บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ขยะและฝุ่นละออง [1]

ขยะและฝุ่นละออง เป็นองค์ประกอบของวัตถุที่อาจมีสภาพเป็นของแข็งหรือของเหลวก็ได้ โดยถ้าเป็นฝุ่นละอองจะมีขนาดตั้งแต่ 0.002 ไมครอน (มองไม่เห็นด้วยตาเปล่าต้องใช้กล้องจุลทรรศน์แบบอิเล็กตรอน) ไปจนถึงขนาดที่ใหญ่กว่า 500 ไมครอน (ฝุ่นที่มองเห็นด้วยตาเปล่ามีขนาดตั้งแต่ 50 ไมครอนขึ้นไป) ขยะและฝุ่นละอองอาจเกิดจากธรรมชาติ เช่น ฝุ่นดิน ทราย หรือเกิดจากควันดำจากท่อไอเสียรถยนต์ การจราจร และการอุตสาหกรรม หากถูกสูดเข้าไปในระบบทางเดินหายใจ อาจทำให้เกิด อันตรายต่อสุขภาพ ในบริเวณที่อยู่อาศัยใกล้ถนนฝุ่นละออง 70-90% เกิดจากการกระทำของมนุษย์ เมื่อแยกตามขนาดพบว่า 60% มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน เกิดจากรถโดยสารประจำทางและรถบรรทุกที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลและบางส่วนมาจากโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนอีกประมาณ 40% ที่เหลือเกิดจากการก่อสร้างและการฟุ้งกระจายของฝุ่นจากพื้นที่ว่างเปล่าซึ่งไม่มีผลต่อสุขภาพอนามัยมากนัก เพียงแต่จะก่อให้เกิดการระคายเคืองทางเดินหายใจส่วนต้น และอาจเป็นเพียงการรบกวนและก่อให้เกิดความรำคาญเท่านั้น

2.2 คุณสมบัติของอากาศ [1]

2.2.1 อากาศที่อยู่ในภาวะมาตรฐาน (air standard condition)

อากาศแห้ง (dry air) ที่มีความดันเท่ากับ 1 บรรยากาศ มีอุณหภูมิ 70 °F และมีความหนาแน่น (density) เท่ากับ 0.075 lbm/ft^3 ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างความดัน อุณหภูมิ และความหนาแน่นของอากาศสามารถแสดงได้ด้วยสมการของก๊าซอุดมคติ (ideal gas equation) กล่าวคือ

$$P = \rho RT \tag{2.1}$$

โดยที่ ρ = ความหนาแน่น

P = ความดันสัมบูรณ์

R = ค่าคงที่ของอากาศ

T = อุณหภูมิสัมบูรณ์ (absolute temperature)

หากอากาศมีอุณหภูมิต่างไปจากภาวะมาตรฐานจะส่งผลให้ความหนาแน่นของอากาศเปลี่ยนแปลงไป กล่าวคือความหนาแน่นของอากาศจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความหนาแน่นของอากาศที่ภาวะใดๆ เมื่อเทียบกับภาวะมาตรฐานสามารถหาได้โดยการพิจารณาจากสมการของก๊าซอุดมคติข้างต้นโดยกำหนดให้ความดันของอากาศมีค่าคงที่และพิจารณาให้เป็นอากาศแห้ง ซึ่งจะได้ว่า

$$\rho T = (\rho T)_{STP} \quad \text{หรือ} \quad \rho = \rho_{STP}\left(\frac{T_{STP}}{T}\right) \tag{2.2}$$

สัญลักษณ์กำกับล่าง STP แทนภาวะมาตรฐานอากาศ โดยย่อยมาจาก Standard Temperature and Pressure

2.2.2 อัตราการไหลของอากาศ

การวัดอัตราการไหลในระบบระบายอากาศนิยมวัดในลักษณะของอัตราการไหลเชิงปริมาตร (Volume Flow rate) ซึ่งแทนด้วย Q โดยมีหน่วยเป็นลูกบาศก์ฟุต/นาที หรือ cfm โดยสามารถหาได้จาก

$$Q = AV \tag{2.3}$$

เมื่อ A = พื้นที่หน้าตัดของช่องทางการไหล

V = ความเร็วเฉลี่ย (Average Velocity) ของอากาศ

สำหรับอัตราการไหลเชิงมวล (Mass Flow rate) หรือ $\dot{m}$ สามารถหาได้โดยการคูณค่าความหนาแน่นของอากาศเข้ากับอัตราการไหลเชิงปริมาตรในสมการ (2.3) กล่าวคือ $\dot{m} = \rho Q = \rho A$

2.2.3 ความดันของอากาศ

การที่อากาศจะเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปสู่อีกจุดได้นั้น จำเป็นต้องมีความแตกต่างระหว่างความดันสองจุดนั้น โดยอากาศจะเคลื่อนที่จากจุดที่มีความดันสูงไปยังจุดที่มีความดันต่ำกว่า จุดที่มีความดันต่ำกว่าในระบบซึ่งมักเรียกว่า ความดันลบ (negative pressure) หรือแรงดูด (suction) จะถูก

สร้างขึ้นโดยพัดลม การทำงานของพัดลมจะทำให้อากาศเกิดการเคลื่อนที่จากบริเวณหัวดูดผ่านเข้าสู่ระบบท่อมายังพัดลม จะเห็นได้ว่า พลังงานที่ป้อนให้แก่พัดลมจะถูกปล่อยไปเป็นพลังงานที่ทำให้อากาศเกิดการเคลื่อนที่

ด้วยเหตุที่ปริมาณของพลังงานที่ต้องป้อนให้แก่ระบบ (อากาศ) ผ่านทางพัดลมจะมีค่าเท่ากับพลังงานที่ต้องใช้ในการดึงอากาศในปริมาณที่ต้องการให้เข้าสู่หัวดูดรวมกับพลังงานที่ต้องใช้เพื่อเอาชนะแรงต้านทานการไหลในระบบท่อ ดังนั้น แนวคิดของการให้ความดันแสดงถึงระดับพลังงานของระบบจึงเป็นสิ่งสำคัญ และเนื่องจากความดันเป็นสิ่งที่วัดค่าได้ง่ายจึงเป็นการสะดวกที่จะใช้ความดันเป็นตัวอธิบายการทำงานของระบบระบายอากาศ ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป

โดยปกติหน่วยของความดันที่ใช้กันคือ Psi (ปอนด์/ตารางนิ้ว) โดยความดันที่อ่านได้จากมาตรวัดความดัน (Pressure Gauge) ซึ่งเป็นการวัดเทียบกับความดันบรรยากาศจะเรียกว่าเป็น ความดันเกจ (Gauge Pressure) ซึ่งมีหน่วยเป็น psig สำหรับความดันที่วัดโดยเทียบกับจุดศูนย์สัมบูรณ์ (Absolute Zero) แทนที่จะเป็นบรรยากาศจะเรียกว่าเป็น ความดันสัมบูรณ์ (Absolute Pressure) ซึ่งมีหน่วยเป็น Psia สำหรับความดัน 1 บรรยากาศ (หรือความดันบรรยากาศ) จะมีค่าเท่ากับ 14.7 psi หรือ 101.3 kpa

