บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 ชนิดของระบบระบายอากาศ

ระบบระบายอากาศแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ระบบจ่ายอากาศ (Supply System) และระบบดูดอากาศ (Exhaust System)

ระบบจ่ายอากาศมักถูกนำไปใช้ในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในอาคารหรือบริเวณทำงาน ซึ่งช่วยให้คนงานมีความรู้สึกสบาย นอกจากนี้ยังถูกนำมาใช้งานร่วมกับระบบดูดอากาศเพื่อทำหน้าที่จ่ายอากาศเติม (Makeup Air) เข้ามาทดแทนอากาศส่วนที่ถูกดูดหรือระบาย ระบบดูดอากาศเป็นระบบที่นิยมใช้เพื่อลดความเข้มข้นหรือควบคุมการแพร่กระจายของสารต่างๆ หรือสารปนเปื้อนไม่ให้เข้าไปปะปนกับอากาศในบริเวณทำงานหรือห้องที่ติดกันหรือสิ่งแวดล้อม โดยระบบดังกล่าวยังสามารถแบ่งย่อยได้อีก 2 ชนิด คือ ระบบระบายอากาศแบบเจือจาง (Dilution Exhaust Ventilating System) และ ระบบระบายอากาศเฉพาะจุด (Local Exhaust Ventilating System) ซึ่งในบทนี้จะศึกษาเฉพาะ ระบบระบายอากาศเฉพาะจุด (Local Exhaust Ventilating System) ที่เกี่ยวกับการระบายอากาศภายในห้องครัว

2.1.1 ระบบระบายอากาศเฉพาะจุด (Local Exhaust Ventilating System)

ในที่นี้จะกล่าวถึงระบบระบายอากาศภายในห้องครัวซึ่งเป็นแบบหนึ่งของระบบระบายอากาศเฉพาะจุด ระบบนี้จะทำงานโดยการจับหรือดึง ละออง ไอก๊าซ และไอที่กำลังแพร่กระจายที่แหล่งกำเนิดให้เข้าสู่ระบบก่อนจะเล็ดลอดออกสู่บริเวณอื่นๆ

ส่วนประกอบหลักของระบบระบายอากาศภายในห้องครัวจะมี หัวดูด ระบบท่อ พัดลม และปล่องระบายอากาศ หัวดูดถือได้ว่าเป็นหัวใจสำคัญของระบบระบายอากาศนี้ โดยหน้าที่ของหัวดูดคือ ดึงละอองไอ ก๊าซและไอ ที่แหล่งกำเนิดให้เข้าสู่ระบบท่อ โดยละอองไอ ก๊าซและไอ อาจเรียกอีกอย่างว่า สารปนเปื้อน จากนั้นอากาศจะไหลออกสู่บรรยากาศโดยผ่านพัดลมและปล่องระบายอากาศ การไหลของอากาศและสารปนเปื้อนในระบบท่อเกิดขึ้นจากการทำงานของพัดลม โดยพัดลมต้องลำเลียงอากาศให้ได้ในอัตราที่ต้องการซึ่งต้องมากพอที่สามารถเอาชนะความต้านทานที่เกิดขึ้นในระบบ

2.1.2 นิยามของสารปนเปื้อน

ไอควัน หมายถึง อนุภาคของของแข็งขนาดเล็กที่เกิดจากกระบวนการทางเคมี ซึ่งรวมถึงกระบวนการทางความร้อนซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะขึ้น เช่น ควบแน่น การระเหย ปฏิกิริยาออกซิเดชัน ไอควันมักมีขนาดเล็กกว่าฝุ่นละออง

ละอองไอ หมายถึง อนุภาคของของเหลวที่แขวนลอยหรือฟุ้งกระจายอยู่ในอากาศอันเกิดจากการควบแน่นของสารในสถานะก๊าซ หรือ เกิดจากการแยกตัวของของเหลว

ควัน หมายถึง ละอองของอนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในอากาศ (Aerosol) ซึ่งโดยปกติจะเป็นของแข็ง ควันมักเกิดจากกระบวนการเผาไหม้

ก๊าซและไอ หมายถึง โมเลกุลของสารที่แพร่กระจายและผสมกันเป็นอย่างดีกับโมเลกุลของอากาศโดยทั่วไป ก๊าซจะไม่สามารถดำรงอยู่ได้ในสถานะของเหลวที่อุณหภูมิปกติ ยกเว้นกรณีที่อุณหภูมิมีค่าสูงเท่านั้น ส่วนไอจะเป็นสารที่มีลักษณะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง ภายใต้ความดันที่สูงมากพอหรืออุณหภูมิที่ต่ำพอ ก๊าซสามารถเปลี่ยนไปเป็นของเหลวหรือของแข็งได้

2.1.3 อัตราการไหลของอากาศ

การวัดอัตราการไหลของอากาศในระบบระบายอากาศนิยมวัดในลักษณะของอัตราการไหลเชิงปริมาตร (Volume Flow Rate) ซึ่งแทนด้วย Q โดยมีหน่วยเป็น ลูกบาศก์ฟุต/นาที หรือ cfm โดยสามารถหาได้จาก

$$Q = AV \qquad (1)$$

เมื่อ A = พื้นที่หน้าตัดของช่องทางการไหล, ft^2

V = ความเร็วเฉลี่ย (Average Velocity) ของอากาศ, (ft/min)

2.1.4 ความดันของอากาศ

การที่อากาศจะเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้นั้น จำเป็นต้องมีความแตกต่างของความดันระหว่างสองจุดนั้น โดยอากาศจะเคลื่อนที่จากจุดที่มีความดันสูงไปยังจุดที่มีความดันต่ำกว่า จุดที่มีความดันต่ำกว่าในระบบซึ่งมักจะเรียกว่าความดันลบ (Negative Pressure) หรือ แรงดูด (Suction) จะถูกสร้างขึ้นโดยพัดลม การทำงานของพัดลมจะทำให้อากาศเกิดการเคลื่อนที่จากบริเวณหัวดูดผ่านเข้าสู่ระบบท่อมายังพัดลม จะเห็นได้ว่า พลังงานที่ป้อนให้แก่พัดลมจะถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานที่ทำให้อากาศเกิดการเคลื่อนที่

ด้วยเหตุที่ปริมาณของพลังงานที่ต้องป้อนให้แก่ระบบ (อากาศ) ผ่านทางพัดลมจะมีค่าเท่ากับพลังงานที่ต้องใช้ในการดึงอากาศในปริมาณที่ต้องการเข้าสู่หัวดูดรวมกับพลังงานที่ใช้เพื่อเอาชนะแรงต้านทานการไหลในระบบท่อ ดังนั้น แนวคิดของการให้ความดันแสดงถึงระดับพลังงานของระบบจึงเป็นสิ่งสำคัญ และเนื่องจากความดันเป็นสิ่งที่สามารถวัดได้ง่ายจึงเป็นการสะดวกที่จะใช้ความดันเป็นตัวอธิบายการทำงานของระบบระบายอากาศ ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป

โดยปกติ หน่วยของความดันที่ใช้กันคือ psi (ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) โดยความดันที่อ่านได้จากมาตรวัดความดัน (Pressure Gauge) ซึ่งเป็นการวัดเทียบกับความดันบรรยากาศจะเรียกว่า ความดันเกจ (Gauge Pressure) ซึ่งมีหน่วยเป็น psig สำหรับความดันที่วัดโดยเทียบกับจุดศูนย์สัมบูรณ์ (Absolute Zero) เรียกว่าเป็น ความดันสัมบูรณ์ (Absolute Pressure) ซึ่งมีหน่วยเป็น psia สำหรับความดัน 1 บรรยากาศ (หรือความดันบรรยากาศ) จะมีค่าเท่ากับ 14.7 psi หรือ 29.92 in.Hg (นิ้วของปรอท)

ในระบบระบายอากาศ ค่าความดันที่ปรากฏจะมีค่าไม่มากนัก ดังนั้น การแสดงค่าความดันในหน่วย psi หรือ in.Hg จึงเป็นการไม่เหมาะสม ในทางปฏิบัติจึงมักแสดงความดันไว้ในรูปความสูงของน้ำซึ่งถือเป็นความดันเกจโดยหน่วยที่ใช้กันก็คือ นิ้วของน้ำ (Inchs of Water) หรือแทนด้วย in.wg

ความดันที่กล่าวมาหมายถึง ความดันรวม (Total Pressure: TP) โดยจะเป็นผลรวมของความดันสองชนิดได้แก่ความดันสถิต (Static Pressure: SP) และความดันจลน์ (Velocity Pressure: VP) โดยรายละเอียดของความดันแต่ละชนิดมีดังนี้

1. ความดันสถิต

ความดันสถิตของอากาศในระบบระบายอากาศจะเป็นความดันที่พยายามทำให้ผิวท่อที่ด้านดูดพัดลม (ทางเข้า) เกิดการยุบตัว ในขณะที่จะพยายามดันผิวท่อด้านส่งของพัดลม (ทางออก) ให้เกิดการพองตัว โดยปกติสามารถวัดค่าความดันสถิตได้โดยใช้มาโนมิเตอร์รูปตัวยู (U-Tube Manometer) ซึ่งติดตั้งที่ผิวท่อ ค่าความดันสถิตสามารถเป็นได้ทั้งบวกและลบ โดยมีค่าเป็นลบที่ทางเข้าพัดลมและมีค่าเป็นบวกที่ทางออกพัดลม ความดันสถิตจะทำให้อากาศในระบบเริ่มเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเริ่มต้นค่าหนึ่ง ซึ่งต้องมากพอที่จะเอาชนะแรงต้านทานการไหลในระบบที่เกิดจากความเสียดทานและความปั่นป่วนของการไหล กล่าวโดยสรุปแล้ว ความดันสถิตจะแสดงถึงระดับของพลังงานศักย์ในระบบ

2. ความดันรวม

ความดันรวมเป็นผลรวมระหว่างความดันสถิตและความดันจลน์ ซึ่งความดันรวมจะแสดงถึงพลังงานรวมของระบบ โดยสามารถวัดค่าความดันรวมได้โดยใช้ท่อซึ่งปลายด้านหนึ่งหันเข้าไปปะทะกับกระแสการไหลของอากาศ ส่วนปลายอีกด้านต่อเข้ากับมาโนมิเตอร์ มาโนมิเตอร์ดังกล่าวนี้จะแสดงผลของทั้งความดันจลน์ตามทิศทางการไหลของอากาศและความดันสถิต จากที่กล่าวมาจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความดันรวม ความดันสถิต และความดันจลน์ ดังนี้

$$TP = SP + VP \qquad (2)$$

จากสมการ (2) จะพบว่า ค่าความดันรวมสามารถเป็นได้ทั้ง บวก และ ลบ และโดยปกติแล้วความดันรวมของอากาศที่ไหลในระบบจะลดลงอย่างต่อเนื่องซึ่งเป็นผลมาจากความต้านทานที่เกิดขึ้นในระบบ

3. ความดันจลน์

ความดันจลน์จะเป็นความดันซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่ของอากาศด้วยความเร็วค่าหนึ่ง ความดันจลน์จะแสดงให้ทราบถึงระดับพลังงานจลน์ (Kinetic Energy) ของระบบ โดยจะแปรผันตามกำลังสองของความเร็วของอากาศ โดยสามารถรับรู้ผลของความดันจลน์ได้อย่างง่ายๆ ด้วยการยื่นมือเข้าปะทะกับกระแสการไหลของอากาศ หากรู้สึกว่าแรงปะทะมีมากแสดงว่าอากาศขณะนั้นมีความดันจลน์มาก (มีความเร็วมาก) ค่าความดันจลน์สามารถหาได้โดยการนำความดันสถิตมาลบออกจากความดันรวมตามสมการ (2) ความสัมพันธ์ระหว่างความดันจลน์และความเร็วในการไหลของอากาศสามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$VP = \rho[V/1096]^2 \quad \text{หรือ} \quad V = 1096[VP/\rho]^{1/2} \qquad (3)$$

เมื่อ V คือ ความเร็วของอากาศ (fpm)

VP คือ ความดันจลน์ (in.wg)

และเมื่อระบบระบายอากาศอยู่ที่ภาวะมาตรฐาน ρ จะมีค่าเท่ากับ 0.075 lb_m/ft^3 จะได้สมการใหม่ดังนี้

$$VP = [V/4005]^2 \quad \text{หรือ} \quad V = 4005[VP]^{1/2} \qquad (4)$$

จากสมการ (3) จะพบว่า เมื่อทราบความเร็วของอากาศที่ไหลในระบบท่อก็จะสามารถหาความดันจลน์ของอากาศขณะนั้นได้ และเมื่อระบบไม่มีการไหลของอากาศ ความดันจลน์จะมีค่าเป็นศูนย์ ส่งผลให้ความดันรวมมีค่าเท่ากับความดันสถิต (TP = SP) ความสัมพันธ์จากสมการ (4) ถือว่ามีความสำคัญมาก เนื่องจากการสูญเสียความดันในระบบระบายอากาศมักแสดงในเทอมของความดันจลน์ ซึ่งขึ้นกับความเร็วของอากาศในระบบท่อที่จะถูกเลือกขึ้นมาในขั้นตอนของการออกแบบ

ด้วยเหตุที่ผลรวมของความดันจลน์และความดันสถิตมีค่าเท่ากับความดันรวมของระบบ ดังนั้น หากความดันสถิตที่บริเวณใดในระบบเกิดการเปลี่ยนแปลงก็จะทำให้ความดันจลน์ในบริเวณนั้นเปลี่ยนแปลงด้วยเช่นกัน ตามความสัมพันธ์ที่กล่าวมานี้เป็นตามสมการเบอร์นูลลี (Bernoulli's Equation) ซึ่งกล่าวไว้ว่า "หากไม่เกิดการสูญเสียพลังงานใด ๆ ในระบบความดันรวมของจุดใด ๆ ในระบบจะมีค่าเท่ากัน" ซึ่งจะกล่าวได้ว่า ผลรวมของความดันจลน์และความดันสถิตจะมีค่าคงที่ตลอดช่วงการไหล

2.2 หัวดูด (Hood)

