

บทที่ 4

รูปแบบการวิเคราะห์เชิงตัวเลข

ในการคำนวณเพื่อหาความสัมพันธ์ของการถ่ายเทความร้อนสำหรับในงานวิจัยนี้ ได้นำวิธีไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์มาช่วยในการแก้ปัญหасการเชิงอนุพันธ์ และใช้วิธีการคำนวณเชิงตัวเลขมาช่วยในการแก้สมการเพื่อหาคำตอบ ดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3

การศึกษาเรื่อง การถ่ายเทความร้อนสำหรับการไหลของของไหลสองสถานะที่มีลักษณะการไหลแบบ droplet flow ภายใน thermal entrance region ของท่อกลม ภายใต้สภาวะการไหลแบบราบเรียบ ทำให้ได้สมการพลังงาน (สมการ 2.49-2.50) และ สมการที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1. สมการพลังงาน จากสมการ (2.50) ดังนี้

$$(1 + A(1 - D^3))(1 - R^2) \frac{\partial \theta}{\partial X} = \frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial R} \left(R \frac{\partial \theta}{\partial R} \right) - S \left(\frac{D}{1 + A(1 - D^3)} \right) \theta \quad (2.49)$$

สำหรับกรณีที่ใช้ parabolic velocity profile

$$(1 + A(1 - D^3)) \left(\frac{I_0(\gamma) - I_0(\gamma R)}{2I_2(\gamma)} \right) \frac{\partial \theta}{\partial X} = \frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial R} \left(R \frac{\partial \theta}{\partial R} \right) - S \left(\frac{D}{1 + A(1 - D^3)} \right) \theta \quad (2.50)$$

สำหรับกรณีที่ใช้ Langhaar velocity profile

โดยมี initial condition และ boundary condition ดังสมการ (2.51)-(2.53)

$$\theta = 0 \quad \text{ที่ } X = 0 \quad (2.51)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial R} = 0 \quad \text{ที่ } R = 0 \quad (2.52)$$

และ

$$\theta = 1 \text{ ที่ } R = 1 \text{ สำหรับกรณีอุณหภูมิที่ผนังท่อคงที่} \quad (2.53)$$

2. สมการแสดงการเปลี่ยนแปลงขนาดละอองน้ำ จากสมการ (2.54) ดังนี้

$$D(1 + A(1 - D^3)) \frac{dD}{dX} = -\frac{2}{3} \frac{S}{A} \left(\frac{\theta_m}{C^{-1} + \theta_m} \right) \quad (2.54)$$

โดยมี initial condition ดังสมการ (2.55) ดังนี้

$$D = 1 \text{ ที่ } X = 0 \quad (2.59)$$

และ bulk mean temperature จะมีค่าดังสมการ (2.56) และสมการ (2.57)

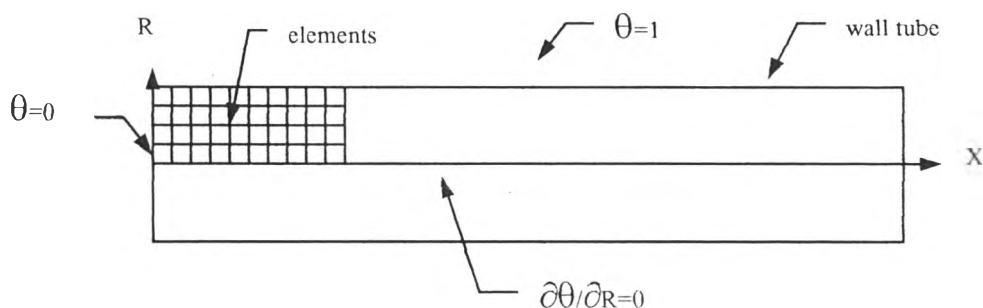
$$\theta_m = 4 \int_0^1 \theta (1 - R^2) R dR \quad (2.60)$$

สำหรับกรณีที่ใช้ parabolic velocity profile

$$\theta_m = 4 \int_0^1 \theta \left(\frac{I_0(\gamma) - I_0(\gamma R)}{2I_2(\gamma)} \right) R dR \quad (2.57)$$

สำหรับกรณีที่ใช้ Langhaar velocity profile

ในการแก้สมการ โดยใช้วิธีไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์ ต้องทำการ แบ่ง รูปแบบจำลองของ ปัญหาตามรูปที่ 2.1 ออกเป็น element ย่อยๆ ดังที่ได้แสดงไว้ใน รูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงการแบ่ง element จากรูปแบบจำลองของปัญหา ตามวิธีไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์ กรณีอุณหภูมิที่ผนังท่อคงที่

จากรูปที่ 4.1 ที่ได้ทำการแบ่งออกเป็น element ย่อยๆแล้ว ได้กำหนดตำแหน่งของ node ให้แทนด้วย coordinate (ij) โดย j แทนตำแหน่งในแกน X และ i แทนตำแหน่งในแกน R ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้ $\Delta X = 0.0001$ และ $\Delta R = 0.025$ ดังนั้นตามแนวแกน R จะถูกแบ่งออกเป็นช่วงย่อยๆ ทั้งหมด 40 ช่วง

4.1 รูปแบบสมการไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์ของสมการพลังงาน

จากสมการพลังงานที่ได้ เมื่อพิจารณา initial condition และ boundary condition จะพบว่าไม่สามารถกำหนดขอบเขตของปัญหาในแนวแกนได้ ดังนั้นในการแก้สมการดังกล่าว ให้พิจารณา อนุพันธ์ของ X เสมือนเป็น อนุพันธ์ของเวลา และอนุพันธ์ของ R เป็นอนุพันธ์ของระยะทางตามแนวแกน R ดังนั้นการใช้วิธีไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์ จึงได้ประยุกต์ใช้ mathematic formulation ในรูป implicit method ดังเหตุผลที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2

Mathematic formulation ในรูป implicit method จะเป็นดังสมการ (3.1)-(3.3) แต่เนื่อง จากสมการพลังงานในงานวิจัยนี้ ไม่มีอนุพันธ์ของเวลา แต่อนุพันธ์ของ X มีลักษณะเสมือน เป็นอนุพันธ์ของเวลา ดังนั้นให้แทนอนุพันธ์ของเวลา ด้วยอนุพันธ์ของ X และแทนอนุพันธ์ ของระยะทาง ด้วย อนุพันธ์ของ R ดังนั้นเขียนสมการ (3.1)-(3.3) ได้ใหม่ดังนี้

- อนุพันธ์อันดับหนึ่งของ X ($\frac{\partial \theta}{\partial X}$) แทนด้วย forward finite difference formulation

$$\frac{\partial \theta}{\partial X} = \frac{\theta_i^{i+1} - \theta_i^i}{\Delta X} \quad (4.1)$$

- อนุพันธ์อันดับหนึ่งของระยะทาง ($\frac{\partial \theta}{\partial R}$) แทนด้วย central finite difference formulation

$$\frac{\partial \theta}{\partial R} = \frac{\theta_{i+1}^{i+1} - \theta_{i-1}^{i+1}}{2\Delta R} \quad (4.2)$$

- อนุพันธ์อันดับสองของระยะทาง ($\frac{\partial^2 \theta}{\partial R^2}$) แทนด้วย central finite difference formulation

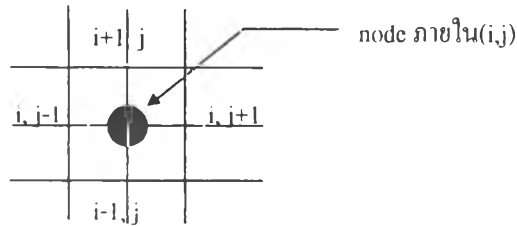
$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial R^2} = \frac{\theta_{i+1}^{i+1} - 2\theta_i^{i+1} + \theta_{i-1}^{i+1}}{\Delta R^2} \quad (4.3)$$

