

หน่วยที่ 7 การควบคุมสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพ

การควบคุมสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์นอกจากจะต้องควบคุมอากาศให้เกิดความสบายแก่มนุษย์แล้ว ยังต้องคำนึงถึงความสะอาดของอากาศ ซึ่งอาจมีการปนเปื้อนทั้งในรูปแบบของฝุ่นควัน และที่สำคัญคือ จุลชีวะในอากาศ ซึ่งเป็นตัวการสำคัญต่อการรบกวนสุขภาพของมนุษย์

สภาวะอากาศที่ก่อให้เกิดความสบายแก่มนุษย์ประกอบด้วยปัจจัยต่างๆ ดังนี้

อุณหภูมิ โดยทั่วไปอุณหภูมิที่พอเหมาะและก่อให้เกิดความสบายแก่มนุษย์จะมีค่าระหว่าง 22.5 ถึง 25.5 องศาเซลเซียส แต่ทั้งนี้ยังขึ้นกับปัจจัยอื่นๆ ด้วย เช่น วัย หรือกิจกรรมที่ทำ เช่น ผู้สูงอายุต้องการอากาศที่มีอุณหภูมิอุ่นกว่าคนหนุ่มสาวประมาณ 1 ถึง 1.5 องศาเซลเซียส หรือขณะทำกิจกรรมที่ใช้พลังงานสูงมนุษย์ต้องการสภาวะอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าช่วงเวลานอนหลับ เป็นต้น

ความชื้น ความชื้นสัมพัทธ์ที่พอเหมาะสำหรับมนุษย์จะมีค่าระหว่าง 50 ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ โดยความชื้นสัมพัทธ์จะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ เช่น ที่อุณหภูมิต่ำเดียวกัน ห้องที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าคนจะรู้สึกสบายกว่าห้องที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า เป็นต้น

ปัจจัยอื่นๆ เช่น เสื้อผ้าที่สวมใส่ ความเร็วลมที่ปะทะผิวหนัง อุณหภูมิพื้นผิวของวัตถุโดยรอบที่จะแผ่รังสีมายังร่างกายของมนุษย์ และปัจจัยเฉพาะตัวของแต่ละบุคคล เช่น อายุ เพศ และความชอบส่วนบุคคล เป็นต้น

คุณภาพของอากาศกับการปนเปื้อนของอากาศ

การปนเปื้อนทางอากาศเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปนเปื้อนของเชื้อโรคในอากาศ ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กคือ รา ไวรัส แบคทีเรีย และไรฝุ่น เนื่องจากจุลชีวะเหล่านี้สามารถดำรงชีวิตและขยายพันธุ์ได้ดีในพื้นที่ภายในอาคารที่แสงแดดซึ่งมีรังสีอัลตราไวโอเล็ตส่องไม่ถึง รวมทั้งพื้นที่ที่ปราศจากการดูแลคุณภาพอากาศที่ดี

สิ่งปนเปื้อนทางอากาศแบ่งตามสถานะ หรือรูปแบบการก่อตัว สามารถจำแนกประเภทได้ ดังนี้

1 ฝุ่นและควัน ที่ประกอบจากอนุภาคของแข็งล่องลอยอยู่ในอากาศ

ฝุ่นคือ อนุภาคของแข็งขนาดเล็กที่ล่องลอยอยู่ในอากาศทั้งที่เกิดจากธรรมชาติ หรือเกิดจากมนุษย์ โดยมีขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอน ชนิดของฝุ่นมาจากที่มาจากที่หลากหลาย เช่น ฝุ่นหิน ฝุ่นโลหะ ฝุ่นดิน ฝุ่นไม้ ฝุ่นจากผม และขนสัตว์ เป็นต้น

ควันคือ อนุภาคนขนาดเล็กทั้งที่เป็นของเหลวและของแข็งที่เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของสารอินทรีย์ เช่น ไม้ ถ่านหิน ยาสูบ โดยทั่วไปควันจะมีขนาดระหว่าง 0.1 ถึง 0.3 ไมครอน ในบางครั้งอาจพบควันที่มีขนาดเล็กกว่า 0.1 ไมครอน เช่น ควันบุหรี่ อาจมีขนาดเล็กมากถึง 0.01 ไมครอน

2 ละอองและหมอก ที่ประกอบจากอนุภาคของเหลวล่องลอยอยู่ในอากาศ

ละอองคือ อนุภาคของเหลวขนาดเล็กที่ล่องลอยอยู่ในอากาศ โดยเกิดได้จากกระบวนการอันหลากหลายเช่น การสเปรย์ หรือเกิดจากปฏิกิริยาเคมี นอกจากนี้ ละอองขนาดเล็กจากการจามที่มีเชื้อโรคจำนวนมากแฝงตัวอยู่ มักเป็นสาเหตุสำคัญของการแพร่กระจายของเชื้อโรคในอากาศ

หมอกคือ ละอองของเหลวขนาดเล็กมากที่เกิดจากการควบแน่นของไอน้ำในอากาศ ซึ่งอนุภาคของหมอกจะมีขนาดเล็กกว่าละอองมาก

3 ก๊าซ และไอ

ก๊าซคือ สถานะหนึ่งของสสาร เช่น ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจน เป็นต้น

ไอ ถูกใช้นิยามสสารที่เป็นองค์ประกอบก๊าซ ที่สามารถเป็นได้ทั้งของแข็งหรือของเหลวที่สภาวะอุณหภูมิ และความดันอากาศปกติ เช่น ไอน้ำมัน หรือไอน้ำ เป็นต้น

การควบคุมจุลชีวะทางอากาศ

หลักการทางวิศวกรรมเบื้องต้นของการควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อโรคทางอากาศ ผ่านทางระบบปรับสภาวะอากาศคือการเจือจางเชื้อ โดยการระบายอากาศในจุดที่มีการปนเปื้อนสูงและเติมอากาศสะอาดเข้าแทนที่ กำหนดทิศทางการไหลของอากาศให้เหมาะสมเพื่อให้อากาศสะอาดไหลออกจากพื้นที่ การกรองอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอย่างเหมาะสมเพื่อกำจัดหรือลดการแพร่พันธุ์ของจุลชีวะ

ระบบปรับอากาศและระบายอากาศสามารถควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อโรคผ่านทางหลักการทางวิศวกรรม ดังนี้

1. การเจือจางเชื้อ โดยการระบายอากาศ เพื่อลดความเข้มข้นของการปนเปื้อนของเชื้อโรค โดยการดูดอากาศในบริเวณที่มีความเข้มข้นของการปนเปื้อนสูงเพื่อไปเข้าสู่ระบบบำบัดหรือทิ้งสู่ภายนอก และเติมอากาศที่มีความสะอาดกว่าเข้าไปแทนที่
2. กำหนดทิศทางการไหลของอากาศให้เหมาะสม เพื่อนำอากาศที่สะอาดกว่าเคลื่อนที่ไปสู่อากาศที่ปนเปื้อนออกจากพื้นที่ ซึ่งมี 3 รูปแบบ คือ

2.1 ควบคุมการไหลของอากาศระหว่างห้อง 2 ห้องที่มีพื้นที่ติดกัน โดยให้ห้องที่สะอาดกว่ามีความดันอากาศสูงกว่าห้องที่สกปรก เพื่อให้อากาศไหลจากห้องที่สะอาดไปสู่ห้องที่สกปรก

2.2 ควบคุมทิศทางการไหลของอากาศภายในห้อง โดยกำหนดทิศทางการไหลของอากาศให้ไหลจากพื้นที่สะอาดไปสู่พื้นที่สกปรก จากนั้นกระแสของอากาศดังกล่าวจะถูกดูดเข้าสู่ระบบกรองอากาศของระบบปรับอากาศ หรือถูกดูดไปทิ้งสู่ภายนอก

2.3 ควบคุมทิศทางการไหลของอากาศโดยใช้อุปกรณ์เฉพาะ เช่น ฝาชีดูดควัน เป็นต้น

3. การกรองอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ ระบบกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพจะช่วยกรองเชื้อโรคออกจากอากาศได้เป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพและจำนวนชั้นของแผงกรองอากาศที่ใช้ เช่น แผงกรองอากาศชนิดความละเอียดสูงสามารถกรองจุลชีวะเกือบทุกชนิดออกจากอากาศได้ ไม่ว่าจะเป็แบคทีเรีย รา และไวรัส

4. การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอย่างเหมาะสม การควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสมและไม่ร้อนจนเกินไปจะช่วยลดผลกระทบของการแพร่กระจายของเชื้อโรค เนื่องจากถ้าอุณหภูมิร้อนจนเกินไปจะทำให้ร่างกายจับเหงื่อ และก่อให้เกิดความอับชื้น จนนำไปสู่การแพร่กระจายของเชื้อโรคที่สูงขึ้น

ความชื้นกับการแพร่กระจายของเชื้อโรค การควบคุมความชื้นเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการแพร่กระจายของเชื้อโรคมกกว่าการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 40 ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ เป็นช่วงที่ป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรคในอากาศได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังเป็นช่วงที่พอเหมาะสำหรับมนุษย์ในแง่ของความสบายด้วย

การควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพ

การควบคุมอุณหภูมิอากาศ คือการทำให้อากาศมีอุณหภูมิได้ตามที่ต้องการ เพื่อสำหรับการทำงานหรือกระบวนการผลิต โดยการลดอุณหภูมิหรือทำความเย็นในอากาศ และการเพิ่มอุณหภูมิหรือทำความร้อนให้อากาศ

ระบบการควบคุมอุณหภูมิของอากาศ

การควบคุมอุณหภูมิอากาศ หมายถึงการทำให้อากาศมีอุณหภูมิได้ตามที่ต้องการเพื่อสำหรับการทำงานหรือกระบวนการผลิตต่างๆ มี 2 วิธีการ ดังนี้

1. ระบบการลดอุณหภูมิหรือระบบทำความเย็นให้อากาศ (air cooling system) คือการทำให้อากาศมีอุณหภูมิลดลงจากอุณหภูมิเริ่มต้น และรักษาระดับอุณหภูมิอากาศให้คงที่อยู่ตลอดเวลาที่ใช้งาน
2. ระบบการเพิ่มอุณหภูมิหรือระบบทำความร้อนให้อากาศ (air heating system) คือการทำให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้นจากอุณหภูมิเริ่มต้น และรักษาระดับอุณหภูมิอากาศให้คงที่อยู่ตลอดเวลาที่ใช้งาน

ระบบทำความเย็น ประกอบด้วย คอมเพรสเซอร์ เครื่องระบายความร้อน อุปกรณ์ควบคุมปริมาณสารทำความเย็น และเครื่องทำความเย็น แต่ละส่วนประกอบมีหน้าที่ ดังนี้

1. **คอมเพรสเซอร์** มีหน้าที่อัดเพิ่มความดันสารทำความเย็นหรือน้ำยาเพื่อไประบายออกที่เครื่องระบายความร้อน
2. **เครื่องระบายความร้อน** มีหน้าที่ระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็น และเปลี่ยนสถานะสารทำความเย็นเป็นของเหลว
3. **อุปกรณ์ควบคุมปริมาณสารทำความเย็น** มีหน้าที่ควบคุมปริมาณสารทำความเย็นให้เป็นไปตามความต้องการของเครื่องทำความเย็น
4. **เครื่องทำความเย็น** ทำหน้าที่รับความร้อนจากห้องปรับอากาศทำให้ห้องเย็นลง และนำความร้อนของห้องถ่ายเทให้กับสารทำความเย็นเพื่อนำกลับไปสู่คอมเพรสเซอร์อีกทีหนึ่ง

การควบคุมความชื้น การควบคุมความชื้นจะเน้นไปในทางความชื้นต่ำ โดยใช้เทคนิคการลดความชื้นหลายอย่าง

สาเหตุ ความชื้นสูงเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุ เช่น มีการใช้น้ำหรือความชื้นภายในห้องมากเกินไป มีอากาศภายนอกรั่วเข้าห้อง ความร้อนของห้องลดลง เครื่องทำความเย็นประสิทธิภาพลดลง เป็นต้น

การควบคุมความชื้น ทำได้โดยค้นหาสาเหตุที่มาของความชื้น เช่น ตรวจสอบและปรับเครื่องทำความเย็นให้ทำงานถูกต้อง ลดรูรั่วของห้องโดยทำโครงสร้างให้มิดชิด การอัดอากาศแห้งด้านอากาศชื้น การติดตั้งเครื่องปรับอากาศจะสามารถควบคุมความชื้นได้ระดับหนึ่ง หากต้องการความชื้นต่ำมากๆ อาจต้องใช้เครื่องลดความชื้นมาประกอบ การติดตั้งเครื่องเพิ่มความร้อน เพื่อไล่ความชื้น การลดปริมาณความชื้นในอากาศ และการใช้เครื่องควบคุมความชื้นซึ่งมีหลายชนิด เช่น heat pipe, solid desiccant และ liquid desiccant

การควบคุมความสะอาด หมายถึงการกำจัดความสกปรกจากอากาศให้มากที่สุดและจะต้องควบคุมส่วนอื่นคือ การควบคุมความสะอาด อากาศทางกายภาพ และการควบคุมความสะอาดอากาศโดยใช้เครื่องมือ

แนวคิดหลักของการควบคุมความสะอาดของอากาศมี 2 ส่วน คือ การควบคุมทางกายภาพ (passive control) และการควบคุมโดยการใช้เครื่องมือ (active control) ดังนี้

1. **การควบคุมทางกายภาพ (passive control)** คือการจัดการทางด้านรูปแบบของห้องหรือพื้นที่ ได้แก่ การกำหนดโซนพื้นที่การใช้งานให้เหมาะสม มีความต่อเนื่อง เช่น ประเภทห้องสะอาด (clean room) หรือห้องที่ใช้งานในทำนองเดียวกันนี้ควรให้ห้องสะอาดน้อยอยู่ด้านนอกสุด และห้องสะอาดมากอยู่ด้านในสุด เพื่อให้อากาศสะอาดไหลจากห้องในสุดออกห้องนอกสุด หากเป็นห้องควบคุมการแพร่เชื้อโรค (airborne infection isolation room) หรือห้องที่ใช้งานในทำนองเดียวกันนี้ควรให้ห้องที่มีเชื้อโรคน้อยอยู่ด้านในสุด และห้องที่มีเชื้อโรคน้อยอยู่ด้านนอกสุด เพื่อให้อากาศสะอาดไหลจากห้องนอกสุดไปห้องในสุด การติดตั้ง

ประตูให้สอดคล้องกับทิศทางการไหลของอากาศ โดยปกติทิศทางของประตูควรสวนทางกระแสอากาศ รวมทั้งการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างที่ไม่ก่อให้เกิดฝุ่นละอองหรือสิ่งสกปรก เป็นต้น

2.การควบคุมโดยใช้เครื่องมือ (active control) ได้แก่การใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์เพื่อให้อากาศสะอาดมากขึ้น เช่น การใช้พัดลมดูดอากาศเสียออกจากห้อง การใช้พัดลมระบายอากาศอัดอากาศสะอาดเข้าสู่ห้อง การเลือกเครื่องปรับอากาศที่โครงสร้างแข็งแรง ไม่มีสิ่งสกปรกปลิวตามกระแสลม เช่น เครื่องส่งลมแบบ double skin casing เป็นต้น รวมทั้งการเลือกใช้แผงกรองอากาศให้เหมาะสมกับระดับความสะอาดหรือขนาดของแบคทีเรียที่ต้องการกรอง เช่น เลือกใช้แผงกรองอากาศแบบ HEPA filter ทั้งนี้ รวมไปถึงการกรองเชื้อโรคหรือสิ่งปนเปื้อนก่อนที่ส่งผ่านออกเพื่อป้องกันโรคติดต่อ และการติดตั้งเครื่องมือวัดเพื่อตรวจจับอุปกรณ์ที่สำคัญเพื่อตรวจสอบว่าอุปกรณ์เหล่านั้นทำงานได้สมบูรณ์หรือไม่ เพื่อจะได้จัดการป้องกันหรือแก้ไขได้ก่อนที่ปัญหาอื่นจะเกิดตามมา

การควบคุมความดันอากาศ คือการควบคุมอากาศให้ไหลผ่านรอยรั่วจากห้องหนึ่งไปยังอีกห้องหนึ่งด้วยความดันแตกต่างกันระหว่างห้อง โดยควบคุมความดันแบบบวกและความดันแบบลบ

positive pressure control คือการทำให้ห้องที่ต้องการควบคุมมีความดันมากกว่าความดันบรรยากาศ ใช้กับห้องที่ต้องการความสะอาด ห้องที่ต้องการควบคุมความชื้น และห้องที่ไม่ต้องการให้มีสิ่งสกปรกจากภายนอกเข้าสู่ห้อง เช่น ห้องทำงาน ห้องผ่าตัด ห้องทดลองเคมีที่หากมีสารอื่นปนเปื้อนเข้ามาจะทำให้ผลการทดลองผิดไป ห้องสอบเทียบเครื่องมือ ห้องบรรจุผงกาแฟ เป็นต้น

negative pressure control คือการทำให้ห้องที่ต้องการควบคุมมีความดันน้อยกว่าความดันบรรยากาศ ใช้กับห้องที่ต้องการควบคุมการแพร่กระจายเชื้อโรคหรือสิ่งปนเปื้อน เช่น ห้องกักกันไข้หวัดนก ห้องกักกันสัตว์ ห้องปฏิบัติการ Bio Safety Laboratory (BSL) ห้องที่มีกลิ่นไม่พึงประสงค์ ห้องครัว ห้องอาหาร เป็นต้น

หลักการควบคุมความดัน ใช้พัดลมเป็นตัวสร้างความดันอากาศให้กับห้อง ถ้าให้พัดลมส่งอากาศเข้าห้องจะมีความดันห้องมากกว่าความดันบรรยากาศ ได้เป็นระบบ positive pressure control และถ้าให้พัดลมดูดอากาศออกจากห้องจะมีความดันห้องน้อยกว่าความดันบรรยากาศ ได้เป็นระบบ negative pressure control ปริมาณอากาศที่ต้องการไม่ว่าควบคุมความดันบวกหรือลบพิจารณาจากรอยรั่วของห้องที่เกิดขึ้นโดยเฉพาะบริเวณประตู โดยควบคุมความดันแตกต่างระหว่างห้องประมาณ 0.05 นิ้วน้ำ (1.25 ปาสคาล)

การควบคุมการหมุนเวียนของอากาศ คือการดำเนินการให้มีอากาศหมุนเวียนในห้อง หรือบริเวณที่ปฏิบัติงาน โดยมีอัตราหมุนเวียนของอากาศที่เหมาะสมกับปริมาตรของห้อง

การหมุนเวียนอากาศเป็นตัวบอกว่าอากาศที่อยู่ในห้องนั้นมีอัตราการหมุนเวียนมากหรือน้อยอย่างไร การหมุนเวียนอากาศเป็นการนำฝุ่นละอองและสิ่งสกปรกที่เกิดขึ้นจากมนุษย์ กิจกรรมของมนุษย์ กระบวนการผลิต และอื่นๆ ไปผ่านแผงกรองอากาศ เพื่อกรองเอาสิ่งไม่พึงประสงค์ออกก่อนที่จะนำอากาศนั้นกลับมาใช้ใหม่ได้ อากาศที่มีอัตราการหมุนเวียนมากหมายถึงอากาศหมุนเวียนเร็ว จะทำให้ได้อากาศที่มีความสะอาดมากกว่าอากาศที่มีอัตราการหมุนเวียนน้อย เช่น ห้องสะอาด class 10000 ต้องการอัตราหมุนเวียนอากาศ 20-40 ครั้งต่อชั่วโมงจึงจะเพียงพอ หากมีอัตราการหมุนเวียนน้อยกว่านี้จะเก็บฝุ่นไม่หมด ห้องที่ได้จะมีความสกปรกมากกว่าที่ class 10000 ต้องการ ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้แม้ในการติดตั้งครั้งแรกจะได้อัตราการหมุนเวียนตามที่ต้องการ วิธีแก้ไขคือ ต้องตรวจสอบหรือปรับเพิ่มกำลังจ่ายลมของพัดลมให้เพียงพอ