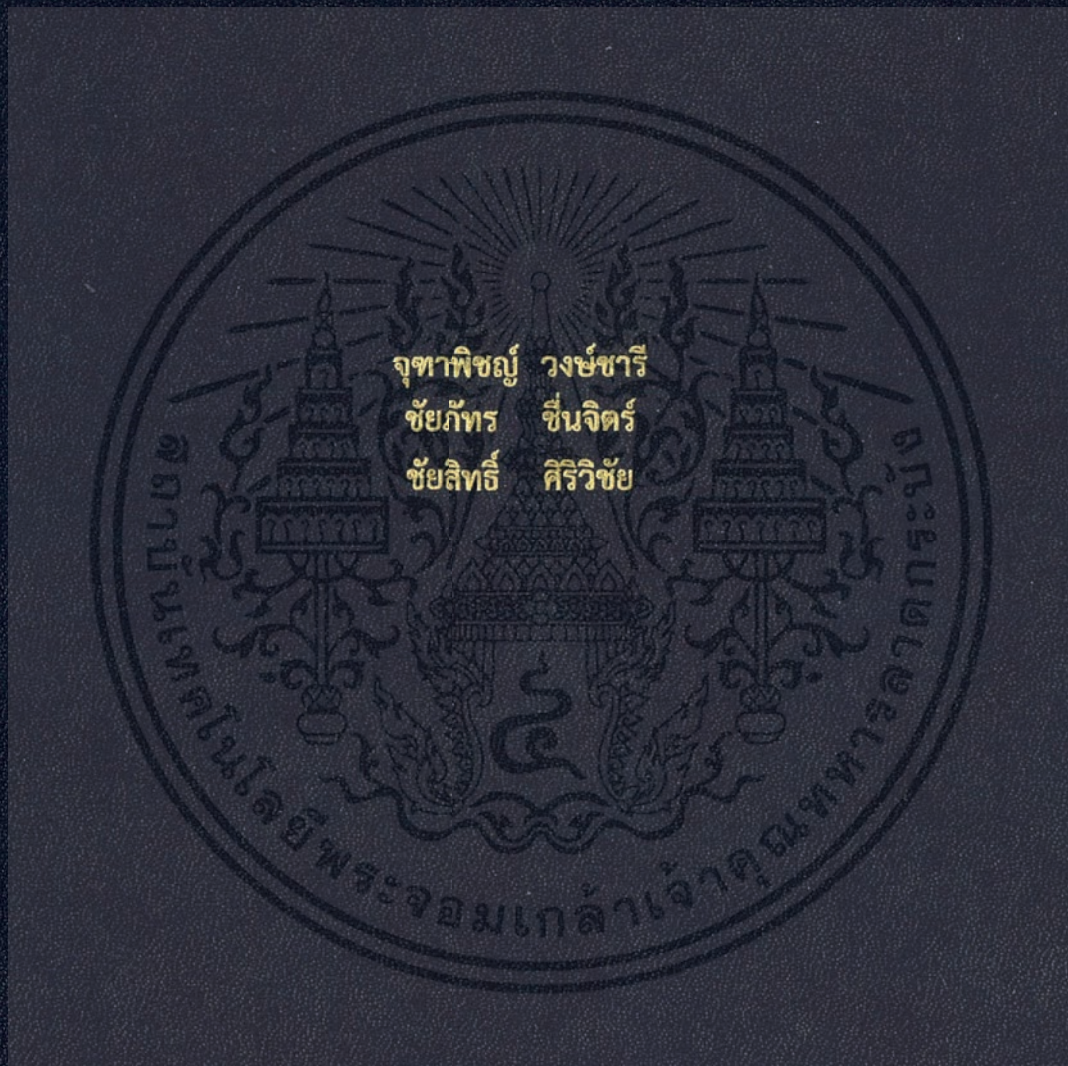


การออกแบบและพัฒนาเครื่องล้างเหง้ามันสำปะหลัง
DESIGN AND DEVELOPMENT OF CASSAVA ROOT WASHING MACHINE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

การออกแบบและพัฒนาเครื่องล้างเหง้ามันสำปะหลัง
DESIGN AND DEVELOPMENT OF CASSAVA ROOT WASHING MACHINE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGN AND DEVELOPMENT OF CASSAVA ROOT WASHING MACHINE



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2018


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2561
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ การออกแบบและพัฒนาเครื่องล้างเหง้ามันสำปะหลัง
Design and Development of cassava root washing machine

นักศึกษาผู้จัดทำ นางสาวจุฑาทิพย์ วงษ์ขารี 58010204
นายชัยภัทร ชื่นจิตร 58010272
นายชัยสิทธิ์ ศิริวิชัย 58010276

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)
หลักสูตร วิศวกรรมเกษตร
สาขาวิชา วิศวกรรมเกษตร
ปีการศึกษา 2561

| | |
|-------------------------------|--|
| อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์ | ลายมือชื่อ |
| ผศ.ดร.ธีรพงศ์ ผลโพธิ์ |  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|---------------------|--|----------|
| หัวข้อปริญญาานิพนธ์ | การออกแบบและพัฒนาเครื่องล้างเหง้ามันสำปะหลัง | |
| | Design and development of cassava root washing machine | |
| นักศึกษาผู้จัดทำ | นางสาวจุฑาพิชญ์ วงษ์ขารี | 58010204 |
| | นายชัยภัทร ชื่นจิตร | 58010272 |
| | นายชัยสิทธิ์ ศิริวิชัย | 58010276 |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ผศ.ดร.ธีรพงศ์ ผลโพธิ์ | |
| ปีการศึกษา | 2561 | |

บทคัดย่อ

โครงการวิศวกรรมเกษตรฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์ในการออกแบบ สร้างและพัฒนา เครื่องล้าง เหง้ามันสำปะหลัง โดยใช้ความรู้ทางวิศวกรรม เพื่อช่วยในการล้างทำความสะอาดเหง้ามันสำปะหลัง ก่อนนำเข้าสู่กระบวนการแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด โดยเครื่องประกอบด้วย 5 ส่วนสำคัญ คือ 1.ชุดโครงสร้างของเครื่อง 2.ชุดตระแกรงทรงกระบอก 3.ชุดส่งกำลัง 4.ชุดปั๊ม หัวฉีด ถาดรองน้ำ และถาดรวมน้ำ 5.ช่องป้อนและช่องออกของเหง้ามันสำปะหลัง ซึ่งมีหลักการทำงานโดยอาศัยมอเตอร์ ดันกำลัง ขนาด $\frac{1}{2}$ แรงม้า 3 เฟส ซึ่งส่งกำลังขับเคลื่อนกับเกียร์ทดที่มีอัตราทดเท่ากับ 60:1 และส่งกำลังผ่าน เพลา ซึ่งมีล้อสำหรับขับเคลื่อนชุดตระแกรงทรงกระบอกติดตั้งอยู่ ภายในชุดตระแกรงทรงกระบอก (Drum) จะมีท่อน้ำ ประกอบด้วยชุดหัวฉีดแรงดันสูง เพื่อฉีดชะล้างทำความสะอาด โดยทำการทดสอบที่ความเร็ว รอบ 15, 20 และ 25 รอบต่อนาที (rpm) และมุมเอียงของตระแกรงทรงกระบอกที่ระดับ 3, 4 และ 5 องศา ตามลำดับ โดยมีการฉีดน้ำชะล้างร่วมด้วยที่แรงดันคงที่ 5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (kg/cm^2) ผลการทดสอบพบว่าความเร็วรอบที่ดีที่สุดที่ 25 รอบต่อนาที (rpm) และมุมเอียงที่ดีที่สุดที่ 5 องศา มีประสิทธิภาพในการทำความสะอาดอยู่ที่ 87.33 เปอร์เซ็นต์ มีความสามารถล้างเหง้ามัน สำปะหลังได้ 350 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (kg/hr) มีอัตราการใช้น้ำ 20 ลิตรเฉลี่ยต่อครั้ง และมีอัตราการใช้ ไฟรวม 1.12 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง (kW/hr) คิดเป็น 4.40 บาทต่อชั่วโมง

คำสำคัญ : เหง้ามันสำปะหลัง และตระแกรงทรงกระบอก

| | | |
|----------------|--|----------|
| Thesis Title | Design and development of cassava root washing machine | |
| Authors | Juthapit Wongcharee | 58010204 |
| | Chaiphath Chuenchit | 58010272 |
| | Chaiyasit Siriwichai | 58010276 |
| Thesis Advisor | Asst. Prof. Dr. Teerapong Pholpho | |
| Year | 2019 | |

Abstract

This Agricultural Engineering Project aims to design construct and develop of cassava root washing machine. Using engineering knowledge to wash a cassava root before entering biomass pelletizing process. The machine had the following key components are: 1) the structure of machine, 2) the grating cylinder (drum), 3) Transmission system, 4) Pump nozzle and water tray and 5) Feed tray and out tray cassava root. The machine was using a power motor $\frac{1}{2}$ hp 3-phase which connected with gearbox (60:1), to drives through the shaft. There is wheel located at the shaft. Inside the grating cylinder (drum), there is a pipe consisting of a set of high-pressure nozzles. Machine operation test Use the speed of the drum at 15, 20 and 25 rpm at the angle of the drum 3, 4 and 5 degrees respectively. There are water spraying with constant pressure at 5 kg/cm^2 . The result showed that the best is 25 rpm at 5-degree, cleaning efficiency is 87.33 percent, the capacity is 350 kg/hr, water consumption rate is 20 lite per time and power consumption rate total is 1.12 kW hr^{-1} (4.40 baht per hour).

Keywords: a cassava root and the grating cylinder (drum)

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทเล่มนี้สำเร็จขึ้นมาได้ด้วยความอนุเคราะห์จากหลายๆท่านดังนี้

ผศ.ดร.ธีรพงศ์ ผลโพธิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่เอื้อเพื่อข้อมูล ให้คำปรึกษา จัดทำอุปกรณ์ในการสร้างเครื่องล้างหมันสำปะหลัง ตลอดจนแก้ไขปัญหาต่างๆเกี่ยวกับเครื่องล้างหมันสำปะหลัง ทั้งในและนอกเวลาราชการ

อาจารย์ประจำภาควิชาและเจ้าหน้าที่คณะวิศวกรรมเกษตรทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์อำนวยความสะดวกในเรื่องอุปกรณ์ สถานที่ และให้คำแนะนำเกี่ยวกับโครงการนี้มาโดยตลอด

บริษัท พิลเลตโปร จำกัด ซึ่งเป็นผู้จัดประกายแนวคิดในการสร้างเครื่องล้างหมันสำปะหลัง และจัดหาหมันสำปะหลังซึ่งเป็นวัสดุในการทดลองและพัฒนาโครงการนี้

คุณวัชรพร เรืองสมุทร เจ้าของไร่หมันสำปะหลัง จังหวัดชลบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์หมันสำปะหลัง เพื่อใช้ในการทดสอบการทำงานของเครื่อง

ขอขอบคุณเพื่อนๆคณะวิศวกรรมเกษตร ที่ได้ให้ความช่วยเหลือทั้งด้านการสร้าง การวางแผนงานในบางส่วน รวมทั้งการขนส่งหมันสำปะหลังและทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ของคณะผู้จัดทำโครงการนี้ทุกท่าน สำหรับโอกาสในการศึกษาเล่าเรียน ความห่วงใย กำลังทรัพย์และเป็นกำลังใจในการศึกษาเล่าเรียนมาด้วยดี โดยตลอด

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญาโทฉบับนี้ คณะผู้จัดทำโครงการนี้ขอมอบให้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นักศึกษาผู้จัดทำโครงการ

จุฑาทิพนธ์ วงษ์ขารี

ชัยภัทร ชื่นจิตร

ชัยสิทธิ์ ศิริวิชัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | II |
| กิตติกรรมประกาศ | III |
| สารบัญ | IV |
| สารบัญตาราง | VII |
| สารบัญรูปภาพ | VIII |
| บทที่ 1 บทนำ | |
| 1.1 ที่มาและความสำคัญ | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ | 2 |
| 1.3 ขอบเขตของการศึกษา | 2 |
| 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| 1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน | 2 |
| 1.6 งบประมาณ | 3 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | |
| 2.1 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้องกับมันสำปะหลัง | 4 |
| 2.1.1 ข้อมูลทั่วไปของมันสำปะหลัง | 4 |
| 2.1.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมันสำปะหลัง | 4 |
| 2.1.3 พันธุ์มันสำปะหลังในประเทศไทย | 5 |
| 2.2 เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน | 6 |
| 2.2.1 ระบบแก๊สซิฟิเคชันแบบฟลักซ์เบด | 6 |
| 2.2.2 ระบบฟลูอิดซ์เบด | 7 |
| 2.3 วิธีการทำความสะอาด | 9 |
| 2.3.1 วิธีการทำความสะอาดแบบแห้ง | 9 |
| 2.3.2 วิธีการทำความสะอาดแบบเปียก | 9 |
| 2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับสายพาน | 11 |
| 2.4.1 การส่งกำลังด้วยสายพาน | 11 |
| 2.4.2 อัตราทดความเร็วรอบของสายพาน | 12 |
| 2.5 ทฤษฎีความเร็วเฉลี่ยและอัตราการไหล | 13 |
| 2.6 การเลือกใช้น้ำ | 14 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| 2.6.1 ประเภทของปั้มน้ำ | 14 |
| 2.7 หัวฉีด | 15 |
| 2.7.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับหัวฉีด | 15 |
| 2.7.2 ประเภทของหัวฉีด | 16 |
| 2.8 เพลลา | 18 |
| 2.8.1 วัสดุเพลลา | 19 |
| 2.8.2 ขนาดของเพลลา | 19 |
| 2.8.3 หลักการพิจารณาในการออกแบบเพลลา | 20 |
| 2.8.4 การออกแบบเพลลาตามโค้ดของ ASME | 20 |
| 2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องล้างหม้อไอน้ำสำหรับ | 21 |
| 2.9.1 เครื่องล้างทำความสะอาดเชิง | 21 |
| 2.9.2 เครื่องทำความสะอาดหม้อไอน้ำสำหรับ | 21 |
| 2.9.3 เครื่องทำความสะอาดหม้อไอน้ำสำหรับ | 22 |
| บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน | |
| 3.1 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของหม้อไอน้ำสำหรับ | 24 |
| 3.2 การออกแบบเครื่องล้างหม้อไอน้ำสำหรับ | 26 |
| 3.2.1 หลักการทำงานของเครื่องล้างหม้อไอน้ำสำหรับ | 27 |
| 3.2.2 การออกแบบโครงสร้างของเครื่องล้างหม้อไอน้ำสำหรับ | 27 |
| 3.2.3 การออกแบบชุดตระแกรงทรงกระบอก | 30 |
| 3.2.4 การออกแบบชุดส่งกำลัง | 31 |
| 3.2.5 ชุดปั้ม หัวฉีด ถาดรองน้ำและถาดรวมน้ำ | 34 |
| 3.2.6 การออกแบบช่องป้อนและช่องออกของหม้อไอน้ำสำหรับ | 36 |
| บทที่ 4 วิธีการทดลองและผลการทดลอง | |
| 4.1 วัตถุประสงค์ของการทดลอง | 38 |
| 4.2 วัสดุและอุปกรณ์ | 38 |
| 4.3 วิธีการทดลอง | 38 |
| 4.4 ผลการทดลอง | 40 |
| 4.4.1 ความสามารถในการทำความสะอาดในแต่ละสภาวะการทำงาน | 40 |
| 4.4.2 ประสิทธิภาพในการทำความสะอาดในแต่ละสภาวะการทำงาน | 40 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| 4.4.3 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ | 41 |
| บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ | |
| 5.1 สรุปผลการทดลอง | 42 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 42 |
| บรรณานุกรม | 43 |
| ภาคผนวก | |
| ภาคผนวก ก. | 45 |
| ภาคผนวก ข. | 52 |



สารบัญตาราง

| | หน้า |
|--|------|
| ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน | 2 |
| ตารางที่ 1.2 งบประมาณและค่าใช้จ่าย | 3 |
| ตารางที่ ก.1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทั้ง 3 แกนของหม้อต้มสำหรับฆ่าเชื้อ | 45 |
| ตาราง ก.2 ตารางบันทึกผลการทดลอง | 49 |



สารบัญรูปภาพ

| | หน้า |
|--|------|
| รูปที่ 2.1 Diagram of cassava plant | 4 |
| รูปที่ 2.2 เครื่องปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันแบบฟิกซ์เบด (ก) แบบไหลขึ้น (ข) แบบไหลลง | 7 |
| รูปที่ 2.3 เครื่องปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันแบบฟลูอิดไคซ์เบด | 8 |
| รูปที่ 2.4 เครื่องปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันแบบฟลูอิดไคซ์เบดใช้เตาผลิตแก๊สชนิดลมล่าง (Downdraft) | 8 |
| รูปที่ 2.5 การส่งกำลังด้วยสายพาน | 12 |
| รูปที่ 2.6 การเปลี่ยนแปลง Velocity Profile | 13 |
| รูปที่ 2.7 โครงสร้างของนอซเซิลและลักษณะการติดตั้งภายในท่อ | 16 |
| รูปที่ 2.8 หัวฉีดน้ำทรงกรวยเต็ม (Full Cone Spray Nozzle) | 16 |
| รูปที่ 2.9 หัวฉีดสเปรย์น้ำทรงกรวยกลวง ทรงโดนัท (Hollow Cone Spray Nozzle) | 17 |
| รูปที่ 2.10 หัวฉีดน้ำทรงพัดแบน (Flat Fan Spray Nozzle) | 17 |
| รูปที่ 2.11 หัวฉีดน้ำแบบเกลียวเตี้ยหมุน (Spiral Spray Nozzle) | 18 |
| รูปที่ 2.12 แสดงขนาดระบุของเพลตามมาตรฐาน ISO / R 755 – 1969 | 19 |
| รูปที่ 2.13 เพลภายใต้แรงต่าง ๆ | 20 |
| รูปที่ 2.14 เครื่องล้างทำความสะอาดซิง | 21 |
| รูปที่ 2.15 เครื่องทำความสะอาดหัวมันสำปะหลัง | 22 |
| รูปที่ 2.16 เครื่องทำความสะอาดหัวมันสำปะหลัง | 22 |
| รูปที่ 3.1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการดำเนินโครงการสร้างเครื่องล้างหัวมันสำปะหลัง | 23 |
| รูปที่ 3.2 การวัดหัวมันสำปะหลังแนวแกน X | 24 |
| รูปที่ 3.3 การวัดหัวมันสำปะหลังแนวแกน Y | 24 |
| รูปที่ 3.4 การวัดหัวมันสำปะหลังแนวแกน Z | 24 |
| รูปที่ 3.5 ขนาดด้านแกน x ของหัวมันสำปะหลัง | 25 |
| รูปที่ 3.6 ขนาดด้านแกน y ของหัวมันสำปะหลัง | 25 |
| รูปที่ 3.7 ขนาดด้านแกน z ของหัวมันสำปะหลัง | 26 |
| รูปที่ 3.8 ส่วนประกอบของเครื่องล้างหัวมันสำปะหลัง | 26 |
| รูปที่ 3.9 โครงสร้างของเครื่องล้างหัวมันสำปะหลัง | 27 |
| รูปที่ 3.10 เหล็กฉากสำหรับยึดล้อ | 28 |
| รูปที่ 3.11 ติดประกอบเหล็กฉากสำหรับยึดล้อเข้ากับโครงสร้างส่วนบน | 29 |

สารบัญญรูปภาพ (ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| รูปที่ 3.12 ล้อขับเคลื่อนบนโครงสร้างของเครื่อง | 29 |
| รูปที่ 3.13 ชุดปรับระดับความสูงในส่วนหัวของโครงสร้าง | 30 |
| รูปที่ 3.14 ชุดตระแกรงทรงกระบอก | 31 |
| รูปที่ 3.15 การส่งถ่ายแรงด้วยคัปปลิ่ง (Coupling) | 31 |
| รูปที่ 3.16 การส่งกำลังจากเกียร์ทดไปยังเพลลา | 32 |
| รูปที่ 3.17 ระบบส่งกำลัง | 33 |
| รูปที่ 3.18 ตำแหน่งของปั้มน้ำ | 34 |
| รูปที่ 3.19 การต่อท่อดูดและท่อจ่าย | 34 |
| รูปที่ 3.20 ถาดรองรับน้ำ (ก) มุมมองด้านบน (ข) มุมมองด้านหน้า | 35 |
| รูปที่ 3.21 ถาดรวมน้ำ | 36 |
| รูปที่ 3.22 หัวฉีดน้ำ | 36 |
| รูปที่ 3.23 แผ่นสังกะสีที่ม้วนแล้ว | 37 |
| รูปที่ 4.1 ความสามารถในการทำความสะอาด (Capacity) ในแต่ละสภาวะการทำงาน | 40 |
| รูปที่ 4.2 ประสิทธิภาพในการทำความสะอาด (Cleaning Efficiency) ในแต่ละสภาวะการทำงาน | 41 |
| รูปที่ ข.1 ภาพด้านข้างเครื่องล้างหม้อน้ำสำหรับล้าง | 52 |
| รูปที่ ข.2 ภาพด้านหน้าเครื่องล้างหม้อน้ำสำหรับล้าง | 52 |
| รูปที่ ข.3 ภาพด้านท้ายเครื่องล้างหม้อน้ำสำหรับล้าง | 52 |
| รูปที่ ข.4 ภายในตระแกรงทรงกระบอก (ดรัม) | 53 |
| รูปที่ ข.5 แบบด้านข้างเครื่องล้างหม้อน้ำสำหรับล้าง (3D) | 53 |
| รูปที่ ข.6 แบบด้านบนเครื่องล้างหม้อน้ำสำหรับล้าง (3D) | 53 |
| รูปที่ ข.7 แบบเครื่องล้างหม้อน้ำสำหรับล้าง (2D) (ก) ด้านหลัง (ข) ด้านบน (ค) ด้านข้าง | 54 |

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

มันสำปะหลังเป็นพืชสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย เนื่องจากเป็นพืชที่ปลูกง่ายทนทาน ต่อสภาพดินฟ้าอากาศที่แปรปรวน และสามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

จากแนวโน้มสถานการณ์ของมันสำปะหลัง ปี 2560 ของประเทศไทยพบว่า มีพื้นที่เพาะปลูก 8.9 ล้านไร่ และมีผลผลิตที่ได้คือ หัวมันสำปะหลัง 30.4 ล้านตัน (สมาคมโรงงานผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง, 2560) ซึ่งเกษตรกรจะนำหัวมันสำปะหลังส่งขายให้กับโรงงาน เพื่อนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น มันเส้น แป้งมันสำปะหลัง อาหารสัตว์ เป็นต้น โดยประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง อันดับหนึ่งของโลก (สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2558)

เหง้ามันสำปะหลังเป็นส่วนเหลือทิ้งจากกระบวนการเพาะปลูกและการแปรรูปมันสำปะหลัง มีคุณสมบัติแข็งแรง ไม่แตกหักง่าย การนำเหง้ามันสำปะหลังสตั้มย่อยให้มีขนาดเล็ก แล้วนำไปตากแห้งเพื่อลดความชื้น ทำให้มีความสามารถในการลวกดีไฟได้และให้ค่าพลังงานความร้อนเทียบเท่ากับไม้ฟืน ซึ่งปัจจุบันได้มีการนำเหง้ามันสำปะหลังไปแปรรูป เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลบ่อนในระบบเผาไหม้พลังงานความร้อน อันเป็นต้นกำลังในการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งช่วยลดการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ ลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและเป็นการลดขยะที่เหลือจากการเกษตรและอุตสาหกรรม

การนำเหง้ามันสำปะหลังมาใช้ผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล ต้องผ่านกระบวนการทำความสะอาดก่อน เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นพืชที่อยู่ใต้ดิน จึงทำให้หัวและเหง้ามันสำปะหลังที่ขุดขึ้นมาจากไร่ ไม่สะอาด มีเศษดิน เศษทรายปะปนอยู่ หากไม่ทำความสะอาดก่อนนำเข้ากระบวนการแปรรูป จะส่งผลให้ค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ลดลง เพราะมีวัสดุแปลกปลอมปะปนอยู่ และซิลิกาในเม็ดทราย จะหลอมละลายในเตาเผาชีวมวลเนื่องจากอุณหภูมิความร้อนสูง ซึ่งส่งผลให้เตาเผามีประสิทธิภาพลดลงอีกด้วย

จากปัญหาที่เกิดขึ้น จึงทำให้กลุ่มโรงงานได้มีแนวคิดที่จะออกแบบ สร้างและพัฒนาเครื่องล้างเหง้ามันสำปะหลัง เพื่อช่วยในการล้างทำความสะอาดเหง้ามันสำปะหลังให้สะอาดจากสิ่งสกปรก

เช่น เศษดิน เศษทราย ที่ติดอยู่ตามเหง้ามันสำปะหลังก่อนนำเข้าสู่กระบวนการแปรรูปและอัดเม็ด อันจะทำให้เตาเผามีความเสียหาย และการเผาไหม้มีประสิทธิภาพลดลง

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อออกแบบ สร้าง และพัฒนาเครื่องล้างเหง้ามันสำปะหลัง

1.2.2 เพื่อทดสอบความสามารถในการทำงานและประสิทธิภาพในการทำความสะอาดของเครื่องล้างเหง้ามันสำปะหลัง

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ใช้เหง้ามันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 จากไร่ในพื้นที่จังหวัดชลบุรี

1.3.2 วิธีการทำความสะอาด โดยใช้ น้ำเป็นตัวกลางในการชะล้าง

1.3.3 ใช้ปั๊มแรงดันสูงในการบีบน้ำให้มี Pressure

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ใช้ทดแทนแรงงานคนในการล้างทำความสะอาดเหง้ามันสำปะหลัง

1.4.2 ได้เครื่องล้างเหง้ามันสำปะหลังที่สามารถทำความสะอาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

| ขั้นตอนการดำเนินงาน | ปี/เดือน | | | | | | | |
|---|----------|------|------|------|------|----------|------|-------|
| | พ.ศ.2561 | | | | | พ.ศ.2562 | | |
| | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. |
| 1. ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพของเหง้ามันสำปะหลัง | ← | → | | | | | | |
| 2. ออกแบบและสร้างเครื่องล้างเหง้ามันสำปะหลัง | | ← | → | | | | | |
| 3. ทดสอบการทำงานเครื่องและปรับปรุงแก้ไข | | | | | ← | → | | |
| 4. ทดลองเก็บข้อมูล | | | | | | | ← | → |
| 5. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง | | | | | | | ← | → |
| 6. เขียนรูปเล่มปริญญานิพนธ์ | | | | | | | ← | → |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 งบประมาณ

ตารางที่ 1.2 งบประมาณและค่าใช้จ่าย

| ที่ | รายการ | จำนวนเงิน (บาท) |
|-----|--|-----------------|
| 1 | ค่าวัสดุ | |
| | - เหล็กตระแกรง ขนาดรู 1 นิ้ว 1.2*2.4 เมตร (2 แผ่น) | 2,100 |
| | - เหล็กฉาก ทน 3 มิลลิเมตร 6 เมตร (4 เส้น) | 1,330 |
| | - ชุดหัวฉีดแรงดัน Flat Spray Nozzle F (4 ชุด) | 800 |
| | - หินเจียรบาง ยี่ห้อ Makita ทน 3 มิลลิเมตร | 75 |
| | - ล้อแม็ก ขนาด 6 นิ้ว | 110 |
| | - คับปิ้ง 4 นิ้ว | 514 |
| | - ล้อยาง ขนาด 5 นิ้ว (5 ชุด) | 550 |
| | - สายพาน B-48 (1 เส้น) | 75 |
| | - น็อต 3/4 นิ้ว | 129 |
| | รวม | 5,683 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้องกับมันสำปะหลัง

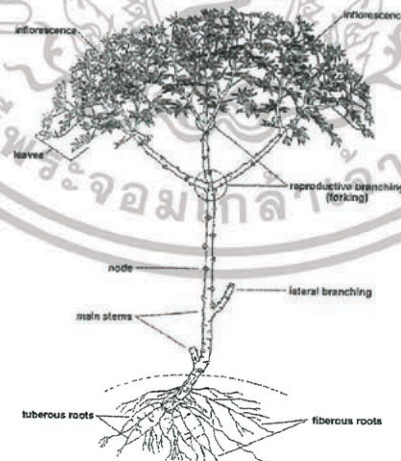
2.1.1 ข้อมูลทั่วไปของมันสำปะหลัง

มันสำปะหลัง (ชื่อวิทยาศาสตร์: *Manihot esculenta* (L.) Crantz) เป็นพืชหัวชนิดหนึ่ง มีแหล่งกำเนิดแถบที่ลุ่มเขตร้อน (Lowland tropics) นิยมใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ สามารถปลูกได้ง่ายในพื้นที่ร้อน และร้อนชื้น จึงได้มีการสนับสนุนแก่ประเทศที่กำลังพัฒนาที่มีสภาพภูมิอากาศดังกล่าวปลูกเป็นพืชเศรษฐกิจ

2.2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมันสำปะหลัง

1.) ลำต้น (Stem)

มันสำปะหลังเจริญเติบโตแบบเป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก สีของลำต้นแตกต่างกันไปตามพันธุ์ ส่วนที่อยู่ใกล้ยอดมีสีเขียว การแตกกิ่งของมันสำปะหลังจะแตกออกเป็น 2 กิ่ง (dichotomous branching) หรือ 3 กิ่ง (trichotomous branching)



รูปที่ 2.1 Diagram of a cassava plant

ที่มา: Mpoko Bokanga, 2540

2.) ราก (Root)

รากของมันสำปะหลังเป็นระบบรากแบบ adventitious root system รากที่งอกจากท่อนพันธุ์ (cutting) สามารถงอกได้จาก 3 ส่วนคือ รากจากส่วนเนื้อเยื่อ cambium รากจากส่วนตา และรากจากส่วนรอยหลุดร่วงของใบ (leaf scar) หัว (tuber) ของมันสำปะหลัง คือส่วนรากที่ขยายใหญ่เพื่อสะสมอาหารแป้ง ซึ่งขนาดของรากขึ้นอยู่กับอายุ พันธุ์ ดิน และสภาพภูมิอากาศ

2.1.3 พันธุ์มันสำปะหลังในประเทศไทย

- 1.) พันธุ์ระยอง 1 มีความทนทานต่อสภาพภูมิอากาศแปรปรวน เจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ ต้านทานโรคใบไหม้ปานกลาง
- 2.) พันธุ์ระยอง 2 เหมาะสำหรับทำอาหารรับประทาน ผลผลิตเฉลี่ย 4,161 กก./ไร่ ต้านทานโรคใบไหม้ปานกลาง
- 3.) พันธุ์ระยอง 3 ลักษณะการเกิดของหัวจะรวมกันแน่นอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 12 เดือน ขยายพันธุ์ด้วยลำต้น ต้านทานต่อโรคใบไหม้ปานกลาง
- 4.) พันธุ์ระยอง 5 มีเสถียรภาพในด้านการให้ผลผลิตดี ปรับตัวกับสภาพแวดล้อมได้ดีเป็นโรคใบไหม้ได้ง่ายกว่าพันธุ์อื่นๆ แต่อาการไม่รุนแรงถึงตาย
- 5.) พันธุ์ระยอง 7 ปลูกปลายนกคุ้มได้ดี เนื่องจากให้ความงอกเร็ว เเปอร์เซ็นต์การงอก และเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดสูงกว่าพันธุ์มาตรฐานที่เกษตรกรนิยมปลูกทุกพันธุ์
- 6.) พันธุ์ระยอง 9 ผลผลิตแป้งและผลผลิตมันแห้งสูง 1.24 และ 2.11 ตันต่อไร่ ตามลำดับทรงต้นดี สูงตรง ได้ต้นพันธุ์ยาวขยายพันธุ์ได้มาก อัตราขยายพันธุ์สูงกว่า 1: 8 และเป็นโรคใบพุ่มน้อยกว่าพันธุ์มาตรฐานทุกพันธุ์
- 7.) พันธุ์ระยอง 10 สะสมน้ำหนักหัวสดได้เร็วโดยเมื่อเก็บเกี่ยวอายุ 8 เดือนขยายพันธุ์ด้วยลำต้น ให้ผลผลิตดีในภาคตะวันออก
- 8.) พันธุ์ระยอง 72 เป็นพันธุ์ที่ปรับตัวได้ดี ในสภาพแวดล้อมทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยให้ผลผลิตหัวสดสูงถึง 5.55 ตันต่อไร่ ผลผลิตแป้ง 1.23 ตันต่อไร่
- 9.) พันธุ์ระยอง 90 ผลผลิตหัวสดสูงกว่าพันธุ์ระยอง 1 ประมาณ 5 % และสูงกว่าพันธุ์ระยอง 3 ถึง 18 % แต่ไม่เหมาะสมกับแหล่งที่มีแมลงหวี่ขาวแพร่ระบาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.) พันธุ์ห้วยบง 60 สามารถขึ้นได้ดีในดินปลูกมันสำปะหลังทั่วไป อย่างไรก็ตามแต่ละท้องที่การปรับตัวของพันธุ์ต่อสภาพแวดล้อมจะต่างกัน ทำการหว่านก่อนพรวนดินปลูก และไม่ควรเก็บเกี่ยวมันอายุน้อยกว่า 10 เดือน

11.) พันธุ์เกษตรศาสตร์ ผลผลิตสูง, เปอร์เซนต์แป้งสูง 23 %, ในฤดูฝนและ 28 % ในฤดูแล้ง, ต้นพันธุ์เก็บไว้ได้ ประมาณ 30 วันหลังจากตัดต้น

12.) พันธุ์มันห่านาที่ เนื้อหว่าน เหมาะสำหรับการทำขนม ด้านทานโรคปานกลาง ควรปลูกในฤดูฝนเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน

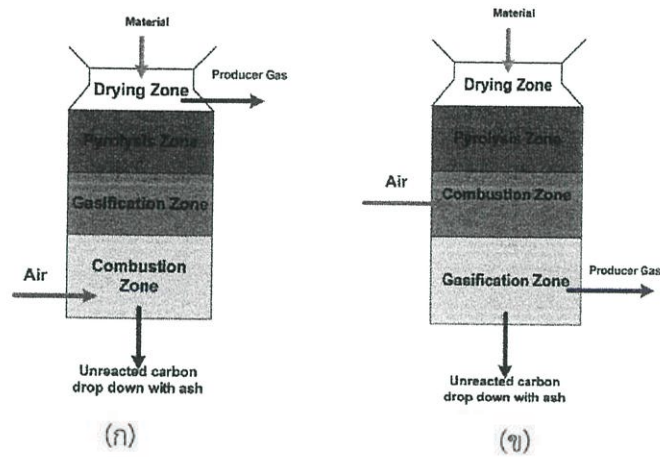
2.2 เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification)

เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันเป็นการแตกตัวของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในสถานะที่มีการควบคุม ปริมาณออกซิเจนในสัดส่วนที่ต่ำกว่าค่าที่ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ (Stoichiometric fuel air ratio) ได้ ในกรณีที่ใช้อากาศเป็นตัวทำปฏิกิริยาก๊าซที่ได้จะมีค่าความร้อนต่ำ หากมีการเติมไอน้ำด้วยจะทำให้ได้ก๊าซที่มีค่าความร้อนเพิ่มขึ้น แต่ถ้าใช้ออกซิเจนเป็นตัวทำปฏิกิริยา ก๊าซที่ได้จะมีค่าความร้อนสูงกว่า ก๊าซที่ได้ยังสามารถนำไปใช้ในรูปของเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานหรือนำไปใช้ผลิตเชื้อเพลิงในรูปแบบอื่นต่อไป

2.2.1 ระบบแก๊สซิฟิเคชันแบบฟลักซ์เบด

ระบบแก๊สซิฟิเคชันแบบฟลักซ์เบดมีลักษณะการทำงานที่ซับซ้อนน้อยกว่าแบบฟูอิดซ์เบด มีการแบ่งส่วนการทำปฏิกิริยาที่ชัดเจน คือ ส่วนการอบแห้งเชื้อเพลิง ส่วนการกลั่นสลายและส่วนการสันดาป ระบบแก๊สซิฟิเคชันแบบฟลักซ์เบดสามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ 1.) ฟลักซ์เบดแบบไหลขึ้น (Updraft gasifier) และ 2.) ฟลักซ์เบดแบบไหลลง (Downdraft gasifier) ซึ่งแบบตามทิศทางการเคลื่อนที่ของเชื้อเพลิงและอากาศ

1.) ฟลักซ์เบดแบบไหลขึ้น เชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าสู่เตาและเคลื่อนที่จากด้านบนลงสู่ด้านล่างในทิศทางส่วนกันกับอากาศร้อนและผลิตภัณฑ์ก๊าซร้อนที่เคลื่อนที่จากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน แต่ก๊าซเชื้อเพลิงที่ออกจากระบบจะมีสิ่งเจือปนค่อนข้างสูงและมีอุณหภูมิต่ำ จึงเหมาะแก่การนำไปใช้เผาเพื่อให้ความร้อน



รูปที่ 2.2 เครื่องปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันแบบฟลักซ์เบด (ก) แบบไหลขึ้น (ข) แบบไหลลง
ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2558

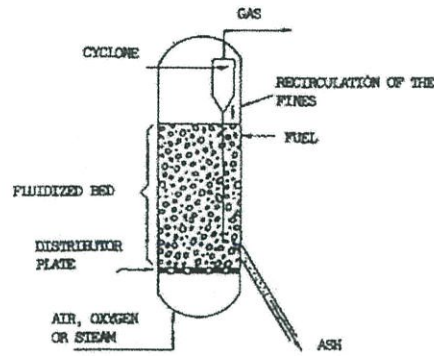
2.) ฟลักซ์เบดแบบไหลลง เชื้อเพลิงและอากาศรวมทั้งผลิตภัณฑ์ก๊าซที่เกิดจากปฏิกิริยาไพโรไลซิสเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกันจากด้านบนสู่ด้านล่าง อากาศเพิ่มเติมจะถูกป้อนเข้าสู่ระบบที่ตำแหน่งที่เกิด การสันดาปของถ่านชาร์ เกิดเป็นโซนที่มีอุณหภูมิสูงซึ่งทำให้สารระเหยและของแข็งถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซเชื้อเพลิงโดยสมบูรณ์ ซึ่งเหมาะสำหรับการนำไปใช้เดิน เครื่องยนต์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไป โดยมีข้อจำกัดคือ ใช้ได้ดีกับระบบที่มีขนาดเล็ก (กล่าวคือ ขนาดเล็กกว่า 1 MW)

ซึ่งในเตาเผาในระบบฟลักซ์เบดแบบไหลลง มีอุณหภูมิเถ้าหลอมละลาย มากกว่า 1,250 องศาเซลเซียส หากไม่ทำความสะอาดเถ้ามันสำปะหลัง ที่มีเศษดินทรายปะปนอยู่ ซึ่งซิลิกาในทรายมีอุณหภูมิหลอมละลายอยู่ที่ 1,200-1,500 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดเป็นแก้ว เข้าไปอุดหรือเคลือบส่วนให้ความร้อนภายในเตา ทำให้การเผาไหม้มีประสิทธิภาพลดลง

2.2.2 ระบบฟลูอิดิซ์เบด

ระบบแก๊สซิฟิเคชันแบบฟลูอิดิซ์เบดมี 2 ประเภทหลักๆ คือ 1.) Bubbling fluidized bed และ 2.) Circulating fluidized bed และยังมีระบบที่ใช้ความดันสูง (Pressurized fluidized bed) ระบบแก๊สซิฟิเคชันแบบ Fluidized bed มักใช้ออกแบบสำหรับระบบที่มีขนาดใหญ่ระบบนี้ปฏิกิริยาไพโรไลซิส และแก๊สซิฟิเคชันสามารถเกิดในตำแหน่งเดียวกัน ดังนั้นทำให้มีปัญหาเกี่ยวกับน้ำมันดินที่เจือปนในก๊าซเชื้อเพลิง ซึ่งจะมากกว่าในกรณีของระบบฟลักซ์เบดแบบไหลลงแต่น้อยกว่าระบบฟลักซ์เบดแบบไหลขึ้น

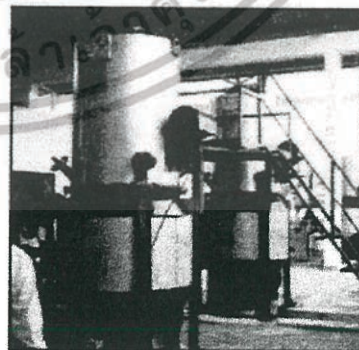
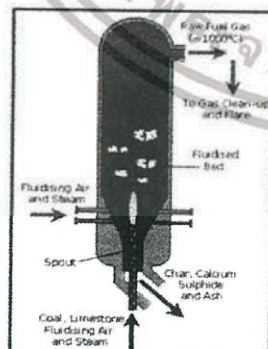
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 เครื่องปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันแบบฟลูอิด์เบด

ระบบแก๊สซิฟิเคชัน เหมาะกับการผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก ไม่เกิน 1 เมกกะวัตต์ ข้อดียมี ประการเดียว คือมีน้ำมัน ดิน (TAR) ผสมในก๊าซ เป็นสาเหตุที่เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน ไม่เป็นที่ แพร่หลายเนื่องจากประสบ ปัญหาเกี่ยวกับการทำความสะอาดน้ำมันดิบในก๊าซที่ผลิตได้ ทำให้ไม่เป็นที่ นิยมนำมาใช้ผลิตไฟฟ้าและหยุดการ พัฒนาไป ดังนั้น หากจะนำไปใช้ต้องหาทางกำจัดหรือทำให้ น้อยลง เพื่อไม่ให้เกิตปัญหาให้กับเครื่องยนต์

ชีวมวลที่เหมาะสมจะนำมาเป็นเชื้อเพลิง เช่น แกลบ เศษไม้ที่ย่อยแล้ว กะลาปาล์ม และ ขานอ้อย เป็นต้น ความชื้นไม่ควรเกิน 50% และต้องมีขนาดที่พอเหมาะ หากเล็กเกินไปจะทำให้ อากาศไหลผ่านไม่ได้ หรือ หากใหญ่เกินไปจะเกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงไม่หมด ปัจจุบันมีการนำ เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันมาผลิตแก๊สเป็น เชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในเพื่อผลิตไฟฟ้า โดยใช้เตาผลิตแก๊สชนิดลมล่าง (Downdraft Gasification) ซึ่งข้อเด่นของเตาชนิดนี้ คือออกแบบมาเพื่อ ขจัดน้ำมันดินโดยเฉพาะ



รูปที่ 2.4 เครื่องปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันแบบฟลูอิด์เบดใช้เตาผลิตแก๊สชนิดลมล่าง (Downdraft)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 วิธีการทำความสะอาด

วิธีการทำความสะอาดที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร แบ่งได้เป็น 2 วิธีดังนี้

2.3.1 วิธีการทำความสะอาดแบบแห้ง

เป็นวิธีการทำความสะอาดแบบไม่ใช้น้ำ เหมาะกับวัตถุดิบที่ไม่ต้องการให้เปียกน้ำ ได้แก่ เมล็ดธัญชาติ ถั่วเมล็ดแห้ง ลูกเดือย งา รวมทั้งวัตถุดิบประเภทของแห้ง ลักษณะเป็นเม็ด เป็นผง เช่น แป้ง วัตถุดิบอาหาร พืชหัว เช่น มันฝรั่ง มันสำปะหลัง เป็นต้น

วิธีการทำความสะอาดแบบแห้งทำได้หลายวิธี ดังนี้

1. การใช้คนหยาบออก เป็นวิธีที่ง่ายที่สุด เหมาะกับวัตถุดิบที่มีขนาดใหญ่ หรือมีรูปร่างไม่สม่ำเสมอ หรือในสถานประกอบการขนาดเล็ก
2. การร่อนด้วยตะแกรง เพื่อแยกสิ่งแปลกปลอมทางกายภาพที่มีขนาดต่างจากวัตถุดิบ เช่น กรวด ทราย เศษพืช วัตถุดิบที่แตกหัก ฝ่อ ลีบ โดยแยกสิ่งแปลกปลอมที่มีขนาดเล็กกว่าวัตถุดิบให้หลุดรอดผ่านรูตะแกรง หรือแยกสิ่งแปลกปลอมที่มีขนาดใหญ่กว่าวัตถุดิบให้ค้างอยู่บนตะแกรง
3. การใช้ลมเป่า เพื่อกำจัดแปลกปลอมที่มีน้ำหนักแตกต่างจากวัตถุดิบ โดยการใช้ลมจากพัดลมผ่านท่อบังคับทิศทางลม เป่าผ่านวัสดุที่กำลังเคลื่อนที่ เพื่อเป่าให้สิ่งสกปรกที่เบากว่า เช่น ฝุ่น ใบไม้ เศษพืช เปลือก เยื่อหุ้มเมล็ด ให้ปลิวแยกออกจากวัตถุดิบ
4. การใช้เครื่องจับโลหะ โดยใช้แม่เหล็ก ดักจับ แยกสิ่งแปลกปลอมที่เป็นโลหะ เช่น เศษเหล็ก ตะปู ซึ่งหากผ่านเข้าไปในกระบวนการผลิตอาจทำความเสียหายให้เครื่องจักร หรือหลุดรอดไปยังผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

2.3.2 วิธีการทำความสะอาดแบบเปียก

เป็นการทำความสะอาดวัตถุดิบด้วยน้ำ เพื่อกำจัดสิ่งสกปรก หรือสิ่งแปลกปลอมที่ติดอยู่กับวัตถุดิบให้หลุดออก หรือละลายอยู่ในน้ำที่ใช้ล้าง

ประสิทธิภาพของการล้างด้วยน้ำขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่

- ความสะอาดของน้ำที่ใช้ล้าง น้ำที่ใช้ล้างวัตถุดิบควรเป็นน้ำสะอาดมีคุณภาพตามมาตรฐานสำหรับน้ำดื่ม

- อุณหภูมิของน้ำล้าง แม้ว่า การเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้เกิดการละลายและการกำจัดสิ่งปรกได้ดีกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำ แต่อาจไม่เหมาะสมกับวัตถุดิบอาหารที่เน่าเสียง่าย เช่น อาหารทะเล หรือผักผลไม้สด

- ระยะเวลาการล้าง หรือเวลาแช่ในน้ำล้าง วัตถุดิบที่มาจากใต้ดิน เช่น พืชหัว กระจาย ข่า ขิง ซึ่งมีชอกมูมที่ดินโคลนติดแน่น ควรแช่น้ำก่อนการล้าง เพื่อให้สิ่งสกปรกอ่อนตัวลงก่อนการล้าง

- การใช้แรงกลระหว่างการล้าง เช่น การใช้น้ำแรงดันสูงฉีดล้าง การล้างในน้ำที่หมุนวน หรือการใช้แปรงขัดถูระหว่างการล้าง จะช่วยกำจัดสิ่งสกปรกได้ดีกว่าการล้างในน้ำนิ่ง

ซึ่งวิธีการทำความสะอาดแบ่งออกเป็นดังนี้

1. SOAKING เป็นวิธีเบื้องต้นที่ใช้ทำความสะอาด และเหมาะสมกับวัสดุอาหารที่มีการปนเปื้อนมากๆ เช่น ผัก ผลไม้บางชนิด สิ่งที่ปนเปื้อนมักเป็น ดิน ทราาย กรวด ซึ่งสิ่งเหล่านี้อาจจะเป็นตัวทำความเสียหายแก่เครื่องมือได้

SOAK TANK จะทำด้วยโลหะที่มีผิวเรียบและสามารถทำความสะอาดได้ง่าย ซึ่งไม่ควรทำด้วยไม้และด้านล่างจะมีตะแกรงไว้สำหรับกรองเศษดิน ต่างๆ ให้แยกออกจากน้ำก่อนปล่อยลงสู่แม่น้ำ

หากใช้น้ำอุ่นในการทำความสะอาด จะสามารถช่วยในการชะล้างได้ดีขึ้น แต่จะมีผลเสียต่อเนื้อ สัมผัสของวัสดุอาหาร

2. SPRAY WASHING เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในการทำความสะอาดแบบเปียก โดยการสเปรย์น้ำบนผิว หรือเปลือกของวัสดุอาหาร

ประสิทธิภาพของวิธีนี้ จะขึ้นอยู่กับ

- ความดันของน้ำที่ใช้
- ปริมาณน้ำที่ใช้
- อุณหภูมิของน้ำที่ใช้
- ระยะห่างของจุดสเปรย์น้ำกับวัสดุอาหาร
- ระยะเวลาที่ผ่านการสเปรย์น้ำ
- จำนวนหัวสเปรย์

ถ้าใช้ความดันสูงแต่ปริมาณน้ำน้อย จะทำให้มีประสิทธิภาพมาก อย่างไรก็ตามจะทำให้ ผัก และผลไม้ ที่มีความบอบบางเสียหายได้ เช่น สตรอเบอร์รี่ หน่อไม้ฝรั่ง บางครั้งการใช้ความดันสูง จะช่วยชะส่วนที่เป็นจุดดำดำ ของมะเขือเทศ ลูกพีท และพืชตระกูลมะนาว ออกไปพร้อมกับเศษดินด้วย

วิธีนี้สามารถแบ่งออกได้ เป็นดังนี้

2.1 SPRAY DRUM WASHERS โครงสร้างจะทำด้วยโลหะ เป็นทรงกระบอกยาวและขนาดของทรงกระบอกต้องมีความเหมาะสมกับวัสดุอาหารที่จะนำมาทำความสะอาด ส่วนตัวdrum จะหมุนอย่างช้าๆ และวางทำมุมเอียงกับแนวระดับ ซึ่งความเร็ว และมุมเอียงจะต้องกำหนดให้เหมาะสมเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของวัสดุอาหารภายใน drum และแกนสเปรย์น้ำ จะต้องอยู่กึ่งกลางภายในทรงกระบอก หัวฉีดสเปรย์น้ำจะต้องถูกจัดวางให้มีระยะห่างที่พอเหมาะในการชะล้าง

2.2 SPRAY BELT WASHERS เป็นการขนถ่ายวัสดุอาหารโดยใช้หลักการง่ายๆ เช่น สายพานลำเลียงการเปิด ซึ่งวางอยู่ใต้แกนสเปรย์น้ำ จึงเหมาะสมกับวัสดุอาหารที่มีลักษณะค่อนข้างกลม เช่น แอปเปิ้ล ต่อมาจึงได้มีการพัฒนาส่วนการลำเลียงเป็นลูกกลิ้ง เป็นผลให้วัสดุอาหารหมุนไปได้

3. FLOTATION WASHING เป็นวิธีที่ใช้ทำความสะอาดของวัสดุอาหารกับสิ่งปนเปื้อนโดยอาศัยการลอยหรือจม ซึ่งสิ่งปนเปื้อนจะจมอยู่ในน้ำแต่ละออง ส่วนวัสดุอาหารลอยอยู่บนผิวน้ำแล้วจะมีก้านกวาดให้ไปรวมกันที่ทางออก

4. ULTRASONIC CLEANING เป็นการใช้การสะท้อนของคลื่น ultrasonic ที่มีความถี่ค่าหนึ่งส่งผ่านไปยังวัสดุอาหารที่แช่อยู่ในน้ำ

2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับสายพาน

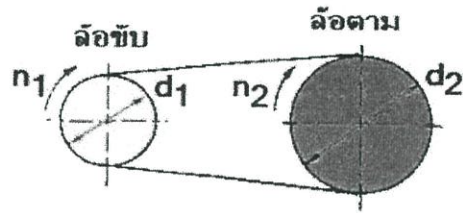
2.4.1 การส่งกำลังด้วยสายพาน

การส่งกำลังด้วยสายพานเป็นการส่งกำลังชนิดแบบอ่อนตัวได้ซึ่งมีข้อดีข้อเสียหลายอย่าง เหมาะสำหรับการส่งกำลัง ระหว่างเพลลาที่อยู่ห่างกันมากๆ และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาค่อนข้างต่ำ อย่างไรก็ตามข้อเสียของการขับด้วยสายพานก็มี คือ อัตราการทดที่ไม่แน่นอนนัก เนื่องจากการสลิป (Slip) และการครีฟ (Creep) ของ สายพานและต้องมีการปรับระยะห่างระหว่างเพลลาหรือปรับแรงตึงในสายพานระหว่าง การใช้งาน นอกจากนี้ยังไม่อาจใช้งานที่มีอัตราทดสูงมากได้

อัตราทดเดียว ส่งกำลังด้วยสายพาน d_1 เส้นผ่านศูนย์กลางล้อขับ (mm), d_2 เส้นผ่านศูนย์กลางล้อขับ (mm), n_1 ความเร็วรอบล้อขับ (1/min), n_2 ความเร็วรอบล้อตาม (1/min)

เมื่อความเร็ว $V_1 = V_2$

$$d_1 \times n_1 = d_2 \times n_2 \quad \dots\dots\dots (1)$$



รูปที่ 2.5 การส่งกำลังด้วยสายพาน

ที่มา: Manufacture Overhaul Rapid and Optimal, 2558

2.4.2 อัตราทดความเร็วรอบของล้อสายพาน

อัตราทดเกิดขึ้นจากการใช้งานที่มีล้อขับกับล้อตาม ความเร็วไม่เท่ากัน การที่จะใช้อัตราทดความเร็วรอบของล้อสายพานนั้น เพื่อต้องการให้ล้อหมุนตาม เร็วกว่าหรือช้ากว่าล้อขับซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณอัตราทด ความเร็วรอบของล้อสายพานสามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$i = \frac{N_d}{N_d} \dots\dots\dots (2)$$

กำหนดให้ i คือ อัตราทดของสายพาน

N_d คือ ความเร็วรอบของล้อสายพานขับ มีหน่วยเป็น รอบต่อนาที

N_d คือ ความเร็วรอบของล้อสายพานตาม มีหน่วยเป็น รอบต่อนาที

ความเร็วรอบของล้อสายพาน สามารถคำนวณได้จาก

$$N_2 = \frac{N_1 \times D_1}{D_2} \dots\dots\dots (3)$$

กำหนดให้ N_1 คือ ความเร็วรอบล้อสายพานขับ มีหน่วยเป็น รอบต่อนาที

N_2 คือ ความเร็วรอบล้อสายพานตาม มีหน่วยเป็น รอบต่อนาที

D_1 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานขับ มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

D_2 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานตาม มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

การคำนวณหาความยาวของสายพาน สามารถคำนวณได้จาก

$$L = 2C + 0.25(D - d^2/C) + 1.75 \times (D + d) \dots\dots\dots (4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

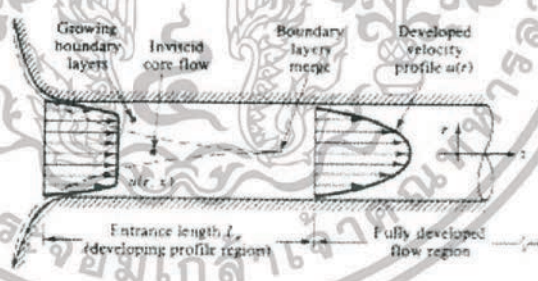
- กำหนดให้
- L คือ ความยาวของสายพาน มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร
 - D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางล้อโต มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร
 - d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางล้อเล็ก มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร
 - C คือ ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเพลลา มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

พูลเลย์ (Pulley) พูลเลย์ หรือ มู่เล่ เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญอีกชิ้นหนึ่งในระบบส่งกำลัง ซึ่งใช้ในการขับเคลื่อนสายพานและส่งกำลังจากเพลลามอเตอร์ไปสู่อุปกรณ์ตัวอื่นๆ สูตรคำนวณขนาดมู่เล่

$$\text{ขนาดมู่เล่ของต้นกำลัง} = \frac{\text{ขนาดมู่เล่ของปั๊ม} \times \text{ความเร็วรอบของปั๊ม}}{\text{ความเร็วรอบของต้นกำลัง}} \dots\dots\dots (5)$$

2.5 ทฤษฎีความเร็วเฉลี่ยและอัตราการไหล

ความเร็ว (Velocity) คือ ระยะทางของการเคลื่อนที่ต่อหนึ่งหน่วยเวลา ดังนั้นหน่วยของความเร็วในระบบ SI คือ m/s ซึ่งความเร็วในการเคลื่อนที่ของของไหลภายในท่อ จะไม่เท่ากันตลอดทั้งภาคตัดที่ของไหลไหลผ่าน เนื่องจากมีความเสียดทานของผนังท่อ ซึ่งของไหลตำแหน่งที่ใกล้กับผนังท่อจะมีความเร็วต่ำกว่าของไหลที่มีตำแหน่งที่ห่างผนังออกมาและตำแหน่งกึ่งกลางท่อจะมีความเร็วสูงสุด



รูปที่ 2.6 การเปลี่ยนแปลง Velocity Profile
ที่มา: จันทกานต์ ทวีกุล, 2551

ดังนั้นในการคำนวณค่าความเร็ว จึงคิดความเร็วเฉลี่ยจากสูตร

$$v = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (6)$$

- เมื่อ V คือ ความเร็วเฉลี่ยในการไหล (m/s)
 Q คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตร (m³/s)
 A คือ พื้นที่หน้าตัดของการไหล (m²)

2.6 การเลือกใช้ปั๊มน้ำ

ปั๊มทำหน้าที่ในการสูบของเหลว จากจุดที่มีเฮดกดดันต่ำ (Low pressure head) โดยส่งของเหลวดังกล่าวออกไปตามระบบท่อ ด้วยเฮดความกดดันที่สูงกว่าเดิม (High pressure head) การที่จะให้ของไหลไหลจากจุดที่มีเฮดกดดันต่ำกว่าไปยังจุดที่มีเฮดความกดดันสูงนั้น จะต้องใช้ใบพัดปั๊มทำหน้าที่ในการถ่ายทอดพลังงานให้แก่ของไหลนั้นๆ เพื่อที่จะทำให้ของไหลมีพลังงานที่จะใช้ขับเคลื่อนตัวเอง โดยสามารถเอาชนะความต้านทานต่อการไหลภายในระบบนั้น ปั๊มจะสูบของไหลจากทางด้านดูด (suction) และออกทางด้านส่ง (delivery) โดยรับพลังงานจากเครื่องต้นกำลัง อาทิ เครื่องยนต์ มอเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้น

2.6.1 ประเภทของปั๊มน้ำ

สามารถจำแนกประเภทของปั๊มตามลักษณะการทำงาน ได้เป็น 4 ลักษณะ คือ

1.) แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal pump)

ปั๊มประเภทนี้นิยมใช้อย่างแพร่หลายในการสูบน้ำ นม สารหล่อลื่น สารละลายเคมี วัสดุทางการเกษตรที่ใช้ในการแปรรูป เป็นต้น มีประสิทธิภาพในการสูบสูงถึง 90 % และยังให้ทำงานที่ระดับความดันสูง

กลไกการส่งผ่านพลังงานในโรเตอร์หรือใบพัด เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของของไหล ก่อให้เกิดความแตกต่างความดันภายในระบบทำให้เกิดการไหลในแนวเส้นรอบวง (Tangential flow) เป็นผลให้เกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal force) ทำให้เกิดการไหลจากจุดศูนย์กลางของใบพัดของใบพัดออกไปสู่แนวเส้นรอบวงทุกทิศทางออกไปทางท่อส่ง ดังนั้น ของไหลที่ถูกขับดันออกมาก็จะมีทิศทางการไหลที่เกิดจากผลรวมของแรงทั้งสอง

2.) แบบโรตารี (Rotary pump)

ทำงานโดยอาศัยหลักการแทนที่ของเหลว ภายในห้องของตัวปั๊มด้วยการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนซึ่งหมุนเพื่อทำให้เกิดความแตกต่างของความดันภายในระบบ ของเหลวจะถูกดูดเข้าและอัดทำให้เกิดแรงดันสูงขึ้นแล้วปล่อยออกมาทางด้านปล่อย ชิ้นส่วนที่หมุนดังกล่าวเรียกว่า โรเตอร์ การหมุนของโร

เตอร์ จะก่อให้เกิดการแทนที่ของของเหลวขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ของไหลที่ไหลผ่านปั๊มมีอัตราการไหลอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา

ปั๊มแบบนี้จะมีอัตราการสูบลดต่ำกว่าปั๊มประเภทอื่นๆ เนื่องจากอัตราการแทนที่ของเหลวมีค่าต่ำ โดยทั่วไปจะมีประสิทธิภาพประมาณ 80 – 85 % ขึ้นอยู่กับการสูญเสียเนื่องจากความเสียดทาน และคุณลักษณะของของไหลที่ใช้สูบ

3.) ปั๊มแบบเลื่อนชักหรือแบบลูกสูบ (Reciprocating pump)

ปั๊มแบบเลื่อนชักจะมีลักษณะการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาโดยมีลูกสูบทำหน้าที่ในการอัดของไหลภายในกระบอกสูบให้มีความดันสูงขึ้น ด้วยการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาเหมาะสำหรับสูบของไหลในปริมาณที่ไม่มากนัก แต่ต้องการเฮดในระบบที่สูง ของเหลวที่ใช้ปั๊มประเภทนี้จะต้องมีความสะอาดเพียงพอที่ไม่ทำให้ชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ภายในกระบอกสูบเกิดการสึกหรอที่เร็วขึ้น การอัดตัวของของไหลแต่ละครั้งจะเป็นจังหวะตามการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาของสูบไม่มีการต่อเนื่องกันจึงทำให้ การไหลของของไหลมีลักษณะเป็นห้วงๆ (pulsation)

4.) แบบพิเศษ (Specialized pump)

ปั๊มแบบพิเศษ เป็นปั๊มที่มีลักษณะพิเศษนอกเหนือไปจากปั๊มแบบต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้น ปัจจุบันปั๊มแบบพิเศษที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมีดังนี้

2.7 หัวฉีด

2.7.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับหัวฉีด

นอซเซิล (nozzle) เป็นอุปกรณ์ใช้วัดการไหล (flow measurement) ที่สามารถวัดการไหลได้ทั้งของเหลวและก๊าซ โดยใช้ทฤษฎีของเบอร์นูลลี (Bernoulli's theorem) หรือหลักการวัดความดันแตกต่าง (differential pressure, ΔP) ระหว่างจุด 2 จุดที่ของไหลไหลผ่าน และนำค่าความดันแตกต่างที่วัดได้นั้นมาคำนวณหาอัตราการไหล (ดังสมการที่ 1) เช่นเดียวกับแผ่นออริฟิส (orifice plate) และท่อเวนทูรี (venturi tube)

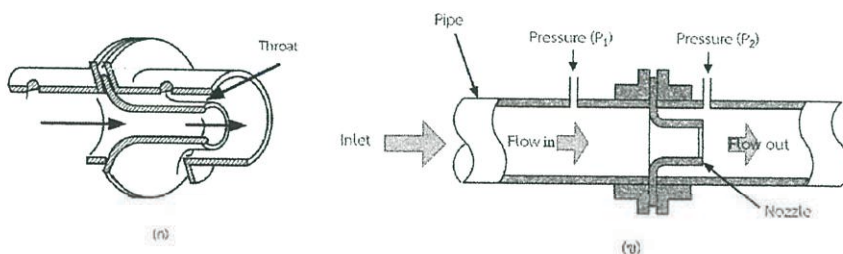
$$Q = K\sqrt{\Delta P} \quad \dots\dots\dots (7)$$

โดย K คือ ค่าคงที่ของท่อและชนิดของของไหล ($m^3/s/psi$)

ΔP คือ ค่าความดันแตกต่างระหว่างจุดสองจุดที่ของไหลไหลผ่าน (psi)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างของนอซเชิลแสดงดังรูป โดยตำแหน่งในการติดตั้งจุดวัดความดันแต่ละจุด บริษัทผู้ผลิตจะเป็นผู้กำหนด



รูปที่ 2.7 โครงสร้างของนอซเชิลและลักษณะการติดตั้งภายในท่อ
ที่มา: นวกัทราก และ ทวีพล, 2555

2.7.2 ประเภทของหัวฉีด

1.) หัวฉีดน้ำทรงกรวยเต็ม (Full Cone Spray Nozzle)

- ใช้สำหรับฉีดน้ำเต็มพื้นที่ที่ต้องการมีให้เลือกทั้งแบบมุมสเปรย์ธรรมดาและแบบมุมกว้าง
- Full Cone Spray Nozzle หัวฉีดสเปรย์ทรงกรวยเต็ม ลักษณะของสเปรย์จะเป็นทรงโคน ทำให้ฉีดน้ำได้เป็นวงกลมเต็มพื้นที่ ส่วน Full Cone Spray Nozzle ยังมีให้เลือกเป็นแบบ Square จะสเปรย์ออกเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยม
- ประโยชน์ของ Full Cone Spray Nozzle หัวฉีดน้ำแบบทรงกรวยกลวง มักจะเพื่อตัดฝุ่น ลดความร้อน
- วัสดุที่มีให้เลือก : PP PVDF BRASS STAINLESS SUS303 SUS304 SUS316



รูปที่ 2.8 หัวฉีดน้ำทรงกรวยเต็ม (Full Cone Spray Nozzle)

ที่มา: V.T.R. OFFICE CENTER CO., LTD., 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) หัวฉีดสเปรย์น้ำทรงกรวยกลวง ทรงโดนัท (HOLLOW CONE SPRAY NOZZLE)

- Hollow Cone Spray Nozzle หัวฉีดสเปรย์ทรงกรวยกลวง หรือแบบทรงโดนัท คือมีรูตรงกลาง หัวฉีดน้ำแบบนี้จะฉีดสเปรย์เป็นเส้นรอบวง หรือ ที่เราเห็นเป็นโดนัทนั่นเอง
- ประโยชน์ของ Hollow Cone Spray Nozzle หัวฉีดน้ำแบบทรงกรวยกลวง มักจะเพื่อฉีดฝุ่น ลดความร้อน ในบริเวณที่ต้องการโดยไม่เปียกมากเกินไป
- วัสดุที่มีให้เลือก : PP PVDF BRASS STAINLESS SUS303 SUS304 SUS316

รูปที่ 2.9 หัวฉีดสเปรย์น้ำทรงกรวยกลวง ทรงโดนัท (Hollow Cone Spray Nozzle)

ที่มา: V.T.R. OFFICE CENTER CO., LTD., 2558

3.) หัวฉีดน้ำทรงพัดแบน (Flat Fan Spray Nozzle)

มีลักษณะของสเปรย์เป็นแบบแบน หรือ ทรงพัดโดยทั่วไปจะใช้สำหรับงานล้างโดยเฉพาะการฉีดล้างบนสายพานลำเลียง มีวัสดุให้เลือกทั้ง PP PVDF BRASS STAINLESS

รูปที่ 2.10 หัวฉีดน้ำทรงพัดแบน (Flat Fan Spray Nozzle)

ที่มา: V.T.R. OFFICE CENTER CO., LTD., 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.) หัวฉีดน้ำแบบเกลียวเดือยหมุน (Spiral Spray Nozzle)

หัวฉีดสเปรย์น้ำแบบเกลียวเดือยหมุน มีให้เลือกทั้งแบบ Full Cone และ Hollow Cone เป็นหัวฉีดน้ำที่มีรูใหญ่ทำให้ไม่ตัน ไม่ต้องถอดล้างทำความสะอาดบ่อย

- วัสดุ สแตนเลส316(SUS316) ทองเหลือง(Brass) พลาสติก(PP)



รูปที่ 2.11 หัวฉีดน้ำแบบเกลียวเดือยหมุน (Spiral Spray Nozzle)

ที่มา: V.T.R. OFFICE CENTER CO., LTD., 2558

2.8 เพลลา

เพลลาเป็นชิ้นส่วนที่มีอยู่ในเครื่องจักรเกือบทุกชนิด ทำหน้าที่ในการส่งถ่ายกำลังหรือทำให้เกิดการหมุนระหว่างชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่อง ขณะใช้งานเพลลาจะอยู่ภายใต้ภาระการกระทำชนิดต่างๆ เช่น แรงกด แรงดึง โมเมนต์ดัด และโมเมนต์บิดซึ่งอาจมีทั้งแรงสถิตและแรงแบบวัฏจักร ทำให้เกิดการล้าได้เพลลาอาจมีชื่อเรียกแตกต่างกันตามลักษณะการใช้งานดังนี้ คือ

- เพลลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ในการส่งกำลัง

- แกน (Axle) เป็นชิ้นส่วนลักษณะเดียวกับเพลลาแต่ไม่หมุน ส่วนมากเป็นตัวรองรับชิ้นส่วนที่หมุน เช่น ล้อ ล้อสายพาน เป็นต้น อย่างไรก็ตามทั้งเพลลาและแกนก็นิยมเรียกรวมกันว่าเพลลา ไม่ว่าจะชิ้นส่วนนั้นจะหมุนหรือไม่ก็ตาม

- สปินเดิล (Spindle) เป็นเพลลาขนาดสั้น เช่น เพลลาที่หัวแท่งกลึง (Head-Stock spindle) เป็นต้น

- สตับชาฟ (Stub Shaft) เป็นเพลลาที่ติดเป็นชิ้นส่วนต่อเนื่องกับเครื่องยนต์มอเตอร์ หรือเครื่องต้นกำลังอื่นๆ มีขนาด รูปร่าง และส่วนยื่นออกมา สำหรับใช้ต่อกับเพลลาอื่น ๆ

- เพลาแนว (Line Shaft) หรือเพลาส่งกำลัง (Power Transmission Shaft) หรือเพลาเมน (Mainshaft) เป็นเพลาซึ่งต่อตรงจากเครื่องต้นกำลัง ใช้ในการส่งกำลังไปยังเครื่องจักรกลอื่นๆ โดยเฉพาะ
- แจ็คชาฟ (Jack Shaft) เป็นเพลาขนาดเส้นที่ต่อระหว่างเครื่องต้นกำลังกับเพลาเมนหรือเครื่องจักรกล
- เพลาอ่อน (Flexible Shaft) เป็นเพลาที่สามารถอ่อนตัวหรือโค้งได้เพลาประเภทนี้ทำด้วย สายลวดใหญ่ (Cable) ลวดสปริงหรือลวดเหนียว (Wire Rope) ใช้ในการส่งกำลังในลักษณะที่ แกนหมุนทำมุมกันได้แต่ส่งกำลังได้น้อย

2.8.1 วัสดุเพลา

วัสดุที่ใช้สำหรับทำเพลาทั่วไป คือ เหล็กกล้าละมุน (Mild Steel) ถ้าต้องการให้มีความเหนียวและความทนทานต่อแรงกระตุกเป็นพิเศษแล้ว มักจะใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่นทำเพลา เช่น AISI 1347 , 3140 , 4150 เป็นต้น เพลาที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโตกว่า 90 มิลลิเมตร มักจะกลึงมาจากเหล็กกล้าคาร์บอน ซึ่งผ่านการรีดร้อน อย่างไรก็ตามเพื่อให้เปลามีราคาถูกที่สุด ผู้ออกแบบควรพยายามเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดา ก่อนที่เลือกใช้เหล็กกล้าชนิดอื่น

2.8.2 ขนาดของเพลา

เพื่อให้เปลามีมาตรฐานเหมือนกัน องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศจึงได้กำหนดมาตรฐานของเพลา ซึ่งระบุขนาด ใน ISO / R 775 – 1969 เอาไว้สำหรับผู้ออกแบบเลือกใช้ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถหาซื้อได้ทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของแบริ่งที่ใช้รองรับเพลาด้วย ขนาดระบุของเพลาดูได้จากรูปที่ 2.6

| ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง เป็นมิลลิเมตร | | | | |
|------------------------------------|----|-----|-----|-----|
| 6 | 25 | 70 | 130 | 240 |
| 7 | 30 | 75 | 140 | 260 |
| 8 | 35 | 80 | 150 | 280 |
| 9 | 40 | 85 | 160 | 300 |
| 10 | 45 | 90 | 170 | 320 |
| 12 | 50 | 95 | 180 | 340 |
| 14 | 55 | 100 | 190 | 360 |
| 18 | 60 | 110 | 200 | 380 |
| 20 | 65 | 120 | 220 | - |

รูปที่ 2.12 แสดงขนาดระบุของเพลาตามมาตรฐาน ISO / R 775 – 1969

ที่มา: วรวิทย์ อิงภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน, 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

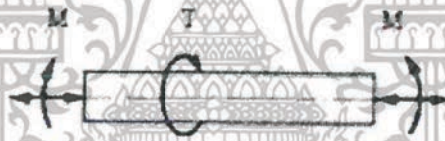
2.8.3 หลักพิจารณาในการออกแบบเพลลา

การคำนวณหาขนาดเพลลาที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ดังนั้นมุมบิดของเพลลาที่เกิดขึ้นในขณะใช้งานจะต้องมีค่าไม่มากกว่าที่กำหนดไว้ นั่นคือ เพลลาจะต้องมีความแข็งแรงอยู่ในภายในพิกัดที่ต้องการ ถ้ามุมบิดมากเกินไปนอกจากจะเสียความเที่ยงตรงทางด้านตำแหน่งแล้ว ยังอาจก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนมีผลให้เฟืองและแบร้งที่รองรับเพลลาอยู่ เกิดความเสียหายได้ง่ายยิ่งขึ้น

2.8.4 การออกแบบเพลลาตามโค้ดของ ASME

ก่อนปี พ.ศ. 2497 ได้มีการยอมรับวิธีการคำนวณหาขนาดของเพลลาส่งกำลังซึ่งกำหนดเป็นโค้ด(Code) โดยสมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งสหรัฐอเมริกา (ASME) แม้ว่าเวลาจะล่วงเลยมานานแล้วก็ตามวิธีการออกแบบเพลลาตามโค้ดของ ASME ก็ยังมีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

วิธีการดังกล่าวนี้ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุดและไม่พิจารณาถึงความล้าหรือความคืบหน้าเน่นที่เกิดขึ้นบนเพลลา ซึ่งเป็นการออกแบบโดยวิธีสถิตศาสตร์ (Static Design Method) ในการหาสมการสำหรับออกแบบเพลลาให้พิจารณาเพลลาในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.13 เพลลาภายใต้แรงต่าง ๆ

ที่มา: วรวิทย์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน , 2537

การออกแบบการคำนวณเพลลา ในการออกแบบหาขนาดของเพลลา จะต้องพิจารณาสิ่งเหล่านี้ กำลังงาน (Power) และภาระ (Load) ที่ใช้เพลลาส่งกำลัง ความเค้นที่เกิดขึ้นกับเพลลา รวมทั้งรูปร่าง ขนาด วัสดุ และผิวสำเร็จ ซึ่งเป็นสาเหตุในการเกิดความเค้นตกค้าง (Stress Concentration) ขึ้น ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของเพลลา และความเร็ววิกฤติ (Critical Speed) หมายถึง การสั่นตัวของเพลลาอันเป็นผลเนื่อง มาจากการแอ่นตัวของเพลลา

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องล้างหมันสำปะหลัง

2.9.1 เครื่องล้างทำความสะอาดซิง

เครื่องล้างทำความสะอาดซิง ซึ่งประกอบด้วยชุดดรัมทำความสะอาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 47 เซนติเมตร และยาว 146 เซนติเมตร ประกอบด้วยชุดแปรงทำความสะอาด 3 ชุดติดภายในดรัมในแนวนอนและแนวเอียง การทำงานเริ่มจากซิงถูกปล่อยออกจากถาดป้อนเข้าสู่กระบวนการทำความสะอาดด้วยชุดแปรงหมุนขัดหัวซิงโดยมีการฉีดน้ำชะล้างร่วมด้วยที่แรงดัน 1 kg/cm² จากการทดสอบพบว่าความเร็วรอบที่ดีที่สุดของดรัมอยู่ที่ 26 รอบต่อนาที ที่มุมมองของดรัมในการล้าง 3 องศา ได้ประสิทธิภาพทำความสะอาดสูงสุดที่ 83.04% สามารถล้างซิงได้ 230 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการใช้ไฟฟ้า 13.2 ลิตรต่อนาทีและอัตราการใช้ไฟอยู่ที่ 1 ถึง 1.3 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง คิดเป็น 5 บาทต่อชั่วโมง (ค่าไฟหน่วยละ 3.936 บาท)

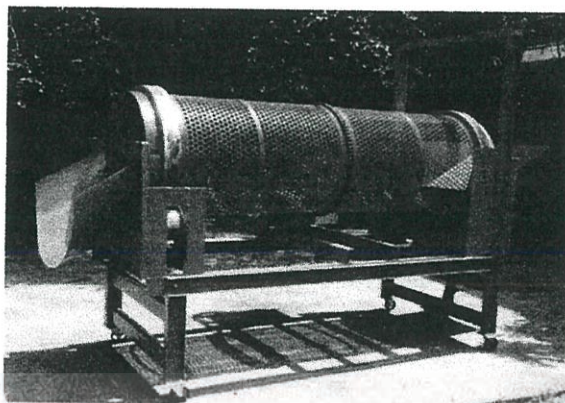


รูปที่ 2.14 เครื่องล้างทำความสะอาดซิง

ที่มา: เบญจมาศ เบญจรัตน์ และปัทมา, 2553

2.9.2 เครื่องทำความสะอาดหมันสำปะหลัง

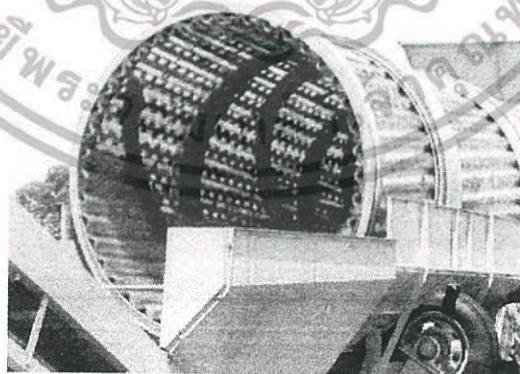
เครื่องทำความสะอาดหมันสำปะหลัง ทำจากตระแกรงม้วนเป็นทรงกลม มีรูขนาด 1 นิ้ว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของ 0.759 เมตร ยาว 2.5 เมตร ซึ่งสามารถป้อนหมันสำปะหลังเข้าไปในตระแกรงที่มีปริมาตร 40% ของปริมาตรตระแกรง และหมุนความเร็รรอบ 15 รอบต่อนาที ประมาณ 10 นาที โดยใช้ต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1/2 แรงม้า ความเร็รรอบ 1450 รอบต่อนาที สามารถทำความสะอาดหมันสำปะหลังด้วยอัตรา 1,045 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือ 8,362 ตันต่อวัน



รูปที่ 2.15 เครื่องทำความสะอาดหัวมันสำปะหลัง
ที่มา: เทคโนโลยีชาวบ้าน, 2560

2.9.3 เครื่องทำความสะอาดหัวมันสำปะหลัง (สุกัญญา จิตตพรพงษ์)

เครื่องทำความสะอาดหัวมันสำปะหลัง เป็นถังหมุนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เมตร ยาว 6 เมตร ใช้เครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวเป็นต้นกำลังในการหมุนถัง ซึ่งเมื่อเอาหัวมันสำปะหลังใส่ลงไปให้หัวมันกลิ้งและมีการพลิกตัว เมื่อหัวมันมากกระทบกับชุดสกริดผิว ผิวนอกจะเปิดออกหัวมันจะถูกัน ผิวมันจะหลุดออกทำให้ดินทรายหลุดออกด้วยและผิวสีขาวขึ้น สิ่งสกปรกเหล่านี้จะถูกแยกออกมา มีสกรูพาออกมาข้างนอก ส่วนหัวมันที่สะอาดแล้วจะออกไป ซึ่งจะมีอัตราการผลิตอยู่ที่ 18 ตัน/ชั่วโมง และในปัจจุบันมีการปรับปรุงโดยเปลี่ยนมาใช้เป็นมอเตอร์ไฟฟ้า 15 แรงม้า โดยจะมีอัตราการผลิตที่ 45 - 50 ตัน/ชั่วโมง พบว่าเมื่อนำมาทำมันเส้น มันเส้นที่ทำออกมา มีทรายปนอยู่เพียง 0.5 %



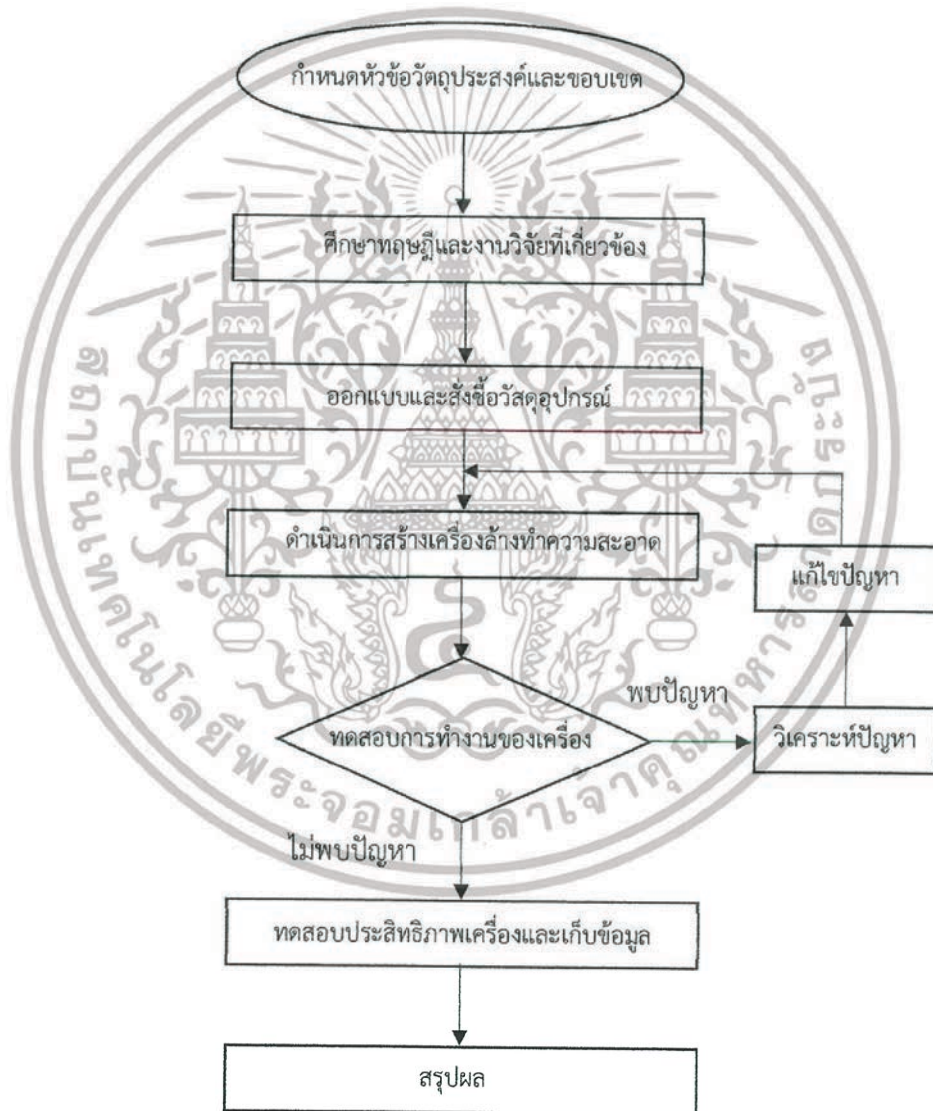
รูปที่ 2.16 เครื่องทำความสะอาดหัวมันสำปะหลัง
ที่มา: ศูนย์สารสนเทศการวิจัย, 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

การออกแบบเครื่องล้างหม้อล้างสำปะหลังจะต้องมีการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องล้างหม้อล้างสำปะหลัง เพื่อให้ทราบถึงหลักการในการทำความสะดวกในอุตสาหกรรมและหลักการในการออกแบบ ตลอดจนการวางแผนดำเนินการสร้างเครื่องล้างหม้อล้างสำปะหลังขึ้น ดังนั้นผู้จัดทำโครงการจึงได้วางแผนการดำเนินงานตามขั้นตอนดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการดำเนินโครงการสร้างเครื่องล้างหม้อล้างสำปะหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

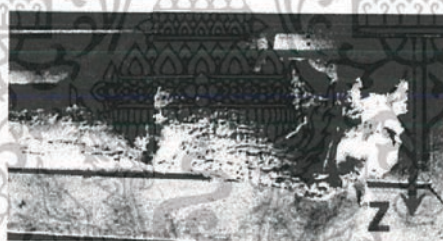
3.1 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเหง้ำมันสำปะหลัง

ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเหง้ำมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 จากไร่ในพื้นที่ จ.ชลบุรี จำนวน 100 ตัวอย่าง เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบเครื่องล้างเหง้ำมันสำปะหลัง โดยมีมิติของเหง้ำมันสำปะหลัง กว้าง(x) ยาว(y) x หนา(z)



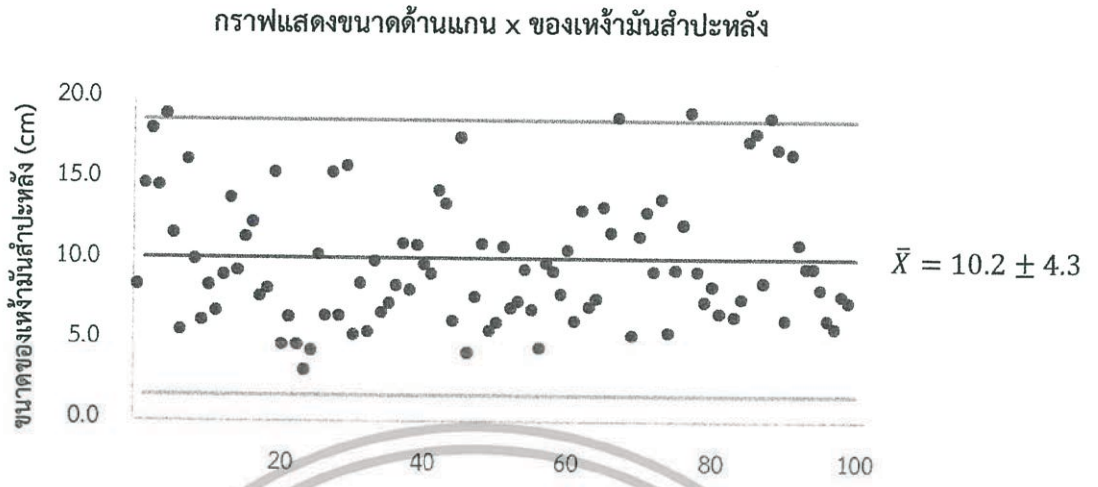
รูปที่ 3.2 การวัดเหง้ำมันสำปะหลังแนวแกน x

รูปที่ 3.3 การวัดเหง้ำมันสำปะหลังแนวแกน y



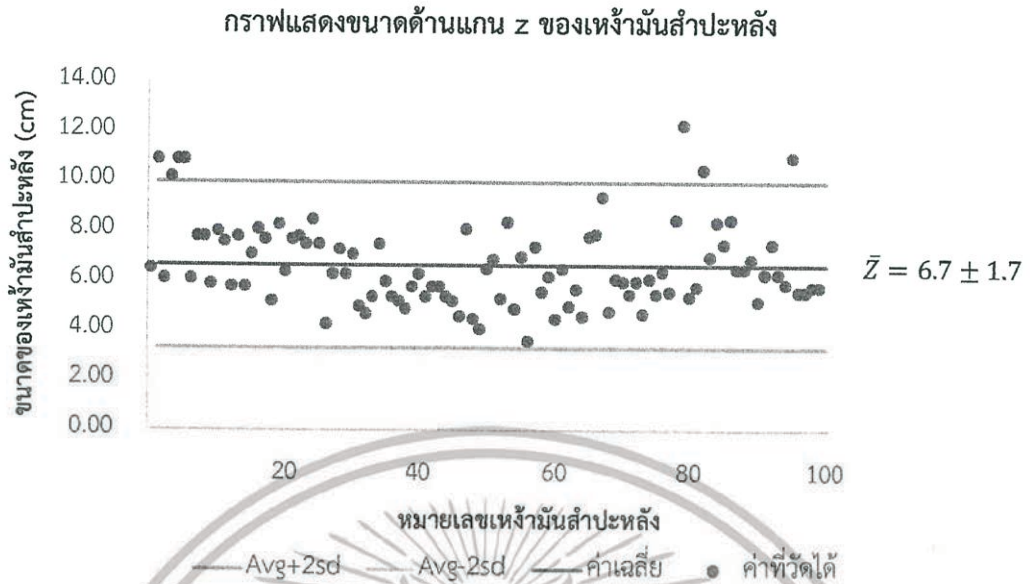
รูปที่ 3.4 การวัดเหง้ำมันสำปะหลังแนวแกน z

จากรูปที่ 3.2 , 3.3 และ 3.4 มีขนาดเหง้ำมันสำปะหลังตามแกน x , y และ z มีขนาดเฉลี่ย 10.2 , 40.4 และ 6.7 เซนติเมตร (cm) ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยแสดงดังรูปที่ 3.5 , 3.6 และ 3.7



รูปที่ 3.6 ขนาดด้านแกน y ของเหง้ามันสำปะหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

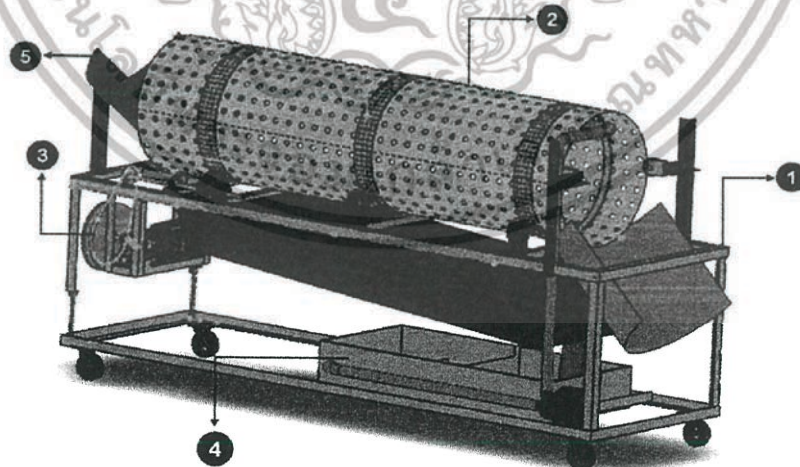


รูปที่ 3.7 ขนาดด้านแกน z ของเหง้ามันสำปะหลัง

3.2 การออกแบบเครื่องล้างเหง้ามันสำปะหลัง

เครื่องต้นแบบล้างเหง้ามันสำปะหลังมีส่วนประกอบที่สำคัญ แสดงดังรูปที่ 3.8 ดังนี้

1. ชุดโครงเครื่อง
2. ชุดตระแกรงทรงกระบอก
3. ชุดส่งกำลัง
4. ชุดป้อน หัวฉีด ถาดรองน้ำ และถาดรวม
5. ช่องป้อนและช่องออกของเหง้ามันสำปะหลัง



รูปที่ 3.8 ส่วนประกอบของเครื่องล้างเหง้ามันสำปะหลัง

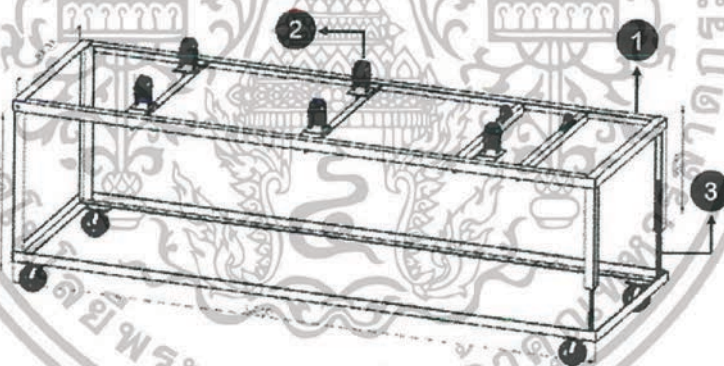
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 หลักการทำงานของเครื่องล้างหมันสำปะหลัง

หลักการทำงานของเครื่องล้างหมันสำปะหลัง จะมีขั้นตอนการทำงานคือ ป้อนหมันสำปะหลังลงไปในช่วงป้อนหมันสำปะหลังด้านหัวของตัวเครื่อง โดยหมันสำปะหลังจะถูกลำเลียงเข้าไปภายในชุดตระแกรงทรงกระบอก (Drum) ซึ่งภายในตระแกรงทรงกระบอก จะมีฟ่อนน้ำ ประกอบด้วยชุดหัวฉีดแรงดันสูง เพื่อฉีดชะล้างทำความสะอาด ในขณะที่เดียวกัน ชุดดรัมจะหมุนตลอดกระบวนการ โดยใช้แรงขับเคลื่อนของล้อขับเคลื่อนที่ติดกับเพลลา จากนั้นหมันสำปะหลังที่ทำความสะอาดเสร็จแล้วจะลำเลียงมาจนสุดส่วนท้ายของชุดดรัม และเคลื่อนที่ออกจากชุดดรัมโดยผ่านช่องออกด้านท้ายของตัวเครื่อง

3.2.2 การออกแบบชุดโครงสร้างของเครื่องล้างหมันสำปะหลัง

โครงสร้างของเครื่องล้างหมันสำปะหลังถูกออกแบบให้สามารถรองรับตระแกรงทรงกระบอก (Drum) โดยตระแกรงทรงกระบอกจะถูกวางบนลูกกลิ้งอย่างขนาด 5 นิ้ว (in) เพื่อประคองขณะเคลื่อนที่ ซึ่งโครงสร้างของเครื่องมีความสูง 80 เซนติเมตร (cm) กว้าง 95 เซนติเมตร (cm) ยาว 300 เซนติเมตร (cm) แสดงดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 โครงสร้างของเครื่องล้างหมันสำปะหลัง

โครงสร้างของเครื่องล้างหมันสำปะหลังสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1. ส่วนโครงสร้างรับแรง 2. ส่วนล้อขับเคลื่อนตระแกรงทรงกระบอก (Drum) และ 3. ส่วนปรับมุมมอง ซึ่งจะมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1.) ส่วนของโครงสร้าง

ใช้เหล็กฉากขนาด 50 x 50 x 5 มิลลิเมตร(mm) (กว้างxยาวxหนา) เป็นโครงสร้างของเครื่อง

1.1 นำเหล็กฉากมาตัดเป็นท่อน โดยจะใช้ความยาว 3 ขนาด คือ 55 , 95 และ 300 เซนติเมตร (cm) ซึ่งเหล็กฉากความยาว 55 เซนติเมตร (cm) จะนำมาใช้เป็นขาส่วนทางด้านท้ายของเครื่อง เหล็กฉากความยาว 95 เซนติเมตร (cm) จะใช้เป็นด้านกว้างของเครื่อง และเหล็กฉากขนาด 300 เซนติเมตร (cm) จะใช้เป็นด้านยาวของตัวเครื่อง

1.2 นำเหล็กฉากที่ตัดแบ่งแล้วมาประกอบเข้าด้วยกัน โดยการใช้เครื่องเชื่อมไฟฟ้า

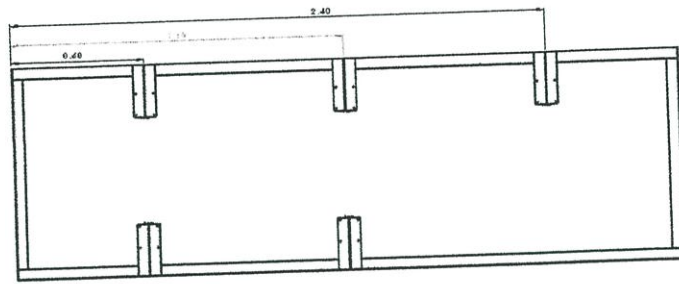
2.) ส่วนล้อขับเคลื่อนทรงกระบอก (Drum)

ใช้ล้อขับเคลื่อนขนาด 5 นิ้ว (in) จำนวน 5 ล้อ ซึ่งเป็นล้อตาย ไม่สามารถหมุนเอียงตัวล้อได้

2.1 ล้อจะติดเข้ากับส่วนที่ต่อเสริมจากโครงเหล็ก ซึ่งจะใช้เป็นเหล็กฉากขนาด 40x40x4 มิลลิเมตร (mm) (กว้างxยาวxหนา) จำนวน 2 ท่อนที่มีความยาว 40 เซนติเมตร (cm) มาประกบและเจาะรูเพื่อประกอบล้อเข้าไป แสดงดังรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 เหล็กฉากสำหรับยึดล้อ

2.2 เจาะรูขนาด 10 มิลลิเมตร (mm) จำนวน 4 รู เพื่อทำการประกอบล้อโดยยึดกับน็อตและทำการเชื่อมเหล็กฉากที่ประกอบล้อแล้วเข้าไปในโครงสร้างรับแรงส่วนบนของเครื่อง โดยจะมีระยะห่างตามแนวยาวเป็น 60 , 150 และ 240 เซนติเมตร (cm) ตามลำดับ ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ติดประกอบเหล็กฉากสำหรับยึดล้อเข้ากับโครงสร้างส่วนบน

2.3 นำล้อขับเคลื่อน จำนวน 5 ล้อ ติดตั้งบนโครงสร้างของเครื่อง แสดงดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 ล้อขับเคลื่อนบนโครงสร้างของเครื่อง

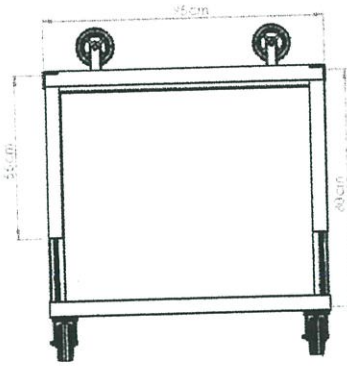
3.) ส่วนปรับมุมมอง

ส่วนหัวของโครงสร้าง สามารถปรับระดับความสูงได้ เพื่อใช้ในการปรับองศาของชุดตระแกรงทรงกระบอก ซึ่งจะมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.1 เลือกใช้เหล็กฉากความยาว 55 เซนติเมตร (cm) เชื่อมติดกับโครงด้านล่าง

3.2 ตัดเหล็กแผ่นหนา 0.4 เซนติเมตร ความกว้างและความยาว 4 เซนติเมตร (cm) ตามลำดับ และทำการเจาะรูขนาด 1 นิ้ว (in) มาเชื่อมเข้ากับขาเหล็กฉาก เพื่อประกอบเข้าเป็นขาที่สามารถปรับระดับได้

3.3 นำเหล็กเกลียวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว (in) ความยาว 50 เซนติเมตร (cm) มาเชื่อมกับโครงด้านล่าง โดยจะประกอบเหล็กเกลียวเข้ากับขาเหล็กฉาก ซึ่งจะร้อยเหล็กเกลียวเข้าไปในรูที่เจาะไว้และใส่ล้อตัวเมียเพื่อให้มีปรับระดับสูงต่ำได้



รูปที่ 3.13 ชุดปรับระดับความสูงในส่วนหัวของโครงสร้าง

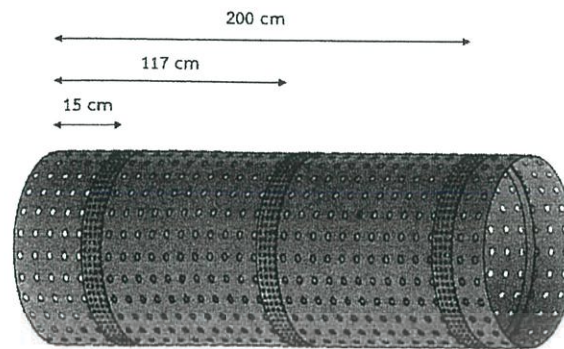
3.3.3 การออกแบบชุดตระแกรงทรงกระบอก

ชุดตระแกรงทรงกระบอก (Drum) ออกแบบให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 65 เซนติเมตร (cm) ความยาว 240 เซนติเมตร (cm) โดยทำจากเหล็กแผ่นรี ขนาดรี 1 นิ้ว (in) หนา 1.2 มิลลิเมตร (mm) โดยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1. นำเหล็กแผ่นรี 2 แผ่น ซึ่งแต่ละแผ่นมีขนาด 120x240 เซนติเมตร (cm) (กxย) นำมาตัดให้มีขนาด 120x210 เซนติเมตร (cm) จากนั้นทำการม้วนให้เป็นทรงกระบอก ด้วยเครื่องมือเหล็ก
2. นำเหล็กที่ม้วนเสร็จเรียบร้อยแล้ว ไปทำการ spot หัวและท้าย เพื่อยึดให้เป็นรูปทรงกระบอก ด้วยเครื่อง spot welding ทำเช่นเดียวกันทั้ง 2 แผ่น
3. หลังจากได้เหล็กทรงกระบอกทั้งสองท่อนแล้ว ก็จะนำมาเชื่อมต่อเป็นท่อนเดียวกัน โดยการใช้แผ่นสังกะสีหนา 0.5 มิลลิเมตร (mm) กว้าง 10 เซนติเมตร (cm) ม้วนรอบระหว่างรอยต่อของเหล็กตะแกรง และยิงรีเวท เพื่อกำหนดให้แน่น

ชุดตระแกรงทรงกระบอกจะถูกวางบนลูกล้อรับแรงที่ติดอยู่ด้านบนโครงสร้างของเครื่อง ผู้จัดทำจึงออกแบบให้มีแผ่นสังกะสีรองรับการเคลื่อนที่ของลูกล้อ เป็นระยะ 15 , 127 , 200 เซนติเมตร (cm) โดยวัดจากขอบของตระแกรงทรงกระบอกถึงปลายขอบแผ่นสังกะสี แสดงดังรูปที่

3.14



รูปที่ 3.14 ชุดตระแกรงทรงกระบอก

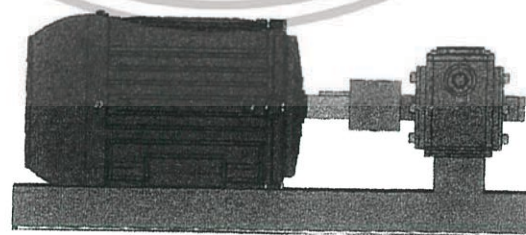
3.3.4 การออกแบบชุดส่งกำลัง

1.) ต้นกำลังและเกียร์ทดของเครื่องล้างหมั่มล่าปะหลัง

ระบบต้นกำลัง ใช้มอเตอร์ต้นกำลัง ขนาด 1/2 แรงม้า (HP) 3 เฟส มีความเร็วรอบ 1370 รอบต่อนาที (rpm) ที่ความถี่ 50 เฮิร์ต (Hz) ในการใช้งานจะต้องต่อเข้ากับอินเวสเตอร์ทุกครั้ง มอเตอร์จะถูกต่อตรงเข้ากับเกียร์ทด ซึ่งมีอัตราทดเท่ากับ 60:1 โดยใช้คัปปลิ่ง (Coupling) เพื่อต่อระหว่างแกนมอเตอร์และแกนเกียร์ทด มีวิธีการดังนี้

1.1 นำคัปปลิ่ง (Coupling) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว (in) มาเจาะรู ด้วยเครื่องกลึง ซึ่งคัปปลิ่งจะมีสองชั้น ชั้นที่ 1 เจาะรูขนาด 14 มิลลิเมตร (mm) เพื่อสวมกับแกนของมอเตอร์ และชั้นที่ 2 เจาะรูขนาด 12 มิลลิเมตร (mm) เพื่อสวมกับแกนของเกียร์ทด

1.2 นำคัปปลิ่งสวมเข้าทั้งแกนของมอเตอร์ และเกียร์ทด แสดงดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 การส่งถ่ายแรงด้วยคัปปลิ่ง (Coupling)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

1. มอเตอร์ต้นกำลังความเร็วรอบ 1370 รอบต่อนาที(rpm) ต่อเข้ากับเกียร์ทด อัตราทด 60:1

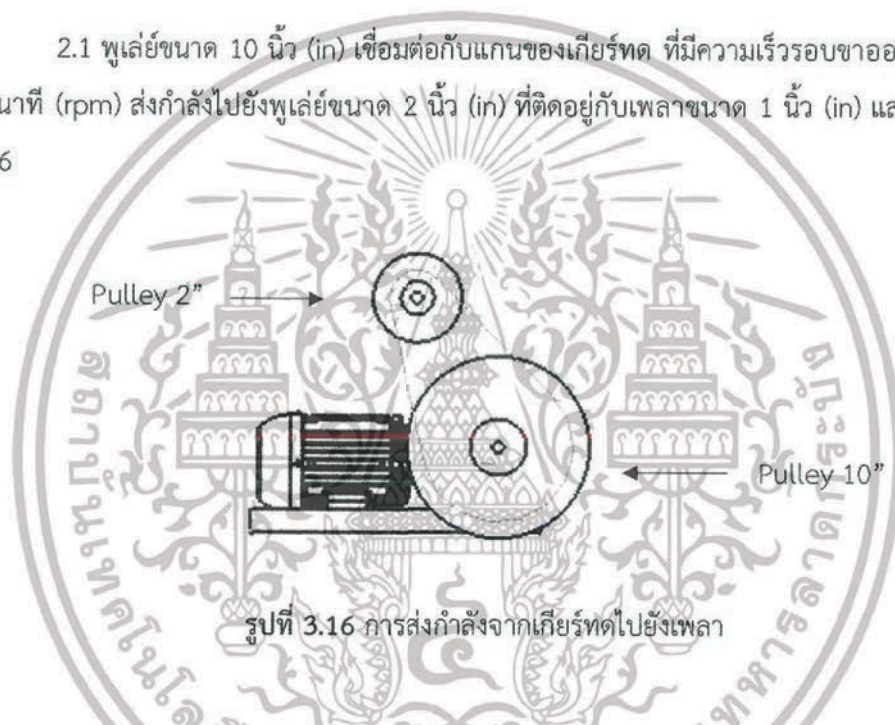
$$\text{ความเร็วขาออกจากเกียร์ทด} = 1370/60 = 23 \text{ รอบต่อนาที (rpm)}$$

2.) ระบบส่งกำลัง

คณะผู้จัดทำออกแบบให้ชุดตระแกรงทรงกระบอก (Drum) มีความเร็วรอบอยู่ที่ 26 รอบต่อนาที (rpm) ที่ 50 เฮิร์ต (Hz) โดยมีขั้นตอนระบบส่งกำลังดังนี้

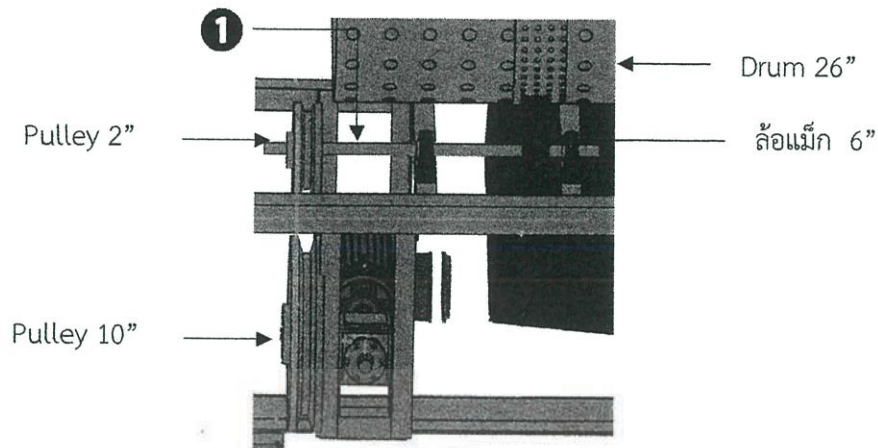
2.1 พูเลย์ขนาด 10 นิ้ว (in) เชื่อมต่อกับแกนของเกียร์ทด ที่มีความเร็วรอบขาออก 23 รอบต่อนาที (rpm) ส่งกำลังไปยังพูเลย์ขนาด 2 นิ้ว (in) ที่ติดอยู่กับเพลลาขนาด 1 นิ้ว (in) แสดงดังรูปที่

3.16



รูปที่ 3.16 การส่งกำลังจากเกียร์ทดไปยังเพลลา

2.2 เพลลาขนาด 1 นิ้ว (in) โดยมีแบริ่งลูกปืน (Rolling Bearing) ขนาด ½ นิ้ว (in) จำนวน 2 ตัวรองรับอยู่ ถูกติดตั้งอยู่ด้านบนของโครงสร้างเครื่อง ในแกนเพลลา (หมายเลข 1) ประกอบด้วยพูเลย์ขนาด 2 นิ้ว (in) ที่รับแรงหมุนมาจากเกียร์ทด และล้อขับ ขนาด 6 นิ้ว (in) ซึ่งจะสัมผัสกับขอบชุดตระแกรงทรงกระบอก (Drum) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 26 นิ้ว (in) แสดงดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 ระบบส่งกำลัง

2.3 เมื่อเพลลาเกิดการหมุน ทำให้ล้อยับที่ติดอยู่กับเพลลาหมุน ขั้ให้ชุดตระแกรงทรงกระบอก (Drum) หมุนไปด้วย โดยชุดตระแกรงจะหมุนด้วยความเร็วรอบ 26 รอบต่อนาที (rpm) แสดงดังการคำนวณต่อไปนี้

การคำนวณ

1. พุ่ลล่ย์ขนาด 10 นิ้ว (in) ความเร็วรอบ 23 รอบต่อนาที (rpm) ส่งกำลังไปยังพุ่ลล่ย์ขนาด 2 นิ้ว (in) ที่ติดกับเพลลา

$$\text{ความเร็วรอบเพลลา} = \frac{\text{ขนาดของพุ่ลล่ย์ขั้บ} \times \text{ความเร็วรอบของพุ่ลล่ย์ขั้บ}}{\text{ขนาดของพุ่ลล่ย์ตาม}}$$

$$= 10'' \times 23 / 2'' = 115 \text{ รอบต่อนาที (rpm)}$$

2. ล้อยับขนาด 6 นิ้ว (in) ติดอยู่กับเพลลา มีความเร็วรอบ 115 รอบต่อนาที (rpm) ขั้บตระแกรงขนาด 26 นิ้ว (in)

$$\text{ความเร็วรอบของตระแกรง} = \frac{\text{ขนาดของล้อยับ} \times \text{ความเร็วรอบของล้อยับ}}{\text{ขนาดของตระแกรง}}$$

$$\text{ความเร็วรอบของตระแกรง}$$

$$= 6'' \times 115 / 26'' = 26 \text{ รอบต่อนาที (rpm)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 ชุดปั๊ม หัวฉีด ภาตรองน้ำ และภาตรวมน้ำ

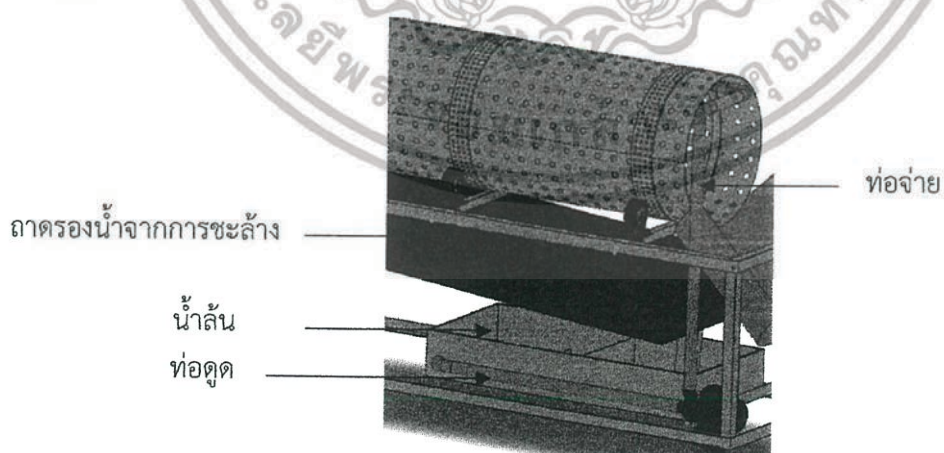
1.) การติดตั้งปั๊มน้ำ ท่อดูด และท่อจ่าย

ระบบปั๊มน้ำใช้ปั๊มหอยโข่งกำลังไฟฟ้าขนาด 240 วัตต์ (W) อัตราการสูบน้ำ 14.5-18 ลิตรต่อนาที (Lite/min) โดยปั๊มน้ำจะถูกติดตั้งที่บริเวณโครงสร้างส่วนล่างของเครื่อง แสดงดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 ตำแหน่งของปั๊มน้ำ

ด้านดูดของปั๊มจะต่อท่อขนาด ½ นิ้ว (in) ไปยังภาตรวมน้ำ ซึ่งเป็นภาตที่รองรับน้ำจากภาตรองน้ำที่มาจาก การชะล้างเหง้ามันสำปะหลัง ในส่วนด้านจ่ายของปั๊ม เช่นเดียวกัน จะทำการต่อท่อขนาด ½ นิ้ว (in) สูงขึ้นไปในแนวตั้ง ความยาว 100 เซนติเมตร (cm) และต่อข้ออ 90 องศา ทำให้น้ำวิ่งในแนวราบ ต่อท่อตรงอีก 50 เซนติเมตร (cm) และต่อข้ออ 90 องศาอีก 1 ตัว เพื่อต่อท่อยาวเข้าไปในในชุดตระแกรงทรงกระบอกทำความสะอาด ความยาว 155 เซนติเมตร (cm) แสดงดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 การต่อท่อดูดและท่อจ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

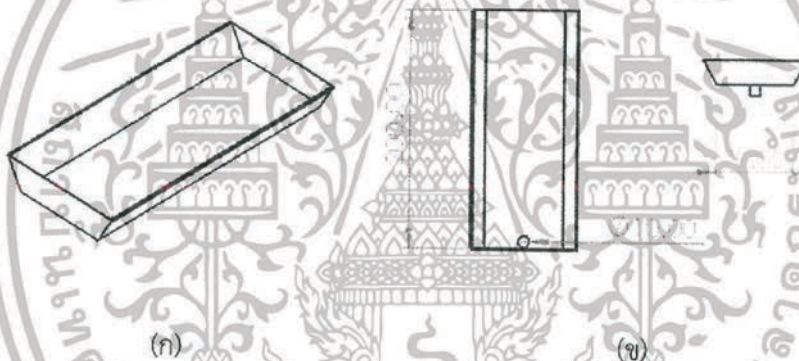
2.) ภาดรองน้ำที่มาจากการชะล้าง

ภาดรองรับน้ำ ถูกออกแบบขึ้นเพื่อรองรับน้ำที่ผ่านการชะล้างเหง้ามันสำปะหลัง ซึ่งจะวางอยู่ทางด้านล่างของชุดดรัม ทำจากสังกะสี หนา 0.5 มิลลิเมตร (mm) โดยมีขั้นตอน ดังนี้

3.1 ทำการตัดแผ่นสังกะสี ขนาด 70x200 เซนติเมตร (กxย) จำนวน 1 แผ่น ขนาด 20x200 เซนติเมตร (กxย) จำนวน 2 แผ่น และขนาด 20x70 เซนติเมตร (กxย) จำนวน 2 แผ่น

3.2 ทำการประกอบแผ่นสังกะสีทั้ง 8 ชิ้นเข้าด้วยกัน โดยทำการ spot เชื่อมติดกันด้านหัวและท้าย ด้วยเครื่อง spot welding ในส่วนที่สามารถเข้าเครื่องได้ นอกจากนั้นยิงรีเวท เพื่อยึดให้เป็นรูปทรง แสดงดังรูปที่ 3.20

3.3 ทำการเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร (cm) ที่ตำแหน่งตรงกลาง ด้านท้ายของภาดร เพื่อให้น้ำสามารถไหลออกได้



รูปที่ 3.20 ภาดรองรับน้ำ (ก) มุมมองด้านบน (ข) มุมมองด้านหน้า

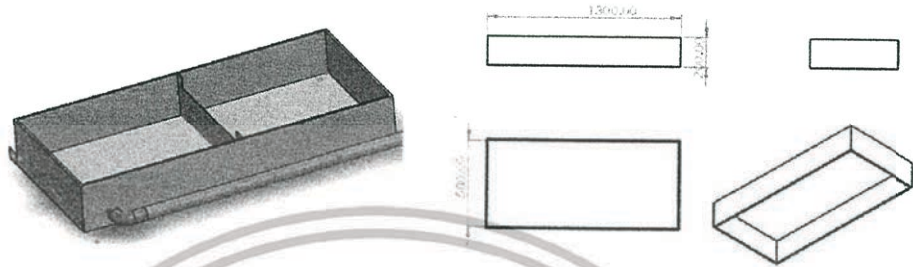
3.) ภาดรรวมน้ำ

เป็นระบบแยกทรายและเศษเหง้ามันสำปะหลังออกจากน้ำซึ่งทำให้น้ำสามารถวนกลับไปใช้ใหม่ได้โดยน้ำจะไหลจากภาดรองน้ำลงมาสู่ภาดรรวมน้ำ ทรายที่หนักจะตกตะกอน และน้ำที่สะอาดจะไหลขึ้นไปยังภาดรรวมน้ำอีกด้านหนึ่ง โดยภาดรรวมน้ำจะสร้างจากกล่องพลาสติก

3.1 นำกล่องพลาสติกขนาด กว้าง 90 เซนติเมตร (cm) ยาว 130 เซนติเมตร (cm) สูง 20 เซนติเมตร (cm) มาติดตั้งบริเวณใต้ภาดรองน้ำ

3.2 นำแผ่นสังกะสี ขนาดยาว 90 เซนติเมตร (cm) สูง 15 เซนติเมตร(cm) มากั้นระหว่างกลางของถังน้ำ และเชื่อมปิดด้วยซีลีโคน

3.3 เจาะรูข้างๆสำหรับใส่ท่อเพื่อคูดน้ำกลับ



รูปที่ 3.21 ถาดรวมน้ำ

4.) หัวฉีด

การติดตั้งหัวฉีดจะติดตั้งจากด้านท่อจ่ายน้ำ โดยท่อมีความยาว 155 เซนติเมตร (cm) จะถูกวางด้านในของชุดตระแกรงทรงกระบอก โดยจะติดตั้งหัวฉีดน้ำแรงดัน ซึ่งมีลักษณะการฉีด ดังแสดงในรูปที่ 3.22 ติดตั้งที่ทุกระยะ 25 เซนติเมตร (cm) นับจากปลายท่อ ซึ่งใช้ทั้งหมด 5 ตัว

รูปที่ 3.22 หัวฉีดน้ำ

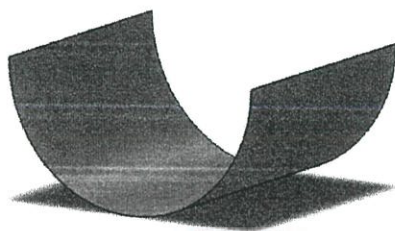
ที่มา: V.T.R. OFFICE CENTER CO., LTD., 2558

3.3.6 การออกแบบช่องป้อนและช่องออกของเหง้ำมันสำปะหลัง

ในการออกแบบช่องป้อนและช่องออกเพื่อลำเลียงเหง้ำมันสำปะหลังออก จะใช้แผ่นสังกะสีหนา 0.5 มิลลิเมตร (mm) เป็นวัสดุหลักในการสร้าง ซึ่งขนาดของช่องป้อนและช่องออกจะมีขนาดที่เท่ากันโดยมีขั้นตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2.1 ทำการตัดแผ่นสังกะสี ให้ได้ขนาด 120x80 เซนติเมตร (กxย) จำนวน 1 แผ่น
- 2.2 จากนั้นนำแผ่นสังกะสี มาทำการม้วน ด้วยเครื่องมือเหล็ก แสดงดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 แผ่นสังกะสีที่ม้วนแล้ว

- 2.3 ติดตั้งแผ่นสังกะสีที่ด้านหน้าและด้านหลังของเครื่อง โดยใช้น๊อตยึดให้แข็งแรง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

วิธีการทดลองและผลการทดลอง

4.1 วัตถุประสงค์ของการทดลอง

4.1.1 เพื่อทดสอบหาความเร็วรอบและมุมเอียงของตระแกรงทรงกระบอกที่ดีที่สุดสำหรับการชะล้างเหง้ามันสำปะหลัง

4.1.2 เพื่อทดสอบหาความสามารถในการทำงานและประสิทธิภาพในการทำความสะอาดของเครื่องล้างเหง้ามันสำปะหลัง

4.2 วัสดุและอุปกรณ์

4.2.1 เครื่องล้างเหง้ามันสำปะหลัง

4.2.2 อินเวสเตอร์

4.2.3 เหง้ามันสำปะหลัง

4.2.4 อุปกรณ์สำหรับวัด ได้แก่ เวอร์เนียคาลิเปอร์ ไม้บรรทัด ตลับเมตร

4.2.5 นาฬิกาจับเวลา

4.2.6 เครื่องชั่งสปริง

4.2.7 เครื่องชั่งดิจิตอล

4.2.8 ภาชนะรองรับวัตถุดิบ

4.2.9 ผ้าขาวบาง

4.2.10 ตู้อบลมร้อน

4.2.11 ภาชนะใส่สิ่งสกปรก เช่น กระป๋องอะลูมิเนียม (moisture can) ภาครอง

4.3 วิธีการทดลอง

4.3.1 หาความเร็วรอบและมุมเอียงของตระแกรงทรงกระบอกที่ดีที่สุดในการทำความสะอาดเหง้ามันสำปะหลัง โดยมีขั้นตอนในการทดลองดังนี้

1. ทำการปรับค่าความถี่ของอินเวสเตอร์ซึ่งใช้กับมอเตอร์ ขนาด $\frac{1}{2}$ แรงม้า (Hp) 3 เฟส โดยทำการทดสอบที่ความเร็วรอบ 15, 20 และ 25 รอบต่อนาที (rpm) และที่มุมเอียงของตระแกรงทรงกระบอก 3, 4 และ 5 องศา ตามลำดับ

2. ทำการเปิดระบบน้ำ โดยควบคุมความดันให้อยู่คงที่ที่ 5 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (kg/cm^3)
3. ป้อนเหง้ามันสำปะหลังจำนวน 5 กิโลกรัม (kg) เข้าสู่ภายในตระแกรงทรงกระบอก
4. จับเวลาการทำงานของเครื่องตั้งแต่เริ่มจนสิ้นสุดกระบวนการ โดยจะทำการทดลองจำนวน 5 ครั้ง ในแต่ละความเร็วรอบและมุมเอียง
5. ทำการแยกสิ่งสกปรกที่ออกมากับน้ำที่ผ่านการล้างเหง้ามันสำปะหลัง โดยการใช้ผ้าขาวบางกรองสิ่งสกปรก
6. นำสิ่งสกปรกไปอบด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (hr) จากนั้นทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อเป็นการปรับระดับความชื้นให้อยู่ในสภาวะอากาศปกติ แล้วทำการชั่งน้ำหนัก
7. นำสิ่งสกปรกที่ผ่านการอบแล้ว มาเข้าเครื่องเขย่าเป็นเวลา 10 นาที ผ่านรูตะแกรงขนาด 30, 50 และ 80 mesh ตามลำดับ เพื่อทำการแยกทรายออกจากเศษสิ่งสกปรก
8. ชั่งน้ำหนักของทรายที่ออกมาจากสิ่งสกปรก เก็บข้อมูลและทำการวิเคราะห์ผลการทดลองต่อไป

4.3.2 หาประสิทธิภาพของเครื่องล้างเหง้ามันสำปะหลัง

จากการทดลองในหัวข้อ 4.3.1 เพื่อหาความเร็วรอบและมุมเอียงของชุดตระแกรงทรงกระบอกที่ดีที่สุด โดยวิเคราะห์ผลจากน้ำหนักทรายที่ได้จากการกระบวนการชะล้าง จากนั้นนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ของความสะอาดของเหง้ามันสำปะหลัง โดยมีขั้นตอนการสร้างเกณฑ์ความสะอาดดังนี้

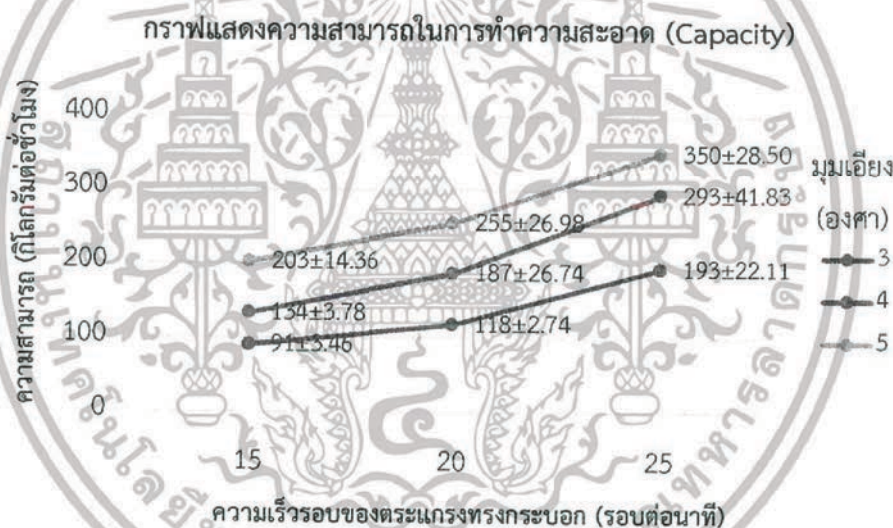
1. เตรียมเหง้ามันสำปะหลังจำนวน 5 กิโลกรัม (kg) ใส่ในถาดเพื่อทำความสะอาด
2. เติมน้ำลงในถาดและใช้แปรงขนอ่อน ขัดทำความสะอาดจนไม่มีทรายติดอยู่
3. กรองสิ่งสกปรกจากน้ำที่ใช้ในการทำความสะอาดเหง้ามันสำปะหลังด้วยผ้าขาวบาง เพื่อแยกสิ่งสกปรก
4. นำสิ่งสกปรกที่ได้มาชั่งน้ำหนัก และอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
5. นำสิ่งสกปรกที่อบแล้วมาชั่งน้ำหนัก และเข้าเครื่องเขย่า เพื่อทำการแยกทราย
6. ชั่งน้ำหนักทรายที่ได้ และทำซ้ำ จำนวน 5 ครั้ง

4.4 ผลการทดลอง

4.4.1 ความสามารถในการทำความสะอาดในแต่ละสภาวะการทำงาน

จากผลการทดลอง (ตารางที่ ก.2) นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two-way ANOVA) พบว่า ที่ความเร็วรอบและมุมเอียงของตระแกรงทรงกระบอกที่แตกต่างกัน มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำความสะอาด (Capacity) โดยที่ความเร็วรอบ 15 รอบต่อนาที (rpm) มุมเอียง 3, 4 และ 5 องศา มีความสามารถชะล้างเหง้ามันสำปะลิ่งเท่ากับ 91, 118 และ 193 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (kg/hr) ตามลำดับ ที่ความเร็วรอบ 20 รอบต่อนาที (rpm) มุมเอียง 3, 4 และ 5 องศา มีความสามารถชะล้างเหง้ามันสำปะลิ่งเท่ากับ 134, 187 และ 293 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (kg/hr) ตามลำดับ และที่ความเร็วรอบ 25 รอบต่อนาที (rpm) มุมเอียง 3, 4 และ 5 องศา มีความสามารถชะล้างเหง้ามันสำปะลิ่งเท่ากับ 203, 255 และ 350 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (kg/hr) ตามลำดับ แสดงดังรูปที่

4.1

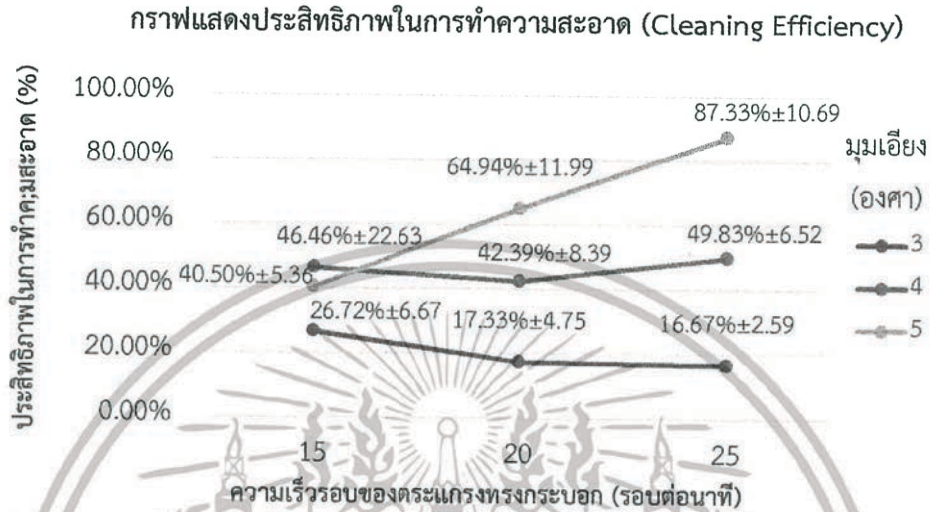


รูปที่ 4.1 ความสามารถในการทำความสะอาด (Capacity) ในแต่ละสภาวะการทำงาน

4.4.2 ประสิทธิภาพในการทำความสะอาดในแต่ละสภาวะการทำงาน

จากผลการทดลอง (ตารางที่ ก.2) นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two-way ANOVA) พบว่า ที่ความเร็วรอบ 15 และ 20 รอบต่อนาที (rpm) ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการทำความสะอาด ในขณะที่ความเร็วรอบ 25 รอบต่อนาที (rpm) มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการทำความสะอาด และพบว่าที่มุมเอียง 3, 4 และ 5 องศา ตามลำดับ มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการทำความสะอาด โดยที่ความเร็วรอบ 15 รอบต่อนาที (rpm) มุมเอียง 3, 4 และ 5 องศา มีเปอร์เซ็นต์การทำความสะอาดเท่ากับ 26.72, 46.46 และ 40.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ที่ความเร็วรอบ 20 รอบต่อ

นาที (rpm) มุมเอียง 3, 4 และ 5 องศา มีเปอร์เซ็นต์ความสะอาดเท่ากับ 17.33, 42.39 และ 64.95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และที่ความเร็วรอบ 25 รอบต่อนาที (rpm) มุมเอียง 3, 4 และ 5 องศา มีเปอร์เซ็นต์ความสะอาดเท่ากับ 16.67, 49.83 และ 87.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ประสิทธิภาพในการทำความสะอาด (Cleaning Efficiency) ในแต่ละสภาวะการทำงาน

4.4.3 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

- อัตราการใช้ไฟของมอเตอร์ต้นกำลัง ขนาด ½ hp (0.37 kW) 3 เฟส
กำลังไฟฟ้า = 0.37 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง (kW/hr)
คิดเป็น 1.46 บาทต่อชั่วโมง (Baht/hr)
- อัตราการใช้ไฟของมอเตอร์ปั๊ม ขนาด 1 hp (0.74 kW) 1 เฟส
กำลังไฟฟ้า = 0.74 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง (kW/hr)
คิดเป็น 2.94 บาทต่อชั่วโมง (Baht/hr)
- ระบบปั๊มน้ำใช้น้ำเฉลี่ย 20 ลิตรต่อการทดลอง 1 ครั้ง
น้ำ 1 ยูนิต = 1000 ลิตร = 25 บาท
น้ำ 20 ลิตร คิดเป็น 0.5 บาท

- หมายเหตุ 1. อัตราค่ากระแสไฟฟ้า 1 หน่วย (unit) = 3.94 บาท ณ เดือนกุมภาพันธ์ 2562
อ้างอิงจาก: การไฟฟ้านครหลวง (www.mea.or.th)
2. อัตราค่าน้ำประปาส่วนภูมิภาค
อ้างอิงจาก: การประปาส่วนภูมิภาค (www.pwa.co.th)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองของเครื่องล้างหม้อน้ำสะอาด พบว่า ที่สภาวะการทำงานที่ดีที่สุดในการชะล้างหม้อน้ำสะอาด ที่ความเร็วรอบ 25 รอบต่อนาที (rpm) ที่มุมเอียง 5 องศา ซึ่งมีประสิทธิภาพในการทำความสะอาดอยู่ที่ 87.33 เปอร์เซ็นต์ สามารถล้างหม้อน้ำสะอาดได้ 350 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (kg/hr) โดยเครื่องล้างหม้อน้ำสะอาดมีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ย 20 ลิตรต่อครั้ง การทดลอง และอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมอยู่ที่ 1.12 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง (kW/hr) คิดเป็น 4.4 บาทต่อชั่วโมง (Baht/hr)

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

5.2.1 จากการทดลองพบว่าระบบขับเคลื่อนตะแกรงทรงกระบอกโดยล้อขับเคลื่อน และเสียดสีกับตะแกรงทรงกระบอกทำให้ตะแกรงทรงกระบอกไม่หมุนในบางช่วงของการทำงาน ควรปรับปรุงด้วยการเปลี่ยนผิวสัมผัสให้ล้อขับเคลื่อนสามารถทำงานได้โดยไม่ลื่นสไลด์

5.2.2 ในการทดลองแต่ละครั้งจะมีการสูญเสียน้ำออกจากระบบ ควรตรวจเช็คระดับน้ำสม่ำเสมอให้เพียงพอต่อการทำงานของเครื่องล้างหม้อน้ำสะอาด

5.2.3 ควรเลือกขนาดรูของตะแกรงทรงกระบอกให้เล็กลงเพื่อลดปัญหาหม้อน้ำสะอาดติดเข้าไปในรูตะแกรง ทำให้เกิดการดำเนินงานที่ไม่ต่อเนื่องได้

5.2.4 ในการหามุมเอียงและความเร็วรอบที่ดีที่สุดในการทำงานของเครื่อง จากแนวโน้มของการวิเคราะห์ผลการทดลอง พบว่า มุมเอียงและความเร็วรอบที่สูงขึ้นมีแนวโน้มที่จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการชะล้างหม้อน้ำสะอาดได้ต่อไปอีก

บรรณานุกรม

- ศูนย์สารสนเทศเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร. 2558. **แหล่งปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทย.**
 แหล่งที่มา: <https://www3.rdi.ku.ac.th/?p=18045>. 21 สิงหาคม 2561
- สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2558. **ความสำคัญของมันสำปะหลัง.**
 แหล่งที่มา: <https://www3.rdi.ku.ac.th/?p=17872>. 21 สิงหาคม 2561
- วารสาร Engineering Today. 2547. **เหม้ามันสำปะหลัง ชีวมวลทางเลือกผลิตกระแสไฟฟ้า.**
 แหล่งที่มา: <http://www.technologymedia.co.th>. 21 สิงหาคม 2561
- Mpoko Mokanga. 1997. **Post-harvest Operations.**
 แหล่งที่มา: <http://www.fastonline.org>. 28 สิงหาคม 2561
- คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2559. **ข้อมูลพรรณไม้: มันสำปะหลัง.**
 แหล่งที่มา: <http://www.natres.psu.ac.th>. 27 สิงหาคม 2561
- คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2558. **บทปฏิบัติการ มันสำปะหลัง.**
 แหล่งที่มา: <http://www.natres.psu.ac.th/Department/PlantScience/default.htm>.
 27 สิงหาคม 2561
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2558. **เทคโนโลยีแก๊สซิพีเคชั่นและเทคโนโลยี
 ไพโลไลซิส.**
 แหล่งที่มา: <http://e-lib.dede.go.th/mm-data/BibA11158.pdf>. 29 สิงหาคม 2561
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2547. **ระบบปรับอากาศ บิมน้ำ และพัดลม.**
 แหล่งที่มา: <https://ienergyguru.com/2015/09/pump/> 16 พฤศจิกายน 2561
- สมาคมโรงงานผลิตมันสำปะหลังไทย. 2560. **สรุปผลการสำรวจภาวะการผลิตและการค้ามัน
 สำปะหลัง ฤดูกาลผลิตปี 2560/61.**
 แหล่งที่มา: <http://thaitapioca.org>. 12 กันยายน 2561
- Manufacture Overhaul Rapid and Optimal Co.,Ltd. 2558. **อัตราทดเฟืองและตัวอย่างสูตร
 คำนวณหาการส่งกำลังด้วยสายพาน.**
 แหล่งที่มา: <http://www.moro.co.th>. 13 กันยายน 2561



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตารางที่ ก.1 ลักษณะทางกายภาพของเหง้ามันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9

| ลำดับ | ลักษณะทางกายภาพ | | |
|-------|-----------------|----------|----------|
| | กว้าง (cm) | ยาว (cm) | หนา (cm) |
| 1 | 8.5 | 50.0 | 6.5 |
| 2 | 14.8 | 51.3 | 10.9 |
| 3 | 18.2 | 47.7 | 6.1 |
| 4 | 14.7 | 42.4 | 10.2 |
| 5 | 19.1 | 48.3 | 10.9 |
| 6 | 11.7 | 49.1 | 10.9 |
| 7 | 5.7 | 42.6 | 6.1 |
| 8 | 16.3 | 47.0 | 7.8 |
| 9 | 10.1 | 50.3 | 7.8 |
| 10 | 6.3 | 35.5 | 5.9 |
| 11 | 8.5 | 50.2 | 8.0 |
| 12 | 6.9 | 42.5 | 7.6 |
| 13 | 9.1 | 42.8 | 5.8 |
| 14 | 13.9 | 44.5 | 7.8 |
| 15 | 9.4 | 45.1 | 5.8 |
| 16 | 11.5 | 40.1 | 7.1 |
| 17 | 12.4 | 45.7 | 8.1 |
| 18 | 7.8 | 32.9 | 7.7 |
| 19 | 8.3 | 40.1 | 5.2 |
| 20 | 15.5 | 41.8 | 8.3 |
| 21 | 4.8 | 41.7 | 6.4 |
| 22 | 6.5 | 41.6 | 7.7 |
| 23 | 4.8 | 32.7 | 7.8 |
| 24 | 3.2 | 29.5 | 7.5 |
| 25 | 4.4 | 48.5 | 8.5 |
| 26 | 10.4 | 40.5 | 7.5 |
| 27 | 6.6 | 40.6 | 4.3 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ลักษณะทางกายภาพของเหง้ามันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9

| ลำดับ | ลักษณะทางกายภาพ | | |
|-------|-----------------|----------|----------|
| | กว้าง (cm) | ยาว (cm) | หนา (cm) |
| 27 | 6.6 | 40.6 | 4.3 |
| 28 | 15.5 | 51.2 | 6.3 |
| 29 | 6.6 | 38.1 | 7.3 |
| 30 | 15.9 | 48.7 | 6.3 |
| 31 | 5.4 | 25.0 | 7.1 |
| 32 | 8.6 | 22.7 | 5.0 |
| 33 | 5.6 | 22.0 | 4.7 |
| 34 | 10.0 | 41.5 | 5.4 |
| 35 | 6.8 | 41.4 | 7.5 |
| 36 | 7.4 | 35.5 | 6.0 |
| 37 | 8.5 | 36.7 | 5.4 |
| 38 | 11.1 | 27.9 | 5.2 |
| 39 | 8.2 | 24.1 | 4.9 |
| 40 | 11.0 | 23.9 | 5.8 |
| 41 | 9.8 | 39.3 | 6.3 |
| 42 | 9.2 | 38.3 | 5.4 |
| 43 | 14.4 | 42.5 | 5.8 |
| 44 | 13.6 | 37.3 | 5.8 |
| 45 | 6.3 | 45.7 | 5.4 |
| 46 | 17.7 | 40.6 | 5.2 |
| 47 | 4.3 | 41.5 | 4.6 |
| 48 | 7.8 | 40.8 | 8.1 |
| 49 | 11.4 | 40.3 | 4.5 |
| 50 | 5.7 | 37.8 | 4.1 |
| 51 | 6.2 | 42.4 | 6.5 |
| 52 | 10.9 | 28.0 | 6.9 |
| 53 | 7.1 | 30.1 | 5.3 |
| 54 | 7.5 | 34.6 | 8.4 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ลักษณะทางกายภาพของเหง้ามันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9

| ลำดับ | ลักษณะทางกายภาพ | | |
|-------|-----------------|----------|----------|
| | กว้าง (cm) | ยาว (cm) | หนา (cm) |
| 55 | 9.5 | 40.7 | 4.9 |
| 56 | 7.0 | 41.5 | 7.0 |
| 57 | 4.6 | 34.0 | 3.6 |
| 58 | 9.9 | 27.7 | 7.4 |
| 59 | 9.4 | 39.3 | 5.6 |
| 60 | 8.0 | 35.9 | 6.2 |
| 61 | 10.7 | 36.8 | 4.5 |
| 62 | 6.3 | 32.2 | 6.5 |
| 63 | 13.2 | 43.1 | 5.0 |
| 64 | 7.2 | 28.5 | 5.7 |
| 65 | 7.7 | 38.6 | 4.6 |
| 66 | 13.4 | 44.2 | 7.8 |
| 67 | 11.8 | 45.5 | 7.9 |
| 68 | 19.0 | 39.8 | 9.4 |
| 69 | 21.5 | 42.6 | 4.8 |
| 70 | 5.4 | 43.7 | 6.1 |
| 71 | 11.6 | 51.4 | 6.0 |
| 72 | 13.1 | 42.1 | 5.5 |
| 73 | 9.4 | 31.0 | 6.0 |
| 74 | 13.9 | 33.7 | 4.7 |
| 75 | 5.6 | 42.1 | 6.1 |
| 76 | 9.5 | 41.7 | 5.5 |
| 77 | 12.3 | 35.0 | 6.4 |
| 78 | 19.3 | 49.2 | 5.6 |
| 79 | 9.4 | 47.3 | 8.5 |
| 80 | 7.5 | 42.3 | 12.3 |
| 81 | 8.5 | 47.7 | 5.4 |
| 82 | 6.8 | 36.4 | 5.8 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1(ต่อ) ลักษณะทางกายภาพของเหง้ามันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9

| ลำดับ | ลักษณะทางกายภาพ | | |
|-----------|-----------------|----------|----------|
| | กว้าง (cm) | ยาว (cm) | หนา (cm) |
| 82 | 6.8 | 36.4 | 5.8 |
| 83 | 21.9 | 49.7 | 10.5 |
| 84 | 6.6 | 40.9 | 7.0 |
| 85 | 7.7 | 50.4 | 8.4 |
| 86 | 17.5 | 55.9 | 7.5 |
| 87 | 18.0 | 58.4 | 8.5 |
| 88 | 8.7 | 46.0 | 6.5 |
| 89 | 19.0 | 28.8 | 6.5 |
| 90 | 17.0 | 46.5 | 6.9 |
| 91 | 6.4 | 38.7 | 5.2 |
| 92 | 16.7 | 34.5 | 6.3 |
| 93 | 11.1 | 27.9 | 7.5 |
| 94 | 9.6 | 35.1 | 6.3 |
| 95 | 9.6 | 50.0 | 5.9 |
| 96 | 8.3 | 39.6 | 11.0 |
| 97 | 6.4 | 44.2 | 5.6 |
| 98 | 5.9 | 40.9 | 5.6 |
| 99 | 7.9 | 42.2 | 5.8 |
| 100 | 7.5 | 46.4 | 5.8 |
| ค่าเฉลี่ย | 10.2±4.3 | 40.4±7.5 | 6.7±1.7 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ตารางบันทึกผลการทดลอง

| ความเร็ว | มุมเอียง | จำนวน ซ้ำ | เวลา (นาท) | น้ำหนักสิ่งสกปรก ก่อนอบ (g) | น้ำหนักสิ่ง สกปรก หลังอบ (g) | น้ำหนักทราย (g) |
|----------|-----------|--------------|------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------|
| 15 | 3 | 1 | 3.17 | 154.23 | 90.68 | 33.11 |
| | | 2 | 3.38 | 135.41 | 78.18 | 45.72 |
| | | 3 | 3.24 | 179.29 | 96.95 | 58.97 |
| | | 4 | 3.36 | 136.11 | 70.67 | 33.77 |
| | | 5 | 3.32 | 150.19 | 82.99 | 50.40 |
| | ค่าเฉลี่ย | | 3.29 | 151.05 | 83.89 | 44.39 |
| | 4 | 1 | 2.15 | 137.34 | 77.13 | 36.04 |
| | | 2 | 2.15 | 148.86 | 79.54 | 48.44 |
| | | 3 | 2.25 | 236.46 | 149.16 | 121.63 |
| | | 4 | 2.21 | 207.97 | 128.21 | 110.32 |
| | | 5 | 2.19 | 176.44 | 95.46 | 69.42 |
| | ค่าเฉลี่ย | | 2.19 | 181.41 | 105.90 | 77.17 |
| | 5 | 1 | 1.23 | 153.93 | 97.41 | 68.20 |
| | | 2 | 1.32 | 165.51 | 102.09 | 82.42 |
| | | 3 | 1.26 | 126.71 | 77.24 | 61.24 |
| | | 4 | 1.38 | 146.53 | 85.83 | 62.04 |
| | | 5 | 1.37 | 152.31 | 79.41 | 62.43 |
| | ค่าเฉลี่ย | | 1.31 | 149.00 | 88.40 | 67.27 |

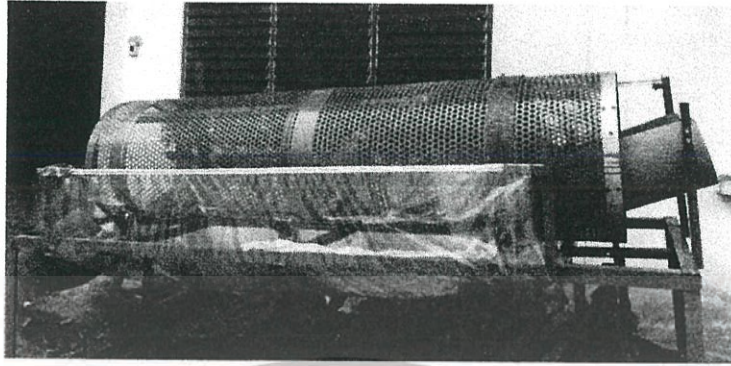
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) ตารางบันทึกผลการทดลอง

| ความเร็ว | มุมเอียง | จำนวน ซ้ำ | เวลา (นาทิจ) | น้ำหนักสิ่งสกปรก ก่อนอบ (g) | น้ำหนักสิ่ง สกปรก หลังอบ (g) | น้ำหนักทราย (g) |
|----------|-----------|--------------|--------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------|
| 20 | 3 | 1 | 2.43 | 127.11 | 46.09 | 27.15 |
| | | 2 | 2.36 | 136.84 | 58.58 | 19.04 |
| | | 3 | 2.36 | 113.57 | 33.85 | 24.34 |
| | | 4 | 2.36 | 122.32 | 58.65 | 38.50 |
| | | 5 | 2.43 | 100.12 | 58.17 | 34.89 |
| | ค่าเฉลี่ย | | 2.39 | 119.99 | 51.07 | 28.78 |
| | 4 | 1 | 1.35 | 158.45 | 93.51 | 77.83 |
| | | 2 | 1.51 | 198.55 | 123.02 | 62.80 |
| | | 3 | 1.20 | 199.06 | 116.97 | 89.52 |
| | | 4 | 1.52 | 213.98 | 133.46 | 53.21 |
| | | 5 | 1.45 | 187.23 | 109.85 | 68.74 |
| | ค่าเฉลี่ย | | 1.41 | 191.45 | 115.36 | 70.42 |
| | 5 | 1 | 1.04 | 101.63 | 99.79 | 74.67 |
| | | 2 | 1.11 | 219.67 | 133.41 | 110.40 |
| | | 3 | 1.07 | 228.67 | 153.04 | 126.43 |
| | | 4 | 1.23 | 229.04 | 151.00 | 119.47 |
| | | 5 | 1.19 | 194.58 | 139.22 | 108.42 |
| | ค่าเฉลี่ย | | 1.13 | 194.72 | 135.29 | 107.88 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

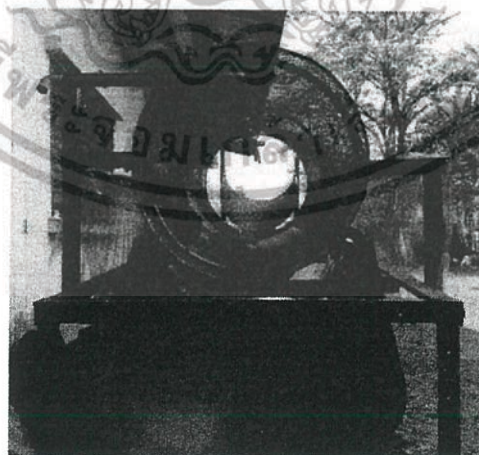
ภาคผนวก ข



รูปที่ ข.1 ภาพด้านข้างเครื่องล้างเหง้ำมันสำปะหลัง

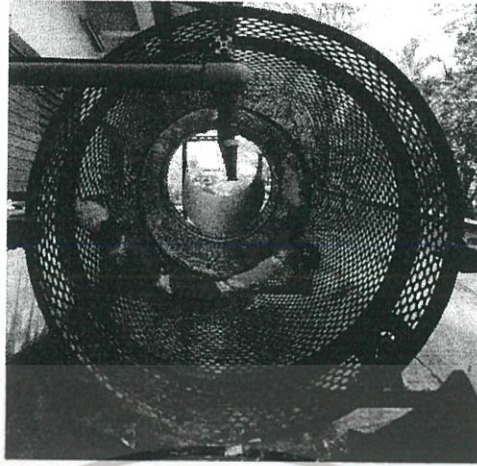


รูปที่ ข.2 ภาพด้านหน้าเครื่องล้างเหง้ำมันสำปะหลัง

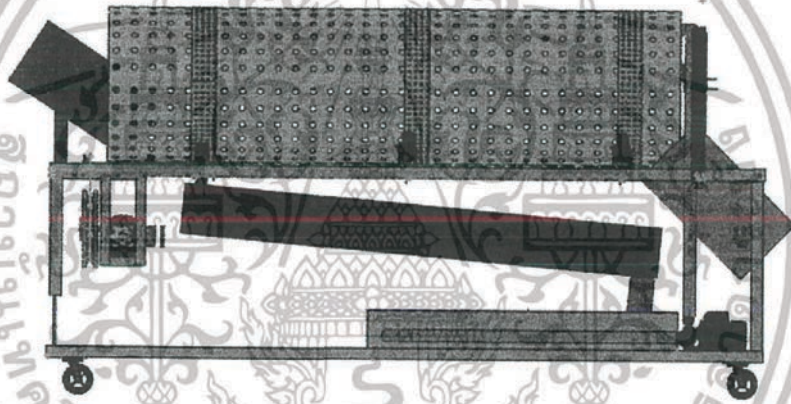


รูปที่ ข.3 ภาพด้านท้ายเครื่องล้างเหง้ำมันสำปะหลัง

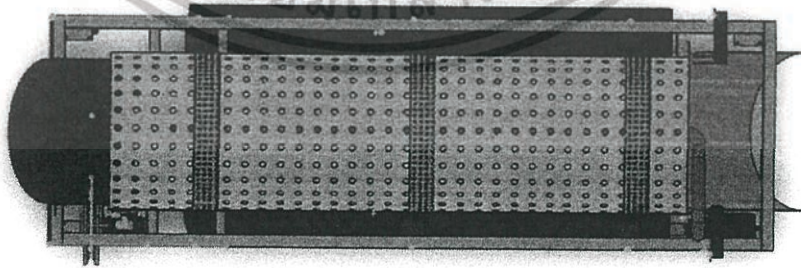
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.4 ภายในชุดตระแกรงทรงกระบอก (ดรัม)

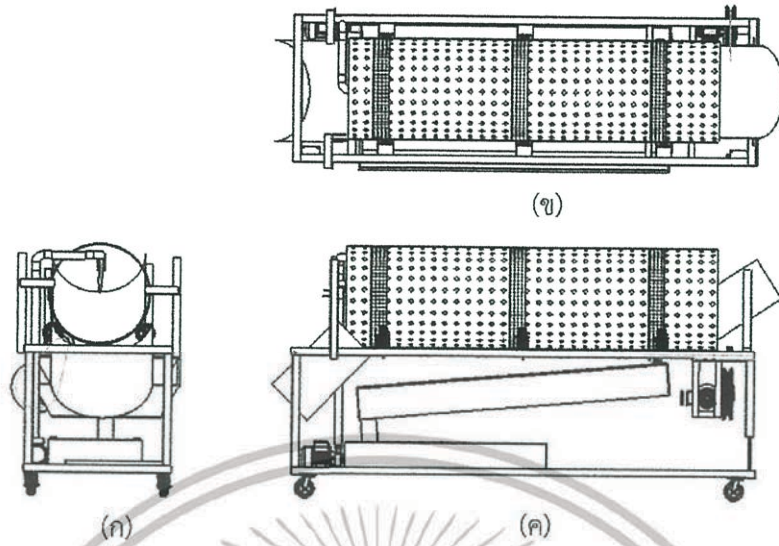


รูปที่ ข.5 แบบด้านข้างเครื่องล้างหม้อน้ำสำหรับ (3D)



รูปที่ ข.6 แบบด้านบนเครื่องล้างหม้อน้ำสำหรับ (3D)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.7 แบบเครื่องล้างหมันสำปะหลัง (2D) (ก) ด้านหลัง (ข) ด้านบน (ค) ด้านข้าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้