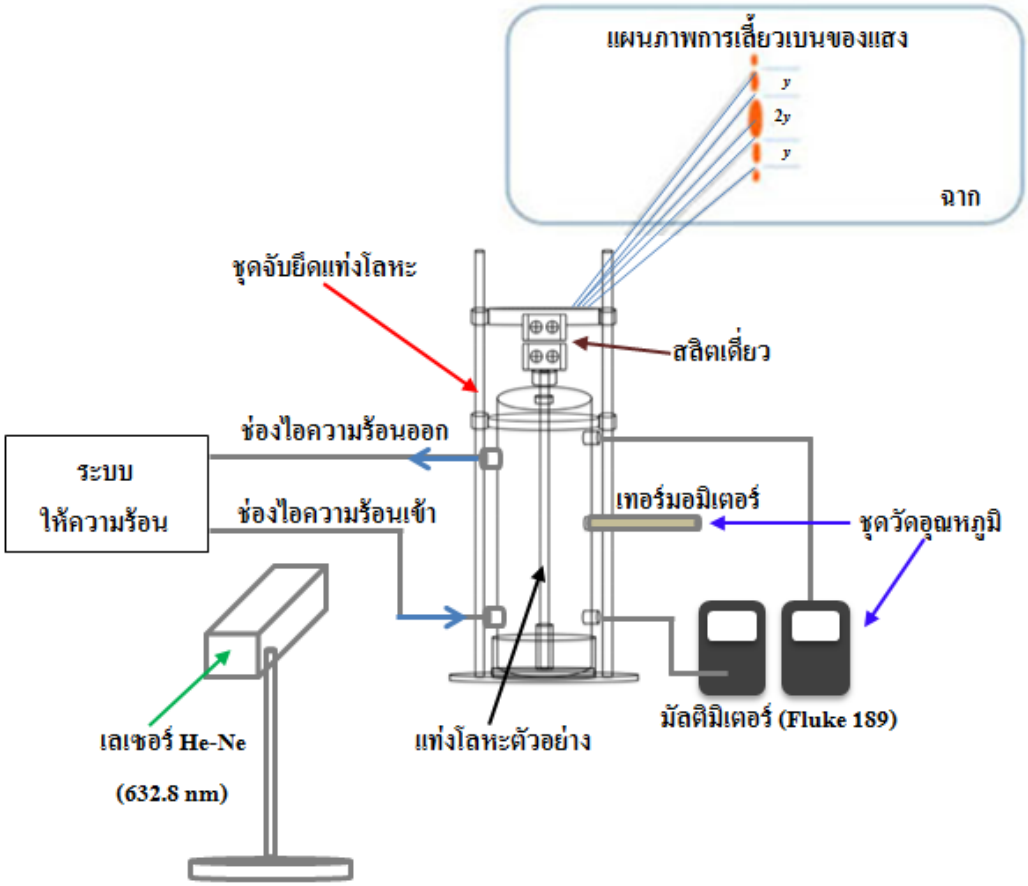
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย

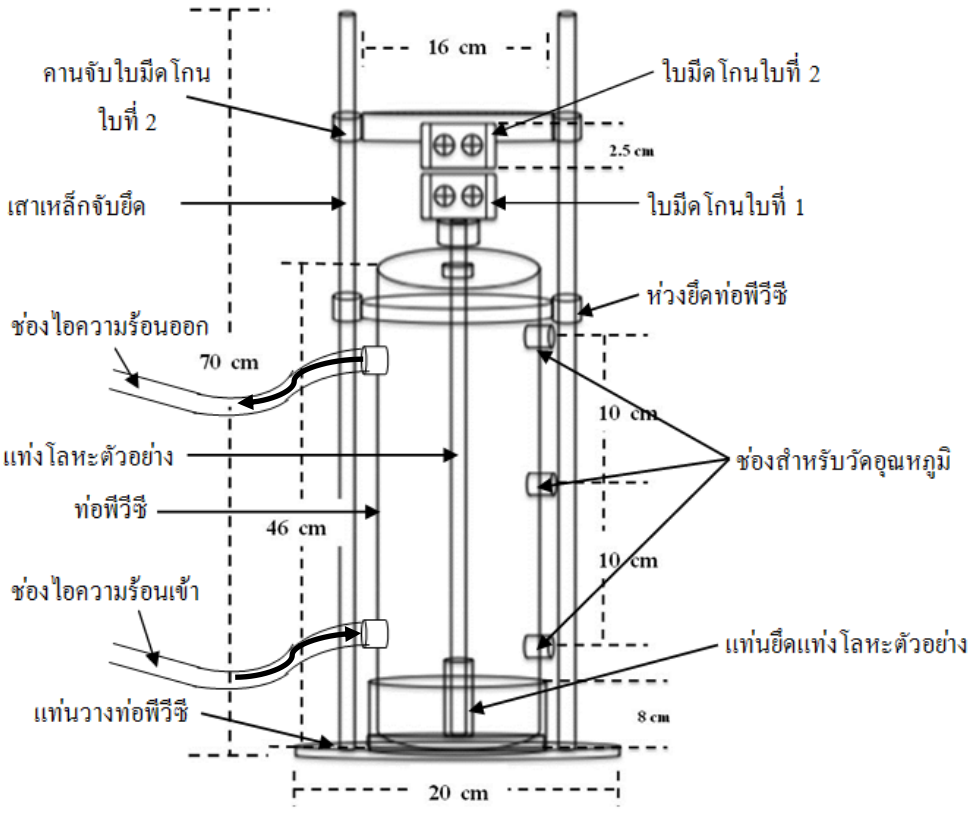
ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและสร้างชุดทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนของโลหะจากเทคนิคการเลี้ยวเบนของแสงเลเซอร์ โดยเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่สามารถหาซื้อได้ง่ายและมีราคาถูก ซึ่งมีรายละเอียดและวิธีการดำเนินการวิจัย คือ ออกแบบและสร้างชุดทดลองสำหรับหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นทางความร้อนของโลหะ (α) โดยพิจารณาจากรูปแบบการเลี้ยวเบนของแสง ชุดทดลองแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ ชุดจับยึดแท่งโลหะตัวอย่าง ระบบทางแสง และระบบให้ความร้อนกับแท่งโลหะตัวอย่าง โดยชุดการทดลองที่ออกแบบและสร้างขึ้นอาศัยหลักการดังนี้ เมื่อแท่งโลหะตัวอย่างได้รับความร้อน ความยาวของแท่งโลหะตัวอย่างจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดการขยายตัวเชิงเส้นทางความร้อน ส่งผลให้ความกว้างของสลิตเดี่ยวลดลง ระยะห่างระหว่างแถบสว่างและแถบมืด (y) ของรูปแบบการเลี้ยวเบนแสงก็จะเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงค่า y ตามอุณหภูมิของแท่งโลหะนี้ สามารถนำไปหาค่า α ได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ซึ่งมีรายละเอียดวิธีการดำเนินงานวิจัยดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 แสดงแบบจำลองการติดตั้งชุดการทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนของโลหะจากเทคนิคเลี้ยวเบนแสงเลเซอร์

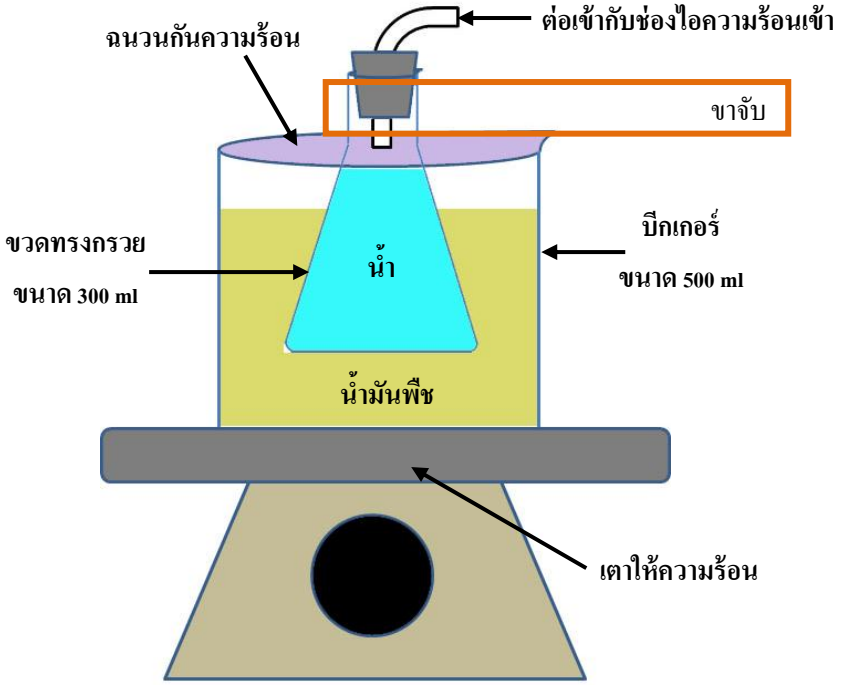
3.1 การออกแบบชุดการทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนของโลหะจากเทคนิคการเลี้ยวเบนของแสงเลเซอร์

ชุดทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนของโลหะจากเทคนิคการเลี้ยวเบนของแสงเลเซอร์ ถูกออกแบบขึ้นภายใต้เงื่อนไข คือ เลือกใช้อุปกรณ์ที่สามารถจัดหาได้ง่าย มีราคาถูก และมีการบูรณาการองค์ความรู้ สามารถหาค่า α ของโลหะตัวอย่างได้ โดยมีความถูกต้องสูงและนำไปใช้ได้จริงในทางอุตสาหกรรมหรือห้องปฏิบัติการ นอกจากนั้นยังต้องนำไปใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและระดับอุดมศึกษาได้ ซึ่งชุดทดลองแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนที่ 1 ชุดจับยึดแท่งโลหะตัวอย่าง ประกอบด้วยท่อพีวีซีทรงกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 cm ยาว 46 cm ซึ่งถูกยึดอยู่กับเสาเหล็กที่มีความสูง 70 cm และวางบนแท่นวางท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 cm ภายในท่อจะใส่แท่งโลหะตัวอย่างที่ต้องการจะหาค่า α โดยที่ด้านล่างของแท่งโลหะตัวอย่างจะถูกตรึงให้อยู่กับที่โดยแท่นยึดแท่งโลหะ ส่วนปลายด้านบนของแท่งโลหะตัวอย่างจะถูกประกบด้วยฝาปิดท่อด้านบนซึ่งเจาะรูให้แท่งโลหะตัวอย่างโผล่ออกมาเพื่อต่อเข้ากับตัวจับยึดใบมีดโกนใบที่หนึ่ง ซึ่งจะวางตัวในแนวขนานกับใบมีดโกนใบที่สองที่ยึดติดแน่นกับเสาเหล็ก ใบมีดโกนทั้งสองนี้จะถูกตั้งให้มีระยะห่างเริ่มต้นเท่ากับ 0.05 cm โดยใบมีดโกนทั้งสองนี้จะทำหน้าที่เปรียบเสมือนสลิตเดี่ยว ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงชุดจับยึดแท่งโลหะตัวอย่าง

ส่วนที่ 2 ระบบให้ความร้อนกับแท่งโลหะตัวอย่าง จะถูกนำมาต่อเข้ากับชุดจับยึดแท่งโลหะตัวอย่างทางด้านช่องไอความร้อนเข้าเพื่อให้ไอความร้อนไหลเข้าสู่ภายในท่อพีวีซี และส่งผลให้แท่งโลหะตัวอย่างมีอุณหภูมิสูงขึ้น หลังจากนั้นไอความร้อนจะไหลออกจากท่อพีวีซีทางช่องไอความร้อนออก ในการผลิตไอความร้อนของระบบให้ความร้อนประกอบด้วยน้ำปริมาตร 250 ml บรรจุอยู่ในขวดทรงกรวยขนาด 300 ml ซึ่งถูกจุ่มอยู่ในน้ำมันพืชปริมาตร 400 ml ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ที่ปากขวดทรงกรวยจะต่อเข้ากับสายนำส่งไอความร้อนเข้าชุดจับยึดแท่งโลหะ



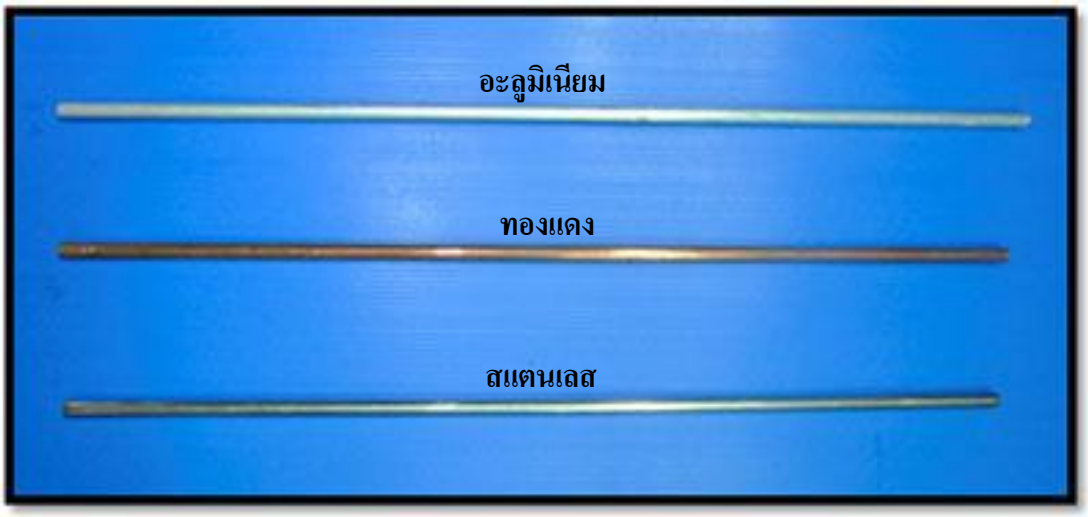
รูปที่ 3.3 แสดงระบบให้ความร้อนกับแท่งโลหะตัวอย่าง

ในการวัดค่าอุณหภูมิของแท่งโลหะตัวอย่างภายในท่อพีวีซี ทางผู้วิจัยได้ทำการวัดค่าอุณหภูมิทั้งหมด 3 ตำแหน่ง โดยใช้เทอร์โมคัปเปิล type K ต่อเข้ากับมัลติมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ (Fluke 189) ที่จุดบนสุดและล่างสุด และเทอร์มอมิเตอร์วัดที่ตรงกลางท่อพีวีซี เพื่อหาอุณหภูมิเฉลี่ย ดังแสดงในรูปที่ 3.1 และ 3.2

ส่วนที่ 3 ระบบทางแสง ในการทดลองนี้แหล่งกำเนิดแสงที่เลือกใช้เป็นเลเซอร์ฮีเลียม – นีออน (He – Ne laser) ที่มีความยาวคลื่น 632.8 nm กำลัง 1 mW ส่องผ่านไปยังสลิตเดี่ยว ส่งผลให้เกิดรูปแบบการเลี้ยวเบนของแสงบนฉากที่วางอยู่ด้านหลัง ซึ่งห่างจากสลิตเดี่ยวเป็นระยะทาง 2 m ดังแสดงในรูปที่ 3.1

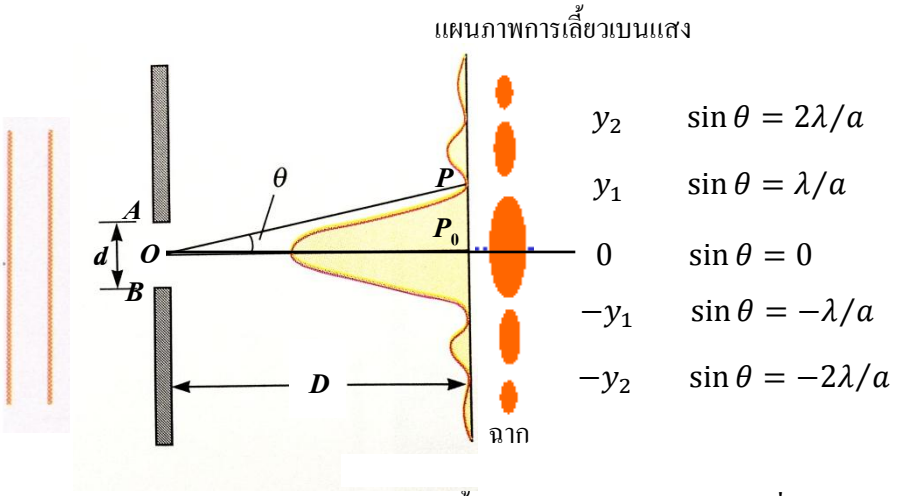
3.2 การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนของโลหะจากรูปแบบการเลี้ยวเบนของแสง

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้หาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นเนื่องจากความร้อนของแท่งโลหะตัวอย่าง 3 ชนิด ได้แก่ อะลูมิเนียม รหัส 6063, ทองแดง รหัส UNS C11000 และสแตนเลส รหัส 314 โดยแท่งโลหะตัวอย่างแต่ละชนิด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 8 mm และมีความยาวเริ่มต้นเท่ากับ 45.30 cm ดังแสดงในรูปที่ 3.4 แท่งโลหะตัวอย่างเหล่านี้สามารถหาซื้อได้ง่าย ราคาไม่สูง และเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในงานอุตสาหกรรมต่างๆ ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นเนื่องจากความร้อนของอะลูมิเนียม รหัส 6063, ทองแดง รหัส UNS C11000 และสแตนเลส รหัส 314 จากการกำหนดของศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) มีค่าเท่ากับ 15.10 x 10^{-6}, 17.70 x 10^{-6} และ 23.40 x 10^{-6} $(°C)^{-1}$ ตามลำดับ



รูปที่ 3.4 แสดงแท่งโลหะตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย

การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นเนื่องจากความร้อนของโลหะ สามารถพิจารณาได้จากรูปแบบการเลี้ยวเบนของแสงเลเซอร์ผ่านช่องสลิตเดี่ยว โดยอาศัยความสัมพันธ์ที่ว่า “ความยาวของแท่งโลหะที่เพิ่มขึ้น จะเท่ากับความกว้างของสลิตที่ลดลง”



รูปที่ 3.5 แสดงตำแหน่งของแถบมืดสำหรับการเลี้ยวเบนแสงผ่าน single slit ที่มีความกว้าง d

จากสมการที่ (2.13) และรูปที่ 3.5 สมการการเลี้ยวเบนของแสง $y_m = \frac{D}{d} m\lambda$ เมื่อพิจารณาแถบมืดลำดับที่ 1 จะได้ $d = \frac{\lambda D}{y_1}$ ซึ่ง y_1 คือระยะห่างระหว่างแถบมืดที่ติดกัน ต่อจากนี้จะกำหนดให้เป็น y และจากสมการที่ (2.6) การขยายตัวทางความร้อนเชิงเส้นของโลหะ $L = \alpha L_0(T-T_0)$

จะได้ว่า ความกว้างของสลิตที่ลดลง = ความยาวของแท่งโลหะที่เพิ่มขึ้น

หรือ $d_0 - d = L - L_0$

เมื่อ d_0 = ความกว้างของสลิตเริ่มต้น (m)

d = ความกว้างของสลิต ณ อุณหภูมิหนึ่งๆ (m)

L_0 = ความยาวของแท่งโลหะเริ่มต้น (m)

L = ความยาวของแท่งโลหะ ณ อุณหภูมิหนึ่งๆ (m)

ดังนั้นจะได้ว่า

$$\lambda D\left(\frac{1}{y_0}-\frac{1}{y}\right) = \alpha L_0(T-T_0)$$

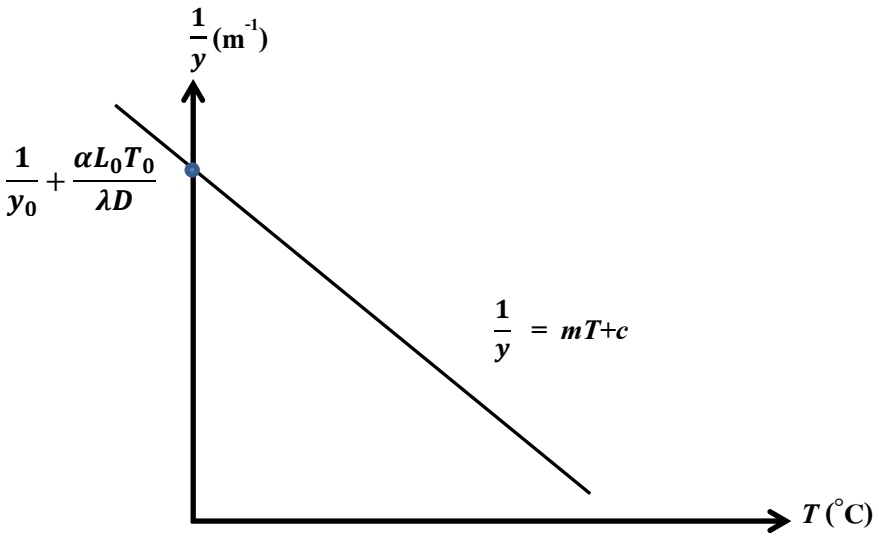
$$\frac{1}{y_0}-\frac{1}{y} = \frac{\alpha L_0(T-T_0)}{\lambda D}$$

$$\frac{1}{y} = \frac{1}{Z_0}-\frac{\alpha L_0(T-T_0)}{\lambda D}$$

$$\frac{1}{y} = \frac{1}{y_0}-\frac{\alpha L_0 T}{\lambda D}+\frac{\alpha L_0 T_0}{\lambda D}$$

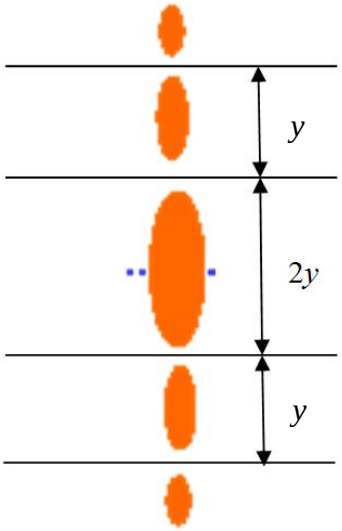
$$\frac{1}{y} = -\frac{\alpha L_0 T}{\lambda D}+\left(\frac{1}{y_0}+\frac{\alpha L_0 T_0}{\lambda D}\right) \qquad (3.1)$$

ดังนั้นเมื่อเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{1}{y}$ (บนแกนตั้ง) และ T (บนแกนนอน) จะได้กราฟเส้นตรงที่มีความสัมพันธ์ดังสมการที่ (3.1) ซึ่งพบว่าความชันของกราฟ m มีค่าเท่ากับ $\left(-\frac{\alpha L_0 T}{\lambda D}\right)$ และจุดตัดบนแกนตั้ง c คือ $\left(\frac{1}{y_0}+\frac{\alpha L_0 T_0}{\lambda D}\right)$ ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์จากการทดลอง

ในการทดลองจะเริ่มทำการทดลองที่อุณหภูมิห้องไปจนถึงอุณหภูมิประมาณ 90 °C ที่แต่ละค่าของอุณหภูมิจะขีดระยะห่างระหว่างกึ่งกลางของริ้วมืดที่เกิดบนฉาก ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แสดงการขีดระยะห่างระหว่างริ้วมืดของแผนภาพการเลี้ยวเบนที่เกิดบนฉาก

ในการบันทึกผลการทดลองจะกระทำในทุกๆ ครั้งที่อุณหภูมิเฉลี่ยเปลี่ยนแปลงไปประมาณ 5 °C และนำผลที่ได้จากการขีดระยะห่างระหว่างกึ่งกลางของริ้วมืดในแต่ละช่วงอุณหภูมิมาทำการวัดระยะของ

ค่า y ที่เปลี่ยนไป แล้วบันทึกผลลงในตาราง ต่อมานำข้อมูลที่ได้ไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{1}{y}$ กับ T เพื่อนำค่าความชันของกราฟ (m) มาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นเนื่องจากความร้อนของโลหะตัวอย่าง จากสมการ $\alpha = \frac{m\lambda D}{L_0}$ แล้วนำไปเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงจากค่ามาตรฐานจากการกำหนดของศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) และหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนจากการทดลองซึ่งสามารถหาได้โดยนำค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นเนื่องจากความร้อนของโลหะเฉลี่ยจากการทดลอง มาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนจากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน} = \frac{|\text{ค่าที่ได้จากการทดลอง} - \text{ค่าที่ยอมรับได้}|}{\text{ค่าที่ยอมรับได้}} \text{ x } 100 \qquad (3.2)$$