บทที่ ๑

บทนำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๑.๑ สาเหตุของการวิจัย

ความเจริญก้าวหน้าและความตื่นตัวในวงการออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อให้ได้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่กะทัดรัด สมรรถนะสูง และราคาถูก เป็นแรงผลักดันอันสำคัญในการศึกษาค้นหาพื้นผิวหรือท่อที่ให้พื้นที่สำหรับถ่ายเทความร้อนต่อปริมาตรสูง[๑,๒] กล่าวคือ นอกจากจะใช้ท่อกลมหรือแผ่นขนานแล้ว เริ่มหันไปสนใจท่อซึ่งมีรูปหน้าตัดลักษณะอื่นๆ เพิ่มมากขึ้น เช่นรูปหน้าตัดสี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม วงรี เป็นต้น[๒] อย่างไรก็ตาม ความรู้ ตลอดจนข้อมูลซึ่งจำเป็นในการออกแบบเกี่ยวกับท่อเหล่านี้ยังไม่สมบูรณ์พอ

๑.๒ การสำรวจงานวิจัยที่ทำมาแล้ว

การพาความร้อนในท่อซึ่งมีหน้าตัดรูปต่างๆ ที่มีการไหลแบบราบเรียบได้มีผู้ทำการศึกษาเป็นจำนวนมาก และเอกสารอ้างอิง[๒]ได้รวบรวมไว้มีลักษณะท่อที่มีผู้ศึกษาไว้แล้วกว่า ๒๐ ชนิด ส่วนการพาความร้อนในท่อซึ่งมีการไหลแบบปั่นป่วนนั้นยังมีการศึกษาและเก็บข้อมูลกันน้อย ในที่นี้จะรวบรวมมากล่าวถึงเฉพาะการพาความร้อนในท่อสามเหลี่ยมและท่อกลมโดยสังเขป อันจะเชื่อมโยงกับการวิจัยที่ทำอยู่เท่านั้น ส่วนท่อชนิดอื่นๆผู้สนใจสามารถค้นคว้าได้จากเอกสารอ้างอิงดังกล่าว

---

[1] Wibulswas P., "Laminar Flow Heat Transfer in Non-circular Ducts." Ph.D.Thesis, London University (1966), p.1.

[2] Shah R.K., and London A.L., "Laminar Flow Forced Convection Heat Transfer and Flow Friction in Straight and Curved Ducts - A Summary of Analytical Solutions." Technical Report No.75, (November 1971).

๑.๒.๑ ท่อสามเหลี่ยม

ผลงานการศึกษาการพาความร้อนในท่อสามเหลี่ยมโดยละเอียดมีเฉพาะในช่วงที่มีการไหลแบบราบเรียบเท่านั้น ลักษณะท่อสามเหลี่ยมที่ทำการศึกษา คือ ท่อสามเหลี่ยมหน้าจั่ว ท่อสามเหลี่ยมด้านเท่า และท่อสามเหลี่ยมมุมฉาก Sparrow และ Haji-Sheikh[3] ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์ในเชิงทฤษฎีเกี่ยวกับการพาความร้อน ในท่อสามเหลี่ยมหน้าจั่วซึ่งมีมุมยอด, 2Ø, ตั้งแต่ ๐ ถึง ๑๘๐ องศา โดยให้สภาพการให้ความร้อนที่ผิวท่อเป็นแบบ (H) จากผลเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่า ในบรรดาท่อสามเหลี่ยมชนิดต่างๆ ท่อสามเหลี่ยมด้านเท่าให้ค่านัสเซลท์นัมเบอร์(Limiting value) สูงสุด นอกจากนี้ ท่านทั้งสอง ยังได้ทำการศึกษาการพาความร้อนในท่อสามเหลี่ยมมุมฉาก ซึ่งมีมุมยอด, 2Ø, ตั้งแต่ ๐ ถึง ๙๐ องศาอีกด้วย โดยให้สภาพการให้ความร้อนที่ผิวท่อเป็นแบบ (H) ส่วนการพาความร้อนในท่อสามเหลี่ยมด้านเท่าและท่อสามเหลี่ยมหน้าจั่วมุมฉากในช่วงที่การแจกแจงความเร็วและการแจกแจงอุณหภูมิกำลังเปลี่ยนรูปพร้อมๆกันนั้น ดร.ปรีดา วิบูลย์สวัสดิ์[4] ได้ใช้คอมพิวเตอร์เข้าช่วยในการศึกษาวิเคราะห์ โดยให้สภาพการให้ความร้อนที่ผิวท่อเป็นแบบ (T) และ (H) ในการแก้สมการไม่คิดความเร็วในแนวรัศมี และไม่คิดผลของความหนืดและการแพร่ของความร้อนในแนวแกน พีรพงศ์ ตั้งศิริมงคล[5] ได้ทำการทดลองเก็บข้อมูลนำมาเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ที่ ดร.ปรีดา วิบูลย์สวัสดิ์ได้ทำไว้

๑.๒.๒ ท่อกลม

การพาความร้อนในท่อกลมซึ่งมี การไหลแบบราบเรียบในช่วงที่การแจกแจงความเร็วและการแจกแจงอุณหภูมิกำลังเปลี่ยนรูปพร้อมๆกัน ได้มีผู้ทำการศึกษาวิเคราะห์ในเชิงทฤษฎีหลาย

---

[3] Ibid., pp.139-141.

[4] Wibulswas, op. cit.

[5] Tangsirimonkol P., "Laminar Forced Convection in Triangular Ducts." M.Eng.Thesis, Graduate School, Chulalongkorn University(1976).

ท่านด้วยกัน ดังจะรวบรวมมากล่าวพอสังเขปเป็นลำดับไป ท่านแรกที่ได้ศึกษาเรื่องนี้ได้แก่ Kays[6] ซึ่งได้กำหนดสภาพการให้ความร้อนที่ผิวท่อแบบ (T1) และ (H) โดยไม่คิดความเร็วในแนวรัศมีและการนำความร้อนในแนวแกน ต่อมา Ulrichson และ Schmitz[7] ได้ปรับปรุงงานของ Kays โดยใช้ความเร็วตามแนวแกนที่ได้จากวิธีของ Langhaar และความเร็วในแนวรัศมีจากสมการคอนตินูอิตี้ ภายหลัง Zeldin และ Schmitz[8] ได้ทำการศึกษา โดยใช้รูปการแจกแจงความเร็วซึ่งหาจากสมการเนเวียร์สโตกแบบสมบูรณ์ โดยกำหนดสภาพการให้ความร้อนที่ผิวท่อแบบ (T1)

สำหรับทารศึกษาวิเคราะห์ในเชิงทฤษฎีเกี่ยวกับการพาความร้อนในท่อกลม ซึ่งมีการไหลแบบปั่นป่วนนั้น Martinelli[9] ได้ทำการศึกษาในช่วงที่การแจกแจงความเร็วคงรูปแล้ว และสภาพการให้ความร้อนที่ผิวท่อแบบ (H) โดยถือว่าคุณสมบัติของของไหลไม่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ (เนื่องจากความแตกต่างกันของอุณหภูมิณ จุดต่างๆของของไหลน้อย) และเอดดี้ดิฟฟิวสิวิตี้เท่ากัน ($E_H=E_M$) ต่อมา Seban และ Shimazaki[10] ได้ดัดแปลงวิธีการของ Martinelli ทำการศึกษาวิเคราะห์สำหรับสภาพการให้ความร้อนที่ผิวท่อแบบ (T1) ที่ค่าแพรนด์เติลนัมเบอร์ต่ำๆ เป็นที่น่าสังเกตว่า ค่านัสเซลท์นัมเบอร์ที่ได้ต่ำกว่าค่าที่ได้จากสภาพให้ความร้อนแบบ (H) Latzko[11] เป็นผู้ทำการศึกษาอิทธิพลของช่วงปากทางเข้าท่อ และได้เสนอสูตรสำหรับคำนวณความยาวของช่วงปากทางเข้าท่อที่การแจกแจงความเร็วกำลังเปลี่ยนรูป รวมทั้งสูตรสำหรับคำนวณการพาความร้อนโดยคำนึงถึงอิทธิพลของช่วงปากทางเข้าท่อด้วย

---

[6] Shah, and London, op. cit., pp.88-89.

[7] Shah, and London, op. cit., pp.89-91.

[8] Shah, and London, op. cit., pp.93-95.

[9] McAdams W.H., "Heat Transmission", (3rd ed., McGraw-Hill Inc., 1954), pp.210-214.

[10] Ibid., pp.217-218.

[11] Ibid., pp.224-226.

๑.๓ จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้

จะเห็นได้ว่า การพาความร้อนโดยบังคับในท่อสามเหลี่ยมซึ่งมีการไหลแบบปั่นป่วนยังไม่มีผู้ทำการวิจัยไว้เลย ดังนั้นจึงเป็นเป้าหมายของการวิจัยครั้งนี้ที่จะศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (กล่าวคือ หาสัมประสิทธิ์การพาความร้อนในท่อสามเหลี่ยมที่มีการไหลแบบปั่นป่วน) ทั้งนี้จะพิจารณาอิทธิพลของช่วงปากทางเข้าของการไหลและช่วงปากทางเข้าของการถ่ายเทความร้อนประกอบด้วย ว่ามีผลต่อสัมประสิทธิ์การพาความร้อนมากน้อยอย่างไร

การวิจัย จะทำการวิจัยท่อสามเหลี่ยมสองชนิด คือ ท่อสามเหลี่ยมด้านเท่าและท่อสามเหลี่ยมหน้าจั่วที่มีมุมยอดเป็นมุมฉาก หรือเรียกสั้นๆว่า ท่อสามเหลี่ยมหน้าจั่วมุมฉาก สำหรับสภาพการให้ความร้อนที่ผิวท่อเป็นแบบ อุณหภูมิสม่ำเสมอตลอดทั้งท่อ

ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ จะอำนวยประโยชน์อย่างยิ่งต่อการออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ให้ผู้ออกแบบสามารถเลือกใช้ลักษณะของท่อได้เหมาะสมกับงานแต่ละลักษณะ อันอาจจะยังผลให้ได้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่กะทัดรัด มีสมรรถนะสูงและราคาถูก เมื่อเปรียบเทียบกับท่อกลม ท่อสามเหลี่ยมมีข้อได้เปรียบที่ว่า มีพื้นผิวต่อปริมาตรท่อมากกว่า สามารถสร้างได้ง่ายกว่า (ในกรณีของท่อขนาดใหญ่) และบางครั้งเนื้อที่ที่มีอยู่อาจเอื้ออำนวยต่อการใช้ท่อสามเหลี่ยมมากกว่าท่อชนิดอื่น.