

เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง
นักวิทยาศาสตร์ 6 ว

เรื่องที่ 1

การศึกษาปริมาณสารมลพิษทางอากาศ
และระดับความดังของเสียงจากโรงงานอุตสาหกรรม
ผลิตเหล็กเส้นและเหล็กหลอด

โดย

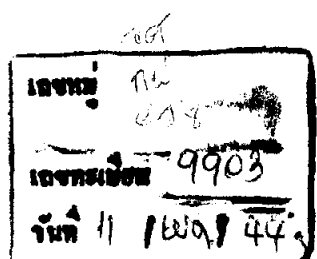
นายชนินทร์ เลิศคณาวนิชกุล
นักวิทยาศาสตร์ 5

กลุ่มงานสิ่งแวดล้อม
กองฟิสิกส์และวิศวกรรม
กรมวิทยาศาสตร์บริการ

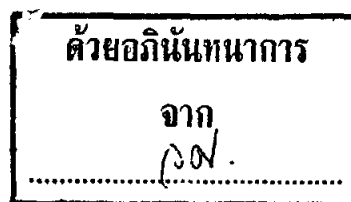
เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง
นักวิทยาศาสตร์ 6 ว

เรื่องที่ 1

การศึกษาปริมาณสารมลพิษทางอากาศ
และระดับความดังของเสียงจากโรงงานอุตสาหกรรม
ผลิตเหล็กเส้นและเหล็กหลอด



โดย



นายชนินทร์ เลิศคณาวณิชกุล

นักวิทยาศาสตร์ 5

กลุ่มงานสิ่งแวดล้อม
กองพิทักษ์และวิศวกรรม
กรมวิทยาศาสตร์บริการ

บทคัดย่อ

ได้ศึกษาปริมาณสารมลพิษทางอากาศ และระดับความดังของเสียงจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเหล็กเส้นและเหล็กถลุงจำนวน 2 โรง ตั้งอยู่ที่อำเภอพระประแดงจังหวัดสมุทรปราการ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2535 ถึงปี พ.ศ.2543 โดยเก็บตัวอย่างอากาศและวิเคราะห์ปริมาณสารมลพิษบริเวณพื้นที่ทำงาน ในปล่องปล่อยสู่อากาศ บริเวณบรรยากาศของโรงงานและวัดระดับเสียงในพื้นที่ทำงาน

ผลการศึกษาพบว่าปริมาณฝุ่นบริเวณพื้นที่ทำงานบางพื้นที่ของโรงงานที่ 1 ยังมีค่าปริมาณฝุ่นเกินกว่าค่ามาตรฐาน ระดับความดังของเสียงบริเวณพื้นที่ทำงานของโรงงานที่ 1 มีเสียงดังเกินกว่าค่ามาตรฐานถึง 8 ใน 18 ตำแหน่งที่ทำการวัด คิดเป็นพื้นที่อันตรายถึง 44.4 % โรงงานที่ 2 มีถึง 2 ใน 24 ตำแหน่งที่ทำการเก็บตัวอย่างที่มีระดับเสียงดังเกินกว่าค่ามาตรฐาน คิดเป็นพื้นที่อันตรายเพียง 8.3 %

ปริมาณฝุ่นในปล่องปล่อยสู่อากาศ ของโรงงานที่ 1 นั้น พบว่า มีเพียงปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาหลอม 1 และ 2 ของเดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ.2536 มีค่าปริมาณฝุ่นเกินกว่าค่ามาตรฐาน ส่วนโรงงานที่ 2 พบว่า ในปีก่อนเข้าปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาอบ 1 ของเดือนธันวาคม ปี พ.ศ.2537 ในปล่องปล่อยสู่อากาศจากเตาอบของโรงรีด RM7 ของเดือนธันวาคม ปี พ.ศ.2538 และเดือนธันวาคม ปี พ.ศ.2539 มีค่าปริมาณฝุ่นเกินกว่าค่ามาตรฐาน

ปริมาณ SO_2 และ NO_x ในปล่องปล่อยสู่อากาศ พบว่า ไม่มีปล่องใดของทั้ง 2 โรงงานมีค่าปริมาณ NO_x เกินกว่าค่ามาตรฐาน ส่วนปริมาณ SO_2 ของโรงงานที่ 1 พบว่า มีเพียงปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาอบ ของเดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ.2543 เท่านั้น มีค่าปริมาณ SO_2 เกินกว่าค่ามาตรฐาน ส่วนโรงงานที่ 2 อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

ปริมาณฝุ่นบริเวณบรรยากาศ ของโรงงานที่ 1 และโรงงานที่ 2 พบว่าทุกครั้งที่ทำการตรวจวัดมีปริมาณฝุ่นในบางตำแหน่งเกินกว่าค่ามาตรฐาน

ปริมาณ SO_2 ในบรรยากาศ ของโรงงานที่ 1 และโรงงานที่ 2 พบว่าในบางปีทำการตรวจวัดมีปริมาณ SO_2 เกินกว่าค่ามาตรฐานทุกตำแหน่ง

การศึกษาดังกล่าวจะเป็นการเฝ้าระวังคุณภาพอากาศและระดับความดังของเสียงของโรงงาน ที่รบกวนการทำงานของพนักงาน เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ หากมีปัญหามาจากมลพิษทางอากาศเกิดขึ้น ก็จะได้ทราบถึงสาเหตุ และทำการแก้ไขปัญหานั้นๆ ได้ทันเหตุการณ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	i
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ปัญหาและที่มาของการศึกษา	2
1.2 วัตถุประสงค์การศึกษา	3
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	4
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	4
1.5 ระยะเวลาดำเนินการ	4
บทที่ 2 กรรมวิธีการผลิต และมลพิษทางอากาศของโรงงานอุตสาหกรรม ผลิตเหล็กเส้นและเหล็กหลอด	5
2.1 ผลิตภัณฑ์ และกำลังการผลิต	5
2.2 ส่วนประกอบของโรงงาน	6
2.3 เครื่องจักรและอุปกรณ์	6
2.4 กระบวนการผลิต	6
2.5 วัตถุดิบและพลังงาน	8
2.6 โลหะวิทยาของเหล็กกล้า	8
2.7 สารมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม	9
2.8 การควบคุมมลพิษทางอากาศ	13
2.9 มลพิษทางเสียง	17
2.10 การควบคุมมลพิษทางเสียงของโรงงาน	18
2.11 กลวิธีในการเก็บตัวอย่างอากาศ	18
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ และวิธีดำเนินการ	27
3.1 รูปแบบและแผนการดำเนินการ	27
3.2 สถานที่ดำเนินการ	27
3.3 กลุ่มตัวอย่าง	27
3.4 อุปกรณ์และเครื่องมือเก็บตัวอย่าง	28
3.4.1 อุปกรณ์และเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศ	28
3.4.2 อุปกรณ์และเครื่องมือวัดระดับความดังของเสียง	29

	หน้า
3.5 วิธีการเก็บตัวอย่าง และการตรวจวิเคราะห์	29
3.5.1 การเก็บตัวอย่างบริเวณพื้นที่ทำงาน	29
3.5.2 การเก็บตัวอย่างในปล่องปล่อยสู่อากาศ	30
3.5.3 การเก็บตัวอย่างบริเวณบรรยากาศ	31
3.6 บริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่าง	33
3.6.1 บริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่างอากาศ	33
3.6.2 บริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่างระดับความดังของเสียง	34
บทที่ 4 ผลการศึกษา	37
4.1 ผลการศึกษาปริมาณฝุ่นบริเวณพื้นที่ทำงาน	37
4.2 ผลการศึกษาปริมาณฝุ่นในปล่องปล่อยสู่อากาศ	38
4.3 ผลการศึกษาปริมาณฝุ่นบริเวณบรรยากาศ	38
4.4 ผลการศึกษาปริมาณก๊าซ SO ₂ ในปล่องปล่อยสู่อากาศ	39
4.5 ผลการศึกษาปริมาณก๊าซ SO ₂ บริเวณบรรยากาศ	40
4.6 ผลการศึกษาปริมาณก๊าซ NO _x ในปล่องปล่อยสู่อากาศ	40
4.7 ผลการศึกษาระดับความดังของเสียงบริเวณพื้นที่ทำงาน	41
บทที่ 5 วิจัย และสรุปผลการศึกษา	42
5.1 วิจัยผลการศึกษา	42
5.2 สรุปผลการศึกษา	45
5.3 ข้อเสนอแนะ	46
กิตติกรรมประกาศ	48
บรรณานุกรม	49
ภาคผนวก ก สารบัญรูป	1-1 - 1-31
ภาคผนวก ข สารบัญตาราง	2-1 - 2-7
ภาคผนวก ค สารบัญตารางค่ามาตรฐาน	3-1 - 3-10

ภาคผนวก ก

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1 เตาหลอมเหล็กด้วยไฟฟ้า (Electric Arc Furnace)	1-1
รูปที่ 2 เครื่องรีดเหล็กชนิดมีประสิทธิภาพสูง	1-1
รูปที่ 3 เตาเคี้ยวน้ำเหล็ก (Ladle Furnace)	1-2
รูปที่ 4 โรงรีดเหล็ก (Rolling Mill)	1-3
รูปที่ 5 เครื่องรีดเหล็กถวด (Wire Rod Mill)	1-4
รูปที่ 6 เครื่องหล่อแบบต่อเนื่อง (Continuous Casting Machine)	1-5
รูปที่ 7 โตะสำหรับฝังให้เหล็กเย็นตัวลง	1-5
รูปที่ 8 ลักษณะของปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาหลอม และระบบกำจัดฝุ่น ((Dust Collector)	1-6
รูปที่ 9 ผลิตภัณฑ์เหล็กเส้นและเหล็กถวดขนาดต่างๆ	1-7
รูปที่ 10 ผลิตภัณฑ์เหล็กถวดชนิดมีธาตุคาร์บอนต่ำ	1-8
รูปที่ 11 ผลิตภัณฑ์เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต : เหล็กเส้นกลม	1-8
รูปที่ 12 เหล็กข้ออ้อยขนาดต่างๆ	1-9
รูปที่ 13 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต : เหล็กข้ออ้อย	1-9
รูปที่ 14 เหล็กเส้นกลมขนาดต่างๆ	1-9
รูปที่ 15 การทดสอบความต้านแรงดึงของเหล็ก (Tensile Test)	1-10
รูปที่ 16 การทดสอบการดัดโค้งเย็น (Bending Test)	1-10
รูปที่ 17 ขั้นตอนการตรวจสอบวัตถุดิบ (Raw Material Inspection)	1-11
รูปที่ 18 การตรวจดูโครงสร้าง (Microscopic Examination)	1-11
รูปที่ 19 การตรวจวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมี (Chemical Analysis)	1-11
รูปที่ 20 เครื่องชั่งความละเอียด ± 0.01 มิลลิกรัม	1-12
รูปที่ 21 กระจาดกรองสำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่นบริเวณพื้นที่ทำงาน (ก่อนนำไปใช้งาน)	1-13
รูปที่ 22 เปรียบเทียบกระจาดกรองก่อนใช้งานและหลังใช้งานแล้ว	1-13
รูปที่ 23 ทิมเบิล (Thimble) สำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่นในปล่องปล่อยสู่อากาศ (ก่อนนำไปใช้งาน)	1-14
รูปที่ 24 เปรียบเทียบทิมเบิล ก่อนใช้งานและหลังใช้งานแล้ว	1-14
รูปที่ 25 กระจาดกรองสำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่นบริเวณบรรยากาศ (ก่อนนำไปใช้งาน)	1-15
รูปที่ 26 เปรียบเทียบกระจาดกรองก่อนใช้งานและหลังใช้งานแล้ว	1-15
รูปที่ 27 ตู้สำหรับดูดความชื้นของกระจาดกรอง (ก่อนนำไปใช้งาน)	1-16
รูปที่ 28 ตู้สำหรับดูดความชื้นของกระจาดกรอง (หลังจากนำไปใช้งานแล้ว)	1-16

	หน้า
รูปที่ 29	กระดาดกรองสำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่นบริเวณพื้นที่ทำงาน 1-17
รูปที่ 30	กระดาดกรองที่บรรจุอยู่ในตลับพลาสติก 1-17
รูปที่ 31	อุปกรณ์ และชิ้นส่วนต่างๆ สำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่นบริเวณพื้นที่ทำงาน 1-18
รูปที่ 32	ชุดเก็บตัวอย่างฝุ่นบริเวณพื้นที่ทำงาน (working area) 1-18
รูปที่ 33	ลักษณะของการสวมทิมเบิลใน probe สำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่นในปล่องปล่อยสู่อากาศ 1-19
รูปที่ 34	ชุดเก็บตัวอย่างฝุ่นในปล่องปล่อยสู่อากาศ (stack) 1-19
รูปที่ 35	ชุดเก็บตัวอย่างก๊าซในปล่องปล่อยสู่อากาศ 1-20
รูปที่ 36	Flow meter สำหรับวัดอัตราการไหลของอากาศ 1-20
รูปที่ 37	ส่วนประกอบของตัวเครื่อง High Volume 1-21
รูปที่ 38	ส่วนประกอบของตัวเครื่อง High Volume 1-21
รูปที่ 39	ส่วนประกอบของตัวเครื่อง High Volume 1-22
รูปที่ 40	ส่วนประกอบของตัวเครื่อง High Volume 1-22
รูปที่ 41	แสดงลักษณะการไหลของอากาศเข้าตัวเครื่อง High Volume 1-23
รูปที่ 42	ชุดเก็บฝุ่น (High Volume) บริเวณบรรยากาศ (ambient) 1-23
รูปที่ 43	อุปกรณ์เก็บตัวอย่างก๊าซบริเวณพื้นที่ทำงาน หรือในปล่องปล่อยสู่อากาศ 1-24
รูปที่ 44	ชุดเก็บตัวอย่างก๊าซบริเวณพื้นที่ทำงาน หรือในปล่องปล่อยสู่อากาศ 1-24
รูปที่ 45	เครื่องวัดระดับความดังของเสียง (Sound Level Meter) 1-25
รูปที่ 46	ชุดเครื่องวัดระดับความดังของเสียงบริเวณพื้นที่ทำงาน 1-25
รูปที่ 47	Absorbing Solution สำหรับดูดก๊าซ SO ₂ ในบรรยากาศ 1-26
รูปที่ 48	Absorbing Solution ใน impinger พร้อมกับห่อหุ้มด้วย foil 1-26
รูปที่ 49	ชุดเก็บตัวอย่างก๊าซ SO ₂ ในบรรยากาศ 1-27
รูปที่ 50	ตัวอย่างก๊าซ SO ₂ ที่ถูกดูดซับลงใน Absorbing Solution แล้วนำมาเก็บในขวดเก็บตัวอย่าง 1-27
รูปที่ 51	แผนผังกรรมวิธี (Flow Sheet) การหลอมเหล็กและการรีดเหล็ก 1-28
รูปที่ 52	ห้องตกตะกอน 1-29
รูปที่ 53	ไซโคลอน 1-29
รูปที่ 54	เครื่องเก็บแบบเปียก 1-30
รูปที่ 55	เครื่องกรองใย 1-31
รูปที่ 56	เครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตย์ 1-31

ภาคผนวก ข

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นบริเวณพื้นที่ทำงาน ในปล่องปล่อยสู่อากาศ และบริเวณบรรยากาศ ของโรงงานที่ 1	2-1
ตารางที่ 2 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณ SO ₂ ในปล่องปล่อยสู่อากาศ และบริเวณบรรยากาศ ของโรงงานที่ 1	2-2
ตารางที่ 3 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณ NO _x ในปล่องปล่อยสู่อากาศ ของโรงงานที่ 1	2-2
ตารางที่ 4 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นบริเวณพื้นที่ทำงาน ในปล่องปล่อยสู่อากาศ และบริเวณบรรยากาศ ของโรงงานที่ 2	2-3
ตารางที่ 5 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณ SO ₂ ในปล่องปล่อยสู่อากาศ และบริเวณบรรยากาศ ของโรงงานที่ 2	2-3
ตารางที่ 6 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณ NO _x ในปล่องปล่อยสู่อากาศ ของโรงงานที่ 2	2-3
ตารางที่ 7 แสดงผลวิเคราะห์ระดับความดังของเสียงในพื้นที่ทำงาน ของโรงงานที่ 1	2-4
ตารางที่ 8 แสดงผลวิเคราะห์ระดับความดังของเสียงในพื้นที่ทำงาน ของโรงงานที่ 2	2-5
ตารางที่ 9 สรุปเปอร์เซ็นต์พื้นที่อันตรายและพื้นที่ปกติ	2-5
ตารางที่ 10 ช่วงระดับเสียงตามตำแหน่งต่างๆ ของโรงงานที่ 1	2-6
ตารางที่ 11 ช่วงระดับเสียงตามตำแหน่งต่างๆ ของโรงงานที่ 2	2-7

ภาคผนวก ก
สารบัญตารางค่ามาตรฐาน

ตารางที่ 1-7	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต : เหล็กข้ออ้อย	3-1
ตารางที่ 1-6	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต : เหล็กเส้นกลม	3-4
ตารางที่ 1-4	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเหล็กวงชนิดมีราตุคาร์บอนต่ำ	3-6
	ตารางเหล็กเส้นสำหรับเสริมคอนกรีต	3-8
ตารางที่ 1	มาตรฐานคุณภาพอากาศของอากาศในสถานที่ทำงาน (Working Area)	3-9
ตารางที่ 2	มาตรฐานคุณภาพอากาศของอากาศที่ระบายออกจากปล่องปล่อยสู่อากาศของโรงงาน (Stack)	3-9
ตารางที่ 3	มาตรฐานระดับเสียงในโรงงานอุตสาหกรรม	3-9
ตารางที่ 4	มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ (Ambient Area)	3-10
ตารางที่ 5	มาตรฐานระดับเสียงที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของคนงานในโรงงานอุตสาหกรรม (ที่ดังต่อเนื่องตลอดเวลา)	3-10

บทที่ 1

บทนำ

โรงงานอุตสาหกรรมเป็นแหล่งกำเนิดของมลพิษทางอากาศที่สำคัญยิ่งแห่งหนึ่ง อากาศเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง และขั้นตอนการผลิตนั้น ทำให้เกิดควันดำ เขม่า ก๊าซพิษ กลิ่น และฝุ่นละออง ส่งผลทำให้คุณภาพอากาศเปลี่ยนแปลงและเสื่อมโทรมลง มลพิษทางอากาศมากกว่าร้อยละ 50⁽⁷⁾ มาจากโรงงานอุตสาหกรรมในเขตอุตสาหกรรมหนาแน่น เช่น ที่อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งมีมลพิษทางอากาศร้อยละ 70⁽⁷⁾ มาจากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นผลทำให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน เช่น เกิดโรคต่อระบบทางเดินหายใจ โรคผิวหนัง เป็นต้น

นอกจากนี้การทำงานของเครื่องจักรในโรงงาน ยังก่อให้เกิดมลพิษของเสียง เนื่องจากเสียงอีกทีของเครื่องจักรที่กระทบประสาทหูอยู่เสมอเหล่านี้ ทำให้ประสาทหูทำงานหนักตลอดเวลา ประสาทส่วนอื่นๆ พลอยดึงเครียด จิตใจขาดสมาธิได้ง่าย เรียกได้ว่า อยู่ในสภาพแวดล้อมทางเสียงที่ไม่ค่อยดี เสียงอีกทีที่ดังมากและดังอยู่ยาวนานจะรบกวนการทำกิจกรรมหรือการดำเนินชีวิตตามปกติ จนกระทั่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพของเรา

โรงงานอุตสาหกรรม และเครื่องจักรกลต่างๆ เกิดขึ้นมาจากความเจริญก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทำให้มนุษย์มีสิ่งอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวันแทบทุกอย่าง ผลที่เกิดต่อเนื่องตามมา คือ ประชากรของโลกกำลังเพิ่มทวีมากขึ้น ความต้องการปัจจัยในการดำรงชีวิตต่างๆ เพิ่มขึ้นเป็นเงาตามตัว มนุษย์จึงมีการแข่งขันกันในการสร้างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่างๆ เพื่อความเป็นผู้นำทางเศรษฐกิจและสังคมและยังช่วยแก้ปัญหาของมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมด้วย

วิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยีมีความสัมพันธ์กัน คือ เทคโนโลยีจำเป็นต้องพึ่งความรู้ที่เป็นระบบซึ่งมีอยู่ในวิทยาศาสตร์ ขณะเดียวกันความเจริญด้านวิทยาศาสตร์ก็จำเป็นต้องอาศัยการพัฒนาเทคโนโลยีเป็นองค์ประกอบด้วย นั่นคือ วิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานของเทคโนโลยี และเทคโนโลยีก็

เป็นพื้นฐานของวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจึงเป็นของคู่กัน ซึ่งในอนาคตสามารถคาดการณ์ได้ว่า การพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะดำเนินรุดหน้าควบคู่กันกันไปอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ การใช้เทคโนโลยีของมนุษย์มีผลต่อการดำรงชีวิตทั้งในทางบวกและทางลบ ในทางบวก คือ เทคโนโลยีช่วยให้ความเป็นอยู่ของมนุษย์ดีขึ้น ในทางลบ คือ ทำให้คุณภาพสิ่งแวดล้อมเลวลง จนก่อให้เกิดผลกระทบต่อโลก ซึ่งก็เนื่องมาจากขาดการควบคุม การใช้เทคโนโลยีเกินขอบเขตความสามารถที่สิ่งแวดล้อมจะสามารถปรับตัวได้ทัน สิ่งแวดล้อมจึงถูกเปลี่ยนแปลงอย่างถาวร ดังนั้นการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมไม่สามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากเกินไปให้เวลา ให้โอกาสธรรมชาติได้ปรับตัวสู่สมดุล จึงจำเป็นอย่างยิ่งในการลดปัญหาของสิ่งแวดล้อมเป็นพิษให้น้อยลง

ดังนั้นหากการนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้โดยไม่ได้พิจารณาอย่างรอบคอบแล้ว ย่อมเกิดผลเสียต่อสภาพแวดล้อมและสมดุลทางธรรมชาติอย่างมหันต์ สุดท้ายมนุษย์เองที่จะได้รับผลกระทบนี้มากที่สุด มนุษย์จึงต้องควบคุมการใช้เทคโนโลยีให้เหมาะสม ในขณะเดียวกันก็ต้องพัฒนาเทคโนโลยีขึ้นมาแก้ไขสภาพแวดล้อมที่เสื่อมโทรมลงให้กลับสภาพเดิม รวมทั้งนำเอาข้อผิดพลาดในอดีตมาเป็นบทเรียนเพื่อพัฒนาปรับปรุง และสร้างสรรค์เทคโนโลยีที่เหมาะสมที่สุดเพื่อก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อมวลมนุษย

1.1 ปัญหาและที่มาของการศึกษา

ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเหล็กเส้นและเหล็กทวได้มีการนำเทคโนโลยีใหม่ๆมาใช้เพิ่มขึ้น โดยยกเลิกระบบเก่าๆ ซึ่งมีความเชื่อว่าเทคโนโลยีใหม่ที่น่ามาทดแทนนั้น จะสามารถช่วยเพิ่มปริมาณการผลิต ผลผลิต ลดค่าใช้จ่าย และสุดท้ายก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ในอดีตมลพิษที่เกิดขึ้นจะมีมากกว่าในปัจจุบันมาก ทั้งนี้เนื่องจากระบบเก่านั้น มีการใช้เชื้อเพลิงในปริมาณมาก มลพิษที่เกิดขึ้นก็มีปริมาณมากและมีหลายชนิดด้วยกัน จนมีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงระบบเพื่อให้ปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด โดยในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม

กรรมผลิตเหล็กเส้นและเหล็กหลอด จะก่อให้เกิดสารมลพิษทางอากาศ เช่น ฝุ่นละออง คาร์บอน ผุยม สารที่เป็นก๊าซ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน ซึ่งมีผลต่อสุขภาพอนามัยของผู้ปฏิบัติงาน ผู้ต้องสัมผัสกับบรรยากาศในการทำงาน ตลอดจนมลพิษเหล่านี้มีโอกาสนับเป็นอันตรายเข้าไปในสิ่งแวดล้อม อาจก่อผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของคน สัตว์และสะสมในพืชได้

จึงทำการศึกษาหาปริมาณของสารมลพิษดังกล่าวในบริเวณพื้นที่ทำงาน ในปล่องปล่อยสู่อากาศ และในบรรยากาศ รวมทั้งศึกษามลพิษทางเสียงของโรงงานด้วย เพราะความดังของเสียงในโรงงานอุตสาหกรรม สามารถรบกวนการดำเนินชีวิตประจำวันของผู้ปฏิบัติงาน ทำลายสุขภาพโดยทั่วไป เช่น ทำให้ความดันโลหิตสูงขึ้น อันเป็นสาเหตุของหัวใจวาย หรือเกิดแผลในกระเพาะอาหาร ปรากฏว่าผู้ที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมเสียงดัง เป็นโรคนี้น่ากว่าผู้ที่อยู่ในที่สงบถึง 5 เท่า⁽²⁾ นอกจากนี้ยังศึกษาเพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานต่างๆที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงต่างๆ และพระราชบัญญัติโรงงานที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม อันเป็นการเฝ้าระวังสารมลพิษที่เกิดขึ้น หากผลการวิเคราะห์คุณภาพของสิ่งแวดล้อมดังกล่าวเกินมาตรฐานที่กำหนด ทางโรงงานอุตสาหกรรมจะต้องดำเนินการแก้ไขให้อยู่ภายใต้มาตรฐานนั้นๆ

1.2 วัตถุประสงค์การศึกษา

1.2.1 ศึกษาหาปริมาณสารมลพิษทางอากาศ และระดับความดังของเสียงภายในโรงงาน

อุตสาหกรรมผลิตเหล็กเส้นและเหล็กหลอด

1.2.2 เฝ้าระวังสารมลพิษทางอากาศ และมลพิษทางเสียง

1.2.3 หาข้อมูลเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเหล็กเส้นและเหล็ก

หลอด

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

- 1.3.1 โรงงานอุตสาหกรรมผลิตเหล็กเส้นและเหล็กทวด ใช้โรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งซึ่งตั้งอยู่ที่ อ.พระประแดง จ.สมุทรปราการ เป็นกรณีศึกษา
- 1.3.2 เก็บตัวอย่างสารมลพิษทางอากาศบริเวณพื้นที่ทำงาน ในปล่องปล่อยสู่อากาศ และบริเวณบรรยากาศรอบๆโรงงาน เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของสารมลพิษที่ปล่อยออกจากโรงงาน
- 1.3.3 วัดระดับความดังของเสียงบริเวณพื้นที่ทำงาน เพื่อศึกษาผลกระทบของเสียงที่มีต่อสุขภาพอนามัยของพนักงาน
- 1.3.4 ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างสารมลพิษทางอากาศที่ห้องปฏิบัติการ

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1.4.1 เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการสารมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้น ในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเหล็กเส้นและเหล็กทวดอย่างเหมาะสม
 - 1.4.2 เพื่อส่งเสริมให้ภาคอุตสาหกรรมดำเนินการตามมาตรฐาน ISO 14000 ในเรื่องการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงานอุตสาหกรรม
 - 1.4.3 เพื่อได้ทราบถึงผลเสียที่เกิดจากสารมลพิษทางอากาศในสิ่งแวดล้อม และจะได้ดำเนินการ หรือหาวิธีการป้องกันและควบคุมสารมลพิษทางอากาศที่จะเกิดขึ้นในเวลาต่อไป
 - 1.4.4 เพื่อจะได้ดำเนินการหาทางแก้ไข ปรับปรุง และป้องกันปัญหาที่เกิดขึ้นจากมลพิษทางเสียง ในทางที่ถูกต้อง
- 1.5 ระยะเวลาดำเนินการ โดยปกติจะดำเนินการปีละ 1-2 ครั้ง โดยเริ่มตั้งแต่ปลายปี พ.ศ.2535 ถึงต้นปี พ.ศ.2543 ยกเว้น พ.ศ.2540 (ปรับปรุงโรงงาน)

บทที่ 2

กรรมวิธีการผลิตและมลพิษทางอากาศ

ของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเหล็กเส้นและเหล็กทว

2.1 ผลิตภัณฑ์และกำ

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้โรงงานอุตสาหกรรมผลิตเหล็กเส้นและเหล็กทว ซึ่งสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ดังต่อไปนี้

1. เหล็กแท่ง หรือบิลเล็ต (billet) สามารถทำการผลิตได้ถึงขนาด 130 x 130 มม.²
2. เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต (เหล็กข้ออ้อย SD 30 , SD 40 , SD 50) ตามมาตรฐานมอก. 24-2536 ขนาดตั้งแต่ 10 มม. จนถึง 40 มม. เป็นเหล็กที่มีแรงยึดเกาะผิวสูง เหมาะสำหรั้งานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ต้องการความแข็งแรงสูง เช่น ตึกที่มีความสูงมากๆ สะพาน เขื่อน และงานก่อสร้างที่ต้องรับแรงอัดมากๆ ดูรายละเอียดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ตารางที่ 1 - ตารางที่ 7 (ภาคผนวก ค 3-1)
3. เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต (เหล็กเส้นกลม SR 24) ตามมาตรฐานมอก. 20-2527 ขนาดตั้งแต่ 6 มม. จนถึง 34 มม. เหมาะสำหรั้งานก่อสร้างขนาดเล็กและขนาดกลาง เช่น อาคารพาณิชย์ บ้าน และงานก่อสร้างทั่วไป ดูรายละเอียดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ตารางที่ 1 - ตารางที่ 6 (ภาคผนวก ค 3-4)
4. เหล็กทวชนิดมีคาร์บอนต่ำ (SWRM 6 , 8 , 10 , 12 , 15 , 17 , 20 , 22) ตามมาตรฐานมอก. 348-2532 ขนาด 5.5 , 6 , 7 , 8 , 9 , 10 , 11 , 12 , 13 , 14 , 15 และ 16 ใช้กับงานผูกเหล็ก ตะปู ตาข่าย ทวออบสังกะสี และทวเชื่อม ดูรายละเอียดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ตารางที่ 1 - ตารางที่ 4 (ภาคผนวก ค 3-6)
5. เหล็กกล้าคาร์บอน (S 10 C - S 45 C) และเหล็กเพลตดำ SS400 ขนาด 22-25 มม. นำไปใช้งานโครงสร้างและงานอุตสาหกรรมทั่วไป

ปัจจุบันมีกำลังการผลิตสูงสุดถึง 500,000 ตัน/ปี

2.2 ส่วนประกอบของโรงงาน

2.1.1 ส่วนผลิตเหล็กแท่ง ประกอบด้วย เตาเคี้ยวน้ำเหล็ก เตาหลอมเหล็กด้วยไฟฟ้า และเตาอบ

2.1.2 ส่วนผลิตเหล็กเส้น ประกอบด้วย เครื่องหล่อเหล็กแบบต่อเนื่อง เครื่องรีดเหล็กที่มีประสิทธิภาพสูง และเครื่องตัดเหล็ก

2.1.3 ส่วนผลิตเหล็กกลวด ประกอบด้วย เครื่องรีดเหล็ก และเครื่องขดเหล็ก

2.1.4 ส่วนอื่นๆ ได้แก่ อาคารพัสดุ โรงเก็บสินค้า โรงขจัดเศษเหล็ก ท่าเรือขนสินค้า และอาคารสำนักงาน

2.3 เครื่องจักรและอุปกรณ์

2.3.1 เตาหลอมเหล็กด้วยไฟฟ้า (Electric Arc Furnace) ขนาด 25 ตัน จำนวน 2 เตา รูปที่ 1 (ภาคผนวก ก 1-1)

2.3.2 เตาเคี้ยวน้ำเหล็ก (Ladle Furnace) จำนวน 1 เครื่อง รูปที่ 3 (ภาคผนวก ก 1-2)

2.3.3 เครื่องหล่อเหล็กแบบต่อเนื่อง (Continuous Casting Machine) ซึ่งเป็นระบบที่ผลิตเหล็กแท่งที่มีคุณภาพสูง จำนวน 1 เครื่อง รูปที่ 6 (ภาคผนวก ก 1-5)

2.3.4 เครื่องรีดเหล็กชนิดมีประสิทธิภาพสูง จำนวน 2 เครื่อง รูปที่ 2 (ภาคผนวก ก 1-1)

2.4 กรรมวิธีการผลิต

กรรมวิธีการผลิตแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ กรรมวิธีการหลอมเหล็ก และกรรมวิธีการรีดเหล็ก เป็นดังนี้

2.4.1 กรรมวิธีการหลอมเหล็ก รูปที่ 51 (ภาคผนวก ก 1-28) ในปัจจุบันนี้วิธีการผลิตแบบนี้กำลังใช้กันอย่างแพร่หลายมากในประเทศไทย ใช้เครื่องจักรที่สำคัญ คือ เตาหลอมเหล็กด้วยไฟฟ้า (Electric Arc Furnace) เครื่องหล่อเหล็กแบบต่อเนื่อง (Continuous Casting Machine) และโรงรีดเหล็ก (Rolling Mill) รูปที่ 4 (ภาคผนวก ก 1-3)

จากขั้นตอนการผลิต เริ่มจากการป้อนเศษเหล็ก ปูนขาวและถ่านโค้กที่มีคุณภาพในปริมาณที่เหมาะสมเข้าเตาอาร์คไฟฟ้า ในระหว่างการหลอมน้ำเหล็กที่ได้จะผ่านกรรมวิธีทางเคมีและความร้อนเพื่อปรับปรุงส่วนผสม เมื่อน้ำเหล็กมีอุณหภูมิและส่วนผสมทางเคมีถูกต้อง หลังจากการตรวจสอบจากห้องทดลองแล้ว รูปที่ 19 (ภาคผนวก ก 1-11) น้ำเหล็กจะถูกส่งมายังเครื่องหล่อแบบต่อเนื่องเพื่อผลิตเหล็กแท่งที่มีคุณภาพสูงต่อไป เหล็กแท่งที่ได้จะถูกนำเข้าสู่เตาอบที่อุณหภูมิ 1050 องศาเซลเซียส เพื่อปรับสภาพเนื้อเหล็กให้สามารถถูกรีดลดขนาดลงตามต้องการ

กล่าวในรายละเอียด คือ จะต้องมีการจัดเตรียมเหล็ก เพื่อป้อนใส่ถังเศษเหล็ก (Charging Bucket) ทั้งนี้เนื่องจากเศษเหล็กเป็นวัตถุดิบที่สำคัญที่สุด และเป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งถ้าจัดเตรียมไว้อย่างเหมาะสมแล้ว จะทำให้เศษเหล็กหลอมละลายได้เร็วขึ้น ช่วยลดพลังงานความร้อนที่สูญเสีย และช่วยทำให้เหล็กที่ผลิตออกมามีคุณภาพ เมื่อจัดเรียงเศษเหล็กลงในถังเศษเหล็กแล้วก็จะนำไปป้อนใส่เตาหลอม เริ่มจ่ายกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้ในการหลอมเหล็ก ในระหว่างการหลอมเหล็กจะใช้ออกซิเจน เพื่อให้เศษเหล็กหลอมละลายได้ง่ายขึ้น เมื่อเศษเหล็กหลอมละลายหมดแล้ว ก็จะใส่เศษเหล็กถังที่สอง และถังที่สามตามลำดับ จนกระทั่งเศษเหล็กถังที่สามละลายหมด ก็จะเริ่มเคี่ยวน้ำเหล็กโดยการใส่วัสดุเหลือทิ้งจากเตาหลอม (slag) ออกไป แล้วปรุงแต่งส่วนผสมตามต้องการ จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิของน้ำเหล็กจนถึง 1660 - 1680 องศาเซลเซียส แล้วจึงจะเทน้ำเหล็ก (ladle) และนำไปหล่อเป็นแท่งที่เครื่องหล่อเหล็กแบบต่อเนื่อง ซึ่งจะได้เหล็กแท่ง ขนาด 120 x 120 มม.² ออกมาตามความยาวที่ต้องการ ซึ่งจะได้นำไปป้อนเข้ารีดเป็นเหล็กเส้นต่อไป

2.4.2 กรรมวิธีการรีดเหล็ก รูปที่ 51 (ภาคผนวก ก 1-28) การรีดเหล็กจะนำเหล็กแท่ง ที่ได้จากกระบวนการหลอม เหล็ก ใส่เข้าไปในเตาอบเหล็ก (Reheating Furnace) โดยใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง เหล็กแท่งที่จะรีด จะต้องมีความร้อน 1150 - 1300 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิได้ที่แล้ว ก็จะส่งเหล็กแท่ง เข้าแท่นรีดขั้นหยาบ ขั้นกลาง และขั้นสุดท้ายตามลำดับ ถ้าเรียงเป็นแท่ง (bars) จะนำเข้าสู่ฝั่งเย็น รูปที่ 7 (ภาคผนวก ก 1-5) แล้วจึงจะตัดเป็นท่อนตามความยาวที่ต้องการด้วยกรรไกร

นำเข้าเครื่องขุด หรือ ปลดอยเป็นเส้นตรงแล้วแต่ความต้องการ ทำการมัด รูปที่ 10-11 (ภาคผนวก ก 1-8) และเก็บเข้าโกดังสินค้า

2.5 วัตถุดิบและพลังงาน

ก่อนที่เข้าสู่กระบวนการผลิตจะต้องผ่านขั้นตอนการตรวจสอบวัตถุดิบก่อน รูปที่ 17 (ภาคผนวก 1-11) วัตถุดิบในกระบวนการ ได้แก่ เศษเหล็กซึ่งเป็นวัตถุดิบหลัก นอกจากนี้ยังมีปูนขาว และถ่านโค้ก เพื่อเป็นส่วนผสม นอกจากนี้ยังมีเศษเหล็กหมุนเวียนจากขบวนการผลิตและส่วนประกอบอื่นๆ ส่วนพลังงานที่ใช้ในโรงงานสำหรับเครื่องจักรต่างๆ ในกระบวนการผลิตซึ่งได้แก่ เตาหลอมไฟฟ้า และเครื่องจักรอื่นๆ ใช้ไฟฟ้าเป็นหลัก

2.6 โลหะวิทยาของเหล็กกล้า

เหล็กเส้นที่ผลิตในประเทศนั้น ในเชิงวิชาการจัดได้ว่าอยู่ในกลุ่มเหล็กกล้าคาร์บอน ซึ่งเป็นเหล็กที่ได้คุณสมบัติการใช้งานจากธาตุผสมเพียง 3 ธาตุ อันได้แก่ คาร์บอน ซิลิกอนและแมงกานีส นอกจากเหล็กกล้าคาร์บอนแล้ว เหล็กกลุ่มอื่นๆ ที่สำคัญ ได้แก่ เหล็กกล้าเครื่องมือกลและเหล็กกล้าผสม (มีธาตุผสมของโครเมียม นิกเกิล วานาเดียม) เหล็กกล้าความเร็วสูง เหล็กกล้าสำหรับงานเชื่อม (มีแมงกานีสสูง) เป็นต้น

เหล็กกล้าคาร์บอนที่ผลิตในประเทศ สามารถแบ่งย่อยออกได้เป็นสองกลุ่ม ได้แก่ เหล็กกล้าที่มีคาร์บอน น้อยกว่า 0.25 % เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำนี้ นำมาทำเหล็กถลุงและเหล็กเส้น กลุ่มที่สองได้แก่ เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง มีคาร์บอนระหว่าง 0.25-0.32 % เหล็กกลุ่มนี้เหมาะที่นำไปทำเหล็กข้ออ้อย

ค่าแรงดึงและการยืดตัวที่เป็นข้อกำหนดในการใช้งานของเหล็กกล้าคาร์บอนขึ้นอยู่กับ รูปที่ 15-16 (ภาคผนวก 1-10)

1. ส่วนผสมและอัตราส่วนการผสมของคาร์บอน ซิลิกอน แมงกานีส และในบางกรณีรวมวานาเดียม และไนโตรเจน คาร์บอนนั้นมีประสิทธิภาพในการให้ความแข็งแรง แต่ขณะเดียวกันก็จะ

ลดการยืดตัวของเหล็กมาก ซิลิกอนจะเพิ่มทั้งค่าแรงดึงที่จุดครากและแรงดึงสูงสุด แต่จะลดการยืดตัวของเหล็กเช่นกัน ในขณะที่แมงกานีสจะมีผลในการเพิ่มแรงดึงสูงสุดและการยืดตัว อย่างไรก็ตาม การปรับปริมาณของธาตุทั้งสามต้องให้เกิดความสมดุล มิฉะนั้นจะทำให้เหล็กไม่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ สำหรับเหล็กข้ออ้อยบางขนาดนั้น จะต้องมีการควบคุมปริมาณของวาเนเดียม และไนโตรเจนเป็นการเพิ่มเติมอีกด้วย

2. คุณภาพของเนื้อเหล็กระหว่างการหลอม และเทเป็นแท่ง เป็นส่วนสำคัญขั้นที่สอง เพื่อให้ได้เหล็กแท่งที่มีเนื้อที่สะอาด มีขนาดผลึก และการกระจายตัวทางเคมีที่สม่ำเสมอ
3. ประสิทธิภาพและวิศวกรรมของเครื่องรีด และการควบคุมการรีด

2.7 สารมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมและผลกระทบ ^(1, 2, 4, 5)

สารมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีผลกระทบต่ออากาศที่สำคัญ ได้แก่

2.7.1 ออกไซด์ของซัลเฟอร์ (SO_2)

ออกไซด์ของซัลเฟอร์ เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงประเภทถ่านหิน น้ำมันปิโตรเลียม ถ่านไม้ ซึ่งมีกำมะถันปนอยู่ การเผาเชื้อเพลิงที่มีกำมะถัน จะเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($\text{Sulfur dioxide: SO}_2$) จากการระบายควันเขม่ออกทางปล่องควันโรงงาน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นก๊าซไม่มีสี ไม่มีไวไฟ แต่มีรส ที่ระดับความเข้มข้นสูงมากพอ จะมีกลิ่นฉุน แสบจมูก โดยซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะถูกออกซิไดส์เป็นซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ ($\text{Sulfur trioxide: SO}_3$) เมื่อถูกแสงอาทิตย์ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์จะถูกดูดกลืนอย่างรวดเร็วโดยฝนหรือเมฆกลายเป็นกรดกำมะถัน (H_2SO_4) นอกจากนั้นหากอยู่ร่วมกับอนุภาคมลสารที่มีตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น แมงกานีส เหล็ก และวาเนเดียม จะมีปฏิกิริยาเติมออกซิเจน เกิดเป็นซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ และกรดกำมะถันในที่สุด

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เกิดจากอุตสาหกรรมประเภทการผลิตปิโตรเลียม การถลุงโลหะ การทำเยื่อกระดาษ เป็นต้น ทั่วโลกประมาณกันว่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์ราวร้อยละ 60 เกิดจาก

การใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งแม้ว่าจะมีวิธีใหม่ที่จะทำให้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงที่บริสุทธิ์ แต่ถ่านหินก็ยังมีกำมะถันปะปนมากมายอยู่ดี

2.7.2 ผลกระทบของซัลเฟอร์ไดออกไซด์

หลอดลมส่วนบน (Upper respiratory tract) ได้แก่ จมูก ช่องจมูก (pharynx) ต่อกับหลอดลมในคอูดซึมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 40-90 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้นของมลพิษนี้ จากนั้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เข้าสู่โลหิตแล้วแพร่กระจายไปทั่วร่างกาย ผ่านการเมตาโบไลซ์แล้วถูกขับออกทางปัสสาวะ หากร่างกายรับก๊าซนี้ที่ระดับความเข้มข้นสูงมาก คาดว่าจะเกินกำลังความสามารถในการดูดซึมของหลอดลมส่วนบนจนอาจถึงแก่ชีวิตหรือเกิดโรคได้ ทั้งนี้เป็นการประเมินจากผลการทดลองในสัตว์

เมื่อร่างกายได้รับก๊าซนี้จะส่งผลกระทบต่อระบบหายใจ เนื่องจากซัลเฟอร์ไดออกไซด์สามารถรวมตัวกับน้ำทันทีอย่างรวดเร็ว เมื่อสูดเข้าไปจะถึงโมเลกุลของน้ำจากเซลล์เยื่อทางเดินหายใจเกิดเป็นกรดกำมะถัน ซึ่งมีฤทธิ์กัดกร่อนเยื่อทางเดินหายใจของมนุษย์และสัตว์ เกิดอันตรายอย่างมากถ้าได้รับเข้าไปเกิน 0.11-0.19 ppm. เกิน 24 ชั่วโมงรวมถึงมีผลต่อพืชทำให้เกิดโรคพืชเรื้อรังและใบไม้ร่วงกว่าปกติ นอกจากนี้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกจากปล่องโรงงานสามารถรวมตัวกับออกซิเจน และละอองน้ำฝนหิมะหรือหมอกในอากาศได้อย่างรวดเร็ว เป็นกรดซัลฟูริก เรียกฝนกรด ซึ่งมีคุณสมบัติของกรด คือ กัดกร่อนวัสดุต่าง ๆ โดยเฉพาะ หินปูน หินอ่อน หินชะนวน อันเป็นส่วนประกอบสำคัญของสิ่งก่อสร้าง

2.7.3 ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x)

ไนโตรเจนออกไซด์ที่มีอยู่ในอากาศคือ ไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ไนโตรเจนไดรอกไซด์ (NO₂) ไดไนโตรเจนไดรอกไซด์ (N₂O₃) ไดไนโตรเจนเตตราออกไซด์ (N₂O₄) ไดไนโตรเจนเพนตอกไซด์ (N₂O₅) ไนตริกออกไซด์ (NO) และ ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) สาร NO

และ NO_2 เป็นมลสารที่มนุษย์สร้างขึ้น โดยจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตมากกว่าสารไนโตรเจนตัวอื่น ค่ารวมความเข้มข้นของสารสองตัวดังกล่าวจะแสดงในรูป NO_x นั่นคือ $\text{NO} + \text{NO}_2$

ไนตริกออกไซด์ (NO) เป็นก๊าซไม่มีสีและกลิ่น ละลายน้ำได้บ้างเล็กน้อย ส่วนไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) นั้นมีสภาพเป็นก๊าซที่อุณหภูมิปกติ การใช้เชื้อเพลิงของมนุษย์เป็นส่วนสำคัญซึ่งทำให้เกิดไนโตรเจนไดออกไซด์และไนตริกออกไซด์เป็นส่วนประกอบถึงร้อยละ 90-95 โดยปริมาตร การเกิดไนตริกออกไซด์มีอุณหภูมิเป็นองค์ประกอบสำคัญที่สุด กล่าวคือ เกิดก๊าซไนตริก ออกไซด์เมื่อมีการสันดาปที่อุณหภูมิสูง ไนโตรเจนออกไซด์เกิดจากการเผาเชื้อเพลิงจำพวกถ่านหิน น้ำมันปิโตรเลียม ก๊าซธรรมชาติ ที่อุณหภูมิสูงกว่า 550°C และเกิดได้มากที่สุดเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 1100°C โดยเฉพาะถ่านหิน ทำให้เกิดไนโตรเจนออกไซด์ได้มากที่สุด โรงงานประเภทนี้ได้แก่ อุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมแยกหรือแปรสภาพก๊าซธรรมชาติ ถลุงแร่ หรือหลอมโลหะผลิตแก้ว ปูนซีเมนต์ โรงไฟฟ้าพลังความร้อน เป็นต้น

ส่วนใหญ่ในก๊าซที่อุณหภูมิสูงจะอยู่ในรูปไนตริกออกไซด์ ซึ่งจะถูกออกซิไดซ์เป็นก๊าซไนโตรเจนและออกซิเจน ในทางตรงกันข้าม แสงแดดทำให้ไนโตรเจนไดออกไซด์แตกตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ

2.7.4 ผลกระทบของไนโตรเจนออกไซด์

ตามปกติออกไซด์ของไนโตรเจนในธรรมชาติมีเพียง 0.001 ppm . ถ้าปริมาณสูงกว่านี้มากจะให้โทษร้ายแรงเป็นอันตรายโดยตรงต่อปอดและทางเดินหายใจทำให้ไอหอบ เจ็บหน้าอก เยื่อปอดอักเสบ และถ้ารับมากไประบบหายใจล้มเหลวและอาจตายได้ เมื่อเปรียบเทียบผลเฉียบพลันระหว่างก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์กับไนตริกออกไซด์ที่มีต่อการทำงานของปอดแล้วพบว่าไนตริกออกไซด์มีอันตรายน้อยกว่าอย่างชัดเจน

2.7.5 คาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide : CO)

คาร์บอนมอนอกไซด์เป็นก๊าซไม่มีสี ไม่มีกลิ่นและรส เกิดจากโรงงานต่าง ๆ ที่มีการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงถ่านหิน น้ำมันปิโตรเลียม ถ่านไม้และสารอื่น ๆ โดยเฉพาะเครื่องจักรเครื่องยนต์ที่เสื่อมประสิทธิภาพ การอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดก๊าซนี้ได้ด้วยสองลักษณะ คือ กรรมวิธีการผลิต และการเผาผลาญเชื้อเพลิง ตัวอย่างของโรงงานอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดมลพิษนี้ โรงกลั่นปิโตรเลียม โรงหล่อเหล็ก โรงผลิตเยื่อกระดาษกราฟท์ และโรงผลิตผงคาร์บอน

2.7.6 ผลกระทบของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์สามารถรวมตัวทางเคมีกับฮีโมโกลบิน (haemoglobin) ที่ทำหน้าที่จับกับออกซิเจนในเม็ดเลือด เกิดเป็น Carboxyhaemoglobin (COHb) CO จะยับยั้งการจับกันของออกซิเจนในเม็ดเลือดเสียเองในอัตราเร็วกว่า 220 เท่า ทำให้หัวใจต้องปั๊มเลือดเร็วขึ้นเพื่อให้ได้รับออกซิเจนเพียงพอ ในระยะยาวก่อให้เกิดโรคหัวใจและหัวใจโต โดยสรุปความมายน้อยของพิษที่เกิดกับร่างกายดังนี้

1. ถ้าสูดดมเกิน 1 ชั่วโมง ในความเข้มข้นปานกลาง (ประมาณ 50-100 ppm.) ทำให้สติสัมปชัญญะ การใช้ความคิดและปฏิกิริยาตอบสนองเลวลง ปวดศีรษะ เป็นอัมพาต
2. ถ้าดมก๊าซนี้นานกว่า 2 ชั่วโมง ในระดับความเข้มข้น 250 ppm. ทำให้ปวดศีรษะมาก มึนงง มีอาการโคม่าเซลล์ในสมองพิการ เสียหายชนิดไม่ฟื้นตัว
3. หากสูดดมก๊าซนี้ความเข้มข้นสูงถึง 750 ppm. เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และตายทันทีถ้าสูदनาน 3-4 ชั่วโมง

2.7.7 อนุภาคมลสาร (Particulate Matter)

ได้แก่สารที่แขวนลอยอยู่ในอากาศ อาจเป็นของเหลว (aerosol) หรือของแข็ง (solid) ก็ได้ มีขนาดใหญ่อเล็กต่างกันเช่น เหม่า ควันดำ ฝุ่นจากดิน ขี้เถ้า โดยเฉพาะที่เกิดจากแร่หิน และโลหะหนัก เช่น แร่ใยหิน ซิลิกา ตะกั่ว ดีบุก โสมกา พรอท แคลเมียม เป็นต้น ทั้งนี้อาจมีสภาพเป็น

ของแข็งหรือของเหลวก็ได้ มีขนาดตั้งแต่ 0.002 ไมครอน ไปจนถึงฝุ่นที่ขนาดใหญ่กว่า 500 ไมครอน ฝุ่นละอองจากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ที่มีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ ทำให้มีค มัวมองไม่ชัด ทำให้เกิด smog ด้วย ฝุ่นละอองบางประเภท เช่น แอสเบสโตส (asbestos) ที่ใช้ในการก่อสร้าง ทำท่อ ทำผ้าเบรกเป็นสารที่สะสมในปอดทำให้เกิดมะเร็งได้

2.7.8 ผลกระทบของอนุภาคมลสาร

อนุภาคมลสารทำให้เกิดปัญหาการหายใจและในระยะยาวทำให้เกิดโรคมะเร็งในปอด (lung cancer) และโรคหัวใจ ละอองฝุ่นของโลหะหนัก และแร่ใยหินเป็นอันตรายต่อร่างกายมาก่อ ให้เกิดมะเร็งในปอด

2.8 การควบคุมมลพิษทางอากาศ⁽¹⁾

2.8.1 การควบคุมก๊าซ แบ่งได้เป็น 4 ระบบคือ

1. การสันดาปหรือการเผา (Oxidation or Combustion) การสันดาปคือการออกซิเดชันที่เกิด อย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงกว่า 700 องศาเซลเซียส อาจใช้ตัวเร่งช่วยให้เกิดการสันดาปที่อุณหภูมิ ต่ำลง ในการสันดาปที่สมบูรณ์ คาร์บอนและไฮโดรเจนจะถูกเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ
2. การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic Treatment) ได้แก่การแปรสภาพทางเคมีของก๊าซด้วยการ เติมออกซิเจนโดยใช้ตัวเร่ง (Catalytic oxidation) เช่น เปลี่ยนก๊าซ SO_2 เป็นก๊าซ SO_3 โดย ใช้ว นาดิเลียมเพนทอกไซด์ (V_2O_5) เป็นตัวเร่ง เมื่อ SO_3 ผสมกับน้ำจะกลายเป็นกรดซัลฟูริก ปฏิกิริยาเกิดที่อุณหภูมิสูง นอกจากนี้ยังอาจใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาในการลดออกซิเจน (Catalytic reduction) เช่นเปลี่ยนก๊าซ NO เป็น N_2 ซึ่งสามารถทำได้ที่อุณหภูมิต่ำ
3. การดูดซึม (Absorption) ได้แก่การถ่ายเทมวลสารเข้าในของเหลวซึ่งนิยมใช้น้ำ แต่อาจเติมสาร อื่นลงไปเพื่อให้ดูดซึมเร็วขึ้นบางประเภทอาจเกิดปฏิกิริยาเคมีกับก๊าซ เช่น ใช้สารละลายปูน ขาว CaO ในการจับก๊าซ SO_2 เพื่อทำให้เกิดตะกอน CaSO_4

4. การดูดซับ (Adsorption) ได้แก่การถ่ายมวลสาร (ก๊าซ) โดยการให้ไปยึดเกาะกับผิวของแข็งที่มีรูพรุนมาก หรือมีอัตราส่วนผิวต่อปริมาตรสูง เช่น activated carbon , alumina , molecular sieves, silica gel ซึ่งแต่ละตัวมีความสามารถต่างกันสำหรับก๊าซแต่ละชนิด activated carbon ใช้ได้ดีกับไฮโดรคาร์บอนและสารประกอบอินทรีย์ที่มีกลิ่น สามารถฟื้นฟูสภาพ (regenerate) โดยการเพิ่มอุณหภูมิหรือลดความดัน เพื่อให้คายสารปนเปื้อนออกมาได้แล้วนำ Carbon กลับมาใช้ใหม่

2.8.2 เทคนิคการควบคุมก๊าซที่สำคัญ ได้แก่การควบคุม CO , SO_2 และ NO_x

1. การควบคุม CO ทำได้โดยการพยายามทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ เช่นปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ เครื่องจักรให้อากาศที่เพียงพอกับการเผาไหม้ในอัตราส่วนกับเชื้อเพลิง ให้ความเวลาในการเผาไหม้ให้เพียงพอ นอกจากนี้ยังอาจใช้มาตรการอื่น ๆ เช่น ใช้พลังงานทดแทนเชื้อเพลิง เช่น พลังน้ำ พลังแสงแดดรวมทั้ง การปลูกป่าให้ดูด CO_2 และเพิ่มออกซิเจน ส่วน CO จากปล่องไฟของโรงงานอุตสาหกรรม นอกจากจะควบคุมได้โดยจัดการเผาไหม้ให้สมบูรณ์แล้วยังอาจทำให้ละลายน้ำโดยใช้สเปรย์ (wet scrubbing) เพื่อเปลี่ยนก๊าซให้เป็นกรดก็ได้
2. การควบคุม SO_2 อาจทำได้โดยใช้เชื้อเพลิงที่มีค่าซัลเฟอร์ต่ำ (น้อยกว่า 3 % สำหรับถ่านหิน และน้อยกว่า 1 % สำหรับน้ำมัน) ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงชนิดที่มีราคาสูงขึ้นหรืออาจนำเอาเชื้อเพลิงมา ขจัดซัลเฟอร์ออกด้วยกระบวนการ desulfurization ซึ่งแยกซัลเฟอร์ออกไปในรูป H_2S เป็นต้น การควบคุมก๊าซ SO_2 จากปล่องไฟ อาจทำได้หลายวิธีคือ

- การดูดซึมด้วยด่าง เช่น หินปูน (wet lime scrubbing) หรือแอมโมเนีย เพื่อทำให้เกิดซัลเฟตที่ตกตะกอนได้ด่างบางชนิด เช่น แมกนีเซียมออกไซด์ อาจนำมาฟื้นฟูสภาพ (regenerate) เพื่อใช้ใหม่ได้ โดยจะทำให้เกิดกรดซัลฟิวริกแทนในการดูดซึมด้วยด่าง อาจใช้ทำปฏิกิริยากับด่าง

4. การดูดซับ (Adsorption) ได้แก่การถ่ายมวลสาร (ก๊าซ) โดยการให้ไปยึดเกาะกับผิวของแข็งที่มีรูพรุนมาก หรือมีอัตราส่วนผิวต่อปริมาตรสูง เช่น activated carbon , alumina , molecular sieves, silica gel ซึ่งแต่ละตัวมีความสามารถต่างกันสำหรับก๊าซแต่ละชนิด activated carbon ใช้ได้ดีกับไฮโดรคาร์บอนและสารประกอบอินทรีย์ที่มีกลิ่น สามารถฟื้นฟูสภาพ (regenerate) โดยการเพิ่มอุณหภูมิหรือลดความดัน เพื่อให้คายสารปนเปื้อนออกมาได้แล้วนำ Carbon กลับมาใช้ใหม่

2.8.2 เทคนิคการควบคุมก๊าซที่สำคัญ ได้แก่การควบคุม CO , SO_2 และ NO_x

1. การควบคุม CO ทำได้โดยการพยายามทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ เช่นปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ เครื่องจักรให้อากาศที่เพียงพอกับการเผาไหม้ในอัตราส่วนกับเชื้อเพลิง ให้เวลาในการเผาไหม้ให้เพียงพอ นอกจากนี้ยังอาจใช้มาตรการอื่น ๆ เช่น ใช้พลังงานทดแทน เชื้อเพลิง เช่น พลังน้ำ พลังแสงแดดรวมทั้ง การปลูกป่าให้ดูด CO_2 และเพิ่มออกซิเจน ส่วน CO จากปล่องไฟของโรงงานอุตสาหกรรม นอกจากจะควบคุมได้โดยจัดการเผาไหม้ให้สมบูรณ์แล้วยังอาจทำให้ละลายน้ำโดยใช้สเปรย์ (wet scrubbing) เพื่อเปลี่ยนก๊าซให้เป็นกรดก็ได้
2. การควบคุม SO_2 อาจทำได้โดยใช้เชื้อเพลิงที่มีค่าซัลเฟอร์ต่ำ (น้อยกว่า 3 % สำหรับถ่านหิน และน้อยกว่า 1 % สำหรับน้ำมัน) ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงชนิดที่มีราคาสูงขึ้นหรืออาจนำเอาเชื้อเพลิงมา ขจัดซัลเฟอร์ออกด้วยกระบวนการ desulfurization ซึ่งแยกซัลเฟอร์ออกไปในรูป H_2S เป็นต้น การควบคุมก๊าซ SO_2 จากปล่องไฟ อาจทำได้หลายวิธีคือ

- การดูดซึมด้วยด่าง เช่น หินปูน (wet lime scrubbing) หรือแอมโมเนีย เพื่อทำให้เกิดซัลเฟตที่ตกตะกอนได้ด่างบางชนิด เช่น แมกนีเซียมออกไซด์ อาจนำมาฟื้นฟูสภาพ (regenerate) เพื่อใช้ใหม่ได้ โดยจะทำให้เกิดกรดซัลฟูริกแทนในการดูดซึมด้วยด่าง อาจใช้ทำปฏิกิริยากับด่าง

แห้ง เช่น ปูนขาวโดยฉีดค้ำเข้าไปในเตาเผา เพื่อทำให้เกิด CaSO_4 แต่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าแบบเปียก

- การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาให้เกิดออกซิเดชันเพื่อทำให้เกิดกรดซัลฟูริกที่อุณหภูมิสูง
- การดูดซับด้วยของแข็ง เช่น activated carbon ซึ่งเมื่อสิ้นสภาพจะคืนกรดซัลฟูริก

3. การควบคุม NO_x อาจควบคุมได้โดยลดอุณหภูมิการเผาไหม้ให้ต่ำกว่า 1450°C เพื่อไม่ให้ N_2 รวมตัวกับ O_2 และพยายามควบคุมอากาศ ให้มีปริมาณใกล้เคียงกับความต้องการในการเผาไหม้ เพื่อไม่ให้มีปริมาณออกซิเจนมากเกินไป นอกจากนี้ยังอาจเอาก๊าซที่เกิดจากการสันดาปเวียนกลับมาใช้ใหม่แทนอากาศในการเผาไหม้ เพื่อลดปริมาณออกซิเจน (Flue – gas recirculation) การควบคุมก๊าซ NO_x จากปล่องไฟ อาจทำได้หลายวิธีคือ

- ก. การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อทำให้ NO แยกตัวที่อุณหภูมิต่ำกลายเป็นก๊าซ N_2
- ข. การดูดซับด้วยด่าง (wet lime scrubbing) ใช้สารละลาย $\text{Ca}(\text{OH})_2$ หรือ NaOH เพื่อทำให้เกิดไนเตรดที่ตกตะกอนได้
- ค. การดูดซับด้วยของแข็ง เช่น silica gel, alumina, activated carbon

2.8.3 การควบคุมฝุ่นละออง

การควบคุมฝุ่นละออง (Particulate) ทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาค และกลไกในการจับอนุภาค (collection mechanisms) ดังนี้

1. การแยกโดยแรงถ่วง (Gravity separation) ทำในห้องตกตะกอนดังเช่นรูปที่ 52 (ภาคผนวก 1-29) ในการออกแบบห้องตกตะกอนจะทำให้ความเร็วของอากาศต่ำลงจนอนุภาคขนาดใหญ่ตกตะกอน เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพต่ำที่สุด มักใช้ก่อนผ่านอากาศเข้าเครื่องเก็บฝุ่นชนิดอื่น ใช้ได้ดีสำหรับอนุภาคใหญ่กว่า 50 ไมครอน โดยมีประสิทธิภาพประมาณ 50 %
2. การแยกโดยแรงเหวี่ยง (Centrifugal separator) หรือ ไซโคลน (cyclone) รูปที่ 53 (ภาคผนวก 1-29) ใช้การทำให้ก๊าซหมุนเป็นวงเกลียว เพื่อให้อนุภาคตกลงสู่ที่รับโดยแรงเหวี่ยง ประ

ประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาค ความเร็วของอากาศ ความยาวของตัวไซโคลน ความเรียบลื่นของผิว ความหนาแน่นของอนุภาคไซโคลนมีประสิทธิภาพสูง 90 % ขึ้นไปสำหรับอนุภาคขนาดตั้งแต่ 10 ไมครอน ขึ้นไปก่อนใช้ไซโคลน ควรใช้ห้องตกตะกอนก่อน เพื่อกำจัดอนุภาคขนาดใหญ่ จะทำให้ไซโคลนไม่สึกกร่อนเร็ว อาจใช้ไซโคลนแบบเปียก (Cyclone – type scrubber) สำหรับอนุภาคที่เล็กกว่า 10 ไมครอน

3. เครื่องเก็บแบบเปียก (Wet scrubber) รูปที่ 54 (ภาคผนวก ก 1-30) ใช้ของเหลวซึ่งปกติใช้น้ำฉีดเข้าไปในอากาศเพื่อทำให้อนุภาคเปียก เมื่อเปียกก็จะหนักและตกตะกอนลงไปในน้ำ ใช้ได้ดีกับอนุภาคระหว่าง 0.1 ไมครอน ถึง 2.0 ไมครอน เพราะทำให้อนุภาคเล็ก ๆ รวมตัวใหญ่ขึ้น และลดการฟุ้งกระจาย มีหลายชนิดดังรูปที่ 3 เครื่อง Venturi Scrubbing จะมีประสิทธิภาพมากที่สุด สำหรับอนุภาค เล็ก ($99 \% < 1$ ไมครอน) แต่จะมีการสูญเสียความดันมากด้วย เมื่อเทียบกับแบบอื่น เครื่องเก็บ แบบเปียกมีข้อเสียคือ ทำให้เกิดน้ำเสียที่ต้องไปบำบัดต่อ โดยเฉพาะในกรณีที่อากาศเสียนั้นมี SO_2 หรือ NO_x ซึ่งจะกลายสภาพเป็นกรดเมื่อถูกน้ำ ทำให้เครื่องมือถูกกัดกร่อนได้
4. เครื่องกรองใย (Fabric filter) รูปที่ 55 (ภาคผนวก ก 1-31) ใช้วิธีให้อากาศผ่านเข้าไปในห้องแยก (Baghouse) ซึ่งมีถุงกรองหลายใบแขวนอยู่ เพื่อทำหน้าที่กรองอนุภาคออกจากอากาศ วัสดุที่ใช้ทำถุง อาจเป็นที่ผ้าฝ้าย ผ้าป่าน ผ้าอาบนํ้ายา โยสังเคราะห์ หรือกระดาษ ขึ้นกับอุณหภูมิของก๊าซและชนิดของอนุภาค เมื่อถุงสกปรก อาจทำความสะอาดด้วยการใช้เครื่องเขย่า (Vibrator) ใช้ลมเป่า (Air jet) หรือ ใช้ห่วงเคลื่อนที่ (Traveling ring)
5. เครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic precipitation) รูปที่ 56 (ภาคผนวก ก 1-31) มีประสิทธิภาพสูงสุดในการจับอนุภาค ทั้งของแข็งและของเหลวที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน และใช้ได้ดีกับอากาศที่มี SO_2 และ NO_x รวมทั้งละอองกรดในอุตสาหกรรมเคมี และโลหะ แต่มีราคาค่อนข้างสูง มักใช้เมื่อมีปริมาณอากาศมาก หลักการคือเติมประจุ ให้อนุภาคเพื่อให้

เคลื่อนที่เข้าหาแผ่นเก็บ โดยใช้กระแสตรงที่มีโวลเตจ 20-100 Kv ฝุ่นละอองจะตกจากแผ่นเก็บเมื่อถูกเคาะ (rapping)

2.8.4 การควบคุมแก้ไข การควบคุมมลพิษอากาศทำได้หลายวิธี คือ

1. การควบคุมจากแหล่งกำเนิด ได้แก่ การดัดแปลงกระบวนการผลิตเพื่อไม่ให้เกิดมลพิษ การใช้เชื้อเพลิงที่สะอาดขึ้น หรือใช้พลังงานชนิดอื่นที่ไม่มีมลพิษ เช่น น้ำ ลม แสงแดด เป็นต้น
2. การกำจัดมลพิษอากาศ ได้แก่ ทำความสะอาดอากาศเสียก่อนปล่อยสู่บรรยากาศโดยใช้กรรมวิธีต่างๆ ที่เหมาะสมสำหรับทั้งก๊าซและอนุภาค
3. การทำให้เจือจาง โดยการใช้ปล่องไฟเพื่อกระจายอากาศสู่บรรยากาศสูงจากพื้นดินจนเหลือความเข้มข้นน้อยกว่าขีดอันตรายเมื่อวัดที่ระดับพื้นดิน ซึ่งขึ้นกับสถานะอากาศ อุณหภูมิของอากาศเสีย และความสูงของปล่องไฟ ตามปกติไม่ควรต่ำกว่า 2.5 เท่าของความสูงของอาคารสูงสุดที่อยู่ใกล้
4. การปลูกป่าและอนุรักษ์ธรรมชาติ ต้นไม้จะสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และให้ออกซิเจน ทำให้เกิดความชุ่มชื้นด้วย
5. การประหยัดพลังงาน เพื่อลดมลภาวะที่เกิด จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยไม่จำเป็น
6. การเลิกใช้สารที่ก่อให้เกิดมลพิษอากาศ หรือทำลายบรรยากาศ เช่น สารซีเอฟซี ที่ทำให้เกิดปัญหาโลกร้อนและทำลายชั้นโอโซน โดยใช้สารทดแทนที่เหมาะสม ใช้เทคโนโลยีที่ปลอดภัยเพื่อลดมลภาวะ

2.9 มลพิษทางเสียง ^(5, 10)

เสียงรบกวนต่อผู้อยู่อาศัยในบริเวณใกล้เคียงโรงงานซึ่งเกิดขึ้นจากเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ เช่น เสียงดังของลูกปืน เพล่า เสียงดังจากใบพัดชุดฝุ่นและควัน เสียงที่เกิดจากขั้นตอนการปั่นแบบ เสียงที่เกิดจากขั้นตอนการรื้อชิ้นงานออกจากแบบ เสียงที่เกิดจากกระบวนการผลิตของโรงงาน โดยรอบทั้ง 4 ด้านของโรงงานระดับเสียงดังที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักรนั้นจะอยู่ในช่วง

60-120 เดซิเบล เสียงในระดับสูงตั้งแต่ 80 เดซิเบลขึ้นไปจะก่อให้เกิดความรำคาญ แต่ถ้าได้ยินบ่อยๆ ก็เกิดความเคยชินจนทนได้ แต่อย่างไรก็ดีเสียงระดับสูงๆเช่นนี้ จัดเป็นเสียงรบกวน หรือเสียงอีกทีก็ จะส่งผลเสียทำให้เกิดขึ้นโดยไม่รู้ตัว

2.10 การควบคุมมลพิษทางเสียงของโรงงาน⁽¹⁰⁾

การควบคุมมลพิษทางเสียง เพื่อลดระดับเสียงในอาคารของโรงงานประเภทนี้ ขึ้นอยู่กับหลายสิ่งหลายอย่าง เช่น การออกแบบวัสดุอุปกรณ์ เครื่องจักร ผนัง กำแพง การกันแยกห้องเป็นส่วนเฉพาะ เป็นต้น ซึ่งจะต้องมีการดำเนินการวางแผนควบคุมต่างๆ ในสิ่งดังกล่าวแล้วตั้งแต่เริ่มต้นโครงการ เพื่อหลีกเลี่ยงการแพร่กระจายของเสียงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เสียงดังนอกจากจะมีอันตรายต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน ทั้งด้านร่างกายและจิตใจแล้ว ยัง มีผลกระทบโดยตรงต่อประสิทธิภาพการผลิตด้วย การควบคุมและลดเสียงดัง ซึ่งมีความสำคัญทั้งต่อการลดความพิการและความสูญเสีย ทั้งยังมีผลต่อการเพิ่มผลผลิตโดยตรง

2.11 กลวิธีในการเก็บตัวอย่างอากาศ⁽⁹⁾

ในการเก็บตัวอย่างอากาศนั้น ผู้ดำเนินการจะต้องเป็นผู้มีความรู้และได้รับการฝึกอบรมมาแล้ว พร้อมทั้งจะต้องรู้และเข้าใจกฎหมายที่กำหนดใช้ในการเก็บตัวอย่าง การดำเนินการเก็บตัวอย่างอากาศ มีสิ่งสำคัญที่ต้องทำความเข้าใจในเบื้องต้น ดังนี้

1. ระบุวิธีการที่ใช้ว่าจะใช้วิธีการมาตรฐานใดก่อนดำเนินการเก็บตัวอย่างจริงๆ
2. วัตถุประสงค์หลักในการเก็บตัวอย่างอากาศ เพื่ออะไร ควรระบุให้ชัดเจน
3. ข้อจำกัดในเรื่องต่างๆ ของค่าใช้จ่าย สถานที่ การใช้กระแสไฟฟ้า อุปกรณ์ วิธีการวิเคราะห์ บุคคลดำเนินการ เพื่อจะให้บรรลุวัตถุประสงค์สูงสุดที่ตั้งเอาไว้
4. ถ้ามีวัตถุประสงค์หลายข้อในการเก็บตัวอย่าง พึงระวังจะทำให้พลาดไปจากวัตถุประสงค์หลักที่ตั้งเอาไว้

5. ผลของการเก็บตัวอย่างนี้เป็นแหล่งข้อมูลแหล่งหนึ่ง ด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ไม่ควรใช้เป็นการสรุปรวมผลแหล่งข้อมูลจากที่อื่นๆ
6. ผลของการตรวจทางชีววิทยา ข้อมูลการควบคุมคุณภาพ ควบคุมกระบวนการผลิต การศึกษา ความสมดุลของวัตถุ ควรใช้ร่วมกับข้อมูลการเก็บตัวอย่างอากาศ
7. มีการยอมรับคุณภาพในการประเมินภัยในที่ทำงาน ก่อให้เกิดความเชื่อมั่นมากขึ้นกับผลที่ได้รับ หากไม่มีการยอมรับผลที่เกิดขึ้น จะต้องค้นหาสาเหตุว่าเหตุใดผลที่เกิดขึ้นนั้นไม่เป็นที่ยอมรับ

2.11.1 วัตถุประสงค์ของการเก็บตัวอย่าง

1. การประเมินความเสี่ยง (Risk Evaluation) ประเมินค่าที่คาดว่าจะมี ค่าสูงสุดของความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในที่ทำงาน ข้อมูลนี้จะนำไปใช้เพื่อเป็นการป้องกันคุ้มครองคนงาน และประเมินความน่าจะเป็นของปฏิกิริยาของความไวในการรับสาร หรือความไวมากเกินไปในการรับสาร
2. ประมาณค่าการได้รับสาร (Exposure Estimation) เพื่อวัดค่าความเข้มข้นว่ามีอยู่จริงๆ เท่าไร ไม่ว่าความเข้มข้นนั้นจะมีการรวบรวมข้อมูลการได้รับสาร
3. การรวบรวมข้อมูลการได้รับสาร (Exposure Documentation) เพื่อกำหนดข้อมูลพื้นฐานสำหรับการศึกษาด้านระบาดวิทยา ซึ่งเหมือนกับข้อ 2 แต่จะเจาะจงลงไปในกลุ่มของงาน ลักษณะงานมากกว่าเฉพาะตัวของคนงาน
4. การเลือกวิธีการควบคุมทางวิศวกรรม (Selection of Engineering Controls) ดูประสิทธิภาพของอุปกรณ์ควบคุมที่สามารถลดระดับความเข้มข้นของสารปนเปื้อนลงได้ตามกำหนดที่ต้องการ เพื่อกำหนดคุณลักษณะของอุปกรณ์

5. การประเมินผลการควบคุมทางวิศวกรรม (Evaluation of Engineering Controls) เพื่อวัดปริมาณของสารปนเปื้อนที่เกิดจากการรั่ว ทำลาย การบำรุงรักษาที่ไม่ดี ใช้งานหนักหรือจากอุบัติเหตุ
6. การเลือกอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (Selection of Personal Protective Equipment) เพื่อเลือกอุปกรณ์ เพื่อสวมใส่ที่เหมาะสมกับระดับสารเคมีที่มีอยู่ และเหมาะสมกับระยะเวลาที่ทำงาน
7. การเลือกวิธีการตรวจทางชีววิทยา (Selection of Bioassay or Biomonitoring Procedures or Both)
8. การเลือกวิธีการตามกฎหมายและมาตรฐาน (Compliance with Regulations and Standards)
9. การจำแนกแหล่ง (Source Identification) หาแหล่งกำเนิดจากไหน ดูทิศทางลมและตัวแปรอื่นๆ สภาพวะของการฟุ้งกระจาย และการมีหรือไม่มีอยู่ของสารอื่นๆ
10. การควบคุมกระบวนการ (Process Control) เพื่อมั่นใจว่ากระบวนการที่ออกแบบไว้ไม่มีสารรั่ว ฟุ้งออกมา หรืออาจใช้ตรวจสอบกระบวนการที่จะเปลี่ยนใหม่
11. การสืบสวนการร้องเรียน (Investigation of Compliants) เพื่อตรวจสอบสิ่งที่สงสัย และรวบรวมรายงานการปล่อยสารมลพิษ

2.11.2 เก็บตัวอย่างที่ไหน (Where to Sample)

1. องค์ประกอบที่มีผลต่อความเข้มข้นของสารปนเปื้อน การรวมตัว ความเร็วลม ทิศทางลม การตกของสาร การเคลื่อนไหวยกเคลื่อนที่ของคนและอุปกรณ์ แหล่งกำเนิด ระยะทางจากแหล่งกำเนิด สิ่งต่างกันเพียงเล็กน้อยในที่นั้นๆ อาจจะมีผลกระทบที่มากก็ได้ โดยพิจารณาองค์ประกอบ คือ

- 1.1 ปริมาตรของการเคลื่อนที่ของอากาศ ทำให้แหล่งกำเนิดเสียง อัตราการไหลของอากาศผ่านแหล่งกำเนิดมีเท่าไร
- 1.2 ทิศทางลม ได้ลมมีความเข้มข้นสูง เหนือลมอาจมีน้อย อากาศเคลื่อนไหวย่น อาจทำให้เพิ่มความเข้มข้นมากขึ้น การแปรปรวนของทิศทางลม การไหลวนเวียนอยู่รอบๆ อาจทำให้ความเข้มข้นสูงขึ้นได้
- 1.3 การตกของสารปนเปื้อน ไอ การควบแน่น อาจตกลงบนพื้นผิว ทำให้เกิดปฏิกิริยากับสารอื่นได้
- 1.4 การเคลื่อนไหวย่นของคนและอุปกรณ์ เปลี่ยนทิศทางรูปแบบของการไหลของอากาศ ทำให้เกิดกระแสไหลวน ทำให้ตะกอนฟุ้งกระจายมากขึ้น อาจทำให้สารออกนอกระบบระบายอากาศ
- 1.5 ระยะห่างจากแหล่งกำเนิด ยิ่งไกลยิ่งเจือจาง เก็บตัวอย่างนอกอาคาร มีอิทธิพลอื่นๆ มาก เช่น อุณหภูมิ ความเร็วลม แม้อาคาร ระยะพื้นที่กับเพดานก็มีความสำคัญ
2. เก็บตัวอย่างให้ใกล้กับตำแหน่งที่สนใจ ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเก็บตัวอย่าง
 - 2.1 เก็บตัวอย่าง ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการเลือกการควบคุมทางวิศวกรรม การประเมินการควบคุมทางวิศวกรรม การจำแนกแหล่งกำเนิด หรือการควบคุมกระบวนการ โดยปกติเลือกเก็บตัวอย่างที่ได้ลมให้ใกล้ที่สุดเท่าที่จะทำได้
 - 2.2 เก็บตัวอย่างเพื่อประเมินความเสี่ยง ค่าที่คาดคะเน การเลือกอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล การเลือกการติดตามผลทางชีววิทยา และสืบสวนการร้องเรียน เก็บตัวอย่างให้ใกล้เหตุการณ์หายใจมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้
 - 2.3 กิจกรรมของคนงานที่มีอิทธิพลต่อการฟุ้งกระจายของสารปนเปื้อน เก็บตัวอย่างให้ใกล้กับเหตุการณ์หายใจ จะเป็นตัวชี้ที่ดีกว่าเก็บในตำแหน่งที่อยู่กับที่

2.4 ถ้าข้อ 2.3 ไม่ค่อยมีอิทธิพล ค่าที่ได้อาจเท่ากัน หรือต่ำกว่าเล็กน้อย คนงานอาจได้รับสารน้อยกว่า ถ้ามีการเข้า-ออกในพื้นที่นั้น

2.5 เมื่อเก็บตัวอย่างที่ระดับเขตหายใจของคนได้แต่ไม่มีความไวเพียงพอ ยอมให้เก็บในพื้นที่ตำแหน่งที่อยู่กับที่ได้ ซึ่งเป็นที่ๆ มีความไวกว่า และตั้งเครื่องมือเก็บให้เท่ากับระดับการหายใจ

3. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างเตือนภัย (Alarm Samplers) เป็นกรณีพิเศษ แต่จะผิดพลาดได้ถึงแม้จะมีสัญญาณจริง

3.1 การใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างเตือนภัยจำนวนมากๆ ไม่ดี ต้องเลือกตำแหน่งที่มีความเป็นไปได้สูงสุดในการเตือนคนงาน เมื่ออุปกรณ์ควบคุมล้มเหลวจะทำให้สารอันตรายฟุ้งกระจายในที่ทำงาน

3.2 ติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างเตือนภัยใกล้กับระบบระบายอากาศ (ดูดอากาศ) ซึ่งอาจไม่ใช่ตำแหน่งที่มีความเข้มข้นสูงสุด แต่อาจเป็นตำแหน่งที่มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นได้ถ้ามีสารถูกปล่อยออกมา

3.3 ติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างเตือนภัยไว้ภายนอกอาคาร ต้องให้ไกลเพียงพอที่ได้ทิศทางลมทำให้มีการผสมกันดีพอ

3.4 การเก็บตัวอย่างต้องทำให้ถูกต้อง สอดคล้องกับกฎเกณฑ์ วิธีการ อาจเพิ่มเติมสถานที่ อุปกรณ์และวิเคราะห์ได้ตามต้องการ

2.11.3 เก็บตัวอย่างอะไร (What to Sample)

1. เก็บสารที่ปนเปื้อน
2. จำนวนและชนิดของวิธีการวิเคราะห์ที่เหมาะสมที่จะได้ผลมาอธิบายได้
3. บางกรณี เช่น การจําแนกแหล่งกำเนิด การเลือกและประเมินการควบคุมทางวิศวกรรมอาจวิเคราะห์หาสารที่ง่ายกว่า ซึ่งไม่ใช่เป็นสารที่ให้ความสนใจ แต่เป็นสาร

ที่มีการตอบสนองได้ไวต่อการตรวจวัด แล้วมาหาเป็นสัดส่วน เพื่อหาความเข้มข้นของสารปนเปื้อนต่อไป

2.11.4 เก็บตัวอย่างอย่างไร (How to Sample)

1. เก็บตัวอย่างอย่างไร ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องมือที่เหมาะสม วิธีการวิเคราะห์ที่ต้องการและวัตถุประสงค์ของการเก็บตัวอย่าง
2. เครื่องมือ อาจมีอิทธิพล เนื่องจาก ขนาดขอบเขตที่ต้องการ และมวล เช่น
 - 2.1 Vertical Elutriator ใช้เก็บฝุ่นฝ้าย มีขนาดใหญ่เกินไปที่จะติดกับบุคคล
 - 2.2 ปืนขนาดเล็ก ติดกับคนได้ แต่คนงานบางคนรำคาญเสียง และเกะกะ
 - 2.3 แผ่นมาตรฐานสะสม (Dosimeter Badge) ติดที่คนได้สะดวก อาจจะมีหรือไม่มี การบันทึกของคนงานเลย
 - 2.4 หลอดตรวจวัด (Detector Tubes) ใช้เก็บตัวอย่างในเวลาสั้นๆ
 - 2.5 ปืนติดตัวบุคคล ใช้เก็บตัวอย่างระยะเวลานานๆ ได้
3. วิธีการวิเคราะห์ มีผลต่อระยะเวลาในการเก็บค่าสุด สูงสุด ในแต่ละตัวอย่าง ตัวอย่างที่แตกต่างกัน ก็จะใช้อุปกรณ์เก็บที่ต่างกันไปรวมไปถึงสารที่ใช้สกัดวิธีการสกัด เครื่องมือวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน
4. วัตถุประสงค์การเก็บตัวอย่างเป็นตัวกำหนดวิธีการเก็บตัวอย่าง
 - 4.1 การเลือกและประเมินการควบคุมทางวิศวกรรม การเลือกอุปกรณ์ช่วยหายใจ การจำแนกแหล่งกำเนิด
 - 4.2 การประเมินความเสี่ยง การประมาณค่าที่สัมผัสเพื่อใช้เทียบกับกฎหมาย หรือมาตรฐานใดๆ

2.11.5 เก็บตัวอย่างเมื่อไหร่ (When to Sample)

1. เก็บเมื่อกฎหมายต้องการ

2. เก็บเมื่อมีความเป็นไปได้ว่าคนอาจได้รับสารในระดับที่อันตราย
3. ข้อพิจารณา 5 ข้อ ที่สำคัญในการตัดสินใจว่าเมื่อไรควรเก็บตัวอย่าง

3.1 ชนิดของการปฏิบัติการ (Type of Operation)

3.1.1 การปฏิบัติการซ้ำๆ (Repetitive Operations)

3.1.2 การปฏิบัติการที่ไม่เป็นประจำ (Non-repetitive or Irregular Operations)

เช่น การบำรุงรักษา การวิจัย

3.1.3 กระบวนการอยู่ในระบบปิด (Enclosed Operations or Process) เมื่อคน

งานสัมผัสน้อย ไม่มีการรั่วซึม หรือหก

3.2 เวลาเริ่มต้น (Start time) เก็บตัวอย่างเมื่อเริ่มมีสารถูกปล่อยออกมา เช่น เริ่มต้น

ของงานกะ หรือ รอบแรกเมื่อมีสารออกมา

3.3 ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง (Duration of Sampling) มีอิทธิพลมาจากหลายอย่าง

3.3.1 วัตถุประสงค์ของการเก็บตัวอย่าง เพื่อเปรียบเทียบกับกฎหมายใช้ 8 ชั่วโมง

ของไทยทำตามกฎหมายประมาณ 9 ชั่วโมง หรืออาจ 10 ชั่วโมง

OSHA แนะนำต่ำสุด 7 ชั่วโมง ถ้าเป็น ceiling TLVs หรือ STEL ใช้ 15

นาที บางครั้งใช้ 5 หรือ 10 นาที

3.3.2 ข้อจำกัดของเครื่องมือ (Equipment Limitations) ตัวอย่างไม่มากเกินไป

บนตัวเก็บ และไม่น้อยไป จนวิเคราะห์ไม่ได้

3.3.3 การเก็บตัวอย่างตามลักษณะของการเดินเครื่อง (Characteristics of

Operation Sample) ได้รับสารมากๆ ระยะเวลาสั้นๆ ตามด้วยระยะเวลาที่

ได้รับสารที่น้อยกว่า อาจเก็บตัวอย่างตอนที่ได้รับสารสูงสุด (peak) เก็บ

ตัวอย่างตลอดระยะเวลาทำงานอาจเพียงพอ ถ้าเป็นงานที่ซ้ำๆ กัน ที่ได้รับ

รับสารที่มีความเข้มข้นคงที่

3.3.4 ข้อพิจารณาเรื่องสถิติ (Statistical Considerations) เก็บตัวอย่างมากกว่า 1

ตัวอย่าง เวลาที่ใช้เก็บแต่ละช่วงควรเท่ากัน แต่ถ้าเก็บช่วงระยะยาวกว่า จะได้ค่าเฉลี่ย (mean) ที่ไม่น่าเชื่อถือ เก็บช่วงระยะเวลาสั้นๆ ให้ความเชื่อมั่นมากกว่า ช่วงระยะเวลาที่ใช้เก็บตัวอย่างไม่ควรมีหลายขั้นตอนเกินไป ในรอบของการทำงาน ถ้ามีตัวอย่างที่แตกต่างไป ควรเก็บช่วงระยะเวลาเดียวกัน แล้วนำค่ามาหาสัดส่วนกัน

3.3.5 ความเหมาะสม ไม่ค่อยเหมาะสมถ้าใช้ตัวอย่างที่บุคคลเฉพาะคนเดียว หรือเก็บตัวอย่างที่คงที่ 24 ชั่วโมง ในบางครั้งอาจบรรลุวัตถุประสงค์ที่ การเก็บตัวอย่างไม่เกิน 10 % ของมาตรฐาน

3.4 จำนวนของตัวอย่าง (Number of Samples) องค์ประกอบที่พิจารณา

3.4.1 วัตถุประสงค์ของการเก็บตัวอย่าง เพื่อตามกฎหมาย จำนวนน้อยที่สุดที่ ต้องการตามมาตรฐานกำหนด

3.4.2 ข้อจำกัดของเครื่องมือ ระยะเวลาของการเก็บ ระยะเวลาสั้นสุด สูงสุด ของแต่ละช่วง หาได้จากวิธีการเก็บและวิเคราะห์ อาจจะมากกว่าก็ได้ เช่นใน 8 ชั่วโมงการทำงาน เก็บ 1 ตัวอย่างตลอด 8 ชั่วโมง 2 ตัวอย่าง เก็บทุกๆ 4 ชั่วโมง 4 ตัวอย่างเก็บทุกๆ 2 ชั่วโมง หรือ 8 ตัวอย่าง เก็บ ทุกๆ 1 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับลักษณะที่เหมาะสมของเครื่องมือ

3.4.3 เก็บตัวอย่างตามลักษณะของการเดินเครื่อง/การดำเนินการ ถ้างานคงที่ 2-3 ตัวอย่างก็พอ งานที่เป็นรอบๆ หรือไม่สม่ำเสมอ อาจเก็บเป็นระยะๆ เพื่อจะได้รู้รูปแบบของการได้รับสาร

- 3.4.4 การประหยัด จำนวนน้อยที่สุดตามความต้องการให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการเก็บ คือ จำนวนสูงสุดที่ต้องการการตัดสินใจที่จะเพิ่มจำนวนตัวอย่างง่ายกว่าการตัดสินใจที่จะลดจำนวนตัวอย่าง
- 3.4.5 ข้อจำกัดของจำนวนบุคลากร (Man power Limitations) เก็บตัวอย่างมาก ใช้ชั่วโมงคนงานมากขึ้น
- 3.4.6 ข้อพิจารณาเรื่องของสถิติ เก็บตัวอย่างเดียวไม่พอ ถ้าทำงานระยะยาวอาจเก็บ 2-4 ตัวอย่าง ในระยะเวลาดั้ง (grab samples) 1,4 ถึง 7 ตัวอย่าง ของแต่ละช่วงของการติดเครื่อง เก็บช่วงสั้นต่อเนื่องหลายตัวอย่างดีกว่าช่วงยาวนานตัวอย่าง เมื่อเริ่มเก็บตัวอย่าง แนะนำอย่างน้อย 10 ตัวอย่าง เพื่อจะได้เห็นแนวโน้ม หรือการเปลี่ยนแปลงของแต่ละช่วงเวลา
- 3.5 การสิ้นสุดของการเก็บตัวอย่าง (Termination of Sampling) การเก็บตัวอย่างควรหยุดเมื่อสิ้นสุดงานกะแต่ละกะ หรือไม่มีความเสี่ยงอีกต่อไปแล้ว หรือไม่สัมผัสสารแล้ว ควรเก็บปีละครั้งเป็นอย่างน้อย จะเพิ่มขึ้นเมื่อมีความเสี่ยงเพิ่มขึ้น หรือขาดแคลนอุปกรณ์เก็บตัวอย่างเพื่อเตือนภัยที่เหมาะสม หรือประสบการณ์บอกว่า การเดินเครื่องแบบนี้ทำให้ระดับสารปนเปื้อนเปลี่ยนแปลงไป

บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ และวิธีดำเนินการ

3.1 รูปแบบและแผนการดำเนินการ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการดำเนินการศึกษาเชิงวิเคราะห์ เพื่อศึกษาหาปริมาณสารมลพิษทางอากาศแต่ละชนิด และศึกษาระดับความดังของเสียงจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเหล็กเส้นและเหล็กกลวด โดยจะได้นำมาวิเคราะห์ถึงสาเหตุ และหาวิธีการป้องกันไม่ให้เกิดอันตรายต่อบุคคลที่ทำงานในโรงงานประเภทนี้รวมถึงการควบคุมไม่ให้สารมลพิษทางอากาศแพร่กระจายสู่แหล่งชุมชนด้วย

3.2 สถานที่ดำเนินการ

ใช้สถานที่ทำการเก็บตัวอย่าง ของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเหล็กเส้นและเหล็กกลวด ซึ่งตั้งอยู่ที่ อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ และใช้สถานที่ ๆ ทำการวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการของกลุ่มงานสิ่งแวดล้อม กองฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม

3.3 กลุ่มตัวอย่าง

จุดเก็บตัวอย่าง จะแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะใหญ่ ๆ ซึ่งทำให้ได้กลุ่มตัวอย่างตามลักษณะของจุดเก็บตัวอย่าง ดังต่อไปนี้

1. การเก็บตัวอย่างในบริเวณพื้นที่ทำงาน ซึ่งได้กลุ่มตัวอย่าง คือ ฝุ่น และระดับความดังของเสียง
2. การเก็บตัวอย่างภายในปล่องปล่อยสู่อากาศ ซึ่งได้กลุ่มตัวอย่าง คือ ฝุ่น และก๊าซ
3. การเก็บตัวอย่างบริเวณบรรยากาศ ซึ่งได้กลุ่มตัวอย่าง คือ ฝุ่น และก๊าซ

3.4 อุปกรณ์และเครื่องมือเก็บตัวอย่าง

3.4.1 อุปกรณ์และเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศ

- 3.4.1.1 ชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่น (personal pump) ในพื้นที่ทำงาน ที่สามารถปรับอัตราการไหลของอากาศได้ 2 ลิตรต่อนาที รูปที่ 32 (ภาคผนวก ก ก 1-18)
- 3.4.1.2 ชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นในปล่อง รูปที่ 34 (ภาคผนวก ก ก 1-19)
- 3.4.1.3 ชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นในบริเวณบรรยากาศ รูปที่ 42 (ภาคผนวก ก ก 1-23)
- 3.4.1.4 ชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างก๊าซในปล่อง รูปที่ 35 (ภาคผนวก ก ก 1-20)
- 3.4.1.5 ชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างก๊าซในพื้นที่ทำงานและในปล่อง รูปที่ 43-44 (ภาคผนวก ก ก 1-24)
- 3.4.1.6 ชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบรรยากาศ รูปที่ 49 (ภาคผนวก ก ก 1-27)
- 3.4.1.7 เครื่องวัดอัตราการไหลของอากาศ (flow meter) รูปที่ 36 (ภาคผนวก ก ก 1-20)
- 3.4.1.8 ดับบลิวพลาสติกเก็บตัวอย่างอากาศ (filter holder) รูปที่ 30 (ภาคผนวก ก ก 1-17)
- 3.4.1.9 กระดาษกรองใยแก้วสำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่นในพื้นที่ทำงาน รูปที่ 21, 29 (ภาคผนวก ก ก 1-13 และภาคผนวก ก ก 1-17)
- 3.4.1.10 กระดาษกรองใยแก้วสำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่นในปล่อง (Thimble) รูปที่ 23 (ภาคผนวก ก ก 1-14)
- 3.4.1.11 กระดาษกรองใยแก้วสำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่นในบรรยากาศ รูปที่ 25 (ภาคผนวก ก ก 1-15)
- 3.4.1.12 เครื่องชั่งความละเอียด ± 0.01 มิลลิกรัม รูปที่ 20 (ภาคผนวก ก ก 1-12)
- 3.4.1.13 ขวดแก้วพร้อมจุกปิดสำหรับเก็บตัวอย่างก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ได้จากการเก็บก๊าซมาแล้ว รูปที่ 50 (ภาคผนวก ก ก 1-27)

3.4.1.14 ผู้ดูแลความชื้น รูปที่ 27,28 (ภาคผนวก ก 1-16)

3.4.2 อุปกรณ์และเครื่องมือวัดระดับความดังของเสียง

3.4.2.1 ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดระดับความดังของเสียง รูปที่ 46 (ภาคผนวก ก 1-25)

3.4.2.2 ขาดังกล่าวยังสำหรับติดตั้งชุดอุปกรณ์ตรวจวัดระดับเสียง

3.5 วิธีการเก็บตัวอย่างและการตรวจวิเคราะห์

3.5.1 การเก็บตัวอย่างบริเวณพื้นที่ทำงาน (working area) จะใช้ชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง

อากาศบริเวณพื้นที่ทำงาน

3.5.1.1 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างฝุ่น

1) นำกระดาษกรอง (glass micro fiber filter) ขนาด $\phi = 3.7$ ซม. รูปที่ 21 (ภาคผนวก ก 1-13) ใส่ในตู้ดูดความชื้นอย่างน้อย 24 ชั่วโมง รูปที่ 27 (ภาคผนวก ก 1-16) และนำมาชั่งน้ำหนัก รูปที่ 20 (ภาคผนวก ก 1-12) บันทึกน้ำหนักกระดาษกรอง

2) นำ กระดาษกรอง ที่ชั่งแล้วใส่ตลับพลาสติกสำหรับเก็บตัวอย่าง รูปที่ 30 (ภาคผนวก ก 1-17)

3) ประกอบเครื่องมือ รูปที่ 32 (ภาคผนวก ก 1-18) และนำไปทำการเก็บตัวอย่างในสถานที่ที่มีคนทำงานบริเวณใกล้เคียงคนทำงานมากที่สุด

4) เปิดเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ (personal pump) ปรับอัตราการไหลของอากาศให้ได้ 2 ลิตร/นาที ใช้ลักษณะการสูดเก็บตัวอย่างเป็นช่วงของเวลา คือ ประมาณ 1-2 ชั่วโมง ต่อการเก็บตัวอย่างใน 1 ตำแหน่ง

5) เมื่อเสร็จสิ้นการเก็บตัวอย่าง นำกระดาษกรองที่ผ่านการเก็บตัวอย่างอากาศใส่ในตู้ดูดความชื้นอย่างน้อย 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนัก เพื่อหาปริมาณฝุ่น รูปที่ 28 (ภาคผนวก ก 1-16)

6) คำนวณปริมาณฝุ่น หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m^3)

3.5.1.2 การวัดระดับความดังของเสียง

เนื่องจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเหล็กเส้นและเหล็กทวด เป็นโรงงานที่ก่อให้เกิดเสียงดังรบกวนมาก ทางโรงงานจึงได้ทำการควบคุมและป้องกันเสียงดัง เพื่อไม่ให้มีผลกระทบต่อชุมชนที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียงโรงงาน ดังนั้นเสียงดังที่เกิดขึ้นจึงมีผลกระทบต่อผู้ปฏิบัติงานในบริเวณที่มีเสียงดังเท่านั้น จึงทำการวัดระดับเสียงเฉพาะในพื้นที่การทำงานของโรงงานเท่านั้น โดยจัดอุปกรณ์ตรวจวัดระดับเสียง รูปที่ 46 (ภาคผนวก ก 1-25) แล้วนำไปวาง ณ ตำแหน่งที่มีคนงานกำลังปฏิบัติงานอยู่ แล้วทำการวัดระดับความดังของเสียง แบบ Leq

3.5.2 การเก็บตัวอย่างในบริเวณปล่อง (stack) จะใช้ชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศในปล่อง

3.5.2.1 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างฝุ่น

- 1) นำทิมเบิล (thimble) ซึ่งทำด้วย cellulose รูปที่ 23 (ภาคผนวก ก 1-14) ใส่ในตู้ดูดความชื้น รูปที่ 27 (ภาคผนวก ก 1-16) อย่างน้อย 24 ชั่วโมงและนำมาชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักทิมเบิล
- 2) นำทิมเบิลที่ชั่งแล้วสวมเข้ากับ probe รูปที่ 33 (ภาคผนวก ก 1-19) แล้วประกอบเครื่องมือ รูปที่ 34 (ภาคผนวก ก 1-19) และนำไปทำการเก็บตัวอย่างในปล่องปล่อยสู่อากาศ โดยให้หัว probe อยู่ตรงจุดกึ่งกลางปล่องเพื่อเป็นตัวแทนของตัวอย่างอากาศทั้งหมดภายในปล่อง
- 3) เปิดเครื่องปั๊มสูญญากาศ ปรับอัตราการไหลให้ได้ 15 ลิตร/นาที ใช้ลักษณะการสุ่มเก็บตัวอย่างเป็นช่วงของเวลา คือ ประมาณ 1-2 ชั่วโมง ต่อการเก็บตัวอย่างใน 1 ตำแหน่ง
- 4) เมื่อเสร็จสิ้นการเก็บตัวอย่าง นำทิมเบิลที่ผ่านการเก็บตัวอย่างอากาศใส่ในตู้ดูดความชื้น รูปที่ 28 (ภาคผนวก ก 1-16) อย่างน้อย 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนัก เพื่อหาปริมาณฝุ่น
- 5) คำนวณหาปริมาณฝุ่น หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

3.5.2.2 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างก๊าซ

ใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างแบบธรรมดา รูปที่ 44 (ภาคผนวก ก 1-24) ซึ่งอ่านผลการวิเคราะห์ได้อย่างประมาณคร่าวๆ ไม่สามารถอ่านค่าได้อย่างละเอียด หรือแบบอัตโนมัติ ซึ่งให้ผล

การวิเคราะห์เป็นที่เชื่อถือได้มากกว่า รูปที่ 35 (ภาคผนวก ก 1-20) สามารถอ่านผลการวิเคราะห์จากเครื่องได้ทันที ถ้าหากทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และ ออกไซด์ของไนโตรเจน

3.5.3 การเก็บตัวอย่างในบริเวณบรรยากาศ (ambient area) จะใช้ชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง

อากาศในบรรยากาศ

3.5.3.1 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างฝุ่น

ใช้เครื่องมือที่เรียกว่าเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศปริมาตรสูง (high volume) รูปที่ 42 (ภาคผนวก ก 1-23)

- 1) ใช้ กระดาษกรอง ชนิดใยแก้ว ขนาด 8" x 10" รูปที่ 25 (ภาคผนวก ก 1-15)ใส่ในตู้ดูดความชื้น รูปที่ 27 (ภาคผนวก ก 1-16) อย่างน้อย 24 ชั่วโมงและนำมาชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักกระดาษกรอง
- 2) นำกระดาษกรองที่ชั่งน้ำหนักแล้ว ประกอบเข้ากับเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศปริมาตรสูง รูปที่ 42 (ภาคผนวก ก 1-23) นำไปทำการเก็บตัวอย่างในบรรยากาศรอบๆ บริเวณโรงงาน ซึ่งเป็นพื้นที่โล่งไม่มีสิ่งกีดขวางใดๆ
- 3) เปิดเครื่อง ทำการวัดอัตราการไหลของอากาศจากเครื่องวัดอัตราการไหล (flow meter) รูปที่ 36 (ภาคผนวก ก 1-20) เมื่อเริ่มทำการเก็บตัวอย่าง และบันทึกไว้ เก็บตัวอย่างเป็นเวลา 24 ชั่วโมงต่อเนื่องกัน ต่อการเก็บตัวอย่างใน 1 ตำแหน่ง
- 4) เมื่อเสร็จสิ้นการเก็บตัวอย่าง ทำการวัดอัตราการไหลของอากาศจากเครื่องวัดอัตราการไหล อีกครั้ง บันทึกไว้ นำกระดาษกรองที่ผ่านการเก็บตัวอย่างอากาศใส่ในตู้ดูดความชื้น รูปที่ 28 (ภาคผนวก ก 1-16) อย่างน้อย 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนัก เพื่อหาปริมาณฝุ่น
- 5) คำนวณหาปริมาณฝุ่นออกมาเป็นหน่วย มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m^3)

3.5.3.2 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์การเก็บตัวอย่างตามรูปที่ 47-50 (ภาคผนวก ก 1-26 ถึง ภาคผนวก ก 1-27) ซึ่งใช้หลักการของวิธี parosaniline โดยก่อนจะทำการเก็บตัวอย่างต้องเตรียมสารละลายสำหรับดูดซับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ดังนี้

- 1) เตรียมสารละลายสำหรับดูดซับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งเรียกว่า TCM รูปที่ 47 (ภาคผนวก ก 1-26) โดยเตรียมจากสารเคมี 3 ชนิด คือ mercuric chloride , EDTA และ potassium chloride
- 2) จากนั้นนำสารละลาย TCM ที่เตรียมได้ มา 50 มิลลิลิตร โดยใช้กระบอกตวง รูปที่ 47 (ภาคผนวก ก 1-26) เทใส่ลงขวด impinger ห่อหุ้ม ด้วย foil รูปที่ 48 (ภาคผนวก ก 1-26) เพื่อป้องกันการสลายตัวของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เมื่อถูกแสงสว่าง
- 3) นำมาประกอบเข้ากับเครื่องเก็บตัวอย่าง รูปที่ 49 (ภาคผนวก ก 1-27) แล้วนำไปทำการเก็บตัวอย่างบริเวณบรรยากาศรอบๆ โรงงาน ซึ่งเป็นที่โล่งไม่มีสิ่งกีดขวาง
- 4) เปิดเครื่อง แล้วปรับอัตราการไหลของอากาศให้ได้ 2 ลิตร/นาที เก็บตัวอย่างเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ต่อเนื่องกัน ต่อการเก็บตัวอย่างใน 1 ตำแหน่ง
- 5) เมื่อเสร็จสิ้นการเก็บตัวอย่างให้เทสารละลายที่ทำการดูดซับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แล้ว ลงในขวดเก็บตัวอย่างตาม ปิดฝาให้แน่น ปิดด้วย paraFilm รูปที่ 50 (ภาคผนวก ก 1-27)
- 6) หากยังไม่ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างในทันที ให้เก็บรักษาตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส เพื่อให้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ยังคงรูปอยู่ในสารละลาย
- 7) เมื่อถึงขั้นตอนที่จะวิเคราะห์ให้ดำเนินการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐานของ parosaniline
- 8) คำนวณหาปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นหน่วย หนึ่งในส่วนในหนึ่งล้านส่วน (ppm)

3.6 บริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่าง

3.6.1 บริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่างอากาศ

3.6.1.1 บริเวณพื้นที่ทำงาน (working area)

โรงงานที่ 1

- บริเวณด้านข้างเตาหลอม (A 11)
- บริเวณด้านหน้าเตาหลอม (A 12)
- บริเวณด้านหลัง เหล็กแท่ง (A 14)
- บริเวณรางรีดเหล็ก (A 15)
- บริเวณรางรีดเหล็ก (A 16)

โรงงานที่ 2

- บริเวณที่พักคนงานข้างเตาอบเหล็ก (A 21)
- บริเวณ Maintenance shop (A 22)
- บริเวณข้างเตาอบเหล็ก (A 23)
- บริเวณรางรีดเหล็ก (A 24)

3.6.1.2 ในปล่องปล่อยสู่อากาศ (stack)

โรงงานที่ 1

- ในปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาหลอม 1 และ 2
- ในปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาอบ
- ในปล่องปล่อยสู่อากาศโรงรีดเหล็กเส้น (RM 9)
- ในปล่องปล่อยสู่อากาศโรงรีดเหล็กเส้น (RM 10)

โรงงานที่ 2

- ในท่อก่อนเข้าปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาอบ 1

- ในปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาอบของโรงรีด (RM 7)

3.6.1.3 บริเวณบรรยากาศ (ambient)

โรงงานที่ 1

- ทิศเหนือของโรงงาน
- ทิศใต้ของโรงงาน
- ทิศเหนือของท่าเรือ
- ทิศใต้ของท่าเรือ

โรงงานที่ 2

- ทิศเหนือของโรงงาน
- ทิศใต้ของโรงงาน

3.6.2 บริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่างระดับความดังของเสียง

3.6.2.1 บริเวณพื้นที่ทำงาน (working area)

โรงงานที่ 1

- บริเวณห้องควบคุมเครื่องเตาอบ (T/N 11)
- บริเวณหน้าเตาหลอม 1 (T/N 12)
- บริเวณหน้าเตาหลอม 2 (T/N 13)
- บริเวณห้องควบคุมเครื่องหล่อ เหล็กแท่ง (T/N 14)
- บริเวณหล่อ เหล็กแท่ง (T/N 15)
- บริเวณที่พนักงาน (T/N 16)
- บริเวณหน้าเตาอบ เหล็กแท่ง (T 16)
- บริเวณเครื่องตัด เหล็กแท่ง (T/N 17)

- บริเวณเครื่องตัดปลายเหล็กแท่ง (T/N 18)
- บริเวณที่พับเหล็กข้ออ้อยให้ยื่น (T/N 19)
- บริเวณที่พับคานงานปลายรางรีดเหล็ก (T/N 110)
- บริเวณเครื่องตัดเหล็กให้ได้ขนาด (T/N 111)
- ห้องควบคุมแท่นรีด RM 9
- ห้องควบคุมการ packing RM 9
- ห้องควบคุม Coils Forming PIT RM 9
- ห้องควบคุมการ packing RM 10
- บริเวณห้องพับคานงาน RM10
- บริเวณจุดตัดเหล็ก RM10

โรงงานที่ 2

- บริเวณเตาอบ เหล็กแท่ง (T/N 21)
- บริเวณที่นั่งคานงานข้างเตาอบ (T/N 22)
- บริเวณห้องควบคุมเครื่อง (T/N 23)
- บริเวณห้องควบคุมเครื่องรีด 1 (T/N 24)
- บริเวณห้องควบคุมเครื่องรีด 2 (T/N 25)
- บริเวณห้องควบคุมเครื่องรีด 3 (T/N 26)
- บริเวณที่พับคานงาน coiling (T/N 27)
- บริเวณที่ทำ coil (T/N 28)
- บริเวณห้องควบคุมเครื่อง coiling (T/N 29)
- บริเวณที่พับคานงาน (T/N 210)
- บริเวณวางแฉวน coil (T/N 211)

- บริเวณ Maintenance shop (T/N 212)
- บริเวณห้องควบคุม P1
- บริเวณห้องควบคุม P2
- บริเวณห้องควบคุม P3
- บริเวณห้องควบคุม P4
- บริเวณห้องควบคุม P5
- บริเวณห้องควบคุมเครื่อง coiling P 7
- บริเวณเครื่องขดเหล็ก
- บริเวณเครื่องตัดเหล็ก
- บริเวณห้องควบคุม P1 ของโรงรีด RM7
- บริเวณห้องควบคุม P2 ของโรงรีด RM7
- บริเวณห้องควบคุม P3 ของโรงรีด RM7
- บริเวณห้องควบคุม P4 ของโรงรีด RM7

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 ผลการศึกษาปริมาณฝุ่นบริเวณพื้นที่ทำงาน (working area)

จากการศึกษาปริมาณฝุ่นบริเวณพื้นที่ทำงานของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเหล็กเส้นและเหล็กกลวด ในบริเวณต่างๆ 5 ตำแหน่ง ของโรงงานที่ 1 (ตั้งแต่ ปลายปี พ.ศ.2535 ถึงต้นปี พ.ศ.2543)

คือ

- | | | |
|---------------------------------|---|----------------------------|
| 1. บริเวณด้านข้างเตาหลอม (A 11) | } | ตารางที่ 1 (ภาคผนวก ข 2-1) |
| 2. บริเวณด้านหน้าเตาหลอม (A 12) | | |
| 3. บริเวณด้านหลัง billet (A 14) | | |
| 4. บริเวณรางรีดเหล็ก (A 15) | | |
| 5. บริเวณรางรีดเหล็ก (A 16) | | |

ตามตารางแสดงผลวิเคราะห์ พบว่า บริเวณพื้นที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 5 พื้นที่ มีปริมาณฝุ่นตั้งแต่ 0.09 - 34.1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m^3)

ปริมาณฝุ่นในบริเวณต่างๆ 4 ตำแหน่ง ของโรงงานที่ 2 (ตั้งแต่ ปลายปี พ.ศ.2535 ถึงปลายปี พ.ศ.2539) คือ

- | | | |
|--|---|----------------------------|
| 1. บริเวณที่פקคนงานข้างเตาอบเหล็ก (A 21) | } | ตารางที่ 4 (ภาคผนวก ข 2-3) |
| 2. บริเวณ Maintenance shop (A 22) | | |
| 3. บริเวณข้างเตาอบเหล็ก (A 23) | | |
| 4. บริเวณรางรีดเหล็ก (A 24) | | |

ตามตารางแสดงผลวิเคราะห์ พบว่า บริเวณพื้นที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 4 พื้นที่ มีปริมาณฝุ่นตั้งแต่ 0.03 - 7.50 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m^3)

4.2 ผลการศึกษาปริมาณฝุ่นในปล่องปล่อยสู่อากาศ (stack)

จากการศึกษาปริมาณฝุ่นบริเวณในปล่องปล่อยสู่อากาศของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเหล็กเส้นและเหล็กถวด ในปล่องต่างๆ 3 ปล่อง ของโรงงานที่ 1 (ตั้งแต่ ปลายปี พ.ศ.2535 ถึงต้นปี พ.ศ.2543) คือ

- | | | |
|--|---|----------------------------|
| 1. ในปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาหลอม 1 และ 2 | } | ตารางที่ 1 (ภาคผนวก ข 2-1) |
| 2. ในปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาอบ | | |
| 3. ในปล่องปล่อยสู่อากาศโรงรีดเหล็กเส้น (RM 10) | | |

ตามตารางแสดงผลวิเคราะห์ พบว่า ในปล่องปล่อยสู่อากาศทั้ง 3 ปล่อง มีปริมาณฝุ่นตั้งแต่ 3.20 - 388.00 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m^3)

ปริมาณฝุ่นในปล่องปล่อยสู่อากาศ 2 ปล่อง ของโรงงานที่ 2 (ตั้งแต่ ปลายปี พ.ศ.2535 ถึง ปลายปี พ.ศ.2539) คือ

- | | | |
|---|---|----------------------------|
| 1. ในท่อก่อนเข้าปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาอบ 1 | } | ตารางที่ 4 (ภาคผนวก ข 2-3) |
| 2. ในปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาอบของโรงรีด (RM 7) | | |

ตามตารางแสดงผลวิเคราะห์ พบว่า ในปล่องปล่อยสู่อากาศทั้ง 2 ปล่อง มีปริมาณฝุ่นตั้งแต่ 37.70 - 758.30 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m^3)

4.3 ผลการศึกษาปริมาณฝุ่นบริเวณบรรยากาศ (ambient area)

จากการศึกษาปริมาณฝุ่นบริเวณบรรยากาศของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเหล็กเส้นและเหล็กถวด ในบริเวณต่างๆ 4 ตำแหน่ง ของโรงงานที่ 1 (ตั้งแต่ ปลายปี พ.ศ.2535 ถึงต้นปี พ.ศ.2543) คือ

- | | | |
|-----------------------|---|----------------------------|
| 1. ทิศเหนือของโรงงาน | } | ตารางที่ 1 (ภาคผนวก ข 2-1) |
| 2. ทิศใต้ของโรงงาน | | |
| 3. ทิศเหนือของท่าเรือ | | |
| 4. ทิศใต้ของท่าเรือ | | |

ตามตารางแสดงผลวิเคราะห์ พบว่า บริเวณบรรยากาศที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 4 พื้นที่ มีปริมาณฝุ่นตั้งแต่ 0.07 - 1.09 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m^3)

ปริมาณฝุ่นในบริเวณต่างๆ 2 ตำแหน่ง ของโรงงานที่ 2 (ตั้งแต่ ปลายปี พ.ศ.2535 ถึงปลายปี พ.ศ.2539) คือ

- | | | |
|----------------------|---|----------------------------|
| 1. ทิศเหนือของโรงงาน | } | ตารางที่ 4 (ภาคผนวก ข 2-3) |
| 2. ทิศใต้ของโรงงาน | | |

ตามตารางแสดงผลวิเคราะห์ พบว่า บริเวณพื้นที่ที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 2 พื้นที่ มีปริมาณฝุ่นตั้งแต่ 0.19 - 0.80 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m^3)

4.4 ผลการศึกษาปริมาณ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ในปล่องปล่อยสู่อากาศ (stack)

จากการศึกษาปริมาณ SO_2 ในปล่องปล่อยสู่อากาศของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเหล็กเส้น และเหล็กทวด ในปล่องต่างๆ 4 ปล่อง ของโรงงานที่ 1 (ต้นปี พ.ศ.2536 และ ปลายปี พ.ศ. 2541 ถึง ต้นปี พ.ศ.2543) คือ

- | | | |
|--|---|----------------------------|
| 1. ในปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาหลอม 1 และ 2 | } | ตารางที่ 2 (ภาคผนวก ข 2-2) |
| 2. ในปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาอบ | | |
| 3. ในปล่องปล่อยสู่อากาศโรงรีดเหล็กเส้น (RM 9) | | |
| 4. ในปล่องปล่อยสู่อากาศโรงรีดเหล็กเส้น (RM 10) | | |

ตามตารางแสดงผลวิเคราะห์ พบว่า ในปล่องปล่อยสู่อากาศทั้ง 3 ปล่อง มีปริมาณ SO_2 ตั้งแต่ ไม่พบ - 845.00 ส่วนในหนึ่งล้านส่วน (ppm)

ปริมาณ SO_2 ในปล่องปล่อยสู่อากาศเพียงปล่องเดียว ของโรงงานที่ 2 (เมื่อเดือนตุลาคม ปี พ.ศ.2535 และเดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ.2536) คือ

ในท่อก่อนเข้าปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาอบ 1 ตารางที่ 4 (ภาคผนวก ข 2-3)

ตามตารางแสดงผลวิเคราะห์ พบว่า ในปล่องปล่อยสู่อากาศของปล่องนี้ มีปริมาณ SO_2 ตั้งแต่ 332.4 ppm และ 261.8 ppm ตามลำดับปี

4.5 ผลการศึกษาปริมาณ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) บริเวณบรรยากาศ (ambient)

จากการศึกษาปริมาณ SO_2 บริเวณบรรยากาศของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเหล็กเส้นและเหล็กกลวด ในบริเวณต่างๆ 4 ตำแหน่ง ของโรงงานที่ 1 (ตั้งแต่ ปลายปี พ.ศ.2535 ถึงต้นปี พ.ศ.2543 ยกเว้นปี พ.ศ.2539-2540 และเดือนมิถุนายน พ.ศ.2541) คือ

- | | | |
|-----------------------|---|----------------------------|
| 1. ทิศเหนือของโรงงาน | } | ตารางที่ 2 (ภาคผนวก ข 2-2) |
| 2. ทิศใต้ของโรงงาน | | |
| 3. ทิศเหนือของท่าเรือ | | |
| 4. ทิศใต้ของท่าเรือ | | |

ตามตารางแสดงผลวิเคราะห์ พบว่า บริเวณบรรยากาศที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 4 พื้นที่ มีปริมาณ SO_2 ตั้งแต่ ไม่พบ - 10.40 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m^3)

ปริมาณ SO_2 ในบริเวณต่างๆ 2 ตำแหน่ง ของโรงงานที่ 2 (ตั้งแต่ ปลายปี พ.ศ.2535 ถึงปลายปี พ.ศ.2539) คือ

- | | | |
|----------------------|---|----------------------------|
| 1. ทิศเหนือของโรงงาน | } | ตารางที่ 5 (ภาคผนวก ข 2-3) |
| 2. ทิศใต้ของโรงงาน | | |

ตามตารางแสดงผลวิเคราะห์ พบว่า บริเวณพื้นที่ที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 2 พื้นที่ มีปริมาณ SO_2 ตั้งแต่ ไม่พบ - 168 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m^3)

4.6 ผลการศึกษาปริมาณ ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ในปล่องปล่อยสู่อากาศ (stack)

จากการศึกษาปริมาณ NO_x ในปล่องปล่อยสู่อากาศของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเหล็กเส้นและเหล็กกลวด ในปล่องต่างๆ 4 ปล่อง ของโรงงานที่ 1 (เดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ.2536 และ เดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ.2543) คือ

- | | | |
|--|---|----------------------------|
| 1. ในปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาหลอม 1 และ 2 | } | ตารางที่ 2 (ภาคผนวก ข 2-2) |
| 2. ในปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาอบ | | |
| 3. ในปล่องปล่อยสู่อากาศโรงรีดเหล็กเส้น (RM 10) | | |

ตามตารางแสดงผลวิเคราะห์ พบว่า ในปล่องปล่อยสู่อากาศทั้ง 3 ปล่อง มีปริมาณ NO_x ตั้งแต่ 2 ppm , 174 ppm และ 20 ppm ตามลำดับปล่อง

ปริมาณ SO_2 ในปล่องปล่อยสู่อากาศเพียงปล่องเดียว ของโรงงานที่ 2 (เมื่อเดือนตุลาคม ปี พ.ศ.2535) คือ

ในห่อก่อนเข้าปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาอบ 1 ตารางที่ 6 (ภาคผนวก ข 2-3)

ตามตารางแสดงผลวิเคราะห์ พบว่า ในปล่องปล่อยสู่อากาศของปล่องนี้ มีปริมาณ NO_x เพียง 10 ppm

4.7 ผลการศึกษาระดับความดังของเสียง

จากการวัดระดับเสียงในพื้นที่ทำงานของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเหล็กเส้นและเหล็กทวด ในบริเวณต่างๆ 18 ตำแหน่ง ของโรงงานที่ 1 ตามตารางที่ 7 (ภาคผนวก ข 2-4) (ตั้งแต่ปลายปี พ.ศ.2535 ถึงต้นปี พ.ศ.2543 ยกเว้นปี พ.ศ.2540) มีช่วงระดับความดังของเสียงตามตารางที่ 10 (ภาคผนวก ข 2-6) และในบริเวณต่างๆ 24 ตำแหน่ง ของโรงงานที่ 2 ตามตารางที่ 8 (ภาคผนวก ข 2-5) (ตั้งแต่ปลายปี พ.ศ.2535 ถึงปลายปี พ.ศ.2539) มีช่วงระดับความดังของเสียงตามตารางที่ 11 (ภาคผนวก ข 2-7)

บทที่ 5

วิจารณ์ และสรุปผลการศึกษา

5.1 วิจารณ์ผลการศึกษา

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 เป็นต้นไปโรงงานที่ 2 ได้ทำการปรับปรุงโดยย้ายไปรวมกับโรงงานที่ 1 จะพบว่ามีข้อมูลผลการวิเคราะห์ของโรงงานที่ 2 ตั้งแต่ปลายปี พ.ศ.2535 - ปลายปี พ.ศ.2539 เท่านั้น จึงมีการเปลี่ยนแปลงสำหรับโรงงานที่ 1 โดยในบางพื้นที่ที่เคยทำการเก็บตัวอย่างได้ถูกเปลี่ยนแปลงและยกเลิกไป มีบางพื้นที่ที่ได้ทำการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ใหม่เพิ่มขึ้นมา และเพิ่มการเก็บตัวอย่างในตำแหน่งใหม่นี้ด้วย ในปี พ.ศ.2540 เป็นช่วงที่โรงงานได้ทำการปรับปรุงโรงงาน ดังนั้นจึงไม่มีการตรวจเก็บตัวอย่าง จะเห็นว่า มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเกี่ยวกับตำแหน่งที่เก็บตัวอย่าง ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2541 เป็นต้นไป

ผลจากการศึกษามลพิษทางอากาศที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมหลักผลิตเหล็กเส้นและเหล็กถวด

บริเวณพื้นที่ทำงาน 5 ตำแหน่ง ของโรงงานที่ 1 (ปลายปี พ.ศ. 2535 – ต้นปี พ.ศ. 2543) ที่ทำการเก็บตัวอย่าง พบว่า บริเวณด้านหลัง เหล็กแท่ง (A14) ของเดือนธันวาคม ปี พ.ศ.2537 บริเวณด้านหน้าเตาหลอม (A12) และบริเวณด้านหลัง เหล็กแท่ง (A14) ของเดือนธันวาคม ปี พ.ศ.2539 มีค่าปริมาณฝุ่นเกินกว่าค่ามาตรฐาน ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นจุดที่ต้องมีการขนถ่ายวัตถุดิบเพื่อนำมาใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาเรื่องฝุ่นจากการปลิวของส่วนผสมที่ต้องนำไปเติมลงในเตาหลอม เพราะมีลมพัดแรงอยู่เสมออีกทั้งสถานที่ยังอยู่ใกล้ท่าเรือ จึงทำให้มีการถ่ายเทของอากาศค่อนข้างดี เป็นเหตุให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองดังกล่าว ประกอบกับในปี พ.ศ.2539 ได้มีการเพิ่มปริมาณการผลิตมากขึ้นด้วย ส่วนปริมาณฝุ่นบริเวณพื้นที่ทำงาน 4 ตำแหน่ง ของโรงงานที่ 2 (ปลายปี พ.ศ. 2535 – ปลายปี พ.ศ. 2539) ที่ทำการเก็บตัวอย่าง ไม่พบว่ามีบริเวณใด

มีปริมาณฝุ่นเกินกว่าค่ามาตรฐาน เพราะเป็นบริเวณที่ต้องดูแลรักษาในเรื่องของความสะดวกอยู่เสมอ จะมีรถดูดฝุ่นคอยทำการดูดฝุ่นอยู่ทุกระยะ ซึ่งสามารถลดปริมาณฝุ่นตามบริเวณต่างๆ ของโรงงานได้

ในปล่องปล่อยสู่อากาศ 3 ปล่อง ของโรงงานที่ 1 (ปลายปี พ.ศ. 2535 – ต้นปี พ.ศ. 2543) ที่ทำการเก็บตัวอย่าง พบว่า มีเพียงปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาหลอม 1 และ 2 ของเดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ.2536 มีค่าปริมาณฝุ่นเกินกว่าค่ามาตรฐาน ทั้งนี้ เป็นระยะเริ่มแรกที่มีการใช้ระบบกำจัดฝุ่น โดย bag filter ซึ่งพนักงานยังไม่ค่อยให้ความสนใจเกี่ยวกับระบบ รวมถึงการดูแลรักษา ทำให้เกิดการอุดตันของฝุ่น ประสิทธิภาพของระบบกำจัดฝุ่นลดลง ไม่สามารถกรองฝุ่นได้เต็มที่ เกิดการรั่วไหลของฝุ่น ทำให้มีปริมาณฝุ่นที่ออกจากปล่องปล่อยสู่อากาศเกินมาตรฐานได้ ส่วนในปล่องปล่อยสู่อากาศ 2 ปล่อง ของโรงงานที่ 2 (ปลายปี พ.ศ.2535 – ปลายปี พ.ศ.2539) ที่ทำการเก็บตัวอย่าง พบว่า ในปีก่อนเข้าปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาอบ 1 ของเดือนธันวาคม ปี พ.ศ.2537 ในปล่องปล่อยสู่อากาศจากเตาอบของโรงรีด RM7 ของเดือนธันวาคม ปี พ.ศ.2538 และเดือนธันวาคม ปี พ.ศ.2539 มีค่าปริมาณฝุ่นเกินกว่าค่ามาตรฐาน ทั้งนี้เนื่องจากปล่องของเตาอบไม่มีระบบกำจัดฝุ่น ดังนั้นหากในกระบวนการอบมีการใช้ปริมาณเชื้อเพลิงและออกซิเจนไม่เหมาะสม ทำให้เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เกิดเขม่าและควันมากเกินไป มีผลทำให้ปริมาณฝุ่นสะสมในปล่องปล่อยสู่อากาศเกินมาตรฐานได้

บริเวณบรรยากาศ 4 ตำแหน่ง ของโรงงานที่ 1 (ปลายปี พ.ศ. 2535 – ต้นปี พ.ศ. 2543) ที่ทำการเก็บตัวอย่าง พบว่า ทุกบริเวณสามารถมีค่าปริมาณฝุ่นเกินกว่าค่ามาตรฐานได้ทั้งนั้น แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสถานที่ตั้งของโรงงาน ซึ่งตั้งอยู่ติดแม่น้ำท่าเรือ และสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเกี่ยวกับทิศทางลม อุณหภูมิ เป็นต้น ทำให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก ปริมาณฝุ่นซึ่งมาได้จากทุกทิศทางมีการไหลและถ่ายเทได้สะดวกเช่นกัน ดังนั้นปริมาณฝุ่นจริงจึงอาจจะไม่ใช่ปริมาณฝุ่นที่เกิดจากกระบวนการผลิต

ของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเหล็กเส้นและเหล็กทวดเพียงแห่งเดียว ยังอาจเกิดจากโรงงานใกล้เคียง หรือเกิดจากการจราจรภายในโรงงาน จากการจราจรบนถนนหน้าโรงงานได้ ดังนั้นหากจะพิจารณาถึงความเป็นจริง ต้องนำรายละเอียดดังกล่าวมาช่วยในการพิจารณาอย่างละเอียดถี่ถ้วนด้วย แต่ในขั้นนี้เป็นเพียงข้อมูลสำหรับโรงงานที่จะได้ทำการควบคุม และป้องกัน เพื่อไม่ให้มีผลกระทบจากโรงงานมายังชุมชนที่อยู่บริเวณใกล้เคียง มิฉะนั้นหากมีข้อร้องเรียนเกิดขึ้น ทางโรงงานต้องมีส่วนรับผิดชอบต่อความเสียหายที่เกิดขึ้นต่อชุมชน หรือแม้แต่โรงงานเอง หากไม่สามารถควบคุมให้ปริมาณฝุ่น หรือสารมลพิษอื่นๆ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานได้ อาจจะถูกสั่งหยุดดำเนินการชั่วคราว หรือถึงขั้นปิดกิจการเลยก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอำนาจของหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง และความรุนแรงของผลที่ชุมชนได้รับจากสารมลพิษต่างๆ

ในเรื่องของสารมลพิษที่เป็นก๊าซของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเหล็กเส้นและเหล็กทวดที่เกิดขึ้น คือ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) โดยส่วนใหญ่จะเกิดจากเชื้อเพลิงที่นำมาใช้ในเตาอบ เพราะต้องให้ความร้อนในการอบเหล็ก ซึ่งในปล่องปล่อยสู่อากาศ 4 ปล่อง ของโรงงานที่ 1 (ปลายปี พ.ศ. 2535 – ต้นปี พ.ศ. 2543) และในปล่องปล่อยสู่อากาศ 1 ปล่อง ของโรงงานที่ 2 (ปลายปี พ.ศ. 2535 - ปลายปี พ.ศ. 2539) ที่ทำการเก็บตัวอย่าง พบว่า มีเพียงปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาอบ ของเดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2543 ของโรงงานที่ 1 เท่านั้น มีค่าปริมาณ SO_2 เกินกว่าค่ามาตรฐาน ทั้งนี้ เนื่องจากอัตราระหว่างเชื้อเพลิงกับออกซิเจนที่ใช้ไม่เหมาะสม ทำให้เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ส่วนผสมของซัลเฟอร์ที่อยู่ในเชื้อเพลิง สามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในปริมาณที่มากกว่าปกติได้ ส่วนปริมาณ NO_x ของทั้ง 2 โรงงาน นั้น ไม่พบว่ามีปัญหาเนื่องจากผลวิเคราะห์ที่ได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

ก๊าซ SO_2 ในบรรยากาศ ทั้ง 4 ตำแหน่ง ของโรงงานที่ 1 และ 2 ตำแหน่ง ในโรงงานที่ 2 พบว่า ในช่วง 2-3 ปีแรกทำการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์เท่านั้น ที่ปริมาณ SO_2 มีค่าเกินกว่ามาตรฐาน

ฐาน เพราะมีการใช้เชื้อเพลิงที่มีซัลเฟอร์ในปริมาณสูง

5.2 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาปริมาณฝุ่นในพื้นที่ทำงาน ของโรงงานที่ 1 พบว่าบริเวณด้านหลัง เหล็กแท่ง (A14) ของเดือนธันวาคม ปี พ.ศ.2537 บริเวณด้านหน้าเตาหลอม (A12) และบริเวณด้านหลัง เหล็กแท่ง (A14) ของเดือนธันวาคม ปี พ.ศ.2539 มีค่าปริมาณฝุ่นเกินกว่าค่ามาตรฐาน ส่วนโรงงานที่ 2 ไม่พบว่ามีย่านใดที่มีปริมาณฝุ่นเกินกว่าค่ามาตรฐาน

ในปล่องปล่อยสู่อากาศ ของโรงงานที่ 1 นั้น พบว่า มีเพียงปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาหลอม 1 และ 2 ของเดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ.2536 มีค่าปริมาณฝุ่นเกินกว่าค่ามาตรฐาน ส่วนโรงงานที่ 2 พบว่า ในท่อก่อนเข้าปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาอบ 1 ของเดือนธันวาคม ปี พ.ศ.2537 ในปล่องปล่อยสู่อากาศจากเตาอบของโรงรีด RM7 ของเดือนธันวาคม ปี พ.ศ.2538 และเดือนธันวาคม ปี พ.ศ.2539 มีค่าปริมาณฝุ่นเกินกว่าค่ามาตรฐาน

บริเวณบรรยากาศ ของโรงงานที่ 1 นั้น พบว่าทุกตำแหน่งสามารถมีค่าปริมาณฝุ่นเกินกว่าค่ามาตรฐานได้ แต่จะสลับกันไปข้างในแต่ละปี ส่วนโรงงานที่ 2 ก็เช่นเดียวกัน

จากการศึกษาปริมาณ SO_2 และ NO_x ในปล่องปล่อยสู่อากาศ พบว่า ไม่มีปล่องใดของทั้ง 2 โรงงานมีค่าปริมาณ NO_x เกินกว่าค่ามาตรฐาน ส่วนปริมาณ SO_2 ของโรงงานที่ 1 พบว่า มีเพียงปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาอบ ของเดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ.2543 เท่านั้น มีค่าปริมาณ SO_2 เกินกว่าค่ามาตรฐาน ส่วนโรงงานที่ 2 อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

จากการศึกษาปริมาณ SO_2 ในบรรยากาศ ของโรงงานที่ 1 เดือนตุลาคม ปี พ.ศ.2535 และเดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ.2536 ทุกบริเวณมีปริมาณ SO_2 เกินมาตรฐาน ส่วนโรงงานที่ 2 เดือนตุลาคม ปี พ.ศ.2535 เดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ.2536 เดือนธันวาคม ปี พ.ศ.2537 ทุกบริเวณมีปริมาณ SO_2 เกินมาตรฐาน และทิศใต้ของโรงงาน ของเดือนธันวาคม ปี พ.ศ.2536 ก็มีปริมาณ SO_2 เกินมาตรฐาน

ฐานเช่นกัน

ผลการศึกษาระดับความดังของเสียง ของโรงงานที่ 1 พบว่ามีเสียงดังเกินกว่าค่ามาตรฐานระดับเสียงในโรงงานอุตสาหกรรมถึง 8 ใน 18 ตำแหน่งที่ทำการเก็บตัวอย่าง ส่วนโรงงานที่ 2 พบว่า มีถึง 2 ใน 24 ตำแหน่งที่ทำการเก็บตัวอย่าง ซึ่งสามารถสรุปเป็นเปอร์เซ็นต์พื้นที่อันตราย (มีระดับเสียงเกินมาตรฐาน 91 เดซิเบลเอ) และเปอร์เซ็นต์พื้นที่ปกติ (มีระดับเสียงไม่เกิน 91 เดซิเบลเอ) ของพื้นที่ตรวจวัดระดับเสียงทั้งหมด

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากข้อมูลการศึกษาทางโรงงานควรวางแผนการจัดการดังต่อไปนี้

- 5.3.1 บริเวณที่มีการกระจายตัวของฝุ่นละอองเยอะ ควรหลีกเลี่ยงหรือสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตราย โดยเฉพาะบริเวณหน้าเตาหลอมควรกำหนดเป็นเขตเฉพาะบุคคล ห้ามไม่ให้ผู้ที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องเข้ามาบริเวณนี้โดยเด็ดขาด
- 5.3.2 การลดปริมาณก๊าซ SO_2 ทำได้โดยใช้เชื้อเพลิงที่มีค่าซัลเฟอร์ต่ำ หรืออาจนำเอาเชื้อเพลิงมาขจัดซัลเฟอร์ออกด้วยกระบวนการ desulfurization ซึ่งแยกซัลเฟอร์ออกในรูปของ H_2S
- 5.3.3 การลดปริมาณก๊าซ NO_x ทำได้โดย ลดอุณหภูมิการเผาไหม้ให้ต่ำกว่า 1450°C และพยายามควบคุมอากาศให้มีปริมาณใกล้เคียงกับความต้องการในการเผาไหม้ เพื่อไม่ให้มีปริมาณออกซิเจนมากเกินไป นอกจากนี้ยังอาจเอาก๊าซที่เกิดจากการสันดาปเวียนกลับมาใช้ใหม่แทนอากาศในการเผาไหม้ เพื่อลดปริมาณออกซิเจน
- 5.3.4 ควรติดตามตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบกำจัดฝุ่นละอองอยู่เสมอ และเปลี่ยนอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนต่างๆ ตามกำหนดเวลา เพื่อไม่ให้เกิดปัญหา
- 5.3.5 ต้องมีการตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้งบริเวณพื้นที่ทำงาน ในปล่องปล่อยสู่อากาศ และ

บริเวณบรรยากาศ โดยวิเคราะห์หาปริมาณสารมลพิษของโรงงานอย่างต่อเนื่อง เพื่อได้ทราบแนวโน้มของสารมลพิษ และหาวิธีป้องกันหรือวิธีกำจัดไว้ล่วงหน้า ก่อนที่ความเข้มข้นของสารมลพิษจะเพิ่มสูงขึ้น โดยไม่ทราบข้อมูลล่วงหน้าเลย

- 5.3.6 พนักงานทุกคนควรได้ทำการบันทึกประวัติเกี่ยวกับสุขภาพของตนเองเก็บไว้ ว่าตนเองมีปัญหาสุขภาพอะไรบ้าง และควรมีการตรวจสุขภาพพนักงานอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง เพื่อได้ทราบถึงปัญหาสุขภาพหากมีความผิดปกติเกิดขึ้น
- 5.3.7 เพื่อเป็นตัวอย่างที่ดีสำหรับการดำเนินธุรกิจของโรงงาน หากมีปัญหาหรือผลกระทบจากโรงงาน โดยสร้างความเดือดร้อนหรือความเสียหายต่อชุมชน ทางโรงงานควรมีส่วนที่แสดงถึงความรับผิดชอบของโรงงานต่อชุมชนด้วย
- 5.3.8 ควรมีการจัดการที่เหมาะสมในเรื่องเสียงดังที่เกิดจากกระบวนการผลิตของโรงงาน ไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นอันตรายต่อพนักงาน หรือชุมชนที่อยู่บริเวณใกล้เคียง

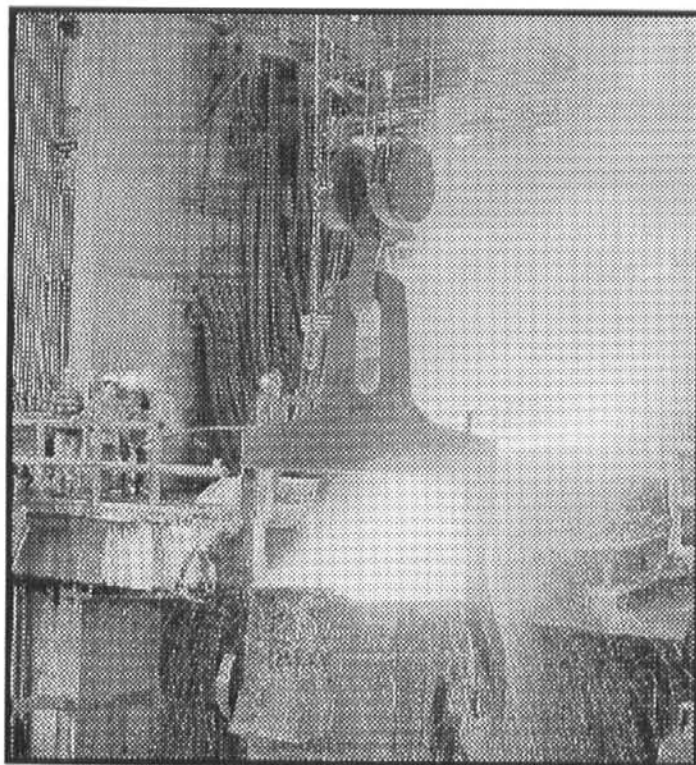
กิตติกรรมประกาศ

ผลงานนี้ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากบุคลากรในกลุ่มงานสิ่งแวดล้อม ขอขอบคุณหัวหน้ากลุ่มงานสิ่งแวดล้อม กองฟิสิกส์และวิศวกรรม ที่ได้ให้การสนับสนุนในการศึกษา ขอขอบคุณพนักงานโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเหล็กเส้นและเหล็กหลอดที่ได้ให้รายละเอียดข้อมูลต่างๆ ตลอดจนอำนวยความสะดวกและให้ความร่วมมือในการเก็บตัวอย่าง

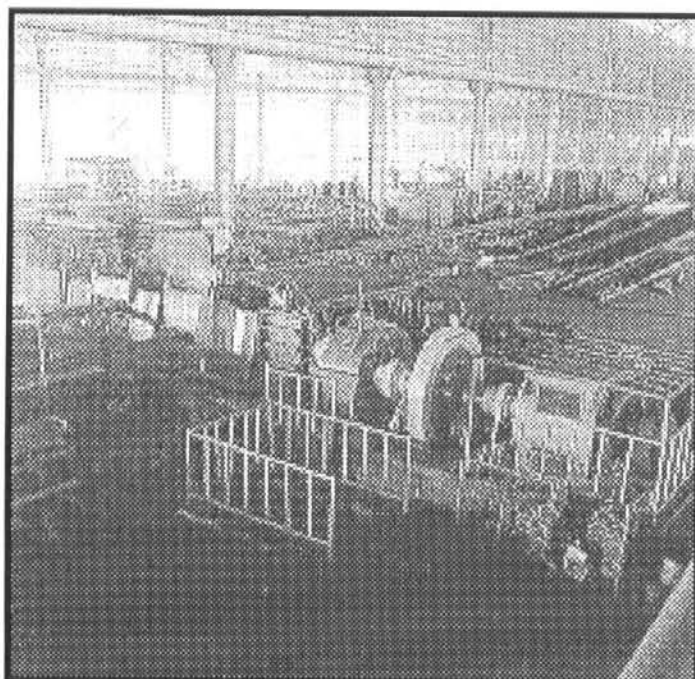
เอกสารอ้างอิง

1. ปราณี พันธุมสินชัย. มลพิษอุตสาหกรรมเบื้องต้น. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2538.
2. มุลนิธิโลกสีเขียว. อากาศ. อมรินทร์ พรินติ่งกรุ๊ป จำกัด, พิมพ์ครั้งที่ 2. 2535.
3. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สิ่งแวดล้อม เทคโนโลยี และชีวิต. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2541.
4. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. เอกสารการสอนชุดวิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมพื้นฐาน หน่วยที่ 1-8. นนทบุรี. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2533.
5. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. เอกสารการสอนชุดวิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมพื้นฐาน หน่วยที่ 9-15. นนทบุรี. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2533.
6. ราตรี ภารา. ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. โรงพิมพ์พิทยวิสุทธิ์ จำกัด, 2540.
7. สิริกัลยา สุวจิตตานนท์ และคณะ. การป้องกัน และควบคุมมลพิษ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2541.
8. สุนี เลิศแสงกิจ และคณะ. ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. สำนักพิมพ์วังอักษร, พิมพ์ครั้งที่ 4. 2540.
9. ประมุข โอศิริ. วารสารความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม. ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม-มีนาคม 2539. หน้า 33-39.
10. วิฑูรย์ สิมะโชคดี และคณะ. เทคนิคการควบคุมและลดเสียงดัง. สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซนเตอร์, 2537.

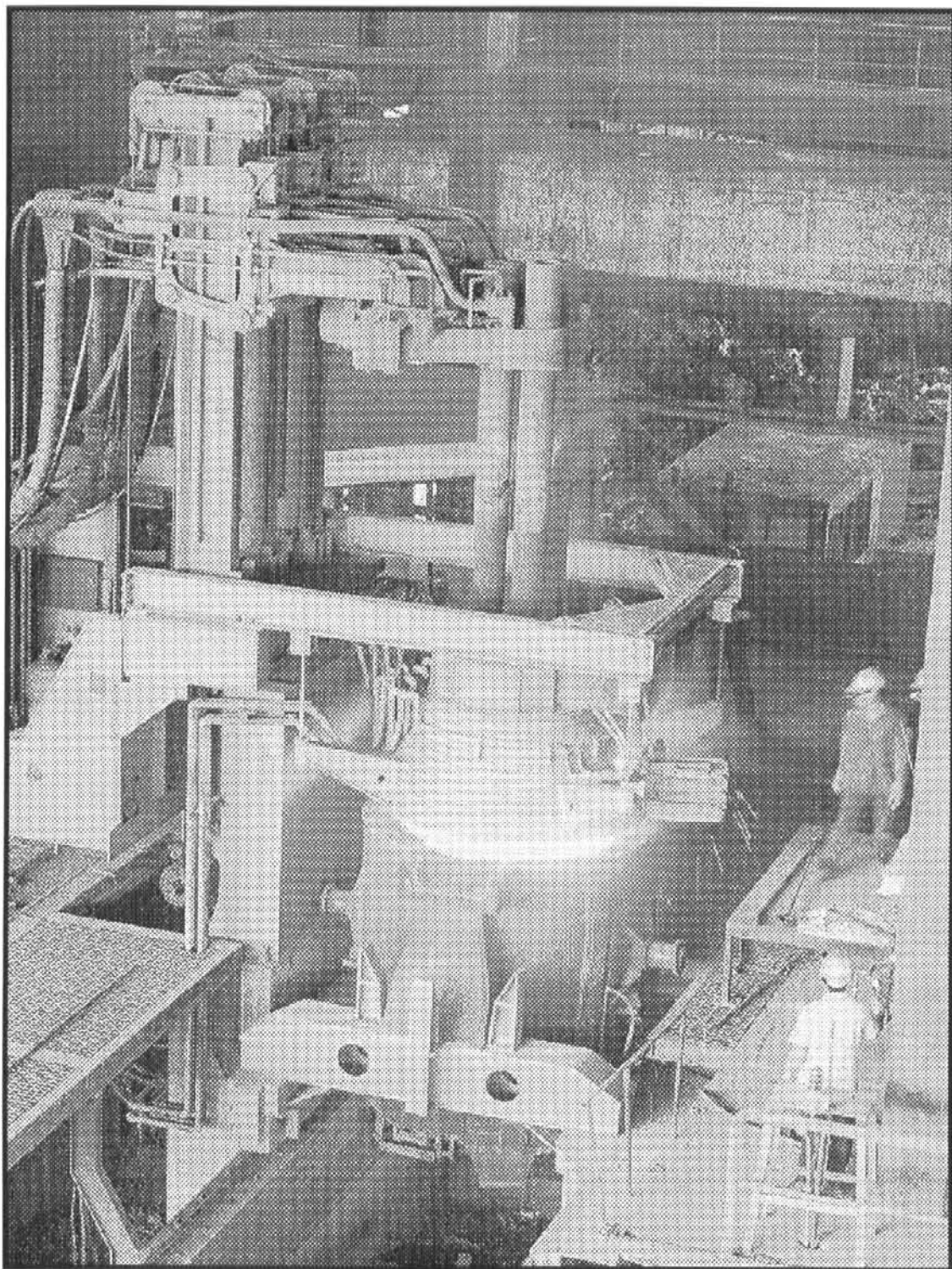
ภาคผนวก ก



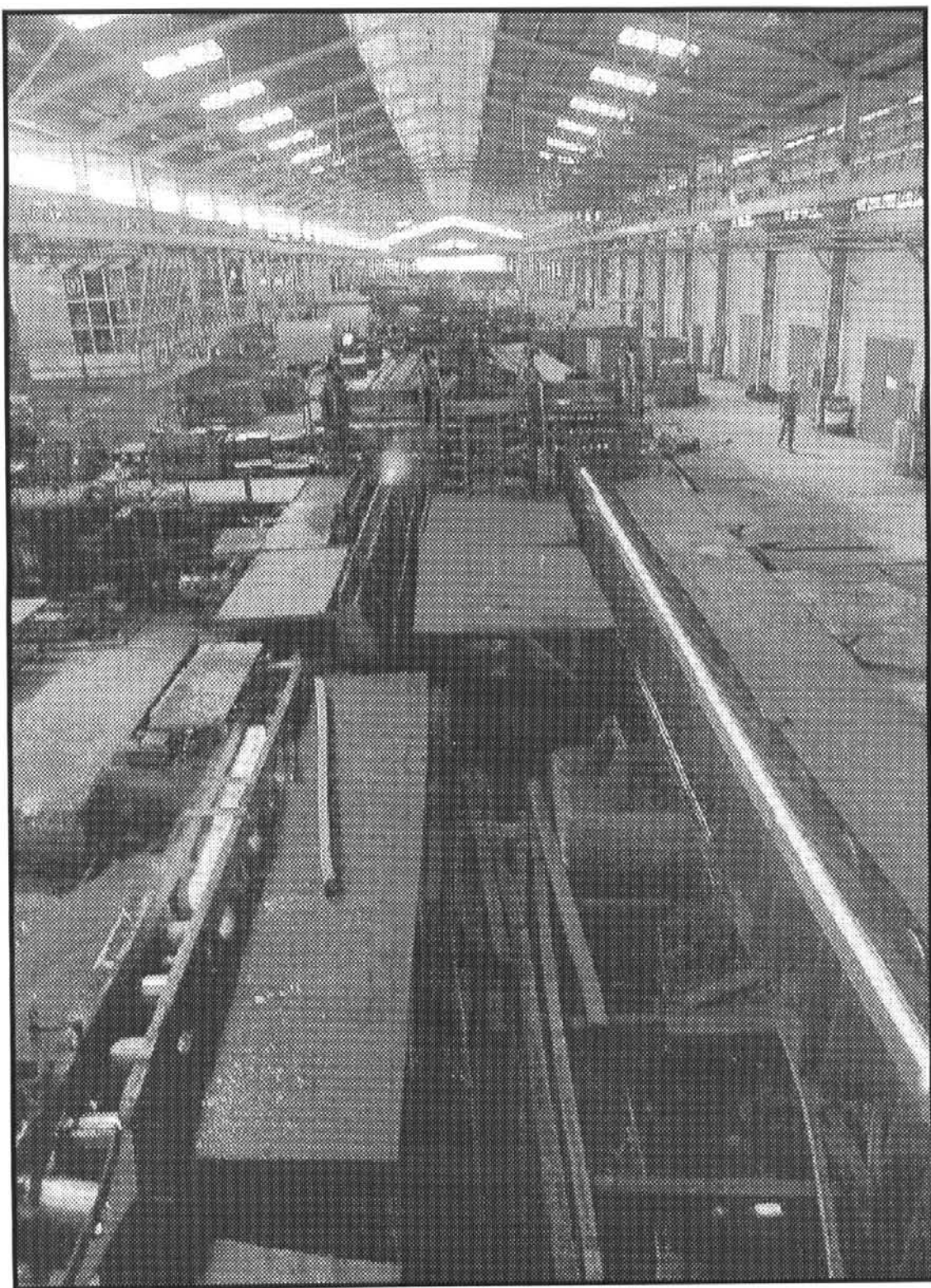
รูปที่ 1 เตาหลอมเหล็กด้วยไฟฟ้า (Electric Arc Furnace)



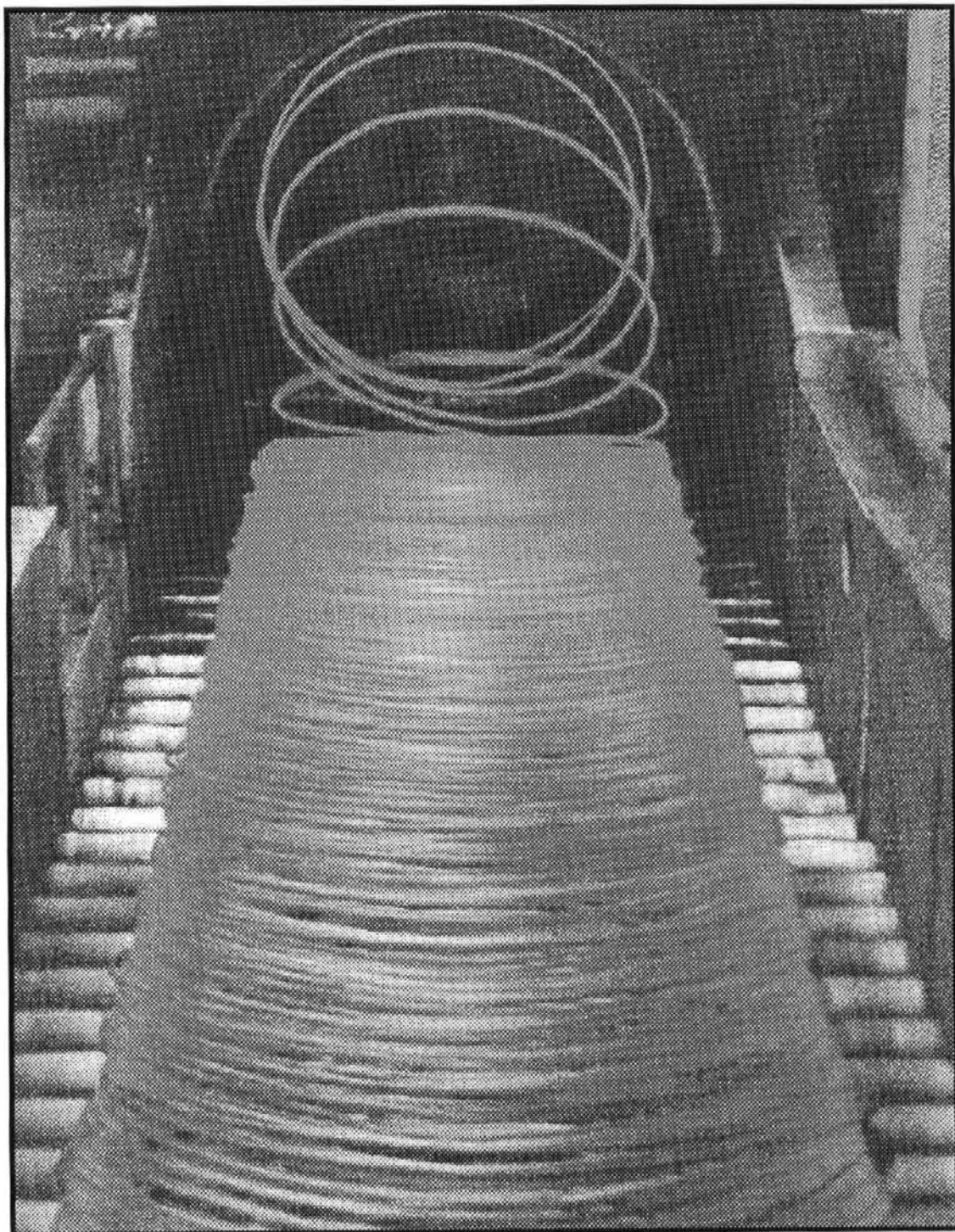
รูปที่ 2 เครื่องรีดเหล็กชนิดมีประสิทธิภาพสูง



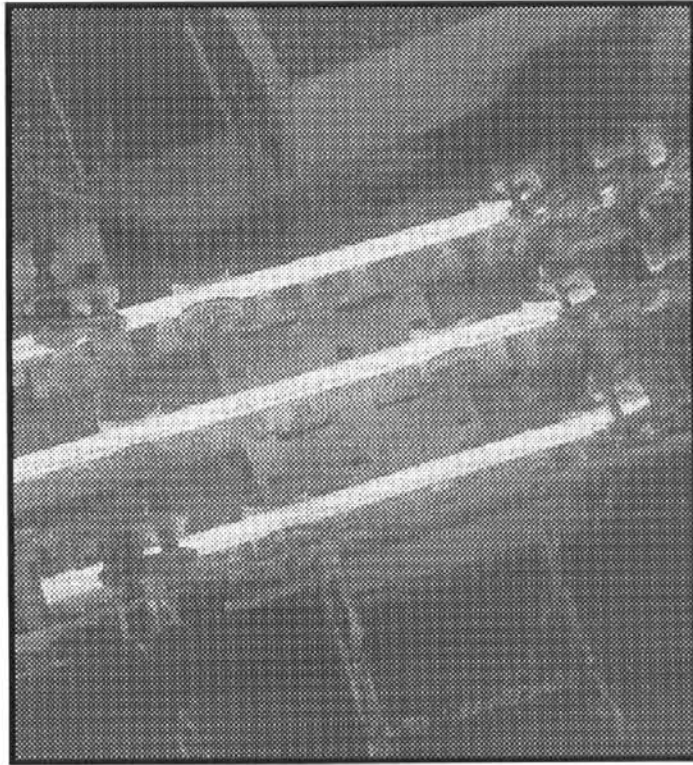
รูปที่ 3 เตาเคียน้ำเหล็ก (Ladle Furnace)



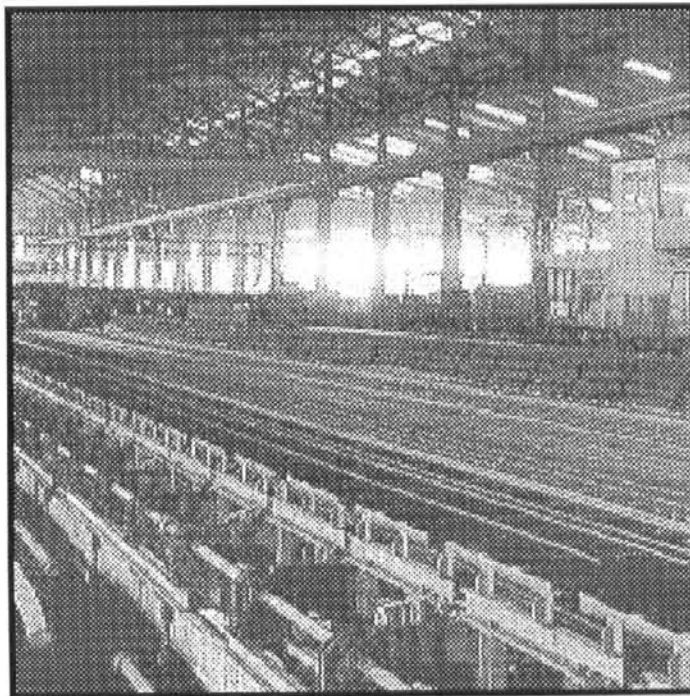
- รูปที่ 4 โรงรีดเหล็ก (Rolling Mill)



รูปที่ 5 เครื่องรีดเหล็กกลวด (Wire Rod Mill)



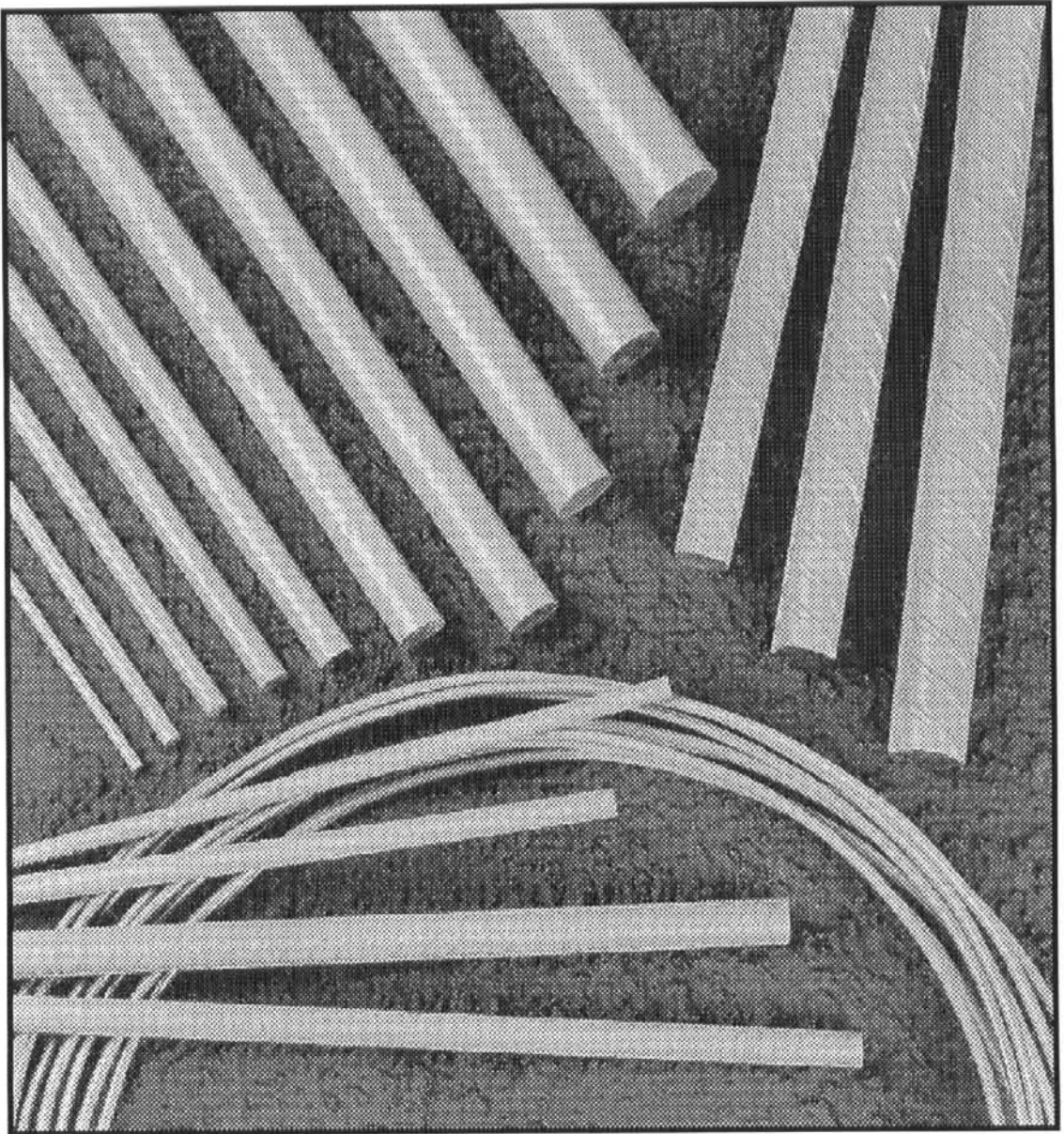
รูปที่ 6 เครื่องหล่อแบบต่อเนื่อง (Continuous Casting Machine)



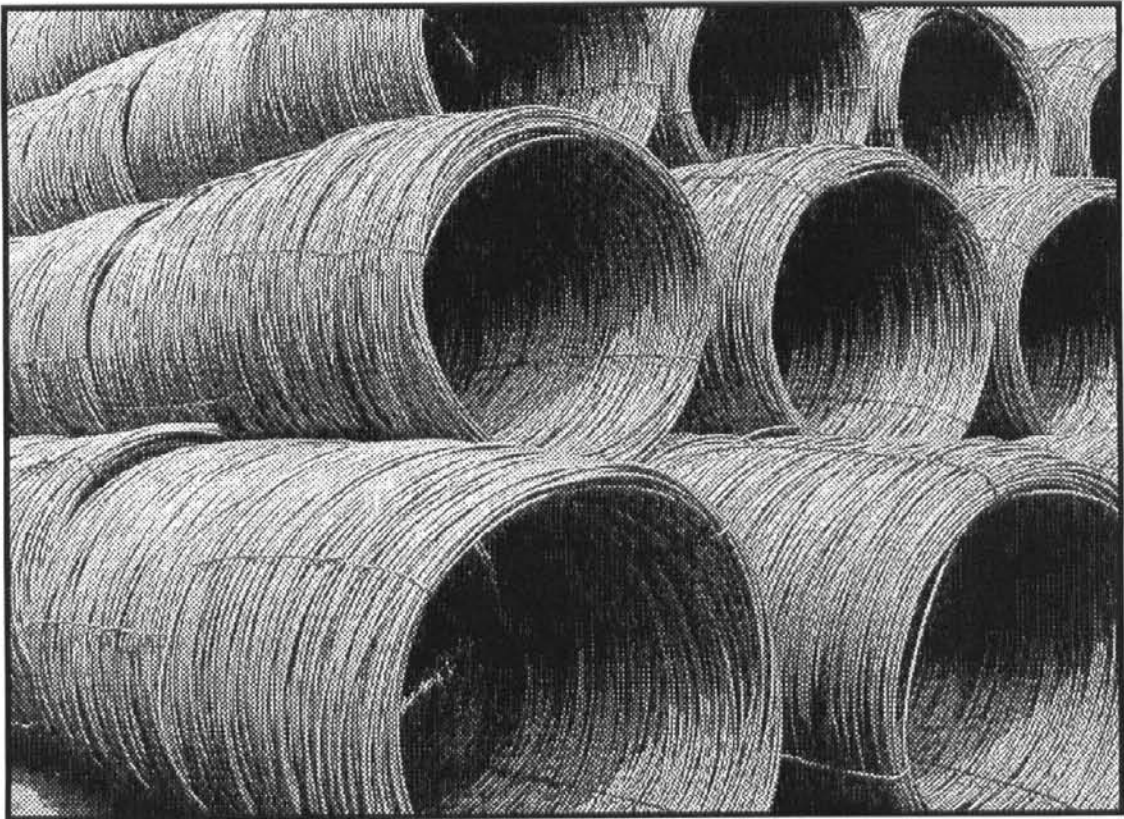
รูปที่ 7 โต๊ะสำหรับฝังให้เหล็กเย็นตัวลง



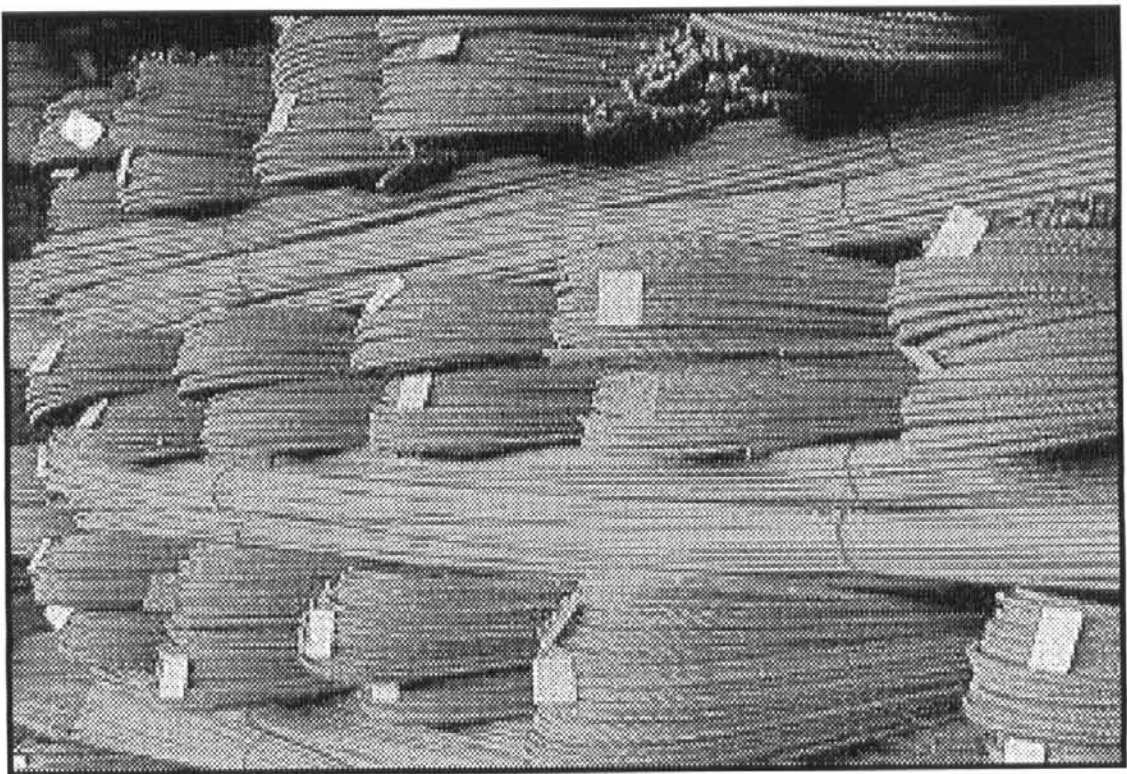
รูปที่ 8 ลักษณะของปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาหลอม และระบบกำจัดฝุ่น (Dust Collector)



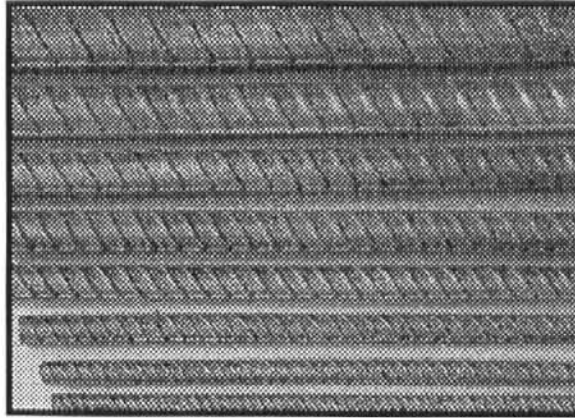
รูปที่ 9 ผลิตภัณฑ์เหล็กเส้นและเหล็กววดขนาดต่างๆ



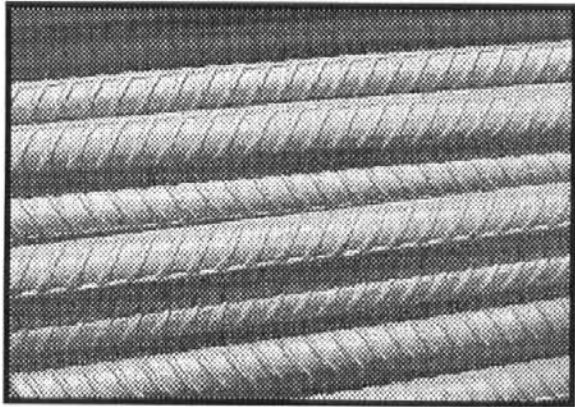
รูปที่ 10 ผลิตภัณฑ์เหล็กลวดชนิดมีธาตุคาร์บอนต่ำ



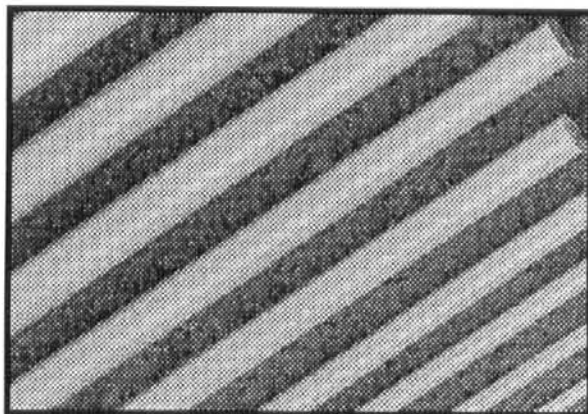
รูปที่ 11 ผลิตภัณฑ์เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต : เหล็กเส้นกลม



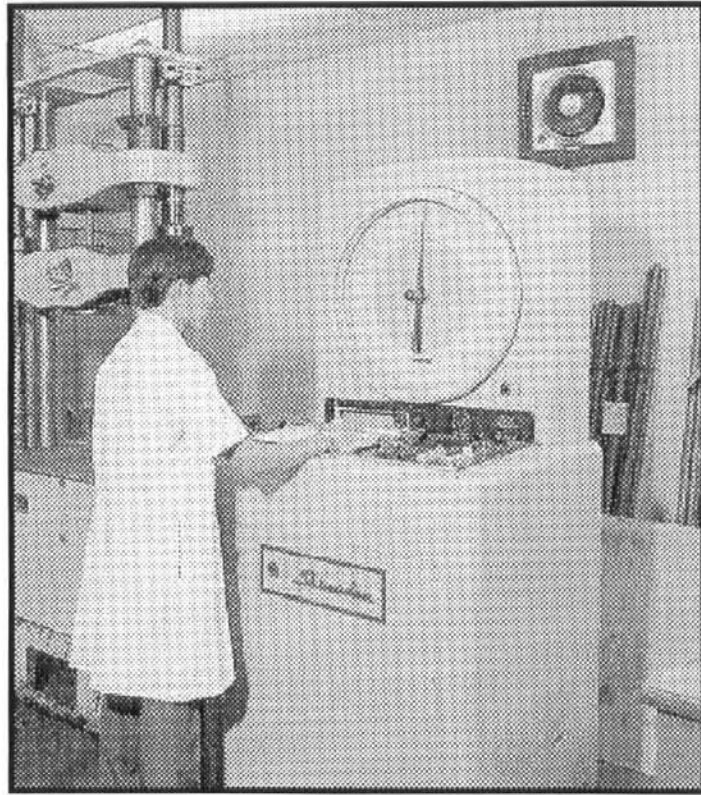
รูปที่ 12 เส้นใยขนาดเล็กต่างๆ



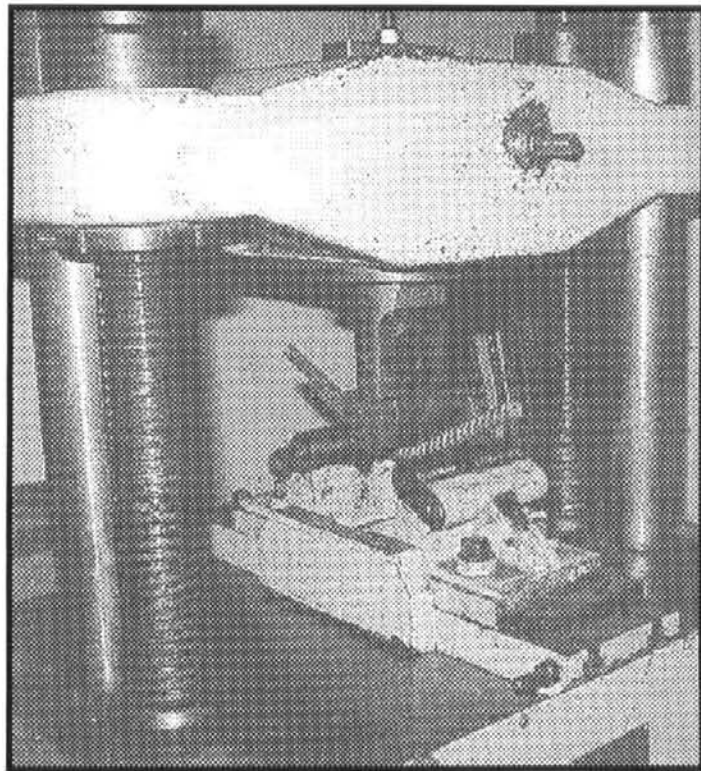
รูปที่ 13 เส้นใยเสริมคอนกรีต : เส้นใยขนาดเล็ก



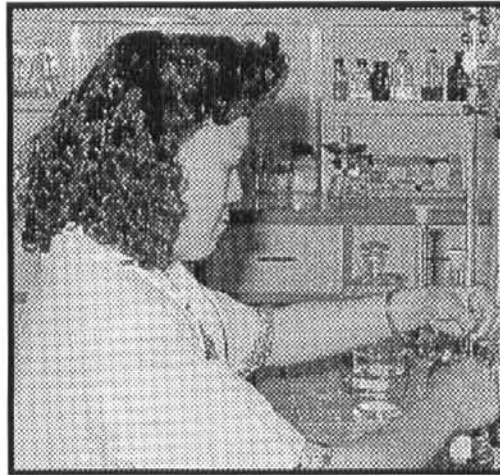
รูปที่ 14 เส้นใยเสริมคอนกรีตขนาดต่างๆ



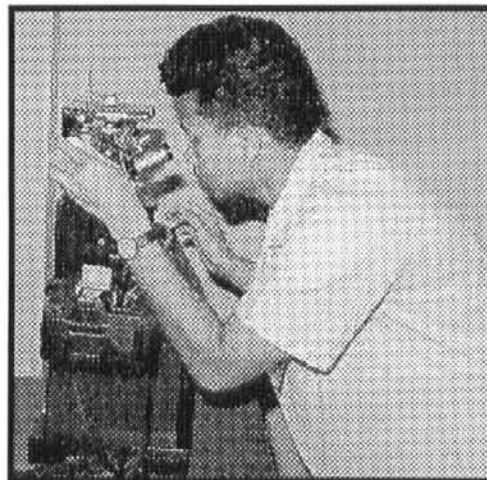
รูปที่ 15 การทดสอบความต้านแรงดึงของเหล็ก (Tensile Test)



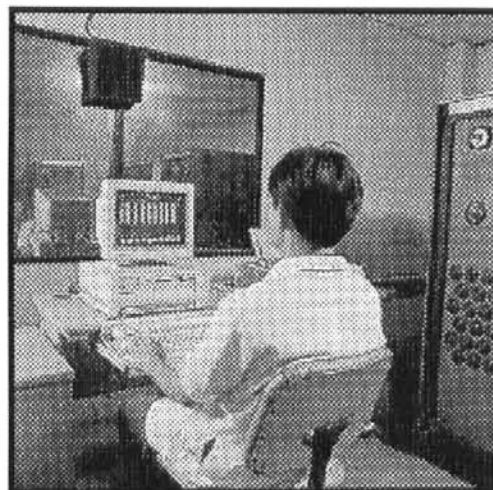
รูปที่ 16 การทดสอบการดัดโค้งเย็น (Bending Test)



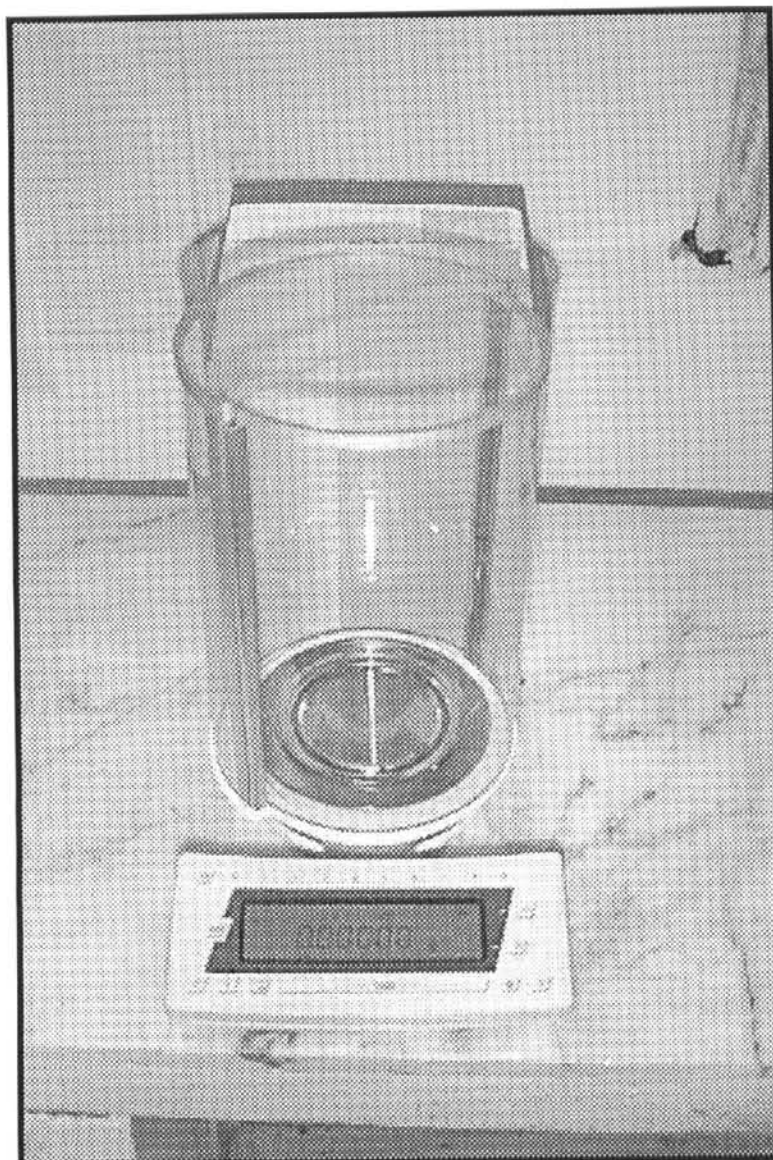
รูปที่ 17 ขั้นตอนการตรวจสอบวัตถุดิบ (Raw Material Inspection)



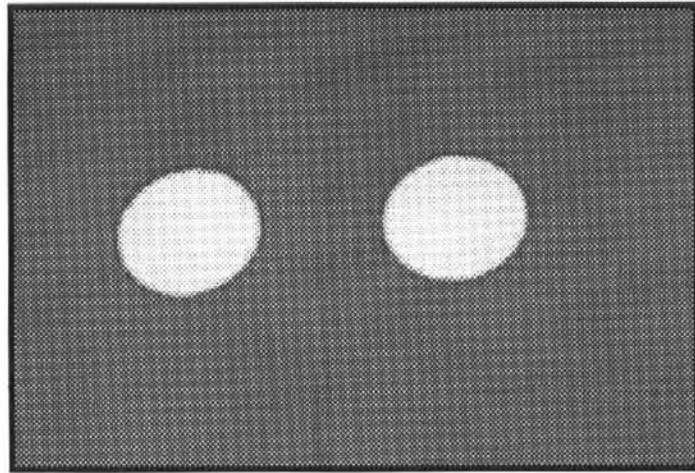
รูปที่ 18 การตรวจดูโครงสร้าง (Microscopic Examination)



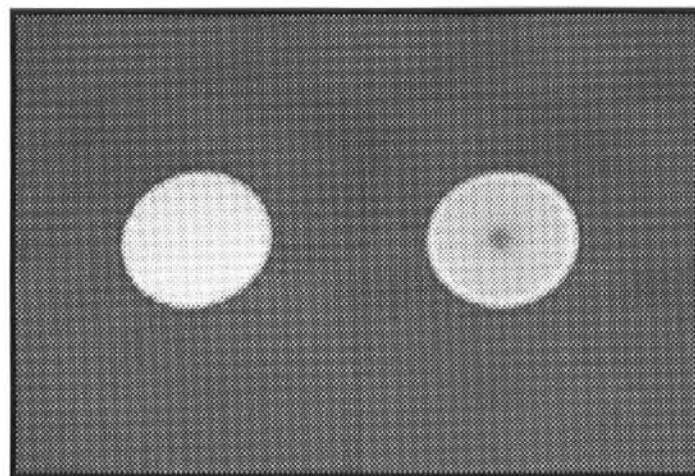
รูปที่ 19 การตรวจวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมี (Chemical Analysis)



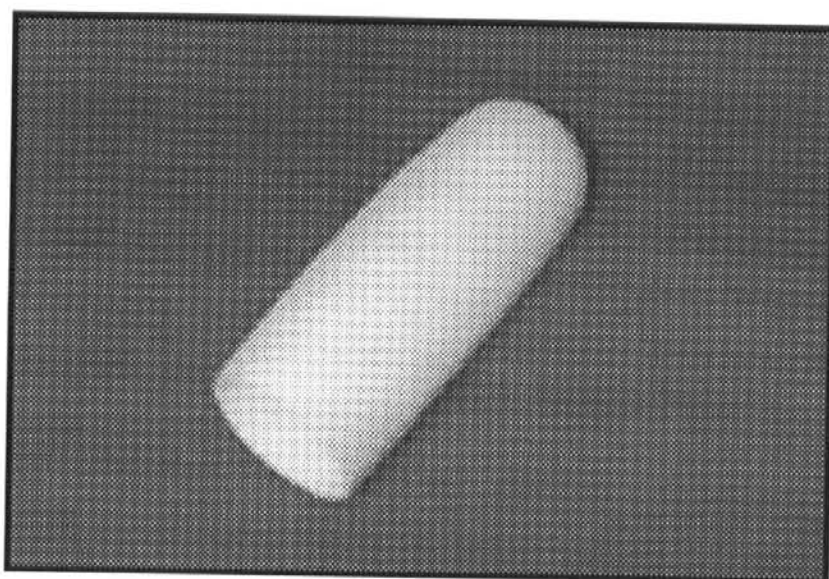
รูปที่ 20 เครื่องชั่งความละเอียด ± 0.01 มิลลิกรัม



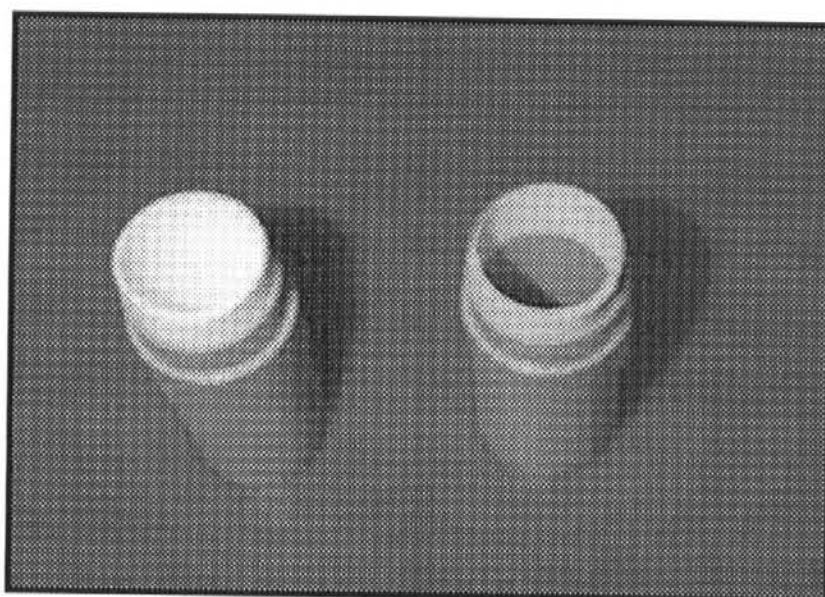
รูปที่ 21 กระดาษกรองสำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่นบริเวณพื้นที่ทำงาน (ก่อนนำไปใช้งาน)



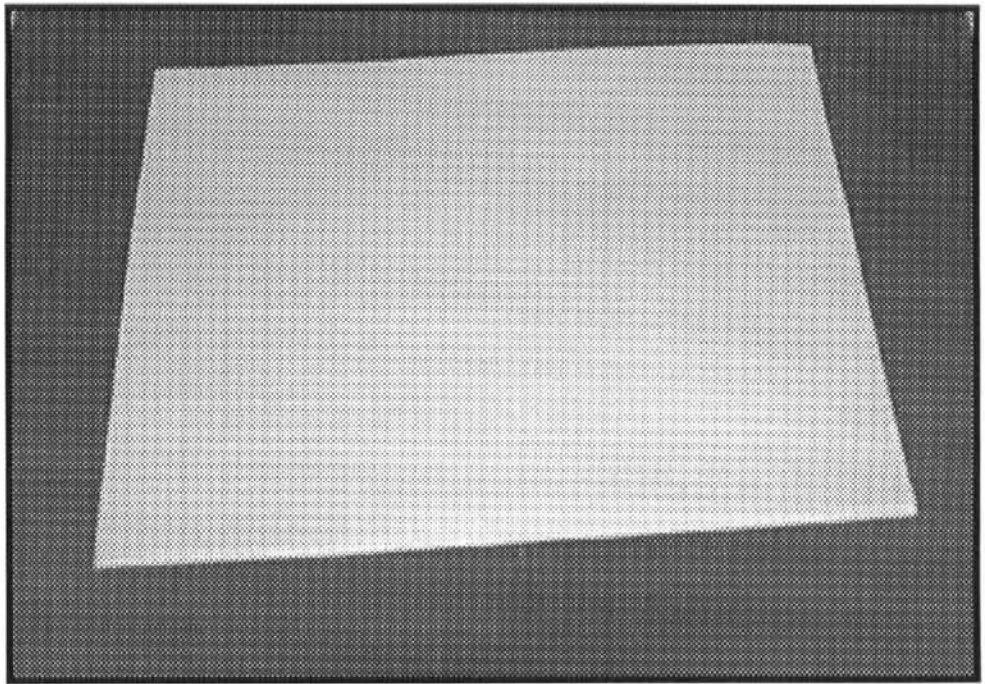
รูปที่ 22 เปรียบเทียบกระดาษกรองก่อนใช้งานและหลังใช้งานแล้ว



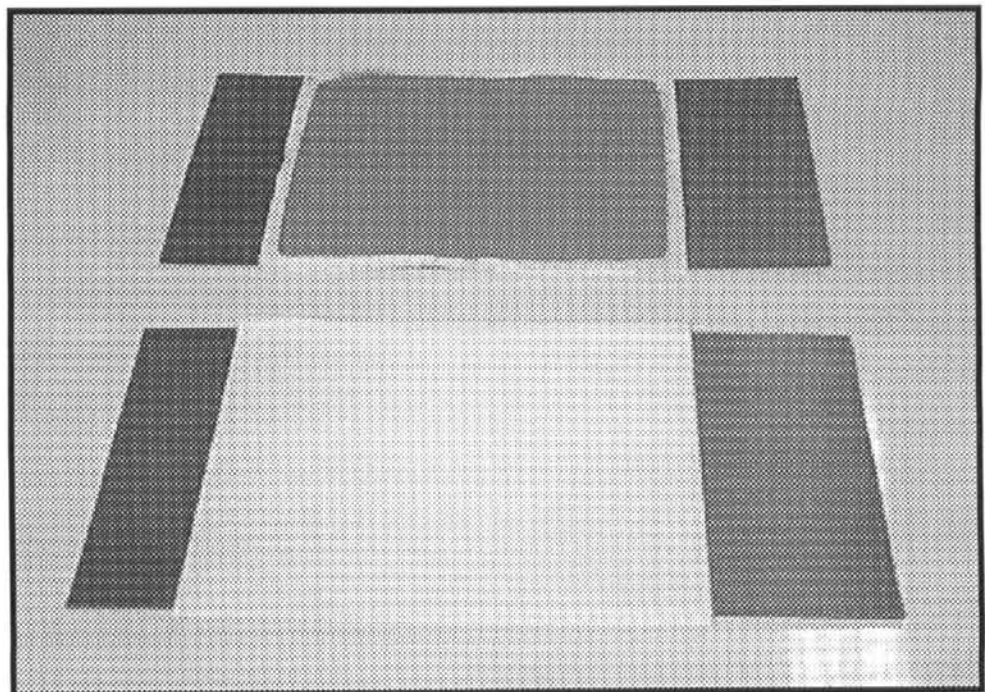
รูปที่ 23 ทิมเบล (Thimble) สำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่นในปล่องปล่อยสู่อากาศ (ก่อนนำไปใช้งาน)



รูปที่ 24 เปรียบเทียบทิมเบล ก่อนใช้งานและหลังใช้งานแล้ว



รูปที่ 25 กระดาษกรองสำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่นบริเวณบรรยากาศ (ก่อนนำไปใช้งาน)



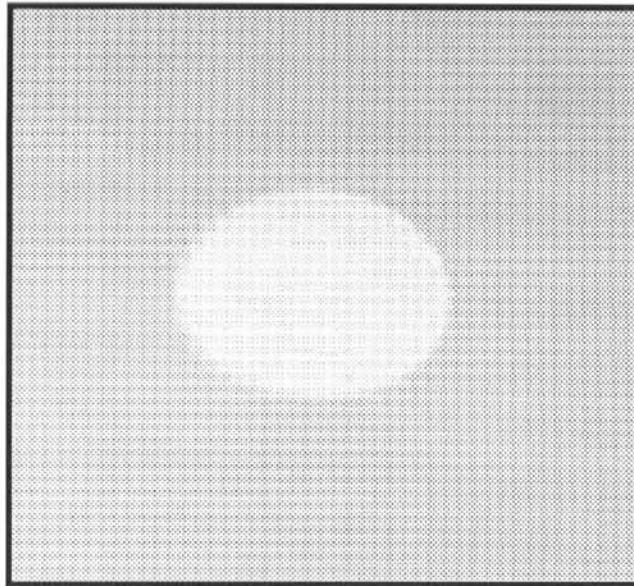
รูปที่ 26 เปรียบเทียบกระดาษกรองก่อนใช้งานและหลังใช้งานแล้ว



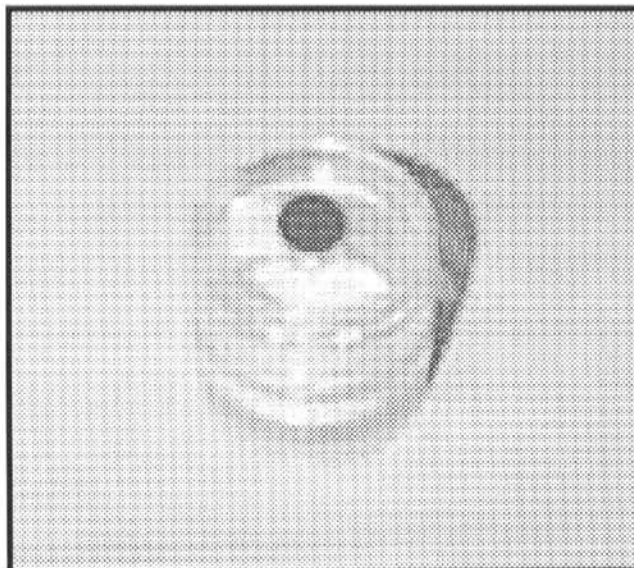
รูปที่ 27 ตู้สำหรับดูความชื้นของกระดาษกรอง (ก่อนนำไปใช้งาน)



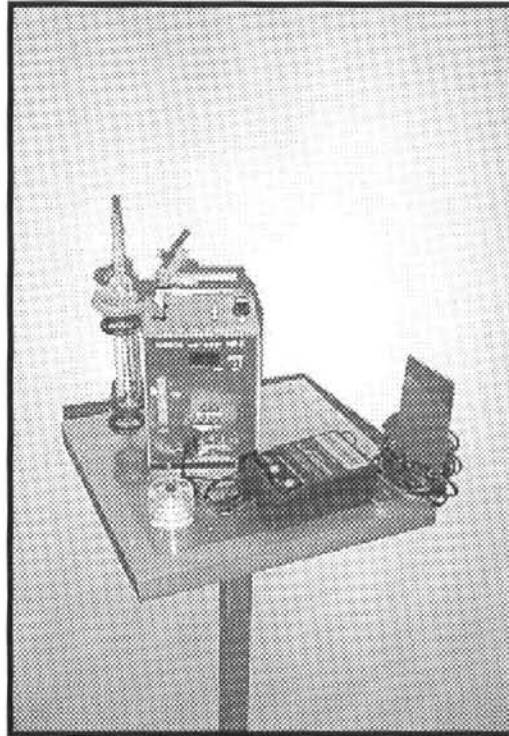
รูปที่ 28 ตู้สำหรับดูความชื้นของกระดาษกรอง (หลังจากนำไปใช้งานแล้ว)



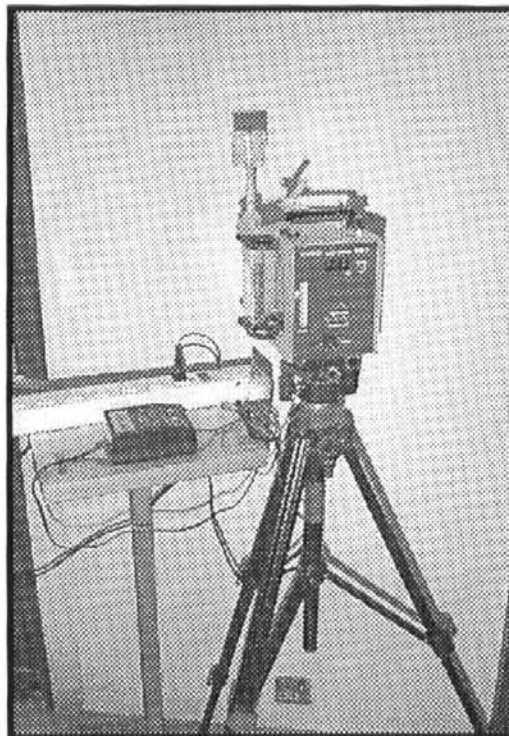
รูปที่ 29 กระจกทรงสำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่นบริเวณพื้นที่ทำงาน



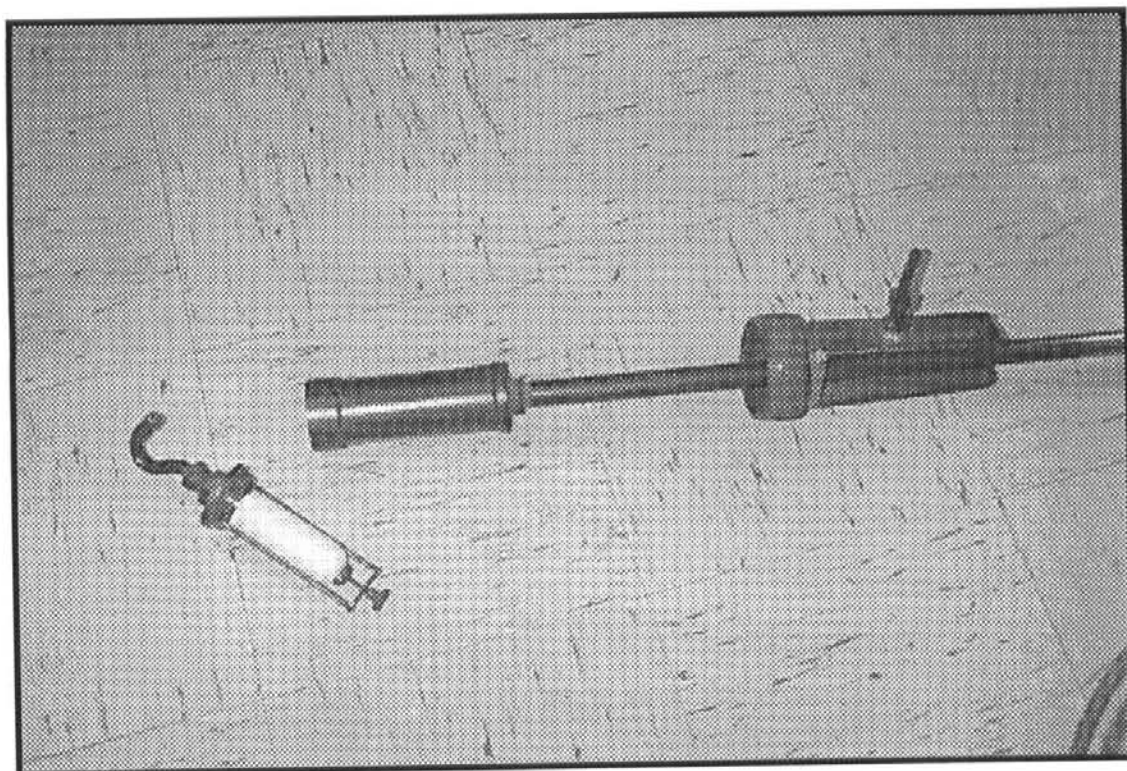
รูปที่ 30 กระจกทรงที่บรรจุอยู่ในตลับพลาสติก



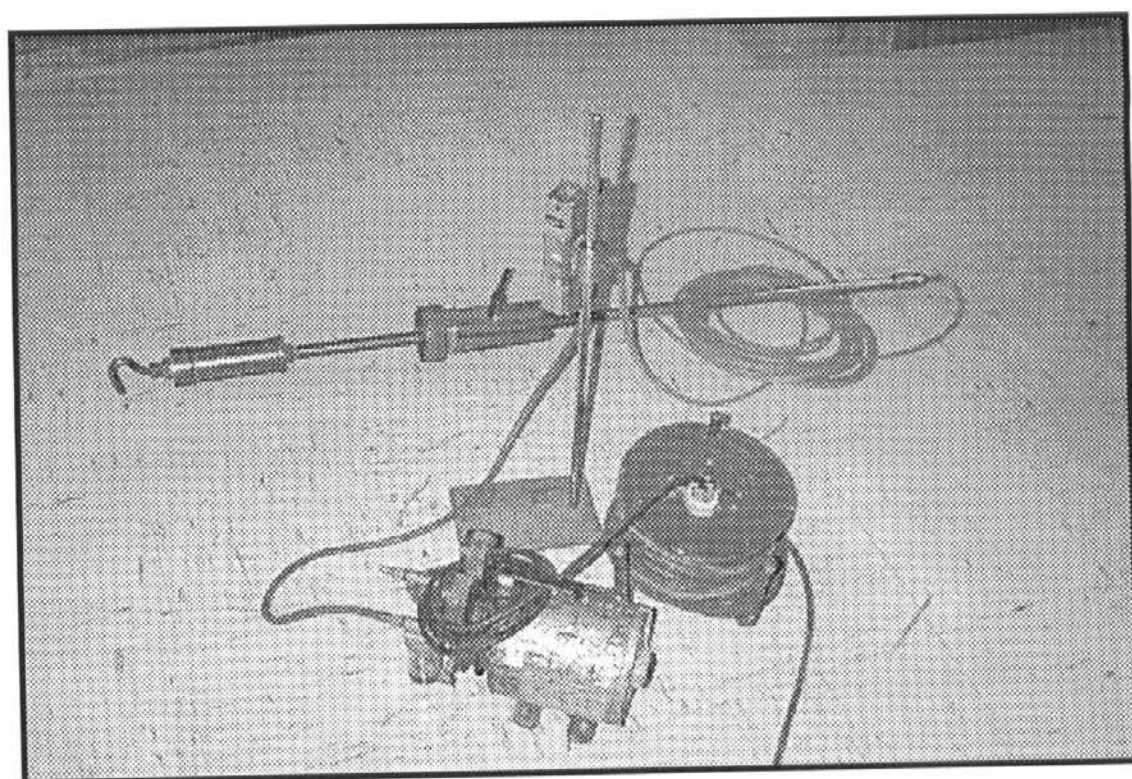
รูปที่ 31 อุปกรณ์ และชิ้นส่วนต่างๆ สำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่นบริเวณ พื้นที่ทำงาน



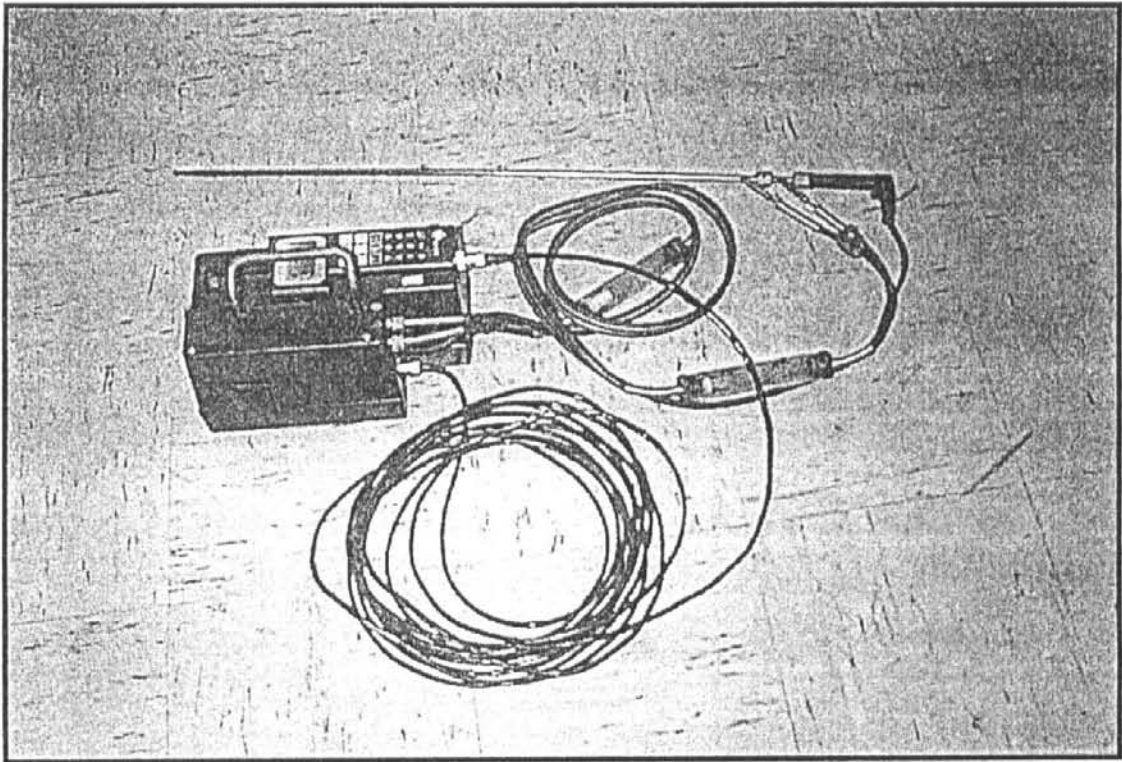
รูปที่ 32 ชุดเก็บตัวอย่างฝุ่นบริเวณพื้นที่ทำงาน (working area)



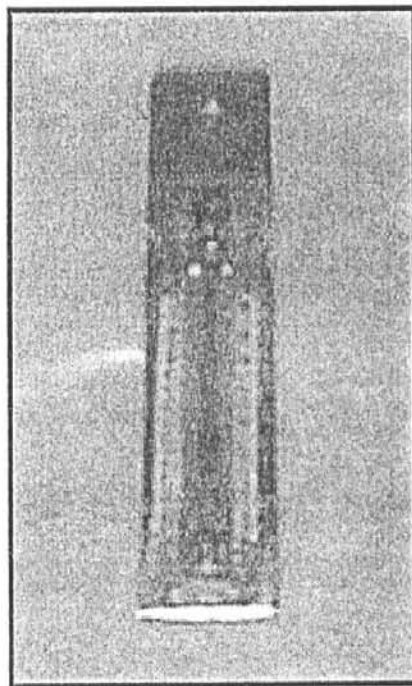
รูปที่ 33 ลักษณะของการสวมทิมเบลใน probe สำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่นในปล่องปล่อยสู่อากาศ



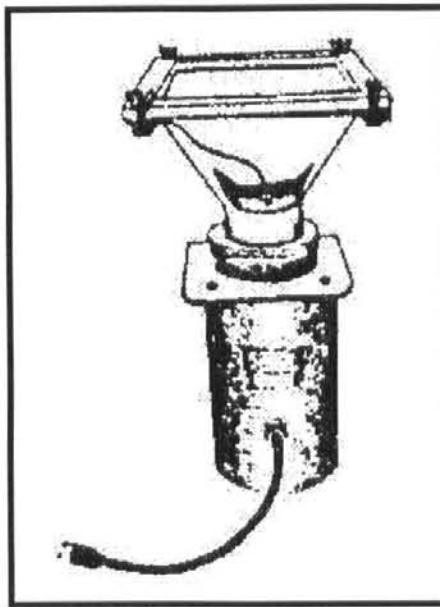
รูปที่ 34 ชุดเก็บตัวอย่างฝุ่นในปล่องปล่อยสู่อากาศ (stack)



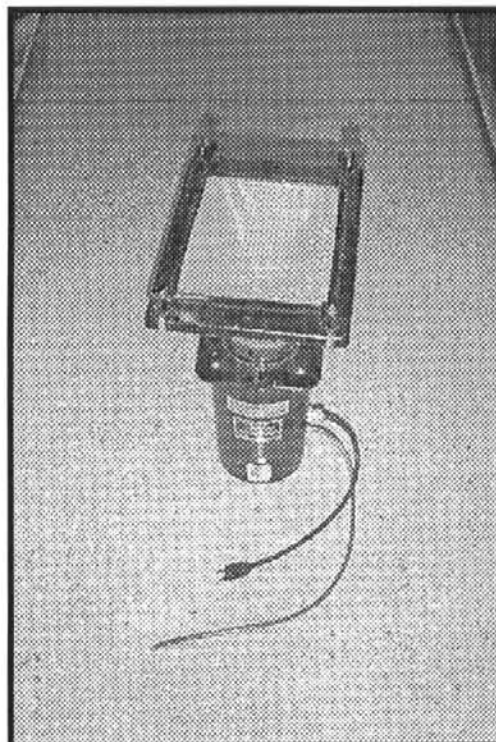
รูปที่ 35 ชุดเก็บตัวอย่างก๊าซในปดองปล่อยสู่อากาศ



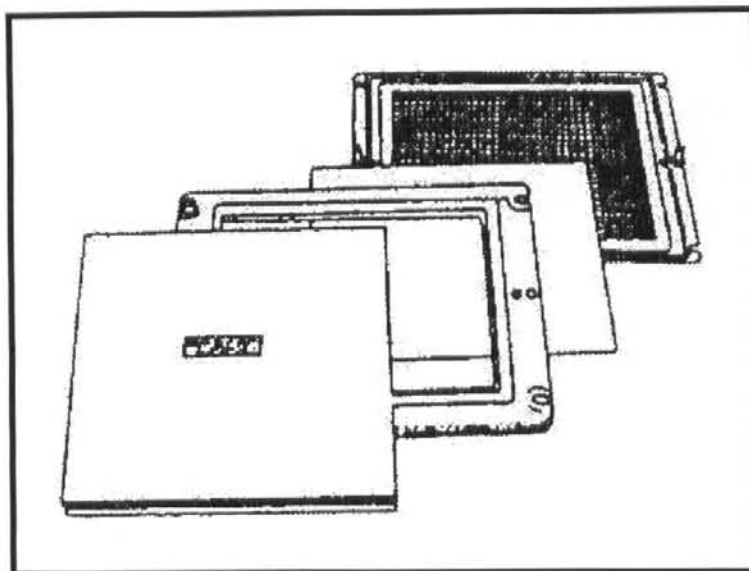
รูปที่ 36 flow meter สำหรับวัดอัตราการไหลของอากาศ



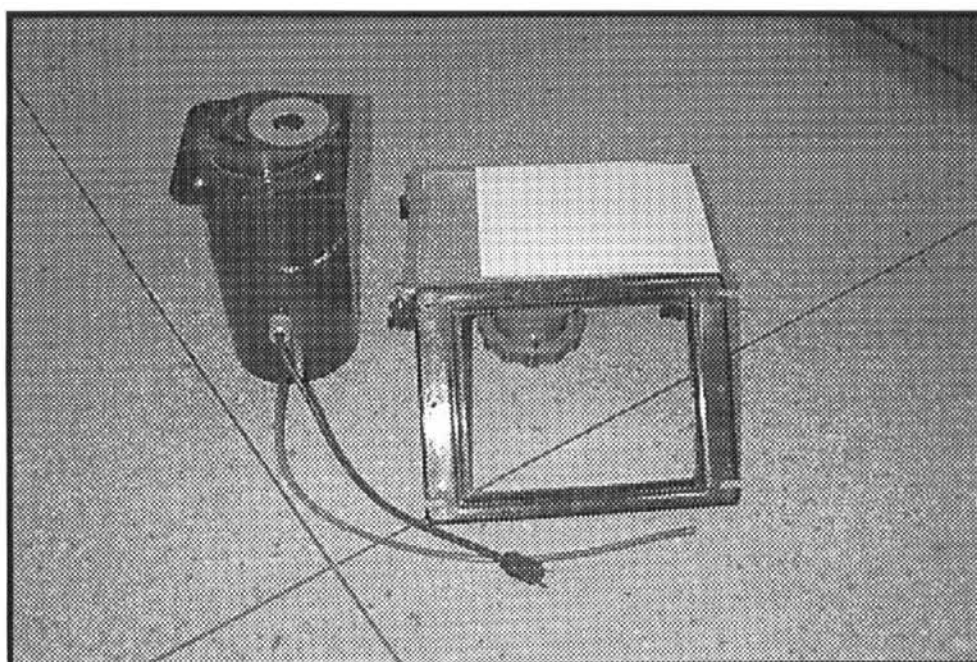
รูปที่ 37 ส่วนประกอบของตัวเครื่อง High Volume



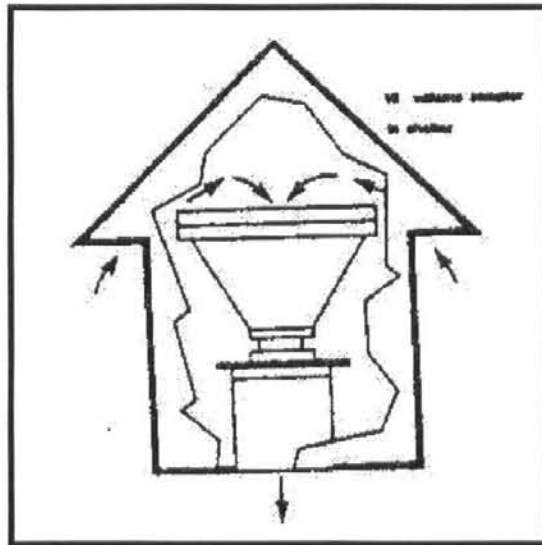
รูปที่ 38 ส่วนประกอบของตัวเครื่อง High Volume



รูปที่ 39 ส่วนประกอบของตัวเครื่อง High Volume



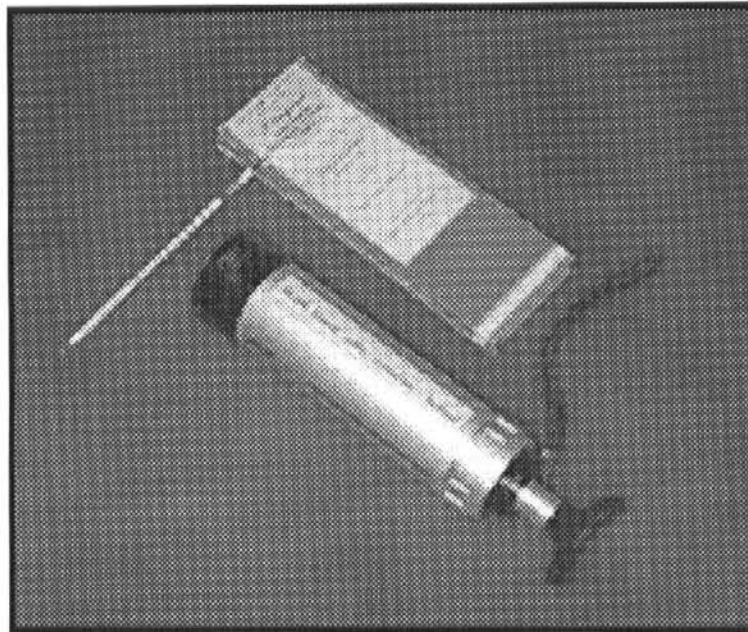
รูปที่ 40 ส่วนประกอบของตัวเครื่อง High Volume



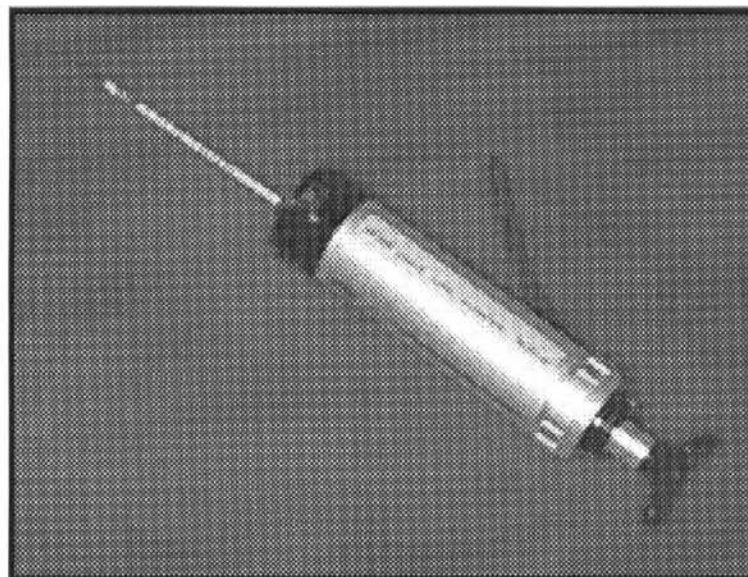
รูปที่ 41 แสดงลักษณะการไหลของอากาศเข้าตัวเครื่อง High Volume



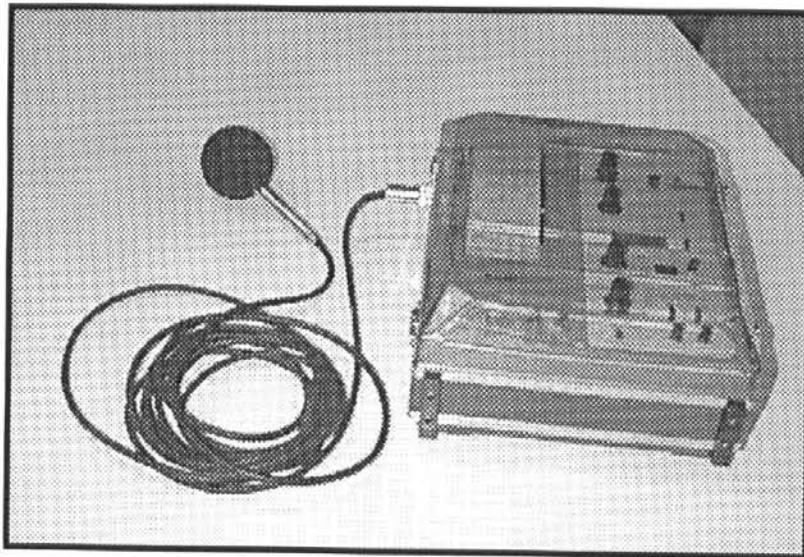
รูปที่ 42 ชุดเก็บตัวอย่างฝุ่น (High Volume) บริเวณบรรยากาศ (ambient area)



รูปที่ 43 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างก๊าซบริเวณพื้นที่ทำงาน หรือในปล่องปล่อยสู่อากาศ



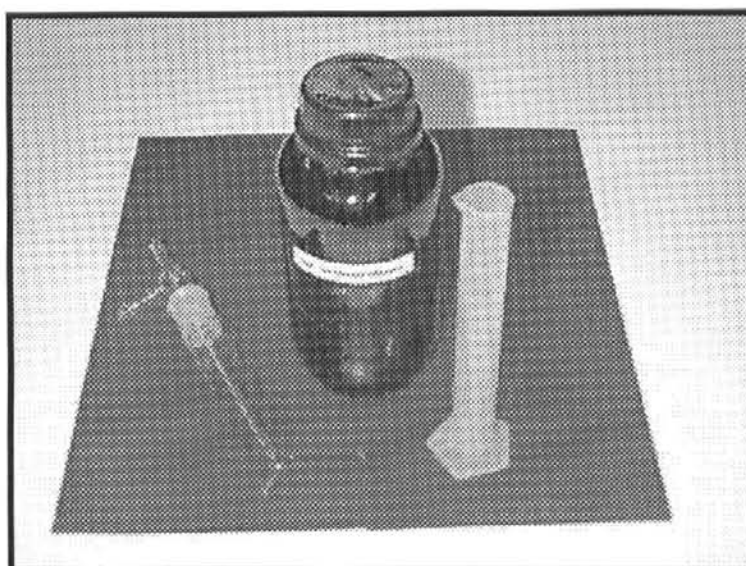
รูปที่ 44 ชุดเก็บตัวอย่างก๊าซบริเวณพื้นที่ทำงาน หรือในปล่องปล่อยสู่อากาศ



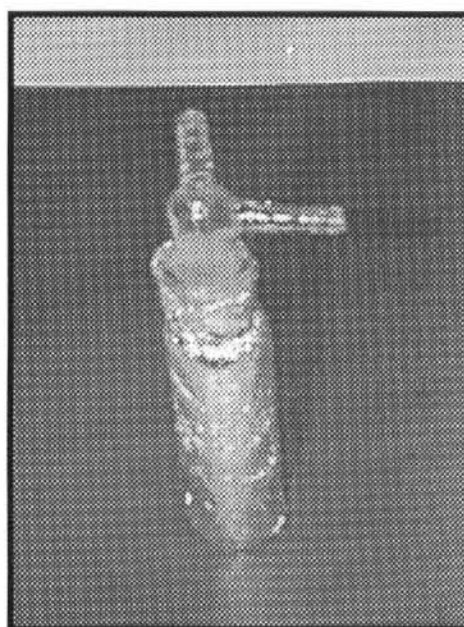
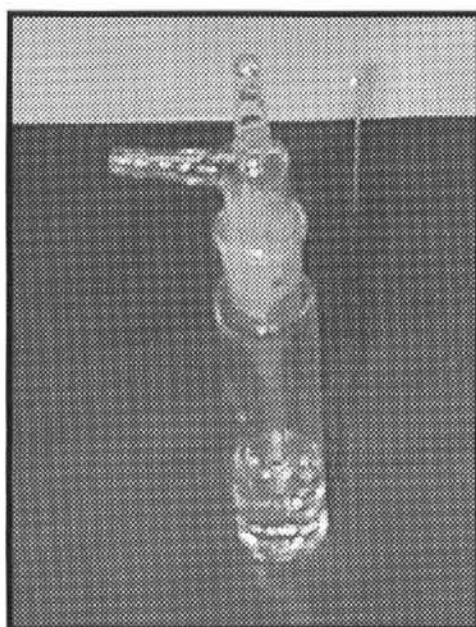
รูปที่ 45 เครื่องวัดระดับความดังของเสียง (Sound Level Meter)



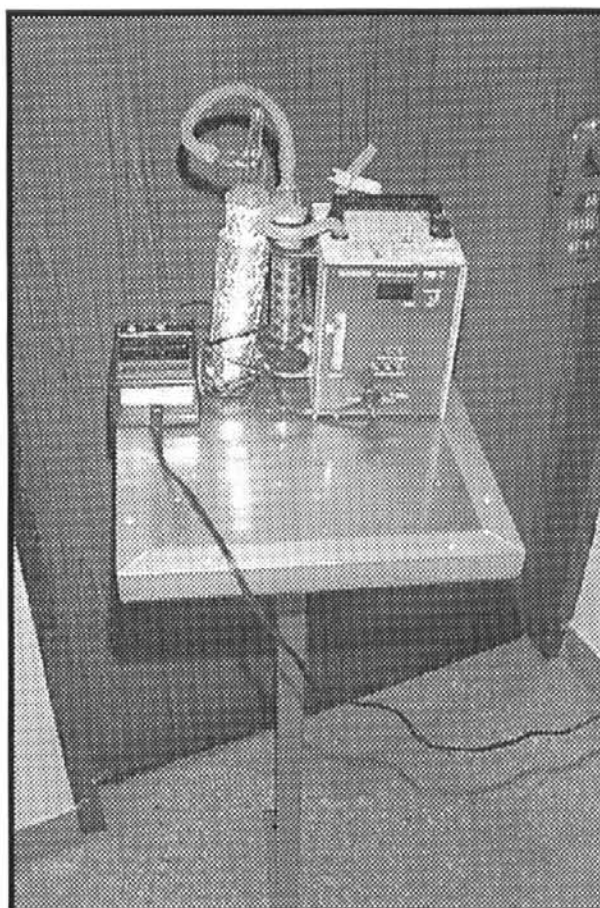
รูปที่ 46 ชุดเครื่องวัดระดับความดังของเสียงบริเวณพื้นที่ทำงาน



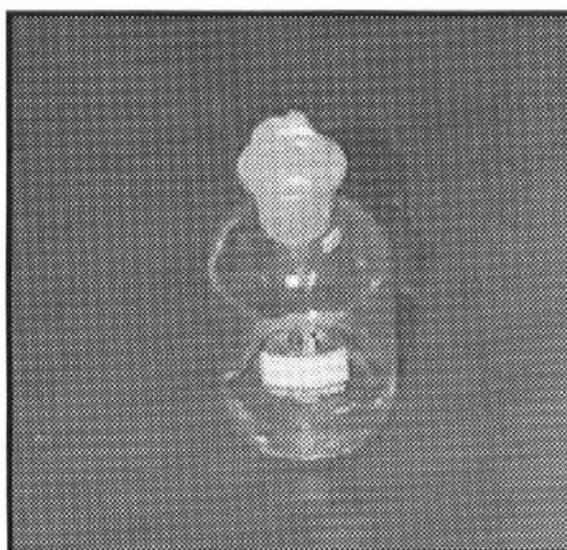
รูปที่ 47 Absorbing Solution สำหรับดูดซับก๊าซ SO_2 ในบรรยากาศ



รูปที่ 48 Absorbing Solution ใน impinger พร้อมกับห่อหุ้มด้วย foil

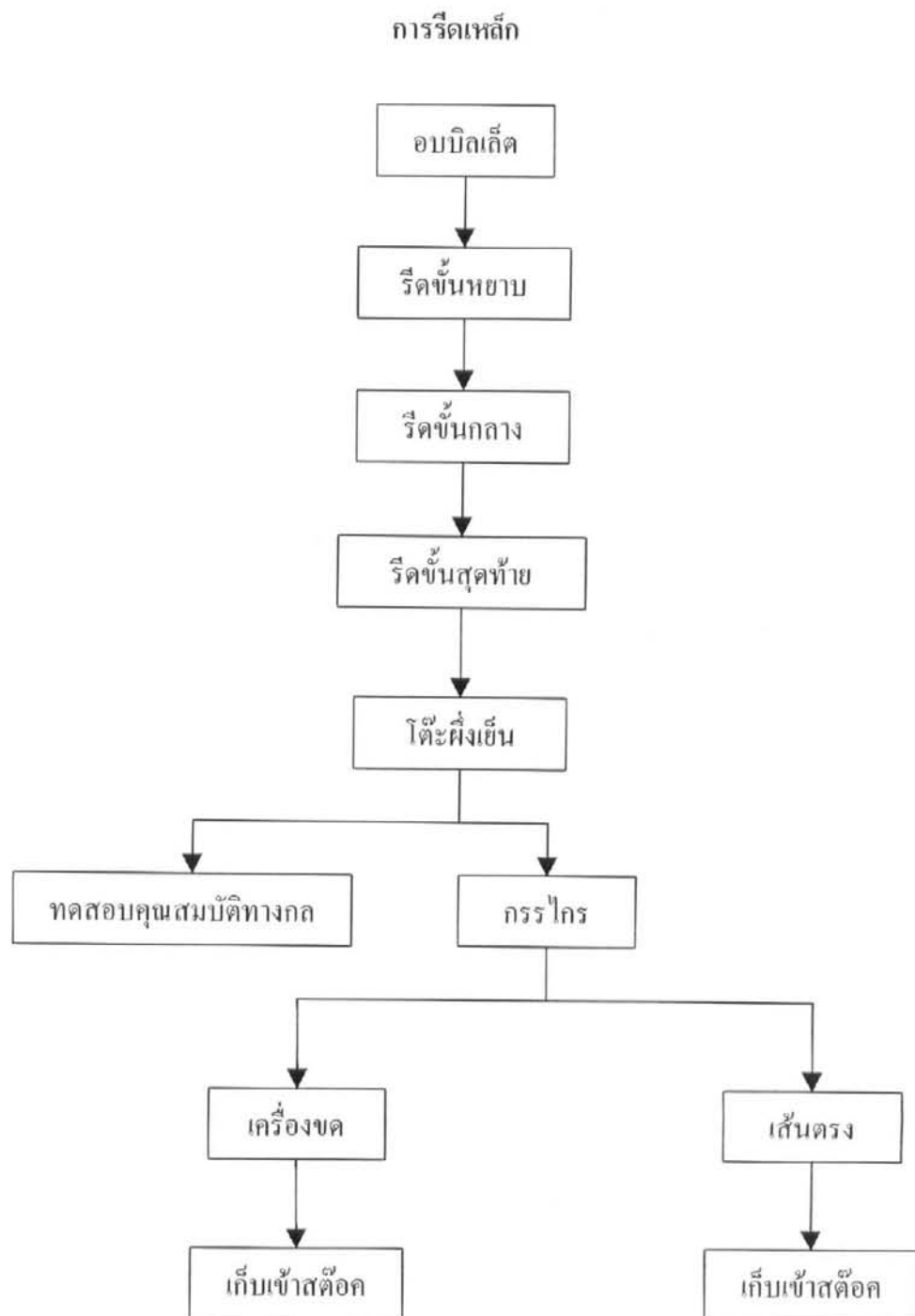
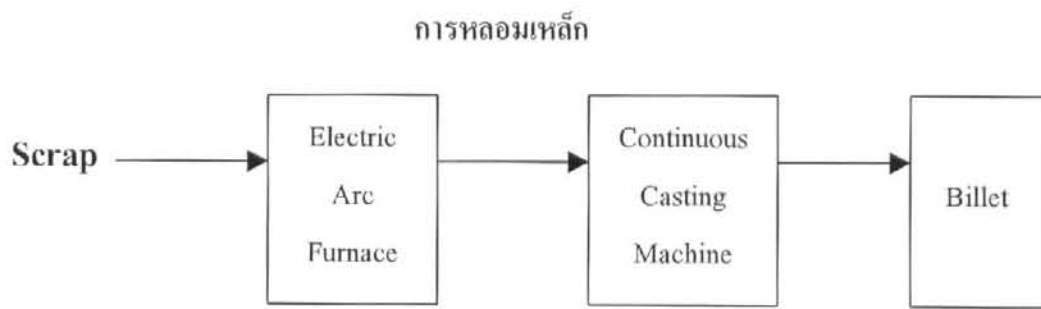


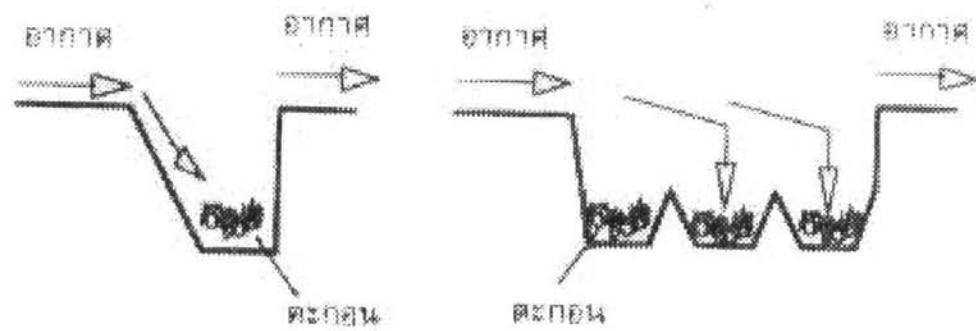
รูปที่ 49 ชุดเก็บตัวอย่างก๊าซ SO_2 ในบรรยากาศ



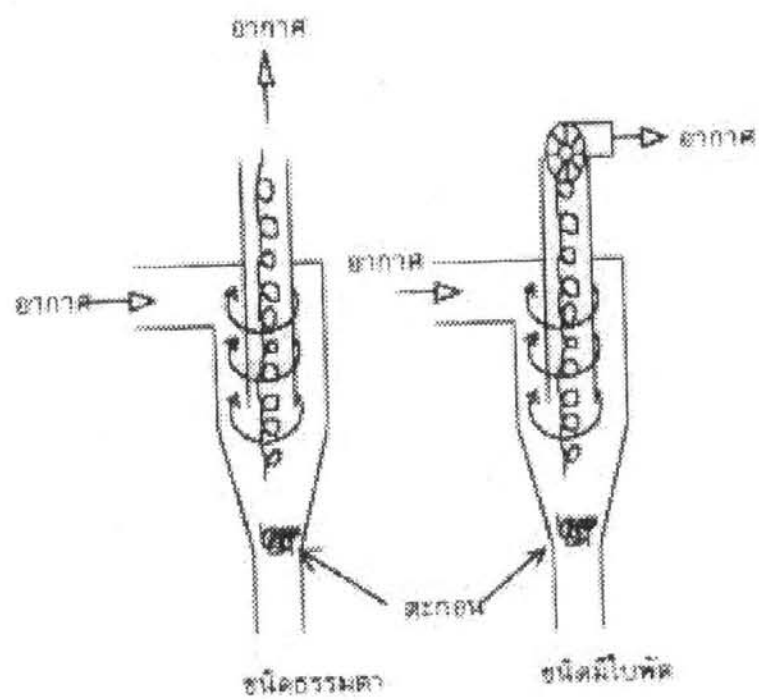
รูปที่ 50 ตัวอย่างก๊าซ SO_2 ที่ถูกดูดซับลงใน Absorbing Solution แล้วนำมาเก็บในขวดเก็บตัวอย่าง

รูปที่ 51 แผนผังกรรมวิธี (Flow Sheet) การหลอมเหล็ก และการรีดเหล็ก

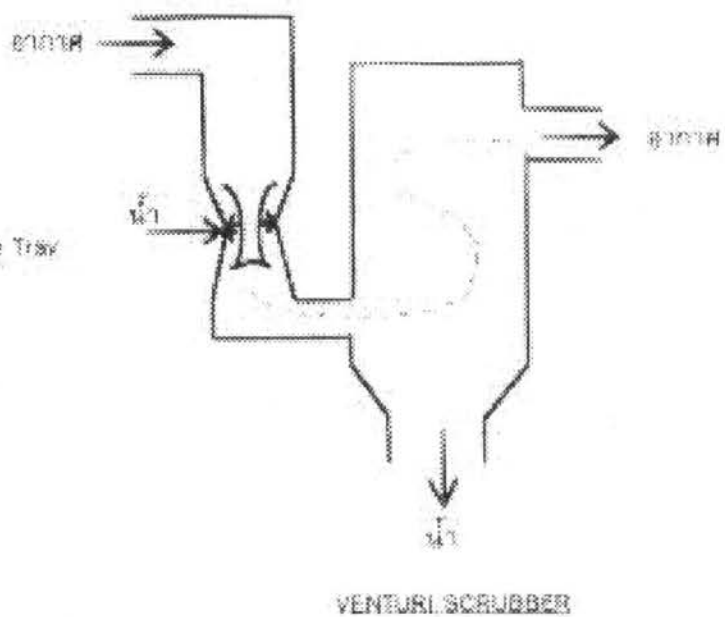
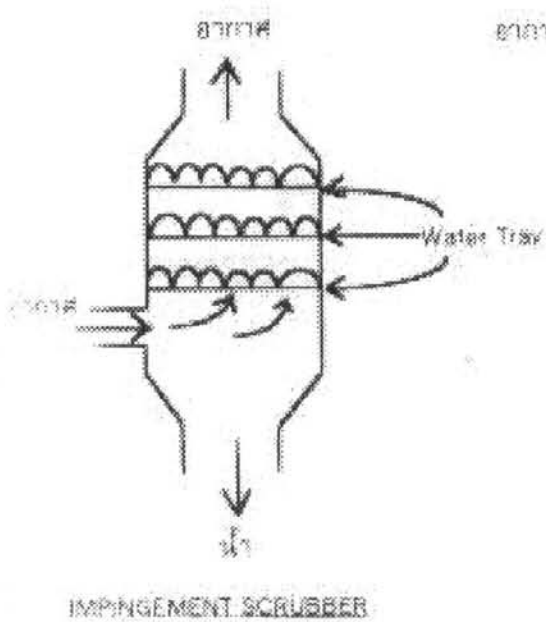
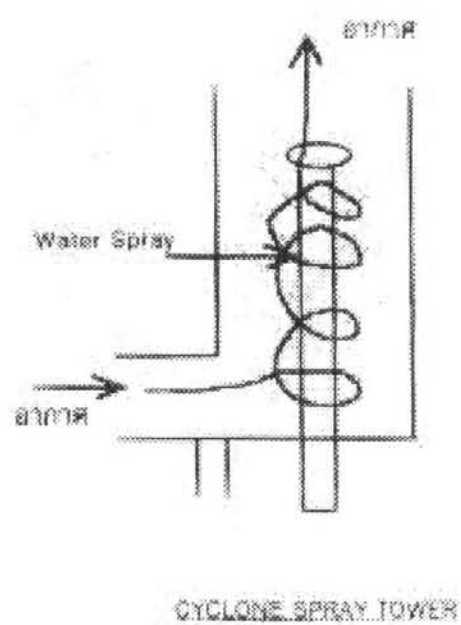
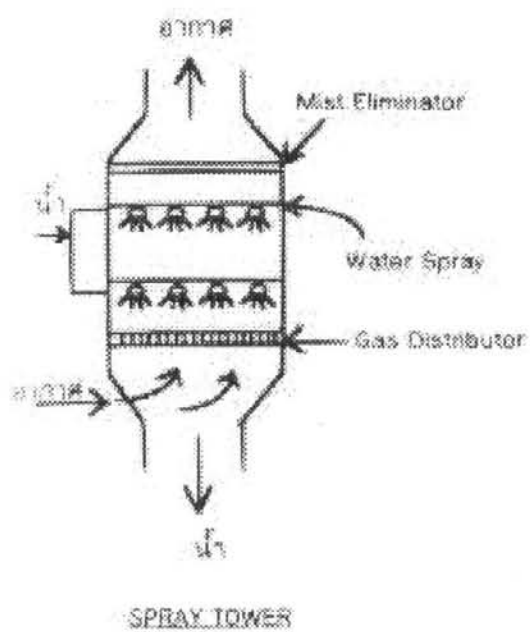




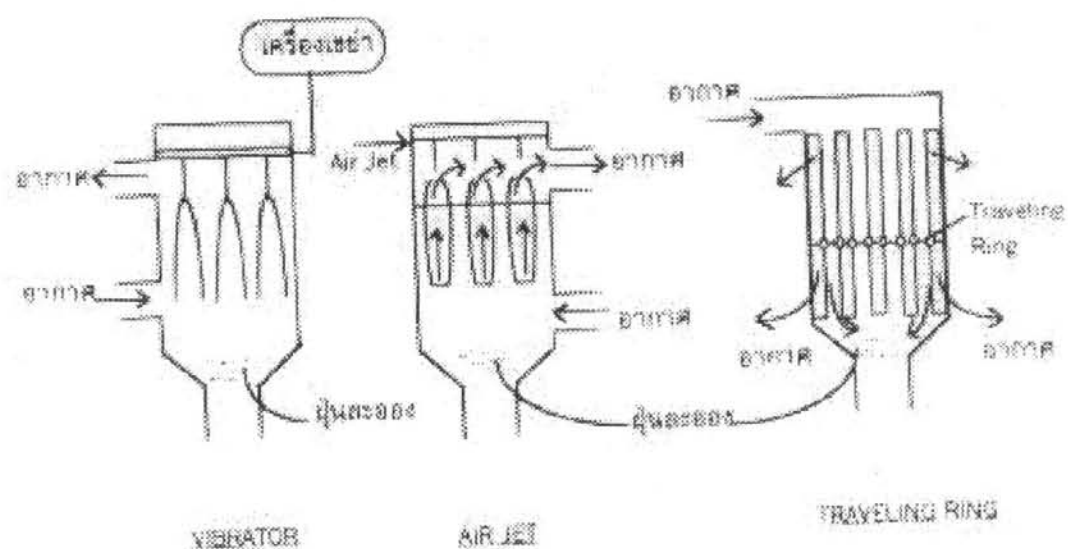
รูปที่ 52 ห้องตกตะกอน



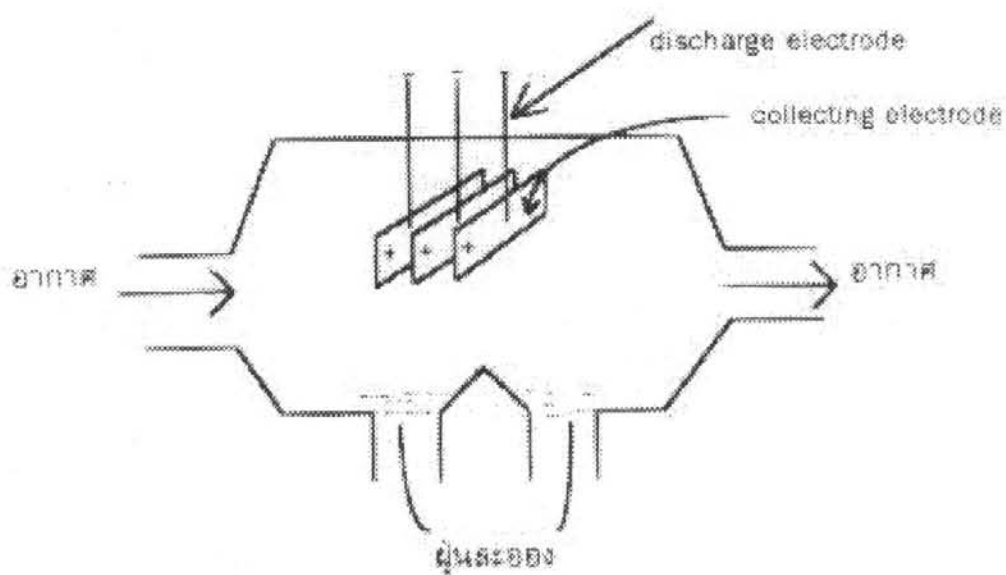
รูปที่ 53 ไซโคลน



รูปที่ 54 เครื่องเก็บแบบเปียก



รูปที่ 55 เครื่องกรองใย



รูปที่ 56 เครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตย์

ภาคผนวก ข

ตารางที่ 1 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นบริเวณพื้นที่ทำงาน ในปล่องปล่อยสู่อากาศ และบริเวณบรรยากาศ (หน่วย mg/m³) ของโรงงานที่ 1

ตำแหน่ง	พ.ศ.2535	พ.ศ.2536		พ.ศ.2537		พ.ศ.2538		พ.ศ.2539	พ.ศ.2541		พ.ศ.2542	พ.ศ.2543
	ค.ค.	พ.ค.	ธ.ค.	พ.ค.	ธ.ค.	มิ.ย.	ธ.ค.	ธ.ค.	มิ.ย.	ธ.ค.	ก.ค.	ก.พ.
บริเวณพื้นที่ทำงาน												
1. บริเวณด้านข้างเตาหลอม (A 11)	0.20	0.12	5.00	0.90	1.60	3.70	1.50	-	5.07	0.23	3.05	4.68
2. บริเวณด้านหน้าเตาหลอม (A 12)	0.20	0.18	2.70	1.10	1.40	4.20	0.70	28.20	4.05	1.34	4.36	4.55
3. บริเวณด้านหลัง billet (A 14)	6.50	0.13	1.70	2.00	28.90	3.30	4.00	34.10	4.18	0.54	0.19	1.19
4. บริเวณรางรีดเหล็ก (A 15)	0.70	0.09	0.80	1.10	1.00	0.50	0.80	0.50	-	-	-	-
5. บริเวณรางรีดเหล็ก (A 16)	3.80	4.55	2.50	0.60	1.70	0.30	1.80	0.03	-	-	-	-
ในปล่องปล่อยสู่อากาศ												
1. ในปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาหลอม 1 และ 2	163.00	388.00	57.60	77.30	20.20	16.70	55.30	73.50	3.20	21.90	43.40	96.70
2. ในปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาอบ	-	-	-	-	-	-	-	-	37.80	-	-	27.60
3. ในปล่องปล่อยสู่อากาศโรงรีดเหล็กเส้น (RM 10)	-	121.00	-	-	-	-	-	-	-	0.26	-	-
บริเวณบรรยากาศ												
1. บริเวณทิศเหนือของโรงงาน	-	-	-	-	-	0.19	0.56	0.20	0.75	0.11	0.30	0.07
2. บริเวณทิศใต้ของโรงงาน	1.09	0.15	0.27	0.16	0.31	0.23	0.53	0.30	0.15	0.44	0.39	0.11
3. บริเวณทิศเหนือของท่าเรือ	0.41	0.32	0.40	0.47	0.40	0.19	0.29	0.24	0.16	0.16	0.35	0.20
4. บริเวณทิศใต้ของท่าเรือ	-	-	-	-	-	0.13	0.78	0.18	0.12	0.25	0.14	0.23

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตารางที่ 2 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณ SO₂ ในปล่องปล่อยสู่อากาศ (หน่วย ppm) และบริเวณบรรยากาศ (หน่วย mg/m³) ของโรงงานที่ 1

ตำแหน่ง	พ.ศ.2535	พ.ศ.2536		พ.ศ.2537		พ.ศ.2538		พ.ศ.2541	พ.ศ.2542	พ.ศ.2543
	ต.ค.	พ.ค.	ธ.ค.	พ.ค.	ธ.ค.	มิ.ย.	ธ.ค.	ธ.ค.	ก.ค.	ก.พ.
ในปล่องปล่อยสู่อากาศ										
1. ในปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาหลอม 1 และ 2	-	-	-	-	-	-	-	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
2. ในปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาอบ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	845.00
3. ในปล่องปล่อยสู่อากาศโรงรีดเหล็กเส้น (RM 9)	-	-	-	-	-	-	-	121.50	-	-
4. ในปล่องปล่อยสู่อากาศโรงรีดเหล็กเส้น (RM 10)	-	209.40	-	-	-	-	-	405.70	-	-
บริเวณบรรยากาศ										
1. บริเวณทิศเหนือของโรงงาน	-	-	-	-	-	ไม่พบ	ไม่พบ	0.04	0.03	< 0.025
2. บริเวณทิศใต้ของโรงงาน	10.40	2.00	0.07	ไม่พบ	0.03	0.05	ไม่พบ	0.06	0.04	< 0.025
3. บริเวณทิศเหนือของท่าเรือ	4.80	15.10	0.07	-	-	ไม่พบ	ไม่พบ	0.07	< 0.025	0.04
4. บริเวณทิศใต้ของท่าเรือ	-	-	-	-	-	ไม่พบ	ไม่พบ	0.03	< 0.025	< 0.025

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตารางที่ 3 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณ NO_x ในปล่องปล่อยสู่อากาศ (หน่วย ppm) ของโรงงานที่ 1

ตำแหน่ง	พ.ศ.2536	พ.ศ.2543
	พ.ค.	ก.พ.
ในปล่องปล่อยสู่อากาศ		
1. ในปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาหลอม 1 และ 2	-	2
2. ในปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาอบ	-	174
3. ในปล่องปล่อยสู่อากาศโรงรีดเหล็กเส้น (RM 10)	20	-

หมายเหตุ

- หมายถึง ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตารางที่ 4 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นบริเวณพื้นที่ทำงาน ในปล่องปล่อยสู่อากาศ และบริเวณบรรยากาศ (หน่วย mg/m^3) ของโรงงานที่ 2

ตำแหน่ง	พ.ศ.2535	พ.ศ.2536		พ.ศ.2537		พ.ศ.2538		พ.ศ.2539
	ต.ค.	พ.ค.	ธ.ค.	พ.ค.	ธ.ค.	มิ.ย.	ธ.ค.	ธ.ค.
บริเวณพื้นที่ทำงาน								
1. บริเวณที่พักคนงานข้างเตาอบเหล็ก (A 21)	0.20	0.70	1.20	1.10	0.50	0.03	1.20	7.50
2. บริเวณ Maintenance shop (A 22)	0.10	0.11	1.80	0.40	1.60	2.80	1.00	0.70
3. บริเวณข้างเตาอบเหล็ก (A 23)	0.10	0.09	0.90	0.20	0.80	0.80	0.60	0.60
4. บริเวณรางรีดเหล็ก (A 24)	0.10	0.13	2.20	0.60	0.60	0.40	0.50	1.10
ในปล่องปล่อยสู่อากาศ								
1. ในปล่องปล่อยสู่อากาศจากเตาอบของโรงรีด RM 7	-	-	-	-	-	-	316.30	758.30
2. ในท่อก่อนเข้าปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาอบ 1	45.80	80.00	101.10	88.60	732.50	94.10	37.70	56.30
บริเวณบรรยากาศ								
1. บริเวณทิศเหนือของโรงงาน	0.53	0.19	0.27	0.31	0.38	0.22	0.70	0.49
2. บริเวณทิศใต้ของโรงงาน	0.31	0.24	0.80	0.11	0.27	0.38	0.35	0.27

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตารางที่ 5 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณ SO_2 ในปล่องปล่อยสู่อากาศ (หน่วย ppm) และบริเวณบรรยากาศ (หน่วย mg/m^3) ของโรงงานที่ 2

ตำแหน่ง	พ.ศ.2535	พ.ศ.2536		พ.ศ.2537		พ.ศ.2538		พ.ศ.2539
	ต.ค.	พ.ค.	ธ.ค.	พ.ค.	ธ.ค.	มิ.ย.	ธ.ค.	ธ.ค.
ในปล่องปล่อยสู่อากาศ								
1. ในท่อก่อนเข้าปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาอบ 1	332.40	261.80	-	-	-	-	-	-
บริเวณบรรยากาศ								
1. บริเวณทิศเหนือของโรงงาน	12.70	168.00	0.01	0.01	1.52	0.16	ไม่พบ	0.49
2. บริเวณทิศใต้ของโรงงาน	14.10	28.40	0.47	0.02	7.02	0.11	ไม่พบ	0.27

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตารางที่ 6 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณ NO_x ในปล่องปล่อยสู่อากาศ (หน่วย ppm) ของโรงงานที่ 2

ตำแหน่ง	พ.ศ.2535
	ต.ค.
ในปล่องปล่อยสู่อากาศ	
1. ในท่อก่อนเข้าปล่องปล่อยสู่อากาศของเตาอบ 1	10.00

ตารางที่ 7 แสดงผลวิเคราะห์ระดับความดังของเสียงในพื้นที่ทำงาน (หน่วย dB(A)) ของโรงงานที่ 1

ตำแหน่ง	พ.ศ.2535	พ.ศ.2536		พ.ศ.2537		พ.ศ.2538		พ.ศ.2539	พ.ศ.2541		พ.ศ.2542	พ.ศ.2543
	ค.ค.	พ.ค.	ธ.ค.	พ.ค.	ธ.ค.	มิ.ย.	ธ.ค.	ธ.ค.	มิ.ย.	ธ.ค.	ก.ค.	ก.พ.
1. บริเวณห้องควบคุมเครื่องเตาอบ (T/N 11)	83.0	75.0	74.0	70.0	80.0	80.6	76.1	-	78.5	83.6	90.2	83.0
2. บริเวณหน้าเตาหลอม 1 (T/N 12)	104.0	95.0	99.0	100.0	92.0	89.7	100.7	80.3	101.7	98.5	97.1	93.7
3. บริเวณหน้าเตาหลอม 2 (T/N 13)	95.0	105.0	100.0	98.0	110.0	106.0	100.5	97.8	105.2	96.4	97.3	75.0
4. บริเวณห้องควบคุมเครื่องหล่อ billet (T/N 14)	79.0	70.0	60.0	72.0	83.0	78.2	83.8	69.7	78.4	78.4	72.6	29.5
5. บริเวณหล่อ billet (T/N 15)	99.0	95.0	84.0	88.0	79.0	95.6	96.6	86.2	96.5	95.7	95.7	32.5
6. บริเวณที่พักคนงาน (T/N 16)	66.0	64.0	52.0	63.0	65.0	66.4	80.4	69.4	74.2	-	76.7	31
7. บริเวณหน้าเตาอบ billet (T 16)	90.0	94.0	80.0	91.0	89.0	89.5	91.4	91	-	-	-	-
8. บริเวณเครื่องตัด billet (T/N 17)	91.0	80.0	85.0	86.0	-	-	-	-	-	-	-	-
9. บริเวณเครื่องตัดปลายเหล็กแท่ง (T/N 18)	92.0	-	-	90.0	-	-	-	-	-	-	-	-
10. บริเวณที่พักเหล็กข้ออ้อยให้เย็น (T/N 19)	87.0	84.0	81.0	78.0	81.0	77.6	96.4	83.3	-	-	-	-
11. บริเวณที่พักคนงานปลายรางรีดเหล็ก (T/N 110)	80.0	70.0	65.0	75.0	83.0	75.4	87.1	72.9	-	-	-	-
12. บริเวณเครื่องตัดเหล็กให้ได้ขนาด (T/N 111)	103.0	110.0	91.0	-	105.0	77.7	94.7	74.8	-	-	-	-
13. ห้องควบคุมแท่นรีด RM 9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75.0	76.4
14. ห้องควบคุมการ packing RM 9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	77.7	-	67.9
15. ห้องควบคุม Coils Forming PIT RM 9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75.8	-	76.5
16. ห้องควบคุมการ packing RM 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	68.4	75.5	-
17. บริเวณห้องพักคนงาน RM10	-	-	-	-	-	-	-	-	74.9	-	75.1	-
18. บริเวณจุดตัดเหล็ก RM10	-	-	-	-	-	-	-	-	97.7	96.3	95.3	-

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตารางที่ 8 แสดงผลวิเคราะห์ระดับความดังของเสียงในพื้นที่ทำงาน (หน่วย dB(A)) ของโรงงานที่ 2

ตำแหน่ง	พ.ศ.2535	พ.ศ.2536		พ.ศ.2537		พ.ศ.2538		พ.ศ.2539
	ต.ก.	พ.ก.	ธ.ก.	พ.ค.	ธ.ค.	มิ.ย.	ธ.ค.	ธ.ค.
1. บริเวณเตาอบ billet (T/N 21)	90.0	88.0	80	86.0	82.0	91.9	92.2	90.0
2. บริเวณที่นั่งคนงานข้างเตาอบ (T/N 22)	88.0	84.0	77	85.0	82.0	90.4	90.0	87.5
3. บริเวณห้องควบคุมเครื่อง (T/N 23)	78.0	-	-	-	72.0	-	-	-
4. บริเวณห้องควบคุมเครื่องรีด 1 (T/N 24)	70.0	-	-	-	-	-	-	-
5. บริเวณห้องควบคุมเครื่องรีด 2 (T/N 25)	72.0	83.0	79.0	87.0	83.0	88.5	91.6	87.6
6. บริเวณห้องควบคุมเครื่องรีด 3 (T/N 26)	70.0	-	-	-	-	-	-	-
7. บริเวณที่พับคนงาน coiling (T/N 27)	84.0	80.0	74.0	84.0	82.0	87.7	84.5	81.5
8. บริเวณที่ทำ coil (T/N 28)	88.0	78.0	75.0	82.0	82.0	-	-	-
9. บริเวณห้องควบคุมเครื่อง coiling (T/N 29)	69.0	-	-	-	-	-	-	-
10. บริเวณที่พับคนงาน (T/N 210)	80.0	82.0	53.0	82.0	83.0	85.8	86.7	81.4
11. บริเวณรางแขวน coil (T/N 211)	85.0	83.0	75.0	85.0	87.0	-	82.3	83.2
12. บริเวณ Maintenance shop (T/N 212)	85.0	81.0	74.0	84.0	80.0	88.7	86.1	84.6
13. บริเวณห้องควบคุม P1	-	68.0	62.0	67.0	77.0	73.0	72.1	68.1
14. บริเวณห้องควบคุม P2	-	75.0	67.0	75.0	73.0	81.9	82.9	79.5
15. บริเวณห้องควบคุม P3	-	60.0	55.0	72.0	80.0	73.1	72.1	69.1
16. บริเวณห้องควบคุม P4	-	64.0	62.0	74.0	77.0	71.9	75.6	74.5
17. บริเวณห้องควบคุม P5	-	60.0	56.0	67.0	70.0	72.3	76.0	67.0
18. บริเวณห้องควบคุมเครื่อง coiling P7	-	64.0	53.0	66.0	61.0	70.9	66.0	65.4
19. บริเวณเครื่องขดเหล็ก	-	-	-	-	-	87.0	86.0	-
20. บริเวณเครื่องตัดเหล็ก	-	-	-	-	87.0	84.8	90.8	-
21. บริเวณห้องควบคุม P1 ของโรงรีด RM7	-	-	-	-	-	72.0	75.6	67.4
22. บริเวณห้องควบคุม P2 ของโรงรีด RM7	-	-	-	-	-	77.0	79.5	70.6
23. บริเวณห้องควบคุม P3 ของโรงรีด RM7	-	-	-	-	-	80.0	80.5	65.4
24. บริเวณห้องควบคุม P4 ของโรงรีด RM7	-	-	-	-	-	77.0	74.8	64.8

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตารางที่ 9 สรุปเปอร์เซ็นต์พื้นที่อันตรายและพื้นที่ปกติ

โรงงานที่	พื้นที่อันตราย (%)	พื้นที่ปกติ (%)
1	44.4	55.6
2	8.3	91.7

ภาคผนวก ค



มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต : เหล็กข้ออ้อย

มอก. 24-2536

(TIS. 24-1993)

ตารางที่ 1 ชื่อขนาด ขนาดระบุและมวลระบุของเหล็กข้ออ้อย

ชื่อขนาด	ขนาดระบุ		มวลระบุ กิโลกรัมต่อเมตร
	เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ มิลลิเมตร	พื้นที่หน้าตัดระบุ ตารางมิลลิเมตร	
DB 10	10	78.54	0.616
DB 12	12	113.10	0.888
DB 16	16	201.06	1.578
DB 20	20	314.16	2.466
DB 22	22	380.13	2.984
DB 25	25	490.87	3.853
DB 28	28	615.75	4.834
DB 32	32	804.25	6.313
DB 36	36	1017.88	7.990
DB 40	40	1256.64	9.865

ตารางที่ 2 มวลต่อเมตร และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

ชื่อขนาด	มวลต่อเมตร กิโลกรัมต่อเมตร	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ร้อยละ	
		ต่อเส้น	เฉลี่ย 5 เส้น
DB 10	0.616	± 6	± 5
DB 12	0.888	± 6	± 5
DB 16	1.578	± 6	± 5
DB 20	2.466	± 5	± 4
DB 22	2.984	± 5	± 4
DB 25	3.853	± 5	± 4
DB 28	4.834	± 5	± 4
DB 32	6.313	± 4	± 3.5
DB 36	7.990	± 4	± 3.5
DB 40	9.865	± 4	± 3.5

ตารางที่ 3 ช่วงระหว่างบั้ง ส่วนสูงของบั้ง และความกว้างของช่องว่างหรือของค้ำ

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ชื่อขนาด	ช่วงระหว่างบั้ง สูงสุด	ส่วนสูงของบั้ง		ผลรวมของความกว้างของ ช่องว่างหรือของค้ำ สูงสุด
		ต่ำสุด	สูงสุด	
DB 10	7.0	0.4	0.8	7.9
DB 12	8.4	0.5	1.0	9.4
DB 16	11.2	0.7	1.4	12.6
DB 20	14.0	1.0	2.0	15.7
DB 22	15.4	1.1	2.2	17.3
DB 25	17.5	1.3	2.6	19.7
DB 28	19.6	1.4	2.8	22.0
DB 32	22.4	1.6	3.2	25.2
DB 36	25.2	1.8	3.6	28.3
DB 40	28.0	2.0	4.0	31.4

ตารางที่ 4 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับความยาว

ความยาว	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน
ไม่เกิน 10 เมตร	ส่วนเกิน 55 มิลลิเมตร ส่วนขาด ไม่มี
เกิน 10 เมตร	ส่วนเกิน 55 มิลลิเมตร บวก 5 มิลลิเมตร ทุกๆ ความยาว 1 เมตร ที่มากกว่า 10 เมตร แต่รวมกันแล้วไม่เกิน 120 มิลลิเมตร ส่วนขาด ไม่มี

ตารางที่ 5 ส่วนประกอบทางเคมี

ชั้นคุณภาพ	ส่วนประกอบทางเคมี ร้อยละโดยน้ำหนัก				
	สูงสุด				
	คาร์บอน	แมงกานีส	ฟอสฟอรัส	กำมะถัน	คาร์บอน + $\frac{\text{แมงกานีส}}{6}$
SD 30	0.27	-	0.05	0.05	0.50
SD 40	-	1.80	0.05	0.05	0.55
SD 50	-	1.80	0.05	0.05	0.60

ตารางที่ 6 ความต้านแรงดึง ความต้านแรงดึงที่จุดครากและความยืดของเหล็กข้ออ้อย

(TIS 24-1993)

ชั้นคุณภาพ	ความต้านทานแรงดึง เมกะพาสคัล (กิโลกรัมแรงต่อ ตารางมิลลิเมตร)	ความต้านแรงดึงที่จุดคราก เมกะพาสคัล (กิโลกรัมแรงต่อ ตารางมิลลิเมตร)	ความยืด ร้อยละ
SD 30	480 (49)	295 (30)	17
SD 40	560 (57)	390 (40)	15
SD 50	620 (63)	490 (50)	13

ตารางที่ 7 มุมดัดโค้งเย็นและเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวกดสำหรับการทดสอบการดัดโค้งเย็น

สัญลักษณ์	เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ มิลลิเมตร	มุมดัดโค้งเย็น องศา	เส้นผ่านศูนย์กลางของหัวกดที่ทดสอบ
SD 30	ไม่เกิน 16	180	3 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ
	เกิน 16		4 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ
SD 40	ทุกขนาด	180	5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ
SD 50	ไม่เกิน 25	90	5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ
	เกิน 25		6 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ



มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต : เหล็กเส้นกลม

มอก. 20-2527
(TIS. 20-1984)

ตารางที่ 1 ชื่อขนาด ขนาดระบุและมวลระบุของเหล็กเส้นกลม

ชื่อขนาด	เส้นผ่านศูนย์กลาง มิลลิเมตร	พื้นที่ภาคตัดขวาง ตารางมิลลิเมตร	มวลต่อเมตร กิโลกรัม
RB 6	6	28.3	0.222
RB 9	9	63.6	0.499
RB 12	12	113.1	0.888
RB 15	15	176.7	1.387
RB 19	19	283.5	2.226
RB 22	22	380.1	2.984
RB 25	25	490.9	3.853
RB 28	28	615.8	4.834
RB 34	34	907.9	7.127

ตารางที่ 2 มวลต่อเมตร และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

ชื่อขนาด	มวลต่อเมตร กิโลกรัม	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน สำหรับมวลต่อเมตร	
		เฉลี่ยร้อยละ	แต่ละเส้นร้อยละ
RB 6	0.222	± 5.0	± 10.0
RB 9	0.499		
RB 12	0.888		
RB 15	1.387		
RB 19	2.226		
RB 22	2.984	± 3.5	± 6.0
RB 25	3.853		
RB 28	4.834		
RB 34	7.127		

ตารางที่ 3 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับความยาว

ความยาว	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน
ไม่เกิน 10 เมตร	ส่วนเกิน 55 มิลลิเมตร ส่วนขาด ไม่มี
เกิน 10 เมตร	ส่วนเกิน 55 มิลลิเมตร บวก 5 มิลลิเมตร ทุกๆ ความยาว 1 เมตร ที่มากกว่า 10 เมตร แต่รวมกันแล้วไม่เกิน 120 มิลลิเมตร ส่วนขาด ไม่มี

ตารางที่ 4 ส่วนประกอบทางเคมี

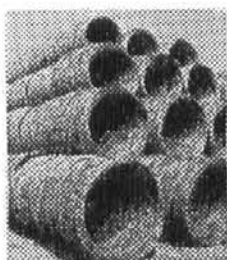
ชั้นคุณภาพ	ส่วนประกอบทางเคมี ร้อยละโดยน้ำหนัก			
	สูงสุด			
	คาร์บอน	แมงกานีส	ฟอสฟอรัส	กำมะถัน
SR 24	0.28	-	0.058	0.058

ตารางที่ 5 ความต้านแรงดึง ความต้านแรงดึงที่จุดสลายและความยืด

ชั้นคุณภาพ	ความต้านทานแรงดึง เมกะพาสคัล (กิโลกรัมแรงต่อ ตารางมิลลิเมตร)	ความต้านแรงดึงที่จุดสลาย เมกะพาสคัล (กิโลกรัมแรงต่อ ตารางมิลลิเมตร)	ความยืด ร้อยละ
SR 24	385 (39)	235 (24)	21

ตารางที่ 6 มุมดัดโค้งเย็นและเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวกดสำหรับการทดสอบการดัดโค้งเย็น

สัญลักษณ์	เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ มิลลิเมตร	มุมดัดโค้งเย็น องศา	เส้นผ่านศูนย์กลางของหัวกดขึ้นทดสอบ
SR 24	ทุกขนาด	180	1.5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ



มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
เหล็กกลวชนิดมีธาตุคาร์บอนต่ำ

มอก. 348-2532
(JIS G 3505-1980)

ตารางที่ 1 ขนาดระบุ เส้นผ่านศูนย์กลางและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

ขนาด มม.	5.5	8	6.4	7	9	9.5	10	11	12	13
เกณฑ์ ความคลาดเคลื่อน	1) TOLERANCE ± 0.5 mm. 2) OUT-OF-ROUND 0.6 mm.									

ตารางที่ 2 สัญลักษณ์และส่วนประกอบทางเคมีเมื่อวิเคราะห์จากเหล็ก

สัญลักษณ์	ส่วนประกอบทางเคมี ร้อยละ			
	คาร์บอน	แมงกานีส	ฟอสฟอรัส	กำมะถัน
SWRM 6	สูงสุด 0.08	สูงสุด 0.60	สูงสุด 0.045	สูงสุด 0.045
SWRM 8	สูงสุด 0.10	สูงสุด 0.60	สูงสุด 0.045	สูงสุด 0.045
SWRM 10	0.08 ถึง 0.13	0.30 ถึง 0.60	สูงสุด 0.045	สูงสุด 0.045
SWRM 12	0.10 ถึง 0.15	0.30 ถึง 0.60	สูงสุด 0.045	สูงสุด 0.045
SWRM 15	0.13 ถึง 0.18	0.30 ถึง 0.60	สูงสุด 0.045	สูงสุด 0.045
SWRM 17	0.15 ถึง 0.20	0.30 ถึง 0.60	สูงสุด 0.045	สูงสุด 0.045
SWRM 20	0.18 ถึง 0.23	0.30 ถึง 0.60	สูงสุด 0.045	สูงสุด 0.045
SWRM 22	0.20 ถึง 0.25	0.30 ถึง 0.60	สูงสุด 0.045	สูงสุด 0.045

เหมาะสำหรับการใช้ผลิต : ลวดเหล็ก, ลวดดัด, ลวดทอ, ลวดทอสังกะสี, ตะปู และอื่น ๆ

ตารางที่ 3 JIS G 3503-1980

Class	Chemical Composition (%)					
	C	Si	Mn	P	S	Cu
SWRY 11	0.09 max.	0.03 max.	0.35 to 0.65	0.020 max.	0.023 max.	0.20 max.
SWRY 21	0.10 to 0.15	0.03 max.	0.35 to 0.65	0.020 max.	0.023 max.	0.02 max.

เหมาะสำหรับการใช้ผลิต : ลวดเชื่อมไฟฟ้า

ตารางที่ 4 JIS G 3507-1991

Class	Chemical Composition (%)						Remarks
	C	Si	Mn	P	S	Al	
SWRCH 6R	0.08 max.	-	0.60 max.	0.040 max.	0.040 max.	-	Rimmed Steel
SWRCH 8R	0.10 max.	-	0.60 max.	0.040 max.	0.040 max.	-	
SWRCH 10R	0.08-0.13	-	0.30 - 0.60	0.040 max.	0.040 max.	-	
SWRCH 12R	0.10-0.15	-	0.30 - 0.60	0.040 max.	0.040 max.	-	
SWRCH 15R	0.13-0.18	-	0.30 - 0.60	0.040 max.	0.040 max.	-	
SWRCH 17R	0.15-0.20	-	0.30 - 0.60	0.040 max.	0.040 max.	-	
SWRCH 6A	0.08 max.	0.10 max.	0.60 max.	0.030 max.	0.035 max.	0.02 min.	Aluminum killed steels
SWRCH 8A	0.10 max.	0.10 max.	0.60 max.	0.030 max.	0.035 max.	0.02 min.	
SWRCH 10A	0.08-0.13	0.10 max.	0.30 - 0.60	0.030 max.	0.035 max.	0.02 min.	
SWRCH 12A	0.10-0.15	0.10 max.	0.30 - 0.60	0.030 max.	0.035 max.	0.02 min.	
SWRCH 15A	0.13-0.18	0.10 max.	0.30 - 0.60	0.030 max.	0.035 max.	0.02 min.	
SWRCH 16A	0.13-0.18	0.10 max.	0.60 - 0.90	0.030 max.	0.035 max.	0.02 min.	
SWRCH 18A	0.15-0.20	0.10 max.	0.60 - 0.90	0.030 max.	0.035 max.	0.02 min.	
SWRCH 19A	0.15-0.20	0.10 max.	0.70 - 1.00	0.030 max.	0.035 max.	0.02 min.	
SWRCH 20A	0.18-0.23	0.10 max.	0.30 - 0.60	0.030 max.	0.035 max.	0.02 min.	
SWRCH 22A	0.18-0.23	0.10 max.	0.70 - 1.00	0.030 max.	0.035 max.	0.02 min.	
SWRCH 10K	0.08-0.13	0.10-0.35	0.30-0.60	0.030 max.	0.035 max.	-	Killed steels
SWRCH 12K	0.10-0.15	0.10-0.35	0.30-0.60	0.030 max.	0.035 max.	-	
SWRCH 15K	0.13-0.18	0.10-0.35	0.30-0.60	0.030 max.	0.035 max.	-	
SWRCH 16K	0.13-0.18	0.10-0.35	0.60-0.90	0.030 max.	0.035 max.	-	
SWRCH 17K	0.15-0.20	0.10-0.35	0.30-0.60	0.030 max.	0.035 max.	-	
SWRCH 18K	0.15-0.20	0.10-0.35	0.60-0.90	0.030 max.	0.035 max.	-	
SWRCH 20K	0.18-0.23	0.10-0.35	0.30-0.60	0.030 max.	0.035 max.	-	
SWRCH 22K	0.18-0.23	0.10-0.35	0.70-1.00	0.030 max.	0.035 max.	-	
SWRCH 24K	0.19-0.25	0.10-0.35	1.35-1.65	0.030 max.	0.035 max.	-	
SWRCH 26K	0.22-0.28	0.10-0.35	0.30-0.60	0.030 max.	0.035 max.	-	
SWRCH 27K	0.22-0.29	0.10-0.35	1.20-1.80	0.030 max.	0.035 max.	-	
SWRCH 30K	0.27-0.33	0.10-0.35	0.60-0.90	0.030 max.	0.035 max.	-	
SWRCH 35K	0.30-0.36	0.10-0.35	0.60-0.90	0.030 max.	0.035 max.	-	
SWRCH 35K	0.32-0.38	0.10-0.35	0.60-0.90	0.030 max.	0.035 max.	-	
SWRCH 38K	0.35-0.41	0.10-0.35	0.60-0.90	0.030 max.	0.035 max.	-	
SWRCH 40K	0.37-0.43	0.10-0.35	0.60-0.90	0.030 max.	0.035 max.	-	
SWRCH 41K	0.38-0.44	0.10-0.35	1.35-1.65	0.030 max.	0.035 max.	-	
SWRCH 43K	0.40-0.46	0.10-0.35	0.60-0.90	0.030 max.	0.035 max.	-	
SWRCH 45K	0.42-0.49	0.10-0.35	0.60-0.90	0.030 max.	0.035 max.	-	
SWRCH 48K	0.45-0.51	0.10-0.35	0.60-0.90	0.030 max.	0.035 max.	-	
SWRCH 50K	0.47-0.53	0.10-0.35	0.60-0.90	0.030 max.	0.035 max.	-	

เหมาะสำหรับการใช้ผลิต : COLD HEADING และ COLD FORGING เช่น สกรู และน็อต

เหล็กเส้นสำหรับเสริมคอนกรีต

STEEL BARS FOR CONCRETE REINFORCEMENT

Industrial Standards of มาตรฐานอุตสาหกรรม	Thai ไทย				American อเมริกัน		Japanese ญี่ปุ่น				British อังกฤษ	
Steel Round Bars เหล็กเส้นกลม	มอก. 20-2527 SR24				ASTM A 615-80 Grade 40		JIS G 3112 (1992) SR24				BS 4449 (1988) Grade 250	
Steel Deformed Bars เหล็กขี้ดขี้ด	มอก. 24-2536 SD 30, SD 40, SD 50				Grade 60		JIS G 3112 (1992) SD 30, SD 40, SD 50				BS 4449 (1988) Grade 460	
Grade + สัญลักษณ์	SR 24	SD 30	SD 40	SD 50	Grade 40	Grade 60	SR 24	SD 30	SD 40	SD 50	Grade 250	Grade 460
Max. Chemical Composition ส่วนประกอบเคมี												
Carbon	0.260	0.27	-	-	-	-	-	-	0.230	0.320	0.270	0.270
Phosphorus	0.058	0.05	0.05	0.05	0.075	0.075	0.050	0.050	0.040	0.040	0.065	0.055
Sulfur	0.058	0.05	0.05	0.05	-	-	0.050	0.050	0.040	0.040	0.065	0.055
Manganese	-	-	1.000	1.000	-	-	-	-	1.000	1.000	-	-
C + Mn	-	0.50	0.550	0.600	-	-	-	-	0.550	0.600	-	-
C + Mn + Cr + Mo + V + Ni + Cu S 5 5 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.450	0.540
Yield Strength ความต้านแรงดึง												
Min. Kg./mm ²	24	30	40	50	28.12	42.18	24	30	40	50	25.48	46.89
Max. Kg./mm ²	-	-	-	-	-	-	-	-	52	64	-	-
Tensile Strength ความต้านแรงดึงสูงสุด											At least 10% Greater Than The Actual Yield Strength	
Min. Kg./mm ²	39	49	67	63	49.22	63.28	39	45	57	63		
Max. Kg./mm ²	-	-	-	-	-	-	53	61	-	-		
Min. Elongation การยืดตัว												
For all Sizes	21%	17%	15%	13%	-	-	20.24%	16.18%	16.18%	12.14%	22%	12%
Various Sizes :-												
Dia. 6-10 mm	-	-	-	-	11%	9%	-	-	-	-	-	-
13-19 mm	-	-	-	-	12%	9%	-	-	-	-	-	-
23-25 mm	-	-	-	-	-	8%	-	-	-	-	-	-
28-43 mm	-	-	-	-	-	7%	-	-	-	-	-	-
Gage Length L	5d	5d	5d	5d	8 inch	8 inch	8d, 4d	8d, 4d	8d, 4d	8d, 4d	5d	5d
Cold Bend Test การดัดเย็น												
For All Sizes	1.5d	-	3d	-	-	-	1.5d	-	5d	-	2d	3d
Various Sizes :-												
Dia. 6-16 mm	-	3d	-	5d	3.5d	3.5d	-	3d	-	5d	-	-
19-25 mm	-	4d	-	5d	5d	5d	-	4d	-	5d	-	-
28-35 mm	-	4d	-	6d	-	7d	-	4d	-	6d	-	-
38-51 mm	-	4d	-	6d	-	9d	-	4d	-	6d	-	-
Bend Angle (degree)	180	180	180	90	180	180	180	180	180	90	180	180

ตารางที่ 1 มาตรฐานคุณภาพอากาศของอากาศในสถานที่ทำงาน (Working Area)

ชนิดของสารเจือปน	ปริมาณ	
	mg/m ³	ppm
ฝุ่น	10	-
CO	57	50
SO ₂	5.2	2
NO _x	-	-
NO ₂	5.6	3

ที่มา : Documentation of the Threshold Limit Value for Substances in Workroom Air;ACGIH;1991-1992

ตารางที่ 2 มาตรฐานคุณภาพอากาศของอากาศที่ระบายออกจากปล่องปล่อยสู่อากาศของโรงงาน (Stack)

ชนิดของสารเจือปน	แหล่งที่มาของสาร	ปริมาณ	
		mg/m ³	ppm
ฝุ่นละออง (Particulate)	1) หม้อไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิง		
	- น้ำมันเตา	300	-
	- ถ่านหิน	400	-
	- เชื้อเพลิงอื่นๆ	400	-
	2) การถลุง หล่อหลอม รีด ดึง และ/หรือ ผลิตเหล็กกล้า อะลูมิเนียม	300	-
	3) การผลิตทั่วไป	400	-
คาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide)	การผลิตทั่วไป	1000	870
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide)	การผลิตกรดซัลฟูริก	1300	500
ออกไซด์ของไนโตรเจน (Oxides of nitrogen)	1) หม้อไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิง		
	- ถ่านหิน	940	500
	- เชื้อเพลิงอื่นๆ	470	250

ที่มา : ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ.2536)

ตารางที่ 3 ตารางมาตรฐานระดับเสียงในโรงงานอุตสาหกรรม

จำนวนชั่วโมงการทำงาน/วัน	ระดับเสียง dB(A)
(1) น้อยกว่า 7 ชั่วโมง	ไม่เกิน 91
(2) อยู่ระหว่าง 7-8 ชั่วโมง	ไม่เกิน 90
(3) มากกว่า 7 ชั่วโมง	ไม่เกิน 80
(4) ทุกสถานที่ (ไม่จำกัดเวลา)	ไม่เกิน 140

ที่มา : ประกาศกระทรวงมหาดไทย

ตารางที่ 4 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ (Ambient Area)

ชนิดของสาร เจือปน	มัชนิมกรวลชนิด (ปี)	ค่าเฉลี่ย (ชั่วโมง)	ปริมาณ		
			mg/m ³	ppm	ppb
ฝุ่นละออง	-	24	0.33	-	-
	1	-	0.1	-	-
CO	-	1	50	44.25	-
	-	8	20	17.7	-
SO ₂	-	24	0.30	-	117
	1	-	0.1	-	-
NO ₂	-	1	0.32	-	173
O ₃	-	1	0.2	-	110

ที่มา : ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 2 (พ.ศ.2524)

ตารางที่ 5 ตารางมาตรฐานระดับเสียงที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของคนงานในโรงงาน
อุตสาหกรรม (ที่ดังต่อเนื่องตลอดเวลา)

ระดับเสียง dB(A)	เวลา		ระดับเสียง dB(A)	เวลา	
	ชั่วโมง	นาที		ชั่วโมง	นาที
86	13	56	101	1	44
87	12	08	102	1	31
88	10	34	103	1	19
90	8	00	104	1	09
91	6	58	106	0	52
92	6	04	107	0	46
93	5	17	108	0	40
94	4	36	109	0	34
95	4	00	110	0	30
96	3	29	111	0	26
97	3	00	112	0	23
98	2	50	113	0	20
99	2	15	114	0	17
100	2	00	115	0	15

ที่มา : มาตรฐานระดับเสียงในโรงงานอุตสาหกรรมของ OSHA