การทดสอบประสิทธิภาพของตาข่ายเปียกในการจับเก็บฝุ่นจากโรงโม่หิน

นายพงษ์พันธุ์ อุทัยพันธุ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-333-950-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I19265238

EFFICIENCY TEST OF WETTED SCREENS FOR COLLECTING DUST FROM STONE PROCESSING PLANTS

Mr. Pongpan Uothaipan

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Chemical Engineering
Department of Chemical Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 1999

ISBN 974-333-950-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การทดสอบประสิทธิภาพของตาข่ายเปียกในการจับเก็บฝุ่นจากโรงโม่หิน
โดย	นายพงษ์พันธุ์ อุทัยพันธุ์
ภาควิชา	วิศวกรรมเคมี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ศาสตราจารย์ ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. อุรา ปานเจริญ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ศาสตราจารย์ ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร. หทัยชนก ดุริยะบรรเลง)

พงษ์พันธุ์ อุทัยพันธุ์ : การทดสอบประสิทธิภาพของตาข่ายเปียกในการจับเก็บฝุ่นจากโรงโม่หิน (EFFICIENCY TEST OF WETTED SCREENS FOR COLLECTING DUST FROM STONE PROCESSING PLANTS) อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร.วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล : 282 หน้า ISBN 974-333-950-7

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของตาข่ายเปียกในการจับเก็บฝุ่นจากโรงโม่หิน โดยทำการออกแบบและจัดสร้างชุดอุปกรณ์การทดสอบ และศึกษาถึงตัวแปรกระบวนการที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการจับเก็บฝุ่นโดยตาข่ายเปียก อันได้แก่ ความเข้มข้นฝุ่น ความเร็วลมปรากฏบริเวณตาข่ายเปียก อัตราการไหลของน้ำที่เคลือบผิวตาข่าย และชนิดของตาข่าย (ตาข่ายมุ้งลวด และตาข่ายไนลอน) นอกจากนี้ยังได้ศึกษาถึงอิทธิพลของอัตราส่วนพื้นที่หน้าตัดต่อประสิทธิภาพการจับเก็บฝุ่นของตาข่าย ทั้งกรณีตาข่ายแห้งและกรณีตาข่ายเปียก รวมถึงศึกษาลักษณะสมบัติของฝุ่นที่ใช้ในการทดลอง และภาระฝุ่นรวมที่ทางเข้า (C_iV_it)

จากการศึกษาพบว่าลักษณะสมบัติพื้นฐานของตาข่ายแต่ละชนิดมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการจับเก็บฝุ่นของตาข่ายโดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีตาข่ายแห้ง พบว่า ตาข่ายที่มีขนาดช่องเปิดเล็ก ลักษณะการทอเป็นแบบลูกโซ่ และมีเส้นใยเป็นฉนวน จะมีประสิทธิภาพการจับเก็บฝุ่นดีกว่าตาข่ายที่มีขนาดช่องเปิดขนาดใหญ่ ลักษณะการทอเป็นแบบถักช่องสี่เหลี่ยม และมีเส้นใยเป็นโลหะ การศึกษาความเร็วลมปรากฏบริเวณตาข่ายแสดงให้เห็นว่า ในกรณีตาข่ายแห้ง เมื่อความเร็วลมปรากฏบริเวณตาข่ายเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการจับเก็บฝุ่นของตาข่ายทั้ง 2 ชนิดจะมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น และจะมีแนวโน้มลดลงในกรณีตาข่ายเปียก ในส่วนของอัตราการไหลของน้ำเคลือบผิวตาข่าย พบว่า เมื่ออัตราการไหลของน้ำเคลือบผิวตาข่ายเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการจับเก็บฝุ่นของตาข่ายทั้ง 2 ชนิดจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน และจะใกล้เคียงกันมากขึ้นเมื่ออัตราการไหลของน้ำเคลือบผิวตาข่ายมีมากขึ้น เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลความเข้มข้นฝุ่นขาเข้าตาข่าย ทำให้ทราบว่า เมื่อความเข้มข้นฝุ่นขาเข้าเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการจับเก็บฝุ่นของตาข่ายทั้ง 2 ชนิดจะค่อนข้างคงที่หรือลดลงเล็กน้อยในกรณีตาข่ายแห้ง โดยที่ตาข่ายไนลอนจะมีประสิทธิภาพการจับเก็บฝุ่นดีกว่าตาข่ายมุ้งลวดอย่างเห็นได้ชัด และประสิทธิภาพจะใกล้เคียงกันในกรณีตาข่ายเปียก นอกจากนี้ยังพบว่า ประสิทธิภาพการจับเก็บฝุ่นของตาข่ายทั้ง 2 ชนิด จะลดลงเล็กน้อยเมื่ออัตราส่วนพื้นที่หน้าตัดของตาข่ายลดลงเหลือ 85% และจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อพื้นที่หน้าตัดของตาข่ายลดลงเหลือ 70% อนึ่งในส่วนของภาระฝุ่นรวมที่ทางเข้า (C_iV_it) พบว่า เมื่อ C_iV_it เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการจับเก็บฝุ่นของตาข่ายจะมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยที่ตาข่ายไนลอนจะมีประสิทธิภาพการจับเก็บฝุ่นดีกว่าตาข่ายมุ้งลวดอย่างชัดเจน

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี.....	**ลายมือชื่อนิสิต**.....
สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี.....	**ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา**.....
ปีการศึกษา.....2542.....	**ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม**.....

4070346621 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD : DUST POLLUTION / WETTED SCREENS / STONE DUST / DUST PROPAGATION

PONGPAN UOTHAIPAN : EFFICIENCY TEST OF WETTED SCREENS FOR COLLECTING DUST FROM STONE PROCESSING PLANTS. THESIS ADVISOR: PROF. WIWUT TANTHAPANICHAKOON, Ph.D. 282 pp. ISBN 974-333-950-7

This research deals with the efficiency test of wetted screens for collecting dust from stone processing plants. It consists of the design and construction of the experimental apparatus and the investigation of the effects of operational factors on the collection efficiency, namely, inlet dust concentrations, superficial velocity of air through the wetted screens, flow rate of irrigated water on the screen surface and type of screens (wire mesh and nylon screen). Furthermore, the effect of the ratio of cross-sectional areas of the screen to the duct is also investigated in the cases of dry and wet screens, including the physical characteristics of the dust and the inlet dust loads (C_iV_it).

Experimentally, the physical characteristics of the screens have significant effect on the dust collection efficiency, particularly in the case of dry screens. It is found that the dust collection efficiencies of the nylon screen with smaller aperture, chain weave and electrically non-conductive fibers are better than those of the wire mesh with larger aperture, square weave and metal fibers. In the case of superficial air velocity through the dry screens it is found that the collection efficiencies increase with the air velocity, but decrease slightly in the case of wetted screens. The collection efficiencies of both screens increase remarkably with an increase in the flow rate of irrigated water, and approach together when the water flow rate further increases. In the case of inlet dust concentrations it is found that the collection efficiencies of the dry screens are essentially constant or decrease slightly as the inlet concentration increases. Evidently, the efficiency of the nylon screen is always better than that of the wire screen, though the efficiencies approach each other in the case of wetted screens. Furthermore, the collection efficiencies of both screens decrease slightly when the ratio of the cross-sectional areas decreases to 85% and decrease remarkably when the ratio is 70% of the cross section area of the air duct. In the case of inlet dust load (C_iV_it) it is found that the collection efficiencies of the both dry screens increase with dust load and the efficiency of the nylon screen is always better than that of the wire screen.

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี.....	**ลายมือชื่อนิสิต**.....
สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี.....	**ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา**.....
ปีการศึกษา.....2542.....	**ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม**.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจากหลายๆท่าน ผู้ทำวิจัยขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำต่างๆในการทำวิจัย ตลอดจนตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. อุรา ปานเจริญ ประธานกรรมการ รองศาสตราจารย์ ดร. ธวัชชัย ชรินพาณิชกุล รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์ และ อาจารย์ ดร. หทัยชนก ดุริยะบรรเลง กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้เสนอข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ และแก้ไขเพิ่มเติมส่วนที่บกพร่องของงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณศูนย์เทคโนโลยีอนุภาคไทย คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ได้ให้ความสะดวกด้านสถานที่ และเครื่องมือวิเคราะห์วิจัยเกี่ยวกับวัสดุอนุภาคที่จำเป็นสำหรับงานวิจัยนี้

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนด้านงบประมาณจากทุนอุดหนุนการวิจัยของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (ทุนงบประมาณแผ่นดิน), ทุนวิจัยภาควิชาวิศวกรรมเคมี และทุนบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ บริษัท โรงโม่หินพงษ์เทวินทร์ ที่ได้สนับสนุนตัวอย่างฝุ่นในการศึกษา

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่เบิร์ด และทุกคนในครอบครัว ที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือต่างๆ จนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

งานวิจัยชิ้นนี้คงไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้เลยหากปราศจาก น้องหญิง พี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีอนุภาคและกระบวนการวัสดุ รวมถึงเพื่อนๆ จากมหาวิทยาลัยรังสิต ที่ได้คอยให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฎ

สารบัญรูป..... ฎ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ..... ป

บทที่

1. บทนำ..... 1

1.1 มูลเหตุจูงใจ..... 1

1.2 วัตถุประสงค์..... 3

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย..... 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

