บทที่ 4
ผลและการวิเคราะห์ผลจากการศึกษาวิจัย

ในบทนี้ผู้วิจัยได้รวบรวมผลการคำนวณหาค่าตัวเลขแสดงความสามารถในการถ่ายเทความร้อนของท่อแบบแผ่นขนาน สำหรับกรณีที่ไม่ติดปล่อง และติดปล่อง ซึ่งมีสองลักษณะ คือ ปล่องแบบตรงแนวดิ่ง และปล่องแบบถ่าง ที่ได้จากการทดลอง และจากการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งรายละเอียดของวิธีการทั้งสองวิธีได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 นอกจากนี้ยังได้แสดงผลการคำนวณค่า Nu ที่ได้จากการศึกษาวิจัยทั้งสองวิธีในกรณีที่ติดปล่องทั้งสองแบบ เปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Auletta และคณะ (2000) ซึ่งรายละเอียดต่าง ๆ มีดังนี้

4.1 ผลและวิเคราะห์ผลจากการทดลอง

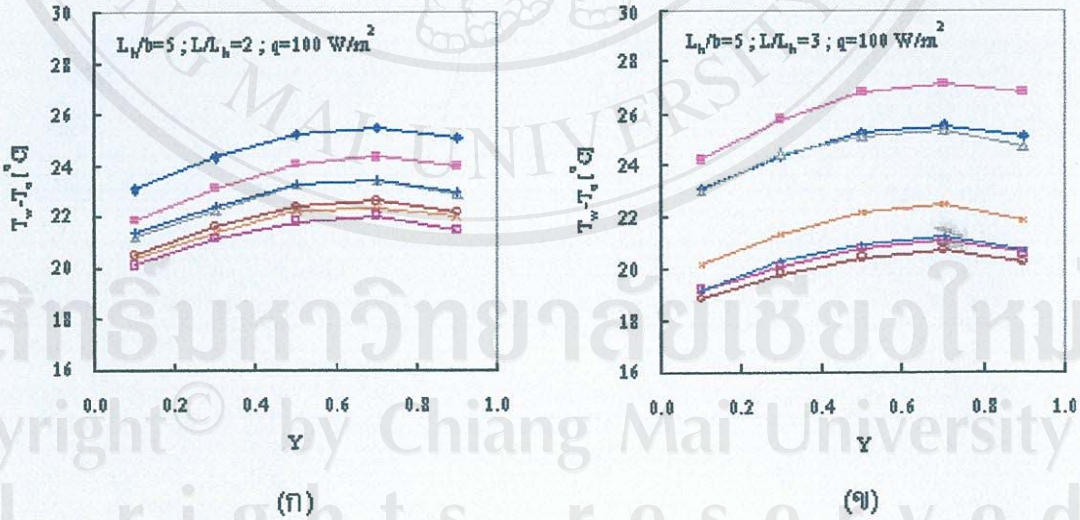
4.1.1 คุณลักษณะของการติดปล่องที่มีผลต่ออุณหภูมิที่ผนังท่อ

ในการศึกษาวิจัยด้วยวิธีการทดลองซึ่งมีขั้นตอนการทดลองดังที่กล่าวมาในบทที่ 3 โดยได้ทำการเก็บบันทึกข้อมูลอุณหภูมิที่ผนังท่อ และอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าท่อ แล้วรวบรวมผลข้อมูลดังกล่าวมาแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ผนังท่อลบด้วยอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าท่อ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของทั้งสามครั้งที่ได้บันทึกผลในแต่ละกรณี กับระยะสัดส่วนความสูงตามแนวแกน y ($Y=y/L_h$) ดังแสดงในรูปที่ 4.1–4.5 โดยที่การพิจารณาความสามารถในการถ่ายเทความร้อนสามารถพิจารณาได้จากผลต่างของอุณหภูมิดังกล่าว ซึ่งมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน โดยในกรณีที่ได้ทำการศึกษาวิจัยทั้งหมด เมื่อพิจารณาตามระยะสัดส่วนความสูงของท่อ พบว่าลักษณะของผลต่างอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าท่อจะมากขึ้นตามระยะสัดส่วนความสูงของท่อ ตั้งแต่ทางเข้าจนถึงระยะสัดส่วนความสูงประมาณ 0.6-0.8 ซึ่งเป็นช่วงที่ผลต่างของอุณหภูมิดังกล่าวมีค่ามากที่สุด หลังจากนั้นผลต่างของอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าท่อจะมีแนวโน้มต่ำลง จากลักษณะที่ได้กล่าวมาแสดงว่าที่บริเวณทางเข้ามีการถ่ายเทความร้อนระหว่างผนังท่อกับอากาศที่ไหลเข้าไปในท่อดีกว่าที่บริเวณอื่น และที่บริเวณระยะสัดส่วนความสูงประมาณ 0.6-0.8 มีการถ่ายเทความร้อนระหว่างผนังท่อกับอากาศที่ไหลเข้าไปในท่อแย่ที่สุด ส่วนที่บริเวณทางออกของท่อ นอกจากจะมีการถ่ายเทความร้อนระหว่างผนังท่อกับอากาศที่ไหลเข้าไปในท่อแล้ว ยังเกิดการสูญเสียความร้อนที่ขอบด้านบนของท่อ โดยการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนไปสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกท่อได้โดยตรง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดังนั้นผลต่างของอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าท่อบริเวณทางออกจึงมีแนวโน้มต่ำลง

การพิจารณาค่าผลต่างของอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าท่อได้พิจารณาตามค่าสัดส่วน L_h/b กับค่าความร้อนที่ให้แก่ผนังท่อ ซึ่งแสดงอยู่ในรูปที่ 4.1–4.5 โดยในรูปที่ 4.1(ก) และ (ข) แสดงกราฟค่าผลต่างของอุณหภูมิดังกล่าวในกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่องและท่อที่ติดปล่องแบบถ่าง ซึ่งมีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 5 และ L/L_h เท่ากับ 2 และ 3 เมื่อ q มีค่าเท่ากับ 100 W/m^2 จากรูปที่ 4.1(ก) สำหรับกรณีที่ L/L_h เท่ากับ 2 จะเห็นได้ว่าเมื่อติดปล่องที่ด้านบนท่อในทุก ๆ สัดส่วน B/b ตั้งแต่ 1-7 จะทำให้ผลต่างของอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าท่อมีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง โดยที่สัดส่วน B/b เท่ากับ 4 เป็นสัดส่วนที่ดีที่สุดในการเพิ่มความสามารถของการระบายความร้อน โดยทำให้ผลต่างของอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าโดยเฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีติดปล่องที่มีสัดส่วน B/b ค่าอื่น และมีค่าลดลงจากกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่องเฉลี่ยประมาณ 3.3 °C สำหรับกรณี L/L_h เท่ากับ 3 และ q เท่ากับ 100 W/m^2 ดังแสดงในรูปที่ 4.1(ข) เมื่อติดปล่องโดยมีสัดส่วน B/b เท่ากับ 1 กลับทำให้ผลต่างของอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้ามีค่ามากกว่ากรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง แต่เมื่อขยายความกว้างของปลายปล่องโดยมีสัดส่วน B/b เท่ากับ 2 จะทำให้เกิดการระบายความร้อนจากผนังท่อดีขึ้นกว่ากรณี B/b เท่ากับ 1 และเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง

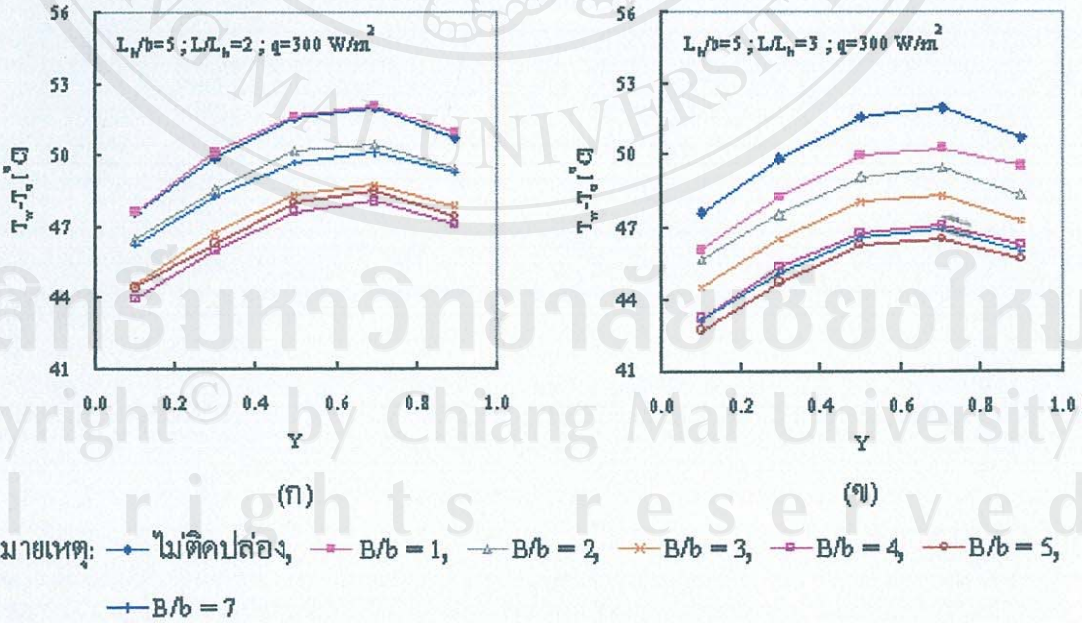


รูปที่ 4.1 อุณหภูมิที่ผนังท่อกรณีติดปล่องแบบถ่างซึ่งมีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 5 โดยที่ (ก) L/L_h เท่ากับ 2 และ (ข) L/L_h เท่ากับ 3 สำหรับ q เท่ากับ 100 W/m^2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลต่างของอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้ามีค่าใกล้เคียงกันมาก ส่วนที่สัดส่วน B/b เท่ากับ 4-7 ผลต่างของอุณหภูมิดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงกัน และมีค่าน้อยกว่าในกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่องมาก อีกทั้งยังมีค่าน้อยกว่ากรณีที่ติดปล่องแบบถ่าง ซึ่งมีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 ในทุก ๆ สัดส่วน B/b เมื่อ q เท่ากับ 100 W/m^2 เช่นเดียวกัน สำหรับกรณี L/L_h เท่ากับ 3 นี้ที่สัดส่วน B/b เท่ากับ 5 เป็นสัดส่วนที่ดีที่สุดในการเพิ่มความสามารถของการระบายความร้อน ซึ่งทำให้ผลต่างของอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้ามีค่าลดลงจากกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง เฉลี่ยประมาณ 4.7 °C

ในรูปที่ 4.2(ก) และ (ข) แสดงค่าผลต่างของอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าท่อ ในกรณีที่ L_h/b เท่ากับ 5 และ L/L_h เท่ากับ 2 และ 3 เมื่อให้ความร้อนแก่ผนังท่อ 300 W/m^2 โดยรูปที่ 4.2(ก) แสดงค่าผลต่างของอุณหภูมิดังกล่าวในกรณีท่อที่ติดปล่องแบบถ่าง ซึ่งมีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 จากรูปจะเห็นว่าที่สัดส่วน B/b มีค่าเท่ากับ 1 ลักษณะของเส้นกราฟผลต่างของอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าจะคล้ายกับกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง ซึ่งไม่ส่งผลช่วยให้เกิดการระบายความร้อนที่ดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกรณี B/b เท่ากับ 2-7 ที่ทำให้ผลต่างของอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้ามีค่าลดลงจากกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง โดยสัดส่วน B/b ที่ดีที่สุดสำหรับกรณีนี้ที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการระบายความร้อนจากผนังท่อมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 4 ซึ่งทำให้ค่าผลต่างของอุณหภูมิดังกล่าวลดลงเฉลี่ยประมาณ 3.8 °C จากกรณีท่อที่



(ก) (ข)

หมายเหตุ: ไม่ติดปล่อง, B/b = 1, B/b = 2, B/b = 3, B/b = 4, B/b = 5, B/b = 7

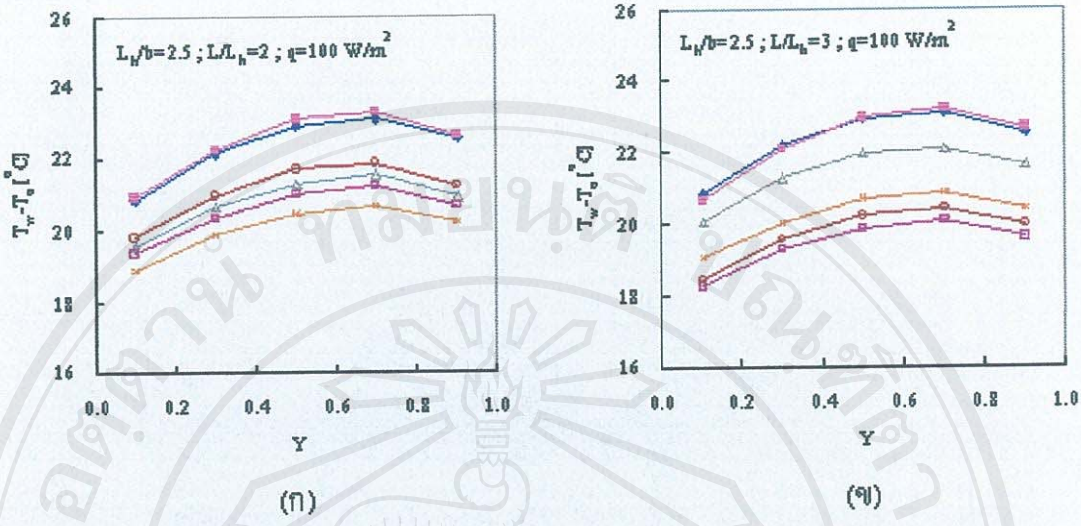
รูปที่ 4.2 อุณหภูมิที่ผนังท่อกรณีติดปล่องแบบถ่างซึ่งมีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 5 โดยที่ (ก) L/L_h เท่ากับ 2 และ (ข) L/L_h เท่ากับ 3 สำหรับ q เท่ากับ 300 W/m^2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไม่ได้ติดปล่อง และเมื่อเพิ่มความสูงของปล่องโดยมีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 3 ดังแสดงในรูปที่ 4.2(ข) จะเห็นว่าผลต่างของอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้ามีค่าลดลงจากกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง โดยการขยายปลายปล่องให้กว้างขึ้นจะช่วยเพิ่มความสามารถในการระบายความร้อนจากผนังท่อ จนกระทั่ง B/b มีค่าเท่ากับ 5 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ทำให้เกิดการระบายความร้อนมากที่สุด โดยทำให้ผลต่างของอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้ามีค่าลดลงเฉลี่ยประมาณ 5.2 °C จากกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง แต่เมื่อขยายความกว้างของปลายปล่องโดยมีสัดส่วน B/b เท่ากับ 7 ค่าผลต่างของอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับกรณี B/b เท่ากับ 5

สำหรับค่าผลต่างของอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าในกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่องและท่อที่ติดปล่องแบบถ่าง ซึ่งมีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 2.5 และ q เท่ากับ 100 W/m^2 แสดงอยู่ในรูปที่ 4.3(ก) และ (ข) โดยรูปที่ 4.3(ก) แสดงค่าผลต่างของอุณหภูมิในกรณีที่ L/L_h มีค่าเท่ากับ 2 จากรูปจะเห็นได้ว่าการติดปล่องที่มีสัดส่วน B/b เท่ากับ 1 ไม่สามารถทำให้การระบายความร้อนจากผนังท่อดีขึ้น โดยมีผลต่างของอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้ามากกว่ากรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่องเล็กน้อย แต่เมื่อขยายความกว้างของปลายปล่อง ส่งผลให้การระบายความร้อนจากผนังท่อดีขึ้น จนกระทั่งที่สัดส่วน B/b มีค่าเท่ากับ 3 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ดีที่สุดในการเพิ่มความสามารถของการระบายความร้อน โดยทำให้ผลต่างของอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าลดลงโดยเฉลี่ยประมาณ 2.3 °C จากกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง และเมื่อขยายความกว้างของปลายปล่องให้มีสัดส่วน B/b มากกว่า 3 ความสามารถในการเพิ่มการระบายความร้อนเมื่อติดปล่องกลับลดลงเรื่อย ๆ เนื่องจากอากาศภายนอกไหลเข้ามาที่ด้านบนของปล่องมากขึ้น ตามสัดส่วน B/b ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสาเหตุนี้จะได้กล่าวเพิ่มเติมในหัวข้อ 4.2 และเมื่อเพิ่มความสูงของปล่องโดยมีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 3 ดังแสดงในรูปที่ 4.3(ข) การติดปล่องโดยมีสัดส่วน B/b เท่ากับ 1 ยังคงไม่ทำให้ค่าผลต่างของอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าลดลงจากกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง โดยมีเส้นกราฟผลต่างของอุณหภูมิดังกล่าวคล้ายกันมาก แต่ดีกว่าการติดปล่องที่มีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 เล็กน้อย สำหรับที่สัดส่วน B/b เท่ากับ 1 เหมือนกัน และเมื่อขยายความกว้างของปลายปล่องจะทำให้การระบายความร้อนจากผนังท่อดีขึ้น โดยที่สัดส่วน B/b เท่ากับ 4 เป็นสัดส่วนที่ดีที่สุดในการช่วยเพิ่มความสามารถของการระบายความร้อนจากผนังท่อ โดยทำให้ผลต่างของอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าลดลงเฉลี่ยประมาณ 2.9 °C จากกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง

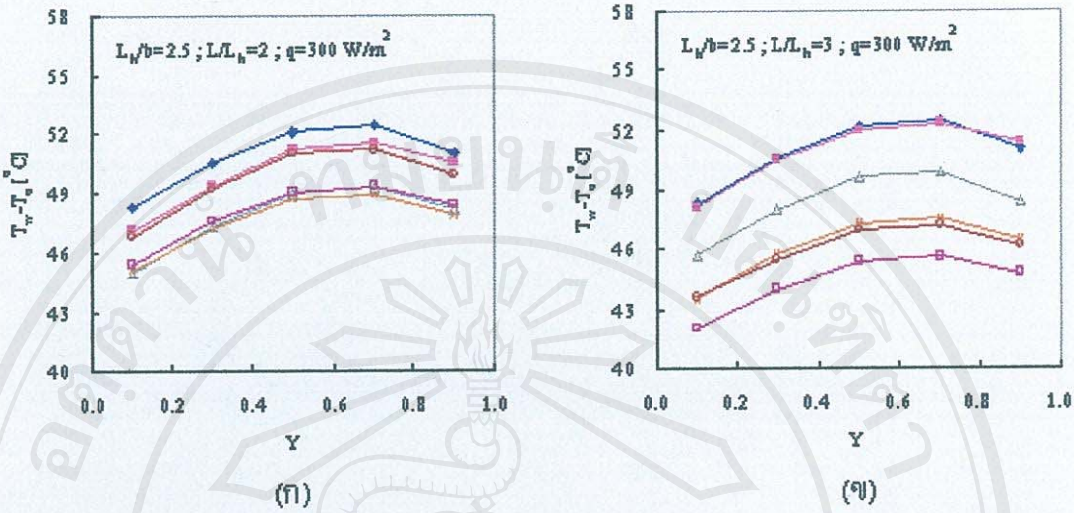
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.3 อุณหภูมิที่ผนังท่อกรณีติดปล่องแบบถ่างซึ่งมีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 2.5 โดยที่ (ก) L/L_h เท่ากับ 2 และ (ข) L/L_h เท่ากับ 3 สำหรับ q เท่ากับ 100 W/m^2

พิจารณารูปที่ 4.4(ก) และ (ข) ซึ่งแสดงผลจากการติดปล่อง ในกรณีที่ท่อมีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 2.5 เมื่อให้ความร้อนแก่ผนังท่อ 300 W/m^2 โดยในรูปที่ 4.4(ก) แสดงค่าผลต่างของอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าท่อกรณีที่ L/L_h มีค่าเท่ากับ 2 จากรูปจะเห็นได้ว่าเมื่อติดปล่องที่ด้านบนท่อ ในทุกๆ สัดส่วน B/b ตั้งแต่ 1-5 ผลต่างของอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้ามีค่าลดลงจากกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง และในกรณีที่ B/b มีค่าเท่ากับ 2 และ 4 ผลต่างของอุณหภูมิดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงกันมากกับกรณีที่ B/b มีค่าเท่ากับ 3 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ดีที่สุด โดยทำให้ผลต่างของอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าท่อมีค่าลดลงจากกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่องเฉลี่ยประมาณ 3.4 °C ส่วนในรูปที่ 4.4(ข) แสดงผลต่างของอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าท่อในกรณีที่ L/L_h มีค่าเท่ากับ 3 ซึ่งจะเห็นว่าที่สัดส่วน B/b เท่ากับ 1 ลักษณะของกราฟผลต่างของอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าจะคล้ายกับกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่องมาก แต่เมื่อ B/b มีค่าเพิ่มขึ้นผลต่างของอุณหภูมิดังกล่าวจะมีค่าลดลงจากกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่องอย่างเห็นได้ชัด โดยที่สัดส่วน B/b เท่ากับ 4 เป็นสัดส่วนที่ดีที่สุด ซึ่งทำให้ผลต่างของอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าลดลงจากกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง เฉลี่ยประมาณ 6.5 °C

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

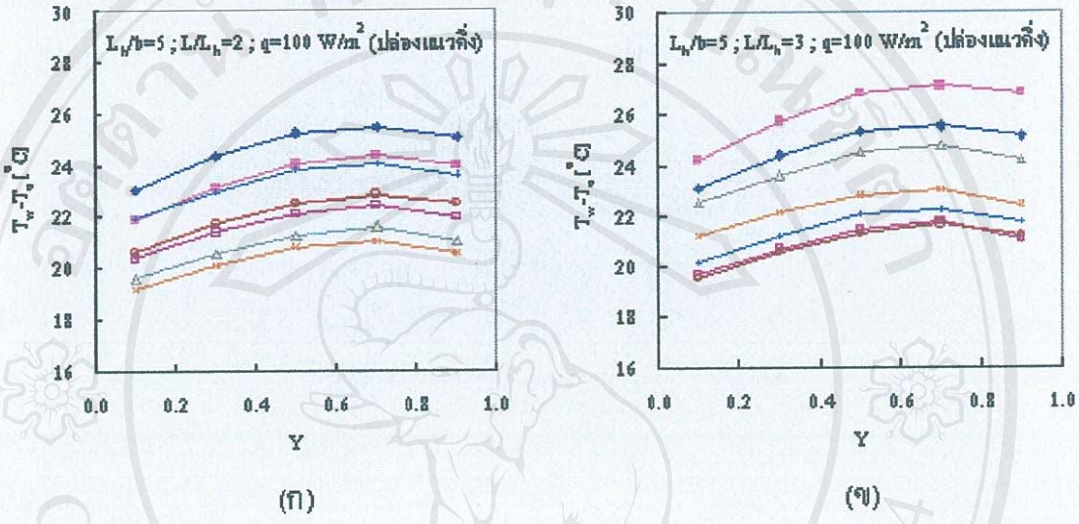


รูปที่ 4.4 อุณหภูมิที่ผนังท่อกรณีติดปล่องแบบถ่างซึ่งมีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 2.5 โดยที่ (ก) L/L_h เท่ากับ 2 และ (ข) L/L_h เท่ากับ 3 สำหรับ q เท่ากับ 300 W/m^2

สำหรับรูปที่ 4.5(ก) และ (ข) แสดงผลต่างของอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าท่อในกรณีติดปล่องแบบตรงแนวดิ่ง โดยมีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 5 และ L/L_h เท่ากับ 2 และ 3 ซึ่งให้ความร้อนกับผนังท่อ 100 W/m^2 โดยผลในกรณีที่ L/L_h เท่ากับ 2 แสดงอยู่ในรูปที่ 4.5 (ก) จากรูปจะเห็นได้ว่าเมื่อติดปล่องที่ด้านบนท่อ โดยที่สัดส่วน B/b มีค่าตั้งแต่ 1-3 ผลต่างของอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าจะมีค่าลดลงมากเป็นลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง และเมื่อสัดส่วน B/b มีค่ามากกว่า 3 ผลต่างของอุณหภูมิดังกล่าวจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามสัดส่วน B/b ที่เพิ่มขึ้น โดยค่าผลต่างของอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าจะใกล้เคียงกับกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่องมากขึ้น แสดงว่าเมื่อติดปล่องโดยมีสัดส่วน B/b มากเกินไปจะทำให้ท่อได้รับผลจากการติดปล่องที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการระบายความร้อนจากผนังท่อน้อยลง เนื่องจากอากาศภายนอกไหลเข้ามาที่ด้านบนของปล่อง สำหรับกรณีติดปล่องแบบตรงแนวดิ่ง ซึ่งมีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 นี้ สัดส่วน B/b เท่ากับ 3 เป็นสัดส่วนที่ดีที่สุดในการเพิ่มความสามารถของการระบายความร้อนจากผนังท่อ โดยทำให้ผลต่างของอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้ามีค่าลดลงจากกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่องเฉลี่ยประมาณ 4.3 °C ส่วนกรณีที่ L/L_h มีค่าเท่ากับ 3 ดังแสดงในรูปที่ 4.5(ข) จะเห็นว่าที่สัดส่วน B/b เท่ากับ 4 ผลต่างของอุณหภูมิดังกล่าวจะมีค่าใกล้เคียงกับกรณีที่สัดส่วน B/b มีค่าเท่ากับ 5 มาก โดยที่สัดส่วน B/b เท่ากับ 5 เป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สัดส่วนที่ทำให้ผลต่างโดยเฉลี่ยของอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้ามีค่าต่ำที่สุด สำหรับกรณี L/L_h เท่ากับ 3 ซึ่งมีค่าลดลงจากกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่องเฉลี่ยประมาณ 3.8 °C โดยจะสังเกตเห็นว่ามีค่าลดลงน้อยกว่ากรณีติดปล่องที่มีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 โดยที่สัดส่วน B/b มีค่าเท่ากับ 3



รูปที่ 4.5 อุณหภูมิที่ผนังท่อกรณีติดปล่องแบบตรงแนวดิ่งซึ่งมีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 5 โดยที่ (ก) L/L_h เท่ากับ 2 และ (ข) L/L_h เท่ากับ 3 สำหรับ q เท่ากับ 100 W/m^2

จากการศึกษาวิจัยท่อที่มีการติดปล่องแบบตรงแนวดิ่งและปล่องแบบถ่าง ในกรณีที่ L_h/b เท่ากับ 5 เมื่อ L/L_h มีค่าเท่ากับ 2 และ 3 และ B/b มีค่าอยู่ในช่วง 1-7 สำหรับกรณีที่ให้ความร้อนแก่ผนังท่อ 100 W/m^2 เมื่อเปรียบเทียบผลจากการติดปล่องทั้งสองแบบพบว่าการติดปล่องแบบตรงแนวดิ่งที่มีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 โดยที่สัดส่วน B/b มีค่าเท่ากับ 2 และ 3 จะทำให้ผลต่างของอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าท่อมีค่าลดลงจากกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่องมากกว่ากรณีติดปล่องแบบถ่างที่มีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 ในทุก ๆ สัดส่วน B/b แต่จะมีค่าผลต่างของอุณหภูมิดังกล่าวใกล้เคียงกับกรณีติดปล่องแบบถ่างที่มีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 3 โดยที่สัดส่วน B/b มีค่าเท่ากับ 4-7 และเมื่อเปรียบเทียบในกรณีติดปล่องที่มีสัดส่วนดีที่สุดของทั้งการติดปล่องแบบถ่างและปล่องแบบตรงแนวดิ่ง พบว่าการติดปล่องแบบถ่างที่มีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 3 โดยที่สัดส่วน B/b มีค่าเท่ากับ 5 จะทำให้ผลต่างของอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าท่อมีค่าลดลง

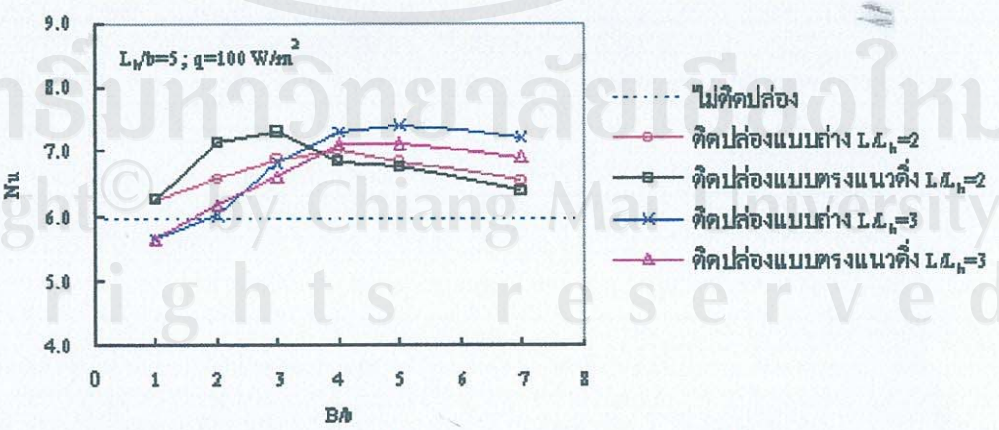
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่องมากกว่าการติดปล่องแบบตรงแนวดิ่งที่มีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 โดยที่สัดส่วน B/b มีค่าเท่ากับ 3 เล็กน้อย

4.1.2 คุณลักษณะของการติดปล่องที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนในรูปของค่า Nu

การพิจารณาความสามารถในการถ่ายเทความร้อนในแต่ละกรณีสามารถพิจารณาได้จากค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน โดยได้แสดงอยู่ในรูปของค่า Nu ดังรูปที่ 4.6-4.9 ซึ่งแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Nu ตามสมการ 2.5 กับสัดส่วน B/b ในกรณี L_h/b เท่ากับ 2.5 และ 5, L/L_h เท่ากับ 2 และ 3 โดยที่ให้ความร้อนแก่ผนังท่อ 100 และ 300 W/m^2

ผลจากการศึกษาวิจัยในกรณีท่อที่มีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 5 ซึ่งให้ความร้อนแก่ผนังท่อ 100 W/m^2 พบว่าการติดปล่องแบบถ่างและปล่องแบบตรงแนวดิ่งซึ่งมีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 ที่ด้านบนท่อจะทำให้ได้ค่า Nu เพิ่มขึ้นจากกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง ซึ่งค่า Nu ที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวจะมีค่ามากกว่าการติดปล่องที่มีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 3 เมื่อสัดส่วน B/b มีค่าไม่เกิน 3 ดังกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Nu กับสัดส่วน B/b ที่ได้แสดงอยู่ในรูปที่ 4.6 โดยเฉพาะเมื่อติดปล่องแบบตรงแนวดิ่งที่มีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 โดยที่ B/b มีค่าเท่ากับ 3 จะทำให้ได้ค่า Nu เท่ากับ 7.31 เพิ่มขึ้นจากกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง ซึ่งมีค่า Nu เท่ากับ 5.97 คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 22.4% ส่วนกรณีติดปล่องแบบถ่างที่มีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 จะมีสัดส่วน B/b ที่ดีที่สุดเท่ากับ 4 ซึ่งทำให้ได้ค่า Nu เท่ากับ 7.00 โดยมากกว่าการติดปล่องที่มีสัดส่วน B/b ค่าอื่น ณ ที่สัดส่วน L/L_h ค่าเดียวกัน และมากกว่ากรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 17.3% สำหรับที่สัดส่วน B/b มีค่ามากกว่า 3 การติดปล่องแบบถ่างและปล่องแบบตรงแนวดิ่งที่มีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 3 จะทำให้ได้ค่า Nu ซึ่งเพิ่มขึ้นจากกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่องมีค่ามากกว่าการติดปล่องที่มีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 โดยสัดส่วน B/b ที่

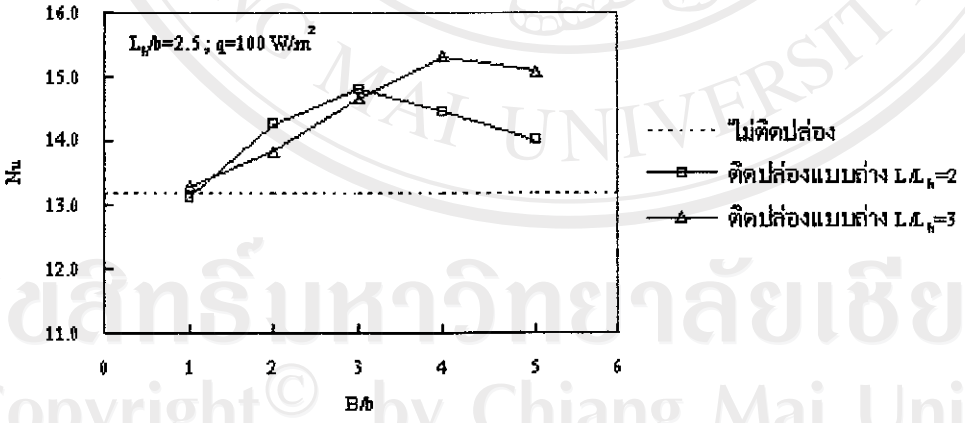


รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Nu เฉลี่ยกับสัดส่วน B/b สำหรับท่อที่มีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 5 เมื่อ q เท่ากับ 100 W/m^2 (จากการทดลอง)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดีที่สุดเมื่อ L/L_h มีค่าเท่ากับ 3 ในกรณีที่ติดปล่องแบบตรงแนวดิ่ง มีค่าเท่ากับ 5 ซึ่งทำให้ได้ค่า Nu เท่ากับ 7.12 ดีกว่ากรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง 19.2% ส่วนกรณีติดปล่องแบบถ่าง สัดส่วน B/b ดีที่สุดมีค่าเท่ากับ 5 เช่นเดียวกับกรณีติดปล่องแบบตรงแนวดิ่ง โดยทำให้ได้ค่า Nu เท่ากับ 7.43 ซึ่งมากกว่าการติดปล่องในลักษณะอื่น ๆ ทุกสัดส่วน และมากกว่ากรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่องถึง 24.3%

ในรูปที่ 4.7 แสดงผลจากการติดปล่องแบบถ่างซึ่งมีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 2.5 โดยให้ความร้อนแก่ผนังท่อ 100 W/m^2 สำหรับที่สัดส่วน B/b มีค่าเท่ากับ 1 จะเห็นได้ว่าทั้งสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 และ 3 จะได้ค่า Nu ใกล้เคียงกับกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่องมาก โดยในกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่องมีค่า Nu เท่ากับ 13.19 แต่เมื่อ B/b มีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้ได้ค่า Nu เพิ่มขึ้นด้วย เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่า Nu ระหว่างสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 และ 3 จะเห็นได้ว่าในกรณี L/L_h เท่ากับ 2 จะได้ค่า Nu มากกว่ากรณี L/L_h เท่ากับ 3 เมื่อ B/b มีค่าเท่ากับ 2 และ 3 แต่เมื่อ B/b มีค่ามากกว่า 3 การติดปล่องที่มีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 3 จะทำให้ได้ค่า Nu มากกว่าการติดปล่องที่มีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 สำหรับกรณีที่ L/L_h เท่ากับ 2 เมื่อขยายความกว้างของปลายปล่องจะทำให้ได้ค่า Nu เพิ่มขึ้น จนถึงที่สัดส่วน B/b เท่ากับ 3 ซึ่งได้ค่า Nu เท่ากับ 14.81 ดีกว่ากรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง 12.3% แต่เมื่อ B/b มีค่ามากกว่า 3 กลับทำให้ได้ค่า Nu ลดลง เนื่องจากอากาศภายนอกไหลเข้ามาที่ด้านบนของปล่องส่วนในกรณี L/L_h มีค่าเท่ากับ 3 ค่า Nu จะเพิ่มขึ้นตามสัดส่วน B/b ที่เพิ่มขึ้น จนกระทั่ง B/b มีค่าเท่ากับ 4 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ทำให้ได้ค่า Nu มากที่สุด โดยได้ค่า Nu เท่ากับ 15.32 ดีกว่ากรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง 16.2% และเมื่อเพิ่มสัดส่วน B/b ให้มีค่าเท่ากับ 5 จะได้ค่า Nu ลดลง

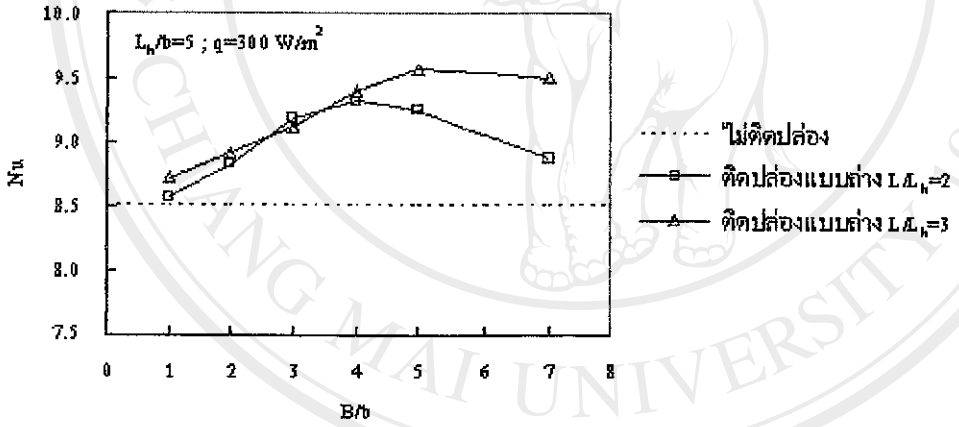


รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Nu เฉลี่ยกับสัดส่วน B/b สำหรับท่อที่มีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 2.5 เมื่อ q เท่ากับ 100 W/m^2 (จากการทดลอง)

สำหรับกรณีที่ให้ความร้อนแก่ผนังท่อ 300 W/m^2 โดยที่ท่อมีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 5 เมื่อติดปล่องแบบถ่างที่ด้านบนท่อจะทำให้การถ่ายเทความร้อนจากผนังท่อดีขึ้น ดังจะเห็นได้จาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 4.8 ซึ่งค่า Nu ในกรณีท่อที่ติดปล่องมีค่ามากกว่าค่า Nu กรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง โดยในกรณีที่สัดส่วน L/L_h มีค่าเท่ากับ 2 ค่า Nu จะยิ่งเพิ่มขึ้นเมื่อสัดส่วน B/b มีค่ามากขึ้น จนกระทั่งสัดส่วน B/b มีค่าเท่ากับ 4 จะได้ค่า Nu มากที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 9.32 และเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง ซึ่งมีค่า Nu เท่ากับ 8.52 การติดปล่องที่สัดส่วนดังกล่าวจะทำให้ได้ค่า Nu เพิ่มขึ้น 9.4 % และเมื่อเพิ่มสัดส่วน B/b ให้มีค่ามากกว่า 4 จะได้ค่า Nu ลดลง โดยการติดปล่องที่มีสัดส่วน B/b เท่ากับ 7 จะได้ค่า Nu ลดลงจากกรณีติดปล่องที่มีสัดส่วน B/b มีค่าเท่ากับ 4 มาก แต่จะได้ค่า Nu ใกล้เคียงกับกรณีติดปล่องที่มีสัดส่วน B/b มีค่าเท่ากับ 2 ส่วนกรณีที่ติดปล่องแบบถ่างโดยมีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 3 ในช่วงที่สัดส่วน B/b มีค่าเท่ากับ 2-4 จะได้ค่า Nu ใกล้เคียงกับกรณีที่ติดปล่องโดยมีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 มาก แต่เมื่อสัดส่วน B/b มีค่ามากกว่า 4 จะได้ค่า Nu มากกว่ากรณีที่ติดปล่องซึ่งมีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 โดยที่สัดส่วน B/b มีค่าเท่ากับ 5 จะได้ค่า Nu เท่ากับ 9.57 ซึ่งมากกว่ากรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง 12.4 % และเมื่อขยายความกว้างของปลายปล่องโดยมีสัดส่วน B/b เท่ากับ 7 จะได้ค่า Nu ต่ำกว่ากรณีที่สัดส่วน B/b มีค่าเท่ากับ 5 เล็กน้อย

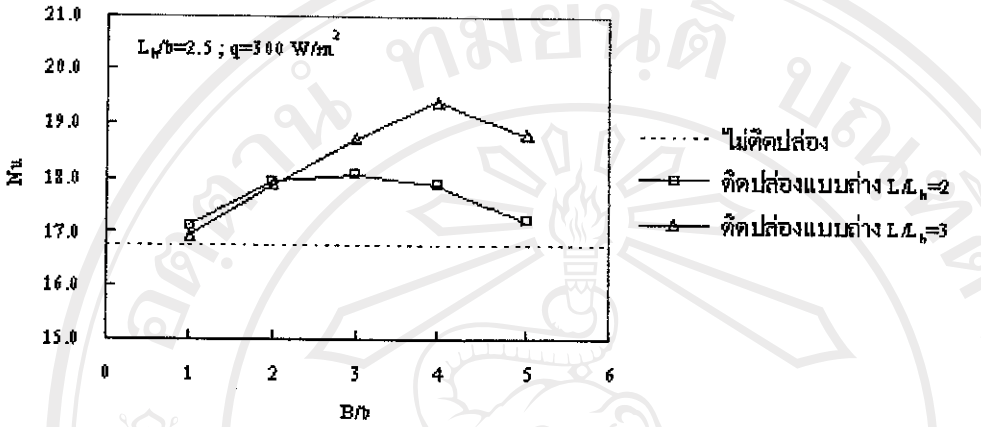


รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Nu เฉลี่ยกับสัดส่วน B/b สำหรับท่อที่มีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 5 เมื่อ q เท่ากับ 300 W/m^2 (จากการทดลอง)

พิจารณารูปที่ 4.9 ซึ่งแสดงค่า Nu ในกรณีติดปล่องแบบถ่างบนท่อ โดยที่ท่อมีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 2.5 และให้ความร้อนแก่ผนังท่อ 300 W/m^2 จากรูปจะเห็นได้ว่า เมื่อติดปล่องแบบถ่างในทุก ๆ สัดส่วน B/b ทั้ง L/L_h เท่ากับ 2 และ 3 จะทำให้ได้ค่า Nu มากกว่ากรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง ซึ่งในกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่องมีค่า Nu เท่ากับ 16.73 สำหรับกรณีที่ติดปล่องแบบถ่างซึ่งมีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 ที่สัดส่วน B/b เท่ากับ 2 และ 4 จะได้ค่า Nu ใกล้เคียงกับค่า Nu ที่สัดส่วน B/b เท่ากับ 3 ซึ่งที่สัดส่วน B/b เท่ากับ 3 เป็นสัดส่วนที่ทำให้ได้ค่า Nu มากที่สุดสำหรับกรณี L/L_h เท่ากับ 2 ซึ่งได้ค่า Nu เท่ากับ 18.04 ดีกว่ากรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง 7.8 % ส่วนกรณีที่ติดปล่องแบบถ่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ซึ่งมีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 3 จะได้ค่า Nu มากกว่าการติดปล่องซึ่งมีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 เมื่อสัดส่วน B/b มีค่ามากกว่า 2 และที่สัดส่วน B/b เท่ากับ 4 จะได้ค่า Nu มากที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 19.46 ดีกว่ากรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง 16.3 %



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Nu เฉลี่ยกับสัดส่วน B/b สำหรับท่อที่มีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 2.5 เมื่อ q เท่ากับ 300 W/m^2 (จากการทดลอง)

4.2 ผลและวิเคราะห์ผลการคำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูป

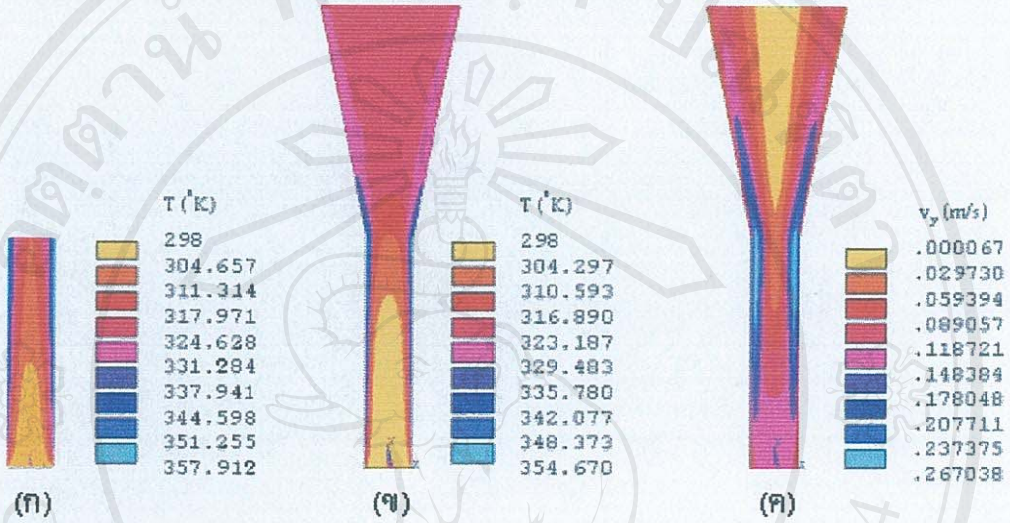
ผลการคำนวณทางระเบียบวิธีเชิงตัวเลข โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งได้กำหนดเงื่อนไขดังหัวข้อ 2.2.1 ในบทที่ 2 ได้นำมาแสดงเป็นภาพลักษณะการกระจายของอุณหภูมิและลักษณะการไหลภายในท่อเฉพาะบางกรณี ดังแสดงในรูปที่ 4.10-4.13 เพื่อแสดงให้เห็นลักษณะโดยรวมและอธิบายถึงผลที่เกิดขึ้นจากการติดปล่อง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 การติดปล่องกับลักษณะการกระจายของอุณหภูมิ

จากการคำนวณทางระเบียบวิธีเชิงตัวเลขซึ่งได้แสดงภาพตัวอย่างการกระจายของอุณหภูมิและการไหลตามแนวแกน y ในแบบจำลองท่อติดปล่องแบบต่าง ซึ่งมีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 โดยที่สัดส่วน B/b เท่ากับ 3 และภาพตัวอย่างการกระจายของอุณหภูมิในแบบจำลองท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง สำหรับกรณีที่ L_h/b เท่ากับ 5 เมื่อให้ความร้อนแก่ผนังท่อ 300 W/m^2 ดังรูปที่ 4.10 โดยจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของผนังท่อที่บริเวณทางเข้า (Entry region) ซึ่งประมาณตามช่วงความสูงของภาพส่วนสีเหลือง จะมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิของผนังท่อที่บริเวณทางออกของท่อ ทั้งกรณีท่อไม่ติดปล่องและท่อติดปล่อง ดังรูปที่ 4.10(ก) และ (ข) ตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากที่บริเวณทางเข้ามีการระบายความร้อนจากผนังท่อดีกว่าที่บริเวณทางออก โดยถ้าพิจารณาตามสมการ 2.2 ซึ่งได้แสดงอยู่ในบทที่ 2 กับลักษณะอุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณ จะสังเกตเห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่บริเวณทางเข้าจะมีค่ามากกว่าที่บริเวณทางออกของท่อ ส่วนลักษณะการกระจายของอุณหภูมิ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภายในปล่อง ดังรูปที่ 4.10(ข) จะเห็นว่าที่บริเวณทางเข้าใกล้ผนังปล่องจะมีอุณหภูมิสูงกว่าที่บริเวณอื่นภายในปล่อง และการกระจายของความเร็วตามแนวแกน y ดังแสดงในรูปที่ 4.10(ค) จะเห็นว่าความเร็วบริเวณใกล้ผนังท่อและปล่องจะมากกว่าบริเวณแกนกลาง โดยความเร็วตามแนวแกน y จะมีค่ามากที่สุดที่บริเวณใกล้ผนังท่อซึ่งอยู่ใกล้กับทางออกของท่อ

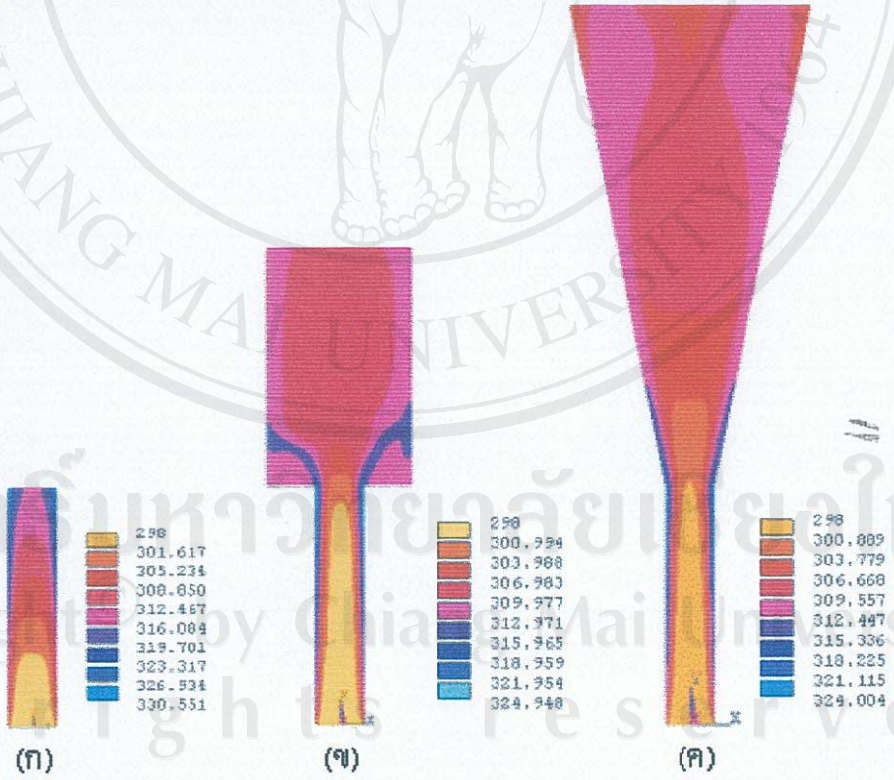


รูปที่ 4.10 การถ่ายเทความร้อนโดยวิธีธรรมชาติ สำหรับท่อที่มีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 5 เมื่อให้ความร้อนแก่ผนังท่อ 300 W/m^2 (ก) ภาพการกระจายของอุณหภูมิ กรณีท่อไม่ติดปล่อง (ข) ภาพการกระจายของอุณหภูมิ กรณีท่อติดปล่องแบบถ่าง ($L/L_h = 2$ โดยที่ $B/b = 3$) และ (ค) ภาพการกระจายของความเร็วตามแนวแกน y กรณีท่อที่ติดปล่องแบบถ่าง ($L/L_h = 2$ โดยที่ $B/b = 3$)

ในการศึกษาวิจัยนี้ได้ทำการคำนวณโดยอาศัยแบบจำลองท่อที่ไม่ได้ติดปล่องและติดปล่อง ซึ่งมีสองลักษณะได้แก่ ปล่องแบบถ่าง และปล่องแบบตรงแนวดิ่ง ที่มีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 และ 3 สัดส่วน B/b มีค่าอยู่ในช่วง 1-7 โดยท่อที่ติดปล่องแบบถ่าง ได้ศึกษาวิจัยในกรณีท่อที่มีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 2.5 และ 5 กับการให้ความร้อนแก่ผนังท่อ 100 และ 300 W/m^2 ในขณะที่ท่อติดปล่องแบบตรงแนวดิ่ง ศึกษาวิจัยเฉพาะกรณีท่อที่มีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 5 กับการให้ความร้อนแก่ผนังท่อ 100 W/m^2 ผลจากการคำนวณดังกล่าวในทุกกรณีพบว่าโดยภาพรวมแล้วการติดปล่องทั้งปล่องแบบถ่างและปล่องแบบตรงแนวดิ่งที่มีสัดส่วน B/b เท่ากับ 2-7 จะทำให้อุณหภูมิที่ผนังท่อลดลงจากกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง ดังจะเห็นได้จากกรณีตัวอย่างที่แสดงอยู่ในรูปที่ 4.11 ซึ่งได้แสดงภาพตัวอย่างการกระจายของอุณหภูมิในกรณีติดปล่องแบบตรงแนวดิ่งที่มีสัดส่วนดีที่สุดซึ่งทำให้อุณหภูมิที่ผนังท่อลดลงมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการติดปล่องที่มีสัดส่วน L/L_h และ B/b ค่าอื่นโดยสอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 4.1 คือ L/L_h เท่ากับ 2 โดยที่ B/b เท่ากับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3 และในกรณีติดปล่องแบบถ่างมีสัดส่วนดีที่สุด คือ L/L_h เท่ากับ 3 โดยที่ B/b เท่ากับ 5 บนท่อซึ่งมีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 5 เปรียบเทียบกับกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง จะเห็นได้ว่าเมื่อติดปล่องที่ด้านบนท่อทั้งปล่องแบบตรงแนวดิ่งและปล่องแบบถ่างจะทำให้ช่วงทางเข้าของอุณหภูมิ (Therperature developing region) ขยายบริเวณเพิ่มขึ้นจากกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากความสูงของภาพส่วนสีเหลืองซึ่งมีอุณหภูมิต่ำที่สุด มีความสูงเพิ่มขึ้น การที่ช่วงทางเข้าของอุณหภูมิขยายบริเวณเพิ่มขึ้น ทำให้สัมประสิทธิ์การถ่ายพาความร้อนมีค่ามากขึ้น การระบายความร้อนจากผนังท่อก็จะมากขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิที่ผนังท่อมีค่าลดลง หากเปรียบเทียบค่าของอุณหภูมิกับบริเวณช่วงทางเข้าของอุณหภูมิในกรณีท่อติดปล่องแบบตรงแนวดิ่งกับท่อติดปล่องแบบถ่าง ดังรูปที่ 4.11(ข) และ (ค) ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิสูงสุดในกรณีท่อติดปล่องแบบถ่าง ซึ่งเกิดขึ้นที่ผนังท่อบริเวณทางออกของท่อมีค่าต่ำกว่ากรณีท่อติดปล่องแบบตรงแนวดิ่ง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับช่วงทางเข้าของอุณหภูมิ โดยประมาณตามความสูงของภาพส่วนสีเหลือง ซึ่งเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุด มีความยาวมากกว่ากรณีท่อติดปล่องแบบตรงแนวดิ่งเล็กน้อย



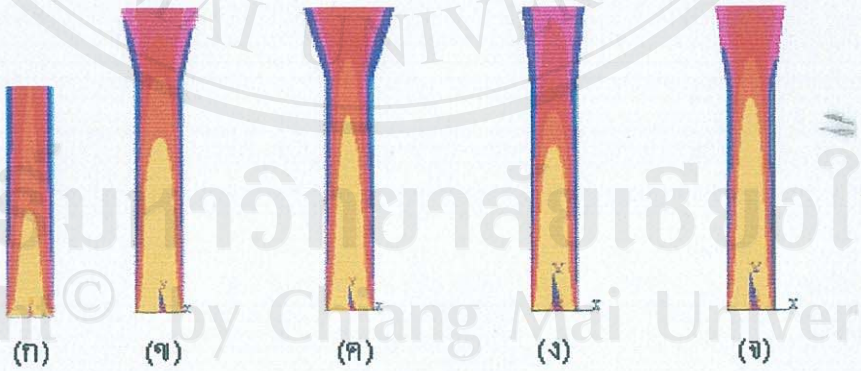
รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบการกระจายของอุณหภูมิในท่อกรณี (ก) ท่อไม่ติดปล่อง (ข) ท่อติดปล่องแบบตรงแนวดิ่ง ($L/L_h = 2$, $B/b = 3$) และ (ค) ท่อติดปล่องแบบถ่าง ($L/L_h = 3$, $B/b = 5$) โดยที่ L_h/b เท่ากับ 5 และ q เท่ากับ 100 W/m^2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.2 สัดส่วน B/b และ L/L_h กับการเพิ่มการระบายความร้อนและลักษณะการไหล

จากการคำนวณทางระเบียบวิธีเชิงตัวเลข พบว่าตัวแปรที่มีผลต่อการเพิ่มความสามารถในการถ่ายเทความร้อนจากผนังท่อ คือ สัดส่วน B/b และ L/L_h ซึ่งส่งผลต่อการกระจายของอุณหภูมิและการไหลในแบบจำลอง เพื่อให้เกิดความชัดเจนมากขึ้นผู้วิจัยได้นำเสนอภาพเปรียบเทียบการขยายตัวของช่วงทางเข้าของอุณหภูมิ โดยมีความสัมพันธ์กับสัดส่วน B/b และ L/L_h และภาพการไหล โดยมีความสัมพันธ์กับสัดส่วน B/b ซึ่งส่งต่อการถ่ายเทความร้อนจากผนังท่อดังรูปที่ 4.12 และ 4.13 ตามลำดับ

ในรูปที่ 4.12(ก)-(จ) แสดงภาพเปรียบเทียบช่วงทางเข้าของอุณหภูมิ สำหรับกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง ดังรูปที่ 4.12(ก) เปรียบเทียบกับกรณีท่อติดปล่องแบบถ่าง ซึ่งมีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 โดยที่สัดส่วน B/b เท่ากับ 3 ดังรูปที่ 4.12(ข) และสัดส่วน B/b เท่ากับ 4 ดังรูปที่ 4.12(ค) กับกรณีท่อติดปล่องแบบถ่าง ซึ่งมีสัดส่วนส่วน L/L_h เท่ากับ 3 โดยที่สัดส่วน B/b เท่ากับ 3 ดังรูปที่ 4.12(ง) และสัดส่วน B/b เท่ากับ 4 ดังรูปที่ 4.12(จ) เมื่อท่อมีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 5 และให้ความร้อนแก่ผนังท่อ 300 W/m^2 จากรูปจะเห็นได้ว่าเมื่อติดปล่องแบบถ่างในทุก ๆ สัดส่วนที่ด้านบนท่อจะทำให้ช่วงทางเข้าของอุณหภูมิขยายขนาดเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง และการเพิ่มขนาดสัดส่วน B/b จะทำให้ช่วงทางเข้าของอุณหภูมิยิ่งมีขนาดขยายเพิ่มขึ้น สำหรับกรณีที่ B/b เท่ากับ 3 การเพิ่มความสูงของปล่องจากสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 ให้มีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 3 จะทำให้ขนาดของช่วงทางเข้าของอุณหภูมิลดลง เนื่องจากผลของความเสียดทานในการไหล

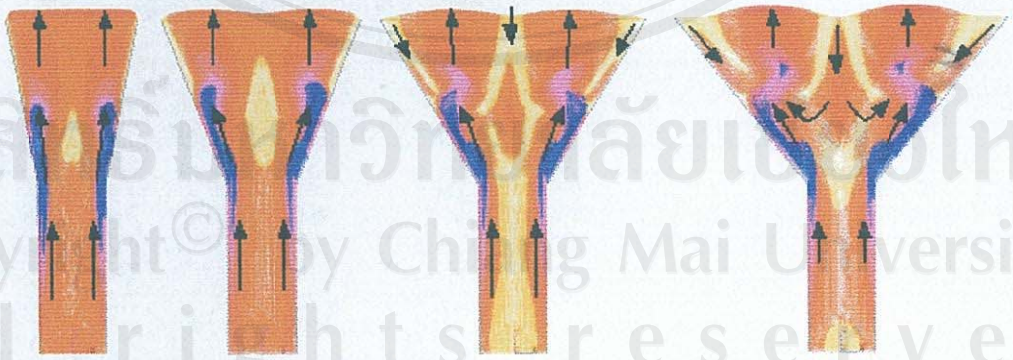


รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบช่วงทางเข้าของอุณหภูมิในกรณี L_h/b เท่ากับ 5 เมื่อ q เท่ากับ 300 W/m^2 สำหรับ (ก) ท่อไม่ติดปล่อง (ข) ท่อติดปล่องแบบถ่าง L/L_h เท่ากับ 2, B/b เท่ากับ 3 (ค) ท่อติดปล่องแบบถ่าง L/L_h เท่ากับ 2, B/b เท่ากับ 4 (ง) ท่อติดปล่องแบบถ่าง L/L_h เท่ากับ 3, B/b เท่ากับ 3 และ (จ) ท่อติดปล่องแบบถ่าง L/L_h เท่ากับ 3, B/b เท่ากับ 4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ซึ่งมีค่ามากกว่ากรณี L/L_h เท่ากับ 2 ส่วนกรณีที่ติดปล่องโดยมีสัดส่วน B/b เท่ากับ 4 เมื่อเพิ่มความสูงของปล่องจากสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 ให้มีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 3 กลับทำให้เกิดการเหนี่ยวนำในการไหลมากขึ้น โดยจะเห็นได้จากขนาดของช่วงทางเข้าของอุณหภูมิยาวกว่ากรณี L/L_h เท่ากับ 2 แต่อย่างไรก็ตามทุกกรณีท่อที่ติดปล่อง จะมีขนาดสัดส่วน B/b และ L/L_h ที่ดีที่สุดซึ่งทำให้เกิดการระบายความร้อนจากผนังท่อมากที่สุดค่าหนึ่งเท่านั้น ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 4.1

สำหรับรูปที่ 4.13(ก)-(ง) แสดงลักษณะการไหลในกรณีท่อติดปล่องแบบถ่าง ซึ่งมีสัดส่วน B/b เท่ากับ 2-5 ตามลำดับ โดยที่ L_h/b เท่ากับ 2.5 และ L/L_h เท่ากับ 2 เมื่อให้ความร้อนแก่ผนังท่อ 100 W/m^2 จากรูปที่ 4.13(ก) จะเห็นว่าการไหลภายในปล่องจะกระจายทั่วทั้งหน้าตัดของปล่อง โดยมีทิศทางไหลขึ้นสู่ด้านบน ส่วนรูปที่ 4.13(ข) การไหลภายในปล่องมีทิศทางไหลขึ้นสู่ด้านบน โดยที่บริเวณกลางปล่องมีการไหลช้ากว่าบริเวณใกล้ผนังปล่อง และเมื่อขยายความกว้างของปลายปล่องโดยมีสัดส่วน B/b เท่ากับ 4 ดังรูปที่ 4.13(ค) จะเห็นว่าเริ่มมีการไหลย้อนกลับตามแนวแกนกลางภายในปล่องและมีการไหลของอากาศจากภายนอกเข้ามาที่ขอบด้านบนของปล่อง โดยการไหลย้อนกลับและการไหลของอากาศจากภายนอกเข้ามาที่ขอบด้านบนของปล่องจะยิ่งมากขึ้นเมื่อขยายความกว้างของปล่องมากขึ้น ดังรูปที่ 4.13(ง) ซึ่งจะทำให้การไหลของอากาศผ่านท่อไม่สะดวก ส่งผลให้การระบายความร้อนที่เพิ่มขึ้นจากการติดปล่อง มีปริมาณน้อยลง โดยมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่ผนังท่อที่เริ่มเพิ่มขึ้น และความยาวของช่วงทางเข้าของอุณหภูมิลดลง จนกระทั่งการถ่ายเทความร้อนไม่เพิ่มขึ้นจากกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง หรือมีผลต่างของอุณหภูมิที่ผนังท่อกับอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าเท่ากับกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง เมื่อสัดส่วน B/b มีค่ามากเกินไป



รูปที่ 4.13 ลักษณะการไหลในกรณีท่อซึ่งติดปล่องแบบถ่าง โดยมีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 2.5 และ L/L_h เท่ากับ 2 เมื่อ q เท่ากับ 100 W/m^2 สำหรับ (ก) B/b เท่ากับ 2 (ข) B/b เท่ากับ 3 (ค) B/b เท่ากับ 4 และ (ง) B/b เท่ากับ 5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

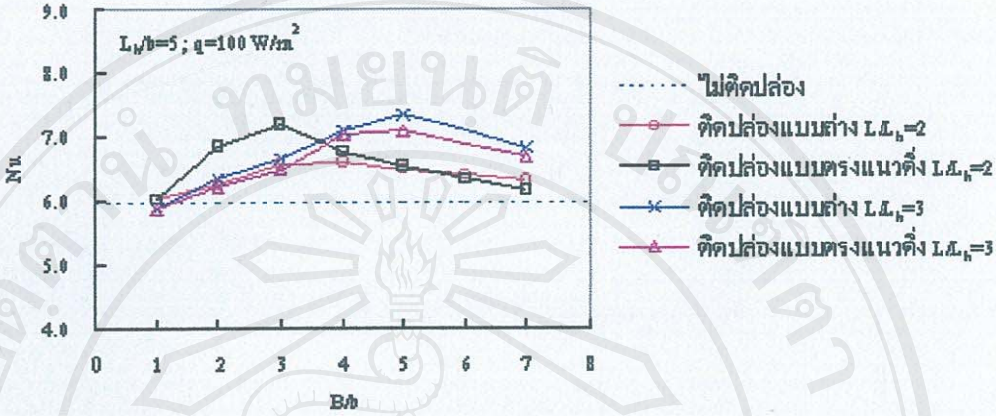
4.2.3 ค่า Nu จากผลการคำนวณทางระเบียบวิธีเชิงตัวเลข

สำหรับผลการคำนวณทางระเบียบวิธีเชิงตัวเลขซึ่งได้แสดงภาพการกระจายของอุณหภูมิจะเห็นว่าเมื่อติดปล่องที่ด้านบนท่อจะทำให้ช่วงทางเข้าของอุณหภูมิ มีความยาวเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับอุณหภูมิที่ผนังท่อซึ่งมีค่าลดลง และถ้าความกว้างของปลายปล่องมากเกินไป จะทำให้ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนที่เพิ่มขึ้นนั้นลดลง เมื่อกล่าวถึงความสามารถในการถ่ายเทความร้อน ตัวแปรที่ใช้พิจารณาคือค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนซึ่งได้แสดงอยู่ในรูปของค่า Nu ดังรูปที่ 4.14-4.17 โดยนำผลของอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผนังท่อมาคำนวณตามสมการ 2.5 เปรียบเทียบกับสัดส่วน B/b ในกรณี L_h/b เท่ากับ 2.5 และ 5 โดยให้ความร้อนแก่ผนังท่อ 100 และ 300 W/m^2

เมื่อพิจารณารูปที่ 4.14 ซึ่งแสดงผลสำหรับกรณีติดปล่องแบบถ่างและปล่องแบบตรงแนวดิ่งบนท่อซึ่งมีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 5 โดยให้ความร้อนแก่ผนังท่อ 100 W/m^2 จากรูปจะเห็นได้ว่า เมื่อติดปล่องในทุก ๆ สัดส่วนทั้งปล่องแบบถ่างและปล่องแบบตรงแนวดิ่งจะทำให้ได้ค่า Nu เพิ่มขึ้นจากกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง ยกเว้นกรณีที่ติดปล่องโดยมีสัดส่วน B/b เท่ากับ 1 ซึ่งได้ค่า Nu ใกล้เคียงกับกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่องมาก แสดงว่าการติดปล่องในลักษณะนี้มีผลช่วยเพิ่มความสามารถในการถ่ายเทความร้อนจากผนังท่อน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับการติดปล่องที่มีสัดส่วน B/b ค่าอื่น สำหรับกรณีที่ติดปล่องแบบถ่าง ซึ่งมีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 และ 3 และกรณีที่ติดปล่องแบบตรงแนวดิ่ง ซึ่งมีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 3 จะเห็นว่าการเพิ่มขึ้นของค่า Nu ตามการเพิ่มขึ้นของสัดส่วน B/b จาก 1 ถึง 3 มีลักษณะคล้ายกันมาก ส่วนกรณีที่ติดปล่องแบบตรงแนวดิ่งที่มีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 จะทำให้ได้ค่า Nu เพิ่มขึ้นมากกว่าการติดปล่องในลักษณะอื่นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อ B/b มีค่าเท่ากับ 2 และ 3 โดยที่สัดส่วน B/b เท่ากับ 3 จะได้ค่า Nu มากที่สุดสำหรับการติดปล่องแบบตรงแนวดิ่งที่มีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 ซึ่งได้ค่า Nu เท่ากับ 7.20 โดยมากกว่ากรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง ซึ่งมีค่า Nu เท่ากับ 5.96 คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 20.8% และเมื่อขยายความกว้างของปล่องโดยมีสัดส่วน B/b ตั้งแต่ 4 ขึ้นไปจะได้ค่า Nu ลดลง ประกอบกับมีการไหลของอากาศจากภายนอกเข้ามาที่ด้านบนของปล่องเมื่อความกว้างของปล่องยิ่งกว้างขึ้น และเมื่อเพิ่มความสูงของปล่องแบบตรงแนวดิ่งโดยมีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 3 ค่า Nu จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามสัดส่วน B/b ที่เพิ่มขึ้น จนกระทั่ง B/b มีค่าเท่ากับ 5 ซึ่งได้ค่า Nu เท่ากับ 7.07 ดีกว่ากรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง 18.6% หลังจากนั้นค่า Nu จะลดลงเมื่อ B/b มีค่าเพิ่มขึ้น สำหรับลักษณะปล่องที่ดีที่สุดที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการถ่ายเทความร้อนจากผนังท่อมากที่สุดคือปล่องแบบถ่างที่มีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 3 และ B/b เท่ากับ 5 ซึ่งได้ค่า Nu เท่ากับ 7.35 ดีกว่ากรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่องถึง 23.3% ส่วนกรณีติดปล่องแบบถ่างโดยมีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 จะได้ค่า Nu เพิ่มขึ้นจากกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่องน้อยที่สุด โดยสัดส่วน B/b ที่ดีที่สุด

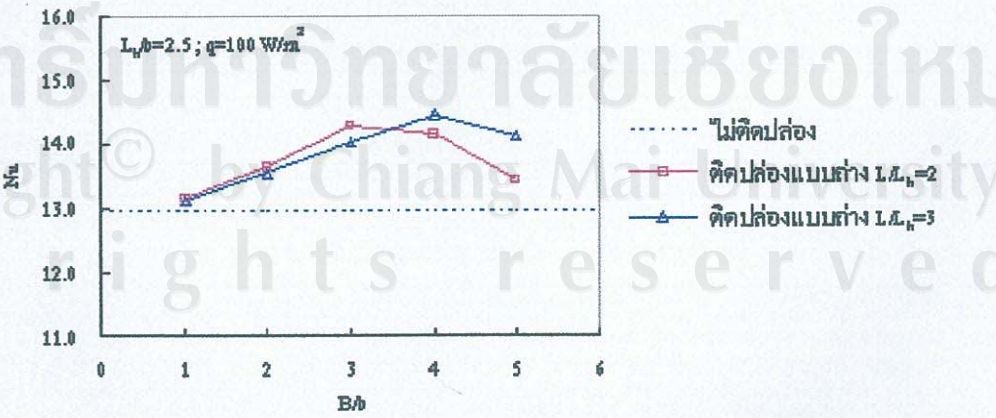
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับการติดปล่องลักษณะนี้มีค่าเท่ากับ 4 ซึ่งจะทำให้ได้ค่า Nu เท่ากับ 6.61 ดีกว่ากรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง 10.8%



รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Nu เฉลี่ยกับสัดส่วน B/b สำหรับท่อที่มีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 5 เมื่อ q เท่ากับ 100 W/m^2 (จากโปรแกรม)

สำหรับรูปที่ 4.15 แสดงค่า Nu ในกรณีท่อที่ติดปล่องแบบถ่าง โดยมีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 2.5 และให้ความร้อนแก่ผนังท่อ 100 W/m^2 เมื่อพิจารณาตามสัดส่วน B/b ทั้งกรณี L/L_h มีค่าเท่ากับ 2 และ 3 จะเห็นว่าค่า Nu มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อสัดส่วน B/b มีค่ามากขึ้น จนกระทั่งถึงสัดส่วน B/b ค่าหนึ่ง ซึ่งทำให้ได้ค่า Nu มากที่สุด หลังจากนั้นเมื่อเพิ่มสัดส่วน B/b จะทำให้ได้ค่า Nu ลดลง เนื่องจากผลของการไหลย้อนกลับของอากาศภายใน และการไหลของอากาศจากภายนอกเข้ามาที่ขอบด้านบนของปล่อง ดังที่ได้แสดงภาพตัวอย่างการไหลในรูปที่ 4.11 สำหรับกรณีที่ L/L_h มีค่าเท่ากับ 2 ที่สัดส่วน B/b เท่ากับ 3 เป็นสัดส่วนที่ดีที่สุด ซึ่งทำให้ได้ค่า Nu เท่ากับ 14.28 มากกว่ากรณีท่อที่ไม่

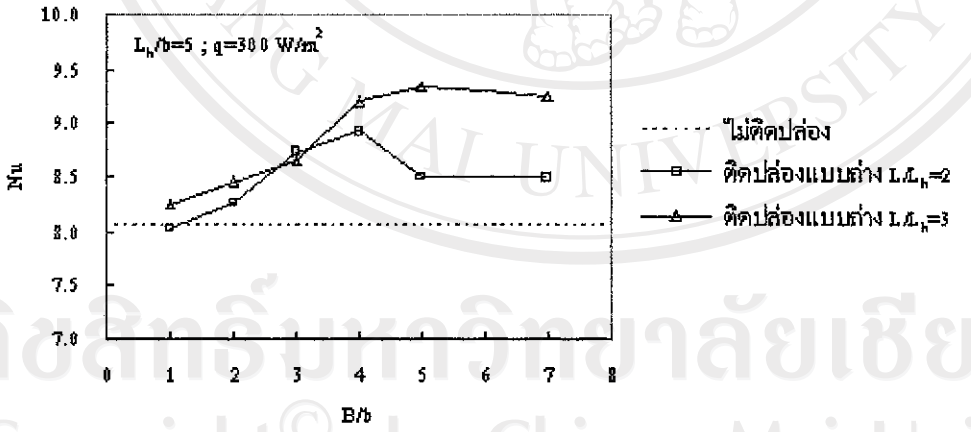


รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Nu เฉลี่ยกับสัดส่วน B/b สำหรับท่อที่มีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 2.5 เมื่อ q เท่ากับ 100 W/m^2 (จากโปรแกรม)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ได้ติดปล่อง ซึ่งมีค่า Nu เท่ากับ 12.94 เพิ่มขึ้น 10.3% ส่วนกรณี L/L_h มีค่าเท่ากับ 3 การติดปล่องโดยมีสัดส่วน B/b เท่ากับ 1 และ 2 จะมีสัดส่วนการเพิ่มขึ้นของค่า Nu ใกล้เคียงกับกรณีที่ L/L_h มีค่าเท่ากับ 2 มาก และที่สัดส่วน B/b เท่ากับ 4 จะทำให้ได้ค่า Nu มากที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 14.45 มากกว่ากรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง 11.7%

ในกรณีที่ติดปล่องแบบถ่างบนท่อที่มีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 5 เมื่อให้ความร้อนแก่ผนังท่อ 300 W/m^2 พบว่าการติดปล่องที่มีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 เมื่อ B/b เท่ากับ 1 จะได้ค่า Nu ต่ำกว่ากรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่องเล็กน้อย ดังแสดงในรูปที่ 4.16 แต่เมื่อ B/b มีค่ามากขึ้น จะทำให้ได้ค่า Nu มากขึ้น โดยที่สัดส่วน B/b มีค่าเท่ากับ 4 จะได้ค่า Nu มากที่สุดสำหรับกรณี L/L_h มีค่าเท่ากับ 2 ซึ่งได้ค่า Nu เท่ากับ 8.93 มากกว่ากรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง ซึ่งได้ค่า Nu เท่ากับ 8.06 เพิ่มขึ้น 10.8% ส่วนที่สัดส่วน B/b เท่ากับ 5 และ 7 จะได้ค่า Nu ใกล้เคียงกันมาก และน้อยกว่าค่า Nu ที่ได้จากการติดปล่องซึ่งมีสัดส่วน B/b เท่ากับ 3 ส่วนกรณีที่ L/L_h มีค่าเท่ากับ 3 จะเห็นได้ว่าการเพิ่มความสูงของปล่อง จะทำให้ได้ค่า Nu มากกว่ากรณีที่ติดปล่องโดยมีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 เมื่อความกว้างของปลายปล่องมีขนาดเท่ากัน ยกเว้นที่สัดส่วน B/b เท่ากับ 3 เมื่อเพิ่มความสูงของปล่องกลับทำให้ได้ค่า Nu น้อยกว่า สำหรับที่สัดส่วน B/b เท่ากับ 5 เมื่อเพิ่มความสูงของปล่อง จะทำให้ได้ค่า Nu เพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยได้ค่า Nu เท่ากับ 9.34 มากกว่าค่า Nu ในกรณีที่ดีที่สุดสำหรับการติดปล่องที่มีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 และมากกว่าค่า Nu ในกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง 15.8%



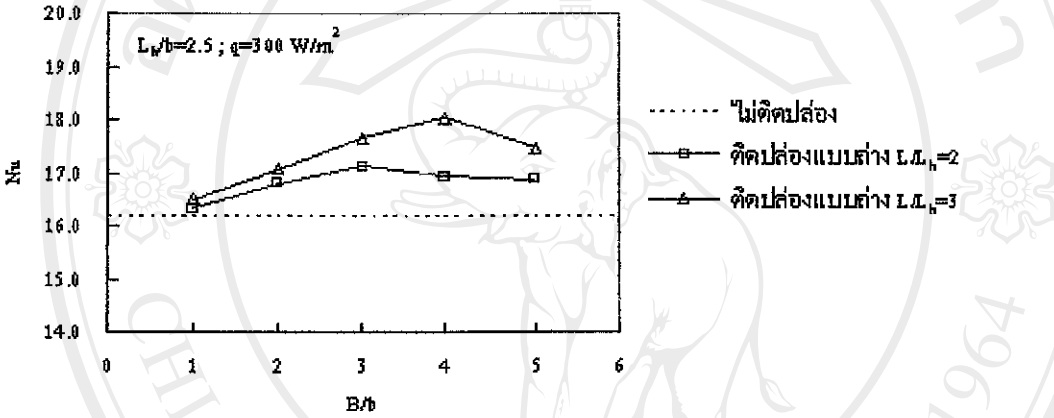
รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Nu เฉลี่ยกับสัดส่วน B/b สำหรับท่อที่มีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 5 เมื่อ q เท่ากับ 300 W/m^2 (จากโปรแกรม)

ผลจากการคำนวณทางระเบียบวิธีเชิงตัวเลขที่ได้กล่าวมาจะเห็นได้ว่าเมื่อติดปล่องแบบถ่างที่ด้านบนท่อจะทำให้ได้ค่า Nu เพิ่มขึ้น ซึ่งมีความสัมพันธ์กับช่วงทางเข้าของอุณหภูมิ ที่มีความสูงเพิ่มขึ้น สำหรับกรณีท่อที่มีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 2.5 ซึ่งให้ความร้อนแก่ผนังท่อ 300 W/m^2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

621.8672
ศ523ก
เลขหมู่.....
สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ดังแสดงในรูปที่ 4.17 ก็เช่นเดียวกัน โดยค่า Nu จะยิ่งเพิ่มขึ้นเมื่อ B/b มีค่ามากขึ้นจนถึงค่าหนึ่ง หลังจากนั้นเมื่อเพิ่มสัดส่วน B/b ให้มีค่ามากขึ้นอีกกลับทำให้ได้ค่า Nu ลดลง เนื่องจากปลายปล่องมีความกว้างมากเกินไป ซึ่งทำให้เกิดการไหลย้อนกลับ และมีการไหลของอากาศจากภายนอกเข้ามาที่ขอบด้านบนของปล่อง สำหรับการติดปล่องแบบถ่างที่มีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 จะได้ค่า Nu เพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อ B/b มีค่าเท่ากับ 3 ซึ่งได้ค่า Nu เท่ากับ 17.13 มีค่ามากกว่ากรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง ซึ่งมีค่า Nu เท่ากับ 16.19 เพิ่มขึ้น 5.8% และในกรณีติดปล่องแบบถ่างโดยมีสัดส่วน L/L_h มีค่าเท่ากับ 3 จะได้ค่า Nu เพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อ B/b มีค่าเท่ากับ 4 ซึ่งได้ค่า Nu เท่ากับ 18.02 เพิ่มขึ้นจากกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง 11.3%



รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Nu เฉลี่ยกับสัดส่วน B/b สำหรับท่อที่มีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 2.5 เมื่อ q เท่ากับ 300 W/m^2 (จากโปรแกรม)

4.3 การเปรียบเทียบผลจากการศึกษาวิจัย

4.3.1 เปรียบเทียบผลจากการศึกษาวิจัยทั้งสองวิธี กรณี q เท่ากับ 100 W/m^2

จากการศึกษาวิจัยทั้งสองวิธีพบว่า โดยภาพรวมแล้วได้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกันคือเมื่อติดปล่องที่ด้านบนท่อจะทำให้อุณหภูมิที่ผนังท่อลดลงและได้ค่า Nu เพิ่มขึ้น โดยในกรณีที่ให้ความร้อนแก่ผนังท่อ 100 W/m^2 สำหรับท่อที่มีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 5 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลทั้งสองวิธีจากรูปที่ 4.6 และ 4.14 พบว่าค่า Nu ที่ได้จากการทดลองมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นและลดลงตามสัดส่วน B/b และสัดส่วน L/L_h คล้ายกับค่า Nu ที่คำนวณได้จากผลของการคำนวณทางระเบียบวิธีเชิงตัวเลข แต่ในกรณีที่ติดปล่องแบบถ่างและปล่องแบบตรงแนวดิ่ง ซึ่งมีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 เมื่อสัดส่วน B/b มีค่าเท่ากับ 1 พบว่าค่า Nu ที่ได้จากการทดลองจะมีค่ามากกว่ากรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่องอย่างเห็นได้ชัด แต่ผลจากการคำนวณทางระเบียบวิธีเชิงตัวเลขกลับได้ค่า Nu ใกล้เคียงกับกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่องมาก และที่สัดส่วน B/b มีค่าเท่ากับ 4 ผลจากการทดลองพบว่า กรณีติด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปล่องแบบถ่างจะได้ค่า Nu มากกว่ากรณีติดปล่องแบบตรงแนวดิ่ง แต่ผลจากการคำนวณทางระเบียบวิธีเชิงตัวเลขกลับได้ผลตรงกันข้าม คือ กรณีติดปล่องแบบตรงแนวดิ่งจะได้ค่า Nu มากกว่ากรณีติดปล่องแบบถ่าง นอกจากนี้การติดปล่องแบบถ่างและปล่องแบบตรงแนวดิ่ง โดยมีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 3 เมื่อสัดส่วน B/b มีค่าเท่ากับ 1 และ 2 สำหรับผลจากการคำนวณทางระเบียบวิธีเชิงตัวเลขพบว่าค่า Nu ที่ได้จะใกล้เคียงกับค่า Nu ในกรณีติดปล่องแบบถ่างที่มีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 มาก แต่ผลจากการทดลองพบว่า ค่า Nu ที่ได้จะไม่ใกล้เคียงกับกรณีติดปล่องแบบถ่างที่มีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 อย่างเห็นได้ชัด อีกทั้งค่า Nu ที่ได้ยังมีค่าต่ำกว่าผลจากการคำนวณทางระเบียบวิธีเชิงตัวเลข แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาแนวโน้มการเพิ่มขึ้นและลดลงของค่า Nu ตามสัดส่วน B/b ที่เพิ่มขึ้นของทั้งสองวิธีแล้วพบว่ามีแนวโน้มคล้ายกัน และจะมีค่าสัดส่วน B/b ที่ดีที่สุดเหมือนกัน

สำหรับท่อที่มีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 2.5 ซึ่งให้ความร้อนแก่ผนังท่อ 100 W/m^2 จากรูปที่ 4.7 และ 4.15 จะเห็นได้ว่าลักษณะแนวโน้มการเพิ่มขึ้นและลดลงของค่า Nu ตามสัดส่วน B/b ที่เพิ่มขึ้นของทั้งสองวิธีมีลักษณะคล้ายกัน แต่ค่า Nu ที่คำนวณได้จากผลการทดลองส่วนใหญ่จะมีค่ามากกว่าค่า Nu ที่คำนวณได้จากผลของการคำนวณทางระเบียบวิธีเชิงตัวเลขเล็กน้อย มีเพียงกรณีที่ติดปล่องแบบถ่างโดยมีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 เมื่อ B/b มีค่าเท่ากับ 1 ที่ได้ค่า Nu ต่ำกว่าผลที่ได้จากการคำนวณทางระเบียบวิธีเชิงตัวเลข และเป็นเพียงกรณีเดียวที่ได้ค่า Nu ต่ำกว่ากรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง ส่วนสัดส่วน B/b ที่ดีที่สุดของทั้งสองวิธีจะมีสัดส่วนที่เหมือนกัน

4.3.2 เปรียบเทียบผลจากการศึกษาวิจัยทั้งสองวิธี กรณี q เท่ากับ 300 W/m^2

ในกรณีที่ให้ความร้อนแก่ผนังท่อ 300 W/m^2 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่า Nu จากรูปที่ 4.8 และ 4.16 สำหรับกรณีที่ L_h/b เท่ากับ 5 จะเห็นว่าค่า Nu ที่ได้จากการทดลองจะมีค่ามากกว่าค่า Nu ที่คำนวณได้จากผลการคำนวณทางระเบียบวิธีเชิงตัวเลข แต่ทั้งสองวิธีได้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกัน คือ เมื่อติดปล่องแบบถ่างจะทำให้ได้ค่า Nu เพิ่มขึ้นจากกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง และมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นและลดลงของค่า Nu ตามสัดส่วน B/b ที่คล้ายกัน ยกเว้นกรณีที่ L/L_h มีค่าเท่ากับ 2 โดยมีสัดส่วน B/b เท่ากับ 1 ซึ่งผลจากการคำนวณทางระเบียบวิธีเชิงตัวเลขพบว่า การติดปล่องโดยมีสัดส่วนดังกล่าวจะไม่ช่วยให้มีการระบายความร้อนจากผนังท่อดีขึ้นจากกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง โดยจะเห็นได้จากค่า Nu ที่ได้มีค่าต่ำกว่ากรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง ซึ่งขัดแย้งกับผลที่ได้จากการทดลอง ที่ได้ค่า Nu เพิ่มขึ้นจากกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง และที่สัดส่วน B/b เท่ากับ 5 และ 7 ในกรณีที่ L/L_h มีค่าเท่ากับ 2 ผลจากการทดลองพบว่า เมื่อขยายความกว้างของปลายปล่องจากสัดส่วน B/b เท่ากับ 5 เพิ่มขึ้นเป็น 7 จะได้ค่า Nu ลดลงอย่างเห็นได้ชัด แต่ผลจากการคำนวณทางระเบียบวิธีเชิงตัวเลขกลับได้ค่า Nu ใกล้เคียงกัน โดยที่สัดส่วน B/b เท่ากับ 7 จะได้ค่า Nu ต่ำกว่าที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สัดส่วน B/b เท่ากับ 5 เพียงเล็กน้อย สำหรับสัดส่วน B/b ที่ดีที่สุด จากการศึกษาวิจัยทั้งสองวิธีพบว่ามีสัดส่วนเหมือนกันทั้งสองวิธี

สำหรับกรณีที่ L_h/b มีค่าเท่ากับ 2.5 เมื่อให้ความร้อนแก่ผนังท่อ 300 W/m^2 จากรูปที่ 4.9 และ 4.17 จะเห็นว่าค่า Nu ที่ได้จากการศึกษาวิจัยทั้งสองวิธีมีความสอดคล้องกันในกรณีที่เมื่อติดปล่องแบบถ่างที่ด้านบนท่อแล้วจะทำให้ได้ค่า Nu เพิ่มขึ้นจากกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง และได้ค่า Nu มากที่สุดในแต่ละสัดส่วน L/L_h ที่สัดส่วน B/b มีค่าเหมือนกัน แต่ค่า Nu ที่ได้จากการทดลองจะมีค่ามากกว่าเล็กน้อย และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบในแต่ละสัดส่วน B/b จะเห็นได้ว่าค่า Nu ที่ได้จากการทดลองในกรณีที่ L/L_h มีค่าเท่ากับ 2 โดยมีสัดส่วน B/b เท่ากับ 1และ 2 จะมีค่ามากกว่าค่า Nu ในกรณีที่ L/L_h มีค่าเท่ากับ 3 ที่สัดส่วน B/b มีค่าเท่ากัน แต่ผลจากการคำนวณทางระเบียบวิธีเชิงตัวเลขพบว่าค่า Nu ที่ได้จากการติดปล่องโดยมีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 3 จะมีค่ามากกว่าค่า Nu ที่ได้จากการติดปล่องโดยมีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 เมื่อสัดส่วน B/b มีค่าเท่ากัน

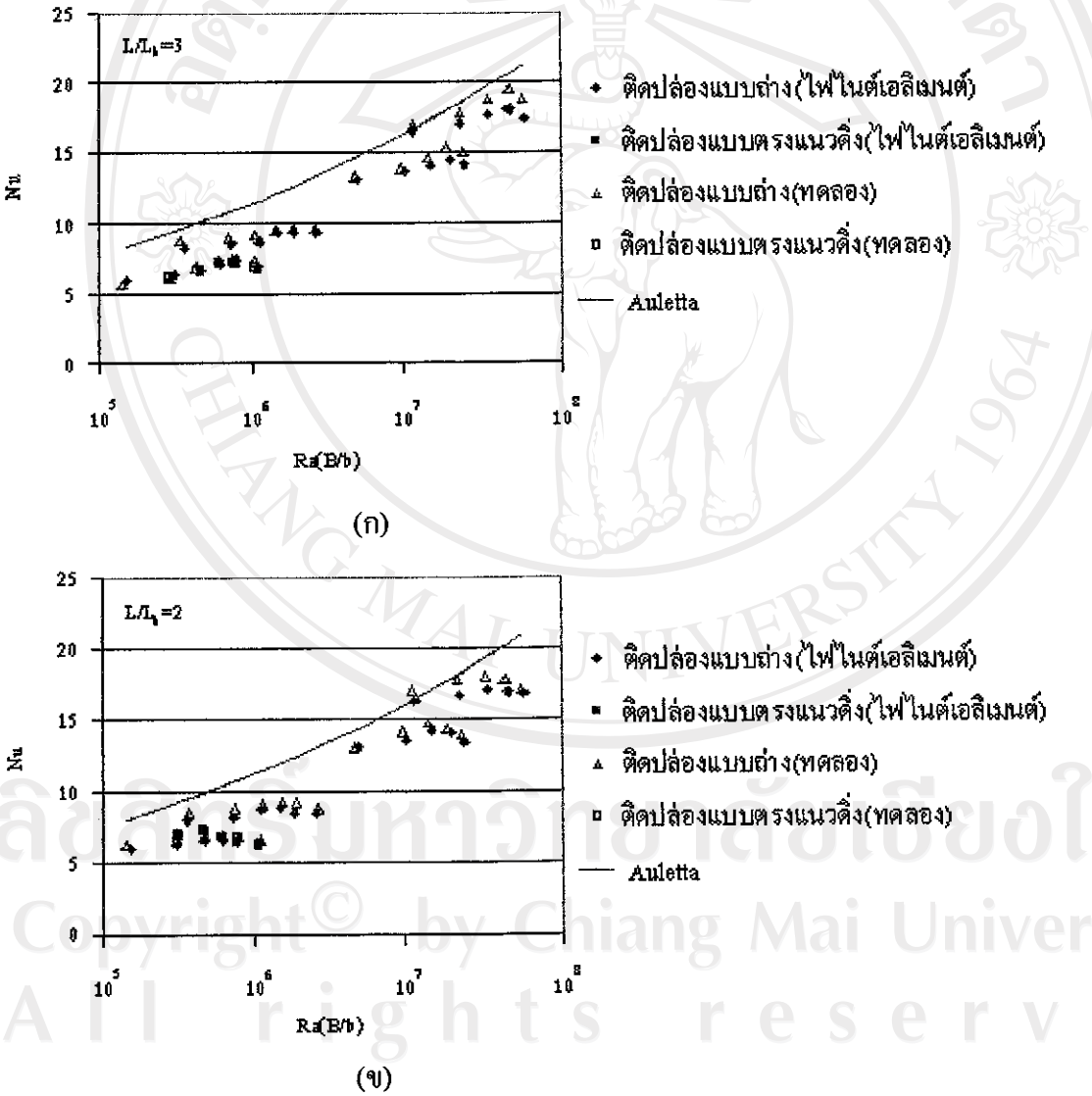
จากการเปรียบเทียบผลของค่า Nu ที่ได้จากการศึกษาวิจัยทั้งสองวิธีจะเห็นว่า โดยภาพรวมแล้วได้ผลที่สอดคล้องกัน แต่จะมีความแตกต่างกันในปริมาณของค่า Nu ที่ได้ ซึ่งส่วนใหญ่ค่า Nu ที่ได้จากการทดลองจะมีค่ามากกว่าค่า Nu ที่ได้จากผลการคำนวณทางระเบียบวิธีเชิงตัวเลขเล็กน้อย และในบางสัดส่วน L/L_h และ B/b ที่ได้ผลตรงกันข้าม ซึ่งสาเหตุที่ทำให้มีความแตกต่างกันเนื่องจาก ในการคำนวณโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป มีการแบ่งเอลิเมนต์ในแบบจำลองของโปรแกรมที่ไม่สมมาตรในบางส่วน ประกอบกับมีความคลาดเคลื่อนสะสมจากการคำนวณในแต่ละรอบ นอกจากนี้ในการคำนวณของโปรแกรมไม่ได้คิดผลกระทบจากการแผ่รังสีความร้อน ซึ่งในการทดลองจะมีการแผ่รังสีความร้อนเกิดขึ้นและมีการพาความร้อนที่บริเวณขอบของผนังท่อ อีกทั้งยังเกิดการนำความร้อนที่ผนังท่อ จึงทำให้ผลจากการศึกษาวิจัยทั้งสองวิธีมีความแตกต่างกัน

4.3.3 เปรียบเทียบผลจากการศึกษาวิจัยนี้กับงานวิจัยของ Auletta และคณะ (2000)

หากเปรียบเทียบผลของค่า Nu ที่ได้จากการศึกษาวิจัยทั้งสองวิธีในทุกกรณีกับงานวิจัยของ Auletta และคณะ (2000) ซึ่งได้วิจัยในกรณีท่อติดปล่องแบบตรงแนวดิ่ง ดังรูปที่ 4.18 จะเห็นได้ว่าโดยภาพรวมแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่า Nu ตามค่า Ra(B/b) มีลักษณะคล้ายกัน แต่ค่า Nu ที่ได้จากการศึกษาวิจัยนี้มีค่าน้อยกว่า ซึ่งมีสาเหตุมาจากค่าความร้อนที่ใช้คำนวณต่างกัน โดยงานวิจัยของ Auletta และคณะ (2000) ใช้ค่าความร้อนที่เกิดจากการพาความร้อนจากผนังท่อ ซึ่งได้คิดการสูญเสียความร้อนจากความร้อนที่ให้กับเครื่องทำความร้อน โดยค่าความร้อนที่ใช้ในการคำนวณจะมีค่าเท่ากับค่าความร้อนที่ให้กับเครื่องทำความร้อนลบด้วยค่าความร้อนที่สูญเสียจากเครื่องทำความร้อนโดยการนำความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนไปสู่สิ่งแวดล้อม โดย Auletta และคณะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(2000) ได้รายงานว่าฟลักซ์ความร้อนที่เกิดจากการพาความร้อนจากผนังท่อจะมีค่าต่ำกว่า 100 และ 300 W/m^2 ซึ่งเป็นความร้อนที่ให้กับเครื่องทำความร้อน ประมาณ 12-14% ส่วนการศึกษาวิจัยนี้ค่าความร้อนที่ให้กับผนังท่อจะมีค่าเท่ากับค่าความร้อนตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้ คือ ฟลักซ์ความร้อนที่ไหลผ่านผนังท่อจะมีค่าเท่ากับ 100 และ 300 W/m^2 โดยได้ทำการวัดอุณหภูมิและวัดความเร็วที่ทางเข้าและทางออกของท่อในขณะที่ยังไม่ได้ติดปล่อง แล้วนำมาคำนวณหาค่าความร้อนตามสมการ $Q = \frac{\dot{m} c_p \Delta T}{H}$ ซึ่งจะปรับกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเครื่องทำความร้อนที่ประกบติดกับผนังท่อแต่ละด้านจนทำให้ได้ค่าความร้อนจากการคำนวณตามสมการดังกล่าวเท่ากับ 40 W/m สำหรับกรณี 100



รูปที่ 4.18 เปรียบเทียบค่า Nu ที่ได้จากการศึกษาวิจัยกับสมการของ Auletta และคณะ (2000) ในกรณี (ก) L/L_h เท่ากับ 2 และ (ข) L/L_h เท่ากับ 3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

W/m^2 และ 120 W/m สำหรับกรณี 300 W/m^2 แล้วทำการทดลองทั้งกรณีท่อที่ไม่ติดปล่องและท่อที่ติดปล่อง ทำให้ค่าความร้อนที่ใช้คำนวณและผลของอุณหภูมิที่ผนังท่อในการศึกษาวิจัยนี้มีค่ามากกว่างานวิจัยของ Auletta และคณะ (2000)

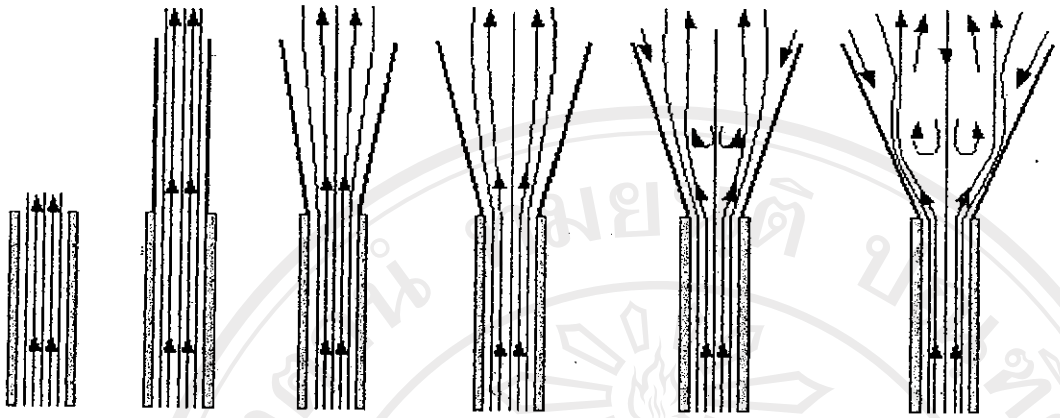
4.3.4 เปรียบเทียบลักษณะการไหลในแบบจำลองสำหรับการศึกษาวิจัยนี้กับงานวิจัยของ Asako และคณะ (1989)

ผลจากการคำนวณโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งสามารถแสดงเป็นภาพลักษณะการไหลในแบบจำลองดังภาพตัวอย่างลักษณะการไหลที่แสดงในรูปที่ 4.13 ทำให้ทราบว่าในกรณีที่ติดปล่องด้านบนท่อ การถ่ายเทความร้อนจากผนังท่อจะน้อยลงถ้าเกิดการไหลของอากาศจากภายนอกเข้ามาทางด้านบนของปล่อง และเกิดการหมุนวนของอากาศภายในปล่อง โดยที่ค่า Nu จะลดลงเมื่อความกว้างของปล่องมากเกินไปจนทำให้เกิดการไหลที่มีลักษณะดังกล่าว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Asako และคณะ (1989) ที่ว่า ถ้าความกว้างของปล่องมากเกินจนทำให้เกิดการไหลหมุนวนของอากาศภายในปล่อง และเกิดการไหลของอากาศจากภายนอกเข้ามาที่ด้านบนของปล่องจะทำให้มีการถ่ายเทความร้อนจากผนังท่อน้อยลง หรือกล่าวได้ว่าการถ่ายเทความร้อนจากผนังท่อจะดีที่สุดเมื่อติดปล่องที่มีความกว้างมากที่สุดที่ยังไม่ทำให้เกิดการหมุนวนของอากาศภายในปล่องและเกิดการไหลของอากาศจากภายนอกเข้ามาที่ด้านบนของปล่อง

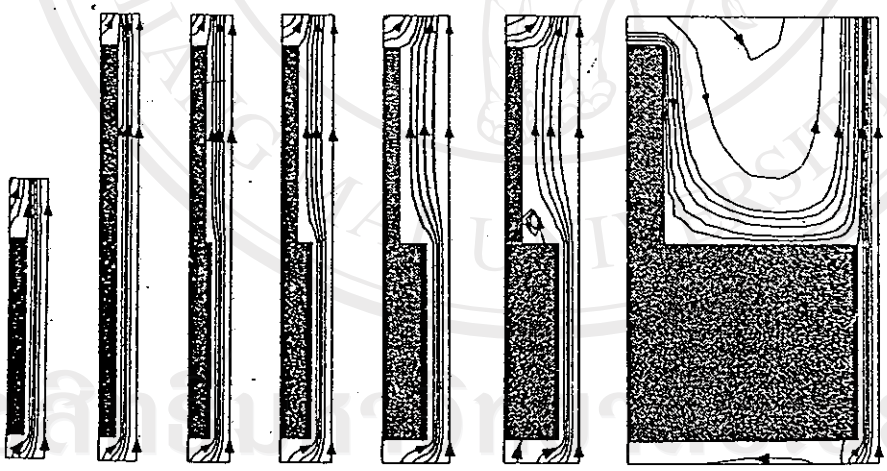
สำหรับการศึกษาวิจัยนี้สัดส่วน B/b ที่มากที่สุดที่ยังไม่ทำให้เกิดการหมุนวนของอากาศภายในปล่อง และเกิดการไหลของอากาศจากภายนอกเข้ามาที่ด้านบนของปล่อง คือสัดส่วน B/b ที่ทำให้ได้ค่า Nu มากที่สุดในแต่ละสัดส่วน L/L_h ซึ่งสัดส่วน B/b ที่ดีที่สุดได้กล่าวมาแล้วก่อนหน้านี้

ในรูปที่ 4.19 แสดงลักษณะการไหลภายในของท่อที่ไม่ติดปล่อง และท่อที่ติดปล่องแบบถ่าง ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อขยายความกว้างของปลายปล่องจนทำให้เกิดการหมุนวนของอากาศภายในปล่อง และเกิดการไหลของอากาศจากภายนอกเข้ามาที่ด้านบนของปล่อง การไหลของอากาศดังกล่าวจะขัดขวางการไหลของอากาศที่ไหลออกมาจากท่อซึ่งจะส่งผลให้ปริมาณการถ่ายเทความร้อนจากผนังท่อน้อยลง ส่วนรูปที่ 4.20 แสดงลักษณะการไหลในท่อที่ไม่ติดปล่องและท่อที่ติดปล่องแบบตรงแนวดิ่งในงานวิจัยของ Asako และคณะ (1989) ซึ่งใช้วิธีการวิเคราะห์ทางระเบียบวิธีเชิงตัวเลข โดยรูปที่ 4.20(จ) แสดงลักษณะการไหลภายในท่อที่ติดปล่องแบบตรงแนวดิ่ง ซึ่งมีสัดส่วนความกว้างดีที่สุดที่ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนมากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.19 เส้นกระแสการไหลภายในท่อที่ไม่ติดปล่องและท่อที่ติดปล่องแบบถ่าง



รูปที่ 4.20 เส้นกระแสการไหล สำหรับ L/L_h เท่ากับ 2 โดยที่ (ก) ท่อไม่ติดปล่อง (ข) B/b เท่ากับ 1 (ค) B/b เท่ากับ 1.3 (ง) B/b เท่ากับ 1.7 (จ) B/b เท่ากับ 2.2 (ฉ) B/b เท่ากับ 2.9 และ (ช) B/b เท่ากับ 10.7 (จากงานวิจัยของ Asako และคณะ (1989)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved