สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การออกแบบเครื่องกรองชนิดแผ่นและกรอบ

Design for a Plate and Frame Filter

T055682

มีนารัตน์ รักซ้อน
รัตนาภร ยวงสวัสดิ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2546

เลขหมู่
เลขทะเบียน 55682
วัน,เดือน,ปี 24 พ.ค. 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGN FOR A PLATE AND FRAME FILTER

MEENARAT RUCKSON
RATANAPORN YUANGSAWAD

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF BACHELOR IN CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEER
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การออกแบบเครื่องกรอง ชนิดแผ่นและกรอบ
นักศึกษา	นางสาวมีนารัตน์ รักซ้อน
	นางสาวรัตนาภร ยวงสวัสดิ์
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
พ.ศ.	2546
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์รื่นฤดี เบญจางคประเสริฐ

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์รื่นฤดี เบญจางคประเสริฐ)

.....กรรมการ
(ดร.บุงกช งามสม)

.....กรรมการ
(ดร.สุธาสินี เนรมิตตกพงศ์)

.....กรรมการ
(ดร.พรสวรรค์ กาญจนวณิชย์กุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การออกแบบเครื่องกรองชนิดแผ่นและกรอบ
นักศึกษา	นางสาวมีนารัตน์ รักซ้อน รหัสประจำตัว 43010736
	นางสาวรัตนาภร ยวงสวัสดิ์ รหัสประจำตัว 43010748
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
พ.ศ.	2546
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์รื่นฤดี เบญจางคประเสริฐ

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องกรองแบบใช้ความดันชนิดแผ่นและกรอบ เพื่อไว้ใช้ในการทดลองของทางภาควิชาวิศวกรรมเคมี รวมถึงศึกษาชนิดของสารแขวนลอยและภาวะที่จะใช้ในการทดลอง สำหรับปัจจัยที่ศึกษา คือ ความดันปฏิบัติการ ชนิดและความเข้มข้นของสารแขวนลอย โดยได้ทำการเปรียบเทียบระหว่างสารแขวนลอยของแป้งมันสำปะหลังในน้ำและสารแขวนลอยของแคลเซียมคาร์บอเนตในน้ำ ผลปรากฏว่า สารแขวนลอยของแป้งมันสำปะหลังในน้ำเหมาะสมกว่าสารแขวนลอยแคลเซียมคาร์บอเนตในน้ำ และภาวะที่เหมาะสมในการศึกษาครั้งนี้ คือ ความเข้มข้นของสารแขวนลอยมีค่า 7% โดยน้ำหนัก ความดันปฏิบัติการอยู่ในช่วง 206.80 กิโลปาสคาล ถึง 379.20 กิโลปาสคาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report Title	Design for a Plate and Frame Filter
Student	Ms.Meenarat Ruckson ID 43010736
	Ms.Ratanaporn Yuangsawad ID 43010748
Degree	Bachelor of Engineering
Programme	Chemical Engineering
Year	2003
Advisor	Mrs.Ruenrudee Benjangkaprasert

Abstract

The project aims to design and fabricate a plate and frame filter press for using as a unit operation equipment in the department of chemical engineering. The scopes of this project include the optimization for the operating conditions by varying the operating pressure and concentration of tapioca starch slurry in water incomparison with calcium carbonate suspension. The results obtained from this study reveal that the optimum operating pressure is between 206.80 kPa to 379.20 kPa and the suitable slurry contains 7 wt% tapioca starch in water.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความช่วยเหลือจากคณาจารย์และบุคคลหลายฝ่าย

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณ

คุณพิสันต์ ผลโพธิ์ เจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

คุณธีระ พิรุณรัตน์ ผู้จัดการบริษัท จิรสิน แมชชีนเนอรี่ เซอร์วิส จำกัด ที่ให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกในการสร้างเครื่องมือ

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ไพศาล นาคพิพัฒน์ และอาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VI

สารบัญรูปภาพ.....VII

สัญลักษณ์.....VIII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....1

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....1

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....3

2.1 ทฤษฎีการกรอง.....3

2.2 การจำแนกการกรอง.....4

2.3 เครื่องกรองแบบใช้ความดัน.....7

2.4 เครื่องกรองในระดับอุตสาหกรรม.....7

2.5 สมการพื้นฐานที่ใช้ในการกรองแบบความดันคงที่.....9

2.6 ความสำคัญในทางปฏิบัติของสมการการกรอง.....10

2.7 ตัวกลางกรอง.....11

บทที่ 3 การดำเนินงาน.....13

3.1 การออกแบบและสร้างเครื่องกรอง.....13

3.2 การออกแบบแผ่นกรอง.....17

3.3 การหาภาวะที่เหมาะสมในการกรอง.....23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล.....24
4.1 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลเมื่อสารแขวนลอยที่ใช้ คือ
แป้งมันสำปะหลังในน้ำ.....24
4.2 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลเมื่อสารแขวนลอยที่ใช้ คือ
แคลเซียมคาร์บอเนตในน้ำในน้ำ.....25

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....27
5.1 สรุปผลการทดลอง.....27
5.2 ข้อเสนอแนะ.....27

เอกสารอ้างอิง.....28

ภาคผนวก.....29
ภาคผนวก ก ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง.....30
ภาคผนวก ข การหาสมบัติของเค้ก.....36
ภาคผนวก ค ปั๊มไดอะแฟรม.....40
ภาคผนวก ง การกำหนดรายละเอียดเพื่อจัดซื้อปั๊ม.....46
ภาคผนวก จ การชุบโครเมียมอย่างแข็ง.....49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 แสดงค่าตัวแปรต่างๆ.....26

ก.1 ความเข้มข้นของสารแขวนลอยแป้งมันสำปะหลังในน้ำเป็น 3% โดยน้ำหนัก.....30

ก.2 ความเข้มข้นของสารแขวนลอยแป้งมันสำปะหลังในน้ำเป็น 5% โดยน้ำหนัก.....30

ก.3 ความเข้มข้นของสารแขวนลอยแป้งมันสำปะหลังในน้ำเป็น 7% โดยน้ำหนัก.....31

ก.4 ความเข้มข้นของสารแขวนลอยแป้งมันสำปะหลังในน้ำเป็น 9% โดยน้ำหนัก.....31

ก.5 เวลาต่อปริมาตรของเหลวใสที่ได้จากการกรองเมื่อสารแขวนลอยที่ใช้ คือ แป้งมันสำปะหลังในน้ำ.....32

ก.6 ความเข้มข้นของสารแขวนลอย $CaCO_3$ ในน้ำเป็น 3% โดยน้ำหนัก.....33

ก.7 ความเข้มข้นของสารแขวนลอย $CaCO_3$ ในน้ำเป็น 5% โดยน้ำหนัก.....33

ก.8 ความเข้มข้นของสารแขวนลอย $CaCO_3$ ในน้ำเป็น 7% โดยน้ำหนัก.....34

ก.9 ความเข้มข้นของสารแขวนลอย $CaCO_3$ ในน้ำเป็น 9% โดยน้ำหนัก.....34

ก.10 เวลาต่อปริมาตรของเหลวใสที่ได้จากการกรองเมื่อสารแขวนลอยที่ใช้ คือ $CaCO_3$ในน้ำ.....35

จ.1 เปรียบเทียบทางเดินกระแสไฟฟ้าทองแดงกับอะลูมิเนียม.....50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ หน้า

2.1 การกรองแบบติดผิวชั้นกรอง....4

2.2 การกรองแบบติดค้างในชั้นกรอง....5

2.3 การเกิดเค้ก....6

2.4 ลักษณะของแผ่นและกรอบ....8

2.5 แผนภาพแสดงโครงสร้างของเครื่องกรองแบบแผ่นและกรอบ....8

3.1 ภาพฉายด้านหน้าของชุดโครงสร้างเหล็ก....14

3.2 ภาพฉายด้านข้างของชุดโครงสร้างเหล็ก....15

3.3 ภาพฉายด้านบนของชุดโครงสร้างเหล็ก....16

3.4 ภาพฉายด้านหน้าของแผ่นกรอง....18

3.5 ภาพฉายด้านข้างของแผ่นกรอง....19

3.6 ลักษณะด้านหน้าและด้านหลังของแผ่นกรองส่วนหัว....20

3.7 ลักษณะด้านหน้าและด้านหลังของแผ่นกรอง....20

3.8 ลักษณะด้านหน้าและด้านหลังของแผ่นกรองส่วนท้าย....20

3.9 โครงสร้างของเครื่องกรอง....21

3.10 ลักษณะการติดตั้งปั๊มและอุปกรณ์วัดความดัน....21

3.11 เครื่องกรองที่เสร็จสมบูรณ์....22

4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของเหลวใสที่ได้จากการกรองกับเวลาต่อปริมาตรของเหลวใส ที่ได้จากการกรองเมื่อสารแขวนลอยเข้มข้น 7% โดยน้ำหนัก....24

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของเหลวใสที่ได้จากการกรองกับเวลาต่อปริมาตรของเหลวใส ที่ได้จากการกรองเมื่อสารแขวนลอยเข้มข้น 9% โดยน้ำหนัก....24

4.3 สารแขวนลอยแป้งมันสำปะหลังในน้ำ ที่ความเข้มข้น 7% โดยน้ำหนัก....25

4.4 สารแขวนลอยแป้งมันสำปะหลังในน้ำ ที่ความเข้มข้น 9% โดยน้ำหนัก....26

ค.1 แสดงมิติของปั๊ม....45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์

A	=	พื้นที่ผิวการกรอง (ตารางเมตร)
c	=	ความเข้มข้นของสารแขวนลอย (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
L	=	ความหนาของเค้ก (เมตร)
m	=	มวล (กิโลกรัม)
m_c	=	มวลของเค้ก (กิโลกรัม)
Δp	=	ความดันลด (กิโลปาสคาล)
Δp_c	=	ความดันลดเนื่องจากเค้ก (กิโลปาสคาล)
Δp_m	=	ความดันลดเนื่องจากตัวกลางกรอง (กิโลปาสคาล)
q	=	อัตราการไหลเชิงปริมาตร (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)
q_0	=	อัตราการไหลเชิงปริมาตรที่เวลาเริ่มต้น (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)
R_m	=	ความต้านทานของตัวกลางกรอง (1ต่อเมตร)
s	=	ค่าการอัดตัวได้ของเค้ก (-)
S_p	=	พื้นที่ผิวของ 1 อนุภาค (ตารางเมตร)
t	=	เวลา (วินาที)
u	=	ความเร็วเชิงเส้น (เมตรต่อวินาที)
V	=	ปริมาตรของเหลวใสที่ได้จากการกรอง (ลูกบาศก์เมตร)
V_p	=	ปริมาตรของ 1 อนุภาค (ลูกบาศก์เมตร)
μ	=	ความหนืดของของเหลวใสที่ได้จากการกรอง (กิโลกรัมต่อเมตรต่อวินาที)
ε	=	ความพรุนของเค้ก (-)
ρ_p	=	ความหนาแน่นของอนุภาค (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
α	=	ความต้านทานจำเพาะของเค้ก (เมตรต่อกิโลกรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา

กระบวนการกรองถือได้ว่าเป็นหน่วยปฏิบัติการที่สำคัญทางอุตสาหกรรมเคมี ดังนั้น เพื่อให้นักศึกษาได้มีความเข้าใจในหลักการของกระบวนการกรอง รวมถึงมีทักษะและความสามารถในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในการกรอง จึงได้จัดการทดลอง เรื่อง การกรอง (Filtration) ไว้เป็นส่วนหนึ่งของวิชา การทดลองทางวิศวกรรมเคมี 2 (Practice in Chemical Engineering II)

เนื่องมาจากทางภาควิชาวิศวกรรมเคมียังไม่มีชุดทดลอง เรื่อง การกรอง จึงได้มีโครงงานการทำเครื่องกรองแบบใช้ความดันชนิดแผ่นและกรอบ (Plate and frame fiilter press) ขึ้น โดยที่เครื่องกรองแบบใช้ความดันชนิดแผ่นและกรอบนี้จะทำให้เข้าใจถึงหลักการพื้นฐานที่ใช้ในกระบวนการกรองได้ง่าย อีกทั้งยังเป็นเครื่องกรองที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมโดยทั่วๆ ไปด้วย ตัวอย่างเช่น อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมัก และใช้ในการบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1.2.1 สร้างเครื่องกรองแบบใช้ความดัน ชนิดแผ่นและกรอบ เพื่อนำมาใช้ในการทดลองสำหรับนักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมเคมี

1.2.2 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการทดลอง

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1.3.1 หาชนิดของสารแขวนลอยที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการทดลอง

1.3.2 ศึกษาหาภาวะที่เหมาะสมในการทดลองโดยมีตัวแปรที่ศึกษา คือ ความดันปฏิบัติการและความเข้มข้นของสารละลาย

1.3.3 วิเคราะห์หาสมบัติต่างๆ ของเค้กที่กรองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีการกรอง [1]

การกรองเป็นกระบวนการแยกสารที่มีลักษณะแขวนลอยโดยที่สารนี้อาจจะเป็น ของแข็งของเหลว หรือ ก๊าซ ออกจากของไหลซึ่งเป็นของเหลวหรือก๊าซ การกรองส่วนใหญ่มักจะใช้ในการกำจัดอนุภาคของแข็งออกจากของเหลวที่มันแขวนลอยอยู่ นอกเหนือจากนี้แล้วยังสามารถที่จะทำการแยกอนุภาคของแข็งออกจากก๊าซได้ด้วยวิธีการเดียวกัน ในส่วนหยดของเหลวที่เข้ากันไม่ได้ เช่น หยดน้ำมัน ก็สามารถแยกออกได้ด้วยการกรอง เช่น กรองหยดน้ำมันออกจากสารละลายที่เป็นน้ำ หรือ ในการกรองหยดน้ำออกจากสารละลายที่เป็นน้ำมัน และของเหลวที่แยกตัวกันเหล่านี้ก็สามารถแยกออกจากก๊าซได้ด้วยการกรองเช่นกัน

ในด้านการผลิตเภสัชภัณฑ์ การกรองมีบทบาทสำคัญต่อการผลิต เนื่องจาก การเตรียมยาในรูปแบบต่างๆ ในบางครั้งจำเป็นต้องแยกสารอนุภาคออกจากของเหลวเพื่อให้ได้ของเหลวใส ปราศจากตะกอน อสัณฐาน ผลึก คอลลอยด์ (Colloid) ขุ่น หรือหยดของเหลวที่ไม่สามารถละลายได้

โดยปกติแล้วการกรองสารละลายต่างๆ นี้ เพื่อที่จะกำจัด

1. อนุภาคที่มองเห็นด้วยตาเปล่าคือ มีเส้นผ่านศูนย์กลางหรือความยาว 50 ไมโครเมตร หรือมากกว่า
2. อนุภาคที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าคือ มีขนาดเล็กกว่า 50 ไมโครเมตร จนถึงประมาณ 1 ไมโครเมตร ที่ทำให้สารละลายนั้นไม่ใส หรือที่ทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับอนุภาคที่ไม่ต้องการให้มีในสารละลาย
3. อนุภาคที่เล็กกว่า 0.2 ไมโครเมตร รวมทั้งราและแบคทีเรีย

การแยกสารที่ไม่ต้องการออกจากสารละลายนั้นสามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น กระบวนการกลั่น กระบวนการดูดซึมบนแผ่นกรอง การใช้แรงเหวี่ยง การตกผลึก และการกรอง ซึ่งการกรองนี้มีข้อดีหลายประการคือ

1. แม้ว่าผลจากการละลายหรือการดูดซับอาจจะมีอิทธิพลต่อผลที่ได้จากการกรอง แต่ส่วนใหญ่แล้วการแยกโดยการกรองมักจะเกี่ยวข้องกับอนุภาคและขนาดของโมเลกุล คือ มักจะไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการเกิดการเจือจางของสารละลายหรือไม่เกิดปัญหาเมื่อจะนำไปใช้ในการผลิตขนาดใหญ่เหมือนกับการแยกโดยการดูดซึมบนแผ่นกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ในการกรองสามารถที่จะเลือกใช้ตัวกลางกรอง (Filter media) ที่มีอยู่หลายชนิด ซึ่งก็มีความแตกต่างกันทั้งรูปร่างและสารที่เป็นส่วนประกอบ
3. การกรองสามารถใช้ได้กับสารผสมเคมีใดๆ แต่ต้องเลือกตัวกลางกรองที่เหมาะสมกับสารเคมีนั้นๆ
4. ใช้พลังงานน้อย ทำให้การกรองเป็นวิธีการที่ประหยัด
5. ในทางเภสัชกรรม การกรองมีข้อดีคือสามารถกรองให้มีสภาพไร้เชื้อได้
6. เหมาะสำหรับสารที่จะถูกทำลายด้วยความร้อน เช่น โปรตีน เอนไซม์ (Enzyme) หรือสารที่เกิดการออกซิไดซ์ (Oxidize) ได้ง่ายในบรรยากาศ
7. การกรองไม่ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดหรือเบส และไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารที่นำมากรอง

สภาวะการกรองขึ้นอยู่กับความเหมาะสม ชนิดของเครื่องมือและปัจจัยอื่นๆ ได้แก่

1. สมบัติของของไหล ได้แก่ ความหนืด ความหนาแน่น
2. สมบัติโดยธรรมชาติของอนุภาคของแข็ง ได้แก่ ขนาดอนุภาค รูปร่าง และสมบัติในด้านการกดอัด
3. ความเข้มข้นของอนุภาคของแข็งในสารแขวนลอย
4. ปริมาณสารที่นำมากรอง
5. ความจำเป็นในการล้างอนุภาคของแข็งที่กรองได้

นอกจากปัจจัยต่างๆ ข้างต้นที่มีผลต่อสภาวะการกรองแล้วยังมีปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออัตราการกรองได้แก่

1. ความดันลดของการป้อนสาร
2. พื้นที่ผิวในการกรอง
3. ความหนืดของของเหลวใสที่ได้จากการกรอง
4. ความต้านทานการกรองของเค้ก
5. ความต้านทานของตัวกลางที่ใช้กรองและของเค้กที่เกิดขึ้น

การกรองเกิดขึ้นเมื่ออนุภาคของแข็งเกิดการสะสมที่ผิวตัวกลางที่มีความพรุนโดยที่ของเหลวจะไหลผ่านตัวกลางไป การสะสมของอนุภาคของแข็งจะมากขึ้นเมื่อเวลานานขึ้น ทำให้อัตราการกรองต่ำลงเรื่อยๆ ขณะเกิดการกรองที่ความดันคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การจำแนกการกรอง

กลไกการแยกของแข็งที่แขวนลอยออกจากของเหลวโดยการกรองอาจจำแนกได้ดังนี้

2.2.1 จำแนกตามกลไกการกรอง

กลไกการกรองมีหลายรูปแบบ คือ

2.2.1.1 การกรองแบบติดผิวชั้นกรอง (Surface or screen or Microporous Membrane Filtration)

ใช้แยกอนุภาคได้ทั้งการกรองปริมาตรน้อย และปริมาตรมาก การกรองชนิดนี้จะได้การกรองที่สมบูรณ์ อนุภาคหรือสิ่งปนเปื้อนจะตกค้างอยู่บนผิวหน้าของตัวกลางกรอง ดังรูปที่ 2.1 โดยที่ตัวกลางกรองจะทำหน้าที่คล้ายตะแกรง ที่จะให้เฉพาะอนุภาคที่เล็กกว่าความกว้างของรูพรุนสามารถหลุดลอดออกไปได้ และเมื่อเกิดการอุดตันบนพื้นผิวของตัวกลางกรองแล้วประสิทธิภาพการกรองจะลดลง

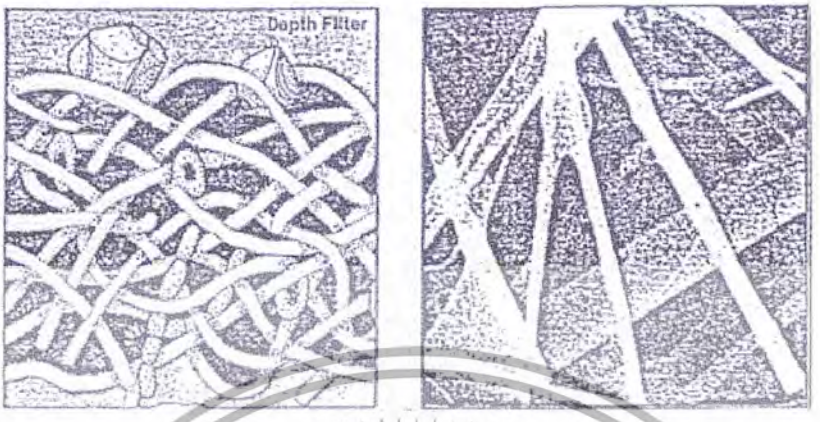
รูปที่ 2.1 การกรองแบบติดผิวชั้นกรอง [2]

2.2.1.2 การกรองแบบติดค้างในชั้นกรอง (Depth Filtration)

การกรองนี้ในทางเภสัชกรรมใช้เป็นการกรองขั้นต้นสำหรับระบบการกรองที่มีปริมาตรมาก ตัวกลางกรองอาจทำจากวัสดุที่เป็นเส้นใย หรือเม็ดหยาบขนาดเล็กๆ ของของแข็งที่รวมตัวกัน ซึ่งเส้นใยนี้จะจับตัวกันอย่างคดเคี้ยว และจะกักหรือดูดซึมอนุภาคต่างๆ นี้ไว้ในช่องแคบที่คดเคี้ยวนี้ในขณะที่ของเหลวไหลผ่านไปได้ ดังรูปที่ 2.2 โดยการกรองนี้ไม่สามารถกำหนดตัวเลขได้แน่นอนว่าตัวกลางกรองจะกักเก็บอนุภาคใดไว้ได้บ้าง แต่จะระบุเป็นตัวเลขโดยประมาณของขนาดรูพรุนเนื่องมาจากวัสดุที่ใช้และวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน ตัวกลางกรองที่มีขนาดรูพรุนเล็กที่สุดสามารถใช้กรองเพื่อแยกจุลินทรีย์ได้ แต่ต้องนำสารละลายนั้นไปทำให้ปราศจากเชื้อหลังจากกรองแล้ว ในกระบวนการกรองนี้อนุภาคจะถูกจับไว้โดยแรงโน้มถ่วงหรือไฟฟ้าที่เกิดขึ้นรอบๆ แหล่งกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุภาคหนึ่งๆ ต้องใช้เวลาพอสมควรที่จะสัมผัสกับแหล่งกรองเพื่อให้ของไหลไหลผ่านแหล่งกรองและเข้าไปใกล้กับเส้นใยมากพอที่จะถูกจับไว้โดยแรงแวนเดอวาลส์ (Van der Waals force)



รูปที่ 2.2 การกรองแบบติดค้างในชั้นกรอง [1]

ดังกล่าวแล้วว่าการกรองที่ใช้หลักเกณฑ์การกรองแบบติดค้างในชั้นกรองนี้ใช้กันมากสำหรับการกรองหยาบหรือการกรองขั้นต้น การกรองนี้จะกำจัดอนุภาคส่วนใหญ่ออกไปแต่อาจจะไม่สามารถกำจัดอนุภาคที่ไม่ต้องการออกได้หมด จึงมักใช้กรองก่อนที่จะนำไปทำการกรองขั้นสุดท้าย การกรองขั้นต้นเป็นสิ่งจำเป็นเมื่อใช้เมมเบรน (Membrane) เป็นตัวกลางกรอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเมมเบรนที่ใช้มีขนาดรูพรุนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 1 ไมโครเมตร

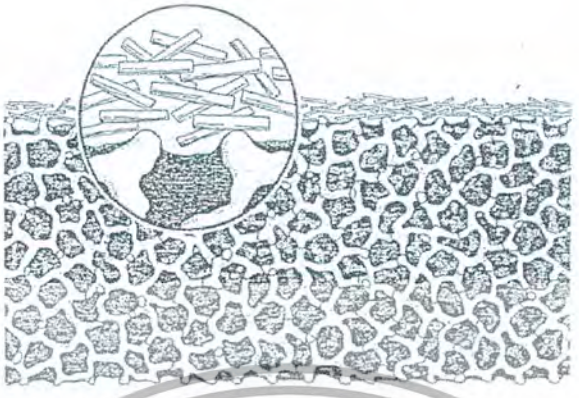
ตัวกลางกรองแบบติดค้างในชั้นกรองมักจะทำด้วยเส้นใยที่ถูกกดอัดของเซลลูโลส (Cellulose) ฝ้าย หรือขนสัตว์ ต่อมามีตัวกลางที่ทำจากแก้ว โลหะ หรือ คาร์บอน (Carbon) และมีการนำโลหะหรือแก้วมาเผาให้ร้อนจนอนุภาคเริ่มหลอมเข้ากันมาใช้ด้วย

2.2.1.3 การกรองเค้ก

ตัวกลางกรองที่ทำด้วยผ้าหยาบอาจไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการกรอง เนื่องจากรูของผ้าอาจใหญ่กว่าอนุภาคที่ต้องการกำจัดออกไปจากสารแขวนลอย ดังนั้นถ้านำสารแขวนลอยที่มีอนุภาคของของแข็งแขวนลอยอยู่มาไว้บนผ้ากรอง อนุภาคของแข็งนั้นจะเชื่อมรูของผ้าและทำให้เกิดเป็นแหล่งกรองบนผ้ากรองที่เรียกว่าเค้ก ดังรูปที่ 2.3 โดยเมื่อนำมาใช้กรองของเหลวจะไหลผ่านตาข่ายเล็กๆ ที่เกิดขึ้นในเค้ก ส่วนอนุภาคของแข็งจะถูกกักไว้ ซึ่งคุณสมบัติของเค้กจะขึ้นอยู่กับรูปร่างและขนาดของอนุภาคของแข็งที่ทำให้เกิดเค้ก เช่น แผ่นกรองที่ทำมาจากไดอะตอมไมท์ (Diatomite) ที่มีอนุภาคไม่สม่ำเสมอมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 ไมโครเมตร เค้กที่ทำจากสารแขวนลอยไดอะตอมไมท์ จะสามารถกำจัดอนุภาคคอลลอยด์ขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตร ได้อย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีประสิทธิภาพ บางครั้งการจำแนกการกรองนี้ มักจะรวมการกรองแบบติดผิวชั้นกรองและการกรองแบบติดค้างในชั้นกรองไว้ด้วยกัน



รูปที่ 2.3 การเกิดเค้ก [1]

2.2.2 จำแนกตามแรงขับดัน (Driving force)

ของเหลวใสที่ได้จากการกรองสามารถไหลผ่านตัวกลางกรองได้หลายวิธีตามแรงขับดัน คือ อาจจะให้ความดันสูงกว่าความดันบรรยากาศทางด้านสวนทิศทางการไหล หรือใช้ความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศทางด้านสวนทิศทางการไหลหรืออาจมีการใช้แรงเหวี่ยงผ่านตัวกลางกรอง

2.2.3 จำแนกตามการทำงาน

ถ้าวัตถุประสงค์ของการกรองเพื่อแยกเอาของแข็งแห้ง หรือผลิตภัณฑ์ที่ต้องการคือเค้กจะเป็นการกรองเค้กและถ้าต้องการกรองเพื่อแยกเอาของเหลวใสการกรองนั้นก็เป็นการกรองเพื่อให้ใส

2.2.4 จำแนกตามวงจรการทำงาน

การกรองอาจทำแบบต่อเนื่อง (Continuous) หรือแบบกะ (Batch) ถ้าทำเป็นแบบกะจะต้องใช้แรงขับดันคงที่ หรือในอัตราที่คงที่

2.2.5 จำแนกตามลักษณะของแข็ง

การกรองแบบเค้กจะเป็นการสะสมของแข็งซึ่งจะถูกกดอัดได้ (Compressible) หรือกดอัดไม่ได้ (Incompressible) เช่นเดียวกับในกระบวนการกรองอนุภาคที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างได้และที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างไม่ได้ด้วยตัวกลางกรอง โดยที่ขนาดของอนุภาคหรืออนุภาคที่จับกันเป็นกลุ่มควรมีขนาดเดียวกันกับขนาดเล็กที่สุดของรูพรุนของตัวกลางกรอง คือมีขนาด 1 ถึง 10 ไมโครเมตร หรือใหญ่กว่า หรือมีขนาดเล็กกว่ารูพรุนของตัวกลางกรอง คือมีขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตร จนถึงขนาดเชื้อแบคทีเรีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังมีการจำแนกการกรองที่แตกต่างกันออกไปอีก เช่น การจำแนกตามกลุ่มของเครื่องมือ คือ กลุ่มของเครื่องมือที่ใช้ในการกรองเค้กและการกรองให้ใสหรือกลุ่มของเครื่องมือที่ใช้แรงขับดันชนิดเดียวกันและต่างกัน เป็นต้น

2.3 เครื่องกรองแบบใช้ความดัน [3]

เป็นการกรองภายใต้ความดันเหนือความดันบรรยากาศที่พื้นผิวการกรอง ในระยะแรกเครื่องกรองแบบใช้ความดันมักใช้เฉพาะกับการกรองแบบไม่ต่อเนื่อง แต่ในระยะหลังมีเครื่องกรองแบบใช้ความดันที่ใช้กับการกรองแบบต่อเนื่อง แต่เนื่องจากการกำจัดเค้กยังทำได้ยากจึงยังมีขีดจำกัดในการใช้งาน

ข้อดีของเครื่องกรองแบบใช้ความดัน

1. การกรองทำได้เร็วเนื่องจากใช้ความดันในการกรองสูง
2. พื้นผิวการกรองต่อหน่วยพื้นที่ที่ใช้สำหรับตั้งเครื่องกรองสูง ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องกรองมีความกะทัดรัด
3. เครื่องกรองความดันแบบไม่ต่อเนื่องมีความยืดหยุ่นได้มาก สามารถเปลี่ยนแปลงทั้งจำนวนและชนิดของแผ่นกรองได้เพื่อความเหมาะสมกับความต้องการในแต่ละกรณี รวมทั้งการกรองให้มีสภาพไร้เชื้อด้วย ใช้การกรองได้จากหยาบถึงละเอียด

ข้อเสียของเครื่องกรองแบบใช้ความดัน คือ

1. ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการประกอบเครื่องและทำความสะอาด
2. เครื่องกรองแบบต่อเนื่องไม่ค่อยยืดหยุ่น และราคาแพง

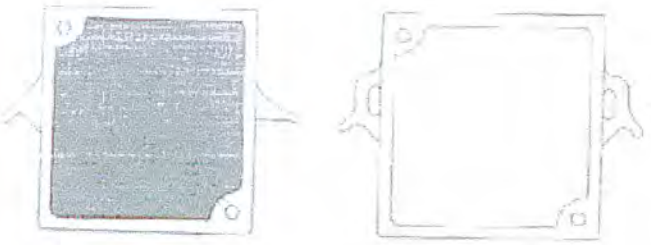
2.4 เครื่องกรองในระดับอุตสาหกรรม

เครื่องกรองในระดับอุตสาหกรรมที่นิยมใช้ ได้แก่

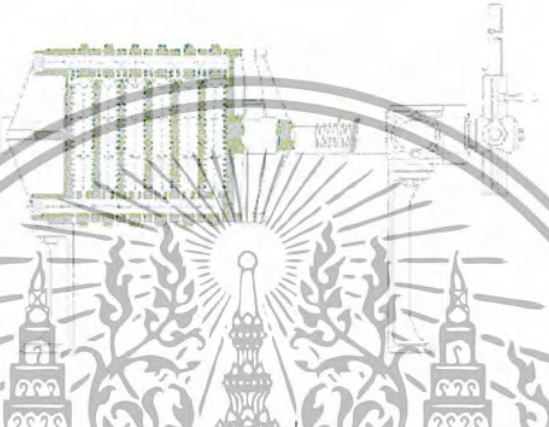
เครื่องกรองแบบแผ่นและกรอบ (Plate and frame filter press)

เครื่องกรองแบบแผ่นและกรอบ ประกอบด้วย แผ่น (Plate) และกรอบ (Frame) ดังรูปที่ 2.4 ที่ประกอบสลับกันบนราง โดยออกแบบแผ่นและกรอบให้ประกบกันสนิทโดยใช้สกรู หรือใช้ระบบไฮโดรลิก (Hydraulic) ดังรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 ลักษณะของแผ่นและกรอบ [3]



รูปที่ 2.5 แผนภาพแสดงโครงสร้างของเครื่องกรองแบบแผ่นและกรอบ [3]

การติดตั้งเครื่องมือชนิดนี้ คือ ทำการประกอบแผ่นและกรอบสลับกัน โดยแขวนอยู่บนรางของเครื่องกรอง ตัวกลางที่ใช้ในการกรองจะวางอยู่บนผิวของแผ่นทั้งสองด้าน ซึ่งตัวกลางที่ใช้ในการกรองนี้อาจเป็นผ้ากรอง กระดาษกรองหรือตะแกรงลวด หลังจากวางตัวกลางที่ใช้ในการกรองบนแผ่นแล้ว ทำการประกอบอุปกรณ์ทั้งหมดเข้าด้วยกันทำโดยการขันสกรูที่ตัวเครื่องกรอง โดยในเครื่องกรองที่มีขนาดใหญ่จะใช้ระบบไฮโดรลิค หรืออุปกรณ์ซึ่งใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์ในการควบคุมการปิดเปิด เมื่อส่วนประกอบทั้งหมดของอุปกรณ์ในการกรองถูกประกบเข้าด้วยกันจนสนิทแล้วตัวกลางกรองจะทำหน้าที่คล้ายปะเก็นเพื่อผนึกแผ่นและกรอบข้าด้วยกันทำให้เกิดช่องทางเดินของของไหล ภายในเครื่องกรองอย่างต่อเนื่อง สารแขวนลอยที่ทำการกรองจะถูกปั๊มผ่านเข้าไปในเครื่องกรองภายใต้ความดันไปยังช่องทางเข้า โดยที่ช่องทางเข้านี้จะมีทางออกไปยังแผ่นแต่ละแผ่น ดังนั้นสารแขวนลอยจะถูกบรรจุอยู่ในบริเวณช่องระหว่างแผ่นและกรอบที่ขนานกัน ของเหลวใสที่ได้จากการกรองจะเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางกรองและไหลไปยังบริเวณผิวของแผ่นไปยังบริเวณท่อทางออก และเมื่อการกรองดำเนินไปจะเกิดชั้นเค้กสะสมอยู่บนตัวกลางกรองจนกระทั่งชั้นของเค้กบรรจุอยู่เต็มช่องว่างระหว่างแผ่นและกรอบ ซึ่งจะทำให้อัตราการไหลของของเหลวใสที่ได้จากการกรองค่อยๆ ลดลงเรื่อยๆ เมื่อถึงจุดหนึ่งจะต้องหยุดการทำงานของเครื่องเพื่อถอดอุปกรณ์และนำเค้กออกมาจากตัวเครื่องรวมถึงดำเนินการล้างอุปกรณ์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุที่ใช้ทำเครื่องกรองแบบแผ่นและกรอบอาจทำจาก ไม้ ยาง หรือเหล็กปลอดสนิม โดยจะสามารถกรองภายใต้ความดันถึง 6894 กิโลปาสคาล เครื่องกรองชนิดนี้สามารถใช้ได้ทั้งกับสารแขวนลอยที่มีความหนืดค่อนข้างสูงและสารแขวนลอยที่มีปริมาณอนุภาคของแข็งไม่มากนัก มีอุปกรณ์ทางกลเพื่อใช้ในการควบคุมการเปิดปิดของระบบ โดยเครื่องกรองแบบแผ่นและกรอบจะมีลักษณะการทำงานเป็นแบบกะ

ขนาดของแผ่นจะแตกต่างกันตั้งแต่ 0.1016 x 0.1016 เมตร ถึง 1.5494 x 1.5494 เมตร ความหนาของกรอบตั้งแต่ 3.18×10^{-3} เมตร ถึง 0.2032 เมตร หากแผ่นและกรอบทำจากโลหะมาตรฐานขนาด 0.4572 เมตร จะใช้ความดัน 7.169 กิโลปาสคาล ขนาด 0.6096 ถึง 0.9144 เมตร ใช้ความดัน 4.784 กิโลปาสคาล สำหรับแผ่นและกรอบที่มีขนาดใหญ่กว่า 0.9144 เมตร จะใช้ความดัน 3.584 กิโลปาสคาล อย่างไรก็ตาม อาจมีการออกแบบให้ใช้ความดันสูงกว่านี้ก็ได้ แต่ความดันสูงสุดที่ใช้ในการทำการกรองโดยทั่วๆ ไป สำหรับแผ่นและกรอบที่ทำจากไม้จะอยู่ในช่วง 3.102 กิโลปาสคาล ถึง 3.584 กิโลปาสคาล ส่วนแผ่นและกรอบที่ทำจาก พอลิโพรพิลีน (Polypropylene) จะทนความดันได้ถึง 2.874 กิโลปาสคาล

นอกจากนี้แล้วการจะใช้เครื่องกรองนี้ยังต้องเลือกและตัดสินใจว่าจะใช้แผ่นและกรอบจำนวนเท่าไร และขนาดใด ส่วนใหญ่มักจะใช้ตามที่เห็นว่าสะดวกและประหยัดที่สุด

เครื่องกรองนี้มีข้อดี คือ เรียบง่าย ราคาไม่แพง สามารถทำงานโดยใช้ความดันสูงๆ ได้ ไม่ว่าจะเป็นการกรองเค้กหรือการกรองให้ใส

การกรองเป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์กายภาพ ดังนั้นการจะสรุปผลใดๆ จึงต้องทำให้อยู่บนพื้นฐานของการทำการทดลอง และถึงแม้ว่าทฤษฎีการกรองนี้จะไม่ใช่เป็นพื้นฐานอย่างเดียวที่ใช้ในการออกแบบการกรอง แต่ทฤษฎีการกรองนี้จะมีคุณค่าในการแปลผลการทดสอบทางห้องปฏิบัติการ ใช้ในการหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการกรองและยังใช้ทำนายผลของการเปลี่ยนแปลงในการกรอง การใช้ทฤษฎีการกรองนี้มีข้อจำกัด ทั้งนี้จากความจริงว่าการทำนายคุณลักษณะของการกรองจะต้องพิจารณาจากสารแขวนลอยที่จะนำมากรอง (Slurry) จริงๆ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากสารแขวนลอยที่นำมากรองชนิดหนึ่งจะนำไปใช้กับชนิดอื่นๆ ไม่ได้

2.5 สมการพื้นฐานที่ใช้ในการกรองแบบความดันคงที่ [4]

$$\frac{t}{V} = \left(\frac{K_c}{2}\right)V + \frac{1}{q_0} \tag{2.1}$$

$$R_m = \frac{A\Delta p}{\mu} \frac{1}{q_0} \tag{2.2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$K_c = \frac{\mu c \alpha}{A^2 \Delta p} \tag{2.3}$$

เมื่อพล็อตกราฟระหว่าง t/V และ V จะได้กราฟเป็นเส้นตรงที่มีความชันเท่ากับ $K_c/2$ และจุดตัดแกนที่ $1/q_0$

และจากความสัมพันธ์

$$\alpha = \alpha_0 (\Delta p)^s \tag{2.4}$$

เมื่อทำการพล็อตกราฟระหว่าง α และ Δp จะได้กราฟเส้นตรงที่มีความชันเท่ากับ s

โดยถ้า s เป็น 0 แสดงว่าเป็นเค้กที่อัดตัวไม่ได้

ถ้า 0<s<1 แสดงว่าเป็นเค้กที่อัดตัวได้

2.6 ความสำคัญในทางปฏิบัติของสมการการกรอง

เมื่อเค้กประกอบด้วยอนุภาคของเม็ดหยาบเล็กๆ จะทำให้เค้กนั้นแข็ง กดอัดไม่ได้ แม้การเพิ่มความดันก็ไม่สามารถจะเปลี่ยนรูปของอนุภาคนั้นได้ นั่นคือ s = 0

สำหรับเค้กที่กดอัดไม่ได้นั้น อัตราการไหลเนื่องจากความดันที่คงที่จะทำให้ของเหลวที่ได้จากการกรองใส ในตอนเริ่มแรกของการกรองไม่ได้ผลดี และยังทำให้เกิดความต้านทานของเค้กเพิ่มขึ้นด้วย ตามความเป็นจริงแล้วกระบวนการกรองใดๆ โดยเฉพาะสารที่กดอัดไม่ได้นั้น ถ้าจะให้การกรองนั้นได้ผลดี เมื่อเริ่มกรองควรใช้ความดันต่ำ ซึ่งปฏิบัติการนี้มีความสำคัญมากสำหรับการกรองสารที่มีของแข็งประกอบอยู่น้อย

การป้อนสารเข้าเครื่องกรองแบบใช้ความดันจะเป็นการป้อนโดยใช้ปั๊มซึ่งการทำงานของเครื่องนี้มักจะให้ความดันและอัตราการไหลไม่คงที่ คือจะให้อัตราการไหลคงที่ในตอนเริ่มแรก และให้ความดันคงที่ในตอนท้ายของวงจร (Cycle) การกรอง

ความหนาของเค้กเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดที่ใช้ในการพิจารณาประสิทธิภาพในการทำงานและการออกแบบเครื่องกรอง จากทฤษฎีการกรองแสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลระหว่างการกรองจะเป็นสัดส่วนผกผันกับจำนวนเค้กที่สะสมอยู่ และเป็นสัดส่วนโดยตรงกับพื้นที่ที่ใช้ในการกรองด้วย จากผลของความสัมพันธ์ทั้งสองนี้จะเห็นว่า อัตราเฉลี่ยของการกรองสำหรับตัวกลางกรองหรือเค้กจำนวนหนึ่งจะเป็นสัดส่วนผกผันกับความหนาของเค้กในตอนสุดท้ายของการกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการไหลของของเหลวใสที่ได้จากการกรองที่เวลาใดๆ จะเป็นสัดส่วนผกผันกับความหนืดของของเหลวใสที่ได้จากการกรอง โดยของเหลวใสที่ได้จากการกรองบางชนิดที่มีความหนืดสูง เช่น น้ำมันหรือสารละลายเข้มข้น อาจลดความหนืดลงได้โดยการเจือจางด้วยสารละลายที่มีความหนืดต่ำ แต่มีข้อจำกัด คือ ถ้าต้องการได้ของเหลวใสที่ได้จากการกรองที่มีความเข้มข้นสูงเพื่อจะนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไปหรือเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายก็ตาม จะใช้การเจือจางเพื่อง่ายต่อการกรองได้ก็ต่อเมื่อการทำให้ความเข้มข้นกลับมาสูงใหม่นั้นไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย

ในส่วนของอุณหภูมิที่ส่งผลต่อการกรอง คือ ความหนืดของของเหลวส่วนใหญ่จะลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นอัตราการกรองจะเพิ่มมากขึ้น เช่น ถ้าของเหลวใสที่ได้จากการกรองเป็นน้ำเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 20 องศาเซลเซียส ถึง 60 องศาเซลเซียส จะทำให้อัตราการไหลเพิ่มขึ้น 2 เท่า แต่การเพิ่มอุณหภูมิมีขีดจำกัด คือ ค่าใช้จ่ายในการเพิ่มอุณหภูมิและขึ้นกับความดันไอของของเหลวใสที่ได้จากการกรองด้วย

ผลของขนาดอนุภาคของเค้กและความต้านทานของตัวกลางกรองพิจารณาจากสมการความต้านทานของเค้ก ถ้าขนาดอนุภาคเปลี่ยนไปแม้เพียงเล็กน้อยจะมีผลต่อค่าการอัดตัวได้ของเค้ก หากขนาดอนุภาคลดลงจะทำให้อัตราการกรองลดลงและความชื้นของเค้กเพิ่มขึ้น

การเลือกตัวกลางกรองสำหรับการกรองอนุภาคใดๆ จะต้องให้มีความสมดุลกันคือ ต้องมีรูเปิดไม่เล็กเกินไปจนทำให้เกิดการอุดตัน และจะต้องแน่นพอที่จะไม่ให้อนุภาคละเอียดหลุดผ่านออกมามากเกินไป คือ หลังจากที่เกิดเค้กบางๆ บนตัวกลางกรองแล้วอนุภาคละเอียดจะถูกจับให้อยู่บนเค้ก ไม่สามารถผ่านตัวกลางกรองออกไปได้

ผลของความเข้มข้นของของแข็งในสารที่จะนำมากรองโดยเวลาที่ใช้ในการสะสมของของแข็งจำนวนหนึ่งจะเป็นสัดส่วนผกผันกับอัตราส่วนของมวลของของแข็งกับของเหลวใสที่ได้จากการกรองโดยไม่คำนึงถึงความต้านทานของตัวกลางกรอง นอกจากนี้ถ้าความเข้มข้นของสารที่จะนำมากรองเปลี่ยนแปลงไปจะมีผลต่อค่าความต้านทานจำเพาะของเค้กและการอุดตันของตัวกลางกรอง และหากสารที่จะนำมากรองนั้นมีความเจือจางมากแล้ว แทนที่การกรองเป็นการกรองเค้กจะเปลี่ยนเป็นการกรองแบบติดค้างในชั้นกรอง

2.7 ตัวกลางกรอง [5]

ตัวกลางกรองที่ใช้ในปฏิบัติการเฉพาะหน่วยที่เกี่ยวข้องกับการกรองยึดเอาชนิดของโครงสร้างเป็นหลัก ได้แก่

1. เส้นใยทอ สำหรับการกรองเค้กนิยมใช้ตัวกลางกรองที่เป็นเส้นใยทอมากที่สุด ซึ่งสามารถเลือกใช้วัสดุได้หลายชนิด โดยแบ่งตามระดับความต้านทานต่อสารเคมีและอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นใยทอเหล่านี้อาจทำมาจากเส้นใยธรรมชาติหรือใยสังเคราะห์ ส่วนความสามารถในการกรองขึ้นอยู่กับการทอและชนิดของเส้นใย

2. โลหะทอหรือตะแกรง เช่น นิเกิล ทองแดง ทองเหลือง อะลูมิเนียม เหล็กกล้า เหล็กกล้าไร้สนิม หรือโลหะชนิดอื่นๆ ตัวกลางกรองชนิดนี้มีข้อดีคือ มีความต้านทานต่อการกัดกร่อนและทนอุณหภูมิได้สูง ทำให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน

3. สักหลาดและผ้าฝ้าย ใช้ในการกรองอนุภาคที่มีลักษณะเป็นเจล เช่น สี หรือสารละลายที่มีความข้นหนืด การกรองจะเกิดขึ้นโดยการสะสมของอนุภาคทั้งด้านในและบนผิวหน้าโดยตลอดพื้นที่ของตัวกลางกรอง

4. กระดาษกรอง ความสามารถในการซึมผ่านขึ้นกับความหนาและความแข็งแรง อย่างไรก็ตามตัวกลางกรองชนิดนี้จำเป็นต้องมีตัวช่วยพยุง (Support)

5. ตัวกลางที่เป็นรูพรุนแข็ง มีลักษณะเป็นแผ่นหรือท่อ วัสดุที่ใช้เป็นพวกเหล็กกล้าไร้สนิมและวัสดุชนิดอื่นๆ เช่น แกรไฟต์ (Graphite) ซิลิกา (Silica) พลาสติก (Plastic) เป็นต้น ตัวกลางกรองชนิดนี้มีความทนทานต่อสารเคมี และอุณหภูมิ

6. พอลิเมอร์เมมเบรน (Polymer membrane) มักจะใช้ในกระบวนการกรองอนุภาคที่มีความละเอียดมาก เช่น ไมโครฟิลเตรชัน (Microfiltration) อุลตราฟิลเตรชัน (Ultrafiltration) ซึ่งเป็นการทำให้ใส โดยการกำจัดอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตร เมมเบรนนี้ทำได้จากวัสดุหลายชนิด ที่ธรรมดาที่สุด คือ เซลลูโลสอะซิเตต (Celluloseacetate) และพอลิเอไมด์ (Polyamide)

การเลือกตัวกลางกรองเพื่อให้การกรองได้ผลดีถือว่ามีความสำคัญมาก โดยในกระบวนการกรองเค้กตัวกลางกรองที่เลือกใช้ควรมีคุณสมบัติดังนี้

1. อัตราการเกิดของแข็งอุดตันอยู่ภายในระดับต่ำ
2. ความต้านทานการไหลต่ำ
3. มีความต้านทานต่อสารเคมี
4. มีความแข็งแรงมากพอที่จะรับแรงดันที่เกิดขึ้นในการกรอง
5. มีความต้านทานต่อแรงทางกลอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้
6. สามารถเอาเค้กออกและทำความสะอาดได้ง่าย
7. มีราคาถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การดำเนินงาน

3.1 การออกแบบและสร้างเครื่องกรอง

3.1.1 โครงสร้าง

ความกว้าง 0.436 เมตร

ความยาว 0.988 เมตร

ความสูง 0.800 เมตร

3.1.2 วัสดุทำโครงสร้าง

1. เหล็กกล่องสี่เหลี่ยมขนาด 0.038 x 0.076 เมตร
2. เหล็กเพลา S45C เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.032 เมตร ชุบผิวฮาร์ดโครม
3. เหล็กเพลา S45C เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.065 เมตร ทำเกลียวอัด ชุบผิวขาว
4. เหล็กเพลา S45C ขนาด 0.090 x 0.050 เมตร ทำเฟื่องลูกปืนปลายเกลียวอัด
5. เหล็กเหนียวขนาด 0.038 x 0.440 x 0.360 เมตร 3 ชิ้น ผิวชุบฮาร์ดโครมใช้ทำแผ่นอัด

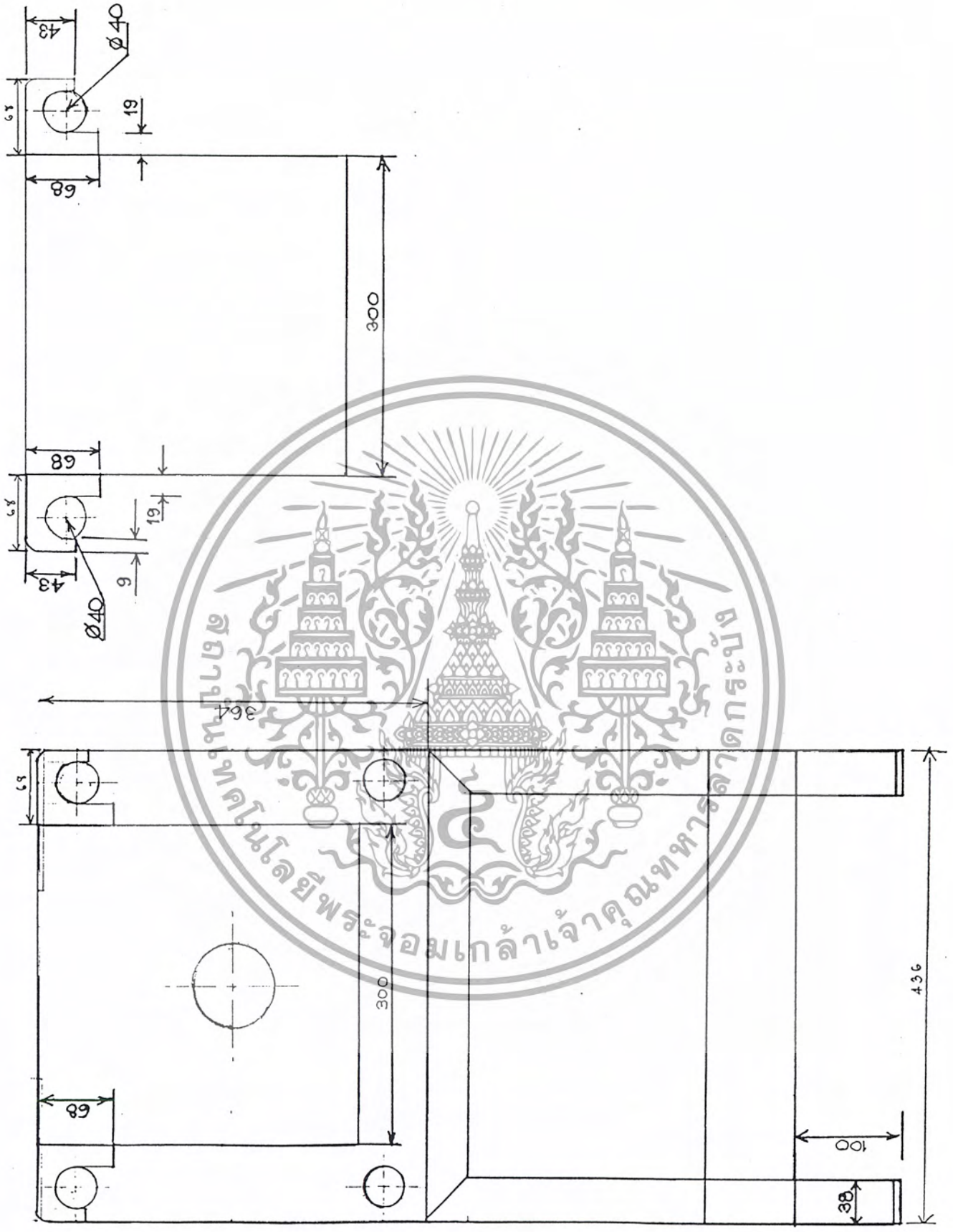
3.1.3 วัสดุสำหรับทำโครงสร้างอื่นๆ

1. สเตนเลส (Stainless) 304 ข้องอขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.019 เมตร ใช้เป็นท่อน้ำทิ้ง 6 ตัว
2. ถาดสเตนเลส 304 ขนาด 0.150 x 0.794 x 0.120 เมตร หนา 0.0012 เมตร ใช้สำหรับทำรางรับน้ำ
3. ถาดสเตนเลส 304 ขนาด 0.700 x 1.40 x 0.100 เมตร หนา 0.0012 เมตร ใช้สำหรับรองน้ำใต้เครื่อง

3.1.4 ปั๊มและชุดควบคุม

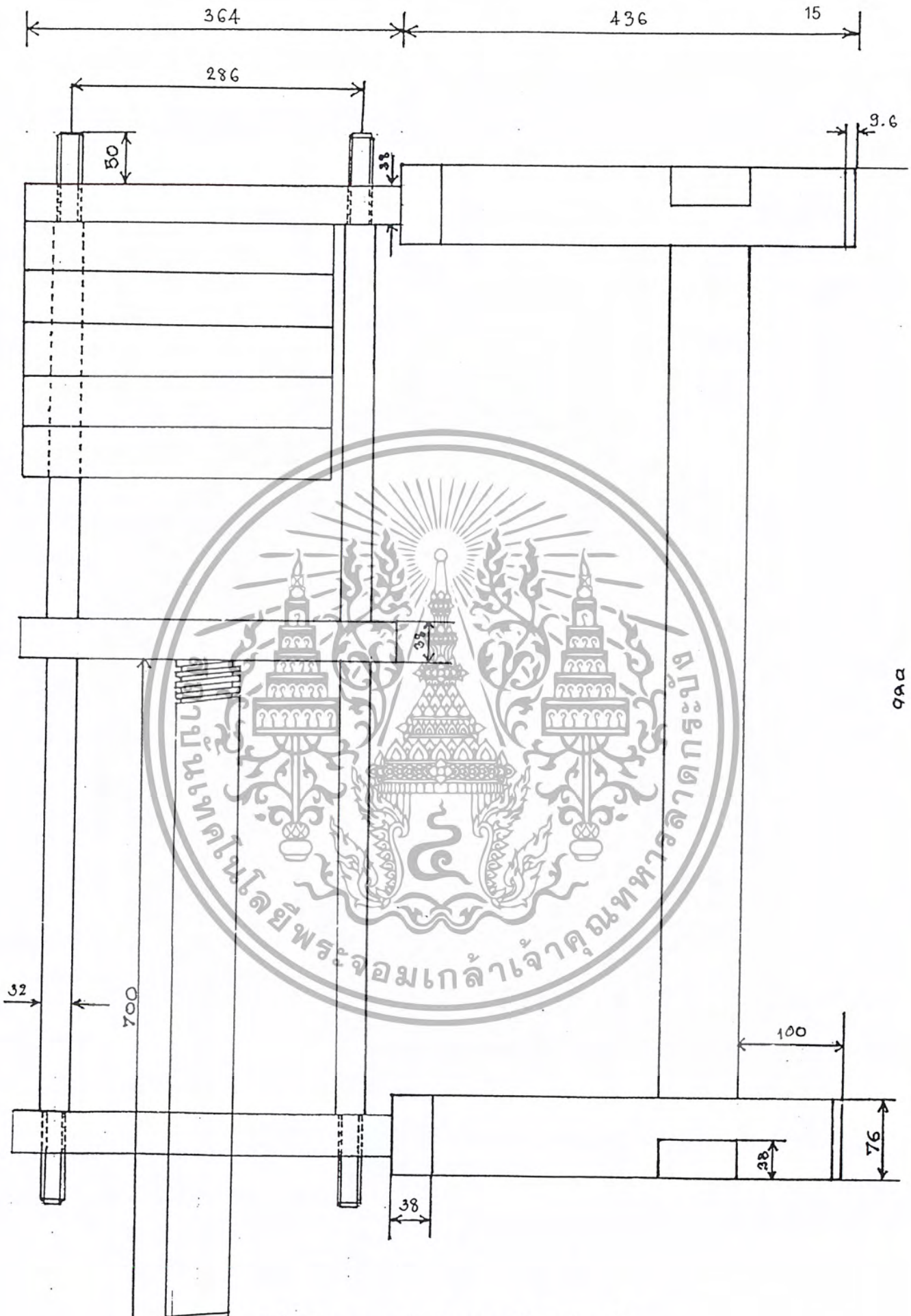
1. ปั๊มไดอะแฟรมเส้นผ่านศูนย์กลางทางเข้าและออก 0.019 เมตร (3/4 นิ้ว)
2. อุปกรณ์สำหรับปรับปริมาณอากาศพร้อมอุปกรณ์วัดความดัน
3. อุปกรณ์วัดความดันสำหรับของเหลวก่อนเข้าเครื่องกรอง
4. บอลวาล์วทองเหลืองขนาด 0.00635 เมตร (1/4 นิ้ว) สำหรับเปิด-ปิดลมเข้าปั๊มไดอะแฟรม
5. อุปกรณ์ปรับอัตราการไหลของลมเพื่อควบคุมการทำงานของปั๊ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



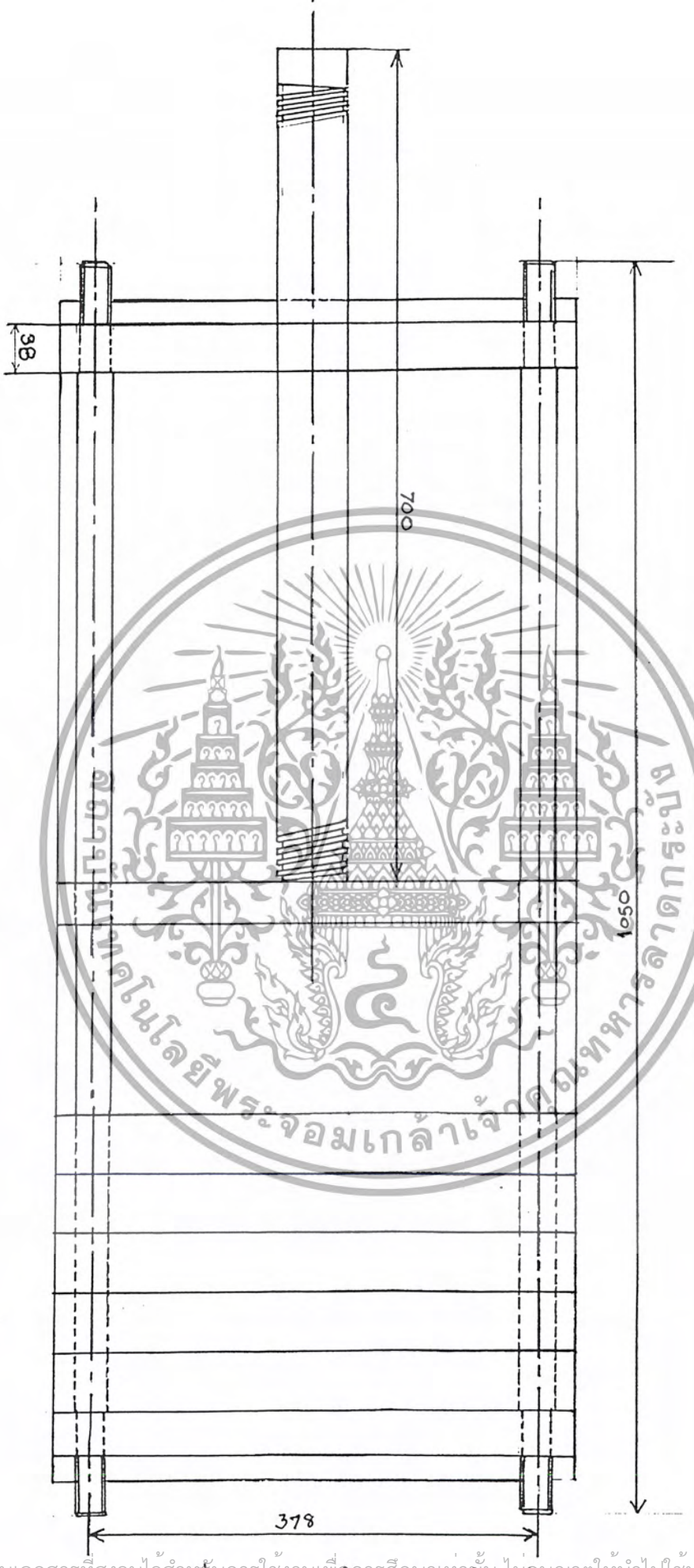
รูปที่ 3.1 ภาพฉายด้านหน้าของชุดโครงสร้างเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ภาพฉายด้านข้างของชุดโครงสร้างเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ภาพฉายด้านบนของชุดโครงสร้างเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.2 การออกแบบแผ่นกรอง

3.2.1 หลักในการออกแบบแผ่นกรอง

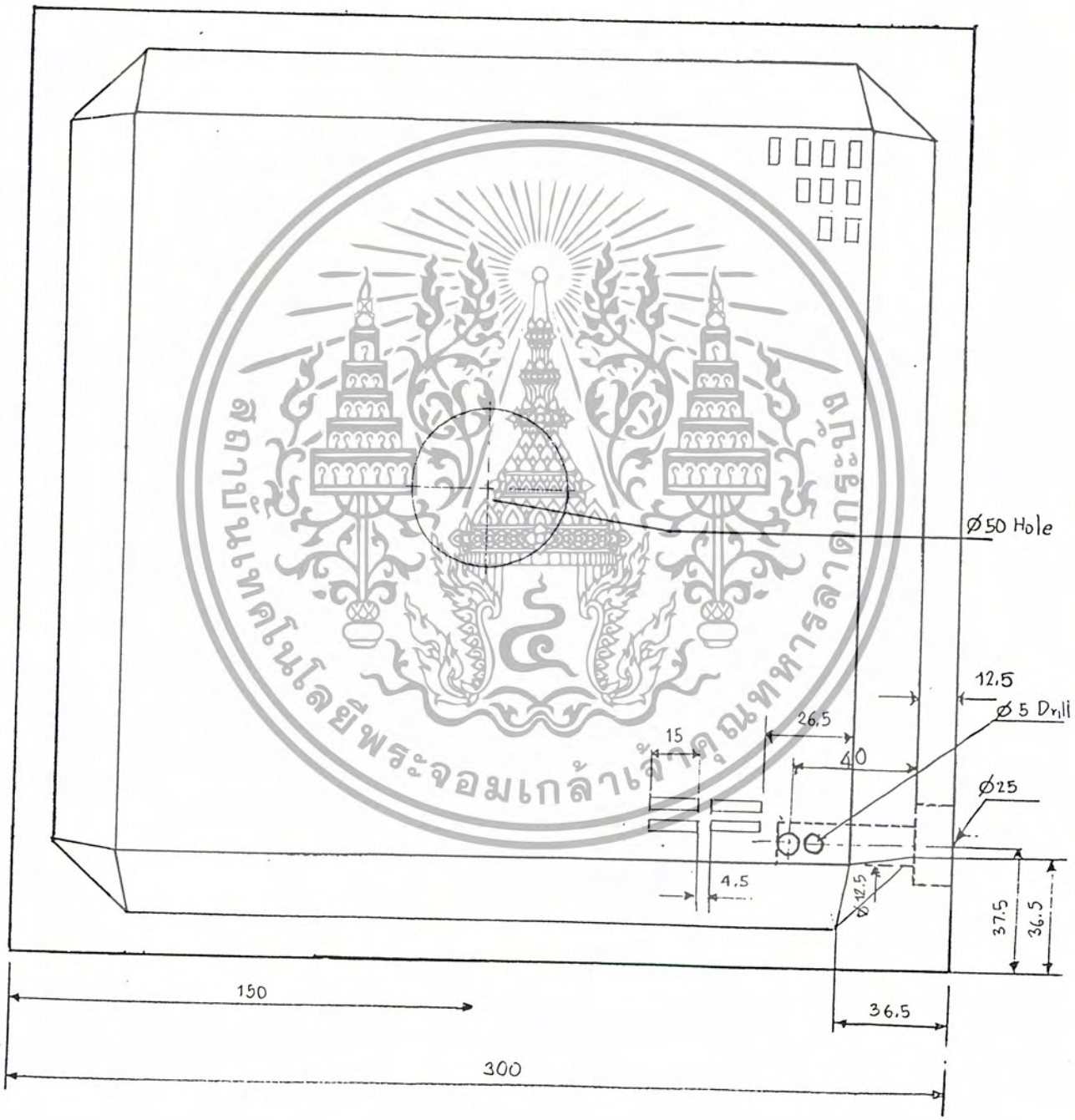
1. ใช้หลักการ คือ การกรองเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีนั้น ควรมีเส้นทางให้ของเหลวใสไหลได้สะดวก
2. ในการออกแบบนี้พิจารณาว่าความดันลดที่เกิดขึ้นนั้น เกิดจากเค้กและตัวกลางกรองเท่านั้น โดยถือว่าความดันลดในส่วนของพื้นผิวของแผ่นกรองมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับความดันลดจากทั้งสองส่วนนี้
3. ร่องของแผ่นกรองควรจะลึก เพื่อให้เก็บเค้กได้มาก ทำให้สามารถกรองสารแขวนลอยที่มีความเข้มข้นสูงได้

3.2.2 วัสดุทำแผ่นกรอง

1. แผ่นพอลิโพรพิลีน สีขาว ขนาด 0.050 x 0.305 x 0.305 เมตร 2 ชิ้น
2. แผ่นพอลิโพรพิลีน สีเทา ขนาด 0.050 x 0.305 x 0.305 เมตร 2 ชิ้น
3. แผ่นพอลิโพรพิลีน ขนาด 0.050 x 0.075 x 1.00 เมตร ใช้ทำแขนยึดแผ่นกรอง ยึดติดกันด้วยสกรู

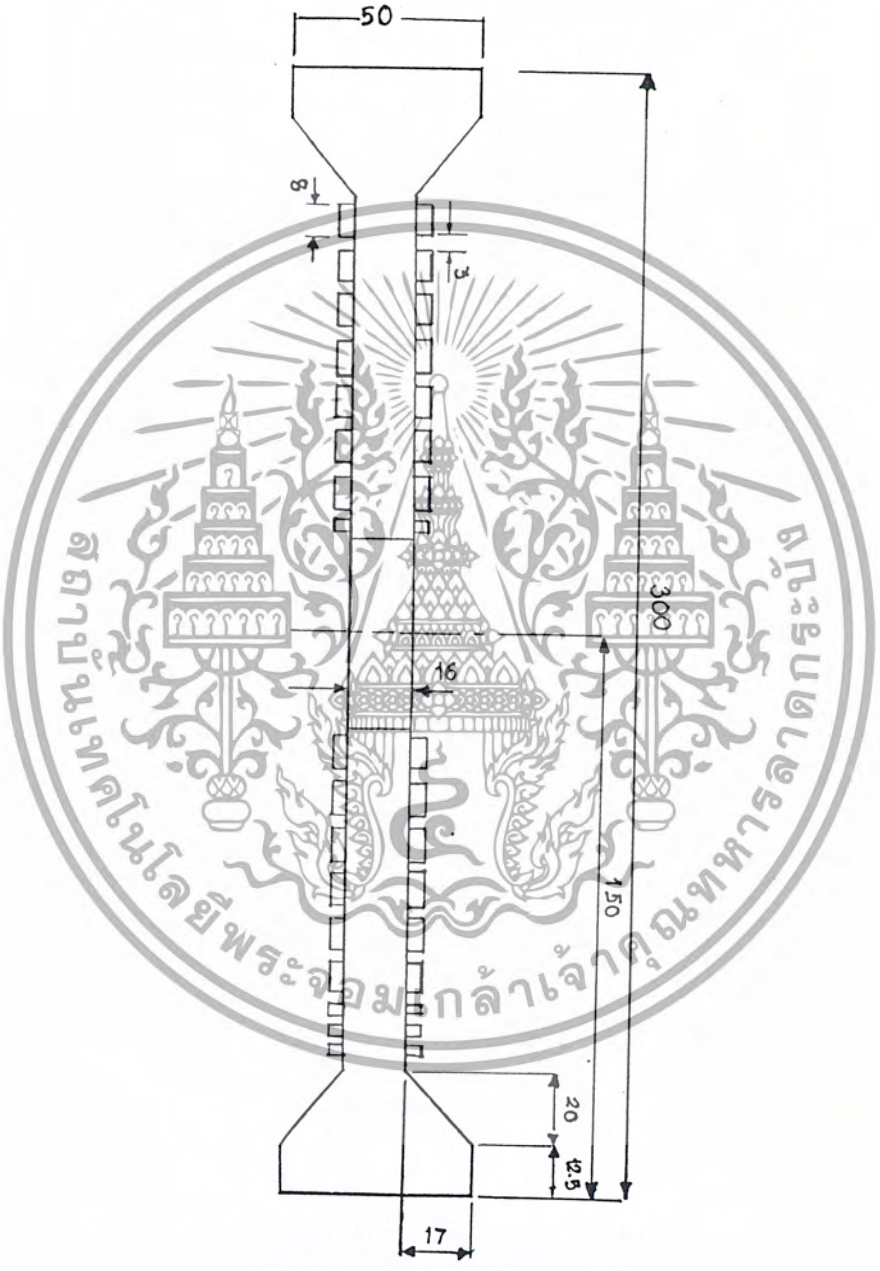
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

55682



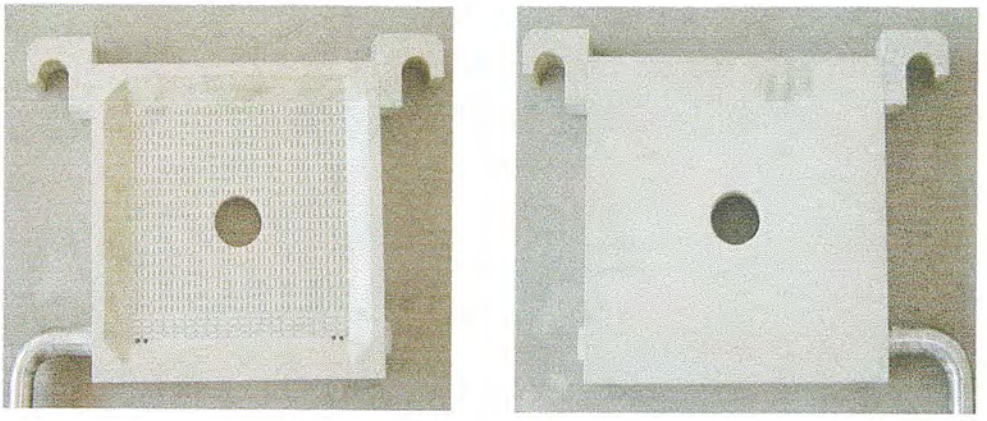
รูปที่ 3.4 ภาพฉายด้านหน้าของแผ่นกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ภาพฉายด้านข้างของแผ่นกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

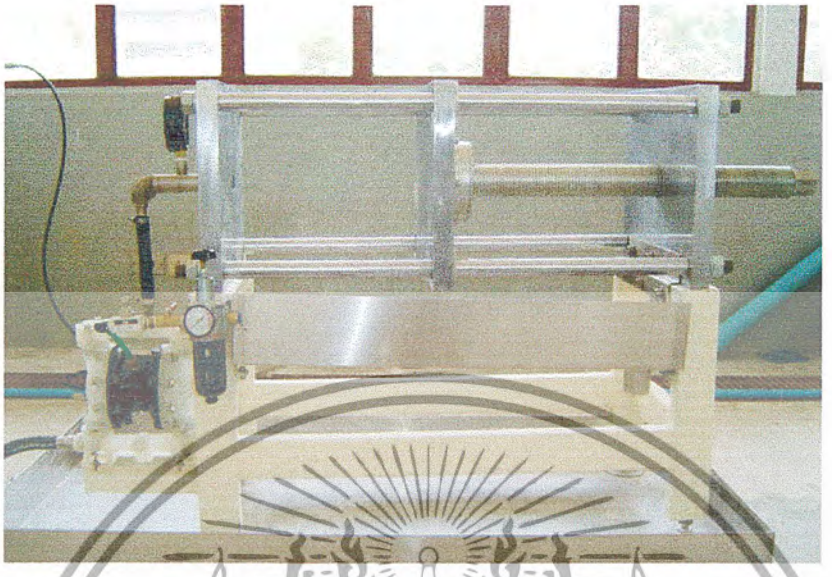


รูปที่ 3.6 ลักษณะด้านหน้าและด้านหลังของแผ่นกรองส่วนหัว

รูปที่ 3.7 ลักษณะด้านหน้าและด้านหลังของแผ่นกรอง

รูปที่ 3.8 ลักษณะด้านหน้าและด้านหลังของแผ่นกรองส่วนท้าย

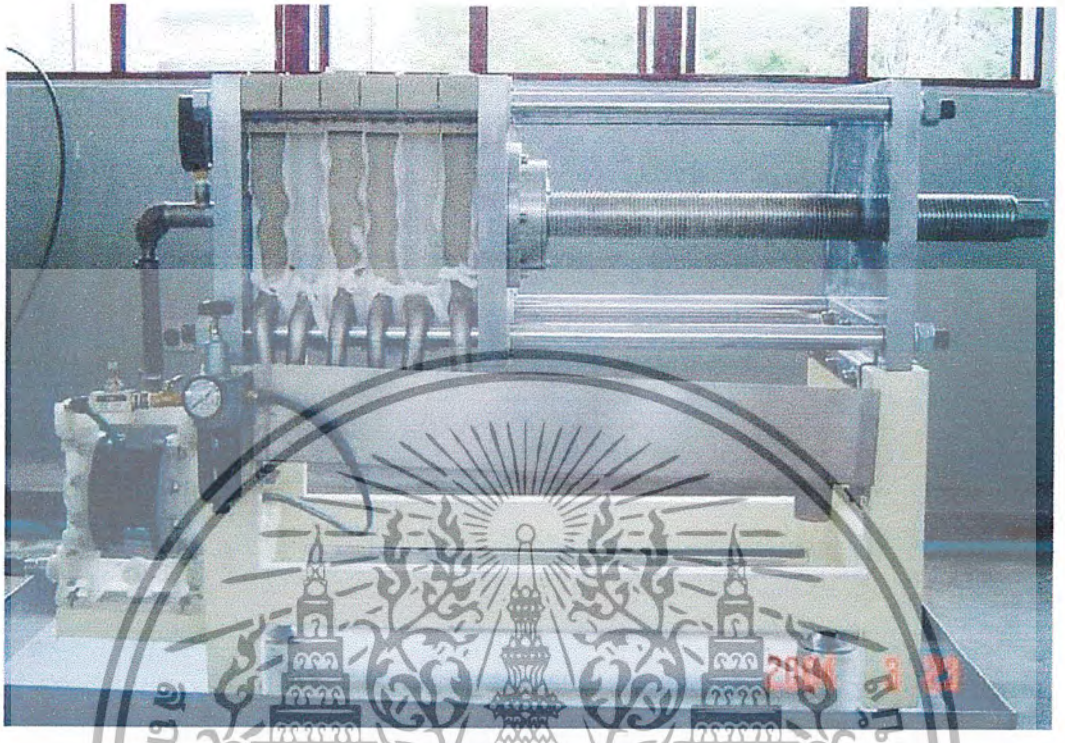
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 โครงสร้างของเครื่องกรอง

รูปที่ 3.10 ลักษณะการติดตั้งปั๊มและอุปกรณ์วัดความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 เครื่องกรองที่เสร็จสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การหาภาวะที่เหมาะสมในการกรอง

อุปกรณ์การทดลอง

- ชุดเครื่องกรองที่ใช้ผ้ากรอง ชนิด PP25F (พื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตร น้ำหนักของผ้ากรองเป็น 25 กรัม)
- บีกเกอร์ 1000 มิลลิลิตร
- นาฬิกาจับเวลา
- ภาชนะใส่ของเหลวที่ได้จากการกรอง ปริมาตร 30 ลิตร
- ภาชนะใส่สารแขวนลอย ปริมาตร 100 ลิตร

สารเคมี

- แป้งมันสำปะหลัง (ผลิตและจำหน่ายโดย บริษัท อี. ที. ซี. เอี๊ยบตงจั่น จำกัด)
- แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) (ผลิตและจำหน่ายโดย บริษัท ซี. เค. อินเตอร์สยาม (2000) จำกัด)

วิธีการทดลอง

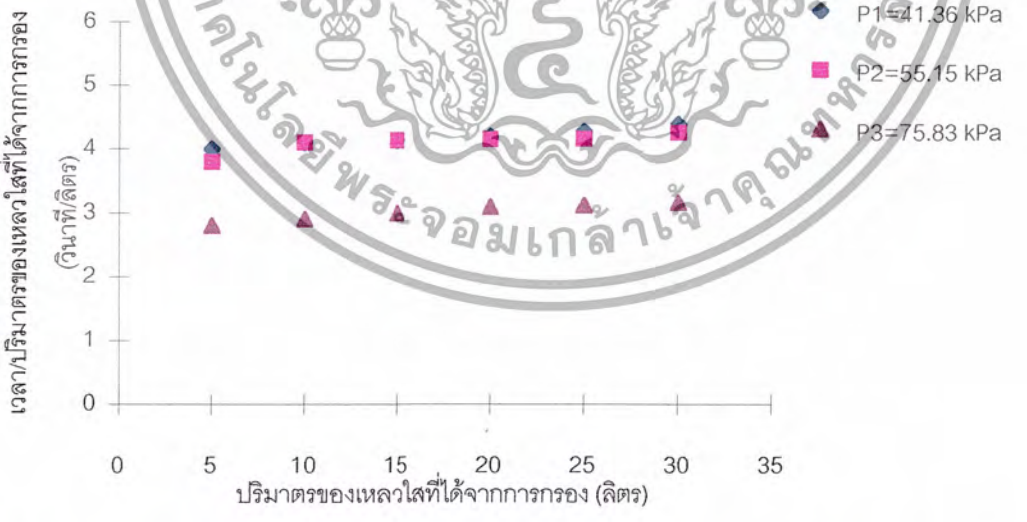
1. ผสมแป้งมันสำปะหลังในน้ำให้มีความเข้มข้น 3 %โดยน้ำหนัก
2. ทำการประกอบเครื่องกรอง และอัดแผ่นกรองเข้าด้วยกัน
3. ปรับความดันอากาศที่ 206.80 กิโลปาสคาล
4. ปั๊มสารแขวนลอยเข้าสู่เครื่องกรอง
5. บันทึกเวลาที่ของเหลวใสที่ได้จากการกรองไหลลงสู่ภาชนะทุกๆ 5 ลิตร
6. ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 1 - 5 โดยปรับความดันอากาศเป็น 275.80 กิโลปาสคาล และ 379.20 กิโลปาสคาล ตามลำดับ
7. ทำการทดลองตั้งแต่ข้อ 1 - 6 ซ้ำอีกครั้ง โดยเปลี่ยนความเข้มข้นของสารแขวนลอยเป็น 5 7 และ 9% โดยน้ำหนัก
8. เปลี่ยนชนิดของสารแขวนลอยจากแป้งมันสำปะหลังเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต และทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ 1 - 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

4.1 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล เมื่อสารแขวนลอยที่ใช้ คือ แป้งมันสำปะหลังในน้ำ

รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาต่อปริมาตรของเหลวใสที่ได้จากการกรอง กับปริมาตรของเหลวใสที่ได้จากการกรอง ที่ความเข้มข้น 7% โดยน้ำหนัก



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาต่อปริมาตรของเหลวใสที่ได้จากการกรอง กับปริมาตรของเหลวใสที่ได้จากการกรอง ที่ความเข้มข้น 9% โดยน้ำหนัก

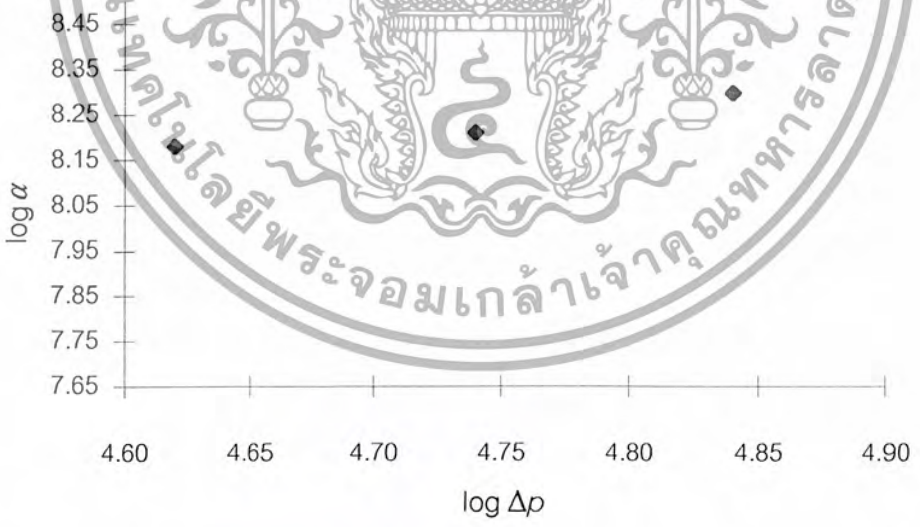
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของเวลาต่อปริมาตรของเหลวที่กรองได้กับปริมาตรของของเหลวที่กรองได้ พบว่ากรณีที่ใช้สารแขวนลอยแป้งมันสำปะหลังในน้ำ ในการทดลองความเข้มข้นของสารแขวนลอยที่ให้ผลเป็นไปตามทฤษฎี คือ ที่ความเข้มข้นของสารแขวนลอย มากกว่า 7% โดยน้ำหนัก เนื่องจาก ที่ความเข้มข้นมีค่าน้อยๆ ชั้นของเค้กที่เกิดขึ้นยังมีความหนาไม่มากพอที่จะก่อให้เกิดความต้านทานแก่ของไหล ดังนั้น ปริมาตรของเหลวที่กรองได้จึงเพิ่มขึ้นตามเวลา

4.2 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล เมื่อสารแขวนลอยที่ใช้ คือ แคลเซียมคาร์บอเนตในน้ำ

เมื่อใช้สารแขวนลอยของแคลเซียมคาร์บอเนตในน้ำ จากการทดลองปรากฏว่าผลที่ได้ไม่เป็นไปตามทฤษฎีแม้ว่าจะเพิ่มความเข้มข้นขึ้นก็ตาม ทั้งนี้เนื่องมาจาก อนุภาคของแคลเซียมคาร์บอเนตมีขนาดไม่สม่ำเสมอและมีการตกตะกอนอย่างรวดเร็ว จึงทำให้ไม่สามารถปั๊มสารแขวนลอยเข้าสู่เครื่องกรองที่ความเข้มข้นที่คงที่ได้

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองเมื่อใช้สารแขวนลอยแป้งมันสำปะหลังในน้ำที่ความเข้มข้น 7% โดยน้ำหนัก และ 9% โดยน้ำหนัก มาพล็อตกราฟระหว่างลอการิทึมของความดันลดและลอการิทึมของความต้านทานจำเพาะของเค้ก เพื่อหาค่าการอัดตัวได้ของเค้ก ดังนี้



รูปที่ 4.3 สารแขวนลอยแป้งมันสำปะหลังในน้ำ ที่ความเข้มข้น 7% โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4 สารแขวนลอยแป้งมันสำปะหลังในน้ำ ที่ความเข้มข้น 9% โดยน้ำหนัก

ตาราง 4.1 แสดงค่าตัวแปรต่างๆ

ตัวแปร	ความเข้มข้น 7% โดยน้ำหนัก			ความเข้มข้น 9% โดยน้ำหนัก		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3
$R_m x10^{-7} (m^{-1})$	1.02	1.08	1.11	1.05	1.37	1.35
α x 10^{-8} (m/kg)	1.50	1.62	1.98	0.49	0.63	0.89
s (-)	0.5181			1.002		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ปัจจัยที่ศึกษาในการทดลองเรื่องการกรองนี้ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ ชนิดและความเข้มข้นของสารแขวนลอย

5.1.2 ชนิดของสารแขวนลอยที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นสารตัวอย่าง ในการทำการทดลองเรื่องการกรองคือสารแขวนลอยแป้งมันสำปะหลังในน้ำ

5.1.3 ภาวะที่เหมาะสมในการทำการทดลอง คือ ที่ความเข้มข้นของสารแขวนลอย 7% โดยน้ำหนัก และความดันที่ให้แก่ปั๊มอยู่ในช่วง 206.80 กิโลปาสคาล ถึง 379.20 กิโลปาสคาล

5.1.4 เค้กที่ได้เป็นเค้กที่อัดตัวได้ มีค่า s = 0.5181

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 สารแขวนลอยที่ใช้อาจเปลี่ยนเป็นสารแขวนลอยแป้งชนิดอื่นๆ ได้ เนื่องจากอนุภาคมีความละเอียดสม่ำเสมอ

5.2.2 สารแขวนลอยแคลเซียมคาร์บอเนตไม่ควรนำมาใช้ในการทดลอง เนื่องจากอนุภาคบางส่วนสามารถตกตะกอนได้เร็วมาก ทำให้ความเข้มข้นที่เข้าสู่เครื่องกรองไม่สม่ำเสมอ

5.2.3 เลือกความเข้มข้นของสารแขวนลอยที่ 7% โดยน้ำหนัก มาวิเคราะห์เพื่อหาสมบัติของเค้กเนื่องจากที่ความเข้มข้น 7% โดยน้ำหนัก ได้ค่าการอัดตัวได้ของเค้กเท่ากับ 0.5181 ซึ่งข้อมูลเป็นไปตามทฤษฎี โดยในทางทฤษฎีค่าการอัดตัวได้ของเค้กอยู่ในช่วง 0.2 ถึง 0.8

เมื่อความเข้มข้นของสารแขวนลอยมีค่าน้อยกว่า 7% โดยน้ำหนัก การเพิ่มขึ้นของความหนาของเค้กยังไม่มากพอที่จะทำให้มีผลต่อความต้านทานของการไหลขึ้น

ถ้าความเข้มข้นมากกว่า 7% โดยน้ำหนัก เค้กที่ได้จะบรรจุอยู่จนเต็มช่องว่างระหว่างแผ่นกรองและบริเวณช่องทางเข้าจะมีเค้กเกาะอยู่ปริมาณมากทำให้สารแขวนลอยเดินทางไม่สะดวก และเค้กจะเต็มเร็วมาก อาจทำให้ค่าที่ได้ไม่เป็นไปตามทฤษฎี

5.2.4 ในการทดลองจะเลือกใช้ความดันมากหรือน้อยเพียงใดนั้นต้องพิจารณาถึงความสามารถในการทำงานของปั๊มด้วย โดยในการทดลองนี้เลือกความดันในช่วง 206.80 กิโลปาสคาล ถึง 379.20 กิโลปาสคาล เนื่องจากเป็นช่วงความดันที่ทำให้ปั๊มทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2.5 จำนวนของแผ่นกรองอาจเปลี่ยนแปลงได้ ขึ้นกับความเหมาะสมและวัตถุประสงค์ในการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] สุทิน ศิริไพรวัน, ฤดี เสาวคนธ์. *เภสัชอุตสาหกรรม1*. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเภสัชอุตสาหกรรม เภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2525.

[2] Douglas M. Ruthven. *Encyclopedia of Separation Technology Volume 2*. New York: John Wiley & Son. 1997.

[3] เบญจา ชุตินทราศรี. *การทำงานของหน่วยเครื่องมือทางวิศวกรรมเคมี*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 2545.

[4] Warren L. McCabe, Julian C. Smith and Peter Harriott. *Unit operations of chemical engineering*. 6th ed. Singapore : McGraw-Hill. 2001.

[5] Robert H. Perry and Don W.Green. *Perry's Chemical Engineering Handbook*. [CD-ROM]. McGraw-Hill. 1999.

[6] Philip A. Schweitzer. *Handbook of separation techniques for chemical engineers*. 2nd ed. New York : McGraw-Hill. 1998.

[7] Chattopadhyay P. *Unit operations of chemical engineering Vol.I*. 2nd ed. Delhi: Paris Offset Printers Naraina. 1996.

[8] สุเทพ แก้วนัย. *46เรื่องน่ารู้เทคนิคเครื่องกล*. กรุงเทพฯ : นำอักษรการพิมพ์. ม.ป.ป.

[9] วิบูลย์ บุญธโรกุล. *ปั๊มและระบบสูบน้ำ*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ม.ป.ป.

[10] อนันต์ ทองมอญ. *ชุบโครเมียม-ชุบทอง*. กรุงเทพฯ : สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลและโรงงาน. ม.ป.ป.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

ก.1 ผลการทดลองเมื่อสารแขวนลอย คือ แป้งมันสำปะหลังในน้ำ

ตาราง ก.1 ความเข้มข้นของสารแขวนลอยเป็น 3% โดยน้ำหนัก

Δp = 13.79 (kPa)		Δp = 27.58 (kPa)		Δp = 34.47 (kPa)	
ปริมาตร (L)	เวลา (s)	ปริมาตร (L)	เวลา (s)	ปริมาตร (L)	เวลา (s)
5	26	5	15	5	13
10	46	10	32	10	28
15	70	15	51	15	45
20	88	20	64	20	58
25	113	25	82	25	74
30	134	30	98	30	89

ตาราง ก.2 ความเข้มข้นของสารแขวนลอยเป็น 5% โดยน้ำหนัก

Δp = 13.79 (kPa)		Δp = 27.58 (kPa)		Δp = 41.36 (kPa)	
ปริมาตร (L)	เวลา (s)	ปริมาตร (L)	เวลา (s)	ปริมาตร (L)	เวลา (s)
5	30	5	17	5	16
10	53	10	33	10	30
15	71	15	53	15	46
20	90	20	69	20	58
25	116	25	87	25	77
30	136	30	105	30	93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.3 ความเข้มข้นของสารแขวนลอยเป็น 7% โดยน้ำหนัก

Δp = 41.36 (kPa)		Δp = 55.15 (kPa)		Δp = 60.25 (kPa)	
ปริมาตร (L)	เวลา (s)	ปริมาตร (L)	เวลา (s)	ปริมาตร (L)	เวลา (s)
5	20	5	15	5	13
10	41	10	34	10	27
15	66	15	54	15	45
20	90	20	73	20	62
25	119	25	92	25	80
30	145	30	115	30	98

ตาราง ก.4 ความเข้มข้นของสารแขวนลอยเป็น 9% โดยน้ำหนัก

Δp = 41.36 (kPa)		Δp = 55.15 (kPa)		Δp = 75.83 (kPa)	
ปริมาตร (L)	เวลา (s)	ปริมาตร (L)	เวลา (s)	ปริมาตร (L)	เวลา (s)
5	20	5	19	5	14
10	41	10	41	10	29
15	62	15	62	15	45
20	84	20	83	20	62
25	107	25	104	25	78
30	132	30	128	30	95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.5 เวลาต่อปริมาตรของเหลวใสที่ได้จากการกรอง

ปริมาตรของเหลวใส (L)	เวลาต่อปริมาตรของเหลวใสที่ได้จากการกรอง (s/L)					
	ความเข้มข้น=3% โดยน้ำหนัก			ความเข้มข้น=5% โดยน้ำหนัก		
	Δp=13.79 (kPa)	Δp=27.58 (kPa)	Δp=34.47 (kPa)	Δp=13.79 (kPa)	Δp=27.58 (kPa)	Δp=41.36 (kPa)
5	5.20	3.00	2.60	6.00	3.40	3.20
10	4.60	3.20	2.80	5.30	3.30	3.00
15	4.67	3.40	3.00	4.73	3.53	3.07
20	4.40	3.20	2.90	4.50	3.45	2.90
25	4.52	3.28	2.96	4.64	3.48	3.08
30	4.47	3.27	2.97	4.53	3.50	3.10

ตาราง ก.5 (ต่อ) เวลาต่อปริมาตรของเหลวใสที่ได้จากการกรอง

ปริมาตรของเหลวใส (L)	เวลาต่อปริมาตรของเหลวใสที่ได้จากการกรอง (s/L)					
	ความเข้มข้น=7% โดยน้ำหนัก			ความเข้มข้น=9% โดยน้ำหนัก		
	Δp=41.36 (kPa)	Δp=55.15 (kPa)	Δp=68.94 (kPa)	Δp=41.36 (kPa)	Δp=55.15 (kPa)	Δp=75.83 (kPa)
5	4.00	3.00	2.60	4.00	3.80	2.80
10	4.10	3.40	2.70	4.10	4.10	2.90
15	4.40	3.60	3.00	4.13	4.13	3.00
20	4.50	3.65	3.10	4.20	4.15	3.10
25	4.76	3.68	3.20	4.28	4.16	3.12
30	4.83	3.83	3.27	4.40	4.27	3.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 ผลการทดลองเมื่อสารแขวนลอย คือ แคลเซียมคาร์บอเนต ในน้ำ

ตาราง ก.6 ความเข้มข้นของสารแขวนลอยเป็น 3% โดยน้ำหนัก

Δp = 10.34 (kPa)		Δp = 13.10 (kPa)		Δp = 15.17 (kPa)	
ปริมาตร (L)	เวลา (s)	ปริมาตร (L)	เวลา (s)	ปริมาตร (L)	เวลา (s)
5	24	5	18	5	13
10	43	10	40	10	28
15	65	15	55	15	44
20	78	20	70	20	57
25	98	25	86	25	73
30	119	30	102	30	97

ตาราง ก.7 ความเข้มข้นของสารแขวนลอยเป็น 5% โดยน้ำหนัก

Δp = 13.79 (kPa)		Δp = 20.68 (kPa)		Δp = 27.58 (kPa)	
ปริมาตร (L)	เวลา (s)	ปริมาตร (L)	เวลา (s)	ปริมาตร (L)	เวลา (s)
5	31	5	21	5	17
10	57	10	35	10	31
15	76	15	54	15	45
20	93	20	68	20	59
25	113	25	87	25	74
30	133	30	101	30	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.8 ความเข้มข้นของสารแขวนลอยเป็น 7% โดยน้ำหนัก

Δp = 13.79 (kPa)		Δp = 27.58 (kPa)		Δp = 41.36 (kPa)	
ปริมาตร (L)	เวลา (s)	ปริมาตร (L)	เวลา (s)	ปริมาตร (L)	เวลา (s)
5	28	5	27	5	14
10	49	10	38	10	28
15	69	15	54	15	42
20	88	20	69	20	55
25	109	25	85	25	62
30	128	30	103	30	80

ตาราง ก.9 ความเข้มข้นของสารแขวนลอยเป็น 9% โดยน้ำหนัก

Δp = 13.79 (kPa)		Δp = 27.58 (kPa)		Δp = 41.36 (kPa)	
ปริมาตร (L)	เวลา (s)	ปริมาตร (L)	เวลา (s)	ปริมาตร (L)	เวลา (s)
5	28	5	25	5	16
10	49	10	43	10	33
15	67	15	63	15	47
20	84	20	78	20	60
25	105	25	97	25	76
30	125	30	115	30	91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.10 เวลาต่อปริมาตรของเหลวใสที่ได้จากการกรอง

ปริมาตรของเหลวใส (L)	เวลาต่อปริมาตรของเหลวใสที่ได้จากการกรอง (s/L)					
	ความเข้มข้น=3% โดยน้ำหนัก			ความเข้มข้น=5% โดยน้ำหนัก		
	Δp=10.34 (kPa)	Δp=13.10 (kPa)	Δp=15.17 (kPa)	Δp=13.79 (kPa)	Δp=20.68 (kPa)	Δp=27.58 (kPa)
5	4.80	3.60	2.60	6.20	4.20	3.40
10	4.30	4.00	2.80	5.70	3.50	3.10
15	4.33	3.67	2.93	5.07	3.60	3.00
20	3.90	3.50	2.85	4.65	3.40	2.95
25	3.92	3.44	2.92	4.52	3.48	2.96
30	3.97	3.40	3.23	4.43	3.37	3.00

ตาราง ก.10 (ต่อ) เวลาต่อปริมาตรของเหลวใสที่ได้จากการกรอง

ปริมาตรของเหลวใส (L)	เวลาต่อปริมาตรของเหลวใสที่ได้จากการกรอง (s/L)					
	ความเข้มข้น=7% โดยน้ำหนัก			ความเข้มข้น=9% โดยน้ำหนัก		
	Δp=13.79 (kPa)	Δp=27.58 (kPa)	Δp=41.36 (kPa)	Δp=13.79 (kPa)	Δp=27.58 (kPa)	Δp=41.36 (kPa)
5	5.60	5.40	2.80	5.60	5.00	3.20
10	4.90	3.80	2.80	4.90	4.30	3.30
15	4.60	3.60	2.80	4.47	4.20	3.13
20	4.40	3.45	2.75	4.20	3.90	3.00
25	4.36	3.40	2.48	4.20	3.88	3.04
30	4.27	3.43	2.67	4.17	3.83	3.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
การหาสมบัติของเค้ก

ข1. สมการที่ใช้ในการคำนวณ [4, 6-7]

ความดันลดรวมทั้งระบบ (Overall pressure drop)

$$\Delta p = \Delta p_c + \Delta p_m \qquad (ข.1)$$

พิจารณาในช่วงความหนาของเค้กมีค่าน้อยๆ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันลดและความหนาของเค้กได้ดังนี้

$$\frac{dp}{dL} = \frac{4.17\mu u(1-\varepsilon)^2 (S_p/V_p)^2}{\varepsilon^3} \qquad (ข.2)$$

จาก

$$u = \frac{dV/dt}{A} \qquad (ข.3)$$

และ

$$dm = \rho_p (1-\varepsilon) A dL \qquad (ข.4)$$

แทนค่า u และ dm ลงในสมการ (ข.2) และ ให้ $k_1 = 4.17$ จะได้

$$dp = \frac{k_1 \mu u (S_p/V_p)^2 (1-\varepsilon)}{\rho_p A \varepsilon^3} dm \qquad (ข.5)$$

อินทิเกรตสมการ (ข.5) โดยพิจารณาเฉพาะเค้กจะได้

$$\Delta p_c = \frac{k_1 \mu u (S_p/V_p)^2 (1-\varepsilon)}{\rho_p A \varepsilon^3} m_c \qquad (ข.6)$$

เมื่อ α คือ ความต้านทานจำเพาะของเค้ก

$$\alpha = \frac{k_1 (S_p/V_p)^2 (1-\varepsilon)}{\varepsilon^3 \rho_p} \qquad (ข.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต้านทานของตัวกลางกรอง คือ

$$R_m = \frac{\Delta p_m}{\mu u} \qquad (ข.8)$$

จากสมการ (ข.1) จะได้

$$\Delta p = \Delta p_c + \Delta p_m = \mu u \left(\frac{m_c \alpha}{A} + R_m\right) \qquad (ข.9)$$

จะได้ว่า

$$m_c = Vc \qquad (ข.10)$$

แทนค่า u และ m_c ลงในสมการ (ข.9) จะได้

$$\frac{dt}{dV} = \frac{\mu}{A\Delta p}\left(\frac{\alpha c V}{A} + R_m\right) \qquad (ข.11)$$

ที่ $t = 0$, $V = 0$

$$\frac{\mu R_m}{A\Delta p} = \left(\frac{dt}{dV}\right)_0 = \frac{1}{q_0} \qquad (ข.12)$$

จัดรูปสมการ (ข.11) ใหม่ได้ดังนี้

$$\frac{dt}{dV} = \frac{1}{q} = K_c V + \frac{1}{q_0} \qquad (ข.13)$$

เมื่ออินทิเกรตสมการ (ข.13) จะได้

$$\frac{t}{V} = \left(\frac{K_c}{2}\right)V + \frac{1}{q_0} \qquad (ข.14)$$

โดย

$$K_c = \frac{\mu c \alpha}{A^2 \Delta p} \qquad (ข.15)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข2. การหาสมบัติของเค้ก

1. ความเข้มข้นของสารแขวนลอยแป้งมันสำปะหลังในน้ำ ที่ความเข้มข้น 7% โดยน้ำหนัก

Δp=P1=41.36 kPa

ความชัน = $K_c/2$ = 0.0357

ดังนั้น K_c = 0.075

จุดตัดแกน = $1/q_0$ = 3.8076

Δp=P2= 55.15 kPa

ความชัน = $K_c/2$ = 0.0289

ดังนั้น K_c = 0.0578

จุดตัดแกน = $1/q_0$ = 3.0216

Δp=P3= 68.94 kPa

ความชัน = $K_c/2$ = 0.0282

ดังนั้น K_c = 0.0564

จุดตัดแกน = $1/q_0$ = 2.4844

เมื่อ $A = 0.055\ m^2$

$\mu = 8.5 \times 10^{-4}$ kg/m.s

สามารถหาค่า R_m และ α ได้ จากสมการ (2.2) และสมการ (2.3)

$$R = \frac{A\Delta p}{\mu}\frac{1}{q_0} \qquad (2.2)$$

$$K_c = \frac{\mu c \alpha}{A^2 \Delta p} \qquad (2.3)$$

จัดรูปใหม่ได้ดังนี้

$$\alpha = \frac{2\text{slope}A^2\Delta p}{\mu c} \qquad (ข.16)$$

แทนค่าตัวแปรต่างๆ จะได้

$$R_m = 64710\ \Delta p \frac{1}{q_0} \qquad (ข.17)$$

$$\alpha = 101680\text{slope}\Delta p \qquad (ข.18)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความเข้มข้นของสารแขวนลอยแป้งมันสำปะหลังในน้ำ ความเข้มข้น 9% โดยน้ำหนัก

Δp=P1=41.36 kPa

ความชัน = $K_c/2$ = 0.0149

ดังนั้น K_c = 0.0298

จุดตัดแกน = $1/q_0$ = 3.9249

Δp=P2= 55.15 kPa

ความชัน = $K_c/2$ = 0.0145

ดังนั้น K_c = 0.0290

จุดตัดแกน = $1/q_0$ = 3.8487

Δp=P3= 75.83 kPa

ความชัน = $K_c/2$ = 0.0148

ดังนั้น K_c = 0.0296

จุดตัดแกน = $1/q_0$ = 2.7551

จะได้

$$R_m = 64710\ \Delta p \frac{1}{q_0} \quad \text{(ข.19)}$$

และ

$$\alpha = 79080 \text{slope} \Delta p \quad \text{(ข.20)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
ปั๊มไดอะแฟรม [8]

ปั๊มไดอะแฟรมเป็นปั๊มที่ให้ปริมาตรในทางบวก มีเยื่อที่ยืดหยุ่นได้ยึดตามขอบนอกของตัวเรือน ทำหน้าที่ป้องกันการรั่วซึม บริเวณส่วนกลางจะเคลื่อนที่คล้ายกับลูกสูบ โดยอาศัยกลไก เช่น เพลา ข้อเหวี่ยง แคมเยื้องศูนย์ เช็ควาล์ว (Check valve) ที่ทางเข้าและทางออกจะทำหน้าที่ควบคุมการไหลของของเหลวที่ปั๊มเข้าและออกจากห้อง (Chamber) ของปั๊ม ลักษณะพิเศษของปั๊มไดอะแฟรมคือ ไม่มีซีลไม่มีปะเก็น เหมาะสมสำหรับงานที่ไม่มีการการรั่วซึมและไม่มีการเสียหายถ้าเดินปั๊มตัวเปล่า

ปั๊มไดอะแฟรมชุดขับเป็นแบบเมคคานิค (Mechanic)

กลไกที่ใช้ขับปั๊มไดอะแฟรมแบบเมคคานิคคล้ายกับกลไกที่ใช้ขับปั๊มแบบลูกสูบ โดยมีสปริงอยู่บนแกนชัก ถ้าความดันของปั๊มมีค่าเกินกว่าค่าความดันสูงสุดตามที่ได้มีการกำหนดเอาไว้ สปริงก็จะกดไม่ให้ไดอะแฟรมเคลื่อนที่ ปั๊มชนิดนี้นิยมใช้กันมากในอุตสาหกรรมก่อสร้างเมื่อปั๊มดูดหิน ดิน ทรายเข้ามา สปริงจะกดไว้ไม่ให้ของแข็งไหลไปตามช่องของปั๊ม ซึ่งอาจทำให้เพลาข้อเหวี่ยงเสียหายได้ ในปั๊มชนิดที่มีไดอะแฟรมเดียวถ้าท่อทางดูดและท่อทางออกมีขนาดค่อนข้างยาว ของเหลวที่ถูกปั๊มออกไปจะมีแรงเฉื่อยมาก วงจรการทำงานของปั๊มจะประกอบด้วยจังหวะดูดและจังหวะปล่อย การทำงานของห้องพักเล็กๆ ทางด้านดูดของปั๊ม ทำให้ปั๊มดูดของเหลวจากห้องพัก ขณะเดียวกันก็จะดูดของเหลวผ่านท่อดูดด้วย ระหว่างปล่อยในห้องพักก็จะมีของเหลวมาบรรจุอยู่เต็ม โดยของเหลวผ่านเข้ามาตามท่อทางดูด ถ้าท่อทางส่งค่อนข้างยาวแรงเฉื่อยของของเหลวจะมากทำให้เกิดภาระ (Load) บนไดอะแฟรมและข้อเหวี่ยง ขณะที่ไดอะแฟรมเข้าสู่ในจังหวะปล่อย สปริงบนแกนชักจะสามารถดูดซับพลังงานบางส่วนจากเพลาข้อเหวี่ยงก่อนเข้าสู่จังหวะปล่อย และถ้าให้ไดอะแฟรมกลับเข้าสู่สภาพเดิมหลังจังหวะปล่อยจะลดภาระบนไดอะแฟรมและเพลาข้อเหวี่ยง

ปกติปั๊มเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ที่เป็นแบบไดอะแฟรมนั้น ไดอะแฟรมจะเคลื่อนที่โดยอาศัยแคมในจังหวะดูดและกลับเข้าสู่จังหวะปล่อยโดยสปริง ดังนั้นสปริงจะเป็นตัวกำหนดความดันทางด้านออกและให้ความดันที่ส่งไปยังคาร์บูเรเตอร์ (Carburetor) เกือบคงที่โดยไม่คำนึงถึงรอบหมุนของเครื่องยนต์และอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง กลไกที่ใช้ขับปั๊มไดอะแฟรมอาศัยแกนชักที่ปกติจะยึดอยู่กับแท่นทั้งสองข้างที่กึ่งกลางของไดอะแฟรม ไดอะแฟรมจะทำจากใยสังเคราะห์ แผ่นไดอะแฟรมปกติจะหล่อให้หน้าตัดเป็นคอนโวลูท (Convoluted) หน้าตัดแบบคอนโวลูทจะให้จังหวะยาวกว่าหน้าตัดลักษณะอื่นๆ กลไกที่ใช้ขับไดอะแฟรมจะเป็นการทำงานที่ไม่สมดุล ความดันทางด้านดูดและด้านออกเกิดขึ้นจากส่วนกลางของไดอะแฟรมที่มีการเคลื่อนที่ แรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เกิดขึ้นกำหนดโดยแกนชักและแท่นที่ยึดไดอะแฟรมกับส่วนที่ไม่ได้ยึดของไดอะแฟรม ปั๊มไดอะ-แฟรมที่ชุดขับเป็นเมคคานิค บางครั้งจะเป็นแบบไดอะแฟรมคู่ เพื่อให้สามารถใช้กับไดอะแฟรมสองแผ่นได้ ขณะที่อันหนึ่งเป็นจังหวะดูดอีกอันหนึ่งเป็นจังหวะปล่อยและกลับไปกลับมาเช่นนี้ ตลอดการทำงานข้อต่อที่เรียกว่าคานวิ่ง (Walking beam) เป็นแกนที่ต่อระหว่างไดอะแฟรมทั้งสอง ขณะที่ไดอะแฟรมหนึ่งถูกผลักในจังหวะปล่อยไดอะแฟรมอีกตัวหนึ่งจะถูกดึงในจังหวะดูด ห้องของไดอะแฟรมพร้อมด้วยเช็ควาล์วที่ทางเข้าและทางออกจะถูกต่อเข้าด้วยกัน ข้อได้เปรียบของไดอะแฟรมแบบคู่ คือ ให้อัตราการไหลคงที่ ปั๊มไดอะแฟรมที่ชุดขับเป็นเมคคานิคส่วนมากจะใช้ในงานก่อสร้างเพื่อดูดน้ำจากฐานราก เขื่อนกั้นน้ำและโรงบำบัดน้ำเสียหรือปั๊มปูนขาว โดยมีเฮดประมาณ 15.24 เมตร (7.62 เมตร ทางด้านดูด 7.62 เมตร ทางด้านส่ง ที่วัดได้ในสภาพสถิต) ส่วนแรงไดนามิค (Dynamic) นั้นยากแก่การคำนวณ ส่วนมากจะกล่าวว่า เฮดสถิตเป็น 15.24 เมตร

ปั๊มไดอะแฟรมที่ชุดขับเป็นไฮดรอลิก (Hydraulic)

ปั๊มไดอะแฟรมที่ชุดขับเป็นไฮดรอลิก ปั๊มลักษณะเช่นนี้ใช้กันมากในรูปแบบเป็นปั๊มสำหรับมาตรวัด มีการปรับจังหวะได้ด้วยลูกสูบซึ่งบังคับไฮดรอลิกเข้าและออกจากห้องพักที่อยู่ทางด้านหลังของแผ่นไดอะแฟรม แผ่นไดอะแฟรมจะสมดุลได้โดยน้ำมันไฮดรอลิกและแผ่นไดอะแฟรมที่ยืดหยุ่นจะเป็นตัวแยกน้ำมันไฮดรอลิกออกจากของเหลวที่จะปั๊มออกไปเนื่องจากการสมดุลของแผ่นไดอะแฟรม ปั๊มชนิดนี้สามารถใช้ในระบบที่มีความดันได้ถึง 2.76×10^7 ปาสคาล (275.2 บาร์) และอัตราการปั๊ม ตั้งแต่ 0 ถึง 7.76 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง (2000 แกลลอนต่อชั่วโมง) ภาระของสปริงบนเช็ควาล์วแบบลูกบอลวัดความแม่นยำได้ถึง 1% ของอัตราการไหลสูงสุด ปั๊มชนิดนี้ให้ปริมาตรในทางบวก ต้องมีระบบบายพาสในกรณีทางออกถูกกั้นไว้ โดยที่สามารถประยุกต์ใช้ได้กับงานในโรงงานกำจัดน้ำเสีย โรงงานกระดาษและเยื่อกระดาษ ปิโตรเคมีหรืออุตสาหกรรมปิโตรเลียม ชนิดของของเหลวที่สามารถใช้ได้กับปั๊มไดอะแฟรม เช่น ไฮดราซีน ฟอตเฟต กรดอะลูมิเนียมคลอไรด์ สารละลายจำพวกเบส ฯลฯ

ปั๊มไดอะแฟรมที่ขับด้วยนิวเมติก (Pneumatic)

ปั๊มไดอะแฟรมที่ขับด้วยนิวเมติกมีลักษณะการทำงานที่เป็นพิเศษ ชนิดที่เป็นที่รู้จักกันดี คือ แบบไดอะแฟรมคู่ หลักการทำงานค่อนข้างง่าย ตัวปั๊มมีห้องอยู่สองห้อง และมีสองไดอะแฟรมถูกยึดที่ขอบนอกเข้ากับตัวเรือน แกนเพลาที่ต่อกับไดอะแฟรมจะเคลื่อนที่ในแนวขนานกับไดอะแฟรม อากาศที่มีความดันจะเข้าทางด้านหลังของแผ่นไดอะแฟรมทางซ้ายมือและผลักให้ไดอะแฟรมทั้งสองเคลื่อนที่ไปทางซ้าย ขณะเดียวกันอากาศจะถูกไล่ออกไปทางด้านหลังของแผ่นไดอะแฟรมทางขวามือ ในวงจรการทำงานวาล์วจะเปิดให้อากาศที่มีความดันเข้าไปทางด้านหลังของแผ่นไดอะแฟรมทางขวามือและไล่อากาศออกจากห้องทางด้านซ้าย การเคลื่อนที่กลับไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลับมาอย่างต่อเนื่องทำให้การดูดเข้าและปล่อยออกของของเหลวที่ถูกปั๊มเข้าและออกจากห้องแต่ละห้องมีผลอย่างต่อเนื่อง

วาล์วที่ใช้กระจายอากาศเป็นปลั๊กวาล์วแบบ 4 ทาง เมื่อวาล์วหมุน ¼ รอบ ทำให้อากาศไหลกลับเข้าและออกจากห้องของไดอะแฟรม ในทางปฏิบัติจะใช้สปูลวาล์ว 4 ทาง

โครงสร้างของวัสดุ

เช็ควาล์วสำหรับปั๊มไดอะแฟรมมีอยู่ 3 ชนิด คือ แบบบอลล์วาล์ว แบบกระพือ และแบบรูปเห็ด (Poppet) วาล์วแบบกระพือปกติจะแขวนในแนวดิ่งโดยมีการไหลผ่านวาล์วในแนวนอน ข้อได้เปรียบที่สำคัญ คือ สามารถส่งถ่ายวัตถุแขวนลอยที่มีขนาดใหญ่ได้ วาล์วแบบกระพือจะถูกยึดด้วยยางยืดหยุ่นให้สามารถกระพือได้ดี บอลล์วาล์วขึ้นอยู่กับแรงผลัก ของไหลที่ผ่านเข้ามาจะยกบอลวาล์วเปิดออก ดังนั้นบ่าของวาล์วจะอยู่ในแนวนอนและมีการไหลในแนวดิ่งผ่านบ่าวาล์ว

วาล์วแบบรูปเห็ดเคลื่อนที่โดยอาศัยก้านวาล์วและภาระบนสปริงดังนั้นสามารถปรับให้อยู่ที่ตำแหน่งใดๆ ก็ได้ เมื่อใช้ปั๊มไดอะแฟรมปั๊มสารพวกของเหลวผสมของแข็งที่ก่อให้เกิดการขัดสี วาล์วจะมีผิวหน้าเคลือบด้วยสารยืดหยุ่น (Elastomer) หรือลูกบอลก็อาจทำจากสารยืดหยุ่น สำหรับบอลที่มีขนาดใหญ่อาจจะมีแกนกลางเป็นโลหะแล้วหุ้มด้วยยางสังเคราะห์หรืออาจเป็นยางแข็งทั้งหมด แผ่นไดอะแฟรมทำมาจากยางสังเคราะห์เสริมใยเหล็กเพิ่มความแข็งแรง วัสดุที่ทำไดอะแฟรมที่เป็นยางสังเคราะห์อาจจะเป็นนีโอพรีน หรือ เทฟลอน

การปั๊มของที่แห้ง

ปั๊มไดอะแฟรมสามารถปั๊มอากาศพร้อมด้วยของเหลวและปั๊มชนิดนี้ยังสามารถปั๊มผงที่แห้งได้ด้วย อากาศจะทำหน้าที่เป็นของไหลตัวกลางทำให้ผงแขวนลอยอยู่และการทำงานของปั๊มจะทำให้อากาศที่มีผงลอยอยู่เคลื่อนที่ บางครั้งก็จำเป็นต้องฉีดอากาศเข้าไปในผง เพื่อให้ความถ่วงจำเพาะต่ำลงและให้ผงเข้าไปแขวนลอยอยู่ในอากาศได้ดี

ขีดจำกัดของปั๊มไดอะแฟรมที่ขับด้วยอากาศ

ขีดจำกัดในทางปฏิบัติสำหรับขนาดของปั๊ม ที่อัตราการไหลมากกว่า 0.016 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที อากาศที่มีความดันและส่วนประกอบของปั๊มจะสูงมากถ้าอัตราการไหลมากขึ้นจะใช้วิธีให้ปั๊มหลายๆ ตัวมาต่อขนานกันจะมีราคาถูกกว่าและไม่มีปัญหาในการติดตั้งปั๊มไดอะแฟรมแบบคู่ที่ขับด้วยนิวเมติกในแบบขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขีดจำกัดของความดัน

อากาศที่มีความดันมากกว่า 8.6×10^5 ปาสคาล ไม่สามารถจะใช้ได้เนื่องจากขีดจำกัดในการออกแบบปั๊มและการผลิต ถ้าสามารถออกแบบปั๊มและผลิตให้รับความดันสูงได้ ก็สามารถให้ความดันอากาศที่สูงขึ้นไปได้

การควบคุมปั๊ม

อุปกรณ์ควบคุมความดันของอากาศที่ให้แก่ไดอะแฟรมจะเป็นตัวควบคุมความดันของการปั๊มและวาล์วในท่อส่งอากาศที่มีความดันจะควบคุมอัตราการไหล ดังนั้นความดันและอัตราการไหลก็ควบคุมได้ง่าย

สรุปขีดจำกัดของปั๊มไดอะแฟรม

1. ในทางปฏิบัติอัตราการไหลสูงสุดไม่เกิน 0.016 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
2. ในทางปฏิบัติความดันสูงสุดไม่เกิน 8.6×10^5 ปาสคาล

ไดอะแฟรมในปั๊มที่ขับด้วยนิวเมติกไดอะแฟรมทั้งสองแผ่นจะต้องสมดุลและเป็นตัวแยกอากาศออกจากสารที่จะปั๊มออกไป การไม่สมดุลจะปรากฏในจังหวะดูดของไดอะแฟรมตัวใดตัวหนึ่งขณะที่ถูกดึงด้วยเพลาที่ต่อกับไดอะแฟรมอีกตัวกนึ่ง เมื่อระยะยกทางด้านดูด (Suction lift) มีน้อย อาจไม่คำนึงถึงการไม่สมดุล

ข้อได้เปรียบและขีดจำกัดของปั๊มไดอะแฟรมเมื่อเทียบกับปั๊มชนิดอื่น

ปั๊มไดอะแฟรมเหมาะสำหรับการใช้งานที่มีสารขัดสีที่เป็นส่วนผสมของแข็งกับของเหลว เนื่องมาจากความเร็วของของเหลวที่ผ่านเช็ควาล์วและห้องของไดอะแฟรมไม่เกินความเร็วภายในท่อ ดังนั้นจะมีการขีดข่วนและเสียดสีจากสารจำพวกของแข็งผสมของเหลวน้อยมาก

เนื่องจากไม่มีส่วนในส่วนหนึ่งของปั๊มมีการเสียดสีและความเร็วค่อนข้างต่ำ ดังนั้นปั๊มชนิดนี้สามารถใช้กับของเหลวที่มีความหนืดสูงได้ ของไหลที่เข้ามีความปั่นป่วนน้อย ดังนั้นจะเหมาะสมกับวัสดุที่ไวต่อแรงเฉือน เช่น ลาเทกซ์ (Latex) เป็นต้น การทำงานของปั๊มไดอะแฟรม ความดันสูงสุดจะไม่เกินความดันของอากาศที่อัดเข้ามาให้กำลังแก่ปั๊ม

ข้อได้เปรียบของปั๊มไดอะแฟรม

1. ไม่ต้องล่อของเหลวแม้ว่าของไหลอยู่ในสภาพที่แห้ง
2. สามารถปรับอัตราการไหลและความดันใดๆ ก็ได้ โดยให้อยู่ในช่วงความสามารถของปั๊ม
3. ไม่มีซีลหรือปะเก็นเชือก
4. สามารถลดอัตราการไหลจนถึงศูนย์ได้
5. กันระเบิด ดังนั้นสามารถใช้ได้ในสภาวะแวดล้อมที่อันตราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เดินปั๊มตัวเปล่าได้
7. กำลังที่ใช้เป็นสัดส่วนกับอัตราการไหล
8. สามารถใช้ในพื้นที่แคบโดยไม่เกิดความร้อนสูงขึ้น
9. สามารถใช้กับพวกของแข็งผสมของเหลวที่มีการเสียดสี
10. สามารถใช้กับของเหลวที่มีความหนืดสูงได้
11. สามารถใช้กับวัสดุที่ไวต่อแรงเฉือน
12. สามารถปั๊มผงที่แขวนลอยในอากาศได้
13. ไม่มีการรั่ว
14. ง่ายต่อการบำรุงรักษาและซ่อมแซม
15. ไม่มีแท่นปั๊มหรือข้อต่อ (Coupling) ที่จำเป็นต้องตั้งศูนย์
16. สามารถใช้กับสารเคมีที่กัดกร่อนอย่างรุนแรง
17. ใช้กับของเหลวและของแข็งได้มากชนิดกว่าปั๊มแบบอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.1 แสดงมิติของปั๊ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
การกำหนดรายละเอียดเพื่อจัดซื้อปั๊ม [9]

การที่จะซื้อปั๊มให้มีคุณสมบัติตรงตามต้องการและได้ปั๊มที่คุ้มกับราคาที่สุดนั้น มีขั้นตอนในการดำเนินการจัดซื้อที่สำคัญ 2 ขั้นตอนด้วยกัน คือ

1. มีการกำหนดลักษณะและรายละเอียดของปั๊มที่ต้องการอย่างเหมาะสม
2. ผู้พิจารณาเปรียบเทียบและตัดสินใจมีความรู้และคุ้นเคยกับวิธีการพิจารณาเลือกปั๊มเป็นอย่างดี

ปั๊มที่สมควรได้รับการพิจารณาเลือกซื้อไว้ใช้ไม่จำเป็นต้องเป็นปั๊มที่มีราคาถูกที่สุดเสมอไป แต่ควรเป็นปั๊มที่มีความเหมาะสมในแง่ของการลงทุน กล่าวคือ ต้นทุนและค่าใช้จ่ายตลอดอายุใช้งานน้อยที่สุด มีความเชื่อถือได้ในแง่ของความทนทาน และความสะดวกในการจัดหาอะไหล่เมื่อจำเป็นต้องซ่อม

การจัดซื้อปั๊ม

การจัดซื้อปั๊มที่ปฏิบัติกันอยู่โดยทั่วๆ ไป อาจแบ่งออกได้เป็นสองลักษณะด้วยกัน คือ วิธีแรกผู้ต้องการใช้ปั๊มแจ้งความประสงค์และสภาพการทำงานให้บริษัทผู้จำหน่ายทราบ และมอบให้ผู้จำหน่ายเลือกปั๊มพร้อมอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบให้ผู้ซื้อเป็นผู้ตัดสินใจเลือกโดยพิจารณาจากข้อเสนอแนะของผู้ขาย ส่วนอีกวิธีหนึ่งผู้ซื้อมีการออกแบบหรือกำหนดระบบไว้เรียบร้อยแล้ว และมอบให้ผู้ขายเสนอราคาปั๊มที่มีคุณสมบัติตามรายละเอียดที่ผู้ซื้อกำหนด

การกำหนดรายละเอียดปั๊ม

การกำหนดรายละเอียดนั้นเป็นการให้ข้อมูลแก่ผู้จำหน่ายปั๊มเพื่อให้ผู้ขายสามารถเสนอสินค้าที่ตรงกับความต้องการใช้งานของผู้ซื้อมากที่สุด โดยการกำหนดรายละเอียดดังกล่าว ผู้ซื้อสามารถนำสินค้าของหลายบริษัทมาเปรียบเทียบกันเพื่อพิจารณาเลือกซื้อปั๊มที่มีคุณสมบัติเหมาะสมมากที่สุด

ในการจัดซื้อปั๊มขนาดใหญ่โดยทั่วๆ ไป รายการที่จะต้องกำหนดรายละเอียดอาจจะแยกออกเป็น 4 หมวดใหญ่ๆ ด้วยกันคือ

1. ตัวปั๊ม (Pump)
2. ต้นกำลัง (Drive)
3. อุปกรณ์และอะไหล่
4. ข้อตกลงอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดที่จำเป็นต้องระบุเกี่ยวกับตัวปั๊มมีดังต่อไปนี้ คือ

1. ชนิดของปั๊ม ถ้าเป็นแบบเซนตริฟูกอล สูบชัก (Reciprocating) ต้องระบุจำนวนชั้น (Stage) หรือจำนวนลูกสูบด้วย
2. ลักษณะของตัวปั๊ม คือ เป็นแบบเพลาตั้งหรือเพลานอนและต้องระบุถึงชนิดของวัสดุที่ทำใบพัดและเรือนปั๊ม อุปกรณ์หรือส่วนประกอบที่ต้องการให้มี เช่น แหวนกันสึก เป็นต้น
3. สภาพการทำงาน ชนิดและสมบัติของของเหลวที่จะสูบ อุณหภูมิ อัตราการสูบและเฮดที่ต้องการ $NPSH_a$ (Available Net Positive Suction Head) รอบความเร็วของต้นกำลังที่จะใช้ ประสิทธิภาพของการทำงานต่ำที่สุดที่จะยอมรับได้ ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสูบกับเฮดรวมในช่วงที่จะใช้งาน
4. วิธีป้องกันการรั่ว
5. วิธีการล่อน้ำที่จะใช้

เพื่อให้ได้ข้อมูลรายละเอียดของปั๊มมากพอแก่การพิจารณา จะต้องกำหนดให้ผู้ขายแนบรายละเอียดของปั๊มที่จะเสนอขายพร้อมแคตตาลอก (Catalog) และกราฟแสดงลักษณะการทำงาน ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสูบกับเฮด ประสิทธิภาพ แรงม้าที่ต้องการ รวมถึง $NPSH_r$ (Required Net Positive Suction Head) มาประกอบการพิจารณาด้วย

ถ้าปั๊มดังกล่าวได้รับการเลือกซื้อจะต้องกำหนดให้ส่งมอบพร้อมกับคู่มือดังต่อไปนี้ คือ

1. คู่มือแนะนำการใช้งาน
2. คู่มือแนะนำการบำรุงรักษา
3. สมุดรายการอะไหล่

การกำหนดรายละเอียดของต้นกำลัง

ต้นกำลังที่นิยมใช้กับปั๊มในประเทศไทยมีอยู่ 2 ชนิด คือ มอเตอร์ไฟฟ้าและเครื่องยนต์ รายละเอียดที่ต้องระบุสำหรับต้นกำลังแต่ละแบบมีดังนี้ คือ

1. มอเตอร์ไฟฟ้า
   1.1 ชนิดของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ จำนวนเฟส แรงดันไฟฟ้าและความถี่
   1.2 ชนิดของมอเตอร์
   1.3 รอบความเร็วสูงสุดและแรงม้าที่ต้องการ
   1.4 ประสิทธิภาพการทำงานที่ภาระ 100 %
   1.5 มาตรฐานของการออกแบบ (Design)
   1.6 ระดับมาตรฐานของฉนวน (Insulation Class)
   1.7 แผงสวิทช์ควบคุมการทำงาน และระบบความปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เครื่องยนต์

2.1 แบบและชนิดของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงที่ใช้

2.2 แรงม้าต่อเนื่องที่รอบหมุนของปั๊ม

2.3 วิธีการติดเครื่องให้เครื่องยนต์ทำงาน

2.4 การระบายความร้อน

2.5 อุปกรณ์และระบบควบคุม จำนวนและขนาดของแบตเตอรี่ มาตรวัดความดันกระแสไฟฟ้า

การกำหนดรายละเอียดของอุปกรณ์และอะไหล่

เพื่อให้ปั๊มมีอุปกรณ์ครบถ้วน พร้อมที่จะประกอบใช้งานได้ ควรจะได้จัดซื้อปั๊มและอุปกรณ์พร้อมกันในการจัดซื้อครั้งเดียว อุปกรณ์และอะไหล่ที่ควรจะกำหนดรายละเอียดด้วยมีดังนี้ คือ

1. ลักษณะของฐานเครื่องซึ่งตั้งปั๊มและต้นกำลังไว้ด้วยกัน
2. ลักษณะของข้อต่อที่ทำหน้าที่ถ่ายแรงบิดของต้นกำลังไปสู่ปั๊มซึ่งโดยปกติจะเป็นข้อต่ออ่อน (Flexible Coupling)
3. อุปกรณ์ทางท่อดูด เช่น ข้อลดแบบคางหมู ท่อดูด ข้อโค้ง กะโหลกกรองน้ำโดยกำหนดชนิดของวัสดุ ขนาด จำนวน และวิธีการเจาะรูหน้าจานไว้ด้วย
4. อุปกรณ์ทางด้านท่อจ่าย เช่น ข้อลด เช็ควาล์ว ประตูน้ำ กำหนดรายละเอียดเช่นเดียวกันกับอุปกรณ์ทางท่อดูด
5. อุปกรณ์สำหรับล่อน้ำ
6. อุปกรณ์วัดความดันทางท่อดูดและท่อจ่าย
7. รายการอะไหล่ที่ควรจะมีสำรองไว้สำหรับส่วนที่เสียหายหรือชำรุดง่าย เช่น ใบพัด แหวนกันสึกสำหรับใบพัดและเรือนปั๊ม ปลอกเพลา ชุดกันรั่วที่บริเวณต่างๆ
8. ชุดเครื่องมือสำหรับบำรุงรักษาและซ่อมย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
การชุบโครเมียมอย่างแข็ง [10]

การชุบโครเมียมอย่างแข็งหรือที่เรียกกันทั่วไปว่าฮาร์ดโครม (Hard chrome) นั้น เป็นการชุบโครเมียมที่ต้องการความแข็ง ความเรียบเป็นเงาและพิกัดความหนา เพื่อให้ทนทานในการใช้งาน เช่น ทนต่อแรงเสียดทาน ทนต่อความร้อน ทนต่อการกัดกร่อนและสามารถชุบพอกหนาลงบนชิ้นงานที่สึกหรอจากการใช้งานมาแล้วให้มีขนาดเท่าเดิมได้หรือชุบให้โตกว่าเดิมแล้วนำไปเจียระไนให้มีขนาดเท่าเดิมได้ ซึ่งเทคนิคในการชุบก็จะแตกต่างไปจากการชุบโครเมียมเงา (Bright chromium) ธรรมดา คือ เวลาชุบโครเมียมอย่างแข็ง (Hard chrome) ไม่ต้องชุบรองพื้นด้วยทองแดงหรือนิเกิล แต่ถ้าชุบโครเมียมเงาจะต้องชุบรองพื้นชิ้นงานด้วยทองแดงหรือนิเกิลก่อน และเวลาชุบโครเมียมอย่างแข็งจะต้องกลับขั้วไฟฟ้าให้ชิ้นงานเป็นขั้วบวกระยะเวลาหนึ่ง แล้วจึงกลับขั้วไฟฟ้าให้ชิ้นงานเป็นขั้วลบตามปกติ

การชุบโครเมียมอย่างแข็งนี้ สามารถชุบให้แข็งได้ถึง 701 ร็อคเวล C. (Rockwell C.) งานที่ใช้ชุบโครเมียมอย่างแข็งเช่น แม่พิมพ์ (Mold) ชิ้นส่วนเครื่องจักร แหวนลูกสูบ กระบอกสูบ เพลาข้อเหวี่ยง แกนไฮดรอลิก เป็นต้น

คุณสมบัติทั่วๆ ไปของโครเมียมอย่างแข็ง

1. มีความแข็งแรงและทนทาน
2. ทนทานต่อการเกิดสนิมและทนต่อความร้อน
3. สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานต่ำ
4. มีความสวยงาม
5. ใช้แม่เหล็กดูดได้ (Paramagnetic)

อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการชุบโครเมียมอย่างแข็ง

1. เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า การชุบโลหะทุกชนิดจำเป็นต้องใช้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า เพราะการชุบโลหะต้องใช้ไฟฟ้ากระแสตรง ส่วนมากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้านี้จะใช้ขนาด 12 โวลท์ คือ ปรับโวลท์ มากน้อยได้ ซึ่งเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะเหล่านี้สามารถผลิตได้ในประเทศไทยโดยมีคุณภาพทัดเทียมกับของต่างประเทศมีให้เลือกทุกขนาด มีทั้งระบบระบายความร้อนด้วยลม และระบบระบายความร้อนด้วยน้ำมัน

2. ทางเดินกระแสไฟฟ้า คือ สะพานไฟฟ้าที่ต่อจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าไปยังถังชุบ โดยส่วนมากที่ใช้ในอุตสาหกรรมชุบโลหะจะใช้ทางเดินกระแสไฟฟ้าที่เป็นทองแดงกับอะลูมิเนียม ซึ่งมาตรฐานของขนาดกำหนดไว้ด้วยว่ามีความหนาและหน้ากว้างต้านทานกระแสไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 เปรียบเทียบทางเดินกระแสไฟฟ้าทองแดงกับอะลูมิเนียม

ทองแดง		อะลูมิเนียม		แอมแปร์
มิลลิเมตร	นิ้ว	มิลลิเมตร	นิ้ว	
25 x 6	1 x ¼	32 x 6	1 ¼ x ¼	425
38 x 6	1½ x ¼	38 x 6	1 ½ x ¼	690
51 x 6	2 x ¼	51 x 6	2 x ¼	775
76 x 6	3 x ¼	76 x 6	3 x ¼	1125
102 x 6	4 x ¼	102 x 6	4 x ¼	1500

3. ถังน้ำยา โลหะที่เป็นมาตรฐานในการสร้างถังชุบโครเมียมคือแผ่นเหล็กทั่วๆ ไป เชื่อมต่อให้เป็นรูปถังสี่เหลี่ยมตามขนาดที่ต้องการ แล้วบุภายในด้วยตะกั่ว หรือบุภายในด้วย พีวีซี หรือ เอพีเอ (Acrylic P.V.C. Alloy) และภายในถังจะต้องเดินท่อตะกั่วไว้สำหรับลดความร้อนของน้ำยาชุบ ในขณะที่น้ำยาชุบร้อนเกินที่กำหนดไว้

4. เครื่องมือกลับขั้วกระแสไฟฟ้า เนื่องจากในการชุบโครเมียมอย่างแข็งนี้จำเป็นต้องกลับขั้วชิ้นงาน ให้ชิ้นงานเป็นขั้วบวกเพียงระยะเวลาสั้นๆ เพื่อกำจัดพวกออกไซด์ต่างๆ ที่ผิวงานออก เพื่อให้ผิวงานสะอาดและมีเนื้อแท้ของโลหะที่ต้องการจะชุบอย่างแท้จริง แล้วจึงกลับให้ชิ้นงานเป็นขั้วลบตามปกติ

5. เครื่องควบคุมกระแสไฟฟ้า เป็นเครื่องควบคุมกระแสที่ถังชุบ โดยจะเพิ่มกระแสหรือลดกระแสได้ตามความต้องการ และยังขึ้นอยู่กับเนื้อที่ของชิ้นงานที่ชุบด้วย เนื่องจากเวลาชุบจะต้องคิดพื้นที่ที่จะชุบก่อนแล้วจึงป้อนกระแสไฟฟ้าตามจำนวนเนื้อที่

6. เครื่องให้ความร้อน เนื่องจากการชุบโครเมียมอย่างแข็งนี้อุณหภูมิในการชุบต้องร้อนถึง 50 หรือ 55 องศาเซลเซียส หรืออาจจะแตกต่างกว่านี้เล็กน้อย ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องใช้เครื่องให้ความร้อนแก่น้ำยาชุบและส่วนมากจะให้ความร้อนโดยระบบไฟฟ้าซึ่งแช่อยู่ในถังน้ำยาชุบถ้าน้ำยาร้อนเกินอุณหภูมิที่กำหนดก็ต้องปิดเครื่องให้ความร้อนหรือทำการปล่อยน้ำเย็นไหลผ่านไปตามท่อผ่าน น้ำยาเพื่อลดอุณหภูมิลง

7. เครื่องควบคุมอุณหภูมิของน้ำยาชุบ นอกจากเครื่องให้ความร้อนแล้วควรมีเครื่องควบคุมอุณหภูมิด้วยเพราะอุณหภูมิของน้ำยาชุบมีขีดพิกัดไว้ ไม่ให้ร้อนหรือเย็นกว่าที่กำหนดไว้ เพราะจะก่อให้เกิดผลเสียแก่ชิ้นงานที่ชุบ

8. เครื่องมือขัดชิ้นงาน จะใช้มอเตอร์ขัดเช่นเดียวกับขัดงานชุบโดยทั่วๆ ไป แต่งานบางอย่างจำเป็นต้องเจียระไนหรือใช้เครื่องขัดงานแบบเซ็นเตอร์เลส (Centerless) ซึ่งสามารถใช้ขัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานที่มีรูปร่างเป็นทรงกระบอกขนาดยาวๆ ได้และได้ขนาดของชิ้นงานเท่ากันตลอดทั้งชิ้นงาน แต่เครื่องขัดแบบนี้ราคาสูง

9. ขั้วบวก (Anode) โครเมียมที่ชุบได้จากกรดโครมิคที่ผสมเป็นน้ำยาชุบขั้วบวกที่ใช้นั้นเป็นตะกั่วซึ่งมีส่วนผสมของพลวงหรือดีบุกเช่นเดียวกับขั้วบวกในการชุบโครเมียมทั่วๆ ไป ลักษณะของขั้วบวกที่ดีควรเตรียมให้เป็นสีน้ำตาลเข้ม

10. ขั้วบวกช่วย (Auxiliary Anode) ต้องออกแบบตามรูปร่างของชิ้นงานเช่นงานแม่พิมพ์ต่างๆ งานมีรูปร่างเว้าลึก จำเป็นต้องใช้แผ่นตะกั่วหรือลวดตะกั่วเข้าไปช่วยในส่วนลึก มิฉะนั้นโครเมียมจะเข้าไปเคลือบไม่ถึง

การเตรียมผิวงานที่จะทำการชุบ

1. การขัด

ชิ้นงานที่จะนำไปชุบจะต้องผ่านการขัดผิวหรือเจียระไนผิวมาแล้วอย่างดีและจะต้องอยู่ในสภาพที่เรียบร้อย ถ้าเป็นชิ้นงานที่ใช้แล้วก็จะต้องขัดเอาโครเมียมเก่าออกก่อนที่จะทำการชุบใหม่ ถ้ามีสนิมอยู่ก็ต้องเอาสนิมออกให้หมด

การขัดก็ใช้ล้อเคลือบผงเอมเมอรี่ (Emery) และมอเตอร์ขัดขนาด 2.24 กิโลวัตต์ งานบางอย่างต้องใช้เครื่องเจียระไน

2. การปิดส่วนที่ไม่ต้องการชุบ

งานที่จะนำไปชุบโครเมียมอย่างแข็ง บางทีไม่จำเป็นต้องชุบตลอดทั้งชิ้นงาน จะชุบตรงบริเวณที่ใช้งานเท่านั้น เช่นงานแม่พิมพ์พลาสติก ก็จะชุบตรงส่วนใช้งาน ส่วนบริเวณที่ไม่ได้ใช้งานก็จะปิดไว้ด้วยเทปพันสายไฟ พลาสติก เทปอะลูมิเนียม สีพลาสติกอย่างใดอย่างหนึ่ง

3. การกำจัดไขมัน

ชิ้นงานก่อนจะนำไปชุบจะต้องล้างไขมันออกให้หมดโดยล้างด้วยไตรคลอโรเอทิลีน (Tri - chloroethylene) หรือทินเนอร์ โดยใช้ผ้านิ่มๆ เช็ดถูให้สะอาด แล้วล้างด้วยน้ำยาล้างโลหะประเภทเบสอีกครั้งด้วยก็ได้ จึงนำชิ้นงานลงถังชุบ

4. การกัดผิวชิ้นงานโดยใช้งานเป็นขั้วบวก

เมื่อนำชิ้นงานลงถังชุบแล้ว ต้องปล่อยกระแสไฟพร้อมกับกลับขั้วสวิทช์ให้ชิ้นงานเป็นขั้ว-บวกเพื่อดึงเอาคราบสกปรกออกจากชิ้นงาน เวลากลับขั้วประมาณ 1-2 นาที แล้วก็กลับขั้วให้งานเป็นลบตามปกติ งานบางอย่างเช่นทองแดงและทองเหลืองไม่ต้องกลับขั้ว บางอย่างต้องทำถังกัดผิวแยกจากถังชุบต่างหาก เช่น การชุบเหล็กหล่อ ต้องกัดผิวด้วยกรดกำมะถันโดยใช้งานเป็นขั้วบวก ประมาณ 20 วินาที แล้วนำชิ้นงานขัดด้วยแปรงเพื่อไล่ฟิล์มคาร์บอนออก ล้างให้สะอาดจึงนำลงถังชุบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถังกัดผิวด้วยกรดกำมะถัน

ใช้ถังเหล็กบุด้วยตะกั่ว หรือ พีวีซี เอพีเอ

น้ำยา ใช้กรดซัลฟิวริก 500 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

กระแสไฟฟ้า 2700 แอมแปร์ต่อตารางเมตร

เวลา 15 – 20 วินาที

การชุบโครเมียมอย่างแข็ง

ต้องให้ความร้อนแก่น้ำยาให้อยู่ที่อุณหภูมิคงที่และปิดส่วนที่ไม่ต้องการชุบส่วนที่มีมุมแหลมหรือส่วนที่ยื่นออกจะต้องทำตัวช่วยหรือตัวกั้นเพื่อป้องกันการเคลือบหนาตรงบริเวณที่ยื่นนั้น โดยการใช้ลวดพันไว้ใกล้ๆ กับส่วนที่ยื่น เพื่อให้โครเมียมไปเกาะตรงลวดบ้างเกาะตรงส่วนอื่นของงานบ้าง ทำให้ไม่เคลือบหนาตรงส่วนยื่นของงาน

น้ำยาชุบโครเมียมอย่างแข็ง (Hard chromium Solution)

1. น้ำยาชุบโครเมียมแบบมาตรฐานทั่วๆ ไป

กรดโครมิค 250 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

กรดซัลฟิวริก 2.5 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 2700-3200 แอมแปร์ต่อตารางเมตร

(250 – 300 แอมแปร์ต่อตารางฟุต)

อุณหภูมิ 50 – 52 องศาเซลเซียส

ตัวล่อ ตะกั่ว

2. น้ำยาชุบโครเมียมแบบ Self Regulating High Speed Chromium (S.R.H.S)

กรดโครมิค 100 ส่วนโดยน้ำหนัก

สตรอนเทียมซัลเฟต 3 ส่วนโดยน้ำหนัก

โปตัสเซียมซิลิโคฟลูออไรด์ 8 ส่วนโดยน้ำหนัก

ยูไนเต็ดโครเมียม (United Chromium) จะใช้ส่วนผสมของกรดโครมิคประมาณ 200–500 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อัตราการเคลือบสูงกว่าแบบธรรมดา 50 %

3. น้ำยาชุบโครเมียมอย่างแข็งแบบฟลูออไรด์

กรดโครมิค 250 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

กรดซัลฟิวริก 1.0 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

โปตัสเซียมซิลิโคฟลูออไรด์ 5.0 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

อุณหภูมิ 52 องศาเซลเซียส

ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 2000–5000 แอมแปร์ต่อารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. น้ำยาชุบโครเมียมอย่างแข็งแบบสำเร็จรูป

น้ำยาแบบนี้ผสมตัวยากับน้ำกลั่นก็สามารถชุบได้ทันที

ส่วนผสมของน้ำยา

น้ำยายูนิโครม (Unichrome)	270 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
อุณหภูมิ	49 – 66 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า	3.9 – 93 แอมแปร์ต่อตารางเมตร

ขั้นตอนการชุบโครเมียมอย่างแข็งบนโลหะต่างชนิดกัน

1. แบบชุบหนา (Heavy deposits)

1.1 เหล็กเหนียว (Mild Steel)

1.1.1 ล้างขึ้นงานด้วยผงพัมมิส (Pumice) กับน้ำ หรือล้างด้วยไฟฟ้า

1.1.2 กัดผิวด้วยกรดซัลฟิวริก โดยใช้งานเป็นขั้วบวกกระแสไฟฟ้า 2200 – 2700 แอมแปร์ต่อตารางเมตร (200-250 แอมแปร์ต่อตารางฟุต)

1.1.3 ล้างด้วยน้ำสะอาด

1.1.4 จุ่มชิ้นงานลงบนถังชุบ ใช้กระแสไฟฟ้า 2700 – 3000 แอมแปร์ต่อตารางเมตร (250 – 300 แอมแปร์ต่อตารางฟุต)

1.2 เหล็กแข็ง (Hardened Steel) หมายถึงเหล็กที่ผ่านการชุบให้แข็งมาแล้ว

1.2.1 ล้างขึ้นงานด้วยผงพัมมิสกับน้ำ หรือล้างด้วยไฟฟ้า

1.2.2 กัดผิวด้วยกรดซัลฟิวริก

1.2.3 ล้างด้วยน้ำ

1.2.4 จุ่มชิ้นงานลงถังชุบด้วยกระแสไฟฟ้า 2700 – 3000 แอมแปร์ต่อตารางเมตร

1.3 ทองเหลือง ทองแดง และ บรอนซ์ (Brass, Copper and Bronze)

ไม่จำเป็นต้องกัดผิวใช้ชุบได้เลย หรือถ้าจะกัดผิวเล็กน้อย ใช้กัดผิวด้วยโซเดียม-ไฮดรอกไซด์ 5-10 นาที แล้วล้างน้ำ ก่อนลงถังชุบต้องจุ่มในกรดไฮโดรคลอริก 5% แล้วล้างน้ำอีกครั้งจึงลงชุบได้

2. แบบชุบบาง (Light deposits)

2.1 เหล็กเหนียว (Mild Steel)

2.1.1 ล้างขึ้นงานด้วยไฟฟ้าหรือเช็ดถูด้วยไตรคลอโรเอทิลีน

2.1.2 ล้างน้ำสะอาด

2.1.3 ชุบชิ้นงานกลับขั้ว 15 – 30 วินาที

2.1.4 ชุบปกติด้วยไฟฟ้า 2700 – 3000 แอมแปร์ต่อตารางเมตร (250 – 300 แอมแปร์ต่อตารางฟุต)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เหล็กแข็ง (Hardened Steel)

2.2.1 ขัดถูขึ้นงานด้วยผงพัมมิสกับน้ำ

2.2.2 ล้างน้ำ

2.2.3 กัดผิวสลับขั้วโดยใช้งานเป็นบวก 5 – 10 วินาที

2.2.4 ล้างน้ำ

2.2.5 ชุบทันทีในถังชุบ

2.3 ทองเหลือง ทองแดง และ บรอนซ์ (Brass Copper and Bronze)

2.3.1 เช็ดถูด้วยไตรคลอโรเอทิลีน

2.3.2 ล้างด้วยไฟฟ้า

2.3.3 ล้างน้ำ

2.3.4 ชุบทันทีในถังชุบ

ชุบโครเมียมอย่างแข็งบนเหล็กหล่อ

1. กำจัดไขมันด้วยไตรคลอโรเอทิลีน
2. ล้างด้วยเบส
3. ล้างด้วยน้ำ
4. กัดผิวด้วยกรดซัลฟิวริกโดยใช้ไฟฟ้า 3800 แอมแปร์ต่อตารางเมตร 15 – 20 วินาที
5. ชุบโครเมียมผิวแข็งใช้ไฟฟ้า 3100 – 4650 แอมแปร์ต่อตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้