

บทที่ 10 : ระบบกรองอากาศ (AIR FILTER SYSTEM)

ในอากาศมีอนุภาคขนาดเล็กกล่องลอยอยู่โดยทั่วไป จากการศึกษพบว่า มีอนุภาคขนาด 0.1-0.2 ไมครอนอยู่มากที่สุดประมาณร้อยละ 38 รองลงมาเป็นอนุภาคขนาดประมาณ 0.2-0.45 ไมครอน ซึ่งมีอยู่ประมาณร้อยละ 21 ส่วนที่เหลือเป็นอนุภาคขนาดใหญ่กว่าและเล็กกว่า อนุภาคขนาดเล็ก ๆ เหล่านี้มีอัตราการตกสู่พื้นช้ำมาก ตัวอย่างเช่น อนุภาคขนาด 0.5 ไมครอนจะตกสู่พื้นด้วยอัตราเร็ว 1.4 นิ้วต่อวัน และอนุภาคขนาด 0.1 ไมครอนตกสู่พื้นด้วยอัตราเร็วเพียง 1.1 นิ้วต่อวัน แต่ในสภาพความเป็นจริงกระแสลมและการเคลื่อนไหวต่าง ๆ ทำให้อนุภาคเหล่านี้มีโอกาสตกลงสู่พื้นน้อยมาก และส่วนที่ตกลงสู่พื้นแล้วยังฟุ้งกระจายได้ตลอดเวลา โดยที่เราไม่สามารถสังเกตเห็นได้ (อนุภาคขนาดเล็กที่สุดที่คนปกติสามารถมองเห็นได้มีขนาดประมาณ 10 ไมครอน) ทำให้อากาศโดยทั่ว ๆ ไป มีอนุภาคขนาดเล็ก ทั้งชนิดที่มีประโยชน์และชนิดที่มีโทษปะปนอยู่เสมอ

ตามมาตรฐานของ American Federal Standard (FS 209 B) แบ่งชั้นความสะอาดของอากาศ (air cleanliness class) ออกเป็น 6 ชั้น ดังตารางที่ 10.1 เพื่อใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานในการเปรียบเทียบความสะอาดของอากาศให้เหมาะสมกับงานแต่ละประเภท และเพื่อความปลอดภัยของคน โดยเฉพาะผู้ปฏิบัติงาน และผู้ที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง

ตารางที่ 10.1 เกณฑ์มาตรฐานความสะอาดของอากาศ (FS 209 B)

ชั้นที่ (class)	จำนวนอนุภาคขนาด ≥ 0.5 ไมครอน/ลบฟ.	กิจกรรมที่ต้องการอากาศที่สะอาดในระดับนี้
1	≤ 1	การผลิตไอซี
10	≤ 10	การผลิตไอซี
100	≤ 100	ห้องปฏิบัติการจุลชีวะ การเพาะเลี้ยงไวรัส
1,000	$\leq 1,000$	ห้องคลอด ห้องพักคนไข้ปราศจากเชื้อ
10,000	$\leq 10,000$	การผลิตแวคซัน ผลิตแผ่นวงจรพิมพ์
100,000	$\leq 100,000$	การผลิตยาทั่วไป ห้องล้างฟิล์ม

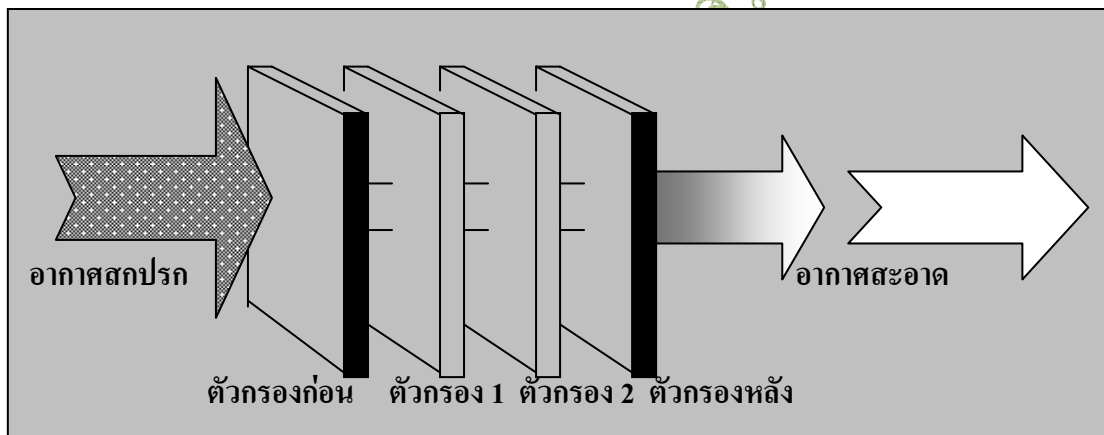
ในปัจจุบันเครื่องกรองอากาศได้เข้ามามีบทบาทในวงการอุตสาหกรรม และวงการแพทย์มากขึ้นตามลำดับ เนื่องจากเครื่องมือดังกล่าวจะช่วยเพิ่มทั้งประสิทธิภาพ และประสิทธิผลของทั้งงาน

และผู้ปฏิบัติงาน

การทำอากาศให้สะอาดอาจติดตั้งเครื่องกรองอากาศในลักษณะที่ทำให้อากาศทั้งห้องสะอาด (clean room) ทำให้โต๊ะสะอาด(clean bench) หรือพื้นที่บริเวณใดบริเวณหนึ่งสะอาด(clean area) การทำให้อากาศทั้งห้องมีความสะอาดเป็นวิธีการที่ดีสำหรับงานที่ต้องการความสะอาดมาก แต่ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงมาก ทั้งในด้านการออกแบบห้องและการบำรุงรักษา ในที่นี้จึงใคร่ขอกล่าวถึงเฉพาะเครื่องกรองอากาศที่ออกแบบในลักษณะตู้ หรือทำให้บริเวณใดบริเวณหนึ่งสะอาดเท่านั้น เพราะเครื่องกรองอากาศแบบนี้เสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่ามาก และนิยมติดตั้งในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ทั่วไป

หลักการทำงาน

อากาศที่ปนเปื้อน(contaminated air) ถูกดูดผ่านตัวกรอง(filter) ที่เหมาะสม โดยการหมุนของใบพัดทำให้เกิดความดันต่ำ(negative pressure) อากาศหลังจากผ่านตัวกรองจึงเป็นอากาศที่สะอาด เพราะอนุภาคขนาดต่างๆ ถูกกักไว้ในตัวกรอง



องค์ประกอบและคุณสมบัติ

ตู้กรองอากาศสำหรับงานห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบต่าง ๆ (รูปที่ 10.1) มีโครงสร้างที่คล้ายกันดังนี้

