บทที่ 3

ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ทดลอง

การออกแบบและเลือกขนาดของโครงสร้าง

การออกแบบและเลือกขนาดของโครงสร้างนั้นมีเหตุผลที่ใช้ในการตัดสินใจ ดังนี้

1. รางรูปโค้งพาราโบลิค (Parabolic Trough)

จุดประสงค์ของการใช้งานรางพาราโบลิค ก็คือ ต้องการให้รางนี้เป็นตัวสะท้อนแสงจากดวงอาทิตย์ให้ไปรวมกันที่ตัวรับแสง ซึ่งเป็นท่อกลมยาว มีของไหลอยู่ภายในท่อเพื่อทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อน การใช้ท่อกลมยาวเป็นตัวรับแสงก็เพราะว่า รางพาราโบลิคมีการรวมแสงเป็นแบบเส้น (Line focusing)

โดยยึดหลักการสร้างรางพาราโบลิคให้มีคุณสมบัติต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. น้ำหนักเบา สะดวกในการเคลื่อนย้าย
2. ขนาดที่พอเหมาะกับอุปกรณ์หุงต้ม
3. เครื่องมือที่ใช้สร้าง หาได้ง่ายภายในโรงงาน หรือโรงฝึกงานทั่ว ๆ ไป
4. สะดวกในการใช้งานและควบคุม
5. โครงสร้างสามารถรับแรงต่าง ๆ ได้ดี
6. ราคาประหยัด

ชุดรางที่ออกแบบนี้จะสามารถปรับเบนตามแสงอาทิตย์ได้ในแนวทิศตะวันออกและทิศตะวันตก โดยมีแนวแกนขนานทิศเหนือ-ทิศใต้ ปรับแกนหมุนโดยใช้มือหมุน และมีสกรูยึด (โดยใช้หลักการแขนกลชนิด Slider-Crank)[14] เมื่อได้ตำแหน่งที่เหมาะสม

ดังที่ได้ทราบมาในทฤษฎีการรวมแสงหัวข้อที่ 5 หน้า 20 ว่า "ความเข้มของการรวมแสงของรางพาราโบลิคที่มีท่อกลมเป็นเป้ารับแสง จะมีค่าสูงสุดเมื่อ Rim angle มีค่าเท่ากับ 90°"

ดังนั้นรูปโค้งพาราโบลิคที่ออกแบบจึงมี Rim angle เท่ากับ 90° ซึ่งจุดโฟกัสจะอยู่ในระดับเดียวกับขอบทั้งสองข้างของรางและจะส่งผลให้ความกว้างของราง (Aperture) มีค่าเป็น 4 เท่า ของระยะโฟกัส ดังได้แสดงในสมการ (14) ของทฤษฎีการรวมแสง

2. แผ่นสะท้อนแสง

จากบทคัดย่อเรื่องการเลือกผิวสะท้อนแสง [15] กล่าวว่า "วัสดุต่าง ๆ ที่สามารถใช้เป็นผิวสะท้อนแสงได้และเป็นผลิตภัณฑ์ที่หาได้ง่ายภายในประเทศ ได้นำมาทดสอบคุณสมบัติการสะท้อนแสงและความคงทนในสภาวะต่าง ๆ โดยการวัดค่า reflectance จากการทดสอบพบว่าค่า reflectance ของวัสดุทั้งหมดที่ใช้ทดสอบ อยู่ในช่วง 0.67-0.92 โดยแผ่นเงินที่ได้จากการชุบบนแผ่นทองแดง มีค่า reflectance สูงสุด หลังจากที่ทิ้งวัสดุตัวอย่างแต่ละชนิดในบรรยากาศเป็นเวลา 3 เดือน ปรากฏว่า ค่า reflectance ของผิวโลหะที่ได้จากการชุบลดลงอย่างมากส่วนกระจกเงา แผ่นอลูมินั่มอะโนไดซ์ แผ่นเหล็กสเตนเลสและแผ่นฟิล์มของบริษัท 3 M ค่า reflectance ลดลงเพียง 1% อย่างไรก็ตามราคาของฟิล์มสะท้อนแสงค่อนข้างแพง ดังนั้นเฉพาะกระจกเงา แผ่นอลูมินั่มอะโนไดซ์ และแผ่นสเตนเลสเท่านั้นที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นผิวสะท้อนแสง ทั้งในด้านคุณสมบัติการสะท้อนแสง ราคาและความคงทนต่อการใช้งาน"

การพิจารณาเลือกวัสดุทั้ง 3 มาเป็นแผ่นสะท้อนแสงมีดังนี้

2.1 กระจกเงา

กระจกเงานี้มีค่า reflectance ที่สูงมากถึง 0.82 [15] จึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นแผ่นสะท้อนแสงซึ่งในต่างประเทศก็ได้เลือกใช้กระจกเงานี้ แต่เนื่องจากการขึ้นรูปโค้งพาราโบลิคนี้ยังไม่มีโรงงานใดในประเทศรับทำ อีกทั้งการสั่งซื้อจากต่างประเทศต้องใช้งบประมาณที่สูงมาก ซึ่งจะต้องทำให้เสียเงินตราออกต่างประเทศ ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงไม่เลือกใช้กระจกเงา

2.2 แผ่นอลูมินั่มอะโนไดซ์

จะให้ค่า reflectance สูงกว่าแผ่นสเตนเลส และราคาถูก แต่แผ่นอลูมินั่มอะโนไดซ์นี้จะทำปฏิกิริยาทางเคมี และถูกกัดกร่อนจากบรรยากาศได้ง่ายโดยเฉพาะถ้าทดสอบบริเวณชายทะเล จะทำให้คุณสมบัติของผิวสะท้อนแสงเสีย และทำให้ค่า reflectance ลดลงมาก (แผ่นอลูมินั่มอะโนไซด์ ให้ค่า reflectance เท่ากับ 0.74) [15]

2.3 แผ่นสเตนเลสขัดมัน

แผ่นสเตนเลสขัดมันที่เลือกใช้เป็นชนิด Non-magnetic เพราะจะไม่เกิดปัญหาการเป็นสนิมกัดกร่อน ซึ่งแผ่นสเตนเลสนี้จะให้ค่า reflectance เท่ากับ 0.70 ถึงแม้ว่าแผ่นสเตนเลสนี้จะให้ค่า reflectance น้อยกว่ากระจกเงาและอลูมินั่มอะโนไดซ์ แต่แผ่นสเตนเลสนี้ก็มีคุณสมบัติด้านอื่นที่เหมาะสมกว่า อาทิเช่น ราคาถูก เมื่อเทียบกับกระจก มีความคงทนต่อการใช้งาน ถูกกัดกร่อนน้อยมาก และง่ายต่อการขึ้นรูปโค้ง จึงเลือกใช้แผ่นสเตนเลสขัดมันเป็นแผ่นสะท้อนแสงสำหรับรางพาราโบลิค [15]

3. ขนาดของรางพาราโบลิก

ขนาดของรางแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 ส่วน คือ

3.1 ความกว้างของราง

เมื่อเราทราบขนาดเส้นรอบรูป (ความยาวเส้นโค้งพาราโบลา) ซึ่งก็คือ ขนาดความกว้างของแผ่นสเตนเลสนั่นเอง มีค่าเท่ากับ 120 cm. มาขึ้นรูปโค้งพาราโบลิกที่มี Rim angle เท่ากับ 90° จะได้ความกว้างของรางเท่ากับ 104.8 cm. และจะส่งผลให้ระยะโฟกัสมีค่า เท่ากับ 26.2 cm. (แสดงการคำนวณไว้ในภาคผนวก ข.)

3.2 ความยาวของราง

ความยาวของรางนี้ มีหลักการและขั้นตอนในการพิจารณาคำนวณหาอย่างละเอียด (แสดงการคำนวณไว้ในภาคผนวก ข.)

สรุปว่าในการวิจัยครั้งนี้ได้ออกแบบรางพาราโบลิกมีความยาวเท่ากับ 120 cm.

4. ขนาดของท่อรับแสง

ขนาดของท่อจะสามารถรับแสงสะท้อนจากรางพาราโบลิกได้นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ความกว้างของมุมของแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบ (มุม 32 ลิบดา) ความคลาดเคลื่อนของการวางแนวแกนรางพาราโบลิกให้ขนานกับแนวเหนือ-ใต้ของท้องฟ้า ความคลาดเคลื่อนในการหมุนตามดวงอาทิตย์ของตัวรับแสง และความคลาดเคลื่อนของการขึ้นรูปโค้งของแผ่นสะท้อนแสงพาราโบลิก ปัจจัยเหล่านี้ล้วนทำให้ท่อรับแสงมีขนาดโตกว่าขนาดทางทฤษฎี ซึ่งจากหัวข้อที่ 4 หน้า 20 ของทฤษฎีการรวมแสง จะได้ "ขนาดท่อรับแสงที่เล็กที่สุดเท่ากับ 0.0186 เท่าของระยะโฟกัส" ในทฤษฎีนี้ขนาดของท่อขึ้นอยู่กับความกว้างของมุมแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว ไม่ได้พิจารณาถึงความคลาดเคลื่อนอย่างอื่น

ความคลาดเคลื่อนของขนาดท่อรับแสงที่ผิดไปจากทฤษฎีนั้น จากหัวข้อที่ 3 และ 4 หน้า 19, 20 ตามลำดับ ของทฤษฎีการรวมแสงจะได้ "ความเข้มสูงสุดของการรวมแสงเท่ากับ 68.3 และขนาดของท่อรับแสงที่เล็กที่สุดเท่ากับ 0.0186 เท่าของระยะโฟกัส" ซึ่งเท่ากับ 0.48732 cm. แต่ในทางปฏิบัติเลือกใช้ท่อขนาด $\varnothing_{OUT}$ 2.83 cm. ($\varnothing_{IN}$ 2.59 cm.) ทำให้ได้ค่าความเข้มของการรวมแสงเท่ากับ 11.79 ซึ่งน้อยกว่าทางทฤษฎี 5.79 เท่า และขนาดของท่อรับแสงที่ใช้โตกว่าทางทฤษฎี 5.81 เท่า (รายละเอียดในการคำนวณ แสดงไว้ในภาคผนวก ข.)

5. ชนิดของท่อรับแสง

เลือกใช้ท่อทองแดงเป็นท่อรับแสง เพราะทองแดงมีคุณสมบัติส่งถ่ายเทความร้อนได้ดี ราคาไม่สูง หาง่าย จากท่อทองแดงนี้จะทำเป็นอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนแบบ Heat Pipe [16] มีวิกค์ (Wick) ในที่นี้จะกล่าวถึงเพียงวิธีการสร้างท่อ Heat Pipe เท่านั้น และอธิบายหลักการทำงาน

ของท่อ Heat pipe อย่างคร่าว ๆ ไว้ในภาคผนวก ค. ส่วนรายละเอียดต่าง ๆ สามารถ ศึกษาได้จากเอกสารอ้างอิงหมายเลข 16

5.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้าง Heat Pipe

- ปั๊มสูญญากาศ	1 เครื่อง
- Vacuum Gauge พร้อมสายต่อกับปั๊มสูญญากาศ	1 ชุด
- หัว Valve Compressor	1 อัน
- น้ำกลั่น	1 ขวด
- ตะแกรงทองแดง #80 ขนาด 1 ฟุต × 4 ฟุต	1 แผ่น
- บีกเกอร์ ขนาด 1000 CC.	1 ชุด

5.2 ขั้นตอนการสร้างท่อ Heat Pipe

- ทำความสะอาดท่อทองแดงและตะแกรงทองแดง
- นำตะแกรงทองแดงมาม้วน 2-3 ทบ แล้วสอดเข้าไปในท่อทองแดงตลอดความยาวท่อ
- เชื่อมปิดปลายด้านหนึ่ง อีกด้านที่เหลือเชื่อมปิดเช่นเดียวกัน แต่เจาะรู แล้วทำเกลียวสำหรับยึด Value Compressor ขันให้แน่น
- ใช้ปั๊มสูญญากาศดูดอากาศจากท่อทองแดงออกให้หมดจากปลายที่มี Valve Compresor ติดอยู่ อ่านค่าได้จาก Vacuum Gauge = -30 inHg. แสดงว่าระบบเป็นสูญญากาศ
- หลังจากนั้นถอดสายด้านที่ยึดกับ Valve Compressor ออกเป็นอันว่า Vacuum เสร็จ
- จุ่มปลายท่อทองแดงด้านที่มี Valve Compressor ลงในบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำกลั่นอยู่ เอียงทำมุมประมาณ 15-30 องศา แล้วใช้นิ้วมือหรือของแหลมๆ กดที่เข็มของ Valve Compressor ให้น้ำวิ่งเข้าไปในท่อ บรรจุน้ำปริมาตร 20% (164.4 cm^3) ของท่อทองแดง ขั้นตอนนี้มีความสำคัญที่สุดเพราะถ้าทำไม่ดีอากาศจากภายนอกจะไหลเข้าสู่ท่อทองแดงได้

5.3 การทดสอบ Heat Pipe ที่สร้างขึ้น

สามารถทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของท่อ Heat pipe เบื้องต้น โดยสร้าง Heat pipe ขึ้นมามากกว่า 1 แท่ง (ในที่นี้สร้างขึ้น 3 แท่ง แต่ละแท่งยาว 156 cm.) เพื่อ screen ให้ได้แท่ง Heat pipe ที่นำความร้อนได้ดี ติดเทอร์โมคัปเปิลที่ปลายด้านหนึ่ง ส่วนอีกด้านหนึ่งจุ่มลงในน้ำเดือด กำหนดอุณหภูมิที่ต้องการไว้ 1 ค่า เช่น 100°C. แล้วจับเวลาดูว่า Heat pipe

แท่งใด สามารถนำความร้อนทำให้ปลายด้านที่ติดเทอร์โมคัปเปิลอ่านค่าอุณหภูมิได้ 100°C. โดยใช้เวลาน้อยที่สุด แท่ง Heat pipe ดังกล่าวก็จะนำมาใช้ทดลองและวิจัยต่อไป

สรุปเลือกใช้ท่อทองแดง, วิกก์ (Wick) ทองแดง, Working Fluid ใช้น้ำกลั่น ดังตารางที่ 1.

อนึ่งท่อรับแสงนี้จะพ่นด้วยสีดำด้านเพื่อช่วยในการดูดแสงที่สะท้อนรวมเข้ามาและลดการสะท้อนแสงบนผิวท่อ ซึ่งจะมีท่อแก้วขนาด $\varnothing_{IN}$ = 70 mm. และ $\varnothing_{OUT}$ = 75 mm. สวมอยู่เพื่อลดการสูญเสียความร้อนโดยการพาของลม

6. ของเหลวใช้งาน (Working Fluid)

ตารางที่ 1 แสดงการเลือกช่วงอุณหภูมิใช้งานของของไหลใช้งานแต่ละชนิด และความเข้ากันได้กับวัสดุวิกก์และภาชนะ [17]

ของเหลวใช้งาน	วัสดุวิกก์และภาชนะ				ช่วงอุณหภูมิใช้งาน (°C)
	ทองแดง	อลูมิเนียม	สเตนเลส	นิกเกิล	-100 0 100 200 300 400 500 600 700
แอมโมเนีย	×	○	○	○	
ฟรีออน		○			
อะซีโทน	○	○	○	○	
เมทธานอล	○	×	×	○	
น้ำ	○	×	×	○	
Dowtherm A (300)	○		○	○	
ปรอท			○	×	
โซเดียม			○	○	(ถึง 1200 °C)

○ เข้ากันได้ × เข้ากันไม่ได้

จากตารางที่ 1 สามารถใช้เลือกของไหลใช้งานที่สามารถทำงานได้ในช่วงอุณหภูมิที่ต้องการของ Heat Pipe ต่อไปนี้เป็นคุณสมบัติที่ของไหลใช้งานที่ดีพึงมี

(1) เข้ากันได้ดีกับวัสดุภาชนะ

(2) มีเสถียรภาพเชิงความร้อนสูง

(3) เปียกผนังภาชนะได้ดี

(4) ความดันไอภายในช่วงอุณหภูมิใช้งานมีค่าที่เหมาะสม

(5) มีค่าความร้อนแฝงในการระเหย (ควบแน่น) สูง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(6) มีค่าการนำความร้อนสูง

(7) มีความหนืดน้อยไม่ว่าจะอยู่ในสถานะของเหลว หรือเมื่อระเหยกลายเป็นไอแล้ว

(8) มีแรงตึงผิวสูง

(9) จุดแข็งตัว หรือ จุดหลอมเหลวมีค่าเหมาะสม

เงื่อนไขที่ว่าของเหลวใช้งานมีแรงตึงผิวสูงนั้นเป็นสิ่งที่จำเป็นที่สุด เหตุที่เป็นเช่นนั้นเพราะ Heat Pipe จะทำงานได้ก็ต่อเมื่อแรงท่อรูเข็ม (Capillary Force) สามารถเอาชนะแรงโน้มถ่วงได้เท่านั้น

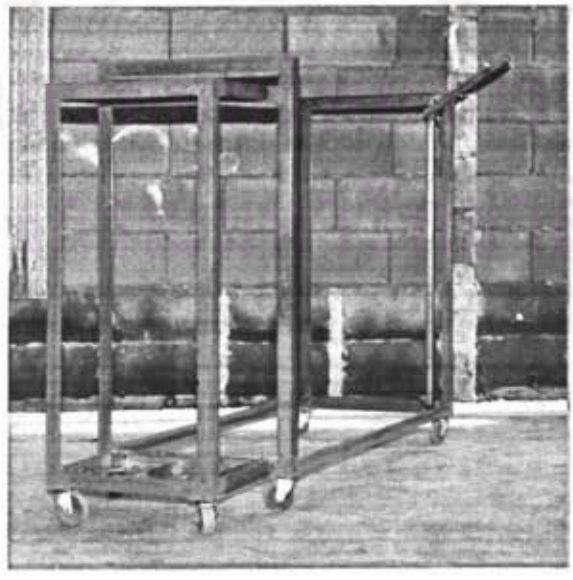
เรานิยมใช้น้ำเป็นของเหลวใช้งานในช่วงอุณหภูมิห้องจนถึง 200°C เมทธานอล, ฟรีออน และแอมโมเนีย ในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดน้ำแข็ง ส่วนโลหะเหลว เช่น ปรอท, โซเดียม ในช่วงอุณหภูมิสูงมาก ๆ สำหรับอุณหภูมิในช่วงกั่นกลางระหว่างน้ำและโลหะเหลวนั้นก็อาจใช้ของเหลวอินทรีย์ เช่น Dowtherm A (300).

7. <u>โครงรับอุปกรณ์หุงต้ม</u>

เลือกใช้เหล็กฉาก เนื่องจากว่า

- เชื่อมต่อได้ง่าย
- ประกอบขึ้นรูปได้ง่าย
- หาซื้อสะดวก ราคาไม่แพง
- แข็งแรง ทนทาน รองรับน้ำหนักได้ดี ดังรูปที่ 13

(ขนาดที่ออกแบบแสดงไว้ในภาคผนวก จ.)



รูปที่ 13 โครงรับอุปกรณ์หุงต้ม

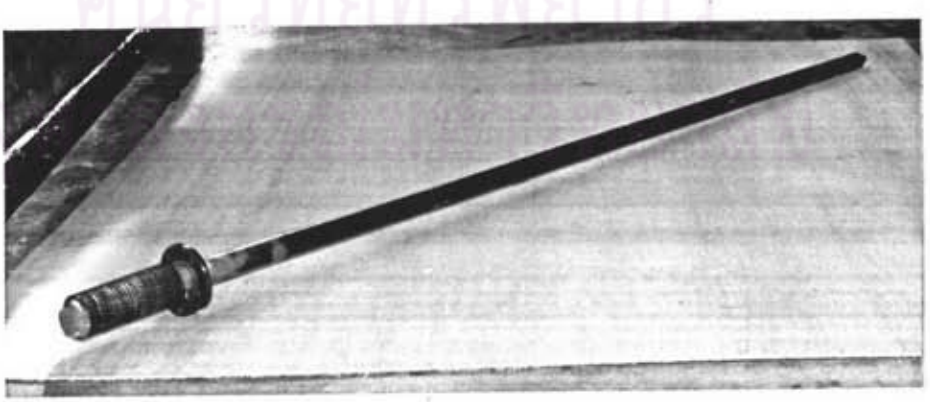
8. อุปกรณ์ช่วยให้ความร้อนควบคู่ไปกับพลังงานแสงอาทิตย์

8.1 Heater ติดอยู่ด้านใน Cooking Pot ขดเป็นรูปตัว M ขนาด 24 Volt. 150 Watt. 6.25 Amp. 3.85 โอห์ม (Ω) เพื่อว่าในกรณีที่แสงอาทิตย์ไม่เพียงพอ อาจจะใช้ความร้อนจาก Heater เข้ามาแทน โดยกำหนดไว้แล้วว่า Heater จะใช้กับไฟกระแสตรงจากแบตเตอรี่ 2 ลูกต่ออนุกรมกันเพื่อให้ได้ 24 Volt. ตามขนาดของ Heater แบตเตอรี่ที่ใช้เป็นของยี่ห้อ YUASA ตามขนาดที่ระบุไว้ในตารางที่ 2.

ตารางที่ 2 แสดงขนาดของแบตเตอรี่ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

แบบ	โวลท์ (V)	ความจุ (Ah)	จำนวนแผ่นต่อช่อง	อัตราอัดกระแส (A)	ขนาดภายนอก (mm.)				น้ำหนัก (kg.)	ปริมาณกรด (ลิตร)
					ยาว	กว้าง	สูง	สูงถึงขั้ว		
N50Z (ZL)	12	60	11	4.0	260	173	202	225	14.5	4.4

8.2 ติดครีบ (Fin) สเตนเลสที่ปลายท่อรับแสง (ท่อทองแดง) ด้านที่อยู่ใน Cooking Pot. ติดจากปลายท่อเข้ามา 13.5 cm. Fin ที่ติดเป็นแบบ Annular fins[18] ขนาด $\varnothing_{IN}$. = 2.86 cm. และ $\varnothing_{OUT}$ = 4.86 cm. เพื่อช่วยในการกระจายความร้อนจากปลายท่อรับแสงสู่ Cooking Pot. ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 ท่อรับแสงที่ปลายติดครีบแบบ Annular fins

9. ส่วนที่เป็น Cooking Pot.

เลือกใช้แผ่นสเตนเลสมาขึ้นรูปเป็นกล่องสี่เหลี่ยม ทำหน้าที่เป็นส่วนที่ใช้ในการทุงต้ม โดยมีขนาดที่เหมาะสมกับรางรวมแสงพาราโบลิค ทำเป็นกล่องไล่ระดับเหมือนขั้นบันได ส่วนช่องว่างระหว่างผิวด้านนอกกับด้านในจะใส่ฉนวนใยแก้ว (Glass Wool) สำหรับกันความร้อนไม่ให้สูญเสียออกสู่ภายนอก ดังรูปที่ 15 (ขนาดที่ออกแบบ แสดงไว้ในภาคผนวก จ.)

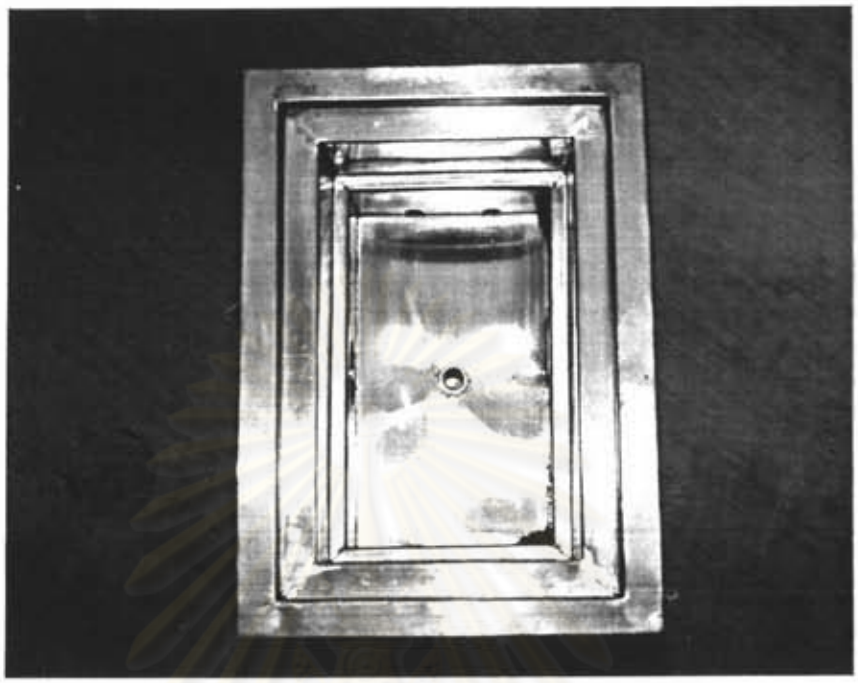
10. สรุปลักษณะที่สำคัญของชุดรับแสงรางพาราโบลิคที่ออกแบบ มีดังนี้

1.	ขนาดความกว้างของราง	104.8 cm.
2.	ขนาดความยาวของราง	120.0 cm.
3.	ระยะโฟกัส	26.2 cm.
4.	Rim Angle	90°
5.	ขนาดของท่อรับแสง (Norminal size $\varnothing_{OUT}$)	2.83 cm.
6.	ขนาดของท่อแก้ว Pyrex ($\varnothing_{OUT}$)	7.5 cm.
7.	ใช้สเตนเลสเป็นแผ่นสะท้อนแสง มีค่า Reflectance	0.7

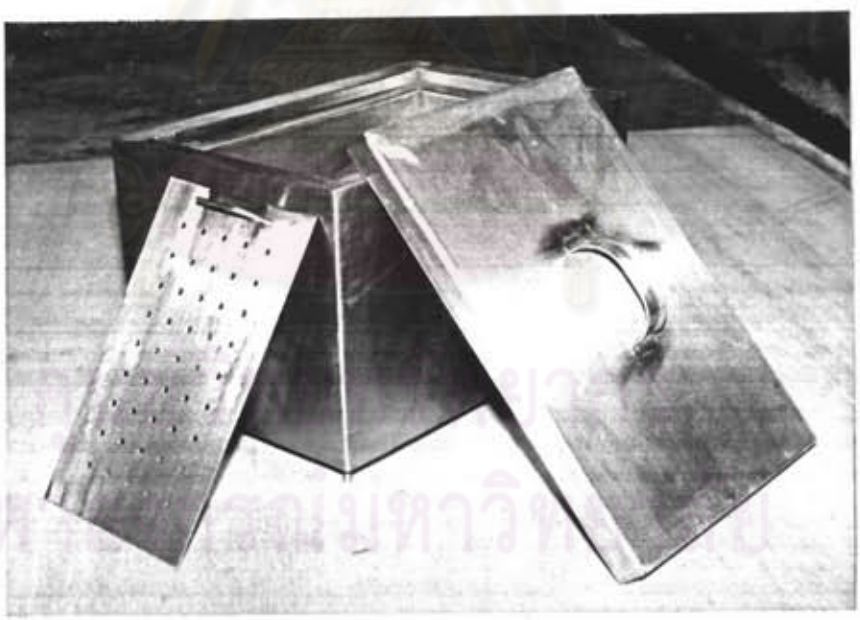
รูปถ่ายของอุปกรณ์ทุงต้มพลังแสงอาทิตย์เสริมด้วยพลังไฟฟ้าที่สร้างขึ้นได้แสดงไว้ในรูปที่ 16-19

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17075486



(ก)

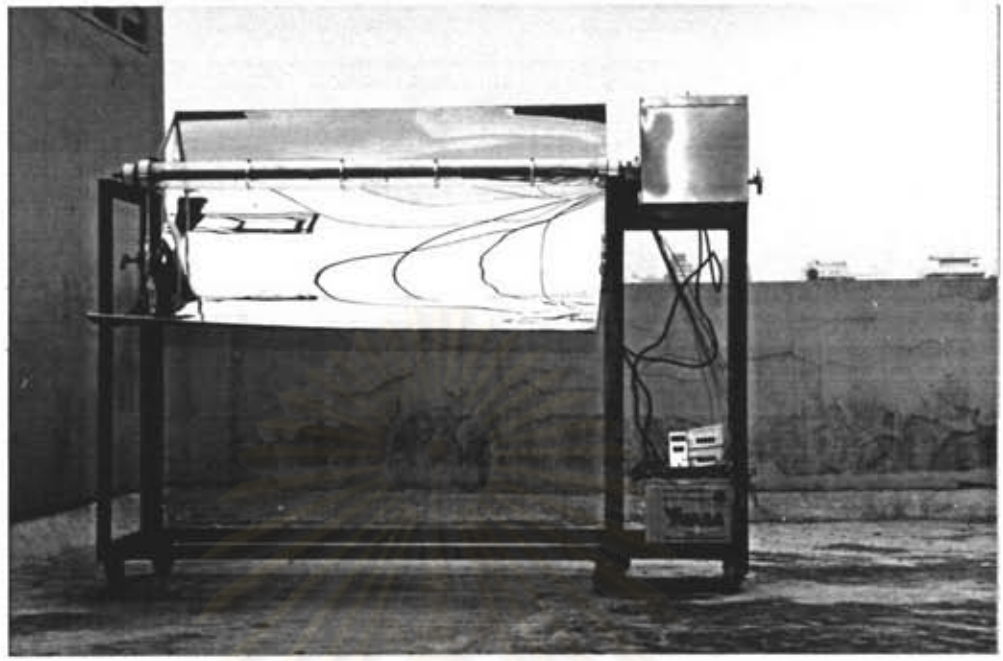


(ข)

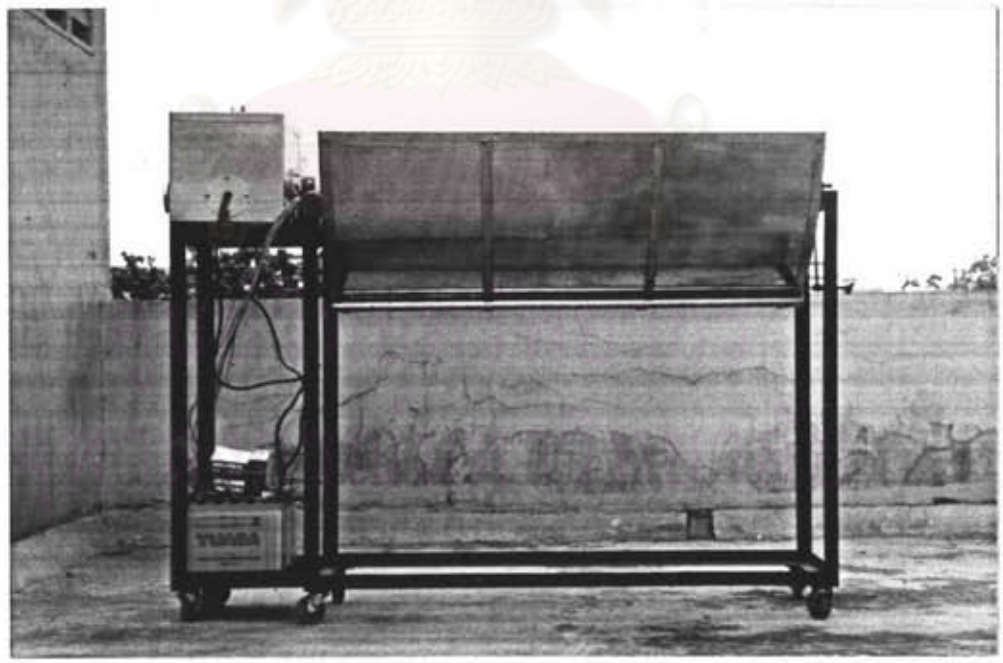
รูปที่ 15 แสดงส่วนที่เป็น Cooking Pot.

(ก) ภาพด้านบน ทำเป็นกล่องไล่ระดับเหมือนขั้นบันได

(ข) ชิ้นส่วนประกอบของ Cooking Pot.

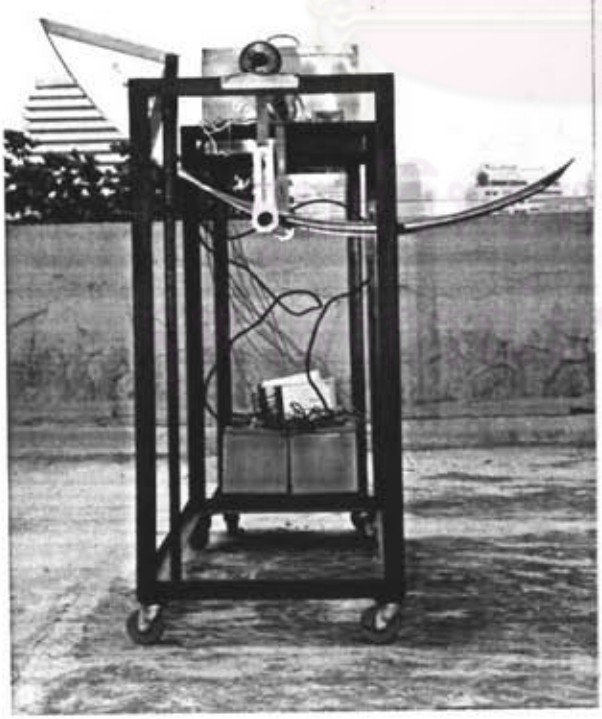


รูปที่ 16 ด้านหน้าของตัวรับแสง



รูปที่ 17 ด้านหลังของตัวรับแสง

รูปที่ 18 ด้านขวาของตัวรับแสง



รูปที่ 19 ด้านซ้ายของตัวรับแสง

การติดตั้งรางพาราโบลิก

เนื่องจากรางพาราโบลิกนี้จะปรับแกนหมุน โดยใช้มือหมุนติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ที่มีการหมุนรอบแกนเดียวจากทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก โดยมีแนวแกนเหนือ-ใต้ของดวงอาทิตย์เป็นแกนหมุน

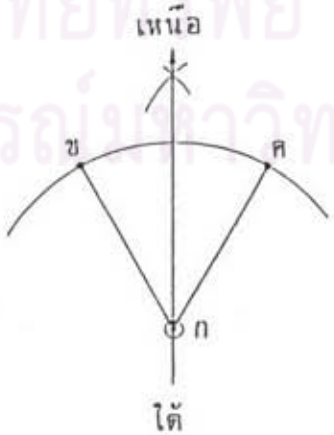
ดังนั้นจะต้องติดตั้งแนวแกนการหมุน (Tracking axis) ของรางพาราโบลิกนี้ให้ขนานกับแนวแกนเหนือ-ใต้ของดวงอาทิตย์ ซึ่งไม่ใช่แกนเดียวกับแนวแกนเหนือ-ใต้ของขั้วแม่เหล็กโลก

วิธีการหาแนวแกนเหนือ-ใต้ของดวงอาทิตย์ อาจทำได้ 2 วิธี คือ

วิธีที่ 1 หาทิศทางเงาของเสาตั้งตรงตอนเวลาที่ยงตรงของดวงอาทิตย์ (Solar noon) ซึ่งทิศทางของเงานี้จะขนานกับแนวแกนเหนือ-ใต้ของดวงอาทิตย์ อาทิเช่น ในวันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2538 เวลา 12.33 น. เป็นเวลาที่ยงตรงของดวงอาทิตย์ ก็ทำการติดตั้งรางพาราโบลิกนี้ให้แนวแกนการหมุนของรางขนานกับเส้นเงาของเสาตั้งตรงดังกล่าว

อนึ่งเวลาที่ยงตรงของดวงอาทิตย์จะไม่ใช่เวลาเดียวกับเวลาที่ยงตรงของนาฬิกาท้องถิ่น ซึ่งสามารถดูได้จากปฏิทินทางศาสนาอิสลาม [19] ที่แสดงไว้ในภาคผนวก ง.

วิธีที่ 2 ในกรณีที่ไม่ทราบว่าเวลาใดเป็นเวลาที่ยงตรงดวงอาทิตย์ ก็อาจหาแนวเหนือ-ใต้ของดวงอาทิตย์ได้ โดยใช้เสาตั้งตรงปักลงในดิน (ที่ตำแหน่ง ก. ดังแสดงในรูปที่ 20) ทำเครื่องหมายที่ปลายเงาของเสา (จุด ข.) ในเวลาก่อนเที่ยงนาฬิกา แล้วใช้ความยาวของเงา (ระยะ กข.) เป็นรัศมี เขียนเส้นโค้งของวงกลม เมื่อเวลาผ่านไปเงาของเสานี้จะสั้นลง และสั้นที่สุดในเวลาเที่ยงตรงของดวงอาทิตย์ ต่อจากนั้นจะเริ่มยาวขึ้น จนกระทั่งยาวมาถึงส่วนโค้งของวงกลมที่เขียนไว้ (จุด ค.) ให้ทำเครื่องหมายไว้ เส้นที่ได้จากการแบ่งครึ่งมุมของ ข.ก.ค. นี้ก็คือ เส้นแนวแกนเหนือ-ใต้ของดวงอาทิตย์นั่นเอง

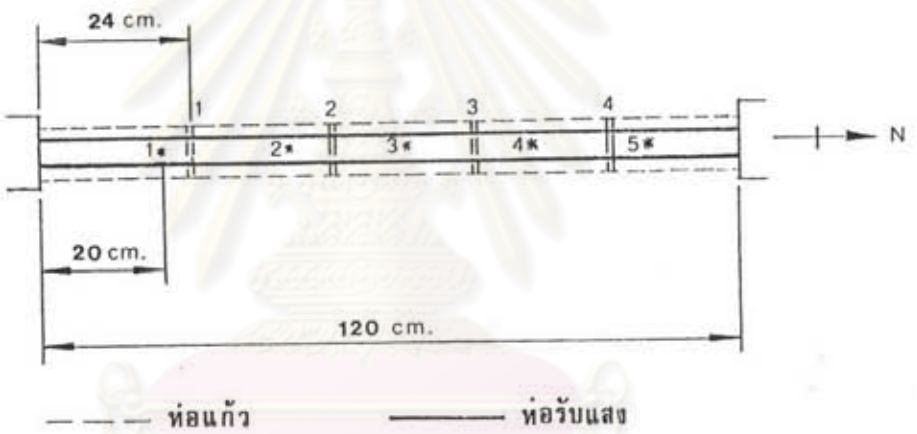


รูปที่ 20 การหาแนวแกนเหนือ-ใต้ของดวงอาทิตย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลบนท่อรับแสงและท่อแก้ว

สายเทอร์โมคัปเปิลที่ติดตามความยาวของท่อนั้น ใช้ลวดเทอร์โมคัปเปิลแบบ K (Type K Chromel V.S Alumel) เชื่อมติดกับสเตนเลสขัดเงาหนา $\frac{1}{2}$ mm. กว้าง 7 mm. ดัดโค้งงอเหมือนแหวน ∅ 28.5 mm. สำหรับสวมขันสกรูยึดติดบนท่อรับแสง 5 จุด แต่ละจุดห่างกัน 20 cm. ตามความยาวของท่อรับแสงเฉพาะส่วนที่อยู่ในแนวของรางรวมแสง (ความยาว 120 cm.) และดัดโค้งงอเหมือนแหวน ∅ 75 mm. สำหรับสวมขันสกรูยึดติดบนท่อแก้ว 4 จุด แต่ละจุดห่างกัน 24 cm. ตามความยาวของท่อแก้ว 120 cm. ดังรูปที่ 21



รูปที่ 21 ตำแหน่งการติดสายเทอร์โมคัปเบิล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย