บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

เป้าหมายการออกแบบระบบการระบายอากาศในทุกๆพื้นที่ของโรงงาน ให้เกิดสภาวะอากาศและสิ่งแวดล้อมที่ดีแก่ผู้ปฏิบัติงานรวมถึงคุณภาพของกระบวนการผลิต ซึ่งจะเป็นการลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานด้วย จากวัตถุประสงค์นี้ จะเป็นจริงและเกิดผลเป็นที่น่าพอใจได้นั้น ต้องใช้วิธีการควบคุมสภาวะเงื่อนไขของอากาศ อาทิ ปริมาณความร้อนและสิ่งปนเปื้อนหรือทั้งสองอย่าง หากมองไปที่สภาวะของอากาศในพื้นที่ที่ทำงานแล้ว จะพบว่าในช่วงฤดูร้อนอากาศจะมีอุณหภูมิสูง ดังนั้นการทำให้สภาวะอากาศภายในโรงงานให้สบายแก่ผู้ปฏิบัติงานและเครื่องจักรปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพ ต้องทำระบบการระบายอากาศเข้ามาช่วย

ในการออกแบบสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ คือการนำเอาอากาศภายนอกโรงงานเข้ามาหมุนเวียนแลกเปลี่ยนกับอากาศภายในโรงงาน ซึ่งถ้าหากนำเข้ามาในปริมาณที่เหมาะสมจะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้มาก ฉะนั้นการนำเอาอากาศภายในโรงงานออก จะต้องออกแบบให้มีผลกระทบต่อปริมาณการระเหยของไอน้ำน้อยที่สุด เพื่อทำให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้ปฏิบัติงานและทรัพย์สิน

เทคนิคในการระบายอากาศให้ได้ผล และทำพอสบายอยู่ได้ก็อาศัยหลักการถ่ายเทอากาศให้มีปริมาณเพียงพอ ที่จะทำให้เกิดกระแสลมนั่นเอง

การกำหนดค่าปริมาณการถ่ายเทอากาศ ทางวิศวกรรมเรียกว่า Airchanges/ hr. หรือปริมาณปริมาตรการถ่ายเทอากาศคิดเป็นจำนวนเท่าของปริมาตรห้องภายในหนึ่งชั่วโมง อย่างเช่นในปัจจุบัน เทศบัญญัติระบุให้อาคารจอดรถที่อยู่ใต้ดิน ต้องมีการถ่ายเทอากาศไม่น้อยกว่า 4 เท่าของปริมาตร ห้อง / ชั่วโมง ก็คือ 4 Airchanges / hr. (4 A / C / hr) อย่างไรก็ตามผู้ออกแบบมักจะออกแบบที่ประมาณ 6 A / C / hr. เนื่องจากพฤติกรรมการใช้รถในบ้านเราจะมีรถที่ติดเครื่องยนต์ ไม่ว่าจะเป็นการวนหาที่จอดรถ

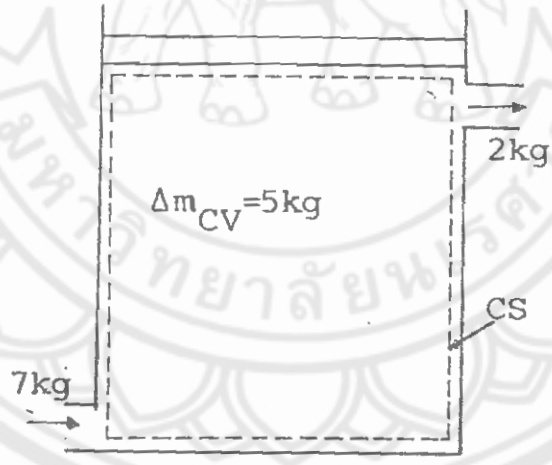
โดยทั่วไปมักจะกำหนดให้การระบายอากาศเป็นดังนี้

	A /C /hr.
ห้องใช้งานทั่วไป	15
ห้องเก็บของ	10
ห้องน้ำ	20-30
ห้องเครื่อง	30-40

ทฤษฎีที่จำเป็นและเกี่ยวข้องซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการออกแบบการระบายอากาศโดยพัดลมสามารถแยกเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับกลศาสตร์ข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์สำหรับปริมาตรควบคุม (CV)

ในการวิเคราะห์ปริมาตรควบคุมจำเป็นต้องทราบกฎการอนุรักษ์ของมวล และการอนุรักษ์ของพลังงานควบคู่กันไป



รูปที่ 2.1 กฎการอนุรักษ์ของมวลสำหรับปริมาตรควบคุม
(ที่มา อุณหพลศาสตร์ 1,มนตรี พิรุณเกษตร)

ซึ่งกฎของการอนุรักษ์ของมวล

$$\left\{\begin{array}{l}\text{มวลไหลเข้าปริมาตร}\\ \text{ควบคุมทั้งหมด}\end{array}\right\} - \left\{\begin{array}{l}\text{มวลไหลออกจาก}\\ \text{ปริมาตรควบคุมทั้งหมด}\end{array}\right\} = \left\{\begin{array}{l}\text{การเปลี่ยนแปลงของ}\\ \text{มวลสุทธิภายใน CV}\end{array}\right\}$$

$$\sum m_i - \sum m_e = \Delta m_{CV} \qquad (2.1)$$

พิจารณาในรูปสมการเชิงอัตรา

$$\sum \dot{m}_i - \sum \dot{m}_e = \frac{d}{dt} \Delta \dot{m}_{CV} \qquad (2.2)$$

บางครั้งสมการ (2.2) ว่า "สมการความต่อเนื่อง"

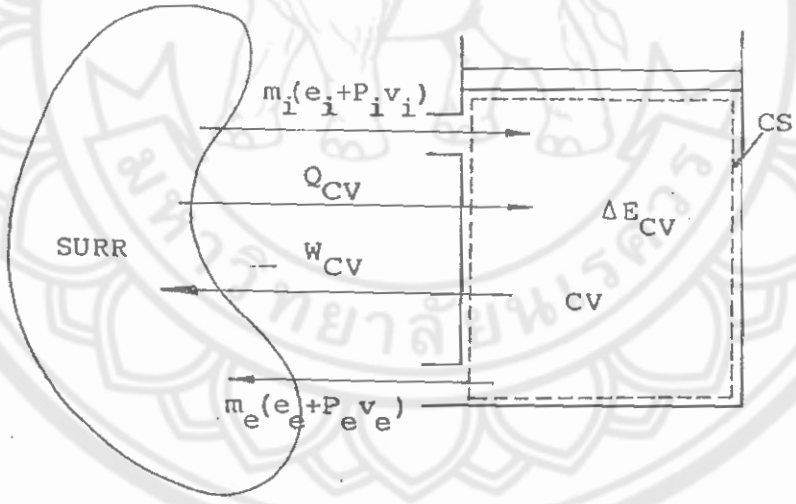
ในส่วนกฎการอนุรักษ์ของพลังงานที่ใช้ในการการวิเคราะห์กฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์สำหรับปริมาตรควบคุม อาศัยกฎการอนุรักษ์ของพลังงานหรือกฎข้อหนึ่งของอุณหพลศาสตร์สำหรับระบบช่วยพิสูจน์ ซึ่งอาจกล่าวเป็นสมการได้ได้ดังนี้

$$Q_{CV} - W_{CV} + \sum E_{in} - \sum E_{out} = \Delta E_{CV} \qquad (2.3)$$

พิจารณาในรูปสมการเชิง

อัตรา

$$\dot{Q}_{CV} - \dot{W}_{CV} + \sum \dot{m}_i \left(h_i + \frac{V_i^2}{2} + gZ_i \right) - \sum \dot{m}_e \left(h_e + \frac{V_e^2}{2} + gZ_e \right) = \frac{d}{dt} E_{CV} \qquad (2.4)$$



รูปที่ 2.2 กฎการอนุรักษ์ของพลังงานสำหรับปริมาตรควบคุม

(ที่มา อุณหพลศาสตร์ 1,มนตรี พิรุณเกษตร)

2.2 กระบวนการสภาวะคงตัว – การไหลคงตัว (กระบวนการ SSSF)

อุปกรณ์ทางวิศวกรรมจำนวนมากอาทิเช่น กังหัน คอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์ หรือนอซเซิลมีลักษณะการทำงานอยู่ในช่วงระยะเวลายาวนานภายใต้สภาวะคงตัว จึงพิจารณาเป็นอุปกรณ์ที่ดำเนินกระบวนการ SSSF

กระบวนการหนึ่ง ๆ จะพิจารณาว่าเป็นกระบวนการการไหลคงตัว นั้น จะต้องสอดคล้องกับสมมติฐานดังต่อไปนี้

1.ปริมาตรควบคุมไม่เคลื่อนที่เมื่อเทียบกับกรอบอ้างอิง (กรอบพิกัด)

2.มวลภายในปริมาตรควบคุม สภาวะของมวลในแต่ละจุดภายในปริมาตรควบคุมนั้น ไม่เปลี่ยนแปลงกับเวลา

$$\frac{d}{dt}m_{CV} = 0 \qquad \text{และ} \qquad \frac{d}{dt}E_{CV} = 0 \tag{2.5}$$

สมการความต่อเนื่อง ; $$\sum \dot{m}_i = \sum \dot{m}_e \tag{2.6}$$

จากกฎข้อที่หนึ่ง;

$$\dot{Q}_{CV} - \dot{W}_{CV} + \sum \dot{m}_i \left(h_i + \frac{V_i^2}{2} + gZ_i \right) - \sum \dot{m}_e \left(h_e + \frac{V_e^2}{2} + gZ_e \right) = 0 \tag{2.7}$$

3. อัตราของมวลไหลข้ามผิวควบคุม สภาวะของมวลที่ไหล อัตราของการถ่ายเทความร้อนและงานข้ามผิวควบคุมนั้นคงที่

สำหรับปริมาตรควบคุมที่มีทางเข้าเดียว และทางออกทางเดียว

สมการความต่อเนื่อง; $$\dot{m}_i = \dot{m}_e = \dot{m} \tag{2.8}$$

จากกฎข้อที่หนึ่ง;

$$\dot{Q}_{CV} - \dot{W}_{CV} + \dot{m} \left(h_i - h_e + \frac{V_i^2}{2} - \frac{V_e^2}{2} + gZ_i - gZ_e \right) = 0 \tag{2.9}$$

$\dot{m}$ หารสมการ (2.9)ตลอด จะได้

$$q - w + h_i - h_e + \frac{V_i^2}{2} - \frac{V_e^2}{2} + gZ_i - gZ_e = 0 \tag{2.10}$$

โดยที่ $q = \frac{\dot{Q}_{CV}}{\dot{m}}$ และ $w = \frac{\dot{W}_{CV}}{\dot{m}}$ และมีหน่วยเป็น kJ / kg

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับแผนภูมิไซโครเมตริก (Psychometric Chart)

แผนภูมิไซโครเมตริกเป็นแผนภาพสำหรับศึกษาคุณสมบัติต่าง ๆ ของอากาศในบรรยากาศ ซึ่งเป็นของผสมระหว่างอากาศแห้ง (Dry Air) และไอน้ำ (Water Vapor) หรือเรียกอีกอย่างว่าอากาศชื้น (Moist Air) เพื่อนำมาเป็นพื้นฐานสำหรับศึกษากระบวนการต่าง ๆ ที่ใช้ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นรวมไปถึงการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนและมวลของอากาศในอุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบการทำความเย็นและการปรับอากาศ

2.3.1 คุณสมบัติของอากาศเกี่ยวกับแผนภูมิไซโครเมตริก

คุณสมบัติของอากาศทั้ง 7 ค่า ได้แก่ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง อุณหภูมิจุดน้ำค้าง อัตราส่วนความชื้นสัมพัทธ์ เอนทาลปี ปริมาตรจำเพาะ และอุณหภูมิกระเปาะเปียกจะถูกนำมาเขียนลงบนแผนภูมิไซโครเมตริกที่ความดันบรรยากาศ (101.325 kPa) หรือความดันอื่น โดยกำหนดให้อุณหภูมิกระเปาะแห้งอยู่บนแกน X และอัตราความชื้นอยู่บนแกน Y ซึ่งคุณสมบัติต่าง ๆ ของอากาศ ทั้ง 7 ค่า นั้น สามารถพิจารณาได้ดังนี้

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature, T_{DB}) คือ อุณหภูมิที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง ซึ่งในการวัดจะต้องให้กระเปาะอยู่ในอากาศที่ถ่ายเทได้สะดวก เพื่อให้ค่าที่อ่านได้ถูกต้องและป้องกันค่าผิดพลาดจากการแผ่รังสี

อุณหภูมิจุดน้ำค้าง(Dew Point Temperature, T_{DP}) คือ อุณหภูมิที่ไอน้ำในอากาศเริ่มกลั่นตัวเป็นของเหลวโดยที่ความดันไอคงที่ ซึ่งก็คืออุณหภูมิไออิ่มตัวที่ความดันไอขณะนั้นนั่นเอง

ความชื้นจำเพาะ(Humidity Ratio or Specific Humidity, W) คือ อัตราระหว่างมวลไอน้ำ (m_s) ต่อมวลอากาศแห้ง (m_a)ที่มีอยู่ในอากาศ(ชื้น)

ความชื้นสัมพัทธ์(Relative Humidity, RH)คือ อัตราส่วนระหว่างความดันของไอน้ำ (P_s) ต่อความดันอิ่มตัวของไอน้ำ (P_{sat}) ที่อุณหภูมิเดียวกัน

เอนทาลปี (Enthalpy, h) คือ ผลรวมของเอนทาลปีของอากาศแห้ง ความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) และเอนทาลปีของไอน้ำ[ความร้อนแฝง (Latent Heat) ในอากาศ

ปริมาตรจำเพาะ(Specific Volume, v) คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาตรของอากาศ (V) ต่อมวลของอากาศแห้ง (m_a) เท่านั้น นั้น ไม่ได้คิดมวลของไอน้ำรวมอยู่ด้วย

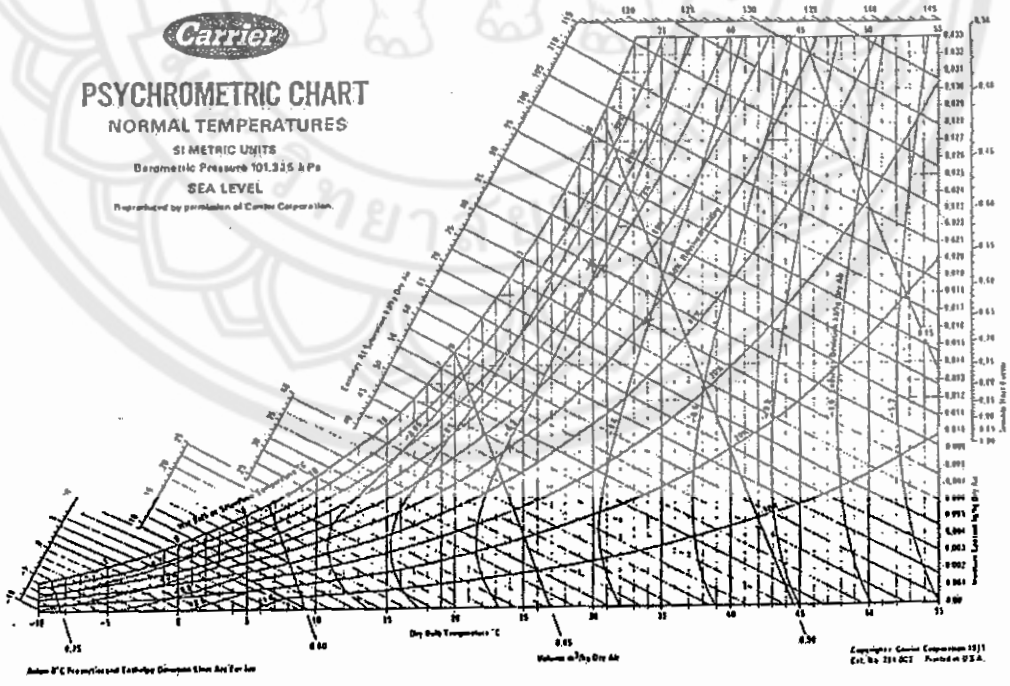
อุณหภูมิกระเปาะเปียก(Wet Bulb Temperature , T_{WB}) คือ อุณหภูมิที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์ที่กระเปาะถูกหุ้มด้วยสำลีหรือผ้าที่ชื้น ซึ่งในการวัดจะต้องให้กระเปาะอยู่ในที่กระแสลมมีความเร็วประมาณ 5-10 m/s พัดผ่านกระเปาะ

2.3.2 การอ่านค่าจากแผนภูมิไซโครเมตริก

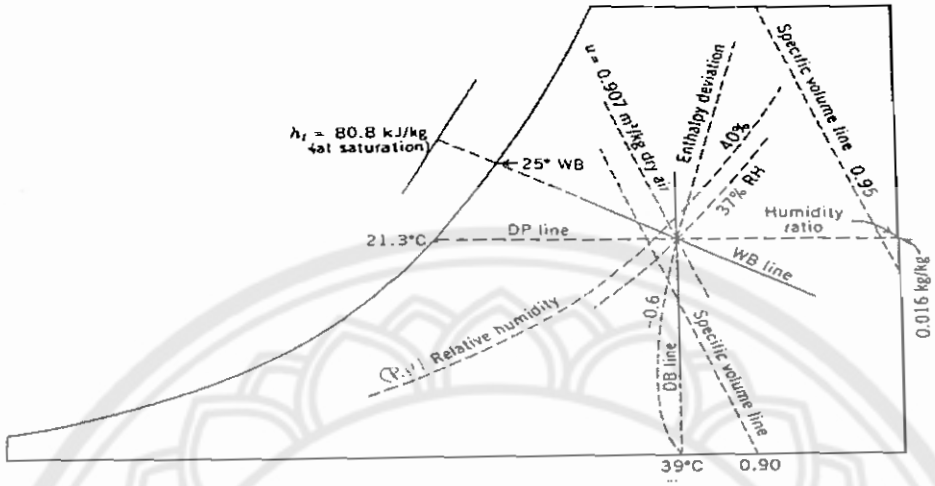
แผนภูมิไซโครเมตริกเป็นกราฟซึ่งแสดงคุณสมบัติของอากาศ แสดงในรูป2.3 ค่าที่กำหนดในแผนภูมิเป็นค่าที่ได้จากมาตรฐาน

รูปที่ 2.4 เป็นการแสดงให้เห็นถึงโครงสร้างทั่วๆไปของแผนภูมิไซโครเมตริก และคุณสมบัติพื้นฐานบางอย่างของอากาศ

1. เส้นในแนวดิ่งของแผนภูมิเป็นเส้นอุณหภูมิ T_{DB} คงที่
2. เส้นในแนวราบเป็นเส้นอุณหภูมิ T_{DP} คงที่ และอัตราส่วนความชื้น
3. เส้นที่ลากทแยงมุม เป็นส้นอุณหภูมิ T_{WB} คงที่
4. เส้นที่ลากในแนวดิ่งแต่เฉียงมาทางซ้ายเป็นส้นปริมาตรจำเพาะคงที่
5. เส้นโค้งที่ลากจากด้านล่างซ้ายมือไปยังด้านขวามือบนแผนภูมิเป็นเส้นชื้นสัมพัทธ์ (RH) และเส้นส่วนโค้งทางซ้ายสุดของแผนภูมิเป็นเส้น 100% RH และ เป็นที่รู้กันดีเป็นเส้นอิ่มตัว อากาศที่สภาวะเช่นนี้
6. เส้น โค้งหักเห (Deviation Curve) เป็นเส้นของเอนทาลปีที่ผิดไปจากเอนทาลปีจำเพาะ



รูปที่ 2.3 แผนภูมิไซโครเมตริก
(ที่มา หนังสือการทำความเย็น, อัครเดช สินธุภัค)



รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างของแผนภูมิไซโครเมตริก
(ที่มา หนังสือการทำความเย็น, อัครเดช สินธุภัค)

2.4 กระบวนการปรับอากาศ

กระบวนการทำความเย็นและการปรับอากาศโดยทั่วไปแล้วเป็นกระบวนการความดันคงที่ และกระบวนการเหล่านี้สามารถที่จะทำการวิเคราะห์ให้เห็นได้อย่างชัดเจนในแผนภูมิไซโครเมตริก

สำหรับกระบวนการทำความร้อนและเย็นแบบสัมผัส คือ กระบวนการที่มีผลทำให้อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศเพิ่มขึ้นหรือลดลงโดยที่ไม่มีการเพิ่มหรือลดความชื้น (ความชื้นในอากาศหรือความชื้น จำเพาะคงที่ และเมื่อพิจารณากระบวนการดังกล่าวจะได้ว่า

กฎทรงมวล : $$\sum \dot{m}_i = \sum \dot{m}_e \qquad (2.11)$$

สมดุลมวลของอากาศแห้ง : $$\dot{m}_{a1} = \dot{m}_{a2} = \dot{m}_a \qquad (2.12)$$

สมดุลมวลของไอน้ำในอากาศ : $$\dot{m}_{a1} w_1 = \dot{m}_{a2} w_2 \qquad (2.13)$$

จากความสัมพันธ์ของสมการ (2.12)หรือ (2.13)จะแสดงให้เห็นว่า $w_1 = w_2$

กฎทรงพลังงาน : $$\dot{Q} + \sum \dot{m}_i \left(h_i + \frac{V_i^2}{2} + gZ_i \right) = \dot{W} + \sum \dot{m}_e \left(h_i + \frac{V_e^2}{2} + gZ_e \right) \qquad (2.14)$$

สำหรับกรณีทำความร้อน $$\dot{Q} = m_a(h_2 - h_1) \qquad (2.15)$$

สำหรับกรณีทำความเย็น $$\dot{Q} = m_a(h_1 - h_2) \qquad (2.16)$$

2.5 ความสัมพันธ์ของอัตราการไหลของอากาศ

การวัดอัตราการไหลของอากาศในระบบระบายอากาศนิยมวัดในลักษณะของอัตราการไหลเชิงปริมาตร(Volume Flow Rate)ซึ่งแทนด้วย Q โดยมีหน่วยเป็น ลูกบาศก์ฟุต/นาที โดยหาได้จาก

$$Q = AV \qquad (2.30)$$

เมื่อ A = พื้นที่หน้าตัดของช่องทางการไหล, ft^2

V = ความเร็วเฉลี่ย (Average Velocity) ของอากาศ, fpm (ฟุตต่อนาที)

สำหรับอัตราการไหลเชิงมวล (Mass Flow Rate, m) สามารถหาได้โดยการคูณค่าความหนาแน่นของอากาศเข้ากับอัตราการไหลเชิงปริมาตร กล่าวคือ

$$\dot{m} = \rho_{air} Q \qquad (2.31)$$

$$\dot{m} = \rho_{air} AV \qquad (2.32)$$

$$\rho_{air} = 1/v \qquad (2.33)$$

เมื่อ ρ_{air} = ค่าความหนาแน่นของอากาศ, kg/m^3

v =ปริมาตรจำเพาะของอากาศ, m^3/kg

2.6การเลือกชนิดของพัดลมระบายอากาศ

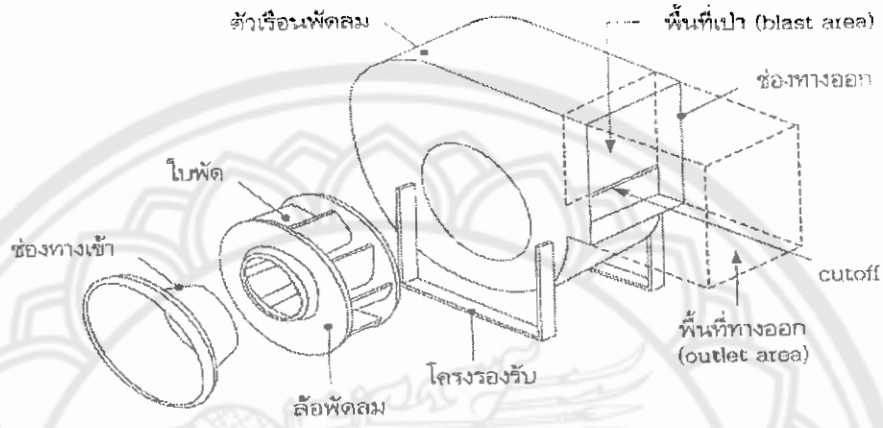
พัดลมที่ใช้สำหรับระบบระบายอากาศจะมีหลายชนิด โดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ ตามทิศทางการไหลของอากาศผ่านพัดลม กล่าวคือ พดลงแรงเหวี่ยง (Centrifugal Fan) และพัดลมไหลตามแนวแกน (Axial Fan) ซึ่งกล่าวในรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.6.1พัดลงแรงเหวี่ยง

การลำเลียงอากาศของพัดลมแรงเหวี่ยง (บางครั้งอาจเรียกว่า พัดลมหอยโข่ง) จะอาศัยกลไกของแรงเหวี่ยง ซึ่งเกิดจากการหมุนของใบพัด (Blades) ที่ติดตั้งอยู่บนล้อพัดลม (Fan Wheel) การหมุนของล้อพัดลมจะเกิดจากต้นกำลังขับจากภายนอก เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า อากาศจากภายนอกจะถูกดึงเข้าสู่ตัวพัดลมในแนวแกนหมุน และถูกเร่งให้มีความเร็วสูงขึ้น จากนั้นอากาศจะถูกเหวี่ยงออกไปปะทะกับตัวเรือนพัดลม (Fan Housing) ที่มีลักษณะคล้ายก้นหอยและไหลออกจากพัดลมในแนวรัศมีของใบพัด (แนวตั้งฉากกับเพลาของล้อพัดลม) ซึ่งพลังงานจลน์ของอากาศจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานในรูปของความดันที่ช่องทางออกของพัดลม

