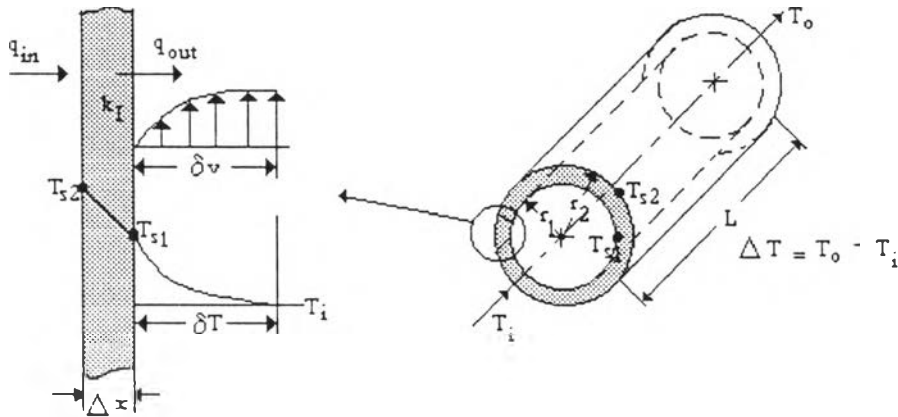


บทที่ 6

การนำผลการวิจัยมาประยุกต์ใช้งานและข้อเสนอแนะ

ฉนวนท่อลมชนิดท่ออะลูมิเนียมยัดหุ้ม

ฉนวนความร้อนเป็นวัสดุที่ใช้ในการประหยัดพลังงานและยังช่วยควบคุมอุณหภูมิให้คงที่อยู่ในช่วงที่ต้องการ ซึ่งในงานทางวิศวกรรมมักต้องคำนึงถึงอยู่เสมอ เช่น ในกระบวนการผลิต ในโรงงานอุตสาหกรรม ระบบทำความเย็นและระบบปรับอากาศ ระบบท่อน้ำร้อนน้ำเย็น เป็นต้น จากความต้องการดังกล่าวจำเป็นต้องคำนึงถึงกระบวนการในการเคลื่อนที่ของพลังงานซึ่งเรียกว่า การถ่ายเทความร้อน (Heat transfer)

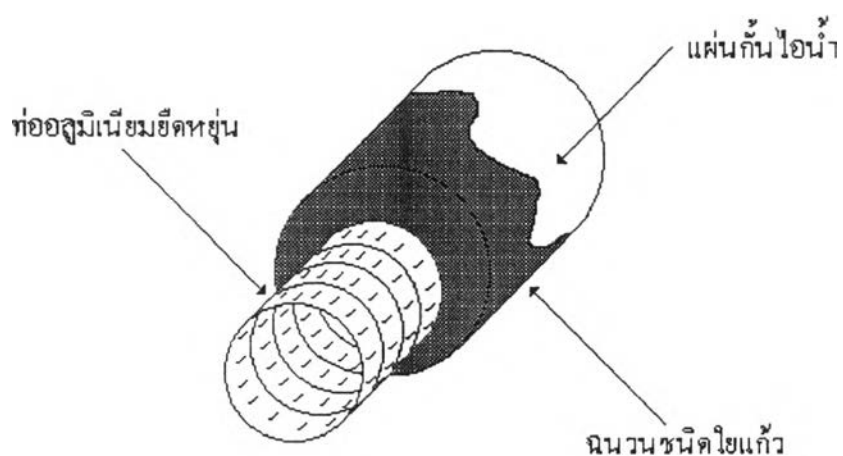


รูปที่ 6.1 แสดงพฤติกรรมการแจกแจงอุณหภูมิในการถ่ายเทความร้อนแบบผสม

ในการออกแบบความหนาของฉนวนความร้อนของระบบท่อส่งลม เป็นการถ่ายเทความร้อนแบบผสม ซึ่งประกอบด้วย การนำความร้อน (Conduction heat transfer) และการพาความร้อน (Convection heat transfer) จากรูปที่ 6.1 แสดงการแจกแจงอุณหภูมิในการถ่ายเทความร้อนสำหรับปริมาณความร้อนระหว่างของแข็งกับของไหล ซึ่งหาได้จากสมมูลพลังงาน และรูปที่ 6.2 แสดงฉนวนหุ้มท่ออะลูมิเนียมยัดหุ้ม

ความต้องการในการติดตั้งฉนวนท่อส่งลมมี ดังต่อไปนี้

1. หน่วงความร้อนที่จะเข้าสู่อากาศภายในท่อส่งลม
2. ป้องกันการควบแน่นของความชื้นของบรรยากาศภายนอกท่อส่งลม
3. ช่วยลดเสียงดังในท่อส่งลม



รูปที่ 6.2 ฉนวนหุ้มท่ออะลูมิเนียมยัดหุ้ม

$$q = q_{cd} = q_{cv} \quad (6.1)$$

$$q_{cv} = hA_1 (T_{s1} - T_i) \quad (6.2)$$

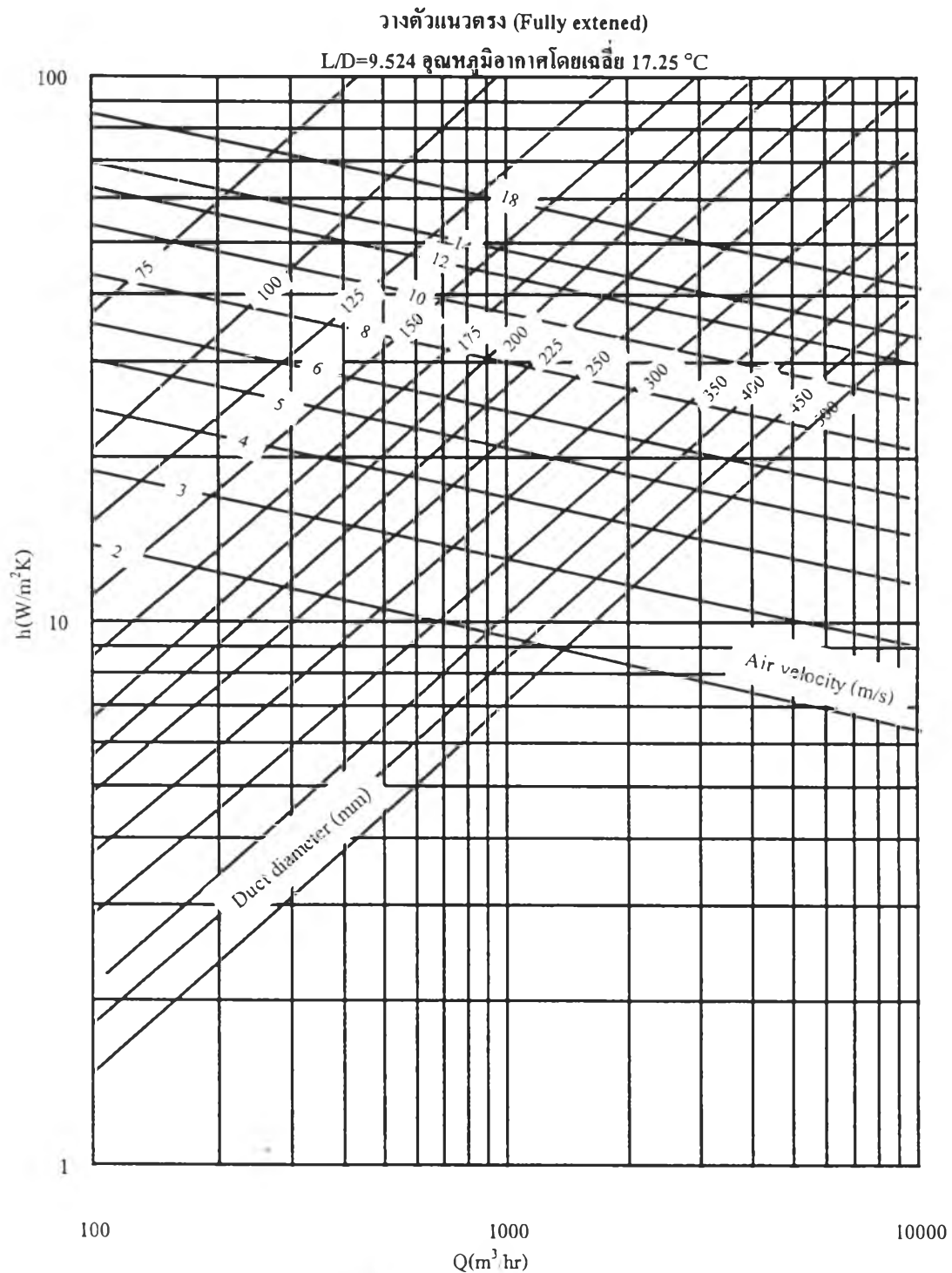
$$q_{cd} = \frac{2\pi Lk_I (T_{s2} - T_{s1})}{\ln(r_2 / r_1)} \quad (6.3)$$

แทนสมการที่ 6.2 , 6.3 ในสมการที่ 6.1 จะได้

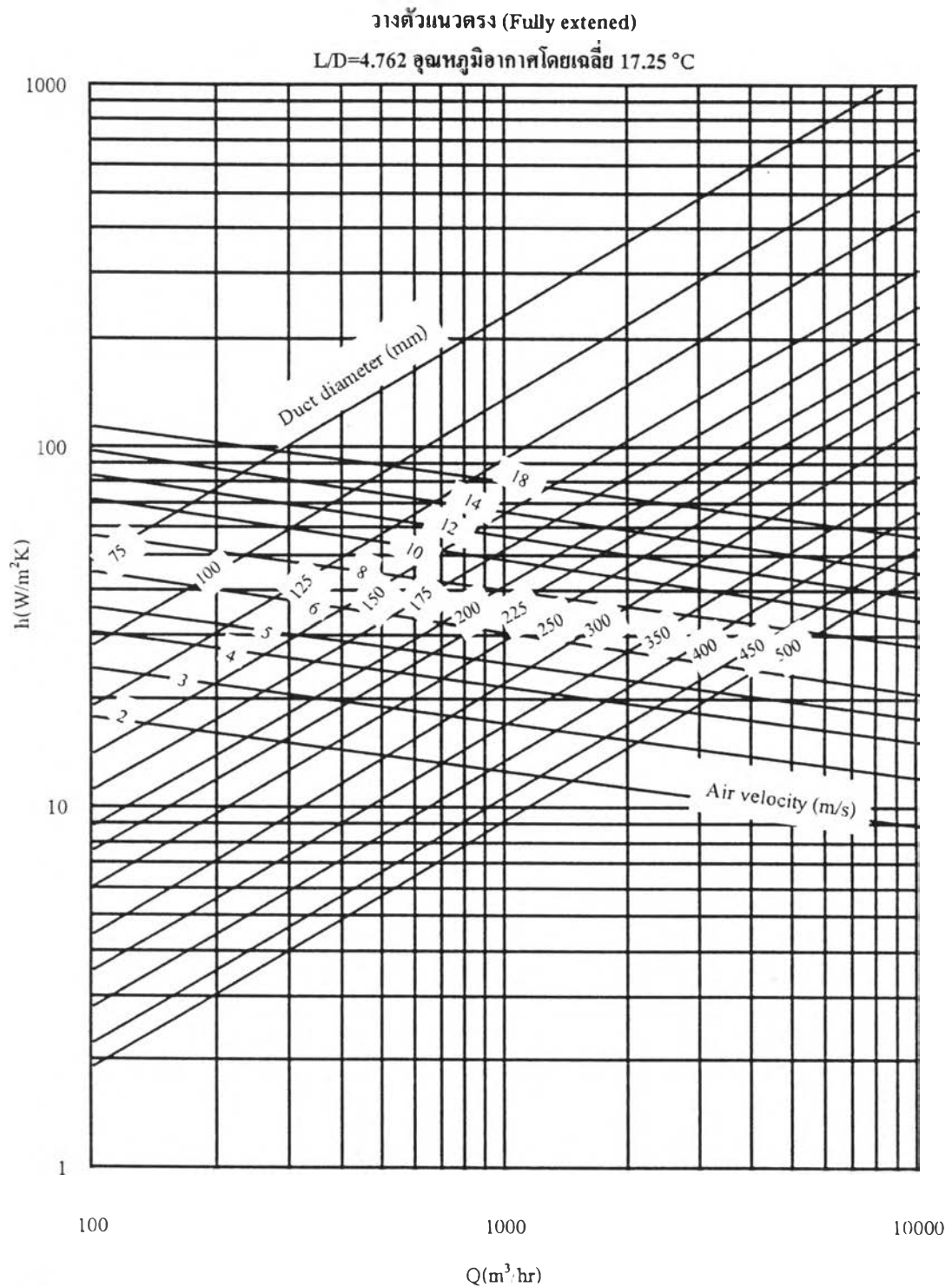
$$hA_1 (T_{s1} - T_i) = \frac{2\pi Lk_I (T_{s2} - T_{s1})}{\ln(r_2 / r_1)} \quad (6.4)$$

- เมื่อ q_{cd} = พลังงานความร้อนจากการนำความร้อน , W
 q_{cv} = พลังงานความร้อนจากการพาความร้อน , W
 T_{s1}, T_{s2}, T_f = อุณหภูมิที่ผนังภายใน , ผนังภายนอก และอุณหภูมิอากาศที่ไหลภายใน, °C
 k_f = ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของฉนวนชนิดใยแก้ว (0.0456 W/m K)
 A_1 = พื้นที่ผิวภายใน (พื้นที่ผิวท่อ) , m²
 L = ความยาวท่อ , m
 h = สัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ย , W/m² K

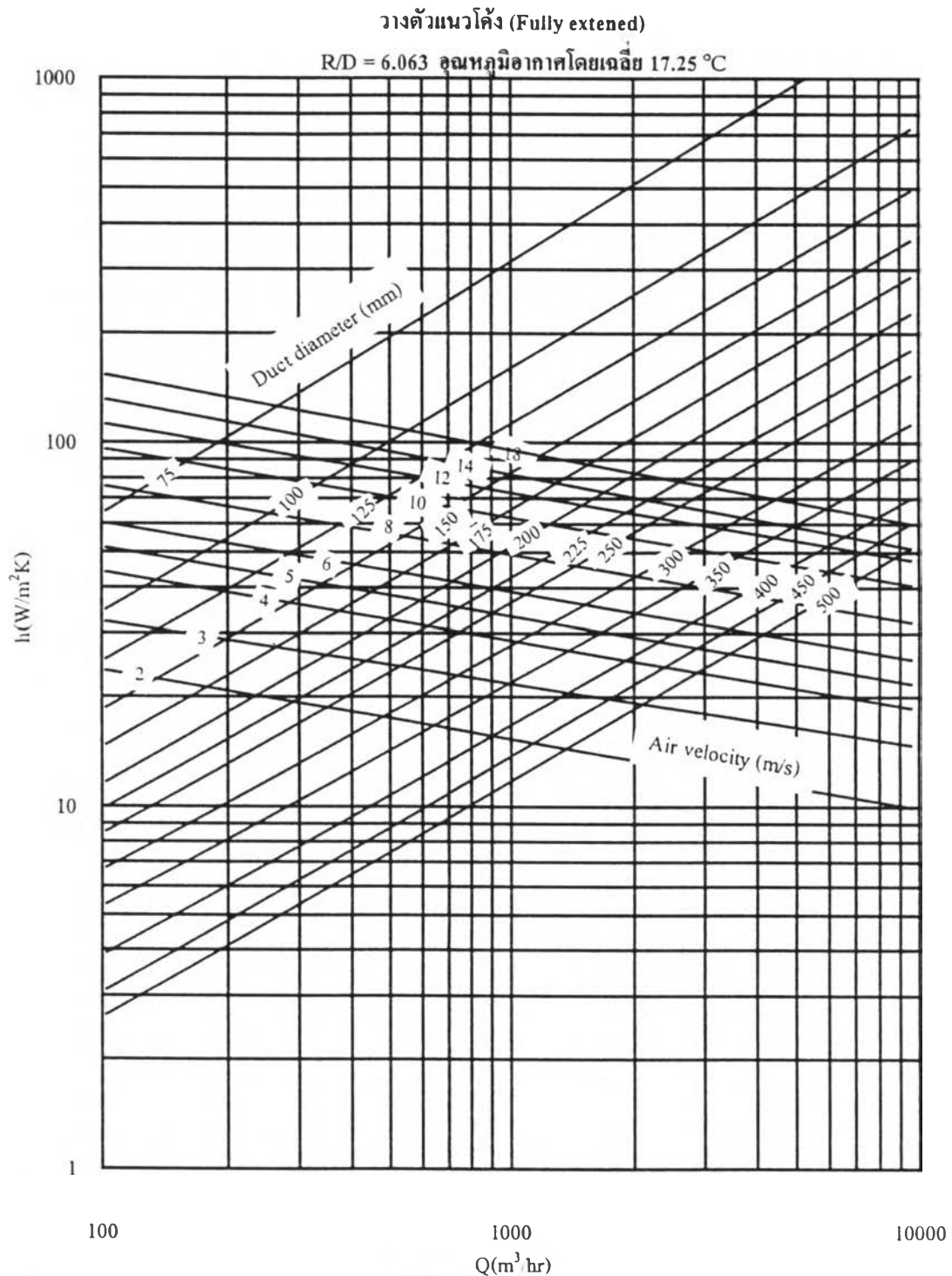
ในกรณีที่กำหนดสมมติฐานให้สภาพการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นแบบค่าความร้อนต่อหน่วยพื้นที่คงที่ (Constant heat flux) ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ยที่ใช้ในสมการที่ 6.2 และ 6.4 สามารถคำนวณได้จากสมการทางเอมไพริคัลโดยเลือกสมการที่ใกล้เคียงกับสภาพการใช้งานมากที่สุด หรือพิจารณาจากรูปที่ 6.3 แสดงแผนภูมิแสดงค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ยในท่ออะลูมิเนียมยัดหุ่่นที่วางตัวในแนวตรง มีอัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่าศูนย์กลางท่อเท่ากับ 9.524 ผิวท่อมัลักษณะยัดตัวสูงสุด (Fully extended) และอุณหภูมิอากาศโดยเฉลี่ยเท่ากับ 17.25 °C (ข้อมูลจากภาคผนวก ข ตารางที่ 1ข) ที่อัตราการไหลและขนาดท่อต่างๆ รูปที่ 6.4 แสดงแผนภูมิค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ยในท่ออะลูมิเนียมยัดหุ่่นที่วางตัวแนวตรง มีอัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่าศูนย์กลางท่อเท่ากับ 4.762 ผิวท่อมัลักษณะยัดตัวสูงสุด และอุณหภูมิอากาศโดยเฉลี่ยเท่ากับ 17.25 °C (ข้อมูลจากภาคผนวก ข ตารางที่ 13ข) ที่อัตราการไหลและขนาดท่อต่างๆ รูปที่ 6.5 แสดงแผนภูมิแสดงค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ย สำหรับท่ออะลูมิเนียมยัดหุ่่นที่วางตัวในแนวโค้ง มุม 90 ° ที่อัตราส่วนรัศมีความโค้งต่อเส้นผ่าศูนย์กลางท่อเท่ากับ 6.063 อุณหภูมิอากาศโดยเฉลี่ยเท่ากับ 17.25 °C (ข้อมูลจาก ภาคผนวก ข ตารางที่ 25ข) ที่อัตราการไหลและขนาดท่อต่างๆ รูปที่ 6.6 แสดงแผนภูมิแสดงค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ย สำหรับท่ออะลูมิเนียมยัดหุ่่นที่วางตัวแนวโค้ง มุม 90 ° ที่อัตราส่วนรัศมีความโค้งต่อเส้นผ่าศูนย์กลางท่อเท่ากับ 3.028 และอุณหภูมิอากาศโดยเฉลี่ย เท่ากับ 17.25 °C (ข้อมูลจากภาคผนวก ข ตารางที่ 37ข) ที่อัตราการไหลและขนาดท่อต่างๆ