1. ตัวตู้ ประกอบด้วยผนังตู้และพื้นโต๊ะปฏิบัติงาน ทำจากวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อน และทำความสะอาดได้ง่าย ตัวอย่างเช่น เหล็กเคลือบอีพอกซี พลาสติกเสริมใยแก้ว ด้านหน้าอาจมีประตู (slat หรือ window) ที่สไลด์ ปิดเปิดได้โดยการเลื่อนขึ้นเลื่อนลงเพื่อประหยัดเนื้อที่ หรือโดยการเปิดออกเป็นมุม (hinged window) เพื่อความสะดวกในการทำงานบางประเภท ด้านหน้าของผนังด้านในตู้ มีแผ่นบาฟเฟิลสำหรับควบคุมทิศทางการไหลของอากาศโดยการปรับระยะห่างจากผนังด้านใน หรือใช้สำหรับเป็นที่ติดตั้งตัวกรองอากาศ

2. หลอดไฟฆ่าเชื้อโรค(germicidal lamp) นิยมวางไว้หลังตัวกรองเฮปา(HEPA, high efficiency particulate air filter) เพื่อฆ่าเชื้อโรคที่อาจหลุดรอดออกมาจากตัวกรองเฮปา โดยการใช้



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 10.1 รูปร่างของตู้กรองอากาศแบบต่าง ๆ ตู้กรองอากาศแบบปลอดเชื้อ(ก,ข) แบบดูดควัน(ค) และตู้กรองอากาศแบบตั้งพื้น(ง)

หลอดอัลตราไวโอเลตซึ่งสามารถปล่อยรังสีที่เข้มมากในช่วงความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร มีกำลังส่องสว่างประมาณ 30 วัตต์ ซึ่งให้แสงอัลตราไวโอเลตมีความเข้มประมาณ 0.5 วัตต์/ตารางฟุต ที่ระยะห่าง 1 ฟุต หลอดดังกล่าวมีอายุการใช้งานประมาณ 7,500 ชั่วโมง นอกจากการใช้แสงอัลตราไวโอเลตฆ่าเชื้อโรคแล้ว ยังมีการนำสารต้านจุลชีพ(antimicrobial agent) มาเคลือบบนตัวกรองเพื่อฆ่าเชื้อโรค แต่ไม่เป็นที่นิยมใช้กันมากนัก

3. หลอดไฟส่องสว่างภายในตู้กรองอากาศ นิยมใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาดประมาณ 40 วัตต์ หรือ 100 วัตต์ หลอดฟลูออเรสเซนต์ มีอายุการใช้งานประมาณ 5,000 ชั่วโมง

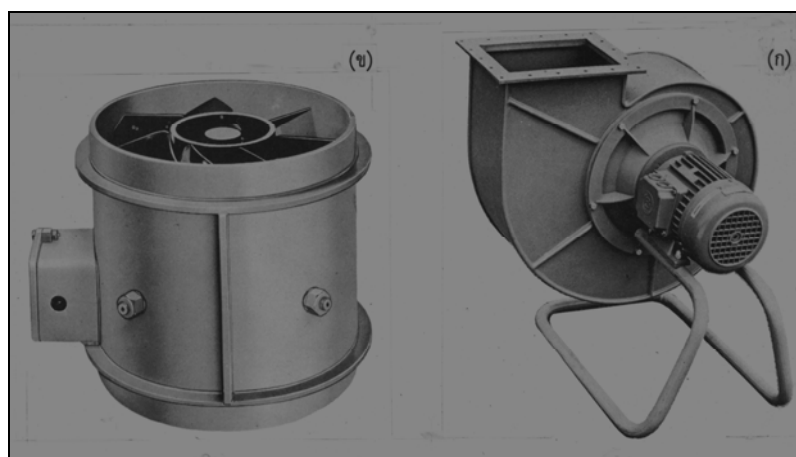
4. แผงควบคุม อาจประกอบด้วยสวิทช์ควบคุมการทำงานของมอเตอร์พัดลม หลอดไฟฆ่าเชื้อโรค หลอดไฟส่องสว่าง ฯลฯ.

5. ระบบตรวจสอบ ซึ่งอาจประกอบด้วย ตัวเลขแสดงอัตราการไหลของอากาศ สัญญาณไฟแสดงปริมาณอนุภาคในอากาศที่ไหลเข้าหรือออกจากเครื่องกรองอากาศ อุณหภูมิ ความดัน ตลอดจนสัญญาณเตือนเมื่อกระแสไฟฟ้าหรือมอเตอร์พัดลมขัดข้อง

6. พัดลม(fan) สำหรับดูดหรือเป่าอากาศ ประกอบด้วยมอเตอร์และใบพัด(impeller) นิยมใช้อยู่ 2 แบบ คือ

6.1 Centrifugal fan(รูปที่ 10.2 ก) มีข้อดีตรงที่หมุนเร็วมาก สามารถสร้างความดันต่ำได้มาก แต่ดูดอากาศเข้าไปน้อยกว่า มีเสียงดังน้อยกว่า สามารถป้องกันน้ำ และป้องกันการติดไฟได้ แต่มีข้อเสียตรงที่มีราคาแพง

6.2 Axial fan(รูปที่ 10.2 ข) ใช้มอเตอร์ที่มีขนาดเล็กกว่า กินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่า มีราคาถูก มีความปลอดภัยในด้านการป้องกันการติดไฟน้อยกว่า จึงนิยมใช้เฉพาะในตู้กรองอากาศราคาถูก และใช้ในงานที่ไม่มีความสำคัญมากนัก



รูปที่ 10.2 รูปร่างของพัดลมแบบ centrifugal fan(ก) และแบบ axial fan(ข)

7. ตัวกรอง(filter) ในตู้กรองอากาศอาจมีตัวกรองได้มากกว่า 1 อัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกรอง และยืดอายุการใช้งานของตัวกรอง ตัวกรองแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือตัวกรองเปียก และตัวกรองแห้งซึ่งนิยมใช้มากกว่าตัวกรองเปียก

7.1 ตัวกรองแห้ง ที่ใช้ในตู้กรองอากาศมีอยู่หลายชนิด คือ

7.1.1 ตัวกรองก่อน(pre filter) เป็นตัวกรองหยาบที่นิยมติดตั้งไว้ด้านหน้าตัวกรองละเอียด เพื่อดักแมลงและอนุภาคขนาดใหญ่ ซึ่งจะช่วยให้อายุการใช้งานของตัวกรองละเอียด ตัวกรองหยาบมีอายุการใช้งานประมาณ 300-400 ชั่วโมง

7.1.2 ตัวกรองคาร์บอน(carbon filter) เป็นถ่านกัมมันต์ชนิดต่างๆ (ดูรายละเอียดในบทที่ 15) สามารถดูดซับ(adsorb) สิ่งสกปรกโดยเฉพาะแก๊สต่าง ๆ ไว้ได้มาก คิดเป็นน้ำหนัก 1 ใน 3 ส่วนของน้ำหนักถ่านกัมมันต์ ตัวกรองคาร์บอนอาจผสม $KMnO_4$ หรือ aluminium silicate เพื่อช่วยออกซิไดส์(oxidise) สารพิษบางชนิด ตัวอย่างเช่น ฟอรัมาลดีไฮด์ นอกจากนี้ยังอาจผสมสารซีโอไลต์(zeolite) ซึ่งสามารถดูดแก๊สแอมโมเนียและแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้ดี

7.1.3 ตัวกรองละเอียด(microfilter) ทำจากใยแก้ว(fiber glass) หรือกระเบื้อง ยึดติดบนโครงที่แน่นหนาไม่มีอากาศรั่วผ่าน(รูปที่ 10.3 ก) สามารถกรองอนุภาคในอากาศที่มีขนาดเล็กตั้งแต่ 0.1 ไมครอนขึ้นมาไว้ได้เกือบหมด ตัวอย่างเช่น ฝุ่น ละอองเกสรดอกไม้ เชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย สำหรับไวรัสซึ่งมีขนาดเล็กเพียง 0.003-0.05 ไมครอน ถูกกรองออกจากอากาศได้เพราะไวรัสมักจะไม่อยู่แบบอิสระ แต่จะติดอยู่บนอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่าชนิดอื่นๆ ตัวกรองละเอียดถูกเรียกชื่อแตกต่างกันออกไปตามประสิทธิภาพในการกรองอนุภาคดังนี้

7.1.3.1 ตัวกรองเฮปา(HEPA, high efficiency particulate air filter) เพิ่มพื้นที่ผิวในการกรอง(extended surface filter) โดยทำเป็นถุงตัวกรอง(รูปที่ 10.3ก) หรือเรียงเป็นรูปตัววี(V) สามารถกรองอนุภาคของ 0.3 ไมครอนออกจากอากาศได้มากกว่าร้อยละ 99.97 เป็นตัวกรองละเอียดชนิดที่นิยมในตู้กรองอากาศมากที่สุด เนื่องจากทำอากาศให้สะอาดได้ดี(ไม่เกินชั้น 100) และมีอายุการใช้งานนาน 5-10 ปี

7.1.3.2 ตัวกรองเวปา(VEPA, very high efficiency particulate air filter) มีความสามารถกรองอนุภาคขนาด 0.1 ไมครอน ออกจากอากาศได้มากกว่า 99.9997%

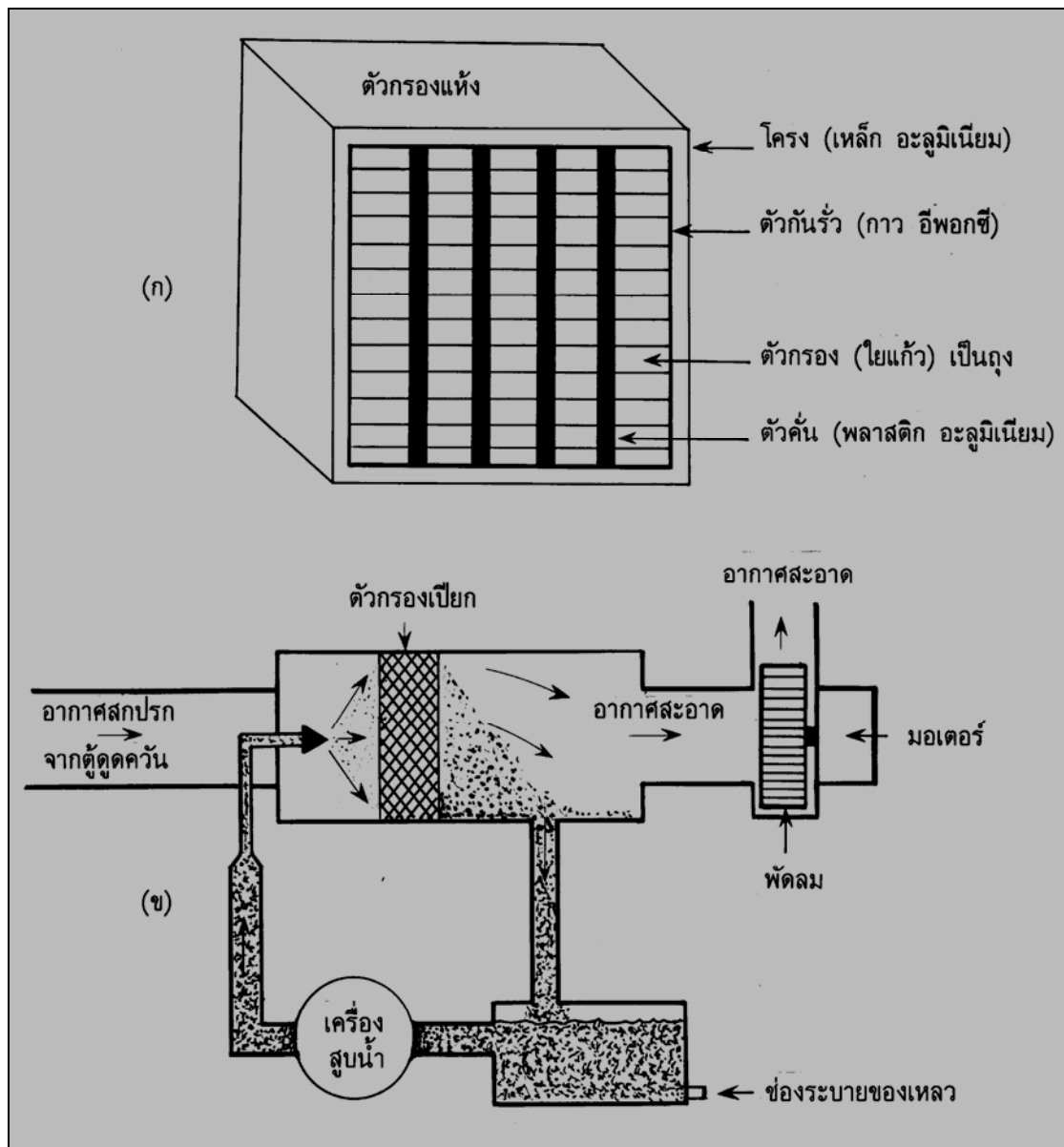
7.1.3.3 ตัวกรองอัลปา(ULPA, ultra low penetration particulate air filter) สามารถกรองอนุภาคขนาด 0.05 ไมครอนออกจากอากาศได้มากกว่า 99.99995%

7.1.4 ตัวกรองหลัง(post filter) เป็นตัวกรองหยาบชั้นสุดท้าย อาจเคลือบถ่านกัมมันต์ เพื่อกำจัดกลิ่นและสิ่งสกปรกที่อาจหลุดลอดออกมาในชั้นสุดท้าย

7.2 ตัวกรองเปียก ติดตั้งในเครื่องฟอกอากาศ(air scrubber) ซึ่งใช้ร่วมกับตู้ดูดควันชนิดมีท่อนำอากาศเสียทิ้ง ตัวกรองเปียกจะทำหน้าที่ดูดซับ หรือทำลายพิษของไอของสารเคมีและแก๊สต่างๆ เช่น กรด ด่าง อัลดีไฮด์ คีโตน ฮาโลเจน ปะรอท สารกัมมันตรังสี ฯลฯ ซึ่งจะช่วยให้ลดการปล่อย

อากาศเสียออกสู่ภายนอกห้องปฏิบัติการได้ ของเหลวที่ใช้กำจัดสารพิษเหล่านี้มีหลายชนิด ตัวอย่างเช่น 1-5% NaOH(ใช้สำหรับกำจัดแก๊สคลอรีน แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และไอของกรด HCl, HNO₃, H₂SO₄) 1% NaOCl (ใช้สำหรับกำจัดควีนและไอของสารละลายอินทรีย์) 1% กรดซิตริก (ใช้สำหรับกำจัดแก๊สแอมโมเนีย) เป็นต้น

การฟอกอากาศด้วยตัวกรองเปียกทำงานโดยใช้เครื่องสูบลม(pump) ดูดของเหลวที่เหมาะสม (scrubbing solution) จากถังเก็บ(tank) ฉีดผ่านหัวฉีดให้เป็นละอองขนาดเล็กไปตกกระทบที่ตะแกรง (water web mesh) ซึ่งนิยมทำจาก polyvinyl chloride(PVC) หลังจากนั้นอาศัยแรงดูดของใบพัดดูดอากาศเสียผ่านตัวกรองเปียก สารพิษต่าง ๆ จะถูกดูดซับไว้ในของเหลวที่ใช้กำจัดสารพิษ อากาศที่ผ่านออกมาหลังตัวกรองเปียกจึงมีความบริสุทธิ์มากขึ้น ส่วนของเหลวที่มีสารพิษถูกปล่อยทิ้งไปหรือถูกดูดกลับมาใช้ซ้ำอีก(recirculation) (รูปที่ 10.3 ข)



รูปที่ 10.3 โครงสร้างของตัวกรองแห่งชนิดตัวกรองละเอียด (ก) และการติดตั้ง ตัวกรองเปียกในเครื่องฟอกอากาศ (ข)

ชนิดของเครื่องกรองอากาศ

เครื่องกรองอากาศมีวิธีการทำให้อากาศบริสุทธิ์ และมีวัตถุประสงค์ที่คล้ายกัน การแบ่งชนิด
อาจแตกต่างกันดังนี้

1. แบ่งตามลักษณะการใช้งานเป็น 3 ชนิดคือ

1.1 Industrial clean cabinet เป็นเครื่องกรองอากาศที่ออกแบบให้เหมาะสมสำหรับงาน
ทางอุตสาหกรรมแต่ละประเภท

1.2 Biological clean cabinet เป็นตู้กรองอากาศที่ป้องกันการปนเปื้อนของอนุภาคจาก
ภายนอกตู้กรองอากาศ จึงอาจเรียกว่าเป็นชนิด “ป้องกันผลผลิต” (product protection) โดยการรักษา
ความดันภายในตู้ให้สูงกว่าความดันของอากาศภายนอกตู้

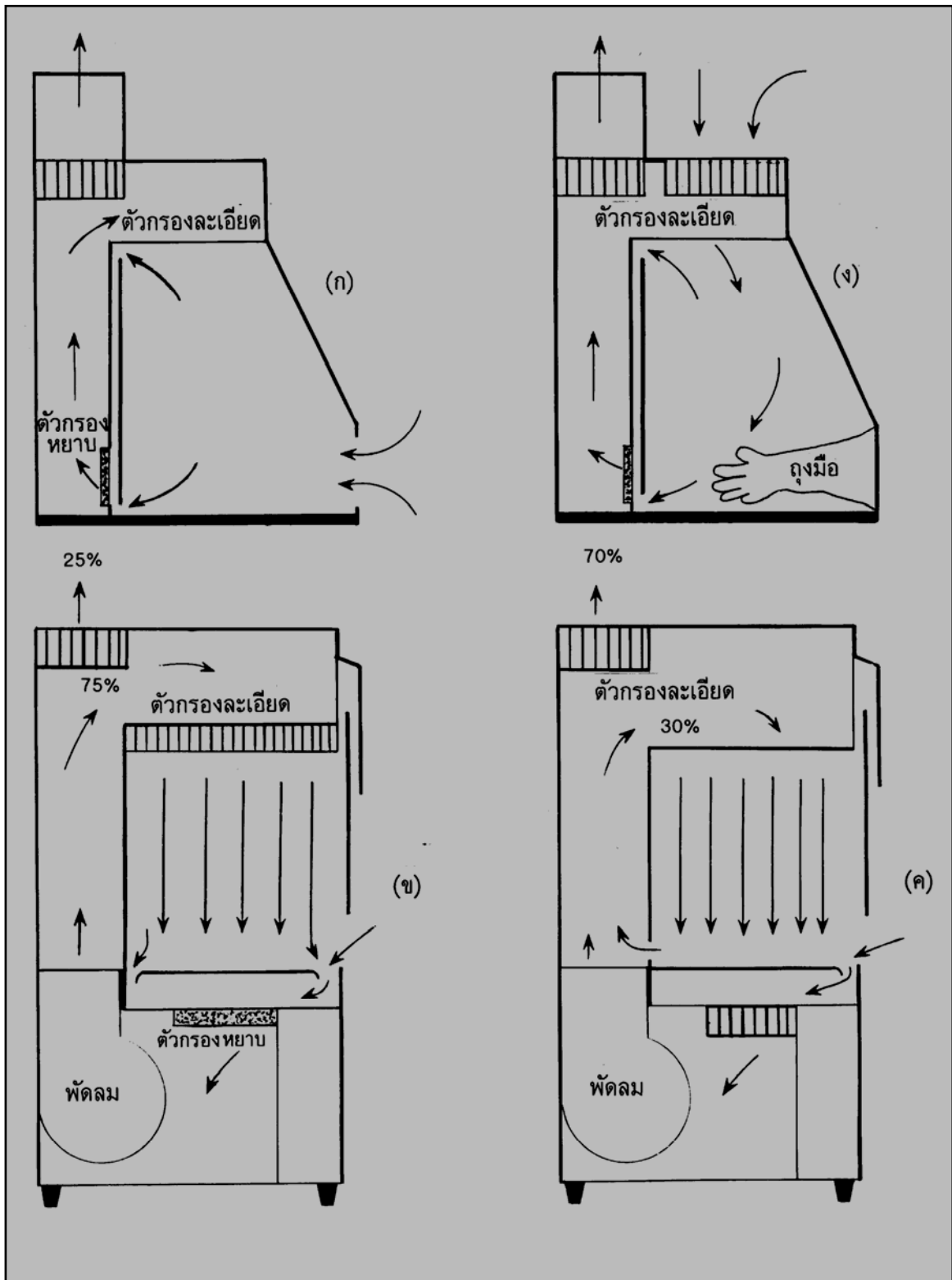
1.3 Biohazard cabinet นิยมใช้งานทางพันธุวิศวกรรม งานทางไวรัสวิทยา ฯลฯ ทำ
อากาศภายในตู้ให้สะอาดโดยใช้ตัวกรอง และป้องกันการแพร่เชื้อโรค สารรังสี สารก่อมะเร็ง ฯลฯ.
ออกมานอกตู้กรองอากาศ โดยการรักษาความดันภายในตู้กรองอากาศให้ต่ำกว่าความดันของอากาศ
ภายนอกตู้กรองอากาศเล็กน้อย เพื่อป้องกันการปนเปื้อนผลผลิต ป้องกันผู้ปฏิบัติงาน และผู้ที่อยู่ใน
บริเวณใกล้เคียง(product and personal protection) หรือเพื่อป้องกันผู้ปฏิบัติงานอย่างเดียว(personal
protection) ตู้กรองอากาศชนิดนี้อาจเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า “microbiological safety cabinet” ซึ่งสามารถ
แบ่งย่อยออกได้เป็นอีก 4 ชนิดตามข้อกำหนดของ National Institute of Health(NIH-03-112C) ดังนี้

1.3.1 ชั้นที่ 1(class I) ออกแบบเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรค และสารเคมี
ออกมาเจือปนในอากาศภายนอก อันจะเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน และผู้อยู่ในบริเวณใกล้เคียง ตู้
กรองอากาศชนิดนี้ทำงานโดยการดูดอากาศจากภายนอกผ่านพื้นที่ปฏิบัติงาน(working area) ผ่านตัว
กรองหยาบ ผ่านตัวกรองละเอียด(microfilter) ก่อนเป่าอากาศออกสู่ภายนอกทั้งหมด(100%) ในอัตรา
ประมาณ 450 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง และมีความเร็วลมทุก ๆ จุดอย่างน้อย 0.7 เมตร/วินาที เมื่อเปิด
ประตูตู้กรองอากาศ (รูปที่ 10.4 ก)

1.3.2 ชั้นที่ 2 A (class IIA) เริ่มทำงานโดยการดูดอากาศจากภายนอกผ่านช่องอากาศ
(grill) ด้านนอกตู้กรองอากาศผ่านพื้นที่ปฏิบัติงานลงสู่ด้านล่าง เป่าขึ้นสู่ด้านบนทางช่องผนังด้านหลัง
อากาศส่วนนี้ประมาณร้อยละ 25 ถูกเป่าผ่านตัวกรองละเอียดออกสู่อากาศภายนอก อากาศส่วนที่เหลือ
เป่าผ่านตัวกรองละเอียดอีกตัวหนึ่งลงสู่พื้นที่ปฏิบัติงานในแนวดิ่ง การไหลของอากาศดังกล่าวทำให้เกิดเป็น
ม่านอากาศป้องกันเชื้อโรคและไอสารเคมี ผ่านออกมาทางช่องอากาศด้านหน้าตู้กรองอากาศ
ความเร็วลมในแนวดิ่งและความเร็วลมเข้าตู้กรองอากาศมีค่าประมาณ 0.4 เมตร/วินาที (BS 5726, FS
209 B) (รูปที่ 10.4 ข)

1.3.3 ชั้นที่ 2 B (class IIB) ทำงานเหมือนชั้นที่ 2 A แตกต่างกันตรงที่ออกแบบให้เป่า
อากาศออกสู่ภายนอกประมาณร้อยละ 70 (รูปที่ 10.4 ค)

ดร. ชุชาติ อาริฉัตรานุสรณ์



รูปที่ 10.4 ทิศทางการไหลของอากาศในตู้กรองอากาศชั้น 1 (ก) ชั้น 2A (ข) ชั้น 2B (ค) และชั้นที่ 3 (ง)

1.3.4 ชั้นที่ 3 (class III) แตกต่างจากชั้นอื่นตรงที่มีถุงมือยางลาเทกซ์ หรือนีโอพรีน (neoprene) ปิดช่องอากาศด้านหน้า อากาศภายนอกถูกดูดเข้าสู่ภายในผ่านตัวกรองละเอียดด้านหน้า เข้าสู่ภายใน ผ่านตัวกรองละเอียดด้านบนตู้กรองอากาศ ผ่านพื้นที่ปฏิบัติงาน แล้วจึงไหลวนขึ้นสู่ด้านบน ผ่านตัวกรองละเอียดออกสู่อากาศภายนอกทั้งหมด ในอัตราประมาณ 180 ลูกบาศก์เมตร/ ชั่วโมง (รูปที่ 10.4 ง)

2. แบ่งตามลักษณะการไหลของอากาศแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดคือ

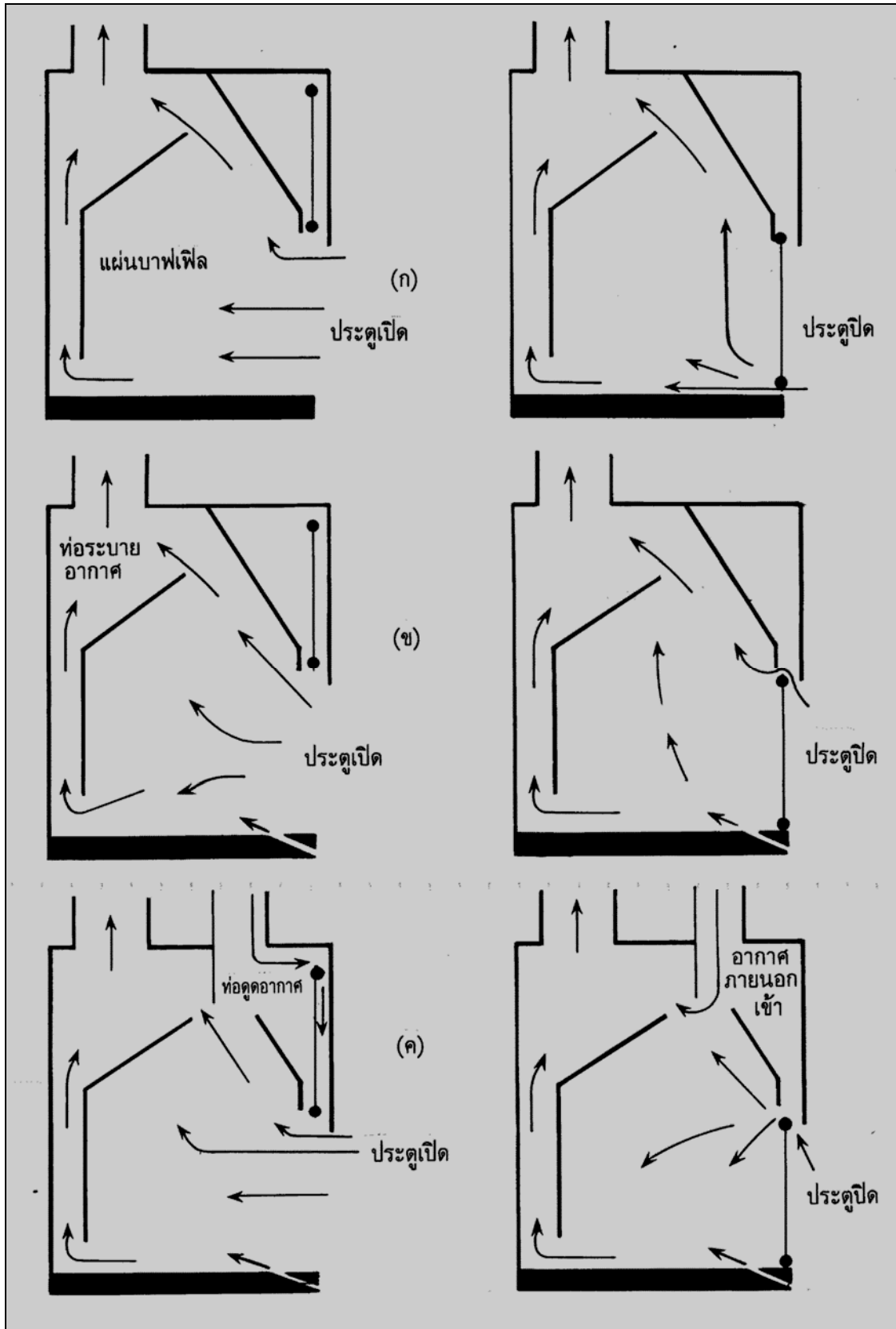
2.1 ชนิดอากาศไหลวน(turbulence flow) ทำให้อากาศสะอาดโดยการดูดอากาศสกปรกผ่านตัวกรองแห้ง(dry filter) หรือตัวกรองเปียก(wet filter) แล้วส่งกระแสอากาศสะอาด(clean air stream) ออกมาเจือจางอนุภาคภายนอกตู้กรองอากาศ แต่อากาศภายในตู้กรองอากาศมีการไหลวนหลายทิศทาง จึงทำให้อนุภาคต่างๆ ถูกกำจัดออกไม่ดีเท่าที่ควร ความสะอาดของอากาศอยู่ในชั้น 1,000-100,000 ตัวอย่างเช่น ตู้ดูดควันชนิดที่ใช้ตัวกรอง(filtration fume hood) และ microbiological safety cabinet ชั้นที่ 1 ส่วนตู้ดูดควันชนิดมีท่ออากาศภายในตู้ มีการไหลวนเหมือนกันแต่ไอพิษหรืออนุภาคต่างๆ จะถูกดูดออกสู่อากาศภายนอกห้อง โดยผ่านไปตามท่อส่งที่ไม่มีตัวกรอง ดังนั้นจึงก่อให้เกิดมลภาวะต่ออากาศได้มาก ตู้ดูดควันชนิดมีท่อแบ่งย่อยออกได้เป็น อีก 3 แบบ คือ

2.1.1 แบบ conventional (รูปที่ 10.5 ก) เป็นแบบที่พบได้ในห้องปฏิบัติการทั่ว ๆ ไป อากาศจากภายนอกซึ่งเป็นอากาศดีถูกดูดเข้าสู่ตู้ดูดควันด้วยความเร็วในช่วง 40-120 ฟุต/นาที ผ่านพื้นที่ปฏิบัติงาน ผ่านด้านหลังและด้านหน้าแผ่นบาฟเฟิล(Baffle) ไล่อากาศเสียภายในตู้ออกไปตามท่อระบายออกสู่ภายนอก ความเร็วและปริมาณอากาศที่ไหลผ่านพื้นที่ปฏิบัติงานสามารถควบคุมโดยการเลื่อนประตูขึ้นลง กล่าวคือความเร็วของอากาศบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงานมีมากที่สุดเมื่อประตูผู้ปิดเกือบสนิท และความเร็วจะลดลงตามลำดับเมื่อเปิดประตูผู้กว้างขึ้นเรื่อย ๆ

2.1.2 แบบ bypass (รูปที่ 10.5 ข) ออกแบบมาเพื่อลดข้อเสียของตู้ดูดควันแบบ conventional ที่มีความเร็วของลมสูงมากเมื่อปิดประตูผู้เกือบสนิท ซึ่งอาจทำให้วัตถุชิ้นเล็ก ๆ ภายในตู้ดูดควันเกิดการฟุ้งกระจาย แหกหักได้ง่าย ตู้ดูดควันชนิดนี้เพิ่มช่องให้อากาศไหลเข้าที่บริเวณด้านบนและด้านล่างของประตู ทำให้ความเร็วของลมที่ไหลผ่านพื้นที่ปฏิบัติงานไม่เปลี่ยนแปลงมากในสภาวะปิดหรือเปิดผู้ก็ตาม

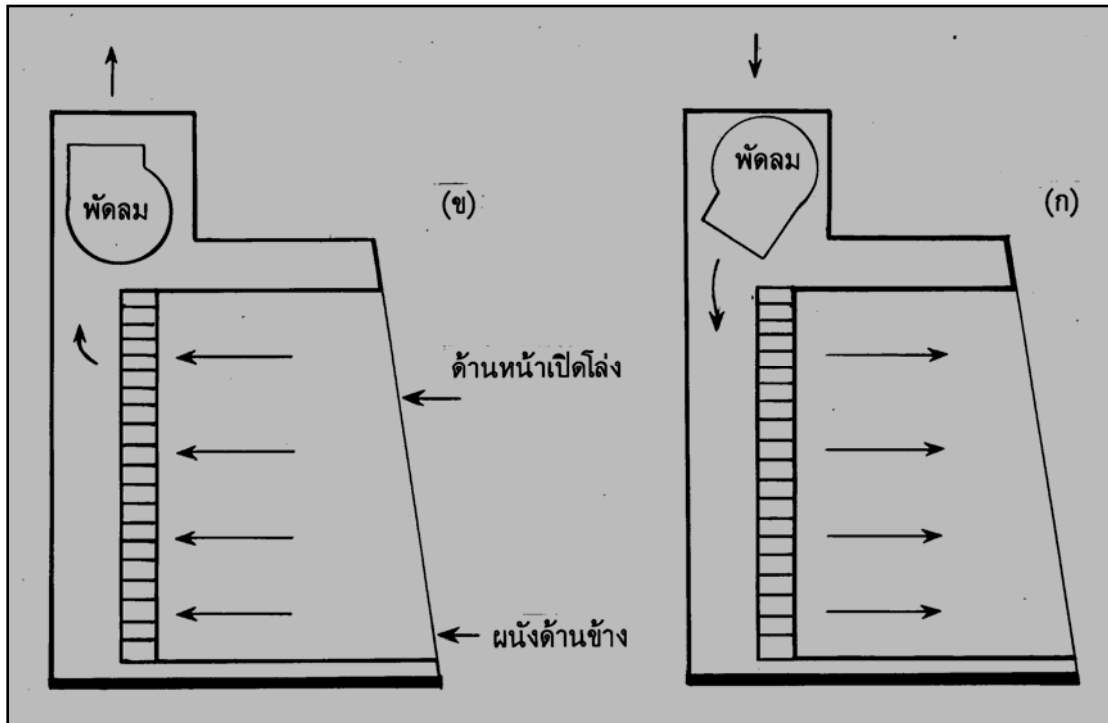
2.1.3 แบบ add-air (รูปที่ 10.5 ค) มีความแตกต่างจากสองแบบแรกตรงที่มีท่อดูดอากาศจากภายนอกเข้ามาช่วยไล่อากาศภายในตู้ดูดควันออก เพื่อลดการดูดอากาศภายในห้องออกมากเกินไปจนความจำเป็น โดยเฉพาะห้องปรับอากาศขนาดเล็ก

2.2 ชนิดอากาศไหลทิศทางเดียวในแนวนอน(horizontal lamina flow) ทำให้อากาศสะอาดโดยการเป่าอากาศผ่านแผ่นตัวกรองละเอียดที่บุผนังตู้ด้านในเต็มแผ่น ออกมาสู่ด้านหน้าตู้ซึ่งเปิดโล่ง (รูปที่ 10.6 ก) อากาศจะไหลในทิศทางเดียวเป็นระเบียบสม่ำเสมอไม่มีการหมุนวน จึงสามารถ



รูปที่ 10.5 ทิศทางการไหลของอากาศเมื่อเปิดและปิดประตูตู้แบบ conventional (ก) แบบ bypass (ข) และแบบ add-air (ค)

ทำให้อากาศสะอาดได้ถึงชั้น 100 ส่วนพันที่ป้องกันผู้ปฏิบัติงาน ทำงานแบบเดียวกันแต่อากาศไหลกลับทิศทางกัน(รูปที่ 10.6 ข)



รูปที่10.6 ทิศทางการไหลของอากาศในตู้กรองอากาศชนิดอากาศไหลทิศทางเดียวในแนวนอน แบบป้องกันผลผลิต(ก) และแบบป้องกันผู้ปฏิบัติงาน (ข)

2.3 ชนิดอากาศไหลทิศทางเดียวในแนวตั้ง (vertical lamina flow) ทำให้อากาศสะอาด โดยดูดหรือเป่าอากาศผ่านตัวกรองละเอียดในแนวตั้งจากด้านบนสู่พื้นที่ปฏิบัติงาน(down flow type) (รูปที่ 10.4 ข และรูปที่ 10.4 ค) การออกแบบให้อากาศไหลเป็นระเบียบในทิศทางเดียวอย่างสม่ำเสมอไม่มีการไหลวนของอากาศ ทำให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดอนุภาคได้ดี (ความสะอาดของอากาศอยู่ในชั้น 100)

นอกจากจะพบในรูปของตู้กรองอากาศแล้ว ยังพบได้ในรูปของตู้คลุมเฉพาะพื้นที่ที่ต้องการซึ่งสะดวกในการเคลื่อนย้ายและเหมาะสมกับงานบางประเภท ตัวอย่างเช่น ตู้คลุมเครื่องบรรจุยาปราศจากเชื้อ บริเวณผ่าตัด บริเวณรักษาผู้ป่วยถูกไฟลวก เป็นต้น ส่วนแบบอากาศไหลในแนวตั้งจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน (up flow type) มีทิศทางการไหลของอากาศในทางตรงกันข้าม แต่ไม่นิยมใช้มากเท่ากับชนิดอากาศไหลลง

ผลิตภัณฑ์เครื่องกรองอากาศในท้องตลาด อาจมีการออกแบบให้แตกต่างไปจากแบบดังกล่าว

แล้วข้างต้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกรองอากาศ โดยมีความแตกต่างกันในตำแหน่ง ชนิดและจำนวนของตัวกรองที่ใช้

ข้อควรปฏิบัติในการใช้งาน

เครื่องกรองอากาศมีหลายแบบ หลายชนิดและมีวิธีการใช้ที่แตกต่างกัน จึงไม่ขอกล่าวไว้ ณ ที่นี้ (ผู้ใช้ควรปฏิบัติตามคู่มือการใช้งาน) แต่จะกล่าวถึงสิ่งที่ควรปฏิบัติในการใช้งาน เพื่อรักษาความสะอาดของอากาศในห้องปฏิบัติการหรือบริเวณที่ปฏิบัติงานดังนี้

1. ติดตั้งเครื่องกรองอากาศหรือตู้กรองอากาศในสถานที่ที่เหมาะสม ตัวอย่างเช่น ไม่มีกระแสลมจากภายนอกห้องปฏิบัติการมารบกวนทิศทางการไหลของกระแสลมในตู้กรองอากาศ อากาศมีฝุ่นละอองน้อย สะดวกต่อการปฏิบัติงาน เป็นต้น

2. รักษาความสะอาดของห้องที่ติดตั้งตู้กรองอากาศอยู่เสมอ โดยการทำดังนี้

2.1 สวมเสื้อผ้า รองเท้า ที่สะอาดเสมอในห้องปฏิบัติการ

2.2 รักษาความสะอาดของร่างกาย โดยเฉพาะเส้นผม มือและเล็บ และล้างทำความสะอาดทุกครั้งสัมผัสกับเชื้อโรคหรือสิ่งสกปรก

2.3 หลีกเลี่ยงการสร้างสิ่งสกปรกโดยไม่จำเป็น ตัวอย่างเช่น การสูบบุหรี่ (ควันประกอบด้วยอนุภาคขนาดประมาณ 0.01-1.0 ไมครอน) การฉีดสเปรย์ดับกลิ่น การหุงต้ม เป็นต้น

2.4 ไม่ควรนำสิ่งของที่สกปรกเข้าห้องปฏิบัติการ

2.5 ไม่ควรให้บุคคลภายนอกเข้าไปในห้องปฏิบัติการโดยไม่จำเป็น

2.6 ห้องปฏิบัติการทางจุลชีววิทยาควรปิดประตูห้องตลอดเวลา เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรค และป้องกันสิ่งสกปรกเข้าไปในห้องปฏิบัติการ

2.7 วัสดุติดเชื้อควรเก็บในภาชนะที่ปิดสนิทตลอดเวลาและควรฆ่าเชื้อก่อนทิ้ง

3. กำจัดสิ่งสกปรกหรืออากาศเสียออกจากห้องปฏิบัติการอยู่เสมอ ดังนี้

3.1 ดูดอากาศสะอาดภายนอกห้องเข้ามาเจือจางอากาศเสียภายในห้อง (dilution control) เป็นครั้งคราว

3.2 ล้างทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศของเครื่องปรับอากาศเป็นประจำ

3.3 กำจัดสิ่งสกปรกหรือสิ่งที่สะสมอนุภาคที่สกปรกต่าง ๆ ได้ง่ายออกจากห้องปฏิบัติการ

3.4 ฆ่าเชื้อบริเวณพื้นห้อง หรือโต๊ะทำงานทุกครั้งที่ปฏิบัติงานเสร็จ สำหรับผนังห้องควรทำความสะอาดเป็นครั้งคราว

3.5 ในกรณีที่ใช้เครื่องดูดฝุ่นทำความสะอาด ควรใช้ชนิดที่มีแผ่นกรองอากาศปิดบริเวณช่องเป่าลมออก เพื่อลดการฟุ้งกระจายของอนุภาคต่างๆ มากเกินความจำเป็น

4. ทำความสะอาดหรือฆ่าเชื้อโรค ทั้งภายนอกและภายในตู้กรองอากาศอยู่เสมอ โดยเฉพาะผนังตู้ซึ่งมักมีอนุภาคต่างๆ สะสมอยู่

5. ก่อนใช้งานควรปล่อยให้ตู้กรองอากาศทำงานเพื่อกำจัดอนุภาคต่าง ๆ เป็นเวลาอย่างน้อย 15 นาที

6. ควรมีการฝึกอบรมบุคลากร เพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับ การรักษาความสะอาด และความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการอยู่เสมอ ๆ ตัวอย่างเช่น การห้ามรับประทานอาหารในห้องปฏิบัติการ การห้ามใช้ปากดูดปิเปตต์ ฯลฯ.

การบำรุงรักษา

การบำรุงรักษาสำหรับตู้กรองอากาศที่สำคัญมีดังนี้

1. ตรวจสอบทิศทางการไหลของอากาศที่ถูกต้อง
 2. ตรวจสอบความเร็วของลม(air velocity) และความสม่ำเสมอของลม(air uniformity) ซึ่งควรเบี่ยงเบนไม่เกินร้อยละ 20 จากค่าเฉลี่ยที่กำหนดไว้ ถ้าค่าสูงกว่านี้แสดงว่าตัวกรองอุดตัน ควรถอดตัวกรองออกมาล้าง เพราะถ้าปล่อยให้อุดตันต่อไปจะทำให้พัดลมดูดอากาศทำงานหนัก และทำให้สิ้นเปลืองค่าไฟฟ้ามากขึ้น
 3. ตรวจสอบความเข้มของแสงอัลตราไวโอเล็ต ซึ่งไม่ควรต่ำกว่า 400 มิลลิวัตต์/ตารางเมตร จึงจะสามารถฆ่าเชื้อโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ
 4. ตรวจสอบจำนวนแบคทีเรียบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงาน โดยใช้เครื่องนับอนุภาค(particle counter) ทุก ๆ 14 วัน
 5. ตรวจสอบการอุดตันของตัวกรองเฮปา โดยการวัดความดันของอากาศบริเวณทั้ง 2 ด้านของตัวกรองเฮปา
 6. ตรวจสอบการรั่วของตัวกรองเฮปา โดยใช้ dioctyl phthalate ซึ่งเป็นสารระเหยที่ไม่ตกค้างในตัวกรอง และมีขนาดน้อยกว่า 3 ไมโครเมตร ดูดผ่านตัวกรองเฮปา แล้วนับจำนวนอนุภาคในอากาศก่อนผ่านและหลังผ่านตัวกรองเฮปาด้วยเครื่องนับอนุภาค โดยเก็บตัวอย่างอากาศบริเวณที่ห่างจากแผ่นตัวกรอง 1-2 นิ้ว
- วิธีการทดสอบดังกล่าวเรียกว่า “DOP test” ซึ่งนิยมใช้มากกว่าวิธีอื่น ๆ เช่น “discoloration test” หรือ “weight test” ตัวกรองเฮปาที่ดีควรมีการรั่วไหลของอนุภาคน้อยกว่าร้อยละ 0.01
7. สำหรับตู้กรองอากาศแบบ microbiological safety cabinet ชั้น 2 ควรตรวจสอบประสิทธิภาพของม่านอากาศด้วย DOP test ซึ่งผลการตรวจสอบควรมีการรั่วน้อยกว่าร้อยละ 0.01

การเลือก

ในการเลือกระบบกรองอากาศหรือตู้กรองอากาศเพื่อมาใช้งาน ควรพิจารณาถึงองค์ประกอบ และคุณสมบัติดังนี้

1. ตัวตู้กรองอากาศมีโครงสร้างแข็งแรง ทำด้วยวัสดุที่ทนทานต่อการกัดกร่อน และทำความสะอาดได้ง่าย

2. ประตูปิดตู้กรองอากาศควรวางและแข็งแรง ปิดเปิดได้ง่าย
3. มอเตอร์ควรเป็นชนิดที่ป้องกันการติดไฟได้ ควรติดตั้งแบบป้องกันการสั่น(antivibration mounting) เพื่อลดการสั่นสะเทือนเมื่อมอเตอร์หมุน
4. มีระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์เพื่อควบคุมความเร็วของลม และความดันของอากาศให้เหมาะสม เพื่อให้ตัวกรองเฮปายังคงมีประสิทธิภาพในการกรองสูงอยู่เสมอ ถึงแม้ว่าตัวกรองเฮปาจะสกปรกมากขึ้นเรื่อย ๆ ก็ตาม
5. มีฟิวส์ตัดกระแสไฟฟ้าที่มากเกินไป(overload fuse) เพื่อป้องกันการเกิดไฟไหม้ขึ้นเนื่องจากมอเตอร์ทำงานมากเกินไป ไฟฟ้าลัดวงจร หรือ โวลต์ของกระแสไฟฟ้าลดต่ำกว่าปกติ
6. มีประสิทธิภาพในการกรองอนุภาคสูง (ทดสอบโดย DOP test)
7. มีประสิทธิภาพในการกำจัดควันหรือไอสารพิษสูง
8. ใช้งานง่าย
9. การบำรุงรักษาง่าย ตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนตัวกรอง การทำความสะอาดตู้กรอง เป็นต้น
10. มีเสียงดังรบกวนการทำงานน้อย
11. มีราคาถูก
12. ไม่ควรใช้ตัวกรองชนิดใช้ประจุไฟฟ้าสถิตย์(electrostatic filter) เพราะตัวกรองชนิดนี้มีประสิทธิภาพในการกำจัดฝุ่นเป็นส่วนใหญ่ แต่จะทำให้เกิดแก๊สโอโซนซึ่งเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ

เครื่องกรองอากาศมีความจำเป็นสำหรับห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ทุกแห่ง เพราะห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เป็นสถานที่ที่มีการเพาะเชื้อโรค มีการใช้สารกัมมันตรังสี มีการใช้สารเคมีอีกหลายร้อย หลายพันชนิด ดังนั้นการใช้เครื่องกรองอากาศที่เหมาะสม จึงช่วยเพิ่มคุณภาพของงาน ช่วยป้องกันการเจ็บป่วยของผู้ปฏิบัติงานและผู้ใกล้ชิด ตลอดจนช่วยรักษาสภาพแวดล้อมของอากาศให้สะอาดอยู่เสมอ

บรรณานุกรม

1. Anthony V, Nero JR. Controlling indoor air pollution. Scientific American 1988; 158:24-31.
2. Janczewski JN, Caldeira SJ. Improving indoor air quality. Occupational Health & Safety 1995;64:31-7.
3. Ligugnana R. A simpler approach in the training of food factory staff for health education. Proceedings of World Congress Foodborne Infections and Intoxications. WHO, 1980.
4. Magnuson A. Odor control: trouble in the air. World Wastes 1993;36:40-3.
5. Rowland JF. Electrostatic filter: time to clear the air conditioning. Heating & Refrigeration News 1998;204:28-29.
6. Shaw RW. Air pollution by particles. Scientific American 1987;257:84-91.
7. Zaki AN, Cambell JR. Infectious wastes management and laboratory design criteria. American Industrial Hygiene Association Journal 1997;58:800-8.

วศ. ชู

ดร. ชุชาติ อาริฉัตรานุสรณ์