รูปที่ 2.5 และรูปที่ 2.6 แสดงส่วนประกอบหลักและรูปแบบของพัดลมแรงเหวี่ยงที่ใช้ในระบบระบายอากาศตามลำดับ หากพิจารณารูปที่ 2.5 จะพบว่าช่องทางออกจะติดตั้งแผ่นโลหะซึ่งถูกม้วนปลายคล้ายก้นหอยขนาดเล็กขึ้นเลยเข้ามาในตัวเรือนของพัดลม โดยเราจะเรียกแผ่นโลหะดังกล่าวนี้ว่า Cutoff จุดประสงค์ของการติดตั้ง Cutoff ก็เพื่อป้องกันการไหลกลับของอากาศบริเวณ

ช่องทางออกเข้าสู่ล้อพัดลม โดยหากอากาศสามารถไหลกลับเข้าสู่ล้อพัดลมได้ก็จะส่งผลให้พัดลมลำเลียงอากาศได้น้อยลง โดยปกติ Cutoff จะยื่นเลยเข้ามาในตัวเรือนพัดลม (บริเวณช่องทางออก) เป็นระยะประมาณ 20-30 % ของความสูงช่องทางออก



รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบหลักของพัดลมแรงเหวี่ยง
(ที่มา หนังสือระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ชัดชัย นิมมล)

รูปที่ 2.6 พัดลมแรงเหวี่ยงรูปแบบต่างๆ
(ที่มา หนังสือระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ชัดชัย นิมมล)

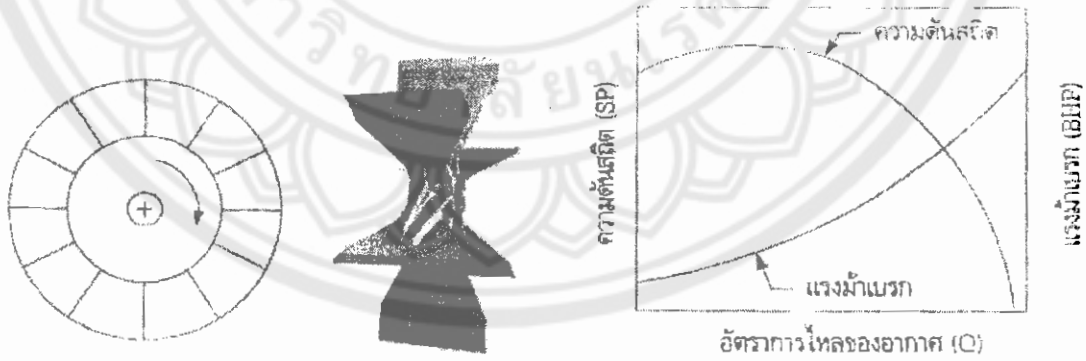
เมื่อเทียบกับพัดลมไหลตามแนวแกน พัดลมแรงเหวี่ยงจะลำเลียงอากาศได้ในปริมาณที่น้อยกว่าแต่สามารถสร้างความดันสถิตได้สูงกว่า ด้วยเหตุนี้พัดลมแรงเหวี่ยงจึงถูกนำมาใช้ในระบบระบายอากาศเฉพาะจุดมากกว่าพัดลมไหลตามแนวแกน นอกจากนี้ยังเกิดเสียงดังน้อยกว่าขณะทำงาน และมีต้นทุนในการติดตั้งต่ำกว่า รวมถึงค่าใช้ง่ายในระหว่างใช้งานก็ต่ำกว่าด้วย ถึงแม้ว่าพัดลมแรงเหวี่ยงจะจัดการกับปัญหาในเรื่องความไม่แน่นอน หรือการแกว่งตัวของอัตราการไหลของอากาศได้ดีกว่าพัดลมไหลตามแนวแกน แต่โดยปกติมักจะมีประสิทธิภาพในการทำงานต่ำกว่า

โดยทั่วไป พัดลมแรงเหี่ยวยังสามารถแบ่งย่อยได้อีก 3 แบบใหญ่ ๆ ตามรูปร่างละลักษณะการจัดวางใบพัด คือ

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

2.6.1.1แบบซี่ใบพัดหน้าตรง

พัดลมแรงเหวี่ยงแบบซี่ใบพัดหน้าตรงจะมีลักษณะของล้อพัดลมดังรูปที่ 2.7 (ก) พัดลมแบบนี้มักจะนำไปใช้กับระบบซึ่งต้องการอากาศในปริมาณน้อยถึงปานกลางที่ความดันสถิตสูง ๆ จะเห็นได้ว่าใบพัดของพัดลมแบบนี้จะมีลักษณะแบบเอียงตามแนวรัศมีซึ่งช่วยไม่ให้เกิดการสะสมของฝุ่นที่ผิวใบพัด ด้วยเหตุนี้พัดลมแรงเหวี่ยงแบบซี่ใบพัดหน้าตรงจึงถูกนำไปใช้กับงานที่มีฝุ่นจำนวนมากไหลปะปนกับอากาศ นอกจากนี้ การที่ช่องว่างระหว่างในพัดมีมากก็จะช่วยให้พัดลมสามารถทำงานที่อัตราการไหลของอากาศน้อย ๆ ได้โดยปราศจากการสั่น โดยทั่วไปเราสามารถสร้างให้ใบพัดมีความหนามากเป็นพิเศษได้เพื่อช่วยให้ทนต่อการการขัดสีและความเสียหายที่เกิดจากการกระแทกของฝุ่นซึ่งปะบนมากับอากาศ สำหรับจุดอ่อนของพัดลมแบบนี้ ได้แก่ ประสิทธิภาพการทำงานที่มีค่าต่ำที่สุดในบรรดาพัดลมที่ใช้สำหรับระบบระบายอากาศเฉพาะจุด อย่างไรก็ตาม พัดลมแบบนี้ก็มักถูกนำมาใช้เสมอในกรณีที่อากาศมีฝุ่นไหลปะปนมาด้วยซึ่งพัดลมแบบอื่นไม่สามารถนำมาใช้งานได้



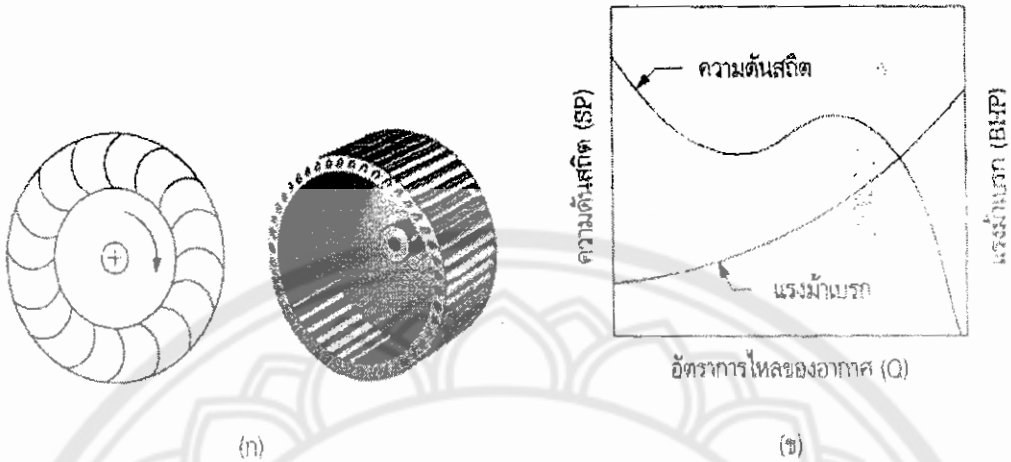
รูปที่ 2.7 ล้อพัดลมและเส้นโค้งสมรรถนะของพัดลมแรงเหวี่ยงแบบซี่ใบพัดหน้าตรง
(ที่มา หนังสือระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ชัดชัย นีมมล)

หากพิจารณาเส้นโค้งความดันสถิตของพัดลมแบบนี้จากรูปที่ 2.7 (ข) จะพบว่า ควรเลือกจุดใช้งานของพัดลมให้อยู่บริเวณด้านขวาของค่าความดันสูงสุดซึ่งจะช่วยไม่ให้อัตราการไหลของอากาศแกว่างตัว เนื่องขากเส้นโค้งความดันสถิตที่ด้านซ้ายของค่าความดันสูงสุดจะมีความชันค่อนข้างน้อย ดังนั้น อัตราการไหลของอากาศจึงเปลี่ยนแปลงอย่างมากเมื่อความดันสถิดของพัดลมเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ส่วนเส้นโค้งแรงม้าเบรกจะมีลักษณะเกือบเป็นเส้นตรงตลอดช่วงการทำงานของพัดลมซึ่งหมายความว่าพลังงานที่ต้องป้อนให้แก่พักลมจะแปรผันตามอัตราการไหลของอากาศที่พัดลมต้องลำเลียง

2.6.1.2แบบซี่ใบพัดโค้งหน้า

พัดลมแรงเหวี่ยงแบบซี่ใบพัดโค้งหน้าจะมีลักษณะของล้อพัดลมดังรูปที่ 2.8 (ก) จะเห็นว่าล้อพัดลมของพัดลมแบบนี้จะมีลักษณะคล้ายกรงกระรอก (Squirrel Cages) โดยใบพัดจะมีรูปร่างคล้ายถ้วยซึ่งจะช่วยเร่งอากาศให้มีความเร็วสูงและปล่อยออกจากตัวเรือนพัดลมด้วยความเร็วที่สูงกว่าความเร็วของอากาศที่ปลายใบพัด(Rip Speed) ลักษณะเช่นนี้จึงทำให้ความเร็วรอบในการหมุนของล้อพัดลมแบบนี้ไม่สูงมากกนัก ด้วยเหตุที่ระดับเสียงซึ่งเกิดขึ้นจากการทำงานของพัดลมจะสัมพันธ์กับความเร็วในการหมุนของล้อพัดลม ดังนั้น พัดลม ดังนั้น พัดลมชนิดนี้จึงมีระดับเสียงซึ่งเกิดขึ้นจากการทำงานต่ำกว่าพัดลมแบบอื่น อย่างไรก็ตาม การที่ใบพัดมีลักษณะโค้งเอียงไปด้านหน้าจึงมีโอกาสที่ฝุ่นซึ่งปะปนมากับอากาศสามารถสะสมตัวอยู่ที่ผิวหน้าใบพัดได้ ดังนั้นจึงไม่ควรนำพัดลมแบบนี้ไปใช้กับระบบที่อากาศมีการปนเปื้อนของฝุ่น นอกจากนี้ยังไม่ควรนำไปใช้กับระบบระบายอากาศเฉพาะจุดซึ่งต้องการความดันสิตสูง (แรงดูดมาก ๆ) โดยมากแล้วเรานิยมนำพัดลมแบบนี้ไปใช้ในระบบจ่ายอากาศหรืออากาศเติมในระบบระบายอากาศแบบเจือจางเท่านั้น

โดยปกติพัดลมแบบนี้จะเหมาะสำหรับระบบซึ่งต้องการอากาศในประมาณน้อยถึงปานกลางที่ความดันสถิตต่ำ ๆ ซึ่งรูปที่ 2.8 (ข) จะแสดงลักษณะของเส้นโค้งสมรรถนะสำหรับพัดลมแบบนี้ เมื่อพิจารณาเส้นโค้งความดันสถิตของพัดลมแบบนี้จะพบว่า ความดันสถิดมีค่าลดลงอยู่ช่วงหนึ่ง ในย่านอัตราการไหลต่ำซึ่งเป็นผลมาจากลักษณะของการออกแบบใบพัดเองดังแสดงด้วยการเว้าของเส้นโค้งความดันสถิตซึ่งถือเป็นช่วงที่การทำงานของพัดลมไม่มีเสถียรภาพ (Unstable) **ซึ่งมีโอกาสที่ความดันสถิตจะเกิดการแกว่งตัว ดังนั้น จึงไม่ควรนำพัดลมไปใช้งานในช่วงนี้เพราะจะมีประสิทธิภาพต่ำ**



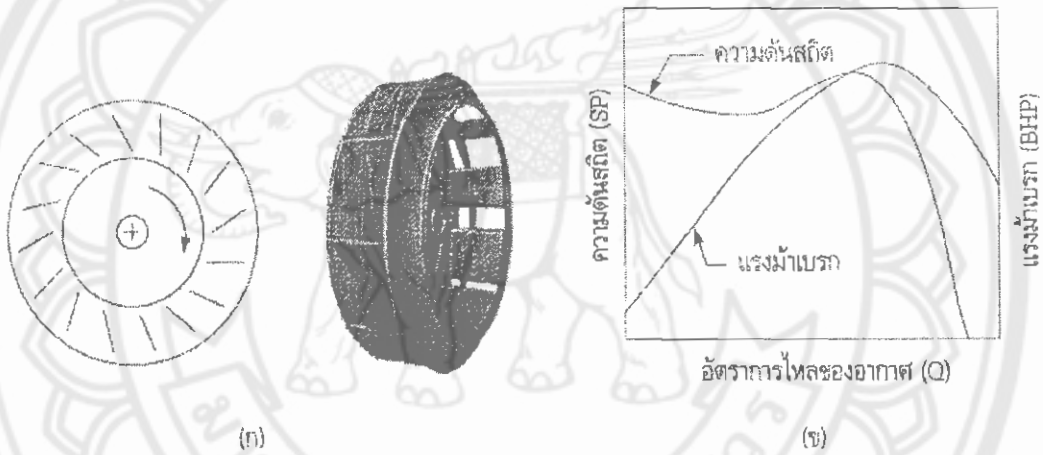
รูปที่ 2.8 ล้อพัดลมและเส้นโค้งสมรรถนะของพัดลมแรงเหวี่ยงแบบซี่ใบพัดโค้งหน้า
(ที่มา หนังสือระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ชัดชัย นิมมล)

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

2.6.1.3แบบซี่ใบพัดเอียงหลัง

พัดลมแรงเหวี่ยงแบบซี่ใบพัดเอียงหลังจะมีการจัดวางใบพัดในลักษณะแบบตรงในทิศทางเอียงตรงข้ามกับทิศทางการหมุนของล้อพัดลมดังแสดงในรูปที่ 2.9 (ก) พัดลมแบบนี้จะมีประสิทธิภาพมากกว่าพัดลมแบบซี่ใบพัดโค้งหน้า ดังนั้น จึงถูกนำไปใช้กับระบบที่ต้องการอากาศในประมาณมาก การที่พัดลมชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูงก็เนื่องมาจากการออกแบบใบพัดที่ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของความดันเมื่อล้อพัดลมหมุน อย่างไรก็ตามความเร็วของอากาศที่ออกจากล้อพัดลมจะ**ค่อนข้างต่ำ ในบางกรณี ความเร็วของอากาศที่ต่ำนี้อาจถือเป็นข้อด้วยสำหรับพัดลมขนาดใหญ่ซึ่งต้องการความเร็วรอบในการหมุนสูงเพื่อให้อากาศไหลออกด้วยความเร็วสูง โดยผลของการที่ล้อพัดลมหมุนด้วยความเร็วสูง โดยผลของการที่ล้อพัดลมหมุนด้วยความเร็วสูง คือ จะเกิดความเค้นมากที่ล้อพัดลม ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นต้องออกแบบให้โครงสร้างของล้อพัดลมมีขนาดใหญ่มีเพลาถ่ายทอดกำลังจากภายนอกที่แข็งแรง รวมถึงแบริง (Bearing) ที่ใช้ก็ต้องมีความทนทานเป็นพิเศษส่งผลให้ต้นทุนหรือราคาของพัดลมสูงขึ้นตามไปด้วย**

หากสังเกตจากรูปร่างส้นโค้งแรงม้าเบรกของพัดลมแบบนี้ในรูปที่ 2.9 (ข) จะพบว่า เส้นโค้งแรงม้าเบรกจะไม่ชันมากที่อัตราการไหลสูงเหมือนพัดลมสองแบบแรก กล่าวคือ แรงม้าเบรกจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนกระทั่งมีค่าสูงสุดจากนั้นแรงม้าเบรกจะลดลงเมื่ออัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น ลักษณะเช่นนี้มักถูกเลือกให้ใช้กับระบบระบายอากาศในกรณีที่ไม่มั่นใจในความถูกต้องของความถูกต้องของความดันตกในระบบ (หรือความต้านทานการไหล) ที่คำนวณได้ หรือในกรณีที่ระบบมีการแกว่างตัวของความดัน ข้อดีอีกอย่างหนึ่งของพัดลมแบบนี้ก็คือ เมื่ออัตราการไหลของอากาศเปลี่ยนแปลงความดันของอากาศจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก อย่างไรก็ตาม พัดลมแบบนี้ไม่เหมาะกับนำไปใช้ในระบบที่ต้องการอัตราการไหลต่ำ เนื่องจากจุดที่พัดลมทำงานอยู่ในช่วงที่ไม่มีเสถียรภาพได้



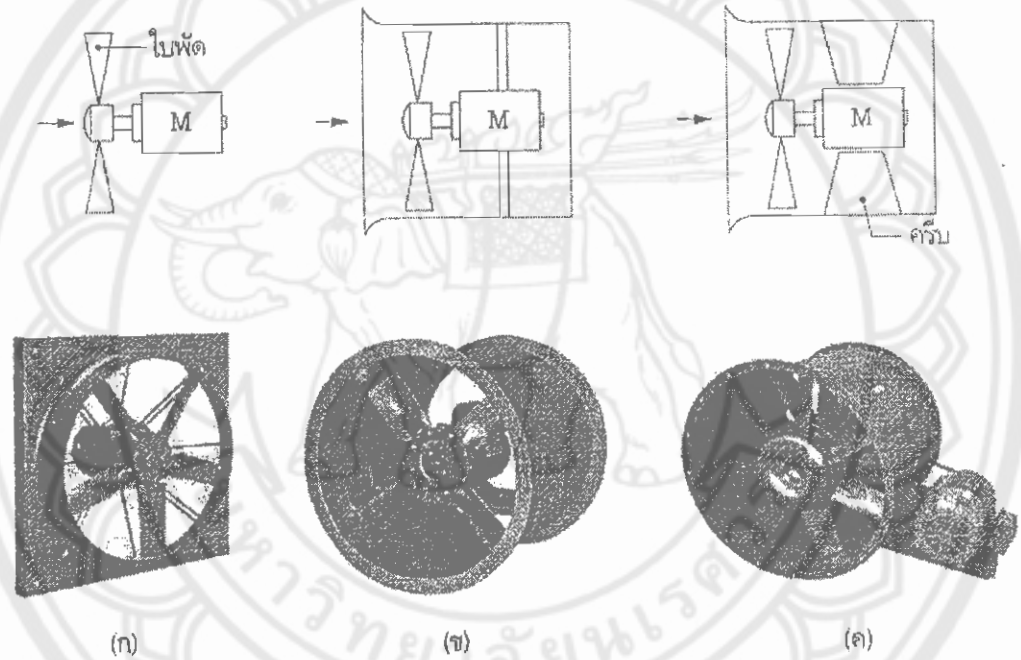
รูปที่ 2.9 ล้อพัดลมและเส้นโค้งสมรรถนะของพัดลมแรงเหวี่ยงแบบซี่ใบพัดโค้งหลัง
(ที่มา หนังสือระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ชัดชัย นิมมล)

2.6.2 พัดลมไหลตามแนวแกน

สำหรับพัดลมไหลตามแนวแกน แนวการไหลเข้าและออกจากพัดลมจะขนานกับแกนเพลาของใบตัด จุดเด่น ของพัดลมแบบนี้ คือ สามารถลำเลียงอากาศได้ในปริมาณมาก ราคาถูก ขนาดกะทัดรัด และมีประสิทธิภาพในการทำงานสูง ส่วนจุดด้อยที่สำคัญ คือ ต้องทำงานด้วยความเร็วรอบในการหมุนสูงส่งผลให้เกิดเสียงดังมากขณะทำงาน สร้างความดันสถิตได้ค่อนข้างต่ำ นอกจากนี้ยังไม่เหมาะที่จะนำไปใช้กับระบบที่อากาศมีการปนเปื้อนของฝุ่น โดยปกติ พัดลมแบบนี้มีลักษณะโครงสร้างหลายรูปแบบซึ่งมีความเหมาะกับงานในลักษณะที่แตกต่างกัน

รูปแบบแรกก็คือ พัดลมแบบใบแฉก (Propeller Fan) ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 2.10 (ก) โดยใบพัดซึ่งมีลักษณะเป็นแฉกจะหมุนอิสระบนแกนเพลา พัดลมแบบนี้จะสร้างความดันสถิตได้ต่ำกว่า

1 in.wg โดยจำนวนของใบพัดจะมีตั้งแต่ 2 ใบขึ้นไป พัดลมแบบนี้มักถูกนำไปเพื่อการดึงอากาศเข้าสู่อาคารและระบายอากาศออกจากตัวอาคาร (สำหรับระบบระบายอากาศแบบเจือจาง) ซึ่งจะทำได้โดยการติดตั้งไว้ที่ผนังหรือหลังอาคาร ในบางกรณีสามารถนำพัดลมแบบนี้ไปใช้กับระบบระบายอากาศเฉพาะกระบวนการที่มีความร้อนซึ่งไม่ต้องการความเร็วในการดึงสารปนเปื้อนที่สูงมากนัก เช่น กระบวนการเชื่อโลหะ (ควันที่เกิดจากการเชื่อม) หรือกระบวนการชุบโลหะ (ไอโลหะ) แต่ก็มีข้อจำกัดที่ระบบท่อต้องไม่ยาวมากนักเนื่องจากพัดลมแบบนี้มีความสามารถในการสร้างความดันสถิต (แรงดูด) ได้ไม่มาก

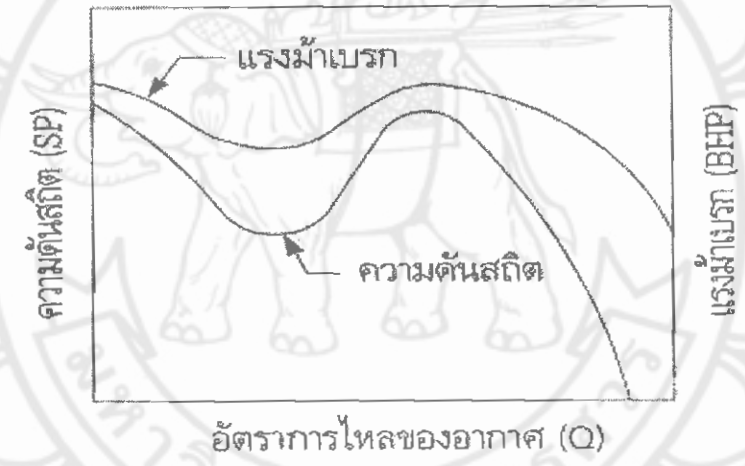


รูปที่ 2.10 ลักษณะของพัดลมไหลตามแนวแกน
(ที่มา หนังสือระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ชัดชัย นีมมล)

รูปแบบที่สองจะเป็นแบบใบแฉกที่ติดตั้งอยู่ในท่อง (Tubeaxial Fan or Duct Fan) ดังแสดงในรูปที่ 2.10 (ข) จะเห็นว่าใบพัดจะติดตั้งอยู่ในตัวเรือนทรงกระบอก (คล้ายท่อสั้น) พัดลมแบบนี้สามารถสร้างความดันสถิตได้ปานกลาง (ต่ำกว่า 2 in.wg) ส่วนรูปแบบสุดท้ายจะเป็นพัดลมแบบใบแฉกชนิดมีครีบหรือแผ่นปรับทิศทางของอากาศ (Vaneaxial Fan) ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.10 (ค) โดยแผ่นปรับทิศทางลมนี้จะติดตั้งอยู่ที่ทางออกของพัดลมซึ่งช่วยให้อากาศที่ไหลผ่านใบพัดมีลักษณะตรงไม่หมุนวนเหมือนพัดลมสองแบบแรก เมื่อเปรียบเทียบกับพัดลมไหลตามแนวแกนสองแบบ

แรกแล้วพัดลมแบบนี้จะมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงที่สุดและสามารถสร้างความดันสถิตได้สูงกว่า

รูปที่ 2.11 แสดงเส้นโค้งสมรรถนะของพัดลมไหลตามแนวแกนซึ่งจะมีลักษณะคล้ายกันทั้งสามรูปแบบที่กล่าวดอนต้น จะเห็นว่าพัดลมแบบนี้จะสร้างความดันสูงสุดได้ในช่วงอัตราไหลของอากาศปานกลาง นอกจากนี้มีช่วงที่เกิดความไม่มีเสถียรภาพในการทำงานเช่นเดียวกับพัดลมแรงเหวี่ยงแบบซี่ใบพัดโค้งหน้าและแบบซี่ใบพัดเอียงหลังซึ่งจะอยู่ทางด้านซ้ายของค่าความดันสูงสุด ดังนั้น จึงควรหลีกเลี่ยงการเลือกใช้พัดลมในช่วงดังกล่าวนี้ ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดการแกว่างตัวของความดันและปริมาณอากาศที่ไหลผ่านพัดลม



รูปที่ 2.11 เส้นโค้งสมรรถนะของพัดลมไหลตามแนวแกน
(ที่มา หนังสือระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ชัดชัย นิมมล)