

บทที่ 4

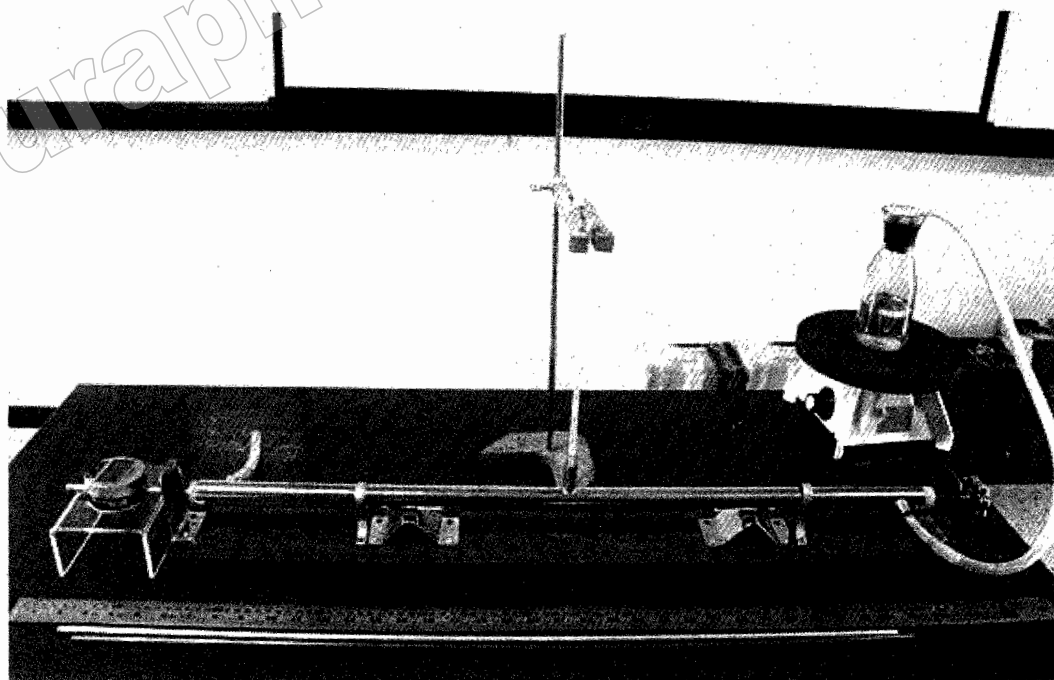
ผลการวิจัย

จากผลการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งผลการวิจัยเป็น 3 ส่วนดังนี้

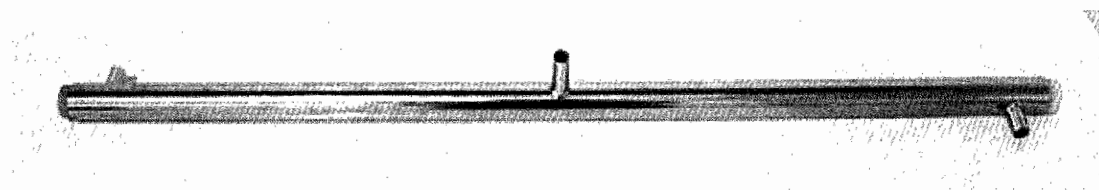
1. การออกแบบและสร้างชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ
2. การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ
3. การหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง

การออกแบบและสร้างชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ

ผลการออกแบบและสร้างชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจแสดงดังภาพที่ 4-1 โดยมีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ (1) ท่อนำความร้อน แสดงดังภาพที่ 4-2 (2) ฐานวางท่อนำความร้อน แสดงดังภาพที่ 4-3 และ (3) ฐานวางไดอัลเกจ แสดงดังภาพที่ 4-4



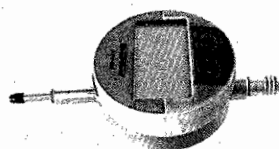
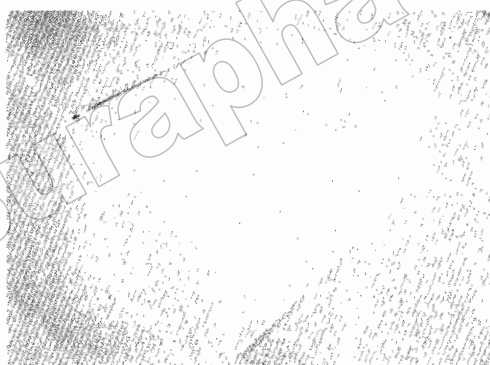
ภาพที่ 4-1 ชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ



ภาพที่ 4-2 ท่อนำความร้อน



ภาพที่ 4-3 ฐานวางท่อนำความร้อน



ภาพที่ 4-4 ฐานวางไดอัลเกจ

การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ

การทดสอบชุดทดลองในการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะทดสอบ 3 ชนิด ได้แก่ ทองเหลือง ทองแดง และอะลูมิเนียม ปรากฏผลดังนี้

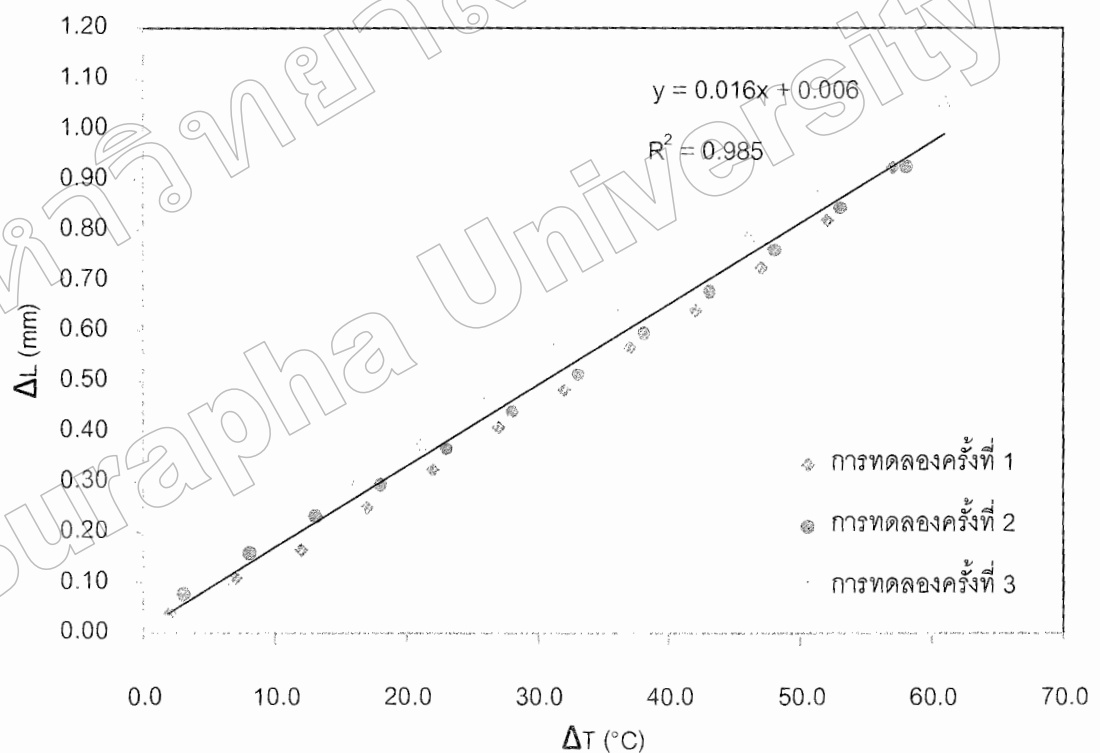
1. การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของทองเหลือง

การทดลองนี้ใช้โลหะทองเหลืองความยาวเริ่มต้น (L_0) = 815 mm ทำการทดลองในช่วงอุณหภูมิ 35.0 °C ถึง 90.0 °C โดยบันทึกอุณหภูมิผิวของโลหะ (T) ที่ลดลงทุก ๆ 5.0 °C พร้อมทั้งบันทึกค่าความยาวที่เกิดจากการขยายตัวของแท่งโลหะ (ΔL) ซึ่งอ่านค่าได้จากไดอัลเกจแบบดิจิตอลที่สัมพันธ์กัน ทำการทดลองซ้ำจำนวนสามครั้งที่อุณหภูมิเริ่มต้น (T_0) ใกล้เคียงกัน คือ 33.0 °C 32.0 °C และ 29.0 °C ตามลำดับ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4-1 ซึ่งเมื่อพิจารณาการขยายตัวตามความยาวของโลหะทุก ๆ ช่วงอุณหภูมิ พบว่าความยาวที่เพิ่มขึ้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4-1 ผลการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของทองเหลือง

T (°C)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		การทดลองครั้งที่ 3	
	$(T_0) = 33.0\text{ }^{\circ}\text{C}$		$(T_0) = 32.0\text{ }^{\circ}\text{C}$		$(T_0) = 29.0\text{ }^{\circ}\text{C}$	
	ΔL (mm)	ΔT (°C)	ΔL (mm)	ΔT (°C)	ΔL (mm)	ΔT (°C)
90.0	0.93	57.0	0.93	58.0	1.06	61.0
85.0	0.82	52.0	0.84	53.0	0.96	56.0
80.0	0.73	47.0	0.76	48.0	0.88	51.0
75.0	0.64	42.0	0.68	43.0	0.79	46.0
70.0	0.57	37.0	0.60	38.0	0.73	41.0
65.0	0.48	32.0	0.51	33.0	0.63	36.0
60.0	0.41	27.0	0.44	28.0	0.57	31.0
55.0	0.32	22.0	0.37	23.0	0.48	26.0
50.0	0.25	17.0	0.30	18.0	0.38	21.0
45.0	0.16	12.0	0.23	13.0	0.29	16.0
40.0	0.11	7.0	0.16	8.0	0.21	11.0
35.0	0.04	2.0	0.08	3.0	0.11	6.0

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวที่เปลี่ยนไป (ΔL) กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวของทองเหลือง (ΔT) จะได้ดังภาพที่ 4-5 พบว่าความยาวของทองเหลืองที่เปลี่ยนไป (ΔL) จะมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวของทองเหลือง (ΔT) เป็นลักษณะเชิงเส้น มีสมการเป็น $y = 0.016x + 0.006$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) = 0.985 ซึ่งแสดงว่าตัวแปรต้นมีความสัมพันธ์ที่ดีกับตัวแปรตาม และเมื่อนำค่าความชันเท่ากับ $0.016 \text{ mm } ^\circ\text{C}^{-1}$ มาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของทองเหลืองตามสมการที่ 2-4 จะมีค่าเท่ากับ $1.963 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวมาตรฐานที่มีค่าเท่ากับ $2.00 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ (Young, 2004, pp.646-651) จะมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1.84 %



ภาพที่ 4-5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวที่เปลี่ยนไปกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวของทองเหลือง จากการทดลองซ้ำสามครั้ง

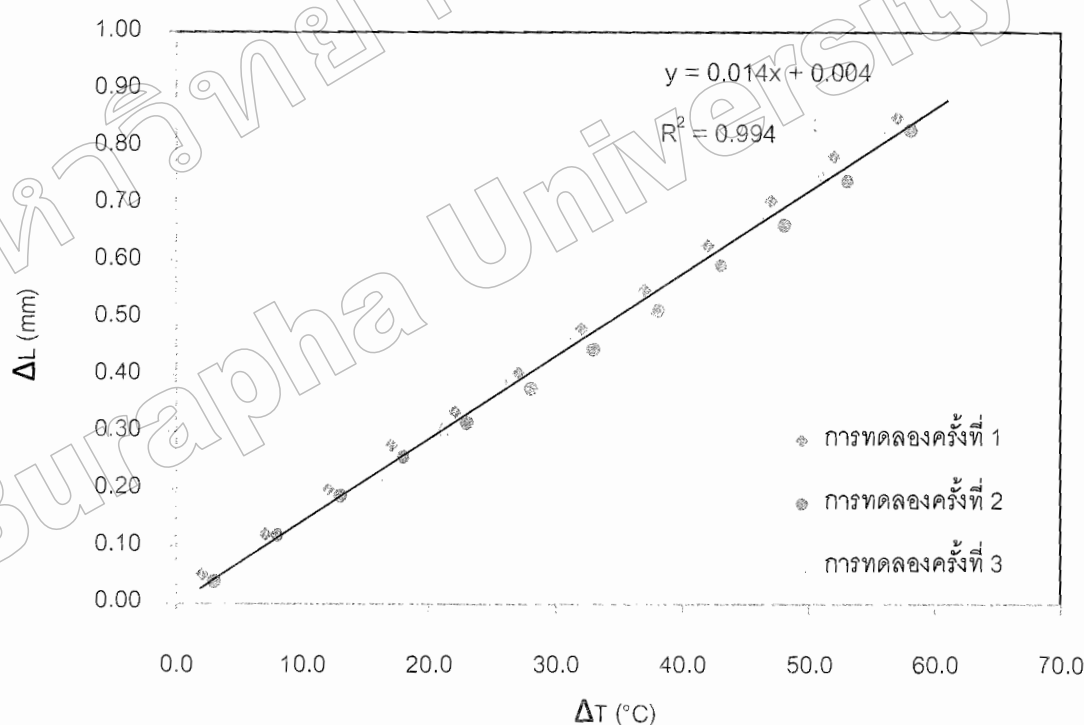
2. การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของทองแดง

การทดลองนี้ใช้โลหะทองแดงความยาวเริ่มต้น (L_0) = 810 mm ทำการทดลองในช่วงอุณหภูมิ 35.0 °C ถึง 90.0 °C โดยบันทึกอุณหภูมิผิวของโลหะ (T) ที่ลดลงทุก ๆ 5.0 °C พร้อมทั้งบันทึกค่าความยาวที่เกิดจากการขยายตัวของแท่งโลหะ (ΔL) ซึ่งอ่านค่าได้จากไดอัลเกจแบบดิจิตอลที่สัมพันธ์กัน ทำการทดลองซ้ำจำนวนสามครั้งที่อุณหภูมิเริ่มต้น (T_0) ใกล้เคียงกัน คือ 33.0 °C 32.0 °C และ 29.0 °C ตามลำดับ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4-2 ซึ่งเมื่อพิจารณาการขยายตัวตามความยาวของโลหะทุก ๆ ช่วงอุณหภูมิ พบว่าความยาวที่เพิ่มขึ้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4-2 ผลการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของทองแดง

T (°C)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		การทดลองครั้งที่ 3	
	$(T_0) = 33.0\text{ }^{\circ}\text{C}$		$(T_0) = 32.0\text{ }^{\circ}\text{C}$		$(T_0) = 29.0\text{ }^{\circ}\text{C}$	
	ΔL (mm)	ΔT (°C)	ΔL (mm)	ΔT (°C)	ΔL (mm)	ΔT (°C)
90.0	0.85	57.0	0.85	58.0	0.88	61.0
85.0	0.78	52.0	0.78	53.0	0.82	56.0
80.0	0.71	47.0	0.71	48.0	0.75	51.0
75.0	0.63	42.0	0.63	43.0	0.68	46.0
70.0	0.55	37.0	0.55	38.0	0.61	41.0
65.0	0.48	32.0	0.48	33.0	0.54	36.0
60.0	0.40	27.0	0.40	28.0	0.46	31.0
55.0	0.33	22.0	0.33	23.0	0.38	26.0
50.0	0.28	17.0	0.28	18.0	0.30	21.0
45.0	0.20	12.0	0.20	13.0	0.22	16.0
40.0	0.12	7.0	0.12	8.0	0.14	11.0
35.0	0.05	2.0	0.05	3.0	0.09	6.0

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวที่เปลี่ยนไป (ΔL) กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวของทองแดง (ΔT) จะได้ดังภาพที่ 4-6 พบว่าความยาวของทองแดงที่เปลี่ยนไป (ΔL) จะมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวของทองแดง (ΔT) เป็นลักษณะเชิงเส้น มีสมการเป็น $y = 0.014x + 0.004$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) = 0.994 ซึ่งแสดงว่าตัวแปรต้นมีความสัมพันธ์ที่ดีกับตัวแปรตาม และเมื่อนำค่าความชันเท่ากับ $0.014 \text{ mm } ^\circ\text{C}^{-1}$ มาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของทองแดงตามสมการที่ 2-4 จะมีค่าเท่ากับ $1.728 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวมาตรฐานที่มีค่าเท่ากับ $1.70 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ (Young, 2004, pp.646-651) จะมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1.67 %



ภาพที่ 4-6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวที่เปลี่ยนไปกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวของทองแดง จากการทดลองซ้ำสามครั้ง

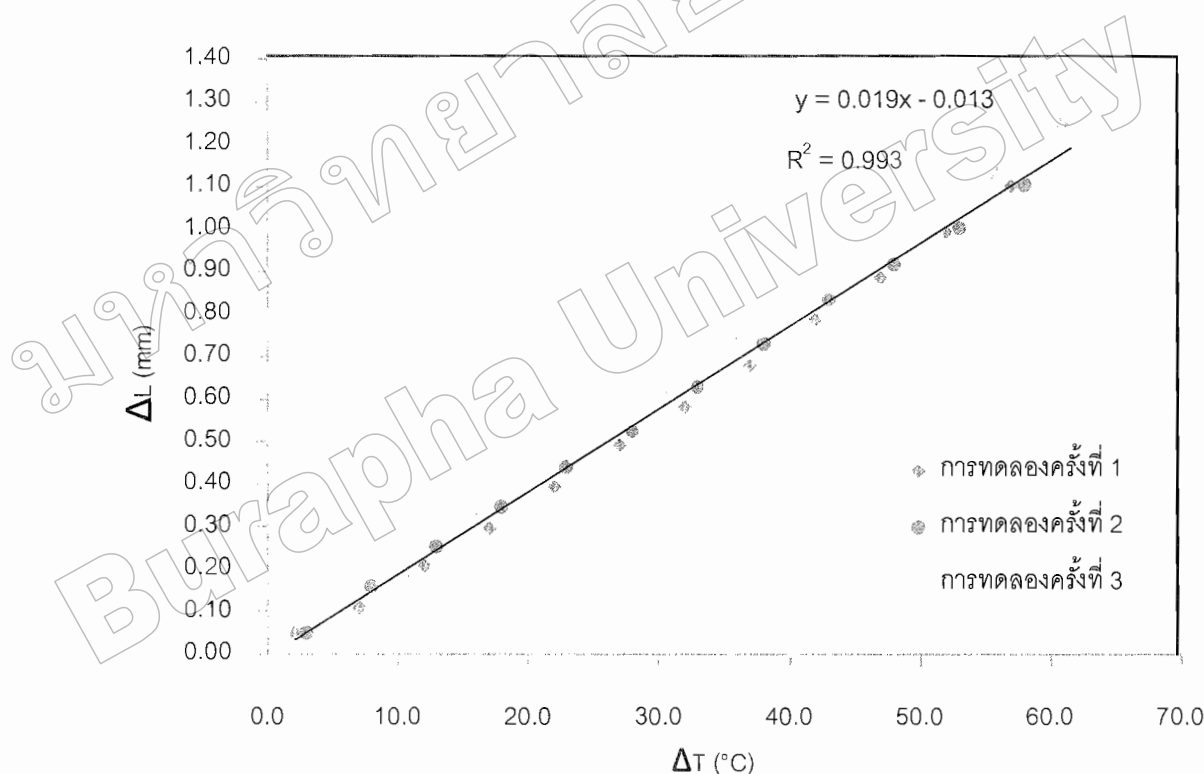
3. การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของอะลูมิเนียม

การทดลองนี้ใช้โลหะอะลูมิเนียมความยาวเริ่มต้น (L_0) = 805 mm ทำการทดลองในช่วงอุณหภูมิ 35.0 °C ถึง 90.0 °C โดยบันทึกอุณหภูมิผิวของโลหะ (T) ที่ลดลงทุก ๆ 5.0 °C พร้อมทั้งบันทึกค่าความยาวที่เกิดจากการขยายตัวของแท่งโลหะ (ΔL) ซึ่งอ่านค่าได้จากไดอัลเกจแบบดิจิตอลที่สัมพันธ์กัน ทำการทดลองซ้ำจำนวนสามครั้งที่อุณหภูมิเริ่มต้น (T_0) ใกล้เคียงกัน คือ 33.0 °C 32.0 °C และ 29.0 °C ตามลำดับ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4-3 ซึ่งเมื่อพิจารณาการขยายตัวตามความยาวของโลหะทุก ๆ ช่วงอุณหภูมิ พบว่าความยาวที่เพิ่มขึ้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4-3 ผลการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของทองแดง

T (°C)	การทดลองครั้งที่ 1		การทดลองครั้งที่ 2		การทดลองครั้งที่ 3	
	$(T_0) = 33.0\text{ }^{\circ}\text{C}$		$(T_0) = 32.0\text{ }^{\circ}\text{C}$		$(T_0) = 29.0\text{ }^{\circ}\text{C}$	
	ΔL (mm)	ΔT (°C)	ΔL (mm)	ΔT (°C)	ΔL (mm)	ΔT (°C)
90.0	1.10	57.0	1.11	58.0	1.26	61.0
85.0	0.99	52.0	1.00	53.0	1.13	56.0
80.0	0.89	47.0	0.92	48.0	1.04	51.0
75.0	0.79	42.0	0.84	43.0	0.94	46.0
70.0	0.68	37.0	0.73	38.0	0.85	41.0
65.0	0.58	32.0	0.63	33.0	0.73	36.0
60.0	0.49	27.0	0.52	28.0	0.63	31.0
55.0	0.39	22.0	0.44	23.0	0.52	26.0
50.0	0.30	17.0	0.35	18.0	0.43	21.0
45.0	0.21	12.0	0.25	13.0	0.32	16.0
40.0	0.11	7.0	0.16	8.0	0.20	11.0
35.0	0.05	2.0	0.05	3.0	0.13	6.0

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวที่เปลี่ยนไป (ΔL) กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวของอะลูมิเนียม (ΔT) จะได้ดังภาพที่ 4-7 พบว่าความยาวของอะลูมิเนียมที่เปลี่ยนไป (ΔL) จะมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวของอะลูมิเนียม (ΔT) เป็นลักษณะเชิงเส้น มีสมการเป็น $y = 0.019x - 0.013$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) = 0.993 ซึ่งแสดงว่าตัวแปรต้นมีความสัมพันธ์ที่ดีกับตัวแปรตาม และเมื่อนำค่าความชันเท่ากับ $0.019 \text{ mm } ^\circ\text{C}^{-1}$ มาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของอะลูมิเนียมตามสมการที่ 2-4 จะมีค่าเท่ากับ $2.360 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวมาตรฐานที่มีค่าเท่ากับ $2.40 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ (Young, 2004, pp.646-651) จะมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1.66 %



ภาพที่ 4-7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวที่เปลี่ยนไปกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวของอะลูมิเนียม จากการทดลองซ้ำสามครั้ง

การหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง

ผู้วิจัยได้ทำการหาประสิทธิภาพของชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ โดยใช้ไดอัลเกจ โดยแบ่งผลการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ตอน คือ

1. การหาประสิทธิภาพของชุดทดลองโดยใช้ดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญ
2. การสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลอง

1. การหาประสิทธิภาพของชุดทดลองโดยใช้ดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญ

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบประเมินดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ที่มีต่อชุดทดลองเรื่องการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 4-4 ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ

รายการความคิดเห็น	ค่า IOC	แปลผล
1. ด้านการออกแบบชุดทดลอง	1.00	เห็นด้วย
2. ด้านการใช้ชุดทดลอง	0.88	เห็นด้วย
3. ด้านคู่มือปฏิบัติการสำหรับครู	0.91	เห็นด้วย
รวม 3 ด้าน	0.93	เห็นด้วย

จากตารางที่ 4-4 แสดงให้เห็นความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC เฉลี่ยในด้านต่าง ๆ ดังนี้ ด้านการออกแบบชุดทดลองมีค่าเท่ากับ 1.00 ด้านการใช้ชุดทดลองมีค่าเท่ากับ 0.88 ด้านคู่มือปฏิบัติการสำหรับครูมีค่าเท่ากับ 0.91 และเมื่อนำมาวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อชุดทดลอง รวมทั้ง 3 ด้าน พบว่ามีค่าความสอดคล้อง IOC เท่ากับ 0.93 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ที่ 0.60 จึงสรุปได้ว่าชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้เป็นการเรียนการสอนได้ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

2. การสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลอง

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบประเมินความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 อันดับ ตามวิธีการของลิเคิร์ท ซึ่งมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ปีการศึกษา -2555 โรงเรียนตราดสรรเสริญวิทยาคม จำนวน 32 คน ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 4-5 ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของนักเรียนต่อชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ

รายการความคิดเห็น	ค่าเฉลี่ย	แปลผล
1. ด้านการออกแบบชุดทดลอง	4.66	มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด
2. ด้านใบความรู้	4.56	มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด
3. ด้านใบงานการทดลอง	4.55	มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด
รวม 3 ด้าน	4.59	มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

จากตารางที่ 4-5 แสดงให้เห็นความคิดเห็นของนักเรียนต่อชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ โดยมีคะแนนเฉลี่ยในด้านต่าง ๆ ดังนี้ ด้านการออกแบบชุดทดลองมีค่าเท่ากับ 4.66 ด้านการใบความรู้มีค่าเท่ากับ 4.56 ด้านใบงานการทดลองมีค่าเท่ากับ 4.55 และเมื่อนำมาวิเคราะห์ความคิดเห็นของนักเรียนต่อชุดทดลอง รวมทั้ง 3 ด้าน พบว่ามีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.59 จึงสรุปได้ว่านักเรียนมีความพึงพอใจต่อชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะที่สร้างขึ้นอยู่ในระดับมากที่สุด