การพัฒนาตัวดูดอัตราการปล่อยฝุ่นละอองจากโรงไม้หิน

นาย กมล ธนะนพวรรณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-638-356-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17938990

DEVELOPMENT OF DUST EMISSION FACTORS FOR ROCK CRUSHING PLANT

Mr. Kamol Thananopavarn

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Patial Fulfillment of the Requirements
For the Degree of Master of Engineering in Environmental Engineering
Department of Environmental Engineering
Graduate School
Academic Year 1997

ISBN 974-638-356-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาตัวดูดอัตราการปล่อยฝุ่นละอองจากโรงโม่หิน
โดย	นาย กมล ธนะนพวรรณ
ภาควิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สุรี ขาวเธียร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ บุญยง ไล่ห้วงศ์วัฒน)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. ชวลิต รัตนธรรมสกุล)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

...บทคัดย่อและบทคัดย่อภาษาอังกฤษของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เพียงแผ่นเดียว

กมล ชนะนพวรรณ : การพัฒนาตัวคูณอัตราการปล่อยฝุ่นละอองจากโรงโม่หิน (DEVELOPMENT OF DUST EMISSION FACTORS FOR ROCK CRUSHING PLANT) อ. ที่ปรึกษา : รศ. วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์ , 199 หน้า , ISBN 974-638-356-6

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาอัตราการปล่อยฝุ่นละอองรวมและตัวคูณอัตราการปล่อยฝุ่นละอองรวมจากแหล่งปล่อยต่างๆ ภายในโรงโม่หินโดยประยุกต์ใช้เทคนิคความทึบแสง และแปรผลค่าความทึบแสงที่ได้เป็นความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบควบคุมฝุ่นแบบสเปรย์น้ำ และแบบดูดและรวบรวมฝุ่นแบบถุงกรองในการควบคุมฝุ่นจากโรงโม่หิน และรวมทั้งศึกษาการกระจายขนาดของฝุ่นที่ปล่อยออกจากเครื่องจักรต่างๆ ภายในโรงโม่หิน

ผลการศึกษาโดยใช้เครื่อง smoke opacity meter และ เครื่องเก็บตัวอย่างชนิดปริมาตรสูง พบว่าความทึบแสงและความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมมีความสัมพันธ์กันดังสมการ คือ

$$y = 279.57x + 299.55 , \quad R^2 = 0.9153$$

โดยที่ y = ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม (มก./ลบ.ม.) และ x = ความทึบแสง (%) โดยสมการนี้ใช้ได้ในช่วงที่ความทึบแสงมีค่า 0.1 – 19.1 %

โรงโม่อโศกอุตสาหกิจ ซึ่งมีกำลังการผลิตประมาณ 400 – 450 ตัน/ชม. เมื่อไม่มีการควบคุมฝุ่น มีอัตราการปล่อยฝุ่นละอองรวมจากทั้งโรงโม่เท่ากับ 67496 มก./วินาที หรือ 4 กก./นาที และตัวคูณอัตราการปล่อยฝุ่นละอองรวมจากทั้งโรงโม่เท่ากับ 0.57 กก.ต่อตันของหินที่ผลิต โดยมีกองหิน จุดถ่ายโอนสายพานใต้ตะแกรงขั้นที่สอง ตะแกรงขั้นที่สอง และเครื่องโม่ละเอียดเป็นแหล่งปล่อยฝุ่นสำคัญ เมื่อมีการควบคุมฝุ่นด้วยสเปรย์น้ำ อัตราการปล่อยฝุ่นละอองรวมทั้งโรงโม่เท่ากับ 0.55 กก./นาที และตัวคูณอัตราการปล่อยฝุ่นละอองทั้งโรงโม่รวมเท่ากับ 0.08 กก./ตัน โดยประเมินประสิทธิภาพในการควบคุมฝุ่นได้เท่ากับ 86 % โรงโม่ขุมเงินขุมทองซึ่งมีการสร้างอาคารปิดครอบเครื่องจักรและมีกำลังการผลิตประมาณ 350 - 400 ตัน/ชม. เมื่อไม่มีการสเปรย์น้ำ ตัวคูณอัตราการปล่อยฝุ่นละอองรวมทั้งโรงโม่มีค่าเท่ากับ 0.43 กก./ตัน และเมื่อมีการสเปรย์น้ำมีค่าเท่ากับ 0.06 กก./ตัน โดยประเมินประสิทธิภาพของระบบสเปรย์น้ำในการควบคุมได้เท่ากับ 87 %

สามารถสรุปได้ว่า โรงโม่ทั่วไปที่ไม่มีการสร้างอาคารปิดคลุมเครื่องจักร เมื่อไม่มีการควบคุมฝุ่น จะมีการปล่อยฝุ่นละอองรวมออกจากกระบวนการผลิตประมาณ 565 กรัม ต่อหินที่ผลิตได้ 1 ตัน และ โรงโม่ที่ควบคุมฝุ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพไม่ควรปล่อยฝุ่นละอองออกจากกระบวนการผลิตมากกว่า 80 กรัมต่อตันของหินที่ผลิตได้ และโรงโม่ที่มีการสร้างอาคารปิดคลุมเครื่องจักร เมื่อไม่มีการควบคุมฝุ่น จะมีปล่อยฝุ่นละอองรวมออกจากกระบวนการผลิตประมาณ 429 กรัมต่อหินที่ผลิตได้ 1 ตัน และเมื่อมีการสเปรย์น้ำ ไม่ควรจะปล่อยฝุ่นละอองออกมามากกว่า 55 กรัมต่อตันของหินที่ผลิตได้

ระบบดูดและรวบรวมฝุ่นแบบถุงกรองมีประสิทธิภาพในการควบคุมฝุ่นจากโรงโม่หินไม่สูงนัก มลพิษที่เหลืออยู่แม้จะต่ำกว่ามาตรฐาน แต่ก็อยู่ในเกณฑ์ที่สูง สาเหตุเนื่องมาจากระบบดูดและรวบรวมฝุ่นไม่สามารถรวบรวมฝุ่นที่เกิดจากเครื่องจักรที่มีการเคลื่อนที่และสั่นสะเทือนตลอดเวลาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะที่ระบบสเปรย์น้ำสามารถควบคุมฝุ่นจากโรงโม่หินได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีประสิทธิภาพกว่า 88 % และมลพิษที่เหลืออยู่ในระดับต่ำกว่ามาตรฐานมาก แต่การให้ความชื้นกับหินโดยระบบสเปรย์น้ำก่อให้เกิดปัญหากับกระบวนการผลิตและเครื่องจักร และผลิตภัณฑ์มีคุณภาพต่ำลง จึงต้องมีการควบคุมความชื้นให้ต่ำ หรืออาจใช้สเปรย์น้ำร่วมกับระบบดูดและรวบรวมฝุ่นแบบถุงกรองหรือสร้างอาคารปิดคลุมเครื่องจักร

การศึกษากระจายขนาดของฝุ่นที่ปล่อยจากเครื่องจักรต่างๆ ภายในโรงโม่พบว่าเครื่องโม่จะปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 11 ไมครอนในสัดส่วนที่สูง คือ ประมาณ 40 % ส่วนตะแกรงจะปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 11 ไมครอนในสัดส่วนที่ต่ำกว่า คือ ประมาณ 10 – 15 %

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2540 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

C717877 : MAJOR SANITARY ENGINEERING
KEY WORD: DUST / ROCK CRUSHING PLANT / DUST EMISSION FACTOR / OPACITY

KAMOL THANANOPAVARN : DEVELOPMENT OF DUST EMISSION FACTORS FOR ROCK CRUSHING PLANT. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. WONGPHUN LIMPASENI , 199 pp ,
ISBN 974-638-356-6

This research was intended to develop TSP emission factor and TSP emission rate from emission sources in rock crushing plant by techniques of opacity investigation and interpreting opacity as TSP concentration. To investigate the efficiency of dust control system in water spray system in dust evaculating and collecting system in bag filter system. And investigate the size distribution of dust that emitted from machines in rock crushing plant.

The result of the test , using the smoke opacity meter and high volume sampler, showed that TSP concentration related to opacity which show in equation below

$$Y = 279.57 X + 299.55 \quad , \quad R^2 = 0.9153$$

Which Y = TSP concentration (mg/m^3) , X = opacity (%) ; under the opacity range of 0.1-19.1 %

Asoke Rock crushing production capacity is 400-450 ton/hr. Uncontrolled , overall TSP emission rate is 67,496 mg/s or 4 kg/min and overall TSP emission factor is 0.57 kg per unit ton of product. Storage pile , transfer point under secondary screening , secondary screening and fine crusher are main sources of dust emitted. Water spray controlled , overall TSP emission rate is 0.55 kg/min and overall TSP emission factor is 0.08 kg/ton. The efficiency of dust control system that is 86 %. For Khum Ngern Khum Thong Crushing Plants is enclosed by building production capacity is 350 - 400 ton/hr. Uncontrolled , overall TSP emission factor is 0.43 kg/ton . With water spray control , overall TSP emission rate is 0.06 kg/ton.

In general uncontrolled process produce TSP 565 gram. per rock 1 ton. rock produced. The effective dust controlled crushing plant shouldn't produce dust more than 80 gram/ton of product. Building enclosure without water spray will produce dust 429 g. per rock 1 ton. And with Water spray system shouldn't emit dust more than 55 g per unit ton of product.

Dust and collecting system by bag filter wasn't so effective. Although the remain pollution is lower than the ambient standard but still high. Because this system can't be effective controlled under constant moving and vibrating machines. Water spray system is a highly effective dust control system. The efficiency is more than 88% and the remain pollution value is much lower than the standard. However , to moisture the rock in this system will cause some problems to the process, harm the machines and the finish products will be lower quality. So we must control moisture. Or use water spray together with filter bag or enclosure all the machines.

The size distribution of dust emitted from the machines study shows that dust from the crusher having size less than 11 micron is 40% which is higher than from the screening at 10-15%.

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต กมล ธนานนทวาณ

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2540 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาตามวิทยานิพนธ์นี้สามารถสำเร็จได้ต้องขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาข้าพเจ้าที่ให้ความรัก ความเอาใจใส่ สนับสนุนปัจจัยมากมาย และได้ให้โอกาสเสมอมา

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์ อาจารย์ที่ปรึกษาเป็นอย่างยิ่งที่ได้สอนและชี้แนะความรู้และความเข้าใจต่างๆ มากมาย ขอขอบพระคุณท่านกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ได้ชี้แนะสิ่งต่างๆ มากมายเช่นกัน

ขอขอบคุณกรมควบคุมมลพิษและกรมทรัพยากรธรณีที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในการศึกษา และเงินทุนในการศึกษาวิทยาพนธ์นี้

ขอขอบคุณโรงโม่อโศกอุตสาหกิจ โรงโม่ขุมเงินขุมทอง โรงงานปูนซิเมนต์ไทย แก่งคอย โรงโม่หินไทยสระบุรี และโรงโม่ศิลาเลิศจิต ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และความร่วมมือในการศึกษาเป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณ กานต์ เอื้องกิตติกุล ที่ได้ให้คำแนะนำที่ดีมากมายและช่วยเหลือในเรื่องที่พัก

ขอขอบคุณคุณเกษม พรมเนตร์ที่ให้ความช่วยเหลืออย่างมากในการตรวจวัดและการเก็บตัวอย่างในการศึกษาตามวิทยานิพนธ์นี้ และขอบคุณคุณสุรสิทธิ์ กรวยกิตานนท์ ที่ช่วยเหลือในการตรวจวัดเช่นกัน

ขอขอบคุณเพื่อนๆ รุ่นพี่ และรุ่นน้องที่คอยให้ความรักและกำลังใจเสมอในระหว่างที่ศึกษาตามขอบเขตของวิทยานิพนธ์นี้

เหนืออื่นใดต้องขอขอบคุณแรงบันดาลในที่มาจากหัวใจแห่งความรักที่แท้จริงที่ปรารถนาที่จะให้ตนเองสำเร็จการศึกษา เพื่อเป็นพื้นฐานและเป็นส่วนหนึ่งในการช่วยสร้างสรรค์และให้สิ่งที่ดีต่อผู้ทุกข์ทรมานอย่างน่าสังเวชหรือผู้ท้อแท้สับสนในจิตใจหรือร่างกายในสังคมนี้ ต่อโลกที่ยังคงเต็มไปด้วยมลภาวะ ความเสื่อมศีลธรรมและความขัดแย้งต่อสู้ ต่อลูกหลานของเรา และต่อเอกภพที่เรารัก

