ข้อมูลข่าวสารของกรมวิทยาศาสตร์บริการ
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

วศ กฟ
อว 71

เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง
นักวิทยาศาสตร์ 7 ว

การศึกษามลพิษจากโรงงานผลิตปูนซิเมนต์ขาว

โดย

นายสุรัตน์ เพชรเกษม
นักวิทยาศาสตร์ 6ว

กลุ่มงานสิ่งแวดล้อม
กองฟิสิกส์และวิศวกรรม
กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ข้อมูลข่าวสารของกรมวิทยาศาสตร์บริการ
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

วศ กฟ
อว 71

เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง
นักวิทยาศาสตร์ 7 ว

การศึกษามลพิษจากโรงงานผลิตปูนซิเมนต์ขาว

โดย

นายสุรัตน์ เพชรเกษม
นักวิทยาศาสตร์ 6ว

กลุ่มงานสิ่งแวดล้อม
กองฟิสิกส์และวิศวกรรม
กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

บทคัดย่อ

ได้ทำการศึกษามลพิษที่เกิดจากโรงงานผลิตปูนซิเมนต์ขาว ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 ถึง พ.ศ. 2545 โดยทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นบริเวณปล่องปล่อยสู่อากาศ โดยวิธี isokinetic และหาประสิทธิภาพของระบบบำบัดฝุ่น ซึ่งมีทั้งชนิดไซโคลนและถุงกรองอากาศพบว่า หากประสิทธิภาพของระบบเกินกว่าร้อยละ 90 ปริมาณของฝุ่นที่ปล่องปล่อยสู่อากาศจะผ่านเกณฑ์มาตรฐาน และได้ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นบริเวณพื้นที่ทำงาน 5 แห่ง คือ บริเวณเครื่องบดซีเมนต์ (cement mill) บริเวณบรรจุถุง บริเวณยุ้งเก็บวัตถุดิบ บริเวณเครื่องย่อยวัตถุดิบ (crusher) บริเวณเครื่องบดวัตถุดิบ (raw mill) พบว่ามีปริมาณฝุ่นอยู่ระหว่าง 0.1-26 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร บริเวณที่มีฝุ่นเกินมาตรฐานในบางครั้ง คือ บริเวณเครื่องย่อยวัตถุดิบ (crusher) และ เครื่องบดวัตถุดิบ (raw mill) และได้ทำการตรวจวัดฝุ่นในบรรยากาศรอบบริเวณโรงงาน 4 แห่ง พบว่าปริมาณฝุ่นอยู่ระหว่าง 0.044-0.312 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทุกจุดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือไม่เกิน 0.33 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และวัดค่าความร้อนในพื้นที่การทำงานจำนวน 14 จุด พบว่าค่าความร้อนอยู่ระหว่าง 28.3-52.2 องศาเซลเซียส ซึ่งส่วนใหญ่พนักงานจะปฏิบัติหน้าที่อยู่ในห้องควบคุมซึ่งมีค่าความร้อนอยู่ระหว่าง 28.9-29.8 องศาเซลเซียส

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		i
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 ปัญหาและที่มาของการวิจัย	1
	1.2 วัตถุประสงค์	1
	1.3 ขอบเขตของการศึกษา	1
	1.4 ระยะเวลาการศึกษาวิจัย	2
	1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
บทที่ 2	แหล่งกำเนิดมลพิษและพิษภัยจากโรงงานปูนซิเมนต์ขาว	3
	2.1 กระบวนการผลิต	3
	2.2 มลพิษทางอากาศจากโรงงานปูนซิเมนต์ขาว	6
	2.3 สมบัติของมลพิษและผลกระทบ	6
บทที่ 3	วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ และวิธีดำเนินการ	9
	3.1 ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง	9
	3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ	9
	3.3 วิธีการทดลอง	9
บทที่ 4	ผลการทดลอง	15
บทที่ 5	วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง	21
	5.1 วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง	21
	5.2 ข้อเสนอแนะ	21
กิตติกรรมประกาศ		22
เอกสารอ้างอิง		23

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ปัญหาและที่มาของการวิจัย

ปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตปูนซิเมนต์เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในจังหวัดสระบุรี ซึ่งในขบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เหล่านี้ส่วนใหญ่ก่อให้เกิดสารมลพิษทั้งมลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศและสารพิษในรูปของของแข็ง ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบและขบวนการผลิตของแต่ละโรงงาน สำหรับมลพิษทางอากาศนั้น ส่วนใหญ่จะเป็นเสียงและฝุ่นซึ่งเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเช่นในกระบวนการเตรียมวัตถุดิบและกระบวนการบดวัตถุดิบและบริเวณปล่องปล่อยสู่อากาศ การเกิดสารมลพิษในกระบวนการผลิตของโรงงานผู้ที่ทำงานในพื้นที่ที่มีการผลิตและชุมชนที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียงโรงงานมีโอกาสได้รับผลกระทบจากสารมลพิษที่เกิดขึ้น จึงควรให้ความสำคัญอย่างจริงจังและต่อเนื่องในการรักษาสภาพแวดล้อมที่ดีให้คงอยู่เพื่อสุขภาพอนามัยที่ดีต่อพนักงานและประชาชนที่อาศัยบริเวณโดยรอบ โดยมีการเฝ้าระวังการปล่อยสารมลพิษทางอากาศเพื่อป้องกันไม่ให้การดำเนินงานในทุกขั้นตอนของการผลิตมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม

ในขั้นตอนการผลิตที่ก่อให้เกิดสารมลพิษควรมีการเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันไม่ให้สารมลพิษรั่วออกจากระบบการผลิตและมีการบำบัดของเสียจากกระบวนการผลิตให้อยู่ในระดับมาตรฐานก่อนที่จะปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม เช่นการกำจัดฝุ่นละออง โดยติดตั้งเครื่องดักฝุ่นที่ทันสมัยและทำการตรวจวัดฝุ่นประจำปีในบริเวณชุมชนที่อาศัยอยู่โดยรอบ จึงได้ทำการศึกษาหาปริมาณฝุ่น และความร้อนที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นที่ทำงานและบริเวณชุมชนโดยรอบ เพื่อเป็นการเฝ้าระวังซึ่งเป็นการป้องกันสุขภาพของพนักงานที่ทำงานภายในโรงงานและประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณรอบๆและการปล่อยสารมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินคุณภาพอากาศ และความร้อนภายในโรงงานและบริเวณชุมชนรอบโรงงานที่อาจได้รับผลกระทบจากโรงงาน

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ศึกษาปริมาณฝุ่น และความร้อนภายในโรงงานผลิตปูนซิเมนต์ขาวแห่งหนึ่งที่ตั้งอยู่ในจังหวัดสระบุรีและบริเวณชุมชนโดยรอบ

1.4 ระยะเวลาการศึกษาวิจัย

ระหว่างเดือน มกราคม 2540 – มกราคม 2545

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.5.1 เป็นการเฝ้าระวังและรักษาสภาพแวดล้อมในการทำงานและความปลอดภัยของคนในชุมชน

1.5.2 ลดอันตรายจากฝุ่น เสียงและความร้อนต่อพนักงานที่ปฏิบัติงานและลดค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาล

1.5.3 สร้างความเชื่อมั่นและกำลังใจต่อพนักงานที่ปฏิบัติงานในพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการได้รับสารมลพิษ

1.5.4 ทราบถึงประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัดอากาศเสีย

บทที่ 2

แหล่งกำเนิดมลพิษ และพิษภัยจากโรงงานปูนซิเมนต์ขาว

2.1 กระบวนการผลิต

ขั้นตอนการผลิตปูนซิเมนต์ขาว แบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอนดังนี้

1. การเตรียมวัตถุดิบ (Raw Materials Preparation)
2. การบดและผสมวัตถุดิบ (Raw Materials Milling and Mixing)
3. การเผาปูนเม็ด (Clinker Burning)
4. การระบายความร้อนและการอบปูนเม็ด (Clinker Cooling and Drying)
5. การบดและการผสมปูนซิเมนต์ขาว (White Cement Milling and Mixing)
6. การเก็บและบรรจุถุง (Storage and Packing)

โดยมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนการผลิตดังนี้

1. การเตรียมวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ต้องใช้ในกระบวนการผลิตได้แก่ หินปูน ทรายแก้ว ดินเหนียว ยิปซั่มและฟลูออไรท์ โดยมีการเตรียมวัตถุดิบแต่ละชนิดดังนี้

<u>หินปูน</u> หินปูนที่รับซื้อจากแหล่งผลิต ส่วนใหญ่จะมีขนาดประมาณ 12 นิ้ว จะถูกทำการย่อยให้ขนาดเล็กลงจนมีขนาดประมาณ 1 นิ้ว ด้วยเครื่องโม่ย่อยหินจำนวน 2 เครื่อง คือ เครื่องโม่หินแบบปากฉลาม (Jaw crusher) ที่มีลักษณะเป็นฟันเหล็กบน-ล่างขยับสวนทางกัน จากนั้นจะถูกย่อย อีกครั้งด้วยเครื่องโม่หินแบบหัวม้อน (Hammer crusher) จนได้ขนาดตามต้องการเพื่อส่งไปเก็บยังยุ้งเก็บวัตถุดิบ

<u>ทรายแก้ว</u> ทรายแก้วหรือทรายซิลิกา ที่ซื้อมาจากแหล่งวัตถุดิบ จะมีความชื้นสูงจึงจำเป็นต้องทำให้ความชื้นหมดไปโดยนำไปตากที่ลานตากใต้หม้อเผาประมาณ 1 วัน เพื่อนำความร้อนที่เกิดจากหม้อเผากลับมาใช้ประโยชน์

<u>ดินเหนียว</u> ดินเหนียวเบอร์ 1 หรือหินสบู่ (Pyrophylite) ที่นำเข้ามาใช้จะมีลักษณะเป็นก้อนต้องนำมาบดก่อน โดยใช้เครื่องโม่แบบกระแทก (impact crusher) ให้มีขนาดเล็กลงแล้วจึงส่งไปเก็บยังยุ้งเก็บวัตถุดิบ

<u>ยิบซั่มและฟลูออไรท์</u> วัตถุทั้งสองก่อนนำไปใช้ในกระบวนการผลิต ต้องผ่านการโม่ให้มีขนาดเล็กลงด้วยชุดเครื่องโม่ชุดเดียวกันกับหินปูนแล้วส่งไปยังยุ้งเก็บ

2. การบดและผสมวัตถุดิบ

ในขั้นตอนนี้จะนำวัตถุดิบที่ผ่านการเตรียมจากยุ้งเก็บวัตถุดิบจำนวน 4 ชนิด คือ หินปูน ดินเหนียว ทรายแก้ว และฟลูออไรท์ นำมาผสมรวมกันเข้าสู่หม้อบดวัตถุดิบ (raw mill) ซึ่งเป็นเครื่องบดผสมแบบ rotary mill เพื่อคลุกเคล้าให้ได้ส่วนผสมที่สม่ำเสมอ เรียกวัตถุดิบที่ผสมกันนี้ว่า raw mixed ผ่านสายพาน

สกรู ก่อนที่จะลำเลียงด้วยกะพ้อ (bucket elevator) เพื่อป้อนเข้าสู่ด้านบนของไซโลเก็บวัตถุดิบจำนวน 3 ใบดังนี้

ไซโลที่ 1 เรียกว่า received silo จะเป็นส่วนที่รับมาจาก หม้อมบดวัตถุดิบ

ไซโลที่ 2 เรียกว่า blending silo จะรับ raw mixed ต่อมาจาก received silo เพื่อทำการผสมคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกัน ด้วยการพาวัตถุดิบให้หมุนเวียนขึ้นภายในไซโล วัตถุดิบส่วนที่ผ่านการคลุกเคล้านี้เรียกว่า raw meal

ไซโลที่ 3 เรียกว่า service silo ในส่วนนี้จะรับ raw meal จากไซโลที่ 2 มาเก็บเพื่อเตรียมจ่ายเข้าสู่หม้อเผา (rotary kiln) ต่อไป

3. การเผาปูนเม็ด

หม้อเผาที่ใช้ในโรงงานปัจจุบันเป็นแบบ rotary kiln จะมีลักษณะเตารูปทรงกระบอกขนาดใหญ่ มีกำลังการผลิตประมาณ 120 ตัน โดยทำมุมเอียงกับแนวระนาบประมาณร้อยละ 3-4 จากปลายด้านที่เติมวัตถุดิบ raw meal ทะแยงลงไปทางด้านปลายที่ปูนเม็ดออกจากเตา ซึ่งในด้านนี้จะมีชุดเผาไหม้ด้วยน้ำมันติดตั้งอยู่ โดย raw meal จากไซโลจะถูกส่งออกมาทางด้านล่าง ผ่าน slide gate ด้วยเครื่องป้อนแบบ rotary เข้าสายพานลำเลียงแบบสกรู แล้วผ่านเข้าเครื่องป้อนแบบ rotary ในทิศทางส่วนกับก๊าซร้อน เพื่ออุ่นให้อุณหภูมิของ raw meal ภายใน double cyclone และ single cyclone สูงขึ้นถึงประมาณ 700 °ซ เพื่อให้เกิดปฏิกิริยา calcinations โดยก๊าซร้อนที่ออกมา จะถูกกรองฝุ่นด้วยไซโคลน ทั้ง 3 เป็นอันดับแรก จากนั้นจึงส่งไปดูดซับด้วยน้ำที่หอดูดซับ (spray tower) เพื่อลดอุณหภูมิให้เหลือประมาณ 200 °ซ ก่อนจะผ่านเข้าสู่เครื่องดักฝุ่น (bag house) เพื่อที่จะระบายผ่านปล่อยออกสู่บรรยากาศในลำดับต่อไป ส่วนวัตถุดิบแคลื่อนตัวไปตามความยาวของหม้อเผา จนกระทั่งอุณหภูมิอยู่ในช่วง 1,400-1,500 °ซ จะได้ปูนเม็ดไหลออกจากหม้อเผาเข้าสู่เครื่องลดอุณหภูมิด้วยน้ำ (quenching) ต่อไป

4. การระบายความร้อนและการอบปูนเม็ด

ปูนเม็ดที่ออกจากหม้อเผาจะถูกลำเลียงไปเข้าหม้ออบแห้ง (clinker dryer) โดยเครื่องลำเลียงแบบเกลียว ซึ่งระหว่างการลำเลียงจะมีการระบายความร้อนออกจากปูนเม็ดอย่างรวดเร็ว โดยการใช้น้ำพ่น (quenching) จากนั้นจึงส่งต่อเข้าไปยังหม้ออบปูนเม็ด เม็ดปูนที่ออกจากหม้ออบนี้จะถูกส่งต่อไปยังยุ้งเก็บปูนเม็ด

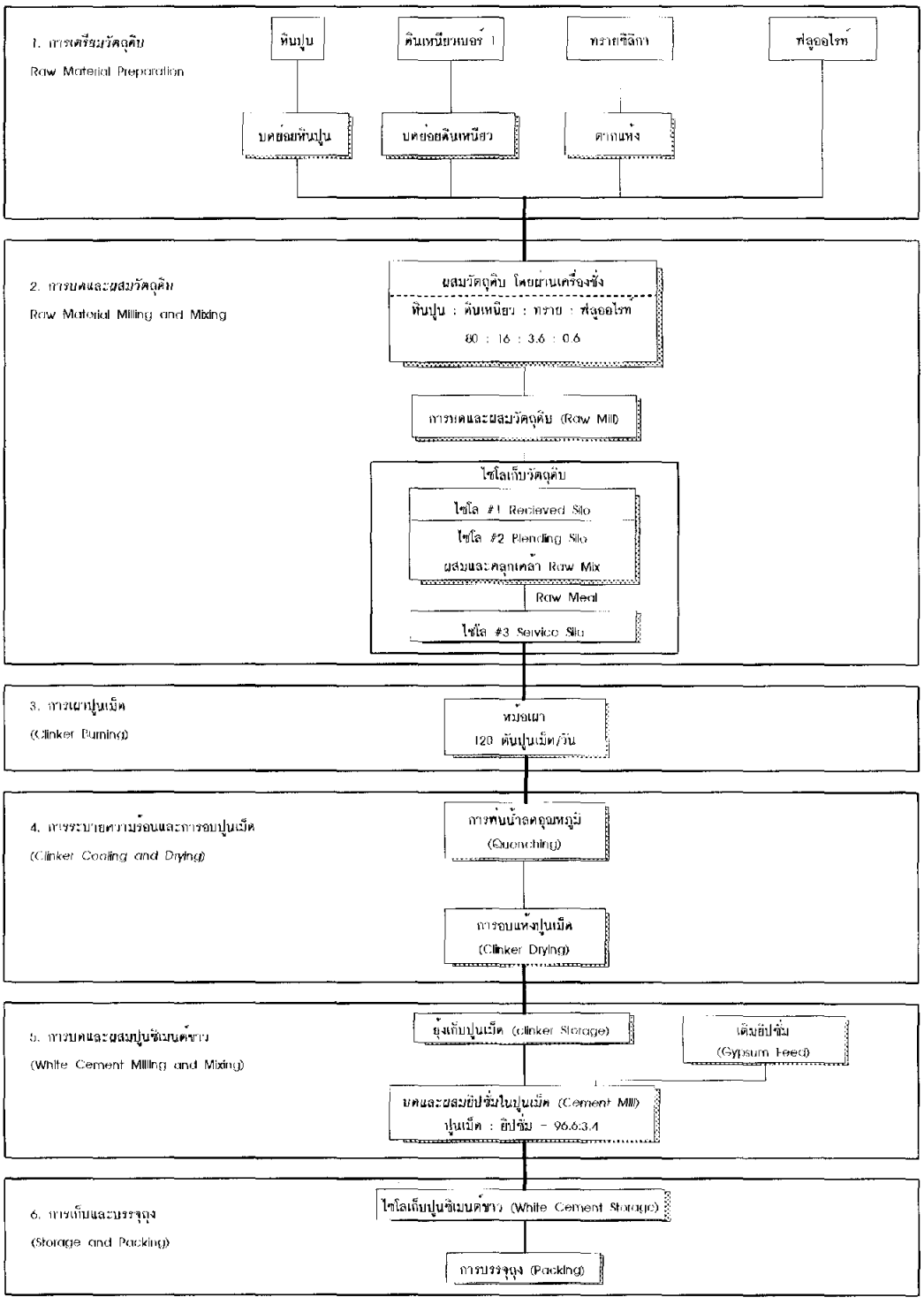
5. การบดและการผสมปูนซิเมนต์ขาว

ปูนเม็ดที่ผ่านการอบแห้งแล้วและเก็บไว้ในยุ้งจะถูกนำไปผสมกับยิปซั่ม ในอัตราส่วน 96.6:3.4 โดยผ่านเครื่องชั่งน้ำหนักทั้งสองเครื่อง แล้วจึงส่งไปทำการบดผสมในหม้อบด (cement mill) ปูนเม็ดจะถูกบดละเอียดและคลุกเคล้าเข้ากันกับยิปซัมที่ผสมเข้าไป ผลิตภัณฑ์ที่ได้เรียก "ผงปูนซิเมนต์ขาว" ซึ่งจะมีขนาดเล็กกว่า 75 ไมครอน สำหรับปูนเม็ดที่มีขนาดใหญ่กว่านี้จะถูกแยกออกโดยเครื่องแยกด้วยลม เพื่อนำกลับเข้าหม้อบดอีกครั้ง เพื่อให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ ผงปูนซิเมนต์ขาวที่ผ่านเครื่องคัดขนาดแล้วจะถูกลำเลียงไปเก็บยังไซโลเพื่อรอการบรรจุถุงต่อไป

6. การเก็บและบรรจุถุง

ผงปูนซิเมนต์ขาวจะถูกส่งไปยังเครื่องบรรจุถุงซึ่งมีขนาด 40 กิโลกรัมต่อถุง หรือ 25 กิโลกรัมต่อถุง เพื่อรอการจำหน่าย

แผนผังแสดงขั้นตอนการผลิต



2.2 มลพิษทางอากาศจากโรงงานปูนซิเมนต์ขาว

กระบวนการผลิตปูนขาวจะก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ ได้แก่ ฝุ่น แหล่งที่ก่อให้เกิดฝุ่นได้แก่ กองดิน หินปูน และทรายแก้ว บริเวณที่ทำการเผาปูนเม็ด บริเวณที่ทำการบดและอบเม็ดปูน และบริเวณบรรจุถุง

ส่วนมลพิษทางอากาศอีกประเภทได้แก่ความร้อน แหล่งที่ก่อให้เกิดได้แก่บริเวณเตาเผาปูนเม็ด

2.3 สมบัติของมลพิษและผลกระทบ

2.3.1 ฝุ่นละออง (dust) เป็นสารที่มีความหลากหลายทางด้านกายภาพ และองค์ประกอบอาจมีสภาพเป็นของแข็งหรือของเหลวก็ได้ ฝุ่นละอองที่มีอยู่ในบรรยากาศรอบ ๆ ตัวเรา มีขนาดตั้งแต่ 0.002 ไมครอน ไปจนถึงฝุ่นที่ขนาดใหญ่กว่า 500 ไมครอน ฝุ่นละอองที่แขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานจะเป็นฝุ่นละอองขนาดเล็ก (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่ำกว่า 10 ไมครอน) เนื่องจากมีความเร็วในการตกตัวต่ำ และจะแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานมากขึ้น หากมีแรงกระทำจากภายนอกเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้อง เช่น การไหลเวียน ของอากาศ กระแสลม เป็นต้น ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่า 100ไมครอน) อาจแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้เพียง 2-3 นาที แต่ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็ก โดยเฉพาะขนาดเล็กกว่า 0.5 ไมครอน อาจแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานเป็นปี ฝุ่นละ อองในบรรยากาศอาจแยกได้เป็นฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นและแพร่กระจายสู่บรรยากาศจากแหล่งกำเนิดโดยตรงและฝุ่นละอองซึ่งเกิดขึ้น โดยปฏิกริยาต่าง ๆ ในบรรยากาศ เช่นการรวมตัวด้วยปฏิกริยาทางฟิสิกส์ หรือปฏิกริยาทางเคมี หรือปฏิกริยาเคมีแสง(Photochemical reaction) ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นเหล่านี้จะมีชื่อเรียกต่างกันไปตามลักษณะการ รวมตัวฝุ่นละออง เช่น ควัน (Smoke) ฟูม (fume) หมอกน้ำค้าง (mist) เป็นต้น ฝุ่นละอองอาจเกิดจากธรรมชาติ เช่น ฝุ่นดิน ทราย หรือเกิดจากควันดำจากท่อไอเสียรถยนต์การจราจร และการอุตสาหกรรม ฝุ่นที่ถูกสูดเข้าไปในระบบทางเดินหายใจ ทำให้เกิด อันตรายต่อสุขภาพ รบกวนการมองเห็น และทำให้สิ่งต่าง ๆ สกปรกเสียหายได้ บริเวณที่พักอาศัยปริมาณฝุ่นละอองประมาณ 30% เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ส่วนบริเวณที่อยู่อาศัยใกล้ถนนฝุ่นละออง 70-90% เกิดจากการกระทำของมนุษย์และพบว่าฝุ่นละอองมีสารตะกั่วและสารประกอบโบไมด์สูงกว่าบริเวณนอกเมือง อันเนื่องมาจากมลพิษที่เกิดจากยานพาหนะ ฝุ่นละอองเมื่อแยก ตามขนาด พบว่า 60% โดยประมาณ จะเป็นฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ฝุ่นประเภทนี้เกิดจากรถประจำทางและรถบรรทุกที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลบางส่วนมาจากโรงงานอุตสาหกรรมส่วนมากจะพบอยู่ทั่วไปในเขตเมืองเขตอุตสาหกรรม และเขตกึ่งชนบท หากพบในปริมาณที่สูงจะมีผลต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน เนื่องจากมีขนาดเล็กพอที่จะเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนล่างและถุงลมปอดของมนุษย์ได้เป็นผลให้เกิดโรคทาง เดินหายใจโรคปอดต่าง ๆ เกิดการระคายเคืองและทำลายเยื่อหุ้มปอด หากได้รับในปริมาณมากและเป็นเวลานานจะเกิดการสะสม ทำให้ เกิดพังผืดและเป็นแผลได้ ทำให้การทำงานของปอดลดลง ความรุนแรงขึ้นอยู่กับ องค์ประ กอบของฝุ่นละอองนั้น ส่วนฝุ่นขนาดใหญ่ อีกประมาณ 40%ที่เหลือเกิดจากการก่อสร้างและการฟุ้งกระจายของฝุ่นจากพื้นที่ว่างเปล่าฝุ่น

ประเภทนี้ไม่มีผลต่อสุขภาพอนามัยมากนักเพียงแต่จะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อทางเดินหายใจส่วนต้น

2.3.2 ความร้อน เป็นพลังงานรูปหนึ่งซึ่งเกิดจากการสั่นและการชนกันของโมเลกุลและอะตอมของสสาร ความร้อนที่เกิดขึ้นสามารถวัดได้จากอุณหภูมิของวัตถุ ซึ่งอุณหภูมิของวัตถุก็คือความร้อนหรือพลังงานจลน์ของโมเลกุลหรืออะตอมของวัถตุนั้น

การประเมินค่าความร้อนในสิ่งแวดล้อม

ในการประเมินค่าความร้อน เพื่อให้ทราบถึงระดับความรุนแรงของอันตรายจากความร้อนและแนวทางที่แก้ไขที่เหมาะสม ทั้งนี้อาจกระทำได้สองทางคือ การวัดโดยการวิเคราะห์สิ่งแวดล้อมในรูปดัชนีความเค้นของความร้อน (heat stress indices) และการวัดทางสรีรวิทยาที่เปลี่ยนแปลงไปของคนงานในรูปดัชนีความเครียดของความร้อน (heat strain indices) ปัจจุบันได้มีการพัฒนาดัชนีความเค้นขึ้นมาหลายชนิดแต่ที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปและเหมาะสมกับสภาพของประเทศไทยมี ดังนี้

- ดัชนีความสบาย (effective temperature:ET) ทำโดยการสร้างโมโนแกรมที่แสดงถึงสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่มีค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งต่างค่ากันแต่ทุก ๆ สภาพแวดล้อมดังกล่าวจะให้ค่าความรู้สึกด้านความร้อนเหมือนกัน ปัจจุบันดัชนีนี้ยังคงใช้อย่างกว้างขวาง อุณหภูมิที่ใช้ในดัชนีนี้ได้ดีอยู่ในช่วง 28-40 องศาเซลเซียส

- ดัชนีความร้อน (heat stress index:HSI) ประกอบด้วยค่าของการแผ่รังสีความร้อน การพาความร้อน และความร้อนจากกระบวนการเผาผลาญสารอาหาร โดยแสดงในรูปความต้องการสำหรับการระเหยของเหงื่อ ดังสมการ

$$M + R + C = Ereq$$

โดย M = ความร้อนจากกระบวนการเผาผลาญสารอาหาร (บีทียู/ชั่วโมง)

R = การแผ่รังสีความร้อน (บีทียู/ชั่วโมง)

C = การพาความร้อน (บีทียู/ชั่วโมง)

Ereq = ความต้องการสำหรับการระเหยของเหงื่อ

Emax = ค่าที่อากาศสามารรับการระเหยได้สูงสุด

$$HSI = \frac{Ereq}{E\max} x100$$

ค่าความต้องการสำหรับการระเหยของเหงื่อและค่าที่อากาศสามารถับการระเหยได้สูงสุดสามารถอ่านได้จากโมโนแกรมของแมคคาร์นส์และบริฟ

- ดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ (wet bulb globe thermometer:WBGT) คำนวณได้จากค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากแบลคโกลบ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง และอุหณหภูมิกระเปาะเปียกตามธรรมชาติ แล้วนำมาเข้าสูตรคำนวณ WBGT ดังนี้

ความร้อนภายนอกสถานประกอบการ

$$WBGT = 0.7\ (Tnwb) + 0.2\ (Tg) - 0.1\ (Ta)$$

ความร้อนภายในสถานประกอบการ

$$WBGT = 0.7\ (Tnwb) + 0.3\ (Tg)$$

เมื่อ Tnwb = อุณหภูมิกระเปาะเปียกตามธรรมชาติ (องศาเซลเซียส)

Ta = อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (องศาเซลเซียส)

Tg = อุณหภูมิแบลคโกลบ (องศาเซลเซียส)

- อัตราการหลั่งเหงื่อที่คาดว่าจะเกิดขึ้นใน 4 ชั่วโมง (predicted four hour sweat rate:P_4SR) เป็นการคาดประมาณอัตราการสูญเสียเหงื่อในสภาพการทำงานภายใต้ความร้อนในลักษณะต่างๆ ค่าที่ใช้ในการหา P_4SR คือ อุณหภูมิแบลคโกลบ อุณหภูมิกระเปาะเปียก ความเร็วลมและความร้อนจากกระบวนการผลิตอาหารเมื่อทราบค่าต่างๆ แล้วก็สามารถหาค่า P_4SR

บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ และวิธีดำเนินการ

3.1 ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

อากาศภายในบริเวณโรงงาน และบริเวณชุมชนรอบโรงงาน

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.2.1 ชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศจากปล่อง isokinetic (Auto 5)

3.2.2 เครื่องวัดก๊าซในปล่อง testo 350

3.2.3 กระดาษกรองใยแก้ว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร Whatman 934 AH

3.2.4 เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศยี่ห้อ Kimoto รุ่น HS-7 พร้อมอุปกรณ์

3.2.5 ตลับพลาสติกสำหรับใส่กระดาษกรอง (plastic filter cassette)

3.2.6 กระดาษกรองชนิด พีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 37 มิลลิเมตร ขนาดรูพรุน 5 ไมครอน

3.2.7 ชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างในบรรยากาศ (high volume air sampler)

3.2.8 กระดาษกรองใยแก้ว ขนาด 8 x 10 นิ้ว

3.2.9 เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก

3.2.10 เทอร์โมมิเตอร์

3.2.11 แบลคโกลบ

3.2.12 ขาตั้งอุปกรณ์

3.3 วิธีการทดลอง

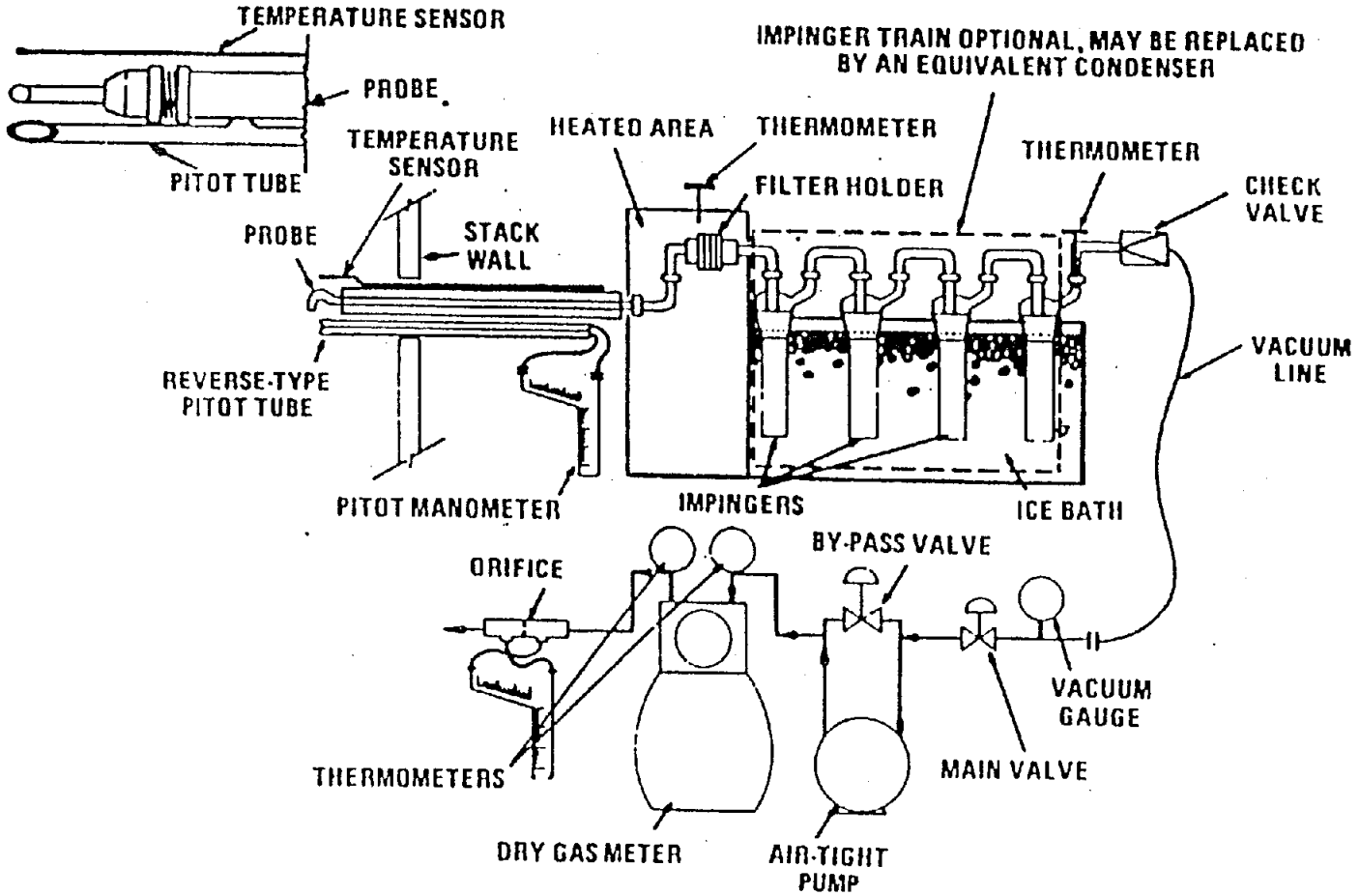
3.3.1 การเก็บตัวอย่างฝุ่นในปล่องปล่อยสู่อากาศ

3.3.1.1 นำกระดาษกรองใยแก้ว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร Whatman 934 AH เก็บไว้ใน dessicator เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำกระดาษกรองใยแก้วออกจาก dessicator ตั้งทิ้งไว้ในห้องชั่งเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักกระดาษกรอง บันทึกผล แล้วเก็บไว้ใน petri dish

3.3.1.2 ประกอบชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง (3.2.1) ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยเติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตรลงใน impinger ที่ 1 และ 2 ปล่อยให้ impinger ที่ 3 วาง impinger ที่ 4 ใส่ ซิลิกาเจล ลงไปประมาณ 200-300 กรัม ชั่งน้ำหนัก impinger ที่ 4 โดยชั่งให้มีความละเอียดถึง 0.5 กรัม

3.3.1.3 ใช้ปากคีบในการหยิบกระดาษกรองที่ผ่านการชั่งแล้วจากข้อ 3.3.1 ประกอบลงใน filter holder

3.3.1.4 หาจำนวนจุดเก็บตัวอย่าง โดยวัดเส้นผ่าศูนย์กลางปล่องและวัดระยะจากข้อโค้งขึ้นไปยังจุดเก็บตัวอย่าง คำนวณระยะจากข้อโค้งไปถึงจุดเก็บตัวอย่างว่าเป็นกี่เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลาง



รูปที่ 1 ชุดเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจวัดฝุ่นละอองภายในปล่องปล่อยสู่อากาศ โดยวิธี isokinetic

ปล่องจากนั้นนำไปหาจุดเก็บตัวอย่างฝุ่นในปล่องได้จาก รูปที่ 2 และนำไปหาจุดวัดความเร็วอากาศภายในปล่องได้จากรูปที่ 3

3.3.1.5 ป้อนตัวเลขเส้นผ่าศูนย์กลางปล่อง จำนวนเท่าของจุดเก็บตัวอย่าง ความหนาผนังปล่อง เครื่องจะคำนวณตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง ถ้าจุดเก็บตัวอย่างห่างจากผนังปล่องน้อยกว่า 2.5 เซนติเมตร ให้เลื่อนไปเก็บตัวอย่างที่ 2.5 เซนติเมตร ทำเครื่องหมายตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างที่ท่อเก็บตัวอย่าง (probe)

3.3.1.6 วัดความเร็วของอากาศในปล่อง โดยใช้ s-type pitot tube ตรวจสอบการรั่วของ pitot tube หลังจากนั้นสอดท่อเก็บตัวอย่างเข้าไปในปล่องตามตำแหน่งต่าง ๆ ที่ทำเครื่องหมาย เครื่องจะบันทึกความเร็วอากาศในปล่อง

3.3.1.7 หาน้ำหนักโมเลกุลแห้งของอากาศ โดยใช้เครื่อง testo 350 (3.2.2) จากนั้นป้อนค่าคาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน ไนโตรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ เครื่องจะทำการคำนวณค่าให้

3.3.1.8 วัดค่าความชื้นในอากาศโดยใช้อุณหภูมิกระเปาะเปียก และอุณหภูมิแห้งแล้วป้อนตัวเลขเครื่องจะทำการคำนวณค่าให้

3.3.1.9 เครื่องจะคำนวณหาขนาดของ nozzle ที่จะใช้ในการเก็บตัวอย่างฝุ่นในปล่องให้ เลือกขนาดของ nozzle ที่มีอยู่ให้ใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้

3.3.1.10 ยกชุดเก็บตัวอย่างขึ้นไปยังจุดเก็บตัวอย่างบนปล่อง

3.3.1.11 ทำการตรวจสอบการรั่วของทั้งระบบก่อนเมื่อไม่มีการรั่วจึงดำเนินการเก็บตัวอย่าง โดยสอด ท่อเก็บตัวอย่างเข้าไปในปล่อง ตามตำแหน่งที่ทำเครื่องหมายใช้เวลาเก็บตัวอย่างประมาณ 60 นาที

3.3.1.12 หลังจากเก็บตัวอย่างเรียบร้อยทำการตรวจสอบการรั่วของทั้งระบบ หลังจากนั้นใช้ปากคีบคีบกระดาษกรองที่เก็บตัวอย่างแล้วใส่ petri dish

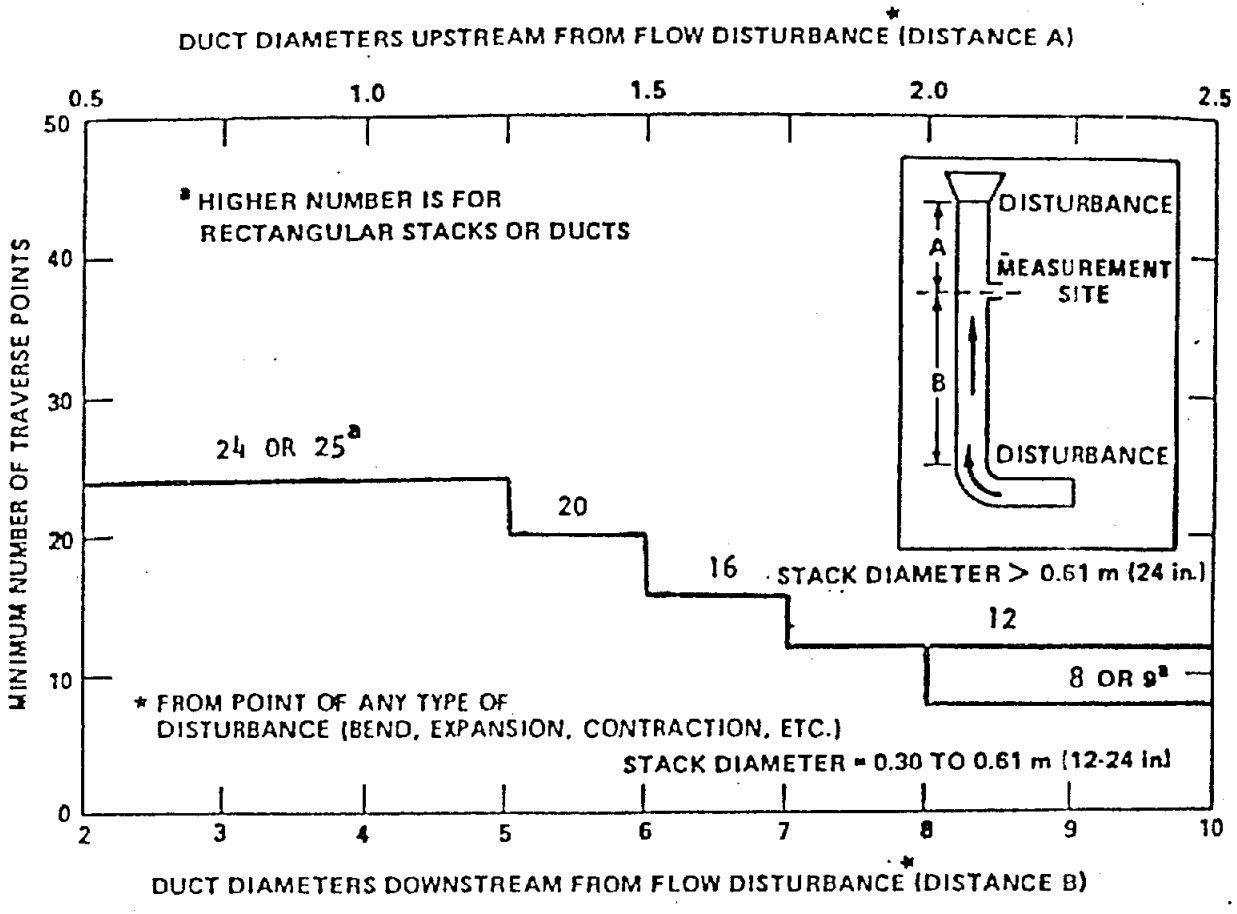
3.3.1.13 บันทึกค่าต่างๆ ที่ได้อ่านได้จากเครื่อง

3.3.1.14 นำกระดาษกรองจากข้อ 3.3.12 เก็บไว้ใน dessicator เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำกระดาษกรองใยแก้วออกจาก dessicator ตั้งทิ้งไว้ในห้องชั่งเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักกระดาษกรอง บันทึกผล

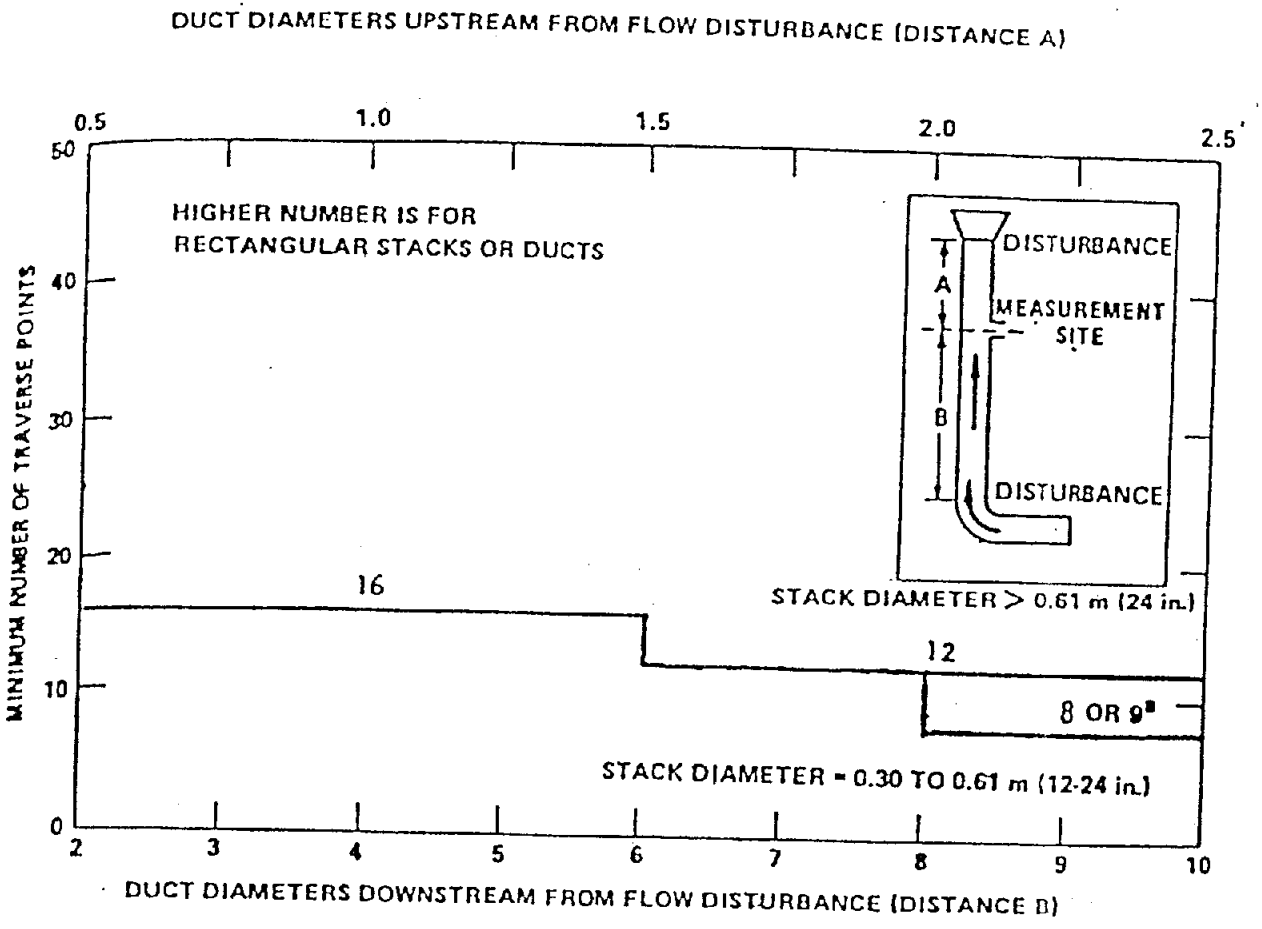
3.3.1.15 คำนวณผล

3.3.2 การเก็บตัวอย่างฝุ่นบริเวณพื้นที่ทำงาน

3.3.2.1 นำกระดาษกรองชนิด พีวีซี (3.2.6) เก็บไว้ในใน dessicator เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำกระดาษกรองชนิด พีวีซี ออกจาก dessicator ตั้งทิ้งไว้ในห้องชั่งเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักกระดาษกรอง บันทึกผลใส่ลงในตลับพลาสติก (3.2.5)



รูปที่ 2 แสดงจำนวนจุดเก็บตัวอย่างในการหาปริมาณฝุ่นละอองในปล่องปล่อยสู่อากาศ



รูปที่ 3 แสดงจำนวนจุดเก็บตัวอย่างในการหาความเร็วลมของอากาศในปล่องปล่อยสู่อากาศ

3.3.2.2 นำตลับพลาสติกที่มีกระดาษกรองชนิด พีวีซี ที่ผ่านการชั่งแล้วต่อเข้ากับเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ (3.2.4) ทำการเก็บตัวอย่างอากาศเป็นระยะเวลา 480 นาที โดยปรับอัตราการไหลของอากาศให้ได้ 2 ลิตรต่อนาที

3.3.2.3 บันทึกข้อมูลอัตราการไหลของอากาศและระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง

3.3.2.4 นำตลับพลาสติกที่มีกระดาษกรอง ชนิด พีวีซี ที่ผ่านการเก็บตัวอย่างจากข้อ 3.3.2.2 แล้ว เก็บไว้ในใน dessicator เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำกระดาษกรองชนิด พีวีซี ออกจาก dessicator ตั้งทิ้งไว้ในห้องชั่งเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักกระดาษกรอง บันทึกผล

3.3.2.5 คำนวณผล

3.3.3 การเก็บตัวอย่างฝุ่นในบรรยากาศ

3.3.3.1 นำกระดาษกรองใยแก้ว (3.2.8) เก็บไว้ในใน dessicator เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำกระดาษกรอง ออกจาก dessicator ตั้งทิ้งไว้ในห้องชั่งเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักกระดาษกรอง บันทึกผล

3.3.3.2 นำกระดาษกรองที่ได้จากข้อ 3.3.3.1 ประกอบเข้ากับชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างในบรรยากาศ (3.2.7) ทำการเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 24 ชั่วโมง บันทึกค่าอัตราการไหลของอากาศเมื่อเริ่มเก็บตัวอย่าง จากนั้นบันทึกค่าอัตราการไหลของอากาศอีกครั้งเมื่อสิ้นสุดการเก็บตัวอย่าง บันทึกระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง

3.3.3.3 เมื่อสิ้นสุดการเก็บตัวอย่างนำกระดาษกรองที่ผ่านการเก็บตัวอย่างแล้วเก็บใส่ในถุงพลาสติกซิปล็อค

3.3.3.4 นำกระดาษกรองจากข้อ 3.3.3.3 เก็บไว้ในใน dessicator เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำกระดาษกรอง ออกจาก dessicator ตั้งทิ้งไว้ในห้องชั่งเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักกระดาษกรอง บันทึกผล

3.3.3.5 คำนวณผล

3.3.4 การวัดค่าความร้อน (WBGT)

3.3.4.1 ประกอบอุปกรณ์การวัดค่าความร้อน โดยนำเทอร์โมมิเตอร์พันปลายด้านที่มีกระเปาะบรรจุปรอทด้วยผ้ากลอสจากนั้นนำไปติดไว้บนขาตั้งอุปกรณ์ โดยให้ผ้ากลอสจุ่มลงในขวดแก้วรูปชมภู่ที่มีน้ำบรรจุอยู่ และให้กระเปาะบรรจุปรอทอยู่ห่างจากน้ำประมาณ 1 นิ้ว

3.3.4.2 ประกอบเทอร์โมมิเตอร์อีกอันหนึ่งเข้ากับแบลคโกลบ (3.2.11) และติดไว้บนขาตั้งอุปกรณ์เดียวกันกับข้อ 3.3.4.1 โดยให้เทอร์โมมิเตอร์อยู่ในระดับใกล้เคียงกัน

3.3.4.3 เมื่อประกอบอุปกรณ์เสร็จนำไปตั้งไว้บริเวณที่ต้องการเก็บตัวอย่าง ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลาประมาณ 20 นาที บันทึกค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิแบลคโกลบ

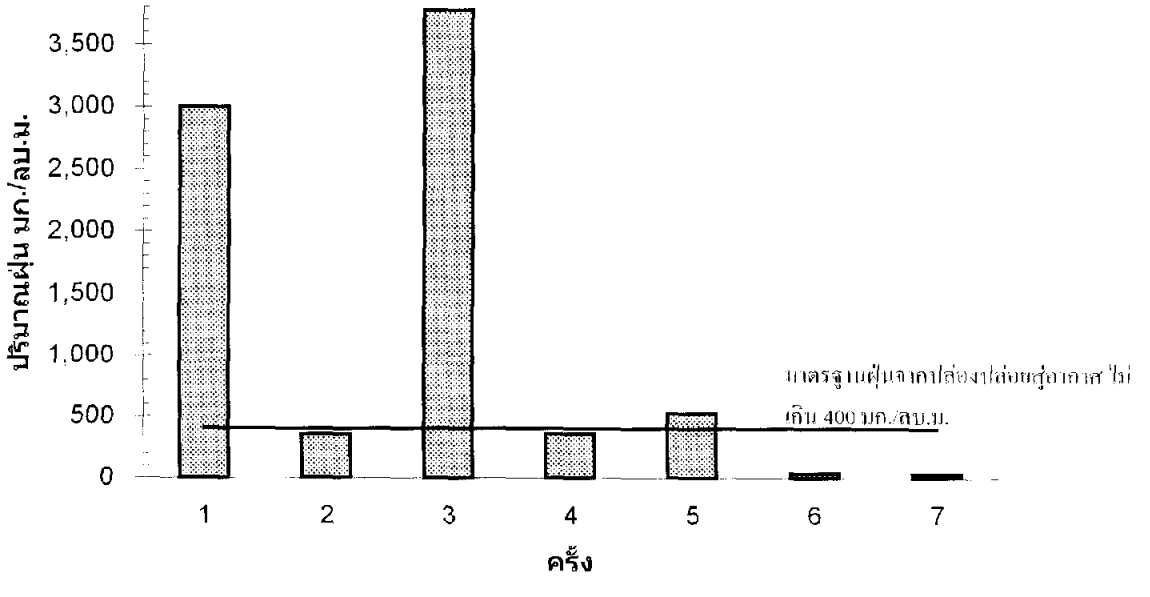
3.3.4.4 คำนวณผล

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณฝุ่นก่อนและหลังจากผ่านระบบบำบัดอากาศเสียชนิดไซโคลนและประสิทธิภาพของระบบบำบัดอากาศเสียจาก clinker dryer พบว่าระบบบำบัดอากาศเสียชนิดไซโคลนมีประสิทธิภาพอยู่ในช่วงร้อยละ 79.0 – 99.9

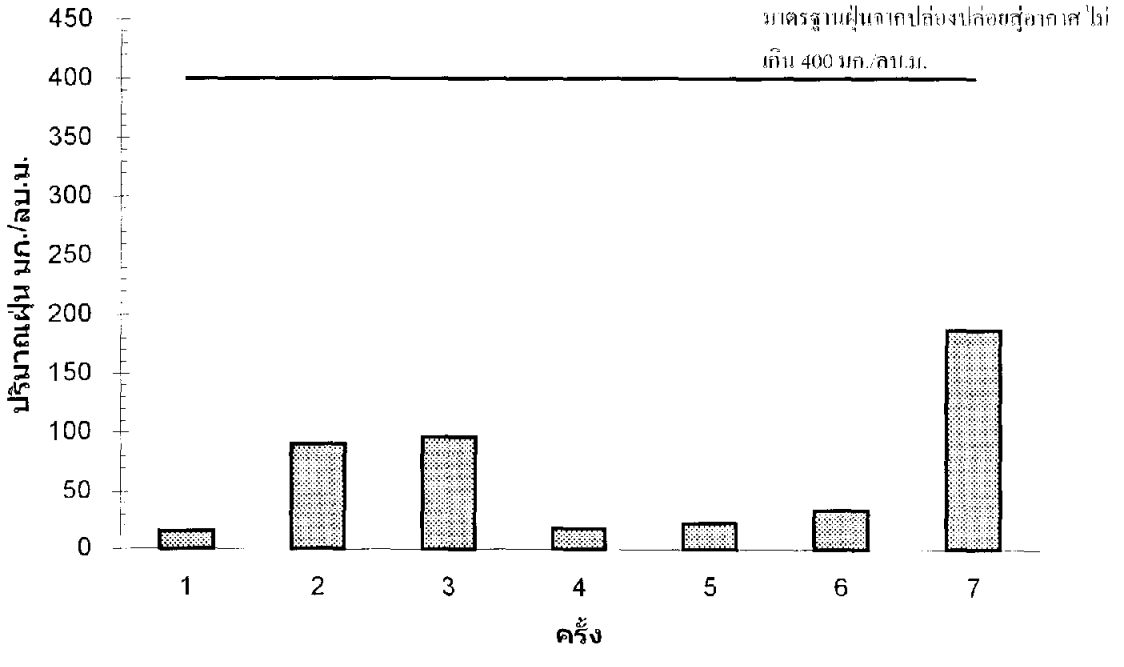
ครั้งที่	เดือนปีที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณฝุ่น, มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร		ประสิทธิภาพของระบบบำบัดอากาศ (ร้อยละ)
		ในท่อ clinker dryer No.2 ก่อนผ่านระบบ	ในปล่อง clinker dryer No.2	
1	ธ.ค.40	14,254.0	3,000.0	79.0
2	พ.ย.41	19,064.7	353.7	98.1
3	เม.ย.42	29,223.1	3,774.0	87.1
4	มี.ค.43	14,781.8	357.3	97.6
5	ธ.ค.43	11,769.5	527.7	95.5
6	พ.ค.44	23,812.0	35.2	99.9
7	ม.ค.45	31,785.0	33.3	99.9



รูปที่ 4 กราฟแสดงปริมาณฝุ่นจากปล่องปล่อยสู่อากาศของ clinker dryer เทียบกับมาตรฐานฝุ่นจากปล่องปล่อยสู่อากาศ พบว่ามี การตรวจวัดครั้งที่ 1, 3 และ 5 มีปริมาณฝุ่นเกินกว่าค่ามาตรฐาน ส่วน การตรวจวัดครั้งที่ 2, 4, 6 และ 7 มีปริมาณฝุ่นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณฝุ่นก่อนและหลังจากผ่านระบบบำบัดอากาศเสียชนิดถุงกรองและประสิทธิภาพของระบบบำบัดอากาศเสียจาก rotary kiln พบว่าระบบบำบัดอากาศเสียชนิดถุงกรองมีประสิทธิภาพอยู่ในช่วงร้อยละ 96.4 – 99.9

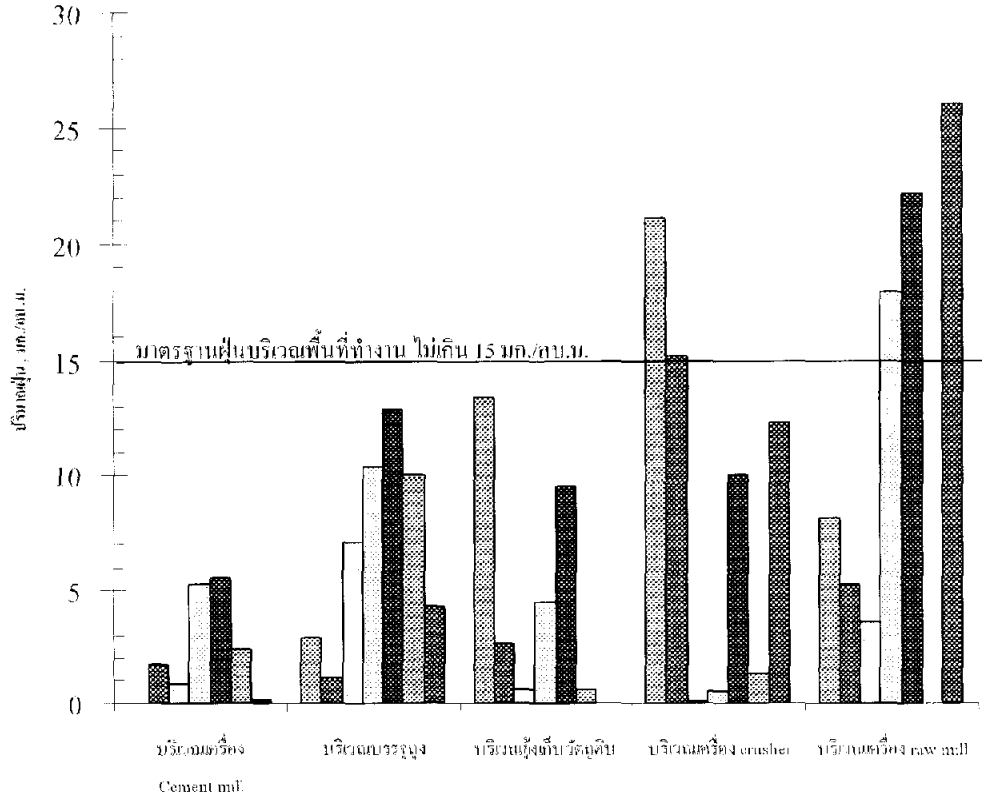
ครั้งที่	เดือนปีที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณฝุ่น, มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร		ประสิทธิภาพของระบบบำบัดอากาศ (ร้อยละ)
		ในท่อ rotary kiln ก่อนผ่านระบบกำจัด	ในปล่อง rotary kiln หลังจากผ่านระบบ	
1	ธ.ค.40	21,781.0	15.0	99.9
2	พ.ย.41	10,816.8	90.5	99.2
3	เม.ย.42	10,813.3	96.5	99.1
4	มี.ค.43	16,069.2	17.8	99.9
5	ธ.ค.43	6,371.3	22.9	99.6
6	พ.ค.44	3,523.4	34.2	99.0
7	ม.ค.45	5,162.8	187.3	96.4



รูปที่ 5 กราฟแสดงปริมาณฝุ่นจากปล่องปล่อยสู่อากาศของ rotary kiln เทียบกับมาตรฐานฝุ่นจากปล่องปล่อยสู่อากาศ พบว่ามี การตรวจวัดทุกครั้งมีปริมาณฝุ่นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณฝุ่นบริเวณพื้นที่ทำงาน

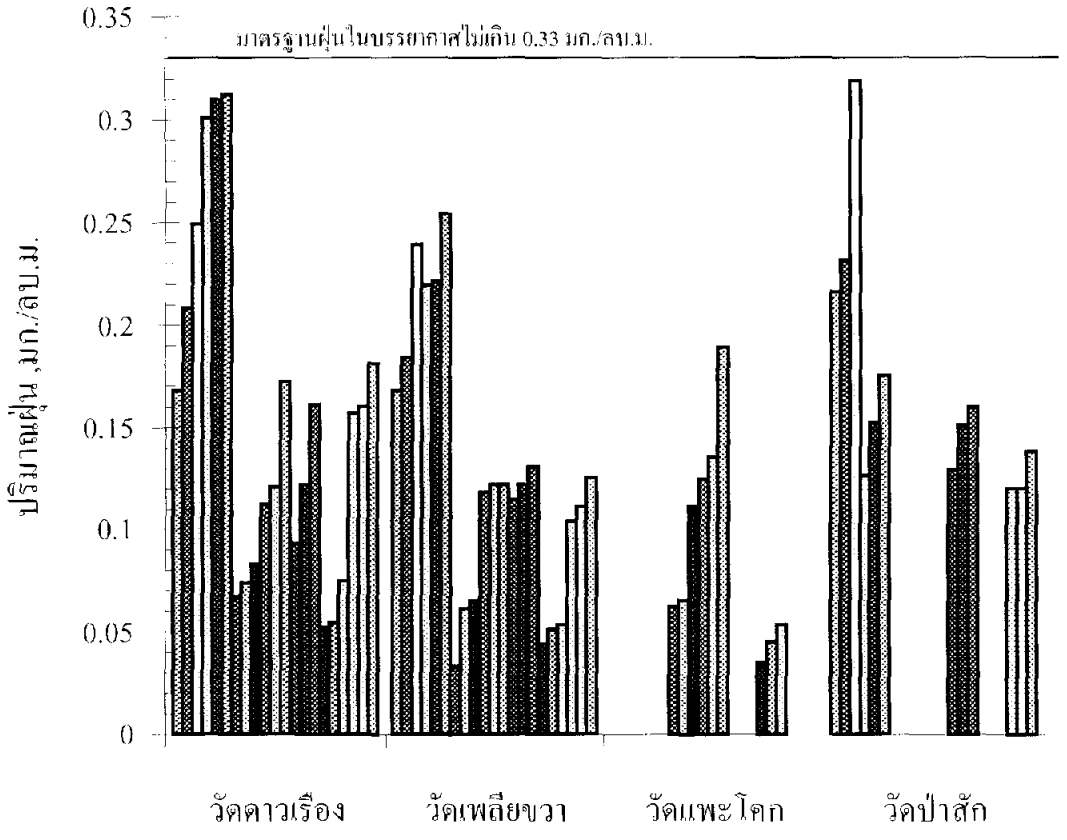
ครั้งที่	เดือนปีที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณฝุ่น, มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร				
		บริเวณเครื่อง Cement mill	บริเวณบรรจุถุง	บริเวณยุ้งเก็บวัตถุดิบ	บริเวณเครื่อง crusher	บริเวณเครื่อง raw mill
1	ธ.ค.40	-	2.9	13.4	21.1	8.1
2	พ.ย.41	1.7	1.1	2.7	15.1	5.3
3	เม.ย.42	0.9	7.1	0.6	0.1	3.6
4	มี.ค.43	5.3	10.4	4.5	0.5	17.9
5	ธ.ค.43	5.5	12.9	9.5	10.0	22.1
6	พ.ค.44	2.4	10	0.6	1.3	-
7	ม.ค.45	0.2	4.3	-	12.3	26.0



รูปที่ 6 กราฟแสดงปริมาณฝุ่นบริเวณพื้นที่ทำงานเทียบกับค่ามาตรฐาน พบว่ามี มีบางครั้งที่ทำการตรวจวัดปริมาณฝุ่นบริเวณเครื่อง crusher และบริเวณเครื่อง raw mill มีปริมาณฝุ่นสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนบริเวณเครื่อง cement mill, บริเวณบรรจุถุงและบริเวณยุ้งเก็บวัตถุดิบทุกครั้งที่ทำการตรวจวัดปริมาณฝุ่นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณฝุ่นในบรรยากาศบริเวณรอบโรงงาน

ครั้งที่	เดือนปีที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณฝุ่น, มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร			
		วัดดาวเรือง	วัดเพลียขวา	วัดแพะโคก	วัดป่าสัก
1	ธ.ค.40	0.168	0.168	-	0.216
		0.208	0.184	-	0.231
		0.249	0.239	-	0.339
2	พ.ย.41	0.301	0.219	-	0.126
		0.310	0.221	-	0.152
		0.312	0.254	-	0.175
3	เม.ย.42	0.067	0.033	0.062	-
		0.074	0.061	0.065	-
		0.083	0.065	0.111	-
4	มี.ค.43	0.112	0.118	0.124	-
		0.121	0.122	0.135	-
		0.172	0.122	0.189	-
5	ธ.ค.43	0.093	0.114	-	0.129
		0.122	0.122	-	0.151
		0.161	0.131	-	0.160
6	พ.ค.44	0.052	0.044	0.035	-
		0.054	0.051	0.045	-
		0.075	0.053	0.053	-
7	ม.ค.45	0.157	0.104	-	0.120
		0.160	0.111	-	0.120
		0.181	0.125	-	0.138



รูปที่ 7 กราฟแสดงปริมาณฝุ่นในบรรยากาศบริเวณรอบโรงงานเทียบกับค่ามาตรฐาน พบว่ามี ทุกจุดที่ทำการตรวจวัดปริมาณฝุ่นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

ตารางที่ 4 แสดงค่าการตรวจวัดค่าความร้อน

ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัด	ค่าความร้อน (WBGT °C)	
	มี.ค.43	พ.ค.44
ด้านซ้าย oil heater	35.1	37.6
ด้านขวา oil heater	35.9	39.9
หน้าห้องควบคุม	37.6	28.3
ด้านซ้าย burner	37.9	37.2
ด้านขวา burner	36.5	35.6
ข้างราว (เหนือ)	40.2	34.6
ข้างราว (ใต้)	40.1	37.3

ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัด	ค่าความร้อน (WBGT °C)	
	มี.ค.43	พ.ค.44
ฐานกลาง (ใต้)	45.3	46.4
ฐานกลาง (เหนือ)	51.2	52.2
ฐานใกล้ burner (ใต้)	49.1	45.7
ฐานใกล้ burner (เหนือ)	51.1	51.2
ฐานต้นทางเข้าปูนดิบ (ใต้)	43.2	42.2
ฐานต้นทางเข้าปูนดิบ (เหนือ)	48.7	48.3
บริเวณห้องควบคุม	28.9	29.8

บทที่ 5
วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

5.1 วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาปริมาณฝุ่นที่ปล่อยจากปล่องปล่อยสู่อากาศของโรงงานเมื่อเทียบกับมมาตรฐานปริมาณฝุ่นจากปล่องปล่อยสู่อากาศ กำหนดโดยกรมโรงงานอุตสาหกรรม ให้ปล่อยฝุ่นละอองออกจากปล่องปล่อยสู่อากาศ ไม่เกิน 400 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบว่าในการเก็บตัวอย่างรวม 7 ครั้ง ผลของการเก็บตัวอย่าง 2 ครั้งคือในเดือน ธ.ค. 2540 และเดือน เม.ย. 2542 ฝุ่นจากปล่อง clinker dryer มีค่าเกินกว่าที่มาตรฐานกำหนดมาก คือมีค่า 3,000 และ 3,774 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งเมื่อคำนวณเป็นประสิทธิภาพของระบบบำบัดอากาศชนิดไซโคลนที่ใช้อยู่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าร้อยละ 90 ส่วนในเดือนธ.ค. 2543 มีปริมาณฝุ่นเกินกว่ามาตรฐานไม่มากคือมีค่า 527 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สำหรับผลการศึกษาในเดือน พ.ย. 2541, มี.ค. 2543, พ.ค. 2544และ ม.ค. 2545 มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานและมีประสิทธิภาพของระบบบำบัดอากาศชนิดไซโคลนมากกว่าร้อยละ 97 ปริมาณฝุ่นที่ปล่อยออกจากปล่อง rotary kiln มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานและประสิทธิภาพของระบบบำบัดอากาศชนิดถุงกรองมีค่ามากกว่าร้อยละ 96 จากผลที่ได้ในบางครั้งมีค่าเกินกว่ามาตรฐานอาจเนื่องมาจากขาดการดูแลรักษาและทำความสะอาดระบบบำบัดอากาศทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง

ฝุ่นในบริเวณพื้นที่ทำงานค่ามาตรฐานกำหนดโดยกรมแรงงาน กระทรวงมหาดไทยมีค่าไม่เกิน 15 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรจากการศึกษาพบว่าบริเวณเครื่อง crusher และบริเวณเครื่อง raw mill ในบางครั้งมีค่าเกินค่ามาตรฐาน ส่วนในบริเวณ เครื่อง cement mill, บริเวณบรรจุถุงและบริเวณยุ้งเก็บวัตถุดิบ มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน สำหรับในบางครั้งที่มีค่าปริมาณฝุ่นมากกว่ามาตรฐานอาจเป็นเพราะบริเวณดังกล่าวอยู่ใกล้กองวัตถุดิบซึ่งบางครั้งมีปริมาณมากและวัสดุที่ใช้ปิดไม่ทั่วถึง การปฏิบัติงานในพื้นที่ดังกล่าวควรแนะนำให้พนักงานสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันฝุ่น

สำหรับฝุ่นในบรรยากาศซึ่งมีค่ามาตรฐานไม่เกิน 0.33 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ พบว่าในทุกจุดที่ทำการเก็บตัวอย่างมีค่าไม่เกินมาตรฐาน

ส่วนค่าความร้อนมีค่าอยู่ระหว่าง 28.3 –52.2 องศาเซลเซียส ซึ่งพนักงานจะปฏิบัติงานอยู่ในห้องควบคุมเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งในห้องควบคุมมีอุณหภูมิ 28-29 องศาเซลเซียส และในการวัดค่าความร้อนจะทำการวัดเฉพาะในฤดูร้อนเท่านั้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

นอกจากการศึกษานี้แล้วควรจะมีการศึกษาต่อในเรื่องผลกระทบจากฝุ่นต่อสุขภาพพนักงานเพื่อเป็นการเฝ้าระวังสุขภาพของพนักงาน และศึกษาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการดูแลรักษาและทำความสะอาดระบบบำบัดอากาศ

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานนี้ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากบุคลากรในกลุ่มงานสิ่งแวดล้อม ขอขอบคุณ ผู้อำนวยการกองกองฟิสิกส์และวิศวกรรมและ หัวหน้ากลุ่มงานสิ่งแวดล้อม ที่ได้ให้การสนับสนุนในการศึกษา ขอขอบคุณโรงงานปูนซิเมนต์ขาวที่ได้ให้ความร่วมมือในการเก็บตัวอย่างและให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการผลิต

เอกสารอ้างอิง

1. บริษัท ยูนิเวอร์แซลปูนซิเมนต์ขาว จำกัด, 2538 "รายงานฉบับย่อการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการขยายโรงงานผลิตปูนซิเมนต์"
2. จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ, 2533 "การประเมินและควบคุมอันตรายจากความร้อน" เอกสารการสอนชุดวิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมพื้นฐาน, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, หน้า 130-165
3. กรมควบคุมมลพิษ, 2539 "คู่มือปฏิบัติการสำหรับเจ้าพนักงานควบคุมมลพิษในการตรวจสอบโรงงานอุตสาหกรรม" หน้า 1-151-1-162, 2-1-2-39