

การนำความร้อน

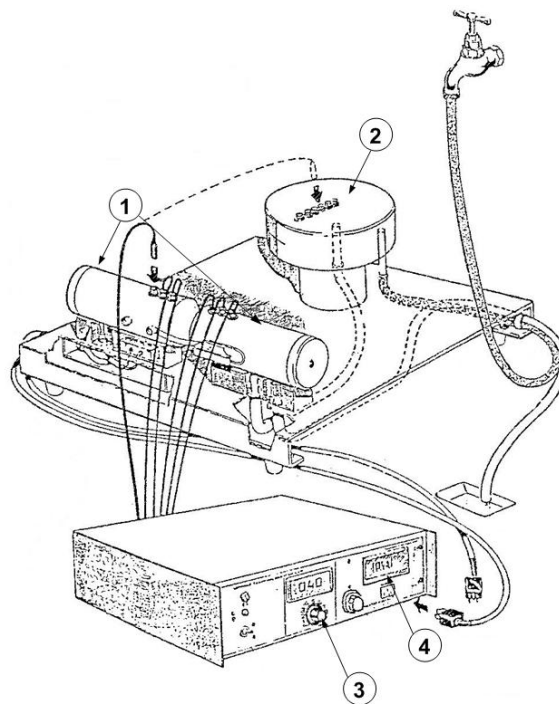
อาทิตย์ ภูณศรีสุข

กล่าวนำ

การนำความร้อน(heat conduction)เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในวัตถุเมื่ออุณหภูมิภายในเนื้อวัตถุมีค่าแตกต่างกัน หรือเกิดขึ้นระหว่างวัตถุที่มีอุณหภูมิแตกต่างและสัมผัสกันอยู่ โดยวัตถุหรือตัวนำดังกล่าวต้องไม่เคลื่อนที่หรือโดยสัมผัสกันแล้วหยุดนิ่ง ซึ่งปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทได้ในการนำความร้อนนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติกับรูปทรงของวัตถุ และขนาดของอุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปในชีวิตประจำวัน เมื่อเกิดการนำความร้อน ความร้อนอาจจะไหลไปในทุกทิศทาง จึงเป็นเรื่องยุ่งยากเมื่อต้องวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้น ดังนั้น ในปฏิบัติการนี้ เครื่องมือทดลองได้จำลองให้การนำความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นไปในทิศทางเดียว เพื่อให้เป็นการง่ายในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นกับขนาดของอุณหภูมิที่ต่างกันและพื้นที่หน้าตัดของการนำความร้อน โดยปฏิบัติการนี้ได้แบ่งออกเป็น 6 การทดลองย่อย เพื่อศึกษาการนำความร้อนในหลากหลายแง่มุม

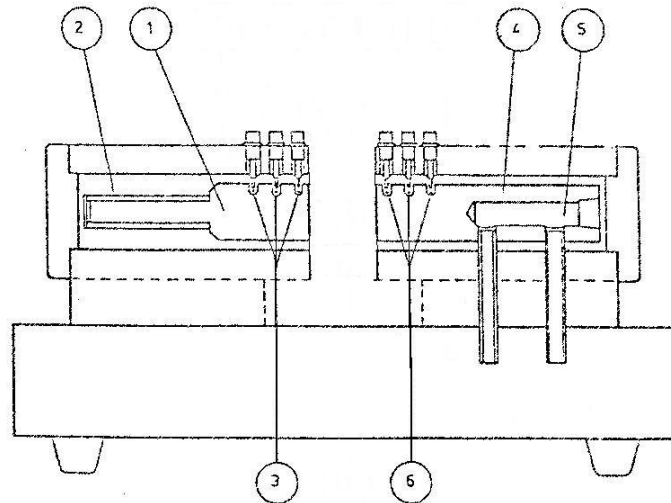
เครื่องมือทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นแท่งทองเหลืองรูปทรงกระบอกหุ้มฉนวนเพื่อใช้ทดลองการนำความร้อนในแนวเส้นตรง(หมายเลข 1 ในรูปที่ 1) กับส่วนที่เป็นแผ่นทองเหลืองกลมหุ้มฉนวนเพื่อใช้ทดลองการนำความร้อนในแนวรัศมี(หมายเลข 2 ในรูปที่ 1) ในการสร้างความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในเนื้อโลหะนั้น ได้ติดตั้งตัวทำความร้อนแบบใช้ไฟฟ้าไว้ที่ด้านหนึ่งของโลหะ และมีน้ำหล่อเย็นที่อีกด้านของโลหะ โดยตัวทำความร้อนนี้มีเครื่องควบคุมที่สามารถตั้งค่าปริมาณความร้อนที่ต้องการได้(หมายเลข 3 ในรูปที่ 1) และเครื่องควบคุมนี้ยังมีส่วนที่ใช้ในการแสดงผลอุณหภูมิ(หมายเลข 4 ในรูปที่ 1) ซึ่งต่ออยู่กับอุปกรณ์สำหรับวัดอุณหภูมิ(ในที่นี้ใช้ thermistors) ภายในตัวนำ



รูปที่ 1 เครื่องมือทดลอง

ชุดที่ใช้ทดลองการนำความร้อนในแนวเส้นตรงนั้นมีส่วนประกอบดังรูปที่ 2 ซึ่งแบ่งออกเป็นสองส่วน ได้แก่ ส่วนที่ติดกับตัวทำความร้อนกับส่วนที่อยู่ติดกับน้ำหล่อเย็น ในส่วนที่ติดกับตัวทำความร้อนนั้น หมายเลข 1 คือแท่งทองเหลืองที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ซึ่งต่ออยู่กับตัวทำความร้อน(หมายเลข 2) และมีอุปกรณ์วัดอุณหภูมิจำนวน 3 ตัว(หมายเลข 3)ติดตั้งห่างกัน 10 มิลลิเมตร ในส่วนที่ติดกับน้ำหล่อเย็นนั้น หมายเลข 4 คือแท่งทองเหลืองที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ซึ่งมีน้ำหล่อเย็นที่ตำแหน่งหมายเลข 5 และมีอุปกรณ์วัดอุณหภูมิจำนวน 3 ตัว(หมายเลข 6)ติดตั้งห่างกัน 10 มิลลิเมตร ส่วนที่ติดกับน้ำหล่อเย็นนี้สามารถเลื่อนเข้าไปจนชิดหรือเลื่อนออกห่างส่วนที่ติดกับตัวทำความร้อนได้

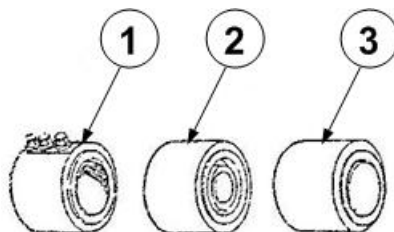


รูปที่ 2 ชุดทดลองการนำความร้อนในแนวเส้นตรง

การที่ส่วนที่ติดกับน้ำหล่อเย็นสามารถเคลื่อนที่ออกห่างจากส่วนที่ติดกับตัวทำความร้อนได้นี้ก็เพื่อให้สามารถติดตั้งชั้นทดสอบเพิ่มเติมเข้าไปได้ ซึ่งชั้นทดสอบที่มีในห้องปฏิบัติการมีรายละเอียดดังนี้

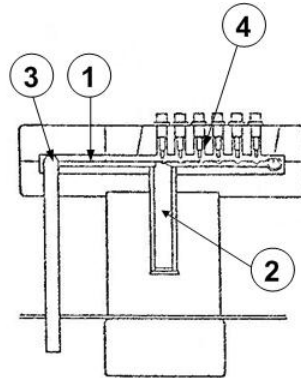
ชั้นทดสอบ	วัสดุ	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ความยาว (มิลลิเมตร)	อุปกรณ์วัด อุณหภูมิ
1	ทองเหลือง	25	30	มี
2	ทองเหลือง	13	30	ไม่มี
3	สแตนเลส	25	30	ไม่มี

และมีส่วนประกอบดังรูปที่สาม



รูปที่ 3 ชั้นทดสอบการนำความร้อนในแนวเส้นตรง

ส่วนชุดทดลองการนำความร้อนในแนวรัศมีมีส่วนประกอบดังรูปที่ 4 หมายเลข 1 คือ แผ่นทองเหลืองกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร ติดตั้งตัวทำความร้อน(หมายเลข2)ไว้ที่กลางแผ่นทองเหลืองและมี ท่อน้ำหล่อเย็น(หมายเลข 3)ล้อมรอบแผ่นทองเหลือง หมายเลข 4 คือ อุปกรณ์วัดอุณหภูมิซึ่งตัวแรกติดตั้งที่ตำแหน่ง จุดศูนย์กลางแผ่น จากนั้นตัวถัดไปติดตั้งห่างออกมาที่ทุกระยะ 10 มิลลิเมตรตามแนวรัศมี รวมมีอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ ทั้งหมด 6 ตัว



รูปที่ 4 ชุดทดลองการนำความร้อนในแนวรัศมี

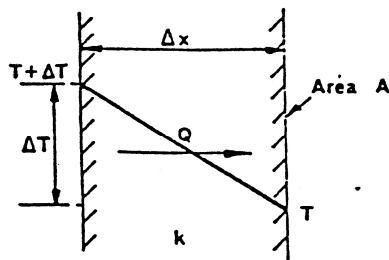
การทดลอง

ปฏิบัติการนี้แบ่งเป็น 6 การทดลองย่อย ดังนี้

การทดลองย่อยที่ 1 การนำความร้อนในแนวเส้นตรงผ่านตัวนำชนิดเดียวกัน

จุดประสงค์ เพื่อศึกษากฎของ Fourier สำหรับการนำความร้อนในแนวเส้นตรง

ทฤษฎี



รูปที่ 5 การนำความร้อนแบบหนึ่งมิติ

หากพิจารณาตัวนำที่มีความหนา Δx และมีพื้นที่หน้าตัดของการนำความร้อน A หน้าทั้งสองด้านของตัวนำมีอุณหภูมิต่างกันเท่ากับ ΔT ทำให้มีความร้อนไหลจากด้านที่มีอุณหภูมิสูงไปด้านที่มีอุณหภูมิต่ำด้วยอัตรา Q ดังรูปที่ 5 การถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า การนำความร้อน โดยมีความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องดังนี้

$$Q \propto A \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

หากตัวนำดังกล่าวมีองค์ประกอบที่เป็นเนื้อเดียวกันทั้งหมด(homogeneous) และตัวนำมีสัมประสิทธิ์การนำความร้อน(thermal conductivity)เท่ากับ k กฎของ Fourier กล่าวว่าไว้ว่า

$$Q = -kA \frac{dT}{dx}$$

การที่มีเครื่องหมายลบในสมการนั้นเนื่องจากความร้อนจะไหลไปในทิศทางที่อุณหภูมิลดลง

ขั้นตอนการทดลอง

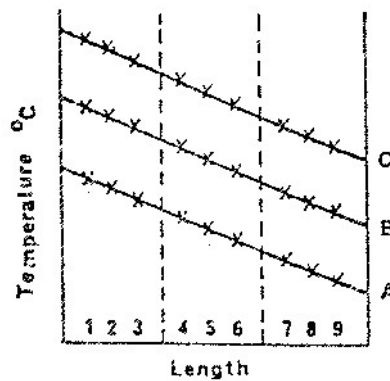
1. ใช้ชุดทดลองการนำความร้อนในแนวเส้นตรง โดยติดตั้งชิ้นทดสอบที่ 1 เข้าไประหว่างส่วนที่ติดกับตัวทำความร้อนกับส่วนที่อยู่ติดกับน้ำหล่อเย็น โดยก่อนติดตั้งให้ทาครีมช่วยประสานที่หน้าทั้งสองของชิ้นงานที่ 1 เพื่อช่วยให้หน้าสัมผัสประสานกันดีขึ้น
2. ตั้งค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ตัวทำความร้อนตามที่คุณควบคุมปฏิบัติการกำหนด แล้วรอจนกระทั่งอุณหภูมิของทองเหลืองที่อ่านได้ไม่เปลี่ยนแปลง จึงบันทึกอุณหภูมิของทองเหลืองทั้ง 9 ตำแหน่งในตาราง
3. ทำการทดลองดังข้อ 2 ซ้ำ โดยเปลี่ยนค่ากำลังไฟฟ้าไปอีก 2 ค่าตามที่คุณควบคุมปฏิบัติการกำหนด

ตารางบันทึกผล

การทดลอง	กำลังไฟฟ้า (watt)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	T ₃ (°C)	T ₄ (°C)	T ₅ (°C)	T ₆ (°C)	T ₇ (°C)	T ₈ (°C)	T ₉ (°C)
A										
B										
C										

การประเมินผล

1. เขียนกราฟแสดงอุณหภูมิต่างทองเหลืองทั้ง 9 ตำแหน่ง โดยให้แสดงที่ค่ากำลังไฟฟ้าทั้งสามในกราฟเดียว ดังรูปตัวอย่าง



รูปที่ 6 ตัวอย่างกราฟของการทดลองย่อยที่ 1

2. ค่าความชันของเส้นกราฟทั้งสามคือ $\frac{dT}{dx}$ จากค่าความชันทั้งสามนี้ให้ใช้ความสัมพันธ์ $k = \frac{Q}{A} \frac{dx}{dT}$

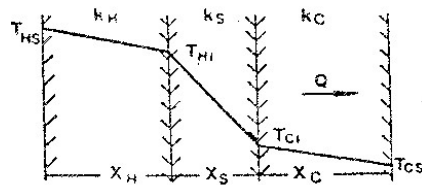
คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน, k ในหน่วย $W / m \cdot K$ แล้วเปรียบเทียบกับค่า k ของทองเหลืองซึ่งสามารถหาได้จากหนังสือคู่มือด้านการถ่ายเทความร้อน จากนั้นให้วิจารณ์ว่าค่าที่ได้จากกราฟทั้งสามเส้นและจากหนังสือคู่มือเท่ากันหรือไม่ อย่างไร และให้เหตุผลประกอบ

3. ให้อภิปรายผลของอุณหภูมิต่างทองเหลืองต่อค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

การทดลองย่อยที่ 2 การนำความร้อนในแนวเส้นตรงผ่านตัวนำต่างชนิดกัน

จุดประสงค์ เพื่อศึกษาการนำความร้อนในแนวเส้นตรงผ่านตัวนำต่างชนิดกัน และให้นักศึกษาสามารถคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม(overall heat transfer coefficient)ได้

ทฤษฎี



รูปที่ 7 การนำความร้อนผ่านตัวนำต่างชนิด

พิจารณาการนำความร้อนผ่านตัวนำดังรูปที่ 7 จาก

กฎของ Fourier ได้ว่า

$$\frac{Q}{A} = k_H \frac{T_{HS} - T_{HI}}{x_H} = k_S \frac{T_{HI} - T_{CI}}{x_S} = k_C \frac{T_{CI} - T_{CS}}{x_C}$$

ซึ่งสามารถจัดรูปใหม่ได้เป็น $\frac{Q}{A} = U(T_{HS} - T_{CS})$ เมื่อ $\frac{1}{U} = \frac{x_H}{k_H} + \frac{x_S}{k_S} + \frac{x_C}{k_C}$ เรียก U ว่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ซึ่งต้องใช้เมื่อศึกษาการนำความร้อนผ่านตัวนำต่างชนิดกัน

ขั้นตอนการทดลอง

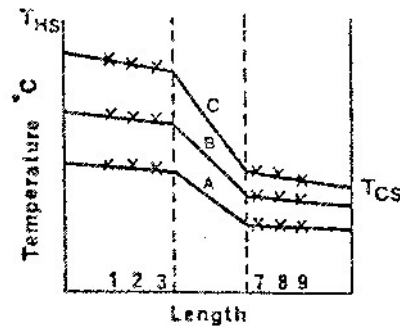
1. ใช้ชุดทดลองการนำความร้อนในแนวเส้นตรง โดยติดตั้งชิ้นทดสอบที่ 3 เข้าไประหว่างส่วนที่ติดกับตัวทำความร้อนกับส่วนที่อยู่ติดกับน้ำหล่อเย็น โดยก่อนติดตั้งให้ทาครีมช่วยประสานที่หน้าทั้งสองของชิ้นงานที่ 3 เพื่อช่วยให้หน้าสัมผัสประสานกันดีขึ้น
2. ตั้งค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ตัวทำความร้อนตามที่คุณควบคุมปฏิบัติการกำหนด แล้วรอจนกระทั่งอุณหภูมิของทองเหลืองที่อ่านได้ไม่เปลี่ยนแปลง จึงบันทึกอุณหภูมิของทองเหลืองทั้ง 6 ตำแหน่งในตาราง
3. ทำการทดลองดังข้อ 2 ซ้ำโดยเปลี่ยนค่ากำลังไฟฟ้าไปอีก 2 ค่าตามที่ผู้ควบคุมปฏิบัติการกำหนด

ตารางบันทึกผล

การทดลอง	กำลังไฟฟ้า (watt)	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)	T_7 (°C)	T_8 (°C)	T_9 (°C)
A							
B							
C							

การประเมินผล

1. เขียนกราฟแสดงอุณหภูมิบนแท่งทองเหลืองทั้ง 6 ตำแหน่ง โดยให้ต่อเส้นกราฟออกไป(extrapolate)ให้เต็มความยาว 30 มิลลิเมตรของแท่งทองเหลืองทั้งในส่วนที่ติดกับตัวทำความร้อนและส่วนที่อยู่ติดกับน้ำหล่อเย็น เพื่อหาค่าอุณหภูมิที่ผิวหน้าทั้งสองด้าน(T_{HS} และ T_{CS}) และให้แสดงที่ค่ากำลังไฟฟ้าทั้งสามในกราฟเดียว ดังรูปตัวอย่าง



รูปที่ 8 ตัวอย่างกราฟของการทดลองย่อยที่ 2

2. ใช้ค่า T_{HS} และ T_{CS} ที่คำนวณได้เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมตามความสัมพันธ์

$$U = \frac{Q}{A(T_{HS} - T_{CS})}$$

3. คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมจากความสัมพันธ์ $\frac{1}{U} = \frac{x_H}{k_H} + \frac{x_S}{k_S} + \frac{x_C}{k_C}$ โดยใช้ค่า k

ของทองเหลืองและสแตนเลสจากหนังสือคู่มือด้านการถ่ายเทความร้อน

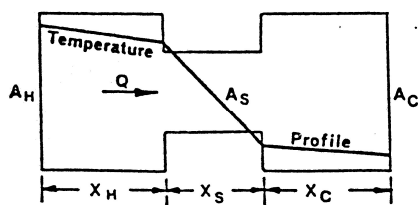
4. วิเคราะห์ว่าค่าที่ได้จากข้อ 2 และข้อ 3 เท่ากันหรือไม่ อย่างไร และให้เหตุผลประกอบ

5. อภิปรายว่าผลของค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่ตัวทำความร้อนมีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมหรือไม่ อย่างไร

การทดลองย่อยที่ 3 ผลของพื้นที่หน้าตัดของการนำความร้อนต่อการนำความร้อนในแนวเส้นตรง

จุดประสงค์ เพื่อศึกษาผลของพื้นที่หน้าตัดของการนำความร้อนต่อการนำความร้อนในแนวเส้นตรง

ทฤษฎี



รูปที่ 9 ผลของพื้นที่หน้าตัดต่อการนำความร้อน

พิจารณาการนำความร้อนผ่านตัวนำดังรูปที่ 9 จากที่ความร้อนที่ถ่ายเทเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อน Q จะมีค่าเท่ากันที่ทุกหน้าตัด และจากที่เป็นวัสดุชนิดเดียวกันตลอด ค่า k จึงเป็นค่าเดียวกัน เมื่อแทนค่าในกฎของ Fourier ได้ว่า

$$A_H \left(\frac{dT}{dx} \right)_H = A_S \left(\frac{dT}{dx} \right)_S = A_C \left(\frac{dT}{dx} \right)_C$$

หรืออาจกล่าวได้ว่าค่า $\frac{dT}{dx}$ จะแปรผกผันกับค่า A

ขั้นตอนการทดลอง

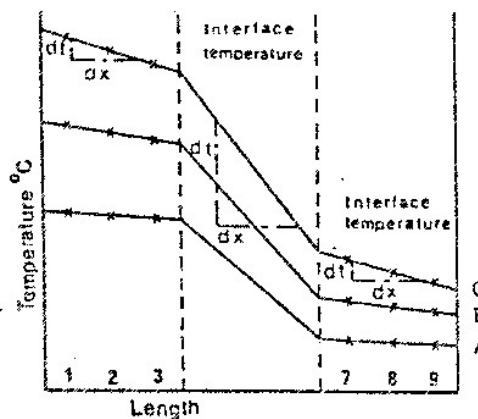
1. ใช้ชุดทดลองการนำความร้อนในแนวเส้นตรง โดยติดตั้งชิ้นทดสอบที่ 2 เข้าไประหว่างส่วนที่ติดกับตัวทำความร้อนกับส่วนที่อยู่ติดกับน้ำหล่อเย็น โดยก่อนติดตั้งให้ทาครีมช่วยประสานที่หน้าทั้งสองของชิ้นงานที่ 2 เพื่อช่วยให้หน้าสัมผัสประสานกันดีขึ้น
2. ตั้งค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ตัวทำความร้อนตามที่คุณควบคุมปฏิบัติการกำหนด แล้วรอจนกระทั่งอุณหภูมิของทองเหลืองที่อ่านได้ไม่เปลี่ยนแปลง จึงบันทึกอุณหภูมิของทองเหลืองทั้ง 6 ตำแหน่งในตาราง
3. ทำการทดลองดังข้อ 2 ซ้ำโดยเปลี่ยนค่ากำลังไฟฟ้าไปอีก 2 ค่าตามที่คุณควบคุมปฏิบัติการกำหนด

ตารางบันทึกผล

การทดลอง	กำลังไฟฟ้า (watt)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	T ₃ (°C)	T ₇ (°C)	T ₈ (°C)	T ₉ (°C)
A							
B							
C							

การประเมินผล

1. เขียนกราฟแสดงอุณหภูมิบนแท่งทองเหลืองทั้ง 6 ตำแหน่ง โดยให้ต่อเส้นกราฟออกไป(extrapolate)ให้เต็มความยาว 30 มิลลิเมตรของแท่งทองเหลืองทั้งในส่วนที่ติดกับตัวทำความร้อนและส่วนที่อยู่ติดกับน้ำหล่อเย็น เพื่อหาค่าอุณหภูมิที่ผิวหน้าทั้งสองด้านของแต่ละแท่ง และให้แสดงที่ค่ากำลังไฟฟ้าทั้งสามในกราฟเดียว ดังรูปตัวอย่าง



รูปที่ 10 ตัวอย่างกราฟของการทดลองย่อยที่ 3

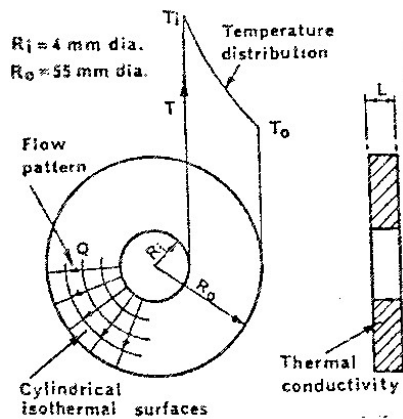
2. จากกราฟในข้อ 1 คำนวณอัตราส่วน $\frac{dT}{dx}$ ของแท่งทองเหลืองในส่วนที่ติดกับตัวทำความร้อนกับแท่งทองเหลืองในชิ้นทดสอบที่ 2 และคำนวณหาอัตราส่วนของพื้นที่หน้าตัดของแท่งทองเหลืองในชิ้นทดสอบที่ 2 กับแท่งทองเหลืองในส่วนที่ติดกับตัวทำความร้อน แล้วเปรียบเทียบอัตราส่วนทั้งสองว่าเท่ากันหรือไม่ อย่างไร จากนั้นอภิปรายเทียบกับสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{dT}{dx}$ และ A ในส่วนที่เป็นทฤษฎีของการทดลองย่อยนี้

- ทำเช่นเดียวกับข้อตอนที่ 3 แต่เปลี่ยนจากค่าของแท่งทองเหลืองในส่วนที่ติดกับตัวทำความร้อนเป็นค่าของแท่งทองเหลืองในส่วนที่ติดกับน้ำหล่อเย็นแทน แล้วเปรียบเทียบผลระหว่างข้อ 2 และข้อ 3 ว่าเท่ากันหรือไม่ อย่างไร
- อภิปรายว่าผลของค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่ตัวทำความร้อนมีผลต่อค่าในข้อ 2 และข้อ 3 หรือไม่ อย่างไร

การทดลองย่อยที่ 4 การนำความร้อนในแนวรัศมี

จุดประสงค์ เพื่อศึกษาการกระจายตัวของอุณหภูมิสำหรับการนำความร้อนในแนวรัศมี และให้นักศึกษาสามารถคำนวณหาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนสำหรับการนำความร้อนในแนวรัศมีได้

ทฤษฎี



พิจารณาการนำความร้อนดังรูปที่ 11 ซึ่งความร้อนไหลจากกลางแผ่นไปยังขอบแผ่น ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อน Q จะเป็นไปตามความสัมพันธ์

$$Q = 2\pi \cdot L \cdot k \left(\frac{T_i - T_o}{\ln \frac{R_o}{R_i}} \right)$$

รูปที่ 11 การนำความร้อนในแนวรัศมี

ขั้นตอนการทดลอง

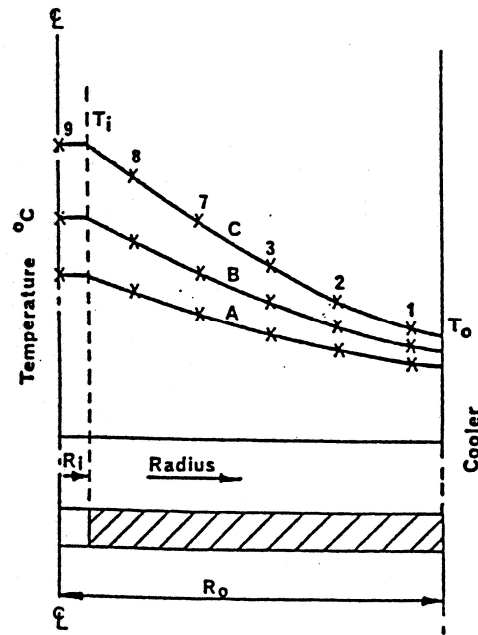
- ใช้ชุดทดลองการนำความร้อนในแนวรัศมี ตั้งค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ตัวทำความร้อนตามที่ผู้ควบคุมปฏิบัติการกำหนด แล้วรอนกระทั่งอุณหภูมิของทองเหลืองที่อ่านได้ไม่เปลี่ยนแปลง จึงบันทึกอุณหภูมิของทองเหลืองทั้ง 6 ตำแหน่งในตาราง
- ทำการทดลองดังข้อ 2 ซ้ำโดยเปลี่ยนค่ากำลังไฟฟ้าไปอีก 2 ค่าตามที่ผู้ควบคุมปฏิบัติการกำหนด

ตารางบันทึกผล

การทดลอง	กำลังไฟฟ้า (watt)	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)	T_7 (°C)	T_8 (°C)	T_9 (°C)
A							
B							
C							

การประเมินผล

- เขียนกราฟแสดงอุณหภูมิบนแผ่นทองเหลืองทั้ง 6 ตำแหน่ง โดยให้ต่อเส้นกราฟออกไป(extrapolate)เพื่อหาค่าอุณหภูมิ T_o ที่ขอบนอกสุดของแผ่นทองเหลือง($R = 55$ มิลลิเมตร) และให้แสดงที่ค่ากำลังไฟฟ้าทั้งสามในกราฟเดียว ดังรูปตัวอย่าง



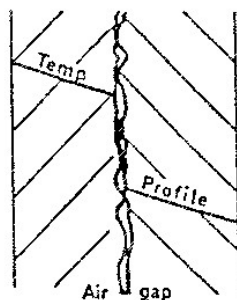
รูปที่ 12 ตัวอย่างกราฟของการทดลองย่อยที่ 4

- จากกราฟในข้อ 1 คำนวณหาอัตราการถ่ายเทความร้อน Q แล้วเปรียบเทียบค่าที่ได้กับค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่ตัวทำความร้อนว่าเท่ากันหรือไม่ อย่างไร
- เขียนกราฟแสดงข้อมูลเหมือนในข้อ 1 แต่ให้ใช้สเกล $\log$ เป็นแกนสำหรับแสดงค่ารัศมี (หรือตำแหน่งที่วัดค่าอุณหภูมิ) บนแผ่นทองเหลือง แล้วเปรียบเทียบกราฟที่ได้กับกราฟข้อ 1 ว่าเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร

การทดลองย่อยที่ 5 ผลของหน้าสัมผัสระหว่างตัวนำต่อการนำความร้อนในแนวเส้นตรง

จุดประสงค์ เพื่อศึกษาผลของหน้าสัมผัสระหว่างตัวนำต่อการนำความร้อนในแนวเส้นตรง

ทฤษฎี



รูปที่ 13 ผลของหน้าสัมผัสต่อการนำความร้อน

การนำความร้อนระหว่างตัวนำ ขึ้นกับการสัมผัสระหว่างหน้าทั้งสองของตัวนำ โดยความเรียบของหน้าสัมผัสมีผลเป็นอย่างยิ่ง หากผิวหน้าตัวนำมีลักษณะขรุขระ เมื่อนำตัวนำทั้งสองมาสัมผัสกัน ก็จะเกิดเป็นช่องอากาศระหว่างหน้าทั้งสอง ซึ่งอากาศนี้จะเป็นเหมือนฉนวนกั้นระหว่างตัวนำทั้งสอง การทาครีมช่วยประสานจะช่วยลดช่องอากาศและช่วยเพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่างตัวนำ

ขั้นตอนการทดลอง

- ใช้ชุดทดลองการนำความร้อนในแนวเส้นตรง โดยติดตั้งชิ้นทดสอบที่ 1 เข้าไประหว่างส่วนที่ติดกับตัวทำความร้อนกับส่วนที่อยู่ติดกับน้ำหล่อเย็น โดยก่อนติดตั้งให้ทาครีมช่วยประสานที่หน้าของชิ้นงานที่ 1 เฉพาะด้านที่ติดกับส่วนน้ำหล่อเย็น

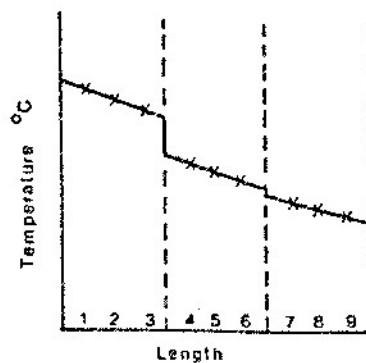
2. ตั้งค่ากำลังไฟฟ้าที่ง่ายให้ตัวทำความร้อนตามที่คุณควบคุมปฏิบัติการกำหนด แล้วรอนจนกระทั่งอุณหภูมิของทองเหลืองที่อ่านได้ไม่เปลี่ยนแปลงแล้ว จึ้นบันทึกอุณหภูมิของทองเหลืองทั้ง 9 ตำแหน่งในตาราง
3. ทำการทดลองดังข้อ 2 ซ้ำโดยเปลี่ยนค่ากำลังไฟฟ้าไปอีก 2 ค่าตามที่ผู้ควบคุมปฏิบัติการกำหนด

ตารางบันทึกผล

การทดลอง	กำลังไฟฟ้า (watt)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	T ₃ (°C)	T ₄ (°C)	T ₅ (°C)	T ₆ (°C)	T ₇ (°C)	T ₈ (°C)	T ₉ (°C)
A										
B										
C										

การประเมินผล

1. เขียนกราฟแสดงอุณหภูมิต่างทองเหลืองทั้ง 9 ตำแหน่ง โดยให้ต่อเส้นกราฟออกไป(extrapolate)ให้เต็มความยาว 30 มิลลิเมตรของแท่งทองเหลืองทั้งสามแท่ง และให้แสดงที่ค่ากำลังไฟฟ้าทั้งสามในกราฟเดียว ดังรูปตัวอย่าง



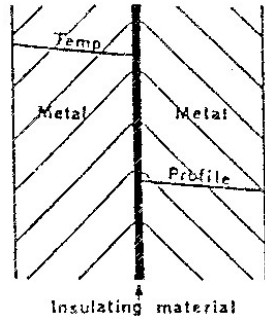
รูปที่ 14 ตัวอย่างกราฟของการทดลองข้อที่ 5

2. อภิปรายกราฟในข้อ 1

การทดลองย่อยที่ 6 ผลของฉนวนต่อการนำความร้อนในแนวเส้นตรง

จุดประสงค์ เพื่อศึกษาผลของฉนวนต่อการนำความร้อนในแนวเส้นตรง

ทฤษฎี



รูปที่ 15 ฉนวนความร้อน

มีวัสดุหลายชนิดที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำ ทำให้ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านวัสดุเหล่านี้โดยการนำความร้อนเกิดขึ้นน้อยมาก เมื่อจะมีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิบนหน้าทั้งสองของวัสดุมากก็ตาม วัสดุเหล่านี้เรียกว่า ฉนวนกันความร้อน จึงมีการนำฉนวนกันความร้อนมาใช้เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนที่จะเกิดขึ้น

ขั้นตอนการทดลอง

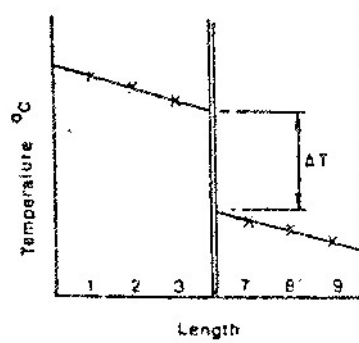
1. ใช้ชุดทดลองการนำความร้อนในแนวเส้นตรง ให้ติดตั้งฉนวนกันความร้อนเข้าไประหว่างส่วนที่ติดกับตัวทำความร้อนกับส่วนที่อยู่ติดกับน้ำหล่อเย็น แล้วเลื่อนส่วนทั้งสองมาติดกัน โดยก่อนติดตั้งให้วัดความหนาของฉนวนกันความร้อนด้วย และไม่ต้องทาครีมช่วยประสานที่ฉนวนกันความร้อน
2. ตั้งค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ตัวทำความร้อนตามที่คุณควบคุมปฏิบัติการกำหนด แล้วรอนจนกระทั่งอุณหภูมิของทองเหลืองที่อ่านได้ไม่เปลี่ยนแปลง จึงบันทึกอุณหภูมิของทองเหลืองทั้ง 6 ตำแหน่งในตาราง
3. ทำการทดลองดังข้อ 2 ซ้ำโดยเปลี่ยนค่ากำลังไฟฟ้าไปอีก 2 ค่าตามที่คุณควบคุมปฏิบัติการกำหนด

ตารางบันทึกผล

ความหนา ของฉนวน (มิลลิเมตร)	กำลังไฟฟ้า (watt)	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)	T_7 (°C)	T_8 (°C)	T_9 (°C)

การประเมินผล

1. เขียนกราฟแสดงอุณหภูมิบนแท่งทองเหลืองทั้ง 6 ตำแหน่ง โดยให้ต่อเส้นกราฟออกไป(extrapolate)ให้เต็มความยาว 30 มิลลิเมตรของแท่งทองเหลืองทั้งในส่วนที่ติดกับตัวทำความร้อนและส่วนที่อยู่ติดกับน้ำหล่อเย็น เพื่อหาค่าอุณหภูมิที่ผิวหน้าทั้งสองด้านของแต่ละแท่ง และให้แสดงที่ค่ากำลังไฟฟ้าทั้งสามในกราฟเดียว ดังรูปตัวอย่าง



รูปที่ 16 ตัวอย่างกราฟของการทดลองข้อที่ 6

2. จากกราฟในข้อหนึ่ง คำนวณหาผลต่างของอุณหภูมิบนหน้าทั้งสองของฉนวนกันความร้อน แล้วให้ใช้ความสัมพันธ์ $k = \frac{Q}{A} \frac{\Delta x}{\Delta T}$ คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน, k ในหน่วย $W / m \cdot K$ แล้วเปรียบเทียบกับค่า k ของฉนวนกันความร้อนซึ่งสามารถหาได้จากหนังสือคู่มือด้านการถ่ายเทความร้อน จากนั้นให้วิจารณ์ว่าค่าที่ได้จากกราฟและจากหนังสือคู่มือเท่ากันหรือไม่ อย่างไร และให้เหตุผลประกอบ

3. อภิปรายผลของฉนวนกันความร้อนต่อการนำความร้อนระหว่างส่วนทั้งสองของชุดทดลอง

เอกสารอ้างอิง

1. H940 Experimental Operating & Maintenance Manual: Heat Conduction Unit, P. A. Hilton Ltd., 1991.
2. Holman, J.P., "Heat Transfer", 7th ed., McGraw-Hill, 1992.