

หน่วยที่ 4 การออกแบบระบบระบายอากาศเฉพาะที่

ระบบระบายอากาศทุกระบบ ประกอบด้วย สูด ท่อและข้อต่อต่างๆ ที่นำอากาศไปยังอุปกรณ์ทำความสะอาดอากาศ พัดลม และปล่องระบายอากาศออกสู่ภายนอก ระบบระบายอากาศแบบง่ายหรือพื้นฐานคือระบบที่มีสูด อุปกรณ์ทำความสะอาดอากาศ พัดลมและปล่องอย่างละหนึ่ง ในขณะที่ระบบระบายอากาศที่ซับซ้อนคือ ระบบระบายอากาศพื้นฐานหลายๆ ส่วนต่อกัน หรือเป็นระบบที่มีสูดหลายอันแต่ใช้อุปกรณ์ทำความสะอาดอากาศ พัดลมและปล่องร่วมกัน

ระบบท่อโดยทั่วไปมี 2 ประเภท คือ

- 1) **ระบบแทเปเปอร์ (tapered system)** เป็นระบบที่ท่อนำอากาศหลักมีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ เพื่อรองรับอากาศจากท่อสาขา และคงความเร็วลมต่ำสุดภายในท่อไว้
- 2) **ระบบพลีนัม (plenum system)** เป็นระบบที่ท่อหลักมีขนาดใหญ่ และความเร็วลมในท่อหลักต่ำ อนุภาคในกระแสอากาศ จึงตกสะสมอยู่ในท่อหลัก

การออกแบบมีขั้นตอน

1. เลือกหรือออกแบบสูด โดยพิจารณาจากคุณสมบัติของสารปนเปื้อน เช่น ความเป็นพิษคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสาร ตำแหน่งและท่าทางในการทำงานของคน
2. กำหนดหาอัตราการไหลของอากาศจากชนิดและขนาดของสูด
3. เริ่มคำนวณที่ช่วงท่อซึ่งมีจำนวนสูดหรือจุดที่ท่อมาพบกันระหว่างช่วงท่อนั้นกับพัดลมมากที่สุด หรือเริ่มที่ช่วงท่อซึ่งอยู่ไกลพัดลมมากที่สุด
4. กำหนดพื้นที่หน้าตัดของท่อจาก $Q = AV$ เมื่อ
 Q คือ อัตราการไหลของอากาศที่คำนวณได้
 V คือ ความเร็วลมต่ำสุดในท่อที่กำหนด
 A คือ พื้นที่หน้าตัดของท่อ
5. ร่างระบบโดยใช้เส้นตรงแทนจุดกึ่งกลางท่อเป็นเส้นกำหนดความยาวของท่อแต่ละส่วน การต่อท่อเพื่อปรับขนาด การต่อท่อสาขาหรือท่อโค้ง และการต่อทางเข้าสู่พัดลมที่เหมาะสม
6. กำหนดหาความดันสูญเสียในท่อ จนกระทั่งถึงจุดที่ท่อมาพบกัน
7. ณ จุดที่ท่อสองท่อมาพบกันนี้ ท่อทั้งสองต้องมีค่าความดันสถิตเท่ากัน ไม่ว่าทิศทางของอากาศจะมาจากทางใด
8. เลือกอุปกรณ์ทำความสะอาดอากาศและพัดลม โดยพิจารณาจากผลการคำนวณอัตราการไหลของอากาศในระบบ อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณสารปนเปื้อน คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของสารปนเปื้อน และความต้านทานของระบบทั้งหมด
9. ตรวจสอบขนาดท่อจากการออกแบบกับสภาพพื้นที่ที่จะติดตั้งระบบ เพื่อพิจารณาว่าสามารถวางท่อได้หรือไม่ หากสภาพพื้นที่ไม่เอื้ออำนวยอาจต้องแก้ไขแบบให้เหมาะสมด้วย
10. กำหนดวัสดุและความหนาของท่อจากคุณลักษณะของกระแสอากาศและสารปนเปื้อน

การคำนวณความสูญเสียในระบบ และการกระจายตัวของกระแสอากาศ

การคำนวณความสูญเสียที่เกิดขึ้นในท่อ สามารถคำนวณได้โดยการคำนวณความยาวเทียบเท่ากับท่อตรง และวิธีความดันเคลื่อนที่ ขั้นตอนในการคำนวณเริ่มด้วยการคำนวณความดันสูญเสียของแต่ละช่วงท่อจากสูดถึงจุดที่ท่อมาพบกัน โดยใช้ข้อมูลของสูด ข้อต่อและความยาวของท่อในแต่ละช่วงท่อ และความดันสถิตของท่อ

การคำนวณความสูญเสียที่เกิดขึ้นในท่อสามารถคำนวณได้ 2 วิธี คือ (คำนวณ หน้า 4-9)

1. วิธีการคำนวณความยาวเทียบเท่ากับท่อตรง (equivalent length of straight duct method) ซึ่งแสดงค่าความดันสูญเสียภายในท่อโค้งหรือข้อต่อต่างๆ เป็นจำนวนเท่าของความยาวของท่อตรง ซึ่งมีขนาดเท่ากัน และทำจากวัสดุชนิดเดียวกัน หน้า
2. วิธีความดันเคลื่อนที่ (velocity pressure method) ซึ่งแสดงค่าความดันสูญเสียในรูปของความดันเคลื่อนที่

การปรับสมดุลของความดันสถิตสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. การปรับสมดุลโดยการออกแบบ
2. การปรับสมดุลด้วยבלาสเกท

ระบบพรีนัม เป็นระบบที่ความเร็วลมต่ำสุดในท่อสาขาที่เป็นไปตามค่าเสนอแนะ ในท่อหลักที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ความเร็วลมค่อนข้างต่ำ ซึ่งเป็นเส้นทางที่นำอากาศจากท่อสาขาไปยังพัดลม หรืออุปกรณ์ทำความสะอาดอากาศที่มีความดันสูญเสียต่ำ สำหรับการคำนวณความดันของพัดลม เป็นการคำนวณขนาดของพัดลมที่สามารถทำให้สารปนเปื้อนที่เกิดขึ้นเคลื่อนเข้าสู่ระบบระบายอากาศ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งรวมทั้งการปรับความเร็วลมด้วย (คำนวณหน้า 4-17)

ตัวอย่างการคำนวณระบบ เป็นระบบกำจัดฝุ่นทรายในโรงงานหลอม โดยใช้

แผนผังระบบระบายอากาศและตารางแสดงข้อมูลระบบตัวอย่างประกอบ สำหรับการปรับค่าความหนาแน่นอากาศในระบบนั้น เนื่องจากมีปัจจัยสำคัญที่ทำให้ความหนาแน่นของอากาศเปลี่ยนแปลง ได้แก่ ระดับความสูง อุณหภูมิ ความดันภายในท่อ น้ำหนัก โมเลกุลของอากาศ และอนุภาคแขวนลอย ซึ่งจำเป็นต้องปรับ

ค่าความหนาแน่นของอากาศเสมอ (ตัวอย่างคำนวณ 4-24)

ปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อความหนาแน่นอากาศ ได้แก่

1. อุณหภูมิ
2. ความสูง
3. ความดันอากาศในท่อ
4. ความชื้น
5. ปริมาณอนุภาคในอากาศ

ปล่องควัน คือส่วนประกอบสุดท้ายของระบบระบายอากาศที่จะต้องทำหน้าที่

สำคัญคือ การปล่อยอากาศที่ออกจากระบบให้ลอยออกห่างจากบริเวณรอบๆ อาคาร และต้องการเจือจางอากาศจากระบบให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ก่อนลงสู่ระดับพื้นดิน ในการออกแบบจะต้องคำนึงถึงปัจจัยที่สำคัญที่สุดคือ รูปแบบการเคลื่อนที่ของอากาศผ่านอาคาร และความสูงของปล่องควัน

เหตุผลสำคัญของการติดตั้งปล่องควันหรือปล่องระบายอากาศจากระบบ คือ

1. ต้องการปล่อยอากาศที่ออกจากระบบให้ลอยออกห่างจากบริเวณรอบๆ อาคาร
2. ต้องการเจือจางอากาศจากระบบให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ก่อนลงสู่ระดับพื้นดิน

การทดสอบระบบระบายอากาศ

การทดสอบระบบระบายอากาศ เพื่อให้มั่นใจว่าระบบสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบ จึงต้องมีการตรวจและทดสอบเป็นประจำ ซึ่งมีทั้งการทดสอบเชิงคุณภาพและการทดสอบเชิงปริมาณ

1. การทดสอบเชิงคุณภาพ (qualitative testing)

1.1 การทดสอบด้วยหลอดควัน (smoke tube) เป็นการทดสอบเพื่อดูทิศทางการไหลของอากาศ รวมทั้งประมาณค่าความเร็วของอากาศที่เคลื่อนเข้าสู่ห้อง เมื่อต้องการใช้จึงหักปลายหลอดแก้วทั้ง 2 ข้าง และต่อปลายหนึ่งเข้ากับลูกยางเป่าลม บีบลูกยางไล่อากาศให้ผ่านเข้าไปในหลอดควันทำให้เกิดควันสีขาว และควันนี้จะเคลื่อนที่ตามกระแสของอากาศ จึงสามารถสังเกตทิศทางของอากาศที่หน้าสูดได้ว่าเคลื่อนที่ไปในทิศทางใด

- 1.) แสดงให้เห็นการกระจายตัวของสารปนเปื้อนจากแหล่งขึ้นสู่อากาศ และความเร็วที่สารนั้นเคลื่อนที่เข้าสู่ห้อง
- 2) กะประมาณระยะห่างจากหน้าสูดที่พัดลมสามารถส่งแรงดูดมาถึง (capture distance) นั่นคือ ระยะห่างที่มากที่สุดที่สารปนเปื้อนจะถูกดึงเข้าสู่ระบบได้
- 3) ตรวจสอบทิศทางและความเร็วที่สารปนเปื้อนเคลื่อนเข้าสู่ห้องชนิดต่างๆ
- 4) ตรวจสอบการผันผวนและการเคลื่อนไหวของอากาศที่หน้าสูด ซึ่งเป็นเหตุให้อากาศที่มีสารปนเปื้อนไม่สามารถเคลื่อนที่เข้าสู่ห้องได้ การผันผวนหรือการเคลื่อนที่ในลักษณะเช่นนี้ไม่สามารถตรวจวัดได้โดยการใช้เครื่องวัดความเร็วลม
- 5) ตรวจสอบผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของอากาศจากแหล่งอื่นต่อการทำงานของห้อง เช่น พัดลมตั้งพื้น หรือการเคลื่อนที่ของสายพานในกระบวนการผลิต เป็นต้น
- 6) แสดงหรือสาธิตให้คนงานเห็นถึงการทำงานของห้อง และปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทำงานของห้อง เช่น ระยะห่างจากหน้าสูด และการปรับบาลาสเกท

2. การทดสอบเชิงปริมาณ (quantitative testing) เป็นการทดสอบโดยการวัดอัตราการไหลของอากาศ ความเร็วลม หรือความดันด้วยอุปกรณ์ที่สามารถอ่านค่าดังกล่าวได้โดยตรง หรือนำค่าที่วัดได้มาคำนวณเพื่อหาอัตราการไหลของอากาศหรือพลังงานที่ระบบใช้ไป ในที่นี้จึงได้แบ่งการทดสอบเชิงปริมาณออกตามส่วนประกอบของระบบที่ทำการทดสอบคือ การทดสอบที่สูด ระบบท่อ พัดลม และอุปกรณ์ทำความสะอาดอากาศ นั่นคือ

- 1) การทดสอบที่สูด ได้แก่ การวัดความเร็วลมที่หน้าสูด เพื่อคำนวณอัตราการไหลของอากาศเข้าสู่ห้อง การวัดความเร็วลมที่จุดกำเนิดของสารปนเปื้อนซึ่งอยู่ห่างจากห้องมากที่สุด การตรวจวัดความดันสถิตของห้อง
- 2) การทดสอบที่ระบบท่อ ได้แก่ การวัดความเร็วลม ความดันภายในท่อ และการทดสอบความดันสถิตของระบบ
- 3) อุปกรณ์ทำความสะอาดอากาศ วัดความดันสูญเสียเนื่องจากอุปกรณ์ทำความสะอาดอากาศ
- 4) การทดสอบพัดลม ได้แก่ การวัดความดันพัดลม การวัดความเร็วรอบ และการใช้พลังงานของพัดลม

. เครื่องมือและอุปกรณ์ตรวจวัดเพื่อทดสอบระบบที่สำคัญคือ เครื่องวัดความเร็วลม ซึ่งมีหลายชนิด อุปกรณ์วัดความดัน อุปกรณ์วัดความเร็วรอบของพัดลม อุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้า และอุปกรณ์อย่างอื่นที่จำเป็นสำหรับการทดสอบสูด ได้แก่ การวัดความเร็วลมหน้าสูด และการทดสอบ ความดันสถิตของห้อง

1. เครื่องวัดความเร็วลม

1.1 swinging vane velometer เป็นเครื่องวัดความเร็วลมที่นิยมใช้ในภาคสนาม และวัดความเร็วลมหน้าสูดชนิดต่างๆ เนื่องจากมีขนาดเล็กกะทัดรัด และมีช่วงการอ่านค่ากว้าง คือ 0-50 เมตรต่อวินาที ใบพัดภายในเครื่องหมุนตามความเร็วของลมที่เคลื่อนผ่านเครื่องมือ

1.2 thermo-anemometer หลักการทำงานของเครื่องมือชนิดนี้คือ เมื่ออุณหภูมิของเส้นลวดร้อนเปลี่ยนไป ทำให้ความต้านทานต่อกระแสไฟฟ้าเปลี่ยนไปด้วย กระแสลมที่พัดผ่านเส้นลวดทำให้อุณหภูมิของเส้นลวดลดลงและแปรผกผันกับความเร็วมวลที่เคลื่อนผ่านเส้นลวด กล่าวคือ อุณหภูมิลดลงมากเมื่ออากาศเคลื่อนที่ผ่านเส้นลวดด้วยความเร็วสูงมาก ดังนั้นความต้านทานไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปจึงถูกปรับเทียบกับความเร็วมวลที่เคลื่อนที่ผ่าน จึงสามารถอ่านค่าเป็นความเร็วมวลได้โดยตรง

1.3 rotating vane anemometer เป็นเครื่องวัดความเร็วมวลที่มีความแม่นยำ นิยมใช้ในการวัดความเร็วมวลผ่านช่องเปิดขนาดใหญ่ เช่น ประตู หน้าต่าง หรือสตูดิโอขนาดใหญ่ เช่น บรูซฟันลี

2. อุปกรณ์วัดความดัน อุปกรณ์วัดความดันบรรยากาศคือ บารอมิเตอร์

2.1 มาโนมิเตอร์ (manometer) มี 2 ชนิด คือ

1) ยูทิวบ์มาโนมิเตอร์ (U-tube manometer) ภายในบรรจุน้ำมัน น้ำ หรือของเหลวอื่นๆ ซึ่งปรับให้สเกลเทียบเท่ากับหน่วยความดัน “นิ้วน้ำ” หรือหน่วยวัดความดันอื่น

2) อินคลายมาโนมิเตอร์ (inclined manometer) พัฒนาจาก U-tube โดยปรับให้ขาข้างหนึ่งลาดลงเพื่อให้สามารถอ่านค่าที่ความดันต่ำๆ ได้ และมีความแม่นยำมากขึ้น

2.2 พิโททิวบ์ (Pitot tube) (Pitot อ่านออกเสียงว่า พิโท ตามชื่อผู้คิดค้นเครื่องมือนี้ คือ Henry Pitot ชาวฝรั่งเศส) พิโททิวบ์เป็นท่อสองชั้น โค้งงอทำมุม 90° ต่อเข้ากับมาโนมิเตอร์ (ยูทิวบ์หรืออินคลาย) เพื่อวัดความดันภายในท่อ

2.3 อะนโรอิดเกจ (aneroid gauges) เกจวัดความดันชนิดนี้นิยมใช้ในภาคสนามสำหรับวัดความดันสถิตและความดันเคลื่อนที่หรือความดันทั้งหมด โดยต่อเกจเข้ากับพิโททิวบ์ หรือทิวบ์สำหรับวัดความดันสถิต

3. อุปกรณ์วัดความเร็วรอบของพัดลม ทาโคมิเตอร์ (tachometer) (ติดเทป) หรือสโตรโบแทค (strobotac) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดความเร็วรอบของพัดลม

4. อุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้า (แอมแปร์) แรงดันไฟฟ้า (โวลท์) และพลังงานไฟฟ้า (วัตต์)

5. อุปกรณ์อื่นๆ ที่จำเป็นในการตรวจวัดเพื่อทดสอบระบบ ได้แก่ บารอมิเตอร์ (ภาพที่ 4.41) สำหรับวัดความดันบรรยากาศ ไฮโครมิเตอร์ หรือเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้งสำหรับวัดอุณหภูมิอากาศ และเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก เพื่อวัดปริมาณไอน้ำในอากาศและพิจารณาว่าอากาศนั้นอยู่ในสภาวะมาตรฐานหรือไม่

เครื่องมือและอุปกรณ์ตรวจวัดที่สำคัญเพื่อทดสอบระบบ ได้แก่

1. เครื่องวัดความเร็วมวล
2. อุปกรณ์วัดความดัน
3. อุปกรณ์วัดความเร็วรอบของพัดลม
4. อุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้า ความดันไฟฟ้า และพลังงานไฟฟ้า
5. อุปกรณ์อื่นๆ

การทดสอบระบบท่อ ได้แก่ การวัดความเร็วมวลในท่อ การทดสอบความดันสถิตของระบบ การหาผลเพื่อวินิจฉัยระบบ สำหรับการทดสอบการทำงานของความเร็วรอบของพัดลม แรงเคลื่อนไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าของพัดลม และค่าอย่างอื่นด้วย