



ปีการศึกษา 2539

เครื่องล้างทำความสะอาดผลส้ม

โดย

นาย วรวิทย์ ลิ้มสุวรรณนนท์

นางสาว สุนิรัตน์ ตั้งมโนโสภณ

นาย อธิศักดิ์ คล้ายมงคล

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์

อาจารย์ พิเชิต กิตติพนนท์

วัน เดือน ปี..... 29.ก.ย. 2539
เลขทะเบียน..... 038067
เลขเรียกหนังสือ..... T.59087.4.281ค

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2539

ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร


คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องล้างทำความสะอาดผลส้ม

ผู้จัดทำ

1. นาย วรวิทย์ ลิ้มสุวรรณนนท์
2. นางสาว สุนิลารัตน์ ตั้งมโนโสภา
3. นาย อธิศักดิ์ คล้ายมงคล


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ พิเชิต กิตตินนท์)

เครื่องล้างทำความสะอาดผลส้ม

นาย วรวิทย์ ลิ้มสุวรรณนท์

นางสาว สุนิรัตน์ ตั้งมโนโสภา

นาย อิทธิศักดิ์ คล้ายมงคล

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์

อาจารย์ พิชิต กิตตินนท์

ปีการศึกษา 2539

บทคัดย่อ

เครื่องล้างทำความสะอาดผลส้มที่สร้างขึ้น มีวัตถุประสงค์เพื่อทำความสะอาดผลส้มก่อน
เข้ากระบวนการคั้นน้ำส้ม ผลส้มที่ใช้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 เซนติเมตร ซึ่งเป็นขนาดที่
นิยมใช้กันโดยทั่วไป เครื่องล้างประกอบด้วย รางลำเลียงแบบท่อ PVC แปรงทำความสะอาด 2 ชุด
มอเตอร์ ท่อสเปรย์น้ำและปั๊ม การทำงานเริ่มจากส้มถูกปล่อยออกจากถังป้อนที่มีช่องเปิดด้านล่าง
ถึงครึ่งละ 5 ลูก เข้าสู่การทำความสะอาดด้วยแปรงหมุนทั้ง 2 ชุด ตามลำดับ โดยมีการฉีดพ่นน้ำ
ตั้งแต่จุดป้อนถึงแปรงตัวที่สอง เมื่อส้มเคลื่อนที่ผ่านแปรงตัวที่สองส้มจะถูกทำความสะอาดทั่วทั้ง
ลูก น้ำล้างถูกปล่อยออกทางท่อด้านปลายราง ส่วนผลส้มที่สะอาดจะเคลื่อนที่ไปที่ปลายรางแล้ว
ตกลงบนภาชนะรองรับด้วยแรงโน้มถ่วงโลก จากการทดสอบพบว่า เครื่องต้นแบบการล้างทำความสะอาด
สะอาดผลส้มนี้จะใช้ได้ดีที่ ความชันรางเป็น 7 องศาจากแนวระดับ และส่วนป้อนมีความชันเป็น
14 องศาจากแนวราง ความเร็วรอบของแปรง เป็น 192 rpm และสามารถล้างผลส้มได้ 276
กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งเร็วเป็น 2.5 เท่าของแรงงานคน ปริมาณน้ำที่ใช้เท่ากับ 4.35 ลิตรต่อกิโลกรัม

THE ORANGE CLEANING MACHINE

Worrawit Limsuwannon

Suninrat Tangmanosopa

Itthisak Khlaimongkong

Maradee Phongpipatpong Advisor

Pichit Kittinont Advisor

1996

Abstract

The objective of Orange Cleaning Machine was to clean oranges before squeezing. The average size of the oranges which was usually used to squeeze in the market, is 5 centimeters diameter. The machine consisted of PVC tube conveyor, two brushes, driven motor, washing pipe and pump. The working of mechanism started when oranges rolled from the feed hopper to the PVC tube conveyor and passed through the cleaning brushes which were spun by the motor. Oranges passed the brushes 5 pieces at a time. Water was sprayed from the beginning till the second brush. After passing the second brush, the oranges were cleaned. Used water after cleaning was drained out at the end of tray. The cleaned oranges fell into the basket by the force of the gravity. From the experiment, the prototype machine worked well at 7 degrees of the conveyor slope and 14 degrees of the hopper. The brushes spun at 192 rpm. The cleaning capacity of this machine was 276 kg/hr, and the water consumption was 4.35 litres/kg of oranges.

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	ก
สารบัญรูปภาพ	ข
สารบัญภาคผนวก	ค
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	2
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	13
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	34
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	40
ภาคผนวก	42
กิตติกรรมประกาศ	58
เอกสารอ้างอิง	59



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงสิ่งเจือปนบนผิววัสดุอาหาร	3
4.1 แสดงผลการทดลองหาค่าเฉลี่ยจำนวนผลใน 1 กิโลกรัม	34
4.2 แสดงผลการทดลองเมื่อความชันรางเท่ากันตลอดเครื่อง	35
4.3 แสดงผลการทดลองเมื่อทำการปรับปรุงเครื่องโดยเพิ่มความชันส่วนป้อน	36
4.4 แสดงผลการทดลองเมื่อแบ่งส้อมออกเป็นกลุ่มละ 56 ผล หรือ 2 กิโลกรัม	38
4.5 แสดงผลการทดลองเมื่อแบ่งส้อมออกเป็นกลุ่มละ 84 ผล หรือ 3 กิโลกรัม	38
4.6 แสดงผลการทดลองเมื่อปรับปรุงและได้ความชันแนวราง หาอัตราการผลิต	39



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบแต่ละส่วนของส้อม	3
2.2 ROTARY DRUM SCREEN	6
2.3 FLAT-BED SCREENS	7
2.4 SPRAY DRUM WASHERS	7
2.5 SPRAY BELT WASHERS	9
3.1 ภาพแสดงการติดตั้งระหว่างมู่เลย์แกนแปร่งกับมู่เลย์มอเตอร์	15
3.2 ภาพแสดงการทดแรง	16
3.3 แผนภาพแสดงแนวแรงที่กระทำบนแกนเพลลาและมู่เลย์ B,C	19
3.4-1 แผนภาพแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดของเพลลามู่เลย์ B,C แนวตั้ง	20
3.4-2 แผนภาพแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดของเพลลามู่เลย์ B,C แนวระดับ	21
3.5 แผนภาพแสดงแนวแรงที่กระทำบนแกนเพลลาและมู่เลย์ D	22
3.6-1 แผนภาพแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดของเพลลามู่เลย์ D แนวตั้ง	23
3.6-2 แผนภาพแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดของเพลลามู่เลย์ D แนวระดับ	24
3.7 แผนภาพแสดงแนวแรงที่กระทำบนแกนเพลลาและมู่เลย์ E	25
3.8-1 แผนภาพแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดของเพลลามู่เลย์ E แนวตั้ง	26
3.8-2 แผนภาพแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดของเพลลามู่เลย์ E แนวระดับ	27
3.9 ระบบทางเดินท่อน้ำของเครื่อง	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาคผนวก

	หน้า	
ตารางที่ 1	Dimensions and basic load ratings for the 03-series ball bearings	43
กราฟรูปที่ 2	Velocity of liquids in pipes	44
ตารางที่ 3	ค่าสัมประสิทธิ์ความเรียบของผนังท่อชนิดต่าง ๆ (c)	45
รูปที่ 4	สัมประสิทธิ์การสูญเสียเนื่องจากอุปกรณ์ประกอบท่อ (K)	46
รูปที่ 5	ค่า K สำหรับการเปลี่ยนขนาดท่อแบบค่อย ๆ เปลี่ยน	47
รูปที่ 6	แบบประกอบเครื่องล้างทำความสะอาดผลส้มภายนอก	48
รูปที่ 7	แบบโครงของเครื่องล้างทำความสะอาดผลส้ม	49
รูปที่ 8	แบบประกอบเครื่องล้างทำความสะอาดตัววางล้าง	50
รูปที่ 9	รูปถ่ายเครื่องล้างทำความสะอาดภายนอก	51
รูปที่ 10	รูปถ่ายชุดขับเคลื่อนแกนเพลลาแปรง	52
รูปที่ 11	รูปถ่ายส่วนทำความสะอาดด้วยแปรง	53
รูปที่ 12	รูปถ่ายแสดงการฉีดพ่นน้ำทำความสะอาด	54
รูปที่ 13	รูปถ่ายแสดงการเข้าทำความสะอาดของส้ม	55
รูปที่ 14	รูปถ่ายแสดงการออกจากส่วนทำความสะอาดของส้ม	56
รูปที่ 15	รูปถ่ายแสดงผลเปรียบเทียบส้มที่ล้างด้วยเครื่องกับที่ยังไม่ผ่านการล้าง	57

บทที่ 1 บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

เนื่องจากในปัจจุบันผู้บริโภคเริ่มสนใจที่จะบริโภคอาหารที่ทำมาจากธรรมชาติมากกว่าที่ได้จากการสังเคราะห์เช่นเดียวกับเครื่องดื่ม ที่ได้เริ่มสนใจว่าสิ่งใดมีคุณค่าทางโภชนาการครบถ้วน และไม่มีสิ่งเจือปนจากสารเคมี หรือสิ่งปรุงแต่ง ดังนั้นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มประเภทน้ำผลไม้คั้นจึงเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะน้ำส้มคั้น นอกจากให้คุณค่าทางอาหารแล้ว ยังจะช่วยให้ความรู้สึกลดชื่นเมื่อกระหายน้ำ ดังนั้นจึงเกิดธุรกิจการคั้นน้ำส้มสด ๆ ให้ผู้บริโภคได้เห็นถึงความสดใหม่ของตัวผลิตภัณฑ์ และได้มีผู้คิดค้นเครื่องดื่มคั้นน้ำส้มอัดโนมิติ แต่เนื่องจากผลลัมที่จะเข้าเครื่องคั้นนั้นอาจจะทำความสะอาดไม่เพียงพอ เพราะผู้ผลิตมิได้คำนึงถึงผลกระทบจากสิ่งที่เป็นเบื้อนบนผิวลัม

ลัมที่เก็บมาจากสวนโดยตรงจะมีความสกปรกจากการปนเปื้อน เช่น เศษดิน ฝุ่นผง สารเคมี (ยาฆ่าแมลง) เป็นต้น ที่บริเวณผิวลัม ซึ่งมีความจำเป็นต้องทำความสะอาดก่อนเข้าขบวนการแปรรูป ด้วยการให้แรงงานคนทำความสะอาดจะทำให้ค่าใช้จ่ายสูง จึงได้คิดถึงระบบการล้างด้วยเครื่องจักร เพื่อให้เกิดประโยชน์ในการประหยัดค่าใช้จ่าย ลดการใช้แรงงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการล้างเข้าสู่ระบบอุตสาหกรรม

โครงการเครื่องล้างทำความสะอาดผลลัมจึงจัดทำขึ้นเพื่อทดลองผลิตเครื่องต้นแบบเครื่องล้างผลลัม ซึ่งสามารถล้างผลลัมได้อย่างมีประสิทธิภาพ และความสะดวกของผลลัมเป็นที่ยอมรับในการจะนำไปใส่เครื่องคั้นน้ำส้มได้ทันที และยังสามารถประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่อไป เพื่อประหยัดแรงงานและล้างได้ปริมาณครั้งละมาก ๆ ได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. ศึกษาการออกแบบเครื่องต้นแบบสำหรับการล้างทำความสะอาดผลลัม
2. สามารถทำความสะอาดผลลัมได้ในปริมาณที่มาก ใช้แรงงานน้อยและทำได้อย่างรวดเร็ว

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. ใช้ลัมเบอร์ 3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 เซนติเมตร
2. ล้างได้ครั้งละ 5 ลูก คาดว่าอัตราการผลิตประมาณ 720 ผล/ชั่วโมง

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี

2.1 มาตรฐานขนาดของส้มเขียวหวานในท้องตลาด

ขนาดของส้มเขียวหวานที่ คัดได้จากขนาดของช่องที่ แตกต่างกันจะถูกจัดเป็นเบอร์ต่างๆ (ไชยา,2532) ดังนี้

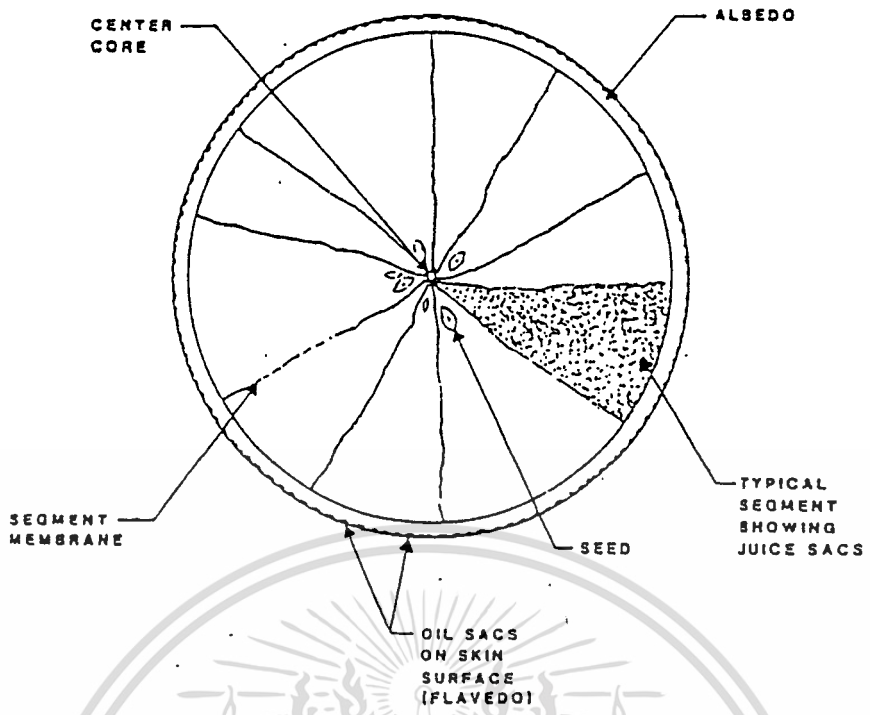
<u>เบอร์ 000</u>	มีขนาดใหญ่กว่า เบอร์ 00 ไม่เป็นที่นิยมรับประทาน และมีเป็นจำนวนน้อย
<u>เบอร์ 00</u>	มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 7 เซนติเมตร มีขนาดใหญ่ เปลือกหนา มีคุณภาพไม่ดี ไม่เป็นที่นิยมรับประทาน
<u>เบอร์ 0</u>	มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 6.5 เซนติเมตร เป็นขนาดที่นิยมรับประทานเช่นเดียวกับส้มเบอร์ 1
<u>เบอร์ 1</u>	มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 6 เซนติเมตร เป็นขนาดที่นิยมรับประทาน เนื่องจากมีขนาดพอเหมาะและมีคุณภาพดี
<u>เบอร์ 2</u>	มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5.5 เซนติเมตร
<u>เบอร์ 3</u>	มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 เซนติเมตร เป็นส้ม ที่มีผลขนาดเล็กที่สุด มีราคาต่ำ ส่วนมากนิยมนำไปคั้นเป็นน้ำส้ม เพื่อบริโภคหรือเพื่อการจำหน่ายอีกรูปแบบหนึ่ง

2.2 ลักษณะการปนเปื้อนของผิวส้ม

จาก รูปที่ 2.1 ได้แสดงส่วนประกอบของส้ม ซึ่งสามารถพิจารณาได้เป็นสองส่วนคือ ภายในและภายนอกของผลส้ม ได้ดังนี้

1. ภายในจะมีส่วนประกอบที่เป็นน้ำ ซึ่งบรรจุอยู่ในถุงเล็กๆ ที่เรียกว่า SACS
2. ภายนอก จะมีสารเคลือบบริเวณผิวส้ม ซึ่งเป็นส่วนช่วยในเรื่องกลิ่นรสของน้ำส้ม คือ

OIL SACS



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบแต่ละส่วนของส้ม (KENNETH J.VALENTAS, 1991)

จากการค้นคว้า ได้มีผู้ทำการสำรวจหาสิ่งที่เจอปนบนผิวของวัสดุอาหารได้ดังตารางดังนี้ (J.G. Brennan, 1990)

ตารางที่ 2.1

ชนิดของการปนเปื้อน	ตัวอย่าง
แร่ธาตุ	เศษดิน เศษหิน น้ำมัน
พืช	กิ่งไม้ ใบไม้ เมล็ด วัชพืช
เนื้อสัตว์	เลือด เส้นผม ขน ตัวอ่อนพยาธิ แมลง
สารเคมี	ปุ๋ย
Microbial	Micro-organisms และ ส่วนที่ได้จาก ผลิตภัณฑ์สุดท้าย

ซึ่งจากการที่ได้ไปสำรวจจากห้องตลาด พบว่า สิ่งที่ปนเปื้อนบนผิวส้มนั้นมีดังนี้

- สารเคมี
- เศษดินเล็กๆ ที่เกาะติดอยู่
- ฝุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เศษใบไม้ และกิ่งไม้

2.3 จุดประสงค์หลักของขบวนการล้าง

1. การชะล้างสิ่งสกปรกที่ปนเปื้อน ซึ่งอาจเป็นสิ่งที่ก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภค หรือเป็นส่วนที่ทำให้เกิดความไม่น่ารับประทาน
2. เพื่อควบคุมแบคทีเรีย หรือ สารเคมี ซึ่งอาจมีผลภายหลังทำให้เกิดความเสียหายด้านคุณภาพแก่ผลิตภัณฑ์

2.4 สิ่งที่เป็นความต้องการภายหลังการทำความสะอาด

1. แยกสิ่งที่มีผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ โดยให้เกิดความเสียหายน้อยที่สุด
2. หลังจากที่ผ่านมาขบวนการทำความสะอาดแล้ว ไม่ควรที่จะเกิดการปนเปื้อนอีกครั้งหนึ่ง แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถทำได้ ดังนั้นในการออกแบบขบวนการล้าง และเครื่องมือที่ใช้มันจะให้มีการปนเปื้อนในขอบเขตที่จำกัด ซึ่งจะต้องเป็นที่ยอมรับได้

3. ควรหลีกเลี่ยงวิธีที่จะทำให้เกิดความเสียหายแก่ผลิตภัณฑ์

4. ปริมาณที่ใช้ทำความสะอาด ควรใช้ในปริมาณที่ประหยัดที่สุด

การทำความสะอาดที่สมบูรณ์แบบนั้น ซึ่งเป็นแนวความคิดทางอุดมคติ ซึ่งทางปฏิบัติแล้ว สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเพื่อให้เกิดความสมดุลระหว่างค่าใช้จ่าย และคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังผ่านขบวนการนี้ ดังนั้นมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับ คือ การยอมรับให้มีการปนเปื้อนในปริมาณที่จำกัดของผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ออกจากขบวนการนี้

นอกจากที่กล่าวมาแล้วนั้น สิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงที่จะทำให้เกิดความเสียหายแก่ผลิตภัณฑ์นั้นคือการขนย้ายวัสดุที่ไม่มีประสิทธิภาพ โดยที่จะเกิดการเน่าเสียเมื่อมีบางส่วนหรือทั้งหมดของการเน่าเสียของปริมาณส่วนใหญ่จากการทำความสะอาดวัสดุอาหาร และการทำความสะอาดวัสดุอาหารก็ยังคงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับขบวนการผลิต โดยการที่วัสดุอาหารที่มีความไม่เรียบขรุขระจะทำให้ดูแล้วไม่สวยงาม และรอยแผลถลอกก็จะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดความเสียหายได้ทางหนึ่ง การเปียกชื้นบริเวณรอยแผลถลอกหรือผิวที่มีความเสียหาย จะเป็นส่วนช่วยให้เกิดการเน่าเสียที่เร็วยิ่งขึ้น โดยเป็นแหล่งเพาะพันธุ์เชื้อโรค และแมลงต่าง ๆ ได้ดี ดังนั้น การทำความสะอาดจะต้องไม่ทำให้เกิดอัตราความเสียหายสูงมากจนเกินไป

ปัจจัยที่มีส่วนทำให้การทำความสะอาดมีผล ทำให้เกิดความเสียหายแก่วัสดุอาหาร ได้แก่

- เกิดการทำลายเป็นแผล เนื่องจากความคมของอุปกรณ์บางตัว เช่น chutes, screens เป็นต้น
- การกระทบกอย่างแรงกับเครื่องมือ
- ไม่มีส่วนรองรับตัววัสดุอาหารเมื่อมีการเคลื่อนที่ จากที่สูง
- การชะล้างที่มากจนเกินไปที่บริเวณผิวของวัสดุอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นในการออกแบบรูปแบบขบวนการล้าง ควรจะมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. ต้องมีความพิถีพิถันในการออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในขบวนการล้าง ให้มีความเรียบไม่มีรอยคมซึ่งอาจจะไปทำความเสียหายแก่วัสดุอาหารได้ และจะต้องไม่ทำให้วัสดุอาหารเกิดการปนเปื้อนสิ่งสกปรกภายหลังผ่านขบวนการล้างแล้ว

2. ต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพการล้าง โดยจะต้องสามารถทำความสะอาดได้ตามที่เราต้องการ ให้เกิดขึ้นในตัววัสดุอาหารนั้น ๆ

3. เครื่องมือที่ใช้มันจะต้องมีความสะดวกในการทำความสะดวกเครื่อง และง่ายต่อการกำจัดสิ่งสกปรกที่ได้จากการชะล้างวัสดุอาหาร

ตำแหน่งที่จะต้องมีการตรวจสอบ การปนเปื้อนของวัสดุอาหาร ซึ่งจะต้องให้มีได้น้อยที่สุด ได้แก่

1. วัสดุอาหารที่จะป้อนให้แก่โรงงานอุตสาหกรรม
2. วัสดุอาหารที่เก็บไว้ในคลังรอการผลิต
3. วัสดุอาหารที่อยู่ระหว่างสายการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม
4. ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้แล้วจัดเก็บในคลังวัสดุเพื่อรอการจำหน่าย
5. ผลิตภัณฑ์ที่จะส่งออกจำหน่าย

2.5 วิธีการทำความสะอาด

ในโรงงานอุตสาหกรรม จำเป็นจะต้องมีขั้นตอนการทำความสะอาด โดยทั่วไปแล้วมีวิธีการทำความสะอาด 2 วิธี (J.G. Brennan, 1990) ดังนี้

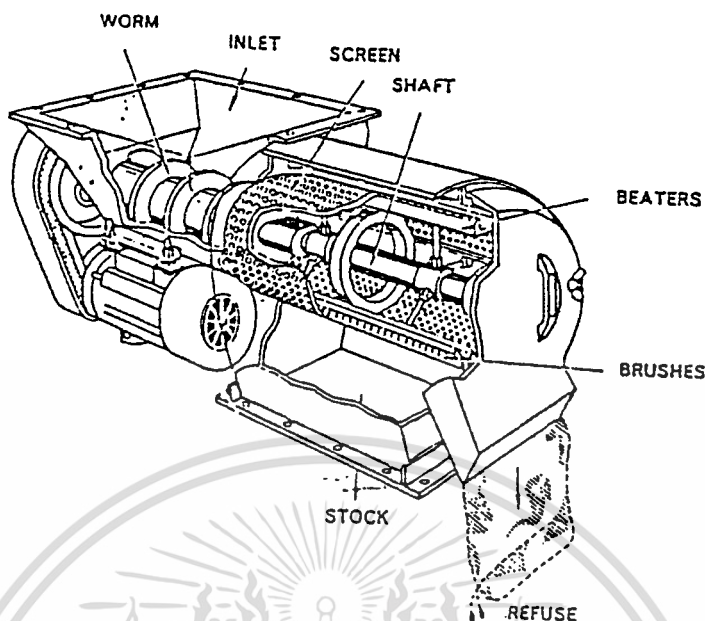
2.5.1 DRY CLEANING METHODS

เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการทำความสะอาดของผิววัสดุอาหารเพียงด้านใดด้านหนึ่ง ซึ่งในขบวนการทำความสะอาดนี้จะต้องคำนึงถึงการกระจายของฝุ่นให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด และควรพิจารณาระยะเวลาที่ทำความสะอาดเพราะจะทำให้เกิดความร้อนซึ่งเป็นเหตุให้เกิดความเสียหายแก่วัสดุอาหารเนื่องจากการขัดสี ซึ่งแบ่งได้

1) SCREENING ลักษณะเป็นตะแกรงแบ่งออกได้เป็น

1.1) ROTARY DRUM SCREEN

หลักการทำงานตะแกรงจะหมุนด้วยความเร็วรอบค่าหนึ่ง ซึ่งจะทำให้วัสดุอาหารที่ต้องการจะลอดผ่านรูตะแกรงลงบนที่เก็บ เรียกว่า stock ส่วนที่เป็นสิ่งสกปรกที่ต้องการแยกออกจะไปรวมกันที่ถุง เรียกว่า bag-hairs แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ROTARY DRUM SCREEN

1.2) FLAT-BED SCREEN

เหมาะสมที่จะใช้กับพวกเมล็ดธัญพืช หลักการทำงาน คือจะมีตะแกรง 3 ขนาด วางเป็นชั้น โดยที่ชั้นที่ 1 จะแยกวัสดุอาหารกับสิ่งปนเปื้อน ซึ่งมีขนาดแตกต่างกันมาก โดยสิ่งปนเปื้อนที่ไม่สามารถลอดผ่านรูตะแกรงได้ เช่น เศษหิน ดินซึ่งจะมีขนาดใหญ่กว่าวัสดุอาหาร จากนั้น ตะแกรงชั้นที่ 2 จะแยกสิ่งปนเปื้อนที่มีขนาดเล็กกว่าวัสดุอาหาร เช่น ผุ่น ซึ่งสามารถลอดผ่านรูตะแกรงชั้นนี้ได้ไปอยู่รวมกันที่ถาดด้านล่าง แสดงไว้ดังรูป 2.3

2) ABRASION CLEANING เป็นการแยกโดยใช้หลักการสั่น

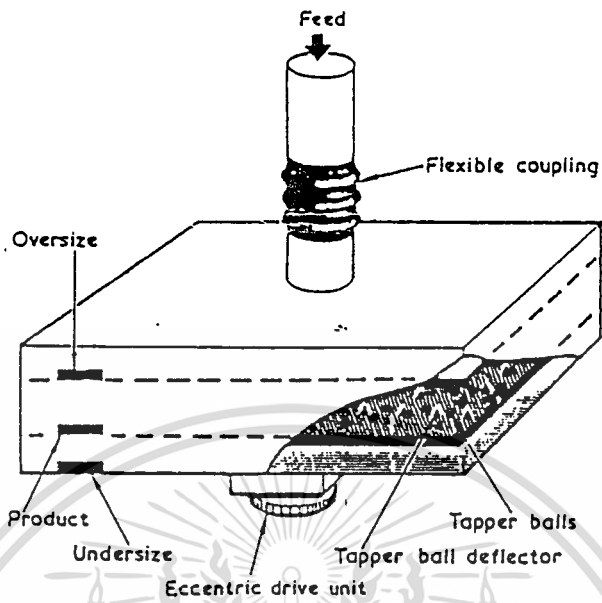
3) ASPIRATION CLEANING หลักการทำงาน โดยอาศัยหลักการของ อากาศพลศาสตร์ ที่มีค่าความแตกต่างกันของ terminal velocity ของวัสดุอาหารและสิ่งปนเปื้อน

4) MAGNETIC CLEANING รูปแบบของเครื่องอาจจะเป็น แบบ rotating หรือ station magnetic drums, magnetised belts เพื่อทำการแยกสิ่งปนเปื้อนประเภทโลหะให้ออกจากวัสดุอาหาร

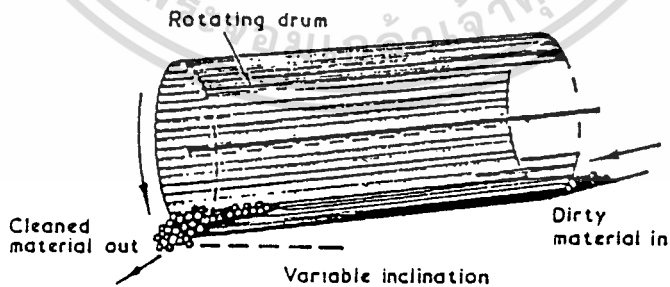
5) MISCELLANEOUS DRY- CLEANING PRINCIPLES มีลักษณะแบ่งออกได้เป็นดังนี้

5.1) ELECTROSTATIC CLEANING หลักการคือ ใช้คุณสมบัติที่แตกต่างกันของประจุไฟฟ้าในตัววัสดุอาหารและสิ่งปนเปื้อน ภายใต้การควบคุมความชื้น

5.2) RADIO - ISOTOPE SEPARATION ใช้หลักการสะท้อนของรังสี แกมมา ฉายไปยังตัววัสดุอาหาร



รูปที่ 2.3 FLAT-BED SCREENS



รูปที่ 2.4 SPRAY DRUM WASHERS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3) X - RAY SAPARATION เหมาะสมที่จะใช้แยก แก้ว และโลหะ ออกจากวัสดุอาหาร ซึ่งจะนิยมใช้ในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ โดยจะฉายรังสีเอกซ์ผ่านตัววัสดุอาหารแล้วปรากฏภาพสิ่งที่ปนเปื้อนอยู่ให้ทราบตำแหน่งบนจอภาพ จึงสามารถทำการคัดแยกได้ทันที

2.5.2 WET CLEANING METHODS

เป็นการทำความสะอาดโดยอาศัย น้ำ เป็นตัวชะล้างสิ่งสกปรก ที่เกาะติดบนผิววัสดุอาหาร ซึ่งการทำทำความสะอาดด้วยวิธีนี้ จะมีผลเสียหายในภายภาคหน้าคือ

1. เกิดมลพิษทางน้ำ หากปล่อยให้น้ำที่ใช้ในขบวนการทำความสะอาดลงสู่น้ำเลย โดยมิได้ทำการบำบัดน้ำเสียนี้ก่อน จากการสำรวจได้พบว่าปริมาณน้ำที่ใช้ในขบวนการนี้ประมาณ 15,000 ลิตร ต่อวัสดุอาหาร 100 ตัน ซึ่งในการบำบัดน้ำเสียนี้ จะมีค่าใช้จ่ายที่สูง

2. การเปียกชื้นของผิววัสดุอาหารนั้น อาจจะทำให้เกิดความเสียหายได้มากกว่าวิธีอื่น ซึ่งในวิธีการทำความสะอาดนี้ แบ่งออกได้เป็น

1) SOAKING เป็นวิธีเบื้องต้นที่ใช้ทำความสะอาด และเหมาะสมกับวัสดุอาหารที่มีการปนเปื้อนมาก ๆ เช่น ผัก ผลไม้บางชนิด สิ่งที่ปนเปื้อนมักเป็น ดิน ทราย กรวด ซึ่งสิ่งเหล่านี้ อาจจะเป็นตัวทำความเสียหายแก่เครื่องมือได้

SOAK TANK จะทำด้วยโลหะที่มีผิวเรียบและสามารถทำความสะอาดได้ง่าย ซึ่งไม่ควรทำด้วยไม้ และด้านล่างจะมีตะแกรงไว้สำหรับกรองเศษดิน ต่างๆ ให้แยกออกจากน้ำก่อนปล่อยลงสู่น้ำ ลักษณะของ SOAK TANK ที่จะมีประสิทธิภาพ ควรจะเป็นดังนี้

- การเคลื่อนย้ายวัสดุอาหารโดยอาศัยแรงของน้ำ ด้วยการ ใช้ propeller-stirrevs built
- การเคลื่อนย้ายวัสดุอาหารแบบช้าๆ ด้วย paddle หรือจะป้อนเข้าด้วย horizontal perforated drum ทำให้มีการไหลท่วมวัสดุอาหารที่อยู่ภายใน soak tank ซึ่งวิธีนี้จะมีผลทำให้เกิดความเสียหายแก่วัสดุอาหารที่มีลักษณะบอบบาง เช่น สตรอเบอร์รี่

หากใช้น้ำอุ่นในการทำทำความสะอาด จะสามารถช่วยในการชะล้างได้ดีขึ้น แต่จะมีผลเสียต่อเนื้อสัมผัสของวัสดุอาหาร

2) SPRAY WASHING เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในการทำทำความสะอาดแบบเปียก โดยการสเปรย์น้ำบนผิว หรือเปลือกของวัสดุอาหาร

ประสิทธิภาพของวิธีนี้ จะขึ้นอยู่กับ

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

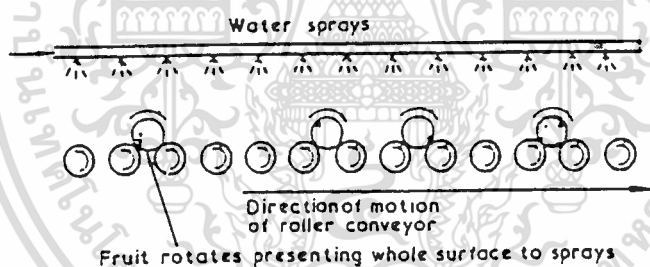
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าใช้ความดันสูงแต่ปริมาณน้ำน้อย จะทำให้มีประสิทธิภาพมาก อย่างไรก็ตามจะทำให้ ผัก และผลไม้ ที่มีความบอบบางเสียหายได้ เช่น สตรอเบอร์รี่ หน่อไม้ฝรั่ง บางครั้งการใช้ความดันสูง จะช่วยชะส่วนที่เป็นจุดดำ ของ มะเขือเทศ ลูกพีท และพีชตระกูลมะนาว ออกไปพร้อมกับเศษดินด้วย

วิธีนี้สามารถแบ่งออกได้ เป็นดังนี้

2.1) SPRAY DRUM WASHERS โครงสร้างจะทำด้วยโลหะ เป็นทรงกระบอกยาว และขนาดของทรงกระบอกต้องมีความเหมาะสมกับวัสดุอาหารที่จะนำมาทำความสะอาด ส่วนตัว drum จะหมุนอย่างช้า ๆ และวางทำมุมเอียงกับแนวระดับ ซึ่งความเร็ว และมุมเอียงจะต้องกำหนดให้เหมาะสมเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของวัสดุอาหารภายใน drum และแกนสเปรย์น้ำ จะต้องอยู่กึ่งกลางภายในทรงกระบอก หัวฉีดสเปรย์น้ำจะต้องถูกจัดวางให้มีระยะห่างที่เหมาะสมในการชะล้าง ดังแสดงในรูปที่ 2.4

2.2) SPRAY BELT WASHERS เป็นการขนถ่ายวัสดุอาหารโดยใช้หลักการง่ายๆ เช่น สายพานลำเลียงแบบเปิด ซึ่งวางอยู่ใต้แกนสเปรย์น้ำ จึงเหมาะสมกับวัสดุอาหารที่มีลักษณะค่อนข้างกลม เช่น แอปเปิ้ล ต่อมาจึงได้มีการพัฒนาส่วนการลำเลียงเป็นลูกกลิ้ง เป็นผลให้วัสดุอาหารหมุนไปได้ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 SPRAY BELT WASHERS

3) FLOTATION WASHING เป็นวิธีที่ใช้ทำความสะอาดของวัสดุอาหารกับสิ่งปนเปื้อน โดยอาศัยการลอยหรือจม ซึ่งสิ่งปนเปื้อนจะจมอยู่ในน้ำแต่ละออง ส่วนวัสดุอาหารลอยอยู่บนผิวน้ำแล้วจะมีก้านกวาดให้ไปรวมกันที่ทางออก

4) ULTRASONIC CLEANING เป็นการใช้อากาศสะท้อนของคลื่น ultrasonic ที่มีค่าความถี่ค่าหนึ่งส่งผ่านไปยังวัสดุอาหารที่แช่อยู่ในน้ำ

5) DEWATERING

2.6 อุปกรณ์เครื่องสูบน้ำ (วัชระ เพิ่มชาติ, 2539)

เป็นอุปกรณ์ที่มีความจำเป็นในงานด้านอุตสาหกรรม เพื่อใช้เพิ่มพลังงานให้กับของเหลว เป็นผลให้ของเหลวนั้นเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง หรือจากระดับหนึ่งไปยังอีกระดับหนึ่งโดยผ่านทางท่อปิด ดังนั้นเครื่องสูบน้ำจึงถูกจัดแบ่งออกเป็นหลายแบบตามหลักการทำงานของกลไกที่ใช้ในการเพิ่มพลังงานให้ของเหลวดังต่อไปนี้

2.6.1 เครื่องสูบน้ำแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Pump) เป็นเครื่องสูบน้ำที่ใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางเป็นตัวการให้เกิด head ขึ้นกับเครื่องสูบน้ำ สามารถแบ่งออกเป็นประเภท ตามลักษณะการออกแบบและการทำงานของเครื่องสูบน้ำดังนี้

- 1) Volute type
- 2) Diffuser type
- 3) Regenerative turbine type
- 4) Vertical type
- 5) Mixed-flow type
- 6) Axial-flow type

2.6.2 เครื่องสูบน้ำแบบโรตารี (Rotary Pump) เป็นกลุ่มของเครื่องสูบน้ำที่ทำงานโดยการที่ของเหลวถูกบีบหรือรีดผ่านช่องแคบ ๆ ที่อยู่ระหว่างผนังห้องสูบน้ำกับกลไกที่ เรียกว่า Rotating Element แบ่งตามการออกแบบและการทำงานของเครื่องสูบน้ำ ได้เป็น

- 1) Gear type
- 2) Vane type
- 3) Cam and piston type
- 4) Screw type
- 5) Lobular type
- 6) Shuttle block type
- 7) Flexible chamber type

2.6.3 เครื่องสูบน้ำแบบชัก (Reciprocating Pump) เป็นเครื่องสูบน้ำซึ่ง ของเหลวเข้า ไปแทนที่ช่องว่างที่เกิดขึ้นในห้องสูบน้ำ จากการเคลื่อนที่ของกลไก ประเภทลูกสูบ และแผ่นไคอะแพรม สามารถแบ่งตามการออกแบบและการทำงาน ได้เป็น

- 1) Direct-acting type
- 2) Crank and flywheel type (Power type)
- 3) Diaphragm type

2.6.4 เครื่องสูบน้ำแบบเจ็ทหรืออีดักเตอร์ (Jet Pump or Eductors) เป็นเครื่องสูบน้ำที่อาศัยหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของความดันลดยุ่ก่เกิดข้ขึ้นบริเวณคอแคบ (Ventury) โดยให้อากาศความเร็วสูงพุ่งผ่านคอแคบในเครื่องสูบลและอาศัยแรงดันของบรรยากาศภายนอกดันของเหลวให้ไหลเข้าสู่บริเวณความดันลดลงนั้น เครื่องสูบบแบบอัดอากาศ (Air Lift Pump) ก็จัดอยู่ในประเภทนี้ด้วย สามารถแบ่งตามการออกแบบและการทำงาน ได้เป็น

- 1) Eductor type
- 2) Ejector type
- 3) Injector-type
- 4) Jet compressor

หากการจำแนกเครื่องสูบลด้วยวิธีอื่น จะได้ว่าสามารถแบ่งออกได้เป็น

1) Dynamic Group เป็นเครื่องสูบลประเภทที่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่สูบลได้ หรือปริมาณน้ำที่ผ่านเครื่องสูบลไม่คงที่ ได้แก่พวก centrifugal pump กับกลุ่มของ eductor air lift pump และ jet pump

2) Displacement Group เป็นเครื่องสูบลประเภทที่ปริมาณน้ำผ่านเครื่องสูบลอย่างคงที่ ได้แก่ พวก rotary pump และ reciprocating pump หรือบางทีก็เรียกว่าพวก positive displacement pump

2.7 มอเตอร์ (พีรศักดิ์ วรสุนทรโรสด และคณะ , 2538)

ทั่วไปแล้วสามารถแบ่งมอเตอร์ออกตามลักษณะของระบบไฟฟ้อน หลักในการหมุน และในโครงสร้างดังนี้

2.7.1 มอเตอร์กระแสล้บ แบ่งออกเป็น

1) มอเตอร์เหนี่ยวนำ

1.1) มอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดี่ยว แบ่งออกเป็น

- 1.1.1) ชนิดแยกเฟสสตาร์ท
- 1.1.2) ชนิดคาปาซิเตอร์สตาร์ท
- 1.1.3) ชนิดต่อคาปาซิเตอร์ถาวร
- 1.1.4) ชนิดเจดโพล

1.2) มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส แบ่งออกเป็น

- 1.2.1) ชนิด (rotor) กรงกระรอกธรรมดา
- 1.2.2) ชนิดกรงกระรอกพิเศษ
- 1.2.3) ชนิดแท่งตัวนำในโรเตอร์มีค่าความต้านทานสูง
- 1.2.4) ชนิดโรเตอร์พันขดลวด
- 1.2.5) มอเตอร์เปลี่ยนขั้วได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1.2.6) มอเตอร์ทดเกียร์
- 1.2.7) มอเตอร์เบรค
- 1.2.8) มอเตอร์คลัช
- 1.2.9) มอเตอร์ยกของ
- 1.2.10) มอเตอร์กระแสเอ็ด

2) มอเตอร์แบบซิงโครนัส

- 2.1) ชนิดสนามแม่เหล็กหมุน (ขนาดใหญ่)
- 2.2) มอเตอร์อเนเจอร์หมุน (ขนาดเล็ก)
- 3) มอเตอร์แบบมีคอมมิวเตเตอร์และแปรงถ่าน
 - 3.1) ชนิดวงจรั้วแม่เหล็กอนุกรม
 - 3.2) ชนิดวงจรั้วแม่เหล็กขนาน

2.7.2 มอเตอร์กระแสตรง แบ่งออกเป็น

- 1) วงจรั้วแม่เหล็กขนาน
- 2) วงจรั้วแม่เหล็กอนุกรม
- 3) วงจรั้วแม่เหล็กผสม

2.8 ระบบการทำงานของเครื่องล้างทำความสะอาดผลส้ม

ส้มจะเคลื่อนที่ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก (gravity force) มาตามแนวราง โดยส่วนป้อนจะมีความชัน 14° จากแนวราง และ แนวรางการล้างจะมีความชันเป็น 7° จากแนวระดับ ดังนั้นเมื่อผลส้มผ่านเข้าส่วนล้าง ซึ่งจะมีแปรงทำความสะอาด 2 อัน โดยหมุนด้วยความเร็วรอบ 192 rpm จากการขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ที่มีความเร็วรอบ 1440 rpm และตลอดระยะเวลาระหว่างส่วนป้อนจนถึงแปรงอันที่สอง จะมีการฉีดพ่นน้ำ อยู่ด้านบนตลอดเวลา โดยการใช้ ปืนน้ำ ที่มี อัตราการไหลเป็น 20 ลิตร/นาที รวมระยะทางรางจากส่วนป้อนจนถึงปลายรางเครื่องเป็น 120 เซนติเมตร

บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง

3.1 ส่วนประกอบของเครื่องล้างทำความสะอาดผลส้ม

3.1.1 ที่ป้อนส้ม

3.1.2 ส่วนล้างทำความสะอาด

- 1) รางท่อ PVC กลม
- 2) แปรง
- 3) แกนเพลลาแปรง และส่วนขับเคลื่อนแปรง
- 4) ท่อน้ำ และท่อสเปรย์น้ำ

3.1.3 โครงสร้างเครื่อง

3.1.4 มอเตอร์ไฟฟ้า

3.1.5 ป้อนน้ำ

3.2 ขั้นตอนการออกแบบขนาดรางท่อ PVC กลม

การเลือกขนาดท่อ PVC ที่เหมาะสมนำมาใช้งาน ได้พิจารณาจากวัสดุที่หาง่าย ราคาถูก และมีความคงทนต่อการสึกกร่อน จึงได้พิจารณาระหว่าง ท่อขนาด 1/2" ,3/4" และ 1" พบว่าเมื่อให้รางที่มีความชันเป็นค่าคงที่ค่าหนึ่ง ซึ่งมีค่าเป็น 5° แล้ว จะได้ว่าขนาดท่อที่ทำให้การเคลื่อนที่ของส้มหนักที่สุด เกิดการกระดอนค่อนข้างน้อยนั้น คือ ท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/2" ดังนั้นจึงตัดสินใจเลือกรางที่ทำด้วยท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/2 นิ้ว

3.3 การเลือกความยาวขนแปรง และจำนวนแปรงที่ใช้

ความยาวขนแปรงที่นำมาใช้งาน จะต้องมีความยาวอย่างน้อยที่สุดก็ต้องเท่ากับรัศมีของผลส้ม แต่ในการทดลองโดยใช้แปรงที่มีขายตามท้องตลาดพบว่าขนแปรงยาวที่สุด 3 เซนติเมตร ซึ่งจะได้ว่าจำนวนแปรงที่ต้องใช้ เมื่อใช้ส้มเบอร์ 3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 เซนติเมตร เป็นดังนี้

$$\text{เส้นรอบวงของผลส้ม} = \pi D$$

เมื่อ D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของผลส้ม , เซนติเมตร

จะได้ว่า เส้นรอบวงของผลส้ม มีค่าเท่ากับ 15.7 เซนติเมตร

ความยาวตามเส้นรอบวงของผลส้มในการทำความสะอาดด้วยแปรง 1 อัน มีค่าเท่ากับ 5.8 เซนติเมตร

$$\text{ใช้แปรงทั้งหมด} = \frac{\text{ความยาวเส้นรอบวงผลส้ม}}{\text{ความยาวตามเส้นรอบวงของผลส้มในการทำความสะอาดด้วยแปรง 1 อัน}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= 15.7 / 5.38$$

$$\text{ดังนั้น จะต้องใช้แปรงทั้งหมด} = 2.92 \text{ อัน}$$

ใช้ ค่า safety factor 50 % จึงได้ว่า จำนวนแปรงที่ต้องใช้จริง 4.38 หรือประมาณให้เป็น 5 อัน ซึ่งได้ระยะทางรวมทั้งสิ้น 24 เซนติเมตร แต่เนื่องจากการสอบถาม ราคาการทำแปรงตามท้องตลาดแล้วพบว่า มีราคาที่สูงมากต่อ แปรงหนึ่งอัน นอกจากนี้ยังมีปัญหาที่ว่า โรงงานที่รับสั่งทำแปรงนั้นสามารถทำแปรงที่เล็กที่สุดได้ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกนแปรง 2 นิ้ว ซึ่งเป็นขนาดที่ใหญ่เกินไป ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ เพราะจะทำให้เราต้องใช้มอเตอร์ที่ให้แรงมากด้วย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องประดิษฐ์แปรงขึ้นมาเอง โดยได้ใช้แกนแปรงเป็น เหล็กเส้นกลมตัน ซึ่งได้เลือกขนาดที่มีขายตามท้องตลาด และคาดว่าเหมาะสมต่อการนำมาใช้งาน จากเหตุผลนี้ ทำให้สามารถกำหนดความยาวขนแปรงได้เอง ซึ่งจะช่วยลดจำนวนแปรงที่ต้องใช้ลงได้ โดยได้คิดเทียบจากผลการทดลองข้างต้น จะได้ว่า

$$\text{เส้นผ่านศูนย์กลางแกนแปรง} = 19 \text{ mm}$$

$$\text{ความยาวขนแปรง} = 11 \text{ cm}$$

$$\text{จำนวนแปรง} = 2 \text{ อัน}$$

$$\text{ระยะทางรวม} = 44 \text{ cm}$$

3.4 ขั้นตอนการออกแบบส่วนขับเคลื่อนแกนแปรง

ส่วนขับเคลื่อนแกนแปรง ประกอบด้วย

- (1) มอเตอร์
- (2) มูเลย์
- (3) สายพาน
- (4) แกนเพลลา
- (5) ตลับลูกปืน

3.4.1 มอเตอร์ และมูเลย์

การหาขนาดมอเตอร์ โดยในตอนต้นเรามีอุปกรณ์ กำหนดไว้ดังนี้

$$\text{ขนาดมอเตอร์ กำลัง} = 1/4 \text{ HP} = 186.5 \text{ W}$$

$$\text{ความเร็วรอบ} = 1450 \text{ rpm}$$

$$\text{ขนาดมูเลย์ ตัว A ร่องเดียว} = 2 \text{ นิ้ว}$$

$$\text{ตัว B ร่องคู่} = 4 \text{ นิ้ว}$$

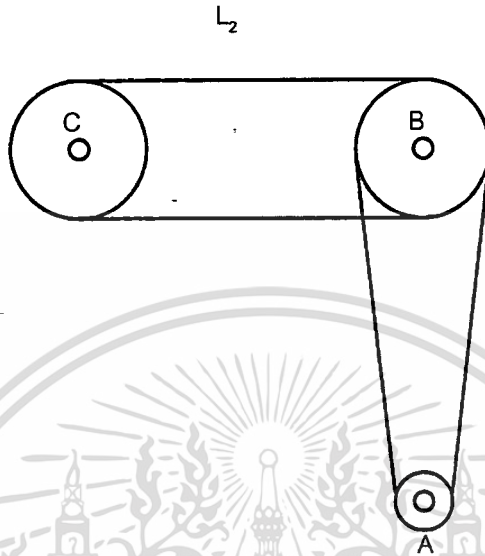
$$\text{ตัว C ร่องเดียว} = 4 \text{ นิ้ว}$$

$$\text{ความยาวสายพาน ชนิดร่อง A } L_1 = 69 \text{ นิ้ว}$$

$$L_2 = 31 \text{ นิ้ว}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทำการต่อระหว่างมูเลย์และมอเตอร์ได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ภาพแสดงการติดตั้งระหว่างมูเลย์แกนแปรกับมูเลย์มอเตอร์

$$\text{ดังนั้นจะได้ อัตราทด} = 2/4 = 0.5$$

$$\text{ความเร็วรอบแกนแปรทั้งสอง} = 0.5 * 1450 = 725 \text{ rpm}$$

เมื่อได้ทำการทดสอบการเคลื่อนที่ของผลลัมที่ความเร็วแปร 725 rpm พบว่าเมื่อผลลัมผ่านแปรตัวที่ 2 จะถูกดีดออกมาด้วยความแรงมาก ดังนั้นความเร็วค่านี้อยู่ไม่เหมาะสม จึงต้องทำการปรับความเร็วรอบให้น้อยลงกว่านี้ เพื่อให้การเคลื่อนที่ของผลลัมช้าลง จึงทำการเปลี่ยนขนาดมูเลย์ตัว B,C และความยาวสายพาน แต่ยังคงค่าตัวแปรอื่นให้คงที่ ซึ่งได้ดังนี้

$$\text{ขนาดมูเลย์ ตัว B ร่องคู่} = 5 \text{ และ } 6 \text{ นิ้ว ตามลำดับ}$$

$$\text{ตัว C ร่องเดี่ยว} = 5 \text{ และ } 6 \text{ นิ้ว ตามลำดับ}$$

$$\text{ความยาวสายพาน ร่อง A } L_1 = 70 \text{ นิ้ว}$$

$$L_2 = 32 \text{ นิ้ว}$$

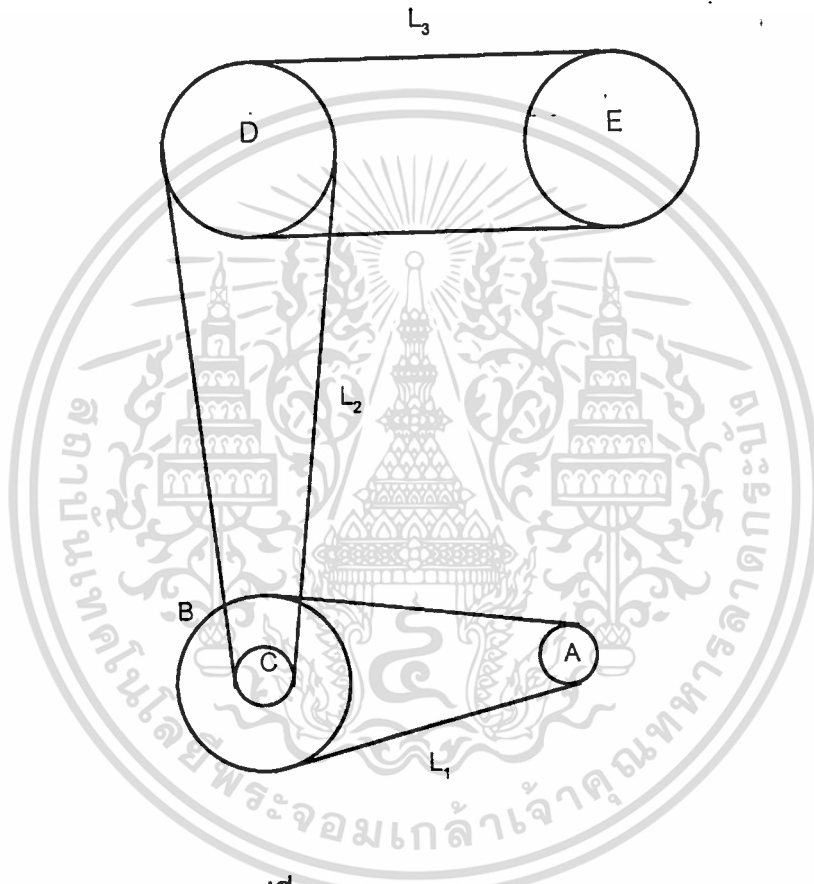
ผลปรากฏว่า ผลลัมก็ยังคงเคลื่อนที่ในลักษณะเดิม เพียงแต่การดีดช้าลงกว่าเดิม แต่ก็ยังไม่เพียงพอตามความต้องการ จึงได้ทำการปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรอื่นอีกด้วย โดยทำการเปลี่ยนขนาดมอเตอร์ให้มีแรงม้ามากขึ้น ซึ่งจะทำให้ได้แรงน้อยลง และทำการต่อเข้ากับมูเลย์ ขนาด 4,5 และ 6 นิ้ว ตามลำดับซึ่งยังคงต่อตามรูปที่ 3.1 โดยขนาดมอเตอร์ที่ได้เป็น

$$\text{ขนาดมอเตอร์ กำลัง} = 1/3 \text{ HP} = 249 \text{ W}$$

$$\text{ความเร็วรอบ} = 1440 \text{ rpm}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ว่าความเร็วของแกนแปรงก็ยิ่งมากเกินไปที่ต้องการ เพราะยังคงทำให้การเคลื่อนที่ของผลสัมเป็นไปในลักษณะเดิมอยู่ โดยได้ทำการแก้ไขด้วยการทดแรงเพื่อให้ความเร็วรอบลดลง ซึ่งแสดงไว้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ภาพแสดงการทดแรง

โดยมีขนาดของส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้

ขนาดมอเตอร์ กำลัง = 1/3 HP = 249 W

ความเร็วรอบ = 1440 rpm

ขนาดมูเลย์	มูเลย์ตัว A เส้นผ่านศูนย์กลาง	= 2 นิ้ว	= 50.8 mm
	มูเลย์ตัว B เส้นผ่านศูนย์กลาง	= 5 นิ้ว	= 127 mm
	มูเลย์ตัว C เส้นผ่านศูนย์กลาง	= 2 นิ้ว	= 50.8 mm
	มูเลย์ตัว D เส้นผ่านศูนย์กลาง	= 6 นิ้ว	= 152.4 mm
	มูเลย์ตัว E เส้นผ่านศูนย์กลาง	= 6 นิ้ว	= 152.4 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น จะได้ อัตราทด} &= (2/5) * (2/6) * (6/6) = 2/15 \\ \text{ความเร็วรอบของแปรงทั้งสอง (มูเลย์ D และ มูเลย์ E)} & \\ &= 1440 * (2/15) = 192 \text{ rpm} \end{aligned}$$

3.4.2 สายพาน

จากการหาขนาดมอเตอร์ และขนาดมูเลย์ที่ต้องใช้แล้ว ดังนั้นสามารถคำนวณหาค่าต่าง ๆ ได้ ดังนี้

1) ความเร็วสายพาน

$$\text{จากสูตร } V = \pi Dn / 60$$

เมื่อ D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางมูเลย์

n คือ ความเร็วรอบของมูเลย์

จะได้ว่า

$$\text{สายพาน } L_1 = [\pi(127 \cdot 10^{-3})(50.5/127)(1440)] / 60$$

$$= 3.83 \text{ m/s}$$

$$\text{สายพาน } L_2, L_3 = [\pi(152.4 \cdot 10^{-3})(50.8/152.4)(576)] / 60$$

$$= 1.53 \text{ m/s}$$

2) ความยาวสายพาน (Joseph Edward Shigley , 1986)

$$\text{จากสูตร } L = 2C + 1.57(D+d) + (D-d)^2 / 4C$$

เมื่อ D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางมูเลย์ตัวใหญ่

d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางมูเลย์ตัวเล็ก

C คือ ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางมูเลย์ทั้งสอง

จะได้ว่า

$$\text{สายพาน } L_1 = 2(260) + 1.57(127 + 50.8) + (127 - 50.8)^2 / 4(260)$$

$$= 804.73 \text{ mm} \quad (31.68 \text{ นิ้ว})$$

$$\text{สายพาน } L_2 = 2(720) + 1.57(152.4 + 50.8) + (152.4 - 50.8)^2 / 4(720)$$

$$= 1759.02 \text{ mm} \quad (69.39 \text{ นิ้ว})$$

$$\text{สายพาน } L_3 = 2(230) + 1.57(152.4 + 152.4) + (152.4 - 152.4)^2 / 4(230)$$

$$= 938.54 \text{ mm} \quad (36.95 \text{ นิ้ว})$$

ดังนั้น จึงเลือกใช้สายพาน ดังนี้

$$L_1 = 32 \text{ นิ้ว}$$

$$L_2 = 70 \text{ นิ้ว}$$

$$L_3 = 37 \text{ นิ้ว}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) มุมสัมพัทธ์สายพาน (Joseph Edward Shigley , 1986)

$$\text{จากสูตร} \quad \theta = 180^\circ - 2\sin^{-1}(D-d) / 2C$$

จะได้ว่า

$$\begin{aligned} \text{สายพาน } L_1 : \quad \theta_1 &= 180^\circ - 2\sin^{-1}(127-50.8) / 2(260) \\ &= 163.15^\circ = 2.85 \text{ เรเดียน} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{สายพาน } L_2 : \quad \theta_2 &= 180^\circ - 2\sin^{-1}(152.4-50.8) / 2(720) \\ &= 171.91^\circ = 3.00 \text{ เรเดียน} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{สายพาน } L_3 : \quad \theta_3 &= 180^\circ - 2\sin^{-1}(152.4-152.4) / 2(230) \\ &= 180^\circ = 3.14 \text{ เรเดียน} \end{aligned}$$

4) แรงดึงในสายพาน (Joseph Edward Shigley , 1986)

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร} \quad F_1/F_2 &= e^{\theta} \\ H &= (F_1 - F_2)V \end{aligned}$$

เมื่อ F_1 คือ แรงดึงด้านดึงของสายพาน F_2 คือ แรงดึงด้านหย่อนของสายพาน f คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างสายพานกับมูเลย์
มีค่าเท่ากับ 0.35 θ คือ มุมสัมพัทธ์สายพาน หน่วย เรเดียน H คือ กำลังงานที่ส่งออกไป V คือ ความเร็วสายพาน

จะได้ว่า

$$\text{สายพาน } L_1 : \quad F_1/F_2 = e^{(0.35)(2.85)}$$

$$= 2.71$$

$$249 = (F_1 - F_2)(3.83)$$

$$249 = (2.71F_2 - F_2)(3.83)$$

ดังนั้น

$$F_1 = 103.03 \text{ N}$$

$$F_2 = 38.02 \text{ N}$$

$$\text{สายพาน } L_2 : \quad F_1/F_2 = e^{(0.35)(3.00)}$$

$$= 2.86$$

$$249 = (F_1 - F_2)(1.53)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น การนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ดังนั้น $F_1 = 250.24 \text{ N}$

$F_2 = 87.50 \text{ N}$

สายพาน L_3 : $F_1/F_2 = e^{(0.35)(3.14)}$

$= 3$

$249 = (F_1 - F_2)(1.53)$

$249 = (3F_2 - F_2)(1.53)$

ดังนั้น $F_1 = 244.12 \text{ N}$

$F_2 = 81.37 \text{ N}$

3.4.3 แกนเพลลา

1) เพลลาที่มวล B และมวล C

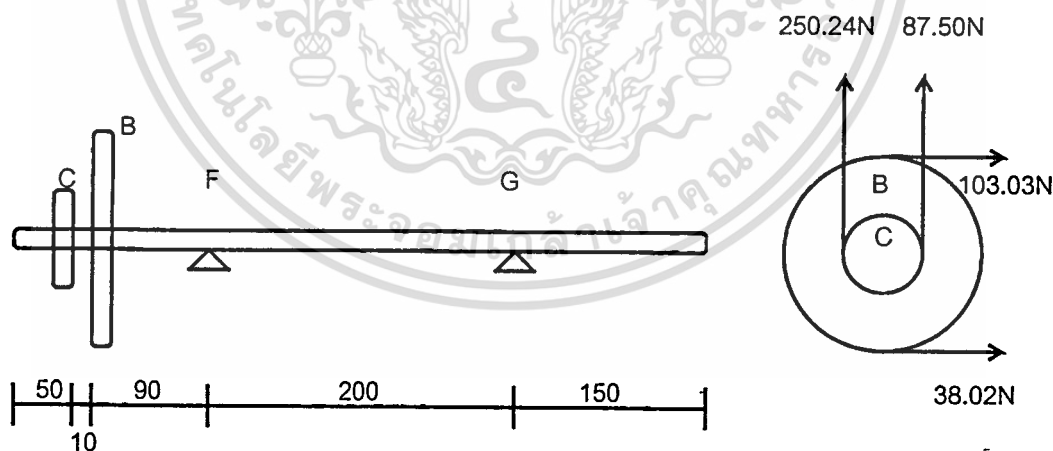
น้ำหนักเพลลา = 1 kg (9.81 N)

น้ำหนักมวล B = 0.8 kg (7.85 N)

น้ำหนักมวล C = 0.1 kg (0.98 N)

แรงรวมของสายพาน L_1 กระทำต่อเพลลา = 141.05 N

แรงรวมของสายพาน L_2 กระทำต่อเพลลา = 337.74 N



รูปที่ 3.3 แผนภาพแสดงแนวแรงที่กระทำบนแกนเพลลาและมวล B, C

จากรูปที่ 3.3 ได้ว่า

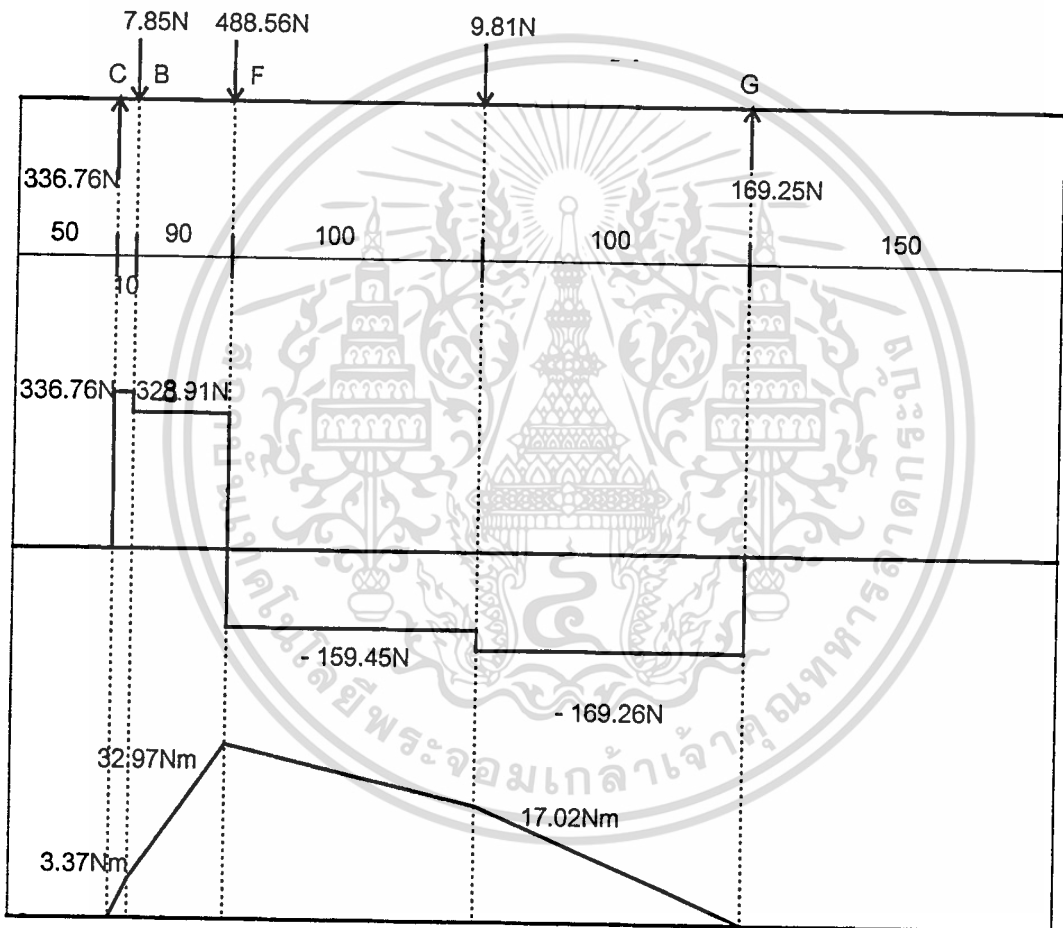
แนวตั้ง คัดโมเมนต์รอบจุด F = 0 ;

$$337.74(100) - (0.98)(100) + (9.81)(100) - 200F_{GV} - 7.85(90) = 0 \quad (1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

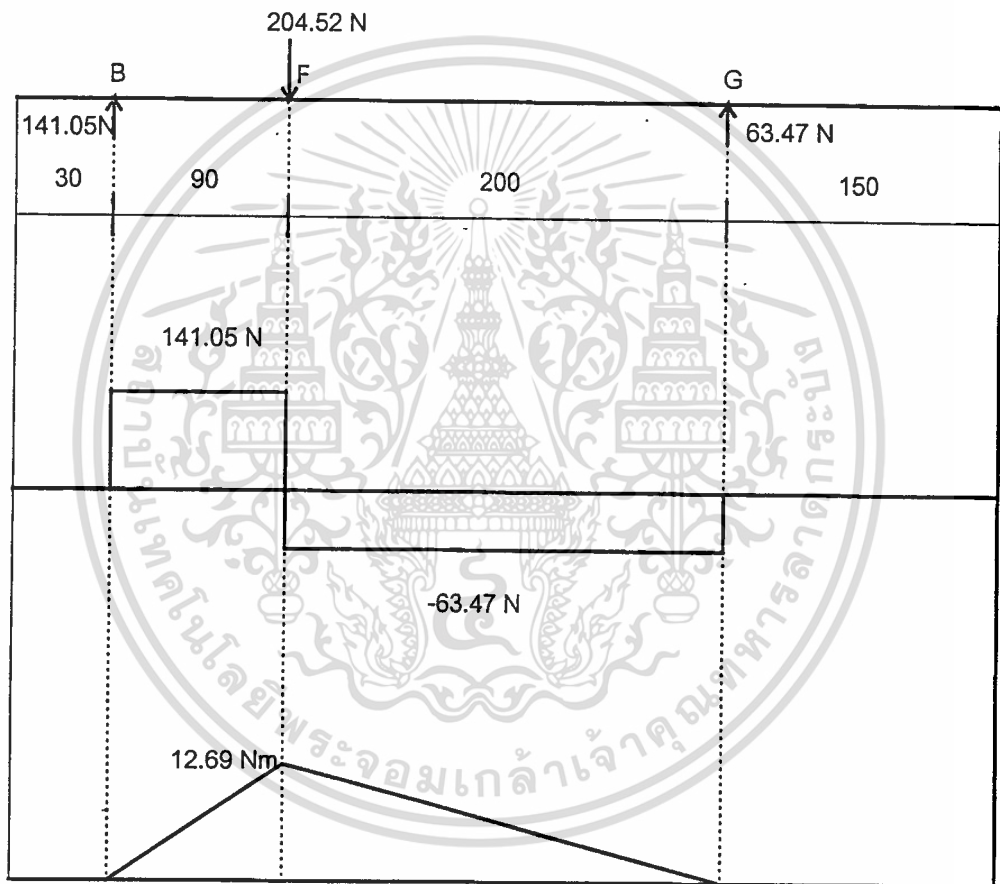
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่ได้วางใจไว้

038067



รูปที่ 3.4-1 แผนภาพแสดงแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดของเพลาหมายเลข B,C แนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4-2 แผนภาพแสดงแรงเฉือนและโมเมนต์ตัดของเพลาหมายเลข B,C แนวระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\sum F_y = 0 ;$$

$$337.74 - 0.98 - 9.81 + 169.26 - F_{FV} - 7.85 = 0 \quad (2)$$

จากสมการ (1) และ (2) ได้ว่า

$$F_{FV} = 488.36 \text{ N}$$

$$F_{GV} = 169.26 \text{ N}$$

แนวระดับ คัดโมเมนต์รอบจุด F = 0 ;

$$141.05(90) - 200F_{GH} = 0 \quad (3)$$

$$\sum F_x = 0 ;$$

$$141.5 + 63.47 - F_{FH} = 0 \quad (4)$$

จากสมการ (3) และ (4) ได้ว่า

$$F_{FH} = 204.52 \text{ N}$$

$$F_{GH} = 63.47 \text{ N}$$

จากรูปที่ 3.4-1 และ รูป 3.4-2 จะได้ว่า โมเมนต์สูงสุดเกิดที่ F ซึ่งมีค่าเท่ากับ

$$M_F = [(32.97)^2 + (12.69)^2]^{0.5} = 35.33 \text{ N.m}$$

$$T = \frac{H}{2\pi n} = \frac{249}{[2\pi(576/60)]} = 4.13 \text{ N.m}$$

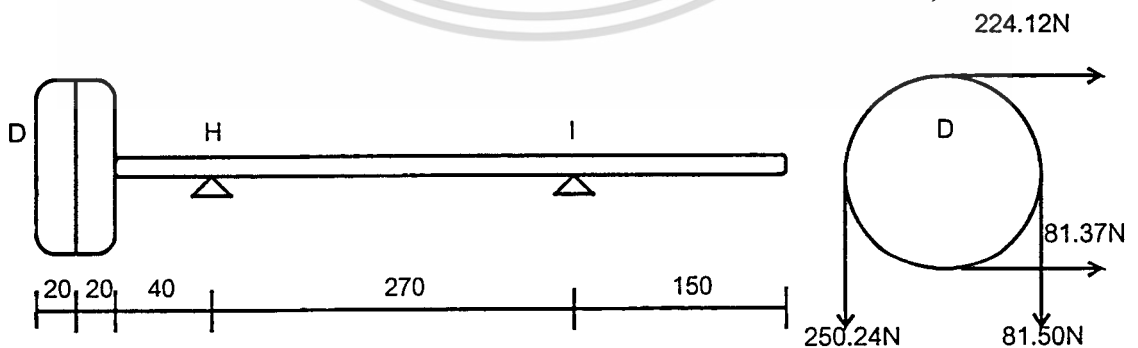
2) เพลงที่หมายเลข D (แปรงตัวที่ 1)

$$\text{น้ำหนักเพลงเมื่อรวมขนแปรง} = 2 \text{ kg} \quad (19.62 \text{ N})$$

$$\text{น้ำหนักหมายเลข D} = 1 \text{ kg} \quad (9.81 \text{ N})$$

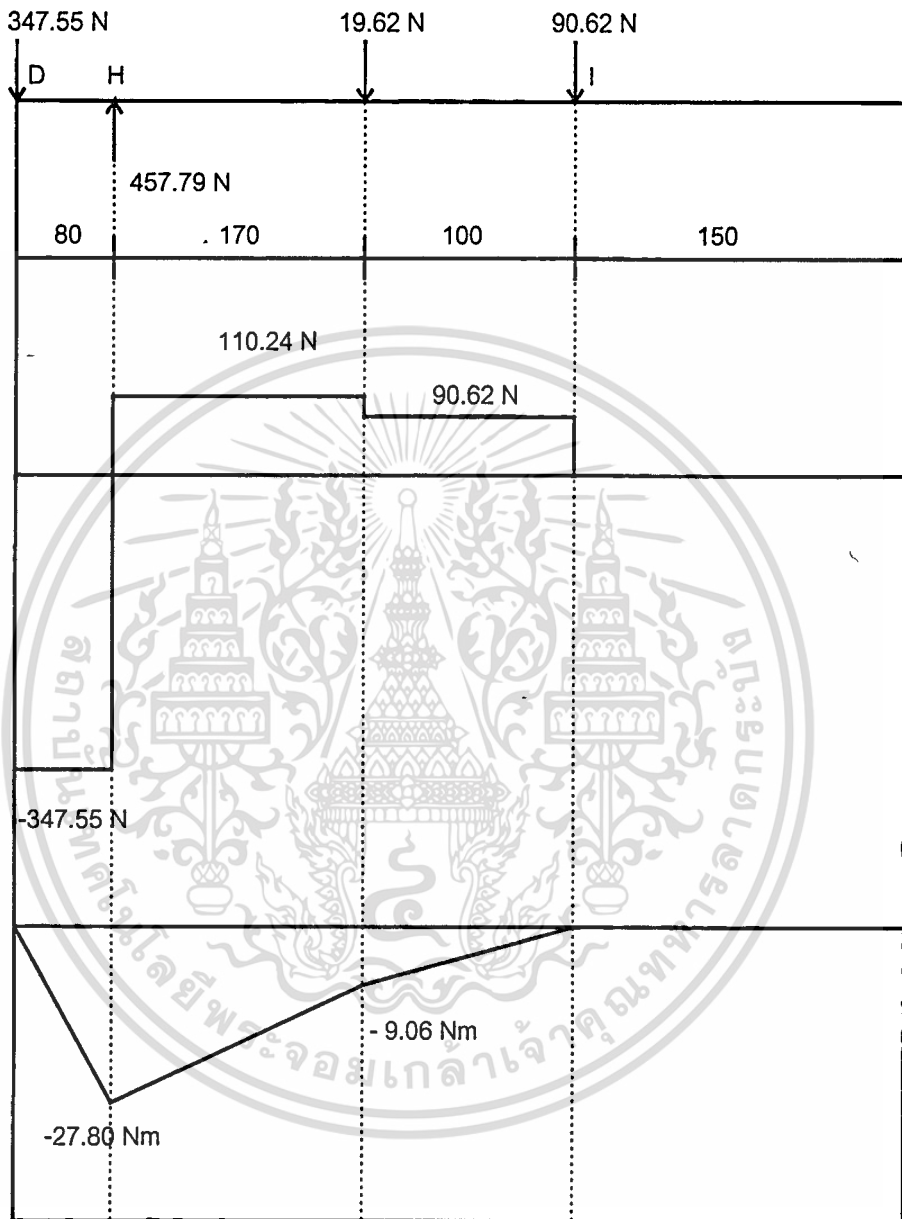
$$\text{แรงรวมของสายพาน } L_2 \text{ กระทำต่อเพลง} = 337.74 \text{ N}$$

$$\text{แรงรวมของสายพาน } L_3 \text{ กระทำต่อเพลง} = 325.49 \text{ N}$$



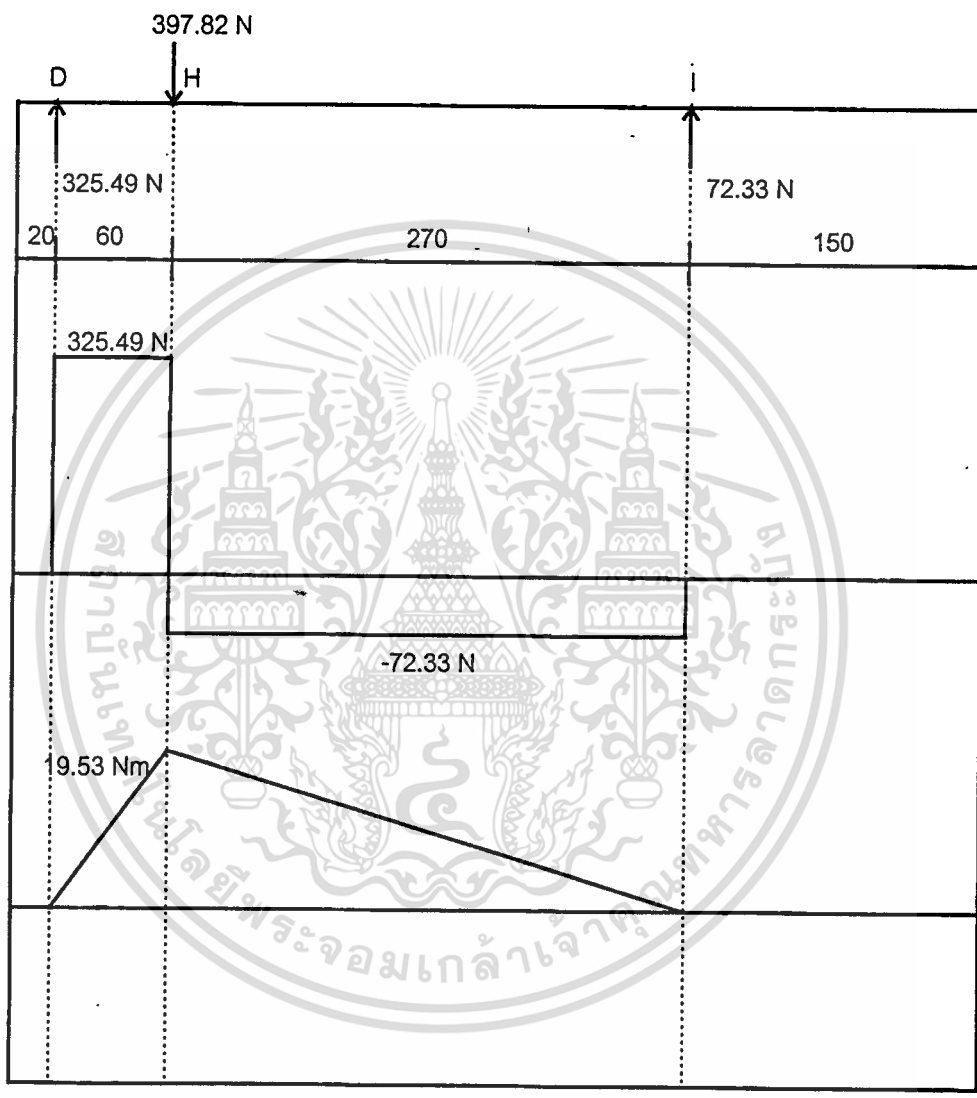
รูปที่ 3.5 แผนภาพแสดงแนวแรงที่กระทำบนแกนเพลงและหมายเลข D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6-1 แผนภาพแสดงแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดของเพลาหมายเลข D แนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6-2 แผนภาพแสดงแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดของเพลาหมายเลข D แนวระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.5 ได้ว่า

แนวตั้ง คัดโมเมนต์รอบจุด H = 0 ;

$$(9.81 + 337.74)(80) - 19.62(170) - 270F_V = 0 \quad (5)$$

$$\Sigma F_y = 0 ;$$

$$9.81 + 337.74 + 19.62 + 90.62 - F_{HV} = 0 \quad (6)$$

จากสมการ (5) และ (6) ได้ว่า

$$F_{HV} = 457.79 \text{ N}$$

$$F_V = 90.62 \text{ N}$$

แนวระดับ คัดโมเมนต์รอบจุด H = 0 ;

$$325.49(60) - 270F_{IH} = 0 \quad (7)$$

$$\Sigma F_x = 0 ;$$

$$325.49 + 72.33 - F_{HH} = 0 \quad (8)$$

จากสมการ (7) และ (8) ได้ว่า

$$F_{HH} = 397.82 \text{ N}$$

$$F_{IH} = 72.33 \text{ N}$$

จากรูปที่ 3.6-1 และ รูปที่ 3.6-2 จะได้ว่า โมเมนต์สูงสุดเกิดที่จุด H มีค่าเท่ากับ

$$M_H = [(32.81)^2 + (19.53)^2]^{0.5} = 38.18 \text{ N.m}$$

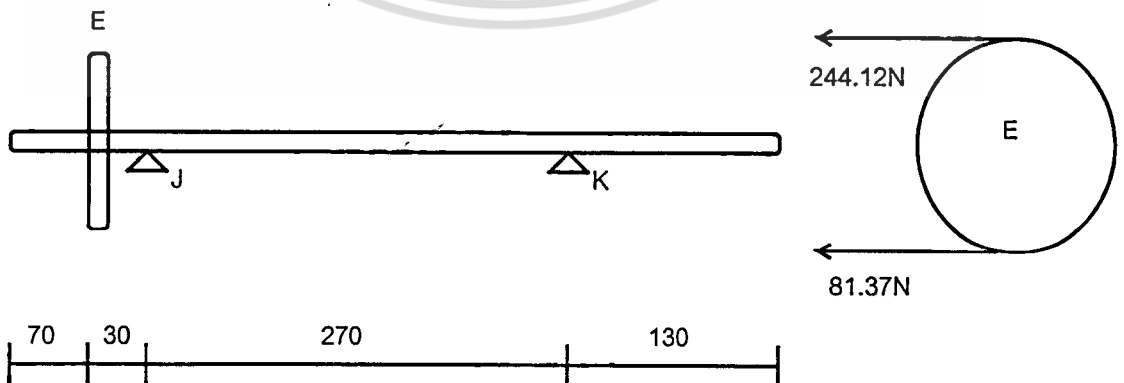
$$T = H/2\pi n = 249 / [2\pi(192/60)] = 12.38 \text{ N.m}$$

3) เพลงที่มูเลย์ E (แปรงตัวที่ 2)

$$\text{น้ำหนักเพลงเมื่อรวมขนแปรง} = 2 \text{ kg} \quad (19.62 \text{ N})$$

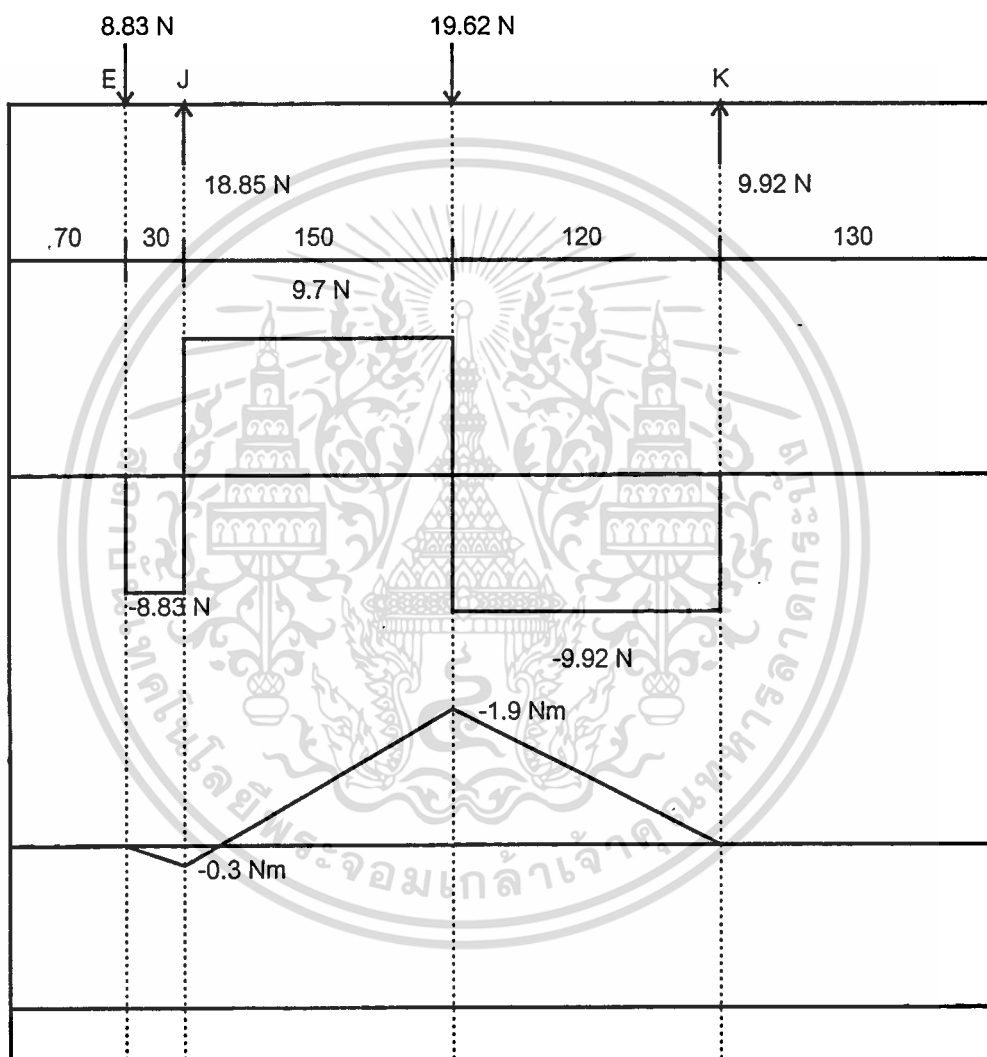
$$\text{น้ำหนักมูเลย์ E} = 0.9 \text{ kg} \quad (8.83 \text{ N})$$

$$\text{แรงรวมของสายพาน } L_3 \text{ กระทำต่อเพลง} = 325.49 \text{ N}$$



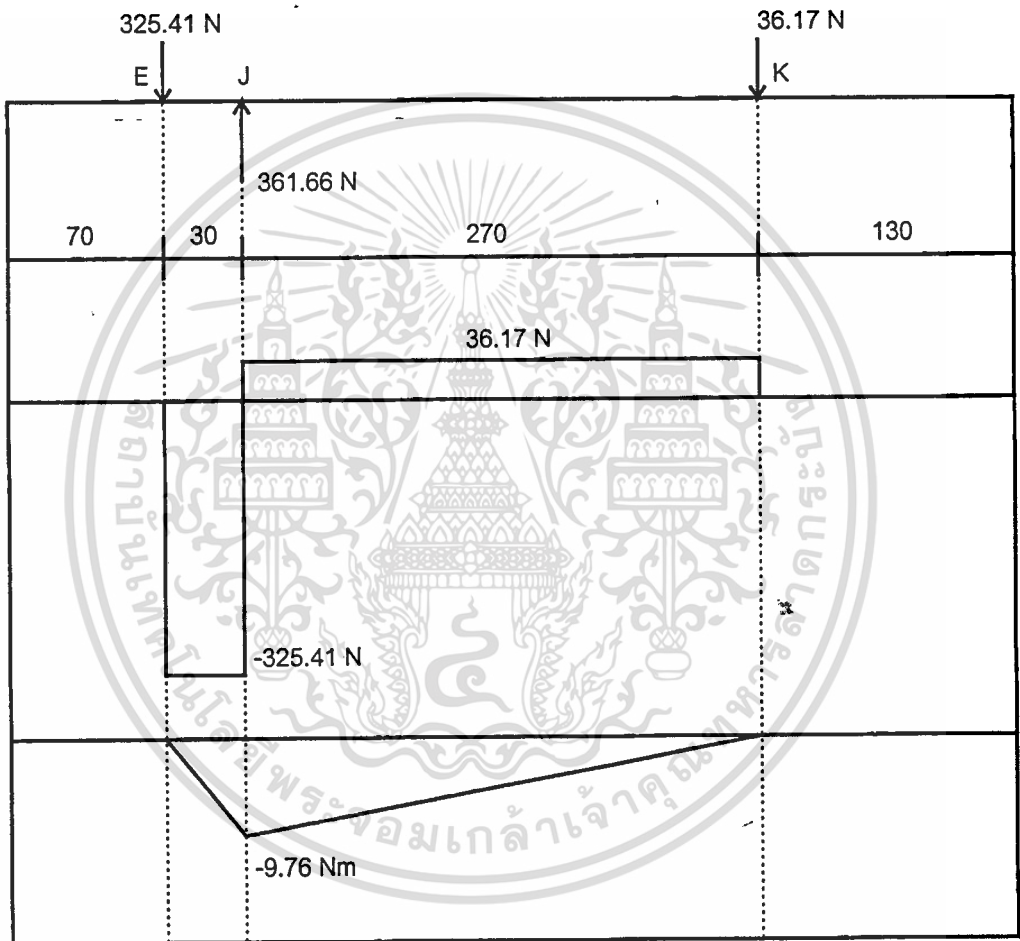
รูปที่ 3.7 แผนภาพแสดงแนวแรงที่กระทำบนแกนเพลงและมูเลย์ E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8-1 แผนภาพแสดงแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดของเพลาหมายเลข E แนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8-2 แผนภาพแสดงแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดของเปลามูเล่ย์ E แนวระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.7 ได้ว่า

แนวตั้ง คัดโมเมนต์รอบจุด J = 0 ;

$$8.83(30) - 19.62(150) + 270F_{KV} = 0 \tag{9}$$

$$\Sigma Fy = 0 ;$$

$$8.83 + 1.62 - 9.92 - F_{JV} = 0 \tag{10}$$

จากสมการ (9) และ (10) ได้ว่า

$$F_{JV} = 18.53 \text{ N}$$

$$F_{KV} = 9.92 \text{ N}$$

แนวระดับ คัดโมเมนต์รอบจุด J = 0 ; -

$$325.49(30) - 270F_{KH} = 0 \tag{11}$$

$$\Sigma Fx = 0 ;$$

$$325.49 - F_{JH} + 36.17 = 0 \tag{12}$$

จากสมการ (11) และ (12) ได้ว่า

$$F_{JH} = 361.66 \text{ N}$$

$$F_{KH} = 36.17 \text{ N}$$

จากรูปที่ 3.8-1 และรูปที่ 3.8-2 จะได้ว่า โมเมนต์สูงสุดเกิดที่จุด J ซึ่งมีค่าเท่ากับ

$$M_J = [(0.3)^2 + (9.76)^2]^{0.5} = 9.76 \text{ N.m}$$

$$T = \frac{H}{2\pi n} = \frac{249}{[2\pi(192/60)]} = 12.38 \text{ N.m}$$

ดังนั้น จากการคำนวณได้ค่าโมเมนต์ที่มีค่ามากที่สุด เกิดขึ้น ณ ตำแหน่งเพลามุเลย์ D (แปรงตัวที่ 1) ได้ว่า

$$M_{max} = M_H = 38.18 \text{ N.m}$$

กำหนดให้ $M_m = 0 ; M_a = 38.18 \text{ N.m}$

$$T_m = 12.38 \text{ N.m} ; T_a = 0$$

จากสูตร (วิธี อิงภากรณ์ และคณะ , 2538)

$$\tau = \{16/\pi d^3(1-k^4)\} \{ 4/3[M_m + K_f(\sigma_y/\sigma_n)M_a]^2 + [T_m + K_{ts}(T_y/T_n)T_a]^2 \}^{0.5}$$

กำหนดให้ $K = 0 ; M_m = 0 ; T_a = 0$

$$\text{ดังนั้น } \tau = \{16/\pi d^3\} \{ 4/3[K_f(\sigma_y/\sigma_n)M_a]^2 + T_m \}^{0.5}$$

เมื่อกำหนดค่าต่าง ๆ ดังนี้ $16 < d < 40$ mm (ที่กรีฟ อีฟ เอ็นจิเนียร์, พิมพ์ครั้งที่ 2)

$$\sigma_u = 52 \text{ kg/mm}^2 = 510 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_y = 24 \text{ kg/mm}^2 = 235 \text{ N/mm}^2$$

$$K_f = 2.0$$

$$K_a = 0.8$$

$$K_b = 0.85$$

$$K_c = 1$$

จะได้ว่า
$$\begin{aligned} \sigma_n &= (0.5\sigma_u)K_fK_aK_bK_c \\ &= (0.5 * 500)(0.8)(0.85)(1) \\ &= 173 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau &= \tau_y/N \\ &= (0.5 * 235)/N = 118/N \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$(118 * 10^6)/N = 16/\pi d^3 \{ 4/3[(2*235*38.18)/170]^2 + (12.58)^2 \}^{0.5}$$

เมื่อแกนเพลลา มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $d = 0.019 \text{ m} = 19 \text{ mm}$ แทนค่าในสมการข้างต้น จะได้ว่า $N = 1.34$

ดังนั้น เพลลาจะมีค่าความปลอดภัยเป็น 1.34

3.4.4 ตลับลูกปืน (Joseph Edward Shigley, 1986)

การคำนวณหาขนาดลูกปืนที่ใช้ได้ สามารถคำนวณได้

$$\text{จากสูตร} \quad C_R = F[L_D/L_R](n_D/n_R)^{1/a}$$

เมื่อ C_R คือ load ที่สามารถรับได้

L_D คือ ชั่วโมงชีวิตที่ต้องการ

L_R คือ ชั่วโมงชีวิตที่อ้างอิง

n_D คือ จำนวนรอบที่ต้องการ

n_R คือ จำนวนรอบที่อ้างอิง

จากการคำนวณที่ผ่านมา ได้ค่า F ที่มากที่สุด คือ จุด H ดังนั้นจะได้ว่า

$$\begin{aligned} F &= (457.79)^2 + (397.80)^2 \\ &= 606.49 \text{ N} \end{aligned}$$

ดังนั้น
$$\begin{aligned} C_R &= 606.49[(1000/3000)(192/300)]^{0.3} \\ &= 327.33 \text{ N} \\ &= 0.32733 \text{ kN} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วนำค่าที่ได้นี้ไปเปิดตารางที่ 1 ในภาคผนวก ได้ว่าที่ load rating เท่ากับ 0.32733 kN ต้องใช้ Bore ขนาดต่ำกว่า 10 mm แต่เนื่องจากไม่สามารถหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกนเพลลาที่เหมาะสมกับขนาด Bore นี้ได้ และจากการตรวจสอบขนาดเพลลาที่สามารถนำมาใช้งานได้ ก็มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 19 mm จึงนำค่านี้ไปเปิดตารางเดิมที่ Bore ขนาด 19 mm แล้วพบว่า สามารถรับ load rating maximum เท่ากับ 12.24 kN ซึ่งสามารถรับ load ได้มากกว่าความเป็นจริง จึงสามารถใช้ขนาดแกนเพลลา 19 mm ได้

3.5 ขั้นตอนการคำนวณหาอัตราการไหลของน้ำ และ HEAD ของระบบ

เมื่อกำหนดให้การเดินท่อน้ำของเครื่องเป็น ดังรูปที่ 3.9 และ บั้มที่ใช้มีอัตราการไหลของน้ำ เท่ากับ 20 ลิตร/นาที่ (5.28 gpm) (วัชระ เพิ่มชาติ, 2539)

จากกราฟรูปที่ 2 ในภาคผนวก velocity of liquids in pipes จะได้ว่า

อัตราการไหลของน้ำ = 20 ลิตร/นาที่ (5.28 gpm)

ความเร็วน้ำในท่อ ขนาด 1.27 cm (1/2 ") = 2.59 m/sec (8.5 ft/sec)

ความเร็วน้ำในท่อ ขนาด 2.54 cm (1") = 0.58 m/sec (2.2 ft/sec)

3.5.1 Friction loss เนื่องจากความยาวท่อ

อัตราการสูญเสียอันเนื่องมาจากความยาวท่อ และความผิดภายในท่อ สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$V = 1.318cR^{0.67}S^{0.54}$$

เมื่อ V คือ ความเร็วของน้ำในท่อ (ฟุต/วินาที)

c คือ สัมประสิทธิ์ความเรียบของผนังท่อ

R คือ HYDRAULIC RADIUS (ฟุต)

S คือ HYDRAULIC GRADIENT ซึ่งเป็นอัตราการสูญเสีย head เนื่องจากความผิดต่อความยาวของท่อ 1 หน่วย (ฟุต/ฟุต)

จากท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.27 cm (1/2 ") จะได้ว่า

$$V = 8.5 \text{ (ft/sec)}$$

$$c = 150 \text{ (ท่อ POLYVINYL CHLORIDE, PVC)}$$

เปิดตารางที่ 3 ในภาคผนวก

$$R = A/P = D/4 \text{ (สำหรับท่อกลม)}$$

$$= (1/2)/(12 \cdot 4) = 0.01 \text{ ฟุต}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาค่า S ได้จาก แทนค่า ลงในสมการข้างต้น ได้ว่า

$$8.5 = 1.318(150)(0.01)^{0.67} S^{0.54}$$

$$S = 0.89 \text{ ฟุต/ฟุต}$$

ดังนั้นความยาวทั้งหมดของท่อในระบบนี้ เป็น 450 cm (14.76 ft)

$$h_f = (0.89)(14.76) = 13.14 \text{ ft}$$

3.5.2 Friction loss เนื่องมาจาก Fitting และการเปลี่ยนขนาดท่อ

1) Foot valve ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/2 นิ้ว

จากรูปที่ 4 ในภาคผนวก ได้ K = 0.8

$$h_f = KV^2/2g = 0.8 (8.5)^2/2(32.2) \\ = 0.9 \text{ ft}$$

2) ท่อเพิ่มขนาด 1/2 นิ้ว เป็น 1 นิ้ว , $\theta = 90^\circ$

จากรูปที่ 5 ในภาคผนวก , K = 1.08

$$h_f = K(V_1 - V_2)^2/2g = 1.08(8.5 - 2.2)^2/2(32.2) \\ = 0.67 \text{ ft}$$

3) Gate valve ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/2 นิ้ว

จากรูปที่ 4 , K = 0.35

$$h_f = KV^2/2g = 0.35(8.5)^2/2(32.2) \\ = 0.39 \text{ ft}$$

4) ข้อต่อสามทาง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/2 นิ้ว มีจำนวน 6 ตัว

จากรูปที่ 4 , K = 2.5

$$h_f = KV^2/2g = [2.5(8.5)^2/2(32.2)] * 6 \\ = 16.83 \text{ ft}$$

5) ข้องอ 90° ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/2 นิ้ว มีจำนวน 5 ตัว

จากรูปที่ 4 , K = 2

$$h_f = KV^2/2g = [2(8.5)^2/2(32.2)] * 4 \\ = 11.22 \text{ ft}$$

6) ท่อทางออกของน้ำ มี 4 เส้นทางออก

ได้ค่า K = 1

$$h_f = KV^2/2g = [1(8.5)^2/2(32.2)] * 4 \\ = 4.49 \text{ ft}$$

ดังนั้น Friction loss ทั้งหมด = 13.14 + 0.9 + 0.69 + 0.67 + 0.39

$$+ 16.83 + 11.22 + 4.49$$

$$= 43.90 \text{ ft}$$

3.5.3 Static head = 105 cm (3.44 ft)

ดังนั้นจะได้ว่า system head มีค่าเป็น

$$\begin{aligned} \text{system head} &= \text{static head} + \text{friction loss} \\ &= 3.44 + 43.9 \\ &= 47.34 \text{ ft} \\ &= 14.43 \text{ m} \end{aligned}$$

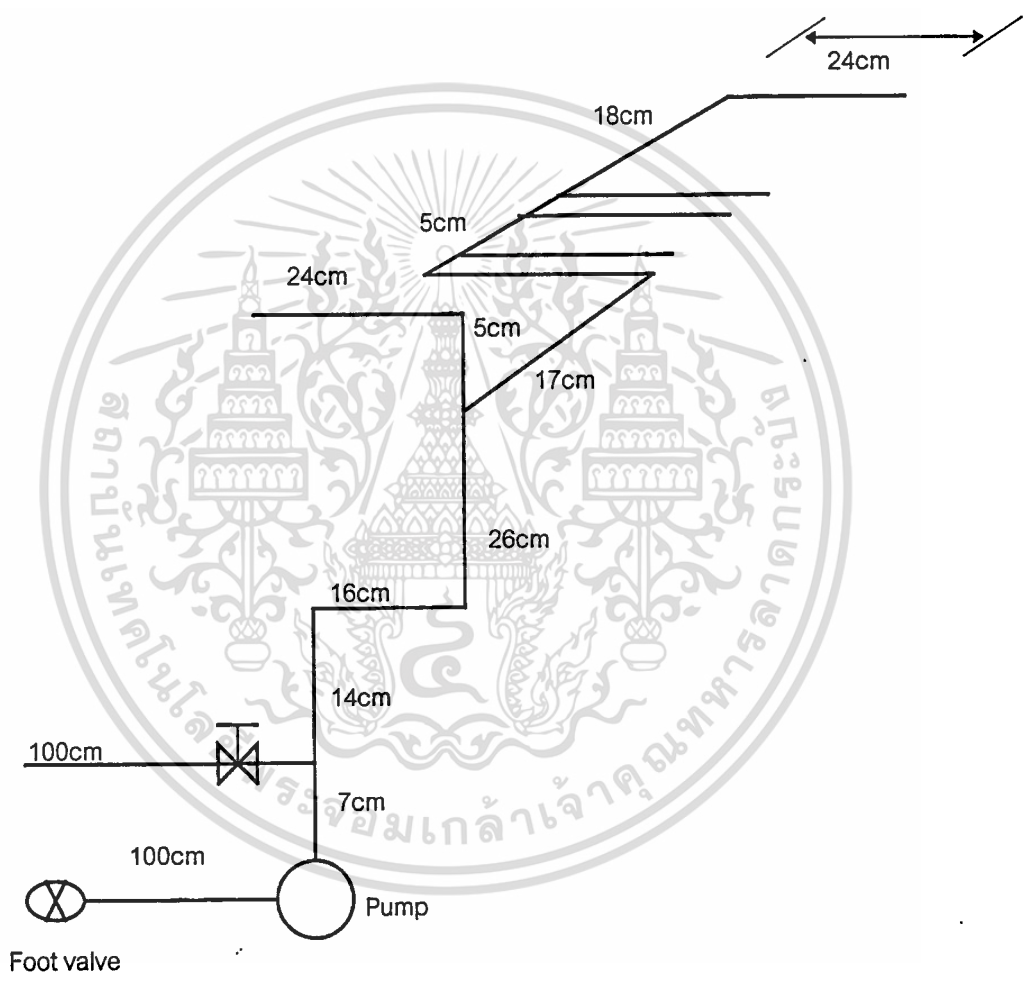
เพราะฉะนั้นจึงต้องเลือกปั๊มที่มี head มากกว่า 14.43 m มาใช้กับระบบนี้ เนื่องจากปั๊มที่ได้นำมาใช้นั้น ได้กำหนด ค่า head เท่ากับ 5 - 38 m , อัตราการไหล เท่ากับ 5 - 40 ลิตร/นาที ดังนั้นเมื่อให้อัตราการไหลของน้ำในระบบ เป็น 20 ลิตร/นาที แล้ว ปั๊มจะมี head เท่ากับ 23.86 m ซึ่งปั๊มที่เลือกมาสามารถใช้งานได้ในระบบนี้

3.6 โครงสร้างเครื่อง

ตัวเครื่องประกอบโดยใช้ แผ่นเหล็ก ขนาดความหนา 2 มิลลิเมตร

ตัวโครงเครื่อง ประกอบโดยใช้ เหล็ก ตัว L ขนาด 2.5 x 2.5 เซนติเมตร

ฐานรับมอเตอร์และปั๊มน้ำ ประกอบโดยใช้ เหล็กท่อสี่เหลี่ยม ขนาด 2.5 x 2.5 เซนติเมตร



รูปที่ 3.9 แผนภาพแสดงระบบทางเดินท่อน้ำของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อทำการหาอัตราการล้างผลส้มของเครื่อง
2. เพื่อทำการตรวจสอบความสะอาดผลส้ม

4.2 การทดลองเพื่อหาอัตราการล้างผลส้ม

4.2.1 การสุ่มตัวอย่างเพื่อหาค่าเฉลี่ยจำนวนผลต่อกิโลกรัม

เนื่องจากการทดลองเพื่อหาอัตราการล้าง ต้องกำจัดตัวแปรให้มีค่าคงที่มากที่สุดเท่าที่เป็นได้ เพื่อไม่ให้เกิดผลผิดพลาดเกินความเป็นจริงไปมากนัก และด้วยเหตุที่ว่าส้มที่ถูกตัดให้อยู่ในเบอร์เดียวกัน แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าส้มทุกลูกจะมีขนาดเท่ากันทุกลูก ก็จะมีบางลูกที่เล็กไปบ้าง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อให้ได้ข้อมูลเบื้องต้นก่อนจะนำไปสู่การทดลองอื่น ดังนี้

จากการนำส้มที่ซื้อมาทั้งหมด 4 กก. ทำการชั่งแยก ให้ได้กลุ่มละ 1 กก. แล้วทำการนับจำนวน ได้ดัง ตารางที่ 4.1

กลุ่มที่	จำนวน (ผล)
1	28
2	27
3	28
4	29

$$\text{ค่าเฉลี่ย} = (28 + 27 + 28 + 29)/4 = 28$$

ดังนั้น จึงกำหนดได้ว่า ส้ม 1 กก. จะมีจำนวน โดยเฉลี่ยแล้ว ประมาณ 28 ผล

4.2.2 การทดลองหาค่าความชันของรางที่เหมาะสม

1. เส้นใย

- 1) ส้ม 1 กก. มีจำนวน 28 ผล
- 2) ความชันของรางมี ค่าเท่ากันตลอดเครื่อง

2. วัสดุอุปกรณ์

- 1) ส้ม 3 กก.
- 2) เครื่องล้างทำความสะอาดผลส้ม 1 เครื่อง
- 3) สแตนเพิ่มระดับความชัน 1 ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 4) นาฬิกาจับเวลา 1 เรือน
5) ตราชั่ง 1 เครื่อง

3. ขั้นตอนการทดลอง

- 1) นำส้ม 3 กก. แบ่งออก 3 กลุ่ม ๆ ละ 1 กก. หรือ 28 ผล
- 2) จัดเตรียมเครื่องล้างทำความสะอาดผลส้ม ที่ความชันราง 5°
- 3) นำส้มกลุ่ม 1 เข้าเครื่อง พร้อมทั้งจับเวลาการเคลื่อนที่ตั้งแต่เริ่มเทจนกระทั่งส้มผลสุดท้ายออกจากเครื่อง
- 4) ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ ข้อ 1 ถึง ข้อ 3 แต่เปลี่ยนกลุ่มส้ม เป็น กลุ่ม 2 และกลุ่ม 3 ตามลำดับ
- 5) ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ ข้อ 1 ถึง ข้อ 4 โดยเปลี่ยนความชันรางจาก 5° เป็น 7° และ 9° ตามลำดับ

4. ผลการทดลอง

ตาราง ที่ 4.2 เมื่อความชันรางเท่ากันตลอดเครื่อง

θ	กลุ่มที่	เวลา (วินาที)	การสังเกต
5°	1	7.78	มีส้มสามารถออกจากรางได้ 11 ผล
	2	7.80	มีส้มสามารถออกจากรางได้ 3 ผล
	3	7.65	มีส้มสามารถออกจากรางได้ 7 ผล
7°	1	5.15	มีส้มสามารถออกจากรางได้ 18 ผล
	2	7.55	มีส้มสามารถออกจากรางได้ 18 ผล
	3	6.50	มีส้มสามารถออกจากรางได้ 7 ผล
9°	1	5.56	มีส้มสามารถออกจากรางได้ 26 ผล
	2	10.12	มีส้มสามารถออกจากรางได้ 15 ผล
	3	7.09	มีส้มสามารถออกจากรางได้ 24 ผล

5. สรุปผลการทดลอง

เนื่องจากผลส้มที่นำมาทดลองมีขนาดไม่สม่ำเสมอ โดยบางลูกมีขนาดเล็กกว่าส้มเบอร์ 3 ทำให้ตกช่องได้ และไม่สามารถให้ผลส้มออกมาทีละ 5 ลูก เพราะรางได้ออกแบบสำหรับส้มเบอร์ 3 ดังนั้นจึงควรทำการปรับปรุงบางส่วน เพื่อช่วยให้การเคลื่อนที่ของผลส้มเคลื่อนที่ได้สะดวก แม้ว่าผลส้มนั้นจะมีขนาดเล็กกว่าส้มเบอร์ 3

โดยเสนอว่าควรให้มีความชื้นของส่วนป้อนและส่วนล่าง แตกต่างเพื่อช่วยในการเคลื่อนที่เริ่มต้นของผลส้ม

4.2.3 การปรับปรุงรางส่วนป้อน เพื่อหาค่าความชื้นที่เหมาะสมของรางล่าง

1. เงื่อนไข

ให้มีความชื้นส่วนป้อนต่างไปเป็น 14° จากแนวรางล่าง และส้ม 1 กก. มี 28 ผล

2. วัสดุอุปกรณ์

- 1) ส้ม 3 กก.
- 2) เครื่องล้างทำความสะอาดผลส้ม 1 เครื่อง
- 3) นาฬิกาจับเวลา 1 เรือน
- 4) ฐานเพิ่มระดับความชื้นราง 1 ชุด
- 5) ตราชั่ง 1 เครื่อง

3. ขั้นตอนการทดลอง

- 1) แบ่งกลุ่มส้ม ออกเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 28 ผล หรือ 1 กก.
- 2) เทส้มกลุ่มที่ 1 ลงบนส่วนป้อน จับเวลาตั้งแต่เริ่มเทจนกระทั่งส้มลูกสุดท้ายออกจากราง แล้วทำการบันทึกผลการทดลองและสังเกตการเคลื่อนที่
- 3) ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ 1 ถึง ข้อ 3 โดยเปลี่ยนเป็นกลุ่ม 2 และ 3
- 4) ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ 1 ถึง ข้อ 4 โดยเปลี่ยนความชื้นรางล่าง จาก 5° เป็น 7° และ 9° ตามลำดับ

4. ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.3 เมื่อทำการปรับปรุงรางโดยเพิ่มความชื้นส่วนป้อนเป็น 14° จากแนวรางล่าง

θ	กลุ่มที่	เวลา (วินาที)	การสังเกต
5°	1	7.93	ส้มเคลื่อนได้ผ่านตลอดไม่มีการค้างในราง
	2	8.06	ส้มเคลื่อนได้ผ่านตลอดไม่มีการค้างในราง
	3	10.06	ส้มเคลื่อนได้ผ่านตลอดไม่มีการค้างในราง
7°	1	8.28	ส้มเคลื่อนได้ผ่านตลอดไม่มีการค้างในราง
	2	7.25	ส้มเคลื่อนได้ผ่านตลอดไม่มีการค้างในราง
	3	9.97	ส้มเคลื่อนได้ผ่านตลอดไม่มีการค้างในราง
9°	1	7.78	ส้มเคลื่อนได้ผ่านตลอดไม่มีการค้างในราง
	2	8.08	ส้มเคลื่อนได้ผ่านตลอดไม่มีการค้างในราง
	3	8.35	ส้มเคลื่อนได้ผ่านตลอดไม่มีการค้างในราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สรุปผลการทดลอง

พบว่าเมื่อเพิ่มความชันส่วนป้อน จะทำให้ลัมเคลื่อนได้ไม่ค้างในรางล่างออก ถึงแม้ว่าลัมที่ใช้จะมีขนาดไม่สม่ำเสมอ และขนาดเล็กกว่าลัมเบอร์ 3 ก็ตาม ดังนั้นจึงควรเพิ่มความชันส่วนป้อนเป็น 14° เป็นการช่วยการเคลื่อนที่ของลัมให้สามารถเคลื่อนที่ได้สะดวกมากขึ้น

4.2.4 การทดลองหาอัตราการผลิตของเครื่อง

1. เงื่อนไข

จะใช้จำนวนลัมปริมาณเดิม ในการทดลองทั้งประเภท 2 กก. และ 3 กก. และทดลองกับเครื่องล่างทำความสะอาดผลลัมที่ปรับปรุงแล้ว

2. วัสดุอุปกรณ์

- | | |
|--------------------------------|-----------|
| 1) ลัม | 3 กก. |
| 2) เครื่องล่างทำความสะอาดผลลัม | 1 เครื่อง |
| 3) นาฬิกาจับเวลา | 1 เรือน |
| 4) ตราชั่ง | 1 เครื่อง |
| 5) ฐานเพิ่มความชัน | 1 ชุด |

3. ขั้นตอนการทดลอง

- 1) แบ่งลัมเป็นกลุ่ม 3 กลุ่ม ๆ ละ 56 ผล
- 2) นำลัมกลุ่ม 1 เทลงเครื่องที่แนวรางมีความชันที่ 5° จากแนวระดับพร้อมทั้งจับเวลาตั้งแต่เริ่มเทจนลัมผลสุดท้ายออก บันทึกผลการทดลองและสังเกตการเคลื่อนที่ของผลลัมด้วย
- 3) ทำซ้ำข้อ 1 ถึงข้อ 2 โดยเปลี่ยนกลุ่มลัม เป็นกลุ่ม 2 และ 3 ตามลำดับ
- 4) ทำซ้ำข้อ 1 ถึงข้อ 3 โดยเปลี่ยนความชันรางล่างเป็น 7° และ 9° ตามลำดับ
- 5) ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 2 ถึงข้อ 4 แต่ให้จำนวนลัมกลุ่มละ 84 ผล โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม แล้วบันทึกผลการทดลอง

4. ผลการทดลอง

จะแสดงผลการทดลองดัง ตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.4 เมื่อกลุ่มละ 56 ผล หรือ 2 กก.

θ	เวลา (วินาที)	การสังเกต
5°	-	ล้มติดรางบริเวณทางออกบ้างบางส่วน
7°	20.84	ล้มเคลื่อนที่ได้ดี
9°	20.18	ล้มมีการกระดอน และเคลื่อนที่เร็วเกินไป

ตารางที่ 4.5 เมื่อกลุ่มละ 84 ผล หรือ 3 กก.

θ	เวลา (วินาที)	การสังเกต
5°	-	ล้มมีการติดค้างบริเวณทางออก
7°	28.00	ล้มเคลื่อนที่ได้ดี
9°	27.72	ล้มมีการกระดอน และเคลื่อนที่เร็วเกินไป

5. สรุปผลการทดลอง

จากตารางผลการทดลองที่ 4.3 ถึง 4.5 จะพบว่า เมื่อได้ทำการปรับปรุงเครื่อง โดยเพิ่มความชันบริเวณส่วนป้อนเป็น 14° แล้วนั้น ถ้าทำการป้อนล้มตั้งแต่ปริมาณ 1,2 และ 3 กก. จะได้ว่า ล้มสามารถเคลื่อนที่ได้ดี ที่ 7° และ 9° แต่ควรที่จะเลือกที่ความชัน 7° เพราะที่ 9° ล้มเกิดกระดอนในระหว่างการเคลื่อนที่ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้ล้มเกิดความเสียหายได้ จึงไม่เหมาะสมที่จะเลือก

4.2.5 การทดลองหาอัตราการผลิตของเครื่อง

1. เงื่อนไข

ใช้เครื่องที่ปรับปรุง และความชันรางล่างเป็น 7°

2. วัสดุอุปกรณ์

- 1) ล้ม 3 กก.
- 2) เครื่องล่างทำความสะอาดล้ม 1 เครื่อง
- 3) ตราชั่ง 1 เครื่อง
- 4) นาฬิกาจับเวลา 1 เรือน

3. ขั้นตอนการทดลอง

- 1) นำล้มแบ่งกลุ่ม 3 กลุ่ม โดยมีจำนวนผลดังนี้ กลุ่มที่ 1 มี 28 ผล กลุ่มที่ 2 มี 56 ผล และกลุ่มที่ 3 มี 84 ผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) นำส้มทีละกลุ่มป้อนเข้าเครื่องพร้อมทั้งจับเวลาการเคลื่อนที่ของส้ม บันทึก
ผลการทดลอง

4. ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.6 เมื่อความชันส่วนป้อนเป็น 14° และความชันรางเป็น 7° จะได้ผลอัตราการล้าง

จำนวนผล	เวลา (วินาที)	อัตราการล้าง (ผล / นาที)
28	12.75	131.76
56	21.37	157.23
84	39.00	129.23

5. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลอง ตารางที่ 4.3 - 4.6 สรุปได้ว่าส้มจะเคลื่อนที่ได้ดีที่สุด เมื่อ
ความชันตรงส่วนป้อนมีค่าเป็น 14° จากแนวรางล้าง และ ความชันแนวรางล้างมีค่า
เป็น 7° จากแนวระดับ ซึ่งจะทำให้เครื่องล้างทำความสะอาดผลส้มมีอัตราการล้างโดย
เฉลี่ย = 7,740 ผล / ชม. หรือ 276 กก. / ชม.

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

1. การทดลองเพื่อหาความชันของรางล้าที่เหมาะสมใช้งาน

พบว่า ที่ความชัน 5° สัมไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ตลอด มีบางลูกที่ตกร่อง เนื่องจากเครื่องนี้ได้ทำการออกแบบให้ใช้งานกับสัมเบอร์ 3 เพราะในท้องตลาดไม่สามารถหาสัมขนาดเบอร์ 3 ได้ทุกผล ซึ่งก็จะมีขนาดที่เล็กกว่า ใหญ่กว่าบ้าง ปะปนกันมา ดังนั้นในการเคลื่อนที่ก็จะมีความมีปัญหาไม่สามารถให้สัมเคลื่อนที่ออกมาคราวละ 5 ผล จึงได้ทำการแก้ไข ความชันของรางที่จะทำให้สัมที่มีหลายขนาดนี้เคลื่อนที่ได้ดีที่สุด และได้ทำการทดลองจนพบว่า เมื่อทำการปรับความชันรางส่วนป้อน และส่วนล้าให้มี ความแตกต่างกัน จะช่วยให้การเคลื่อนที่ของสัมได้ประสิทธิภาพมากขึ้น แต่การออกของสัมจะไม่เป็นระเบียบ

ดังนั้น จึงได้ว่า ที่ส่วนป้อนสัมเข้าเครื่องให้มีความชันจากแนวรางล้าเป็น 14° หรือ 21° จากแนวระดับ และที่ส่วนล้าจะมีความชันเป็น 7°

2. การทดลองหาอัตราการล้าของเครื่อง

เมื่อได้ทำการล้าผลสัมในปริมาณที่แตกต่างกันแล้ว สามารถจับเวลาที่ใช้ในการล้าของแต่ละปริมาณ ซึ่งสามารถนำมาคำนวณหาค่า อัตราการล้าของเครื่องได้เป็น 7,740 ผล / ชม. หรือ 276 กก. / ชม. ซึ่งมากกว่าที่คาดการณ์เอาไว้ที่ 720 ผล / ชม. ปริมาณน้ำที่ใช้ล้าเท่ากับ 4.35 ลิตรต่อกิโลกรัม

3. การตรวจสอบความสะอาดของสัม

วิธีการตรวจสอบ จะใช้วิธีทางกายภาพ คือ ทางสายตา และการสัมผัส โดยทำการตรวจสอบสัมที่ผ่านการล้าด้วยเครื่อง กับสัมที่ยังไม่ได้ผ่านการล้าใดๆ เลย ซึ่งผลที่ได้ พบว่า แปร่งที่ใช้สามารถทำความสะอาดผลสัมได้ดี หากสิ่งสกปรกนั้นไม่เกาะติดแน่นมาก และขนแปร่งไม่ทำลายผิว ซึ่งสัมก็ไม่ชำรุดด้วย ดังนั้น การทำความสะอาดด้วยแปร่งนี้ก็สมารถใช้งานได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. จากการทดลองล้าผลสัม พบว่าแปร่งที่ได้ทำขึ้นนั้นสามารถทำงานได้ดี แต่ควรปรับปรุงให้มีความสะดวกในการติดตั้งและถอดทำความสะอาดได้มากกว่านี้

2. จากการทดลองเดินเครื่องพบว่า จะมีน้ำกระเด็นออกมาบริเวณด้านบนตัวแปร่ง เพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายต่ออุปกรณ์อื่น ๆ จึงควรมีส่วนปิดบนตัวเครื่องในบริเวณดังกล่าว ซึ่งจะต้องมีคุณสมบัติในการถอดง่าย หรือมีความใสมองเห็นการทำงานของแปร่งได้ เพื่อจะได้สามารถซ่อมแซมบำรุงรักษาส่วนแปร่งและห่อน้ำฉีด ในยามจำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. รางส่วนหลังการทำความสะดวกด้วยแปรง ควรมีความยาวมากกว่านี้ เพื่อให้ส้มมีเวลาพอที่ สะเด็ดน้ำบนผิวออกไปบ้าง หรืออาจติดตั้งที่เป่าลมเพื่อให้ส้มที่ออกจากเครื่องล้างทำความสะอาดไม่ชุ่ม น้ำมากจนเกินไป ซึ่งอาจจะเป็นผลเสียต่อส้ม

4. ควรออกแบบ HOPPER ส่วนป้อน เพื่อให้ส้มเคลื่อนที่เข้าอย่างเป็นระเบียบ สม่ำเสมอ จะทำให้เครื่องล้างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

5. การตรวจสอบความสะดวกของผลส้ม ในทางปฏิบัติแล้วสามารถทำได้โดยการสังเกตทาง ภายนอก ได้แก่ การมองด้วยสายตา และการสัมผัสด้วยมือ ซึ่งสามารถบอกความแตกต่างได้ไม่ค่อนแ่น นอน และจะใช้ได้ในกรณีที่สิ่งสกปรกที่เห็นและสัมผัสนั้น ค่อนข้างชัดเจน เช่น เศษดิน ผุนผง เป็นต้น แต่ เนื่องจากผิวส้มนอกจากจะปนเปื้อนด้วยสิ่งเหล่านั้นแล้ว ยังมี สารเคมีประเภทยาฆ่าแมลง ที่เราไม่สามารถตรวจสอบด้วยวิธีทางกายภาพได้ จึงต้องอาศัยวิธีการตรวจสอบทางเคมี โดยนำน้ำที่ล้างส้มด้วย มือไปตรวจสอบทางเคมีว่ามีสารเคมีใดเจือปนในน้ำล้าง จากนั้นก็นำน้ำที่ล้างส้มด้วยเครื่องล้างทำความสะอาด มาตรวจสอบเช่นเดียวกัน ทำการเปรียบเทียบว่าสารที่พบในน้ำทั้งสองแหล่งแตกต่างกันอย่างไร หากพบสารเคมีประเภทเดียวกันในน้ำล้างด้วยมือ และเครื่อง ก็เป็นการยืนยันได้ว่าเครื่องล้างนี้สามารถ ทำงานได้

6. จากการคำนวณหาค่า system head ของระบบจ่ายน้ำ พบว่ามีค่าที่สูงมากซึ่งจะทำให้สูญเสียแรงดันไปเปล่าประโยชน์ สาเหตุเนื่องจากระบบท่อน้ำนี้มีจำนวนข้อต่อ ข้องอ และสามทางเป็น จำนวนมากทำให้เกิด friction loss มาก ดังนั้นจึงควรออกแบบระบบท่อน้ำใหม่ เพื่อที่ แรงดันน้ำจะได้ไม่ ต่ำ ทำให้สามารถปรับค่า อัตราการไหลของน้ำได้หลายค่า เป็นประโยชน์ต่อการล้างมาก



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 11-4 DIMENSIONS AND BASIC LOAD RATINGS FOR THE 03-SERIES BALL BEARINGS

Bore, mm	OD, mm	Width, mm	Fillet radius, mm	Shoulder diameter, mm		Load rating, kN
				d_s	d_H	
10	35	11	0.6	12.5	31	6.23
12	37	12	1.0	16	32	7.48
15	42	13	1.0	19	37	8.72
17	47	14	1.0	21	41	10.37
20	52	15	1.0	25	45	12.24
25	62	17	1.0	31	55	16.2
30	72	19	1.0	37	65	21.6
35	80	21	1.5	43	70	25.6
40	90	23	1.5	49	80	31.4
45	100	25	1.5	54	89	40.5
50	110	27	2.0	62	97	47.6
55	120	29	2.0	70	106	55.2
60	130	31	2.0	75	116	62.7
65	140	33	2.0	81	125	71.2
70	150	35	2.0	87	134	80.1
75	160	37	2.0	93	144	87.2
80	170	39	2.0	99	153	94.8
85	180	41	2.5	106	161	101.9
90	190	43	2.5	111	170	110.8
95	200	45	2.5	117	179	117.9

ตารางที่ 1 Dimensions and basic load ratings for the 03-series ball bearings

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

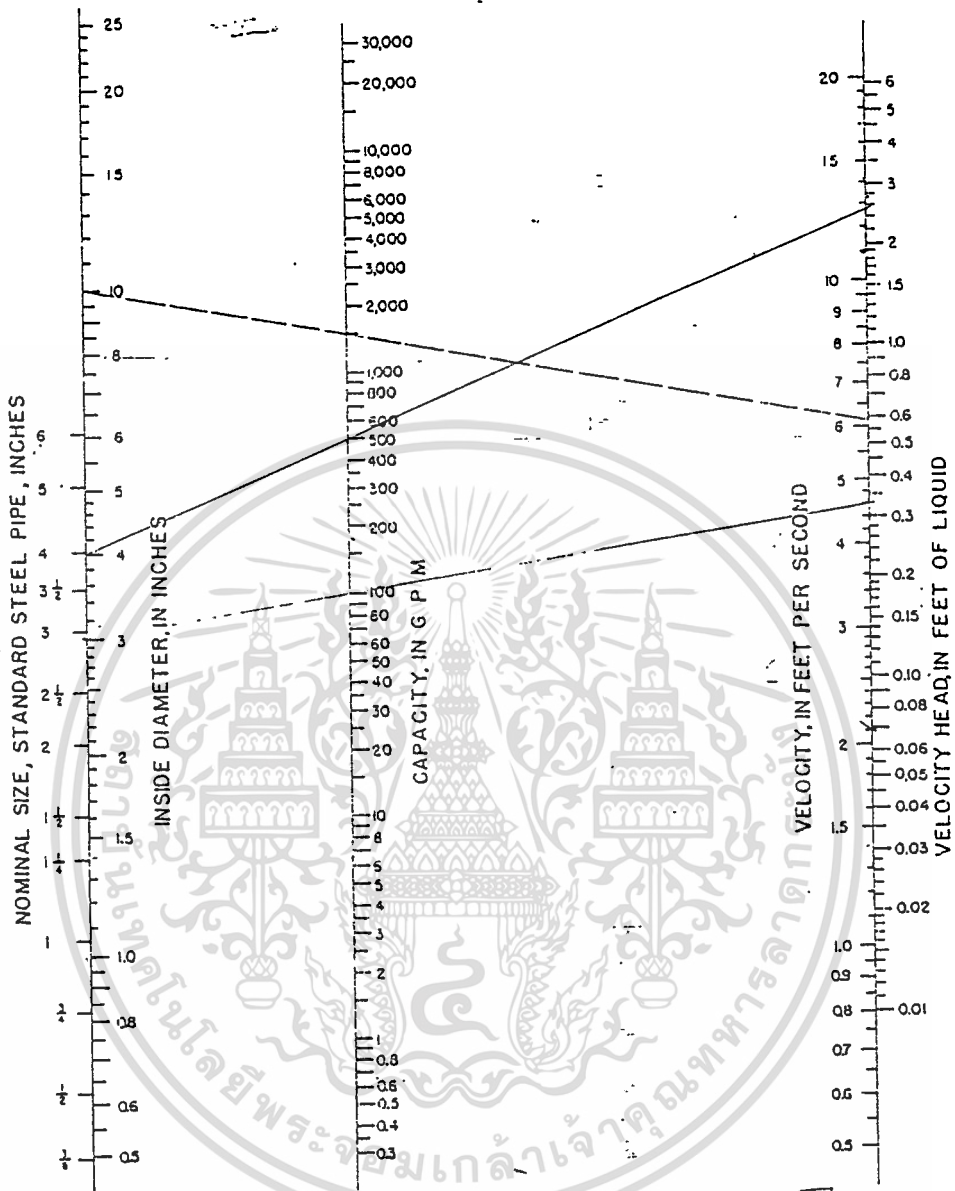


Fig. 18.6 Velocity of liquids in pipes

กราฟรูปที่ 2 Velocity of liquids in pipes

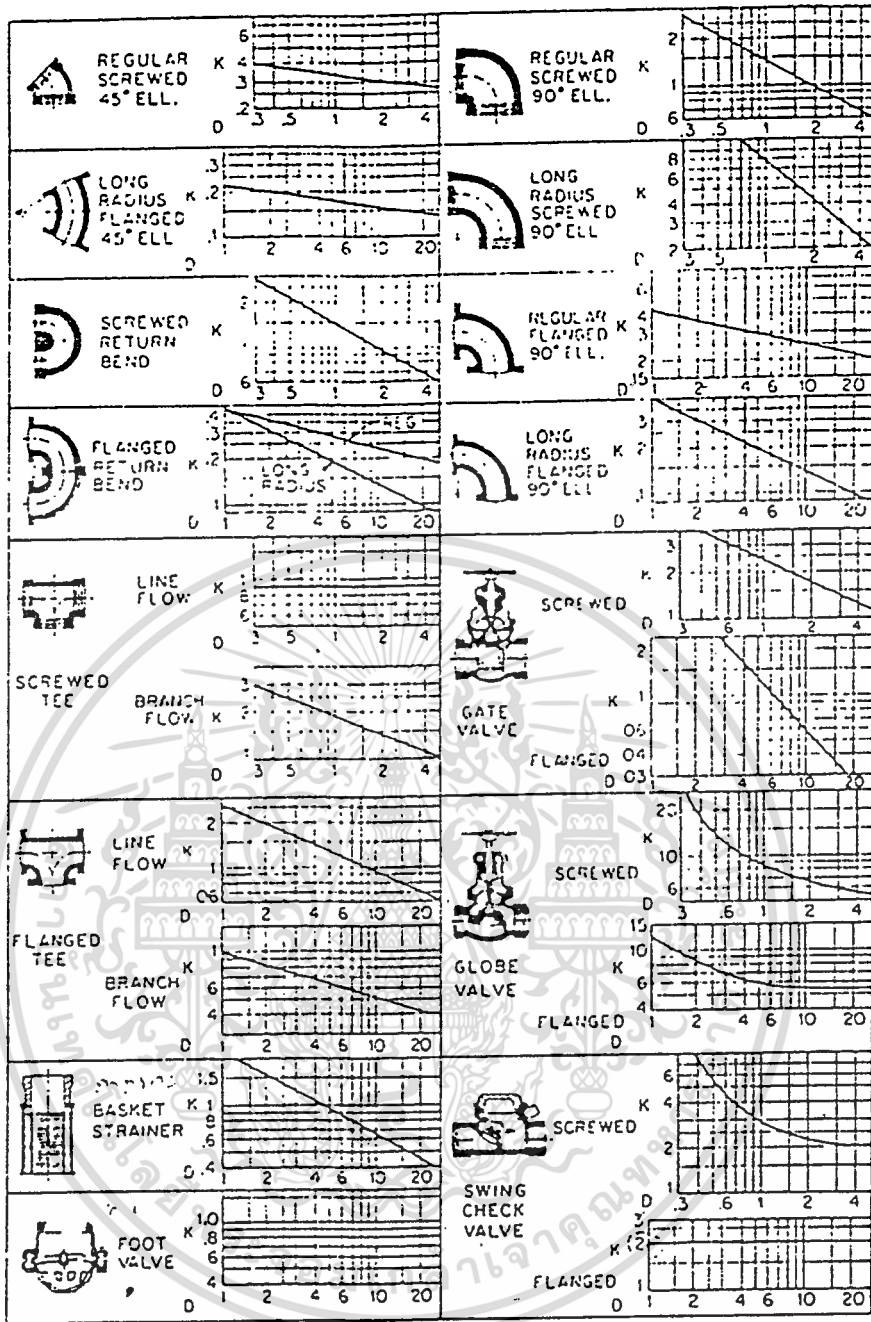
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ความเรียบของผนังท่อ (C) สำหรับท่อที่ทำด้วยวัสดุชนิดต่าง ๆ

ชนิดของท่อ	C-values
ท่อเหล็กหล่อใหม่	130
ท่อเหล็กหล่อเก่า (5 ปีขึ้นไป)	100
ท่อเหล็กหล่อเคลือบแอสฟัลต์	130
ท่อซีเมนต์แอสเบสทอส	130-140
ท่อซีเมนต์ผิวเรียบ หรือท่อหล่อ เคลือบภายในด้วยซีเมนต์เรียบ	130-140
ท่อซีเมนต์ผิวธรรมดา (ผิวหยาบ)	110-120
ท่อเหล็กเหนียวใหม่	120-130
ท่อเหล็กเหนียวเก่า	80-100
ท่อที่ทำด้วยวัสดุ Polyvinyl chloride (PVC)	140-150
ท่อเหล็กม้วนมีตะเข็บ	130-140
ท่อเหล็กขี้หนู	90-110

ตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์ความเรียบของผนังท่อชนิดต่าง ๆ (c)

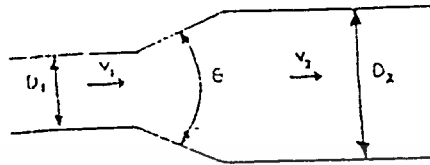
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



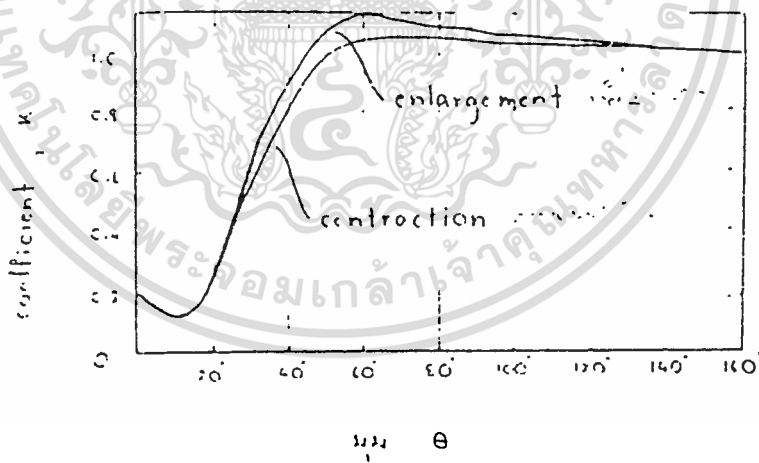
*Hydraulic Institute. $h = k \frac{v^2}{2g}$ feet of fluid.

รูปที่ 4 สัมประสิทธิ์การสูญเสียเนื่องจากอุปกรณ์ประกอบท่อ (K)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

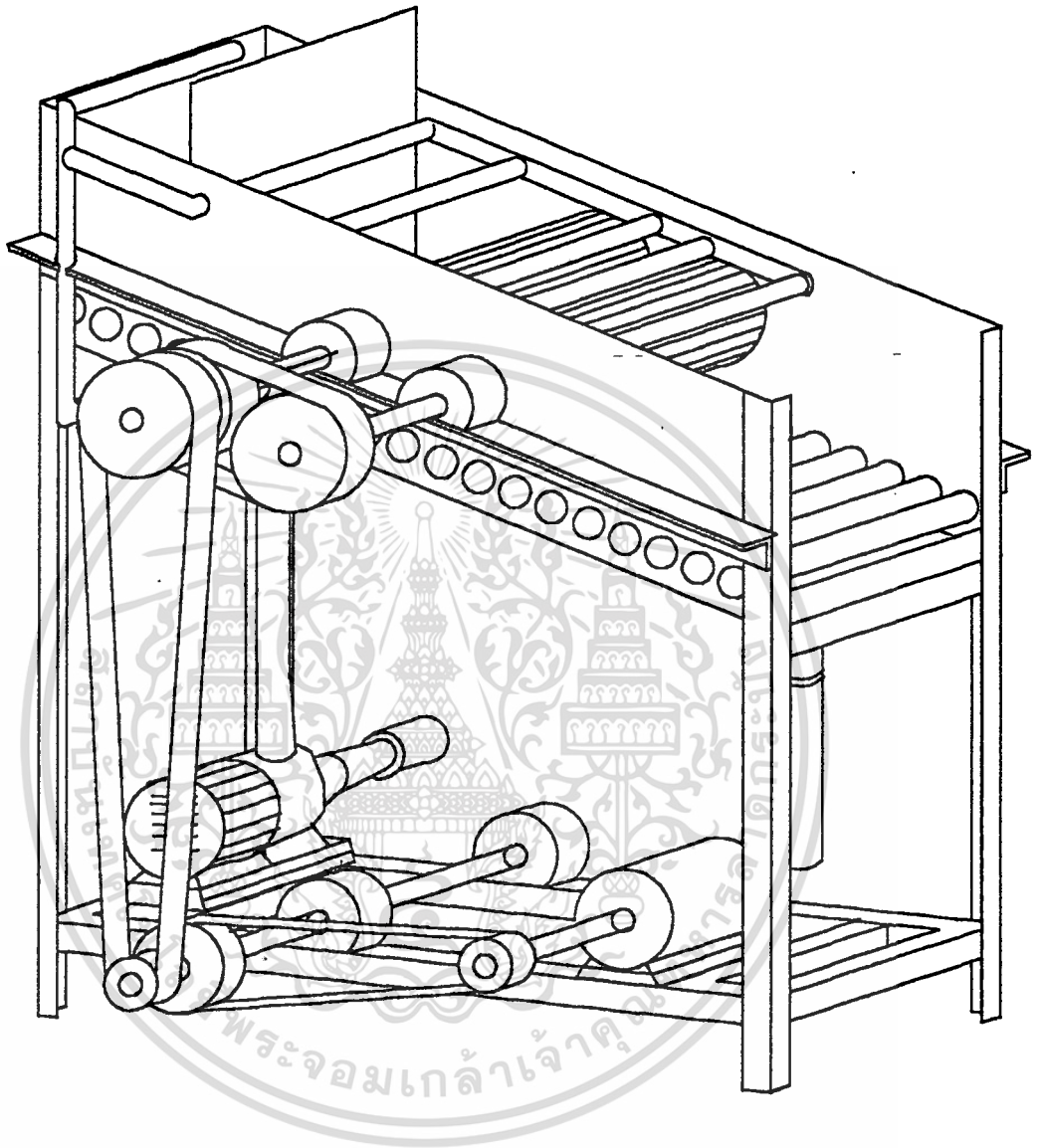


(ก) การเปลี่ยนขนาดท่อแบบค่อย ๆ เปลี่ยน



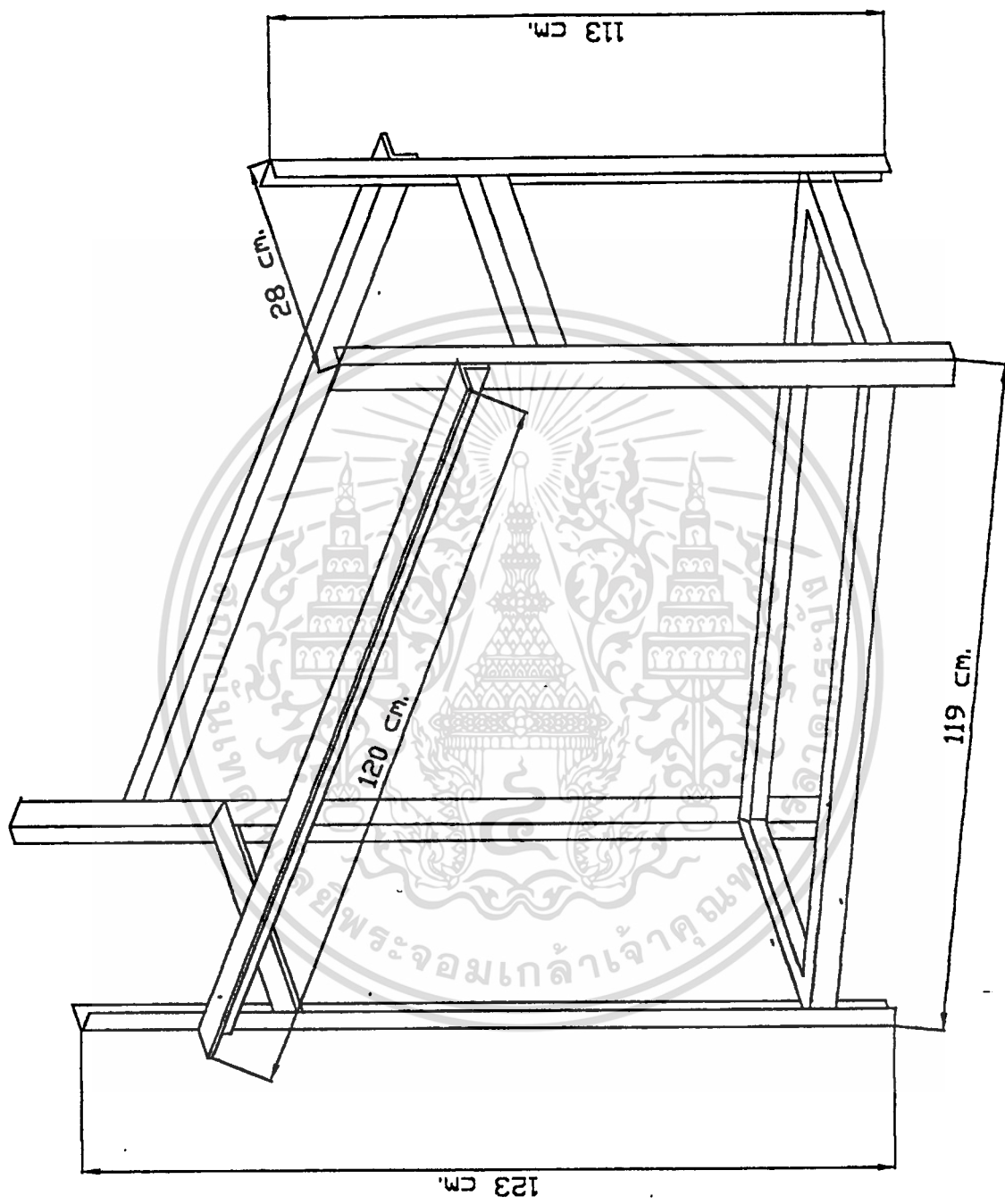
รูปที่ 5 ค่า K สำหรับการเปลี่ยนขนาดท่อแบบค่อย ๆ เปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



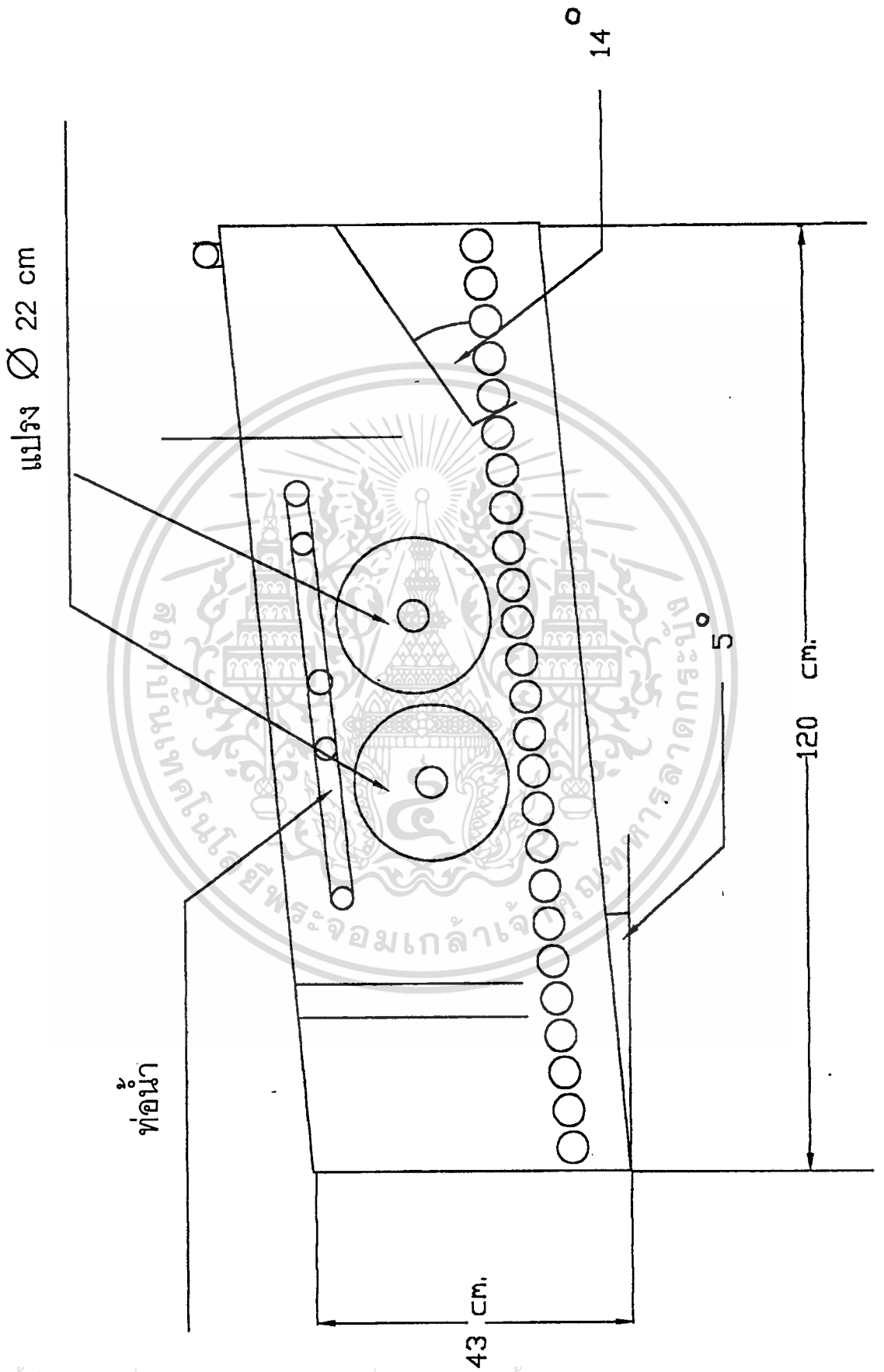
รูปที่ 6 แบบประกอบเครื่องล้างทำความสะอาดผลส้มภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



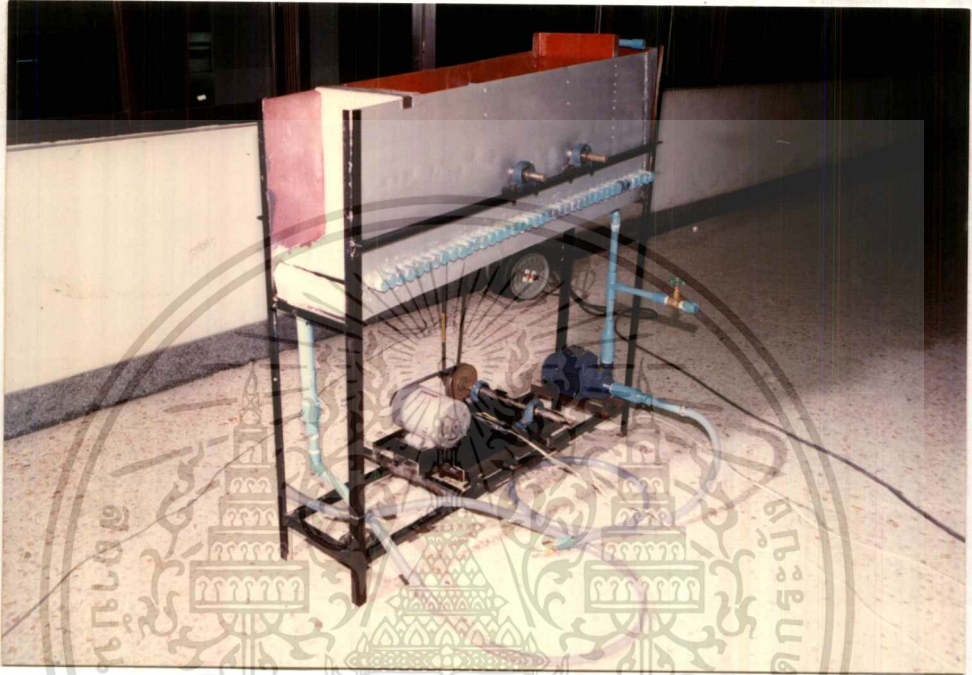
รูปที่ 7 แบบโครงของเครื่องล้างทำความสะอาดผลส้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



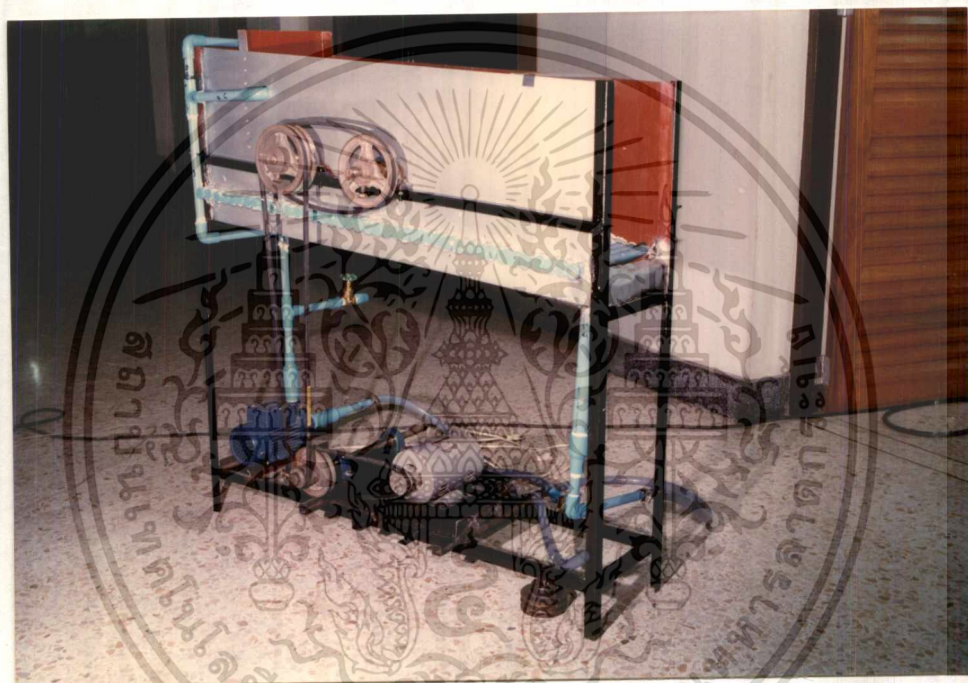
รูปที่ 8 แบบประกอบเครื่องล้างทำความสะอาดตัวรางล้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9 รูปถ่ายเครื่องล้างทำความสะอาดภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



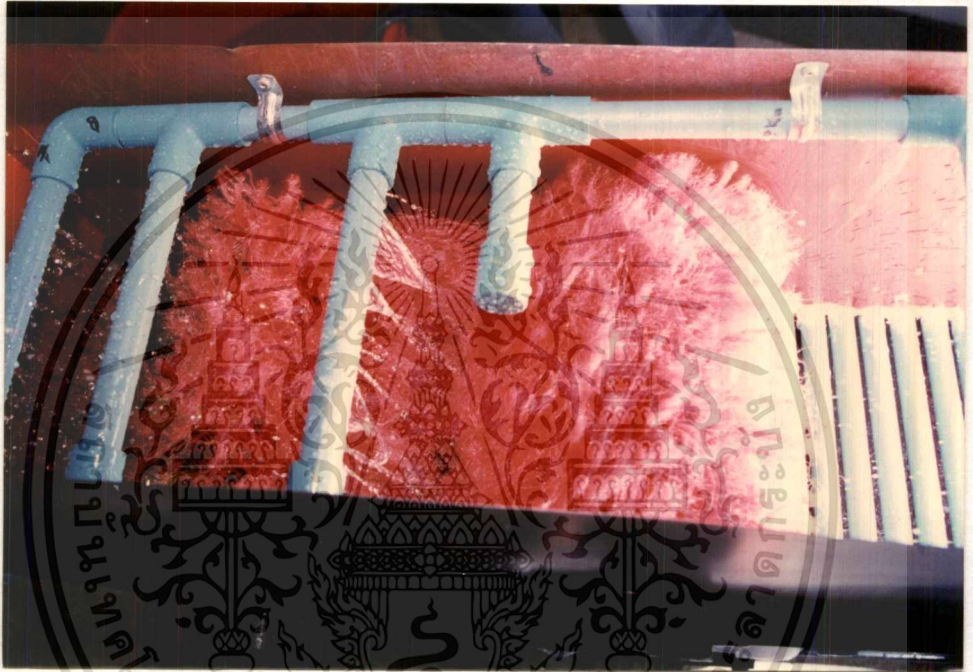
รูปที่ 10 รูปถ่ายชุดขับเคลื่อนแกนเพลลาแปรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



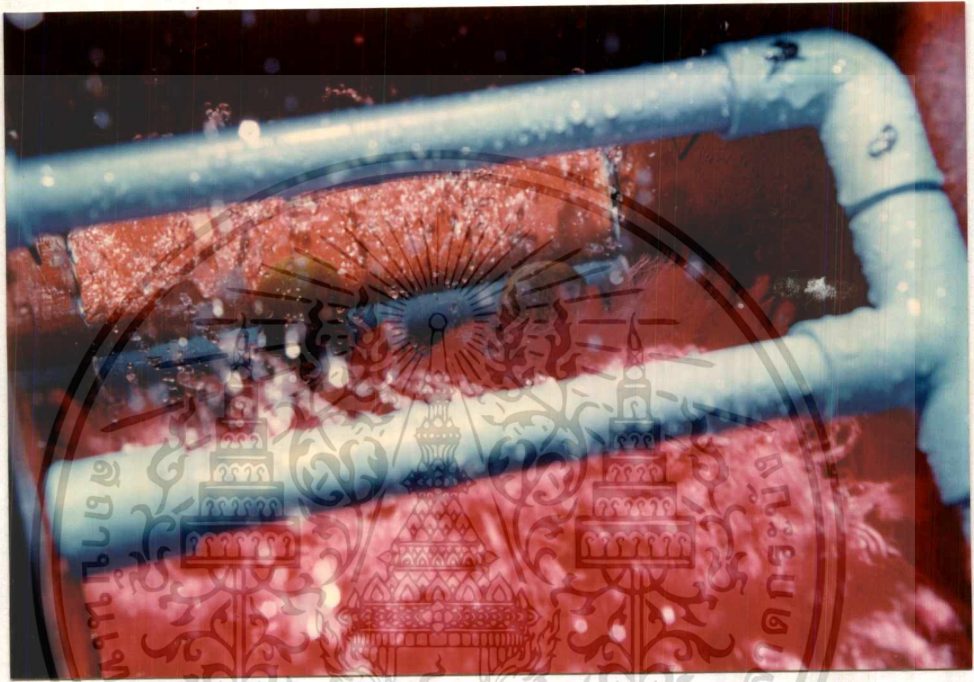
รูปที่ 11 รูปถ่ายส่วนทำความสะอาดด้วยแปรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



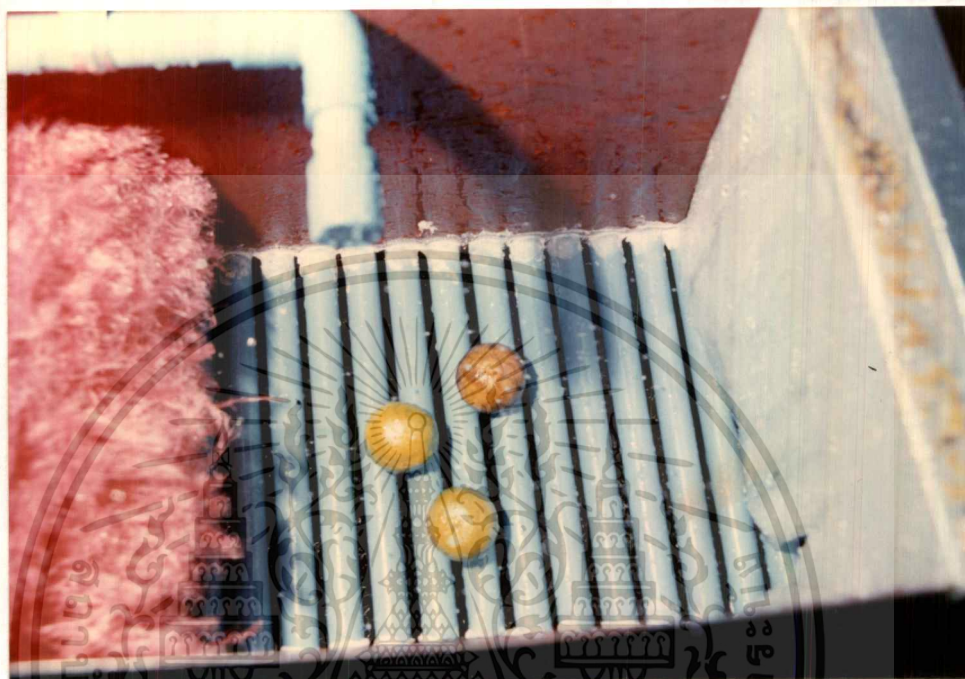
รูปที่ 12 รูปถ่ายแสดงการฉีดพ่นน้ำทำความสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 13 รูปถ่ายแสดงการเข้าทำความสะอาดของสั้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 14 รูปถ่ายแสดงการออกจากส่วนทำความสะอาดของส้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 15 รูปถ่ายแสดงผลเปรียบเทียบสั้ที่ล้างด้วยเครื่องกับที่ยังไม่ผ่านการล้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือจากหลายท่านด้วยกัน ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำ และความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณ

อาจารย์ มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์

อาจารย์ พิเชิต กิตตินนท์

คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรทุกท่าน

พี่แมน พี่ตุ้ม พี่โต้ง และเจ้าหน้าที่ประจำ Workshop ทุกท่าน

รวมทั้งเพื่อน ๆ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร ,ภาคโทรคมนาคม,ภาคไฟฟ้า ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ไชยา อัยสูงเนิน, การปลูกส้มเขียวหวาน, เรื่องแสงการพิมพ์ กรุงเทพมหานคร , 2532
2. ทีกรูฟ อีเอฟ เอ็นจิเนียร์, ตารางเหล็กสำหรับ ผู้รับเหมาก่อสร้าง และวิศวกร ,พิมพ์ครั้งที่ 2
3. พีรศักดิ์ วรสุนทรโรสถ, มานูชิ มาการิชวา, เทคนิคการซ่อมแซม เลือกระบะและติดตั้ง มอเตอร์เหนี่ยวนำ ,2538
4. วรวิทย์ อึ้งภากรณ์, ชาญ ถนัดงาน, การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1 ,กรุงเทพ มหานคร, หน้า 238, 2534
5. วัชระ เพิ่มชาติ, เอกสารประกอบการเรียนวิชา Pumps Application Engineer ,2539
6. J.G. Brennan, J.R. Butters, N.D. Cowell and A.E.V. Lillen, Food Engineering Operation Thrid edition,1990
7. Joseph Edward Shigley. Mechanical Engineering Design ; pp.397,625,629.632,1986
8. Kenneth J.Valentas and Leon Levine, J.Peter Clark. Food Processing Operations and Scale-up,1991

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้