หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 สาเหตุและที่มาของปัญหา

การพาความร้อนแบบบังคับ (Forced Convection Heat Transfer) จะเกิดขึ้นเมื่อของไหลถูกทำให้เคลื่อนที่ไปตามท่อ โดยมีแรงจากเครื่องมือกลมากระทำ เช่น ปั๊ม , พัดลม เป็นต้น โดยที่อุณหภูมิของผิวท่อและของไหลแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น การไหลของของไหลในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เป็นต้น

ปัจจุบันนี้การออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ต้องการให้ได้ท่อที่ใช้แลกเปลี่ยนความร้อนที่มีอัตราส่วนของพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนต่อปริมาตรสูง ซึ่งส่งผลให้ได้ค่าสัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer Coefficient) สูงขึ้น ต้นทุนในการผลิตต่ำ เครื่องมีน้ำหนักเบา และได้ท่อที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางไฮดรอลิค (Hydraulic Diameter) ที่เล็กลง และผลประการสุดท้ายจะทำให้การไหลในท่อเป็นแบบลามินาร์ (Laminar) (Shah R.K. and London , 1971) ดังนั้นทฤษฎีเกี่ยวกับการไหลแบบลามินาร์ (Laminar) สำหรับการแลกเปลี่ยนความร้อนจึงเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องศึกษา

นอกเหนือจากท่อวงกลมและแผ่นขนานแล้ว ท่อที่มีหน้าตัดรูปอื่นๆ ก็ได้ถูกวิจัยเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมากด้วยความจริงที่ว่าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนส่วนใหญ่ใน เครื่องปรับอากาศ เครื่องจักรกำลังของจรวด (Rocket Power Plant) หม้อน้ำรถยนต์ ฯลฯ จะมีท่อที่ใช้แลกเปลี่ยนความร้อนที่ไม่ใช่ท่อกลม (Noncircular Duct) ซึ่งได้มีการวิเคราะห์ผลทางทฤษฎีและวิเคราะห์ผลการทดลองในบางส่วนของท่อที่ไม่ใช่วงกลม (Noncircular Duct) ตามสภาวะเงื่อนไขของการไหลและสภาวะทางความร้อน (Flow and Thermal Condition) ดังนี้

1. การแจกแจงรูปร่างความเร็วและอุณหภูมิคงรูปแล้ว (Fully Developed Velocity and Temperature Profile)

2. การแจกแจงรูปร่างความเร็วคงรูปแล้วขณะที่การแจกแจงรูปร่างอุณหภูมิกำลังเปลี่ยนรูป (Fully Developed Velocity Profile and Developing Temperature Profile)

3. การแจกแจงรูปร่างความเร็วและอุณหภูมิกำลังเปลี่ยนรูปพร้อม ๆ กัน (Simultaneously Developing Velocity and Temperature Profile)

และสภาวะเงื่อนไขดังกล่าวยังขึ้นอยู่กับสภาวะของเขตทางความร้อน (Thermal Boundary Condition) ที่ผิวอีกด้วย ซึ่งสภาวะขอบเขตทางความร้อน (Thermal Boundary Condition) ที่พบบ่อยได้แก่อุณหภูมิที่ผิวคงที่ (Constant Wall Temperature) T และการให้ความร้อนต่อพื้นที่ผิวคงที่ (Constant Heat Flux) H1

อย่างไรก็ตามความรู้ ตลอดจนข้อมูลของการพาความร้อนแบบลามินาร์ (Laminar) ในท่อที่ไม่ใช่วงกลม (Noncircular Duct) ยังไม่สมบูรณ์พอโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของการพาความร้อนในท่อสามเหลี่ยมแบบลามินาร์ (Laminar) ในช่วงของการแจกแจงรูปร่างความเร็วและอุณหภูมิกำลังเปลี่ยนรูป (Simultaneously Developing Velocity and Temperature Profile) (Sadick Kakac , 1992) ดังจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

1.2 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในที่นี้จะไม่ขอกล่าวเกี่ยวกับการพาความร้อนแบบบังคับ (Forced Convection) ในท่ออื่นใดนอกจากท่อสามเหลี่ยมเท่านั้นและจะขอกล่าวโดยพอสังเขป อันจะเป็นผลเชื่อมโยงไปสู่งานวิจัยในครั้งนี้

Sparrow and Haji-Sheikh (1965) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการพาความร้อนในท่อสามเหลี่ยมด้านเท่า สามเหลี่ยฐานโค้ง (Circular Sector Duct) ที่มีมุมเปิด , 2α , ตั้งแต่ 0 ถึง 180 องศา และสามเหลี่ยมมุมฉากที่มีมุมเปิด , α , ตั้งแต่ 0 ถึง 90 องศา โดยการแก้ปัญหาสมการโมเมนตัมและสมการพลังงาน (Momentum and Energy Equation) ในช่วงลามินาร์ (Laminar) ที่มีการแจกแจงรูปร่างความเร็วและอุณหภูมิคงรูป (Fully Developed Velocity and Temperature Profile) ที่สภาวะของเขตทางความร้อน (Thermal Condition) แบบ H1 ด้วยวิธีวิเคราะห์เชิงตัวเลข (Numerical Method) ผลการวิเคราะห์ที่ได้ถูกแสดงด้วยกราฟ ซึ่งพอจะสรุปได้ว่าที่ , α , ใดๆ ที่เทากันแล้ว ท่อสามเหลี่ยมฐานโค้ง (Circular Sector Duct) จะให้ค่า Nu_{H1} มากที่สุด สำหรับท่อสามเหลี่ยมด้านเท่าและสามเหลี่ยมมุมฉากผลที่ได้ที่ $\alpha = 0$ และ 90 องศา จะมีค่า Nu_{H1} เท่ากัน และสำหรับสามเหลี่ยมมุมฉากแล้วกราฟจะสมมาตรที่ $\alpha = 45$ องศา

Kutatelade and Borishanski (1966) ได้ทำการวิเคราะห์การพาความร้อนแบบบังคับในท่อสามเหลี่ยมหน้าจั่วแบบลามินาร์ (Laminar) ในช่วงการแจกแจงรูปร่างของความเร็วและอุณหภูมิคงรูปแล้ว (Fully Developed Velocity and Temperature Profile) ที่สภาวะขอบเขตทางความร้อน (Thermal Boundary Condition) เป็นแบบ T และมีมุมเปิด , 2 $\varnothing$, เท่ากับ 20 , 40, 60, 80, 90 และ 100 องศา ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่ายิ่งมุมเปิดมากๆ แล้ว ค่าของ Nu_T ก็จะมากขึ้นด้วย

Wibulswas (1966) ได้ใช้การวิเคราะห์เชิงตัวเลข (Numerical Method) แก้ปัญหาของสมการโมเมนตัมและสมการพลังงาน (Momentum and Energy Equation) ของการพาความร้อนแบบบังคับในท่อสามเหลี่ยมด้านเท่าและสามเหลี่ยมหน้าจั่วมุมฉากที่มีการไหลแบบลามินาร์ (Laminar) ในช่วงการแจกแจงรูปร่างของความเร็วและอุณหภูมิกำลังเปลี่ยนรูปพร้อมๆ กัน (Simultaneously Developing Velocity and Temperature Profile) และช่วงการแจกแจงรูปร่างของความเร็วและอุณหภูมิคงรูปแล้ว (Fully Developed Velocity and Temperature Profile) ที่สภาวะของเขตทางความร้อน (Thermal Boundary Condition) เป็นแบบ H1 และ T โดยใช้อากาศเป็นของไหล ซึ่งไม่คำนึงถึงความเร็วในแนวตั้งฉากกับการไหล ผลของความหนืด (Viscosity) และการนำความร้อนในแนวการไหล และยังได้ทดลองหาค่า Nu_{H1} ของท่อสามเหลี่ยมด้านเท่าของการไหลแบบลามินาร์ (Laminar) ในช่วงของการแจกแจงรูปร่างความเร็วคงรูปแล้วและอุณหภูมิกำลังเปลี่ยนรูป (Fully Developed Velocity and Developing Temperature Profile) และช่วงของการแจกแจงรูปร่างของความเร็วและอุณหภูมิกำลังเปลี่ยนรูปพร้อม ๆ กัน (Simultaneously Developing Velocity and Temperature Profile) โดยการทดลองเพื่อทำการเปรียบเทียบกับผลวิเคราะห์เชิงตัวเลข (Numerical Method) ที่ได้ พบว่าค่าที่ได้จากผลการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการวิเคราะห์

พีรพงศ์ ตั้งศิริมงคล (2519) ได้ทำการสร้างเครื่องมือทำการทดลองเพื่อวิจัยการพาความร้อนแบบบังคับในท่อสามเหลี่ยมด้านเท่า และสามเหลี่ยมหน้าจั่วมุมฉากที่มีการไหลแบบลามินาร์ (Laminar) จนถึงทรานซิชัน (Transition) ในช่วงที่การแจกแจงรูปร่างความเร็ว และอุณหภูมิกำลังเปลี่ยนรูปพร้อมๆ กัน (Simultaneously Developing Velocity and Temperature Profile) และมีสภาวะขอบเขตทางความร้อน (Thermal Boundary Condition) เป็นแบบ T แล้วนำผลที่ได้มาสรุปเป็นสูตรที่มีความสัมพันธ์ระหว่างค่า Nu และ Gz ผลที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีวิเคราะห์ทางตัวเลข (Numerical Method) ของ Wibulswas (1966) พบว่าค่า Nu_T เฉลี่ยที่ได้มีค่าเบี่ยงเบนจากกันในช่วงที่มีค่า Gz สูง ๆ

พงษ์ธร จรัญญากรณ์ (2520) ได้ทำการสร้างเครื่องมือ เพื่อทำการทดลองวิจัยการพาความร้อนแบบบังคับของอากาศของท่อสามเหลี่ยมด้านเท่าและท่อสามเหลี่ยมหน้าจั่วมุมฉาก โดยมีการไหลแบบเทอร์บูเลนท์ (Turbulent) ในช่วงที่การแจกแจงรูปร่างความเร็วและอุณหภูมิกำลังเปลี่ยนแปลงพร้อม ๆ

กัน (Simultaneously Developing Velocity and Temperature Profile) โดยมีสภาวะขอบเขตทางความร้อน (Thermal Boundary Condition) เป็นแบบ T จากผลการทดลองที่ได้ได้นำมาสรุปเป็นสูตร (Empirical Formula)

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ดังจะเห็นได้ว่าการวิจัยในอดีตที่ผ่านมานั้น การพาความร้อนแบบบังคับในท่อสามเหลี่ยมหน้าจั่วมุมฉาก ซึ่งการไหลเป็นแบบลามินาร์ (Laminar) ในช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของความเร็วและอุณหภูมิพร้อมๆ กัน (Simultaneously Developing Velocity and Temperature Profile) ที่สภาวะของเขตทางความร้อน (Thermal Boundary Condition) เป็นแบบการให้ความร้อนต่อพื้นที่ผิวคงที่ (Constant Heat Flux) H1 โดยใช้อากาศเป็นของไหลยังมิได้มีผู้ได้ทำการวิจัยโดยใช้วิธีทางการทดลองเลย ดังนั้นรูปแบบการไหลและสภาพการให้ความร้อนดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นจึงเป็นขอบเขตของงานวิจัยในครั้งนี้

1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.4.1 เพื่อนำผลที่ได้จากการทดลอง มาสรุปเป็นสูตร (Empirical Formula)ในรูปของ Nu_l, Gz และตัวแปรอื่น ๆ ที่เหมาะสม

1.4.2 เพื่อนำผลของการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองไปเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงตัวเลข (Numerical Method) ที่มีอยู่แล้วโดย P. Wibulswas (1966)

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของ Nu_l, Gz และตัวแปรอื่น ๆ ที่เหมาะสม ของอากาศในรูปแบบการไหลดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

1.5.2 ทำให้เกิดความสมบูรณ์ของความรู้และข้อมูลที่เกี่ยวกับ การพาความร้อนในท่อ

สามเหลี่ยมหน้าจั่วมุมฉาก ในช่วงการไหลแบบลามินาร์ (Laminar)

1.5.3 ผลการวิเคราะห์ที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อการออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ทำให้ผู้ออกแบบสามารถเลือกใช้ลักษณะท่อที่เหมาะสมกับแต่ละลักษณะของงาน อันจะเป็นผลให้ได้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่กะทัดรัด มีสมรรถนะสูงและราคาถูกเมื่อเทียบกับท่อกลมเนื่องจากท่อสามเหลี่ยมมีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรท่อมากกว่า และบางครั้งเนื้อที่มีอยู่อาจจะเอื้ออำนวยต่อการใช้ท่อสามเหลี่ยมมากกว่าท่อชนิดอื่น