บทที่ 2

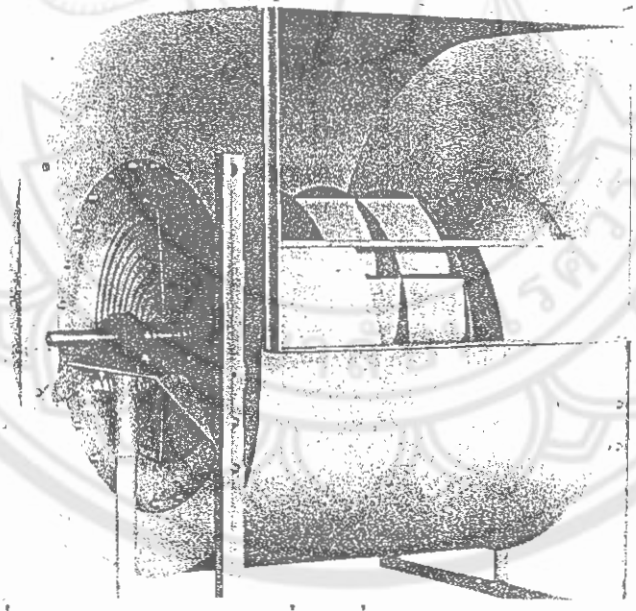
หลักการและทฤษฎี

ถ้ากล่าวถึงพัดลมทุกคนคงรู้จักกันดี เนื่องจากเป็นสิ่งที่เรารู้จักกันดี เนื่องจากเป็นเครื่องอำนวยความสุขสบาย ในบ้านเรือนอย่างหนึ่ง แต่นั่นเป็นเพียงพัดลมแบบหนึ่งเท่านั้นที่เรารู้จัก สำหรับผู้ที่อยู่ในวงการวิศวกรรมแล้วจะทราบได้ทันทีว่าพัดลมยังมีอีกหลายชนิดตามลักษณะการใช้งานและหน้าที่ของพัดลม ซึ่งในกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเกือบจะทั้งหมด พัดลมจัดได้ว่าเป็นอุปกรณ์ที่จะเข้ามาเกี่ยวข้องอยู่ด้วยเสมอ ๆ ไม่ว่าจะเป็นงานอะไรก็ตาม

2.1 ชนิดของพัดลม

พัดลมโดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็นพวกใหญ่ ๆ ได้ 2 พวก โดยแบ่งตามลักษณะของลมที่วิ่งผ่านใบพัดและลักษณะโครงสร้างของพัดลมเอง

2.1.1พัดลมแรงเหวี่ยง (Centrifugal fan)

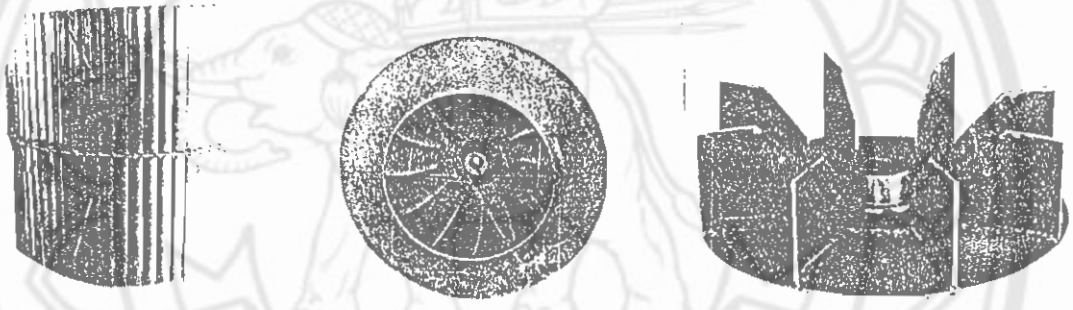


รูปที่ 1 แสดงรูปพัดลมแรงเหวี่ยง (ที่มา เอกสารประกอบการขายใบพัด)

ลักษณะของลมที่วิ่งผ่านใบพัดจะไหลผ่านในแนวรัศมีของใบ พัดลมแรงเหวี่ยงยังถูกจำแนกออกไปตามลักษณะชนิดของใบพัดได้ 3 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ แบบใบพัดโค้งหน้า (Forwardcurved blade), แบบใบตรง (Radial or Straight blade), และแบบใบพัดโค้งหลัง (Backward-curved blade)

พัดลมแรงเหวี่ยงจะให้ความดันของลมในลักษณะแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ซึ่งเกิดจากการหมุนเหวี่ยงก้อนอากาศที่ขังอยู่ระหว่างใบพัดกับตัวเรือนพัดลม พัดลมแรงเหวี่ยงจะถูกจำแนกชนิดตามลักษณะของใบพัด แบบใบพัดโค้งหน้าตัวใบพัดจะโค้งไปในทิศทางเดียวกันกับการหมุน(รูปที่ 2.1) สำหรับแบบใบพัดโค้งหลังตัวใบพัดจะโค้งสวนทางกับทิศทางการหมุน (รูปที่ 2.2) แบบใบตรงตัวใบพัดจะพัดออกไปตามแนวรัศมี(รูปที่ 2.3)

ลักษณะความโค้งของตัวใบพัดแต่ละแบบนั้นจะให้รูปของกราฟแสดงกำลังม้าและความดันสถิต (Static pressure) แตกต่างกันอีกด้วย



2.1 2.2 2.3

Forwardcurved blade Backwardcurved blade Radial or Straight blade

รูปที่ 2 แสดงลักษณะของใบพัดแบบพัดลมแรงเหวี่ยงแบบต่าง ๆ

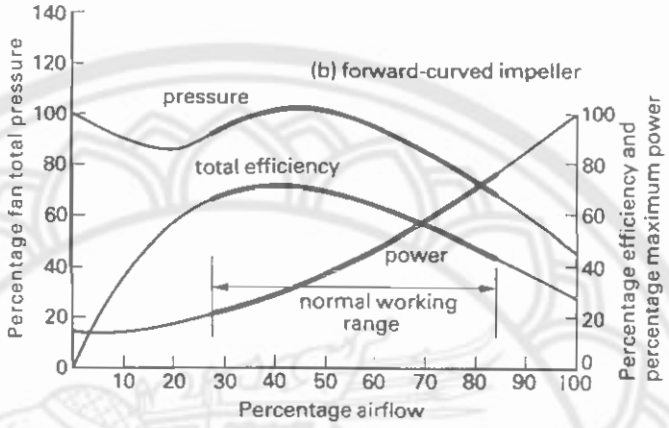
(ที่มา เอกสารประกอบการขายใบพัด)

2.1.1.1.แบบใบพัดโค้งหน้า (Forcurved blade)

ลักษณะของลมที่วิ่งออกจากใบพัดจะวิ่งออกด้วยความเร็วสูงกว่า ความเร็วของปลายใบพัด ลมจึงได้รับพลังงานส่วนมากในรูปของความเร็ว ตัวใบพัดเองก็เป็นแอ่งโค้งไปข้างหน้าดังนั้นจึงมีขีดจำกัดในเรื่องลมจะต้องสะอาด มิฉะนั้นสิ่งสกปรกจะสะสมตัวอยู่บนตัวใบพัด สำหรับในสภาพงานและสมรรถนะอันเดียวกัน พัดลมแบบนี้ชุดใบพัดจะเล็กและมีรอบต่ำที่สุด ดังนั้นพัดลมจะเงียบและมีการสั่นสะเทือนน้อย ลักษณะตัวถังเป็นโกร่งรูปหอยโข่ง