2. ความรู้เบื้องต้น..... 4

2.1 ศัพท์และความหมาย..... 4

2.2 อันตรายของฝุ่น..... 6

2.2.1 อันตรายของฝุ่นต่อสุขภาพ..... 6

2.2.2 อันตรายของฝุ่นต่อสภาพแวดล้อม การทำงาน และการดำเนินชีวิต..... 8

2.2.3 ผลกระทบอันเนื่องมาจากขนาดของฝุ่น..... 9

2.3 โรงโม่หินและกระบวนการผลิต..... 10

2.3.1 กระบวนการผลิต..... 13

2.4 แหล่งกำเนิดฝุ่นในโรงโม่หิน..... 17

2.4.1 ชนิดของแหล่งกำเนิดฝุ่น..... 17

2.4.2 การควบคุมฝุ่น..... 24

2.5 ระบบจับเก็บฝุ่นโดยใช้ตาข่ายเปียก..... 36

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

2.6 กลไกหลักในการจับเก็บฝุ่นด้วยตาข่ายเปียก..... 37
2.6.1 การกระทบด้วยแรงเฉื่อย..... 37
2.6.2 การแพร่..... 38
2.6.3 การสกัดกั้น..... 39
2.6.4 แรงดึงดูดเชิงไฟฟ้าสถิต..... 41
2.6.5 การเปิดและปิดอย่างฉับพลันของฟิล์มน้ำ..... 41
2.6.6 การประเมินประสิทธิภาพการจับเก็บฝุ่นของเส้นใยเดี่ยว 41
2.7 มาตรฐานของความเข้มข้นฝุ่น..... 42
2.7.1 มาตรฐานของความเข้มข้นฝุ่นในบรรยากาศ..... 42
2.7.2 มาตรฐานของความเข้มข้นฝุ่นจากโรงโม่ บด และย่อยหิน..... 42
2.8 การใช้ความทึบแสงในการประเมินความเป็นมลพิษของอนุภาคมลสาร..... 44
2.9 การเก็บตัวอย่างอนุภาคมลสารแบบไอโซไคเนติก..... 46
2.10 การประเมินสมบัติการไหลของฝุ่น..... 49
3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 57
4. วิธีดำเนินการทดลองวิจัย..... 63
4.1 วัตถุดิบ..... 63
4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง..... 64
4.2.1 อุปกรณ์วิเคราะห์..... 64
4.2.1.1 เครื่องทดสอบลักษณะสมบัติของวัสดุผง..... 65
4.2.1.2 เครื่องผสมรูปตัววีชนิดโปร่งใส..... 66
4.2.1.3 เครื่องร่อนแยกขนาดแบบสั่น..... 67
4.2.1.4 เครื่องวัดความเร็วลม..... 68
4.2.1.5 เครื่องวัดความทึบแสง..... 69
4.2.2 อุปกรณ์การทดลอง..... 70
4.2.2.1 เครื่องกำเนิดลม..... 70
4.2.2.2 เครื่องป้อนชนิดแม่นยำ 71
4.2.2.3 ปั๊มสุญญากาศ..... 72

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	4.2.2.4 ชุดอุปกรณ์การจับเก็บฝุ่นโดยใช้ตาข่ายเปียก.....	73
	4.3 สภาวะในการทดลอง...	77
	4.4 ขั้นตอนการทดลอง...	79
5.	ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล.....	83
	5.1 การสอบเทียบอุปกรณ์การทดลอง.....	83
	5.2 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองด้านลักษณะสมบัติของฝุ่นหิน.....	86
	5.3 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองที่สภาวะต่างๆ.....	89
	5.3.1 อิทธิพลของความเข้มข้นฝุ่นขาเข้าต่อประสิทธิภาพการจับเก็บฝุ่นโดยตาข่ายเปียก.....	89
	5.3 2 อิทธิพลของอัตราการไหลของน้ำที่เคลือบผิวข่ายเปียกต่อประสิทธิภาพการจับเก็บฝุ่นโดยตาข่ายเปียก.....	124
	5.3.3 อิทธิพลของความเร็วลมปรากฏบริเวณตาข่ายเปียกต่อประสิทธิภาพการจับเก็บฝุ่นโดยตาข่ายเปียก.....	151
	5.3.4 อิทธิพลของตัวเลขสโตกส์ต่อประสิทธิภาพการจับเก็บฝุ่นโดยตาข่ายเปียก.....	187
	5.3.5 อิทธิพลของภาระฝุ่นรวมที่ทางเข้า (C_iV_it) ต่อประสิทธิภาพการจับเก็บฝุ่นของตาข่ายแห้ง.....	211
	5.3.6 อิทธิพลของภาระฝุ่นรวมที่ทางเข้า (C_iV_it) ต่อประสิทธิภาพการจับเก็บฝุ่นของตาข่ายเปียก.....	216
	5.3.7 ประสิทธิภาพทางทฤษฎีของการจับเก็บฝุ่นของตาข่ายแห้งในขณะสะอาด.....	218
6.	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	219
	6.1 สรุปผลการทดลอง.....	219
	6.2 ข้อเสนอแนะ.....	222
รายการอ้างอิง.....		223

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก	227
ภาคผนวก ก	228
ภาคผนวก ข	233
ภาคผนวก ค	250
ประวัติผู้เขียน	282

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณภาพอากาศบริเวณโรงเรียนหน้าพระลาน ต.หน้าพระลาน จ.สระบุรี ปี พ.ศ. 2539 (กรมควบคุมมลพิษ, 2540).....	11
2.2	คุณภาพอากาศบริเวณโรงเรียนหน้าพระลาน ต.หน้าพระลาน จ.สระบุรี เดือนมกราคม - กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2539 (กรมควบคุมมลพิษ, 2540).....	12
2.3	จุดกำเนิดฝุ่นสำคัญและลักษณะการเกิดฝุ่นในกระบวนการผลิตของโรงโม่หิน....	22
2.4	แหล่งปล่อยฝุ่นและการควบคุมฝุ่นของโรงโม่หิน (กมล ธนะนพวรรณ, 2540).....	25
2.5	Evaluation of flowability index.....	53
2.6	Evaluation of floodability index.....	55
5.1	สมบัติการไหลของฝุ่น และค่าเฉลี่ยของขนาดฝุ่นที่ 50% โดยปริมาตร (น้ำหนัก).	87

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	แผนภูมิการผลิตของโรงโม่หินทั่วไป	15
2.2	จุดกำเนิดและลักษณะการเกิดฝุ่นภายในโรงโม่หิน	21
2.3	Rotary brush system	27
2.4	เครื่องทำความสะอาดสายพานแบบต่างๆ	28
2.5	ตำแหน่งต่างๆ ของการติดตั้งเครื่องทำความสะอาดสายพาน	28
2.6	ลักษณะการติดตั้ง CAREX เพื่อควบคุมฝุ่นบริเวณ Chute อย่างมิดชิด	29
2.7	Encapsulation system	29
2.8	รถดูดฝุ่น Johnston 200 HSC compact sweeper	30
2.9	Standard wheel washer	30
2.10	Drive through wash	31
2.11	การนำน้ำที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ ในเครื่องล้างรถ	31
2.12	การติดตั้งหัวฉีดสเปรย์ ภายในบริเวณพื้นที่ของโรงโม่หิน	32
2.13	ไดอะแกรมแสดงตำแหน่งการติดตั้งหัวฉีดในโรงโม่หิน	32
2.14	ภาพรวมของโรงโม่หินก่อนและหลังการทำงานของหัวฉีดน้ำผสม Wetting agent (Michael J. Natale, 1973)	33
2.15	หลักการที่ฝุ่นในกระแสก๊าซสกปรกชนและเกาะติดกับหยดของเหลวเนื่องจากแรงเฉื่อย	38
2.16	อนุภาคที่เคลื่อนไหวแบบบราวเนียน	39
2.17	ลักษณะที่อนุภาคสัมผัสและเกาะติดกับสิ่งกีดขวางโดยกลไกการสกัดกั้น	40
2.18	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเก็บฝุ่นโดยการกระทบด้วยแรงเฉื่อยกับค่าพารามิเตอร์แรงเฉื่อยของอนุภาค	40
2.19	หลักการทำงานของ Opacity Meter	44
2.20	การประยุกต์ใช้ Opacity Meter ในการวัดความทึบแสงจากปล่อง	45
2.21	การเก็บตัวอย่างที่เลือกเก็บอนุภาค เนื่องจากไม่เป็นแบบไอโซไคเนติก	46
2.22	ความสัมพันธ์ระหว่าง f(St) และ St	48

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.23	Measurement of angle of repose	50
2.24	Measurement of angle of spatula	51
2.25	Device for measuring dispersibility	54
2.26	Powder characteristic tester	56
4.1	Schematic diagram of procedure for raw material preparation	64
4.2	ภาพถ่ายของเครื่องผสมรูปตัววีชนิดโปร่งใส	66
4.3	ภาพถ่ายของเครื่องร่อนแยกขนาดแบบสั่น	67
4.4	ภาพถ่ายของเครื่องวัดความเร็วลม	68
4.5	ภาพถ่ายของเครื่องวัดความทึบแสง	69
4.6	ภาพถ่ายของเครื่องกำเนิดลม	70
4.7	ภาพถ่ายของเครื่องป้อนชนิดแม่นยำ	71
4.8	ภาพถ่ายของปั๊มสุญญากาศ	72
4.9	ไดอะแกรมชุดอุปกรณ์ระบบจับเก็บฝุ่นโดยใช้ตาข่ายเปียก	74
4.10	ภาพถ่ายของชุดอุปกรณ์ระบบจับเก็บฝุ่นโดยใช้ตาข่ายเปียก	75
4.11	ภาพถ่ายของบริเวณติดตั้งตาข่ายเปียก	76
4.12	Schematic diagram of dust characterization procedure	80
4.13	Schematic diagram of the performance test of dust collecting by wetted screen procedure	82
5.1	การกระจายขนาดของฝุ่น (Size Distribution)	88
5.2	Relation between efficiency and inlet concentration for wire screen ratio 1 and zero water flow rate (blank test)	91
5.3	Relation between efficiency and inlet concentration for wire screen ratio 1 and water flow rate 648 $(cm^3/sec)/m^2$	91
5.4	Relation between efficiency and inlet concentration for wire screen ratio 1 and water flow rate 746.672 $(cm^3/sec)/m^2$	92

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.5 Relation between efficiency and inlet concentration for wire screen ratio 1 and water flow rate 810.672 $(cm^3/sec)/m^2$ 92

5.6 Relation between efficiency and inlet concentration for wire screen ratio 0.85 and zero water flow rate (blank test)..... 95

5.7 Relation between efficiency and inlet concentration for wire screen ratio 0.85 and water flow rate 648 $(cm^3/sec)/m^2$ 95

5.8 Relation between efficiency and inlet concentration for wire screen ratio 0.85 and water flow rate 746.672 $(cm^3/sec)/m^2$ 96

5.9 Relation between efficiency and inlet concentration for wire screen ratio 0.85 and water flow rate 810.672 $(cm^3/sec)/m^2$ 96

5.10 Relation between efficiency and inlet concentration for wire screen ratio 0.70 and zero water flow rate (blank test)..... 99

5.11 Relation between efficiency and inlet concentration for wire screen ratio 0.70 and water flow rate 648 $(cm^3/sec)/m^2$ 99

5.12 Relation between efficiency and inlet concentration for wire screen ratio 0.70 and water flow rate 746.672 $(cm^3/sec)/m^2$ 100

5.13 Relation between efficiency and inlet concentration for wire screen ratio 0.70 and water flow rate 810.672 $(cm^3/sec)/m^2$ 100

5.14 Relation between efficiency and inlet concentration for nylon screen ratio 1 and zero water flow rate (blank test)..... 103

5.15 Relation between efficiency and inlet concentration for nylon screen ratio 1 and water flow rate 648 $(cm^3/sec)/m^2$ 103

5.16 Relation between efficiency and inlet concentration for nylon screen ratio 1 and water flow rate 746.672 $(cm^3/sec)/m^2$ 104

5.17 Relation between efficiency and inlet concentration for nylon screen ratio 1 and water flow rate 810.672 $(cm^3/sec)/m^2$ 104

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.18 Relation between efficiency and inlet concentration for nylon screen ratio 0.85 and zero water flow rate (blank test)..... 107

5.19 Relation between efficiency and inlet concentration for nylon screen ratio 0.85 and water flow rate 648 $(cm^3/sec)/m^2$..... 107

5.20 Relation between efficiency and inlet concentration for nylon screen ratio 0.85 and water flow rate 746.672 $(cm^3/sec)/m^2$..... 108

5.21 Relation between efficiency and inlet concentration for nylon screen ratio 0.85 and water flow rate 810.672 $(cm^3/sec)/m^2$..... 108

5.22 Relation between efficiency and inlet concentration for nylon screen ratio 0.70 and zero water flow rate (blank test)..... 111

5.23 Relation between efficiency and inlet concentration for nylon screen ratio 0.70 and water flow rate 648 $(cm^3/sec)/m^2$..... 111

5.24 Relation between efficiency and inlet concentration for nylon screen ratio 0.70 and water flow rate 746.672 $(cm^3/sec)/m^2$..... 112

5.25 Relation between efficiency and inlet concentration for nylon screen ratio 0.70 and water flow rate 810.672 $(cm^3/sec)/m^2$..... 112

5.26 Comparison of efficiency vs inlet concentration between nylon and wire screens for screen ratio 1 and zero water flow rate (blank test)..... 114

5.27 Comparison of efficiency vs inlet concentration between nylon and wire screens for screen ratio 1 and water flow rate 648 $(cm^3/sec)/m^2$..... 114

5.28 Comparison of efficiency vs inlet concentration between nylon and wire screens for screen ratio 1 and water flow rate 746.672 $(cm^3/sec)/m^2$..... 115

5.29 Comparison of efficiency vs inlet concentration between nylon and wire screens for screen ratio 1 and water flow rate 810.672 $(cm^3/sec)/m^2$..... 115

5.30 Comparison of efficiency vs inlet concentration between nylon and wire screens for screen ratio 0.85 and zero water flow rate (blank test)..... 118

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.31 Comparison of efficiency vs inlet concentration between nylon and wire screens for screen ratio 0.85 and water flow rate 648 (cm^3/sec)/m^2..... 118

5.32 Comparison of efficiency vs inlet concentration between nylon and wire screens for screen ratio 0.85 and water flow rate 746.672 (cm^3/sec)/m^2.. 119

5.33 Comparison of efficiency vs inlet concentration between nylon and wire screens for screen ratio 0.85 and water flow rate 810.672 (cm^3/sec)/m^2.. 119

5.34 Comparison of efficiency vs inlet concentration between nylon and wire screens for screen ratio 0.70 and zero water flow rate (blank test)..... 122

5.35 Comparison of efficiency vs inlet concentration between nylon and wire screens for screen ratio 0.70 and water flow rate 648 (cm^3/sec)/m^2..... 122

5.36 Comparison of efficiency vs inlet concentration between nylon and wire screens for screen ratio 0.70 and water flow rate 746.672 (cm^3/sec)/m^2.. 123

5.37 Comparison of efficiency vs inlet concentration between nylon and wire screens for screen ratio 0.70 and water flow rate 810.672 (cm^3/sec)/m^2.. 123