หัวดูดถูกออกแบบมาเพื่อดึงสารปนเปื้อนที่แพร่กระจายจากการกระบวนการต่าง ๆ เช่น กระบวนการทางอุตสาหกรรม กระบวนการทำอาหารในห้องครัว ให้เข้าสู่ระบบระบายอากาศก่อนที่จะเล็ดลอดออกสู่บริเวณทำการ หรือสิ่งแวดล้อม แต่หน้าที่ของหัวดูดก็คือ การสร้างสนามการไหลของอากาศที่มีความสามารถเพียงพอที่จะดึงสารปนเปื้อนให้เข้าสู่หัวดูดได้ การเลือกใช้หัวดูดผิดประเภท รวมถึงการติดตั้งหัวดูดในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสมอาจส่งผลทำให้ระบบระบายอากาศไม่สามารถทำงานให้บรรลุวัตถุประสงค์ตามที่ต้องการ นอกจากนี้ยังทำให้ขนาดของระบบ เช่น ระบบท่อ พัดลม ที่ใช้มีขนาดเพิ่มขึ้นเกินความจำเป็น นั่นหมายความว่าต้นทุนทางด้านพลังงานของระบบเพิ่มขึ้นด้วย

ในหัวข้อนี้จะได้กล่าวถึงคุณลักษณะของหัวดูดชนิดต่าง ๆ องค์ประกอบหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของหัวดูด รวมถึงแนวทางการออกแบบหัวดูดซึ่งจะช่วยให้การเลือกใช้หัวดูดเป็นไปอย่างเหมาะสม

2.2.1 ชนิดของหัวดูด

หัวดูดที่ใช้ในอุตสาหกรรมจะมีรูปร่างที่แตกต่างกันรวมถึงมีความเหมาะสมกับลักษณะงานที่ต่างกันด้วย อย่างไรก็ตามหัวดูดสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ หัวดูดปิดล้อม (Enclosing Hood) และหัวดูดภายนอก (External Hood) โดยหัวดูดทั้งสองชนิด จะทำงานต่างกัน

รวมถึงมีความเหมาะสมต่อการใช้งานในลักษณะที่แตกต่างกันหัวข้อนี้จะขอกล่าวเพียง หัวดูดภายนอก ซึ่งเป็นหัวดูดที่ใช้ได้กับระบบระบายอากาศในห้องครัว

หัวดูดภายนอกจะติดตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้กับแหล่งกำเนิดสารปนเปื้อน โดยไม่มีการปิดล้อมแหล่งกำเนิดสารปนเปื้อนเหมือนหัวดูดปิดล้อม สารปนเปื้อนจะถูกดึงให้เข้าสู่หัวดูดโดยอาศัยความเร็วของอากาศซึ่งไหลผ่านหัวดูดในปริมาณที่เหมาะสม ด้วยเหตุที่การแพร่กระจายของสารปนเปื้อนอาจจะเกิดขึ้นภายนอกหัวดูดจึงส่งผลทำให้ปริมาณอากาศที่ใช้ในการดึงสารปนเปื้อนให้เข้าสู่หัวดูดมีอยู่ค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับหัวดูดปิดล้อม นั่นหมายความว่าต้องใช้พลังงานมากกว่าด้วย นอกจากนี้ ตำแหน่งติดตั้งของหัวดูดภายนอกก็ไม่สามารถอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดสารปนเปื้อนเป็นระยะทางมาก ๆ ได้ ถึงแม้จะมีข้อเสียดังที่กล่าวไว้ แต่หัวดูดชนิดนี้ก็ยังคงถูกนำมาใช้งานในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่นในกระบวนการการแปรรูปอาหารที่ต้องทำการนึ่งหรือ ทอด สารปนเปื้อนในรูปของไอร้อน ซึ่งมีอุณหภูมิสูง จะลอยขึ้นข้างบนด้วยแรงลอยตัวอันเนื่องมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ก็จะใช้หัวดูดแบบหัวดูดรับซึ่งจะมีลักษณะเป็นฝาครอบ (Canopy Hood) ทำการติดตั้งไว้ด้านบนของแหล่งกำเนิดสารบนเปื้อน

2.2.2 รูปแบบของความเร็วที่เกี่ยวข้องกับหัวดูด

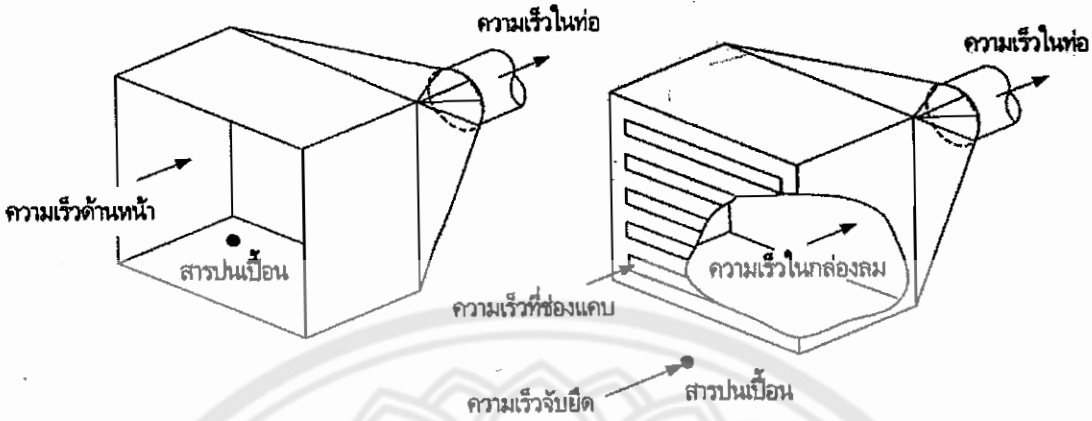
เนื่องจากหัวดูดมีลักษณะต่างกันมากมายดังที่กล่าวในหัวข้อที่ผ่านมา ดังนั้นการทราบถึงรูปแบบและนิยามของความเร็วของอากาศ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของหัวดูด จึงเป็นสิ่งสำคัญดังรูปที่ 1 แสดงให้เห็นถึงความเร็วรูปแบบต่างๆ สำหรับหัวดูดภายนอก ซึ่งความเร็วแต่ละรูปแบบจะมีนิยามดังต่อไปนี้

1. ความเร็วจับยึด (Capture Velocity: V_C)

คือ ความเร็วของอากาศที่ช่องเปิดของหัวดูดที่มีค่ามากพอสำหรับการดึงสารปนเปื้อนที่อยู่ภายนอกหัวดูดให้เข้าสู่ระบบท่อได้ โดยความเร็วด้านหน้านี้จะมีความสำคัญต่อการออกแบบหัวดูดภายนอก

2. ความเร็วที่ช่องแคบ (Slot Velocity: V_S)

คือ ความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านช่องแคบ (Slot) โดยช่องแคบจะมีลักษณะเป็นช่องเปิดปากเรียบที่มีอัตราส่วนของความยาวหรืออัตราส่วนด้าน (Aspect Ratio) ของช่องเปิดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.2 สำหรับวัตถุประสงค์ของการใช้หัวดูดแบบช่องแคบนี้ก็เพื่อต้องการให้อากาศที่ไหลผ่านด้านหน้าของหัวดูดมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ (Uniform Distribution)



รูปที่ 1 รูปแบบของความเร็วที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของหัวดูด
(ที่มา : ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ฉัตรชัย นิมมล)

3. ความเร็วในกล่องลม (Plenum Velocity: V_p)

คือ ความเร็วของอากาศในกล่องลม โดยทั่วไปแล้ว ค่าสูงสุดของความเร็วในกล่องลมสำหรับหัวดูดที่มีการติดตั้งช่องแคบควรมีค่าเป็นครึ่งหนึ่ง (หรือน้อยกว่า) ของความเร็วที่ช่องแคบ ทั้งนี้ก็เพื่อให้เกิดการกระจายตัวของอากาศที่ดี

4. ความเร็วในท่อ (Duct Velocity: V_d)

คือ ความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านหน้าตัดท่อ ในกรณีที่มีสารปนเปื้อนในรูปอณุภาคของแข็ง (ฝุ่น) ปะปนมากับอากาศ ความเร็วในท่อต้องมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าความเร็วต่ำสุดที่ต้องการสำหรับการพาสารปนเปื้อนดังกล่าวให้ไหลไปกับอากาศโดยไม่เกิดการดกค้างในระบบ

2.2.3 อัตราการไหลของอากาศที่ต้องการ

การประเมินอัตราการไหลหรือปริมาณของอากาศที่ต้องการเพื่อดึงสารปนเปื้อนให้เข้าสู่ระบบ ถือเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องพิจารณาเป็นสิ่งแรกในการออกแบบระบบระบายอากาศเฉพาะจุด **โดยตัวแปรหลักที่ส่งผลโดยตรงต่ออัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านหัวดูดก็คือ ความเร็วจับยึด (สำหรับหัวดูดภายนอก) และความเร็วด้านหน้า (สำหรับหัวดูดปิดล้อม) ในที่นี้จะแสดงให้เห็นถึงหลักการประเมินอัตราการไหลของอากาศที่ต้องการสำหรับหัวดูดชนิดหัวดูดภายนอก**

ก่อนที่จะกล่าวถึงวิธีการหาอัตราการไหลที่ต้องการสำหรับหัวดูดภายนอก จำเป็นต้องทราบรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับความเร็วจับยึดเสียก่อน ดังที่ทราบมาก่อนหน้านี้แล้วว่าความเร็วจับยึด

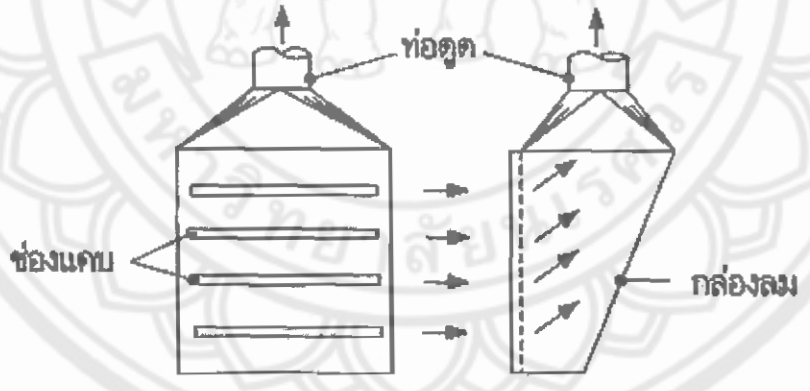
คือ ความเร็วของอากาศบริเวณด้านหน้าหัวดูดที่ใช้สำหรับดึงสารปนเปื้อนที่อยู่ภายนอกให้เข้าสู่หัวดูดซึ่งจะต้องมีค่ามากพอ ด้วยเหตุนี้ความเร็วจับยึดจึงเป็นตัวกำหนดอัตราการไหลของอากาศที่ผ่านหัวดูดรวมถึงรูปร่างของหัวดูดด้วย โดยค่าของความเร็วจับยึดที่ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบหัวดูดภายในห้องครัวอยู่ที่ 100 – 300 ฟุตต่อนาที

2.2.4 การกระจายการไหลของอากาศภายในหัวดูด

การกระจายการไหลของอากาศในหัวดูดอย่างสม่ำเสมอ (ความเร็วมีค่าเท่ากันตลอดทั้งหน้าตัดของหัวดูด) ถือเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้การดึงสารปนเปื้อนเข้าสู่ระบบท่อเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ในทางปฏิบัติสามารถทำให้อากาศมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอได้หลายวิธี คือ การติดตั้งช่องแคบ ติดตั้งกรวย เป็นต้น

1. การติดตั้งช่องแคบ

หัวดูดที่ด้านหน้ามีลักษณะเป็นช่องแคบ สามารถช่วยให้อากาศภายนอกไหลเข้าสู่หัวดูดด้วยการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตาม การไหลของอากาศผ่านช่องแคบนี้จะทำให้เกิดการสูญเสียความดันค่อนข้างมาก นั่นหมายความว่าต้องใช้พลังงานที่มากขึ้นในการทำให้อากาศไหลผ่านช่องแคบ โดยทั่วไปหัวดูดลักษณะนี้จะประกอบอยู่กับกล่องลมซึ่งมีความลึกมากๆ เพื่อให้อากาศที่ไหลผ่านช่องแคบมีความเร็วที่สูงกว่าความเร็วอากาศในกล่องลม ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ช่องแคบ

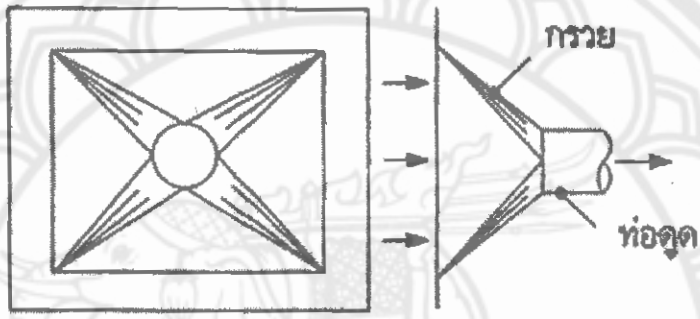
(ที่มา : ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ฉัตรชัย นิมมล)

โดยปกติ ความเร็วสูงสุดของอากาศในกล่องลมควรมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านช่องแคบ (V_s) ในการออกแบบหัวดูดซึ่งมีลักษณะเป็นช่องแคบที่ต้องการให้มีการกระจายตัวของอากาศที่ดีและมีการสูญเสียความดันน้อย ความเร็วที่ช่องแคบควรมีค่าประมาณ 2,000 fpm ในขณะที่ความเร็วในกล่องลมควรมีค่าประมาณ 1,000 fpm ในกรณีที่กล่องลมมีขนาดใหญ่และ

ความลึกมาก ความเร็วที่ช่องแคบสามารถมีค่าต่ำได้ถึง 1,000 fpm ในขณะที่ความเร็วกล่องลมจะมีค่า 500 fpm

2. การติดตั้งกรวย

กรวย (Cone) จะมีลักษณะเป็นท่อที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัดลดลงทีละน้อย ดังรูปที่ 3 กรวยจะช่วยรีดอากาศให้วิ่งตรงเข้าแนวแกนของหัวดูดซึ่งทำให้อากาศไหลเต็มตลอดหน้าตัดของหัวดูด หาก กรวยที่ใช้มีขนาดกว้างเกินไปก็อาจทำให้อากาศที่เข้าสู่หัวดูดบางส่วนสามารถเล็ดลอดออกไปได้ ซึ่งส่งผลให้การกระจายการไหลของอากาศต่ำลง โดยทั่วไปมุมกรวยไม่ควรเกิน 60 องศา



รูปที่ 3 การติดตั้งกรวย

(ที่มา : ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ฉัตรชัย นิมมล)

2.2.5 การสูญเสียความดันที่หัวดูด

การสูญเสียความดันที่หัวดูดจะเกิดขึ้นจาก 2 สาเหตุ คือ การสูญเสียจากความเร่ง (Acceleration Loss; h_a) และการสูญเสียที่ทางเข้าหัวดูด (Hood Entry Loss; h_e)

การสูญเสียความดันเนื่องจากความเร่งเกิดจากการเร่งอากาศภายนอกหัวดูดที่มีสภาพหยุดนิ่ง (ความดันจลน์เท่ากับศูนย์) ให้ไหลเข้าสู่ระบบท่อด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วของอากาศในท่อ จะเห็นได้ว่า การสูญเสียความดันในลักษณะนี้ก็คือการสูญเสียความดันจลน์นั่นเองซึ่งมีค่าเป็นหนึ่งเท่าของความดันจลน์ของอากาศในท่อ (1.0 VP_d) ค่าความดันที่สูญเสียนี้จะขึ้นอยู่กับความเร็วของ**อากาศภายในท่อ หากอากาศในท่อไหลด้วยความเร็วสูง การสูญเสียความดันเนื่องจากความเร่งก็จะมีค่ามาก สำหรับท่อที่ไม่ได้ต่ออยู่กับหัวดูด (ช่องเปิดทั่วไป) การสูญเสียความดันเนื่องจากความเร่งก็จะไม่เกิดขึ้น**

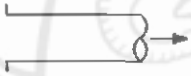
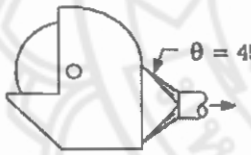
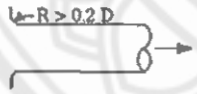
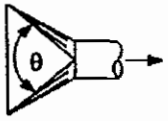
การสูญเสียความดันที่ทางเข้า สามารถแสดงในรูปของ แฟกเตอร์การสูญเสียที่ทางเข้า (Hood Entry Loss Factor: F_h) โดยการสูญเสียความดันดังกล่าวซึ่งมีหน่วยเป็น in.wg จะหาได้

โดยการคูณแฟกเตอร์การสูญเสียที่ทางเข้า (F_h) เข้ากับความดันจลน์ของอากาศ (VP) การวัดความดันสูญเสียลักษณะนี้จะบอกให้ทราบว่ามีความดันสูญเสียไปเท่าไรเมื่อเทียบกับความดันจลน์ของอากาศ จากที่กล่าวมาจึงสามารถเขียนสมการการสูญเสียความดันที่ทางเข้าหัวดูดได้ดังสมการ (5)

$$h_e = F_h \, VP \qquad (5)$$

แฟกเตอร์การสูญเสียที่ทางเข้าขึ้นอยู่กับลักษณะหัวดูด ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การสูญเสียความดันที่ทางเข้าหัวดูด

ลักษณะทางเข้าของหัวดูด	การสูญเสียความดันที่ทางเข้าหัวดูด (h_e)
ปากเรียบ ไม่มีหน้าแปลน (unflanged)	$0.93VP_d$ ($F_h = 0.93$)
ปากเรียบ มีหน้าแปลน (flanged) 	$0.49VP_d$ ($F_h = 0.49$)
ล้อหินเจียระไน (grinding hood) 	$0.65VP_d$ (ต่อท่อดูดโดยไม่ใช้กรวย, $F_h = 0.65$)
	$0.40VP_d$ (ต่อท่อดูดโดยใช้กรวย, $F_h = 0.40$)
ปากระฆัง (bell mouth) 	$0.04VP_d$ ($F_h = 0.04$)
ช่องแคบ (slot)	$1.78VP_s$ ($F_h = 1.78$)
กรวย (cone) 	แฟกเตอร์การสูญเสียที่ทางเข้า (F_h)

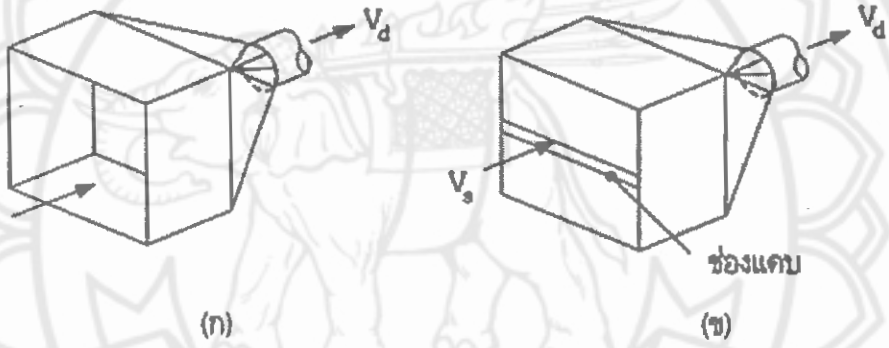
θ (องศา)	15	30	45	60	90	120	150	180
หน้าตัดวงกลม	0.15	0.08	0.06	0.08	0.15	0.26	0.40	0.50
หน้าตัดสี่เหลี่ยม	0.25	0.16	0.15	0.17	0.25	0.35	0.48	0.50

หมายเหตุ : มุม 180° หมายถึง การต่อท่อดูดโดยไม่ใช้กรวย

(ที่มา : ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ฉัตรชัย นิมมล)

การที่หัวดูดจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ นั่นคือสามารถดึงสารปนเปื้อนให้เข้าสู่หัวดูดได้นั้น พัดลมต้องสามารถสร้างความดันสถิตหรือแรงดูดภายในท่อใกล้กับหัวดูดให้ได้ในปริมาณมากพอที่จะเอาชนะการสูญเสียความดันที่ทางเข้าหัวดูดและการสูญเสียความดันซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากความเร่ง ในขณะเดียวกันพัดลมก็ต้องดึงอากาศในปริมาณที่ถูกต้องเข้าสู่หัวดูดได้ด้วย ในที่นี้จะเรียกว่าความดันสถิตที่ถูกสร้างโดยพัดลมเพื่อวัตถุประสงค์ดังกล่าวนี้ว่า ความดันสถิตของหัวดูด (Hood Static Pressure: SP_h)

ในทางปฏิบัติ สามารถแบ่งความดันสถิตของหัวดูดออกเป็น 2 แบบ กล่าวคือ กรณีหัวดูดอย่างง่าย (Simple Hood) และหัวดูดผสม (Compound Hood) โดยลักษณะของหัวดูดทั้งสองรูปแบบแสดงให้เห็นดังรูปที่ 4 (ก) และ (ข) ตามลำดับ



รูปที่ 4 หัวดูดอย่างง่าย (ก) และหัวดูดผสม (ข)
(ที่มา : ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ฉัตรชัย นิมมล)

หัวดูดผสม เป็น หัวดูดที่มีจุดที่ทำให้เกิดการสูญเสียความดันที่ปากทางเข้ามากกว่าหนึ่งจุด การหาความดันสูญเสียที่หัวดูดจำเป็นต้องพิจารณาทีละจุด จากนั้นจึงนำค่าการสูญเสียความดันที่หาได้มารวมกันเป็นความดันสูญเสียรวมที่หัวดูด ตัวอย่างของหัวดูดผสม ได้แก่ หัวดูดแบบช่องแคบช่องเดียว และช่องแคบหลายช่อง (Multiple Slot Hood) หัวดูดลักษณะนี้นิยมนำไปใช้กับงานหลายประเภท

พิจารณาหัวดูดผสมซึ่งติดตั้งช่องแคบช่องเดียวที่ด้านหน้ากล่องลม ดังแสดงรูปที่ 4(ข) เมื่ออากาศไหลผ่านช่องแคบพลังงานอากาศส่วนหนึ่งจะสูญเสียไปเนื่องจากเกิด วีนาคอนแทรกดา (Vena Contracta) ที่ช่องแคบ ซึ่งอากาศที่ไหลออกจากช่องแคบจะไหลต่อไปยังกล่องลมด้วยความเร็วที่ค่อนข้างสูง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการไหลของอากาศผ่านช่องแคบจะมีลักษณะคล้าย

ถูกเป่าหรือพ่น ปรากฏการณ์ลักษณะนี้ถือเป็นเรื่องปกติสำหรับหัวดูดส่วนใหญ่ที่ใช้ในระบบระบายอากาศเฉพาะจุดซึ่งมักมีความยาวของกล่องลมไม่มาก ในกรณีที่หัวดูดมีความยาวของกล่องลมมาก ความเร็วของอากาศภายในกล่องลมอาจลดลงมากในระหว่างที่ไหลผ่านหัวดูด ลักษณะเช่นนี้ต้องนำผลของความเร็วที่ลดลงนี้มาพิจารณาด้วยเมื่ออากาศไหลผ่านกล่องลมแล้ว จะไหลเข้าสู่ท่อผ่านทางกรวยซึ่งที่จุดนี้จะเกิดการสูญเสียพลังงานขึ้นอีก

จะเห็นได้ว่าการไหลของอากาศเข้าสู่หัวดูดข้างต้นจะทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานหรือการสูญเสียความดันสองช่วง ช่วงแรกจะเกิดจากการที่อากาศจากภายนอกถูกเร่งให้มีความเร็วสูงเท่ากับความเร็วช่องแคบ ($h_{es} = F_h VP_s$) ส่วนช่วงที่สองจะเกิดจากการที่อากาศในกล่องลมถูกเร่งให้ไหลผ่านส่วนที่เป็นกรวยเข้าสู่ท่อจนมีความเร็วสูงขึ้นเท่ากับความเร็วในท่อ ($h_{ed} = F_h VP_d$) จากที่กล่าวมาจึงสามารถหาความดันสถิตของหัวดูดผสมได้ดังนี้

$$SP_h = h_{es} + h_{ed} + VP_d \qquad (6)$$

ความดันสถิตของหัวดูดผสมตามสมการ (6) จะใช้ในกรณีที่ความเร็วของอากาศในท่อมีค่ามากกว่าความเร็วของอากาศที่ช่องแคบ ($V_d > V_s$) เท่านั้นซึ่งพบได้ค่อนข้างบ่อย จะเห็นว่ามีการสูญเสียความดันเนื่องจากการเร่งให้อากาศมีความเร็วเพิ่มขึ้นเท่ากับความเร็วของอากาศในท่อ (VP_d)

ในกรณีที่ความเร็วของอากาศที่ช่องแคบมีค่ามากกว่าความเร็วของอากาศในท่อ ($V_s > V_d$) ความดันสถิตของหัวดูดผสมจะหาได้จาก

$$SP_h = h_{es} + h_{ed} + VP_s \qquad (7)$$

เมื่อ VP_s คือ ความดันจลน์ของอากาศที่ช่องแคบ in.wg

จากสมการ(7) จะเห็นว่าเกิดการสูญเสียความดันเนื่องจากการเร่งให้อากาศมีความเร็วเพิ่มขึ้นเท่ากับความเร็วของอากาศที่ช่องแคบซึ่งมีค่าเท่ากับความดันจลน์ของอากาศไหลผ่านช่องแคบ (VP_s) นั่นเอง หรืออาจกล่าวได้ว่าแฟกเดอร์การสูญเสียความดันเนื่องจากความเร่งของอากาศที่ผ่านช่องแคบจะมีค่าเท่ากับ 1.0

2.3 ระบบท่อ

ระบบท่อสำหรับระบบระบายอากาศเฉพาะจุดมีหน้าที่เชื่อมต่อให้อุปกรณ์หรือส่วนต่าง ๆ ของระบบเข้าด้วยกันเพื่อให้ระบบสามารถทำงานร่วมกันได้ ด้วยเหตุนี้ ระบบท่อจึงมีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าส่วนอื่น ๆ ของระบบ การเข้าใจพื้นฐานการไหลของอากาศผ่านระบบท่อจึงจำเป็นต่อการออกแบบระบบระบายอากาศเฉพาะจุด

ในหัวข้อนี้จะเน้นถึงการสูญเสียความดันของอากาศเมื่อไหลผ่านระบบท่อซึ่งมักแสดงในรูปของการสูญเสียความดันจลน์ดังเช่นกรณีของหัวดูด โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ การสูญเสียความดันเนื่องจากความเสียดทานในท่อ (Friction Loss) และ การสูญเสียความดันเนื่องจากความปั่นป่วนในการไหล (Turbulence Loss)

2.3.1 ความเร็วต่ำสุดของอากาศในท่อ

ในการคำนวณค่าความดันที่สูญเสียในระบบท่อรวมถึงการหาขนาดท่อที่ใช้สำหรับระบบระบายอากาศเฉพาะจุดนั้น ตัวแปรที่มีบทบาทมากที่สุดก็คือ ความเร็วของอากาศที่ไหลภายในท่อ ในกรณีที่สารปนเปื้อนซึ่งไหลปะปนเข้ามากับอากาศมีลักษณะเป็นอนุภาคของแข็ง ความเร็วของอากาศจะต้องมีค่ามากเพียงพอที่จะไม่ทำให้สารปนเปื้อนเกิดการตกค้างหรืออุดตันในระบบท่อ ซึ่งโดยทั่วไปจะเรียกความเร็วดังกล่าวนี้ว่า **ความเร็วต่ำสุดของอากาศในท่อ** (Minimum Duct Velocity ; V_d) ความเร็วต่ำสุดของอากาศในท่อมีความสำคัญต่อการออกแบบระบบท่อมาก การใช้ความเร็วต่ำสุดของอากาศในท่อที่มากเกินไปก็จะทำให้อัตราการไหลของอากาศมีค่าเพิ่มสูงมากขึ้นตามไปด้วยซึ่งจะส่งผลให้สิ้นเปลืองพลังงานที่ต้องป้อนให้แก่พัดลม นอกจากนี้ยังจะทำให้เกิดการสึกหรอของระบบท่ออันเนื่องจากการเสียดสีของสารปนเปื้อนอีกด้วย สำหรับความเร็วต่ำสุดของอากาศในท่อสำหรับสารปนเปื้อนต่างๆ สามารถดูได้จากตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความเร็วต่ำสุดของอากาศในท่อ

ชนิดของสารปนเปื้อน	ความเร็วต่ำสุดของอากาศ, fpm	ตัวอย่าง
ไอ ก๊าซ และควัน	1000-2000 (5-10 m/s)	ไอ ก๊าซ และควัน ที่เกิดจากกระบวนการอุตสาหกรรมทุกรูปแบบ
ไอเสีย	2000-2500 (10-13 m/s)	ไอร้อนที่เกิดจากกระบวนการเชื่อมโลหะ
ฝุ่นละเอียดมากและเบา	2500-3000 (13-15m/s)	ผงแป้ง หรือผงฝ้าย
ฝุ่นแห้ง	3000-4000 (15-20 m/s)	ฝุ่นยางละเอียด ฝุ่นสบู่ ขี้เลื่อยเบา ฝุ่นฝ้ายหรือผงปอ
ฝุ่นในอุตสาหกรรมทั่วไป	3500-4000 (18-20 m/s)	ฝุ่นจากการเจียระไน ฝุ่นของเมล็ดกาแฟ ฝุ่นจากการขนถ่ายวัสดุ ฝุ่นจากการตัดอิฐ ฝุ่นหินปูน ฝุ่นดิน หรือผงซิลิกา
ฝุ่นขนาดใหญ่ (ฝุ่นหนัก)	4000-4500 (20-23 m/s)	ขี้เลื่อย (หนักและเปียก) ฝุ่นจากการขัดผิวโลหะ
ฝุ่นหนักและชื้น	4500 ขึ้นไป (23 m/s ขึ้นไป)	ฝุ่นตะกั่วที่มีชิ้นตะกั่วติดมาด้วย ผงปูนซีเมนต์ที่ชื้น ผงยิปซั่ม

(ที่มา : ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ฉัตรชัย นิมมล)

ความเร็วต่ำสุดของอากาศในท่อที่ใช้ในการออกแบบระบบควรมีค่ามากกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2 เสมอ ทั้งนี้ก็เพื่อป้องกันความไม่แน่นอนต่าง ๆ ที่อาจทำให้ความเร็วของอากาศในท่อมีค่าลดลงในขณะทำงาน ตัวอย่างเช่น การอุดตันของสารปนเปื้อนในท่อจะส่งผลให้อัตราการไหลโดยรวมของอากาศในระบบลดลงซึ่งทำให้ความเร็วของอากาศในบางส่วนของระบบท่อมีค่าลดลงด้วยเช่นกัน ความเสียหายจากรอยบุบหรือรอยขุบที่ผิวท่อก็อาจทำให้ความต้านทานในการไหลเพิ่มสูงขึ้นซึ่งส่งผลให้อัตราการไหลของอากาศในส่วนที่ได้รับความเสียหายมีค่าลดลงด้วยนอกจากนี้ความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับพัดลมก็อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้อัตราการไหลของอากาศในระบบลดลงซึ่งก็ย่อมส่งผลให้ความเร็วของอากาศลดลงด้วยเช่นกัน

2.3.2 การสูญเสียความดันเนื่องจากความเสียดทาน

ด้วยเหตุที่อากาศเป็นของไหลที่มีความหนืด ดังนั้น การไหลของอากาศผ่านระบบท่อจึงต้องมีความด้านทานเกิดขึ้นเสมอ โดยความด้านทานดังกล่าวนี้จะอยู่ในรูปของความฝืดหรือความเสียดทานระหว่างอากาศและผิวด้านในของท่อ ความด้านทานที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้พลังงานของอากาศในท่อซึ่งอยู่ในรูปของความดันสถิตมีค่าลดลง ด้วยเหตุนี้จึงต้องป้อนพลังงานให้แก่อากาศในระบบท่อเพื่อเอาชนะความต้านทานดังกล่าว โดยอาศัยพัดลมโดยทั่วไประบบระบายอากาศที่ถูกออกแบบให้มีความต้านทานในระบบท่อน้อยจะใช้พัดลมที่มีขนาดเล็กกว่าระบบที่มีความต้านทานมาก

สำหรับท่อหน้าตัดวงกลมค่าการสูญเสียความดันเนื่องจากความเสียดทานจะแปรผันโดยตรงกับกำลังสองของความเร็วของอากาศในท่อ ความยาวของท่อและความหยาบของผิวด้านในท่อ (Surface Roughness) แต่จะแปรผกผันกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ โดยค่าการสูญเสียความดันดังกล่าวนี้สามารถหาได้จากสมการ Darcy-Weisbach กล่าวคือ

$$h_L = f\,[L/D]\,VP \qquad (8)$$

เมื่อ h_L คือ ความดันสูญเสียเนื่องจากความเสียดทาน, in.wg

f คือ แฟกเตอร์ความเสียดทาน ,ไม่มีหน่วย

L คือ ความยาวของท่อ, ft

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลาง, ft

VP คือ ความดันจลน์ของอากาศในท่อ, in.wg

จากสมการ (8) จะเห็นว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของท่อเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียความดันเนื่องจากความเสียดทานเป็นอย่างมาก การไหลของอากาศผ่านท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า (ท่อขนาดเล็ก) และความยาวมาก (ท่อยาว) จะเกิดการสูญเสียความดันเนื่องจากความเสียดทานมากกว่า นอกจากนี้การที่ท่อมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่าก็จะทำให้ความเร็วของอากาศในท่อมีค่าสูงซึ่งอาจทำให้ผิวด้านในท่อได้รับความเสียหายจากการขัดสีของสารปนเปื้อนที่เป็นฝุ่นได้เร็วกว่า

ในกรณีที่ระบบระบายอากาศได้ถูกออกแบบด้วยวิธีความดันจลน์ ค่าการสูญเสียความดันของอากาศที่ไหลผ่านท่อที่มีความยาวเท่ากับ L สามารถหาได้จากสมการ Darcy-Weisbach ซึ่งเขียนในรูปของ

$$h_L = [12\ (f/D)]\ L\ VP = H_f\ L\ VP \qquad (9)$$

เมื่อ H_f คือ แฟกเตอร์ความเสียดทาน และตัวเลข 12 นำมาใช้เพื่อเปลี่ยนหน่วยของเส้นผ่าศูนย์กลางท่อจาก in เป็น ft

สำหรับแฟกเตอร์ความเสียดทานของอากาศที่ภาวะมาตรฐานซึ่งไหลผ่านท่อที่ทำจากวัสดุชนิดต่าง ๆ สามารถหาได้จากสมการ

$$H_f = 12[f/D] = aV_d^{\,b}/Q^c \qquad (10)$$

โดย V_d คือ ความเร็วของอากาศในท่อ (f/min)

เมื่อ a, b และ c คือ ค่าคงที่ที่ขึ้นกับวัสดุที่นำมาทำท่อ โดยสามารถดูได้จากตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าคงที่สำหรับสมการ (10)

วัสดุที่ใช้ทำท่อ	a	b	c
เหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี (Galvanized Sheet Steel)	0.0307	0.533	0.612
อะลูมิเนียม (Aluminium) เหล็กสเตนเลส (Stainless Steel) เหล็กดำ (Black Iron) และพีวีซี (PVC)	0.0425	0.465	0.602

(ที่มา : ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ฉัตรชัย นิมมล)

2.3.3 การสูญเสียความดันเนื่องจากความปั่นป่วนในการไหล

การสูญเสียความดันลักษณะนี้เกิดจากอากาศภายในท่อมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วทิศทาง เช่น การไหลผ่านท่อเลี้ยว (Elbow) การไหลผ่านท่อแยก หรือการไหลของอากาศผ่านท่อที่มีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัด (ท่อขยายหรือท่อลด) เป็นต้น ในระบบระบายอากาศขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนมาก การสูญเสียความดันเนื่องจากความปั่นป่วนในการไหลนี้จะมีค่ามาก เนื่องจาก

ระบบขนาดใหญ่จะมีจุดที่อากาศจะเกิดการเปลี่ยนแปลงความเร็วและทิศทางหลายจุด แต่ในระบบระบายอากาศที่มีขนาดเล็กและไม่ซับซ้อน การสูญเสียความดันในลักษณะนี้จะมีค่าไม่มากนักเมื่อเทียบกับค่าการสูญเสียความดันเนื่องจากความเสียดทานของอากาศไหลผ่านท่อ

การสูญเสียความดันเนื่องจากความปั่นป่วนในการไหลสามารถแสดงได้ด้วยแฟกเตอร์การสูญเสีย (Loss Factor: F) ซึ่งค่าการสูญเสียความดันในกรณีนี้จะหาได้โดยการคูณแฟกเตอร์การสูญเสียเข้ากับความดันจลน์อากาศในท่อ นั่นคือ

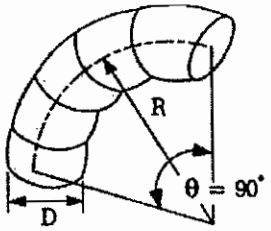
$$h_L = F\ VP \qquad (11)$$

สำหรับการสูญเสียจะมีค่าแตกต่างกันตามลักษณะการไหลของอากาศผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ ตามที่กล่าวตอนต้น

2.3.4 ท่อเลี้ยว

ท่อเลี้ยวหรือท่อที่มีลักษณะโค้งจะทำให้อากาศที่ไหลเกิดการเปลี่ยนแปลงทิศทางซึ่งย่อมส่งผลให้เกิดการสูญเสียความดัน โดยกระแสอากาศที่ไหลผ่านท่อเลี้ยวจะเกิดการบิดเป็นเกลียวหรือก้นหอยและถูกเหวี่ยงไปกระทบที่บริเวณขอบนอกของท่อ ส่งผลให้อากาศมีความเร็วเพิ่มขึ้นซึ่งก็ทำให้ความเสียดทานที่เกิดกับอากาศเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

สำหรับท่อเลี้ยวที่มีหน้าตัดวงกลม (Round Elbow) ค่าการสูญเสียความดันของอากาศที่ไหลผ่านท่อเลี้ยวนี้จะขึ้นกับความเร็วของอากาศภายในท่อ และรัศมีความโค้งของท่อเลี้ยวเทียบกับเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ (R/D) นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างของท่อเลี้ยวด้วย เช่น ท่อเลี้ยวผิวเรียบ ท่อเลี้ยวที่ประกอบด้วยชิ้นส่วนหลายชิ้น (3-5 ชิ้น) รวมถึงมุมโค้ง (Θ) ของท่อเลี้ยว สำหรับแฟกเตอร์การสูญเสียความดันของท่อเลี้ยว 90° (90° Elbow) ซึ่งมีหน้าตัดวงกลมสามารถดูได้จากรูปที่ 5 จะเห็นได้ว่าแฟกเตอร์การสูญเสียจะมีค่าลดลง (สูญเสียความดันน้อยลง) หากอัตราส่วน R/D เพิ่มมากขึ้น (โค้งทีละน้อย) และในกรณีที่อัตราส่วน R/D มีค่าเท่ากัน ท่อเลี้ยวที่ประกอบด้วยชิ้นส่วนน้อยชิ้น (เช่น 3 ชิ้น) จะมีแฟกเตอร์การสูญเสียมากกว่า (สูญเสียความดันมากกว่า) เมื่อเทียบกับท่อเลี้ยวที่ประกอบชิ้นส่วนมากชิ้นกว่า (เช่น 5 ชิ้น) หรือท่อเลี้ยวผิวเรียบ ในทางปฏิบัติแล้ว ควรเลือกใช้ท่อเลี้ยวที่มีอัตราส่วน R/D เท่ากับ 2 หรือ 2.5 (รัศมีความโค้งของท่อเลี้ยวมีค่าเป็น 2 หรือ 2.5 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางท่อเลี้ยว) หรือหากมีข้อจำกัดในเรื่องของพื้นที่ติดตั้งให้ใช้ท่อเลี้ยวที่มีค่า R/D=1.5 ได้

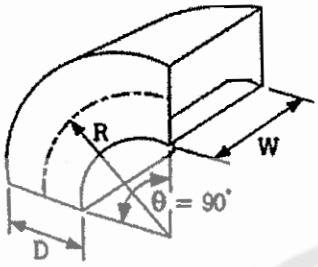


	แฟกเตอร์การสูญเสีย (loss factor : F)						
R/D	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	2.50	
ผิวเรียบ	0.71	0.33	0.22	0.15	0.13	0.12	หมายเหตุ :
5 ชิ้น	-	0.46	0.33	0.24	0.19	0.17	ท่อเลี้ยว 60° = 0.67F
4 ชิ้น	-	0.60	0.37	0.27	0.24	0.23	ท่อเลี้ยว 45° = 0.50F
3 ชิ้น	0.90	0.54	0.42	0.34	0.33	0.33	ท่อเลี้ยว 30° = 0.33F

รูปที่ 5 แฟกเตอร์การสูญเสียของท่อเลี้ยวหน้าตัดกลม
(ที่มา : ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ฉัตรชัย นิมมล)

สำหรับค่าแฟกเตอร์การสูญเสียของท่อเลี้ยวที่มีมุมโค้งเป็น 60° หรือ 45° ยังคงหาได้โดยอาศัยข้อมูลของท่อเลี้ยว 90° ในรูปที่ 5 เช่นเดิม เพียงแต่แฟกเตอร์การสูญเสียจะมีค่าลดลงตามสัดส่วนของมุมโค้ง กล่าวคือ ท่อเลี้ยว 60° จะมีแฟกเตอร์การสูญเสียเป็น 2 ใน 3 ของท่อเลี้ยว 90° (0.67 เท่า) หรือท่อเลี้ยว 45° จะมีแฟกเตอร์การสูญเสียเป็นครึ่งหนึ่งของท่อเลี้ยว 90° (0.5 เท่า) หรืออาจกล่าวได้ว่าอากาศที่ไหลผ่านท่อเลี้ยว 60° และ 45° จะมีการสูญเสียความดันเป็น 0.67 และ 0.5 เท่า ของอากาศที่ไหลผ่านท่อเลี้ยว 90° นอกจากนี้ ยังพิจารณาการให้ใช้ท่อเลี้ยว 60° และ 45° มีค่าเทียบเท่ากับการใช้ท่อเลี้ยว 90° จำนวน 0.67 ตัว และ 0.5 ตัว ตามลำดับ ได้อีกด้วย (ท่อเลี้ยวที่มีมุมโค้งอื่นก็ทำในทำนองเดียวกัน)

ในกรณีของท่อเลี้ยวหน้าตัดสี่เหลี่ยม (Rectangular Elbow) แฟกเตอร์การสูญเสียขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของรัศมีความโค้งกับขนาดความยาวด้านของหน้าตัดในแนวรัศมี (R/D) และยังขึ้นอยู่กับอัตราส่วนด้านของหน้าตัด (W/D) โดยค่าของแฟกเตอร์การสูญเสียดังกล่าวสามารถดูได้จากรูปที่ 6 ในทางปฏิบัติควรหลีกเลี่ยงการใช้ท่อเลี้ยวหน้าตัดสี่เหลี่ยมที่มีอัตราส่วน W/D และ R/D น้อยกว่า 1



R/D	แฟกเตอร์การสูญเสีย (loss factor : F)					
	อัตราส่วนด้าน, W/D					
	0.25	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
0	1.50	1.32	1.15	1.05	0.92	0.86
0.5	1.36	1.21	1.05	0.95	0.84	0.79
1.0	0.45	0.28	0.21	0.21	0.20	0.19
1.5	0.28	0.18	0.13	0.13	0.12	0.12
2.0	0.24	0.16	0.11	0.11	0.10	0.10
3.0	0.24	0.15	0.11	0.11	0.10	0.10

รูปที่ 6 แฟกเดอร์การสูญเสียของท่อเลี้ยวหน้าตัดสี่เหลี่ยม
(ที่มา : ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ฉัตรชัย นิมมล)

2.4 พัดลม

พัดลมที่ใช้ในระบบระบายอากาศเฉพาะจุดจะมีหน้าที่สร้างแรงดูดในระบบให้ออกมากพอที่จะดึงอากาศปนเปื้อนให้เข้าสู่หัวดูด ด้วยเหตุนี้เอง พัดลมจึงถือเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญในอันดับต้น ๆ สำหรับระบบระบายอากาศเฉพาะจุด ถ้าการเลือกใช้พัดลมเป็นไปอย่างไม่เหมาะสม (ทั้งชนิดและขนาด) ก็อาจส่งผลร้ายแรงถึงขั้นที่ระบบระบายอากาศไม่สามารถทำงานได้ตามความต้องการหรือหากทำงานได้ก็อาจจะมีประสิทธิภาพต่ำและใช้พลังงาน (Power Consumption) มากกว่าที่ควรจะเป็น

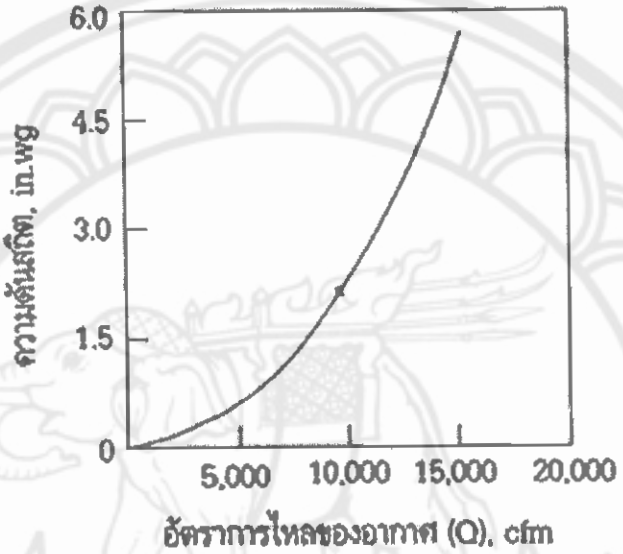
นอกจากตัวพัดลมแล้ว ท่อทางเข้า (Fan Inlet) และท่อทางออก (Fan Outlet) ของพัดลมซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของพัดลมก็มีความสำคัญไม่น้อย ท่อเหล่านี้จะต้องช่วยให้การไหลของอากาศเป็นไปอย่างราบเรียบทั้งไหลเข้าและไหลออกจากพัดลม การออกแบบหรือติดตั้งท่อดังกล่าวนี้อย่างไม่ถูกต้องจะส่งผลทำให้อากาศไหลอย่างไม่เป็นระเบียบหรือเกิดการไหลแบบปั่นป่วนซึ่งทำให้สมรรถนะการทำงานของพัดลมลดลง

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของพัดลมที่ใช้ในระบบระบายอากาศ รวมถึงหลักเกณฑ์การเลือกใช้พัดลมและลักษณะการติดตั้งท่อทางเข้าและทางออกของพัดลมที่ถูกต้องซึ่งจะช่วยให้ระบบระบายอากาศที่ออกแบบมามีประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุด

2.4.1 คุณลักษณะของระบบ

เมื่อพิจารณาถึงการสูญเสียความดันของอากาศที่ไหลในระบบท่อจากสมการ (8) จะพบว่าการสูญเสียความดัน (ความดันที่ระบบต้องการเพื่อทำให้อากาศไหลได้ในปริมาณที่ออกแบบไว้)

จะแปรผันโดยตรงกับกำลังสองของอัตราการไหล (Q^2) หรือ กำลังสองของความเร็ว (V^2) ดังนั้น เมื่อทราบค่าการเสียความดันของระบบที่อัตราการไหลของอากาศค่าหนึ่ง จะสามารถคาดคะเนค่าการสูญเสียความดันของระบบเมื่ออัตราการไหลมีการเปลี่ยนแปลงได้โดยอาศัยความสัมพันธ์ที่กล่าวตอนต้น อันนำมาซึ่งลักษณะการแปรเปลี่ยนของค่าการสูญเสียความดันของระบบในลักษณะกราฟที่เรียกว่า เส้นโค้งความต้านทานของระบบ (System Resistance Curve) ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 ตัวอย่างเส้นโค้งความต้านทานของระบบ

(ที่มา : ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ฉัตรชัย นิมมล)

จากตัวอย่างเส้นโค้งความต้านทานของระบบ จะเห็นว่า หากอัตราการไหลของอากาศที่ระบบต้องการซึ่งได้จากการออกแบบ คือ 10,000 cfm พัดลมต้องสร้างแรงดูดหรือความดันสถิตให้ได้ไม่น้อยกว่า 2.25 in.wg โดยประมาณ แต่หากต้องการให้อากาศไหลได้ในอัตรา 15,000 cfm ความดันสถิตหรือแรงดูดของพัดลมต้องไม่น้อยกว่า 5.5 in.wg สำหรับอัตราการไหลของอากาศและความดันสถิตของพัดลมในช่วงอื่นก็สามารถอ่านได้จากเส้นโค้งความต้านทานของระบบดังกล่าวนี้

2.4.2 คุณลักษณะเชิงสมรรถนะของพัดลม

โดยทั่วไป การอธิบายการไหลของอากาศในระบบระบายอากาศจะมุ่งเน้นให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของความต้านทานในระบบอันเกิดจากความเสียดทานกับปริมาณของอากาศที่ไหลผ่านระบบ แต่การที่อากาศจะเอาชนะความต้านทานในระบบและการไหลได้ในปริมาณที่ต้องการ (จากการออกแบบ) อากาศจำเป็นต้องได้รับพลังงานจากภายนอกในรูปของความดันซึ่งเกิดขึ้นจาก

การทำงานของพัดลม พลังงานจากภายนอก (เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า) จะถ่ายเทให้กับอากาศในระบบทางพัดลม ส่งผลให้เกิดการไหลของอากาศในปริมาณที่ต้องการและเกิดการเพิ่มขึ้นของความดันสถิต

อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศในระบบและความดันสถิต (SP) ที่ถูกสร้างขึ้นโดยพัดลมจะเรียกว่า **คุณลักษณะเชิงสมรรถนะ (Performance Characteristics)** สำหรับคุณลักษณะเชิงสมรรถนะอื่นของพัดลม ได้แก่ ประสิทธิภาพเชิงกล (Mechanical Efficiency: ME) และแรงม้าเบรก (Brake Horsepower: BHP) ความรู้เกี่ยวกับสมรรถนะของพัดลมมีประโยชน์เป็นอย่างมากต่อการเลือกใช้พัดลมให้ถูกต้องและเหมาะสมต่อความต้องการของระบบ รวมถึงจะช่วยให้สามารถวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้องด้วย

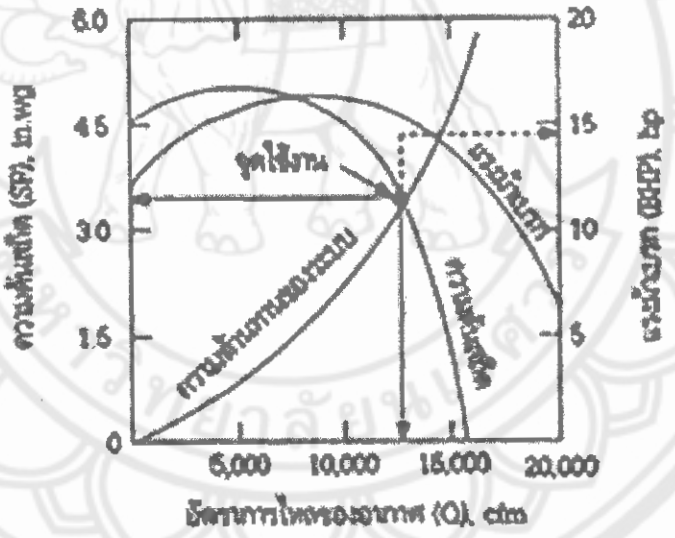
รูปที่ 8 ตัวอย่างเส้นโค้งสมรรถนะของพัดลม
(ที่มา : ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ฉัตรชัย นิมมล)

การทำความเข้าใจถึงสมรรถนะของพัดลมจะทำได้อย่างง่ายและสะดวกโดยอาศัยเส้นโค้งที่เรียกว่า **เส้นโค้งสมรรถนะของพัดลม (Fan Performance Curves)** ซึ่งได้มาจากการทดสอบพัดลมของผู้ผลิต รูปที่ 8 แสดงตัวอย่างเส้นโค้งสมรรถนะของพัดลมที่หมุนด้วยความเร็วรอบคงที่ค่าหนึ่งซึ่งประกอบไปด้วยเส้นโค้งความดันสถิต (Static Pressure Curve) เส้นโค้งแรงม้าเบรก (Brake Horsepower Curve) และเส้นโค้งประสิทธิภาพเชิงกล (Mechanical Efficiency Curve) เส้นโค้งเหล่านี้จะแสดงถึงความสัมพันธ์ของความดันสถิตของพัดลม แรงม้าเบรกของพัดลม และ

ประสิทธิภาพเชิงกลของพัดลมที่อัตราการไหลของอากาศต่าง ๆ โดยรูปร่างของเส้นโค้งเหล่านี้จะมีลักษณะแตกต่างกันสำหรับพัดลมแต่ละชนิด

2.4.3 ภาวะทำงานของพัดลมและระบบ

เมื่อเส้นโค้งความดันสถิตของพัดลม และเส้นโค้งความต้านทานของระบบถูกนำมาแสดงพร้อมกัน จุดตัดของเส้นโค้งทั้งสองก็คือภาวะทำงานของทั้งพัดลมและระบบ ซึ่งเรียกว่า **จุดใช้งาน (Operating Point)** รูปที่ 9 แสดงจุดใช้งานของทั้งพัดลมและระบบสำหรับระบบระบายอากาศระบบหนึ่ง เมื่อสังเกตที่จุดตัดของเส้นโค้งความดันสถิตและเส้นโค้งความต้านทานของระบบซึ่งเป็นภาวะที่พัดลมและระบบทำงานจะพบว่า อากาศในอัตรา 12,500 cfm จะถูกดึงผ่านระบบที่มีความดันสถิตของพัดลมที่ 3.4 in.wg สำหรับแรงม้าเบรกที่พัดลมต้องการสามารถหาได้โดยการลากเส้นตรงขึ้นในแนวดิ่งจากจุดใช้งานของพัดลมเพื่อไปตัดกับเส้นโค้งแรงม้าเบรกซึ่งสามารถอ่านค่าของแรงม้าเบรกได้จากแกนทางขวามือซึ่งได้ค่าแรงม้าเบรกที่พัดลมต้องการที่ประมาณ 14.5 hp



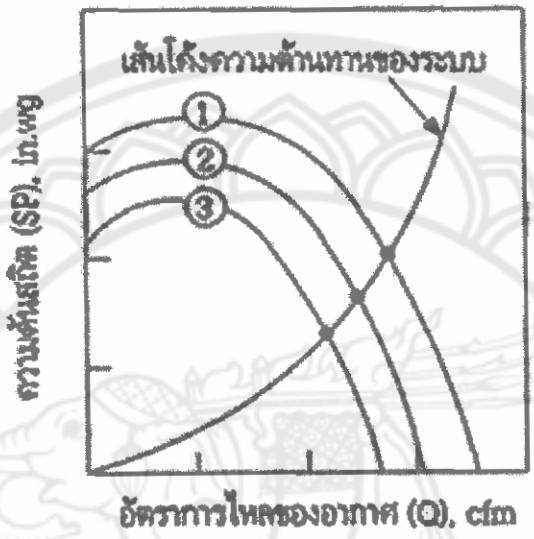
รูปที่ 9 จุดใช้งานของพัดลมและระบบ

(ที่มา : ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ฉัตรชัย นิมมล)

โดยทั่วไป ปริมาณ(อัตราการไหล) ของอากาศที่พัดลมลำเลียงได้ที่ความเร็วในการหมุนของพัดลมที่กำหนดจะขึ้นอยู่กับความต้านทานของระบบ โดยเมื่อระบบมีความต้านทานต่อการไหลมาก พัดลมก็จะลำเลียงอากาศได้ในปริมาณน้อย กรณีที่ต้องการให้พัดลมลำเลียงอากาศได้ในปริมาณเท่าเดิมก็สามารถทำได้โดยการเพิ่มรอบในการหมุนของพัดลมให้สูงขึ้น โดยเส้นโค้งสมรรถนะของพัดลมเมื่อมีความเร็วรอบในการหมุนเพิ่มขึ้นจะมีลักษณะเหมือนเดิม แต่จะอยู่ในตำแหน่งที่สูงขึ้นไป

ป
TH
7684
.D9
อ195ก
2548
1.2743590
17 มี.ค. 2551
สำนักหอสมุด

ในแนวดิ่งเท่านั้น รูปที่ 10 แสดงตัวอย่างเส้นโค้งความดันสถิตของพัดลมที่หมุนด้วยความเร็วรอบต่างกัน เส้นโค้งที่ 1 เป็นเส้นโค้งของพัดลมที่หมุนด้วยความเร็วรอบสูงสุด ส่วนเส้นโค้งที่ 3 เป็นเส้นโค้งของพัดลมที่หมุนด้วยความเร็วรอบต่ำสุด จะเห็นว่า จุดใช้งานของระบบและพัดลมจะเปลี่ยนไปตามรอบการหมุนของพัดลมเช่นกัน



รูปที่ 10 เส้นโค้งความดันสถิตของพัดลมที่หมุนด้วยความเร็วรอบต่าง ๆ
(ที่มา : ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ฉัตรชัย นิมมล)

2.4.4 ชนิดของพัดลมที่ใช้ในระบบระบายอากาศ

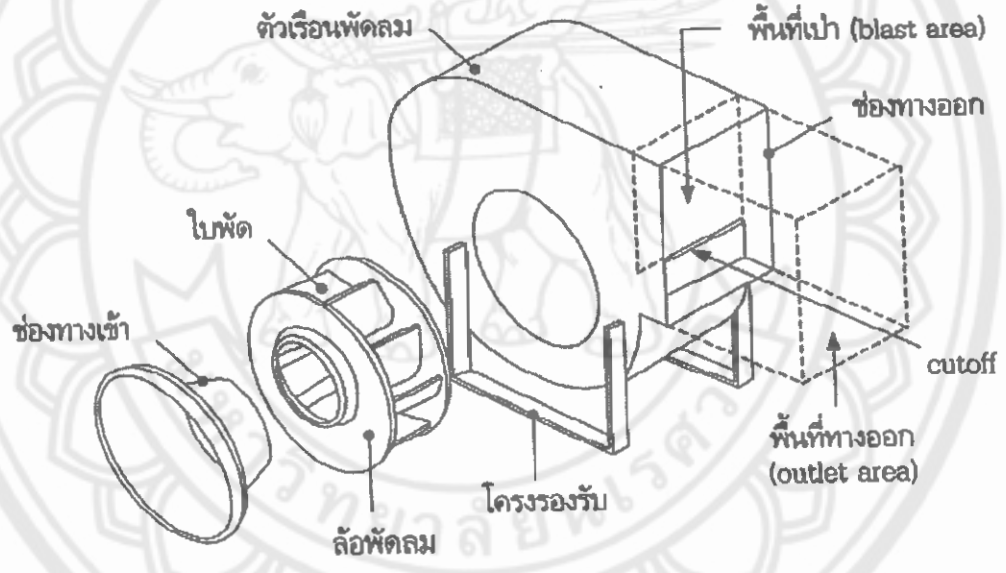
พัดลมที่ใช้สำหรับระบบระบายอากาศจะมีหลายชนิด แต่โดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้ 2 กลุ่มใหญ่ ๆ ตามทิศทางการไหลของอากาศผ่านพัดลม กล่าวคือ พัดลมแรงเหวี่ยง (Centrifugal Fan) และพัดลมไหลตามแนวแกน (Axial Fan)

1. พัดลมแรงเหวี่ยง

การลำเลียงอากาศของพัดลมแรงเหวี่ยง (บางครั้งอาจเรียกว่า พัดลมหอยโข่ง) จะอาศัยกลไกของแรงเหวี่ยงซึ่งเกิดจากการหมุนของใบพัด (Blades) ที่ติดตั้งอยู่บนล้อพัดลม (Fan Wheel) การหมุนของล้อพัดลมจะเกิดจากต้นกำลังขับจากภายนอก เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า อากาศจากภายนอกจะถูกดึงเข้าสู่ตัวพัดลมในแนวแกนหมุน และถูกเร่งให้มีความเร็วสูงขึ้น จากนั้นอากาศจะถูกเหวี่ยงออกไปปะทะกับตัวเรือนพัดลม (Fan Housing) ที่มีลักษณะคล้ายก้นหอยและไหลออกจากพัดลม

ในแนวรัศมีของใบพัด (แนวตั้งฉากกับเพลาของล้อพัดลม) ซึ่งพลังงานจลน์ของอากาศจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานในรูปของความดันที่ช่องทางออกของพัดลม

รูปที่ 11 และรูปที่ 12 แสดงส่วนประกอบและรูปแบบของพัดลมแรงเหวี่ยงที่ใช้ในระบบระบายอากาศตามลำดับ หากพิจารณา จะพบว่าที่ช่องทางออกจะติดตั้งแผ่นโลหะซึ่งถูกม้วนปลายคล้ายก้นหอยขนาดเล็กยื่นเลยเข้ามาในตัวเรือนของพัดลม โดยเรียกแผ่นโลหะดังกล่าวนี้ว่า Cutoff จุดประสงค์ของการติดตั้ง Cutoff ก็เพื่อป้องกันการไหลกลับของอากาศบริเวณช่องทางออกเข้าสู่ล้อพัดลม โดยหากอากาศสามารถไหลกลับเข้าสู่ล้อพัดลมได้ก็จะส่งผลให้พัดลมลำเลียงอากาศได้น้อยลง โดยปกติ Cutoff จะยื่นเลยเข้ามาในตัวเรือนพัดลม (บริเวณช่องทางออก) เป็นระยะประมาณ 20 ถึง 30 % ของความสูงช่องทางออก



รูปที่ 11 ส่วนประกอบของพัดลมแรงเหวี่ยง
(ที่มา : ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ฉัตรชัย นิมมล)

รูปที่ 12 พัดลมแรงเหวี่ยงรูปแบบต่าง ๆ
(ที่มา : ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ฉัตรชัย นิมมล)

เมื่อเทียบกับพัดลมไหลตามแนวแกน พัดลมแรงเหวี่ยงจะลำเลียงอากาศได้ในปริมาณที่น้อยกว่าแต่สามารถสร้างความดันสถิตได้สูงกว่า ด้วยเหตุนี้พัดลมแรงเหวี่ยงจึงถูกนำมาใช้ในระบบระบายอากาศเฉพาะจุดมากกว่าพัดลมไหลตามแนวแกน นอกจากนี้ยังเกิดเสียงดังน้อยกว่าขณะทำงาน และมีต้นทุนในการติดตั้งต่ำกว่า รวมถึงค่าใช่จ่ายในระหว่างใช้งานก็ต่ำกว่าด้วย ถึงแม้ว่าพัดลมแรงเหวี่ยงจะจัดการกับปัญหาในเรื่องความไม่แน่นอน หรือการแกว่งตัวของอัตราการไหลของอากาศได้ดีกว่าพัดลมไหลตามแนวแกน แต่โดยปกติมักจะมีประสิทธิภาพในการทำงานต่ำ

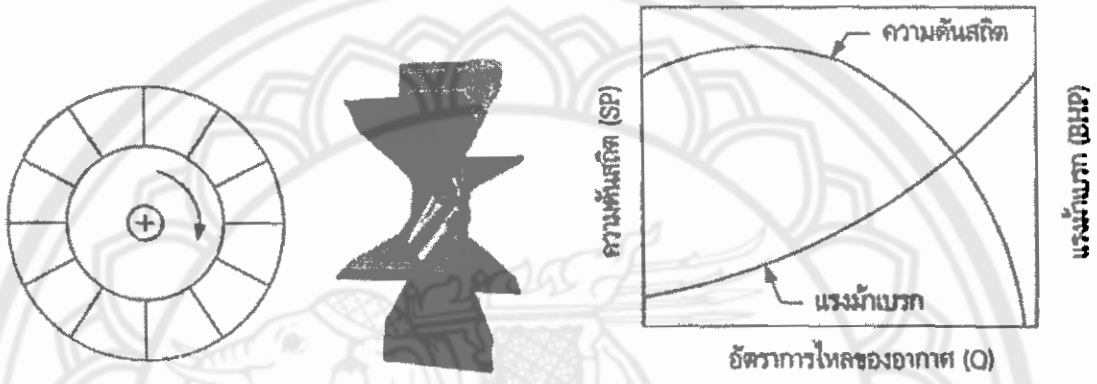
โดยทั่วไป พัดลมแรงเหวี่ยงยังสามารถแบ่งย่อยได้อีก 3 แบบใหญ่ ๆ ตามรูปร่างและลักษณะการจัดวางใบพัด คือ

- แบบซี่ใบพัดหน้าตรง (Radial Blade)
- แบบซี่ใบพัดโค้งหน้า (Forward Blade)
- แบบซี่ใบพัดเอียงหลัง (Backward Inclined Blade)

ก. แบบซี่ใบพัดหน้าตรง

พัดลมแรงเหวี่ยงแบบซี่ใบพัดตรงจะมีลักษณะของล้อพัดลมดังรูปที่ 13 พัดลมแบบนี้นำไปใช้กับระบบซึ่งต้องการอากาศในปริมาณน้อยปานกลางที่ความดันสถิตสูง ๆ จะเห็นได้ว่าใบพัดลมแบบนี้จะมีลักษณะแบนเอียงตามแนวรัศมีซึ่งช่วยไม่ให้เกิดการสะสมของฝุ่นที่ผิวใบพัด ด้วยเหตุนี้พัดลมแรงเหวี่ยงแบบซี่ใบพัดหน้าตรงจึงถูกนำไปใช้กับงานที่มีฝุ่นจำนวนมากไหลปะปนมากับอากาศ นอกจากนี้ การที่ช่องว่างระหว่างใบพัดมีมากก็จะช่วยให้พัดลมสามารถทำงานที่อัตราการไหลของอากาศน้อย ๆ ได้โดยปราศจากการสั่น โดยทั่วไปสามารถสร้างให้ใบพัดมีความหนามากเป็นพิเศษได้เพื่อช่วยให้ทนต่อการขัดสีและความเสียหายที่เกิดจากการกระแทกของฝุ่นซึ่งปะปน

มากับอากาศ สำหรับจุดอ่อนของพัดลมแบบนี้ ได้แก่ ประสิทธิภาพการทำงานที่มีค่าต่ำที่สุดในบรรดาพัดลมที่ใช้สำหรับระบบระบายอากาศเฉพาะจุด อย่างไรก็ตาม พัดลมแบบนี้ก็มักถูกนำมาใช้เสมอในกรณีที่อากาศมีฝุ่นไหลปะปนมาด้วยซึ่งพัดลมแบบอื่นไม่สามารถนำมาใช้งานได้



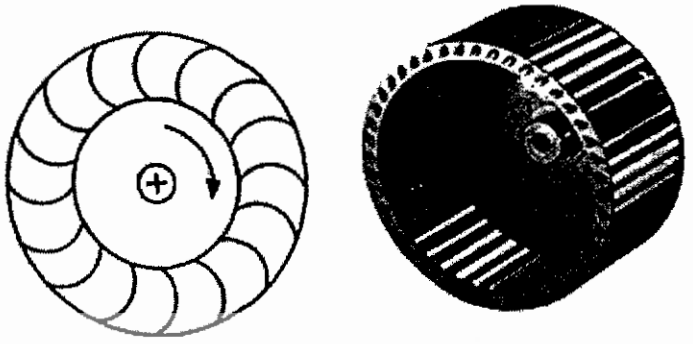
รูปที่ 13 ล้อพัดลมและเส้นโค้งสมรรถนะของพัดลมแรงเหวี่ยงแบบซี่ใบพัดตรง
(ที่มา : ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ฉัตรชัย นิมมล)

หากพิจารณาเส้นโค้งความดันสถิตของพัดลมแบบนี้จากรูปที่ 13 จะพบว่า ควรเลือกจุดใช้งานของพัดลมให้อยู่บริเวณด้านขวาของค่าความดันสูงสุดซึ่งจะช่วยไม่ให้อัตราการไหลของอากาศแกว่งตัว เนื่องจากเส้นโค้งความดันสถิตที่ด้านซ้ายของค่าความดันสูงสุดจะมีความชันค่อนข้างน้อย ดังนั้นอัตราการไหลของอากาศจึงมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากเมื่อความดันสถิตของพัดลมเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ส่วนเส้นโค้งแรงม้าเบรกจะมีลักษณะเกือบเป็นเส้นตรงตลอดช่วงการทำงานของพัดลมซึ่งหมายความว่า พลังงานที่ต้องป้อนให้แก่พัดลมจะแปรผันตามอัตราการไหลของอากาศที่พัดลมต้องลำเลียง

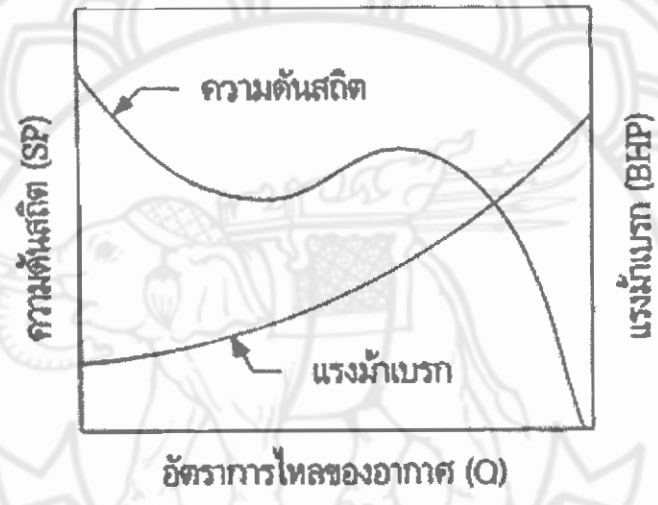
ข. แบบซี่ใบพัดโค้งหน้า

พัดลมแรงเหวี่ยงแบบซี่ใบพัดโค้งหน้าจะมีลักษณะของล้อพัดลมดังรูปที่ 14 (ก) จะเห็นว่าล้อพัดลมของพัดลมแบบนี้จะมีลักษณะคล้ายกรงกระรอก (Squirrel Cages) โดยใบพัดจะมีรูปร่างคล้ายถ้วยซึ่งจะเร่งอากาศให้มีความเร็วสูงและปล่อยออกจากตัวเรือนพัดลมด้วยความเร็วที่สูงกว่าความเร็วของอากาศที่ปลายใบพัด (Tip Speed) ลักษณะเช่นนี้จะทำให้ความเร็วรอบในการหมุนของล้อพัดลมแบบนี้ไม่สูงมากนัก ด้วยเหตุที่ระดับเสียงซึ่งเกิดขึ้นจากการทำงานของพัดลมจะสัมพันธ์กับความเร็วในการหมุนของล้อพัดลม ดังนั้น พัดลมชนิดนี้จึงมีระดับเสียงที่เกิดขึ้นจากการทำงานต่ำกว่าพัดลมแบบอื่น อย่างไรก็ตาม การที่ใบพัดมีลักษณะโค้งเอียงไปด้านหน้าจึงมีโอกาสที่ฝุ่นซึ่งปะปนมากับอากาศสามารถสะสมตัวอยู่ที่ผิวหน้าใบพัดได้ ดังนั้น จึงไม่ควรนำพัดลมแบบนี้ไปใช้กับระบบที่มีการปนเปื้อนของฝุ่น นอกจากนี้ยังไม่ควรนำไปใช้กับระบบระบายอากาศเฉพาะจุดซึ่งต้องการความดันสถิตสูง (แรงดูดมาก ๆ) โดยมากแล้วนิยมนำพัดลมแบบนี้ไปใช้ในระบบจ่ายอากาศหรืออากาศเติมในระบบระบายอากาศแบบเจือจางเท่านั้น

โดยปกติพัดลมแบบนี้จะเหมาะสำหรับระบบซึ่งต้องการอากาศในปริมาณน้อยถึงปานกลางที่ความดันสถิตต่ำ ๆ ซึ่งรูปที่ 14 (ข) จะแสดงลักษณะเส้นโค้งสมรรถนะสำหรับพัดลมแบบนี้ เมื่อพิจารณาเส้นโค้งความดันสถิตของพัดลมจะพบว่า ความดันสถิตมีค่าลดลงอยู่ช่วงหนึ่งในย่านอัตราการไหลต่ำซึ่งเป็นผลมาจากลักษณะของการออกแบบใบพัดเองดังแสดงด้วยการเว้าลงของเส้นโค้งความดันสถิตซึ่งถึงเป็นช่วงที่การทำงานของพัดลมไม่มีเสถียรภาพ (Unstable) ซึ่งมีโอกาสที่ความดันสถิตจะเกิดการแกว่งตัว ดังนั้น จึงไม่ควรนำพัดลมไปใช้งานในช่วงนี้เพราะจะมีประสิทธิภาพต่ำ



(ก)



(ข)

รูปที่ 14 ล้อพัดลมและเส้นโค้งสมรรถนะของพัดลมแรงเหวี่ยงแบบซี่ใบพัดโค้งหน้า
(ที่มา : ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ฉัดรชัย นิมมล)

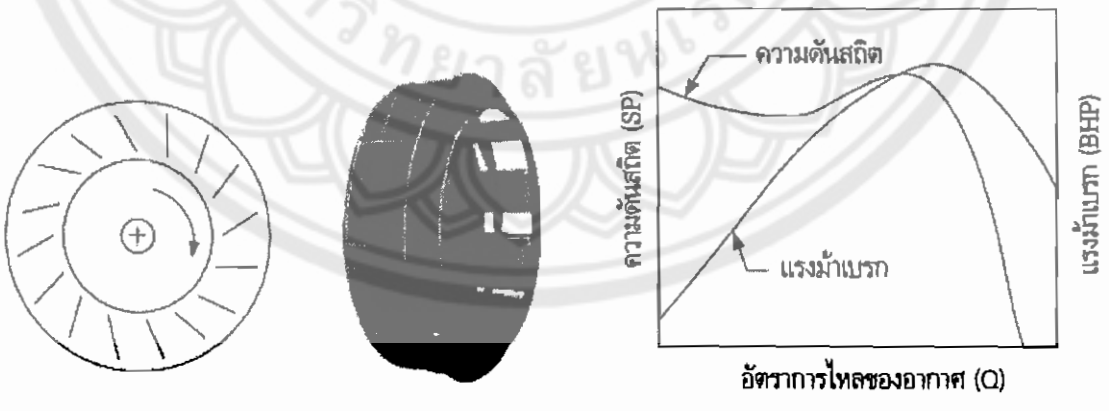
เมื่อพิจารณาพิจารณาเส้นโค้งแรงม้าเบรกจะพบว่า เมื่ออัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น พลังงานที่พัดลมต้องการก็จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน ถ้าระบบมีความต้านทานต่อการไหลจริงต่ำกว่าที่คำนวณได้ (ความดันสถิตต่ำกว่า) พัดลมจะทำงานที่อัตราการไหลสูงกว่าความต้องการจริงของระบบ (ลำเลียงอากาศได้มากกว่า) ซึ่งส่งผลให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานสิ่งที่กล่าวมานี้ถือเป็นข้อเสียของพัดลมแบบนี้

ค. แบบซี่ใบพัดเอียงหลัง

พัดลมแรงเหวี่ยงแบบซี่ใบพัดเอียงหลังจะมีการจัดวางใบพัดในลักษณะแบนตรงในทิศทางเอียงตรงกันข้ามกับทิศทางการหมุนของล้อพัดลม ดังแสดงในรูปที่ 15(ก) พัดลมแบบนี้จะมี

ประสิทธิภาพมากกว่าพัดลมแบบซี่ใบพัดโค้งหน้า ดังนั้น จึงถูกนำไปใช้กับระบบระบายอากาศที่ต้องการอากาศในปริมาณมาก การที่พัดลมชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูงเนื่องจากการออกแบบใบพัดที่ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของความดันเมื่อล้อพัดลมหมุน ความเร็วของอากาศที่ออกจากล้อของพัดลมค่อนข้างต่ำ ในบางกรณี ความเร็วของอากาศที่ต่ำนี้อาจถือเป็นข้อด้อยของพัดลมขนาดใหญ่ซึ่งต้องการความเร็วรอบสูงเพื่อให้อากาศไหลออกด้วยความเร็วสูง โดยผลของการที่ล้อพัดลมหมุนด้วยความเร็วสูง คือ จะเกิดความเค้นมากที่ล้อพัดลม ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นต้องออกแบบให้โครงสร้างของล้อพัดลมมีขนาดใหญ่มีเพลาถ่ายทอดกำลังจากภายนอกที่แข็งแรงรวมถึงแบริ่งที่ใช้ก็ต้องมีความทนทานเป็นพิเศษ ส่งผลให้ต้นทุนหรือราคาของพัดลมสูงขึ้นตามไปด้วย

หากสังเกตจากรูปร่างเส้นโค้งแรงม้าเบรกของพัดลมแบบนี้ในรูปที่ 15 (ข) จะพบว่าเส้นโค้งแรงม้าเบรกจะไม่ชันมากที่อัตราการไหลสูงเหมือนพัดลมสองแบบแรก กล่าวคือ แรงม้าเบรกจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนกระทั่งมีค่าสูงสุด จากนั้นแรงม้าเบรกจะลดลงเมื่ออัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น ลักษณะเช่นนี้จะช่วยให้พัดลมแบบนี้ไม่มีโอกาสที่จะทำงานเกินภาระ (Overload) ที่กล่าวมานี้ถือเป็นข้อดีที่ทำให้พัดลมแบบนี้มักถูกเลือกใช้กับระบบระบายอากาศในกรณีที่ไม่มั่นใจในความถูกต้องของแรงดันตกในระบบ (หรือความต้านทานการไหล) ที่คำนวณได้ หรือในกรณีที่ระบบมีการแกว่งตัวของความดัน ข้อดีอีกอย่างหนึ่งของพัดลมแบบนี้คือ เมื่ออัตราการไหลของอากาศเปลี่ยนแปลงความดันของอากาศจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก อย่างไรก็ตาม พัดลมแบบนี้ไม่เหมาะกับนำไปใช้ในระบบที่ต้องการอัตราการไหลต่ำ เนื่องจากจุดที่พัดลมทำงานอาจตกอยู่ในช่วงที่ไม่มีเสถียรภาพได้



(ก) (ข)

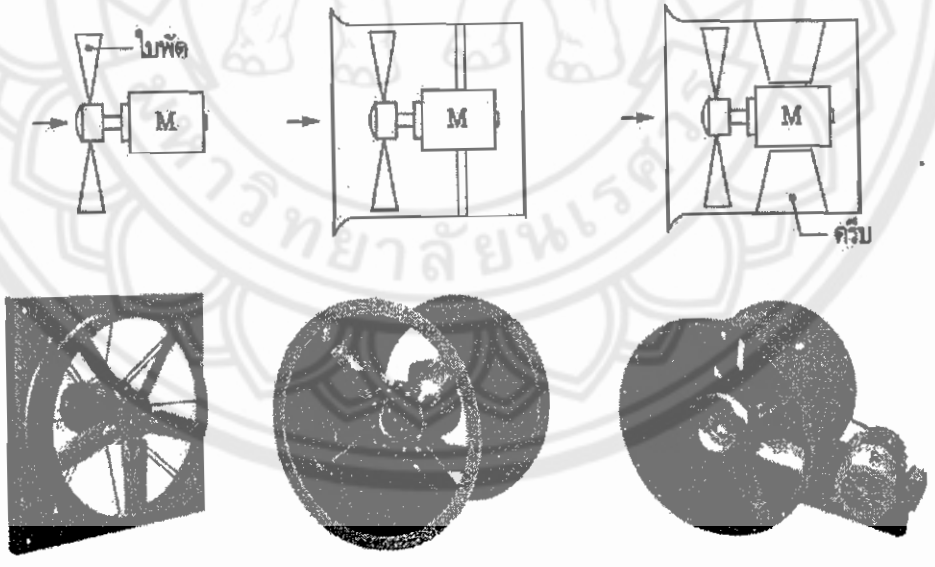
รูปที่ 15 ล้อพัดลมและเส้นโค้งสมรรถนะของพัดลมแรงเหวี่ยงแบบซี่ใบพัดเอียงหลัง

(ที่มา : ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ฉัตรชัย นิมมล)

2. พัดลมไหลตามแนวแกน

สำหรับพัดลมไหลตามแนวแกน แนวการไหลเข้าและออกจากพัดลมจะขนานกับแกนเพลาของใบพัดจัดเด่นของพัดลมแบบนี้ คือ สามารถลำเลียงอากาศได้ในปริมาณมาก ราคาถูก ขนาดกะทัดรัด และมีประสิทธิภาพในการทำงานสูง ส่วนจุดด้อยที่สำคัญของพัดลมแบบนี้ คือ ต้องทำงานด้วยความเร็วรอบในการหมุนสูงส่งผลให้เกิดเสียงดังมากขณะทำงาน สร้างความดันสถิตได้ค่อนข้างต่ำ นอกจากนี้ยังไม่เหมาะที่จะนำไปใช้กับระบบที่อากาศมีการปนเปื้อนของฝุ่น โดยปกติพัดลมแบบนี้มีลักษณะโครงสร้างหลายรูปแบบซึ่งมีความเหมาะกับงานในลักษณะที่แตกต่างกัน

รูปแบบแรกก็คือ พัดลมแบบใบแฉก (Propeller Fan) ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 16 (ก) โดยใบพัดซึ่งมีลักษณะเป็นแฉกจะหมุนอิสระบนแกนเพลา พัดลมแบบนี้จะสร้างความดันสถิตได้ต่ำกว่า 1 in.wg โดยจำนวนของใบพัดจะมีตั้งแต่ 2 ใบขึ้นไป พัดลมแบบนี้มักถูกนำไปใช้เพื่อการดึงของอากาศเข้าสู่อาคารและระบายอากาศออกจากตัวอาคาร (สำหรับระบบระบายอากาศแบบเจือจาง) ซึ่งจะทำได้โดยการติดตั้งไว้ที่ผนังหรือหลังคาของอาคาร ในบางกรณีสามารถพัดลมแบบนี้ไปใช้กับระบบระบายอากาศเฉพาะจุดของกระบวนการที่มีความร้อนซึ่งไม่ต้องการความเร็วในการดึงสารปนเปื้อนที่สูงมากนัก



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 16 ลักษณะของพัดลมไหลตามแนวแกน

(ที่มา : ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ฉัตรชัย นิมมล)

รูปแบบที่สอง จะเป็นพัดลมแบบใบแฉกที่ติดตั้งอยู่ในท่อ (Tube Axial Fan or Duct Fan) ดังแสดงในรูปที่ 16 (ข) จะเห็นว่าใบพัดจะติดตั้งอยู่ในตัวเรือนทรงกระบอก (คล้ายท่อสั้น) พัดลมแบบนี้สามารถสร้างความดันสถิตได้ปานกลาง (ต่ำกว่า 2 in.wg) ส่วนรูปแบบสุดท้ายจะเป็นพัดลมแบบใบแฉกชนิดมีครีบหรือแผ่นปรับทิศทางของอากาศ (Vane Axial Fan) ซึ่งแสดงดังรูปที่16 (ค) โดยแผ่นปรับทิศทางลมนี้จะติดตั้งอยู่ที่ทางออกของพัดลมซึ่งช่วยให้อากาศที่ไหลผ่านใบพัดมีลักษณะตรงไม่หมุนเหมือนพัดลมสองแบบแรก เมื่อเปรียบเทียบกับพัดลมไหลตามแนวแกนสองแบบแรกแล้ว พัดลมแบบนี้จะมีประสิทธิภาพในการทำงานที่สูงและสามารถสร้างความดันสถิตได้สูงกว่า

รูปที่ 17 แสดงเส้นโค้งสมรรถนะของพัดลมไหลตามแนวแกนซึ่งจะมีลักษณะคล้ายกันทั้งสามรูปแบบที่กล่าว จะเห็นว่าพัดลมแบบนี้จะสร้างความดันสูงสุดได้ในช่วงอัตราการไหลของอากาศปานกลาง นอกจากนี้มีช่วงที่ไม่มีเสถียรภาพในการทำงานเช่นเดียวกับพัดลมแรงเหวี่ยงแบบซี่ใบพัดโค้งหน้าและแบบซี่ใบพัดเอียงหลังซึ่งจะอยู่ทางด้านซ้ายของค่าความดันสูงสุด ดังนั้น จึงควรหลีกเลี่ยงการเลือกใช้พัดลมในช่วงดังกล่าวนี้ ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดการแกว่งตัวของความดันและปริมาณอากาศที่ไหลผ่านพัดลม

รูปที่ 17 เส้นโค้งสมรรถนะของพัดลมไหลตามแนวแกน
(ที่มา : ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ฉัตรชัย นิมมล)

2.4.5 การเลือกใช้พัดลม

การเลือกใช้พัดลมที่จะกล่าวในที่นี้ไม่เพียงจะเกี่ยวข้องกับการจัดหาพัดลมให้เหมาะสมกับความต้องการของระบบ (อัตราการไหลและความดันสถิต) ที่ได้ออกแบบไว้เท่านั้น แต่ยังเกี่ยวข้องกับการติดตั้ง อุณหภูมิของอากาศในระบบ คุณลักษณะของการไหลของอากาศ รวมถึงลักษณะการจัดวางหรือการติดตั้งชุดต้นกำลัง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- อัตราการไหลของอากาศที่ระบบต้องการ (Q) ซึ่งแสดงในหน่วย cfm จะเป็นตัวกำหนดความสามารถของพัดลมซึ่งส่งผลโดยตรงต่อขนาดและชนิดของพัดลมที่ใช้
- ความดันที่ระบบต้องการ โดยอาจแทนด้วยความดันสถิตของพัดลม (FSP) หรือความดันรวมของพัดลม (FTP) ก็ได้ ซึ่งแสดงในหน่วย in.wg ที่สภาวะมาตรฐานอากาศ ในกรณีที่ความดันดังกล่าวนี้ไม่ใช่ความดันที่สภาวะมาตรฐานจะต้องปรับแก้ค่าความหนาแน่นของอากาศเสียก่อน
- ชนิดของสารปนเปื้อนที่ปะปนกับกระแสการไหลของอากาศ ซึ่งเป็นตัวกำหนดชนิดของพัดลมที่ใช้หากสารปนเปื้อนเป็นควันหรือฝุ่นปริมาณเล็กน้อยก็สามารถใช้พัดลมแรงเหวี่ยงแบบซี่ใบพัดเอียงหลังหรือพัดลมไหลตามแนวแกนได้ แต้ถ้าสารปนเปื้อนเป็นฝุ่นเบาหรือละอองไอที่มีความชื้น พัดลมแรงเหวี่ยงแบบซี่ใบพัดเอียงหลังหรือแบบซี่ใบพัดหน้าตรงจะเหมาะสมในการใช้งานมากกว่า แต่ในกรณีที่สารปนเปื้อนมีลักษณะเป็นฝุ่นซึ่งมีปริมาณหรือความเข้มข้นมากควรใช้พัดลมแรงเหวี่ยงแบบซี่ใบพัดหน้าตรง
- คุณลักษณะของสารปนเปื้อน ซึ่งเป็นตัวกำหนดชนิดของวัสดุที่นำมาสร้างพัดลม เช่น ถ้าสารปนเปื้อนมีความในการกัดกร่อนสูง พัดลมที่ใช้ควรสร้างจากโลหะผสม หรือเหล็กสแตนเลส ซึ่งวัสดุทั้งสองชนิดนี้จะมีราคาค่อนข้างสูง ในบางกรณีอาจใช้พัดลมที่ทำจากไฟเบอร์กลาสหรือพลาสติกเสริมแรงก็ได้ซึ่งมีราคาถูกกว่า นอกจากนี้ยังอาจใช้วัสดุเคลือบผิวเพื่อป้องกันการกัดกร่อนก็ได้ซึ่งถือเป็นวิธีที่นิยมกันอย่างกว้างขวาง
- อุณหภูมิของอากาศ ซึ่งเป็นตัวกำหนดชนิดของวัสดุที่นำมาสร้างพัดลม กล่าวคือ อากาศที่มีอุณหภูมิสูงจะส่งผลต่อความแข็งแรงของตัวพัดลมขณะทำงาน ดังนั้น การเลือกวัสดุที่นำมาทำเป็นส่วนประกอบของพัดลมจึงเป็นที่ต้องให้ความสำคัญ
- **พื้นที่สำหรับติดตั้งพัดลม ซึ่งเป็นตัวกำหนดขนาดหรือมิติ (Dimension) ของพัดลมที่ใช้ รวมถึงความยากง่ายในการซ่อมบำรุง หากไม่มีการพิจารณาพื้นที่สำหรับติดตั้งพัดลมแล้วอาจพบว่าพัดลมที่ได้ถูกเลือกซึ่งคิดว่ามีประสิทธิภาพสูงสุดอาจไม่สามารถติดตั้งในบริเวณที่ต้องการได้**

- ลักษณะของต้นกำลังที่ใช้ในการขับพัดลม โดยทั่วไปมักใช้มอเตอร์ไฟฟ้า โดยหากเป็นพัดลมขนาดเล็กผู้ผลิตมักติดมอเตอร์มาพร้อมกับพัดลม แต่หากเป็นพัดลมขนาดใหญ่ มอเตอร์กับพัดลมจะแยกส่วนกัน โดยมอเตอร์สามารถถ่ายทอดกำลังขับพัดลมโดยตรง (Direct Drive) ซึ่งเป็นระบบที่ไม่ซับซ้อน แต่ความเร็วรอบของพัดลมเท่ากับความเร็วของมอเตอร์ หรือสามารถถ่ายทอดกำลังขับให้พัดลมโดยทางอ้อมผ่านสายกำลัง (Belt Drive) ซึ่งจะมีความยุ่งยากกว่า แต่เหมาะสมกับระบบที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการของระบบ (อัตราการไหลและความดัน) อันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงกระบวนการหรือการออกแบบหัวดูดใหม่
- ข้อกำหนดเกี่ยวกับระดับเสียงที่เกิดจากการทำงานของพัดลม ซึ่งเป็นตัวกำหนดชนิดของพัดลมหรือความเร็วรอบในการทำงานของพัดลม รวมถึงความจำเป็นในการใช้อุปกรณ์ลดเสียงดังของพัดลม

เมื่อได้ข้อมูลทุกอย่างตามที่กล่าวมาแล้วก็สามารถกำหนดชนิดของพัดลมที่ใช้ วัสดุที่ใช้ทำพัดลม รวมถึงลักษณะของต้นกำลังที่ใช้ขับพัดลม ส่วนที่เหลือก็คือขนาดของพัดลม (Fan Size) ซึ่งหมายถึง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของพัดลมและมิติของพัดลม รวมถึงขนาดของต้นกำลังของต้นกำลังขับ (แรงม้าเบรก) สิ่งเหล่านี้สามารถหาหรือเลือกได้จากพิกัดสมรรถนะของพัดลม (Fan Rating) ซึ่งก็คือ แคตตาล็อกสำหรับการเลือกพัดลมจากผู้ผลิตนั่นเอง

การเลือกพัดลมจะอาศัยข้อมูลที่สำคัญ 2 ตัวได้แก่ อัตราการไหลของอากาศ(Q) และความดันสถิตของพัดลม (FSP) โดยทั่วไป พิกัดสมรรถนะของพัดลมจะแสดงได้ใน 2 รูปแบบ คือ รูปแบบของเส้นกราฟซึ่งก็คือเส้นโค้งสมรรถนะของพัดลม และรูปของตาราง (Fan Rating Table) โดยข้อมูลพิกัดสมรรถนะของพัดลมจะได้มาจากการทดสอบพัดลมของผู้ผลิตซึ่งการทดสอบจะกระทำตามมาตรฐานของAMC (American Movement and Control Association) ภายใต้ภาวะมาตรฐานอากาศ

ในบางครั้ง ผู้ผลิตพัดลมอาจแสดงภาวะที่พัดลมทำงานด้วยประสิทธิภาพสูงสุดและมีระดับเสียงที่เกิดขึ้นจากการทำงานน้อยที่สุดเอาไว้ด้วย โดยภาวะที่ว่านี้หมายถึง ความเร็วรอบในการหมุน (rpm) และแรงม้าเบรก (BHP) โดยอาจจะใช้วิธีแรเงาตารางพิกัดสมรรถนะหรืออาจใช้วิธีการอื่น

2.4.6 เสียงที่เกิดจากการทำงานของพัดลม

การทำงานของพัดลมจะทำให้เกิดเสียงดัง ซึ่งจะมากหรือน้อยก็ขึ้นกับชนิดของพัดลมที่ใช้ รวมถึงลักษณะการติดตั้งว่าถูกต้องหรือไม่ ปัญหาเรื่องเสียงนี้อาจรุนแรงและต้องให้ความเอาใจใส่

เป็นอย่างมาก หากสถานที่ติดตั้งระบบระบายอากาศอยู่ในแหล่งชุมชนหรือสถานที่ที่มีข้อบังคับในเรื่องระดับเสียง โดยทั่วไป เสียงที่เกิดจากการทำงานของพัดลมจะมาจากสาเหตุหลัก 2 ประการ คือ เกิดจากความปั่นป่วนในการไหลของอากาศในระบบ (Turbulent Noise) และเกิดจากการเคลื่อนที่หรือการสั่นของชิ้นส่วนของพัดลม (Mechanical Noise)

เสียงที่เกิดจากความปั่นป่วนในการไหลของอากาศในระบบเกิดจากการที่อากาศซึ่งเคลื่อนด้วยความเร็วสูงผ่านล้อพัดลม การไหลปะทะกับตัวเรือนพัดลม และการเปลี่ยนแปลงทิศทางของอากาศที่ทางเข้าและทางออกของพัดลมเสียงที่เกิดขึ้นนี้จะส่งผ่านท่อเข้าสู่ตัวอาคารหรือบริเวณที่ติดตั้งพัดลมรวมถึงเข้าไปสู่บริเวณที่ระบบท่อติดตั้งอยู่ด้วยซึ่งเสียงที่เกิดขึ้นในกรณีนี้ถือเป็นแหล่งกำเนิดเสียงหลักซึ่งสามารถลดระดับเสียงลงได้ด้วยการเลือกใช้พัดลมให้เหมาะสม โดยต้องทราบถึงคุณลักษณะของพัดลมแต่ละชนิดก่อนเลือกใช้ นอกจากนี้ต้องพยายามเลือกใช้พัดลมที่มีขนาดใหญ่ และมีความเร็วรอบในการทำงานต่ำ พยายามติดตั้งท่อทางเข้าและท่อทางออกของพัดลมให้ถูกต้องหลีกเลี่ยงการติดตั้งในลักษณะที่จะทำให้เกิดผลกระทบของระบบ และด้วยเหตุที่เสียงซึ่งเกิดจากการทำงานของพัดลม ความดันสถิต และความต้านทานในระบบ ล้วนมีความสัมพันธ์ต่อกันในลักษณะของการแปรผันโดยตรง ดังนั้น การลดความต้านทานในระบบก็จะเป็นการลดเสียงที่เกิดขึ้นโดยตรงได้อีกทางหนึ่ง

สำหรับเสียงที่เกิดจากการเคลื่อนที่หรือการสั่นของชิ้นส่วนของพัดลมจะมีแหล่งกำเนิดเสียงมาจากการทำงานของต้นกำลังขับ (เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า) เสียงจากแบริ่ง สายพานกำลังส่ง การสั่นของตัวเรือนพัดลมอันเนื่องจากการหมุนของล้อพัดลมอาจแก้ไข้ได้โดยการใช้อุปกรณ์ดูดกลืนการสั่นสะเทือนที่จุดรองรับพัดลม หรือโดยการติดตั้งข้อต่อแบบยืดหยุ่น (Flexible Connection) ระหว่างท่อทางเข้าและท่อทางออกกับตัวพัดลม นอกจากนี้ควรตรวจสอบหรือสังเกตความผิดปกติของแบริ่ง ความตึงของสายพานส่งกำลัง และการหมุนล้อพัดลมในขณะทำงานซึ่งการหมุนของล้อพัดลมในลักษณะที่ไม่สมดุล (Unbalance) ก็อาจเป็นสาเหตุให้พัดลมเกิดการสั่นอย่างรุนแรงส่งผลให้เกิดเสียงดังขณะทำงาน

2.5 มาตรฐาน ACGIH ของระบบระบายอากาศในห้องครัว

เหตุผลสำคัญในการระบายอากาศในห้องครัว คือ ป้องกันกลิ่นปรุงอาหารทะลักเข้าบริเวณรับประทานอาหาร การปฏิบัติจะต้องใช้การดูดอากาศผ่าน Hood ออกนอกห้องครัว และพัดลมอีกชุดหนึ่งส่งลมเข้าด้วยปริมาณที่น้อยกว่า ทั้งนี้เพื่อให้มีอากาศถ่ายเท (Transfer Air) ไหลเข้าห้องครัวป้องกันกลิ่นทะลักออก และเป็นการควบคุมปริมาณอากาศ (Condition Air) ไม่ถูกดูดทิ้งมากเกินไป

จำนวนครั้งของการเปลี่ยนปริมาตรอากาศต่อหนึ่งชั่วโมง (Air change/hr) ที่ต้องการภายในห้องครัวตามมาตรฐาน คือ 15 แต่ไม่เกิน 30

สมการสำหรับการคำนวณหาค่า Air change/hr

$$\text{Air change/hr} = (Q)(60)/ A_C \qquad (12)$$

เมื่อ A_C คือ ปริมาตรของห้องครัว (ft^3)

Q คือ อัตราการไหลของอากาศ (cfm)

2.5.1 ข้อกำหนดมาตรฐาน สำหรับการระบายอากาศในห้องครัว

1. ต้องมีการกัก หรือดักจับไอน้ำ, ไอไขมัน, ไอปนเปื้อนที่เกิดจากการปรุงอาหารโดยแผ่นกรองไอไขมัน (Grease Filter) ไม่ให้ระบายออกนอกห้องครัว

2. ครอบดูดลมทิ้ง (Hood) ที่ต่อเข้ากับระบายลมต้องมีความสามารถในการระบายลมได้ตามข้อกำหนดดังนี้

- ครอบดูดลมทิ้งชนิดติดตั้งกลางห้อง (Island Type Hood) ต้องสามารถดูดลมทิ้งได้ไม่ต่ำกว่า 125 cfm ต่อหนึ่งตารางฟุตของพื้นที่หน้าตัดหัวครอบ (2,285 m^3/hr ต่อหนึ่งตารางเมตรของพื้นที่หน้าตัดหัวครอบ)
- ครอบดูดลมทิ้งชนิดผนัง (Hood Against Wall) ต้องสามารถดูดลมทิ้งได้ไม่ต่ำกว่า 80 cfm ต่อหนึ่งตารางฟุตของพื้นที่หน้าตัดหัวครอบ (1,463 m^3/hr ต่อหนึ่งตารางเมตรของพื้นที่หน้าตัดหัวครอบ)

3. ห้องครัวจึงต้องเป็นห้องที่มีผนังอย่างน้อยหนึ่งด้านเป็นผนังภายนอกเพื่อนำลมเข้า หรือจะต้องมีวิธีการส่งลมจากภายนอกเข้าสู่ห้องครัว โดยสามารถควบคุมปริมาณอากาศ และการกระจายอากาศลงสู่ที่หรือบริเวณตามต้องการ

4. ท่อระบายลมห้องครัว

- ท่อลมห้องครัว ต้องทำจากวัสดุเหล็กแผ่นดำ (Carbon Steel) หนาไม่น้อยกว่า 1.37 มิลลิเมตร หรือ แผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเบอร์ 16 MSG หนาไม่น้อยกว่า 1.09 มิลลิเมตร
- ท่อลมต้องไม่มีส่วนใดเป็นแอ่ง งอ หรือ ยื่นขวาง ที่จะทำให้สิ่งเจือปนลมตกค้างในท่อ

- ท่อลมระบายออกต้องแยกอิสระไม่รวมกับท่อลมอื่น และแยกออกจากลมนำเข้า
- ท่อลมต้องไม่ทะลุผ่านผนังกันไฟ
- ท่อลมต้องตรงและสั้นเท่าที่จะเป็นไปได้
- ปากท่อลมระบายจากห้องครัวต้องอยู่ห่างจากช่องลมนำเข้าไม่น้อยกว่า 3.80 เมตร ตามแนวราบ หรือไม่น้อยกว่า 10 เมตร หากอยู่ใต้ช่องลมนำเข้าและไม่น้อยกว่า 6.50 เมตร ตามแนวทแยงอยู่เหนือปากท่อลมระบาย
- ตามความยาวของท่อลม ทุก ๆ ระยะไม่เกิน 4 เมตร จะต้องมีที่เปิดเพื่อทำความสะอาดภายในท่อลมได้ และที่ระยะประมาณ 1 เมตร จากทั้ง 2 ด้านของพัดลมเพื่อตรวจและทำความสะอาดพัดลมได้
- ท่อลมต้องมีความลาดเพื่อให้ไอน้ำมันที่จับตัวเป็นของเหลวให้ไหลกลับคืนครอบดูดทิ้ง
- ต้องมีอุปกรณ์ติดไว้ในท่อลม เพื่อส่งสัญญาณให้พัดลมระบบห้องครัวหยุดทำงานเมื่อมีไฟลุกไหม้ในท่อลม
- ควรมีหัวฉีดน้ำอัตโนมัติติดไว้ภายในท่อลมตรงจุดที่เหมาะสม