บทที่ 5

สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ

อุปกรณ์หุงต้มพลังแสงอาทิตย์เสริมด้วยพลังไฟฟ้า ที่มีรางรวมแสงแบบพาราโบลิค (parabolic trough) ขนาดกว้าง 104.8 cm. ยาว 120 cm. ใช้แผ่นสเตนเลสขัดมันเป็นแผ่นสะท้อนแสง ติดตั้งอยู่ในแนวนอนตามแกนในทิศเหนือ-ใต้ของดวงอาทิตย์ โดยใช้มือบังคับหมุนรางติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ จากทิศตะวันออกไปทิศตะวันตกประมาณ 1°/4 min. เพราะว่าดวงอาทิตย์ใช้เวลาเคลื่อนที่ 15°/hr. เพื่อให้แสงสะท้อนไปรวมกันที่ท่อรับแสง ซึ่งทำเป็นท่อความร้อน (heat pipe) แบบมีวิกค์ (โดยใช้น้ำกลั่นเป็นของเหลวทำงาน มีทองแดงเป็นวัสดุวิกค์และภาชนะ) ขนาด 2.83 cm. เคลือบสีดำด้าน มีท่อแก้วไพเร็กซ์ (pyrex) ขนาด 7.5 cm. สวมครอบเพื่อช่วยลดการสูญเสียความร้อนโดยการพาของลมจากผิวท่อสู่บรรยากาศ ส่วนหม้อหุงต้มออกแบบไว้สำหรับหุงข้าวขนาดรับประทาน 3 คน (ข้าว + น้ำ = 1.4 kg.; ข้าว = 0.48 kg. และน้ำ 5 ถ้วยตวง) ทำเป็นกล่องสี่เหลี่ยม 2 ชั้น : ชั้นนอก 27.5×40×25 cm. ,ชั้นใน 15.5×28×19.5 cm. ในระหว่างชั้นหุ้มฉนวนใยแก้วป้องกันการสูญเสียความร้อนจากหม้อหุงต้ม

จากการทดลองเมื่อท้องฟ้าแจ่มใสตั้งแต่เวลาประมาณ 11.00 น.-14.00 น. ค่าเฉลี่ยการแผ่รังสีตรงจากดวงอาทิตย์ประมาณ 571.83 W/m^2 ได้อุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณท่อรับแสงตลอดความยาวของท่อสูงสุดเท่ากับ $153^{\circ}C$ ในเวลา 12.00 น. และได้อุณหภูมิภายใน cooking pot. สูงสุด $83^{\circ}C$. สามารถหุงข้าวได้สุกโดยไม่ต้องเสริมพลังงานไฟฟ้า ประสิทธิภาพของรางรวมแสงประมาณ 26% ประสิทธิภาพของหม้อหุงต้มประมาณ 91% พลังงานที่ใช้หุงต้มจากแสงอาทิตย์และพลังงานที่สูญเสียไปจากหม้อหุงต้มทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 1,626.47 kJ. และ 140.31 kJ. ตามลำดับ แต่ถ้าวันใดท้องฟ้าไม่แจ่มใส หรือมีแสงแดดเพียงครึ่งวัน แต่ยังพอที่จะทดลองได้ไม่ถึงกับฝนตก เพื่อให้การทดลองมีความต่อเนื่องจนเสร็จจึงเสริมพลังงานไฟฟ้า ปรากฏว่าต้องเสริมพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 267.83 kJ. เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที ในการหุงข้าวให้สุก จากการประเมินราคารางรวมแสงแบบพาราโบลิคนี้ประมาณ 3,660 บาทต่อ 1 ตารางเมตรของพื้นที่รับแสงและราคาของชุดหม้อหุงต้มประมาณ 2,300 บาท.

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของอุปกรณ์หุงต้มพลังแสงอาทิตย์เสริมด้วยพลังไฟฟ้า

1. พิจารณาส่วนของรางรวมแสงพาราโบลิค

องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการสะท้อนแสงจากรางพาราโบลิค เข้าสู่ท่อรับแสง สามารถสรุปได้ดังนี้

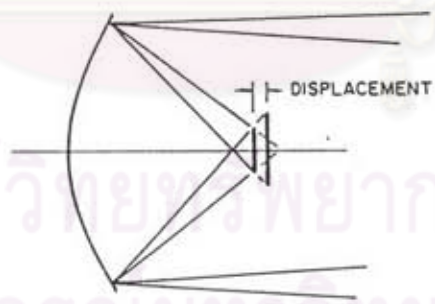
1.1 รูปโค้งพาราโบลิค

การขึ้นรูปโค้งพาราโบลิค โดยการดัดโค้ง เคาะ ตี หรือใช้ความร้อนช่วยดัดโค้ง อาจทำให้ผิวหน้าที่สะท้อนแสงมีลักษณะไม่เรียบ ไม่ได้ลักษณะตามทฤษฎี จุดที่มีการผิดพลาดเช่นนี้เป็นเสมือนว่า ทำให้ค่าการสะท้อนแสงของผิวน้อยลง อาจจะสะท้อนแสงไปตกนอกเป้ารับแสง ทำให้ความเข้มของการรวมแสงบนท่อรับแสงไม่สม่ำเสมอ จึงมีผลต่อการกระจายของอุณหภูมิบริเวณท่อรับแสง

ความผิดพลาดข้อนี้จะแก้ไขได้โดยการสร้างให้ตัวรับแสงมีขนาดใหญ่ขึ้น ทั้งนี้จะทำให้เป้ารับแสงมีขนาดใหญ่ขึ้นด้วย แต่จะมีข้อเสีย คือ การสูญเสียความร้อนของตัวรับแสงทั้งระบบจะมากขึ้น ตามขนาดของเป้ารับแสงด้วย

1.2 ตำแหน่งการวางตัวท่อรับแสง

ในการวางตัวท่อรับแสงจะต้องให้เป้ารับแสงอยู่ที่จุดโฟกัสพอดี ถ้าหากวางที่ตำแหน่งผิดไป จะเป็นผลให้ภาพที่เป้ารับแสง (solar image) มีขนาดใหญ่กว่าเป้ารับแสง ความเข้มของแสงก็จะน้อยลง ดังรูปที่ 37



รูปที่ 37 ความผิดพลาดจากการวางเป้ารับแสงไม่ตรงจุดโฟกัส[2]

1.3 การหมุนปรับรางรวมแสง

การหมุนปรับรางรวมแสงเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ โดยใช้มือหมุนไปตามตำแหน่งขององศา จาก plate ครึ่งวงกลม และการสังเกตเงาจากนาฬิกาแดด ที่ติดไว้บริเวณจุดหมุนของรางทุก ๆ 1 องศา/4 นาที ความแม่นยำในการปรับจึงขึ้นอยู่กับบุคคลที่กำลังทำการทดลองว่ามีความละเอียดในการปรับมากน้อยแค่ไหน เพื่อให้แนวรังสีของดวงอาทิตย์ตกตั้งฉาก

กับแนวแกนการหมุนของรางตลอดเวลา มิฉะนั้นลำแสงทั้งหมดจะไม่สะท้อนไปรวมกันที่จุดโฟกัส เพราะฉะนั้นเพื่อเพิ่มความแม่นยำเวลาเริ่มทดลองอาจจะต้องทราบเวลาที่ยงตรงของดวงอาทิตย์ (solar noon) ก่อน จากภาคผนวก ง. เพื่อให้การหมุนปรับรางรวมแสงมีความสัมพันธ์กับเวลา solar noon และมุมที่รังสีตรงตกกระทบบนรางรวมแสง ส่วนเวลาจด data ในแต่ละช่วงเวลาบนท่อรับแสงจะต้องกระทำอย่างรวดเร็ว เพราะตัวเลขจะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา อาจจะต้องจดข้อมูลไว้หลาย ๆ ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ยเพื่อความแม่นยำของอุณหภูมิบนท่อรับแสงแต่ละช่วงเวลาที่เราต้องการ

1.4 <u>การติดตั้งรางพาราโบลิก</u>

เนื่องจากแกนหมุนของโลกเอียงทำมุม 23.45° กับวงโคจรรอบดวงอาทิตย์ ดังนั้นเส้นทางเดินของดวงอาทิตย์ที่ปรากฏในแต่ละวันจะไม่เหมือนกัน ถ้าหากเราตั้งรางรวมแสงให้วางนอนโดยแกนหมุนของรางขนานกับพื้นโลกและอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ของโลก ในบางวันแนวรังสีที่ตกกระทบบนรางรวมแสงของดวงอาทิตย์อาจจะตกในแนวเฉียงทำมุมกับแนวแกนของราง ดังรูปที่ 11 ทำให้รังสีบางส่วนสะท้อนออกนอกเป้ารับแสง ดังนั้นในการหมุนตามดวงอาทิตย์แบบนี้จึงเป็นการหมุนตัวรางรับแสงวันละ 1 ครั้ง โดยดูจากตำแหน่งที่ดวงอาทิตย์ทำมุมกับโลกในแต่ละวัน ถ้าไม่มีการหมุนตามดวงอาทิตย์ในแนวเหนือ-ใต้ดังกล่าวนี้ แสงอาทิตย์บางส่วนจะสะท้อนออกนอกเป้ารับแสงทำให้เกิดการสูญเสียที่บริเวณปลายท่อ ความยาวของท่อส่วนที่ไม่ได้รับแสงจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับเส้นทางเดินของดวงอาทิตย์ในแต่ละวันและเวลา โดยสามารถคำนวณหาความยาวของปลายท่อส่วนที่ไม่ได้รับแสงได้จากสมการ 22 ซึ่งในทางทฤษฎีทราบว่าในการติดตั้งรางรวมแสงแบบนี้ จะทำให้การรวมแสงเต็มตลอดความยาวของท่อรับแสงเฉพาะในช่วงฤดูร้อนประมาณวันที่ 21, 22 มีนาคม เท่านั้น และจะเกิดลักษณะการสูญเสียที่บริเวณปลายท่อมากที่สุด ในช่วงฤดูหนาวประมาณวันที่ 21 ธันวาคม

ดังนั้นการแก้ไขผลกระทบข้างต้น คือ จะต้องติดตั้งรางรวมแสงให้อยู่ในแนวแกนเหนือ-ใต้ของดวงอาทิตย์ ซึ่งไม่ใช่แกนเดียวกับแนวแกนเหนือ-ใต้ของขั้วแม่เหล็กโลกดังวิธีการหาดังรูปที่ 20 เป็นวิธีเดียวกับการวิจัยครั้งนี้ หรืออาจเพิ่มความยาวของรางพาราโบลิกให้ยาวขึ้น

1.5 <u>สีดำที่ใช้เคลือบท่อรับแสง</u>

สีดำที่ใช้เป็นสีดำด้านจากสีสเปรย์กระป๋อง สามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป อาจจะยังไม่สามารถเก็บความร้อนได้ดี ถ้าต้องการเพิ่มอุณหภูมิบนท่อรับแสง ควรเปลี่ยนมาใช้ผิวเลือกรังสีเคลือบรอบท่อ เช่น โครมดำ (Black Crome) ซึ่งมีค่าสภาพการดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ $(\alpha_s) \cong 0.95$

2. พิจารณาในส่วนของ Cooking Pot

เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ Cooking Pot ได้ออกแบบเป็นกล่องสี่เหลี่ยม 2 ชั้น ชั้นในซึ่งเป็นบริเวณที่ใส่น้ำ ซึ่งต้องใส่ให้ท่วมผิวท่อของ Heat Pipe ในส่วนที่อยู่ใน Cooking Pot ปรากฏว่าต้องใช้ปริมาณน้ำมากพอสมควรประมาณ 2,600 cc. จึงจะถึงระดับที่ต้องการ ทำให้เวลาในการหุงต้มนาน เพราะฉะนั้นในการออกแบบครั้งต่อไปควรจะลดพื้นที่ของภาชนะชั้นในลง เพื่อผลของเวลาในการทดลองจะได้เร็วขึ้น

ข้อดีของตัวรับรังสีแสงอาทิตย์แบบรวมแสง (Concentration Collector) คือ

ในการทำงานที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากขนาดของ receiver มีขนาดเล็ก ดังนั้น การสูญเสียความร้อนจาก receiver สู่สิ่งแวดล้อมจะน้อยกว่าตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบ (Flat Plate Collector) เมื่อเทียบขนาดพื้นที่รับแสงเท่า ๆ กัน

ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงหรือพัฒนาการวิจัยขั้นต่อไป

1. การหมุนปรับรางรวมแสงควรทำเป็นชุดบังคับให้หมุนเคลื่อนที่ติดตามดวงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ

2. เปรียบเทียบ heat pipe แบบมีวิกค์กับแบบไม่มีวิกค์ และลองเปลี่ยน working fluid ตัวอื่น เช่น อัลกอฮอล์ หรือ น้ำมัน เป็นต้น

3. ปรับปรุงและออกแบบส่วนที่เป็น cooking pot ใหม่พยายามให้มีการสูญเสียความร้อนน้อยที่สุด เพื่อลดเวลาในการทดลองให้สั้นลง และสามารถใส่ข้าวใส่น้ำหุงได้เลยเหมือนหม้อหุงข้าวไฟฟ้าในปัจจุบัน (ซึ่งการทดลองครั้งนี้ได้ออกแบบหม้อหุงต้มเป็นลักษณะ การหุงแบบตั้งซึ้ง จะต้องใช้เวลาพอสมควรในการหุงข้าวแต่ละครั้ง)

4. เปลี่ยนรางรวมแสงเป็นอลูมินั่มอะโนไดน์ เพิ่มขนาดของรางรวมแสงให้ใหญ่ขึ้น (แต่ต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่จะต้องสูงขึ้นด้วย)

5. ควรมีการนำตัวเก็บพลังงาน (Energy Storage) มาใช้กับอุปกรณ์หุงต้มพลังแสงอาทิตย์เสริมด้วยพลังไฟฟ้า เพื่อเก็บพลังงานความร้อนในช่วงเวลาที่มีแสงอาทิตย์มาใช้งานในช่วงเวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์

6. ปรับปรุงลักษณะการขึ้นรูปโค้งของรางพาราโบลิคใหม่ให้ smooth ถูกต้องตามทฤษฎีเพื่อผลของการรวมแสงที่ท่อรับแสงจะได้อุณหภูมิสูงขึ้น โดยอาจจะขึ้นโครงเป็นแบบ Planar trust (โครงสร้างกระดูกงู) ใช้รองรับแผ่นสะท้อนแสงอีกที เพื่อให้รูปโค้งพาราโบลิคไม่บิดพริ้วเสียรูปทรง