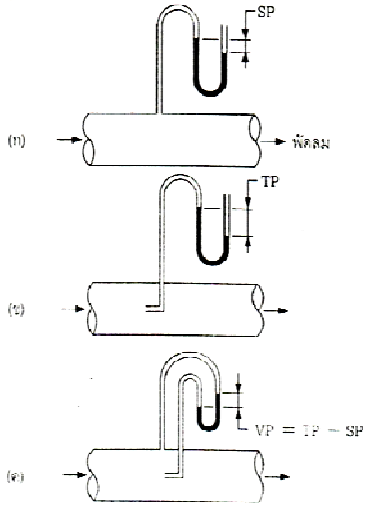
ในระบบระบายอากาศ ค่าความดันที่ปรากฏจะมีค่าไม่มากนัก ดังนั้น การแสดงค่าความดันในหน่วย psi หรือ in.Hg จึงเป็นการไม่เหมาะสม ในทางปฏิบัติจึงมักแสดงความดันไว้ในรูปความสูงของน้ำซึ่งถือเป็นความดันเกจโดยหน่วยที่ใช้กันก็คือ นิ้วของน้ำ (inches of water) หรือแทนด้วย in.wg

ความดันที่กล่าวถึงตอนต้นจะหมายความถึง ความดันรวม (total pressure : TP) โดยจะเป็นผลรวมของความดันสองชนิดได้แก่ ความดันสถิต (static pressure : SP) และความดันจลน์ (velocity pressure : VP) โดยรายละเอียดความดันแต่ละชนิดมีดังนี้

(1) ความดันสถิต

ความดันสถิตของอากาศในระบบระบายอากาศจะเป็นความดันที่พยายามทำให้ผิวท่อที่ด้านดูดของพัดลม (ทางเข้า) เกิดการยุบตัว ในขณะที่จะพยายามดันผิวท่อที่ด้านส่งของพัดลม (ทางออก) ให้เกิดการพองตัวออก โดยปกติเราสามารถวัดค่าความดันสถิตได้โดยใช้มาโนมิเตอร์รูปตัวยู (U-tube manometer) ซึ่งติดตั้งที่ผิวท่อ ดังรูปที่ 2.1 ค่าของความดันสถิตสามารถเป็นได้ทั้งค่าบวกและลบ โดยจะมีค่าเป็นลบที่ทางเข้าพัดลมและมีค่าเป็นบวกที่ทางออกพัดลม

ความดันสถิตจะทำให้อากาศในระบบเริ่มเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเริ่มต้นค่าหนึ่ง ซึ่งต้องมากพอที่จะเอาชนะแรงต้านทานการไหลในระบบที่เกิดจากความเสียดทาน



ภาพที่ 2.1 การวัดความดันชนิดต่างๆ

(2) ความดันรวม

ดังที่กล่าวตอนต้นว่า ความดันรวมเป็นผลรวมระหว่างความดันสถิตและความดันจลน์ ซึ่งความดันรวมจะแสดงถึงพลังงานรวมของระบบ โดยเราสามารถวัดค่าความดันรวมได้โดยใช้ท่อทั้งปลายด้านหนึ่งหันเข้าไปปะทะกับกระแสการไหลของอากาศ ส่วนปลายอีกด้านต่อเข้ากับมาโนมิเตอร์ จากที่กล่าวมาจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความดันรวม ความดันสถิต และความดันจลน์ดังนี้

$$TP = SP + VP \qquad (2.4)$$

(3) ความดันจลน์

ความดันจลน์จะเป็นความดันซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่ของอากาศด้วยความเร็วค่าหนึ่ง ความดันจลน์จะแสดงให้ทราบถึงระดับพลังงานจลน์ (Kinetic Energy) ของระบบ โดยจะแปรผันตามกำลังสองของความเร็วของอากาศเราสามารถรับรู้ผลของความดันจลน์ได้อย่างง่าย ๆ ด้วยการยื่นมือเข้าปะทะกับกระแสการไหลของอากาศ หากรู้สึกว่าแรงปะทะมีมากแสดงว่าอากาศขณะนั้นมีความดันจลน์มาก (มีความเร็วมาก) ค่าความดันจลน์สามารถหาได้โดยการนำความดันสถิตมาลบออกจากความดันรวมตามสมการ (2.4) จุดที่น่าสังเกตคือ ความดันจลน์จะมีค่าเป็นบวกในทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศเท่านั้น ความสัมพันธ์ระหว่างความดันจลน์และความเร็วในการไหลของอากาศสามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$VP = \rho\left(\frac{V}{1{,}096}\right)^2 \quad \text{หรือ} \quad V = 1{,}096\sqrt{\frac{VP}{\rho}} \qquad (2.5)$$

เมื่อ V = ความเร็วของอากาศ, fpm

VP = ความดันจลน์, in.wg

หากอากาศที่ไหลในระบบระบายอากาศอยู่ที่ภาวะมาตรฐาน ซึ่ง ρ = 0.075 lbm/ft^3 จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความดันจลน์และความเร็วของอากาศตามสมการ (2.5) ดังนี้

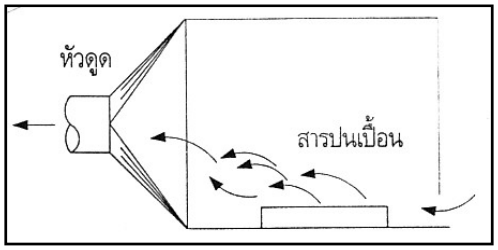
$$VP = \left(\frac{V}{4{,}005}\right)^2 \quad \text{หรือ} \quad V = 4{,}005\sqrt{VP} \qquad (2.6)$$

2.3 ชนิดของหัวดูด [1]

หัวดูดที่ใช้ในอุตสาหกรรมจะมีรูปร่างที่แตกต่างกันรวมถึงมีความเหมาะสมกับลักษณะงานที่ต่างกันด้วย อย่างไรก็ตามชนิดของหัวดูดสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ หัวดูดปิดล้อม (enclosing hood) และหัวดูดภายนอก (external hood) โดยหัวดูดทั้งสองชนิดจะทำงานด้วยหลักการที่แตกต่างกัน รวมถึงมีความเหมาะสมต่อการใช้งานในลักษณะที่แตกต่าง

2.3.1 หัวดูดปิดล้อม

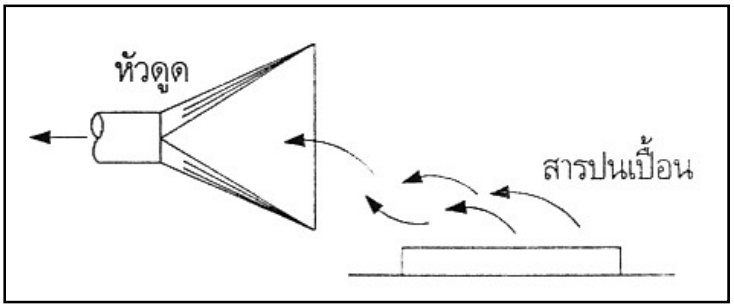
หัวดูดชนิดนี้จะติดตั้งครอบแหล่งกำเนิดสารสนปนเปื้อนบางส่วนหรือทั้งหมดเอาไว้ สารสนปนเปื้อนจะถูกกักเอาไว้ภายในหัวดูดและถูกดูดเข้าสู่ระบบผ่านทางช่องเปิดของหัวดูด ข้อดีของหัวดูดปิดล้อมที่เห็นได้ชัด คือ ต้องการปริมาณอากาศค่อนข้างน้อย ซึ่งก็หมายถึงการใช้พลังงานน้อยด้วยเช่นกัน แต่หัวดูดปิดล้อมไม่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อดึงสารปนเปื้อนที่มีแหล่งกำเนิดอยู่ภายนอก (ในกรณีของหัวดูดปิดล้อมบางส่วน) ทั้งนี้เนื่องจากความเร็วของอากาศจะไม่เพียงพอที่จะดึงสารปนเปื้อนเข้าสู่หัวดูดได้ ลักษณะเช่นนี้ต้องใช้หัวดูดภายนอกซึ่งจะกล่าวต่อไป