5.38 Relation between efficiency and water flow rate for wire screen ratio 1 and air velocity 1.217 m/sec..... 125

5.39 Relation between efficiency and water flow rate for wire screen ratio 1 and air velocity 1.521 m/sec..... 125

5.40 Relation between efficiency and water flow rate for wire screen ratio 1 and air velocity 1.825 m/sec..... 126

5.41 Relation between efficiency and water flow rate for wire screen ratio 0.85 and air velocity 1.217 m/sec..... 128

5.42 Relation between efficiency and water flow rate for wire screen ratio 0.85 and air velocity 1.521 m/sec..... 128

5.43 Relation between efficiency and water flow rate for wire screen ratio 0.85 and air velocity 1.825 m/sec..... 129

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.44 Relation between efficiency and water flow rate for wire screen ratio 0.70 and air velocity 1.217 m/sec 131

5.45 Relation between efficiency and water flow rate for wire screen ratio 0.70 and air velocity 1.521 m/sec 131

5.46 Relation between efficiency and water flow rate for wire screen ratio 0.70 and air velocity 1.825 m/sec 132

5.47 Relation between efficiency and water flow rate for nylon screen ratio 1 and air velocity 1.217 m/sec 134

5.48 Relation between efficiency and water flow rate for nylon screen ratio 1 and air velocity 1.521 m/sec 134

5.49 Relation between efficiency and water flow rate for nylon screen ratio 1 and air velocity 1.825 m/sec 135

5.50 Relation between efficiency and water flow rate for nylon screen ratio 0.85 and air velocity 1.217 m/sec 137

5.51 Relation between efficiency and water flow rate for nylon screen ratio 0.85 and air velocity 1.521 m/sec 137

5.52 Relation between efficiency and water flow rate for nylon screen ratio 0.85 and air velocity 1.825 m/sec 138

5.53 Relation between efficiency and water flow rate for nylon screen ratio 0.70 and air velocity 1.217 m/sec 140

5.54 Relation between efficiency and water flow rate for nylon screen ratio 0.70 and air velocity 1.521 m/sec 140

5.55 Relation between efficiency and water flow rate for nylon screen ratio 0.70 and air velocity 1.825 m/sec 141

5.56 Comparison of efficiency vs water flow rate between nylon and wire screens for screen ratio 1 and air velocity 1.217 m/sec 143

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.57 Comparison of efficiency vs water flow rate between nylon and wire screens for screen ratio 1 and air velocity 1.521 m/sec..... 143

5.58 Comparison of efficiency vs water flow rate between nylon and wire screens for screen ratio 1 and air velocity 1.825 m/sec..... 144

5.59 Comparison of efficiency vs water flow rate between nylon and wire screens for screen ratio 0.85 and air velocity 1.217 m/sec..... 146

5.60 Comparison of efficiency vs water flow rate between nylon and wire screens for screen ratio 0.85 and air velocity 1.521 m/sec..... 146

5.61 Comparison of efficiency vs water flow rate between nylon and wire screens for screen ratio 0.85 and air velocity 1.825 m/sec..... 147

5.62 Comparison of efficiency vs water flow rate between nylon and wire screens for screen ratio 0.70 and air velocity 1.217 m/sec..... 149

5.63 Comparison of efficiency vs water flow rate between nylon and wire screens for screen ratio 0.70 and air velocity 1.521 m/sec..... 149

5.64 Comparison of efficiency vs water flow rate between nylon and wire screens for screen ratio 0.70 and air velocity 1.825 m/sec..... 150

5.65 Relation between efficiency and air velocity for wire screen ratio 1 and inlet concentration 8.266 – 12.103 g/m^3..... 153

5.66 Relation between efficiency and air velocity for wire screen ratio 1 and inlet concentration 19.227 – 29.470 g/m^3..... 153

5.67 Relation between efficiency and air velocity for wire screen ratio 1 and inlet concentration 30.835 – 40.024 g/m^3..... 154

5.68 Relation between efficiency and air velocity for wire screen ratio 0.85 and inlet concentration 8.155 – 12.103 g/m^3..... 157

5.69 Relation between efficiency and air velocity for wire screen ratio 0.85 and inlet concentration 19.338 – 30.065 g/m^3..... 157

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.70 Relation between efficiency and air velocity for wire screen ratio 0.85 and inlet concentration 30.900 – 40.023 g/m^3 158

5.71 Relation between efficiency and air velocity for wire screen ratio 0.70 and inlet concentration 8.220 – 12.102 g/m^3 161

5.72 Relation between efficiency and air velocity for wire screen ratio 0.70 and inlet concentration 19.135 – 29.702 g/m^3 161

5.73 Relation between efficiency and air velocity for wire screen ratio 0.70 and inlet concentration 30.791 – 40.860 g/m^3 162

5.74 Relation between efficiency and air velocity for nylon screen ratio 1 and inlet concentration 8.243 – 12.143 g/m^3 165

5.75 Relation between efficiency and air velocity for nylon screen ratio 1 and inlet concentration 19.304 – 29.641 g/m^3 165

5.76 Relation between efficiency and air velocity for nylon screen ratio 1 and inlet concentration 30.865 – 40.513 g/m^3 166

5.77 Relation between efficiency and air velocity for nylon screen ratio 0.85 and inlet concentration 8.397 – 12.183 g/m^3 169

5.78 Relation between efficiency and air velocity for nylon screen ratio 0.85 and inlet concentration 19.373 – 30.108 g/m^3 169

5.79 Relation between efficiency and air velocity for nylon screen ratio 0.85 and inlet concentration 19.373 – 30.108 g/m^3 170

5.80 Relation between efficiency and air velocity for nylon screen ratio 0.70 and inlet concentration 8.231 – 12.237 g/m^3 173

5.81 Relation between efficiency and air velocity for nylon screen ratio 0.70 and inlet concentration 19.560 – 29.809 g/m^3 173

5.82 Relation between efficiency and air velocity for nylon screen ratio 0.70 and inlet concentration 30.619 – 40.242 g/m^3 174

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.83 Comparison of efficiency vs air velocity between nylon and wire screens for screen ratio 1 and C_i-wire screen 8.266 – 12.103 g/m^3 and C_i-nylon screen 8.243 – 12.143 g/m^3 176

5.84 Comparison of efficiency vs air velocity between nylon and wire screens for screen ratio 1 and C_i-wire screen 19.288 – 29.470 g/m^3 and C_i-nylon screen 19.304 – 29.641 g/m^3 177

5.85 Comparison of efficiency vs air velocity between nylon and wire screens for screen ratio 1 and C_i-wire screen 30.835 – 40.024 g/m^3 and C_i-nylon screen 30.856 – 40.513 g/m^3 178

5.86 Comparison of efficiency vs air velocity between nylon and wire screens for screen ratio 0.85 and C_i-wire screen 8.155 – 12.103 g/m^3 and C_i-nylon screen 8.397 – 12.183 g/m^3 180

5.87 Comparison of efficiency vs air velocity between nylon and wire screens for screen ratio 0.85 and C_i-wire screen 19.338 – 30.065 g/m^3 and C_i-nylon screen 19.373 – 30.108 g/m^3 181

5.88 Comparison of efficiency vs air velocity between nylon and wire screens for screen ratio 0.85 and C_i-wire screen 30.900 – 40.023 g/m^3 and C_i-nylon screen 30.792 – 40.023 g/m^3 182

5.89 Comparison of efficiency vs air velocity between nylon and wire screens for screen ratio 0.70 and C_i-wire screen 8.220 – 12.102 g/m^3 and C_i-nylon screen 8.213 – 12.237 g/m^3 184

5.90 Comparison of efficiency vs air velocity between nylon and wire screens for screen ratio 0.70 and C_i-wire screen 19.135 – 29.702 g/m^3 and C_i-nylon screen 19.560 – 29.809 g/m^3 185

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
5.91	Comparison of efficiency vs air velocity between nylon and wire screens for screen ratio 0.70 and C_i-wire screen 30.791 – 40.860 g/m^3 and C_i-nylon screen 30.619 – 40.242 g/m^3	186
5.92	Relation between efficiency and Stokes number for wire screen ratio 1 and inlet concentration 8.266 – 12.103 g/m^3	190
5.93	Relation between efficiency and Stokes number for wire screen ratio 1 and inlet concentration 19.227 – 29.470 g/m^3	190
5.94	Relation between efficiency and Stokes number for wire screen ratio 1 and inlet concentration 30.835 – 40.024 g/m^3	191
5.95	Relation between efficiency and Stokes number for wire screen ratio 0.85 and inlet concentration 8.155 – 12.103 g/m^3	192
5.96	Relation between efficiency and Stokes number for wire screen ratio 0.85 and inlet concentration 19.338 – 30.065 g/m^3	192
5.97	Relation between efficiency and Stokes number for wire screen ratio 0.85 and inlet concentration 30.900 – 40.023 g/m^3	193
5.98	Relation between efficiency and Stokes number for wire screen ratio 0.70 and inlet concentration 8.220 – 12.102 g/m^3	194
5.99	Relation between efficiency and Stokes number for wire screen ratio 0.70 and inlet concentration 19.135 – 29.702 g/m^3	194
5.100	Relation between efficiency and Stokes number for wire screen ratio 0.70 and inlet concentration 30.791 – 40.860 g/m^3	195
5.101	Relation between efficiency and Stokes number for nylon screen ratio 1 and inlet concentration 8.243 – 12.143 g/m^3	196
5.102	Relation between efficiency and Stokes number for nylon screen ratio 1 and inlet concentration 19.304 – 29.641 g/m^3	196

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
5.103	Relation between efficiency and Stokes number for nylon screen ratio 1 and inlet concentration 30.865 – 40.513 g/m^3	197
5.104	Relation between efficiency and Stokes number for nylon screen ratio 0.85 and inlet concentration 8.397 – 12.183 g/m^3	198
5.105	Relation between efficiency and Stokes number for nylon screen ratio 0.85 and inlet concentration 19.373 – 30.108 g/m^3	198
5.106	Relation between efficiency and Stokes number for nylon screen ratio 0.85 and inlet concentration 30.792 – 40.023 g/m^3	199
5.107	Relation between efficiency and Stokes number for nylon screen ratio 0.70 and inlet concentration 8.231 – 12.237 g/m^3	200
5.108	Relation between efficiency and Stokes number for nylon screen ratio 0.70 and inlet concentration 19.560 – 29.809 g/m^3	200
5.109	Relation between efficiency and Stokes number for nylon screen ratio 0.70 and inlet concentration 30.619 – 40.242 g/m^3	201
5.110	Comparison of efficiency vs Stokes number between nylon and wire screens for screen ratio 1 and C_i-wire screen 8.266 – 12.103 g/m^3 and C_i-nylon screen 8.243 – 12.143 g/m^3	202
5.111	Comparison of efficiency vs Stokes number between nylon and wire screens for screen ratio 1 and C_i-wire screen 19.288 – 29.470 g/m^3 and C_i-nylon screen 19.304 – 29.641 g/m^3	203
5.112	Comparison of efficiency vs Stokes number between nylon and wire screens for screen ratio 1 and C_i-wire screen 30.835 – 40.024 g/m^3 and C_i-nylon screen 30.856 – 40.513 g/m^3	204
5.113	Comparison of efficiency vs Stokes number between nylon and wire screens for screen ratio 0.85 and C_i-wire screen 8.155 – 12.103 g/m^3 and C_i-nylon screen 8.397 – 12.183 g/m^3	205

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.114 Comparison of efficiency vs Stokes number between nylon and wire screens for screen ratio 0.85 and C_i-wire screen 19.338 – 30.065 g/m^3 and C_i-nylon screen 19.373 – 30.108 g/m^3 206

5.115 Comparison of efficiency vs Stokes number between nylon and wire screens for screen ratio 0.85 and C_i-wire screen 30.900 – 40.023 g/m^3 and C_i-nylon screen 30.792 – 40.023 g/m^3 207

5.116 Comparison of efficiency vs Stokes number between nylon and wire screens for screen ratio 0.70 and C_i-wire screen 8.220 – 12.102 g/m^3 and C_i-nylon screen 8.213 – 12.237 g/m^3 208

5.117 Comparison of efficiency vs Stokes number between nylon and wire screens for screen ratio 0.70 and C_i-wire screen 19.135 – 29.702 g/m^3 and C_i-nylon screen 19.560 – 29.809 g/m^3 209

5.118 Comparison of efficiency vs Stokes number between nylon and wire screens for screen ratio 0.70 and C_i-wire screen 30.791 – 40.860 g/m^3 and C_i-nylon screen 30.619 – 40.242 g/m^3 210

5.119 Relation between efficiency and C_iV_it for wire screen ratio 1 and zero water flow rate 214

5.120 Relation between efficiency and C_iV_it for nylon screen ratio 1 and zero water flow rate 214

5.121 Comparison of efficiency vs C_iV_it between nylon and wire screen for screen ratio 1 and zero water flow rate 215

5.122 Relation between efficiency and C_iV_it for nylon screen ratio 1 and water flow rate 648 and 810.672 (cm^3/sec)/m^2 217

คำอธิบายสัญลักษณ์ และคำย่อ

C	คือ	ความเข้มข้นฝุ่นที่วัดได้จากการเก็บตัวอย่าง	[g/m^3]
C_i	คือ	ความเข้มข้นฝุ่นขาเข้าระบบ	[g/m^3]
C_0	คือ	ความเข้มข้นฝุ่นที่แท้จริง	[g/m^3]
D	คือ	เส้นผ่านศูนย์กลางภายในหัวดูด	[cm]
D_f	คือ	เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยตาข่าย	[μm]
D_p	คือ	เส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคฝุ่น	[μm]
D_w	คือ	เส้นผ่านศูนย์กลางของหยดน้ำ	[μm]
R	คือ	พารามิเตอร์การสกัดกั้น	[-]
Re	คือ	ตัวเลขเรย์โนลด์	[-]
Re_f	คือ	ตัวเลขเรย์โนลด์ของเส้นใย	[-]
St	คือ	ตัวเลขสโตกส์	[-]
t	คือ	เวลา	[s]
U_0	คือ	ความเร็วของกระแสก๊าซ	[m/s]
U	คือ	ความเร็วของก๊าซในหัวดูด	[m/s]
U_R	คือ	ความเร็วลมสัมพัทธ์ระหว่างหยดละอองน้ำกับอนุภาคฝุ่น	[m/s]
V_i	คือ	ความเร็วลมขาเข้าบริเวณตาข่ายเปียก	[m/s]
ψ	คือ	พารามิเตอร์แรงเฉื่อย	[-]
ρ	คือ	ความหนาแน่น	[kg/m^3]
μ	คือ	ความหนืด	[kg/m.s]
α	คือ	อัตราส่วนของปริมาตรทั้งหมดของทุกเส้นใยต่อปริมาตรของตัวกรอง	[-]
η_{OT}	คือ	ประสิทธิภาพของเส้นใยเดี่ยวโดยกลไกการกระทบด้วยแรงเฉื่อย	[-]

ตัวห้อย (Subscript)

a	คือ	อากาศ
p	คือ	อนุภาคฝุ่น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย