บทที่ 3

อุปกรณ์และขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรม

<u>อุปกรณ์ในการพัฒนาและทดสอบโปรแกรม</u>

1. เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วย
   - หน่วยประมวลผล (CPU) 486DX2-66 MHZ
   - หน่วยความจำ 12 เมกะไบท์
   - หน่วยแสดงผล จอภาพ 14 นิ้ว ใช้การ์ดแสดงผล Super VGA
2. ระบบปฏิบัติการ MS-DOS* 6.2 และสภาวะแวดล้อม Microsoft Windows* 3.11 Thai Edition
3. ซอฟท์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม
   - Microsoft Visual Basic* 4.0 Version 16-bit ใช้เขียนโปรแกรม
   - Microsoft Access* 2.0 ใช้สร้างฐานข้อมูล
4. โปรแกรม SimSci HEXTRAN** Version 6.0 ใช้คำนวณเปรียบเทียบผลที่ได้จากโปรแกรม ในส่วนการออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเชลล์และท่อ

<u>หมายเหตุ</u>
* MS-DOS เป็นเครื่องหมายการค้าของ Microsoft Corporation
* Microsoft Windows เป็นเครื่องหมายการค้าของ Microsoft Corporation
* Microsoft Visual Basic เป็นเครื่องหมายการค้าของ Microsoft Corporation
* Microsoft Access เป็นเครื่องหมายการค้าของ Microsoft Corporation
** SimSci HEXTRAN เป็นเครื่องหมายการค้าของ Simulation Sciences Inc.

ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรม

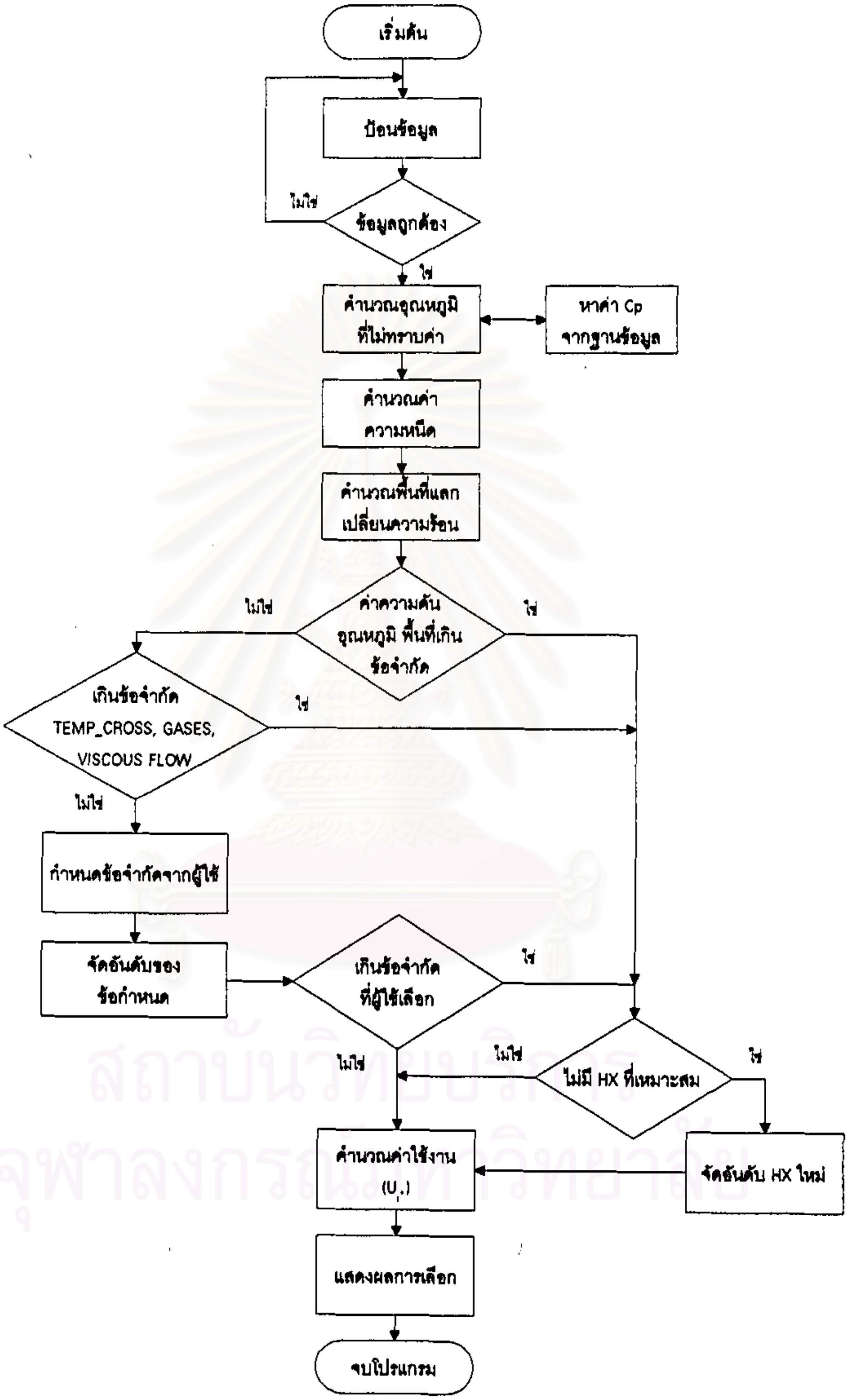
การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการเลือกและการออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน แบ่งขั้นตอนได้ดังนี้