ภาพที่ 2.2 ลักษณะการทำงานของหัวดูดปิดล้อม

2.3.2 หัวดูดภายนอก

หัวดูดภายนอกจะติดตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้กับแหล่งกำเนิดสารสนเปื้อนโดยไม่มีการปิดล้อมแหล่งกำเนิดสารปนเปื้อนดังเช่นหัวดูดปิดล้อม สารปนเปื้อนจะถูกดึงให้เข้าสู่หัวดูดโดยอาศัยความเร็วของอากาศซึ่งไหลผ่านหัวดูดในปริมาณที่เหมาะสม ด้วยเหตุที่การแพร่กระจายของสารปนเปื้อนเกิดขึ้นภายนอกหัวดูด จึงส่งผลให้ปริมาณอากาศที่ใช้ในการดึงสารปนเปื้อนให้เข้าสู่หัวดูดมีค่อนข้างมากเมื่อเทียบหัวดูดปิดล้อม นั่นหมายความว่าต้องใช้พลังงานมากกว่าด้วย นอกจากนี้ตำแหน่งติดตั้งของหัวดูดภายนอกก็ไม่สามารถอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดสารสนเปื้อนเป็นระยะทางมากๆ ได้ ถึงแม้ว่าจะมีข้อเสียดังที่กล่าวไว้ หัวดูดชนิดนี้ก็ยังคงถูกนำมาใช้งานในอุตสาหกรรมหลายประเภท โดยลักษณะการทำงานของหัวดูดภายนอกแสดงดังรูปที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 ลักษณะการทำงานของหัวดูดภายนอก

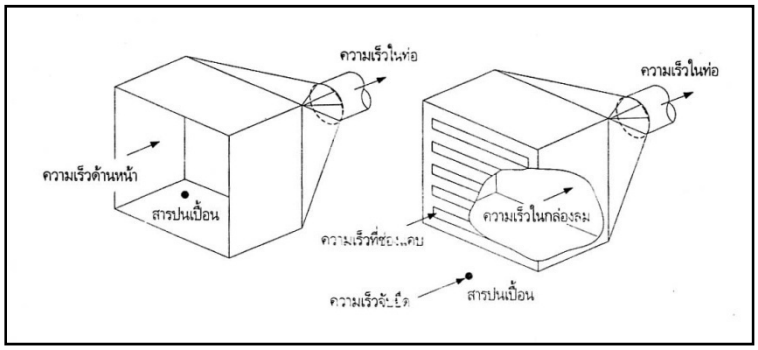
2.4 รูปแบบความเร็วที่เกี่ยวข้องกับหัวดูด [1]

เนื่องจากหัวดูดมีลักษณะแตกต่างกันมากมายดังที่กล่าวในหัวข้อที่ผ่านมา ดังนั้น การทราบถึงรูปแบบและนิยามของความเร็วของอากาศที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของหัวดูดจึงเป็นสิ่งสำคัญ รูปที่ 2.4 แสดงให้เห็นถึงตำแหน่งของความเร็วรูปแบบต่าง ๆ สำหรับหัวดูดปิดล้อม และหัวดูดภายนอก ซึ่งความเร็วแต่ละรูปแบบจะมีนิยามดังต่อไปนี้

ความเร็วด้านหน้า (Face Velocity : V_{face}) คือ ความเร็วของอากาศที่ช่องเปิดของหัวดูดที่มีค่ามากพอสำหรับการดึงสารปนเปื้อนที่อยู่ภายในหัวดูดปิดล้อมให้เข้าสู่ระบบท่อได้ โดยความเร็วด้านหน้านี้จะมีความสำคัญต่อการออกแบบหัวดูดปิดล้อม

ความเร็วจับยึด (Capture Velocity) คือ ความเร็วของอากาศที่จุดใด ๆ บริเวณด้านหน้าหัวดูดหรือบริเวณช่องเปิดของหัวดูดซึ่งมีค่ามากพอสำหรับดึงสารปนเปื้อนซึ่งอยู่ภายนอกหัวดูดให้เข้าสู่ระบบท่อได้ โดยความเร็วจับยึดจะมีความสำคัญต่อการออกแบบหัวดูดภายนอก

ความเร็วที่ช่องแคบ (Slot Velocity : V_S) คือ ความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านช่องแคบ (Slot) โดยช่องแคบจะมีลักษณะเป็นช่องเปิดปากเรียบที่มีอัตราส่วนของความกว้างต่อความยาวหรืออัตราส่วนด้าน (aspect ratio) ของช่องเปิดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.2 สำหรับวัตถุประสงค์ของการใช้หัวดูดแบบช่องแคบนี้ก็เพื่อต้องการให้อากาศที่ไหลผ่านด้านหน้าของหัวดูดมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ (Uniform Distribution) โดยจะกล่าวรายละเอียดในภายหลัง



ภาพที่ 2.4 รูปแบบของความเร็วที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของหัวดูด (1)

ความเร็วในกล่องลม (Plenum Velocity) คือ ความเร็วของอากาศภายในกล่องลม โดยทั่วไปแล้ว ค่าสูงสุดของความเร็วในกล่องลมสำหรับหัวดูดที่มีการติดตั้งช่องแคบควรมีค่าเป็นครึ่งหนึ่ง (หรือน้อยกว่า) ของความเร็วที่ช่องแคบ ทั้งนี้ก็เพื่อให้เกิดการกระจายตัวของอากาศที่ดี

ความเร็วในท่อ (duct velocity : V_d) คือ ความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านหน้าตัดท่อ ในกรณีสารปนเปื้อนในรูปแบบอนุภาคของแข็ง (ฝุ่น) ปะปนมากับอากาศ ความเร็วในท่อต้องมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าความเร็วต่ำสุดที่ต้องการสำหรับการพาสารปนเปื้อนดังกล่าวให้ไหลไปพร้อมกับอากาศได้โดยไม่เกิดการตกค้างในระบบ

2.5 อัตราการไหลของอากาศที่ต้องการ [1]

การประเมินอัตราการไหลหรือปริมาณของอากาศที่ต้องการเพื่อดึงสารปนเปื้อนให้เข้าสู่ ถือเป็นเรื่องสำคัญที่นำมาพิจารณาเป็นสิ่งแรกในการออกแบบระบบระบายอากาศเฉพาะจุด โดยตัวแปรหลักที่ส่งผลโดยตรงต่ออัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านหัวดูดก็คือ ความเร็วจับยึด (สำหรับดูดภายนอก) และความเร็วด้านหน้า (สำหรับดูดปิดล้อม) ในที่นี้จะแสดงให้เห็นถึงหลักการประเมินอัตราการไหลของอากาศที่ต้องการสำหรับหัวดูดทั้งสองชนิด

2.5.1 กรณีหัวดูดภายนอก

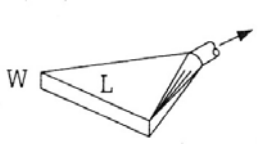
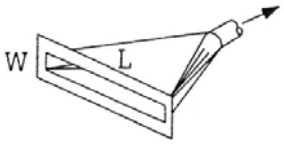
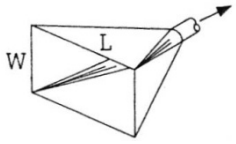
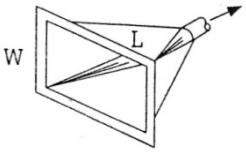
ก่อนที่จะกล่าวถึงวิธีการหาอัตราการไหลที่ต้องการสำหรับหัวดูดภายนอก เราจำเป็นต้องทราบถึงรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับความเร็วจับยึดเสียก่อน ดังที่ทราบก่อนหน้านี้แล้วว่าความเร็วจับยึด คือ ความเร็วของอากาศบริเวณด้านหน้าหัวดูดที่ใช้สำหรับดึงสารปนเปื้อนที่อยู่ภายนอกให้เข้าสู่หัวดูดซึ่งจะต้องมีค่ามากพอ ด้วยเหตุนี้ความเร็วจับยึดจึงเป็นตัวกำหนดอัตราการไหลของอากาศที่ผ่านหัวดูดรวมถึงรูปร่างของหัวดูดด้วย โดยค่าของความเร็วจับยึดที่ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบหัวดูดสามารถดูได้จากตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ความเร็วจับยึดที่จำแนกตามลักษณะการแพร่กระจายของสารปนเปื้อน

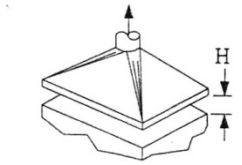
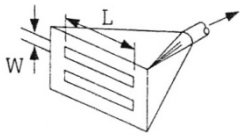
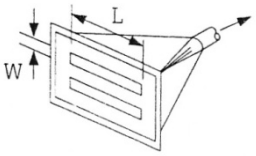
ลักษณะการแพร่กระจายของสารปนเปื้อน	ความเร็วจับยึด fpm	ตัวอย่าง
แพร่กระจายโดนธรรมชาติสู่อากาศภายนอกที่อยู่นิ่ง	50-100 (0.25-0.5 m/s)	การระเหยของไอจากถังชุบ
แพร่กระจายด้วยความเร็วต่ำสู่อากาศภายนอกที่เคลื่อนที่เล็กน้อย	100-200 (0.5-1.0 m/s)	การเติมวัสดุเป็นช่วง การขนถ่ายวัสดุที่ความเร็วต่ำ การเชื่อมแบะการชุบโลหะ
แพร่กระจายด้วยการถูกกระตุ้นให้เข้าสู่บริเวณที่อากาศเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง	200-500 (1.0-2.5 m/s)	การพ่นสีในคอกกั้น การเติมวัสดุลงถัง การจ่ายวัสดุออก การโม่
แพร่กระจายด้วยความเร็วเริ่มต้นสูงเข้าสู่บริเวณที่อากาศเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง	500-2000 (2.5-10 m/s)	การบด การตกของวัสดุจากที่สูงกระทบวัตถุแข็ง

ในทางปฏิบัติแล้ว อาณาบริเวณที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของความเร็วจับยึดและมีลักษณะแตกต่างโดยจะขึ้นอยู่กับรูปร่างของหัวดูดสำหรับความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของอากาศและความเร็วจับยึดของหัวดูดภายนอกรูปแบบต่างๆ สามารถดูได้จากตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 อัตราการไหลของอากาศเข้าหัวดูด

ชนิดของหัวดูด	อัตราส่วนด้าน, W/L	อัตราการไหลของอากาศ
ช่องแคบ (Slot) 	0.2 หรือน้อยกว่า	Q = 3.7LVX
ช่องแคบ มีหน้าแปลน 	0.2 หรือน้อยกว่า	Q = 2.6LVX
ปากเรียบ (Plain Opening) 	0.2 หรือมากกว่า (ทั้งหน้าตัดวงกลมและสี่เหลี่ยม)	Q = V(10X^2+ A) เมื่อ A = WL (สี่เหลี่ยม) A = $\frac{\pi}{4}D^2$ (วงกลม)
ปากเรียบ มีหน้าแปลน 	0.2 หรือมากกว่า (ทั้งหน้าตัดวงกลมและสี่เหลี่ยม)	Q = 0.75V(10X^2 + A) เมื่อ A = WL (สี่เหลี่ยม) A = $\frac{\pi}{4}D^2$ (วงกลม)

ตารางที่ 2.2 อัตราการไหลของอากาศเข้าหัวดูด (ต่อ)

ชนิดของหัวดูด	อัตราส่วนด้าน, W/L	อัตราการไหลของอากาศ
ฝาครอบ (Canopy) 	ตามความเหมาะสมของงาน	Q = 1.4PVH เมื่อ P = ความยาวเส้นขอบหัวดูด H = ความสูงของหัวดูดเหนือแหล่งกำเนิดสารปนเปื้อน
ช่องแคบหลายช่อง (multiple slot) 	0.2 หรือมากกว่า	$Q = V(10X^2 + A)$
ช่องแคบหลายช่อง มีหน้าแปลน 	0.2 หรือมากกว่า	$Q = 0.75V(10X^2 + A)$

ตัวอย่าง อัตราการไหลของอากาศที่ไหลเข้าสู่หัวดูดแบบช่องเปิดปากเรียบ (plain opening hood) ซึ่งหมายถึงหัวดูดธรรมดาที่มีหน้าตัดวงกลมหรือสี่เหลี่ยมสามารถประมาณได้จาก

$$Q = V\left(10X^2 + A\right) \tag{2.7}$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลของอากาศที่ไหลเข้าหัวดูด, cfm

V = ความเร็วของอากาศ (ความเร็วจับยึด) ในแนวศูนย์กลางที่ระยะห่าง X จากด้านหน้าหัวดูด, fpm

X = ระยะห่างในแนวศูนย์กลางจากด้านหน้าหัวดูดถึงจุดที่ต้องการดึงปนเปื้อนเข้าหัวดูด, ft

A = พื้นที่หน้าตัดช่องเปิดของหัวดูด, ft^3

2.5.2 กรณีหัวดูดเปิดล้อม

การหาอัตราการไหลของอากาศที่ต้องการสำหรับหัวดูดปิดล้อมจะมีหลักการพิจารณาที่แตกต่างไปจากกรณีหัวดูดภายนอก โดยเราสามารถหาอัตราการไหลของอากาศที่ต้องการได้จาก

$$Q = A_{opening} V_{face} \quad (2.8)$$

โดยที่ $A_{opening}$ = พื้นที่เปิดทั้งหมดที่อากาศภายนอกไหลเข้ามาแทนที่ซึ่งดูดเข้าสู่หัวดูด, ft^2

V_{face} = ความเร็วของอากาศที่ไหลเข้าสู่หัวดูดผ่านทางพื้นที่เปิด (ความเร็วด้านหน้า), fpm

จากสมการ (2.8) จะพบว่า ความเร็วด้านหน้าถือเป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อการออกแบบหัวดูดปิดล้อมความเร็วด้านหน้านี้ต้องมีค่ามากพอที่จะดึงสารปนเปื้อนที่อยู่ภายในหัวดูดให้เข้าสู่ระบบท่อได้ สำหรับค่าแนะนำของความเร็วด้านหน้าสำหรับลักษณะงานต่าง ๆ สามารถดูได้จากตารางที่ 2.3 เมื่อเลือกค่าความเร็วด้านหน้าจากตารางที่ 2.3 แล้ว เราก็สามารถหาอัตราการไหลของอากาศที่หัวดูดที่ต้องการได้ทันที

ตารางที่ 2.3 ค่าแนะนำของความเร็วด้านหน้า

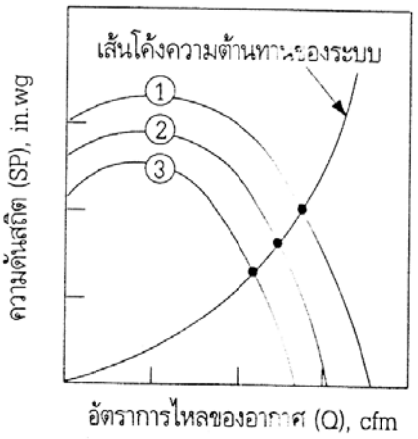
ลักษณะงาน	ความเร็วด้านหน้า, fpm
คอกกั้นสำหรับงานเชื่อมโลหะ	150 (0.75 m/s)
ห้องพ่นสี	100-200 (0.5 – 1.0 m/s)
หัวดูดในห้องทดลอง	100-150 (1.0 – 0.75 m/s)
สายพานลำเลียงวัสดุ	150-200 (0.75 – 1.0 m/s)
ถังเก็บวัสดุ (bin) หรือกรวยจ่ายวัสดุ (Hopper)	150-200 (0.75 – 1.0 m/s)
เครื่องผสม (Mixer)	100-200 (0.5 – 1.0 m/s)
เตาหลอมโลหะ (รวมไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ด้วย)	150-250 (0.75 – 1.25 m/s)

2.6 คุณลักษณะเชิงสมรรถนะของพัดลม [1]

โดยทั่วไป การอธิบายการไหลของอากาศในระบบระบายอากาศจะมุ่งเน้นให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของความต้านทานในระบบอันเกิดจากความเสียดทานกับปริมาณของอากาศที่ไหลผ่านระบบ แต่การที่อากาศจะเอาชนะความต้านทานในระบบและไหลได้ในปริมาณที่ต้องการ (จากการออกแบบ) อากาศจำเป็นต้องได้รับพลังงานจากภายนอกในรูปแบบของความดันซึ่งเกิดขึ้นจากการทำงานของพัดลม พลังงานจากภายนอก (เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า) จะถ่ายเทให้กับอากาศในระบบผ่านทางพัดลม ส่งผลให้เกิดทั้งการไหลของอากาศในปริมาณที่ต้องการและเกิดการเพิ่มขึ้นของความดันสถิต

อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศที่ถูกลำเลียงในระบบและความดันสถิต (SP) ที่ถูกสร้างขึ้นโดยพัดลมจะเรียกว่า คุณลักษณะเชิงสมรรถนะ (performance characteristics) สำหรับลักษณะเชิงสมรรถนะอื่นของพัดลม ได้แก่ ประสิทธิภาพเชิงกล (mechanical efficiency : ME) และแรงม้าเบรก (brake horsepower : BHP) ความรู้เกี่ยวกับสมรรถนะของพัดลมจะมีประโยชน์เป็นอย่างมากต่อการเลือกใช้พัดลมให้ถูกต้องและเหมาะสมต่อความต้องการของระบบ รวมถึงจะช่วยให้เราสามารถวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้องด้วย

โดยทั่วไป ปริมาณ (อัตราการไหล) ของอากาศที่พัดลมลำเลียงได้ที่ความเร็วในการหมุนของพัดลมที่กำหนดจะขึ้นอยู่กับความต้านทานของระบบ โดยเมื่อระบบมีความต้านทานต่อการไหลมาก พัดลมก็จะลำเลียงอากาศในปริมาณที่น้อย ในกรณีที่ต้องการให้พัดลมลำเลียงอากาศได้ในปริมาณเท่าเดิมก็สามารถทำได้โดยการเพิ่มความเร็วรอบในการหมุนของพัดลมให้สูงขึ้น โดยเส้นโค้งสมรรถนะของพัดลมเมื่อมีความเร็วรอบในการหมุนเพิ่มขึ้นจะมีลักษณะเหมือนเดิม แต่จะอยู่ในตำแหน่งที่สูงขึ้นไปในแนวดิ่งเท่านั้น รูปที่ 2.5 แสดงตัวอย่างเส้นโค้งความดันสถิตของพัดลมที่หมุนที่ความเร็วรอบที่ต่างกัน เส้นโค้งที่ 1 เป็นเส้นโค้งของพัดลมที่หมุนด้วยความเร็วรอบสูงสุด ส่วนเส้นโค้งที่ 3 เป็นเส้นโค้งของพัดลมที่หมุนด้วยความเร็วรอบต่ำสุด จะเห็นว่า จุดใช้งานของระบบและพัดลมจะเปลี่ยนไปตามรอบการหมุนของพัดลมเช่นกัน



ภาพที่ 2.5 เส้นโค้งและความดันสถิตของพัดลมที่หมุนด้วยความเร็วรอบต่างๆ

2.7 การเลือกใช้พัดลม [1]

การเลือกใช้พัดลมที่กล่าวในที่นี้ไม่เพียงที่จะเกี่ยวข้องในการจัดหาพัดลมให้เหมาะสมกับความต้องการของระบบ (อัตราการไหลและความดันสถิต) ที่ได้ออกแบบไว้เท่านั้น แต่ยังเกี่ยวข้องกับการติดตั้ง อุณหภูมิของอากาศในระบบ คุณลักษณะขอกระแสการไหลของอากาศ รวมถึงลักษณะการจัดวางหรือการติดตั้งชุดต้นกำลังขับ โดยก่อนที่จะทำการเลือกใช้พัดลม เราต้องทราบข้อมูลพื้นฐานบางอย่างเสียก่อน ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะมีส่วนช่วยให้การตัดสินใจเลือกใช้พัดลมเป็นไปอย่างถูกต้องและรวดเร็ว ดังจะกล่าวในรายละเอียดต่อไปนี้

- อัตราการไหลของอากาศที่ระบบต้องการ (Q) ซึ่งแสดงในหน่วย cfm จะเป็นตัวกำหนดความสามารถของพัดลมซึ่งส่งผลโดยตรงต่อขนาดและชนิดของพัดลมที่ใช้

- ความดันที่ระบบต้องการ โดยอาจแทนด้วยความดันสถิตของพัดลม (FSP) หรือความดันรวมของพัดลม (FTP) ก็ได้ ซึ่งแสดงในหน่วย in.wg ที่ภาวะมาตรฐานอากาศ ในกรณีที่ความดันดังกล่าวนี้ไม่ใช่ความดันที่ไม่ใช่ภาวะมาตรฐานอากาศ เราจำเป็นต้องปรับแก้ค่าความหนาแน่นของอากาศเสียก่อน

