

บทที่ 3

การออกแบบและคำนวณ

อุปกรณ์หลักที่ใช้ในการทดลองการอบแห้งข้าวเปลือกแบบชั้นบางโดยใช้อากาศร้อน ประกอบไปด้วย

1. ท่อทางเดินอากาศ

- 1.1 ท่อออกจาก Blower ไปเข้า Heater
- 1.2 ท่อออกจาก Heater ไปเข้า ข้อต่อ 3 ทาง
- 1.3 ท่อออกจาก ข้อต่อ 3 ทาง ไปเข้า ห้องอบ
- 1.4 ท่ออากาศดูดก่อนเข้าข้อต่อ 90°
- 1.5 ท่ออากาศดูดก่อนเข้า Blower

2. อุปกรณ์ให้ความร้อน (Heater)

- 2.1 ท่อขยายเข้า Heater แบบขยายทันที
- 2.2 ท่อขยายเข้า Heater แบบค่อยๆ ขยาย
- 2.3 ท่อ Heater
- 2.4 ท่อลดขนาดออกจาก Heater แบบค่อยๆ ลด
- 2.5 ท่อลดขนาดออกจาก Heater แบบลดทันที

3. ข้อต่อ 3 ทาง

- 3.1 ข้อต่อ 3 ทางก่อนเข้าห้องอบ

4. ห้องอบแห้ง

- 4.1 ท่อขยายเข้าห้องอบแห้ง
- 4.2 แผ่นตะแกรงค้ำฟุ้งตัวที่ 1
- 4.3 แผ่นกระจายอากาศ
- 4.4 ห้องอบแห้ง

5. ข้องอ 90°

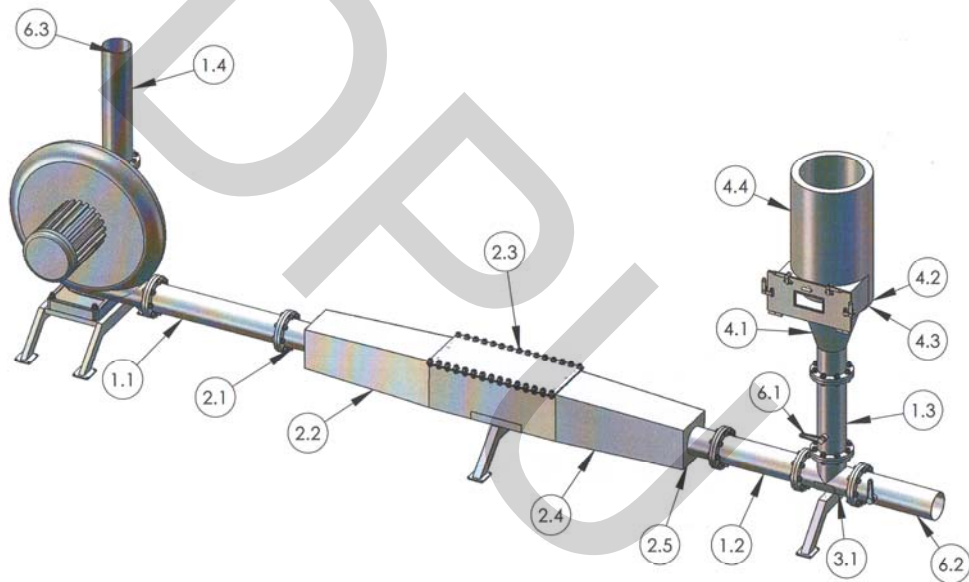
5.1 ข้องอ 90° ที่ท่อดูดอากาศ

6. Valve ควบคุม

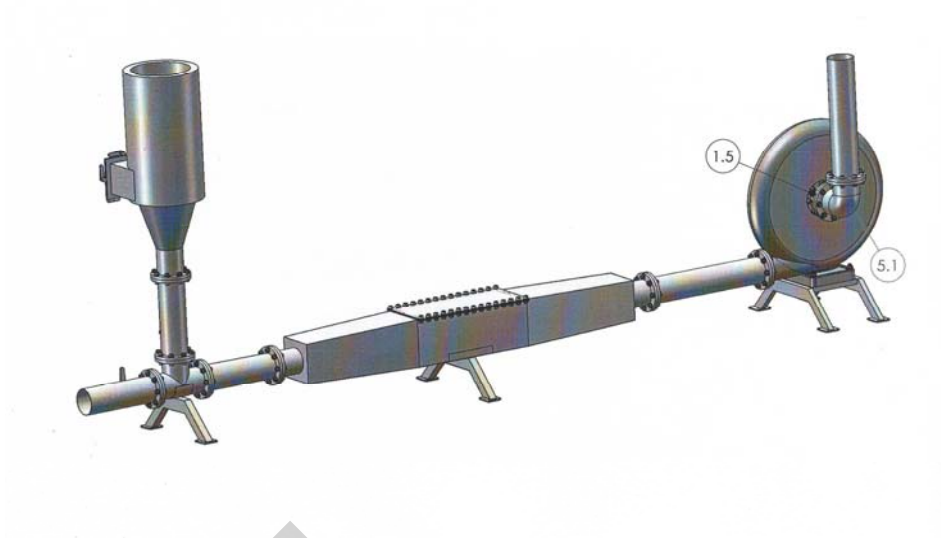
6.1 Valve 1

6.2 Valve 2

6.3 Valve 3



ภาพที่ 3.1 ไดอะแกรมแสดงภาพด้านหน้าของเครื่องอบแห้งแบบชั้นบาง



ภาพที่ 3.2 โค้ดอะแกรมแสดงภาพด้านข้างของเครื่องอบแห้งแบบชั้นบาง

3.1 การออกแบบห้องอบแบบชั้นบาง

ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบห้องอบแบบชั้นบาง เป็นทรงกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 23 cm ยาว 51 cm ความเร็วลม 0.1, 0.2 และ 0.3 m/s เพื่อต้องการให้การกระจายของของไหลเป็นไปอย่างเหมาะสม อุณหภูมิอากาศที่ใช้ในการทดลองเท่ากับ 100°C ที่ความดันเหนือบรรยากาศเล็กน้อย

3.2 เงื่อนไขในการออกแบบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบชั้นบาง

จากการศึกษาและออกแบบการออกแบบการอบแห้งข้าวเปลือกแบบชั้นบาง ซึ่งจะได้เงื่อนไขในการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบชั้นบางมีดังนี้

1. ความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก 25% w.b.
2. ความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกประมาณ 18 - 20% w.b.
3. ความสูงของเบดข้าวเปลือกที่ใช้ในการทดลอง คือ 2 cm
4. ความหนาแน่นจริงของข้าวเปลือก 499 kg/m^3
5. ความหนาแน่นปรากฏของข้าวเปลือก 516 kg/m^3
6. สัดส่วนช่องว่างอากาศของข้าวเปลือกในเบดนิ่ง 0.488
7. ความหนาแน่นของอากาศร้อน 0.84 kg/m^3
8. เส้นผ่านศูนย์กลาง ของแผ่นกระจายอากาศเท่ากับ 23 cm
9. แผ่นตะแกรงดักฝุ่นเส้นผ่านศูนย์กลาง 23 cm จะใช้ 1 แผ่นเพื่อป้องกันสิ่งแปลกปลอมเข้าในระบบซึ่งจะติดไว้ที่ทางเข้า และทางออกของห้องอบแห้ง

3.2.1 หาขนาดของแผ่นกระจายอากาศ

ในการออกแบบแผ่นกระจายอากาศจะต้องมีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับห้องอบแห้ง เพราะแผ่นกระจายอากาศจะอยู่ก่อนเข้าห้องอบแห้งซึ่งจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 23 cm

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi (0.23)^2}{4}$$

$$A = 0.0415 \text{ m}^2$$

ดังนั้น เลือกใช้ห้องอบแห้งที่มีพื้นที่หน้าตัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เท่ากับ 23 cm

3.2.2 หาขนาดแผ่นตะแกรงดักฝุ่น

ในการออกแบบแผ่นตะแกรงดักฝุ่นจะต้องมีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับห้องอบแห้ง เพื่อต้องการดักฝุ่น และสิ่งแปลกปลอมเข้ามาในห้องอบแห้ง

