76	17.70

การทดลอง 2

ตารางที่ 5.11 ผลการปรับระยะห่างลูกยางลูกที่ 2 และ 3 โดยระยะห่างระหว่างลูกยางลูกที่ 1 และ 2 คงที่

ระยะห่างลูกยาง ลูกที่ 2 และ 3 (ม.ม.)	ความชื้นข้าวที่ใช้สี 1 กิโลกรัม (%)	เวลาที่ใช้สี (วินาที)	A ข้าวเต็มเมล็ด (กรัม)	B ข้าวเปลือก (กรัม)	C ข้าวหัก (กรัม)
0.7	11.3	2.28	29.98	1.5	9.25
0.6	11.7	2.30	30.80	1.2	9.73
0.5	11.4	2.30	30.89	1.1	10.21

ตารางที่ 5.12 การสุ่มตัวอย่างครั้งที่ 1 สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของ ข้าวเต็มเมล็ด ข้าวหัก ข้าวเปลือก

ระยะห่างลูกยาง ลูกที่ 2 และ 3 (ม.ม.)	A ข้าวเต็มเมล็ด (กรัม)	B ข้าวเปลือก (กรัม)	C ข้าวหัก (กรัม)	ผลรวมของข้าวที่ได้ N=A+B+C (กรัม)	A ข้าวเต็มเมล็ด $\frac{A}{N}\times 100$ (%)	B ข้าวเปลือก $\frac{B}{N}\times 100$ (%)	C ข้าวหัก $\frac{C}{N}\times 100$ (%)
0.7	29.98	1.5	9.25	40.73	73.60	3.68	22.71
0.6	30.80	1.2	9.73	41.73	73.80	2.87	23.31
0.5	27.89	1.1	11.21	40.20	69.37	2.73	27.88

ตารางที่ 5.13 การสุ่มตัวอย่างครั้งที่ 2 สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของ ข้าวเต็มเมล็ด ข้าวหัก ข้าวเปลือก จากการสุ่มตัวอย่าง

ระยะห่างลูกยาง ลูกที่ 2 และ 3 (ม.ม.)	A ข้าวเต็มเมล็ด (กรัม)	B ข้าวเปลือก (กรัม)	C ข้าวหัก (กรัม)	ผลรวมของข้าวที่ได้ N=A+B+C (กรัม)	A ข้าวเต็มเมล็ด $\frac{A}{N}\times 100$ (%)	B ข้าวเปลือก $\frac{B}{N}\times 100$ (%)	C ข้าวหัก $\frac{C}{N}\times 100$ (%)
0.7	30.11	1.6	10.33	42.04	71.62	3.80	24.57
0.6	31.29	1.3	9.97	42.56	73.52	3.05	23.43
0.5	30.08	1.2	10.43	41.71	72.12	2.88	25.00

ตารางที่ 5.14 การสุ่มตัวอย่างครั้งที่ 3 สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของ ข้าวเต็มเมล็ด ข้าวหัก ข้าวเปลือก จากการสุ่มตัวอย่าง

ระยะห่างลูกยาง ลูกที่ 2 และ 3 (ม.ม.)	A ข้าวเต็มเมล็ด (กรัม)	B ข้าวเปลือก (กรัม)	C ข้าวหัก (กรัม)	ผลรวมของข้าวที่ได้ N=A+B+C (กรัม)	A ข้าวเต็มเมล็ด $\frac{A}{N}\times 100$ (%)	B ข้าวเปลือก $\frac{B}{N}\times 100$ (%)	C ข้าวหัก $\frac{C}{N}\times 100$ (%)
0.7	32.36	1.5	8.75	42.61	75.94	3.52	20.53
0.6	31.46	1.6	9.64	41.70	75.45	3.83	23.11
0.5	30.77	1.1	10.22	42.09	73.10	2.61	24.28

ตารางที่ 5.15 เปอร์เซ็นต์สัดส่วนของข้าวเต็มเมล็ดที่ได้จากการสุ่ม 3 ครั้ง

ระยะห่างลูกยาง ลูกที่ 2 และ 3 (ม.ม.)	ข้าวเต็มเมล็ดจากการสุ่มครั้งที่ 1 (%)	ข้าวเต็มเมล็ดจากการสุ่มครั้งที่ 2 (%)	ข้าวเต็มเมล็ดจากการสุ่มครั้งที่ 3 (%)	ค่าเฉลี่ยข้าวเต็มเมล็ด (%)
0.7	73.60	71.62	75.94	73.72
0.6	73.80	73.52	75.45	74.26
0.5	69.37	72.12	73.10	71.53

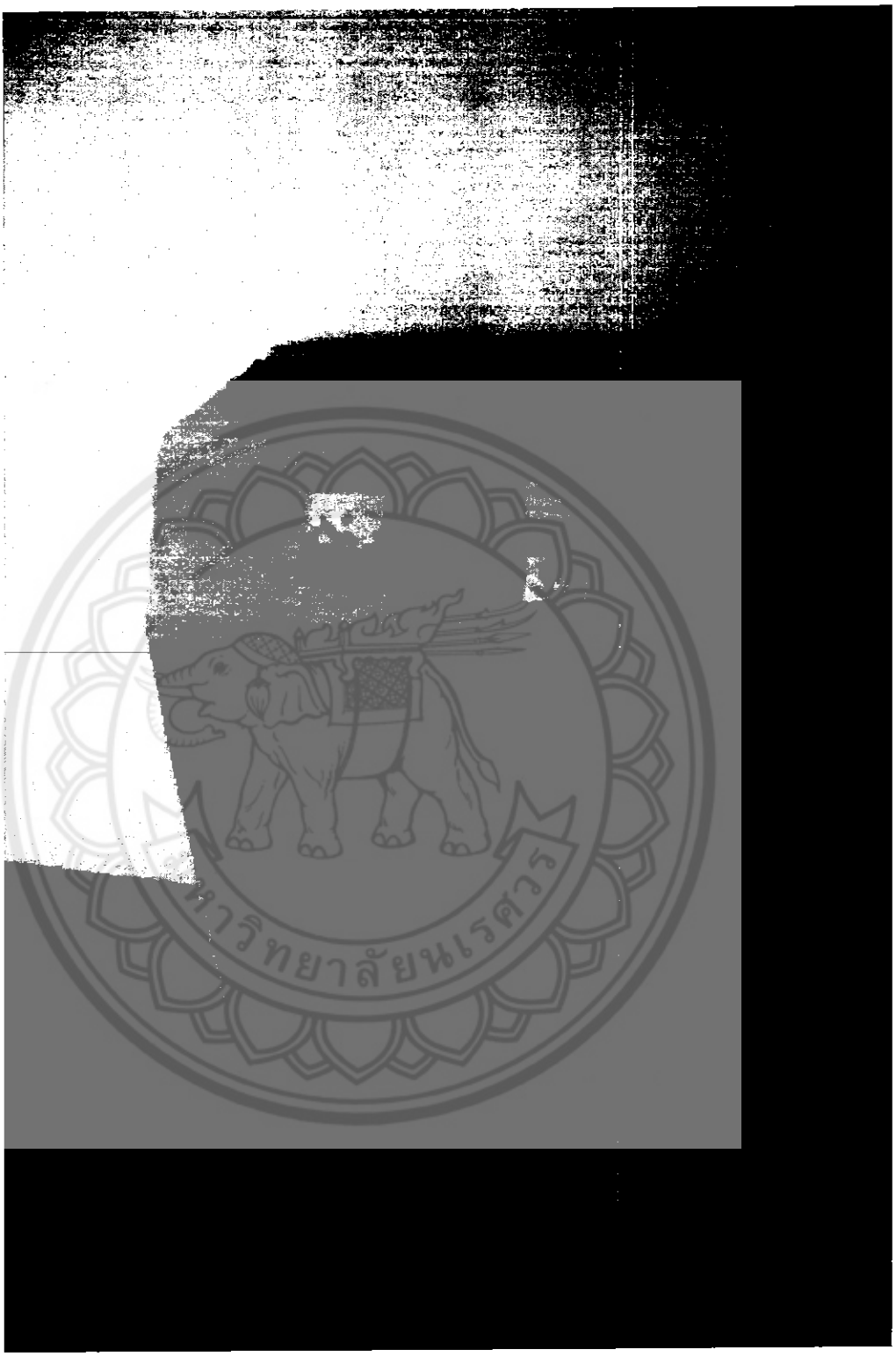
ตารางที่ 5.16 เปอร์เซ็นต์สัดส่วนของข้าวเปลือกที่ได้จากการสุ่ม 3 ครั้ง

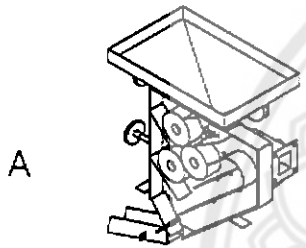
ระยะห่างลูกยาง ลูกที่ 2 และ 3 (ม.ม.)	ข้าวเปลือกจากการสุ่มครั้งที่ 1 (%)	ข้าวเปลือกจากการสุ่มครั้งที่ 2 (%)	ข้าวเปลือกจากการสุ่มครั้งที่ 3 (%)	ค่าเฉลี่ยข้าวเปลือก (%)
0.7	3.68	3.80	3.52	3.66
0.6	2.87	3.05	3.83	3.25
0.5	2.73	2.88	2.61	2.74

ตารางที่ 5.17 เปอร์เซ็นต์สัดส่วนของข้าวหักที่ได้จากการสุ่ม 3 ครั้ง

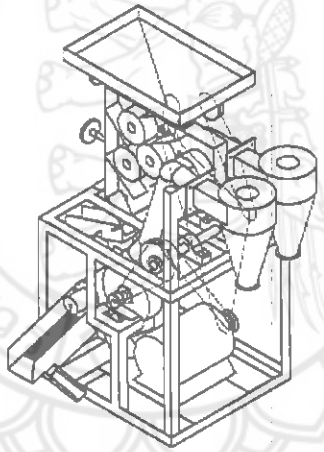
ระยะห่างลูกยาง ลูกที่ 1 และ 2 (ม.ม.)	ข้าวหักจากการสุ่มครั้งที่ 1 (%)	ข้าวหักจากการสุ่มครั้งที่ 2 (%)	ข้าวหักจากการสุ่มครั้งที่ 3 (%)	ค่าเฉลี่ยข้าวหัก (%)
0.7	22.71	24.57	20.53	22.60
0.6	23.31	23.43	23.11	23.28
0.5	27.88	25.00	24.28	25.72

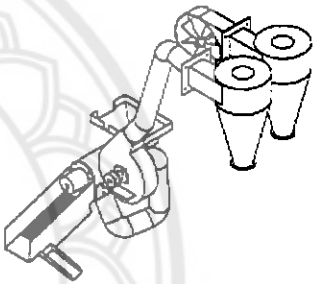
ภาคผนวก ง



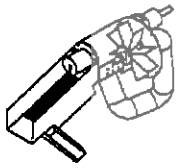


A

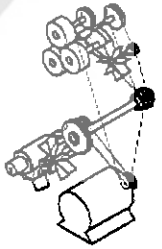




C



B



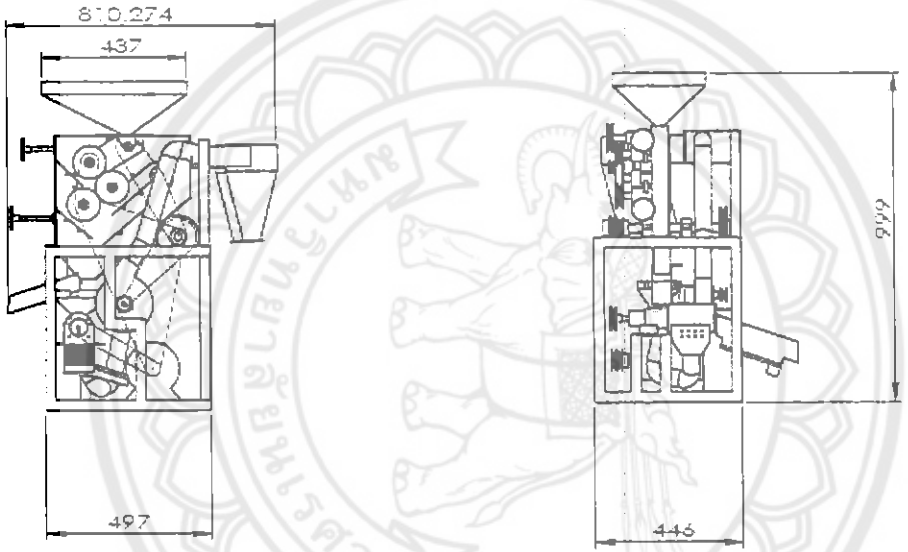
D

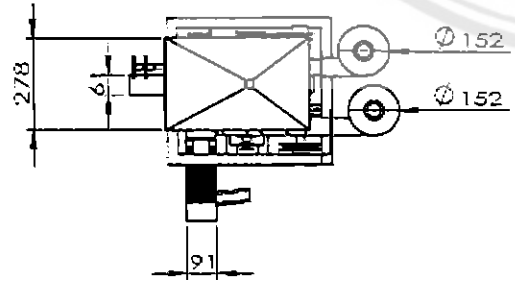
D ส่วนต้นกำลัง
C ส่วนคัดแยก
B ส่วนขัดขาว
A ส่วนกะเทาะเปลือก

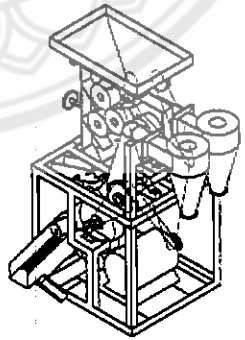
Naresuan University

ส่วนประกอบเครื่องสีข้าว รุ่น NW 1000

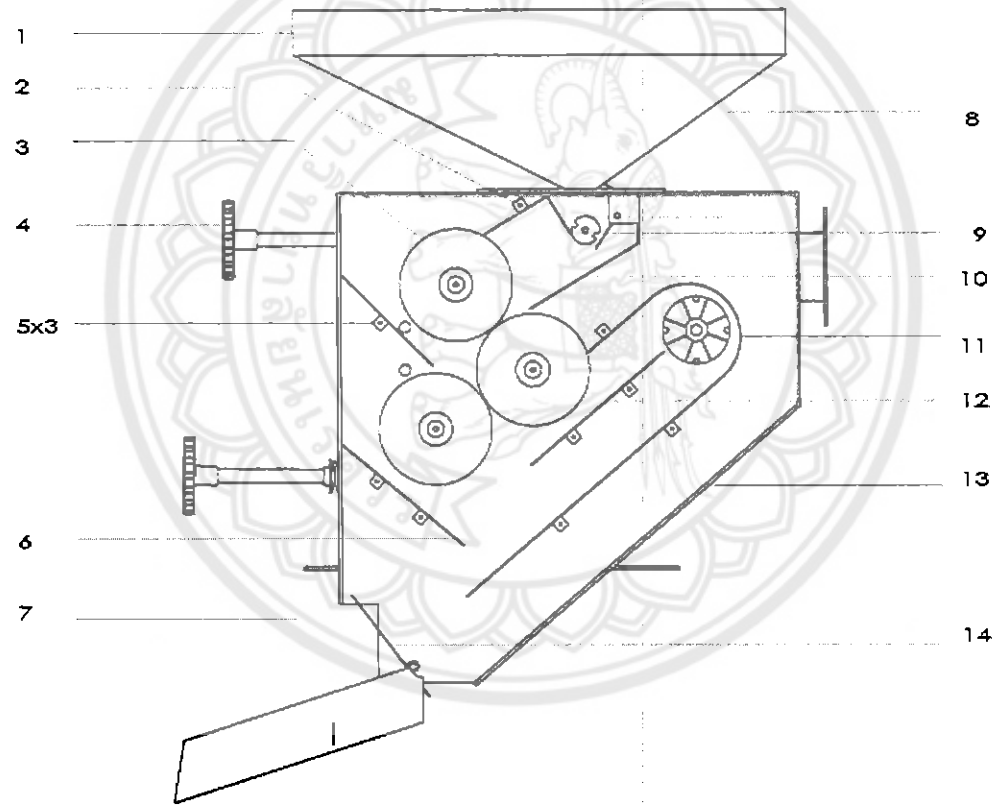
Scale : 1:15	Date 28/03/2556
Millimeter	Plate 1/56







Naresuan University	
แบบจำลองเครื่องสีข้าว NW 1000	
Scale 1:17	Date 27/03/2556
Millimeter	Plate 2/56



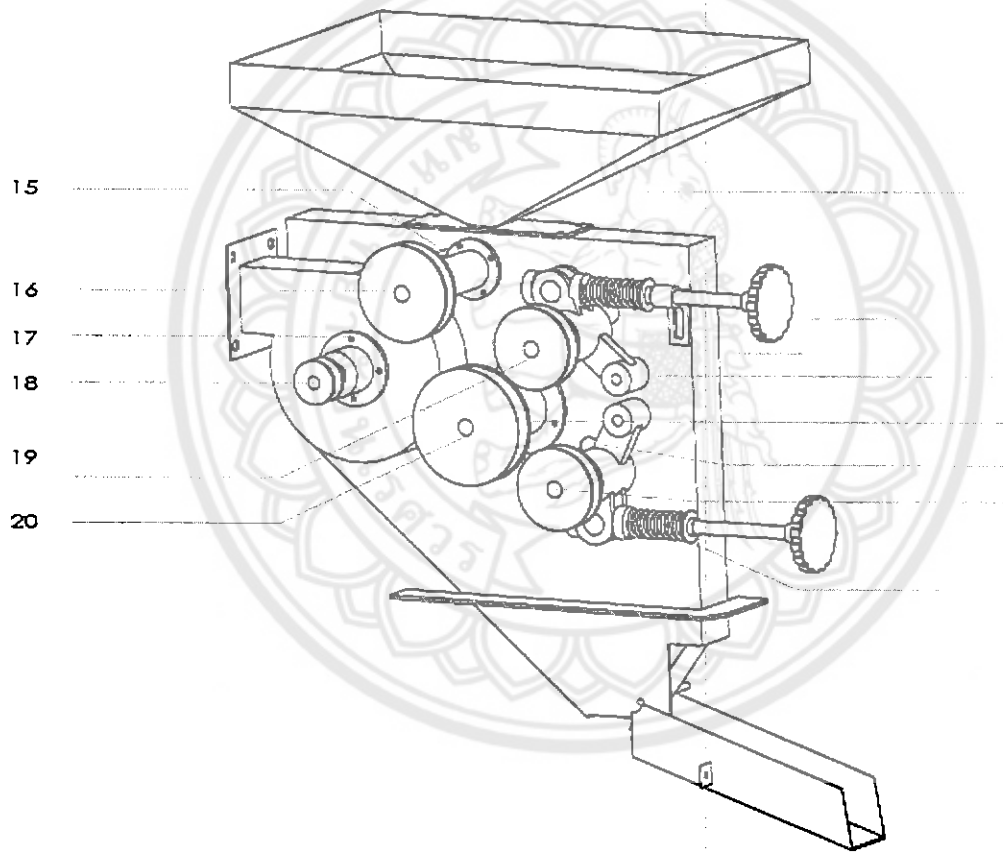
14 แผ่นปล่อยข้าว	
13 โครงส่วนกะเทาะ	
12 แผ่นกั้นข้าว	
11 แผ่นกั้นข้าว	
10 แผ่นกั้นข้าว	
9 แผ่นกั้นข้าว	
8 หัวปล่อยข้าว	
7 ทางออกข้าว	
6 แผ่นกั้นข้าว	
5 แผ่นกั้นข้าว	
4 ตัวปรับลูกยาง	
3 ลูกยาง	
2 แผ่นกั้นข้าว	
1 กรวยรับข้าว	

Naresuan University

แบบจำลองส่วนกะเทาะเครื่องสีข้าว

Scale 1:5 Date 27/03/2556

Millimeter Plate 3/56



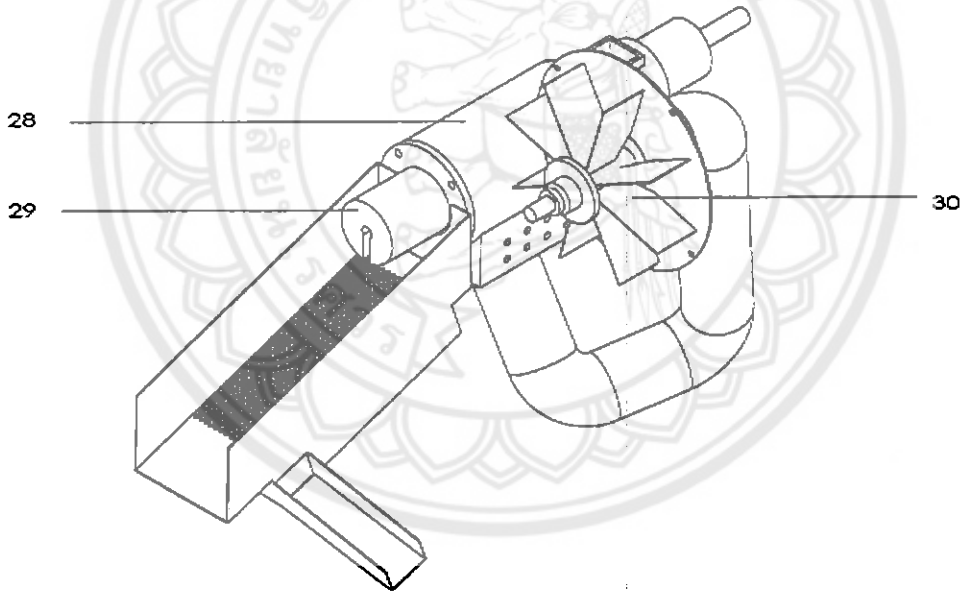
27	ตัวล็อกสปริง
26	แกนเหล็กพูเลย์
25	เหล็กปรับลูกบิด
24	แกนต่อพูเลย์
23	เหล็กปรับลูกบิด
22	แผงเหล็กปรับลูกบิด
21	สปริง
20	แกนเหล็กพูเลย์
19	แกนเหล็กพูเลย์
18	แกนเหล็กพัดลม
17	ตัวยึดพูเลย์
16	แกนเหล็กพูเลย์
15	แกนต่อพูเลย์

Naresuan University

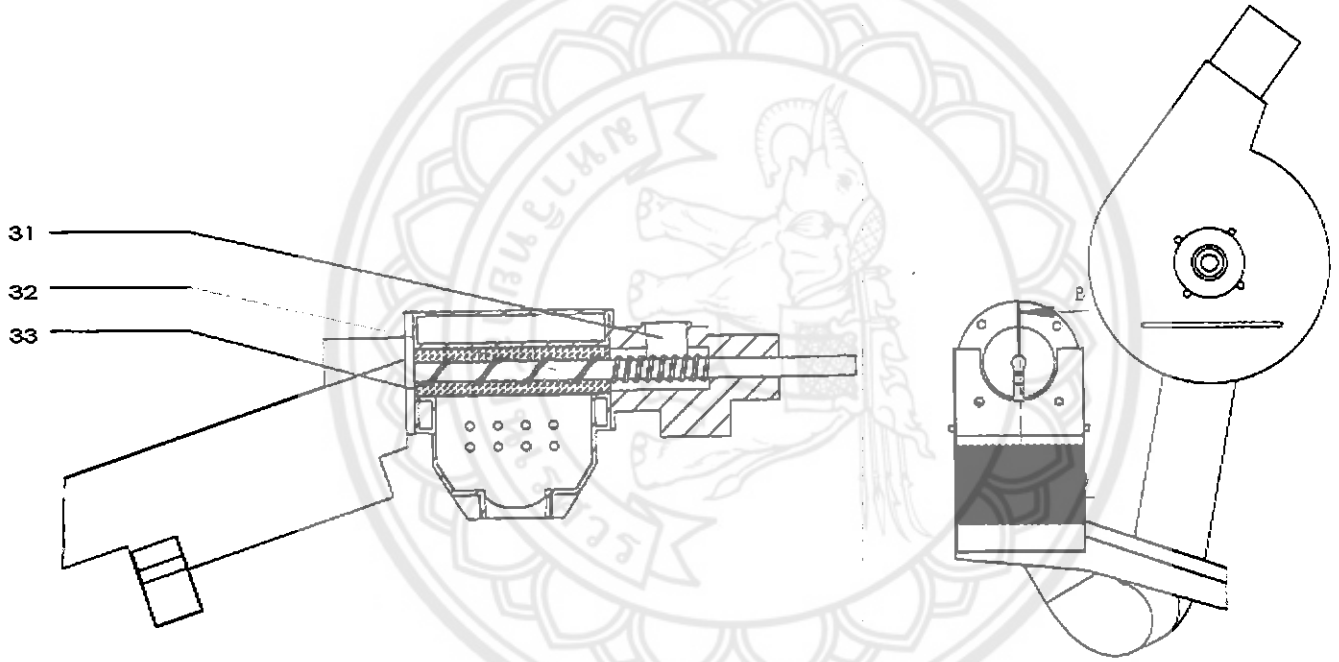
แบบจำลองส่วนกะเทาะเครื่องสีข้าว

Scale 1:5 Date 27/03/2556

Millimeter Plate 4/56

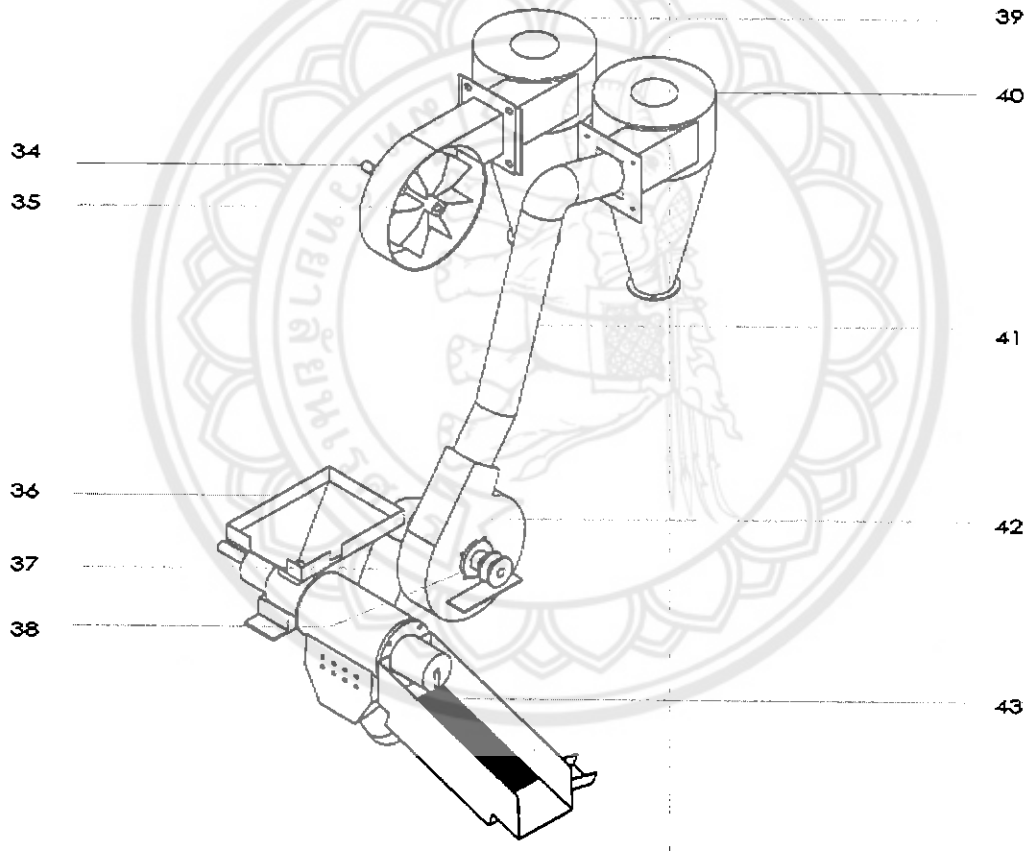


30 พัดลมดูดร้า	
29 ตัวยึดเหล็กเกลียว	
28 ตัวเครื่องขัดขาว	
Naresuan University	
B ส่วนขัดขาว	
Scale 1:4	Date 30/03/2556
Millimeter	Plate 5/56

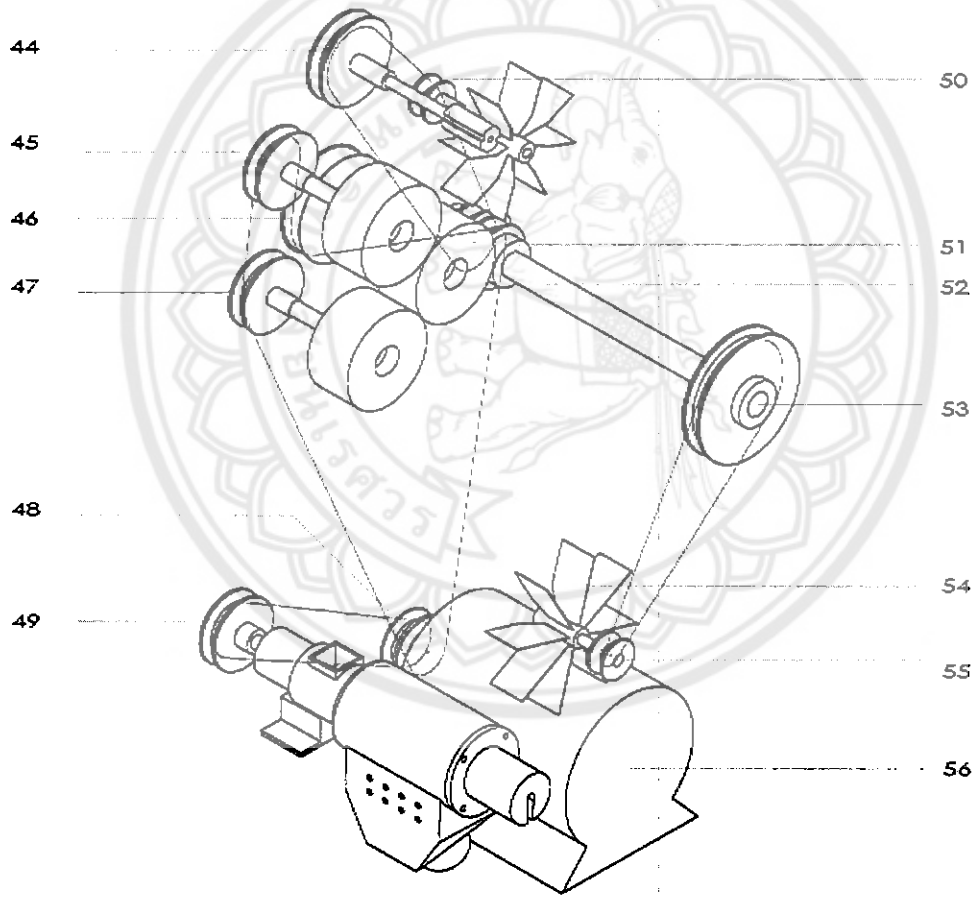


SECTION B-B
SCALE 1 : 4

33 คะแกรงขัดข้าว	
32 เหล็กเกลียว	
31 ส่วนรับข้าว	
Naresuan University	
B ส่วนขัดขาวด้านใน	
Scale 1:4	Date 30/03/2556
Millimeter	Plate 6/56



43 ตะแกรงคัดข้าว
42 ฝาครอบพัดลม
41 ท่อส่งข้า
40 ไซโคลนดูดข้า
39 ไซโคลนดูดแกลบ
38 แกนตอพูเลย์
37 ท่อดูดข้า
36 ตัวรับข้าว
35 พัดลมดูดแกลบ
34 ฝาครอบพัดลม
Naresuan University
C ส่วนที่ตัดแยก
Scale 1:7 Date 31/03/2556
Millimeter Plate 5/56



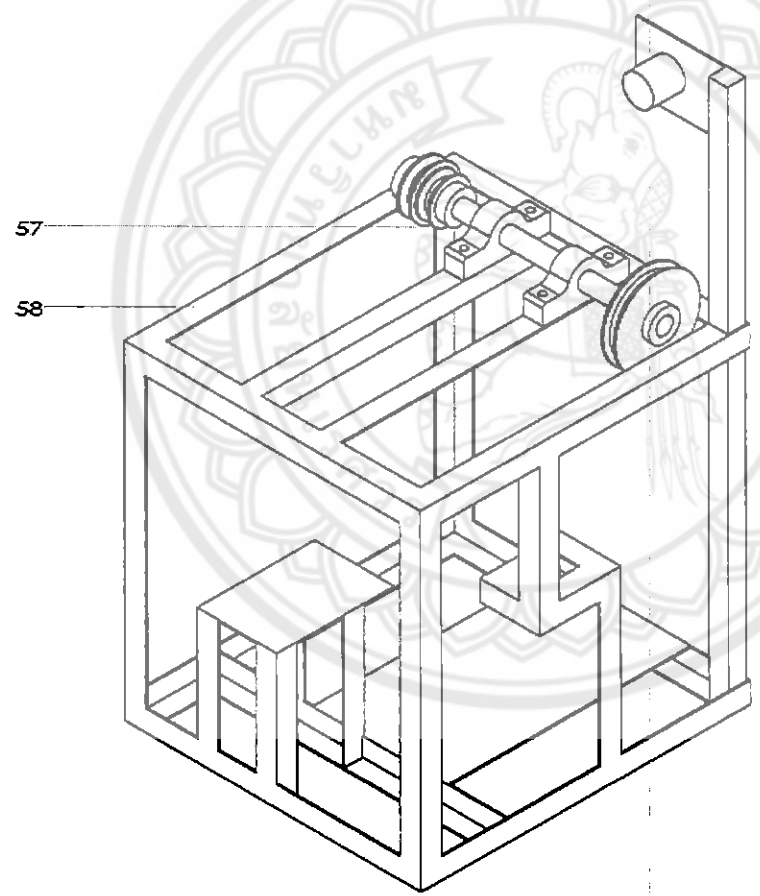
56 มอเตอร์
55 พูเลย์พัดลมดูดร้า
54 พัดลมดูดร้า
53 พูเลย์กำลัง
52 แกนพูเลย์
51 พูเลย์ขับชิ้นส่วน
50 พูเลย์พัดลมกลาง
49 พูเลย์ส่วนขัดขว
48 พูเลย์มอเตอร์
47 พูเลย์ลูกบด
46 พูเลย์ลูกบด
45 พูเลย์ลูกบด
44 พูเลย์ปล่อยข้าว

Naresuan University

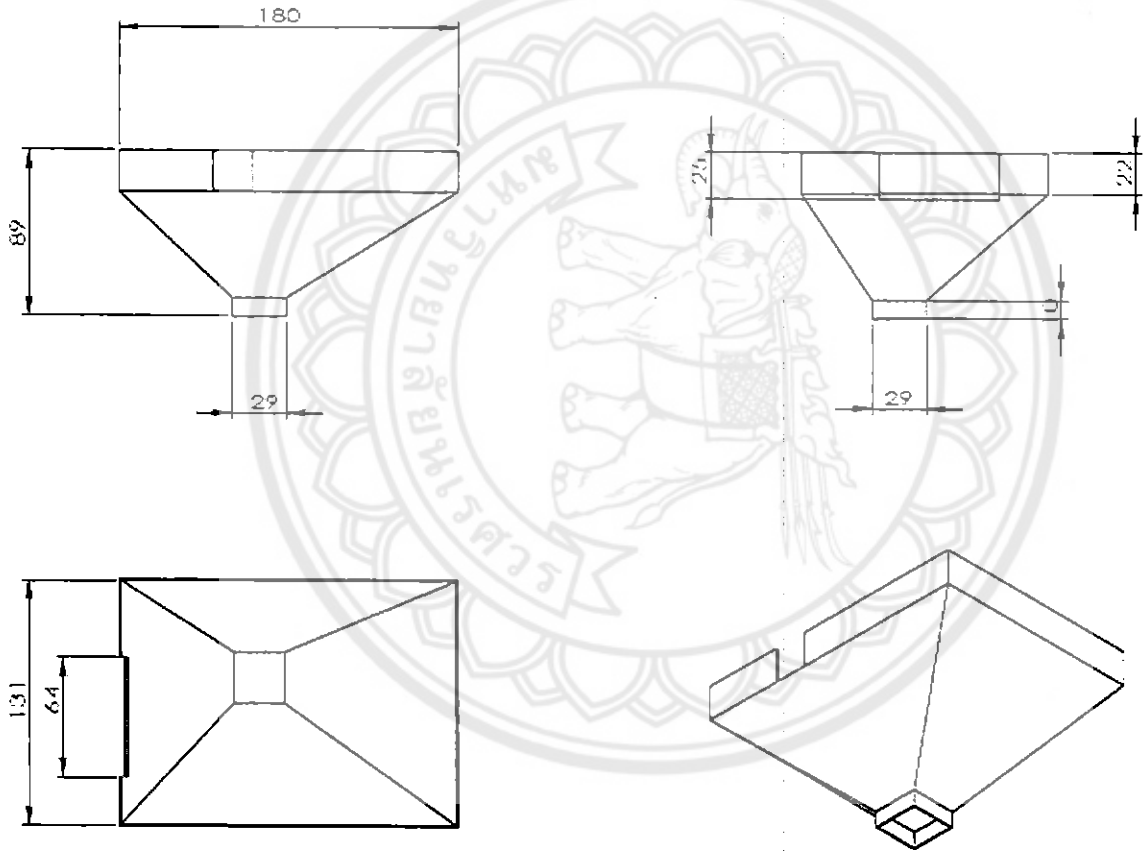
D ส่วนต้นกำลัง

Scale 1:5 Date 30/03/2556

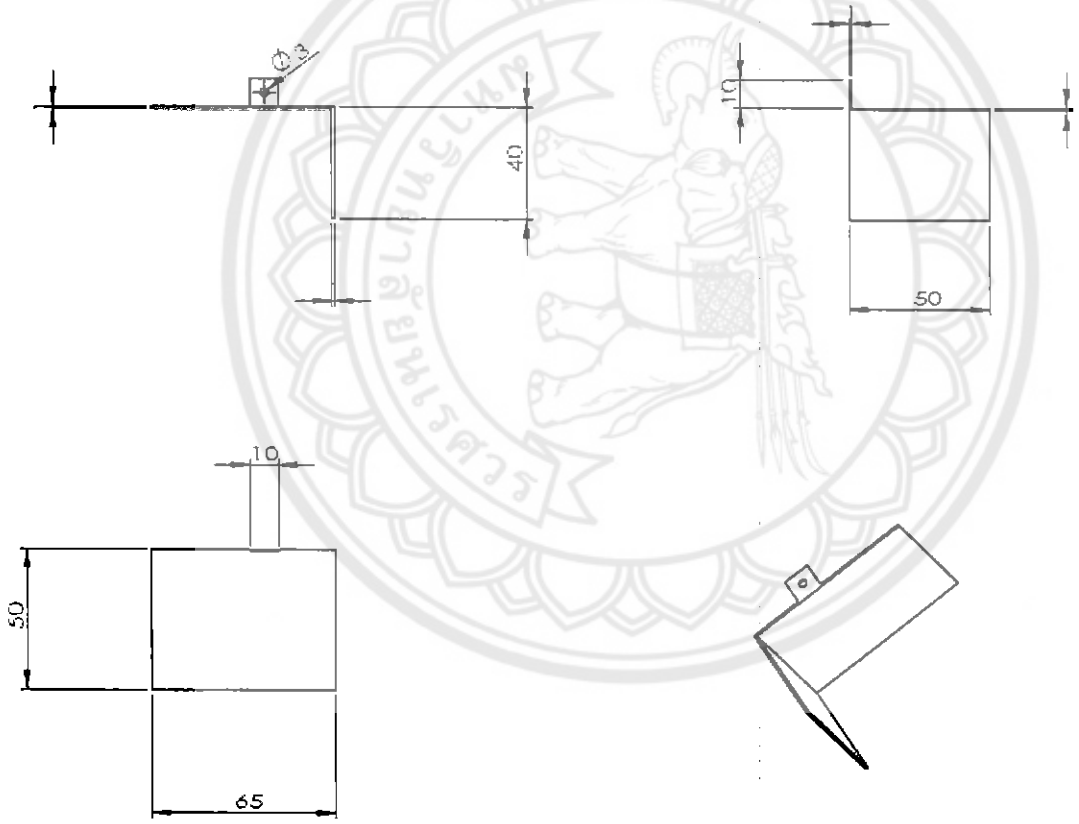
Millimeter Plate 8/56



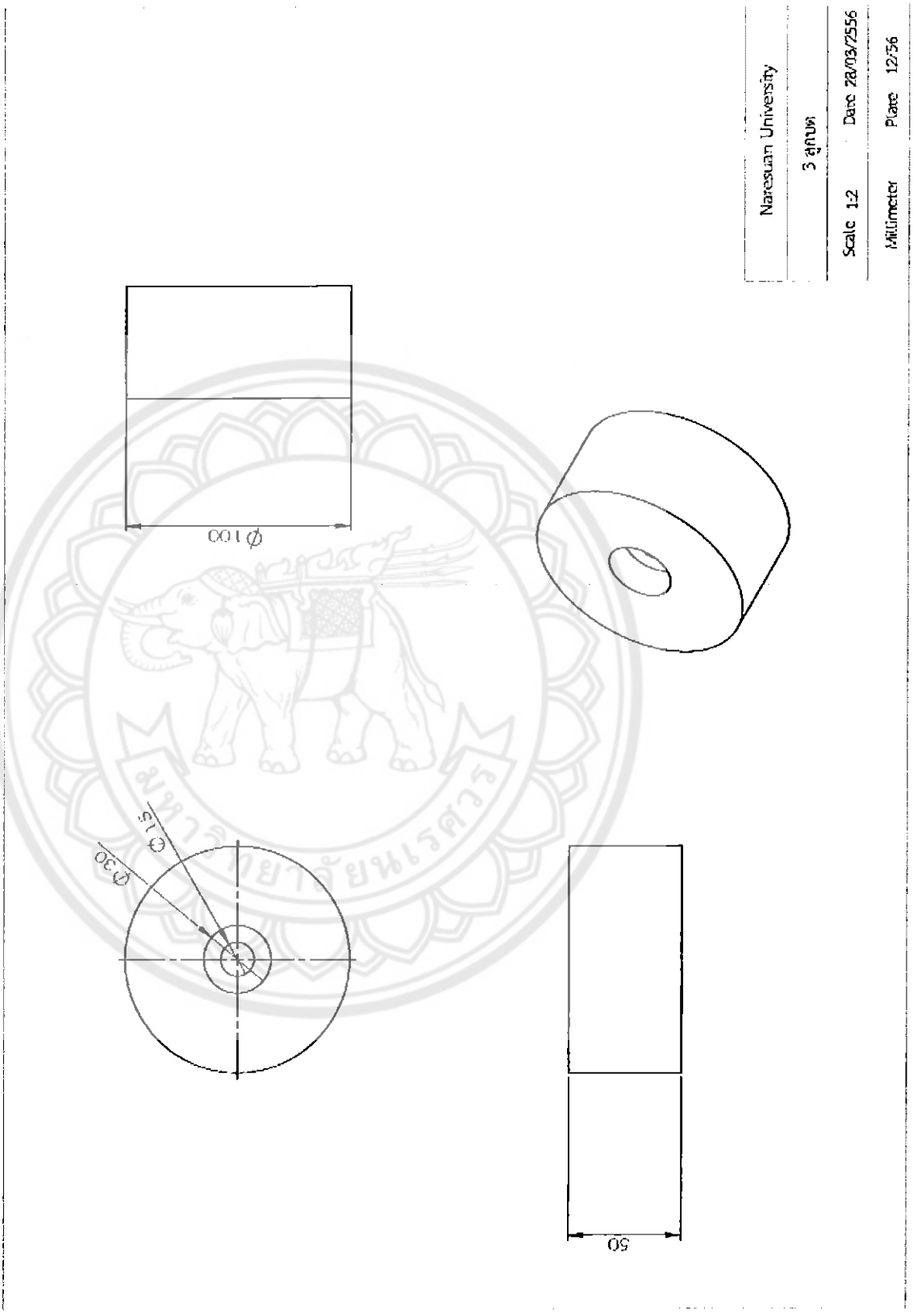
58 โครงเหล็ก	
57 หัวยึดเพลา	
Naresuan University	
ตัวโครงเหล็ก	
Scale 1:6	Date 30/3/2556
Millimeter	Plate 9/56

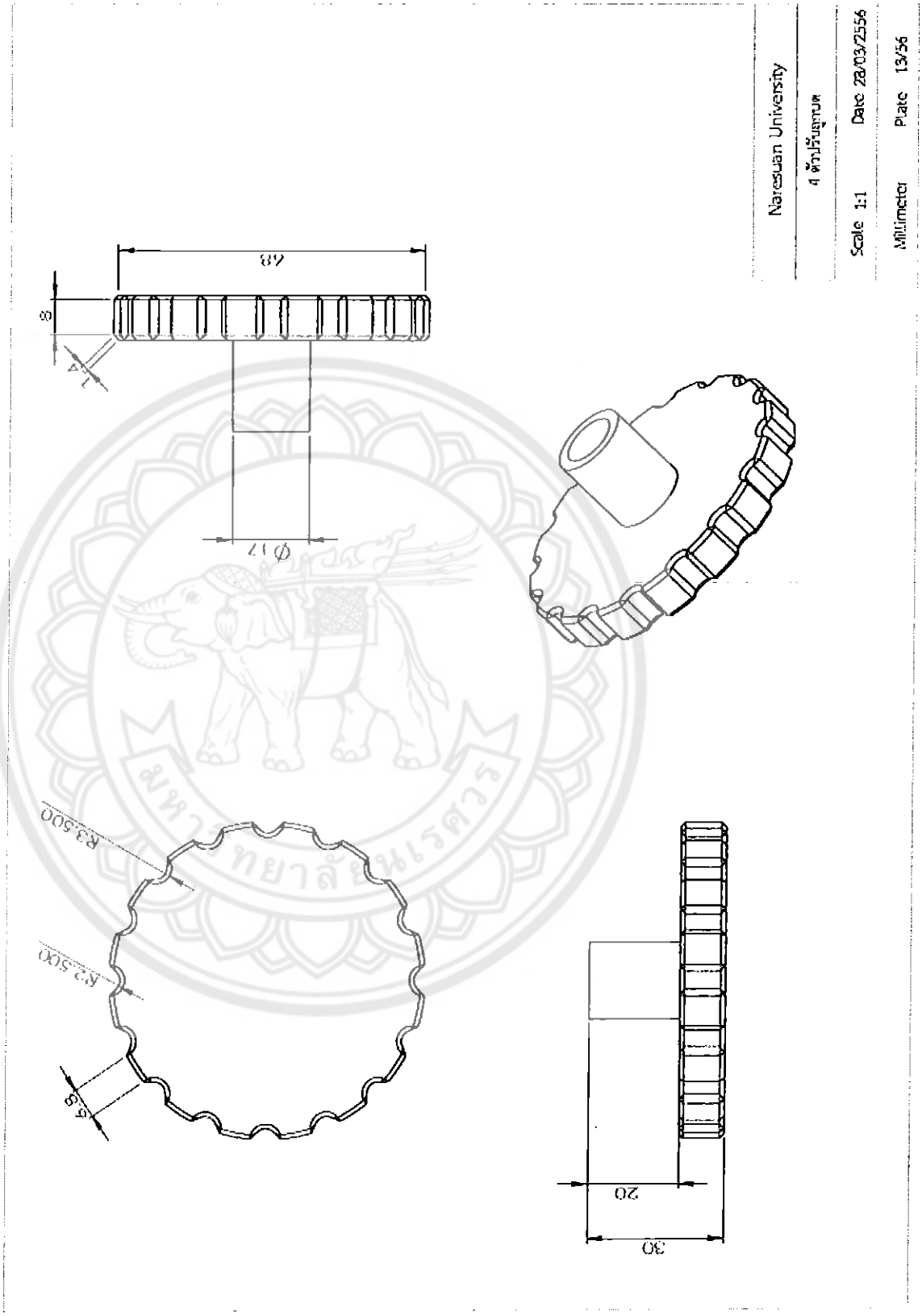


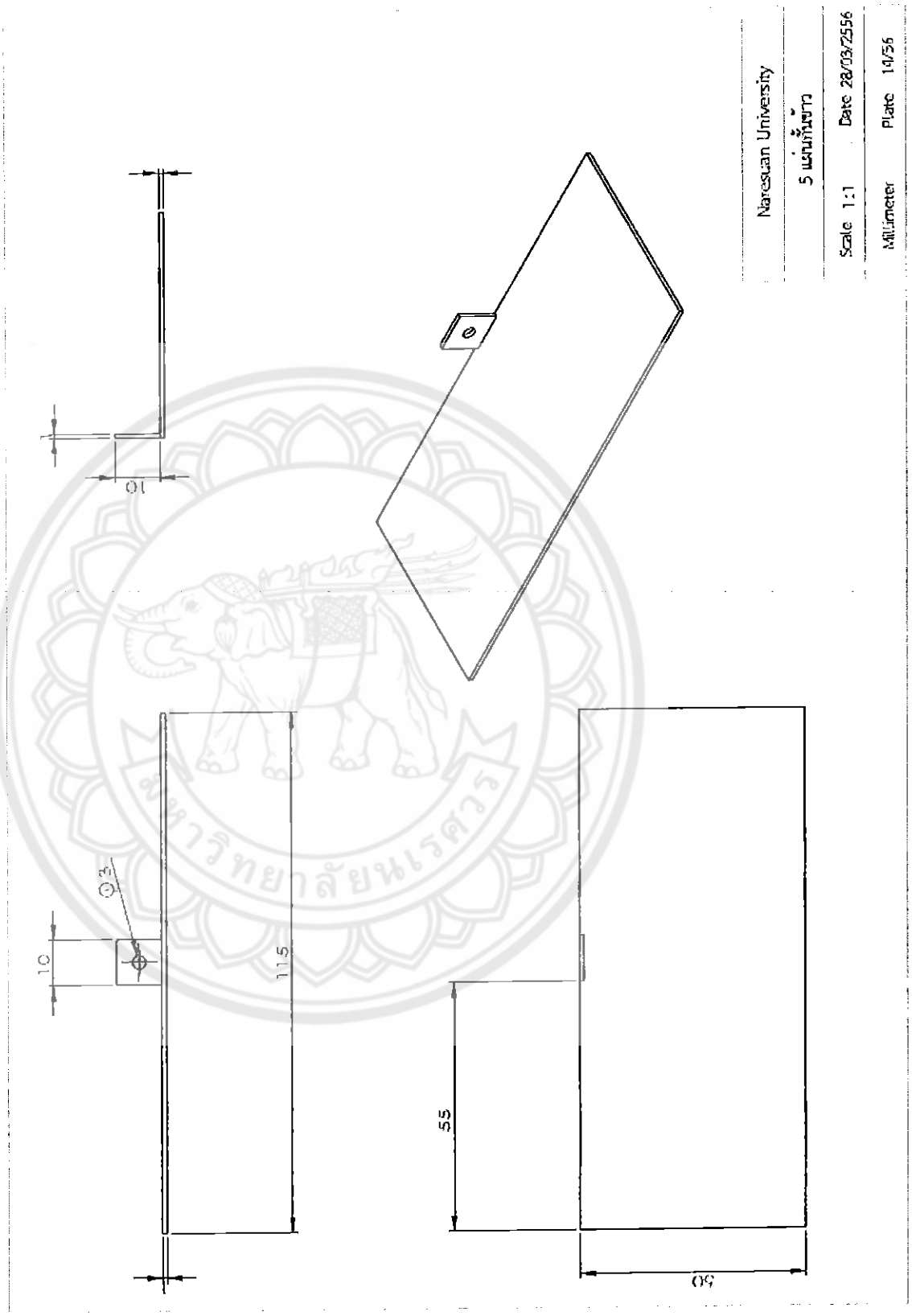
Naresuan University	
1 กรวยรับข้าว	
Scale 1:3	Date 28/03/2556
Millimeter	Plate 10/56

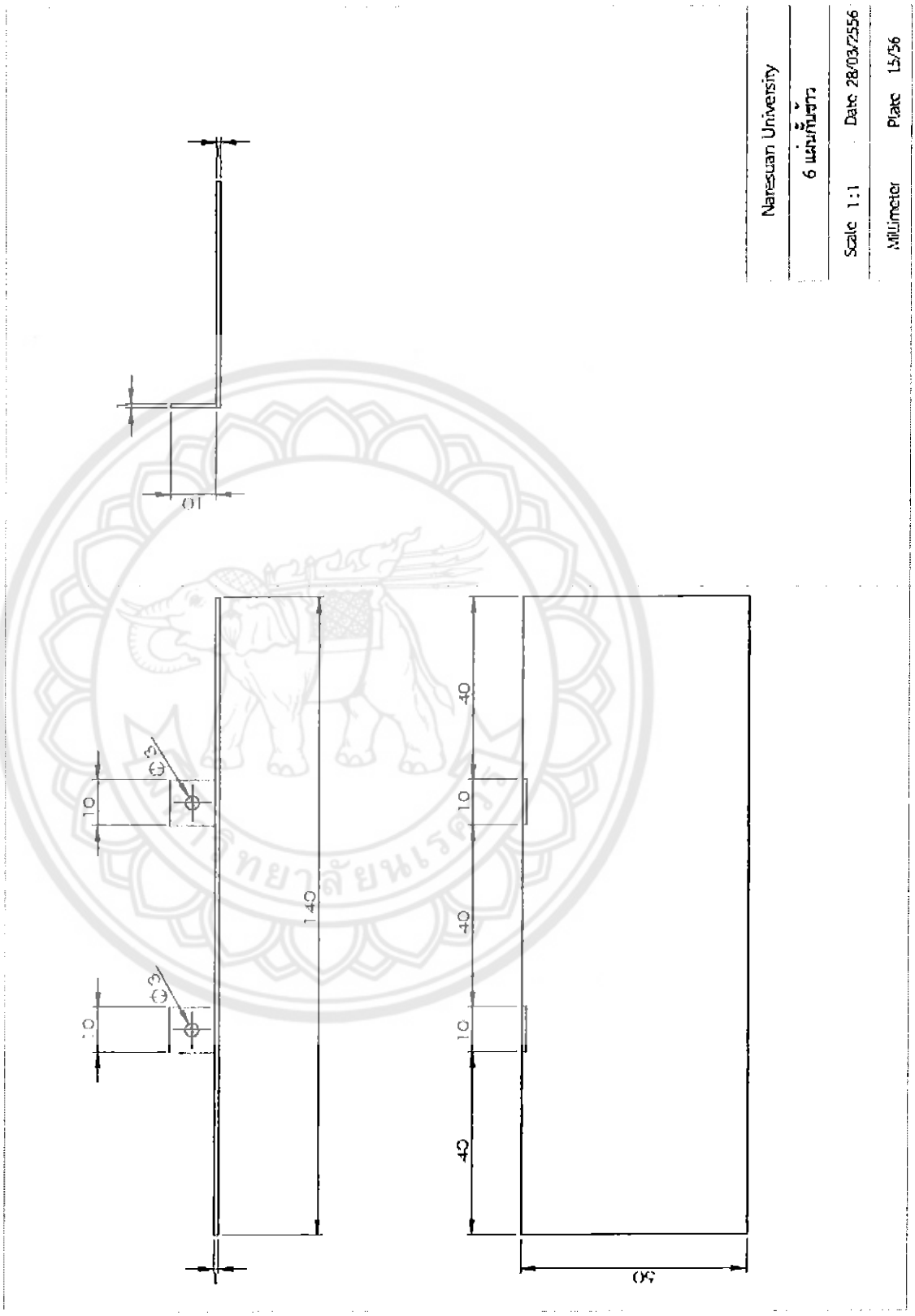


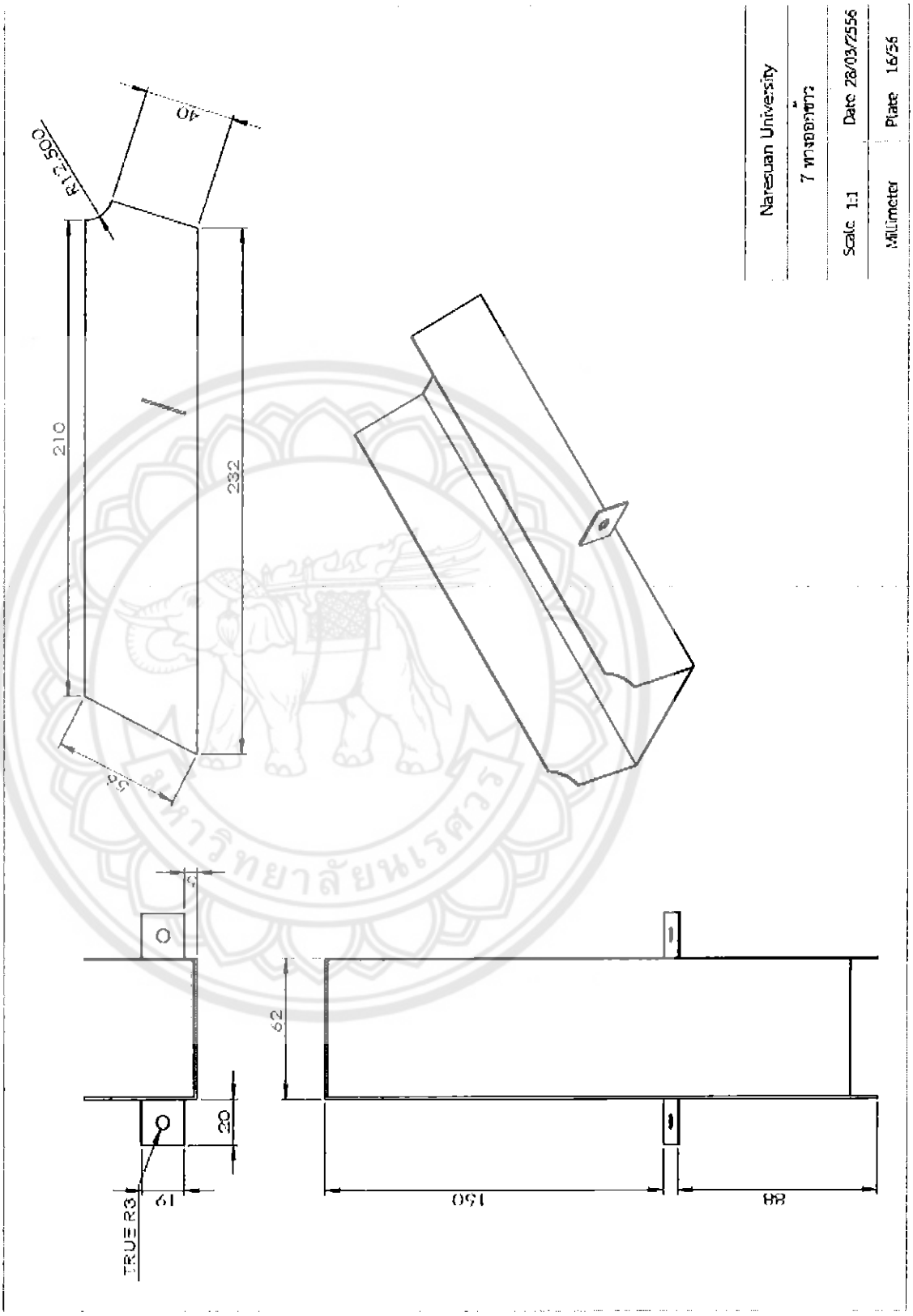
Naresuan University	
2 แผ่นกั้นข้าว	
Scale 1:2	Date 28/03/2556
Millimeter	Plate 11/56

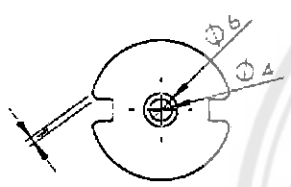

Naresuan University
3 สูตรนม
Scale 1:2
Date 28/03/2556
Millimeter
Place 12/56
100 ϕ
Ø 15
Ø 30
50

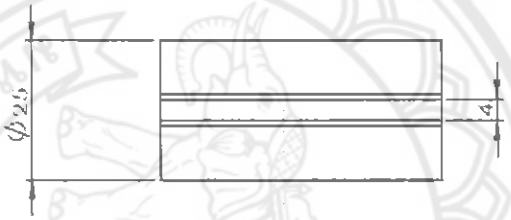

Naresuan University
Scale 1:1
Date 28/03/2556
Millimeter
Plate 13/56
42
8
4
17 Ø
R3.500
R2.500
6
20
30

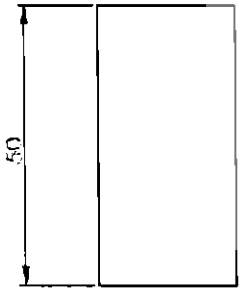

Naresuan University
5 แผ่นพื้นยาง
Scale 1:1
Date 28/03/2556
Millimeter
Plate 14/56
Ø1
Ø3
10
115
55
60

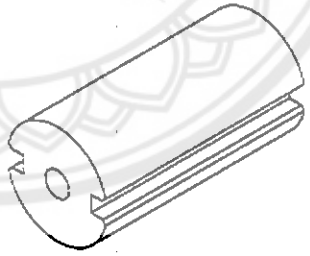

Naresuan University
6 แผ่นรองรับ
Scale 1:1
Date 28/03/2556
Millimeter
Plate 15/56
10
140
40
40
40
40
10
10
10
10
30
Ø3
Ø3


Naresuan University
7 พฤษภาคม
Scale 1:1
Date 28/03/2556
Millimeter
Plate 16/56
40
R12.500
210
232
92
62
150
88
20
61
TRUE R3

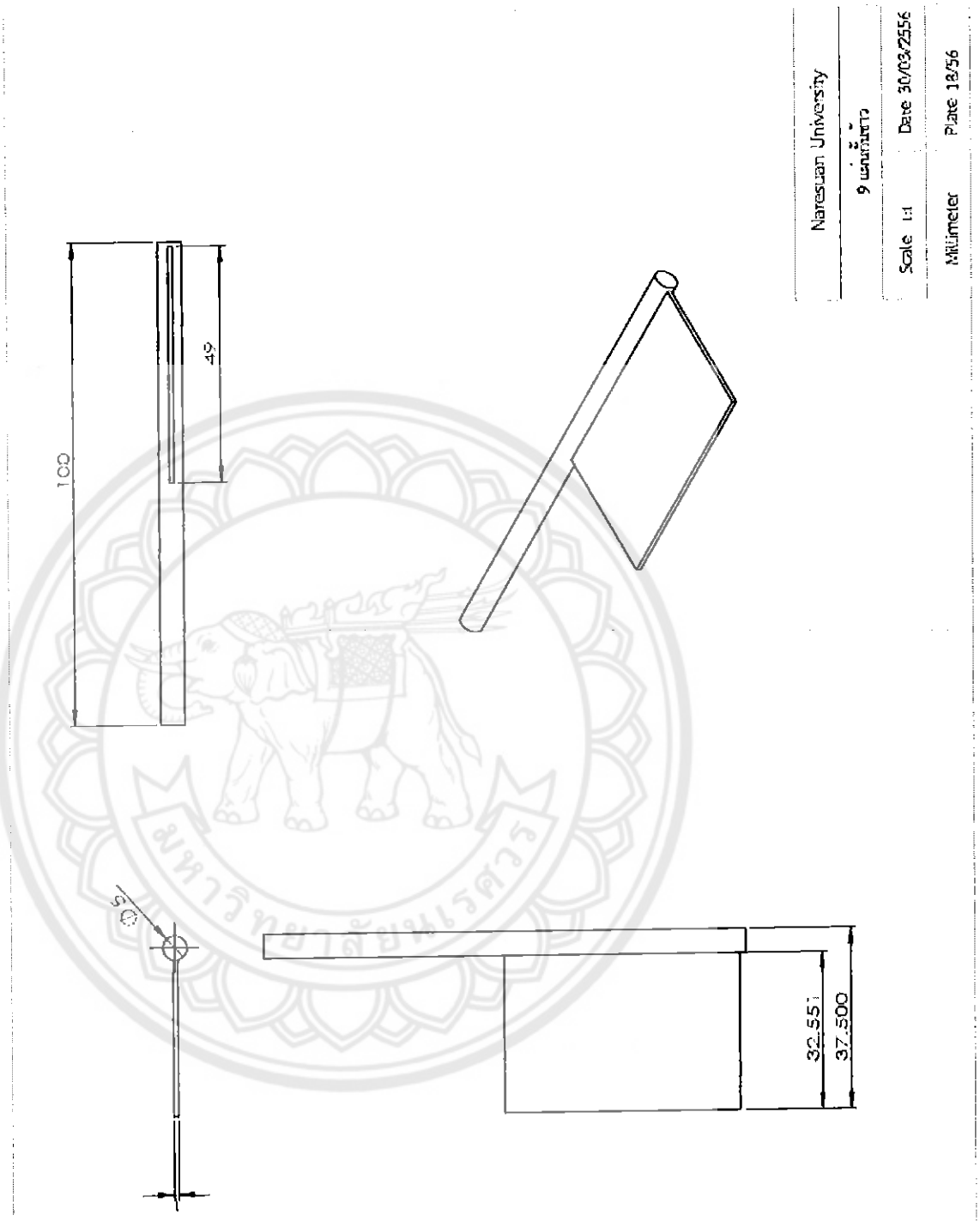


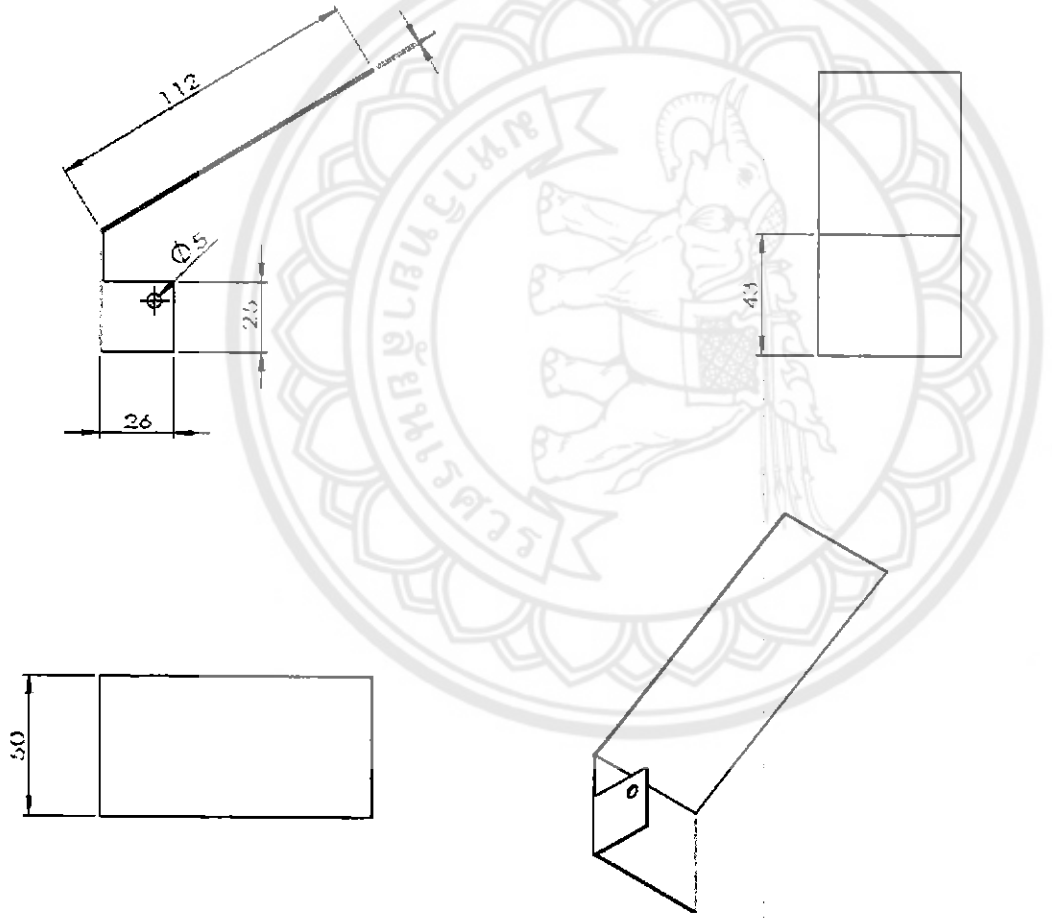




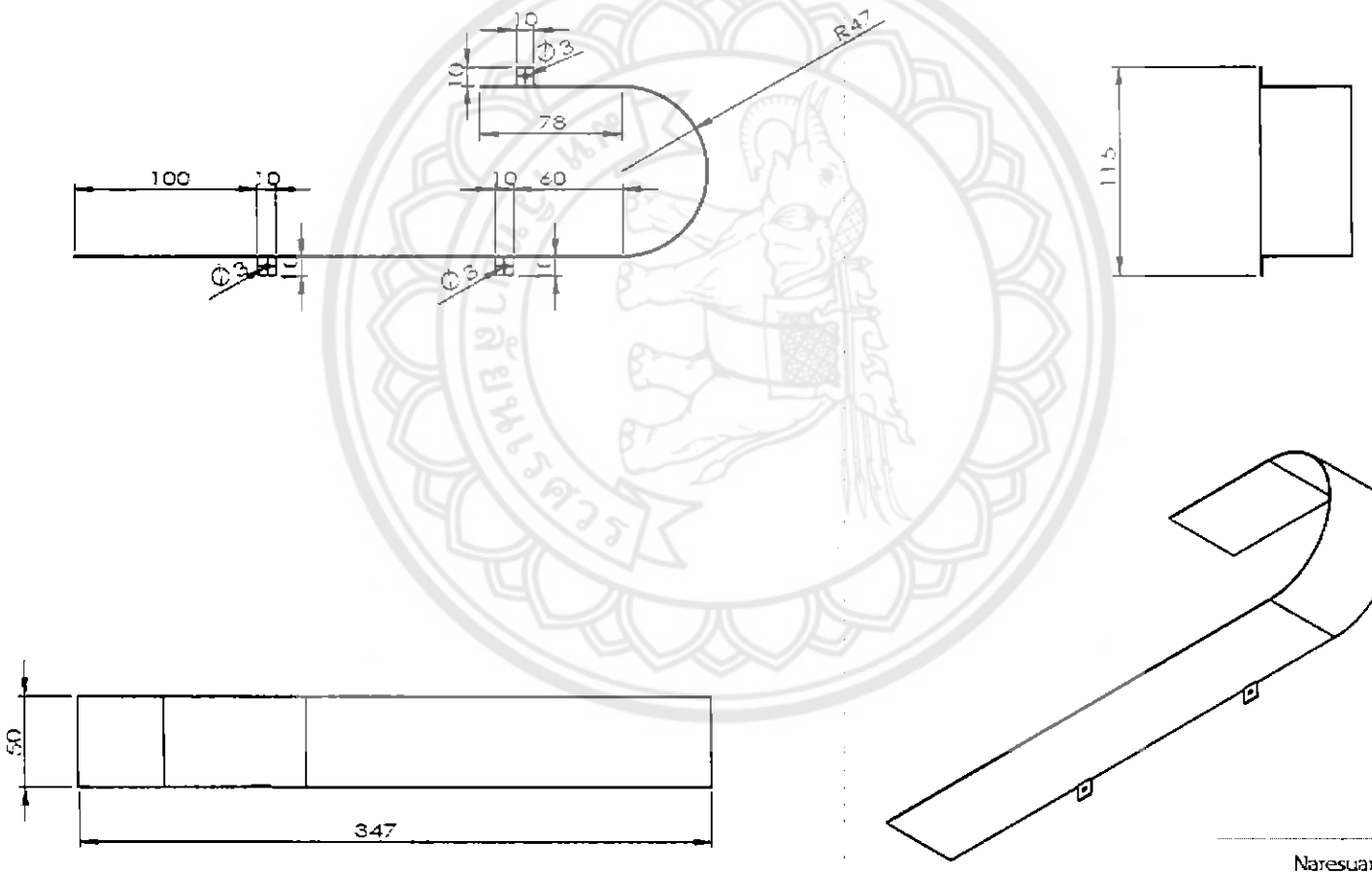


Naresuan University	
8 ตัวปล่อยข้าว	
Scale 1:1	Date 28/03/2556
Millimeter	Plate 17/56

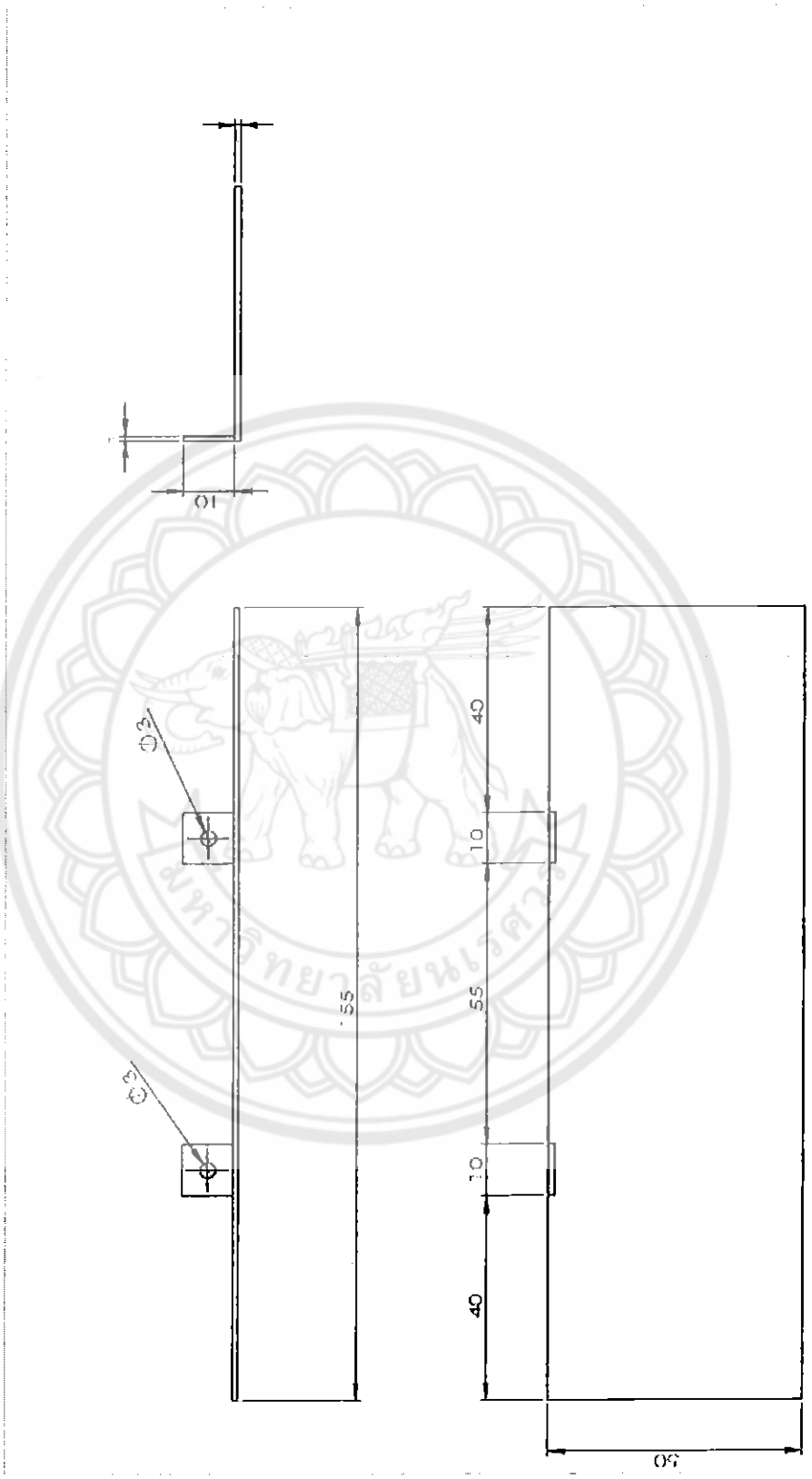

Naresuan University
Scale 1:1
Date 30/03/2556
Millimeter
Plate 13/56
100
49
30
32.551
37.500

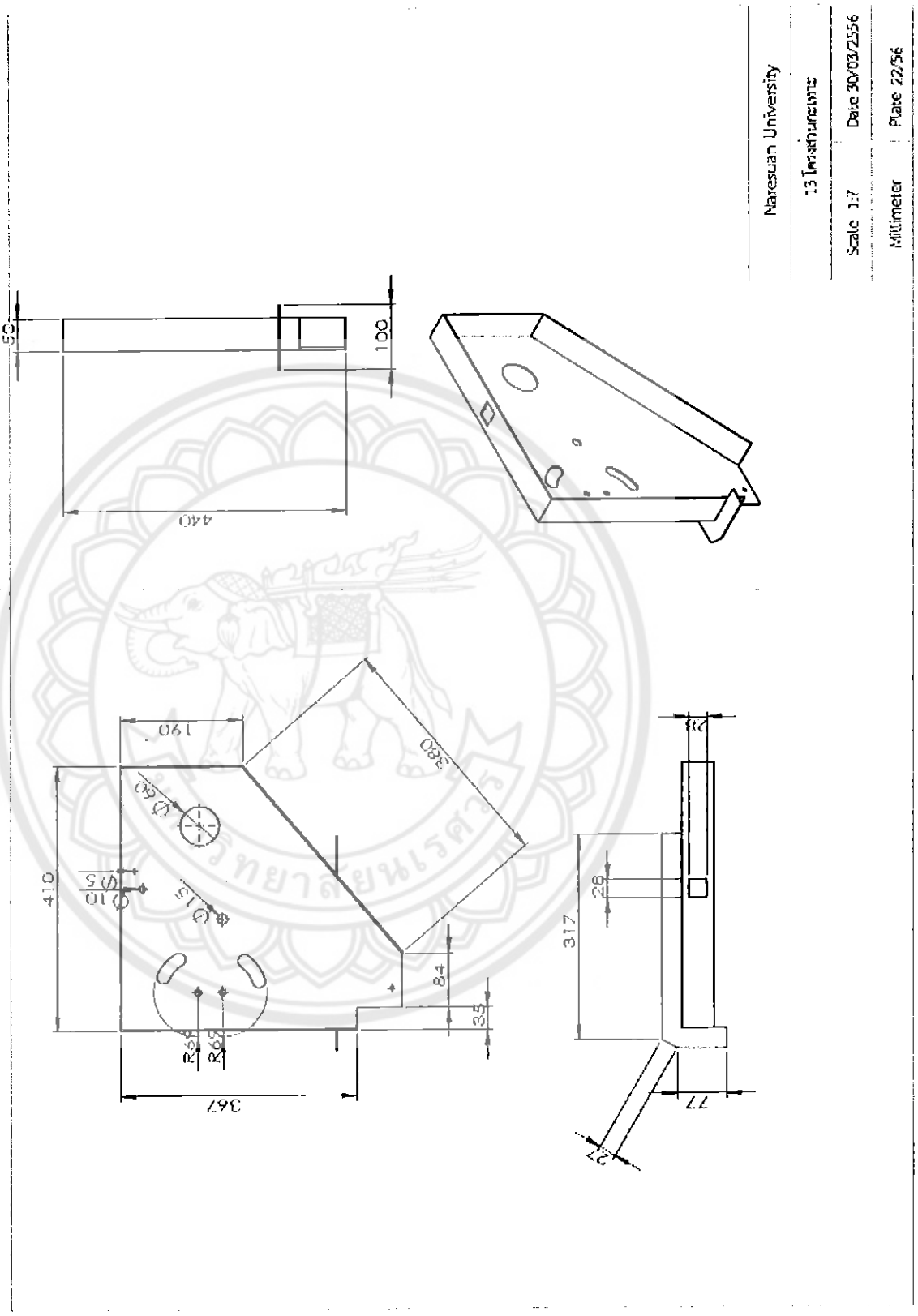


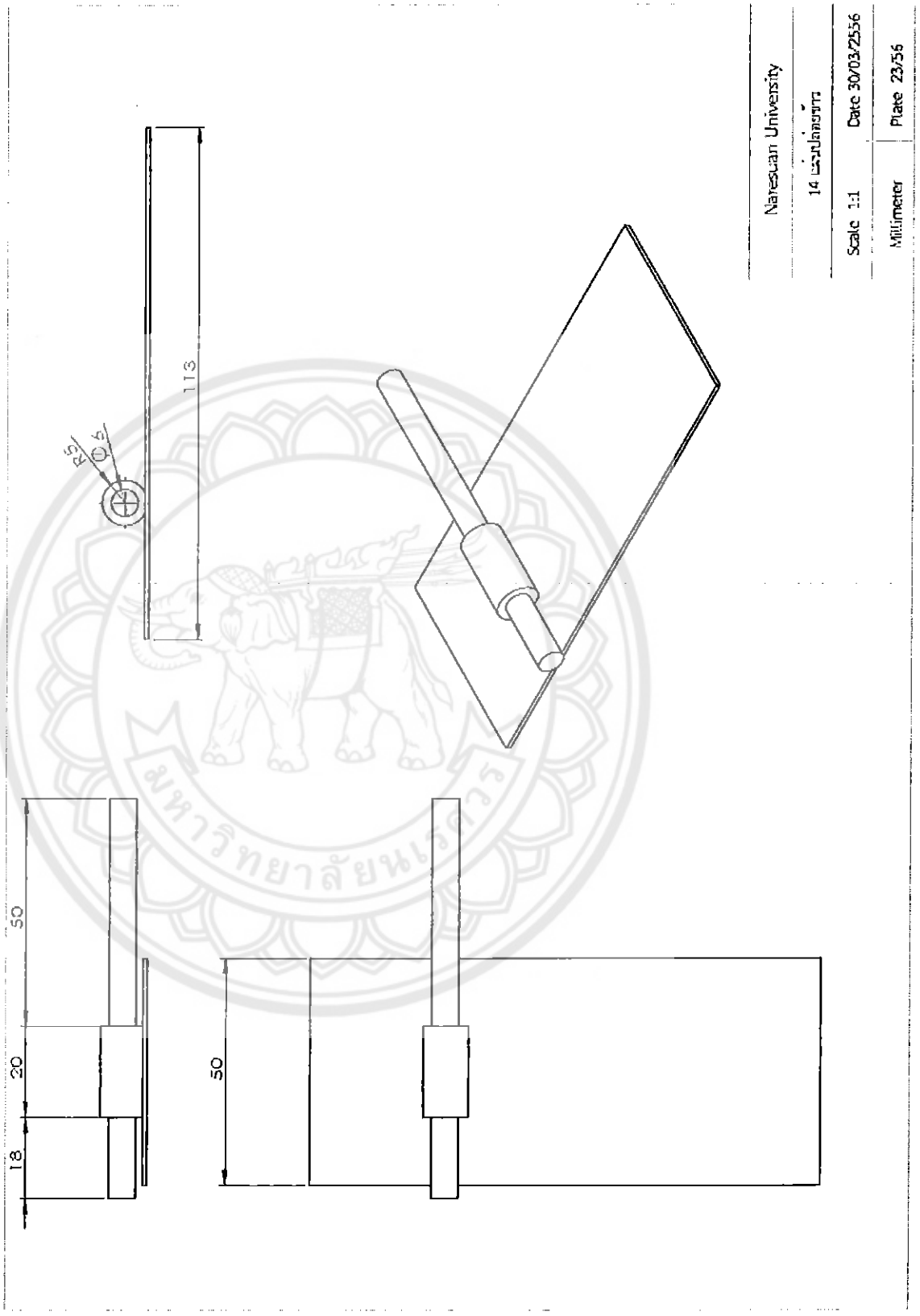
Naresuan University	
10 แผ่นกั้นข้าว	
Scale 1:2	Date 28/03/2556
Millimeter	Plate 19/56

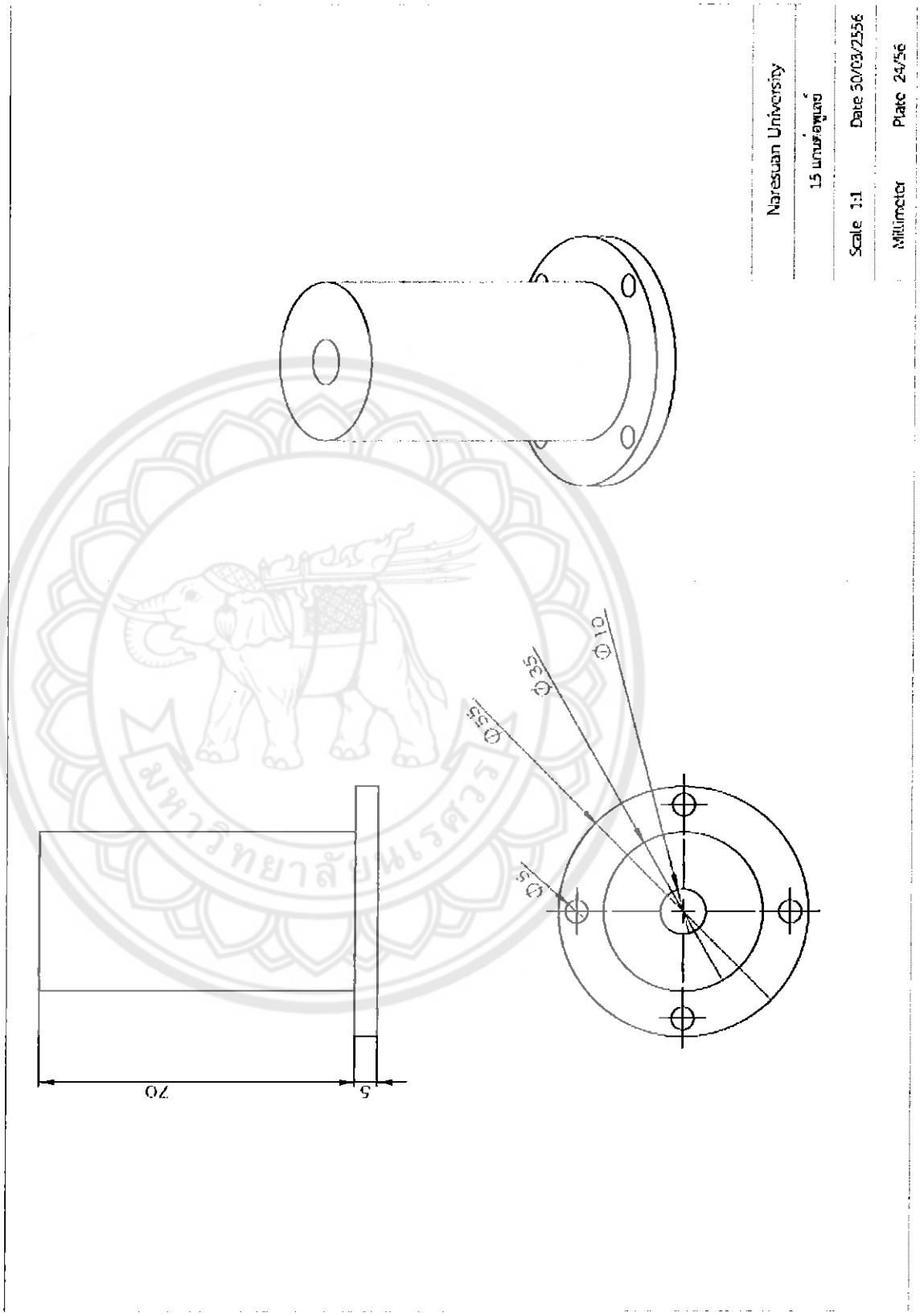


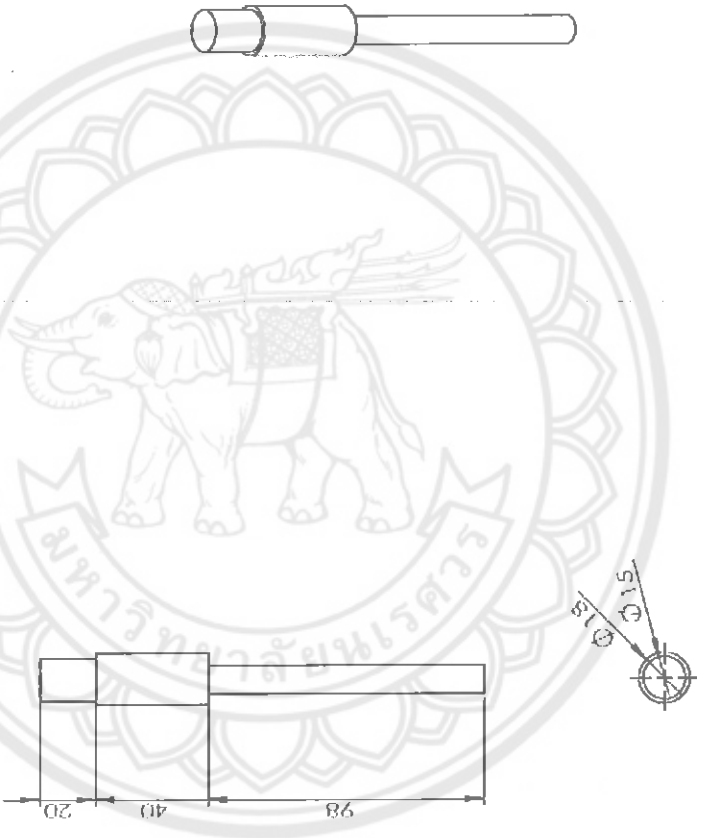
Naresuan University	
11 แผ่นกั้นข้าง	
Scale 1:3	Date 28/03/2556
Millimeter	Plate 20/56


Naresuan University
12 มหาวิทยาลัยนเรศวร
Scale 1:1
Date 28/03/2556
Millimeter
Place 21/56
01
03
03
55
40
10
55
10
40
05

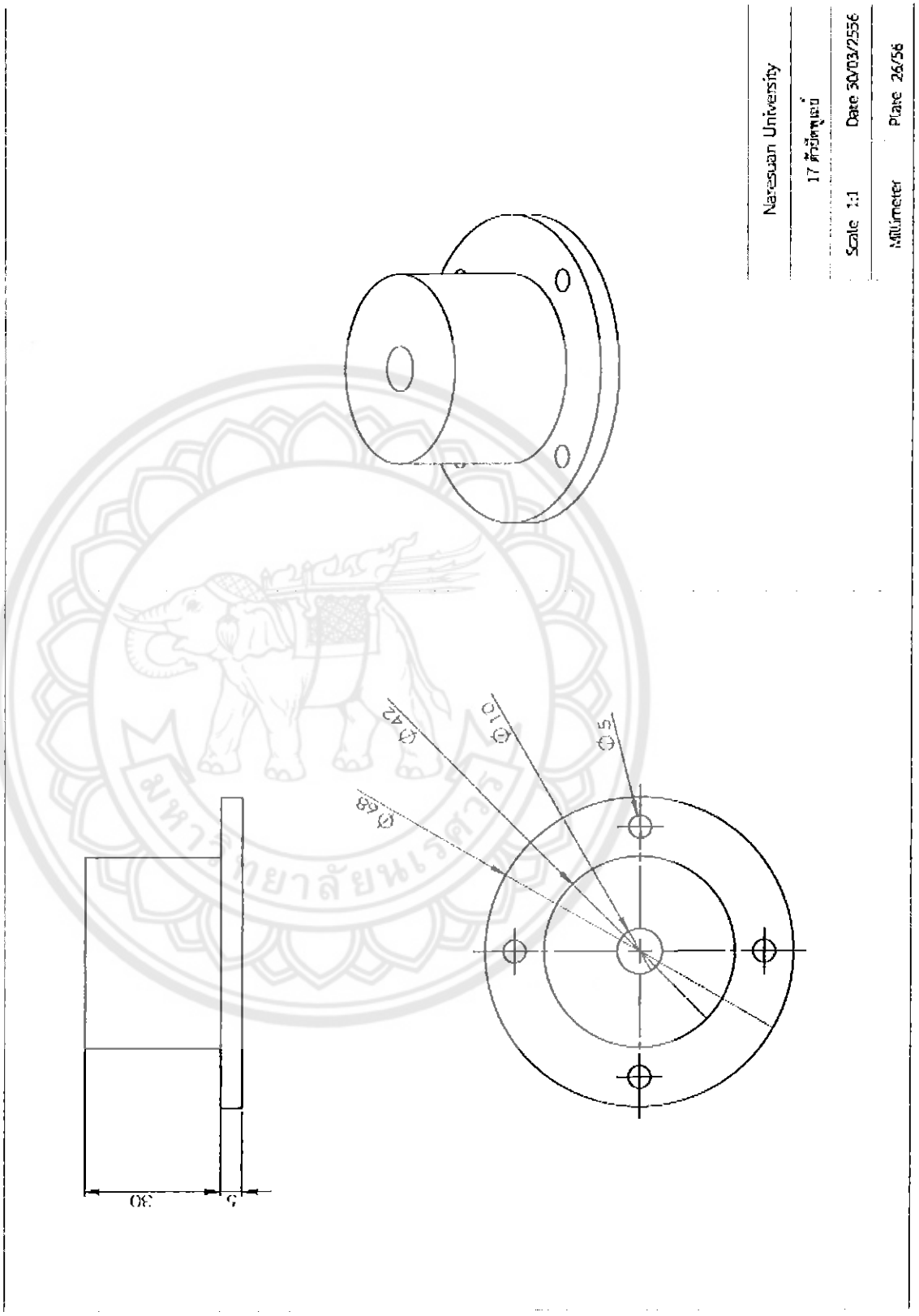

Naresuan University
13 โครงรับเครื่องมือ
Scale 1:7
Date 30/03/2556
Milimeter
Plate 22/56
50
100
440
190
380
410
317
28
84
35
367
77
27
R65
R62
Ø60
Ø10
Ø15
Ø15

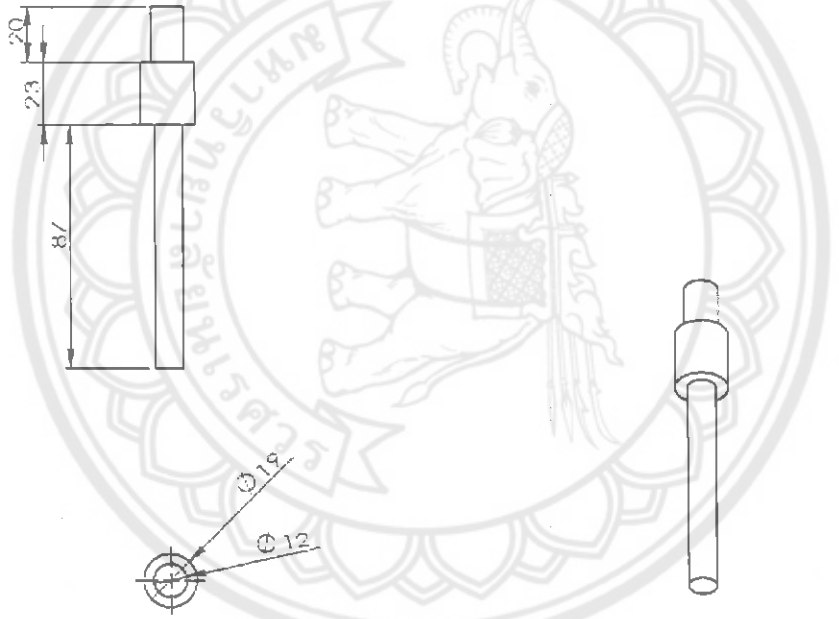

Naresuan University
Scale 1:1
Date 30/03/2556
Millimeter
Plate 23/56
113
50
20
18
50


Naresuan University
15 มหาวิทยาลัยนเรศวร
Scale 1:1
Date 30/03/2556
Millimeter
Plate 24/56
Ø10
Ø35
Ø55
Ø35
70
5

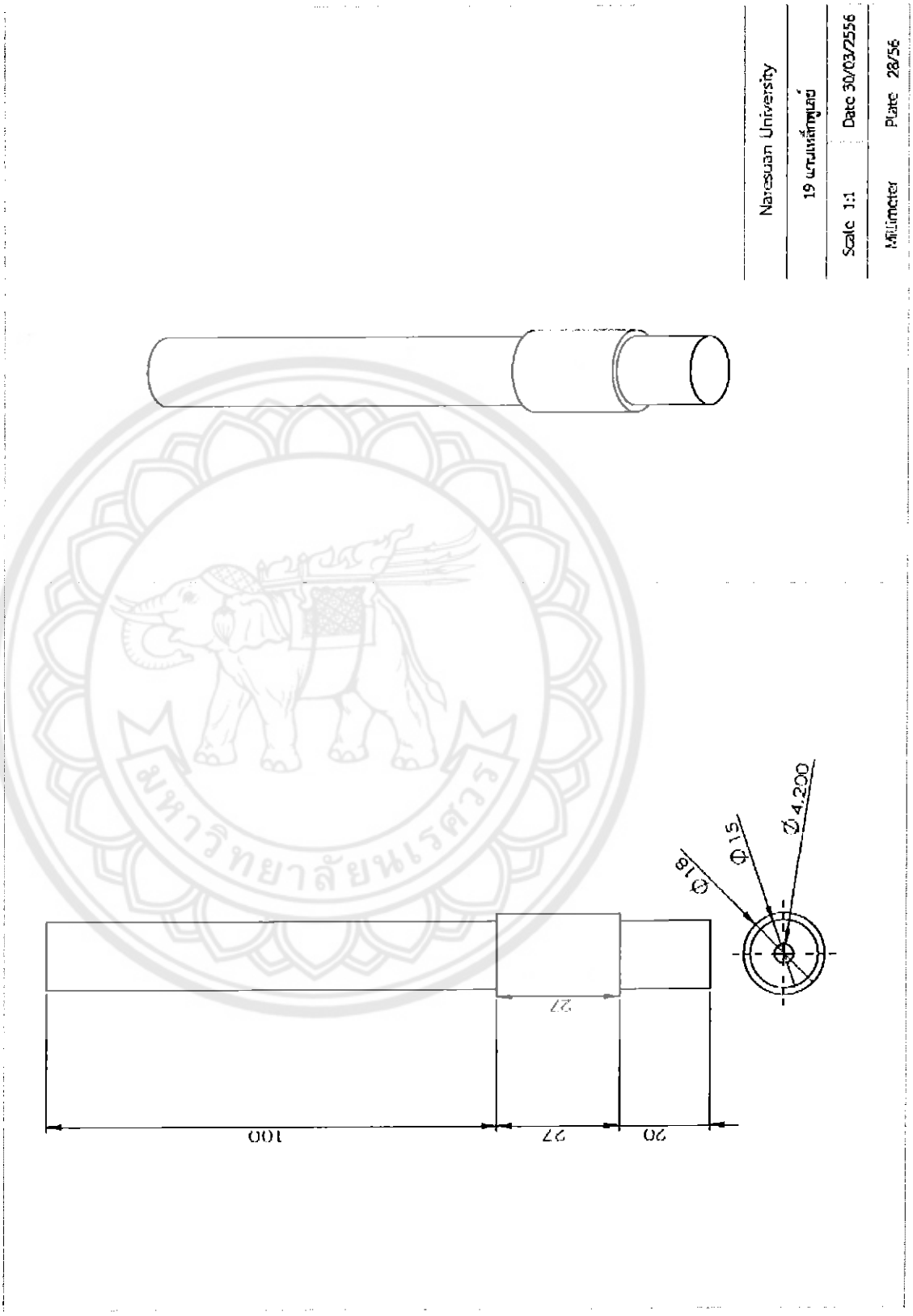


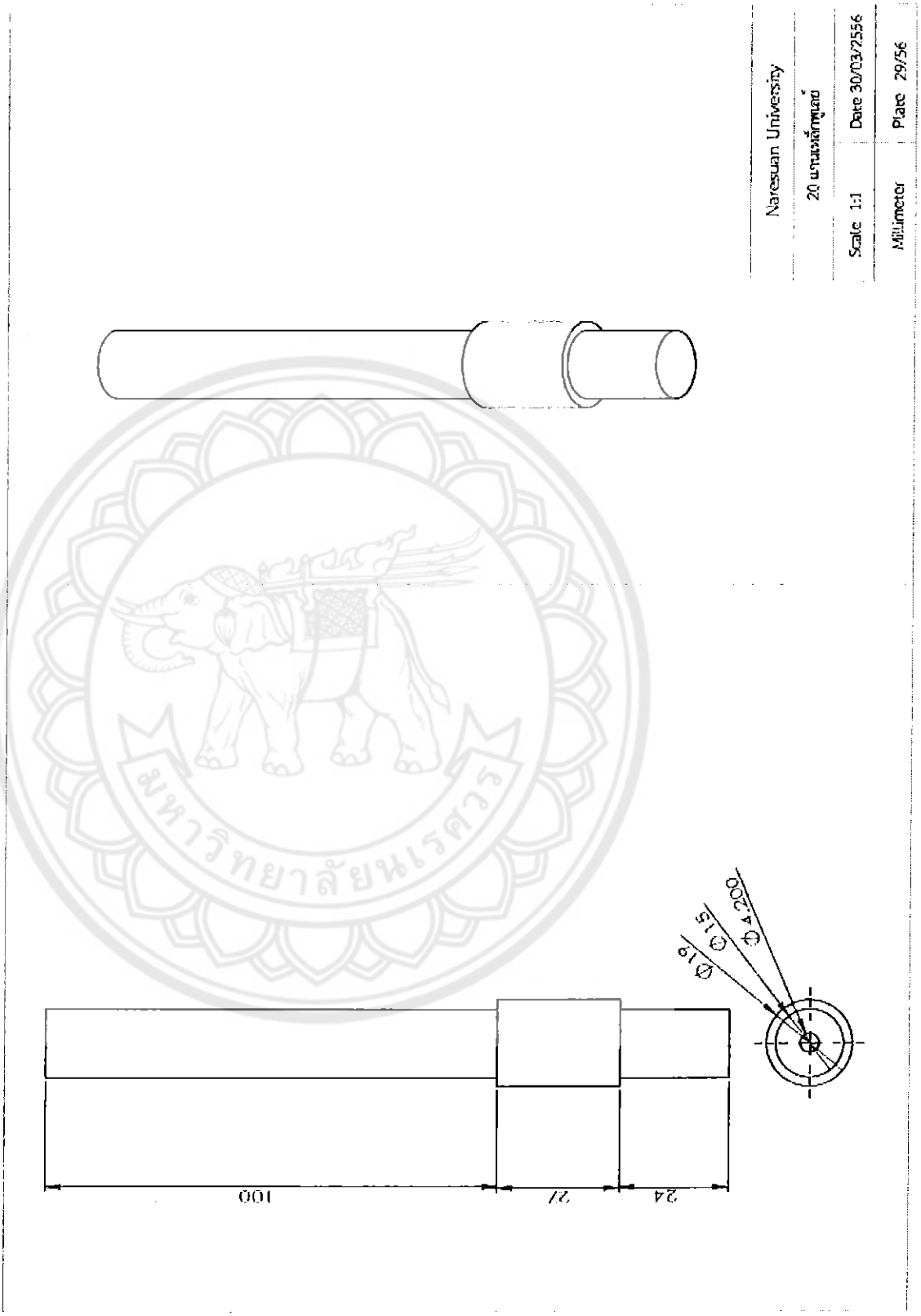
Naresuan University
16 แกนเพลาขับ
Scale 1:1
Date 30/03/2556
Millimeter
Plate 25/56


Naresuan University
17 ศ.ดร.วิสุทธิ์ ขุนแก้ว
Scale 1:1
Date 30/03/2556
Millimeter
Plate 26/56
Ø68
Ø42
Ø10
Ø5
30
5

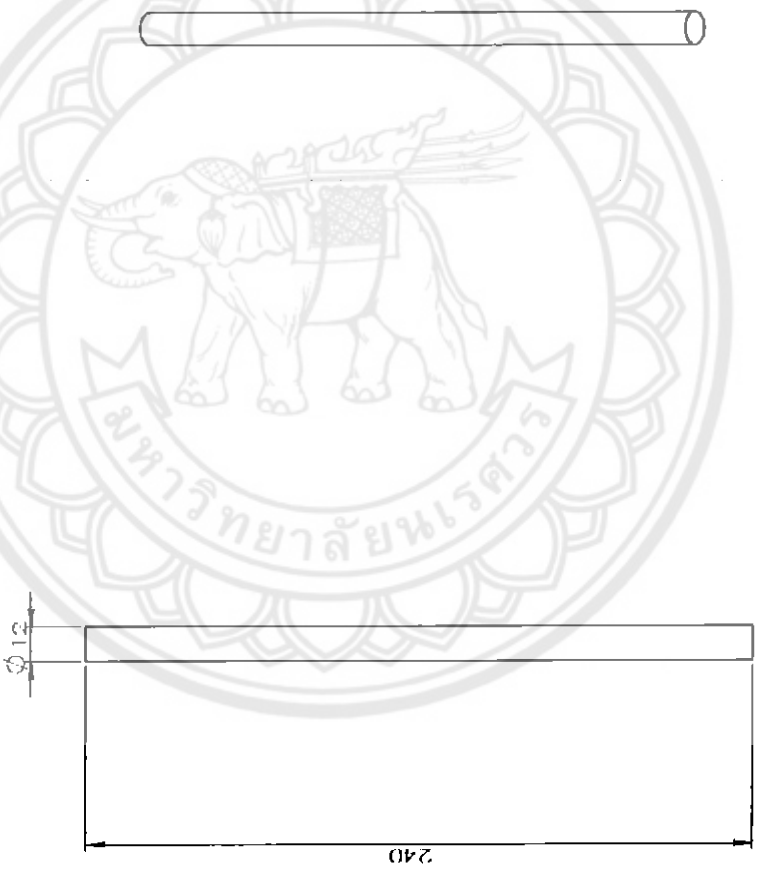


Naresuan University	
16 แกนเหล็กพัดลม	
Scale 1:2	Date 30/03/2556
Millimeter	Plate 27/56

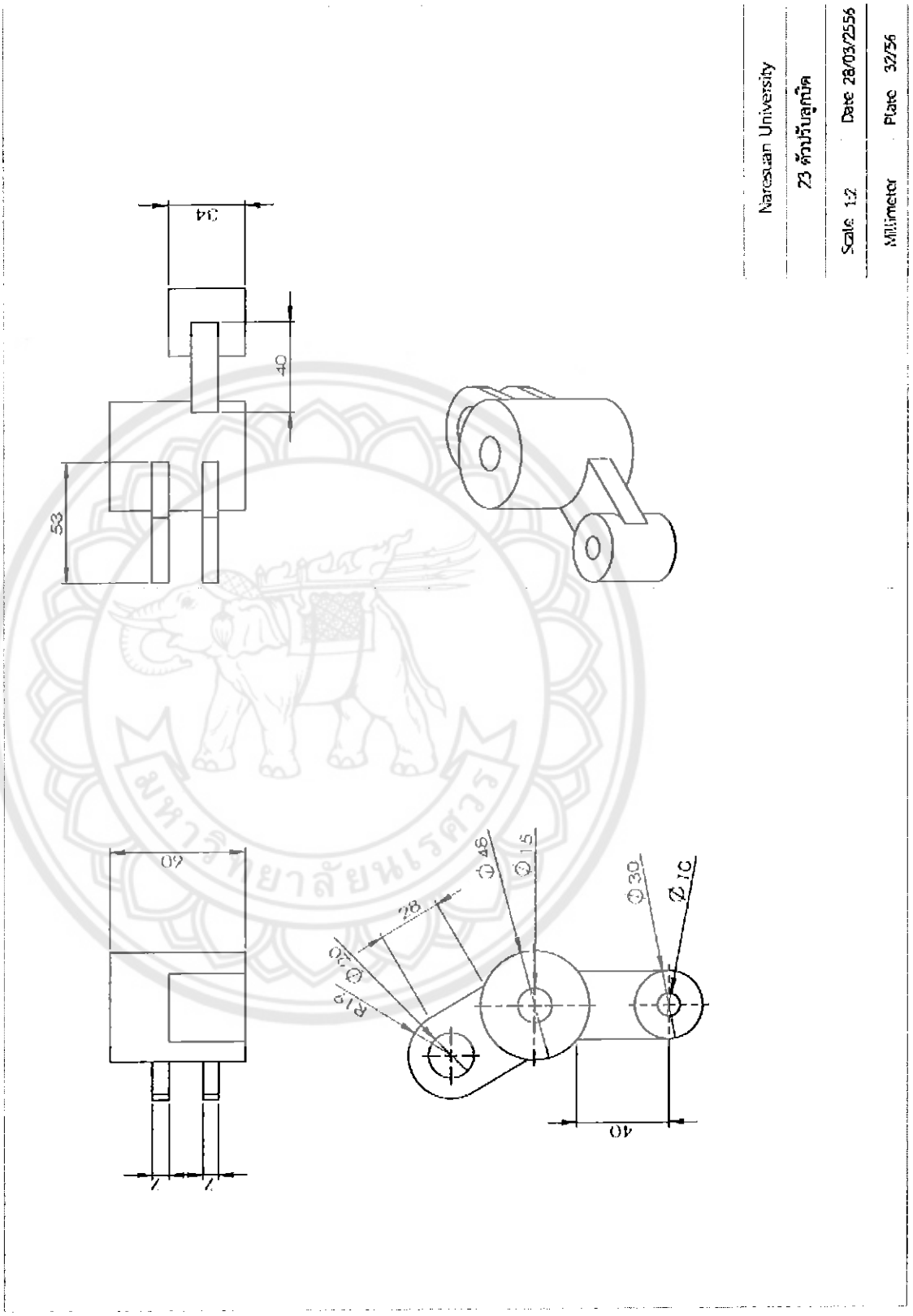

Naresuan University
19 มานพ ศักดิ์มูสิก
Scale 1:1
Date 30/03/2556
Millimeter
Plate 28/56
Ø18
Ø15
Ø4.200
27
100
27
20

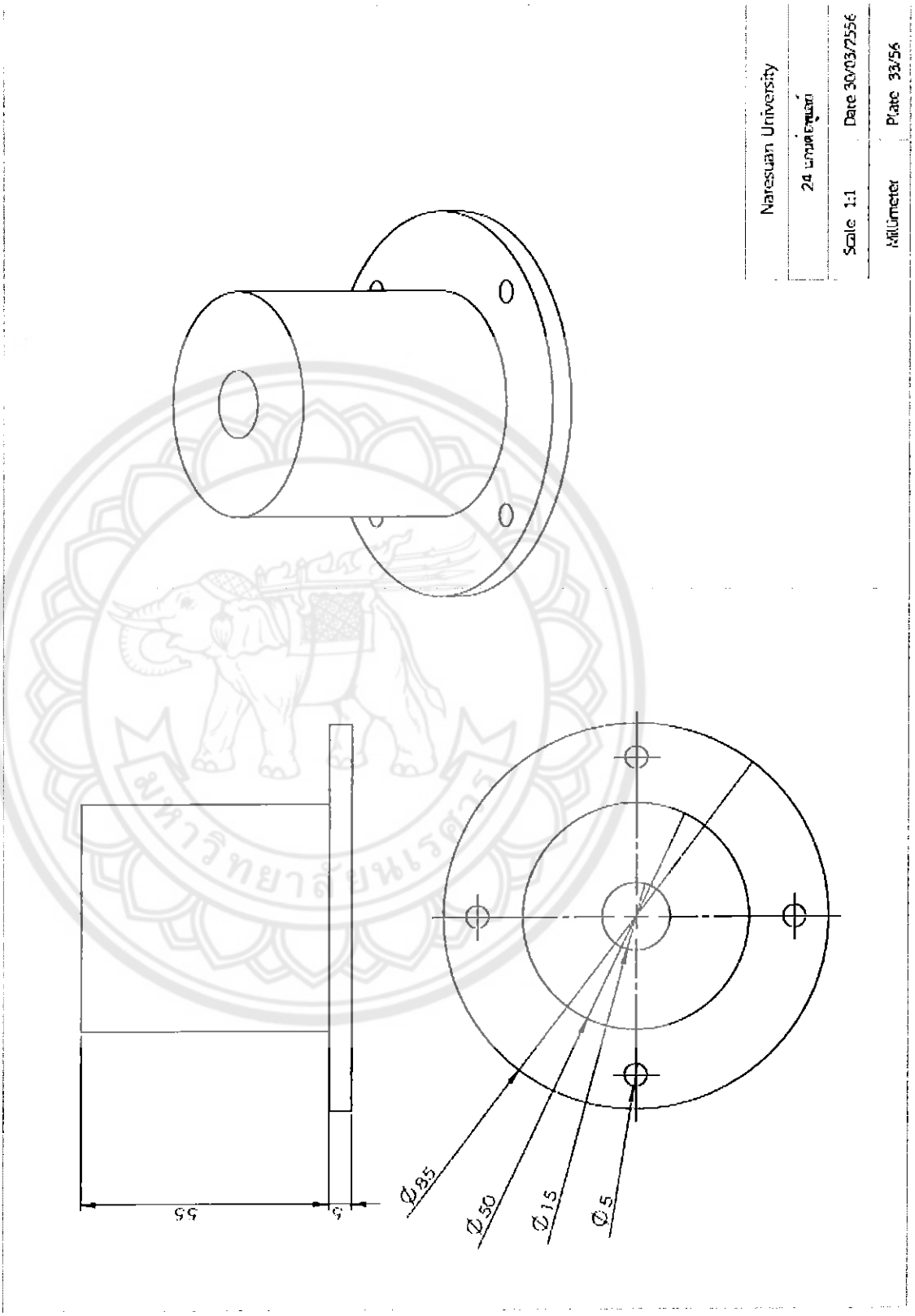

Naresuan University
20 มหาวิทยาลัยนเรศวร
Scale 1:1
Date 30/03/2556
Millimeter
Place 29/56
Ø19
Ø15
Ø4.2
100
27
24

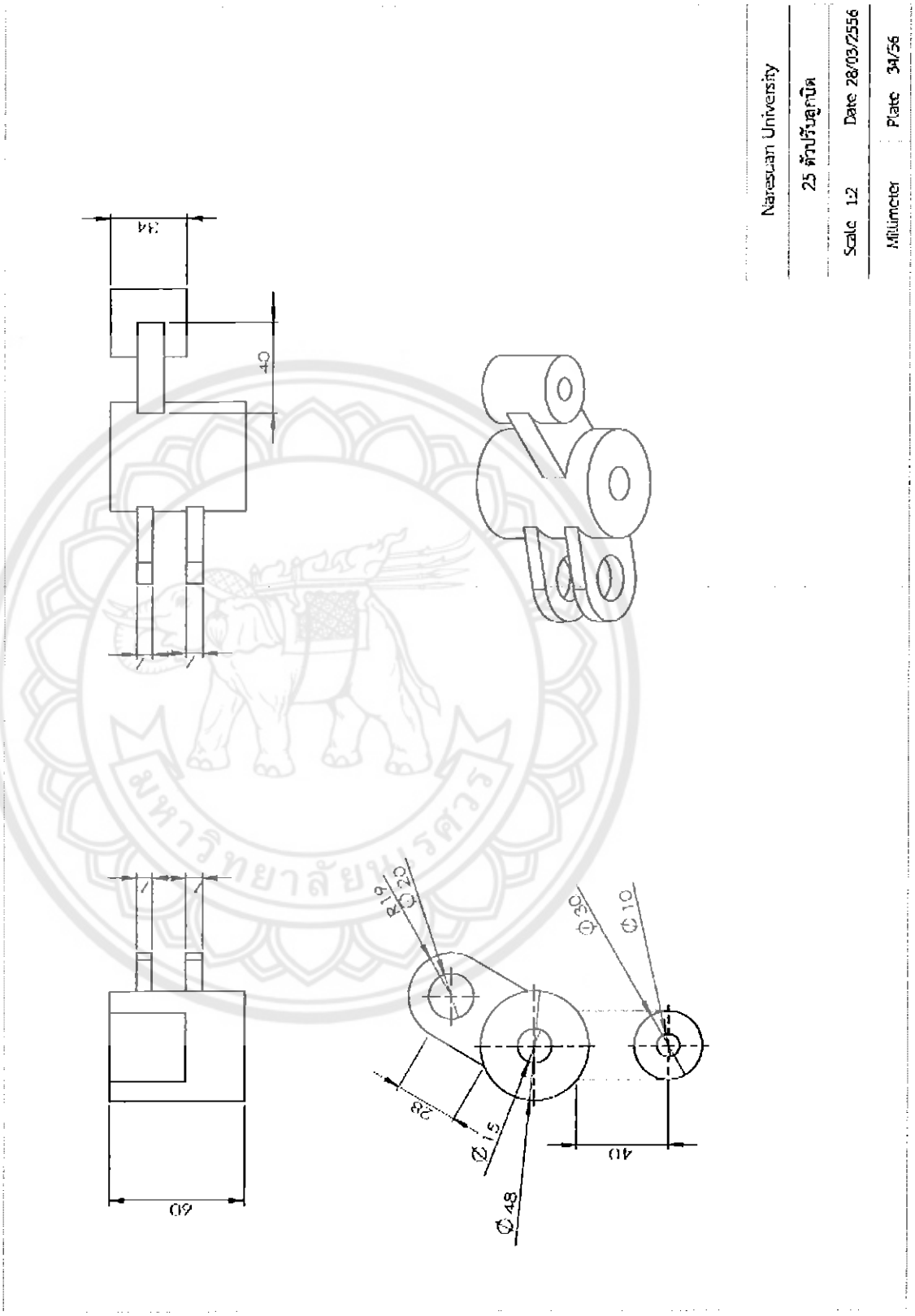
Naresuan University
21 สค/5
Scale 1:1 Date 30/03/2556
Millimeter Plate 30/56

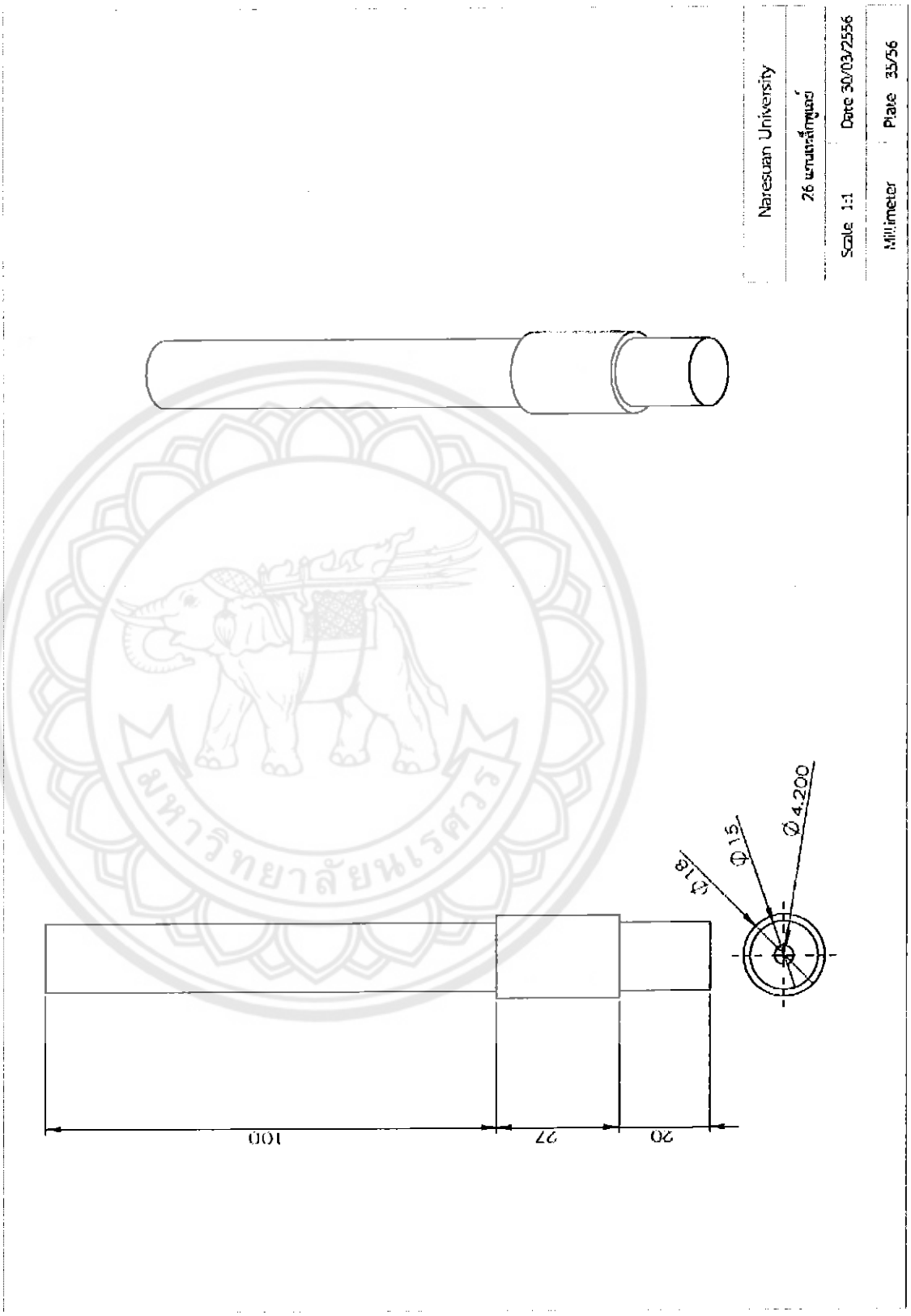


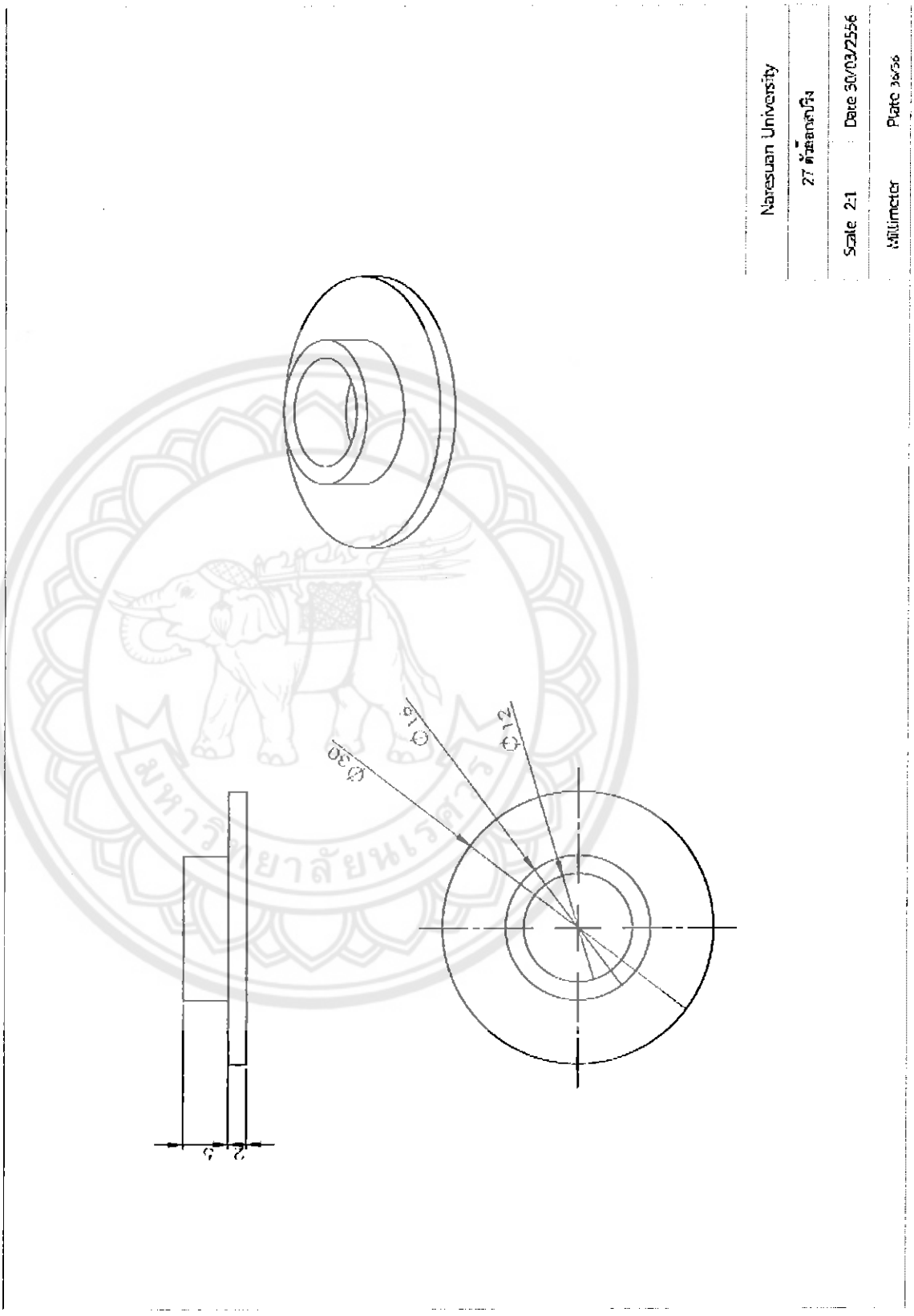
Naresuan University
22 มหาวิทยาลัยนเรศวร
Scale 1:2 Date 30/03/2556
Millimeter Plate 31/56

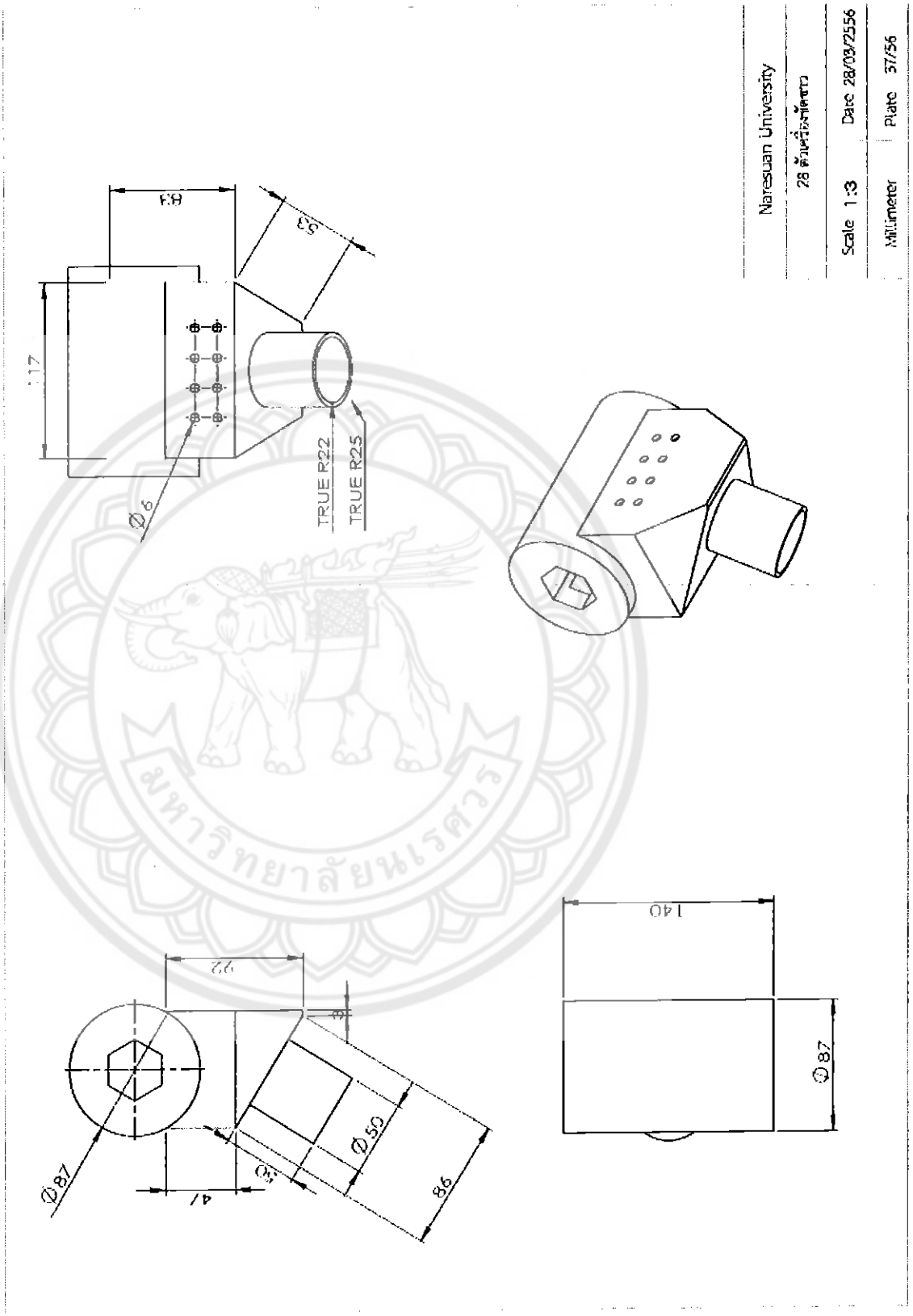

Naresuan University
23 ห้องปริญญานิพนธ์
Scale 1:2
Date 28/03/2556
Millimeter
Plate 32/56
34
40
53
60
7
7
Ø46
Ø15
Ø30
Ø16
28
Ø20
R19
40

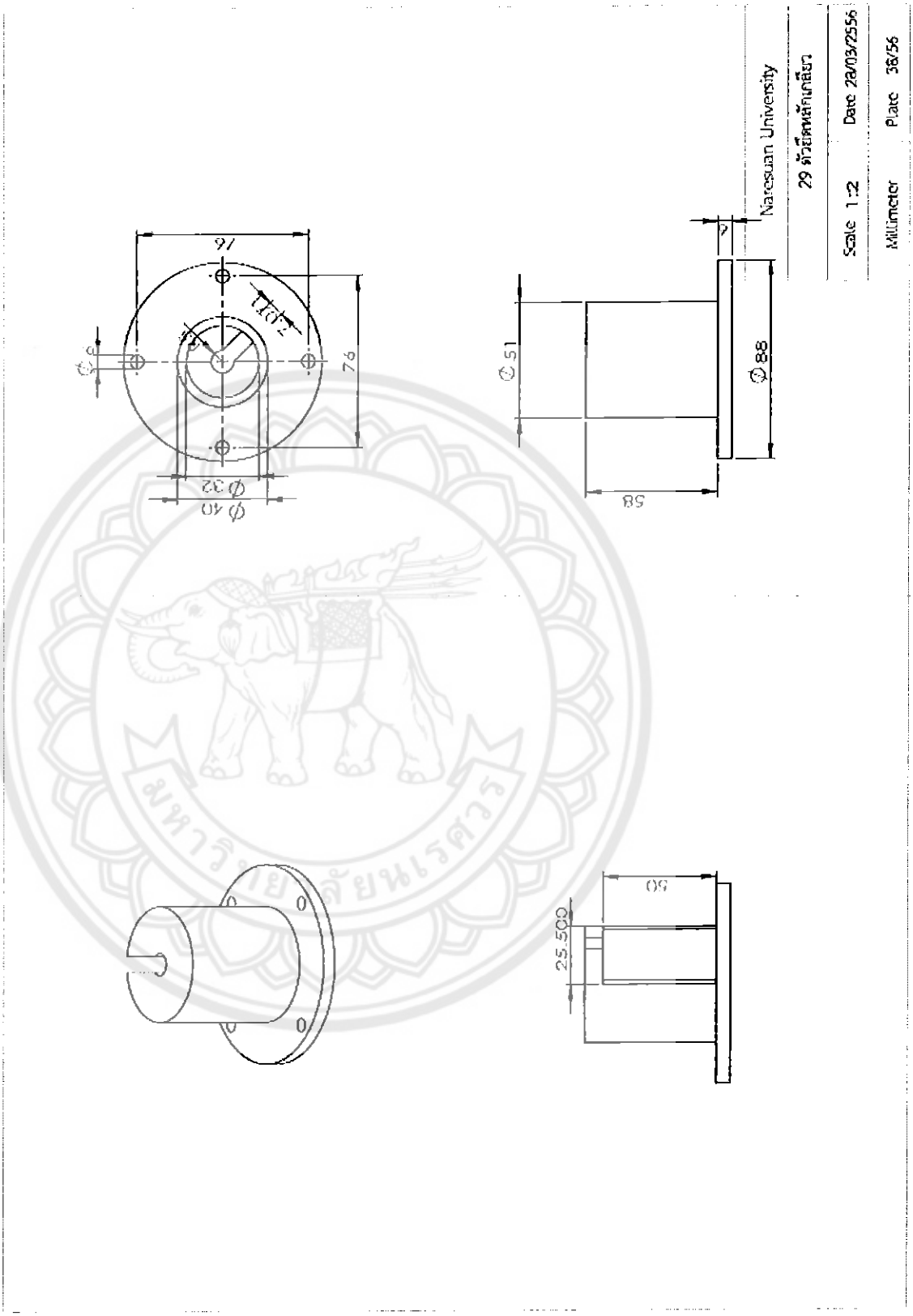

Naresuan University
24 มหาวิทยาลัย
Scale 1:1
Date 30/03/2556
Millimeter
Plate 33/56
55
5
Ø85
Ø50
Ø15
Ø5

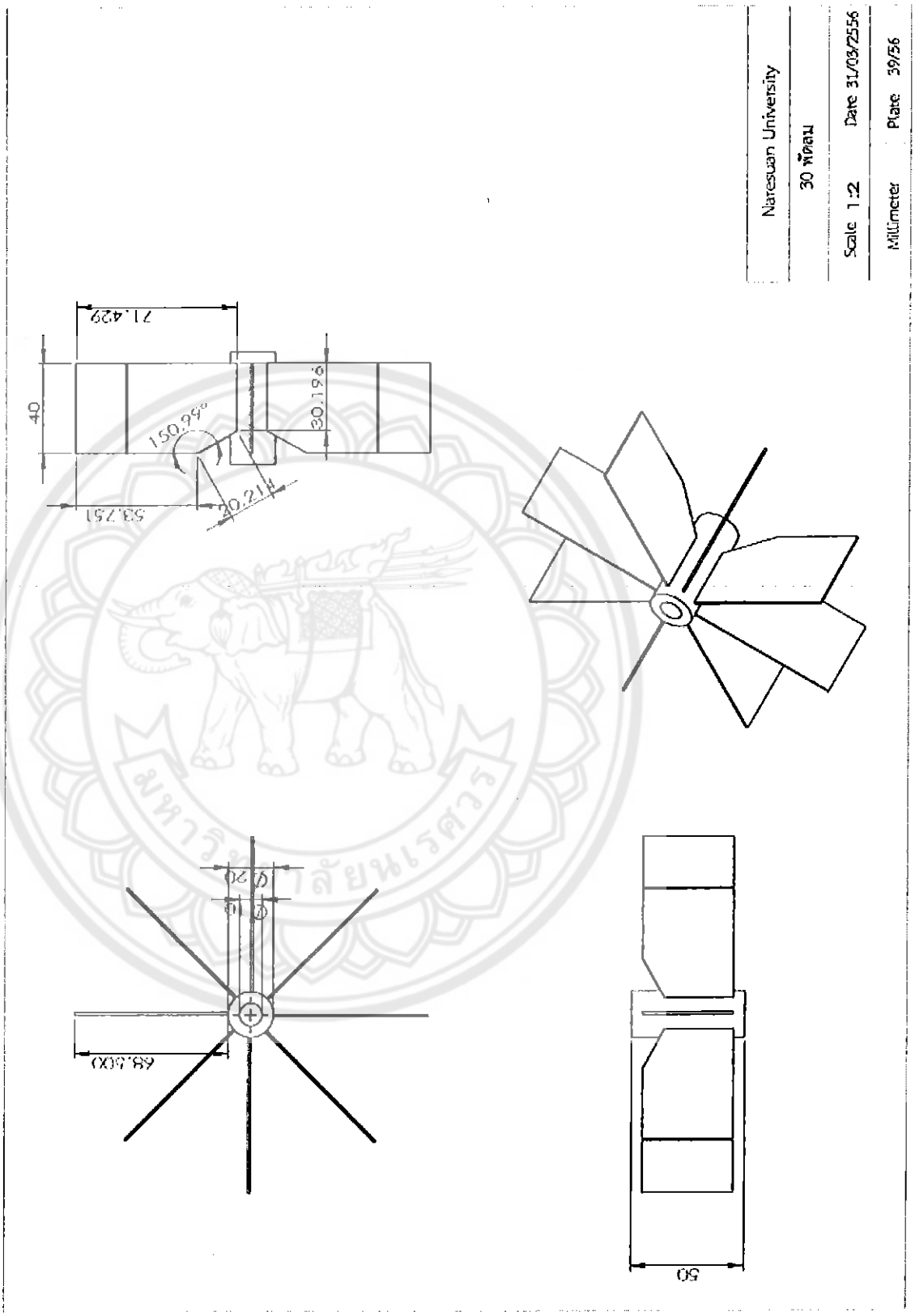

Naresuan University
25 ตัวปรับลูกบิด
Scale 1:2
Date 28/03/2556
Millimeter
Plate 34/56
34
40
60
Ø19
Ø20
Ø30
Ø10
28
Ø15
Ø48
40

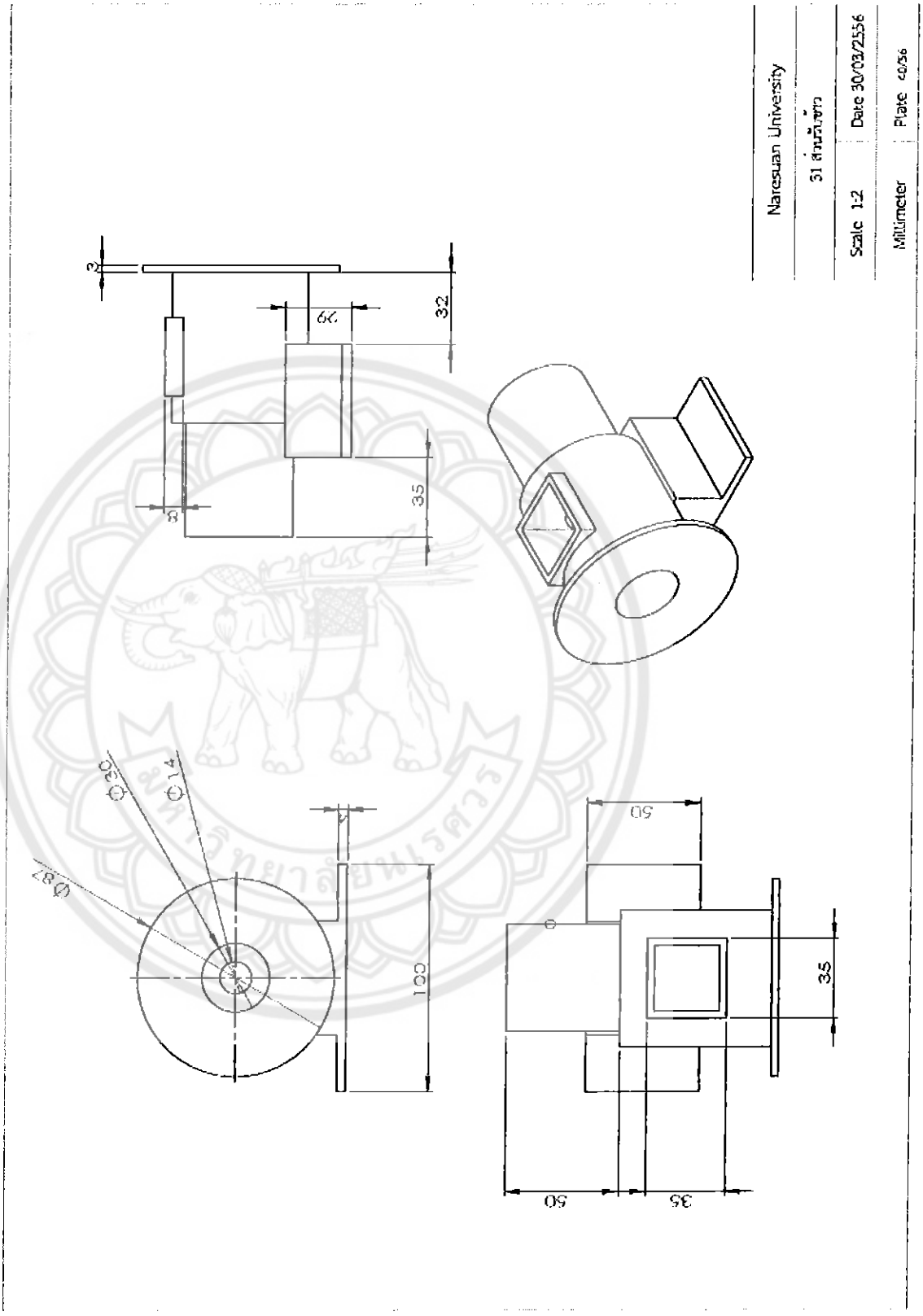

Naresuan University
26 มหาวิทยาลัยนเรศวร
Scale 1:1
Date 30/03/2556
Millimeter
Plate 35/56
Ø18
Ø15
Ø4.200
100
27
20

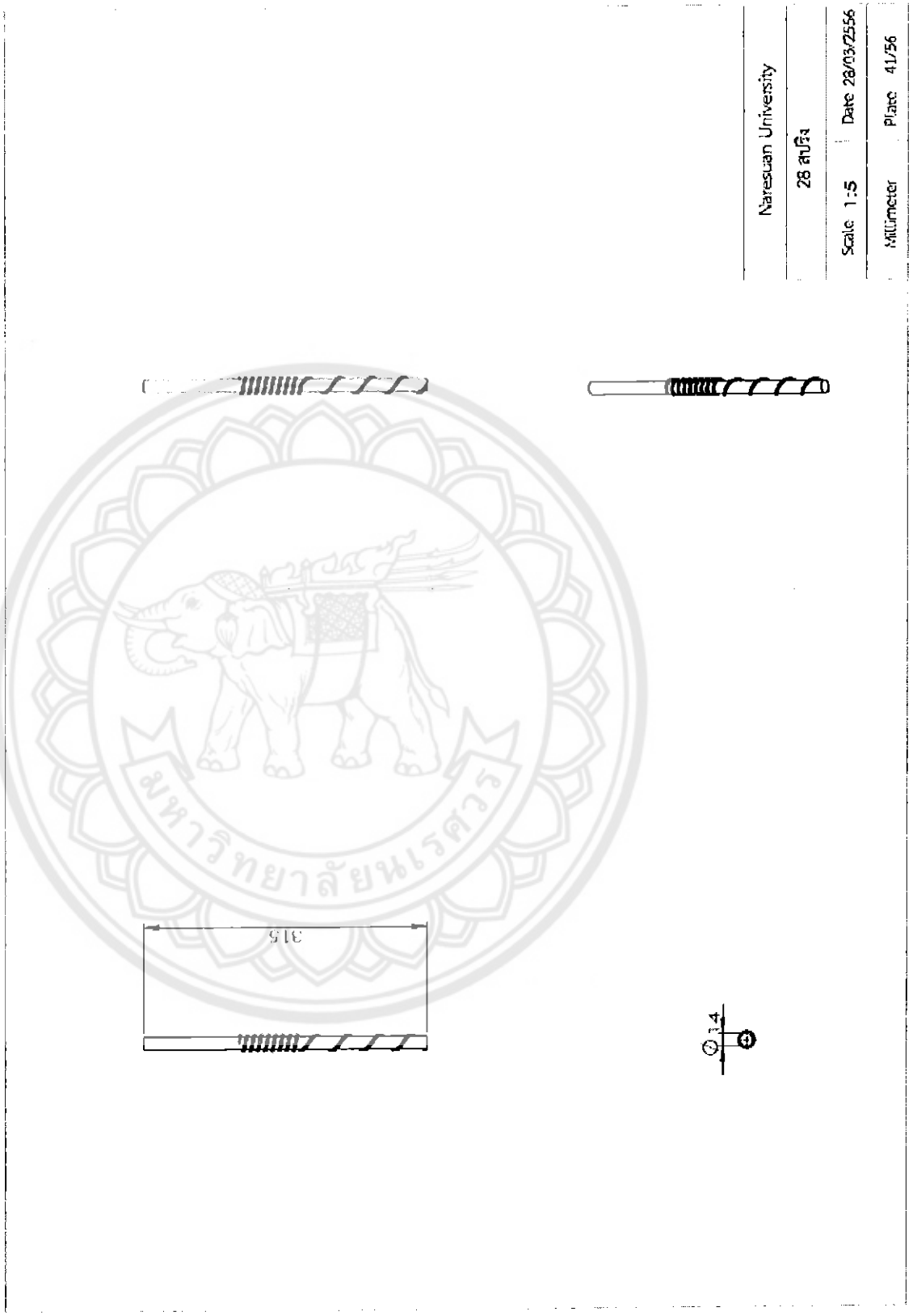

Naresuan University
27 ก้านลายกลีบ
Scale 2:1
Date 30/03/2556
Millimeter
Plate
Ø30
Ø18
Ø12
2
2

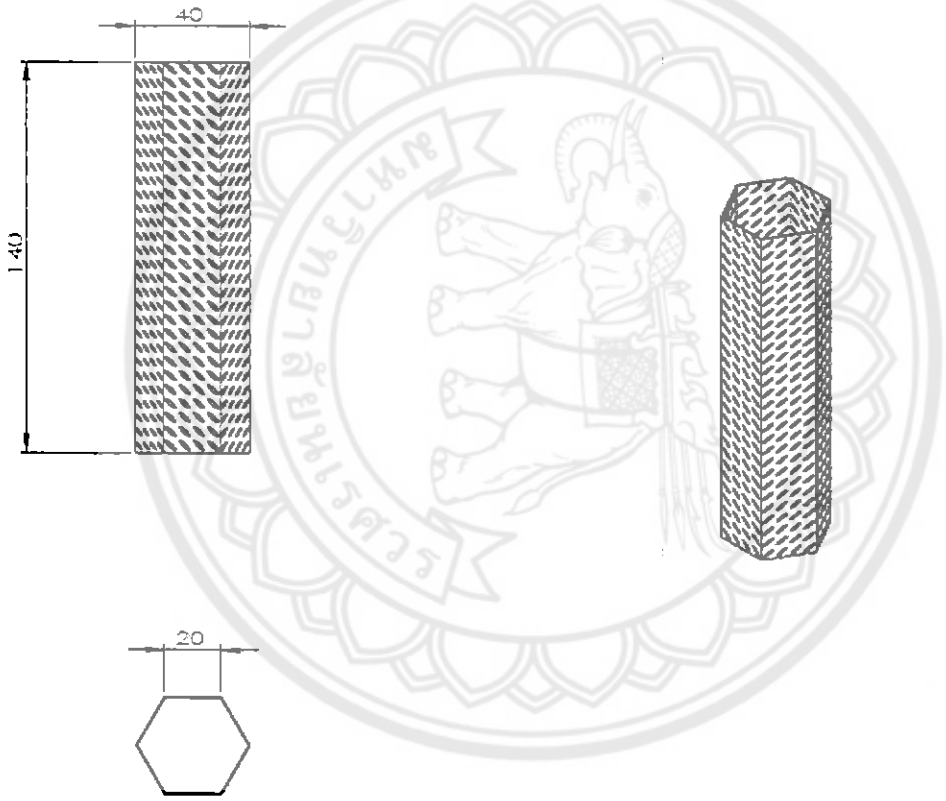

Naresuan University
Scale 1:3
Date 28/03/2556
Millimeter
Plate 37/56
63
53
117
Ø6
TRUE R22
TRUE R25
140
Ø87
92
8
Ø87
47
30
Ø50
86


Naresuan University
29 ข้าวสีหมักงอก
Scale 1:2
Date 28/03/2556
Millimeter
Plate 36/56
91
76
Ø 40
Ø 32
Ø 51
Ø 88
58
50
25.500

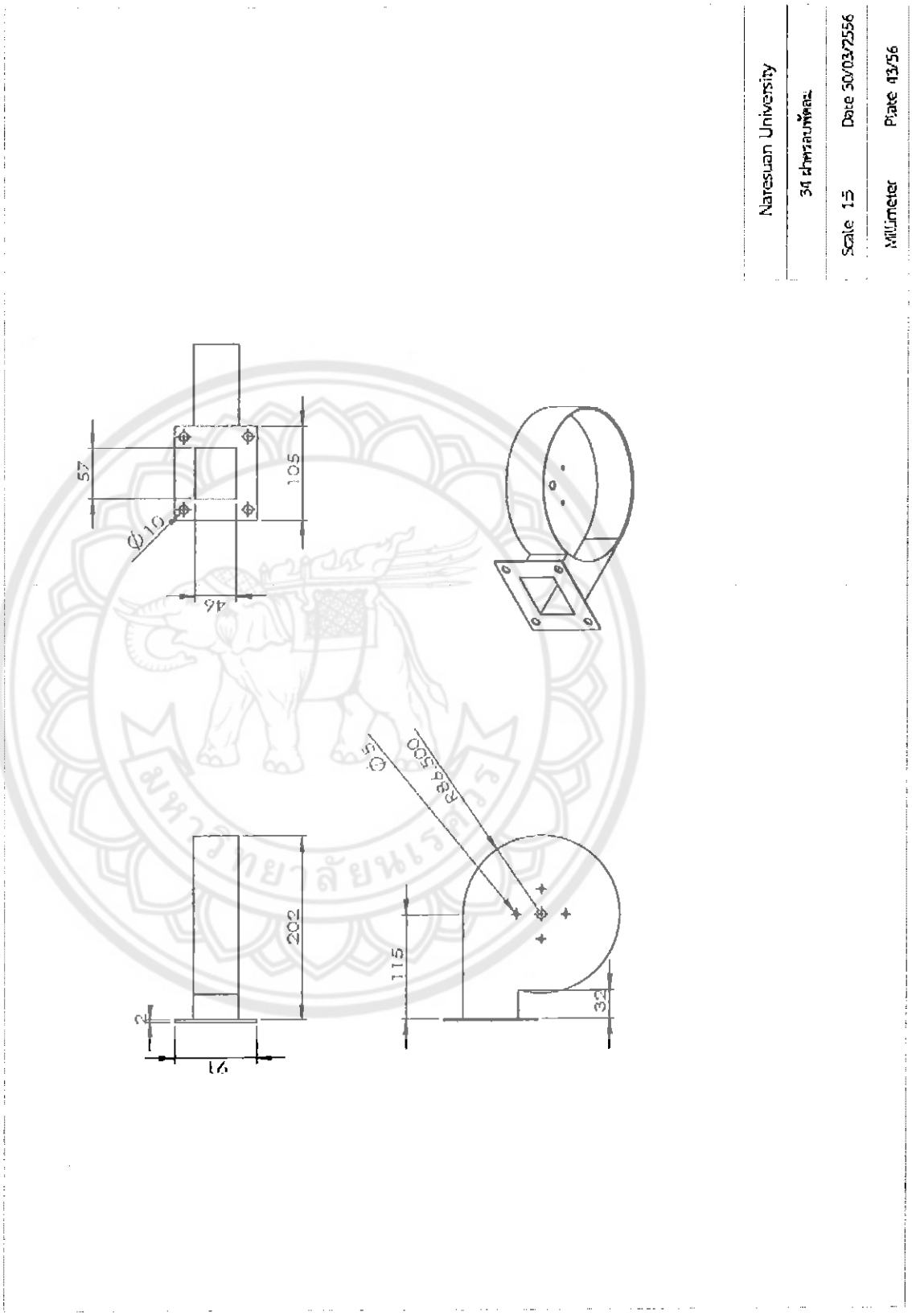

Naresuan University
30 พัดลม
Scale 1:2
Date 31/08/2556
Millimeter
Plate 39/56
71.429
40
150.94°
30.196
53.751
20.214
20
10
68.600
50

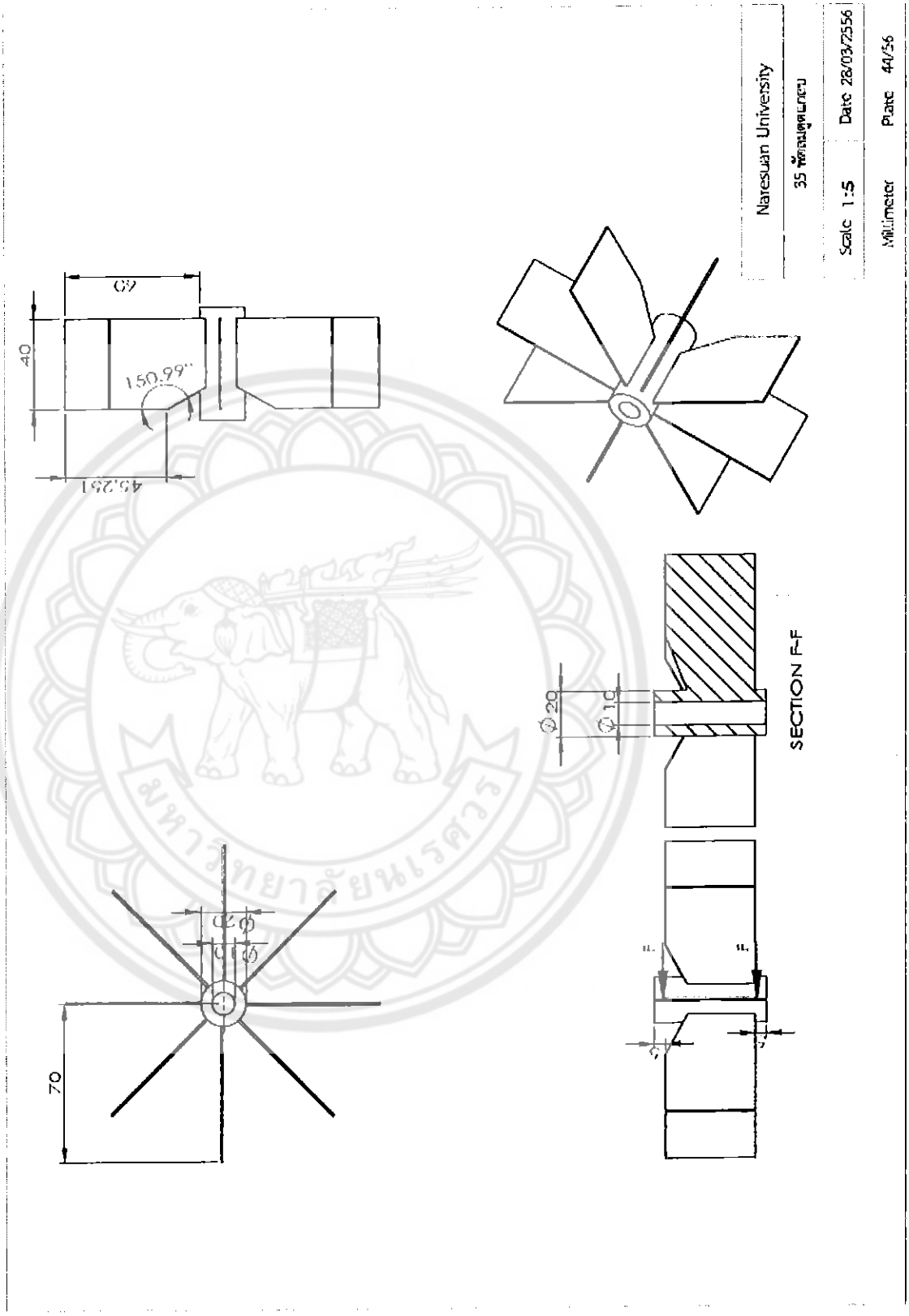

Naresuan University
Scale 1:2
Date 30/03/2556
Millimeter
Plate 6/56
3
60
32
35
3
Ø30
Ø14
Ø80
100
50
35
50
35

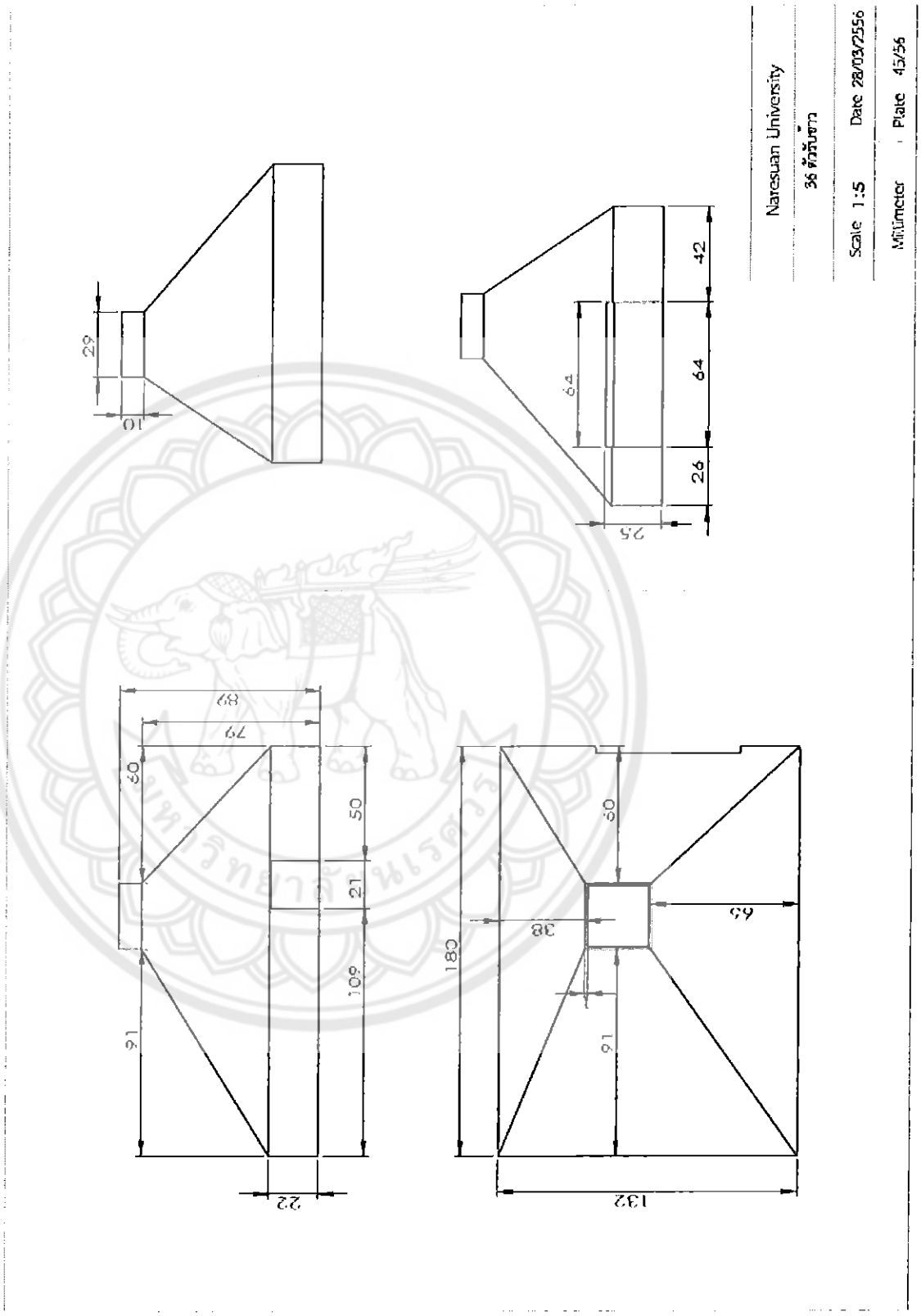

Naresuan University
28 สค.ิน
Scale 1:5
Date 28/03/2556
Millimeter
Plate 41/56
315
14

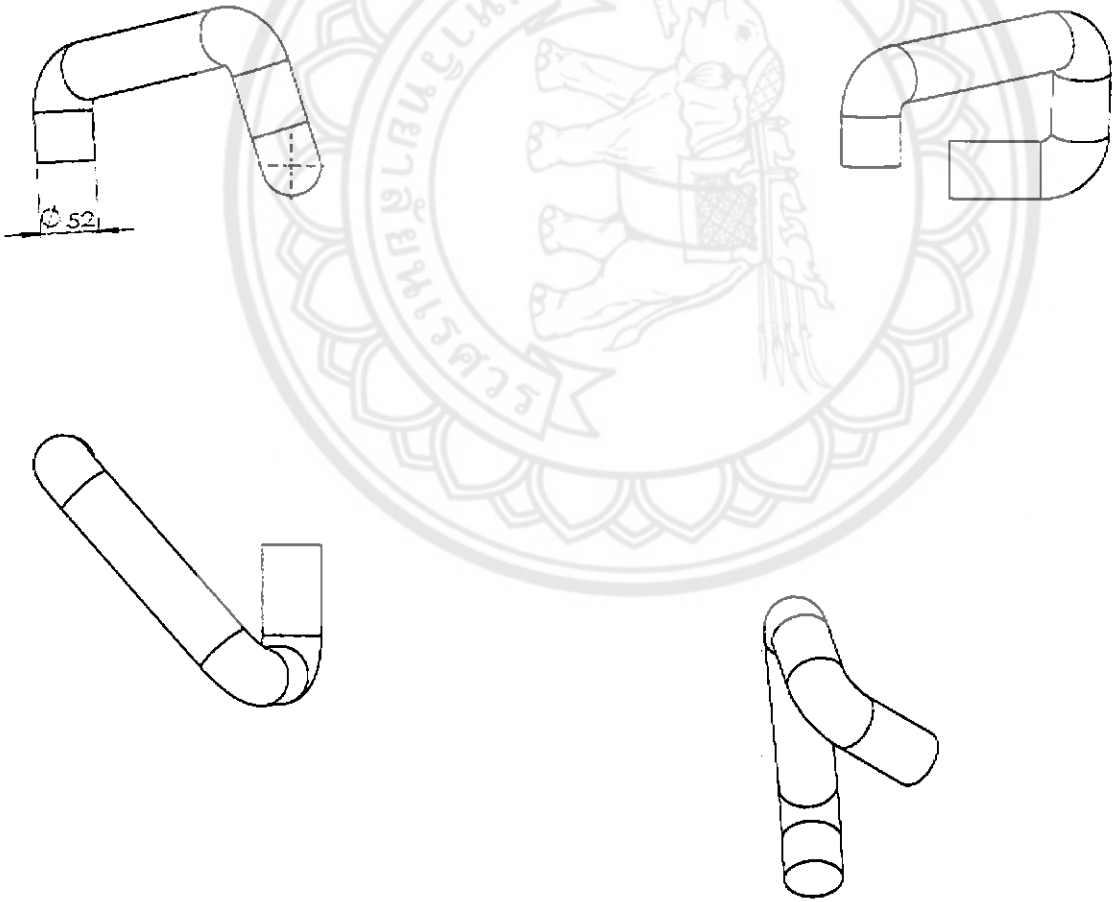


Naresuan University	
33 ตะแกรงขัดขาว	
Scale 1:2	Date 30/03/2556
Millimeter	Plate 42/56

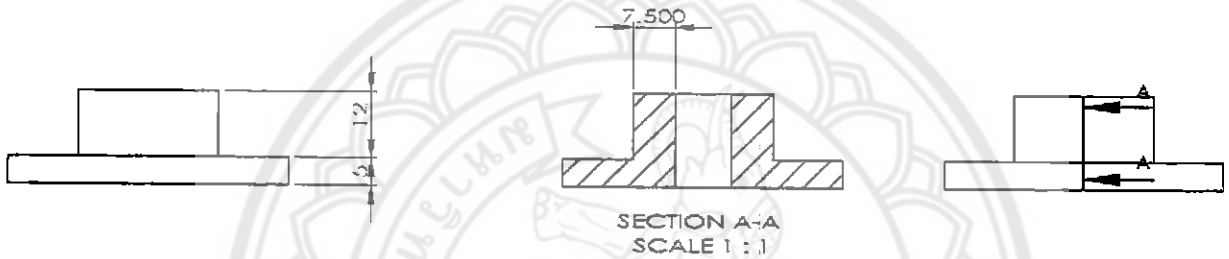

Naresuan University
34 ศิลปะนิพนธ์
Scale 1:5
Date 30/03/2556
Millimeter
Plate 43/56
57
105
Ø10
46
202
2
16
115
32
R48.500
Ø5


Naresuan University
35 พันธุ์ผสมเกสร
Scale 1:5
Date 28/03/2556
Millimeter
Plate 44/56
69
40
150.99°
45.261
70
SECTION F-F

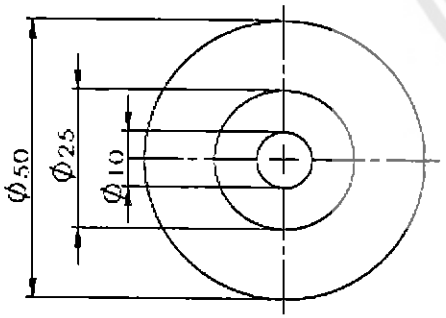

Naresuan University
36 ตำบลบึง
Scale 1:5 Date 28/03/2556
Milimeter Plate 43/56
29
10
42
64
64
26
25
89
79
60
50
21
109
91
22
180
60
38
63
91
132



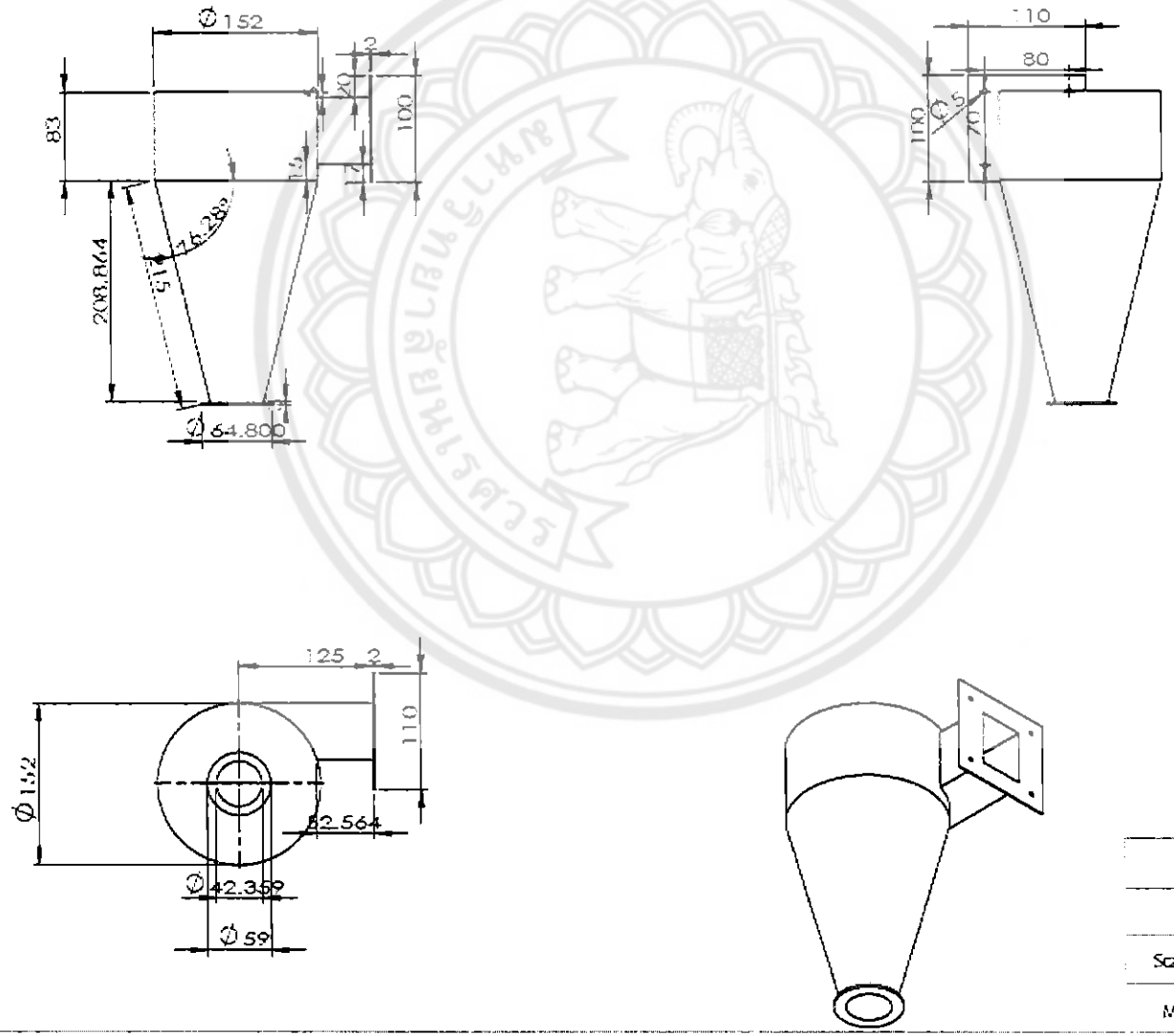
Naresuan University	
37 ทอสูงดำ	
Scale 1:5	Date 28/03/2556
Millimeter	Plate 46/56

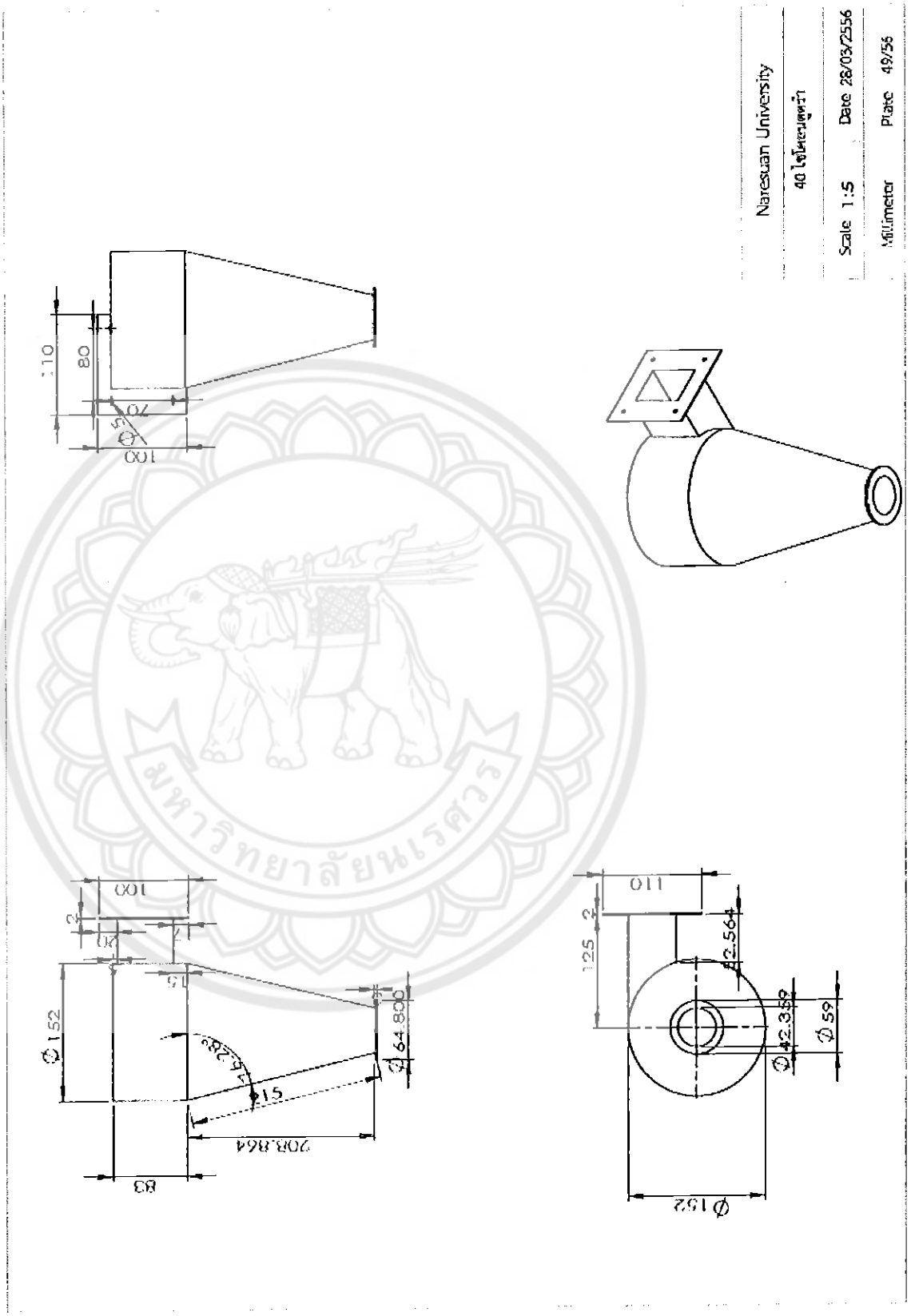


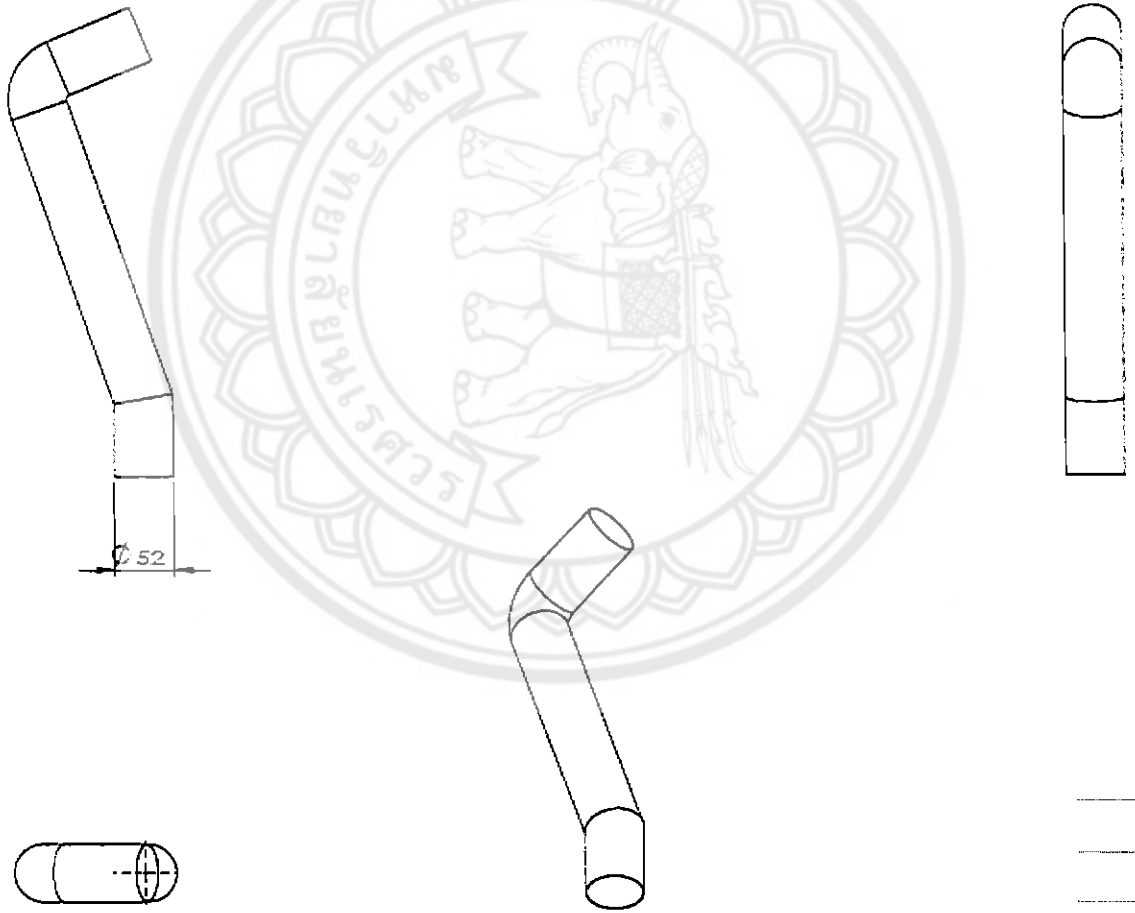
SECTION A-A
SCALE 1 : 1



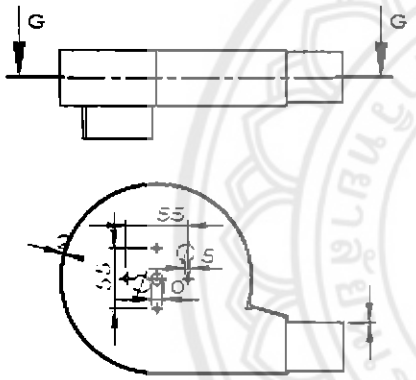
Naresuan University	
38 แกนต่อพูเลย์	
Scale 1:1	Date 31/03/2556
Millimeter	Plate 47/56


Ø152
83
100
208.864
51
76.28°
Ø64.800
110
80
110
70
125
2
110
Ø152
82.564
Ø42.359
Ø59
Naresuan University
39 โต๊ะกลมดูดเกลือ
Scale 1:5
Date 28/03/2556
Millimeter
Plate 48/56


Naresuan University
Scale 1:5
Date 28/03/2556
Millimeter
Plate 49/56
110
80
70
100
208.864
83
64.800
42.564
42.389
59
152

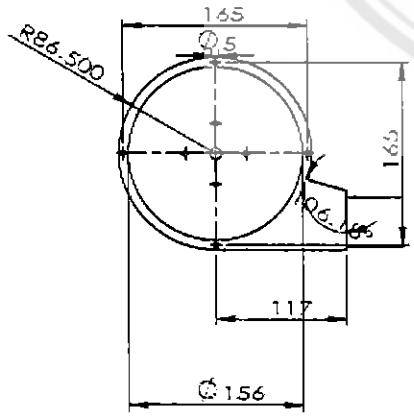


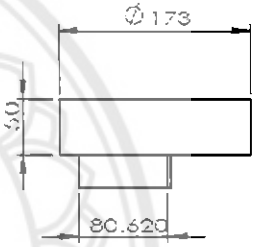
Naresuan University	
41 ท่อส่งน้ำ	
Scale 1:5	Date 31/03/2556
Millimeter	Plate 50/56

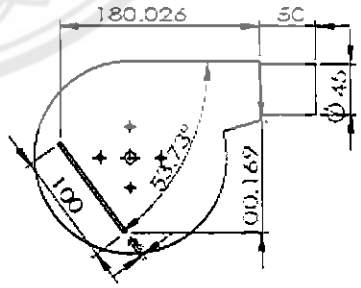


SECTION G-G

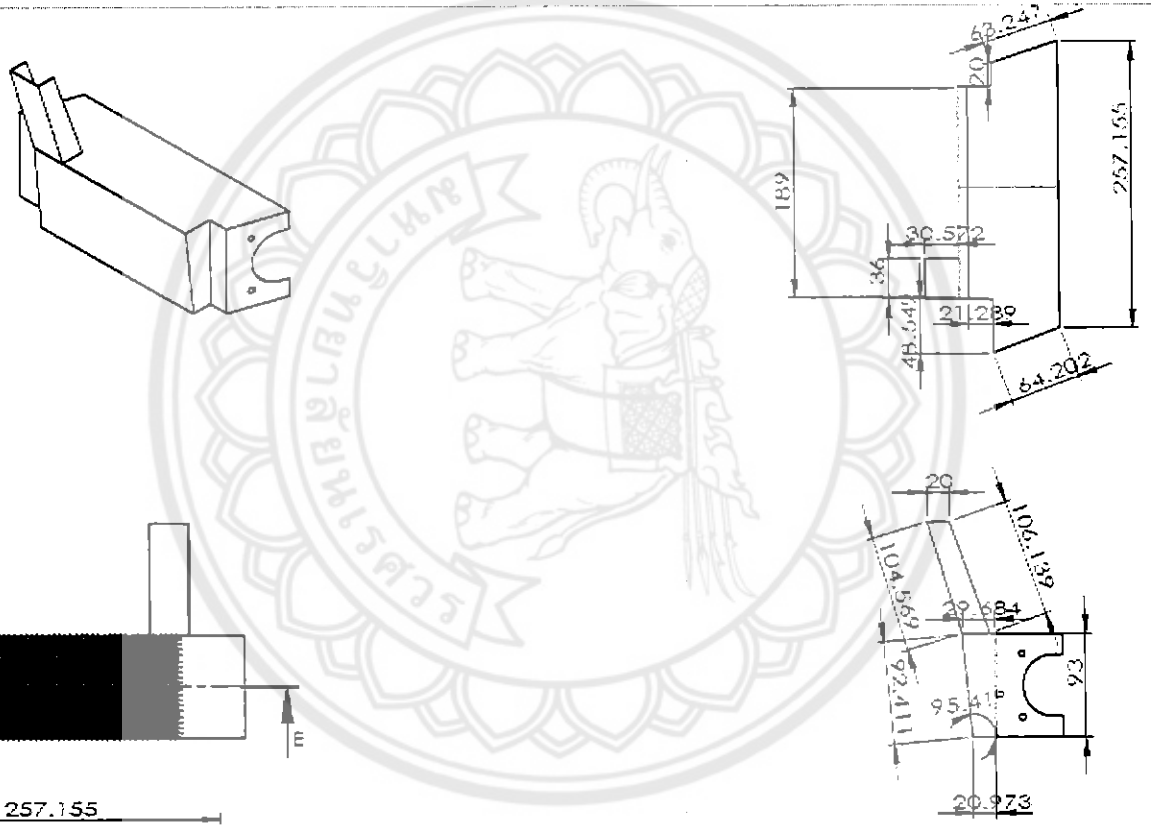
SCALE 1 : 5



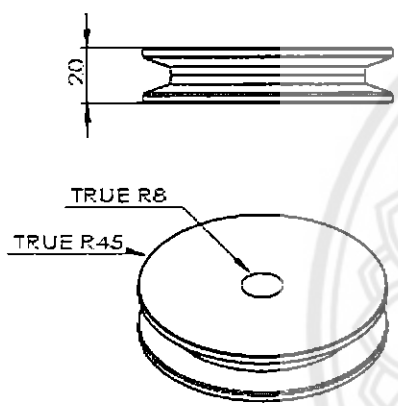




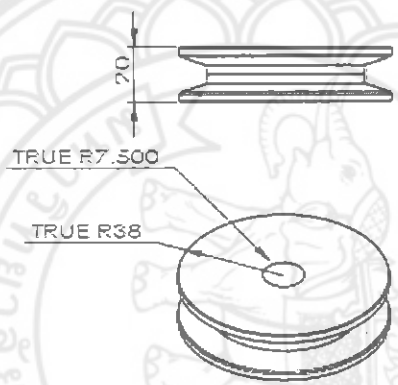
Naresuan University	
42 [illegible]	
Scale 1:5	Date 28/03/2556
Millimeter	Plate 51/56



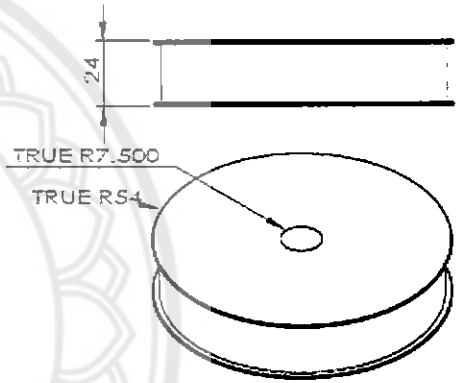
Naresuan University	
43 ตะแกรงตีหัวข้าว	
Scale 1:5	Date 28/03/2556
Millimeter	Plate 52/56



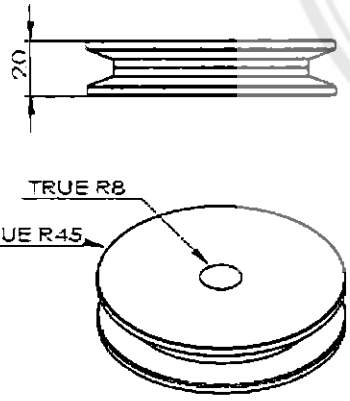
44



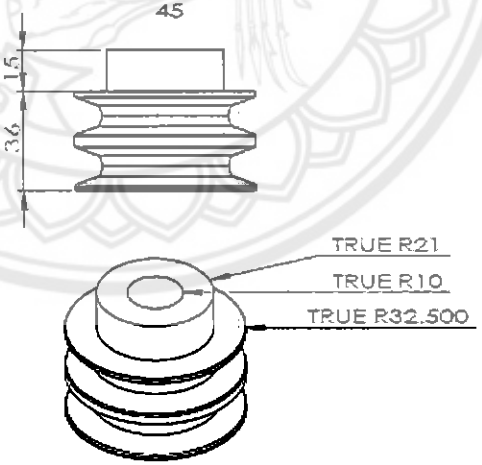
45



46

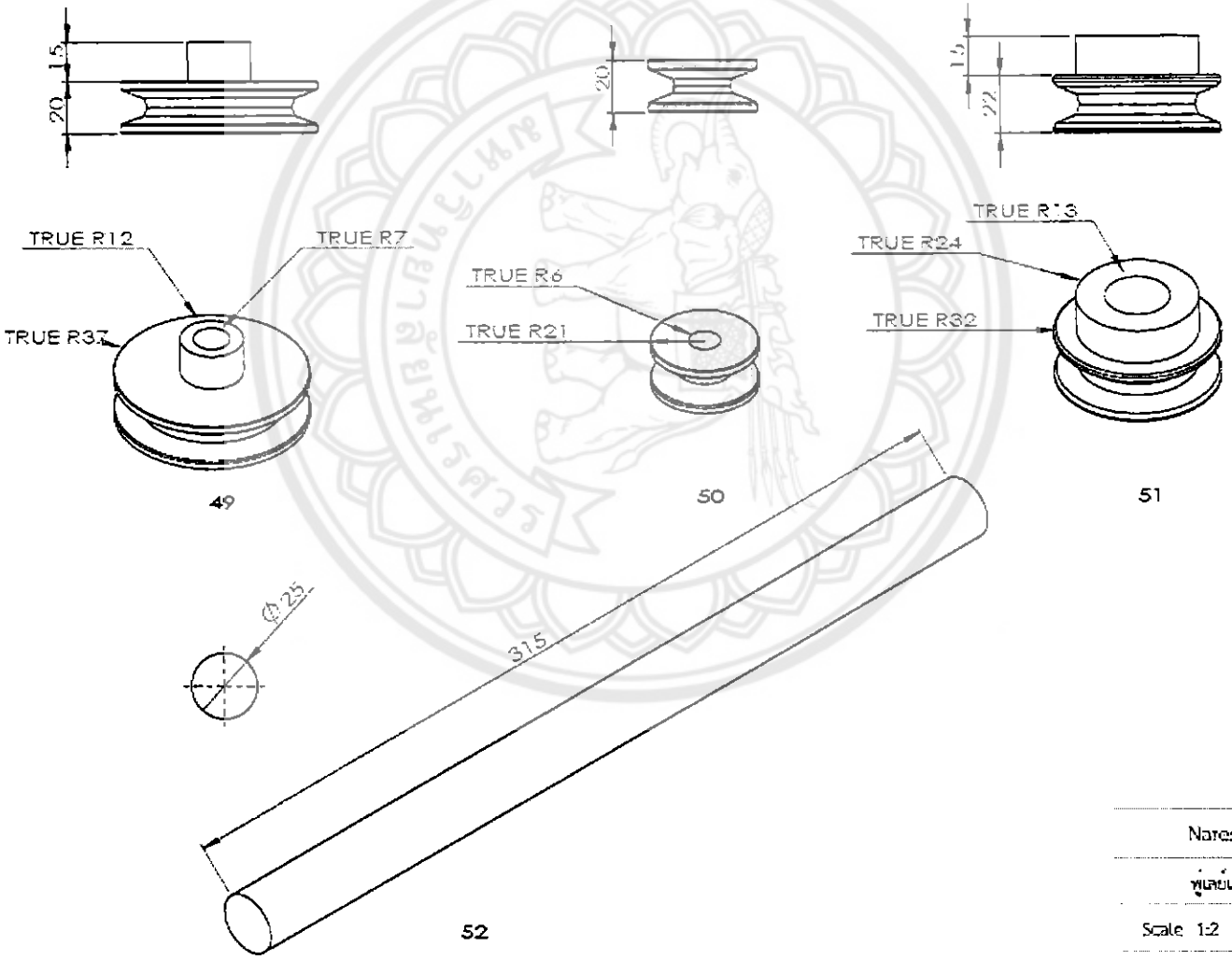


47

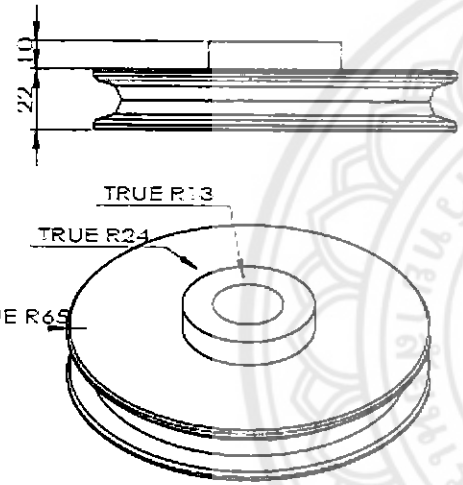


48

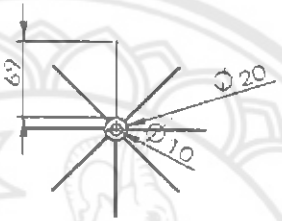
Naresuan University	
พูเลย์ส่วนต้นกำลัง	
Scale 1:2	Date 30/03/2556
Millimeter	Plate 53/56



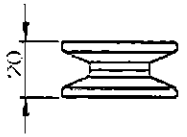
Naresuan University	
พู่เลย์และเพลาส่วนต้นกำลัง	
Scale 1:2	Date 30/03/2556
Millimeter	Plate 54/56

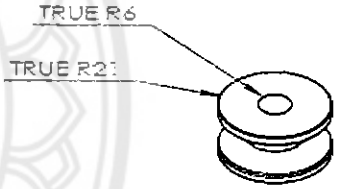


53

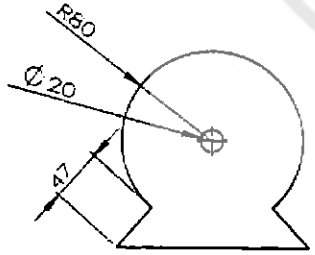


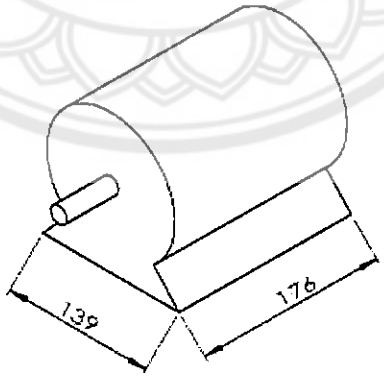
54





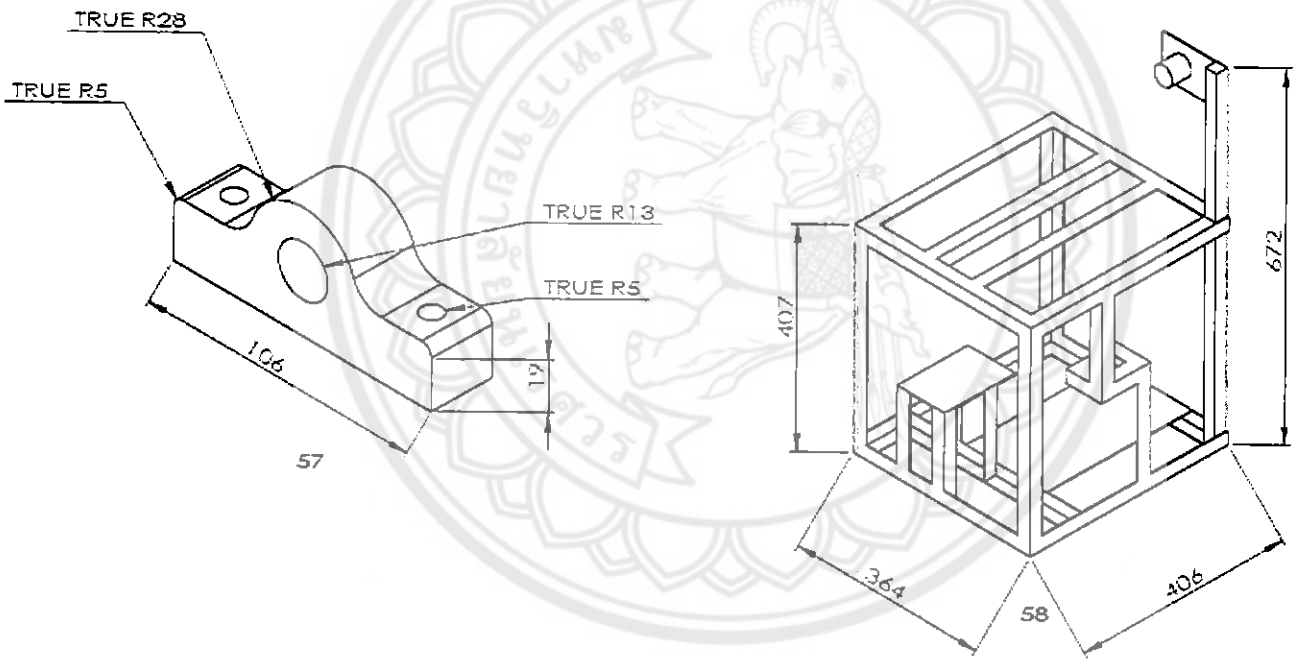
55





56

Naresuan University	
ช่วงต้นกำลัง	
Scale: not to scale	Date 30/03/2556
Millimeter	Plate 55/56



Naresuan University	
ส่วนโครงเหล็ก	
Scale: not to scale	Date 30/03/2556
Millimeter	Plate 56/56