- ชนิดของสารปนเปื้อนที่ปะปนมากับกระแสการไหลของอากาศ ซึ่งเป็นตัวกำหนดชนิดการไหลของพัดลมที่ใช้หากสารปนเปื้อนเป็นควันหรือฝุ่นปริมาณเล็กน้อย เราสามารถใช้พัดลมแรงเหวี่ยงแบบซี่ใบพัดเอียงหลังหรือพัดลมไหลตามแนวแกนได้ แต่ถ้าสารปนเปื้อนเป็นฝุ่นเบาหรือละอองไอที่มีความชื้น พัดลมแรงเหวี่ยงแบบซี่ใบพัดเอียงหลังหรือแบบซี่ใบพัดหน้าตรงจะ

เหมาะสมในการใช้งานมากกว่า แต่ในกรณีมี่สารปนเปื้อนมีลักษณะเป็นฝุ่นซึ่งมีปริมาณหรือความเข้มข้นมาก เราควรใช้พัดลมแรงเหวี่ยงแบบซี่ใบพัดหน้าตรง

- คุณลักษณะของสารปนเปื้อน ซึ่งเป็นตัวกำหนดชนิดของวัสดุที่นำมาสร้างพัดลม เช่น ถ้าสารปนเปื้อนมีความสามารถในการกัดกร่อนสูง พัดลมที่ใช้ควรสร้างจากโลหะผสม หรือเหล็กสแตนเลส ซึ่งวัสดุทั้งสองชนิดนี้จะมีราคาข้อนข้างสูง ในบางกรณีอาจใช้พัดลมที่ทำจากไฟเบอร์กลาสหรือพลาสติกเสริมแรงก็ได้ซึ่งมีราคาถูกกว่า นอกจากนี้ยังใช้วัสดุเคลือบผิวเพื่อป้องกันการกัดกร่อนก็ได้ซึ่งถือเป็นวิธีที่นิยมกันอย่างกว้างขวาง

- อุณหภูมิของอากาศ ซึ่งเป็นตัวกำหนดชนิดของวัสดุที่นำมาสร้างพัดลม กล่าวคือ อากาศที่มีอุณหภูมิสูงจะส่งผลต่อความแข็งแรงของตัวพัดลมขณะทำงาน ดังนั้น การเลือกวัสดุที่นำมาทำเป็นส่วนประกอบของพัดลมจึงเป็นสิ่งที่ต้องให้ความสำคัญ

- พื้นที่สำหรับติดตั้งพัดลม ซึ่งเป็นตัวกำหนดขนาดหรือมิติ (dimension) ของพัดลมที่ใช้ รวมถึงความยากง่ายในการซ่อมบำรุง หากไม่มีการพิจารณาพื้นที่สำหรับติดตั้งพัดลมแล้ว จะพบว่าพัดลมที่เลือก ซึ่งคิดว่ามีประสิทธิภาพสูงสุดอาจไม่สามารถติดตั้งในบริเวณที่ต้องการได้ (ขนาดใหญ่เกินไปหรือตำแหน่งช่องทางเข้าและออกของอากาศไม่เหมาะสม)

- ลักษณะของต้นกำลังที่ใช้ขับพัดลม โดยทั่วไปมักใช้มอเตอร์ไฟฟ้าโดยหากเป็นพัดลมขนาดเล็กผู้ผลิตมักติดมอเตอร์พร้อมกับพัดลม แต่หากเป็นพัดลมขนาดใหญ่ มอเตอร์กับพัดลมจะแยกส่วนกันโดยมอเตอร์สามารถถ่ายทอดกำลังขับพัดลมโดยตรง (direct drive) ซึ่งเป็นระยะที่ไม่ซับซ้อน แต่ความเร็วรอบของพัดลมจะเท่ากับความเร็วรอบของมอเตอร์ หรือสามารถถ่ายทอดกำลังขับให้พัดลมโดยทางอ้อมผ่านสายพานส่งกำลัง (belt drive) ซึ่งจะมีความยุ่งยากกว่า แต่จะเหมาะสมกับระบบที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการของระบบ (อัตราการไหลและความดัน) อันเนื่องมาจากเปลี่ยนแปลงกระบวนการหรือการออกแบบหัวดูดใหม่

- ข้อกำหนดเกี่ยวกับระดับเสียงที่เกิดจากการทำงานของพัดลม ซึ่งเป็นตัวกำหนดชนิดของพัดลมหรือความเร็วรอบในการทำงานของพัดลม รวมถึงความจำเป็นในการใช้อุปกรณ์ลดเสียงดังของพัดลม

เมื่อได้ข้อมูลทุกอย่างตามที่กล่าวมาแล้ว เราก็สามารถกำหนดชนิดของพัดลมที่ใช้ วัสดุที่ใช้ทำพัดลม รวมถึงลักษณะของต้นกำลังที่ใช้ขับพัดลม ส่วนที่เหลือก็คือขนาดของพัดลม (fan size) ซึ่งหมายถึง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อพัดลมและมิติของพัดลม รวมถึงขนาดของต้นกำลังขับ (แรงม้าเบรก) สิ่งเหล่านี้สามารถหาหรือเลือกได้จากพิกัดสมรรถนะของพัดลม (fan rating) ซึ่งก็คือแคตตาล็อกสำหรับการเลือกพัดลมจากผู้ผลิตนั้นเอง โดยการเลือกพัดลมจะอาศัยข้อมูลที่สำคัญ 2 อย่าง ได้แก่ อัตราการไหลของอากาศ (Q) และความดันสถิตของพัดลม (FSP)

โดยทั่วไป พิกัดสมรรถนะของพัดลมจะแสดงได้ใน 2 รูปแบบ คือ รูปแบบของเส้นกราฟซึ่งก็คือเส้นโค้งสมรรถนะของพัดลม และรูปของตาราง (fan rating table) โดยข้อมูลพิกัดสมรรถนะของพัดลมจะได้มาจากการทดสอบพัดลมของผู้ผลิตซึ่งการทดสอบจะกระทำตามมาตรฐานของ AMCA (American Movement and Control Association) ภายใต้ภาวะมาตรฐานอากาศ ตารางที่ 2.4 ได้แสดงให้เห็นตัวอย่างตารางพิกัดสมรรถนะของพัดลมแรงเหวี่ยงจากผู้ผลิตพัดลม

ตารางที่ 2.4 พิกัดสมรรถนะของพัดลม

Q	QV	5″ SP			6″ SP			7″ SP			8″ SP		
cfm	fpm	rpm	BHP	ME	Rpm	BHP	ME	rpm	BHP	ME	rpm	BHP	ME
4324	1800	850	4.92	0.72									
4804	2000	852	5.37	0.74	931	6.55	0.72	1005	7.77	0.71			
5284	2200	856	5.84	0.76	934	7.09	0.74	1006	8.37	0.73	1075	9.7	0.71
5765	2400	862	6.35	0.77	937	7.65	0.75	1009	9.01	0.74	1076	10.4	0.73
6245	2600	869	6.89	0.77	943	8.29	0.76	1013	9.67	0.76	1079	11.1	0.75
6726	2800	878	7.46	0.78	950	8.9	0.77	1018	10.4	0.76	1083	11.9	0.76
7206	3000	888	8.07	0.78	958	9.57	0.78	1025	11.1	0.77	1089	12.7	0.76
7686	3200	899	8.71	0.78	968	10.3	0.78	1033	11.9	0.77	1096	13.6	0.77
8167	3400	911	9.4	0.78	979	11.0	0.78	1043	12.7	0.78	1104	14.4	0.77
8647	3600	924	10.1	0.78	990	11.8	0.78	1053	13.6	0.78	1113	15.4	0.78
9128	3800	938	10.9	0.78	1003	12.7	0.78	1064	14.5	0.78	1123	16.4	0.78
9608	4000	952	11.7	0.77	1016	13.6	0.78	1076	15.5	0.78	1134	17.4	0.78
10088	4200	967	12.6	0.77	1030	14.5	0.78	1089	16.5	0.78	1146	18.5	0.78
10569	4400	983	13.5	0.77	1044	15.5	0.77	1103	17.5	0.78	1158	19.6	0.78
11049	4600	999	14.4	0.76	1059	16.5	0.77	1117	18.6	0.77	1172	20.8	0.78
11530	4800	1015	15.4	0.76	1075	17.6	0.77	1132	19.8	0.77	1186	22	0.78
12010	5000	1032	16.5	0.75	1091	18.7	0.76	1147	21	0.77	1200	23.3	0.77

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

กฎของพัดลม (fan laws) เป็นกฎที่ใช้ในการอธิบายสมรรถนะการทำงานของพัดลมโดยไม่คิดถึงผลของการอัดตัวได้ของอากาศ ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับ

การทำงานของพัดลม ได้แก่ ขนาดของพัดลม (size) อัตราการไหลเชิงปริมาตร (Q) ความดันสถิต (SP) แรงม้าเบรก (BHP) และความเร็วรอบในการหมุนของพัดลม (rpm) สำหรับความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ตามกฎของพัดลมมีดังนี้

$$Q_2 = Q_1\left(\frac{size_2}{size_1}\right)^3\left(\frac{rpm_2}{rpm_1}\right) \quad (2.9)$$

$$SP_2 = SP_1\left(\frac{size_2}{size_1}\right)^2\left(\frac{rpm_2}{rpm_1}\right)^2 \quad (2.10)$$

$$BHP_2 = BHP_1\left(\frac{size_2}{size_1}\right)^5\left(\frac{rpm_2}{rpm_1}\right)^3 \quad (2.11)$$

จะเห็นได้ว่า สมรรถนะของพัดลมซึ่งหมายถึง อัตราการไหลเชิงปริมาตร ความดันสถิต และแรงม้าเบรก จะขึ้นอยู่กับตัวแปรที่สำคัญสองตัว ได้แก่ ขนาดของพัดลม ซึ่งคือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อพัดลม และความเร็วรอบในการหมุนของพัดลม ในทางปฏิบัติเรามักนำกฎของพัดลมไปใช้ในการตัดสินใจว่าจะปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงการทำงานของพัดลมได้อย่างไนโดยสามารถทำได้ในสองลักษณะ กล่าวคือ คาดคะเนสมรรถนะของพัดลมเมื่อขนาดของพัดลมเปลี่ยนแปลง (รูปร่างต้องเหมือนกันเท่านั้น) และคาดคะเนสมรรถนะของพัดลมเมื่อความเร็วรอบเปลี่ยนแปลง

2.8 แบตเตอรี่ [3],[4]

แบตเตอรี่ (Battery) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จัดเก็บพลังงานเพื่อไว้ใช้ต่อไป ถือเป็นอุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานเคมีให้เป็นไฟฟ้าได้โดยตรงด้วยการใช้เซลล์กัลวานิก (galvanic cell) ที่ประกอบด้วยขั้วบวกและขั้วลบ พร้อมกับสารละลายอิเล็กโตรไลต์ (electrolyte solution) แบตเตอรี่อาจประกอบด้วยเซลล์กัลวานิกเพียง 1 เซลล์หรือมากกว่าก็ได้

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์สำหรับจัดเก็บไฟฟ้าเท่านั้น ไม่ได้ผลิตไฟฟ้า สามารถประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ (recharge) ได้หลายครั้ง และประสิทธิภาพจะไม่เต็ม 100% จะอยู่ที่ประมาณ 80% เพราะมีการสูญเสียพลังงานบางส่วนไปในรูปความร้อนและปฏิกิริยาเคมีจากการประจุ/จ่ายประจุนั่นเอง แบตเตอรี่จัดเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพงและเสียหายได้ง่ายหากดูแลรักษาไม่ดีเพียงพอหรือใช้งานผิด

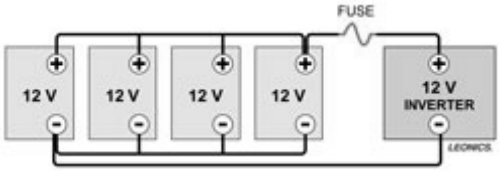
วิธี รวมถึงอายุการใช้งานของแบตเตอรี่แต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป เนื่องด้วยวิธีการใช้ การบำรุงรักษา การประจุและอุณหภูมิ ฯลฯ

2.8.1 ชนิดของแบตเตอรี่

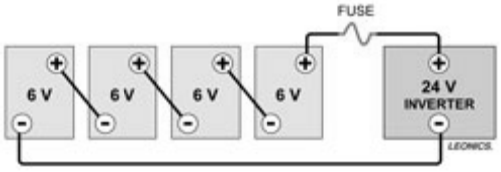
แบตเตอรี่ที่นิยมใช้กันมากที่สุด เป็นแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว – กรด (Lead – Acid Battery) ด้วยเหตุผลนานาประการไม่ว่าจะเป็นราคาที่ถูกกว่าและหาซื้อได้ง่าย

แบตเตอรี่ชนิดนี้มีส่วนประกอบสำคัญเป็นแผ่นตะกั่วที่เป็นขั้วบวกและลบจุ่มอยู่ในสารละลายกรดซัลฟุริกหรือเรียกว่าสารละลายอิเล็กโตรไลต์ เมื่อเซลล์มีการจ่ายประจุ โมเลกุลของซัลเฟอร์จากสารละลายอิเล็กโตรไลต์จะติดอยู่กับแผ่นตะกั่วและปล่อยอิเล็กตรอนออกมามากมาย เมื่อเซลล์มีการประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ อิเล็กตรอนจำนวนมากจะกลับเข้าไปในสารละลายอิเล็กโตรไลต์ แบตเตอรี่จึงเกิดแรงดันได้จากปฏิกิริยาเคมีนี้เอง และไฟฟ้าเกิดขึ้นได้จากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน

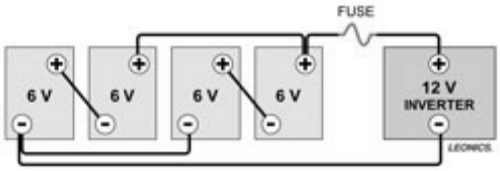
ภายในแต่ละเซลล์ของแบตเตอรี่ให้แรงดัน 2 โวลต์ แบตเตอรี่ 12 โวลต์จึงมี 6 เซลล์ต่อกันแบบอนุกรม เซลล์ทั้งหมดอาจบรรจุอยู่ภายในกล่องเดียวหรือแยกกล่องก็ได้ ถ้าต้องการแรงดันมากขึ้น ให้นำแบตเตอรี่หลายลูกมาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อให้ได้แรงดันสูงขึ้นตามต้องการ



ถ้าต้องการกระแสมากขึ้น ให้นำแบตเตอรี่ 2 ลูกหรือมากกว่านั้นต่อกันแบบขนานจนได้กระแสที่ต้องการ



ถ้าต้องการแรงดันและกระแสมากขึ้น ให้นำแบตเตอรี่มาต่อกันแบบอนุกรมผสมกับแบบขนาน



2.8.2 ความสามารถในการจัดเก็บพลังงาน

ความจุของแบตเตอรี่ในการบรรจุพลังงานมีหน่วยเป็น แอมแปร์-ชั่วโมง (Ampere-Hour; Ah) พลังงานในแบตเตอรี่ 12 V 100 Ah เท่ากับ 12V x 100Ah หรือ 12V x 100A x 3600s จะได้เท่ากับ 4.32 MJ ถ้าแบตเตอรี่ 100 Ah เท่ากับว่าแบตเตอรี่จะจ่ายกระแส 1 แอมแปร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 100 ชั่วโมง หรือแบตเตอรี่จ่ายกระแส 10 แอมแปร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 10 ชั่วโมง เช่นเดียวกับแบตเตอรี่จ่ายกระแส 5 แอมแปร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 20 ชั่วโมง ซึ่งทั้งหมดนี้จ่ายกระแสเท่ากับ 100 Ah ทั้งสิ้น จะเห็นได้ว่า แบตเตอรี่ที่มีความจุเท่ากันอาจมีความเร็วในการจ่ายกระแสต่างกันได้ ดังนั้น การจะทราบความจุของแบตเตอรี่ต้องทราบถึงอัตราการจ่ายกระแสด้วย มักกำหนดเป็นจำนวนชั่วโมงของการจ่ายกระแสเต็มที่

2.9 ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ [2],[3],[4]

เป็นมอเตอร์ขนาดเล็กมีขนาดกำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 1/200 แรงม้าถึง 1/30 แรงม้า นำไปใช้ได้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง และใช้ได้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส มอเตอร์ชนิดนี้มีคุณสมบัติที่โดดเด่นคือให้แรงบิดเริ่มหมุนสูง นำไปปรับความเร็วได้ ทั้งปรับความเร็วได้ง่ายทั้งวงจรลดแรงดันและวงจรควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ นิยมนำไปใช้เป็นตัวขับเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน เช่น เครื่องบดและผสมอาหาร มีดโกนหนวดไฟฟ้า เครื่องนวดไฟฟ้า มอเตอร์จักรเย็บผ้า สว่านไฟฟ้า เป็นต้น

ภาพที่ 2.6 ลักษณะของยูนิเวอร์แซลมอเตอร์

2.9.1 ส่วนประกอบของยูนิเวอร์แซลมอเตอร์

(1) ฝาปิดหัวท้าย (End Plate) ลักษณะเหมือนกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทั่วไป ตรงกลางมีร่องสำหรับใส่เพลาของมอเตอร์ และมีลูกปืนรองรับเพลาทั้งสองด้าน

(2) โครงสร้าง (Frame) เป็นเปลือกหุ้มมอเตอร์ ทำด้วยเหล็กเหนียวและเหล็กหล่อ มีรูปร่างหลายแบบ ส่วนใหญ่จะมีลักษณะทรงกระบอกกลม

(3) ขั้วสนามแม่เหล็ก (Field Pole) จะมี 2 ขั้ว โดยทำจากแกนเหล็กบาง ๆ อัดซ้อนกัน (Laminated Core)

(4) อาร์เมเจอร์ (Armature) มีโครงสร้างเกี่ยวกับอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง คือ เป็นแท่งกลมมีร่องสำหรับพันขดลวดอาร์เมเจอร์

(5) แปรงถ่าน (Brush) ทำด้วยคาร์บอนติดตั้งในซองแปรงถ่าน มีสปริงกดแปรงถ่านให้แน่นกับคอมมิวเนเตอร์ เพื่อนำกระแสไฟฟ้าเข้าและออกจากมอเตอร์

2.9.2 การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์

การควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ปกติจะใช้อินเวอร์เตอร์ (Inverter) หรือเรียกว่า เอซีไดร์ฟ (AC drives) ซึ่งเป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากความเร็วรอบของอินดัคชั่นมอเตอร์ หรือมอเตอร์เหนี่ยวนำ จะเปลี่ยนแปลงตามความถี่ไฟฟ้าและจำนวนขั้วแม่เหล็กตามสมการ (2.12)

$$\text{Synchronous speed (Ns)} = \frac{(120\times f)}{P} \qquad (2.12)$$

โดยที่ f = ความถี่กระแสไฟฟ้า

P = จำนวนขั้วแม่เหล็ก

จะเห็นว่าความเร็วรอบของมอเตอร์สามารถปรับเปลี่ยนโดย

(1) เปลี่ยนจำนวนขั้วแม่เหล็ก (P) หรือ

(2) เปลี่ยนแปลงความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ไฟฟ้า (f)

ดังนั้นหากความถี่กระแสไฟฟ้ามีค่าคงที่คือ 50 Hz. (หรือ 60 Hz.ในบางประเทศ เช่นอเมริกา) ความเร็วรอบของมอเตอร์ แต่ละตัวก็จะมีความเร็วรอบที่แตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับจำนวนขั้วแม่เหล็กของมอเตอร์แต่ละตัว ซึ่งสามารถสรุปได้ตามตารางดังนี้

ตารางที่ 2.5 ความสัมพันธ์ความเร็วรอบกับขั้วแม่เหล็ก

จำนวนขั้วแม่เหล็ก(P)	**2**	**4**	**6**	**8**	**10**	**15**
จำนวนรอบที่ความถี่ 50 Hz. (RPM)	3000	1500	1000	750	600	500
จำนวนรอบที่ความถี่ 60 Hz. (RPM)	3600	1800	1200	900	720	600

จากตารางสรุปความสัมพันธ์ของความเร็วรอบของมอเตอร์ที่มีจำนวนขั้วแม่เหล็กที่แตกต่างกันจะเห็นว่า วิธีการควบคุมความเร็วรอบด้วยการเปลี่ยนจำนวนขั้วแม่เหล็กนั้น ความเร็วจะเปลี่ยนแปลงไปครั้งละมาก ๆ เช่น เปลี่ยนจาก 3000 รอบต่อนาที ไปเป็น 1500 รอบต่อนาที หรือจาก 1500 รอบต่อนาที ไปเป็น 3000 รอบต่อนาที (กรณีเปลี่ยนจากการต่อแบบ 2 ขั้วแม่เหล็กไปเป็นการต่อแบบ 4 ขั้วแม่เหล็ก หรือจาก 4 ขั้วแม่เหล็กลดลงมาเหลือ 2 ขั้วแม่เหล็ก) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบในลักษณะนี้ความเร็วรอบที่เปลี่ยนแปลงจะไม่ละเอียด ทำได้เฉพาะในขณะที่ไม่มีโหลด และที่สำคัญคือต้องใช้มอเตอร์ที่ออกแบบพิเศษที่สามารถเปลี่ยนแปลงจำนวนขั้วแม่เหล็กได้เท่านั้น ทำให้ไม่เหมาะสมกับความต้องการของงานในหลาย ๆประเภทที่ต้องการควบคุมความเร็วรอบในขณะมีโหลดเพื่อให้ความเร็วเหมาะสมกับความเร็วของกระบวนการผลิต ดังนั้นในกระบวนการผลิตทั่วไปจึงนิยมใช้อินเวอร์เตอร์ในการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์มากกว่า เนื่องจากสามารถควบคุมให้มอเตอร์ด้วยความเร็วคงที่ ปรับความเร็วรอบไปที่ความเร็วต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็วและมีความเที่ยงตรงมากกว่า