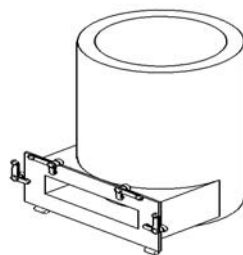
$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi (0.23)^2}{4}$$

$$A = 0.0415 \text{ m}^2$$

ดังนั้น เลือกใช้ห้องอบแห้งที่มีพื้นที่หน้าตัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เท่ากับ 23 cm

3.2.3 การหาความดันในห้องอบแห้ง



คำนวณโดยใช้สมการที่ (2.4)

$$\begin{aligned}\Delta P &= L_1(\rho_t - \rho_a)g \\ \Delta P &= 0.02(1,166 - 0.8461)9.81 \\ \Delta P &= 228.3 \text{ Pa}\end{aligned}$$

3.2.4 ความดันตกที่เกิดจากแผ่นกระจายอากาศ

ความดันตกที่เกิดขึ้นเนื่องจากแผ่นกระจายอากาศ มีค่าประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของความดันตกในห้องอบแห้ง

คำนวณโดยใช้สมการที่ (2.14)

$$\begin{aligned}\Delta P_a &= 0.5\Delta P \\ &= 0.5(228.3) \\ \Delta P_a &= 114.15 \text{ Pa}\end{aligned}$$

3.2.5 ความดันตกที่เกิดจากแผ่นตะแกรงดักฝุ่น

ความดันตกที่เกิดขึ้นเนื่องจากแผ่นตะแกรงดักฝุ่นมีค่าประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ของความดันตกในห้องอบแห้ง

คำนวณโดยใช้สมการที่ (2.15)

$$\begin{aligned}\Delta P_{a,2} &= 0.3\Delta P \\ &= 0.3(228.3) \\ \Delta P_{a,2} &= 68.49 \text{ Pa}\end{aligned}$$

3.2.6 หาอัตราการไหลของอากาศในห้องอบแห้ง

คำนวณโดยใช้สมการที่ (2.5)

$$\begin{aligned}Q &= VA \\ &= 0.3 \times 0.0415 \\ Q &= 0.01245 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

3.3 แสดงการคำนวณหาความดันที่สูญเสียในแต่ละอุปกรณ์

ในการคำนวณหาความดันสูญเสียในอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบชั้นบาง สามารถดูภาพที่ 3.1 เพื่อทำความเข้าใจในการคำนวณความดันสูญเสียที่อุปกรณ์ต่างๆ ได้ดังนี้

1. ที่ท่อตรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง **0.102 m** (หมายเลข 1.1, 1.2, 1.3 และ 1.4) จะต้องนำค่าอัตราการไหลของอากาศมาหาความเร็วอากาศในท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.102 m

$$\begin{aligned} V &= Q/A \\ &= 0.01245 / \left(\frac{\pi \times 0.102^2}{4} \right) \\ V &= 1.52 \text{ m/s} \end{aligned}$$

เมื่อได้ค่าความเร็วอากาศแล้วก็จะมาหาค่า Re

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

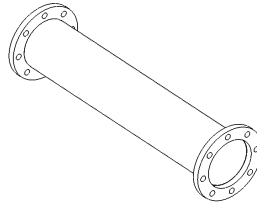
โดย	ρ	คือ ความหนาแน่นของอากาศร้อน = 0.8461 kg/m ³
	V	คือ ความเร็วของอากาศภายในท่อ = 1.52 m/s
	D	คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อที่อากาศไหลผ่าน = 0.102 m
	ε	คือ ค่าความขรุขระของผิวภายในท่อ = 2×10^{-6} m (เปิดตารางที่ ง.1)
	μ	คือ ค่าความหนืดของอากาศร้อน = 2.35×10^{-5} N.s/m ²

แทนค่าลงในสมการที่ (2.12)

$$\begin{aligned} Re &= \frac{\rho V D}{\mu} \\ &= \frac{0.8461 \times 1.52 \times 0.102}{2.35 \times 10^{-5}} \\ &= 34,309.04 \end{aligned}$$

จากนั้นนำค่า ε/D และค่า Re ไปเปิดภาพที่ 3.3 ภาพ Moody Diagram หาค่า f จะได้ค่า $f = 0.0235$

1.1 ท่อออกจาก Blower ไปเข้า Heater



ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.102 m และความยาว 0.5 m

$$\frac{\Delta P}{\rho} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2}$$

$$\Delta P = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho$$

- โดย
- ΔP คือ ความดันลดลงของอากาศ, Pa
 - f คือ แฟกเตอร์ความเสียดทาน
 - ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศร้อน, kg/m^3
 - L คือ ความยาวท่อ, m
 - D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อที่อากาศไหลผ่าน, m
 - V คือ ความเร็วของอากาศภายในท่อ, m/s

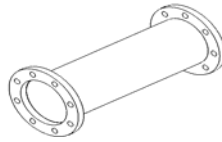
แทนค่าลงในสมการที่ (2.7)

$$\Delta P = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho$$

$$\Delta P = (0.0235) \left(\frac{0.5}{0.102} \right) \left(\frac{1.52^2}{2} \right) (0.8461)$$

$$\Delta P = 0.113 \text{ Pa}$$

1.2 ท่อออกจาก Heater ไปเข้า ข้อต่อ 3 ทาง



ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.102 m และความยาว 0.5 m
แทนค่าลงในสมการที่ (2.7)

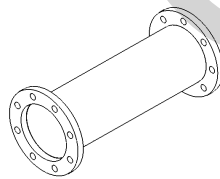
$$\frac{\Delta P}{\rho} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2}$$

$$\Delta P = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho$$

$$\Delta P = (0.0235) \left(\frac{0.5}{0.102} \right) \left(\frac{1.52^2}{2} \right) (0.8461)$$

$$\Delta P = 0.113 \text{ Pa}$$

1.3 ท่อออกจาก ข้อต่อ 3 ทาง ไปเข้า ห้องอบ



ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.102 m และความยาว 0.3 m
แทนค่าลงในสมการที่ (2.7)

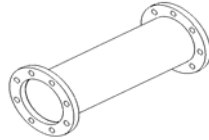
$$\frac{\Delta P}{\rho} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2}$$

$$\Delta P = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho$$

$$\Delta P = (0.0235) \left(\frac{0.3}{0.102} \right) \left(\frac{1.52^2}{2} \right) (0.8461)$$

$$\Delta P = 0.068 \text{ Pa}$$

1.4 ท่ออากาศดูดก่อนเข้าห้อง 90 °



ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.102 m และความยาว 0.5 m

แทนค่าลงในสมการที่ (2.7)

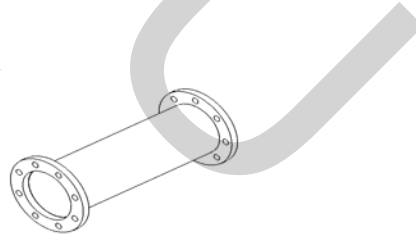
$$\frac{\Delta P}{\rho} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2}$$

$$\Delta P = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho$$

$$\Delta P = (0.0235) \left(\frac{0.5}{0.102} \right) \left(\frac{1.52^2}{2} \right) (0.8461)$$

$$\Delta P = 0.113 \text{ Pa}$$

1.5 ท่ออากาศดูดก่อนเข้า Blower



ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.102 m และความยาว 0.2 m

แทนค่าในสมการที่ (2.8)

$$\frac{\Delta P}{\rho} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2}$$

$$\Delta P = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho$$

$$\Delta P = (0.0235) \left(\frac{0.2}{0.102} \right) \left(\frac{1.52^2}{2} \right) (0.8461)$$

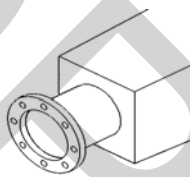
$$\Delta P = 0.045 \text{ Pa}$$

2. อุปกรณ์ให้ความร้อน Heater (หมายเลข 2.1, 2.2, 2.3 และ 2.4)

ในส่วนของอุปกรณ์ให้ความร้อนที่ท่อทางเข้าและที่ท่อทางออกของอุปกรณ์ให้ความร้อนจะถูกออกแบบให้มีลักษณะเป็นรูปทรงกรวยสี่เหลี่ยมโดยมีขนาดด้านหัวของกรวยสี่เหลี่ยมเท่ากับ $0.12 \text{ m} \times 0.12 \text{ m}$ และที่ด้านท้ายกรวยสี่เหลี่ยมมีขนาดเท่ากับ $0.19 \text{ m} \times 0.19 \text{ m}$ ซึ่งที่ตัว Heater มีขนาดเท่ากับ $0.19 \text{ m} \times 0.19 \text{ m}$ โดยมีความยาวของแต่ละช่วงเท่ากับ 0.5 m

2.1 ท่อขยายเข้า Heater แบบขยายทันที

ออกแบบให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อทางเข้าเท่ากับ 0.102 m และที่ท่อทางออกมีขนาดเท่ากับ $0.12 \text{ m} \times 0.12 \text{ m}$ (ถ้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมจะต้องทำให้เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางไฮโดรลิกก่อนจึงจะนำไปทำการคำนวณ)



$$D_h = \frac{4A}{P}$$

โดย D_h คือ เส้นผ่านศูนย์กลางไฮโดรลิก, m
 A คือ พื้นที่หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยม เท่ากับ $0.12 \text{ m} \times 0.12 \text{ m} = 0.0144 \text{ m}^2$
 P คือ ความยาวรวมของทั้ง 4 ด้าน, m

แทนค่าในสมการที่ (2.13)

$$D_h = \left(\frac{4 \times 0.0144}{0.12 \times 4} \right)$$

$$D_h = 0.12 \text{ m}$$

จากนั้นนำค่า D_h และค่าอัตราการไหลไปหาความเร็วอากาศ
 แทนค่าในสมการที่ (2.5)

$$V = Q/A$$

$$= 0.01245 / \left(\frac{\pi \times 0.12^2}{4} \right)$$

$$V = 1.101 \text{ m/s}$$

แล้วก็มาหาค่า k จากสมการที่ (2.9)

$$k = \left[1 - \left(\frac{D_{in}}{D_{out}} \right)^2 \right]^2$$

$$= \left[1 - \left(\frac{0.102}{0.12} \right)^2 \right]^2$$

$$k = 0.478$$

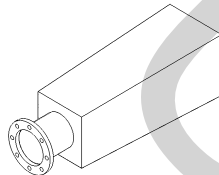
แทนค่าลงในสมการที่ (2.8)

$$\Delta P = \rho \left(\frac{v^2}{2} \right) k$$

$$= 0.8461 \left(\frac{1.101^2}{2} \right) 0.478$$

$$\Delta P = 0.245 \text{ Pa}$$

2.2 ท่อขยายเข้า Heater แบบค่อยๆ เพิ่มขนาด



ออกแบบให้มีขนาดทางเข้าเท่ากับ $0.12 \text{ m} \times 0.12 \text{ m}$ ที่ทางออกเท่ากับ $0.19 \text{ m} \times 0.19 \text{ m}$ และความยาวของท่อเท่ากับ 0.5 m (ถ้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมจะต้องทำให้เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางไฮดรอลิกก่อนจึงจะนำไปทำการคำนวณ)

หา D_h (ที่ทางออก) โดยใช้สมการที่ (2.13)

$$D_h = \frac{4A}{P}$$

$$D_h = \left(\frac{4 \times (0.19 \times 0.19)}{0.19 \times 4} \right)$$

$$D_h = 0.19 \text{ m}$$

จากนั้นนำค่า D_h และค่าอัตราการไหลไปหาความเร็วอากาศ
แทนค่าลงในสมการที่ (2.5)

$$\begin{aligned} V &= Q/A \\ &= 0.01245 / \left(\frac{\pi \times 0.19^2}{4} \right) \\ V &= 0.43 \text{ m/s} \end{aligned}$$

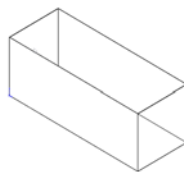
แล้วก็มาหาค่า k จากสมการที่ (2.10)

$$\begin{aligned} k &= 2.6 \sin \frac{\theta \times 2}{2} \left[1 - \left(\frac{D_{in}}{D_{out}} \right)^2 \right] \\ k &= 2.6 \sin \left(\frac{\left(\tan^{-1} \left(\frac{0.035}{0.5} \right) \right) \times 2}{2} \right) \left[1 - \left(\frac{0.12}{0.19} \right)^2 \right] \\ k &= 0.091 \end{aligned}$$

แทนค่าลงในสมการที่ (2.8)

$$\begin{aligned} \Delta P &= \rho \left(\frac{V^2}{2} \right) k \\ &= 0.8461 \left(\frac{0.43^2}{2} \right) 0.091 \\ \Delta P &= 0.07 \text{ Pa} \end{aligned}$$

2.3 ท่อ Heater



ออกแบบให้มีขนาดพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ $0.19 \text{ m} \times 0.19 \text{ m}$ และความยาวของท่อเท่ากับ 0.5 m (ถ้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมจะต้องทำให้เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางไฮโดรลิกก่อนจึงจะนำไปทำการคำนวณ)

หาค่า Re แทนค่าลงในสมการที่ (2.12)

$$D_h = 0.19 \text{ m}$$

$$V = 0.43 \text{ m/s}$$

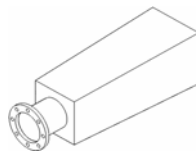
$$\begin{aligned} \text{Re} &= \frac{\rho V D}{\mu} \\ &= \frac{0.8461 \times 0.43 \times 0.19}{2.35 \times 10^{-5}} \\ &= 1,579.14 \end{aligned}$$

จะได้ค่า Re เท่ากับ 1,579 จะเป็นการไหลแบบ Laminar Flow เพราะฉะนั้นในการหาค่า f จะต้องหาจากสมการ $f = 64 / \text{Re}$ ดังนั้น ค่า $f = 64 / 1,579.14 = 0.041$

แทนค่าลงในสมการที่ (2.7)

$$\begin{aligned} \frac{\Delta P}{\rho} &= f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2} \\ \Delta P &= f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho \\ \Delta P &= (0.041) \left(\frac{0.5}{0.19} \right) \left(\frac{0.43^2}{2} \right) (0.8461) \\ \Delta P &= 0.008 \text{ Pa} \end{aligned}$$

2.4 ท่อลดขนาดออกจาก Heater แบบค่อยๆ ลด



ออกแบบให้มีขนาดทางเข้าเท่ากับ $0.19 \text{ m} \times 0.19 \text{ m}$ ที่ทางออกเท่ากับ $0.12 \text{ m} \times 0.12 \text{ m}$ และความยาวของท่อเท่ากับ 0.5 m (ถ้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมจะต้องทำให้เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางไฮโดรลิกก่อนจึงจะนำไปทำการคำนวณ)

หา D_h (ที่ทางออก) จากสมการ (2.13)

$$D_h = \frac{4A}{P}$$

$$D_h = \left(\frac{4 \times (0.12 \times 0.12)}{0.12 \times 4} \right)$$

$$D_h = 0.12 \text{ m}$$

จากนั้นนำค่า D_h และค่าอัตราการไหลไปหาความเร็วของอากาศ
จากสมการที่ (2.5)

$$V = Q/A$$

$$= 0.01245 / \left(\frac{\pi \times 0.12^2}{4} \right)$$

$$V = 1.101 \text{ m/s}$$

แล้วก็มาหาค่า k จากสมการที่ (2.11)

$$k = 0.8 \sin \frac{\theta \times 2}{2} \left[1 - \left(\frac{D_{out}}{D_{in}} \right)^2 \right]$$

$$k = 0.8 \sin \left(\frac{\left(\tan^{-1} \left(\frac{0.035}{0.5} \right) \right) \times 2}{2} \right) \left[1 - \left(\frac{0.12}{0.19} \right)^2 \right]$$

$$k = 0.034$$

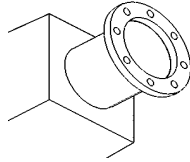
แทนค่าลงในสมการที่ (2.8)

$$\Delta P = \rho \left(\frac{V^2}{2} \right) k$$

$$= 0.8461 \left(\frac{1.101^2}{2} \right) 0.034$$

$$\Delta P = 0.017 \text{ Pa}$$

2.5 ท่อลดขนาดออกจาก Heater แบบลดพื้นที่



ออกแบบให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของทางเข้าเท่ากับ 0.12 m \times 0.12 m และที่ทางออกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.102 m

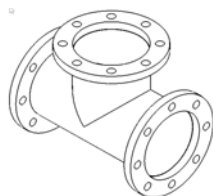
จากสมการที่ (2.5)

$$\begin{aligned} V &= Q/A \\ &= 0.01245 / \left(\frac{\pi \times 0.102^2}{4} \right) \\ V &= 1.52 \text{ m/s} \end{aligned}$$

เมื่อค่า $k = 0.5$ จากตารางที่ ง.2
แทนค่าลงในสมการที่ (2.8)

$$\begin{aligned} \Delta P &= \rho \left(\frac{v^2}{2} \right) k \\ &= 0.8461 \left(\frac{1.52^2}{2} \right) 0.5 \\ \Delta P &= 0.488 \text{ Pa} \end{aligned}$$

3. ข้อต่อ 3 ทาง



3.1 ข้อต่อ 3 ทางก่อนเข้าห้องอบ

ออกแบบให้ข้อต่อ 3 ทางก่อนเข้าห้องอบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.10 m

$k = 1.8$ จากตารางที่ ง.2

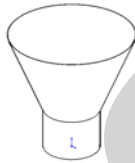
แทนค่าลงในสมการที่ (2.8)

$$\begin{aligned}\Delta P &= \rho \left(\frac{v^2}{2} \right) k \\ &= 0.8461 \left(\frac{1.52^2}{2} \right) 1.8 \\ \Delta P &= 1.75 \text{ Pa}\end{aligned}$$

4. ห้องอบแห้ง

ในการออกแบบห้องอบแห้งจะออกแบบให้มีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.23 m และมีความยาวเท่ากับ 1 m

4.1 ท่อขยายก่อนเข้าห้องอบแห้ง



ในการออกแบบท่อขยายก่อนเข้าห้องอบแห้งจะออกแบบให้เป็นทรงกรวยโดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางทางเข้าเท่ากับ 0.102 m เส้นผ่านศูนย์กลางทางออกเท่ากับ 0.23 m และความยาวเท่ากับ 0.2 m

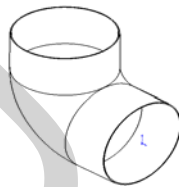
หาค่า k จากสมการที่ (2.10)

$$\begin{aligned}k &= 2.6 \sin \frac{\theta \times 2}{2} \left[1 - \left(\frac{D_{in}}{D_{out}} \right)^2 \right] \\ k &= 2.6 \sin \left[\frac{\left(\tan^{-1} \left(\frac{0.064}{0.2} \right) \right) \times 2}{2} \right] \left[1 - \left(\frac{0.102}{0.23} \right)^2 \right] \\ k &= 0.529\end{aligned}$$

แทนค่าลงในสมการที่ (2.10)

$$\begin{aligned}\Delta P &= \rho \left(\frac{v^2}{2} \right) k \\ &= 0.8461 \left(\frac{0.3^2}{2} \right) 0.529 \\ \Delta P &= 0.080 \text{ Pa}\end{aligned}$$

5. ข้องอ 90°



ข้องอที่ท่อดูดอากาศ

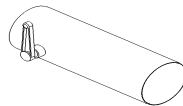
$$D = 10.2 \text{ cm}, V = 1.52 \text{ m/s}$$

$k = 0.75$ จากตารางที่ ง.2

แทนค่าลงในสมการที่ (2.9)

$$\begin{aligned}\Delta P &= \rho \cdot \frac{V^2}{2} \cdot k \\ \Delta P &= (0.8461) \left(\frac{1.52^2}{2} \right) (0.75) \\ \Delta P &= 0.733 \text{ Pa}\end{aligned}$$

6. Valveควบคุม (6.1, 6.2 และ 6.3)



ในการออกแบบจะต้องใช้ Valve ฝึ่เลื้อย ทั้งหมด (n) 3 ตัว โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.102 m

k = 5 จากตารางที่ ง.2

แทนค่าลงในสมการ (2.8)

$$\Delta P = \rho \cdot \frac{V^2}{2} \cdot k \cdot n$$

$$\Delta P = (0.8461) \left(\frac{1.52^2}{2} \right) (5)(3)$$

$$\Delta P = 14.774 \text{ Pa}$$

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงผลรวมของความดันสูญเสียทั้งระบบ

