

รายงานปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

“ การตรวจวัดและวิเคราะห์สารมลพิษทางอากาศ ”

“ Measuring And Analysis of Air Pollution ”



นางสาวศลิษา	ศัลยกำธร	B4260288
นางสาวนันทยาณี	แก้วเรือง	B4260516
นางสาวสมฤทัย	เอมปรีชา	B4260578

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา 617491 สหกิจศึกษา

สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม

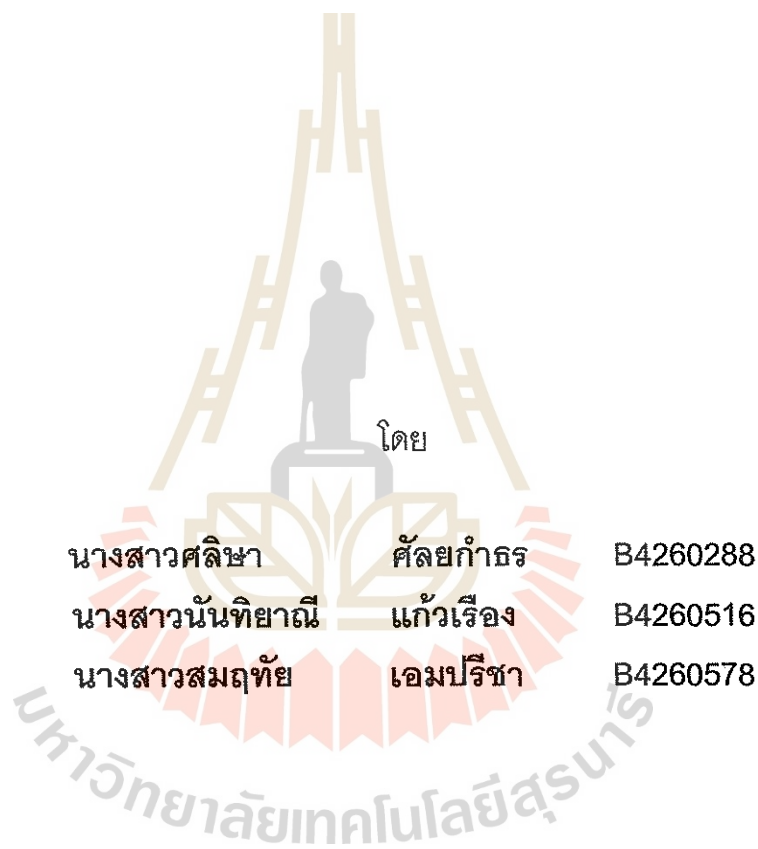
สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วันที่ 16 ธันวาคม 2545

รายงานปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

“ การตรวจวัดและวิเคราะห์สารมลพิษทางอากาศ ”

“ Measuring And Analysis of Air Pollution ”



นางสาวศลิษา	ศัลยกำธร	B4260288
นางสาวนันทยาณี	แก้วเรือง	B4260516
นางสาวสมฤทัย	เอมปรีชา	B4260578

ปฏิบัติงาน ณ

บริษัทยูไนเต็ด แอนนาลิสต์ แอนด์เอนจิเนียริง คอนซัลแตนท์ จำกัด

(United Analyst and Engineering Consultant Co., Ltd.)

17 ถนนโยธา แขวงตลาดน้อย เขตสัมพันธวงศ์ กรุงเทพฯ 10100

วันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ. 2545

เรื่อง ขอส่งรายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

เรียน อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา สาขาวิชานามัยสิ่งแวดล้อม อาจารย์นลิน สิทธิธรณ์

ตามที่ข้าพเจ้า นางสาวศลิษา ศัลยกำธร นางสาวนันทิยาณี แก้วเรือง และนางสาวสมฤทัย เอมปรีชา นักศึกษาสาขาวิชา นามัยสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้ไปปฏิบัติงานสหกิจศึกษา (617 491) ระหว่างวันที่ 2 กันยายน พ.ศ. 2545 ถึงวันที่ 20 ธันวาคม พ.ศ. 2545 ในตำแหน่งเจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม บริษัทยูไนเต็ด แอนนาลิสต์ แอนด์เอ็นจิเนียริง คอนซัลแตนท์ จำกัด และได้รับมอบหมายจาก Job Supervisor ให้ศึกษาและทำรายงาน เรื่อง การตรวจวัดและวิเคราะห์สารมลพิษทางอากาศ

บัดนี้ การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาได้สิ้นสุดลงแล้ว ข้าพเจ้าจึงขอส่งรายงานดังกล่าวมาพร้อมกันนี้ จำนวน 1 เล่ม เพื่อขอรับคำปรึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

คณะผู้จัดทำรายงาน

ศลิษา ศัลยกำธร

นันทิยาณี แก้วเรือง

สมฤทัย เอมปรีชา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgment)

การที่ข้าพเจ้าได้มาปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ณ บริษัทยูไนเต็ด แอนนาลิสต์ แอนด์เอ็นจิเนียริง คอนซัลแตนท์ จำกัด ตั้งแต่วันที่ 2 กันยายน พ.ศ. 2545 ถึง วันที่ 20 ธันวาคม พ.ศ. 2545 ส่งผลให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆ ที่มีค่ามากมาย สำหรับรายงานวิชาสหกิจศึกษาฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยดีจากความร่วมมือและสนับสนุนจากหลายฝ่าย ดังนี้

1. คุณศุภรัตน์ โชติสกุลรัตน์ (กรรมการผู้จัดการ) ที่เห็นความสำคัญของระบบการศึกษาแบบสหกิจศึกษา และได้ให้โอกาสที่มีคุณค่ายิ่งแก่ข้าพเจ้า
2. คุณกนก สุขสมลิ่งซ์ (ผู้จัดการฝ่ายคุณภาพอากาศและเสียง) ซึ่งเป็น Job Supervisor
3. คุณกฤษฎวรรณ ภัทรธีรกุล (ผู้จัดการฝ่ายห้องปฏิบัติการ)
4. คุณสมพงษ์ บุญกล่อมจิตร (ผู้จัดการฝ่ายสิ่งแวดล้อมและโครงการ)
5. คุณหทัยรัตน์ ฤทธิ์ธำณินท์ (วิศวกรสิ่งแวดล้อม) ซึ่งเป็นผู้ให้ความช่วยเหลือและดูแลในทุกๆ ด้าน

และบุคคลท่านอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวชื่อนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการจัดทำรายงาน

ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูล เป็นที่ปรึกษาในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนให้การดูแลและให้ความเข้าใจเกี่ยวกับชีวิตของการทำงานจริง ข้าพเจ้าขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

คณะผู้จัดทำรายงาน
16 ธันวาคม 2545

รายละเอียดสถานที่ปฏิบัติงาน

บริษัท ยูโนเทค แอนนาไลซิส แอนด์ เอ็นจิเนียริง คอนซัลแตนท์ จำกัด เป็นบริษัทที่ปรึกษาด้านสิ่งแวดล้อม ที่ก่อตั้งขึ้นโดยกลุ่มนักวิชาการด้านสิ่งแวดล้อม ชีววิทยา และ เคมี เมื่อปี พ.ศ. 2533 โดยมุ่งเน้นให้บริการด้านการตรวจวิเคราะห์ การติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม และการศึกษาสำรวจเพื่อการจัดการคุณภาพด้านสิ่งแวดล้อม

การให้บริการด้านสิ่งแวดล้อม

การตรวจวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม

บริษัท สามารถให้บริการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ อากาศ ดิน ชยะ ปากของเสีย และตัวอย่างประเภทอื่นๆ ได้รับการจดทะเบียนรับรองห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เอกชนเลขที่ ว-013 จากกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม มีผู้ควบคุมห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ระดับปริญญาเอก สาขาอินทรีย์เคมี อนินทรีย์เคมี เคมีวิเคราะห์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการใช้เครื่อง Gas Chromatography และเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer สามารถให้บริการในการตรวจวิเคราะห์ได้ทุกดัชนี โดยได้รับความร่วมมือจากห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ในสหรัฐอเมริกา 3 แห่ง คือ Data/Analysis Inc., Dublin, Ohio, Triangle Laboratories, Inc., Durham, North Carolina Analytical Service Laboratories, Vancouver, Canada ในการวิเคราะห์ตัวอย่างบางค่าดัชนี และการถ่ายทอดเทคโนโลยีในการวิเคราะห์ ให้เท่าเทียมกับต่างประเทศ

ปัจจุบันห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ยูเออี ได้รับการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบตาม มอก. 1300 (ISO/IEC Guide 25) ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ได้นำระบบ Quality Assurance and Quality Control (QA/QC) เข้ามาใช้ในการประกันคุณภาพในการตรวจวิเคราะห์ และกำลังอยู่ในช่วงการประเมินผลการรับรองห้องปฏิบัติการมาตรฐานสากล ISO/IEC 17025 พร้อมเข้าร่วมการอบรมด้านการจัดการห้องปฏิบัติการมาตรฐานกับ สมาคมมาตรฐานวิทยา สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม และกรมวิทยาศาสตร์บริการ มีการทวนสอบและสอบเทียบเครื่องมือและอุปกรณ์มาตรฐานภายในห้องปฏิบัติการอย่างสม่ำเสมอ พร้อมทั้งจัดทำ Inter-Calibration Lab กับศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

การติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม

บริษัทฯ สามารถให้บริการในด้านการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม ในสาขาต่างๆ ดังนี้ คือ การติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเล น้ำผิวดิน น้ำเสีย น้ำบาดาล การติดตามตรวจสอบการปนเปื้อนของดินจากน้ำชะขยะ มูลฝอย คุณภาพอากาศ เสียง และความสั่นสะเทือน โดยครอบคลุมการกำหนดโครงข่ายการติดตามตรวจสอบให้กับโครงการ พร้อมวางแผนในการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม

การประกันคุณภาพในการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม
(QUALITY ASSURANCE AND QUALITY CONTROL)

ระบบการประกันคุณภาพ (QUALITY ASSURANCE) เป็นกระบวนการด้านการจัดการที่นำเข้ามาใช้ในการยืนยันและประกันความถูกต้องแม่นยำของการตรวจวิเคราะห์ในการดำเนินงานด้านการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่จะดำเนินการ ตั้งแต่การเก็บตัวอย่างในภาคสนามจนกระทั่งถึงการประมวลผล และการรายงานผลการวิเคราะห์ รวมทั้งการฝึกอบรมของผู้วิเคราะห์ การสอบเทียบเครื่องมือ การบำรุงรักษาเครื่องมือ การติดตามตรวจสอบ และการทบทวนระบบคุณภาพ ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานสากล ISO / IEC Guide 25



คำนำ

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาสหกิจศึกษา 617 491 ซึ่งเนื้อหาของรายงานเล่มนี้ ได้กล่าวถึง สารมลพิษทางอากาศที่เกิดจากแหล่งกำเนิดทางธรรมชาติและแหล่งกำเนิดที่เป็นกิจกรรมของมนุษย์ นับเป็นแหล่งกำเนิดปัญหาที่สำคัญในปัจจุบัน ซึ่งได้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อมนุษย์, พืช, สัตว์ และสิ่งแวดล้อม ให้เสื่อมโทรมลงไปทุกขณะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาที่เกิดจากฝุ่นละอองในแหล่งชุมชนต่างๆ ซึ่งมีค่าความเข้มข้นเกินกว่ามาตรฐานกำหนด ซึ่งขณะนี้ได้มีการดำเนินการเพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาให้ทุเลาเบาบางลง ทั้งการควบคุมสารมลพิษทางอากาศโดยใช้เทคโนโลยีและการควบคุมด้วยกฎหมาย วิธีการตรวจวัดและวิเคราะห์สารมลพิษทางอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปภายในสถานประกอบการ และสารมลพิษที่ระบายจากปล่องโรงงานอุตสาหกรรม

รายงานเล่มนี้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในเรื่องการตรวจวัดและวิเคราะห์สารมลพิษทางอากาศ คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะเป็นประโยชน์แก่ผู้สนใจและพร้อมที่จะเข้ามามีส่วนร่วมในการป้องกันและแก้ไขปัญหาสารมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นให้หมดไปโดยเร็ว

คณะผู้จัดทำรายงาน

16 ธันวาคม 2545



สารบัญ

	หน้า
จดหมายนำส่ง	1
กิตติกรรมประกาศ	2
รายละเอียดสถานที่ฝึกงาน	3
คำนำ	5
สารบัญ	6
สารบัญตาราง	9
สารบัญรูป	10
 บทที่ 1 บทนำ	 11
1.1 สภาพปัญหาและความสำคัญของปัญหามลพิษทางอากาศ	11
1.2 สารมลพิษทางอากาศ	12
1.3 แหล่งกำเนิดสารมลพิษทางอากาศ	12
1.3.1 แหล่งกำเนิดทางธรรมชาติ (Natural Source)	13
1.3.2 แหล่งกำเนิดที่เป็นกิจกรรมหรือการกระทำของมนุษย์ (Man-made Source)	13
1.4 ประเภทของสารมลพิษทางอากาศ	16
1.4.1 สารมลพิษที่มีลักษณะเป็นอนุภาค	16
1.4.1.1 ฝุ่นละออง (Suspended Particulate Matter : SPM)	16
1.4.1.2 ฝุ่นโลหะหนัก	19
1.4.2 สารมลพิษที่มีลักษณะเป็นก๊าซ	20
1.4.2.1 ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์	20
1.4.2.2 ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	21
1.4.2.3 ก๊าซโอโซน	21
1.4.2.4 ก๊าซไฮโดรคาร์บอน	22
1.4.2.5 ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	22
1.4.2.6 ฟลูออรีน	22
 บทที่ 2 ผลกระทบของสารมลพิษทางอากาศ	 23
2.1 ผลเสียที่มีต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์	23
- ฝุ่นละออง	23
- ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	35
- ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน	35
- ตะกั่ว	38

- ก๊าซโอโซน	38
- ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	40
2.2 ผลเสียหยาที่มีต่อพืชและสัตว์	42
2.3 ผลเสียหยาที่เกิดขึ้นกับวัสดุต่างๆ	42
2.4 ผลเสียหยาที่เกิดขึ้นกับระบบนิเวศวิทยา	43
2.5 ผลเสียหยาต่อสภาวะภูมิอากาศ	43
บทที่ 3 การควบคุมสารมลพิษทางอากาศ	44
3.1 การควบคุมสารมลพิษทางอากาศโดยใช้กฎหมาย	44
3.2 การควบคุมสารมลพิษทางอากาศโดยใช้เทคโนโลยี	45
3.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมสารมลพิษที่เป็นอนุภาค	46
3.2.1.1 Gravity Setting	46
3.2.1.2 Cyclone	48
3.2.1.3 Wet Scrubber	49
3.2.1.4 Electrostatic Precipitation	50
3.2.1.5 Bag House	51
3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมสารมลพิษที่เป็นก๊าซ	52
3.2.2.1 Absorption	52
3.2.2.2 Adsorption	55
บทที่ 4 การตรวจวัดและวิเคราะห์สารมลพิษทางอากาศ	64
4.1 การตรวจวัดและวิเคราะห์สารมลพิษทางอากาศในสถานประกอบการ	64
4.1.1 การเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นและใยหิน	64
4.1.2 การเก็บตัวอย่างจากบรรยากาศการทำงานเกี่ยวข้องกับโลหะหนัก	77
4.1.3 การเก็บตัวอย่างจากบรรยากาศการทำงานเกี่ยวข้องกับสารตัวทำละลาย (Organic Solvent)	78
4.1.4 มาตรการควบคุมป้องกันและเฝ้าระวังอันตรายจากอนุภาคมลพิษทางอากาศ	79
4.2 การตรวจวัดและวิเคราะห์สารมลพิษทางอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป	91
4.2.1 การตรวจวัดและวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอน	91
4.2.2 การตรวจวัดและวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน	96
4.2.3 การตรวจวัดและวิเคราะห์ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	101
4.2.4 การตรวจวัดและวิเคราะห์ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์	107

4.3 การตรวจวัดและวิเคราะห์สารมลพิษทางอากาศที่ระบายจากปล่องโรงงานอุตสาหกรรม	115
4.3.1 การหาตำแหน่งและจำนวนจุดเก็บตัวอย่าง	117
4.3.2 การหาความชื้นและอัตราการไหลของก๊าซ	121
4.3.3 วิธีการหาน้ำหนักโมเลกุลในอากาศ	124
4.3.4 การหาปริมาณความชื้นของอากาศ	128
4.3.5 วิธีการเก็บตัวอย่างเพื่อวัดปริมาณฝุ่นละออง	130
4.3.6 วิธีการตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	136
4.3.7 วิธีการตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์	139
4.3.8 วิธีการตรวจวัดไฮดรคาร์บอนฟิวรีกและก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	142
บทที่ 5 กรณีศึกษา	145
บรรณานุกรม	161
ภาคผนวก	162
รูปแสดงการตรวจวัด	
กฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง	



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ตารางสรุปกิจกรรมที่ก่อให้เกิดสารมลพิษทางอากาศ	15
ตารางที่ 2 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอันตรายที่เกิดขึ้นกับดัชนีคุณภาพอากาศ	27
ตารางที่ 3 ตารางแสดงอันตรายของฝุ่นละอองที่มีผลต่อสุขภาพของมนุษย์แบ่งตามปริมาณที่ได้รับ	28
ตารางที่ 4 ตารางแสดงผลของไนโตรเจนไดออกไซด์ต่อคน	37
ตารางที่ 5 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Carboxyhaemoglobin กับอาการ	42
ตารางที่ 6 ตารางแสดงมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ	45
ตารางที่ 7 ตารางสรุปวิธีการควบคุมอนุภาคมลสาร	56
ตารางที่ 8 ตารางสรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบสารติดการกำจัดฝุ่นละอองจากอุตสาหกรรมไม้ บด และย่อยหิน	60
ตารางที่ 9 ตารางแสดงวิธีการเก็บตัวอย่างอากาศ	75
ตารางที่ 10 ตารางตัวอย่างแนวทางในการควบคุมและป้องกันอันตรายจากสารเคมี	82
ตารางที่ 11 ตารางแสดงการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัย	86
ตารางที่ 12 ตารางแสดงสารละลายมาตรฐานสำหรับตรวจเทียบก๊าซซิลเฟอร์ไดออกไซด์	105
ตารางที่ 13 ตารางหาปริมาณซิลเฟอร์ไดออกไซด์ในสารละลายและค่าดูดกลืนแสง	106
ตารางที่ 14 ตารางแสดงค่า NaNO_2 , NO_2 Absorbance	113
ตารางที่ 15 ตารางแสดงแผนการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศโรงงานผลิตรสเคมี	146
ตารางที่ 16 ตารางแสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในสถานประกอบการโรงงานผลิตรสเคมี	156
ตารางที่ 17 ตารางแสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปโรงงานผลิตรสเคมี	157
ตารางที่ 18 ตารางแสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ปล่องระบาย	158
ตารางที่ 19 ตารางแสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องหน่วยผลิตรสเคมีที่ 2	159
ตารางที่ 20 ตารางแสดงข้อมูลทั่วไปการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่อง	160

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1 เครื่องเก็บอนุภาคแบบกรอง	50
รูปที่ 2 เครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิต	51
รูปที่ 3 เครื่องมือเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศที่เป็นอนุภาคที่ใช้หลักการกรอง	67
รูปที่ 4 กระดาษกรองและที่ยึดกระดาษกรอง	67
รูปที่ 5 ไซโคลนขนาดเล็ก	68
รูปที่ 6 แสดงการไหลของอากาศภายในไซโคลนขนาดเล็ก	68
รูปที่ 7 อุปกรณ์ตรวจวัดฝุ่นขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอน	92
รูปที่ 8 อุปกรณ์ตรวจวัดฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน	97
รูปที่ 9 ไดอะแกรมแสดงการชักตัวอย่างด้วยวิธี Pararosaniline	104
รูปที่ 10 Cyclic Mode Chemiluminescence	108
รูปที่ 11 Dual Mode Chemiluminescence	109
รูปที่ 12 Flow Diagram ของอุปกรณ์ชักตัวอย่าง	112
รูปที่ 13 จำนวนจุดชักตัวอย่าง	120
รูปที่ 14 หน้าตัดปล่องไฟสี่เหลี่ยม	120
รูปที่ 15 หน้าตัดปล่องไฟกลม	120
รูปที่ 16 ชุดตรวจหาความเร็วและอัตราการไหลของก๊าซ ภายในปล่องโรงงาน อุตสาหกรรม	123
รูปที่ 17 ชุดเก็บตัวอย่างเพื่อหาน้ำหนักโมเลกุลของอากาศ	126
รูปที่ 18 ชุดวิเคราะห์ (Orsat analyzer)	127
รูปที่ 19 ชุดเก็บตัวอย่างเพื่อหาปริมาณความชื้นของอากาศ	129
รูปที่ 20 ชุดเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจวัดฝุ่นละออง	135
รูปที่ 21 ชุดเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	138
รูปที่ 22 ชุดเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์	141
รูปที่ 23 ชุดเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจวัดไอกรดซัลฟูริก และซัลเฟอร์ไดออกไซด์	144
รูปที่ 24 แผนผังที่ตั้งบริษัท	148
รูปที่ 25 จุดติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศ	149

บทที่ 1 บทนำ

1.1 สภาพปัญหาและความสำคัญของปัญหามลพิษทางอากาศ

ในปัจจุบันโลกกำลังประสบกับปัญหาทางด้านความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อม ปัญหาดังกล่าว อาทิเช่น ปัญหามลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศ มลพิษทางเสียง ฯลฯ ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มจำนวนของประชากร การเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจและเทคโนโลยี ประชาชนมีความต้องการที่จะนำเทคโนโลยีต่างๆมาทำให้เกิดความสะดวกสบายต่อการดำรงชีวิต จึงส่งผลให้มีการพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆ เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อการดำรงชีวิต เศรษฐกิจ การเมือง และอื่นๆให้มากที่สุด จากความต้องการของประชาชนที่ไม่มีวันสิ้นสุด จึงทำให้ยานพาหนะ โรงงานอุตสาหกรรมและบ้านเรือนที่อยู่อาศัยมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุที่สำคัญที่ก่อให้เกิดมลพิษดังที่กล่าวมาข้างต้นขึ้น ปัญหามลพิษที่จะกล่าวถึงในที่นี้ คือ มลพิษทางอากาศ เนื่องจากมลพิษทางอากาศเป็นมลพิษที่เป็นปัญหาที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตและเป็นปัญหาที่ทุกประเทศทั่วโลกกำลังประสบโดยเฉพาะประเทศไทย ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนคือ กรุงเทพมหานคร มลสารที่เป็นพิษที่เกิดขึ้น ได้แก่ ฝุ่นละออง และก๊าซพิษต่างๆ ฝุ่นละอองในบรรยากาศ เป็นปัญหามลพิษทางอากาศที่สำคัญที่สุดของกรุงเทพมหานคร และเมืองใหญ่ๆ เนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีการจราจรที่คับคั่ง มีความแออัดของจำนวนยานพาหนะที่วิ่งอยู่บนท้องถนน การก่อสร้างปรับปรุงถนนและผิวจราจรจากสาเหตุดังกล่าวจะส่งผลต่อมลภาวะอากาศขึ้น นอกจากนี้ในบริเวณที่เป็นย่านของอุตสาหกรรม ก็จะพบว่าเป็นแหล่งกำเนิดของอากาศเสียที่สำคัญ และในปัจจุบันก็จะเห็นได้ว่ามีโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก อันเนื่องมาจากการเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจและเทคโนโลยี จำนวนของโรงงานอุตสาหกรรมที่เพิ่มขึ้นก็จะส่งผลให้เกิดมลภาวะอากาศที่เป็นพิษมากขึ้นเช่นกัน ซึ่งมลภาวะที่เกิดขึ้นนั้นจะมีทั้งที่เป็นอนุภาค เช่น ฝุ่นละออง และมลสารที่เป็นก๊าซ ได้แก่ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ฯลฯ ซึ่งมลสารทั้งสองประเภทนี้ก็จะมีความแตกต่างและผลกระทบที่แตกต่างกันไป ในส่วนของฝุ่นละอองนั้นส่วนใหญ่จะเกิดจากกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม

สารมลพิษทางอากาศเราสามารถแบ่งออกได้เป็นมลสารที่มีลักษณะเป็นอนุภาค ได้แก่ ฝุ่นละออง โดยจะมีทั้งอนุภาคที่มีขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนทั้งทางตรง และทางอ้อม เช่น จะทำให้เกิดการระคายเคืองของระบบทางเดินหายใจโดยเฉพาะฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็ก ทำให้เกิดการเจ็บไข้ได้ป่วย และก่อให้เกิดปัญหาต่อสภาพบรรยากาศทั่วไป ซึ่งเป็นปัญหาทางตรงที่ประชาชนได้รับ ส่วนปัญหาทางอ้อม เช่น ฝุ่นละอองในบรรยากาศสามารถทำอันตรายต่อวัตถุและสิ่งก่อสร้างได้

มลสารที่มีลักษณะเป็นก๊าซ ได้แก่ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไฮโดรคาร์บอน เป็นต้น มลสารชนิดนี้ก็จะส่งผลกระทบต่อร่างกายเช่นเดียวกับอนุภาคมลสาร เช่น ก๊าซพิษไฮโดรคาร์บอน มีผลร้ายเรื้อรังต่อสิ่งมีชีวิต เนื่องจากตัวสารแต่ละตัวหรือเมื่อรวมตัวกับสารอื่น หรือฝุ่นละอองที่นำพาความ อาจเป็นกัมมันตภาพรังสีซึ่งมองไม่เห็นแต่เป็นอันตรายต่อเซลล์ที่มีชีวิต

มลภาวะอากาศไม่จำเป็นต้องทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพเท่านั้น เพียงแต่มีอยู่ในอากาศก็นับได้ว่าทำให้เกิดมลภาวะอากาศ สม็อก (smog) เกิดจากก๊าซและฝุ่นละอองรวมตัวกันในปริมาณมาก ก่อให้เกิดหมอกควันซึ่งบดบังแสงแดดอันจำเป็นต่อสิ่งมีชีวิตในโลก และขัดขวางการถ่ายเทความร้อนจากผิวโลกออกสู่อวกาศในชั้นสูงขึ้นไป เป็นองค์ประกอบซึ่งส่งผลให้เกิดภาวะเรือนกระจก (Green House Effect)

จากสภาพปัญหาดังกล่าวจะเห็นได้ว่าประชาชนทุกคนควรที่จะตระหนักถึงความรุนแรง ความสำคัญของ ปัญหา เราทุกคนควรที่จะร่วมกันแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศนี้ เพื่อที่จะทำให้โลกนี้มีแต่ความสงบสุข มีสภาพแวดล้อมที่ดี ประชาชนมีสุขภาพที่สมบูรณ์แข็งแรง นอกจากนี้รัฐบาลยังได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศจากแหล่งกำเนิดมาตรฐานคุณภาพน้ำมันเชื้อเพลิง มาตรฐานน้ำมันหล่อลื่น หรือการส่งเสริมการใช้น้ำมันไร้สารตะกั่ว การติดตั้งอุปกรณ์กรองไอเสียจากรถยนต์ การตรวจสอบมลพิษจากยานพาหนะก่อนการต่อทะเบียน การควบคุมปริมาณสารมลพิษทางอากาศจากโรงงานอุตสาหกรรมที่จะต้องควบคุมมลพิษทางอากาศ และเพิ่มเติมปรับปรุงมาตรฐานมลพิษรถยนต์และประชาสัมพันธ์อย่างต่อเนื่องที่จะให้ประชาชนและผู้ใชยานพาหนะปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการช่วยลดมลพิษทางอากาศ

1.2 สารมลพิษทางอากาศ

สารมลพิษทางอากาศ คือ สารที่อยู่ในบรรยากาศซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ พืช สัตว์ สิ่งมีชีวิตรอบๆข้าง โดยจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น ก่อให้เกิดอาการเจ็บป่วย ก่อให้เกิดความรำคาญ ความไม่พึงประสงค์ของสภาพบรรยากาศโดยทั่วไป และอื่นๆ เป็นต้น

สารมลพิษทางอากาศ เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม และยานพาหนะ โดยแหล่งกำเนิดสารมลพิษจากอุตสาหกรรม ทั้งจากกระบวนการผลิตและจากการเผาไหม้ เป็นสาเหตุสำคัญต่อการเกิดผลกระทบต่อคุณภาพอากาศในบรรยากาศ ซึ่งหากมีการระบายออกสู่บรรยากาศภายนอก จะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไป

สารมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นจะปรากฏในรูปของอนุภาค เช่น ฝุ่นละออง และไอกรด เป็นต้น และเป็นสารมลพิษที่มีลักษณะเป็นก๊าซ เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ก๊าซไฮโดรคาร์บอน เป็นต้น

1.3 แหล่งกำเนิดสารมลพิษทางอากาศ (Sources of Air Pollutants)

การที่จะทราบว่ามีสารอะไรเมื่อปล่อยออกสู่บรรยากาศแล้วก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศ และจะดำเนินการป้องกันและควบคุมเพื่อไม่ให้เกิดมลพิษทางอากาศได้นั้น จำเป็นที่จะต้องศึกษาก่อนว่าสารมลพิษดังกล่าวเกิดมาจากแหล่งประเภทใด ในการแบ่งแหล่งกำเนิดของมลพิษทางอากาศนั้นมีวิธีการแบ่งได้หลายวิธี ได้แก่ แบ่งตามลักษณะของการเคลื่อนไหวของแหล่งกำเนิดได้ 2 ประเภทคือ แหล่งที่ไม่เคลื่อนที่ (Stationary Source) เช่น การประกอบกิจการอุตสาหกรรมในโรงงาน การเผาไหม้เชื้อเพลิงในบ้านพักอาศัย ฯลฯ และแหล่งที่เคลื่อนที่ (Mobile Source) เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงในรถยนต์หรือเรือยนต์หรือเครื่อง ฯลฯ หรืออาจแบ่งตามกลุ่มประเภทของแหล่งกำเนิด ได้แก่ การคมนาคมขนส่ง โรงงานอุตสาหกรรม ขบวนการผลิตที่ทำให้เกิดฝุ่นละออง กิจกรรมการเกษตร การระเหยของก๊าซ หรืออื่นๆ เช่น การบำบัดและการกำจัดมูลฝอย ฯลฯ หรืออาจจะแบ่งตามตัวการที่กระทำให้เกิดสารมลพิษทางอากาศอย่างกว้างๆ ได้เป็น 2 แหล่ง คือ แหล่งที่มนุษย์สร้าง และแหล่งที่เกิดโดยธรรมชาติ ซึ่งในที่นี้จะขอกล่าวถึงการแบ่งแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศตามตัวการที่กระทำให้เกิดดังนี้

1.3.1 แหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ (Natural Sources of Air Pollutant)

เป็นแหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดและระบายสารมลพิษทางอากาศออกสู่อากาศ โดยเป็นไปตามกระบวนการทางธรรมชาติ ไม่มีการกระทำของมนุษย์เข้าไปเกี่ยวข้องแต่อย่างใด ตัวอย่างเช่น ภูเขาไฟระเบิด ไฟป่า ทะเลและมหาสมุทร (แหล่งกำเนิดของละอองเกลือ) เป็นต้น

แหล่งกำเนิดของสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดธรรมชาติที่ควรทราบมีดังนี้

1. พวกลมที่พัดพาเอาฝุ่นละอองมา
2. คาร์บอน และซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากไฟไหม้ป่า ได้แก่ CO
3. จุลชีพลอยอยู่ในอากาศทั่วไป ได้แก่ จุลชีพต่างๆ ลอยมากับฝุ่นละอองและอื่นๆ
4. หมอก ได้แก่ สารอนุภาคบนพื้นผิวที่ลอยติดมากับหมอก
5. คาร์บอน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซต่างๆ ที่เกิดจากภูเขาไฟระเบิด ได้แก่ SO_2 , H_2S
6. เกิดปฏิกิริยาชีวเคมีของการย่อยสลายสารอินทรีย์ในดิน และน้ำจะได้ก๊าซต่างๆ ได้แก่ CH_4 , CO_2 , NH_3 , NO-NO_2 , H_2S

1.3.2 แหล่งกำเนิดที่เป็นกิจกรรมหรือการกระทำของมนุษย์ (Man-Made Sources)

เป็นแหล่งกำเนิดที่เกิดจากกิจกรรมที่มนุษย์กระทำ ซึ่งมนุษย์เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดการระบายสารมลพิษทางอากาศออกสู่บรรยากาศภายนอก การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร การขยายตัวของแหล่งชุมชน การขยายตัวทางอุตสาหกรรม และการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ ทำให้มีแหล่งกำเนิดของสารมลพิษที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งสาเหตุดังกล่าวนี้ จะทำให้โลกเราเกิดปัญหามลพิษทางอากาศเพิ่มมากขึ้น

แหล่งกำเนิดของสารมลพิษที่มนุษย์กระทำยังสามารถแบ่งออกไปได้อีกเป็น 2 ประเภท คือ

1.3.2.1 แหล่งกำเนิดที่เคลื่อนที่ได้ (Mobile Sources) ได้แก่ รถยนต์ประเภทต่าง ๆ เรือยนต์ เครื่องบิน รถไฟ เป็นต้น

1.3.2.2 แหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่ (Stationary Sources) ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ เช่น โรงงานอุตสาหกรรม ชุมชน สถานที่ราชการ ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 พวก ใหญ่ ๆ คือ

- การเผาเชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ ได้แก่ โรงผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานความร้อน หม้อไอน้ำ

น้ำในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ เตาหุงต้มตามบ้านเรือน และการเผาขยะมูลฝอย เป็นต้น

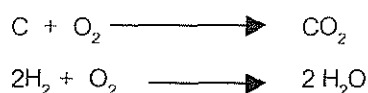
- กระบวนการผลิตต่าง ๆ ได้แก่ กระบวนการผลิตต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น การกลั่นน้ำมัน การผลิตปูนซีเมนต์ การหลอมโลหะประเภทต่าง ๆ และการไม่ บด ย่อย หิน เป็นต้น

จากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรโลก การขยายตัวของแหล่งชุมชน การขยายตัวทางอุตสาหกรรม และการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ ขึ้นมา ทำให้แหล่งกำเนิดที่เป็นกิจกรรมหรือการกระทำของมนุษย์ มีจำนวนและมีความหลากหลายเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ

แหล่งกำเนิดของสารมลพิษที่มนุษย์กระทำ ที่จะขอยกตัวอย่างในที่นี้ ส่วนใหญ่เป็นผลมาจากกิจกรรมในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การสันดาปเชื้อเพลิง (Fuel Combustion)

การสันดาปเชื้อเพลิง หมายถึงการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารกับออกซิเจนทำให้เกิดแสงสว่างและความร้อน การสันดาปเชื้อเพลิงซึ่งมีธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบจะเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ถ้าธาตุทั้งสองถูกออกซิไดซ์เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำจนหมดสิ้น ดังสมการ



ถ้าการสันดาปเชื้อเพลิงเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ดังสมการข้างต้น แล้วธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนในเชื้อเพลิงก็จะกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำจึงไม่ทำให้เกิดการปล่อยสารมลพิษอื่นไปสู่อากาศได้ ซึ่งองค์ประกอบที่สำคัญต่อการสันดาปเชื้อเพลิงให้สมบูรณ์นี้ คือ 3T ได้แก่ (1) Time (2) Temperature และ (3) Turbulent ถ้าทั้ง 3T มีความเหมาะสมหรือมีความสมดุลกันย่อมไม่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษจากการสันดาปเชื้อเพลิง เช่น ถ้าให้ระยะเวลา (time) ที่เหมาะสมกับการสันดาปเชื้อเพลิงที่เป็นก๊าซในอุณหภูมิ (temperature) ที่เลยจุดเดือดของก๊าซดังกล่าว และทำให้เกิดมีการผสมคนกัน (turbulent) ระหว่างเชื้อเพลิงและก๊าซออกซิเจนในอากาศอย่างเพียงพอ ย่อมจะทำให้การสันดาปเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วการสันดาปเชื้อเพลิงที่เป็นก๊าซนี้จะใช้เวลาเร็วกว่าเชื้อเพลิงที่เป็นของเหลวหรือของแข็ง เพราะถ้าเชื้อเพลิงอยู่ในสภาวะที่เป็นของเหลว เช่น น้ำมันดิบ น้ำมันกลั่น น้ำมันที่หล่อจาก การกลั่น ฯลฯ จะถูกทำให้เกิดการระเหยให้อยู่ในสภาวะที่เป็นแก๊สเสียก่อนจึงจะเกิดการสันดาป และถ้าเชื้อเพลิงอยู่ในสภาวะที่เป็นของแข็งก็จะต้องใช้เวลาในการสันดาปเชื้อเพลิงที่นานกว่าเมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นของเหลวและแก๊สเพราะจะต้องใช้ระยะเวลาเพิ่มขึ้นตอนก่อนการสันดาปโดยการเปลี่ยนเชื้อเพลิงที่เป็นของแข็งให้กลายเป็นสภาวะของเหลว แล้วจึงจะทำให้เปลี่ยนเป็นแก๊สตามลำดับแล้วจึงค่อยเกิดการสันดาป

2. การผสม การบด การไม่ กิจกรรรมที่ต้องมีการผสม การบด การไม่อาจทำให้มีการฟุ้งกระจายของพวกอนุภาคต่างๆ ทั้งที่มีขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่ ได้แก่ ฝุ่นซีเมนต์ ฝุ่นดิน ฝุ่นแร่ เป็นต้น ตัวอย่างเช่น การผสมซีเมนต์ กรวดและทรายเพื่อทำคอนกรีตในงานก่อสร้าง หรือการบดหินเพื่อทำกรวดใช้ในงานก่อสร้าง

3. การผลิตหรือการแปรรูปของวัตถุดิบให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์ เป็นกระบวนการที่กระทำในการอุตสาหกรรม ซึ่งการเกิดสารมลพิษทางอากาศนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น กระบวนการผลิต ประเภทของอุตสาหกรรม การควบคุมดูแลการผลิต การใช้เชื้อเพลิง วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต ฯลฯ

ตัวอย่างเช่น โรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตสารเคมี โรงงานกระดาษ โรงงานผลิตปุ๋ย เหล่านี้ มักจะมีสารมลพิษ ได้แก่ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ออกไซด์ของซัลเฟอร์ ฟลูออไรด์ สารระเหยอินทรีย์ กลิ่น หรืออนุภาคต่างๆ เป็นต้น หรือตัวอย่างของ โรงงานผลิตเหล็กกล้า หรือโรงงานกลั่นนํ้ามัน มักจะปล่อยสารมลพิษ ได้แก่ ละอองไอของตะกั่ว สารหนู สังกะสี ออกไซด์ของซัลเฟอร์ ฟลูออไรด์ เป็นต้น

4. การระเหย การรั่ว หรือการฟุ้งกระจาย เป็นกิจกรรมที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ซึ่งมีผลต่อการปล่อยสารบางชนิดออกสู่อากาศได้ ซึ่งสารที่ปล่อยออกจะเป็นสารชนิดใดก็ขึ้นอยู่กับกิจกรรมที่กระทำ

ตัวอย่างเช่น การพ่นสีรถยนต์หรือเฟอร์นิเจอร์ การระเหยหรือการรั่วของถังเก็บน้ำมัน กิจกรรมเหล่านี้มักจะปล่อยสารในรูปไฮโดรคาร์บอน หรือสารระเหยอินทรีย์ต่างๆ เช่น ทินเนอร์ แอลกอฮอล์ ฯลฯ หรือตัวอย่างของการใช้ยาฆ่าแมลงหรือสารเคมีอื่นๆ ในพื้นที่เกษตรกรรม อาจมีการปล่อยสารมลพิษ เช่น สารอินทรีย์ฟอสเฟต (organic phosphate) สารหนู สารตะกั่ว

5. จากการเผาไหม้ สารมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ เป็นผลมาจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น จากระเบิด มอเตอร์ไซด์ การเผาขยะมูลฝอย การผลิตไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง เป็นต้น ซึ่งจะมีพวก SO_2 , NO_2 , CO_2 , ฝุ่น, สารออกไซด์ของโลหะ ไฮโดรคาร์บอน ฯลฯ

6. จากกระบวนการผลิต กระบวนการผลิตที่ก่อให้เกิดสารมลพิษ เช่น โรงงานถลุงโลหะ โรงงานเคมี เป็นต้น ซึ่งจะมีพวกไอเสียต่างๆ ตะกั่ว, SO_2 , H_2S , CO , ฝุ่นละออง ไฮโดรคาร์บอน ฯลฯ

7. จากการเกษตรกรรม การทำการเกษตร เช่น การเผาพื้นที่ การฉีดพ่นยาฆ่าแมลง เป็นต้น ซึ่งจะมีสารพวกอินทรีย์ฟอสเฟต พวกสาร Chlorinated hydrocarbon พวกสารหนู ตะกั่ว ควิน ซีเดอ ฯลฯ

8. จากเตาปฏิกรณ์ปรมาณู กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับเตาปฏิกรณ์ปรมาณู เช่น การผลิตไฟฟ้า การทดสอบระเบิดนิวเคลียร์ เป็นต้น ซึ่งจะก่อให้เกิดพวกฝุ่นของ Uranium, Beryllium และ A

กิจกรรมของมนุษย์ที่ก่อให้เกิดสารมลพิษทางอากาศ จะเห็นได้ว่าจะมีทั้งสารมลพิษที่มีลักษณะเป็นอนุภาค และสารมลพิษที่มีลักษณะเป็นก๊าซ กิจกรรมบางกิจกรรมก็อาจก่อให้เกิดสารมลพิษได้ทั้ง 2 ประเภท กิจกรรมที่ก่อให้เกิดสารมลพิษทางอากาศสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปกิจกรรมที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ

ชนิด	ละอองในอากาศ	ก๊าซและไอ
ขบวนการเผาไหม้	ฝุ่น ละออง	SO_2 , NO_2 , CO , กรดอินทรีย์
รถยนต์	ละออง	SO_2 , NO_2 , CO_2 , กรดสารอินทรีย์
ขบวนการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม	ฝุ่น หมอก	SO_2 , NH_3 , H_2S , CO_2
ขบวนการทางเคมี	ฝุ่น ละออง หมอก	ขึ้นอยู่กับประเภทของวิธีการผลิต (SO_2 , O , NH_3 , กรด สารอินทรีย์ ตัวทำละลาย)
โลหะทางการไฟฟ้า หรือความร้อน	ฝุ่นละออง	SO_2 , CO_2 , ฟลูออไรด์ สารอินทรีย์
ขบวนการเกี่ยวกับแร่	ฝุ่น ละออง	ขึ้นอยู่กับประเภทของขบวนการ (SO_2 , CO , ฟลูออไรด์ สารอินทรีย์)
การผลิตอาหารและการให้อาหาร	ฝุ่น หมอก	สารที่มีกลิ่น

เนื่องจากปัญหามลพิษทางอากาศของประเทศไทยมักมาจากโรงงานอุตสาหกรรม ดังนั้นจะได้อธิบายเกี่ยวกับลักษณะสารมลพิษทางอากาศ ประเภทของสารมลพิษ แหล่งกำเนิด ผลกระทบ การควบคุมสารมลพิษ และวิธีการตรวจวัดและวิเคราะห์จากปัญหาดังกล่าวนี

สารมลพิษที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม ทั้งจากกระบวนการผลิตและจากการเผาไหม้ เป็นสาเหตุสำคัญต่อการเกิดผลกระทบต่อคุณภาพอากาศในบรรยากาศ ซึ่งหากมีการระบายสารมลพิษออกสู่บรรยากาศในปริมาณที่ย่อมจะส่งผลกระทบต่อชุมชนโดยทั่วไปมากด้วย

1.4 ประเภทของสารมลพิษทางอากาศ

สารมลพิษทางอากาศ หลักที่สำคัญๆ เราจะแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ สารมลพิษที่มีลักษณะเป็นอนุภาค และสารมลพิษที่มีลักษณะเป็นก๊าซ

สารมลพิษที่มีลักษณะเป็นอนุภาค ได้แก่ ฝุ่นละออง หรือไอกรด เป็นต้น

สารมลพิษที่มีลักษณะเป็นก๊าซ ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ก๊าซไฮโดรคาร์บอน เป็นต้น

1.4.1 สารมลพิษที่มีลักษณะเป็นอนุภาค

1.4.1.1 ฝุ่นละออง (Suspended Particulate Matter : SPM)

ฝุ่นละอองคือ อนุภาคของแข็งขนาดเล็กที่ลอยลอยอยู่ในอากาศ ซึ่งเกิดจากวัตถุที่ถูกทุบ ตี กระแทก จนแตกออกเป็นชิ้นส่วนเล็ก ๆ ฝุ่นละอองที่มีอยู่ในบรรยากาศรอบ ๆ ตัวเรา มีขนาดตั้งแต่ 0.002 ไมครอน (เป็นกลุ่มของโมเลกุลที่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็นต้องใช้กล้องจุลทรรศน์แบบอิเล็กตรอน) ไปจนถึงฝุ่นที่ขนาดใหญ่กว่า 500 ไมครอน (ฝุ่นที่มองเห็นด้วยตาเปล่ามีขนาดตั้งแต่ 50 ไมครอนขึ้นไป)



รูปแสดง สารมลพิษที่เกิดจากยานพาหนะ

ฝุ่นละอองที่แขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานจะเป็นฝุ่นละอองขนาดเล็ก (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่ำกว่า 10 ไมครอน) เนื่องจากมีความเร็วในการตกตัวต่ำ และจะแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานมากขึ้น หากมีแรงกระทำจากภายนอกเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้อง เช่น การไหลเวียนของอากาศกระแสลม เป็นต้น ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่า 100 ไมครอน) อาจแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้เพียง 2-3 นาที แต่ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็ก โดยเฉพาะ ขนาดเล็กกว่า 0.5 ไมครอน อาจแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานเป็นปี ฝุ่นละอองในบรรยากาศอาจแยกได้เป็นฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นและแพร่กระจายสู่บรรยากาศจากแหล่งกำเนิดโดยตรงและฝุ่นละอองซึ่งเกิดขึ้น โดยปฏิกิริยาต่าง ๆ ในบรรยากาศ เช่นการรวมตัวด้วยปฏิกิริยาทางฟิสิกส์ หรือปฏิกิริยาทางเคมี หรือปฏิกิริยาเคมีแสง(Photochemical

reaction)ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นเหล่านี้จะมีชื่อเรียกต่างกันไปตามลักษณะการ รวมตัวฝุ่นละออง เช่น คว้น (Smoke) พุ่ม (fume) หมอกน้ำค้าง (mist) เป็นต้น ฝุ่นละอองอาจเกิดจากธรรมชาติ เช่น ฝุ่นดิน ททราย หรือเกิดจากคว้นดำจากท่อไอเสียรถยนต์การจราจร และการอุตสาหกรรมฝุ่นที่ถูกสูดเข้าไปในระบบทางเดินหายใจ ทำให้เกิด อันตรายต่อสุขภาพ รบกวนการมองเห็น และทำให้สิ่งต่าง ๆ สกปรกเสียหายได้ในบริเวณ ที่พักอาศัยปริมาณฝุ่นละออง 30% เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ส่วนบริเวณที่อยู่อาศัยใกล้ถนนฝุ่นละออง 70-90% เกิดจากการกระทำของมนุษย์และพบว่า ฝุ่นละอองมีสารตะกั่วและสารประกอบโบไมด์สูงกว่าบริเวณนอกเมือง อันเนื่องมาจากมลพิษที่เกิดจากยานพาหนะ ฝุ่นละอองเมื่อแยกตามขนาด พบว่า 60% โดยประมาณจะเป็นฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนฝุ่นประเภทนี้เกิดจากรถประจำทางและรถบรรทุกที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลบางส่วนมาจากโรงงานอุตสาหกรรมส่วนมากจะพบอยู่ทั่วไปในเขตเมืองเขตอุตสาหกรรม และเขตกึ่งชนบท หากพบในปริมาณที่สูงจะมีผลต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนเนื่องจากมีขนาดเล็กพอที่จะเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนล่างและถูกลมปอดของมนุษย์ได้เป็นผลให้เกิดโรคทางเดินหายใจ โรคปอดต่างๆ เกิดการระคายเคืองและทำลายเยื่อหุ้มปอด หากได้รับในปริมาณมากและเป็นเวลานานจะเกิดการสะสมทำให้เกิดพังผืดและเป็นแผลได้ทำให้การทำงานของปอดลดลง ความรุนแรงขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของฝุ่นละอองนั้น ส่วนฝุ่นขนาดใหญ่ อีกประมาณ 40%ที่เหลือเกิดจากการก่อสร้างและการฟุ้งกระจายของฝุ่นจากพื้นที่ว่างเปล่าฝุ่นประเภทนี้ไม่มีผลต่อสุขภาพอนามัยมากนักเพียงแต่จะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อทางเดินหายใจส่วนต้น และอาจเป็นเพียงการรบกวนและก่อให้เกิด ความรำคาญเท่านั้น

ประเภทของฝุ่นละอองในอากาศ

ฝุ่นแบ่งตามขนาดเป็น 2 ส่วน คือ

1. ฝุ่นละอองที่มีขนาดอนุภาคตั้งแต่ 100 ไมครอนลงมา (Total Suspended Particulate ; TSP)

ฝุ่นชนิดนี้จะสามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนต้นได้ โดยจะก่อให้เกิดการระคายเคืองของระบบทางเดินหายใจ แหล่งกำเนิดของฝุ่นชนิดนี้ เช่น โรงงานอุตสาหกรรม โดยจะเกิดจากกระบวนการผลิต คือ การบด โม่ และการขัด เกิดจากการเกษตรกรรม โดยเกิดจากการไถนา การสีข้าว และการฉีดพ่นสารเคมี และยังเกิดจากการก่อสร้าง การขนส่ง เป็นต้น

2. ฝุ่นละอองที่มีขนาดอนุภาคตั้งแต่ 10 ไมครอนลงมา ซึ่งเรียกว่า PM-10

ฝุ่นชนิดนี้มีขนาดเล็กมากจึงสามารถที่จะเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนปลายได้ โดยจะไปเกาะอยู่ตามแขนงและผนังของทางเดินหายใจ ซึ่งจะทำให้ระบบทางเดินหายใจเกิดการระคายเคืองและอักเสบได้ ยิ่งถ้าร่างกายอยู่ในสภาวะที่เอื้ออำนวยต่อการเกิดโรคด้วยแล้ว ก็จะทำให้เพิ่มความเสี่ยงมากขึ้น ฝุ่นชนิดนี้ดังที่กล่าวมาแล้วว่ามีขนาดเล็กมาก ดังนั้นเราอาจจะได้รับเข้าสู่ร่างกายโดยที่เราไม่รู้ตัว ถ้าเราได้รับในปริมาณที่มาก หรือได้รับในปริมาณที่น้อย แต่ได้รับทุกวัน ก็จะทำให้เกิดการสะสมในร่างกาย เมื่อเวลาผ่านไป ก็จะก่อให้เกิดอาการที่ชัดเจนขึ้น แหล่งกำเนิดของฝุ่นที่มีขนาดตั้งแต่ 10 ไมครอนลงมา เช่น การเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง ที่ใช้เชื้อเพลิงที่มีสถานะเป็นของแข็ง เช่น ถ่านหิน ไม้ ฟืน มีสถานะเป็นของเหลว เช่น ดีเซล เบนซิน น้ำมันเตา เป็นต้น และเชื้อเพลิงที่มีสถานะเป็นแก๊ส เช่น แก๊สหุงต้ม แก๊สธรรมชาติ โพรเพน เป็นต้น

นอกจากนี้การคมนาคมขนส่ง การผลิตไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงก็จะสามารถก่อให้เกิดสารมลพิษที่เป็นอนุภาคขนาดเล็กได้อีกด้วย

(ไมครอนเป็นหน่วยวัด โดย 10,000 ไมครอน เท่ากับ 1 เซนติเมตร)

แหล่งที่มาของฝุ่นละอองในบรรยากาศ

แหล่งที่มาของฝุ่นละอองในบรรยากาศ โดยทั่วไปจะแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ (Natural Particle)

เกิดจากกระแสลมที่พัดผ่านตามธรรมชาติ ทำให้เกิดฝุ่น เช่น ดิน ทราย ละอองน้ำ เมฆควันจากไฟป่า ฝุ่นเกลือจากทะเล

2. ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Man-made Particle)

2.1 การคมนาคมขนส่ง

- รถบรรทุกหิน ดิน ทราย ซีเมนต์หรือวัสดุที่ทำให้เกิดฝุ่น หรือดินโคลนที่ติดอยู่ที่ล้อรถ ขณะแล่น

จะมีฝุ่นตกอยู่บนถนน แล้วกระจายตัวอยู่ในอากาศ

- ไอเสียจากรถยนต์ เครื่องยนต์ดีเซลปล่อยเขม่า ฝุ่น ควันดำ ออกมา

- ถนนที่สกปรก มีดินทรายตกค้างอยู่มาก หรือมีกองวัสดุข้างถนนเมื่อรถแล่นจะทำให้เกิดฝุ่น

ปลิวอยู่ในอากาศ

- การก่อสร้างถนนใหม่ หรือการปรับปรุงผิวจราจร ทำให้เกิดฝุ่นมาก

- ฝุ่นที่เกิดจากยางรถยนต์ และผ้าเบรก

2.2 การก่อสร้าง

- การก่อสร้างหลายชนิด มักมีการเปิดหน้าดินก่อนการก่อสร้าง ซึ่งทำให้เกิดฝุ่นได้ง่าย เช่น

อาคาร สิ่งก่อสร้าง การปรับปรุงสาธารณูปโภค

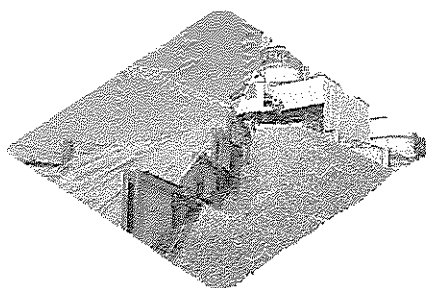
- การก่อสร้างอาคารสูง ทำให้ฝุ่นปูนซีเมนต์ถูกลมพัดออกมาจากอาคาร

- การรื้อถอน ทำลาย อาคารหรือสิ่งก่อสร้าง

2.3 โรงงานอุตสาหกรรม

- การเผาไหม้เชื้อเพลิง เช่น น้ำมันเตา ถ่านหิน ฟืน แกลบ เพื่อนำพลังงานไปใช้ในการผลิต

- กระบวนการผลิตที่มีฝุ่นออกมา เช่น การบั่นฝ้าย การเจียรโลหะ การเคลื่อนย้ายวัสดุดิบ



รูปแสดง ฝุ่นละอองที่เกิดจากการก่อสร้าง

1.4.1.2 ตะกั่ว

เป็นโลหะอ่อนสีเทาเงิน หรือแกมน้ำเงิน เกิดขึ้นตามธรรมชาติในเปลือกโลก แหล่งสำคัญของตะกั่วได้แก่ หินอัคนีและหินแปร ซึ่งมีตะกั่ว 10-20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตะกั่วในพื้นดินอาจเกิดขึ้นตามธรรมชาติและจากสภาวะมลพิษดินที่มีสภาพเป็นกรดจะมีสารตะกั่วน้อยกว่าดินที่มีสภาพเป็นด่าง อินทรีย์สารในดินมีอิทธิพลต่อสารตะกั่วเนื่องจากดินอาจทำปฏิกิริยากับสารตะกั่วได้ สารนี้จะคงอยู่ในดินหรือแยกตัวออกจากดินหรือไม่ขึ้นอยู่กับว่าสารประกอบนั้นละลายน้ำได้ดีมากน้อยเพียงใด ส่วนตะกั่วที่อยู่ในอากาศ โดยเฉพาะในเขตเมือง จะมาจากยานพาหนะที่ใช้น้ำมันเบนซิน เนื่องจากในน้ำมันเบนซินจะมีสาร Tetraethyl Lead หรือ Tetramethyl Lead ผสมอยู่เพื่อเพิ่มค่า Octane ให้แก่ม้ำมันเบนซิน สำหรับปกป้องการ Knock ของเครื่องยนต์ตะกั่วจะถูกระบายออกมาทางท่อไอเสียในรูปของอนุภาคของแข็ง

1.4.1.3 ละอองกรดหรือหยดกรด

ละอองกรดหรือหยดกรดทั้งที่เป็นกรดอินทรีย์ (organic acid) หรือกรดอนินทรีย์ (inorganic acid) แต่โดยทั่วไปแล้วการเกิดกรดในบรรยากาศมักเกิดจากกรดอนินทรีย์มากกว่า มักจัดเป็นพหุสารพิษทุติยภูมิ (secondary pollutant) แหล่งกำเนิด ได้แก่ กระบวนการอุตสาหกรรม เช่น การผลิตโลหะ โรงงานชุบโลหะ ฯลฯ หรือโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า หรือเตาเผามูลฝอย หรือท่อไอเสียของรถยนต์

กรดอนินทรีย์ที่สำคัญที่พบในบรรยากาศ ได้แก่ กรดไนตริก กรดกำมะถัน กรดเกลือ (hydrochloric acid, HCl) และกรดไฮโดรฟลูออริก (hydrofluoric acid, HF) เป็นต้น

(1) กรดไนตริก (nitric acid, HNO_3) เป็นกรดแก่ชนิดหนึ่ง เป็นของเหลวไม่มีสี มีฤทธิ์กัดกร่อน มีจุดเดือดที่อุณหภูมิ 86 องศาเซลเซียส เป็นตัวออกซิไดส์อย่างรุนแรง จะเกิดเป็นควันเมื่อทิ้งไว้ในอากาศ ทำปฏิกิริยากับโลหะหรือสารอื่นเกิดควันของไนโตรเจนไดออกไซด์และเกลือของไนเตรต โลหะบางชนิด เช่น กำมะถันและฟอสฟอรัส ทำปฏิกิริยากับกรดไนตริกให้กรดออกซี เป็นกรดซึ่งใช้ในอุตสาหกรรมเคมี กรดไนตริกส่วนใหญ่เป็นสารมลพิษทุติยภูมิซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาของไนโตรเจนกับน้ำหรือไอน้ำ

(2) กรดกำมะถัน (sulfurous acid, H_2SO_3 or sulfuric acid, H_2SO_4)

กรดกำมะถัน เป็นได้ทั้งกรดแก่และกรดอ่อน กรดแก่คือกรดซัลฟิวริก ส่วนกรดอ่อนคือกรดซัลฟิวรัส มีคุณสมบัติในการเป็นตัวรีดิวซ์ มีฤทธิ์ในการกัดกร่อน มักเป็นสารมลพิษทุติยภูมิที่เกิดจากออกไซด์ของซัลเฟอร์ทำปฏิกิริยากับน้ำ

(3) กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid, HCl)

เป็นของเหลวไม่มีสี เมื่อปล่อยทิ้งไว้ในอากาศจะเป็นควัน การจากการผ่านไฮโดรเจนคลอไรด์ลงในน้ำ เป็นกรดแก่ แตกตัวได้ดี มีฤทธิ์ในการกัดกร่อนที่รุนแรงทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์ให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ทำปฏิกิริยากับโลหะให้แก๊สไฮโดรเจน ถูกนำมาใช้ทำสีย้อมผ้า สารเคมีเกี่ยวกับการถ่ายรูป ใช้แช่โลหะ ใช้ในอุตสาหกรรมเคมี

(4) กรดไฮโดรฟลูออริก (hydrofluoric acid, HF)

เป็นของเหลวไม่มีสี มีควัน มีพิษสูงมาก (รวมถึงพวกเกลือของฟลูออไรด์อื่นๆ) มีฤทธิ์ในการกัดกร่อนรุนแรงสามารถกัดกระจกและพวกซิลิเกตได้ จึงมักถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมทำกระจก ได้จากการละลายไฮโดรเจนฟลูออไรด์ในน้ำเป็นกรดอ่อน มีจุดเดือดที่อุณหภูมิ 19.5 องศาเซลเซียส แหล่งที่เกิดเช่นเดียวกับการเกิดแก๊สฟลูออรีน

(5) กรดไฮโดรโบรมิก (hydrobromic acid)

เป็นของเหลวไม่มีสี เกิดจากการเติมไฮโดรโบรมाइด์ลงในน้ำ เป็นกรดแก่ เป็นตัวรีดิวซ์ที่รุนแรง

1.4.1.4 ละอองน้ำมันหรือหยดน้ำมัน

ละอองน้ำมันหรือหยดน้ำมัน ถึงแม้องค์ประกอบของละอองน้ำมันที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศจะยังไม่สามารถจำแนกแยกแยะออกมาได้ชัดเจนว่ามีอะไรบ้างแต่ก็อาจกล่าวได้ว่ามีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ มีน้ำหนักโมเลกุลมาก และอยู่ในรูปของสารประกอบพวกอะโรมาติก (aromatic compounds) เป็นส่วนใหญ่ มักเกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิงจากแหล่งต่างๆ ที่พบมากที่สุดคือ จากเครื่องยนต์ของรถยนต์ หรืออาจเกิดจากอุตสาหกรรมที่มีการสันดาบน้ำมันเชื้อเพลิงไม่สมบูรณ์ อุตสาหกรรมทำน้ำมันดิบ อุตสาหกรรมยางมะตอย อุตสาหกรรมกระเบื้องปูพื้นหรือกระเบื้องมุงหลังคา

1.4.1.5 อนุภาคของถ่านหรือเขม่า

อนุภาคของถ่านหรือเขม่า เป็นของแข็งที่มีสีดำ มักจะประกอบด้วยอนุภาคคาร์บอนขนาดเล็กๆ เป็นส่วนใหญ่ มักพบทั่วไปในบรรยากาศที่มีการสันดาปหรือเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยเฉพาะเชื้อเพลิงที่เป็นของแข็ง เช่น ถ่านหิน ถ่านไม้ ฯลฯ หรือเชื้อเพลิงที่เป็นของเหลว เช่น น้ำมันดิบ (crude oil) หรือน้ำมันเหลือจากการกลั่น (residual distilled oil) หรืออาจเกิดจากอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมทำหมึก อุตสาหกรรมผลิตยาง อุตสาหกรรมพลาสติกบางอย่าง ฯลฯ

1.4.2 สารมลพิษที่มีลักษณะเป็นก๊าซ

1.4.2.1 ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

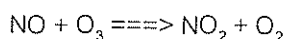
ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะ ไนตริกออกไซด์ (NO) และ ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) เนื่องจากเป็นก๊าซที่มีอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ และมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตมากกว่า ออกไซด์ของไนโตรเจนตัวอื่น ๆ ไนตริกออกไซด์ (NO) เป็นก๊าซไม่มีสีและกลิ่น ละลายน้ำได้บ้างเล็กน้อย ส่วนไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) มีสภาพเป็นก๊าซที่อุณหภูมิปกติก๊าซทั้งสองเกิดขึ้นตามธรรมชาติ ได้แก่ ฟ้าผ่า ฟ้าแลบ ภูเขาไฟระเบิดปฏิกิริยาเชิงจูลินทรีย์ในดินหรืออาจเกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การเผาผลาญเชื้อเพลิง การอุตสาหกรรม การทำกรดไนตริก กรดกำมะถันการชุบโลหะและการทำวัตถุระเบิด เป็นต้น



รูปแสดง แหล่งกำเนิดของสารมลพิษ

การใช้เชื้อเพลิงของมนุษย์เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดไนโตรเจนออกไซด์ และมีไนตริกออกไซด์เป็นส่วนประกอบถึง 90-95 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร การเกิดไนตริกออกไซด์มีอุณหภูมิเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุด คือ เกิดก๊าซไนตริกออกไซด์ เมื่อมีการสันดาปที่อุณหภูมิสูง ดังนั้นก๊าซนี้มักเกิดมาจากยานพาหนะ

อย่างไรก็ตาม ไนตริกออกไซด์ (NO) และ ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) เกิดจากธรรมชาติมากกว่าการกระทำของมนุษย์ การเกิดก๊าซไนตริกออกไซด์มีอุณหภูมิเป็นองค์ประกอบสำคัญที่สุด ดังนั้นรถยนต์ และ อุตสาหกรรมจึงเป็นแหล่งที่ทำให้เกิดก๊าซนี้หากก๊าซไนตริกออกไซด์ทำปฏิกิริยากับโอโซนในบรรยากาศเกิดเป็นไนโตรเจนไดออกไซด์และออกซิเจน ในทางตรงกันข้าม แสงแดดทำให้ไนโตรเจนออกไซด์แตกตัวทำปฏิกิริยาย้อนกลับ



1.4.2.2 ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide : SO₂)

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นก๊าซไม่มีสีไม่มีกลิ่นที่ระดับความเข้มข้นสูง จะมีกลิ่นฉุนแสบจมูกเมื่อทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจน ในอากาศจะเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์และจะรวมตัวเป็นกรดกำมะถัน เมื่อมีความชื้นเพียงพอ หากอยู่ร่วมกับอนุภาคมวลสารที่มีตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น มังกานีส เหล็ก และวานาเดียม จะเกิดมีปฏิกิริยาเติมออกซิเจนเกิดเป็นซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ และเป็นกรดกำมะถันเช่นกัน การสันดาปเชื้อเพลิงเพื่อใช้พลังงานในการดำรงชีพของมวลมนุษย์ ซึ่งรวมถึงอุตสาหกรรมทำให้เกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และอนุภาคมวลสาร กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมต่างๆ ก็เป็นแหล่งกำเนิดของมลพิษทั้งสองเช่นกัน ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เกิดจากการผลิตปิโตรเลียม การถลุงโลหะ การทำเยื่อกระดาษ เป็นต้น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะเกิดขึ้นตามธรรมชาติ และเกิดจากการกระทำของมนุษย์ในปริมาณเล็กน้อย ยกเว้นในเขตเมืองก๊าซนี้จะเกิดจากการกระทำของมนุษย์มากกว่า ก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ และละอองกรด กำมะถัน ก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ เช่น โรคหอบหืด อหิวาต์ นอกจากนั้นก๊าซนี้ยังทำให้น้ำฝนที่ตกลงมามีสภาพ ความเป็นกรดมากขึ้น ซึ่งจะทำลายระบบนิเวศน์ป่าไม้ แหล่งน้ำ สิ่งมีชีวิตต่างๆ รวมถึงการกัดกร่อนอาคารและโบราณสถานอีกด้วย

1.4.2.3 ก๊าซโอโซน (O₃)

โอโซนเป็นตัวเติมออกซิเจนที่ดี ก๊าซนี้เกิดขึ้นตามธรรมชาติในบรรยากาศชั้นบนทำหน้าที่ป้องกันโลก จากรังสีอัลตราไวโอเล็ตซึ่งอาจทำอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตได้ รังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์จะทำให้โมเลกุลของออกซิเจนแตกตัวเป็นอะตอม อะตอมของออกซิเจนจะรวมตัวกับโมเลกุลของออกซิเจนเกิดเป็นโอโซน ในบรรยากาศชั้นล่าง โอโซนเกิดขึ้นเนื่องจากการที่ไนโตรเจนไดออกไซด์ดูดซับรังสีจากดวงอาทิตย์ หากมีสภาวะมลพิษทางอากาศและมีก๊าซไนตริกออกไซด์จะทำให้เกิดการกำจัดโอโซน โอโซนสามารถลดลงได้ถ้ามีการสัมผัสกับดินและพืช

การเกิดโอโซนมีความสัมพันธ์กับกระแสน้ำขึ้นและน้ำลงและการเกิดฟ้าแลบ ฟ้าผ่า หรือปฏิกิริยาโฟโตเคมีคัล จะทำให้เกิดโอโซนจากยางไม้และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนตามธรรมชาติเมื่อมีแสงในเวลากลางวัน ส่วนการเกิดโอโซนจากการกระทำของมนุษย์มีส่วนเกี่ยวข้องกับสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เมื่อมีแสงสว่างและไนโตรเจนออกไซด์ คาร์บอนอะตอมในสารประกอบจะทำให้เกิดออกซิแดนซ์ ในตอนเช้าตรู่จะมีสารประกอบที่เป็นต้นเหตุของออกซิแดนซ์ในระดับสูงซึ่งจะทำให้เกิดออกซิแดนซ์ในเวลาหลังเที่ยงวัน

การเกิดโอโซนจะมีความเกี่ยวข้องกับยานยนต์ต่างๆและการใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการอื่นๆ ตั้งแต่การเก็บ การขนถ่าย การสันดาปและกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม

1.4.2.4 ไฮโดรคาร์บอน

ไฮโดรคาร์บอนเป็นสารประกอบ ซึ่งประกอบไปด้วยไฮโดรเจนและคาร์บอน โดยอาจจะมีธาตุคาร์บอนอยู่ตั้งแต่ 1 โมเลกุลถึงหลายร้อยโมเลกุลหรือหลายพันอะตอม มีมากกว่า 60 ชนิด สารประกอบคาร์บอนทุกสารเป็นสารประกอบอินทรีย์ ทั้งนี้ยกเว้นออกไซด์ของคาร์บอน คาร์ไบด์และคาร์บอนเนต ดังนั้นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนจึงเป็นสารประกอบอินทรีย์

ไฮโดรคาร์บอนมี 3 ประเภท คือ aliphatic, allicyclic และ aromatic ตามลักษณะการเรียงตัวของอะตอมและสมบัติทางเคมี นอกจากนี้ยังแบ่งย่อยได้อีกเป็น saturated และ unsaturated

1.4.2.5 ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbonmonoxide ,CO)

คาร์บอนมอนอกไซด์ เป็นก๊าซที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาการสันดาปไม่สมบูรณ์ (incomplete combustion) ของสารประกอบคาร์บอนซึ่งเป็นสารประกอบหลักของเชื้อเพลิงกับก๊าซออกซิเจน คาร์บอนมอนอกไซด์เบากว่าอากาศเพียงเล็กน้อยและละลายน้ำได้บ้าง ก๊าซนี้ดูดซึมรังสีอินฟราเรดในย่านของรังสีอินฟราเรด โดยมีจุดศูนย์กลางการดูดซึมที่ความยาวคลื่น 4.67 ไมครอน จึงยกคุณสมบัติข้อนี้มาใช้ในหลักการการตรวจวัด

คาร์บอนมอนอกไซด์ เป็นก๊าซเฉื่อยในสภาพอุณหภูมิและความกดดันอากาศ ปกติ $[25^{\circ}\text{C} ; 1\text{ atm} (101\text{ kPa})]$ แต่ไวต่อปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูง และเป็นตัวลดออกซิเจนได้อย่างดี หากมีตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นโลหะ เช่น พาลาเดียมกับ ซิลิกาเจลหรือส่วนผสมของแมงกานีสและออกไซด์ของทองแดง (Hopcalite) จะเกิดปฏิกิริยาเติมออกซิเจนให้ก๊าซนี้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยรวดเร็วยิ่งขึ้น

เมื่อก๊าซมีเทนเกิดปฏิกิริยาเติมออกซิเจนขึ้นตามธรรมชาติจะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ พื้นผิวมหาสมุทรเป็นแหล่งกำเนิดในลำดับรองลงมา นอกจากนั้นไฟฟ้า ภูเขาไฟ หลุม บึง พายุฝนฟ้าคะนอง หรือการแยกตัวของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศชั้นสูง ยังเป็นแหล่งที่มาของก๊าซนี้อีกด้วย แต่เดิมเชื่อกันว่าก๊าซนี้เกิดขึ้นตามธรรมชาติ มากกว่าเกิดจากการกระทำของมนุษย์ถึงสิบเท่า แต่ได้เกิดมีข้อโต้แย้งเมื่อไม่นานมานี้ว่าอาจเกิดจากธรรมชาติน้อยกว่าที่ได้เคยประเมินไว้ และอาจน้อยกว่าส่วนที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์

ยานยนต์ต่างๆทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เมื่อมีการสันดาบน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องยนต์ ส่วนการอุตสาหกรรมต่างๆทำให้เกิดก๊าซนี้ได้ ด้วยสองลักษณะคือกรรมวิธีการผลิต และการเผาผลาญเชื้อเพลิง โรงกลั่นปิโตรเลียม โรงหล่อเหล็ก โรงงานผลิตเยื่อกระดาษคราฟท์ และโรงผลิตผงคาร์บอนเป็นตัวอย่างของการอุตสาหกรรมซึ่งก่อให้เกิดมลพิษนี้ เนื่องจากกระบวนการผลิต และการใช้น้ำมันเตา ถ่านหิน หรือเชื้อเพลิงต่างๆเพื่อให้ได้พลังงานในทางอุตสาหกรรมก็เป็นแหล่งกำเนิดอีกส่วนหนึ่งเช่นกัน

1.4.2.6 ฟลูออรีน (Fluorine, F_2)

ฟลูออรีน เป็นก๊าซสีเขียวแกมเหลืองอ่อนคล้ายคลอรีนแต่ปฏิกิริยาไวกว่า มีฤทธิ์ในการกัดกร่อนสูง มีความเป็นพิษสูง เมื่อละลายน้ำจะยิ่งเพิ่มอันตรายได้มากกว่าปกติ เกิดเป็นสารในธรรมชาติ โดยปกติแล้วมีฟลูออรีนอยู่ในบรรยากาศในปริมาณที่น้อยมาก นอกจากจะเกิดการปนเปื้อนเนื่องมาจากกระบวนการอุตสาหกรรม ได้แก่ อุตสาหกรรมผลิตปุ๋ยฟอสเฟต โรงทำแก้ว โรงงานทำเหล็กกล้า โรงงานผลิตอลูมิเนียม โรงงานทำอิฐและกระเบื้องมุงหลังคา หรือโรงงานที่ใช้วัตถุดิบที่มีธาตุฟลูออไรด์ เช่น โรงงานถลุงแร่ ฯลฯ

บทที่ 2 ผลกระทบของสารมลพิษทางอากาศ

ผลเสียจากมลพิษทางอากาศ (Air Pollution Effects)

มลพิษทางอากาศสามารถทำให้เกิดผลเสียต่อสิ่งต่าง ๆ ได้มากมาย เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของคนและสัตว์ ทำลายพืช ทำให้วัสดุเสียหาย ทำให้เกิดผลเสียแก่สภาพภูมิอากาศและเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศวิทยา ลักษณะและความรุนแรงของผลเสียที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับประเภทและความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ และความยาวนานของการสัมผัสกับสารมลพิษทางอากาศ นอกจากนี้ สารมลพิษทางอากาศบางชนิดยังอาจมีผลที่เสริมฤทธิ์กัน (Synergism) ทำให้ผลเสียที่เกิดขึ้นทวีความรุนแรงมากขึ้นกว่าผลเสียที่เกิดขึ้น หากมีเพียงสารพิษทางอากาศเพียงชนิดใดชนิดหนึ่งเท่านั้น หรืออาจมีผลหักล้างซึ่งกันและกัน (Antagonism) ทำให้ผลเสียที่เกิดขึ้นมีความรุนแรงน้อยลง

2.1 ผลเสียที่มีต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์

เป็นผลเสียที่มีความสำคัญมากที่สุดเนื่องจากเกี่ยวข้องกับชีวิตและความแข็งแรงสมบูรณ์ของมนุษย์เรา อันตรายที่เกิดขึ้นอาจเริ่มตั้งแต่เพียงการก่อให้เกิดความรำคาญ ระคายเคือง เกิดการเปลี่ยนแปลงในร่างกายโดยไม่แสดงอาการ จนกระทั่งมีอาการชัดเจน และถึงขั้นเสียชีวิตได้ในที่สุด นอกจากนี้แล้ว อันตรายต่อสุขภาพอาจจะไม่ได้เกิดขึ้นโดยตรง เนื่องจากสารมลพิษทางอากาศเพียงอย่างเดียว แต่อาจเกิดโดยทางอ้อมจากโรคแทรกซ้อนที่เกิดขึ้นเมื่อร่างกายอ่อนแอลงจากการได้รับหรือสัมผัสกับสารมลพิษทางอากาศ โดยปกติแล้ว มนุษย์เราจะรับสารมลพิษทางอากาศเข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจ และโดยการสัมผัสทางผิวหนังและนัยตา ต่อไปนี้จะกล่าวถึงอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของสารมลพิษทางอากาศที่สำคัญ ๆ บางชนิด อย่างคร่าว ๆ ดังต่อไปนี้

ฝุ่นละออง

อันตรายของฝุ่นละอองจะขึ้นอยู่กับว่าเป็นฝุ่นประเภทใด มีองค์ประกอบอะไรอยู่บ้าง แต่โดยทั่วไปแล้ว จะก่อให้เกิดความระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจเท่านั้น ยกเว้นฝุ่นละอองบางชนิดที่มีพิษอยู่ในตัวของมันเอง เช่น ฝุ่นทราย ซึ่งมีซิลิกา (Silica) เป็นองค์ประกอบ เป็นอันตรายต่อปอดมาก ทำให้เป็นโรค Silicosis และฝุ่นละอองของโลหะหนักต่าง ๆ

ฝุ่นละออง (Suspended Particulate Matter) จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ซึ่งถือได้ว่าเป็นผลกระทบที่มีความสำคัญมากที่สุด เนื่องจากมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตและความสมบูรณ์แข็งแรงของร่างกายเรา อันตรายที่เกิดขึ้น ได้แก่ ก่อให้เกิดความรำคาญ ระคายเคือง แต่ถ้าเป็นฝุ่นละอองประเภทที่มีพิษอยู่ในตัวของมันเอง เช่น ซิลิกา ฝุ่นละอองของโลหะหนักต่าง ๆ อาจจะเป็นอันตรายต่อร่างกายมากกว่าเกิดการระคายเคือง เมื่อฝุ่นละอองเข้าสู่ร่างกายในตอนแรกร่างกายยังไม่แสดงอาการให้เห็นได้ชัดเจน จนกระทั่งได้รับไปแล้วเป็นเวลานาน ก็จะแสดงอาการออกมา แต่บางครั้งถ้าเราได้รับฝุ่นในปริมาณที่มาก ร่างกายก็อาจจะแสดงอาการออกมาให้เห็นได้ชัดเจน เช่น เกิดอาการไอ จาม คัดจมูก เกิดการระคายเคืองได้ นอกจากนี้ อันตรายของฝุ่นละอองที่มีต่อสุขภาพอาจจะไม่ได้เกิดขึ้นเนื่องจากการได้รับฝุ่นละอองเพียงอย่างเดียว แต่อาจเกิดจากโรคแทรกซ้อน เมื่อร่างกายอ่อนแอลงจากการได้รับฝุ่นละออง ฝุ่นละอองสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ทางการหายใจเป็นส่วนใหญ่ และอาจได้รับจากการสัมผัสทางผิวหนังได้อีกด้วย อันตรายของฝุ่นละอองที่มีต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์

กระบวนการผลิต	ตัวที่ทำให้เกิดอันตรายต่อระบบการหายใจ
การคลุกเคล้า การผสม (โดยการใช้ของแข็งหรือของเหลวเพื่อสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ หรือเพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยา ฯลฯ) - อุตสาหกรรมการเกษตร (การผลิตปุ๋ยแห้งสำหรับอาหารสัตว์) - อุตสาหกรรมเคมี - อุตสาหกรรมการก่อสร้าง - อุตสาหกรรมการผลิตอาหาร	ฝุ่น ละออง ฝุ่นจากสารอินทรีย์ สารที่ทำให้เกิดการระคายเคือง สาร ที่ทำให้เกิดภูมิแพ้ ฝุ่นแร่หิน (ซิลิกา ซีเมนต์ แร่ใยหิน) ฝุ่นแป้ง
การบดและการแยกขนาด (การลดขนาดของอนุภาคของของแข็งโดยใช้เครื่องจักรและการแยก อนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่าออกจากขนาดเล็กโดยใช้ตะแกรงหรือโดย การหมุนเหวี่ยง)	ฝุ่น - แร่ธาตุ (ซิลิกา ถ่านหิน แร่ใยหิน แร่ธาตุอื่นๆ - สารอินทรีย์ (โรงทำแป้ง)
การเก็บรักษาและการขนส่ง ของแข็งในรูปผง	ฝุ่นของวัสดุที่ใช้ในการผลิตหรือขนส่ง
เครื่องจักรกล	อนุภาคที่ลอยอยู่ในอากาศ ละออง จากน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องจักร
การทำเหมืองแร่ (การเจาะ การระเบิด การขนส่งแร่)	ฝุ่น (ซิลิกา ถ่านหิน แร่ใยหิน แร่ธาตุอื่นๆ)
การแตงผิวหน้าของโลหะ - การขัดผิวหน้า (โดยการพ่นทรายออกมาด้วยความเร็วสูง การขัดด้วยเหล็กกล้า) - การใช้กรดหรือด่าง - การขัดไขมัน (ไขมัน น้ำมัน ฯลฯ) ด้วยคลอรีเนเตดไฮโดรคาร์บอน (เช่น เปอร์คลอโรเอทรีน)	ฝุ่น (ซิลิกา โลหะ) ละอองของกรด ออกไซด์ของ ไนโตรเจน สลายสารละลายประเภทคลอรีนด้วยความร้อน อาจทำให้เกิดฟอสจีน ไฮโดรเจนคลอไรด์ และคลอรีน

กระบวนการผลิต	ตัวที่ทำให้เกิดอันตรายต่อระบบการหายใจ
การแต่งผิวหน้าของโลหะ - การชุบด้วยไฟฟ้า (เคลือบโลหะ พลาสติก หรือยางด้วยโลหะ เช่น โครเมียม นิกเกิล - การบัด การขัดมันและการขัดผิวหน้าโลหะ	ละอองกรดหรือด่าง ละอองโครเมียม หรือนิกเกิล ฝุ่น (ที่ออกจากสารที่ใช้ขัด จากโลหะที่ขัด)
กระบวนการทำเส้นใยสำหรับทอผ้า (การสาว การปั่น การทอ)	ฝุ่น (ฝ้าย ปอ ป่าน)
การเชื่อมและตัดโลหะ (เชื่อมหรือตัดโลหะโดยใช้ความร้อนเผาให้ละลายหรือให้อยู่ใน สภาพที่ละลาย เช่น การเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้า การตัดและเชื่อม โลหะด้วยเปลวไฟ)	ไอโลหะ ออกไซด์ของไนโตรเจน อนุภาคของ สารที่ใช้เชื่อม

จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่า อันตรายที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับขนาด ความเข้มข้น ความยาวนาน ปริมาณที่ได้รับ ดังนั้นอันตรายที่เกิดขึ้นก็จะแตกต่างกันไปซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับระดับชั้นคุณภาพอากาศด้วย ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอันตรายที่เกิดขึ้นกับระดับดัชนีคุณภาพอากาศ

ระดับของดัชนีคุณภาพอากาศ	ฝุ่นละออง (ไมโครกรัม/ลบ.ม.)	
	PM _{2.5} (24 ชั่วโมง)	PM ₁₀ (24 ชั่วโมง)
คุณภาพดี	- ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบ
คุณภาพปานกลาง	- ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบ
มีผลต่อบุคคลที่ไวต่อสารมลพิษ (sensitive group)	- เพิ่มความเป็นไปได้ในการเกิดอาการของโรคระบบทางเดินหายใจในกลุ่มคนที่ไวต่อผลกระทบ - ทำให้บุคคลที่เป็นโรคหัวใจและโรคปอดเกิดอาการรุนแรงขึ้น	- เพิ่มความเป็นไปได้ในการเกิดอาการของโรคระบบทางเดินหายใจ - ทำให้เกิดอาการของโรคที่เกี่ยวข้องกับปอด เช่น หอบหืดรุนแรงขึ้น
ระดับไม่ปลอดภัย	- เพิ่มระดับความรุนแรงต่ออาการของโรคหัวใจและปอดในกลุ่มคนที่เป็นโรคหัวใจและหลอดเลือดหัวใจและกลุ่มคนที่สูงอายุ - เพิ่มผลกระทบที่มีต่อระบบทางเดินหายใจในประชาชนโดยทั่วไป	- เพิ่มอาการทางระบบทางเดินหายใจและทำให้อาการของโรคปอด เช่น อาการหืดหอบรุนแรงมากขึ้น - อาจมีผลต่อระบบทางเดินหายใจในกลุ่มประชาชนโดยทั่วไป
ระดับไม่ปลอดภัยมาก	- ทำให้อาการทางด้านโรคหัวใจและปอดมีความรุนแรงขึ้น - มีผลต่อระบบทางเดินหายใจในกลุ่มประชาชนโดยทั่วไปเพิ่มมากขึ้น	- มีผลต่ออาการทางระบบทางเดินหายใจมากขึ้นและเพิ่มความรุนแรงต่ออาการของโรคเกี่ยวกับปอด เช่น โรคหอบหืด - เพิ่มความเป็นไปได้ในการเกิดผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจในกลุ่มประชาชนโดยทั่วไป

ระดับของค่าดัชนีคุณภาพอากาศ	ฝุ่นละออง (ไมโครกรัม/ลบ.ม.)	
	PM _{2.5} (24 ชั่วโมง)	PM ₁₀ (24 ชั่วโมง)
ระดับอันตราย	- ทำให้ผู้สูงอายุและผู้ป่วยที่เป็นโรคและหลอดเลือดหัวใจมีอาการทางด้านโรคหัวใจและโรคปอดรุนแรงมากยิ่งขึ้น - เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดผลต่อระบบทางเดินหายใจในกลุ่มประชาชนทั่วไปมากขึ้น	- เพิ่มความเสี่ยงอย่างมากต่อการเกิดอาการทางระบบทางเดินหายใจและทำให้เกิดอาการของโรคปอด เช่น โรคหืดหอบ รุนแรงมากขึ้น มีผลต่อระบบทางเดินหายใจในกลุ่มประชาชนโดยทั่วไป

นอกจากนี้ อันตรายของฝุ่นละอองที่มีผลต่อสุขภาพของมนุษย์ยังแบ่งได้ตามปริมาณที่ได้รับ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3 ตารางแสดงอันตรายของฝุ่นละอองที่มีผลต่อสุขภาพของมนุษย์แบ่งตามปริมาณที่ได้รับ

ฝุ่นละออง (ไมโครกรัม/ ลูกบาศก์เมตร)	ผลที่เกิดขึ้น
เท่ากับหรือมากกว่า 6	เพิ่มอัตราการตาย
750	อาจเพิ่มอัตราการตายต่อวัน
ต่ำ	อาจเพิ่มอัตราการตาย
ต่ำ	เพิ่มอัตราป่วยเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลด้วยโรคทางเดินหายใจ เพิ่มอัตราการขาดงาน
มี	อัตราการป่วยของผู้มีอายุเกิน 54 ปี เพิ่มขึ้นโดยฉับพลัน
300	ผู้ป่วยด้วยโรคปอดเรื้อรังอาจมีอาการรุนแรง
185	มีอาการโรคทางเดินหายใจบ่อยครั้งขึ้น และอาจเกิดโรคปอด
100	เป็นโรคทางเดินหายใจบ่อยครั้งขึ้น และอาการร้ายแรงขึ้น
160	เพิ่มอัตราการตายด้วยโรคหลอดลมอักเสบและมะเร็งปอด

ฝุ่นละอองในบรรยากาศในระยะเวลา 24 ชั่วโมงของแต่ละวันจะแปรเปลี่ยนมาก ซึ่งการแปรปรวนของปริมาณฝุ่นละอองนั้นอาจเกิดขึ้นโดยธรรมชาติ และยังมีปัญหาในเรื่องของการควบคุม ดังนั้นในการกำหนดมาตรฐานของปริมาณฝุ่นละอองในระยะเวลา 24 ชั่วโมงจึงทำได้ยาก จึงได้มีการกำหนดมาตรฐานของปริมาณฝุ่นละอองในระยะเวลาเฉลี่ย 1 ปี แต่เพียงอย่างเดียว แต่ทางด้านสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ มีความเห็นว่าควรเพิ่มเติมมาตรฐานฝุ่นละอองในอากาศในระยะเวลา 24 ชั่วโมงด้วย เนื่องจากมีการร้องทุกข์เกี่ยวกับฝุ่นละอองอยู่เสมอ จึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่ได้ในระยะเวลาจำกัด เพื่อแสดงให้เห็นว่าอากาศประกอบด้วยฝุ่นละอองที่มีสาเหตุมาจากหลายๆแหล่ง มากเกินไปหรือไม่เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่กำหนด และปริมาณของฝุ่นละอองที่มีอยู่ในขณะนั้นจะส่งผลกระทบต่อประชาชนอย่างไร ดังนั้นจึงได้มีการเพิ่มเติมมาตรฐานฝุ่นละอองในอากาศในระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยกำหนดว่าต้องไม่เกิน 0.33 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และยังได้กำหนดให้ค่ามาตรฐานของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) โดยกำหนดค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 0.12 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่าเฉลี่ย 1 ปี ต้องไม่เกิน 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ความรุนแรงของผลกระทบของฝุ่นละอองที่มีต่อมนุษย์ยังขึ้นอยู่กับระบบภูมิคุ้มกันส่วนบุคคลว่าร่างกายในขณะนั้นมีความแข็งแรงมากน้อยเพียงใด ถ้าร่างกายมีความอ่อนแอ ก็จะทำให้ได้รับฝุ่นละอองได้ง่ายกว่าคนที่ร่างกายแข็งแรง และยังขึ้นอยู่กับอายุอีกด้วย เช่น บุคคลที่มีอายุน้อยหรืออยู่ในช่วงวัยเด็ก ระบบภูมิคุ้มกันก็ยังไม่แข็งแรงเท่ากับวัยผู้ใหญ่ ประชาชนที่มีโรคระบบทางเดินหายใจ หรือโรคหัวใจ กลุ่มคนสูงอายุ และเด็ก จะเป็นกลุ่มประชาชนที่ไวต่อฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน เป็นพิเศษเมื่อค่าดัชนีคุณภาพอากาศสูงกว่า 100 และประชาชนที่เป็นโรคระบบทางเดินหายใจ จะเป็นกลุ่มประชาชนที่ไวต่อฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน เป็นพิเศษเมื่อค่าดัชนีคุณภาพอากาศสูงกว่า 100 เช่นเดียวกัน

ผลกระทบจากการได้รับฝุ่นละอองเข้าสู่ร่างกาย จะส่งผลให้ประชาชนที่ได้รับเจ็บไข้ได้ป่วย เกิดโรคเนื่องจากการทำงานที่ต้องสัมผัสกับฝุ่นละอองเป็นเวลานานหรือในปริมาณที่มาก ในที่นี้จะขอกล่าวถึงโรคที่เกิดจากการได้รับฝุ่นละอองเข้าสู่ร่างกาย ซึ่งมีดังต่อไปนี้

โรคปอดเกี่ยวกับฝุ่นอุดกัน(Pneumoconioses)

- โรคปอดเกี่ยวกับฝุ่นอุดกัน (Dust – related or Pneumoconioses) ที่พบบ่อยในกลุ่มผู้ใช้แรงงาน ได้แก่ silicosis, asbestosis, coal worker's Pneumoconiosis (CWP)
- silicosis เป็นโรคที่พบได้ง่ายโดยเฉพาะพนักงานที่สัมผัสกับผลึกของ SiO_2 ในลักษณะต่างๆกัน เช่น quartz, cristoballite และ tridymite ลักษณะเด่นของโรคนี้ คือ การเกิดก้อนเนื้อและเซลล์พังผืดที่รวมตัวกับสารซิลิกา (silica) และทำให้เกิดการรบกวนต่อเซลล์รอบข้าง โดยทำให้เกิดเป็นแผลในปอด ตุ่มและก้อนเนื้อนี้จะขยายตัวปริมาณมากทำให้มีผลต่อสมรรถภาพการทำงานของปอด
- asbestosis มีลักษณะทางพยาธิสภาพแตกต่างจาก silicosis เล็กน้อย โดยเฉพาะส่วนที่ทำให้เกิด Interstitial fibrosis และการเคลื่อนตัวของสารแอสเบสตอส (asbestos) ไปสู่ส่วนล่างของปอด พร้อมทั้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของผนังปอดที่หนาขึ้น แพทย์ในวงการเวชศาสตร์อุตสาหกรรมได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง asbestosis กับ mesothelioma พบว่า คนงานที่ทำงานเกี่ยวกับแอสเบสตอสมีโอกาสเป็น mesothelioma ได้มากกว่ากลุ่มอาชีพอื่น

แอสเบสทอสอาจรวมกับโลหะบางชนิด เช่น เหล็ก โครเมียม และนิกเกิลเป็นเกลือเชิงซ้อน ทำให้เกิดมะเร็งได้ง่ายยิ่งขึ้น สารพิษนี้ไม่ทำให้เกิดเป็นมะเร็งเฉพาะกับคนงานเท่านั้นแต่ยังทำให้เกิดเป็นอันตรายต่อประชาชนที่อยู่บริเวณรอบนอกโรงงาน นอกจากนั้นยังพบว่าครอบครัวของคนงานที่สัมผัสกับแอสเบสทอสมีโอกาสเกิดมะเร็งได้เช่นเดียวกัน เพราะสัมผัสกับแอสเบสทอสที่ติดเสื้อผ้ามาจากโรงงาน แอสเบสทอส ทำให้เกิดอาการคันตามผิวหนังและทำให้เกิดตุ่มแข็งบนผิวหนัง เรียกว่า asbestoscom ซึ่งทำให้คนงานมีอาการคันและเจ็บอย่างรุนแรง

โรคซิลิโคซิส (Silicosis) หรือโรคที่เกิดจากฝุ่นหินทราย

โรคซิลิโคซิส คือ โรคชนิดหนึ่งซึ่งเกิดจากการสูดหายใจเอาฝุ่นละอองเล็กๆ ของผลึกซิลิกา (Silica) หรือซิลิกอนไดออกไซด์ (Silicon dioxide) หรือฝุ่น ทรายอื่นๆ เข้าไปในปอดถึงถุงลม เกิดเป็นเยื่อพังผืดเป็นจุดเล็กๆ ในปอด ทำให้มีอาการหายใจหอบเหนื่อย หวังกายตัวได้น้อยลง ทำงานเหนื่อยง่าย ไม่มีไข้พอกนี้ทำให้มีโรคแทรก เช่น วัณโรคได้ง่ายกว่า การเข้าสู่ร่างกาย ฝุ่นหินทราย สามารถเข้าสู่ร่างกายได้โดยทางหายใจ ขนาดฝุ่นละอองที่มีความสำคัญทำให้เกิดโรคซิลิโคซิส ได้ต้องมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 10 ไมครอน เท่านั้นที่คนเราสามารถหายใจเข้าไปในปอดได้ (ไมครอน เป็นหน่วยวัดความยาวซึ่งเท่ากับ 1/1000 มม.) และขนาดฝุ่นที่มีอันตรายต่อปอดมากที่สุดคือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 1-3 ไมครอน (ซึ่งเทียบขนาดได้เท่ากับ 1/1000 ของความหนาของขนตาของคนเรา) ฉะนั้นจะเห็นได้ว่า ถ้าคนเราสูดเอาฝุ่นเข้าไปอยู่เสมอกๆ แล้วก็จะอันตรายต่อปอด ทำให้เกิดโรคอันเนื่องมาจากฝุ่นหินทราย หรืออาจเกิดวัณโรคแทรกซ้อน ทำให้เกิดอาการรุนแรงถึงแก่ความตายได้

ผลของฝุ่นหินทรายที่มีต่อปอด ขนาดของฝุ่นที่เล็กกว่า 5 ไมครอนเท่านั้น ที่สามารถผ่านลงไปถึงหลอดลมขนาดเล็กจนถึงถุงลมได้ โดยที่รูปร่างของมนุษย์จะจัดออก เช่น ถูกกรองจากจมูก หลอดลมส่วนต้นและที่ปอดถูกเป่าออกมา ฝุ่นขนาดเล็กๆ ที่สามารถไปถึงถุงลมนี้ จะทำให้บริเวณหลอดลมขนาดเล็กและถุงลมอักเสบ บางส่วนส่วนสามารถซึมผ่านเนื้อเยื่อเข้าไปได้และเข้าสู่ทางเดินน้ำเหลืองก่อให้เกิดอักเสบบริเวณนั้นๆ เมื่อเป็นมากจุดเนื้อเยื่อพังผืดเล็กๆ อาจจะขยายตัวออกไป ทำให้เนื้อส่วนดีของปอดน้อยลง ทำให้ปอดทำงานได้ไม่เต็มที่

อาชีพที่อาจทำให้เกิดโรคซิลิโคซิส

1. คนที่ทำงานในโรงงานไม้ หรือย่อยหิน เช่น คนระเบิดหิน คนขนหิน คนม่หิน คนตักหิน
2. อาชีพที่ทำงานกับหินแกรนิต เช่น คนขนหิน คนเก็บหิน คนเจาะหิน คนตบแต่งหิน
3. อาชีพที่ทำงานในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา
4. คนทำงานในเหมืองแร่ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับหิน เช่น การเจาะหิน การระเบิดหิน การล้างแร่ การบรรจุแร่ การตักทราย ฯลฯ ซึ่งพบได้ในการทำเหมืองแร่แทบทุกประเภท เช่น การทำเหมืองแร่ดีบุก การทำเหมืองแร่ฟลูออไรท์ การทำเหมืองแร่ทองคำ การทำเหมืองแร่ถ่านหิน การทำเหมืองแร่แกรไฟท์ เป็นต้น
5. อาชีพการกลึงหรือขัดโลหะ โดยการใช้หินทราย ฝ้ายทราย กระดาษทราย
6. อาชีพการหลอมเหล็กและเหล็กกล้า โดยเฉพาะการทำแบบแม่พิมพ์ต่างๆ
7. อาชีพการผลิตวัสดุทนไฟ

8. การลับเครื่องมือ โดยใช้ถ่านหิน
9. การทำงานในโรงแก้ว
10. การขุดอุโมงค์ เป็นต้น

อาการของโรคซิลิโคซิส แบ่งเป็น 2 แบบ คือ

แบบฉับพลัน (Acute) ซึ่งมักจะเกิดขึ้นกับคนงานในโรงงานที่เกี่ยวข้องกับหินทราย เป็นโรงงานที่ปิดมิดชิด การระบายอากาศไม่ดีมีทรายฟุ้ง และเกิดกับคนงานเจาะหรือบดแร่ เช่น ที่เขาศูนย์ อ.ฉวาง จ.นครศรีธรรมราช ระยะเวลาที่ทำให้เกิดอาการตั้งแต่ 8-10 เดือน โดยมีอาการหายใจขัดแน่น อัดอึด ผิวน้ำเปลี่ยนเป็นสีเขียวคล้ำเนื่องจากการขาดออกซิเจน หายใจเร็วขึ้น หอบ

ชนิดเรื้อรัง มักพบในคนโรงงานอุตสาหกรรมเหมืองแร่ โรงงานเครื่องปั้นดินเผา โรงงานหล่อหลอมเหล็กโลหะ โรงโม่หิน โรงทำกระเบื้อง โรงงานผลิตแก้ว และเครื่องปั้นดินเหนียว อาการเริ่มแรกตรวจไม่พบสิ่งผิดปกติ เป็นมากขึ้นจะมีอาการหายใจขัดมีอาการหอบและช่วงของการหายใจจะสั้น เมื่อมีอาการแรงมากขึ้นเมื่อเป็นมากขึ้นการหายใจขัดก็มากขึ้น แม้จะออกแรงเพียงเล็กน้อยก็ตามเกิดอาการไอ เจ็บหน้าอก รู้สึกอ่อนเพลีย หัวใจต้องทำงานมากขึ้นเพื่อฉีดโลหิตไปเลี้ยงเส้นเลือดฝอยที่ปอดซึ่งมีเนื้อเยื่อเหนียวจับอยู่อย่างตาย เนื่องจากหัวใจทำงานหนักเกินไป ระยะเวลาที่เกิดชนิดเรื้อรังประมาณ 5-10 ปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของฝุ่นและความอ่อนแอของแต่ละคนด้วย

การควบคุมและป้องกัน

เนื่องจากโรคของปอดที่เกิดจากฝุ่นหินทรายนี้ ไม่มียาหรือวิธีการรักษาใดๆ ที่จะทำให้หายขาดได้ ฉะนั้น การป้องกันและควบคุมสิ่งแวดล้อมในการทำงานจึงเป็นวิธีการเดียวเท่านั้นที่จะให้ผลดี โดยอาจดำเนินการได้ดังนี้ คือ

1. เปลี่ยนไปใช้สารที่มีอันตรายน้อยกว่าที่สามารถนำมาใช้ทดแทนกันได้ เช่น การกลึงโลหะ เราสามารถใช้อลูมินา มาทดแทนการใช้หินทราย เพราะสารพวกนี้จะมีฝุ่นน้อยกว่าหินทราย

2. กำจัดหรือควบคุมฝุ่นที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี ดังต่อไปนี้

- ทำการระบายอากาศบริเวณที่ทำงานอย่างสม่ำเสมอ โดยการปล่อยให้อากาศจากภายนอกเข้าไปภายในบริเวณที่ทำงานหรือใช้การดูดอากาศเสียออกมา เพื่อเป็นการช่วยลดปริมาณฝุ่นที่เกิดขึ้น

- ทำการระบายอากาศเฉพาะที่โดยติดตั้งท่อดูด บริเวณที่ทำให้เกิดฝุ่น ท่อดูดนี้จะดูดฝุ่นออกสู่ภายนอก และควรใช้การระบายอากาศแบบนี้ เมื่อการระบายอากาศโดยทั่วไป ไม่ได้ผลหรือฝุ่นที่เกิดมีอันตรายมาก

- เปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต โดยเลือกวิธีที่จะก่อให้เกิดฝุ่นในปริมาณที่น้อยที่สุด

- ใช้เครื่องเก็บฝุ่นในบริเวณที่ทำงานที่มีฝุ่นเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ฝุ่นที่เก็บได้จะเป็นชนิดไหนก็ขึ้นอยู่กับชนิดของงาน

กับชนิดของงาน

- รักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของที่ทำงานให้ดี ซึ่งก็เป็นการช่วยลดปริมาณฝุ่นที่จะเกิดขึ้นได้เช่นเดียวกัน

3. ใช้เครื่องป้องกันอันตรายส่วนบุคคล เช่น หน้ากากกันฝุ่น ใช้ปิดปากและจมูกเพื่อป้องกันฝุ่นที่จะเข้าสู่ร่างกายทางลมหายใจ และใช้เครื่องหายใจโดยมีท่อนำอากาศ ซึ่งป้องกันฝุ่นละอองได้ดีกว่าหน้ากากกันฝุ่น ซึ่งจะใช้โดยการครอบหัวและหน้าไว้ให้มิดชิด ส่วนบนสุดของที่ครอบหัว มีท่อขายนำอากาศ จะใช้ในกรณีที่มีฝุ่นมากๆ
4. ตรวจสุขภาพคนงานก่อนเข้าทำงาน โดยเฉพาะคนงานที่มีความเสี่ยงต่อการได้รับฝุ่น เพื่อคัดเลือกเอาแต่คนที่แข็งแรงเข้าทำงาน โดยมีการซักประวัติของโรคระบบทางเดินหายใจ และต้องมีการตรวจสุขภาพของคนงานเป็นระยะๆ เพื่อค้นหาผู้ป่วยตั้งแต่เริ่มแรกเพื่อป้องกันมิให้คนงานกลายเป็นโรคซิลิโคซิสจนถึงขั้นร้ายแรง การตรวจร่างกายเป็นระยะๆ โดยทำการเอ็กซเรย์ปอด หรือตรวจสภาพการทำงานของปอดเป็นประจำทุกปีหรือสองปี ซึ่งจะทำให้เราทราบ และทำการแก้ไขได้ทัน
5. ตรวจหาคุณภาพอากาศในสิ่งแวดล้อมการทำงานเป็นระยะๆ เพื่อค้นหาปริมาณของฝุ่นว่าเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้มากน้อยเพียงใดการควบคุมและป้องกันโรคอันเกิดจากฝุ่นหินทรายจะได้ผลดียิ่งขึ้น ต้องอาศัยความร่วมมืออย่างดีระหว่างเจ้าของโรงงานรวมทั้งตัวผู้ปฏิบัติงานด้วย โดยผู้ประกอบการต้องควบคุมในด้านสิ่งแวดล้อมในโรงงานให้ได้มาตรฐานที่กำหนด และจัดหาอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลให้เหมาะสมกับชนิดของงานที่ทำ และคนงานก็ควรที่จะปฏิบัติตามระเบียบและข้อแนะนำของโรงงานอย่างเคร่งครัด จึงจะทำให้การควบคุมและป้องกันโรคนี้ได้รับความสำเร็จตามจุดมุ่งหมาย

โรคบิสสิโนซิส หรือโรคปอดฝุ่นฝ้าย

โรคบิสสิโนซิส เป็นโรคปอดอักเสบจากฝุ่นของเส้นใยธรรมชาติ 4 ชนิดใหญ่ๆ คือ ฝ้าย ป่าน ปอ และลินิน แต่ที่พบได้มากในปัจจุบัน คือโรคปอดอักเสบจากฝุ่นฝ้าย โรคนี้เกิดจากการทำงานในสภาพที่มีฝุ่นดังกล่าว ผู้ที่ทำงานสิ่งทอต่างๆ จะมีอัตราการเกิดโรคนี้สูงมาก

อาการของโรคบิสสิโนซิส

โรคบิสสิโนซิส เมื่อเข้าสู่ร่างกายทางลมหายใจ ร่างกายจะพยายามกำจัดออกมาเนื่องจากเป็นสิ่งแปลกปลอม มิใช่อากาศบริสุทธิ์ที่ร่างกายต้องการ การกำจัดกระโดยการไอ จาม หรืออื่นๆ และถ้าไม่สำเร็จฝุ่นก็จะก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายของเราได้ ตั้งแต่ทำให้ร่างกายได้รับความเสียหายเพียงเล็กน้อยจนถึงขั้นรุนแรงได้

อันตราย หรือความเป็นพิษของฝุ่นฝ้าย ป่าน ปอ ต่อร่างกาย คือในระดับแรกและน้อยๆ จะทำให้เกิดอาการระคายเคือง อักเสบ บวม ของเยื่อของทางเดินหายใจตั้งแต่ เยื่อบุโพรงจมูก คอ หลอดลมต่างๆ ทำให้รู้สึกแน่นหน้าอก หายใจลำบากบ้าง ถ้าเป็นมากๆ ก็จะทำให้หลอดลมบวม ตีบแคบ ยิ่งทำให้หายใจลำบาก สำหรับผู้ที่มีความไวต่อการเกิดโรคนี้มาก จะมีอาการเร็วและมากกว่าคนทั่วไปได้ และร่างกายจะพยายามขับสิ่งแปลกปลอมนี้โดยการไอออกมา และถ้าเป็นต่อเนื่องร่างกายก็มีการผลิตเสมหะออกมา และไอขับเสมหะออกมาพร้อมกับฝุ่นที่แปลกปลอมนั้น ในบางรายที่ได้รับฝุ่นนี้โดยได้รับเชื้อโรคของทางเดินหายใจอยู่แล้วของทุกคน ก็ไม่มีความสามารถพอที่จะกำจัดเชื้อโรคที่ปนมากับอากาศที่หายใจเข้าไปได้ เช่น เชื้อโรคที่ทำให้หลอดลมอักเสบ ปอดอักเสบ หรือที่พบบ่อยคือ เชื้อวัณโรค ทำให้มีโอกาสป่วยเป็นโรคติดเชื้อเพิ่มซ้ำจากบิสสิโนซิสอยู่แล้ว ซึ่งผู้ที่เป็นโรคบิสสิโนซิส จะมีความไวในการติดเชื้อโรคระบบทางเดินหายใจมากกว่าผู้ที่มีระบบทางเดินหายใจปกติ และเมื่อติดเชื้อแล้วก็ยากที่จะหาย ต้องใช้เวลาในการรักษานาน และถ้าหายแล้ว ก็มีโอกาสดเกิดโรคติดเชื้อซ้ำได้ จนหลายคนเรียกว่า หวัดเรื้อรังในขั้นแรก ซึ่งต่อมาจะทำให้

ร่างกายต้องมีปัญหาหลอดเลือด ของปอดพิการอย่างถาวร หรือมีเสมหะในหลอดลมมาก แน่นหน้าอกเรื้อรัง และไม่สามารถรักษาโรคนี้ให้หายได้โดยง่าย อาการในช่วงแรกๆ จะคล้ายโรคหอบหืด

การเพิ่มซ้ำจากงานของโรคบิสสิโนซิส

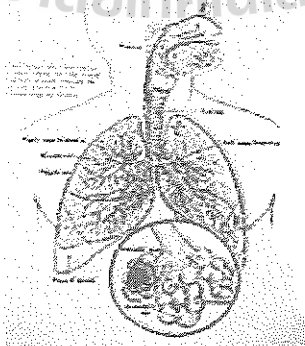
ผู้ที่ป่วยเป็นโรคบิสสิโนซิส ยังคงทำงานต่อไปได้ เนื่องจากโรคนี้จะมีอาการแบบเรื้อรัง ไม่รุนแรงมากนักในเบื้องต้น แต่เมื่อเวลาผ่านไป จนกระทั่งมีการทำลายโครงสร้างของระบบทางเดินหายใจอย่างถาวร และอวัยวะบางส่วน เช่น หัวใจ และส่วนต่างๆ ของร่างกายที่ต้องอาศัยเลือดที่ได้รับการฟอกเลือดจากปอดแล้ว แต่ถ้าปอดไม่ได้รับการฟอกเลือดนั้นแล้ว ความสามารถในการเติมออกซิเจนให้แก่เม็ดเลือดของปอดก็ลดลง ทำให้ผู้ป่วยโรคบิสสิโนซิส มีความผิดปกติของอวัยวะอื่นๆ ได้ทุกอวัยวะ คือ มีทั้งอ่อนแรง อ่อนเพลีย ใจสั่น มึนงงศีรษะ และอื่นๆ ได้

การป้องกันการเกิดโรคบิสสิโนซิส

1. ต้องมีการปรับสภาพของบริเวณพื้นที่ทำงานให้มีสภาพที่ทำให้เกิดฝุ่นดังกล่าวในปริมาณที่น้อยที่สุดในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดโรค ได้แก่ มีการจัดทำแผนการจัดการในการที่จะลดปริมาณฝุ่นจากแหล่งผลิตไม่ให้ฟุ้งกระจายด้วยระบบกำจัดฝุ่นเฉพาะที่ มีระบบระบายอากาศที่ดี และมีการดูดเก็บฝุ่นตกที่ดีกว่าการกวาด หรือใช้การเช็ดถูด้วยวิธีเปียก

2. ปรับวิธีการทำงานที่ไม่ก่อให้เกิดฝุ่นหรือเกิดน้อยที่สุด ในขณะที่ทำงานแต่ละขั้นตอนของขบวนการทำงานของผู้ทำงานทุกคน และในกรณีที่มีการปนเปื้อนของฝุ่นในบรรยากาศการทำงานในระดับที่มีผลต่อสุขภาพได้ก็ต้องมีการป้องกันที่ตัวบุคคล ใส่ผ้าคลุมผม และควรมีการปรึกษากับสหภาพแรงงาน ผู้บริหารและผู้ที่มีความรู้ในเรื่องนี้ด้วย ทั้งนี้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพ และประโยชน์แก่ผู้ทำงานและก่อมลพิษที่เกี่ยวข้อง

3. การดำเนินงานอื่นๆ ของแรงงาน นายจ้าง นักวิชาการ และราชการที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับการป้องกันปัญหาการเกิดโรคนี้ สมควรที่จะให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีแรงงานที่ป่วยด้วยโรคนี้เป็นจำนวนมากและอยู่ในสภาพเกินกว่าความสามารถของระบบบริการทางการแพทย์ในปัจจุบันมีอยู่



รูปแสดง กลไกการทำลายโครงสร้างของระบบทางเดินหายใจ

อันตรายของ “แอสเบสทอส”

เมื่อเร็วๆ นี้ ศ.น.พ. สว่าง แสงหิรัญพัฒนา แพทย์หน่วยโรคปอด โรงพยาบาลรามาริบัติ เปิดเผยว่า ขณะนี้คนไทยกำลังมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งที่เยื่อหุ้มปอดซึ่งมีอันตรายถึงชีวิตและไม่มีโรงพยาบาลแห่งไหนในประเทศไทยสามารถรักษาโรคนี้ได้ผลโดยผู้ที่เป็นโรคจะมีอาการเหนื่อย หอบ น้ำหนักลดลงอย่างรวดเร็วและจะถึงแก่ชีวิตในเวลาต่อมา

ตัวการสำคัญของโรคร้ายนี้ คือ สารแอสเบสทอส ในลักษณะของฝุ่นพิษที่เกิดจากการผลิตปูนซีเมนต์ กระเบื้องทนความร้อน รวมไปถึงวัสดุอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการกันความร้อนทุกชนิด เช่น ชุดฉนวนเพลิง, ผ้าเบรค ความเร็วสูง ฯลฯ ทั้งนี้ผู้ที่เสี่ยงต่อโรคมะเร็งมากที่สุดก็คือ คนงานภาคอุตสาหกรรมดังกล่าว หากไม่มีการป้องกันที่ดีพอ ฝุ่นแอสเบสทอสจะค่อยสะสมในร่างกายจนถึงระยะ 10 - 20 ปี ก็จะเริ่มมีผลกระทบด้านสุขภาพและจะแสดงอาการของมะเร็งที่เยื่อหุ้มปอดออกมา

นอกจากคนงานที่จะได้รับผลโดยตรงแล้ว ฝุ่นพิษอาจจะแพร่ไปยังครอบครัวหากคนงานไม่อาบน้ำเปลี่ยนเสื้อผ้าให้สะอาดก่อนกลับบ้าน และผู้ที่อยู่อาศัยภายในบ้านที่ใช้วัสดุก่อสร้างที่มีส่วนผสมแอสเบสทอสผสมอยู่ก็มีโอกาสได้รับอันตรายเช่นกัน นั่นคือ เมื่ออาคารชำรุดทรุดโทรมลงฝุ่นจากกระเบื้องหรือเพดานที่ชำรุดผุกร่อนจะปลิวลงมาปะทะกับอากาศที่หายใจเข้าไป

ในทัศนะของผู้เชี่ยวชาญแล้ว ทางแก้ไขของปัญหาก็คือ การยกเลิกการนำเข้าแอสเบสทอสและห้ามใช้สารนี้เป็นส่วนประกอบของวัสดุก่อสร้างและอุปกรณ์อื่น ๆ แต่ความเป็นไปได้สำหรับเมืองไทยแล้วมีน้อยมากเพราะยังมีการนำเข้าจากแคนาดาอยู่ตลอดเวลาและเป็นจำนวนมาก จึงมีประการเดียวในทางปฏิบัติคือ หาทางป้องกันทั้งในระดับบุคคลและในระดับโรงงาน

พนักงานในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับแอสเบสทอสจะต้องสวมหน้ากากป้องกันตลอดเวลาทำงานและต้องอาบน้ำเปลี่ยนเสื้อผ้าก่อนกลับบ้าน ทางโรงงานเองก็ต้องติดตั้งระบบการกรองสารพิษไม่ให้ปนเปื้อนในอากาศในส่วนของภาครัฐจะต้องดำเนินการบังคับการปฏิบัติดังกล่าวอย่างเคร่งครัด คณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภคก็ต้องดำเนินการตรวจสอบและแจ้งให้ประชาชนทราบว่า ผลิตภัณฑ์มีแอสเบสทอสผสมอยู่เพื่อให้มีการดำเนินการป้องกัน แก้ไข กันต่อไป ศ.น.พ. สว่าง ยังกล่าวอีกด้วยว่า ปัจจุบันสหรัฐอเมริกาสั่งห้ามการนำเข้าสารดังกล่าวแล้ว และหากมีการตรวจพบว่าอาคารหรือบ้านหลังใดใช้วัสดุก่อสร้างที่มีแอสเบสทอสเป็นส่วนประกอบจะถูกทำลายทิ้งทันที โดยเจ้าของบ้านสามารถเรียกร้องค่าเสียหายจากผู้รับเหมาและผู้ผลิตวัสดุก่อสร้างและกรณีถ้าเจ้าของบ้านป่วยเป็นโรคมะเร็งที่เยื่อหุ้มปอดมีสิทธิ์ได้รับค่ารักษาพยาบาลจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในทุกระดับ

ฝุ่นถ่านหิน (coal dust) ลักษณะทางกายภาพเป็นของแข็ง คนงานที่ทำงานเกี่ยวกับอุตสาหกรรมถ่านหิน มักจะได้รับฝุ่นของสารนี้เข้าสู่ร่างกายทำให้เกิดปอดอุดกั้น สมรรถภาพการทำงานของปอดจะลดลง การถ่ายเทระหว่างออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในปอดจะมีการเปลี่ยนแปลง ออกซิเจนในเลือดจะมีปริมาณลดน้อยลงกว่าปกติ คนงานมักจะมีอาการคันคอหิสดสูง ฝุ่นถ่านหินนี้จะเข้าไปเกาะในถุงลมปอด และผนังเยื่อหุ้มปอด ทำให้ปอดมีสีดำ บางครั้งจะเกิดเป็นตุ่มๆ ในปอด คนงานที่ทำงานเป็นระยะเวลานานมักจะมีอาการไอเรื้อรัง มีรายงานในประเทศสหรัฐอเมริกาเกี่ยวกับคนงานที่ทำงานในเหมืองแร่ถ่านหิน พบว่าร้อยละ 30 ของคนงานที่ทำงานเป็นระยะเวลาประมาณ 3 ปี ขึ้นไป จะเป็นโรคปอดอุดกั้น

ฝุ่นซีเมนต์ (cement dust) เป็นฝุ่นแร่ผสมซึ่งประกอบด้วยไตรแคลเซียมซิลิเกตและไดแคลเซียมซิลิเกต นอกจากนั้นแล้วยังมีแร่พวกอะลูมิเนียมและสารประกอบของอะลูมิเนียมรวมทั้งเหล็กออกไซด์และซิลิกาผสมอยู่ด้วย ลักษณะทางกายภาพเป็นของแข็ง คนที่ทำงานผลิตซีเมนต์มักจะได้รับการสัมผัสกับฝุ่นซีเมนต์ทางผิวหนังและหายใจเอาฝุ่นซีเมนต์เข้าสู่ปอด คนงานมักจะมีอาการแพ้ต่อฝุ่นชนิดนี้และจะทำให้เกิดอาการระคายเคืองต่อผิวหนังโดยเฉพาะบริเวณมือและแขน และขา จากการศึกษาพบว่าประมาณร้อยละ 15 ของคนงานมักจะมีอาการแพ้ทางผิวหนัง คนงานที่ได้รับฝุ่นซีเมนต์โดยเฉพาะที่เรียกว่าปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ มักจะมีอาการมากกว่าซีเมนต์ชนิดอื่น นอกจากนี้ยังพบว่าปอดของคนงานที่ทำงานมากกว่า 5 ปีขึ้นไป เริ่มมีอาการเปลี่ยนแปลงให้เห็นได้ชัดจากการถ่ายภาพเอ็กซเรย์ ฝุ่นซีเมนต์นี้ทำให้เกิดอาการไอหายใจลำบากเวลาหายใจมีเสียงเหมือนนกหวีดและมีอาการหลอดลมอักเสบ

ฝุ่นทัลค์ (talc dust) เป็นสารประกอบของแมกนีเซียมซิลิเกต ลักษณะทางกายภาพมีสีขาวเหมือนฝุ่นแป้ง นำไปใช้ในการทำสี การทำน้ำมันหล่อลื่นและใช้ในการทำฉนวนป้องกันความร้อน คนงานที่ได้รับฝุ่นชนิดนี้ทำให้เกิดปอดอุดกั้น และเป็นพังผืดในปอด ยังพบว่าสารตัวนี้มีส่วนส่งเสริมที่ทำให้เกิดมะเร็งในปอดด้วยพิษวิทยาของสารตัวนี้ทำให้เกิดอาการไอเรื้อรังและทำให้แรงอัดปอดลดลงอย่างเห็นชัดเจน ฝุ่นประเภทนี้อาจมีแอสเบสตอสผสมอยู่ด้วยแล้วแต่นิตของการใช้งาน ดังนั้น อันตรายจากการใช้จำเป็นต้องพิจารณาว่ามีส่วนผสมของแอสเบสตอสผสมอยู่ด้วยหรือไม่

ไฟเบอร์กลาสเป็นเส้นใยทำมาจากซีเมนต์และเหล็กของแร่ธาตุบางชนิดในธรรมชาติที่หลอมเหลว ไฟเบอร์กลาสมักจะถูกนำเข้าสู่กระบวนการผลิตที่ใช้สาร polyester และ epoxy resin เพื่อนำไปใช้ประโยชน์เกี่ยวกับฉนวนหุ้มความร้อน ตัวกรองอากาศและ ใช้เป็นตัวแกนที่ทำให้เกิดความแข็งแรง สารพวกไฟเบอร์กลาสมีส่วนร่วมทำให้เกิดมะเร็งในปอดและการระคาย

จากการศึกษาในสัตว์ทดลองพบว่า ไฟเบอร์กลาสสามารถทำให้เกิดปอดอักเสบ และทำให้เกิดอาการไอเรื้อรัง พิษของสารตัวนี้ขึ้นอยู่กับสารที่เคลือบเส้นใยและตัวที่ใช้เชื่อมอนุภาคของเส้นใยให้รวมตัวกันอย่างไรก็ตามมีรายงานพบว่า สัตว์ทดลองมีอาการเนื้องอกในระบบทางเดินหายใจหลังจากที่สัมผัสกับสารตัวนี้

ได้มีรายงานเกี่ยวกับคนงานที่สัมผัสกับไฟเบอร์กลาสเป็นระยะเวลานานพบว่า มีอาการอุดกั้นและตีบตันของระบบทางเดินหายใจรวมทั้งมีอาการประสาทอักเสบส่วนปลายคนผู้ที่ถูกนำมาตรวจทางคลินิกพบว่า ในเสมหะมีไฟเบอร์กลาสปะปนอยู่เป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตามผลที่เกิดขึ้นยังไม่สามารถนำมาสรุปได้ว่าคนงานที่ทำงานเกี่ยวกับไฟเบอร์กลาสจะมีโอกาสเป็นโรคปอดและโรคประสาท เพราะข้อมูลเกี่ยวกับสภาพการทำงานและสิ่งแวดล้อมยังไม่เพียงพอ

วิธีการป้องกันเพื่อไม่ให้เกิดการแพ้พิษสารเคมีและโรคปอดอุดกั้นคือ ผู้ประกอบกิจการต้องป้องกันไม่ให้สิ่งแวดล้อมในการทำงานมีความเข้มข้นของสารดังกล่าวเกินมาตรฐานความปลอดภัย สำหรับมาตรฐานความปลอดภัยที่ใช้ในประเทศไทย ได้เรียนแบบจากประเทศสหรัฐอเมริกาโดยเฉพาะ ACGIH (American Conference of Government Industrial Hygienist)

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

เป็นก๊าซไม่มีสี เกิดจากการรวมตัวกันของสารกำมะถันที่เจือปนอยู่ในเชื้อเพลิงกับก๊าซออกซิเจนในขณะที่เชื้อเพลิงถูกเผาไหม้ สามารถละลายน้ำได้ได้พอสมควรและถูกดูดซึมได้ดีในระบบทางเดินหายใจส่วนบนซึ่งชั้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) จะค่อยทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนในอากาศ เกิดเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) ซึ่งเมื่อรวมตัวกับความชื้นในอากาศจะเกิดเป็นก๊าซซัลฟูริก (H_2SO_4) ทั้ง SO_2 , SO_3 และ H_2SO_4 อาจก่อให้เกิดความระคายเคืองและเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจทำให้เป็นโรคทางเดินหายใจได้ง่ายและบ่อยขึ้น เช่น โรคหลอดลมอักเสบเรื้อรังโรคทางเดินหายใจและโรคปอดอื่น ๆ อันตรายจะรุนแรงมากขึ้นเมื่ออยู่ร่วมกับฝุ่นละอองโดยเพิ่มความต้านทานทางการเคลื่อนที่ของอากาศในทางเดินหายใจและเพิ่มความระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อในระบบหายใจ นอกจากนี้ ฝุ่นละอองของโลหะบางชนิด ยังเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาให้ SO_2 กลายเป็นกรด H_2SO_4 ได้เร็วขึ้น

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เข้าสู่โลหิต แล้วแพร่กระจายไปทั่วร่างกาย ผ่านการเมตาโบไลซ์แล้วถูกขับออกทางปัสสาวะ หากร่างกายรับก๊าซนี้ที่ระดับความเข้มข้นสูงมาก คาดว่าจะเกินกำลังความสามารถในการดูดซึมของหลอดลมส่วนบน จนอาจถึงแก่ชีวิตหรือเกิดโรคได้

เมื่อร่างกายนี้รับก๊าซนี้แต่เพียงลำพังจะพบว่าระบบหายใจทำงานผิดปกติที่ระดับ 2.1 มก. ต่อ ลบ.ม. และที่ระดับ 1.1 มก. ต่อ ลบ.ม. ไม่ปรากฏมีอาการผิดปกติ เมื่อร่างกายรับก๊าซที่ 2.9 มก. ต่อ ลบ.ม. จะมีอาการซีดจางเหนื่อย หายใจเข้าออกน้อยลง เพิ่มแรงต้านในปอด ลดน้ำมูกและขนาดของจมูก

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และโอโซนมีการเสริมฤทธิ์กับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มลพิษนี้มีผลต่อประสาทรับสัมผัส และการทำงานของระบบสมอง ปฏิบัติการได้ตอบของมนุษย์เริ่มมีอาการผิดปกตินับตั้งแต่ร่างกายรับก๊าซ 0.6 มก. ต่อ ลบ.ม. กรดกำมะถันจะเสริมฤทธิ์ของก๊าซนี้ให้เกิดมีผลร้ายต่อร่างกายมากขึ้น ถึงแม้ว่าจะมีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในระดับต่ำ

ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน

ไนโตรเจนออกไซด์ในที่นี้จำกัดเฉพาะ ไนตริกออกไซด์ (NO) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) เนื่องจากเป็นมลพิษซึ่งมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตมากกว่าไนโตรเจนออกไซด์อื่นๆ โดยเกิดจากการทำปฏิกิริยาทางเคมีของไนโตรเจนกับออกซิเจนในระหว่างการเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ ที่อุณหภูมิสูง ๆ

ไนตริกออกไซด์เป็นก๊าซไม่มีสีและกลิ่น ละลายน้ำได้บ้างเล็กน้อย ส่วนไนโตรเจนไดออกไซด์นั้นมีสภาพเป็นก๊าซที่อุณหภูมิปกติ ก๊าซทั้งสองเกิดขึ้นตามธรรมชาติ ได้แก่ ไฟผ่า ไฟแลบ ภูเขาไฟระเบิด ปฏิบัติการของจุลินทรีย์ในดิน หรืออาจเกิดจากการกระทำของมนุษย์ คือ การเผาผลาญเชื้อเพลิง การอุตสาหกรรม ทำกรดไนตริก ชุบโลหะ ทำกรดกำมะถัน และทำวัตถุระเบิด เป็นต้น เมื่อเปรียบเทียบปริมาณรวมทั้งโลกของก๊าซทั้งสองจากแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติและมนุษย์แล้ว พบว่าธรรมชาติเป็นต้นเหตุมากกว่ามนุษย์ถึงประมาณยี่สิบเท่า

การใช้เชื้อเพลิงของมนุษย์เป็นส่วนสำคัญซึ่งทำให้เกิดไนโตรเจนออกไซด์ และมีไนตริกออกไซด์เป็นส่วนประกอบถึง 90-95 % โดยปริมาณ การเกิดไนตริกออกไซด์มีอุณหภูมิเป็นองค์ประกอบสำคัญที่สุด กล่าวคือ เกิดก๊าซไนตริกออกไซด์มีอุณหภูมิเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุด กล่าวคือ เกิดก๊าซไนตริกออกไซด์ เมื่อมีการสันดาที่อุณหภูมิสูง ดังนั้นยานยนต์จึงก่อให้เกิดก๊าซนี้

ก๊าซไนตริกออกไซด์ทำปฏิกิริยากับโอโซนในบรรยากาศเกิดเป็นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และออกซิเจน ในทางตรงกันข้าม แสงแดดทำให้ไนโตรเจนไดออกไซด์และออกซิเจน ในทางตรงกันข้ามแสงแดดทำให้ไนโตรเจนไดออกไซด์แตกตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ ดังสมการ



ผลของไนโตรเจนไดออกไซด์ต่อร่างกายมนุษย์

คนเริ่มได้กลิ่นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ระดับ 230 มก.ต่อลบ.ม. หากมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น จะทำให้เกิดกลิ่นเร็วขึ้น แต่ผู้ที่สูดหายใจก๊าซนี้ที่ระดับ 140 มก.ต่อลบ.ม. จะสามารถปรับสายตาให้เข้าความมืดได้ไม่ดีเท่าเดิม ผู้ป่วยด้วยโรคหอบหืดอาจมีอาการหอบหืดเร็วขึ้นหากได้รับก๊าซนี้ที่ระดับ 190 มก.ต่อลบ.ม. ร่วมกับสารกระตุ้นให้หลอดลมตีบ (bronchoconstrictor) แต่บรรดาแม่บ้านชาวอเมริกันซึ่งใช้เตาอบก๊าซและดูดหายใจก๊าซนี้ที่ระดับ 940 มก.ต่อลบ.ม. กลับไม่ปรากฏมีผลร้ายต่อระบบทางเดินแต่ประการใด อย่างไรก็ตามความผิดปกติของระบบหายใจในคนทั่วไปเริ่มต้นเมื่อร่างกายรับก๊าซที่ 1,300-3,800 มก.ต่อลบ.ม. และที่ระดับ 1,320-1,880 มก.ต่อลบ.ม. ผู้รับก๊าซยังสามารถออกกำลังกายได้



ตารางที่ 4 ตารางแสดงผลของไนโตรเจนไดออกไซด์ต่อคน

ความเข้มข้น		ระยะเวลา ที่รับก๊าซ	ผลที่เกิดขึ้น	แหล่งที่มา
มก./ม. ³	สนล.			
0.23	0.12	-	ได้กลิ่น	Henschler et al., 1960 Salamberidze, 1967
1.3-3.8	07-2.0	10 นาที	เพิ่มความต้านทานของทางเดินอากาศ ทั้งการหายใจเข้าและออก	Suzuki, and Ishikawa, 1965
0.190	0.1	1 ชม./วัน	เพิ่มความต้านทานของทางเดินอากาศ และเพิ่มอาการตีบตันของทางเดิน หายใจของผู้ป่วยเป็นหืด	Oreheck et al., 1976
560-940	300-500	-	เป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตด้วยโรคน้ำคั่ง เนื้อในปอดหรือสลับเนื่องจากขาด อากาศหายใจ	Grayson, 1956
47-140	27-75	≤ 1 ชม.	เป็นโรคหลอดลมอักเสบ (bronchitis) หรือ bronchopneumonia ซึ่งอาจฟื้น ตัวเป็นปกติได้	
0.094	-	1 ปี	เมื่อเปรียบเทียบกับเมืองที่มีก๊าซไน ระดับ 0.043 มก. ต่อ ลบ.ม. ไม่ปรากฏ มีความแตกต่างกันในการทำงานของ ปอดหรือโรคทางเดินหายใจเรื้อรังในผู้ ไม่สูบบุหรี่	Cohen et al., 1972
≥ 0.940	0.50	1 ชม.	ไม่ปรากฏว่าเกิดโรคทางเดินหายใจ อย่างเฉียบพลันต่อแม่บ้านซึ่งประกอบ อาหารด้วยเตาอบก๊าซเมื่อเปรียบเทียบกับ กลุ่มที่ใช้เตาอบไฟฟ้า	U.S. EPA., 1976

ที่มา : WHO Environmental Criteria : 4 " Oxides of Nitrogen " 1977.

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลเจียบพลันระหว่างก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์กับไนตริกออกไซด์ที่มีต่อการทำงานของปอดแล้ว พบว่า ไนตริกออกไซด์มีอันตรายน้อยกว่าอย่างชัดเจน

ก๊าซโอโซน

เป็นสารโฟโตเคมีคัลออกซิแดนท์ประเภทหนึ่ง ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเคมี Photochemical Oxidation ระหว่างสารประกอบไฮโดรคาร์บอนและก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน โดยมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เป็นสารโฟโตเคมีคัลออกซิแดนท์อื่น ๆ ได้แก่ สารประกอบพวก อัลดีไฮด์ (Aldehydes) คีโตน (Ketones) และ Peroxyacetyl Nitrate (PAN) ก่อให้เกิดสภาพที่เรียกว่า Photochemical Smog ซึ่งมีลักษณะเหมือนหมอกสีขาว ๆ ปกคลุมอยู่ทั่วไปในอากาศ โดยทั่วไปแล้ว ก๊าซโอโซนจะก่อให้เกิดการระคายเคืองตา และระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ ลดความสามารถในการทำงานของปอดลง เหนื่อยเร็วโดยเฉพาะในเด็ก คนชรา และคนที่เป็นโรคปอดเรื้อรังอยู่แล้ว

ตะกั่ว

ตะกั่วเป็นโลหะหนักที่มีความเป็นพิษสูงและจะรุนแรงมากในเด็ก ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้หลายอย่าง พิษภัยและอันตรายจากการได้รับตะกั่วเข้าสู่ร่างกายจะขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้นของสาร สภาพทางเคมีและฟิสิกส์ของโลหะ สภาพร่างกายของผู้ที่ต้องมีการสัมผัสกับตะกั่วในระหว่างการทำงาน ตะกั่วที่มีขนาดเล็กกว่า 2 ไมครอน จะสามารถผ่านเข้าสู่ระบบหายใจส่วนล่างและคงอยู่ในระบบส่วนนั้นได้มากพอควร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอัตราการหายใจและการสูดหายใจของแต่ละบุคคล ส่วนตะกั่วในอากาศที่มีขนาด 2.9 ไมครอน จะตรวจพบในอุจจาระ โดยสันนิษฐานได้ว่าอนุภาคมลสารนั้นตกอยู่ในช่องจมูก แล้วถูกกลืนเข้าสู่ระบบย่อยอาหาร ในขณะที่อนุภาคมลสารที่มีขนาดประมาณ 0.26 ไมครอน จะไม่พบว่ามี การขับถ่ายออกทางอุจจาระเพิ่มมากขึ้น

เมื่อได้รับตะกั่วอินทรีย์เข้าสู่ร่างกาย สารนี้จะเข้าสู่โลหิตในชั้นต้นแล้วติดอยู่กับเม็ดโลหิตแดงก่อนจะกระจายสู่ส่วนที่เป็นของเหลวนอกเซลล์ และแหล่งสะสมอื่นๆ ดังนั้นภายในระยะเวลาไม่กี่วินาที ระดับของตะกั่วซึ่งเพิ่งถูกดูดซึมเข้าไปในเลือด จะหลงเหลือตกค้างอยู่เพียงครึ่งเดียวเท่านั้น โดยจะมีการสะสมอยู่ในกระดูกเป็นส่วนใหญ่ และบางส่วนถูกสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อที่อ่อนนุ่ม รวมทั้งโลหิตและส่วนที่เป็นของเหลวในร่างกาย ตะกั่วบางส่วนซึ่งสะสมอยู่ในกระดูกอาจเวียนกลับเข้าสู่โลหิตได้อีก

เมื่อได้รับตะกั่วอินทรีย์เข้าสู่โลหิตในชั้นต้นเช่นเดียวกับตะกั่วอินทรีย์ แต่กระจายไปยังเม็ดโลหิตแดงและพลาสมาในปริมาณเท่าเทียมกัน แหล่งสะสมตะกั่วอินทรีย์ที่สำคัญได้แก่ ตับ และในการที่เราจะทราบได้ว่าในร่างกายมีปริมาณตะกั่วอินทรีย์มากน้อยเพียงใด เราจะใช้การตรวจสอบระดับของตะกั่วอินทรีย์ในปัสสาวะ แต่ไม่สามารถที่จะใช้การตรวจสอบระดับตะกั่วในเลือดได้

ร่างกายเริ่มสะสมตะกั่วตั้งแต่วัยเยาว์เป็นทารกในครรภ์มารดาเนื่องจากตะกั่วถ่ายทอดผ่านรกเข้าสู่ทารกได้โดยง่าย ทำให้ความเข้มข้นของตะกั่วในเลือดทารกมีระดับใกล้เคียงกับของมารดา การสะสมสารตะกั่วจะเพิ่มมากขึ้นตามวัย ดังนั้นระดับของตะกั่วในกระดูกจึงแสดงการสะสมสารในระยะยาว ขณะที่สารตะกั่วในเนื้อเยื่ออ่อนนุ่ม และส่วนที่เป็นของเหลวในร่างกายแสดงระดับของสารที่ร่างกายรับในปัจจุบันและในระยะเวลาอันสั้น ปริมาณสารตะกั่วจะมีในเนื้อเยื่อสูงสุด เมื่อมีอายุ 50 – 60 ปี และปริมาณรวมในร่างกายจะเพิ่มขึ้นสูงสุดในระยะเวลาประมาณยี่สิบปี

เมื่อร่างกายได้รับสารตะกั่วที่ระดับหนึ่ง ระดับตะกั่วในเลือดจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึงระดับคงที่ในระยะเวลาประมาณ 60 วัน แต่การขับถ่ายสารนี้ออกจากทุกระบบของร่างกายรวมทั้งในกระดูก จะกินเวลานานนับปี

ตะกั่วจะถูกขับจากร่างกายทางปัสสาวะเป็นหลัก นอกจากนั้นอาจอยู่ในรูปอุจจาระหรือสิ่งขับถ่ายจากระบบทางเดินอาหาร และ ผม เล็บ เหนือ สารตะกั่วในร่างกายจะกระจายอยู่ตามเนื้อเยื่ออ่อนนุ่มต่างๆ ในระดับไม่เท่าเทียมกัน คือมีระดับความเข้มข้นในเส้นโลหิตใหญ่ ตับ ไต มากกว่าระดับที่ปรากฏในสมอง หัวใจ และกล้ามเนื้อต่างๆ กระดูกที่มีรูปร่างยาวจะมีระดับตะกั่วสูงกว่ากระดูกแบน สารตะกั่วในตับอาจมีระดับความเข้มข้นใกล้เคียงกับในกระดูกแบน และสูงกว่าในกล้ามเนื้อต่างๆ ถึง 10 เท่า

ระดับของสารตะกั่วในโลหิตจะบ่งชี้ปริมาณรวมในร่างกาย แต่บางครั้งพบว่าระดับของตะกั่วในโลหิตเปลี่ยนแปลง ขณะที่ปริมาณรวมในร่างกายยังคงที่ นอกจากนั้นเพศยังเป็นองค์ประกอบสำคัญ โดยเพศชายจะปรากฏว่ามีระดับตะกั่วในร่างกายสูงกว่าเพศหญิงเมื่อรับสารตะกั่วเท่าเทียมกัน และผู้ที่อยู่อาศัยในเขตเมืองและมีการอุตสาหกรรม จะมีระดับตะกั่วในร่างกายสูงกว่าระดับของผู้ที่อาศัยในชนบท

ผลของสารตะกั่วที่มีต่อระบบต่างๆ ของร่างกาย ระบบประสาท

ตะกั่วอินทรีย์มีผลต่อระบบประสาทรวม และระบบปลายประสาท เมื่อร่างกายได้รับสารตะกั่วในระดับต่ำจะไม่ปรากฏอาการผิดปกติทางประสาทอย่างชัดเจน แต่อาจมีความผิดปกติด้านความเฉลียวฉลาด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเด็ก ซึ่งมีความไวต่อสารตะกั่วเป็นพิเศษ เมื่อรับตะกั่วอินทรีย์อย่างเรื้อรัง อาจทำให้เกิดโรคสมองอักเสบ (encephalopathy) ซึ่งมีอาการดังต่อไปนี้ คือ เชื่องซึม กระวนกระวาย หงุดหงิด ปวดศีรษะ กล้ามเนื้อกระตุก เห็นภาพหลอน ความจำเสื่อม และไม่มีสมาธิ แล้วอาจทรุดลงจนเข้าขั้น เพื่อ คลั่ง ชัก อัมพาต และโคม่า

ตะกั่วอินทรีย์ทำให้เกิดโรคสมองอักเสบเช่นเดียวกัน แต่มีลักษณะการเกิดแตกต่างจากโรคนี้ ซึ่งเกิดเนื่องจากตะกั่วอินทรีย์ กล่าวคือ เห็นภาพหลอน กระตุก เพื่อ นอนไม่หลับ หงุดหงิด ปวดศีรษะ อารมณ์รุนแรงและไม่แน่นอน ตะกั่วอินทรีย์จะมีผลต่อระบบปลายประสาท และเป็นต้นเหตุให้เกิดอาการกล้ามเนื้อส่วนที่ยึดหดเกิดอ่อนเปลี้ย ชา และหมดความรู้สึกร

ผลของตะกั่วที่มีต่อไต

ตะกั่วมีผลทำลายท่อในไต ซึ่งทำหน้าที่กรองของเสียแล้วดูดซึมสารบางอย่างกลับมาใช้ก่อนจะระบายออกจากร่างกายในรูปของปัสสาวะ หากร่างกายรับสารตะกั่วอย่างเรื้อรัง จะเกิดมีการไตหดตัวอย่างช้าๆ เซลล์ไตแข็ง หลอดเลือดแข็งตัว และเซลล์ต่างๆผิดปกติจัดเป็นโรคไตเรื้อรัง และอาจเกิดไตวายได้

ผู้ป่วยด้วยโรคไตเรื้อรังมักมีอาการของโรคเก๊าท์ประกอบอยู่ด้วย อาจสันนิษฐานได้ว่าเป็นเพราะไตเพิ่มการดูดซึมกรดยูริกกลับคืนเข้าสู่ร่างกาย

ผลของตะกั่วที่มีต่อระบบอื่น ๆ

ผู้ป่วยด้วยโรคตะกั่วเป็นพิษจะมีอาการปวดท้องจนเกร็ง และท้องผูก นอกจากนั้นพบว่าคนงานซึ่งได้รับสารตะกั่วในระดับสูงได้ถึงแก่ความตายด้วยโรคเส้นโลหิตในสมอง แต่ไม่เป็นที่แน่ชัดว่าผลของตะกั่วที่มีต่อหลอดเลือดนี้เนื่องมาจากพิษของตะกั่วโดยตรง หรือเป็นผลต่อเนื่องจากไต

ทำลายไขกระดูกและเม็ดเลือดแดง ทำให้เกิดโรคโลหิตจาง สามารถถูกถ่ายทอดจากมารดาผ่านรกไปยังทารกที่อยู่ในครรภ์ได้ นอกจากนี้ ยังทำอันตรายต่อระบบประสาทส่วนกลางทำให้เกิดอาการ ชัก หมดสติ เป็นอันตรายต่อไตทางเดินอาหาร ตับ หัวใจ และระบบสืบพันธุ์เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับประเภทและความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ และความยาวนานของการสัมผัสกับสารมลพิษทางอากาศ นอกจากนี้ สารมลพิษทางอากาศบางชนิดยังอาจมีผลที่เสริมฤทธิ์กัน(Synergism) ทำให้ผลเสียที่เกิดขึ้นทวีความรุนแรงมากขึ้นกว่าผลเสียที่เกิดขึ้น หากมีเพียงสารพิษทางอากาศเพียงชนิดใดชนิดหนึ่งเท่านั้นหรืออาจมีผลล้างซึ่งกันและกัน (Antagonism) ทำให้ผลเสียที่เกิดขึ้นมีความรุนแรงน้อยลง

ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์

ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์เข้าสู่ปอดเมื่อหายใจเข้าและฟุ้งผ่านใยในปอด ถ้าคนอยู่ในบรรยากาศที่มีระดับความเข้มข้นของก๊าซนี้อย่างคงที่เป็นเวลานานนับชั่วโมง อัตราที่ร่างกายรับก๊าซนี้จะลดลงอย่างฉับพลันจนกว่าจะถึงระดับสมดุล นั่นคือเมื่อความกดดันของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ในโลหิต ในเส้นโลหิตฝอยในปอดเท่ากันกับความกดดันในปอด ก๊าซนี้จับตัวกับฮีโมโกลบิน (Haemoglobin) ในเม็ดเลือดแดงแทนที่ออกซิเจน สามารถจับตัวได้ดีกว่าก๊าซออกซิเจน 200-250 เท่า เกิดเป็นคาร์บอกซีฮีโมโกลบิน (CarboxyhaemoglobinCOHb) ทำให้เลือดนำออกซิเจนจากปอดไปยังเนื้อเยื่อต่าง ๆ น้อยลง การเกิด COHb ในเลือดมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับปริมาณของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่หายใจเข้าไป นั่นคือขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและระยะเวลาที่หายใจเข้าไปนั่นเอง นอกจากนั้นยังเปลี่ยนแปลงการแตกตัวของออกซิเจนจากออกซีฮีโมโกลบินที่หลงเหลืออยู่อีกด้วย โดยทำให้ออกซิเจนจับตัวกับฮีโมโกลบินแน่นแน่นขึ้น และแตกตัวออกที่แรงดึงออกซิเจนต่ำลง ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์จับตัวกับฮีโมโกลบินได้ช้ากว่าออกซิเจน

อย่างไรก็ตามร่างกายคนมีความสามารถในการพยายามทดแทนการขาดออกซิเจน จนอาจไม่ปรากฏความผิดปกติใดๆให้เห็นได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อคาร์บอกซีฮีโมโกลบินยังมีระดับต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ ด้วยการเร่งรัดการทำงานของระบบต่างๆ เพื่อให้มีปริมาณออกซิเจนตามต้องการ กล่าวคือ หัวใจจะสูบฉีดโลหิตเพิ่ม แต่ผู้ป่วยด้วยโรคหัวใจและโรคปอดเรื้อรังขาดความสามารถในการชดเชยการขาดออกซิเจนที่ระดับคาร์บอกซีฮีโมโกลบินเพียง 5-10% เนื่องจากไม่อาจเร่งรัดการทำงานของอวัยวะทั้งสองเพื่อเพิ่มระดับของออกซิเจนในเลือดให้ได้ตามควร

ดังนั้น จะเห็นได้ว่า ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์จะทำให้ร่างกายได้รับก๊าซออกซิเจนไม่เพียงพอ ทำให้หัวใจต้องทำงานสูบฉีดเลือดมากขึ้น อาการเริ่มแรกที่สำคัญ ได้แก่ อาการปวดศีรษะน้อยไปจนถึงมาก อาการจะเพิ่มขึ้นมากตามปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่ได้รับ เมื่อได้รับในปริมาณที่มากขึ้นจะปวดศีรษะมาก หรือแน่นหน้าอกเวลาออกแรง ขึ้นต่อไปจะเหนื่อยหอบ แน่นหน้าอกมากขึ้น ตาพร่ามัว คลื่นไส้ อาเจียน เชื้องซึม ขึ้นต่อไปหมดสติ ชัก การหายใจผิดปกติ และเสียชีวิต ผู้ป่วยบางรายอาจมีไตวายเฉียบพลันร่วมอยู่ด้วย และถ้าได้รับการรักษาไม่ทันท่วงที

จะมีความพิการของสมองและประสาทหลังเหลืออยู่ เช่น ความจำลดถอย ชามือ ชาเท้า บุคลิกภาพและอารมณ์ผิดปกติ

การขับก๊าซนี้ออกจากร่างกายขึ้นอยู่กับองค์ประกอบคล้ายคลึงกับการขับ คือปริมาณของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์และออกซิเจนที่มีอยู่ การหายใจเข้าออกและส่วนเกินการฟุ้งกระจาย เยื่อแก้วของผู้สูงอายุมีสมรรถนะลดลงตามวัย และสตรีเพศขับก๊าซนี้ออกจากร่างกายในอัตราเร็วกว่าบุรุษ

คาร์บอนก๊าศอีโมโกลบินในร่างกายอาจลดลงตามขั้นตอนสองระยะ คือ

1. ระยะกระจายตัว เป็นการลดลงโดยรวดเร็วในขั้นต้น ซึ่งอาจสันนิษฐานได้ว่าเป็นการกระจายก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์จากโลหิตซึ่งไหลหมุนเวียนเข้าสู่โลหิตในกล้ามเนื้อ ไอโกลบิน และเอ็นไซม์ไมโทโครม การกำจัดก๊าซนี้ผ่านปอดเกิดขึ้นในระยะนี้ซึ่งใช้เวลาทั้งสิ้นประมาณ 20 – 30 นาที
2. ระยะกำจัด เป็นการลดลงอย่างช้าๆ ซึ่งอาจเป็นระยะการกำจัดก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์จากอีโมโกลบิน ไอโกลบิน การฟุ้งกระจายออกทางปอด และการระบายออก ตลอดจนถึงการที่ความกดดันของก๊าซนี้ลดลงตามลำดับ

ผลของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ต่อพฤติกรรม

ก๊าซนี้มีผลต่อระบบประสาทรวมอย่างรวดเร็ว ดังนั้นแม้แต่เมื่อร่างกายได้รับก๊าซที่ระดับต่ำ ก็อาจมีผลต่อสมรรถนะในการระมัดระวัง การจำแนก การทำงานประณีต และงานใช้กำลัง คนเริ่มมีพฤติกรรมซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตั้งแต่เมื่อมีคาร์บอนก๊าศอีโมโกลบิน 2-3% โดยไม่อาจจำแนกความแตกต่างเล็กๆน้อยๆ ภายในระยะเวลาสั้นๆ ได้และสมรรถนะในการระมัดระวังจะเริ่มผิดปกติเมื่อมีคาร์บอนก๊าศอีโมโกลบิน 3% และที่ระดับคาร์บอนก๊าศอีโมโกลบิน 7% ความสามารถในการเรียนรู้เริ่มลดลง

ผลของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ต่อการทำงาน การออกกำลังกายและการปรับตัว

การออกกำลังกายเต็มที่มีผลให้ร่างกายใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้นมากกว่าในขณะที่ร่างกายพักผ่อนเป็น 20 เท่า หรือนอกหน้านั้น ดังนั้นจึงเกิดการเร่งรัดการทำงานของระบบส่งออกซิเจนหรืออื่นที่แท้จริงแล้วการออกแรงต่อเนื่องนั้นอาจวัดได้จากความสามารถของระบบหัวใจในการส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อซึ่งกำลังใช้งานอยู่ หากมีคาร์บอนก๊าศอีโมโกลบินเจือปนอยู่ในระบบก็จะทำให้ความสามารถใช้อากาศสูงสุดลดลงเนื่องจากไม่อาจส่งออกซิเจนได้เท่าเดิม

ร่างกายสามารถปรับตัวเมื่ออยู่ในสภาพที่รับมลพิษนี้ต่อเนื่องกันนานๆ กล่าวคือ ชีพจรอาจเต้นช้าลง และมีสมดุลของคาร์บอนก๊าศอีโมโกลบินต่ำกว่าควร บางครั้งร่างกายเกิดมีอาการตอบสนองต่อการรับก๊าซนี้ไม่ว่าจะมากหรือน้อยติดต่อกันหรือซ้ำแล้วซ้ำเล่าด้วยการสร้างเม็ดเลือดแดงขึ้นเป็นจำนวนมากเกินควร

ผลของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ต่อระบบหลอดเลือดในหัวใจ และระบบอื่นๆ

ก๊าซนี้ในระดับสูงมีผลกระทบต่อการทำงานของหัวใจอย่างฉับพลันทำให้หัวใจผิดปกติ เช่น เต้นเร็วขึ้น เพิ่มจังหวะเต้น เริ่มอาการโรคหัวใจที่ขึ้น นอกจากนั้นอาจมีอาการหัวใจโตชั่วคราว การหอบหืดของหัวใจเนื่องจากขาดอากาศ และหลอดเลือดที่ปลายประสาทผิดปกติ

ระบบหลอดโลหิตในหัวใจมีอาการผิดปกติต่างๆ นานา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับของมลพิษและระยะเวลาที่ร่างกายได้รับ

สรุป ผลกระทบของคาร์บอนมอนอกไซด์ที่มีต่อร่างกายมนุษย์ในการได้รับเข้าสู่ร่างกาย จะเกิดขึ้นในขั้นที่รุนแรงหรือไม่นั้นก็ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของก๊าซที่ได้รับ ปริมาณ ระยะเวลาที่ได้รับ และที่สำคัญที่สุด คือ ความสมบูรณ์ของร่างกาย ความรุนแรงที่ได้รับสามารถสรุปได้ดังตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 5 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Carboxyhaemoglobin กับอาการ

ปริมาณ CO – Hb (%)	อาการ
4-5	ปวดหัว เพลีย
5-9	มีปัญหาการมองเห็น
16-20	ปวดหัวอย่างแรง กล้ามเนื้อเปลี่ยน หมดสติ
50	โคมา ชัก
60-70	เสียชีวิตหากไม่ได้รับการรักษา

2.2 ผลเสียหยาที่มีต่อพืชและสัตว์

สารมลพิษทางอากาศที่เป็นอันตรายต่อพืชที่สำคัญ ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซโอโซน PAN ฝุ่นละออง ก๊าซคลอรีน ก๊าซแอมโมเนียและปรอทเป็นต้น โดยปกติแล้ว สารมลพิษทางอากาศที่อยู่ในรูปก๊าซ จะเข้าสู่ต้นไม้ได้โดยการหายใจของต้นไม้ผ่านรูใบ (Stomata) และจะไปทำลายคลอโรฟิลล์ และการสังเคราะห์แสงของพืช ทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโต และตายในที่สุด สีของใบจะเปลี่ยนไปเนื่องจากคลอโรฟิลล์ถูกทำลาย สีที่เปลี่ยนไปจะขึ้นอยู่กับชนิดของสารมลพิษ เช่น SO₂ ทำให้ใบชด แอมโมเนียทำให้ใบเหลือง โอโซนทำให้ใบเปลี่ยนเป็นสีเงิน สำหรับฝุ่นละออง จะทำให้เกิดอันตรายต่อพืช โดยตกลงจับบนใบและส่วนอื่น ๆ ของพืช ทำให้ก๊าซผ่านเข้าสู่ใบน้อยลง ใบจะเหลืองและเฉาไปในที่สุด นอกจากนี้ ฝุ่นละอองที่ตกเคลือบอยู่บนผิวใบยังกันและสะท้อนแสงแดดในช่วงความยาวคลื่นสั้น (400 ถึง 700 นาโนเมตร) ซึ่งพืชใช้ในการสังเคราะห์แสงไว้ ทำให้พืชสังเคราะห์แสงได้น้อยลง ขณะเดียวกันกลับดูดแสงแดดช่วงความยาวคลื่นยาว (1,750-1,850 นาโนเมตร) ซึ่งเป็นรังสีความร้อน ทำให้อุณหภูมิภายในใบสูงขึ้นใบจะเกิดการเหี่ยวเฉาสำหรับผลเสียของสารมลพิษทางอากาศต่อสัตว์จะมีลักษณะคล้ายกับผลเสียที่เกิดขึ้นต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

2.3 ผลเสียหยาที่เกิดขึ้นกับวัสดุต่าง ๆ

การเกิดสารปนเปื้อนหรือสารมลพิษในอากาศอาจทำให้เกิดการทำลายวัสดุสิ่งของหรือสิ่งแวดล้อมต่างๆ ได้แก่

- ทำลายหรือทำความเสียหายแก่โลหะ เช่น ไนโตรเจนไดออกไซด์ทำให้ลวดสปริงเสียรูปทรง หรือซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มีความเข้มข้นมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์มักกัดกร่อนวัสดุที่ทำด้วยเหล็ก สังกะสี ทองแดง
- ทำลายหรือทำความเสียหายแก่เสื้อผ้า โดยมีสารมลพิษที่สำคัญคือ ไนโตรเจนไดออกไซด์ โอโซน และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ทำความเสียหายแก่เสื้อผ้าด้วยการทำให้เกิดเนื้อผ้าอ่อนนุ่มหรือเปราะเปื้อนหรือเกิดการเปลี่ยนสี

- ทำลายหรือทำความเสียหายแก่เสื้อผ้า โดยมีสารมลพิษที่สำคัญคือ ไนโตรเจนไดออกไซด์ โอโซน และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ทำความเสียหายแก่เสื้อผ้าด้วยการทำให้เกิดเนื้อผ้าอ่อนนุ่มหรือเปราะเปื้อนหรือเกิดการเปลี่ยนสี
- ทำลายสีทาพื้นผิวต่างๆ ด้วยการทำให้สีที่ทาไว้เกิดการลอกหลุดออก สารมลพิษที่สำคัญคือ พวกละอองกรด โอโซน หรือไนโตรเจนไดออกไซด์
- ทำลายวัสดุสิ่งก่อสร้าง เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทำให้พวกคาร์บอนเนตละลายหรือกัดกร่อน

2.4 ผลเสียหายที่เกิดกับระบบนิเวศวิทยา

เป็นผลที่เกิดจากฝนกรด โดยธรรมชาติ น้ำฝนจะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายอยู่ เมื่อคิดถึงความสามารถในการละลายน้ำของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในทางทฤษฎีแล้ว น้ำฝนตามธรรมชาติจะมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อยอยู่แล้ว คือ มีความเป็นกรดเป็นด่างที่ประมาณ 5.6 (ความเป็นกรดเป็นด่างที่ 7.0 จัดว่าสภาพเป็นกลาง) อย่างไรก็ตาม ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซซอกไซด์ของไนโตรเจน เป็นารมลพิษทางอากาศสำคัญที่สามารถทำให้น้ำฝนมีสภาพเป็นกรดมากขึ้นได้ การที่ฝนมีความเป็นกรดมากขึ้น ทำให้เกิดอันตรายต่อระบบนิเวศวิทยาได้ดิน แหล่งน้ำ ป่าไม้ ที่ได้รับน้ำฝน เนื่องจากสิ่งมีชีวิตทั้งที่เป็นพืชและสัตว์ที่อาศัยอยู่ มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะความเป็นกรดเป็นด่างของสิ่งแวดล้อมที่มันอาศัยอยู่ ทำให้การเจริญเติบโตช้าลง การแพร่พันธุ์ลดลง และตายได้

2.5 ผลเสียหายต่อสภาวะภูมิอากาศ

การที่มีฝุ่นละอองแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศเป็นจำนวนมาก หรือการเกิด Photochemical Smog จะบดบังทัศนวิสัย (Visibility) ทำให้ระยะทางในการมองเห็นผ่านอากาศลดลง ไม่สามารถมองเห็นวัตถุในระยะทางไกล ๆ ได้นอกจากนี้ฝุ่นละอองยังทำหน้าที่กั้นและสะท้อนแสงแดดที่ส่งมายังผิวโลก ทำให้ผิวโลกมีอุณหภูมิเย็นลง

บทที่ 3

การควบคุมแหล่งมลพิษทางอากาศ

3.1 มาตรการทางด้านกฎหมาย

มีการออกกฎหมายโดยให้มีมาตรฐานคุณภาพอากาศ มาตรฐานเป็นมาตรการสำคัญในการควบคุมมลพิษทางอากาศ เนื่องจากการกำหนดแนวทางการปฏิบัติงาน ควบคุมให้ยึดถือเป็นบรรทัดฐานเดียวกัน เพื่ออำนวยความสะดวกต่อผู้ควบคุมและผู้ถูกควบคุม และก่อให้เกิดความยุติธรรมโดยทั่วกัน นอกจากนี้ยังใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาดีในชั้นศาล โดยทั่วไปกฎหมายควบคุมมลพิษทางอากาศใช้มาตรฐาน 2 ประเภท คือ มาตรฐานคุณภาพอากาศ (Air Quality Standard) และมาตรฐานการระบายมลพิษออกจากแหล่งกำเนิด (Emission Standard)

3.1.1 มาตรฐานคุณภาพอากาศ (Air Quality Standard)

มาตรฐานคุณภาพอากาศ ถูกกำหนดขึ้นเพื่อประโยชน์ต่อการใช้กฎหมายเพื่อการควบคุมดูแลคุณภาพอากาศทั้งในบรรยากาศและในสถานที่ประกอบการหรือบริเวณที่อยู่อาศัยให้อยู่ในระดับที่เกิดความปลอดภัย โดยเฉพาะต้องคำนึงถึงสุขภาพอนามัย ในการกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศเพื่อความสะดวกต่อการดำเนินการควบคุมให้อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย มักกำหนดเป็นมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศและมาตรฐานคุณภาพอากาศจากแหล่งกำเนิด

3.1.1.1 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ (Ambient Air Quality Standards)

ในการกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศมักคำนึงถึงการที่จะควบคุมให้คุณภาพของอากาศในบรรยากาศมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีพของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ เพราะถ้าหากปล่อยให้คุณภาพของอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปเกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่อาจจะก่อให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ย่อมจะก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศได้ มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศจึงได้ถูกกำหนดขึ้นเพื่อที่จะให้หน่วยงานของรัฐซึ่งเกี่ยวข้องกับการควบคุมคุณภาพอากาศใช้เป็นมาตรการสำหรับตรวจสอบและควบคุมดูแลให้สภาพแวดล้อมของบรรยากาศอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดดังกล่าว ซึ่งถ้าหากมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอากาศไปในทางที่อาจจะก่อให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ แล้วหน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมคุณภาพอากาศอาจจะต้องดำเนินการแก้ไขปรับปรุงคุณภาพอากาศที่อันยอมให้ระบายออกจากแหล่งกำเนิดให้เหมาะสมหรือเป็นการกระตุ้นเตือนให้ประชาชนผู้ที่ก่อให้เกิดปัญหาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอากาศจะได้ตระหนักถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นโดยร่วมมือกันปรับปรุงและแก้ไขแหล่งกำเนิดมลพิษที่ตนเป็นผู้ก่อให้เกิดอยู่ในสภาพที่สามารถระบายออกมาได้โดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อคุณภาพอากาศในบรรยากาศ

มาตรฐานคุณภาพอากาศที่ถูกกำหนดขึ้นในประเทศไทย โดยประกาศสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2524 เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ ซึ่งในรายละเอียดของมาตรฐานนั้น ได้กำหนดให้มาตรฐานของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซโอโซน ตะกั่ว และฝุ่นละออง เหล่านี้ในช่วงเวลาหนึ่งเวลาใดให้เป็นไปตามค่าเฉลี่ยที่กำหนดไว้ดังในตาราง

ตารางที่ 6 ตารางแสดงมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ

สารมลพิษ	1 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ย มก./บม.	8 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ย มก./ลบม	24 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ย มก./ลบม	1 ปี ค่าเฉลี่ย มก./ลบม
คาร์บอนมอนอกไซด์	50	20	-	-
ไนโตรเจนไดออกไซด์	0.32	-	-	-
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	-	-	0.30	0.10
โอโซน	0.20	-	-	-
สารตะกั่ว	-	-	0.01	-
ฝุ่นละออง	-	-	0.33	0.10

ที่มา : ประกาศสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 2 พ.ศ.2524

3.1.1.2 มาตรฐานคุณภาพอากาศจากแหล่งกำเนิด (Emission Air Quality Standard)

แหล่งกำเนิดของมลพิษทางอากาศที่สำคัญที่สุดเกิดจากการกระทำของมนุษย์ ซึ่งเราจะต้องมีการควบคุมไม่ให้มีการปล่อยสารมลพิษทางอากาศจนอาจเกิดปัญหาทั้งต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ และต้องไม่ให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมอื่นๆด้วย ซึ่งการควบคุมคุณภาพอากาศจากแหล่งกำเนิดโดยเฉพาะแหล่งกำเนิดที่ไม่เคลื่อนที่ เช่น โรงงานอุตสาหกรรม สามารถที่จะดำเนินการควบคุมการปล่อยสารมลพิษให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดได้ง่ายกว่าการควบคุมแหล่งกำเนิดที่เคลื่อนที่ เช่น รถยนต์ เครื่องบิน รถจักรยานยนต์ ฯลฯ

มาตรฐานคุณภาพอากาศจากแหล่งกำเนิดมีความสัมพันธ์กับการควบคุมคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยตรง ถ้าหากมีการควบคุมคุณภาพอากาศจากแหล่งกำเนิดให้เป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนดแล้วย่อมทำให้อากาศในบรรยากาศมีคุณภาพดีตามไปด้วย

3.2 การควบคุมและกำจัดสารมลพิษโดยใช้เทคโนโลยี

การควบคุมและกำจัดสารมลพิษโดยใช้เทคโนโลยี เราสามารถทำได้โดยการนำเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ เข้ามาช่วยในการลดปริมาณสารมลพิษให้อยู่ในระดับที่ต้องการได้ ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ก็มีอยู่หลายชนิดด้วยกัน โดยมีหลักในการเลือกใช้ เช่น จะต้องพิจารณาว่าต้องการกำจัดสารปนเปื้อนชนิดใด มีลักษณะเป็นอนุภาคหรือก๊าซ และต้องพิจารณาถึงความสามารถหรือประสิทธิภาพในการกำจัดสารมลพิษ ข้อดีและข้อเสียของเครื่องมือ การบำรุงรักษา และที่สำคัญจะต้องพิจารณาถึงหลักการทำงานของเครื่องมืออื่นๆ อย่างละเอียดเสียก่อน เพื่อจะได้สามารถเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสมกับสารมลพิษต่างๆในอากาศ อุปกรณ์บางแบบอาจใช้กำจัดสารมลพิษได้หลายชนิด แต่อุปกรณ์บางแบบอาจใช้กำจัดสารมลพิษได้เพียงอย่างเดียว

เครื่องมือที่ใช้ในการกำจัดและลดปริมาณสารมลพิษนั้นมีทั้งแบบที่ใช้กำจัดสารมลพิษที่มีลักษณะเป็นอนุภาค และแบบที่ใช้ในการกำจัดสารมลพิษที่มีลักษณะเป็นก๊าซ โดยจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมสารมลพิษที่เป็นอนุภาค

3.2.1.1 เครื่องตกตะกอนแบบแรงโน้มถ่วง (Gravity Settling Chamber)

เครื่องตกตะกอนแบบแรงโน้มถ่วง เป็นเครื่องมือที่ประกอบด้วย ห้องตกตะกอน (Settling Chamber) ที่จะต้องมีขนาดใหญ่ที่จะทำให้มีการตกตะกอนสารปนเปื้อนที่เป็นแอโรซอล (ที่มีฝุ่นละอองหรือหยดของเหลว) ออกจากกระแสอากาศเสีย โดยอาศัยหลักการตกตะกอนแบบธรรมชาติอันเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก เพราะโดยปกติแล้วอากาศเสียจะถูกปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิด เช่นจากการสันดาปเชื้อเพลิง ฯลฯ ด้วยความเร็วสูงอันเนื่องมาจากความร้อนทำให้เกิดการขยายตัวของเชื้อเพลิง โดยมีหลักการดังนี้คือ

(1) ถ้าสามารถลดความเร็วของอากาศเสียลงมากเท่าใดก็จะยิ่งทำให้อนุภาคต่าง ๆ ในอากาศเสตกอนได้มากเท่านั้น ควรให้ความเร็วของอากาศเสียที่เข้าสู่ห้องตกตะกอนประมาณ 10 ฟุตต่อวินาที หรือน้อยกว่านี้ ซึ่งจะทำให้อนุภาคที่มีขนาดโตกว่า 40-50 ไมครอน สามารถตกตะกอนโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงนี้ได้

(2) ถ้ายิ่งออกแบบห้องตกตะกอนให้มีความยาวมากเท่าใดก็จะยิ่งเพิ่มการตกตะกอนของอนุภาคในห้องตกตะกอนได้มากขึ้น ปกตินิยมออกแบบห้องตกตะกอนเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยอาจใช้แผ่นกันเพื่อช่วยเพิ่มระยะทางการไหลของอากาศเสียและลดความเร็วของอากาศเสียที่ไหลผ่านห้องตกตะกอน

(3) ถ้าให้มีอัตราการไหลของกระแสอากาศเสียภายในห้องตกตะกอนให้มีความเร็วสม่ำเสมอจะยิ่งทำให้ประสิทธิภาพในการเก็บอนุภาคดีมากยิ่งขึ้น

ประเภท โครงสร้างและหน้าที่การทำงาน

ประเภทของเครื่องตกตะกอนแบบแรงโน้มถ่วง

1. Simple expansion chamber
2. Multiple-settling chamber
 - Howord settling chamber
 - Baffle chambers
- (1) Simple expansion chamber หรือ Horizontal settling chamber

ประกอบด้วย

 - Horizontal
 - Outlet
 - Inlet
 - Dust collection hoppers

* Simple expansion chamber

- ควรลดความเร็วในอัตรา 1.0-10.0 ft/s
- สามารถตกตะกอนที่มีขนาดเล็กมากๆ ได้ (น้อยกว่า 10 ไมครอน)
- ใช้ความดันต่ำซึ่งน้อยกว่า 0.2 in H₂O

* ประสิทธิภาพของ Simple expansion chamber ขึ้นอยู่กับ

1. ความยาวของห้องตกตะกอน จะช่วยให้ลดระยะเวลาที่ฝุ่นจะผ่านออกไปได้เร็ว
2. ความกว้างของห้องตกตะกอน
3. จำนวนชั้น จำนวนชั้นยิ่งมาก ยิ่งจะทำให้ประสิทธิภาพในการตกตะกอนของฝุ่นดียิ่งขึ้น เนื่องจากทำให้ความเร็วของอนุภาคฝุ่นลดลง จึงทำให้ตกตะกอนได้ดี
4. อื่นๆ เช่น Inlet ducts, Outlet ducts, ความเข้มข้นของอนุภาค (ใหญ่กว่า 60 ไมครอน)

(2) Multiple-settling chambers

2.1) Howard settling chambers

- มีชั้นตามแนวนอนหลายชั้น ทำให้อนุภาคเข้าชนกับชั้นทำให้ความเร็วของอนุภาคลดลง ทำให้เกิดการตกตะกอนได้ดี
- อนุภาคเข้าชนกับชั้น เวลาชนก็จะตกลงมาตามแรงโน้มถ่วงของโลก ความเร็วของอนุภาคจะลดลงเมื่อผ่านจำนวนชั้นที่มีหลายชั้น
- มีประสิทธิภาพดีในการควบคุมอนุภาคที่มีขนาดประมาณ 15 ไมครอน

ข้อเสียของ Howard settling chambers

1. ถ้าทำงานที่อุณหภูมิสูงๆ ชั้นของเครื่องอาจบิดเบี้ยวได้
2. ไม่สามารถตกตะกอนฝุ่นที่มีความเข้มข้นเกินกว่า 1 กรัมต่อลูกบาศก์ฟุตได้
3. อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดระหว่าง 10-20 ไมครอน จะตกตะกอนได้ดี

2.2) Baffle chambers

Baffle chambers เป็นเครื่องตกตะกอนแบบแรงโน้มถ่วงที่มีแผ่นกั้นตามแนวตั้งแบบสลับกัน ซึ่งแผ่นกั้นนี้จะช่วยลดความเร็วของอนุภาค ทำให้อนุภาคตกตะกอนได้ดี นอกจากนี้ Baffle chambers ยังมีความสมบูรณ์กว่า Howard settling chambers และมีช่องว่างน้อยกว่า จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการแยกอนุภาค แต่ความดันที่สูญเสียจะสูงกว่า Howard settling chambers เล็กน้อย อยู่ในช่วง 0.1-1.0 in H₂O

สมรรถนะของเครื่องตกตะกอนแบบแรงโน้มถ่วง

- * สามารถแยกอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 50 ไมครอน
- * ความดันที่ใช้ประมาณ 5-10 mmHg
- * ความเร็วก๊าซที่ใช้ประมาณ 1-2 m/sec

ข้อดีและข้อเสียของเครื่องตกตะกอนแบบแรงโน้มถ่วง

ข้อดี

1. ก่อสร้างง่ายและราคาต่ำ
2. พลังงานที่ใช้้น้อยมากและเสียค่าใช้จ่ายต่ำ
3. ค่าบำรุงรักษาต่ำ
4. เก็บมลสารอนุภาคได้โดยไม่ต้องใช้น้ำ
5. ความดันสูญเสียต่ำ อยู่ในช่วง 0.1 inH₂O
6. ใช้สำหรับอนุภาคที่เป็นของแข็งและแห้ง

ข้อเสีย

มีขนาดใหญ่ต้องการพื้นที่มาก

ประสิทธิภาพของการทำให้อนุภาคตกตะกอนต่ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งเก็บอนุภาคนขนาดเล็กได้ไม่ดี ประสิทธิภาพของการตกตะกอนน้อยกว่า 50%

3.2.1.2 เครื่องแยกตะกอนแบบแรงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Separator)

เครื่องแยกตะกอนแบบแรงหนีศูนย์กลางอาศัยหลักการทำให้อนุภาคต่าง ๆ ที่มีแรงเฉื่อยและโมเมนตัม ทำให้ไม่สามารถจะตกตะกอนได้ง่ายๆ ด้วยการทำให้กระแสน้ำอากาศเสียหมุนวนอยู่ภายในเครื่องเกิดแรงหนีศูนย์กลางขึ้น (centrifugal force) จึงทำให้อนุภาคที่อยู่ในกระแสน้ำอากาศเสียเกิดแยกตัวออกและตกตะกอนลงสู่ก้นถัง เครื่องแยกตะกอนแบบแรงหนีศูนย์กลางที่นิยมนำมาใช้คือ อุปกรณ์แยกตะกอนแบบไซโคลน (cyclone precipitator) ประกอบด้วยถังหรือภาชนะที่ทำเป็นรูปกรวยเพื่อให้เกิดพื้นที่ให้อากาศได้ไหลแบบหมุนวนอยู่ภายในซึ่งมีวิธีการใช้งานง่าย ไม่ยุ่งยากนัก ราคาไม่แพง และใช้วัสดุอะไรก็ได้ในการสร้างเครื่องมือนี้ มักนำมาใช้ในการกำจัดสารปนเปื้อนในอากาศที่ไม่ต้องการประสิทธิภาพในการกำจัดสูงมากนักเช่นไม่เป็นสารพิษ (nontoxic) มีขนาดใหญ่ ฯลฯ แต่ถึงแม้จะกล่าวว่าจะใช้วัสดุอะไรในการสร้างก็ได้นี้คงต้องพิจารณาว่าจะนำมาใช้กำจัดสารปนเปื้อนในอากาศเสียที่มีคุณสมบัติเป็นอย่างไร เช่นสารปนเปื้อนนั้นมีฤทธิ์ในการกัดกร่อนหรือไม่ จะทำให้เครื่องมือเกิดการอุดตันได้หรือไม่ ฯลฯ เครื่องแยกตะกอนแบบแรงหนีศูนย์กลางนี้อาจใช้กำจัดอนุภาคในแอโรซอลที่มีขนาดตั้งแต่ 5 ไมครอนไปจนถึงหลายร้อยไมครอน ขึ้นอยู่กับการออกแบบอุปกรณ์ โดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 แบบ คือ แบบธรรมดา (Conventional Cyclone) และแบบประสิทธิภาพสูง (High Efficiency Cyclone)

(1) แบบธรรมดา (Conventional Cyclone) เครื่องมือที่ใช้ในการแยกตะกอนแบบแรงหนีศูนย์กลาง มักออกแบบเป็นรูปกรวยที่ทำให้เกิดการหมุนเวียนกระแสน้ำอากาศภายใน โดยให้การไหลของกระแสน้ำอากาศเสียเข้าที่ช่องทางเข้าด้านบนซึ่งออกแบบเพื่อให้มีการไหลแบบสัมผัสกับช่องทางเข้าเป็นเส้นวงกลมแล้วไหลวนลงสู่ช่องทางออก ระยะทางของการไหลวนลงยิ่งยาวเท่าไรยิ่งจะทำให้เกิดแรงหนีศูนย์กลางขึ้นกับอนุภาคมากขึ้นเท่านั้น ระยะห่างระหว่างช่องทางที่กระแสน้ำอากาศเสียเข้าและออกควรจะห่างไม่น้อยกว่า 5.5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของช่องทางออกและถ้ามากถึง 10 เท่า จะยิ่งมีประสิทธิภาพดี

(2) แบบประสิทธิภาพสูง (High Efficiency Cyclone) เป็นเครื่องแยกตะกอนที่ออกแบบให้มีกรวยแยกตะกอนแบบไซโคลนหลายอันอยู่ในเครื่อง เส้นผ่าศูนย์กลางของกรวยแต่ละอันมีขนาดเล็กถึงประมาณ 9 นิ้ว เพื่อให้เพิ่มอำนาจในการเกิดแรงหนีศูนย์กลางได้ดีกว่าและปริมาณมากกว่า

3.2.1.3 เครื่องเก็บอนุภาคแบบสครับเบอร์ (Scrubber)

เครื่องเก็บอนุภาคแบบสครับเบอร์เป็นการกำจัดสารปนเปื้อนที่เป็นอนุภาคออกจากอากาศเสียด้วยวิธีการใช้ของเหลวหรือแผ่นฟิล์มของของเหลวเป็นตัวจับหรือยึดเอาอนุภาคไว้เพราะอนุภาคเมื่อสัมผัสกับของเหลวจะทำให้มีน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นจะเกิดความหนืดไม่ไหลออกไปกับอากาศเสีย ของเหลวที่ใช้จับนี้อาจใช้น้ำหรือสารเคมีอื่น ๆ เช่น น้ำมัน สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ฯลฯ โดยมีกลไกในการทำงานเป็น 2 ชั้น คือ ชั้นแรก เป็นการเก็บอนุภาคดูดซึมแก๊ส และ/หรือไอ ด้วยของเหลวที่นำมาใช้เพื่อจับ ชั้นที่สอง เป็นการแยกของเหลวที่นำมาใช้จับอนุภาคแก๊สและ/หรือไอดังกล่าวแล้วในชั้นแรกออกจากกระแสอากาศเสีย ซึ่งการใช้อุปกรณ์ดังกล่าวนี้อาจทำให้สารปนเปื้อนที่อนุภาคแก๊สและไอซึ่งสามารถละลายน้ำหรือของเหลวนั้นได้ถูกน้ำดูดซึมออกมาจากกระแสอากาศเสียด้วย วิธีนี้ถ้าใช้เป็นแบบเปียกหรือของเหลวนั้นได้ถูกน้ำดูดซึมออกมาจากกระแสอากาศเสียด้วย วิธีนี้ถ้าใช้เป็นแบบเปียกประสิทธิภาพในการกำจัดอนุภาคได้สูงกว่าแบบแห้งถึง 98-99 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะอนุภาคที่มีขนาดประมาณ 0.1-20 ไมครอน แต่ก็มีปัญหา ถ้าอากาศเสียดังกล่าวมีแก๊สที่ละลายน้ำได้กลายเป็นกรดซึ่งมีฤทธิ์ในการกัดกร่อน เช่น แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน ฯลฯ และอาจเกิดเป็นน้ำเสียที่จำเป็นจะต้องนำไปบำบัดและกำจัดก่อนที่จะทิ้งไป

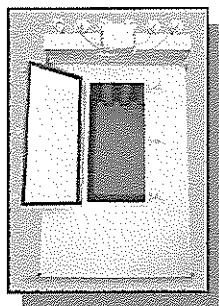
โดยทั่ว ๆ ไปแล้วมักให้ของเหลวที่ต้องการใช้จับหรือสครับได้มีโอกาสสัมผัสกับอนุภาคหรือไอหรือแก๊สในกระแสอากาศเสียให้ได้มากและระยะเวลาพอเพียงที่จะทำให้เกิดการจับหรือดูดซึมเอาสารปนเปื้อนในอากาศเสียให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ จึงได้มีการออกแบบเครื่องมือไว้หลายแบบ

(1) แบบแผ่นเจาะรูให้ของเหลวไหล (perforated plate) เครื่องมือเป็นถังรูปทรงกระบอก ออกแบบให้น้ำหรือของเหลวที่ต้องการใช้จับหรือสครับอนุภาคถูกปล่อยออกจากแผ่นเจาะรูด้านบนแล้วไหลลงสู่ด้านล่าง ส่วนกระแสอากาศเสียจะถูกปล่อยส่วนทางขึ้นเพื่อให้เป็นตัวกววน (agitate) ของเหลว แต่ละแผ่นห่างกันประมาณ 10-30 เซนติเมตร

(2) แบบถังบรรจุตัวกลางไว้ภายใน (packed colums) เครื่องมือเป็นถังรูปทรงกระบอกเช่นเดียวกันกับแบบแรกแต่ภายในถังบรรจุตัวกลาง ตัวกลางอาจทำด้วยวัตถุต่าง ๆ ที่ทนต่อการกัดกร่อนได้และมีการออกแบบให้มีรูปร่าง ต่าง ๆ กันไปเช่น รูปวงแหวน รูปเกลียว ฯลฯ เพื่อเป็นการเพิ่มพื้นที่ให้กระแสอากาศเสียได้สัมผัสกับของเหลวได้ดียิ่งขึ้นเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการจับสารปนเปื้อนในอากาศเสียได้ดี เครื่องจับหรือสครับสารปนเปื้อนในอากาศแบบนี้จึงเป็นที่นิยมใช้กันมาก

(3) แบบสเปรย์ของเหลว (Spray colums) เครื่องมือเป็นถังรูปทรงกระบอกเช่นเดียวกันกับ 2 แบบแรก มีการใช้น้ำหรือของเหลวสเปรย์หรือฉีดเป็นฝอยลงในส่วนทางกับกระแสอากาศเสีย วิธีนี้อำนาจในการดูดซับเอาแก๊สในกระแส อากาศเสียไม่ได้ แต่ก็มีข้อดีคือไม่ก่อปัญหาการอุดตันถ้าหากในกระแสอากาศมีอนุภาคของแข็งปนเปื้อนอยู่

3.2.1.4 เครื่องเก็บอนุภาคแบบกรอง (Filter)



รูปที่ 1 เครื่องเก็บอนุภาคแบบกรอง (Filter)

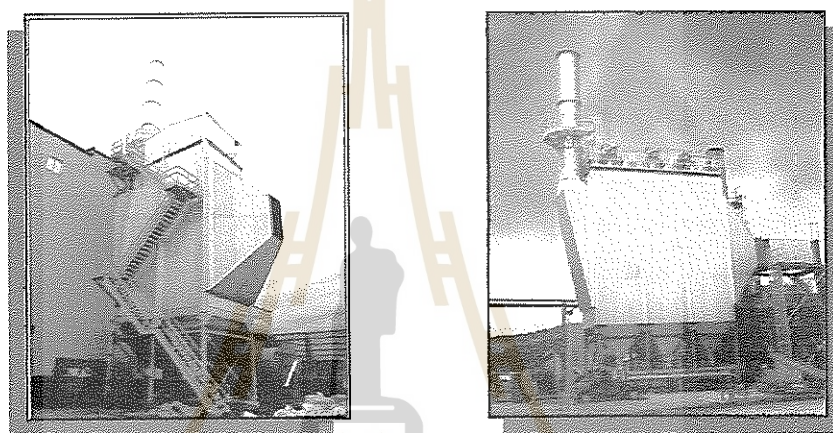
เครื่องเก็บอนุภาคแบบกรองนี้เป็นการกำจัดอนุภาคของแข็งออกจากอากาศโดยการสกัดกั้นเอาอนุภาคของแข็งไว้ที่ผิวตัวกลาง หรือตัวกรองและอนุภาสดังกล่าวนั้นจะทำหน้าที่ในการกรองอนุภาคอื่น ๆ ต่อไปจนกว่าจะเกิดการอุดตัน เมื่อเกิดการอุดตันผิวของตัวกรองก็จะต้องทำการเปลี่ยนตัวกรองใหม่หรือด้วยการทำความสะอาดผิวของตัวกรองแล้วจึงนำกลับมาใช้ใหม่ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของตัวกรองที่นำมาใช้ แบ่งลักษณะของเครื่องกรองเป็น 2 แบบ คือเครื่องกรองแบบใช้ผ้ากรอง (fabric หรือ cloth filters) เป็นเครื่องกรองที่ใช้วัสดุกรองที่ทำด้วยผ้า ได้แก่ ถุงกรอง (Bag Filters) หรือบ้านถุงกรอง (Bag House Filters) ฯลฯ ซึ่งมักจะนำมาใช้ในกรณีที่มีความเข้มข้นของสารเจือปนที่ต้องการกรองไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของอากาศเสีย และเครื่องกรองแบบชั้นสารกรอง (In-depth หรือ Bed Filters) เป็นเครื่องกรองแบบที่ใช้วัสดุกรองเป็นเม็ด เช่น หิน กรวด ถ่านแอคทีฟ ฯลฯ มักจะใช้ในกรณีที่มีความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในอากาศมากตั้งแต่ 1 กรัมต่อลูกบาศก์เมตรของอากาศเสีย

เครื่องกรองที่นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อต้องการกำจัดสารปนเปื้อนที่เป็นอนุภาคออกจากกระแสอากาศเสียก่อนที่จะปล่อยออกสู่บรรยากาศ คือ บ้านถุงกรอง (Bag House Filters) ซึ่งประกอบด้วยถุงกรอง ที่อาจทำด้วยผ้าทอหรือทำด้วยเส้นใยสังเคราะห์ที่สามารถทนความร้อนได้สูง โดยมีถุงกรองหลาย ๆ อันแขวนอยู่ในห้องหรือบ้านถุงกรอง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของถุงแต่ละอันประมาณ 120-400 มิลลิเมตร (5-18 นิ้ว) และมีความยาวอาจจะถึง 2 เมตร (หรือตั้งแต่ 2-30 ฟุต) สามารถทนความร้อนได้ประมาณ 200 องศาฟาเรนไฮต์ ขนาดของช่องเปิดของผ้ากรองนี้ประมาณ 10-50 ไมครอน อากาศเสียจะถูกดูดเข้าไปในห้องหรือบ้านที่มีถุงกรองอยู่จำนวนมากนี้ อนุภาคของแข็งจะถูกสกัดกั้นด้วยผิวของถุงกรองซึ่งสามารถดักอนุภาคที่มีขนาดโตกว่ารูหรือช่องเปิดของเนื้อผ้า ส่วนอากาศที่ปราศจากอนุภาคของแข็งก็จะไหลออกไปสู่บรรยากาศ ในขณะที่ผ้ากรองยังใหม่อยู่หรือเพิ่งเริ่มใช้งานในแต่ละครั้ง ประสิทธิภาพในการกรองจะยังไม่ได้ดีเท่าที่ควร เมื่อผ่านการกรองไประยะหนึ่งจึงจะทำให้ประสิทธิภาพในการกรองได้ดีมากยิ่งขึ้นทั้งนี้เป็นเพราะการเกาะติดที่ผิวของอนุภาคที่ผ่านการกรองแล้วนี้จะทำหน้าที่เป็นชั้นสารกรองซึ่งมีความพรุนสูงทำให้สามารถดักจับอนุภาคได้ดียิ่งขึ้นเมื่อใช้งานในการกรองไปนานเข้าจะเริ่มเกิดการอุดตันทำให้ไม่สามารถที่จะทำการกรองต่อไปได้อีกจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนผ้ากรองใหม่หรือกำจัดอนุภาคที่ถูกกั้นหรือกักไว้นี้ด้วยการเขย่าถุงกรองโดยเครื่องเขย่าหรือด้วยการใช้อากาศไหลย้อนสวนทิศทางสู่ถุงกรองเพื่อดันเอาอนุภาคที่ติดอยู่บนผิวด้านนอกและตกตะกอน ประสิทธิภาพในการกำจัดอนุภาคที่มีขนาดโตกว่า 5 ไมครอน นิยมใช้ในการกำจัดอากาศเสียจากโรงงานผลิตปูนซีเมนต์ โรงงานถลุงโลหะ และโรงงานที่มีฝุ่นมากอื่น ๆ

ข้อดีของอุปกรณ์นี้คือ สามารถกำจัดอนุภาคขนาดเล็กได้ เก็บอนุภาคไว้ในลักษณะแห้ง เมื่อประสิทธิภาพในการกำจัดลดลงจะสังเกตได้ง่ายเนื่องจากความดันอากาศเสียจะลดลงและประสิทธิภาพในการกำจัดอนุภาคค่อนข้างสูง

ข้อเสียของอุปกรณ์นี้คือ มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงความเร็วของกระแสอากาศเสีย ถ้ากระแสอากาศเสียมีอุณหภูมิสูงกว่า 220-550 องศาฟาเรนไฮต์ ต้องทำให้อุณหภูมิต่ำลงมาก่อนที่จะผ่านเครื่องกรอง ถ้าหากมีความชื้นอาจมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการกรองและค่อนข้างจะไวต่อการทำปฏิกิริยาเคมีของเนื้อตัวกรอง

3.2.1.5 เครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Precipitator)



รูปที่ 2 เครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Precipitator)

เครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิต เป็นการกำจัดสารปนเปื้อนที่เป็นอนุภาคออกจากอากาศเสียด้วยการอาศัยแรงดึงดูดหรือแรงผลักกันของประจุไฟฟ้าสถิตของอนุภาคกับเครื่องมือในสนามไฟฟ้า หลักการทำงานคือการทำให้อนุภาคที่อยู่ในอากาศเสียเกิดประจุไฟฟ้าโดยการเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้า แล้วจึงผ่านอากาศเสียดังกล่าวนี้ไปยังส่วนที่จะทำหน้าที่แยกอนุภาคซึ่งจะทำการดึงดูดอนุภาคที่มีประจุต่างกับกับเครื่องแยก เครื่องแยกอนุภาคนี้อาจมีรูปร่างแตกต่างกันไปแล้วแต่การออกแบบอาจเป็นแผ่น หรือ แท่ง ต้องทำด้วยวัสดุที่มีความสามารถในการเป็นตัวนำไฟฟ้าได้ ขั้นตอนการทำงานของเครื่องมือตกตะกอน ไฟฟ้าสถิตมีดังนี้คือ

(1) การใส่ประจุให้แก่อนุภาค (particle charging) เป็นการทำให้เกิดประจุแก่อนุภาคที่ปนเปื้อนกับอากาศเสียโดยให้อากาศเสียไหลผ่านสนามไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current) โดยมีขั้วไฟฟ้า (electrode) เป็นตัวทำให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออน (ionize) ทำให้อนุภาคที่ผ่านสนามไฟฟ้าเกิดเป็นประจุบวกหรือประจุลบ ด้วยการให้อิเล็กตรอนหรือดึงอิเล็กตรอนออกจากอนุภาคเล็ก ๆ ที่อยู่ในกระแสอากาศเกือบทั้งหมด

(2) การเก็บอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า (particle collection) เป็นการเก็บอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าแล้วเมื่อถูกทำให้ไหลผ่านขั้วไฟฟ้าที่มีประจุไฟฟ้าตรงกันข้ามกับประจุไฟฟ้าของอนุภาคจะถูกดูดไว้ที่ขั้วไฟฟ้างดกล่าว ขั้วไฟฟ้างดกล่าวนี้นักทาด้วยน้ำมันเพื่อช่วยแรงยึดติดอนุภาคไว้ให้ติดแน่นยิ่งขึ้น

(3) การไล่ออนุภาคที่เก็บได้นี้ออกจากขั้วไฟฟ้า (removal of collected dusts) อนุภาคที่ติดอยู่ที่ขั้วไฟฟ้า จะเพิ่มจำนวนทำให้หนาขึ้นเรื่อย ๆ จนทำให้แรงดึงดูดอนุภาคของขั้วไฟฟ้าหมดประสิทธิภาพลงจึงจำเป็นต้องกำจัดเอาอนุภาคที่ติดอยู่ออกจากขั้วไฟฟ้า โดยการเคาะขั้วเก็บอนุภาคเพื่อทำให้อนุภาคลั่นตกลงสู่ถังเก็บกักที่อยู่ด้านล่าง

เครื่องมือตกตะกอนไฟฟ้าสถิตนี้นิยมใช้ในการกำจัดอนุภาคหรือละอองกรดหรือละอองไอในอากาศเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมโลหะ โรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า โรงงานผลิตปูนซีเมนต์ โรงกลั่น ฯลฯ เครื่องมือที่ใช้ในการกำจัดสารปนเปื้อนในอากาศโดยวิธีนี้ควรที่จะต้องกำจัดอนุภาคขนาดใหญ่ออกเสียก่อนด้วย เครื่องมือชนิดอื่น ๆ เช่น เครื่องตกตะกอนด้วยแรงโน้มถ่วง หรือเครื่องแยกตะกอนแบบไซโคลน ฯลฯ จึงจะทำให้เกิดประสิทธิภาพในการกำจัดอนุภาคได้สูง แต่เครื่องมือชนิดนี้มีราคาแพงและต้องการบำรุงรักษาอย่างดีและต่อเนื่อง

ข้อดีของอุปกรณ์นี้คือ มีประสิทธิภาพในการกำจัดอนุภาคได้มากกว่า 99 เปอร์เซ็นต์ กำจัดอนุภาคเล็กมาก ๆ ได้ และสามารถเก็บอนุภาคได้ทั้งอยู่ในสภาวะเปียกหรือแห้ง

ข้อเสียของเครื่องมือนี้คือ ราคาค่าก่อสร้างค่อนข้างแพง รวมถึงมีความค่อนข้างจะไวต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของอากาศและปริมาณสารปนเปื้อนในอากาศต้องระมัดระวังในการดำเนินการเพราะใช้กระแสไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์ค่อนข้างสูง และประสิทธิภาพของเครื่องมือจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อใช้งานไปนาน ๆ

การเลือกเครื่องมือขึ้นอยู่กับองค์ประกอบดังนี้

1. ประสิทธิภาพที่ต้องการ (Efficiency) ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราที่ยอมให้ปล่อยอนุภาคมลสารออกสู่บรรยากาศ
2. คุณสมบัติของก๊าซที่อนุภาคมลสารอยู่ เช่น ชนิดของอนุภาค อัตราการไหล อุณหภูมิ เป็นต้น
3. คุณสมบัติของอนุภาคมลสาร เช่น ลักษณะของมลสาร ความเข้มข้น การกระจายขนาด (Size distribution) และปริมาณ เป็นต้น
4. การทำงาน การก่อสร้าง และราคาของเครื่องมืออื่น ๆ

3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมสารมลพิษที่เป็นก๊าซ

3.2.2.1 การดูดซับ (ADSORPTION)

การดูดซับ (Adsorption)

คือ ปรากฏการณ์ที่โมเลกุลของของไหลสัมผัส และจับติดอยู่กับผิวของของแข็ง

หลักการ

สารมลพิษที่เป็นก๊าซจะแยกออกได้โดยให้ดูดซับด้วยผิวของของแข็ง ซึ่งอาจใช้แรงทางฟิสิกส์หรือทางเคมี (physical or chemical forces) สารที่ใช้ในการดูดซับเรียกว่า Adsorbent ส่วนสารที่ถูกดูดซับ เรียกว่า Adsorbate โดยสารที่ใช้ในการดูดซับจะต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- มีพื้นที่ผิวสัมผัสมาก
- มีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมากหรือมีรูพรุนมาก

กระบวนการดูดซับ

1. โมเลกุลของก๊าซจะฟุ้งกระจายจากเนื้อก๊าซไปยังผิวนอกของแข็ง
2. โมเลกุลของก๊าซจะฟุ้งเข้าไปในช่องว่างของของแข็ง
3. โมเลกุลจะถูกดูดติดที่ผิวของของแข็ง

การฟุ้งกระจายในชั้นแรกนั้นเป็นแบบธรรมดาขึ้นอยู่กับการถ่ายเทมวลกับแรงขับ ส่วนในชั้นที่สองเป็นการฟุ้งภายในซึ่งยุ่งยากและเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของช่องว่าง

ตัวดูดซับ แบ่งออกได้เป็น 3 พวก คือ

1. ของแข็งที่ไม่มีชีวิต การดูดซับส่วนใหญ่เป็นทางกายภาพ ของแข็งที่สำคัญ คือ คาร์บอน ซึ่งมีประสิทธิภาพมากในการดูดโมเลกุลที่ไม่มีชีวิต เช่น ไฮโดรคาร์บอน แอคติเวเตดคาร์บอน (activated carbon) ที่ใช้ในการแยกไฮโดรคาร์บอน กลิ่นและสิ่งเจือปนที่มีปริมาณน้อยจากกระแสก๊าซ
2. ของแข็งที่มีชีวิต การดูดซับจะเป็นแบบเคมี แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลหรือผิวเกิดขึ้น ตัวดูดซับที่มีชีวิต ที่ใช้ทั่วไปเป็นพวกออกไซด์ของซิลิกอน หรือของโลหะ เช่น อะลูมินัม สารเหล่านี้จะดูดโมเลกุลทั้งที่มีชีวิต และไม่มีชีวิตแต่จะดูดพวกที่มีชีวิตดีกว่า ซิลิกอนและอะลูมินัมออกไซด์ ใช้ดูดโมเลกุลที่มีชีวิต เช่น น้ำ แอมโมเนีย ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์
3. ผิวดูดซับทางเคมี ซึ่งดูดโมเลกุลต่างๆ แล้วปล่อยออกหลังจากเกิดปฏิกิริยาแล้วซึ่งอาจมีตัวเร่งปฏิกิริยาหรือไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา

แอ็ดซอร์เบนท์ที่ใช้ในการควบคุมมลพิษทางอากาศ ได้แก่

1. แอคติเวเตดอะลูมินา จะดูดซับก๊าซที่มีอุณหภูมิสูงถึง 250 องศาเซลเซียส และใช้ในการช่วยเร่งปฏิกิริยาของวัตถุที่ใช้ในการดูดความชื้น
2. ซิลิกา ส่วนใหญ่ใช้ในรูปแบบ ซิลิกาเจล โดยใช้ในการแยกไฮโดรคาร์บอน และดูดซับก๊าซที่มีอุณหภูมิสูงถึง 200 องศาเซลเซียส
3. Zeolites เป็น Aluminosilicates ประกอบด้วย ซิลิกาและอะลูมินา ดูดซับแก๊สที่มีอุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส ภายใต้ภาวะสูญญากาศหรือก๊าซเฉื่อยได้
4. แอคติเวเตดคาร์บอน นิยมใช้ในการกำจัดกลิ่นที่เป็นสารอินทรีย์ และดูดซับก๊าซที่มีอุณหภูมิ 800-1000 องศาเซลเซียส ใช้แยกไฮโดรคาร์บอนและสิ่งเจือปนที่มีปริมาณน้อยจากแคริเออร์ก๊าซ

การใช้แอคติเวเตดคาร์บอนในการควบคุมมลพิษทางอากาศ

1. ขั้นตอนการอิ่มตัว (Saturation)

การดูดซับจะเกิดขึ้น 2 ระยะ คือ

ระยะ 1 จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและสมบูรณ์ แต่อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะไม่เพิ่มขึ้น

ระยะ 2 จะเกิดจุดอิ่มตัวของคาร์บอนขึ้น ซึ่งจุดนี้จะสามารถดูดซับก๊าซได้ปริมาณมากที่สุด

2. การถูกดูดติด (Retentivity)

การดูดติด จะเกิดขึ้นเมื่อเกิดการอึดตัวในระยะ 1 และเมื่ออุณหภูมิและความดันคงที่ การดูดติดจะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของน้ำหนักของสารที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักของคาร์บอน

3. Breakpoint

เป็นจุดที่เกิดขึ้นหลังจุดอึดตัวซึ่งจุดอึดตัวนี้สามารถดูดซับได้ 100% หลังจากนั้นประสิทธิภาพการดูดซับจะลดลง

4. Adsorption of Mixed Vapors

กรรมวิธีการดูดซับนั้น สลับซับซ้อนแต่สิ่งที่สำคัญ คือ โฟลสมจะมีอนุภาคปะปนอยู่ในแคริเออร์ก๊าซมากจะทำให้ประสิทธิภาพของการดูดซับลดลงอย่างรวดเร็ว เพราะอนุภาคจะจับอยู่บนผิวหน้าของแอ็คติฟคาร์บอน

5. Heat of Adsorption

การดูดซับจะขึ้นอยู่กับจุดเดือด มวลโมเลกุล ความเข้มข้น อุณหภูมิ และความดันของสารอินทรีย์ที่ถูกดูดซับ การดูดซับจะเป็น กระบวนการคายความร้อน โดยจะมีการปล่อยความร้อนออกมาซึ่งจะมีผลต่อตัวดูดซับที่ใช้

6. Carbon Regeneration

ลักษณะเฉพาะของแอ็คติฟคาร์บอน ที่ใช้ในระบบควบคุมมลพิษ จะสามารถนำกลับมาใช้งานใหม่ได้ คือ เมื่อใช้งานในระยะหนึ่งแล้ว จะต้องนำแอ็คติฟคาร์บอน ไปผ่านแก๊สร้อนและไอน้ำอึดตัวที่ความดัน 5 psig เพื่อกำจัดตัวทำลายที่ถูกดูดซับไว้

ปัญหาการดูดซับ

1. อนุภาคของมลสาร

การดูดซับด้วย แอ็คติฟคาร์บอน จะต้องมีส่วนที่พหุเหมาะกับการดูดซับ ดังนั้นควรมีการเคลือบผิวของคาร์บอนก่อนใช้ เพราะถ้าไม่มีการเคลือบ จะทำให้ประสิทธิภาพของพื้นผิวดูดซับเสียและลดลง เช่น การทาสี หรือ สเปรย์ก็ได้

2. การกัดกร่อนของตัวดูดซับ

จะเกิดขึ้นเมื่อ ไอน้ำที่ใช้เป็นตัวทำลายจากแอ็คติฟคาร์บอน การกัดกร่อนจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อไอน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น แต่เราสามารถป้องกันการกัดกร่อนได้โดยการใช้ Stainless steel

3. สารประกอบที่มีซัลเฟอร์และไม่มีซัลเฟอร์

สารประกอบที่มีซัลเฟอร์จะดูดซับสารที่มีซัลเฟอร์ได้ดีกว่าสารที่ไม่มีซัลเฟอร์ ส่วนสารประกอบที่ไม่มีซัลเฟอร์จะดูดซับสารที่ไม่มีซัลเฟอร์ได้

ข้อดีของการดูดซับ

1. สามารถแยกมลสารออกจากก๊าซได้
2. มลสารที่เจือจางก็สามารถแยกออกจากแคริเออร์ก๊าซได้
3. มลสารที่เป็นพิษก็สามารถแยกออกได้

ข้อเสียของการดูดซับ

1. เมื่อดูดซับอนุภาคก๊าซหรือวัตถุที่เป็นตัวขัดขวางการดูดซับ ทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับลดลง
2. การดูดซับไอก๊าซที่ไวไฟทำให้เกิดอันตรายต่อตัวดูดซับอาจเกิดการลุกไหม้ได้เนื่องจากกระบวนการดูดซับ เป็นกระบวนการคายความร้อน
3. ถ้าพื้นที่ในการดูดซับมากและตัวดูดซับมีอุณหภูมิสูงมาก อาจเกิดอันตรายจากการลุกไหม้ได้

3.2.2.2 การดูดซึมก๊าซด้วยของเหลว (Absorption)

ในกระบวนการดูดซึมก๊าซ มักจะทำในหอสูง ก๊าซที่ต้องการทำให้สะอาด จะถูกนำไปสัมผัสกับของเหลว โดยก๊าซจะเข้าทางด้านล่างไหลทวนกับของเหลวที่สะอาด ซึ่งเข้าทางด้านบน ก๊าซจะถูกแยกออกจากแคริเออร์ก๊าซหรืออาจถูกจับไว้ด้วยปฏิกิริยาเคมี เมื่อไอเสียสัมผัสกับของเหลว แล้วจะปล่อยก๊าซที่สะอาดออกไป ของเหลวที่ทำหน้าที่เป็นตัวดูดซับก๊าซ เรียกว่า absorbing agent ส่วนใหญ่ที่นิยมใช้ คือ น้ำ หรือน้ำมัน วิธีนี้สามารถใช้ในการกำจัด ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ไฮโดรคลอริก แอมโมเนีย ไนโตรเจนไดออกไซด์ เป็นต้น

กลไกที่มลสารนั้นถูกแยกออกพอจะแบ่งออกได้เป็น 3 ชั้น ดังนี้

1. โมเลกุลของมลสารฟุ้งผ่านเนื้อของก๊าซไปยังผิวของของเหลวที่ใช้ดูดซึม
2. โมเลกุลนั้นจะละลายเข้าไปในของเหลวที่ผิวสัมผัส
3. การฟุ้งของมลสารที่ละลายนั้นจากผิวสัมผัสเข้าไปในเนื้อของของเหลว ก๊าซที่ใช้วิธีการกำจัดด้วยวิธีนี้ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก๊าซคลอรีน ก๊าซแอมโมเนีย

การพิจารณาเลือกใช้แอบซอร์บิง

1. ก๊าซที่ต้องการควบคุมจะต้องละลายหรือถูกจับไว้ด้วยปฏิกิริยาเคมีได้ดีในแอบซอร์บิงเพื่อให้การควบคุมด้วยวิธีนี้มีประสิทธิภาพสูงตามความต้องการ

2. แอบซอร์บิงจะต้องเป็นสารที่ระเหยกลายเป็นไอยาก ทั้งนี้เพื่อลดการสูญเสียแอบซอร์บิงในระหว่างการทำงาน

ข้อดี

1. สามารถกำจัดมลพิษที่เป็นก๊าซและมีกลิ่นได้
2. ไม่จำเป็นต้อง ทำการกำจัดสารปนเปื้อนอื่นในก๊าซธรรมชาติออกก่อน

ข้อเสีย

1. มีปัญหาในการกำจัดตัวดูดซับและดูดซึมที่หมดอายุการใช้งานแล้ว
2. ต้องระมัดระวังการนำตัวกลางไปบำบัด
3. อุปกรณ์ที่ถูกนำมากำจัดก๊าซด้วยวิธีนี้จะต้องเลือกใช้วัสดุที่มีความทนทานต่อการกัดกร่อนเพราะเป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพของอากาศเสีย

สรุปวิธีการควบคุมอนุภาคมลสาร

วิธีการควบคุมอนุภาคมลสารที่ปล่อยออกมาได้สรุปไว้ในตาราง ซึ่งสิ่งที่สำคัญที่สุดในการพิจารณาเลือกวิธีที่เหมาะสมสำหรับทำความสะอาดก๊าซก็คือ ค่าใช้ทั้งหมดซึ่งรวมทั้งค่าเครื่องมือและค่าดำเนินงาน

ตารางที่ 7 ตารางสรุปวิธีการควบคุมอนุภาคมลสาร

เครื่องมือ	ขนาดอนุภาคที่เล็กที่สุด (ไมครอน)	ประสิทธิภาพ (%)	ข้อดี	ข้อเสีย
เครื่องตกตะกอนด้วยแรง ถ่วงของโลก	มากกว่า 50	น้อยกว่า 50	1. แรงดันลดต่ำ 2. ง่ายต่อการออกแบบและ การบำรุงรักษา	1. ต้องการเนื้อที่มาก 2. ประสิทธิภาพการ เก็บต่ำ
ไซโคลน	5-25	50-90	1. ง่ายต่อการออกแบบ และ การบำรุงรักษา 2. ต้องการพื้นที่น้อย 3. การทิ้งฝุ่นที่เก็บได้เป็นไป อย่างต่อเนื่องและเป็นแบบ แห้ง 4. แรงดันลดมีขนาดต่ำถึง ปานกลาง 5. รับอนุภาคขนาดใหญ่ได้ 6. รับปริมาณบรรทุกฝุ่นได้สูง 7. ไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ	1. ต้องการที่ว่างทาง สูงมาก 2. ประสิทธิภาพการ เก็บอนุภาคเล็กๆ ต่ำ
เครื่องเก็บแบบเปียก ห่อฉีดน้ำ	มากกว่า 10	น้อยกว่า 80	1. การดูดซึมก๊าซและการ แยกอนุภาคเกิดขึ้น พร้อมกัน	1. มีปัญหาการกัด กร่อน การสึก กร่อน
ไซโคลน	มากกว่า 2.5	น้อยกว่า 80		
อิมพัลส์เม้นท์	มากกว่า 2.5	น้อยกว่า 80		
เวนจูรี	มากกว่า 0.5	น้อยกว่า 99	2. สามารถทำความสะอาด และทำให้ก๊าซที่มี อุณหภูมิสูงและชื้นเย็น ลง	2. เพิ่มค่าใช้จ่าย สำหรับขจัดน้ำเสีย และการนำกลับมา ใช้อีก

เครื่องมือ	ขนาดอนุภาคที่เล็กที่สุด (มคม.)	ประสิทธิภาพ (%)	ข้อดี	ข้อเสีย
เครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิต	มากกว่า 1	95-99	3. สามารถเก็บคั้นและทำให้เป็นกลางพวกก๊าซและละอองที่ก่ดกร่อน 4. ลดการเสี่ยงต่อการแตกกระจายของฝุ่น 5. สามารถแปรประสิทธิภาพได้	3. การเก็บอนุภาคขนาดเล็กมีประสิทธิภาพต่ำ 4. กระแสออกจะมีของเหลวติดออกไปด้วย 5. ลดการพุงและระยะลอยขึ้นของพุ่ม 6. ไอน้ำทำให้เห็นพุ่มในบางสภาพของบรรยากาศ
			1. ประสิทธิภาพสูงถึง 99+ 2. สามารถเก็บอนุภาคขนาดเล็กมากๆได้ 3. อาจเก็บอนุภาคได้ทั้งแบบเปียกและแห้ง 4. แรงดันลดและกำลังงานที่ต้องการน้อยเมื่อเทียบกับเครื่องเก็บแบบอื่นที่มีประสิทธิภาพสูง 5. การบำรุงรักษาแบบธรรมดาเว้นแต่ใช้กับสารที่กัดกร่อนหรือเหนียวหนืด 6. มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่น้อยมาก 7. ทำงานที่อุณหภูมิสูงได้ (300 - 450 องศาเซลเซียส)	1. ค่าลงทุนเริ่มต้นสูง 2. ไวต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณบรรทุกฝุ่นและอัตราไหล 3. ความต้านทานจำเพาะของสารบางชนิดทำให้การเก็บไม่ประหยัด 4. ต้องมีมาตรการรักษาความปลอดภัยจากไฟฟ้าแรงสูง 5. ประสิทธิภาพการเก็บอาจเสื่อมตา

เครื่องมือ	ขนาดอนุภาคที่เล็กที่สุด (มคม.)	ประสิทธิภาพ (%)	ข้อดี	ข้อเสีย
เครื่องกรองใย	น้อยกว่า 1	มากกว่า 99	1. อาจเก็บแบบแห้งได้ 2. เมื่อประสิทธิภาพการทำงานลดลงสังเกตได้ง่าย 3. เก็บอนุภาคนขนาดเล็กได้ 4. ประสิทธิภาพสูงได้	1. ไวต่อความเร็วของการกรอง 2. ก๊าซที่มีอุณหภูมิสูงจะต้องทำให้เย็นลงเหลือ 100 – 450 องศาเซลเซียส 3. ความชื้นสัมพัทธ์มีผลต่อการทำงาน 4. เส้นใยอาจถูกสารเคมีกัดกร่อน

กรณีศึกษา

การพัฒนาและสร้างระบบสถิติการกำจัดฝุ่นละอองจากอุตสาหกรรมไม่ บด และย่อยหิน

ปัจจุบันโรงโม่บด และย่อยหินในประเทศไทย มีจำนวนกว่า 600 โรงงาน กระจายอยู่แทบทุกจังหวัด โรงโม่หินทั่วไปจะตั้งอยู่ใกล้เหมืองหิน และใกล้เส้นทางคมนาคมเพื่อความสะดวกในการขนส่งไปสู่ตลาด ทั้งนี้ ระยะทางขนส่งจะเป็นตัวแปรที่สำคัญต่อราคาค่าหินและการแข่งขันด้านตลาด จึงพบอยู่เสมอว่าโรงโม่หินอยู่ไม่ไกล จากชุมชนอีกทั้งโรงโม่หินยังเป็นแหล่งงาน และคนงานโรงโม่หินเป็นลูกค้าประจำวันโรงโม่หินเป็นสิ่งที่ดึงดูดให้เกิดชุมชนในบริเวณใกล้เคียง

ผลกระทบจากโรงโม่หินได้แก่ฝุ่นละออง ซึ่งก่อให้เกิดเหตุเดือดร้อนรำคาญและอันตรายต่อสุขภาพ ต่อชุมชนในบริเวณใกล้เคียง ในพื้นที่ที่มีโรงโม่หินจำนวนมาก เช่น บริเวณหน้าพระลาน จังหวัดสระบุรี ผลกระทบจากฝุ่นละอองอาจมีอาณาเขตกว้างขวาง เนื่องจากผลกระทบจากโรงโม่หินหลายโรงรวมกัน ความพยายามแก้ไขปัญหานี้ในอดีตที่ผ่านมายังไม่ประสบความสำเร็จ เนื่องจากระบบที่ใช้ในการควบคุมฝุ่นละอองจากการโม่ บด และย่อยหิน ไม่มีประสิทธิภาพ และ/หรือ ไม่คุ้มทุนในทางเศรษฐศาสตร์จึงไม่เป็นที่ยอมรับของประกอบการ

ปัญหาฝุ่นละอองจากโรงโม่หินนับวันจะทวีความรุนแรงมากขึ้น เนื่องจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศ โดยเฉพาะภาคอุตสาหกรรมก่อสร้างมีความต้องการใช้หินก่อสร้างเพิ่มอย่างมากอีกทั้งการขยายตัวของชุมชนไปใกล้บริเวณโรงโม่หินทำให้เกิดความขัดแย้งในการใช้ที่ดิน นอกจากนี้ ประชาชนยังมีความตระหนัก ในผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะคุณภาพอากาศมากขึ้น กระแสความรู้สึกของประชาชนในการพิทักษ์สิ่งแวดล้อมจะเป็นแรงผลักดันที่สำคัญในการควบคุมฝุ่นละอองจากโรงโม่หิน

กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง ตระหนักถึงความสำคัญในการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม จึงได้ว่าจ้างคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ให้พัฒนาและสร้างระบบสถิติการกำจัดฝุ่นละอองจากอุตสาหกรรมไม่ บด และย่อยหิน ให้เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพ มีความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อให้ได้การยอมรับจากผู้ประกอบการ เพื่อหวังผลให้มีการนำระบบกำจัดฝุ่นละอองนี้ไปใช้ทุกโรงโม่หิน เป็นการแก้ไขปัญหา ร่วมกัน

ในการศึกษานี้ได้เลือกตัวแทนโรงโม่ ซึ่งทำการติดตั้งระบบสถิติ ได้แก่ บริษัท ศิลาเลิศจิต จำกัด โรงโม่หิน อโศกอุตสาหกรรมกิจ และบริษัท ปูนคุณภาพจำกัด

วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาวิธีการและเทคโนโลยีที่เหมาะสมอย่างน้อย 2 แนวทางในการควบคุมปริมาณฝุ่นละอองและทดสอบประสิทธิภาพวิธีการควบคุมปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากกระบวนการและขั้นตอนต่างๆ ของอุตสาหกรรมไม่ บด และย่อยหินในประเทศไทย

2. พัฒนาและสาธิตระบบกำจัดฝุ่นละออง จากอุตสาหกรรมไม้ บด และย่อยหิน และทดสอบประสิทธิภาพ การควบคุมปริมาณฝุ่นละออง โดยให้สามารถกำจัดฝุ่นละอองได้อย่างน้อยร้อยละ 80 และวิเคราะห์ความ เหมาะสม ด้านเศรษฐศาสตร์

ขอบเขตการศึกษา

1. ออกแบบระบบการควบคุมปริมาณฝุ่นละอองจากอุตสาหกรรมไม้ บด และย่อยหิน แบบต่าง ๆ ที่เหมาะสม กับอุตสาหกรรมดังกล่าว อย่างน้อย 2 ระบบ เพื่อใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองจาก อุตสาหกรรมไม้ บด และย่อยหิน พร้อมทั้งเปรียบเทียบข้อดี และข้อเสียของแต่ละระบบ

2. พัฒนาและสาธิตระบบกำจัดฝุ่นละอองจากอุตสาหกรรมไม้ บด และย่อยหิน อย่างน้อย 2 ระบบ โดยระบบ จะต้องมีประสิทธิภาพอย่างน้อยร้อยละ 80 ติดตั้งสาธิต ณ โรงงานไม้ บด และย่อยหิน ซึ่งเป็นตัวแทนในโครงการ อย่างน้อยระบบละ 1 โรงงาน ติดตั้งระบบสาธิตการกำจัดฝุ่นละอองทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมฝุ่นละออง พร้อมทั้งจัดทำวีดีโอเทป รายละเอียดขั้นตอนการออกแบบการติดตั้ง การเดินเครื่อง การทดสอบประสิทธิภาพ และการบำรุงรักษาระบบกำจัดฝุ่นละออง ของระบบที่พัฒนาขึ้นทั้งหมด

3. วิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ เกี่ยวกับระบบการกำจัดฝุ่นละอองที่พัฒนาขึ้น โดยเปรียบเทียบทั้งในด้านการ ลงทุน (Capital cost) การเดินระบบ (Operating cost) และการบำรุงรักษา (Maintenance cost)

4. จัดทำแบบมาตรฐานของระบบกำจัดฝุ่นละอองจากอุตสาหกรรมไม้ บด และย่อยหิน พร้อมคู่มือการ ออกแบบและการคำนวณ คู่มือการเดินระบบ และคู่มือการบำรุงรักษาระบบ

ตารางที่ 8 ตารางสรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบสาธิตการกำจัดฝุ่นละอองจากอุตสาหกรรมไม้ บด และย่อยหิน

ผลการทดสอบประสิทธิภาพ	ตัวแทนโรงไม้หินสาธิต		
	หจก.อโศก อุตสาหกรรม	บ.ศิลาเลิศจิต จำกัด	บ.ปูนคุณภาพ จำกัด
1. ชนิดของระบบกำจัดฝุ่นละออง	สเปรย์น้ำ	สเปรย์น้ำ	ถุงกรอง
2. การตรวจวัดฝุ่นละอองด้วย วิธีการตรวจวัดความทึบแสง			
- จำนวนจุดตรวจวัด (จุด)	15	9	7
- ค่าสูงสุดก่อนเดินระบบ (%)	98.5	42.4	26.0
- ค่าสูงสุดหลังเดินระบบ (%)	5.5	2.1	2.1
- มาตรฐาน (%)	20	20	20
- ประสิทธิภาพร้อยละ 80 (%)	99.2	98.6	91.9

ผลการทดสอบประสิทธิภาพ	ตัวแทนโรงไม่หินสาคิต		
	หจก.อโศก อุตสาหกรรม	บ.ศิลาเลิศจิต จำกัด	บ.ปูนคุณภาพ จำกัด
1. ชนิดของระบบกำจัดฝุ่นละออง	สเปรย์น้ำ	สเปรย์น้ำ	ถุงกรอง
3. การตรวจวัดฝุ่นละอองจากปล่อง			
- ก่อนเข้าระบบ (มก./ลบ.ม.)	ไม่มีการตรวจวัด	ไม่มีการตรวจวัด	7,308.0
- หลังออกระบบ (มก./ลบ.ม.)	ไม่มีการตรวจวัด	ไม่มีการตรวจวัด	27.5
- มาตรฐาน (มก./ลบ.ม.)	400	400	400
- ประสิทธิภาพร้อยละ 80 (มก./ลบ.ม.)	ไม่มีการตรวจวัด	ไม่มีการตรวจวัด	99.6
4. การตรวจวัดฝุ่นละอองในบรรยากาศ หลังเดินระบบ			
<u>ค่า TSP</u>			
- เหนือลม (มก./ลบ.ม.)	0.024	0.150	0.044
- ใต้ลม (มก./ลบ.ม.)	0.325	2.740	0.196
- ค่าความแตกต่าง (มก./ลบ.ม.)	0.301	2.590	0.152
- ประสิทธิภาพร้อยละ 80 (มก./ลบ.ม.)	0.330	0.330	0.330
<u>ค่า PM-10</u>			
- เหนือลม (มก./ลบ.ม.)	7	5	14
- ใต้ลม (มก./ลบ.ม.)	89	73	107
- ค่าความแตกต่าง (มก./ลบ.ม.)	82	68	93
- มาตรฐาน (มก./ลบ.ม.)	120	120	120
การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์การ ลงทุน การเดินระบบ และการบำรุงรักษา			
- ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการลงทุน (บาท)	92,180	262,160	1,025,000
- ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการเดินระบบ (บาท/ปี)	306,000	307,200	31,680
- ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการบำรุงรักษาระบบ (บาท/ปี)	14,000	36,000	155,000
- สรุปค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นต่อ 1 ตันหิน โดย คิดที่ อายุการใช้งาน 10 ปี อัตราดอกเบี้ย ขั้นต่ำในปัจจุบัน 9.5%	0.21-0.49	0.31-0.67	4.31-7.81

สรุป

ในการออกแบบระบบควบคุมฝุ่นละอองจากโรงโม่ บด และย่อยหิน นั้น นอกจากจะต้องมีประสิทธิภาพที่ดีแล้ว การควบคุมดูแลให้มีการใช้งานของระบบควบคุมฝุ่นละอองอย่างสม่ำเสมอเป็นสิ่งจำเป็นเช่นกัน การจัดทำระบบอินเตอร์ล๊อคระหว่างกระบวนการผลิตและระบบควบคุมฝุ่นละอองจะมีส่วนช่วยให้มีการใช้ระบบควบคุมฝุ่นละอองอย่างสม่ำเสมอ เช่น ในส่วนยังรับหินจากรถบรรทุกผู้ดำเนินการได้ติดตั้งสวิทช์โซลินอยด์ควบคุมการเปิดน้ำกับสวิทช์ไฟสัญญาณให้รถบรรทุกเทหิน จึงสะดวกกับการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน สำหรับระบบฉีดน้ำของทั้งโรงโม่ นั้น มีสวิทช์ควบคุมที่บริเวณปากโม่แรก ผู้ปฏิบัติงานสามารถควบคุมการเดินเครื่องสูบน้ำได้พร้อมกับการเดินสายการผลิต

ปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะสำหรับการปรับปรุงระบบ

1. ระบบฉีดน้ำ ปัญหาปริมาณน้ำที่มากเกินไป เนื่องจากระบบโครงการนี้เป็นระบบสกริต จึงได้ออกแบบจำนวนหัวฉีดเพื่อไว้ในกรณีที่ต้องการใช้ปริมาณน้ำสูงสุด โดยเฉพาะบริเวณฮอปเปอร์ได้ออกแบบ ไว้ให้มีทั้งหัวฉีดและหัวฝักบัว โดยกำหนดให้ใช้หัวฝักบัวเฉพาะในช่วงเทหินจากรถบรรทุกใช้เวลาประมาณ 5 – 10 วินาที เพื่อให้หินเปียกแต่แรกเป็นการลดการเกิดฝุ่นในขั้นตอนต่อไป ของกระบวนการผลิต ในการใช้งานจริง หินจะมีความเปียกแตกต่างกันตามแต่ฤดูกาล แล้วแต่ว่ามีฝนตกทำให้เหมือนหินเปียกหรือไม่ ปริมาณน้ำที่ฉีดจะต้องปรับเปลี่ยนตามความชื้นของหิน รวมทั้งควบคุมระยะเวลาฉีดน้ำจากฝักบัวอย่างเคร่งครัด แต่โดยการควบคุมการทำงานของพนักงานอาจทำได้ยาก จึงเกิดปัญหาน้ำไหลมากเกินไปการแก้ไขปัญหาก็คือ ควรเปลี่ยนจากหัวฝักบัวเป็นหัวฉีดละอองน้ำทั้งหมดในบริเวณฮอปเปอร์ เพื่อป้องกันปัญหาน้ำเปียกเกินไป

2. ปัญหาการซ่อมบำรุงท่อ เนื่องจากในการติดตั้งท่อพีวีซี จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ปาดปลายท่อโดยใช้ความร้อน ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวไม่เป็นที่ยอมรับ เนื่องจากท่อพีวีซี ยังใช้กันไม่แพร่หลายในปัจจุบันการแก้ไขปัญหาก็คือ ทางโรงงานจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ในการซ่อมแซมท่อพีวีซีเป็นของตนเอง หรือหากมีการใช้ท่อชนิดนี้กันอย่างแพร่หลายมากขึ้นในอนาคต ระบบการให้บริการในการซ่อมบำรุงก็จะพัฒนาขึ้นมาด้วยเช่นกัน

3. ในการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นละอองควรพิจารณาอย่างละเอียดในการกำหนดตำแหน่งการวางท่อ และลักษณะการยึดท่อให้อยู่ในตำแหน่งที่ปลอดภัย ไม่ถูกหินกระแทก และไม่ชำรุดเสียหายจากกิจกรรมอื่น ๆ ได้ง่าย หรืออาจมีการติดตั้งแนวกันกระแทก วัสดุปิดคลุมกันกระแทก หรือวัสดุเพิ่มความยืดหยุ่นและรวมไปถึงการ ปรับปรุงวิธีการยึดท่อให้มีความมั่นคงและแข็งแรงเพิ่มขึ้น

4. ท่อพีวีซีบางส่วนที่ติดกันกับระบบฯ ซึ่งต้องทำการซ่อมบำรุงอยู่เสมอ เช่น ส่วนที่ติดกับหัวฉีดละอองน้ำอาจชำรุดเสียหายได้ง่าย และการซ่อมบำรุงก็ยังเป็นไปได้ยากในปัจจุบัน ดังนั้น การแก้ไขปัญหาก็ทำได้โดยเปลี่ยนชนิดท่อในส่วนนี้ เป็นท่อชนิดอื่น ๆ ที่สามารถใช้ทดแทนกันได้ เช่น สายยางทนแรงดัน , สายไฮดรอลิค เพื่อให้สามารถทำการซ่อมบำรุงได้ง่ายและสะดวกขึ้น

5. ควรมีการอบรมวิธีการขั้นตอนการเดินเครื่องระบบกำจัดฝุ่นละออง ให้แก่พนักงานระดับปฏิบัติการที่เกี่ยวข้อง (โดยเฉพาะการควบคุมดูแลระบบกำจัดฝุ่นละอองแบบถุงกรอง) เพื่อให้พนักงานมีความรู้ความเข้าใจ มีทักษะและความชำนาญในการเดินเครื่อง การดูแลรักษา และการซ่อมบำรุง เพื่อให้ระบบฯ สามารถกำจัด ฝุ่นละอองได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป



บทที่ 4 การตรวจวัดและวิเคราะห์สารมลพิษทางอากาศ

4.1 การตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศในสถานประกอบการและเฉพาะบุคคล

การตรวจวัดในสถานประกอบการและเฉพาะบุคคลมักใช้เทคนิคในการตรวจวัดอย่างเดียว ต่างกันเพียงแต่การตรวจวัดในสถานประกอบการหรือในบริเวณปฏิบัติงาน เป็นการวัดโดยที่ติดตั้งเครื่องวัดอยู่กับที่โดยช่วงเวลาในการวัดมักเป็น 8 ชั่วโมง ในขณะที่การวัดเฉพาะบุคคลเป็นการติดตั้งเครื่องวัดไปกับบุคคลตลอดช่วงการทำงาน เครื่องมือที่ใช้ คือ ปัมขนาดเล็ก ชุดวัดอัตราการไหลของอากาศ ซึ่งมักมีอุปกรณ์ ตั้งเวลาติดตั้งไว้ด้วย เพื่อสูบลอากาศผ่านเข้าสู่อุปกรณ์เก็บตัวอย่าง แล้วจึงนำไปวิเคราะห์ต่อโดยวิธีเฉพาะต่างๆ แล้วแต่สารมลพิษที่ตรวจวัด

1. Tree-piece cassette : เป็นชุดเก็บตัวอย่างฝุ่นทั้งหมด (total dust) ฝุ่นของโลหะ หรือแอโรซอลอื่นๆ โดยมีแผ่นกระดาษกรองเป็นส่วนสำคัญ

2. Cyclone Assembly : เป็นชุดเก็บตัวอย่างสำหรับฝุ่นเฉพาะที่เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ ซึ่งโดยปกติหมายถึงฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

3. Solid Sorbent Tube : เป็นหลอดบรรจุวัสดุดูดซึม เช่น แอกติเวตคาร์บอน ซิลิกาเจล หรือวัสดุอื่นๆ ใช้สำหรับเก็บตัวอย่างก๊าซ หรือ ไอ เมื่อเก็บตัวอย่างแล้วจะมีกัปปิดหัวและท้าย แล้วนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการต่อไป

4. Midget Impinger และ Bubblers : ใช้กระบอกแก้วใส่สารละลายดูดกลืน ใช้สำหรับการเก็บตัวอย่างก๊าซและไอ

5. Vapor Bages หรือ Passive-diffusion sorbent badges : อุปกรณ์นี้ใช้หลักการการแพร่ของสารที่อยู่ในบรรยากาศเข้าไปใน badge ซึ่งภายในจะบรรจุด้วยกระดาษกรองที่อบด้วยสารดูดกลืน มักจะนำไปติดที่ตัวผู้ปฏิบัติงาน ตลอดช่วงการทำงานแล้วจึงนำแผ่นกระดาษดังกล่าวไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการต่อไป อุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบนี้จึงไม่จำเป็นต้องมีปั๊ม และเครื่องวัดอัตราการไหล

4.1.1 เก็บตัวอย่างอากาศเพื่อวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นและใยหิน

อนุภาค (particulate) หมายถึง สารทุกชนิดไม่ว่าจะอยู่ในรูปของของแข็ง หรือของเหลวที่แขวนลอยอยู่ในอากาศ และอาจจะถูกหายใจเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้ อนุภาคต่างๆจะมีขนาดตั้งแต่ขนาดโมเลกุลเดี่ยวจนถึงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 ไมครอน

อนุภาคถูกจัดแบ่งออกเป็นหลายประเภท ได้แก่

1. การจัดประเภทของอนุภาคตามหลักวิชาการกายภาพ สามารถแบ่งอนุภาคออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. อนุภาคที่เป็นของแข็ง ได้แก่ อนุภาคที่อยู่ในรูปของฝุ่น ฝุ่น ควัน ชี้เก้า (fiy ash) และเส้นใย (fiber)
2. อนุภาคที่เป็นของเหลว ได้แก่ อนุภาคที่อยู่ในรูปของมิสต์ และสเปรย์

2. การจัดประเภทของอนุภาคตามหลักวิชาการทางการแพทย์ สามารถแบ่งอนุภาคออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. อนุภาคที่มีขนาดเล็ก พอที่จะหายใจเข้าสู่ทางเดินหายใจส่วนปลายได้ (respirable particles)

2. อนุภาคที่มีขนาดใหญ่ไม่สามารถหายใจเข้าสู่ทางเดินหายใจได้ (inhalable particles)

ในการเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศที่เป็นอนุภาค นักสุขศาสตร์ให้ความสำคัญที่จะทำการเก็บตัวอย่างอนุภาคที่อยู่ในรูปของฝุ่น พุ่ม มิสต์ และเส้นใยเท่านั้น

ฝุ่น (Dust) หมายถึงอนุภาคที่เป็นของแข็งที่มีสภาพเป็นฝุ่นฟุ้งกระจายในอากาศได้จากการทำงานที่มีการตัด การกด การบด การทำงานใดๆที่ทำให้เกิดการแตกหัก หรือการขูดของสารที่เป็นชิ้นที่เล็กๆโดยทั่วไป ฝุ่นจะมีรูปร่างไม่แน่นอน ในที่นี้จะกล่าวถึงฝุ่นที่ทำการเก็บตัวอย่างอากาศบ่อย คือ

1. ฝุ่นหินที่มีซิลิกา (SiO_2) ผสมอยู่ในรูปของควอร์ตซ์
2. ฝุ่นปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ (Portland cement dust)
3. ฝุ่นถ่านหิน (Coal dust)
4. ฝุ่นฝ้ายดิบ (Raw Cotton dust)
5. ฝุ่นขานอ้อย (Bagasse)
6. ฝุ่นที่ก่อให้เกิดความรำคาญ (Inert or Nuisance dust)

ฝุ่นแบ่งตามขนาดออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. ฝุ่นขนาดใหญ่กว่า 10 ไมครอน ซึ่งมีขนาดใหญ่เกินกว่าจะหายใจเข้าสู่ทางเดินหายใจส่วนปลายได้ ส่วนใหญ่จะติดค้างอยู่ที่ทางเดินหายใจส่วนต้น
2. ฝุ่นขนาดเล็กที่มีขนาดตั้งแต่ 10 ไมครอน ลงไป ซึ่งเป็นฝุ่นที่หายใจเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนปลายได้ (Respirable particles)

เมื่อรวมฝุ่นทั้งสองชนิดนี้เข้าด้วยกันจะเรียกว่า ฝุ่นทุกขนาด หรือ ฝุ่นทั้งหมด

เส้นใย (fiber) หมายถึงอนุภาคของแข็งที่มีรูปร่างยาวและบาง ดังนั้น เมื่อกล่าวถึงเส้นใยมักจะระบุในสองมิติ คือ เส้นผ่านศูนย์กลาง และความยาว เช่น ใยหิน (Asbestos) เป็นต้น

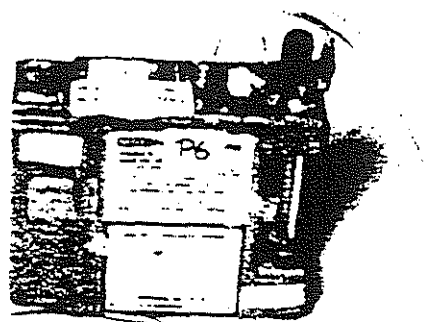
ประเภทของการเก็บตัวอย่างอากาศ

1. การเก็บแบบพื้นที่ (Area sampling) โดยติดตั้งเครื่องดูดอากาศบริเวณการทำงานที่มีอนุภาคปนเปื้อนในบรรยากาศ เพื่อวิเคราะห์ปริมาณอนุภาคบริเวณนั้นในช่วงระยะเวลาหนึ่งๆ
2. การเก็บแบบติดตัวบุคคล (Personal sampling) โดยติดตั้งเครื่องดูดอากาศกับตัวคนงานเพื่อวิเคราะห์ปริมาณอนุภาคที่คนงานมีโอกาสหายใจเข้าไปในขณะที่ทำงานในช่วงเวลาหนึ่งๆ

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

1. เครื่องดูดอากาศ (Portable pump or Personal dust sampling) เป็นเครื่องดูดอากาศแบบที่สามารถดูดอากาศผ่านตัวกระดาษกรอง (Filter) ได้ในอัตราความเร็วสูง (high flow pump)
2. อุปกรณ์สะสมอนุภาค (Collection devices) ในที่นี้จะเป็นกระดาษกรองชนิดพีวีซี, เซลลูโลส, โยแก้ว, และเยื่อกรอง (membrane) ขนาด 37 mm และที่ยึดกระดาษกรอง (Holder) แบบ 2 ชั้น และ 3 ชั้น พร้อมกระดาษตัวรอง (Supporter)
3. อุปกรณ์สะสมอนุภาคชนิดเก็บสะสมเฉพาะอนุภาคที่มีขนาดตั้งแต่ 10 ไมครอนลงไป (Cyclone) ซึ่งต้องใช้ประกอบกับกระดาษกรอง และที่ยึดกระดาษกรอง (Holder)
4. อุปกรณ์สะสมอนุภาคชนิดอีลูทริเอเตอร์ (Elutriator - ใช้เก็บฝุ่นฝ้าย)
5. ส่วนเชื่อมต่อ (Connector) ระหว่างอุปกรณ์สะสมอนุภาค กับเครื่องดูดอากาศ คือ สายยาง
6. จุกสำหรับปิดรูที่ยึดกระดาษกรอง (Holder)
7. เครื่องชั่งไฟฟ้า (Electrical Balance) ชนิดอ่านค่าได้ 5 ตำแหน่ง
8. กล้องจุลทรรศน์ชนิด Phase contrast
9. โถดูดความชื้นจากกระดาษกรอง (Desiccator)

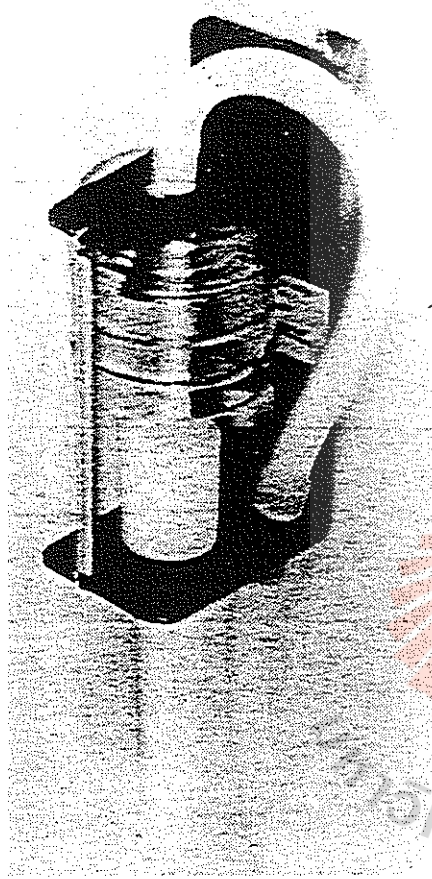




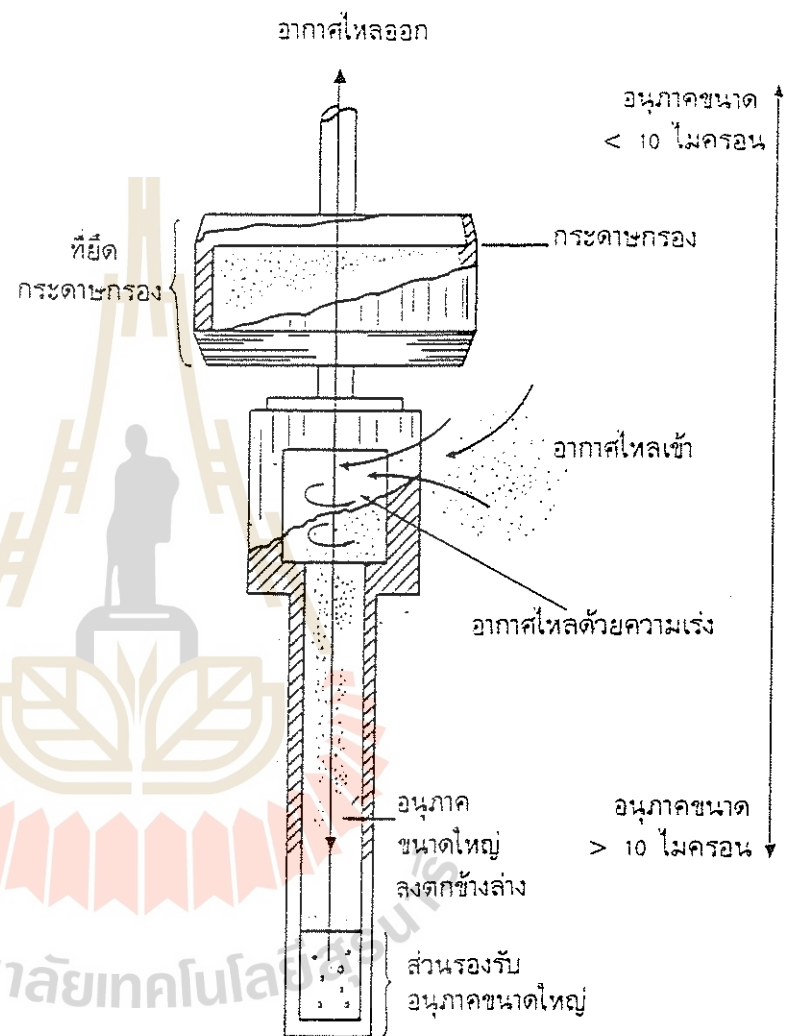
รูปที่ 3 เครื่องมือเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศที่เป็นอนุภาคที่ใช้หลักการกรองที่ใช้ในงานสุขศาสตร์อุตสาหกรรม



รูปที่ 4 กระดาษกรองและที่ขีดกระดาษกรองที่ใช้ในงานสุขศาสตร์อุตสาหกรรม



รูปที่ 5 ไซโคลนขนาดเล็ก



รูปที่ 6 แสดงการไหลของอากาศภายในไซโคลนขนาดเล็ก

การเตรียมเครื่องมือ

1. การปรับเช็คความถูกต้องของเครื่องดูดอากาศ

การปรับเช็คความถูกต้องของปั๊มเก็บตัวอย่างแบบติดตัวบุคคล (Personal sampling pump) ยี่ห้อ NSA (Escort Elfo Pump)

ก่อนที่จะนำเครื่องไปใช้งานในการเก็บตัวอย่างอากาศในสถานประกอบการเจ้าหน้าที่จะต้องทำการตรวจเช็คความถูกต้องของเครื่อง (Calabrating) ซึ่งมีหลักการดังต่อไปนี้

1. การชาร์ตไฟ ปั๊มรุ่นนี้แบตเตอรี่เป็นแบบ nickle-cadmium cells
2. การชาร์ตไฟแต่ละครั้ง ต้องใช้เวลาประมาณ 14-16 ชั่วโมง ก่อนชาร์ตไฟ ต้องปล่อยให้ Low Battery ก่อน และปิดเครื่องให้เรียบร้อยทุกครั้ง เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของ Battery (ขั้นตอนการปล่อยให้ Low Battery ต้องนำสายยางต่อกับตลับเก็บฝุ่นด้วยเพื่อป้องกันฝุ่นในบรรยากาศเข้าปั๊ม)
3. การปรับเช็คความถูกต้อง ควรทำทุกครั้งก่อนใช้งานโดยใช้เครื่องปรับเช็คความถูกต้อง (ที่ใช้ฟองสบู่) ให้ได้อัตราการดูดอากาศใกล้เคียงกัน ค่าที่นิยมให้ผิดพลาดได้ (2.5%) ถ้ามีปัญหาหรือข้อสงสัยให้โทรถามส่วนกลาง
4. หลังจากใช้งานเสร็จเรียบร้อยแล้ว ควรทำความสะอาดโดยใช้ผ้าชุบน้ำบิดหมาดๆ เช็ดและบันทึกเวลาที่ใช้งานไปในสมุด ดังตาราง(ตัวอย่าง)

หมายเลข ปั๊ม	ชั่วโมงการ ชาร์ตไฟ	ชาร์ตไฟ วันที่	ชั่วโมงการทำงาน (นาฬิกา)				หมายเหตุ
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	
No. 1	16	12 ก.ค. 41	120	100			
No. 2	16	12 ก.ค. 41	120				
No. 3	16	12 ก.ค. 41	120				

5. เมื่อใช้งานประมาณ 10 ชั่วโมง ให้เช็คแบตเตอรี่ หากเหลือไฟประมาณ 4.3 โวลต์ ให้ปล่อยให้ Low Battery แล้วชาร์ตใหม่ทันทีเพื่อป้องกันแบตเตอรี่หมด ขณะนำเครื่องไปใช้งานครั้งต่อไป
6. ในกรณีที่ไม่ได้ใช้เครื่องเป็นเวลานาน ควรนำเครื่องมาชาร์ตไฟทุกเดือน จะเป็นการช่วยในการเก็บประจุไฟของแบตเตอรี่

2. อุปกรณ์สะสมอนุภาค (Collection devices)

วิธีการนำกระดาศกรองลงในตลับ

ชิ้นส่วนทุกชิ้นควรได้มีการทำให้แห้งสะอาด ปราศจากฝุ่นปนเปื้อนและขณะที่นำกระดาศกรองใส่ตลับ ควรทำในบริเวณปราศจากฝุ่น มีขั้นตอน ดังนี้

1. ใส่จุจุดสีน้ำเงิน ณ รูเปิดอากาศเข้าของตัวตลับส่วนบน
2. ใส่จุจุดสีแดง ณ รูเปิดอากาศออก ของตัวตลับส่วนล่าง
3. นำแผ่นรอง (Support Pad) วางไว้บนในส่วนข้อ 2

4. นำกระดาดากรองเดียวจากกล่องบรรจุ ซึ่งผ่านการดูความชื้นแล้ว ไปชั่งบนที่ชั่ง (pre-weight) จากนั้น บันทึกค่า (การยัดจับกระดาดากรอง ควรใช้แหนบคีบ บริเวณขอบกระดาดากรอง ไม่ให้นิ้วมือสัมผัสผิวดิน)

5. นำกระดาดากรองที่ได้ชั่งน้ำหนักแล้วไปวางบนแผ่นรอง (Support Pad) ต่อจากนั้นนำส่วนประกอบวงแหวน (ring section) วางติดต่อกับส่วนประกอบตัวเมีย (รูเปิดอากาศออก, female outlet section) และนำส่วนประกอบตัวผู้ (รูเปิดอากาศเข้า, male section) วางต่อกับส่วนประกอบวงแหวนและกดอัดให้แน่นด้วยพลาสติก ตรวจสอบความเรียบร้อยกลับใส่กระดาดากรองว่ามีการปิดสนิท ที่ให้เกิดรอยรั่วตามรอยประกอบ ถ้ามี ควรปิดให้สนิทสำรวจให้มีความมั่นใจว่าอยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานได้

6. ทำเครื่องหมายเลขที่บนตลับที่พร้อมกระดาดากรอง บนส่วนประกอบตัวเมีย (female outlet section)

การรวบรวมต่อชิ้นตลับใส่กระดาดากรอง

1. นำส่วนประกอบบน (male-inlet) จากตลับใส่กระดาดากรองและดึงจุกสีแดงจากรูเปิดของส่วนประกอบล่าง (female-outlet) เก็บส่วนที่เหลือเอาไว้ใช้ต่อไป

2. ต่อรูเปิดของส่วนประกอบล่างของตลับใส่กระดาดากรองกับส่วนปลายของข้อต่อที่มีปลายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก และต่อด้านเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่เข้ากับสายเก็บตัวอย่าง ซึ่งจะมีตัวหนีบ (spring clip) ติดอยู่ และต่อส่วนปลายของสายเข้ากับเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ

หมายเหตุ BLANKS ในแต่ละชุดของตัวอย่างจัดกระดาดากรอง 2 ชุด ซึ่งมีขั้นตอนต่าง ๆ ในการเตรียมตัวอย่างเพื่อไปใช้เช่นเดียวกัน โดยชุดหนึ่งใช้เก็บตัวอย่างอากาศตามขั้นตอนการเก็บตัวอย่างแต่อีกชุดซึ่งเตรียมตัวอย่างเหมือนกันจะไม่นำไปผ่านการติดเครื่องดูดอากาศ ชุดนี้เราเรียกว่า Blanks และควรมีการเขียนติดที่ตลับใส่กระดาดากรอง

การติดเครื่องมือ

1. ยึดตลับที่มีกระดาดากรองอยู่เข้ากับคอเสื้อที่เบาะออก หรือบริเวณกระเป๋ โดยให้ด้านหน้าที่มีกระดาดากรองวางห้อยลง โดยยึดด้วยตัวหนีบที่ติดกับสายตัวอย่างปรับให้บริเวณที่ติด ไม่ให้ถูกปิดหรือบังขณะทำงาน

2. กดเปิดสวิทช์ด้านหน้าของเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ เริ่มเก็บตัวอย่าง

3. ปรับระดับอัตราการดูดอากาศให้ได้ตามค่าอัตราความเร็วการดูดอากาศ ตามที่ต้องการ

4. ติดเครื่องเก็บตัวอย่างบริเวณเข็มขัด จัดให้สายยางที่เก็บตัวอย่างอากาศแนบชิดกับตัวผู้ถูกติดที่ระดับหายใจ เช่น ที่ปากเสื้อ

5. ระหว่างการเก็บตัวอย่าง คอยตรวจดูการทำงานของปั๊มเป็นระยะ ๆ เพื่อให้แน่ใจ อัตราความเร็ว การดูดอากาศสม่ำเสมอ และเครื่องไม่เกิดการขัดข้อง

6. เมื่อเก็บได้ตามต้องการ ปิดเครื่องเก็บตัวอย่าง และบันทึกเวลาที่ปิดเครื่อง

การถอดเครื่องมือ

1. ถอดเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศจากเข็มขัด และสายยางแยกจากเครื่อง

2. คลายตัวหนีบจากเสื้อ และตลับพร้อมกระดาดากรองออก

3. ถอดดลัจากข้อต่อ และตัวสายยางเก็บตัวอย่าง อย่างระมัดระวัง
4. ปิดส่วนหน้ากระดาะกรองด้วยส่วนประกอบบน (male-inlet) (และอุดจุกสีแดง) ให้ติดกับส่วนประกอบวงแหวนให้สนิท และอุดจุกสีน้ำเงินกับส่วนประกอบล่าง

การถอดและล้างกระดาะกรอง

นำดลัพร้อมกระดาะกรองที่เก็บตัวอย่างไปเข้าโถดูดความชื้น (Desiccator) เพื่อเตรียมชั่งต่อไปโดยใช้เวลา 24 ชั่วโมง

1. แกะส่วนประกอบบนและวงแหวนออกจากดลั โดยใช้เครื่องมือมาช่วย
2. เอากระดาะกรองออกมา โดยวิธีดังนี้

แกะจุกอุดสีน้ำเงินออกจากส่วนประกอบล่าง (female section) และใช้แท่งภาชนะขนาดเล็กดันให้แผ่นกรองและกระดาะกรองขยับพอที่จะคีบกระดาะกรองได้สะดวก ระวังอย่าให้ฝุ่นปลิวหรือหล่นหายไป โดยอาจจะใช้วิธีให้กระดาะกรองเผลอจากขอบดลัแล้วคีบกระดาะกรองไปวางบนเครื่องชั่งน้ำหนัก (post-weight)

3. ตรวจสอบความเรียบร้อยและบันทึกค่าหมายเลขบนดลั และค่าน้ำหนักที่ชั่งได้

การวัดความเข้มข้นของฝุ่น

1. หักค่าน้ำหนักของกระดาะกรองก่อนเก็บตัวอย่างจากค่าหลังเก็บตัวอย่าง และบันทึกค่าความแตกต่างซึ่งได้จากตาชั่งที่วัดได้ค่าต่ำสุด 0.01 มิลลิกรัม (5 ตำแหน่ง) แปลงค่าคำนวณอัตราความเร็วการดูดอากาศ และระยะเวลาเก็บตัวอย่างให้เป็นลูกบาศก์เมตร

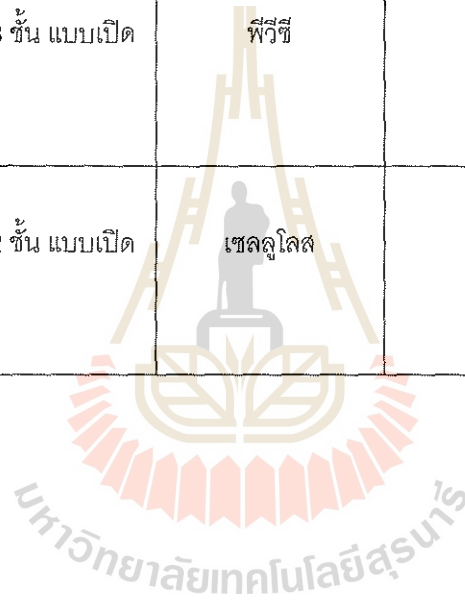
2. คำนวณน้ำหนักต่อปริมาตรอากาศ จะได้ความเข้มข้นฝุ่นเป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ

ตารางที่ 9 วิธีการเก็บตัวอย่างอากาศ

ชื่อสาร	เครื่องดูดอากาศ	อุปกรณ์สะสมอนุภาค	กระดาดกรอง	ปริมาตรอากาศ (ลิตร/นาที)	อัตราดูดอากาศ (ลิตร)		วิธีวิเคราะห์	หมายเหตุ
					MIN	MAX		
1.ฝุ่นหินที่มี SiO_2 ใน รูปควอร์ซแบบ	เครื่องดูดอากาศ	ที่ยึดกระดาดกรอง	5 ไมครอน พีวีซี	1.7	25	133	ชั่ง	ต้องทราบ% SiO_2
	-Total dust	(Holder) 3 ชั้น แบบปิด						
-Respirable dust	เครื่องดูดอากาศ	ที่ยึดกระดาดกรอง 2	5 ไมครอน พีวีซี	1.7	75	1000	ชั่ง	ต้องทราบ% SiO_2
	แบบอัตราความเร็วสูง	ชั้น ประกอบกับ Cyclone						
2. ฝุ่นปอร์ตแลนด์ ซีเมนต์	เครื่องดูดอากาศ	Holder 3 ชั้น แบบเปิด	Membrane filter	1.5	25	133	ชั่ง	

ชื่อสาร	เครื่องดูดอากาศ	อุปกรณ์สะสมอนุภาค	กระดาศกรอง	ปริมาตรอากาศ (ลิตร/นาที)	อัตราดูดอากาศ (ลิตร)		วิธีวิเคราะห์	หมายเหตุ
					MIN	MAX		
3. ฝุ่นดำหิน	เครื่องดูดอากาศ แบบอัตราความเร็วสูง	Holder 3 ชั้น แบบเปิด	พีวีซี	1.5			ซั่ง	
4. ฝุ่นที่ก่อให้เกิดความ รำคาญ -Total dust	เครื่องดูดอากาศ แบบอัตราความเร็วสูง	Holder 3 ชั้น แบบเปิด	5 ไมครอน พีวีซี	1.5	25	133	ซั่ง	
	เครื่องดูดอากาศ แบบอัตราความเร็วสูง	Holder 2 ชั้น แบบเปิด ประกอบด้วย Cyclone	5 ไมครอน พีวีซี	1.7	75	1000	ซั่ง	
5. ฝุ่นฝ้ายดิบ	เครื่องดูดอากาศ แบบอัตราความเร็วสูง	Holder 3 ชั้น แบบเปิด	พีวีซี 5 μ m	1.5	270	540	ซั่ง	

ชื่อสาร	เครื่องดูดอากาศ	อุปกรณ์สะสมอนุภาค	กระดาดากรอง	ปริมาตรอากาศ (ลิตร/นาที)	อัตราดูดอากาศ (ลิตร)		วิธีวิเคราะห์	หมายเหตุ
					MIN	MAX		
6. ฝุ่นซันอ้อย	เครื่องดูดอากาศ แบบอัตราความเร็วสูง	Holder 3 ชั้น แบบเปิด	ฟิวส์	1.5			ซั่ง	ต้องวิเคราะห์ ปริมาณ จุลินทรีย์ร่วมด้วย
7. ไยหิน (Asbestos)	เครื่องดูดอากาศ แบบอัตราความเร็วสูง	Holder 2 ชั้น แบบเปิด	เซลลูโลส	2.5	48		กล้อง จุลทรรศน์	การวิเคราะห์ยุ่ง ยากมากต้องศึกษา โดยละเอียด



วิธีคำนวณปริมาณฝุ่น/หาค่ามาตรฐาน

1. ปริมาณฝุ่นที่เก็บโดยใช้กระดาศกรอง คำนวณได้จาก น้ำหนักฝุ่นที่เก็บได้จากกระดาศกรอง โดยการชั่งน้ำหนักของกระดาศกรองก่อนเก็บตัวอย่างฝุ่น และน้ำหนักของกระดาศกรองหลังเก็บตัวอย่างฝุ่นแล้ว นำมาหักลบออกจากกัน ดังสมการ

$$\text{น้ำหนักฝุ่น (mg)} = \text{น้ำหนักของกระดาศกรองที่เก็บมาแล้ว} - \text{น้ำหนักของกระดาศกรองก่อนเก็บฝุ่น}$$

$$\text{ปริมาณอากาศ (l)} = \text{อัตราการเก็บอากาศ (l/min)} \times \text{เวลาที่เก็บตัวอย่าง (min)} \quad (1 \text{ ลิตร} = 10^{-3} \text{ m}^3)$$

$\text{ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่น} = \frac{\text{น้ำหนักฝุ่น (mg)}}{\text{ปริมาณอากาศ (m}^3\text{)}}$

2. หากการเก็บตัวอย่างอากาศที่มี SiO_2 ให้ทำการหาในห้องปฏิบัติการจะได้ออกมาเป็นน้ำหนักของ SiO_2 แล้วจึงคำนวณหาเป็น % SiO_2 ได้จากสมการ

$$\% \text{SiO}_2 = \frac{\text{น้ำหนักของ SiO}_2 \text{ (mg)} \times 100}{\text{น้ำหนักฝุ่น (mg)}}$$

3. ค่ามาตรฐานตามกระทรวงมหาดไทย (TLV)

$$\text{Respirable dust} = \frac{10}{\% \text{SiO}_2 + 2} \text{ mg/m}^3$$

$$\text{Total dust} = \frac{30}{\% \text{SiO}_2 + 2} \text{ mg/m}^3$$

นำค่าที่ได้ในข้อ 2 เข้าสูตรคำนวณ ก็จะได้ค่า TLV ถ้าปริมาณฝุ่นในข้อ 1 มากกว่าค่า TLV ในข้อ 3 ก็แสดงว่าเกินค่ามาตรฐาน

ตัวอย่าง วิทยุนำกระดาศกรองที่ชั่งน้ำหนักก่อนนำไปเก็บตัวอย่างได้ 0.01 มิลลิกรัม ไปทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นฝ้าย ในแผนกปั่นฝ้าย เขาเริ่มเก็บตัวอย่างเวลา 08.00 น. และหยุดเก็บตัวอย่างเวลา 11.00 น. โดยตั้งอัตราไหลของอากาศไว้ที่ 1.5 ลิตรต่อนาที เมื่อกลับมาเขานำกระดาศกรองนั้นเข้าสู่ตู้ดูดความชื้น แล้วนำไปชั่งน้ำหนักได้ 0.25 มิลลิกรัม จงคำนวณหาค่าความเข้มข้นของฝุ่นฝ้ายในแผนกปั่นฝ้าย

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ} \quad & \text{น้ำหนักของฝุ่นฝ้ายที่เก็บมาได้} = 0.25 - 0.01 = 0.24 \text{ มิลลิกรัม} \\ & \text{ปริมาตรอากาศทั้งหมด} = \text{อัตราการไหลของอากาศ} \times \text{จำนวนเวลาทั้งหมด} \\ & = 1.5 \text{ ลิตรต่อนาที} \times 180 \text{ นาที} \\ & = 270 \text{ ลิตร} = 0.27 \text{ ลูกบาศก์เมตร} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ความเข้มข้นของฝุ่นฝ้ายในอากาศ} &= \frac{\text{น้ำหนักของฝุ่นฝ้ายที่เก็บมาได้}}{\text{ปริมาตรอากาศทั้งหมด}} \\
 &= \frac{0.24}{0.27} = 0.89 \text{ มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร}
 \end{aligned}$$

สรุป ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัย เพราะกฎหมายความปลอดภัย ฯ กำหนดมิให้เกิน 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์ เมตร

ตัวอย่างการคำนวณ การเก็บตัวอย่างฝุ่นโดยใช้ cyclone เพื่อหาปริมาณฝุ่นที่หายใจเข้าไปได้

$$\begin{aligned}
 \text{น้ำหนักกระตาะกรองก่อนเก็บฝุ่น} &= 0.01479 \text{ กรัม} \\
 \text{น้ำหนักกระตาะกรองหลังเก็บฝุ่น} &= 0.01503 \text{ กรัม} \\
 \Rightarrow \text{น้ำหนักฝุ่น} &= 0.01503 - 0.01479 \\
 &= 0.00024 \text{ กรัม} \\
 &= 0.24 \text{ mg} \text{ ----- (1)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ผลการวิเคราะห์ SiO}_2 &= 32.56 \text{ } \square \text{g} \\
 &= 0.03256 \text{ mg} \\
 \Rightarrow \% \text{ SiO}_2 &= \frac{0.03256 \times 100}{0.24} \\
 &= 13.56 \text{ ----- (2)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{อัตราการดูดอากาศ} &= 1.5 \text{ l/min} \\
 \text{เก็บตัวอย่างอากาศมานาน} &= 105 \text{ min} \\
 \Rightarrow \text{ปริมาตรอากาศ} &= 157.5 \\
 \text{ปริมาตรฝุ่น} &= 0.24 \\
 &= \frac{157.5 \times 10^{-3}}{0.24} \\
 &= 1.52 \text{ mg/m}^3 \text{ ----- (3)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ค่ามาตรฐาน TLV} &= 10 \\
 \text{(Respirable dust)} &= \% \text{ SiO}_2 + 2 \\
 &= 10 \\
 &= \frac{10}{13.56 + 2} \\
 &= 0.64 \text{ mg/m}^3 \text{ ----- (4)}
 \end{aligned}$$

$\Rightarrow$ แสดงว่าปริมาณฝุ่นที่หายใจเข้าปอดได้มีค่าเกินมาตรฐาน

4.1.2 การเก็บตัวอย่างจากบรรยากาศการทำงานเกี่ยวข้องกับโลหะหนัก

ฟุ้ง (Fume) หมายถึง อนุภาคที่เป็นของแข็งซึ่งมีขนาดเล็กมากๆ (โดยทั่วไปจะมีขนาดอนุภาคเล็กกว่าฝุ่น) เกิดจากการกลั่นตัว (Condense) ของไอโลหะ เมื่อโลหะได้รับความร้อนจนหลอมเหลว เช่น ฟุ้งของตะกั่ว ฟุ้งของเหล็ก ฟุ้งของสังกะสี ฯลฯ เนื่องจากฟุ้งมีขนาดอนุภาคเล็กมากนั้นเองจึงทำให้มีโอกาสทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้มาก เพราะสามารถเล็ดลอดผ่านระบบป้องกันอันตรายของระบบทางเดินหายใจลงไปถึงปอด และทำอันตรายต่อร่างกายได้ในที่สุด

การเก็บตัวอย่างโลหะหนัก ในที่นี้เป็นวิธีการเก็บในลักษณะเป็นฟุ้ง (fume) ของโลหะหนักซึ่งเกิดจากการหลอมเหลว เมื่ออุณหภูมิถึงจุดเดือดจะมีไอควันขาว ๆ เกิดขึ้น ซึ่งเรียกว่าฟุ้งโลหะหนัก เช่น Aluminium, Iron (Fe), Manganese, Nickel, Lead (Pb), Zinc, Chromium (valency 3)

อุปกรณ์ที่ใช้

1. เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศแบบอัตราการดูดสูง (High flow personal sampling pump)
2. ดัชนีใส่กระดาดกรองแบบ 3 ตอน (Holder)
3. กระดาดกรองชนิด cellulose membrane filter ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 37 มิลลิเมตร และ 0.8 pore size
4. เครื่องปรับเช็คอัตราการดูดอากาศ (Calibrator) ของเครื่องเก็บสารพิษ
5. เครื่องวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้น คือ Atomic absorption

การปรับเช็คความถูกต้องของอัตราการดูดอากาศ

ต่อเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศกับเครื่อง Calibrator โดยมีดัชนีใส่กระดาดกรองและกระดาดกรองอยู่ใน line ของการปรับเช็ค

วิธีการเก็บตัวอย่างอากาศ

1. ถามชื่อพนักงานที่จะติดเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ หน้าที่ที่ทำงานหรือบริเวณที่ทำงานทำการติด pump ที่ตัวบุคคล ต่อเครื่องมือนี้กับดัชนีใส่กระดาดกรองด้วยสายยางชนิดพิเศษ (Tigon tube) โดยในดัชนีนี้ต้องใส่ cellulose membrane filter พร้อมแผ่นรอง (Support pad) และติดดัชนีที่ปากเสื้อของพนักงาน
2. การเก็บฟุ้งของโลหะนี้ให้ใช้อัตราการดูดอากาศ (flow rate) 1.5 ลิตร/นาที เก็บปริมาตรอากาศ 180 ลิตร นั้นหมายความว่า จะต้องใช้เวลา 2 ชั่วโมง ในการเก็บตัวอย่าง (ต้องบันทึกเวลาที่ใช้ทั้งหมด)
3. เมื่อเก็บตัวอย่างเสร็จแล้วให้เปิดจุกดัก และส่งไปวิเคราะห์ต่อในห้องปฏิบัติการ โดยต้องนำกระดาดกรองนี้มาต้มด้วยกรดไนตริกแล้วนำสารละลายที่ได้วิเคราะห์ต่อด้วยเครื่อง Atomic absorption

4.1.3 การเก็บตัวอย่างจากบรรยากาศการทำงานเกี่ยวข้องกับสารตัวทำละลาย (Organic solvent)

ไอระเหย (Vapor) เป็นลักษณะของไอหรือก๊าซ ที่เกิดจากของเหลวหรือของแข็งเปลี่ยนแปลง สถานะเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิและ/หรือมีการเปลี่ยนแปลงความกดดัน

การเก็บตัวอย่างสารตัวทำละลาย ในที่นี้เป็นวิธีการเก็บไอระเหยจากสารตัวทำละลาย เช่น โทลูอีน เมทิลแอลกอฮอล์ ไซลีน คลอโรฟอร์ม ไวนิลคลอไรด์ เบนซีน คาร์บอนเตตระคลอไรด์ ทินเนอร์ เป็นต้น

อุปกรณ์ที่ใช้

1. เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ แบบอัตราดูดต่ำ (Low flow personal sampling pump)
2. หลอดผ่านปลุกฤทธิ์ (Charcoal tube)
3. เครื่องปรับเช็คอัตราการดูดอากาศ (Calibrator)
4. เครื่องวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้น คือ gas chromatography

การปรับเช็คความถูกต้องของอัตราการดูดอากาศ

ต่อเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศชนิดอัตราดูดต่ำกับเครื่อง calibrator โดยมีหลอดผ่านปลุกฤทธิ์อยู่ใน line ของการปรับเช็ค โดยใช้หลักการเช่นเดียวกับการปรับเช็คเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศแบบอัตราดูดสูง

วิธีการเก็บตัวอย่างอากาศ

1. ต่อเครื่องมือกับ charcoal tube ด้วยสายยางชนิดพิเศษ (Tigon tube) และติดที่ปากเสื้อของพนักงาน
2. การเก็บไอระเหยของสารตัวทำละลาย จะใช้อัตราการดูดอากาศ (flow rate) และปริมาตรอากาศแตกต่างกันสำหรับสารแต่ละตัว เช่น

โทลูอีน จะใช้ flow rate 200 มิลลิเมตร/นาที ปริมาตรอากาศ 12 ลิตร

เมทิลแอลกอฮอล์ จะใช้ flow rate 200 มิลลิเมตร/นาที ปริมาตรอากาศ 5 ลิตร

ไซลีน จะใช้ flow rate 1 ลิตร/นาที ปริมาตรอากาศ 12 ลิตร

คลอโรฟอร์ม จะใช้ flow rate 1 ลิตร/นาที ปริมาตรอากาศ 15 ลิตร

(ดูรายละเอียดได้ในหนังสือ NIOSH Manual of Analytical Methods ซึ่งขณะนี้ไม่มีทั้งหมด 9 Volumes)

3. เมื่อเก็บตัวอย่างอากาศเสร็จให้ปิดหลอดผ่าน (Charcoal tube) ให้มิดชิด ไม่ควรไว้ในที่ที่ร้อน เพราะอาจมีผลกระทบ (หากมิได้วิเคราะห์ทันทีให้เก็บไว้ในตู้เย็น) แล้วจึงนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการโดยใช้เครื่อง Gas Chromatography

4.1.4 มาตรการควบคุมป้องกันและเฝ้าระวังอันตรายจากอนุภาคมลพิษทางอากาศ

หลักการควบคุมและป้องกันอันตราย แบ่งเป็น 3 ประการคือ

1. การควบคุมและป้องกันอันตรายจากสารเคมีที่แหล่งกำเนิด
2. การควบคุมและป้องกันอันตรายจากสารเคมีที่ทางผ่าน
3. การควบคุมและป้องกันอันตรายจากสารเคมีที่ตัวผู้รับสารเคมี

วิธีการควบคุมและป้องกันอันตราย แบ่งเป็น 3 อย่าง คือ

1. การควบคุมและป้องกันโดยทางวิศวกรรม เช่น การแยกแหล่งของสารพิษออกไป การเปลี่ยนกระบวนการผลิต การใช้สารที่มีพิษน้อยกว่าแทนสารที่มีพิษมาก และการจัดระบบระบายอากาศเฉพาะที่ เป็นต้น
2. การควบคุมและป้องกันโดยทางบริหารจัดการ เช่น การจัดระบบงานเพื่อลดระยะเวลาการสัมผัสกับสารเคมี การจัดความเป็นระเบียบเรียบร้อยในสถานที่ทำงาน การบำรุงรักษาเครื่องจักรในการผลิตการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล และอื่น ๆ เป็นต้น
3. การควบคุมและป้องกันโดยทางการแพทย์ เช่น การตรวจร่างกายก่อนการจ้างงาน การตรวจร่างกายระหว่างการปฏิบัติงาน เป็นต้น

ตารางที่ 10 ตัวอย่างแนวทางในการควบคุมและป้องกันอันตรายจากสารเคมี

หลักการควบคุมและป้องกัน	วิธีการควบคุมและป้องกัน		
	วิศวกรรม	การบริหารจัดการ	การแพทย์
แหล่งกำเนิด	ใช้สารที่มีพิษน้อยกว่าสารที่มีพิษมาก เปลี่ยนระบบควบคุมการผลิต		
ทางผ่าน	ปิดคลุมกระบวนการผลิต	การจัดความเป็นระเบียบเรียบร้อยในสถานที่ทำงาน	

หลักการ ควบคุมและป้องกัน	วิศวกรรม	การบริหารจัดการ	การแพทย์
ผู้รับสารเคมี	การใช้อุปกรณ์คุ้มครอง ระบบหายใจ	การตรวจร่างกายก่อนการจ้าง	ตรวจร่างกายเฉพาะเพื่อ
	การแยกผู้ปฏิบัติงานออกจาก บริเวณที่มีการปนเปื้อนของ สารเคมี	การตรวจร่างกายระหว่าง ปฏิบัติงาน	หาข้อมูลของสารเคมีที่ ผู้ปฏิบัติงานสัมผัส
	การจัดระบบงานให้พนักงานมี การหมุนเวียนของผู้ปฏิบัติงาน	การจัดความเป็นระเบียบ เรียบร้อย	

การเฝ้าระวังอันตราย มีจุดมุ่งหมายที่สำคัญ คือ

1. เพื่อให้เกิดความมั่นใจ ว่าระบบการควบคุมและป้องกันอันตรายจากสารเคมีที่มีอยู่นั้นยังคงดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ
2. เพื่อประเมินถึงผลกระทบต่อระบบควบคุมและป้องกันที่มีอยู่ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลง หรือปรับปรุงกระบวนการผลิต หรือสิ่งอื่นใดในโรงงาน
3. เพื่อสืบค้นหรือค้นหาอันตรายจากสารเคมีตัวใหม่ ๆ หรือที่ยังตรวจไม่พบ หรือคาดไม่ถึงในสิ่งแวดล้อมของการทำงาน

I. การควบคุมและป้องกันอันตรายโดยทางวิศวกรรม มีวิธีการต่าง ๆ ดังนี้

1. การทดแทน (Substitution)

- การทดแทนโดยใช้สารหรือวัตถุที่มีความปลอดภัยมากกว่า
- การทดแทนโดยใช้อุปกรณ์ที่มีความปลอดภัยในการทำงาน
- การทดแทนด้วยกระบวนการผลิตใหม่

2. การแยกการทำงานที่เป็นอันตราย หรือผู้ปฏิบัติงานออกไปในที่เฉพาะ (Isolation)

- การแยกอุปกรณ์หรือกิจกรรมที่ก่อให้เกิดอันตรายจากสารเคมีออกไปในที่เฉพาะ
- การแยกกระบวนการผลิตที่อันตรายออกไปในที่เฉพาะ
- การแยกผู้ปฏิบัติงานออกไปในที่เฉพาะ

3. การปิดคลุมการผลิต (Enclosure)

วิธีการนี้มักจะใช้กันมากในโรงงานผลิตสารเคมีทั้งหลายที่ผลผลิตหรือผลที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิตมีพิษภัย การปิดคลุมดังกล่าวมักจะปิดคลุมทั้งกระบวนการ ซึ่งเรียกว่า ระบบปิด (closed system) และใช้ระบบการควบคุมการทำงานด้วยระบบอัตโนมัติ

4. การเปลี่ยนวิธีการควบคุมกระบวนการผลิต (Process control change)

การควบคุมกระบวนการทางเคมีเป็นวิธีการที่จำเป็นต้องใช้ความรู้ทางด้านวิศวกรรมเคมีค่อนข้างมาก การควบคุมกระบวนการผลิตอีกวิธีหนึ่ง คือ การควบคุมจังหวะหรือช่วงการผลิต (Production scheduling) โดยกำหนดให้มีการผลิตเป็นช่วง ๆ สารเคมีที่อาจฟุ้งกระจายออกมาจากกระบวนการผลิต จึงมีลักษณะไม่ต่อเนื่องและอาจเกิดจากการสะสมไม่มากนัก ปริมาณการสัมผัสสารเคมีของผู้ปฏิบัติงานอาจลดลงได้

5. การติดตั้งระบบระบายอากาศ (Ventilation)

5.1 การระบายอากาศโดยการทำให้เจือจาง (dilution ventilation)

การระบายอากาศโดยวิธีนี้ เป็นการนำอากาศจากภายนอกหรืออากาศที่สร้างขึ้นผ่านบริเวณที่มีการปนเปื้อนของสารเคมี เพื่อเจือจางสารเคมีที่ปนเปื้อนให้อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าขีดจำกัดที่ยอมให้สัมผัสได้

5.2 การระบายอากาศโดยการดูดออกเฉพาะที่ (local exhaust ventilation)

การระบายอากาศวิธีนี้เป็นการดูดอากาศที่มีการปนเปื้อนเฉพาะที่ซึ่งมีการเคลื่อนไหวของอากาศไม่มากนัก ดังนั้น อากาศที่ต้องการดูดเข้าสู่ระบบจะน้อย มอเตอร์ที่ใช้จึงไม่จำเป็นต้องมีขนาดใหญ่ ทำให้ประหยัดพลังงานได้มากกว่า เมื่อเทียบกับการระบายอากาศแบบทำให้เจือจาง

II. การควบคุมและป้องกันอันตรายโดยการบริหารจัดการ มีวิธีต่าง ๆ ได้แก่

1. การควบคุมเกี่ยวกับการปฏิบัติงาน (Work practice control)

วิธีการนี้เป็นวิธีการควบคุมและป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับผู้ปฏิบัติงานวิธีหนึ่ง ซึ่งต้องได้รับความร่วมมือจากผู้ปฏิบัติงานด้วย ซึ่งสามารถแยกการพิจารณาได้ดังนี้

- การทำความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยในสถานที่ทำงาน (Housekeeping)
- การกำหนดวิธีการทำงานที่ปลอดภัย (Safe operating procedures)
- การบำรุงรักษาเครื่องจักร อุปกรณ์การผลิต

2. การลดระยะเวลาการสัมผัสกับสารเคมี (Limitation of exposure)

3. การติดฉลากและป้ายคำเตือน

4. การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

5. การเฝ้าระวังทางด้านสิ่งแวดล้อมและการเก็บบันทึกข้อมูล

6. การปฏิบัติทางด้านสุขภาพ

7. การให้ความรู้และการฝึกอบรมผู้ปฏิบัติงาน

III. การควบคุมและป้องกันอันตรายโดยทางการแพทย์

1. การตรวจสอบสภาพที่แบ่งตามลักษณะการตรวจ

- การตรวจสอบสภาพทั่วไป
- การตรวจสอบสภาพพิเศษ

2. การตรวจสอบสภาพที่แบ่งตามวัตถุประสงค์

- การตรวจสอบสภาพก่อนการจ้าง
- การตรวจสอบสภาพก่อนเข้าปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมาย
- การตรวจสอบสภาพตามกำหนดเวลา
- การตรวจสอบสภาพหลังจากหายจากการเจ็บป่วย



ตารางที่ 11 แสดงการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัย

ลำดับที่	ชื่อสารเคมี	เกณฑ์มาตรฐานแนะนำ ACGIH		วิธีการเก็บตัวอย่าง	อัตราการดูด อากาศ	ระยะเวลาในการ เก็บตัวอย่าง อากาศ (ชั่วโมง)	วิธีวิเคราะห์	การเก็บตัวอย่างก่อน ส่งเข้าห้องปฏิบัติการ
		พีพีเอ็ม (ppm)	มก/ม ³ (mg/m ³)					
1.	1. สารตัวทำละลาย โทลูอีน (Toluene)	50	188	Charcoal tube	200 cc/min	ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง	G.C	แช่ตู้เย็น (พัน Charcoal tube ด้วย พาราฟิล์ม)
2.	ไซลีน (Xylenne)	100	434	Charcoal tube	200 cc/min	ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง	G.C	แช่ตู้เย็น (พัน Charcoal tube ด้วย พาราฟิล์ม)
3.	อะซิโตน (Acetone)	500	1188	Charcoal tube	200 cc/min	ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง	G.C	แช่ตู้เย็น (พัน Charcoal tube ด้วย พาราฟิล์ม)
4.	เมทิล เอทิล คีโตน (MEK)	200	-	Charcoal tube	200 cc/min	ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง	G.C	แช่ตู้เย็น (พัน Charcoal tube ด้วย พาราฟิล์ม)

ลำดับที่	ชื่อสารเคมี	เกณฑ์มาตรฐานแนะนำ ACGIH		วิธีการเก็บตัวอย่าง	อัตราการดูด อากาศ	ระยะเวลาในการ เก็บตัวอย่าง อากาศ (ชั่วโมง)	วิธีวิเคราะห์	การเก็บตัวอย่างก่อน ส่งเข้าห้องปฏิบัติการ
		พีพีเอ็ม (ppm)	มก/ม ³ (mg/m ³)					
5.	เมทิล ไอโซบิวทิล คีโตน (MIBK)	50	205	Charcoal tube	200 cc/min	ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง	G.C	แช่ตู้เย็น (พัน Charcoal tube ด้วย พาราฟิล์ม)
6.	ไตรคลอโรเอทิลีน (Trichloroethylene)	50	269	Charcoal tube	200 cc/min	ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง	G.C	แช่ตู้เย็น (พัน Charcoal tube ด้วย พาราฟิล์ม)
7.	ไอโซโพรพิล แอลกอฮอล์ (Isopropyl alcohol)	400	-	Charcoal tube	200 cc/min	ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง	G.C	แช่ตู้เย็น (พัน Charcoal tube ด้วย พาราฟิล์ม)
8.	เมทานอล (Methanol)	200	-	Charcoal tube	200 cc/min	ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง	G.C	แช่ตู้เย็น (พัน Charcoal tube ด้วย พาราฟิล์ม)

ลำดับที่	ชื่อสารเคมี	เกณฑ์มาตรฐานแนะนำ ACGIH		วิธีการเก็บตัวอย่าง	อัตราการดูด อากาศ	ระยะเวลาในการ เก็บตัวอย่าง อากาศ (ชั่วโมง)	วิธีวิเคราะห์	การเก็บตัวอย่างก่อน ส่งเข้าห้องปฏิบัติการ
		พีพีเอ็ม (ppm)	มก/ม ³ (mg/m ³)					
9.	1,1,1 ไตรคลอโรอีเทน (1,1,1-Trichloroethane)	350	-	Charcoal tube	200 cc/min	ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง	G.C	แช่ตู้เย็น (พัน Charcoal tube ด้วย พาราฟิล์ม)
10.	2. สารโลหะหนัก ตะกั่วและสารประกอบ อนินทรีย์ของตะกั่ว (Lead and its inorganic compounds)	-	0.15	FILTER 0.8 µm cellulose ester membrane	1.5 lit/min	ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง	AA	นำ Holder ใส่กล่อง หยาบด้านกระดาษ กรองขึ้นไม่ให้ สะท้อน
11.	แมงกานีส (Manganese)	-	0.2	FILTER 0.8 µm cellulose ester membrane	1.5 lit/min	ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง	AA	นำ Holder ใส่กล่อง หยาบด้านกระดาษ กรองขึ้นไม่ให้ สะท้อน

ลำดับที่	ชื่อสารเคมี	เกณฑ์มาตรฐานแนะนำ ACGIH		วิธีการเก็บตัวอย่าง	อัตราการดูด อากาศ	ระยะเวลาในการ เก็บตัวอย่าง อากาศ (ชั่วโมง)	วิธีวิเคราะห์	การเก็บตัวอย่างก่อน ส่งเข้าห้องปฏิบัติการ
		พีพีเอ็ม (ppm)	มก/ม ³ (mg/m ³)					
12	ดีบุก (Tin)	-	2	FILTER 0.8 µm cellulose ester membrane	1.5 lit/min	ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง	AA	นำ Holder ใส่กล่อง หยาบด้านกระดาษ กรองขึ้นไม่ให้ สะท้อน
13	ทองแดง	-	0.2	FILTER 0.8 µm cellulose ester membrane	1.5 lit/min	ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง	AA	นำ Holder ใส่กล่อง หยาบด้านกระดาษ กรองขึ้นไม่ให้ สะท้อน
	- ฟุ้งทองแดง	-						
	- ฝุ่นหรือละอองทองแดง	-	1	FILTER 0.8 µm cellulose ester membrane	1.5 lit/min	ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง	ซึ่งน้ำหนัก	นำ Holder ใส่กล่อง หยาบด้านกระดาษ กรองขึ้นไม่ให้ สะท้อน

ลำดับที่	ชื่อสารเคมี	เกณฑ์มาตรฐานแนะนำ ACGIH		วิธีการเก็บตัวอย่าง	อัตราการดูด อากาศ	ระยะเวลาในการ เก็บตัวอย่าง อากาศ (ชั่วโมง)	วิธีวิเคราะห์	การเก็บตัวอย่างก่อน ส่งเข้าห้องปฏิบัติการ
		พีพีเอ็ม (ppm)	มก/ม ³ (mg/m ³)					
14.	ฟุ่มเหล็กออกไซด์	-	5	FILTER 0.8 µm cellulose ester membrane	1.5 lit/min	ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง	AA	นำ Holder ใส่กล่อง หยาบด้านกระดาษ กรองขึ้นไม่ให้ สะท้อน
15.	อลูมิเนียม	-	10	FILTER 0.8 µm	1.5 lit/min	ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง	ซึ่งน้ำหนัก	
	- ผุ่น อลูมิเนียม	-						
	- ฟุ่ม อลูมิเนียม	-	5	cellulose ester membrane		ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง	AA	นำ Holder ใส่กล่อง หยาบด้านกระดาษ กรองขึ้นไม่ให้ สะท้อน

ลำดับที่	ชื่อสารเคมี	เกณฑ์มาตรฐานแนะนำ ACGIH		วิธีการเก็บตัวอย่าง	อัตราการดูด อากาศ	ระยะเวลาในการ เก็บตัวอย่าง อากาศ (ชั่วโมง)	วิธีวิเคราะห์	การเก็บตัวอย่างก่อน ส่งเข้าห้องปฏิบัติการ
		พีพีเอ็ม (ppm)	มก/ม ³ (mg/m ³)					
16.	3. กลุ่มกรด กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid)	-	1	Glass fiber filter	500 cc/min	ไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง	ไตเตรต	-
17.	กรดน้ำส้ม (Acetic acid)	10	25	Charcoal tube	500 cc/min	ไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง	G.C	แช่ดูเย็น (พัน Charcoal tube ด้วย พาราฟิล์ม)
18.	กรดไนตริก (Nitric acid)	2	5.2	Glass fiber filter 1.ใช้เครื่องมือวัดกรด และแก๊ส	500 cc/min	ไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง	ไตเตรต	-
19.	กรดเกลือ (Hydrochloric acid)	5	-	2.glass fiber filter	500 cc/min		1.อ่านค่าได้ ทันที 2.ไตเตรต	-

ลำดับที่	ชื่อสารเคมี	เกณฑ์มาตรฐานแนะนำ ACGIH		วิธีการเก็บตัวอย่าง	อัตราการดูด อากาศ	ระยะเวลาในการ เก็บตัวอย่าง อากาศ (ชั่วโมง)	วิธีวิเคราะห์	การเก็บตัวอย่างก่อน ส่งเข้าห้องปฏิบัติการ
		พีพีเอ็ม (ppm)	มก/ม ³ (mg/m ³)					
20.	4. กลุ่มด่าง โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide)	-	2	Impinger (ใช้กรด เกลือ 7.5X10 ⁻³ N	1 lit/min	ไม่น้อยกว่า 6 ชั่วโมง	ไตเตรด	ปิดปาก Impinger ให้ สนิทด้วยพาราฟิล์ม
21.	5. แก๊สพิษ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulphur dioxide)	2	5.2	1. Toxic gas monitor 2. Filter 8µm cellulose ester membrane	- 1.5	1. อ่านค่าได้ทันที 2. ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง 30 นาที	- ไตเตรด	นำ Holder ใส่กล่อง ห้ายด้านกระดาษ กรองขึ้นไม่ให้ สะท้อน

หมายเหตุ

1. ACGIH ย่อมาจาก American Conference of Governmental Industrial Hygienists.
2. AA หมายถึง เครื่อง Atomic Absorption
3. พีพีเอ็ม (ppm) ส่วนในล้านส่วน (part per million)
4. ม.ก./ม³ (mg/m³) หมายถึง มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
5. ถ้ามีสารเคมีนอกเหนือจากในตารางข้างต้น ให้ติดต่อประสานงานกับฝ่ายพิษวิทยา สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน โทรศัพท์ 4486607, 8841727 ต่อ 146



4.2 การตรวจวัดและวิเคราะห์สารมลพิษทางอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป

4.2.1 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศโดยทั่วไป

บทนำ

ฝุ่นแขวนลอยคืออนุภาคของแข็งหรือของเหลวที่มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา แขนงลอยอยู่ในอากาศได้เป็นเวลานาน โดยทั่วไปมีขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอนลงมา อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน พบว่าเข้าสู่ทางเดินหายใจส่วนล่างของมนุษย์อันจะทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพได้ อนุภาคเหล่านี้แขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานเพียงใดขึ้นอยู่กับความเร็วในการตกตัวลงสู่พื้น ซึ่งแปรผันตามขนาดของอนุภาค อนุภาคขนาดเล็กกว่าจะมีความเร็วในการตกตัวต่ำกว่า จึงแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานกว่าและกระจายไปได้ไกลจากแหล่งกำเนิดมากกว่าอนุภาคขนาดใหญ่กว่า

มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศของประเทศไทยได้กำหนดปริมาณเฉลี่ยของฝุ่นแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Particulate Matter -TSP) ในเวลา 24 ชั่วโมงอยู่ที่ระดับ 0.33 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และปริมาณเฉลี่ยในเวลา 1 ปี อยู่ที่ระดับ 0.10 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

หลักการ

การหาปริมาณฝุ่นแขวนลอยทั้งหมด ทำได้โดยการใช้เครื่องเก็บตัวอย่างชนิดแรงดูดสูง (High Volume Air Sampler) ซึ่งได้รับการออกแบบให้มีความสามารถเก็บตัวอย่างอนุภาคหรือฝุ่นแขวนลอยที่มีขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอน ตัวอย่างอากาศจะถูกดูดผ่านหัวคัดเลือกขนาดฝุ่น (Size Selective Inlet) Peak Roof Inlet ด้วยอัตราระหว่าง 40-60 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีซึ่งฝุ่นละอองที่เป็นอนุภาคแขวนลอยในบรรยากาศขนาดตั้งแต่ 100 ไมครอนลงมาเท่านั้นที่ถูกคัดเลือกให้ไหลผ่าน Peak Roof Inlet แล้วติดตรึงอยู่บนกระดาษกรองชนิด Glass Fiber Filter ที่มีขนาด 20.3 เซนติเมตร x 25.4 เซนติเมตร (8x10 นิ้ว) ที่ทราบน้ำหนัก โดยการชักตัวอย่างใช้อัตราเร็วในการดูดตัวอย่างผ่านกระดาษกรองระหว่าง 40-60 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง

ฝุ่นแขวนลอยที่มีขนาดใหญ่กว่ารูของกระดาษกรองจะค้างอยู่บนกระดาษ เมื่อครบกำหนดเวลาเก็บตัวอย่าง นำกระดาษกรองไปปรับให้มีสภาพเช่นเดียวกับก่อนเก็บตัวอย่าง แล้วชั่งน้ำหนัก ผลต่างของน้ำหนักของกระดาษกรองก่อนและหลังเก็บตัวอย่างคือ น้ำหนักของอนุภาคแขวนลอยทั้งหมดที่อยู่บนกระดาษกรอง เมื่อหาปริมาตรของอากาศทั้งหมดที่ถูกดูดผ่านกระดาษกรอง ก็สามารถทราบปริมาณฝุ่นแขวนลอยทั้งหมดในอากาศได้คำนวณน้ำหนักของฝุ่นละอองต่อปริมาตรของอากาศที่ไหลผ่านกระดาษกรองตลอดเวลาที่ชักตัวอย่างที่สภาวะมาตรฐานโดยรายงานความเข้มข้นเป็นหน่วยน้ำหนักฝุ่นละอองต่อปริมาตรอากาศที่อุณหภูมิ 25°C ความดัน บรรยากาศ 760 มิลลิเมตรปรอทเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ

เครื่องมือและอุปกรณ์

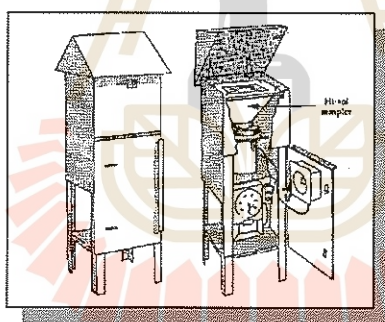
1. เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศชนิดแรงดูดสูง (High Volume Air Sampler)
2. อุปกรณ์ในภาคสนาม
 - ตะแกรงสำหรับตรึงกระดาษกรอง(Filter Holder)

- กระดาษกรองชนิด Glass Fiber Filter ที่มีขนาด 20.3 เซนติเมตร x 25.4 เซนติเมตร (8x10 นิ้ว)
- กระดาษกราฟวงกลมสำหรับบันทึกอัตราการไหลของอากาศ (Flow Recording Chart) ผ่านกระดาษกรอง
- เครื่องวัด แรงดันอากาศ (Manometer) ชนิด U- Tube Manometer
- Orifice Calibration Unit
- เทอร์โมมิเตอร์ และบารอมิเตอร์ สำหรับการวัดอุณหภูมิและความดันบรรยากาศในภาคสนาม
- นาฬิกาจับเวลา

การชักตัวอย่าง

การเลือกจุดชักตัวอย่าง

- เป็นพื้นที่โล่ง ห่างจากกำแพงหรือผนังหรือสิ่งก่อสร้างโดยรอบมากกว่า 2.0 เมตร และอยู่ห่างจากสิ่งกีดขวางทางลมมากกว่า 20 เมตร หรือห่างเป็น 2 เท่าของความสูงของสิ่งกีดขวางนั้นๆ
- จุดชักตัวอย่างควรอยู่ห่างจากถนนที่ไม่ได้ลาดด้วยวัสดุและสถานที่ที่มีการทำเกษตรไม่น้อยกว่า 400 เมตร
- อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดมลพิษที่อาจทำให้ข้อมูลตรวจวัดผิดพลาด เช่น เตาเผาปล่องระบายมลพิษ หรือแหล่งที่อาจทำให้เกิดฝุ่น นอกจากว่าแหล่งกำเนิดมลพิษนั้นเป็นแหล่งที่ต้องการตรวจวัดด้วย



รูปที่ 7 อุปกรณ์ตรวจวัดฝุ่นขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอน

การปรับเทียบเครื่องมือ

- ตั้งขาตั้งโดยให้ช่องชักตัวอย่างสูงจากพื้นอย่างน้อย 1.5 เมตร แต่ต้องไม่เกิน 6 เมตร จากระดับพื้น ทำการบันทึกชื่อและที่อยู่ของสถานที่ที่ทำการตรวจวัดและใช้อุปกรณ์ปรับเทียบที่เรียกว่า Orifice Calibration Unit ทำการปรับเทียบการทำงานของเครื่องชักตัวอย่าง
- ถอดกรอบโลหะที่ยึดกระดาษกรองออกทั้ง 4 มุม แล้วนำฐานรองกระบอกปรับเทียบอัตราการไหล (Top Loading Plate) มาวางบนตะแกรงรองกระดาษกรอง (Filter Holder) ขันยึดติดให้แน่นทั้ง 4 มุม นำแผ่นรองกันรั่ว (Orifice Gasket) มารองระหว่างแผ่นต้านทาน (Resistance Plate) โดยแผ่นต้านทานมี 5 แผ่น ได้แก่ แผ่นต้านทานหมายเลข 5 หมายเลข 7 หมายเลข 10 หมายเลข 13 หมายเลข 18 การปรับเทียบจะเริ่มจากแผ่นต้านทานหมายเลข

18 ซึ่งเป็นแผ่นด้านทานที่มีความต้านทานน้อยที่สุดแล้วประกอบประกอบปรับเทียบอัตราการไหล (Orifice Calibration unit) สวมทับบนแผ่นด้านทานแล้วหมุนให้แน่น

- นำสายของเครื่องวัดแรงดันอากาศ (Monometer) ชนิด U-Tube Monometer เข้ากับ Orifice โดยจัดให้เครื่องวัดแรงดันอากาศอยู่ในแนวตั้งฉากกับพื้น ปรับระดับน้ำ 2 ข้างให้เท่ากัน จากนั้นให้ต่อสายยางจากเปลือกมอเตอร์ เข้ากับเครื่องบันทึกอัตราการไหลของอากาศ

- ใส่กระดาษวงกลมที่เครื่องบันทึกอัตราการไหล โดยยกแขนของปากกาแล้วสอดกระดาษกราฟ เข้าไปจัดให้กระดาษกราฟอยู่ตรงกลางกดเบาๆ ให้กระดาษกราฟแนบสนิทกับเครื่อง ปลดแขนปากกาลงบนกระดาษกราฟ

- ตรวจสอบรอยรั่วของสายลมที่ต่อแต่ละจุด ตรวจสอบความเรียบร้อยของสายไฟแล้วต่อ

- อุปกรณ์ดังนี้เข้ากับแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า ตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ดังนี้

- มอเตอร์
- เครื่องตั้งเวลา
- เครื่องควบคุมอัตราการไหลของอากาศ ให้สังเกตว่าปลายปากกาจรดอยู่ที่ตำแหน่ง ศูนย์ หรือ ไม่ ถ้ายังไม่ได้ศูนย์ให้ปรับตำแหน่งปากกามาที่ศูนย์

- เปิดสวิตช์เดินเครื่องชักตัวอย่างให้มอเตอร์ทำงานอุ่นเครื่องไว้ประมาณ 5 นาที เพื่อปรับการทำงานของเครื่องให้คงที่ก่อน แล้วจดบันทึกค่าความดันบรรยากาศ (P_2) อุณหภูมิบรรยากาศ (T_2) ระหว่างการปรับเทียบ (Calibration) ตัวอย่าง ทำการเช็คการรั่วโดยใช้แผ่นยางหรือฝ่ามือปิดที่ Inlet ของกระบอกปรับเทียบอัตราการไหล แล้วสังเกตอัตราการไหลของอากาศที่แผ่นกราฟวงกลม หากปากกาอยู่ที่ตำแหน่งศูนย์ (การเช็ครั่วให้ทำทุกครั้งที่เปลี่ยนแผ่นด้านแต่ละตัว)

- บันทึกแรงดันอากาศจากค่าความแตกต่างของระดับน้ำ (ΔH) ที่อ่านได้จาก U-Tube Monometer และอัตราการไหลของอากาศ ของแผ่นด้านทานหมายเลข 18 ปิดเครื่องและเปลี่ยนแผ่นด้านทานแต่ละตัวตั้งแต่ หมายเลข 13 หมายเลข 10 หมายเลข 7 หมายเลข 5 ตามลำดับ แล้วอ่านค่าอัตราการไหลของอากาศจากเครื่องบันทึกอัตราการไหลของอากาศ แล้วปิดเครื่อง

- คำนวณผลการปรับเทียบตัวอย่างด้วยคอมพิวเตอร์ในตลับ

วิธีการเก็บตัวอย่าง

- หลังจากตั้งเครื่องและทำการปรับเทียบอัตราการไหลของอากาศแล้วใช้ถุงมือยางหรือที่คีบกระดาษคีบกระดาษกรองที่ผ่านการอบและชั่งน้ำหนักมาวางบนตะแกรงกระดาษกรองโดยให้ด้านที่หยวนหงายขึ้นด้านบน แล้วขันน็อตในแนวทะแยงมุมพร้อมกันทีละ 2 ตัวยึดให้แน่นเพื่อป้องกันไม่ให้อากาศแทรกผ่านบริเวณขอบของกระดาษกรองได้กรอบโลหะ บันทึกการหาลตัวอย่าง วันเวลาที่ชักตัวอย่าง และสภาพแวดล้อมพื้นที่ชักตัวอย่าง

- ตรวจสอบว่ากระดาษกรองเอียงไปด้านใดด้านหนึ่งหรือไม่ถ้าเอียงต้องจัดใหม่

- ใส่หัวคัดเลือกขนาดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมครอน (Peaked Roof Inlet) ติดเข้ากับตัวเครื่อง โดยใช้ น็อตขันยึดให้แน่น หันตัวเครื่องให้ด้านลาดเอียงของ Peaked Roof Inlet รับลม

- ตรวจสอบความเรียบร้อยของสายยางลมที่ต้องต่อเข้าคู่กันระหว่างมอเตอร์กับเครื่องบันทึกอัตราการไหล

- ต่อสายยางจากท่อแรงดันของมอเตอร์เข้ากับเครื่องบันทึกอัตราการไหล
- ตรวจสอบกระดาษกราฟวงกลมที่เครื่องบันทึกอัตราการไหลให้อยู่ตำแหน่งตรงกลางและแนบสนิทกับเครื่องสังเกตปลายปากกาอยู่ที่ตำแหน่งศูนย์ยกแขนปากกาขึ้น
- จากนั้นใช้ไขควงหมุนแกนกลางของเครื่องบันทึกอัตราการไหลของอากาศ ให้หมุนตรงกับเวลาเริ่มเดินเครื่องวางแขนปากกาลงเพื่อให้ปลายปากกาตกอยู่ที่กระดาษกราฟวงกลม
- ตั้งเวลาการทำงานของเครื่อง โดยหมุนเข็มกำหนดเวลาตามเข็มนาฬิกาจนตรงกับเวลาจริงในขณะนั้น แล้วตั้งเวลาให้เครื่องหยุดเมื่อครบ 24 ชั่วโมง
- เปิดสวิทช์เดินเครื่องควบคุมอัตราการไหลที่ 1.4 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที (49.15 CMS) เพื่อดูว่ามอเตอร์และเครื่องบันทึกอัตราการไหลของอากาศทำงานปกติหรือไม่ ถ้าเครื่องทำงานปกติ ให้ตั้งเวลาการทำงานของเครื่องใหม่ แล้วปิดประตุน้ำเครื่องให้สนิท ทำการบันทึกเวลาที่เริ่มเปิดเครื่อง ตรวจสอบอุณหภูมิบรรยากาศ ความกดอากาศ สภาพแวดล้อมบริเวณรอบพื้นที่ทำการตรวจวัด
- เมื่อครบกำหนดเวลาชักตัวอย่าง บันทึกเวลาที่เครื่องหยุดแล้วนำกระดาษกรองออกจากเครื่องโดยเปิดหลังคาของเครื่องแล้วคลายน็อตออกทีละ 2 ตัว ในแนวทะแยงมุม ยกกรอบโลหะที่ครอบพร้อมแผ่นยางออก แล้วสวมถุงมือยางหรือใช้ Forcept จับกระดาษกรองครึ่งหนึ่งให้ด้านที่มีฝุ่นเข้าหากัน เก็บกระดาษกรองในถุงซิปล็อคที่เตรียมไว้ และบันทึกรายละเอียดของตัวอย่างลงบนสติ๊กเกอร์แล้วติดกับถุงตัวอย่าง

ระยะเวลาเก็บตัวอย่าง

ระยะเวลาเก็บตัวอย่างตามมาตรฐานกำหนดไว้ที่ 24 ชั่วโมง แต่หากพบว่าฝุ่นแขวนลอยบริเวณจุดตรวจวัดมีปริมาณมาก ก็อาจลดเวลาเก็บตัวอย่างลงเหลือเพียง 6-8 ชั่วโมง

หากต้องการเก็บตัวอย่างเพื่อหาค่าปริมาณเฉลี่ยรายปี อาจทำได้โดยการเก็บตัวอย่างทุก 3 วันแล้วนำค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ที่เก็บได้ตลอดปีมาหาค่าเฉลี่ยเรขาคณิต(Geometric mean)

การเก็บรักษาสภาพตัวอย่าง

การเก็บรักษาสภาพตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์หลังจากได้รับตัวอย่างกระดาษกรองที่ได้จากภาคสนามแล้ว ต้องตรวจสอบว่ากระดาษกรองคงสภาพที่ดี ไม่มีขีดขาด ฝุ่นละอองไม่ปนเปื้อนต้องเก็บในถุงซิปล็อคที่สะอาดโดยพับครึ่งกระดาษกรองก่อนบรรจุลง ปิดปากถุงให้มิดชิด แล้วส่งไปทำการวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ

ข้อเสนอแนะ

เครื่องเก็บตัวอย่างชนิดแรงดูดสูงเป็นเครื่องมือที่ใช้กระแสไฟฟ้าสลับ เป็นแหล่งพลังงาน ก่อนนำไปใช้ควรเตรียมการในเรื่องดังต่อไปนี้

- ต้องมีแหล่งจ่ายไฟในบริเวณที่นำเครื่องมือไปตั้ง
- ต้องทราบระยะห่างระหว่างเครื่องเก็บตัวอย่างกับจุดจ่ายไฟ เพื่อเตรียมสายไฟให้ยาวเพียงพอกับการใช้งาน ปลายสายไฟที่จะต่อกับเครื่องเก็บตัวอย่างต้องมีปลั๊กจ่ายไฟอย่างน้อย 2 ช่อง เพื่อใช้กับปลั๊กไฟของมอเตอร์ และเครื่องตั้งเวลา สายไฟต้องเป็นสายไฟชนิดใช้กับงานภายนอกอาคาร

การปรับสภาพกระดาดากรอง

การปรับสภาพกระดาดากรอง คือ การควบคุมความชื้นของกระดาดากรองให้เท่ากันทั้งก่อนและหลังการเก็บตัวอย่าง ทำได้โดยโดยใช้ความร้อนและไม่ใช้ความร้อน

1. ปรับสภาพโดยใช้ความร้อน ให้อบกระดาดากรองที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น(Desiccator) แล้วชั่งน้ำหนัก วิธีนี้มีข้อเสียคือ ทำให้สารอินทรีย์ในฝุ่นสลายตัว น้ำหนักที่ได้อาจผิดพลาดไป โถดูดความชื้น(Desiccator) เพื่อควบคุมความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2. ปรับสภาพโดยไม่ใช้ความร้อนทำได้ 2 วิธี

- เก็บกระดาดากรองไว้ในโถดูดความชื้น(Desiccator) เพื่อควบคุมความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
- เก็บกระดาดากรองไว้ในห้องสารละลายอิมมัลชันของโปรแตสเซียมคาร์บอเนต ซึ่งในอากาศเหนือสารละลายนี้ จะมีความชื้นร้อยละ 42-44 ที่อุณหภูมิ 18.5-24.5 องศาเซลเซียส

การวิเคราะห์ตัวอย่าง

วิเคราะห์หาปริมาณฝุ่นละอองบนกระดาดากรองโดยวิธี Pre and Post Weight Difference แล้วจึงคำนวณปริมาณฝุ่นละอองรวมเฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่สภาวะมาตรฐาน

การคำนวณปริมาตรอากาศที่สภาวะมาตรฐาน

การอ่านปริมาตรอากาศจาก Flow Recorder

อ่านปริมาตรอากาศที่ไหลผ่านกระดาดากรองตลอดการชักตัวอย่างด้วยการอ่านค่าที่บันทึกได้จาก Flow Recording Chart โดยครั้งที่ 1 อ่านค่าบันทึกอัตราการไหลที่จุดเริ่มต้นและครั้งที่ 2 อ่านค่าอัตราการไหลเมื่อการชักตัวอย่างสิ้นสุด นำค่าทั้งสองมาหาอัตราการไหลเฉลี่ยแบบเลขคณิตในช่วง 24 ชั่วโมง ได้เป็น Q_{AVG}

คำนวณหาค่าปริมาตรอากาศรวมที่ไหลผ่านกระดาดากรองโดยใช้สมการ

$$V_{AVG} = Q_{AVG} \times \text{Sampling Period (24+1 ชั่วโมง)}$$

การคำนวณปริมาตรอากาศที่สภาวะมาตรฐาน (V_{STD})

ปริมาตรอากาศที่สภาวะมาตรฐาน (V_{STD}) ต้องเป็นปริมาตรที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (298.15 องศาเซลวิน) ความดันบรรยากาศ 760 มิลลิเมตรปรอท (mm Hg) ถ้าขณะชักตัวอย่างมีอุณหภูมิและความดันแตกต่างจากนี้ ต้องปรับค่าโดยใช้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$V_{STD} = P_2 V_{AVG} (298.15) / T_2 (760)$$

เมื่อ

V_{STD} คือ ปริมาตรอากาศที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (298.15 องศาเซลวิน) และความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร (m^3)

P_2 คือ ความดันอากาศขณะชักตัวอย่าง หน่วยเป็น มิลลิเมตรปรอท (mm Hg)

V_2 คือ ปริมาตรอากาศที่ไหลผ่านกระดาศกรองตลอดเวลาที่ชักตัวอย่าง หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร (mg/m^3)

T_2 คือ อุณหภูมิเฉลี่ยในขณะชักตัวอย่าง หน่วยเป็นองศาเซลวิน

4.2.2 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ฝุ่นละอองขนาดตั้งแต่ 10 ไมครอน ลงมาในบรรยากาศโดยทั่วไป โดยวิธี Gravimetric High Volume

บทนำ

ปัจจุบันฝุ่นละอองเป็นมลพิษทางอากาศที่เป็นปัญหาลึก เนื่องด้วยฝุ่นแขวนลอยขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน สามารถผ่านเข้าไปในทางเดินระบบหายใจของมนุษย์และสะสมในถุงลมปอดได้ (Respirable Dust) จึงมีการศึกษาหรือตรวจสอบอนุภาคเหล่านี้ในพื้นที่ต่างๆ ที่เสี่ยงต่อการเกิดฝุ่นแขวนลอยขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

สำหรับฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน นั้น มาตรฐานตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2538) ได้กำหนดให้ค่าเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในเวลา 24 ชั่วโมงจะต้องไม่เกิน 0.12 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

หลักการ

การตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดตั้งแต่ 10 ไมครอนลงมาในบรรยากาศโดยทั่วไปเป็นวิธีการชักอย่างฝุ่นละอองที่เป็นอนุภาคแขวนลอยในบรรยากาศขนาดตั้งแต่ 10 ไมครอนลงมา ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำตัวอย่างมาวิเคราะห์และคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กที่อยู่ในอากาศขณะชักตัวอย่างนั้น โดยรายงานความเข้มข้นเป็นหน่วยน้ำหนักฝุ่นละอองต่อปริมาตรอากาศที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความดันบรรยากาศ 760 มิลลิเมตรปรอท เปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ

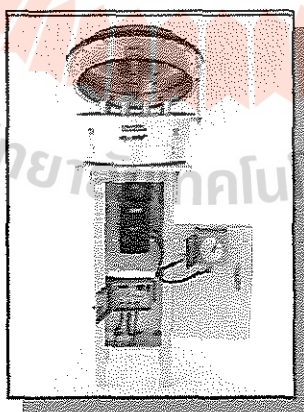
ตัวอย่างอากาศจะถูกสูบผ่านหัวคัดเลือกขนาดฝุ่น ซึ่งจะคัดเลือกขนาดฝุ่นละอองที่มีอนุภาคตั้งแต่ 10 ไมครอนลงมา อนุภาคขนาดเล็กตั้งแต่ 10 ไมครอนลงมาเท่านั้นที่สามารถผ่านลงไปที่ติดกระดาษกรองชนิด Glass Fiber Filter ที่มีขนาด 20.3 เซนติเมตร X 25.4 เซนติเมตร (8 นิ้ว X 10 นิ้ว) โดยใช้อัตราเร็วในการสูบน้ำากาศผ่านกระดาษกรองที่ 1.132 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที (40 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง

หาปริมาณฝุ่นละอองที่ติดอยู่บนกระดาษกรองโดยวิธีการหาค่าความแตกต่างของน้ำหนักกระดาษกรองก่อนและหลังการชักตัวอย่าง

คำนวณน้ำหนักของฝุ่นละอองต่อปริมาตรของอากาศที่ไหลผ่านกระดาษกรองตลอดเวลา ที่ชักตัวอย่างนั้นที่สภาวะมาตรฐาน

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องชักตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดตั้งแต่ 10 ไมครอนลงมา High Volume Air Sampler
2. อุปกรณ์ในภาคสนาม
 - ตะแกรงสำหรับตักกระดาษกรอง
 - กระดาษกรองชนิด Glass Fiber Filter (GF/A) ขนาด 20.3 เซนติเมตร X 25.4 เซนติเมตร (8 นิ้ว X 10 นิ้ว)
 - กระดาษกราฟวงกลมสำหรับใช้บันทึกอัตราการไหลของอากาศผ่านกระดาษกรอง
 - เครื่องวัดแรงดันอากาศ ชนิด U-tube Manometer
 - Orifice Calibration Unit
 - เทอร์โมมิเตอร์และ บารอมิเตอร์ สำหรับการวัดในภาคสนาม
 - นาฬิกาจับเวลา



รูปที่ 8 อุปกรณ์ตรวจวัดฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

การชักตัวอย่าง

การเลือกจุดตัวอย่าง

- เป็นพื้นที่โล่ง ห่างจากกำแพงหรือผนังหรือสิ่งก่อสร้างโดยรอบมากกว่า 2 เมตร หรืออยู่ห่างจากสิ่งกีดขวางทิศทางลมมากกว่า 20 เมตร หรือห่างเป็น 2 เท่าของความสูงของสิ่งกีดขวางทิศทางลม

- จุดชักตัวอย่างควรอยู่ห่างจากถนนที่ไม่ได้ลาดด้วยวัสดุและสถานที่มีการทำการเกษตรไม่น้อยกว่า 400 เมตร

- จุดชักตัวอย่างควรอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดมลพิษที่อาจทำให้ข้อมูลตรวจวัดผิดพลาด เช่น เตาเผาปล่องระบายมลพิษ หรือ แหล่งที่อาจทำให้เกิดฝุ่น นอกจากว่าแหล่งกำเนิดมลพิษนั้นเป็นแหล่งที่ต้องการตรวจวัดด้วย

การปรับเทียบเครื่องมือ

- ตั้งเครื่องบนพื้นราบ ทำการบันทึกชื่อที่อยู่ของสถานที่ชักตัวอย่าง และวันเวลาที่ทำการตรวจวัดแล้วใช้อุปกรณ์ปรับเทียบที่เรียกว่า Orifice calibration unit

- ถอดกรอบโลหะที่ยึดกระดาดากรองออกทั้ง 4 มุม แล้วนำฐานรองกระบอกปรับเทียบอัตราการไหล (Top Loading Plate) มาวางบนตะแกรงรองกระดาดากรอง (Filter Holder) ขันยึดติดให้แน่นทั้ง 4 มุม นำแผ่นรองกันรั่ว (Orifice Gasket) มารองระหว่างแผ่นต้านทาน (Resistance Plate) โดยแผ่นต้านทานมี 5 แผ่น ได้แก่ แผ่นต้านทานหมายเลข 5 หมายเลข 7 หมายเลข 10 หมายเลข 13 หมายเลข 18 การปรับเทียบจะเริ่มจากแผ่นต้านทานหมายเลข 18 ซึ่งเป็นแผ่นต้านทานที่มีความต้านทานน้อยที่สุดแล้วประกอบกระบอกปรับเทียบอัตราการไหล (Orifice Calibration unit) สวมทับบนแผ่นต้านทานแล้วหมุนให้แน่น

- นำสายของเครื่องวัดแรงดันอากาศ (Monometer) ชนิด U-Tube Monometer เข้ากับ Orifice โดยจัดให้เครื่องวัดแรงดันอากาศอยู่ในแนวตั้งฉากกับพื้น ให้หมุนเช็ค Valves ของเครื่องวัดแรงดันอากาศปรับระดับน้ำ 2 ข้างให้เท่ากัน จากนั้นให้ต่อสายยางจากเบิ้ลิกมอเตอร์ เข้ากับเครื่องบันทึกอัตราการไหลของอากาศ

- ใส่กระดาดวงกลมที่เครื่องบันทึกอัตราการไหล โดยยกแขนของปากกาแล้วสอดกระดาดกราฟเข้าไปจัดให้กระดาดกราฟอยู่ตรงกลางกดเบาๆ ให้กระดาดกราฟแนบสนิทกับเครื่อง ปลดอยแขนปากกาลงบนกระดาดกราฟ

- ตรวจสอบรอยรั่วของสายลมที่ต่อแต่ละจุด ตรวจสอบความเรียบร้อยของสายไฟแล้วต่ออุปกรณ์ดังนี้เข้ากับแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า ตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ดังนี้

- มอเตอร์
- เครื่องตั้งเวลา
- เครื่องควบคุมอัตราการไหลของอากาศ ให้สังเกตว่าปลายปากกาจรดอยู่ที่ตำแหน่ง ศูนย์ หรือ ไม่ ถ้ายังไม่ได้ศูนย์ให้ปรับตำแหน่งปากกามาที่ศูนย์

เปิดสวิตช์เดินเครื่องชักตัวอย่างให้มอเตอร์ทำงานอุ่นเครื่องไว้ประมาณ 5 นาที เพื่อปรับการทำงานของเครื่องให้คงที่ก่อน แล้วจดบันทึกค่าความดันบรรยากาศ (P_2) อุณหภูมิบรรยากาศ (T_2) ระหว่างการปรับเทียบ (Calibration) ตัวอย่าง ทำการเช็ดการรั่วโดยใช้แผ่นยางหรือผ้ามือปิดที่ Inlet ของกระบอกปรับเทียบอัตราการไหล แล้วสังเกตอัตราการไหลของอากาศที่แผ่นกราฟวงกลม หากปากกาอยู่ที่ตำแหน่งศูนย์(การเช็ดรั่วให้ทำทุกครั้งที่เปลี่ยนแผ่นด้านแต่ละตัว)

- บันทึกแรงดันอากาศจากค่าความแตกต่างของระดับน้ำ (ΔH) ที่อ่านได้จาก U-Tube Monometer และอัตราการไหลของอากาศ ของแผ่นต้านทานหมายเลข 18 ปิดเครื่องและเปลี่ยนแผ่นต้านทานแต่ละตัวตั้งแต่ หมายเลข 13 หมายเลข 10 หมายเลข 7 หมายเลข 5 ตามลำดับ แล้วอ่านค่าอัตราการไหลของอากาศจากเครื่องบันทึกอัตราการไหลของอากาศ แล้วปิดเครื่อง
- คำนวณผลการเปรียบเทียบตัวอย่างด้วยคอมพิวเตอร์ในบันทึก

วิธีการชักตัวอย่าง

- หลังจากตั้งเครื่องและทำการปรับเทียบอัตราการไหลของอากาศแล้วให้ถุงมือยางหรือที่คีบกระดาษคีบกระดาษกรองที่ผ่านการอบและชั่งน้ำหนักมาวางบนตะแกรงกระดาษกรองโดยให้ด้านที่หยาบหงายขึ้นด้านบน แล้วขันน็อตในแนวทะแยงมุมพร้อมกันทีละ 2 ตัวยึดให้แน่นเพื่อป้องกันไม่ให้อากาศแทรกผ่านบริเวณขอบของกระดาษกรองได้ครอบโลหะ บันทึกการชักตัวอย่าง วันเวลาที่ชักตัวอย่าง และสภาพแวดล้อมพื้นที่ชักตัวอย่าง
 - ตรวจสอบว่ากระดาษกรองเอียงไปด้านใดด้านหนึ่งหรือไม่ถ้าเอียงต้องจัดใหม่
 - ทำความสะอาดหัวคัดเลือกขนาดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน โดยปลดล็อกทั้ง 4 ด้านออกแล้วถอดส่วนบนและส่วนล่างของหัวคัดเลือกขนาดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนออกจากกัน ใช้ผ้าที่สะอาดเช็ดทำความสะอาดแผ่นรองรับฝุ่นและด้านในให้ทั่ว ฉีดซิลิโคนลงบนแผ่นรองรับฝุ่นเพื่อดักฝุ่นขนาดใหญ่
 - ประกอบส่วนหัวคัดเลือกขนาดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน เข้ากันให้สนิทและสวมเข้ากับตัวเครื่องและยึดให้แน่น
 - ตรวจสอบความเรียบร้อยของสายยางลมที่ต้องต่อเข้าคู่กันระหว่างมอเตอร์กับเครื่องบันทึกอัตราการไหล
 - ตรวจสอบกระดาษกราฟวงกลมที่เครื่องบันทึกอัตราการไหลให้อยู่ตำแหน่งตรงกลางและแนบสนิทกับเครื่องสังเกตปลายปากกาอยู่ที่ตำแหน่งศูนย์กลางแขนปากกาขึ้น
 - จากนั้นใช้ไขควงหมุนแกนกลางของเครื่องบันทึกอัตราการไหลของอากาศ ให้หมดตรงกับเวลาเริ่มเดินเครื่อง วางแขนปากกาลงเพื่อให้ปลายปากกาตกอยู่ที่กระดาษกราฟวงกลม
 - ตั้งเวลาการทำงานของเครื่อง โดยหมุนเข็มกำหนดเวลาตามเข็มนาฬิกาจนตรงกับเวลาจริงในขณะนั้น แล้วตั้งเวลาให้เครื่องหยุดเมื่อครบ 24 ชั่วโมง
 - เปิดสวิตซ์เดินเครื่องควบคุมอัตราการไหลให้เหมาะสมจากกราคำนวณค่า Q_{std} กับการชักตัวอย่างตลอด 24 ชั่วโมงแล้วปิดประตูของเครื่อง ทำการบันทึกเวลาที่เริ่มเปิดเครื่อง ตรวจวัดอุณหภูมิบรรยากาศ ความกดอากาศ สภาพแวดล้อมบริเวณรอบพื้นที่ทำการตรวจวัด
- เมื่อครบกำหนดเวลาชักตัวอย่าง บันทึกเวลาที่เครื่องหยุดแล้วนำกระดาษกรองออกจากเครื่องโดยเปิดหลังคาของเครื่องแล้วคลายน็อตออกทีละ 2 ตัว ในแนวทะแยงมุม ยกกรอบโลหะที่ครอบพร้อมแผ่นยางออก แล้วสวมถุงมือยางหรือใช้ Forceps คีบกระดาษกรองครึ่งหนึ่งให้ด้านที่มีฝุ่นเข้าหากัน เก็บกระดาษกรองในถุงซีป

ข้อเสนอแนะ

เครื่องเก็บตัวอย่างชนิดแรงดูดสูงเป็นเครื่องมือที่ใช้กระแสไฟฟ้าสลับ เป็นแหล่งพลังงาน ก่อนนำไปใช้ควรเตรียมการในเรื่องดังต่อไปนี้

- ต้องมีแหล่งจ่ายไฟในบริเวณที่นำเครื่องมือไปตั้ง
- ต้องทราบระยะห่างระหว่างเครื่องเก็บตัวอย่างกับจุดจ่ายไฟ เพื่อเตรียมสายไฟให้ยาวเพียงพอให้กับ

ใช้งาน ปลายสายไฟที่จะต่อกับเครื่องเก็บตัวอย่างต้องมีปลั๊กจ่ายไฟอย่างน้อย 2 ช่อง เพื่อใช้กับปลั๊กไฟของมอเตอร์และเครื่องตั้งเวลา สายไฟต้องเป็นสายไฟชนิดใช้กับงานภายนอกอาคาร

การปรับสภาพกระดาศกรอง

การปรับสภาพกระดาศกรอง คือ การควบคุมความชื้นของกระดาศกรองให้เท่ากันทั้งก่อนและหลังการเก็บตัวอย่าง ทำได้โดยโดยใช้ความร้อนและไม่ใช้ความร้อน

1. ปรับสภาพโดยใช้ความร้อน ให้อบกระดาศกรองที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น(Desiccator) แล้วชั่งน้ำหนัก วิธีนี้มีข้อเสียคือ ทำให้สารอินทรีย์ในฝุ่นละลายตัว น้ำหนักที่ได้อาจผิดพลาดไป โถดูดความชื้น(Desiccator) เพื่อควบคุมความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2. ปรับสภาพโดยไม่ใช้ความร้อนทำได้ 2 วิธี

- เก็บกระดาศกรองไว้ในโถดูดความชื้น(Desiccator) เพื่อควบคุมความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
- เก็บกระดาศกรองไว้ในหีบน้ำเกลืออิ่มตัวของโปรแตสเซียมคาร์บอเนต ซึ่งในอากาศเหนือ

สารละลายนี้จะมีค่าความชื้นร้อยละ 42-44 ที่อุณหภูมิ 18.5-24.5 องศาเซลเซียส

การวิเคราะห์ผล

วิเคราะห์หาปริมาณฝุ่นละอองบนกระดาศกรองโดยวิธี Pre and Post Weight Difference แล้วจึงคำนวณปริมาณฝุ่นละอองรวมเฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่สภาวะมาตรฐาน

การเก็บรักษาสภาพตัวอย่างในภาศสนาม

การเก็บรักษาสภาพตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์หลังจากได้รับตัวอย่างกระดาศกรองที่ได้จากภาคสนามแล้ว ต้องตรวจสอบว่ากระดาศกรองคงสภาพที่ดี ไม่ฉีกขาด ฝุ่นละอองไม่ปนเปื้อนต้องเก็บในถุงซิปล็อคโดยพับครึ่งกระดาศกรองก่อนบรรจุลง ปิดปากถุงให้มิดชิด แล้วส่งไปทำการวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ

การคำนวณปริมาตรอากาศที่สภาวะมาตรฐาน

การอ่านปริมาตรอากาศจาก Flow Recorder

- อ่านปริมาตรอากาศที่ไหลผ่านกระดาศกรงตลอดการชักตัวอย่างด้วยการอ่านค่าที่บันทึกได้จาก Flow Recording Chart โดยครั้งที่ 1 อ่านค่าบันทึกอัตราการไหลที่จุดเริ่มต้นและครั้งที่ 2 อ่านค่าอัตราการไหลเมื่อการชักตัวอย่างสิ้นสุด นำค่าทั้งสองมาหาอัตราการไหลเฉลี่ยแบบเลขคณิตในช่วง 24 ชั่วโมง ได้เป็น Q_{AVG}
- คำนวณหาค่าปริมาตรอากาศรวมที่ไหลผ่านกระดาศกรงโดยใช้สมการ

$$V_{AVG} = Q_{AVG} \times \text{Sampling Period (24+1 ชั่วโมง)}$$

การคำนวณปริมาตรอากาศที่สภาวะมาตรฐาน (V_{STD})

ปริมาตรอากาศที่สภาวะมาตรฐาน (V_{STD}) ต้องเป็นปริมาตรที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (298.15 องศาเคลวิน) ความดันบรรยากาศ 760 มิลลิเมตรปรอท (mm Hg) ถ้าขณะชักตัวอย่างมีอุณหภูมิและความดันแตกต่างจากนี้ ต้องปรับค่าโดยใช้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$V_{STD} = P_2 V_{AVG} (298.15) / T_2 (760)$$

เมื่อ

V_{STD} คือ ปริมาตรอากาศที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (298.15 องศาเคลวิน) และความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร (m^3)

P_2 คือ ความดันอากาศขณะชักตัวอย่าง หน่วยเป็น มิลลิเมตรปรอท (mm Hg)

V_2 คือ ปริมาตรอากาศที่ไหลผ่านกระดาศกรงตลอดเวลาที่ชักตัวอย่าง หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร (mg/m^3)

T_2 คือ อุณหภูมิเฉลี่ยในขณะชักตัวอย่าง หน่วยเป็นองศาเคลวิน

4.2.3 การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบรรยากาศโดยทั่วไป

บทนำ

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulphur dioxide- SO_2) เป็นก๊าซพิษที่ไม่มีสีและมีกลิ่นฉุน เมื่อถูกออกซิไดซ์และรวมตัวกับความชื้นในอากาศ จะเปลี่ยนรูปไปเป็นกรดซัลฟูริก (Sulphuric acid - HSO_4) มีฤทธิ์กัดกร่อน เมื่อหายใจเข้าไปจะเกิดผลเสียต่อสุขภาพอนามัย โดยเฉพาะระบบทางเดินหายใจ เช่นเกิดโรคหลอดลมอักเสบ เป็นต้น นอกจากนี้ยังทำอันตรายเซลล์ของใบพืช ทำให้เซลล์ตาย และยังเป็นสาเหตุให้โลหะ เช่น เหล็ก อลูมิเนียม ผุกร่อนเร็วกว่าปกติ

ผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมอย่างกว้างขวางจากซัลเฟอร์ไดออกไซด์นี้เอง ทำให้ต้องมีการตรวจวัดปริมาณก๊าซชนิดนี้ในอากาศอย่างสม่ำเสมอ คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ได้กำหนดให้ระบบพาราโรซานิลีน (Pararosaniline) เป็นวิธีมาตรฐานสำหรับการตรวจวัดปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ ผลการตรวจวัดจะถูกนำไปเทียบกับมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป พ.ศ. 2538 ซึ่งกำหนดค่าเฉลี่ยในเวลา 1 ชั่วโมง

จะต้องไม่เกิน 0.78 มก./ลบ.ม. หรือ 0.3 ส่วนในล้านส่วน (สำหรับพื้นที่อ.แม่เกาะ จ.ลำปาง กำหนดให้ค่าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง ต้องไม่เกิน 1.3 มก./ลบ.ม.) ในเวลา 24 ชั่วโมง จะต้องไม่เกิน 0.30 มก./ลบ.ม. หรือ 0.12 ส่วนในล้านส่วน และค่าเฉลี่ย (เรขาคณิต) ในเวลา 1 ปี จะต้องไม่เกิน 0.10 มก./ลบ.ม. หรือ 0.04 ส่วนในล้านส่วน

หลักการ

การตรวจวัดในระบบพาราโรซานิลีน ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศจะถูกดูดซึมโดยสารละลาย potassium Tetrachloromercurate (TCM) แล้วเกิดปฏิกิริยาได้สารประกอบ Dichlorosulfitomercurate complex ซึ่งสารประกอบนี้จะเสถียร ไม่ถูก Oxidized โดยออกซิเจนในอากาศ และออกซิแดนท์ที่แรง เช่น Ozone (O_3) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) สารประกอบเชิงซ้อนนี้จะทำปฏิกิริยากับ Pararosaniline และ Formaldehyde แล้วเกิดสีจาก Pararosaniline Methyl Sulfonic Acid ให้สีม่วงแดง ซึ่งวัดสีได้จากเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 548 นาโนเมตร แล้วเทียบกับ Calibration Curve ค่าดูดกลืนแสงของสารจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

วิธีการนี้สามารถวัดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในช่วง 25 – 1,000 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในกรณีตัวอย่างที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ให้เก็บโดยใช้ปริมาตรอากาศมากขึ้น กรณีตัวอย่างที่มีความเข้มข้นมากกว่าช่วงดังกล่าวให้ชักตัวอย่างอากาศน้อยลง หรือใช้สาร Absorbing Solution ให้มากขึ้น สารที่ชักขวางในปฏิกิริยามีวิธีการกำจัดโดยการเติม Sulfamic Acid เพื่อกำจัดไนโตรเจน กำจัดไอโซน โดยยี้ระยะเวลาให้นานขึ้น เติม EDTA (Mix ใน Absorbing Solution , TCM) และ Phosphoric Acid เพื่อกำจัดโลหะหนัก เช่น Fe^{3+} Mn^{2+} และ Cr^{3+}

สารละลายตัวอย่างนี้ถ้าเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะสลายไปในอัตราเร็วร้อยละ 1.0 ต่อวัน ถ้าเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 วัน ไม่พบว่ามีสารสลาย การชักตัวอย่างในสภาวะที่เย็นจะช่วยรักษาตัวอย่างได้แต่ไม่ได้ชักตัวอย่างในสภาพแช่แข็ง

เครื่องมือ

เครื่องมือเก็บตัวอย่างก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ ประกอบไปด้วยส่วนที่สำคัญดังนี้

1. ท่อพลาสติกชนิด Teflon (หรือ PTFE) เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 0.25 นิ้ว ยาวมากกว่า 3 เมตร สำหรับใช้เป็นท่อชักตัวอย่าง
2. เสา Probe ซึ่งสูงจากระดับพื้นดินอย่างน้อย 3 เมตร และไม่เกิน 6 เมตร
3. ขวดดูดซับ (Impinger) เมื่อชักตัวอย่าง 30 นาที ถึง 1 ชั่วโมง ใช้ Glass Midget Impinger
4. ขวดดูดซับ (Impinger) เมื่อชักตัวอย่าง 24 ชั่วโมง ใช้ Impinger
5. บั๊มสุบลมอากาศ
6. เครื่องวัดและควบคุมอัตราการไหลของอากาศประกอบด้วย
 - Flow control
 - Flowmeter ซึ่งสามารถปรับเทียบอัตราการไหลในช่วง 150 – 250 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที
7. เครื่องวัดอัตราการไหลมาตรฐาน (Standard flow calibration) ชนิด Soap film flowmeter หรือ Dry gas meter

8. Moisture trap ประกอบด้วย

- Glass tube ความยาวขนาด 164 มิลลิเมตร x เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 32 มิลลิเมตร
- Dispersers ประกอบด้วย หลอดแก้วเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก ขนาด 8 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน ขนาด 6 มิลลิเมตร ความยาว 152 มิลลิเมตร มีหลอดแก้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก (O.D.) 0.3 – 0.8 มิลลิเมตร ควรมีความยาวห่างปลาย Absorbion tube 6 มิลลิเมตร

9. เทอร์โมมิเตอร์ มีค่าความถูกต้อง ± 1 องศาเซลเซียส

10. Barometer ใช้สำหรับวัดค่าความกดดันอากาศ (mm Hg) มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรปรอทหรือมิลลิบาร์(mbar)

สารเคมีและอุปกรณ์ในการชักตัวอย่างในภาคสนาม

1. น้ำกลั่น ชนิดที่ไม่มีสารออกซิไดซ์
2. สารดูดซับ คือ Potassium Tetrachloromercurate (TCM)
3. ถังน้ำแข็งเพื่อรักษาอุณหภูมิของสารดูดซับในระหว่างการชักตัวอย่าง
4. ถังน้ำแข็งเพื่อรักษาอุณหภูมิตัวอย่างก่อนนำส่งห้องปฏิบัติการวิเคราะห์

การเตรียมเครื่องเก็บตัวอย่าง

1. ประจุไฟให้แก่วัสดุเก็บตัวอย่าง
2. ปรับเทียบอัตราการดูดอากาศ ดังนี้
 - 2.1 เก็บตัวอย่าง 30 นาที, อัตราการดูดอากาศ 1 ลิตรต่อนาที
 - 2.2 เก็บตัวอย่าง 1 ชั่วโมง, อัตราการดูดอากาศ 0.5 ลิตรต่อนาที
 - 2.3 เก็บตัวอย่าง 24 ชั่วโมง, อัตราการดูดอากาศ 0.2 ลิตรต่อนาที
- 3 ประกอบชุดเครื่องมือเก็บตัวอย่างก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศตามรูป

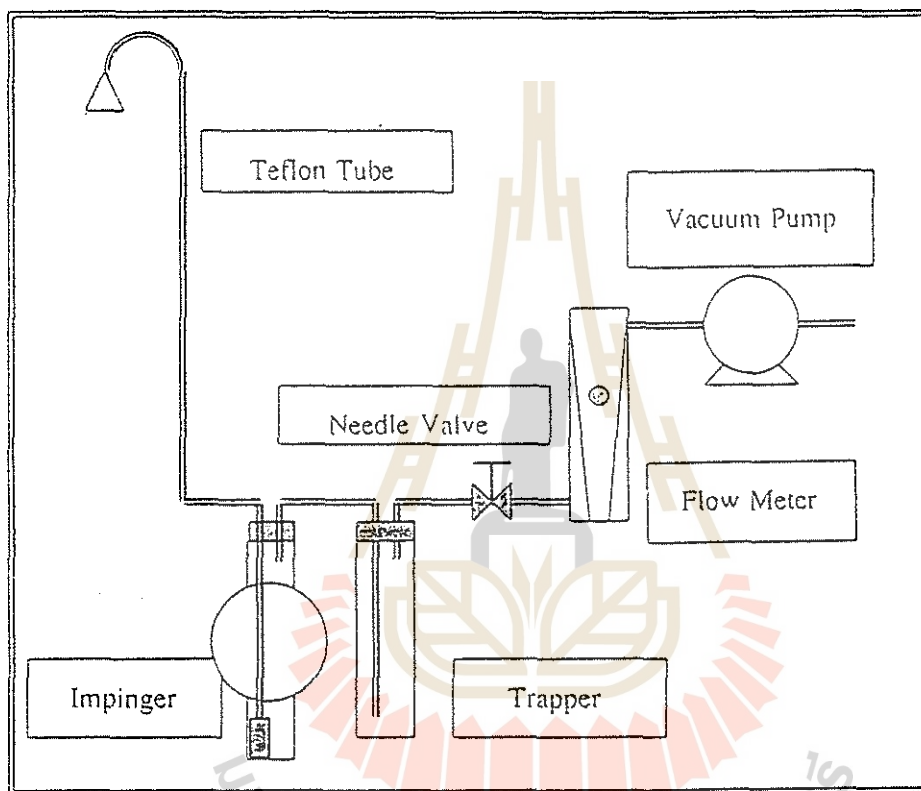
การเก็บตัวอย่าง

อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างต้องสูงจากพื้นดิน อย่างน้อย 3 เมตรแต่ไม่เกิน 6 เมตร ควรห่างจากสิ่งกีดขวางอย่างน้อย 5 เมตร หรือมุมเงยจากปากขวดดูดซึมถึงยอดของสิ่งกีดขวาง ไม่เกิน 30 องศา เมื่อสำรวจสถานที่และติดตั้งชุดเครื่องมือเรียบร้อยแล้ว ดำเนินตามขั้นตอนดังนี้

1. ใส่สารละลายที่ซีเอ็มลงในขวดดูดซึม ดังนี้
 - 10 ml เมื่อเก็บตัวอย่าง 30 นาทีและ 1 ชั่วโมง
 - 50 ml เมื่อเก็บตัวอย่าง 24 ชั่วโมง
2. เปิดสวิทช์ให้เก็บตัวอย่างตามระยะเวลาที่กำหนด เพื่อไม่ให้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสารละลายที่ซีเอ็มสลายตัวใน

ระหว่างการเก็บตัวอย่างป้องกันไม่ให้สารละลายนี้สัมผัสแสงแดดและควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง 7-17 องศาเซลเซียส โดยใช้แผ่นฟรอยด์หุ้มขวดดูดซึม และเอาขวดแช่ในน้ำแข็งหรือควบคุมอุณหภูมิโดยวิธีอื่น

3. บันทึกอุณหภูมิและความดัน ขณะทำการเก็บตัวอย่างพร้อมทำแผนที่แสดงจุดตรวจวัด



รูปที่ 9 ไดอะแกรมแสดงการชักตัวอย่างด้วยวิธี Pararosaniline

การวิเคราะห์ผล

ในขณะที่ทำการวิเคราะห์สารละลายตัวอย่างและสารละลายมาตรฐานสำหรับตรวจเทียบจะต้องควบคุมอุณหภูมิไม่ให้เกิน ± 2 องศาเซลเซียส การวิเคราะห์ผลทำการขั้นตอนดังนี้

1. ตัวอย่าง

หลังเก็บตัวอย่างเสร็จแล้ว หากไม่วิเคราะห์ผลทันที ให้เก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เมื่อวิเคราะห์ผลให้ทำตามขั้นตอนดังนี้

- 1.1 ถ้าพบว่าสารละลายมีตะกอนต้องแยกตะกอนออกด้วยการปั่น (Centrifuge)
- 1.2 กรณีเก็บตัวอย่าง 30 นาทีและ 1 ชั่วโมงให้ถ่ายสารละลายตัวอย่างลงในขวดปริมาตรขนาด 25 มล. แล้วล้างขวดดูดซึมด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 5 มล. นำน้ำกลั่นที่ล้างขวดเทรวมไปในขวดปริมาตร แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาทีเพื่อให้ไอโซนสลายตัว
กรณีเก็บตัวอย่าง 24 ชั่วโมง ให้เจือจางเป็น 50 มล. ด้วยสารละลายที่ซีเอ็ม อีก 5 มล. แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาทีเพื่อให้ไอโซนสลายตัว
- 1.3 เติมสารละลายต่างๆลงตามตารางที่ 1 พร้อมทั้งปฏิบัติตามที่ระบุไว้

2. สารละลายมาตรฐานสำหรับตรวจเทียบ เตรียมโดย

ในขวดปริมาตรขนาด 25 มล. จำนวน 6 ขวด ใส่สารละลายต่างๆตาม ตาราง ที่12

ตารางที่12 สารละลายมาตรฐานสำหรับตรวจเทียบก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ขวด ปริมาตร ที่	ซัลไฟด์ที่ ซีเอ็ม (มล.)	ทีซีเอ็ม (มล.)	กรด ซัลฟามิก (มล.)		ฟอร์มาลดี ไฮด์(มล.)	พาราไร ซานิลีนรี เอเจนท์ (มล.)	
1(Blank)	0	10	1	ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที	2	5	ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นต้มเดือด แล้วทิ้งให้เย็นเป็น 25 มล.
2	0.5	9.5	1		2	5	
3	1	9	1		2	5	
4	2	8	1		2	5	
5	3	7	1		2	5	
6	4	6	1		2	5	เขย่าแล้ว ตั้งทิ้งไว้30-60 นาที
ตัวอย่าง	-	-	1		2	5	

3. วัดค่าดูดกลืนแสง

3.1 นำสารละลายตัวอย่างและสารละลายมาตรฐานมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 548 นาโนเมตร โดยใช้เซลล์ขนาด 1 ซม. และใช้น้ำกลั่นเป็นตัวปรับศูนย์

3.2 ทำความสะอาดเซลล์ด้วยแอลกอฮอล์หลังใช้งานเสร็จ

1.3 บันทึกค่าดูดกลืนแสงโดยใช้ตารางที่ 2

4. การหาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสารละลายมาตรฐาน

ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสารละลายมาตรฐาน หาได้จากผลคูณของปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสารละลายซัลไฟท์-ทึบ (หน่วยไมโครกรัมต่อมิลลิตร) กับปริมาณซัลไฟท์-ทึบที่เติมลงไป (หน่วยมิลลิตร) บันทึกผลลงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ตารางหาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสารละลายและค่าการดูดกลืนแสง

ขวดที่	ค่าการดูดกลืนแสง	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์(ไมโครกรัม)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
ตัวอย่าง		

5. สร้างกราฟมาตรฐาน

5.1 สร้างกราฟโดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 2 โดยให้แกน Y เป็นค่าดูดกลืนแสง แกน X เป็นค่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์(หน่วยไมโครกรัม) จะได้กราฟเส้นตรงตัดแกน Y ไม่เกิน 0.03

5.2 หาค่า slope ของเส้นกราฟ แล้วคำนวณกลับส่วนเป็นค่า Calibration factor (B_0)

6. การคำนวณปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ

คำนวณปริมาตรอากาศที่ถูกดูดผ่านสารละลายตัวอย่าง แล้วเปลี่ยนให้เป็นปริมาตรอากาศที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และความดัน 1013.25 มิลลิบาร์ หรือ 760 มม.ปรอท ในหน่วยลิตร

6.2 คำนวณปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ โดยใช้สูตร

$$SO_2 = (A - A_0)(10^3)(B_0)(D)/V_r$$

เมื่อ

SO_2 หมายถึง ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ ในหน่วยไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

A หมายถึง ค่าดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง

A_0 หมายถึง ค่าดูดกลืนแสงของสารละลาย แบลงค์(Blank)

10^3 หมายถึง ตัวเลขที่ใช้เปลี่ยนหน่วยจากลิตรเป็นลูกบาศก์เมตร

B_0 หมายถึง Calibration factor เป็นส่วนกลับของ slope ของกราฟมาตรฐาน

V_r หมายถึง ปริมาตรอากาศที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และความดัน 1013.25 มิลลิบาร์

D หมายถึง Dilution factor

$D = 1$ สำหรับการเก็บตัวอย่าง 30 นาที 1 ชั่วโมง

$D = 10$ สำหรับการเก็บตัวอย่าง 24 ชั่วโมง

หมายเหตุ หน่วยของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สามารถเปลี่ยนจาก ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรเป็นส่วนในล้านส่วน ได้โดยสูตร

$$\text{ส่วนในล้านส่วน } SO_2 = (\text{ไมโครกรัม } SO_2 / \text{ลบ.ม.}) \times (3.82 \times 10^{-4})$$

4.2.4 การตรวจวัดและการวิเคราะห์ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศโดยทั่วไปโดยวิธีเคมีลูมิเนสเซน (Chemiluminescence)

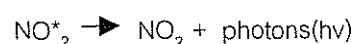
หลักการ

เครื่องวัดระบบเคมีลูมิเนสเซน(Chemiluminescence) หมายถึง เครื่องมือวัดค่าก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ โดยใช้ก๊าซไอโซนทำปฏิกิริยากับก๊าซไนตริกออกไซด์ ซึ่งถูกเปลี่ยนมาจากก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ แล้ววัดความเข้มของแสงซึ่งเกิดจากปฏิกิริยานั้น ณ ที่ความยาวคลื่นที่สูงกว่า 600 นาโนเมตร

วิธีการตรวจวัดโดยใช้ปฏิกิริยาเคมีลูมิเนสเซน โดยไนตริกออกไซด์กับก๊าซไอโซน



สำหรับผลของไนโตรเจนไดออกไซด์ ตอนแรกจะอยู่ในสภาวะกระตุ้นสูง (highly excited energy state) จากนั้นจะลงมาสู่สภาวะพื้น (ground level state) โดยการปล่อยแสงที่มีความยาวคลื่น 1200 นาโนเมตร



ความเข้มแสงที่ถูกปล่อยออกมาจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของก๊าซไนตริกออกไซด์ สามารถวัดได้โดย Photomultiplier tube และค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์จะคำนวณได้จากความเข้มข้นของไนตริกออกไซด์จากออกไซด์รวมของไนโตรเจน (Total oxides of nitrogen)

ช่วงและความจำเพาะของเครื่องวัดระบบเคมีลูมิเนสเซน ปกติจะวัดในช่วง 0-0.2, 0.5, 1.0 หรือ 2.0 ppm v/v สำหรับการตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปส่วนมากจะใช้ช่วง 0-0.5 และ 0-1.0 ppm v/v

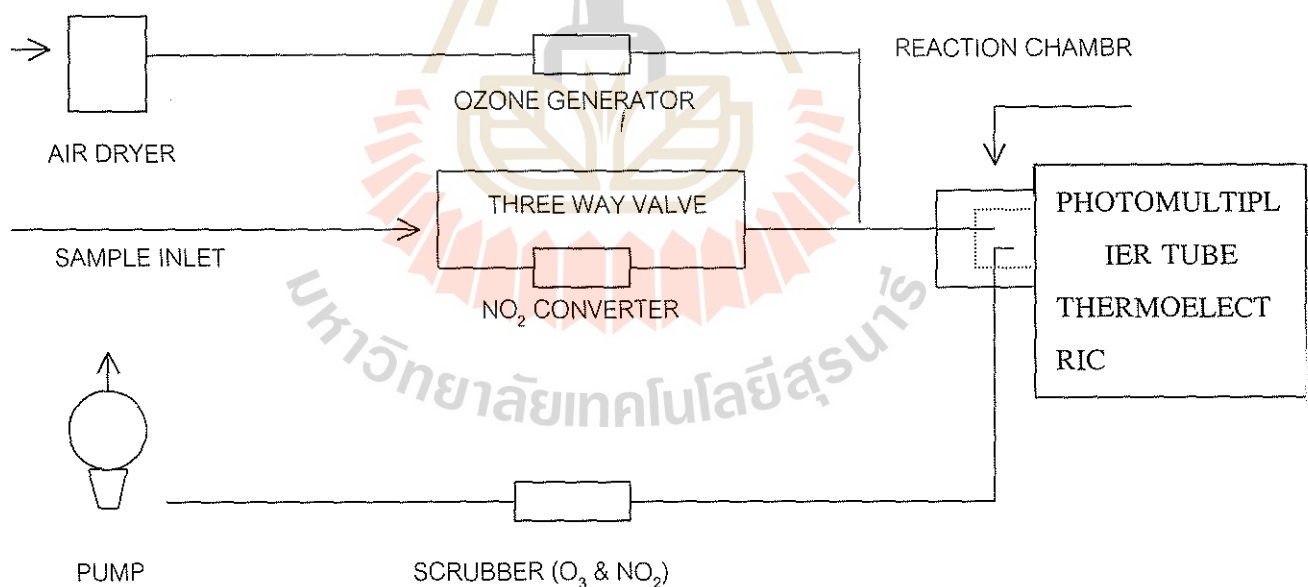
เครื่องมือ

1. เครื่องวัดระบบเคมีลูมิเนสเซน ใช้ในการวัดออกไซด์รวมของไนโตรเจน, ไนตริกออกไซด์โดยตรงและสามารถวัดไนโตรเจนไดออกไซด์ได้จากการคำนวณจาก NO ที่มาจาก NO_x

เครื่องวัดระบบเคมีลูมิเนสเซนมีรูปแบบ 2 ระบบคือ

1.1 Cyclic mode ดูในรูปที่ 1.1

ระบบนี้ประกอบด้วย reaction chamber และ detector ตัวอย่างอากาศจะเข้าไปใน reaction chamber เพื่อวัดไนตริกออกไซด์จากนั้นจะมี converter ทำการตรวจวัด NO_x ในการทำงานเป็นรอบนี้จะใช้เวลาประมาณ 30 วินาที ซึ่งจะมีวาล์ว solenoid เป็นตัวควบคุม วาล์วแยก NO และ NO_x จะทำงานทุก 30 วินาที

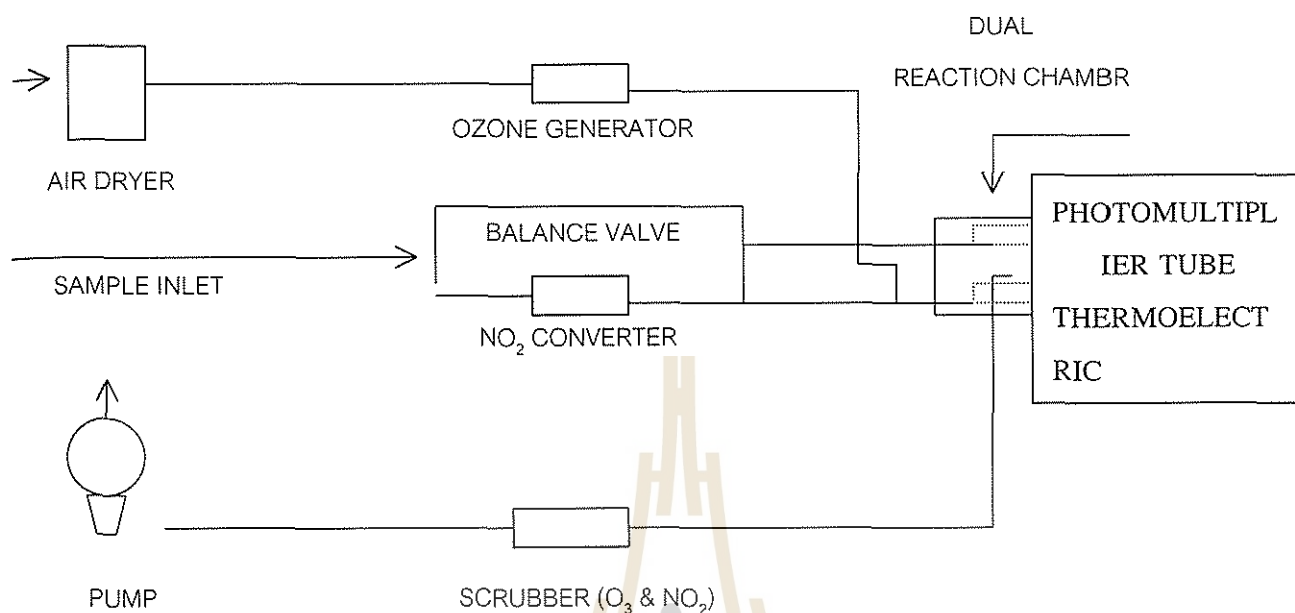


รูป 10 Cyclic mode chemiluminescent

1.2 Dual mode ดูรูปที่ 2

ระบบประกอบด้วย 2 reaction chambers หรือ dual reaction chambers และ detector ตัวอย่างอากาศจะถูกแยกเป็น 2 กระแส กระแสตัวอย่างอากาศของ NO จะไปทาง reaction chambers โดยตรงในขณะที่

ที่กระแสดวอย่างอากาศ NO_x จะผ่านเครื่อง converter ก่อนแล้วเข้าไปในช่อง reaction chambers ที่ chemiluminescent detector จะแสดงผลลิฟท์ NO และ NO_x



รูปที่ 11 Dual mode chemiluminescent

1.3 Converters

Converters ใช้ในการตรวจความแม่นยำของไนโตรเจนไดออกไซด์ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญ เครื่อง Converters มีประสิทธิภาพสูง (95% +) ในการเปลี่ยนไนโตรเจนไดออกไซด์ไปอยู่ในรูปไนตริกออกไซด์ เครื่อง Converters มี 2 ชนิดคือ

1.3.1 Thermal Converters ทำจากเนื้อสแตนเลสเกรดสูง ทำงานได้ในอุณหภูมิประมาณ 600-800 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิเหล่านี้มีการแตกตัวจากไนโตรเจนไดออกไซด์ไปอยู่ในรูปไนตริกออกไซด์และออกซิเจนอย่างรวดเร็ว แต่การที่มีการแตกตัวอย่างรวดเร็วจากไนโตรเจนไดออกไซด์ไปอยู่ในรูปไนตริกออกไซด์ มีข้อเสียคือ จะมีการรบกวนจากแอมโมเนียต่อไนตริกออกไซด์

1.3.2 Chemical Converters ส่วนใหญ่ใช้ในเครื่องเคมีลูมิเนสเซนสำหรับการตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไป Chemical Converters มีข้อดีคือสามารถทำงานในอุณหภูมิที่ต่ำกว่าแบบ Thermal Converters คือประมาณ 200-400 องศาเซลเซียส

2. Recorder สามารถบันทึกและแสดงผล full-scale

3. Air Inlet filter ใช้สายเทฟลอนซึ่งสามารถเคลื่อนย้าย อนุภาคทั้งหมดที่มีขนาดใหญ่กว่า 5 ไมครอนเมตร

4. Sample Lines ส่วนนี้จะมีการสัมผัสกับกระแสดวอากาศดังนั้นจึงควรทำจากแก้ว เทฟลอน หรือ สแตนเลส

5. Vacuum Pump ปัมนี้สามารถทำเป็นสูญญากาศเป็นอย่างน้อย 78 kpa

สารเคมี

1. NO Cylinder ต้องได้มาตรฐาน A National Bureau of Standards NO Standard Reference Material (SRM) หรือ commercially available Certified Reference Material (CRM) การเลือกความเข้มข้นของสารละลาย NO มาตรฐานขึ้นอยู่กับช่วงการทำงานของเครื่องวิเคราะห์ (analyzer) ที่ผ่านการcalibrated

ปกติจะใช้ NO Cylinder ที่ความเข้มข้น $25-50 \pm 2\%$ ppm v/v ของ N_2 การ calibration NO Cylinder จะต้องให้ปราศจากไนโตรเจนไดออกไซด์ และควรจะมีการวิเคราะห์ซ้ำ

2. Zero Air อากาศที่ป้อนต้องปราศจากการปนเปื้อนซึ่งเป็นสาเหตุให้เครื่อง analyzer ตอบสนองผิดพลาดหรือปฏิกิริยาเป็นอิสระจาก NO

การคำนวณ

1. การคำนวณความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2)

สูตรการคำนวณ

$$NO_2 = NO_x - NO$$

เมื่อ

$$NO_x = \text{อ่านจากเครื่องมือในช่อง } NO_x$$

$$NO = \text{อ่านจากเครื่องมือในช่อง } NO$$

2. การคำนวณประสิทธิภาพ Converter(CE)

$$\text{Converter Efficiency} = \frac{[NO_x]}{[NO_x]_{GPT}} \times 100$$

เมื่อ

$$NO_x = \text{เครื่องมือตอบสนองสำหรับความเข้มข้น } NO_x \text{ ก่อน GPT}$$

$$[NO_x]_{GPT} = \text{เครื่องมือตอบสนองสำหรับความเข้มข้น } NO_x \text{ ในขณะที่ GPT ทำงาน}$$

การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศโดยวิธี

Griess- Saltman Colorimetric Method

บทนำ

ไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogen dioxide- NO_2) เป็นก๊าซพิษ มีสีน้ำตาลแดง กลิ่นฉุน จัดเป็นสารออกซิไดซ์ เมื่อรวมกับน้ำจะกลายเป็นกรดไนตริกซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของฝนกรด หากหายใจเอาก๊าซนี้เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ จะทำให้เกิดอาการต่างๆ เช่น ระคายเคือง ไอ หอบหืดอักเสบเป็นต้น นอกจากนี้ ไนโตรเจนไดออกไซด์ก็ยังทำให้เกิดมลสาร คือ โอโซน และเปอร์ออกซีอะซิโตนไนเตรต(Peroxyacethynitrate)

มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไป พ.ศ. 2538 กำหนดค่าเฉลี่ยในเวลา 1 ชั่วโมงของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ จะต้องไม่เกิน 0.17 ส่วนในล้านส่วน หรือไม่เกิน 0.32 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

หลักการ

ไนโตรเจนไดออกไซด์ ในอากาศจะถูกดูดผ่านสารละลายดูดซึม ก๊าซนี้จะทำปฏิกิริยากับน้ำกลายเป็นไนไตรต์อออน แล้วทำปฏิกิริยาต่อไปกับสารรีเอเจนท์ซิลท์แมน ซึ่งเป็นสารละลายของกรดซัลฟานิลิก (Sulfanilic acid- $\text{NH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{H}\cdot\text{H}_2\text{O}$) และกรดอะซิติกกลายเป็นสารประกอบไดอะโซเนียม (Diazonium compound) สารประกอบนี้จะทำปฏิกิริยาต่อไปกับ N-(1-naphthyl) - ethylenediamine dihydrochloride กลายเป็นสารละลายสีชมพูแดง (reddish-pink azo dye) ซึ่งดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร โดยอัตราส่วนการดูดกลืนแสงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณสารละลายสีที่เกิดขึ้นหรือความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ ที่มีอยู่ในตัวอย่างอากาศ ประสิทธิภาพของการดูดกลืนแสงของสารรีเอเจนท์แมนในปฏิกิริยานี้ สูงมากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์

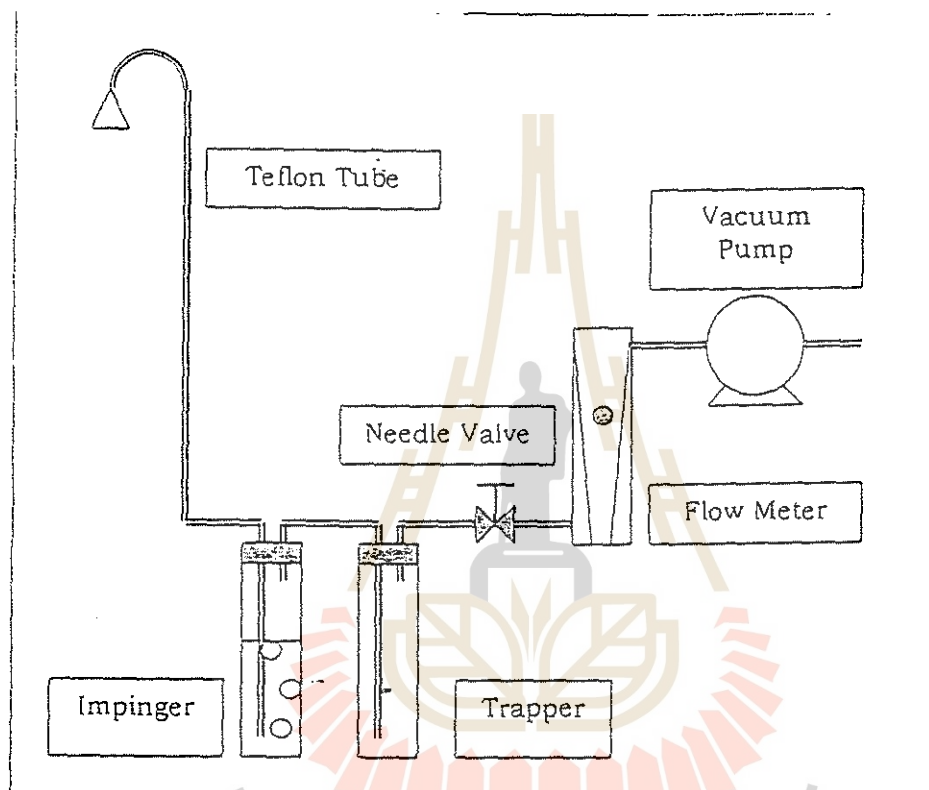
วิธีการนี้สามารถวัดปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ ในช่วง 0.005-5.0 ส่วนในล้านส่วน

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ (Personal air Sample) สามารถปรับอัตราการไหลของอากาศให้ได้ 0.4 ลิตร/นาที
2. เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์
3. เทอร์โมมิเตอร์มีค่าความถูกต้อง ± 1 องศาเซลเซียส
4. บารอมิเตอร์ใช้สำหรับวัดค่าความกดดันอากาศ (mm Hg) มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรปรอทหรือมิลลิบาร์ (mbar)
5. ชุดปรับเทียบอัตราการไหลของอากาศ
6. ตลับกระดาดกรองพร้อมกระดาดกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มม.

การเตรียมเครื่องเก็บตัวอย่าง

1. ประจุไฟให้แก่เครื่องเก็บตัวอย่าง
2. ปรับเทียบให้อัตราการดูดอากาศของเครื่องเท่ากับ 0.4 ลิตรต่อนาที
3. ประกอบชุดเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศ



รูปที่ 12 Flow Diagram ของอุปกรณ์ชักตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่าง

1. เติม Absorbing Reagent 10 มล. ลงในขวดดูดซึม
2. เปิดสวิทช์ให้เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศทำงานเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
3. บันทึก วัน เดือน ปี เวลาเก็บตัวอย่าง อุณหภูมิ ความกดอากาศขณะเก็บตัวอย่าง และ แผนผังแสดงจุดเก็บตัวอย่าง

การวิเคราะห์ผล

1. ตัวอย่าง

หลังจากเก็บตัวอย่างเสร็จแล้ว ตั้งสารละลายทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส ประมาณ 15 นาที เพื่อให้สารละลายเกิดสีสมบูรณ์ แล้วนำสารละลายไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 550 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นเป็นตัวปรับศูนย์

สารละลายตัวอย่างหลังจากตั้งทิ้งไว้ 15 นาที หากไม่รับวัดค่าดูดกลืนแสงในเวลา 1 ชั่วโมง สีของสารละลายจะเริ่มซีดจางลงประมาณ 3-4 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน เมื่อเก็บในขวดที่ปิดอย่างดี

ในกรณีที่เก็บตัวอย่างเสร็จแล้วพบว่าสีของสารละลายเข้มจัดให้เจือจางสารละลายด้วย Absorbing Reagent เป็น 1:5 หรือ 1:10 ก่อนนำไปวัดค่าดูดกลืนแสง

2. สารละลายมาตรฐานสำหรับตรวจเทียบ

2.1 ใส่สารละลายมาตรฐานของโซเดียมไนไตรท์ 0, 0.1, 0.2, 0.4, 0.5 และ 1.0 มล. ลงในขวดปริมาตรขนาด 25 มล.

เจือจางด้วยสารละลาย Absorbing Reagent จนได้ปริมาตร 25 มล. แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที

2.2 นำสารละลายที่เตรียมได้ไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 550 นาโนเมตร บันทึกผลลงในตารางที่ 14 ตารางที่ 14 ตารางแสดงค่า NaNO_2 , NO_2 , Absorbance

absorbing Reagent, ml	25.0	24.09	24.8	24.6	24.5	24.0
NaNO_2 , ml	0	0.1	0.2	0.4	0.5	1.0
NO_2 μl	0	1	2	4	5	10
NO_2 $\mu\text{g/ml Std.}$	0	0.04	0.08	0.16	0.20	0.40
Absorbance						

3. กราฟมาตรฐาน

3.1 เขียนกราฟระหว่างค่าดูดกลืนแสง แกน Y กับปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ในสารละลายตรวจเทียบ แกน X จะได้กราฟเส้นตรงตัดแกน Y

3.2 หาค่าความชัน แล้วกลับเศษส่วนเป็นค่า conversion factor (K)

$$K = (\mu\text{l NO}_2 / \text{ml standard}) / (\text{absorbance unit})$$

กรณีที่เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ใช้เซลล์ 1.0 ซม. ค่า K ควรจะเป็น 0.73

4. การคำนวณปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศ

4.1 คำนวณปริมาตรอากาศที่ดูดผ่าน Absorbing Reagent แล้วปรับเปลี่ยนเป็นปริมาตรอากาศที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศปกติใช้สูตร

$$V_r = V_a \times (P_a/P_r) \times (T_r/T_a)$$

เมื่อ

V_a = ปริมาตรอากาศที่ดูดผ่าน Absorbing Reagent ขณะเก็บตัวอย่าง , ลิตร

V_r = ปริมาตรอากาศตัวอย่างที่อุณหภูมิและความดันปกติ , ลิตร

P_a = ความดันบรรยากาศขณะเก็บตัวอย่าง , มิลลิบาร์

P_r = ความดันบรรยากาศมาตรฐาน , มิลลิบาร์

T_a = อุณหภูมิของอากาศขณะเก็บตัวอย่าง , เคลวิน

T_r = อุณหภูมิบรรยากาศมาตรฐาน , เคลวิน

4.2 คำนวณปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศตัวอย่าง

$$NO_2 = (A - A_0) K/V$$

เมื่อ

NO_2 = ปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศตัวอย่าง, ส่วนในล้านส่วน

A = ค่าดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง

A_0 = ค่าดูดกลืนแสงของสารละลายเบลงค์

K = ค่า conversion factor

$V = V_r V_{abs}$

V_r = ปริมาตรอากาศตัวอย่างที่อุณหภูมิและความดันปกติ, ลิตร

V_{abs} = ปริมาตรสารละลายดูดกลืน, มิลลิลิตร

4.3 เปลี่ยนหน่วยของไนโตรเจนไดออกไซด์จาก ส่วนในล้านส่วน (ppm) ไปเป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร(mg/m^3) โดยใช้สูตร

$$(mg/m^3) NO_2 = ppm NO_2 \times 1.88$$

4.3 วิธีการตรวจวัดและวิเคราะห์สารมลพิษที่ระบายจากปล่องของโรงงานอุตสาหกรรม

การตรวจวัดและวิเคราะห์สารมลพิษที่ระบายจากปล่องของโรงงานอุตสาหกรรม เป็นการเก็บตัวอย่างของอากาศก่อนที่จะระบายออกสู่บรรยากาศภายนอก แหล่งกำเนิดของแหล่งระบายอากาศเสียจากอุตสาหกรรม ส่วนใหญ่จะมาจาก ปล่องหม้อไอน้ำ โรงไฟฟ้า โรงหลอมเหล็ก โรงรีดเหล็ก และโรงปูนซีเมนต์ เป็นต้น อากาศเสียที่ถูกระบายจากปล่องในปริมาณที่มากพอ สามารถที่จะส่งผลกระทบต่อชุมชนบริเวณใกล้เคียงได้ ถ้าอยู่ในสภาพอุตุนิยมวิทยาที่เอื้ออำนวย

การตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศที่ระบายจากปล่องโรงงานอุตสาหกรรมนั้น มีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1. ใช้เป็นข้อมูลสำหรับประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
2. ใช้ในการออกแบบระบบควบคุมอากาศเสียที่ระบายจากปล่องของโรงงาน
3. เพื่อใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบบำบัดอากาศเสีย
4. ใช้ในการได้ส่วนเรื่องราวร้องทุกข์
5. ศึกษาลักษณะการปล่อยสารมลพิษของโรงงาน
6. ใช้ในการจัดทำแผนการจัดการคุณภาพอากาศ
7. เพื่อตอบสนองความต้องการของหน่วยราชการหรือกฎหมาย

แหล่งกำเนิดของอากาศเสียที่ระบายจากปล่องของโรงงานอุตสาหกรรม แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. สารมลพิษจากกระบวนการผลิต
2. สารมลพิษจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง

ลักษณะของปล่องระบายอากาศเสีย

ลักษณะของปล่องระบายอากาศเสียอาจเป็นปล่องกลมหรือเป็นเหลี่ยมตามแต่วัตถุประสงค์ที่ต้องการ และขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของพื้นที่บริเวณโรงงานด้วย ว่าเหมาะสมที่จะทำเป็นปล่องกลมหรือปล่องเหลี่ยม ซึ่งอากาศจากแหล่งกำเนิดจะนำมารวมกันที่ปล่องนี้ เพื่อยกระดับของตำแหน่งปล่อยก่อนออกสู่บรรยากาศ ถ้าตำแหน่งที่มีการปล่อยอากาศอยู่สูงขึ้นไปจะทำให้เกิดการเจือจางของมลพิษในบรรยากาศได้มาก ดังนั้นความสูงของปล่องจึงมีผลต่อระดับของสารมลพิษว่าจะมีมากน้อยเพียงใด การจัดการคุณภาพอากาศที่ระบายจากปล่องให้มีคุณภาพดีนั้นได้มีการนำเอาเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการควบคุม เช่น การจัดสร้างเป็นอาคารบรรจุถุงกรองอากาศ (Bag house) เครื่องจับอนุภาคแบบเปียก ไชโคลน เป็นต้น ซึ่งอากาศจะถูกบำบัดก่อนที่จะถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศ

วิธีการตรวจวัดสารมลพิษที่ระบายจากปล่องของโรงงาน

วิธีการตรวจวัดสารมลพิษที่ระบายจากปล่องของโรงงานอุตสาหกรรมที่จะขอกล่าวในที่นี้ เป็นวิธีการตรวจวัดตามมาตรฐานของ U.S.EPA. (United State Environmental Protection Agency) ซึ่งวิธีที่ใช้ในการตรวจวัดโดยส่วนใหญ่จะใช้วิธีที่ 1 ถึงวิธีที่ 8 มีดังต่อไปนี้

U.S.EPA. Method 1	การหาตำแหน่งและจำนวนจุดเก็บตัวอย่าง
U.S.EPA. Method 2	การหาความเร็วและอัตราการไหลของก๊าซภายในปล่องโรงงาน อุตสาหกรรม
U.S.EPA. Method 3	วิธีการหาน้ำหนักโมเลกุลของอากาศ
U.S.EPA. Method 4	การหาปริมาณความชื้นของอากาศภายในปล่องโรงงานอุตสาหกรรม
U.S.EPA. Method 5	วิธีการเก็บตัวอย่างเพื่อวัดปริมาณฝุ่นละอองภายในปล่องโรงงาน อุตสาหกรรม
U.S.EPA. Method 6	วิธีการตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ภายในปล่องโรงงาน อุตสาหกรรม
U.S.EPA. Method 7	วิธีการตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ภายในปล่องโรงงาน อุตสาหกรรม
U.S.EPA. Method 8	วิธีการตรวจวัดไฮดรอกซิลฟริก และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ภายในปล่อง โรงงานอุตสาหกรรม

สาเหตุที่ผู้เขียนต้องการกล่าวถึงวิธีการตรวจวัดสารมลพิษที่ระบายจากปล่องโรงงานอุตสาหกรรมเพียงวิธีที่ 1 ถึงวิธีที่ 8 เท่านั้น เนื่องจากวิธีเหล่านี้เป็นวิธีที่สำคัญมากในการตรวจวัดและโดยส่วนใหญ่โรงงานอุตสาหกรรมจะทำการตรวจวัดด้วยวิธีการทั้ง 8 วิธีนี้ ส่วนวิธีการตรวจวัดอื่นๆ นั้นทางโรงงานอุตสาหกรรมจะทำการตรวจวัดในกรณีที่ปล่องระบายนั้นเป็นปล่องที่เชื่อมต่อมาจากระบบการผลิตที่มีการใช้วัตถุดิบหรือสารเคมีที่มีผลให้เกิดสารมลพิษได้ ถ้าไม่ได้มีระบบควบคุมอากาศเสีย เช่น ปล่องระบายอาจเป็นปล่องที่ใช้สำหรับระบายอากาศในกระบวนการผลิตที่ต้องใช้อะลูมิเนียมเพื่อเป็นวัตถุดิบ ทางโรงงานอาจจะมีระบบควบคุมอากาศเสียโดยการติดตั้งอุปกรณ์ในการกำจัด เช่น อาจมีการติดตั้งเครื่องดักจับอนุภาคแบบเปียก (Wet Scrubber) ดังนั้นการตรวจวัดสารมลพิษที่ระบายจากปล่องก็จะต้องเลือกใช้วิธีที่เป็นการตรวจวัดอะลูมิเนียม ซึ่งจะใช้สารดูดซับอะลูมิเนียมแล้วนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการต่อไป

ดังนั้นในการตรวจวัดและวิเคราะห์สารมลพิษที่ระบายจากปล่องโรงงานอุตสาหกรรมนั้น เราควรพิจารณารายละเอียดของกระบวนการผลิตของโรงงานนั้นๆ เป็นสำคัญ เราจะได้สามารถเลือกใช้วิธีได้ถูกต้องมากที่สุดเพื่ออากาศที่ระบายออกจะได้เป็นไปตามมาตรฐานและไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม

รายละเอียดของวิธีการตรวจวัดสารมลพิษที่ระบายจากปล่องโรงงานอุตสาหกรรม มีดังต่อไปนี้

4.3.1 U.S.EPA. Method 1 การหาตำแหน่งและจำนวนจุดเก็บตัวอย่าง

หลักการ

ในการตรวจวัดสารมลพิษที่ระบายจากปล่องโรงงานอุตสาหกรรม เราจะต้องทราบก่อนว่า ตำแหน่งที่จะต้องทำการตรวจวัดอากาศเสียนั้นควรอยู่ตรงจุดไหน และจะต้องทราบด้วยว่าจะต้องทำการเก็บตัวอย่างกี่จุดเพื่อที่จะได้ตัวอย่างอากาศที่เป็นตัวแทนของอากาศเสียทั้งหมดในปล่อง ทำให้ค่าที่ได้จากการตรวจวัดนั้นเป็นค่าที่เป็นจริงมากที่สุด

วิธีการ

ตำแหน่งเก็บตัวอย่าง

ตำแหน่งเก็บตัวอย่างเพื่อหาปริมาณฝุ่นละออง หรือเพื่อการวัดหาความเร็วของอากาศในปล่อง ควรจะอยู่ที่ระยะอย่างน้อยประมาณ 8 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของปล่องหรือท่อทางปลายทิศทางการไหลจากตัวรบกวนการไหล (Down stream from flow disturbance) ต่างๆ ในปล่อง เช่น ช้องอ หรือจากเปลวไฟ และอย่างน้อยที่สุดประมาณ 2 เท่า ของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อทางต้นทิศทางการไหลจากตัวรบกวนการไหล (Upstream from flow disturbance) แต่ถ้าเราไม่สามารถเลือกตำแหน่งเก็บตัวอย่างของปล่องในระดับที่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดได้ ก็อาจเลือกตำแหน่งเก็บตัวอย่างที่ตำแหน่งประมาณ 2 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของปล่องหรือท่อทางปลายทิศทางการไหลจากตัวรบกวนการไหล และประมาณ 0.5 เท่า ของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อทางต้นทิศทางการไหลจากตัวรบกวนการไหลเป็นอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ซึ่งที่ระดับนี้ยังคงได้ตัวอย่างอากาศที่เป็นตัวแทนอากาศเสียทั้งหมดในปล่อง

ส่วนในกรณีของปล่องระบายอากาศเสียที่มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมเราจะทราบตำแหน่งเก็บตัวอย่างได้จากการหาเส้นผ่าศูนย์กลางเทียบเท่า (Equivalent diameter) ได้จากสมการ

$$\text{เส้นผ่าศูนย์กลางเทียบเท่า} = \frac{2 * \text{ความยาว} * \text{ความกว้าง}}{\text{ความยาว} + \text{ความกว้าง}}$$

จำนวนของจุดเก็บตัวอย่างในการหาความเร็วและปริมาณฝุ่นละอองในปล่อง

จำนวนของจุดเก็บตัวอย่างในการหาปริมาณฝุ่นละอองในปล่อง สามารถแยกได้ดังนี้

1. ถ้าตำแหน่งเก็บตัวอย่างอยู่ ณ ตำแหน่ง 8 เท่า ของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของปล่องหรือท่อทางปลายทิศทางการไหลจากตัวรบกวนการไหล และ 2 เท่า ของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อทางต้นทิศทางการไหลจากตัวรบกวนการไหล จำนวนจุดเก็บตัวอย่างจะเป็นดังนี้

- บนพื้นที่หน้าตัดกลมหรือสี่เหลี่ยมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง หรือเส้นผ่าศูนย์กลางเทียบเท่ามากกว่า 0.61 เมตร (24 นิ้ว) จำนวนจุดเก็บตัวอย่างต้องไม่ต่ำกว่า 12 จุด
- บนพื้นที่หน้าตัดกลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ระหว่าง 0.3 ถึง 0.61 เมตร (12 – 24 นิ้ว) จำนวนจุดเก็บตัวอย่างจะต้องไม่ต่ำกว่า 8 จุด

- บนพื้นที่หน้าตัดสี่เหลี่ยม ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเทียบเท่าระหว่าง 0.3 ถึง 0.61 เมตร (12 – 24 นิ้ว) จะต้องไม่ต่ำกว่า 9 จุด

2. ถ้าตำแหน่งเก็บตัวอย่างอยู่ ณ ตำแหน่งที่น้อยกว่า 8 เท่า ของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของปล่องหรือท่อทางปลายทิศทางการไหลจากตัวรบกวนการไหล และน้อยกว่า 2 เท่า ของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อทางต้นทิศทางการไหลจากตัวรบกวนการไหล จำนวนจุดเก็บตัวอย่างสามารถหาได้จากระยะทางของตำแหน่งเก็บตัวอย่างถึงตัวรบกวนการไหล และเลือกค่าที่สูงกว่าเป็นจำนวนจุดเก็บตัวอย่างต่ำสุด

ส่วนปล่องที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นสี่เหลี่ยม จำนวนจุดเก็บตัวอย่างดังแสดงในตาราง

จำนวนจุดเก็บตัวอย่าง	ตำแหน่งจุด
9	3*3
12	4*3
16	4*4
20	5*4
25	5*5
30	6*5
36	6*6
42	7*6
49	7*7

ตำแหน่งของจุดเก็บตัวอย่างบนพื้นที่หน้าตัดของปล่อง

ปล่องที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปวงกลมจะกำหนดจุดเก็บตัวอย่างอยู่บนเส้นผ่าศูนย์กลาง ดังจากกัน

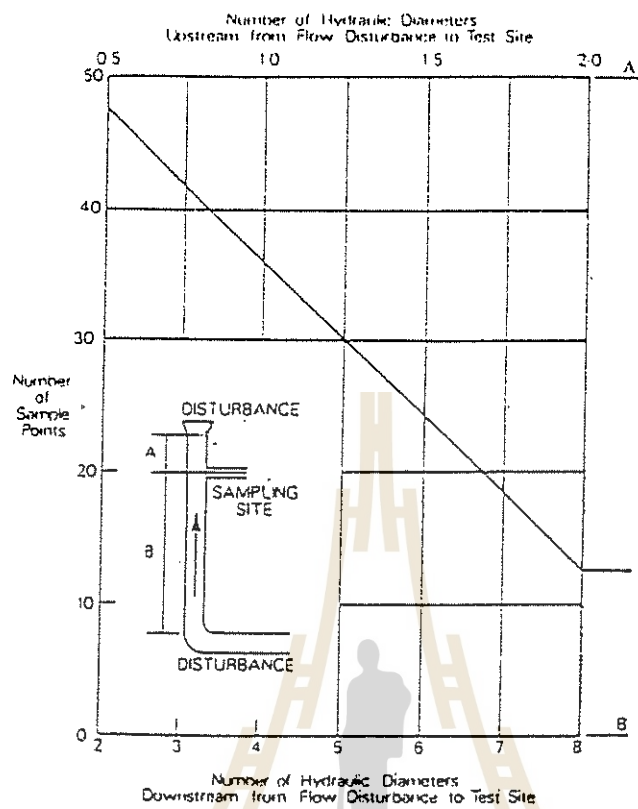
2 เส้น ซึ่งจะมีจำนวนและตำแหน่งการเก็บตัวอย่างที่แตกต่างกันไป โดยจะมีข้อจำกัดดังต่อไปนี้ คือ

1. ปล่องที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.61 เมตร (24 นิ้ว) จุดเก็บตัวอย่างจะต้องอยู่ห่างจากผนังปล่องอย่างน้อยที่สุด 2.5 เซนติเมตร (1 นิ้ว) ถ้าจุดเก็บตัวอย่างอยู่ห่างจากผนังปล่องน้อยกว่า 2.5 เซนติเมตร จะต้องทำการเลื่อนจุดเก็บตัวอย่างออกไปให้ได้ 2.5 เซนติเมตร จากผนังปล่องหรือที่ตำแหน่งเท่ากับเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของหัวเก็บตัวอย่าง (Nozzle) จากผนังปล่อง โดยเลือกค่าที่สูงกว่า ถ้าจุดเก็บตัวอย่างใหม่เป็นจุดเดียวกับที่ตรวจวัดไปครั้งแรก ให้ทำการเก็บตัวอย่างและบันทึกข้อมูลซ้ำ 2 ครั้ง เนื่องจากเราจะถือว่าเป็นคนละจุดกัน

2. ปล่องที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.61 เมตร (24 นิ้ว) จุดเก็บตัวอย่างจะต้องอยู่ห่างจากผนังปล่องอย่างน้อยที่สุด 1.3 เซนติเมตร (0.5 นิ้ว) ถ้าจุดเก็บตัวอย่างอยู่ในตำแหน่งที่น้อยกว่าที่กำหนด ให้ปฏิบัติเหมือนกับข้อ 1

ปล่องที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยม ให้แบ่งพื้นที่หน้าตัดออกเป็นรูปสี่เหลี่ยมเล็กๆ ขนาดเท่าๆกัน เป็นจำนวนเท่ากับจำนวนจุดเก็บตามที่กำหนดไว้เบื้องต้น แล้วจึงกำหนดตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างลงบนจุดศูนย์กลางถ่วงของพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมเล็กๆ แต่ละรูป





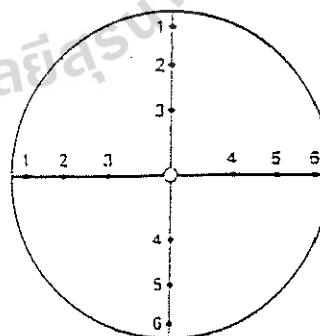
รูปที่ 13 จำนวนจุดชักตัวอย่าง

.	.	.
.	.	.
.	.	.
.	.	.

รูปที่ 14 หน้าตัดปล่องไฟสี่เหลี่ยม
แบ่งเป็น 12 พื้นที่เท่ากัน

KEY

- Information sample point for velocity and temperature traverses only
- Regular sample points



รูปที่ 15 หน้าตัดปล่องไฟกลม แบ่งเป็น
12 พื้นที่เท่ากัน จุดชักตัวอย่าง
อยู่ที่จุดศูนย์กลางของแต่ละพื้นที่

4.3.2. U.S.EPA. Method 2 การหาความเร็วและอัตราการไหลของก๊าซภายในปล่องโรงงานอุตสาหกรรม

หลักการ

ความเร็วเฉลี่ยของก๊าซในปล่องหาได้จากความหนาแน่นของก๊าซ และค่าความแตกต่างของความดันจาก Pitot Tube ซึ่งจะใช้เป็น Type S การหาความเร็วและอัตราการไหลของก๊าซภายในปล่องโรงงานอุตสาหกรรมเป็นวิธีการที่สำคัญมากวิธีหนึ่ง ก่อนที่เราจะทำการตรวจวัดสารมลพิษต่างๆ จริงนั้น เราจะต้องทราบก่อนว่าภายในปล่องที่เราจะทำการตรวจวัดมีความเร็วและมีอัตราการไหลของอากาศมากน้อยเพียงใด เพราะในการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อนำมาวิเคราะห์นั้นเราจะต้องใช้ความเร็วและอัตราการไหล (Flow Rate) ให้ได้ Isokinetic คืออัตราการไหลที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างอากาศจะต้องเท่ากับอัตราการไหลภายในปล่อง และถ้าเราทราบความเร็วและอัตราการไหลภายในปล่องจะทำให้เราเลือกใช้หัวเก็บตัวอย่างอากาศได้ถูกต้อง ซึ่งจะทำให้เราได้ตัวแทนของอากาศที่ดีที่สุดในการนำมาวิเคราะห์ต่อไป

อุปกรณ์ ที่ใช้มีดังนี้

1. Pitot Tube

S – Type Pitot Tube ทำด้วยโลหะมี ระยะจากปลายของ S – Type Pitot Tube ทั้ง 2 ข้างถึงเส้นผ่านศูนย์กลางจะเท่ากัน โดยมีค่าระหว่าง 1.05 ถึง 1.50 เท่า ของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกของท่อ Pitot Tube ก่อนนำท่อนำมาใช้จะต้องทำการหาค่าสัมประสิทธิ์ โดยการตรวจวัดเทียบกับ Standard Pitot Tube และสามารถให้ Standard Pitot Tube แทนได้ ในการทดสอบประสิทธิภาพของ Pitot Tube เราสามารถทำได้โดย นำ Pitot Tube ที่วัดค่าความแตกต่างของความดันที่จุดเก็บตัวอย่างจุดสุดท้าย แล้วก็นำ Pitot Tube มาทำความสะอาด แล้ววัดค่าความแตกต่างของความดัน อีกครั้ง เพื่อเปรียบเทียบดูว่าค่าความแตกต่างของความดันก่อนและหลังทำความสะอาด มีค่าเท่ากันหรือคลาดเคลื่อนเกินร้อยละ ± 5 หรือไม่ ถ้ามีค่าเท่ากันหรือคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ ± 5 แสดงว่าไม่มีการอุดตันของฝุ่น ผลที่ได้จะสามารถยอมรับได้ แต่ถ้ามีความคลาดเคลื่อนมาก ผลของการวัดจะนำมาใช้ไม่ได้

2. เกจวัดความแตกต่างของความดัน (Differential Pressure Gauge)

เราจะใช้ Inclined Manometer ในการวัดความแตกต่างของความดัน หรือเทียบเท่าวัดได้ถึง 10 นิ้วน้ำ มีการแบ่งสเกล 0.01 นิ้ว ใน 1 นิ้วแรก และทุก 0.1 นิ้ว ใน 9 นิ้วหลัง ในกรณีที่มีจำนวนจุดเก็บตัวอย่างมากกว่าหรือเท่ากับ 12 จุด แล้วมีจำนวนจุดเก็บตัวอย่างที่มีค่าความแตกต่างของความดันโดยเฉลี่ยต่ำกว่า 0.05 นิ้วน้ำ เกินกว่าร้อยละ 10 ของจำนวนจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมดหรือในกรณีที่มีจำนวนจุดเก็บตัวอย่างน้อยกว่า 12 จุด แล้วมีจุดเก็บตัวอย่างมากกว่า 1 จุด ที่มีค่าความแตกต่างของความดัน ต่ำกว่า 0.05 นิ้วน้ำ

3. เกจวัดอุณหภูมิของอากาศในปล่อง

เป็นแบบ Thermocouple หรือเทอร์โมมิเตอร์ปรอท หรืออื่นๆ ที่สามารถวัดได้คลาดเคลื่อนไม่เกิน $\pm$ ร้อยละ 1.5 ของอุณหภูมิสัมบูรณ์ต่ำสุดในปล่องและให้ติดไว้ร่วมกับ Pitot Tube โดยไม่ติดกับโลหะใดๆ และไม่กีดขวางทางเดินของอากาศที่ Pitot Tube

4. เกจวัดความดันสถิตยของอากาศในปล่อง

โดยการอ่านค่าความแตกต่างของความดันของ Inclined Manometer เมื่อตั้งขาของ S-Type Pitot Tube ด้านที่หันหน้ารับกระแสอากาศออก ค่าความดันสถิตยของอากาศในปล่องจะเท่ากับผลบวกของความดันบรรยากาศกับค่าความแตกต่างของความดันที่อ่านได้

5. เครื่องวัดความดันบรรยากาศ

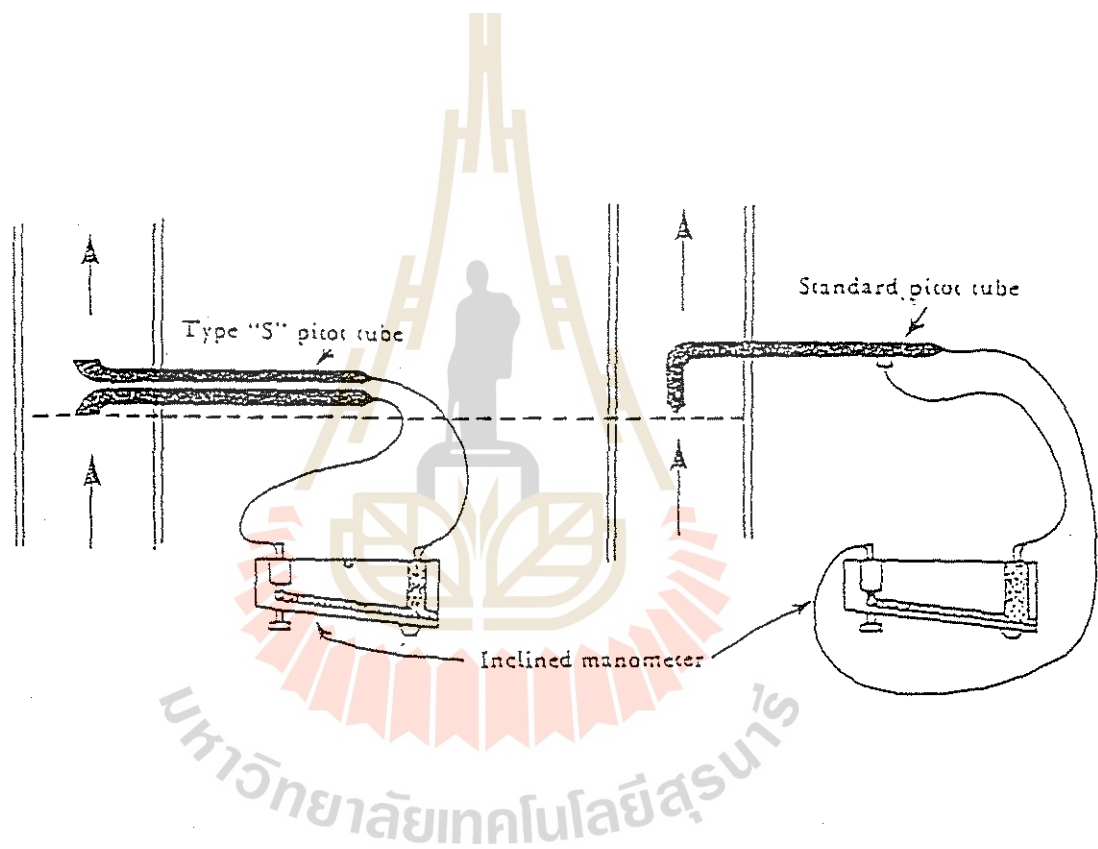
เป็น Barometer แบบปรอท หรือ Aneroid หรือแบบอื่นที่สามารถวัดความดันบรรยากาศได้คลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 2.5 มม.ปรอท หรือใช้ค่าความดันบรรยากาศจากสถานีอุตุนิยมวิทยาที่ใกล้เคียง แล้วปรับค่าให้เป็นค่าความดันบรรยากาศ ณ ตำแหน่งเก็บตัวอย่าง โดยค่าความดันบรรยากาศจะลดลง 2.5 มม.ปรอท ทุกๆความสูงที่เพิ่มขึ้น 30 เมตร

6. เครื่องวิเคราะห์หาส่วนประกอบของอากาศในปล่อง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาส่วนประกอบของอากาศในปล่องจะเป็นชุดเดียวกับที่ใช้ในการหาน้ำหนักโมเลกุลของอากาศ ซึ่งชุดวิเคราะห์นั้นเรียกว่า Orsat analyzer

วิธีการ

1. ประกอบชุดตรวจหาความเร็วและอัตราการไหลของก๊าซภายในปล่อง โดยนำ Type S Pitot Tube
2. ต่อเข้ากับ Inclined manometer ให้แน่น โดยไม่มีการรั่วที่จุดเชื่อมต่อทุกจุด
3. ปรับ Zero Pitot Tub ของ Manometer และต้องคอยหมั่นตรวจสอบอยู่เสมอในระหว่างการทำงาน
4. ดำเนินการ
5. สอด Pitot Tube เข้าไปในปล่อง แล้ววัดค่าความแตกต่างของความดัน และวัดอุณหภูมิที่แต่ละจุด
6. เก็บตัวอย่างจนครบ แล้วทำการจดบันทึกค่าที่ได้ลงในแบบฟอร์ม
7. วัดค่าความดันสถิตยในปล่อง
8. อ่านค่าความดันบรรยากาศ
9. หาน้ำหนักโมเลกุลแห้งของอากาศในปล่อง ตามวิธีที่ 3 ที่จะกล่าวต่อไป
10. หาปริมาณความชื้นของอากาศในปล่อง ตามวิธีที่ 4 ที่จะกล่าวต่อไป
11. หาพื้นที่หน้าตัดของปล่อง ณ ตำแหน่งเก็บตัวอย่าง



รูปที่ 16 ชุดตรวจหาความเร็วและอัตราการไหลของก๊าซภายในห้องโรงงานอุตสาหกรรม

4.3.3 U.S.EPA. Method 3 วิธีการหาน้ำหนักโมเลกุลของอากาศ

หลักการ

การหาน้ำหนักโมเลกุลของอากาศ เป็นการตรวจวิเคราะห์เพื่อหาความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซออกซิเจน และน้ำหนักโมเลกุลของอากาศแห้งในปล่อง จากกระบวนการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง โดยทำการชักตัวอย่างอากาศจากปล่องแล้วนำไปวิเคราะห์หาส่วนประกอบโดยใช้เครื่อง Orsat analyzer

วิธีการ

ในการเก็บตัวอย่างอากาศจากภายในปล่องเพื่อนำมาวิเคราะห์นั้นเราจะใช้ท่อดูดตัวอย่างอากาศ (Probe) สอดเข้าไปในรูของปล่องที่ได้ทำการเจาะเอาไว้ แล้วต่อปลายของท่อดูดตัวอย่างอากาศเข้ากับชุดควบคุมแรงดัน เพื่อป้องกันความชื้นของอากาศจากปล่องไม่ให้เข้าไปในถุงเก็บตัวอย่างอากาศหรือเข้าไปรบกวนระบบแล้วก็ต่อชุดควบคุมแรงดันเข้ากับวาล์ว ที่ใช้สำหรับปรับอัตราการดูดอากาศ แล้วต่อเข้ากับปั๊ม ซึ่งใช้ในการดูดอากาศเข้าถุงเก็บตัวอย่างอากาศ และก็มีเครื่องวัดอัตราการไหล (Rate meter) เพื่อเป็นตัวที่คอยปรับอัตราการไหลให้อยู่ในช่วงที่เราต้องการ ในการสูบตัวอย่างอากาศเข้ามาภายในถุงเก็บตัวอย่างเราจะใช้ลูกยางในการบีบเพื่อให้อากาศเข้ามาภายในถุงด้วย ซึ่งถุงเก็บตัวอย่างอากาศจะทำด้วยพลาสติกชนิด Tedlon Mylar Teflon ขนาด 55-90 ลิตร โดยก่อนที่จะนำมาใช้จะต้องมีการทดสอบรอยรั่ว โดยการอัดอากาศเข้าไปในถุงเก็บตัวอย่างให้มีความดันอากาศภายใน 5-10 ซม.น้ำ ปล่อยทิ้งไว้ 10 นาที ถ้าความดันลดลงแสดงว่ามีรอยรั่ว หรือทิ้งไว้ 1 คืน ถ้าถุงเก็บตัวอย่างอากาศแฟบแสดงว่าเกิดรอยรั่ว

ในการเก็บตัวอย่างอากาศเข้าถุงเก็บตัวอย่าง ปริมาตรอากาศที่เก็บเข้าถุงเราจะต้องพิจารณาให้มีปริมาตรไม่น้อยกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรของถุง หรือจะให้ดีที่สุดควรมีปริมาตร 80 เปอร์เซ็นต์ของถุงเก็บตัวอย่าง เนื่องจากถ้าเราเก็บตัวอย่างอากาศน้อยเกินไปก็จะไม่เพียงพอสำหรับการฉีดเข้าเครื่อง CO analyzer และ Orsat analyzer แต่ถ้าเราเก็บตัวอย่างอากาศมากเกินไปอาจทำให้ถุงเก็บตัวอย่างอากาศแตกได้ ดังนั้นเวลาเก็บตัวอย่างจะต้องสังเกตถุงอยู่เสมอ

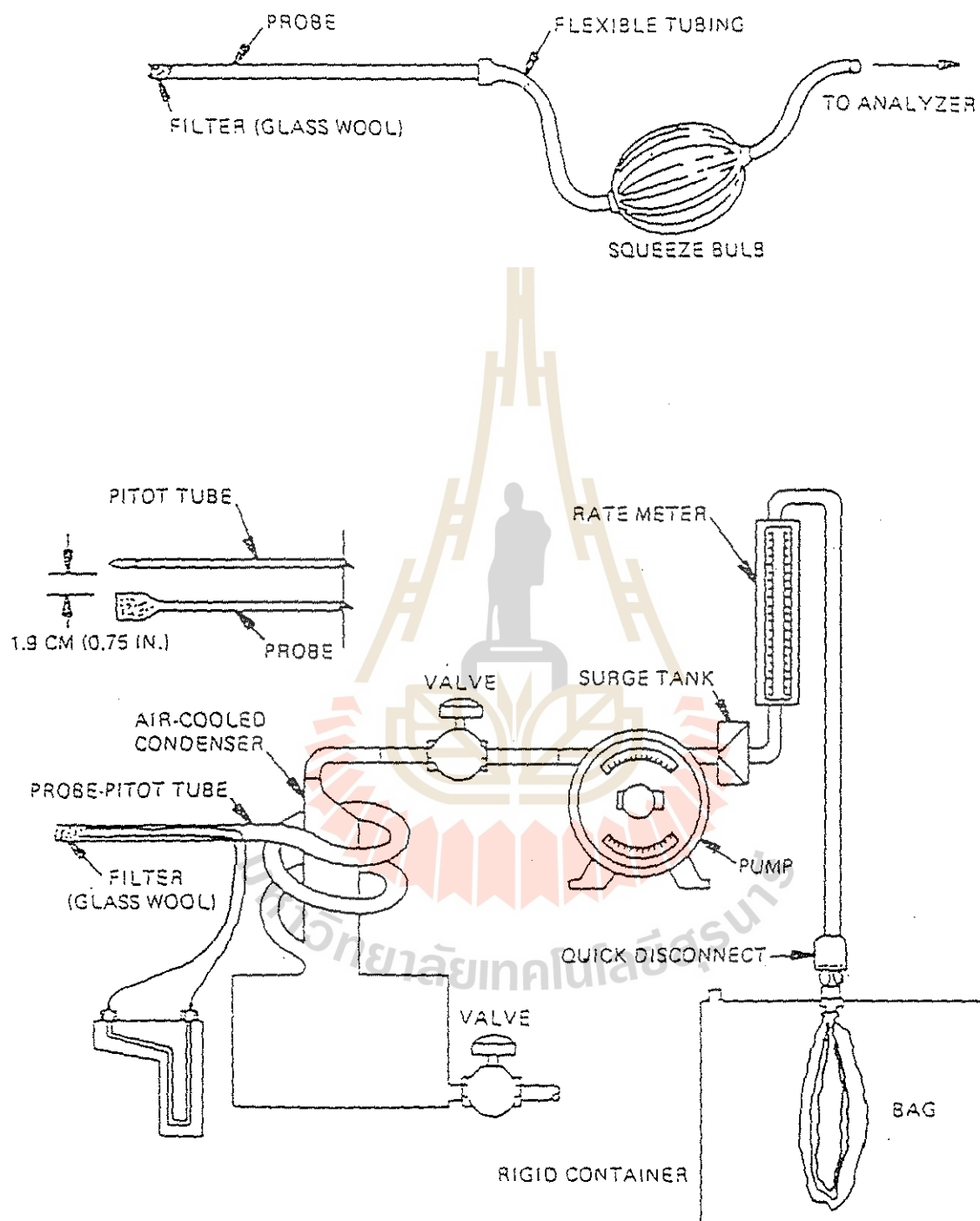
เมื่อเก็บตัวอย่างเสร็จแล้วก็นำมาวิเคราะห์หาน้ำหนักโมเลกุลของอากาศด้วยเครื่อง Orsat analyzer ซึ่งสารละลายที่บรรจุอยู่ในหลอด vessel เพื่อหาความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซออกซิเจน และน้ำหนักโมเลกุลของอากาศแห้ง จะมีสารละลายดังต่อไปนี้ ซึ่งสารละลายทั้งหมดนี้จะได้จากการเตรียมในห้องปฏิบัติการ

1. สารละลายดูดกลืนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
2. สารละลายดูดกลืนก๊าซออกซิเจน
3. สารละลายดูดกลืนก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์
4. Blocking water

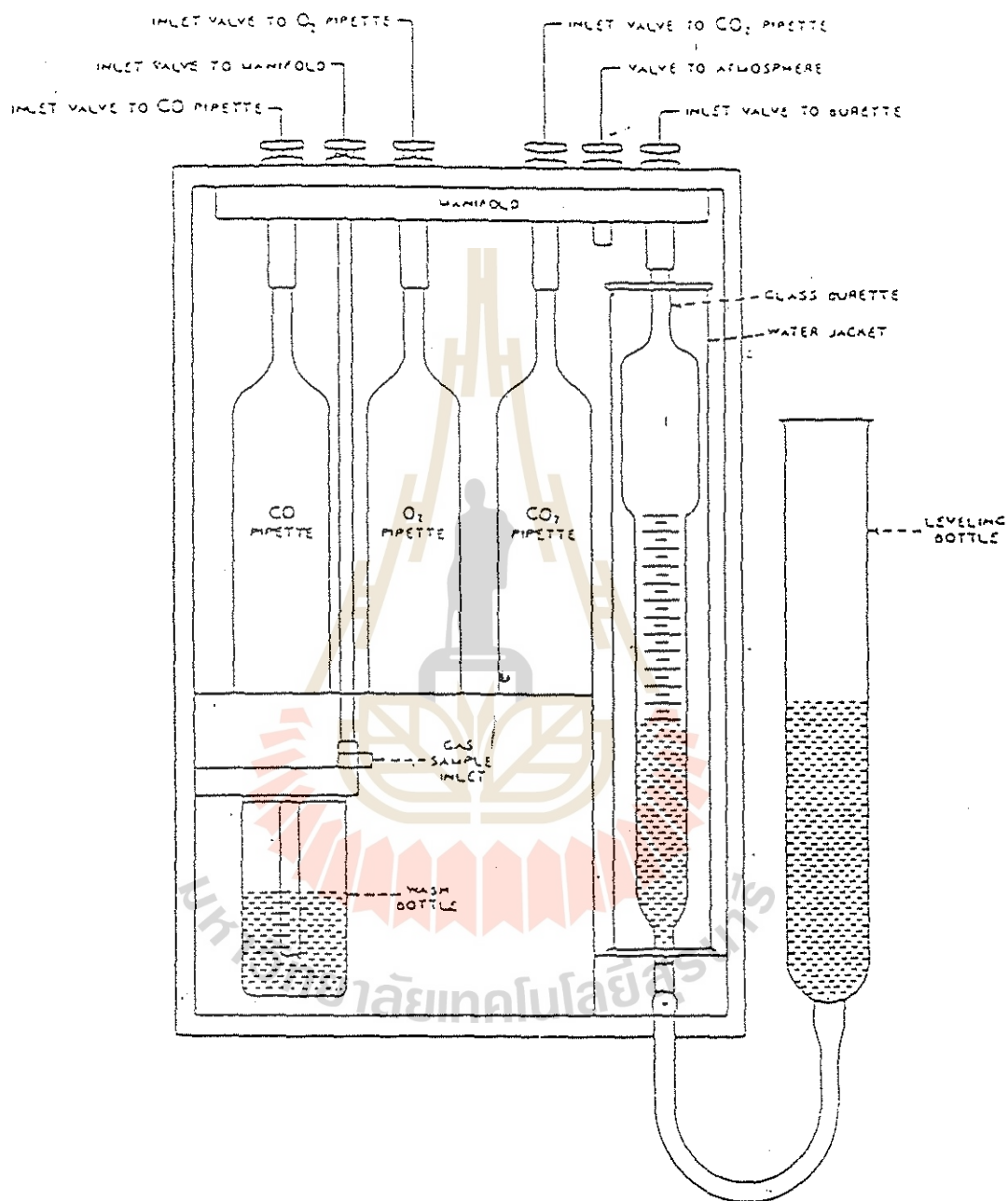
ในการวิเคราะห์เมื่อเราเตรียมสารละลายในการวิเคราะห์ โดยเติมสารละลายเข้าไปใน vessel จนครบปริมาตรของสารละลายในบิวเรตให้อยู่ที่ศูนย์ โดยเปิด stopcock ที่ต่อกับอากาศภายนอก แล้วกดขวดปรับระดับขึ้น - ลง จากนั้นปรับระดับสารในบิวเรตให้อยู่ที่ศูนย์ แล้วเปิด stopcock ที่ด้านบนของบิวเรต

หลังจากเตรียมสารละลายในการวิเคราะห์เรียบร้อยแล้ว ต่อถุงเก็บตัวอย่างอากาศเข้ากับชุดวิเคราะห์ที่ Gas-inlet-stopcock เปิด stopcock ที่ vessel บรรจุสารละลายดูดกลืนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ให้ตัวอย่างอากาศผ่านขึ้น-ลงไปยังสารละลาย โดยการยกขวดปรับระดับขึ้น-ลง จนกระทั่งระดับน้ำในบิวเรตเปลี่ยนแปลงได้ค่าคงที่แล้วอ่านค่าระดับที่เปลี่ยนแปลง จากนั้นให้อากาศที่ผ่านใน vessel แรกผ่านไป vessel ที่ 2 และ 3 อ่านค่าระดับน้ำที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมดแล้วนำไปคำนวณหาค่าน้ำหนักโมเลกุลของอากาศ





รูปที่ 17 ชุดเก็บตัวอย่างเพื่อหาแอมโมเนียของอากาศ



รูปที่ 18 ชุดวิเคราะห์ (Orsat analyzer)

4.3.4 U.S.EPA. Method 4 การหาปริมาณความชื้นของอากาศภายในปล่องโรงงานอุตสาหกรรม

หลักการ

ทำการชักตัวอย่างอากาศออกจากแหล่งด้วยท่อดูดตัวอย่างอากาศที่ทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมหรือแก้ว ที่สามารถทำให้ร้อนได้เพื่อป้องกันการควบแน่นของไอน้ำ และมีกระดาษกรองหรือใยแก้ว (Glass wool) สำหรับกรองฝุ่นละออง เราจะชักตัวอย่างอากาศอัตราการไหลที่คงที่ให้ผ่านเข้าชุดควบแน่น ซึ่งชุดควบแน่นจะประกอบด้วย Impinger ที่ทำด้วยแก้วจำนวน 4 ใบต่อกันแบบอนุกรมด้วยข้อต่อโดยไม่มีรอยรั่ว หลังจากทำการเก็บตัวอย่างเสร็จแล้วก็วัดหาปริมาณน้ำที่ควบแน่นได้ด้วยการชั่งน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

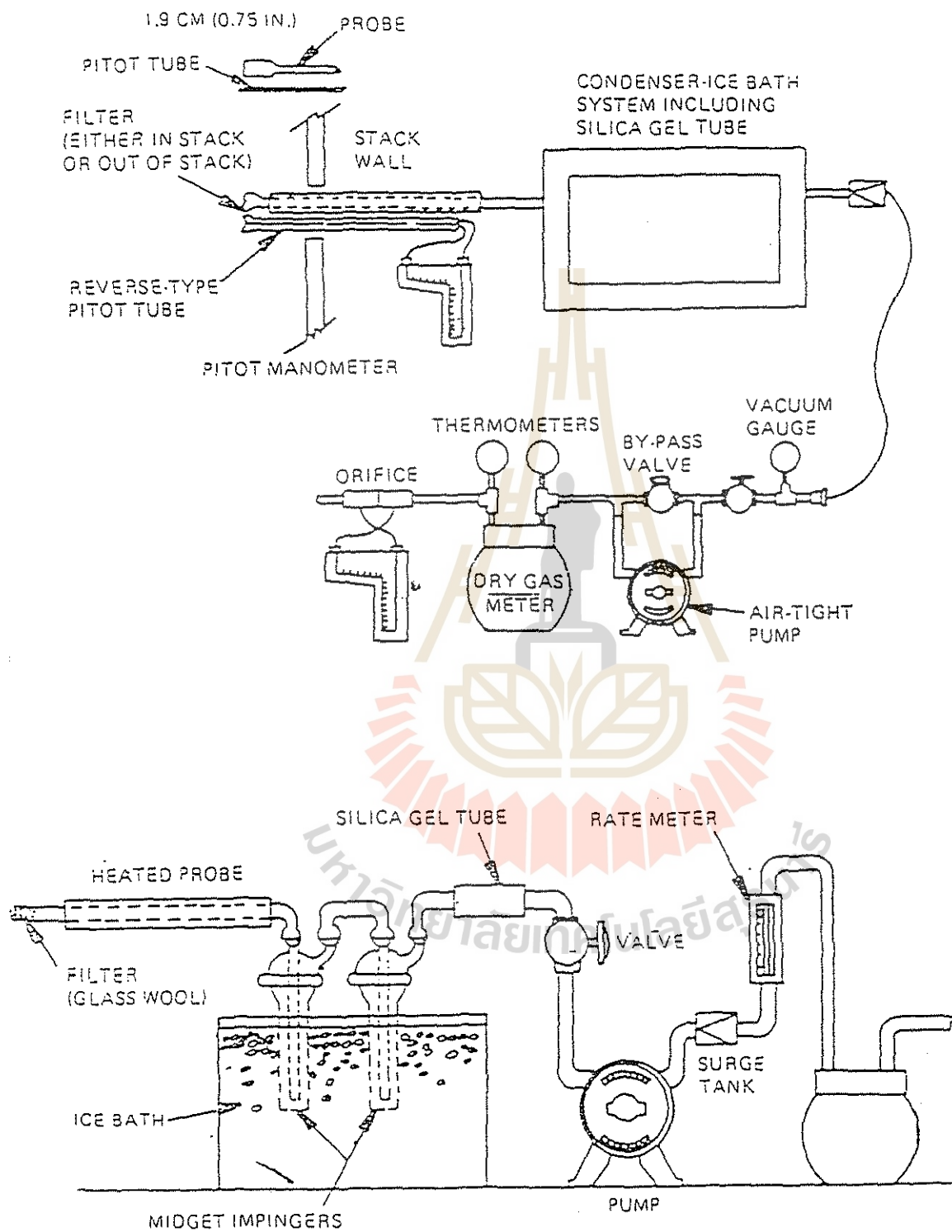
วิธีการ

ชุดควบแน่นจะประกอบไปด้วย Impinger ทั้งหมด 4 ใบดังที่กล่าวข้างต้น ในการหาปริมาณความชื้นของอากาศภายในปล่องจะเริ่มต้นด้วยการเติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ลงใน Impinger ที่ 1 และ 2 ใส่ Silica gel ซึ่งจะเป็นตัวดูดความชื้นไม่ให้เข้าไปรบกวนระบบการทำงานของเครื่องมือ) ใน Impinger ที่ 4 โดยใส่ลงไปพอประมาณ และปล่อยให้ Impinger ที่ 3 ว่างเปล่า หลังจากนั้นนำชุด Impinger ใส่ลงใน Ice Bath เพื่อควบคุมให้อุณหภูมิของตัวอย่างอากาศที่ออกไปไม่เกิน 20 องศาเซลเซียส เมื่อประกอบชุดเก็บตัวอย่างเสร็จเรียบร้อยแล้ว ก่อนเริ่มดำเนินการเก็บจะต้องทำการตรวจสอบรอยรั่วของชุดเก็บตัวอย่างโดยจะต้องทำก่อนและหลังการเก็บตัวอย่าง

แล้วก็เริ่มดำเนินการเก็บตัวอย่างอากาศ ในกรณีที่เก็บตัวอย่างอากาศเพื่อหาปริมาณความชื้นของอากาศในปล่องพร้อมกับการตรวจวัดเพื่อหาค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองนั้น ระยะเวลาดำเนินการตรวจวัดปริมาณความชื้นของอากาศจะเท่ากับระยะเวลาในการตรวจวัดเพื่อหาค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง

เมื่อเก็บตัวอย่างเสร็จเรียบร้อยแล้วก็นำชุดควบแน่นมา แล้วนำ Impinger ทั้ง 4 ใบมาวัดหาปริมาตรของเหลวที่เพิ่มขึ้นหรือชั่งน้ำหนักของ Impinger เพื่อหาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

ในกรณีที่อากาศในปล่องมีความชื้นจนถึงจุดอิ่มตัว สามารถหาปริมาณความชื้นของอากาศในปล่อง โดยการวัดอุณหภูมิของอากาศในปล่องให้คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 1 องศาเซลเซียส ณ แต่ละจุดเก็บตัวอย่าง แล้วหาค่าอุณหภูมิเฉลี่ยนำไปหาปริมาณความชื้นของตัวอย่างอากาศในปล่องต่อไป



รูปที่ 19 ชุดเก็บตัวอย่างเพื่อหาปริมาณความถี่ในเชิงอากาศภายในปล่องโรงงานอุตสาหกรรม

4.3.5 U.S.EPA. Method 5 วิธีการเก็บตัวอย่างเพื่อวัดปริมาณฝุ่นละอองภายในปล่องโรงงานอุตสาหกรรม

หลักการ

วิธีการเก็บตัวอย่างเพื่อวัดปริมาณฝุ่นละอองเป็นการตรวจวัดเมื่อเราได้ทราบถึงตำแหน่งและจำนวนจุดเก็บตัวอย่าง ความเร็วและอัตราการไหลของก๊าซภายในปล่อง ได้ทำการตรวจวัดเพื่อนำหนักโมเลกุลของอากาศ และหาปริมาณความชื้นของอากาศภายในปล่องเสร็จเรียบร้อยแล้ว

การวัดปริมาณฝุ่นและก๊าซในปล่องมีหลักการที่ต่างกัน คือ การวัดปริมาณฝุ่นจะต้องทำการวัดโดยการดูดอากาศเข้ามาด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วของกระแสอากาศภายในปล่อง เพราะถ้าไม่เท่ากันจะทำให้ปริมาณฝุ่นที่ดูดเข้ามามีค่าน้อยหรือมากกว่าที่เป็นจริงได้ การเก็บตัวอย่างเพื่อวัดปริมาณฝุ่นจึงต้องกำหนดความเร็วของการดูดอากาศให้เท่ากับความเร็วของอากาศภายในปล่องเสมอ เราเรียกวิธีการนี้ว่า การเก็บตัวอย่างแบบไอโซไคเนติก (Isokinetic) ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในเบื้องต้น

ความเร็วของกระแสอากาศภายในปล่องที่พื้นที่หน้าตัดหนึ่งจะไม่เท่ากัน โดยที่บริเวณข้างผนังปล่องความเร็วของกระแสอากาศจะน้อยที่สุด เนื่องจากแรงเสียดทานของผนังปล่อง แต่บริเวณกลางปล่องความเร็วของกระแสอากาศจะสูงที่สุด ดังนั้น เราควรจะทำการศึกษาตรวจวัดความเร็วบนพื้นที่หน้าตัดหนึ่งของปล่องหลายๆ จุด เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย จึงต้องกำหนดวิธีการหาตำแหน่งตรวจวัดบนพื้นที่หน้าตัดหนึ่งของปล่องขึ้น โดยแบ่งพื้นที่หน้าตัดของปล่องออกเป็นพื้นที่เท่าๆ กัน แล้ววัดหาความเร็วของอากาศที่ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของแต่ละรูปเล็ก แล้วจึงนำมาหาค่าเฉลี่ยจำนวนของจุดตรวจวัดบนพื้นที่หน้าตัดหนึ่งของปล่องขึ้นกับขนาดของปล่อง และตำแหน่งของช่องเจาะเพื่อการตรวจวัด กล่าวคือ ถ้าปล่องขนาดใหญ่จะต้องมีจำนวนจุดตรวจวัดมากกว่าปล่องขนาดเล็ก และตำแหน่งของช่องเจาะเพื่อการตรวจวัดที่อยู่ใกล้จุดรวบรวมนการไหล เช่น ท่อขอ พัดลม มักจะทำให้ต้องมีจำนวนของจุดตรวจวัดมากกว่าตำแหน่งของช่องเจาะเพื่อการตรวจวัดที่อยู่ห่างจากจุดรวบรวมนการไหลต่อไป เนื่องจากตำแหน่งที่อยู่ใกล้จุดรวบรวมนการไหลมากจะมีการเปลี่ยนแปลงของความเร็วบนพื้นที่หน้าตัดนั้นมากขึ้น

มาตรฐานอากาศเสียโดยทั่วไป นิยมระบุเป็นปริมาณสารมลพิษต่อปริมาตรอากาศแห้งที่อุณหภูมิ และความดันมาตรฐาน ฉะนั้น ปัจจัยที่จะต้องนำมาพิจารณาในการเก็บตัวอย่างเพื่อวัดปริมาณฝุ่นและก๊าซในปล่อง ได้แก่ ปริมาณความชื้นของอากาศในปล่อง น้ำหนักโมเลกุลของอากาศเสียในปล่อง

ชุดเก็บตัวอย่าง ประกอบด้วย

1. หัวเก็บตัวอย่าง (Nozzle) ทำด้วยเหล็กไม่เป็นสนิมหรือแก้ว ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของหัวเก็บตัวอย่างมีหลายขนาด ก่อนที่จะนำไปใช้ต้องวัดด้วยไมโครมิเตอร์ก่อน ซึ่งขนาดของหัวเก็บตัวอย่างที่เลือกจะใช้จะขึ้นอยู่กับความเร็วและอัตราการไหลของกระแสอากาศภายในปล่องที่เราได้ทำการตรวจวัดแล้วใน U.S.EPA. Method 2 ซึ่งเป็นการหาความเร็วและอัตราการไหลของก๊าซภายในปล่องโรงงานอุตสาหกรรม ถ้าความเร็วของกระแสอากาศภายในปล่องมีค่ามาก หัวเก็บตัวอย่างที่ใช้ควรเป็นหัวที่มีขนาดเล็ก ส่วนถ้าความเร็วของกระแสอากาศภายในปล่องมีค่าน้อยมาก หัวเก็บตัวอย่างที่ใช้ควรมีขนาดใหญ่ เนื่องจากถ้าความเร็วของกระแสอากาศภายในปล่องมาก แล้วเราเลือกใช้หัวเก็บตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่จะทำให้กระแสอากาศภายในปล่องถูกดูดเข้าไปมากเกินไป อาจทำให้ได้ฝุ่นที่มากกว่า

ความเป็นจริงได้ แต่ถ้าความเร็วของกระแสอากาศภายในปล่องน้อยแล้วเราเลือกใช้หัวเก็บตัวอย่างที่มีขนาดเล็ก ก็จะทำให้ฝุ่นที่ดูดเข้ามามีค่าน้อยกว่าที่เป็นจริงได้ ดังนั้นการเลือกใช้หัวเก็บตัวอย่างเป็นสิ่งสำคัญต่อการเก็บตัวอย่างเพื่อวัดปริมาณฝุ่นละอองภายในปล่องมาก ถ้าเราเลือกใช้หัวเก็บตัวอย่างได้เหมาะสมกับความเร็วของกระแสอากาศภายในปล่อง ก็จะทำให้ได้ค่าที่เป็นจริงมากที่สุด

2. ท่อดูดตัวอย่างอากาศ (Probe) พร้อมด้วยอุปกรณ์ให้ความร้อน ซึ่งสามารถรักษาอุณหภูมิของอากาศที่ห่างออกในระหว่างการเก็บตัวอย่าง

3. Pitot Tube ใช้แบบ S หรือเทียบเท่าสามารถนำมาประกอบติดกับท่อเก็บตัวอย่างเพื่อวัดความเร็วของอากาศที่จะเก็บตัวอย่าง

4. Filter Holder ทำด้วยแก้วไฟเร็กซ์พร้อมด้วยแผ่น Glass frit สำหรับรองรับกระดาษกรอง

5. เกจวัดความแตกต่างของความดัน จำนวน 2 ตัว โดยตัวที่หนึ่งใช้สำหรับหาความเร็วของอากาศในปล่อง และอีกตัวหนึ่งใช้สำหรับหาความเร็วของตัวอย่างอากาศที่ดูดเข้ามา

6. ชุดควบแน่น สำหรับหาความชื้นของอากาศในปล่อง

7. ระบบเครื่องวัด ประกอบด้วยเกจวัดความดันสูญญากาศ บั๊มชนิดไม่รั่ว เทอร์โมมิเตอร์ เครื่องวัดปริมาตรอากาศแห้ง พร้อมด้วยเครื่องมืออื่นๆ ที่จำเป็นในการควบคุมอัตราการเก็บตัวอย่างให้ได้ Isokinetic

8. เครื่องวัดความดันอากาศ (Barometer)

อุปกรณ์สำหรับการเก็บตัวอย่าง ประกอบด้วย

1. แปรงทำความสะอาดท่อเก็บตัวอย่างและหัวเก็บตัวอย่าง มีความยาวอย่างน้อยที่สุดเท่ากับความยาวของท่อเก็บตัวอย่าง

2. ขวดน้ำกลั่นทำด้วยแก้วหรือโพลีเอทิลีน จำนวน 2 ขวด เพื่อใส่น้ำกลั่น 1 ขวด และอาซีโตน อีก 1 ขวด

3. ภาชนะแก้วสำหรับบรรจุตัวอย่างที่ล้างด้วยอาซีโตน

4. กระดาษนาฬิกาทำด้วยแก้วหรือโพลีเอทิลีน

5. กระบอกตวงวัดปริมาตร

6. ขวดเก็บ Silica gel ทำด้วยพลาสติก

7. กรวยทำด้วยแก้วหรือโพลีเอทิลีน

8. Desiccator

9. เครื่องชั่งละเอียด ± 0.1 มิลลิกรัม และเครื่องชั่งหยาบ ± 0.5 กรัม

10. ปีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร

11. Hygrometer สำหรับวัดความชื้นสัมพัทธ์ในห้องปฏิบัติการ

12. เทอร์โมมิเตอร์

สารเคมี ประกอบด้วย

1. สำหรับการเก็บตัวอย่าง
 - กระดาษกรองทำด้วยใยแก้ว
 - Silica gel
 - น้ำกลั่น
 - น้ำแข็ง
 - Stopcock grease ต้องไม่ละลายในอาซีโตน
2. สำหรับการเตรียมตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์
 - อาซีโตน
3. สำหรับการวิเคราะห์
 - อาซีโตน
 - สารดูดความชื้น

วิธีการ

1. การเก็บตัวอย่าง (Sampling)

1.1 การเตรียมก่อนทำการตรวจวัด

- เตรียม Silica gel เพื่อหาปริมาณความชื้นของอากาศในปล่อง
- เตรียมกระดาษกรอง โดยการ Desiccate มาแล้วเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง

1.2 การหาค่าเบื้องต้น

- การหาค่าเบื้องต้นดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าในการที่เราจะทำการตรวจวัดสารมลพิษที่ระบายจากปล่อง

โรงงานอุตสาหกรรมเราจะต้องทราบข้อมูลเบื้องต้น คือตำแหน่งและจำนวนจุดเก็บตัวอย่าง (U.S.EPA.

Method 1) ความดัน อุณหภูมิ และความเร็วของอากาศในปล่องตามวิธีและอัตราการไหลของก๊าซในปล่อง

(U.S.EPA.Method 2) น้ำหนักโมเลกุลของอากาศในปล่อง (U.S.EPA.Method 3) และปริมาณความชื้นของอากาศในปล่อง (U.S.EPA.Method 4)

- เลือกขนาดหัวเก็บตัวอย่างที่เหมาะสม เพื่อให้ได้การเก็บตัวอย่างเป็นแบบ Isokinetic
- เลือกชนิดและความยาวของท่อเก็บตัวอย่างให้เหมาะสมกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของปล่องถ้า

ปล่องมีขนาดใหญ่มาก อาจใช้วิธีการวัดจากสองฝั่งตรงข้ามเพื่อลดความยาวของท่อเก็บตัวอย่างลง

- หาระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง ณ ตำแหน่งของจุดเก็บตัวอย่างหนึ่งๆ และปริมาตรของตัวอย่างอากาศที่ดูดเข้ามา

1.3 การเตรียมชุดเก็บตัวอย่าง

- สำหรับการชุดควบแน่นที่ใช้ในการหาปริมาณความชื้นของอากาศในปล่องที่เก็บตัวอย่างพร้อมกับการหาค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองนั้น ก็จะเหมือนกับการหาปริมาณความชื้นของอากาศในปล่อง ตามวิธีของ U.S.EPA.Method 3 คือใส่น้ำกลั่นลงใน Impinger ที่ 1 และ 2 ใส่ Silica gel ลงใน Impinger ที่ 4 ส่วน Impinger ที่ 3 ปลอ่ยวางเอาไว้ และใส่น้ำแข็งบดรอบๆ Impinger ด้วย

- ใส่กระดาษกรองและประกอบลงใน Filter Holder

1.4 การตรวจสอบรอยรั่ว

ก่อนที่จะทำการเก็บตัวอย่างอากาศควรมีการตรวจสอบรอยรั่วของระบบก่อนและทำการตรวจสอบหลังการเก็บตัวอย่าง และเมื่อมีการเปลี่ยนอุปกรณ์ในระหว่างการเก็บตัวอย่าง ในการตรวจสอบรอยรั่วก่อนเก็บตัวอย่างสามารถทำได้โดยปิดจุดที่หัวเก็บตัวอย่างหรือที่ปลายท่อเก็บตัวอย่าง แล้วเปิดปั๊มดูดอากาศ แล้วอ่านค่าที่ Dry gas meter ถ้าปริมาตรอากาศมีค่าน้อยกว่า 0.02 ลบ.ฟุต/นาที่ แสดงว่าใช้ได้ ส่วนการทดสอบรอยรั่วหลังการเก็บตัวอย่างก็ทำวิธีเดียวกัน แต่ใช้ค่าความดันสูงสุดในระหว่างการเก็บตัวอย่าง

1.5 การเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อหาปริมาณฝุ่นละออง

ในการเก็บตัวอย่างอากาศจะต้องเก็บให้ได้ไอโซไคเนติก และต้องรักษาอุณหภูมิของ Filter Holder ด้วย แล้วทำการบันทึกค่าต่างๆ ในแบบฟอร์ม และบันทึกค่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าความแตกต่างของความดัน หลังจากนั้นเริ่มเก็บตัวอย่างโดยสอดหัวเก็บตัวอย่างเข้าไปในปล่องที่จุดเก็บตัวอย่างจุดแรก โดยหันหัวเก็บตัวอย่างเข้าหาลำก๊าซ แล้วปิดช่องข้างๆ ให้มิดชิดเพื่อป้องกันอากาศจากภายนอกปล่องเข้าไปในปล่องได้ และเริ่มเดินปั๊มและปรับอัตราการไหลของตัวอย่างอากาศ ที่เข้าสู่จุดเก็บตัวอย่างด้วยวาล์วปั๊ม ในระหว่างการเก็บตัวอย่างถ้าความดันระหว่างกระดาศกรองมีค่าสูง ควรทำการเปลี่ยนกระดาศกรองใหม่หรือเปลี่ยนทั้งชุดของ Filter Holder เพราะถ้าความดันระหว่างกระดาศกรองมีค่าสูงจะทำให้ยากต่อการเก็บตัวอย่างให้ได้ Isokinetic

เมื่อสิ้นสุดการเก็บตัวอย่างให้ปิดวาล์วปั๊ม ดึงท่อและหัวเก็บตัวอย่างออกจากปล่อง ปิดปั๊มและทดสอบการรั่ว

1.6 คำนวณหาร้อยละของ Isokinetic

2. การเตรียมตัวอย่าง (Sample Recovery)

เมื่อเก็บตัวอย่างเสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการเตรียมตัวอย่างก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ เราจะต้องเช็ดฝุ่นละอองที่เกาะอยู่ภายนอกของท่อและหัวเก็บตัวอย่างปิดจุดที่หัวเก็บตัวอย่าง แล้วถอดท่อเก็บตัวอย่างออกจากชุดเก็บตัวอย่าง แล้วเช็ด Silicone grease ที่ Joint ออกแล้ว

หลังจากนั้นใช้ปากคีบคีบกระดาศกรองไว้ใน Petridish ถ้าจำเป็นต้องพับกระดาศกรองควรทำด้วยความระมัดระวัง ใช้อาซีโตนฉีดล้างฝุ่นละอองที่อยู่ในหัวเก็บตัวอย่าง ท่อเก็บตัวอย่างและส่วนอื่นๆ ที่เป็นทางเดินของฝุ่นละออง โดยล้างจนกระทั่งได้อาซีโตนออกมาใส แล้วล้างอีกครั้งหนึ่งเป็นครั้งสุดท้าย ในการล้างท่อเก็บตัวอย่างสามารถทำได้โดยการเอียงท่อเก็บตัวอย่างแล้วฉีดอาซีโตนให้ไหลลงสู่กรวยที่รองรับอยู่ข้างล่าง จนกระทั่งอาซีโตนที่ไหลออกมาใส

ฝุ่นละอองที่เก็บได้จากการล้างด้วยอาซีโตนให้นำมารวมกันในภาชนะและจดปริมาตรของอาซีโตนที่ใช้ในการล้างทั้งหมด ส่วนชุด Impinger นั้นนำมาล้างหน้าหนักที่เพิ่มขึ้น เพื่อหาปริมาณความชื้นของตัวอย่างอากาศ

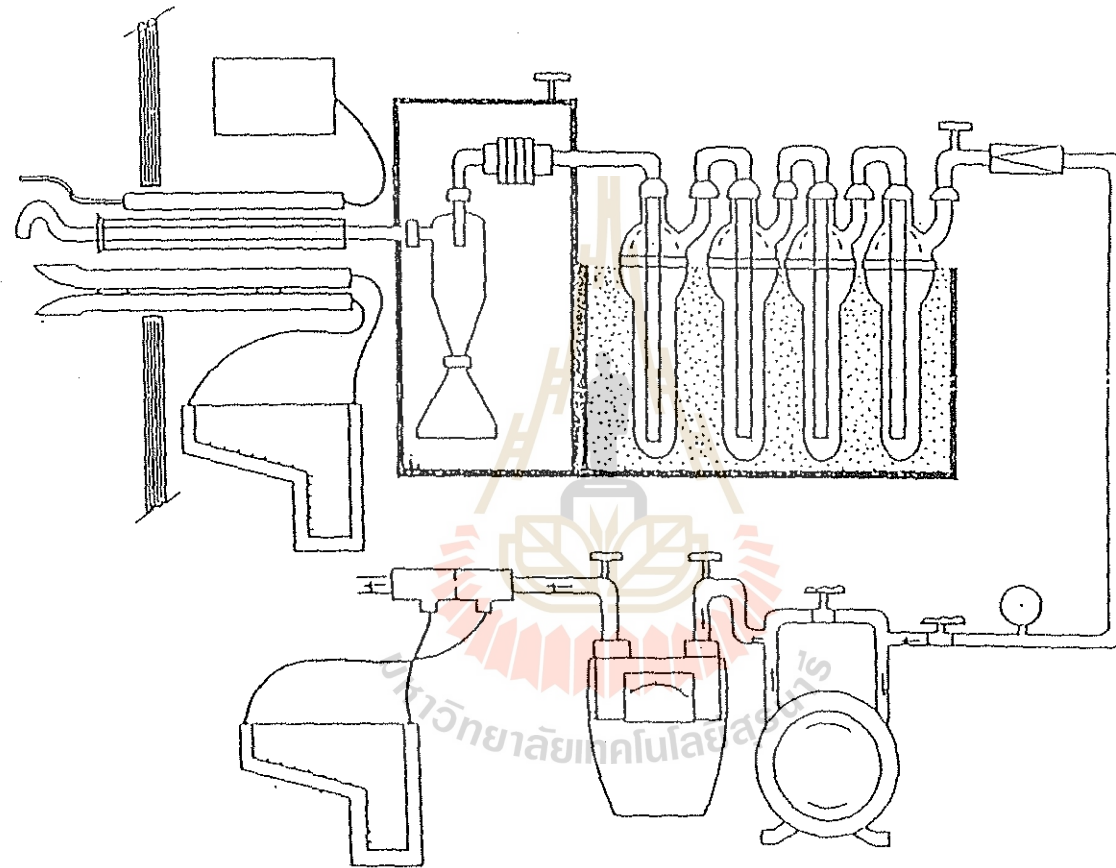
3. การวิเคราะห์ (Analysis)

- นำกระดาษกรองที่วางอยู่บน Petridish ไป Desiccate โดยมีสารดูดความชื้นอยู่ภายในโถดูดความชื้น โดยจะทำการดูดความชื้นเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง แล้วชั่งหาน้ำหนักกระดาษกรองทุก 6 ชั่วโมง หรืออีกวิธีหนึ่ง คือนำกระดาษกรองไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง หลังจากนั้นปล่อยให้เย็นใน Desiccator แล้วจึงชั่งหาน้ำหนัก

น้ำหนักที่ชั่งได้นี้ลบด้วยน้ำหนักกระดาษกรองแห้ง ที่ผ่านการเตรียมตามวิธีที่กล่าวมาข้างต้น จะเป็นน้ำหนักฝุ่นในส่วนที่ 1

- ระเหยอาซีโตนในภาชนะที่อุณหภูมิห้องหรือระเหยอาซีโตนที่อุณหภูมิสูง แล้วนำไป Desiccate ชั่งหาน้ำหนักฝุ่นละอองและภาชนะ น้ำหนักที่ชั่งได้นี้นำไปลบด้วยน้ำหนักของภาชนะและน้ำหนักของ Blank ซึ่งก็คืออาซีโตน ซึ่งได้ผ่านการเตรียมด้วยวิธีเช่นเดียวกับการเตรียมกระดาษกรองดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว จะเป็นน้ำหนักฝุ่นในส่วนที่ 2 ซึ่งผลรวมของน้ำหนักฝุ่นในส่วนที่ 1 และน้ำหนักฝุ่นในส่วนที่ 2 จะเป็นน้ำหนักฝุ่นทั้งหมดที่ได้จากการเก็บตัวอย่างอากาศ





รูปที่ 20 ชุดเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจวัดค่าและองศาในแบบสื่อน้ำมันจากอุตสาหกรรม

4.3.6 U.S.EPA. Method 6 วิธีการตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ภายในปล่องโรงงาน อุตสาหกรรม

หลักการ

การตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ภายในปล่องจะทำโดยการชักตัวอย่างอากาศจากปล่องโรงงานด้วยการสอดท่อดูดตัวอย่างอากาศที่ทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิม และมีระบบให้ความร้อนแก่ท่อดูดตัวอย่างอากาศ เพื่อป้องกันการกลั่นตัวของไอน้ำ แล้วแยกละอองกรดซัลฟริก และก๊าซซัลเฟอร์ไดรอกไซด์ออกจากอากาศตัวอย่างผ่าน Impinger ที่บรรจุด้วยใยแก้ว ซึ่งจะมีหน้าที่ในการกรองฝุ่นหรือละอองกรด และเติม 15 มิลลิลิตร ของ 80% Isopropyl alcohol ที่ได้จากการเตรียมในห้องปฏิบัติการลงไป ใน Midget bubbler เพื่อแยกก๊าซซัลเฟอร์ไดรอกไซด์ แล้วจึงดูดซึ่มก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วย 3 % Hydrogen peroxide ที่ได้จากการเจือจางแล้วในห้องปฏิบัติการลงใน Midget Impinger 2 อันถัดไป โดยเติมลงไป 15 มิลลิลิตร ส่วน Impinger อันสุดท้ายปล่อยให้ว่างไว้

วิธีการเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างอากาศจะเริ่มต้นโดยการจดบันทึกค่าเริ่มต้นของ Dry gas meter และความกดอากาศเริ่มเก็บตัวอย่าง โดยใส่ท่อดูดอากาศ โดยใส่ท่อดูดอากาศเข้าไปในปล่อง ให้ปลายท่อดูดอากาศอยู่ตำแหน่งที่ต้องการเก็บตัวอย่าง ต่อท่อดูดอากาศเข้ากับระบบของ Impinger เริ่มเปิดปั๊มเก็บตัวอย่างอากาศในอัตราประมาณ 1.0 ลิตร/นาที เติมน้ำแข็งลงไปรอบๆ Impingers ระหว่างการเก็บตัวอย่าง เพื่อควบคุมอุณหภูมิของอากาศตัวอย่างที่ออกจาก Impingers ตัวสุดท้ายให้น้อยกว่า 20 องศาเซลเซียส แล้วบันทึกค่าอุณหภูมิของอากาศตัวอย่างที่ Dry gas meter หลังจากการเก็บตัวอย่างอากาศ ปิดปั๊ม แล้วเอาท่อดูดอากาศออกจากปล่องและบันทึกค่าสุดท้ายของ Dry gas meter จากนั้นทำการทดสอบรอยรั่วอีกครั้ง แล้วเปิดปั๊มให้อากาศบริสุทธิ์ผ่านเข้าระบบ

หลังจากนั้นหาตัวอย่างของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ถูกเก็บไว้ในสารละลาย 3 % Hydrogen peroxide ใน Impinger ทั้ง 2 อัน ลงในขวดเก็บตัวอย่างชนิดโพลีเอทิลีน แล้วล้าง Impinger ด้วยน้ำกลั่น แล้วเทลงขวดเก็บตัวอย่าง เสร็จแล้วนำไปวิเคราะห์ต่อในห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์ตัวอย่าง

การวิเคราะห์ตัวอย่างเป็นการวิเคราะห์ด้วยวิธีการ Titration ซึ่งทำได้โดยการนำตัวอย่างที่ได้จากการเก็บตัวอย่างมา แล้วเจือจางสารละลายตัวอย่างด้วยน้ำกลั่น แล้วเปิดมา 10 มล. ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ เติมน้ำ 100% Isopropyl alcohol 40 มล. แล้วเติมสารละลาย Thorin indicator ลงไป 2-4 หยด แล้วไตเตรตสารละลายตัวอย่างด้วย 0.01 N แบเรียมเปอร์คลอเรต จนได้จุดยุติสีชมพู ทำซ้ำเพื่อหาค่าเฉลี่ย วิธีวิเคราะห์วิธีนี้จึง เรียกว่า Barium thorin titration เนื่องจากเป็นการไตเตรตด้วยแบเรียมเปอร์คลอเรต

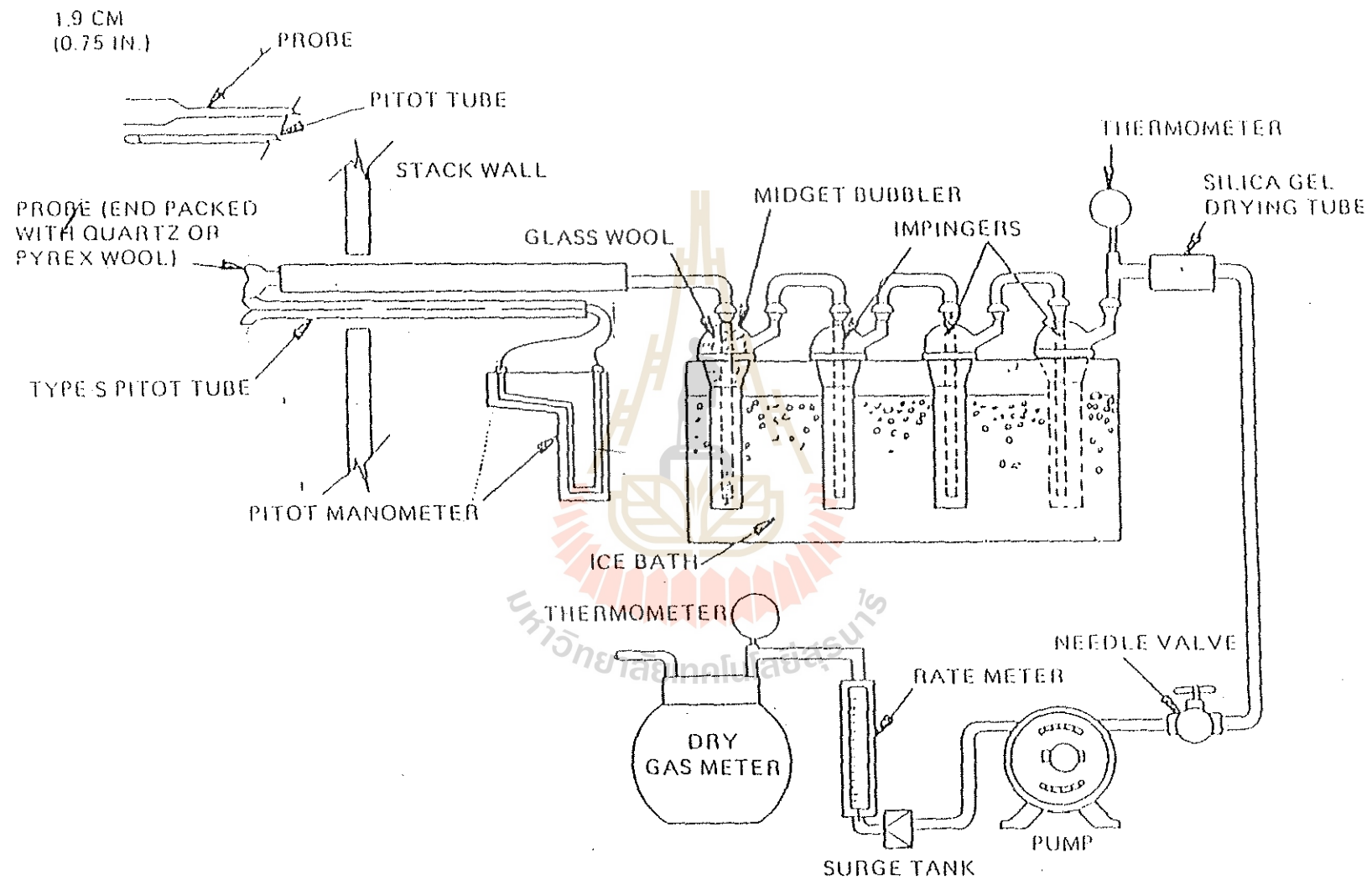
การรายงานผล

ตัวอย่างแบบฟอร์มสำหรับใช้บันทึกข้อมูลการตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ภายในปล่องโรงงาน

อุตสาหกรรม การรายงานผลการตรวจวัด จะประกอบด้วยรายละเอียดดังต่อไปนี้

- (1) รายละเอียดเกี่ยวกับโรงงานและกระบวนการผลิต
- (2) สภาพการทำงานของโรงงาน และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างที่ทำหาลำรวจ
- (3) ตำแหน่งของท่อหรือปล่องที่ทำการเก็บตัวอย่าง
- (4) จุดที่เก็บตัวอย่างภายในท่อหรือปล่อง
- (5) วันและเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่าง
- (6) รายละเอียดอื่นๆ ในการเก็บตัวอย่างที่ไม่มีระบุไว้ในวิธีมาตรฐานนี้
- (7) ผลการตรวจวัด





รูปที่ 21 ชุดเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ภายในปล่องโรงงานอุตสาหกรรม

4.3.7 U.S.EPA. Method 7 วิธีการตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ภายในปล่อง โรงงานอุตสาหกรรม

หลักการ

การตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ภายในปล่องเป็นการเก็บตัวอย่างอากาศจากปล่องโรงงาน โดยชักตัวอย่างอากาศเข้าไปไว้ในภาชนะแก้ว ซึ่งภายในจะอยู่ในภาวะสูญญากาศและบรรจุสารละลายดูดซึมเจือจางของกรดซัลฟูริก-ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ที่ได้จากการเตรียมในห้องปฏิบัติการ ซึ่งสารละลายดูดซึมที่เตรียมนั้นควรใช้ภายใน 1 สัปดาห์ และไม่ควรให้ได้รับความร้อนหรือแสงอาทิตย์โดยตรง จากนั้นวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ยกเว้น ก๊าซไนตรัสออกไซด์ ด้วยวิธีการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร โดยทำปฏิกิริยากับกรดฟีนอลไดซัลฟอนิก

วิธีการเก็บตัวอย่าง

ดูดสารละลายดูดซึม จำนวน 25 ลบ.ซม. ใส่ในขวดเก็บตัวอย่าง (Collection flask) ซึ่งเป็นขวดบอโรซิลิเกต กันกลมที่มีคอขวดสั้น ขนาดความจุ 2 ลิตร ต่อลิ้นขวดเก็บตัวอย่างเข้ากับขวดเก็บตัวอย่าง โดยลิ้นอยู่ในตำแหน่งเป่าไล่ อากาศ แล้วทำการประกอบชุดเก็บตัวอย่าง โดยให้ปลายท่อดูดตัวอย่างอากาศอยู่ในตำแหน่งที่ต้องการเก็บตัวอย่าง ซึ่งตำแหน่งเก็บตัวอย่างควรอยู่ในตำแหน่งที่กระแสก๊าซมีการไหลสม่ำเสมอและมีการผสมผสานอย่างทั่วถึง ปิดลิ้นขวดเก็บตัวอย่างและลิ้นเครื่องสูบลมอากาศไปที่ตำแหน่งดูดอากาศ เปิดเครื่องสูบลมอากาศดูดอากาศออกจากขวดเก็บตัวอย่าง จนภายในมีภาวะเป็นสูญญากาศ แล้ววัดค่าความดันอากาศให้มีค่าเท่ากับหรือต่ำกว่า 75 มม.ปรอท ปิดเครื่องสูบลมอากาศไปที่ตำแหน่งระบายอากาศ (Vent) แล้วเปิดเครื่องสูบลมอากาศ ตรวจสอบรอยรั่วโดยการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของความดันภายในขวดเก็บตัวอย่าง ถ้าภายใน 1 นาที ความดันลดลงเกิน 10 มม.ปรอท แสดงว่าเกิดรอยรั่วขึ้นจะต้องทำการแก้ไขจนไม่มีการรั่ว บันทึกปริมาตรของขวดเก็บตัวอย่างและลิ้นขวดเก็บตัวอย่าง อุณหภูมิของขวดเก็บตัวอย่าง และความดันบรรยากาศ ปิดลิ้นขวดเก็บตัวอย่างและลิ้นเครื่องสูบลมอากาศ ทวนเข็มนาฬิกาไปยังตำแหน่งเป่าไล่อากาศไล่อากาศในท่อดูดอากาศและท่อสูญญากาศโดยใช้ลูกยางบีบ จากนั้นปิดลิ้นเครื่องสูบลมอากาศไปยังตำแหน่งระบายอากาศ แล้วปิดลิ้นขวดเก็บตัวอย่างตามเข็มนาฬิกาไปยังตำแหน่งดูดอากาศ และบันทึกความแตกต่างของระดับปรอทในมานิเมตร ความดันภายในสัณฐานในขวดเก็บตัวอย่าง (P_1) เท่ากับความดันบรรยากาศ ลบด้วยค่าที่อ่านได้จากมานิเมตร ปิดลิ้นขวดเก็บตัวอย่างไปยังตำแหน่งดูดเก็บตัวอย่าง (Sample) โดยทันทีและให้ก๊าซเข้าไปในขวดเก็บตัวอย่างจนกระทั่งความดันในขวดเก็บตัวอย่างในปล่องเท่ากันเป็นเวลาประมาณ 15 นาที หลังจากเก็บตัวอย่างเรียบร้อยแล้ว ปิดลิ้นขวดเก็บตัวอย่างไปยังตำแหน่งเป่าไล่อากาศ แล้วถอดลิ้นขวดเก็บตัวอย่างออกจากชุดเก็บตัวอย่าง เชย้าขวดเก็บตัวอย่างเป็นเวลาอย่างน้อย 5 นาที

เก็บขวดเก็บตัวอย่างไว้เป็นเวลาอย่างน้อย 16 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาขึ้นอย่างสมบูรณ์ และไนโตรเจนออกไซด์เปลี่ยนเป็นไนโตรเจนไดออกไซด์ หลังจากนั้นเชย้าสารในขวดเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 2 นาที แล้วทำการวัดอุณหภูมิ ความดันบรรยากาศและความแตกต่างของระดับปรอทในมานิเมตร แล้วถ่ายสารในขวดเก็บตัวอย่างลงในขวดบรรจุตัวอย่างแล้วปรับ pH ให้อยู่ระหว่าง 9-12

การวิเคราะห์

วิธีการวิเคราะห์ในโตรเจนไดออกไซด์ เราจะนำสารที่อยู่ในขวดบรรจุตัวอย่างที่ได้ทำการปรับปริมาตรให้ได้ 50 ลบ.ซม. ในขวดวัดปริมาตรแล้ว นำมาทำปฏิกิริยากับสารละลายกรดฟีนอลไดซัลฟอนิกในจานระเหย แล้วระเหยบนเครื่องอังไอน้ำ เติมน้ำกลั่นดีไอออนไนซ์ แล้วปรับให้เป็นต่างด้วยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นที่ละหยด จนกระทั่งถึงระดับความเป็นกรด-เบส 10

ถ้าตัวอย่างมีของแข็งอยู่ด้วยต้องแยกออกโดยการกรอง ผ่านกระดาษกรองลงในขวดวัดปริมาตร แล้วล้างจานระเหยด้วยเติมน้ำกลั่นดีไอออนไนซ์ 3 ครั้งๆ ละ 5 ลบ.ซม. แล้วเจือจางให้ได้ปริมาตร 100 ลบ.ซม. ด้วยน้ำกลั่นดีไอออนไนซ์

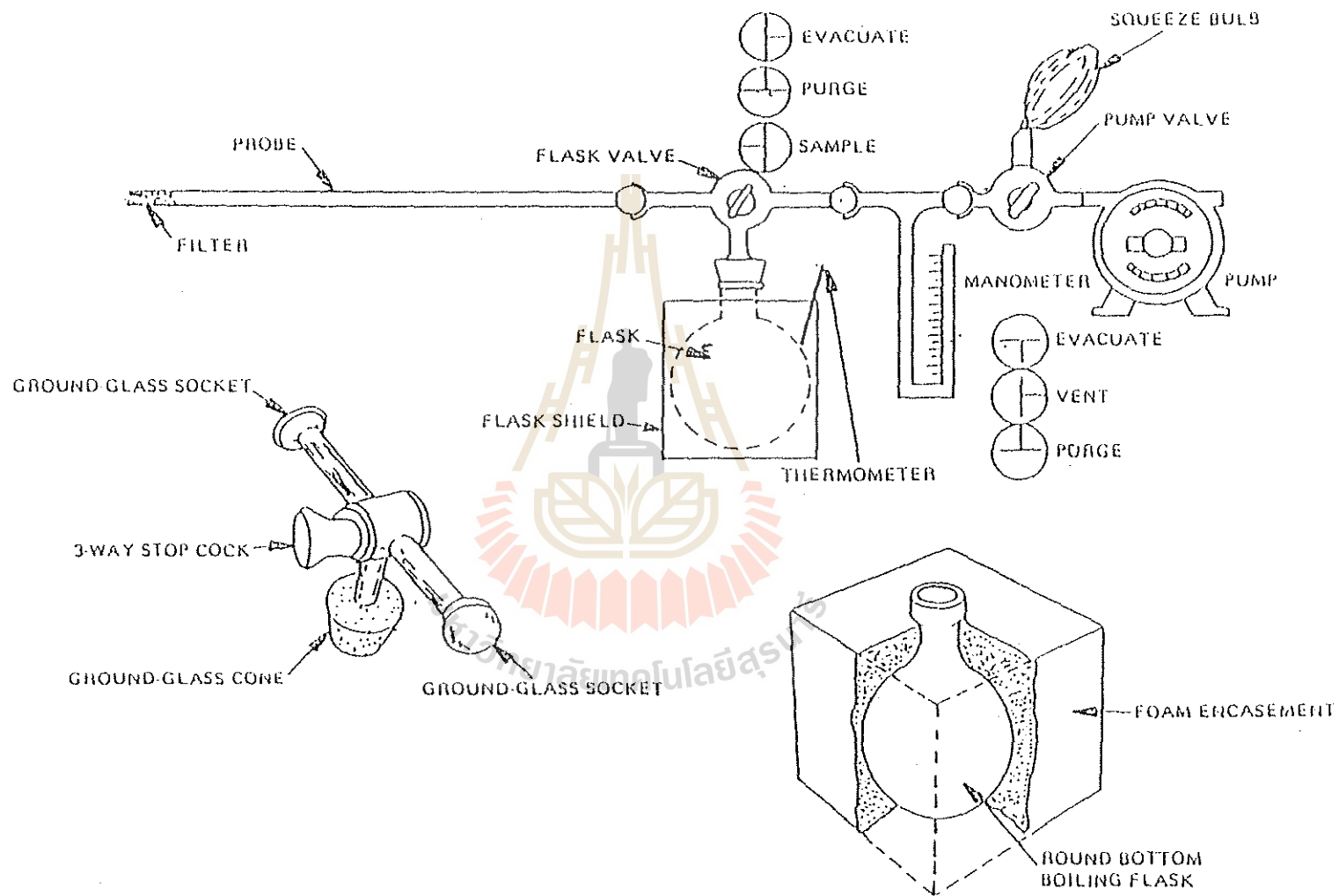
ถ้าไม่มีของแข็งอยู่สามารถเทสารละลายข้างต้นลงขวดวัดปริมาตร 100 ลบ.ซม. ได้โดยตรง . แล้วเจือจางให้ได้ปริมาตรด้วยน้ำกลั่นดีไอออนไนซ์ ผสมสารในขวดวัดปริมาตรดังกล่าวให้ทั่ว แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ โดยใช้สารละลายแบบลงค์(Blank solution) เป็นตัวปรับศูนย์ ให้เจือจางตัวอย่างและสารละลายแบบลงค์ด้วยน้ำกลั่นดีไอออนไนซ์จำนวนเท่ากัน

การรายงานผล

ตัวอย่างแบบฟอร์มสำหรับใช้บันทึกข้อมูลตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ภายในปล่องโรงงาน

อุตสาหกรรม การรายงานผลการตรวจวัดต้องประกอบด้วยรายละเอียดดังต่อไปนี้

- (1) รายละเอียดเกี่ยวกับโรงงานและกระบวนการผลิต
- (2) สภาพการทำงานของโรงงานและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ในระหว่างที่ทำการสำรวจ
- (3) ตำแหน่งของท่อหรือปล่องที่ทำการเก็บตัวอย่าง
- (4) วันและเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่าง
- (5) รายละเอียดอื่นๆ ในการเก็บตัวอย่างที่ไม่มีระบุในวิธีมาตรฐานนี้
- (6) ผลการตรวจวัด



รูปที่ 22 ชุดเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ภายในแปรงสีฟันอุตสาหกรรม

4.3.8 U.S.EPA. Method 8 วิธีการตรวจวัดไอกรดซัลฟริกและก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ภายในปล่องโรงงานอุตสาหกรรม

หลักการ

การตรวจวัดไอกรดซัลฟริกและก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ภายในปล่อง เราจะทำการตรวจวัดตัวอย่างแบบ Isokinetic และทำการวิเคราะห์โดยวิธี barium-thorin titration โดยวิเคราะห์หาปริมาณของละอองกรดซัลฟริกและก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์แยกกัน

สารบวกรวบรวมของวิธีนี้ คือ ฟลูออไรด์ แอมโมเนียอิสระ และ ไดมethylอะซิโตน ถ้ามีสารดังกล่าวเกิดขึ้น ซึ่งเราสามารถทราบได้จากกระบวนการผลิต ควรเลือกใช้วิธีอื่น

เราสามารถทำการตรวจวัดฝุ่นละอองพร้อมกับการตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยแทรก Heating glass fiber filter ระหว่างท่อดูดอากาศ และ Isopropanol impinger ซึ่งวิธีนี้วิเคราะห์ฝุ่นละอองด้วยการหาน้ำหนักฝุ่นบนกระดาษกรองเท่านั้น โดยไม่สามารถตรวจวัดไอกรดซัลฟริกได้

วิธีการ

การเก็บตัวอย่างในขั้นตอนของการเตรียมก่อนดำเนินการ การหาค่าเบื้องต้นก่อนเก็บตัวอย่าง การตรวจสอบรอยรั่วของชุดเก็บตัวอย่างก่อนและหลังการเก็บตัวอย่าง และการเก็บตัวอย่าง จะเหมือนกับวิธีการเก็บตัวอย่างเพื่อวัดปริมาณฝุ่นละอองภายในปล่องโรงงานอุตสาหกรรม (U.S.EPA.Method 5) แต่จะมีความแตกต่างกันตรงการเตรียมชุดเก็บตัวอย่าง ซึ่งวิธีการตรวจวัดฝุ่น Impinger ที่ 1 และ 2 จะใส่น้ำกลั่นลงไป Impinger ละ 100 มิลลิลิตร แล้วใส่ Silica gel ใน Impinger ที่ 4 ส่วน Impinger ที่ 3 ปล่อยให้ว่างเอาไว้

ส่วนการตรวจวัดไอกรดซัลฟริกและก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ชุดเก็บตัวอย่าง Impinger ที่ 1 เติม 80% Isopropanol 100 มิลลิลิตร ลงไป และ 100 มิลลิลิตร ของ 3% Hydrogen Peroxide ลงใน Impinger ที่ 2 และ 3 ส่วน Impinger ที่ 4 เติม 200 กรัม ของ Silica gel

นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการต่อไป ซึ่งในการวิเคราะห์เราจะวิเคราะห์แยกกัน ดังนั้น ก่อนการวิเคราะห์จะต้องทำการแยกตัวอย่างก่อน ถ้ามีการทำการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น จะทำได้ดังนี้

ตัวอย่างแรก เราจะชั่งน้ำหนัก Impinger ตัวแรกพร้อมกับสารที่บรรจุอยู่ คือ 80% Isopropanol ให้ใกล้เคียง 0.5 กรัม และบันทึกน้ำหนัก แล้วถ่ายสารที่บรรจุอยู่ใน Impinger แรก ลงในกระบอกตวง แล้วล้าง Impinger ด้วย 80% Isopropanol ใส่กระดาษกรองลงในกระบอกตวง ผสมให้เข้ากันแล้วถ่ายลงในภาชนะเก็บกัก เพื่อป้องกันการระเหยของสารละลาย ทำเครื่องหมายระดับของของเหลวและติดฉลากบอกรายละเอียด

ตัวอย่างที่สอง ทำเหมือนตัวอย่างแรก แต่สารที่เทลงกระบอกตวง คือสารที่บรรจุอยู่ใน Impinger ที่ 2 และ 3 โดยต้องทำการชั่งน้ำหนักและล้างซิลิกาเจลด้วยน้ำกลั่นดีไอออนไนซ์ เช่นเดียวกับสารละลายที่อยู่ในกระบอกตวง

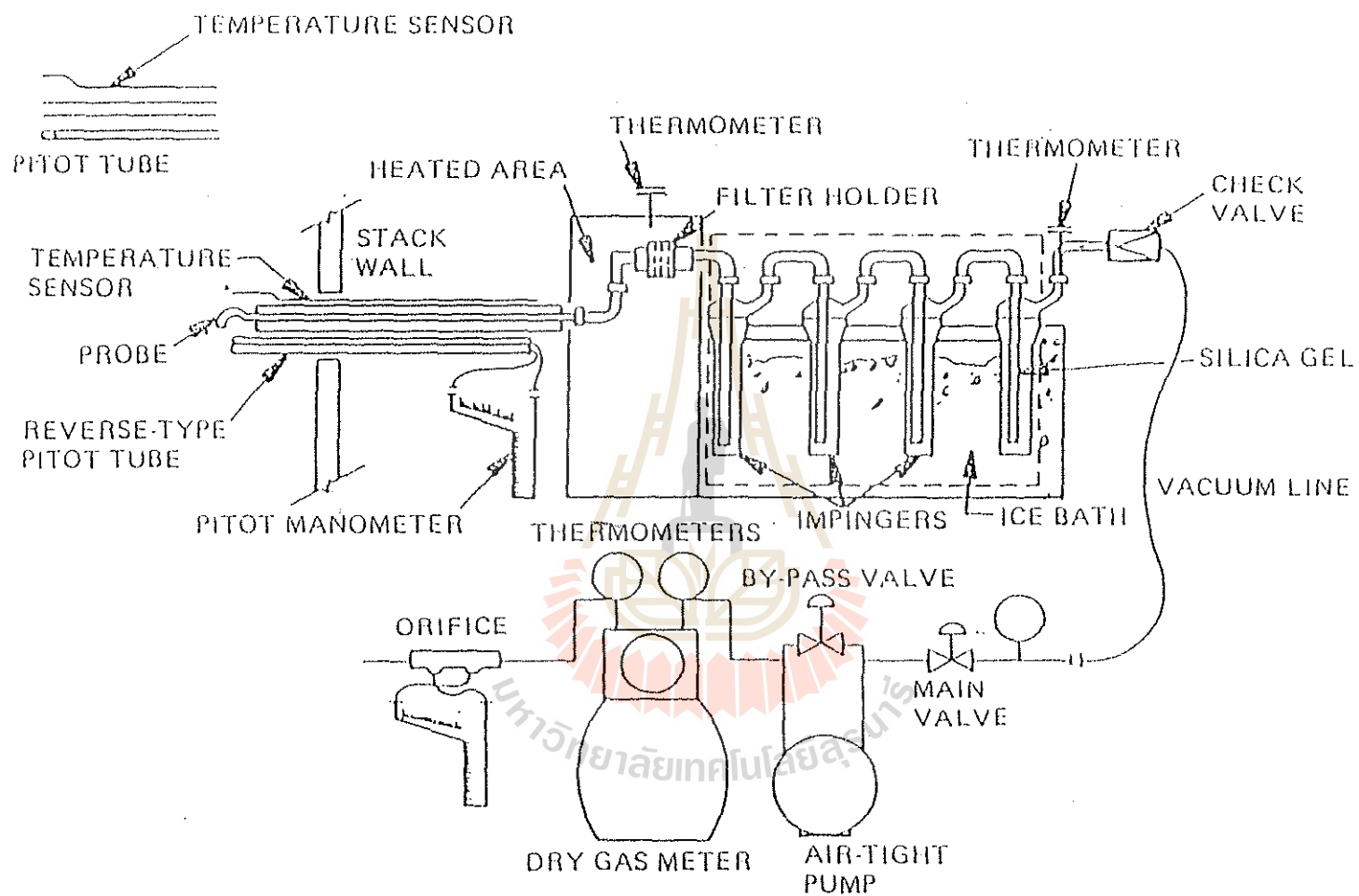
การวิเคราะห์

ตัวอย่างแรก จะทำการเขย่าภาชนะที่บรรจุสารละลาย Isopropanol และ filter แล้วทิ้งให้ตกตะกอนเป็นเวลา 2-3 นาที ปิเปตมา 100 มล. ลงในขวดรูปชมพู่ แล้วเติม Thorin indicator 2-4 หยด ไตเตรตกับ 0.0100 N แบเรียมเปอร์คลอเรต ให้ได้จุดยุติสีชมพู

ตัวอย่างที่สอง จะบีบเปิดสารละลายมา 10 มล. ลงในขวดรูปชมพู่ แล้วเติม Isopropanol 40 มล. แล้วเติม Thorin indicator 2-4 หยด ไตเตรตกับ 0.0100 N แบเรียมเปอร์คลอเรต ให้ได้จุดยุติสีชมพู

เตรียม Blank โดยเติม Thorin indicator 2-4 หยดลงใน 80% Isopropanol 100 มล. ทำการไตเตรตสารละลาย blank ในวิธีเดียวกันกับตัวอย่าง





รูปที่ 23 ชุดเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจวัดไอกรดซัลฟูริก และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ภายในเบสของโรงงานอุตสาหกรรม

บทที่ 5 กรณีศึกษา

รายงานการตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อม บริษัท พัฒนาสิ่งแวดล้อมไทย จำกัด (มหาชน) วันที่ 9-13 กันยายน 2545

1. บทนำ

บริษัท พัฒนาสิ่งแวดล้อมไทย จำกัด (มหาชน) ตั้งอยู่เลขที่ 12/2 หมู่ 3 ถนนเจริญกรุง แขวงบางรัก เขตบางขุนเทียน จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10200 ได้มอบหมายให้หน่วยงานทางด้านสิ่งแวดล้อมให้เป็นผู้ดำเนินการตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อม ซึ่งประกอบด้วยการตรวจวัดคุณภาพอากาศในสถานประกอบการ ในบรรยากาศโดยทั่วไป และตรวจวัดปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน พร้อมทั้งได้นำเสนอผลการตรวจวัดเปรียบเทียบกับมาตรฐาน

1.1 ความเป็นมาของการจัดทำรายงาน

บริษัท พัฒนาสิ่งแวดล้อมไทย จำกัด (มหาชน) เป็นบริษัทที่ดำเนินการเกี่ยวกับการผลิตสารเคมี โดยในขั้นตอนการดำเนินงานทั้งหมดก่อให้เกิดมลสารต่างๆ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของผู้ปฏิบัติงาน และประชาชนในบริเวณใกล้เคียง บริษัท พัฒนาสิ่งแวดล้อมไทย จำกัด (มหาชน) ได้ตระหนักถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจึงได้กำหนดให้มีการตรวจวัดคุณภาพอากาศในสถานประกอบการ ในบรรยากาศโดยทั่วไป และตรวจวัดปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงานจำนวน 2 ปล่อง เพื่อเป็นการควบคุม ป้องกัน และลดผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ราชการกำหนดและไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ รวมทั้งเพื่อการตรวจวัดตามข้อกำหนดของการจัดทำรายงานการติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามแนวทางของ ISO 14001 ด้วย

1.2 แผนการดำเนินงาน

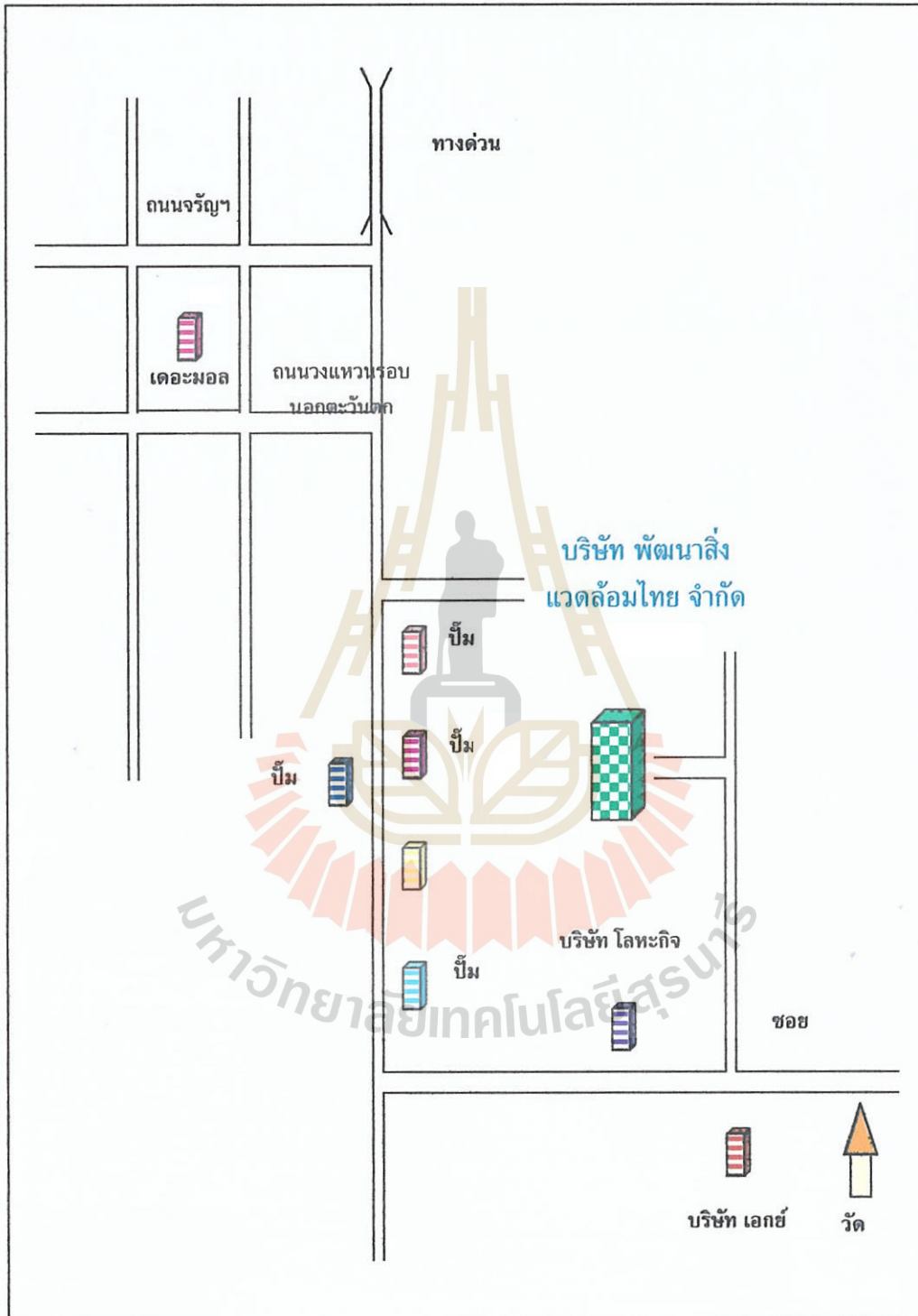
ทางหน่วยงานได้ทำการเก็บตัวอย่างคุณภาพอากาศในสถานประกอบการและในบรรยากาศโดยทั่วไปเมื่อวันที่ 9-12 กันยายน 2545 และตรวจวัดปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงานจำนวน 2 ปล่อง เมื่อวันที่ 11-13 กันยายน 2545 จากนั้นนำตัวอย่างไปทำการตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ และนำผลการตรวจวิเคราะห์ที่ได้ไปประเมินผลเพื่อจัดทำรายงาน โดยตลอดการดำเนินงานได้มีการควบคุมคุณภาพทั้งการเก็บตัวอย่างในภาคสนาม การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ และการจัดทำรายงานดังรายละเอียดในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 แผนการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศโรงงานผลิตสารเคมี

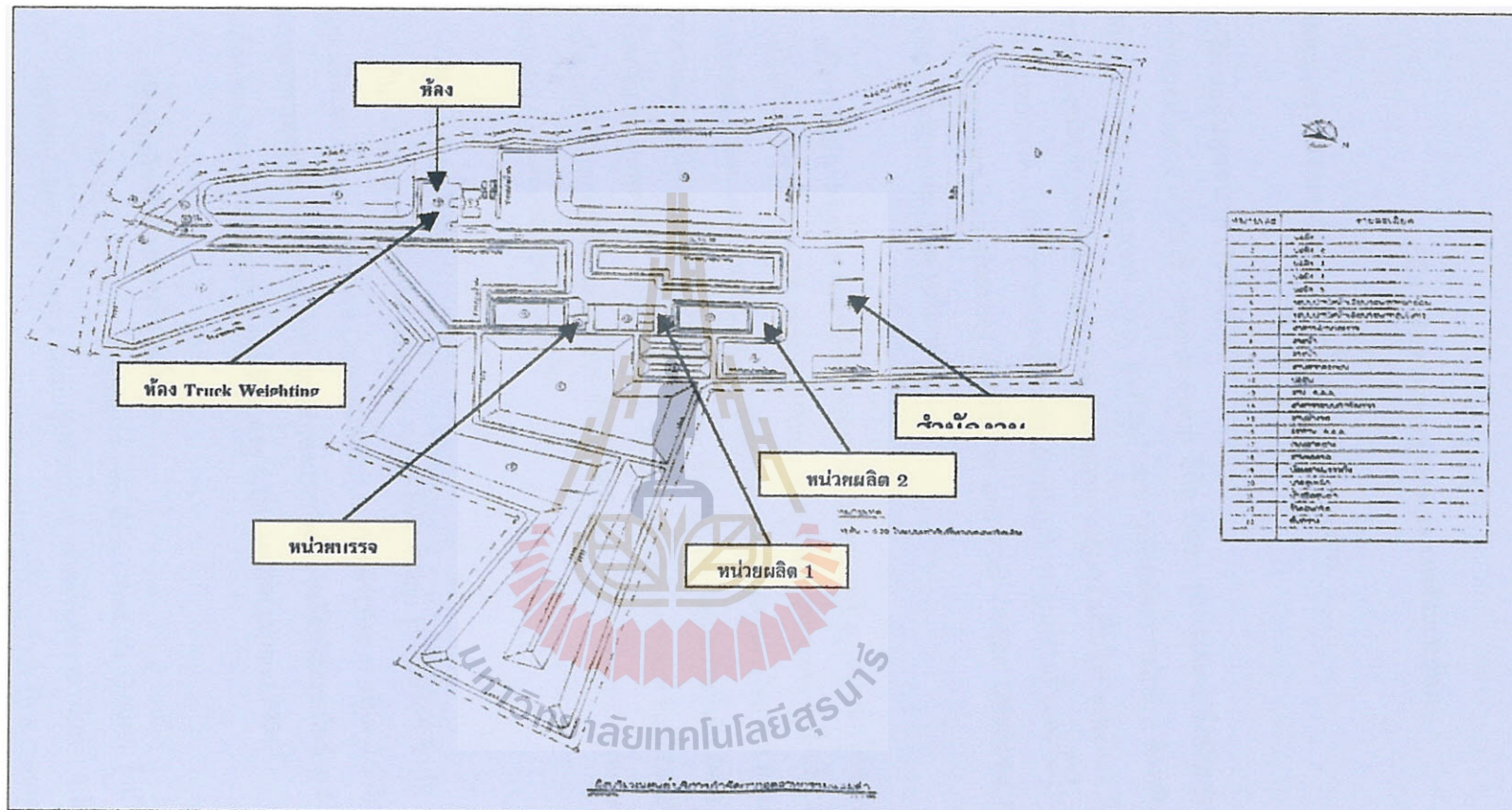
แผนการดำเนินงาน	จุดติดตามตรวจสอบ	ดัชนีที่ติดตามตรวจสอบ	ระยะเวลาดำเนินงาน
1. การเก็บตัวอย่างคุณภาพ อากาศในสถานประกอบการ	1. หน่วยผลิตสารเคมี 2. หน่วยบรรจุและเก็บสำรอง	1. ปริมาณฝุ่นทุกขนาด (Total Dust) 2. ปริมาณฝุ่นที่สามารถเข้าถึงและ สะสมในถุงลมปอดได้ 3. ปริมาณสารแอมโมเนีย 4. ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ 5. ปริมาณไซยาไนด์ 1. ปริมาณฝุ่นทุกขนาด (Total Dust) 2. ปริมาณฝุ่นที่สามารถเข้าถึงและสะสมในถุงลมปอดได้ (Respirable Dust)	9 –12 กันยายน 2545
2. คุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป	1. ทิศเหนือของโรงงานผลิต สารเคมี 2. ทิศตะวันออกของโรงงานผลิต สารเคมี 3. ทิศตะวันตกของโรงงานผลิต สารเคมี 4. ทิศใต้ของโรงงานผลิต สารเคมี	1. ปริมาณฝุ่นละอองรวม (TSP) 2. ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM-10) 3. ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂) 4. ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO ₂) 5. ปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนรวม (THC) 6. ปริมาณสารแอมโมเนีย 7. ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon Monoxide; CO)	9-12 กันยายน 2545

แผนการดำเนินงาน	จุดติดตามตรวจสอบ	ดัชนีที่ติดตามตรวจสอบ	ระยะเวลาดำเนินงาน
3. คุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องโรงงาน	1. ปล่องระบายจากหน่วยผลิตสารเคมี หน่วยที่ 1 2. ปล่องระบายจากหน่วยผลิตสารเคมีหน่วยที่ 2	1. ปริมาณฝุ่นละออง (Particulate) 2. ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulphur Dioxide; SO ₂) 3. ปริมาณก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนในรูปไนโตรเจนไดออกไซด์ (Oxides of Nitrogen as Nitrogen Dioxide; NO _x as NO ₂) 4. ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon Monoxide; CO) 5. ปริมาณสารแอมโมเนีย 6. ปริมาณไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (HF)	11-13 กันยายน 2545

1.3 แผนผัง



รูปที่ 14 แผนผังที่ตั้งของบริษัทพัฒนาสิ่งแวดล้อมไทย จำกัด (มหาชน)



รูปที่ 25 จุดติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศ

บทที่ 2

วิธีการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม

2.1 การติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศในสถานประกอบการ

ปริมาณฝุ่นทุกขนาด (Total Dust)

เก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้ Personal Pump ยี่ห้อ Gillian รุ่น GilAir-5 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของประเทศสหรัฐอเมริกา ผลิตโดย Gillian Instrument Corp. สูบตัวอย่างอากาศด้วยอัตราการไหล 2 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ผ่านกระดาศกรองชนิด Polyvinyl Chloride Filter ซึ่งผ่านการควบคุมความชื้นใน Desiccator เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักก่อนการตรวจวัด นำกระดาศกรองที่เก็บตัวอย่างฝุ่นมาควบคุมความชื้นและชั่งน้ำหนักปริมาณฝุ่นละอองอีกครั้งหนึ่ง เพื่อดำเนินการหาปริมาณฝุ่นละออง ด้วยวิธี Pre and Post Weight Difference ตามวิธีมาตรฐาน NIOSH Method 0500 (Gravimetric Low Volume)

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กที่สามารถเข้าถึงและสะสมในถุงลมปอดได้ (Respirable Dust)

เก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้ Personal Pump ยี่ห้อ Gillian รุ่น GilAir-5 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของประเทศสหรัฐอเมริกา ผลิตโดย Gillian Instrument Corp. สูบตัวอย่างอากาศด้วยอัตราการไหล 1.7 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ผ่านกระดาศกรองชนิด Polyvinyl Chloride Filter ซึ่งผ่านการควบคุมความชื้นใน Dessicator เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักก่อนการตรวจวัด นำกระดาศกรองที่เก็บตัวอย่างฝุ่นมาควบคุมความชื้นและชั่งน้ำหนักปริมาณฝุ่นละอองอีกครั้งหนึ่ง เพื่อดำเนินการหาปริมาณฝุ่นละออง ด้วยวิธี Pre and Post Weight Difference ตามวิธีมาตรฐาน NIOSH Method 0600 (Gravimetric Low Volume)

ปริมาณไฮยาไนต์

เก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้ Personal Pump ยี่ห้อ Gillian รุ่น GilAir-5 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของประเทศสหรัฐอเมริกา ผลิตโดย Gillian Instrument Corp. สูบตัวอย่างอากาศด้วยอัตราการไหล 0.5 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ผ่านกระดาศกรองชนิด PVC Filter นำกระดาศกรองมาสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และวิเคราะห์หาปริมาณไฮยาไนต์ โดยเครื่อง Ion Selective Electrode ตามวิธีมาตรฐานของ NIOSH Method 7904

ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

เก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้ Personal Pump ยี่ห้อ Gillian รุ่น GilAir-5 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของประเทศสหรัฐอเมริกา ผลิตโดย Gillian Instrument Corp. สูบตัวอย่างอากาศด้วยอัตราการไหล 1.5 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ผ่าน Impinger ที่บรรจุสารละลาย Absorbing Reagent of STR-ACTAN 10 & Cadmium Sulphate Mix นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยวิธีวัดการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 670 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer ตามวิธีมาตรฐานของ APHA Method Number 701 (Methylene Blue Method)

ปริมาณแอมโมเนีย (NH_3)

เก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้ Diaphragm Pump สูบตัวอย่างอากาศด้วยอัตราการไหล 1.0 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ผ่าน Impinger ที่บรรจุสารละลาย Absorbing Reagent ของกรดซัลฟูริกเจือจางเพื่อให้เกิดแอมโมเนียมซัลเฟต ตัวอย่างที่เก็บเสร็จแล้วจะแช่น้ำแข็ง เพื่อรักษาสภาพของตัวอย่างก่อนนำส่งไปวิเคราะห์ นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าปริมาณสารแอมโมเนีย ด้วยเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer ตามวิธีมาตรฐานของ APHA Method 401 (Indophenol Method)

2.2 การติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป

ปริมาณฝุ่นละอองรวม (Total Suspended Particulate, TSP)

การเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองจะใช้วิธี Gravimetric High Volume โดยการเตรียมกระดาษกรองชนิด Glass Fiber Filter ขนาด 8 x 10 นิ้ว ที่ผ่านการควบคุมความชื้นไว้ระหว่าง 30-50 % R.H. เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักพร้อมบันทึกค่าทันที นำไปติดตั้งกับเครื่อง High Volume Air Sampler ที่สูบตัวอย่างอากาศด้วยอัตรา 40-60 ลูกบาศก์ฟุต/นาทีก่อนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำกระดาษกรองดังกล่าวไปควบคุมความชื้นไว้ระหว่าง 30-50 % R.H. เป็นเวลา 24 ชั่วโมง อีกครั้งหนึ่งแล้วชั่งน้ำหนักพร้อมบันทึกค่าทันที ตามหลักการ Pre and Post Weight Difference นำน้ำหนักฝุ่นละอองได้จากผลต่างของน้ำหนักกระดาษกรองก่อนและหลังเก็บตัวอย่าง นำปริมาณฝุ่นละอองที่ได้ไปคำนวณกับปริมาตรอากาศที่สภาวะมาตรฐาน (25 องศาเซลเซียส 760 มิลลิเมตรปรอท)

เนื่องจากเครื่อง High Volume Air Sampler ต้องสูบตัวอย่างอากาศด้วยอัตรา 40-60 ลูกบาศก์ฟุต/นาทีก จึงจำเป็นต้องมีการปรับความเที่ยงตรงของเครื่อง (Calibration) ก่อนการเก็บตัวอย่างด้วย Standard Orifice เพื่อเป็นการควบคุมความถูกต้องของการตรวจวัด (Quality Control) พร้อมกับบันทึกอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ ณ จุดเก็บตัวอย่าง เพื่อการปรับปริมาตรอากาศให้เป็นปริมาตรที่สภาวะมาตรฐาน

การเก็บตัวอย่างจะใช้เครื่อง High Volume Air Sampler ยี่ห้อ Ecotech รุ่น 2000 หรือ 2545 ผลิตโดย Ecotech Pty. ประเทศออสเตรเลีย หรือยี่ห้อ Graseby Andersen (GMW) รุ่น 2000H ติดตั้งในที่โล่ง โดยให้ช่องเก็บตัวอย่างอยู่สูงจากพื้นดินระหว่าง 1.5 ถึง 6 เมตร

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM-10)

การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กใช้วิธี Gravimetric High Volume กระทำเช่นเดียวกันกับการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง TSP โดยการเตรียมกระดาษกรองชนิด Glass Fiber Filter ขนาด 8 x 10 นิ้ว ที่ผ่านการควบคุมความชื้นไว้ระหว่าง 30-50 % R.H. เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักพร้อมบันทึกค่าทันที นำไปติดตั้งกับเครื่อง High Volume Air Sampler ที่สูบตัวอย่างอากาศด้วยอัตรา 1.13 ลูกบาศก์เมตร/นาทีก่อนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำกระดาษกรองดังกล่าวมาทำการควบคุมความชื้นไว้ระหว่าง 30-50% R.H. เป็นเวลา 24 ชั่วโมง อีกครั้งหนึ่งแล้วชั่งน้ำหนักพร้อมบันทึกค่าทันที ตามหลักการ Pre and Post Weight Difference นำน้ำหนักฝุ่นละอองได้จากผลต่างของน้ำหนักกระดาษกรองก่อนและหลังเก็บตัวอย่าง นำปริมาณฝุ่นละอองที่ได้ไปคำนวณกับปริมาตรอากาศที่สภาวะมาตรฐาน (25 องศาเซลเซียส 760 มิลลิเมตรปรอท) โดยเครื่องชั่งที่ใช้ชั่งน้ำหนักฝุ่นละอองจะมีผลการสอบเทียบกับตุ้มน้ำหนักมาตรฐานจากหน่วยงานที่เชื่อถือได้

เนื่องจากเครื่อง High Volume Air Sampler ต้องสุบตัวอย่างอากาศด้วยอัตรา 1.13 ลูกบาศก์เมตร/นาที่ จึงจำเป็นต้องมีการปรับความเที่ยงตรงของเครื่อง (Calibration) ก่อนการเก็บตัวอย่าง ด้วย Standard Orifice เพื่อเป็นการควบคุมความถูกต้องของการตรวจวัด (Quality Control) พร้อมกับบันทึกอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ ณ จุดเก็บตัวอย่าง เพื่อการปรับปริมาตรอากาศให้เป็นปริมาตรที่สภาวะมาตรฐาน

ฝุ่นละอองที่มีขนาดตั้งแต่ 10 ไมครอนลงมาจะถูกคัดขนาดโดยอุปกรณ์คัดเลือกขนาดแบบ Opposed Jet Inlet ซึ่งจะสัมพันธ์กับอัตราการสุบตัวอย่างอากาศ 1.13 ลูกบาศก์เมตร/นาที่ ฝุ่นละอองเหล่านี้จะถูกกรองแล้วติดตรึงอยู่บนแผ่นกระดาษกรอง เมื่อเก็บตัวอย่างครบ 24 ชั่วโมงจึงจะนำไปคำนวณหาปริมาณฝุ่นละอองและความเข้มข้นฝุ่นละอองเฉลี่ย 24 ชั่วโมง

ปริมาณก๊าซแอมโมเนีย

เก็บตัวอย่างโดยใช้ Personal Pump ยี่ห้อ Gilian รุ่น GilAir-5 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของประเทศสหรัฐอเมริกา ผลิตโดย Gilian Instrument Corp. สุ่มตัวอย่างอากาศด้วยอัตรา 1 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ผ่าน 0.1N Sulphuric Acid นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณสารแอมโมเนียด้วยเครื่อง UV-VIS Spectro-photometer ที่ใช้ระบบการวิเคราะห์ Determination of Ammonia in Workplace (Indophenol Method) ตามวิธีมาตรฐาน NIOSH Method 401

ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂)

เก็บตัวอย่างโดยการสุบตัวอย่างอากาศจากระดับความสูง 3.0 ถึง 6.0 เมตรจากพื้นดินผ่านสารละลาย Absorbing Reagent of Potassium Tetrachloromercurate (TCM) ที่บรรจุอยู่ในหลอดแก้ว Impinger ด้วยอัตราการไหล 0.2 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำสารละลาย Pararosaniline Methylsulphonic Acid ที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในห้องปฏิบัติการ โดยการวัดความสามารถในการดูดกลืนความเข้มของแสงในช่วงคลื่น 548 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer เทียบกับสีของสารละลายมาตรฐาน เพื่อหาค่าปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ยใน 24 ชั่วโมง ตามวิธีมาตรฐาน Pararosaniline

ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂)

เก็บตัวอย่างโดยการสุบตัวอย่างอากาศผ่านสารละลาย Absorbing Reagent of Triethanolamine O-Methoxyphenol, Sodium Metabisulfite Mix. ที่บรรจุอยู่ในหลอดแก้ว Impinger ด้วยอัตราการไหล 0.2 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในห้องปฏิบัติการ โดยการวัดความสามารถในการดูดกลืนความเข้มของแสงในช่วงคลื่น 550 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer เทียบกับสีของสารละลายมาตรฐาน เพื่อหาค่าปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยในช่วง 24 ชั่วโมง ตามวิธีมาตรฐาน TGS-ANSA ในกรณีที่ต้องการหาค่าความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ย

1 ชั่วโมง จะใช้การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ด้วยวิธี Griess Saltzman ซึ่งทั้งวิธี TGS-ANSA และวิธี Griess Saltzman ต่างเป็นวิธีเทียบเท่าวิธี มาตรฐาน

ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO)

เก็บตัวอย่างโดยการสูบลตัวอย่างอากาศจากความสูงระหว่าง 3.0 ถึง 6.0 เมตรจากพื้นเก็บใน Tedlar Sampling Bag เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ โดยการฉีดเข้าเครื่อง CO Analyzer ยี่ห้อ Monitor Labs รุ่น ML 9830 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของประเทศสหรัฐอเมริกา ผลิตโดย Monitor Lab Ltd. ที่วิเคราะห์โดยใช้วิธี Non Dispersive Infrared Detection (NDIR) เทียบความเข้มข้นก๊าซที่ตรวจวัดได้กับก๊าซมาตรฐานที่ทราบค่าความเข้มข้น (Certified gas)

ปริมาณไฮโดรคาร์บอนรวม (Total Hydrocarbons)

เก็บตัวอย่างโดยการสูบลตัวอย่างอากาศใส่ถุง Tedlar Sampling Bag สีดำ เพื่อป้องกันแสงที่จะผ่านเข้าไปทำปฏิกิริยากับตัวอย่างอากาศในถุง โดยกำหนดให้สูบลอากาศเข้าถุงเก็บตัวอย่างต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง นำตัวอย่างไปวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม โดยการฉีดเข้าเครื่อง THC Analyzer ยี่ห้อ DANI รุ่น 462 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของประเทศอิตาลี โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ Flame Ionization Detection Method เทียบความเข้มข้นก๊าซที่ตรวจวัดได้กับก๊าซมาตรฐานที่ทราบค่าความเข้มข้น (Certified gas)

2.3 การติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศที่ระบายจากปล่องโรงงานอุตสาหกรรม

การเก็บตัวอย่างอากาศจากปล่องและการวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการนั้น ได้ทำการเก็บตัวอย่างและตรวจวิเคราะห์ตามวิธีการที่เสนอแนะโดยองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อม แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency หรือ US. EPA) ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีการที่ยอมรับให้เป็นวิธีการที่สามารถนำผลการวิเคราะห์ไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยได้ โดยสารมลพิษแต่ละชนิดมีวิธีดำเนินการดังนี้

ก่อนการเก็บตัวอย่างคณะทำงานได้ตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นของแหล่งกำเนิดที่จะทำการเก็บตัวอย่าง เช่น เส้นผ่าศูนย์กลางปล่อง ความสูงของจุดเก็บตัวอย่างอากาศ อุณหภูมิอากาศในปล่อง ความเร็วของอากาศในปล่อง น้ำหนักโมเลกุลของอากาศในปล่อง และความชื้นอากาศในปล่อง เป็นต้น โดยใช้วิธีการของ US. EPA Method 1 ถึง Method 4 ดังนี้

Method 1 "Sample and Velocity Transverse for Stationary Sources"

Method 2 "Determination of Stack Gas Velocity and Volumetric Flow Rate (Type S Pitot Tube)"

Method 3 "Gas Analysis for Carbon Dioxide, Oxygen, Excess Air, and Dry Molecular Weight"

Method 4 "Determination of Moisture Content in Stack Gases"

จากนั้นจึงได้เริ่มทำการเก็บตัวอย่างโดยดำเนินการดังนี้

ปริมาณฝุ่นละออง

เก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้ชุด Stack Gas ยี่ห้อ Thermo Andersen รุ่น MST ผลิตโดย Thermo Andersen Inc. ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของประเทศสหรัฐอเมริกา เก็บตัวอย่างด้วยวิธี Isokinetic Method ซึ่งเป็นการเก็บตัวอย่าง โดยการสูดตัวอย่างอากาศเข้ามาด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วของกระแสอากาศภายในปล่องผ่านกระดาศกรองชนิด Glass Fiber Filter ที่ผ่านการควบคุมความชื้นตลอด 24 ชั่วโมง และนำกระดาศกรองมาวิเคราะห์หาปริมาณ ฝุ่นละอองด้วยวิธี Pre and Post Weight Difference ตามวิธีมาตรฐานของ US. EPA Method 5 "Determination of Particulate Emissions from Stationary Sources"

ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

เก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้ชุด Stack Gas ยี่ห้อ Thermo Andersen รุ่น MST ผลิตโดย Thermo Andersen Inc. ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของประเทศสหรัฐอเมริกา สูดตัวอย่างอากาศด้วยอัตราการไหล 0.2 ลิตรต่อนาที ผ่าน 15 mL-Midget Impingers ที่บรรจุสารละลาย 3% Hydrogen Peroxide เป็นเวลา 20 นาที นำตัวอย่างที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยวิธี Barium-Thorin Titration Method ตามวิธีมาตรฐานของ US. EPA Method 6 "Determination of Sulphur Dioxide Emissions from Stationary Sources"

ปริมาณก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนในรูปของไนโตรเจนไดออกไซด์

เก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้ชุด Stack Gas ยี่ห้อ Thermo Andersen รุ่น MST ผลิตโดย Thermo Andersen Inc. ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของประเทศสหรัฐอเมริกา ก่อนเก็บตัวอย่างได้ทำการปรับความดันของอากาศภายในขวดเก็บตัวอย่างให้อยู่ในสภาวะสูญญากาศ โดยมีความดันไม่เกิน 75 มิลลิเมตรปรอท ตรวจเช็คจุดรั่วของอากาศ 1-2 นาที เพื่อให้แน่ใจว่าไม่รั่วและเปิด Sampling Valve เพื่อให้อากาศไหลเข้าในขวดเก็บตัวอย่างที่บรรจุสารละลาย Sulphuric Acid-Hydrogen Peroxide ทั้งตัวอย่างไว้อย่างน้อย 16 ชั่วโมง นำมาวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ได้โดยวิธี Phenoldisulphonic Acid Procedure ตามวิธีมาตรฐานของ US. EPA Method 7 "Determination of Nitrogen Oxide Emissions from Stationary Sources"

ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

เก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้ชุด Gas Sampler ยี่ห้อ Apex ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของประเทศสหรัฐอเมริกา ผลิตโดย Apex Instrument Ltd. สูดตัวอย่างผ่านชุด Sampling Train และเก็บใน Tedlar Sampling Bag เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยการฉีดเข้าเครื่อง CO Analyzer ยี่ห้อ Monitor Labs รุ่น ML 9830 ซึ่งเป็น ผลิตภัณฑ์ของประเทศสหรัฐอเมริกา ผลิตโดย Monitor Lab Ltd. ที่วิเคราะห์โดยใช้ระบบ Non Dispersive Infrared (NDIR) ตามวิธีมาตรฐานของ US. EPA Method 10 "Determination of Carbon Monoxide Emissions from Stationary Sources"

ปริมาณไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (HF)

เก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้ชุด Stack Gas Sampler ยี่ห้อ Apex ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของประเทศสหรัฐอเมริกา ผลิตโดย Apex Instrument Ltd. เก็บตัวอย่างด้วยวิธี Isokinetic Method ซึ่งเป็นการเก็บตัวอย่างโดยการสูบลวตัวอย่างอากาศเข้ามาด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วของกระแสอากาศภายในปล่องผ่าน Glass Fiber Filter ที่ผ่านการควบคุมความชื้นตลอด 24 ชั่วโมง และผ่าน 15 mL-Midget Impinger ที่บรรจุสารละลาย Absorbing Solution นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซฟลูออไรด์โดยเครื่อง Ion Selective Electrode ตามวิธีมาตรฐานของ US. EPA Method 13B "Determination of Total Fluoride Emissions from Stationary Sources-Specific Ion Electrode Method"

ปริมาณแอมโมเนีย (NH_3)

เก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้ชุด Stack Gas Sampler ยี่ห้อ Apex ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของประเทศสหรัฐอเมริกา ผลิตโดย Apex Instrument Ltd. สูบลวตัวอย่างอากาศผ่าน Rotameter ที่ควบคุมอัตราการไหล 0.2 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที ผ่าน Silica Gel Tube (Sulphuric Acid) นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณสารแอมโมเนีย ด้วยเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer ที่ใช้ระบบการวิเคราะห์ Indophenol Method ตามวิธีมาตรฐานของ NIOSH Method 6015



บทที่ 3

ผลการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม

1. การติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศ

1.1 คุณภาพอากาศในสถานประกอบการ

การติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศในสถานประกอบการ จำนวน 2 จุด เมื่อวันที่ 9-11 กันยายน 2545 สรุปผลได้ดังตารางที่ 16 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 16 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในสถานประกอบการโรงงานผลิตสารเคมี

ดัชนีที่ตรวจวัด	หน่วย	วิธีการตรวจวัด/ วิเคราะห์	ผลการตรวจวัด		มาตรฐาน ^{1/}
			หน่วยผลิต	หน่วยบรรจุ และเก็บสำรอง	
1. ปริมาณฝุ่นทุกขนาด	mg/m ³	NIOSH Method 0500	9.67	4.00	15
2. ปริมาณฝุ่นที่สามารถ เข้าถึงและ สละสลวยในถุงลม ปอดได้	mg/m ³	NIOSH Method 0600	0.50	1.00	5
3. ปริมาณก๊าซ ไฮโดรเจนซัลไฟด์	mg/m ³	APHA Method Number 701	0.23	0.25	5
4. ปริมาณไซยาไนด์ (Cyanide)	ppm	NIOSH Method 7904	8	9	20
5. ปริมาณสารแอมโมเนีย	mg/m ³	Indophenol Method	1.220	-	35

หมายเหตุ : ^{1/} มาตรฐานคุณภาพอากาศในสถานประกอบการ กำหนดโดยกรมแรงงาน กระทรวงมหาดไทย ฉบับที่ 103
(30 พฤษภาคม 2520)

1.2 คุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป

การติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป เมื่อวันที่ 9-12 กันยายน 2545 สรุปผลได้ดังตารางที่ 3.2 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 17 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป โรงงานผลิตสารเคมี

ดัชนีที่ตรวจวัด	หน่วย	วันที่เก็บตัวอย่าง	ผลการตรวจวัด ^{1/}				มาตรฐาน ^{2/}
			ทิศเหนือ ของโรงงาน ผลิตสารเคมี	ทิศตะวันออก ของโรงงาน ผลิตสารเคมี	ทิศตะวันตก ของโรงงาน ผลิตสารเคมี	ทิศใต้ ของโรงงาน ผลิตสารเคมี	
1. ปริมาณฝุ่นละอองรวม	mg/m ³	9-10/09/45	0.060	0.060	0.039	0.052	0.33 (24 ชั่วโมง)
		10-11/09/45	0.050	0.044	0.054	0.059	
		11-12/09/45	0.051	0.080	0.043	0.035	
2. ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	mg/m ³	9-10/09/45	0.017	0.001	0.007	0.001	0.30 (24 ชั่วโมง)
		10-11/09/45	0.019	0.003	0.023	0.001	
		11-12/09/45	0.001	0.001	0.016	0.001	
3. ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์	mg/m ³	9-10/09/45	0.001	0.001	0.001	0.005	-
		10-11/09/45	0.002	0.001	0.004	0.012	
		11-12/09/45	0.003	0.001	0.008	0.002	
4. ปริมาณไฮโดรคาร์บอนรวม	ppm	9-10/09/45	4.42	3.46	3.82	17.86	-
		10-11/09/45	3.43	3.43	3.44	8.76	
		11-12/09/45	3.51	3.40	3.12	3.44	
5. ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์	ppm	9-10/09/45	0.76	0.15	0.20	<0.05	9 (8 ชั่วโมง)
		10-11/09/45	0.42	0.54	<0.05	0.33	
		11-12/09/45	0.06	0.13	0.14	<0.05	

ดัชนีที่ตรวจวัด	หน่วย	วันที่เก็บตัวอย่าง	ผลการตรวจวัด ^{1/}				มาตรฐาน ^{2/}
			ทิศเหนือ ของโรงงาน ผลิตสารเคมี	ทิศตะวันออก ของโรงงาน ผลิตสารเคมี	ทิศตะวันตก ของโรงงาน ผลิตสารเคมี	ทิศใต้ ของโรงงาน ผลิตสารเคมี	
6. ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM-10)	mg/m ³	9-10/09/45	0.02	0.01	0.01	0.01	0.12 (24 ชั่วโมง)
		10-11/09/45	0.03	0.02	0.01	0.03	
		11-12/09/45	0.02	0.06	0.02	0.03	
7. ปริมาณแอมโมเนีย	mg/m ³	9-10/09/45	0.907	0.081	0.081	0.047	-
		10-11/09/45	0.013	0.020	0.047	0.101	
		11-12/09/45	0.094	0.101	0.108	0.060	

หมายเหตุ : ^{1/} ผลการตรวจวัดคำนวณที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และความดัน 1 บรรยากาศ

^{2/} มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2538)

1.3 คุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่อง

การติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่อง เมื่อวันที่ 11-13 กันยายน 2545 สรุปได้ดังตารางที่ 3.3, 3.4, 3.5 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 18 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องระบายหน่วยผลิตสารเคมีหน่วยที่ 1

ดัชนีที่ตรวจวัด	หน่วย	วิธีการตรวจวัด/วิเคราะห์	ผลการตรวจวัด ^{1/}	มาตรฐาน ^{2/}
			ปล่องระบายหน่วยผลิตสารเคมี หน่วยที่ 1	
1. ปริมาณฝุ่นละออง	mg/m ³	US. EPA Method 5	151.47	400
2. ปริมาณไฮโดรเจนฟลูออไรด์	mg/m ³	US. EPA Method 13B	7.69	-
3. ปริมาณแอมโมเนีย	mg/m ³	Indophenol Method	19.71	-

หมายเหตุ : ^{1/} ผลการตรวจวัดคำนวณที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และความดัน 1 บรรยากาศ

^{2/} มาตรฐานปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2536)

ตารางที่ 19 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องระบายหน่วยผลิตสารเคมีหน่วยที่ 2

ดัชนีที่ตรวจวัด	หน่วย	วิธีการตรวจวัด/วิเคราะห์	ผลการตรวจวัด ^{1/}	มาตรฐาน ^{2/}
			ปล่องระบายหน่วยผลิตสารเคมี หน่วยที่ 2	
1. ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	ppm	US. EPA Method 6	3.92	20
2. ปริมาณก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ในรูปไนโตรเจนไดออกไซด์	ppm	US. EPA Method 7	31.32	200
3. ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	ppm	US. EPA Method 10	16.75	-

หมายเหตุ : ^{1/} ผลการตรวจวัดคำนวณที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ และปริมาตรอากาศส่วนเกินในการเผาไหม้ร้อยละ 50

^{2/} มาตรฐานปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงานผลิต ส่ง หรือจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 1 (พ.ศ. 2540)



ตารางที่ 20 ข้อมูลทั่วไปของการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่อง

ดัชนีที่ตรวจวัด	หน่วย	วิธีการตรวจวัด/วิเคราะห์	ผลการตรวจวัด		
			ปล่องระบายของหน่วยผลิตสารเคมีหน่วยที่ 1		ปล่องระบายของหน่วยผลิตสารเคมีหน่วยที่ 2
			11/09/45	12/09/45	13/09/45
1. ความเร็วของอากาศในปล่อง	m/sec	US. EPA Method 2	9.26	9.05	-
2. อัตราการไหลของอากาศในปล่อง	m ³ /hr	US. EPA Method 2	163,749.6	159,966.6	-
3. ปริมาณออกซิเจนที่เหลือจากการเผาไหม้	%	US. EPA Method 3B	15.0	18.0	15.5
4. ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้	%	US. EPA Method 3B	0.4	0.5	2.0
5. ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์จากการเผาไหม้	%	US. EPA Method 3B	0.1	<0.1	0.1
6. ความชื้นอากาศในปล่อง	%	US. EPA Method 4	12.94	14.24	-
7. อุณหภูมิอากาศในปล่อง	°C	Thermocouple	48.4	47.7	155.0
8. ความสูงของปล่อง	m	ข้อมูลจากโรงงาน	40.0		24.0
9. ความสูงของจุดตรวจวัด	m	ข้อมูลจากโรงงาน	8.4		0.3
- ระยะจากจุดตรวจวัดถึงช่องอ					
- ระยะจากจุดตรวจวัดถึงปลายปล่อง					
10. เส้นผ่าศูนย์กลางปล่อง	m	ข้อมูลจากโรงงาน	2.5		1.2
11. ประเภทเชื้อเพลิง	-	ข้อมูลจากโรงงาน	-		ก๊าซธรรมชาติ

บรรณานุกรม

- กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, ร่างคู่มือการติดตามตรวจสอบ
สารมลพิษที่ระบายจากปล่องโรงงานอุตสาหกรรม, บริษัท ศูนย์คุณภาพและความปลอดภัย
จำกัด, 2537.
- ดร. เกรียงศักดิ์ อุทมนสินโรจน์, วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, มิตรนาการพิมพ์, พิมพ์ครั้งที่ 2, 2539.
- ณรงค์ ณ. เชียงใหม่, อาชีวสิ่งแวดล้อมและเทคนิคการจัดการความปลอดภัย คณะแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, พิมพ์ครั้งที่ 1, 2525.
- ณรงค์ ณ. เชียงใหม่, มลพิษสิ่งแวดล้อม, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, พิมพ์ครั้งที่ 1, 2525.
- นพภาพร พานิช และ แสงสันต์ พานิช, แบบจำลองทางคณิตศาสตร์, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย, 2544.
- ฝ่ายอุตสาหกรรมโรงงาน สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, คู่มือ
การเก็บตัวอย่างอากาศในสถานประกอบการ.
- ผศ. พัฒนา มุลพฤกษ์, อนามัยสิ่งแวดล้อม, หจก. เอ็น. เอส. แอล ฟรันด์, กรุงเทพฯ, พิมพ์ครั้งที่ 2, 2541
- วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์, มลภาวะอากาศ, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พิมพ์ครั้งที่ 6, 2543.
- สุปราณี ผลชีวิน, โรคปอดจากงานอาชีพ : หนทางป้องกันและควบคุม, สำนักงานคณะกรรมการวิจัย
แห่งชาติ, พิมพ์ครั้งที่ 1, 2536.
- แพทย์หญิงอรพรรณ เมธาติลากุล, ผู้ป่วยโรคจากงาน สารพิษและสิ่งแวดล้อม : การมีส่วนร่วมของ
ประชาชน, โรงพิมพ์สมาคมแพทย์อาชีวเวชศาสตร์และสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย,
กรุงเทพฯ, 2539.







ปล่องระบายจาก Scrubber



ปล่องระบายของหน่วยผลิตไอน้ำและหน่วยผลิตไฟฟ้า

รูปการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่อง โรงงานผลิตสารเคมี



เครื่องดูดอากาศบริเวณการทำงาน



เครื่องดูดอากาศติดกับตัวคนงาน



เก็บตัวอย่างอากาศบริเวณห้องอบซัลฟูริก

รูปการตรวจวัดคุณภาพอากาศในสถานประกอบการ



บริเวณรอบโรงงาน



ทิศเหนือของโรงงานผลิตปุ๋ยเคมี

รูปการตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป



มาตรฐานคุณภาพอากาศ

มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป

กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

1) มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป

ก๊าซหรือสารเจือปน	มาตรฐาน (ค่าเฉลี่ย)					วิธีการตรวจวัด
	1 ชั่วโมง	8 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	1 เดือน	1 ปี	
1. ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (ส่วนในล้านส่วน) (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	30 34.2	9 10.26	- -	- -	- -	Non-dispersive Infrared Detection หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุม มลพิษเห็นชอบ
2. ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (ส่วนในล้านส่วน) (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	0.17 0.32	- -	- -	- -	- -	Chemiluminescence หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุม มลพิษเห็นชอบ
3. ก๊าซโอโซน (ส่วนในล้านส่วน) (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	0.10 0.20	- -	- -	- -	- -	Chemiluminescence หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุม มลพิษเห็นชอบ
4. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ส่วนในล้านส่วน) (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	0.30 0.78	- -	0.12 0.30	- -	0.04" 0.10"	Pararosaniline และ UV-Fluorescence (เฉพาะเวลา 1 ชั่วโมง) หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุม มลพิษเห็นชอบ
5. ตะกั่ว (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	-	-	-	1.5	-	Atomic Absorption Spectrometer หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุม มลพิษเห็นชอบ
6. ฝุ่นละออง (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)						Gravimetric หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุม มลพิษเห็นชอบ
- ขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน	-	-	0.12	-	0.05"	
- ขนาดไม่เกิน 100 ไมครอน	-	-	0.33	-	0.10"	

หมายเหตุ : ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2538) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 เรื่อง กำหนด ค่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบรรยากาศโดยทั่วไปในเวลา 1 ชั่วโมง ปรับปรุงแก้ไขโดยประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 21 (พ.ศ.2544) ฯ

** ค่ามัชฌิมเรขาคณิต (Geometric Mean)

2. มาตรฐานคุณภาพอากาศที่ถูกปล่อยทิ้งจากแหล่งกำเนิดมลพิษชนิดติดอยู่กับที่
(Stationary Sources) หรือโรงงานตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน

กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

1) มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงไฟฟ้า

แหล่งกำเนิดมลพิษภายใต้บังคับ : โรงไฟฟ้า (โรงงานผลิต ส่ง หรือจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน) ที่ได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานหรือใบอนุญาตขยายโรงงาน ตั้งแต่ 31 มกราคม พ.ศ. 2539

ก๊าซหรือสารเจือปน	มาตรฐาน			วิธีการตรวจวัด
	ถ่านหิน	น้ำมัน	ก๊าซธรรมชาติ	
1. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ส่วนในล้านส่วน)				US.EPA.Method 6,8 หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุม มลพิษเห็นชอบ
- โรงไฟฟ้าที่มีกำลังการผลิตไม่เกิน 300 เมกะวัตต์	640	640	20	
- โรงไฟฟ้าที่มีกำลังการผลิตเกิน 300 เมกะวัตต์แต่ ไม่เกิน 500 เมกะวัตต์	450	450	20	
- โรงไฟฟ้าที่มีกำลังการผลิตเกิน 500 เมกะวัตต์	320	320	20	
2. ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนคำนวณในรูป ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (ส่วนในล้านส่วน)	350	180	120	US.EPA.Method 7 หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุม มลพิษเห็นชอบ
3. ฝุ่นละออง (มีผลใช้บังคับต่อกับภาคเกษตร)	120	120	60	US.EPA.Method 5 หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุม มลพิษเห็นชอบ

ที่มา : ดัดแปลงจากกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้ง
อากาศเสียจากโรงไฟฟ้า

2) มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงไม่ บด หรือย่อยหิน

แหล่งกำเนิดมลพิษภายใต้บังคับ : โรงไม่ บด หรือย่อยหิน ตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน

สารเจือปน	มาตรฐาน		วิธีการตรวจวัด
	ไม่มีระบบดูดฝุ่น ละออง	มีระบบดูดฝุ่นละออง ระบายอากาศทางปล่อง	
1. ความทึบแสง (ร้อยละ)	20	20	Smoke Opacity Meter
2. ฝุ่นละออง (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	-	400	US,EPA Method 5

ที่มา : ดัดแปลงจากกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งฝุ่น
ละอองจากโรงไม่ บด หรือย่อยหิน



3) มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอย

แหล่งกำเนิดมลพิษภายใต้บังคับ : เตาเผามูลฝอย (ระบบหรืออุปกรณ์ใดๆ ที่ใช้เพื่อกำจัดมูลฝอยโดยวิธีการเผาไหม้)
 ขนาดที่สามารถกำจัดมูลฝอยได้ตั้งแต่ 1 ตันต่อวัน แต่ไม่ใช่บังคับกับเตาเผามูลฝอยที่ใช้เพื่อกำจัดมูลฝอยที่เป็นวัตถุ
 อันตรายตามกฎหมายว่าด้วยวัตถุอันตราย มูลฝอยติดเชื้อ ตามกฎหมายว่าด้วยการสาธารณสุข หรือมูลฝอยที่เป็นสิ่ง
 ปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วตามกฎหมายว่าด้วยโรงงานเป็นการเฉพาะ

ก๊าซหรือสารเจือปน	มาตรฐาน		วิธีการตรวจวัด
	1-50 ตันต่อวัน	มากกว่า 50 ตันต่อวัน	
1. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ส่วนในล้านส่วน)	30	30	US.EPA.Method 6,8 หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษ เห็นชอบ
2. ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน คำนวณในรูปก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (ส่วนในล้านส่วน)	250	180	US.EPA.Method 7 หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษ เห็นชอบ
3. ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ (ส่วนในล้านส่วน)	136	25	US.EPA.Method 26 หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษ เห็นชอบ
4. สารประกอบไดออกซิน (นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	30	30	US.EPA.Method 23 หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษ เห็นชอบ
5. ฝุ่นละออง (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	400	120	US.EPA.Method 5 หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษ เห็นชอบ
6. ความทึบแสง (ร้อยละ)	20	10	US.EPA.Method 9 หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษ เห็นชอบ

ที่มา : ดัดแปลงจากกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้ง
 อากาศเสียจากเตาเผามูลฝอย

4) มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ

แหล่งกำเนิดมลพิษภายใต้บังคับ : โรงไฟฟ้าแม่เมาะ กลุ่มการผลิตที่ 1-3 (หน่วยการผลิตที่ 1-13)

ก๊าซหรือสารเจือปน	มาตรฐาน			วิธีการตรวจวัด
	กลุ่มที่ 1 (หน่วยที่ 1-3)	กลุ่มที่ 2 (หน่วยที่ 4-7)	กลุ่มที่ 2 (หน่วยที่ 8-13)	
1. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ส่วนในล้านส่วน)	1,300	320	320	US.EPA.Method 6,8 หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุม มลพิษเห็นชอบ
2. ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน คำนวณในรูปก๊าซไนโตรเจนได ออกไซด์ (ส่วนในล้านส่วน)	500	500	500	US.EPA.Method 7 หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุม มลพิษเห็นชอบ
5. ฝุ่นละออง (มีลิกกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	180	180	180	US.EPA.Method 5 หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุม มลพิษเห็นชอบ

ที่มา : ดัดแปลงจากกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2544) เรื่อง กำหนดมาตรฐาน
ควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ

5) มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงงานเหล็ก

แหล่งกำเนิดมลพิษภายใต้บังคับ : โรงงานเหล็ก (โรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับการถลุง หลอม หล่อ รีด ดึง หรือผลิตเหล็ก หรือเหล็กกล้าขั้นต้น (Iron and Steel Basic Industries) ที่ใช้แร่เหล็กหรือเศษเหล็กเป็นวัตถุดิบตามกฎหมายว่าด้วยโรงงานที่มีกำลังการผลิตรวมตั้งแต่ 100 ตันต่อวันขึ้นไป)

ก๊าซหรือสารเจือปน	มาตรฐาน		วิธีการตรวจวัด
	โรงงานเก่า	โรงงานใหม่	
1. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ส่วนในล้านส่วน)	800	800	US.EPA.Method 6,8 หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุม มลพิษเห็นชอบ
2. ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน คำนวณในรูปก๊าซไนโตรเจนได ออกไซด์ (ส่วนในล้านส่วน)	200	180	US.EPA.Method 7 หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุม มลพิษเห็นชอบ
5. ฝุ่นละออง (มีดิลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	240	120	US.EPA.Method 5 หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุม มลพิษเห็นชอบ

หมายเหตุ : * ได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานหรือใบอนุญาตขยายโรงงานก่อนวันที่ 8 พฤษภาคม
พ.ศ. 2544

** ได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานหรือใบอนุญาตขยายโรงงานก่อนวันที่ 9 พฤษภาคม
พ.ศ. 2544

ที่มา : ดัดแปลงจากกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้ง
อากาศเสียจากโรงเหล็ก

กระทรวงอุตสาหกรรม

1) มาตรฐานค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน

ลำดับ ที่	สารเจือปน	แหล่งที่มาของสาร	ค่ามาตรฐาน (มก./ลบ.ม.)	วิธีการตรวจวัด
1	ฝุ่นละออง (Particulate)	หม้อไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิง ดังนี้	300	การเก็บ การรักษา และ การวิเคราะห์ตัวอย่าง จะต้องให้ได้มาตรฐาน Method of Air Sample and Analysis จัดทำโดย APHA และ คณะบับล่างสุด หรือ ของ United States Environmental Protection Agency หรือมาตรฐานอื่นๆ ที่ กรมโรงงานอุตสาหกรรม เห็นชอบ
		- น้ำมันเตา	400	
		- ถ่านหิน	400	
		- เชื้อเพลิงอื่นๆ		
		การถลุง หลอม รีด ตีง และ/หรือผลิตเหล็ก กล้าอลูมิเนียม	300	
		การผลิตทั่วไป	400	
2	พลวง (Antimony)	การผลิตทั่วไป	20	
3	สารหนู (Arsenic)	การผลิตทั่วไป	20	
4	ทองแดง (Copper)	การหลอมหรือการถลุง	30	
5	ตะกั่ว (Lead)	การผลิตทั่วไป	30	
6	คลอรีน (Chlorine)	การผลิตทั่วไป	30	
7	ไฮโดรเจนคลอไรด์ (Hydrogen chloride)	การผลิตทั่วไป	200	
8	ปรอท (Mercury)	การผลิตทั่วไป	3	
9	คาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide)	การผลิตทั่วไป	1,000 (หรือ 870 ส่วนในล้านส่วน)	
10	กรดกำมะถัน (Sulfuric acid)	การผลิตทั่วไป	100 (หรือ 25 ส่วนในล้านส่วน)	
11	ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen sulfide)	การผลิตทั่วไป	40 (หรือ 100 ส่วนในล้านส่วน)	
12	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide)	การผลิตกรดซัลฟูริก	1,300 (หรือ 500 ส่วนในล้านส่วน)	
		การเผาไหม้ที่ใช้น้ำมันเตา เป็นเชื้อเพลิง **	1,250 ส่วนในล้านส่วน	

ลำดับ ที่	สารเจือปน	แหล่งที่มาของสาร	ค่ามาตรฐาน (มก./ลบ.ม.)	วิธีการตรวจวัด
13	ออกไซด์ของไนโตรเจน (Oxides of nitrogen) วัดในรูปไนโตรเจนได ออกไซด์	หม้อไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิง ดังนี้ - ถ่านหิน - เชื้อเพลิงอื่นๆ	940 (หรือ 500 ส่วนในล้านส่วน) 470 (หรือ 250 ส่วนในล้านส่วน)	
14	ไซลีน (Xylene)	การผลิตทั่วไป	870 (หรือ 200 ส่วนในล้านส่วน)	
15	ครีซอล (Cresol)	การผลิตทั่วไป	22 (หรือ 5 ส่วนในล้านส่วน)	

หมายเหตุ : * ระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรมว่าด้วยการจัดทำรายงานผลการวิเคราะห์ปริมาณสารมลพิษ พ.ศ.
2528

** ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2543) ออกความตามในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.
2535 เรื่อง กำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน (เพิ่มเติม) ซึ่งใช้บังคับเฉพาะโรงงาน
ที่ตั้งอยู่ในเขตจังหวัด 13 จังหวัด คือ กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ นนทบุรี ปทุมธานี สมุทรสาคร นครปฐม ชลบุรี
ระยอง เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ สงขลา กระบี่ และภูเก็ต

*** ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 9 (พ.ศ. 2538) ออกความตามในพระราชบัญญัติโรงงาน
พ.ศ.2535 เรื่อง กำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน

ที่มา : ดัดแปลงจากประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2536) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน
พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน

1) มาตรฐานค่าปริมาณสารเจือปนบนอากาศที่ระบายออกจากโรงงานผลิต ส่ง หรือจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า

สารเจือปน	โรงงานเก่า			โรงงานใหม่						วิธีการตรวจวัด
				ถ่านหินหรือน้ำมัน			โรงงานทุกขนาด			
	ถ่านหิน	น้ำมัน	ก๊าซธรรมชาติ	ก*	ข**	ค***	ถ่านหิน	น้ำมัน	ก๊าซธรรมชาติ	
1.ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ส่วนในล้านส่วน)	1,000	1,000	20	640	450	320	-	-	20	US.EPA.M ethod 6,8 หรือวิธีอื่นที่ กรมโรงงาน อุตสาหกรรมเห็น ชอบ
2. ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน คำนวณในรูปก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (ส่วนในล้านส่วน)	400	200	200	-	-	-	350	180	120	US.EPA.M ethod 7 หรือวิธีอื่นที่ กรมโรงงาน อุตสาหกรรมเห็น ชอบ
3. ฝุ่นละออง (มีลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)										US.EPA.M ethod 5 หรือวิธีอื่นที่ กรมโรงงาน อุตสาหกรรมเห็น ชอบ

หมายเหตุ : * มีกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าไม่เกิน 300 เมกะวัตต์

** มีกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าเกิน 300 เมกะวัตต์ แต่ไม่เกิน 500 เมกะวัตต์

*** มีกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าเกิน 500 เมกะวัตต์

ที่มา : ดัดแปลงจากประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2536) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน

2) มาตรฐานปริมาณสารตะกั่วที่ระบายออกจากโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่เก่า

จุดตรวจวัด	มาตรฐาน (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	วิธีการตรวจวัด
1. พื้นที่ทำงาน 2. แนวเขตที่ดิน	0.15 0.01	การเก็บ การรักษา และการวิเคราะห์ตัวอย่าง จะต้องให้ได้มาตรฐาน Method of Air Sample and Analysis จัดทำโดย APHA และ คณะฉบับล่าสุด หรือของ United States Environmental Protection Agency หรือ มาตรฐานอื่นๆ ที่กรมโรงงานอุตสาหกรรม เห็นชอบ

ที่มา : ดัดแปลงจากประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง มาตรฐานคุ้มครองความปลอดภัยในการประกอบกิจการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่เก่า

กระทรวงมหาดไทย

1) มาตรฐานคุณภาพอากาศภายในสถานที่ประกอบการ
ตารางที่ 1

ลำดับที่	ชื่อสารเคมี	ปริมาณสารเคมี	
		ส่วนในล้านส่วนโดย ปริมาตร (p.p.m.)	มิลลิกรัมต่ออากาศ ลูกบาศก์เมตร (mg/M ³)
1.	อัลดริน	-	0.25
2.	อะซินฟอส-เมพธิล	-	0.2
3.	คลอเดน (Chlordane)	-	0.5
4.	ดี ดี ที	-	1
5.	ดี ดี วี พี	-	1
6.	ไดคลอวอส	-	1
7.	ดิลดริน	-	0.25
8.	ไดเมทิล 1,2 ไดโบรโม 2,2 ไดคลอโรเอทิลฟอสเฟต (ไดบรอม)	-	3
9.	เอ็นดริน	-	0.1
10.	กูไฮออน	-	0.2
11.	ตะกั่วอาร์ซีเนต	-	0.15
12.	ลินเดน	-	0.5
13.	มาลาไรออน	-	15
14.	เมรอกซีคลอ	-	15
15.	นิโคติน	-	0.5
16.	ซีสโทกซ์	-	0.1
17.	แตลเลียมและสารประกอบที่ละลายได้	-	0.1
18.	ไรแรม	-	5
19.	ท็อกซาฟีน	-	0.5
20.	พาราไรออน	-	0.11
21.	ฟอสดริน	-	0.1
22.	ไพริทรัม	-	5

ลำดับที่	ชื่อสารเคมี	ปริมาณสารเคมี	
		ส่วนในล้านส่วนโดย ปริมาตร (p.p.m.)	มิลลิกรัมต่ออากาศ ลูกบาศก์เมตร (mg/M ³)
23.	วาร์ฟริน	-	0.1
24.	คาร์บาริล	-	5
25.	2,4-ดี	-	10
26.	พาราควอท	-	0.5
27.	2,4,5 ที (2,4,5T)	-	10
28.	กรดน้ำส้ม	10	25
29.	แอมโมเนีย	50	35
30.	สารหนูและสารประกอบของสารหนู	-	0.5
31.	อาร์ซีน	0.05	0.2
32.	ไบฟีนิล	0.2	1
33.	บิสฟีนอล เอ	0.5	2.8
34.	คาร์บอนไดออกไซด์	5,000	9,000
35.	คาร์บอนมอนอกไซด์	50	55
36.	คลอรีน	1	3
37.	คลอรีนไดออกไซด์	0.1	0.3
38.	โครเมียมและสารประกอบของโครเมียม	-	1
39.	ฟุ้งของทองแดง	-	0.1
40.	ฝุ่นหรือละอองของทองแดง	-	1
41.	ฝุ่นฝ้ายดิบ	-	1
42.	ไซยาไนด์	-	5
43.	เอทิล อัลกอฮอล์ (เอทานอล)	1,000	1,900
44.	ฟลูออไรด์	-	2.5
45.	ฟลูออรีน	0.1	0.2
46.	ไฮโดรเจนไซยาไนด์	10	11
47.	ฟุ้งเหล็กออกไซด์	-	10
48.	เมทิลอัลกอฮอล์ (เมทานอล)	200	260
49.	นิเกิล คาร์บอนิล	0.001	0.007
50.	นิเกิล ในรูปของโลหะและสารประกอบที่ละลายได้	-	1

ลำดับที่	ชื่อสารเคมี	ปริมาณสารเคมี	
		ส่วนในล้านส่วนโดย ปริมาตร (p.p.m.)	มิลลิกรัมต่ออากาศ ลูกบาศก์เมตร (mg/M ³)
51.	กรดไนตริก	2	5
52.	ไนตริกออกไซด์	25	30
53.	ไนโตรเจนไดออกไซด์	5	9
54.	ไนโตรกลีเซอริน	0.2	2
55.	โซเดียมไฮดรอกไซด์	-	2
56.	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	5	13
57.	กรดกำมะถัน	-	1
58.	เตตราเอทิลเลด	-	0.075
59.	เตตราเมทิลเลด	-	0.07
60.	ดินุ๊ก และสารประกอบอินทรีย์ของดินุ๊ก	-	2
61.	ดินุ๊ก และสารประกอบอินทรีย์ของดินุ๊ก	-	0.1
62.	ฟีนอล	5	19
63.	ฟอสจีน (คาร์บอนิล คลอไรด์)	0.1	0.4
64.	ฟอสฟีน	0.3	0.4
65.	กรดฟอสฟอริก	-	1
66.	ฟอสฟอรัส (เหลือง)	-	0.1
67.	ฟอสฟอรัส เพนตะคลอไรด์	-	1
68.	ฟอสฟอรัส เพนตะซัลไฟด์	-	1
69.	ฟอสฟอรัส ไตรคลอไรด์	0.5	3
70.	ไซลีน	100	43.5
71.	ฟุ่มของสังกะสีคลอไรด์	-	1
72.	ฟุ่มของสังกะสีออกไซด์	-	5

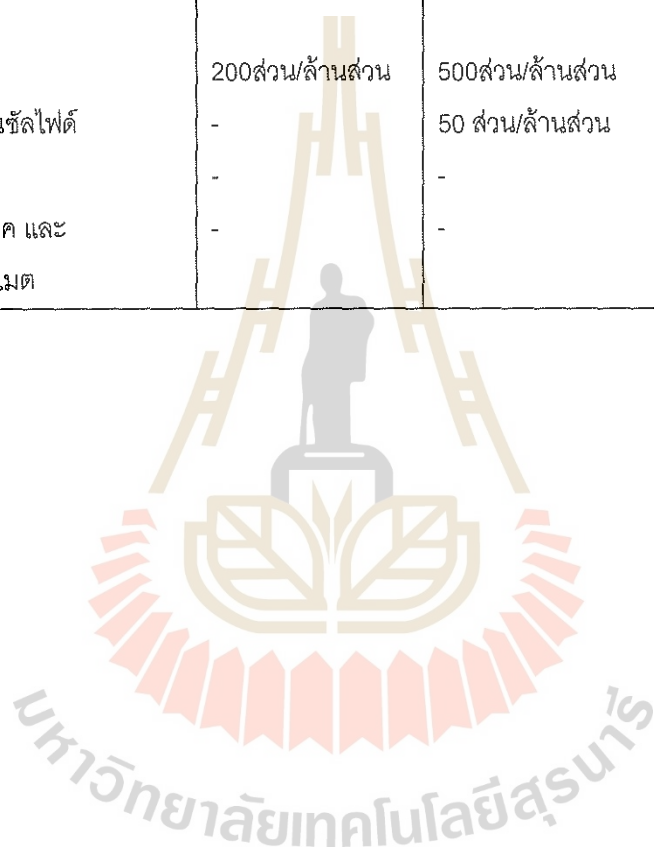
ตารางหมายเลข 2

ลำดับที่	ชื่อสารเคมี	ปริมาณสารเคมี	
		ส่วนในล้านส่วนโดย ปริมาตร (p.p.m.)	มิลลิกรัมต่ออากาศ ลูกบาศก์เมตร (mg/M ³)
1.	อัลลิล ไกลซิดิล อีเทอร์	10	45
2.	โบรอน ไตรฟลูออไรด์	1	3
3.	บิวทิลอะไมน์	5	15
4.	เทอเพียร์-บิวทิล โครเมต	-	0.1
5.	คลอรีน ไตรฟลูออไรด์	0.1	0.4
6.	คลอโรอะเซทิลดีไฮด์	1	3
7.	คลอโรฟอร์ม (ไตรคลอโรมีเทน)	50	240
8.	ออโร-ไดคลอโรเบนซีน	50	300
9.	ไดคลอโรเอทิล อีเธอร์	15	90
10.	1,1- ไดคลอโร-1-ไนโตรอีเทน	10	60
11.	ไดไกลซิดิล อีเทอร์ (ดี จี อี)	0.5	2.8
12.	เอทิล เมอร์แคปแทน	10	25
13.	เอทิลลีน ไกลคอลไดไนเตรต และ / หรือ ไนโตรไกลเซอริน		
14.	ไฮโดรเจนคลอไรด์	0.2	1
15.	ไอโอดีน	5	7
16.	แมงกานีส	0.1	1
17.	เมทิลโบรไมด์	-	5
18.	เมทิล เมอร์แคปแทน	20	80
19.	แอลฟาเมทิล สไตรีน	10	20
20.	เมทิลลีน บิสฟีนอล ไอโซไซยานาต (เอ็ม ดี ไอ)	100 0.02	480 0.2
21.	โมโนเมทิล ไฮดราซี	0.2	0.35
22.	เทอร์เฟนนิลส์	1	9
23.	โทลูอีน-2,4- ไดไอโซไซยานาต	0.02	0.14
24.	ไวนิล คลอไรด์	1	2.8

ตารางหมายเลข 3

ลำดับที่	ชื่อสารเคมี	ปริมาณสารเคมี			
		ความเข้มข้นเฉลี่ย ตลอดระยะเวลา ทำงานปกติ	ปริมาณความเข้มข้นสูงสุด ในช่วงเวลาที่จำกัด		ปริมาณความ เข้มข้นที่อาจยอม ให้มีได้
			ปริมาณความเข้มข้น	ระยะเวลาที่ กำหนดให้ ทำงานได้	
1.	เบนซีน	10 ส่วน/ล้านส่วน	50 ส่วน/ล้านส่วน	10 นาที	25 ส่วน/ล้านส่วน
2.	เบอริลเลียมและสารประกอบเบอริลเลียม	2 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร	25 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร	30 นาที	5 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร
3.	ฟุ่มแคดเมียม	0.1 มก./ลบ.ม.	-	-	3 มก./ลบ.ม.
4.	ฝุ่นแคดเมียม	0.2 มก./ลบ.ม.	-	-	0.6 มก./ลบ.ม.
5.	คาร์บอนไดซัลไฟด์	20 ส่วน/ล้านส่วน	100 ส่วน/ล้านส่วน	30 นาที	30 ส่วน/ล้านส่วน
6.	คาร์บอนเตตระคลอไรด์	10 ส่วน/ล้านส่วน	200 ส่วน/ล้านส่วน	5 นาทีในทุกช่วงเวลา 4 ชั่วโมง	25 ส่วน/ล้านส่วน
7.	เอทิลลีน ไดโบรไมด์	20 ส่วน/ล้านส่วน	50 ส่วน/ล้านส่วน	5 นาที	30 ส่วน/ล้านส่วน
8.	เอทิลลีน ไดคลอไรด์	50 ส่วน/ล้านส่วน	200 ส่วน/ล้านส่วน	5 นาทีในทุกช่วงเวลา 4 ชั่วโมง	100 ส่วน/ล้านส่วน
9.	ฟอร์มาลดีไฮด์	3 ส่วน/ล้านส่วน	10 ส่วน/ล้านส่วน	30 นาที	5 ส่วน/ล้านส่วน
10.	ฝุ่นฟลูออไรด์	2.5 มก./ลบ.ม.	-	-	-
11.	ตะกั่วและสารประกอบอินทรีย์ของตะกั่ว	0.2 มก./ลบ.ม.	-	-	-
12.	เมทิล คลอไรด์	100 ส่วน/ล้านส่วน	300 ส่วน/ล้านส่วน	5 นาทีในทุกช่วงเวลา 3 ชั่วโมง	200 ส่วน/ล้านส่วน
13.	เมทิลลีน คลอไรด์ ออกเทนโน (แอลไคส์)	500 ส่วน/ล้านส่วน	2,000 ส่วน/ล้านส่วน	5 นาทีในทุกช่วงเวลา 2 ชั่วโมง	1,000 ส่วน/ล้านส่วน
14.	เมอคิวรี	0.01 มก./ลบ.ม.	-	-	0.04 มก./ลบ.ม.
15.	สไตรีน	100 ส่วน/ล้านส่วน	600 ส่วน/ล้านส่วน	5 นาทีในทุกช่วงเวลา 3 ชั่วโมง	200 ส่วน/ล้านส่วน
16.	ไตรคลอโร เอทิลลีน	100 ส่วน/ล้านส่วน	300 ส่วน/ล้านส่วน	5 นาทีในทุกช่วงเวลา 2 ชั่วโมง	200 ส่วน/ล้านส่วน

ลำดับที่	ชื่อสารเคมี	ปริมาณสารเคมี			
		ความเข้มข้นเฉลี่ย ตลอดระยะเวลา ทำงานปกติ	ปริมาณความเข้มข้นสูงสุด ในช่วงเวลาที่จำกัด		ปริมาณความ เข้มข้นที่อาจยอม ให้มีได้
			ปริมาณความเข้มข้น	ระยะเวลาที่ กำหนดให้ ทำงานได้	
17	เตตราคลอโร เอทิลีน	100 ส่วน/ล้านส่วน	300 ส่วน/ล้านส่วน	5 นาทีในทุกช่วง เวลา 3 ชั่วโมง	200 ส่วน/ล้านส่วน
18.	โทลูอีน	200 ส่วน/ล้านส่วน	500 ส่วน/ล้านส่วน	10 นาที	300 ส่วน/ล้านส่วน
19.	ไฮโดรเจนซัลไฟด์	-	50 ส่วน/ล้านส่วน	10 นาที	20 ส่วน/ล้านส่วน
20.	ปรอท	-	-	-	0.05 มก./ลบ.ม.
21.	กรดโครมิก และ เกลือโครเมต	-	-	-	0.1 มก./ลบ.ม.



ตารางหมายเลข 4

ลำดับที่	ชื่อสารเคมี	ปริมาณฝุ่นแร่ เฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ	
		ล้านอนุภาคต่อปริมาตร ของอากาศ 1 ลูกบาศก์ ฟุต (Mppcf)	มิลลิกรัมต่ออากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร (mg/M ³)
1.	ซิลิกา (Silica คริสตัลไลน์ (Crystalline)		
	- ควอร์ซ (Quartz) ฝุ่นขนาดที่สามารถเข้า ถึงและสะสมในถุงลมของปอดได้ (Respirable dust)	$\frac{250}{\%SiO_2 + 5}$	$\frac{10 \text{ mg/M}^3}{\%SiO_2 + 2}$
	- ควอร์ซ (Quartz) ฝุ่นทุกขนาด (Total dust)	-	$\frac{30 \text{ mg/M}^3}{\%SiO_2 + 2}$
	- คริสโตบาไลท์ (Cristobalite)	$\frac{1}{2} \left[\frac{[250]}{\%SiO_2 + 5} \right]$	$\frac{1}{2} \left[\frac{[10 \text{ mg/M}^3]}{\%SiO_2 + 2} \right]$
	- ทริไต์ไมท์ (Tridymite)	$\frac{1}{2} \left[\frac{[250]}{\%SiO_2 + 5} \right]$	$\frac{1}{2} \left[\frac{[10 \text{ mg/M}^3]}{\%SiO_2 + 2} \right]$
	เฮมอร์ไฟต์ รวมทั้งแร่ธรรมชาติ	20	$\frac{80 \text{ mg/M}^3}{\%SiO_2}$
	ซิลิเกต (ที่มีส่วนผสมซิลิกาต่ำกว่า 1%) (Silicates)		
	- ทรีโมไลท์ (Tremolite)	5*	-
	- แอสเบสตอส (Asbestos)	5*	-
	- ทอลด์ (Talc) พวกที่มีเส้นใย (Asbestos form)	5*	-
	- ทอลด์ (Talc) พวกที่ไม่มีเส้นใย (non- asbestos form)	20	-
	- ไมกา (Mica)	20	-
	- โซปสโตน (Soapstone)	20	-

ลำดับที่	ชื่อสารเคมี	ปริมาณฝุ่นแร่เฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ	
		ล้านอนุภาคต่อปริมาตร ของอากาศ 1 ลูกบาศก์ ฟุต (Mppcf)	มิลลิกรัมต่ออากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร (mg/M ³)
	- ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ (Portland cement)	50	-
	- แกรไฟต์ (Graphite)	15	-
	- ฝุ่นถ่านหิน (Coal dust) ที่มี SiO ₂ น้อยกว่า 5%	-	2.4 mg/M ³
	- ฝุ่นถ่านหิน (Coal dust) ที่มี SiO ₂ มากกว่า 5%	-	10 mg/M ³ %SiO ₂ + 2
	ฝุ่นที่ก่อให้เกิดความรำคาญ (Inert or Nuisance dust)		
	- ฝุ่นที่สามารถเข้าถึงและสะสมในถุงลมของปอดได้ (Respirable dust)	5	5 mg/M ³
	- ฝุ่นทุกขนาด (Total dust)	50	15 mg/M ³

* หมายถึง จำนวนเส้นใย/ ในอากาศ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ที่มา : ดัดแปลงจากประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี)