บทที่ 3
วิธีดำเนินการศึกษาวิจัย

ในการศึกษาวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาการระบายความร้อนโดยวิธีธรรมชาติจากผนังท่อแบบแผ่นขนานที่ไม่ได้ติดปล่อง ซึ่งมีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 2.5 และ 5 เปรียบเทียบกับกรณีท่อแบบแผ่นขนานที่ติดปล่องแบบถ่าง ซึ่งพิจารณาที่สัดส่วน B/b มีค่าอยู่ในช่วง 1-7 และ L/L_h มีค่าเท่ากับ 2 และ 3 สำหรับสัดส่วน L_h/b มีค่าเหมือนกับกรณีท่อที่ไม่ได้ติดปล่อง เมื่อให้ความร้อนแก่ผนังท่อ 100 และ 300 W/m^2 โดยพิจารณาจากอุณหภูมิที่ผนังท่อ ซึ่งได้นำมาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและค่า Nu นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาวิจัยการระบายความร้อนโดยวิธีธรรมชาติจากผนังท่อแบบแผ่นขนานที่ติดปล่องแบบตรงแนวดิ่ง ในกรณีที่สัดส่วน L_h/b มีค่าเท่ากับ 5 สำหรับสัดส่วน B/b มีค่าอยู่ในช่วง 1-7 และ L/L_h มีค่าเท่ากับ 2 และ 3 เมื่อให้ความร้อนแก่ผนังท่อ 100 W/m^2 เพื่อที่จะสามารถนำไปเปรียบเทียบกับกรณีท่อติดปล่องแบบถ่างที่มีเงื่อนไขและสัดส่วนต่าง ๆ เหมือนกัน และเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Auletta และคณะ (2000) ได้ ซึ่งได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการระบายความร้อนโดยวิธีธรรมชาติจากผนังท่อแบบแผ่นขนานที่ติดปล่องแบบตรงแนวดิ่ง ซึ่งให้ความร้อนแก่ผนังท่อคงที่ สำหรับการศึกษาวิจัยนี้ได้ใช้วิธีดำเนินการศึกษาวิจัย 2 วิธี ได้แก่ วิธีการทดลอง และคำนวณทางระเบียบวิธีเชิงตัวเลขแบบไฟไนต์เอลิเมนต์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งในแต่ละวิธีใช้ขนาดและสัดส่วนต่าง ๆ ของท่อและปล่องเหมือนกัน รายละเอียดของวิธีดำเนินการศึกษาวิจัยทั้งสองวิธีมีดังนี้

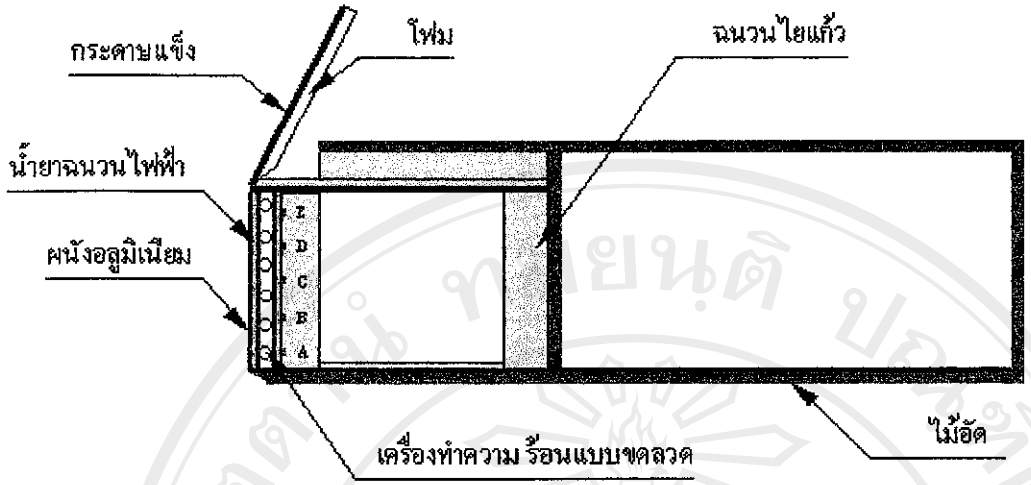
3.1 การทดลอง

ในการทดลองจะพิจารณาถึงลักษณะของปล่องที่สัดส่วนต่าง ๆ ซึ่งมีผลต่อการระบายความร้อนจากผนังท่อ โดยรูปแบบการทดลองประกอบด้วย

3.1.1 ชุดทดลอง

ชุดทดลองประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังรูปที่ 3.1 ซึ่งได้แสดงภาคตัดด้านข้างของชุดทดลองด้านหนึ่ง ส่วนภาพชุดทดลองจริงแสดงอยู่ในรูปที่ 3.5 มีรายละเอียดดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.1 ภาคตัดด้านข้างชุดทดลอง

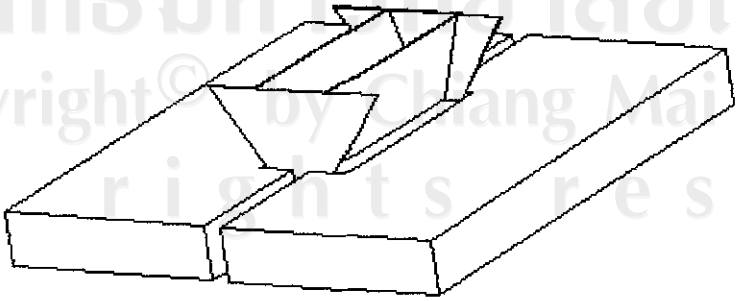
(1) ท่อแบบแผ่นขนาน ผนังท่อแบบแผ่นขนานทำจากแผ่นอะลูมิเนียม ซึ่งมีขนาดยาว 100 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร เมื่อประกอบเป็นท่อทางด้านหน้าและด้านหลังของท่อถูกปิดด้วยแผ่นกระจก ซึ่งได้ปิดทับด้วยแผ่นโฟมหนา 1.2 เซนติเมตร อีกชั้นหนึ่ง และระหว่างผนังท่อกับเครื่องทำความร้อนฉาบกั้นด้วยน้ำยาฉนวนไฟฟ้า

(2) เครื่องทำความร้อน เครื่องทำความร้อนขนาด 3600 W ดังรูปที่ 3.3 ทำจากขดลวดความร้อนขนาด 600 วัตต์ จำนวน 6 เส้น โดยต่อแบบขนาน แต่ละเส้นมีสัดส่วนต่อพื้นที่เท่ากัน และเครื่องมีความยาว 100 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร

(3) โครงสร้าง โครงสร้างในแต่ละด้านมีขนาด กว้าง 100 เซนติเมตร ยาว 245 เซนติเมตร และสูง 25 เซนติเมตร ทำจากไม้อัดพาติเคิล ภายในปิดด้วยฉนวนไยแก้ว

(4) ปล่อง ปล่องทำจากโฟมหนา 1.2 เซนติเมตร ปิดทับด้วยกระดาษแข็งผิวเรียบสีดำ ดังรูปที่ 3.4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.2 ชุดทดลองกรณีติดปล่องแบบถ่าง

เมื่อประกอบชุดทดลองแล้วชุดทดลองจะอยู่สูงจากพื้น 85 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.5 ซึ่งแสดงภาพชุดทดลองจริง และเมื่อติดปล่องในกรณี L/L_h เท่ากับ 3 ปลายของปล่องจะอยู่ห่างจากเพดานประมาณ 115 เซนติเมตร

รูปที่ 3.3 เครื่องทำความร้อน

รูปที่ 3.4 ผนังปล่อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 3.5 ชุดทดลองจริง

3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย

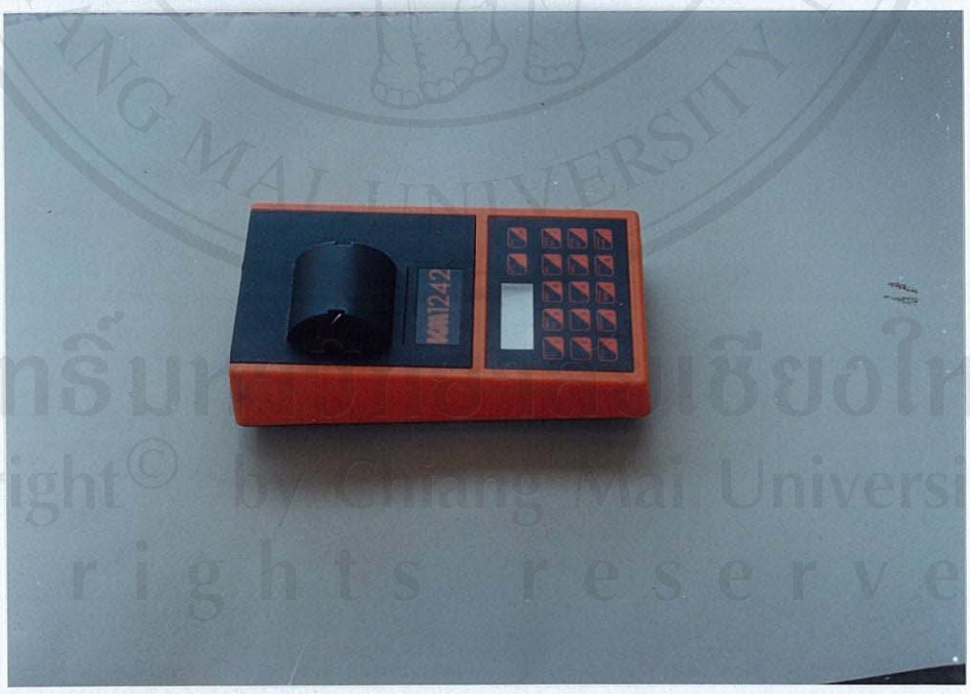
(1) เครื่องปรับกำลังไฟฟ้า ยี่ห้อ SIAM NEOLINE ดังรูปที่ 3.6 สามารถใช้ปรับกำลังไฟฟ้าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 5000 W ใช้สำหรับปรับกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้เครื่องทำความร้อน

(2) เครื่องวัดอุณหภูมิแบบ 5 ช่องสัญญาณ ยี่ห้อ KANE-MAY รุ่น KM1242 ดังรูปที่ 3.7 สามารถวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ –100 °C ถึง +1200 °C มีความละเอียดในการวัด 0.1 °C และมีความแม่นยำในการวัด ± 0.2 °C ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิของผนังท่อ และอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้า

(3) แคล้มป์มิเตอร์ ยี่ห้อ DIGICON รุ่น MG-51 ดังรูปที่ 3.8 สามารถวัดกำลังไฟฟ้าได้ละเอียดถึง 0.01 kW และมีความแม่นยำในการวัด ± 1% ของค่าที่อ่านได้ ใช้สำหรับวัดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเครื่องทำความร้อน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 3.6 เครื่องปรับกำลังไฟฟ้า



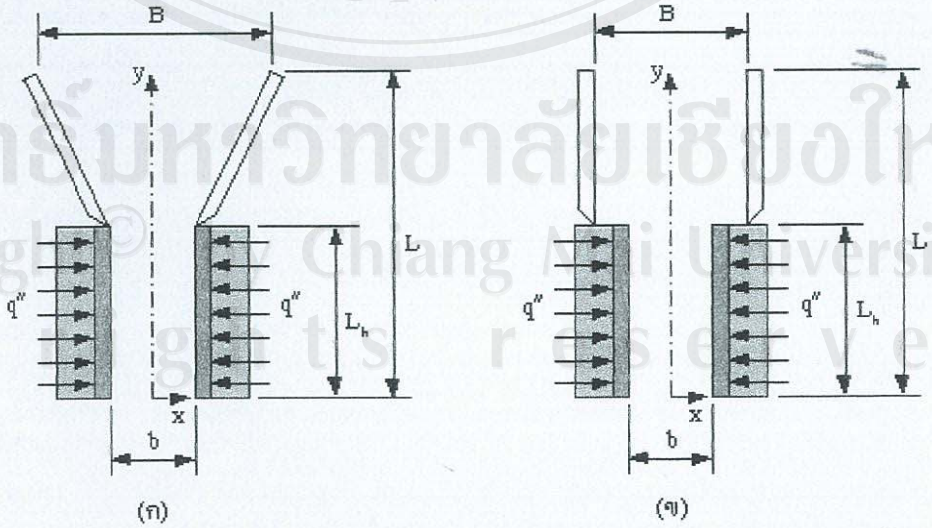
รูปที่ 3.7 เครื่องวัดอุณหภูมิ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 3.8 แคล้มป์มิเตอร์

3.1.3 วิธีการทดลอง

การทดลองได้ใช้ขนาดความกว้างของท่อ (b) เท่ากับ 4 และ 8 เซนติเมตร ความสูงของท่อ (L_h) เท่ากับ 20 เซนติเมตร โดยที่ท่อมีความลึก 100 เซนติเมตร ซึ่งสัญลักษณ์ที่ใช้แทนขนานด้านต่าง ๆ แสดงอยู่ในรูปที่ 3.9 การทดลองมีลำดับขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 3.9 ท่อแบบแผ่นขนาน (ก) ติดปล่องแบบถ่าง (ข) ติดปล่องแบบตรงแนวดิ่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(1) จัดชุดทดลองในกรณีไม่ติดปล่องให้มีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 5

(2) จ่ายพลังงานความร้อนจากเครื่องทำความร้อนให้กับผนังท่อในแต่ละด้าน โดยใช้เครื่องปรับแรงดันไฟฟ้าดังรูปที่ 3.6 เพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้าขนาด 20 W หรือ 100 W/m^2

(3) เมื่ออุณหภูมิที่ผนังท่อคงที่หรือการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่สภาวะสมดุล ทำการเก็บบันทึกข้อมูลอุณหภูมิผนังท่อและอุณหภูมิของอากาศที่บริเวณทางเข้า 3 ครั้ง โดยในแต่ละครั้งมีระยะเวลาห่างกัน 30 นาที ซึ่งข้อมูลอุณหภูมิที่เก็บบันทึกได้จะนำมาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและค่า Nu ตามสมการ 2.5 ที่ได้แสดงอยู่ในบทที่ 2 สำหรับตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิอยู่ที่ด้านหลังผนังท่อที่ระยะความสูงจากทางเข้า 2, 6, 10, 14 และ 18 เซนติเมตร ซึ่งตัวอย่างจุดวัดอุณหภูมิแสดงอยู่ในรูปที่ 3.1 จุด A B C D และ E ตามลำดับ ใช้เครื่องวัดอุณหภูมิดังรูปที่ 3.7 ในการวัดและบันทึกค่า

(4) ทดลองอีกครั้งโดยจ่ายพลังงานความร้อนให้กับผนังท่อ 60 W หรือ 300 W/m^2 แล้วทำการเก็บข้อมูลตามข้อ 3

(5) จัดชุดทดลองให้มีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 และ L_h/b เท่ากับ 5 แล้วทำการทดลองตามข้อ 2 ถึง 3 สำหรับกรณีท่อติดปล่องแบบตรงแนวดิ่ง ส่วนกรณีท่อติดปล่องแบบถ่างทำการทดลองตามข้อ 2 ถึง 4 ซึ่งในแต่ละกรณีทดลองโดยที่สัดส่วน B/b มีค่าเท่ากับ 1, 2, 3, 4, 5 และ 7

(6) จัดชุดทดลองให้มีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 3 และ L_h/b เท่ากับ 5 แล้วทำการทดลองตามข้อ 2 ถึง 3 สำหรับกรณีท่อติดปล่องแบบตรงแนวดิ่ง ส่วนกรณีท่อติดปล่องแบบถ่างทำการทดลองตามข้อ 2 ถึง 4 ซึ่งในแต่ละกรณีทดลองโดยมีการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วน B/b เช่นเดียวกับข้อ 5

(7) จัดชุดทดลองในกรณีไม่ติดปล่องให้มีสัดส่วน L_h/b เท่ากับ 2.5 แล้วทำการทดลองตามข้อ 2 ถึง 4

(8) จัดชุดทดลองให้มีสัดส่วน L/L_h เท่ากับ 2 และ L_h/b เท่ากับ 2.5 แล้วทำการทดลองตามข้อ 2 ถึง 4 ในกรณีติดปล่องแบบถ่าง โดยมีการเปลี่ยนแปลงสัดส่วน B/b ให้มีค่าตั้งแต่ 1-5

(9) ทำการทดลองตามข้อ 8 แต่เปลี่ยนสัดส่วนส่วน L/L_h ให้มีค่าเท่ากับ 3

3.2 การคำนวณโดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

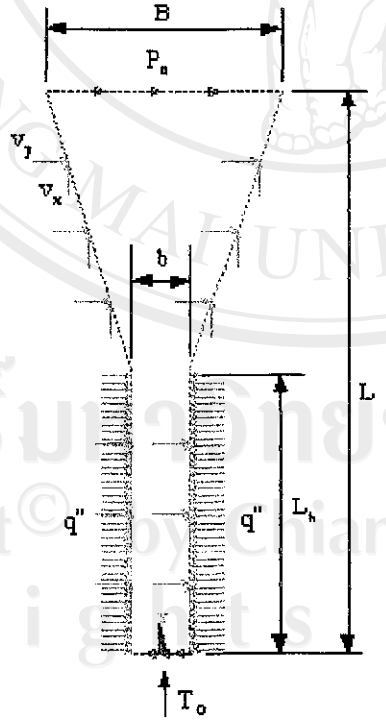
ในการคำนวณโดยวิธีทางระเบียบวิธีเชิงตัวเลขแบบไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับการศึกษาวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งสามารถใช้คำนวณเกี่ยวกับปัญหาทางพลศาสตร์ของไหล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(Computational fluid dynamics, CFD) โดยทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในโปรแกรมได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 2 ส่วนในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนในการดำเนินการทางโปรแกรม ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

3.2.1 ข้อมูลนำเข้า

เริ่มจากสร้างแบบจำลองในโปรแกรม โดยแบบจำลองที่สร้างมีขนาดและสัดส่วนต่าง ๆ เหมือนกับที่ใช้ในการทดลอง หลังจากนั้นทำการแบ่งเอลิเมนต์ ซึ่งมีจำนวนเอลิเมนต์ในแต่ละแบบจำลอง 25000 เอลิเมนต์ขึ้นไป โดยในกรณีวิเคราะห์แบบ 2 มิติ สำหรับปัญหาลักษณะนี้โปรแกรมได้กำหนดให้เลือกใช้ลักษณะเอลิเมนต์เพียง 2 ลักษณะคือ เอลิเมนต์แบบสามเหลี่ยมสามโหนด และเอลิเมนต์แบบสี่เหลี่ยมสี่โหนด สำหรับการศึกษาวิจัยนี้ได้เลือกใช้เอลิเมนต์แบบสามเหลี่ยมสามโหนด เนื่องจากเมื่อแบ่งเอลิเมนต์ในแบบจำลองจะมีความสมมาตรและมีการจัดเรียงของเอลิเมนต์ดีกว่าการใช้เอลิเมนต์แบบสี่เหลี่ยมสี่โหนด ซึ่งจะทำให้การคำนวณถูกต้องมากกว่าด้วย เมื่อสร้างรูปทรงของแบบจำลองและแบ่งเอลิเมนต์แล้ว ทำการกำหนดค่าเงื่อนไขที่ขอบเขตของแบบจำลองทุกด้านดังรูปที่ 3.10 โดยกำหนดให้ความเร็ว v_x และ v_y ที่ผนังท่อและปล่องมีค่าเท่ากับศูนย์ ใส่ค่าความร้อน (q'') ที่ผนังท่อ ซึ่งแบ่งเป็นสองกรณีคือ 100 และ 300 W/m^2 กำหนดอุณหภูมิขาเข้าเท่ากับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม (T_0) โดยใช้ค่าเท่ากับ 298 $^{\circ}K$ กำหนดให้ความแตกต่างของความดันที่ทางออกกับความดันของสิ่งแวดล้อม (ΔP) มีค่าเท่ากับศูนย์ และกำหนดคุณ



รูปที่ 3.10 แสดงการใส่เงื่อนไขที่ขอบทุกด้านในแบบจำลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สมบัติของของไหลเป็นอากาศซึ่งได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 หัวข้อ 2.2.1.9 โดยข้อมูลทั้งหมดนี้โปรแกรมจะนำไปใช้คำนวณต่อไป

3.2.2 การคำนวณและสรุปผล

หลังจากโปรแกรมอ่านข้อมูลนำเข้าแล้ว การคำนวณจะเริ่มจากสร้างสมการไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับทุก ๆ เอลิเมนต์ แล้วรวมเป็นระบบสมการจากทุกเอลิเมนต์ ซึ่งจะมีการประยุกต์สมการให้สอดคล้องกับเงื่อนไขที่ขอบและคุณสมบัติของของไหลที่ได้กำหนดไว้ จากนั้นทำการคำนวณโดยเริ่มประมาณค่าเริ่มต้น แล้วคำนวณทวนย้ำไปจนกระทั่งได้คำตอบที่แท้จริง ซึ่งลำดับขั้นตอนการคำนวณโดยใช้สมการต่าง ๆ ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 หัวข้อ 2.2.2 เมื่อโปรแกรมทำการคำนวณจนได้คำตอบแล้ว จะสรุปผลไว้ในไฟล์ผลลัพธ์ซึ่งจะแสดงผลในทุก ๆ โหนดตามหมายเลขโหนดที่โปรแกรมได้กำหนดขึ้น สำหรับการศึกษาวิจัยนี้ผลลัพธ์ที่สนใจคืออุณหภูมิที่ผนังท่อ ซึ่งจะนำไปคำนวณหาค่า Nu ตามสมการ 2.5 ที่ได้แสดงไว้ในบทที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบกับการทดลองต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved