

การศึกษาและออกแบบการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการบ่มใบยาสูบ



นายสุระศักดิ์ บำรุงวงศ์

006070

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2523

A STUDY AND DESIGN OF A SOLAR HEATING SYSTEM
FOR TOBACCO CURING

Mr. Surasak Bamrungwong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Mechanical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University

1980

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาและออกแบบการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการบ่มใบยาสูบ


โดย นายสุรศักดิ์ บำรุงวงศ์

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล


อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดำรงค์ศักดิ์ มลิลลา

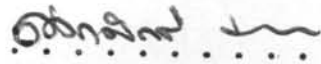
 อาจารย์ บุญฤทธิ์ สุจินดา


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

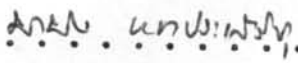
 คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประทีป ชูขนาด)

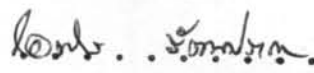
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

 ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษ ศิลป์ประเลง)

 กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดำรงค์ศักดิ์ มลิลลา)

 กรรมการ
(อาจารย์ บุญฤทธิ์ สุจินดา)

 กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานิจ ทองประเสริฐ)

 กรรมการ
(ดร.โอพาร์ รัตนปราการ)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาและออกแบบการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการบ่มใบยาสูบ
 ชื่อนิสิต นายสุรศักดิ์ บำรุงวงศ์
 อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คำรงค์ศักดิ์ มลิลดา
 อาจารย์ บุญฤทธิ์ สุจินดา
 ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
 ปีการศึกษา 2523



บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้ กล่าวถึงการศึกษา โรงบ่มใบยาสูบซึ่งมีระบบทำความร้อนจากพลังงานแสง-
 อาทิตย์เป็นระบบเสริม อุปกรณ์ทดลองประกอบด้วย โรงบ่มจำลอง เป็นอาคารก่ออิฐถือปูน ขนาด
 ปริมาตรประมาณ 3.6 ลูกบาศก์เมตร แผงรับแสงอาทิตย์ ขนาด 2.8 ตารางเมตรเป็นแบบไม่โฟกัส
 ทำจากสังกะสีลอนเล็ก ทาสีดำด้าน ด้านบนมีกระจกปิดแผ่นเดียว ด้านล่างมีฉนวนโพนอนา 25 มิลลิ-
 เมตร ระบบทำความร้อนหลักภายในโรงบ่ม เป็นขดลวดไฟฟ้า

ระบบที่ศึกษานี้ไม่มีระบบกักเก็บความร้อน ซึ่งเป็นเหตุให้อุณหภูมิภายในโรงบ่มเปลี่ยนแปลง
 อยู่ในช่วงกว้าง ดังนั้นระบบนี้จึงไม่เหมาะสมที่จะใช้ในช่วงระยะทำสี (yellowing) ในการบ่มใบยา
 ซึ่งต้องการปรับอุณหภูมิที่แม่นยำตลอดเวลา การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ช่วยการบ่มใบยาในช่วงสั้นๆ
 ทำให้สามารถประหยัดพลังงานหลักลงได้กว่า 13 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของแผงรับ
 แสงอาทิตย์ มีค่าประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราการไหลสูง และ 67 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราการไหล
 ต่ำ

การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า พลังงานที่ได้จากแผงรับแสงอาทิตย์มีราคา 0.058
 บาท/เมกกะจูล หรือ 0.209 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง เทียบกับ พลังงานที่ได้จากไม้ฟืนซึ่งมีราคา
 0.060 บาท/เมกกะจูล หรือ 0.214 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง และถ่านลิกไนท์ซึ่งมีราคา 0.064
 บาท/เมกกะจูล หรือ 0.229 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง

Thesis Title A Study and Design of A Solar Heating System
 for Tobacco Curing

Name Mr. Surasak Bamrungwong

Thesis Advisors Assistant Professor Damrongsak Malila
 Mr. Boonrit Suchinda

Department Mechanical Engineering

Academic Year 1980

ABSTRACT

A solar heating system for assisting flue curing of Virginia tobacco leaf was studied. The equipment consisted of brick and mortar tobacco curing barn, of 3.6 metre³ volume. The solar air heater of 2.8 metre² was a non-focus type, made from corrugated galvanized steel sheet coated with flat-black paint. The collector had a single glass cover on top and a 25 mm. layer of styrofoam at the bottom. Electrical heating was utilized inside the barn to simulate the main heat source.

