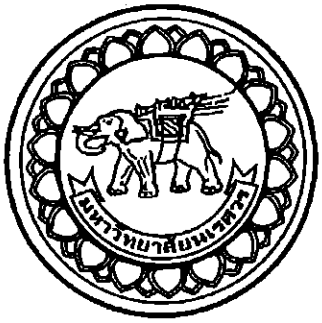
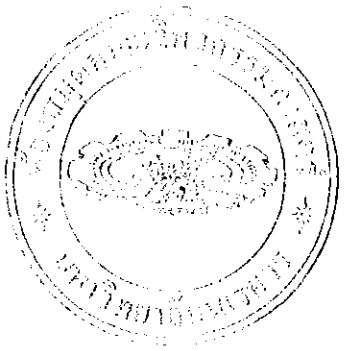




เครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง

HONEY EXTRACTOR CENTRIFUGAL

นายณภัค	โกมณเฑียร	รหัสนิสิต	51370805
นายปิยะบุตร	รัตนเสน	รหัสนิสิต	51370898

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2556

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 20 ก.ค. 2558
เลขทะเบียน 1689723
เลขเรียกหนังสือ มร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ส.ม. ๑๐ ๒๕๕๖

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน เครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง

ผู้ดำเนินโครงงาน นายณภภัค โกมณเฑียร รหัส 51370805

นายปิยะบุตร รัตนเสน รหัส 51370898

ที่ปรึกษาโครงงาน อาจารย์เสาวลักษณ์ ตองกลิ่น

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ครูช่างประเทือง โมรารายย

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ปีการศึกษา 2556

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(อาจารย์เสาวลักษณ์ ตองกลิ่น)

.....ที่ปรึกษาร่วม

โครงงาน(ครูช่างประเทือง โมรารายย)

.....กรรมการ

(อาจารย์ธนา บุญฤทธิ์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กวิน สนธิเพิ่มพูน)

หัวข้อโครงงาน	**เครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง**		
ผู้ดำเนินงานวิจัย	นายณภภัค	โกมณเทียร	รหัส 51370805
	นายปิยะบุตร	รัตนเสน	รหัส 51370898
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์เสาวลักษณ์	ตองกลิ่น	
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ครูช่างประเทือง	โมรารายย	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ปีการศึกษา	2556		

บทคัดย่อ

เครื่องคัดแยกน้ำผึ้งที่สร้างขึ้นในโครงงานนี้มีวัตถุประสงค์คือสามารถที่จะนำเครื่องคัดแยกน้ำผึ้งไปใช้งานในกระบวนการ ของการคัดแยกน้ำผึ้ง ที่มีคอนผึ้งขนาดเล็กเป็นขนาดเฉพาะของโครงการวิจัย เมื่อทำการคัดแยกน้ำผึ้งเสร็จแล้วสามารถนำรังผึ้งที่ติดอยู่กับคอนผึ้งนำกลับมาเลี้ยงผึ้งและใช้ในการคัดแยกน้ำผึ้งในครั้งต่อไปได้ โดยที่รังผึ้งไม่เกิดความเสียหาย ดังนั้นคณะผู้จัดทำโครงงานจึงมีแนวความคิดที่จะสร้างเครื่องคัดแยกน้ำผึ้งเป็นเครื่องต้นแบบ และนำมาใช้ในการคัดแยกน้ำผึ้ง โดยเครื่องคัดแยกน้ำผึ้งมีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ 2 ส่วน คือ แผงสำหรับใส่คอนผึ้งซึ่งสามารถบรรจุคอนผึ้งได้4คอนและมีระบบส่งกำลังโดยใช้แรงคน

จากการทดสอบเครื่องคัดแยกน้ำผึ้งพบว่า สามารถคัดแยกน้ำผึ้งได้ร้อยละ 82.51 และสามารถนำคอนเลี้ยงผึ้งกลับมาใช้ได้โดยที่ไม่ทำให้คอนเลี้ยงผึ้งเกิดความเสียหาย โดยใช้ความเร็วรอบของเครื่องอยู่ที่ 250 – 300 รอบ/นาที เวลาที่เหมาะสมในการคัดแยกอยู่ที่ 5 นาที/ครั้ง และสมการแสดงถึงประสิทธิภาพในการสลัดในช่วงเวลา 2 – 5 นาที คือ $y = 20.63 + 13.34x$ การขายน้ำผึ้ง ขวดละ 200 บาท ในจำนวน 96 ขวดจะถึงจุดคุ้มทุนพอดี

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเรื่องเครื่องคัดแยกน้ำผึ้งของคณะวิศวกรรมศาสตร์นี้ สามารถสำเร็จลุล่วงได้นั้น ต้องขอขอบพระคุณ อาจารย์เสาวลักษณ์ ตองกลิ่นอาจารย์ที่ปรึกษาเป็นอย่างยิ่งและครูช่าง ประเทือง โมรารายที่ปรึกษาร่วม ที่ให้คำปรึกษาคำแนะนำในการทำโครงงานนี้เป็นอย่างดีตลอดมา

ขอขอบคุณอาจารย์และบุคลากรของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกท่านที่คอยให้คำแนะนำตักเตือนและให้ความดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดี

และขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาที่ทำให้มีกำลังใจในการทำงานและขอบคุณเพื่อน พี่ น้อง ในภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและได้ร่วมทุกข์ร่วมสุขกันมาตลอดเส้นทางนี้

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม

นายณภภัค โกมณเฑียร

นายปิยะบุตร รัตนเสน

พฤศจิกายน 2556

สารบัญ

หน้า

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

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ที่มาและเหตุผล.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....1
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Out put).....1
1.4 เกณฑ์การชี้วัดผลสำเร็จ (Out come).....1
1.5 ขอบข่ายในการดำเนินโครงการ.....2
1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงการ.....2
1.7 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน.....2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น.....3
2.1 น้ำต้อยและน้ำผึ้ง.....3
2.2 ลักษณะรวงรังและเซลล์.....4
2.3 คอนผึ้ง.....5
2.4 แรงเหวี่ยง.....5
2.5 แรงหนีศูนย์กลางและหลักของการเหวี่ยงแยก.....7
2.6 งานและพลังงาน.....8
2.7 ความหนืดของของไหล.....9
2.8 เหล็กกล้าไร้สนิม.....10
2.9 เฟือง.....12
2.10 ตลับลูกปืน.....13

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงการ....15

3.1 ขั้นตอนการศึกษาและเก็บข้อมูล....15

3.2 ออกแบบโครงสร้างการทำงานของเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง....15

3.3 ขั้นตอนการจัดหาอุปกรณ์และเครื่องมือ....16

3.4 ขั้นตอนการประกอบสร้างเครื่องคัดแยกน้ำผึ้งโครงการวิจัย....16

3.5 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องคัดแยกน้ำผึ้งโครงการวิจัย....17

3.6 ขั้นตอนการทดสอบและแก้ไขปรับปรุง....17

3.7 ขั้นตอนการสรุปผลการทำวิจัย....18

บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงการ....19

4.1 ศึกษาและเก็บข้อมูลเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง....19

4.2 ขั้นตอนการออกแบบเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง....22

4.3 ขั้นตอนการจัดหาวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ....23

4.4 สร้างเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง....26

4.5 การทดลองเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง....29

4.6 การหาประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง....30

4.7 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง....31

4.8 วิเคราะห์ต้นทุน....34

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน....37

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน....37

5.2 ข้อเสนอแนะ....37

บรรณานุกรม....38

ภาคผนวก ก คู่มือการใช้งานและบำรุงรักษา....39

ภาคผนวก ข การคำนวณในออกแบบเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง....45

ภาคผนวก ค ตารางเปรียบเทียบเฟืองดอกจอก....51

ภาคผนวก ง แบบ Drawing เครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง....53

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน....2

4.1 ตารางค่าความหนืดของน้ำผึ้งวัดที่อุณหภูมิห้องภูมิห้องที่ 29 C˚....21

4.2 ตารางค่าความหนืดของน้ำผึ้งวัดที่อุณหภูมิห้องภูมิห้องที่ 36 C˚....22

4.3 ตารางค่าเฉลี่ยน้ำหนักคอนผึ้งเปล่า....30

4.4 ตารางเปรียบเทียบผลการทดลองของเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง....31

4.5 ตารางแสดงรายการค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง....34

ก.1 ตารางข้อมูลจำเพาะของเครื่องจักร....40

ข.1 ตารางแสดงการคำนวณประสิทธิภาพ....48

ข.2 ตารางแสดงค่าเฉลี่ย....50

ค.1 ตารางเปรียบเทียบเฟืองดอกจอก....52

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 รูปน้ำผึ้ง....4
2.2 รูปเซลล์รูปหกเหลี่ยมด้านเท่า....5
2.3 รูปคอนผึ้ง....5
2.4 รูป Stainless Steels....10
2.5 รูปเหล็กกล้าไร้สนิมชนิด 304....11
2.6 รูปลักษณะของเฟืองดอกจอก....13
2.7 รูปส่วนประกอบของ Ball Bearing....13
3.1 รูปแสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง....17
4.1 วัดขนาดของคอนเลี้ยงผึ้ง....19
4.2 เตรียมน้ำผึ้งใส่บิ๊กเกอร์....20
4.3 วัดความหนืดน้ำผึ้งและอ่านค่า....20
4.4 รูปตัวถังสแตนเลสและแบบก้นถัง....23
4.5 ฝาปิดถังสแตนเลส....23
4.6 วาล์วปิด – เปิด....24
4.7 โครงสร้างสำหรับใส่แผงคอนผึ้ง....24
4.8 ตัวล็อกโครงสร้างแผงคอนผึ้ง....24
4.9 เฟืองดอกจอก....25
4.10 ชุดตลับลูกปืน....25
4.11 ด้ามจับหมุน....26
4.12 โครงสร้างขาตั้งเครื่องสแตนเลสทรงสี่เหลี่ยม....26
4.13 แบบโครงสร้างใส่คอนผึ้ง....27
4.14 แบบของตัวถัง....27
4.15 โครงสร้างขาตั้งเครื่องเครื่อง....28
4.16 การใส่ตลับฟรี....28
4.17 ชุดส่งกำลังมือหมุน....29
4.18 รูปตัวเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง....29
4.19 แสดงคอนน้ำผึ้งหลังการคัดแยก....32
4.20 แสดงกลุ่มของข้อมูลของเปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำผึ้ง....32

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.21 กราฟแสดงสมการถดถอย....33
4.22 กราฟแสดงจุดตัดของสมการจุดคุ้มทุน....36
ก.1 เครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง....40
ก.2 นำคอนผึ้งใส่ในเครื่องคัดแยก....41
ก.3 ปิดฝาเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง....42
ก.4 ทดลองหมุนเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง....42
ก.5 เปิดวาล์วให้น้ำผึ้งไหลออกจากเครื่อง....43
ก.6 ทำความสะอาดเครื่องหลังใช้งาน....43

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและเหตุผล

เนื่องจากภาควิชาชีววิทยาคณะวิทยาศาสตร์มีการทำโครงการวิจัยผึ้งมหาวิทยาลัยนเรศวร มีการทำรังเลี้ยงผึ้งที่ประหยัดต้นทุนสามารถเลี้ยงภายในครัวเรือนและทำธุรกิจขนาดเล็กได้ ในการเก็บผลผลิตที่ได้จากผึ้งนั้นยังไม่มีเครื่องคัดแยกน้ำผึ้งมารองรับ เพราะปัจจุบันมีแต่เครื่องที่ใช้ในธุรกิจน้ำผึ้งที่มีขนาดใหญ่ราคาสูงมีการเคลื่อนย้ายลำบาก และไม่สามารถที่จะใช้ในการคัดแยกของโครงการวิจัยได้

ทางกลุ่มโครงงานจึงมีการออกแบบเครื่องคัดแยกน้ำผึ้งเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยผึ้ง โดยมีความสามารถนำน้ำผึ้งออกจากคอนอย่างรวดเร็ว ช่วยถนอมคอนให้ได้มากที่สุด และน้ำผึ้งที่ออกมามีความสะอาดถูกสุขลักษณะ

เครื่องคัดแยกน้ำผึ้งมีลักษณะการออกแบบให้ใช้แรงเหวี่ยงโดยมีแรงเหวี่ยงจากจุดศูนย์กลางในการทำงาน โดยใช้การหมุนจากมือเพื่อสลัดให้น้ำหวานออกจากคอนเลี้ยงผึ้ง อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อจะนำคอนเลี้ยงผึ้งกลับมาใช้ใหม่ และตัวเครื่องคัดแยกสามารถทำการเคลื่อนย้ายได้สะดวก เหมาะสำหรับโครงการการวิจัยผึ้ง และสามารถนำเครื่องคัดแยกน้ำผึ้งไปพัฒนาต่อได้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 มีการออกแบบเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง

1.2.2 เครื่องคัดแยกน้ำผึ้งสามารถเก็บผลผลิตจากรังเลี้ยงผึ้งได้

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

สามารถสร้างเครื่องต้นแบบคัดแยกน้ำผึ้งที่เหมาะสมกับคอนที่มีขนาดเฉพาะ
(มีใช้ในโครงการวิจัยผึ้ง มหาวิทยาลัยนเรศวร)

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลความสำเร็จ (Outcome)

สามารถคัดแยกน้ำผึ้งออกจากคอนได้สำเร็จร้อยละ 80

1.5 ขอบข่ายในการดำเนินโครงงาน

1.5.1 โดยการออกแบบเครื่องคัดแยกน้ำผึ้งสำหรับคอนขนาดความกว้าง 26 เซนติเมตร ความยาว 21 เซนติเมตร ความหนา 1.9 เซนติเมตร ±0.5 เซนติเมตร

1.5.2 ชนิดของผึ้งเป็นผึ้งโพรง

1.5.3 ใช้วัสดุถังสเตนเลส AISI 304 Food

1.5.4 สามารถคัดแยกได้ครั้งละ 4 คอน

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

1.6.1 อาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.6.2 โครงการวิจัยผึ้งภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน (Gantt Chart)

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน (Gantt Chart) เดือน ก.ค. 2555 - ม.ค. 2556

ลำดับ	การดำเนินงาน	เดือน						
		ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.
1.7.1	ศึกษาทฤษฎีและออกแบบเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง							
1.7.2	ขั้นตอนการจัดหาอุปกรณ์และเครื่องมือ							
1.7.3	ขั้นตอนการประกอบสร้างเครื่อง							
1.7.4	ทดสอบและปรับปรุง							

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 น้ำต้อยและน้ำผึ้ง

น้ำผึ้งเป็นผลผลิตของน้ำหวานจากดอกไม้ ที่ผึ้งนำมาเก็บสะสมไว้และเปลี่ยนขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพบางประการแล้วสะสมไว้ในรังผึ้ง ผึ้งที่นำมาเลี้ยงส่วนใหญ่เป็นผึ้งโพรงและผึ้งพันธุ์ น้ำผึ้งที่ได้จากผึ้งเลี้ยงนี้มีคุณสมบัติเหมือนกับน้ำผึ้งที่ได้ตามธรรมชาติ และยังสามารถเจาะจงให้ได้น้ำผึ้งจากแหล่งของดอกไม้ตามความต้องการ เช่น น้ำผึ้งจากสวนลำไยหรือสวนลิ้นจี่เป็นต้น

2.1.1 น้ำต้อย (Nectar)

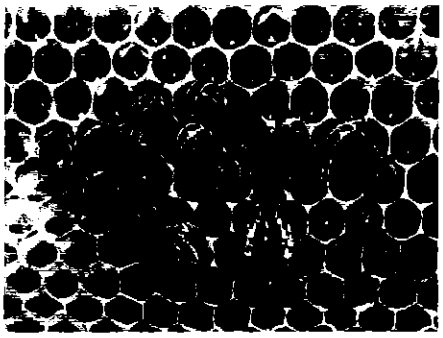
เป็นของเหลวรสหวานที่ผลิตโดยดอกไม้ จากน้ำและสารอาหารที่รากพืชดูดมาจากดิน หรือใบพืชดูดมาจากอากาศ โดยมีกระบวนการสังเคราะห์แสงด้วยแสงในเซลล์ที่ใบของพืชเข้ามาเกี่ยวข้อง เพื่อเปลี่ยนวัตถุดิบเหล่านี้ให้กลายเป็นสารละลายน้ำตาล ซึ่งจะปรากฏเป็นน้ำต้อยในดอกไม้ หรือที่ปรากฏเป็นน้ำหวานที่ตาใบพืช

2.1.2 น้ำผึ้ง (Honey)

เกิดจากผึ้งที่ไปเก็บรวบรวมน้ำต้อยของดอกไม้หรือต่อมน้ำหวานจากส่วนอื่นของต้นไม้ เมื่อผึ้งงานพบน้ำต้อย หรือน้ำหวานจะดูดเก็บมาไว้ที่กระเพาะพักน้ำผึ้ง ซึ่งมีเอ็นไซม์จากต่อมน้ำลาย คือ เอ็นไซม์อินเวอร์ทเทส (Invertase) มาทำให้น้ำหวานมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมี โดยจะเปลี่ยนน้ำตาลในน้ำหวานให้กลายเป็นน้ำตาลอินเวอร์ท (Invert Sugar) ซึ่งเป็นน้ำตาลที่ไม่พบตามธรรมชาติ ผึ้งจะนำน้ำหวานนี้มาไว้ในหลอดรวงน้ำผึ้งซึ่งมักจะอยู่ส่วนบนของรัง การที่ผึ้งกระพือปีกและระบายความร้อนในรังผึ้งจะบ่มให้น้ำหวานเข้มข้นขึ้นจนได้น้ำหวานข้นเหนียวที่เรียกว่า "น้ำผึ้งสุก" ดังรูปที่ 2.1

2.1.2.1 น้ำผึ้งที่ได้จากกระบวนการที่กล่าวมาแล้วนี้ตามธรรมชาติ และสลัดออกมาจากรวงผึ้งโดยที่ไม่ผ่านการเติมหรือไม่นำสิ่งใดเข้าไปทั้งนั้นจึงจะเรียกว่า น้ำผึ้ง

2.1.2.2 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำผึ้งที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.4225 น้ำผึ้ง 3,785 มิลลิลิตร (1 แกลลอน) หนัก 5,357 กรัม



รูปที่ 2.1 น้ำผึ้ง

ที่มา : http://board.postjung.com/552403.html

2.2 ลักษณะรวงรังและเซลล์

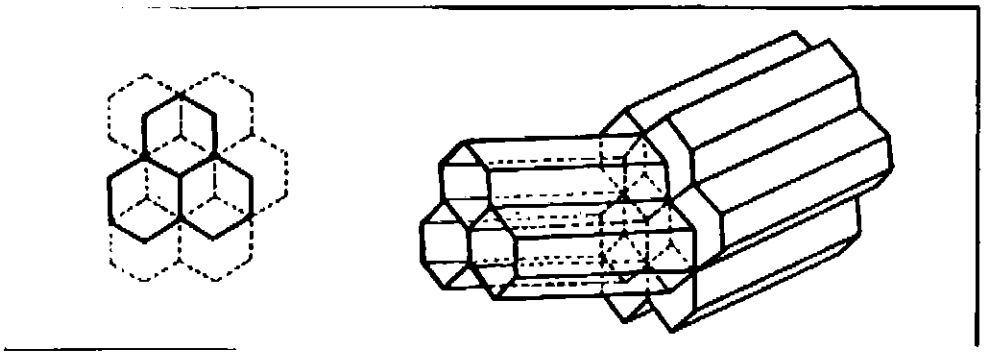
ลักษณะรวงรัง (Comb) ตามด้านตัดขวาง จะพบว่าประกอบด้วยเซลล์รูปหกเหลี่ยมด้านเท่าจำนวนพันๆ เซลล์ ฐานของเซลล์หนาประมาณ 0.0889 มิลลิเมตร (0.0035 นิ้ว) ผนังเซลล์หนาประมาณ 0.635 มิลลิเมตร (0.0025 นิ้ว) เมื่อเซลล์ถูกใช้แล้วด้านในจะเล็กลงเพราะติดผิวหรือปลายปลอกของดักแด้เดิมอยู่ ผึ้งงานจะเอาผิวของดักแด้ออกเพื่อให้เซลล์ใหญ่ขึ้นและใช้ได้อีก

การศึกษาวิจัยการสร้างรวงรังของผึ้งพันธุ์พบว่า ผึ้งสร้างไขจากต่อม (Wax Gland) 100 แผ่นจะมีน้ำหนักเพียง 25 มิลลิกรัม ผึ้งงานตัวหนึ่งจะใช้ไขผึ้งประมาณ 13 มิลลิกรัม หรือประมาณ 50 แผ่นในการสร้างเซลล์ผึ้งงานหนึ่งหลอด และประมาณ 30 มิลลิกรัม หรือ 120 แผ่นสำหรับเซลล์ผึ้งตัวผู้หนึ่งหลอด

ผึ้งงานจะเก็บน้ำผึ้งไว้ในเซลล์ผึ้งงานและเซลล์ผึ้งตัวผู้ที่ว่าง แต่ในสภาพธรรมชาติมันจะเก็บไว้ในรวงของผึ้งตัวผู้ก่อน หรือบริเวณส่วนบนของรวงรัง และมักเก็บเกสรดอกไม้ไว้ในเซลล์ผึ้งงานเซลล์ที่อยู่บริเวณกลางรังจะเป็นเซลล์สำหรับตัวอ่อนหรือหนอน

ลักษณะการใช้งานของหลอดเซลล์ภายในรวงรัง โดยทั่วไปพบว่าด้านข้างและด้านบนของบริเวณเซลล์ตัวหนอนจะเป็นที่เก็บละอองเกสร ซึ่งจะเห็นเป็นแถบกว้าง 1 - 2 นิ้ว และบริเวณที่เก็บน้ำผึ้งมักอยู่เหนือเซลล์ที่เก็บละอองเกสรบริเวณรวงรังด้านบนสุด

จากธรรมชาติที่ผึ้งสร้างรวงรังห้อยลงซ้อนๆ กันโดยภายในรวงรังจะเก็บน้ำผึ้งไว้เหนือเซลล์ที่เก็บตัวหนอนและเกสรดอกไม้ ดังที่กล่าวไปแล้วนักเลี้ยงผึ้งได้สังเกตปรากฏการณ์นี้ และได้นำมาดัดแปลงประยุกต์ในการเลี้ยงผึ้งเพื่อสร้างรวงผึ้งที่เก็บเฉพาะน้ำผึ้ง โดยแบ่งหีบเลี้ยงออกเป็นหลายๆ ชั้นส่วนชั้นล่างเป็นหีบเลี้ยงตัวอ่อน และมีหีบบน (Supers) เพื่อให้ผึ้งใช้เก็บน้ำผึ้งโดยเฉพาะ อายุของรวงรังสามารถสังเกตได้จากสีของมัน รวงผึ้งที่มีสีเข้มก็แสดงว่าเป็นรวงผึ้งที่เก่ามีอายุการใช้งานมานานแล้ว



รูปที่ 2.2 เซลล์รูปหกเหลี่ยมด้านเท่า

ที่มา : หนังสือชีววิทยาของผึ้ง (Biology of Honey Bees)

2.3 คอนผึ้ง

คอนผึ้งมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส วัสดุทำด้วยไม้และขึงลวดกับรังเทียม**เข้าด้วยกันเฟรมคอนผึ้งแขน**คอนจับมีขนาดความกว้าง 26 เซนติเมตร ความยาว 21 เซนติเมตร ความ**หนา 1.9 เซนติเมตร** ±0.5 เซนติเมตร ดังรูปที่ 2.2 ส่วนใหญ่เฟรมจะเป็นขนาดใหญ่เฟรมเล็กไม่เคยมี **มีแต่ที่โครงการวิจัยผึ้งมหา**วิทยาลัยนเรศวรได้จัดทำขึ้นมา

รูปที่ 2.3 คอนผึ้ง

ที่มา : โครงการวิจัยผึ้ง ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยนเรศวร

2.4 แรงเหวี่ยง

2.4.1 ทอร์กกับการเคลื่อนที่แบบหมุน

จากความรู้เดิมในเรื่องของโมเมนต์เราจะเรียกโมเมนต์ของแรงรอบจุดหมุนว่า “ทอร์ก” โดยทอร์กเป็นปริมาณเวกเตอร์มีขนาดเท่ากับแรงคูณระยะทางที่ลากจากจุดหมุนมาตั้งฉากกับแนวแรง และทิศทางของทอร์กมีทิศตั้งฉากกับระนาบการหมุน

การหาทิศทางของทอร์ก (τ) ทำได้โดยใช้มือขวาในลักษณะกาง นิ้วชี้ นิ้วกลางและนิ้วหัวแม่มือให้ตั้งฉากซึ่งกันและกัน แล้ววางนิ้วชี้ตามแนวรัศมี (r) พุ่งออกจากจุดหมุน ส่วนนิ้วกลางวางแนวชี้ไปทางทิศของแรง (F) จะได้ว่านิ้วหัวแม่มือ ชี้ทิศทางของทอร์ก

จากนิยาม $\tau = Fr$ (2.1)

เมื่อ F คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุในทิศตั้งฉากกับรัศมีของการหมุน หน่วย นิวตัน

r คือ รัศมีของการหมุนของวัตถุ หน่วย เมตร

τ คือ ทอร์กของแรง หน่วย นิวตัน.เมตร

เมื่อมีแรง F_t มากะทำต่อมวล m ในทิศตั้งฉากกับแท่งวัตถุเล็กๆ ตลอดเวลาโดยแนวแรง F_t สัมผัสกับแนววงกลมหรือตั้งฉากกับรัศมี r

จากฎข้อ 2 ของนิวตัน

$$F_t = ma_t \quad (2.2)$$

หรือ F_t.

$$r = ma_t r \quad (2.3)$$

ถ้าภายในช่วงเวลาสั้นๆ Δt ขนาดของความเร็วในแนวเส้นสัมผัสเปลี่ยนไป Δv และขนาดของความเร็วเชิงมุมเปลี่ยนไป $\Delta\omega$ จะได้ว่า

$$\Delta v = r\Delta\omega \qquad (v = \omega r) \quad (2.4)$$

หรือ $$\frac{\Delta v}{\Delta v} \frac{r\Delta\omega}{\Delta v} \quad (2.5)$$

ดังนั้น $a_t = r\alpha$ (2.6)

แทนค่า a_t ใน (1) จะได้ว่า

$$r = mr^2\alpha \quad (2.7)$$

จึงได้ว่า $\tau = mr^2\alpha$ (2.8)

และ $\alpha = \tau\, mr^2$ (2.9)

แสดงว่าเมื่อใช้ทอร์กค่าหนึ่งกระทำต่อวัตถุ ถ้าวัตถุมีค่า mr^2 มากจะหมุนโดยมีความเร่งเชิงมุม (α) น้อยค่า mr^2 จึงบอกถึงสมบัติการต้านการเปลี่ยนแปลงสภาพการหมุนหรือความเฉื่อยของการหมุนของวัตถุ ซึ่งเรียกว่า โมเมนต์ความเฉื่อย (I) จึงได้ว่า

$$I = mr^2 \qquad (2.10)$$

โมเมนต์ความเฉื่อยเป็นปริมาณสเกลาร์มีหน่วยเป็นกิโลกรัมเมตรกำลังสอง ดังนั้น ค่าทอร์ก อาจเขียนใหม่ได้ว่า

$$\tau = I\alpha \qquad (2.11)$$

จากสมการที่ได้พบว่าทอร์ก และความเร่งเชิงมุม มีทิศทางเดียวกัน

จากการศึกษาในขั้นสูงขึ้นต่อไปพบว่าค่าโมเมนต์ความเฉื่อยขึ้นอยู่กับมวลและการกระจายของมวลและที่สำคัญอย่างยิ่งคือแกนหมุนดังนั้นการบอกค่าโมเมนต์ความเฉื่อยต้องบอกด้วยว่าหมุนรอบแกนใด

2.5 แรงหนีศูนย์กลางและหลักของการเหวี่ยงแยก

หลักการของการเหวี่ยงแยกเป็นแรงที่ทำให้อนุภาคของแข็งและอนุภาคของเหลวเคลื่อนที่เป็นวงกลมผ่านชั้นของเหลวในแนวหนีศูนย์กลาง ซึ่งกระทบกับขอบภาชนะก่อให้เกิดการดึงอนุภาคลงในแนวดิ่ง

2.5.1 แรงเหวี่ยงที่กระทำต่ออนุภาคให้เคลื่อนที่ในแนวแรงหนีศูนย์กลาง มีลักษณะทำให้อนุภาคเคลื่อนที่เป็นวงกลม สร้างสมการความสัมพันธ์ดังสมการที่ 1

$$F_C = ma_C \qquad (2.12)$$

ปกติความเร่งหนีศูนย์กลาง(a_C) ขึ้นกับรัศมี, ความเร็วเชิงมุม และความเร็วเชิงเส้น ดังนั้น

$$F_C = mr\omega^2 = \frac{mv^2}{r} \qquad (2.13)$$

เมื่อ F_C = แรงเหวี่ยงที่กระทำต่ออนุภาคเพื่อให้อยู่ในทางเดินวงกลม (kg/m^{2}s หรือ N)

a_C = ความเร่งหนีศูนย์กลาง (m/s^2)

r = รัศมีของทางเดิน (m)

m = มวลของอนุภาค (kg)

ω = ความเร็วเชิงมุมของอนุภาค (rad/s)

v = ความเร็วเชิงเส้นสัมผัส (m/s)

N = ความเร็วการหมุน (rpm)

ในกรณีที่ความเร็วรอบแสดงในรูปรอบต่อนาที (rpm) หรือ r/min

$$\omega = 2\pi N/60 \tag{2.14}$$

และ $$F_C = mr(2\pi N/60)^2 = 0.011mrN^2 \tag{2.15}$$

จะเห็นได้ว่าปริมาณแรงเหวี่ยงจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นกับรัศมี ความเร็วของการหมุน และมวลของอนุภาค ถ้ารัศมีและความเร็วของการหมุนคงที่ ดังนั้นปัจจัยที่ควบคุมคือน้ำหนักของอนุภาค โดยอนุภาคที่หนักกว่าจะมีแรงเหวี่ยงที่มากระทำมากกว่า

ในขณะที่แรงโน้มถ่วงโลก (F_g) ซึ่งเป็นผลจากแรงดึงดูดของโลกที่กระทำต่ออนุภาค สร้างสมการความสัมพันธ์ได้ดังสมการที่ 4

$$F_g = mg \tag{2.16}$$

เมื่อ F_g = แรงโน้มถ่วงโลก (kg/m^{2}s หรือ N)

m = มวลของอนุภาค (kg)

g = แรงโน้มถ่วงของโลก = 9.81 m/s^2

ถ้าเปรียบเทียบแรงหมุนเหวี่ยงกับแรงดึงดูดของโลกที่กระทำกับต่ออนุภาคดังสมการที่ 6

$$\frac{F_c}{F_g} = \frac{0.011}{g} rN^2 \tag{2.17}$$

2.6 งานและพลังงาน

กำลัง (Power) จากความรู้เรื่องงานพบว่างานที่เกิดจะเกี่ยวข้องกับแรง และการกระจัดเท่านั้น ไม่เกี่ยวกับปริมาณอื่น เช่น ไม่เกี่ยวข้องกับเวลา แต่ยังมีปริมาณที่เกี่ยวข้องกับงานและเวลาที่ใช้ในการเกิดงานอีก เช่น งานที่ทำใช้เวลาน้อยเรากล่าวว่าจะมีกำลังมากกว่าในช่วงงานที่ทำในเวลาที่มากกว่า

นิยาม กำลัง คือ อัตราที่ทำงานหรืองานที่เกิดขึ้นในหนึ่งหน่วยเวลา

กำหนดให้ W คือ งานที่ทำได้ มีหน่วยเป็นจูล (J)

t คือ เวลาที่ใช้ในการทำงาน มีหน่วยเป็นวินาที (s)

P คือ กำลัง

จากนิยามของกำลังเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$P = \frac{W}{t}$$

$$P = \frac{F \cdot S}{t} \qquad (2.18)$$

หน่วยของกำลัง คือ J/s หรือเรียกว่า Watt (วัตต์) " W "

การหากำลังของวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว V

ได้ว่า $P = FV$ (2.19)

2.7 ความหนืดของของไหล

2.7.1 ความหนืด (Viscosity)

เมื่อของไหลมีการเคลื่อนที่ แต่ละโมเลกุลของของไหลจะมีการเคลื่อนที่ชนกันไปมาตลอดเวลาด้วยทิศทางที่ไม่แน่นอน ซึ่งจะส่งผลให้การเคลื่อนที่ของของไหล หรือการเคลื่อนที่ของวัตถุในของไหลทั้งระบบช้าลง เรียกว่า เกิดความหนืด (Viscosity) ขึ้นในของไหล

ความหนืด คือ คุณสมบัติของของเหลวในการต้านวัตถุที่เคลื่อนที่ในของเหลวนั้น

2.7.1.1 วัตถุที่มีความหนืดมาก ก็จะเกิดแรงหนืดน้อย เพื่อต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุในของเหลวนั้น แต่เราต้องออกแรงมาก

2.7.1.2 วัตถุที่มีความหนืดน้อย ก็จะเกิดแรงหนืดมาก เพื่อใช้ต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุในของเหลวนั้น แต่เราต้องออกแรงน้อย

2.7.2 สมการของสโตกส์

สโตกส์ เมื่อวัตถุทรงกลมรัศมี r เคลื่อนที่ในของไหล แรงต้านของของไหลเนื่องจากความหนืดเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราเร็วของทรงกลมตันเทียบกับของไหล

สมการของสโตกส์

$$F = 6\pi\eta r v \qquad (2.20)$$

เมื่อ F คือ แรงหนืด

η คือ สัมประสิทธิ์

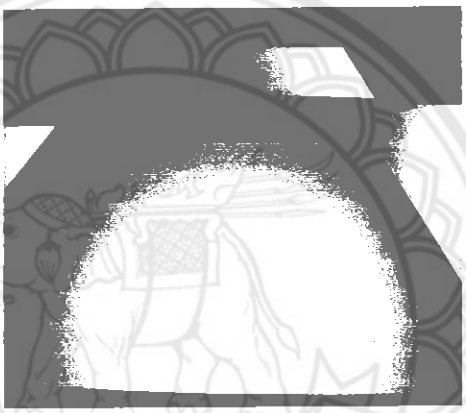
r คือ รัศมีของลูกกลมโลหะ

V คือ อัตราเร็วของลูกกลมโลหะ

2.8 เหล็กกล้าไร้สนิม

เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steels) มักจะถูกเลือกใช้ในงานวิศวกรรม เนื่องจากมีคุณสมบัติในการทนต่อการกัดกร่อนได้ดีเลิศในทุกสภาวะ การที่เหล็กกล้าไร้สนิมสามารถทนต่อการกัดกร่อนได้ดีเพราะมีปริมาณโครเมี่ยมผสมอยู่จำนวนมาก เหล็กกล้าไร้สนิมจะไร้สนิมได้จะต้องมีปริมาณโครเมี่ยมผสมอยู่อย่างน้อยร้อยละ 12 โครเมี่ยมเหล่านี้จะเกิดเป็นโลหะออกไซด์เพื่อป้องกันการกัดกร่อนของโลหะผสมเหล็ก โครเมี่ยมและเหล็กกล้าไร้สนิมที่เกิดฟิล์มออกไซด์ขึ้นที่ผิวได้นั้น เหล็กกล้าไร้สนิมจะต้องถูกวางอยู่ในสภาวะที่มีสารออกไซด์

โดยทั่วไป เหล็กกล้าไร้สนิมจะบ่งออกได้เป็น 4 ประเภทคือ Ferritic, Martensitic, Austenitic และ Precipitation-Hardening



รูปที่ 2.4 Stainless Steels

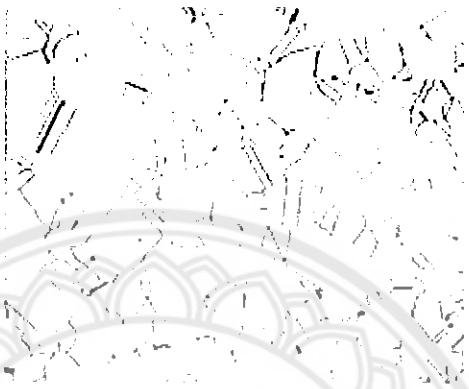
ที่มา : http://image.made-in-china.com/2f0j00tCaTnweBrMkv/Stainless-Steel-Sheets-Plates.jpg

2.8.1 เหล็กกล้าไร้สนิม Austenitic

เหล็กกล้าไร้สนิม Austenitic เป็นโลหะที่ประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ชนิดคือ เหล็ก-โครเมี่ยม-นิกเกิ้ลโดยจะมีโครเมี่ยมอยู่ร้อยละ 16 - 25 และนิกเกิ้ลร้อยละ 7 - 20 โลหะผสมชนิดนี้เรียกว่า Austenitic เพราะโครงสร้างภายในประกอบด้วยเฟสของ Austenite (FCC, เหล็ก γ) ในช่วงอุณหภูมิที่มีการดำเนินการบำบัดด้วยความร้อน เนื่องจากนิกเกิลมีโครงสร้างผลึกแบบ FCC จึงทำให้โครงสร้างทั้งหมดโดยรวมยังคงเป็นแบบ FCC ที่อุณหภูมิห้อง ตารางที่ 9.12 ได้รวบรวมองค์ประกอบทางเคมี สมบัติเชิงกล และประโยชน์ของเหล็กกล้าไร้สนิม Austenitic ชนิด 301, 304 และ 347 ไว้

โดยทั่วไปเหล็กกล้าไร้สนิมแบบ Austenitic จะมีความทนต่อการกัดกร่อนได้ดีกว่าเหล็กกล้าไร้สนิมชนิด Ferritic และ Matensitic แต่อย่างไรก็ตามถ้าโลหะผสมเหล่านี้ถูกเชื่อมและ

ค่อยๆ ทำให้เย็นตัวลงอย่างช้าๆ จากอุณหภูมิที่สูงๆ จะทำให้โลหะผสมอาจเกิดการกัดกร่อนแบบ Intergranular ได้ง่าย เพราะว่าคาร์ไบด์ที่มีโครเมี่ยมอยู่จะตกตะกอนที่บริเวณขอบเขตเกรน ปัญหาเช่นนี้อาจแก้ไขได้ในระดับหนึ่งโดยการลดประมาณคาร์บอนในโลหะผสมเป็นร้อยละ 0.03 (โลหะผสมชนิด304L) หรือโดยการเติมธาตุอัลลอยด์บางชนิด เช่น โคลัมเบียน (นิโอเบียน) (โลหะผสมชนิด 347) เพื่อไปรวมตัวกับคาร์บอนในโลหะผสมแทนดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 เหล็กกล้าไร้สนิมชนิด 304
ที่มา : หนังสือวัสดุวิศวกรรม

แสดงโครงสร้าง Microstructure ของเหล็กกล้าไร้สนิมชนิด 304 ซึ่งถูก Annealed ที่อุณหภูมิ 106°C จะเห็นได้ว่าแตกต่างกับกรณีของเหล็กกล้าชนิด 440 (รูปที่ 9.57)

2.8.2 ลักษณะเด่นของ Austenitic Stainless Steel

2.8.2.1 เชื่อมได้ดีเยี่ยม

2.8.2.2 สามารถดัดและขึ้นรูปได้

2.8.2.3 ไม่สามารถทำ Heat Treatment เพิ่มได้

2.8.2.4 การขึ้นรูปเย็น (Cold Work) จะทำให้เหล็กแข็งขึ้น

2.8.2.5 มีสมรรถนะดีเยี่ยมที่อุณหภูมิต่ำ (Low Temperature)

2.8.2.6 ทนต่อการกัดกร่อนได้ดีเยี่ยม (Excellent Corrosion Resistance)

2.8.2.7 แม่เหล็กดูดไม่ติด

2.8.2.9 ทำความสะอาดได้ดีถูกตามสุขลักษณะ

2.8.3 ประโยชน์ของการใช้งาน Stainless Steel

2.8.3 ประโยชน์ของการใช้งาน Stainless Steel

2.8.3.1 ใช้ได้ในสิ่งแวดล้อมที่กัดกร่อน (Corrosive Environment)

2.8.3.2 ใช้งานที่อุณหภูมิสูง (High Temperature) ป้องกันการเกิดคราบออกไซด์และยังคงความแข็งแรง

2.8.3.3 มีความแข็งแรงสูงเมื่อเทียบกับมวล (High Strength Vs. Mass)

2.8.3.4 เหมาะกับงานที่ต้องการสุขอนามัย (Hygienic Condition) ต้องการความสะอาดสูง

2.8.3.5 ไม่ปนเปื้อน (No Contamiation) ป้องกันการทำปฏิกิริยากับสารเร่งปฏิกิริยา

2.9 เฟือง (Gear)

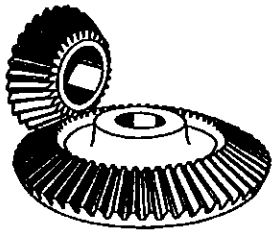
การถ่ายทอดการหมุนจากต้นกำลังนั้นทำได้หลายวิธี เช่น ด้วยการใช้สายพาน โซ่ ล้อความฝืด เป็นต้น ล้อความฝืดก็คือ ล้อสองล้อที่ถูกกดให้ติดกันเมื่อล้อหนึ่งหมุนหรือเป็นล้อขับก็จะทำให้อีกล้อหนึ่งหมุนตาม เพราะผิวหน้าของล้อทั้งสองเกิดความฝืด เนื่องจากการสัมผัสแต่ถ้าหากมีภาระมากๆ เช่น มีการส่งกำลังสูงๆ จะทำให้เกิดการลื่นไถลการส่งกำลังจึงไม่แม่นยำ เพื่อที่จะแก้ไขข้อเสียเหล่านี้จึงได้มีการนำเอาฟันเฟืองมาติดไว้ที่ผิวของล้อโดยรอบล้อจึงมีลักษณะเป็นล้อฟันเฟืองซึ่งต่อๆ มาเราจึงเรียกว่า "เฟือง" ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่สามารถส่งกำลังหรือถ่ายทอดการหมุนได้แม่นยำเที่ยงตรง เฟืองทำขึ้นมาเพื่อวัตถุประสงค์ในการใช้สำหรับการส่งกำลังในลักษณะของแรงบิด (Torque) โดยการหมุนของตัวเฟืองที่มีฟันอยู่ในแนวรัศมีโดยการส่งกำลังจะสามารถเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีฟันตั้งแต่สองตัวขึ้นไป

2.9.1 เฟืองดอกจอก (Bevel Gears)

เฟืองดอกจอกใช้สำหรับส่งกำลังผ่านเพลาที่ทำมุมใดๆ ต่อกันเฟืองดอกจอกอาจจะเรียกได้ว่าเป็นเฟืองกรวยตัด (Conical Gear) ทั้งนี้เพราะเฟืองดอกจอกชนิดนี้ผลิตขึ้นมาจากรูปแบบของกรวย (Conical Bank) การรับแรงของเฟืองดอกจอกก็มีส่วนคล้ายคลึงกับเฟืองตรงและเฟืองเฉียง ดังนั้นหลักการในการคำนวณจึงมีส่วนคล้ายกัน เฟืองดอกจอกจะต้องผลิตขึ้นมาเป็นคู่เพื่อใช้เฉพาะงานและไม่สามารถจะสลับการใช้งานกับเฟืองอันอื่นๆ ได้เหมือนกับเฟืองตรง หน้าที่การใช้งานของเฟืองดอกจอกเฟืองดอกจอกเป็นที่ใช้ส่งกำลังเพื่อเปลี่ยนทิศทางของเพลาหรือเพลาสามารถทำมุมได้ 90 องศา และเป็นเฟืองที่ให้กำลังในการส่งมากส่วนใหญ่เป็นเฟืองของรถยนต์

ลักษณะของเฟืองดอกจอกชนิดธรรมดาที่สุดจะมีฟันเป็นฟันตรงซึ่งจะเรียกว่าเฟืองดอกจอกฟันตรงหรือเฟืองดอกจอกเหมาะสำหรับการใช้งานที่ความเร็วพิตช์ไม่เกิน 5 m/s แต่อย่างไร

ก็ตามถ้าผิวหน้าของฟันเฟืองผ่านการปรับแต่อย่างดี เช่น ทำการเจียระไน (Grinding) ก็อาจใช้งานได้ถึงความเร็วพิตช์ 50 m/s โดยไม่เกิดเสียงดังจนเกินไปนัก เฟืองดอกจอกมีรูปแบบ ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ลักษณะของเฟืองดอกจอก

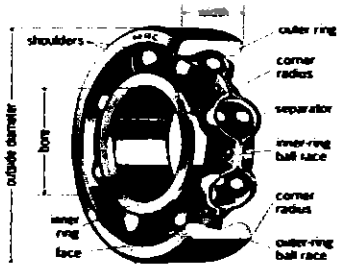
ที่มา : http://www.utc.ac.th/~chaowalit/e-learning/index8.html

2.10 ตลับลูกปืน

ตลับลูกปืนเป็นลักษณะของแบริ่งที่รับแรง โดยอาศัยลักษณะที่แบริ่งที่มีผิวสัมผัสแบบกลิ้ง (Rolling Contact) ประกอบด้วยร่องลึกเป็นทางกลิ้งสำหรับลูกกลิ้งทรงกลม เป็นลักษณะแบริ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ใช้ปริมาณสารหล่อลื่นน้อย ติดตั้งง่ายและสามารถหาเปลี่ยนได้สะดวกเมื่อเกิดการชำรุด สามารถรับแรงได้ทั้งแรงรุน (Thrust Load) กับแนวในแกนรัสมี (Radial Load) ได้พร้อมกัน ข้อดีอีกประการนึงของการใช้ตลับลูกปืน คือ ใช้พื้นที่ในแนวแกน (Axial Space) น้อยเหมาะกับชุดตัดเฉือนที่ค่อนข้างจะมีพื้นที่ในการใช้สอยน้อย ถึงแม้อายุการใช้งานของตลับลูกปืนเองค่อนข้างสั้น แต่หากพิจารณาในด้านความปลอดภัยก็ถือว่าเหมาะสม

2.10.1 บอลแบริ่ง (Ball Bearing)

บอลแบริ่งหรือตลับลูกปืน ซึ่งประกอบด้วยวงแหวนเหล็กกล้า 2 วงที่แยกออกจากกันด้วยลูกกลิ้งทรงกลม ลูกกลิ่งเหล่านี้รับแรงมาจากวงแหวนวงหนึ่ง แล้วส่งแรงนี้ผ่านไปยังวงแหวนอีกวงหนึ่งโดยการกลิ้งไปบนวงแหวน ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ส่วนประกอบของ Ball Bearing

ที่มา : http://www.ie.psu.ac.th/student_performance/Bearing/index2.html

2.10.2 ข้อดีของโรลลิ่งแบริ่ง

มีความเสียดทานขณะสตาร์ตน้อย (Low Startting Friction Ttorque) จึงเหมาะสำหรับเครื่องจักรกลที่มีการเดินเครื่องหรือหยุดเครื่องบ่อยครั้ง และง่ายต่อการหล่อลื่นและดูแลรักษา โดยเฉพาะชนิดที่อัดด้วยไขข้น หรือจาระบีมาจากโรงงานด้วยแล้วเกือบไม่ต้องดูแลเกี่ยวกับการหล่อลื่นอีกเลย ทำการติดตั้งง่าย ใช้พื้นที่ทางด้านแกนน้อย และสามารถทราบได้ว่าแบริ่งกำลังจะเสีย โดยการสังเกตุจากเสียงดังซึ่งผิดไปจากปกติ

ในส่วนของข้อเสียของโรลแบริ่ง คือใช้เนื้อที่ทางด้านรัศมีมากกว่า มีอายุการใช้งานสั้น ทั้งนี้เนื่องมาจากความเค้นที่เกิดขึ้นมีค่าสูง และกระทำซ้ำกันจึงทำให้วัตถุเกิดความล้า และเมื่อมีแรงกระแทกทำให้อายุการใช้งานลดลงได้มาก

บทที่ 3
วิธีดำเนินโครงการ

3.1 ขั้นตอนการศึกษาและเก็บข้อมูล

3.1.1 การออกแบบเครื่องคัดแยกน้ำผึ้งอเนกประสงค์ ได้รวบรวมเอาข้อมูลที่เกี่ยวกับรูปแบบลักษณะของรังเลี้ยงผึ้งของอาจารย์สมลักษณ์ เพื่อนำมาออกแบบชิ้นส่วนเครื่องกลโดยนำเอาความรู้เกี่ยวกับเครื่องจักรกลเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ผนวกกับความรู้ทางด้านเครื่องจักรกลการเกษตรโดยนำเอาระบบการทำงานต่างๆ ที่ใช้ในเครื่องคัดแยกในอุตสาหกรรมการเกษตรผลิตน้ำผึ้งมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบ

3.1.2 ทำการศึกษาส่วนลักษณะส่วนประกอบของของคอนเลี้ยงผึ้ง (Frame) เพื่อนำมาในกระบวนการออกแบบเครื่องคัดแยกเพราะคอนเลี้ยงผึ้ง (Frame) มีลักษณะเฉพาะ และเป็นตัวกำหนดลักษณะโครงสร้างภายในของเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง

3.1.3 หลักการทำงานศึกษาความเป็นไปได้ ในการประยุกต์ใช้รูปแบบของเครื่องคัดแยกน้ำผึ้งในอุตสาหกรรมการเกษตร หาหลักการทำงานในการเก็บผลผลิตน้ำผึ้ง ว่ามีลักษณะการเก็บแบบใดบ้าง แล้วนำวิธีที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมที่สุด มาใช้กับเครื่องคัดแยกน้ำผึ้งโครงการวิจัย

3.1.4 การออกแบบทำการออกแบบโดยนำข้อมูลที่ทำการศึกษา นำมาประกอบในการออกแบบโครงสร้างเครื่องคัดแยกน้ำผึ้งเพื่อวางระบบการทำงานและส่วนประกอบต่างๆ ในการทำงาน และเตรียมหาแนวทางการแก้ไขและปรับปรุง

3.2 ออกแบบโครงสร้างการทำงานของเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง

3.2.1 ออกแบบส่วนของโครงสร้างตัวถังส่วนรองรับน้ำผึ้งเราจะคำนึงถึงขนาดตัวถังขนาดของโครงสร้างขนาดของคอนเลี้ยงผึ้งให้มีความสมดุล กลไกในตัวถังและความเผื่อช่องว่างของโครงสร้างภายในและวัสดุที่ใช้ต้องถูกสุขลักษณะ (จากการคำนวณในภาคผนวก ข.)

3.2.2 ออกแบบส่วนโครงสร้างภายในออกแบบโดยคำนึงถึงความแข็งแรงภาระรับน้ำหนักของคอนผึ้งกับน้ำหนักของน้ำผึ้งมีความสมดุจของโครงสร้างและการดูแลรักษาโดยใช้หลักการทางวิศวกรรมอุตสาหการ

3.2.3 ระบบการส่งกำลังเป็นระบบปรับปรุงรักษาได้ง่ายไม่มีความซับซ้อนเหมาะกับขนาดตลับลูกปืนและอัตราทดของเฟืองมีความปลอดภัยในการใช้งาน โดยใช้หลักการทางวิศวกรรมอุตสาหการ

3.2.4 ส่วนการไหลของน้ำผึ้งมีการหาตำแหน่งการไหลที่เหมาะสมกับโครงสร้างภายในของเครื่องคัดแยกและสะดวกต่อการเก็บผลิตภัณฑ์น้ำผึ้ง

3.3 ขั้นตอนการจัดหาอุปกรณ์และเครื่องมือ

มีการเตรียมอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการผลิต และการแปรรูปวัสดุ ที่นำมาประกอบเพื่อเป็นส่วนประกอบโครงสร้างเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง และมีความต้องการวัสดุที่มีคุณภาพในการผลิตจึงต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติของวัสดุหลักๆ แต่ละประเภทดังนี้

ก. ลักษณะการใช้งาน

ข. ประเภทของวัสดุ

ค. คุณภาพตามการใช้งาน

ง. หาซื้อได้ทั่วไปตามท้องตลอด

จ. การบำรุงรักษา

3.3.1 การจัดหาวัสดุและอุปกรณ์

3.3.1.1 สแตนเลส 304 (Stainless Steels)

เนื่องจากสแตนเลสทนต่อการกัดกร่อน และไม่ปนเปื้อนสารทำปฏิกิริยาต่ออาหาร และสามารถทำความสะอาดได้ง่าย

3.3.1.2 เฟืองดอกจอก (Bevel Gears)

เนื่องจากเป็นเฟืองที่สามารถส่งกำลังได้มากเหมาะกับการใช้งานของ เครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง

3.3.1.3 ตลับลูกปืน

เนื่องจากสามารถรับแรงได้และหาวัสดุได้ง่าย

3.3.1.4 เพลา

ใช้ในการส่งกำลังขับเคลื่อนต่อจากเฟือง

3.4 ขั้นตอนการประกอบสร้างเครื่องคัดแยกน้ำผึ้งโครงการวิจัย

3.4.1 ศึกษารายละเอียดของกระบวนการผลิตเพื่อจัดลำดับการทำงานในแต่ละชิ้นงานตามแบบที่กำหนดไว้

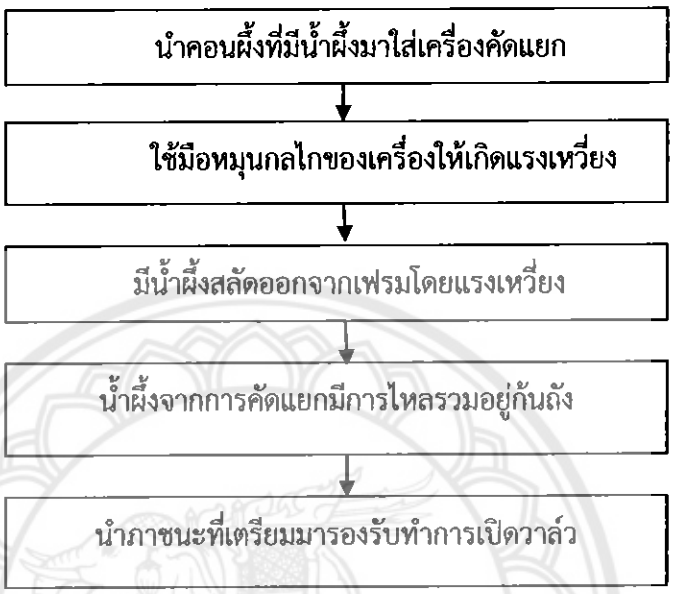
3.4.2 ศึกษาเทคนิคและการใช้เครื่องมือในการผลิตอย่างละเอียดเพื่อป้องกันความผิดพลาดและอุบัติเหตุในการทำงาน

3.4.3 ชี้แจงรายละเอียดขั้นตอนการปฏิบัติงานสำดับการผลิตในแต่ละชิ้นงาน

3.4.4 ปฏิบัติงานตามแผนงานการดำเนินงานที่กำหนดไว้และทำการบันทึกข้อมูลเชิงปริมาณระหว่างการดำเนินงาน

3.4.5 เก็บรวบรวมข้อมูลในการปฏิบัติงานทั้งหมดทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพเพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางแก้ไข ดังรูปที่ 3.1

3.5 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง

3.6 ขั้นตอนการทดสอบและแก้ไขปรับปรุง

3.6.1 การทดสอบระบบการทำงานของเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง

3.6.1.1 เป็นขั้นตอนการทดสอบผลงานที่ได้ทำการประกอบสร้างโดยการนำเครื่องคัดแยกน้ำผึ้งที่ ผลิตเสร็จแล้วมาทำการทดสอบในส่วนของโครงสร้างภายในที่ใช้รับน้ำหนักของเฟรมเลี้ยงผึ้งและภาระขณะที่เครื่องกำลังทำงานได้โดยไม่มีการหักหรือเสียหาย

3.6.1.2 ทดสอบในส่วนของการไหลของน้ำผึ้งที่ออกจากเฟรมมีการไหลของน้ำผึ้ง อย่างมีประสิทธิภาพและให้น้ำผึ้งเหลือน้อยและจากคอนมากที่สุดโดยสังเกตจากสายตา

3.6.1.3 ทดสอบด้านความเร็วรอบในการคัดแยกน้ำผึ้งเพื่อหาความเร็วรอบอย่างเหมาะสมกับตัวเครื่องคัดแยกน้ำผึ้งและเวลาที่เหมาะสมในการคัดแยก

3.6.2 การปรับปรุงแก้ไข

3.6.2.1 วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทดสอบในส่วนต่างๆ

3.6.2.2 เก็บรวบรวมข้อมูลในการทดสอบทั้งหมด เพื่อหาแนวทางแก้ไขในข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น

3.6.2.3 ดำเนินการแก้ไขปัญหา

3.6.3 การประเมินผลหลังการปรับปรุง

ประเมินการทำงานของเครื่องและทำการจดบันทึกข้อมูลระหว่างทำการประเมิน

3.7 ขั้นตอนการสรุปผลการทำวิจัย

ในการดำเนินงานดังกล่าวข้างต้น หากกระบวนการผลิตสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้ตรงตามเป้าหมาย หรือสูงกว่าเป้าหมายที่กำหนดไว้ ให้นำวิธีการปฏิบัติงานมาจัดทำเป็นมาตรฐานเพื่อใช้เป็นแบบแผนในการปฏิบัติงานครั้งต่อไป แต่การปฏิบัติงานต้องมีการตรวจสอบคุณภาพอยู่เสมอ เพื่อตรวจสอบว่าการผลิตมีคุณภาพตรงตามเกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จที่กำหนดไว้หรือไม่

บทที่ 4
ผลการดำเนินโครงการ

4.1 ศึกษาและเก็บข้อมูลเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง

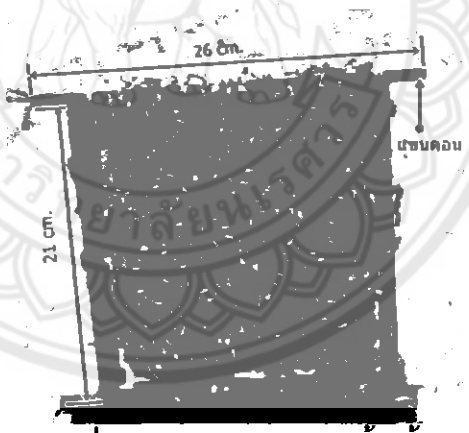
ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและรูปแบบของเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง และนำคอนเลี้ยงผึ้งที่วัดขนาดแล้วมาวิเคราะห์รูปแบบและขนาดของคอนผึ้งเพื่อศึกษาความเหมาะสมของขนาด และนำข้อมูลที่ได้มาสร้างเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง เพื่อให้ประโยชน์แก่โครงการวิจัยผึ้ง คณะวิทยาศาสตร์

4.1.1 ศึกษาลักษณะจำเพาะของคอนเลี้ยงผึ้งและน้ำผึ้ง

ศึกษาหาขนาดของคอนเพื่อนำไปออกแบบโครงสร้างภายในเครื่องและหาความหนืดของน้ำผึ้งเพื่อไปคำนวณหารอบที่จะสามารถสลัดน้ำผึ้งให้หลุดออกจากคอน

4.1.1.1 ขนาดของคอนเลี้ยงผึ้ง

ทำการวัดค่าขนาดของคอนเลี้ยงผึ้ง โดยวัดขนาดแขนคอน ความกว้าง × ความยาว × ความหนา ทำการวัดคอนเลี้ยงผึ้งมีวิธีการวัดดังรูปที่ 4.1 จำนวน 10 คอน โดยมีขนาดเฉลี่ย 26 ซ.ม × 21 ซ.ม × 1.9 ซ.ม



รูปที่ 4.1 วัดขนาดของคอนเลี้ยงผึ้ง

ที่มา : โครงการวิจัยผึ้ง ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยนเรศวร

4.1.1.2 วัดค่าความหนืดของน้ำผึ้ง (Viscosity of Honey)

วัดค่าความหนืดของน้ำผึ้ง การนำน้ำผึ้งของผึ้งโพรงมาทำการทดลองในเครื่องวัดความหนืดของน้ำผึ้ง (Viscosity of Honey) โดยการทำการทดลองโดยใช้เครื่องวัดความหนืดอาหารของเหลว ยี่ห้อ VISCOMETER รุ่น RVDV II ได้ทำการทดลองที่อุณหภูมิห้องกับอุณหภูมิภายนอก โดยวิธีการทดลองดังรูปที่ 4.2 ได้ผลดังตารางที่ 4.1

นำน้ำผึ้งของผึ้งโพรงมาใส่บีกเกอร์ประมาณ 700 มิลลิตร เพื่อทำการทดสอบ

รูปที่ 4.2 เตรียมน้ำผึ้งใส่บิ๊กเกอร์

ทำการเทียบเข็มเครื่องวัดและทำการ RUN เครื่องอ่านค่าที่ต้องการทราบ ดังรูปที่ 4.3

รูปที่ 4.3 วัดความหนืดน้ำผึ้งและอ่านค่า

เมื่อทำการวัดค่าความหนืดของน้ำผึ้งจากนั้นนำค่าที่ได้จากการทดลองนำค่ามาเฉลี่ยเพื่อนำค่าเฉลี่ยไปทำการคำนวณหาความเร็วรอบที่ทำให้น้ำผึ้งหลุดออก

ตารางที่ 4.1 ค่าความหนืดของน้ำผึ้งได้ทำการวัดที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิภายนอกใช้เข็ม RV เบอร์ SO 1 ที่อุณภูมิห้องที่ 29 C˚

อุณหภูมิ องศาเซลเซียส (C˚)	รอบเครื่องวัด (รอบ/นาที)	ทอร์ค (นิวตัน.เมตร)	Centipoise cps	Pascal /Second (นิวตัน.เมตร²)
29.1	0.5	20.2	4220	422
29.0	1.0	41.5	4160	416
29.0	2.5	82.8	4145	415
			เฉลี่ย	417

1 Centipoise = 1 mPa s (Millipascal Second) 1 Poise = 0.1 Pa s (Pascal Second) Centipoise = Centistoke x Density

ตารางที่ 4.2 ค่าความหนืดของน้ำผึ้งได้ทำการวัดที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิภายนอกใช้เข็ม RV เบอร์ SO 1 ที่อุณหภูมิห้องที่ 36 C˚

อุณหภูมิ องศาเซลเซียส (C˚)	รอบเครื่องวัด (รอบ/นาที)	ทอร์ค (นิว.เมตร)	Centipoise cps	pascal /Second (นิวตัน.เมตร²)
36.4	0.5	9.1	1820	182
36.4	1	17.9	1780	178
36.4	2	35.4	1770	177
35.7	2.5	44.5	1776	177
35.7	4	70.7	1772	176
35.6	5	89.2	1778	177
			เฉลี่ย	177

4.2 ขั้นตอนการออกแบบเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง

ออกแบบเครื่องคัดแยกน้ำผึ้งโดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังรูปในภาคผนวก ค

4.2.1 การออกแบบส่วนตัวถังที่รองรับน้ำผึ้ง

ในส่วนของโครงสร้างตัวถังและส่วนก้นถังรองรับน้ำผึ้ง มีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางตัวถัง 63 เซนติเมตร และความหนา 1 มิลลิเมตร โดยวัสดุที่ใช้ผลิตเครื่องคัดแยกน้ำผึ้งคือสแตนเลส 304 Food Grade เพราะใช้ในอุสาหกรรมอาหารและสามารถทำความสะอาดง่ายไม่ขึ้นสนิม ส่วนก้นถังมีลักษณะรูปทรงกรวยสามเหลี่ยมเพื่อการไหลของน้ำผึ้ง

4.2.2 โครงสร้างใส่คอนผึ้ง

ส่วนโครงสร้างรับคอนผึ้งมีการออกแบบให้ใส่คอนผึ้งในลักษณะแนวนอน โดยหันหัวคอนผึ้งออกจากแกนเพลาดังรูปที่ 4.7 เพราะน้ำผึ้งส่วนมากจะอยู่ช่วงหัวคอนและสามารถใส่คอนผึ้งได้ครั้งละ 4 คอน ต่อการคัดแยกน้ำผึ้ง1ครั้งสามารถถอดประกอบทำความสะอาดได้ง่าย

4.2.3 ระบบส่งกำลัง

ออกแบบระบบส่งกำลังโดยใช้กำลังจากผู้ปฏิบัติงานในลักษณะมือหมุนเป็นต้นกำลัง ส่งกำลังโดยชุดเฟืองดอกจอกเพราะในการทำงานเก็บน้ำผึ้งนั้นมักจะทำกันในส่วนจึงไม่มีไฟฟ้า

4.2.4 ส่วนรับแรง

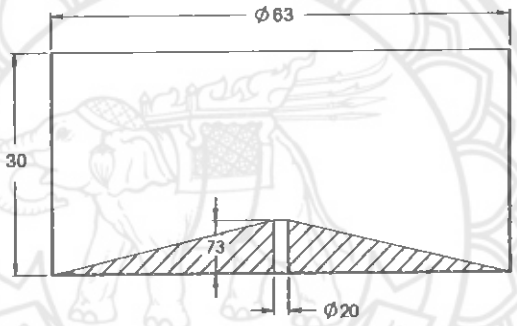
การออกแบบส่วนรับแรงในส่วนโครงสร้างมีลักษณะเป็นขาโต๊ะใช้รองรับน้ำหนักตัวถังและชุดส่งกำลังโดยใช้เหล็กโครงสร้างหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 3.2 ซม. x 3.2 ซม. มาใช้เพราะทำให้น้ำหนักเครื่องไม่มากจนเกินไป และสะดวกในการเคลื่อนย้าย

4.3 ขั้นตอนการจัดหาวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ

จัดหาวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ที่จะนำมาสร้างเครื่องสลัดน้ำผึ้ง

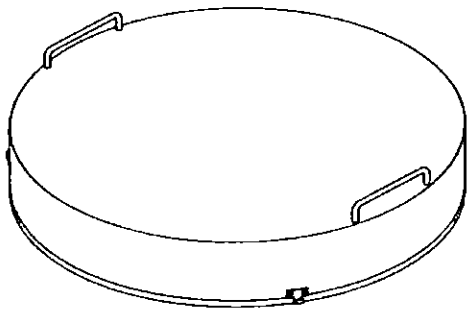
4.3.1 อุปกรณ์ส่วนถังรองรับน้ำผึ้ง

4.3.1.1 ถังสแตนเลสขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 63 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ส่วนของตัวถังสแตนเลสจะอยู่ในช่วงกลางของตัวเครื่องและส่วนก้นถังของถังสแตนเลสเป็นทรงกรวย



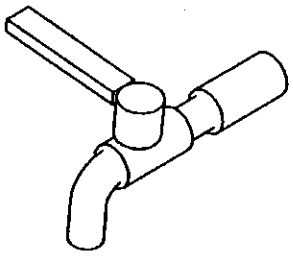
รูปที่ 4.4 ตัวถังสแตนเลสและแบบก้นถัง

4.3.1.2 ส่วนของฝาปิดถังสแตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 63 เซนติเมตร สูง 12 เซนติเมตร ฝาถัง สแตนเลสจะอยู่ในช่วงบนของตัวเครื่อง



รูปที่ 4.5 ฝาปิดถังสแตนเลส

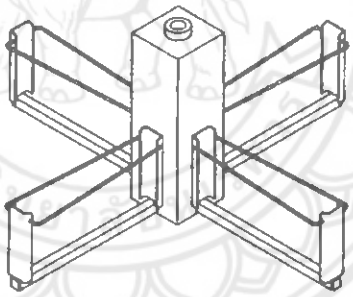
4.3.1.3 ส่วนของวาล์วปิด – เปิด น้ำผึ้งจากถังขนาด (1/2 นิ้ว) จะอยู่ติดกับก้นถัง



รูปที่ 4.6 วาล์วปิด – เปิด

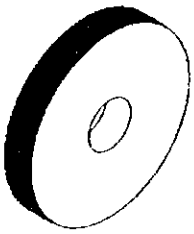
4.3.2 อุปกรณ์ส่วนโครงสร้างใส่คอนผึ้ง

4.3.2.1 ส่วนโครงสร้างใส่คอนผึ้ง สแตนเลสรูปตัวซีหนา 0.1 เซนติเมตร **สแตนเลสเส้นกลม ขนาด** 0.6 เซนติเมตร โครงสร้างใส่คอนผึ้งจะอยู่ด้านในของตัวถังสแตนเลส



รูปที่ 4.7 โครงสร้างใส่แผงคอนผึ้ง

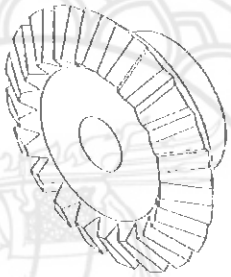
4.3.2.2 ตัวล็อกโครงสร้างใส่คอนผึ้งกับแกนเพลาส่งกำลัง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.4 เซนติเมตร จะอยู่ในช่วงบนของตัวโครงสร้างใส่คอนผึ้งซึ่งจะใช้ตัวล็อคหมุนประกอบเข้าทางด้านบนโครงสร้างใส่คอนผึ้ง



รูปที่ 4.8 ตัวล็อกโครงสร้างแผงคอนผึ้ง

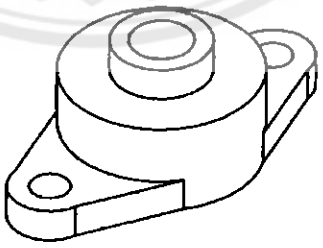
4.3.3 อุปกรณ์ส่วนของระบบส่งกำลัง

4.3.3.1 **ชุดเฟืองดอกจอก** M3 – 4020 / M3 – 2030 **มีขนาดดังตารางที่** ค.2 **(หน้าที่** 50) **อยู่ในช่**วงล่างติดกับเพลามีหน้าที่ส่งกำลัง



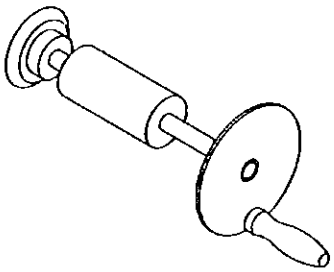
รูปที่ 4.9 เฟืองดอกจอก

4.3.3.2 ชุดตลับลูกปืนมีขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร **อยู่ในช่วงล่างของตัวเครื่อง**อยู่ติดกับเพลา



รูปที่ 4.10 ชุดตลับลูกปืน

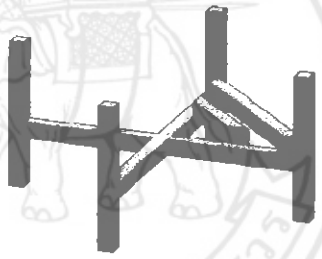
4.3.3.3 ด้ามจับในการหมุนส่งกำลังของเครื่อง อยู่ช่วงล่างของตัวเครื่องติดกับชุดโครงสร้างขาตั้ง



รูปที่ 4.11 ด้ามจับหมุน

4.3.4 อุปกรณ์ส่วนโครงสร้างรับตัวเครื่อง

4.3.4.1 โครงสร้างขาตั้งเครื่องสแตนเลสหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 3.2 ซม. × 3.2 ซม. จะอยู่ช่วงล่างของเครื่อง



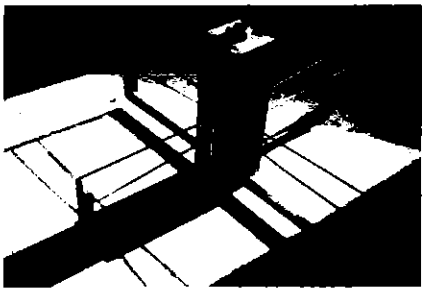
รูปที่ 4.12 โครงสร้างขาตั้งเครื่องสแตนเลสทรงสี่เหลี่ยม

4.4 สร้างเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง

ประกอบและติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆตามที่ออกแบบไว้

4.4.1 ส่วนของโครงสร้างใส่คอนน้ำผึ้ง

นำสแตนเลสมาทำการตัดให้ได้ขนาดลักษณะตามแบบแล้วทำชิ้นส่วนมาทำการเชื่อมติดกันเป็นโครงสร้างโดยการเชื่อมมิก



รูปที่ 4.13 แบบโครงสร้างใส่คอนน้ำผึ้ง

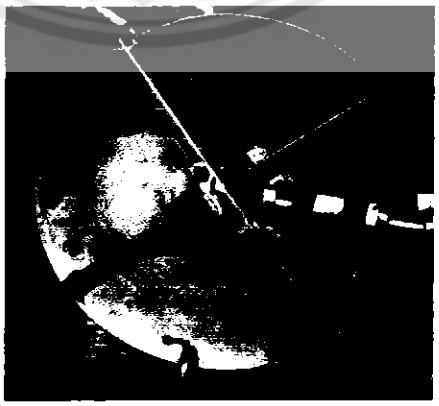
4.4.2 ส่วนของตัวถังรองรับน้ำผึ้ง

นำสแตนเลสมาตัดเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าและทำการเชื่อมและส่วนก้นถังทำการตัดแผ่นสแตนเลสแล้วทำการเข้าเครื่องม้วนแล้วทำการเชื่อมโดยการเชื่อมมิกขนาดตามแบบ

รูปที่ 4.14 แบบของตัวถัง

4.4.3 ส่วนโครงสร้างขาตั้งเครื่อง

นำสแตนเลสหน้าตัดกล่องมาทำการตัดให้ได้ขนาดตามแบบแล้วทำการเชื่อมให้เป็นโครงสร้างตามดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 โครงสร้างขาตั้งเครื่อง

4.4.4 ส่วนระบบส่งกำลัง

นำชิ้นส่วนมาประกอบกันเป็นชุดหมุน

4.4.4.1 ทำการกลึงเฟืองขับให้ได้ขนาดพอดีแล้วทำการอัดตลับฟรีเข้าไป (ตลับฟรีจะมีลักษณะการทำงานคล้ายกับการปั่นจักรยานแล้วปล่อยให้เฟืองหมุนฟรี)

รูปที่ 4.16 การใส่เฟืองตลับฟรี

4.4.4.2 นำตลับลูกปืนมาประกอบกับเหล็กโครงสร้างกลมกวงแล้วนำเฟืองดอกจอกในส่วนของเฟืองขับมาทำการใช้สกรูยึดติดกับเพลา และแกนมือหมุนแล้วทำการเชื่อมติดกับส่วนรับตัวเครื่องส่วนชุดเฟืองตาม เจาะรูยึดน็อตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ลักษณะดังรูปที่ 4.17

รูปที่ 4.17 ชุดส่งกำลังมือหมุน

4.4.5 ชิ้นส่วนต่างๆ หลังการประกอบ

เครื่องคัดแยกน้ำผึ้งแบบสำเร็จตรงตามแบบ ดังรูปที่ 4.18

รูปที่ 4.18 รูปตัวเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง

4.5 การทดลองเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง

การทดลองเครื่องคัดแยกน้ำผึ้งโดยการใช้มือหมุนเนื่องจากวันและเวลาที่ได้ทำการทดลองนั้น ผึ้งผลิตน้ำผึ้งลงในรังเลี้ยงได้น้อยมาก จึงทำให้ไม่ได้น้ำผึ้งตามที่ต้องการเพราะเหตุนี้ทางกลุ่มจึงได้นำน้ำผึ้งแท้ที่สามารถหาซื้อได้ทั่วไปนำมาเทใส่ลงในคอนผึ้ง เพื่อทำการทดลอง ซึ่งน้ำผึ้งที่นำมาทดลองนั้นได้มาจากผึ้งพันธุ์เดียวกันกับผึ้งเลี้ยงในโครงการวิจัย

ในการทดลอง คือ นำเอาน้ำผึ้งเทลงไปในคอนผึ้งทั้งสองด้านแล้วปล่อยให้น้ำผึ้งค่อยๆ ซึมลงไปในคอนใช้เวลาประมาณ 15 นาที ต่อคอน1ด้าน จากนั้นเริ่มทำการทดลองโดยใช้ความเร็วรอบ 250-300 ต่อนาที และทำการจับเวลาโดยการกำหนดเวลาเริ่มต้นที่ 2 นาที หลังจากหมุนแล้วนำคอนมาชั่งน้ำหนักดูว่า น้ำผึ้งออกในปริมาณเท่าไร หลังจากนั้นค่อยๆ เพิ่มเวลาจาก 2 นาที เพิ่มเป็น 3 นาที 4 นาที และ 5 นาทีตามลำดับ 250-300 รอบ/นาที คือ ช่วงเวลาที่ทำการทดลองนั้นความเร็วสูงสุดที่ใช้มือหมุนได้คือ 300 รอบ/นาที หลังจากนั้นผู้ทำการทดลองอาจเกิดความเมื่อยล้าจากการใช้มือหมุน จึงหยุดใช้มือหมุนประมาณ 2-3 วินาทีและปล่อยให้ตลับเฟืองฟรีทำงาน ซึ่งในช่วงที่ตลับฟรีทำงานความเร็วรอบจะลดลงจาก 300 รอบ/นาที เหลือ 250 รอบ/นาที หลังจากนั้นจึงใช้มือหมุนให้ความเร็วรอบเพิ่มขึ้นเช่นเดิม

4.6 การหาประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง

การหาประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกน้ำผึ้งหาได้จากสมการที่ (2.20) ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพ \%} = \frac{\text{ปริมาณน้ำผึ้งที่ได้จากคอนหลังจากการสลัด} \times 100}{\text{ปริมาณน้ำผึ้งก่อนสลัด}} \quad (2.21)$$

$$\text{ปริมาณน้ำผึ้งที่ได้หลังจากการสลัด} = \text{คอนน้ำผึ้งหลังจากการสลัด} - \text{น้ำหนักคอนเปล่า} \quad (2.22)$$

ตารางที่ 4.3 ตารางค่าเฉลี่ยน้ำหนักคอนผึ้งเปล่า

คอนผึ้ง (g)	น้ำหนัก (g)
1	410
2	390
3	420
4	380
ค่าเฉลี่ย	400

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบผลการทดลองของเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง

เวลา min	ครั้งที่	น้ำหนักคอนรวมน้ำหนักน้ำผึ้งก่อนสลัด (g)				น้ำหนักน้ำผึ้งหลังสลัด (g)				ประสิทธิภาพ	% เฉลี่ย
		1	2	3	4	1	2	3	4		
2	1	1030	1110	995	1110	785	780	770	810	38.06	38.06
3	1	1050	1015	1080	1040	665	645	680	660	59.39	59.49
	2	990	1100	1150	1090	640	690	660	675	59.50	
	3	1060	1000	1010	1030	670	645	640	655	59.60	
4	1	1010	980	1000	990	525	520	525	510	79.83	80.46
	2	1100	1010	1180	1040	540	520	530	520	80.61	
	3	1010	1080	990	990	515	530	510	445	80.96	
5	1	1020	1000	1110	1100	510	505	530	525	82.14	82.51
	2	1100	1020	980	990	520	510	500	510	82.30	
	3	1020	1110	980	1100	505	515	500	520	83.11	

หมายเหตุ * น้ำหนักน้ำผึ้งหลังสลัด = น้ำหนักคอนรวมน้ำหนักน้ำผึ้ง – น้ำหนักเฉลี่ยคอนผึ้งเปล่า

4.7 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองของเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง ตารางที่ 4.3 สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ดังนี้

4.7.1 ในการทดสอบเครื่องคัดแยกน้ำผึ้งโดยใช้ต้นกำลังจากการหมุนด้วยมือ สามารถหมุนให้ได้ความเร็วที่ออกมาจากเครื่องวัดรอบที่ความเร็วสูงสุด 300 รอบ/นาที แต่ความเร็วมักไม่คงที่เนื่องมาจากเกิดความเมื่อยล้าและการหมุนปั่นไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากการหมุนต้องหมุนถึงความเร็วสูงสุดและปล่อยให้ตลับฟรีหมุนประมาณ 2 – 3 วินาทีแล้วจึงหมุนต่อ ช่วงความเร็วในการทดลองจึงอยู่ในช่วง 250 - 300 รอบ/นาที

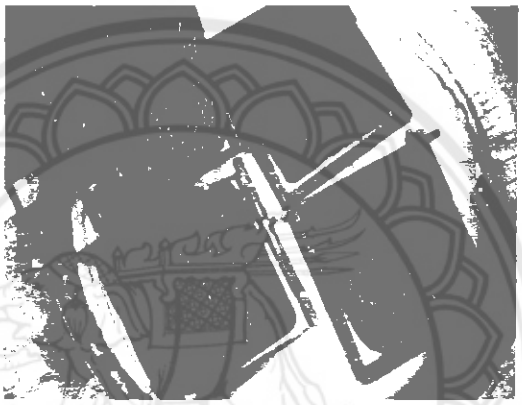
4.7.2 จากการคำนวณในภาคผนวก ข น้ำผึ้งจะเริ่มไหลออกประมาณในรอบที่ 0.1184 รอบต่อวินาที ไปเรื่อยๆ ในผลการทดลองจะเห็นได้ว่าช่วงเวลาที่ 4 นาที น้ำผึ้งที่ไหลออกมาเฉลี่ยประมาณร้อยละ 80 ซึ่งเป็นไปตามประสิทธิภาพที่ต้องการ เมื่อถึงเวลา 5 นาที (ทางผู้จัดทำโครงงานสังเกตุเห็นว่าน้ำผึ้งเริ่มไหลออกน้อยมากและมีความเมื่อยล้าเกิดขึ้น) ค่าประสิทธิภาพเริ่มจะคงที่ น้ำผึ้งไม่จะค่อยไหลออกหรืออาจจะไหลออกมาน้อยมาก สาเหตุเกิดจากน้ำผึ้งติดอยู่กับรวงผึ้งหรือติดอยู่กับเซลล์ ที่

แรงเหวี่ยงไม่สามารถทำให้น้ำผึ้งไหลออกได้ นอกจากนี้ประสิทธิภาพยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำผึ้ง ซึ่งส่งผลต่อการคัดแยกอีกด้วย

4.7.3 จากผลการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกน้ำผึ้งนี้ โดยใช้โปรแกรม Microsoft Office Excel ดังรูปที่ 4.20 จะได้สมการที่บอกแนวโน้มของประสิทธิภาพน้ำผึ้งดังสมการนี้

$$y = 20.63 + 13.34x \qquad (2.22)$$

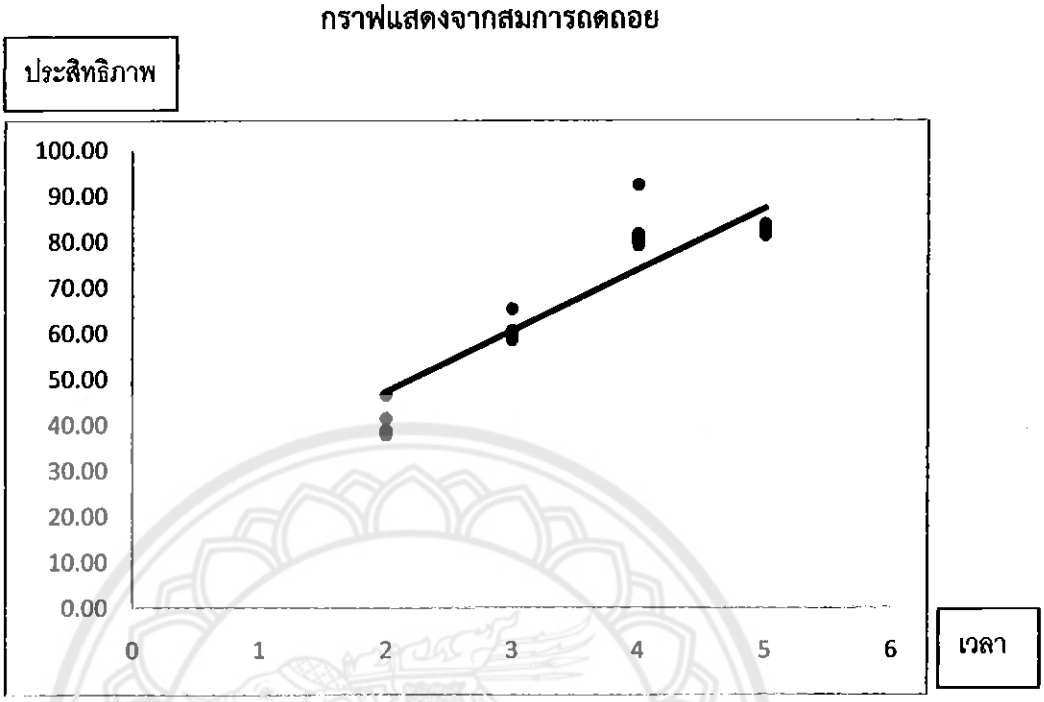
4.7.4 หลังการคัดแยกน้ำผึ้งออกจากคอน พบว่าคอนเลี้ยงผึ้งมีสภาพเดิม ร้อยละ100 ไม่มีการแตกหักหรือการชำรุด สามารถนำคอนกลับไปใช้เลี้ยงผึ้งต่อได้ ดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 แสดงคอนน้ำผึ้งหลังการคัดแยก

รูปที่ 4.20 แสดงกลุ่มของข้อมูลของเปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำผึ้ง

จากกราฟ พบว่าน้ำหนักน้ำผึ้งหลังจากการสลัด ไหลออกสูงสุดในช่วงเวลาที่ 5 นาที



รูปที่ 4.21 กราฟแสดงสมการถดถอย

จากกราฟมาจากการหาสมการถดถอย มีความสัมพันธ์ของข้อมูลกันในเชิงเส้นตรงเป็นความสัมพันธ์ระหว่าง เวลากับประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยก ดังนั้นสมการที่ได้ $y = 20.63 + 13.34x$ สามารถนำไปหาค่าประสิทธิภาพ ณ เวลา 2 – 5 นาที

4.5 วิเคราะห์ต้นทุน

ตารางที่ 4.5 แสดงรายการค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง

รายการ	ขนาด (เซนติเมตร)	จำนวน (หน่วย)	ราคา หน่วยละ	รวม (บาท)
แผ่นสแตนเลส เกรด 304 food	225 × 39 × 0.1	1	3,040	3,040
แท่งสแตนเลสรูปกล่องสี่เหลี่ยม	3.2 ×3.2 × 94	1	1,200	1,200
แท่งสแตนเลสรูปตัวซี	80 × 3 × 0.1	1	600	600
แท่งสแตนเลสขาตั้งหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส	3 × 3 × 412.5	1	320	320
เพลาสแตนเลส	Ø 1.9 × 54	1	520	520
สแตนเลสเส้นทรงกระบอก	Ø 0.3 × 94	1	200	200
เพลาเหล็กแกนหมุน	Ø 1.9 × 43.5	1	550	550
เหล็กเพลากลวง	Ø 6 × 13	1	120	120
เฟืองดอกจอก	M3 – 4020 / M3 – 2030	2	2,000	4,000
ลูกปืนตลับ	2 × 5 × 1.4	4	100	400
แบริ่งจับตลับลูกปืน	8x8x27	2	300	600
สกรูเกลียวหยาบ	1.4	6	40	240

ตารางที่ 4.5 แสดงรายการค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง (ต่อ)

รายการ	ขนาด (เซนติเมตร)	จำนวน (หน่วย)	ราคา หน่วยละ	รวม (บาท)
วาวล์ปิด – เปิด	25.4	1	160	160
สกรูตัวหนอน	0.4	2	30	60
ตัวล็อกฝากตัวถัง	2.5 x 4.7	3	100	300
ลูกยางวงแหวนกันรั่ว	Ø 1.9	1	10	40
แผ่นเหล็กเหนียวกลม	Ø 15	1	150	150
แกนไม้จับหมุน	12	1	80	80
ค่าแรงในการทำงาน (เหมาจ่าย)	-	-	-	3,000
	Fixed Cost		**รวม**	15,580
ค่าโสหุ้ย (ค่าน้ำมัน 300 บาท)	-	-	-	200
การออกแบบ (ค่าออกแบบชั่วโมงละ 50 บาท ทำงาน 4 ชั่วโมง)	-	-	-	400
	Variable Cost	-	**รวม**	600

ดังนั้น ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการสร้างเครื่องคัดแยกน้ำผึ้งมีค่าเท่ากับ Cost = Fixed cost x Variable cost **(2.23)**

= 15,580 + 600 = 16,180 บาท

4.8.1 วิเคราะห์จุดคุ้มทุน

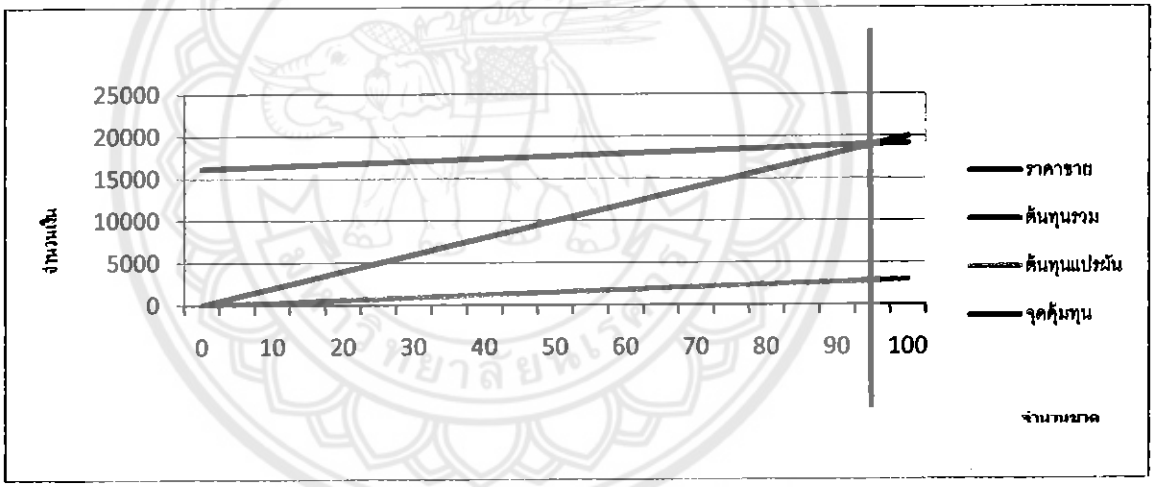
น้ำผึ้งของโครงการวิจัยผึ้งมหาวิทยาลัยนเรศวรมีราคาขายอยู่ที่ขวดละ 200 บาท ในปริมาณ 750 มิลิลิตรและมีต้นทุนผันแปรต่อหน่วย 30 บาท/หน่วย (30 บาท/หน่วย คือ ค่าขวด ค่าสติ๊กเกอร์)

จดคุ้มทุน = ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง / (ราคาขายสินค้าต่อหน่วย – ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย) **(2.24)**

= 16,180 / (200 - 30)

= 95.17

ดังนั้น ต้องขายน้ำผึ้งจำนวน 96 ขวด จึงจะคุ้มทุนเครื่องคัดแยกน้ำผึ้งดัง**รูปที่** 4.22



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงจุดตัดของสมการจุดคุ้มทุน

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

5.1.1 ทางด้านประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกน้ำผึ้งมีขนาด 63×63×26 เซนติเมตร การทำงานของเครื่องสามารถบรรจุคอนน้ำผึ้งได้ครั้งละ 4 คอน (สำหรับคอนขนาด 26×21×1.9) วางในลักษณะแนวตั้ง โดยใช้การส่งกำลังในการหมุนจากแรงคนทางด้านล่างของเครื่อง

5.1.2 ตัวเครื่องหมุนด้วยแรงคนจากผู้ทำโครงงาน ในความเร็วรอบ 250-300 รอบ/นาที พบว่าจะได้ประสิทธิภาพน้ำผึ้งจากการสลัดร้อยละ 82.51 ที่เวลา 5 นาที

5.1.3 การหาสมการถดถอยเพื่อหาประสิทธิภาพ (y) เทียบกับเวลา (x) ในช่วงเวลา 2-5 นาทีจะได้สมการเป็น $y = 20.63 + 13.34x$

5.1.4 จุดคุ้มทุนของเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง คือ การขายน้ำผึ้งที่ได้จากเครื่องคัดแยก โดยมีราคาขวดขวดละ 200 บาท ในจำนวน 96 ขวด จะถึงจุดคุ้มทุนพอดี

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบเครื่องคัดแยกน้ำผึ้งแบบใช้มือหมุนเป็นต้นกำลัง บรรจุได้ 4 คอน ในแนวตั้ง มีข้อเสนอแนะดังนี้

5.2.1 ควรมีการศึกษาออกแบบโดยใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า เพื่อที่จะได้จำนวนรอบเพิ่มขึ้นและลดความเมื่อยล้า

5.2.2 ก่อนใช้งานเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง ควรตรวจสอบชุดส่งกำลังเช่น การหยอดน้ำมันและตรวจดูความสะอาดภายในตัวถัง

5.2.3 การศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับระบบการทำงานและข้อมูลต่างๆ ที่มีข้อมูลเกี่ยวข้องกับเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง เพื่อความเหมาะสมต่อการพัฒนาและนำไปใช้ให้สะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

ศ.ดร.วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์, รศ.ชาญ ถนัดงาน. **การออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 2.** พิมพ์ครั้งที่ 1. (2536). สำนักพิมพ์นำอักษรการพิมพ์

สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ, เพ็ญศรี ตังคณะสิงห์. **ชีววิทยาของผึ้ง พิมพ์ครั้งที่**1. (2529). ฝ่ายวิจัย มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์. สำนกพิมพ์พันนี่บลิชชิ่ง

สมลักษณ์ วงศ์สมาโนดน์. (2548). **วารสารวิศวกรรม : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยสาขาภาคเหนือ** 2. ภาควิชาชีววิทยา มหาลัยนเรศวร

ภูมินทร์ บุญราศรี, ศรเพชร จูด้วง. (2552). **เครื่องขอดเกล็ดปลา** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยนเรศวร

วันเฉลิม ผึ้งยิ้ม, ปริญญา ศรีพรหมตระกูล. (2552). เครื่องผ่าลูกมะพร้าว ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยนเรศวร

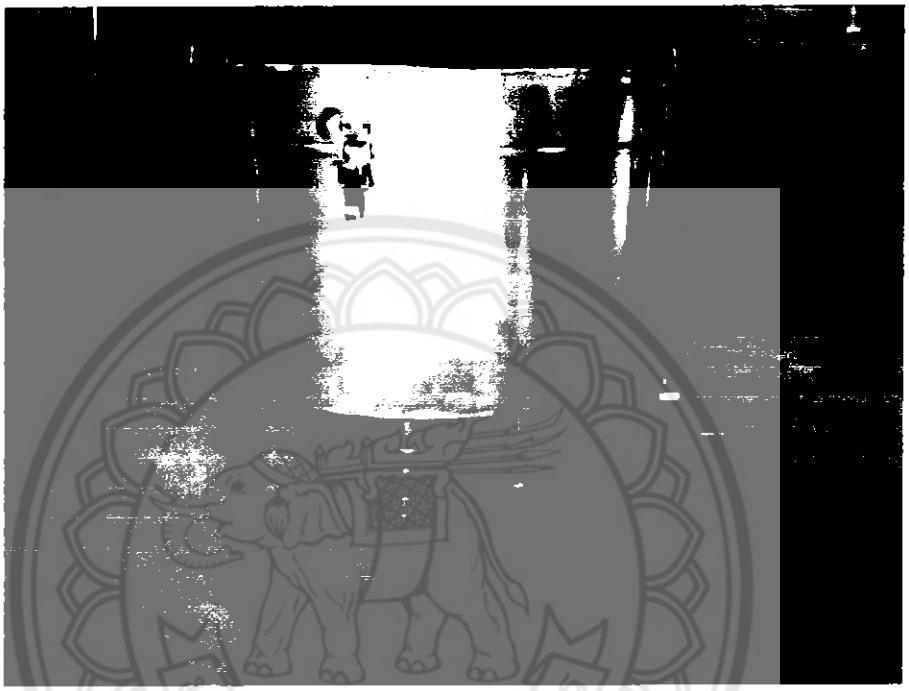
Armfield Limited, Disc bowl centrifuge - FT15 technical data, Accessed 24 March, 2004 at:http://www.armfield.co.uk/pdf_files/ft15.pdf

ภาคผนวก ก

คู่มือการใช้งานและบำรุงรักษา

คู่มือการใช้งานและบำรุงรักษา
เครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง

ลักษณะสำคัญของเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง



รูปที่ ก.1 เครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องจักร

การใช้งาน	ใช้กับโครงการวิจัยผึ้งมหาวิทยาลัยนเรศวร
วัตถุดิบ	คอนเลี้ยงผึ้งขนาด 26x19x21 เซนติเมตร
ลักษณะผลิตภัณฑ์สำเร็จ	น้ำผึ้งของผึ้งโพง
ขนาดของเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง	เส้นผ่าศูนย์กลาง 63 เซนติเมตร สูง 78 เซนติเมตร
น้ำหนักของเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง	40 กิโลกรัมโดยประมาณ
กำลังที่ใช้	มือหมุน
ความเร็วรอบที่เหมาะสม	250 – 300 รอบ/นาที

ข้อควรปฏิบัติก่อนการใช้งาน

1. ตรวจสภาพตัวถังทั้งด้านในและด้านนอกให้พร้อมใช้งาน
2. ตรวจสอบชุดส่งกำลังของตัวเครื่องเฟือง ชุดเพลาให้อยู่ในตำแหน่งและสภาพที่พร้อมใช้งาน
3. ทำการหล่อเลื่อนเฟืองก่อนที่จะนำไปใช้งาน
4. ควรถอดชุดอุปกรณ์ใส่คอนออกเพื่อทำความสะอาดก่อนนำไปใช้งาน
5. ควรอ่านคู่มือก่อนการใช้งานเพื่อให้การใช้งานถูกวิธีและปลอดภัย

ขั้นตอนในการทำงาน

1. ทำการประกอบโครงสร้างด้านในของเครื่องคัดแยกและทำการไขสกรูให้ตึงมือและทำการปิดวาล์วด้านใต้ตัวถัง

2. นำคอนเลี้ยงผึ้งมาที่ทำการไล่ผึ้งออกแล้วมาทำการปราดคอนเลี้ยงให้พอดีช่องใส่ ใช้คอนครั้งละ 4 คอนในการคัดแยก

3. นำคอนเลี้ยงผึ้ง 4 คอน นำไปใส่ช่องโดยวางคอนเลี้ยงผึ้งในแนวนอน

รูปที่ ก.2 นำคอนผึ้งใส่ในเครื่องคัดแยก

1. ทำการปิดฝากเครื่องคัดแยกแล้วทำการล็อคตัวล็อคทั้ง 3 ตัว

รูปที่ ก.3 ปิดฝาเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง

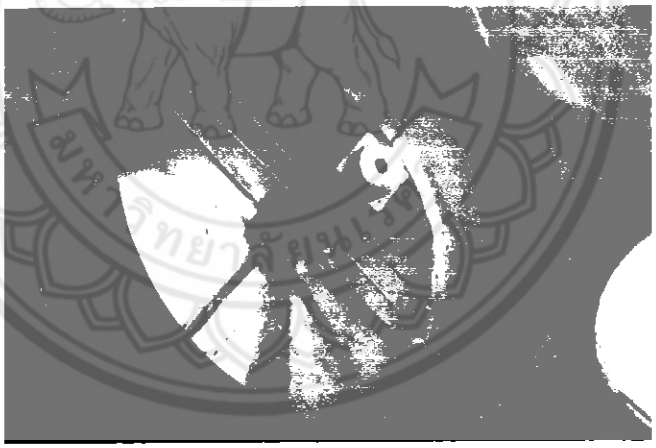
2. ทำการหมุนโดยใช้รอบตามที่กำหนดสามารถหมุนตามเข็มนาฬิกาให้**ได้ความเร็วสูงสุดรอ**เวลา 2-3 วินาที แล้วหมุนใหม่ได้

รูปที่ ก.4 ทดลองการหมุนเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง

3. ทำการเปิดวาล์วและนำภาชนะมาทำการรองใส่

รูปที่ ก.5 เปิดวาล์วให้น้ำผึ้งไหลออกจากเครื่อง

4. ทำการเปิดฝากเครื่องและถอดโครงสร้างด้านในออกหลังจากการปฏิบัติงานเสร็จแล้วทำความสะอาดและตรวจสอบอุปกรณ์ที่อาจชำรุด



รูปที่ ก.6 ทำความสะอาดเครื่องหลังใช้งาน

การบำรุงรักษา

1. ตรวจสอบอุปกรณ์ต่างๆให้อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานเสมอ เช่น ความสะอาดภายในถัง การหยอดน้ำมันที่ชุดเฟืองส่งกำลัง

2. หลังจากการปฏิบัติงานเสร็จควรทำความสะอาดและตรวจสอบอุปกรณ์ที่อาจชำรุด เช่น ชุดลูกปืนแบริ่งอาจเสีย
3. หมั่นตรวจสอบบริเวณจุดที่มีความเสี่ยงที่จะเกิดความเสียหายได้ง่ายเช่น บริเวณรอยเชื่อมและจุดข้อต่อต่างๆ
4. หมั่นตรวจสอบจารบีบริเวณตัวประคองเพลากลางและบริเวณเฟืองขับ เพื่อป้องกันการสึกหรอของชิ้นส่วนประกอบ
5. ตรวจสอบความผิดปกติในการทำงานและทำการแก้ไขปรับปรุงซ่อมแซมอยู่เสมอ

ข้อควรปฏิบัติและบำรุงรักษาเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง

1. การตรวจสอบประจำวัน
   1.1 ตรวจความสะอาดภายในถัง
   1.2 ตรวจสอบเพลาและเฟืองว่าอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน
   1.3 ตรวจสอบหารอยรั่วหรือรอเชื่อมที่มีการรั่วซึม
2. การตรวจเป็นช่วงระยะของการทำงาน
   2.1 ความสะอาดภายในตัวถัง
   2.2 ตรวจสอบสลักเพลาที่ยึดโครงสร้างภายในกับเพลา
   2.3 ตรวจสอบแบริ่งที่ยึดเพลา

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ภาคผนวก ข

การคำนวณในการออกแบบสร้างเครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง

ข.1 จากสูตรพื้นฐาน $\vec{\tau} = \vec{F} \times \vec{r}$

$$\tau = Fr \sin\theta$$

$$; \sin\theta = 1 , \theta = \frac{\pi}{2} \text{ rad}$$

$$\tau = F \times r$$

$$\therefore F = \frac{\tau}{r}$$

$\therefore$ F หาได้จาก $F = F_{\text{หนืด}} = A \cdot \eta$

; η คือความหนืดของน้ำผึ้ง 1778 mPa

(ข.1)

; A คือพื้นที่หน้าตัดของรูน้ำผึ้ง

$$A = 10.934 \text{ mm}^2$$

$$= \frac{10.934}{10^6} \text{ m}^2$$

$$= 0.000010934 \text{ m}^2$$

$\therefore$ $F_{\text{หนืด}} = F_{\text{แรงกระทำต่อวัตถุ}} \frac{\tau}{r}$

(ข.2)

$\therefore \tau = I\alpha$; แต่ $\alpha = \omega^2 r$

$$= (2\pi f)^2 r$$

; แต่ $I = r^2 (m_1 + m_2 + m_3 + m_4)$

r = รัสมีของโครงสร้างรับคอน 0.272 m

$m_1 m_2 m_3 m_4$ = คือมวลของคอนน้ำผึ้งหนักประมาณ 1 kg.

$$I = 0.272^2(4)$$

$$= 0.2959 \text{ kg.m}^2$$

$$\therefore \ \tau = (0.2959) \ \times \ (0.272 \times 4\pi^2 f^2)$$

$$= \ 3.1777 \ f^2$$

จากสมการที่ (ข.1) และ (ข.2)

$$\therefore \ A \, t \, \eta \ = \ \frac{I \alpha}{r}$$

$$1.0934 \times 10^{-5} \times t \times 1778 \ = \ \frac{3.1777}{0.272} f^2$$

$$0.0194 \ t \ = \ 11.6827 \ f^2$$

$$0.0194 \ = \ 11.6827 \ f^3$$

$$1.6640 \times 10^{-3} \ = \ f^3$$

$$f \ = \ 0.1184 \ \text{rad/s}$$

เพราะฉะนั้นในการหมุนเครื่องโดยยังไม่มีอัตราทดรอบจะใช้เวลาในการหมุน $f = \frac{1}{t}$

ดังนั้นเวลาที่ใช้หมุนเครื่องคัดแยกในหนึ่งรอบจะใช้เวลา 8.445 วินาที

ข.2 สมการหาอัตราทดรอบ

$$m_w = \frac{w_1}{w_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

w คือ ความเร็วเชิงมุม

n คือ ความเร็วรอบ (rad/s)

d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางฟิตช์ (mm.หรือin.)

N คือ จำนวนฟัน

เมื่อหมุนมือ 1 รอบอัตราการทดรอบจะได้สมการที่ **(ข3)**

$$w_1 \ = \ \frac{n_1 \times w^2}{n^2}$$

$$= \frac{1 \times 0.7439}{0.1184}$$

$$w_1 = 6.28$$

ดังนั้นเมื่อหมุนมือ 1 รอบความเร็วของเครื่องคัดแยกจะหมุน 6 รอบ/วินาที เพราะฉะนั้นอัตราทดที่ใช้จะได้ดังสมการที่ **(ข.4)**

$$m_w = \frac{w_1}{w_2} = 8.0656$$

ดังนั้นอัตราทดรอบที่ใช้คือ $= \frac{1}{8}$ รอบ

ตารางที่ ข.1 คำนวณประสิทธิภาพจากสมการ 2.2 จากข้อมูลการคำนวณได้ดังนี้

เวลา	ประสิทธิภาพ (%)			
	คอน1	คอน 2	คอน 3	คอน 4
2 นาที	38.89	46.48	37.82	41.43
3 นาที	59.23	60.16	58.82	59.38
	59.32	58.57	65.33	60.14
	59.09	59.17	60.66	59.52
4 นาที	79.51	79.31	79.17	81.36
	80.00	80.33	81.69	81.25
	81.15	80.88	81.36	92.37
5 นาที	82.26	82.50	81.69	82.14
	82.86	82.26	82.76	81.36
	83.06	83.80	82.76	82.86

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการหาสมการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) เพื่อหาค่าเฉลี่ยในแต่ละเวลาพร้อมกับหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยทฤษฎีเศษเหลือสูตรของชุดข้อมูลประสิทธิภาพโดยสมการถดถอดดังนี้

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X \quad \text{(ข5)}$$

โดยที่

$$\beta_0 = \overline{Y} - \beta_1 X$$

$$\beta_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(Xi-\overline{x})(Yi-\overline{y})}{\sum_{i=1}^{n}(Xi-\overline{x})^2}$$

หาค่าเศษเหลือจากสมการ

$$res_i = Y_i - Y$$

ตารางหน้าถัดไปแสดงการคำนวณหาสมการถดถอยและเศษเหลือ

จากตารางได้ค่าดังนี้

$$\beta_0 = 20.63$$

$$\beta_1 = 13.34$$

ได้สมการถดถอย (Regression)

$$Y = 20.63 + 13.34X$$

ทำการตรวจสอบค่าจากโปรแกรม Excel พบว่าค่าที่ได้มีค่าตรงกัน

หาค่าเศษเหลือจากสมการ

ผลรวมเศษเหลือ = $\sum (Y_i - \bar{Y})^2 - \beta_1 \sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})$

ผลรวมเศษเหลือ = 1338.38

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) = $\sqrt{\frac{\text{ผลรวมเศษเหลือ}}{n-1}}$, n = 40

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) = 5.86

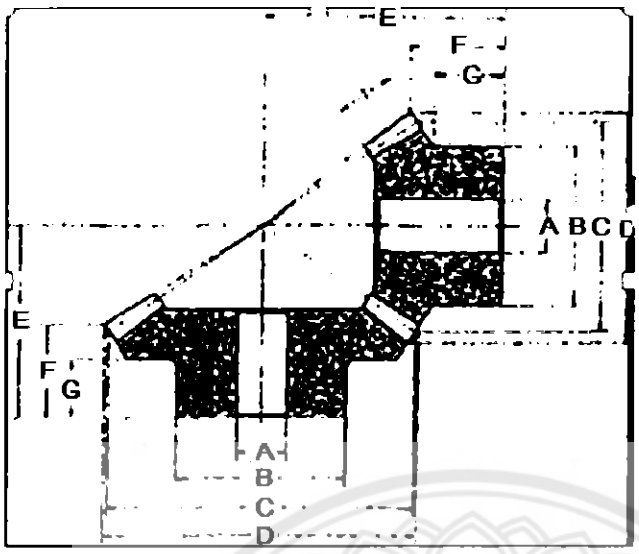
ตารางที่ ข.2 ตารางแสดงการหาสมการถดถอย

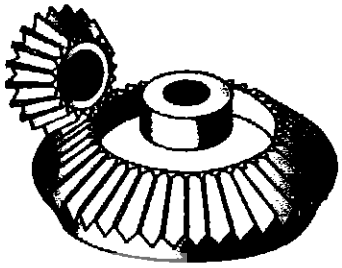
time,min(X)	eff(Y)	Xbar	Ybar	Xi - Xbar	Yi - Ybar	(Xi-Xbar)*(Yi-Ybar)	(Xi - Xbar)^2	(Yi - Ybar)^2
2	38.89	3.8	71.3171	-1.8	-32.43	58.37	3.24	1051.59
2	46.48	3.8	71.3171	-1.8	-24.84	44.71	3.24	616.94
2	37.82	3.8	71.3171	-1.8	-33.50	60.30	3.24	1122.38
2	41.43	3.8	71.3171	-1.8	-29.89	53.80	3.24	893.32
3	59.23	3.8	71.3171	-0.8	-12.09	9.67	0.64	146.08
3	60.16	3.8	71.3171	-0.8	-11.15	8.92	0.64	124.42
3	58.82	3.8	71.3171	-0.8	-12.49	9.99	0.64	156.09
3	59.38	3.8	71.3171	-0.8	-11.94	9.55	0.64	142.61
3	59.32	3.8	71.3171	-0.8	-12.00	9.60	0.64	143.88
3	58.57	3.8	71.3171	-0.8	-12.75	10.20	0.64	162.45
3	65.33	3.8	71.3171	-0.8	-5.98	4.79	0.64	35.81
3	60.14	3.8	71.3171	-0.8	-11.17	8.94	0.64	124.82
3	59.09	3.8	71.3171	-0.8	-12.23	9.78	0.64	149.48
3	59.17	3.8	71.3171	-0.8	-12.15	9.72	0.64	147.63
3	60.66	3.8	71.3171	-0.8	-10.66	8.53	0.64	113.66
3	59.52	3.8	71.3171	-0.8	-11.79	9.43	0.64	139.08
4	79.51	3.8	71.3171	0.2	8.19	1.64	0.04	67.09
4	79.31	3.8	71.3171	0.2	7.99	1.60	0.04	63.89
4	79.17	3.8	71.3171	0.2	7.85	1.57	0.04	61.62
4	81.36	3.8	71.3171	0.2	10.04	2.01	0.04	100.78
4	80.00	3.8	71.3171	0.2	8.68	1.74	0.04	75.39
4	80.33	3.8	71.3171	0.2	9.01	1.80	0.04	81.19
4	81.69	3.8	71.3171	0.2	10.37	2.07	0.04	107.60
4	81.25	3.8	71.3171	0.2	9.93	1.99	0.04	98.66
4	81.15	3.8	71.3171	0.2	9.83	1.97	0.04	96.64
4	80.88	3.8	71.3171	0.2	9.57	1.91	0.04	91.49
4	81.36	3.8	71.3171	0.2	10.04	2.01	0.04	100.78
4	92.37	3.8	71.3171	0.2	21.06	4.21	0.04	443.35
5	82.26	3.8	71.3171	1.2	10.94	13.13	1.44	119.70
5	82.50	3.8	71.3171	1.2	11.18	13.42	1.44	125.06
5	81.69	3.8	71.3171	1.2	10.37	12.45	1.44	107.60
5	82.14	3.8	71.3171	1.2	10.83	12.99	1.44	117.20
5	82.86	3.8	71.3171	1.2	11.54	13.85	1.44	133.17
5	82.26	3.8	71.3171	1.2	10.94	13.13	1.44	119.70
5	82.76	3.8	71.3171	1.2	11.44	13.73	1.44	130.91
5	81.36	3.8	71.3171	1.2	10.04	12.05	1.44	100.78
5	83.06	3.8	71.3171	1.2	11.75	14.10	1.44	138.00
5	83.80	3.8	71.3171	1.2	12.49	14.98	1.44	155.89
5	82.76	3.8	71.3171	1.2	11.44	13.73	1.44	130.91
5	82.86	3.8	71.3171	1.2	11.54	13.85	1.44	133.17
						512.22	38.40	8170.84

ภาคผนวก ค

ตารางเปรียบเทียบเฟืองดอกจอก

ตารางที่ ค.1 ตารางเปรียบเทียบเฟืองดอกจอก

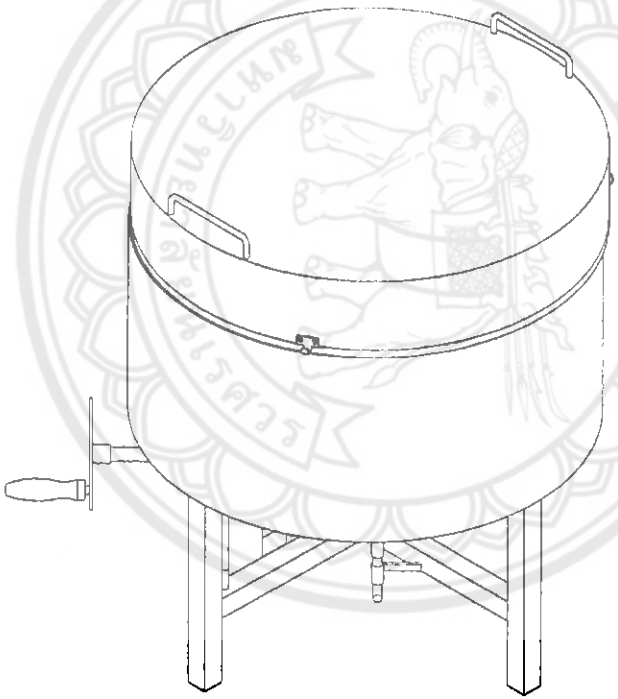




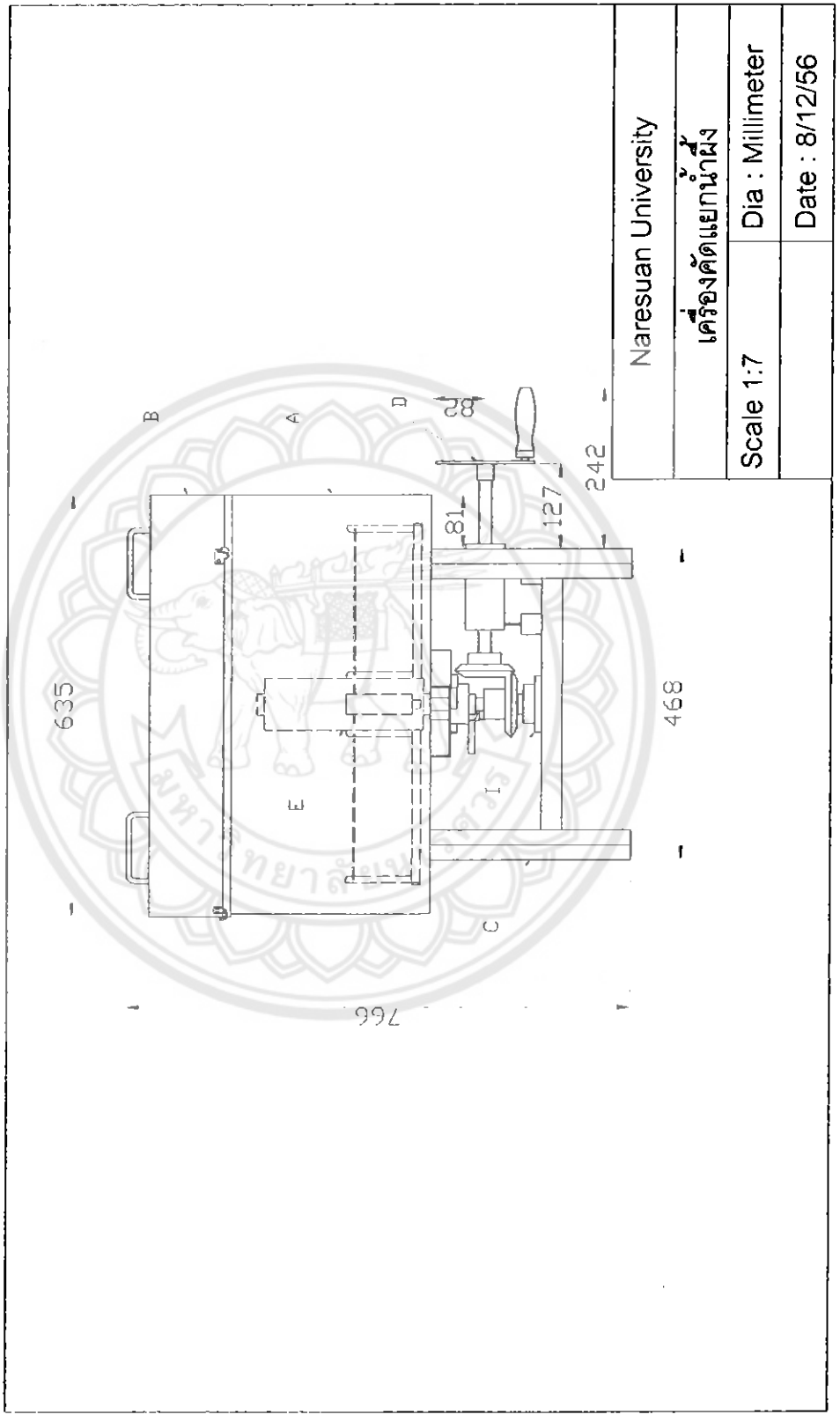
M 1	— 4020	8	25	40	40. 6	22	12. 6	8	12	6
M 1	— 2040	6	16	20	22. 4	28	8. 6	7	12	
M 1. 25	— 4020	10	32	50	50. 7	27	15. 2	10	16	8
M 1. 25	— 2040	8	22	25	28. 0	36	11. 7	10. 2	17	
M 1. 5	— 4020	10	38	60	60. 9	35	20. 9	16	22	10
M 1. 5	— 2040	8	25	30	33. 6	46	16. 8	14. 7	24	
M 2	— 4020	12	40	80	81. 1	45	28. 2	18	27	16
M 2	— 2040	12	32	40	44. 8	60	21. 2	18	32	
M 2. 5	— 4020	15	50	100	101. 4	55	31. 5	20	35	20
M 2. 5	— 2040	12	40	50	56. 0	75	26. 5	22. 5	41	
M 3	— 4020	20	60	120	121. 7	65	36. 8	24	38	22
M 3	— 2040	16	50	60	67. 2	90	31. 8	27. 5	47	
M 4	— 4020	20	70	160	162. 3	80	42. 3	28	45	28
M 4	— 2040	20	60	80	89. 6	120	42. 4	35	62	
M 5	— 4020	25	100	200	202. 9	90	42. 9	23	50	30
M 5	— 2040	20	80	100	112. 0	140	43. 0	35	63	

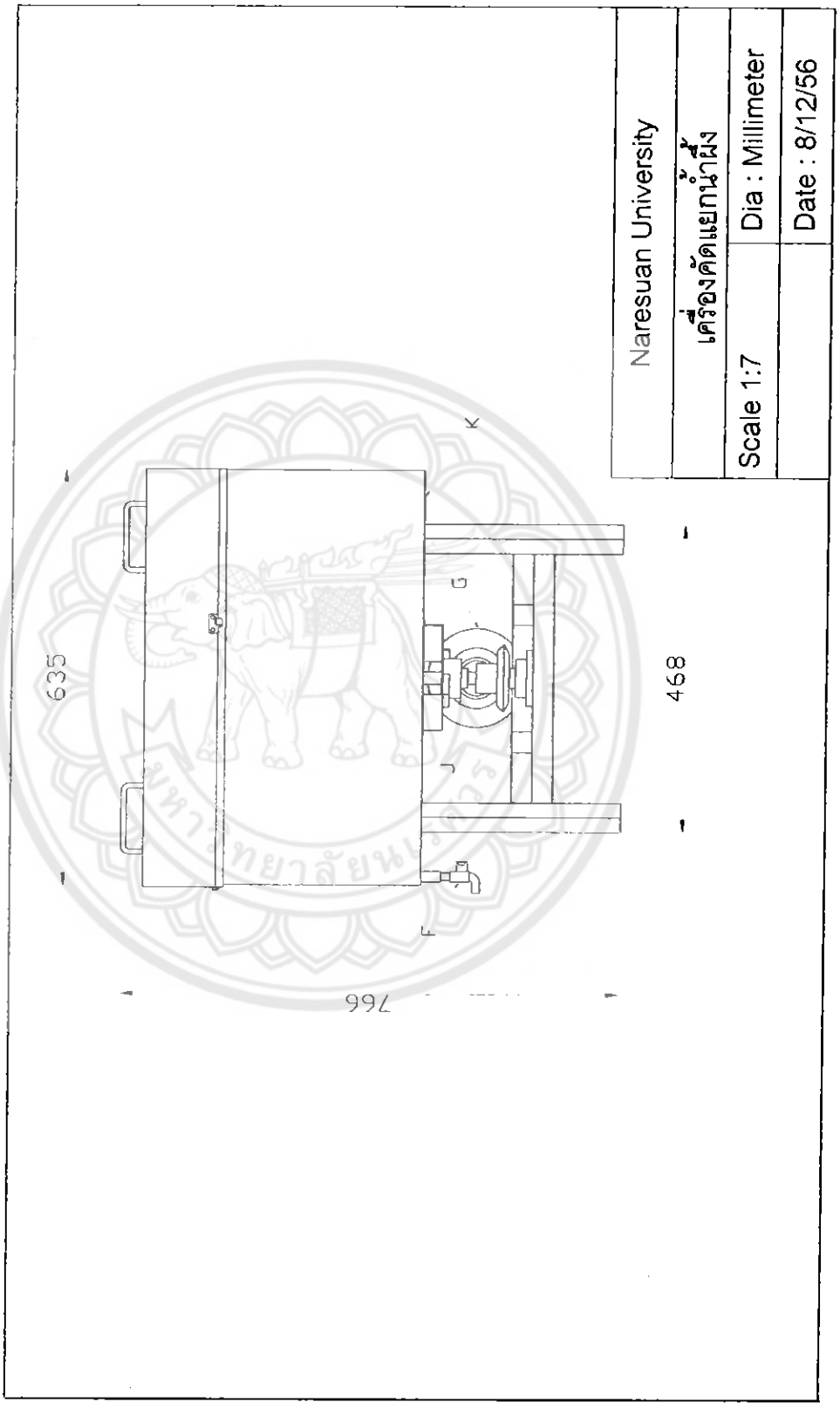
ภาคผนวก ง

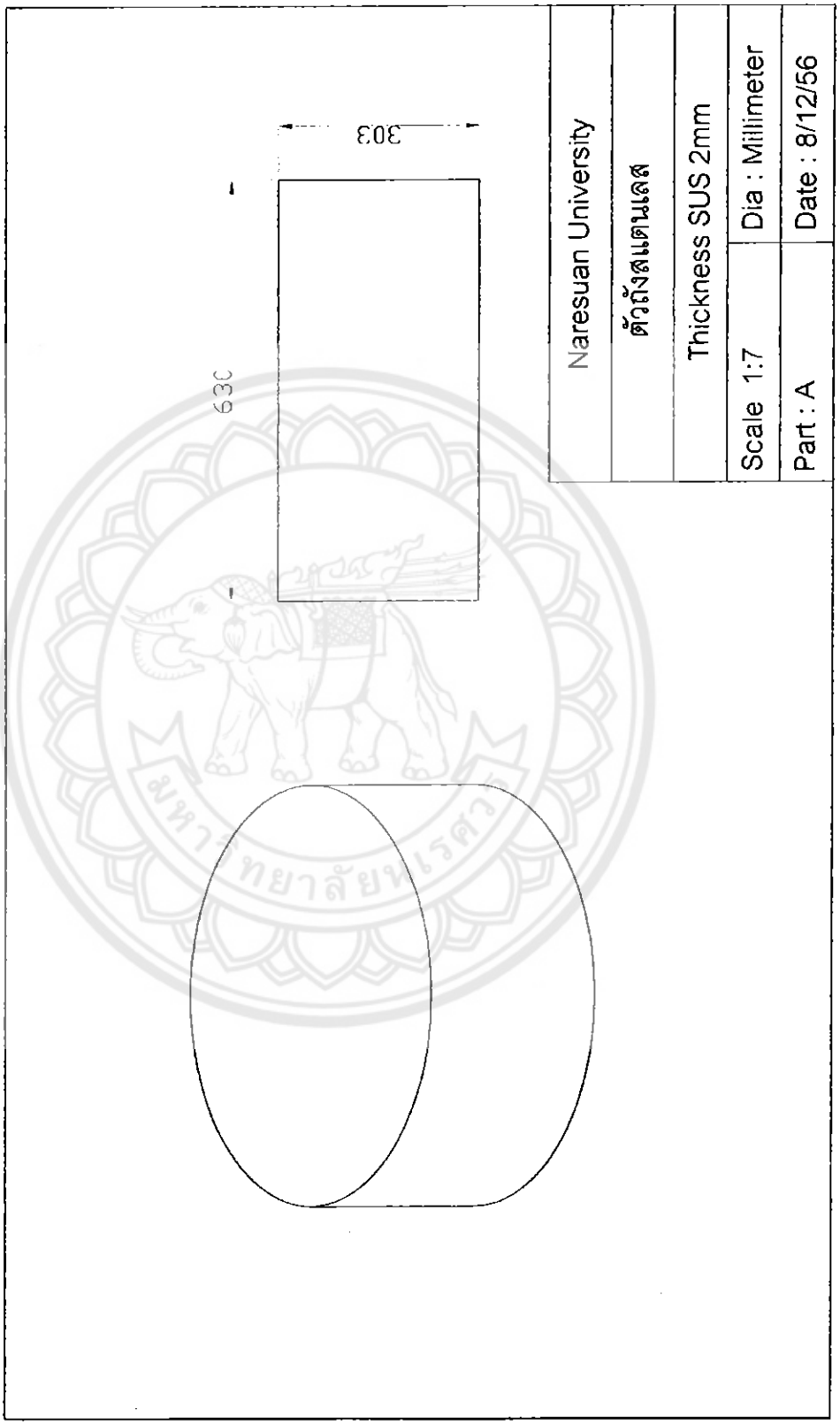
แบบ Drawing เครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง



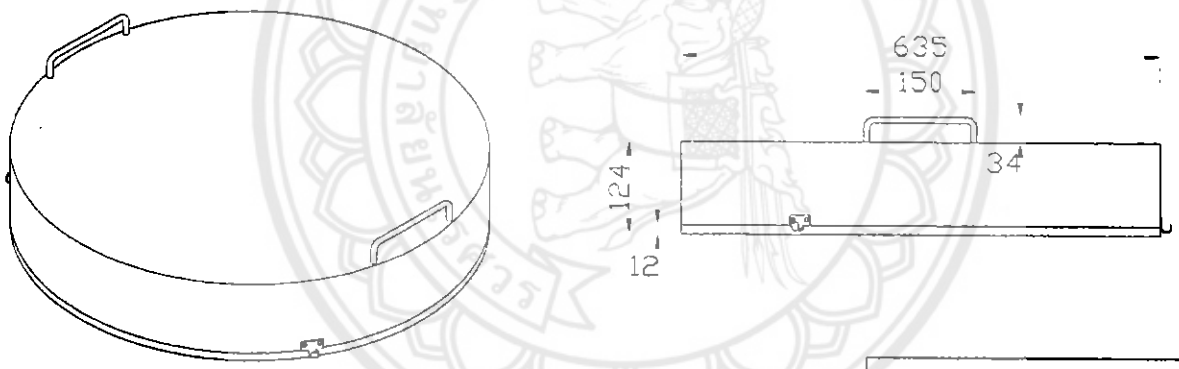
Naresuan University	
เครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง	
Scale 1:7	Dia : Millimeter
	Date : 8/12/56


Naresuan University
เครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง
Scale 1:7
Dia : Millimeter
Date : 8/12/56
766
635
468
242
127
81
82
A
B
C
D
E
I

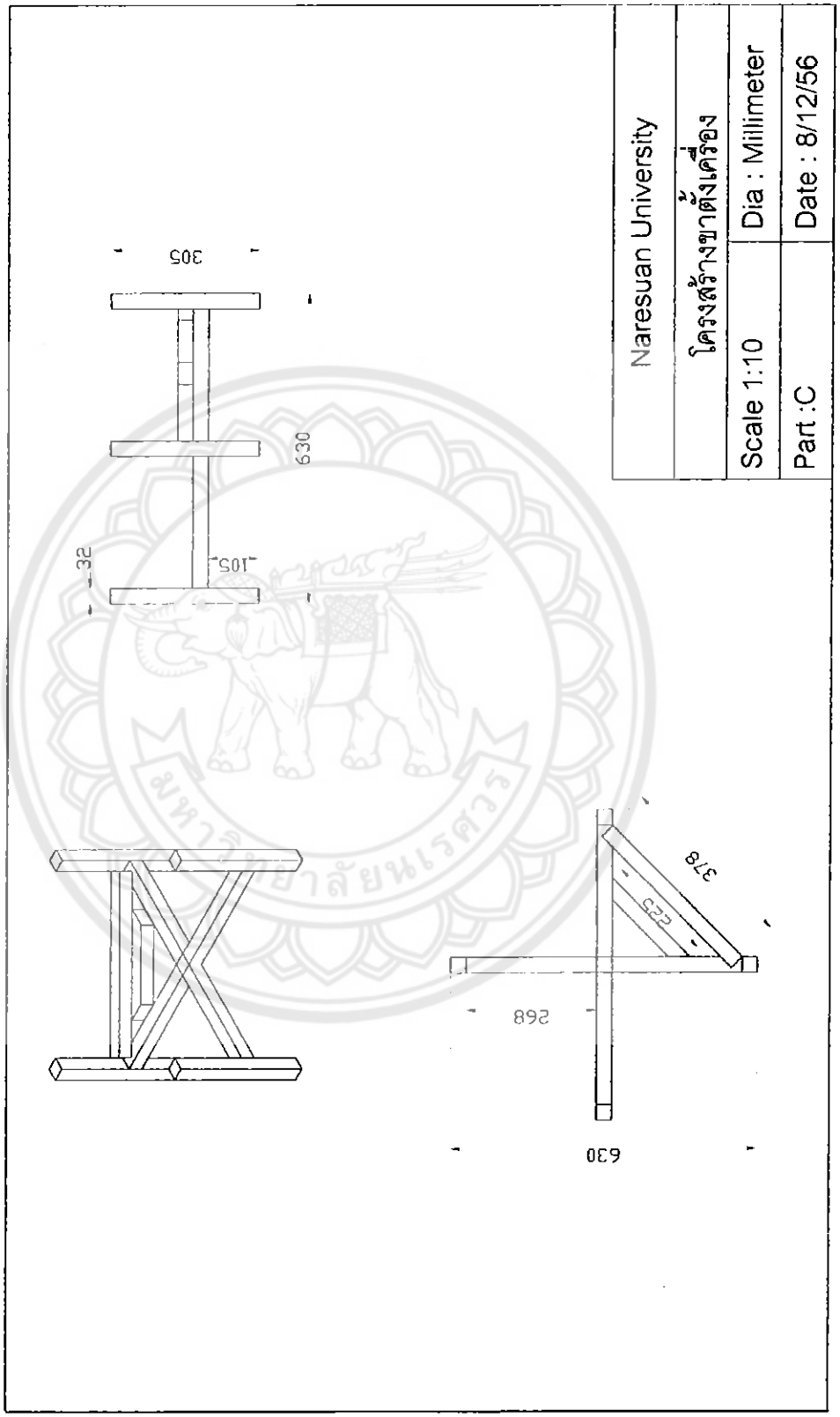

Naresuan University
เครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง
Scale 1:7
Dia : Millimeter
Date : 8/12/56
635
468
766

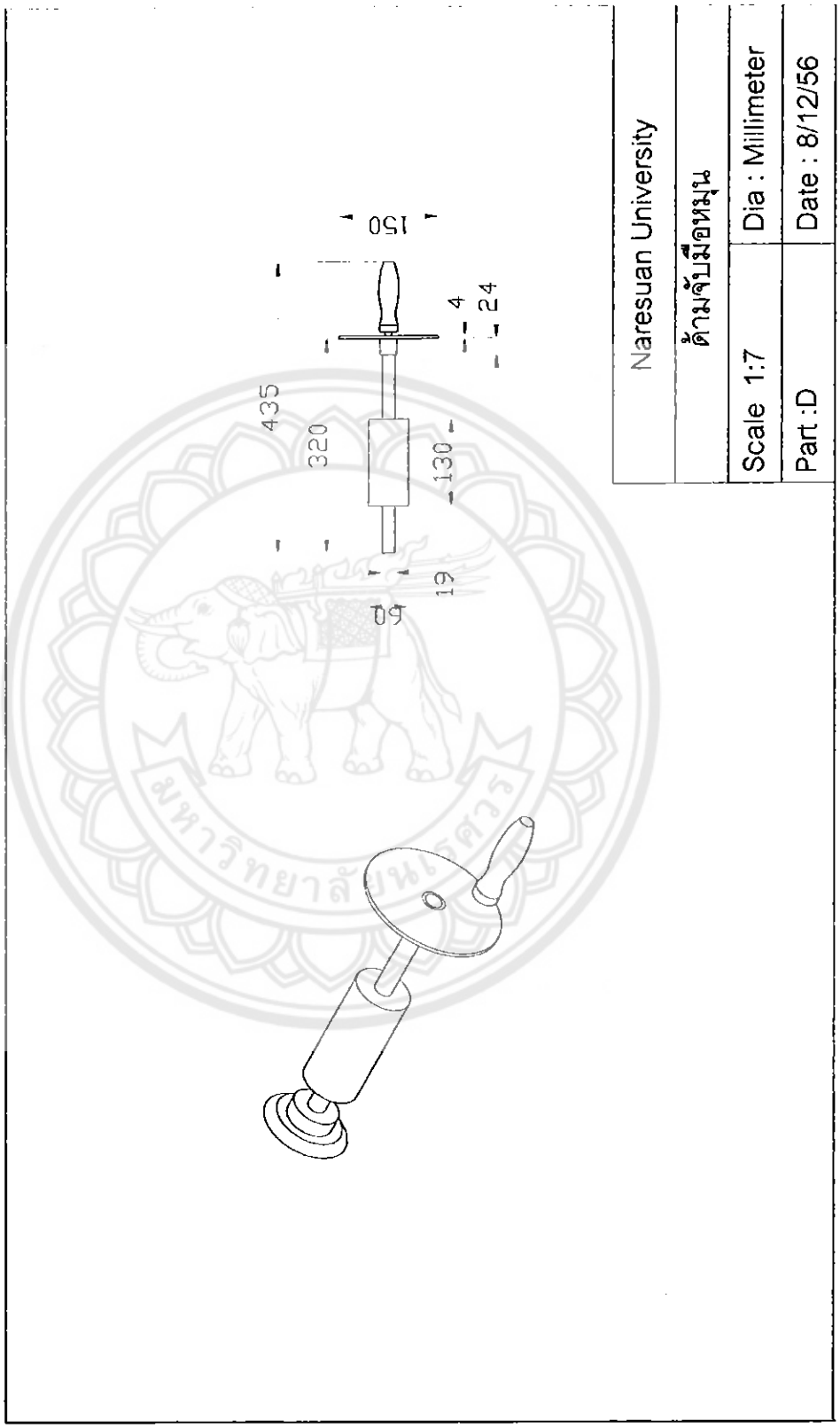

303
630
Naresuan University
ตัวถังสเตนเลส
Thickness SUS 2mm
Scale 1:7
Dia : Millimeter
Part : A
Date : 8/12/56

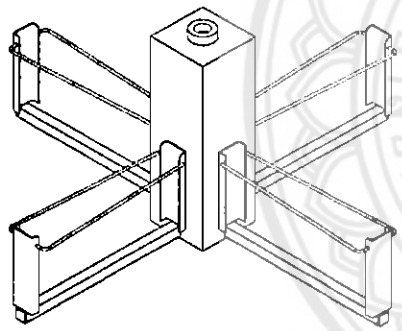
Naresuan University	
เครื่องคัดแยกน้ำผึ้ง	
Scale 1:7	Dia : Millimeter
	Date : 8/12/56

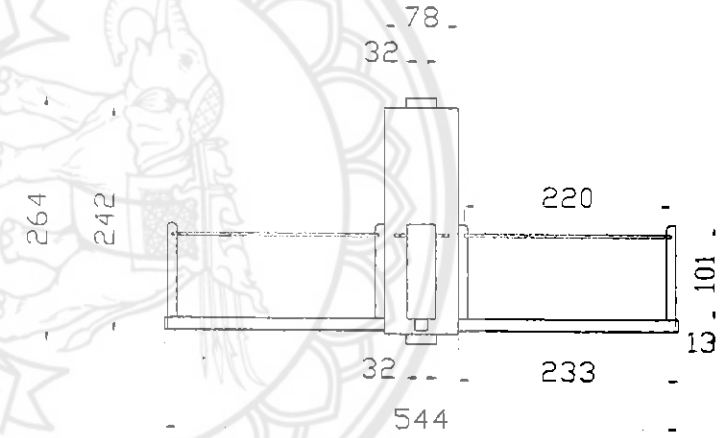


Naresuan University	
ฝาถังสแตนเลส	
Thickness SUS 2mm	
Scale 1:7	Dia : Millimeter
Part :B	Date : 8/12/56

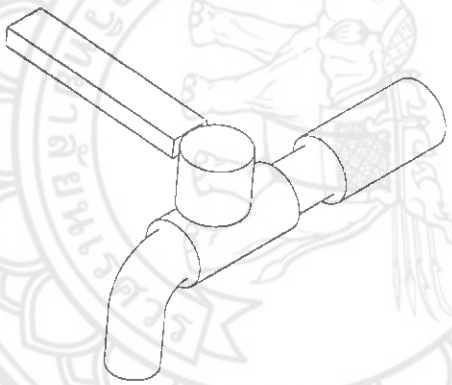

Naresuan University
โครงสร้างขาตั้งเครื่อง
Scale 1:10
Dia : Millimeter
Part :C
Date : 8/12/56
305
630
105
32
378
225
268
630


150
24
4
435
320
130
19
60
Naresuan University
ด้ามจับมือหมุน
Scale 1:7
Dia : Millimeter
Part :D
Date : 8/12/56

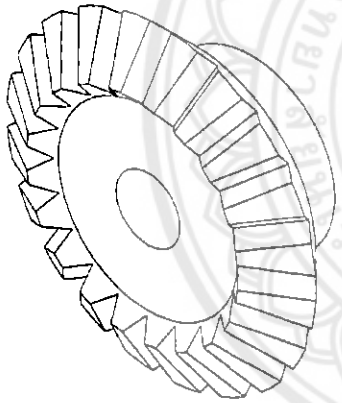




Naresuan University	
แผงโครงสร้างใส่คอนผึ้ง	
Scale 1:6	Dia : Millimeter
Part: E	Date : 8/12/56

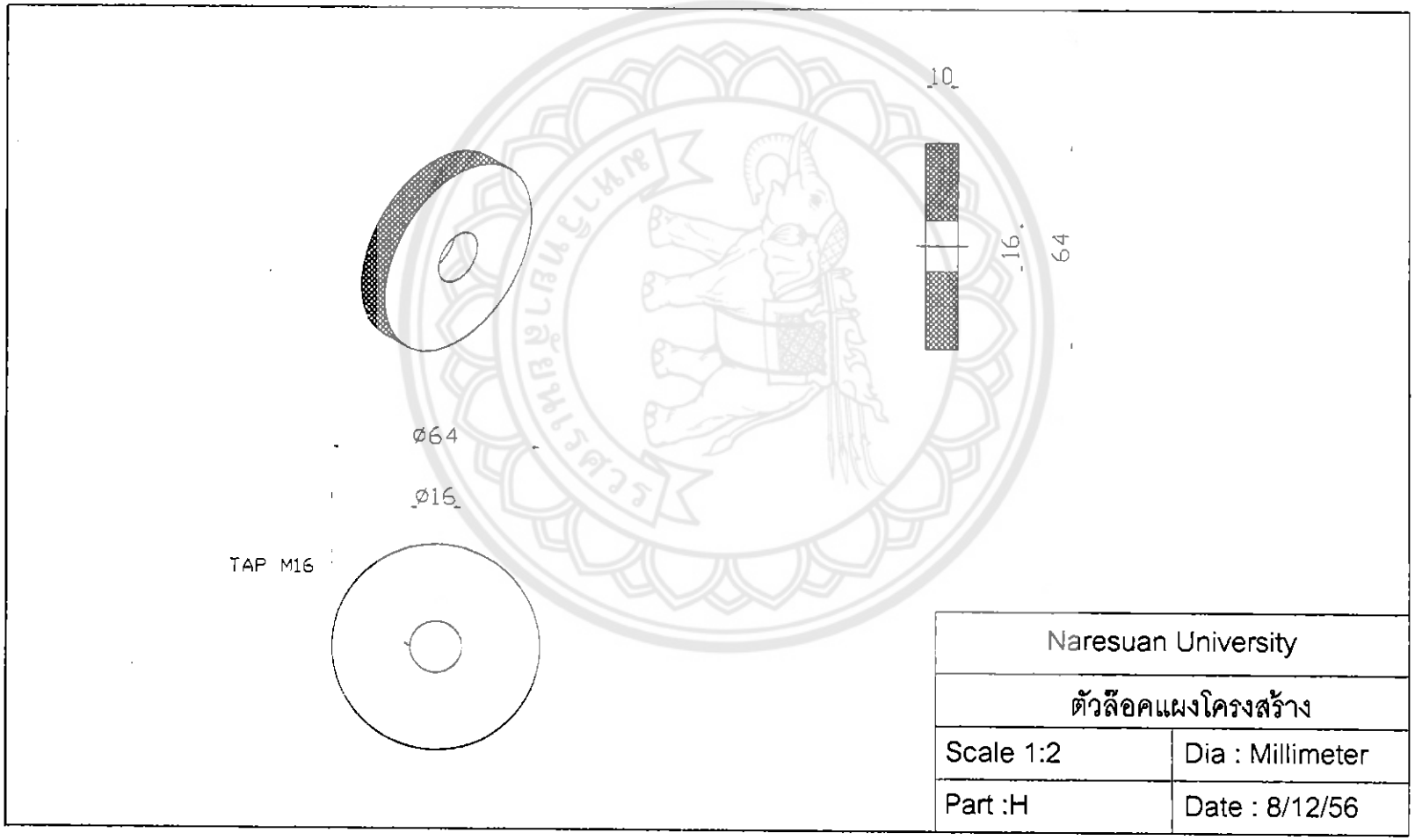


Naresuan University	
ก๊อกน้ำขนาด 1/2" = 1 ตัว	
Scale 1:1	Dia : Millimeter
Part :F	Date : 8/12/56

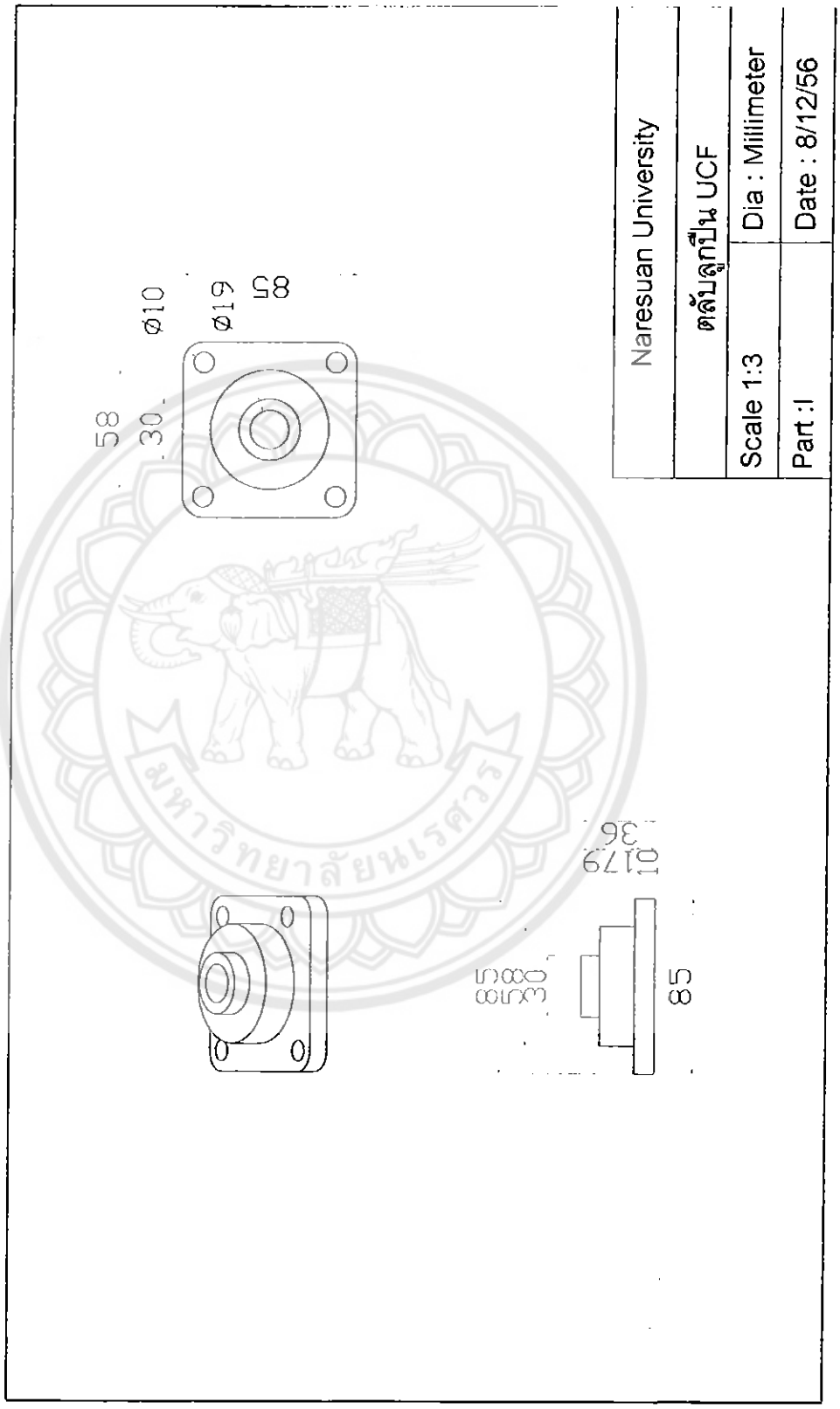


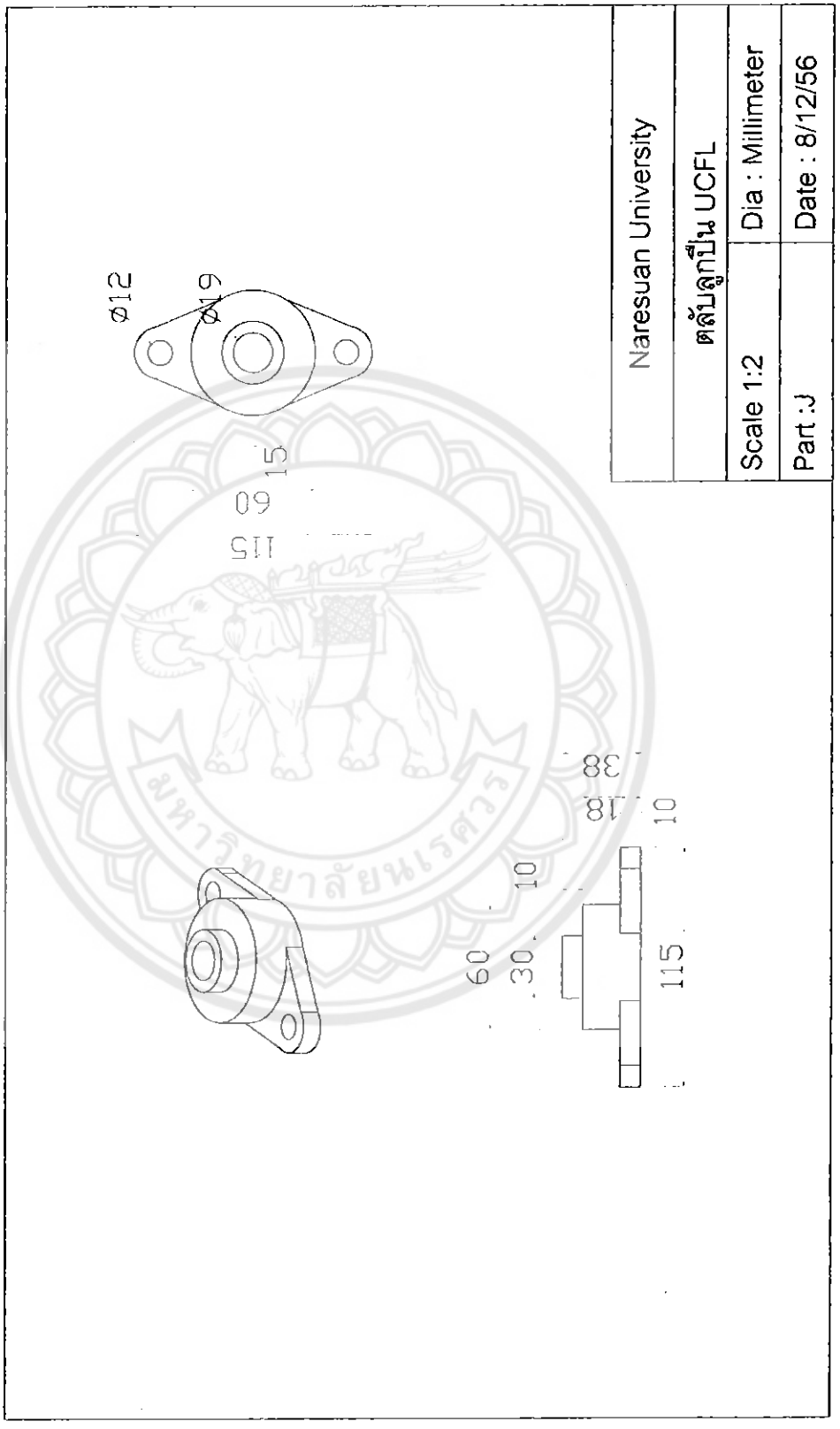
เฟืองดอกจอกขนาด M3-3020 =1 ตัว
M3-2030 =1 ตัว

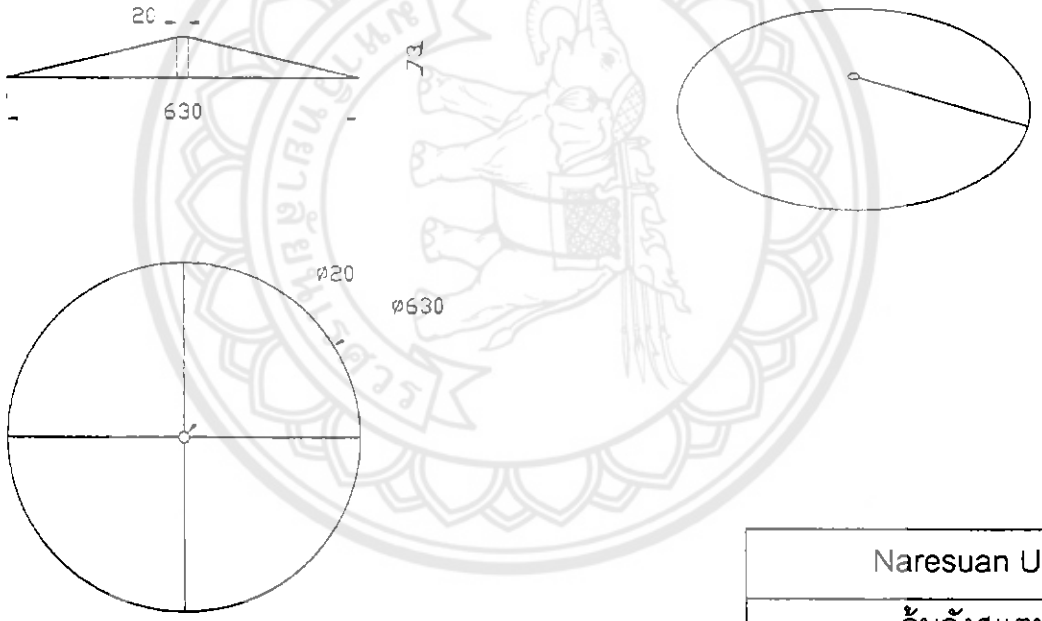
Naresuan University	
เฟืองดอกจอก	
Scale 1:2	Dia : Millimeter
Part :G	Date : 8/12/56



Naresuan University	
ตัวล๊อคแผงโครงสร้าง	
Scale 1:2	Dia : Millimeter
Part :H	Date : 8/12/56


Naresuan University
คลัชดูดีน UCF
Scale 1:3
Dia : Millimeter
Part :I
Date : 8/12/56
58
30
Ø10
Ø19
85
85
36
Ø179
Ø130
Ø130


Naresuan University
คลัปลูกปืน UCFL
Scale 1:2
Dia : Millimeter
Part :J
Date : 8/12/56
ø12
ø19
15
60
115
10
30
60
10
18
38
115



Naresuan University	
ก้นถังสแตนเลส	
Scale 1:10	Dia : Millimeter
Part :K	Date : 8/12/56