พัดลมแบบโค้งไปข้างหน้า (Forwardcurved blade) ใช้ในงาน ลมดูดเข้าเตาหม้อน้ำ ลมดูดระบายออกจากเตาเผา เครื่องดูดฝุ่น การทำงานของพัดลมชนิดนี้จะมีเสียงเบาที่สุดเมื่อเทียบกับพัดลมชนิดอื่นๆ แต่มีข้อเสีย คือมอเตอร์จะทำงานเกินกำลัง และมีช่วงการทำงานที่

ไม่เสถียร ใบพัดของพัดลมชนิดนี้มีใบละเอียดประมาณ 20 – 64 ชิ้ เพลาใบพัดมีขนาดเล็ก หมุนด้วยความเร็วรอบสูงกว่าใบพัดรัศมีตรง ความเร็วลมที่เคลื่อนที่จะเร็วกว่าพัดลมใบพัดโค้งไปข้างหลัง พัดลมชนิดนี้เหมาะสมสำหรับการทำงานของพัดลมคือช่วงเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่เปิดกว้างประมาณ 30 – 50 %



รูปที่ 3 กราฟแสดงสมรรถนะของพัดลมแบบใบพัดโค้งหน้า

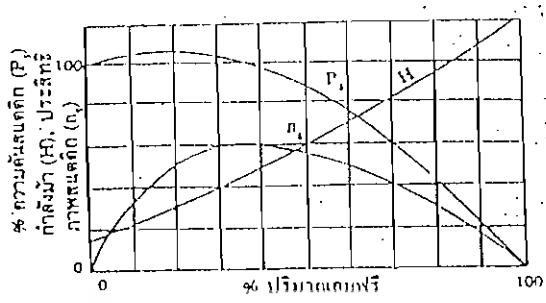
(ที่มา หนังสือ Air Conditioning Engineering Fourth Edition ; WP Jones)

จากกราฟจะเห็นได้ว่า กราฟของความดันไม่ชันมากนัก กราฟจะลดลงเล็กน้อยทางด้านซ้ายของค่าความดันสูงสุด โดยที่ประสิทธิภาพสูงสุดจะเยื้องไปทางขวาที่ 3-40%ของปริมาณลมฟรี กำลังม้าจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อปริมาณลมมากขึ้น ดังนั้นการเลือกมอเตอร์ขับจะต้องคำนึงถึงเรื่องนี้ด้วย

การใช้งานของพัดลมชนิดนี้จะไปใช้ในระบบทำความร้อน, ระบายอากาศ, ปรับอากาศ ซึ่งไม่ต้องการความดันสูงมากนัก

2.1.1.2. แบบใบตรง (Radial or Straight blade)

ลักษณะของใบพัดเป็นแบบสร้างง่าย ๆ ซ่อมง่าย ตัวใบพัดมีความแข็งแรง มีประสิทธิภาพต่ำที่สุดในพวกพัดลมแรงเหวี่ยง ใบพัดมีทั้งแบบธรรมดาและแบบโค้งไปด้านหลัง โดยที่ปลายใบโค้งชี้ไปข้างหน้าเล็กน้อยตัวถังเป็นรูปโกร่งหอยโข่งเช่นกัน (ดังแสดงตามรูปที่ 2.3)

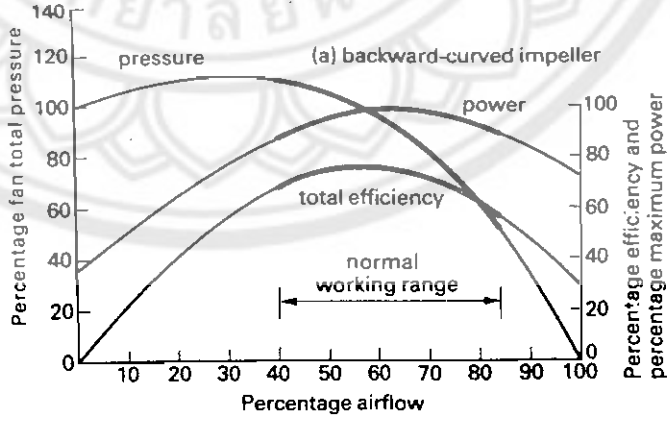


รูป 4 กราฟแสดงสมรรถนะของพัดลมแบบใบตรง
(ที่มา หนังสือ ปั๊ม พัดลม เครื่องอัด และระบบจ่าย)

การใช้งานของพัดลมชนิดนี้จะใช้ในการส่งวัสดุในอุตสาหกรรม ลมที่สิ่งแปลกปลอมในอากาศสูง เช่น ระบบเป่าลมในเตาเผาหม้อไอน้ำขนาดใหญ่,ระบบอุ่นอากาศ, ระบบก๊าซร้อน และระบบดูดอากาศช่วยในเตาเผาหม้อไอน้ำ

2.1.1.3. แบบใบพัดโค้งหลัง (Backwardcurved blade)

ลักษณะของลมที่วิ่งออกจากใบพัด จะวิ่งออกด้วยความเร็วต่ำกว่าความเร็วของปลายใบพัด เมื่อเทียบกับใบพัดโดยทั่วไป พัดลมแบบใบพัดโค้งหลังจะมีประสิทธิภาพสูงกว่า เนื่องจากความลึกของใบพัดจะทำให้ลมขยายตัวอย่างมีประสิทธิภาพ ลักษณะของใบพัดจะมี 2 ลักษณะ คือแบบใบเป็นวัสดุแผ่นเดียวและแบบแอร์ฟอยล์ (ดังแสดงตามรูปที่ 2.2)



รูปที่ 5 กราฟแสดงสมรรถนะของพัดลมแบบใบพัดโค้งหลัง
(ที่มา หนังสือ Air Conditioning Engineering Fourth Edition ; WP Jones)

พัดลมจะถูกไปใช้งานในระบบทำความร้อน, ระบายอากาศ, ปรับอากาศขนาดใหญ่ที่คำนึงถึงเรื่องการประหยัดกำลังเป็นสำคัญ

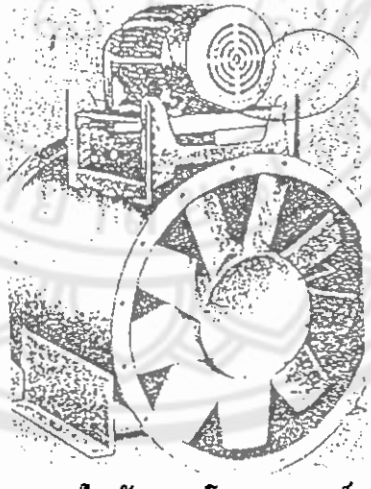
2.1.2 พัดลมพัดตามแนวแกน (Axial Flow Fan)

ลักษณะของลมที่วิ่งผ่านใบพัดจะวิ่งขนานไปตามแนวแกนของเพลาพัดลม พัดลมพัดตามแนวแกนยังแบ่งได้เป็น 3 พวก คือ โพรเพลเลอร์ (Propeller), ทิวบ์แอกเชียล (Tube Axial), และเวนแอกเชียล (Vane Axial)

พัดลมพัดตามแนวแกน ความดันทั้งหมดได้มาจากการเพิ่มความเร็วของลม ขณะที่ลมวิ่งผ่านใบพัดแล้วเปลี่ยนมาเป็นความดันสถิต นอกจากนี้ลักษณะที่สำคัญของพัดลมพัดตามแนวแกนคือ Hub-to-tip diameter ratio ถ้าพัดลมมีอัตราส่วนของแกนกลางสูง ความสามารถในการให้ความดันของพัดลมก็จะสูงไปด้วย

2.1.2.1แบบโพรเพลเลอร์ (Propeler)

เป็นพัดลมที่เรารู้จักกันดีและพบเห็นโดยทั่วไป เป็นแบบสร้างขึ้นอย่างง่าย ๆ พัดลมชนิดนี้มีอัตราส่วนของแกนกลางเป็นศูนย์ ดังนั้นจึงมีใบพัดยาวเมื่อเทียบกับแกนกลาง ลมได้รับพลังงานส่วนมากในรูปของความเร็ว จึงให้ประสิทธิภาพและความดันต่ำ (ดังรูปที่ 6)

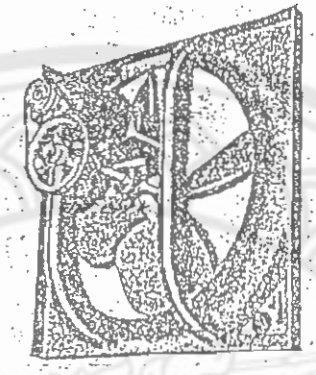


รูปที่ 6 แสดงใบพัดแบบโพรเพลเลอร์(Propeler)
(ที่มา หนังสือ 30 เรื่องน่ารู้เทคนิคการปรับอากาศ)

พัดลมชนิดนี้ใช้ในการหมุนเหวี่ยงและระบายอากาศที่ไม่ต้องการความดัน อย่างที่เห็นกันทั่วไปซึ่งเป็นแบบที่ติดตั้งกับกระจก, กำแพงหรือติดตั้งกับหลังในระบบระบายอากาศ

2.1.2.2 แบบทิวบ์แอกเชียล (Tube Axial)

ตัวพัดลมจะติดตั้งอยู่ในถังรูปทรงกระบอก (Tube housing) มีประสิทธิภาพและความดันสูงกว่าแบบโพรเพลเลอร์ อัตราส่วนของแกนกลางจะสูงกว่าแบบโพรเพลเลอร์ ลักษณะตัวถังเป็นรูปทรงกระบอกทำให้ลดช่องว่างระหว่างปลายใบพัดกับตัวถังและเพิ่มสมรรถนะของพัดลม (ดังรูปที่ 7)

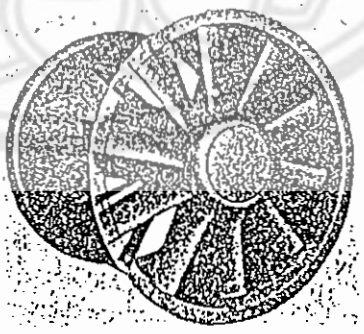


รูปที่ 7 แสดงใบพัดแบบทิวบ์แอกเชียล(tube Axial)
(ที่มา หนังสือ 30 เรื่องน่ารู้เทคนิคการปรับอากาศ)

การใช้งานของพัดลมส่วนใหญ่จะใช้ในงานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ที่มีความดันต่ำและปานกลาง

2.1.2.3 แบบเวนแอกเชียล (Vane Axial)

เหมือนทิวบ์แอกเชียลแต่มีไกด์เวนติดตั้งเข้าไปซึ่งอาจจะติดด้านหน้าหรือด้านหลังของตัวใบพัด ทำให้พัดลมชนิดนี้มีความดันและประสิทธิภาพสูงที่สุดในพวกพัดลมที่พัดตามแนวแกน เนื่องจากติดตั้งไกด์เวนทำให้ลมเงียบและเพิ่มสมรรถนะของพัดลม



รูปที่ 8 แสดงรูปใบพัดแบบเวนแอกเชียล
(ที่มา หนังสือ 30 เรื่องน่ารู้เทคนิคการปรับอากาศ)

การใช้งานจะใช้ในระบบระบายอากาศ, ปรับอากาศ, ความดัน ต่ำ กลาง สูง และงานประเภทเดียวกับทิวบ์แอกเซียล

2.2 กฎของพัดลม

กฎของพัดลมมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของสมรรถนะของพัดลม โดยสมรรถนะจะแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ อาทิ อุณหภูมิ ความเร็วรอบ และความหนาแน่นของลมหรือแก๊ส ปริมาณลมที่ได้จากพัดลมที่กำหนดในหนังสือคู่มือจากบริษัทผู้ผลิตปกติแล้วจะกำหนดค่าต่าง ๆ ณ สภาวะแวดล้อมปกติ สภาวะที่กำหนดดังกล่าวอาจแตกต่างกับสภาวะจริงที่ติดตั้งใช้งาน จึงทำให้สภาวะที่ใช้งานจริงไม่เป็นไปตามที่กำหนด

2.2.1 ความเร็วรอบผิดไปจากที่กำหนด

- ปริมาณลมเปลี่ยนแปลงไป เป็นปฏิภาคผกผันโดยตรงกับอัตราส่วนความเร็ว
- ค่าความกดดันลมจะเปลี่ยนไป ตามอัตราส่วนรอบยกกำลังสอง
- กำลังงานที่ต้องใช้ จะเปลี่ยนตามอัตราส่วนความเร็วรอบยกกำลังสาม

2.2.2 อุณหภูมิของอากาศหรือแก๊สที่เปลี่ยนไป

- กำลังงาน และค่าความกดดันจะเปลี่ยนไปเป็นปฏิภาคผกผันกับอุหภูมิสัมบูรณ์ ที่ความเร็วรอบและปริมาณลมคงที่

2.2.3 ความหนาแน่นของอากาศหรือแก๊สเปลี่ยนไป

- กำลังงาน และค่าความกดดันจะแปรผันตามความหนาแน่น ที่ความเร็วรอบและปริมาณลมคงที่

โดยกำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

<u>สิ่งที่ต้องควบคุม</u>

D คือขนาดพัดลม ρ คือความหนาแน่นของก๊าซ

N คือความเร็วรอบ

<u>สิ่งที่ต้องการวัด</u>

Q คือปริมาณลม P คือความดัน

T คืออุณหภูมิ

<u>สิ่งที่ต้องการศึกษา</u>

η คือประสิทธิภาพ **PW คือระดับความดังของเสียง**

H คือกำลังม้า

<u>ข้อที่ 1</u>

$$Q_1 = Q_2 \times \left(\frac{D_1}{D_2}\right) \times \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \times \left(\frac{\rho_1}{\rho_2}\right)$$

$$P_1 = P_2 \times \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \times \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3 \times \left(\frac{\rho_1}{\rho_2}\right)$$

$$H_1 = H_2 \times \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^3 \times \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3 \times \left(\frac{\rho_1}{\rho_2}\right)$$

$$PW_1 = PW_2 + 70\log_{10}\left(\frac{D_1}{D_2}\right) + 25\log_{10}\left(\frac{N_1}{N_2}\right) + 20\log_{10}\left(\frac{\rho_1}{\rho_2}\right)$$

<u>ข้อที่ 2</u>

$$Q_1 = Q_2 \times \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^{\frac{1}{2}} \times \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{\rho_1}{\rho_2}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$N_1 = N_2 \times \left(\frac{D_1}{D_2}\right) = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1}{2}} \times \left(\frac{\rho_1}{\rho_2}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$H_1 = H_2 \times \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \times \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{3}{2}} \times \left(\frac{\rho_1}{\rho_2}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$PW_1 = PW_2 + 20\log_{10}\left(\frac{D_1}{D_2}\right) + 25\log_{10}\left(\frac{Q_1}{Q_2}\right) - 5\log_{10}\left(\frac{\rho_1}{\rho_2}\right)$$

ข้อที่ 3

$$N_1 = N_2 \times \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^3 \times \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)$$

$$P_1 = P_2 \times \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^4 \times \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^2 \times \left(\frac{\rho_1}{\rho_2}\right)$$

$$H_1 = H_2 \times \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^4 \times \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^2 \times \left(\frac{\rho_1}{\rho_2}\right)$$

$$PW_1 = PW_2 - 80\log_{10}\left(\frac{D_1}{D_2}\right) + 50\log_{10}\left(\frac{Q_1}{Q_2}\right) + 20\log_{10}\left(\frac{\rho_1}{\rho_2}\right)$$