The system under study had no thermal storage, therefore it was extremely difficult to regulate the temperature inside the barn precisely. Consequently, the solar assisting mode is not recommended during the yellowing stage of curing where very precise temperature control is required. Utilization of solar energy during other stages of curing showed a saving of the main conventional energy upto 13 percents. The average thermal efficiencies of the collector varied from 70 percents at high flow rate to 67 percents at low flow rate.

An economic evaluation indicated that the solar air heater gave an energy cost of 0.058 Baht/MJ or 0.209 Baht/kw-hr, as compared with

0.060 Baht/MJ or 0.214 Baht/kw-hr from wood and 0.064 Baht/MJ or 0.229
Baht/kw-hr from lignite.



กิติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ สำเร็จลุล่วงด้วยดี ก็ด้วย คำแนะนำปรึกษา และกำลังใจ จากอาจารย์
ที่ปรึกษา ทั้งสองท่าน คือ อาจารย์บุญฤทธิ์ สุจินดา และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดำรงค์ศักดิ์ มลิลลา
ผู้เขียนขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ผู้เขียนขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย คณะวิศวกรรมศาสตร์
และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ต่อผู้เขียนตลอดมา ขอขอบคุณคณะวิศวกรรม
ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่อนุเคราะห์สถานที่ และอุปกรณ์ประกอบการวิจัย ภาควิชาฟิสิกส์ไร
คณะ เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่อนุเคราะห์ใบยาสูบ สถานีทดลองยาสูบ แม่โจ้ ที่ได้
คำแนะนำบางประการ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ได้ทุนอุดหนุนประเภทบัณฑิตศึกษา

บุคคลที่ขอกล่าวขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย ได้แก่ เพื่อนร่วมงานที่ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจ
เป็นอย่างดี ทั้งที่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ คือ คุณสัมพันธ์ ไชยเทพ คุณวัฒน์ จอมภักดิ์ คุณปิยะวัติ
บุญหลง คุณวิวัฒน์ คล่องพานิช คุณพีระชิต หอมโกศล คุณสมศักดิ์ รุ่งสมบูรณ์ คุณสัมพันธ์ อริยา
คุณปรีชา สรรพศรี คุณชูรัตน์ ธารารักษ์ คุณยิ่งศักดิ์ ศรีมาร์ตน์ คุณประสิทธิ์ ทิพย์ปัญญา เป็นอาทิ
ตลอดจนนักศึกษาที่ให้การช่วยเหลือในงานทดลอง และที่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คือ คุณสุรศักดิ์
ทูลชัยนาวาสกุล คุณพงษ์ธร จรรย์ญากรณ์ คุณเสถียร วงศ์สารเสริฐ คุณสถาพร สุปรีชากร และ
ผู้อื่นอีกหลายท่านที่ได้กล่าวนาม ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ พ่อ แม่ และครูอาจารย์ ที่ให้การศึกษอบรมต่อผู้เขียน และขอขอบพระคุณ
คณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ได้คำแนะนำแก้ไขที่เป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์นี้

สารบัญ

| | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | จ |
| กิตติกรรมประกาศ | ช |
| รายการรูปประกอบ | ฉ |
| รายการสัญลักษณ์ | ฅ |
| บทที่ | |
| 1. บทนำ | 1 |
| ไวยาสูบไทย | |
| การบ่มไวยาสูบประเภทบ่มไอร้อน | |
| ปัญหาพลังงานกับการบ่มไวยาสูบ | |
| ปริมาณพลังงานที่ใช้ในการบ่มไวยาสูบ | |
| ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ในจังหวัด เชียงใหม่ | |
| การศึกษาวิจัยการบ่มไวยาสูบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในเอเชีย | |
| การศึกษาวิจัยการอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ในประเทศไทย | |
| 2. การดำเนินการวิจัย | 6 |
| วัตถุประสงค์ | |
| ลักษณะของ เครื่องมือทดลอง | |
| วิธีการทดลองและรายละเอียดการทดลอง | |
| 3. ผลการทดลองและอภิปราย | 13 |
| ผลการทดลอง | |
| อภิปราย | |
| 4. การประเมินค่าทาง เศรษฐกิจ | 28 |
| ประเมินราคาพลังงานที่ได้จากแผงรับ | |



ประเมินราคาพลังงานที่ได้จากเตาต้มที่ใช้หิน

ประเมินราคาพลังงานที่ได้จากเตาต้มที่ใช้ถ่านลิกไนท์

| | |
|--|----|
| 5. สรุปและข้อเสนอแนะ | 32 |
| เอกสารอ้างอิง | 34 |
| ภาคผนวก ก. กระบวนการต้มใบยาสูบประเภทต้มไอร้อน | 35 |
| ข. การคำนวณและตัวอย่างการคำนวณ | 42 |
| ค. ตารางข้อมูลและผลการทดลองแผงรับแสงอาทิตย์ | 50 |
| ง. ตัวอย่าง temperature profile และ velocity profile ใน test section | 58 |
| จ. ผังการจัดวางขดลวดไฟฟ้าภายในโรงต้มจำลอง | 59 |
| ฉ. ผังวงจรไฟฟ้าในการทดลอง | 60 |
| ประวัติ | 61 |

รายการรูปประกอบ

| รูปที่ | หน้า |
|--|------|
| 1. ขนาดและส่วนประกอบโรงบ่มใบยาสูบจำลอง | 9 |
| 2. ขนาดและส่วนประกอบแผงรับแสงอาทิตย์ | 10 |
| 3. โรงบ่มใบยาสูบจำลอง | 11 |
| 4. แผงรับแสงอาทิตย์ | 11 |
| 5. การติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล | 12 |
| 6. ใบยาสูบและการเสียบเข้าตัว | 12 |
| 7. การทดลองบ่มใบยาสูบด้วยไฟฟ้าร่วมกับแผงรับแสงอาทิตย์ ตามข้อ 3.1.2 | 16 |
| 8. การทดลองบ่มใบยาสูบด้วยไฟฟ้าร่วมกับแผงรับแสงอาทิตย์ ตามข้อ 3.1.3 | 17 |
| 9. ความสัมพันธ์ระหว่าง η_{th} กับ I (19 เมษายน 2523) | 18 |
| 10. ความสัมพันธ์ระหว่าง η_{th} กับ I (20 เมษายน 2523) | 19 |
| 11. ความสัมพันธ์ระหว่าง η_{th} กับ $(t_o - t_a)$ (19 เมษายน 2523) | 20 |
| 12. ความสัมพันธ์ระหว่าง η_{th} กับ $(t_o - t_a)$ (20 เมษายน 2523) | 21 |
| 13. ความสัมพันธ์ระหว่าง $(t_p - t_a)$ กับ I (19 เมษายน 2523) | 22 |
| 14. ความสัมพันธ์ระหว่าง $(t_p - t_a)$ กับ I (20 เมษายน 2523) | 23 |
| 15. ความสัมพันธ์ระหว่าง $(t_o - t_a)$ กับ $(t_p - t_a)$ (19 เมษายน 2523) | 24 |
| 16. ความสัมพันธ์ระหว่าง $(t_o - t_a)$ กับ $(t_p - t_a)$ (20 เมษายน 2523) | 25 |
| 17. ตัวอย่างแผ่นบันทึกพลังงานแสงอาทิตย์และผลต่างของอุณหภูมิแผ่นสังกะสี และอากาศภายนอก | 26 |
| ข.1 test section | 42 |
| ข.2 จุดที่วัดอุณหภูมิของอากาศ | 43 |
| ข.3 จุดที่วัดความเร็วของอากาศ | 44 |

รายการสัญลักษณ์

- A_C พื้นที่ของแผงรับ , เมตร²
- A_S พื้นที่ของ test section , เมตร²
- a ค่าสัมประสิทธิ์
- CRF capital recovery factor
- c_p ความร้อนจำเพาะของอากาศ , กิโลจูล/กิโลกรัม - ๗
- f correction factor ของเครื่องมือ
- G อัตราไหลของอากาศ ต่อพื้นที่ของแผงรับ , กิโลกรัม/วินาที - เมตร²
- H ความสูงของ test section , เมตร
- I ปริมาณความเข้มข้นพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งวัดได้บนแนวพื้นผิวของแผงรับ (solar insolation) , กิโลวัตต์/เมตร²
- i อัตราดอกเบี้ย
- m อัตราไหลของอากาศ , กิโลกรัม/วินาที
- N จำนวนข้อมูล
- n จำนวนปี
- P เงินต้นปัจจุบัน , บาท
- Q_u พลังงานที่ได้ใช้ประโยชน์ , กิโลวัตต์ ; กิโลวัตต์/เมตร²
- R² squared coefficient of correlation
- S ราคาค่าเศษวัสดุ , บาท
- SFF sinking fund factor
- t จุดเหตุ , ๗
- t_a จุดเหตุอากาศภายนอก , ๗
- t_i จุดเหตุอากาศเข้า , ๗
- t_o จุดเหตุอากาศออก , ๗
- t_p จุดเหตุสูงสุดของแผ่นสังกะสี , ๗
- v ความเร็วของอากาศ , เมตร/วินาที

- W ความกว้างของ test section , เมตร
- θ มุมเอียงของแผงรับ , องศา
- ρ ความหนาแน่นของอากาศ , กิโลกรัม/เมตร³
- η_{th} ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของแผงรับ , %