

5.1 ข้อสรุป

จากผลการทดลองเกี่ยวกับการพาความร้อนโดยบังคับแบบลามินาร์ในท่อขนานลดลงและเพิ่มขึ้นอย่างฉับพลัน โดยมีน้ำเป็นของไหล สำหรับสภาพการให้ความร้อนที่ผิวท่อคอคอคเป็นแบบเท่ากันตลอดพื้นผิว คือที่อุณหภูมิห้อง (26.2°C) , 50 °C และ 60 °C โดยประมาณ จากกราฟ 4.2, 4.4, 4.7 และ 4.9 จะเห็นว่าเมื่ออัตราส่วน $L/D_h = 100$ หรือท่อคอคอคแบบยาว ค่านัสเซลท์นัมเบอร์เฉลี่ยเบอร์เฉลี่ยจะมีค่าใกล้เคียงกันมากเมื่ออัตราส่วนพื้นที่หน้าตัด (σ) เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเป็นเส้นเดียวกันดังในกราฟ จากกราฟ 4.1, 4.3, 4.6 และ 4.8 จะเห็นว่าเมื่ออัตราส่วนความยาวท่อคอคอคต่อเส้นผ่าศูนย์กลางไฮดรอลิก $L/D_h = 10$ หรือท่อคอคอคแบบสั้น ค่านัสเซลท์นัมเบอร์เฉลี่ยจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนพื้นที่หน้าตัด (σ) เพิ่มขึ้น ดังนั้นในการคำนวณออกแบบเกี่ยวกับการพาความร้อนในท่อขนานจึงควรนำข้อมูลนี้มาพิจารณาด้วย รูปที่

5.1 จะแสดงการแจกแจงอุณหภูมิในกรณีอุณหภูมิผิวท่อคอคอคเป็นแบบเท่ากันตลอดพื้นผิวจะเห็นว่ากราฟถ่ายเทความร้อนจะเริ่มที่ปากทางเข้าท่อคอคอค ซึ่งเป็นกรณีเดียวกันที่ได้ทดลองในครั้งนี้นอกจากนี้ผลจากการศึกษายังได้เสนอสูตรเอมไพริคัล ดังนี้

กรณีท่อคอคอคแบบยาว

$$Nu_m = 2.06 Gz^{1/3} \quad \text{เมื่อ } Gz > 70 \dots\dots\dots (5.1)$$

$$= 7.8 \quad \text{เมื่อ } Gz < 70$$

กรณีท่อคอคอคแบบสั้น

$$Nu_m = 2.87 B_H \quad \text{เมื่อ } B_H > 4.4$$

$$Nu_m = 2.06 Gz^{1/3} \quad \text{เมื่อ } 4.4 > B_H > 3.5 \dots\dots\dots (5.2)$$

$$= 7.8 \quad \text{เมื่อ } B_H < 3.5$$

ซึ่งจะสามารถนำไปใช้ในการคำนวณออกแบบเกี่ยวกับการพาความร้อนโดยบังคับในท่อขนานซึ่งมีการไหลแบบลามินาร์ สำหรับสภาพการให้อุณหภูมิเป็นแบบเท่ากันตลอดพื้นผิว

จากรูป 5.2 และ 5.3 จะแสดงกระแสการไหลของของไหลในท่อขนานที่มีขนาดลดลงและเพิ่มขึ้นอย่างฉับพลัน จะเห็นว่าตรงมุมท่อขนานก่อนถึงคอคอดและหลังคอคอดจะเป็นบริเวณที่ความเร็วของของไหลน้อยมากและมีการไหลแบบหมุนกลับซึ่งจะมีขอบเขตของบริเวณที่เกิดเรียกว่า "Vena Contracta" ซึ่งลักษณะของ Vena Contracta จะเห็นได้ชัดในรูปที่ 5.4 เมื่อของไหลไหลผ่านหน้าตัดฉากที่ค่าเรย์โนลด์ต่าง ๆ กัน จากการศึกษาครั้งนี้จะเห็นว่า

กรณีทอคอคอดแบบยาว

ก. กราฟ 4.30 ข, 4.30ค และ 4.30ง ได้แสดงสัมประสิทธิ์การสูญเสียความดัน K_c , K_e ซึ่งเกิดขึ้นที่ Abrupt Contraction and Expansion จะเห็นว่าผลจากการทดลองมีลักษณะใกล้เคียงกันทั้งสามอนุกรมการทดลอง และใกล้เคียงกับผลการทดลอง

ข. การสูญเสียความดันในท่อขนานก่อนถึงและหลังจากทอคอคอดกราฟจะมีความลาดเอียงน้อยกว่า และขนานกัน การสูญเสียความดันในทอคอคอดกราฟจะมีความลาดเอียงมากกว่า ดังกราฟ 4.11 ถึง 4.17

ค. ผลของความดันลบบริเวณปากทางเข้า และปากทางออกทอคอคอดจะมีขอบเขตไกลคอคอดมากกว่า และมีค่าความดันลบน้อยกว่าทอคอคอดแบบสั้น ดังกราฟ 4.11 ถึง 4.17

ง. อัตราส่วนพื้นที่หน้าตัด (σ) จะมีผลต่อการไหลของของไหลในท่อ

กรณีทอคอคอดแบบสั้น

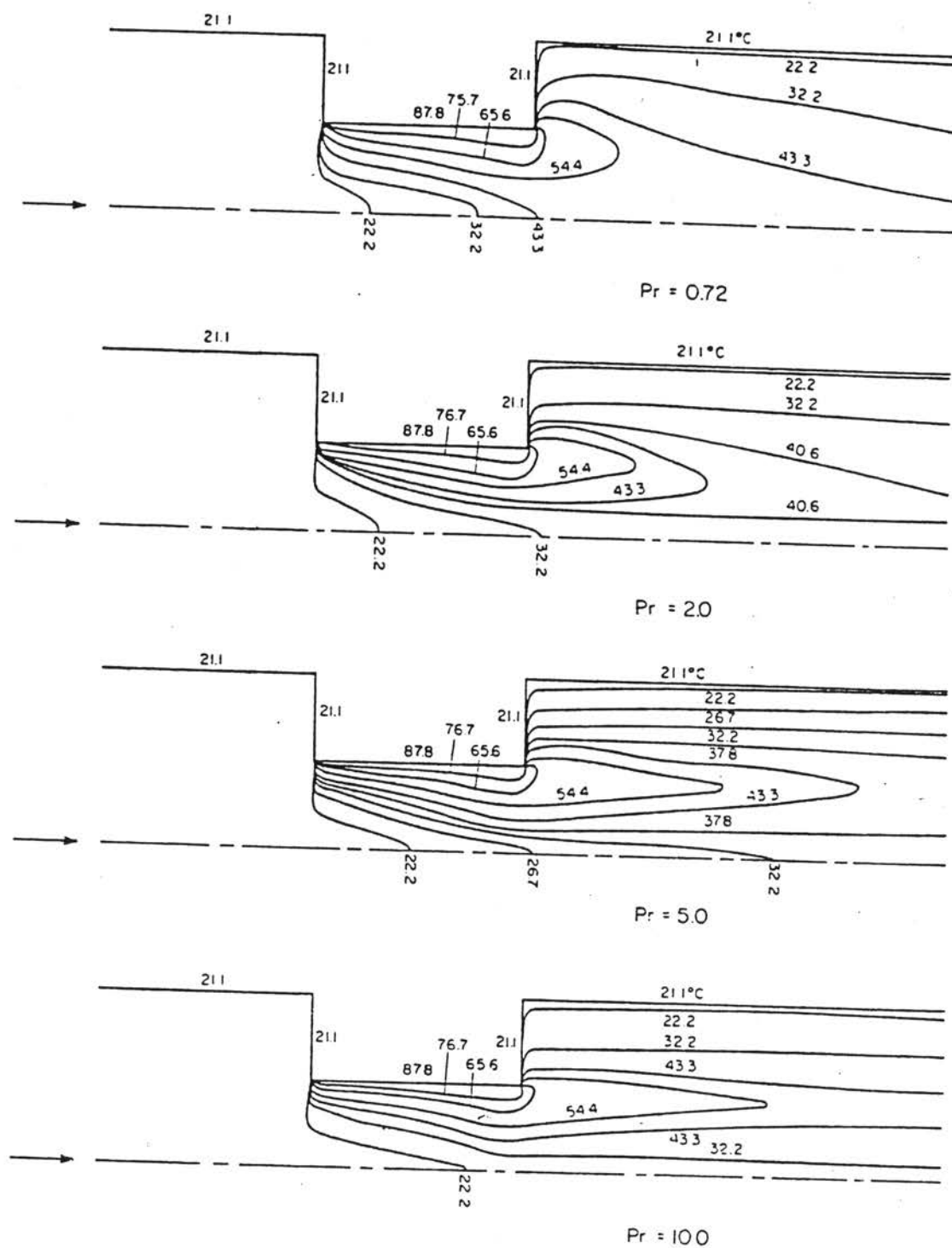
ก. กราฟ 4.33 , 4.33 ก และ 4.33 ข แสดง Correction Factor สำหรับสัมประสิทธิ์การสูญเสียความดันที่คอคอด และ แสดง Fanning Friction Factor

ข. ผลของความดันลบบริเวณปากทางเข้า และ ปากทางออกทอคอคอดจะมีขอบเขตกว้างกว่า และค่าความดันลบมากกว่า ทอคอคอดแบบยาว ดังกราฟ 4.18 ถึง 4.29

ค. การสูญเสียความดันในท่อขนานก่อนถึง และหลังจากทอคอคอดกราฟจะมีความลาดเอียงน้อยกว่า และขนานกัน การสูญเสียความดันในทอคอคอดกราฟจะมีความลาดเอียงมากกว่าดังกราฟ 4.21 ถึง 4.29

ง. เมื่ออนุกรมผิวทอคอคอดสูงขึ้น จะทำให้การสูญเสียความดัน ภายในทอคอคอดทั้งแบบสั้นและแบบยาวเปลี่ยนไป แต่จากกราฟที่ได้ไม่สามารถจะสรุปได้ชัดว่าความดันมีค่าและแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปเท่าใด

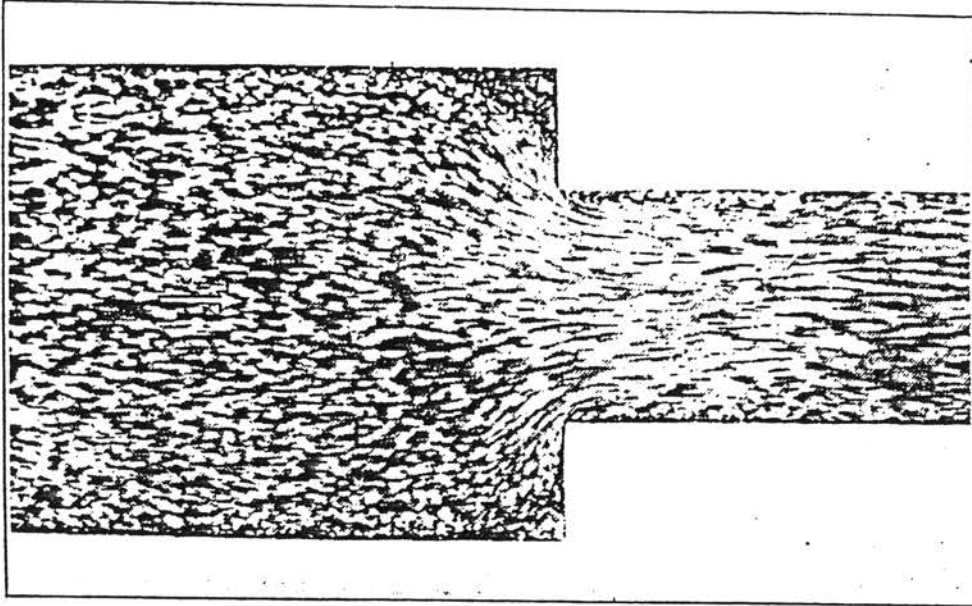
ในงานวิจัยที่ทำมาแล้วส่วนมากจะเป็นการศึกษาการไหลแบบ Smooth Entrance แต่ในลักษณะที่ใช้งานจริง ๆ แล้วจะเป็นแบบ Abrupt Entrance ซึ่งใช้ในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนทั่ว ๆ ไป ดังนั้นการทดลองในครั้งนี้นี้ผลที่ได้จึงใกล้เคียงกับที่ ใช้งานจริงและสามารถนำไปใช้กับงานจริงได้



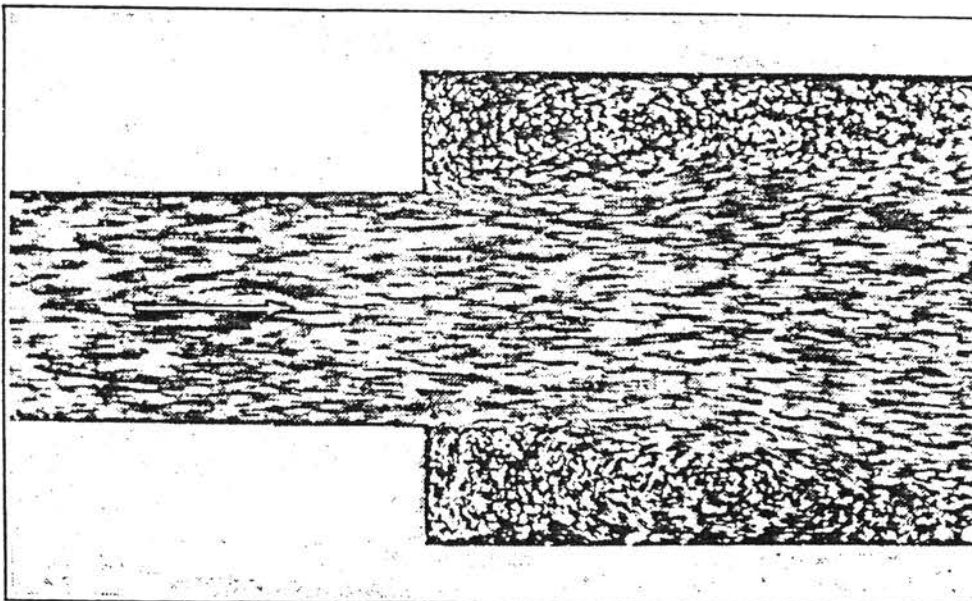
รูปที่ 5.1 การแจกแจงอุณหภูมิในกรณีอุณหภูมิคงที่ตลอดพื้นผิวท่อคอคอด

$$\sigma = 0.5, L/D_h = 10, Re = 2000, Pr = 0.72, 2.0, 5.0, 10.0 [3]$$

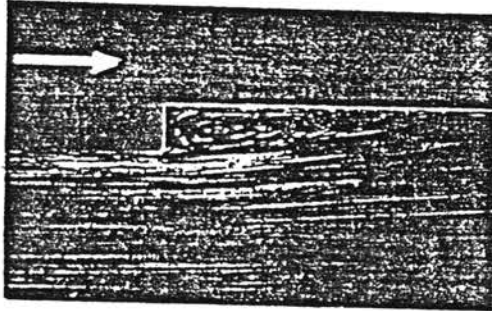
รูปที่ 5.2 กระแสของไหลในท่อขนานที่มีขนาดลดลงอย่างฉับพลัน [24]



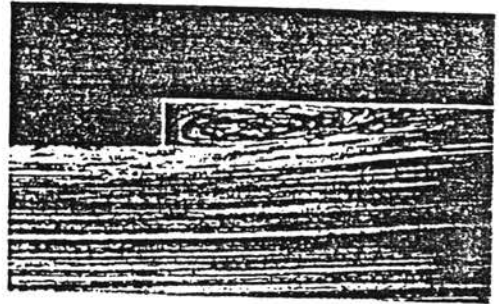
รูปที่ 5.3 กระแสไหลในท่อขนานที่มีขนาดเพิ่มขึ้นอย่างฉับพลัน [24]



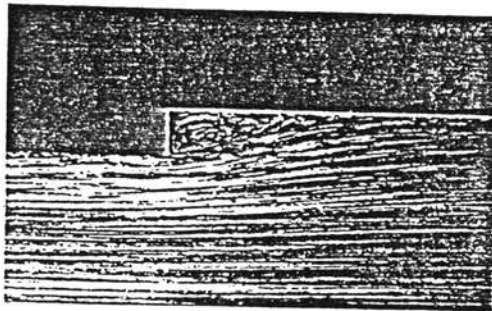
รูปที่ 5.4 ภาพถ่ายกระแสของไหลหลังจากผ่านหน้าตัดฉากที่ค่า Re ต่างกัน [20]



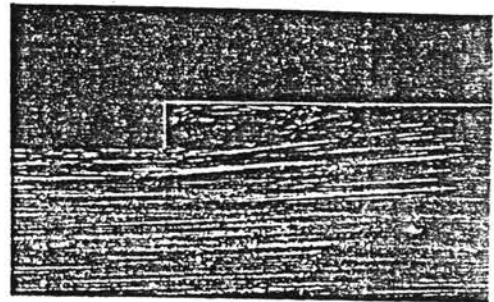
$Re_h = 98$



$Re_h = 130$



$Re_h = 47$



$Re_h = 71$



5.2 ข้อเสนอแนะ

กรณีทศวรรษจะศึกษาต่อไปดังนี้

5.2.1 ศึกษาโดยการทดลองการไหลของของไหลแบบลามินาร์ที่ปรับตัวเต็มที ผ่านท่อคอคอดที่มีอัตราส่วน σ ต่างกัน โดยอัตราการให้ความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ผิว ท่อคอคอดสม่ำเสมอตลอดพื้นผิว (Constant Heat Flux) เพื่อศึกษาพฤติกรรมของของไหล ทางคานันส์เซลล์ที่มีเบอร์เฉลี่ย และเกรตที่มีเบอร์

5.2.2 ศึกษาโดยการทดลองการไหลของของไหล แบบลามินาร์ ที่ปรับตัวเต็มที ผ่านท่อคอคอดที่มีอัตราส่วน σ ต่างกัน โดยอัตราการให้ความร้อนที่ผิวท่อคอคอด เป็นแบบเท่ากันตลอดพื้นผิว (Constant Wall Temperature) เพื่อศึกษาการแจกแจง ความร้อนที่ชั้นต่าง ๆ ของของไหล และพฤติกรรมของของไหลทางคานันส์เซลล์ที่มีเบอร์เฉพาะที่

5.2.3 ศึกษาโดยการทดลองของการไหลของของไหลแบบลามินาร์ที่ปรับตัวเต็มทีผ่านท่อคอคอดที่มีอัตราส่วน σ ต่างกัน โดยอัตราการให้ความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ผิวท่อ คอคอดสม่ำเสมอตลอดพื้นผิว (Constant Heat Flux) เพื่อศึกษาการแจกแจงความร้อน ที่ชั้นต่าง ๆ ของของไหล และพฤติกรรมของของไหลทางคานันส์เซลล์ที่มีเบอร์เฉพาะที่

5.2.4 ศึกษาโดยการทดลองการไหลของของไหลแบบลามินาร์หรือแบบ เทอร์บูเลนซ์ ที่มีการปรับตัวเต็มทีพร้อมกันทั้งความเร็วและอุณหภูมิโดยใช้ของไหลอื่น เช่น Oil หรือ Fuel เป็นของไหล ๆ ผ่านท่อสี่เหลี่ยมการไหลอุณหภูมิผิวท่อ เป็นแบบ เท่ากันตลอด พื้นผิว (Constant wall temperature) เพื่อศึกษาอิทธิพลของพารามิเตอร์ เบอร์ โดย เสนอผลในรูปสมการ Dimensionless ทั้งนี้เพื่อเป็นการยืนยันผลจากการทดลองของ วิทยานิพนธ์เรื่องนี้ ซึ่งใช้น้ำเป็นของไหล