สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

โครงงานพัฒนาเครื่องผ่ามะพร้าวอ่อนสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

Development of Young Coconut Cutting Machine for Small Industry

โดย

นางสาวญาณิศา ล้อซ้ง

นางสาวต้องจิต ปุณะตุง

นายธีธัช ช่างวัฒนชัย

นางสาวอุบลวรรณ อมตวรกุล

b.....
i.....

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 119400
วัน,เดือน,ปี - 7 S.ก. 2554

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF YOUNG COCONUT CUTTING MACHINE FOR SMALL INDUSTRY

Ms.YANISA LOSONG

Ms.TONGJIT PUNATUNG

Mr.TEETACH CHANGWATCHAI

Ms.UBONWAN AMATAWORAKUL

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILIMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN FOOD ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2553

สาขาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง โครงงานพัฒนาเครื่องผ่ามะพร้าวอ่อนสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

นักศึกษาผู้ทำโครงงาน

นางสาวญาณิศา	ล้อซ้ง	รหัสนักศึกษา	50010396
นางสาวต้องจิต	ปุณะตุง	รหัสนักศึกษา	50010547
นายธีธัช	ช่างวัฒนชัย	รหัสนักศึกษา	50010694
นางสาวอุบลวรรณ	อมตวรกุล	รหัสนักศึกษา	50011962

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.เกียรติศักดิ์ รุ่นพระแสง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงาน โครงงานพัฒนาเครื่องผ่ามะพร้าวอ่อนสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

นักศึกษา นางสาวญาณิศา ล้อซ้ง รหัสนักศึกษา 50010396

นางสาวต้องจิต ปุณะตุง รหัสนักศึกษา 50010547

นายธีธัช ช่างวัฒนชัย รหัสนักศึกษา 50010694

นางสาวอุบลวรรณ อมตวรกุล รหัสนักศึกษา 50011962

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.เกียรติศักดิ์ รุ่นพระแสง

ปริญญา วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมอาหาร

ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

เครื่องผ่ามะพร้าวอ่อนสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก เป็นเครื่องจักรขนาดเล็กที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ผ่าผลมะพร้าวอ่อนก่อนเข้ากระบวนการแปรรูปต่างๆ เพื่อลดต้นทุนและแรงงานคน หลักการทำงานของเครื่อง จะใช้ใบมีดตรงติดตั้งอยู่ใต้ชุดป้อนผลมะพร้าว และมีชุดหัวกดเพื่อกดผลมะพร้าวจากชุดป้อนผลมะพร้าวให้เคลื่อนผ่านชุดใบมีด จนผลมะพร้าวขาดออกจากกัน โดยแรงกดของชุดหัวกดนั้น มาจากกำลังของมอเตอร์กระแสสลับขนาด 3 แรงม้า ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับความถี่ 50 เฮิรตซ์ ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีชุดแปลงไฟก่อนจ่ายเข้าเหมือนมอเตอร์กระแสตรง และติดตั้งล้อช่วยแรงแบบจาน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 36 เซนติเมตร น้ำหนัก 9 กิโลกรัม เพื่อช่วยแก้ไขข้อด้อยของมอเตอร์กระแสสลับ ที่อาจหยุดการทำงานเมื่อมีแรงต้านที่มากในจังหวะเดียว และจากการจำลองเหตุการณ์โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาค่าพลังงานและแรงบิดที่ล้อช่วยแรงให้กับระบบต้นกำลัง พบว่าล้อช่วยแรงสามารถสะสมพลังงานไว้ได้ 681 จูล แต่ใช้ในการทดแรงหรือคลายพลังงานให้กับมอเตอร์เพื่อผ่ามะพร้าวไป 673.1 จูล ซึ่งสร้างแรงบิดให้กับระบบต้นกำลัง 3.08 นิวตันเมตร ซึ่งการใช้ล้อช่วยแรงขนาดรัศมี 14 เซนติเมตร น้ำหนัก 5 กิโลกรัม เป็นล้อช่วยแรงที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งในเครื่องต้นแบบในงานวิจัยนี้

คำสำคัญ เครื่องผ่ามะพร้าวอ่อน/มะพร้าวอ่อน/มอเตอร์กระแสสลับ/ล้อช่วยแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	DEVELOPMENT OF YOUNG COCONUT CUTTING MACHINE FOR SMALL INDUSTRY		
Student	Ms.Yanisa	Losong	Student ID. : 50010396
	Ms.Tongjit	Punatung	Student ID. : 50010547
	Mr. Teetach	Changwatchai	Student ID. : 50010694
	Ms.Ubonwan	Amataworakul	Student ID. : 50011962
Project Advisor	Dr.Kiattisak Roonprasang		
Degree	Bachelor of Engineering		
Program	Food Engineering		
Academic Year	2010		

Abstract

Young coconut cutting machine for small industry is a compact machine which designed for cutting young coconut before entering another coconut processes in order to reduce cost and human labor. The principle of this machine is installing straight cutting blade under the input section and press a young coconut though that blade until it tear apart. The power that used to press is come from AC induction motor 3 HP 50 hertz. Shaft of motor is also installing a disk flywheel of 36 cm diameter weight 9 kg for support inertia force to AC induction motor when the system has overload. The simulation test form MATLAB was used to calculate energy and torque that flywheel transfer to motor and found that the flywheel can accumulate energy 681 J but flywheel transfer energy to motor 673.1 J that produce torque for motor 3.08 N.m. The simulation result showed that the optimum flywheel size of 14 cm radius and 5 kg weight was suitable for the prototype which used in this research.

Keywords Young Coconut Cutting Machine/ Young Coconut/ Alternating current motor/ Flywheel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จขึ้นมาได้ด้วยความอนุเคราะห์จากหลายๆ ท่านดังนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.เกียรติศักดิ์ รุ่นพระแสง ซึ่งเป็าอาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ สำหรับคำแนะนำ คำปรึกษาทั้งทางด้านทฤษฎีและปฏิบัติ และความเอาใจใส่เป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ สำหรับท่านคณาจารย์ ทุกท่านที่ให้ความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาตั้งแต่เริ่มเข้าการศึกษา เพื่อนำความรู้ที่ได้จากคณาจารย์ทุกท่าน นำมาประกอบในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณคุณอำนาจ คูตะคุ ที่ให้คำแนะนำปรึกษา เทคนิค วิธีการต่างๆในการใช้เครื่องมือตลอดจนช่วยเหลือในการทำเครื่องผ่ามะพร้าวอ่อนสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

ขอขอบพระคุณคุณบุญนำ ผลโพธิ์ ที่ช่วยเหลือจัดเตรียมหนังสือขออนุญาติใช้อุปกรณ์ต่างๆ

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่อง Universal Testing Machine ในการทดสอบแรงกดมะพร้าว

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนในภาควิชาวิศวกรรมอาหารและนอกภาควิชาที่ให้กำลังใจในการทำงานจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาและผู้มีพระคุณของคณะผู้จัดทำทุกท่าน ผู้ที่มอบชีวิต การศึกษา และอนาคตที่ดี ตลอดจนให้คำปรึกษา ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ และกำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ คณะผู้วิจัยขอมอบให้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นางสาวญาณิศา ล้อซ้ง

นางสาวต้องจิต ปุณะตุง

นายธีธัชช่าง วัฒนชัย

นางสาวอุบลวรรณ อมตวรกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I
Abstract II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญรูปภาพ VII
รายการสัญลักษณ์ VIII
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 ข้อมูลมะพร้าว 3
2.1 ลักษณะทางพฤษศาสตร์ 3
2.1.1 Exocarp 4
2.1.2 Mesocarp 4
2.1.3 Endrocarp 4
2.1.4 Kernel 4
2.2 พันธุ์ของมะพร้าว 5
2.2.1 พันธุ์ของมะพร้าวในไทย 5
2.3 ประโยชน์จากมะพร้าวที่นำมาใช้ได้ 7
2.3.1 เปลือกและกาบมะพร้าว 7
2.3.2 กะลามะพร้าว 8
2.3.3 เนื้อมะพร้าว 8
2.3.4 น้ำมะพร้าว 8
2.3.5 ต้นมะพร้าว 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากมะพร้าว 9
2.4.1 ผลิตภัณฑ์แปรรูปเพื่อการบริโภค 9
2.4.2 ผลิตภัณฑ์เพื่ออุตสาหกรรมอุปโภค 10
2.5 ความสำคัญของมะพร้าวต่อระบบเศรษฐกิจ 10
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10
2.6.1 เครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อน 10
2.6.2 เครื่องเปิดผลมะพร้าวอ่อน 12
2.6.3 เครื่องปอกผลมะพร้าว 12
บทที่ 3 ทฤษฎีรองรับ 14
3.1 มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส 14
3.1.1 โครงสร้างของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 14
3.1.2 การเกิดสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์เหนี่ยวนำ 15
3.2 เฟือง 15
3.3 โซ่ 16
3.4 Slice/Push Ratio (ξ) 18
3.5 ล้อช่วยแรง (Flywheel) 19
3.6 แรงเฉือน 22
บทที่ 4 การออกแบบและการทดลอง 24
4.1 ขนาดและน้ำหนักของมะพร้าวอ่อน 24
4.2 แรงในการผ่ามะพร้าวอ่อน 25
4.3 ติดตั้งมอเตอร์ระบบกระแสสลับ 25
4.4 เพิ่มประสิทธิภาพของมอเตอร์ด้วยล้อช่วยแรง 26
4.5 การทำงานของเครื่องผ่ามะพร้าวอ่อน 26
4.5.1 ชุดใบมีด 27
4.5.2 ชุดป้อนลูกมะพร้าว 27
4.5.3 ชุดหัวกดลูกมะพร้าว และกลไก 27
4.6 คำนวณหาแรงบิดและพลังงานที่ใช้ด้วยโปรแกรมแมทแลบ 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 ผลการทดลอง 29
5.1 ผลการผ่ามะพร้าวอ่อนในมอเตอร์กระแสสลับขนาด 1 แรงม้า ที่ความถี่ต่างๆ 29
5.2 ผลการผ่ามะพร้าวอ่อนในมอเตอร์กระแสสลับขนาด 3 แรงม้า ที่ความถี่ต่างๆ 29
5.3 การผ่ามะพร้าวอ่อนในล้อช่วยแรง ชนิด Rim ในมอเตอร์กระแสสลับขนาด 3 แรงม้า 30
5.4 การผ่ามะพร้าวอ่อนในล้อช่วยแรง ชนิด Disk ในมอเตอร์กระแสสลับขนาด 3 แรงม้า 31
5.5 การคำนวณในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 34
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง 36
6.1 สรุปผลการวิจัย 36
6.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการปรับปรุง 36
เอกสารอ้างอิง 37
ภาคผนวก 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2.1 ลักษณะของผลมะพร้าว 4
รูปที่ 3.1 องค์ประต่างๆของโซ่ขับ 17
รูปที่ 3.2 รูปแบบต่างๆของโซ่ขับ 17
รูปที่ 3.3 ลักษณะการขับเคลื่อนของชุดส่งกำลัง 17
รูปที่ 3.4 การประยุกต์ใช้ทฤษฎี Slice/Push Ratio โดย V คือ แรงกด H คือแรงเฉือน 18
รูปที่ 3.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ξ กับแรงตัดของมันฝรั่ง 19
รูปที่ 3.6 ล้อช่วยแรง (Flywheel) 20
รูปที่ 3.7 ลักษณะของแรงเฉือนเดี่ยวกับแรงเฉือนคู่ 22
รูปที่ 3.8 ลักษณะของแรงเฉือนบิด 22
รูปที่ 3.9 หลักการของแรงบิด 23
รูปที่ 4.1 การวัดขนาดผลมะพร้าวอ่อน 24
รูปที่ 4.2 การหาค่าแรงที่ใช้ในการผ่ามะพร้าวด้วยเครื่องทดสอบแรง 25
รูปที่ 5.1 ผลการผ่ามะพร้าวด้วยมอเตอร์กระแสสลับ ขนาด 1 แรงม้า 29
รูปที่ 5.2 ผลการผ่ามะพร้าวด้วยมอเตอร์กระแสสลับขนาด 3 แรงม้า 30
รูปที่ 5.3 ผลการผ่ามะพร้าวด้วยมอเตอร์กระแสสลับขนาด 3 แรงม้า โดยล้อช่วยแรงชนิด Rim 31
รูปที่ 5.4 ผลการผ่ามะพร้าวด้วยมอเตอร์กระแสสลับ ขนาด 3 แรงม้า โดยล้อช่วยแรง
ชนิด Disk ที่ความถี่ 30 เฮิร์ต 32
รูปที่ 5.5 ผลการผ่ามะพร้าวด้วยมอเตอร์กระแสสลับ ขนาด 3 แรงม้า โดยล้อช่วยแรง
ชนิด Disk ที่ความถี่ 50 เฮิร์ต 32
รูปที่ 5.6 ลักษณะความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเกียร์บ็อกซ์ 33
รูปที่ 5.7 ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเพลาของเกียร์บ็อกซ์ 33
รูปที่ 5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างรัศมี กับแรงบิด และพลังงานที่เก็บสะสมของล้อช่วยแรง
แบบ Disk 34
รูปที่ 5.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ (rpm) กับแรงบิดและพลังงานที่สะสม 35
รูปที่ 5.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ (rpm) กับแรงบิด ที่รัศมีของล้อช่วยแรงที่แตกต่างกัน 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
a	ความเร่ง	m^2/s
a	ค่าคงที่ของมอเตอร์กระแสสลับ	
d	ระยะที่แรงกระทำ	m
dE	พลังงานจลน์ที่เปลี่ยนแปลงไป	J
dh	ระยะที่ใบมีดเปลี่ยนไปในแนวนอน	cm
dv	ระยะที่ใบมีดเปลี่ยนไปในแนวตั้ง	cm
f	แรงที่กระทำ	N
H	แรงในแนวนอน	N
h	ความหนาของล้อช่วยแรง	m
I	โมเมนต์มวลเฉื่อย	m^4
L	น้ำหนักที่กระทำ	kg
m	มวลของล้อช่วยแรง	kg
R	ความเหนียวของวัตถุดิบ	N/m
r	รัศมีของล้อช่วยแรง	m
T	แรงบิด	N.m
T_L	แรงบิดบนแกนเพลา	N.m
T_r	ความเร็วรอบบน Nameplateของโรเตอร์	rad/s
T_2	แรงบิดของโรเตอร์ที่มีความเร็วรอบสูง	rad/s
V	แรงในแนวตั้ง	N
W	งานที่ล้อช่วยแรงให้กับมอเตอร์	W
w	ความหนาของวัตถุดิบ	cm
Δt	เวลาที่เปลี่ยนไป	sec
ξ	Slice/push Ratio	
ω_r	ความเร็วซิงโครนัส	rad/s
ω_s	ความเร็วรอบบน Nameplate	rad/s
ω_1	ความเร็วรอบต่ำสุด	rad/s
ω_2	ความเร็วรอบสูงสุด	rad/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

มะพร้าวเป็นพืชยืนต้นตระกูลปาล์มที่พบได้ทั่วไปในทุกภูมิภาคของประเทศไทย ขยายพันธุ์โดยการเพาะเมล็ด แล้วนำไปปลูกในหลุมที่รองด้วยปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมัก มะพร้าวนั้นถือเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศ จากข้อมูลสถิติในปี 2552 พบว่าประเทศไทยผลิตมะพร้าวได้มากเป็นอันดับ 6 ของโลก โดยมีผลผลิตอยู่ที่ 1.7 ล้านตันต่อปีซึ่งเมื่อเทียบกับผลสำรวจก่อนหน้า จะพบว่าปริมาณผลผลิตมะพร้าวของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง มะพร้าวถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมและการส่งออก โดยทางด้านอุตสาหกรรมมะพร้าวนั้นแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ อุตสาหกรรมอุปโภคและอุตสาหกรรมบริโภค

ผลิตภัณฑ์เพื่ออุสาหกรรมอุปโภคในปัจจุบันมีมากมายหลายชนิด เช่น อุตสาหกรรมเส้นใยมะพร้าว อุตสาหกรรมแท่งเพาะชำ อุตสาหกรรมเผาถ่านจากกะลามะพร้าว อุตสาหกรรมแปรรูปมะพร้าว ในส่วนของอุตสาหกรรมบริโภคในปัจจุบันนี้มีการผลิตมะพร้าวในระดับโรงงานอุตสาหกรรมอยู่มาก เช่น วุ้นมะพร้าว เนื้อมะพร้าวอ่อนในน้ำเชื่อมกระป๋อง หรือ น้ำมะพร้าวอ่อนบรรจุกระป๋อง ซึ่งสินค้าเหล่านี้สามารถส่งออกและนำรายได้เข้าประเทศได้อย่างมหาศาล โดยมูลค่าผลผลิตมะพร้าวรวมในแต่ละปีนั้นสูงถึง 2,700 ล้านบาท ในขั้นตอนการแปรรูปมะพร้าวนั้นส่วนมากต้องผ่านกระบวนการผ่ามะพร้าว แต่การนำเครื่องจักรเข้ามาช่วยในการผ่านั้นมีไม่มากนักเพราะส่วนมากจะใช้แรงงานคนในการผ่า ซึ่งการผ่าด้วยแรงงานคนจะเสียเวลา ค่าใช้จ่าย และอาจเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานอีกด้วย

ในยุคสมัยที่ความต้องการบริโภคมะพร้าวเพิ่มมากขึ้น แต่กำลังในการผลิตยังคงจำกัดเพราะต้องพึ่งแรงงานคนเป็นหลักในหลายๆ กระบวนการ โดยเฉพาะกระบวนการผ่ามะพร้าวก่อนการแปรรูป การพัฒนาเครื่องผ่ามะพร้าวจึงเป็นตัวแปรสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรมแปรรูปมะพร้าว เนื่องจากสามารถลดต้นทุน และเวลาในการผลิต ใช้พื้นที่ในการผลิตน้อย อัตราการผลิตคงที่ และใช้งานได้ง่าย

จากปัญหาข้างต้น จึงได้มีการพัฒนาเครื่องผ่ามะพร้าวอ่อนขึ้นมา โดยระบบนิวเมติก ซึ่งต้องใช้พื้นที่ในการวางเครื่องจักรมาก เนื่องจากมีองค์ประกอบของระบบหลายองค์ประกอบ เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดควบคุม ปั๊มลม การงานค่อนข้างยาก ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสูง ภายหลังจึงมีการพัฒนาต่อโดยเปลี่ยนจากระบบนิวเมติก มาใช้มอเตอร์กระแสตรง ซึ่งใช้พื้นที่ในการจัดวางเครื่องน้อยกว่า และไม่ต้องมีการต่อพ่วงอุปกรณ์เพิ่มเติมมากนัก แต่มอเตอร์กระแสตรงนั้น มีราคาสูง และต้องมีการแปลงกระแสไฟก่อนจ่ายเข้ามอเตอร์ รวมถึงวิธีการบำรุงรักษานั้น ยังไม่เป็นที่รู้จัก เนื่องจากเครื่องจักรโดยทั่วไป ใช้มอเตอร์กระแสสลับ ดังนั้น หากมีการนำเครื่องผ่ามะพร้าวไปใช้งานจริง อาจต้องจัดหาผู้เชี่ยวชาญในการบำรุงรักษาเพิ่ม หากสามารถเปลี่ยนมาใช้มอเตอร์กระแสสลับได้ จะเป็นการลดต้นทุนในการผลิต เนื่องจากมอเตอร์กระแสสลับนั้นมีราคาที่ย่อมเยากว่า และสามารถใช้กับกระแสไปทั่วไป ซึ่งเป็นกระแสสลับอยู่แล้วได้ โดยไม่ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟเฉพาะเพิ่มเติม

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

พัฒนาเครื่องต้นแบบที่ใช้มอเตอร์กระแสตรง มาใช้มอเตอร์กระแสสลับ และศึกษาแรงที่เหมาะสมสำหรับมอเตอร์กระแสสลับ ที่จะใช้ในการผ่ามะพร้าวอ่อนให้ขาดออกจากกันได้อย่างสมบูรณ์

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

ติดตั้งมอเตอร์กระแสสลับบนเครื่องผ่ามะพร้าว แทนมอเตอร์กระแสตรง ศึกษาผลกระทบและปัญหาที่อาจเกิดจากการเปลี่ยนระบบมอเตอร์ และหาแนวทางแก้ไข รวมทั้งศึกษาแรงที่แท้จริงที่ใช้ในการผ่ามะพร้าวจากการใช้เครื่องทดสอบแรง (Universal Testing Machine)

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

เป็นเครื่องจักรต้นแบบที่สามารถนำไปพัฒนาต่อ เพื่อใช้งานในอุตสาหกรรมขนาดเล็ก โดยใช้พื้นที่ในการจัดวางเครื่องน้อย และมีประสิทธิภาพในการทำงานสูง สามารถบำรุงรักษาได้ง่าย ค่าใช้จ่ายไม่สูงนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ข้อมูลมะพร้าว

2.1 ลักษณะทางพฤษศาสตร์

มะพร้าวเป็นพืชยืนต้นในตระกูลปาล์ม มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Cocos nucifera L. var. nucifera มีชื่อสามัญว่า Coconut Tree หรือ Coco Palm และมีชื่อพื้นเมืองว่า คอส่า ดุง หมากอุ่น หมากอุ๋น หมากอูน ย่อ โดง โพล พบอยู่ตามที่ลุ่มต่ำชายทะเล หรือตามชายฝั่งแม่น้ำในเขตร้อน มะพร้าวมีถิ่นกำเนิดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แถบประเทศไทย อินโดนีเซีย มาเลเซีย อินเดีย และฟิลิปปินส์ ซึ่งในศตวรรษที่ 15-16 พ่อค้าชาวสเปนและโปรตุเกสพบมะพร้าวในประเทศอินเดีย เห็นรอยในกะลาเป็นสามจุดเหมือนตาและปากของลิง จึงเรียกมะพร้าวว่า Cocos ต่อจากนี้นมะพร้าวถูกนำไปเผยแพร่ในยุโรป จึงเรียกตามกันว่า Cocos (โปรตุเกส) หรือ Coco (สเปน) ในอังกฤษเดิมเรียกมะพร้าวว่า Indian Nut นับจากนั้นเป็นต้นมาจึงเรียกจนมากลายเป็น Coconut อย่างในปัจจุบัน

มะพร้าวมีรากขนาดเท่าๆ กัน คือ มีระบบรากเป็นรากฝอย ลำต้นสูงชะลูด มีสีเทาเทา มีรอยแผลใบรูปเสี้ยว และแตกตามขวาง ใบเรียงเวียนกันแน่นที่ยอด เป็นใบประกอบแบบขนนกขนาดใหญ่ ใบย่อยเรียงเวียน รูปแคบยาว สีเขียวเป็นมัน ช่อดอกแบบช่อแยกแขนง ดอกสีขาวนวล ตรงโคนช่อดอกย่อย มีดอกเรียงเป็นกลุ่ม ประกอบด้วย ดอกเพศผู้ 2 ดอกเพศเมีย 1 เหนือกลุ่มนี้เป็นดอกเพศผู้อยู่เดี่ยวๆ หรือเป็นคู่ ดอกเพศผู้มีกลีบดอกแยก 3 กลีบ รูปสามเหลี่ยม ซ้อนทับกัน กลีบดอก 3 มีลักษณะคล้ายกลีบเลี้ยง เกสรเพศผู้เชื่อมติดกันเป็นวง ผลมีลักษณะรูปทรงกลม รูปรีหรือรูปไข่ สีเขียวหม่นถึงสีส้มสด สีเหลือง หรือสีขาว และยังคงมียอดเกสรเพศเมียติดทนอยู่ตรงปลายผล รวมถึงกลีบรวมติดทนซึ่งขยายขนาดขึ้น ผนังผลชั้นนอกเกลี้ยง ผนังผลชั้นกลางเป็นเส้นใยแน่น ผนังผลชั้นในแข็งคล้ายเปลือกไม้ มี 1 เมล็ด ขนาดใหญ่

ผลของมะพร้าวเรียกว่า Nut เป็นแบบ Fibrous ซึ่งมีขนาดน้ำหนักรูปร่างและสีของผลแตกต่างตามพันธุ์ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางผล 15-20 เซนติเมตร ผลมะพร้าวประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 4 ชั้น คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 Exocarp

Exocarp หรือ Outer Skin คือเปลือกนอกสุดของผล ประกอบด้วยเส้นใยเหนียวแข็งและเรียบ เมื่อแก่ จะเปลี่ยนเป็นสีต่างๆ คือ สีเขียว เหลือง ส้ม แดงหรือน้ำตาล ตามลำดับ แต่โดยปกติที่พบจะเป็นสีน้ำตาลปนเทา

2.1.2 Mesocarp

Mesocarp หรือ Husk หรือ Coir หรือ Fiber Layer เป็นชั้นที่อยู่ใต้ Exocarp ในขณะที่ผลยังอ่อนมีลักษณะอ่อนนุ่ม บางพันธุ์สามารถรับประทานได้ เมื่อผลแก่จะกลายเป็นเส้นใยที่เหนียว เรียกว่า กาบมะพร้าว ความหนาของเนื้อเยื่อชั้นนี้หนา 4-8 เซนติเมตร

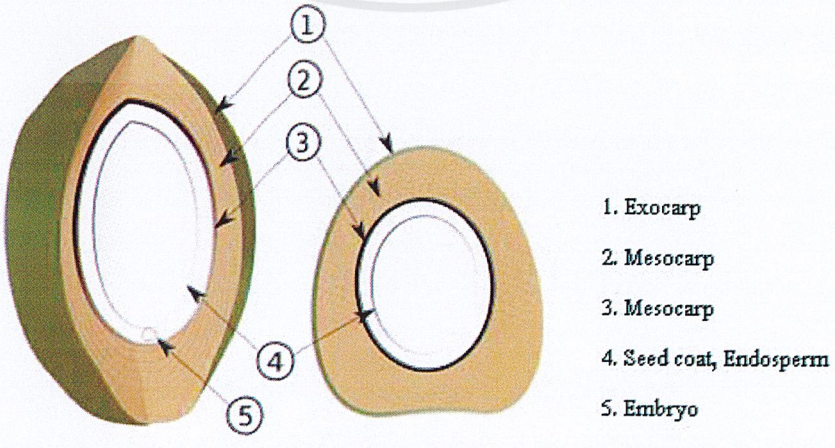
2.1.3 Endrocarp

Endrocarp หรือ Shell เป็นชั้นใต้ Mesocarp เมื่อผลแก่จะมีลักษณะแข็งเรียกว่า กะลา มีสีน้ำตาลเข้มหรือดำ

2.1.4 Kernel

Kernel หรือ Seed หรือ Meat คือเมล็ดของมะพร้าว เป็นส่วนที่อยู่ใต้กะลาทั้งหมด ประกอบด้วย

- Seed Coat มีลักษณะบางสีน้ำตาล อยู่ระหว่างเนื้อมะพร้าวกับกะลา ซึ่งติดแน่นกับเนื้อมะพร้าว
- Endosperm หรือ เนื้อมะพร้าว มีสีขาวฉ่ำน้ำมัน มีความหนาตั้งแต่ 0.4-2 เซนติเมตร
- Embryo หรือ ต้นอ่อน มีลักษณะของหัวเข็มหมุดสีเหลือง มีขนาด 0.5-1 เซนติเมตร ฝังอยู่ในเนื้อมะพร้าวตรงบริเวณใต้ตานิ่ม



รูปที่ 2.1 ลักษณะของผลมะพร้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในเมล็ดมีลักษณะเป็นช่องกลวง ขณะมีผลอ่อนจะมีน้ำเต็ม แต่เมื่อผลมะพร้าวแก่ลง ปริมาณน้ำจะลดลง จนแห้งไปในที่สุด ถ้าตัดมะพร้าวตามขวางจะเห็นเป็นรูปสามเหลี่ยม ด้านนอกของกะลาจะเห็นเป็นสันนูน 3 สัน ระหว่างสันนูนบริเวณขั้วของผลมีตา สามตา เป็นตาแข็ง 2ตาและตานิ่มมีขนาดใหญ่อยู่ตรงส่วนของกะลาที่มีมุมกว้างที่สุดจำนวน 1 ตา

2.2 พันธุ์ของมะพร้าว

พันธุ์มะพร้าวโดยส่วนใหญ่เป็นการผสมข้ามสายพันธุ์ ลักษณะของผลที่ได้จึงมักแตกต่างไปจากสายพันธุ์พ่อแม่ มะพร้าวได้จำแนกมะพร้าวเป็นหมวดหมู่ โดยอาศัยจากลักษณะต่างๆของผล เช่น สีของเปลือก รูปร่างของผล ขนาดของผล ความหนาของเปลือก กะลา และเนื้อ นอกจากนี้อาจอาศัยลักษณะจากการบานของดอก อายุเริ่มตกผลและลักษณะการเจริญเติบโต ซึ่งสามารถจำแนกพันธุ์มะพร้าวออกเป็น 6 สายพันธุ์ คือ

1. Spicata เป็นมะพร้าวที่มีช่อดอกแบบ Spike (ช่อดอกหรือจั่นไม่มีระแง้หรือแขนงแยกออกมา) มีดอกตัวเมียเป็นจำนวนมาก โดยเกิดตั้งแต่โคนช่อดอกจนเกือบถึงส่วนปลายของช่อดอกซึ่งเป็นที่เกิดของดอกตัวผู้
2. Androgena เป็นมะพร้าวที่มีดอกตัวผู้อย่างเดียวเท่านั้น พบในจาไมก้าและนิวกีนี
3. Javanica เป็นมะพร้าวที่เกิดจากการกลายลักษณะ พบในบางเกาะของประเทศอินโดนีเซีย มีลักษณะแข็งแรง
4. Nana เป็นมะพร้าวพันธุ์เตี้ย ลำต้นมีลักษณะเตี้ยเล็ก ผลมีขนาดเล็กเนื้อบาง
5. Typica เป็นมะพร้าวพันธุ์สูง ลำต้นมีลักษณะใหญ่ สูง ผลมีขนาดกลางถึงใหญ่ที่สุด มะพร้าวในพันธุ์นี้เป็นพวกผสมข้ามสายพันธุ์
6. Aurantica เป็นมะพร้าวลักษณะต้นเตี้ย ไม่ค่อยทนต่อโรคและแมลง ขึ้นได้ดีในดินที่มีความชื้นสูง ไม่ทนต่อสภาพแห้งแล้ง พบในประเทศศรีลังกา

2.2.1 พันธุ์ของมะพร้าวในไทย

มะพร้าวเป็นพืชผสมข้ามพันธุ์ แต่ละต้นจึงไม่เป็นพันธุ์แท้ อาศัยหลักทางการผสมพันธุ์ที่เป็นไปโดยธรรมชาติ ในประเทศไทยสามารถแบ่งมะพร้าวได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ มะพร้าวพันธุ์ต้นเตี้ยและต้นสูง แต่ละประเภทก็มีพันธุ์ต่างๆแยกออกมามากมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.1 มะพร้าวพันธุ์ต้นเตี้ย

มะพร้าวประเภทนี้ มีการผสมตัวเองค่อนข้างสูง จึงมักให้ผลดกและไม่ค่อยกลายพันธุ์ ส่วนใหญ่นิยมปลูกไว้เพื่อรับประทานผลอ่อน เพราะในขณะที่ผลยังไม่แก่ อายุประมาณ 4 เดือน เนื้อมีลักษณะอ่อนนุ่ม และน้ำมีรสหวาน บางพันธุ์น้ำมีคุณสมบัติพิเศษ คือ มีกลิ่นหอม

มะพร้าวพันธุ์เตี้ย มีลำต้นเล็ก โคนต้นไม่มีสะโพก ต้นเตี้ย โตเต็มที่สูงประมาณ 12 เมตร ทางใบสั้น ถ้ามีการดูแลปานกลางจะเริ่มให้ผลเมื่ออายุ 3-4 ปี ให้ผลผลิตประมาณ 35-40 ปี มะพร้าวประเภทต้นเตี้ยมีหลายพันธุ์ แต่ละพันธุ์มีลักษณะแตกต่างกัน เช่น เปลือกสีเขียวเหลือง นวล (สีงาช้าง) น้ำตาลแดง หรือสีส้ม น้ำมีรสหวาน มีกลิ่นหอม มะพร้าวต้นเตี้ยทุกพันธุ์จะมีผลขนาดเล็ก เมื่อผลแก่มีเนื้อบางและน้อย แต่ปัจจุบันมะพร้าวน้ำหอมกำลังเป็นพืชเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่ง ที่นิยมใช้ในการบริโภคสดและส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศ ตลอดจนใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม ได้แก่

- พันธุ์นกคุ่ม ลักษณะลำต้นเล็ก ทางสั้น ผลมีขนาดเล็กเปลือกผลมีสีเขียว
- พันธุ์หมูสีเขียว ลักษณะผลเหมือนพันธุ์นกคุ่มแต่มีขนาดใหญ่กว่า
- พันธุ์หมูสีเหลือง หรือนาพิเก เปลือกมีลักษณะเป็นสีงาช้างจนถึงสีเหลือง ที่ปลูกโดยทั่วไปมีสองชนิดคือ ลักษณะผลค่อนข้างกลมและผลค่อนข้างยาว ขนาดผลค่อนข้างเล็ก
- พันธุ์เตี้ย ลักษณะผลกลม เล็ก เปลือกสีน้ำตาลปนแดง มีผลค่อนข้างดก แต่ผลเล็กและเนื้อน้อย
- พันธุ์น้ำหอม มีลักษณะเหมือนพันธุ์หมูเขียว บางต้นเหมือนพันธุ์นาพิเก มีน้ำหอมคล้ายกลิ่นใบเตย
- พันธุ์ไฟ ลักษณะผลมีขนาดเล็กเท่ากับพันธุ์นาพิเกเปลือกมีสีส้มสด

2.2.1.2. มะพร้าวพันธุ์ต้นสูง

ตามปกติมะพร้าวต้นสูงจะผสมข้ามพันธุ์ คือ ในแต่ละช่อดอก (จั่น) หนึ่ง ๆ ดอกตัวผู้จะค่อย ๆ ทยอยบาน และร่วงหล่นไปหมดก่อนที่ดอกตัวเมียในจั่นนั้นจะเริ่มบาน จึงไม่มีโอกาสผสมตัวเอง มะพร้าวประเภทนี้เป็นมะพร้าวเศรษฐกิจส่วนใหญ่ปลูกเป็นสวนอาชีพ เพื่อใช้เนื้อจากผลแก่ไปประกอบอาหาร หรือเพื่อทำมะพร้าวแห้งใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมันพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มะพร้าวพันธุ์ต้นสูง มีลำต้นใหญ่ โคนต้นมีสะโพกใหญ่ ต้นสูง โตเต็มที่สูงประมาณ 18 เมตร ทางใบใหญ่และยาว ถ้ามีการดูแลปานกลางจะเริ่มให้ผลเมื่ออายุ 5-6 ปี อายุยืนให้ผลผลิตนานประมาณ 80 ปี มะพร้าวต้นสูงมีผลโตเนื้อหนาปริมาณเนื้อมาก มีลักษณะภายนอกหลายอย่างที่แตกต่างกัน เช่น ผลขนาดกลาง ขนาดใหญ่ รูปผลกลม ผลรี บางพันธุ์เปลือกมีลักษณะพิเศษ คือ ในขณะที่ผลยังไม่แก่ เปลือกตอนส่วนหัวจะมีรสหวานใช้รับประทานได้ จึงมีชื่อเรียกต่าง ๆ กัน ได้แก่

- พันธุ์กะโหลก เป็นมะพร้าวที่มีผลขนาดใหญ่มาก โดยใหญ่กว่ามะพร้าวกลางประมาณ 2 เท่า มีน้ำหนัก 3 กิโลกรัมขึ้นไป
- พันธุ์ใหญ่ เป็นมะพร้าวที่มีผลปอกเปลือกขนาดใหญ่
- พันธุ์กลาง เป็นมะพร้าวที่มีผลขนาดกลาง อยู่ระหว่างมะพร้าวใหญ่กับมะพร้าวหมูสี
- พันธุ์ปากจก เป็นมะพร้าวที่มีลักษณะแตกต่างจากมะพร้าวใหญ่กลาง โดยมีรูปร่างของผลยาว ปลายแหลมคล้ายลูกรักบี้ กะลาหนา น้ำน้อย
- พันธุ์ทะลายร้อย เป็นมะพร้าวที่มีดอกตัวเมียถึงร้อยกว่าดอกภายในจั่นแต่ละจั่น และสามารถผสมพันธุ์ติดเป็นผลได้ แต่ผลที่เกิดอาจไม่สมบูรณ์ทุกผล ผลที่สมบูรณ์มีขนาดเล็กกว่าพันธุ์นกคุ่ม
- พันธุ์เปลือกหวาน ผลมีลักษณะสีเขียว เปลือกอ่อนนุ่มและมีรสหวานรับประทานได้
- พันธุ์มะแพร้ว เป็นมะพร้าวที่มีลักษณะช่อดอกหรือจั่นที่แตกต่างจากมะพร้าวพันธุ์อื่นๆ แต่ขนาดความยาวของจั่นเท่ากับพันธุ์มะพร้าวต้นสูง

2.3 ประโยชน์จากมะพร้าวที่นำมาใช้ได้

2.3.1 เปลือกและกาบมะพร้าว

- เส้นใยจากกาบมะพร้าวสามารถนำไปทำฟูกและเสื่อได้
- เป็นส่วนผสมในดินเพื่อในในการเพาะปลูก ช่วยให้ดินอุ้มน้ำได้มากขึ้น
- เนื่องจากกาบมะพร้าวสามารถเก็บความชื้นได้มาก จึกเหมาะที่จะใช้ปลูกพืชที่ต้องการความชื้นตลอดเวลา เช่น กล้วยไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ใช้เป็นวัตถุดิบสำคัญในขั้นตอนการขยายพันธุ์พืชบางวิธี เช่น วิธีตอนกิ่ง และทาบกิ่ง

2.3.2 กะลามะพร้าว

- ใช้ทำสิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ เช่น กระบวย โคมไฟ กระดุม ซออู้ ฯลฯ
- น้ำมันจากกะลามะพร้าวใช้รักษาโรคผิวหนังได้

2.3.3 เนื้อมะพร้าว

- เนื้อในของมะพร้าวแก่ นำไปขูดเป็นเศษเล็กๆ ผสมน้ำแล้วบีบ จะได้น้ำกะทิ
- กากที่เหลือจากการคั้นน้ำกะทิ นำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ได้
- น้ำมันมะพร้าว ได้จากการบีบหรือต้มกากมะพร้าวบด นำไปปรุงอาหาร หรือเป็นส่วนผสมในหารผลิตครื่องสำอางบางชนิด
- ปัจจุบันมีการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวอีกด้วย

2.3.4 น้ำมะพร้าว

- ดื่มแทนเครื่องดื่มเกลือแร่ได้ เนื่องจากมีโพแทสเซียมสูง
- เนื่องจากมีคุณสมบัติปลอดเชื้อ และเป็นสารละลายไอโซโทนิก จึงสามารถฉีดเข้าเส้นเลือดเวนให้ผู้ป่วยที่มีอาการขาดน้ำ หรือปริมาณเลือดผิดปกติ
- เมื่อนำมาเจือกรดอ่อนเล็กน้อย สามารทำเป็นวุ้นมะพร้าวได้
- มีส่วนช่วยในการถ่ายพยาธิได้

2.3.5 ต้นมะพร้าว

- ยอดอ่อน หรือหัวใจมะพร้าว (coconut's heart) สามารถนำไปทำอาหารได้ ซึ่งยอดอ่อนมีราคาแพงมาก เพราะการเก็บยอดอ่อนทำให้ต้นมะพร้าวตาย
- ก้านใบ หรือทางมะพร้าว ใช้ทำไม้กวาดทางมะพร้าว
- จั่นมะพร้าว (ช่อดอกมะพร้าว) ให้น้ำตาล
- จาวมะพร้าวใช้นำมาเป็นอาหารได้
- ในจาวมะพร้าวมีฮอร์โมนออกซินมาก ซึ่งเมื่อนำน้ำที่ได้จากการคั้นไปรดต้นพืชจะช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชได้
- เปลือกหุ้มรากมะพร้าวใช้รักษาโรคคอตีบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากมะพร้าว

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอุตสาหกรรมการแปรรูปมะพร้าวสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.4.1 ผลิตภัณฑ์แปรรูปเพื่อการบริโภค

2.4.1.1 อุตสาหกรรมมะพร้าวแห้ง

เป็นอุตสาหกรรมที่ใช้เนื้อมะพร้าวมาตากแดดหรือย่างไฟแบบรมควัน อาจทำในรูปของอุตสาหกรรมในครอบครัว การทำมะพร้าวแห้งส่วนใหญ่จะทำเมื่อราคาของมะพร้าวตกต่ำ ซึ่งราคาของมะพร้าวก็ขึ้นอยู่กับผลผลิตตามฤดูกาลคือในช่วงระหว่างกรกฎาคม-ตุลาคมของทุกปี ผลผลิตมะพร้าวเข้าสู่ตลาดมาก ราคาจะตกต่ำ

2.4.1.2 อุตสาหกรรมน้ำมันมะพร้าว

เป็นอุตสาหกรรมการเกษตรที่รับช่วงการผลิตมาจากอุตสาหกรรมมะพร้าวแห้ง มีความสัมพันธ์อย่างต่อเนื่องกับอุตสาหกรรมอื่น ๆ อีกมากมาย เช่น อุตสาหกรรมทำนม ทำสบู่ เนยเทียม เป็นต้น สาเหตุที่น้ำมันมะพร้าวเป็นที่ยอมรับของทั่วไปเพราะมีกลิ่นและรสเฉพาะตัว ซึ่งเป็นที่ยอมรับของตลาด และปริมาณหาได้ค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดทั้งปี

2.4.1.3 อุตสาหกรรมกะทิเข้มข้น

เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำน้ำกะทิมะพร้าวมาระเหย เอาน้ำออกบางส่วน แล้วนำไปบรรจุในภาชนะปลอดอากาศ ทำให้สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน และสะดวกต่อการใช้งาน เพราะเมื่อนำกะทิดังกล่าวมาผสมเข้ากับน้ำก็จะคืนรูปเป็นกะทิธรรมดา การทำกะทิเข้มข้นทำอยู่ในวงจำกัด ปัจจุบันมีโรงงานด้านนี้ 2 โรง เนื่องจากในประเทศเรายังพอหามะพร้าวสดคั้นกะทิได้ง่าย แต่อาจจะจำเป็นสำหรับต่างประเทศ

2.4.1.4 อุตสาหกรรมมะพร้าวขูดแห้ง

เป็นอุตสาหกรรมที่นำเนื้อในมะพร้าวมาขูดลักษณะเดี่ยวกับเนื้อมะพร้าวสดขูดที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดทั่วไป หลังจากนั้นนำไปผ่านกรรมวิธีอบแห้งด้วยความร้อนประมาณ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 นาที จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นผงขาวนวล แต่ยังคงสภาพกลิ่น รส ของมะพร้าวแห้งทุกประการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ผลิตภัณฑ์เพื่ออุตสาหกรรมอุปโภค

2.4.2.1 อุตสาหกรรมผลิตเส้นใยมะพร้าว

เฉลี่ยแล้วกาบมะพร้าว 13 ผล สามารถผลิตเส้นใยมะพร้าวแห้งได้ 1 กิโลกรัม ในอุตสาหกรรมนี้จะนำเส้นใยเหล่านี้มาผ่านเครื่องตี แยกขุยมะพร้าวออกและตากแห้งแล้วถูกส่งออกจำหน่ายในรูปของเส้นใยอัด หรือควั่นเกลียว อุตสาหกรรมที่ใช้เส้นใยมะพร้าวมากได้แก่ อุตสาหกรรมผลิตที่นอน เบาะรถยนต์ เบาะนั่งโซฟา พรมเช็ดเท้า แผ่นฉนวนป้องกันความร้อน เชือก ฯลฯ

2.4.2.2 อุตสาหกรรมแท่งเพาะชำ

ใช้ฟองใยมะพร้าวซึ่งเป็นเศษวัสดุเหลือใช้จากโรงงานเส้นใยโดยนำมาอัดเป็นแท่งและผ่านกรรมวิธีอบแห้ง แล้วบรรจุกล่องส่งขายได้ ส่วนที่เหลือจากการอบแห้งก็นำมาป่น และบรรจุถุงขายเป็นดินผสมเพื่อใช้ปลูกไม้กระถาง

2.5 ความสำคัญของมะพร้าวต่อระบบเศรษฐกิจ

มะพร้าวเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทยและความสำคัญต่อชีวิตประจำวันของคนไทยอีกด้วย ซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์ทางเศรษฐกิจอย่างมากทั้งด้านเกษตรและอุตสาหกรรม ซึ่งจากสำนักงานสถิติแห่งชาติได้เคยสำรวจพบว่า ประชากรไทย 1 คน จะบริโภคเนื้อมะพร้าวประมาณปีละ 8,273.2 กรัม หรือประมาณ 18 ผล/คน/ปี หรือประมาณ 65% ของผลผลิตทั้งหมด ส่วนที่เหลือประมาณ 35% ของผลผลิตทั้งหมด ใช้ในรูปของอุตสาหกรรมหรือส่งออกต่อไป จากการรายงานของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ได้รายงานว่า การส่งออกมะพร้าวในปี 2537 ส่งมะพร้าวอ่อนออกต่างประเทศ 6,747 ตัน เป็นเงินมูลค่าประมาณ 69 ล้านบาท ประเทศที่นำเข้ามะพร้าวอ่อนมากที่สุด คือ ฮ่องกง รองลงมาคือ ประเทศแคนาดา, ออสเตรเลีย, ไต้หวัน, สหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่น และการส่งออกมะพร้าวอ่อนไปต่างประเทศ มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 เครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อน

เอกพงษ์และคณะ, 2544 สร้างเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติต้นแบบให้สามารถผ่าผลมะพร้าวอ่อนได้ทุกขนาด การทำงานของเครื่องคือ เมื่อวางผลมะพร้าวบนส่วนรองรับผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อ่อนแล้ว กดสวิตซ์ให้ระบบนิวแมติกทำงาน ก้านลูกสูบของกระบอกลมนิวแมติกเคลื่อนตัวลงมากดผลมะพร้าวอ่อนผ่านใบมีดสแตนเลสจนมะพร้าวอ่อนขาดเป็นสองซีกอย่างสมบูรณ์ และก้านลูกสูบจะเคลื่อนที่กลับตำแหน่งปกติ จากการทดลองที่ความดันลม 8.5 บาร์ และปรับให้ก้านลูกสูบเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 35 ถึง 45 เซนติเมตร/วินาที พบว่าเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติมีประสิทธิภาพในการผ่าผลมะพร้าวอ่อนได้เป็นสองซีกอย่างสมบูรณ์ 100% และใช้เวลาเฉลี่ยในการผ่าผลมะพร้าวอ่อน 1.60 ถึง 1.85 วินาทีต่อผล

สาทิป และเกียรติศักดิ์, 2551 ได้ออกแบบและสร้างเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยส่วน ประกอบที่สำคัญของเครื่องมี 5 ส่วนดังนี้ 1.โครงสร้าง 2. ถาดรองรับผลมะพร้าว 3. ชุดใบมีดตัด 4. ชุดระบบนิวแมติกไฟฟ้า 5. ถาดรองรับน้ำและผลมะพร้าว การทำงานเป็นเครื่องแบบกึ่งอัตโนมัติ เริ่มจากวางผลมะพร้าวบนถาดรองรับ กดสวิทช์ระบบควบคุมเพื่อให้เครื่องทำงาน ถาดรองรับผลมะพร้าวจะเคลื่อนเข้าสู่ชุดตัดผลมะพร้าวทำให้ผลมะพร้าวถูกผ่าครึ่งกลางผลในลักษณะผลคว่ำ มีผลให้น้ำมะพร้าวไหลลงสู่ถาดรองรับด้านล่างและส่วนผลมะพร้าวเลื่อนไถลลงสู่ถาดรองรับด้านข้าง จากการทดสอบเครื่องพบว่าเครื่องสามารถใช้งานง่าย รวดเร็ว ปลอดภัย ไม่มีความเสียหายต่อผลมะพร้าว ความสามารถเครื่องเป็น 480 ผล/ชั่วโมง การวิเคราะห์ต้นทุนในการผ่าผลมะพร้าวเป็น 8.3 สตางค์/ผล

สืบพงศ์ และคณะ, 2552 ได้ออกแบบและสร้างเครื่องผ่าผลมะพร้าวต้นแบบสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ซึ่งได้มีการออกแบบเครื่องต้นแบบโดยอาศัยหลักการทางกลศาสตร์ ในการทดสอบแรงกระทำด้วยเครื่องทดสอบแรง พบว่าใบมีดคมแบบตรง เป็นมีดที่ใช้แรงผ่าน้อยที่สุดเท่ากับ 3.18 กิโลนิวตัน และเลือกใช้มอเตอร์กระแสตรง (DC motor) ขนาด 0.67 แรงม้า 24 โวลต์ เป็นมอเตอร์ต้นกำลัง มีการเลือกใช้กลไกแบบ Modified Cardan Gear ซึ่งสามารถเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่จากแนวรัศมีเป็นแนวตรง การทำงานของเครื่องโดยวางผลมะพร้าวลงบนชุดป้อนมะพร้าว เลื่อนชุดตัวป้อนไปยังตำแหน่งของชุดใบมีดเมื่อเครื่องทำงานทำจะกดลงมากดมะพร้าวผ่านใบมีดจนมะพร้าวขาดออกจากกัน การทดสอบหาแรงด้วยการวัดต่ากระแสไฟฟ้า พบว่า กำลังสูงสุดของเครื่องจะสามารถผ่าผลมะพร้าวได้ และจากการทำงานของเครื่อง พบว่าเครื่องสามารถทำงานต่อเนื่องได้ผลผลิต 7 ผลต่อนาที แต่ยังไม่สามารถผ่าผลมะพร้าวอ่อนได้อย่างสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 เครื่องเปิดผลมะพร้าวอ่อน

บัณฑิต และณัฐพงษ์, 2550 ได้สร้างเครื่องเปิดผลมะพร้าวอ่อนให้สามารถนำไปใช้ในเชิงการค้าได้ เครื่องเปิดผลมะพร้าวอ่อนที่ถูกพัฒนาขึ้นทำงานโดยอาศัยหลักการตัดด้วยใบมีดสามเหลี่ยมที่มีด้านสองด้านที่ไม่ใช่ฐานเป็นคมมีดตัดฝานไหล่ของผลมะพร้าวอ่อนไป เครื่องเปิดผลมะพร้าวอ่อนมีสองแบบ คือ แบบทำงานด้วยมือสำหรับร้านขายปลีกและใช้ในครัวเรือน และแบบกึ่งอัตโนมัติสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม โครงสร้างทั้งสองมีชุดตัดประกอบด้วยใบมีดสเตนเลสสามเหลี่ยมสองชุดติดกับเหล็กเพลามีเกลียวโดยรอบ การเปิดทำได้โดยการทำให้เพลาหมุนและใบมีดเคลื่อนเข้าหากันตัดผลมะพร้าวอ่อนที่ตั้งอยู่ตรงกลาง การทดสอบสมรรถนะเชิงวิศวกรรมพบว่า เครื่องทำงานด้วยมือสามารถเปิดผลมะพร้าวอ่อนในอัตราเฉลี่ย 40.1 วินาทีต่อผล เครื่องกึ่งอัตโนมัติสามารถเปิดผลมะพร้าวอ่อนในอัตราเฉลี่ย 12.1 วินาทีต่อผล เครื่องทั้งสองแบบให้น้ำและเนื้อมะพร้าวที่ใสสะอาดน่ารับประทาน ช่องกว้างฝาขของผลที่ถูกเปิดออกใหญ่เพียงพอที่ผู้บริโภคจะเข้าถึงน้ำและเนื้อในผลได้

2.6.3 เครื่องปอกผลมะพร้าว

บัณฑิต และณัฐพงษ์, 2550 ได้สร้างเครื่องปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อน ตัวเครื่องประกอบด้วยตัวปอกลำตัว ตัวปอกไหล่ และตัวยึด ซึ่งจะจับยึดลูกมะพร้าวให้แน่นโดยใบมีดหมุนเป็นทรงกลมกรวยปอกตรงลำตัวผลมะพร้าว การทำงานของเครื่องสามารถปอกเปลือกผลมะพร้าวได้ 21 ผลต่อชั่วโมง ใช้ความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที ซึ่งการปอกเปลือกผลมะพร้าวนี้ได้รับการยอมรับจากผู้ค้าและผู้ส่งออก

บัณฑิต จริโมภาส, ณัฐพงษ์ รัตนเดช และอนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล (2552) ได้สร้างเครื่องปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อน ใช้ในลักษณะใบมีดที่แหลมโค้ง การทำงานจะเข้าไปขวางการเคลื่อนที่ของมะพร้าวเพื่อเฉือนเปลือกมะพร้าวออก โดยการทำงานเริ่มจากมะพร้าวที่ยังปอกเปลือกถูกส่งเข้าเครื่องจักรอย่างต่อเนื่อง จากนั้นผลมะพร้าวจะวิ่งไปตามสายพานแล้วส่งไปยังเครื่องปอกและตัด ซึ่งการทำงานจะเป็นระบบอัตโนมัติเคลื่อนที่ไปเรื่อยๆ เครื่องมีอัตราการปอก 86 ผลต่อชั่วโมง ด้วยอัตราเร็ว 300 รอบต่อนาที โดยการปอกมะพร้าวนี้ได้รับการยอมรับจากผู้ค้า

โครงงานภาควิชาไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม (2550) ได้สร้างเครื่องปอกมะพร้าว โดยนำมะพร้าวใส่ในเครื่องปอกลูกกลิ้งจะหมุนเข้าหากัน โดยมีครีบปอกเป็นตัวปอกมะพร้าว โดนกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าจะถูกส่งผ่านชุดเฟืองโซ่มาขับลูกกลิ้งชุดที่ 1 ให้หมุนอยู่ในทิศเดียวกับมอเตอร์ ฟันเฟืองที่สวมอยู่กับเพลาของลูกกลิ้งชุดที่ 1 เป็นเฟืองตรงขบอยู่กับเฟืองตรงของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลูกกลิ้งชุดที่ 2 ให้หมุนเข้าหากันโดยความเร็วของลูกกลิ้งทั้งสองเท่ากัน ครีบของลูกกลิ้งแต่ละชุดจะไม่ชนกันในขณะที่ลูกกลิ้งทั้งสองหมุนอยู่ เนื่องจากตั้งระยะห่างไว้ ดังนั้นจังหวะหมุนของลูกกลิ้งจึงตายตัว ความเร็วรอบของลูกกลิ้งจะอยู่ที่ 40 รอบต่อนาที เมื่อชุดปอกปอกมะพร้าวเสร็จ ลูกมะพร้าวจะไหลลงมาโดนกับลิมิตสวิชต์ ซึ่งตัวลิมิตสวิชต์จะสั่งการไปยังชุดควบคุม

ศรัทธาพล จินชัย และคณะ (2549) ได้สร้างเครื่องตัดปาดและแต่งทรงเปลือกมะพร้าวอ่อน เพื่อช่วยในการปอกเปลือกมะพร้าวอ่อนแทนการใช้แรงงานจากคนซึ่งจะเป็นการอำนวยความสะดวกและยังเป็นการช่วยลดอันตรายจากการใช้มีดปอก โดยเครื่องตัดปาดและแต่งทรงเปลือกมะพร้าวอ่อนแบ่งการทำงานออกเป็นสองส่วนหลักๆ คือ ส่วนของชุดปาดผิวด้านข้างทำงานโดยใช้มอเตอร์ขนาด 0.75 กิโลวัตต์ จำนวน 1 ตัวที่มีความเร็วรอบ 1,430 รอบต่อนาที เป็นต้นกำลัง โดยมีสายพานเป็นตัวส่งกำลังไปยังชุดเพลาจับมะพร้าวหมุน และทำการปาดผิวด้านข้าง และส่วนที่เป็นชุดตัดหัวและตัดท้ายทำงานโดยใช้มอเตอร์ขนาด 0.75 กิโลวัตต์ ที่มีความเร็วรอบ 1430 รอบต่อนาที จำนวน 1 ตัว เป็นต้นกำลัง โดยที่ติดใบมีดตัดไว้ที่เพลาของมอเตอร์ เพื่อเอาไว้ทำการตัดมะพร้าวให้เป็นฐาน

โครงงานภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้สร้างเครื่องปอกเปลือกมะพร้าวเอนกประสงค์ ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน คือ ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 2 แรงม้า 220 โวลต์ ส่งกำลังผ่านชุดกลไกถ่ายทอดกำลัง ซึ่งประกอบด้วยเฟืองโซ่ไปขับชุดกลไกฉีกเปลือย ชุดกลไกขัดผิวกะลามะพร้าวนอกจากนี้ยังมีชุดกลไกลำเลียงเปลือกเป็นส่วนประกอบย่อยอีกอย่างหนึ่ง ชุดกลไกฉีกเปลือยประกอบด้วยลูกกลิ้ง 2 ชุด ที่มีครีบพาดตามแนวยาว จำนวน 6 ครีบ หมุนเข้าหากัน เปลือกมะพร้าวจะถูกหนีบและดึงให้หลุดออกจากกะลามะพร้าว จากนั้นลูกมะพร้าวจะกลิ้งลงสู่ชุดกลไกขัดผิวกะลา ซึ่งเป็นชุดแปลงหมุนเข้าหากันในขณะที่ทำการปอกมะพร้าวลูกถัดไป เวลาเฉลี่ยที่ทำได้ดีที่สุดสำหรับการปอกและขัดผิวเท่ากับ 4.77 วินาทีต่อลูก กำลังที่ใช้ในการปอกและขัดผิวกะลาพร้อมกันเท่ากับ 1.77 แรงม้าต่อลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ทฤษฎีรองรับ

3.1 มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส เป็นมอเตอร์ที่นิยมใช้กันทั่วไป มีข้อดีคือ ไม่มีแปรงถ่าน ทำให้การสูญเสียเนื่องจากความฝืดมีค่าน้อย มีตัวประกอบกำลังสูง การบำรุงรักษาน้อย เริ่มหมุนได้ง่าย โดยเฉพาะชนิดกรงกระรอก สร้างง่าย ทนทาน ราคาถูก ไม่เสียหายง่าย และมีประสิทธิภาพสูง ข้อเสียคือ การปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ทำได้ยาก เนื่องจากความเร็วรอบจะแปรผันตรงกับภาระ แรงบิดเริ่มหมุนค่อนข้างต่ำกว่าแรงบิดเริ่มหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบชันต์ ปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนามอเตอร์ชนิดนี้ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นจนเป็นที่ยอมรับกันในวงการอุตสาหกรรมทั่วไป

3.1.1 โครงสร้างของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

3.1.1.1 ส่วนที่อยู่กับที่ (Stator)

ส่วนที่อยู่กับที่ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ทำมาจากแผ่นเหล็กบางๆ อัดซ้อนกันแลทำเป็นช่องสล็อตไว้บรรจุขดลวด ความเร็วรอบของมอเตอร์จะแปรผันตรงตามจำนวนขั้วแม่เหล็ก เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับขดลวดส่วนที่อยู่กับที่จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กค่าคงตัวค่าหนึ่ง ซึ่งหมุนด้วยความเร็วซิงโครนัส N_s (โดยที่ $N_s = \frac{120f}{P}$) สนามแม่เหล็กหมุนจำเหนี่ยวนำแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นในตัวหมุน โดยเป็นไปตามกฎของการเหนี่ยวนำ

3.1.1.2 ตัวหมุน (Rotor)

ตัวหมุนของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. ตัวหมุนแบบวาวด์หรือเฟสวาวด์มอเตอร์ (Wound rotor or phase wound rotor)เรียกมอเตอร์ชนิดนี้ว่า มอเตอร์เหนี่ยวนำแบบเฟสวาวด์มอเตอร์หรือสลิปริงมอเตอร์พบมากในมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส การพันขดลวดจะเป็นแบบ 2 ชั้นเหมือนกับขดลวดที่ใช้ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ภายในตัวหมุนจะถูกต่อแบบสตาร์ มีปลายสายออกมา 3 เส้น ต่อเข้ากับสลิปริงที่ติดกับเพลาของตัวหมุน สามารถนำความต้านทานที่ต่อแบบสตาร์มาต่อเข้ากับสลิปริงที่ต่อมาจากขดลวดในตัวหมุนแบบวาวด์ เพื่อเพิ่มแรงบิดเริ่มหมุน เมื่อมอเตอร์หมุนเข้าสู่ความเร็วปกติ สลิปริงจะถูกลัดวงจร ทำให้ตัวหมุนทำงานแบบกรงกระรอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตัวหมุนแบบกรงกระรอก (Squirrel cage rotor motor) มอเตอร์ที่ใช้ตัวหมุนชนิดนี้เรียกว่า มอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก มีประมาณ 90% ของมอเตอร์เหนี่ยวนำทั้งนี้เนื่องจากทำได้ง่ายและทนทาน โดยประกอบด้วยแผ่นเหล็กบางๆ อัดซ้อนกันเป็นรูปทรงกระบอก และถูกทำให้เป็นช่องสล็อตขนานกันเพื่อบรรจุตัวนำของตัวหมุนลงในช่องสล็อตนั้น ตัวนำที่ฝังจะเป็นแท่งทองแดง อะลูมินั่ม หรืออัลลอย โดยในหนึ่งสล็อตจะบรรจุตัวนำเพียง 1 แท่งเท่านั้น ปลายสุดของแท่งตัวนำทั้ง 2 ด้านจะถูกลัดวงจรเข้าด้วยกันโดยการบัดกรี หรือเชื่อมด้วยไฟอย่างถาวร จึงไม่สามารถที่จะนำความต้านทานจากภายนอกมาต่ออนุกรมเข้ากับวงจรตัวหมุนเพื่อช่วยในการเริ่มหมุนได้ สล็อตของตัวหมุนจะวางให้มีลักษณะที่ไม่ขนานกับเพลาโดยเฉียงเล็กน้อย เพื่อช่วยให้มอเตอร์หมุนได้เร็ว ด้วยการลดการฮัมของเส้นแรงแม่เหล็ก (Magnetic hum) และช่วยในการลดการเกิดการล็อกของตัวหมุนอันเนื่องมาจากสนามแม่เหล็กตกค้างอยู่ที่ฟัน (Teeth) ของตัวที่อยู่กับที่กับตัวหมุน ส่วนตัวหมุนแบบอื่นๆ ก็มีลักษณะคล้ายๆ กันกับตัวหมุนแบบกรงกระรอก โดยประกอบด้วยแท่งเหล็กทรงกระบอกตัน มอเตอร์จะหมุนได้ขึ้นอยู่กับผลของการเกิดกระแสไหลวนในแท่งเหล็กของตัวหมุน

3.1.2 การเกิดสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์เหนี่ยวนำ

เมื่อจ่ายไฟฟ้าระบบ 3 เฟส ให้กับชุดขดลวดของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ ดดยจะหมุนตัดกับตัวนำในตัวหมุนทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในตัวนำที่ฝังอยู่ในตัวหมุนและเกิดสนามแม่เหล็กในตัวหมุน เพราะที่ตัวหมุนมีกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำอยู่ จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กเป็นขั้วเหนือและขั้วใต้เช่นเดียวกับที่ส่วนที่อยู่กับที่สนามแม่เหล็กหมุนที่ส่วนที่อยู่กับที่จะเกิดการผลักและดูดกับขั้วแม่เหล็กที่เกิดที่ตัวหมุนทำให้เกิดแรงบิดขึ้น

3.2 เฟือง

เฟืองตรง เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลชนิดหนึ่งที่พบอยู่ในเครื่องจักรกลทั่วไป โดยใช้ทำหน้าที่ส่งกำลัง และการหมุนจากเพลาหนึ่งไปยังอีกเพลาหนึ่งที่ขนานกันส่วนมากเฟืองขับจะมีขนาดเล็กกว่าเฟืองตาม และมีชื่อเรียกเป็นพิเศษว่า พิเนียน ส่วนเฟืองใหญ่เรียกว่า เฟือง แต่การใช้งานบางโอกาสก็อาจใช้เฟืองใหญ่เป็นเฟืองขับก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฟืองตรง เป็นเฟืองที่มีลักษณะเป็นล้อทรงกระบอก มีฟันขนานกับแกนของตัวเฟือง มีหน้าตัดของฟันเฟืองขนานเท่ากัน และเหมือนกันตลอดทั้งเฟือง หน้าที่การใช้งานของเฟืองตรง เป็นเฟืองที่ใช้ส่งกำลังกับเพลาที่ขนานกัน เฟืองตรงเหมาะสำหรับการส่งกำลังที่มีความเร็วรอบต่ำ หรือความเร็วรอบปานกลางไม่เกิน 20 เมตรต่อนาที เช่น ชุดเฟืองทดลองของเครื่องกลึงเพื่อเดินกลึงอัตโนมัติ หรือชุดเฟืองทดลองของเครื่องจักรกลการเกษตรที่ความเร็วรอบต่ำ ๆ ข้อดีของเฟืองตรงขณะใช้งาน จะไม่เกินแรงในแนวแกน ประสิทธิภาพในการทำงานสูง หน้ากว้างของเฟืองตรงสามารถเพิ่มได้เพื่อให้เกิดผิวสัมผัสที่มากขึ้น เพื่อลดการสึกหรอให้น้อยลง

3.3 โซ่

การขับด้วยโซ่มีใช้อยู่มากทางด้านงานเครื่องจักรกล เนื่องจากมีลักษณะคล้ายกับการขับด้วยสายพาน โซ่จะคล้องอยู่กับล้อโซ่หรือเฟืองโซ่ ซึ่งติดอยู่บนเพลาขับและเพลาตาม อัตราทดของการขับจะขึ้นอยู่กับขนาดของเฟืองโซ่ทั้งสอง และการขับด้วยโซ่นี้จะไม่มีการสลิปเกิดขึ้นระหว่างโซ่กับเฟืองโซ่

โซ่สามารถส่งกำลังให้ได้โมเมนต์บิด (หมุน) สูงมากโดยที่ให้เป็นชุดส่งกำลังมีขนาดเล็กได้ เป็นลักษณะการส่งกำลังด้วยรูปร่างและ ที่รองเพลาจะรับภาระน้อยมาก ไม่มีการให้ลื่นไถลในขณะส่งกำลัง ในขณะส่งกำลังข้อต่อโซ่จะรับภาระความเสียดทานลื่น (Sliding Friction) จึงต้องมีการหล่อลื่นที่เพียงพอ โซ่ส่งกำลังจะมีใช้งานในที่รับภาระดึงมาก ๆ ในที่รับอุณหภูมิสูง โรงงานเคมี ไอน้ำมัน และที่ที่มีความชื้นสูง ซึ่ง เป็นที่ซึ่งสายพานไม่สามารถนำไปใช้งานได้

ข้อดีเมื่อเทียบกับสายพานแบนและสายพานร่อง

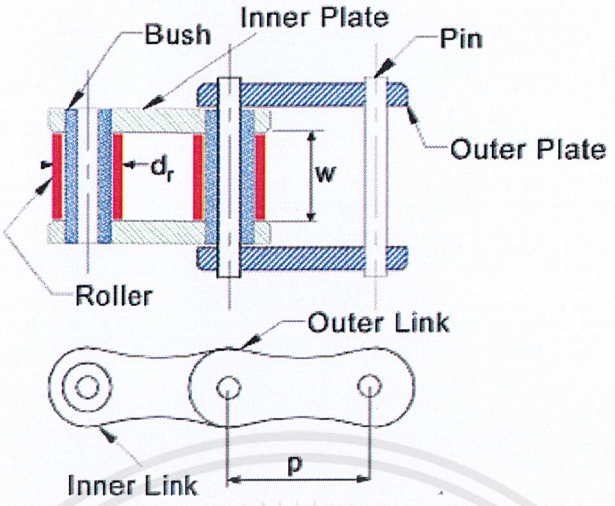
- ส่งถ่ายน้ำมันได้สูงโดยที่ไม่มีการลื่นที่ระยะห่างระหว่างเพลาน้อยและให้อัตรากำลังทดสูง
- เปลืองเนื้อที่น้อย
- ไม่ต้องการตึงให้แน่นมาก, และรองเพลารับภาระน้อย

ข้อดีเมื่อเทียบกับเฟือง

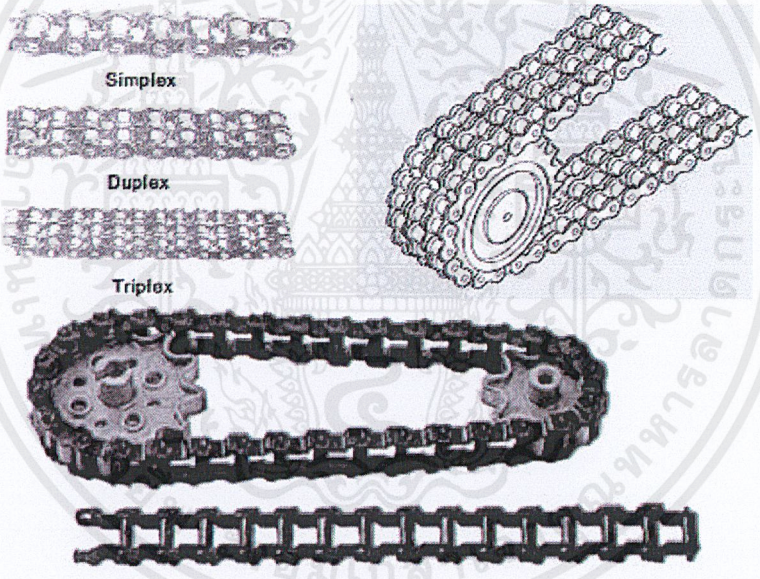
- แก้ปัญหาระยะระหว่างเพลาที่ห่างกันมาก ๆ ได้
- มีความไวต่อสิ่งสกปรกน้อยกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

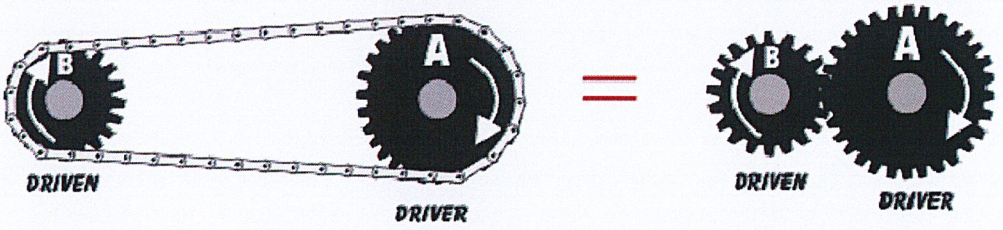
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 3.1 องค์ประต่างๆของโซ่ขับ



รูปที่ 3.2 รูปแบบต่างๆของโซ่ขับ



รูปที่ 3.3 ลักษณะการขับเคลื่อนของชุดส่งกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

119400

3.4 Slice/Push Ratio (ξ)

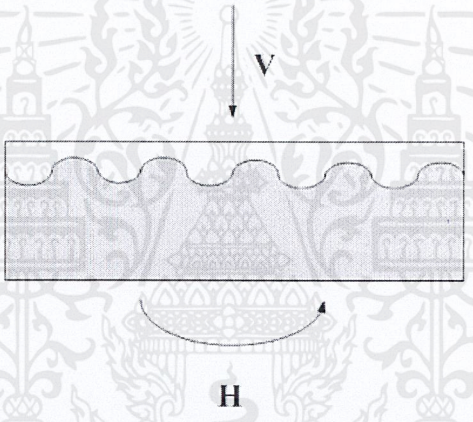
นิยามของ Slice/Push Ratio คืออัตราส่วนของการเคลื่อนไปของใบมีดตามแนวตั้งและแนวนอนเมื่อทำการตัดวัตถุดิบ โดยสามารถแสดงเป็นสมการที่ (3.1) ได้ดังนี้

$$\xi = \frac{dh}{dv} \tag{3.1}$$

เมื่อกำหนดให้ ξ คือ Slice/Push Ratio

dv คือ ระยะที่ใบมีดเปลี่ยนแปลงไปในแนวนอน (cm.)

dv คือ ระยะที่ใบมีดเปลี่ยนแปลงไปในแนวตั้ง (cm.)



รูปที่ 3.4 การประยุกต์ใช้ทฤษฎี Slice/Push Ratio โดย V คือ แรงกด H คือแรงเฉือน

นำค่า Slice/Push Ratio ในสมการที่ (3.1) ไปใช้คำนวนแรงที่สมการที่ (3.2) และ (3.3) เมื่อนำไปคำนวณหาแรงในแนวนอนจะเป็นสมการที่ (3.2) และเมื่อนำไปคำณวนหาแรงในแรงตั้งจะเป็นไปตามสมการที่ (3.3)

$$\frac{H}{RW} = \frac{\xi}{1+\xi^2} \tag{3.2}$$

เมื่อกำหนดให้ H คือ แรงในแนวนอน (N)

R คือ ความเหนียวของวัตถุดิบ (N/m)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

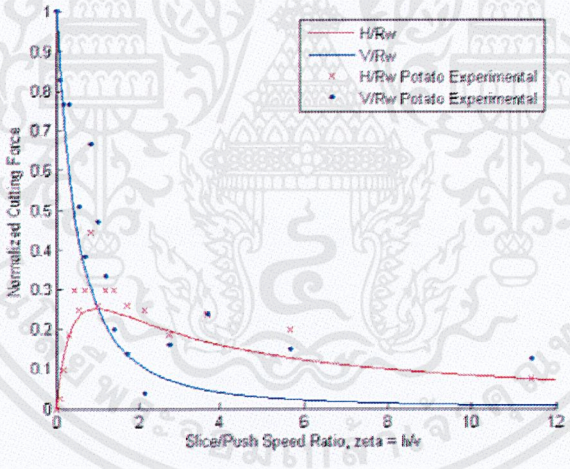
เมื่อกำหนดให้ w คือ ด้านกว้างของวัตถุดิบ (m.)

$$\frac{V}{Rw} = \frac{1}{1+\xi^2} \tag{3.3}$$

เมื่อกำหนดให้ V คือ แรงในแนวตั้ง (N)

จากการหาข้อมูลเกี่ยวกับ Slice/Push Ratio ที่นำไปประยุกต์ใช้กับงานวิศวกรรมอาหารแล้ว จึงได้ข้อมูลที่ได้จากการพร็อตจุดลงบนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้ในการตัดกับ Slice/Push Ratio แล้วจะแสดงได้ตามรูปที่ 3

จะสังเกตได้ว่าเมื่อมีการใช้ Slice/Push Ratio แล้ว แรงที่ใช้ในการตัดจะลดลง ทั้งในแนวตั้งและแนวนอน อย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะแรงในแนวตั้ง

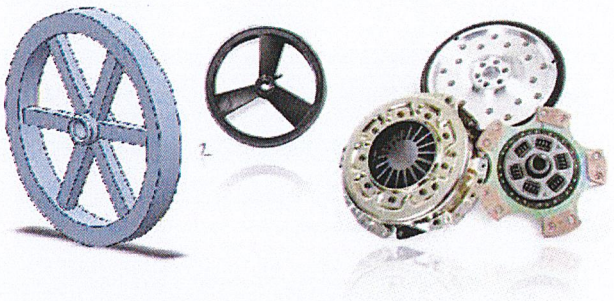


รูปที่ 3.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ξ กับแรงตัดของมันฝรั่ง

3.5 ล้อช่วยแรง (Flywheel)

มอเตอร์กระแสสลับใช้หลักการเหนี่ยวนำของแกนแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเมื่อพบภาระที่เกินความสามารถของมอเตอร์ ระหว่างแกนแม่เหล็กและแกนเพลาจะห่างออกจากัน ทำให้แกนเพลาไม่ได้รับการเหนี่ยวนำอีกแกนเพลาของมอเตอร์จะหยุดหมุน ดังนั้นมอเตอร์ต้องการแรงบิดเพิ่มเพื่อที่จะทำให้สามารถเอาชนะภาระนั้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ล้อช่วยแรง (Flywheel)

ในการติดล้อช่วยแรงเพื่อให้มอเตอร์สามารถเอาชนะแรงต้านได้นั้น เนื่องจากเมื่อล้อช่วยแรงหมุนจะเกิดโมเมนต์มวลเฉื่อย สามารถหาได้จากสมการที่ (3.4) ซึ่งโมเมนต์มวลเฉื่อยจะเกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างมวล รัศมี และความหนาของล้อช่วยแรง โดยเมื่อล้อช่วยแรงที่ติดกับแกนเพลาหมุนเริ่มหมุนที่ความเร็วรอบต่ำสุด จนกระทั่งเมื่อความเร็วรอบคงที่ซึ่งจะเป็นความเร็วรอบสูงสุด จะเกิดการสะสมพลังงานซึ่งเป็นความแตกต่างของพลังงานจลน์ ในทำนองเดียวกันเมื่อระบบเจอแรงต้านจนกระทั้งความเร็วรอบตกไป ก็จะเป็นการทดพลังงานที่สะสมไว้ในล้อช่วยแรงให้กับมอเตอร์เพื่อเอาชนะแรงต้านนั้น โดยพลังงานที่สะสมนี้จะสามารถหาได้จากสมการที่ (3.5) ซึ่งพลังงานที่สะสมไว้นี้ถูกใช้ในรูปของแรงบิด แรงบิดนี้จะเกิดขึ้นจากความสัมพันธ์ระหว่างงานหารด้วยความเร็วรอบ ณ ขนะนั้น การหางานที่กระทำในสมการที่ (3.9) นั้น จำเป็นต้องรู้ค่าคงที่ของมอเตอร์ที่ใช้และแรงบิดของโรเตอร์ที่ความเร็วรอบสูงสุด ซึ่งค่าคงที่นั้นสามารถหาได้จากสมการที่ (3.6) และจากการแก้สมการที่ (3.7) แต่ในการหมุนล้อช่วยแรง มอเตอร์ก็ต้องใช้แรงบิดบนแกนเพลา เพื่อใช้หมุนล้อช่วยแรงเช่นกัน และจะคำนวณได้จากสมการที่ (3.8)

$$I = \frac{m}{12}\left(3r^2 + h^2\right) \tag{3.4}$$

เมื่อกำหนดให้ I คือ โมเมนต์มวลเฉื่อย (m^4)

m คือ มวลของล้อช่วยแรง (kg.)

r คือ รัศมีของล้อช่วยแรง (m.)

h คือ ความหนาของล้อช่วยแรง (m.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$dE = \frac{1}{2} I\left(\omega_2^2 - \omega_1^2\right) \tag{3.5}$$

เมื่อกำหนดให้ dE คือ พลังงานจลน์ที่เปลี่ยนแปลง (J)

ω_1 คือ ความเร็วรอบต่ำสุด (rad/s)

ω_2 คือ ความเร็วรอบสูงสุด (rad/s)

$$a = -\frac{T_r}{\omega_S - \omega_r} \tag{3.6}$$

เมื่อกำหนดให้ a คือ ค่าคงที่ของมอเตอร์กระแสสลับ

T_r คือ ความเร็วรอบบน Nameplate ของโรเตอร์ (rad/s)

ω_S คือ ความเร็วรอบบน Nameplate (rad/s)

ω_r คือ ความเร็วซิงโครนัส (rad/s)

$$\Delta t = \frac{I}{a} \ln \frac{T_2}{T_r} \tag{3.7}$$

เมื่อกำหนดให้ Δt คือ เวลาที่เปลี่ยนไป (s)

T_2 คือ แรงบิดของโรเตอร์ที่ความเร็วรอบสูง (rad/s)

$$1 = \frac{I}{a} \ln \frac{T_r - T_L}{T_2 - T_L} \tag{3.8}$$

เมื่อกำหนดให้ T_L คือ แรงบิดบนแกนเพลา (N.m)

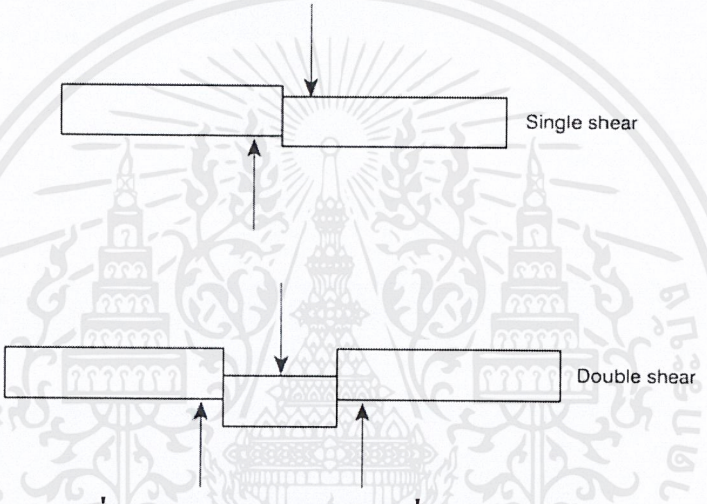
$$W = \frac{a\left(\omega_2^2 - \omega_1^2\right)}{2\ln\left(\frac{T_2}{T_r}\right)} \tag{3.9}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อกำหนดให้ W คือ งานที่ล้อช่วยแรงให้กับมอเตอร์ (W)

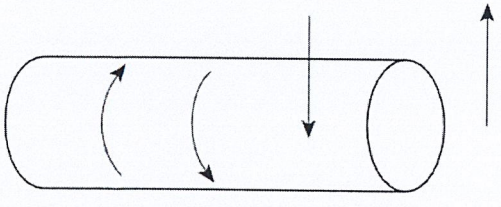
3.6 แรงเฉือน

แรงเฉือนจะเกิดขึ้นถ้ามีการใส่แรงสวนทางกันสองทิศทาง โดยแรงเฉือนตรงสามารถ แยกออกได้เป็นสองแบบคือแรงเฉือนเดี่ยว (single shear) กับแรงเฉือนคู่ (double shear) แรง เฉือนเดี่ยวจะเกิดขึ้นตลอดแนวระนาบเดียว ในขณะที่แรงเฉือนคู่จะเกิดระหว่างสองระนาบพร้อมกัน รูปที่ 3.7 แสดงหลักการของแรงเฉือนเดี่ยวและแรงเฉือนคู่



รูปที่ 3.7 ลักษณะของแรงเฉือนเดี่ยวกับแรงเฉือนคู่

แรงเฉือนบิดเกิดขึ้นจากการใส่แรงในแนวนอนขนานกันในทิศทางตรงข้ามกัน เมื่อระนาบไม่ไปด้วยกันกับแนวแกนของชิ้นทดสอบทำให้เกิดแรงบิดขึ้นในลักษณะของการบิด เกลียว ซึ่งทำให้ชิ้นงานเกิดการบิดตัว และการเฉือนบิดจะเกิดขึ้นถ้ามีการบิดเกลียวในทิศ ทางตรงข้ามกัน ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ลักษณะของแรงเฉือนบิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงบิดที่เกิดขึ้นในวัสดุเป็นผลจากการบิดตัว โดยแรงบิดนี้เป็นแรง f ที่ให้กับวัสดุ ตลอดระยะทาง d แรงบิดที่กระทำสามารถคำนวณได้จากผลคูณของแรงกับระยะทางที่แรงนั้น กระทำดังสมการ

$$T = f \times d \tag{3.10}$$

หรือ

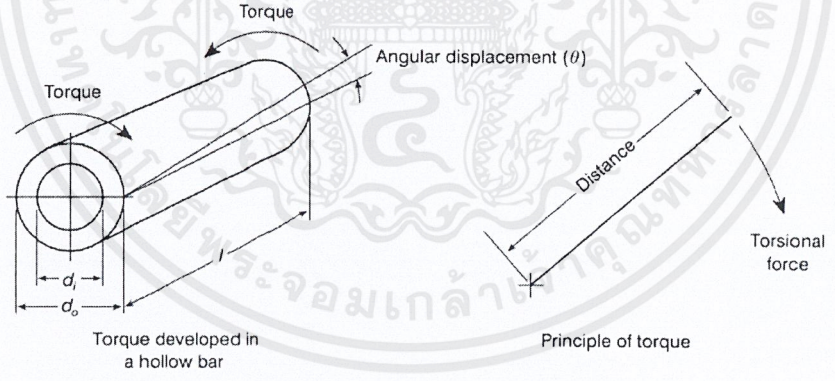
$$T = L \times a \times d \tag{3.11}$$

เมื่อกำหนดให้ L คือ น้ำหนักที่กระทำในหน่วยกิโลกรัม (kg.)

a คือ ความเร่ง (9.8 m/s^2)

d คือ ระยะที่แรงกระทำในหน่วยเมตร (m.)

ดังนั้นค่าแรงบิดจะมีหน่วยเป็นนิวตันเมตร (N.m) หรือ จูล (Joules, J) หน่วยของแรงบิดโดยทั่วไปได้แก่ ปอนด์นิ้ว (in-lb) หรือ ปอนด์ฟุต (ft-lb) และ นิวตันเมตร หรือ จูล หลักการของแรงบิดได้แสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 หลักการของแรงบิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การออกแบบและการทดลอง

ในการพัฒนาเครื่องผ่ามะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติได้มีการวางแผนการทดลอง และวิเคราะห์ผลการทดลอง เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องผ่ามะพร้าวอ่อน และแก้ไขจุดบกพร่องของเครื่อง โดยมีการนำทฤษฎีมาช่วยในการพัฒนาให้เครื่องผ่ามะพร้าวอ่อนมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

4.1 ขนาดและน้ำหนักของมะพร้าวอ่อน

วัดขนาดของมะพร้าวอ่อน หาความกว้าง (d) และความสูง (h) ของมะพร้าวโดยใช้เหล็กฉากและไม้เมตรร่วมกัน โดยวัดจากส่วนที่กว้างที่สุด และสูงที่สุดของผลมะพร้าวอ่อน และหาค่าเฉลี่ยความกว้างและความสูง เพื่อใช้ในการกำหนดขนาดของเครื่อง ถาดป้อนมะพร้าว และขนาดความยาว และความหนาของใบมีดที่เหมาะสมในการผ่าผลมะพร้าวอ่อน และใช้ในการคำนวณแรงที่ต้องใช้ในการผ่ามะพร้าวอ่อน ซึ่งจะช่วยให้สามารถทราบขนาด และกำลังของมอเตอร์ รวมทั้งลักษณะไกที่เหมาะสมในการผ่ามะพร้าวอ่อนได้

รูปที่ 4.1 การวัดขนาดผลมะพร้าวอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 แรงในการผ่ามะพร้าวอ่อน

มะพร้าวนั้นมีความแข็งมาก จึงจำเป็นต้องใช้แรงมากในการผ่า จึงจำเป็นต้องหาค่าแรงเฉลี่ยที่ต้องใช้ในการผ่ามะพร้าวให้ขาดออกจากกัน โดยใช้เครื่องทดสอบแรง (Universal Testing Machine) โดยใส่ใบมีดในหัวจับชิ้นงานส่วนล่าง แล้วใส่หัวกดโลหะที่ส่วนบน นำผลมะพร้าวมาวางระหว่างหัวกดและใบมีด เดินเครื่องให้หัวกด กดลูกมะพร้าวผ่านใบมีด แล้วอ่านค่าแรงที่กระทำระหว่างการผ่าผลมะพร้าว ซึ่งแรงที่ได้นี้ สามารนำมาใช้คำนวณเพื่อหาขนาดของมอเตอร์ที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในระบบ และยังช่วยในการคำนวณความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่องผ่ามะพร้าวอ่อนด้วย

รูปที่ 4.2 การหาค่าแรงที่ใช้ในการผ่ามะพร้าวด้วยเครื่องทดสอบแรง

4.3 ติดตั้งมอเตอร์ระบบกระแสสลับ

เครื่องผ่ามะพร้าวเดิมที่นำมาพัฒนาต่อนั้น ใช้มอเตอร์กระแสตรงขนาด 1 แรงม้า ซึ่งเป็นมอเตอร์ที่หาได้ค่อยข้างยาก ราคาสูง ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการดูแลรักษา และต้องใช้เครื่องจ่ายไฟเฉพาะในการจ่ายกระแสไฟเข้ามอเตอร์ เนื่องจากต้องการไฟกระแสตรง ซึ่งอาจจะเป็นอุปสรรค์หากนำไปใช้งานจริง จึงได้มีการเปลี่ยนมาใช้มอเตอร์กระแสสลับ ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า และราคาถูกกว่า อีกทั้งยังเป็นมอเตอร์ทั่วไปที่ใช้ในเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาจึงน้อยกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งในการเปลี่ยนมอเตอร์ในแต่ละครั้ง จำเป็นจะต้องจัดทำแผ่นรองมอเตอร์ และเปลี่ยนขนาดของเพลาส่งแรง เกียร์ติดมอเตอร์ และโซ่ใหม่ เนื่องจากขนาด และกำลังของมอเตอร์ไม่เท่ากัน จึงทำให้แรงที่กระทำ และระยะห่างระหว่างอุปกรณ์เปลี่ยนแปลง จึงไม่สามารถใช้ร่วมกับปุอกรณ์เดิมได้

ในโครงงานนี้ ทดลองใช้มอเตอร์ระบบกระแสสลับขนาด 1 แรงม้า และ 3 แรงม้า จ่ายไฟกระแสสลับที่ความถี่ 30, 50 และ 60 เฮิร์ต เพื่อให้สามารถผ่ามะพร้าวอ่อนให้ขาดจากกันได้อย่างสมบูรณ์

4.4 เพิ่มประสิทธิภาพของมอเตอร์ด้วยล้อช่วยแรง

เนื่องจากมอเตอร์ระบบกระแสสลับนั้น มีข้อด้อย คือเมื่อมีแรงต้านมากในช่วงจังหวะเดียวอาจทำให้มอเตอร์หยุดการทำงานได้ จึงศึกษาวิธีแก้ไข และเพิ่มกำลังให้มอเตอร์สามารถทำงานต่อไปได้อย่างราบลื่น และพบว่า ปัญหาที่ทำให้ระบบเพลาทำงานไม่ราบลื่นนั้น เป็นปัญหาหลักในการผลิตเครื่องยนต์ของรถทุกชนิด และได้มีการนำล้อช่วยแรงมาติดตั้งเพิ่ม เพื่อช่วยให้ระบบเพลาทำงานได้ราบลื่นขึ้น จึงได้นำแนวคิดนี้มาประยุกต์ใช้กับเครื่องผ่ามะพร้าว เพื่อลดข้อด้อยของมอเตอร์ระบบกระแสสลับ โดยติดล้อช่วยแรงเพิ่มที่บริเวณปลายเพลาของมอเตอร์

การติดล้อช่วยแรงเพิ่ม นอกจากจะมีผลช่วยให้มอเตอร์ทำงานได้ราบลื่นขึ้น แต่ก็ส่งผลให้มอเตอร์ต้องออกแรงในการสะสมพลังงานลงในล้อช่วยแรงมากขึ้นด้วย จึงส่งผลให้มอเตอร์ต้องใช้กำลังมากขึ้น และเริ่มการทำงานได้ช้าลง ซึ่งผลกระทบนี้ จะมากน้อย ขึ้นอยู่กับการเลือกชนิด และขนาดของล้อช่วยแรง กล่าวคือ หากเลือกใช้ล้อช่วยแรงที่มีขนาดใหญ่ และหนักมาก ย่อมมีผลให้มอเตอร์ทำงานได้ราบลื่นมาก แต่ก็ต้องใช้กำลัง และเวลาในการเริ่มงานมากขึ้นด้วย

ในโครงงานนี้ เลือกทดลองล้อช่วยแรง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 36 เซนติเมตร โดยใช้ล้อช่วยแรงชนิดขอบ (Rim Flywheel) น้ำหนัก 5 กิโลกรัม และล้อช่วยแรงแบบจาน (Disk Flywheel) น้ำหนัก 9 กิโลกรัม เพื่อเปรียบเทียบผลการผ่ามะพร้าวให้ขาดออกจากกันโดยสมบูรณ์

4.5 การทำงานของเครื่องผ่ามะพร้าวอ่อน

เครื่องผ่ามะพร้าวอ่อน สามารผ่ามะพร้าวอ่อนได้ โดยการนำมะพร้าวอ่อนใส่ในชุดถาดป้อนลูกมะพร้าว และเลื่อนถาดเข้าไปสู่บริเวณการผ่าลูกมะพร้าว โดยชุดหัวกด จะทำการกดลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มะพร้าวในชุดถาดป้อน ให้เคลื่อนผ่านแผ่นรองถาดลงไปหาใบมีด และเคลื่อนผ่านใบมีดเผื่อผ่าลูกมะพร้าวให้ขาดออกจากกัน เครื่องผ่ามะพร้าวอ่อน ประกอบไปด้วยส่วนหลักๆ 3 ส่วน

4.5.1 ชุดใบมีด

ชุดใบมีด เป็นส่วนสำคัญ ที่ใช้ในการผ่าลูกมะพร้าว ซึ่งเป็นส่วนที่ยึดติดอยู่ด้านล่างของตัวเครื่อง ใต้ชุดถาดป้อนลูกมะพร้าว เพื่อรอรับลูกมะพร้าวที่ถูกกดจากถาดป้อนลูกมะพร้าว ผ่านใบมีดให้ลูกมะพร้าวขาดจากกัน ใบมีดที่เลือกใช้ เป็นใบมีดคมตรง ทำจากสแตนเลส 316 ยาว 24 เซนติเมตร กว้าง 2 เซนติเมตร หนา 0.4 เซนติเมตร ซึ่งมีความยาวมากกว่าความยาวของผลมะพร้าวเฉลี่ย ซึ่งทำให้สามารถผ่าผลมะพร้าวอ่อนได้ทุกขนาด

4.5.2 ชุดป้อนลูกมะพร้าว

ชุดป้อนลูกมะพร้าว ใช้ในการป้อนลูกมะพร้าวเข้าสู่กลไกการผ่า เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการผ่า จึงออกแบบให้ชุดป้อนลูกมะพร้าวเลื่อนตัวเข้าออกจากบริเวณการผ่าได้ โดยใช้ลางเลื่อน และถาดป้อนลูกมะพร้าว โดยมีแผ่นสแตนเลส 2 แผ่นวางในแนวระนาบเดียวกัน และผ่าเว้าตรงกลางให้เป็นร่องเพื่อรองรับลูกมะพร้าว โดยขนาดร่องนั้น เล็กกว่าลูกมะพร้าวเล็กน้อย เพื่อให้ลูกมะพร้าวไม่หล่น และไม่กลิ้งหนีใบมีดขณะผ่า แผ่นถาดป้อนทั้ง 2 แผ่น ถูกยึดติดกับโครงถาดป้อน มีสปริงเพื่อสร้างแรงต้านจากน้ำหนักของลูกมะพร้าว และสามารถเคลื่อนลงตามแรงกดของชุดหัวกดลูกมะพร้าวได้

4.5.3 ชุดหัวกดลูกมะพร้าว และกลไก

แรงที่หัวกดได้รับนั้น มาจากชุดต้นกำลังซึ่งประกอบด้วยมอเตอร์กระแสสลับขนาด 3 แรงม้า ทำการส่งกำลังไปยังชุดหัวกด โดยใช้โซ่หมุนเพลาของ gear box เพื่อเปลี่ยนทิศทางไปหมุนชุด Modified cardan gear ที่สามารถเปลี่ยนแรงในแนวรัศมีไปเป็นแรงตามแนวแกน ทำให้ชุดหัวกดสามารถขยับเคลื่อนที่กดลูกมะพร้าวลงผ่านชุดใบมีด นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งล้อช่วยแรงในส่วนต้นกำลังเพื่อใช้เก็บสะสม พลังงานไว้ในขณะที่มอเตอร์หมุน ซึ่งพลังงานที่เก็บไว้นี้จะเปลี่ยนเป็นแรงบิดเพื่อช่วยเพิ่มกำลังให้หัวกดในการผ่ามะพร้าวผ่านใบมีดได้

4.6 คำนวณหาแรงบิดและพลังงานที่ใช้ด้วยโปรแกรมแมทแลบ

ใช้สมการในหัวข้อทฤษฎี เขียนลงในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อคำนวณหาค่าต่างๆ ที่ขนาดของมอเตอร์ ชนิดและขนาดของล้อช่วยแรง ที่ความสัมพันธ์ต่างๆ โดยกำหนดชนิดของล้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วยแรง เป็นวัสดุแบบต่างๆ แต่ในที่นี้กำหนดเป็นชนิดสแตนเลสและเหล็กหล่อ ในการติดล้อช่วยแรงเพื่อให้มอเตอร์สามารถเอาชนะแรงต้านได้นั้น เนื่องจากเมื่อล้อช่วยแรงหมุนจะเกิดโมเมนต์มวลเฉื่อย (I) สามารถหาได้จากสมการที่ (3.4) ซึ่งโมเมนต์มวลเฉื่อยจะเกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างมวล (m), รัศมี (r) และความหนา (h) ของล้อช่วยแรง โดยเมื่อล้อช่วยแรงที่ติดกับแกนเพลาหมุนเริ่มหมุนที่ความเร็วรอบต่ำ (ω_1) จนกระทั่งเมื่อความเร็วรอบคงที่ซึ่งจะเป็นความเร็วรอบสูง (ω_2) จะเกิดการสะสมพลังงงานซึ่งเป็นความแตกต่างของพลังงานจลน์ (dE) ในทำนองเดียวกันเมื่อระบบเจอแรงต้านจนกระทั้งความเร็วรอบตกไป ก็จะเป็นการทดพลังงานที่สะสมไว้ในล้อช่วยแรงให้กับมอเตอร์เพื่อเอาชนะแรงต้านนั้น โดยพลังงานที่สะสมนี้จะสามารถหาได้จากสมการที่ (3.5) ซึ่งพลังงานที่สะสมไว้นี้ถูกใช้ในรูปของแรงบิด แรงบิดนี้จะเกิดขึ้นจากความสัมพันธ์ระหว่างงาน(W) หารด้วยความเร็วรอบ ณ ขนะนั้น การหางานที่กระทำในสมการที่ (3.9) นั้น จำเป็นต้องรู้ค่าคงที่ของมอเตอร์ที่ใช้(a) และแรงบิดของโรเตอร์ที่ความเร็วรอบสูง (T_2) ซึ่งค่าคงที่นั้นสามารถหาได้จากสมการที่ (3.6) โดย T_r คือความเร็วรอบบน Nameplate ของมอเตอร์, ω_r เป็นความเร็วรอบบน Nameplate และ ω_s เป็นความเร็วซิงโครนัส ส่วนแรงบิดของโรเตอร์คำนวณได้จากสมการที่ (3.7) แต่ในการหมุนล้อช่วยแรง มอเตอร์ก็ต้องใช้แรงบิดบนแกนเพลา (T_L) เพื่อใช้หมุนล้อช่วยแรงเช่นกัน และจะคำนวณได้จากสมการที่ (3.8)

จากสมการทั้งหมดข้างต้นทำให้สามารถสร้างสถานการณ์จำลองเมื่อทำการติดล้อช่วยแรงด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ รวมทั้งสามารถหาแนวโน้มในการเปลี่ยนชนิดหรือขนาดของล้อช่วยแรงให้เหมาะสมสำหรับใช้ในการผ่ามะพร้าวในอนาคตได้

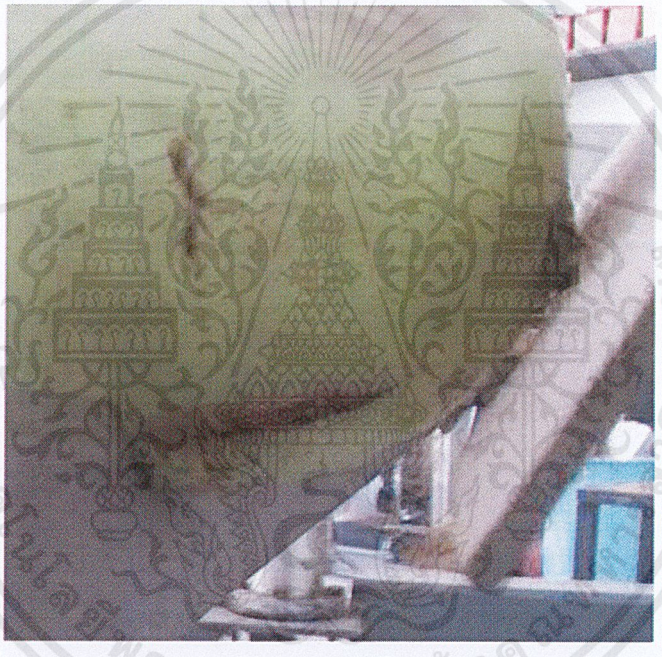
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดลอง

5.1 ผลการผ่ามะพร้าวอ่อนในมอเตอร์กระแสสลับขนาด 1 แรงม้า ที่ความถี่ต่างๆ

จากการทดลองผ่ามะพร้าวอ่อนในมอเตอร์กระแสสลับขนาด 1 แรงม้าที่ความถี่ 30, 50 และ 60 เฮิร์ต ความเร็วรอบ 890, 1340 และ 1610 รอบต่อนาทีตามลำดับ พบว่ามะพร้าวไม่ขาดออกเป็นสองซีกอย่างสมบูรณ์ โดยขาดลึกลงไปประมาณ 1 เซนติเมตร ของเปลือกชั้นนอกของมะพร้าว จึงมีการเพิ่มขนาดของมอเตอร์กระแสสลับขึ้นจาก 1 แรงม้า เป็นขนาด 3 แรงม้า



รูปที่ 5.1 ผลการผ่ามะพร้าวด้วยมอเตอร์กระแสสลับ ขนาด 1 แรงม้า

5.2 ผลการผ่ามะพร้าวอ่อนในมอเตอร์กระแสสลับขนาด 3 แรงม้า ที่ความถี่ต่างๆ

จากการทดลองผ่ามะพร้าวอ่อนในมอเตอร์กระแสสลับขนาด 3 แรงม้าที่ความถี่ 30, 50, และ 60 เฮิร์ต ความเร็วรอบ 890, 1340 และ 1610 รอบต่อนาทีตามลำดับ พบว่ามะพร้าวไม่ขาดออกเป็นสองซีกอย่างสมบูรณ์ แต่ขาดลึกไปจนถึงชั้นกะลามะพร้าว ซึ่งลึกประมาณ 2.5 – 3 เซนติเมตร จึงมีการเพิ่มล้อช่วยแรงเข้าไปช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผ่า เนื่องจากคุณสมบัติของล้อช่วยแรง คือการสะสมพลังงาน ดังนั้นเมื่อมอเตอร์กระแสสลับ หยุดหมุน เนื่องจากเจอโหลด พลังงานที่สะสมในล้อช่วยแรงจะปลดปล่อยออกมา ในลักษณะของแรงบิดเพื่อทดกำลังให้มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

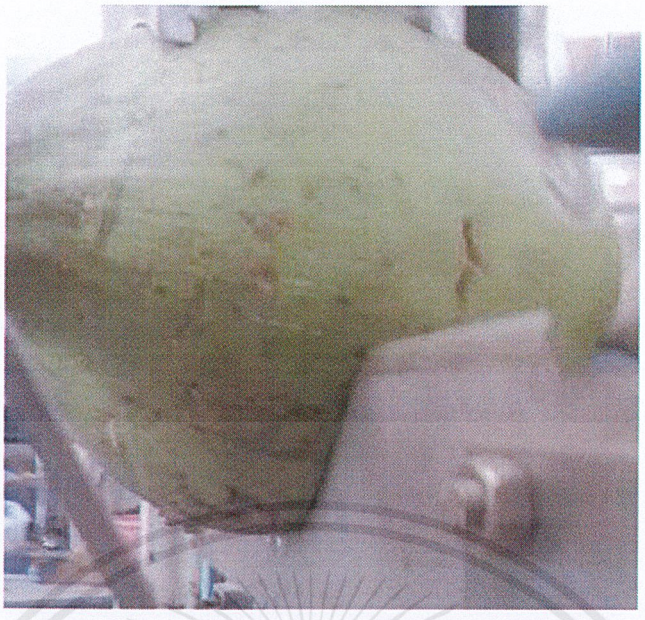
กระแสสลับหมุนและทำงานต่อไปได้ เหตุผลที่ไม่เพิ่มขนาดมอเตอร์ เนื่องจากยิ่งขนาดมอเตอร์มีขนาดใหญ่ขึ้นราคาก็ยิ่งสูงมากขึ้น ไม่คุ้มในการลงทุน

รูปที่ 5.2 ผลการผ่ามะพร้าวด้วยมอเตอร์กระแสสลับขนาด 3 แรงม้า

5.3 การผ่ามะพร้าวอ่อนในล้อช่วยแรง ชนิด Rim ในมอเตอร์กระแสสลับขนาด 3 แรงม้า

จากการทดลองผ่ามะพร้าวอ่อนในล้อช่วยแรง ชนิด Rim ขนาดรัศมี 18 ซม. น้ำหนัก 5 กิโลกรัมที่ความถี่ต่างๆ โดยเริ่มจากความถี่ขนาด 30, 50 และ 60 เฮิร์ต ความเร็วรอบ 890, 1340 และ 1610 รอบต่อนาทีตามลำดับ พบว่ามะพร้าวไม่ขาดออกเป็นสองซีกอย่างสมบูรณ์ แต่ผ่าเข้าไปจนถึงชั้นกะลามะพร้าว และมีน้ำซึมออกมา จึงมีการเพิ่มขนาดน้ำหนักของล้อช่วยแรงให้สูงขึ้น โดยเลือกเป็นชนิด Disk เนื่องจากล้อช่วยแรงชนิดนี้มีคุณสมบัติในการสะสมพลังงานที่มากกว่า เนื่องจากมีน้ำหนักที่สูงในรัศมีที่เท่ากับชนิดอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

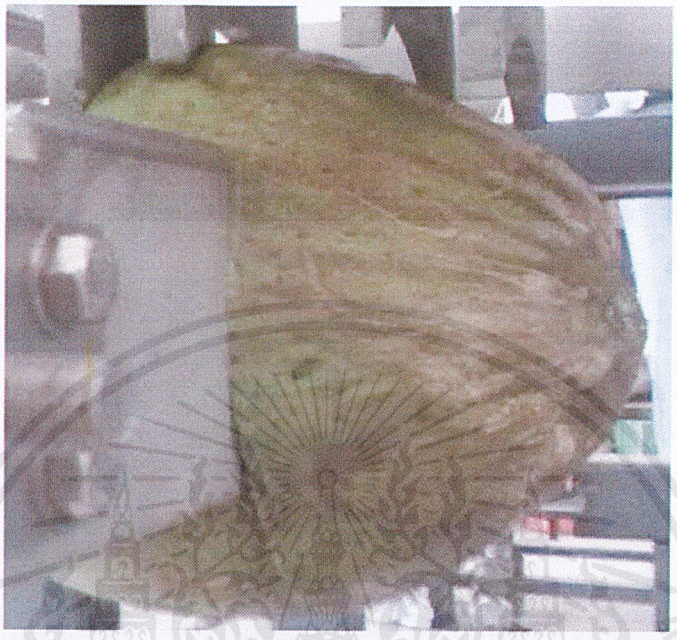


รูปที่ 5.3 ผลการผ่ามะพร้าวด้วยมอเตอร์กระแสสลับขนาด 3 แรงม้า โดยล้อช่วยแรงชนิด Rim

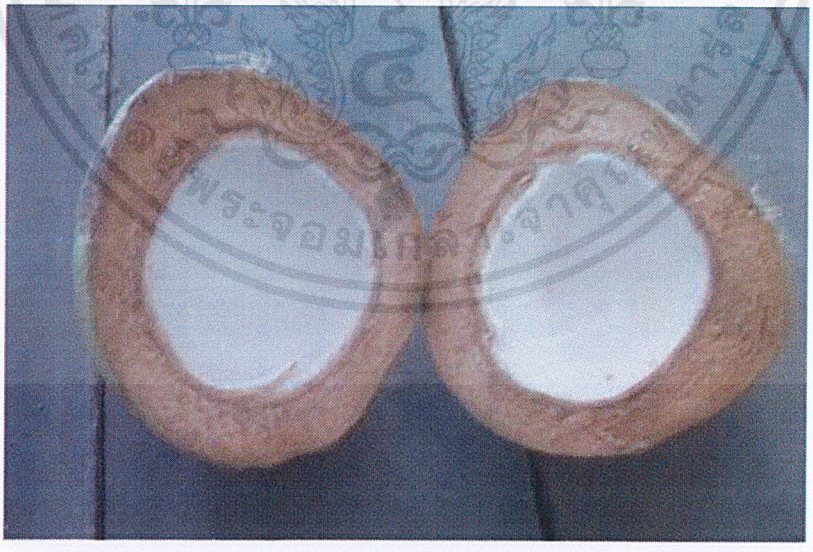
5.4 การผ่ามะพร้าวอ่อนในล้อช่วยแรง ชนิด Disk ในมอเตอร์กระแสสลับขนาด 3 แรงม้า

จากการทดลองผ่ามะพร้าวอ่อนในล้อช่วยแรง ชนิด Disk ขนาดรัศมี 18 เซนติเมตร น้ำหนัก 9 กิโลกรัม ที่ความถี่ต่างๆ โดยเริ่มจากความถี่ขนาด 30 และ 50 เฮิร์ต ความเร็วรอบ 890 และ 1340 รอบต่อนาทีตามลำดับ ผลการทดลองที่ความถี่ขนาด 30 เฮิร์ต มะพร้าวไม่ขาดออกเป็นสองซีกอย่างสมบูรณ์ เหลืออีกประมาณ $\frac{1}{3}$ ของลูกมะพร้าว ก็จะขาด และขาดเลยกะลามะพร้าวอีกฝั่งหนึ่ง และที่ความถี่ 50 เฮิร์ต มะพร้าวขาดออกเป็นสองซีกอย่างสมบูรณ์ เพราะความเร็วรอบของมอเตอร์ที่มากขึ้น แต่เนื่องจากหัวกดเคลื่อนที่มาด้วยความเร็วมากจึงทำให้ไม่สามารถดึงตัวป้อนออกมาได้ทันทำให้หัวกดชนกับตัวป้อนแล้วเกิดความเสียหายขึ้นกับเพลาของเกียร์บ็อกซ์ดังรูปที่ 5.6 และ 5.7 เนื่องจากชุดเกียร์บ๊อกออกแบบมาเพื่อใช้งานสำหรับกำลังงาน 1 แรงม้า จึงต้องมีการจำลองเหตุการณ์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำการวิจัยต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

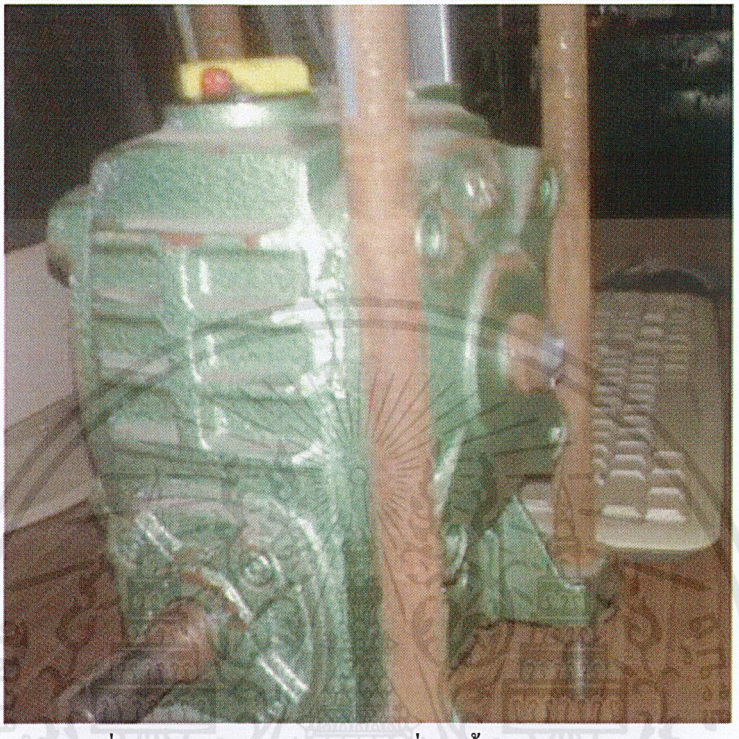


รูปที่ 5.4 ผลการผ่ามะพร้าวด้วยมอเตอร์กระแสสลับ ขนาด 3 แรงม้า โดยล้อช่วยแรง ชนิด Disk ที่ความถี่ 30 เฮิร์ต



รูปที่ 5.5 ผลการผ่ามะพร้าวด้วยมอเตอร์กระแสสลับ ขนาด 3 แรงม้า โดยล้อช่วยแรง ชนิด Disk ที่ความถี่ 50 เฮิร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.6 ลักษณะความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเกียร์บ็อกซ์

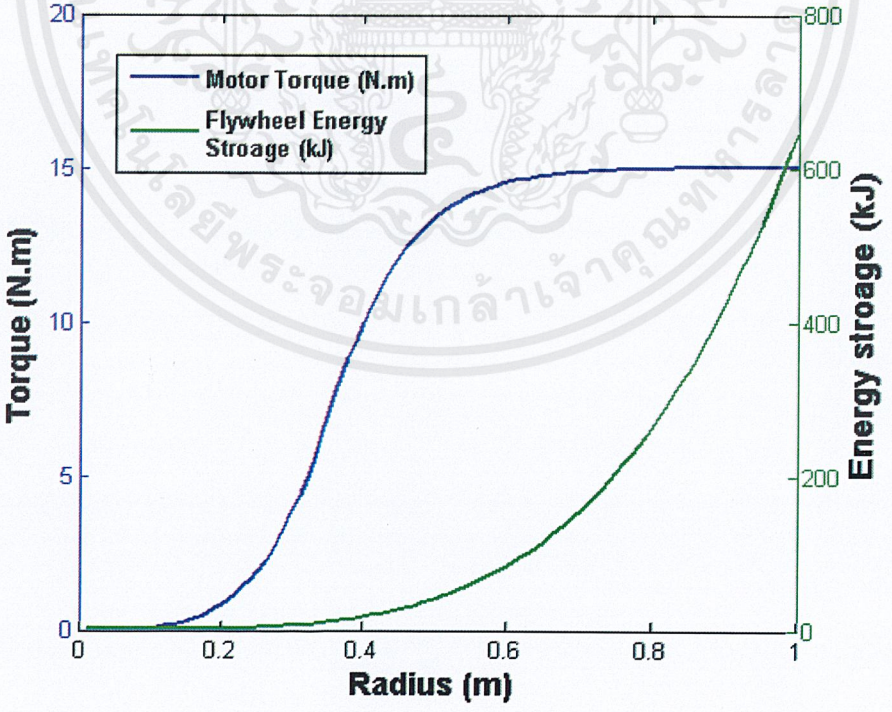
รูปที่ 5.7 ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเพลาของเกียร์บ็อกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 การคำนวณในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

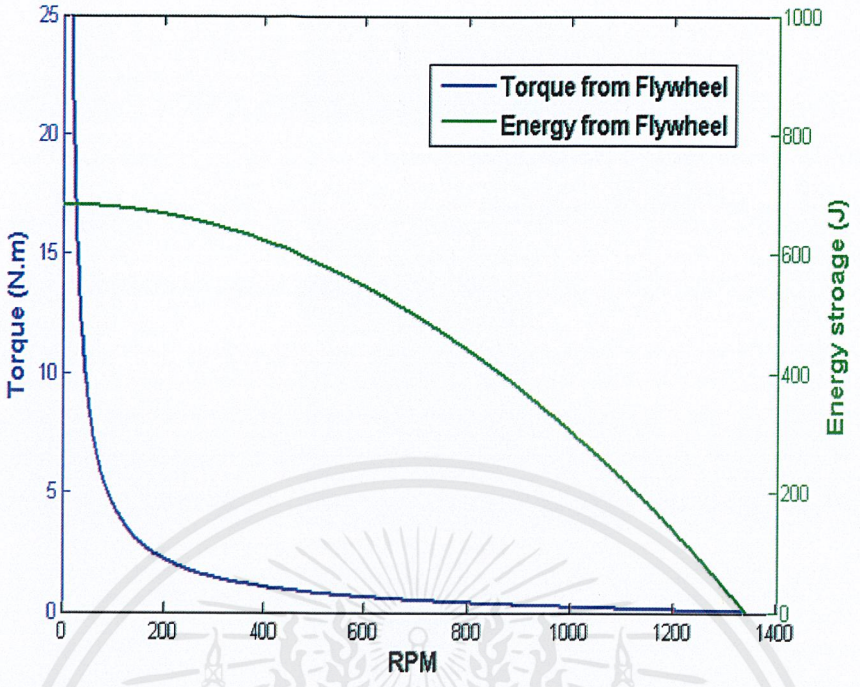
จากการทดลองพบว่าจากรูปที่ 5.8 เห็นได้ว่าเมื่อรัศมีของล้อช่วยแรงเพิ่มมากขึ้น พลังงานสะสมก็จะเพิ่มขึ้นเป็นแบบเอ็กโปเนนเชียล แต่แรงบิดของมอเตอร์ที่ใช้เพื่อหมุนล้อช่วยแรงจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยที่ไม่สามารถเพิ่มได้เกิน 15 นิวตันเมตร เพราะแรงบิดของมอเตอร์กระแสสลับ 3 แรงม้าที่ใช้ในโครงงานนี้ ไม่สามารถเพิ่มแรงบิดได้เกินกว่า 15 นิวตันเมตร และในโครงงานนี้ใช้ล้อช่วยแรง แบบ Disk ขนาดรัศมี 18 เซนติเมตร โดยแรงบิดที่มอเตอร์ให้กับล้อช่วยแรงในโครงงานนี้คือ 0.558 นิวตันเมตร และพลังงานที่เก็บสะสมได้ทั้งหมดคือ 681 จูล

หลังจากนั้นจึงทำการพล็อทกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับพลังงานที่เก็บสะสมและแรงบิดดังรูปที่ 5.9 เพื่อหาพลังงานกับแรงบิดที่ใช้ในการผ่า ที่ความเร็วรอบ 144 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นความเร็วรอบต่ำสุดที่ใช้ ซึ่งมาจากการคำนวณในสมการ จากกราฟพบว่าพลังงานที่ใช้ไปคือ 673.1 จูล ซึ่งแรงบิดที่ล้อช่วยแรงทดให้กับมอเตอร์เพื่อใช้ในการผ่าคือ 3.08 นิวตันเมตรและเมื่อวิเคราะห์ผลของรัศมีล้อช่วยแรงที่มีต่อแรงบิดจะสังเกตุได้ว่าที่ความเร็วรอบเท่ากัน เมื่อรัศมีมากขึ้นมีผลทำให้แรงบิดมีค่าเพิ่มเป็นแบบเอ็กโปเนนเชียลดังรูปที่ 5.10

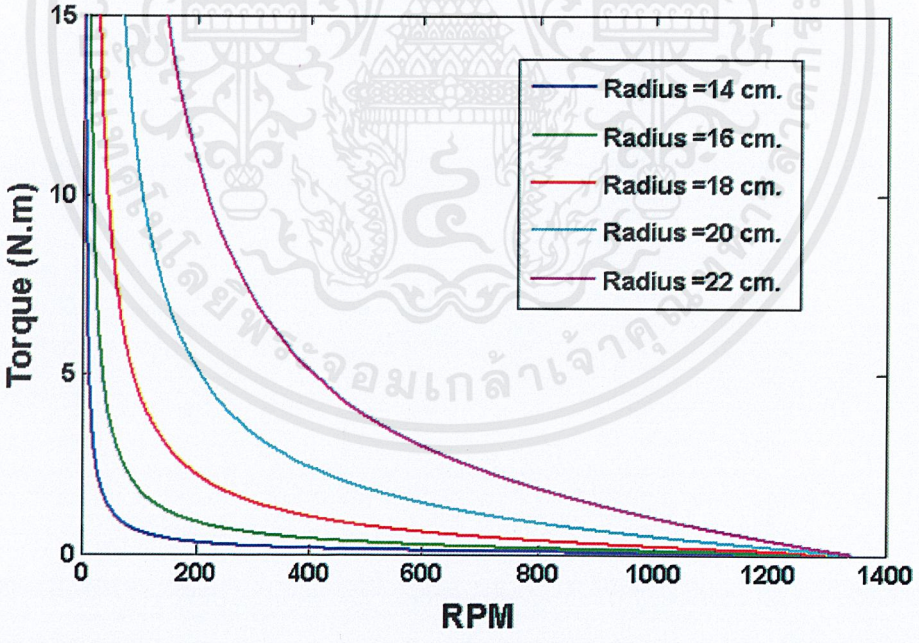


รูปที่ 5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างรัศมี กับแรงบิด และพลังงานที่เก็บสะสมของ ล้อช่วยแรง แบบ Disk

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ (rpm) กับแรงบิดและพลังงานที่สะสม



รูปที่ 5.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ (rpm) กับแรงบิด ที่รัศมีของล้อช่วยแรงที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง

6.1 สรุปผลการวิจัย

1. จากการสุ่มวัดมะพร้าวอ่อนที่ขนาดต่างๆ มีขนาดเฉลี่ยโดยประมาณ ดังนี้ ด้านกว้าง (d) มีขนาด 14.3 เซนติเมตร และด้านสูง (h) มีขนาด 17 เซนติเมตร และมีน้ำหนักโดยเฉลี่ย 1.7 กิโลกรัม

2. จากการทดลองผ่ามะพร้าว พบว่ามอเตอร์กระแสสลับขนาด 3 แรงม้า ความถี่ 50 เฮิร์ต ในล้อช่วยแรงขนาดรัศมี 18 เซนติเมตร และมีน้ำหนัก 9 กิโลกรัม สามารถผ่ามะพร้าวที่มีขนาดโดยเฉลี่ยดังกล่าวได้

3. จากการจำลองสถานการณ์การทำงานของ ล้อช่วยแรง และมอเตอร์กระแสสลับ โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์พบว่าการใช้แรงบิดเพื่อเสริมกำลังมอเตอร์ในการผ่ามะพร้าวโดยใช้ล้อช่วยแรงประมาณ 3.08 นิวตันเมตร และพบว่าพลังงานที่ใช้ไปจากล้อช่วยแรงประมาณ 673.1 จูล ซึ่งพลังงานที่เก็บสะสมได้ทั้งหมดในล้อช่วยแรง คือ 681 จูล เห็นได้ว่าการทดกำลังให้กับมอเตอร์กระแสสลับไม่ได้นำพลังงานที่สะสมในล้อช่วยแรงมาใช้ทั้งหมด

6.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการปรับปรุง

ผลการทดลองที่ได้คาดว่าอาจมีการลดขนาดล้อช่วยแรงลง เนื่องจากพลังงานหรือแรงบิดที่ดึงมาใช้ มีการนำมาใช้แค่เล็กน้อยเมื่อเทียบกับประสิทธิภาพในการสะสมพลังงานของล้อช่วยแรงชนิดนี้ หรือมีการใช้ล้อช่วยแรงเป็นชนิดอื่นที่มีการใช้พลังงานเท่าเทียมกับชนิด Disk ในอนาคตสามารถพัฒนาเครื่องผ่ามะพร้าวอ่อน ซึ่งทำการเพิ่มแรงเฉือนโดยการขยับใบมีด จากทฤษฎี Slice/push Ratio ถ้าทฤษฎีนี้ สามารถใช้งานได้จริง ทำให้สามารถลดขนาดของล้อช่วยแรงลง ซึ่งทำให้เวลาที่ใช้ในเริ่มทำงานน้อยลง เพราะระบบสามารถเข้าสู่สภาวะคงที่ได้เร็วขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. 2541. **เอกสารวิชาการ พืชสวนพันธุ์ดีและเทคโนโลยีที่เหมาะสม.** ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร: หจก. มีเดีย เพรส.

นิดา หงษ์วิวัฒน์ และ ทวีทอง หงษ์วิวัฒน์. 2551. **ผลไม้ 111 ชนิด คุณค่าอาหารและการกิน.** ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักแสงแดด.

ทรงยศ ตันพิพัฒน์. 2529. **พืชน้ำมัน.** ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุรพจน์ ท้าวทรายมูล, เอกพงษ์ ชีวิตโสภณ. 2543. **เครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติ**. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นายสืบพงศ์ และคณะ. 2552. **เครื่องผ่าผลมะพร้าวต้นแบบสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก**. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ฉนัดงาน. 2522. **การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1**. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)

วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ฉนัดงาน. 2523. **การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2**. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)

ทรงฤทธิ์ ศิริวัฒนะ. 2534. **เครื่องกลไฟฟ้า กระแสสลับ 1.** กรุงเทพมหานคร: หจก. เอช-เอน การพิมพ์

โศรฎา แข็งการ, กนต์ธร ชำนิประศาสน์. **การใช้ MATLAB สำหรับงานทางวิศวกรรม 6**. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Richard, G. Budynas and Keith, J. Nisbett J. 2008. , **Shigley's mechanical engineering design. 8th ed.** Singapore : McGraw-Hill.

Rattanapaskorn S and Roonprasang K. 2008. **Design and development of semi-automatic cutting machine for young coconut.** Major International Journal of Science and Technology. MJ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mark R. Claffee. 2006. **The effects of wing manipulation on automated cutting biological materials.** Degree Master of Science in Mechanical Engineering. Georgia Institute of Technology.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ชุดคำสั่งที่ 1 ของโปรแกรคำนวณสมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อจำลองสถานการณ์การทำงานของมอเตอร์กระแสสลับร่วมกับล้อช่วยแรง

```
clc;
clear all

%input
rpm2=input('Insert Maximum RPM of rotor (rpm) \n');
L=input ('Inesrt Thickness of Disk Flywheel (cm) \n');
R1=input ('Inesrt maximum Radius of Disk Flywheel (cm) \n');
x= input('If the flywheel is stainless steel type 1,iron type 2, Used Mat. type 3 \n');

%Select density
if x == 1
   p = 8080;
elseif x == 2
   p = 7750;
elseif x == 3
   p = 5580;
elseif x > 3
   fprintf ('Invalid input');
   break
elseif x < 1
  fprintf ('Invalid input');
  break

end
```

ชุดคำสั่งรับค่าความเร็วรอบสูงสุด ความหนาของล้อช่วยแรง รัศมีสูงสุดที่ยอมรับได้ และใช้สำหรับเลือกชนิดของล้อช่วยแรง

ชุดคำสั่งใช้สำหรับเลือกชนิดของล้อช่วยแรง เช่น ถ้าหากในส่วนรับข้อมูลกรอกลงไปว่า 1 โปรแกรมจะกำหนดค่าความหนาแน่นเป็น 8080 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นค่าเฉพาะของเหล็กกล้าไร้สนิม ซึ่งเมื่อเปลี่ยนไปกรอกค่าเป็น 2 หรือ 3 โปรแกรมก็จะเปลี่ยนค่าความหนาแน่นเป็นของวัสดุนั้นๆไป แต่ถ้าหากกรอกตค่าที่นอกเหนือจาก 1, 2 และ3 โปรแกรมจะหยุดทำต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
%Calculation Energy
R = 0.01:0.01:(R1*0.01);
w2=(rpm2*2*pi)/60;
m = (pi*(L*0.01)*R.^2)*p;
 for j = 1:R1
    I(1,j)= (m(1,j)*(3*R(1,j)^2+(L*0.01)^2))/12;
end
dE= ((I*(w2^2-0))/2)/1000;

%Calculation Motor Torque
 Tr=2238/((1420*2*pi)/60);
a = -(Tr/((1500*2*pi/60)-(1420*2*pi/60)));
for j = 1:R1
   T2(1,j)= Tr*exp(a/I(1,j));
end

 for j = 1:R1
   y(1,j)= a/I(1,j);
end

for j = 1:R1
   TL(1,j)=(Tr-y(1,j)*T2(1,j))/(1-y(1,j));
end

%Calculation Extra Torque
Textra = dE/(w2);
Tfinal = Textra+TL;
```

ชุดคำสั่งเบื้องต้นใช้เพื่อคำนวนค่าที่ต้องการ โดยมีการเพิ่มค่ารัศมีขึ้นทีละ 1 เซนติเมตรจนถึงรัศมีสูงสุดที่กำหนดไว้แล้วนำไปหาค่าพลังงานที่สะสมไว้และแรงบิดที่มอเตอร์เพื่อหมุนล้อช่วยแรงที่มีการเปลี่ยนค่ารัศมีไปเรื่อยๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% Output
Ax = plotyy(R,TL,R,dE);
title('Plot of Torque and Radius')
xlabel ('Radius (m)')
ylabel(Ax(1),'Torque (N.m)')
ylabel(Ax(2),'Energy stroage (kJ)')
```

ชุดคำสั่งนี้ใช้สำหรับแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างรัษมีกับแรงบิดที่มอเตอร์หมุนล้อช่วยแรงและพลังงานที่เก็บสะสมไว้ ซึ่งมีการกำหนดชื่อแกน x และแกน y ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งที่ 2 ของโปรแกรมคำนวณสมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อจำลองสถานการณ์การทำงานของ ล้อช่วยแรง และมอเตอร์กระแสสลับ

```
clc;

%input
rpm2=input('Insert Maximum RPM of rotor (rpm) \n');
L=input ('Inesrt Thickness of Disk Flywheel (cm) \n');
R=input ('Inesrt Radius of Disk Flywheel (cm) \n');
x= input('If the flywheel is stainless steel type 1,iron type 2,Used Mat. type 3 \n');

%Select density
if x == 1
   p = 8080;
elseif x == 2
   p = 7750;
elseif x == 3
   p = 5580;
elseif x > 3
   fprintf ('Invalid input');
   break
elseif x < 1
  fprintf ('Invalid input');
  break

end
```

ในคำสั่งชุดนี้ใช้สำหรับรับค่าความเร็วรอบสูงสุด ความหนาของล้อช่วยแรง รัศมีของล้อช่วยแรง และใช้สำหรับเลือกชนิดของล้อช่วยแรง เพื่อใช้ในการคำนวณในส่วนคำนวนต่อไป

ชุดคำสั่งนี้ใช้สำหรับเลือกชนิดของล้อช่วยแรง ชุดคำสั่งนี้ทำงานเหมือนกับชุดคำสั่งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
m = (pi*(L*0.01)*(R*0.01)^2)*p;

I = (m*(3*(R*0.01)^2+(L*0.01)^2))/12;


rpm= 1:1:rpm2;
y=(rpm*pi*2)/60;
x=(((rpm2*pi*2)/60)^2)-y.^2;

I= (m*(3*(R*0.01)^2+(L*0.01)^2))/12;
dE= ((I*x)/2);


Tr=2238/((1420*2*pi)/60);


a = -(Tr/((1500*2*pi/60)-(1420*2*pi/60)));
T2=Tr*exp(a/I);


W=a*I*x/(2*log(T2/Tr));


for j=1:rpm2
T(1,j)=W(1,j)/y(1,j);
end


Ax = plotyy(rpm,T,rpm,dE);


xlabel ('Radius (m)')
ylabel(Ax(1),'Torque (N.m)')
ylabel(Ax(2),'Energy stroage (J)')
set (Ax(1),'Ylim',[0,25],'YTick',0:5:25)
set (Ax(2),'Ylim',[0,1000],'YTick',0:200:1000)
```

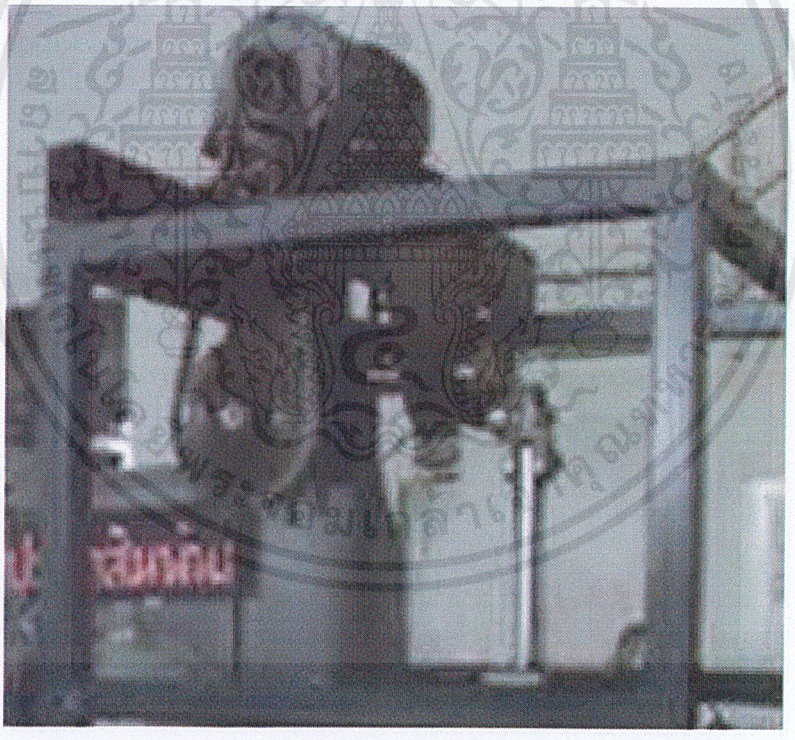
ชุดคำสั่งเบื้องต้นเป็นคำสั่งให้คำนวนค่าต่างๆ ที่มีการเปลี่ยนค่าความเร็วรอบไปเรื่อยๆจนกระทั่งถึงความเร็วสูงสุด ซึ่งโปรแกรมสามารถคำนวณค่าพลังงานที่ล้อช่วยแรงให้กับชุดส่งกำลัง และพลังงานนี้จะส่งให้กับชุดส่งกำลังในรูปแบบของแรงบิด

ชุดคำสั่งนี้ไว้สำหรับแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับพลังงานที่เก็บสะสมไว้และแรงบิดที่ล้อช่วยแรงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

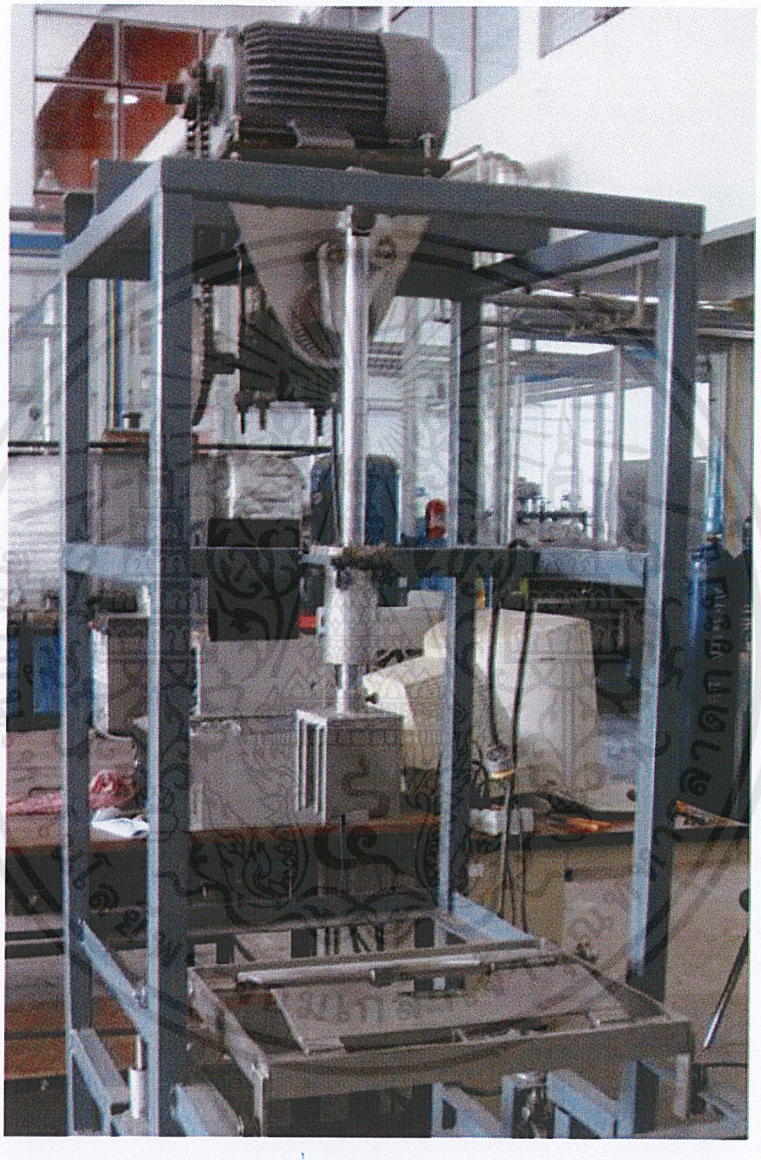
ตารางที่ 1 ค่าทางสถิติของขนาดมะพร้าว

ค่าทางสถิติ	ด้านกว้าง (ซม.)	ด้านสูง(ซม.)	น้ำหนัก(กก.)
Mean	14.30	17.00	1.70
SD.	0.95	0.64	0.17
Max	15.80	17.70	2.00
Min	12.70	15.80	1.50



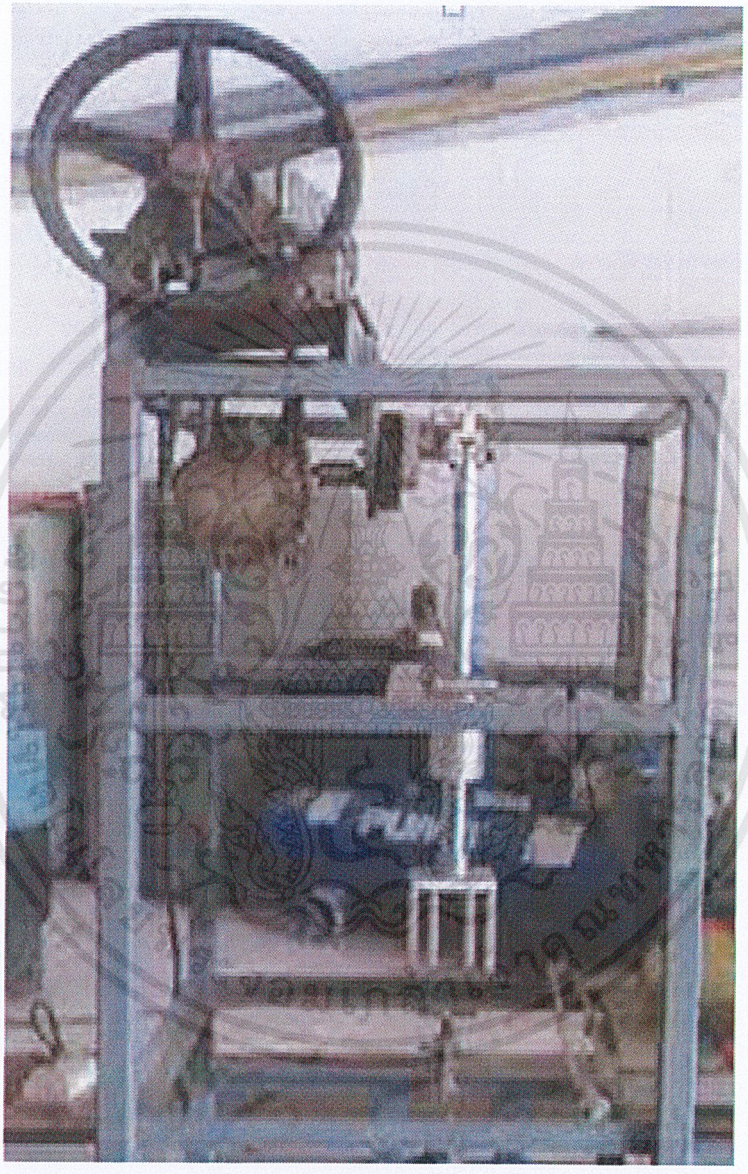
รูปที่ 1 ลักษณะการติดตั้งมอเตอร์กระแสสลับขนาด 1 แรงม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 ลักษณะการติดตั้งมอเตอร์กระแสสลับขนาด 3 แรงม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 ลักษณะการติดตั้งล้อช่วยแรงชนิด Rim ที่มอเตอร์กระแสสลับขนาด 3 แรงม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 7 ลักษณะการติดตั้งล้อช่วยแรงชนิด Disk ที่มอเตอร์กระแสสลับขนาด 3 แรงม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้