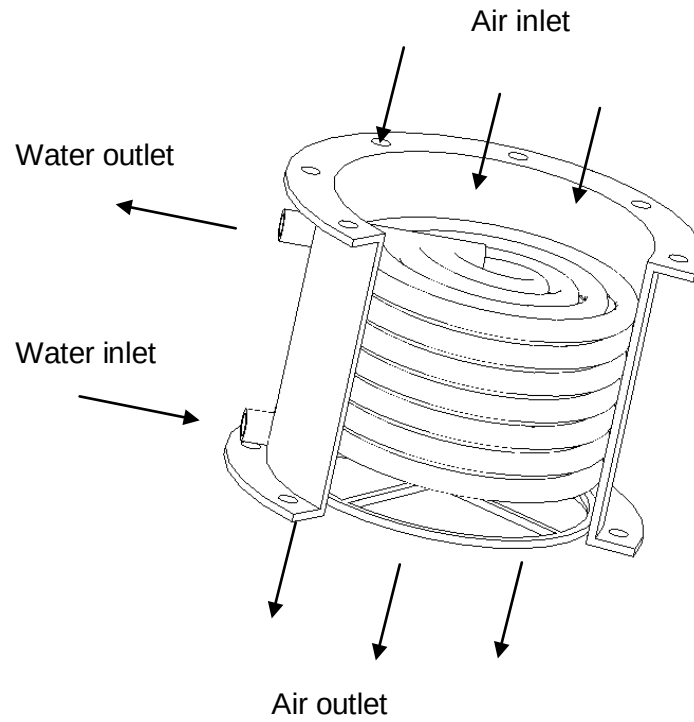


บทที่ 6 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

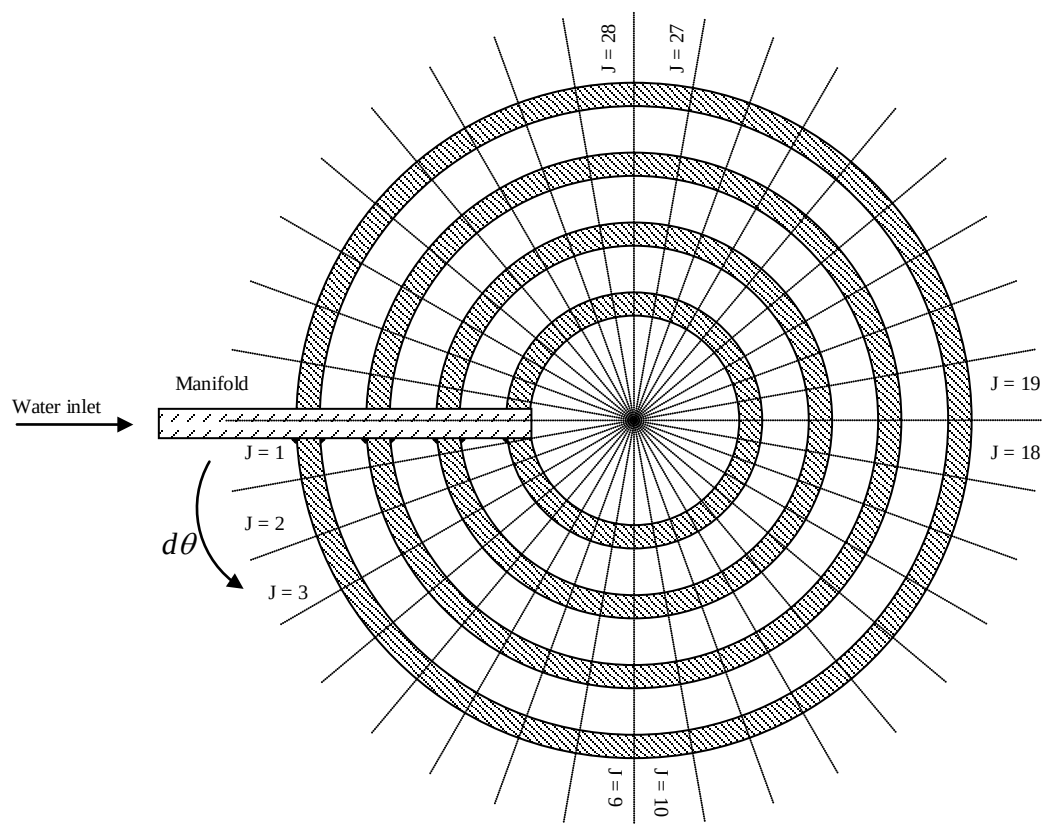
เนื้อหาของบทนี้เป็นการแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อขดแบบสปริงติดครีบริบภายใต้สภาวะผิวแห้ง และสภาวะผิวเปียก พื้นฐานของสมการที่ใช้อธิบายถึงความร้อน และลักษณะเฉพาะของการไหล ถูกพัฒนาขึ้นมาจากสมการอนุรักษ์มวลและพลังงาน ตามสมมุติฐานดังนี้

- การไหลของอากาศและน้ำคงที่
- สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนแบบการพาทางด้านน้ำ (และด้านอากาศ) ที่แต่ละส่วน (Section) ของแต่ละขดท่อ (Coil turn) มีค่าเท่ากัน
- ขดท่อในแต่ละวง ถูกขดเป็นวงกลมที่มีรัศมีเท่ากันโดยรอบ
- ไม่มีการสูญเสียความร้อนออกจากระบบไปสู่สิ่งแวดล้อม
- สภาพนำความร้อน (Thermal conductivity) ของวัสดุที่สร้างอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อขดแบบสปริงติดครีบริบ มีค่าคงที่
- ความต้านทานความร้อน (Thermal resistance) ของฟิล์มน้ำ ไม่ถูกนำมาคิด
- ครีบริบ (Crimp fin) ของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อขดแบบสปริงติดครีบริบมีลักษณะผิวเรียบ

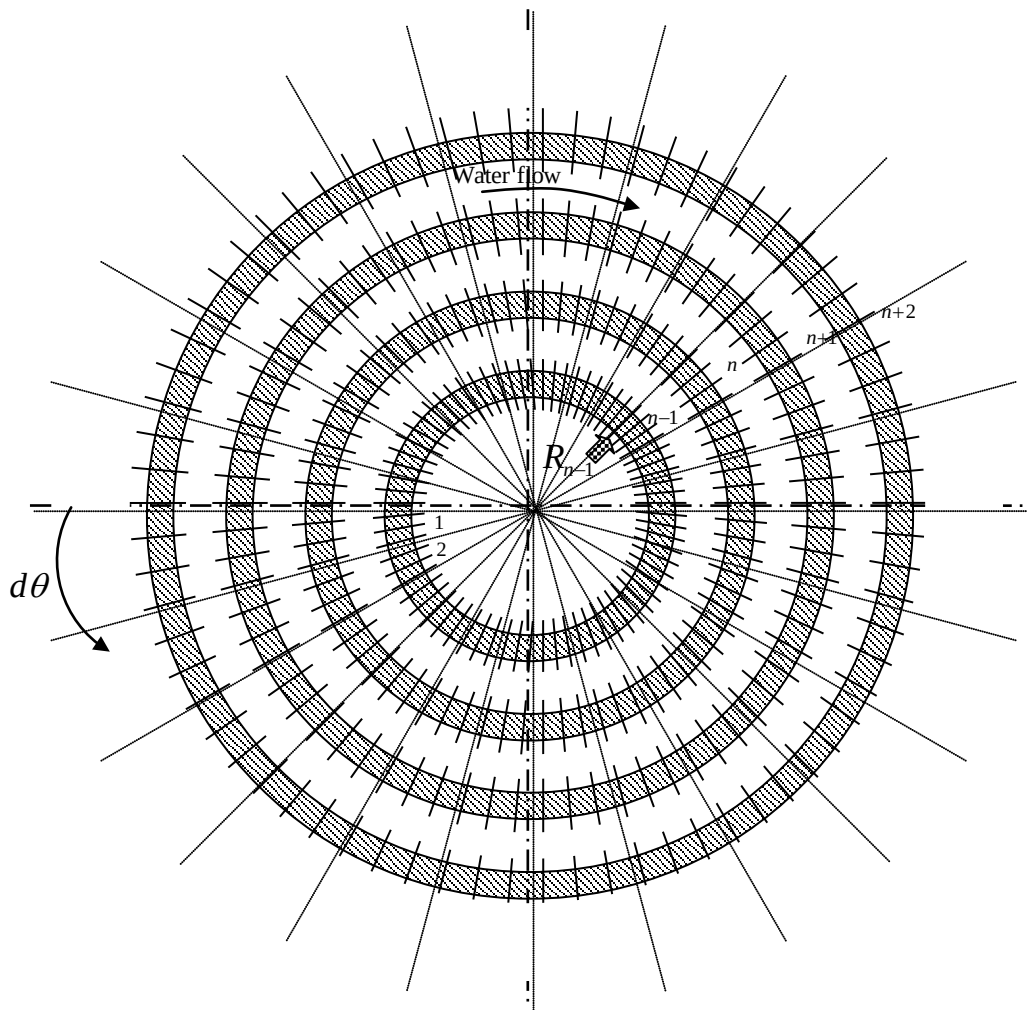
การไหลของของไหลในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อขดแบบสปริงติดครีบริบถูกแบ่งแยกออกเป็น 2 ด้าน ด้วยกัน คือ ด้านร้อน(อากาศ) และ ด้านเย็น(ของเหลว) ซึ่งของไหลทำงาน (Working fluid) ในการทดลองนี้คือ น้ำ และอากาศ รูปที่ 5.1 แสดงภาพตัวอย่างของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อขดแบบสปริงติดครีบริบ