อุปกรณ์	ความดันที่สูญเสีย(Pa)
1.1 ท่อออกจาก Blower ไปเข้า Heater	0.113
1.2 ท่อออกจาก Heater ไปเข้า ข้อต่อ 3 ทาง	0.113
1.3 ท่อออกจาก ข้อต่อ 3 ทาง ไปเข้า ห้องอบ	0.068
1.4 ท่ออากาศดูดก่อนเข้าข้องอ 90°	0.113
1.5 ท่ออากาศดูดก่อนเข้า Blower	0.045
2.1 ท่อขยายเข้า Heater แบบขยายทันที	0.245
2.2 ท่อขยายเข้า Heater แบบค่อยๆ เพิ่มขนาด	0.070
2.3 ท่อ Heater	0.008
2.4 ท่อลดขนาดออกจาก Heater แบบค่อยๆ ลด	0.017
2.5 ท่อลดขนาดออกจาก Heater แบบลดทันที	0.488
3.1 ข้อต่อ 3 ทางก่อนเข้าห้องอบ	1.750
4.1 ท่อขยายก่อนเข้าห้องอบแห้ง	0.080
5 ข้องอ 90° ที่ ท่อดูดอากาศ	0.733
6 Valve ควบคุม (6.1, 6.2, และ 6.3)	14.774
7 ความดันในห้องอบ	228.30
8 ความดันลดที่เกิดจากแผ่นกระจายอากาศ	114.150
9 ความดันลดที่เกิดจากแผ่นตะแกรงดักฝุ่น	68.490
รวม	429.56

3.4 พลังงานที่ใช้จริงของระบบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบชั้นบาง

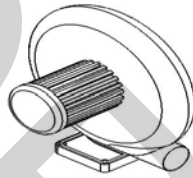
ในการคำนวณนั้นได้กำหนดอัตราการไหลของอากาศร้อนในห้องอบแห้งเป็น $0.0124 \text{ m}^3/\text{s}$ เพื่อป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้นโดยไม่คาดคิดจึงจำเป็นต้องคูณด้วยค่า Safety factor 4 เพื่อความปลอดภัย ดังนั้นจะได้

จากสมการที่ (2.17)

$$\begin{aligned} Q &= 0.0124 \times 4 \\ &= 0.0496 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Power} &= \Delta P \cdot Q \\ &= 429.56 \times 0.0496 \end{aligned}$$

$$\text{Power} = 21.31 \text{ W}$$



$$\text{ประสิทธิภาพของมอเตอร์ที่ใช้เท่ากับ} = 50\%$$

$$\text{ประสิทธิภาพพัดลมที่ใช้เท่ากับ} = 50\%$$

$$\begin{aligned} \text{Power} &= 21.31 / (0.5 \times 0.5) \\ &= 85.22 \text{ W} \\ &= 0.085 \text{ kW} \end{aligned}$$

ดังนั้นควรเลือกใช้ต้นกำลังที่มีกำลังไม่ต่ำกว่า 0.085 kW เพื่อเป็นการเผื่อเอาไว้เนื่องจากอาจมีการสูญเสียความดันภายในระบบได้

3.5 การคำนวณหาความร้อน

ในการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบชั้นบางนี้จะใช้ความร้อนจาก Heater โดยใช้พลังงานจากไฟฟ้า

สูตรคำนวณจากสมการ (2.17)

$$q = \rho_a \cdot Q_a \cdot C_a \cdot (T_{\max} - T_a)$$

โดย	C_a	คือ ความร้อนจำเพาะของอากาศแวดล้อม	= 1.01 kJ/kg °C
	ρ_a	คือ ความหนาแน่นของอากาศแวดล้อม	= 0.97 kg/m ³
	Q_a	คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศแวดล้อม	= 0.01245 m ³ /s
	T_a	คือ อุณหภูมิอากาศแวดล้อม	= 33 °C
	T_{\max}	คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง	= 100 °C

$$q = 0.97 \times 0.01245 \times 1.01 \times (100 - 33)$$

$$= 1 \text{ kW}$$

ดังนั้น ขนาดของ Heater ที่คำนวณได้เท่ากับ 1 kW เราจึงเลือกใช้ Heater ที่มีขนาดมากกว่า 1 kW เพื่อเป็นการเผื่อเอาไว้เนื่องจาก Heater อาจมีการสูญเสียความร้อนภายในระบบได้