

# เครื่องเก็บฝุ่นแบบถุงกรองในโรงงานอุตสาหกรรม

## INDUSTRIAL BAG FILTER



ประเสริฐ เลอสรวง

PRASERT LERSUANG

พงษ์พันธ์ ตันติโกญจนาท

PONGPAN TANTIGONJANAT

วิเชียร ศุภสร

WICHEN SUPPASORN

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เลขหมายเอกสารทส่งวนเวสาหรับกรใช้งานเพือการศึษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

เลขทะเบียน 33898 ให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัน, เดือน, ปี 20 ก.ย. 2542

# INDUSTRIAL BAG FILTER



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT THE DEGREE OF  
BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MINGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**1998**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญาโท

หัวข้อปริญญาโท เครื่องกรองฝุ่นแบบถุงกรองในโรงงานอุตสาหกรรม  
INDUSTRIAL BAG FILTER

ชื่อนักศึกษา นาย ประเสริฐ เลอสรวง รหัสประจำตัว 38014276  
นาย พงพันธ์ ตันติโกญจนาน รหัสประจำตัว 38014305  
นาย วิเชียร สุภสร รหัสประจำตัว 38014459

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล  
ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. มงคล มงคลวงศ์โรจน์)

(รศ. ทวี เทศเจริญ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องเก็บฝุ่นแบบถุงกรองในโรงงานอุตสาหกรรม
นักศึกษา	นายประเสริฐ เลอสรวง นายพงพันธ์ ดันติโกญานา นายวิเชียร ศุภสร
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
พ.ศ.	2541
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	รศ.ดร.มงคล มงคลวงศ์โรจน์ รศ.ทวี เทศเจริญ

### บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้อธิบายถึงการออกแบบและพัฒนาเครื่องกรองฝุ่นแบบ Bag filter ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปเพื่อหาขนาดที่เหมาะสมแก่การใช้งานมากที่สุด ในการศึกษาครั้งนี้ได้สร้างแบบจำลองของ Bag Filter ขึ้น แล้วกำหนดตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องกรองซึ่งได้แก่ ความดันสูญเสียที่เกิดขึ้น, พื้นที่ผิวของถุงกรอง, ความหนาแน่นและขนาดอนุภาคของฝุ่น และตัวแปรอื่นๆที่เกี่ยวข้อง ซึ่งตัวแปรเหล่านี้จะถูกพิจารณาตามการทดลองภายใต้การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของอากาศที่ได้กำหนดไว้แล้ว ภายหลังจากการทดลอง จะนำผลการทดลองที่ได้มาคำนวณหาขนาดและรูปร่างที่เหมาะสมเพื่อพัฒนา Industrial Bag Filter ให้มีประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Thesis Title** Industrial Bag Filter  
**Student** Mr.Prasert Lersuang  
Mr.Pongpan Tantigonjanat  
Mr.Wichien Suppasorn  
**Degree** Bachelor of Engineering  
**Programme** Mechanical Engineering  
**Year** 1998  
**Thesis Advisor** Assoc.Prof.Dr.Mongkol Mongkolwongrojn  
Assoc.Prof.Thavee Tescharoen

## ABSTRACT

This thesis described the design and development of Industrial Bag Filter in order to obtain the optimum size. In this study, we install the model for experiment and choose the variables which significantly effect the filter efficiency are pressure drop, filter area, density and size of dust etc. They are investigated experimentally under varying air flow rate.

Mathematical model can be obtained from the experiment data for development of the optimum bag filters.

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	II
สารบัญ .....	III
สารบัญตาราง .....	IV
สารบัญรูป .....	V
บทที่ 1 บทนำ .....	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและการคำนวณ .....	3
2.1 เครื่องเก็บฝุ่นที่นิยมใช้ในปัจจุบัน .....	3
2.2 ลักษณะของเครื่องเก็บฝุ่นแบบถุงกรอง .....	5
2.3 การวิเคราะห์หิมิตี .....	7
2.4 ทฤษฎีที่ใช้ในการทดลอง .....	10
บทที่ 3 การออกแบบและการติดตั้งชุดการทดลอง .....	13
3.1 หลักการทำงานของชุดทดลอง .....	13
3.2 ส่วนประกอบต่างและการออกแบบ .....	14
3.3 การติดตั้งอุปกรณ์ในการทดลอง .....	16
บทที่ 4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง .....	24
4.1 ข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง .....	24
4.2 ลำดับขั้นการทดลอง .....	26
บทที่ 5 ผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการทดลอง .....	30
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง .....	42
กิตติกรรมประกาศ .....	46
เอกสารอ้างอิง .....	47

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ทำถุกรอง .....	5
5.1 แสดงผลการทดลองที่ 1 .....	30
5.2 แสดงผลการทดลองที่ 2 .....	32
5.3 แสดงผลการทดลองที่ 3 .....	34
5.4 แสดงผลการทดลองที่ 4 .....	36
5.5 แสดงผลการทดลองที่ 5 .....	38



# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงชั้นฝุ่นปฐมภูมิที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการกรอง .....	6
2.2 แสดงประสิทธิภาพการเก็บฝุ่นที่เพิ่มขึ้นต่อจำนวนครั้งการกรอง .....	6
2.3 แสดงประสิทธิภาพสะสมที่สัมพันธ์กับความเร็วปรากฏ .....	7
3.1 แสดงการติดตั้งชุดทดลอง .....	13
3.2 แสดงขนาดและมิติของไซโคลน .....	14
3.3 แสดงขนาดและมิติของถุงกรอง .....	15
3.4 แสดงการติดตั้งตัวไซโคลนและท่อทางเข้า-ออก .....	17
3.5 แสดง Damper และ Blower ที่ถูกติดตั้งเข้ากับท่อทางออก .....	18
3.6 แสดงการติดตั้งฝาปิด .....	19
3.7 แสดงส่วนประกอบของโรตารีวาล์ว .....	20
3.8 แสดงการติดตั้งโรตารีวาล์วที่ประกอบเสร็จแล้ว .....	20
3.9 แสดงโคลงของถุงกรองและผ้ากรองที่ใช้ .....	21
3.10 แสดงการติดตั้งถุงกรองบนแผ่นรองรับถุงกรอง .....	22
3.11 แสดงการติดตั้ง Pitot tube ที่ท่อทางออก .....	22
3.12 แสดง Manometer ใช้สำหรับอ่านค่า head .....	23
3.13 แสดงถังใส่ฝุ่นและการติดตั้ง .....	23
4.1 แสดงชนิดและขนาดของฝุ่นที่ใช้ทดลอง .....	25
5.1 แสดงจำนวนครั้งของการกรองที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกรอง .....	31
5.2 แสดงจำนวนครั้งของการกรอง ต่อ pressure drop .....	31
5.3 แสดง Flow rate ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกรอง .....	33
5.4 แสดง Flow rate ต่อ pressure drop .....	33
5.5 แสดงประสิทธิภาพการกรอง ต่อ Flow rate และจำนวนถุงกรอง .....	35
5.6 แสดง pressure drop เนื่องจาก Flow rate และจำนวนถุงกรอง .....	35
5.7 แสดงประสิทธิภาพการกรอง ต่อ ปริมาณฝุ่นที่ใส่ .....	37
5.8 แสดง pressure drop เนื่องจาก ปริมาณฝุ่นที่ใส่ .....	37
5.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกรองกับชนิดและขนาดของอนุภาค .....	39
5.10 แสดงสภาพของถุงกรองเมื่อยังไม่ได้กรองและใช้กรองแล้ว 5,10 ครั้ง .....	39
A แสดงตาข่ายทั้ง 3 ขนาดที่ใช้สำหรับกรองฝุ่น .....	45

# บทที่ 1

## บทนำ

ในปัจจุบันนี้มีมลภาวะต่างๆ ที่เกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรมก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากมาย ในบรรยากาศมีทั้งก๊าซพิษและฝุ่นละอองขนาดต่างๆ กันที่เป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจของมนุษย์และก่อให้เกิดปัญหาทั้งสุขภาพกายและสุขภาพจิตตามมา จึงจำเป็นต้องมีการป้องกันและบำบัดอากาศก่อนปล่อยออกจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยทั่วไปแล้ววิธีการบำบัดอากาศที่มีฝุ่นปะปนอยู่นั้นจะใช้เครื่องกรองฝุ่นแบบต่างๆ ซึ่งมีขีดความสามารถในการบำบัดแตกต่างกันออกไป

เครื่องกรองฝุ่นหรือเครื่องเก็บฝุ่นที่ใช้กันโดยทั่วไปได้แก่ เครื่องเก็บฝุ่นแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง, เครื่องเก็บฝุ่นแบบใช้แรงโน้มถ่วง, เครื่องเก็บฝุ่นแบบสกรับเบอร์, เครื่องเก็บฝุ่นแบบดงกรอง, เครื่องเก็บฝุ่นแบบใช้ไฟฟ้า และอื่นๆ ในที่นี้จะเลือกศึกษาเครื่องกรองฝุ่นแบบดงกรอง หรือ Bag Filter เนื่องจากมีความสามารถในการเก็บอนุภาคขนาดเล็กมากๆ ได้ดี และมีประสิทธิภาพสูง การออกแบบอุปกรณ์การทดลองที่ใช้ได้นำแบบมาจากเครื่องกรองที่ใช้งานจริงเป็นต้นแบบ และดัดแปลงให้สามารถเปลี่ยนค่าตัวแปรต่างๆ ได้ตามที่ต้องการศึกษา

การศึกษาสมรรถนะของเครื่องกรองมีเกณฑ์การตัดสินอย่างน้อย 3 ค่าคือ ค่าความดันสูญเสีย (Pressure drop), ประสิทธิภาพในการเก็บ (Efficiency) และ อายุการใช้งาน (Lifetime) ซึ่งค่าความดันสูญเสียจะแสดงในหน่วยของมิลลิเมตรของน้ำ ( $\text{mmH}_2\text{O}$ ) การทราบค่าความดันสูญเสียจะทำให้สามารถเลือกกำลังม้าของ Blower หรือ Fan ที่เหมาะสมได้ ส่วนประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการประเมินสมรรถนะของเครื่องกรองจะแสดงในรูปของเปอร์เซ็นต์ระหว่างมวลของฝุ่นที่เครื่องกรองกรองได้ กับมวลของฝุ่นที่ผ่านเข้าสู่เครื่องกรอง ส่วนอายุการใช้งานจะมีความสำคัญในแง่เศรษฐศาสตร์ ถ้าหากอายุการใช้งานไม่ยาวนานแล้วก็จะไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน และค่าใช้จ่ายสำหรับการบำรุงรักษาในระยะยาวอีกด้วย

วัสดุที่เหมาะสมนำมาใช้ทำดงกรองจะทำมาจากเส้นใยประเภทต่างๆ ซึ่งมีทั้งเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์โดยมีคุณสมบัติต่างๆ กัน การเลือกใช้วัสดุกรองจะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติในการเก็บอนุภาค, ค่าใช้จ่ายและการดูแลรักษา ซึ่งจะกล่าวต่อไปในหัวข้อการออกแบบ

ในการทดลองนี้เราจะควบคุมตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพ ได้แก่

- อัตราการไหลของฝุ่นที่เข้าเครื่องกรอง (Q)
- พื้นที่ผิวของการกรอง (A)

- ปริมาณฝุ่น (m)

- ชนิดและขนาดอนุภาคของฝุ่นที่ใช้ทดลอง

เอกสารนี้เป็นไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ทำการรับประกันสิ่งใด และผู้เขียนไม่รับผิดชอบต่อความเสียหายและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดประสงค์ของการทดลองคือศึกษาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นและต่อความดันสูญเสียที่เกิดขึ้น โดยนำผลการทดลองที่ได้มาทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลเพื่อหาข้อสรุปเพื่อการใช้งาน Bag filter ให้มีประสิทธิภาพสูงสุดและใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำที่สุดต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ทฤษฎีและการคำนวณ

### 2.1 เกือบฝุ่นที่นิยมใช้ในปัจจุบัน

1. เครื่องเกือบฝุ่นแบบแรงโน้มถ่วง (Gravitational dust collector) เป็นอุปกรณ์สำหรับแยกและเกือบอนุภาคฝุ่น โดยอาศัยการตกตัวอย่างธรรมชาติของอนุภาคเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ถ้าความเร็วของอากาศซึ่งเข้าก็จะสามารถเกือบอนุภาคที่มีขนาดละเอียดขึ้นได้ โดยทั่วไปความเร็วของอากาศที่ใช้จะเป็น 1 – 2 m/sec. ขนาดของอนุภาคที่จับได้ในทางปฏิบัติจะต่ำกว่า 10 ไมครอน และมีความดันสูญเสียของเครื่องประมาณ 5 – 10 mmH<sub>2</sub>O.

2. เครื่องเกือบฝุ่นแบบแรงเฉื่อย (Inertial dust collector) ในเครื่องเกือบฝุ่นแบบนี้จะมีแผ่นกั้น (baffle plate) ติดตั้งอยู่ มีหลักการการทำงานคือ เมื่อกระแสก๊าซเกิดการเปลี่ยนทิศทางการไหลอย่างกระทันหัน อนุภาคที่มีความเฉื่อยมากจะไม่สามารถเปลี่ยนเส้นโคจรตามเส้นการไหลของก๊าซได้ทันและตกลงสู่ด้านล่างของเครื่องเกือบฝุ่น ขนาดอนุภาคที่เล็กที่สุดที่จับอนุภาคได้คือ 20 - 30 ไมครอน และมีความดันสูญเสียสูงสุดประมาณ 100 mmH<sub>2</sub>O จึงมักใช้เครื่องกรองชนิดนี้เป็นเครื่องปฐมภูมิสำหรับกำจัดอนุภาคหยาบออกก่อนหน้า

3. เครื่องเกือบฝุ่นแบบแรงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal dust collector) ใช้แรงหนีศูนย์กลางเป็นกลไกหลักในการเกือบอนุภาค โดยอากาศสกปรกจะถูกทำให้เกิดการไหลหมุนวนในเครื่องเกือบฝุ่นแบบแรงหนีศูนย์กลาง เพื่อแยกอนุภาคออกจากกระแสก๊าซโดยอาศัยแรงหนีศูนย์กลางที่กระทำต่ออนุภาคที่มีความเฉื่อยและโมเมนตัม เครื่องเกือบฝุ่นแบบแรงหนีศูนย์กลางสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ แบบไซโคลน (Cyclone type) และแบบหมุน (Rotary type) โดยทั่วไปจะนิยมใช้แบบไซโคลน

ลักษณะการไหลของอากาศใน Cyclone ทั่วไปมีทั้งการไหลแบบวอร์เท็กซ์ (vortex) และการไหลวนธรรมดา (eddy flow) การเคลื่อนที่แบบ vortex เป็นการเคลื่อนที่ขึ้นลงของอากาศในแนวเส้นรอบวง ซึ่งเป็นกลไกที่สำคัญในการเกือบฝุ่น

ทิศทางการไหลเข้าของอากาศมีทั้งไหลเข้าในแนวสัมผัสและไหลเข้าในแนวแกน

Cyclone มีโครงสร้างที่ง่ายและมีราคาถูก สามารถจับอนุภาคได้ดีเมื่อขนาดอนุภาคมีค่ามากขึ้น นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมในฐานะเครื่องเกือบฝุ่นตัวเดียว หรือในฐานะเครื่องเกือบฝุ่นด่านหน้าของตุกรองหรือเครื่องตกตะกอนแข็งไฟฟ้าสถิตย์

จนถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เครื่องเก็บฝุ่นแบบสครับเบอร์แบบเปียก (Liquid scrubbing) เป็นการกำจัดมลสารทั้งในสถานะก๊าซ ไอและอนุภาค ออกจากก๊าซทั้งโดยอาศัยหยดของเหลว หรือฟิล์มของเหลว การทำงานจะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ การเก็บมลสารด้วยของเหลวที่ใช้สครับ และการแยกของเหลวที่ใช้สครับ ออกจากกระแสก๊าซ เนื่องจากใช้ของเหลวเป็นตัวกลางในการเก็บมลสาร จึงสามารถใช้น้ำบัคก๊าซทิ้งที่อุณหภูมิสูงได้

กลไกที่มีบทบาทในการจับอนุภาคในเครื่องสครับเบอร์มีตั้งแต่ การกระทบด้วยแรงเฉื่อย (impact by inertia), การสกัดกั้น (interception), การแพร่ (diffusion) และแรงไฟฟ้าสถิต ส่วนกลไกของการถ่ายเทมวลระหว่างมลสารก๊าซและของเหลวก็คือ การแพร่ของมลสารก๊าซจากที่ที่มีความเข้มข้นสูง ไปยังที่ที่มีความเข้มข้นต่ำ มลสารก๊าซที่แพร่ไปถึงหยดหรือฟิล์มของของเหลว จะถูกดูดกลืนเชิงเคมีโดยของเหลวอย่างรวดเร็ว ถ้าเลือกใช้ของเหลวอย่างเหมาะสมกับมลสารก๊าซที่ต้องการกำจัด ดังนั้นกลไกของการแพร่จึงเป็นปัจจัยที่สำคัญที่กำหนดประสิทธิภาพในการกำจัดมลสารก๊าซในเครื่องสครับเบอร์

โดยทั่วไปค่าความดันสูญเสียที่เกิดขึ้นในเครื่องสครับเบอร์มีค่าสูงกว่าเครื่องกรองชนิดอื่นๆ ความเข้มข้นของฝุ่นในอากาศที่เข้าเครื่องเก็บฝุ่นชนิดนี้ควรมีค่าไม่เกิน  $10 \text{ g/Nm}^3$

5. เครื่องเก็บฝุ่นแบบถุงกรอง (Bag filter) การกรองเป็นวิธีกำจัดสารอนุภาคออกจากก๊าซที่มีประสิทธิภาพ ความไวใจได้ และความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจสูงวิธีหนึ่ง นอกจากนี้การกรองยังเป็นวิธีหนึ่งในจำนวนเพียงไม่กี่วิธีที่สามารถบรรลุมาตรฐานปล่อยออกของสารอนุภาคในงานควบคุมมลภาวะอากาศในอุตสาหกรรมอีกด้วย เครื่องกรองยังสามารถแบ่งออกได้เป็นสองประเภทใหญ่ๆ คือ

ก. เครื่องกรองแบบผ้า (fabric or cloth filters)

ข. เครื่องกรองแบบเนื้อลึกหรือชั้น (in-depth or bed filters)

ตัวแทนที่พบเห็นทั่วไปของเครื่องกรองแบบแรกคือ ถุงกรอง (bag filters) หรือบ้านถุงกรอง (bag house) โดยทั่วไปจะใช้น้ำบัคก๊าซ หรืออากาศสกปรกที่มีความเข้มข้นของฝุ่นในย่าน  $1 \text{ g/m}^3$  ส่วนตัวแทนของเครื่องกรองแบบที่สองคือ ชั้นเส้นใย กระดาษกรอง และในบางครั้งใช้ชั้นหนาของก้อนวัสดุ โดยทั่วไปจะใช้กับความเข้มข้นของอนุภาคที่มีค่าน้อยกว่าเป็นหลายร้อยหรือพันเท่า คือในย่าน  $1 \text{ mg/m}^3$

ตัวกลางที่ใช้กรองก๊าซจะทำจากเส้นใย สารรวมก้อนหรือเนื้อพูน ผ้าทอ สักหลาด ชั้นใย ร่วน และกระดาษ ล้วนทำมาจากเส้นใยทั้งสิ้น ชั้นอัดวัสดุแน่นทำจากการอัดเศษ หรือชั้นเล็กๆ จำนวนมาก เพื่อกรองก๊าซขอมฝุ่นที่ไหลผ่านเพื่อ ชั้นอัดวัสดุจะมีโครงสร้างแข็งแรง ซึ่งภายในมีทางทะลุผ่านจำนวนมาก วัสดุกรองมีทั้งที่หาได้จากธรรมชาติ และสังเคราะห์ขึ้น

## 2.2 ลักษณะของเครื่องเก็บฝุ่นแบบถุงกรอง (Bag Filter)

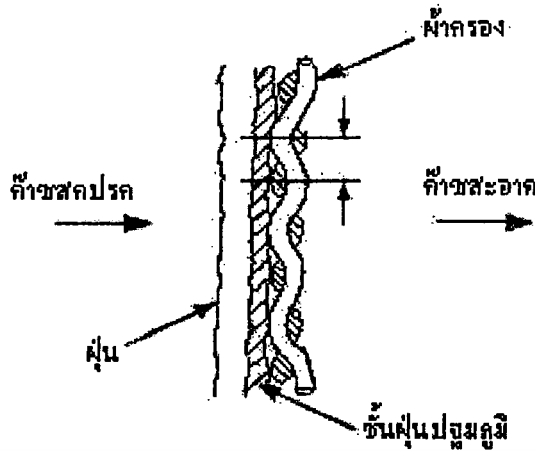
เครื่องเก็บฝุ่นแบบถุงกรอง (Bag Filter) ประกอบด้วยถุงกรองจำนวนมากติดตั้งอยู่ภายในตัวถังของเครื่อง โดยถุงกรองเหล่านี้ทำหน้าที่กั้นไม่ให้อนุภาคของฝุ่นผ่านไปได้ การเลือกใช้วัสดุที่ใช้ทำถุงกรองสามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 1

ตารางที่ 1.1 แสดงคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ทำถุงกรอง

ประเภทของวัสดุ	ลักษณะสมบัติ				คุณสมบัติจุดกลืนความร้อน	อัตราส่วนของราคา
	อุณหภูมิใช้งานสูงสุด (C)	ความทนกรด	ความทนด่าง	ความแข็งแรง		
ฝ้าย	80	เลว	พอใช้	1	8	1
ขนแกะ	80	พอใช้	เลว	0.4	1.6	6
Polyvinyl chloride fiber (Teviron)	95	ดี	ดี	1	0.04	2.2
Polyamide (Nylon)	110	พอใช้	ดี	2.5	4	4.2
Polyvinylidene alcohol fiber	100	ดี	ดี	1.5	5	1.5
Polyacrylonitrile fiber (Orlon)	150	ดี	ดี	1.6	0.4	6
Polyester fiber (Nylon)	150	ดี	เลว	1.6	0.4	6.5
เส้นใยแก้ว	250	ดี	เลว	1	0	7

การเลือกใช้วัสดุกรองสำหรับงานกรองแต่ละงาน ต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่าย และลักษณะสมบัติในการเก็บอนุภาค วัสดุที่นิยมกันมากที่สุดคือ ฝ้ายทอโพลีเอสเตอร์ หรือผ้าแก้วสำหรับเครื่องกรองแบบผ้า และเส้นใยสังเคราะห์หรือเส้นใยแก้วสำหรับเครื่องกรองแบบแผง

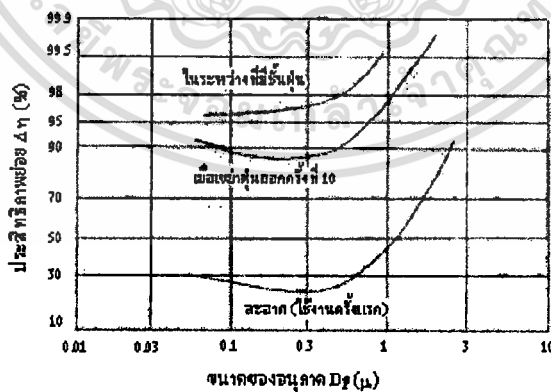
กลไกในการกรองฝุ่นแสดงดังรูปที่ 1. ชั้นฝุ่นที่เกาะบริเวณผ้ากรองในชั้นแรกจะช่วยทำหน้าที่เป็นชั้นกรองที่มีความพรุนสูงและสามารถจับอนุภาคได้ดีมาก ซึ่งในปัจจุบันจะนิยมใช้ผ้าทอใยสังเคราะห์ขนาดเมช (mesh) 10 ไมครอน



รูปที่ 1.1 แสดงชั้นฝุ่นปฐมภูมิที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการกรอง

ในระหว่างที่ผ้ากรองยังสะอาดอยู่ อนุภาคของฝุ่นจะหนีทะลุตาข่ายผ้าได้ง่ายทำให้ประสิทธิภาพในช่วงนี้ค่อนข้างต่ำ ซึ่งในการปฏิบัติงานจริงแล้ว การกรองที่มีประสิทธิภาพจะเกิดขึ้นเมื่อมีฝุ่นมาเกาะบนผ้ากรองอยู่ในปริมาณพอสมควร ทำให้มีประสิทธิภาพมากกว่า 90 % เมื่อผ้ายังสะอาด อนุภาคฝุ่นจะเริ่มมาเกาะอยู่บนใยผ้า และจำนวนฝุ่นก็จะมากขึ้นเรื่อยๆ จนกลายเป็นสะพานฝุ่นเชื่อมต่อกันระหว่างใยผ้า ชั้นฝุ่นที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า ชั้นฝุ่นปฐมภูมิ หรือ ชั้นฝุ่นแรกเริ่ม

ชั้นฝุ่นนี้มีรูเล็กจับซ่อนจำนวนมาก และช่วยเพิ่มความพรุนในการกรองของผ้ากรองให้มากขึ้นไปอีก จาก 30-40% ไปเป็น 85-90% ดังนั้นจึงทำให้ประสิทธิภาพในการกรองเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.

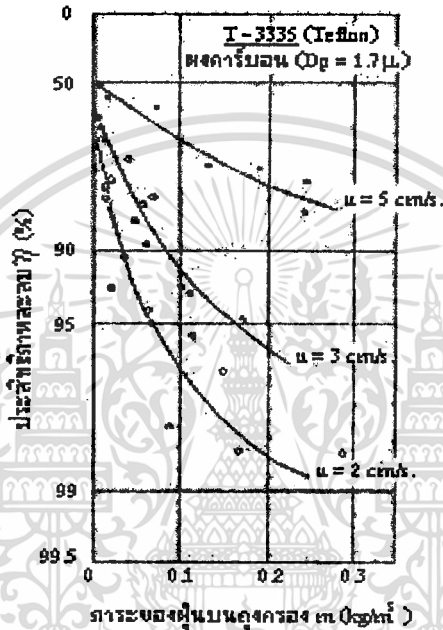


รูปที่ 1.2 แสดงถึงประสิทธิภาพของการเก็บฝุ่นที่เพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนครั้งการกรองมากขึ้น

จากการเดินเครื่องเป็นระยะเวลานานๆ จะมีปริมาณฝุ่นที่เกาะอยู่บนผ้ากรองสะสมมากขึ้นเรื่อยๆ จึงกำหนดให้ปริมาณฝุ่นที่กรองได้ต่อพื้นที่หนึ่งหน่วยของผ้ากรองเป็น ภาระของฝุ่น (dust load) ซึ่งมีหน่วยเป็น  $g/cm^2$  หรือ  $kg/m^2$  โดยที่ค่าภาระของฝุ่นนี้จะเพิ่มขึ้นตามเวลาในการเดินเครื่องใช้

และจะทำให้ค่าความดันสูญเสียเพิ่มขึ้นอีกด้วย ดังนั้นจึงต้องมีการเขย่าฝุ่นที่เกาะอยู่ตามดงกรองออกมาด้วยทุกครั้ง ซึ่งโดยปกติแล้วจะใช้ลมพ่นผ่านดงกรอง ให้ฝุ่นหลุดออกหรือใช้เครื่องสั่นสำหรับเขย่าฝุ่นออก แต่เนื่องจากวิธีที่กล่าวมานี้ทำให้ค่าใช้จ่ายเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นในการทดลองนี้จึงใช้วิธีเปิดฝาด้านข้างของของ Cyclone เพื่อเคาะหรือเขย่าฝุ่นออกแทน

นอกจากนี้ความเร็วของอากาศก็มีผลกระทบต่อการกรองด้วย รูปที่ 3. แสดงการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพสะสม (cumulative efficiency) ของดงกรองที่เพิ่มขึ้น เมื่อความเร็วน้อยลง



รูปที่ 1.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพสะสมที่สัมพันธ์กับความเร็วปรากฏของการกรอง

## 2.3 การวิเคราะห์มิติ (Dimensional analysis)

### 2.3.1. ทฤษฎีของ Buckingham

ทฤษฎี  $\pi$  ของ Buckingham กล่าวไว้ว่า ในปัญหาทางกายภาพที่มีตัวแปร  $n$  ตัวจะสามารถรวมตัวแปรเข้าเป็นกลุ่มตัวแปรไร้มิติจำนวน  $n-m$  กลุ่ม โดย  $m$  คือ จำนวนน้อยที่สุดของมิติพื้นฐานอิสระที่ใช้กำหนดมิติของตัวแปรทั้งหมดเขียนในรูปสมการเป็นดังนี้

$$g_1 = f(g_2, g_3, g_4, \dots, g_n)$$

โดย  $g_1$  คือ “ตัวแปรหลัก” ของปัญหาซึ่งมีค่าขึ้นกับ “ตัวแปรอิสระ” ( $g_2, g_3, \dots, g_n$ ) และเมื่อจัดเป็นกลุ่มตัวแปรไร้มิติ หรือทอม  $\pi$  แล้วจะได้

$$G(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_{n-m}) = 0$$

เอกสารนี้หรือเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ  $\pi_1 = G_1(\pi_2, \pi_3, \dots, \pi_{n-m})$  เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## มิติของหน่วย (Units dimension)

ในการวิเคราะห์มิติเราจำเป็นต้องทราบถึงมิติของหน่วยของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับปัญหา มิติของหน่วยสามารถจัดกลุ่มได้ตามระบบ แรง ความยาว และเวลา (F, L, T) หรือระบบมวล ความยาว และเวลา (M, L, T) ซึ่งระบบทั้ง 2 นี้สามารถเปลี่ยนกลับกันได้ตามความสัมพันธ์  $F=MLT^{-2}$

### ขั้นตอนการหากลุ่มตัวแปรไร้มิติ (เทอม $\pi$ )

1. กำหนดตัวแปรต่าง ๆ ในปัญหา (สมมติให้มี  $n$  ตัว)
2. เลือกกลุ่มของมิติพื้นฐานอิสระคือ MLT หรือ FLT ที่จะใช้กำหนดมิติของตัวแปรต่าง ๆ
3. เขียนมิติของตัวแปรต่าง ๆ ในขั้น 1 ให้อยู่ในกลุ่มของมิติพื้นฐานอิสระที่เลือกใช้ในขั้นที่ 2 (สมมติให้มีจำนวนมิติพื้นฐานอิสระที่ปรากฏเท่ากับ  $r$ )
4. เลือกตัวแปรอิสระมาจำนวน  $r$  ตัว เพื่อใช้เป็นตัวแปรซ้ำ โดยตัวแปรซ้ำจะต้องไม่มีมิติสุทธิที่เหมือนกัน
5. เขียนเทอม  $\pi$  จำนวน  $n-r$  เทอม โดยแต่ละเทอม  $\pi$  จะประกอบด้วยตัวแปรซ้ำยกกำลังที่ไม่ทราบค่าคูณกับตัวแปรอื่นหนึ่งตัว เมื่อแก้สมการของเลขยกกำลังของแต่ละเทอม  $\pi$  ก็จะได้ เทอม  $\pi$  จำนวน  $n-r$  เทอม
6. ตรวจสอบมิติของเทอม  $\pi$  ที่ได้โดยใช้กลุ่มของมิติพื้นฐานอิสระที่ไม่ได้เลือกใช้

### 2.3.2 การวิเคราะห์ตัวแปรไร้มิติ

Factor ที่มีผลต่อน้ำหนักของฝุ่นที่เก็บได้ ( $W$ ) ของ Bag filter โดยกำหนดให้

1. ความเร็วปรากฏที่ถุงกรอง ;  $V_f$
2. Pressure drop ระหว่างถุงกรอง ;  $\Delta P$
3. พื้นที่ผิวในการกรอง ;  $A$
4. ความหนาแน่นของฝุ่น ;  $\rho$
5. ปริมาณของฝุ่นที่ไต่เข้าไป ( $W_{in}$ )

$$\text{ให้ } W = f(V_f, \Delta P, A, \rho, W_{in})$$

ขั้นตอนในการหากลุ่มตัวแปรไร้มิติ

1.  $W, V_f, \Delta P, A, \rho, W_{in}; n = 6$
2. เลือกกลุ่มของมิติฐานอิสระ M, L และ t

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด  $M$  ทั้ง  $\frac{L}{t}$  อีก  $\frac{M}{Lt^2}$   $L^2$   $\frac{M}{L^3}$   $L$ ;  $r = \text{primary dimension}$

4. เลือกตัวแปรซ้ำจำนวน  $r=3$  ตัว  $V_f, A, \rho$   
 5. ในที่นี้  $m=r$  จะได้เทอม  $\pi$  จำนวน  $n-m = 6-3 = 3$  เทอม

คือ

$$\pi_1 = V_f^a A^b \rho^c W$$

$$\pi_2 = V_f^d A^e \rho^f \Delta P$$

$$\pi_3 = V_f^g A^h \rho^i W_{in}$$

$$\pi_1 = \left(\frac{L}{t}\right)^a (L^2)^b \left(\frac{M}{L^3}\right)^c M$$

$$M; c+1=0$$

$$L; a+2b-3c=0$$

$$t; -a=0$$

จะได้  $a=0, b=-\frac{3}{2}, c=-1$

$$\therefore \pi_1 = W A^{-\frac{3}{2}} \rho^{-1} = \frac{W}{A^{1/2} \rho}$$

$$\pi_2 = \left(\frac{L}{t}\right)^d (L^2)^e \left(\frac{M}{L^3}\right)^f \left(\frac{M}{Lt^2}\right)$$

$$M; f+1=0$$

$$L; d+2e-3f-1=0$$

$$t; -d-2=0$$

จะได้  $d=-2, e=0, f=-1$

$$\therefore \pi_2 = V_f^{-2} \rho^{-1} \Delta P = \frac{\Delta P}{V_f^2 \rho}$$

$$\pi_3 = \left(\frac{L}{t}\right)^g (L^2)^h \left(\frac{M}{L^3}\right)^i (L)$$

$$M; i=0$$

$$L; g+2h-3i+1=0$$

$$t; -g=0$$

จะได้  $g=0, h=-\frac{1}{2}, i=0$

$$\therefore \pi_3 = A^{-\frac{1}{2}} W_{in} = \frac{W_{in}}{A^{\frac{1}{2}}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Check โดยการใส่ F, L, t dimensions

$$\pi_1 = \frac{W}{A^{3/2} \rho} = \left( \frac{Ft^2}{L} \right) \left( \frac{1}{L^2} \right)^{3/2} \left( \frac{L^{\Delta}}{Ft^2} \right) = 1$$

$$\pi_2 = \frac{\Delta P}{V_f^2 \rho} = \left( \frac{F}{L^2} \right) \left( \frac{t}{L} \right)^2 \left( \frac{L^{\Delta}}{Ft^2} \right) = 1$$

$$\pi_3 = \frac{W_{in}}{A^{1/2}} = (L) \left( \frac{1}{L^2} \right)^{1/2} = 1$$

ดังนั้น functional relationship คือ

$$\pi_1 = f(\pi_2, \pi_3)$$

$$\frac{W}{\rho A^{3/2}} = f \left( \frac{\Delta P}{V_f^2 \rho}, \frac{W_{in}}{A^{1/2}} \right)$$

## 2.4 ทฤษฎีที่ใช้ในการทดลอง

### 2.4.1. สมการหาความเร็วปรากฏของการกรอง (Apparent filtering velocity)

$$V_f = (Q/A) * 100 \quad (1)$$

เมื่อ  $V_f$  คือ ความเร็วปรากฏของการกรอง (cm/s)

$Q$  คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ ( $m^3/s$ )

$A$  คือ พื้นที่ผิวของการกรอง ( $m^2$ )

### 2.4.2 สมการที่ใช้กับ Pitot tube

$$P_T - P_S = \rho V^2 / 2g \quad (2)$$

เมื่อ  $P_T$  คือ ความดันรวมที่อ่านได้จาก manometer ( $mmH_2O$ )

$P_S$  คือ ความดันสถิตย์ที่อ่านค่าได้จาก manometer ( $mmH_2O$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในห้องปฏิบัติการเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในห้องปฏิบัติการเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้าม V คือ ความเร็วของอากาศที่ท่อทางออก ( $m/s$ ) เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$g_c$  คือ ค่าคงที่ =  $9.8 \text{ (kg.m/ kg}_r\text{.s}^2)$

### 2.4.3. สมการความดันสูญเสียของอุ้งกรอง (Pressure Drop)

$$\Delta P = \Delta P_f + \Delta P_d$$

$$\Delta P = (\xi + m * \alpha) \mu * V / g_c \quad (3)$$

เมื่อ  $\Delta P$  คือ ความดันสูญเสียรวม ( $\text{mmH}_2\text{O}$ )

$\Delta P_f$  คือ ความดันสูญเสียเนื่องจากฝ้ากรอง ( $\text{mmH}_2\text{O}$ )

$\Delta P_d$  คือ ความดันสูญเสียเนื่องจากชั้นฝุ่น ( $\text{mmH}_2\text{O}$ )

$\xi$  คือ สัมประสิทธิ์การต้านทานการไหลของฝ้ากรอง ( $\text{m}^{-1}$ )

$m$  คือ ภาระของฝุ่นบนฝ้ากรอง ( $\text{kg/m}^2$ )

$\alpha$  คือ ความต้านทานจำเพาะของชั้นฝุ่น ( $\text{m/kg}$ )

$\mu$  คือ ค่าความหนืดของอากาศ ( $\text{kg/m.s}$ )

$V$  คือ ความเร็วปรากฏของการกรอง ( $\text{m/s}$ )

$g_c$  คือ ค่าคงที่ =  $9.8 \text{ (kg.m/ kg}_r\text{.s}^2)$

การหาค่า  $\Delta P$  เป็นสิ่งที่สำคัญมากเนื่องจากเป็นเกณฑ์การตัดสินใจสมรรถนะของเครื่องกรองอย่างหนึ่ง เพราะทำให้ทราบกำลังของ Blower ที่ต้องใช้ และค่าใช้จ่ายทางด้านไฟฟ้า โดยทั่วไปค่า  $\Delta P$  ที่คำนวณได้ไม่ควรมากกว่า  $200 \text{ mmH}_2\text{O}$

ค่าคงที่ที่จำเป็นต้องรู้คือ ภาระของฝุ่นกรอง  $m = 0.1 - 0.3 \text{ kg/m}^2$ , ความต้านทานจำเพาะของชั้นฝุ่น  $\alpha$  มีค่าในหน่วย  $10^{10} \text{ m/kg}$  และความดันสูญเสียเนื่องจากฝ้ากรองจะมีค่าน้อยกว่าความดันสูญเสียเนื่องจากชั้นฝุ่นมาก ( $\xi \ll m * \alpha$ )

### 2.4.4. สมการหาเวลาในวัฏจักรของการเขย่าฝุ่นออก

$$t = m / (C * V) \quad (4)$$

เมื่อ  $t$  คือ เวลาที่ต้องหยุดทำการกรองเพื่อเขย่าฝุ่นออกจากอุ้งกรอง ( $\text{min}$ )

$m$  คือ ภาระของฝุ่นบนฝ้ากรอง ( $\text{min}$ )

$C$  คือ ความเข้มข้นของฝุ่นในอากาศ ( $\text{kg/m}^3$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ที่  $C$  คือ ค่าคงที่ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V คือ ความเร็วปรากฏของการกรอง (m/min)

#### 2.4.5.สมการหาประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่น

$$\eta = (W_0/W_i) * 100 \quad (5)$$

เมื่อ  $\eta$  คือ ประสิทธิภาพของการเก็บฝุ่น

$W_0$  คือ ปริมาณฝุ่นที่เก็บได้ (g)

$W_i$  คือ ปริมาณฝุ่นที่ใส่เข้าไป (g)



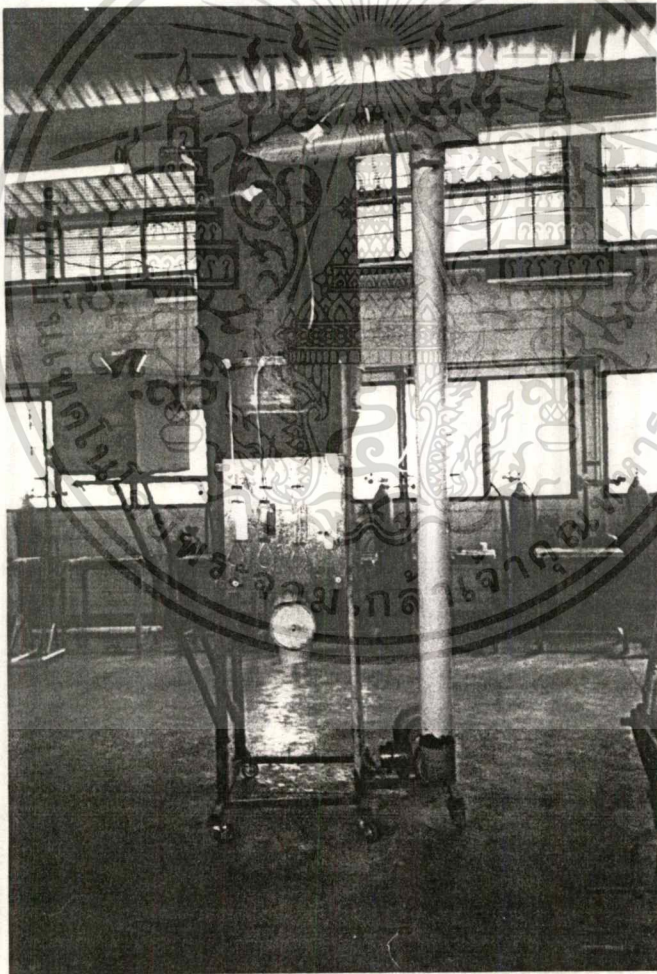
## บทที่ 3

### การออกแบบชุดทดลอง

#### 3.1 หลักการทำงาน

การทำงานของเครื่องกรองแบบลูกกรองแสดงดังรูปที่ 4. โดยอาศัยแรงดูดอากาศของ Blower ที่ปลายท่อทางออกของ Housing ทำให้อากาศที่มีฝุ่นปะปนอยู่ไหลออกมาจากถังใส่ฝุ่น แล้วผ่านเข้าไปยังตัว Cyclone กระบวนการกรองฝุ่นภายใน Cyclone จะแยกฝุ่นให้ตกลงทางด้านล่างของ Cyclone และถูกเก็บอยู่ใน Rotary Valve

เมื่อการทดลองเสร็จสิ้นลงจึงหมุน Rotary Valve เพื่อให้ฝุ่นตกลงสู่ถุงเก็บฝุ่น



รูปที่ 3.1 แสดงการติดตั้งชุดทดลอง

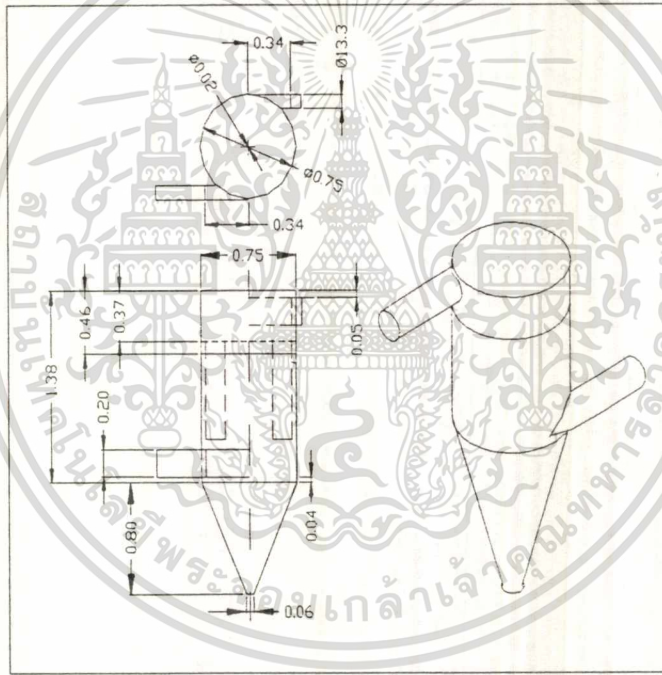
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ท่อทางดูดและท่อทางออกจะมี manometer ติดตั้งอยู่เพื่อวัดค่า Pressure drop ที่เกิดขึ้น ส่วน pitot tube ติดตั้งไว้ที่ท่อทางออกเพื่อวัดค่า velocity head ที่เกิดขึ้น

อัตราการไหลของอากาศสามารถปรับได้โดยการปรับ damper ที่ติดตั้งอยู่ที่ท่อทางออก บริเวณด้านหน้าของ Blower

### 3.2 ส่วนประกอบต่างๆ และการออกแบบ

3.2.1. CYCLONE หน้าที่หลักของ Cyclone คือ เป็นทางผ่านของฝุ่นและอากาศโดยมีท่อลมเข้าและออกติดตั้งอยู่ในตำแหน่งดังรูป ภายใน Cyclone จะมีแผ่นสำหรับติดตั้งชุดดงกรอง ที่ตัวของ Cyclone จะมีช่องสี่เหลี่ยมเจาะไว้เพื่อให้ตะไคร่ฝุ่นได้สะดวก ขนาดและมิติของ Cyclone แสดงดังรูป

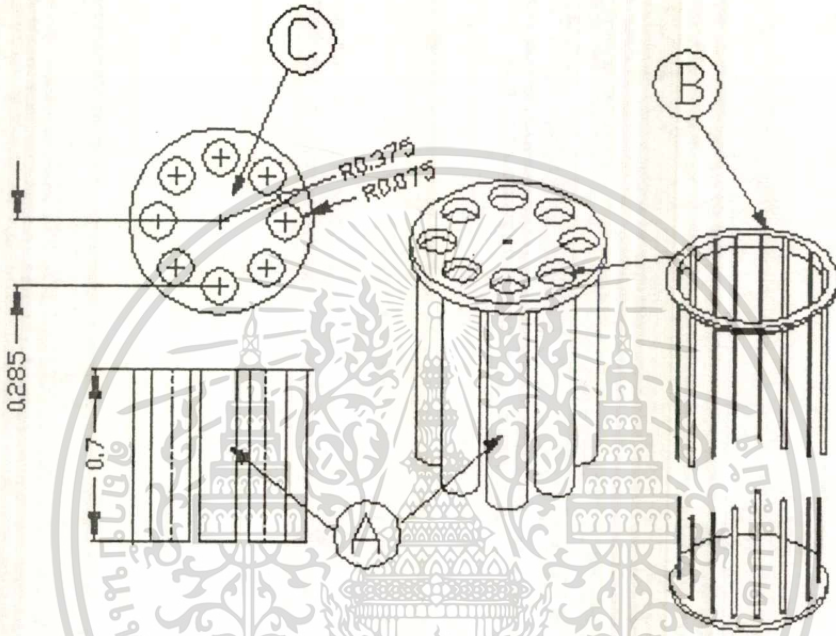


รูปที่ 3.2 แสดงขนาดและมิติของ Cyclone

ขนาดของ Cyclone ได้มาจากการย่อส่วนจากขนาดจริงที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม โดยทั่วไปแล้ว Cyclone มีคุณสมบัติที่สำคัญคือ แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (centrifugal force) ที่เกิดขึ้นกับอนุภาคภายใน Cyclone จะสัมพันธ์กับความเร็วที่ทางเข้าของอากาศ และตำแหน่งในการติดตั้งท่อทางเข้า แต่สำหรับการออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ จะใช้ประโยชน์จากแรง

เหรียญที่เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เนื่องจากเรากำหนดให้ความเร็วที่ท่อทางเข้ามีค่าต่ำคือ น้อยกว่า 10 m/s มากๆ

3.2.2 การออกแบบถุงกรอง (BAG FILTER) การเลือกใช้วัสดุที่ใช้ทำถุงกรองสามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 1 ในที่นี้เราจึงเลือกใช้วัสดุประเภท Polyester ester ซึ่งมีคุณสมบัติที่เหมาะสมแก่การทดลองและและเป็นที่ยอมรับใช้กันทั่วไป



รูปที่ 3.3 แสดงขนาดและมิติของถุงกรอง

โดย (A) คือ ถุงกรอง ที่มีขนาด 0.7 m, (B) คือ โครงสำหรับสวมถุงกรอง และ (C) คือ แผ่นยึด โครงของถุงกรอง

การหาขนาดและจำนวนถุงกรองที่ใช้ในการทดลอง

เมื่อ  $V$  = ความเร็วปรากฏในการกรอง (cm/s) ซึ่งโดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 0.3 - 10 cm/s และในการทดลองนี้ได้กำหนด ให้เป็น 2.7 cm/s

$Q$  = อัตราการไหลของอากาศ ( $m^3/s$ ) โดยเลือกใช้  $Q = 2.13 (m^3/min)$

แทนค่าในสมการที่(1)จะได้  $A = 1.315 m^2$

คำนวณพื้นที่ผิวของถุงกรองรูปทรงกระบอก

$$A = n\pi DL$$

เมื่อ  $n$  = จำนวนถุงกรองที่น้อยที่สุดที่ใช้ทดลองคือ 4 ถุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

$D$  = เส้นผ่านศูนย์กลางของถุงกรอง กำหนดให้  $D = 0.15 m$ .

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$L$  = ความยาวของถุงกรอง

จะได้

$$L = 0.7 \text{ m.}$$

ดังนั้นในการทดลองนี้จะต้องทำถุงกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.15 m. ยาว 0.7 m. จำนวนทั้งสิ้น 8 ถุง และเนื่องจากเราได้เลือกที่จะศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ผิวของการกรอง ดังนั้นในการทดลองเราจะใช้การเปลี่ยนจำนวนถุงกรองเป็น 4, 6 และ 8 ถุงตามลำดับ

**3.2.3. BLOWER** ทำหน้าที่ดูดอากาศให้ไหลผ่านชุดทดลองตามค่าอัตราการไหลที่กำหนด โดยเลือกใช้ Blower ที่มีอัตราการดูดอากาศอย่างน้อย  $2.4 \text{ m}^3/\text{s}$  และมีค่าความดันสูญเสียมากกว่า  $250 \text{ mmH}_2\text{O}$

**3.2.4. ท่อทางเข้า,ท่อทางออก** จากมาตรฐานการออกแบบ air duct เพื่อป้องกันการเกิดเสียงดังความเร็วที่เกิดขึ้นในท่อไม่ควรเกิน  $1800 \text{ ft/s}$  ทำให้การเลือกท่อที่ใช้ในการทดลองไม่ควรมีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 7 cm.

ในการทดลองของเราใช้ท่อ PVC ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 in

**3.2.5. DAMPER** ใช้ในการปรับค่าอัตราการไหลของอากาศ ติดตั้งทางด้านหน้าของ blower ดูดอากาศและท่อทางออก

**3.2.6. ถังใส่ฝุ่น** มีขนาด  $0.5 \times 0.5 \times 0.5 \text{ m}^3$  เจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 cm. 2 ด้าน เพื่อให้อากาศไหลผ่าน และเจาะรูทางด้านบนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 cm. เป็นช่องสำหรับโรยฝุ่น

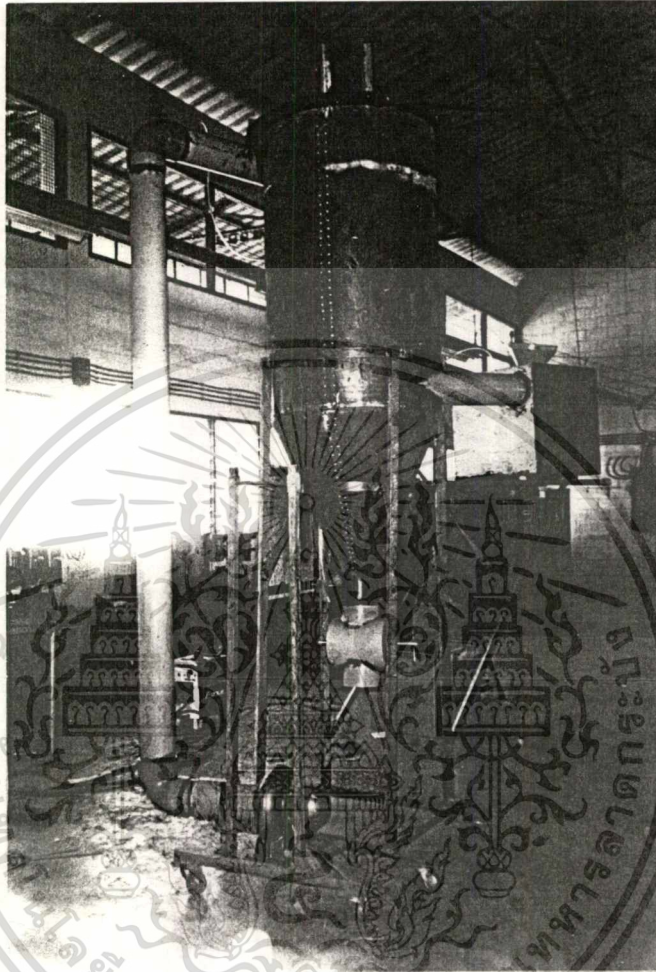
**3.2.7. ROTARY VALVE** ติดตั้งที่ช่องทางออกของฝุ่นซึ่งอยู่ทางด้านล่างของ Cyclone โดยจะทำหน้าที่กั้นอากาศไม่ให้ไหลออกมาพร้อมกับฝุ่น

### 3.3 การติดตั้งชุดทดลอง

**3.3.1. ตัวถังไซโคลน(Cyclone housing)** ประกอบขึ้นจากการนำเหล็กแผ่นม้วนเป็นรูปทรงกระบอก เชื่อมติดกับเหล็กแผ่นม้วนเป็นรูปกรวย โดยส่วนทรงกระบอกได้จากการนำเหล็กแผ่นหนา 1.2 mm. กว้าง 1.5 m. ยาว 2.3 m. มารีดและม้วนขึ้นรูปโดยให้ปลายทั้งสองด้านต่อกันแบบเกย โดยรอยต่อดังกล่าวจะเย็บด้วย rivet และอุดด้วยซิลิโคน

ส่วนเหล็กกรวยรูปได้จากการเขียนแผ่นคลี่แล้วม้วนขึ้นรูปด้วยวิธีเดียวกัน จากนั้นเชื่อมต่อกันกับเหล็กทรงกระบอกทางด้านล่าง แล้วติดตั้งหน้าแปลนเพื่อไว้ยึดกับฝาถัง และ โรตารีวาล์วตามไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

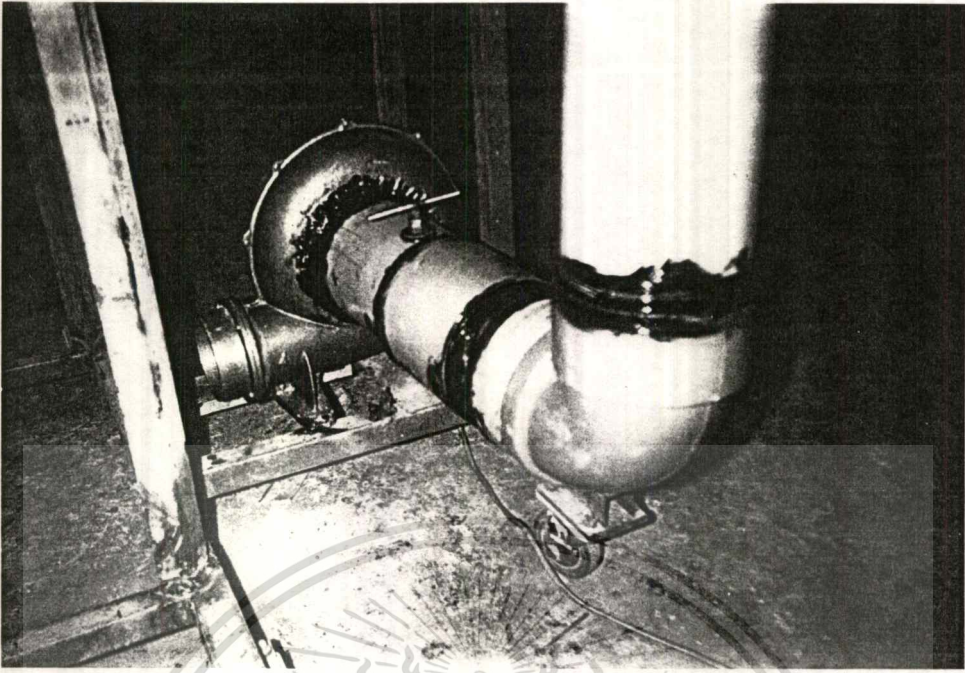
ลำดับ ตรงกลางของตัวถังจะมีช่องเปิดสี่เหลี่ยม มีฝาปิด ชั้นด้วยน็อต สำหรับเปลี่ยนถุงกรองและ  
เคาะฝุ่น



รูปที่ 3.4 แสดงการติดตั้งตัวไซโคลนและท่อทางเข้า-ออก

3.3.2. แผ่นสำหรับติดตั้งถุงกรอง เป็นเหล็กแผ่นวงกลมหนา 1.2 mm. มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 75 cm. 1.2 mm. แล้วเจาะรูตามแนวเส้นรอบวงจำนวน 8 รู เป็นมุม 45 องศา เพื่อให้ใส่ถุงกรอง แผ่นติดตั้งถุงกรองจะติดตั้งไว้ภายในตัวถังไซโคลนโดยวางไว้บนบารองรูปวงแหวน เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 75 cm. และภายใน 72 cm. โดยบารองวงแหวนจะถูกเชื่อมจุดติดกับตัวถังแล้วอุดด้วยซีเมนต์ แผ่นติดตั้งถุงกรองวางอยู่บนบารองวงแหวน สามารถหมุนได้และออกแบบไว้สำหรับสวมเพลาเพื่อต่อกับมอเตอร์ แต่การทดลองในที่นี้ จะทดลองโดยไม่ให้มีการหมุน จึงได้มีการอุดซีเมนต์รอบ ๆ แผ่น เพื่อป้องกันการรั่วไหลอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

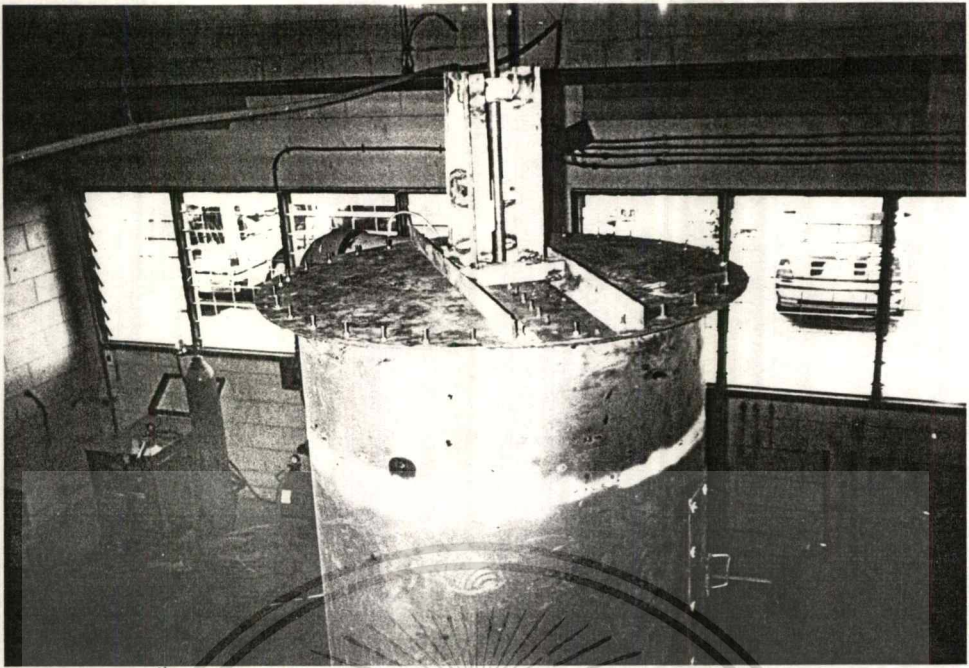


รูปที่ 3.5 แสดง Damper และ Blower ที่ถูกติดตั้งเข้ากับท่อทางออก

3.3.3 ฝาปิด ทำจากเหล็กแผ่นขนาด 1.2 mm. เส้นผ่านศูนย์กลาง 90 cm. ฝานี้จะทำออกเป็น 2 ซีก แล้วนำมาประกบกัน เจาะรูแล้วขันด้วยน็อตเพื่อให้ง่ายต่อการเปลี่ยนถุงกรองข้างในสำหรับกรณีที่มีการติดตั้งเบร้งเข้ากับเพลตและมอเตอร์ที่ด้านบนฝาดัง ครอบๆขอบฝาปิดจะถูกเจาะรูแล้วขันด้วยน็อตโดยรอบเพื่อยึดฝาดังเข้ากับหน้าแปลนของตัวถัง ระหว่างฝาปิดกับหน้าแปลนของตัวถังจะมีการปะเก็นยางโดยรอบเพื่อป้องกันอากาศรั่วออก

3.3.4 ท่อทางเข้าและทางออก เป็นท่อ PVC ขนาด 5 in ที่ท่อทางออกใช้ห้องสองตัวในการเดินท่อจากด้านบนลงสู่ด้านล่าง เข้าสู่ Blower คุดอากาศ

ในส่วนของการต่อท่อเข้ากับ Cyclone จะต้องมีท่อเหล็กความยาวของท่อประมาณ 30 cm. สร้างจากเหล็กแผ่นม้วนขึ้นรูป ปลายด้านหนึ่งตัดให้เอียงเข้ารูปกับ Cyclone เชื่อมต่อกับตัว Cyclone ในแนวข้างถึงด้วยแก๊ส แล้วใช้ท่อ PVC สวมเข้าไปในท่อเหล็กข้างต้นยึดติดด้วยกาวยางอุดปลายประกบระหว่างท่อทั้งสองด้วยซิลิโคนกันรั่ว

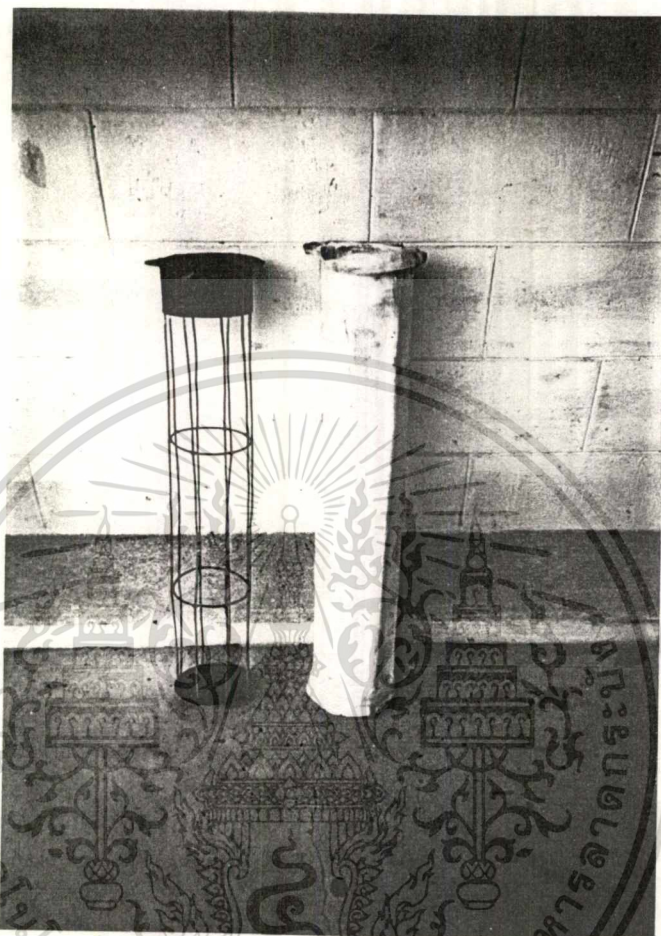


รูปที่ 3.6 แสดงการติดตั้งฝาปิด

3.3.5. โรตารีวาล์ว ประกอบขึ้นด้วยแผ่นอลูมิเนียม 6 ใบ เชื่อมติดรอบเพลาในแนวรัศมี แล้วประกบด้วยแผ่นเหล็กกลมเข้าที่เพลาทั้งสองด้าน จากนั้นนำไปติดตั้งในท่อ PVC ขนาด 8 in ยาว 20 cm. กับแผ่น PVC กลมด้วยกาว epoxy และ ซิลิโคน ส่วนด้านบนและด้านล่างของท่อ PVC เจาะรูเพื่อให้เป็นทางผ่านเข้าออกของฝุ่น แล้วยึดติดกับท่อเหล็กด้วยกาว epoxy และซิลิโคนเช่นเดียวกัน เพลาของโรตารีจะต่อยื่นออกมาข้างนอก เพื่อทำเป็นมือจับหมุนเปิดฝุ่นให้ตกลงสู่ด้านล่าง ตัวโรตารีจะประกอบเข้ากับตัวถังด้วยการขันน็อตยึดเข้ากับหน้าแปลนของตัวถังซึ่งจะมีปะเก็นยางอุดกันรั่วระหว่างหน้าแปลนทั้งสอง



เหล็กแผ่นกลมยึดติดกับโครงสร้างบน โดยนำลวดคาวมาเชื่อมต่อแล้วเสริมความแข็งแรงด้วยลวดกลมบริเวณกลางดง จากนั้นนำดงกรองที่ตัดเย็บจาก Polyester มาสวมเข้ากับโครง



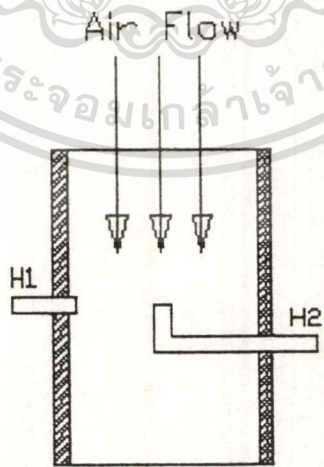
รูปที่ 3.9 แสดงโครงของดงกรองและผ้ากรองที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



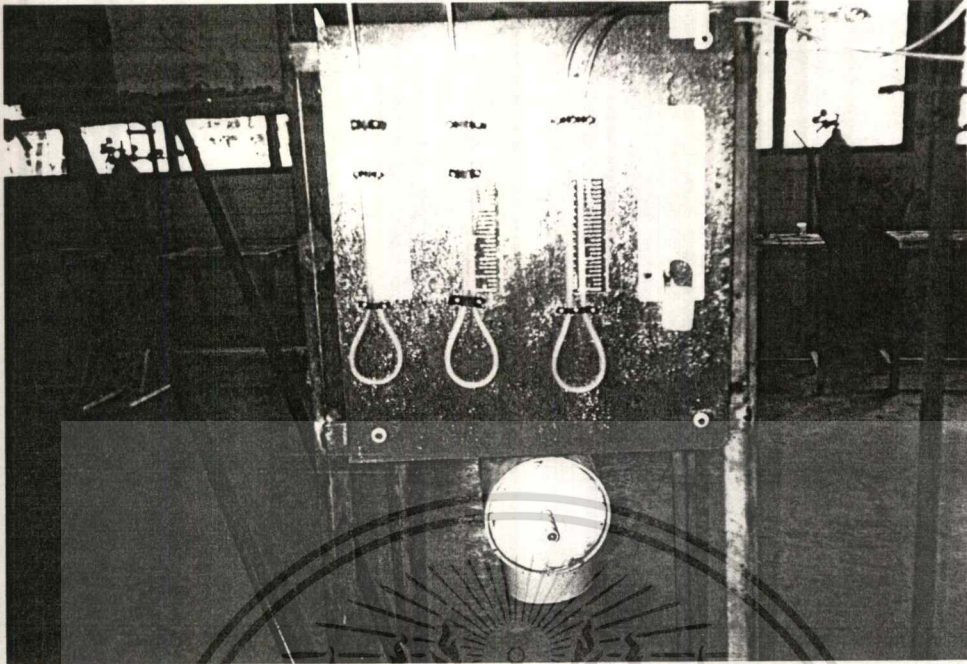
รูปที่ 3.10 แสดงการติดตั้งอุ้งกรงบนแผ่นรองรับอุ้งกรง

3.3.7. Manometer และ Pitot tube เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบได้จากการเจาะรูที่ท่อทางออกและทางเข้า แล้วต่อท่อเพื่อนำมาเทียบความแตกต่างของระดับน้ำ อุปกรณ์ชิ้นนี้จะทำหน้าที่วัด head ที่ทางเข้าและทางออก เพื่อการนำไปหา pressure drop ต่อไป ส่วน Pitot tube ใช้วัดค่า velocity head ติดตั้งอยู่ที่ท่อทางออก



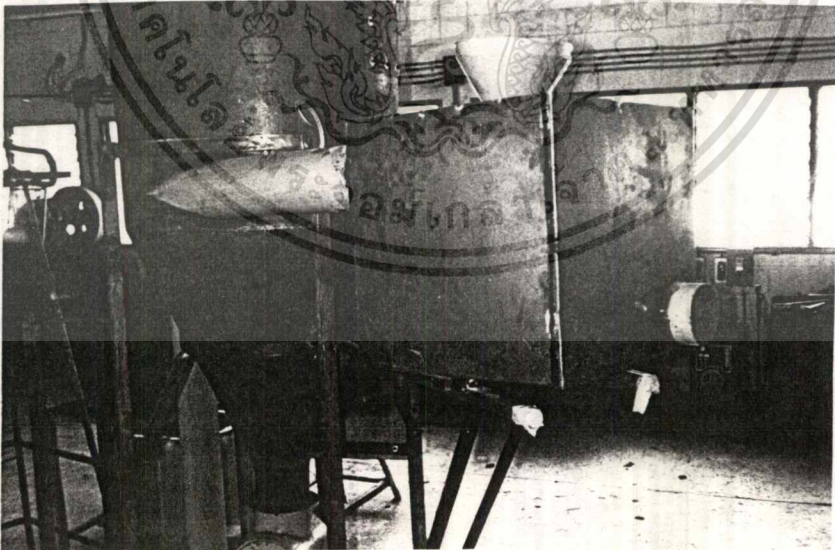
รูปที่ 3.11 แสดง Pitot Tube ที่ท่อทางออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 แสดง manometer สำหรับวัดค่า head ที่ท่อทางเข้า-ออก และ velocity head

3.3.8 ถังใส่ฝุ่นและถุงใส่ฝุ่น ถังใส่ฝุ่นเป็นถังสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาด  $0.5*0.5*0.5 \text{ m}^3$  เจาะรูด้านบนสำหรับติดตั้งกรวยโรยฝุ่น ด้านข้างจะต่อท่อสวมกับท่อทางเข้าไซโคลนส่วนอีกด้านหนึ่งจะถูกเจาะเพื่อดูดอากาศเข้า ถังใส่ฝุ่นจะใช้ถุงใสมารองรับฝุ่นที่ตกลงมา เพื่อให้สังเกตลักษณะฝุ่นได้ง่าย



รูปที่ 3.13 แสดงถังใส่ฝุ่นและการติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

# ชั้นตอนและวิธีการทดลอง

### 4.1 ข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง

#### 4.1.1 อัตราการไหลของอากาศ (Q)

ค่า  $\Delta h$  ที่วัดได้จาก pitot tube คือค่า velocity head หรือ  $h_v$

จากสมการเบอร์นูลลีเมื่อนำมาคิดกับ pitot tube

$$V = \sqrt{2gh_v}$$

ซึ่งเป็นความเร็วสูงสุดของอากาศที่ไหลผ่านกลาง Pitot Tube และเนื่องจากการไหลในท่อ ดังนั้น

$$V_{av} = \frac{V_{max}}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{2gh_v}$$

ท่อที่ใช้ทำ pitot tube มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 13.30 cm. จะได้อัตราการไหลของอากาศเป็น

$$\begin{aligned} Q &= V_{av} \times A_{tube} \\ &= \frac{1}{2} \sqrt{2gh_v} \times \frac{\pi}{4} d^2 \\ Q &= 0.0307689 \sqrt{h_v} \end{aligned}$$

ในการทดลองเมื่อเรารวค่า  $h_v$  จาก pitot tube ก็จะสามารถคำนวณหาค่า Q ได้จากสมการดังกล่าวโดยการปรับ damper ให้ได้ค่า velocity head ( $h_v$ ) เป็น 1, 2 และ 3 mmH<sub>2</sub>O ตามลำดับ

เมื่อ velocity head ( $h_v$ ) = 1 mmH<sub>2</sub>O จะได้  $Q = 0.973 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

velocity head ( $h_v$ ) = 2 mmH<sub>2</sub>O จะได้  $Q = 1.376 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

velocity head ( $h_v$ ) = 3 mmH<sub>2</sub>O จะได้  $Q = 1.685 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

4.2.2 พื้นที่ผิวของการกรอง (A) กำหนดได้จำนวนตุ้กรองที่ใช้ ซึ่งในการทดลองนี้เลือกจำนวนตุ้กรอง 4, 6 และ 8 ตุ้ ตามลำดับ เพื่อศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ผิวของการกรองเมื่อเทียบกับตัวแปรอื่น

$$\text{จาก } A = n\pi dl$$

เนื่องจากตุ้กรองที่ใช้ในการทดลองนี้มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 cm. และมีความยาวตุ้กรอง 75 cm. ดังนั้นพื้นที่ผิวของการกรองเมื่อจำนวนตุ้กรองต่างๆ ตุ้กรองคือ

ไม่จำกัดทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$n = 4 \text{ ตุ้ } \text{ จะได้ } A = 1.41371 \text{ m}^2$$

$$n = 6 \text{ ตุ้ } \text{ จะได้ } A = 2.1206 \text{ m}^2$$

$$n = 8 \text{ ฤๅง จะได้ } A = 2.8274 \text{ m}^2$$

4.1.3 ความเร็วปรากฏของการกรอง ( $V_a$ ) คำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างอัตราการไหลของอากาศ (Q) กับ พื้นที่ผิวของการกรอง (A) ความเร็วปรากฏเมื่อค่า Q และ A มีค่าต่างๆ กัน

4.1.4 ค่าความดันสูญเสีย ( $\Delta P$ ) ในการทดลองสามารถหาค่าความดันสูญเสียได้จากการอ่านค่า head จาก manometer ในหน่วย mmH<sub>2</sub>O

#### 4.1.5 ชนิดและขนาดของอนุภาคที่ใช้ในการทดลอง

ก. ฝุ่นจากขี้เลื่อย มีอนุภาค 3 ขนาดคือ

1. ขนาดใหญ่กว่า 550  $\mu$  ซึ่งต่อไปจะเรียกว่าฝุ่น type A
2. ขนาด 250  $\mu$  ถึง 550  $\mu$  ซึ่งต่อไปจะเรียกว่าฝุ่น type B
3. ขนาดเล็กกว่า 250  $\mu$  ซึ่งต่อไปจะเรียกว่าฝุ่น type C

ข. ฝุ่นละอองทั่วไป มีอนุภาค 3 ขนาดคือ

1. ขนาด 250  $\mu$  ถึง 550  $\mu$  ซึ่งต่อไปจะเรียกว่าฝุ่น type D
2. ขนาด 150  $\mu$  ถึง 250  $\mu$  ซึ่งต่อไปจะเรียกว่าฝุ่น type E
3. ขนาดเล็กกว่า 150  $\mu$  ซึ่งต่อไปจะเรียกว่าฝุ่น type F



รูปที่ 4.1 แสดงชนิดและขนาดของฝุ่นที่ใช้ทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกรอง ( $\eta$ ) เปรียบเทียบกับจำนวนครั้งของการกรองเมื่อตัวแปรอื่นๆ คงที่

1. ตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ต่างๆ ให้อยู่ในสภาพพร้อมทำการทดลอง
  - 1.1 ตรวจสอบระดับน้ำใน manometer และต้องแน่ใจว่าไม่มีรอยรั่วตามจุดต่างๆ
  - 1.2 ติดตั้งถุงกรองจำนวน 4 ถุงเข้ากับแผงยึดถุงกรอง
  - 1.3 ติดตั้งถุงเก็บฝุ่นเข้ากับ rotary valve
2. เปิด blower ให้ทำงาน
3. ปรับ damper ให้ได้ค่า velocity head ( $h_v$ ) เป็น  $2.5 \text{ mmH}_2\text{O}$  รอจนกระทั่งระดับน้ำใน manometer คงที่เพื่อให้แน่ใจว่าการควบคุมอัตราการไหลของอากาศเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ
4. บันทึกค่า static head ที่ท่อทางเข้า ( $h_i$ ) และท่อทางออก ( $h_o$ ) ก่อนเริ่มการทดลอง
5. นำฝุ่น type d ซึ่งเป็นฝุ่นทรายที่มีขนาด  $150 \mu$  ถึง  $250 \mu$  ปริมาณ  $300 \text{ g}$ . โรยผ่านกรวยลงในถัง A ฝุ่นจะถูกดูดเข้าไปใน cyclone เพื่อทำการกรองผ่านผ้ากรองต่อไป
6. เมื่อฝุ่นถูกกรองหมดแล้ว บันทึกค่า static head ที่ท่อทางเข้า ( $h_i$ ) และท่อทางออก ( $h_o$ ) ภายหลังการทดลอง
7. ปิด blower
8. หมุน rotary valve ฝุ่นจะตกลงมาสู่ถุงเก็บฝุ่นทางด้านล่างของ rotary valve จากนั้นนำฝุ่นในถุงเก็บฝุ่นไปชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกผล
9. คำนวณหาประสิทธิภาพในการกรอง ( $\eta$ ) และ pressure drop ที่เกิดขึ้น
10. ทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ 1-9 เป็นจำนวน 5 ครั้ง
11. นำผลการทดลองที่ได้มา plot graph และเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกรอง ( $\eta$ ) กับจำนวนครั้งของการกรองเมื่อตัวแปรอื่นๆ คงที่

การทดลองที่ 2 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของอากาศ ( $Q$ ) และประสิทธิภาพในการกรอง ( $\eta$ ) เมื่อตัวแปรอื่นๆ คงที่

1. ตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ต่างๆ ให้อยู่ในสภาพพร้อมทำการทดลอง
  - 1.1 ตรวจสอบระดับน้ำใน manometer และต้องแน่ใจว่าไม่มีรอยรั่วตามจุดต่างๆ
  - 1.2 ติดตั้งถุงกรองจำนวน 4 ถุงเข้ากับแผงยึดถุงกรอง
  - 1.3 ติดตั้งถุงเก็บฝุ่นเข้ากับ rotary valve
2. เปิด blower ให้ทำงาน

3. ปรับ damper ให้ได้ค่า velocity head ( $h_v$ ) เป็น 0.5 mmH<sub>2</sub>O รอนจนกระทั่งระดับน้ำใน manometer คงที่เพื่อให้แน่ใจว่าการควบคุมอัตราการไหลของอากาศเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ
4. บันทึกค่า static head ที่ท่อทางเข้า ( $h_s$ ) และท่อทางออก ( $h_o$ ) ก่อนเริ่มการทดลอง
5. นำฝุ่น type B ซึ่งเป็นขี้เถ้าที่มีขนาด 250  $\mu$  ถึง 550  $\mu$  ปริมาณ 400 g. โรยผ่านกรวยลงในถัง A ฝุ่นจะถูกดูดเข้าไปใน cyclone เพื่อทำการกรองผ่านผ้ากรองต่อไป
6. เมื่อฝุ่นถูกกรองหมดแล้ว บันทึกค่า static head ที่ท่อทางเข้า ( $h_s$ ) และท่อทางออก ( $h_o$ ) ภายหลังการทดลอง
7. ปิด blower
8. หมุน rotary valve ฝุ่นจะตกลงมาสู่ถุงเก็บฝุ่นทางด้านล่างของ rotary valve จากนั้นนำฝุ่นในถุงเก็บฝุ่นไปชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกผล
9. คำนวณหาประสิทธิภาพในการกรอง ( $\eta$ ) และ pressure drop ที่เกิดขึ้น
10. ปรับ damper ให้ได้ค่า velocity head ( $h_v$ ) เป็น 1, 1.5, 2, 2.5, และ 3 mmH<sub>2</sub>O ตามลำดับแล้วทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1 - 9
11. นำผลการทดลองที่ได้มา plot graph และทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของอากาศ ( $Q$ ) และประสิทธิภาพในการกรอง ( $\eta$ ) เมื่อตัวแปรอื่นๆ คงที่

การทดลองที่ 3 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของอากาศ ( $Q$ ) และพื้นที่ผิวของการกรอง(A) ซึ่งแปรค่าตามจำนวนถุงกรอง(n) โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกรองที่เกิดขึ้น ( $\eta$ ) เมื่อตัวแปรอื่นๆ คงที่ โดยทำการเปลี่ยนขนาดของ blower ที่ใช้ในการทดลองเพื่อการควบคุมอัตราการไหลของอากาศได้ชัดเจนขึ้น ซึ่งสามารถปรับค่า velocity head ได้ถึง 40 mmH<sub>2</sub>O

1. ตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ต่างๆ ให้อยู่ในสภาพพร้อมทำการทดลอง
  - 1.1 ตรวจสอบระดับน้ำใน manometer และต้องแน่ใจว่าไม่มีรอยรั่วตามจุดต่างๆ
  - 1.2 ติดตั้งถุงกรองจำนวน 4 ถุงเข้ากับแผงยึดถุงกรอง
  - 1.3 ติดตั้งถุงเก็บฝุ่นเข้ากับ rotary valve
2. เปิด blower ให้ทำงาน
3. ปรับ damper ให้ได้ค่า velocity head ( $h_v$ ) เป็น 10 mmH<sub>2</sub>O รอนจนกระทั่งระดับน้ำใน manometer คงที่เพื่อให้แน่ใจว่าการควบคุมอัตราการไหลของอากาศเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ
4. บันทึกค่า static head ที่ท่อทางเข้า ( $h_s$ ) และท่อทางออก ( $h_o$ ) ก่อนเริ่มการทดลอง
5. นำฝุ่น type B ซึ่งเป็นขี้เถ้าที่มีขนาด 250  $\mu$  ถึง 550  $\mu$  ปริมาณ 400 g. โรยผ่านกรวยลงในถัง A ฝุ่นจะถูกดูดเข้าไปใน cyclone เพื่อทำการกรองผ่านผ้ากรองต่อไป

6. เมื่อฝุ่นถูกกรองหมดแล้ว บันทึกค่า static head ที่ท่อทางเข้า ( $h_p$ ) และท่อทางออก ( $h_o$ ) ภายหลังจากการทดลอง
7. ปิด blower
8. หมุน rotary valve ฝุ่นจะตกลงมาสู่ถุงเก็บฝุ่นทางด้านล่างของ rotary valve จากนั้น นำฝุ่นในถุงเก็บฝุ่นไปชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกผล
9. คำนวณหาประสิทธิภาพในการกรอง ( $\eta$ ) และ pressure drop ที่เกิดขึ้น
10. ปรับ damper ให้ได้ค่า velocity head ( $h_v$ ) เป็น 2 และ 3 mmH<sub>2</sub>O ตามลำดับแล้วทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1 - 9
11. เปลี่ยนจำนวนถุงกรองเป็น 6 และ 8 ถุงตามลำดับแล้วทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1 - 10
12. นำผลการทดลองที่ได้มา plot graph และทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของอากาศ (Q) และพื้นที่ผิวของการกรอง(A) โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกรองที่เกิดขึ้น ( $\eta$ )

การทดลองที่ 4 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นกับอัตราการไหลของอากาศ (Q)

โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกรอง ( $\eta$ ) เมื่อตัวแปรอื่นๆ คงที่

1. ตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ต่างๆ ให้อยู่ในสภาพพร้อมทำการทดลอง
  - 1.1 ตรวจสอบระดับน้ำใน manometer และต้องแน่ใจว่าไม่มีรอยรั่วตามจุดต่างๆ
  - 1.2 ติดตั้งถุงกรองจำนวน 4 ถุงเข้ากับแผงยึดถุงกรอง
  - 1.3 ติดตั้งถุงเก็บฝุ่นเข้ากับ rotary valve
2. เปิด blower ให้ทำงาน
3. ปรับ damper ให้ได้ค่า velocity head ( $h_v$ ) เป็น 1 mmH<sub>2</sub>O รอจนกระทั่งระดับน้ำใน manometer คงที่เพื่อให้แน่ใจว่าการควบคุมอัตราการไหลของอากาศเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ
4. บันทึกค่า static head ที่ท่อทางเข้า ( $h_p$ ) และท่อทางออก ( $h_o$ ) ก่อนเริ่มการทดลอง
5. นำฝุ่น type B ซึ่งเป็นซีลีเนียมที่มีขนาด 250  $\mu$  ถึง 550  $\mu$  ปริมาณ 200 g. โรยผ่านกรวยลงในถัง A ฝุ่นจะถูกดูดเข้าไปใน cyclone เพื่อทำการกรองผ่านผ้ากรองต่อไป
6. เมื่อฝุ่นถูกกรองหมดแล้ว บันทึกค่า static head ที่ท่อทางเข้า ( $h_p$ ) และท่อทางออก ( $h_o$ ) ภายหลังจากการทดลอง
7. ปิด blower
8. หมุน rotary valve ฝุ่นจะตกลงมาสู่ถุงเก็บฝุ่นทางด้านล่างของ rotary valve จากนั้น นำฝุ่นในถุงเก็บฝุ่นไปชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกผล
9. คำนวณหาประสิทธิภาพในการกรอง ( $\eta$ ) และ pressure drop ที่เกิดขึ้น

10. เพิ่มปริมาณฝุ่นที่ใช้ทดลองเป็น 400, 600 และ 800 g. ตามลำดับแล้วทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1 - 9 ตามลำดับ
11. นำผลการทดลองที่ได้มา plot graph และทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของฝุ่นที่ใช้โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกรอง ( $\eta$ ) เมื่อตัวแปรอื่นๆ คงที่

การทดลองที่ 5 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดและขนาดอนุภาคของฝุ่นกับประสิทธิภาพในการกรองที่เกิดขึ้น ( $\eta$ ) เมื่อตัวแปรอื่นๆ คงที่

1. ตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ต่างๆ ให้อยู่ในสภาพพร้อมทำการทดลอง
  - 1.1 ตรวจสอบระดับน้ำใน manometer และต้องแน่ใจว่าไม่มีรอยรั่วตามจุดต่างๆ
  - 1.2 ติดตั้งถุงกรองจำนวน 4 ถุงเข้ากับแผงยึดถุงกรอง
  - 1.3 ติดตั้งถุงเก็บฝุ่นเข้ากับ rotary valve
2. เปิด blower ให้ทำงาน
3. ปรับ damper ให้ได้ค่า velocity head ( $h_v$ ) เป็น 2.5 mmH<sub>2</sub>O รอจนกระทั่งระดับน้ำใน manometer คงที่เพื่อให้แน่ใจว่าการควบคุมอัตราการไหลของอากาศเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ
4. บันทึกค่า static head ที่ท่อทางเข้า ( $h_i$ ) และท่อทางออก ( $h_o$ ) ก่อนเริ่มการทดลอง
5. นำฝุ่น type A ปริมาณ 300 g. โรยผ่านกรวยลงในถัง A จากนั้นฝุ่นจะถูกดูดเข้าไปใน cyclone เพื่อทำการกรองผ่านผ้ากรองต่อไป
6. เมื่อฝุ่นถูกกรองหมดแล้ว บันทึกค่า static head ที่ท่อทางเข้า ( $h_i$ ) และท่อทางออก ( $h_o$ ) ภายหลังจากการทดลอง
7. ปิด blower
8. หมุน rotary valve ฝุ่นจะตกลงมาสู่ถุงเก็บฝุ่นทางด้านล่างของ rotary valve จากนั้นนำฝุ่นในถุงเก็บฝุ่นไปชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกผล
9. คำนวณหาประสิทธิภาพในการกรอง ( $\eta$ ) และ pressure drop ที่เกิดขึ้น
10. เปลี่ยนชนิดของฝุ่นเป็น type B, C, D, E และ F ตามลำดับแล้วทดลองซ้ำตามข้อ 1-9
11. นำผลการทดลองที่ได้มา plot graph และทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง ชนิดและขนาดอนุภาคของฝุ่นที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการกรองที่เกิดขึ้น ( $\eta$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

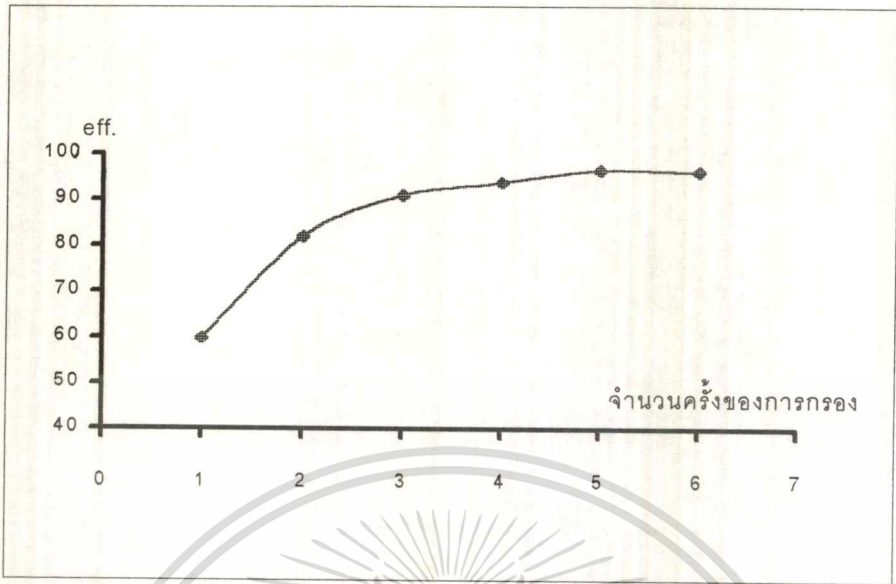
#### ผลการทดลอง

ตารางที่ 5.1 แสดงผลการทดลองที่ 1

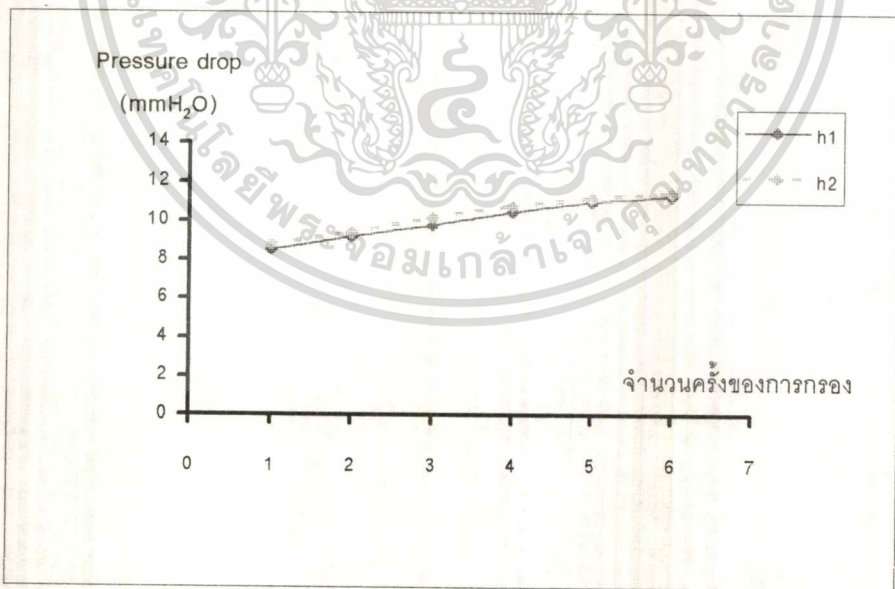
ครั้งที่	น้ำหนักฝุ่น ทดลอง(g)	head ก่อน โรยฝุ่น			head หลัง โรยฝุ่น			น้ำหนักฝุ่น ที่เก็บได้(g)	efficiency %
		$h_1$	$h_0$	$h1$	$h_1$	$h_0$	$h2$		
1	300	4.8	13.4	8.5	5.7	14.5	8.8	179.6	59.87
2	300	5	14.3	9.2	5.4	14.8	9.4	246.3	82.1
3	300	5	14.8	9.8	5	15.2	10.2	272.8	90.93
4	300	4.5	15	10.5	4.9	15.7	10.8	281.1	93.7
5	300	4.5	15.5	11	5.8	16	11.2	289.4	96.4
6	300	4.5	15.8	11.3	4	15.5	11.5	288.6	96.13

\*  $h1, h2 = h_0 - h_1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 แสดงถึงจำนวนครั้งของการกรองที่ผลต่อประสิทธิภาพของการกรอง



รูปที่ 5.2 แสดงจำนวนครั้งของการกรองซึ่งมีผลต่อ Pressure drop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

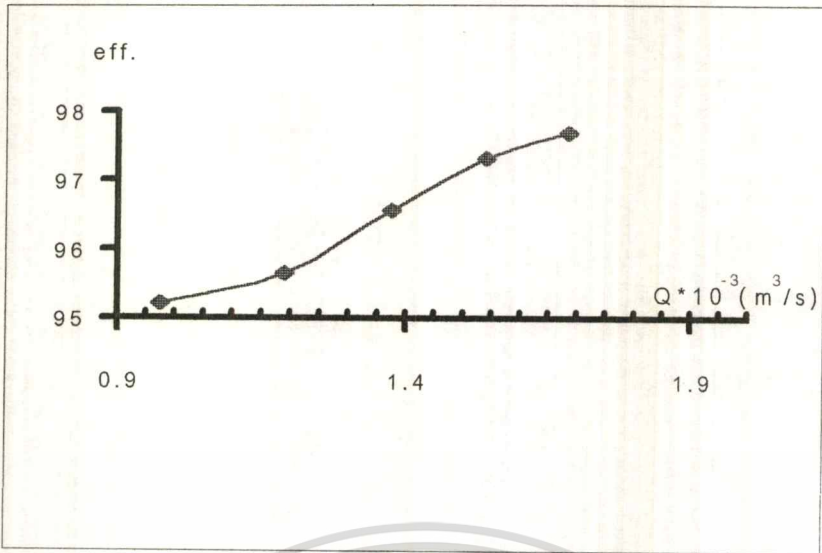
ตารางที่ 5.2 แสดงผลการทดลองที่ 2

$h_v$ (mmH <sub>2</sub> O)	$Q \cdot 10^{-3}$ (cm <sup>3</sup> /s)	ความเร็วปรากฏ (cm/s)	head ก่อนโรยฝุ่น			head หลังโรยฝุ่น			น้ำหนักฝุ่น ที่เก็บได้	efficiency %
			$h_1$	$h_o$	$h_1$	$h_1$	$h_o$	$h_2$		
0.5	0.688	0.486	*	*	*	*	*	*	*	*
1	0.973	0.688	2.1	5	2.9	2.3	5.3	3	380.9	95.22
1.5	1.192	0.843	2.4	7	4.6	2.5	7.2	4.7	382.7	95.61
2	1.379	0.973	2.8	9.6	6.8	3	10.2	7.2	386.3	96.57
2.5	1.538	1.088	3.3	11	7.7	3.6	11.7	8.1	389.2	97.3
3	1.685	1.192	3.6	12.7	9.1	4	13.6	9.6	391.4	97.7

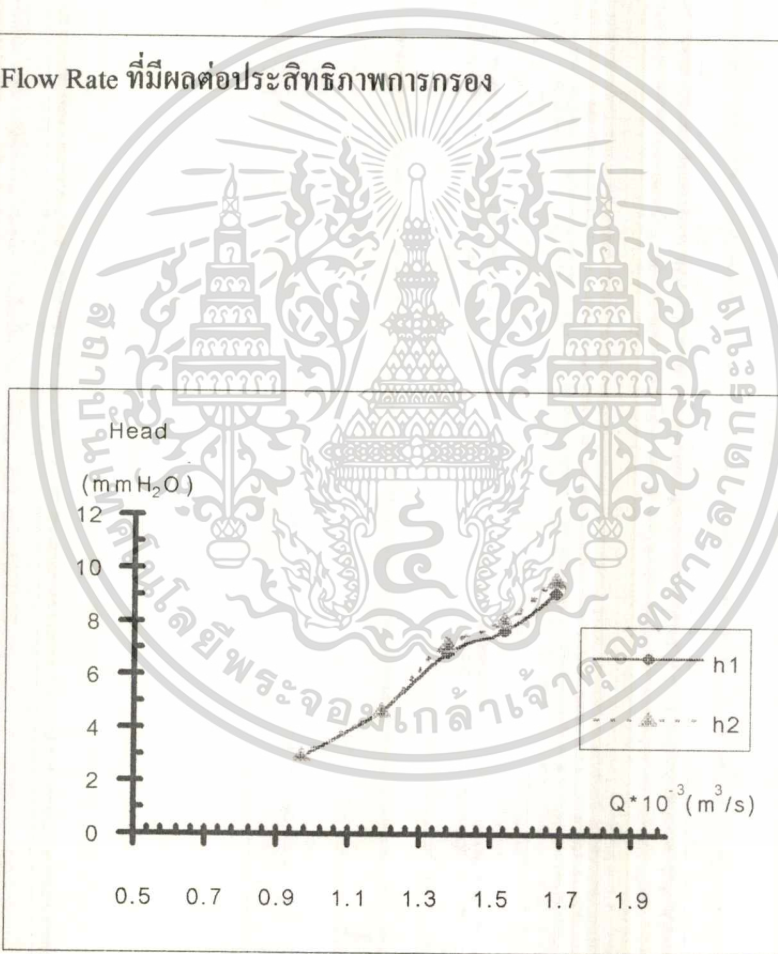
\* ไม่สามารถวัดค่าได้ เนื่องจากแรงดูดอากาศไม่เพียงพอ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 แสดง Flow Rate ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกรอง



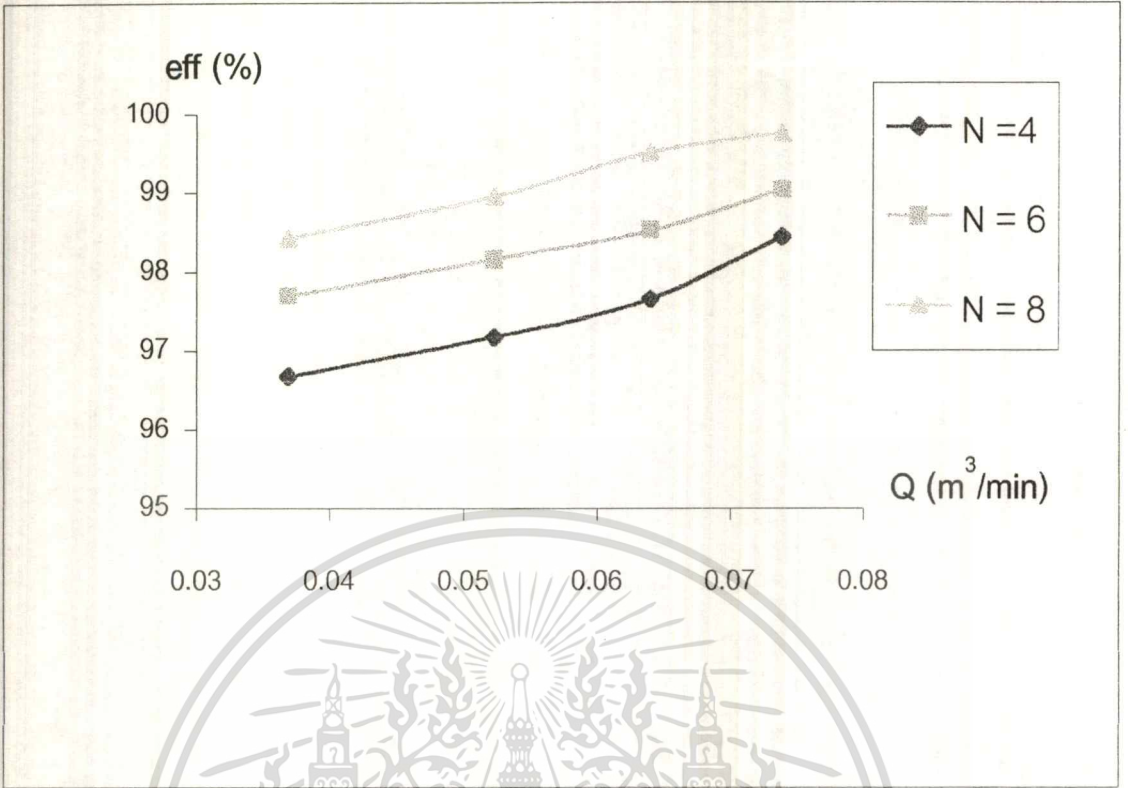
รูปที่ 5.4 แสดง Flow Rate ที่มีผลต่อ Pressure Drop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

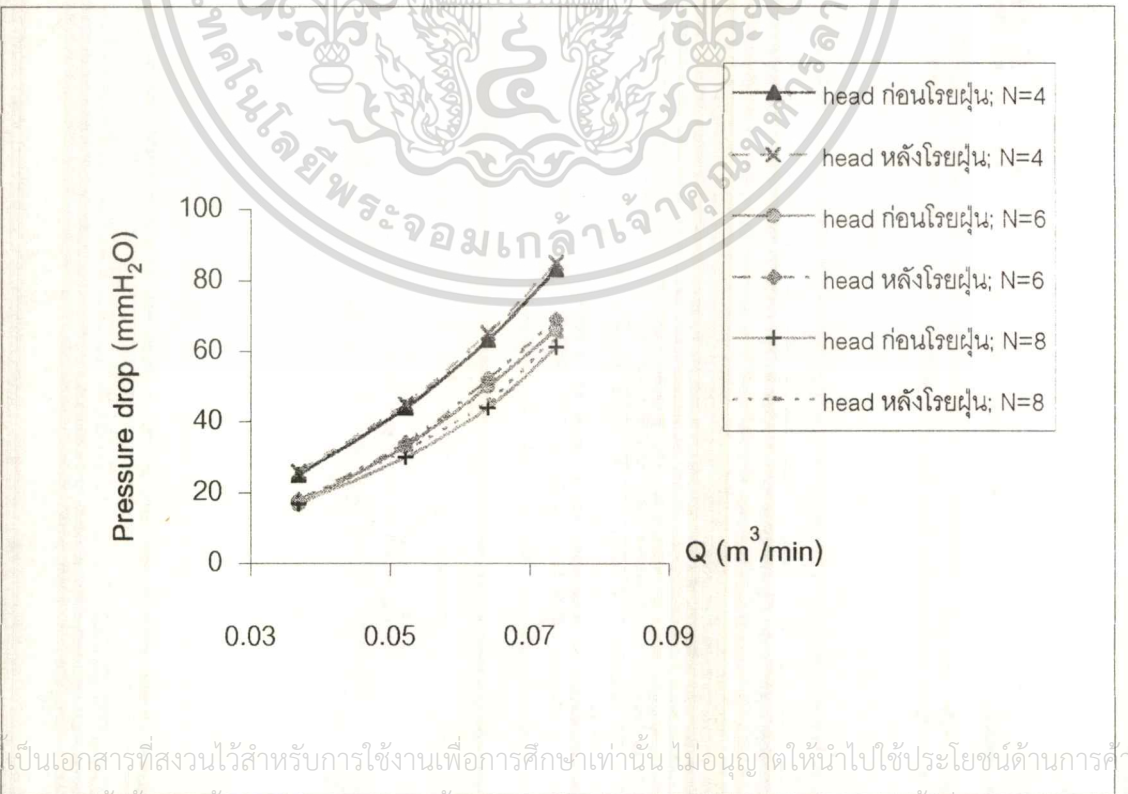
ตารางที่ 5.3 แสดงผลการทดลองที่ 3

จำนวนตุ้กรอง N	$h_v$ (mmH <sub>2</sub> O)	$Q * 10^{-3}$ (m <sup>3</sup> /min)	head ก่อนโรยฝุ่น			head หลังโรยฝุ่น			น้ำหนักฝุ่น ที่เก็บได้	efficiency %
			$h_i$	$h_o$	$h_1$	$h_i$	$h_o$	$h_2$		
4	10	36.91	25	50	25	25	51	26	483.4	96.68
	20	52.20	50	94	44	50	95	45	485.9	97.18
	30	63.94	75	138	63	75	140	65	488.3	97.66
	40	73.83	102	185	83	100	185	85	492.2	98.44
6	10	36.91	23	40	17	22	40	18	488.5	97.7
	20	52.20	47	80	33	46	80	34	490.8	98.16
	30	63.93	72	122	50	72	124	52	492.6	98.52
	40	73.83	97	163	66	95	164	69	495.2	99.04
8	10	36.91	25	42	17	24	42	18	492.1	98.42
	20	52.20	50	80	30	49	81	32	494.8	98.96
	30	63.94	77	121	44	77	123	46	497.6	99.52
	40	73.83	104	165	61	102	166	64	498.8	99.76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนตุกรองกับอัตราการไหลและประสิทธิภาพที่เกิดขึ้น



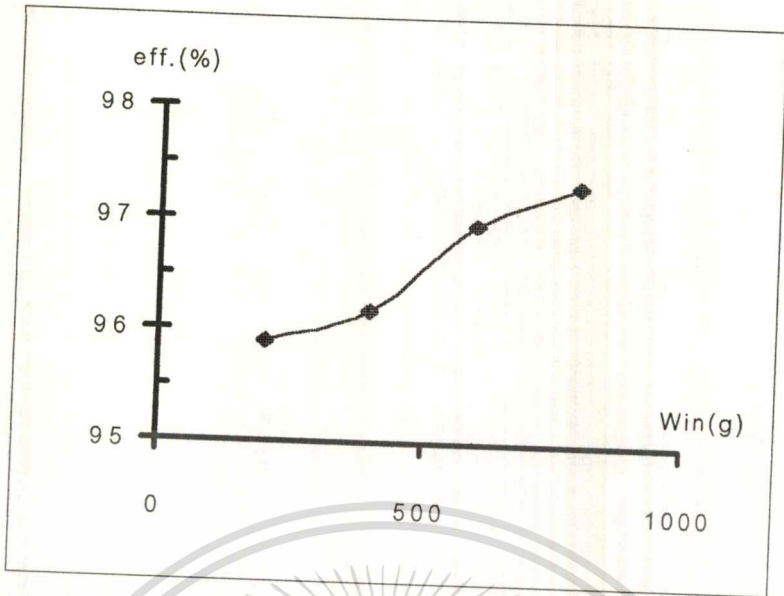
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
 รูปที่ 5.6 แสดงอัตราการไหลของฝุ่นที่มีผลต่อ pressure drop

ตารางที่ 5.4 แสดงผลการทดลองที่ 4

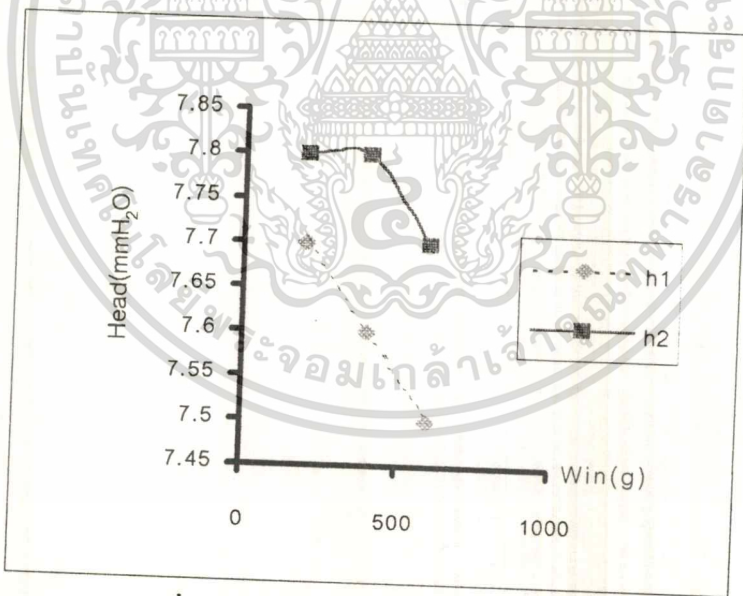
ผู้ที่ใช้ ทดลอง(g)	head ก่อน โรยฝุ่น			head หลังโรยฝุ่น			น้ำหนักฝุ่น ที่เก็บได้	efficiency %	
	$h_1$	$h_0$	$h1$	$h_1$	$h_0$	$h2$			$h2-h1$
200	4.3	12	7.7	4.2	12	7.8	0.1	194.1	97.05
400	4.4	12	7.6	4.2	12	7.5	0.2	384.7	96.17
600	4.5	12	7.5	4.3	12	7.7	0.2	581.8	96.97
800	4.5	12	7.5	4.2	12	7.7	0.3	787.4	98.43



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.7 แสดงประสิทธิภาพของการกรองต่อปริมาณฝุ่นที่ได้



รูปที่ 5.8 แสดง Pressure Drop เนื่องจากปริมาณฝุ่นที่ได้

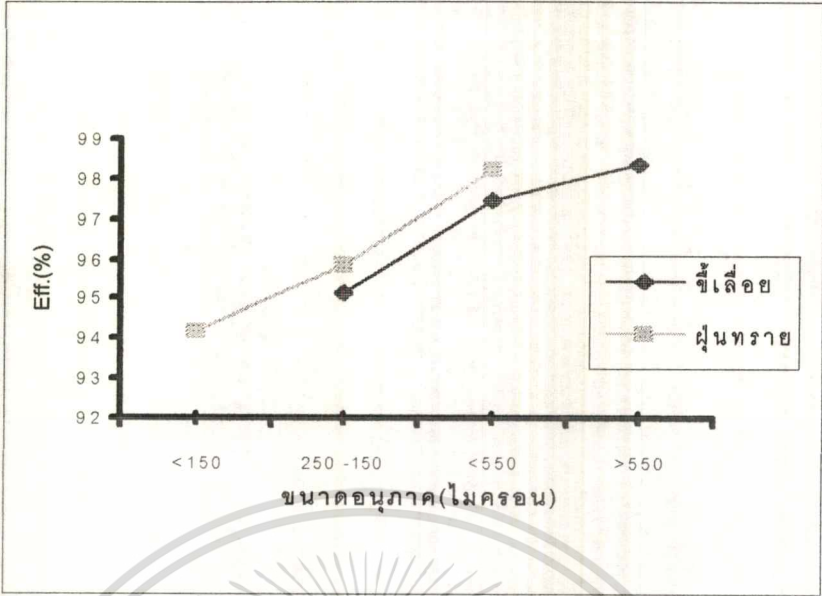
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.5 แสดงผลการทดลองที่ 5

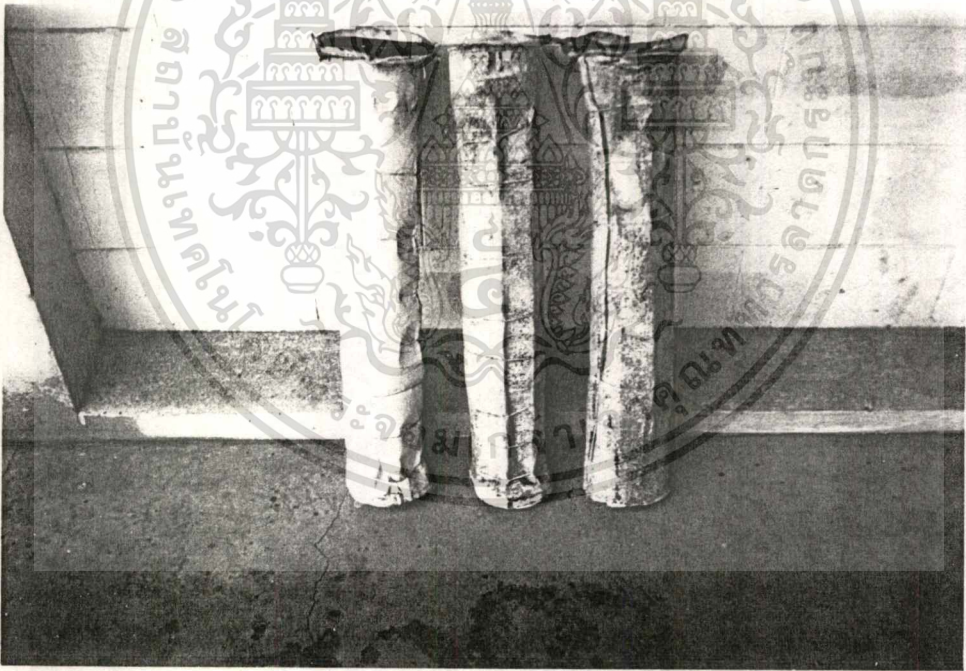
Type of Dust		Head ก่อนโรยฝุ่น			Head หลังโรยฝุ่น			น้ำหนักฝุ่น ที่เก็บได้	efficiency %
		$h_1$	$h_0$	$h1$	$h_1$	$h_0$	$h2$		
ขี้เลื่อย	A	13.3	4.8	8.5	14	5.2	8.8	285.4	95.13
	B	13.3	4.8	8.5	14.2	5.4	8.8	292.3	97.43
	C	13.4	4.9	8.5	14	5.3	8.7	295	98.33
ฝุ่นทราย	D	8.5	5	9.5	15.2	5.5	9.7	282.6	94.20
	E	14.8	4.8	10	15.5	5.2	10.3	287.5	95.83
	F	14.7	4.5	10.2	15.5	5.1	10.4	294.7	98.23



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการเก็บฝุ่นกับชนิดและของอนุภาค



รูปที่ 5.10 แสดงสภาพของตุ้กรองเมื่อยังไม่ใช้และหลังจากใช้กรองไปแล้ว 5, 10 ครั้งตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากกราฟที่ 1. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของการกรองกับประสิทธิภาพที่เกิดขึ้น จะเห็นได้ว่า ในการใช้งานครั้งแรกประสิทธิภาพของการกรองจะต่ำมาก และเมื่อจำนวนครั้งของการกรองมากขึ้นจะมีผลให้ประสิทธิภาพของการกรองมากขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งเป็นผลจากการเกิดขึ้นฝุ่นปฐมภูมิมบนดุงกรองที่ทำให้กลไกในการกรองฝุ่นดีขึ้น

จากกราฟที่ 2. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันสูญเสียที่เกิดขึ้นกับจำนวนครั้งของการกรองที่เพิ่มมากขึ้น ชั้นฝุ่นปฐมภูมินั้นนอกจากจะทำให้ประสิทธิภาพของการกรองเพิ่มมากขึ้นแล้วยังส่งผลให้เกิดความดันสูญเสียที่มากขึ้นด้วย ดังนั้นจึงต้องมีการกำจัดชั้นฝุ่นที่ติดอยู่ตามดุงกรองออกเป็นครั้งคราวเพื่อให้ทำการกรองได้เร็วขึ้น

จากกราฟที่ 3. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของอากาศกับประสิทธิภาพของการกรอง จะเห็นได้ว่า เมื่ออัตราการไหลของอากาศมากขึ้น ประสิทธิภาพของการกรองก็จะมากขึ้นด้วยเนื่องจากฝุ่นจะพุ่งกระจายไปเกาะตามดุงกรองทำให้ประสิทธิภาพในการกรองสูงขึ้นเพราะการเกิดขึ้นฝุ่นปฐมภูมิมากขึ้นนั่นเอง

จากกราฟที่ 4. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันสูญเสียที่เกิดขึ้นกับอัตราการไหลของอากาศ พบว่า อัตราการไหลของอากาศที่มากขึ้นจะทำให้เกิดความดันสูญเสียที่มากขึ้นตามมาด้วย เนื่องจากอัตราการไหลที่มากขึ้นจะทำให้ฝุ่นกระจายไปทั่วไซโคลนและมีโอกาสเกาะอยู่ที่ดุงกรองมากขึ้น จึงทำให้เกิดความดันสูญเสียมากขึ้น

จากกราฟที่ 5. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนดุงกรองกับอัตราการไหลของอากาศที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการกรอง จะเห็นได้ว่า เมื่อจำนวนดุงกรองมากขึ้นนั่นคือพื้นที่ในการกรองมากขึ้น ประสิทธิภาพในการกรองก็จะมากขึ้นเป็นอัตราส่วนที่สัมพันธ์กับอัตราการไหลของอากาศ แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของความเร็วปรากฏ ซึ่งเป็นฟังก์ชันของ  $Q$  และ  $A$  ความเร็วปรากฏที่เกิดขึ้นนี้จะมีผลต่อการเกาะติดของฝุ่นบนดุงกรอง ซึ่งถ้ามีมากเกินไปก็อาจทำให้ประสิทธิภาพในการกรองแยกลงได้เพราะ อนุภาคของฝุ่นที่มีขนาดเล็กมากๆ อาจทะลุผ่านดุงกรองไปได้เลย

จากกราฟที่ 6. ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงของความดันสูญเสียที่เกิดขึ้นในกรณีที่จำนวนดุงกรองและอัตราการไหลของอากาศเปลี่ยนไป จะได้ว่า เมื่อ  $N = 4$  จะเกิดความดันสูญเสียมากที่สุด และเมื่อจำนวนดุงกรองมากขึ้น ค่าความดันสูญเสียที่เกิดขึ้นจะลดลงเรื่อยๆ และเมื่อเปรียบเทียบความดันสูญเสียที่เกิดขึ้นก่อนและหลังการทดลองแต่ละครั้งพบว่า ความดันสูญเสียจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยภายหลังการทดลองแต่ละครั้ง ซึ่งการใช้งานจริงในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นความดันสูญเสียจะเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนและมากกว่าในการทดลอง จึงต้องควบคุมค่าความดันสูญเสียที่เกิดขึ้นไม่ให้เกิน

200 mmH<sub>2</sub>O

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟที่ 7. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นที่ใช้ในการทดลองกับประสิทธิภาพในการกรอง จะเห็นได้ว่า เมื่อเพิ่มปริมาณฝุ่นที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้งประสิทธิภาพของการกรองจะสูงขึ้น ซึ่งจะคล้ายกับการใช้งานจริงในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป

จากกราฟที่ 8. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นที่ใส่กับความดันสูญเสียที่เกิดขึ้น พบว่า เมื่อปริมาณฝุ่นที่ใช้ในการทดลองเพิ่มมากขึ้น ความดันสูญเสียที่เกิดขึ้นก็จะมากขึ้นตามมาด้วยเนื่องจากความหนาของชั้นฝุ่นที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้การไหลของอากาศผ่านถุงกรองเป็นไปได้ยากนั่นเอง

จากกราฟที่ 9. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและปริมาณฝุ่นที่ใช้ในการทดลอง จะเห็นได้ว่าที่อัตราการไหลเดียวกัน ฝุ่นทรายจะมีประสิทธิภาพในการกรองมากกว่าฝุ่นซีเมนต์ ดังนั้น ฝุ่นที่มีความหนาแน่นมากกว่าจะมีประสิทธิภาพในการกรองที่สูงกว่า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

### สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า ตัวแปรที่สำคัญในการกรองได้แก่ จำนวนครั้งของการกรอง อัตราการไหลของอากาศ พื้นที่ของการกรอง ปริมาณฝุ่นที่ใช้ในการทดลอง และความหนาแน่นของฝุ่น โดยพบว่า ประสิทธิภาพของการกรองจะเพิ่มขึ้นเมื่อ

- จำนวนครั้งของการกรองเพิ่มขึ้น
- อัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น
- จำนวนถุงกรองมากขึ้น
- ฝุ่นที่ใช้มีความหนาแน่นมากขึ้น

นอกจากนี้ยังมีตัวแปรที่สำคัญต่อประสิทธิภาพในการกรอง คือ ความเร็วปรากฏ ซึ่งเป็นฟังก์ชันของอัตราการไหลของอากาศและพื้นที่ผิวของการกรอง ความเร็วปรากฏนี้จะมีผลต่อการเกิดชั้นฝุ่นปฐมภูมิและทำให้กลไกในการเก็บฝุ่นดีขึ้น

โดยทั่วไปแล้วการใช้งานของ Industrial Bag Filter ในโรงงานอุตสาหกรรมจะต้องมีการควบคุมความดันสูญเสียที่เกิดขึ้น ไม่ให้มีค่ามากเกินไปจนทำให้ประสิทธิภาพของการกรองลดลง เนื่องจากเมื่อความดันสูญเสียมีค่ามากนั้นหมายถึงมีชั้นฝุ่นเกาะอยู่บนถุงกรองมากเกินไป ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการไหลเวียนของอากาศ

### ปัญหาที่พบในการทดลอง

ปัญหาที่พบคือ เราไม่สามารถควบคุมตัวแปรบางตัวได้ตามต้องการ เช่น

- ความสะอาดของไซโคลนและปริมาณฝุ่นที่อาจตกค้างก่อนการทดลอง
- Blower ที่ใช้ในการทดลองมีกำลังค่อนข้างต่ำและมีแรงดันน้อยกว่าที่ได้ออกแบบไว้ ทำให้เราไม่สามารถปรับค่า  $Q$  ให้เปลี่ยนแปลงได้ในช่วงกว้างๆ
- ไม่สามารถคัดขนาดของฝุ่นที่มีขนาดเล็กมากๆ และในการทดลองนี้สามารถคัดขนาดของฝุ่นที่ใช้ได้เพียง  $150 \mu$  เท่านั้น

### ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาเครื่องกรองที่สร้างขึ้นสามารถทำได้โดยใช้ Blower ที่มีกำลังสูงขึ้น เพื่อเพิ่มแรงดูดอากาศให้มากขึ้นเพียงพอที่จะสามารถปรับอัตราการไหลในช่วงที่กว้างขึ้น และต้องมีวิธีการคัดขนาดฝุ่นที่มีขนาดเล็กมากๆ ได้อย่างเหมาะสม จะทำให้สามารถหาประสิทธิภาพที่แท้จริงของเครื่องกรอง และศึกษาเครื่องกรองแบบ Industrial Bag Filter ได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การหาอัตราการไหลในท่อทางออก

จากสมการแบร์นูลลี

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} + gZ_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} + gZ_2$$

เนื่องจาก  $Z_1 = Z_2$  และ  $V_1 \ll V_2$  ดังนั้น

$$V_2^2 = (P_1 - P_2) \frac{2}{\rho}$$

จาก  $P = \rho gh$  จะได้ว่า  $P_1 - P_2 = \rho gh_1 - \rho gh_2$  แทนค่าในสมการข้างต้น เพราะฉะนั้น

$$V_2 = \sqrt{2g\Delta h} \quad \text{-----} (*)$$

เมื่อ  $\Delta h = h_1 - h_2$

ดังนั้นเราสามารถหาอัตราการไหลของอากาศ

จาก  $Q = VA \quad \text{-----} (*)$

เมื่อ Q คือ อัตราการไหลของอากาศในท่อทางออก

V คือ ความเร็วของอากาศในท่อทางออก

A คือ พื้นที่หน้าตัดของท่อทางออก

- วิธีคำนวณฝุ่นก่อนนำไปใช้ทดลอง

1. เตรียมตาข่ายที่มีขนาดช่องว่าง ต่างๆกัน 3 ขนาด ในที่นี้ใช้ขนาด 150, 250, 550  $\mu\text{m}$
2. นำฝุ่นที่ต้องการคำนวณมาเทลงบนตาข่ายขนาด 150  $\mu\text{m}$  เกลี่ยให้ทั่ว แล้วเขย่าจะทำให้ฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 150  $\mu\text{m}$  หล่นลงมายังถุงเก็บฝุ่น
3. นำฝุ่นที่ไม่ผ่านการกรองในขั้นแรกมากรองยังตาข่ายขนาด 250  $\mu\text{m}$  ทำเหมือนข้อ 2
4. นำฝุ่นที่ไม่ผ่านการกรองในขั้นที่สองมากรองยังตาข่ายขนาด 550  $\mu\text{m}$  ทำเหมือนข้อ 2
5. นำฝุ่นที่ไม่ผ่านการกรองในขั้นที่สามมาเก็บไว้

ดังนั้นเราจะ ได้ฝุ่นมา 4 ช่วง คือ

- ขนาดเล็กกว่า 150  $\mu\text{m}$

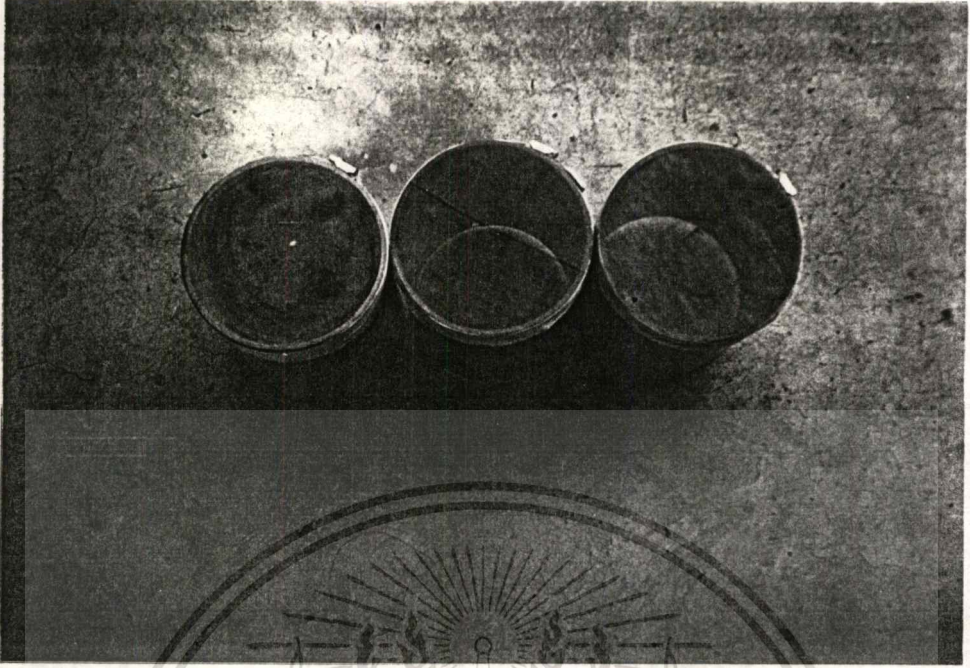
- ขนาด 150 ถึง 250  $\mu\text{m}$

- ขนาด 250 ถึง 550  $\mu\text{m}$

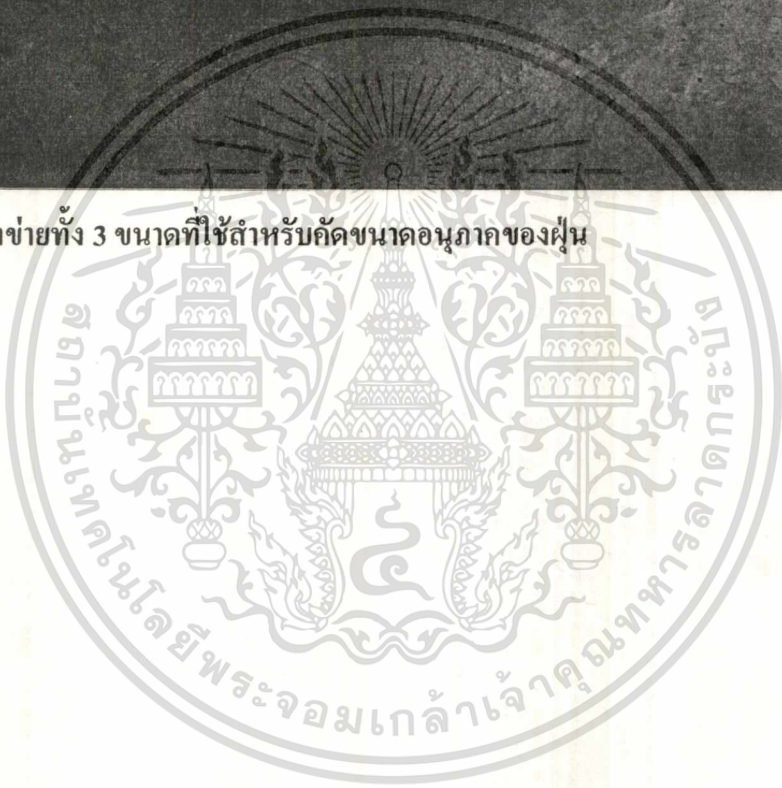
- ขนาดโตกว่า 550  $\mu\text{m}$

แล้วนำฝุ่นที่ได้มาชั่งน้ำหนักเพื่อใช้ในแต่ละการทดลองต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ A แสดงตาข่ายทั้ง 3 ขนาดที่ใช้สำหรับคัดขนาดอนุภาคของฝุ่น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ กว่าจะสำเร็จลุล่วงได้ก็ด้วยความช่วยเหลือของบุคคลหลายๆฝ่ายทั้งในด้านให้ความเอื้อเฟื้อ อำนวยความสะดวก และให้คำแนะนำหลายๆประการ ผู้จัดทำปริญญานิพนธ์นี้ ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์มงคล มงคลวงศ์โรจน์ ในนามของอาจารย์ที่ปรึกษา และตลอดจนคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ยืมอุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ตลอดจนให้ทุนอุดหนุนในการทำปริญญานิพนธ์ อนึ่งขอกราบขอบพระคุณอาจารย์จำลอง พรานแก้ว ที่ช่วยเอื้อเฟื้อวัสดุในการสร้างอุปกรณ์หลาย ๆ อย่าง คุณมณฑา เทียมเมือง ที่คอยให้คำแนะนำ และคอยช่วยเหลืองานทางด้านฝีมือต่างๆ

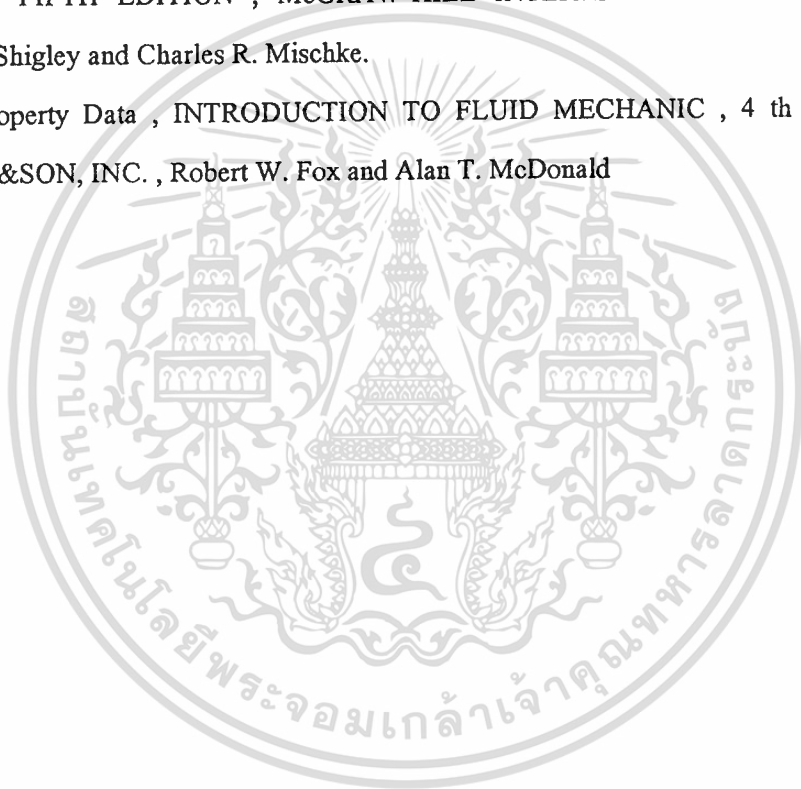
ขอขอบพระคุณบิดา มารดา คณาจารย์ที่ประสาทวิชาความรู้ ให้ลูกศิษย์จนสำเร็จการศึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

1. เครื่องเก็บฝุ่น , คู่มืออุปกรณ์การผลิตในอุตสาหกรรมเคมี , สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น) , กรุงเทพฯ , ดร.วิวัฒน์ ตันทะพานิชกุล
2. การเก็บรวบรวมฝุ่น , มลภาวะอากาศ , สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น) , กรุงเทพฯ , ดร. ชิกาโอะ คานาโอกะ และคณะ
3. Rolling Contact Bearing & Flexible Mechanical Elements , MECHANICAL ENGINEERING DESIGN FIFTH EDITION , MCGRAW-HILL INTERNATIONAL EDITIONS , Joseph Edward Shigley and Charles R. Mischke.
4. Fluid Property Data , INTRODUCTION TO FLUID MECHANIC , 4 th Edition , JOHN WILEY &SON, INC. , Robert W. Fox and Alan T. McDonald



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้