2.3 มาโนมิเตอร์

หลักการ มาโนมิเตอร์อาศัยหลักการความสมดุลของแรงโน้มถ่วง(Gravity Balance) โดยให้ความดันแตกต่างมีค่าเท่ากับความสูงแตกต่างของของเหลวในท่อแก้ว

มาโนมิเตอร์แบ่งออกได้หลายประเภทดังต่อไปนี้

2.1.1 มาโนมิเตอร์รูปตัวยู (U- tube Manometer)

2.1.2 มาโนมิเตอร์แบบใช้ของเหลวสองชนิด (2 Liquids Type Manometer)

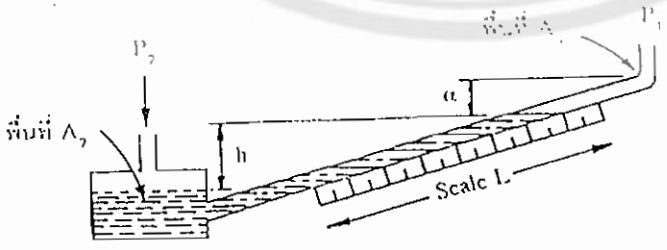
2.1.3 มาโนมิเตอร์แบบท่อเดี่ยว (Single Tube Manometer)

2.1.4 มาโนมิเตอร์แบบท่อเอียง (Inclined Manometer)

มาโนมิเตอร์แบบท่อเอียงได้รับการออกแบบมาเพื่อใช้วัดความดันค่าต่ำๆจนถึง 10 mbar ระดับความสูงต่ำของความดันที่วัดจะขึ้นอยู่กับมุม α มาโนมิเตอร์แบบท่อเอียงนี้ส่วนใหญ่จะปรับ มุม α นี้ได้

$$h = L \times \sin\alpha$$

ประโยชน์ของการปรับท่อเอียงนี้ คือ สามารถอ่านค่าความดันนี้ได้ละเอียดกว่ามาก

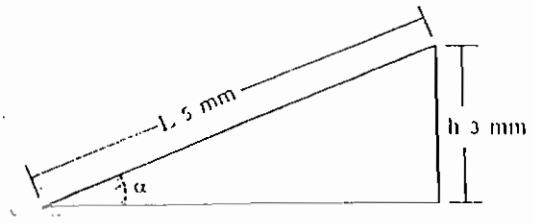


$$h = L \times \sin\alpha$$

$$P_2 - P_2 = L \times \sin\Phi \times \alpha \times g$$

รูปที่ 9 มาโนมิเตอร์แบบทท่อเอียง

(ที่มา หนังสือหลักการและการใช้เครื่องมือวัดอุตสาหกรรม)



รูปที่ 10.แสดงหลักการของนาฯมิเตอร์แบบท่อเอียง
(ที่มา หนังสือหลักการและการใช้เครื่องมือวัดอุตสาหกรรม)

ตามรูปที่ 10 ถ้าเป็นมาโนมิเตอร์แบบท่อตรงระดับความสูงจะอ่านได้ 3 mm. แต่ถ้าปรับท่อแก้วให้เอียงได้ ระดับครามสูงที่เท่ากันนี้สามารถยืดระยะได้ถึง 5 mm. จะเห็นว่าถ้าค่า a มีค่าน้อยลง ระยะการอ่านก็จะเพิ่มขึ้น

ถ้าให้อัตราส่วน $\Delta L/\Delta P$ หรือ $\Delta L/(P_2-P_1)$ เป็นค่าความไวของเครื่องมือวัด (Sensitivity) มาโนมิเตอร์แบบท่อเอียง จะให้ค่าความไวสูงกว่าแบบท่อตรงที่ให้ค่าความไวของการวัดเพียง $\Delta h/\Delta P$ ซึ่งเหมาะสำหรับความดันค่าต่ำๆเช่น 1-5 mm.H_2O

ข้อดี ข้อด้อยของมาโนมิเตอร์

ข้อดี

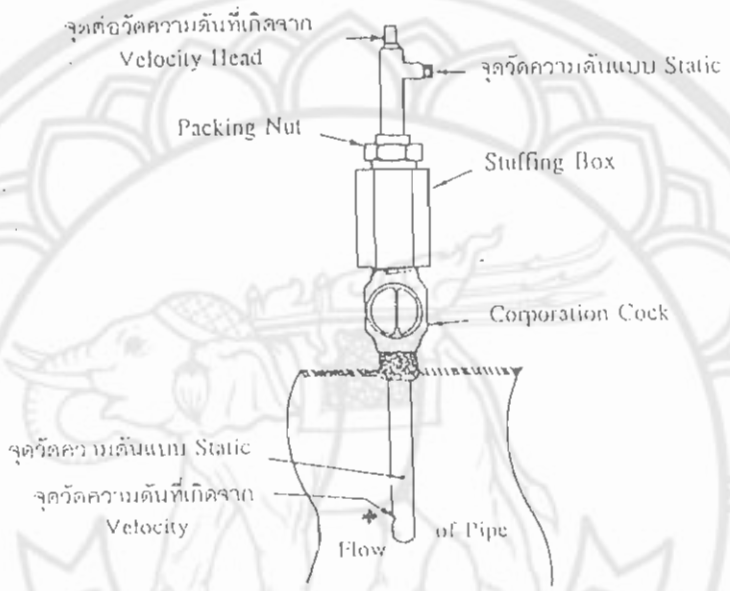
1. เหมาะสำหรับการวัดค่าความดันต่ำๆจาก 1-2 mm.H_2O ไปจนถึง 1bar สามารถใช้วัด Vacuum หรือความดันดิฟเฟอเรนเชียลค่าต่ำๆได้ดี
2. ให้ความเที่ยงตรงและความไวในการวัดสูง
3. สามารถเลือกของเหลวที่มีความหนาแน่นต่างๆกันได้มาก
4. เป็นแบบที่มีโครงสร้างง่ายที่สุด ราคาถูก สามารถทำขึ้นได้เอง

ข้อด้อย

1. **ไม่มีอุปกรณ์ป้องกัน เมื่อเกิดความดันเกินขนาด**
2. **วัดความดันในย่านต่ำๆเท่านั้น**
3. **อาจเกิดปฏิกิริยาทางเคมีหรือการระเหยตัว กลั่นตัว ถ้าเลือกของเหลวที่ใช้งานไม่ถูกต้อง**
4. **ต้องปรับระดับก่อนใช้งานทุกครั้ง**

2.4 เครื่องมือวัด Flow แบบ Pitot Tube

เป็นแบบที่ใช้วัดความเร็วของ Fluid โดยตรง ปลายที่ใช้วัดจะถูกสอดเข้าไปยังส่วนกลางของท่อ ให้ตั้งฉากกับทิศทางการไหล และปลายอีกด้านหนึ่ง เปิดอยู่ด้านข้าง (ตามรูปที่ 11) เพื่อใช้วัดความดันแบบ Static จุดวัดความดันทั้งสองด้านจะต้องตั้งฉากกัน



รูปที่ 11 ลักษณะ Pitot Tube
(ที่มา หนังสือหลักการและวิธีใช้เครื่องมือวัดอุตสาหกรรม)