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูป ..... ฐ

บทที่

1 บทนำ 1

2 วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย 3

3 ทบทวนเอกสาร 5

3.1 ศัพท์และความหมาย 5

3.2 อันตรายของฝุ่น 6

3.2.1 อันตรายของฝุ่นต่อสภาพแวดล้อม การทำงาน และการดำเนินชีวิต 7

3.2.2 อันตรายของฝุ่นต่อสุขภาพ 7

3.2.3 ผลกระทบอันเนื่องมาจากขนาดของฝุ่น 9

3.3 โรงโม่หินและกระบวนการผลิต 10

3.3.1 กระบวนการผลิต 10

3.4 มาตราฐานความเข้มข้นฝุ่นละออง 19

3.5 การปล่อยฝุ่นละอองจากโรงโม่หิน 21

3.5.1 จุดที่เป็นแหล่งปล่อยฝุ่นในกระบวนการโม่ บด และย่อยหิน 22

3.5.2 การปล่อยฝุ่นละอองและผลกระทบของฝุ่นละอองจากเหมือง 29

3.6 การควบคุมฝุ่นละออง 29

3.7 การกำจัดฝุ่นจากโรงโม่หิน 30

3.7.1 ระบบกำจัดฝุ่นแบบเปียก 35

3.7.2 การออกแบบระบบกำจัดฝุ่นแบบเปียก 38

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.8 การกระจายขนาดของอนุภาค 39
3.9 ตัวคูณอัตราการปล่อยอนุภาคมลพิษจากแหล่งกำเนิด 40
3.10 การใช้ความทึบแสงในการประเมินความเป็นมลพิษของอนุภาคมลสาร 42
3.11 ฝุ่นที่เกิดจากองหิน 44
3.12 emission factor rating 45
3.13 การศึกษาตัวคูณอัตราการปล่อยฝุ่นละอองจากถนน 46
4 วิธีดำเนินการศึกษา 49
4.1 ข้อมูลโรงโม่หินที่ทำการศึกษา 49
4.2 พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา 63
4.3 ตัวแปรในการทดลอง 63
4.4 วิธีการศึกษา 64
4.5 เครื่องมือที่ใช้และการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บตัวอย่าง 69
4.6 ระยะเวลาในแผนการศึกษาและดำเนินการ 78
5 ผลการศึกษาและวิจารณ์ 80
5.1 การหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นและความทึบแสง 80
5.1.1 ลักษณะกราฟความสัมพันธ์จากโรงโม่แต่ละโรง 85
5.1.2 ลักษณะกราฟความสัมพันธ์กรณีที่มีการสเปรย์น้ำและไม่สเปรย์น้ำ 85
5.1.3 ลักษณะกราฟความสัมพันธ์ทั้งหมด 91
5.1.4 วิจารณ์ผลการศึกษา 91
5.2 การหาค่าอัตราการปล่อยฝุ่นละอองรวมและตัวคูณ
อัตราการปล่อยฝุ่นละอองรวมจากโรงโม่หิน 93
5.2.1 โรงโม่อโศกอุตสาหกิจ 99
5.2.2 โรงโม่ขุมเงินขุมทอง 101
5.2.3 วิจารณ์ผลการศึกษา 103
5.3 การตรวจวัดความชื้นจากหิน 107

หน้า

5.4 การตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นจากแหล่งกำเนิดตาม
วิธีของกรมควบคุมมลพิษ (2539) 109
5.5 การศึกษามลพิษจากโรงโม่หินที่มีผลต่อความเข้มข้น
ของฝุ่นในบรรยากาศแวดล้อมโรงงาน 113
5.5.1 โรงโม่อโศกอุตสาหกิจ 114
5.5.2 โรงโม่ขุมเงินขุมทอง 119
5.5.3 โรงโม่หิน โรงงานปูนซิเมนต์ไทย 121
5.5.4 วิจารณ์ผลการศึกษาในหัวข้อที่ 5.4 และ 5.5 125
5.6 การกระจายขนาดของฝุ่น 126
5.6.1 วิจารณ์ผลการศึกษา 133
6 สรุปผลการศึกษา 134
7 ข้อเสนอแนะในการวิจัยเพิ่มเติม 138
รายการอ้างอิง 139
ภาคผนวกที่ 1 อัตราการปล่อยฝุ่นละอองรวมจากแหล่งปล่อยฝุ่นต่างๆ ภายในโรงโม่หิน ... 142
ภาคผนวกที่ 2 ตัวคูณอัตราการปล่อยฝุ่นละอองรวมจาก
แหล่งปล่อยฝุ่นต่างๆ ภายในโรงโม่หิน 165
ภาคผนวกที่ 3 ผลการหาการกระจายขนาดด้วย cascade impactor 174
ภาคผนวกที่ 4 ตัวอย่างการคำนวณหาอัตราการปล่อยฝุ่นละอองรวมและ
ตัวคูณอัตราการปล่อยฝุ่นละอองรวม 188
ภาคผนวกที่ 5 ตัวอย่างการคำนวณหาตัวคูณอัตราการปล่อยฝุ่นละอองรวมจากกองหิน 196
ประวัติผู้เขียน 199

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 คุณภาพอากาศบริเวณโรงเรียนหน้าพระลาน ต.หน้าพระลาน จ.สระบุรี ปี พ.ศ. 2539 11

ตารางที่ 3.2 คุณภาพอากาศบริเวณโรงเรียนหน้าพระลาน ต.หน้าพระลาน จ.สระบุรี เดือนมกราคม - กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2540 12

ตารางที่ 3.3 ตัวคูณอัตราการปล่อยฝุ่นจากแหล่งกำเนิดที่จุดต่างๆ ของกระบวนการผลิตภายในโรงโม่หิน (US. EPA. , 1995) 25

ตารางที่ 3.4 จุดกำเนิดฝุ่นสำคัญและลักษณะการเกิดฝุ่นในกระบวนการผลิตของโรงโม่หิน ... 27

ตารางที่ 3.5 แหล่งปล่อยฝุ่นและการควบคุมฝุ่นของโรงโม่หิน 32

ตารางที่ 3.6 aerodynamic particle size multipler (k) 45

ตารางที่ 4.1 โรงโม่และการควบคุมฝุ่นที่ทำการตรวจวัดความทึบแสงตามวิธีของกรมควบคุมมลพิษ 64

ตารางที่ 4.2 โรงโม่และตำแหน่งที่หาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นและความทึบแสง 65

ตารางที่ 4.3 โรงโม่ การควบคุมฝุ่นและตำแหน่งที่ตรวจวัดผลกระทบของมลพิษที่เกิดจากโรงโม่หินที่มีผลต่อความเข้มข้นของฝุ่นในบรรยากาศแวดล้อมโรงงาน 68

ตารางที่ 4.4 ตำแหน่งและโรงโม่ที่ทำการตรวจวัดการกระจายขนาดด้วยเครื่อง cascade impactor 68

ตารางที่ 4.5 ขนาดและจำนวนรูพ่น ความเร็วของกระแสอากาศ ขนาดของอนุภาคที่ถูกแยกในแต่ละชั้นของเครื่อง cascade impactor 72

ตารางที่ 4.6 ระยะเวลาในการศึกษาและดำเนินการ 79

ตารางที่ 5.1 ผลของการหาความสัมพันธ์ระหว่างความทึบแสงและความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม 80

ตารางที่ 5.2 โรงโม่ ตำแหน่ง การควบคุมฝุ่นและวันที่ที่ทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างความทึบแสงและความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม 82

หน้า

ตารางที่ 5.3 อัตราการปล่อยฝุ่นละอองรวม ตัวคูณอัตราการปล่อย
ฝุ่นละอองรวมและประสิทธิภาพการควบคุมฝุ่นที่
เครื่องจักรต่างๆ ภายในโรงไม่อโศกอุตสาหกิจ 100
ตารางที่ 5.4 อัตราการปล่อยฝุ่นละอองรวม ตัวคูณอัตราการปล่อย
ฝุ่นละอองรวมและประสิทธิภาพการควบคุมฝุ่นที่
เครื่องจักรต่างๆ ภายในโรงไม่ขุมเงินขุมทอง 102
ตารางที่ 5.5 การประเมินตัวคูณอัตราการปล่อยฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า
10 ไมครอนจากเครื่องจักรต่างๆ และประสิทธิภาพของระบบควบคุมฝุ่น 106
ตารางที่ 5.6 ตัวคูณอัตราการปล่อยฝุ่นจากแหล่งกำเนิดต่างๆ และประสิทธิภาพ
ของระบบควบคุมฝุ่นของโรงไม่อโศกอุตสาหกิจ 106
ตารางที่ 5.7 ความชื้นของหินที่นำมาโม่ในแต่ละวัน 108
ตารางที่ 5.8 ความทึบแสงที่ตรวจวัดได้จากแหล่งปล่อยฝุ่นต่างๆ ในโรงโม่
อโศกอุตสาหกิจ และประสิทธิภาพของระบบสเปรย์น้ำ 109
ตารางที่ 5.9 ความทึบแสงที่ตรวจวัดได้จากแหล่งปล่อยฝุ่นต่างๆ ในโรงโม่
ขุมเงินขุมทอง และประสิทธิภาพของระบบสเปรย์น้ำ 110
ตารางที่ 5.10 ความทึบแสงที่ตรวจวัดได้จากแหล่งปล่อยฝุ่นต่างๆ ในโรงโม่หิน โรงงานปูน
ซิเมนต์ไทย แก่งคอย และประสิทธิภาพของระบบควบคุมฝุ่นแบบสเปรย์น้ำ
ระบบดูดและรวบรวมฝุ่นแบบถุงกรองร่วมกับระบบสเปรย์น้ำ 111
ตารางที่ 5.11 ความเข้มข้นของฝุ่นในบรรยากาศแวดล้อมโรงงานที่เก็บตัวอย่างด้วย
เครื่อง high volume sampler และเครื่อง PM-10 ในทิศทาง
เหนือลมและใต้ลม โรงโม่อโศกอุตสาหกิจ 117
ตารางที่ 5.12 มลพิษจากโรงโม่อโศกอุตสาหกิจที่มีผลต่อความเข้มข้นของฝุ่นละอองใน
บรรยากาศแวดล้อมโรงงาน และประสิทธิภาพการควบคุมฝุ่น 118

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 5.13 ความเข้มข้นของฝุ่นในบรรยากาศแวดล้อมโรงงานที่เก็บตัวอย่างด้วย
เครื่อง high volume sampler และเครื่อง PM-10 ในทิศทาง
เหนือลมและใต้ลม โรงโม่ขุมเงินขุมทอง 120
ตารางที่ 5.14 มลพิษจากโรงโม่ขุมเงินขุมทองที่มีผลต่อความเข้มข้นของฝุ่นละอองใน
บรรยากาศแวดล้อมโรงงาน และประสิทธิภาพในการควบคุมฝุ่น 121
ตารางที่ 5.15 ความเข้มข้นของฝุ่นในบรรยากาศแวดล้อมโรงงานที่ตรวจวัดด้วย
เครื่อง high volume sam pler และเครื่อง PM-10 ในทิศทางเหนือลม
และใต้ลม โรงโม่หิน โรงงานปูนซิเมนต์ไทย แก่งคอย 122
ตารางที่ 5.16 มลพิษจากโรงโม่หิน โรงงานปูนซิเมนต์ไทย แก่งคอย ที่มีผลต่อ
ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศแวดล้อมโรงงาน 123
ตารางที่ 5.17 มลพิษจากโรงโม่หิน โรงงานปูนซิเมนต์ไทย แก่งคอย ที่มีผลต่อความเข้มข้น
ของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในบรรยากาศแวดล้อมโรงงาน 123
ตารางที่ 5.18 ประสิทธิภาพในการควบคุมฝุ่นด้วยระบบดูดและรวบรวมฝุ่นแบบ
ถุงกรองร่วมกับสเปรย์น้ำและระบบสเปรย์น้ำ โรงโม่หิน
โรงงานปูนซิเมนต์ไทย แก่งคอย 123
ตารางที่ 5.19 ร้อยละสะสมของการกระจายขนาดของฝุ่นที่ตรวจวัดด้วย
cascade impactor แยกตามโรงโม่ 128
ตารางที่ 5.20 ร้อยละสะสมของการกระจายขนาดของฝุ่นที่ตรวจวัดด้วย
cascade impactor แยกตามเครื่องจักรต่างๆ 129
ตารางที่ 6.1 ตัวคูณอัตราการปล่อยฝุ่นละอองรวมและอัตราการปล่อยฝุ่นละอองรวม และ
ประสิทธิภาพการควบคุมฝุ่นที่เครื่องจักรต่างๆ ภายในโรงโม่อโศกอุตสาหกิจ ... 135
ตารางที่ 6.2 ตัวคูณอัตราการปล่อยฝุ่นละอองรวมและอัตราการปล่อยฝุ่นละอองรวม และ
ประสิทธิภาพการควบคุมฝุ่นที่เครื่องจักรต่างๆ ภายในโรงโม่ขุมเงินขุมทอง 136

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 3.1 กระบวนการผลิตทั่วๆ ไปในโรงโม่หิน 13
รูปที่ 3.2 แผนภูมิกระบวนการผลิตทั่วๆ ไปในโรงโม่หิน 14
รูปที่ 3.3 แผนผังโรงโม่หินที่นิยมในประเทศไทย 15
รูปที่ 3.4 แผนภูมิการผลิตของโรงโม่หินที่มีกระบวนการผลิตซับซ้อน 16
รูปที่ 3.5 จุดกำเนิดและลักษณะการเกิดฝุ่นภายในโรงโม่หิน 26
รูปที่ 3.6 ภาพจำลองเครื่องเก็บตัวอย่างแบบ cascade impactor 41
รูปที่ 3.7 หลักการทำงานของ opacity meter 42
รูปที่ 3.8 ชุดของ opacity meter ที่ใช้ในการประยุกต์วัดความทึบแสงจากปล่อง 43
รูปที่ 3.9 การจัดวางเครื่องมือเพื่อหาตัวคูณอัตราการปล่อยฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน
จากถนนที่ไม่มีการควบคุมฝุ่นและมีการควบคุมฝุ่นด้วยสารเคมีต่างกัน 3 ชนิด 47
รูปที่ 4.1 แผนภูมิการผลิตของโรงโม่อโศกอุตสาหกิจ 51
รูปที่ 4.2 แผนภูมิการผลิตของโรงโม่ขุมเงินขุมทอง 52
รูปที่ 4.3 แผนภูมิการผลิตและระบบควบคุมฝุ่นของโรงโม่หิน ปูนซิเมนต์ไทย แก่งคอย 53
รูปที่ 4.4 แผนภูมิการผลิตของโรงโม่หินไทยสระบุรี 55
รูปที่ 4.5 แผนภูมิการผลิตของโรงโม่ศิลาเลิศจิต (โรงโม่ 3) 56
รูปที่ 4.6 เครื่องจักรต่างๆ ภายในโรงโม่อโศกอุตสาหกิจ (โรงโม่ที่ 1) 57
รูปที่ 4.7 แผนผัง รายละเอียดของเครื่องจักรและจุดตั้ง
เครื่องเก็บตัวอย่างชนิดปริมาตรสูง โรงโม่ขุมเงินขุมทอง 58
รูปที่ 4.8 เครื่องจักรต่างๆ ภายในโรงโม่ขุมเงินขุมทอง 59
รูปที่ 4.9 แผนผังบริเวณโรงโม่อโศกอุตสาหกิจ และจุดตั้งเครื่องเก็บตัวอย่างชนิดปริมาตรสูง . 60
รูปที่ 4.10 แผนผัง รายละเอียดของเครื่องจักร และจุดตั้งเครื่องเก็บตัวอย่าง
ชนิดปริมาตรสูง โรงโม่หินโรงงานปูนซิเมนต์ไทย แก่งคอย 61
รูปที่ 4.11 อาคารที่สร้างปิดครอบปากโม่ใหญ่ โรงโม่ขุมเงินขุมทอง
มีช่องเปิดใหญ่สำหรับเทหินจากรถบรรทุก 62

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.12 อาคารที่สร้างปิดครอบเครื่องโม่ขั้นที่สองและชุดตะแกรง โรงโม่ขุมเงินขุมทอง มีจุดถ่ายโอนสายพานหิน over size อยู่ด้านซ้ายของภาพ 62
รูปที่ 4.13 เครื่องเก็บตัวอย่างชนิดปริมาตรสูง และอุปกรณ์ต่างๆ ภายใน 70
รูปที่ 4.14 เครื่องเก็บตัวอย่างชนิดปริมาตรสูงที่เก็บตัวอย่างฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน 71
รูปที่ 4.15 โครงสร้างของเครื่องเก็บตัวอย่าง cascade impactor ของ Andersen 73
รูปที่ 4.16 ชุดเก็บตัวอย่าง cascade impactor ของ Andersen 74
รูปที่ 4.17 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการแยกขนาดของอนุภาคต่างๆ ในชั้นต่างๆ ของ cascade impactor ของ Andersen 74
รูปที่ 4.16 smoke opacity meter ที่ใช้ในการศึกษา 77
รูปที่ 5.1 การตั้งเครื่องเก็บตัวอย่างปริมาตรสูง และ smoke opacity meter ที่ด้านหลังตะแกรงขั้นที่สอง เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความทึบแสงและความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม 84
รูปที่ 5.2 การจดบันทึกความทึบแสงขณะหาความสัมพันธ์ระหว่างความทึบแสงและความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม 84
รูปที่ 5.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความทึบแสงและความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม โรงโม่ขุมเงินขุมทอง 86
รูปที่ 5.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความทึบแสงและความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม โรงโม่อโศกอุตสาหกิจโรงที่ 1 87
รูปที่ 5.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความทึบแสงและความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม โรงโม่อโศกอุตสาหกิจโรงที่ 3 88
รูปที่ 5.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความทึบแสงและความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม จากโรงโม่ทั้งสาม กรณีที่ไม่สเปรย์น้ำ 89
รูปที่ 5.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความทึบแสงและความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม จากโรงโม่ทั้งสาม กรณีที่สเปรย์น้ำ 90

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความทึบแสงและความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม
ของโรงโม่ทั้งสามโรงที่ศึกษา 92
รูปที่ 5.9 สัดส่วนกำลังการผลิตตามสายการผลิตต่างๆ ของโรงโม่อโศกอุตสาหกิจ 95
รูปที่ 5.10 การตรวจวัดความทึบแสงเฉลี่ยบริเวณช่องทางออกของหิน
ใต้ปากโม่ใหญ่ โรงโม่อโศกอุตสาหกิจ 97
รูปที่ 5.11 การตรวจวัดฝุ่นเพื่อหาความทึบแสงเฉลี่ยบริเวณรางลำเลียงหินโรงโม่ขุมเงินขุมทอง
ที่จุดถ่ายโอนของหิน และเป็นช่องเปิดให้ฝุ่นภายในอาคารฟุ้งกระจายออกมา 97
รูปที่ 5.12 การตรวจวัดฝุ่นเพื่อหาความทึบแสงเฉลี่ยบริเวณช่องเปิดสายพานหินฝุ่น
โรงโม่ขุมเงินขุมทอง ขณะที่มีการสเปรย์น้ำ 98
รูปที่ 5.13 เครื่องวัดลมชนิดกังหันที่ใช้วัดความเร็วลมที่แหล่งปล่อยฝุ่น
เพื่อหาตัวคูณอัตราการปล่อยฝุ่นละอองรวม 98
รูปที่ 5.14 การตรวจวัดความทึบแสงที่มด้เครื่องโม่โคน ขณะไม่ได้ทำการควบคุมฝุ่น
โรงโม่หิน โรงงานปูนซิเมนต์ไทย แก่งคอย 112
รูปที่ 5.15 การตรวจวัดความทึบแสงจากจุดถ่ายโอนสายพานหินที่มาจากเครื่องโม่โคน
โคนลงยังสายพานที่นำหินไปตะแกรง ขณะที่ไม่ได้ทำการควบคุมฝุ่น
โรงงานปูนซิเมนต์ไทย 112
รูปที่ 5.16 ฝุ่นที่ฟุ้งกระจายออกมาจากโรงโม่อโศกอุตสาหกิจในทิศทางใต้ลม
ขณะที่ไม่ได้ทำการสเปรย์น้ำ 114
รูปที่ 5.17 ทัศนวิสัยบริเวณโรงโม่หิน โรงงานปูนซิเมนต์ไทย
ขณะที่ไม่ได้ทำการควบคุมฝุ่น 115
รูปที่ 5.18 ทัศนวิสัยบริเวณโรงโม่หิน โรงงานปูนซิเมนต์ไทย
ขณะที่ควบคุมฝุ่นด้วยสเปรย์น้ำ 115
รูปที่ 5.19 เครื่องเก็บตัวอย่างชนิดปริมาตรสูง และเครื่อง PM – 10
ที่ตั้งเก็บตัวอย่างในทิศทางเหนือลม โรงโม่หิน โรงงานปูนซิเมนต์ไทย
ขณะกำลังเปลี่ยนกระดาษกรอง 116

หน้า

รูปที่ 5.20 การเก็บตัวอย่างด้วย cascade impactor บริเวณเหนือปากโม่ใหญ่
โรงโม่ศิลาเลิศจิต 127
รูปที่ 5.21 ร้อยละสะสมของอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าที่เครื่องจักรต่างๆ
โรงโม่อโศกอุตสาหกิจ 130
รูปที่ 5.22 ร้อยละสะสมของอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าที่เครื่องจักรต่างๆ
โรงโม่หินไทยสระบุรี 130
รูปที่ 5.23 ร้อยละสะสมของอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าที่เครื่องจักรต่างๆ
โรงโม่ศิลาเลิศจิต 131
รูปที่ 5.24 ร้อยละสะสมของอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าเฉลี่ย
ที่เครื่องจักรต่างๆ ของโรงโม่ทั้งสามโรง 132

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย