

การออกแบบระบบระบายอากาศสำหรับงานเชื่อมโลหะ ในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

Design of Welding Ventilation System in Auto Part Industry

คำนำ

บริเวณพื้นที่การปฏิบัติงานของพนักงานเชื่อมโลหะในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ โดยกระบวนการผลิตจะใช้เครื่อง Robot ลวดเชื่อม และแก๊ส CO₂ ในการเชื่อมงาน ผู้ที่ปฏิบัติงานอยู่หน้าเครื่องมีหน้าที่หยิบชิ้นงาน วางบนโต๊ะเชื่อมในตำแหน่งที่กำหนด และประจำหน้าเครื่องตลอดเวลาเพื่อหยิบชิ้นงานออกวางเรียงใส่ชั้นวาง และคอยสังเกตการทำงานของเครื่องเชื่อม ซึ่งขณะที่พนักงานยืนประจำเครื่องตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง/วัน ทำให้ได้รับสารพิษที่เกิดจากการเชื่อมโลหะซึ่งจัดว่าเป็นงานที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพและความปลอดภัยของลูกจ้างตามกฎหมายกระทรวงฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2541) ออกตาม พรบ. คุ้มครองแรงงาน พ.ศ. 2541 และหากปริมาณฝุ่นขนาดเล็กบริเวณพื้นที่การปฏิบัติงานเกินค่ามาตรฐานตาม ACGIH กำหนด จะทำให้มีผลกระทบต่อสุขภาพ เกิดการระคายเคืองหรือการอักเสบของปอดได้

ฝุ่นจัดเป็นอนุภาคที่จะทำอันตรายต่อร่างกายได้ การได้รับอนุภาคเข้าสู่ร่างกายมีได้ 3 ทาง คือ ทางปาก ทางผิวหนัง และทางการหายใจหรือปอด โรคจากการทำงานส่วนมากเกิดจากการได้รับสารเข้าทางลมหายใจหรือทางปอด ปอดเป็นที่สำหรับแลกเปลี่ยนก๊าซ การหายใจทำให้ได้รับสารเจือปนในอากาศเข้าไปในปอด อนุภาคในอากาศจะสะสมอยู่ในปอดเพราะปอดมีพื้นที่ผิวราวๆ 55-75 m² อนุภาคที่ละลายในของเหลวในร่างกายจะผ่านจากปอดเข้าสู่กระแสเลือด ส่วนอนุภาคที่ไม่ละลายก็จะอยู่ในปอดทำให้เกิดระคายเคืองในปอด ปัญหาทางด้านสุขภาพที่เกี่ยวกับอนุภาคขึ้นกับปัจจัย 4 ประการ แต่ละปัจจัยจะสัมพันธ์กัน ได้แก่

1. ชนิดของอนุภาคที่ได้รับ
2. ระยะเวลาที่ได้รับ
3. ความเข้มข้นของอนุภาคในบรรยากาศการทำงาน
4. ขนาดของอนุภาคที่ได้รับ

จากการตรวจวัดปริมาณของฝุ่นขนาดเล็กบริเวณพื้นที่การทำงานของงานเชื่อมโลหะ บริษัท บางกอกอีเกิลวิง จำกัด ซึ่งจะแสดงเฉพาะงาน 4WD เครื่อง robot F25-017 ซึ่งเป็นจุดที่มีความเสี่ยง มีปริมาณการผลิตมาก ทำให้มีการฟุ้งกระจายของฝุ่น และควัน ชัดเจน

ตารางที่ 1 แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพทางอากาศบริเวณพื้นที่การทำงานเชื่อม

จุดตรวจวัด	ประเภทของมลพิษ	ผลการตรวจวัด	ค่ามาตรฐาน	
			กระทรวง อุตสาหกรรม	ACGIH
Welding line 4WD robot F25-017				
ปี 2547	ฝุ่นขนาดเล็ก(respirable dust)	4.56 mg/m ³	5 mg/m ³	3 mg/m ³
	ฝุ่นรวม (Total dust)	5.20 mg/m ³	15 mg/m ³	10 mg/m ³
ปี 2548	ฝุ่นขนาดเล็ก(respirable dust)	2.33 mg/m ³	5 mg/m ³	3 mg/m ³
	ฝุ่นรวม (Total dust)	<1 mg/m ³	15 mg/m ³	10 mg/m ³
ปี 2549	ฝุ่นขนาดเล็ก(respirable dust)	3.29 mg/m ³	5 mg/m ³	3 mg/m ³
	ฝุ่นรวม (Total dust)	1.08 mg/m ³	15 mg/m ³	10 mg/m ³

จากผลการตรวจวัดฝุ่นตั้งแต่ปี 2547 – 2549 ฝุ่นขนาดเล็ก (respirable dust) ที่ตรวจวัดจากบริเวณพื้นที่การปฏิบัติงานของเครื่องเชื่อม Robot F25-017 ของปี 2547 และ 2549 พบว่ามีค่าเกินมาตรฐาน ACGIH และมีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานตามกฎกระทรวงอุตสาหกรรมกำหนด เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานสากล จึงต้องพิจารณาถึงการควบคุมป้องกันอันตรายจากแหล่งกำเนิดของฝุ่นขนาดเล็กให้มีประสิทธิภาพ สามารถกำจัดออกจากพื้นที่การปฏิบัติงานของพนักงานได้ จึงต้องดำเนินการตรวจสอบและประเมินประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศ และในการออกแบบหัวดูด ได้ยึดถือหลักเกณฑ์ ดังนี้

1. ปิดคลุมกระบวนการให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อลดอัตราการไหลของอากาศที่จำเป็นในการควบคุมมลพิษ
2. ติดตั้งท่อดูดในจุดที่มลพิษถูกพาออกจากระดับการหายใจ (Breathing zone) ของพนักงาน

3. ออกแบบรูปร่างของท่อดูด ให้ใกล้เคียงแหล่งกำเนิดมลพิษมากที่สุด
4. ท่อดูดที่ออกแบบไว้ ไม่ควรรบกวนการทำงานของพนักงาน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ ระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กกับสุขภาพอนามัยของพนักงาน
2. เพื่อออกแบบปรับปรุงระบบระบายอากาศสำหรับงานเชื่อมโลหะ

ขอบเขตงานวิจัย

1. ศึกษาวิจัยประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศ ที่มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของพนักงาน ในโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ ในส่วนของงานเชื่อมโลหะ ของบริษัท บางกอกอีเกิลวิง จำกัด โดยเก็บข้อมูลผลการตรวจสุขภาพประจำปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2545 - 2549
2. ใช้ระบบระบายอากาศเฉพาะที่ 3 แบบ เปรียบเทียบกับระบบระบายอากาศปัจจุบัน
 - 2.1 แบบดูดด้านล่าง (Downdraft)
 - 2.2 แบบดูดด้านข้าง (Free-Hanging Plain Openings)
 - 2.3 แบบแขวนคลุมด้านบน (Canopy)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกับสุขภาพของพนักงาน สามารถนำผลการ Probit มาทำนายประสิทธิภาพการทำงานของระบบระบายอากาศได้
2. ได้ระบบระบายอากาศที่เหมาะสม สำหรับงานเชื่อมโลหะ
3. สามารถควบคุมมลพิษฝุ่นขนาดเล็กได้ตามมาตรฐาน ACGIH
4. ทำให้เกิดความปลอดภัยต่อการทำงานของพนักงานในการเชื่อมโลหะ

นิยามที่สำคัญของอากาศและระบบระบายอากาศ

1. แรงม้าของพัดลม (Fan Horsepower)

หมายถึง กำลังแรงม้าทางทฤษฎีของการขับเคลื่อนพัดลม หากไม่มีการสูญเสียใดๆ เมื่อพัดลมมีประสิทธิภาพ 100 เปอร์เซ็นต์

2. อากาศแห้งมาตรฐาน (Dry Air, Standard)

หมายถึง อากาศที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (อ้างอิงตามมาตรฐานของสหรัฐอเมริกาของประเทศไทยนิยามกำหนดที่ 25 องศาเซลเซียส) ความดัน 1 บรรยากาศ หรือ 3.66 กิโลปาสกาล ความหนาแน่น 1.2 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความร้อนจำเพาะ 0.24 กิโลคาลอรีต่อกิโลกรัมองศาเซลเซียส (kcal/kg °C)

3. Damper

หมายถึง อุปกรณ์สำหรับกั้นอากาศในท่อให้ไหลได้เพียงบางส่วน เช่น Blast Gate จะเป็น Damper ชนิดหนึ่งที่สามารถเข้าออกได้

4. แรงม้าจริงที่ใช้ในการขับเคลื่อนพัดลม (Break Horsepower)

หมายถึง แรงม้าจริงที่ใช้ในการขับเคลื่อนพัดลม รวมถึงพลังงานที่สูญเสียไปในพัดลมซึ่งสามารถทราบได้จากการทดสอบจริงเท่านั้น (ไม่รวมการสูญเสียที่เกิดระหว่างมอเตอร์กับพัดลม)

5. ความเร็วในการจับหรือพา (Capture Velocity)

หมายถึง ความเร็วของอากาศบริเวณหน้า Hood หรือช่องเปิดของ Hood (Hood Face Velocity) หรือความเร็วที่จะเอาชนะแรงต้านของอากาศที่ไหลในทิศทางอื่นได้ และสามารถจับมลพิษที่จุดนั้นให้ไหลเข้ามาใน Hood ได้

6. การสูญเสียความดันทางเข้า (Entry Loss)

หมายถึง การสูญเสียความดันที่เกิดจากอากาศไหลเข้าท่อหรือ Hood (ซึ่งเกิดจากการเสียดสี ของอากาศที่แย่งกันเข้าท่อ และความปั่นป่วนที่เกิดขึ้นบริเวณปากท่อ)

7. Hood (ตู้ดูดอากาศ)

หมายถึง อุปกรณ์ที่ออกแบบให้ดูดอากาศที่ปนเปื้อนเพื่อส่งออกไปทางปล่องที่ระบายออก

8. ความชื้นสัมบูรณ์

หมายถึง น้ำหนักน้ำต่อหน่วยปริมาตรอากาศที่มีน้ำเป็นไอน้ำอยู่ มีหน่วยกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

9. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)

หมายถึง ค่าของความดันย่อยของไอน้ำเทียบกับความดันอิ่มตัวของไอน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน ตัวอย่างเช่นอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 70% หมายความว่า มีไอน้ำอยู่ร้อยละ 70 ของอากาศที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำที่อุณหภูมินั้นๆ เนื่องจากที่อุณหภูมิต่างกันอากาศอิ่มตัวด้วยไอน้ำเป็นปริมาณไม่เท่ากัน โดยยิ่งอุณหภูมิสูงขึ้นจะมีไอน้ำอิ่มตัวได้มากขึ้น หน่วยความชื้นสัมพัทธ์ใกล้ถึง 100% แสดงว่าอากาศใกล้อิ่มตัวและอาจจะเริ่มควบแน่นเป็นหยดน้ำได้ เป็นต้น ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ 10% แสดงว่าอากาศนี้ยังรับไอน้ำได้อีกมาก

10. มาโนมิเตอร์ (Manometer)

หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้วัดความดันอากาศในท่อ โดยปกติมักจะเป็นหลอดรูปตัว U (U) มีของเหลวอยู่ข้างใน ซึ่งการวัดความดันจะคำนวณความแตกต่างของระดับของเหลวในสองขาของหลอดตัว U

11. ความดันสถิตย์ (Static Pressure)

หมายถึง ความดันที่ดันออกทุกทิศทาง เช่น ความดันที่ลูกโป่งดันออก ไม่ว่าเราจะกดจุดใดของลูกโป่ง ก็จะมีแรงดันดันออกมาเท่ากันหมด มีหน่วยเป็นนิ้วน้ำ หรือปาสคาลโดยปกติ นิยมคิดเทียบกับความดันปกติคือ 1 บรรยากาศเสมอ หากมีค่าสูงกว่า 1 บรรยากาศ จะมีค่าเป็นบวก หากมีค่าต่ำกว่า 1 บรรยากาศ จะมีค่าติดลบ และหากมีค่าเท่ากับ 1 บรรยากาศ จะเท่ากับ 0

12. ความดันจลน์ (Velocity Pressure)

หมายถึง ความดันที่เกิดจากอากาศเคลื่อนที่ เช่น การเป่าอากาศในหลอดฟันทิ้งมือ มีหน่วยเป็นนิ้วน้ำ หรือปาสคาล

13. ความดันรวม (Total Pressure)

หมายถึง ผลรวมของความดันสถิตย์กับความดันที่เกิดจากอากาศเคลื่อนที่ไปในทิศทางหนึ่ง ดังนั้น ความดันรวม (TP) จะเท่ากับความดันสถิตย์ (SP) รวมกับความดันจากความเร็วลม (VP) เสมอ

14. ความเร็วในท่อ (Duct velocity : V_d)

หมายถึง ความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านหน้าตัดท่อ ในกรณีที่สารปนเปื้อนในรูปอนุภาคของแข็ง (ฝุ่น) ปะปนมากับอากาศ ความเร็วในท่อต้องมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าความเร็วต่ำสุดที่ต้องการสำหรับพาสารปนเปื้อนดังกล่าว ให้ไหลไปพร้อมกับอากาศได้โดยไม่เกิดการตกค้างในระบบ

15. ปาสคาล (Pascals)

หมายถึง หน่วยความดันอากาศโดยที่ 1 ปาสคาล เท่ากับ 0.00401 นิ้วน้ำ หรือ 0.102 มิลลิเมตรน้ำ หรือ 1.696×10^{-4} ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

16. วัตต์ (Watts)

หมายถึง พลังงานมีค่าเทียบเท่ากับ 3.4129 บีทียูต่อชั่วโมง หรือ 1.341×10^{-3} แรงม้า

17. มิลลิเมตรปรอท

หมายถึง หน่วยความดันแบบเก่า มีค่าเท่ากับ 0.001316 บรรยากาศ (1 บรรยากาศ มีค่า 760 มิลลิเมตรปรอท) หรือ 133 ปาสคาล หรือ 0.5357 นิ้วน้ำ

18. ความสูญเสียภายในระบบระบายอากาศ (Pressure Loss หรือ Pressure Drop)

หมายถึง การสูญเสียความดัน ที่เกิดจากการที่อากาศไหลเข้าสู่หัวดูด และท่อ ความเสียดทานของอากาศกับท่อตรง ข้องอ ท่อลดและท่อขยาย แรงต้านทานของระบบบำบัดมลพิษอากาศ ความสูญเสียจากพัดลมและปล่อง ซึ่งรวมกันแล้วจะทำให้ทราบได้ว่าต้องใช้พัดลม ซึ่งมีกำลังเท่าใด เพื่อเอาชนะความสูญเสียจากพัดลมและปล่อง ซึ่งรวมกันแล้วจะทำให้ทราบได้ว่าต้องใช้พัดลมซึ่งมีกำลังเท่าใด เพื่อเอาชนะความสูญเสียเหล่านี้ โดยยังคงใช้ระบบระบายอากาศทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้

19. ฝุ่นขนาดเล็ก (respirable dust)

หมายถึง ฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน สามารถเข้าสู่ถุงลมปอดทำให้เกิดการระคายเคืองหรือการอักเสบได้

การตรวจเอกสาร

วันที่ (2542) การระบายอากาศในสถานประกอบการ มีวัตถุประสงค์หลักๆ สามประการ คือ

1. เป็นการควบคุมมลพิษทางอากาศเพื่อปกป้องสุขภาพของคนงาน
2. เพื่อป้องกันการสะสมของก๊าซ ไอ หรือฝุ่น ที่สามารถติดไฟหรือระเบิด
3. เพื่อระบายความร้อนที่เกิดขึ้นในสิ่งแวดล้อมการทำงาน

การระบายอากาศที่ใช้ทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรม อาจแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. การระบายอากาศทั่วไป หรือ การระบายอากาศเพื่อเจือจาง (General Ventilation หรือ Dilution Ventilation) มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการทำให้ความเข้มข้นของมลพิษเจือจางลง อยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้ และทำให้เกิดความสบายต่อผู้ที่อยู่ในบริเวณนั้น การระบายอากาศประเภทนี้อาจแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

- 1.1 การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (Natural ventilation) เป็นการระบายอากาศโดยการอาศัยหลักการธรรมชาติ เช่น อากาศร้อนลอยตัวสูงขึ้น และอากาศเย็นเคลื่อนที่เข้ามาแทนที่ วิธีการระบายอากาศแบบนี้จึงต้องอาศัยการออกแบบอาคารให้มีช่องเปิดเพียงพอ และมีลักษณะหรือสิ่งแวดล้อมที่อำนวยความสะดวกให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก

- 1.2 การระบายอากาศโดยวิธีกล (Mechanical ventilation) เป็นวิธีการระบายอากาศที่ต้องอาศัยอุปกรณ์ หรือเครื่องกล เช่น พัดลมช่วยให้อากาศเคลื่อนไหว หมุนเวียน

การระบายอากาศทั่วไป ควรใช้เฉพาะในกรณีต่อไปนี้

1. มลพิษถูกปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมการทำงานในปริมาณที่น้อย ด้วยอัตราที่ค่อนข้างมีรูปแบบ หรือสม่ำเสมอ
2. ระยะทางระหว่างแหล่งที่ปล่อยมลพิษและคน หรือแหล่งมลพิษและแหล่งไฟ ห่างพอที่จะทำให้ความเข้มข้นของมลพิษเจือจางลงถึงระดับที่ไม่เป็นอันตราย ณ จุดที่คนหรือแหล่งไฟอยู่

3. มลพิษมีความเป็นพิษต่ำ หรือดีดไฟยาก
4. มลพิษนั้นไม่ต้องผ่านเครื่องทำความสะอาดก่อนที่จะปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกหรือชุมชน
5. มลพิษนั้นไม่กัดกร่อน หรือไม่ทำให้เกิดปัญหาใดๆ ในสถานประกอบการเมื่อถูกทำให้เจือจางแล้ว

จุดอ่อนหรือข้อเสียของการระบายอากาศแบบทั่วไปมี คือ เป็นการทำให้มลพิษเจือจางไปเท่านั้น มิได้กำจัดให้หมดไปจากสิ่งแวดล้อม ซึ่งทำให้การควบคุมการสัมผัสมลพิษของคนงานค่อนข้างลำบาก อย่างไรก็ตาม การระบายอากาศแบบทั่วไปมีค่าใช้จ่ายต่ำ และหากสามารถควบคุมการถ่ายเทอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ การระบายอากาศทั่วไปก็เป็นวิธีการควบคุมมลพิษที่มีประสิทธิภาพเช่นกัน

2. การระบายอากาศเฉพาะที่ (Local Ventilation)

เป็นมาตรการหนึ่งที่ถูกนำมาใช้เพื่อควบคุมความเข้มข้นของสารเคมี ในสิ่งแวดล้อมการทำงาน ทั้งชนิดที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและชนิดที่เป็นอันตรายทางกายภาพ (เช่น การระเบิดเพลิงไหม้) ด้วย นอกจากนั้น การระบายอากาศยังช่วยลดความร้อน ซึ่งอาจเป็นสาเหตุของความล้า ความรู้สึกไม่สบายของคน ตลอดจนควบคุมปัญหาเรื่อง กลิ่น ความชื้น และปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารด้วย

ระบบระบายอากาศที่ใช้ในอุตสาหกรรมโดยทั่วไปมี 2 ระบบ คือ

1. ระบบส่งอากาศ (Supply system) ซึ่งจะนำอากาศที่เหมาะสมส่งเข้ามาในห้อง หรือทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของอากาศจากภายนอก ซึ่งมีมลพิษหรืออุณหภูมิต่ำกว่านั้นเคลื่อนที่เข้ามา
2. ระบบระบายอากาศเสียออกไป (Exhaust system) ซึ่งจะนำอากาศที่มีสารพิษปนเปื้อนที่เกิดจากกระบวนการผลิตออกไปจากสิ่งแวดล้อมการทำงาน ซึ่งในการจัดการระบบระบายอากาศจะต้องพิจารณาทั้ง 2 ระบบ

ระบบส่งอากาศ (Supply system) ถูกนำมาใช้ในสองวัตถุประสงค์

1. เพื่อให้บรรยากาศในสิ่งแวดล้อมการทำงานดีขึ้น เช่น ลดความร้อน ลดกลิ่นเหม็น
2. เพื่อลดเขยอากาศส่วนที่สูดเข้าไปสู่ระบบระบายอากาศเสียออกไป ระบบส่งอากาศที่ถูกออกแบบมาอย่างดี ประกอบด้วย ช่องให้อากาศเข้าเครื่องกรองอากาศ พัดลม ท่อ และตะแกรงกระจายอากาศ หรือ เครื่องทำความเย็น/ความร้อน โดยทั่วไปเครื่องกรองอากาศ เครื่องทำความเย็น และพัดลมมักจะอยู่รวมกันในพื้นที่หนึ่ง เรียกว่า “airhouse” หรือ “air supply unit” ถ้าบางส่วนของอากาศที่ส่งเข้าสู่ระบบนี้ถูกนำกลับมาสู่ระบบอีก ต้องมีระบบนำกลับ (return system) เพื่อนำอากาศกลับเข้าสู่ “airhouse”

ระบบระบายอากาศเสีย (Exhaust system) ถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ระบบระบายอากาศทั่วไป (General Ventilation System)
2. ระบบระบายอากาศเฉพาะที่ (Local Exhaust System)

ระบบระบายอากาศทั่วไป สามารถใช้ในการควบคุมความร้อน และ/หรือ นำสารปนเปื้อนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตออกไป โดยการเป่าอากาศปริมาณมากเข้าไปเพื่อสารปนเปื้อน เพื่อใช้ระบบดังกล่าวนี้กับการควบคุมความร้อน อากาศอาจถูกนำมาลดอุณหภูมิ แล้วนำมาหมุนเวียนใช้หลายครั้งได้ ในขณะที่การควบคุมความเข้มข้นของสารปนเปื้อนให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยนั้น อากาศจากภายนอกจะถูกนำเข้ามาผสมผสานกับอากาศที่มีสารปนเปื้อนภายในอาคาร เพื่อเจือจางสารปนเปื้อนให้มีความเข้มข้นอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อคนงาน หรืออยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ฉะนั้นอากาศทั้งหมดจึงกลายเป็นอากาศที่ถูกปนเปื้อน ซึ่งจะถูกล่อออกสู่บรรยากาศ ไม่นำกลับมาใช้อีก ระบบส่งอากาศจึงมักถูกนำมาใช้ร่วมกับระบบระบายอากาศทั่วไป เพื่อนำอากาศเข้ามาแทนที่อากาศที่ระบายออก

การระบายอากาศเพื่อเจือจางสารปนเปื้อนนี้ โดยปกติใช้ในกรณีที่ไม่สามารถนำระบบระบายอากาศเฉพาะที่มาใช้แทนนั้น ทั้งนี้ เพราะปริมาณอากาศที่จะต้องนำมาเจือจางสารปนเปื้อนนั้น อาจต้องใช้ปริมาณมาก จึงมักเป็นเหตุให้ค่าใช้จ่ายสูง

ระบบระบายอากาศเฉพาะที่ ทำงานโดยอาศัยหลักการจับสารปนเปื้อน ณ จุดหรือใกล้กับจุดที่เป็นแหล่งของมัน เพื่อกำจัดและนำออกไปจากสิ่งแวดล้อมการทำงานนั้น ก็ที่สารปนเปื้อนเหล่านั้นจะฟุ้งกระจายในสิ่งแวดล้อมการทำงาน ซึ่งถือว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูง และต้องการอัตราไหลของอากาศต่ำ

ระบบระบายอากาศเฉพาะที่ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน คือ

1. hood
2. ระบบท่อ
3. เครื่องทำความสะอาดอากาศ
4. พัดลม

วิทยา (2542) การระบายอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม ในปัจจุบันทวีความสลับซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ทั้งทางด้านวัตถุดิบที่ใช้ กรรมวิธีการผลิต ผลผลิต และผลพลอยได้จากการผลิต มลพิษจากสิ่งแวดล้อมในการทำงานที่ปล่อยออกมาในรูปแบบของแข็ง ของเหลว และก๊าซ เมื่อพนักงานคนที่ปฏิบัติงานในบริเวณนั้นประชาชนที่อยู่โดยรอบต้องสัมผัส สิ่งที่มาตามก็คือการเกิดโรคและอันตราย การลดอัตราการเกิดโรคอันตราย โดยมีมาตรการ วิธีการควบคุมป้องกันและแก้ไขที่ถูกต้องและเหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง

มลพิษที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต กระบวนการทำงาน ออกมาสู่สิ่งแวดล้อมในการทำงานในรูปแบบต่างๆ นั้นสามารถเข้าสู่ร่างกายได้หลายวิธี เช่น การสัมผัส การกิน การดูดซึมผ่านผิวหนัง และการหายใจ มลพิษทางอากาศเป็นมลพิษที่อันตรายสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ทางการหายใจเข้าไปในร่างกาย สู่ระบบทางเดินหายใจ ทำอันตรายกับอวัยวะเฉพาะอย่างไร ธรรมชาติของการหายใจของมนุษย์นั้นมากขึ้นอยู่กับการดำเนินกิจกรรม เช่น ในขณะที่นั่งอยู่เฉยๆ อัตราการหายใจจะเกิดขึ้นประมาณ 6 ลิตรต่อนาที หรือเมื่อต้องทำงานหนักความต้องการอากาศจะมากถึง 2,880 ลิตรต่อวัน

การควบคุมและแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศในโรงงานอุตสาหกรรมสามารถจัดทำได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น การควบคุมที่แหล่งกำเนิดมลพิษ ที่ทางผ่านของมลพิษ หรือที่บุคคลที่ต้องสัมผัสเทคนิคและวิธีการมีให้เลือกหลายวิธีการ จะพิจารณาเลือกวิธีการใดขึ้นอยู่กับความต้องการ ความจำเป็น ความเหมาะสมทางด้านเทคโนโลยี และความเหมาะสมและคุ้มค่าทางด้านเศรษฐกิจ

การเลือกใช้เทคนิคทางด้านวิศวกรรม โดยการออกแบบระบบระบายอากาศมาใช้ จัดได้ว่าเป็นวิธีการควบคุมมลพิษที่แหล่งกำเนิดของมลพิษที่ได้ผลยิ่งวิธีหนึ่ง โดยอาศัยหลักการและวิธีการออกแบบคำนวณทางวิศวกรรมศาสตร์ การออกแบบระบบระบายอากาศให้ได้ประสิทธิภาพ สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดนั้นจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลประกอบหลายประการ

วัตถุประสงค์ของการระบายอากาศ

ความต้องการในการใช้ระบบระบายอากาศชนิดต่างๆ เข้ามาแก้ไขปัญหาด้านมลพิษอากาศ โดยทั่วไปนั้นแตกต่างกันไป การคำนวณออกแบบระบบระบายอากาศมีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันไป ระบบระบายอากาศที่ดีนั้นสามารถที่ลดปัญหาของโรงงานอุตสาหกรรมได้ วัตถุประสงค์ของการมีระบบระบายอากาศของโรงงานมี 5 ประการหลัก ดังนี้

1. เพื่อควบคุมด้านความร้อน ความชื้น ในโรงงานอุตสาหกรรม ความร้อนความชื้นเป็นปัญหาสำคัญของการดำเนินการของโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไป มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย ความร้อนที่เกิดในโรงงาน เกิดจากภายในโรงงานเอง เช่น จากกระบวนการผลิต จากการระเหย ออกมาจากตัวคนงาน หรือความร้อนจากภายนอก เช่น จากแสงแดด จากการสะท้อน จากการสะสม เป็นต้น
2. ใช้ควบคุมระดับมลพิษจากสิ่งแวดล้อม ในการดำเนินงานของโรงงานนั้นจะมีมลพิษออกมาในรูปแบบต่างๆ เช่น ฝุ่นละออง ไอระเหย คาร์บอน ไอโลหะหนัก มลพิษเหล่านี้มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน จำเป็นต้องจัดไปจากบริเวณการทำงาน การมีระบบระบายอากาศที่จะสามารถช่วยได้
3. เพื่อเจือจางมลพิษทางอากาศในบริเวณที่ทำงาน มลพิษบางชนิด บางปริมาณไม่ก่อให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพอนามัยของผู้สัมผัส เป็นเพียงสิ่งที่ทำให้เกิดความรำคาญเท่านั้น การใช้มาตรการบางอย่าง หรือระบบระบายอากาศที่สามารถนำเอาอากาศบริสุทธิ์เข้ามาในปริมาณมาก เพื่อทำการเจือจางระดับมลพิษให้อยู่ในปริมาณที่ยอมรับได้ก็เพียงพอ
4. เพื่อป้องกันควบคุมการเกิดอัคคีภัย การเกิดอัคคีภัยนั้นจะต้องอาศัยองค์ประกอบที่สมดุล 3 ประการ คือ ไอระเหยของเชื้อเพลิง ความร้อน และอากาศที่เหมาะสม ระบบระบายอากาศ

ที่ดีจะสามารถควบคุมปริมาณของไอระเหยของเชื้อเพลิงไม่ให้อยู่ในช่วงที่ติดไฟได้ เป็นวิธีการที่ใช้ในการควบคุมไม่ให้เกิดไฟไหม้ การระเบิดเป็นอย่างดี

5. ใช้เสริมอากาศบริสุทธิ์เข้ามาในบริเวณทำงาน การทำงานในที่อับอากาศ ในอุโมงค์ ในถัง ในท่อระบายน้ำ ในเหมืองต้องการอากาศหรือ ปริมาณออกซิเจนที่เพียงพอให้เกิดความสบายในการทำงาน ระบบระบายอากาศจะสามารถช่วยได้

ชนิดของการระบายอากาศ

การระบายอากาศทั่วไปนั้นสามารถแบ่งออกเป็นหลายวิธีการตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน โดยหลักการระบายอากาศแล้วแบ่งเป็น 3 ชนิด ตามลักษณะของการใช้งานดังนี้

1. การระบายอากาศโดยทั่วไปแบบธรรมชาติ (General Natural Ventilation) เป็นวิธีการที่ใช้กันมากโดยอาศัยหลักการเคลื่อนไหวของอากาศแบบธรรมชาติ โดยอาศัยหลักความดันที่แตกต่างในแต่ละพื้นที่ ทิศทางในการไหลของอากาศ แรงยกตัวของอากาศ อุณหภูมิที่แตกต่างกัน เป็นหลักการที่วิศวกร สถาปนิกใช้ในการออกแบบอาคารสถานที่ต่างๆ พื้นฐานของการระบายอากาศด้วยวิธีนี้ เป็นการเคลื่อนย้ายถ่ายเทอากาศเข้าและออกจากบริเวณต่างๆ ไปในอาคาร เช่น ในห้อง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดความสบายของผู้ที่อยู่ในบริเวณนั้น โดยทั่วไปแล้วจะเป็นการระบายอากาศเพื่อควบคุมอุณหภูมิและกลิ่นภายในอาคาร หรือสำนักงาน ข้อมูลที่ใช้นั้นแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์

2. การระบายอากาศแบบทำให้เจือจาง (Dilution Ventilation) เป็นชนิดของการระบายอากาศที่ทำเพิ่มเติมขึ้นมาเมื่อการระบายอากาศแบบธรรมชาติไม่เพียงพอ หรือมีข้อจำกัดต่างๆ ไม่สามารถใช้ระบบระบายอากาศแบบธรรมชาติได้ หรือมีการใช้อาคารผิดวัตถุประสงค์ไป มีการต่อเติม มีการขยายพื้นที่ มีการติดตั้งอุปกรณ์เครื่องจักรเพิ่มเติมมา จำนวนคนเพิ่มมากขึ้น ระบบระบายอากาศเดิมที่ออกแบบสร้างไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ จำเป็นต้องทำการเสริมเป็นการระบายอากาศเพื่อลดความเข้มข้นของมลพิษ ซึ่งปนเปื้อนอยู่ในอากาศภายในสถานประกอบการ โดยอาศัยหลักการทำให้มลพิษเจือจางลงด้วยอากาศที่บริสุทธิ์จากภายนอก จนกระทั่งอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ หรือลดปริมาณมลพิษที่ไม่เป็นพิษภัยทำให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญเท่านั้น เช่น กลิ่น คิวอันไม่พึงประสงค์ หรือระบายอากาศเพื่อป้องกันการเกิดอัคคีภัย การระเบิด โดยการควบคุมระดับความเข้มข้น ของมลพิษทางอากาศบางประการ ไม่ให้อยู่ในระดับที่ติดไฟหรือระเบิด

วิธีการดำเนินการอาจจะเลือกใช้การระบายอากาศแบบธรรมชาติหรือ การใช้อุปกรณ์เครื่องกล เช่น พัดลมระบายอากาศติดตั้งเพิ่มเติมเพื่อช่วยการระบายอากาศให้เพียงพอ

3. การระบายอากาศเฉพาะที่ (Local Exhaust Ventilation) เป็นการระบายอากาศโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะป้องกันอันตรายต่อสุขภาพ ควบคุมปัญหาเชื้อครีออนรั่วภายในสถานประกอบการ เป็นวิธีการที่นับว่าได้ผลมากที่สุด เป็นการแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศที่แหล่งกำเนิดโดยตรง อาศัยหลักการคล้ายกับวิธีที่กล่าวมาแล้ว โดยการดูดระบายมลพิษพร้อมทั้งอากาศที่ถูกปนเปื้อนกับอากาศส่วนใหญ่ของห้องด้วย ระบบระบายอากาศเฉพาะที่ประกอบด้วยองค์ประกอบใหญ่ 5 ส่วนหลัก คือ

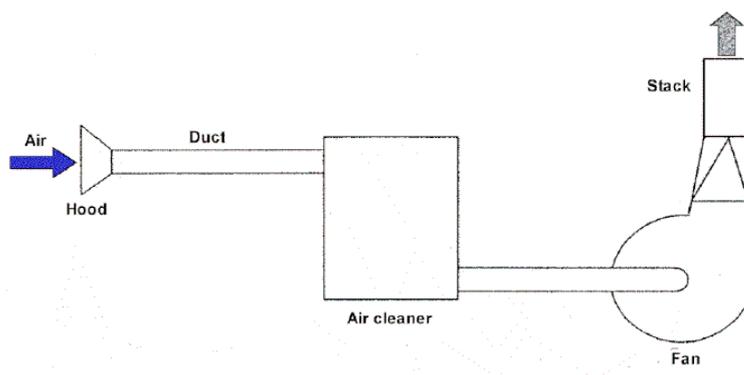
3.1 ทางเข้าของอากาศหรือฮูดดูดอากาศ (Hoods หรือ Inlet) เป็นส่วนสำคัญที่ทำหน้าที่รวบรวมมลพิษทางอากาศให้เข้าสู่ระบบระบายอากาศ การเลือกใช้หรือการออกแบบ การสร้างต้องคำนึงถึงชนิดที่เหมาะสมมีประสิทธิภาพมากที่สุด

3.2 ท่อนำอากาศ (Ducts) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่นำอากาศ ส่งต่ออากาศที่รวบรวมโดยฮูด ผ่านต่อไปในระบบเพื่อเข้าสู่ระบบขจัดอากาศ หรือปล่อยออกสู่ภายนอก

3.3 พัดลมดูดอากาศ (Exhaust Fan หรือ Blower) ทำหน้าที่ในการดูดอากาศ เป่าอากาศ หรือขับเคลื่อนอากาศในระบบระบายอากาศ

3.4 เครื่อง อุปกรณ์ควบคุมมลพิษ (Air Cleaning Equipments) ทำหน้าที่ในการขจัดมลพิษทางอากาศที่รวบรวมมาได้ให้อยู่ในมาตรฐานควบคุมก่อนปล่อยออกสู่บรรยากาศภายนอก ระบบระบายอากาศบางชนิดไม่จำเป็นต้องมีระบบขจัดอากาศติดตั้งอยู่ด้วย

3.5 ทางออก (Outlet หรือ Stack) ทางออกของอากาศผ่านการบำบัดแล้ว หรือปล่อยระบายอากาศเป็นส่วนสุดท้ายของระบบระบายอากาศ



ภาพที่ 1 แสดงส่วนประกอบของระบบระบายอากาศเฉพาะที่

ที่มา: Department of Labour and Industry (2006)

วิทยา (2542) เทคนิคการควบคุมฝุ่นละออง (Particulate Control)

ฝุ่นละอองในสถานประกอบการเป็นปัญหาสำคัญของโรงงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กที่สามารถหายใจเข้าไปในปอดได้ จำเป็นต้องหาวิธีการควบคุม หลักการควบคุมไม่ให้ฝุ่นละอองทำอันตรายต่อคนทั่วไปที่ดีที่สุดคือ การควบคุมที่ต้นตอหรือแหล่งกำเนิดฝุ่นหรืออนุภาคต่างๆ โดยใช้วิธีการทางวิศวกรรมควบคุม ถ้าหากทำไม่ได้แล้วจึงจะพิจารณาวิธีอื่นเข้ามา วิธีการที่ใช้โดยทั่วไปคือ

1. การใช้วิธีการปิดคลุมต้นตอ หรือจุดที่เกิดฝุ่นมาก เช่น ติดตั้งระบบระบายอากาศเฉพาะที่ และระบบนี้จะต้องมีการคำนวณขนาดที่เหมาะสม ไม่มีการรั่วไหล ท่อระบายอากาศจะนำฝุ่นที่เกิดขึ้นไปเก็บกำจัดต่อไป
2. แยกขบวนการหรือเครื่องจักรที่มีฝุ่นมากออกไปจากบริเวณที่มีคนทำงานอยู่มากหรือถ้าไม่สามารถแยกขบวนการนั้นออกไปได้ก็ต้องหาทางแยกหรือลดจำนวนคนงานในขบวนการนั้นให้มัน้อยลง
3. ใช้วิธีแทนที่ โดยเลือกวัสดุที่มีอันตรายน้อยเข้ามาแทนวัสดุที่มีอันตรายมากๆ
4. ทำให้เกิดความชื้นมากหรือระบบเปียกเข้าช่วย เช่น การเจาะการฉีดใช้น้ำเข้าหล่อ จะเกิดฝู่น้อยหรือฉีดพ่นน้ำให้เป็นละอองจะลดจำนวนฝู่นลงเนื่องจากจับเกาะกันตกลงสู่พื้น

5. การสร้างระบบกำจัด หรือระบบระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดฝุ่น เช่น ขบวนการขัดโลหะมีที่ดูดเอาโลหะ ไปเก็บไว้ หรือที่บรรจุถุงของที่เป็นเม็ดผง ก็ติดตั้งระบบดูดเอา ฝุ่นที่เกิดไปเก็บไว้
6. การทำความสะอาดเป็นประจำจะช่วยลดฝุ่นที่เกิดขึ้นอย่างมาก
7. ลดระยะเวลาการทำงานที่ต้องสัมผัสกับฝุ่น
8. ใช้เครื่องป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

Douglas *et al.* (2001) ได้ทำการศึกษาพบว่าระบบระบายอากาศแบบ Encloser ที่มีขนาดเล็กต้องมีอัตราการดูดของอากาศพอเหมาะ เพื่อทำให้เกิดการประหยัดพลังงานและอากาศที่ดูดเข้าสู่ระบบระบายก๊าซเป็นแบบราบเรียบ

Mario and Berardo (1997) ได้ทำการศึกษาพบว่าการออกแบบโดยใช้หลักการออกแบบที่ถูกต้องมีส่วนทำให้สิ่งแวดล้อมในอาคารดีขึ้นรวมถึงความปลอดภัยของสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน

ASHRAE (1999) ระบบระบายอากาศเฉพาะที่ เป็นระบบระบายก๊าซที่ใช้กับผู้ปฏิบัติงานที่มีความเสี่ยงต่อไอสารเคมีมากที่สุด ซึ่งมลสารถูกแรงจับจากระบบระบายก๊าซ เข้าทางช่องเปิดแบบปิด (Enclosing Hood) ซึ่งต้องอาศัยหลักการคำนวณแรงจับ (Capture Velocity) ที่เหมาะสมก่อน เพื่อที่จะควบคุมไอสารเคมีได้ ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

ธีระ (2544) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะ และการใช้พลังงานของระบบระบายอากาศ เสียแบบเดิมและแนวใหม่ โดยมีจุดประสงค์หลักเพื่อพัฒนาระบบระบายอากาศที่ประหยัดพลังงาน การกำจัดก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ (CO₂) เพื่อสุขภาพ ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย หลักการของระบบคือ ก๊าซที่มีความหนาแน่นมากกว่าอากาศ จะรวมตัวกันอยู่ตามด้านล่างของพื้นห้อง จึงได้ออกแบบให้ตำแหน่งในการระบายอากาศ เสียอยู่ที่ด้านล่าง และมีการต่อท่อเหล็กอบสังกะสีไปตามจุดต่างๆ ที่มีการสะสมของก๊าซ เสียจากการทดลองเปรียบเทียบระบบระบายอากาศเสีย (CO₂) ทั้งสองระบบ เมื่อมีปริมาณ ผลัดเปลี่ยนลมเท่ากับ 3.25 ach โดยระบบใหม่ มีอัตราส่วนในการกำจัดปริมาณ (CO₂) ได้ถึง 0.172 % by volume/h ส่วนระบบเดิมกำจัดได้เพียง 0.057% by volume/h เท่านั้น ระบบช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับภายนอก ในระยะเวลาที่น้อยกว่า

พิจารณาทางด้านความร้อน พบว่า อุณหภูมิห้องเพิ่มขึ้น 1.9°C หลังการระบายอากาศ แบบใหม่ ซึ่งถือว่ามียผลน้อยมาก

รุ่งทิพย์ (2539) ได้ศึกษาวิจัย เพื่อสร้างและศึกษาประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศเฉพาะที่ สำหรับงานเชื่อมโลหะไฟฟ้า โดยทำการศึกษาความเร็วลมหน้าท่อดูด (Face velocity) 3 ระดับ 50, 150 และ 200 ฟุตต่อนาที ท่อดูด (Hood) ออกแบบสร้างและทดลอง 4 ชนิด ได้แก่ ท่อดูดไม่ติดปีก (No flange) ท่อดูดติดปีก 90 องศา , ท่อดูดติดปีก 60 องศา และท่อดูดติดปีก 45 องศา โดยเก็บข้อมูลเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดเก็บปริมาณฟุ้งโลหะที่ระดับหายใจในสภาวะต่างๆ

ผลการทดสอบพบว่า ความเร็วลมหน้าท่อดูด 200 ฟุตต่อนาที มีปริมาณฟุ้งโลหะที่ระดับหายใจต่ำที่สุด และที่ความเร็วลมหน้าท่อดูด 50 ฟุตต่อนาที มีปริมาณฟุ้งโลหะสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) และจากการเปรียบเทียบตามชนิดของท่อดูด พบว่า ท่อดูดที่ติดปีก 90 องศา จะมีปริมาณฟุ้งที่ระดับการหายใจต่ำที่สุด ส่วนท่อดูดที่ไม่มีปีก จะมีปริมาณฟุ้งโลหะสูงสุด ที่ความเร็วลมหน้าท่อดูด 50 ฟุตต่อนาที แต่เมื่อมีการเพิ่มความเร็วลมหน้าท่อดูดเป็น 150 และ 200 ฟุตต่อนาที ท่อดูดที่ติดปีก 60 องศา หรือ 45 องศา จะมีปริมาณฟุ้งโลหะต่ำที่สุด ส่วนท่อดูดที่ไม่มีปีก จะมีปริมาณฟุ้งโลหะที่สูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$)

สุรชาติ (2547) ในห้องปฏิบัติการเคมี มีก๊าซอันตรายหลายชนิดที่ขยายตัวอยู่รอบบริเวณที่ผู้ปฏิบัติงานทำงาน ซึ่งก๊าซอันตรายนี้อาจเกิดขึ้นจากไอระเหย สารทำลาย กรดเข้มข้นและปฏิกิริยาเคมี ซึ่งสารเหล่านี้สามารถผ่านเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้อย่างง่ายดาย วิธีการอย่างหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาดังกล่าว การใช้ระบบระบายอากาศ ซึ่งประกอบไปด้วย ระบบท่อพัดลมและอุปกรณ์ประกอบ งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการดำเนินการตรวจสอบและประเมินประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศ ซึ่งติดตั้งอยู่ในห้องปฏิบัติการเคมี ศูนย์สิ่งแวดล้อม สถาบันราชภัฏสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร โดยมีการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการประเมินประสิทธิภาพ เช่น ความดันสถิตย์ ความดันเนื่องจากความเร็ว อัตราการไหล ความเร็วของอากาศในท่อ ผลการวิเคราะห์ในเชิงทฤษฎี แสดงให้เห็นว่า ระบบท่อที่มีการใช้งานอยู่ต้องการพัดลมที่มีกำลังขับ 1 BHP และสามารถสร้างความเร็วในการจับอนุภาคที่ 150 fpm ณ ที่หัวดูดจับ ในสภาวะดังกล่าวระบบระบายอากาศสามารถทำงานได้อย่างเพียงพอ เมื่อเปรียบเทียบกับระบบพัดลมที่ติดตั้งอยู่ ณ ปัจจุบัน ซึ่งมีขนาด 2.7 BHP และสามารถสร้างความเร็วในการจับอนุภาคที่ 276 fpm ณ ที่หัวดูดจับ พบว่าระบบพัดลมดังกล่าวมีการออกแบบเกินความจำเป็นและมีขนาดใหญ่กว่ามาตรฐานตามทฤษฎีอยู่ 170% ถึงแม้ว่าการออกแบบเกินความจำเป็นนี้จะไม่เป็นปัญหาในแง่การระบายก๊าซอันตราย แต่ระบบจะมีการใช้

พลังงานไฟฟ้ามากเกินไปจนเกิดความจำเป็น อีกทั้งยังก่อให้เกิดปัญหาต่อการสมดุลของการไหลเวียนของอากาศในกรณีที่ห้องปฏิบัติการนั้นมีการปรับอากาศด้วย

พรพิมล (2543) การระบายอากาศ เป็นวิธีการควบคุมสิ่งแวดล้อมการทำงาน โดยการเพิ่มอากาศหรือการดูดอากาศออก การระบายอากาศใช้ในการเจือจางความเข้มข้นของสารมลพิษให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ เพื่อเป็นการเอาสารพิษออกจากแหล่งกำเนิด และเพื่อเป็นการทำให้สิ่งแวดล้อมในการทำงานดีขึ้น การระบายอากาศสามารถใช้ในการควบคุมความชื้น กลิ่นและภาวะสิ่งแวดล้อมอื่นเพื่อให้เกิดความสบายของผู้ปฏิบัติงานได้

วิรัช (2544) ข้อดีของระบบระบายอากาศเฉพาะที่ คือ ใช้ปริมาณอากาศน้อยกว่าระบบระบายอากาศแบบเจือจาง ระบบระบายอากาศเฉพาะที่สามารถนำวัตถุบิที่ดูดเข้าไปในระบบกลับมาใช้ใหม่ได้

ระบบระบายอากาศเฉพาะที่อาจยากในการออกแบบท่อดูดอากาศซึ่งต้องมีรูปร่างเหมาะสมและอยู่ในตำแหน่งที่จะจับสารมลพิษ มีพัดลมและท่อนำอากาศที่ออกแบบให้ดูดอากาศในปริมาณที่เหมาะสมผ่านท่อดูดอากาศ การออกแบบท่อดูดอากาศที่เหมาะสม การเลือกอุปกรณ์กำจัดมลพิษ ซึ่งขึ้นกับชนิดและความเข้มข้นของสารมลพิษและมาตรฐานของสารมลพิษในสถานที่ทำงาน

ระบบระบายอากาศเฉพาะที่ใช้ปริมาณอากาศน้อยแต่ความเร็วลมสูงเพื่อควบคุม การควบคุมจะทำได้สำเร็จเมื่อใช้การดูดอากาศในตำแหน่งที่ฝุ่นถูกปล่อยออกมา โดยใช้ท่อดูดอากาศที่เหมาะสม ความเร็วจับ (Capture Velocity) ค่อนข้างสูงแต่ปริมาณอากาศที่ดูดน้อย เพื่อให้สามารถใช้งานได้โดยสะดวกอาจใช้ท่อพลาสติกที่มีขนาดเล็กหรือใช้เป็นอุปกรณ์เคลื่อนที่ได้ ทำให้ได้ความเร็วลมสูงๆ โดยใช้ระบบระบายอากาศเฉพาะที่แบบเคลื่อนที่ได้ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในที่มี การปล่อยฝุ่นหรือฟุ้งในตำแหน่งที่ไม่แน่นอน อุปกรณ์นี้ใช้จับมลพิษในอากาศ กรองอนุภาค สามารถใช้ดูดอากาศในกระบวนการเชื่อมได้

หลังจากที่มีการติดตั้งระบบระบายอากาศเฉพาะที่และเริ่มเปิดใช้ควรมีการตรวจสอบประสิทธิภาพเพื่อให้เป็นตามข้อกำหนด โดยปริมาณอากาศและความเร็วลมถูกต้อง และควรมีการตรวจสอบประสิทธิภาพเป็นช่วงๆ เพื่อเป็นการบำรุงรักษาเครื่องมือ

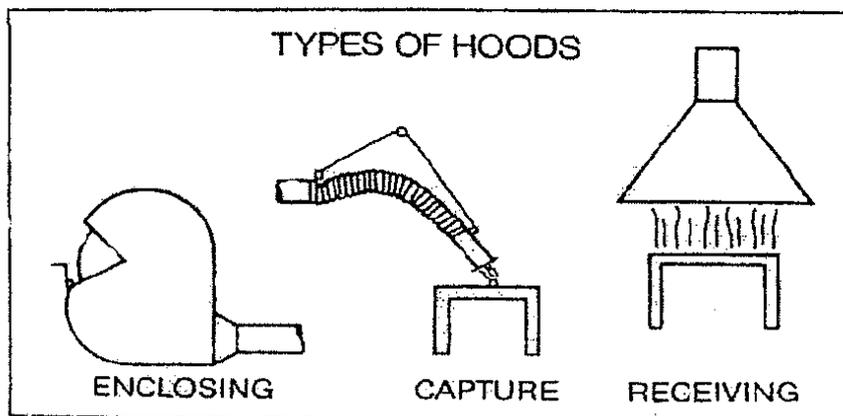
การเลือกใช้ระบบระบายอากาศเฉพาะที่ (Local Exhaust System) จะนำมาใช้ในการควบคุมสารมลพิษเมื่อ

1. ไม่มีวิธีการควบคุมอื่นที่มีประสิทธิภาพและได้ผลมากกว่า
2. มีข้อมูลจากการเก็บตัวอย่างอากาศ หรือคนงานว่ามีมลพิษในอากาศที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพหรือก่อให้เกิดการติดไฟ ทำให้ผลผลิตหายไป หรือทำให้เกิดปัญหาต่อผู้ปฏิบัติงาน
3. มีข้อมูลสรุปว่าถ้าติดตั้งระบบแล้วจะทำให้ผลผลิตสูงขึ้น สถานที่ทำงานสะอาด ผู้ปฏิบัติงานมีสุขอนามัยที่ดีขึ้นและเป็นการปรับปรุงสภาพการทำงาน
4. มีสารมลพิษออกมาจากแหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่ในปริมาณมากและสารมลพิษกระจายไปได้ไกล
5. แหล่งกำเนิดสารมลพิษอยู่ใกล้กับบริเวณที่ผู้ปฏิบัติงานหายใจ

พรพิมล (2543) ชนิดของ Hood

hood อากาศ (Hood) เป็นส่วนที่ดูดอากาศที่มีสารมลพิษปนเปื้อนอยู่เข้ามาสู่ระบบระบายอากาศ hood อากาศที่ใช้อาจมีรูปร่างต่างๆ กัน ซึ่ง hood อากาศเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญเพราะเป็นส่วนแรกที่สารมลพิษจะต้องถูกดูดเข้ามาใน hood อากาศ การสร้าง hood อากาศไม่ว่าจะลงทุนสร้าง hood นำอากาศให้ดีหรือจะใช้พัดลมดูดอากาศใหญ่ขนาดไหน ถ้าสารมลพิษไม่ถูกดูดเข้าไปใน hood อากาศ ระบบการระบายอากาศทั้งหมดนั้นจะไม่มีประโยชน์เลย ดังนั้น hood อากาศจึงเป็นส่วนที่สำคัญมาก โดยทั่วไป hood อากาศมีอยู่ 3 แบบ ดังแสดงในภาพที่ 2

1. hood อากาศแบบแคบเจอริง (Capturing Hood)
2. hood อากาศแบบเอ็นโคลสซิ่ง (Enclosing Hood)
3. hood อากาศแบบรีซีฟวิง (Receiving or Canopy Hood)



ภาพที่ 2 แสดงชนิดของท่อดูดอากาศ

ที่มา: พรพิมล (2541)

1. Capture hoods อากาศจะถูกดูดจากทุกทิศทางเข้าไปที่ Hood ความเร็วของอากาศ V ที่จุดมลพิษถูกปล่อยออกมาที่ระยะ X จากรูเปิดของท่อ ให้ปริมาณอากาศที่ถูกดูดเข้าไปเป็น Q ความเร็วของอากาศเป็น $V = Q/A$ โดย $A =$ พื้นที่ผิวของทรงกลม $= 4\pi x^2 \text{ ft}^2$

$$V = \frac{Q}{4\pi X^2} \quad \text{เมื่อ } x \text{ มีค่า } 1.5 \text{ X Hood diameter} \text{ สูตรจะถูกปรับเป็น}$$

$$V = \frac{bQ}{X^2 + bA} \quad (1)$$

$V =$ ความเร็วที่ระยะ X จาก Hood

$Q =$ ปริมาณอากาศที่เข้าไปในท่อ (cfm)

$X =$ ระยะทางห่างจาก Hood (ft.)

$A =$ พื้นที่ปาก Hood (ft^2)

$b =$ ค่าคงที่ขึ้นกับรูปร่างของปาก Hood (cfm)

สำหรับ Hood ที่มีปากเปิดเป็นวงกลม หรือสี่เหลี่ยม $b = 0.1$ จะได้สมการ ดังนี้

$$V = \frac{0.1Q}{X^2 + bA} \quad (2)$$

2. Baffles และ Enclosure ปกติแล้วความเร็วดูดจับ ของอุปกรณ์ดักจับฝุ่นหรือฟุ้งจากแหล่งของมลพิษจะมีความเร็วค่อนข้างต่ำ ถ้ามีการเคลื่อนไหวของสิ่งของหรือบุคคลจะทำให้ความเร็วเกือบจะเป็นศูนย์ การเคลื่อนที่ของคนหรือเครื่องมือทำให้อากาศเคลื่อนที่ ซึ่งจะทำความเร็วถูกพาออกไปก่อนที่จะถูกดูดเข้าหัวดูด พัดลมที่คนงานใช้ การเกิด cross draft จากหน้าต่าง ประตูก็ให้ผลเช่นเดียวกัน สามารถลด cross draft โดยใช้ Baffles, Side shields, Booths หรือ Semienclosure และ Full face piece ในที่ที่สามารถติดตั้งได้

3. Receiving canopy hoods ใช้เป็น Hood สำหรับดักจับมลพิษได้ไม่ดี เพราะความเร็วของอากาศจะลดลงเป็นสัดส่วนต่อกำลังสองของระยะทางระหว่าง canopy และแหล่งของมลพิษ นอกจากนี้ยังต้องใช้อากาศจำนวนมากและอาจถูกรบกวนโดย Cross currents และ คนงานซึ่งอาจต้องทำงานอยู่ข้างใต้ระหว่างจุดที่ปล่อยมลพิษและ Hood Receiving canopy hood จะเหมาะสมสำหรับใช้กับมลพิษที่ปนออกมากับอากาศที่ร้อน ปริมาณอากาศที่ต้องใช้กับ canopy hood อาจคำนวณได้ ดังนี้

$$Q = 1.4 \times 2(L+W)HV \quad (3)$$

Q = Rate of air flow (cfm)

L = Tank length (ft)

W = Tank width (ft)

H = Height of canopy above tank (ft)

V = Designed control velocity (fpm)

V ใช้ได้ตั้งแต่ 0.5 – 2.5 m/s (100 fpm - 500 fpm)

Lateral exhaust hood จะเห็นได้ว่าปาก Tank คนงานต้องเข้าไปทำงานได้ Tank กว้าง 0.7 m (24 in.) การควบคุมอาจทำได้โดยใช้ Slot ที่ด้านยาวด้านเดียว ถ้าปาก Tank กว้างมาก ควรใช้ exhaust slot 2 ข้างเลย อัตราการไหลของอากาศคำนวณได้ดังนี้

$$Q = CLW \quad (4)$$

Q = Airflow (m^3 / sec or cfm)

C = Ventilation rate ($50\text{-}500 \text{ cfm} / \text{ft}^2$ ของพื้นที่ผิวของ Tank) (อาจใช้ $75\text{--}225 \text{ cfm}$)

C = cfm / sq.ft

L = Tank length (ft)

W = Tank width (ft)

Principles of Hood design

1. ปิดคลุมขบวนการให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อลดอัตราการไหลของอากาศที่จำเป็นในการควบคุมมลพิษเพื่อไม่ให้เกิด Cross draft
2. ติดตั้ง Hood ในจุดที่มลพิษถูกพาออกจาก Breathing zone ของ Operator
3. ควรออกแบบรูปร่างของ Hood เพื่อให้มลพิษเข้าไปที่ปาก Hood
4. ใข้ของตัวทำลายเบากว่าอากาศ ควรดักจับที่แหล่งกำเนิด ดีกว่าดักจับที่พื้น
5. ควรติดตั้ง Hood ให้ใกล้กับแหล่งกำเนิดมลพิษมากที่สุด
6. Hood ที่ออกแบบไว้ ไม่ควรรบกวนการทำงานของคนงาน

หัวข้อไม่ควรรบกวนการทำงานของคนงานถ้าคนงานเห็นว่า Hood กีดขวางการทำงานควรมีการปรับปรุงให้เหมาะสม และควรมีการตรวจสอบประสิทธิภาพของ Hood อยู่เสมอ

ชัยยุทธ (2533) การระบายอากาศเฉพาะจุดควรได้รับการพิจารณาให้เป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยลดอันตรายจากสารเคมีเมื่อใช้วิธีการอื่นแล้วไม่ประสบความสำเร็จ พบว่าในสถานประกอบการไม่น้อยได้ลงทุนติดตั้งระบบการระบายอากาศ เพื่อควบคุมสารเคมีอันตราย และมีหลายรายลงทุนติดตั้งระบบระบายอากาศที่มีราคาแพงแล้วแต่ไม่ค่อยได้รับผลมากนัก อย่างไรก็ตามมีอยู่บ่อยครั้งที่การควบคุมอันตรายอาจทำได้โดยการลงทุนเพียงเล็กน้อยแต่ก็ได้ผลเท่ากัน

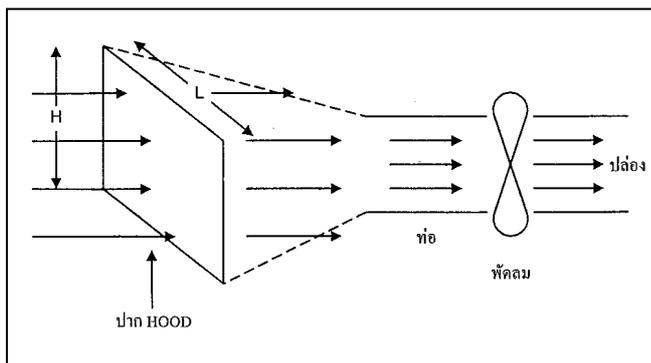
การใช้พัดลมที่มีอยู่อย่างเหมาะสม เราอาจจะใช้พัดลมในการขจัดสารอันตราย ออกจากสถานที่ทำงานได้ เราสามารถดัน หรือเป่ามลพิษอากาศให้ออกสู่ภายนอกได้โดยผ่านช่องเปิด ในบางกรณีเราก็สามารถ เป่าฝุ่นให้ตกลงไปในประทุนคักฝุ่นได้ แต่มีข้อควรพิจารณาอยู่บางประการ ดังนี้

1. ไม่ควรมีสิ่งกีดขวางกันระหว่างพัดลมกับช่องเปิด หากมีสิ่งขวางกั้นจะทำให้การขจัดสารพิษไม่ได้ผลตามที่ต้องการ
2. ความเร็วของอากาศควรจะต่ำ เพื่อลดการม้วนตัวกลับของอากาศรอบๆ ตัวพนักงาน
3. มลพิษอากาศไม่ควรให้พัดผ่านพนักงานไปยังช่องเปิด
4. อากาศที่ขจัดออกจากโรงงาน ไม่ควรก่อให้เกิดอันตรายต่อประชาชนที่อยู่นอกโรงงาน

นพภาพร และคณะ (2547) การดึงอากาศเสียเฉพาะที่ใช้หลักการว่าอากาศจะเคลื่อนที่จากจุดที่มีความดันสูงไปยังจุดที่มีความดันอากาศต่ำ ดังนั้นจึงต้องสร้างระบบที่มีความดันอากาศสูงและต่ำโดยใช้พัดลมดูดอากาศ ซึ่งทำให้บริเวณหน้าพัดลมมีความดันอากาศสูงกว่าหลังพัดลม และอากาศก็จะถูกดูดออกไปด้วยกำลังแรง ระบบดูดอากาศเสียประกอบด้วย

1. Hood หรือตู้ดูดอากาศเสีย

Hood เป็นตัวอุปกรณ์ที่ใช้ดูดอากาศเสียจากแหล่งกำเนิด โดยติดตั้งใกล้แหล่งกำเนิดให้มากที่สุดที่จะเป็นไปได้ โดยอาศัยหลักการที่ว่าความเร็วของอากาศที่ปาก Hood จะต้องมากพอที่จะนำมลพิษ เช่น ฝุ่นหรือก๊าซออกไปได้โดยเรียกความเร็วที่จำเป็นนี้ว่า “ความเร็วในการพา” (Capture Velocity) ดังนั้นในการออกแบบ Hood จะต้องให้ปากของ Hood มีขนาดเล็กเท่าที่จำเป็นเท่านั้น เพราะถ้ามีขนาดใหญ่จะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานมาก หรือควรออกแบบให้ครอบหรือคลุมแหล่งกำเนิดให้มากที่สุดที่จะกระทำได้



ภาพที่ 3 ระบบระบายอากาศแบบง่าย

ที่มา: นภาพร และคณะ (2547)

$$V_{\text{air}} = U_{\text{hood}} \times A_{\text{hood}} \quad (5)$$

เมื่อ U_{hood} = ความเร็วในการพัดที่ได้ที่ปาก Hood (Hood Face Velocity)
โดยเครื่องวัดความเร็วลมเป็น เมตร/วินาที

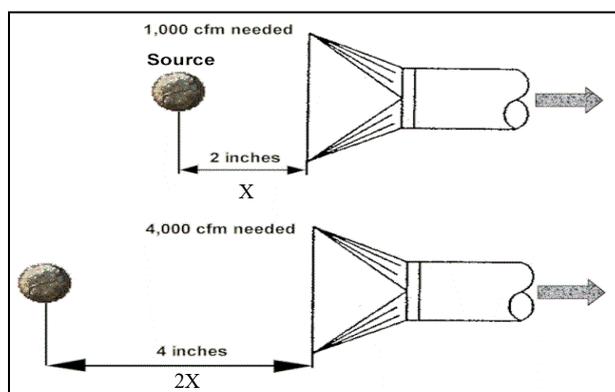
A_{hood} = พื้นที่หน้าตัดของ Hood คือ $L \times H$ เป็น ตารางเมตร

V_{air} = ปริมาณอากาศที่ไหลผ่านปาก Hood ลูกบาศก์เมตร/วินาที

จะเห็นได้ว่าปริมาณอากาศที่ไหลผ่าน Hood กับไหลผ่านในท่อและพัดลมทางขวามือ (ภาพที่ 3) ย่อมเท่ากัน ดังนั้นหากวัดความเร็วลมในท่อและคูณกับพื้นที่หน้าตัดท่อก็จะได้ผลเท่ากัน ทั้งนี้เพราะการตรวจวัดที่ปาก Hood นั้นมักจะยากกว่าการวัดภายในท่อมาก จึงอาจตรวจวัดในท่อแล้วมาคำนวณหาความเร็วลมที่ปาก Hood แทนก็ได้

หากตรวจวัดความดันอากาศในท่อเทียบกับอากาศภายนอกจะพบว่า อากาศในท่อจะมี ความดันน้อยกว่าอากาศภายนอก ทราบได้เพราะหากมีรูรั่วที่บริเวณท่อตรงก่อนถึงพัดลม อากาศ ภายนอกจะไหลดันเข้าไปในรูรั่วนั้นและอากาศข้างในท่อจะไม่ไหลออกมา ในทางตรงกันข้ามเมื่อ อากาศผ่านพัดลมไปสู่ปล่องแล้วความดันอากาศในปล่องจะสูงกว่าอากาศภายนอก และหากมีรูรั่ว ก่อนถึงปลายปล่อง อากาศในปล่องจะดันออกมาตามรูรั่วนั้นได้ ดังนั้นจึงนิยมติดตั้งพัดลมไว้นอก อาคารเพื่อที่อากาศเสียในระบบจาก Hood และท่อภายในอาคารจะได้ไม่รั่วไหล แม้ว่าจะมีอุบัติเหตุ ทำให้เกิดรูรั่วก็ตาม

ถึงแม้ว่าการออกแบบจะพยายามให้ Hood ครอบแหล่งกำเนิดมลพิษให้มากที่สุด แต่ในความเป็นจริงอาจเกิดขบวนการทำงานได้บางครั้งต้องทำให้ Hood “ยื่น” ออกไปคล้ายๆ กับเครื่องดูดฝุ่นนั่นเอง ตามภาพที่ 4 แต่ Hood แบบนี้จะใช้พลังงานมากเพราะการเพิ่มระยะทางที่ห่างจากปาก Hood (ระยะ X) จำนวน 1 เท่าจะใช้เป็นกำลังสองของระยะทางที่เพิ่มขึ้นนี้ เช่น หาก X มีค่า 10 เซนติเมตร จะใช้พลังงานมากกว่าเมื่อ X มีค่า 5 เซนติเมตร ถึง 4 เท่าตัว ถ้าจะให้ความเร็วในการพาที่จุดนั้นเท่ากัน ในการออกแบบอาจประหยัดพลังงานได้หากมีการเพิ่มเติมแผ่นกั้นทางใดทางหนึ่งเพื่อป้องกันไม่ให้อากาศที่ไม่เกี่ยวข้องไหลเข้ามาในหัวดูดมากนัก และเป็นการช่วยเพิ่มความเร็วให้กับอากาศที่ต้องการได้



ภาพที่ 4 ตำแหน่งของการติดตั้งท่อดูดอากาศ (hood) แบบยื่นเข้าไปใกล้แหล่งกำเนิดมลพิษ (O)
ที่มา: Department of Labour and Industry (2006)

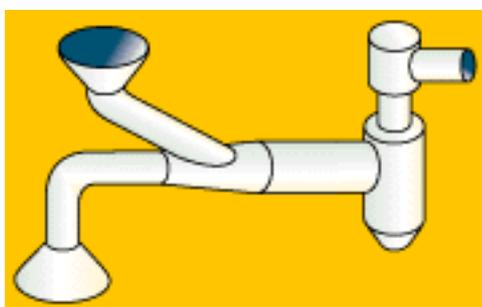
ปกติตู้ดูดอากาศเสียจะมีลักษณะเป็นรูปปิรามิด หรือรูปกรวยคว่ำที่สามารถครอบแหล่งกำเนิด ซึ่งในการออกแบบต้องคำนวณให้มีการดึงปริมาณอากาศให้น้อยที่สุดแต่ต้องมีประสิทธิภาพในการดูดมลพิษอากาศได้ดีที่สุด ดังนั้นจึงต้องออกแบบให้ตู้ดูดอากาศเสียสามารถเร่งความเร็วอากาศที่จะไหลเข้าไปให้เพียงพอที่จะดึงมลพิษอากาศเข้าไปได้ ซึ่งความเร็วนี้ขึ้นอยู่กับฝุ่นละอองและก๊าซ หากฝุ่นละอองมีขนาดใหญ่จะต้องใช้ความเร็วในการดึงอากาศสูง นอกจากนี้ยังต้องออกแบบให้ฝุ่นละอองเข้าไปในตู้ดูดอากาศเสียอย่างมีประสิทธิภาพ ตู้ดูดอากาศเสียที่ดีจะทำให้ผู้ปฏิบัติงานในโรงงานมีความปลอดภัยและทำให้เกิดความสะอาดด้วย

การแบ่งประเภทของตู้ดูดอากาศเสียจะแบ่งตามรูปร่างและลักษณะการดูดมลพิษทางอากาศของตู้ดูดอากาศเสีย โดยสามารถแบ่งได้เป็น 6 ประเภท ดังนี้คือ

1. ตู้ดูดอากาศเสียแบบปิดได้ (Enclosed Hood) ง่ายต่อการก่อสร้าง ไม่ขัดขวางการทำงาน และสามารถควบคุมอัตราการไหลของอากาศเสียด้วยอัตราต่ำที่สุด ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ตู้ดูดอากาศเสียแบบปิดเหมาะสำหรับใช้กับห้องสเปรย์สี เตาหลอม เครื่องไสไม้ เป็นต้น
2. ตู้ดูดอากาศเสียแบบแขวน (Free-Hanging Plain Opening) จะมีช่องเปิดเป็นทรงกลม หรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยมีอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวมากกว่า 0.3 ตู้ดูดอากาศเสียแบบแขวนเหมาะสำหรับแหล่งกำเนิดมลพิษแบบจุดหรือ บริเวณพื้นที่เล็กๆ และในบริเวณที่ไม่สามารถใช้ตู้ดูดอากาศเสียแบบปิดได้ เช่น การเชื่อม โลหะด้วยไฟฟ้าการบัดกรี เป็นต้น
3. ตู้ดูดอากาศเสียแบบแขวนและช่องเปิดแคบแบบ Slot (Free-Hanging Slot Openings) เหมาะสำหรับแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศที่มีพื้นที่สำหรับดูดอากาศเสียในลักษณะแคบและยาว และ Slot จะมีอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวเท่ากับหรือน้อยกว่า 0.3
4. ตู้ดูดอากาศเสียแบบระบายอากาศเสียทางด้านข้าง (Lateral Ventilation) จะใช้ Slot ตลอดหนึ่งด้านหรือสองด้านของถังหรือโต๊ะ และอาจจะมีการใช้ด้านท้ายของตู้ดูดอากาศเสียตลอดด้านหนึ่งของถังหรือโต๊ะด้วยก็ได้ ถ้าเป็นไปได้ Slot ควรวางในตำแหน่งแนวยาวของถังหรือโต๊ะ ตู้ดูดอากาศเสียประเภทนี้เหมาะสำหรับการทำงานที่มีการปล่อยมลพิษทางอากาศ ณ พื้นผิวลักษณะแบนราบหรือปล่อยมลพิษทางอากาศทันทีทันใดเหนือพื้นผิวลักษณะแบนราบ เช่น การชุบ Degreasing การจุ่มสี เป็นต้น
5. ตู้ดูดอากาศเสียแบบดูดลงข้างล่าง (Downdraft) มีตะแกรงอยู่ด้านล่าง เหมาะสำหรับการทำงานที่มีอากาศไหลลงผ่านแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ เช่น การเชื่อม การบัดกรี การขัดละเอียด การพ่นสี เป็นต้น ประสิทธิภาพของตู้ดูดอากาศนี้จะลดลงอันเนื่องมาจากอากาศไหลตัดขวางและอากาศร้อนไหลขึ้นข้างบน จึงมักจะใช้ก็ต่อเมื่อไม่สามารถใช้ตู้ดูดอากาศเสียประเภทอื่นได้
6. ตู้ดูดอากาศเสียแบบแขวนคลุมไว้ด้านบน (Canopy) มีลักษณะเหมือนฝาครอบ แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศและมีท่อดูดอากาศต่อด้านบนของตู้ดูดอากาศเสีย การออกแบบเช่นนี้ เหมาะสมกับงานที่ผลิตอากาศร้อน เช่น เตาหลอม เพราะอากาศร้อนจะไหลขึ้นข้างบนและนำมลพิษทางอากาศขึ้นไปด้วย การออกแบบจะต้องให้มีกระแสอากาศที่ไม่ปั่นป่วน จึงมักจะใช้ตู้ดูดอากาศเสียที่มีลักษณะที่แคบเข้าเรื่อยๆ จนถึงท่อดูดอากาศ (มุมอยู่ระหว่าง $30^{\circ} - 45^{\circ}$)

2. ท่อ เป็นอุปกรณ์นำอากาศเสียออกไปข้างนอกซึ่งควรมีแรงต้านทานการไหลของอากาศน้อยที่สุด และมีความเร็วของอากาศในท่อที่เหมาะสมด้วย หากความเร็วของอากาศในท่อน้อยเกินไปฝุ่นละอองก็ตกค้างในท่อและสามารถปิดกั้นอากาศได้ แต่ถ้ามีอากาศไหลเข้าในท่อนมากเกินไปจะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานและทำให้เกิดเสียงดังและความสั่นสะเทือน นอกจากนี้ฝุ่นเคลื่อนที่ด้วยความเร็วอาจกัดกร่อนท่อ

ท่อควรเป็นท่อเรียบไม่มีข้อหักงอมากเกินไปเพราะข้อหักงอจะกักฝุ่นได้และทำให้อากาศภายในมีการปั่นป่วน สิ้นเปลืองพลังงาน และความเร็วลมก็จะลดลง ถ้าหากท่อกว้างเกินไปก็อาจจะเกิดมีแรงต้านทานมากกว่าท่อขนาดใหญ่



ภาพที่ 5 ตัวอย่างระบบระบายอากาศ

ที่มา: Department of Labour and Industry (2006)

3. ระบบบำบัดมลพิษ เช่น ระบบบำบัดฝุ่นหรือก๊าซ

4. พัดลม ต้องมีกำลังที่เหมาะสมในการสร้าง ความดันอากาศ ที่แตกต่างกันอย่างเพียงพอที่จะทำให้มลพิษถูกดึงเข้าและออกจากระบบได้ พัดลมแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทหลัก ดังนี้

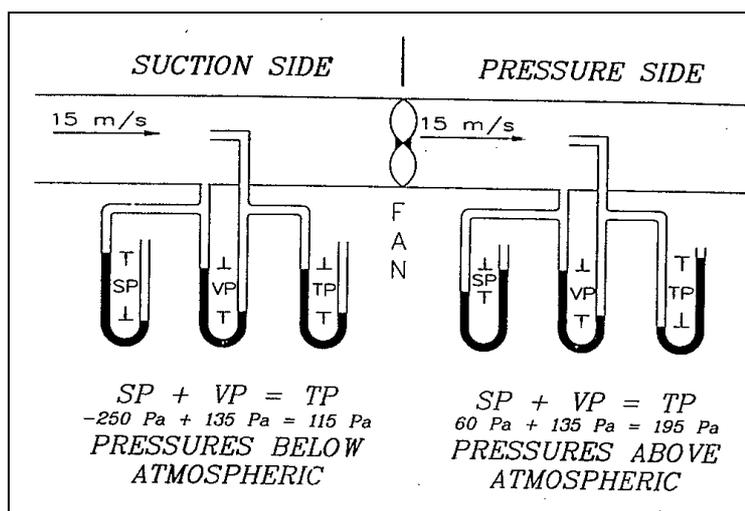
4.1 พัดลมแบบ Axial มีลักษณะเหมือนใบพัดใช้ดูดอากาศผ่านเข้าไปโดยตรง ใช้มากในการดึงอากาศบริสุทธิ์เข้ามาเจือจางโดยคิดไว้ที่กำแพงหรือหลังคา สามารถดึงอากาศได้เป็นจำนวนมากไม่มีแรงต้านมากนัก

4.2 พัดลมแบบ Centrifugal เป็นแบบหอยโข่ง มีลักษณะเหมือนกงล้อซึ่งดูดอากาศเข้าไปในแกนกงล้อและปั่นอากาศออกทางมุมจาก เนื่องจากสามารถทนแรงดันสูงๆ จึงสามารถดึงอากาศผ่านระบบ Hood และท่อได้ดี การเลือกพัดลมควรเลือกให้เหมาะสมกับการทำงาน เช่น แบบใบพัดชนิด Radial Blade จะทนต่อฝุ่นปริมาณมากๆ และไม่ค่อยุดตันเมื่อมีฝุ่น

5. ปล่องระบาย ต้องอยู่ห่างจากบริเวณที่อากาศบริสุทธิ์จะดึงเข้าไปในอาคาร อย่างน้อย 16-20 เมตร หากอยู่บนหลังคาต้องสูงจากหลังคาอย่างน้อย 3-4 เมตร เพื่อป้องกันมิให้อากาศที่ระบายออกม้วนกลับลงทางชายคาอาคาร ความเร็วลมที่ออกจากปล่องควรมีอย่างน้อย 15 เมตรต่อวินาที และไม่ควรมีหมวกที่ปิดปลายปล่องเพราะจะปิดกั้นการพุ่งขึ้นของอากาศเสีย สำหรับการกั้นน้ำฝนสามารถออกแบบอย่างอื่นได้แทน

ความดันของอากาศในระบบระบายอากาศ ในช่วงที่อากาศกำลังไหลสามารถวัดความดันของอากาศได้สองแบบคือ

1. วัดที่ผนังท่อเพื่อให้ทราบว่าอากาศดันผนังท่อด้วยความดันเท่าใด (SP) มีค่าเป็นบวกหรือลบก็ได้
2. วัดที่กลางท่อเพื่อทราบว่าอากาศผ่านท่อด้วยความเร็วและความดันอากาศไปข้างหน้าด้วยความดันเท่าใด โดย VP จะมีค่าเป็นบวกเสมอ เพราะวัดในทิศทางที่อากาศพุ่งเข้ามาจนในการดูดอากาศเสียเข้ามาในท่อนั้น พัดลมจะทำให้ความดันสถิตย์ (SP) ในท่อเป็นลบ เพราะจะดึงอากาศเข้าไปผ่านพัดลม คือ ความดันอากาศในท่อจะต่ำกว่าอากาศทั่วไปภายนอกทำให้อากาศภายนอก (ที่มีมลพิษเจือปน) ไหลเข้ามาแทนที่



ภาพที่ 6 SP, VP และ TP ที่จุดก่อนและหลังพัดลม

ที่มา: นภาพร และคณะ (2547)

ค่า SP จะลดลงเรื่อยๆ จากปากท่อดูดและลดลงจนมีค่าต่ำสุดที่พัดลม แต่หลังจากพัดลมอัดอากาศแล้วจะมีค่าสูงสุดและลดลงเรื่อยๆ จนถึงปลายปล่อง ซึ่งมีความดันปกติคือประมาณ 1 บรรยากาศ

ค่า TP ในช่วงท่อที่อากาศถูกดูดจะคล้าย SP เพราะ TP แสดงถึงกำลังที่สูญเสียไป ยิ่งท่อยาวเท่าใดก็จะมีแรงเสียดทานทำให้กำลังลดลงไปมากขึ้น เมื่อถึงพัดลมและไปสู่ด้านปล่องค่า TP จะมากขึ้น เนื่องจากได้กำลังจากพัดลม แต่ก็ลดลงเพราะแรงเสียดทานของปล่อง

ค่า VP ขึ้นกับความเร็วลมในท่อ ปกติจะมีค่าคงที่ตลอด และจะเปลี่ยนแปลงก็ต่อเมื่อที่มีขนาดเล็กลงหรือใหญ่ขึ้น ซึ่งทำให้ความเร็วอากาศเปลี่ยนไป โดยปกติในการออกแบบมักนิยมให้ความเร็วในท่อคงที่

ที่ตำแหน่งนอกปาก Hood ค่า SP, TP และ VP จะมีค่าเป็น 0 ทั้งสิ้น เพราะอากาศตรงนั้นอยู่นิ่งๆ ที่บรรยากาศปกติ ทำให้ $VP = 0$, $SP = 0$ และ $VP + SP = 0$ แต่ตรงที่ปาก Hood ค่า SP จะติดลบ เนื่องจากแรงดูดของพัดลมส่งผลมาถึงปาก Hood ทำให้ความดันอากาศในท่อ (SP) ลดลง และอากาศไหลเข้ามาในท่อ ทำให้เกิดความเร็วลมที่ปากท่อและเกิดความดันใน VP ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าการที่ SP ลดลง ทำให้ VP เพิ่มขึ้น เป็นไปตามหลักการอนุรักษ์พลังงาน (Energy Conservation) ที่ปาก Hood จะมีอากาศภายนอกแย่งกันเข้า Hood ทำให้มีการสูญเสียพลังงานไปอีก เรียกส่วนนี้ว่า Hood Entry Loss (การสูญเสียเนื่องจากปากทางเข้า) โดยการสูญเสียนี้ เรียกว่า Friction Loss (h_c)

$$h_c = F_d VP \quad (6)$$

เมื่อ F_d เป็น Entry Loss Coefficient หาได้จากการทดสอบ ส่วนในท่อก็มีการสูญเสียจากความต้านทานของท่อและสิ่งกีดขวางอื่นๆ เช่น ข้องอ หรือ Damper แต่ขึ้นกับ VP ทั้งสิ้น คือหาก VP มีค่ามาก ความสูญเสียต่างๆ ก็จะมากเป็นสัดส่วนกับ VP ได้

หลักการออกแบบการระบายอากาศที่ดี จะต้องมีความสัมพันธ์ที่สำคัญ คือ

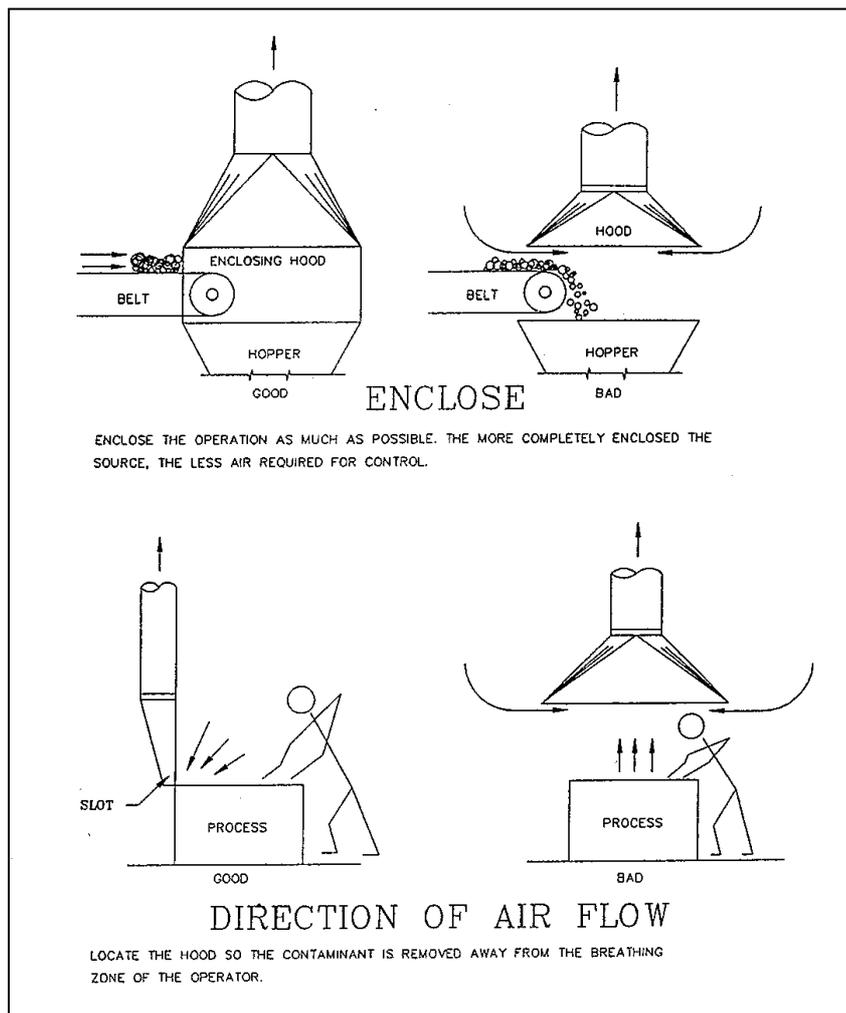
1. ใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ คือ คุณมลพิษออกไปทางปล่อง โดยใช้ Hood หรือท่อ และทำให้คุณภาพอากาศภายในโรงงานมีความปลอดภัยตามเกณฑ์มาตรฐาน

2. การควบคุมมลพิษต้องมีประสิทธิภาพ คือใช้อากาศที่คูลน้อยแต่ตรงจุดที่ได้ผลดีที่สุด ใกล้เคียง หรือครอบคลุมแหล่งกำเนิด เช่น เตาหลอม งานขัด เชื่อม

3. การสูญเสียพลังงานในระบบดูดอากาศให้น้อยที่สุด เช่น การออกแบบให้เหมาะสม ท่อดูดในระบบและปล่องไม่มีช่องอมากหรือใช้ความเร็วที่สูงไปหรือต่ำไป

การออกแบบตู้ดูดอากาศเป็นส่วนแรกของระบบระบายอากาศผสมของเสียที่จะต้องดูดอากาศเสียก่อนที่จะฟุ้งกระจายไปทั่ว ตู้ดูดอากาศแบ่งเป็น 2 ประเภทหลัก คือ ชนิดครอบคลุมแหล่งกำเนิดมลพิษทั้งหมดหรือบางส่วน (Enclosing Hood) และชนิดที่ใช้ดูดมลพิษจากแหล่งกำเนิด โดยเข้าไปจ่ออยู่ใกล้ ๆ การที่จะเลือกใช้ชนิดใดนั้นขึ้นอยู่กับความสะดวกในการปฏิบัติงานและการออกแบบของกิจกรรมเดียวกันที่เคยทดลองแล้วว่าได้ผลดี ดังนั้นจึงพบว่าในโรงงานประเภทเดียวกัน มักมีการออกแบบตู้ดูดอากาศที่คล้ายกันและผู้รับเหมาสร้างตู้ดูดอากาศก็มีความชำนาญเฉพาะประเภทเช่นกัน

การออกแบบตู้ดูดอากาศต้องสามารถดูดมลพิษเข้าไปได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยสิ้นเปลืองพลังงานน้อยที่สุด มลพิษหรือสารเคมีทั้งหลายที่เป็นก๊าซ เช่น ไอระเหยของทินเนอร์หรือแม้แต่ฝุ่นละอองขนาดเล็ก เช่น เล็กกว่า 20 ไมครอน จะแขวนลอยหรือปนอยู่ในอากาศ การจะดูดมลพิษก็ต้องดูดอากาศที่เจือปนด้วยมลพิษเหล่านี้เข้าไปมลพิษจึงจะถูกดูดเข้าไปด้วย ในการออกแบบตู้ดูดอากาศสำหรับดูดฝุ่นที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งมีแรงโน้มถ่วงมากเกี่ยวข้องกับจะต้องออกแบบให้สามารถเอาชนะแรงโน้มถ่วงเพื่อดูดฝุ่นให้เข้ามาในตู้ดูดอากาศได้



ภาพที่ 7 การติดตั้งตู้ดูดอากาศที่เหมาะสมและไม่เหมาะสม

ที่มา: นภาพร และคณะ (2547)

ตัวอย่างในภาพที่ 7 ในด้านซ้ายบนแสดงให้เห็นการใช้ Hood ชนิดที่ปิดครอบคลุมแหล่งกำเนิด คือ จุดที่สายพานนำวัตถุดิบตกลงใน Hopper ซึ่งทำให้เกิดฝุ่นฟุ้งกระจายเป็นจำนวนมาก เช่น การขนถ่ายมันสำปะหลังอัดเม็ดลงในรถบรรทุกหรือเรือ ต้องออกแบบให้ตู้ดูดอากาศคลุมทั้งหมด โดยเว้นช่องให้สายพานเข้าและออก ซึ่งสามารถควบคุมฝุ่นละอองดีกว่าการใช้ตู้ชนิดแขวนลอย (Canopy Hood) ดังที่ภาพที่ 7 รูปด้านขวาบน ทั้งนี้เพราะตู้ชนิดแขวนลอยจะดูดอากาศจากด้านข้างด้วย ซึ่งไม่จำเป็นและสิ้นเปลืองพลังงาน ในบางครั้งเพื่อความสะดวกในการปฏิบัติงานของพนักงานในการใช้เครื่องจักรหรือเพื่อการบำรุงรักษาสายพานหรือ Hopper ก็ทำให้ต้องเปิดด้านข้างและต้องใช้ตู้ชนิดแขวนลอยในที่สุด ข้อเสนอแนะก็คือถ้าจำเป็นจะต้องเปิดด้านข้างบ้างก็ควรเปิดเฉพาะที่จำเป็นหรือทำเป็นประตูเปิดปิดได้เพื่อให้ตู้ดูดอากาศมีประสิทธิภาพที่สุด

ในรูปด้านซ้ายล่างของภาพที่ 7 จะเห็นว่าในการออกแบบควรตั้งระมัดระวังให้ผู้ดูดอากาศในทิศทางที่ดึงมลพิษออกจากคนทำงาน เช่น หากคนงานต้องก้มอยู่เหนืออ่างชุบที่มีไอระเหยลอยขึ้นมาก็ควรออกแบบให้ผู้ดูดอากาศทางด้านข้างแทน

ข้อมูลในการออกแบบผู้ดูดอากาศ

การออกแบบจะต้องให้ความสำคัญที่จุดตำแหน่งของมลพิษ เช่น บริเวณที่ไอระเหยขึ้นมาจากถังหรือบริเวณพ่นสี มีความเร็วเพียงพอที่จะพามลพิษรวมทั้งอากาศที่มลพิษรวมทั้งอากาศที่ปนเปื้อนอยู่ไหลเข้ามาในผู้ดูดอากาศได้สำหรับความเร็วในการพามลพิษที่เพียงพอ นั้นขึ้นกับลักษณะการแพร่ของมลพิษ ดังกล่าวในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ช่วงของค่า Capture Velocity หรือความเร็วดูดจับ

ลักษณะการแพร่กระจายของมลพิษของอากาศ	ตัวอย่าง	Capture Velocity (เมตร /วินาที)
การปล่อยมลพิษอากาศโดยปราศจากความเร็วเข้าไปในอากาศที่นิ่ง	การระเหยออกจากถัง จากกระบวนการ Degreasing เป็นต้น	0.254 – 0.508 (50 – 100 fpm)
การปล่อยมลพิษอากาศด้วยความเร็วต่ำเข้าไปในอากาศที่นิ่งพอสมควร	ห้องสเปรย์ การเคลื่อนย้ายด้วยสายพานความเร็วต่ำการเชื่อม และการชุบ	0.508 – 1.016 (100 – 200 fpm)
การกำเนิดมลพิษทางอากาศโดยปล่อยให้เข้าไปในบริเวณที่มีการเคลื่อนตัวของอากาศอย่างรวดเร็ว	การพ่นสีในห้องสเปรย์ที่มีลักษณะต้น การเติมน้ำมันสายพานบรรทุกของ เครื่องบด	1.016 – 2.54 (200 – 500 fpm)
การปล่อยมลพิษอากาศด้วยความเร็วเริ่มต้นสูงเข้าไปในบริเวณที่มีการเคลื่อนตัวของอากาศอย่างรวดเร็ว	การขัด (Grinding) การพ่นสีขัดผิวด้วยขัดถู(Abrasive Blasting) การขัดผิวผลิตภัณฑ์ให้เรียบ(Tumbling)	1.54 -10.16 (500 – 2,000 fpm)

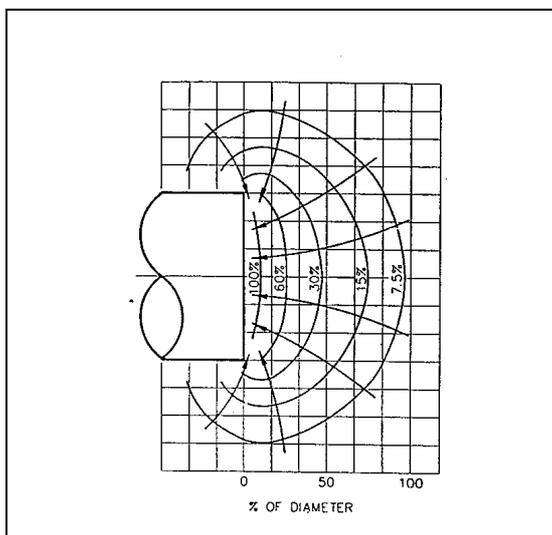
ที่มา: นภาพร และคณะ (2547)

โดยค่าตัวเลขในช่วงค่าเริ่มต้นซึ่งมีค่าน้อยใช้ สำหรับกรณีที่ไม่มีการแสดงผลภายนอกหรือมี บ้างเล็กน้อยและเป็นกรณีที่มีมลพิษน้อย แต่หากต้องใช้วิธีแบบเครื่องดูดฝุ่น คือ แหล่งกำเนิด มลพิษอยู่นอกตู้แล้วดีดอากาศให้เข้าไปในตู้ พบว่าความเร็วในการพามลพิษลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อ ระยะทางห่างจากปากตู้ดูดอากาศเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 8) ดังนั้นการคำนวณให้ความเร็วเพียงพอจะสำคัญ มาก เพราะหากเพิ่มของมลพิษระยะห่างของมลพิษจากปากตู้เป็น 2 เท่าของระยะทางเดิมความเร็ว ลมจะเปลี่ยนไปมาก ทำให้ปริมาณอากาศในตู้ต้องดูดเพิ่มขึ้นถึง 4 เท่า เพื่อให้ได้ความเร็วลมเท่ากับ ค่าที่กำหนดไว้เดิม

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ คือ

$$Q = V(4\pi x^2) = 2.57 Vx^2 \tag{6}$$

- เมื่อ Q = ปริมาณอากาศที่ตู้ดูดอากาศจะต้องดูด เป็นลูกบาศก์เมตร / วินาที
- V = ความเร็วลมในการพามลพิษ ณ จุดที่มีมลพิษ เป็นเมตร / วินาที
- X = ระยะทางจากตำแหน่งมีมลพิษถึงปากตู้ดูดอากาศ เป็นเมตร
- $4\pi x^2$ = พื้นที่ทรงกลมของรัศมีการดูดที่ความเร็ว V (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 ความเร็วลมที่ปากตู้ดูดอากาศเป็น 100% และจะลดลงเรื่อยๆ ตามระยะทางจากปากตู้ ที่มา: นพภาพร และคณะ (2547)

สมการตามสูตรนี้ ใช้ได้กับตู้ดูดอากาศที่ปากตู้เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า หากปากตู้เป็นวงกลมใช้การคำนวณพื้นที่เปิดของปากตู้ (A) เท่ากับ πr^2 เมื่อ r เป็นรัศมีของปากตู้เป็นเมตร และ

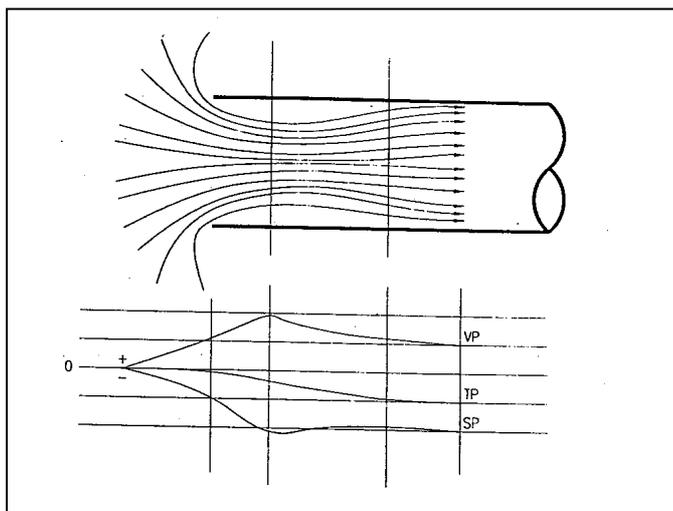
$$Q = V(10x^2 + A)$$

การสูญเสียพลังงานของตู้ดูดอากาศ

ตู้ดูดอากาศจะสูญเสียพลังงานเนื่องจากขณะที่อากาศไหลเข้าปากตู้จะมีการเปลี่ยนแปลงความดันสถิตย์เป็นความดันของความเร็ว (จาก SP เป็น VP) แต่เมื่อเข้าไปในท่อแล้ว VP จะลดลงสู่ระดับคงที่ การสูญเสียพลังงานยังเกิดจากการที่อากาศแย่งกันเข้าซึ่งมีการเร่งความเร็วในช่วงแรกและอากาศเข้าไปในท่อแล้วความเร็วจะลดลง ดังภาพที่ 9 และคำนวณได้ ดังนี้

$$\begin{aligned} SP_h &= h_c + VP_d \\ SP_h &= (F_s)(VP_s) + (F_d)(VP_d) + VP_d \end{aligned} \quad (7)$$

- เมื่อ $h_c = h_s + h_d$ หมายถึง การสูญเสียพลังงานเนื่องจาก Hood หน่วยเป็นปาสคาล
 $h_s = (F_s)(VP_s)$ หมายถึง การสูญเสียเนื่องจาก Slot
 $h_d = (F_d)(VP_d)$ หมายถึง การสูญเสียเนื่องจากอากาศแย่งไหลเข้าท่อ
 $F_s =$ สัมประสิทธิ์การสูญเสียของ Slot (ไม่มีหน่วย)
 $F_d =$ สัมประสิทธิ์การสูญเสียของการที่อากาศไหลเข้าท่อ (ไม่มีหน่วย)
 $VP_s =$ ความดันของความเร็วลมที่ Slot มีหน่วยเป็นปาสคาล
 $VP_d =$ ความดันของความเร็วลมที่ท่อกับมีหน่วยเป็นปาสคาล



ภาพที่ 9 ความดัน VP, SP และ TP ขณะอากาศไหลเข้าปากตู้ดูดอากาศ (รูปจาก ACGIH)
ที่มา: นภาพร และคณะ (2547)

การออกแบบระบบท่อ (Duct Design)

ท่อดูดอากาศ (Duct) เป็นท่อที่ต่อจากตู้ดูดอากาศไปยังพัดลมและจากพัดลมออกไปภายนอก โดยผ่านทางปล่อง (Stack) การออกแบบที่เหมาะสม คือ ให้ความเร็วของอากาศในท่อทุกส่วนเร็วเท่ากันหมด เพื่อมิให้เกิดการตกตะกอนของฝุ่นหรือเกิดการสูญเสียพลังงานในการเร่งความเร็วของอากาศโดยไม่จำเป็น สิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ ต้องมีการสูญเสียจากการไหลของอากาศในท่อให้น้อยที่สุด โดยไม่ใช่ท่องอ ท่อลด ท่อขยาย หรือสิ่งกีดขวางการไหลโดยไม่จำเป็น

ในปัจจุบันนิยมออกแบบให้มีพัดลมตัวเดียวและมีท่อดูดอากาศจากหลายจุดมารวมกันเพื่อนำไปออกทางปล่องระบายรวม (Common Stack) เพียงอันเดียว หลักการออกแบบที่สำคัญคือ ต้อง Balance ทุกๆ ท่อสาขาให้เท่าเทียมกันคือในแต่ละท่อสาขาจะต้องมีการสูญเสียพลังงานเท่าๆ กัน หากท่อสาขาใดสูญเสียพลังงานมากกว่าสาขาอื่น ลมก็จะผ่านสาขานั้นด้วยความเร็วที่ต่ำกว่าท่อสาขาอื่น หรืออาจไม่ผ่านเลยก็ได้

ค่าความเร็วต่ำสุดที่ใช้ในการออกแบบท่อระบายอากาศเสียแล้วไม่ทำให้อนุภาคตกตะกอนและเกิดการอุดตันท่อระบายอากาศเสียได้แสดงไว้ในตารางที่ 3 การออกแบบท่อระบายอากาศเสียโดยใช้ความเร็วลมสูง จะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานและทำให้ท่อระบายอากาศสึกกร่อนลงอย่างรวดเร็ว

ตารางที่ 3 ค่าความเร็วที่ใช้ในการออกแบบท่อระบายอากาศเสีย

ประเภทและขนาดของฝุ่นละออง	ค่าความเร็วต่ำสุด (เมตร / วินาที)
ฝุ่นละอองขนาดละเอียดมากและเบา (ขนาดแป้งทาหน้า)	12.7
ฝุ่นละอองขนาดละเอียด แห้ง และเป็นผง	15.2
ฝุ่นละอองขนาดโดยเฉลี่ยทั่วไปจากอุตสาหกรรม	17.8
ฝุ่นละอองขนาดหยาบ	20.3 – 22.9
ฝุ่นละอองที่มีน้ำหนักมากหรือเปียกชื้น (เช่น ผงทราย)	≥ 22.9

ที่มา: นพภาพร และคณะ (2547)

พัคลมและการคำนวณ

ในการคำนวณกำลังแรงของพัคลมจะใช้ค่า Fan Static Pressure เป็นหลัก

$$FSP = SP_{OUTLET} - SP_{INLET} - VP_{INLET} \quad (8)$$

เมื่อ FSP = Fan Static Pressure หน่วยเป็นปาสคาล

เนื่องจาก SP_{INLET} เป็นค่าความสูญเสียความดัน (Pressure Drop) ที่คำนวณมาจากท่อ ข้องอ ฯลฯ จึงทำให้ค่านี้ติดลบเสมอ ส่วนค่า SP_{OUTLET} คำนวณจากพัคลมไปสู่ปล่องก็จะเป็นบวกเสมอทำให้ค่า $SP_{OUTLET} - SP_{INLET}$ มีค่าเป็นบวก ส่วน VP_{INLET} ก็มีค่าบวกเช่นกัน

พัคลมดูดอากาศ (Blower)

ทำหน้าที่เป็นตัวดูดอากาศจากภายนอกให้ไหลเข้าสู่ปากท่อดูดอากาศ ผ่านท่ออากาศไปสู่อุปกรณ์กำจัดมลพิษ หากไม่มีพัคลมดูดอากาศแล้ว ระบบระบายอากาศก็จะไม่สามารถทำงานได้ พัคลมที่ใช้แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ทำให้อากาศไหลด้วยแรงเหวี่ยงและกลุ่มที่ทำให้อากาศไหลในแนวแกน

1. พัคลมแบบหมุนเหวี่ยง (Centrifugal) เหมาะสำหรับการติดตั้งในระบบที่ต้องใช้ความดันลมสแตติก 0.5 นิ้วน้ำ ขึ้นไปพัคลมแบบนี้ยังแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆ ตามลักษณะใบพัด

1.1 ใบพัดรัศมีตรง (Radial blade) เหมาะสำหรับการขนส่งวัสดุ (pneumatic conveyor) พัดลมที่มีใบพัดลักษณะนี้เน้นที่การใช้งานและมีประสิทธิภาพต่ำ

1.2 ใบพัดโค้งหน้า (Forward curve) เหมาะสำหรับการระบายอากาศ การปรับอากาศ ทั่วไปเพราะมีประสิทธิภาพสูง ราคาประหยัด เงียบ และอาจจะให้ความดันได้สูงถึง 3 นิ้วน้ำ

1.3 ใบพัดแอร์ฟอยล์ (Airfoil) เหมาะสำหรับปริมาณลมมาก และความดันลม 4 นิ้ว น้ำขึ้นไป มีประสิทธิภาพสูง แต่ราคาแพง และมีเสียงดัง

1.4 ใบพัดโค้งหลัง (Backward curve) เหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการคุณสมบัติ non overload มีลักษณะใบใหญ่ จึงสามารถทำความสะอาดใบได้ง่ายเหมาะกับการระบายฝุ่น ควัน เช่น ควันจากห้องครัวที่มีไขมันสูง ราคาแพงกว่าแบบชนิดใบพัดโค้งหน้า

2. พัดลมแบบใบพัดสกรู (Axial flow) เป็นใบพัดที่มีราคาถูก และมีขนาดกระทัดรัดกว่าแบบใบพัดหมุนเหวี่ยง แต่จะต้องตรวจสอบระดับเสียงให้ดี เพราะผู้ขายพัดลมบ้านเรามักจะเลือกพัดลมที่มีรอบสูงๆ มาใช้ เนื่องจากต้องการให้ราคาต่ำลักษณะใบพัดที่ขายกันจะมีอยู่ 3 ลักษณะ

2.1 ใบธรรมดา มีลักษณะคล้ายพัดลมชนิดใบแฉก (Propeller fan) หรือเป็นใบแบบ Propeller เลย คือ ใบทำจากแผ่นเหล็กขึ้นรูปใบพัดแบบนี้ประสิทธิภาพต่ำ ให้ความดันลมต่ำ และมักจะมีเสียงดัง

2.2 ใบพัดแอร์ฟอยล์ (Airfoil) มีคุณสมบัติคล้ายแบบใบพัดหมุนเหวี่ยง มุมของใบพัดบางที่สามารถปรับได้

2.3 ใบพัดแบบหมุนเหวี่ยง (Centrifugal) ใช้ใบแบบเดียวกับพัดลม Centrifugal มาใส่ในพัดลมแบบ Axial flow แบบนี้มักจะมีราคาแพง

การเลือกใช้พัดลมอาจใช้กราฟเลือกใช้ชนิดหรือประเภทของพัดลมตามแคตตาล็อกของผู้ผลิตพัดลมได้ ทั้งนี้จะต้องทราบค่าความความกดดันและปริมาณลมที่ต้องการก่อน ดังนี้

1. คำนวณค่า m^3/min หรือ cfm ของปริมาณอากาศที่ต้องการจากพัดลมนั้นๆ ก่อนด้วยสถานะกำหนดด้านดูด พร้อมกับคำนวณค่าความดันสถิติกของลมเป็น มิลลิเมตรน้ำ หรือนิวน้ำระหว่างด้านปล่อยและด้านดูด

2. ด้วยค่า ACMM หรือ ACFM (Actual cubic meter per minute) หรือ (Actual cubic feet per minute) และค่าความดันสถิติกที่คำนวณได้ให้นำไปอ่านจากกราฟตรวจสอบว่าตำแหน่งงานอยู่ในเขตของพัดลมชนิดใด หากเขตนั้นๆ ใช้พัดลมได้สองชนิดหรือมากกว่าขึ้นไป ต้องตัดสินใจครั้งสุดท้ายอีกหนหนึ่งด้วยเหตุผลการประหยัดและประโยชน์ในเชิงวิศวกรรม

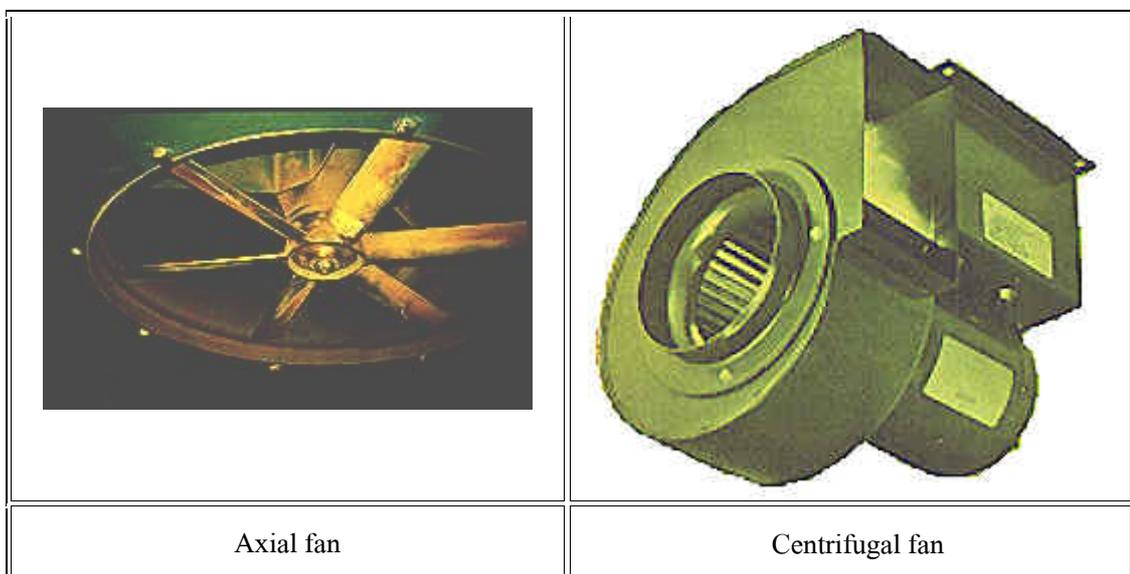
สูตรการคำนวณกำลังของพัดลม (Fan horse power)

$$FHP = (Q \times TP) / (6356 \times 0.65) \quad (9)$$

FHP = กำลังของพัดลม (Fan horse power)

TP = แรงดันทั้งหมด (Total pressure)

Q = ปริมาณอากาศหรือลม (ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที)



ภาพที่ 10 ประเภทของพัดลม

ที่มา: Department of Labour and Industry (2006)

สาเหตุที่พัดลมสั่นสะเทือน มีดังนี้

1. มีวัสดุติดสะสมบนใบพัด
2. ยึดติดไว้ไม่แน่น ฐานที่ตั้งไม่มั่นคง
3. สายพานติดตั้งไว้ไม่ลงร่องหรือยึดติดไว้ไม่แน่น
4. แกนพัดลมคดงอ
5. อากาศที่เข้าพัดลมถูกปิดกั้น อาจเกิดกรณีที่แคมเปอร์ปิดอยู่

การตรวจสอบและการประเมินสมรรถนะการทำงาน

ในการใช้งานระบบระบายอากาศควรมีการตรวจสอบและประเมินสมรรถนะของ ส่วนประกอบของระบบระบายอากาศ ซึ่งได้แก่ ตู้ดูดอากาศเสีย ท่อระบายอากาศเสียและพัดลม

ตารางที่ 4 การตรวจสอบและการประเมินสมรรถนะการทำงานของตู้ดูดอากาศเสีย

การตรวจสอบ	การประเมินสมรรถนะการทำงาน
สภาพทางกายภาพ	<ul style="list-style-type: none"> - ตรวจสอบสภาพการสึกกร่อน การกัดกร่อน หรือสภาพภายนอกที่ถูกทำลายของตู้ดูดอากาศเสียด้วยสายตา - การสังเกตเกี่ยวกับการดัดแปลงหรือการเปลี่ยนตำแหน่งที่ตั้งของตู้ดูดอากาศเสียซึ่งมีผลต่อสมรรถนะการทำงาน
ประสิทธิภาพในการจับมลพิษทางอากาศ (Capture Efficiency)	<ul style="list-style-type: none"> - การสังเกตตู้ดูดอากาศเสียและท่อระบายอากาศเสียด้วยสายตา ถ้ามีการแตกหรือรั่วเกิดขึ้น จะทำให้ประสิทธิภาพในการจับมลพิษทางอากาศลดลง - ประสิทธิภาพในการจับมลพิษทางอากาศลดลง โดยสังเกตได้ด้วยสายตาจากฝุ่นละอองที่ไม่เข้าสู่ตู้ดูดอากาศเสีย
การทำให้รอยต่อที่เคลื่อนที่ได้ (Swing – away joint) ฝิตพอดี้	<ul style="list-style-type: none"> - ตรวจสอบระยะห่างระหว่างตู้ดูดอากาศเสียของตู้ดูดอากาศเสียที่สามารถเคลื่อนที่ได้ (Movable Hood)

ตารางที่ 4 (ต่อ)

การตรวจสอบ	การประเมินสมรรถนะการทำงาน
ตำแหน่งที่ตั้งของผู้ดูดอากาศเสีย / กระแสลม นอกตู้ (Cross Draft)	- สังเกตว่าตำแหน่งที่ตั้งของผู้ดูดอากาศเสีย วางอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมกับ แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศหรือไม่ สังเกตผลกระทบของกระแสอากาศที่มีผล ต่อการดูดมลพิษทางอากาศ

ตารางที่ 5 การตรวจสอบและการประเมินสมรรถนะการทำงานของท่อระบายอากาศเสีย

การตรวจสอบ	การประเมินสมรรถนะการทำงาน
สภาพทางกายภาพ	- ตรวจสอบรูรั่วที่เกิดขึ้นภายในท่อระบายอากาศ เสียที่มีสาเหตุมาจากการกัดกร่อนของ กระแสน้ำอากาศเสียหรือจากการสึกกร่อน หรือตรวจสอบสภาพภายนอกที่ถูกทำลายของ ท่อระบายอากาศเสียด้วยสายตา และอย่าง น้อยที่สุดควรตรวจสอบทุกตำแหน่ง ที่มีจุดเชื่อมต่อ ของท่อระบายอากาศเสียซึ่งอาจถูกติดตั้ง ใกล้กับหลังคาและยากต่อการเข้าไปตรวจสอบ
ตำแหน่งของแคมเปอร์ที่ใช้ในกรณีฉุกเฉิน	- แคมเปอร์ทำให้อากาศลัดวงจรซึ่งใช้ในกรณี ฉุกเฉินและไม่ปล่อยให้อากาศไหลมา ตามปกติ ต้องอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง
ตำแหน่งที่สมดุลของแคมเปอร์	- การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของแคมเปอร์จะ ทำให้อัตราการไหลของพัดลมเปลี่ยนไป ดังนั้น ควรทำเครื่องหมายแสดงตำแหน่ง ของแคมเปอร์ (เช่น คั่น โยก) ไว้สำหรับการ ตรวจสอบครั้งหลังสุด
สถานะสมดุลของแคมเปอร์	- ใบของแคมเปอร์สามารถสึกกร่อนได้และ ทำให้สมดุลของระบบเปลี่ยนไป ดังนั้น ควรถอดแคมเปอร์ออกมาตรวจสอบสภาพ ของใบด้วย และทำความสะอาด

ข้อมูลที่ต้องการจากการทดสอบ

ในการทดสอบระบบระบายอากาศนั้น ข้อมูลที่เราต้องการทราบจากการทดสอบต้องเป็น สิ่งที่สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์หรือประเมินประสิทธิภาพในการทำงานหรือข้อบกพร่องใน การทำงานของระบบระบายอากาศได้ โดยข้อมูลที่กล่าวนี้ประกอบไปด้วยอัตราการไหลของอากาศ (Q) ความเร็ว(V) ความดัน(P) และเส้นทางหรือรูปแบบการไหลของอากาศ

อัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านหัวดูดและระบบท่อจะต้องมีปริมาณมากพอที่จะดึงสารปนเปื้อนให้เข้าสู่หัวดูดได้ โดยอัตราการไหลของอากาศนี้สามารถหาได้จากผลคูณระหว่างพื้นที่หน้าตัด (หรือหัวดูด) ในตำแหน่งที่อากาศไหลผ่านกับความเร็วเฉลี่ยของอากาศในตำแหน่งนั้น จากความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้จะพบว่าการที่จะทราบอัตราการไหลของอากาศ จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทราบค่าความเร็วเฉลี่ยของอากาศซึ่งในทางปฏิบัติจะอาศัยการวัดความเร็วของอากาศโดยตรงด้วย เครื่องมือวัดความเร็ว

วิธีที่นิยมใช้กันมากอีกวิธีหนึ่งในการหาความเร็วของอากาศก็คือ การวัดความดันจลน์ (VP) ของอากาศในหน้าตัดท่อหรือช่องทางการไหลของอากาศ หลังจากนั้นจึงเปลี่ยนความดันจลน์ที่วัดได้ให้เป็นความเร็ว

สำหรับการวัดความดันซึ่งมักหมายถึงความดันสถิต (SP) จะบอกให้ทราบถึงความดันตกของอากาศที่ไหลผ่านท่อ พัดลม หัวดูด เครื่องแยกสารปนเปื้อน หรือส่วนอื่นของระบบ นอกจากนี้ยังช่วยให้เราทราบถึงตำแหน่งของท่อที่เกิดการอุดตันได้อีกด้วย

การทดสอบที่เกี่ยวข้องกับหัวดูด

โดยปกติข้อมูลที่ต้องการได้รับจากการทดสอบการทำงานของหัวดูดจะประกอบไปด้วย อัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านหัวดูด ความดันสถิต (แรงดูด) ของหัวดูด และเส้นทางหรือรูปแบบการไหลของอากาศที่เข้าสู่หัวดูด

1. อัตราการไหล

การที่จะทราบอัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านระบบไม่ว่าจะเป็นหัวคูหรือระบบท่อที่ตำแหน่งใดก็ตาม เราจำเป็นต้องทราบความเร็วเฉลี่ยของอากาศที่ตำแหน่งนั้นเสียก่อน โดยเมื่อทราบความเร็วเฉลี่ยแล้วจึงนำมาคำนวณหาอัตราการไหลของอากาศจาก

$$Q = AV \quad (10)$$

โดยที่ Q = อัตราการไหล (cfm)
 A = พื้นที่หน้าตัดในตำแหน่งที่วัดความเร็ว (ft^2)
 V = ความเร็วเฉลี่ย (fpm)

ในการวัดความเร็วของอากาศนั้นสามารถทำได้ด้วยเครื่องมือวัดความเร็วซึ่งมีทั้งชนิดที่แสดงค่าความเร็วของอากาศที่วัดได้อย่างเดียว และชนิดที่แสดงค่าความเร็วที่วัดได้พร้อมทั้งสามารถคำนวณอัตราการไหลของอากาศและแสดงผลให้ทราบทันทีที่ทำการวัด ซึ่งเครื่องมือวัดความเร็วชนิดหลังนี้กำลังเป็นที่นิยมในปัจจุบันเนื่องจากมีความสะดวกในการใช้งาน สำหรับเครื่องมือวัดความเร็วที่มีใช้กันพอจะแบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบ ตามหลักการทำงานและลักษณะของงานหรือตำแหน่งที่วัดความเร็ว คือ

1. แอนิโนมิเตอร์แบบใบพัดหมุน (rotating vane anemometer)
2. แอนิโนมิเตอร์แบบขดลวดความร้อน (hot wire anemometer)
3. แอนิโนมิเตอร์แบบใบพัดหัน (deflecting vane anemometer)

2. ความดันสถิตย์

การวัดความดันสถิตของหัวคูจะเป็นการตรวจสอบว่าแรงคูในบริเวณใกล้เคียงกับหัวคูมีปริมาณมากพอที่จะดึงสารปนเปื้อนเข้าสู่ระบบผ่านทางหัวคูได้หรือไม่ นอกจากการวัดความดันสถิตของหัวคูจะทำให้ทราบแรงคูที่เกิดขึ้นที่หัวคูแล้วยังทำให้ทราบปริมาณการไหลของอากาศที่ถูกดูดผ่านหัวคูได้อีกด้วย ซึ่งก็ถือว่าเป็นอีกหนึ่งวิธีสำหรับการวัดอัตราการไหลของอากาศ ซึ่งอัตราการไหลของอากาศที่เข้าสู่หัวคูในภาวะมาตรฐานสามารถหาได้จาก

$$Q = 4005 AC_e \sqrt{SP_h} \quad (11)$$

- โดยที่ Q = อัตราการไหลของอากาศที่เข้าสู่หัวดูด (cfm)
 A = พื้นที่หน้าตัดท่อซึ่งใกล้กับหัวดูด (จุดที่วัดความดันสถิต) (ft²)
 C_e = สัมประสิทธิ์ของช่องทางเข้า
 SP_h = ความดันสถิตของหัวดูด (in.wg)

3. การทดสอบที่เกี่ยวข้องกับระบบท่อ

หากต้องการความถูกต้องสำหรับอัตราการไหลของอากาศที่วัดได้มากยิ่งขึ้น เราจำเป็นต้องทำการวัดหรือทดสอบที่ระบบท่อด้วย โดยทั่วไปอัตราการไหลของอากาศในระบบท่อสามารถหาได้ด้วยการวัดความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านท่อแล้วนำไปคูณกับพื้นที่หน้าตัดท่อในจุดที่ทำการวัดความเร็ว แต่เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านพื้นที่จึงทำให้เราไม่สามารถวัดความเร็วของอากาศในท่อโดยใช้เครื่องมือวัดได้ จึงต้องวัดความดันจลน์ของอากาศเสียก่อน หลังจากนั้นจึงนำค่าความดันจลน์ที่วัดได้มาคำนวณหาความเร็วของอากาศโดยอาศัยสมการ

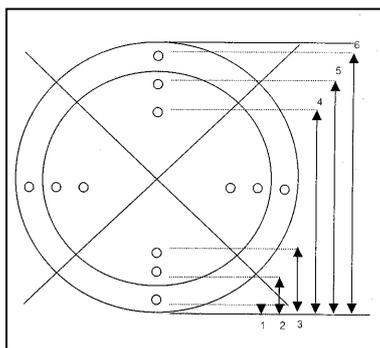
$$V = 1096 \sqrt{VP/\rho} \quad (12)$$

- เมื่อ V = ความเร็วของอากาศ , fpm
 VP = ความดันจลน์ของอากาศ , in.wg
 ρ = ความหนาแน่นของอากาศ , lbm/ft³

เมื่ออากาศขณะนั้นอยู่ในภาวะมาตรฐานซึ่ง ρ = 0.075 lbm/ft³ ความเร็วของอากาศในสมการดังกล่าวจะกลายเป็น

$$V = 4005 \sqrt{VP} \quad (13)$$

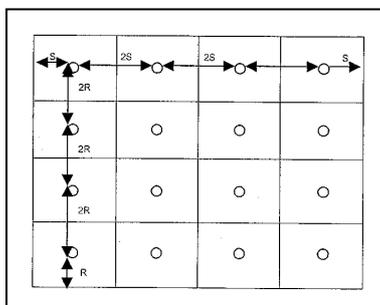
กรณีท่อกลม จุดที่วัดความดันจลน์จะอยู่ในแนวเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ ในกรณีของท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (D) เท่ากับ 6 นิ้ว หรือน้อยกว่า ให้ทำการวัดความดันจลน์จำนวน 6 จุดต่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 แนว ในกรณีท่อที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 6-48 นิ้ว ให้ทำการวัดความดันจลน์จำนวน 10 จุดต่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 แนว และในกรณีที่ท่อมีขนาดใหญ่มาก (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 48 นิ้ว) ให้ทำการวัดความดันจลน์จำนวน 20 จุดต่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 แนว



ภาพที่ 11 ตำแหน่งการวัดความดันจลน์สำหรับท่อกลม

ที่มา: คู่มือการตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากปล่อง โรงงานอุตสาหกรรม

กรณีท่อสี่เหลี่ยม ให้ทำการแบ่งหน้าตัดท่อออกเป็นส่วนย่อยที่มีพื้นที่เท่ากัน โดยตำแหน่งหรือจุดที่จะวัดความดันจลน์จะอยู่จุดศูนย์กลางของพื้นที่ย่อยนั้น จำนวนของจุดที่จะทำการวัดความดันจลน์จะอยู่ระหว่าง 16 – 64 จุด (ต้องไม่น้อยกว่า 16 จุด) โดยหากท่อมีขนาดใหญ่จำนวนจุดที่จะทำการวัดก็จะต้องเพิ่มขึ้น แต่ให้ระลึกเอาไว้เสมอว่าระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของแต่ละพื้นที่ย่อยที่อยู่ติดกันจะต้องไม่เกิน 6 นิ้ว



ภาพที่ 12 ตำแหน่งการวัดความดันจลน์สำหรับท่อสี่เหลี่ยม

ที่มา: คู่มือการตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากปล่อง โรงงานอุตสาหกรรม

หากไม่คำนึงถึงรูปร่างของท่อแล้ว ช่วงที่ดีที่สุดสำหรับการวัดความดันจลน์ควรเป็นช่วงอยู่ห่างจากจุดหรือบริเวณที่ทำให้อากาศเกิดการไหลแบบปั่นป่วนหรือไหลไม่เป็นระเบียบ (เช่น บริเวณท่อเลี้ยว ท่อแยก รวมถึงบริเวณที่ติดตั้งเดมเปอร์หรือแผ่นกัน เป็นต้น) เป็นระยะทางอย่างน้อย 7.5 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ ทั้งนี้เพื่อให้ค่าความดันจลน์ที่วัดได้ถูกต้องมากที่สุด ในกรณีการวัดไม่สามารถทำได้ในช่วงดังกล่าว ค่าความดันจลน์ที่วัดได้อาจคลาดเคลื่อนหรือผิดพลาดไป ลักษณะ

เช่นนี้ทำให้ความดันจลน์ในช่วงอื่นของท่อที่มีขนาดหรือพื้นที่หน้าตัดเท่ากัน จากนั้นให้นำความดันจลน์ที่ได้มาคำนวณหาความเร็วเฉลี่ยและอัตราการไหลของอากาศตามลำดับหากพบว่ามีความเร็วเฉลี่ย (หรืออัตราการไหล) มีความแตกต่างกันไม่เกิน 10% จะถือว่าความดันจลน์ที่วัดได้มีความถูกต้องในระดับที่ยอมรับได้

ฉัตรชัย (2548) การสูญเสียความดันเนื่องจากความเสียดทาน

ด้วยเหตุที่อากาศเป็นของไหลที่มีความหนืด ดังนั้นการไหลของอากาศผ่านระบบท่อจึงต้องมีความต้านทานเกิดขึ้นเสมอ จะอยู่ในรูปของความฝืดหรือความเสียดทานระหว่างอากาศและผิวด้านในของท่อ ความต้านทานที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้พลังงานของอากาศที่ไหลในท่อซึ่งอยู่ในรูปของความดันสถิตมีค่าลดลง ด้วยเหตุนี้จึงต้องป้อนพลังงานให้แก่อากาศในระบบท่อเพื่อเอาชนะความต้านทานดังกล่าวซึ่งทำได้โดยอาศัยพัดลม โดยทั่วไประบบระบายอากาศที่ถูกออกแบบให้มีความต้านทานในระบบท่อน้อยจะใช้พัดลมที่มีขนาดเล็กกว่าระบบที่มีความต้านทานมาก

สำหรับท่อหน้าตัดวงกลม ค่าการสูญเสียความดันเนื่องจากความเสียดทานจะแปรผันโดยตรงกับกำลังสองของความเร็วของอากาศในท่อ ความยาวของท่อและความหยาบของผิวด้านใน (Surface roughness) แต่จะแปรผกผันกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง โดยค่าการสูญเสียความดันดังกล่าวนี้สามารถหาได้จากสมการ Darcy Weisbach

$$h_L = f \left(\frac{L}{D} \right) VP \quad (14)$$

- เมื่อ h_L = ความดันสูญเสียเนื่องจากความเสียดทาน , in.wg
 f = แฟกเตอร์ความเสียดทาน (friction factor) , ไม่มีหน่วย
 L = ความยาวของท่อ , ft
 D = เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ , ft
 VP = ความดันจลน์ของอากาศในท่อ , in.wg

ในกรณีที่ระบบท่อสำหรับระบบระบายอากาศได้ถูกออกแบบด้วยวิธีความดันจลน์ ค่าความสูญเสียความดันของอากาศที่ไหลผ่านท่อที่มีความยาวเท่ากับ L สามารถหาได้จาก สมการ Darcy Weisbach ซึ่งเขียนได้ในรูปของ

$$h_L = \left(12 \frac{f}{D}\right) LVP = H_f LVP \quad (15)$$

เมื่อ H_f คือ แฟกเตอร์ความเสียหาย และตัวเลข 12 ถูกนำมาใช้เพื่อเปลี่ยนหน่วยของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ จากนิ้ว เป็น ฟุต

สำหรับแฟกเตอร์ความเสียหายของอากาศที่ภาวะมาตรฐานซึ่งไหลผ่านท่อที่ทำจากวัสดุชนิดต่างๆ สามารถหาได้จากสมการ

$$H_f = 12 \frac{f}{D} = \frac{aV^b}{Q^c} \quad (16)$$

เมื่อ a , b และ c คือ ค่าคงที่ซึ่งแปรเปลี่ยนไปตามชนิดของวัสดุที่นำมาทำท่อ โดยสามารถดูได้จากตาราง

ตารางที่ 6 ค่าคงที่แปรเปลี่ยนไปตามชนิดของวัสดุที่นำมาทำท่อ

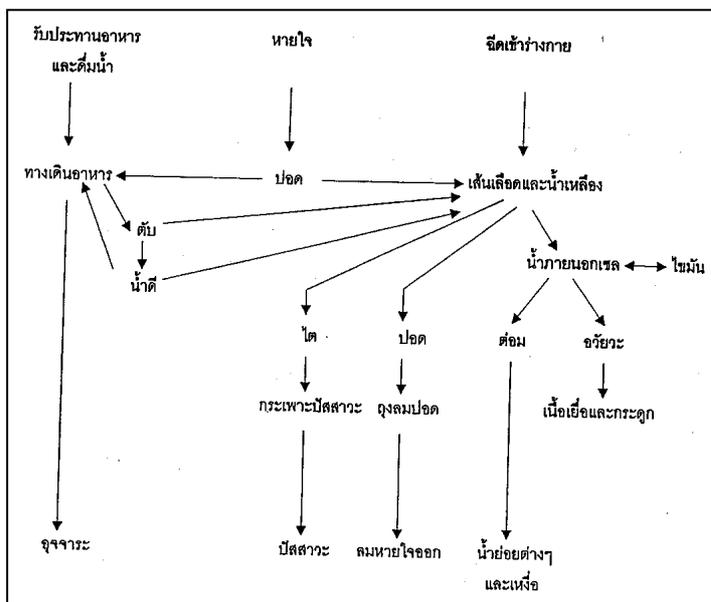
วัสดุที่ใช้ทำท่อ	a	b	c
เหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี (galvanized sheet steel)	0.0307	0.533	0.612
อะลูมิเนียม (aluminium) เหล็กสแตนเลส (stainless steel)	0.0425	0.465	0.602
เหล็กดำ (black iron) และ พีวีซี (PVC)			

ที่มา: ฉัตรชัย (2548)

เกรียงศักดิ์ (2546) หลักการของการเกิดพิษที่มีต่อร่างกายมนุษย์หรือสัตว์ จะมีการเกิดการหมุนเวียนของสารพิษในร่างกาย และจะมีการออกฤทธิ์ของพิษต่อเซลล์ที่มีตัวรับรู้ในการตอบสนองต่อการเกิดพิษ ซึ่งเพื่อสารพิษเข้าสู่ร่างกายมนุษย์หรือสัตว์จะมีกระบวนการสำคัญอยู่ 4 กระบวนการ ได้แก่

1. กระบวนการดูดซึมสารพิษจากส่วนต่างๆ ของร่างกายเข้าสู่กระแสเลือด
2. กระบวนการกระจายสารพิษไปยังอวัยวะและส่วนต่างๆ ของร่างกาย
3. กระบวนการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง
4. กระบวนการกำจัดสารพิษออกจากร่างกาย

หลังจากที่สารพิษถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายแล้วจะถูกขับออก หรือกำจัดออกจากร่างกายได้หลายทาง แต่ทางที่สำคัญได้แก่ ปัสสาวะ อุจจาระ น้ำดี ปอด เหงื่อ เป็นต้น ดังแผนผังของการเดินทางของสารพิษ ในร่างกายมนุษย์ตามรูป



ภาพที่ 13 แผนผังของทางเดินของสารพิษในร่างกายมนุษย์

ที่มา: เกรียงศักดิ์ (2546)

เส้นทางเข้าสู่ร่างกาย มนุษย์สามารถรับสารพิษได้ 3 เส้นทาง

1. รับประทานอาหารและดื่มน้ำ การกินอาหารและดื่มน้ำสะอาดจะไม่มีสารพิษเข้าสู่ร่างกาย แต่ปัจจุบันนี้นับวันอาหารและเครื่องดื่มมีสารพิษปนเปื้อนอยู่มาก

2. การหายใจ ปัจจุบันนี้มีโรงงานอุตสาหกรรมมากขึ้น มีมลพิษอากาศมากขึ้น และมีสารพิษหลายชนิดที่สามารถระเหยออก มีการเผาไหม้สารเคมีต่างๆ จนได้เป็นสารพิษในบรรยากาศ มีการผลิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูง ใช้สารเคมีอันตรายมากขึ้นกว่าอดีต มีรถยนต์ใช้มากขึ้นและมีการก่อสร้างมากขึ้นทำให้เกิดฝุ่น ปอดของคนเราทั่วไปจะมีขนาดพื้นที่ผิวประมาณ 90-100 ตร.ม. ซึ่งมีพื้นที่ขนาดใหญ่มากพอที่จะรับอากาศสกปรกได้ในระดับหนึ่ง แต่ปอดมีข้อเสียมากกว่าทางเดินอาหาร ที่ทางเดินอาหารจะสามารถขับถ่ายของเสียออกได้ทางปัสสาวะหรืออุจจาระ

แต่สำหรับปอดจะจับถ่ายสารเคมีออกจากร่างกายได้ด้วยวิธีการไอ แต่ได้น้อยมาก เพราะสารเคมีที่อยู่บนปอด ถ้าละลายได้จะถูกดูดซึมเข้าสู่เส้นเลือด และถ้าละลายไม่ได้ก็จะคงสภาพอยู่ที่ผิวปอด

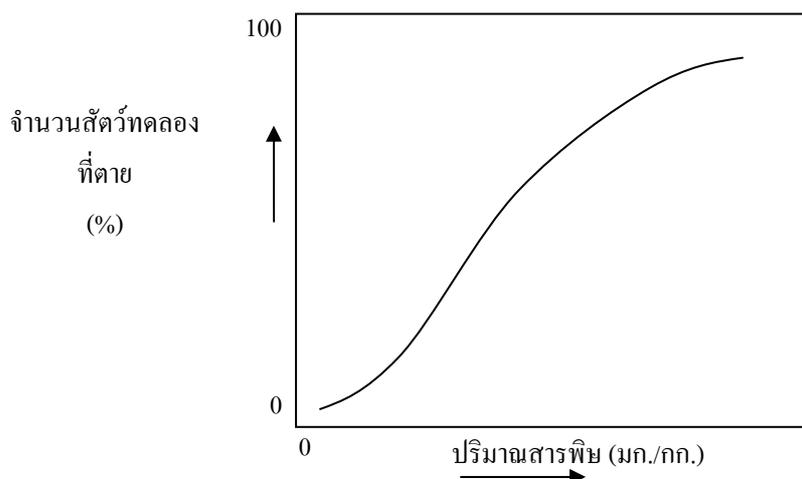
3. ลีดหรือซิมเข้าทางผิวหนัง ผิวหนังจะมีชั้นไขมันซึ่งทำหน้าที่ป้องกันการดูดซึมสารเคมีเข้าสู่ร่างกาย แต่มีสารเคมีบางชนิดที่สามารถทำลายชั้นไขมันได้ เช่น สารตะกั่ว สารอินทรีย์ ไซยาไนด์ สารฆ่าแมลง เป็นต้น ทำให้สารพิษเหล่านี้สามารถทะลุทะลวงเข้าไปถึงเส้นเลือดได้และกระจายเข้าไปทั่วร่างกายได้อย่างรวดเร็ว

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารพิษกับการตอบสนอง

ในการประเมินความเป็นพิษของสารพิษใดๆ ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารพิษที่ได้รับเข้าไปกับการตอบสนองต่อการเกิดพิษในสัตว์ทดลอง เนื่องจากกลไกในการทำให้เกิดการเป็นพิษของสารพิษมีความแตกต่างกันออกไป จึงจำเป็นจะต้องใช้วัดอัตราการตายของสัตว์ทดลอง เช่น หนู เป็นต้น แสดงไว้ในภาพที่ 14

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารพิษที่ได้รับเข้าไปกับการตอบสนองต่อการเกิดพิษ สามารถนำมาใช้ในการคำนวณหาดัชนีการเกิดพิษ ซึ่งมีอยู่ 2 ลักษณะได้แก่

1. ดัชนีการเกิดพิษถึงตาย
2. ดัชนีการเกิดพิษถึงแก่เจ็บป่วย



ภาพที่ 14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารพิษที่สัตว์ทดลองได้รับกับจำนวนของสัตว์ทดลองที่ตาย
ที่มา: เกรียงศักดิ์ (2546)

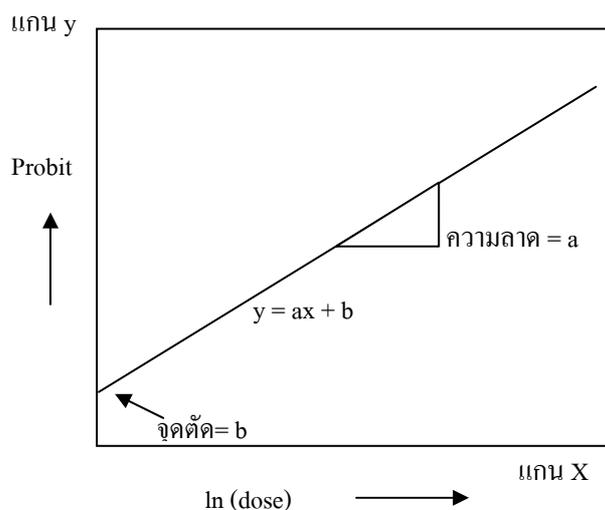
วิธีหาค่าความเป็นพิษด้วยการคำนวณหาค่า Probability ในการคำนวณหาค่า LD_{50} จากข้อมูลทดลอง โดยใช้การคำนวณหาค่า Probit หรือค่า Probability Unit และค่า $\ln(\text{dose})$ ซึ่งเป็นค่าปริมาณสารพิษที่ฉีดหรือให้แก่สัตว์ทดลอง แล้วนำมาวาดกราฟดังแสดงในภาพที่ 15

$$\text{สมการ Probit คือ } Pr = a + b \ln V \quad (17)$$

เมื่อ $Pr = \text{Probit}$

$V = \text{the causative variable}$

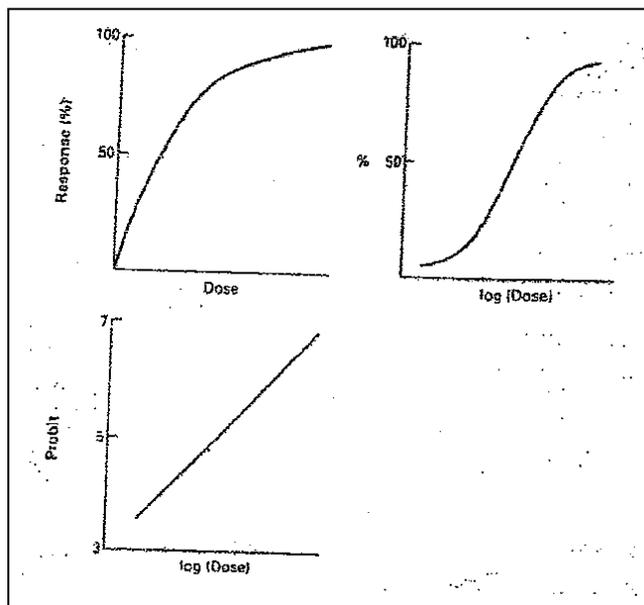
a และ $b = \text{Probit constants}$



ภาพที่ 15 กราฟของค่า probit กับค่า $\ln(\text{dose})$

ที่มา: เกรียงศักดิ์ (2546)

ความเข้มข้นของสารเคมีจะเป็นตัวกำหนดความเป็นพิษของสารเคมี ความสัมพันธ์ระหว่างสารเคมีและการตอบสนองต่อร่างกาย สามารถแสดงออกมาในรูปของความเข้มข้นของสารกับการตอบสนองหรือผลกระทบซึ่งก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย หรืออาจถูกนำเสนอในรูปของ \log ความเข้มข้นของสาร กับการตอบสนอง หรือในรูปของโพรบิต ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างโพรบิต และ \log ของความเข้มข้นของสาร ดังภาพที่ 16 ตัวบ่งชี้ซึ่งมักจะนำมาใช้เป็นตัวบอกถึงความเป็นพิษของสารในระยะเฉียบพลัน คือ LD_{50} (Lethal dose 50) ซึ่งได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง \log ความเข้มข้นของสารกับการตอบสนองของร่างกาย ในที่นี้จะ หมายถึงการเสียชีวิตของสัตว์ทดลอง หลังจากได้รับสารที่มีความเข้มข้นที่แตกต่างกัน LD_{50} หมายถึง ความเข้มข้นของสารซึ่งจะทำให้สัตว์ทดลองตายลงครึ่งหนึ่งของจำนวนสัตว์ทดลองทั้งหมด



ภาพที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่าง Dose-response ในรูปแบบที่ต่างๆ กัน
ที่มา: สรา (2542)