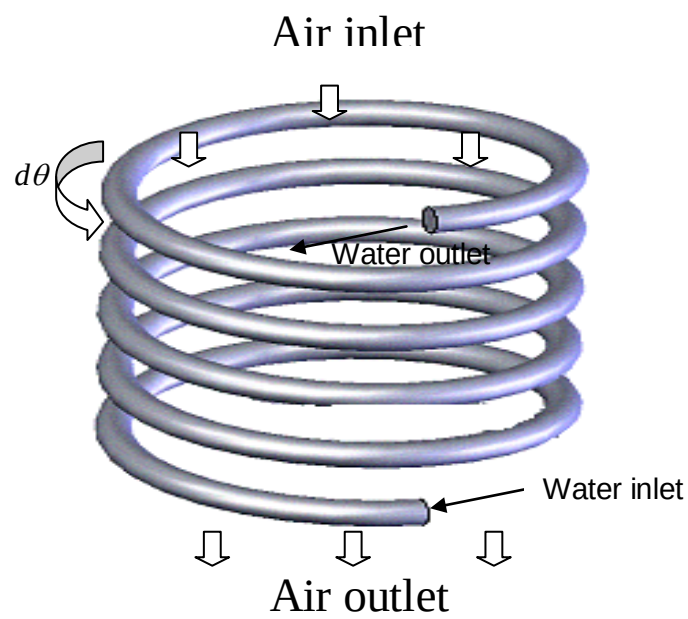
รูปที่ 6.1 แสดงอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อขดแบบสปริงติดครีป



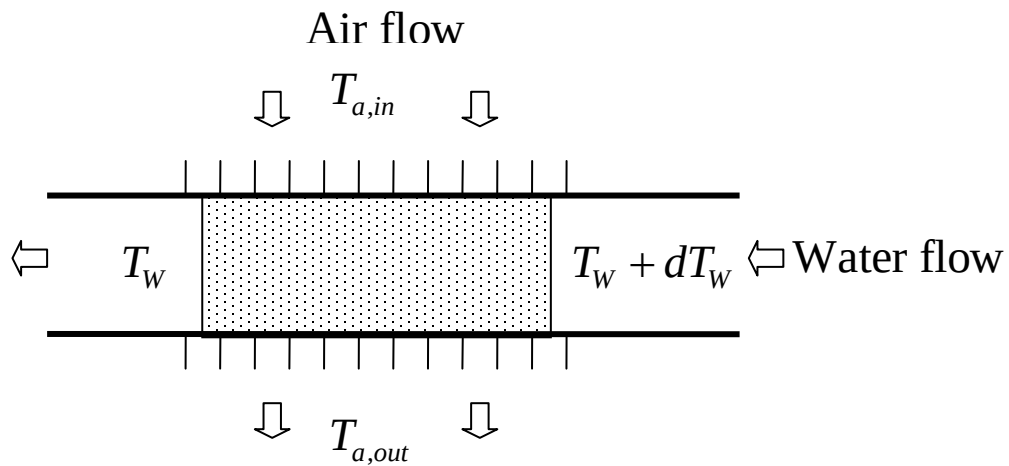
รูปที่ 6.2 แสดงภาคตัดของท่อขดแบบสปริงเมื่อมองจากด้านบน(Top view)



รูปที่ 6.3 แสดงรายละเอียดของแบบจำลองของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อขดแบบสปริงติดครีป



รูปที่ 6.4 แสดงอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อขดแบบสปริงติดครีป



รูปที่ 6.5 แสดงปริมาตรควบคุม(Control volume) ของแต่ละส่วนในสถานะผิวแห้ง

6.1 สถานะผิวแห้ง

6.1.1 การถ่ายเทความร้อนด้านอากาศ

จากการพิจารณาปริมาตรควบคุม(Control volume) ของแต่ละส่วน ดังแสดงในรูปที่ 5.4 การถ่ายเทความร้อนจากอากาศร้อน สามารถหาได้จาก

$$dQ = M'_a C_{p,a} R_n (d\theta) (T_{a,in} - T_{a,out}) \quad (6.1)$$

เมื่อ M'_a คือ อัตราการไหลโดยมวลของอากาศต่อความยาว, $C_{p,a}$ คือ ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศ, R_n คือ ความยาวรัศมีเฉลี่ยของแต่ละวง, $d\theta$ คือ ตำแหน่งมุม, $T_{a,in}$ และ $T_{a,out}$ คือ อุณหภูมิอากาศก่อนเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และอุณหภูมิอากาศออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนตามลำดับ

6.1.2 การถ่ายเทความร้อนด้านน้ำ

การถ่ายเทความร้อนไปยังน้ำสามารถหาได้จาก

$$dQ = -M_w C_{p,w} dT_w \quad (6.2)$$

เมื่อ $C_{p,w}$ คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ, M_w อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยมวลของน้ำต่อخذ อัตราการถ่ายเทความร้อน ในเทอมของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (Overall heat transfer coefficient) สามารถแสดงได้ดังนี้

$$dQ = U_o A_o R_n (d\theta) (T_{a,in} - T_w) \quad (6.3)$$

เมื่อ

$$\frac{1}{U_o} = \frac{1}{h_o} + \frac{A_o}{h_i A_i} + \frac{A_o \delta_t}{k_t A_{ave}} \quad (6.4)$$

เมื่อ U_o คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (Overall heat transfer coefficient) ด้านนอกท่อ, T_w คือ อุณหภูมิของน้ำ, h_o คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนด้านอากาศ, δ_t คือ ความหนาของท่อ, k_t คือ สกานำความร้อน (Thermal conductivity) ของท่อ, A_i คือ พื้นที่ผิวด้านในของท่อต่อความยาวของท่อในแต่ละขด, A_{ave} คือ พื้นที่ผิวเฉลี่ยของการถ่ายเทความร้อนต่อความยาวของท่อในแต่ละขด

6.1.3 สมดุลพลังงาน

จากการพิจารณาการสมดุลพลังงานในปริมาตรควบคุม ของแต่ละส่วนเป็นดังนี้

$$-M_w C_{p,w} dT_w = U_o A_o R_n (d\theta) (T_{a,in} - T_w) \quad (6.5)$$

เมื่อ A_o คือ พื้นที่ผิวด้านนอกของท่อต่อความยาวของท่อในแต่ละขด

$$A_o = \frac{A_{o,tot}}{2\pi R_n} = \frac{(A_b + \eta A_f)}{2\pi R_n} \quad (6.6)$$

นำสมการ (6.6) ไปแทนค่าในสมการ (6.5) จะได้

$$dT_w = \left(\frac{A_{o,tot}}{2\pi R_n} \right) \frac{U_o R_n (d\theta)}{-M_w C_{p,w}} T_{a,in} + \left(\frac{A_{o,tot}}{2\pi R_n} \right) \frac{U_o R_n (d\theta)}{M_w C_{p,w}} T_w \quad (6.7)$$

จัดรูปสมการใหม่ได้

$$dT_w - xR_n T_w + xR_n T_{a,in} = 0 \quad (6.8)$$

$$x = \frac{U_o}{M_w C_{p,w}} \left(\frac{A_{o,tot}}{2\pi R_n} \right) [d\theta] \quad (6.9)$$

การสมดุลพลังงานในปริมาตรควบคุม ของแต่ละส่วน สามารถเขียนให้อยู่ในเทอมของอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยมวลของอากาศได้ดังนี้

$$U_o \left(\frac{A_{o,tot}}{2\pi R_n} \right) (R_n d\theta) (T_{a,in} - T_w) = M'_a C_{p,a} (R_n d\theta) (T_{a,in} - T_{a,out}) \quad (6.10)$$

$$T_{a,out} = \left(\frac{A_{o,tot}}{2\pi R_n} \right) \frac{U_o}{M'_a C_{p,a}} T_w - \left(\frac{A_{o,tot}}{2\pi R_n} \right) \frac{U_o}{M'_a C_{p,a}} T_{a,in} + T_{a,in} \quad (6.11)$$

แทนค่า $M'_a = M_a / 2\pi R_n$ ลงในสมการ (6.11) ได้ดังนี้

$$T_{a,out} = \frac{L_t R_n U_o}{M_a C_{p,a}} \left(\frac{A_{o,tot}}{2\pi R_n} \right) T_w - \frac{L_t R_n U_o}{M_a C_{p,a}} \left(\frac{A_{o,tot}}{2\pi R_n} \right) T_{a,in} + T_{a,in} \quad (6.12)$$

หรือ

$$T_{a,out} = N_a R_n T_w - N_a R_n T_{a,in} + T_{a,in} \quad (6.13)$$

เมื่อ

$$N_a = \frac{L_t U_o}{M_a C_{p,a}} \left(\frac{A_{o,tot}}{2\pi R_n} \right) \quad (6.14)$$

6.1.4 ประสิทธิภาพครีป

ประสิทธิภาพครีปคือ อัตราส่วนระหว่างการถ่ายเทความร้อนจริง(Actual) ต่อ การถ่ายเทความร้อนในอุดมคติ (Ideal) ของครีป ที่อุณหภูมิแท้จริงของฐานครีป สำหรับครีปที่มีภาคตัดขวางเหมือนกัน ประสิทธิภาพครีปสามารถหาได้จาก

$$\eta = \frac{\tanh(\phi r_o \phi)}{\phi r_o \phi} \quad (6.15)$$

เมื่อ

$$\phi = \left(\frac{R_f}{r_o} - 1 \right) \left[1 + 0.35 \ln \left(\frac{R_f}{r_o} \right) \right] \quad (6.16)$$

$$\varphi^2 = \frac{2h_o}{k_f \delta_f} \quad (6.17)$$

เมื่อ R_f คือ รัศมีของครีป, r_o คือ รัศมีภายนอกของท่อ, k_f คือ สภาพนำความร้อน (Thermal conductivity) ของครีป, และ δ_f คือ ความหนาของครีป

6.2 สภาวะผิวเปียก

6.2.1 การถ่ายเทความร้อนด้านอากาศ

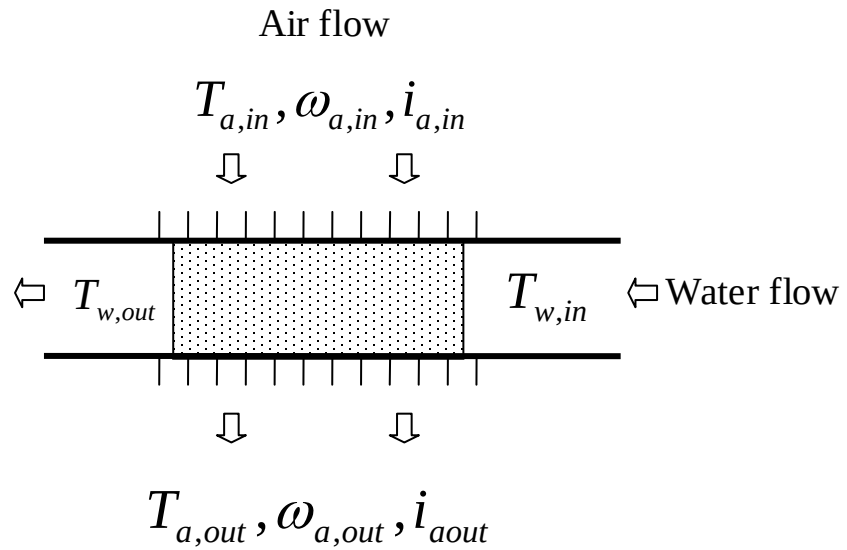
เมื่ออุณหภูมิผิวของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อขดแบบสปริงติดครีปต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศที่เข้าสู่อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน จะเกิดการควบแน่นของน้ำที่บริเวณผิวของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน จากการพิจารณาปริมาตรควบคุม (Control volume) ของแต่ละส่วน ดังแสดงในรูปที่ 6.4 อัตราการถ่ายเทความร้อนจากอากาศร้อนคือ ผลรวมของความร้อนสัมผัส และความร้อนแฝง สามารถหาได้จาก

$$dQ_T = dQ_s + dQ_L \quad (6.18)$$

เมื่อ dQ_T, dQ_s, dQ_L คือ ความร้อนรวม ความร้อนสัมผัส และความร้อนแฝง ตามลำดับ

$$dQ_s = h_o dA_{o,tot} (T_{a,in} - T_s) \quad (6.19)$$

เมื่อ h_o คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนด้านอากาศ, A_o คือ พื้นที่ผิวด้านนอกของท่อ, $T_{a,in}$ คือ อุณหภูมิอากาศก่อนเข้าสู่อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน, และ T_s คือ อุณหภูมิผิวท่อ



รูปที่ 6.6 แสดงปริมาตรควบคุม(Control volume) ของแต่ละส่วนในสถานะผิวเปียก

เมื่อความชื้นเกิดการควบแน่น จะมีการคายความร้อนออกมาแสดงได้ในรูปของความร้อนแฝงดังนี้

$$dQ_L = dM_{wv} i_{fg} \quad (6.20)$$

เมื่อ i_{fg} คือ เอนทัลปีของการควบแน่น และ dM_{wv} คืออัตราการถ่ายเทมวลของไอน้ำ สามารถแสดงได้ดังนี้

$$dM_{wv} = h_D dA_{o,tot} (\omega_{a,in} - \omega_{sat,s}) \quad (6.21)$$

เมื่อ h_D คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล, $\omega_{a,in}$ คือ ค่าความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศก่อนเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน, $\omega_{sat,s}$ คือ ค่าความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศที่สถานะอิ่มตัวที่อุณหภูมิผิวเปียก

แทนสมการที่(6.19), (6.20), และ (6.21) ลงในสมการ (6.18) จะได้

$$dQ_T = \left(\frac{h_o}{C_{p,m}} dA_{o,tot} \right) \left(C_{p,m} (T_{a,in} - T_s) + \frac{1}{Le} (\omega_{a,in} - \omega_{sat,s}) \cdot i_{fg} \right) \quad (6.22)$$

เมื่อ Lewis number, Le, แสดงได้โดย

$$Le = \frac{h_o}{h_D C_{p,m}} \quad (6.23)$$

ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศชื้น, $C_{p,a}$ คือผลรวมของค่าความร้อนจำเพาะของอากาศแห้งและไอน้ำ

$$C_{p,m} = C_{p,a} + \omega_a C_{p,wv} \quad (6.24)$$

แทนสมการที่(6.24) ลงในสมการ (6.22) และสมมติให้ค่า Le มีค่าประมาณเท่ากับ 1, จะได้

$$dQ_T = \left(\frac{h_o dA_{o,tot}}{C_{p,m}} \right) (i_{a,in} - i_{sat,s}) \quad (6.25)$$

เมื่อ $i_{a,in}$ คือ เอนทัลปีของอากาศก่อนเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และ $i_{sat,s}$ คือ เอนทัลปีของอากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิของผิวเปียก

6.2.2 การถ่ายเทความร้อนด้านน้ำ

อัตราการถ่ายเทความร้อนในเทอมของอัตราการไหลของน้ำ สามารถแสดงได้โดย

$$dQ_T = M_w C_{p,m} dT_w \quad (6.26)$$

อัตราการถ่ายเทความร้อนไปสู่น้ำสามารถแสดงได้ดังนี้

$$dQ_T = h_r dA_{o,tot} (T_s - T_w) \quad (6.27)$$

เมื่อ

$$\frac{1}{h_r} = \frac{\delta_t dA_{o,tot}}{k_t A_{ave}} + \frac{dA_{o,tot}}{dA_i h_i} \quad (6.28)$$

เมื่อ δ_t คือ ความหนาของท่อขด, A_{ave} คือ พื้นที่ผิวเฉลี่ยของการถ่ายเทความร้อนต่อความยาวของท่อในแต่ละขด, h_r คือ ค่าความต้านทานรวมของผิวท่อทั้งหมด และของน้ำภายใน

6.2.3 สมดุลพลังงาน

จากการพิจารณาการสมดุลพลังงานในปริมาตรควบคุม ของแต่ละส่วนเป็นดังนี้

$$\frac{h_o dA_{o,tot}}{C_{p,m}} (i_{a,in} - i_{sat,s}) = h_r dA_{o,tot} (T_s - T_w) \quad (6.29)$$

จัดสมการใหม่ได้

$$\frac{h_o}{h_r C_{p,m}} = \frac{(T_s - T_w)}{(i_{a,in} - i_{sat,s})} = R_c \quad (6.30)$$

เอนทัลปีของอากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิของผิวเปียก $i_{sat,s}$ ที่อุณหภูมิผิวเปียกในสมการที่(6.30) ถูกใช้โดย Ho, et al. (1999) เป็นดังนี้

$$i_{sat,s} = 10.90748 + 1.22045T_s + 0.05652T_s^2 \quad (6.31)$$

นำสมการ(6.29), (6.30) ไปแทนค่าในสมการ (6.28) และจัดรูปสมการใหม่จะได้

$$0.05652T_s^2 + \left[1.22045 + \frac{1}{Rc}\right]T_s + \left[10.90749 - i_{a,in} - \frac{T_w}{Rc}\right] = 0 \quad (6.32)$$

การสมดุลพลังงานในปริมาตรควบคุม ของแต่ละส่วน สามารถเขียนให้อยู่ในเทอมของอัตราการใช้ของน้ำได้ดังนี้

$$h_r dA_{o,tot} \left(\frac{T_{s,out} + T_{s,in}}{2} - \frac{T_{w,out} - T_{w,in}}{2} \right) = M_w C_{p,w} (T_{w,out} - T_{w,in}) \quad (6.33)$$

จัดรูปสมการใหม่จะได้

$$T_{w,out} = \frac{1}{(\beta+1)}(\beta[T_{s,out} + T_{s,in}] - T_{w,in}[\beta-1]) \quad (6.34)$$

เมื่อ

$$\beta = \frac{h_r dA_{o,tot}}{2M_w C_{p,w}} \quad (6.35)$$

สมการ(6.32) สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของ $T_{s,out}$ และ $T_{s,in}$ ได้เป็น

$$0.05652T_{s,out}^2 + \left[1.22045 + \frac{1}{Rc}\right]T_{s,out} + \left[10.90749 - i_{a,in} - \frac{T_{w,out}}{Rc}\right] = 0 \quad (6.36)$$

และ

$$0.05652T_{s,in}^2 + \left[1.22045 + \frac{1}{Rc}\right]T_{s,in} + \left[10.90749 - i_{a,in} - \frac{T_{w,in}}{Rc}\right] = 0 \quad (6.37)$$

นำสมการ(6.34) ไปแทนค่าในสมการ (6.36) จะได้

$$0.05652T_{s,in}^2 + \left[1.22045 + \frac{1}{Rc} + \frac{\beta}{R_c(\beta+1)}\right]T_{s,out} + 10.90749 - i_{a,in} - \frac{1}{R_c(\beta+1)}[\beta T_{s,in} - (\beta+1)T_{w,in}] = 0 \quad (6.38)$$

6.2.4 ประสิทธิภาพครีป

ประสิทธิภาพครีปคืออัตราส่วนระหว่างการถ่ายเทความร้อนจริง (Actual) ต่อการถ่ายเทความร้อนในอุดมคติ (Ideal) ของครีป ที่อุณหภูมิแท้จริงของฐานครีป สำหรับครีปที่มีภาคตัดขวางเหมือนกัน ประสิทธิภาพครีปสามารถหาได้จาก

$$\eta = \frac{\tanh(\phi r_o \phi)}{\phi r_o \phi} \quad (6.39)$$

สำหรับสภาวะผิวเปียก ประสิทธิภาพครีปผิวเปียก ที่พัฒนาขึ้นโดย McQuiston, F.C., (1994) เป็นดังนี้

$$\phi^2 = \frac{2h_o}{k_f \delta_f} \left(1 + \frac{B_{sa} \cdot i_{fg}}{C_{p,a}} \right) \quad (6.40)$$

$$B_{sa} = \frac{(\omega_{sat,s} - \omega_{a,ave})}{(T_{sat,s} - T_{a,ave})} \quad (6.41)$$

ค่าความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศที่สภาวะอิ่มตัวที่อุณหภูมิผิวเปียก เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิผิวของท่อ และสามารถหาได้จากสหสัมพันธ์ ที่พัฒนาขึ้นโดย Liang, S.Y., (1999)

$$\omega_{sat,s} = (3.7444 + 0.3078T_s + 0.0046T_s^2 + 0.0004T_s^3) \cdot 10^{-3} \quad (6.42)$$

6.3 วิธีการคำนวณ (Solution Methodology)

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อขดแบบสปริงคิดคิริบประกอบด้วย ท่อขดแบบสปริงซ้อนกัน 4 ขด ในแต่ละขดจะถูกแปลงให้เป็น ขดท่อกลมที่มีรัศมีเฉลี่ยดังนี้:

$$R_n = \frac{\sqrt{(\pi R_{ci})^2 + p^2}}{2\pi} \quad (6.43)$$

เมื่อ R_{ci} คือ coil radius, p คือ the pitch of the helical coil

แต่ละขดท่อกลมถูกแบ่งออกเป็นหลายๆ segment ตามรูปที่ 4. การคำนวณจะเริ่มจาก segment ที่ ขดบนสุดต่อเนื่องไปที่ส่วนตลอดแนวขดท่อกลม

สหสัมพันธ์สำหรับการทำนายผลสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนด้านอากาศ และด้านน้ำ ของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อขดแบบสปริงคิดคิริบ ได้มาจากการประมาณค่าข้อมูลจากการทดลอง

6.3.1 สภาวะผิวแห้ง

ด้านน้ำ

$$Nu_i = \frac{h_i d_i}{k} = 0.128157 De^{0.77257} Pr^{0.310011} \quad (6.44)$$

เมื่อ

$$1200 \leq De \leq 4800, 7 \leq Pr \leq 9.5, 15000 \leq Re_i \leq 33000$$

ด้านอากาศ

$$j = 0.711641 \text{Re}_o^{-0.4555} \quad (6.45)$$

เมื่อ

$$7000 \leq \text{Re}_o \leq 28000$$

6.3.1 สภาวะผิวเปียก

ด้านน้ำ

$$\text{Nu}_i = \frac{h_i d_i}{k} = 0.062109 \text{De}^{0.9165} \text{Pr}^{0.271} \quad (6.46)$$

เมื่อ

$$1200 \leq \text{De} \leq 4800, 7 \leq \text{Pr} \leq 9.5, 7000 \leq \text{Re}_i \leq 18000$$

ด้านอากาศ

$$j = 0.03731 \text{Re}_o^{-0.25724} \quad (6.47)$$

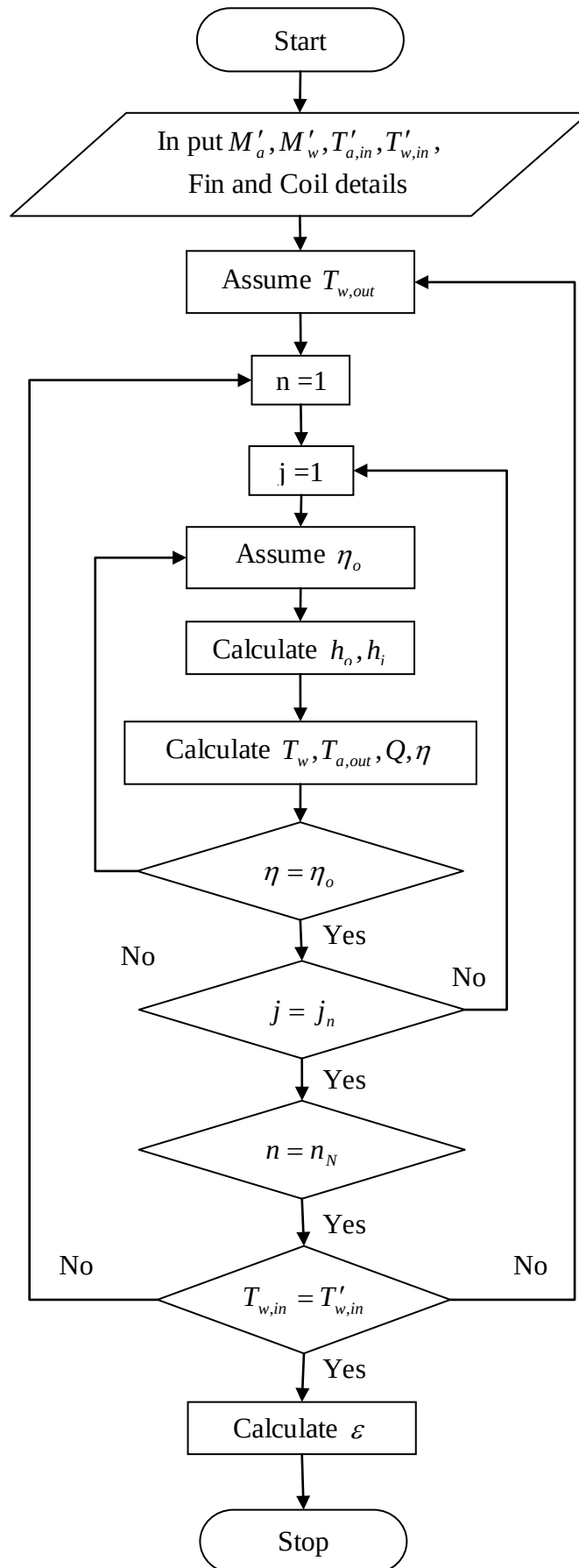
เมื่อ

$$9000 \leq \text{Re}_o \leq 38000$$

ในการคำนวณเราจะแบ่งเขตท่อสปริงของของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อชุดแบบสปริงติดครีป ออกเป็นหลายๆส่วน ดังที่แสดงในรูปที่ 6.3 ระบบและการคำนวณถูกวิเคราะห์ให้เป็นระบบที่ไม่แปรผันตามเวลา(Steady state) การทำการคำนวณจะมีการสมมุติค่าเริ่มต้นก่อนการทดสอบ เมื่อคำนวณครบชุดได้แล้วก็เปรียบเทียบค่าที่เราสมมุติและค่าที่เราคำนวณได้ใหม่ว่าตรงกันหรือไม่ ถ้าผลไม่ตรงก็หาผลต่างแล้วสมมุติค่าใหม่ และคำนวณในลักษณะเดียวกันจนกระทั่งผลที่ได้จากการคำนวณและสมมุติทุกจุดมีค่าตรงกัน กระบวนการหาคำตอบโดยวิธีทำซ้ำสามารถทำได้ดังนี้

- อุณหภูมิอากาศที่ออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ($T_{a,out}$) จะถูกสมมุติขึ้น
- ประสิทธิภาพครีป (η) จะถูกสมมุติขึ้น
- สำหรับสภาวะผิวแห้ง สมการที่ (6.8) และ (6.11) ถูกคำนวณในขณะเดียวกัน จะได้รับค่าอุณหภูมิน้ำ (T_w) และอุณหภูมิอากาศที่ออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ($T_{a,out}$) สำหรับสภาวะผิวเปียก สมการ(6.34), (6.37) และ (6.38) ถูกคำนวณในขณะเดียวกัน โดยใช้ Newton-Raphson method จะได้ค่า อุณหภูมิผิวที่ด้านทางเข้า ($T_{s,in}$) อุณหภูมิผิวที่ด้านทางออก ($T_{s,out}$) และ อุณหภูมิน้ำ (T_w) ที่ Segment 1.
- ประสิทธิภาพครีป (η) จะถูกคำนวณ

- ประสิทธิภาพครีป (η) ที่ถูกคำนวณ จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพครีป (η) จะถูกสมมุติขึ้น หากค่าความแตกต่างมีค่าไม่เกิน 10^{-6} การคำนวณจะสิ้นสุด แต่หากไม่เป็นเช่นนั้นจะมีการสมมุติค่าประสิทธิภาพครีป (η) ขึ้นใหม่ และกระบวนการคำนวณจะเริ่มขึ้นใหม่จนกระทั่งค่าประสิทธิภาพครีป (η) ที่ได้รับอยู่เข้าสู่ช่วงที่ต้องการ
- กระบวนการคำนวณจะดำเนินต่อไปยัง Segment 2. และดำเนินการคำนวณต่อไปจนกระทั่ง Segment สุดท้าย
- กระบวนการคำนวณจะสิ้นสุดเมื่อ การคำนวณที่ Segment สุดท้าย ของชุดท่อด้านนอกสุด สิ้นสุดลง
- อุณหภูมิน้ำ (T_w) ที่ Segment สุดท้ายจะถูกคำนวณเปรียบเทียบกับอุณหภูมิน้ำก่อนเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ($T_{w,in}$), (Initial condition) หากค่าความแตกต่างมีค่าไม่เกิน 10^{-6} การคำนวณจะสิ้นสุด แต่หากไม่เป็นเช่นนั้น จะมีการสมมุติค่าอุณหภูมิอากาศที่ออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ($T_{a,out}$) ของ Segment แรกขึ้นใหม่ และกระบวนการคำนวณจะเริ่มขึ้นใหม่ จนกระทั่งค่าอุณหภูมิอากาศที่ออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ($T_{a,out}$) ที่ได้รับอยู่เข้าสู่ช่วงที่ต้องการ



รูปที่ 6.6 แสดงแผนภาพลำดับการคำนวณ