แทน mathematical formulation จากสมการ (4.1)-(4.3) ในสมการ (2.49) และสมการ (2.50) เพื่อเปลี่ยนรูปสมการพลังงาน ให้อยู่ในรูปสมการไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์

4.1.1 กรณีที่ใช้ parabolic velocity profile

สมการพลังงาน ในกรณีที่ใช้ parabolic velocity profile จะเป็นดังสมการ (2.49) โดยรูปแบบจำลองของปัญหาภายใต้สภาวะอุณหภูมิผนังที่คงที่ จะเป็นดังรูปที่ 4.1 และมีข้อพิจารณารูปสมการไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์ในแต่ละ node สามารถที่จะจำแนกลักษณะของสมการไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์ ได้ 3 ลักษณะตามตำแหน่งของ node ดังนี้

1. สมการไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์ สำหรับ node ภายใน หรือ node ที่อยู่ในตำแหน่ง $i=1-38$ ซึ่งเป็น node ที่ไม่ได้ติดอยู่กับเส้นขอบของปัญหา (boundary) ตามรูปที่ 4.2 ดังนั้น สมการ (2.49) ในรูปของสมการไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์ ที่ตำแหน่ง node ภายในจะมีรูปสมการดังนี้



รูปที่ 4.2 ลักษณะของ node ภายใน

$$\begin{aligned} (1 + A(1 - (D')^3))(1 - R_i^2) \left[\frac{\theta_i^{l+1} - \theta_i^l}{\Delta X} \right] &= \frac{1}{R_i} \left[R_i \frac{\theta_{i+1}^{l+1} - 2\theta_i^{l+1} + \theta_{i-1}^{l+1}}{(\Delta R)^2} \right] + \frac{1}{R_i} \left[\frac{\theta_{i+1}^{l+1} - \theta_{i-1}^{l+1}}{2\Delta R} \right] \\ &\quad - S \left[\frac{D'}{1 + A(1 - (D')^3)} \right] \theta_i^l \end{aligned} \quad (4.4)$$

จากสมการ (4.4) สามารถจัดรูปสมการได้ดังนี้

$$h_i^l \theta_{i-1}^{l+1} - c_i \theta_{i+1}^{l+1} - d_i \theta_{i-1}^{l+1} = a_i^l \theta_i^l \quad (4.5)$$

โดย

$$a_i^l = \frac{(1 + A(1 - (D')^3))(1 - R_i^2)}{\Delta X} - S \left[\frac{D'}{1 + A(1 - (D')^3)} \right] \quad (4.5.1)$$

$$b_i^l = \frac{(1 + A(1 - (D')^3))(1 - R_i^2)}{\Delta X} + \frac{2}{(\Delta R)^2} \quad (4.5.2)$$

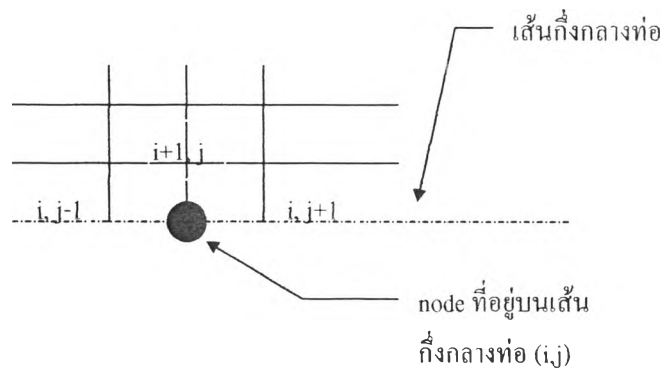
$$c_i = \frac{1}{(\Delta R)^2} + \frac{1}{2R_i \Delta R} \quad (4.5.3)$$

$$d_i = \frac{1}{(\Delta R)^2} - \frac{1}{2R_i \Delta R} \quad (4.5.4)$$

2. สมการไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์สำหรับ node ที่อยู่บนเส้นกึ่งกลางท่อ หรือ node ที่อยู่ในตำแหน่ง $i=0$ ตามรูปที่ 4.3 ซึ่งที่ตำแหน่งดังกล่าว จะมี boundary condition ตามสมการ

(2.52) คือ $\frac{\partial \theta}{\partial R} = 0$ ซึ่งโดยอาศัยการประมาณแบบตรงกลาง (central difference formulation)

จะได้ว่า $\theta_{i+1}^{l+1} = \theta_{i-1}^{l+1}$ ที่ $R = 0$ ดังนั้น สมการ (2.49) ในรูปของสมการไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์ ที่ตำแหน่ง node ที่อยู่บนเส้นกึ่งกลางท่อจะมีรูปสมการดังนี้



รูปที่ 4.3 ลักษณะของ node ที่อยู่บนเส้นกึ่งกลางท่อ

$$\left(1 + A(1 - (D^j)^3)\right) \left[\frac{\theta_i^{l+1} - \theta_i^l}{\Delta X} \right] = \left[\frac{-2\theta_i^{l+1} + 2\theta_{i+1}^{l+1}}{(\Delta R)^2} \right] - S \left[\frac{D^j}{1 + A(1 - (D^j)^3)} \right] \theta_i^l \quad (4.6)$$

จากสมการ (4.6) สามารถจัดรูปสมการได้ดังนี้

$$b_0^l \theta_0^{l+1} - 2d_0^l \theta_1^{l+1} = a_0^l \theta_0^l \quad (4.7)$$

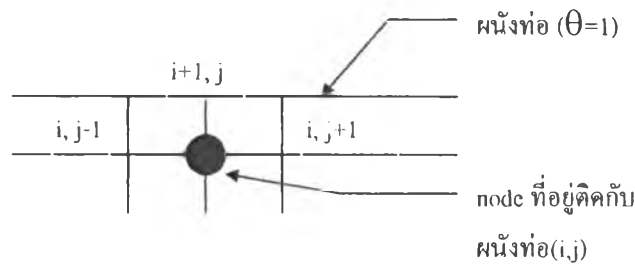
โดย

$$a_0^l = \frac{(1 + A(1 - (D^j)^3))}{\Delta X} - S \left[\frac{D^j}{(1 + A(1 - (D^j)^3))} \right] \quad (4.7.1)$$

$$b'_0 = \frac{(1 + A(1 - (D^J)^3))}{\Delta X} + \frac{2}{(\Delta R)^2} \quad (4.7.2)$$

$$d'_0 = \frac{1}{(\Delta R)^2} \quad (4.7.3)$$

3. สมการไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์สำหรับ node ที่อยู่ติดกับผนังท่อ หรือ node ที่อยู่ในตำแหน่ง $i = 39$ ตามรูปที่ 4.4 ซึ่งที่ตำแหน่งดังกล่าวจะอยู่ติดกับ boundary condition ที่ได้กำหนดไว้ ตามสมการ(2.53) คือ $\theta_{i+1}^{j+1} = 1$ ดังนั้น สมการ (2.49) ในรูปของสมการไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์ ที่ตำแหน่ง node ที่อยู่ติดกับผนังท่อจะมีรูปสมการดังนี้



รูปที่ 4.4 ลักษณะของ node ที่อยู่ติดกับผนังท่อ

$$\begin{aligned} (1 + A(1 - (D^J)^3))(1 - R_i^2) \left[\frac{\theta_{i+1}^{j+1} - \theta_i^j}{\Delta X} \right] &= \frac{1}{R_i} \left[R_i \frac{1 - 2\theta_i^{j+1} + \theta_{i-1}^{j+1}}{(\Delta R)^2} \right] + \frac{1}{R_i} \left[\frac{1 - \theta_{i-1}^{j+1}}{2\Delta R} \right] \\ &\quad - S \left[\frac{D^J}{1 + A(1 - (D^J)^3)} \right] \theta_i^j \end{aligned} \quad (4.8)$$

จากสมการ (4.8) สามารถจัดรูปสมการได้ดังนี้

$$b'_{39} \theta_{39}^{j+1} - d'_{39} \theta_{38}^{j+1} = a'_{39} \theta_{39}^j + c'_{39} \quad (4.9)$$

โดย

$$a'_{39} = \frac{(1 + A(1 - (D')^3)(1 - R_{39}^2))}{\Delta X} - S \left[\frac{D'}{(1 + A(1 - (D')^3))} \right] \quad (4.9.1)$$

$$b'_{39} = \frac{(1 + A(1 - (D')^3)(1 - R_{39}^2))}{\Delta X} + \frac{2}{(\Delta R)^2} \quad (4.9.2)$$

$$c_{39} = \frac{1}{(\Delta R)^2} + \frac{1}{2R_{39}\Delta R} \quad (4.9.3)$$

$$d_{39} = \frac{1}{(\Delta R)^2} - \frac{1}{2R_{39}\Delta R} \quad (4.9.4)$$

4.1.2 กรณีที่ใช้ Langhaar velocity profile

สมการพลังงาน ในกรณีที่ใช้ Langhaar velocity profile จะเป็นดังสมการ (2.50) โดยรูปแบบจำลองของปัญหาภายใต้สภาวะอุณหภูมิผนังท่อคงที่ จะเป็นดังรูปที่ 4.1 และเมื่อพิจารณารูปสมการไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์ในแต่ละ node สามารถที่จะจำแนกลักษณะของสมการไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์ ได้ 3 ลักษณะตามตำแหน่งของ node ดังนี้

1. สมการไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์ สำหรับ node ภายใน หรือ node ที่อยู่ในตำแหน่ง $i=1-38$ ซึ่งเป็น node ที่ไม่ได้ยึดติดกับเส้นขอบของปัญหา (boundary) ตามรูปที่ 4.2 ดังนั้น สมการ (2.50) ในรูปของสมการไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์ ที่ตำแหน่ง node ภายในจะมีรูปสมการดังนี้

$$\begin{aligned} (1 + A(1 - (D')^3)) \left(\frac{I_0(\gamma) - I_0(\gamma R)}{2I_2(\gamma)} \right) \left[\frac{\theta_i^{i+1} - \theta_i^i}{\Delta X} \right] &= \frac{1}{R_i} \left[R_i \frac{\theta_{i+1}^{i+1} - 2\theta_i^{i+1} + \theta_{i-1}^{i+1}}{(\Delta R)^2} \right] + \frac{1}{R_i} \left[\frac{\theta_{i+1}^{i+1} - \theta_{i-1}^{i+1}}{2\Delta R} \right] \\ &\quad - S \left[\frac{D'}{1 + A(1 - (D')^3)} \right] \theta_i^i \end{aligned} \quad (4.10)$$

จากสมการ (4.10) สามารถจัดรูปสมการได้ดังนี้

$$b'_i \theta_i^{i+1} - c_i \theta_{i+1}^{i+1} - d \theta_{i-1}^{i+1} = a'_i \theta_i^i \quad (4.11)$$

โดย

$$a_i' = \frac{(1 + A(1 - (D')^3)) \left(\frac{I_0(\gamma) - I_0(\gamma R_i)}{2I_2(\gamma)} \right)}{\Delta X} - S \left[\frac{D^j}{(1 + A(1 - (D')^3))} \right] \quad (4.11.1)$$

$$b_i' = \frac{(1 + A(1 - (D')^3)) \left(\frac{I_0(\gamma) - I_0(\gamma R_i)}{2I_2(\gamma)} \right)}{\Delta X} + \frac{2}{(\Delta R)^2} \quad (4.11.2)$$

$$c_i = \frac{1}{(\Delta R)^2} + \frac{1}{2R_i \Delta R} \quad (4.11.3)$$

$$d_i = \frac{1}{(\Delta R)^2} - \frac{1}{2R_i \Delta R} \quad (4.11.4)$$

2. สมการไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์สำหรับ node ที่อยู่บนเส้นกึ่งกลางท่อ หรือ node ที่อยู่ในตำแหน่ง $i=0$ ตามรูปที่ 4.3 ซึ่งที่ตำแหน่งดังกล่าว จะมี boundary condition ตามสมการ (2.52)

คือ $\frac{\partial \theta}{\partial R} = 0$ ซึ่งโดยอาศัยการประมาณแบบตรงกลาง (central difference formulation) จะได้

ว่า $\theta_{i+1}' = \theta_{i-1}'$ ที่ $R = 0$ ดังนั้น สมการ (2.50) ในรูปของสมการไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์ ที่ตำแหน่ง node ที่อยู่บนเส้นกึ่งกลางท่อจะมีรูปสมการดังนี้

$$(1 + A(1 - (D')^3)) \left(\frac{I_0(\gamma) - I_0(0)}{2I_2(\gamma)} \right) \left[\frac{\theta_{i+1}' - \theta_i'}{\Delta X} \right] = \left[\frac{2\theta_{i+1}' - 2\theta_i'}{(\Delta R)^2} \right] - S \left[\frac{D^j}{1 + A(1 - (D')^3)} \right] \theta_i' \quad (4.12)$$

จากสมการ (4.12) สามารถจัดรูปสมการได้ดังนี้

$$h_0' \theta_0^{i+1} - 2d_0' \theta_1^{i+1} = a_0' \theta_0' \quad (4.13)$$

โดย

$$a'_0 = \frac{(1 + A(1 - (D^j)^3)) \left(\frac{I_0(\gamma) - I_0(0)}{2I_2(\gamma)} \right) - S \left[\frac{D^j}{(1 + A(1 - (D^j)^3)} \right]}{\Delta X} \quad (4.13.1)$$

$$b'_0 = \frac{(1 + A(1 - (D^j)^3)) \left(\frac{I_0(\gamma) - I_0(0)}{2I_2(\gamma)} \right) + \frac{2}{(\Delta R)^2}}{\Delta X} \quad (4.13.2)$$

$$d_0 = \frac{1}{(\Delta R)^2} \quad (4.13.3)$$

3. สมการไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์สำหรับ node ที่อยู่ติดกับผนังท่อ หรือ node ที่อยู่ในตำแหน่ง $i = 39$ ตามรูปที่ 4.4 ซึ่งที่ตำแหน่งดังกล่าวจะอยู่ติดกับ boundary condition ที่ได้กำหนดไว้ ตามสมการ(2.53) คือ $\theta_{i+1}^{j+1} = 1$ ดังนั้น สมการ (2.50) ในรูปของสมการไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์ ที่ตำแหน่ง node ที่อยู่ติดกับผนังท่อจะมีรูปสมการดังนี้

$$(1 + A(1 - (D^j)^3)) \left(\frac{I_0(\gamma) - I_0(\gamma R_i)}{2I_2(\gamma)} \right) \left[\frac{\theta_i^{j+1} - \theta_i^j}{\Delta X} \right] = \frac{1}{R_i} \left[R_i \frac{1 - 2\theta_i^{j+1} + \theta_{i-1}^{j+1}}{(\Delta R)^2} \right] + \frac{1}{R_i} \left[\frac{1 - \theta_{i-1}^{j+1}}{2\Delta R} \right] - S \left[\frac{D^j}{1 + A(1 - (D^j)^3)} \right] \theta_i^j \quad (4.14)$$

จากสมการ (4.14) สามารถจัดรูปสมการได้ดังนี้

$$b'_{39} \theta_{39}^{j+1} - d_{39} \theta_{38}^{j+1} = a'_{39} \theta_{39}^j + c_{39} \quad (4.15)$$

โดย

$$a'_{39} = \frac{(1 + A(1 - (D^j)^3)) \left(\frac{I_0(\gamma) - I_0(\gamma R_{39})}{2I_2(\gamma)} \right) - S \left[\frac{D^j}{(1 + A(1 - (D^j)^3)} \right]}{\Delta X} \quad (4.15.1)$$

$$b'_{39} = \frac{(1 + A(1 - (D^j)^3)) \left(\frac{I_0(\gamma) - I_0(\gamma R_{39})}{2I_2(\gamma)} \right)}{\Delta X} + \frac{2}{(\Delta R)^2} \quad (4.15.2)$$

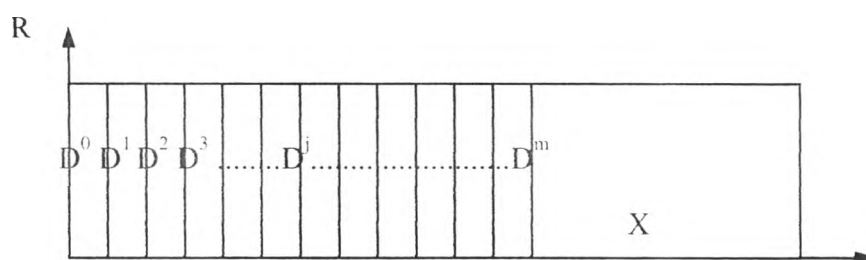
$$c_{39} = \frac{1}{(\Delta R)^2} + \frac{1}{2R_{39}\Delta R} \quad (4.15.3)$$

$$d_{39} = \frac{1}{(\Delta R)^2} - \frac{1}{2R_{39}\Delta R} \quad (4.15.4)$$

โดยค่า γ จะหาได้จากตารางที่ 2.1 ตามตำแหน่งต่างๆของค่า X ด้วยการประมาณค่าในช่วง

4.2 รูปแบบสมการไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์ของสมการแสดงการเปลี่ยนแปลงขนาดของละอองน้ำ

พิจารณาสมการ(2.54) ซึ่งเป็นสมการแสดงการเปลี่ยนแปลงขนาดของละอองน้ำ โดยการแบ่งรูปแบบของปัญหาออกเป็น element ย่อยๆ ตามรูปที่ 4.5 ซึ่งจากสมการ (2.54) จะเห็นว่าขนาดของละอองน้ำจะเปลี่ยนแปลงตามแนวแกน X เท่านั้น ดังนั้นสามารถเปลี่ยนรูปสมการ (2.54) ให้อยู่ในรูปสมการไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์ โดยใช้ forward finite difference formulation ได้ดังนี้



รูปที่ 4.5 ลักษณะการแบ่งช่วง สำหรับการคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของละอองน้ำตามแนวยาวท่อ

$$D^j \left(1 + A(1 - (D^j)^3) \right) \frac{D^{j+1} - D^j}{\Delta X} = -\frac{2}{3} \frac{S}{A} \left(\frac{\theta_m^j}{c^{j+1} + \theta_m^j} \right) \quad (4.16)$$

โดยมี initial condition ตามสมการ (2.55) ดังนี้

$$D^0 = 1 \quad (4.17)$$

สำหรับค่า bulk mean temperature ที่ตำแหน่งใดๆตามแนวแกน X จะมีค่าตามสมการ (2.56) และสมการ (2.57)

$$\theta_m^j = 4 \int_0^1 \theta (1 - R^2) R dR \quad (2.56)$$

สำหรับกรณีที่ใช้ parabolic velocity profile

$$\theta_m = 4 \int_0^1 \theta \left(\frac{I_0(\gamma) - I_0(\gamma R)}{2I_2(\gamma)} \right) R dR \quad (2.57)$$

สำหรับกรณีที่ใช้ Langhaar velocity profile

สมการ (2.56) และสมการ (2.57) อยู่ในรูปของค่าอินทิกรัล ซึ่งจากวิธีการเชิงตัวเลข ในการหาค่าอินทิกรัลโดยใช้กฎซิมป์สันแบบหลายช่วง ดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ทำให้สามารถหาค่า bulk mean temperature ได้ดังนี้

$$\theta_m^j = 4 \times 1.0 \frac{z_0 \theta_0^j + 4 \sum_{i=1,3,5}^{n-1} z_i \theta_i^j + 2 \sum_{i=2,4,6}^{n-2} z_i \theta_i^j + z_n \theta_n^j}{3n} \quad (4.18)$$

โดย

$$\begin{aligned} z_i &= (1 - (R^2)^3)(R) \text{ สำหรับสมการ (2.56)} \\ &= \left(\frac{I_0(\gamma) - I_0(\gamma R)}{2I_2(\gamma)} \right) (R) \text{ สำหรับสมการ (2.57)} \end{aligned}$$

ในหัวข้อ 4.1 เมื่อพิจารณาสมการไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์ พบว่าประกอบด้วยสมการทั้งหมด 40 สมการ ตัวแปรไม่ทราบค่า 40 ตัวแปรคือ θ_i^{j+1} ($i = 0-39$) ซึ่งจากระบบสมการทั้งหมด สามารถแก้สมการได้โดยการใช้วิธีการกำจัดแบบเกาส์ ดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 โดยระบบสมการที่ได้เมื่อนำมาจัดให้อยู่ในรูปเมตริก จะพบว่า เมตริกสัมประสิทธิ์จะมีลักษณะพิเศษที่เรียกว่า tridiagonal system ซึ่งสามารถนำมาแต่งโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้โดยง่ายตามที่ได้แสดงไว้เป็นภาษาเทียมตามรูปที่ 3.2

หลังจากที่คำนวณหาค่า θ_i^{j+1} ในครั้งแรกได้แล้วนั้น ให้นำค่า θ_i^{j+1} ที่ได้ไปคำนวณหาค่า bulk mean temperature โดยอาศัยวิธีการหาค่าอินทิกรัลโดยการใช้กฎซิมป์สันแบบหลายช่วง ดังที่แสดงไว้ในสมการ (4.18) หลังจากนั้นให้นำค่า θ_m ที่ได้ไปใช้คำนวณเพื่อหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของละอองน้ำ (D) ในตำแหน่งถัดไปตามแนวความยาวท่อ เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณหาค่า θ_i^{j+1} ในตำแหน่งถัดไป

สำหรับค่า local Nusselt number (Nu_x) ภายใต้สภาวะอุณหภูมิผนังท่อคงที่สามารถหาได้จากสมการ (2.60) ซึ่งจะมีค่า gradient ของอุณหภูมิที่ผนังท่อ จึงต้องทำการคำนวณเพื่อหาค่าดังกล่าว โดยอาศัยการ fitting curve ตามที่ได้แสดงไว้โดย Kays (1955) ดังนี้

ในการ fitting curve ใช้อุณหภูมิที่ตำแหน่ง $R = 0.95, 0.975, 1.0$ โดยกำหนดสมการความสัมพันธ์ของอุณหภูมิดังนี้

$$\theta = \theta_w + a(1 - R) + b(1 - R)^2 \quad (4.19)$$

ทำการหาค่าคงที่ a และ b โดยอาศัยสมการ (4.19) และอุณหภูมิที่ตำแหน่งดังที่ได้กำหนดไว้ ทำให้ได้สมการหาค่า gradient ของอุณหภูมิที่ตำแหน่งผนังท่อได้ดังนี้

$$\left. \frac{\partial \theta}{\partial R} \right|_{R=1} = -20(4\theta_{0.975} - \theta_{0.95} - 3\theta_{1.0}) \quad (4.20)$$

สำหรับการคำนวณหาการเปลี่ยนแปลงของความเร็วเฉลี่ยของไอน้ำร้อนยิ่งยวดหาได้จากสมการ (2.59) ดังนี้

$$\frac{V}{V_0} = 1 + A \left\{ - (D)^3 \right\} \quad (2.59)$$