บทที่ 6
การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องทดสอบ

6.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องทดสอบความคืบแบบแกนเดียวที่สร้างขึ้น โดยพิจารณาเฉพาะปัจจัยหลักที่มีผลต่อผลการทดสอบความคืบ ได้แก่ ภาระ และอุณหภูมิ

รายการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องทดสอบความคืบแบบแกนเดียว ประกอบด้วย

1) การวัดอัตราทดของคานทดแรง และเปอร์เซ็นต์การดัดบนชิ้นงานทดสอบ
2) การวัดอุณหภูมิสูงสุดที่เตาความร้อนสามารถทำได้
3) การวัดความเที่ยง (precision) ของการควบคุมอุณหภูมิ
4) การวัดอุณหภูมิตามแนวแกน และแนวเส้นรอบวงของชิ้นงานทดสอบ

รายละเอียดการตรวจสอบต่างๆ จะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไปนี้

6.2 เปอร์เซ็นต์การดัดของชิ้นงานทดสอบและการวัดอัตราทดของคานทดแรง

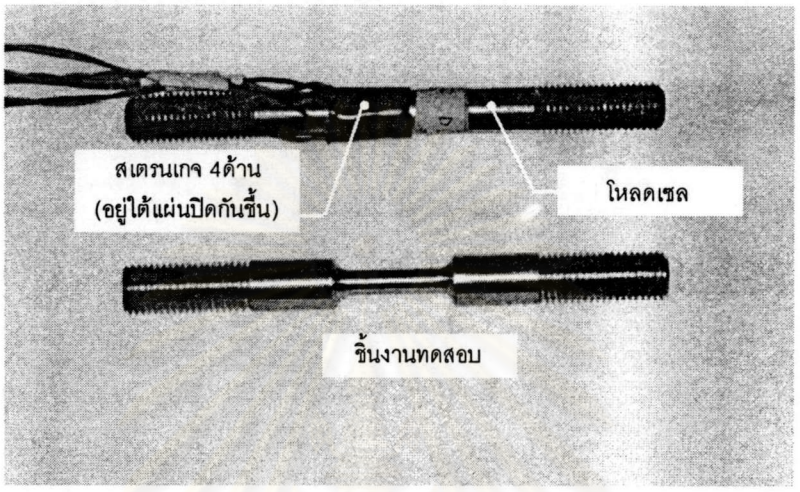
การทดลองนี้ทำเพื่อวัดขนาดของภาระดัดที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานทดสอบ และเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่ยอมรับกันทั่วไป ผลการทดลองนี้สามารถใช้ในการคำนวณอัตราทด (ที่แท้จริง) ของคานทดแรงได้ โดยในที่นี้แบ่งสภาวะทดสอบเป็น 2 แบบคือ 1) คานทดแรงอยู่ในแนวระดับ และ 2) คานทดแรงเอียงทำมุมประมาณ 10 องศา

นอกจากนี้ได้ติดตั้งไดอัลเกจ (ดูรูปที่ 6.5 ประกอบ) เพื่อวัดมุมเอียงของคานทดแรงที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อใส่ตุ้มน้ำหนักขนาดต่าง ๆ โดยจะนำระยะเคลื่อนตัวนี้มาคำนวณหาระยะเคลื่อนตัวของชุดให้ภาระชิ้นงานทดสอบ และคำนวณหาความแข็งเกร็ง (stiffness) ของชุดให้ภาระชิ้นงานทดสอบต่อไป

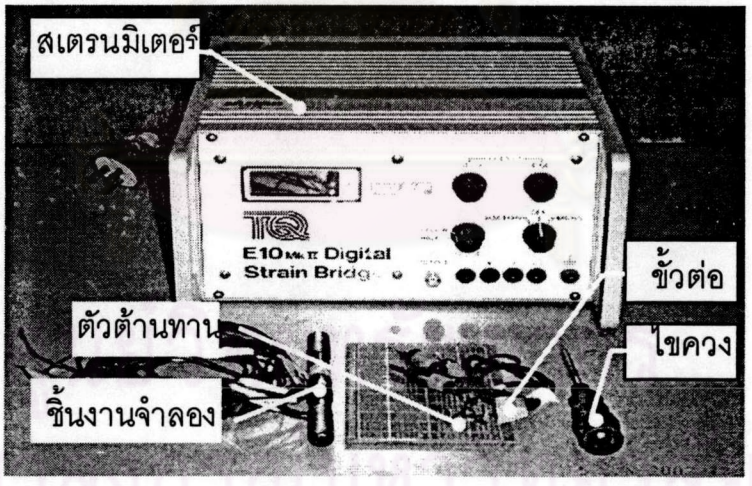
6.2.1 อุปกรณ์

1) โหลดเซลรูปแท่งทรงกระบอกทำเกลียวนอกที่ปลายทั้งสองข้าง (รูปที่ 6.1)
2) สเตรนมิเตอร์ (รูปที่ 6.2)
3) ตัวต้านทานสำหรับต่อเป็นวงจร half bridge (รูปที่ 6.3)
4) ไดอัลเกจ

สเตรนเกจที่ติดบนโหลดเซล[1] มีทั้งหมด 4 ตัว แทนด้วยสัญลักษณ์ A, B, C, D ตามลำดับ (ดูรูปที่ 6.4 ประกอบ) แต่ละตัวอยู่บนเส้นรอบวงเดียวกัน และอยู่ห่างกัน 90 องศา สเตรนเกจทั้ง 4 ตัวนี้มีหน้าที่ตรวจจับความเครียดแนวแกน ที่เกิดขึ้นเมื่อใส่ภาระกับเครื่องทดสอบ

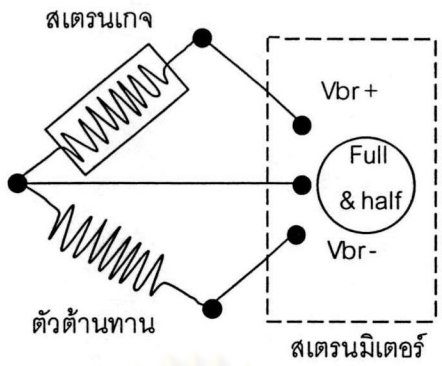


รูปที่ 6.1 โหลดเซล

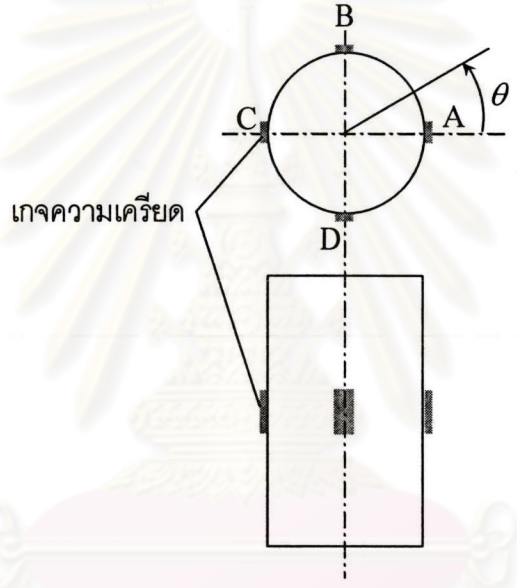


รูปที่ 6.2 สเตรนมิเตอร์

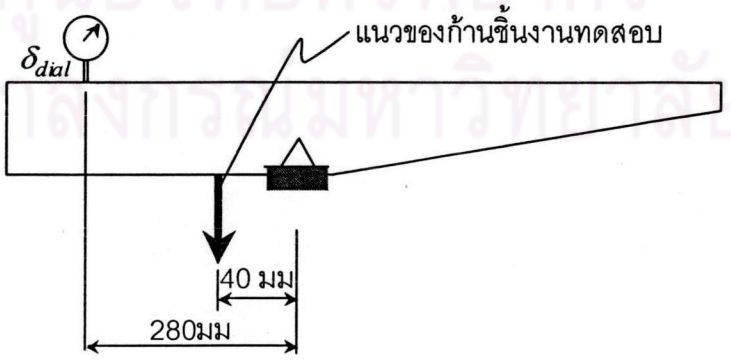
[1] ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโหลดเซลที่ตำแหน่งติดสเตรนเกจ d_{LC} คือ 11.0 มม.



รูปที่ 6.3 การต่อวงจร half bridge เพื่อเข้าสเตรนมิเตอร์



รูปที่ 6.4 ตำแหน่ง และลักษณะการวางตัวของสเตรนเกจบนโหลดเซล
(มองภาพจากด้านหน้าของเครื่องทดสอบ)



รูปที่ 6.5 ตำแหน่งของไดอัลเกจ และก้านดึงชิ้นงานทดสอบ

6.2.2 ขั้นตอนการวัด

1) นำตุ้มน้ำหนักที่แขวนอยู่ออกจนหมด
2) ติดตั้งโหลดเซลกับตัวจับยึดชิ้นงานทดสอบและหมุนปรับตำแหน่งให้ได้ตามที่ต้องการ (ในที่นี้ปรับให้สเตรนเกจ D อยู่ด้านหน้าเครื่องทดสอบ)
3) เลือกสเตรนเกจตัวที่อยู่ในตำแหน่งซึ่งต้องการวัดความเครียด (ในที่นี้เริ่มวัดที่สเตรนเกจ A)
4) ต่อสายไฟจากเกจความเครียดตำแหน่งที่เลือกกับตัวต้านทานภายนอกให้เป็นวงจร half bridge จากนั้นต่อสายเข้าสเตรนมิเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 6.3
5) ปรับศูนย์ค่าที่อ่านจากสเตรนมิเตอร์ พร้อมทั้งบันทึกผลค่าที่อ่าน
6) ปรับให้คานทดแรงให้มีมุมเอียงเท่ากับที่ต้องการแล้วปรับศูนย์ของไดอัลเกจโดยการหมุนหน้าปัด
7) เปลี่ยนตำแหน่งสเตรนเกจแล้วทำขั้นตอนที่ 4 ซ้ำ จนวัดค่าจากสเตรนเกจได้ครบทุกตัว และบันทึกผล
8) ใส่ตุ้มน้ำหนักขนาด 5 กิโลกรัม ที่จานรองตุ้มน้ำหนัก
9) อ่านค่าที่ไดอัลเกจ
10) ทำขั้นตอนที่ 3 ถึง 5
11) เปลี่ยนตำแหน่งสเตรนเกจแล้วทำขั้นตอนที่ 4 ซ้ำจนวัดค่าจากสเตรนเกจได้ครบทุกตัว โดยบันทึกผลด้วย
12) ทำขั้นตอนที่ 8 ถึง 11 โดยเพิ่มน้ำหนักขึ้นคราวละ 5 กิโลกรัมจนกระทั่งถึง 30 กิโลกรัม
13) ทำขั้นตอนที่ 8 ถึง 11 โดยลดน้ำหนักลงคราวละ 5 กิโลกรัมจนกระทั่งเหลือศูนย์กิโลกรัม

6.2.3 ผลการวัดและการวิเคราะห์ผล

1) ระยะเคลื่อนตัวของชุดให้ภาระชิ้นงาน

ระยะเคลื่อนตัวของชุดให้ภาระชิ้นงานทดสอบ (loading train displacement) δ_{lt} สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\delta_{lt} = \frac{40}{280}\delta_{dial,avg} \qquad (6.1)$$

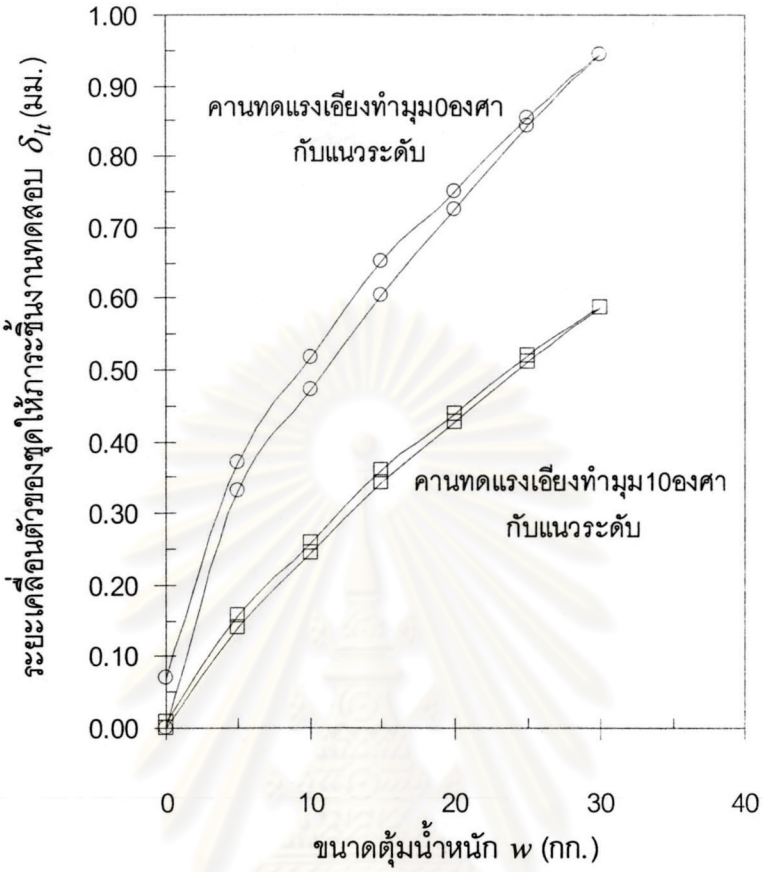
โดย $\delta_{dial,avg}$ คือ ค่าเฉลี่ยของระยะเคลื่อนตัวที่อ่านได้ ณ ตำแหน่งติดตั้งไดอัลเกจในการทดลองซ้ำ

ตารางที่ 6.1 แสดงผลการคำนวณระยะเคลื่อนตัวของชุดให้ภาระสำหรับกรณีคานทดแรงเอียงทำมุมประมาณ 0 องศากับแนวระดับ และ 10 องศากับแนวระดับ

ตารางที่ 6.1 ระยะเคลื่อนตัวของชุดให้ภาระชิ้นงานทดสอบ δ_{lt} (มม.)

ขนาดตุ้มน้ำหนัก w (กก.)	δ_{lt} , คานทดแรงทำมุม 0 องศากับแนวระดับ	δ_{lt} , คานทดแรงทำมุม 10 องศากับแนวระดับ
0	0.00	0.00
5	0.33	0.14
10	0.47	0.25
15	0.60	0.34
20	0.72	0.43
25	0.84	0.51
30	0.94	0.59
25	0.85	0.52
20	0.75	0.44
15	0.65	0.36
10	0.52	0.26
5	0.37	0.16
0	0.07	0.01

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.6 ระยะเคลื่อนตัวของชุดให้ภาระชิ้นงานทดสอบที่ขนาดตุ้มน้ำหนักต่าง ๆ

2) อัตราทด

อัตราทดของคานทดแรง r คือ อัตราส่วนระหว่างภาระที่กระทำต่อชิ้นงานทดสอบ $P_{specimen}$ และภาระที่ใส่เข้าไป P_{weight} ดังนั้น

$$r = \frac{P_{specimen}}{P_{weight}} \tag{6.2}$$

ขนาดของภาระ (แนวแกน) ที่กระทำต่อชิ้นงานทดสอบ $P_{specimen}$ คำนวณจากผลการวัดความเครียดบนโหลดเซล ซึ่งเขียนได้ในรูปของ

$$P_{spcimen} = \bar{\varepsilon} E \frac{\pi}{4} d_{LC}{}^2 \tag{6.3}$$

$$\bar{\varepsilon} = \frac{1}{4}\left(\varepsilon_{m,1} + \varepsilon_{m,2} + \varepsilon_{m,3} + \varepsilon_{m,4}\right) \tag{6.4}$$

และ

$$\varepsilon_{m,i} = \frac{1}{4}\left(\varepsilon_{A,i} + \varepsilon_{B,i} + \varepsilon_{C,i} + \varepsilon_{D,i}\right) \quad i = 1,2,3,4 \tag{6.5}$$

โดย E คือ ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของเหล็ก (ในที่นี้ใช้ค่าจากตารางซึ่งมีค่าประมาณ 200 GPa)

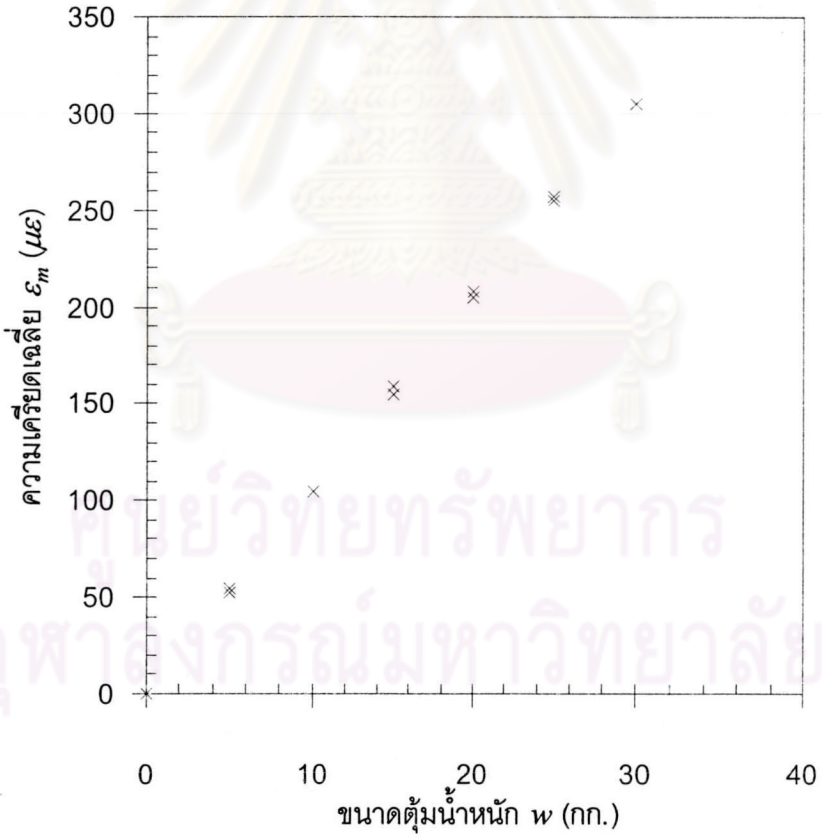
d_{LC} คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโหลดเซล (ในที่นี้เท่ากับ 11 มม.)

$\varepsilon_{A,i}, \varepsilon_{B,i}, \varepsilon_{C,i}, \varepsilon_{D,i}$ คือ ความเครียดที่สเตรนเกจ A, B, C และ D อ่านได้ในการทดลองครั้งที่ i

$\varepsilon_{m,i}$ คือ ความเครียดเฉลี่ยในการทดลองครั้งที่ i

$\bar{\varepsilon}$ คือ ค่าเฉลี่ยของความเครียดเฉลี่ย $\varepsilon_{m,i}$

ผลการวัดความเครียด $\varepsilon_A, \varepsilon_B, \varepsilon_C, \varepsilon_D$ ที่ภาระขนาดต่าง ๆ แสดงอยู่ในภาคผนวก ก ความเครียดเฉลี่ยบนโหลดเซล ε_m ที่เกิดขึ้นเนื่องจากตุ้มน้ำหนักขนาดต่าง ๆ แสดงอยู่ในรูปที่ 6.7 และผลการคำนวณอัตราทดของคานทดแรงแสดงอยู่ในตารางที่ 6.2



รูปที่ 6.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดเฉลี่ย และขนาดตุ้มน้ำหนัก (กรณีคานทดแรงทำมุม 0 องศากับแนวระดับ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.2 ผลการคำนวณอัตราทดของคานทดแรง

ขนาดตุ้มน้ำหนัก w (กก.)	คานทดแรงทำมุม 0 องศากับแนวระดับ			คานทดแรงทำมุม 10 องศากับแนวระดับ		
	$\bar{\varepsilon}$	$P_{speimen}$	r	$\bar{\varepsilon}$	$P_{speimen}$	r
0	0	0 [n]	-	0	0 [n]	-
5	51	965	19.7	40	761	15.5
10	102	1,930	19.7	81	1,545	15.7
15	153	2,900	19.7	123	2,334	15.9
20	203	3,860	19.7	163	3,104	15.8
25	253	4,815	19.6	204	3,874	15.8
30	302	5,738	19.5	244	4,635	15.7
25	256	4,863	19.8	205	3,903	15.9
20	206	3,907	19.9	165	3,128	15.9
15	158	3,004	20.4	125	2,367	16.1
10	103	1,949	19.9	81	1,540	15.7
5	52.4	994	20.3	40	765	15.6
0	0.1	2.4	-	0.3	6	-

[n] ในการทดลอง มีการปรับศูนย์ความเครียดที่อ่านได้เมื่อไม่มีตุ้มน้ำหนัก ดังนั้นภาระที่กระทำกับชิ้นงานจึงเท่ากับศูนย์ อย่างไรก็ดี ในความเป็นจริงภาระที่กระทำจะมีค่าใกล้เคียงกับศูนย์เนื่องจากความผิดพลาดในการตั้งสมดุลของคานทดแรง การหาขนาดของภาระนี้จะกล่าวถึงในหัวข้อย่อยต่อไป

3) เปอร์เซ็นต์การดัด

เปอร์เซ็นต์การดัด คือ อัตราส่วนของความเครียด และความเครียดเฉลี่ย

$$\%b = \frac{\varepsilon_a}{\varepsilon_m} = \frac{\frac{1}{2}\left(\varepsilon_i - \varepsilon_j\right)}{\varepsilon_m} \qquad (6.6)$$

โดย $\%b$ คือ เปอร์เซ็นต์การดัด

ε_a คือ ความเครียดดัด [25] หรือ ผลต่างเฉลี่ยของความเครียดตามแนว ij มีค่าเท่ากับ $\left(\varepsilon_i - \varepsilon_j\right)/2$

ε_m คือ ความเครียดเฉลี่ย

หากพิจารณารูปที่ 6.4 จะเห็นว่าทิศทางการดัดสามารถแบ่งออกได้ 2 ทิศทางคือ 1) การดัดตามแนว BD และ2) การดัดตามแนว AC ดังนั้น เปอร์เซ็นต์การดัดของแต่ละแนวจึงเขียนได้ดังนี้

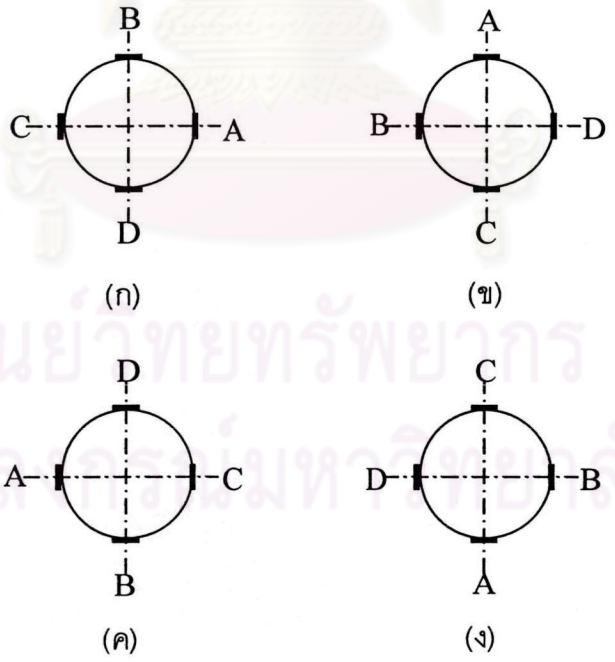
$$\%b_{BD,i} = \frac{\frac{1}{2}\left(\varepsilon_{B,i} - \varepsilon_{D,i}\right)}{\varepsilon_m} \qquad (6.7ก)$$

$$\%b_{AC,i} = \frac{\frac{1}{2}\left(\varepsilon_{C,i} - \varepsilon_{A,i}\right)}{\varepsilon_m} \qquad (6.7ข)$$

โดย $\%b_{BD,i}$ คือ เ ปอร์เซ็นต์การดัดตามแนว BD ในการทดลองครั้งที่ i

$\%b_{AC,i}$ คือ เ ปอร์เซ็นต์การดัดตามแนว AC ในการทดลองครั้งที่ i

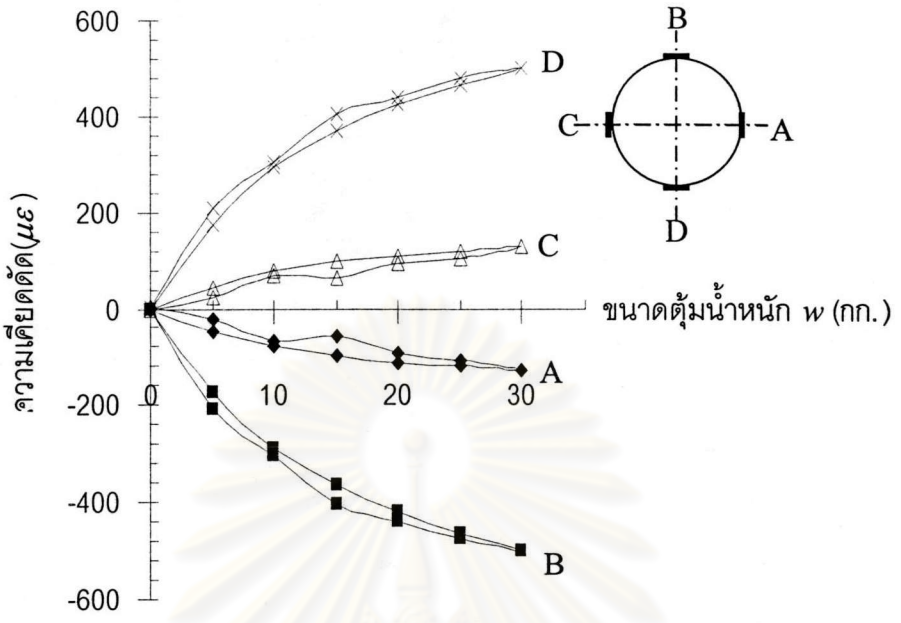
รูปที่ 6.8ก-ง แสดงตำแหน่งของสเตรนเกจ (เมื่อมองจากวิวบน) ในการทดลองทั้งหมด 4 ครั้ง ผลการวัดความเครียดดัดที่ตำแหน่งติดเกจความเครียดแสดงอยู่ในรูปที่ 6.9 ถึง 6.16 ผลการคำนวณเปอร์เซ็นต์การดัดในแนว AC และ BD ขณะที่คานทดแรงเอียงทำมุม 0 องศา และ 10 องศากับแนวระดับ แสดงอยู่ในตารางที่ 6.3 และ 6.4 ตามลำดับ



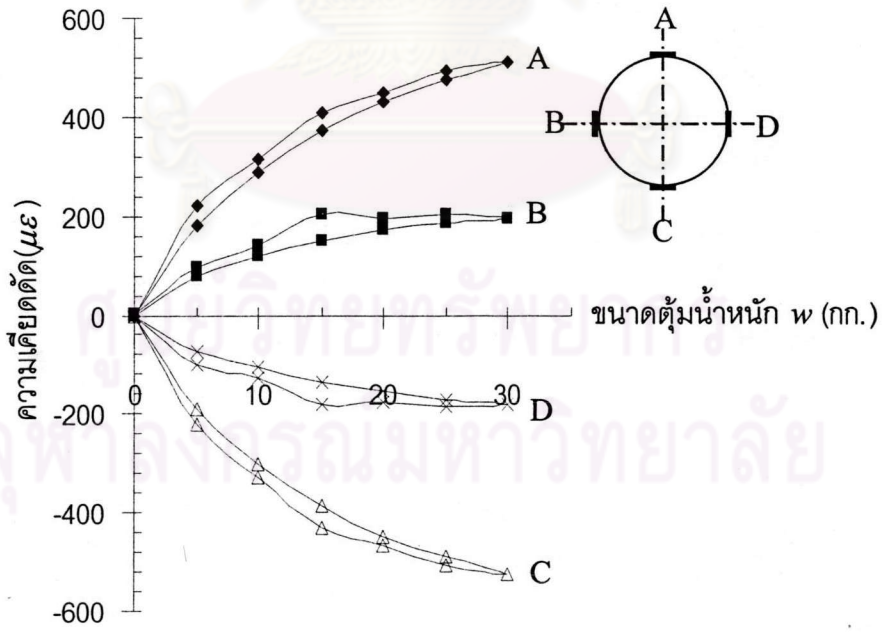
รูปที่ 6.8 ตำแหน่งของสเตรนเกจในการทดลองเพื่อวัดเปอร์เซ็นต์การดัด

(ก) การทดลองครั้งที่ 1 (ข) การทดลองครั้งที่ 2

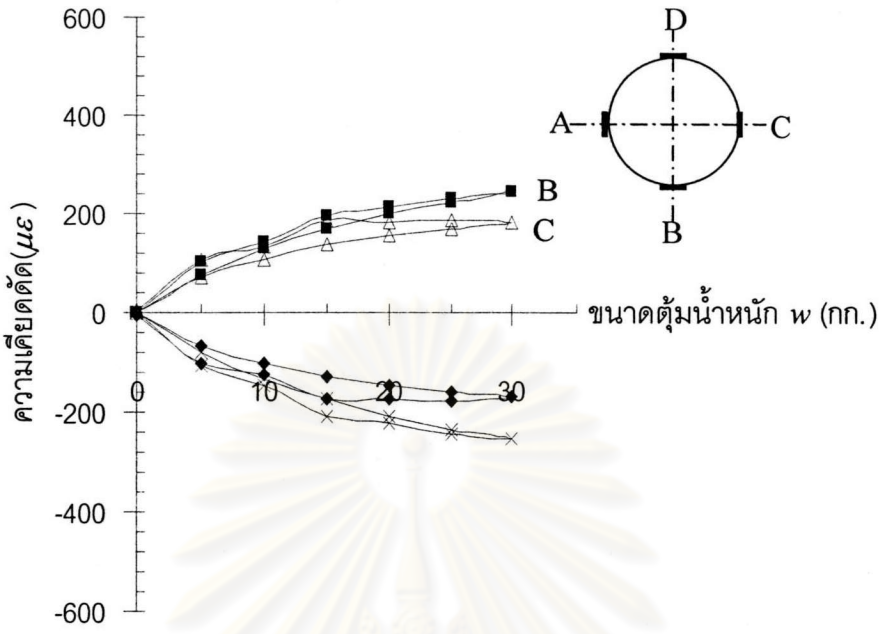
(ค) การทดลองครั้งที่ 3 (ง) การทดลองครั้งที่ 4



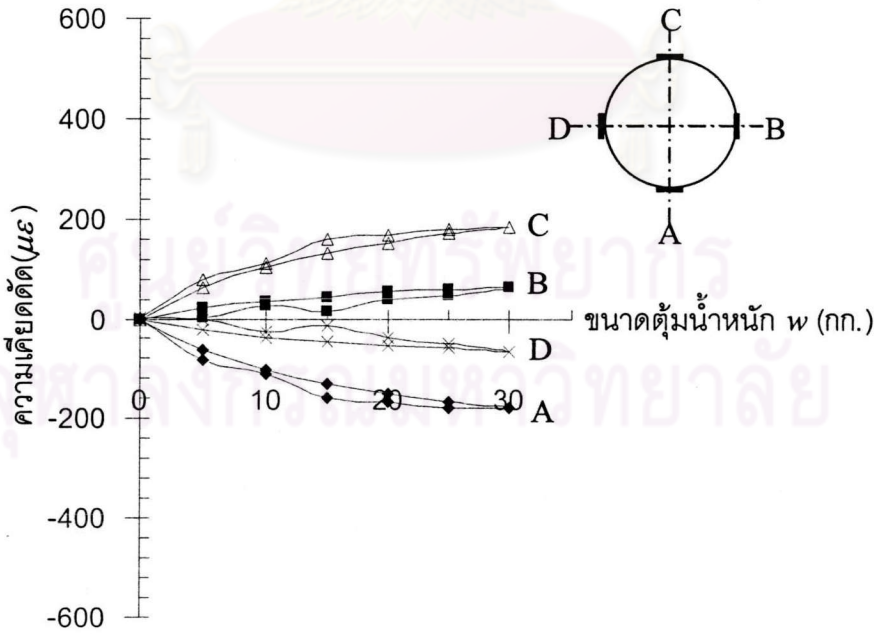
รูปที่ 6.9 ความเครียดดัด ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ในการทดลองครั้งที่ 1
(คานทดแรงทำมุม 0 องศากับแนวระดับ)



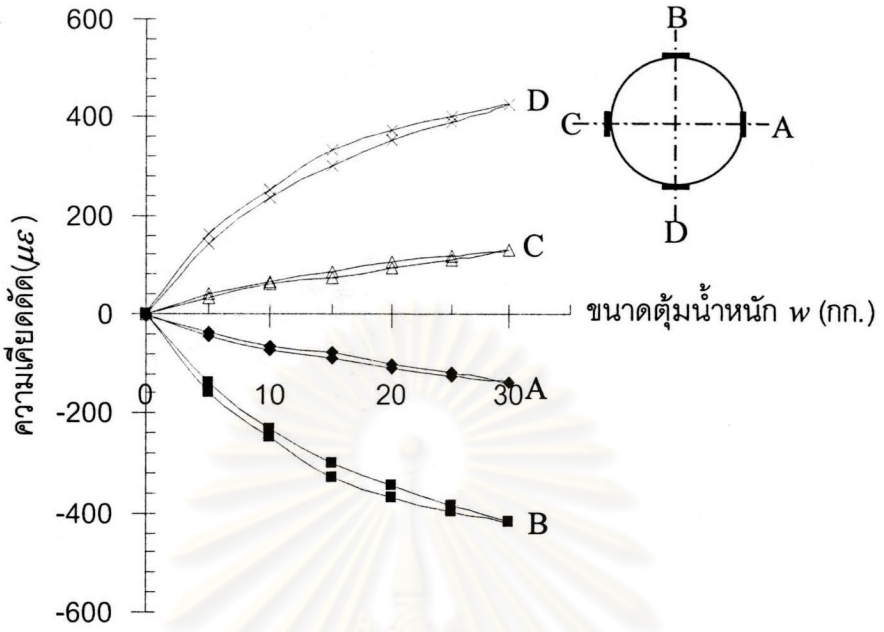
รูปที่ 6.10 ความเครียดดัด ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ในการทดลองครั้งที่ 2
(คานทดแรงทำมุม 0 องศากับแนวระดับ)



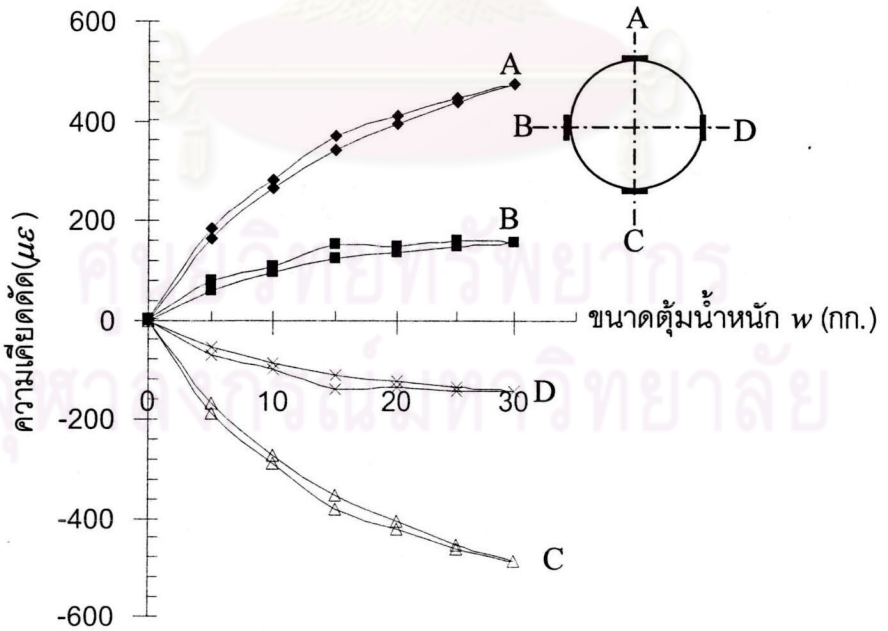
รูปที่ 6.11 ความเครียดดัด ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ในการทดลองครั้งที่ 3
(คานทดแรงทำมุม 0 องศากับแนวระดับ)



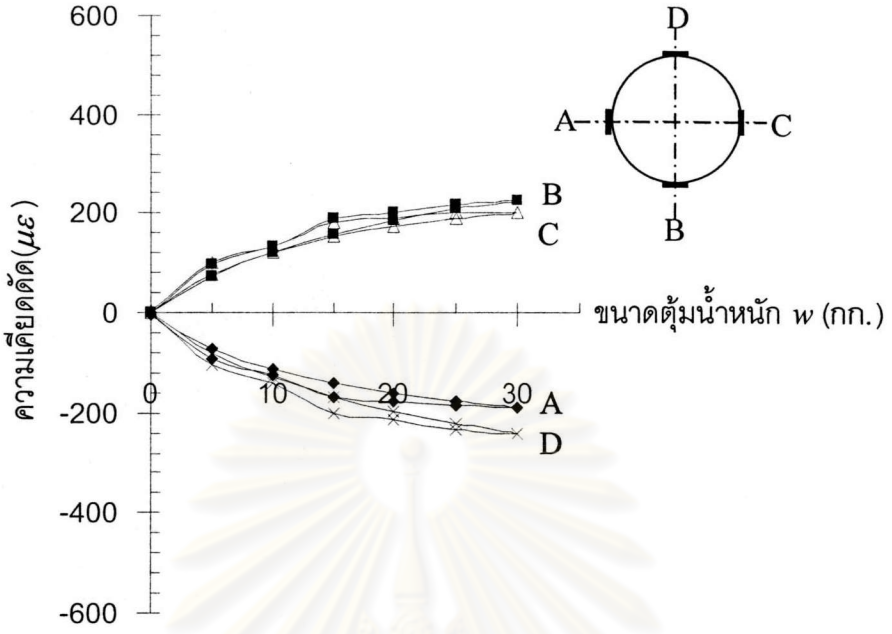
รูปที่ 6.12 ความเครียดดัด ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ในการทดลองครั้งที่ 4
(คานทดแรงทำมุม 0 องศากับแนวระดับ)



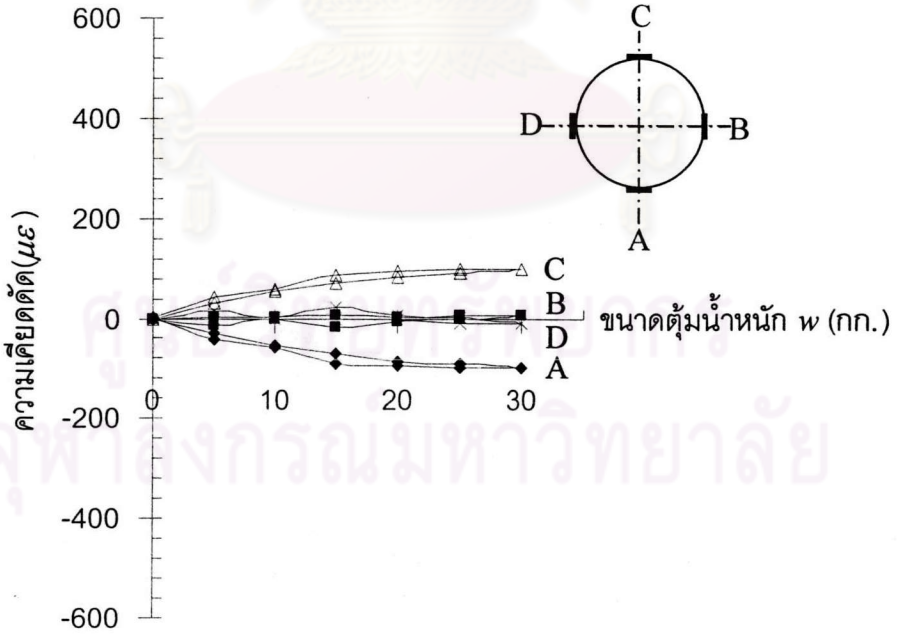
รูปที่ 6.13 ความเครียดดัด ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ในการทดลองครั้งที่ 1
(คานทดแรงทำมุม 10 องศากับแนวระดับ)



รูปที่ 6.14 ความเครียดดัด ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ในการทดลองครั้งที่ 2
(คานทดแรงทำมุม 10 องศากับแนวระดับ)



รูปที่ 6.15 ความเครียดดัด ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ในการทดลองครั้งที่ 3
(คานทดแรงทำมุม 10 องศากับแนวระดับ)



รูปที่ 6.16 ความเครียดดัด ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ในการทดลองครั้งที่ 4
(คานทดแรงทำมุม 10 องศากับแนวระดับ)

ตารางที่ 6.3 เปอร์เซ็นต์การดัด กรณีคานทดแรงเอียงทำมุม 0 องศากับแนวระดับ

ขนาดตุ้มน้ำหนัก w (กก.)	การทดลองครั้งที่							
	1		2		3		4	
	$\%b_{BD,i}$	$\%b_{AC,i}$	$\%b_{BD,i}$	$\%b_{AC,i}$	$\%b_{BD,i}$	$\%b_{AC,i}$	$\%b_{BD,i}$	$\%b_{AC,i}$
0	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-335	85	162	-380	159	148	41	120
10	-275	72	120	-306	128	108	33	99
15	-233	61	99	-258	112	93	28	85
20	-202	52	86	-225	99	79	26	74
25	-180	46	74	-197	89	69	23	67
30	-161	41	66	-176	81	60	21	60
25	-182	40	81	-202	93	74	18	70
20	-209	43	96	-233	106	91	18	80
15	-246	37	130	-276	128	120	10	98
10	-279	61	142	-333	142	134	26	104
5	-360	41	218	-487	199	211	6	148
0	-	-	-	-	-	-	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.4 เปอร์เซ็นต์การดัด กรณีคานทดแรงเอียงทำมุม 10 องศากับแนวระดับ

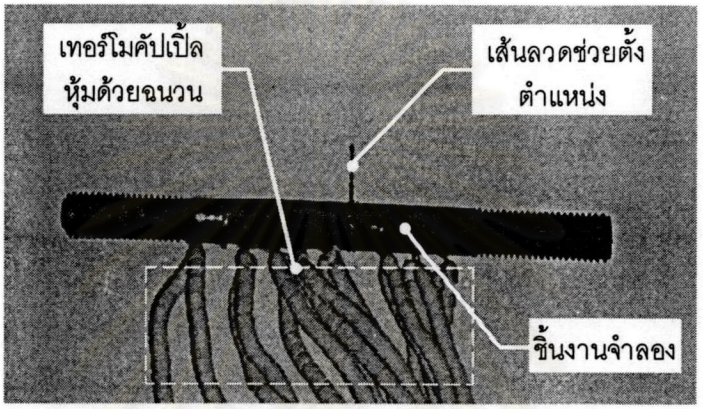
ขนาดตุ้มน้ำหนัก w (กก.)	การทดลองครั้งที่							
	1		2		3		4	
	$\%b_{BD,i}$	$\%b_{AC,i}$	$\%b_{BD,i}$	$\%b_{AC,i}$	$\%b_{BD,i}$	$\%b_{AC,i}$	$\%b_{BD,i}$	$\%b_{AC,i}$
0	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-346	99	144	-416	183	188	1	80
10	-279	81	118	-340	151	148	4	66
15	-243	70	99	-287	129	127	4	56
20	-210	63	84	-251	115	108	2	51
25	-188	58	73	-223	103	94	4	45
30	-170	52	64	-202	94	84	3	40
25	-192	53	78	-226	108	99	0	47
20	-223	57	91	-258	125	118	-4	55
15	-266	61	121	-307	152	148	-13	68
10	-318	79	130	-354	165	165	-3	71
5	-445	92	189	-457	231	238	-32	101
0	-	-	-	-	-	-	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

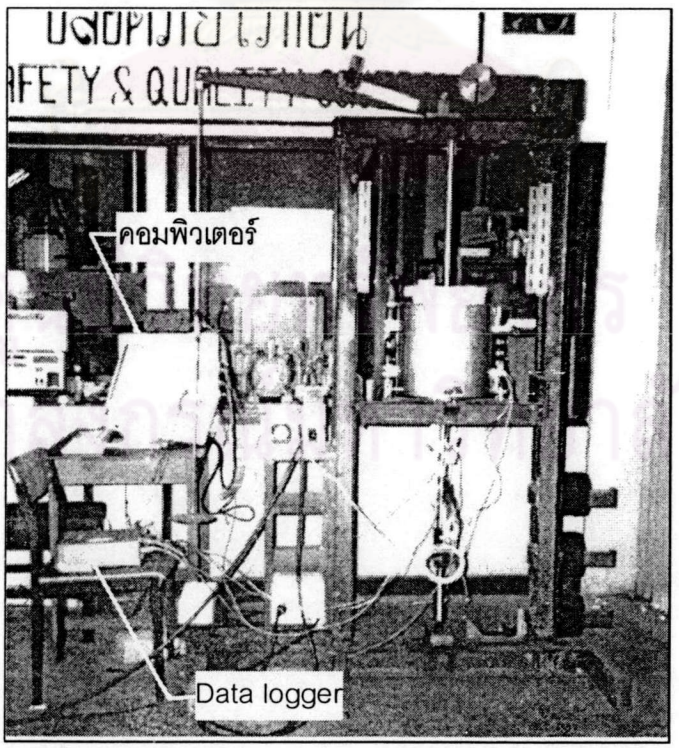
6.3 การวัดอุณหภูมิสูงสุดที่เตาความร้อนสามารถทำได้

6.3.1 อุปกรณ์

1) ชิ้นงานทดสอบจำลองที่เชื่อมสายเทอร์โมคัปเปิล (ชนิด K) แล้ว (รูปที่ 6.17)
2) Data logger (รูปที่ 6.18)
3) คอมพิวเตอร์ (รูปที่ 6.18)



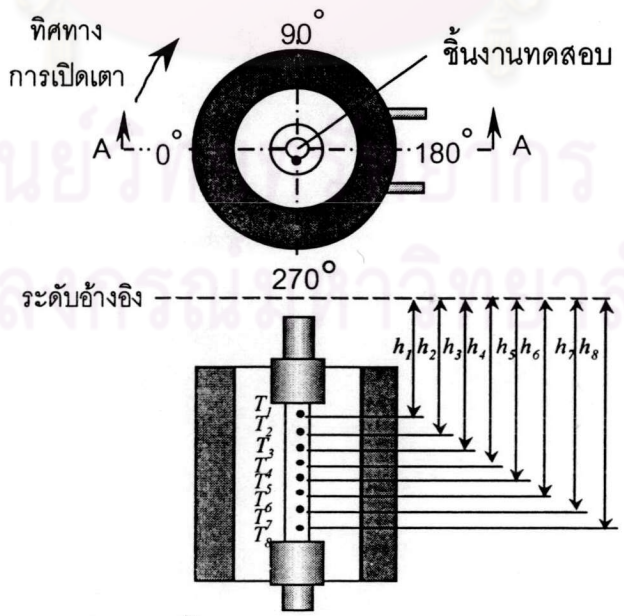
รูปที่ 6.17 ชิ้นงานทดสอบจำลองที่เชื่อมเทอร์โมคัปเปิล 8 ตำแหน่ง เรียงเป็นแถวเดียว



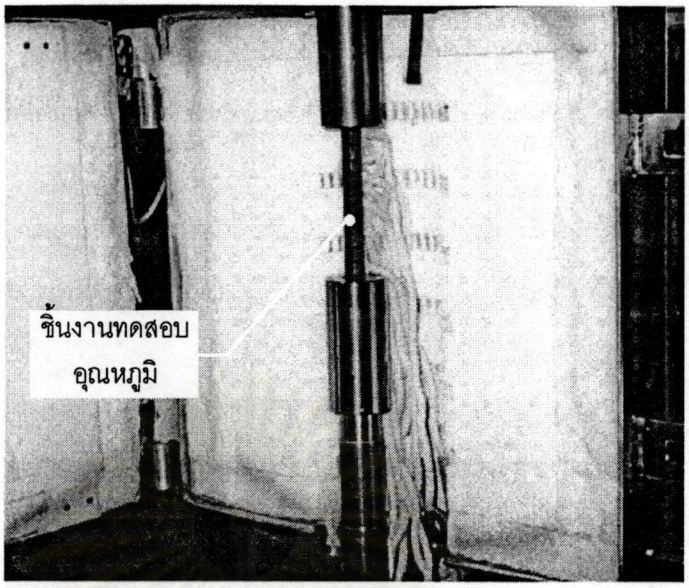
รูปที่ 6.18 เครื่องคอมพิวเตอร์ data logger และเครื่องทดสอบความคืบ

6.3.2 ขั้นตอนการวัด

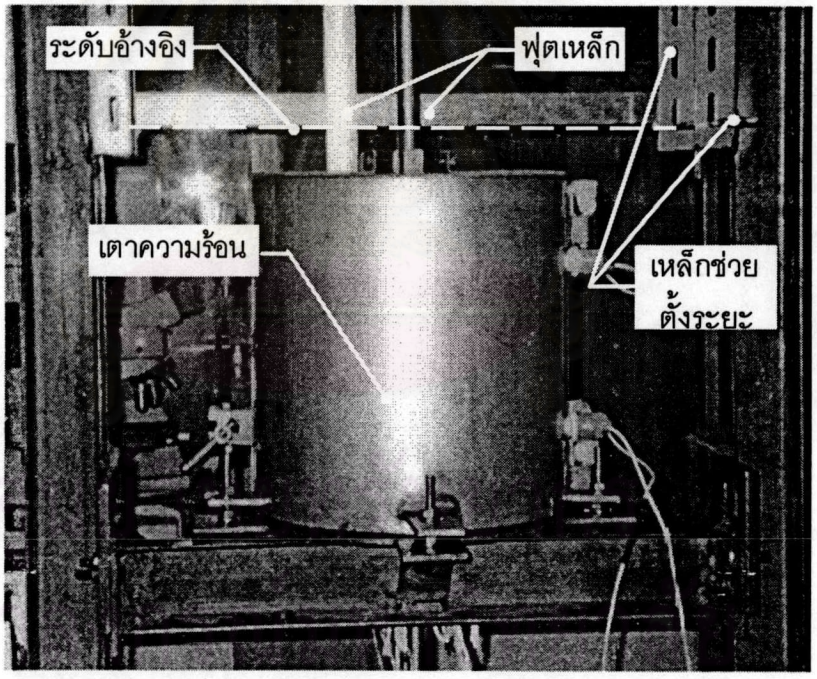
1) จัดตำแหน่งวัดอุณหภูมิไว้ที่ตำแหน่ง 0 ° และอยู่ในตำแหน่งแนวดิ่งตามที่ต้องการ (รูปที่ 6.19 - 6.21)
2) ปรับคานทดแรงให้อยู่ในแนวระดับ (เข็มของไดอัลเกจชี้ที่ตำแหน่งศูนย์)
3) ต่อสายเทอร์โมคัปเปิลตำแหน่ง T_1 เข้าตัวควบคุมอุณหภูมิ
4) ต่อสายเทอร์โมคัปเปิลตำแหน่ง T_1 เข้า data logger
5) ต่อสายสัญญาณจาก data logger เข้าคอมพิวเตอร์
6) เปิดสวิตช์สำหรับจ่ายแรงดันให้หม้อแปลงไฟสำหรับเตาความร้อน, ตัวควบคุมอุณหภูมิ, data logger และคอมพิวเตอร์
7) สั่งโปรแกรมควบคุม data logger ให้ทำงาน
8) เปิดเครื่องควบคุมอุณหภูมิและเข้าโหมดการควบคุมอุณหภูมิแบบ PID และตั้งค่าต่าง ๆ ตามคู่มือการใช้งาน (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ค)
9) ตั้งค่าอุณหภูมิควบคุมไว้ที่ 100 องศาเซลเซียส แล้วรอจนอุณหภูมิที่วัดได้ถึงค่าที่ตั้ง
10) เพิ่มอุณหภูมิควบคุมอีก 50 องศาเซลเซียส และรอจนอุณหภูมิที่วัดได้ถึงค่าที่ตั้ง
11) ทำขั้นตอนที่ 10 ซ้ำ จนกระทั่งอุณหภูมิที่วัดได้จริงมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้
12) บันทึกข้อมูลจนกระทั่ง อุณหภูมิที่วัดได้จริงลดลงถึงค่าต่ำสุด และเพิ่มขึ้นอีกครั้ง
13) ปิดสวิตช์สำหรับจ่ายแรงดันให้หม้อแปลงไฟสำหรับเตาความร้อน



รูปที่ 6.19 ตำแหน่งของชิ้นงานทดสอบและตำแหน่งของเทอร์โมคัปเปิล



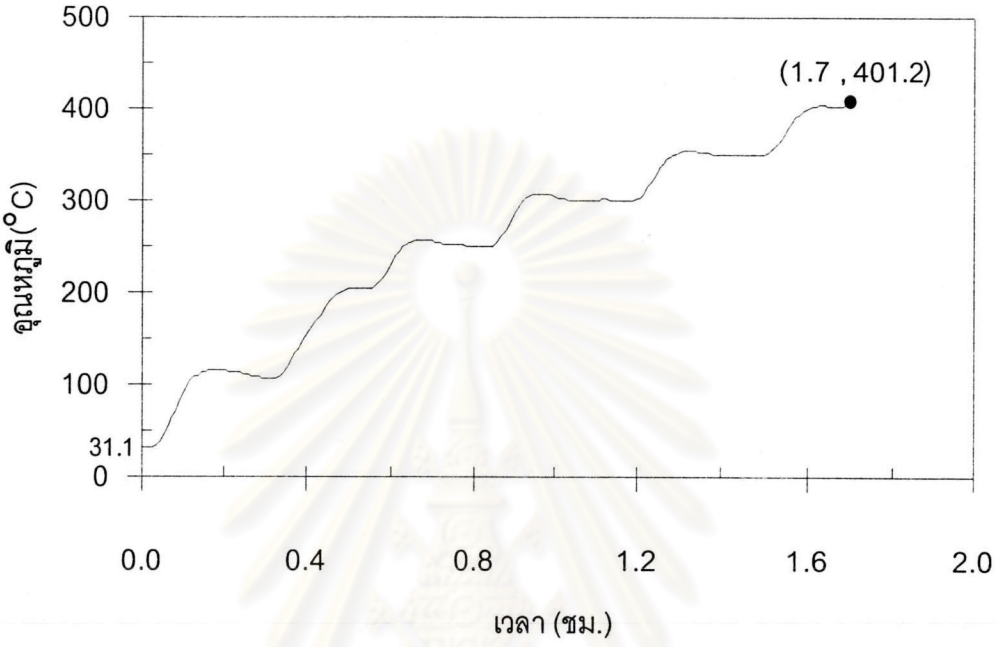
รูปที่ 6.20 ลักษณะการติดตั้งชิ้นงานทดสอบกับเครื่องทดสอบความคืบเพื่อวัดอุณหภูมิ



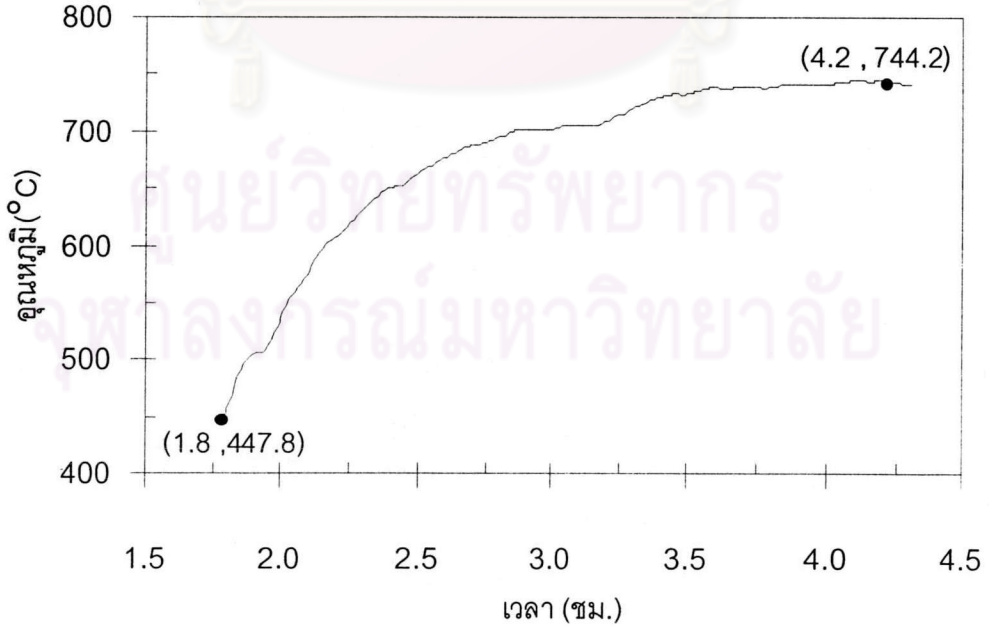
รูปที่ 6.21 ระดับอ้างอิง

6.3.3. ผลการวัด

อุณหภูมิที่วัดได้ที่เวลาต่าง ๆ แสดงอยู่ในรูปที่ 6.22 ถึง 6.24

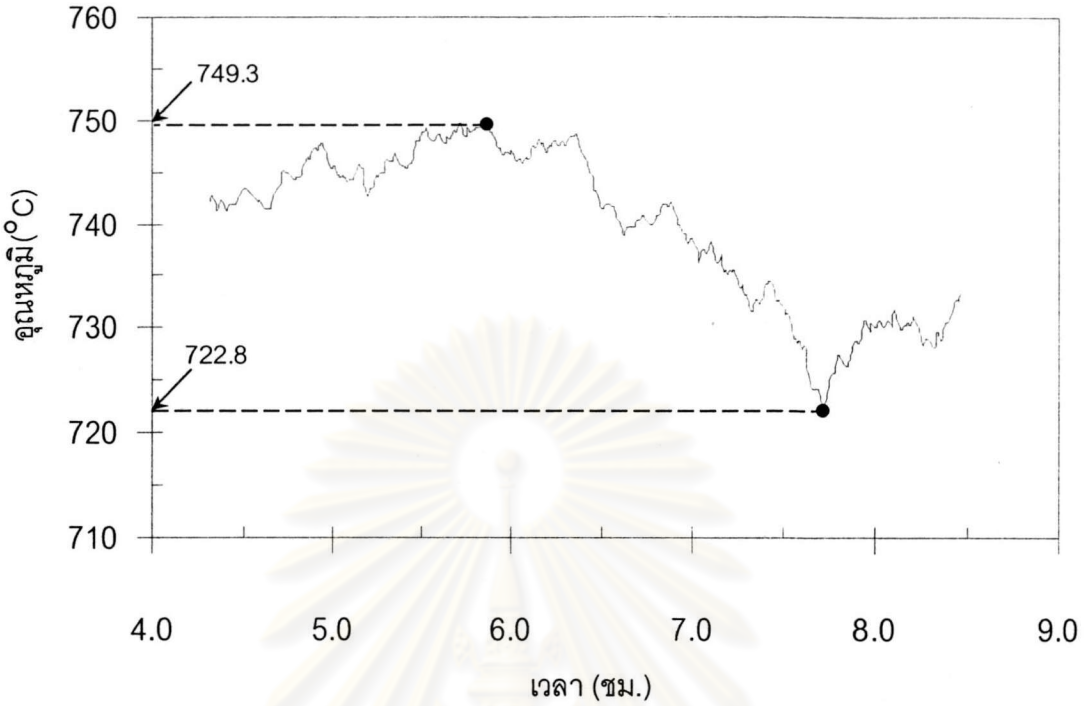


รูปที่ 6.22 กราฟระหว่างอุณหภูมิบนชิ้นงานทดสอบกับเวลา (ช่วง 1.7 ชั่วโมงแรก)



รูปที่ 6.23 กราฟระหว่างอุณหภูมิบนชิ้นงานทดสอบกับเวลา (ช่วง 1.7 – 4.2 ชั่วโมง)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.24 กราฟระหว่างอุณหภูมิบนชิ้นงานทดสอบกับเวลา (ช่วง 4.2 – 7.3 ชั่วโมง)

6.4 การวัดความเที่ยงของการควบคุมอุณหภูมิ

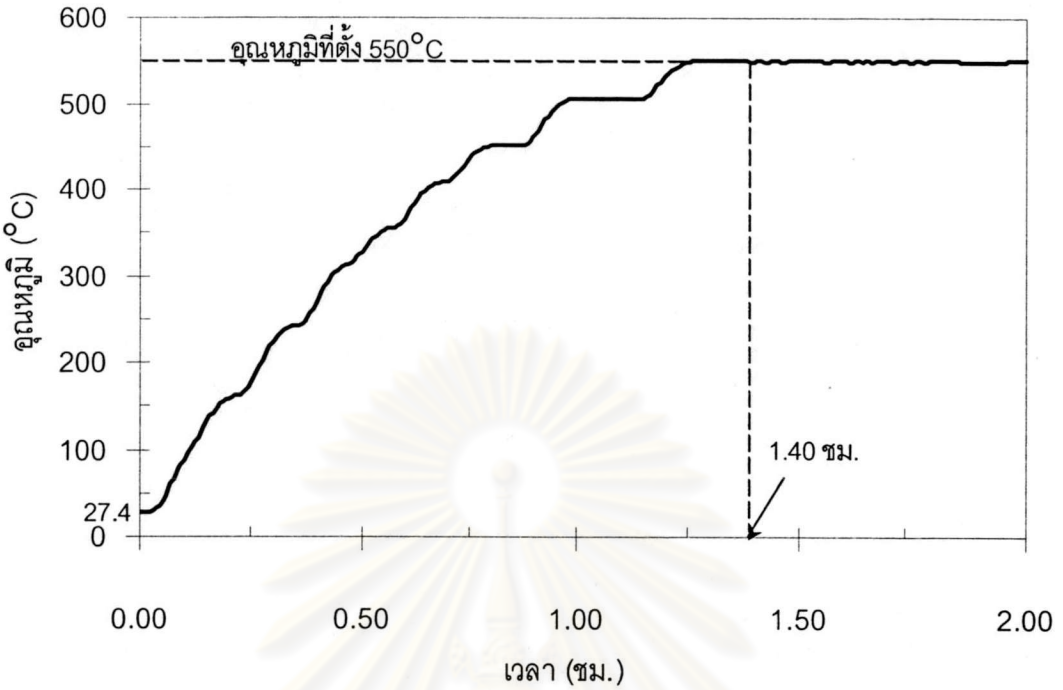
เนื่องจากผลการทดสอบความคืบขึ้นกับอุณหภูมิอย่างมาก ทำให้ความเที่ยงของอุณหภูมิเป็นตัวแปรที่ต้องควบคุมให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด การทดลองนี้ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 550 องศาเซลเซียส (ตำแหน่ง T_1) การทดสอบทำในสภาวะที่ไม่มีลมพัด และมีลมพัด

สำหรับการทดสอบในสภาวะที่มีลมพัดจะเริ่มต้นหลังจากอุณหภูมิบนผิวชิ้นงานถึงค่าที่ตั้งไว้แล้ว โดยใช้พัดลมเพดาน 3 ตัว (สูงจากเตาประมาณ 5 เมตร และอยู่ห่างออกไปในแนวระดับประมาณ 5, 15, 25 เมตร ตามลำดับ)

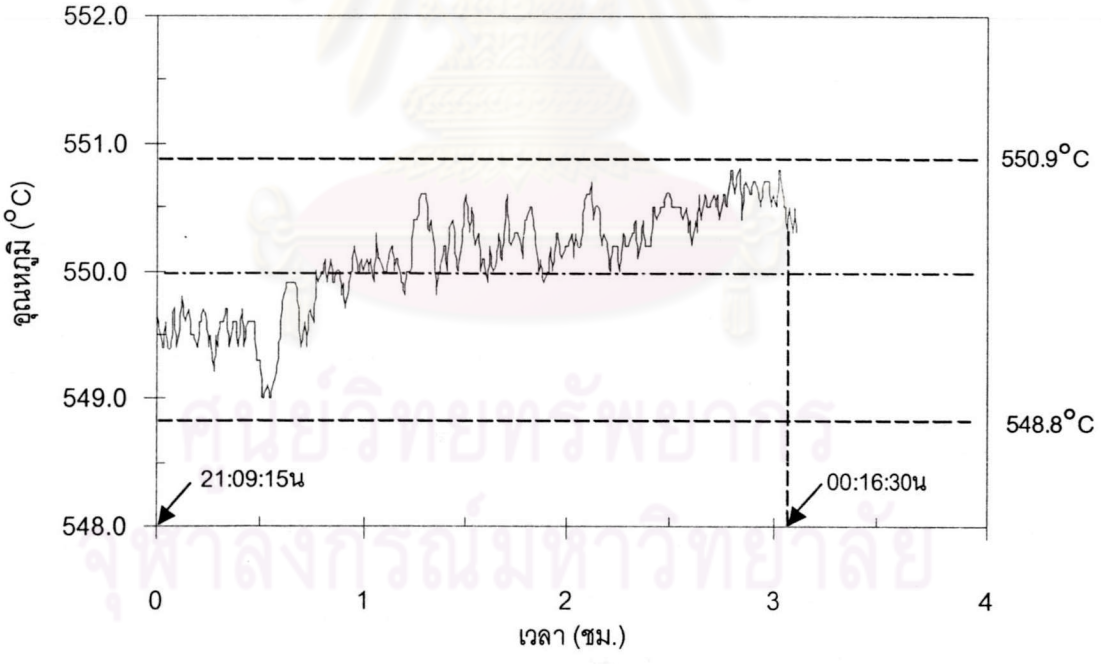
อุปกรณ์ที่ใช้ และขั้นตอนการวัดนั้นเหมือนกับที่กล่าวในหัวข้อ 6.3 การเก็บข้อมูลกระทำอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง

6.4.1 ผลการทดลองในสภาวะที่ไม่มีลมพัด

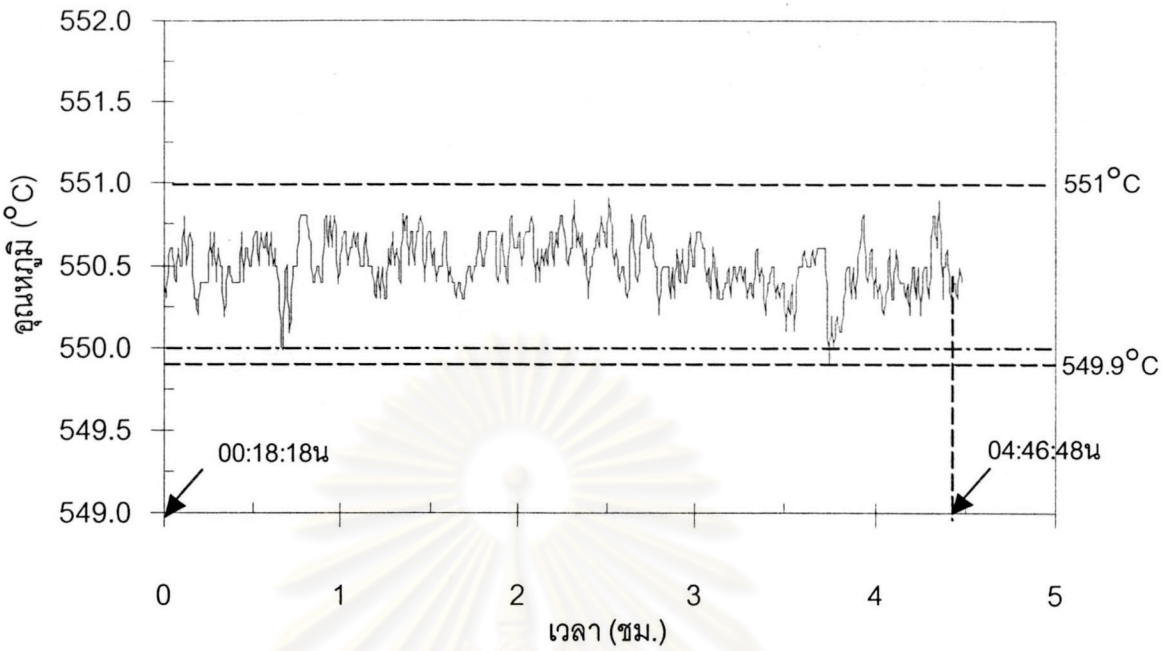
การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงอุณหภูมิที่ตั้งไว้ แสดงอยู่ในกราฟรูปที่ 6.25 กราฟรูปที่ 6.26 ถึง 6.33 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามเวลาจากค่าที่ตั้งไว้ โดยแบ่งออกเป็นช่วง ๆ เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจนขึ้น



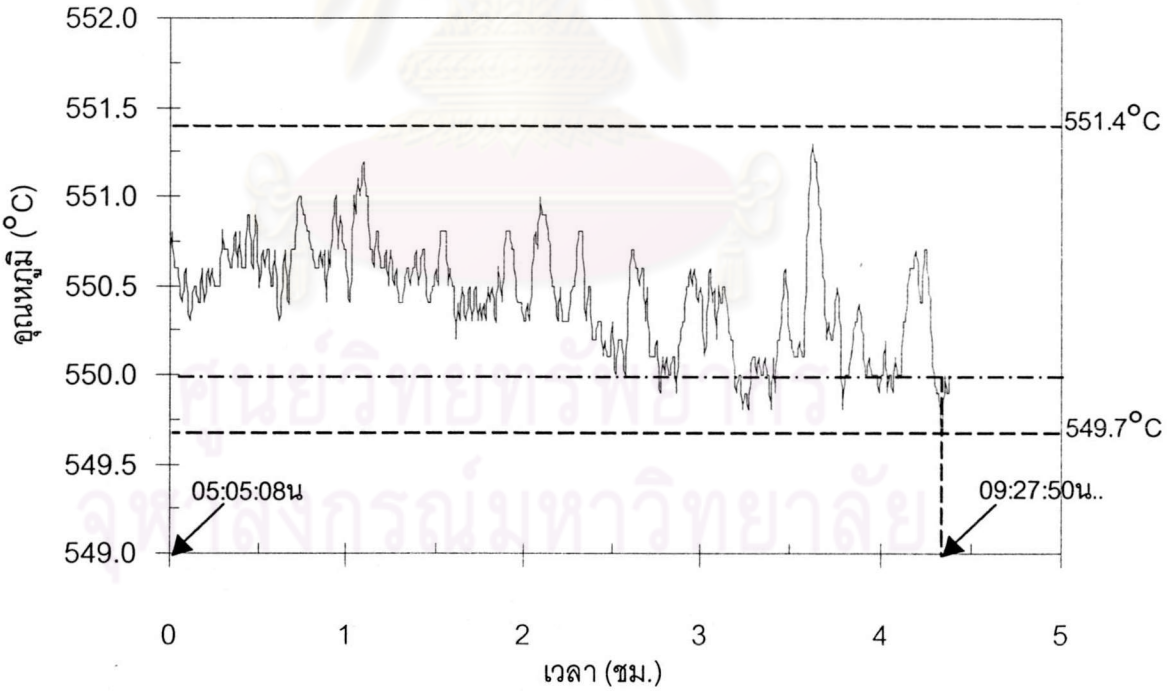
รูปที่ 6.25 อุณหภูมิบนชิ้นงานทดสอบ ณ ตำแหน่ง T_1 ในช่วงเพิ่มอุณหภูมิถึงค่าที่ตั้ง



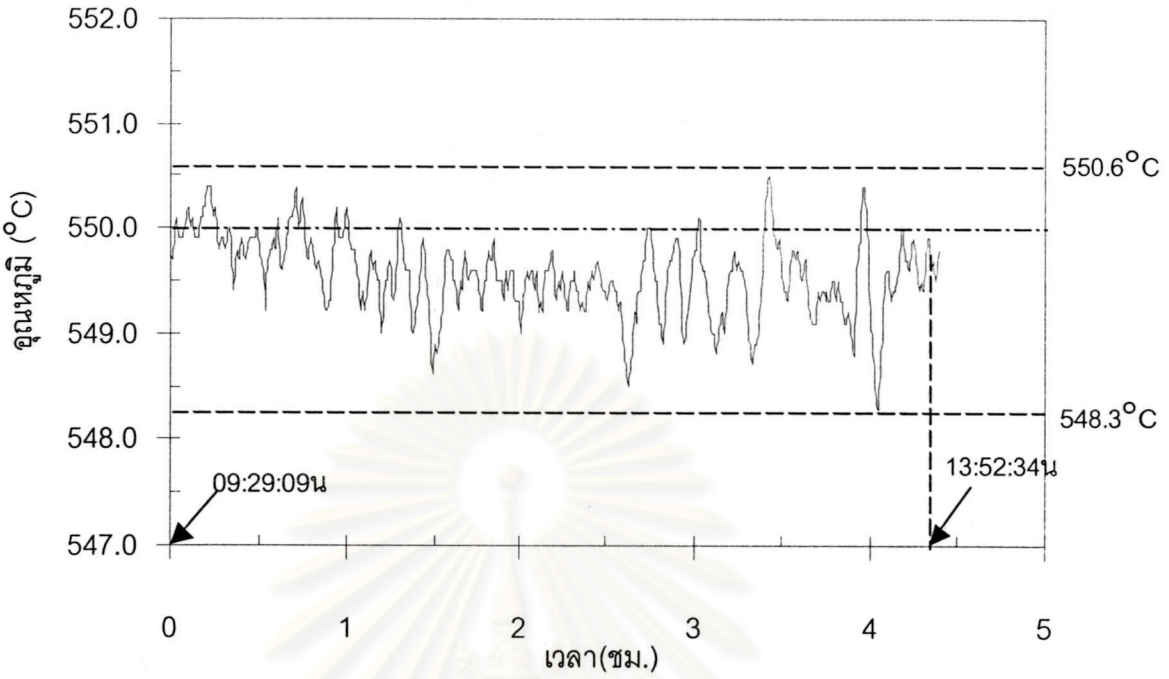
รูปที่ 6.26 อุณหภูมิบนชิ้นงานทดสอบ ณ ตำแหน่ง T_1 ในช่วงเวลา 21:09:15 - 00:16:30 น.



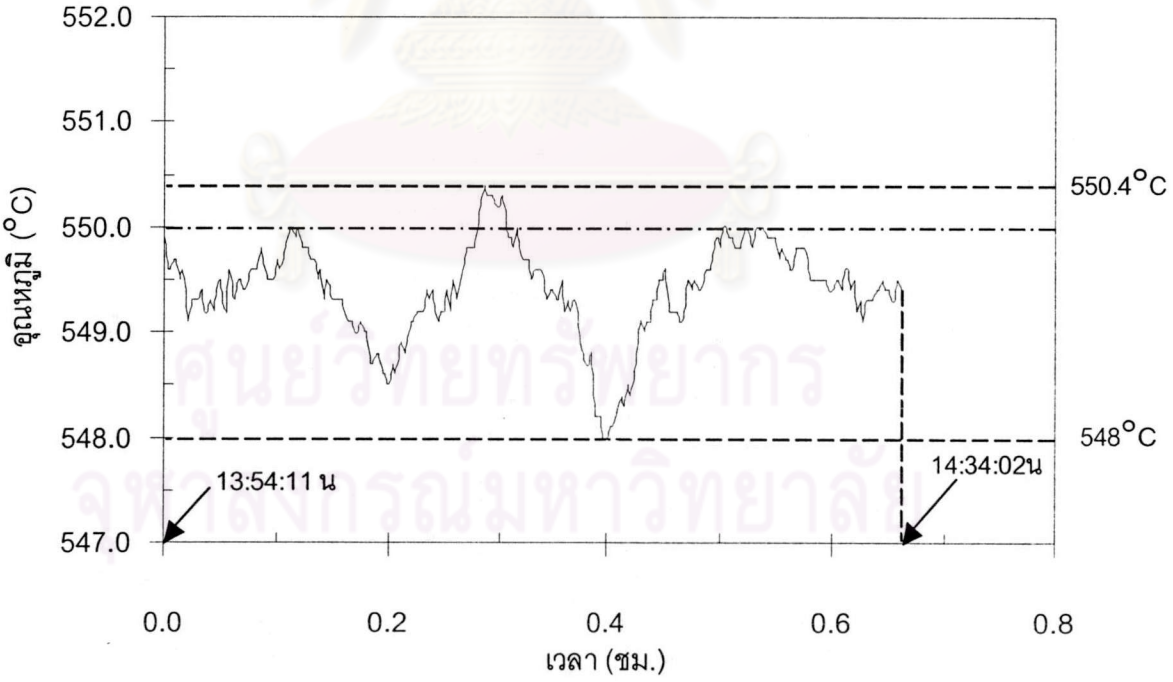
รูปที่ 6.27 อุณหภูมิบนชิ้นงานทดสอบ ณ ตำแหน่ง T_1 ในช่วงเวลา 00:18:18 - 04:46:48 น.



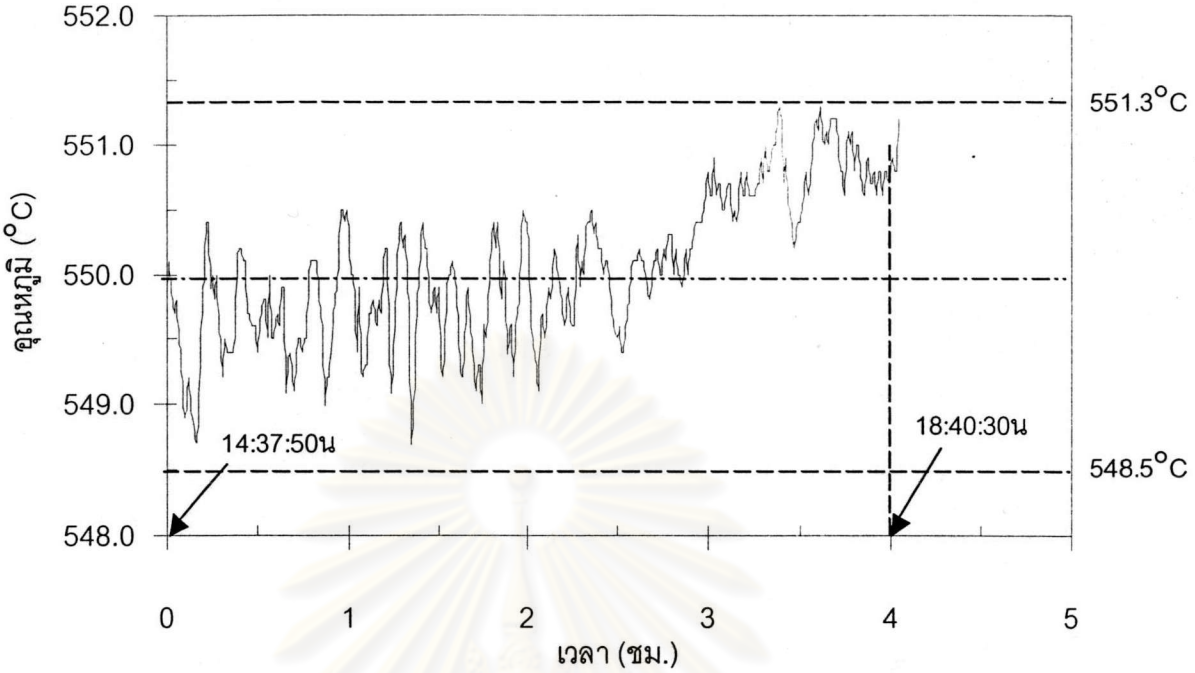
รูปที่ 6.28 อุณหภูมิบนชิ้นงานทดสอบ ณ ตำแหน่ง T_1 ในช่วงเวลา 05:05:08 - 09:27:50 น.



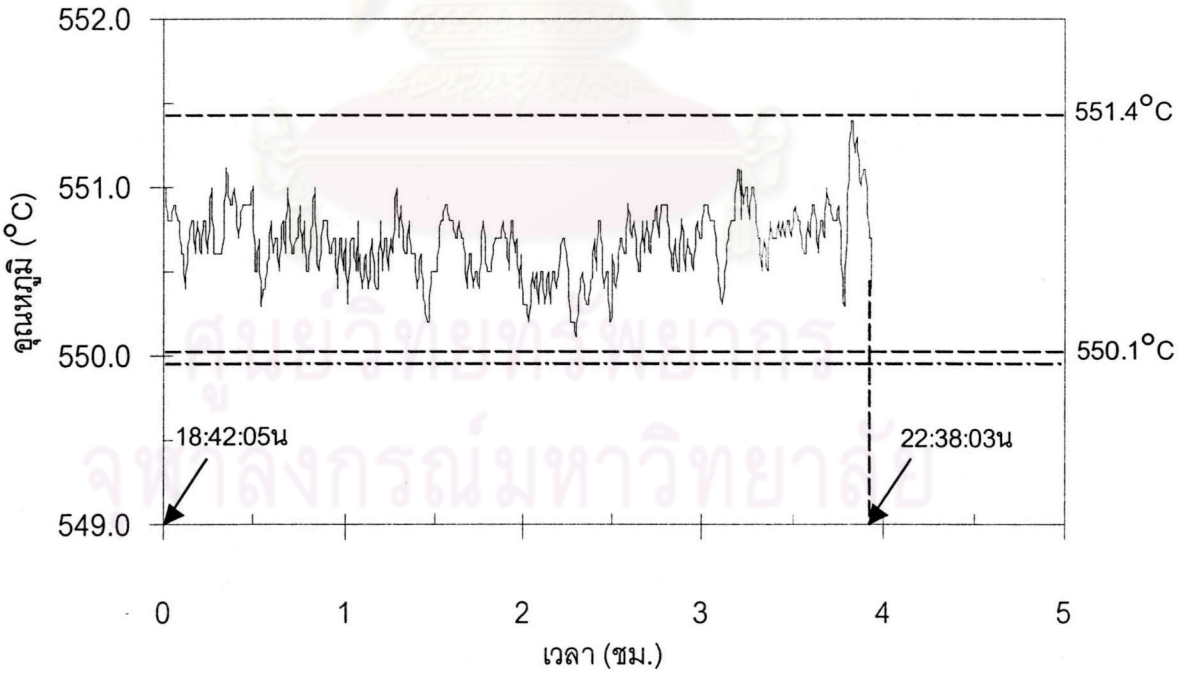
รูปที่ 6.29 อุณหภูมิบนชิ้นงานทดสอบ ณ ตำแหน่ง T_1 ในช่วงเวลา 09:29:09 - 13:52:34 น.



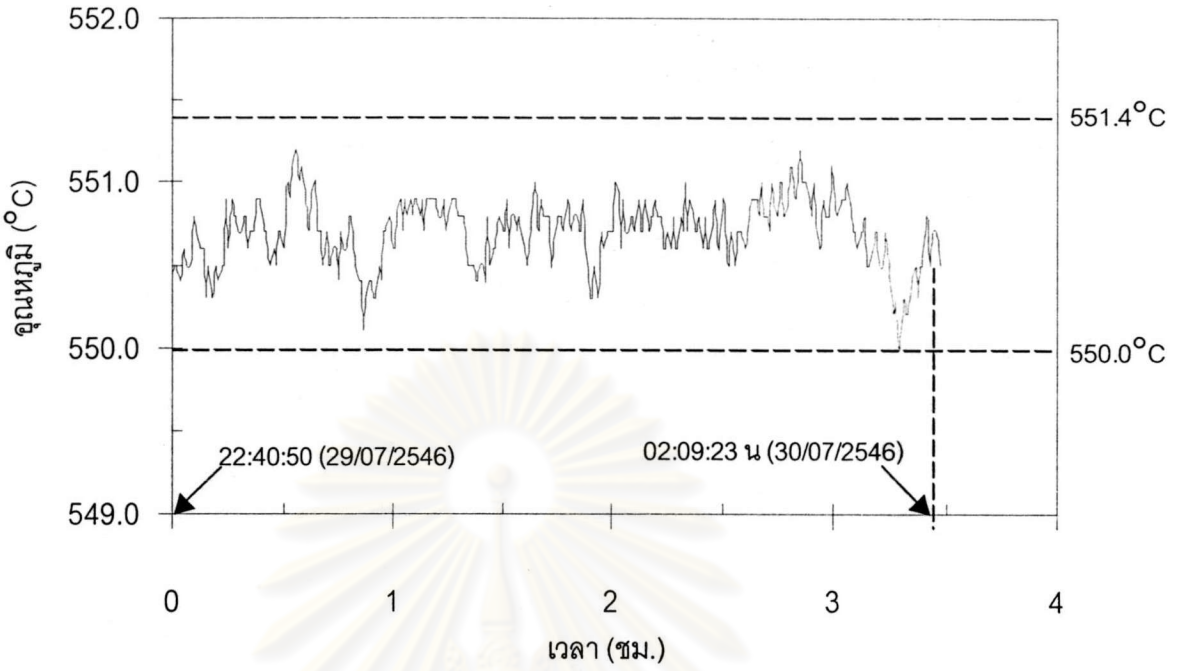
รูปที่ 6.30 อุณหภูมิบนชิ้นงานทดสอบ ณ ตำแหน่ง T_1 ในช่วงเวลา 13:54:11 - 14:34:02 น.



รูปที่ 6.31 อุณหภูมิบนชิ้นงานทดสอบ ณ ตำแหน่ง T_1 ในช่วงเวลา 14:37:50 - 18:40:30 น.



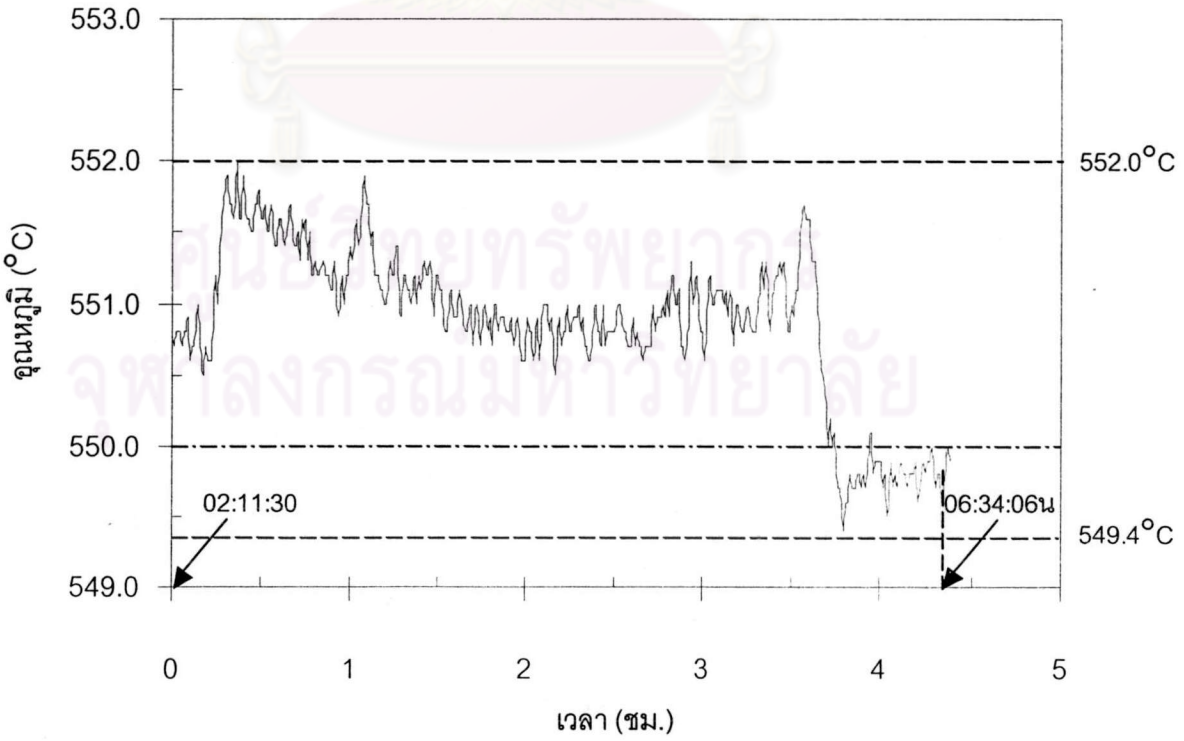
รูปที่ 6.32 อุณหภูมิบนชิ้นงานทดสอบ ณ ตำแหน่ง T_1 ในช่วงเวลา 18:42:05 - 22:38:03 น.



รูปที่ 6.33 อุณหภูมิบนชิ้นงานทดสอบ ณ ตำแหน่ง T_1 ในช่วงเวลา 22:40:50 - 02:09:23 น.

6.4.2 <u>ผลการทดลองในสภาวะที่มีลมพัด</u>

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหลังจากอุณหภูมิที่วัดได้ถึงค่าที่ตั้งไว้แสดงอยู่ในรูปที่ 6.26



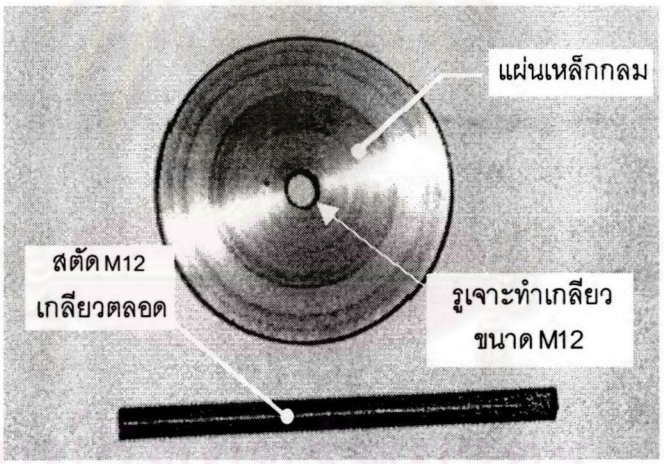
รูปที่ 6.34 อุณหภูมิบนชิ้นงานทดสอบ ณ ตำแหน่ง T_1 ในช่วงเวลา 02:11:30 - 06:34:06 น.

6.5 การวัดอุณหภูมิตามแนวแกนและแนวเส้นรอบวงของชิ้นงานทดสอบ

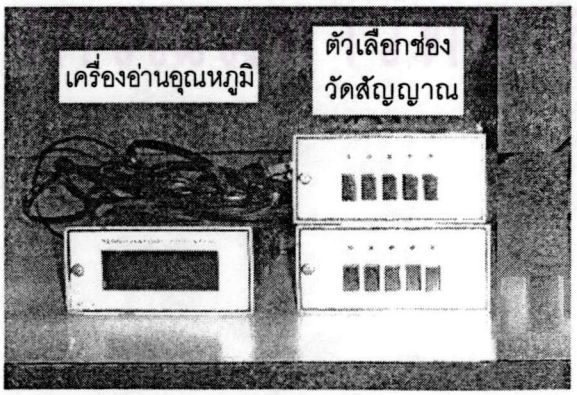
ตัวแปรสำคัญในเรื่องของอุณหภูมิที่มีผลต่อผลการทดสอบการคืบ คือ เกรเดียนท์ของอุณหภูมิ (temperature gradient) บนความยาวเกจ และความสม่ำเสมอของอุณหภูมิตามแนวเส้นรอบวง ตัวแปรนี้หาได้โดยการวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ ตามแนวแกน และตามแนวเส้นรอบวงของชิ้นงานทดสอบ ตามลำดับ ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงวิธีการวัด และผลการวัด ตามลำดับ

6.5.1 อุปกรณ์

1) อุปกรณ์สำหรับตั้งศูนย์เตาความร้อน ซึ่งประกอบด้วย สตัดเกลียวตลอดขนาด M12 และแผ่นเหล็กกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มม. หนา 12 มม. (รูปที่ 6.35)
2) ชิ้นงานทดสอบที่เชื่อมเทอร์โมคัปเปิล ชนิด K (รูปที่ 6.17)
3) ไม้บรรทัดเหล็กยาว 24 นิ้ว จำนวน 2 อัน
4) เครื่องอ่านอุณหภูมิ จำนวน 1 เครื่อง (รูปที่ 6.36)
5) ตัวเลือกช่องสัญญาณ (selector) แบบอ่านได้ 5 ช่อง จำนวน 2 เครื่อง (รูปที่ 6.36)



รูปที่ 6.35 อุปกรณ์สำหรับตั้งศูนย์เตาความร้อน



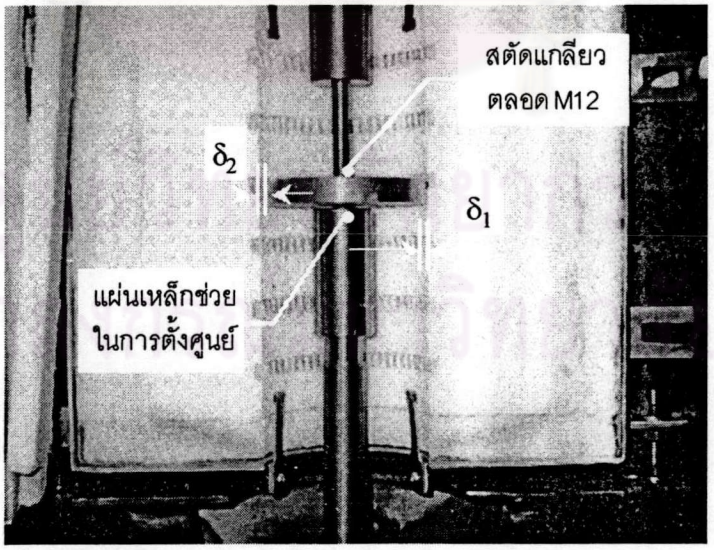
รูปที่ 6.36 เครื่องอ่านอุณหภูมิ และตัวเลือกช่องสัญญาณ

6.5.2 ขั้นตอนการตั้งศูนย์เตาความร้อน

1) ติดตั้งสตัดกับตัวจับชิ้นงานทดสอบตัวบน
2) ขันเกลียวแผ่นเหล็กกลมกับเข้ากับสตัด
3) ประกอบตัวจับชิ้นงานทดสอบตัวล่างกับสตัด
4) หมุนแผ่นเหล็กกลมให้อยู่ในตำแหน่งบนสุด
5) ปรับสกรูที่ฐานเตาจนกระทั่งระยะ $\delta_1 = \delta_2$ (รูปที่ 6.37) มีขนาดใกล้เคียงกัน
6) หมุนแผ่นเหล็กกลมให้อยู่ในตำแหน่งล่างสุด
7) ปรับสกรูที่ฐานเตาจนกระทั่งระยะ $\delta_1 = \delta_2$ (รูปที่ 6.37) มีขนาดใกล้เคียงกัน
8) ตรวจสอบระยะห่างระหว่างแผ่นเหล็กกลมกับผนังด้านในส่วนอื่น ๆ ด้วยสายตา ว่ามีขนาดใกล้เคียงกับ δ_1 หรือ δ_2 หรือไม่ ถ้าแตกต่างกันมากให้ปรับสกรูที่ฐานเตา
9) ปิดเตาและตรวจสอบแบบเดียวกันกับที่กล่าวในขั้นตอนที่ 8

6.5.3 ขั้นตอนการวัดอุณหภูมิ

1) ติดตั้งชิ้นงานทดสอบ (รูปที่ 6.19-6.20) โดยให้กึ่งกลางของชิ้นงานทดสอบอยู่สูงกว่ากึ่งกลางเตาเล็กน้อย
2) วัดระยะจากระดับอ้างอิงถึงจุดที่เชื่อมเทอร์โมคัปเปิล
3) ต่อสายเทอร์โมคัปเปิลตำแหน่ง T_1 [2] เข้าอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ 6.37 วิธีตั้งศูนย์เตาความร้อน (แผ่นเหล็กกลมอยู่ในตำแหน่งล่างสุด)

[2] จุด T_1 เป็นจุดควบคุมอุณหภูมิ

4) ต่อสายเทอร์โมคัปเปิลตำแหน่ง T_1 ถึง T_8 กับตัวเลือกช่องสัญญาณ
5) ต่อสายไฟระหว่างตัวเลือกช่องสัญญาณกับเครื่องอ่านอุณหภูมิ
6) จัดตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิให้อยู่ในตำแหน่งศูนย์องศา (ดูรูปที่ 6.19 ประกอบ)
7) ปรับคานทดแรงให้อยู่ในแนวระดับ (เข็มของไดอัลเกจชี้ที่เลขศูนย์)
8) เปิดสวิตช์สำหรับจ่ายแรงดันให้หม้อแปลงไฟสำหรับเตาความร้อน, ตัวควบคุมอุณหภูมิ
9) เปิดเครื่องควบคุมอุณหภูมิและเข้าโหมดการควบคุมอุณหภูมิแบบ PID และตั้งค่าต่าง ๆ ตามคู่มือการใช้งาน (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ค)
10) ตั้งค่าอุณหภูมิควบคุมไว้ที่ 100 องศาเซลเซียส แล้วรอจนอุณหภูมิที่วัดได้ถึงค่าที่ตั้ง
11) เพิ่มอุณหภูมิควบคุมอีก 50 องศาเซลเซียส และรอจนอุณหภูมิที่วัดได้ถึงค่าที่ตั้ง
12) ทำขั้นตอนที่ 11 ซ้ำ จนกระทั่งอุณหภูมิที่วัดได้ถึงค่าที่ต้องการทดสอบ (ในที่นี้คือ 550 องศาเซลเซียส)
13) อ่านค่าอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ และบันทึกผล
14) ปิดเครื่องควบคุมอุณหภูมิ และปิดสวิตช์จ่ายแรงดันของหม้อแปลงไฟ จากนั้นรอจนเตาเย็น
15) หมุนชิ้นงานทดสอบในทิศตามเข็มนาฬิกาไปอีก 90° (ดูรูปที่ 6.19 ประกอบ)
16) ทำขั้นตอนที่ 7 ถึง 14 ซ้ำ
17) ทำขั้นตอนที่ 15 ซ้ำจนกระทั่งหมุนชิ้นงานครบหนึ่งรอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.5.4 ผลการวัด

ผลการวัดอุณหภูมิในแนวแกน และแนวเส้นรอบวงบนชิ้นงานทดสอบแสดงอยู่ในตารางที่ 6.5

ตารางที่ 6.5 อุณหภูมิตามแนวแกน และแนวเส้นรอบวงบนชิ้นงานทดสอบ

ตำแหน่ง	ระยะจากจุดอ้างอิง h (มม.)	อุณหภูมิที่ตำแหน่งของเทอร์โมคัปเปิล ตามแนวเส้นรอบวง [3] (^{o}C)			
		270 องศา	0 องศา	90 องศา	180 องศา
T_1	124	553.5	553.5	553.3	553.3
T_2	140	569.5	568.3	567.3	572.3
T_3	148	576.7	575.7	575.5	580.0
T_4	156	576.2	575.8	575.2	580.3
T_5	164	568.0	568.8	567.3	573.5
T_6	180	559.8	563.2	562.2	566.8
T_7	188	550.8	557.2	556.8	560.7
T_8	196	536.2	541.7	542.2	546.3

[3] ดูรูปที่ 6.19 ประกอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย