

บทที่ 4 ผลการทดลอง

จากที่ได้ออกแบบชุดทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนของโลหะจากเทคนิคการเลี้ยวเบนของแสงเลเซอร์ และกล่าวถึงวิธีดำเนินงานวิจัยมาแล้วในบทที่ 3 นั้น ในบทนี้จะเป็นการสร้างชุดการทดลองและนำชุดการทดลองที่สร้างขึ้นไปหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนของโลหะ 3 ชนิด คือ อะลูมิเนียม รหัส 6063, ทองแดง รหัส UNS C11000 และสแตนเลส รหัส 314 ซึ่งมีผลการทดลองดังนี้

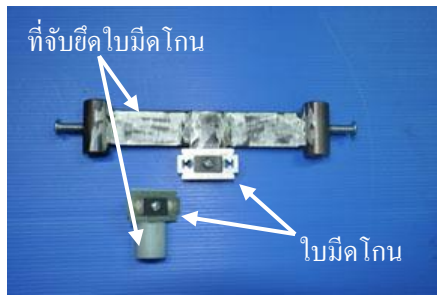
4.1 ชุดทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนของโลหะจากเทคนิคการเลี้ยวเบนของแสงเลเซอร์

การสร้างและการติดตั้งชุดทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนของโลหะจากเทคนิคการเลี้ยวเบนของแสงเลเซอร์ ได้ดำเนินการแบ่งออกเป็นส่วนๆ ดังนี้

ส่วนที่ 1 ชุดจับยึดแท่งโลหะ

ในส่วนชุดจับยึดแท่งโลหะประกอบด้วยชุดจับยึดใบมีดโกนทั้ง 2 ใบ ที่ทำหน้าที่เปรียบเสมือนเป็นสลิตเดี่ยว ดังแสดงในรูปที่ 4.1 (ก) เสาเหล็กที่มีความสูง 70 cm และแท่นวางท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 cm รวมถึงหัวจับยึดท่อทรงกระบอก ที่ทำหน้าที่เป็นตัวจับยึดใบมีดโกนและประคองท่อพีวีซี ดังแสดงในรูปที่ 4.1 (ข) และ (ค) และสุดท้ายคือท่อพีวีซีทรงกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 cm ยาว 46 cm ที่มีช่องสำหรับไอบความร้อนเข้า ไอบความร้อนออก และช่องสำหรับวัดอุณหภูมิ ท่อทรงกระบอกนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวกักไอบความร้อนที่ได้รับมาจากแหล่งกำเนิดไอบความร้อนให้แก่แท่งโลหะ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 (ง)

เมื่อนำส่วนประกอบต่างๆ ของชุดจับยึดแท่งโลหะมาดำเนินการติดตั้งกับแท่งโลหะตัวอย่าง โดยใส่แท่งโลหะตัวอย่างเข้าไปในชุดจับยึดแท่งโลหะ ด้านล่างของแท่งโลหะตัวอย่างจะถูกตรึงไว้กับแท่นยึด ส่วนปลายด้านบนของแท่งโลหะตัวอย่างจะถูกประกบด้วยฝาปิดท่อที่มีช่องให้แท่งโลหะตัวอย่างโผล่ออกมาเพื่อต่อเข้ากับชุดจับยึดใบมีดโกน ดังแสดงในรูปที่ 4.2



(ก) ชุดจับยึดไบนีดโกนทั้ง 2 ไบ



(ข) แหวนจับยึดท่อทรงกระบอก

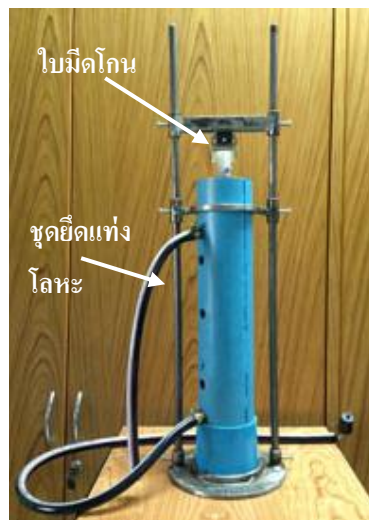


(ค) แท่นวางและเสาเหล็ก

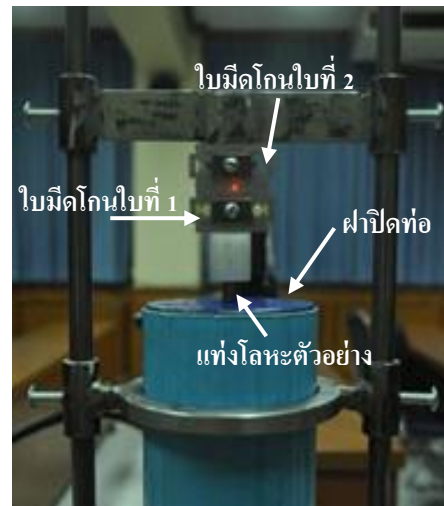


(ง) ท่อพีวีซีทรงกระบอก

รูปที่ 4.1 ส่วนประกอบของชุดจับยึดแท่งโลหะ (ก) ชุดจับยึดไบนีดโกนทั้ง 2 ไบ (ข) แหวนจับยึดท่อทรงกระบอก (ค) แท่นวางและเสาเหล็ก และ (ง) ท่อพีวีซีทรงกระบอก



(ก) ชุดจับยึดแท่งโลหะและไบนีดโกน

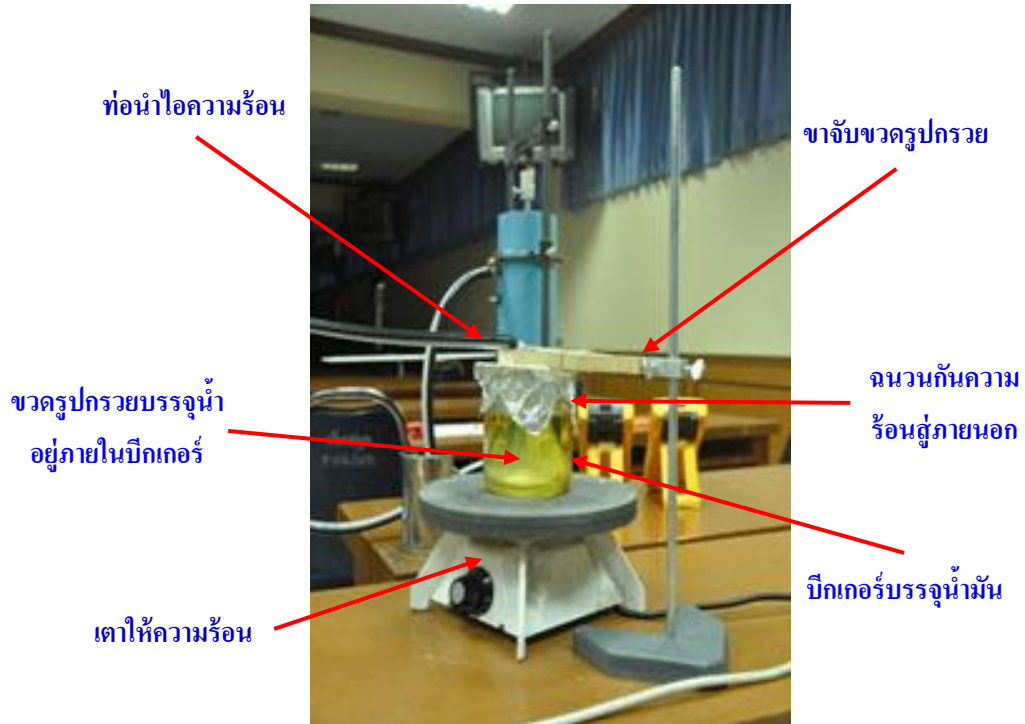


(ข) การติดตั้งไบนีดโกนทั้ง 2 ไบ

รูปที่ 4.2 การติดตั้งชุดจับยึดแท่งโลหะ (ก) ชุดจับยึดแท่งโลหะและไบนีดโกน และ (ข) การติดตั้งไบนีดโกนทั้ง 2 ไบ

ส่วนที่ 2 ระบบให้ความร้อน

หลังจากดำเนินการติดตั้งชุดจับยึดแท่งโลหะเสร็จเรียบร้อยแล้ว ส่วนต่อมาก็คือการติดตั้งระบบให้ความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 4.3

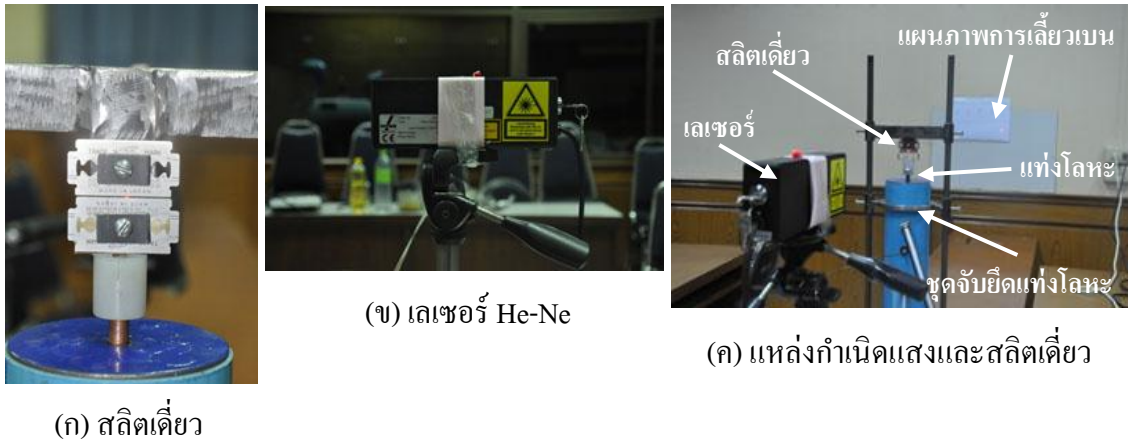


รูปที่ 4.3 ชุดระบบให้ความร้อน

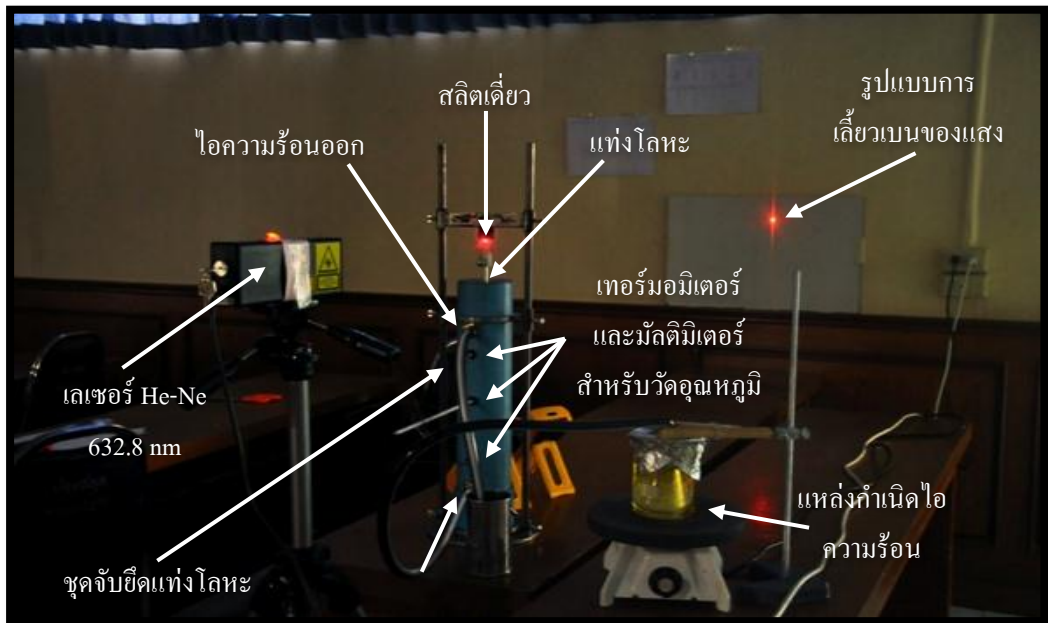
ส่วนที่ 3 การติดตั้งแหล่งกำเนิดแสงและสลิตเดี่ยว

จากการดำเนินการแล้วในการติดตั้งชุดจับยึดแท่งโลหะและระบบให้ความร้อนแล้วนั้น ต่อมาคือการติดตั้งในส่วนของแหล่งกำเนิดแสงและสลิตเดี่ยว เพื่อให้เกิดแผนภาพการเลี้ยวเบนแสง ในการทดลองนี้แหล่งกำเนิดแสงที่เลือกใช้เป็นเลเซอร์ฮีเลียม-นีออน ส่งผ่านไปยังสลิตเดี่ยวที่ทำการตั้งความกว้างของสลิตเดี่ยวเริ่มต้นไว้ที่ 0.05 cm เพื่อจะทำให้เกิดรูปแบบการเลี้ยวเบนของแสงบนฉากที่วางอยู่ด้านหลังห่างจากสลิตเดี่ยวที่ระยะ 2 m ดังแสดงในรูปที่ 4.4

จากการดำเนินการติดตั้งในส่วนต่างๆ ของชุดทดลองทั้ง 3 ส่วน เสร็จเรียบร้อยแล้ว จะได้ชุดการทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนของโลหะจากเทคนิคการเลี้ยวเบนของแสง และอุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่เลือกใช้ในการทดลองนี้ คือ มัลติมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ (Fluke 189) จำนวน 2 เครื่อง และเทอร์มอมิเตอร์ จำนวน 1 ตัว เพื่อทำการวัดอุณหภูมิทั้งหมด 3 จุด แล้วนำอุณหภูมิที่ได้มาหาเฉลี่ยเป็นอุณหภูมิของแท่งโลหะ ดังแสดงในรูปที่ 4.5



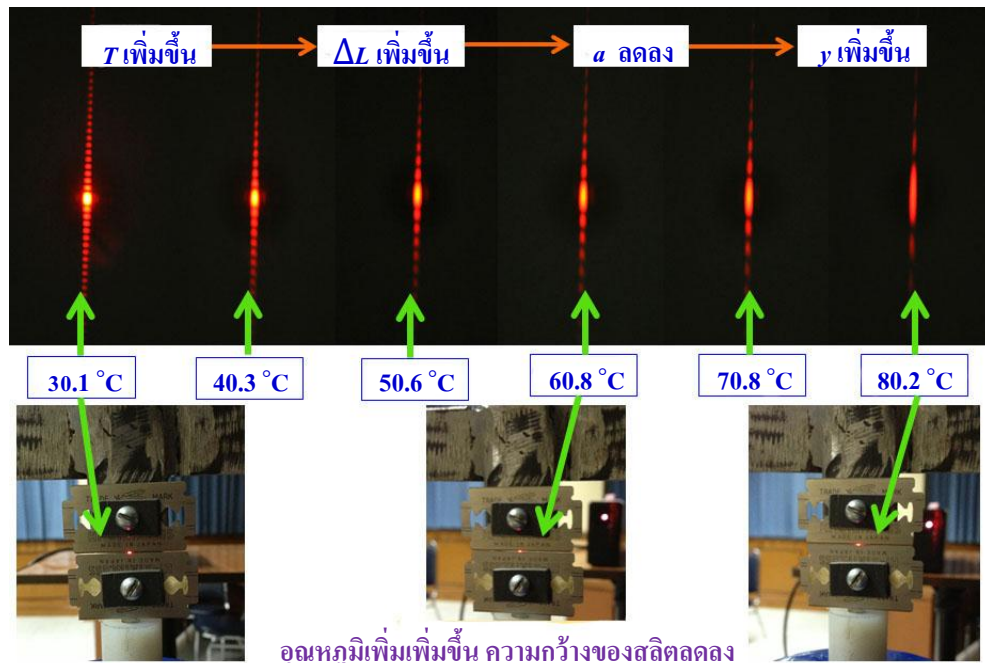
รูปที่ 4.4 การติดตั้งแหล่งกำเนิดแสงและสลิตเดี่ยว (ก) สลิตเดี่ยว (ข) เลเซอร์ He-Ne และ (ค) แหล่งกำเนิดแสงและสลิตเดี่ยว



รูปที่ 4.5 ชุดการทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนของโลหะจากรูปแบบการเลี้ยวเบนของแสง

4.2 ผลการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนของโลหะจากเทคนิคการเลี้ยวเบนของแสงเลเซอร์

ชุดอุปกรณ์เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนของโลหะที่สร้างขึ้น เริ่มต้นการทดลองที่อุณหภูมิห้อง และตั้งความกว้างของสลิตเดี่ยวเริ่มต้นเท่ากับ 0.05 cm เมื่อให้ความร้อนไหลเข้าสู่ชุดจับยึดแท่งโลหะจนถึงอุณหภูมิเท่ากับ 80.2 °C ส่งผลให้อุณหภูมิของแท่งโลหะตัวอย่างเพิ่มขึ้นและเกิดการขยายตัวเชิงเส้น ทำให้ความยาวของแท่งโลหะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง สังเกตได้จากแผนภาพการเลี้ยวเบนของแสงที่เกิดขึ้นบนฉาก ผลการทดลองที่ได้มีความสัมพันธ์กับบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.2 และสมการที่ (3.1) ดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แผนภาพการเลี้ยวเบนแสงกับระยะห่างของสลิตเดี่ยวที่ได้จากการทดลอง

จากการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนของโลหะอะลูมิเนียม รหัส 6063 ได้ทำการทดลองเริ่มต้นที่อุณหภูมิห้องมีค่าเท่ากับ 30.13 ± 0.05 °C และให้ความร้อนแก่แท่งอะลูมิเนียมจนถึงอุณหภูมิ 75.83 ± 0.79 °C ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงค่า T, y และ $\frac{1}{y}$ ของโลหะอะลูมิเนียม

T (°C)	y (cm)	$\frac{1}{y}$ (m ⁻¹)
30.13 ± 0.05	0.23 ± 0.01	430.62 ± 2.76
40.30 ± 1.65	0.27 ± 0.01	367.35 ± 2.96
48.27 ± 1.61	0.33 ± 0.01	300.00 ± 2.21
51.57 ± 0.79	0.37 ± 0.01	269.46 ± 1.67
55.87 ± 0.62	0.42 ± 0.02	235.60 ± 1.75
61.70 ± 0.74	0.52 ± 0.02	191.08 ± 1.21
66.57 ± 1.05	0.71 ± 0.02	140.19 ± 0.85
71.00 ± 0.70	1.04 ± 0.04	96.42 ± 0.66
75.83 ± 0.79	1.59 ± 0.07	62.81 ± 0.55

ทองแดง รหัส UNS C11000 ได้ทำการทดลองเริ่มต้นที่อุณหภูมิห้องมีค่าเท่ากับ 29.37 ± 0.19 °C และให้ความร้อนแก่แท่งทองแดงจนถึงอุณหภูมิ 78.50 ± 1.31 °C ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงค่า T, y และ $\frac{1}{y}$ ของโลหะทองแดง

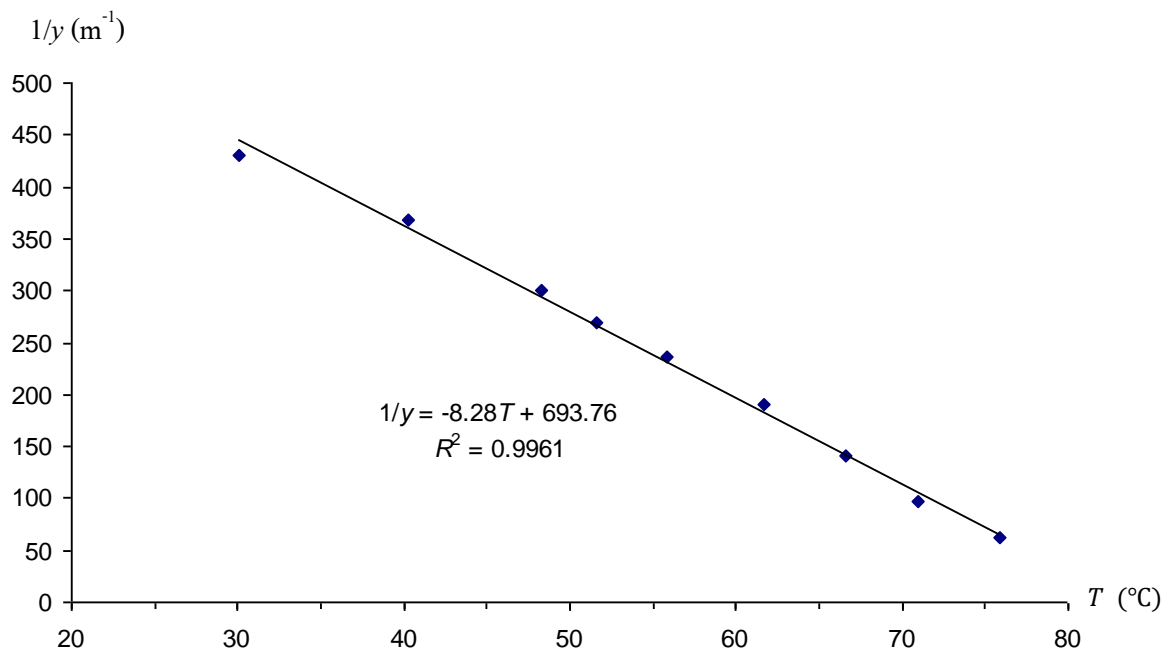
T (°C)	y (cm)	$\frac{1}{y}$ (m ⁻¹)
29.37 ± 0.19	0.28 ± 0.00	356.23 ± 0.05
40.63 ± 4.24	0.32 ± 0.00	309.73 ± 0.26
43.73 ± 2.15	0.37 ± 0.00	273.97 ± 0.27
48.07 ± 1.32	0.41 ± 0.00	242.63 ± 0.24
52.63 ± 0.95	0.47 ± 0.01	214.40 ± 0.25
58.60 ± 1.31	0.54 ± 0.01	185.43 ± 0.59
63.07 ± 0.79	0.64 ± 0.01	155.21 ± 0.12
68.17 ± 1.12	0.83 ± 0.01	121.11 ± 0.17
72.53 ± 1.64	1.15 ± 0.02	87.28 ± 0.17
78.50 ± 1.31	1.94 ± 0.03	51.64 ± 0.09

สแตนเลส รหัส 314 ได้ทำการทดลองเริ่มต้นที่อุณหภูมิห้องมีค่าเท่ากับ 28.23 ± 0.12 °C และให้ความร้อนแก่แท่งสแตนเลสจนถึงอุณหภูมิ 76.83 ± 1.54 °C ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงค่า T , y และ $\frac{1}{y}$ ของโลหะสแตนเลส

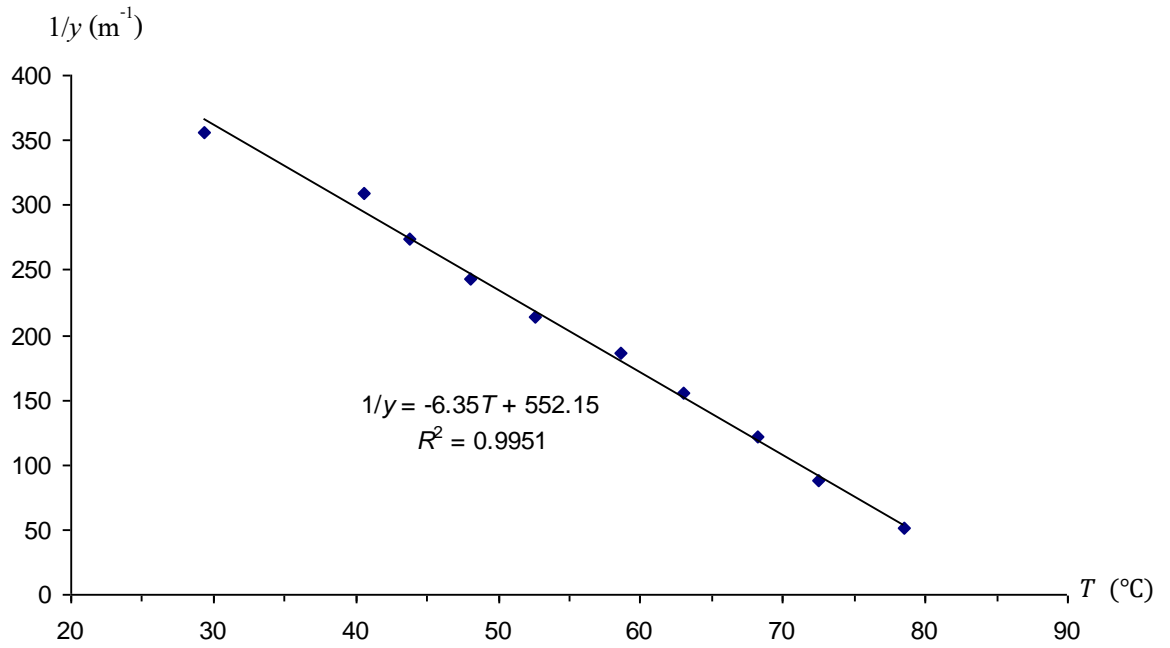
T (°C)	y (cm)	$\frac{1}{y}$ (m ⁻¹)
28.23 ± 0.12	0.26 ± 0.00	386.74 ± 0.16
37.63 ± 2.78	0.28 ± 0.01	354.43 ± 0.86
42.83 ± 2.73	0.32 ± 0.00	316.03 ± 0.53
46.43 ± 1.59	0.34 ± 0.00	295.36 ± 0.30
52.10 ± 2.41	0.36 ± 0.00	275.05 ± 0.30
56.50 ± 1.86	0.42 ± 0.00	238.91 ± 0.23
61.70 ± 1.60	0.45 ± 0.00	221.52 ± 0.19
66.77 ± 1.67	0.53 ± 0.01	187.92 ± 0.32
71.83 ± 1.69	0.62 ± 0.01	160.37 ± 0.13
76.83 ± 1.54	0.82 ± 0.01	122.06 ± 0.24

จากผลการทดลองที่ได้ตามตารางที่ 4.1 – 4.3 เมื่อนำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{1}{y}$ (บนแกนตั้ง) และ T (บนแกนนอน) จะได้กราฟเส้นตรงแสดงดังรูปที่ 4.7 – 4.9



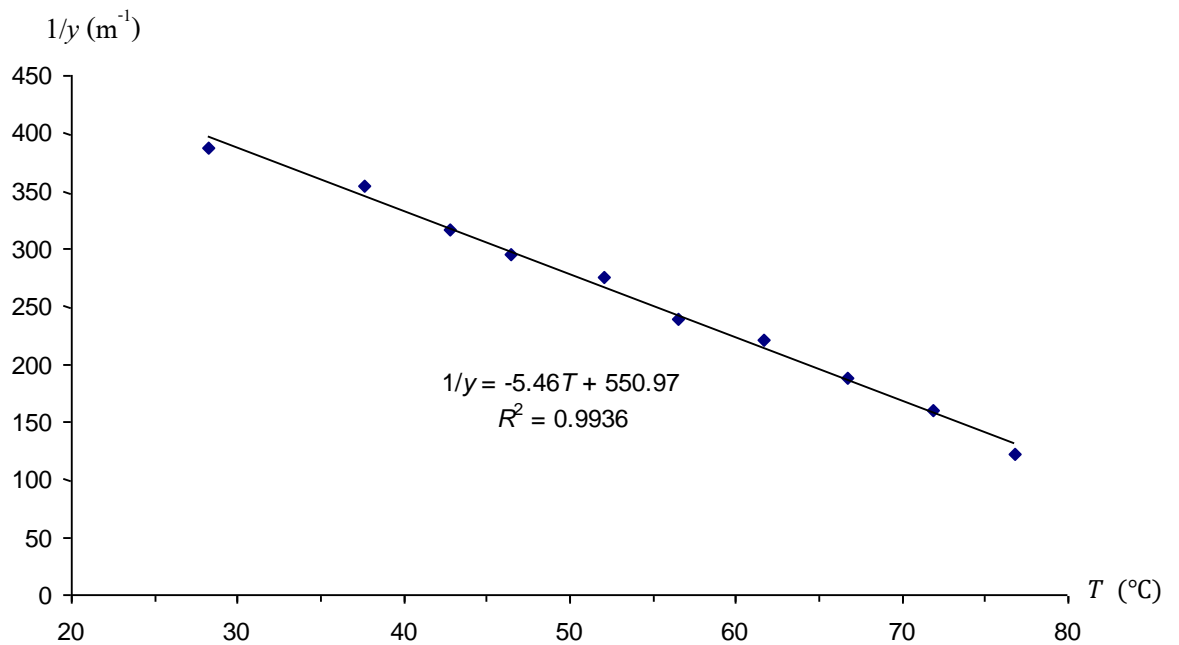
รูปที่ 4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\frac{1}{y}$ (m⁻¹) กับ T (°C) ของอะลูมิเนียม รหัส 6063 ที่ได้

จากการทดลอง



รูปที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\frac{1}{y}$ (m^{-1}) กับ T ($^{\circ}\text{C}$) ของทองแดง รหัส UNS C11000 ที่ได้

จากการทดลอง



รูปที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\frac{1}{y}$ (m^{-1}) กับ T ($^{\circ}\text{C}$) ของสแตนเลส รหัส 314 ที่ได้จาก

การทดลอง

จากรูปที่ 4.7 – 4.9 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\frac{1}{y}$ (m^{-1}) กับ T ($^{\circ}C$) ของโลหะที่ใช้ในการทดลองทั้ง 3 ชนิด ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) R^2 เท่ากับ 0.9961, 0.9951 และ 0.9936 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าสมการของเส้นแนวโน้มแบบเชิงเส้นที่หาได้จากการทดลองมีความถูกต้องสูง ค่าความชันของกราฟในรูปที่ 4.7 – 4.9 สามารถนำไปหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นทางความร้อนของโลหะ ได้ดังสมการที่ (3.1) ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.4

จากการคำนวณหาค่า α ของแท่งโลหะทั้ง 3 ชนิด ที่ได้จากการทดลองเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานจากการกำหนดของศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ที่มีค่าเท่ากับ 15.10×10^{-6} , 17.70×10^{-6} และ 23.40×10^{-6} ($^{\circ}C$) $^{-1}$ ตามลำดับ พบว่ามีค่าความผิดพลาดไม่เกิน 1.2 % (ตารางที่ 4.4) แสดงให้เห็นว่าชุดการทดลองที่สร้างขึ้นนี้ มีความถูกต้องสูง สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง

ตารางที่ 4.4 ค่าสัมประสิทธิ์การขยายเชิงเส้นตัวทางความร้อนของโลหะที่ได้จากการทดลอง
เปรียบเทียบค่าอ้างอิง

ชนิดของโลหะ	ค่า α อ้างอิง ($^{\circ}C$) $^{-1}$	ค่า α จากการทดลอง ($^{\circ}C$) $^{-1}$	ความคลาดเคลื่อน (%)
อะลูมิเนียม รหัส 6063	23.40×10^{-6}	23.13×10^{-6}	1.14
ทองแดง รหัส UNS C11000	17.70×10^{-6}	17.74×10^{-6}	0.23
สแตนเลส รหัส 314	15.10×10^{-6}	15.25×10^{-6}	0.97