1. รวบรวมข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ บทความ และหนังสือ
2. สร้างฐานข้อมูลข้อกำหนด (Criteria) และสมบัติของของไหล
3. ออกแบบและพัฒนาโปรแกรม HEXPERT เพื่อการเลือกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่เหมาะสม โดยวิธีการหาค่าแบบหลายสมบัติอย่างง่าย (Simple Multi Attribute Rating Technique) หรือ SMART [18] มีขั้นตอนการทำงานดังรูปที่ 3.1
4. ออกแบบและพัฒนาโปรแกรม HEXPERT เพื่อการออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเชลล์และท่อ ที่มีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์และตามมาตรฐานของ Tubular Exchanger Manufacturers Association (TEMA) มีขั้นตอนการทำงานดังรูปที่ 3.2 และ 3.3
5. เปรียบเทียบผลที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรมสำเร็จรูปที่พัฒนาขึ้น ในส่วนของการออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเชลล์และท่อ กับผลการออกแบบโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป HEXTRAN

การพัฒนาโปรแกรมเพื่อการเลือกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่เหมาะสม
(Optimum Heat Exchanger Selection)

การพัฒนาโปรแกรมในส่วนนี้ มีแผนภูมิแสดงดังรูปที่ 3.1 แบ่งขั้นตอนได้ดังนี้

1. ป้อนข้อมูลของด้านร้อน (Hot-Side) และด้านเย็น (Cold-Side)
2. ตรวจสอบสถานะและความถูกต้องข้อมูลที่ป้อน
3. คำนวณอุณหภูมิที่ยังไม่ทราบค่าจากดุลสมการความร้อน และวิธี Newton-Raphson โดยเรียกใช้ค่าความจุความร้อน (Cp) จากฐานข้อมูล
4. คำนวณค่าความหนืด
5. คำนวณพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อน
6. ตรวจสอบค่าความดัน อุณหภูมิ และพื้นที่ ว่าค่าเกินข้อจำกัดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (HX) แต่ละแบบหรือไม่ ถ้าเกินข้อจำกัดข้ามไปทำขั้นที่ 11



รูปที่ 3.1 แผนภูมิการเลือกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่เหมาะสม

7. คัดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนออกโดยพิจาณาจากข้อกำหนดของ อุณหภูมิตัดกัน (TEMP_CROSS) สถานะแก๊ส (GASES) หรือของไหลมีความหนืดมาก (VISCOUS FLOW)

8. กำหนดข้อมูลของข้อกำหนดจากผู้ใช้ ผู้ใช้สามารถเลือกข้อจำกัดได้ 5 ข้อ คือ Compactness, Cleanability, Leakage risk, Solid flowing และ Multi fluid exchange รายละเอียดของข้อกำหนดเหล่านี้อยู่ในบทที่ 2

9. จัดอันดับความสำคัญของข้อกำหนดทั้งหมด

10. คัดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนออกโดยพิจารณาจากข้อกำหนดที่ผู้ใช้เลือก

11. ถ้าไม่มีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบใดที่เหมาะสม จัดอันดับของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอีกครั้ง และไม่คัดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนออก โดยข้อกำหนดที่ผู้ใช้เลือก

12. คำนวณผลรวมของค่าใช้งาน (U_i) และแสดงผลการเลือก

<u>การพัฒนาโปรแกรมเพื่อการออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเชลล์และท่อ</u>
(Shell-and-Tube Heat Exchanger Design)

การพัฒนาโปรแกรมในส่วนนี้ มีแผนภูมิแสดงดังรูปที่ 3.2 และ 3.3 แบ่งขั้นตอนได้ดังนี้

1. ป้อนข้อมูลของด้านเชลล์ (Shell-Side) และด้านท่อ (Tube-Side)

2. ตรวจสอบสถานะและความถูกต้องข้อมูลที่ป้อน

3. คำนวณคุณสมบัติของของไหลที่อุณหภูมิขาเข้าและขาออก โดยเรียกใช้ข้อมูลสมบัติของของไหลจากฐานข้อมูล

4. สมมติค่า ΔT_{FILM} เพื่อใช้ในการคำนวณอุณหภูมิผนังท่อ

5. คำนวณสมบัติของของไหลที่อุณหภูมิผนังท่อ

6. คำนวณค่า φ_i , φ_o , R_{dw} , $h_{i,opt}$, $h_{o,opt}$ และ $U_{o,opt}$

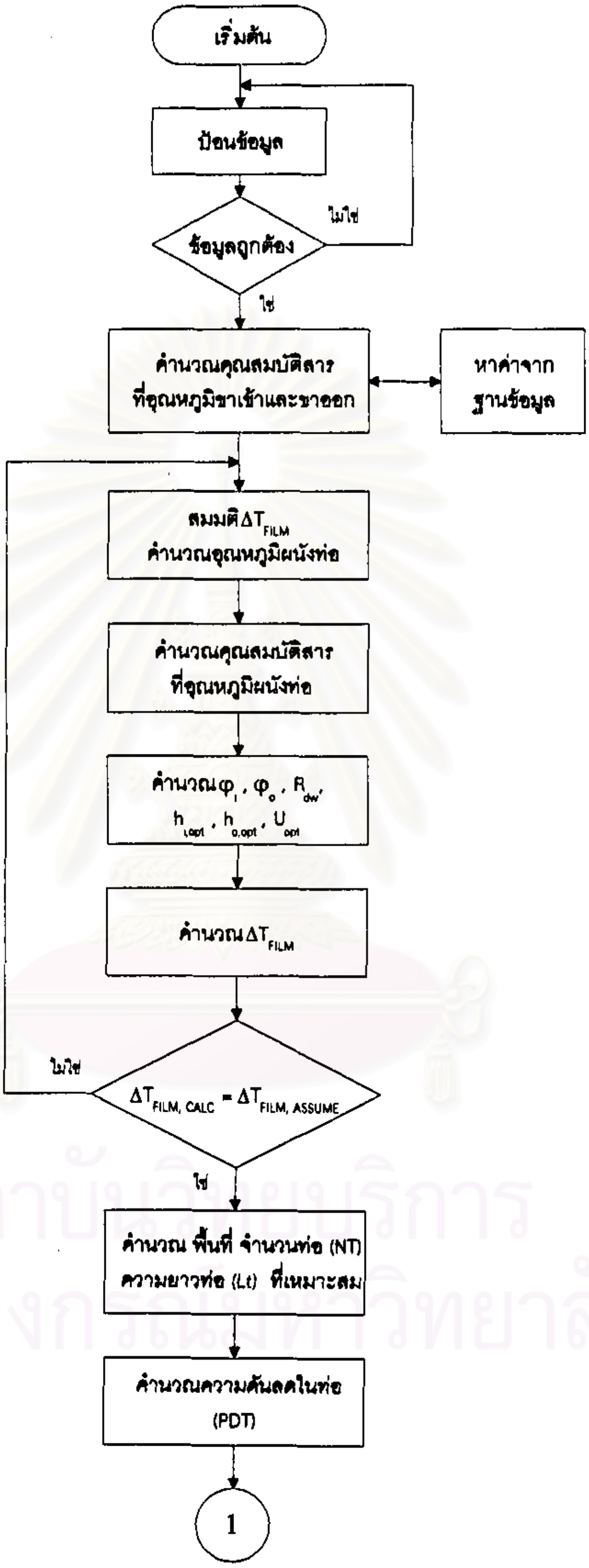
7. คำนวณค่า ΔT_{FILM}

8. เทียบค่า ΔT_{FILM} ที่คำนวณได้ กับค่า ΔT_{FILM} ที่สมมติ ถ้ามีค่าไม่เท่ากัน วนกลับไปทำขั้นตอนที่ 4 อีกครั้ง โดยแทนค่า ΔT_{FILM} ที่สมมติ ด้วยค่า ΔT_{FILM} ที่คำนวณได้

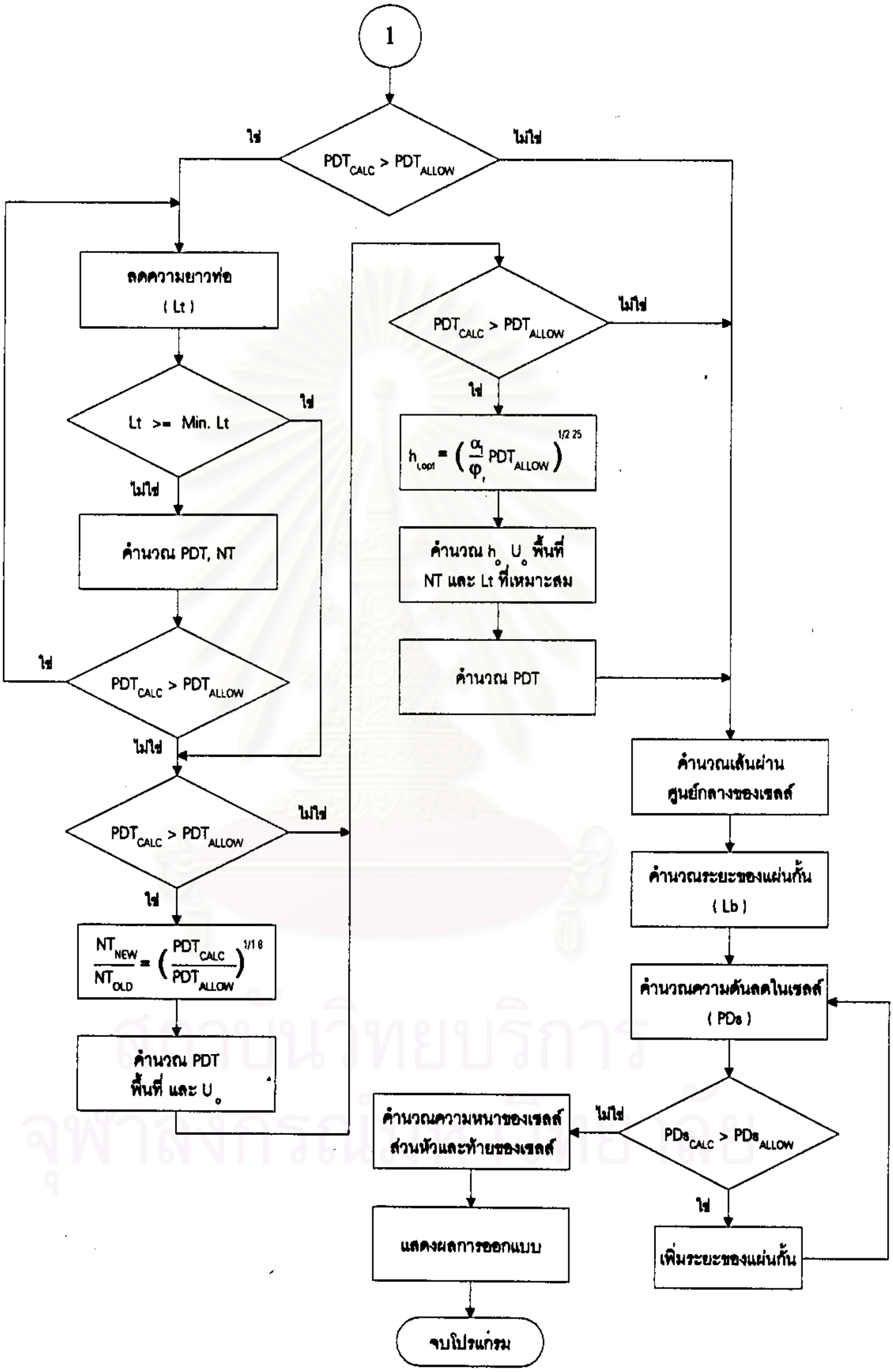
9. คำนวณพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน จำนวนท่อ และความยาวท่อ ที่เหมาะสม

10. คำนวณความดันลดในท่อ (PDT)

11. เทียบค่าความดันลดในท่อที่คำนวณได้ (PDT_{CALC}) กับค่าความดันลดในท่อที่กำหนด (PDT_{ALLOW}) ถ้าเกินค่าที่กำหนด ให้ไปทำในขั้นตอนที่ 12 ต่อไป ถ้าไม่เกิน ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 22



รูปที่ 3.2 แผนภูมิการออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (ส่วนที่ 1)



รูปที่ 3.3 แผนภูมิการออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (ส่วนที่ 2)

12. ลดความยาวท่อและตรวจว่าความยาวท่อมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับความยาวท่อต่ำสุดหรือไม่ ถ้าใช่ ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 15

13. คำนวณค่า PDT และจำนวนท่อ

14. เทียบค่า PDT_{CALC} กับค่า PDT_{ALLOW} ถ้ามีค่าเกินข้อกำหนด กลับไปทำขั้นตอนที่ 12

15. เทียบค่า PDT_{CALC} กับค่า PDT_{ALLOW} อีกครั้ง ถ้ามีค่าไม่เกินข้อกำหนด ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 18

16. คำนวณจำนวนท่อใหม่ เพื่อลดค่า PDT_{CALC} จากสมการ 3.1 [28]

$$\frac{NT_{NEW}}{NT_{OLD}} = \left(\frac{PDT_{CALC}}{PDT_{ALLOW}}\right)^{1/1.8} \qquad \text{... (3.1)}$$

เมื่อ NT_{NEW}, NT_{OLD} = จำนวนท่อใหม่และจำนวนท่อเดิม

PDT_{CALC} , PDT_{ALLOW} = ค่าความดันลดในท่อที่คำนวณได้และที่กำหนด

17. คำนวณค่า PDT พื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน และค่ าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนรวม (U_o)

18. เทียบค่า PDT_{CALC} กับค่า PDT_{ALLOW} อีกครั้ง ถ้ามีค่าไม่เกินข้อกำหนด ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 22

19. ปรับค่าสัมประสิทธิ์ฟิล์มการถ่ายโอนความร้อนที่เหมาะสม ($h_{i,opt}$) เพื่อลดค่า PDT_{CALC} จากสมการ 3.2

$$h_{i,opt} = \left(\frac{\alpha_i}{\varphi_i} PDT_{ALLOW}\right)^{1/2.25} \qquad \text{... (3.2)}$$

เมื่อ PDT_{ALLOW} = ความดันลดในท่อที่กำหนด

φ_i = ค่าที่คำนวณได้จากสมการ 3.3

$$\alpha_i = \frac{1}{2s\rho_i}\left\{\frac{D_i^{0.2}\mu_i^{0.8}}{0.023k_i}\left(\frac{k_i}{Cp_i\,\mu_i}\right)^{1/3}\left(\frac{\mu_{wi}}{\mu_i}\right)^{0.14}\right\}^{1.25} \qquad \text{...(3.3)}$$

s = ความถ่วงจำเพาะของของไหลในท่อ

ρ_i = ความหนาแน่นของของไหลในท่อ

D_i = เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อ

μ_i = ความหนืดของของไหลในท่อ

μ_{wi} = ความหนืดของของไหลในท่อ ที่อุณหภูมิผนังท่อ

k_i = การนำความร้อนของของไหลในท่อ

Cp_i = ความจุความร้อนจำเพาะของของไหลในท่อ

20. คำนวณ h_o U_o พื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน จำนวนท่อ และความยาวท่อที่เหมาะสม

21. คำนวณความดันลดในท่อ

22. คำนวณเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของเชลล์

23. คำนวณระยะห่างของแผ่นกั้น (Baffle space, L_b) ที่เหมาะสม

24. คำนวณความดันลดในเชลล์ (PDs)

25. เทียบค่าความดันลดในเชลล์ที่คำนวณได้ (PDs_{CALC}) กับค่าความดันลดในเชลล์ที่กำหนด (PDs_{ALLOW}) ถ้าไม่เกินค่าที่กำหนด ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 27

26. เพิ่มระยะห่างของแผ่นกั้น และย้อนกลับไปทำการคำนวณในขั้นตอนที่ 24

27. คำนวณความหนาของเชลล์ ความหนาของส่วนหัว (Front end) และท้ายของเชลล์ (Rear end)

28. แสดงผลการคำนวณออกแบบและจบการทำงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย