

๒  
๕๕

การศึกษาสมรรถนะของเครื่องเก็บฝุ่นไซโคลน



นายสมบุรณ์ พันเลิศจำนรรจ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2530

ISBN 974-568-451-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

014264

1271077

A STUDY OF PERFORMANCE OF CYCLONE DUST COLLECTOR

MR. SOMBOON PHANLERTCHAMNAN

A Thesis submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

For the Degree of Master of Engineering

Department of Sanitary Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1987

ISBN 974-568-451-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์      การศึกษาสมรรถนะของเครื่องเก็บฝุ่นไซโคลน  
โดย                              นายสมบูรณ์ พันเลิศจำนรรจ์  
ภาควิชา                        วิศวกรรมสุขาภิบาล  
อาจารย์ที่ปรึกษา        รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....  
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรราช)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....  
(รองศาสตราจารย์ สูดใจ จำปา)

.....  
(รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์)

.....  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระ เกรอต)

.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิจิตรา จงวิศาล)

สมบูรณ์ พันเลิศจ่านรรจ์ : การศึกษาสมรรถนะของเครื่องเก็บฝุ่นไซโคลน ( A Study of Performance of Cyclone Dust Collector ) อ.ที่ปรึกษา: รศ.วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์, 160 หน้า.

วิทยานิพนธ์ เป็นการศึกษาศมรรถนะของเครื่องเก็บฝุ่นไซโคลน โดยการสร้างแบบจำลองไซโคลน เพื่อศึกษาศมรรถนะของไซโคลนในการแยกฝุ่นบางประเภท เปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้จากทฤษฎี ไซโคลนที่จัดสร้างเป็นชนิดก๊าซไหลเข้าแนวสัมผัสและฝุ่นออกในแนวแกนหรือแบบ Conventional การออกแบบตามสมมติฐาน Bhatia & Cheremisinoff เมื่อกำหนดสัดส่วน, ขนาดตัดและความดันลด และประเมินสมรรถนะโดยสมมติฐาน Stairmand ซึ่งใช้ขนาดตัดเป็นเกณฑ์

การทดลองแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การเก็บข้อมูล การกระจายอนุภาคที่ป้อนเข้าและเก็บได้และการทดลองเพื่อหาข้อมูลสมรรถนะของไซโคลน โดยใช้วัสดุทดสอบได้แก่ แป้งมันและทัลคัม

การหาการกระจายของอนุภาค โดยร้อนด้วยตะแกรง สำหรับอนุภาคที่มีขนาดโตกว่า 75 ไมครอน และโดยวิธี Hydrometer สำหรับอนุภาคที่เล็กกว่า 75 ไมครอน

การทดลองหาสมรรถนะ ทำการวัดความเร็วการไหลของก๊าซ, ความดันลด และหาความเข้มข้นของฝุ่นในท่อลำเลียงโดยวิธีชักตัวอย่าง

การทดลองแบ่งเป็น 6 ชุด ได้แก่ การใช้กรวยขนาด 2 D และ 2.5 D กับไซโคลนขนาด 5 นิ้วและ 6 นิ้ว สลับกัน และต่ออนุกรมซึ่งผลการทดลองมีดังนี้

Set No.	Diameter of Cyclone (inch)	Conical Base (inch)	Inlet Velocity (ft./sec.)	Testing Material	Specific Gravity	Experimental Result (% by wt.)	Estimated Result (% by wt.)
1	5.00	2D	91.84	Talcum	1.13	73.01	68.70
				Flour	0.78	73.70	65.58
2	5.00	2.5D	91.84	Talcum	1.13	80.02	80.23
				Flour	0.78	80.48	70.08
3	6.00	2D	72.16	Talcum	1.13	57.36	64.16
				Flour	0.78	59.71	53.56
4	6.00	2.5D	72.16	Talcum	1.13	72.43	82.30
				Flour	0.78	63.62	64.92
5	Series	2D	72.16	Talcum	1.13	74.45	75.07
				Flour	0.78	78.80	73.42
6	Series	2.5D	72.16	Talcum	1.13	69.84	71.78
				Flour	0.78	59.27	65.78

ผลการทดลองปรากฏว่าใกล้เคียงกับที่คำนวณของ Stairmand มาก ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นของการทดลองทั้งหกชุด อยู่ในช่วงประมาณ 0.25 % ถึง 13 % เท่านั้น.

ภาควิชา .....วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม.....  
 สาขาวิชา .....วิศวกรรมสุขาภิบาล.....  
 ปีการศึกษา ..... 2530 .....

ลายมือชื่อนิติ .....  
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

SOMBOON PHANLERTCHAMNAN : A STUDY OF PERFORMANCE OF CYCLONE DUST COLLECTOR. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. WONGPUN LIMPASENI,160PP.

The purpose of this thesis was a study of performance of cyclone dust collectors and to compare the studied results with the theoretical ones.

The study model was the tangential inlet and axial discharge or the conventional type. Their shapes and dimensions were calculated base on the hypothesis of Bhatia & Cheremisionoff. It also helped to qualify their cut sizes and pressure drops, generated by these two cyclones. Then, with Stairmand's hypothesis, the performance could be estimated.

As stated, the purpose would be succeeded by evaluating from the study model. This separated the experimental process into two parts. One was the collection of Grain Size Distribution of the testing materials, talcum & rice flour were the examples of illustration and the other was the Collection of the performance data of these two materials.

The Grain Size Distribution could be determined according to their particle sizes, into 2 methods : the material which some were bigger than 75 microns in size or retained on sieve no. 200 would be classified by mean of Sieve Analysis and the rest which were smaller than 75 microns or passing sieve no. 200 would be classified by using the Hydrometer Analysis.

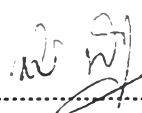
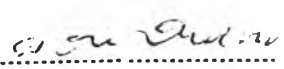
The collection of performance data consisted of mearsuring the Gas Velocity in conveyance ducts ard the pressure drops across cyclones, including the determination of concentration of particles suspended in gasstream by using the method of Stack Sampler.

The experimental process was formed into 2 sets by using the 5 in. & 6 in. of cyclone diameter with the two sizes of conical base, 2.0 & 2.5 D. Each set had a double changing of these two bases. The first four sets were the single stage operation and the rest were the series ones inwhich the 6 in. Dia. was placed infront of the blower. the results for these studies were as follow:

Set No. of Cyclone	Diameter (inch)	Conical Base (inch)	Inlet Velocity (ft./sec.)	Testing Material	Specific Gravity	Experimental Result (% by wt.)	Estimated Result (% by wt.)
1	5.00	2.0	91.84	Talcum	1.13	73.01	68.70
				Flour	0.73	73.70	65.58
2	5.00	2.50	91.84	Talcum	1.13	80.02	80.23
				Flour	0.78	80.48	70.08
3	6.00	2.0	72.16	Talcum	1.13	57.36	64.16
				Flour	0.70	57.71	53.56
4	5.00	2.50	72.16	Talcum	1.13	72.43	82.30
				Flour	0.73	63.62	64.92
5	Series	2.0	72.16	Talcum	1.13	74.45	75.97
				Flour	0.78	78.80	73.42
6	Series	2.50	72.16	Talcum	1.13	69.34	71.78
				Flour	0.78	59.27	65.78

Consequently, the results trended to be the same as the theoretical ones, the errors were between 0.25% and 13%.

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม  
สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล  
ปีการศึกษา 2530

ลายมือชื่อนิสิต   
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 

กิตติกรรมประกาศ



ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ท่านรองศาสตราจารย์วงศ์ภิมพ์ ลิ้มปเสนีย์ ที่ท่านได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นในด้านวิชาการต่าง ๆ ตลอดจนให้กำลังใจ และติดตามความคืบหน้าของการวิจัยอย่างสม่ำเสมอ

ขอขอบพระคุณ ท่านอาจารย์ ส่งเสริม ไชยสุนทร วิทยาลัยอาชีวศึกษามีนบุรี และท่านอาจารย์ สิบพงษ์ ม่วงชู ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์แก่ผู้วิจัยในด้านคำแนะนำและข้อมูลเพื่อจัดสร้าง ไซโคลนชุดทดสอบนี้

ขอขอบพระคุณ คณะอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาลทุกท่านที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์แก่ผู้วิจัยในด้านต่าง ๆ รวมทั้งถ่ายทอดวิชาความรู้ให้

ขอขอบพระคุณ คุณพงษ์และคุณสมหมาย จำปากุล อัญมัยชานชนต์ ชยศุภณัฐวิชัย 5 ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ช่วยจัดสร้างและแก้ไข ไซโคลนชุดทดสอบนี้จนสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ท่านอาจารย์ สมศักดิ์ คำปลิว วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา อุเทนถวาย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์แก่ผู้วิจัยในการแนะนำแก้ไขงานวิจัยจนสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณสมชาย เหลือแถม ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์แก่ผู้วิจัยในการจัดพิมพ์และตรวจทานงานวิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบคุณพี่ ๆ และน้องๆ ร่วมสายโลหิตที่มีส่วนสนับสนุนและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัย ด้วยดีเสมอมา

และเนื่องจากทุนจากวิจัยครั้งนี้ บางส่วนได้รับการสนับสนุนจากบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

สำหรับประโยชน์และความดีของการวิจัยนี้ ขออุทิศให้แก่ บิดา มารดา ของผู้วิจัยเพื่อกราบขอบพระคุณ และระลึกถึงท่าน ซึ่งให้การสนับสนุนแก่ผู้วิจัยในทุก ๆ ด้าน อย่างสม่ำเสมอจนสำเร็จการศึกษา



บทคัดย่อภาษาไทย

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ

กิตติกรรมประกาศ

สารบัญตาราง

สารบัญรูป

คำอธิบายสัญลักษณ์

บทที่ 1	บทนำ	1
	คำนำ	
	1.1 เหตุผลสำคัญในการศึกษา	2
	1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
	1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
	1.4 ขอบเขตในการศึกษา	3
บทที่ 2	เหตุผลและสมมติฐาน	9
	2.1 โครงสร้าง ชนิดและหน้าที่การทำงานของส่วนประกอบไซโคลน	9
	2.2 ขั้นตอนการทำงาน	13
	2.3 กลไกการทำงานของไซโคลน	17
	2.4 การประเมินสมรรถนะของไซโคลน	30
	- การประเมินประสิทธิภาพของไซโคลน	30
	- การประเมินความดันลดของไซโคลน	39
	2.5 การออกแบบส่วนประกอบต่าง ๆ ของไซโคลนที่มีผลต่อสมรรถนะ	43
	2.5.1 เส้นผ่านศูนย์กลางและสัดส่วนทั้งหมดของไซโคลน	46
	2.5.2 ขนาดกรวยไซโคลน	50
	2.5.3 ท่อทางเข้าก๊าซ	50
	2.5.4 ท่อทางออกก๊าซ	50
	2.5.5 การปล่อยฝุ่น	51
	2.5.6 ผลกระทบของผิวภายในที่ไม่เรียบ	51
	2.6 ตัวแปรที่มีผลต่อสมรรถนะไซโคลน	51
	2.6.1 ผลกระทบหตุยุมิ	54
	2.6.2 สัดส่วนของไซโคลน	54
	2.6.3 คุณสมบัติทางกายภาพ	54

	หน้า
	2.6.4 ตัวแปรต่าง ๆ ในกระบวนการ ..... 54
บทที่ 3	เครื่องมือที่ใช้และวิธีการศึกษา ..... 59
	3.1 เครื่องมือที่ใช้ ..... 59
	3.2 วิธีการศึกษา ..... 61
	3.2.1 การประเมินผลจากการออกแบบตามทฤษฎีและสมมติฐาน ..... 61
	3.2.2 การประเมินผลโดยกระบวนการทดลองวิเคราะห์ ..... 62
	3.2.3 การเก็บข้อมูล ..... 63
	3.2.4 แผนการทดลอง ..... 64
	3.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบผล ..... 64
บทที่ 4	ผลการทดลองและผลการวิเคราะห์ ..... 71
	4.1 ผลลัพธ์ที่ได้จากการออกแบบโดยอาศัยทฤษฎีและสมมติฐาน ..... 71
	4.1.1 ข้อมูลสัดส่วนของไฮโคลอน ..... 71
	4.1.2 ข้อมูลคุณสมบัติจำเพาะของไฮโคลอน ..... 71
	4.2 ผลที่ได้จากการทดลอง ..... 72
	4.2.1 ข้อมูลการชักตัวอย่าง หาความเข้มข้นของฝุ่นในกระแสก๊าซ ..... 72
	4.2.2 คุณสมบัติของวัสดุ ..... 73
	4.3 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบ ..... 73
บทที่ 5	สรุปผลและวิจารณ์ ..... 163
	เอกสารอ้างอิง
	ภาคผนวก
	ประวัติ



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. ประเภทของฝุ่นและเครื่องเก็บฝุ่นในอุตสาหกรรมต่าง ๆ	4
2. ค่าใช้จ่ายแรกเริ่มของเครื่องเก็บฝุ่นประเภทต่าง ๆ	5
3. ข้อดีและข้อเสียของการใช้เครื่องเก็บฝุ่นแบบต่าง ๆ	6
4. ผลของการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนใด ๆ ของไซโคลนต่อสมรรถนะ	56
5. สัดส่วนของไซโคลนที่ใช้กรวยขนาด 2D	75
6. สัดส่วนของไซโคลนที่ใช้กรวยขนาด 2.5 D	76
7. ความเร็วและความดันลดที่เกิดขึ้นในไซโคลนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้วและกรวยขนาด 2D	77
8. ความเร็วและความดันลดที่เกิดขึ้นในไซโคลนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้วและกรวยขนาด 2.5 D	78
9. ความเร็วและความดันลดที่เกิดขึ้นในไซโคลนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้วและกรวยขนาด 2 D	79
10. ความเร็วและความดันลดที่เกิดขึ้นในไซโคลนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้วและกรวยขนาด 2.5 D	80
11. ความเร็วและความดันลดที่เกิดขึ้นในไซโคลนอนุกรมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้วและ 5 นิ้วตามลำดับ และกรวยขนาด 2 D	81
12. ความเร็วและความดันลดที่เกิดขึ้นในไซโคลนอนุกรมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้วและ 5 นิ้ว ตามลำดับและกรวยขนาด 2.5 D	82
13. ความเข้มข้นของวัสดุทดสอบที่ป้อนเข้าไซโคลนต่อรอบการหมุนของ Skew Conveyor	83
14. ข้อมูลการหาความเข้มข้นของฝุ่นในกระแสก๊าซตามจุดต่าง ๆ โดยวิธี Stack Sampler ในไซโคลนที่ใช้กรวยขนาด 2 D ทั้งหมด	84
15. ข้อมูลการหาความเข้มข้นของฝุ่นในกระแสก๊าซตามจุดต่าง ๆ โดยวิธี Stack Sampler ในไซโคลนที่ใช้กรวยขนาด 2.5 D ทั้งหมด	85
16. ข้อมูลการวิเคราะห์ Grain Size ของทลคัม ที่จุดเก็บตัวอย่างที่หนึ่ง โดยวิธี Hydrometer	88
17. ข้อมูลการวิเคราะห์ Grain Size ของทลคัม ที่จุดเก็บตัวอย่างที่สอง โดยวิธี Hydrometer	89
18. ผลของสมรรถนะของไซโคลนชุดที่หนึ่ง เมื่อใช้เก็บทลคัม	91

ตารางที่	หน้า
19. ข้อมูลการวิเคราะห์ Grain Size ของแป้งมัน โดยวิธี Sieve Analysis	93
20. ข้อมูลการวิเคราะห์ Grain Size ของแป้งมัน ที่จุดเก็บตัวอย่างที่หนึ่ง โดยวิธี Hydrometer	94
21. ข้อมูลการวิเคราะห์ Grain Size ของแป้งมัน ที่จุดเก็บตัวอย่างที่สอง โดยวิธี Hydrometer	95
22. ผลของสมรรถนะของไซโคลนชุดที่หนึ่ง เมื่อใช้เก็บแป้งมัน	97
23. ข้อมูลการวิเคราะห์ Grain Size ของทาลค์ม ที่จุดเก็บตัวอย่างที่หนึ่ง โดยวิธีของ Hydrometer	100
24. ข้อมูลการวิเคราะห์ Grain Size ของทาลค์มที่จุดเก็บตัวอย่างที่สอง โดยวิธีของ Hydrometer	101
25. ผลของสมรรถนะของไซโคลนชุดที่สอง เมื่อใช้เก็บทาลค์ม	103
26. ข้อมูลการวิเคราะห์ Grain Size ของแป้งมัน โดยวิธี Sieve Analysis	105
27. ข้อมูลการวิเคราะห์ Grain Size ของแป้งมัน ที่จุดเก็บตัวอย่างที่หนึ่ง โดยวิธี Hydrometer	106
28. ข้อมูลการวิเคราะห์ Grain Size ของแป้งมัน ที่จุดเก็บตัวอย่างที่สอง โดยวิธี Hydrometer	107
29. ผลของสมรรถนะของไซโคลนชุดที่สอง เมื่อใช้เก็บแป้งมัน	109
30. ข้อมูลการวิเคราะห์ Grain Size ของทาลค์ม จุดเก็บตัวอย่างที่หนึ่ง โดยวิธี Hydrometer	112
31. ข้อมูลการวิเคราะห์ Grain Size ของทาลค์ม จุดเก็บตัวอย่างที่สอง โดยวิธี Hydrometer	113
32. ผลของสมรรถนะของไซโคลนชุดที่สาม เมื่อใช้เก็บทาลค์ม	115
33. ข้อมูลการวิเคราะห์ Grain Size ของแป้งมัน ที่จุดเก็บตัวอย่างที่หนึ่ง โดยวิธี Hydrometer	117
34. ข้อมูลการวิเคราะห์ Grain Size ของแป้งมัน ที่จุดเก็บตัวอย่างที่สอง โดยวิธี Hydrometer	118
35. ข้อมูลการวิเคราะห์ Grain Size ของแป้งมัน โดยวิธี Sieve Analysis	119
36. ผลของสมรรถนะของไซโคลนชุดที่สาม เมื่อใช้เก็บแป้งมัน	121
37. ข้อมูลการวิเคราะห์ Grain Size ของทาลค์มที่จุดเก็บตัวอย่างที่หนึ่ง โดยวิธี Hydrometer	124
38. ข้อมูลการวิเคราะห์ Grain Size ของทาลค์มที่จุดเก็บตัวอย่างที่สอง โดยวิธี Hydrometer	125

ตารางที่	หน้า
39. ผลของสมรรถนะของไซโคลนชุดที่สี่ เมื่อใช้เก็บทลคัม	127
40. ข้อมูลการวิเคราะห์ Grain Size ของแป้งมัน โดยวิธี Sieve Analysis	129
41. ข้อมูลการวิเคราะห์ Grain Size ของแป้งมันที่จุดเก็บตัวอย่างที่หนึ่ง โดยวิธี Hydrometer	130
42. ข้อมูลการวิเคราะห์ Grain Size ของแป้งมันที่จุดเก็บตัวอย่างที่สอง โดยวิธี hydrometer	131
43. ผลของสมรรถนะของไซโคลนชุดที่สี่ เมื่อใช้เก็บแป้งมัน	133
44. ข้อมูลการวิเคราะห์ Grain Size ของทลคัมที่จุดเก็บตัวอย่างที่หนึ่ง โดยวิธี Hydrometer	136
45. ข้อมูลการวิเคราะห์ Grain Size ของทลคัมที่จุดเก็บตัวอย่างที่สอง โดยวิธี Hydrometer	137
46. ผลของสมรรถนะของไซโคลนชุดที่ห้า เมื่อใช้เก็บทลคัม	139
47. ข้อมูลการวิเคราะห์ Grain Size ของแป้งมัน โดยวิธี Sieve Analysis	141
48. ข้อมูลการวิเคราะห์ Grain Size ของแป้งมันที่จุดเก็บตัวอย่างที่หนึ่ง โดยวิธี Hydrometer	142
49. ข้อมูลการวิเคราะห์ Grain Size ของแป้งมันที่จุดเก็บตัวอย่างที่สอง โดยวิธี Hydrometer	143
50. ผลของสมรรถนะของไซโคลนชุดที่ห้า เมื่อใช้เก็บแป้งมัน	145
51. ข้อมูลการวิเคราะห์ Grain Size ของทลคัม ที่จุดเก็บตัวอย่างที่หนึ่ง โดยวิธี Hydrometer	148
52. ข้อมูลการวิเคราะห์ Grain Size ของทลคัม ที่จุดเก็บตัวอย่างที่สอง โดยวิธี Hydrometer	149
53. ผลของสมรรถนะของไซโคลนชุดที่หก เมื่อใช้เก็บทลคัม	151
54. ข้อมูลการวิเคราะห์ Grain Size ของแป้งมัน โดยวิธี Sieve Analysis	153
55. ข้อมูลการวิเคราะห์ Grain Size ของแป้งมัน ที่จุดเก็บตัวอย่างที่หนึ่ง โดยวิธี Hydrometer	154
56. ข้อมูลการวิเคราะห์ Grain Size ของแป้งมัน ที่จุดเก็บตัวอย่างที่สอง โดยวิธี Hydrometer	155
57. ผลของสมรรถนะของไซโคลนชุดที่หก เมื่อใช้เก็บแป้งมัน	157
58. สรุปข้อมูลสมรรถนะของไซโคลนเปรียบเทียบกับ ระหว่างสมรรถนะตามสมมติฐานกับ สมรรถนะที่ได้จากการทดลอง	162

## สารบัญ

รูปที่	หน้า
1 แผนภูมิการเลือกใช้เครื่องเก็บฝุ่นประเภทต่าง ๆ	7
2 ส่วนประกอบของไซโคลนทั่ว ๆ ไป	8
3 กลไกการทำงานของไซโคลนทั่ว ๆ ไป	10
4 ไซโคลนแบบต่าง ๆ ที่ใช้งาน	11
5 การไหลเวียนของก๊าซในไซโคลน	14
6 การไหลวนของก๊าซในไซโคลน	15
7 แรงต่าง ๆ ที่กระทำต่ออนุภาคแขวนลอยในของไหล	18
8 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์แรงลากและเรโนลด์นัมเบอร์สำหรับอนุทรงกลม	22
9 การกระจายความเร็วของของไหลบริเวณวอร์เทกซ์และ ความหนืดของของไหลเป็นศูนย์	24
10 การกระจายความเร็วของของไหลเมื่อค่าความหนืดไม่จำกัด	25
11 การกระจายความเร็วในไซโคลน	27
12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของความเร็วของก๊าซไหลเข้าและอัตราส่วนของรัศมีเฉลี่ยของท่อทางออกและเข้าของก๊าซ	29
13 สัญลักษณ์แทนสัดส่วนต่าง ๆ ของไซโคลนที่ใช้ในการคำนวณ	33
14 แกนกลางตามสมมติฐานของ Stairmand, ter Linden และ Barth	34
15 Fractional Curve โคชวิทซ์ของ Barth	36
16 Fractional Curve โคชวิทซ์ของ ter Linden	37
17 Fractional Curve โคชวิทซ์ของ Stairmand	38
18 การหาค่าความดันลดโคชวิทซ์ของ ter Linden	41
19 การหาค่าของ Design Loss Factor, $\alpha$ โคชวิทซ์ของ Barth	44
20 การหาค่าของ Friction Loss Factor, $\xi$ โคชวิทซ์ของ Stairmand	45
21 รูปร่างและสัดส่วนของไซโคลนทั่ว ๆ ไป	47
22 ท่อทางเข้าก๊าซแบบต่าง ๆ ที่ใช้	48
23 รูปร่างท่อทางออกก๊าซที่ใช้	49
24 Fractional Curve ของไซโคลนในทางทฤษฎี	52
25 ผลกระทบคุณสมบัติที่มีต่อประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่น	53
26 การเปลี่ยนแปลงตัวแปรทางกายภาพที่มีผลต่อสมรรถนะของไซโคลน	57
27 ผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราการป้อนก๊าซต่อสมรรถนะของไซโคลน	58

รูปที่	หน้า
28 ไบโรวเวอร์ป้อนก๊าซเข้าสู่ระบบ	66
29 Skew Conveyor ที่ใช้ลำเลียงฝุ่นในอาคารศึกษา	67
30 การติดตั้งเครื่องมือทั้งชุด	68
31 เครื่องมือชั่งตัวอย่างฝุ่นโดยวิธี Stack Sampler	69
32 ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนของ Dp/Dpc กับประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นของไซโคลน แต่ละขนาดช่วงอนุภาค ตามสมมติฐานของ Stairmand	70
33 Grain Size Distribution ของทลคัมที่ใช้ทดสอบไซโคลนชุดที่หนึ่ง	90
34 Grade Efficiency Curve ของไซโคลนชุดที่หนึ่ง เมื่อใช้เก็บทลคัม	92
35 Grain Size Distribution ของแป้งมัน ที่ใช้ทดสอบไซโคลนชุดที่หนึ่ง	96
36 Grade Efficiency Curve ของไซโคลนชุดที่หนึ่งเมื่อใช้เก็บแป้งมัน	98
37 Grain Size Distribution ของทลคัมที่ใช้ทดสอบไซโคลนชุดที่สอง	102
38 Grade Efficiency Curve ของไซโคลนชุดที่สอง เมื่อใช้เก็บทลคัม	104
39 Grain Size Distribution ของแป้งมัน ที่ใช้ทดสอบไซโคลนชุดที่สอง	108
40 Grade Efficiency Curve ของไซโคลนชุดที่สอง เมื่อใช้เก็บแป้งมัน	110
41 Grain Size Distribution ของทลคัมที่ใช้ทดสอบไซโคลนชุดที่สาม	114
42 Grade Efficiency Curve ของไซโคลนชุดที่สาม เมื่อใช้เก็บทลคัม	116
43 Grain Size Distribution ของแป้งมันที่ใช้ทดสอบไซโคลนชุดที่สาม	120
44 Grade Efficiency Curve ของไซโคลนชุดที่สามเมื่อใช้เก็บแป้งมัน	122
45 Grain Size Distribution ของทลคัมที่ใช้ทดสอบไซโคลนชุดที่สี่	126
46 Grade Efficiency Curve ของไซโคลนชุดที่สี่ เมื่อใช้เก็บทลคัม	128
47 Grain Size Distribution ของแป้งมัน ที่ใช้ทดสอบไซโคลนชุดที่สี่	132
48 Grade Efficiency Curve ของไซโคลนชุดที่สี่ เมื่อใช้เก็บแป้งมัน	134
49 Grain Size Distribution ของทลคัมที่ใช้ทดสอบไซโคลนชุดที่ห้า	138
50 Grade Efficiency Curve ของไซโคลนชุดที่ห้า เมื่อใช้เก็บทลคัม	140
51 Grain Size Distribution ของแป้งมัน ที่ใช้ทดสอบไซโคลนชุดที่ห้า	144
52 Grade Efficiency Curve ของไซโคลนชุดที่ห้า เมื่อใช้เก็บแป้งมัน	146
53 Grain Size Distribution ของทลคัมที่ใช้ทดสอบไซโคลนชุดที่หก	150
54 Grade Efficiency Curve ของไซโคลนชุดที่หก เมื่อใช้เก็บทลคัม	152
55 Grain Size Distribution ของแป้งมัน ที่ใช้ทดสอบไซโคลนชุดที่หก	156
56 Grade Efficiency Curve ของไซโคลนชุดที่หก เมื่อใช้เก็บแป้งมัน	158
57 ฝุ่นที่ตกใน Dust Bin ของไซโคลนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว ต่ออนุกรมกัน	163

## คำอธิบายสัญลักษณ์

- $A_1$  = พื้นที่หน้าตัดของท่อทางเข้าไซโคลน
- $D_c$  = ขนาดวิกฤตของฝุ่น
- $D_p$  = ขนาดตัดของฝุ่น
- $F_b$  = แรงลอยตัวของของเหลว
- $F_c$  = แรงหนีศูนย์กลาง
- $F_D$  = แรงลาก
- $F_E$  = แรงภายนอก
- $H$  = โมเมนต์ของแรงรอบแกนไซโคลน
- $m_p$  = มวลของฝุ่น
- $N_{Re}$  = เรย์โนลด์ส์นัมเบอร์
- $Q$  = ปริมาณการไหลของก๊าซ
- $S$  = พื้นที่ผิวรับแรงกระทำ
- $R$  = รัศมีการหมุนของก๊าซในไซโคลน
- $U_T$  = ความเร็วเส้นสัมผัสที่รัศมีการหมุน,  $R$
- $U_{p,o}$  = ความเร็วสัมพัทธ์ในการไหลของของไหล
- $U_{r,o}$  = ความเร็วเชิงมุมค่าสุดท้าย
- $U_{ter}$  = ความเร็วสุดท้ายในการเคลื่อนที่ของฝุ่น
- $\rho_f$  = ความหนาแน่นของของไหล
- $\rho_s$  = ความหนาแน่นของของแข็ง
- $\alpha$  = Design Loss Factor โดยวิธีของ Barth
- $\mathcal{C}$  = Friction Loss Factor โดยวิธีของ Stairmand