ความเร็วของ Fluid ในจุดต่าง ๆ ทั่ว ๆ ไปจะเป็นดังรูป (ข้างบน) เมื่อกำหนดให้ความยาวของท่อตรงก่อนเข้าตัว Pitot Tube อย่างน้อย 50 เท่าของ Ø ของท่อ ค่าความเร็วเฉลี่ยของการไหลจะอยู่ประมาณที่จุด 30% ห่างจากผิงผนังภายในท่อ แต่จุดเฉลี่ยนี้จะเปลี่ยนไปถ้าค่า Reynolds number เปลี่ยนไป ซึ่งก็คือความเร็วในการไหลเปลี่ยนไปนั่นเอง

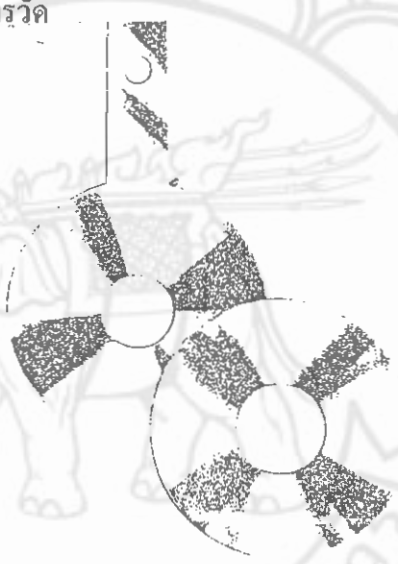
Pitot Tube เป็นแบบที่ประหยัด, ติดตั้งง่าย แต่ค่าความผิดพลาดจะเกิดขึ้นได้ง่ายเมื่อ Velocity Profile เปลี่ยนไป และไม่เหมาะกับ Fluid ที่สกปรกหรือเหนียวข้น เพราะจะทำให้เกิดการอุดตันได้ง่ายค่าผิดพลาดของการวัดประมาณ ±0.5 ถึง ±5% ข้อดีอีกอย่างคือ ความดันสูญเสียที่เกิดจากตัววัดมีค่าต่ำ

2.5 ออริฟิส

2.5.1.แผ่นออริฟิส (Orifice Plate)

การใช้ออริฟิสวัดอัตราการไหลเป็นที่รู้จักกันมานานแล้วตั้งแต่สมัยอาณาจักรโรมันได้มีการใช้ออริฟิสวัดการใช้น้ำของประชาชน ซึ่งวิธีการนี้ต่อมาได้เป็นแบบที่แพร่หลายที่สุด ในวงการอุตสาหกรรมในอเมริกา

ออริฟิสที่พบใช้งานอยู่โดยทั่วไปจะมีรูปร่างดังรูป 12 ช่องออริฟิสทางด้าน Fluid ไหลเข้าจะเป็นมุมฉากคม ทางด้านออกจะผายออกประมาณ 45 องศา เพื่อเป็นการลดแรงเสียดทานลงให้เหลือเท่าที่จำเป็นสำหรับการวัด



รูป 12 แสดงรูปออริฟิสแผ่นบางขอบคม
(ที่มา หนังสือหลักการและวิธีการใช้เครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรม)

2.5.2. ชนิดของออริฟิส

ออริฟิสสามารถแบ่งออกได้ 5 ชนิดดังนี้

2.5.2.1 ออริฟิสแบบเยื้องศูนย์

2.5.2.2 ออริฟิสแบบเซ็คเมนต์ (Segmental Orifice)

2.5.2.3 ออริฟิสแบบผายปากเป็นรูปโค้ง (Quadrant Edge Orifice)

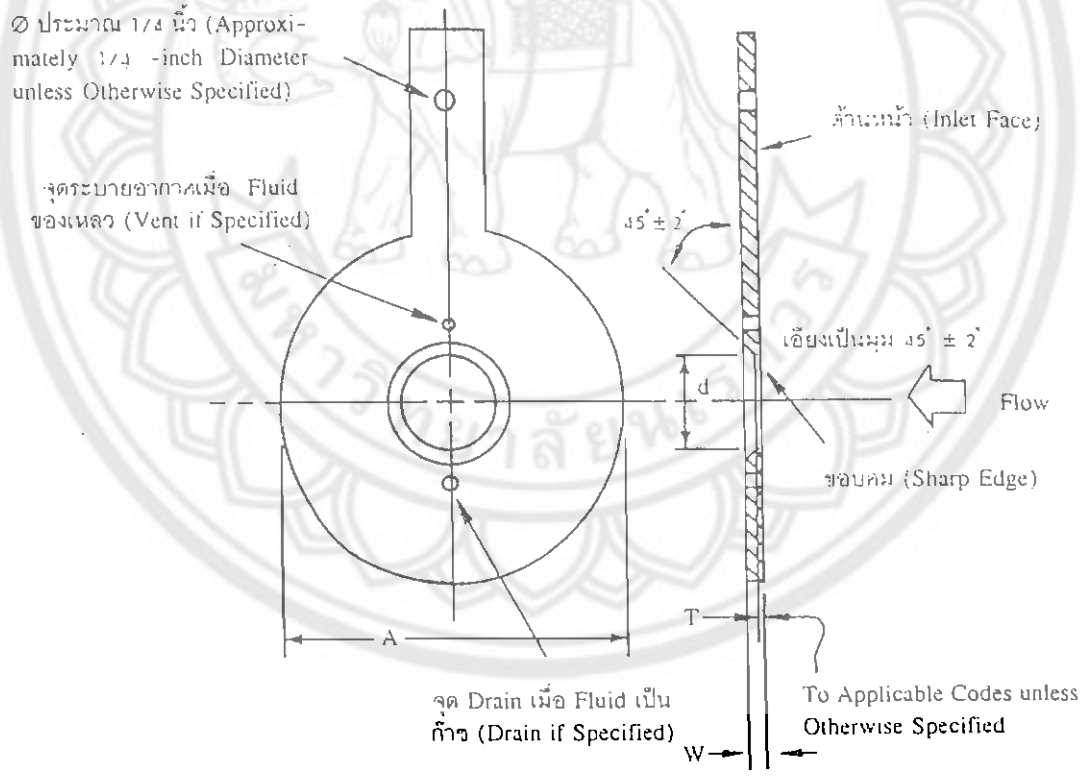
2.5.2.4 ออริฟิสมาตราฐาน ANSI

2.5.2.5 ออริฟิสแบบ Flange Taps

ออริฟิสแบบ flange Taps ความหนาของแผ่นออริฟิส จะมีค่าแปรเปลี่ยนไปตามขนาดของท่อ หรือเส้นผ่าศูนย์กลางของช่องออริฟิส ความหนาที่สำคัญคือ ขอบในออริฟิส (Orifiee Edge) ระยะ T ตามรูป 21 จะต้องมีค่าไม่เกินค่าเหล่านี้

T น้อยกว่าเท่ากับ 0.02	เมื่อ D คือระยะเส้นผ่าศูนย์ด้านในของท่อ
หรือ T น้อยกว่าเท่ากับ d/8	d คือระยะเส้นผ่าศูนย์กลางของช่องออริฟิส
(ใช้ค่าที่น้อยกว่า)	T คือ ความหนา

เพราะระยะ d จะมีผลโดยตรงต่อค่า Coefficient of Discharge แต่ค่าความหนาของแผ่นออริฟิสจะมีความหนากว่าระยะ T ได้ ทั้งนี้เพื่อให้ได้ความแข็งแรงของแผ่นออริฟิสมากขึ้น แต่หลังขอบในของออริฟิสจะต้องผายออกประมาณ 45 องศา แผ่นออริฟิสแบบนี้ใช้วัด Flow ได้ทางเดียวเท่านั้นตามทิศทางในรูป แต่ถ้าจะให้วัดได้ทั้งสองทาง ตัวแผ่นออริฟิสจะต้องมีความหนาเท่ากับระยะ T และจุด Taps ทั้งสองจะต้องห่างจากออริฟิสเท่ากัน



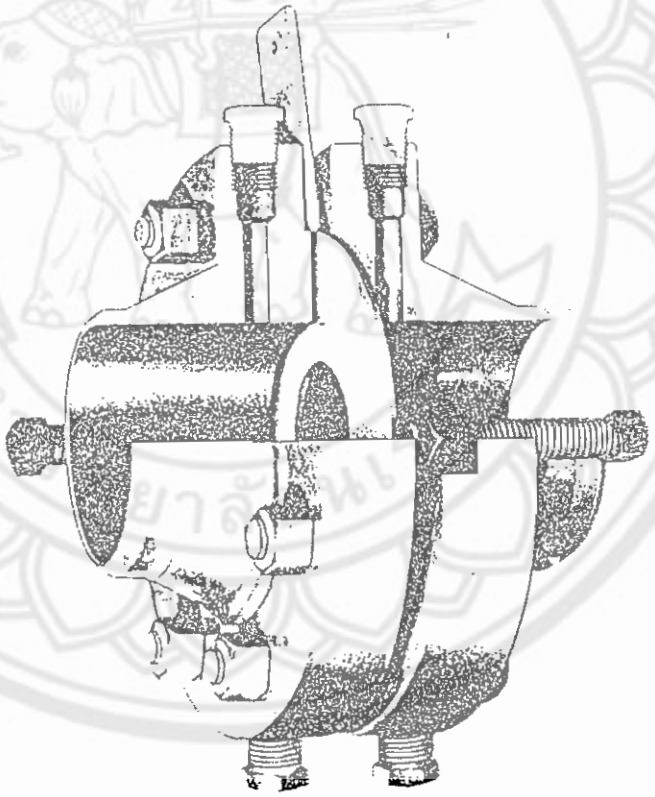
รูปที่ 13 แสดงลักษณะของแผ่นออริฟิส

(ที่มา หนังสือหลักการและวิธีการใช้เครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรม)

ขนาดช่องออริฟิสจะบอกเป็นอัตราส่วนกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางในของท่อเรียกว่า อัตราส่วนเบตา (β Ratio) ค่าของ β นี้ มีขีดจำกัดเพื่อให้ผลของการวัดมีความเที่ยงตรง สำหรับ Fluid ที่เป็นของเหลวค่า β จะอยู่ระหว่าง 0.15 ถึง 0.75 และที่เป็นก๊าซหรือไอ เช่น ไอน้ำค่า β จะอยู่ระหว่าง 0.20 ถึง 0.70 แต่ค่าที่ดีที่สุดควรอยู่ระหว่าง 0.4 ถึง 0.6

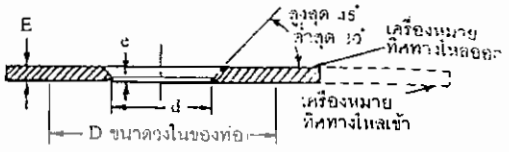
ค่า β นี้ จะขึ้นอยู่กับการต่อ Pressure Taps ด้วย ถ้าเป็นแบบ Flange Taps (ต่อจุดวัดความดันที่หน้าแปลนประกับปออริฟิส) ค่าβ สามรถกำหนดได้ระหว่าง 0.15 ถึง 0.7 แต่ถ้าเป็น Pipe Taps (ต่อจุดวัดความดันที่ท่อส่ง) ค่า β ควรอยู่ระหว่าง 0.2 ถึง 0.67

การกำหนดค่า β ในทางปฏิบัติจะต้องกำหนดจาก ค่าความแตกต่างของความดันสูงสุดที่ต้องการ เมื่อค่า Flow ในระบบสูงสุด ค่าความแตกต่างของความดันสูงสุด 100 mmH_2O แล้วคำนวณย้อนกลับมาหาค่า β



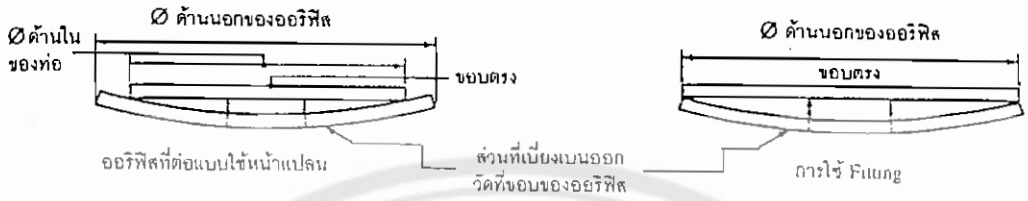
รูปที่ 14 แสดงภาพตัดแสดงการติดตั้งออริฟิสแบบ Flange Taps
(ที่มา หนังสือหลักการและวิธีการใช้เครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรม)

ตารางที่ 1 ขนาดต่างๆของแผ่นออริฟิส (Orifice Plate Dimention)



Nominal I.D.	2"	3"		4"		6"		8"		10"	12"		16"	20"		24"		30"	
ie 0.02 D	1/32	1/32	3/64	1/64	5/64	3/32	7/64	9/64	5/32	3/16	7/32	15/64	9/32	19/64	3/8	7/16	29/64	9/16	37/64
Comm. D	1.939	....	2.624	3.152	....	....	....	....	....	9.564	....	....	....	....	18.814	....	....	....	....
Comm. D	1.939	....	2.900	3.458	....	4.897	5.761	....	7.981	10.020	....	11.938	....	15.000	19.000	....	23.000	....	29.000
Comm. D	2.067	2.300	3.068	3.826	4.026	5.189	6.055	7.625	8.071	10.136	11.376	12.090	14.688	15.250	19.250	22.626	23.250	28.628	29.250
Orifice Plate Thickness "E"																			
ค่าต่ำสุด	0.115	0.115	0.115	0.115	0.115	0.115	0.115	0.115	0.115	0.115	0.175	0.175	0.175	0.175	0.240	0.240	0.240	0.370	0.370
ค่าสูงสุด	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.163	0.192	0.254	0.269	0.319	0.379	0.398	0.490	0.500	0.505	0.505	0.505	0.562	0.578
ค่าแนะนำ	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.250	0.250	0.250	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.500	0.500
ความหนาสูงสุดของขอบออริฟิส																			
Orifice Diam., d, Inches	e≤ d/8																		
0.250	1/32	§1/32	§1/32	1/32	1/32	1/32	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
0.375	3/64	.	.	§3/64	3/64	3/64	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
0.500	1/16	....	....	....	§1/16	1/16	1/16	1/16	.	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
0.625	5/64	....	....	....	....	§5/64	5/64	5/64	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
0.750	3/32	....	....	....	....	....	§3/32	3/32	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
0.875	7/64	....	....	....	....	....	....	§7/64	7/64	7/64	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
1.000	1/8	....	....	....	....	....	....	....	1/8	1/8	1/8	....	....	....	....	....	....	....	....	....
1.125	9/64	....	....	....	....	....	....	....	§9/64	9/64	9/64	....	....	....	....	....	....	....	....	....
1.250	5/32	....	....	....	....	....	....	....	....	§5/32	5/32	5/32	5/32	....	....	....	....	....	....	....
1.375	11/64	....	....	....	....	....	....	....	....	....	11/64	11/64	11/64	....	....	....	....	....	....	....
1.500	3/16	....	....	....	....	....	....	....	....	....	§3/16	3/16	3/16	3/16	....	....	....	....	....	....
1.625	13/64	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	13/64	13/64	13/64	13/64	....	....	....	....	....
1.750	7/32	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	§7/32	7/32	7/32	7/32	....	....	....	....	....
1.875	15/64	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	§15/64	15/64	15/64	....	....	....	....	....
2.000	1/4	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	1/4	1/4	1/4	....	....	....	....
2.250	9/32	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	§9/32	9/32	9/32	....	....	....	....
2.375	19/64	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	§19/64	19/64	19/64	19/64	....	....
2.500	5/16	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	5/16	5/16	5/16	....	....
2.750	11/32	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	§11/32	11/32	11/32	....	....
2.875	23/64	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	23/64	23/64	§23/64	23/64	23/64
3.000	3/8	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	§3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
3.250	13/32	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	13/32	13/32	13/32	13/32	13/32
3.500	7/16	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	§7/16	7/16	7/16	7/16	7/16
3.625	29/64	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	§29/64	29/64	29/64	29/64
3.750	15/32	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	15/32	15/32	15/32
4.000	1/2	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	1/2	1/2	1/2
4.250	17/32	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	17/32	17/32	17/32
4.500	9/16	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	§9/16	9/16	9/16
4.625	**37/64**	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	§37/64
4.750	**19/32**	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
5.000	**5/8**	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....

ตารางที่ 2 ค่าการเปลี่ยนแปลงของแผ่นออริฟิสในย่านที่ยังใช้งานได้



ขนาดรูออริฟิส (นิ้ว)	ขนาด Nominal ของท่อ										
	2"	3"	4"	6"	8"	10"	12"	16"	20"	24"	30"
	ค่าเบี่ยงเบนสูงสุด ที่ยอมรับได้										
.125	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
.250	.009	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
.375	.008	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
.500	.008	.013	....	....	....	....	....	....	....	....	....
.625	.007	.012	.017	....	....	....	....	....	....	....	....
.750	.007	.012	.016	.027	....	....	....	....	....	....	....
.875	.006	.011	.016	.026	.036	....	....	....	....	....	....
1.000	.005	.010	.015	.025	.035	.046	....	....	....	....	....
1.250	.004	.009	.014	.024	.034	.044	.054	....	....	....	....
1.500	.003	.008	.013	.023	.033	.043	.053	.067	....	....	....
1.750	....	.007	.011	.022	.032	.042	.052	.066	....	....	....
2.000	....	.005	.010	.020	.030	.041	.050	.065	.085	....	....
2.250	....	.004	.009	.019	.029	.039	.049	.063	.083	....	....
2.500	....	....	.008	.018	.028	.038	.048	.062	.082	.102	....
2.750	....	....	.006	.017	.027	.037	.047	.061	.081	.101	....
3.000	....	....	.005	.015	.025	.036	.045	.060	.080	.100	.130
3.250	....	....	....	.014	.024	.034	.044	.058	.078	.098	.128
3.500	....	....	....	013	.023	.033	0.43	.057	.077	.097	.127
3.750	....	....	....	.012	.022	.032	.042	.056	.076	.096	.126
4.000	....	....	....	.010	.020	.031	.040	.055	.075	.096	.125
4.500	....	....	....	.008	.018	.028	.038	.052	.072	.092	.122
5.000	....	....	....	....	0.15	.026	.035	.050	.070	.090	.120
5.500	....	....	....	....	.013	.023	.033	.047	.067	.087	.117
6.000	....	....	....	....	.010	.021	.030	.045	.065	.085	.115
6.500	....	....	....	....	....	.018	.028	.042	.062	.082	.112
7.000	....	....	....	....	....	.016	.025	.040	.060	.080	.110
7.500	....	....	....	....	....	.013	.023	.037	.057	.077	.107
8.000	....	....	....	....	....	....	.020	.035	.055	.075	.105
8.500	....	....	....	....	....	....	.018	.032	.052	.072	.102
9.000	....	....	....	....	....	....	.015	.030	.050	.070	.100
9+	....	....	....	....	....	....	....	*	*	*	*

ตารางที่ 3 ค่าการเบี่ยงเบนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของออริฟิสในย่านที่ยังใช้งานได้

ขนาดรูออริฟิส	ขนาดเบี่ยงเบนทั้งทางบวกและลบ
0.250	0.0003″
0.375	0.0004″
0.500	0.0005″
0.625	0.0005″

ขนาดรูออริฟิส	ขนาดเบี่ยงเบนทั้งทางบวกและลบ
0.750	0.0005″
0.875	0.0005″
1.000	0.0005″
Over 1.000	0.0005″ per inch of Diameter

2.6 มาตราฐานการทดสอบ

การที่เราจะสร้างหรือทดสอบอะไรก็ตาม เราควรมีข้อกำหนดหรือกฎเกณฑ์ที่ใช้ในการทำ เพื่อทำเป็นข้อกำหนดที่จะทำไม่ให้เกิดความผิดพลาด หรือทำให้เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด อีกทั้งยังเป็นการสร้างความเชื่อถือและเชื่อมั่นต่อเครื่องมือทดสอบและผลการทดลองด้วย

2.6.1 กำหนดวิธีการทดสอบ

การทดสอบมี 2 วิธีที่ใช้สำหรับการวัดสมรรถนะของพัดลมโดยใช้มาตราฐานต่อไปนี้

- ASHRAE Standard 51
- AMCA Standard 210

โดยมาตราฐานทั้งสองที่กล่าวมาเป็นมาตราฐานที่บอกถึงลักษณะ วิธีการและขนาดต่าง ๆ ในการออกแบบและติดตั้งพัดลม และการเลือกใช้ Orific ในห้อง Chamber

มาตราฐานได้กล่าวว่าการวัดอัตราการไหลของอากาศมีวิธีการวัดด้วยกัน 3 วิธี คือ

- a nozzle or bank of nozzle in the chamber
- ใช้ Pitot Tube ในการวัด (a traverse in a duct using a Pitot Tube)
- ใช้ Nozzle ในการวัด (a nozzle in the duct)

และยังมีวิธีอื่น ๆ อีกที่สามารถใช้วัดอัตราการไหลของอากาศได้ เช่น ใช้แผ่น Orific ตามมาตราฐาน (ASME MPC-3M)

การวัดจะใช้เครื่องมือที่มีลักษณะพิเศษเฉพาะที่ใช้วัดความดันที่แตกต่างและอัตราการไหลของอากาศ

2.6.2 ความหมายและการใช้

2.6.2.1 การเตรียมการปฏิบัติเกี่ยวกับ fan pressurization ต้องมีห้องทดสอบที่ถูกต้องสำหรับการวัดอัตราการไหลของอากาศ

2.6.2.2 วิธีการทดสอบนี้ใช้กับ fan pressurization ที่ติดตั้งในอาคารเปิด เทคนิคของ pressurization ก่อให้เกิดการสร้างระบบปรับอากาศ

2.6.2.3 เทคนิคการทดสอบ ลักษณะเฉพาะต้องการความดันที่แตกต่างกันประมาณ 17 – 75 Pa ซึ่งเป็นที่แนะนำสำหรับการทดสอบ

2.6.2.4 อย่างไรก็ตามสามารถรวม 2 วิธีเข้าด้วยกันเพื่อง่ายและสะดวกในการวัดในคำแนะนำของทั้ง 2 วิธี

2.6.2.5 สำหรับพัดลมที่มีการดำเนินการหลายขอบเขตให้ทำการวัดทีละขอบเขต

2.6.2.6 สาเหตุที่มีผลต่อการคลาดเคลื่อนในการวัดอัตราการไหลของอากาศ เกิดจากตัวผู้กระทำการวัด, weather effects, คลื่นรบกวน และสิ่งกีดขวางต่าง ๆ

2.6.3 เครื่องมือ (Apparatus)

2.6.3.1 การวัดที่ง่ายและสะดวกประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

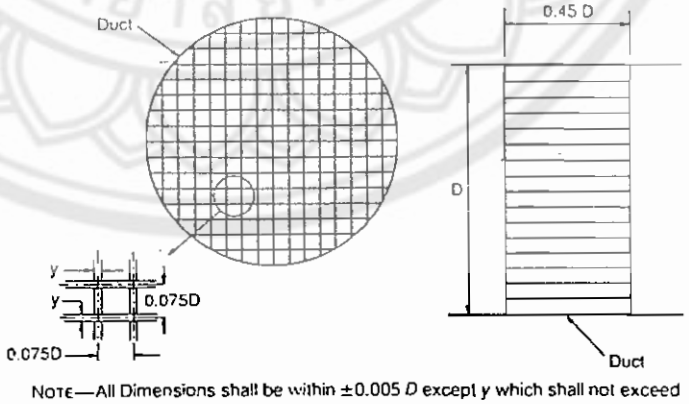
2.6.3.1.1 สิ่งที่ต้องปฏิบัติ

- ห้อง (Chamber) ซึ่งอาจมีลักษณะภาพตัดเป็นรูปมี่เหลี่ยมหรือวงกลม ซึ่งมีขนาดเท่ากับ M มีความสูง(H) ซึ่งมาตราฐานกำหนดให้ความสูงน้อยสุดเท่ากับ 2.1 เมตร มีความกว้าง (W) โดยมาตราฐานกำหนดให้ความกว้างน้อยสุดเท่ากับ 2.4 เมตร และกำหนดให้ M เท่ากับ

$$M = (4HW / \pi)^{1/2}$$

จะได้ระยะที่น้อยที่สุดเท่ากับ 2.53 เมตร

- การวัดอัตราการไหลของอากาศ ใช้ nozzle หรือ bank of nozzle แล้วใช้ nozzle in a duct หรือใช้ pitot traverse in a duet
- มาตราฐานของแผงกระจายอากาศ (Straightener) ได้กำหนดให้ D คือ ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ y ความหนาของแผ่นแผงกระจายลม (ต้องมีขนาดไม่เกิน 0.005D)



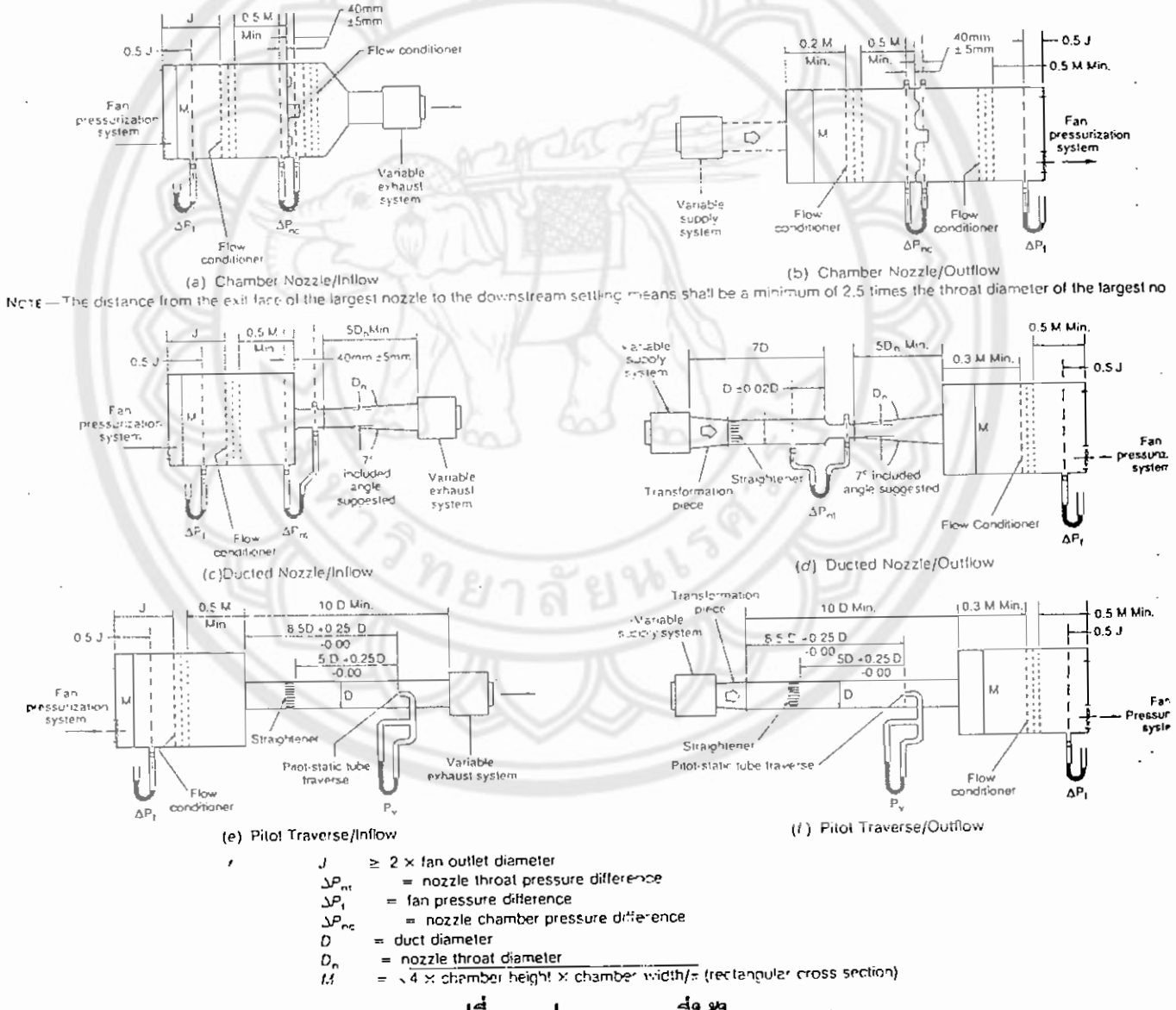
NOTE—All Dimensions shall be within ±0.005 *D* except *y* which shall not exceed 0.005 *D*.

รูปที่ 15 รูปแสดงลักษณะของแผงกระจายลม

(ที่มา เอกสารมาตราฐานของ ASTM)

- การเปลี่ยนแปลงของระบบสามารถควบคุมได้โดยพัดลมหรือลิ้นกลไกเปิดปิด ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความดันของพัดลม และโดยเฉพาะอัตราการไหลของอากาศ
- เครื่องมือสำหรับการวัดความดันที่แตกต่างอาจใช้ nozzle chamber หรือ nozzle throat pressure difference ต้องมีค่าความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 1%
- เครื่องมือวัดอุณหภูมิ ต้องเป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบ Dry bulb ต้องมีค่าความแม่นยำหรือความละเอียดเท่ากับ ± 1 องศาเซลเซียส

2.6.3.2 ประเภทของระบบที่ใช้ทดสอบมีระบบที่ใช้ทดสอบอยู่ 6 ประเภทดังนี้



รูปที่ 16 รูปแสดงระบบที่ใช้ในการทดสอบ

(ที่มา เอกสารมาตราฐานของ ASTM)

2.6.4 การเตรียมระบบหรืออุปกรณ์

2.6.4.1 การติดตั้งพัดลมไว้ภายในห้องขณะที่มีการวัดการรั่วของอากาศ ต้องพิจารณาถึงหน้าที่ของพัดลมขณะทำการวัดด้วย

2.6.4.2 การติดตั้งต้องมีการยึดจุดทุกจุดให้แน่นเพียงพอ

2.6.4.3 ต้องทำการตรวจสอบว่าท่อทางเข้าหรือทางออกของชุดทดสอบสมรรถนะของพัดลม อยู่ตรงกับตำแหน่งและหน้าที่ที่กำหนด