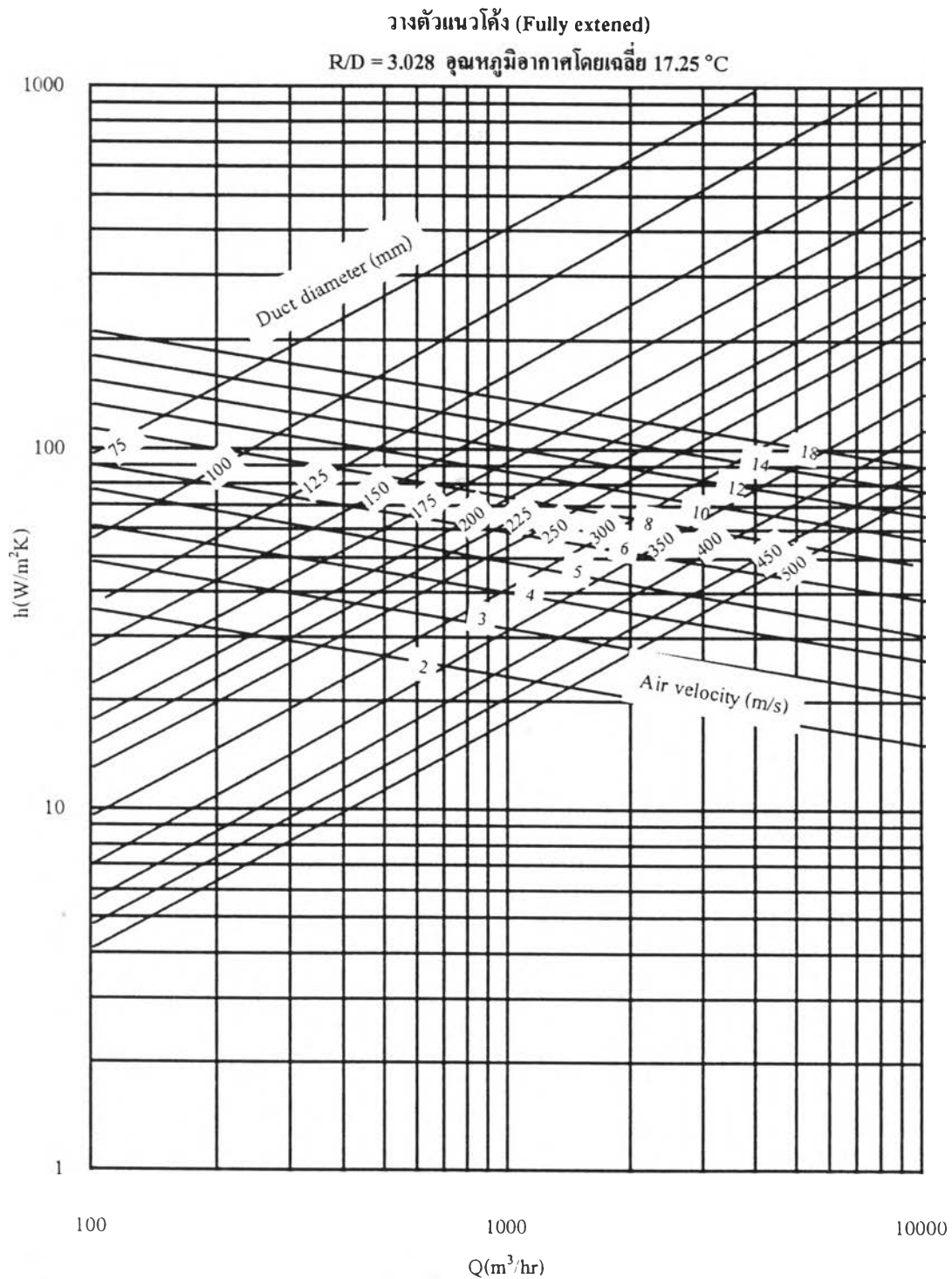
รูปที่ 6.3 แสดงแผนภูมิค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน ที่ขนาดท่อ และ อัตราการไหลต่างๆ สำหรับท่ออะลูมิเนียมยัดหุ้มวางตัวในแนวตรง อัตราส่วนความยาวท่อต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 9.254 ระยะพิททา 25 มิลลิเมตร (Fully extended) ได้สร้างจากสมการทางเอมไพริคัลที่ได้จากการทดลองที่ s1P25dT2.5[C] (ข้อมูลจากภาคผนวก ข ตารางที่ 1ข)



รูปที่ 6.4 แสดงแผนภูมิค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน ที่ขนาดท่อ และ อัตราการไหลต่างๆ สำหรับท่ออะลูมิเนียมชนิดหุ้มวางตัวในแนวตรง อัตราส่วนความยาวท่อต่อเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 4.762 ระยะพิททา 25 มิลลิเมตร (Fully extended) ได้สร้างจากสมการทางเอมไพริคัลที่ได้จากการทดลองที่ s0.SP25dT2.5[C] (ข้อมูลจากภาคผนวก ข ตารางที่ 13ข)



รูปที่ 6.5 แสดงแผนภูมิแสดงค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน ที่ขนาดและอัตราการไหลต่างๆ สำหรับท่ออะลูมิเนียมชนิดหุ่่นที่วางตัวในแนวโค้ง อัตราส่วนรัศมีความโค้งต่อเส้นผ่านศูนย์กลางท่อเท่ากับ 6.063 ระยะพิท 23 มิลลิเมตร (Fully extended) ได้สร้างจากสมการทางเอมไพริกัลที่ได้จากการทดลองที่ b1P23dT2.5[C] (ข้อมูลจาก ภาคผนวก ข ตารางที่ 25ข)



รูปที่ 6.6 แสดงแผนภูมิแสดงค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน ที่ขนาดและอัตราการไหลต่างๆ สำหรับท่ออะลูมิเนียมชนิดหุ้มที่วางตัวในแนวโค้ง อัตราส่วนรัศมีความโค้งต่อเส้นผ่านศูนย์กลางท่อเท่ากับ 3.028 ระยะพิท 23 มิลลิเมตร (Fully extended) ได้สร้างจากสมการทางเอมไพริคัลที่ได้จากการทดลองที่ $b0.5P23dT2.5[C]$ (ข้อมูลจาก ภาคผนวก ข ตารางที่ 37ข)

ตัวแปรที่ต้องคำนึงถึงในการติดตั้งฉนวนท่อส่งลมแบบท่ออะลูมิเนียมยัดหุ้ม

1. ขนาดของท่อส่งลม ,D
2. ความยาวท่อ , L
3. ลักษณะของผิวท่อ (ระยะพิท หรือ แอมปริจูด)
4. รูปแบบการวางตัวของท่อ , θ
5. อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศภายในท่อ , Q
6. อุณหภูมิใช้งานของอากาศภายในท่อส่งลม , T_m
7. อุณหภูมิของบรรยากาศภายนอก , T_a

ตารางที่ 6.1 คุณสมบัติของฉนวนชนิดใยแก้ว

คุณสมบัติ	ฉนวนชนิดใยแก้ว(แบบห่อหุ้ม)
สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k_f),W/m.K	0.046
สัมประสิทธิ์ความต้านทานความร้อน,m.K/W	22.4
ความหนาแน่น (ρ),kg/m ³	16.02
ความร้อนจำเพาะ, kJ/kg °C	0.84
อุณหภูมิใช้งานสูงสุด,°C	190
ปัจจัยที่กระทบต่อคน	
- การเป็นพิษ	ไม่มี
- กลิ่น	ไม่มี
- การดูดซับเสียง	ดี

กรณีศึกษาผลจากรูปแบบการวางตัวของท่อที่มีต่อการถ่ายเทความร้อน

กรณีศึกษาที่ 1. พิจารณาท่อวางตัวแนวโค้ง มุม 90° ลักษณะผิวท่อยึดตัวสูงสุด

สภาวะการติดตั้งฉนวนท่อส่งลมแบบท่ออะลูมิเนียมยัดหุ้ม

1. ท่อขนาด (D) 105 มิลลิเมตร (4 นิ้ว)

2. ความยาว (L) 1 เมตร
3. ยึดตัวสูงสุด (ระยะพิทที่ผิวท่อประมาณ (P) 23 มิลลิเมตร)
4. วางตัวในแนวโค้ง (θ) 90°
5. อัตราการไหลเชิงปริมาตร (Q) 200 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
6. อุณหภูมิอากาศที่ไหลภายในท่อโดยเฉลี่ย (T_m) 17°C
7. อุณหภูมิบรรยากาศ (T_a) 30°C

จากภาวะการติดตั้งท่อลมพบว่า สภาพการใช้งานมีความใกล้เคียงกับการทดลองที่ b1P23dT2.5[C] (พิจารณาข้อมูลจาก ภาคผนวก ข ตารางที่ 25ข) จากสมการทางเอมไพริกัลที่ได้

$$Nu = 0.2283 Re^{0.6478}$$

จากอัตราการไหลเชิงปริมาตร และขนาดของท่อลมสามารถคำนวณหาค่าความเร็วได้โดย

$$v = \frac{4Q}{3600\pi D^2} = \frac{4 \times 200}{3600 \times \pi \times 0.105^2} = 6.416 \text{ m/s}$$

คุณสมบัติอากาศที่ อุณหภูมิโดยเฉลี่ยของอากาศภายในท่อ ประมาณ 17°C คือ $\rho = 1.216 \text{ kg/m}^3$, $\mu = 1.803 \times 10^{-5} \text{ Pa s}$, $k = 0.0254 \text{ W/m K}$, $c_p = 1004.2 \text{ J/kg K}$

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{1.216 \times 6.416 \times 0.105}{1.803 \times 10^{-5}} = 45435$$

$$\text{ดังนั้น } h_m = \frac{0.2283 \times Re^{0.6478} \times k}{D} = \frac{0.2283 \times 45435^{0.6478} \times 0.0254}{0.105}$$

$$h_m = 57.44 \text{ W/m}^2 \text{ K} \text{ (ถ้าพิจารณาจากรูปที่ 6.5 จะได้อัตราที่ใกล้เคียงมาก)}$$

พิจารณาที่ความหนาของฉนวน 1 นิ้ว

$$r_1 = 0.0525 \text{ m} , \Delta x = 2.54 \times 10^{-2} \text{ m} , r_2 = \Delta x + r_1 = 0.078 \text{ m} , A_1 = 0.364 \text{ m}^2$$

จากสมการที่ 6.4

$$hA_1 (T_{s1} - T_i) = \frac{2\pi Lk_1 (T_{s2} - T_{s1})}{\ln(r_2 / r_1)}$$

$$57.44 \times 0.364 \times (T_{s1} - 17) = \frac{2\pi \times 1 \times 0.045 \times (30 - T_{s1})}{\ln(0.078 / 0.0525)}$$

$$T_{s1} = 17.44 \text{ } ^\circ\text{C}$$

ดังนั้นที่ฉนวนหนาใยแก้ว 1 นิ้วจะมี พลังงานความร้อนถ่ายเท (q) = $hA_1(T_{s1} - T_i) = 9.2 \text{ W}$

ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิของอากาศที่ไหลภายในเปลี่ยนไป (ΔT) = $\frac{q}{mc_p} = 0.1357 \text{ } ^\circ\text{C}$

กรณีศึกษาที่ 2. พิจารณาท่อวางตัวแนวตรงลักษณะผิวท่อยึดตัวสูงสุด

สภาวะการติดตั้งฉนวนท่อส่งลมแบบท่ออะลูมิเนียมยึดหุ่น

1. ท่อขนาด (D) 105 มิลลิเมตร (4 นิ้ว)
2. ความยาว (L) 1 เมตร
3. ระยะพิทที่ผิวท่อประมาณ (P) 25 มิลลิเมตร (ยึดจนสุด)
4. วางตัวในแนวตรง
5. อัตราการไหลเชิงปริมาตร (Q) 200 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
6. อุณหภูมิอากาศที่ไหลภายในท่อโดยเฉลี่ย (T_m) $17 \text{ } ^\circ\text{C}$
7. อุณหภูมิบรรยากาศ (T_a) $30 \text{ } ^\circ\text{C}$

จากการกำหนดสภาวะการติดตั้ง ในกรณีศึกษาที่ 1 และ กรณีศึกษาที่ 2 พบว่า ในกรณีศึกษาทั้ง 2 กรณี มีความแตกต่างกันที่รูปแบบการวางตัวของท่อ แต่มีสภาวะการติดตั้งอื่นที่เหมือนกัน และในกรณีศึกษาที่ 2 นี้ พบว่ามีสภาพการใช้งานที่ใกล้เคียงกับแผนภูมิรูปที่ 6.3 ดังนั้นจากแผนภูมิเมื่อท่อมีขนาด 4 นิ้ว (100 มิลลิเมตร) และ อัตราการไหล 200 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเท่ากับ $35 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ จากสมการที่ 6.4

$$hA_1 (T_{s1} - T_i) = \frac{2\pi Lk_l (T_{s2} - T_{s1})}{\ln(r_2/r_1)}$$

$$35 \times 0.335 \times (T_{s1} - 17) = 21.42 - 0.7142T_{s1}$$

$$T_{s1} = 17.745 \text{ } ^\circ\text{C}$$

ดังนั้นที่ความหนาของฉนวน 1 นิ้วจะมีพลังงานความร้อนถ่ายเท (q) = $hA_1(T_{s1} - T_i) = 8.735 \text{ W}$

ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิของอากาศที่ไหลภายในเปลี่ยนไป (ΔT) = $\frac{q}{mc_p} = 0.127 \text{ } ^\circ\text{C}$

จากกรณีศึกษาการคำนวณสำหรับท่อวางตัวแนวโค้งและแนวตรง จากกรณีศึกษาทั้งสองข้างต้นซึ่งมีรูปแบบการวางตัวของท่อที่แตกต่างกัน แต่มีสภาวะการติดตั้งอื่นๆที่เหมือนกัน จากทั้งสองตัวอย่างพบว่าพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทในท่อวางตัวแนวโค้งมุม 90° จะมีค่าสูงกว่าท่อที่วางตัวในแนวตรงเมื่อพิจารณาที่ ความหนาของฉนวน และสภาวะการติดตั้ง เดียวกัน แต่อย่างไรก็ตามพบว่าโดยการใช้งานเมื่อท่ออะลูมิเนียมยัดหุ้มถูกจัดวางตัวในแนวโค้งมักพบเสมอว่า ในการติดตั้งท่ออะลูมิเนียมยัดหุ้มจะไม่ถูกติดตั้งในลักษณะที่ท่อยัดตัวสูงสุดเพื่อความสะดวกในการติดตั้ง ซึ่งจะทำให้ผิวท่อมีระยะพิทต่ำกว่ากรณีท่อวางตัวแนวโค้งและผิวท่อยัดตัวสูงสุด จากลักษณะของผิวท่อและการจัดวางตัวดังกล่าวจะนำไปสู่กรณีศึกษาต่อไปนี้

กรณีศึกษาที่ 3. พิจารณาท่อวางตัวแนวโค้งมุม 90° ลักษณะผิวท่อยัดตัวไม่สูงสุด

พิจารณาให้ผิวท่อมีระยะพิทเท่ากับ 10 มิลลิเมตร และถ้ากำหนดให้มีสภาวะการติดตั้งเช่นเดียวกับกรณีศึกษาที่ 1 (กรณีศึกษาสำหรับท่อวางตัวแนวโค้งลักษณะผิวท่อยัดตัวสูงสุด) และมีอุณหภูมิที่ผิวท่อเท่ากันคือ $17.44 \text{ } ^\circ\text{C}$ ซึ่งสภาพการใช้งานใกล้เคียงกับการทดลองที่ b1P10dT2.5[C] (พิจารณาข้อมูลจาก ภาคผนวก ข ตารางที่ 27ข) สำหรับกรณีศึกษานี้จะมีสภาพการใช้งานใกล้เคียงกับ สมการทางเอมไพริคัลดังนี้

$$Nu = 0.9748 Re^{0.5518}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad h_m = \frac{0.9748 \times Re^{0.6478} \times k}{D} = \frac{0.9748 \times 45435^{0.5518} \times 0.0254}{0.105}$$

$$h_m = 87.6 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

$$\text{จากสมการที่ 6.2} \quad q = hA_1 (T_{s1} - T_i) = 87.6 \times 0.838 \times (17.44 - 17)$$

$$\text{ดังนั้นพลังงานความร้อนที่ถ่ายเท (q) = 32.3 W}$$

$$\text{ทำให้อุณหภูมิของอากาศที่ไหลภายในเปลี่ยนแปลงไป (\Delta T) = \frac{q}{mc_p}$$

$$\Delta T = \frac{32.3}{0.0666 \times 1004.2} = 0.483 \text{ } ^\circ\text{C}$$

ผลจากกรณีศึกษาทั้ง 3 กรณีข้างต้นสามารถกล่าวได้ว่า รูปแบบการวางตัวของท่ออะลูมิเนียมยัดหุ้มมีผลต่อการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้น กล่าวคือ เมื่อท่อวางตัวในแนวโค้ง พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทจะเกิดขึ้นมากกว่าท่อที่วางตัวในแนวตรง ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิของอากาศที่ไหลภายในซึ่งต้องการควบคุมให้คงที่มีการเปลี่ยนแปลงมากขึ้นด้วย เมื่อพิจารณาที่ ความหนาของฉนวน และ สภาวะการติดตั้งเดียวกัน ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า รูปแบบการวางตัวของท่อจะมีผลต่อพลังงานความร้อนที่ถูกถ่ายเท ทำให้ในการติดตั้งท่ออะลูมิเนียมยัดหุ้มมีความจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงรูปแบบการวางตัวของท่อด้วย ตารางที่ 6.2 แสดงผลจากรูปแบบการวางตัวของท่อที่มีต่อการถ่ายเทความร้อน จากกรณีศึกษาทั้ง 3 กรณี

ตารางที่ 6.2 ผลจากรูปแบบการวางตัวของท่อที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนจากกรณีศึกษาทั้ง 3 กรณี

กรณีศึกษา	กรณีศึกษาที่ 1.	กรณีศึกษาที่ 2.	กรณีศึกษาที่ 3.
พลังงานความร้อนที่ถูกถ่ายเท (W)	9.2	8.735	32.3
อุณหภูมิของอากาศภายในท่อที่เปลี่ยนแปลง ($^{\circ}\text{C}$)	0.1357	0.127	0.483

การคำนวณหาค่าความดันลดจากข้อมูลที่ได้จากงานวิจัย

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานและสัมประสิทธิ์ความเสียดทานความโค้งของอากาศที่เกิดขึ้นจากการไหลในท่ออะลูมิเนียมยัดหุ่่นที่วางตัวในลักษณะต่างๆ สามารถหาได้จาก สมการทางเอมไพริคัล โดยเลือกสมการที่ใกล้เคียงกับสภาพการใช้งานที่สุด และจากค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่ได้สามารถนำไปหาค่าความดันลดในสมการที่ 3.24 สำหรับการวางตัวของท่อในแนวตรง และสมการที่ 3.25 สำหรับการวางตัวของท่อในแนวโค้ง ได้ ในการหาค่าความดันลดของอากาศที่ไหลในท่ออะลูมิเนียมยัดหุ่่นที่วางตัวในลักษณะต่างๆ มีความจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงตัวแปรในการติดตั้งในการส่งลมต่อไปนี้

1. ขนาดของท่อส่งลม , D
2. ความยาวท่อ , L
3. ลักษณะของผิวท่อ (ระยะพิทของผิวท่อ , P หรือ แอมปริจูด , a)
4. มุมการวางท่อ , θ
5. อัตราการไหลเชิงปริมาตรของการไหลของอากาศภายใน , Q
6. อุณหภูมิใช้งานของอากาศภายในท่อส่งลม , T_m

กรณีศึกษาผลจากรูปแบบการวางตัวของท่อที่มีต่อค่าความดันลดที่เกิดขึ้น

กรณีศึกษาที่ 1. พิจารณาท่อวางตัวแนวโค้ง มุม 90° ลักษณะผิวท่อยัดตัวสูงสุด

สภาวะการติดตั้งท่อส่งลมแบบท่ออะลูมิเนียมยัดหุ่่น

1. ท่อส่งลมขนาด 105 มิลลิเมตร (4 นิ้ว)
2. ความยาวท่อ 1 เมตร
3. ลักษณะของผิวท่อยัดตัวสูงสุด (ระยะพิทของผิวท่อประมาณ 23 มิลลิเมตร)
4. มุมการวางท่อ 90 องศา
5. อัตราการไหลเชิงปริมาตรของการไหลของอากาศ 200 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
6. อุณหภูมิใช้งานของอากาศภายในท่อส่งลม 17°C

จากภาวะการติดตั้งท่อลมพบว่า สภาพการใช้งานมีความใกล้เคียงกับการทดลองที่ b1P23dT2.5[C] (พิจารณาข้อมูลจากภาคผนวก ข ตารางที่ 25ข) จากสมการทางเอมไพริกัลที่ได้

$$K = 24.422 \text{ Re}^{-0.2064}$$

จากอัตราการไหลเชิงปริมาตร และขนาดของท่อลมสามารถคำนวณหาค่าความเร็วได้ โดย

$$v = \frac{4Q}{3600\pi D^2} = \frac{4 \times 200}{3600 \times \pi \times 0.105^2} = 6.416 \text{ m/s}$$

จากคุณสมบัติของอากาศที่อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศประมาณ 17°C คือ $\rho = 1.216 \text{ kg/m}^3$, $\mu = 1.803 \times 10^{-5} \text{ Pa s}$

$$\text{Re} = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{1.216 \times 6.416 \times 0.105}{1.803 \times 10^{-5}} = 45435$$

ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานความโค้ง (K) = $24.422 \times 45435^{-0.2064} = 2.67$

จากสมการที่ 3.25

$$\Delta p = K \frac{\rho v^2}{2} = \frac{2.67 \times 1.216 \times 6.416^2}{2} = 66.82 \text{ Pa}$$

ซึ่งค่าความดันลดที่คำนวณได้กับแผนภูมिरูปที่ 5.14 มีค่าความดันลดที่ได้จากการคำนวณและจากแผนภูมิมีความใกล้เคียงกัน

กรณีศึกษาที่ 2. พิจารณาท่อวางตัวแนวโค้ง มุม 90° ลักษณะผิวท่อไม่ขัดตัวสูงสุด (ระยะพิท 15 มิลลิเมตร)

ถ้าพิจารณาที่ภาวะการติดตั้งเดียวกับกรณีศึกษาที่ 1. พบว่า สภาพการใช้งานมีความใกล้เคียงกับการทดลองที่ b1P15dT2.5[C] (พิจารณาข้อมูลจาก ภาคผนวก ข ตารางที่ 26ข) สมการทางเอมไพริกัลที่ได้ คือ

$$K = 40.315 \text{Re}^{-0.2156}$$

$$= 40.315 \times 45435^{-0.2156} = 3.99$$

$$\text{ดังนั้นความดันตกที่เกิดขึ้น } \Delta p = K \frac{\rho v^2}{2} = \frac{3.99 \times 1.216 \times 6.416^2}{2} = 100 \text{ Pa}$$

กรณีศึกษาที่ 3. พิจารณาท่อวางตัวแนวตรง ลักษณะผิวท่อไม่ขีดยึดตัวสูงสุด (ระยะพิท 15 มิลลิเมตร)

ถ้าพิจารณาที่สภาวะการติดตั้งเดียวกับกรณีศึกษาที่ 1 และ กรณีศึกษาที่ 2 พบว่า สภาพการใช้งานมีความใกล้เคียงกับการทดลองที่ sIP15dT2.5[C] (พิจารณาข้อมูลจากภาคผนวก ข ตารางที่ 2ข) สมการทางเอมไพริคัลที่ได้คือ

$$f = 0.91 \text{Re}^{-0.183}$$

$$= 0.91 \times 45435^{-0.183} = 0.128$$

$$\text{ดังนั้นความดันตกที่เกิดขึ้น } \Delta p = f \frac{L}{D} \frac{\rho v^2}{2} = \frac{0.128 \times 1 \times 1.2616 \times 6.416^2}{2 \times 0.105}$$

$$\Delta p = 31.64 \text{ Pa}$$

จากกรณีศึกษารูปแบบการวางตัวของท่อที่มีผลต่อความดันตกทั้ง 3 กรณีสามารถสรุปได้ดังนี้

1. เมื่อท่ออะลูมิเนียมยึดหุ้ย่นมีลักษณะของผิวท่อขีดยึดตัวไม่สูงสุด จะทำให้ความดันตกที่เกิดขึ้นมีค่าสูงกว่าท่ออะลูมิเนียมยึดหุ้ย่นที่มีลักษณะของผิวท่อขีดยึดตัวสูงสุด เมื่อพิจารณาที่สภาวะการติดตั้งเดียวกัน (พิจารณาจากกรณีศึกษาที่ 1 และ 2)

2. ท่ออะลูมิเนียมยึดหุ้ย่นที่วางตัวในแนวโค้งจะทำให้ความดันตกที่เกิดขึ้นมีค่าสูงกว่าท่ออะลูมิเนียมยึดหุ้ย่นที่วางตัวแนวตรงอย่างมาก (พิจารณา กรณีศึกษาที่ 2 และ 3)

จากข้อสรุปทั้งสองข้อข้างต้นทำให้สามารถกล่าวได้ว่า ในการติดตั้งท่ออะลูมิเนียม ยืดหยุ่นมีความจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงรูปแบบการวางตัวของท่อและลักษณะของผิวท่อเป็นสำคัญ ตารางที่ 6.3 แสดงรูปแบบการวางตัวของท่อที่มีต่อความดันลดที่เกิดขึ้นจากกรณีศึกษาทั้ง 3 กรณี

ตารางที่ 6.3 ผลจากรูปแบบการวางตัวของท่อที่มีต่อความดันลดที่เกิดขึ้นจากกรณีศึกษาทั้ง 3 กรณี

กรณีศึกษา	กรณีศึกษาที่ 1	กรณีศึกษาที่ 2	กรณีศึกษาที่ 3
ค่าความดันลดที่เกิดขึ้น (Pa)	66.82	100	31.64

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป

1. ควรทำการศึกษาวิจัยการถ่ายเทความร้อนและความเสียดทานภายในท่ออะลูมิเนียม ยืดหยุ่น โดยทำการศึกษาในช่วงรูปแบบของความเร็วและอุณหภูมิคงรูปแล้ว (Fully developed region)

2. ควรทำการศึกษาวิจัยการถ่ายเทความร้อนในท่อลูกฟูกรูปแบบอื่นๆ โดยทำการศึกษา เปรียบเทียบทั้งสภาพการให้ความร้อนแบบอุณหภูมิที่พื้นผิวคงที่ (Constant wall temperature) และ สภาพการให้ความร้อนแบบค่าความร้อนต่อหน่วยพื้นที่คงที่ (Constant heat flux)

3. ทำการศึกษาที่มีต่อความเสียดทานและการถ่ายเทความร้อนในท่ออะลูมิเนียมยืดหยุ่นที่ วางตัวในแนวโค้ง มุมอื่นๆ เช่น 45 องศา

4. เปลี่ยนช่วงการทดลองให้กว้างขึ้นเพื่อให้ อิทธิพลของแพรินเดิลนัมเบอร์ซึ่งมีต่อการ ถ่ายเทความร้อนปรากฏเด่นชัดขึ้น