บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับการพาความร้อนแบบบังคับ (Forced Convection) ภายในท่อที่ของไหลที่ไหลผ่านมีการไหลแบบปั่นป่วนและคำนึงถึงอิทธิพลของปากทางเข้าด้วยซึ่งมีผู้ศึกษาโดยใช้ท่อกลม, ท่อสามเหลี่ยมและท่อที่มีหน้าตัดอื่นๆ ไว้ดังนี้

2.1 Burggraf (1970) [4] ได้ทำการทดลองเพื่อหาสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (Heat Transfer Coefficient) ในช่วงปากทางเข้าของท่อสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 0.91 นิ้ว ยาว 12 นิ้ว โดยมีสภาพการให้ความร้อนที่ผิวท่อ (Thermal Boundary Condition) เป็นแบบอุณหภูมิสม่ำเสมอคงที่ตลอดพื้นผิว ผลการทดลองพบว่าค่าของสัมประสิทธิ์การพาความร้อนจะเป็นฟังก์ชั่นกับอัตราส่วนระยะทางจากปากทางเข้าของท่อกับเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ (L/D_h) ซึ่งผลการทดลองได้นำมาเปรียบเทียบกับสมการเอมไพริคัลของ Boelter, L.M.K. [14] ซึ่งมีรูปแบบของสมการดังนี้

$$\frac{Nu_x}{Nu_\infty} = 1 + \frac{2.0}{\left(\frac{x}{D}\right)^{1.25}} \qquad (2.1)$$

2.2 พงษ์ธร จรัญญากรณ์ (1977) [6] ได้ทำการศึกษาออกแบบ และสร้างอุปกรณ์ทดลองขึ้น เพื่อใช้ในการศึกษาการพาความร้อนแบบบังคับในท่อสามเหลี่ยมซึ่งมีการไหลแบบปั่นป่วนในช่วงปากทางเข้าของการไหลและการถ่ายเทความร้อน โดยมีสภาพการให้ความร้อนที่ผิวท่อ (Thermal Boundary Condition) เป็นแบบอุณหภูมิสม่ำเสมอคงที่ตลอดพื้นผิว ในงานวิจัยนี้ใช้สมการของท่อกลมมาประยุกต์กับท่อสามเหลี่ยม โดยใช้เส้นผ่าศูนย์กลางไฮดรอลิค และได้เสนอผลของการทดลองในรูปของสูตรเอมไพริคัลซึ่งพบว่าค่านัสเซลท์นัมเบอร์ (Nu) จะเป็นฟังก์ชั่นของค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ (Re), แพรนด์เดิลนัมเบอร์ (Pr) และความยาวท่อต่อเส้นผ่าศูนย์กลางไฮดรอลิค (L/D_h) ไว้ดังนี้

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$Nu_1 = 0.058 Re^{0.78} Pr^{0.4} (L/D_h)^{-0.35} \qquad (2.2)$$

2.3 กฤตย์ ศรีนภาสวัสดิ์ (1977) [7] ศึกษาการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นในขณะที่ของไหลไหลผ่านท่อลูกฟูกที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ผิวท่อด้านบนมีการให้ความร้อนในแบบที่ค่าความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ต่อหน่วยเวลาคงที่ ส่วนผิวอีกสามด้านไม่มีการถ่ายเทความร้อน การทดลองได้พิจารณาในช่วงที่ลักษณะการแจกแจงของความเร็วและอุณหภูมิกำลังเปลี่ยนรูปพร้อมๆกัน และมีค่าเรย์โนลด์สนัมเบอร์อยู่ในช่วง 1,500 ไปจนถึง 18,000 จากผลการทดลองพบว่า ค่าของนัสเซลท์นัมเบอร์จะเปลี่ยนไปตามระยะทางในท่อ ในช่วงใกล้ปากทางเข้าค่าของนัสเซลท์นัมเบอร์จะสูง และจะค่อยๆ ลดลงมาจนมีค่าเกือบคงที่ในช่วงปลายท่อ

2.4 Chen และ Chiou (1981) [5] ได้ทำการศึกษาผลของการถ่ายเทความร้อนภายในท่อกลมทั้งในช่วงการไหลแบบราบเรียบและปั่นป่วนสำหรับการไหลของไลหะที่เป็นของเหลวโดยพิจารณาช่วงการไหลทั้งสามช่วงคือ Fully developed, Developing thermal และ Developing thermal and velocity region จากผลการวิเคราะห์เชิงตัวเลขพบว่าทั้งในช่วงการไหลแบบราบเรียบและแบบปั่นป่วนจะมีค่านัสเซลท์นัมเบอร์สูงในช่วงปากทางเข้าและมีค่าลดลงตามค่าอัตราส่วนของระยะทางจากปากทางเข้า x/D ในลักษณะที่ลู่เข้าค่าคงที่ค่าหนึ่งและเขายังสรุปว่าระยะทางที่ใช้ในการพัฒนาการแจกแจงความเร็วเข้าสู่ช่วง Fully developed นั้นไม่ขึ้นอยู่กับค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์และมีค่าประมาณ 35 ถึง 50 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ Chen ยังได้เสนอสมการเอมไพริคัลของนัสเซลท์นัมเบอร์เฉลี่ยสำหรับการไหลแบบปั่นป่วนในช่วง Developing thermal and velocity region และมีสภาวะขอบเขตทางความร้อนทั้งแบบที่เป็นอุณหภูมิที่ผิวคงที่และการให้ความร้อนต่อพื้นที่ผิวคงที่ไว้ในรูปของอัตราส่วนระหว่างค่านัสเซลท์นัมเบอร์เฉลี่ยกับค่านัสเซลท์นัมเบอร์ในช่วง Fully developed ว่าเป็นฟังก์ชั่นของอัตราส่วนของความยาวท่อต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ L/D ไว้ดังสมการ

$$\frac{Nu_l}{Nu_\infty} = 1 + \frac{5}{(L/D)} + \frac{1.86}{(L/D)} \ln\left(\frac{L/D}{10}\right) \qquad (2.3)$$

2.5 Ramesh และ Prasad (1990) [3] ทำการทดลองเพื่อหาสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนในช่วงปากทางเข้าของท่อกลมซึ่งจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ท่อที่สั้นได้และพวกเขายังได้ทำการศึกษาถึงผลของรูปร่างที่ปากทางเข้าของท่อที่มีต่อสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน เช่น รูปกรวย, สี่เหลี่ยมและแผ่นราบ เป็นต้น สัมประสิทธิ์การ

ถ่ายเทความร้อนที่วัดได้จะอยู่ในช่วงของค่า Re ประมาณ 47,000 ถึง 100,000 จากผลการทดลองที่ได้พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจะมีค่าสูงในช่วงปากทางเข้าและมีค่าลดลงตามค่าอัตราส่วนระยะทางจากปากทางเข้าต่อเส้นผ่าศูนย์กลาง x/D ที่เพิ่มขึ้นและผลของรูปร่างที่ปากทางเข้าจะช่วยให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดประมาณ 28% ที่ค่า Re ต่ำ

2.6 Nusselt [11] ได้แนะนำรูปแบบของสมการที่นำมาใช้งานในการวิเคราะห์เพื่อหาสมการเอมไพริคัลสำหรับหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเฉลี่ยโดยรวมอิทธิพลของความยาวท่อด้วยการใช้ correction factor $\left(\frac{D}{L}\right)^p$ มาคูณกับรูปแบบสมการทั่วไปของการหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน $Nu = cRe^m Pr^n$ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ของ Nusselt จะได้สมการเป็น

$$Nu = 0.032 Re^{0.8} Pr^n \left(\frac{D}{L}\right)^{0.054} \qquad (2.4)$$

เมื่อ n = 0.37 สำหรับการให้ความร้อน และ n = 0.3 สำหรับการดึงความร้อนออก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย