สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องนับเมล็ดข้าว

Rice Kernel Counter

T119325

นายปิยะภัทร สืบศรีทอง

นายสาธิต หมื่นนรินทร์

นายศุภชัย แก้วโพธิ์

เลขหมู่ 119325
เลขทะเบียน
วัน,เดือน,ปี - 7 S.A. 2554

b
i

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2553

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องนับเมล็ดข้าว

(Rice Kernel Counter)

ผู้จัดทำ

1. นาย ปิยะภัทร สืบศรีทอง รหัสประจำตัว 50010982

2. นาย สาธิต หมื่นนรินทร์ รหัสประจำตัว 50011662

3. นาย ศุภชัย แก้วโพธิ์ รหัสประจำตัว 50011585

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.ประสันต์ ชุ่มใจหาญ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องนับเมล็ดข้าว

นาย ปิยะภัทร	สืบศรีทอง	รหัส 50010982
นาย สาธิต	หมื่นนรินทร์	รหัส 50011662
นาย ศุภชัย	แก้วโพธิ์	รหัส 50011585
ดร.ประสันต์	ชุ่มใจหาญ	อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.ดร.ปานมนัส	ศิริสมบูรณ์	อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา2553

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษา การออกแบบสร้างและทดสอบ เครื่องนับเมล็ดข้าว ซึ่งประกอบด้วย ถาดเรียบตรงเป็นตัวเมล็ดที่ตัวควบคุมเพื่อเริ่มการทำงานของระบบ เมื่อระบบทำงานเมล็ดจะถูกปล่อยจากถาดป้อนเรียบตรงที่เป็นป้อนเมล็ด รางเรียบตรงรูปตัววีเป็นตัวลำเลียงเมล็ด และระบบเซนเซอร์เป็นตัวนับเมล็ด ทำงานโดยการกำหนดค่าจำนวนตัวป้อนเมล็ดเอียง 20° ขนาด 15x15 เซนติเมตร เจาะรูจำนวน 2 รูมีขนาด 0.2x0.6 ลงสู่รางเรียบตรงรูปตัววีเอียง 20° ขนาดยาว 15 เซนติเมตร ความกว้างในแต่ละช่องตัววี 2.8 เซนติเมตร มีจำนวนรางที่ใช้ในการลำเลียง 2 ราง และรางตัววีจะลำเลียงเมล็ดลงสู่เซนเซอร์ชนิดก้ามปูเป็นตัวนับเมล็ดข้าวจนครบจำนวนที่ต้องการระบบจะหยุดทำงาน โดยได้ทำการทดลองความแม่นยำของเครื่องนับเมล็ดที่ 10 , 30 , 50 , 90 , 300 , 500 , 900 , 1200 เมล็ด และทำการทดลองซ้ำ 25ซ้ำ ในทุกๆจำนวนเมล็ด การทดลองพบว่า เมล็ดที่นับได้นั้นความแม่นยำที่จำนวนเมล็ดที่น้อยจะให้ความแม่นยำดีและใช้เวลานับเมล็ดเร็วกว่าจำนวนเมล็ดที่มากขึ้น เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปพล็อตกราฟได้ความแม่นยำในการนับโดยเฉลี่ยแล้วจะอยู่ที่ คือ 0.9843 หรือ 98.43 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rice Kernel Counter

Mr. Piyaphat Suebsrithong No. 50010982

Mr. Sathit Muennarintr No. 50011662

Mr. Supachai Kaewpho No. 50011585

Dr. Prasan Choomjaihan Advisor

Assoc.Prof Dr. Panmanas Sirisoombon Advisor

2010

Abstract

This study was a study design fabrication and testing the rice kernel counter. The rice kernel counter consisted of the flat pan for kernel feeding, the V-shape track for individually kernel conveying and the counter sensor. The rice kernel counter was input the target amount for starting the counting. The 15 by 15 cm with the 20 degree slope of the flat pan fed the kernel to the 15 cm length 2.8 cm width with the 20 degree slope of the V-shape track then the kernel fail down to the counting sensor until approaching the set target. The accuracy of the counter was examined by counting test at 10, 30, 50, 90, 300, 500, 900 and 1200 rice kernel with the 25 replications. The rice counter was accurate at the level of 96.23%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานปริญญานิพนธ์ประสบความสำเร็จได้เป็นอย่างดี โดยมี ดร.ประสันต์ ชุ่มใจหาญ เป็นที่ปรึกษา ได้ให้คำแนะนำ สั่งสอน ด้วยความเมตตาเสมอมา และเสนอแนะแนวทางการแก้ไขปัญหาตลอดเวลาในการทำปริญญานิพนธ์ ซึ่งผู้เขียนขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

อนึ่งคณะผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ ร.ศ. ปานมนัส ศิริสมบรูณ์ ที่มีความกรุณาสนับสนุนในการให้ใช้อุปกรณ์ และสถานที่เพื่อการทดลอง

ขอขอบคุณนาย ดนัย ช่วยบำรุง และนาย ทรงวัจน์ เก้าอุดม น้องๆจากาขาวิชาแมคคาทรอนนิกส์ ที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีตลอดเวลาที่ทำปริญญานิพนธ์นี้

ขอขอบคุณ พี่ติ้ก ที่ให้ความสะดวกในทุกๆเรื่องและการทำเอกสาร

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ห้อง 4K ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ จนประสบผลดี

และสุดท้ายนี้ขอกราบขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่อบรม สั่งสอนและเป็นกำลังใจให้เสมอทุกเรื่อง

คุณค่าและประโยชน์ใดๆ อันเกิดจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน และขออำนาจคุณพระศรีรัตนตรัยอวยพรสุข สวัสดีแด่ทุกท่านด้วยเทอญ

นาย ปิยะภัทร สืบศรีทอง
นาย สาธิต หมื่นนรินทร์
นาย ศุภชัย แก้วโพธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง **หน้า**

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญภาพ..... VI

สารบัญตาราง.....VII

บทที่ 1.....1

1.1 ที่มาและความสำคัญ.....1

1.2 จุดประสงค์.....1

1.3 ขอบเขต.....1

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....2

1.5 นิยามศัพท์.....2

บทที่ 2.....3

2.1 กรรมวิธีการสีข้าว.....3

2.1.1 ประสิทธิภาพการสีข้าว.....3

2.1.2 คุณภาพข้าวเปลือกกับการสีข้าว.....5

2.1.3 เทคนิคการตรวจสอบคุณภาพข้าวเปลือก.....6

2.1.3.1 การเก็บตัวอย่าข้าวเปลือก.....6

2.1.3.2 การตรวจสอบคุณภาพข้าวเปลือก.....7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.1.3.3 การตรวจสอบอัตราการกะเทาะ....8

2.2 สมบัติทางกายภาพของวัสดุขนถ่าย....10

2.2.1 ชนิดของวัสดุขนถ่าย....10

2.2.2 สมบัติทางกายภาพของวัสดุขนถ่ายที่มีลักษณะเป็นชิ้น....10

2.2.3 สมบัติทางกายภาพของวัสดุปริมาณมวล....10

2.2.4 การเลือกอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ....17

2.2.5 ราง (Chutes)....19

2.2.5.1 รางเรียบตรง....19

2.2.5.2 รางป้อนแบบสั่น....24

2.2.6 มอเตอร์เขย่า (Vibrator motor)....24

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์....27

2.3.1 โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์....27

2.4 ระบบเซนเซอร์....29

2.4.1 เซนเซอร์แสง....30

2.4.2 เซนเซอร์เสียง....31

2.4.3 อินฟราเรด (Infrared)....33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 3.....34

3.1แนวทางการออกแบบเครื่องนับเมล็ด.....34

3.2 การออกแบบเครื่องนับเมล็ดข้าว.....34

3.2.1ถาดป้อนเมล็ด.....35

3.2.2รางลำเลียงเมล็ดข้าว.....37

3.3.3 ระบบตัวควบคุม.....38

3.3.3.1 ตัวนับเมล็ดข้าว.....38

3.3.3.2 ตัวป้อนคำสั่ง.....39

3.3 การสร้างเครื่องนับเมล็ด.....42

บทที่ 4.....44

4.1. การทดสอบมุมเอียงของถาดตัวป้อนและช่องเมล็ดข้าวผ่าน.....44

4.1.1 จุดประสงค์.....44

4.1.2 วัสดุและอุปกรณ์.....44

4.1.3 วิธีการทดสอบ.....44

4.1.4 ผลการทดสอบ.....45

4.2 หามุมเอียงที่เมล็ดข้าวสามารถตกได้อย่างอิสระของรางลำเลียง.....46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.2.1 จุดประสงค์.....46

4.2.3 วิธีการทดสอบ.....46

4.2.4 ผลการทดสอบ.....46

4.3 การทดลองความแม่นยำเครื่องนับเมล็ดข้าว.....47

4.3.1 จุดประสงค์.....47

4.3.2 วัสดุและอุปกรณ์.....47

4.3.3 วิธีการทดสอบ.....47

4.3.4 ผลการทดสอบ.....48

บทที่ 5.....**50**

5.1 สรุป.....50

5.2 ข้อเสนอแนะ.....52

ภาคผนวก ก.....**51**

ภาคผนวก ข.....**56**

ภาคผนวก ค.....**59**

ภาคผนวก ง.....**63**

ภาคผนวก จ.....**72**

เอกสารอ้างอิง.....**80**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

รูปที่ 2.1 รูปร่างส่วนวัสดุและทรงต่างๆ.....11

รูปที่ 2.2 หน้าตัดของราง.....19

รูปที่ 2.3 วัสดุบนพื้นเอียง 21

รูปที่ 2.4 รางโค้ง 24

รูปที่ 2.5 ลักษณะของมอเตอร์เขย่า.....26

รูปที่ 2.6 โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์.....29

รูปที่ 2.7 การทำงานของวงจรเซนเซอร์แสง.....30

รูปที่ 2.8 คอนเดนเซอร์ไมโครโฟน.....31

รูปที่ 2.9 วงจรเซนเซอร์เสียง.....32

รูปที่ 2.10 อินฟราเรดเซนเซอร์ที่เครื่องรับส่งอยู่ที่เดียวกัน.....33

รูปที่ 2.11 อินฟราเรดเซนเซอร์ที่เครื่องรับส่งอยู่คนละที่.....33

รูป3.1 ถาดป้อนเมล็ด.....35

รูปที่3.2 มอเตอร์สั่น.....32

รูป3.3 รางลำเลียงเมล็ดข้าว.....37

รูปที่3.4 ระบบตัวควบคุม.....38

รูปที่ 3.5 ตัวนับเมล็ดข้าว.....38

รูปที่3.6 การลำเลียงของเมล็ด.....39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.7 แสดงส่วนประกอบของตัวป้อนคำสั่ง.....40

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.8 แผนผังแสดงการทำงานเครื่องนับเมล็ด.....41

รูปที่ 3.9 แผนผังแสดงการสร้างเครื่องนับเมล็ด.....42

รูปที่ 4.1 การปรับมุมการไหลของเมล็ดข้าว.....45

รูปที่ 4.2 หามุมเอียงของรางลำเรียงที่ทำให้เมล็ดข้าวไหลอย่างอิสระ.....46

รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความแม่นยำในการนับของชุดตัวนับ.....49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดง อัตราการสีข้าวเปลือก 1,000 กก. เป็นข้าวสาร 5 %

เฉลี่ยจากสำนักงานสถิติ,สมาคม โรงสีข้าวและ กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ (กิโลกรัม) 4

ตารางที่ 2.2 การแบ่งประเภทของวัสดุปริมาณมวลตามขนาด.....12

ตารางที่ 2.3 การพิจารณาเส้นผ่านศูนย์กลางสมมูลย์ของวัสดุ.....13

ตารางที่ 2.4 ความหนาแน่นรวมในรูปของน้ำหนักจำเพาะรวมของวัสดุปริมาณมวล.....15

ตารางที่ 2.5 แสดงค่ามุมกองพื้นของวัสดุปริมาณมวลที่สำคัญ.....16

ตารางที่ 2.6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานของวัสดุปริมาณมวลที่สำคัญ.....17

ตารางที่2.7 ลักษณะการใช้งานของอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ.....18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ข้าวเป็นอาหารหลักและเป็นพืชเศรษฐกิจหลักสำคัญของประเทศ และในด้านการพัฒนาและวิจัยถือว่ายังพัฒนาได้ดีมาระดับหนึ่ง ซึ่งยังคงต้องมีพัฒนาให้ดียิ่งกว่าเก่าเพิ่มขึ้น

ข้าวจำเป็นต้องมีการตรวจคุณภาพข้าวก่อนสีข้าว ซึ่งต้องมีการตรวจ2อย่าง คือ ตรวจสอบความชื้นและ คุณภาพการสี ซึ่งการตรวจความชื้นใช้เครื่องมือและเตาอบในการตรวจสอบ ส่วนการตรวจสอบคุณภาพการสีข้าว แบ่งได้ 3 ชนิด คือ เปอร์เซ็นต์การแตกหัก ระดับความขาว และระดับของการสีข้าว ในส่วนเปอร์เซ็นต์การแตกหักและระดับความขาวเราใช้เครื่องมือตรวจวัดได้ แต่สำหรับระดับการสีข้าวจะต้องใช้การชั่งน้ำหนักของเมล็ดข้าวจำนวนหนึ่ง เพื่อดูว่ารำที่หายไปมีน้ำหนักเท่าไร การนับเมล็ดข้าว จำเป็นต้องใช้แรงงานคนอยู่จึงใช้เวลานานและเกิดความลำเอียงในการนับได้

ดังนั้นคณะผู้ทำงานวิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะนำความเจริญทางด้านเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการตรวจสอบคุณภาพการสีข้าว โดยคิดจากการผลิตเริ่มต้นเพื่อหาเครื่องมือที่ใช้ทุ่นเวลาในการนับเมล็ดและได้จัดทำต้นแบบเครื่องนับเมล็ดข้าวขึ้นมาเพื่อลดเวลาและความลำเอียงในการนับเมล็ด

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อสามารถสร้างเครื่องต้นแบบนับเมล็ดข้าวได้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาต้นแบบกลไกของเครื่อง
2. ใช้หลักการการลำเลียงวัสดุด้วยราง โดยในที่นี้ใช้รางลำเลียงเมล็ด
3. ทดสอบมุมเอียงของการไหลโดยใช้รางลำเลียงในรูปลักษณะต่างๆ
4. ระบบควบคุมออกแบบโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวคุมระบบทั้งหมด
5. สร้างต้นแบบเครื่องนับโดยทดสอบความแม่นยำของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ต้นแบบเครื่องนับเมล็ดข้าวและนำไปใช้ได้จริง

1.5 นิยามศัพท์

1. ระบบลำเลียง คือ ขบวนการลำเลียงเมล็ดข้าวด้วยรางตรงเรียบลักษณะเป็นถาดเรียบตรงและรางเรียบตรงรูปตัววี

2. ชุดต้นกำลัง คือ ใช้มอเตอร์ Vibrator motor เป็นเขย่ารางให้เมล็ดไหลจากถาดตัวป้อนตัวขับลำเลียงให้เคลื่อนลงในรางตรงรูปตัววี และเขย่ารางตรงรูปตัววีให้เมล็ดไหลลงผ่านเซนเซอร์ตัวนับ

3. ชุดกลไก คือ รางลำเลียงรูปตัววี สั่นโดนใช้ Vibrator motor เป็นตัวเขย่าให้ไหลผ่านเซนเซอร์ตัวนับ

4. ระบบเซนเซอร์ คือ ตัวเซนเซอร์ก้ามปูใช้นับเมล็ดที่ตกผ่านและระบุจำนวนเมล็ดที่ตกผ่านทางตัวควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กรรมวิธีการสีข้าว

ข้าวเปลือกจะถูกกะเทาะเปลือกด้วยเครื่องกะเทาะ ซึ่งใช้ลักษณะของเปลือกที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าวเป็นหลักในการออกแบบ เครื่องกะเทาะที่นิยมใช้คือ แบบโม่หิน (Under Runner Disc) และแบบลูกยาง (Rubber Rolls)

เครื่องกะเทาะแบบโม่หิน จะกะเทาะเปลือกโดยใช้ลักษณะที่ปลายเมล็ดข้าวทั้งสองด้านมีช่องว่างระหว่างเมล็ดและเปลือก และลักษณะการขบกันของเปลือก ในระหว่างการกะเทาะเมล็ดข้าวเปลือกจะถูกกดที่ปลายทั้งสองด้าน ทำให้เปลือกที่ขบกันอยู่แตกออกจากกันและทำให้เมล็ดข้าวกล้องหลุดจากเปลือก การกะเทาะลักษณะนี้จะมีต้นอ่อนและจมูกข้าว (ส่วนปลายของเมล็ดที่ติดกับต้นอ่อน) ที่แตกหักระหว่างการกะเทาะหลุดติดมากับเปลือกด้วย ส่วนการกะเทาะด้วยลูกยางกะเทาะจะใช้ลักษณะการขบตัวของเปลือกเป็นหลักโดยมี ลูกยาง 2 ลูกหมุนด้วยความเร็วไม่เท่ากัน ทำหน้าที่ฉีกเปลือกของเมล็ดออก การกะเทาะในลักษณะนี้จึงไม่มีจมูกข้าวและต้นอ่อนมากับเปลือก

ข้าวกล้องเมื่อผ่านการกะเทาะและแยกเปลือกออกแล้ว จะถูกนำมาขัดขาวซึ่งเป็นการขัดเอาชั้นรำที่ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 5 ชั้น ออกให้เหลือแต่ชั้นแป้ง เพื่อใช้สำหรับบริโภค ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียคุณค่าทางอาหารไป

2.1.1 ประสิทธิภาพการสีข้าว

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการสีข้าวมีดังนี้

อัตราการสีข้าว หรืออัตราการแปรสภาพข้าวเปลือกเป็นข้าวสาร เป็นสวนหนึ่งที่ใช้ในการวัดหาประสิทธิภาพของโรงสีได้ ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการสีข้าว นอกจากจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของข้าวเปลือก สภาพบรรยากาศแวดล้อม และความชื้นของเมล็ดแล้ว ยังขึ้นอยู่กับสภาพเครื่องสีข้าวด้วย ผลิตผลที่ได้จากการสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวเปลือก ปกติจะจัดแบ่งเป็นต้นข้าว ปลายข้าวท่อน (เอวัน) ปลายข้าวเล็ก (ซี) รำละเอียด และรำหยาบ การสีข้าวในประเทศไทย อัตราการสีข้าวเปลือกคุณภาพดีจากโรงสีข้าวส่วนใหญ่ จำนวน 1,000 กก. เป็นข้าวสารชนิด 5 % จะได้ต้นข้าวและปลายข้าวรวมกันประมาณ 660 กิโลกรัม

โรงสีระบบทันสมัย นิยมใช้กันมากในประเทศญี่ปุ่น ยุโรป และอเมริกาที่สีข้าวเปลือกทั้งเมล็ดสั้นและเมล็ดยาว ประเทศไทยเริ่มมีโรงสีข้าวแบบทันสมัยมาประมาณ 10 – 15 ปีมาแล้ว ระบบการทำงานก็คล้ายกับระบบเก่า แตกต่างกันที่ต้นกำลังและรายละเอียดของเครื่องจักรแต่ละเครื่องที่ทำงานไม่ เหมือนกัน

ตารางที่ 2.1 แสดง อัตราการสีข้าวเปลือก 1,000 กก. เป็นข้าวสาร 5 % เฉลี่ยจากสำนักงานสถิติ,สมาคม โรงสีข้าวและ กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ (กิโลกรัม)

สิ่งที่ได้จากการสี	จำนวนเฉลี่ยเป็นกิโลกรัม
ต้นข้าว 5 %	423.17
ปลายข้าว เอ 1	173.21
ปลายข้าว ซี 1, ซี 3	66.68
รวมต้นและปลาย	663.06
รำละเอียด	72.84
รำหยาบ	29.04
แกลบและสิ่งเจือปน	235.06
รวมทั้งสิ้น	1,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพของข้าวเปลือกที่นำมาสี อันได้แก่ พันธุ์ข้าว ความแข็งแกร่งของเมล็ด ความชื้น เป็นต้น ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้อัตราการสีข้าวแตกต่างกันไป

ขนาดของโรงสีและสภาพของเครื่องสี มีผลต่ออัตราการสีข้าวน้อยกว่าคุณภาพข้าวเปลือก โดยโรงสีขนาดใหญ่จะมีแนวโน้มจะสีได้ต้นข้าวมากกว่าโรงสีขนาดเล็ก แต่ก็ขึ้นอยู่กับสภาพของเครื่องจักร การควบคุมดูแลและการปรับสภาพเครื่องจักรให้เหมาะสมกับสภาพข้าวเปลือกที่จะนำมาสี

มาตรฐานของข้าวที่ต้องการ คือ คุณภาพของข้าวสารที่สีออกมา อาทิ ความขาวที่ต้องการ ชนิดของข้าวสาร 5% 10% หรือ 15 % เป็นต้น ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้อัตราการสีข้าวของโรงสีเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากต้องทำการขัดสี มากน้อยต่างกันออกไป

ปัจจัยอื่น ๆ ได้แก่ สภาพแวดล้อมของการสี อาทิ อุณหภูมิของอากาศ ถ้าทำการสีในตอนบ่ายซึ่งมีอุณหภูมิของอากาศสูงกว่าตอนเช้า จะได้ต้นข้าวในอัตราต่ำกว่าการสีในตอนเช้า

2.1.2 คุณภาพข้าวเปลือกกับการสีข้าว

ข้าวเปลือกที่โรงสีรับซื้อจากเกษตรกรในท้องถิ่น ส่วนใหญ่จะมีคุณภาพไม่ค่อยดีนัก บางครั้งอาจจะมีสิ่งเจือปนมากับข้าวมากเกินไป หรือมีความชื้นสูงเกินไป ทำให้เมื่อนำไปสีเป็นข้าวสารจะได้รับเนื้อข้าวค่อนข้างน้อย นอกจากนั้นยังมีการแตกหักค่อนข้างสูงมาก เนื่องจากการที่ข้าวมีการแตกร้าวภายในอยู่แล้ว ซึ่งอาจจะเกิดจากกรรมวิธีในการนวดและการเก็บรักษา

คุณภาพของข้าวเปลือก (Quality aspects of paddy)

ในการรับซื้อข้าวเปลือก จะต้องคำนึงถึงคุณภาพของข้าวเปลือกที่จะมีผลต่อการสีข้าว ซึ่งประกอบด้วย

- ความชื้น
- ปริมาณสิ่งเจือปน
- ปริมาณการแตกร้าวภายใน
- ปริมาณเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปริมาณเมล็ดที่เสื่อมคุณภาพ
- ปริมาณข้าวแดง
- ความบริสุทธิ์ของพันธุ์ข้าว

2.1.3 เทคนิคการตรวจสอบคุณภาพข้าวเปลือก

เนื่องจากข้าวเปลือกที่ผลิตในประเทศไทยมีหลายพันธุ์ และมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ในการซื้อขายข้าวเปลือกจึงมีการแบ่งชั้นข้าวเปลือก และเนื่องจากผู้ซื้อข้าวเปลือกส่วนใหญ่จะนำไปสีเป็นข้าวสาร ดังนั้นชั้นข้าวเปลือกจึงมีความสัมพันธ์กับมาตรฐานข้าวสาร ซึ่งเน้นในเรื่องความยาวของเมล็ด และสัดส่วนของข้าวหักชนิดต่าง ๆ การแบ่งชั้นข้าวเปลือกจึงเน้นในเรื่องนี้ด้วย โดยนำข้าวเปลือกที่จะซื้อไปสีออกมาเป็นข้าวสารจะได้ข้าวสารชนิดใด จากนั้น จึงนำผลที่ได้จากการตรวจสอบไปตีราคาซื้อขายข้าวเปลือก การตรวจสอบคุณภาพข้าวเปลือกประกอบด้วยกระบวนการ 3 ขั้นตอน คือ

- การเก็บตัวอย่างข้าวเปลือก
- ตรวจสอบคุณภาพข้าวเปลือก
- การตรวจสอบอัตราการกะเทาะ

2.1.3.1 การเก็บตัวอย่างข้าวเปลือก วิธีการเก็บตัวอย่างมักจะแตกต่างกันออกไปตามสถานที่เก็บตัวอย่างข้าวเปลือก หรือวิธีการขนส่ง ได้แก่

- การเก็บตัวอย่างข้าวเปลือกในยุ้งฉาง จะเก็บตัวอย่างโดยใช้มือหรือกระด้งฝัดข้าวจากริมกองเข้าไปหากลางกอง โดยทำไปเรื่อยๆ จนรอบกองข้าว หรือใช้หลาวสุ่มที่สามารถแทงลงไปเก็บตัวอย่างข้าวภายใต้กองข้าวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเก็บตัวอย่างข้าวเปลือกที่บรรจุในกระสอบ เครื่องมือที่ใช้ คือ ฉ่ำแทงข้าว และกระด้งฝัด โดยใช้ฉ่ำแทงข้าวทุกๆกระสอบเพื่อเก็บตัวอย่างข้าวใส่กระด้งฝัดข้าว การใช้ฉ่ำแทงข้าวทั้งปากกระสอบ กลางกระสอบ และก้นกระสอบสลับกันไป

- การเก็บตัวอย่างข้าวเปลือกที่บรรจุในรถบรรทุกหรือเรือกระแซง จะใช้หลาวสุ่มที่มีความยาวมาก ๆ ทั้งหลาวสุ่มมือถือ หรือ สว่านสุ่มข้าว แทงลงไปภายในกองข้าวลึก ๆ ทุกระดับความลึกและหลายจุด แล้วนำมาผสมกันก่อนทำการตรวจสอบ หรือไม่มีหลาวสุ่มก็จะเก็บตัวอย่างข้าวส่วนบนไปตรวจสอบก่อนแล้วจึงตกลงราคา กัน จากนั้นขณะขนถ่ายข้าวลงก็จะทำการสุ่มข้าวที่อยู่ลึก ๆ มาทำการตรวจสอบใหม่อีกครั้งเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่สุ่มครั้งแรก หากคุณภาพข้าวที่ได้ไม่เหมือนกันก็จะมีการตกลงราคากันใหม่

2.1.3.2 การตรวจสอบคุณภาพข้าวเปลือก โดยทำการพิจารณาตรวจสอบ ความชื้น สิ่งเจือปน ข้าวเสื่อมคุณภาพและข้าวเป็นโรค โดยมีวิธีการ ดังนี้

- การตรวจสอบความชื้น ความชื้นมีผลต่อน้ำหนักของข้าวเปลือก และคุณภาพการสีข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงเมื่อนำไปสีจะแตกหักได้ง่าย ซึ่งโดยทั่วไปความชื้นข้าวเปลือกที่เหมาะสมจะมีค่าระหว่าง 14 – 15 เปอร์เซ็นต์ ถ้าข้าวเปลือกมีความชื้นเกินปริมาณดังกล่าว ก็จะถูกตัดราคาหรือตัดน้ำหนักข้าว เพราะผู้ซื้อจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการลดความชื้นข้าวเปลือกที่ซื้อ ให้อยู่ในระดับความเหมาะสมกับการสีหรือการเก็บรักษา การวัดความชื้น โดยทั่วไปโรงสีจะมีเครื่องวัดความชื้น เพื่อตรวจสอบความชื้นข้าวเปลือก แต่ถ้าไม่มี ผู้ซื้อก็จะใช้วิธีการประมาณความชื้น โดยการบีบหรืออัดเมล็ดข้าวหรือดูจากการบดข้าว

- การตรวจสอบสิ่งเจือปน สิ่งเจือปนที่ติดมากับข้าวเปลือกอาจจะทำอันตรายต่อเครื่องจักรได้ ถ้ามีสิ่งเจือปนอยู่มากโรงสีจะไม่รับซื้อ แต่ถ้ามีสิ่งเจือปนอยู่บ้างแต่ไม่มากโรงสีจะใช้วิธีหักน้ำหนักของสิ่งเจือปนจากน้ำหนักของข้าวเปลือกที่ชั่งได้ การตัดน้ำหนักสิ่งเจือปนอาจทำได้โดยการประมาณด้วยตาหรืออาจนำตัวอย่างมาเทลงบนพื้นที่สะอาดผสมคลุกเคล้าแล้วตักข้าวเปลือกมาชั่งน้ำหนัก แล้วใส่กระด้งฝัดหรือตะแกรงร่อน เพื่อแยกเอาสิ่งเจือปนออกจากข้าวเปลือกให้หมด จากนั้น นำข้าวเปลือกที่ได้ไปชั่งน้ำหนักอีกครั้งหนึ่ง และนำตัวเลขมาคำนวณหาน้ำหนักของสิ่งเจือปน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การตรวจสอบข้าวเสื่อมคุณภาพ ข้าวที่เสื่อมคุณภาพมักเกิดจากการเก็บไว้นานเกินไป หรือเก็บไว้อย่างไม่เหมาะสม เมื่อนำไปสีจะได้ข้าวหักสูงและเมล็ดข้าวจะมีสีเหลือง ซึ่งการค้าข้าวเรียกว่าข้าวฟันหนู ข้าวเปลือกที่เสื่อมคุณภาพจะถูกตัดราคา การตรวจสอบทำได้โดยการดูด้วยตา หรือบดข้าว แล้วประเมินปริมาณข้าวเสื่อมราคา

- การตรวจสอบข้าวเป็นโรค เมล็ดข้าวเปลือกที่ไม่สมบูรณ์หรือมีอาการผิดปกติเนื่องจากถูกทำลายโดยแมลง และเชื้อรา ทำให้เมล็ดลีบ หรือมีสีคล้ำ เมื่อนำไปสีจะได้ข้าวสารที่มีเมล็ดผอมบาง ขัดไม่มัน มีน้ำหนักเบาและแตกหักง่าย พ่อค้าจะตัดราคาข้าวเปลือก หากตรวจพบเมล็ดที่เป็นโรคหรือได้รับความเสียหายอาจไม่รับซื้อเลย การตรวจสอบทำได้โดยการดูด้วยตาหรือการบดข้าว

2.1.3.3 การตรวจสอบอัตราการกะเทาะ หลังจากตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นแล้วก็จะทำการตรวจสอบอัตราการกะเทาะ เพื่อดูปริมาณข้าวหัก พื้นข้าว และความยาวเมล็ดข้าวสารเพื่อนำไปแบ่งชั้นข้าว การตรวจสอบทำได้หลายรูปแบบ คือ การบดข้าวบนกระดานบดและการใช้เครื่องตรวจสอบ การบดข้าว ทำได้โดยนำตัวอย่างข้าวเปลือกเทลงบนกระดานบดข้าว แล้วใช้ไม้บดข้าวตรงส่วนที่เป็นปลายเล็ก เกลี่ยข้าวเปลือกให้กระจายเต็มกระดานบด จากนั้นใช้มือที่ถนัดจับไม้บดตรงส่วนที่เป็นปลายใหญ่เพื่อกันไม่ให้หลุดจากมือ แล้วจึงใช้อีกมือหนึ่งจับไม้บดข้าวตรงส่วนที่เป็นปลายเล็ก ดันไม้บดข้าวให้หมุนไปรอบ ๆ ให้ทั่วกระดานบดข้าว โดยไม่ยกไม้บดออกจากกระดานบดข้าวเลย การบดจะทำไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งข้าวเปลือกแตกออกเกือบหมด (ร้อยละ 80 ขึ้นไป) การบดข้าวเปลือกออกแรงบดน้อยเกินไป เมล็ดข้าวเปลือกจะไม่กะเทาะ แต่ถ้าออกแรงมากเกินไปข้าวก็จะแตกหักหมด ไม่ว่าจะเป็นข้าวเปลือกชั้นดีเพียงใด หลังจากบดข้าวเปลือกแล้ว ก็จะใช้แปรงกวาดข้าวเปลือกจากกระดานบดลงไปบนกระด้งฝัดข้าว แล้วทำการฝัดข้าวเพื่อแยกเอาเปลือก (แกลบ) ออกจนหมด แล้วเขย่าข้าวบนกระด้งฝัดที่วางเอียงกับแนวราบเบา ๆ เพื่อให้ข้าวบนกระด้งที่มีน้ำหนักแตกต่างกันแยกออกจากกัน แล้วจึงนำต้นข้าวและปลายข้าวไปพิจารณาว่าข้าวเปลือกควรอยู่ในชั้นใด โดยพิจารณาจากความยาว รูปร่าง และนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาอัตราการกะเทาะหรือเปอร์เซ็นต์การแตกหัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบโดยใช้เครื่องบด สามารถทำได้หลายแบบ ทั้งที่ใช้ลูกหินบดและลูกยางบดเมล็ดข้าวเปลือก จากนั้นจึงนำข้าวที่บดได้ไปฝัดแยกแกลบ และแยกต้นข้าวหรือใช้ตะแกรงคัดขนาดความยาว ทำการคัดแยกต้นข้าว เพื่อคำนวณหาอัตราการกะเทาะหรือเปอร์เซ็นต์การแตกหักต่อไป

เครื่องบดที่โรงสีโดยทั่วไป จะเป็นแบบลูกหินบดที่ควบคุมการกะเทาะเปลือกโดยใช้ตุ้มน้ำหนักมาตรฐานในการบดข้าวเปลือกให้กะเทาะมากหรือน้อยตามต้องการ จากนั้นจึงนำไปคัดแยกเปอร์เซ็นต์โดยใช้กระด้งฝัด หรือตะแกรงคัดขนาด แต่ปัจจุบันทางราชการได้ออกประกาศให้โรงสี มีเครื่องบดข้าวลาดกระบัง 02/2 เอาไว้ตรวจสอบการกะเทาะ โดยเครื่องประกอบด้วยลูกหินกะเทาะที่มีตุ้มน้ำหนักกดควบคุมการกะเทาะ และตะแกรงคัดขนาดความยาวอยู่ในเครื่องเดียวกัน นอกจากนั้น ยังมีการใช้เครื่องทดสอบการกะเทาะแบบลูกยาง กะเทาะคู่กับตะแกรงคัดขนาดความยาว ในการตรวจสอบอัตราการกะเทาะซึ่งนำเข้าจากต่างประเทศ แต่ก็ยังไม่ได้รับความนิยมเท่าการบดด้วยกระดานบดข้าว การตรวจสอบส่วนผสมข้าวที่กะเทาะได้ สามารถทำได้ทั้งการตรวจสอบด้วยสายตาซึ่งต้องใช้ความชำนาญของผู้ตรวจสอบ การตรวจสอบด้วยวิธีการคัดข้าวแล้วนำมาชั่งน้ำหนักโดยชั่งข้าวตัวอย่าง 50 หรือ 100 กรัม มาคัดแยกเมล็ดข้าวออกจากกัน แล้วนำแต่ละส่วนที่ได้ไปชั่งน้ำหนักมาเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นวิธีที่ถูกต้องมากที่สุด และการตรวจสอบด้วยวิธีวัดปริมาตรโดยใช้หลอดแก้วขนาด 100 มิลลิลิตร ใส่เมล็ดข้าวให้เต็มแล้วเคาะกับพื้นโต๊ะเบา ๆ เพื่อให้เมล็ดเรียงตัวอัดแน่นเต็มหลอด จากนั้นเทข้าวลงบนโต๊ะเพื่อคัดแยกข้าวขนาดต่าง ๆ ออกจากกัน แล้วนำเมล็ดแต่ละขนาดเทลงในหลอดแก้วเพื่อวัดปริมาตรของแต่ละส่วนแล้วเทียบ เป็นเปอร์เซ็นต์ของข้าวชนิดนั้น ๆ

2.2 สมบัติทางกายภาพของวัสดุขนถ่าย

2.2.1 ชนิดของวัสดุขนถ่าย

ปัจจัยสำคัญในการกำหนดลักษณะสร้างและขีดความสามารถของระบบขนถ่ายวัสดุ คือ ชนิดและสมบัติทางกายภาพของวัสดุขนถ่าย วัสดุขนถ่ายนั้นมีหลายชนิด เช่น ของแข็ง กึ่งของแข็ง ของเหลว และก๊าซ การขนถ่ายวัสดุที่เป็นของเหลวและก๊าซ ต้องการเทคโนโลยีทางอุปกรณ์เฉพาะอย่างซึ่งไม่ได้รวมอยู่ในขอบเขตของหนังสือนี้ วัสดุขนถ่ายที่อยู่ในขอบเขตของวิชามี 2 ลักษณะ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. วัสดุที่มีลักษณะเป็นชิ้น เป็นวัสดุชิ้นเดียวอาจเป็นของแข็ง เช่น ขวด ลัง แก้ว ท่อก๊าซ หรือวัสดุที่อ่อนตัวได้ ได้แก่ กระสอบข้าว ก้อนขนมปัง หีบ แผ่นหนัง
2. วัสดุปริมาณมวล เป็นวัสดุที่เป็นก้อนหรือเมล็ด ที่อยู่รวมตัวกันเป็นปริมาณมากๆ ได้แก่ ดิน ทราย เมล็ดธัญพืช น้ำตาลทราย

2.2.2 สมบัติทางกายภาพของวัสดุขนถ่ายที่มีลักษณะเป็นชิ้น

วัสดุมีลักษณะเป็นชิ้น มีสมบัติทางกายภาพที่สำคัญคือ

1. ขนาดและน้ำหนัก เป็นที่ทราบกันดีว่า วัสดุขนาดเล็กไม่จำเป็นต้องมีน้ำหนักน้อย หรือวัสดุขนาดใหญ่จะต้องมีน้ำหนักมากเสมอไป ขนาดของวัสดุในแง่ของการขนถ่ายลำเลียงนั้น ใช้ประกอบการพิจารณาระยะพิกัดแคบ กว้าง ของอุปกรณ์ขนถ่าย ส่วนน้ำหนักของวัสดุนั้นใช้พิจารณาความสามารถรับภาระของภาระอุปกรณ์

- เราอาจแบ่งขนาดวัสดุชิ้นหรือหีบห่ออย่างหยาบๆได้ดังนี้

วัสดุขนาดเล็ก หมายถึง วัสดุที่หิ้วได้ด้วยมือ

วัสดุขนาดกลาง หมายถึง วัสดุที่ยกได้โดยใช้แขนรองรับหรืออุ้มไว้

วัสดุขนาดใหญ่ หมายถึง วัสดุที่คนโอบไม่ได้

- ส่วนน้ำหนักวัสดุ อาจแบ่งได้ดังนี้

วัสดุเบา หมายถึง วัสดุที่สามารถหิ้วหรือยกได้ด้วยมือหนักประมาณ 10 กิโลกรัม หรือน้อยกว่านั้น

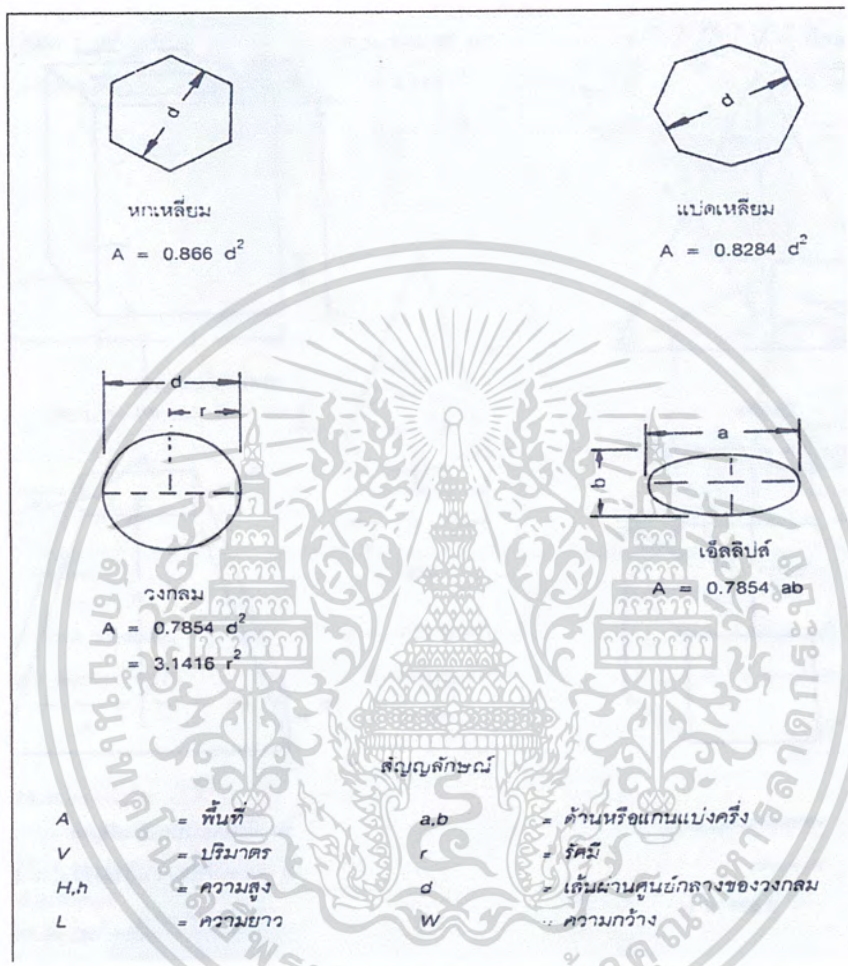
วัสดุหนักปานกลาง หมายถึง วัสดุที่สามารถยกหรือแบกได้ หนักประมาณ 50กิโลกรัม

วัสดุหนัก หมายถึง วัสดุที่คนยกไม่ไหว

2. ความหนาแน่น อัตราส่วนระหว่างมวลต่อปริมาตรของวัตถุ ถ้าวัสดุนั้นมีความหนาแน่นสูงจะมีมวลมากกว่าวัสดุที่มีความหนาแน่นต่ำกว่า ความหนาแน่นเนื้อนั้นเป็นความหนาแน่ที่คำนวณจากมวลเนื้อของวัสดุล้วนๆซึ่งแตกต่างกับความหนาแน่นรวม เรื่องสมบัติของวัสดุปริมาณมวลต่อไป ความหนาแน่นเนื้อของวัสดุนั้นขึ้นอยู่กับชนิดเนื้อของวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. รูปร่าง วัสดุขนถ่ายที่มีลักษณะเป็นชิ้น แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทรูปร่างทรงเราขาคณิต และ ประเภทรูปทรงทั่วไป แต่ส่วนใหญ่จะเป็นรูปทรงเรขาคณิต ซึ่งสามารถคำนวณพื้นที่ผิว และปริมาตรได้ง่ายโดยมีสูตรอยู่แล้วนอกจากนี้ยังคำนวณหาน้ำหนักได้สะดวกถ้าทราบความหนาแน่นของวัสดุอีกด้วย ดังรูปที่ 2.1 ส่วนวัสดุรูปทรงทั่วไป ได้แก่ วัสดุที่มีรูปทรงอื่นๆที่ไม่ใช่รูปทรงเรขาคณิต



รูปที่ 2.1 รูปร่างส่วนวัสดุและทรงต่างๆ

4. ลักษณะผิว เป็นลักษณะที่สำคัญในการพิจารณาอุปกรณ์ขนถ่าย เพราะผิวของวัสดุต้องสัมผัสกับอุปกรณ์ เช่น รางเรียบ ลูกกลิ้ง ลูกล้อ สายพาน

วัสดุขนถ่ายที่มีลักษณะเป็นชิ้น จะแบ่งออกเป็น 3 ประเภท

- ภาชนะบรรจุภายนอก
- ภาชนะบรรจุภายใน
- วัสดุที่มีรูปร่างเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 สมบัติทางกายภาพของวัสดุปริมาณมวล

1. ขนาดและรูปร่าง การแบ่งประเภทของวัสดุปริมาณมวลตามขนาด แสดงในตาราง

ตารางที่ 2.2 การแบ่งประเภทของวัสดุปริมาณมวลตามขนาด

ช่วงขนาด μm(mm)	นิยาม	คุณสมบัติ
3000-3000 อาจถึง 1000 (30-3)	เม็ดโต หรือ ก้อน	ไหลอิสระแต่อาจมีปัญหาขัดตัวกันระหว่างการไหลออกจากถังหรือไซโล
1000-100 (1-0.1)	เม็ดเล็ก	ไหลง่าย มีการเกาะตัวกันถ้ามีเปอร์เซ็นต์ความละเอียดมาก

การพิจารณาเส้นผ่านศูนย์กลางสมมูลย์ของวัสดุ

- กรณีวัสดุเป็นทรงกลม

ตารางที่ 2.3 การพิจารณาเส้นผ่านศูนย์กลางสมมูลย์ของวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นผ่านศูนย์กลางสมมูลย์	นิยาม
d_p (พื้นที่ภาพฉาย)	เส้นผ่านศูนย์ของวงกลมที่มีพื้นที่ภาพฉายเช่นเดียวกับวัสดุเมื่อวางอยู่ในตำแหน่งที่เสถียรที่สุด ($A= \P d_p^2/4$)
d_v (ปริมาตร)	เส้นผ่านศูนย์ของวงกลมที่มีปริมาตรเช่นเดียวกับวัสดุ ($A= \P d_v^3/6$)
d_s (พื้นที่ผิว)	เส้นผ่านศูนย์ของวงกลมที่มีพื้นที่ผิวเช่นเดียวกับวัสดุ ($A= \P d_v^2$)
d_a (ตะแกรง)	ความกว้างของช่องสี่เหลี่ยมที่เล็กที่สุดที่วัสดุจะผ่านไปได้
d_f (เส้นผ่านศูนย์กลางตกอิสระ)	เส้นผ่านศูนย์กลางของทรงกลมซึ่งมีความเร็วสุดท้ายและความหนาแน่นของเช่นเดียวกับวัสดุ

หากวัสดุมีรูปร่างไม่เป็นทรงกลมกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสมมูลย์ ซึ่งจะพิจารณาจากค่าของคุณสมบัติอื่นของวัสดุที่หาได้ง่าย หรือ พิจารณา ตามตารางของกรณีวัสดุที่เป็นทรงกลม

ส่วนรูปร่างของวัสดุปริมาณมวล พิจารณาจากความกลม (Þ)

$$Þ = \frac{\text{พื้นที่ผิวของทรงกลมที่มีปริมาตรเท่าวัสดุ}}{\text{พื้นที่ผิวของวัสดุ}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Þ = d_v/d_s วัสดุปริมาณมวลที่มีรูปร่างทรงกลม มีค่าความกลมเป็นหนึ่งซึ่งความสามารถในการไหลสูง ไหลสะดวกวัสดุทรอื่นที่มีค่าความกลมน้อยกว่าหนึ่ง การเกาะตัวจะสูงขึ้น ทำให้ความสามารถในการไหลลดลง

ความสม่ำเสมอของขนาดของวัสดุปริมาณมวล

พิจารณาได้จากสัมประสิทธ์ K ซึ่งเป็นอัตราส่วนของขนาดเม็ดวัสดุขนาดใหญ่ที่สุดต่อขนาดที่เล็กที่สุดขนาดวัสดุวัดจากระยะที่ยาวที่สุดของวัสดุที่บรรจุอยู่ในปริมาตรหนึ่ง (ระยะทะแยงมุม l)

$$K = l\,max / l\,min$$

l max = ความยาวของวัสดุวัดที่เส้นทะแยงมุมของวัสดุก้อนใหญ่ที่สุด

l min = ความยาวของวัสดุวัดที่เส้นทะแยงมุมของวัสดุก้อนเล็กที่สุด

ถ้า $k > 2.5$ แสดงว่า วัสดุมีขนาดไม่สม่ำเสมอ

$k \leq 2.5$ แสดงว่า วัสดุมีความสม่ำเสมอ

2. ความหนาแน่นรวม

ความหนาแน่นรวม หมายถึง ความหนาแน่นของวัสดุปริมาณมวล ซึ่งคำนวณจากมวลวัสดุหารด้วยปริมาตรรวมวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนไหลของวัสดุปริมาณมวลกับความหนาแน่นเป็นไปได้ยาก จึงได้มีตารางแสดงความหนาแน่นรวมในรูปของน้ำหนักจำเพาะรวมของวัสดุปริมาณมวล

ตารางที่ 2.4 ความหนาแน่นรวมในรูปของน้ำหนักจำเพาะรวมของวัสดุปริมาณมวล

วัสดุปริมาณมวล	ชนิด	ความหนาแน่นรวม (kN/m^3)
ข้าวเปลือก	B 26 S	5.66
ข้าวสาร	B 16	7.07 – 7.54
รำข้าว	B 26 SW	3.14
ข้าวโอ๊ต	C 16 S	4.09
ข้าวสาลี	C 16 S	7.07 – 7.45
ข้าวสาลี (แตกๆ)	B 26 S	6.29 – 7.07
ข้าวบาร์เลย์	B 16 S	5.97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. มุมกองพื้น

ตารางที่ 2.5 แสดงค่ามุมกองพื้นของวัสดุปริมาณมวลที่สำคัญ

วัสดุปริมาณมวล (ความชื้น % wb)	มุมกองพื้น (องศา)	
	ขณะเคลื่อนที่	ขณะอยู่นิ่ง
ข้าวสาลี (11.2-15.7)	-	24-41
ข้าวโอ๊ต (10.6-17.3)	-	-
ข้าวเปลือก	-	31-41

ค่าของมุมกองพื้นนี้แสดงถึงความสามารถในการไหลการไหลคล่องตัวมาก จะมีมุมกองพื้นพื้นขณะหยุดนิ่งถึง 30 องศา การไหลที่คล่องตัว จะมีมุมกองพื้นขณะหยุดนิ่งตั้งแต่ 30 – 40 องศา และ การไหลไม่คล่องตัว จะมีมุมกองพื้นขณะหยุดนิ่งมากกว่า 45 องศา

4. ความคมแข็ง หรือ ความสามารถในการขัดสี

แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ใหญ่ๆ คือ

- ไม่คมแข็ง ไม่ทำการขัดสี เช่น แป้ง เมล็ดข้าวโพด ข้าวเปลือก รำ เป็นต้น
- คมแข็งปานกลาง เกิดการขัดสีปานกลาง เช่น อลูมิเนียม เปลือกไม้ เถ้าโซดา เป็นต้น
- คมแข็งมาก เกิดการขัดสีมาก เช่น ทราย ฟอสเฟต หินพูมิสเบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. แรงเสียดทาน สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เมื่อวัสดุปริมาณเคลื่อนที่ไปบนอุปกรณ์ขนถ่าย จะมีแรงเสียดทานเกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัส สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานระหว่างประมาณมวลกับพื้นชนิดต่างๆ มีความสำคัญในงานออกแบบระบบขนถ่ายวัสดุด้วย

ตารางที่ 2.6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานของวัสดุปริมาณมวลที่สำคัญ

วัสดุปริมาณมวล (ความชื้น % wb)	สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานขณะนิ่ง		
	กับเหล็ก	กับไม้	กับยาง
ข้าวสาลี (11.2-15.7)	0.200 – 0.514	0.300 – 0.450	0.269 – 0.448
ข้าวโอ๊ต (10.6-17.3)	0.197 – 0.443	-	0.204 – 0.502
ข้าวเปลือก	0.223 – 0.315	0.400 – 0.450	

2.2.4 การเลือกอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ

แนวทางการเลือกอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ

กระบวนการลำเลียง และขนย้ายวัสดุ ปัญหาที่เกิดขึ้นเสมอ คือ จะขนถ่ายวัสดุเหล่านั้นอย่างไร จะใช้อุปกรณ์ชนิดใดจึงจะเหมาะสมในสภาพการขนถ่ายนั้น

เมื่อทราบวัตถุประสงค์ในการขนถ่าย ในที่นี้ทำการขนถ่ายวัสดุที่เป็นเมล็ดข้าวเปลือก จากข้อมูลที่ได้พิจารณาจาก วิธีขนถ่ายที่เหมาะสม โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลคุณลักษณะของอุปกรณ์ขนถ่ายประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
119325

ต่างๆในแง่ของความเหมาะสมต่อวัสดุ ดังแสดงในตารางแสดงลักษณะการใช้งานอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ ซึ่งช่วยในการเลือกอุปกรณ์

ตารางที่2.7 ลักษณะการใช้งานของอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ

แบบ		ชนิดอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ	ช่วงการใช้งาน		ลักษณะเส้นทาง			ปัญหา	
			ระยะทาง (m)	ขนาดวัสดุใหญ่สุด (mm)	ราบ	ดิ่ง	โค้ง	วัสดุตกค้าง	วัสดุกระจาย
ลำเลียงต่อเนื่อง	ราง/ถาด	เกลียวลำเลียง	0.5 – 10	30	0	^	X	B	C
		รางเขย่า	0.4 – 200	30	0	^	^	A	B

หมายเหตุ

- ระดับการเลือกใช้

  0 : มาก

  ^ : ปานกลาง

  X : น้อย

- ความถี่ที่จะเกิดปัญหา

  A : มาก

  B : ปานกลาง

  C : น้อย

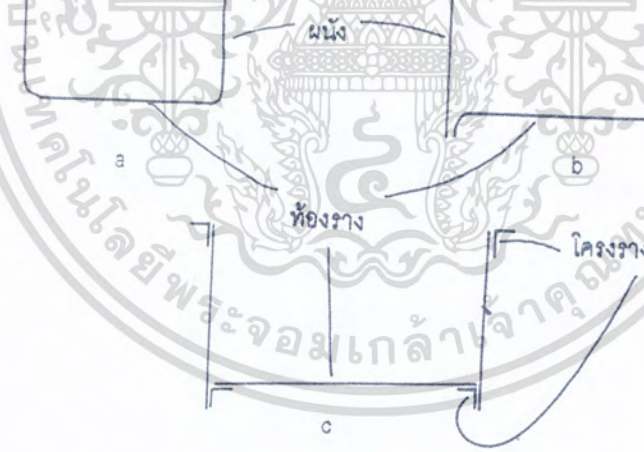
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 ราง (Chutes) เป็นอุปกรณ์ขนถ่ายที่ประหยัดที่สุดในการลำเลียง วัสดุจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำในระยะสั้นๆ โดยใช้น้ำหนักของวัสดุเองทำให้เคลื่อนที่

2.2.5.1 รางเรียบตรง

รางเรียบตรง นิยมใช้ป้อนวัสดุในระยะทางสั้นๆ จากระบบขนถ่ายหนึ่งไปยังอีกระบบขนถ่ายหนึ่ง หรือไปยังโกดัง ถังเก็บ หรือแปรสภาพใดๆ รางเรียบตรงส่วนใหญ่จะขึ้นรูป หรือเชื่อมประกอบโดยลักษณะหน้าตัด

ดังรูปที่ 2.2 ซึ่งแสดงเป็นหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า นอกจากนี้อาจมีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู หรือ ครึ่งวงกลม หรือรูปตัววี ก็ได้



รูปที่ 2.2 หน้าตัดของราง

a.) วัสดุแผ่นชิ้นเดียว b.) วัสดุ 3 ชิ้น c.) มีโครงราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รางมีองค์ประกอบทั่วๆไป ได้แก่

1.ท้องราง

2.ผนัง

3.โครงราง

4.ส่วนรองรับน้ำหนัก

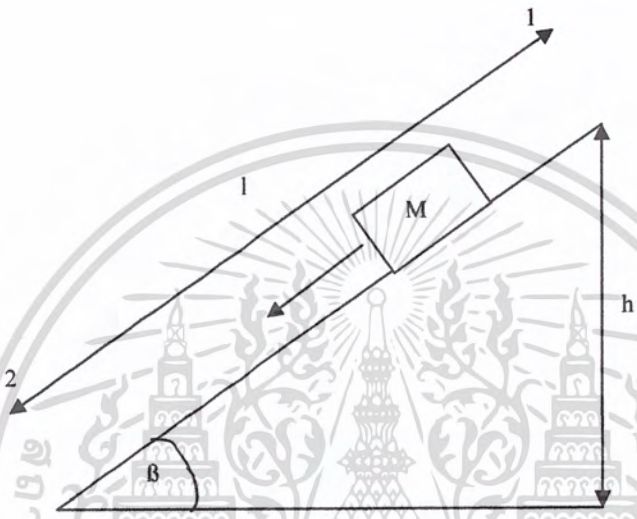
กรณี เป็นรางเปิด จะสังเกตเห็นว่าที่ขอบรางจะการเสริมแรงไม่ให้ขอบราง โดยการม้วน หรือ มีโครงเหล็กฉากเสริม หรืออาจเป็นท่อหน้าตัดลักษณะต่างๆ เช่น สี่เหลี่ยม ตัววี หรือวงกลมได้ ใช้ในการลำเลียงวัสดุผงละเอียด วัสดุที่ปนฝุ่นมาก รางมักทำทำด้วยโลหะรีดร้อน หรือ โลหะชุบ ไม่นิยมใช้เหล็กรีดเย็นที่ผิวมัน หรือเหล็กไร้สนิม เป็นต้น

ทั้งนี้เพราะผิวรางที่ราบเรียบเกินไปอาจทำให้วัสดุที่สามารถอ่อนตัวได้ เช่น กล่องกระดาษ ถุงผ้า ถุงกระดาษ ที่บรรจุวัสดุเคลื่อนที่ช้าลงเนื่องจากเกิดสุญญากาศภายใต้หีบห่อนั้น ข้อควรระวังอย่างหนึ่งก็คือหากหีบห่อแตกออกแล้ว วัสดุที่บรรจุอยู่ภายในออกมา จะมีการสะสมกันตามรอยต่อหรือมุมราง กีดขวางการเคลื่อนที่ของหีบห่อ หรือถ้าวัสดุนั้นดูดความชื้น ก็อาจทำให้เกิดการกัดกร่อนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณมุมเอียงของรางเรียบตรงและการควบคุมความเร็ว

ใช้หลักกลศาสตร์ของวัสดุบนพื้นเอียงและกฎการคงพลังงาน ถ้าวัสดุที่จะลำเลียงมวล m สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานเป็น μ มุมเอียงของรางเป็น β และรางมีความยาว l มีความสูงในการขนถ่าย h ความเร็วของวัสดุที่ตำแหน่งเริ่มต้นและสุดท้าย เป็น v_1 และ v_2 ดังรูป 2.3



รูปที่ 2.3 วัสดุบนพื้นเอียง

กฎการคงที่พลังงาน จะเห็นได้ว่าพลังงานของวัสดุที่ตำแหน่งที่ 1 เท่ากับ พลังงานที่ตำแหน่งที่ 2 บวกกับพลังงานที่สูญเสียไปในระหว่างเคลื่อนที่ พลังงานที่ตำแหน่งที่ 1 เท่ากับพลังงานศักย์ บวกพลังงานจลน์เริ่มต้นที่ตำแหน่งที่ 1 พลังงานตำแหน่งที่ 2 เท่ากับ พลังงานจลน์ที่ตำแหน่งที่ 2 เมื่อพลังงานศักย์ตำแหน่งที่ 2 เท่ากับศูนย์ เนื่องจากให้เส้นผ่านอ้างอิงผ่านตำแหน่งที่ 2 พอดี ส่วนพลังงานที่สูญเสียไประหว่างเคลื่อนที่ได้แก่ พลังที่ใช้เอาชนะแรงเสียดทาน ดังนั้นจะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$mgh = mg\,\mu\, l\cos\beta + m\,(v_2^{\,2} - v_1^{\,2})$$

ดังนั้น มุมเอียงของราง คำนวณได้จาก

$$\tan\beta = 2gh\,\mu\,/\,(2gh + v_1^{\,2} - v_2^{\,2})$$

หากรู้ความเร็วเริ่มต้นของวัสดุ และมุมเอียงของราง จะสามารถคำนวณหาความเร็วสุดท้ายของวัสดุได้จาก

$$v_2 = 2gh\,(1 - \mu\cot\beta) + v_1^{\,2}$$

เมื่อ $v_1 = v_2$ คือ ความเร็วของวัสดุคงที่

$$\tan\beta_0 = \mu$$

เมื่อ $v_2 > v_1$ นั่นคือ วัสดุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งจะได้ $\beta > \beta_0$

และเมื่อ $v_2 < v_1$ วัสดุเคลื่อนที่ด้วยความหน่วงจะได้ $\beta < \beta_0$

การอธิบายที่ผ่านมานั้น คิดแรงเสียดทานที่ท้องรางเท่านั้น ในกรณีที่วัสดุสัมผัสกับผนังราง หรือท้องรางที่โค้งก็พิจารณาพลังงานที่สูญเสียไป เนื่องจากแรงเสียดทานเช่นเดียวกันกับที่ที่ท้องราง

กรณีที่ลำเลียงวัสดุปริมาณมวล ความเร็วของวัสดุปริมาณมวลอาจสูงถึง 2.5 m/s และป้อนวัสดุประมาณ 50 – 70% ของราง

เนื่องจากใช้แรงโน้มถ่วงของโลกทำให้วัสดุเคลื่อนที่ จึงสามารถควบคุมความเร็วได้น้อย และ วัสดุจะมีความเร่งเพิ่มขึ้นมากถ้ารางยาวมาก หากมุมเอียงของรางเหมาะสมกับวัสดุ จะทำให้วัสดุที่มีน้ำหนักมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไหลลงอย่างรวดเร็ว และกระแทกกับวัสดุที่มีน้ำหนักเบากว่าได้ กรณีเช่นนี้จึงไม่เหมาะกับวัสดุที่แตกหักเสียหายได้ง่าย

ในสภาพบรรยากาศแห้งและมีอุณหภูมิสูง รางที่ทำด้วยโลหะชุบมักใช้ 20 องศา ถ้าทำด้วยโลหะรีดร้อน มุมเอียงควรเพิ่มเป็น 25 องศา ถ้าโลหะผิวเรียบมุมเอียงควรเป็น 30 องศา หรือ มากกว่านั้น แต่ถ้าสภาพบรรยากาศชื้นมาก มุมเอียงควรเพิ่มอีก 25 เปอร์เซ็นต์ ถ้าความชื้นมีการเปลี่ยนแปลงสูงๆ ต่ำๆ จะทำให้การทำงานของรางลำเลียงไม่แน่นอน

การเปลี่ยนทิศทางของราง

เมื่อต้องการเปลี่ยนทิศทางของรางตรง จะต้องมีส่วนรางโค้งมาเชื่อมต่อ ดังรูปที่ 2.4 มุมเอียงของพื้นรางโค้งด้านนอกเท่ากับมุมเอียงของรางตรง ส่วนมุมเอียงของพื้นรางโค้งด้านในจะชันกว่าซึ่งค่าความชันนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อรัศมีมีการเลี้ยวโค้งใน ลดลง

มุมหน้าด้านในของกล่องที่มีความแข็งเกร็ง ไม่อ่อนตัว จะยกขึ้นเมื่อเข้าโค้งมา และเมื่อออกจากโค้งเพื่อลงสู่รางตรง มุมนี้ก็จะลดลงระดับลง หากค่าความชันต่างกันมากจะทำให้มุมหน้าด้านในของกล่องกระแทกกับพื้นรางตรง ซึ่งอาจทำให้วัสดุเสียหายได้ และการเลี้ยงโค้งทำให้วัสดุต้องการพื้นที่วางตัวมากกว่าเมื่อเคลื่อนที่ในรางเรียบตรง ดังนั้นความกว้างของรางที่มีส่วนโค้ง ช่วยเปลี่ยนทิศทางหรือรางค้างจะต้องมีค่ามากกว่ารางตรงปกติ

ยิ่งรัศมีความโค้งในมีค่ามาก การเปลี่ยนแปลงความชันของส่วนพื้นรางโค้งกับตารางที่มาต่อจะน้อยลง บางครั้งพื้นที่ติดตั้งรางจำกัด จำเป็นต้องให้รัศมีความโค้งนี้น้อย แต่ควรไม่น้อยกว่าหนึ่งในสี่ของความกว้างราง อย่างไรก็ดีรัศมีความโค้งที่ควรจะใช้คือ ประมาณครึ่งหนึ่งของความกว้างของราง ซึ่งอาจะเขียนเป็นความสัมพันธ์ ดังนี้

$$R_{min} > W/4$$

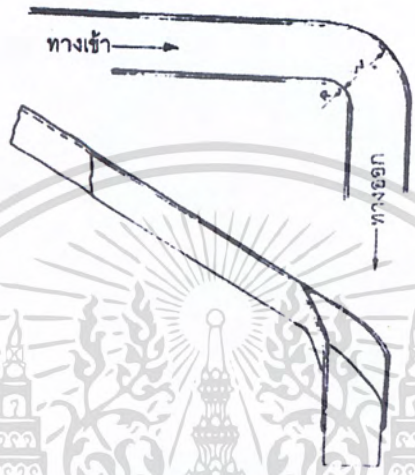
$$R_{rec} = W/2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ Rmin = รัศมีความโค้งในต่ำสุด

W = ความกว้างของราง

Rrec = รัศมีความโค้งแนะนำ



รูปที่ 2.4 รางโค้ง

2.2.5.2 รางป้อนแบบสั่น

รางป้อนแบบสั่นเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับป้อนวัสดุในแนวเส้นตรง ลักษณะพิเศษคือ สั่นแบบเรียบๆ รางป้อนแบบสั่นประกอบด้วย โครงสั่น อุปกรณ์สั่น (Vibrator) มอเตอร์ขับอุปกรณ์สั่น ควบคุมการทำงานโดยตัวควบคุม

2.2.6 มอเตอร์เขย่า (Vibrator motor)

มอเตอร์เขย่านั้นจะมีหลักการทำงานเช่นเดียวกับมอเตอร์ทั่วๆไป จะต่างกันก็ตรงที่มอเตอร์เขย่าจะมีเพลาออกทั้งสองข้างเพื่อใช้ในการติดลูก เบี้ยวเพื่อก่อให้เกิดการหมุนที่สมดุล หรือการเขย่านั้นเอง ทำให้สามารถนำไป ติดตั้งเพื่อใช้งานได้ในรูปแบบต่างๆแม้ว่าลักษณะการออกแบบดังที่กล่าวมาแล้ว นั้น จะเหมือนกับการออกแบบมอเตอร์ทั่วไป แต่ก็มีส่วนประกอบพิเศษหลายอย่างเพื่อให้มอเตอร์เขย่ามีอายุการใช้งานที่ยาว นานพิเศษ

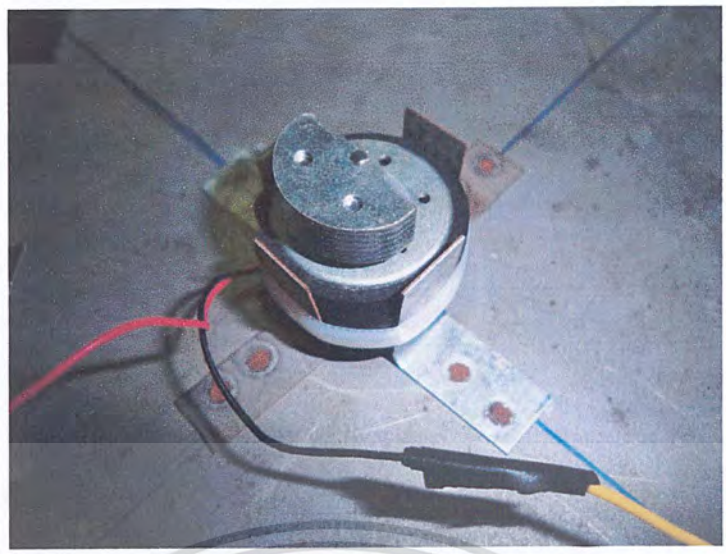
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลูกปืน ถือเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งเนื่องจากการใช้งานของมอเตอร์เขย่านั้น มีแรงกระทำที่สมดุลต่อแกนเพลาตลอดเวลา ดังนั้นลูกปืนควรมีลักษณะพิเศษที่สามารถทนแรงที่กระทำต่อลูกปืนได้ ยิ่งถ้าเป็นมอเตอร์เขย่าที่มี ขนาด 3000รอบต่อนาที หรือมากกว่านั้น ความคงทนของลูกปืนยิ่งเป็นสิ่งที่ควรจะให้ความสำคัญพิจารณาเป็นพิเศษในการ เลือกใช้สินค้าที่มีคุณภาพ

ลวดทองแดง ถ้าจะกล่าวถึงลวดทองแดงในมอเตอร์นั้นหลายคนอาจสงสัยว่าสำคัญอย่างไร มอเตอร์เขย่าก็มีหลักการเหมือนมอเตอร์ทั่วไป คือมี โรเตอร์และ สเตย์เตอร์โรเตอร์นั้นจะหมุนได้เนื่องจากมีสนามแม่เหล็กจากสเตย์เตอร์นั้น สามารถหมุนได้ โดยทั่วไปถ้าเกิดการหมุนที่ตัวมอเตอร์ก็คงไม่มีผลอะไรมากนัก แต่ เนื่องจากเป็นมอเตอร์เขย่าการหมุนจะมีการเขย่าทำให้เกิดการเสียดสีของตัว ขอลวดทองแดงตลอดเวลา เมื่อใช้งานไประยะหนึ่ง การเสียดสีจะทำให้สารที่เป็นฉนวนซึ่งเคลือบไว้ที่ทองแดงเกิดการถลอกทำให้ทองแดงนั้นสัมผัสกันโดยปราศจากฉนวนที่ห่อหุ้ม ผลลัพธ์คือ มอเตอร์เขย่านั้นช๊อตและไหม้

ลักษณะการเคลือบเรซิ่น จะว่าไป แล้วการเคลือบเรซิ่นนั้น มอเตอร์เขย่าทุกยี่ห้อ ส่วนใหญ่ก็มีการใช้เพื่อเพิ่มฉนวนไฟฟ้า วันนี้จะมากล่าวถึงลักษณะการเคลือบสารเรซิ่นเพื่อให้มอเตอร์เขย่ามีความทน ทานในการใช้งานส่วนใหญ่ผู้ผลิตโดยทั่วไปจะนำน้ำยาเรซิ่นมาทาบริเวณขดลวด ทองแดงโดยใช้แปรงเท่านั้น หลังจากนั้นจะนำเรซิ่นเทลงในมอเตอร์เขย่าที่ประกอบเสร็จแล้ว เพื่อลดการสั่นสะเทือนภายในซึ่งวิธีดังกล่าวเป็นวิธีที่ไม่ถูกต้อง เนื่องจากขดลวดทองแดงนั้นมิได้มีการพันเพียงชั้นเดียว ซึ่งการทาโดยใช้แปรงเป็นการป้องกันการช๊อตของขดลวดทองแดงได้เพียงแค่พื้นผิว ภายนอกเท่านั้น แต่วิธีที่จะกล่าวต่อไปนี้ เป็นวิธีที่ผู้ผลิตของเรา(ITALVIBRAS)ได้ใช้(ITALVIBRAS ผู้ผลิตเขย่าคุณภาพสูง อันดับ 1 จากประเทศอิตาลี ซึ่งมียอดจำหน่ายและได้รับความนิยมมากที่สุดในโรงงานอุตสาหกรรมแถบยุโรปมา เป็นเวลานาน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ลักษณะของมอเตอร์เขย่า

วิธีการเคลือบเรซิ่นนั้นจะมีทั้งหมดอยู่ 2 วิธี สำรับมอเตอร์เขย่าตัวเล็กจะมีโรเตอร์ที่พันทองแดงคุณภาพสูง เข้าไปในห้องสูญญากาศ จากนั้นจะทำการปล่อยอากาศและเรซิ่นเข้าไปพร้อมๆกัน ทำให้เรซิ่นสามารถเข้าสู่ทุกพื้นผิวของลวดทองแดงจึงทำให้เกิดฉนวนทางไฟฟ้า ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด เพราะการเคลือบเกิดขึ้นทุกชั้นผิว มิใช่แค่เพียงพื้นผิวภายนอกเท่านั้น

ถ้าเป็นมอเตอร์เขย่าตัวใหญ่ ทาง ITALVIBRAS จะมีการใช้วิธีการหยดเรซิ่นขณะที่โรเตอร์ทำการหมุนช้าๆ เพื่อให้เรซิ่นซึมซาบเข้าสู่ทุกพื้นผิว หลังจากเสร็จสิ้นทั้งสองกระบวนการนี้ ขั้นตอนต่อไปคือการเทเรซิ่นลงไปที่มอเตอร์เขย่า เพื่อให้ปราศจากการเสียดสีขณะที่มอเตอร์เขย่าทำงาน

ลักษณะโครงสร้างและจุดติดตั้ง จะสังเกตเห็นได้ว่า มอเตอร์เขย่าของ ITLVIBRAS จะมีขายึดที่หนาเป็นพิเศษ จุดประสงค์เพื่อให้ทนทานต่อแรงเขย่าที่เกิดขึ้นทำให้ไม่เกิดการแตกหักที่ขามอเตอร์ มอเตอร์เขย่าของ ITLVIBRAS มีข้อดีอีกประการคือสามารถปรับแรงเขย่าได้โดยการปรับตั้งลูกเบี้ยวเพื่อให้เหมาะสมต่อการใช้งาน จากสิ่งที่กล่าวมาทั้งหมดเป็นเพียงส่วนหนึ่งซึ่งชี้ให้เห็นถึงองค์ประกอบสำคัญในการเลือกมอเตอร์เขย่าที่มีประสิทธิภาพสูงเพื่ออายุการใช้งานที่ยาวนาน

การประยุกต์ใช้และการเลือกมอเตอร์เขย่า มอเตอร์เขย่านั้นที่จริงแล้วสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานต่างๆได้มากมาย เช่น การนำมาประยุกต์ในเรื่อง ของระบบลำเลียงการใช้ในลักษณะของตะแกรงร่อน การสั่นเพื่อทำความสะอาดตัวกรอง และอีกหลายงานที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ เรื่องหนึ่งที่สำคัญที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการเลือกและออกแบบมอเตอร์เขย่านั้น ควรจะมีการเลือกรุ่นขนาดที่เหมาะสม พร้อมทั้งการติดตั้งที่ถูกต้อง การใช้มอเตอร์เขย่าที่มีขนาดใหญ่มากเกินไปก็สามารถทำให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีได้

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) มาจากคำ 2 คำ คำหนึ่งคือ ไมโคร (Micro) หมายถึง ขนาดเล็ก และคำว่า คอนโทรลเลอร์ (controller) หมายถึงตัวควบคุมดหรืออุปกรณ์ควบคุม ดังนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ จึงหมายถึงอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก แต่ในตัวอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กนี้ ได้บรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ ที่คนโดยส่วนใหญ่ค้นเคย กล่าวคือภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้รวมเอาซีพียู , หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวถังเดียวกัน

นักออกแบบ พัฒนาผลิตภัณฑ์ ตลอดจนนักประดิษฐ์ทั้งหลายต่างหลีกเลี่ยงไม่ได้เลยที่จะต้องอาศัยวงจรอิเล็กทรอนิกส์เข้าไปมีส่วนเกี่ยวข้องในการควบคุม แต่ครั้นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่นำมาต่ออนุกรมเพื่อความสามารถที่เราต้องการนั้นก็ใหญ่โตเสียเหลือเกิน ดูเหมือนจะขัดแย้งกับความต้องการของผู้บริโภค และหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์

ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จึงเข้ามาเกี่ยวข้อง เพื่อรองรับกับความต้องการ นำไปควบคุมระบบที่ความสามารถที่เราต้องการโดยให้มีขนาดเล็กที่สุด แต่มิใช่เพียงแต่ขนาดเล็กเท่านั้น มันยังสามารถป้อนชุดคำสั่งให้สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ ด้วยรูปแบบการเขียนโปรแกรมภาษาต่างๆ ตามความถนัด

2.3.1 โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์

โครงสร้างโดยทั่วไป ของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น สามารถแบ่งออกมาได้เป็น 5 ส่วนใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้

1.หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit)

2.หน่วยความจำ (Memory) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก (Program Memory) เปรียบเสมือนฮาร์ดดิสก์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คือ ข้อมูลใดๆ ที่ถูกเก็บไว้ในนี้จะไม่สูญหายแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่งคือหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ใช้เป็นเหมือนกกระดาษทดในการคำนวณของซีพียู และเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราว ขณะทำงาน แต่หากไม่มีไฟเลี้ยง ข้อมูลก็จะหายไปคล้ายกับหน่วยความแรม (RAM) ในเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์ทั่วๆ ไป แต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่ หน่วยความจำข้อมูลจะมีทั้งที่เป็นหน่วยความจำแรม ซึ่งข้อมูลจะหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยง และเป็นอีอีพรอม (EEPROM : Erasable Electrically Read-Only Memory) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง

3.ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต (Port) มี 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (Output Port) ส่วนนี้จะใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญมาก ใช้ร่วมกันระหว่างพอร์ตอินพุต เพื่อรับสัญญาณ อาจจะด้วยการกดสวิตช์ เพื่อนำไปประมวลผลและส่งไปพอร์ตเอาต์พุต เพื่อแสดงผลเช่น การติดสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น

4.ช่องทางเดินของสัญญาณ หรือบัส (BUS) คือเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่างซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณ จำนวนมากอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (Data Bus) , บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัสควบคุม Control Bus)

บัสข้อมูลเป็นสายสัญญาณที่บรรจุข้อมูล เพื่อการประมวลผลทั้งหมด ขนาดของบัสจะขึ้นอยู่กับความสามารถการประมวลผลของซีพียู สำหรับในงานทั่วๆ ไป ขนาดของบัสข้อมูลจะเป็น 8 บิต และในปัจจุบันได้มีการพัฒนาขึ้นมาจนถึง 16,32 และ 64 บิต

บัสแอดเดรสเป็นสายสัญญาณที่บรรจุค่าตำแหน่งของหน่วยความจำ โดยการติดต่อกับหน่วยความจำนั้น ซีพียู ต้องกำหนดตำแหน่งที่ต้องการอ่านหรือเขียนก่อน ดังนั้นจำนวนสายสัญญาณของแอดเดรสจึงต้องมีจำนวนมาก ยิ่งมากเท่าไหร่ ก็จะเป็นการแสดง ขนาดของหน่วยความจำที่ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถติดต่อได้ โดยสามารถคำนวณได้จาก

จำนวนแอดเดรสของหน่วยความจำ = 2 ยกกำลัง n (n คือจำนวนของเส้นทาง)

ยกตัวอย่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวหนึ่งมีสายแอดเดรส 10 เส้น ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนี้ สามารถติดต่อกับหน่วยความจำได้ 2 ยกกำลัง 10 = 1,024 ตำแหน่ง

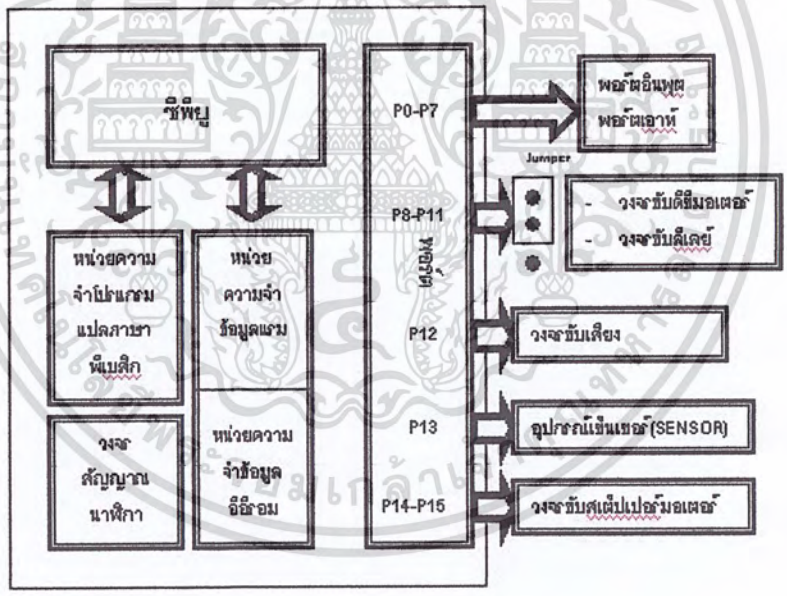
หากต้องการทราบความจุของหน่วยความจำจริงๆ จะต้องทราบถึงขนาดของบัสข้อมูลก่อนว่าเป็นเท่าใด หากเป็น 8 บิต ความจุของหน่วยความจำที่มีสายแอดเดรส 10 เส้น จะเท่ากับ 8x1024 = 8,192

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต และ 1 กิโลไบต์ เท่ากับ 1,024 ไบต์ ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ดังกล่าว จึงมีความจุของหน่วยความจำเท่ากับ 8,192 บิต หรือ 1,024 ไบต์ หรือ 1 กิโลไบต์

บัสควบคุมเป็นกลุ่มของสายสัญญาณควบคุมการติดต่อทั้งหมดของซีพียูกับหน่วยความจำและพอร์ต สำหรับสายสัญญาณเลือกควบคุมหลักได้แก่ สายสัญญาณเลือก-อ่าน-เขียนหน่วยความจำ สายสัญญาณเลือกเลือก อ่าน-เขียน ข้อมูล กับพอร์ต

5.วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา นับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะขึ้นอยู่กับการกำหนดจังหวะ หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูงจังหวะการทำงานก็จะสามารถทำได้ถี่ขึ้นส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้น มีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย



รูปที่ 2.6 โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.4 ระบบเซนเซอร์

เซนเซอร์ เป็นชุดอุปกรณ์หรือวงจรที่ทำหน้าที่ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม เช่น แสง เสียง ที่อยู่รอบตัวมาเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าแล้วส่งไปยังส่วนควบคุมของเครื่องไฟฟ้าหรืออุปกรณ์อื่น ๆ เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

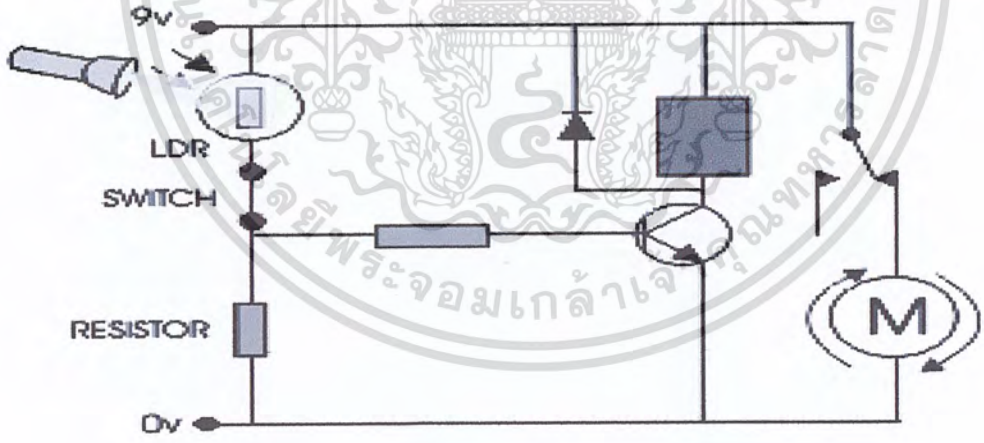
หุ่นยนต์ หากเปรียบเทียบการทำงานกับมนุษย์แล้ว เซนเซอร์ก็เหมือนตา หู หรือผิวหนังของมนุษย์ที่จะคอยรับรู้สภาพแวดล้อมภายนอกนั่นเอง ซึ่งในเบื้องต้นเราสามารถแบ่งชนิดของเซนเซอร์ได้เป็น เซนเซอร์แสง เซนเซอร์เสียง และเซนเซอร์อินฟราเรด

2.4.1 เซนเซอร์แสง

เซนเซอร์แสงเป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนความเข้มแสงให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อส่งสัญญาณให้กับส่วนควบคุมของเครื่องไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ทำงานต่าง ๆ เซนเซอร์แสงนั้นภายในจะประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ แต่อุปกรณ์ที่สำคัญในการเปลี่ยนความเข้มแสงนั้นก็คืออุปกรณ์ที่มีชื่อว่า แอลดีอาร์

การทำงานของวงจรเซนเซอร์แสง

วงจรเซนเซอร์แสงจะประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก ๆ 3 ส่วน คือ ตัวแอลดีอาร์ ตัวต้านทาน และทรานซิสเตอร์ โดยวงจรจะมีอยู่ 2 แบบ คือ ทำงานเมื่อมีแสง และทำงานเมื่อไม่มีแสง ซึ่งการทำงานของทั้งสองวงจรจะใช้ในงานต่างกัน เพื่อความเข้าใจในการทำงานของวงจร จะยกตัวอย่างวงจรเซนเซอร์แสงแบบทำงานเมื่อมีแสง ดังรูป



รูปที่ 2.7 การทำงานของวงจรเซนเซอร์แสง

วงจรนี้ประยุกต์ใช้กับการทำงานของมอเตอร์ มีหลักการทำงานคือ ในสภาวะที่ไม่มีแสงตกกระทบแอลดีอาร์ จะทำให้ตัวแอลดีอาร์มีค่าความต้านทานสูงจึงทำให้มีกระแสไหลผ่าน RESISTOR น้อยมาก เป็นผลให้มีแรงดันและกระแสที่ไหลเข้าขาเบสของทรานซิสเตอร์ไม่เพียงพอ ทำให้ทรานซิสเตอร์ไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

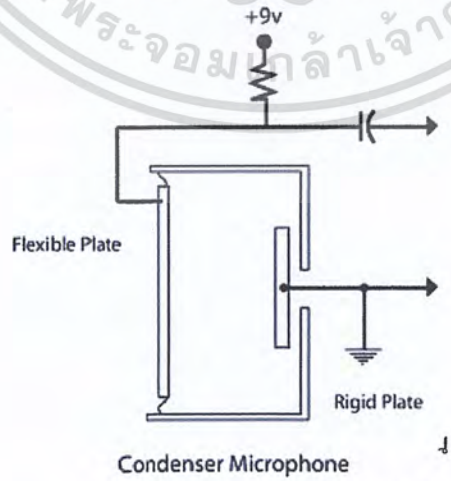
นำกระแส จึงไม่มีกระแสไหลผ่านรีเลย์ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำงานด้วยไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เป็นเสมือนสวิทช์ปิดเปิดที่ทำให้มอเตอร์หมุน เมื่อไม่มีกระแสไหลผ่านรีเลย์จึงทำให้รีเลย์ไม่ทำงานทำให้มอเตอร์ไม่หมุน แต่เมื่อมีแสงตกกระทบแอลดีอาร์ ก็จะทำให้มีกระแสไหลผ่าน RESISTOR ทำให้มีแรงดันและกระแสไหลเข้าขาเบสของทรานซิสเตอร์เพียงพอทำให้ทรานซิสเตอร์นำกระแส จึงมีกระแสไหลผ่านรีเลย์ทำให้มอเตอร์หมุนได้

2.4.2 เซนเซอร์เสียง

เซนเซอร์เสียงจะเป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนสัญญาณเสียงไปเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเพื่อส่งให้กับส่วนอื่น ๆ ของวงจรไฟฟ้านั้น ๆ ต่อไป โดยอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณเสียงให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า คือ ไมโครโฟน ซึ่งไมโครโฟนจะมีหลายแบบ หลายรูปร่าง

คอนเดนเซอร์ไมโครโฟน

เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กมี 2 ขั้ว โดยมีรูปร่าง สัญลักษณ์และตำแหน่งขา ดังรูป ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณเสียงให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ภายในโครงสร้างของคอนเดนเซอร์ไมโครโฟนจะประกอบด้วยแผ่นไดอิเล็กทริกบาง ๆ เมื่อมีเสียงกระทบจะทำให้แผ่นไดอิเล็กทริกเกิดการสั่นสะเทือนเกิดค่าความจุทางไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามสัญญาณเสียง ซึ่งเมื่อเราต่อแหล่งจ่ายกระแสผ่านตัวต้านทานให้กับคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน จะทำให้มีสัญญาณไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามสัญญาณเสียง แต่สัญญาณไฟฟ้าที่ได้นั้นจะมีค่าน้อยมากดังนั้นจึงต้องมีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ต่อเป็นวงจรขยายสัญญาณให้สัญญาณที่ได้มีขนาดสูงเพียงพอที่จะส่งไปยังส่วนอื่น ๆ เช่น ลำโพง ต่อไป ซึ่งวงจรขยายสัญญาณอาจจะใช้อุปกรณ์ เช่น ไอซี หรือทรานซิสเตอร์ก็ได้

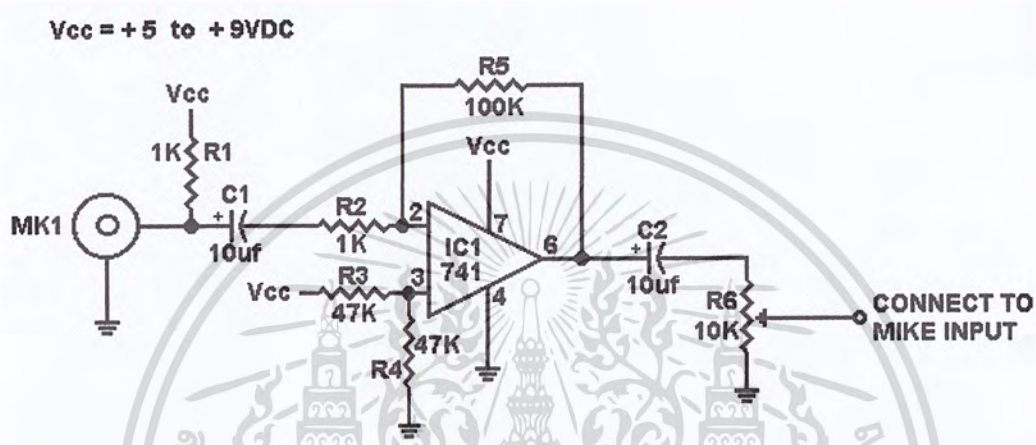


รูปที่ 2.8 คอนเดนเซอร์ไมโครโฟน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจรเซนเซอร์เสียง

วงจรเซนเซอร์เสียงจะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของการแปลงสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า และส่วนของการขยายสัญญาณให้สูงขึ้น โดยส่วนของการแปลงสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้าเราจะใช้อุปกรณ์คอนเดนเซอร์ไมโครโฟน และในส่วนของการขยายสัญญาณในเบื้องต้นเราจะใช้ทรานซิสเตอร์ประกอบเป็นวงจรขยายเสียง



รูปที่ 2.9 วงจรเซนเซอร์เสียง

2.4.3 อินฟราเรด (Infrared)

เป็นแสงที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่ามีความถี่อยู่ในช่วง 1011 – 1014 เฮิรตซ์ หรือความยาวคลื่น 10-3 – 10-6 เมตร เนื่องจากแสงอินฟราเรดมีความยาวคลื่นที่สั้นมีคุณสมบัติที่เด่น คือ จะเดินทางเป็นแนวเส้นตรง และไม่สามารถเดินทางผ่านสิ่งกีดขวางหรือวัตถุได้ จึงเป็นที่นิยมนำมาใช้ในการสื่อสารในระยะสั้น ๆ เช่น รีโมทสำหรับควบคุมวิทยุ โทรทัศน์ เป็นต้นหรือตรวจจับสิ่งของต่างๆ

อินฟราเรดเซนเซอร์จะประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนเครื่องรับ และเครื่องส่ง

ส่วนเครื่องส่ง จะทำหน้าที่ส่งแสงอินฟราเรดให้กับเครื่องรับ ใช้ IR LED เป็นตัวขับแสงอินฟราเรด แสงที่ส่งออกมาจะมีช่วงความถี่ที่สูงกว่าความถี่ของแสงธรรมดา ทั่ว ๆ ไป คือ มากกว่า 20 kHz

ส่วนเครื่องรับ จะใช้ โฟโต้ไดโอด โฟโต้ทรานซิสเตอร์ หรือ แอลดีอาร์ เป็นตัวรับแสงก็ได้โดยที่ทั้งเครื่องรับและส่งจะต้องมีความถี่เท่ากัน เพราะถ้าไม่เท่ากันจะทำให้ไม่สามารถรับส่งสัญญาณได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของอินฟราเรดเซนเซอร์

อินฟราเรดเซนเซอร์จะมีหลักการทำงาน คือ จะส่งแสงอินฟราเรดจากเครื่องรับไปยังเครื่องส่งโดยจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ เครื่องรับและเครื่องส่งอยู่ที่เดียวกัน และเครื่องรับเครื่องส่งอยู่คนละที่กัน

เครื่องรับและเครื่องส่งอยู่ที่เดียวกัน จะใช้หลักการสะท้อนกับวัตถุเมื่อมีวัตถุผ่านหรือขวางกั้นอยู่เพื่อให้ระบบทำงานแต่ถ้าวัตถุไม่สะท้อนแสงหรือสะท้อนแสงได้น้อย เช่นวัตถุสีดำ ตัวเซนเซอร์ก็จะไม่ทำงานหรือทำงานได้ไม่ดี ดังรูป

รูปที่ 2.10 อินฟราเรดเซนเซอร์ที่เครื่องรับส่งอยู่ที่เดียวกัน

เครื่องรับเครื่องส่งอยู่คนละที่กัน จะอาศัยหลักการของการตัดเส้นทางเดินของแสง เมื่อมีการตัดเส้นทางเดินของแสงระบบจะทำงาน โดยจะมีการนำไปประยุกต์ใช้งานมากมาย เช่น ทำวงจรตรวจจับคนเดินผ่าน เป็นต้น ดังรูป

รูปที่ 2.11 อินฟราเรดเซนเซอร์ที่เครื่องรับส่งอยู่คนละที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการสร้าง

การออกแบบเครื่องนับเมล็ดเพื่อให้เป็นไปตามจุดประสงค์และมีประสิทธิแบ่งตามการดำเนินงาน ดังนี้คือ การออกแบบและการสร้างเครื่องนับเมล็ดข้าว การทดสอบเพื่อหาเวลาในการนับและเปอร์เซ็นความผิดพลาดในการนับของเครื่องนับเมล็ด

3.1แนวทางการออกแบบเครื่องนับเมล็ด

1) เมล็ดข้าวจะมีการเคลื่อนที่เรียงตัวกัน
2) ตัวคอนโทรลเลอร์จะเป็นตัวควบคุมการทำงานของมอเตอร์และจำนวนในการนับของเมล็ดข้าว
3) มอเตอร์สั่นเป็นต้นกำลังในการสั่นของถาดป้อนเมล็ด และรางลำเลียงเมล็ดข้าว
4) ถาดเก็บเมล็ดและรางลำเลียงของเมล็ด สามารถปรับองศาการเอียง เพื่อควบคุมการไหลของเมล็ดข้าว
5) ใช้เวลาในการนับเมล็ดจากเครื่องนับเร็วกว่าการนับจากคน

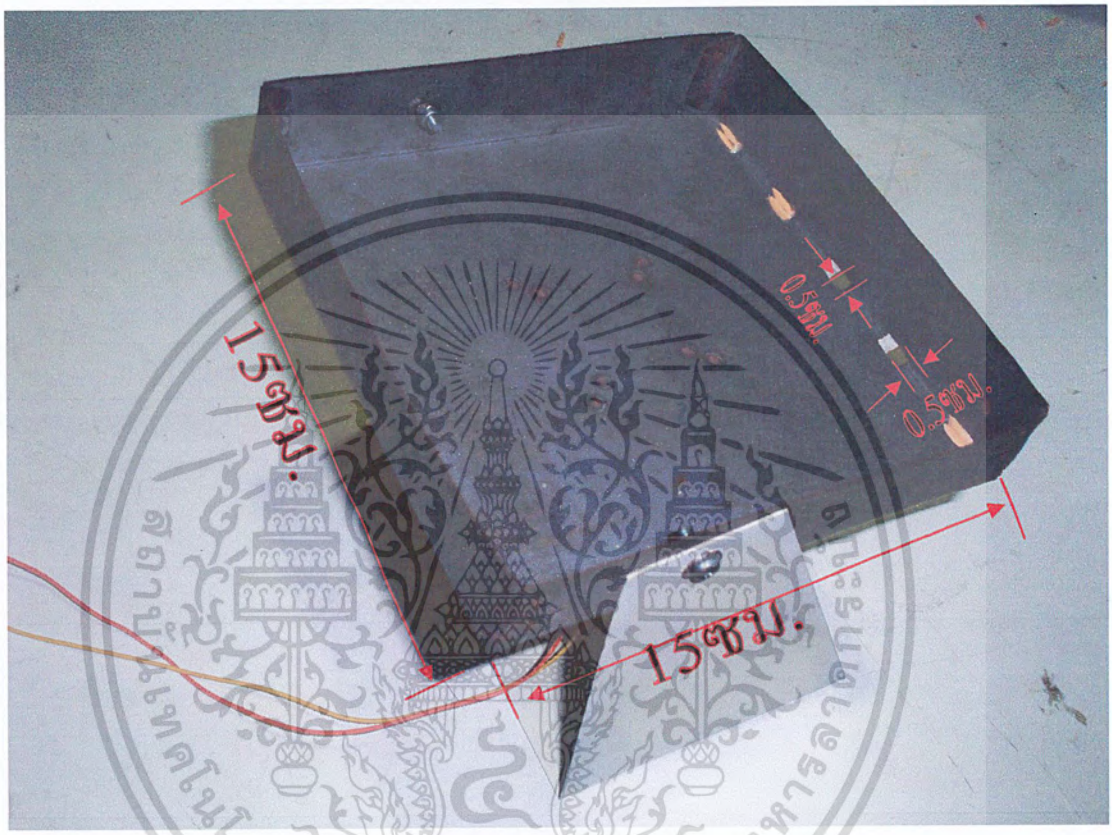
3.2 การออกแบบเครื่องนับเมล็ดข้าว

ในการออกแบบเครื่องต้องการให้เครื่องนับเมล็ดทำงานเรียงตัวในรางเลียงตัวได้และสามารถลงในช่องนับทีละเมล็ด จากการทดลองการทำให้เมล็ดเรียงตัวที่ละเมล็ดพบว่ารางเปิดรูปตัววีสามารถที่จะทำให้เมล็ดเรียงตัวกันได้ เพื่อจะทำให้เมล็ดไหลลงสู่ช่องป้อนได้เร็วขึ้นจึงได้ปรับองศารางลำเลียง และปรับความเร็วมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องนับเมล็ดข้าวแบ่งออกเป็น 3 ส่วนต่างๆ ได้แก่

3.2.1ถาดป้อนเมล็ด



รูป3.1 ถาดป้อนเมล็ด

ก) เงื่อนไขในการออกแบบ

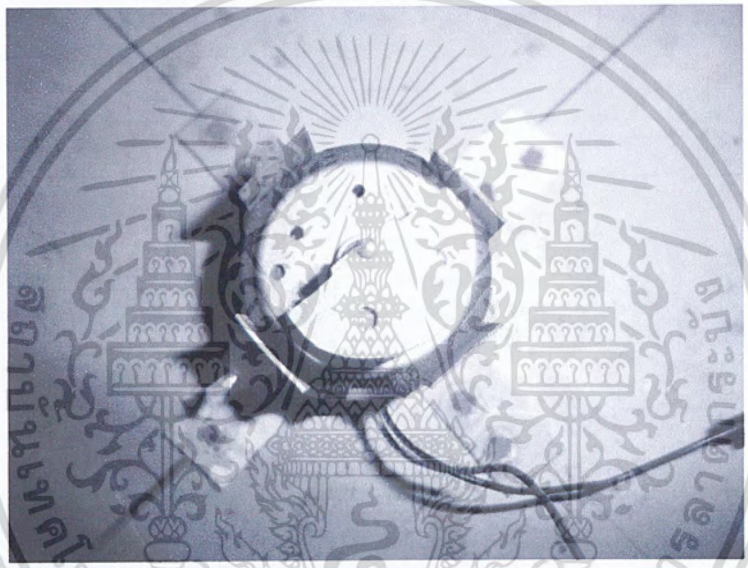
- ถาดป้อนเมล็ดต้องสามารถที่จะลำเลียงเมล็ดข้าวให้เคลื่อนลงไปที่รางลำเลียง

- ถาดป้อนเมล็ดต้องบรรจุจำนวนเมล็ดได้พอเหมาะ ไม่เสียเวลาในการเติมเมล็ดข้าว

- ถาดป้อนเมล็ดต้องมีอัตราการไหลของเมล็ดข้าวที่สม่ำเสมอ ไม่ติดขัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข) แนวทางการออกแบบถาดป้อน เพื่อที่จะให้เมล็ดข้าวลำเลียงไปรางลำเลียงได้สะดวก สามารถกำหนดองศาการเอียงต่างๆของถาดป้อน ทำการวัดขนาดของเมล็ดข้าวเพื่อใช้ในการออกแบบรูในการไหลของเมล็ดข้าว จากการวัดขนาดเมล็ดข้าวโดยเฉลี่ยมีความกว้าง 2 มิลลิเมตร ยาว 10 มิลลิเมตร และจากการสังเกตการเคลื่อนที่ของเมล็ดข้าวในถาดพบว่าเมล็ดข้าวไหลตามทิศทางการหมุนของมอเตอร์สั่นเป็นลักษณะวงกลม และมีการกระจุกตัวกันในบริเวณมุมของถาดป้อน จึงได้กำหนดขนาดรูไหลของเมล็ดที่ กว้าง2 มิลลิเมตร ยาว 5 มิลลิเมตรที่บริเวณกลางขอบถาดด้านล่าง และติดตั้งมอเตอร์สั่นบริเวณด้านล่างของถาดป้อน



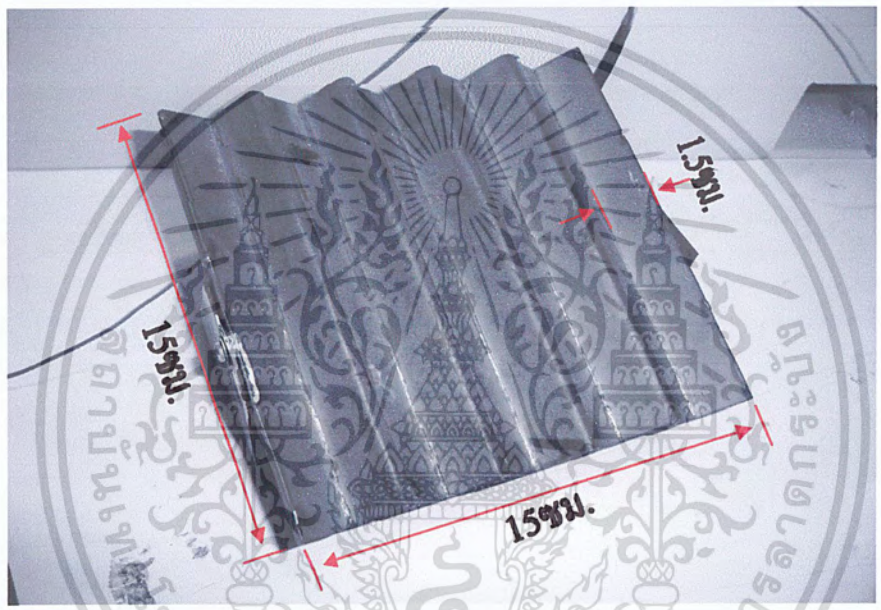
รูปที่3.2 มอเตอร์สั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2รางลำเลียงเมล็ดข้าว

ก) เงื่อนไขในการออกแบบ

- เมล็ดข้าวเรียงตัวในการเคลื่อนที่ในลักษณะทีละเมล็ดไปที่ช่องตัวนับ
- รางลำเลียงเมล็ดต้องมีอัตราการไหลการของเมล็ดข้าวที่สม่ำเสมอ ไม่ติดขัด



รูป3.3 รางลำเลียงเมล็ดข้าว

ข) แนวทางการออกแบบรางลำเลียงเมล็ด เนื่องจากเมล็ดข้าวเป็นวัสดุปริมาณมวล เป็นวัสดุที่เป็นก้อนหรือเมล็ด ที่อยู่รวมตัวกันเป็นปริมาณมากๆ จึงกำหนดรางลำเลียงเป็นลักษณะตัววีมีความยาว 15 เซนติเมตรเพื่อที่จะบังคับการเคลื่อนที่ของเมล็ดข้าวเรียงตัวกัน รางลำเลียงเอียงต่ำลง 20 องศา ติดมอเตอร์สั่นไว้ด้านล่างของรางลำเลียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 ระบบตัวควบคุม

ระบบตัวควบคุมการนับได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ตัวนับเมล็ดข้าว และตัวป้อนคำสั่งความเร็วมอเตอร์สั่นและจำนวนเมล็ดที่ต้องการนับ

รูปที่3.4 ระบบตัวควบคุม

3.3.3.1 ตัวนับเมล็ดข้าว

ก) เงื่อนไขในการออกแบบ

- เมล็ดข้าวสามารถหล่นลงมาในช่องนับเมล็ดข้าวเรียงตัวทีละเมล็ด
- นับเมล็ดข้าวที่ลงมาในช่องนับอย่างแม่นยำ

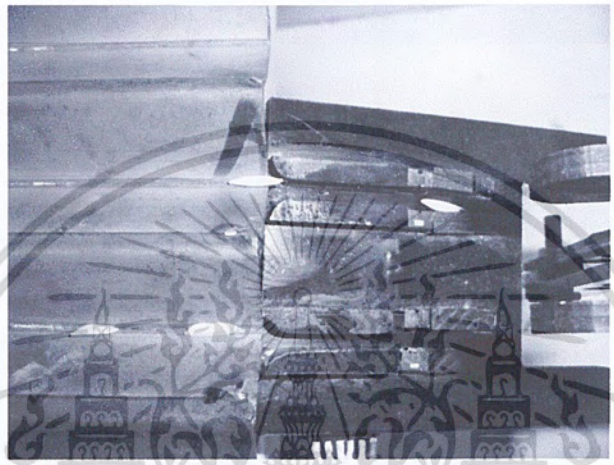
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5 ตัวนับเมล็ดข้าว

ข) แนวทางในการออกแบบตัวนับเมล็ดข้าว

- ใช้เซนเซอร์แบบกล้ามปู จำนวน 2 ตัวในการนับเมล็ดข้าว

- ทำช่องกั้นให้เมล็ดข้าวลำเลียงไปในช่องนับ



รูปที่3.6 การลำเลียงของเมล็ด

3.3.3.2 ตัวป้อนคำสั่ง

ก) เงื่อนไขในการออกแบบ

- สามารถตั้งค่าจำนวนเมล็ดข้าวที่ต้องการให้นับได้ตามที่กำหนด

- ปรับกระแสทำงานมอเตอร์ถาดป้อนและรางลำเลียง

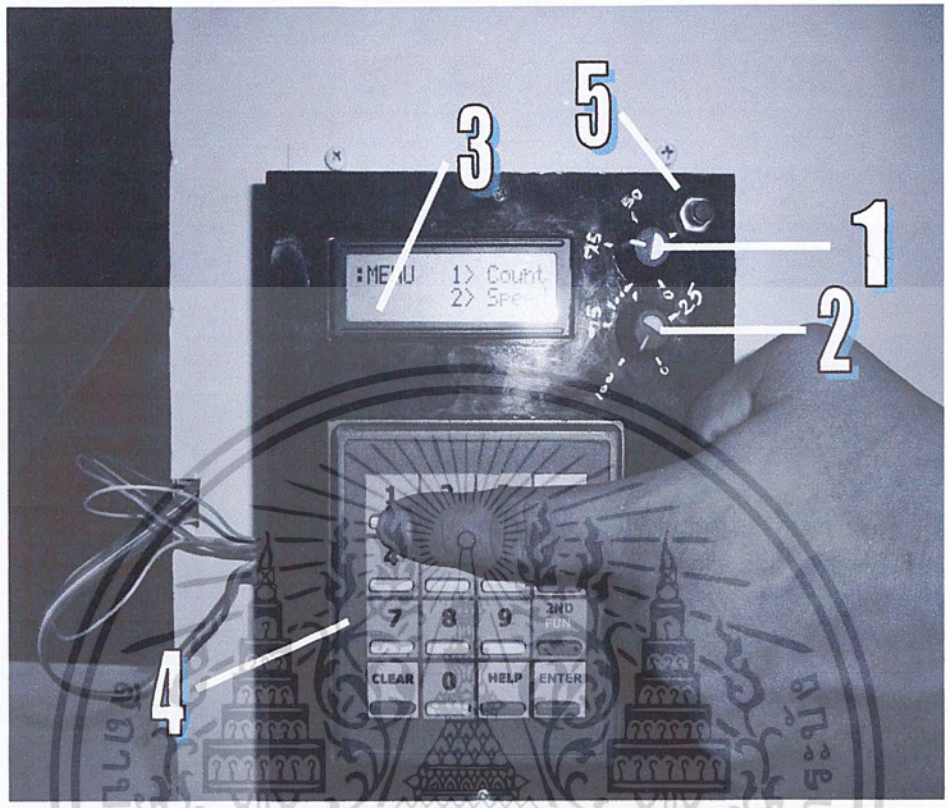
ข) แนวทางในการออกแบบ

- มีแป้นพิมพ์ในการป้อนคำสั่งในการนับจำนวนเมล็ดข้าว

- มีตัวปรับกระแสมอเตอร์สั่นของถาดป้อนเมล็ดและรางลำเลียงเมล็ดเพื่อที่จะให้เมล็ดข้าวเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีหน้าจอแสดงผลในการแสดงผลจากการนับนับเมล็ดข้าว



รูปที่ 3.7 แสดงส่วนประกอบของตัวป้อนคำสั่ง

***หมายเหตุ**

1. ตัวปรับกระแสมอเตอร์สั่นถาดป้อนเมล็ดข้าว

2. ตัวปรับกระแสมอเตอร์สั่นรางลำเลียง

3. หน้าจอแสดงผล

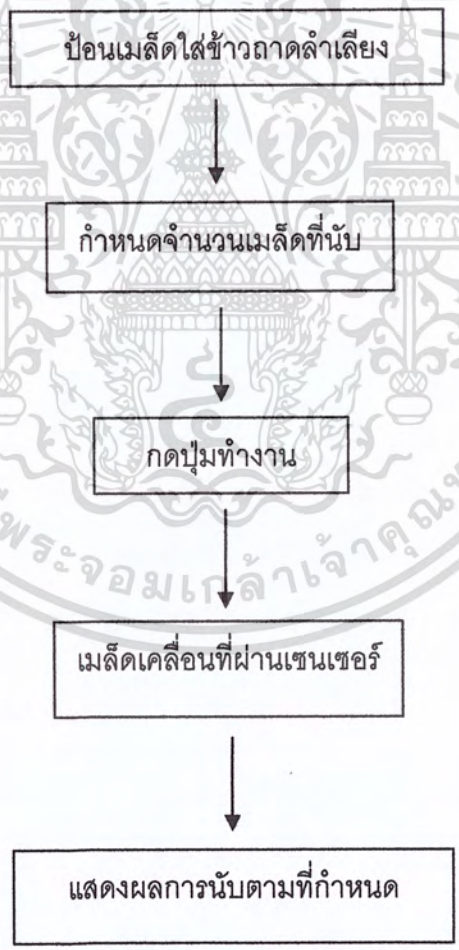
4. แป้นพิมพ์ป้อนคำสั่ง

5. ปุ่มตั้งค่าใหม่ (reset)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงานเครื่องนับเมล็ด

ป้อนเมล็ดข้าวใส่ถาดป้อน แล้วกำหนดจำนวนในการนับเมล็ดที่ตัวป้อนคำสั่ง กดปุ่มenter เพื่อเริ่มทำงาน เมล็ดข้าวจะค่อยๆเคลื่อนที่จากถาดป้อนเมล็ดไปรางลำเลียง และจากรางลำเลียงไปที่ที่ช่องนับเมล็ดข้าวตามลำดับ เมล็ดข้าวมีการเคลื่อนที่เนื่องมอเตอร์สั่นที่ติดไว้ที่ถาดป้อนเมล็ดและรางลำเลียง ที่ตัวนับจะมีเซ็นเซอร์ก้ามปู 2 ตัว เมล็ดข้าวไหลผ่านเซนเซอร์ เซนเซอร์จะทำการอ่านค่าให้ครบจำนวนที่ได้กำหนดไว้ เมื่อเมล็ดข้าวไหลผ่านเซนเซอร์ตามที่จำนวนที่กำหนดในขั้นต้นแล้ว ตัวควบคุมจะไปสั่งให้มอเตอร์หยุดทำงาน แต่เซนเซอร์ยังไม่หยุดนับจนกว่ามอเตอร์สั่นจะหยุดทำงานสนิท ค่าที่ได้จากการเซนเซอร์จะแสดงผลที่หน้าจอแสดงผล

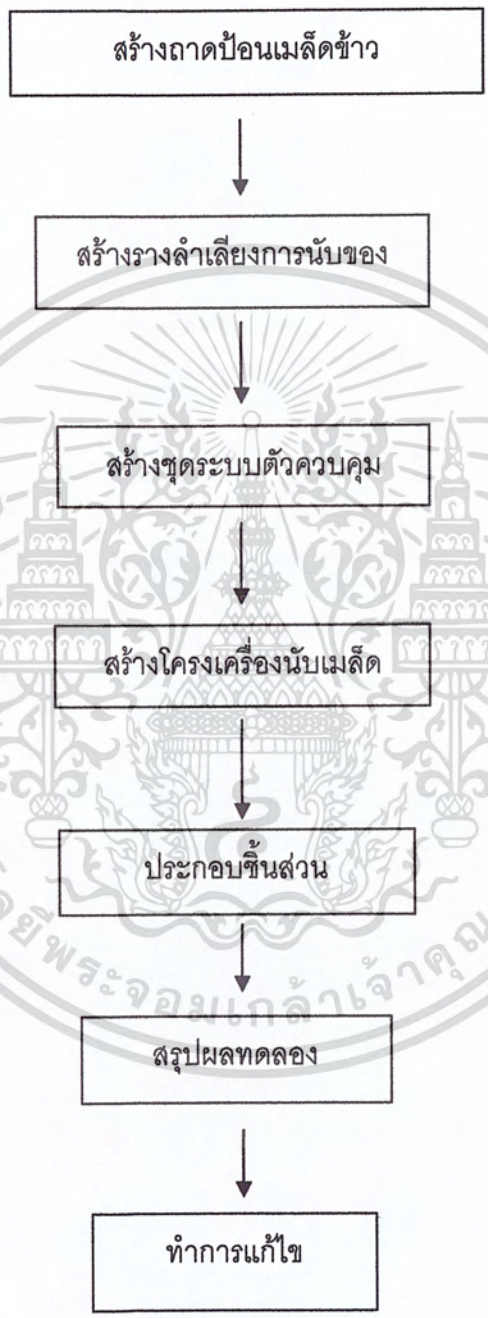


รูปที่ 3.8 แผนผังแสดงการทำงานเครื่องนับเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การสร้างเครื่องนับเมล็ด

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนในการปฏิบัติงานสร้างเครื่องนับเมล็ดไว้ในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.9 แผนผังแสดงการสร้างเครื่องนับเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบสำคัญของการสร้างเครื่องนับเมล็ดอยู่ 4 ส่วนคือ ถาดป้อนเมล็ด รางลำเลียง ระบบตัวควบคุมและสร้างโครงเครื่องนับเมล็ด

ถาดป้อนเมล็ด

ถาดป้อนเมล็ดทำจากเหล็กหนา 0.1 เซนติเมตร มีขนาด 15x15 เซนติเมตร เจาะรูจำนวน2 รูมีขนาด 0.2x0.6 เซนติเมตร อยู่บริเวณขอบด้านล่างของถาดป้อน เพื่อให้สามารถไหลมาในบริเวณตรงกลางถาดป้อน เนื่องจากข้าวเป็นวัสดุปริมาณมวลจะเคลื่อนตามการหมุนของมอเตอร์สั่น ทำให้เมล็ดข้าวกระจุกตัวกันในบริเวณมุมถาดป้อนเมล็ด ถ้าเจาะรูบริเวณข้างถาดเมล็ดข้าวจะไหลในปริมาณเยอะ ซึ่งจะทำให้เมล็ดเกิดการทับซ้อนไม่เรียงตัวกัน

รางลำเลียงเมล็ด

รางลำเลียงเมล็ดทำจากเหล็กหนา 0.1 เซนติเมตร มีลักษณะเป็นรางช่องตัววี เพื่อที่จะให้ลำเลียงเมล็ดข้าวให้เรียงตัวกัน สม่ำเสมอ รางมีขนาดยาว 15 เซนติเมตร ความกว้างในแต่ละช่อง 2.8 เซนติเมตร มีจำนวนรางที่ใช้ในการลำเลียง 2 ราง สามารถปรับเอียงองศาได้

ระบบตัวควบคุม

ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมระบบทั้งหมด โดยการเขียนวงจรควบคุมการนับค่าจากแป้นรับข้อมูลส่งไปยังเซนเซอร์เพื่อนับ เมื่อครบตามข้อมูลที่ป้อนจะหยุดการทำงานทั้งระบบ หากต้องการให้ระบบทำงานอีกครั้งป้อนข้อมูลไปยังแป้นรับข้อมูล ระบบก็จะทำงานเช่นเดิม

โครงเครื่องนับเมล็ด

โครงทำจากเหล็กหนา 0.1 เซนติเมตร มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด กว้าง 25 เซนติเมตร ยาว 38 เซนติเมตร มีชั้นรองรับถาดป้อนและรางลำเลียงยาว 28 เซนติเมตร กว้าง 25 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

การทดสอบ

4.1. การทดสอบมุมเอียงของถาดตัวป้อนและช่องเมล็ดข้าวผ่าน

4.1.1 จุดประสงค์

เพื่อทดสอบหามุมเอียงที่เมล็ดข้าวสามารถไหลได้อย่างอิสระของถาดตัวป้อนและหาขนาดช่องไหลที่เหมาะสมเมล็ดข้าวสามารถไหลผ่านได้อย่างสม่ำเสมอ และไม่เกิดการทับซ้อนในการเรียงตัวของเมล็ดข้าว

4.1.2 วัสดุและอุปกรณ์

1. ถาดตัวป้อนเมล็ดข้าว
2. เมล็ดข้าว

4.1.3 วิธีการทดสอบ

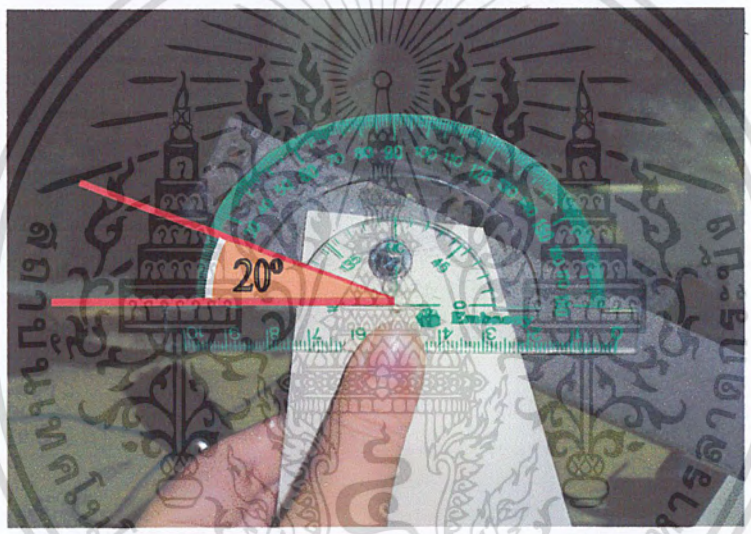
1. วางเมล็ดข้าวลงบนถาดป้อน
2. ค่อยๆ เอียงถาดป้อนเมล็ดข้าวเรื่อยๆ จนกว่าเมล็ดข้าวจะไหลลงอิสระ
3. บันทึกค่ามุมเอียงเมื่อเมล็ดข้าวไหลอย่างอิสระ
4. เจาะรูถาดป้อน โดยให้เมล็ดข้าวสามารถผ่านรูที่มีขนาด 0.5x1 เซนติเมตร และ 0.5x0.5 เซนติเมตร โดยใช้มุมเอียงที่เมล็ดข้าวไหลอิสระ
5. สังเกตการไหลของเมล็ดข้าวที่ไหลจากรูขนาด 0.5x1 เซนติเมตร และ 0.5x0.5 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 ผลการทดสอบ

จากการทดสอบโดยใช้เมล็ดข้าววางบนถาดตัวป้อนแล้วค่อยๆปรับองศาให้เมล็ดไหลอิสระ พบว่าเมล็ดข้าวสามารถไหลเริ่มไหลได้อย่างอิสระที่มุม 15 องศาเมล็ดข้าวสามารถไหลได้อย่างอิสระจนเกือบหมด และที่มุม 20 องศา สามารถไหลได้อย่างอิสระจนหมด

ผลการทดลองเจาะรูพบว่ารูขนาด 0.5x1 cm. เมล็ดข้าวสามารถไหลผ่านรูเป็นจำนวนมาก จนทำให้เมล็ดข้าวทับซ้อนในรางลำเลียงเป็นจำนวนมาก จึงทำการลดขนาดลงให้เหลือขนาด 0.5x0.5 cm. ทำให้เมล็ดข้าวผ่านรูในปริมาณที่น้อยพอเหมาะไม่เกิดการทับซ้อนในรางลำเลียงได้ตามที่ต้องการ



รูปที่ 4.1 การปรับมุมการไหลของเมล็ดข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 หามุมเอียงที่เมล็ดข้าวสามารถตกได้อย่างอิสระของรางลำเลียง

4.2.1 จุดประสงค์

เพื่อทดสอบหามุมเอียงที่เมล็ดข้าวสามารถไหลได้อย่างอิสระของรางลำเลียง

4.2.2 วัสดุและอุปกรณ์

1. รางลำเลียง

2. เมล็ดข้าว

4.2.3 วิธีการทดสอบ

1.รางลำเลียงเปิดรูปตัววี

2.วางเมล็ดข้าวลงบนรางลำเลียงและหามุมเอียงที่เมล็ดสามารถไหลได้อย่างอิสระ

3.บันทึกค่ามุมเอียงเมื่อเมล็ดข้าวเริ่มไหลอย่างอิสระ

4.2.4 ผลการทดสอบ

จากการทดสอบโดยใช้เมล็ดข้าววางบนรางลำเลียงที่องศาต่างๆพบว่า ที่มุม 20 องศา เมล็ดข้าวสามารถไหลได้อย่างอิสระทั้งหมด โดยที่เมล็ดข้าวจะค่อยๆไหลลงมาตามรางลำเลียง

รูปที่ 4.2 หามุมเอียงของรางลำเรียงที่ทำให้เมล็ดข้าวไหลอย่างอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองความแม่นยำเครื่องนับเมล็ดข้าว

4.3.1 จุดประสงค์

เพื่อทดสอบหาความแม่นยำของเครื่องนับเมล็ดข้าว

4.3.2 วัสดุและอุปกรณ์

1. เครื่องนับเมล็ดข้าว

2. เมล็ดข้าว

4.3.3 วิธีการทดสอบ

1. นำเมล็ดข้าวใส่ที่ถาดป้อนเมล็ด

2. ตั้งค่าที่ตั้งค่าตัวคอนโทลเลอร์ให้นับที่ 10 เมล็ด

3. จับเวลาในการนับเมล็ดข้าว

4.นับจำนวนเมล็ดที่ออกมาจากช่องตัวนับ

5. บันทึกเวลาในการนับเมล็ด จำนวนเมล็ดที่นับได้จริงหลังออกจากช่องเซนเซอร์ และจำนวนเมล็ดเครื่องนับเมล็ดนับได้ที่หน้าจอแสดงผล

6. ทำตามขั้นตอนที่ 2 – 5 ซ้ำเป็นจำนวน 25 ครั้ง

7. ทำตามขั้นตอนการทดลองที่ 3-6 โดยเปลี่ยนให้เครื่องนับเมล็ดนับที่จำนวน 30, 50, 90, 300, 900 และ1200 เมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 ผลการทดสอบ

จากการทดลองพบว่า ตั้งค่าให้เครื่องนับเมล็ดข้าวที่จำนวน 10 เมล็ด ใช้เวลาเฉลี่ย 0.08 นาที จำนวนเมล็ดเฉลี่ยที่นับได้จริงหลังออกจากช่องเซนเซอร์ 10.32 เมล็ด จำนวนเมล็ดเฉลี่ยเครื่องนับเมล็ดนับได้ที่หน้าจอแสดงผล 10.36 เมล็ด มีค่าความแม่นยำ 99.64 %

ตั้งค่าเครื่องนับเมล็ดข้าวให้นับที่ 30 เมล็ด ใช้เวลาเฉลี่ย 0.37 นาที จำนวนเมล็ดเฉลี่ยที่นับได้จริงหลังออกจากช่องเซนเซอร์ 30.60 เมล็ด จำนวนเมล็ดเฉลี่ยเครื่องนับเมล็ดนับได้ที่หน้าจอแสดงผล 30.92 เมล็ด มีค่าความแม่นยำ 98.95 %

เครื่องนับเมล็ดข้าวนับที่ 50 เมล็ด ใช้เวลาเฉลี่ย 0.58 นาที จำนวนเมล็ดเฉลี่ยที่นับได้จริงหลังออกจากช่องเซนเซอร์ 50.64 เมล็ด จำนวนเมล็ดเฉลี่ยเครื่องนับเมล็ดนับได้ที่หน้าจอแสดงผล 50.84 เมล็ด มีค่าความแม่นยำ 99.60 %

เครื่องนับเมล็ดข้าวนับที่ 90 เมล็ด ใช้เวลาเฉลี่ย 0.75 นาที จำนวนเมล็ดเฉลี่ยที่นับได้จริงหลังออกจากช่องเซนเซอร์ 92.24 เมล็ด จำนวนเมล็ดเฉลี่ยเครื่องนับเมล็ดนับได้ที่หน้าจอแสดงผล 91.60 เมล็ด มีค่าความแม่นยำ 99.30 %

เครื่องนับเมล็ดข้าวนับที่ 300 เมล็ด ใช้เวลาเฉลี่ย 2.00 นาที จำนวนเมล็ดเฉลี่ยที่นับได้จริงหลังออกจากช่องเซนเซอร์ 308.48 เมล็ด จำนวนเมล็ดเฉลี่ยเครื่องนับเมล็ดนับได้ที่หน้าจอแสดงผล 301.64 เมล็ด มีค่าความแม่นยำ 97.78 %

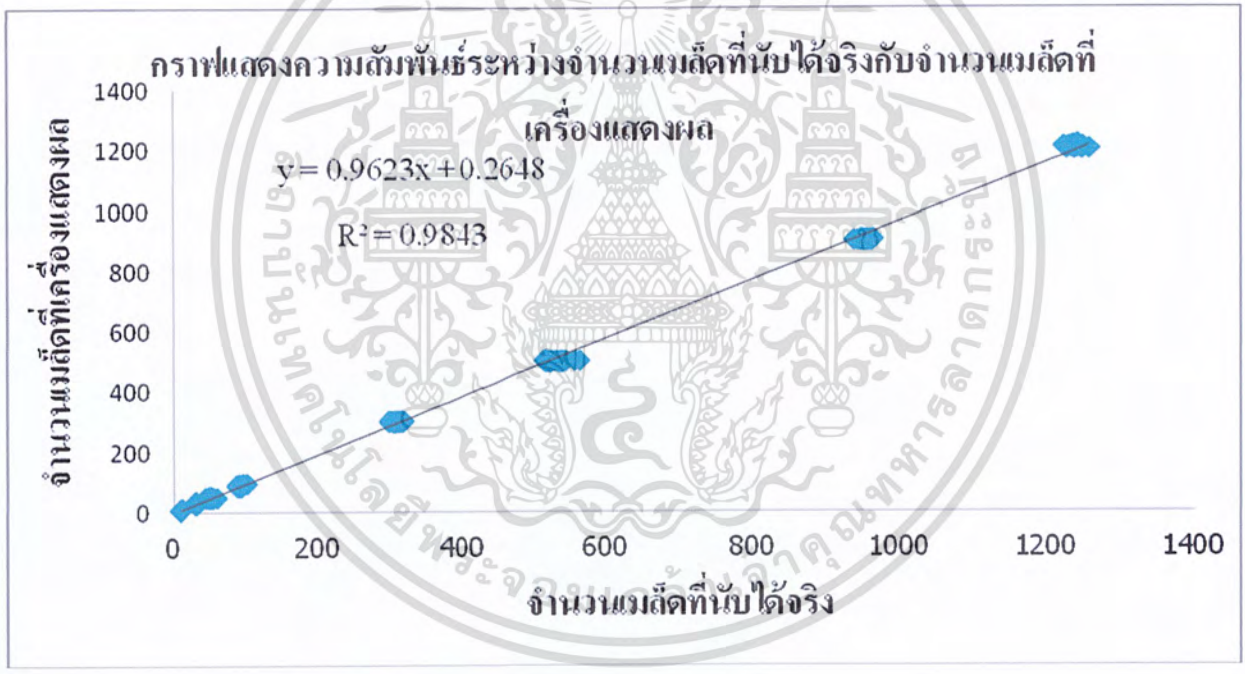
เครื่องนับเมล็ดข้าวนับที่ 500 เมล็ด ใช้เวลาเฉลี่ย 3.76 นาที จำนวนเมล็ดเฉลี่ยที่นับได้จริงหลังออกจากช่องเซนเซอร์ 531.24 เมล็ด จำนวนเมล็ดเฉลี่ยเครื่องนับเมล็ดนับได้ที่หน้าจอแสดงผล 502.12 เมล็ด มีค่าความแม่นยำ 94.52 %

เครื่องนับเมล็ดข้าวนับที่ 900 เมล็ด ใช้เวลาเฉลี่ย 5.11 นาที จำนวนเมล็ดเฉลี่ยที่นับได้จริงหลังออกจากช่องเซนเซอร์ 953.04 เมล็ด จำนวนเมล็ดเฉลี่ยเครื่องนับเมล็ดนับได้ที่หน้าจอแสดงผล 902.12 เมล็ด มีค่าความแม่นยำ 94.66 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องนับเมล็ดข้าวนับที่ 1200 เมล็ด ใช้เวลาเฉลี่ย 5.56 นาที จำนวนเมล็ดเฉลี่ยที่นับได้จริงหลังออกจากช่องเซนเซอร์ 1238.60 เมล็ด จำนวนเมล็ดเฉลี่ยเครื่องนับเมล็ดนับได้ที่หน้าจอแสดงผล 1206.88 เมล็ด มีค่าความแม่นยำ 97.44 %

และจากการนำข้อมูลทั้งหมดของจำนวนที่นับได้จริงหลังออกจากช่องเซ็นเซอร์ และจำนวนเมล็ดที่เครื่องนับแสดงผล โดยให้แกน X เป็นจำนวนเมล็ดที่เครื่องนับแสดงผล และแกน Y เป็นจำนวนที่นับได้จริง ไปพล็อตกราฟเส้นตรง เพื่อที่จะหาความแม่นยำในการนับเมล็ดข้าวของเครื่อง จากการพล็อตกราฟพบว่า เครื่องนับเมล็ดมีความแม่นยำในการนับเมล็ด 96.23% ซึ่งถ้าค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าเครื่องทำงานได้แม่นยำ



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความแม่นยำในการนับของชุดตัวนับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

จากการทดลองและได้ทำการสร้างเครื่องนับเมล็ดจากที่ได้กล่าวมาแล้ว ข้อสรุปของเครื่องนับเมล็ดสามารถใช้งานได้จริงและมีประสิทธิภาพในการนับเมล็ดเป็นที่น่าพอใจ เป็นดังนี้คือ ใช้ถาดป้อนมีขนาด 15x15 เซนติเมตร เจาะรูจำนวน2 รูมีขนาด 0.2x0.6 เซนติเมตร อยู่บริเวณขอบด้านล่างของถาดป้อนมุมเอียงที่ 20 องศา รางลำเลียงมีขนาดยาว 15 เซนติเมตร ความกว้างในแต่ละช่อง 2.8 เซนติเมตร มีจำนวนรางที่ใช้ในการลำเลียง 2 ราง มุมเอียงที่ 20 องศา ใช้เซนเซอร์ชนิดก้ามปูเป็นตัวนับเมล็ดข้าว และจากการทดลองเครื่องนับเมล็ดข้าวพบว่า เครื่องนับเมล็ดข้าวนับที่ 10 เมล็ด ใช้เวลาเฉลี่ย0.08 นาที มีค่าความแม่นยำ 99.64 % นับที่ 30 เมล็ด ใช้เวลาเฉลี่ย 0.37 นาที มีค่าความแม่นยำ 98.95 % นับที่ 50 เมล็ด ใช้เวลาเฉลี่ย 0.58 นาที มีค่าความแม่นยำ 99.60 % นับที่ 90 เมล็ด ใช้เวลาเฉลี่ย 0.75 นาที มีค่าความแม่นยำ 99.30 % นับที่ 300 เมล็ด ใช้เวลาเฉลี่ย 2.00 นาที มีค่าความแม่นยำ 97.78 % นับที่ 500 เมล็ด ใช้เวลาเฉลี่ย 3.76 นาที มีค่าความแม่นยำ 94.52 % นับที่ 900 เมล็ด ใช้เวลาเฉลี่ย 5.11 นาที มีค่าความแม่นยำ 94.66 % นับที่ 1200 เมล็ด ใช้เวลาเฉลี่ย 5.56 นาที มีค่าความแม่นยำ 97.44 % และจากข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปพล็อตกราฟได้ความน่าเชื่อเชื่อของชุดกราฟนี้หรือ $R^2 = 0.9843$ ค่าความแม่นยำในการนับที่เชื่อถือได้คือ 0.9623 หรือ 96.23 %

5.2 ข้อเสนอแนะ

ปัญหาที่เกิดจากการใช้เครื่องนับเมล็ดคือ ในบางครั้งเมล็ดเคลื่อนซ้อนทับกันในรางลำเลียง ทำให้ไปอุดตันที่ปากช่องตัวนับ ดั้งนั้นเพื่อให้ไม่เกิดการเคลื่อนซ้อนทับของเมล็ดข้าวจึงควรปรับกระแสมอเตอร์ให้มากยิ่งขึ้น

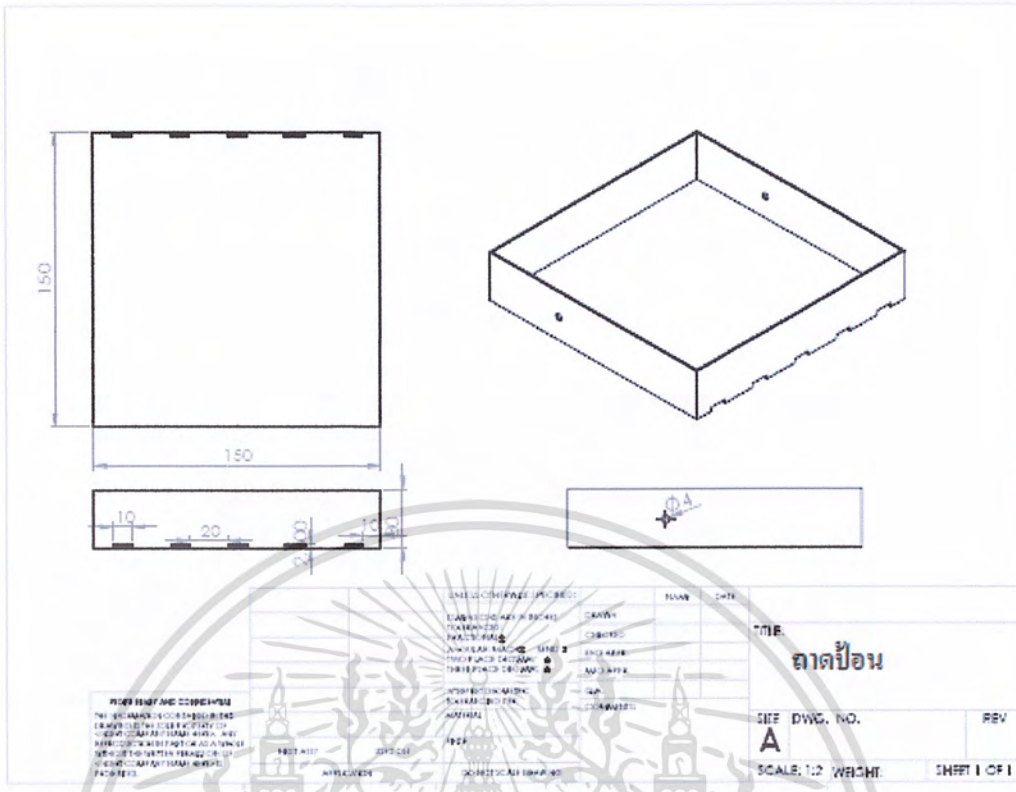
ซึ่งจะทำให้เมล็ดข้าวเคลื่อนที่ได้เร็ว ความเร็วในการไหลที่รางลำเลียงในระดับที่มากเกินไปทำให้เมล็ดข้าวเกิด การกระโดดข้ามตัวนับควรแก้โดยการเบากระแสมอเตอร์สั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

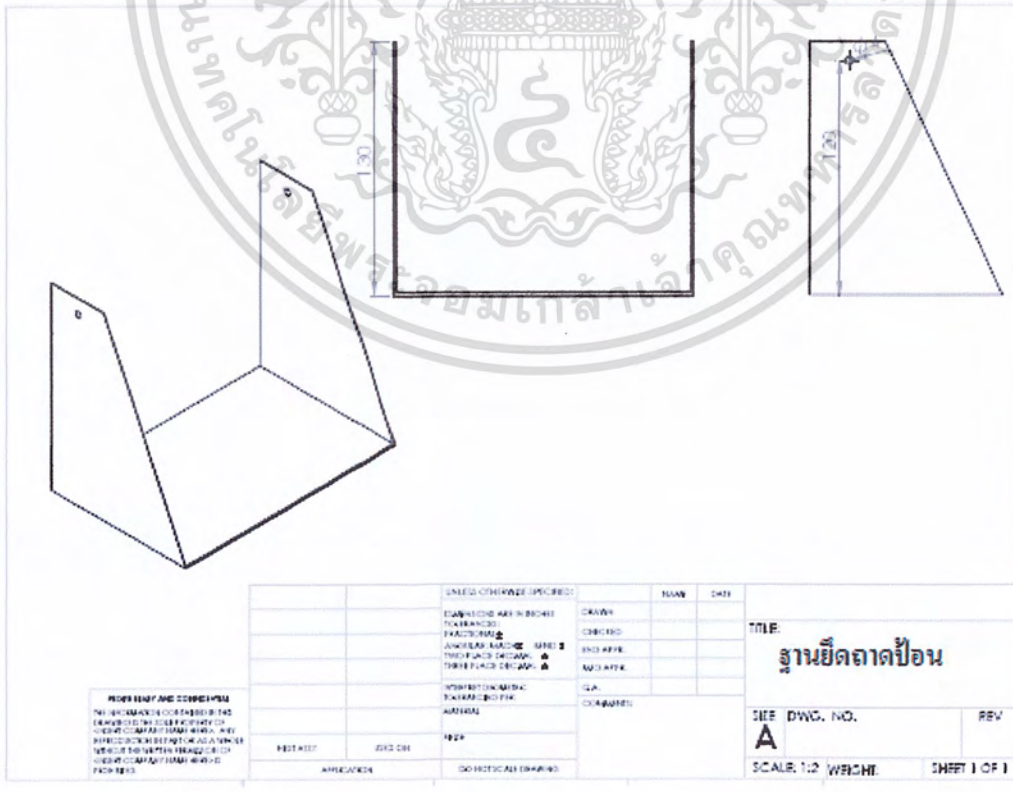
ภาคผนวก ก

แบบอุปกรณ์เครื่องนับเมล็ดข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

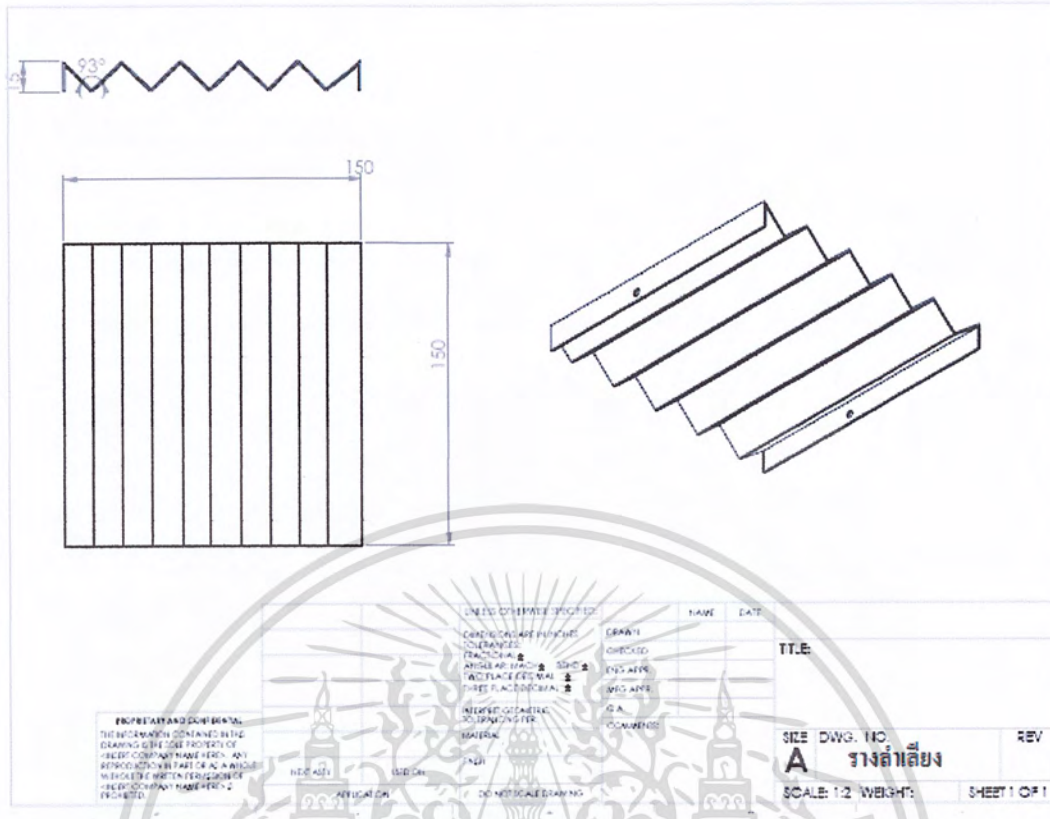


รูปที่ 1 แบบถาดป้อน

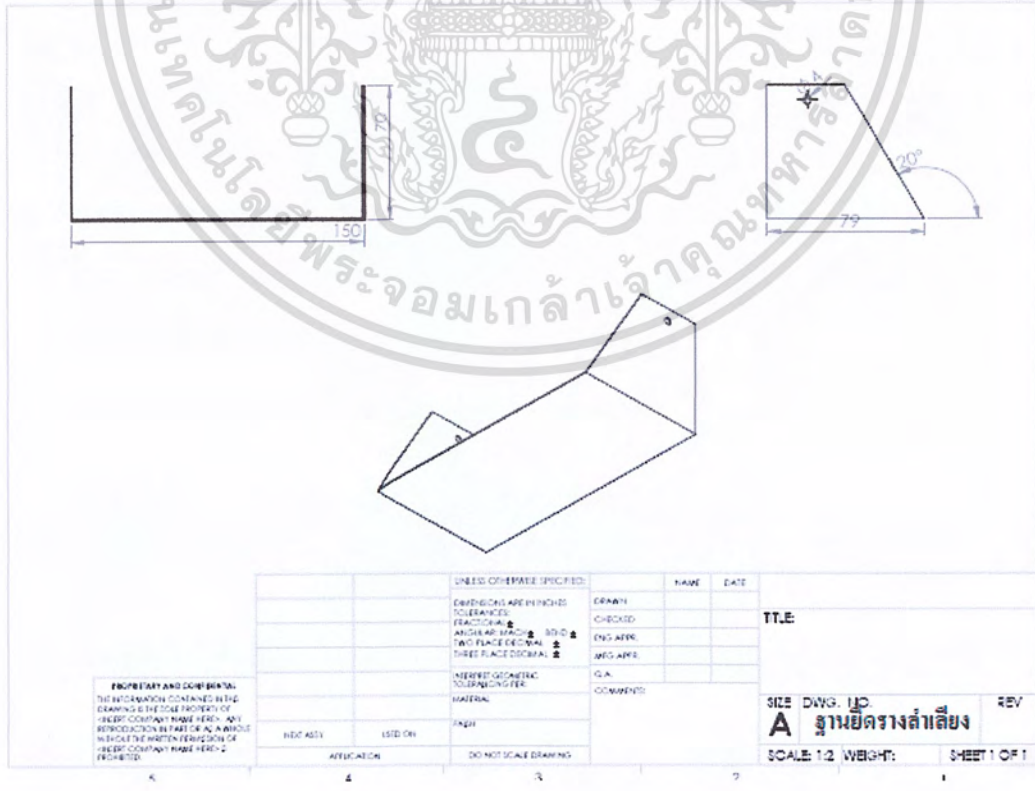


รูปที่ 2 แบบฐานยึดถาดป้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

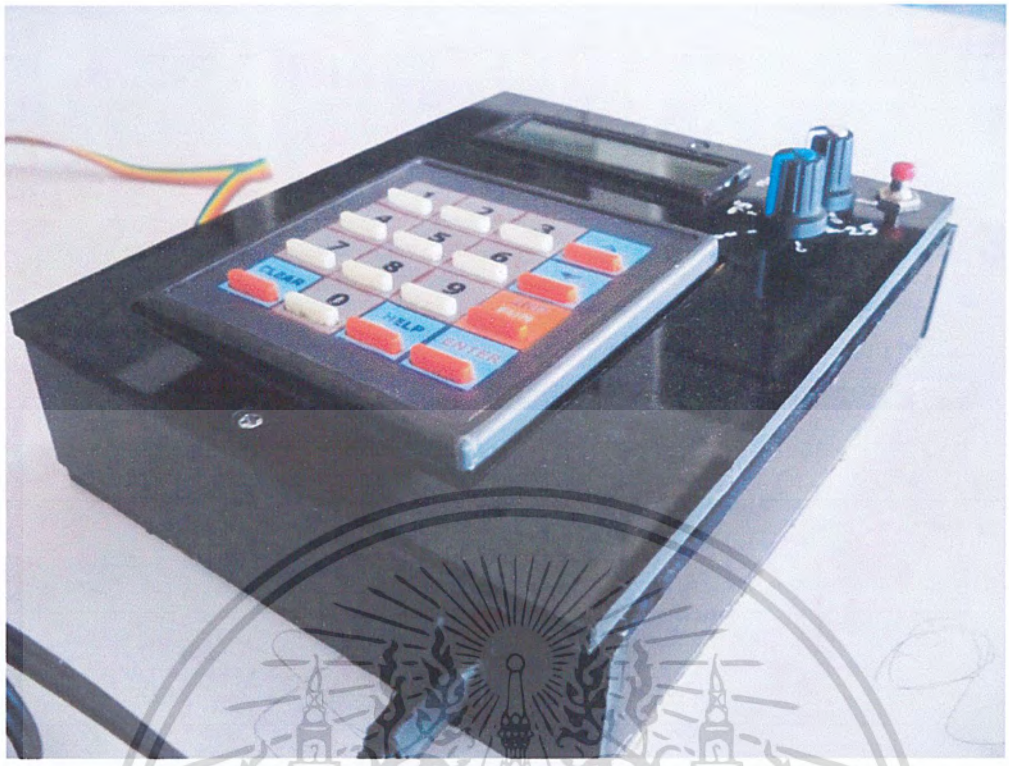


รูปที่ 3 แบบรางลำเลียง

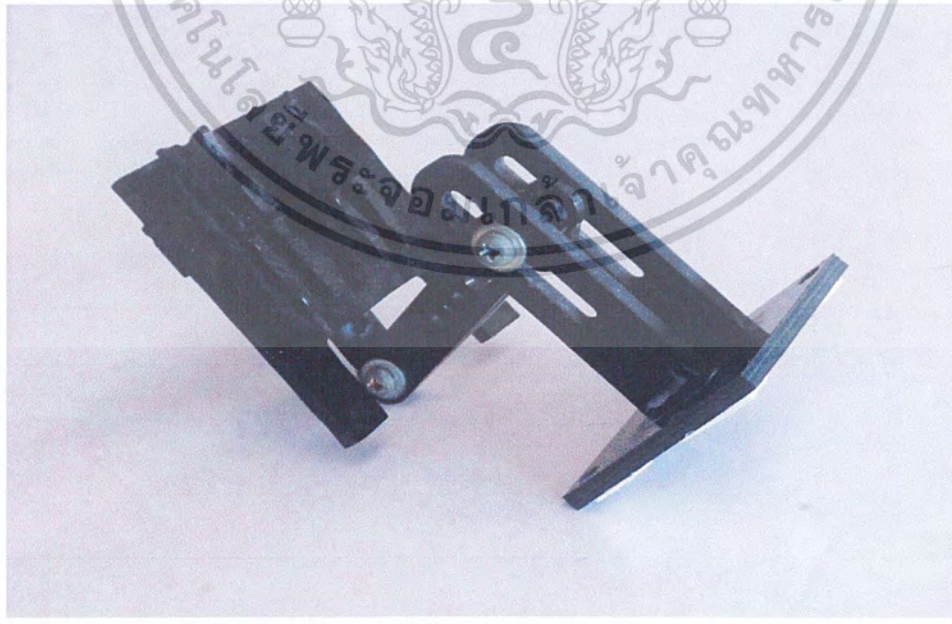


รูปที่ 4 แบบฐานยึดรางลำเลียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

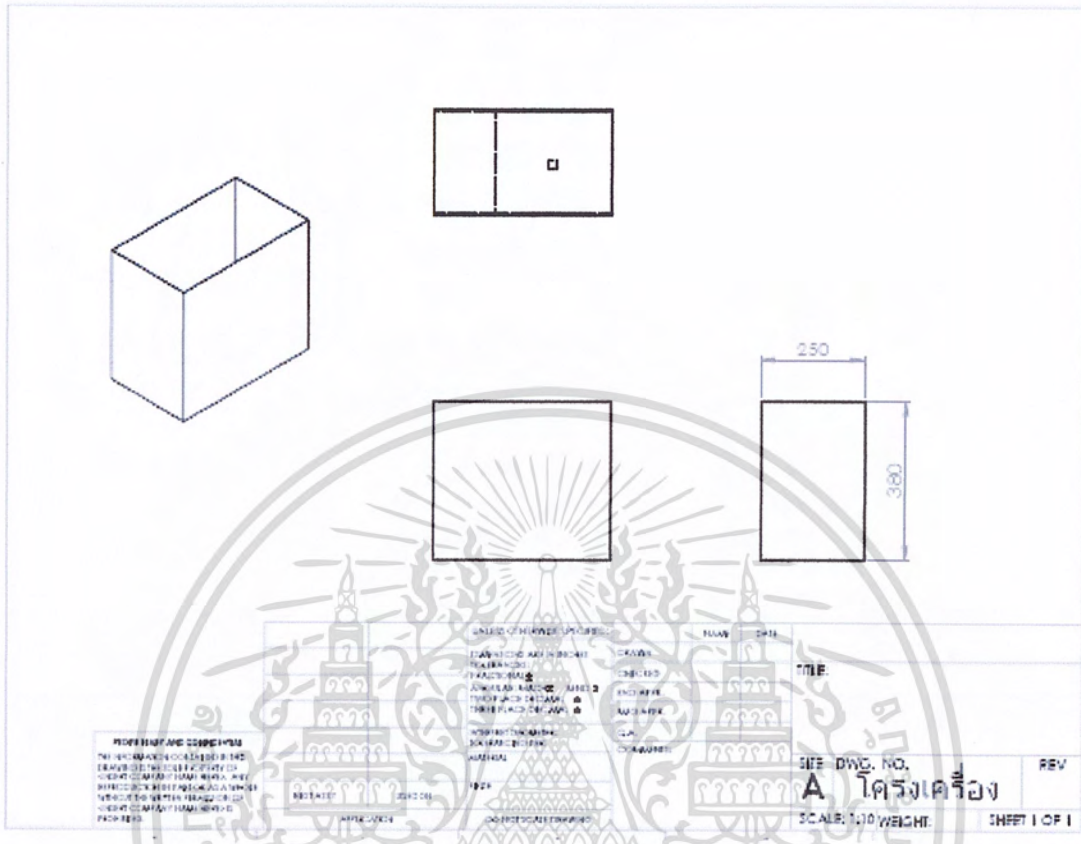


รูปที่ 5 ระบบควบคุม



รูปที่ 6 ตัวนับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



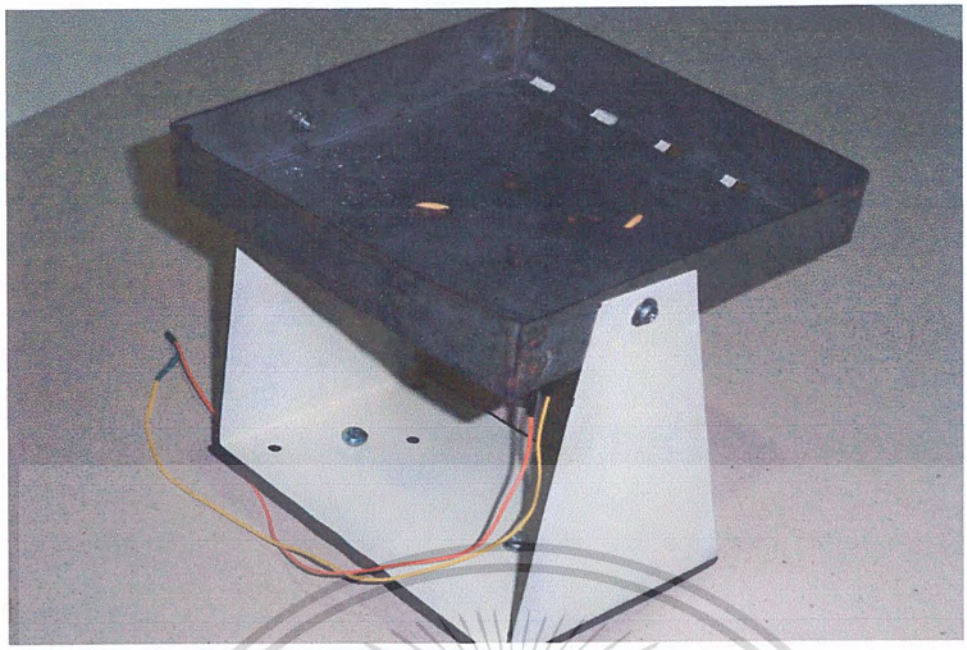
รูปที่ 7 แบบโครงเครื่องนับเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ภาพประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 ถาดป้อน

รูปที่ 2 รางลำเลียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3 ระบบควบคุม

รูปที่ 4 เครื่องนับเมล็ดข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

วิธีการใช้เครื่องนับเมล็ดข้าว

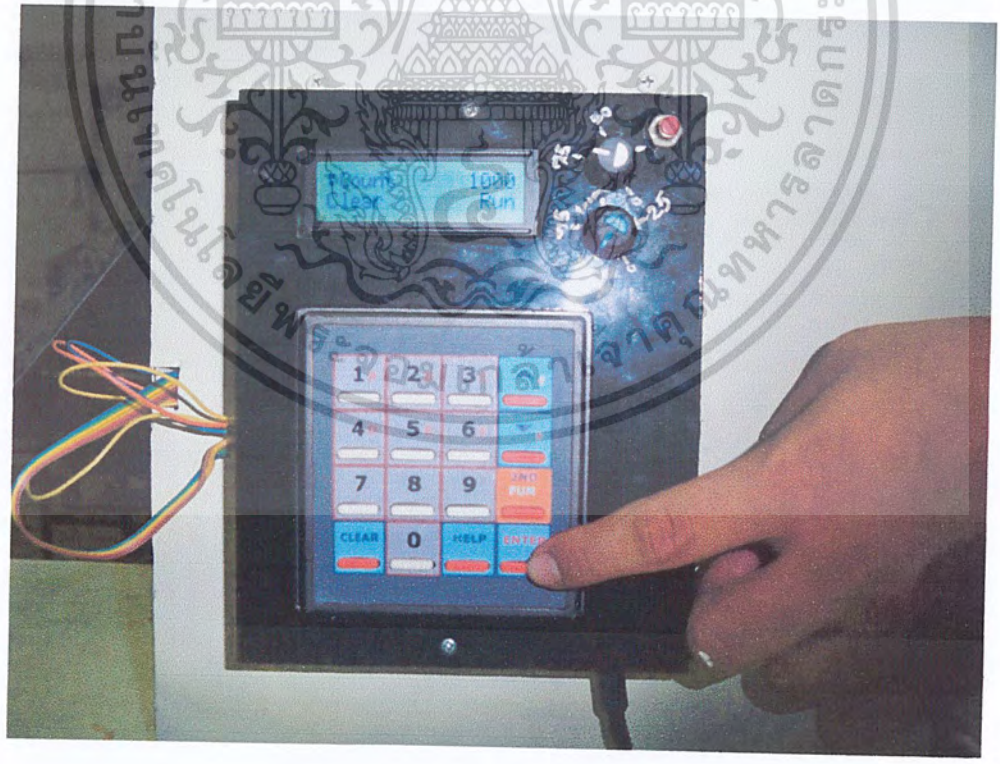
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.เสียบปลั๊กไฟเครื่องนับเมล็ดข้าว

2. กดเลข1 เพื่อตั้งค่ากำหนดจำนวนเมล็ดข้าวที่ต้องการนับ

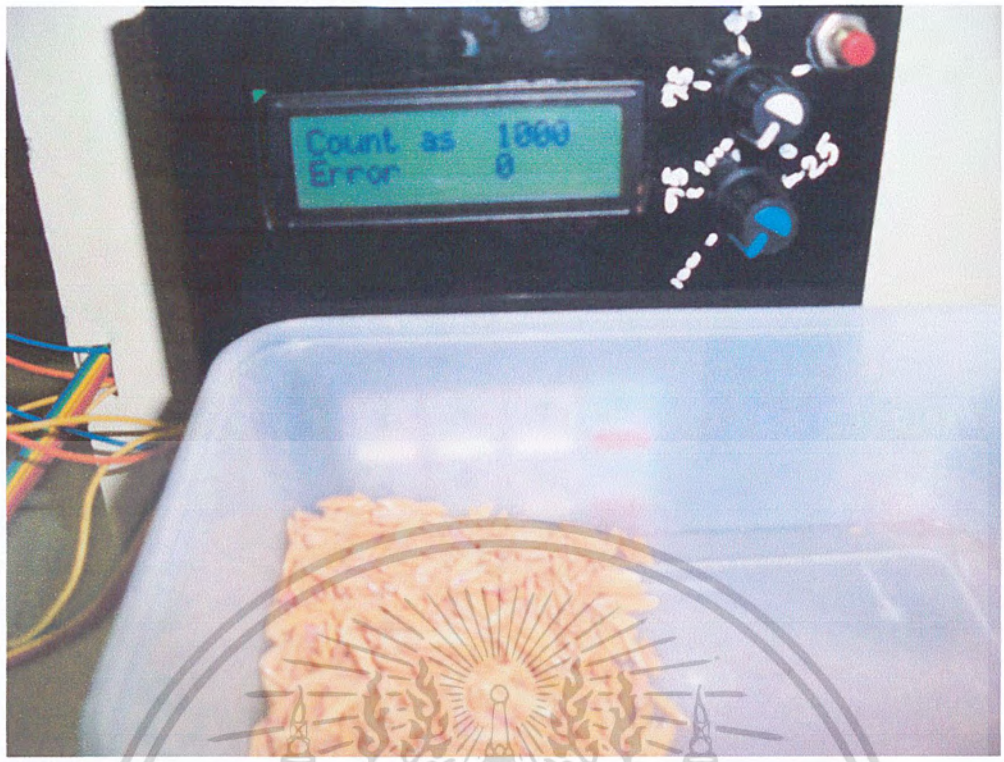
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กดจำนวนที่ต้องการให้นับเมล็ดข้าว แล้วกดปุ่ม ENTER



4. กดปุ่ม ENTER อีกครั้ง เพื่อให้เครื่องทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



5. เครื่องจะแสดงผลทำงานนับเมล็ดข้าว หลังจากนับเมล็ดจนครบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ตารางผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 1 ค่าความแม่นยำของเครื่องนับเมล็ดที่ 10 เมล็ด

ค่าความแม่นยำที่ 10 เมล็ด			
ครั้งที่	จำนวนจริง(เมล็ด)	ค่าที่แสดงผล(เมล็ด)	เวลา(นาที)
1	10	10	0.05
2	10	10	0.05
3	11	11	0.04
4	12	11	0.04
5	10	10	0.05
6	10	10	0.11
7	10	10	0.12
8	10	10	0.11
9	10	10	0.08
10	10	10	0.10
11	10	11	0.07
12	10	10	0.06
13	10	10	0.11
14	10	10	0.13
15	10	10	0.06
16	10	10	0.05
17	10	10	0.05
18	11	11	0.09
19	11	11	0.10
20	10	10	0.09
21	11	11	0.09
22	11	11	0.12
23	11	11	0.14
24	10	11	0.09
25	10	10	0.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 2 ค่าความแม่นยำของเครื่องนับเมล็ดที่ 30 เมล็ด

ค่าความแม่นยำที่ 30 เมล็ด			
ครั้งที่	จำนวนจริง(เมล็ด)	ค่าที่แสดงผล(เมล็ด)	เวลา(นาที)
1	31	31	0.47
2	30	30	0.36
3	30	30	0.20
4	32	30	0.23
5	30	36	0.37
6	30	30	0.40
7	31	30	0.38
8	31	36	0.26
9	30	31	0.28
10	31	31	0.36
11	31	31	0.42
12	30	30	0.31
13	30	30	0.37
14	30	30	0.47
15	30	30	0.49
16	30	31	0.37
17	31	31	0.35
18	32	32	0.46
19	31	30	0.32
20	30	30	0.41
21	31	31	0.37
22	31	31	0.32
23	31	31	0.39
24	30	30	0.49
25	31	30	0.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 3 ค่าความแม่นยำของเครื่องนับเมล็ดที่ 50 เมล็ด

นับ50 เมล็ด			
ครั้งที่	จำนวนจริง(เมล็ด)	จำนวนที่เครื่องนับ(เมล็ด)	เวลา(วินาที)
1	45	50	40.6
2	60	51	50.7
3	55	52	30.8
4	50	50	90.0
5	52	53	63.8
6	50	51	14.5
7	45	50	14.9
8	50	55	26.0
9	45	51	20.3
10	50	50	39.6
11	53	50	40.5
12	48	50	15.6
13	50	50	40.6
14	50	50	30.7
15	55	52	20.6
16	51	52	18.0
17	53	51	53.1
18	51	52	40.5
19	46	50	37.9
20	54	50	20.6
21	52	50	25.7
22	50	50	29.5
23	50	51	37.4
24	50	50	29.5
25	51	50	39.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 4 ค่าความแม่นยำของเครื่องนับเมล็ดที่ 90 เมล็ด

นับ90 เมล็ด			
ครั้งที่	จำนวนจริง(เมล็ด)	จำนวนที่เครื่องนับ(เมล็ด)	เวลา(วินาที)
1	88	90	18.3
2	93	90	82.3
3	90	90	67.5
4	91	90	64.8
5	89	90	97.3
6	95	90	46.8
7	91	91	90.0
8	92	90	85.2
9	102	98	49.0
10	92	92	39.6
11	94	90	40.5
12	93	90	15.6
13	92	92	40.6
14	92	93	30.7
15	95	92	20.6
16	89	92	18.0
17	93	90	53.1
18	90	90	40.5
19	95	94	37.9
20	90	93	20.6
21	93	91	25.7
22	92	92	29.5
23	90	90	37.4
24	88	94	29.5
25	97	96	39.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 5 ค่าความแม่นยำของเครื่องนับเมล็ดที่ 300 เมล็ด

ค่าความแม่นยำที่ 300 เมล็ด			
ครั้งที่	จำนวนจริง(เมล็ด)	ค่าที่แสดงผล(เมล็ด)	เวลา(นาที)
1	308	305	1.50
2	306	301	2.10
3	314	302	1.30
4	308	301	2.20
5	308	301	1.15
6	304	301	1.10
7	312	302	1.20
8	311	300	1.50
9	305	300	2.45
10	309	301	2.58
11	316	303	2.40
12	310	302	2.30
13	318	302	2.20
14	305	300	2.30
15	306	301	2.00
16	308	302	1.54
17	316	301	1.45
18	298	300	2.57
19	305	300	2.58
20	311	304	2.54
21	312	301	1.58
22	302	302	2.43
23	299	304	2.06
24	306	300	2.54
25	315	305	2.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 6 ค่าความแม่นยำของเครื่องนับเมล็ดที่ 500 เมล็ด

ค่าความแม่นยำที่ 500 เมล็ด			
ครั้งที่	จำนวนจริง(เมล็ด)	ค่าที่แสดงผล(เมล็ด)	เวลา(นาที)
1	527	503	4.03
2	534	501	2.43
3	544	502	2.56
4	565	503	3.47
5	540	503	4.02
6	546	503	3.50
7	530	502	4.01
8	538	503	3.48
9	540	500	4.07
10	522	503	3.57
11	539	503	3.58
12	527	502	4.07
13	536	500	4.01
14	522	500	3.45
15	516	502	3.57
16	517	503	4.21
17	518	506	4.01
18	521	503	3.55
19	539	502	3.47
20	558	503	4.05
21	525	500	4.21
22	527	502	4.26
23	518	501	4.34
24	519	503	4.03
25	520	500	4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 7 ค่าความแม่นยำของเครื่องนับเมล็ดที่ 900 เมล็ด

ค่าความแม่นยำที่ 900 เมล็ด			
ครั้งที่	จำนวนจริง(เมล็ด)	ค่าที่แสดงผล(เมล็ด)	เวลา(นาที)
1	950	901	5.10
2	964	903	5.40
3	955	904	5.52
4	949	904	5.50
5	963	902	5.33
6	948	902	5.47
7	957	901	5.43
8	938	902	5.36
9	953	900	5.30
10	962	903	4.56
11	955	901	4.58
12	960	902	5.21
13	952	902	5.02
14	953	902	5.25
15	948	904	5.14
16	954	902	5.10
17	950	901	4.57
18	947	902	5.38
19	961	901	5.04
20	955	901	5.01
21	949	903	4.49
22	957	902	5.06
23	952	902	5.19
24	944	902	4.59
25	950	904	5.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 8 ค่าความแม่นยำของเครื่องนับเมล็ดที่ 1200 เมล็ด

ค่าความแม่นยำที่ 1200 เมล็ด			
ครั้งที่	จำนวนจริง(เมล็ด)	ค่าที่แสดงผล(เมล็ด)	เวลา(นาที)
1	1258	1201	6.56
2	1237	1202	6.78
3	1243	1205	7.04
4	1230	1209	7.23
5	1234	1210	6.54
6	1249	1209	6.55
7	1232	1211	6.82
8	1233	1210	6.20
9	1242	1211	6.15
10	1234	1206	7.05
11	1238	1213	7.64
12	1226	1203	6.34
13	1234	1206	6.65
14	1243	1210	6.39
15	1227	1202	6.11
16	1239	1205	7.01
17	1247	1202	6.94
18	1250	1200	6.45
19	1243	1205	7.02
20	1236	1213	6.74
21	1242	1219	6.34
22	1240	1203	6.57
23	1238	1201	6.45
24	1247	1206	7.05
25	1223	1210	6.87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

Code ภาษาซีของวงจรการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
*/
#include <LCDHC595.h>          // Used 74HC595 Control lCD Library
#include <EEPROM.h>

// Arduino Pins
#define SIN_PIN   4            // 74HC595 Serial In Pin
#define STR_PIN   7            // 74HC595 Strobe pin
#define CLK_PIN   8            // 74HC595 Clock pin
#define row0  10               //Key pad pin
#define row1  11               //Key pad pin
#define row2  12               //Key pad pin
#define row3  13               //Key pad pin
#define col0  0                //Key pad pin
#define col1  1                //Key pad pin
#define col2  3                //Key pad pin
#define col3  9                //Key pad pin
#define motor_up 5             // motor control
#define motor_down 6           // motor control

//////////////////varible//////////////////////

 volatile char enter = 'a';
 volatile int key_nb[16];
 volatile int
 key_number=-1; volatile
 char key_kp='a';
 int size_data=0;
 long int data;
 byte cs= 0x40;
 long int data_run=0;
 ////////Motor////////
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 int motor_speed_a =EEPROM.read(0);
 int motor_speed_b =EEPROM.read(1);

 int motor_speed_a_ = map(motor_speed_a,0,255,0,100);
 int motor_speed_b_ = map(motor_speed_b,0,255,0,100);

//////////////////////////////////////////////////

////////////////define LCD ////////////////////////////
LCDHC595 lcd = LCDHC595(SIN_PIN, STR_PIN, CLK_PIN);


//////////////define Keypad 4*4/////////////////////////
const byte ROWS = 4; //four
rows const byte COLS = 4; //four
columns
byte rowPins[ROWS] = {row0,row1,row2,row3};
byte colPins[COLS] = {col0,col1,col2,col3};
char hexaKeys[ROWS][COLS] =
{ /*col0 col1  col2  col3 */
 {'1' , '2' , '3' , 'U' },  /*row0*/
 {'4' , '5' , '6' , 'D'},  /*row1*/
 {'7' , '8' , '9' , 'F'},  /*row2*/
 {'C' , '0' , 'H' , 'E'}   /*row3*/
};
//////////////////////////////////////////////////


void setup()
{
 lcd.Initial();              // Initial LCD
 lcd.Backlight(1);           // ON Backlight LED
 //pinMode(2,INPUT);
 //pinMode(5,OUTPUT);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//pinMode(6,OUTPU
T); analogWrite(5,0);
analogWrite(6,0);
for(int i=0 ; i<ROWS ;i++ ) // control keypad
{
 pinMode(rowPins[i],OUTP
 UT);
 digitalWrite(rowPins[i],HI
 GH);
 pinMode(colPins[i],INPUT)
 ;
}

//////SAY Hello//////////
lcd.ClearScreen();          //    Clear    Screen
Display lcd.Print("Loading...");
delay(1000);
}


////////////////////////////////////////////
char keybordRead_control()    //Get data to varible
  {
  char
  char_in='a';
  key_kp   =   'a';
  cs=0x40;
  for(int i=0 ; i<4 ; i++)
    {
      digitalWrite(rowPins[i],HI
      GH);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if((digitalRead(colPins[0])==1)     &&     (i==0))
                                        char_in='1';
// else if((digitalRead(colPins[0])==1) && (i==1))  number_in=4;
// else if((digitalRead(colPins[0])==1) && (i==2))  number_in=7;
 else   if((digitalRead(colPins[0])==1)   &&   (i==3))
 char_in='C';

 else    if((digitalRead(colPins[1])==1)    &&(i==0))
 char_in='2';
// else if((digitalRead(colPins[1])==1) &&(i==1))   number_in=5;
// else if((digitalRead(colPins[1])==1) &&(i==2))   number_in=8;
// else if((digitalRead(colPins[1])==1) &&(i==3))   number_in=0;

// else if(digitalRead(colPins[2])==1 &&i==0)    number_in=3;
// else if(digitalRead(colPins[2])==1 &&i==1)    number_in=6;
// else if(digitalRead(colPins[2])==1 &&i==2)    number_in=9;
 else     if(digitalRead(colPins[2])==1     &&i==3)
                                      char_in='H';

 else     if(digitalRead(colPins[3])==1     &&i==0)
                                      char_in='U';
 else     if(digitalRead(colPins[3])==1     &&i==1)
                                      char_in='D';
 else     if(digitalRead(colPins[3])==1     &&i==2)
                                      char_in='F';
 else     if(digitalRead(colPins[3])==1     &&i==3)
                                      char_in ='E';

 digitalWrite(rowPins[i],L
 OW);

}
/*  if(number_in!=-1)
    {  lcd.SetCursor(cs);  cs++
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ;
        key_number=number_i
        n;
         key_nb[size_data]=number
        _in;
        lcd.Print(key_nb[size_data]);
        size_data++;
    }
*/
 if(char_in!='a')
    {
        if(char_in  == 'E')
        {
         lcd.SetCursor(0x40)
         ;  lcd.Print("Enter");
         key_kp          ='E';
         delay(300);

        }
        else if(char_in == 'C')
        {
          lcd.SetCursor(0x40)
          ;  lcd.Print("Clear");
          key_kp     =     'C';
          delay(300);

        }
        else if(char_in == 'F')
        {
          lcd.SetCursor(0x40)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  ; lcd.Print("Menu  ");
  key_kp     =     'F';
  delay(300);
}
 else if(char_in == 'U')
 {
  lcd.SetCursor(0x40)
  ; lcd.Print("Plus  ");
  key_kp     =     'U';
  delay(300);
}
 else if(char_in == 'D')
 {
  lcd.SetCursor(0x40)
  ; lcd.Print("Minus");
  key_kp     =     'D';
  delay(300);
}
 else if(char_in == 'H')
 {
  lcd.SetCursor(0x40)
  ; lcd.Print("Help  ");
  key_kp     =     'H';
  delay(300);
}
 else if(char_in == '1')
 {
  lcd.SetCursor(0x40)
  ; lcd.Print("1>    ");
  key_kp     =     '1';
  delay(300);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        }
        else if(char_in == '2')
        {
          lcd.SetCursor(0x40)
          ; lcd.Print("2>     ");
          key_kp     =     '2';
          delay(300);
        }
        lcd.SetCursor(0x40);
        lcd.Print(" ");
    }

return key_kp;

cs=0x40;

for(int i = 0 ;i<16;i++)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ปานมนัส ศิริสมบูรณ์. (2547),**วิศวกรรมการขนถ่ายวัสดุ**,แผนกตำราคณะวิศวกรรมศาสตร์

[2] Kulwiec, R.A., 1985. **Materials Handling Handbook (2nd Edition)** ,John Wiley & Sons.

[3] Haynes, D.O., 1962. **Materials Handling applications**. (Modern Asia Edition), Chales E, Tuttle Company, Tokyo, Japan.

[4] เมธี หมั่นทำการและก่อเกียรติ บุญชูกุศล, 2528 . กลศาสตร์วิศวกรรม(ภาคสถิตยศาสตร์)บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด กรุงเทพมหานคร

[5] http://riceproduct.org/index.php?option=com_content&task=view&id=84&Itemid=50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้