

อุปกรณ์หุงต้มพลังแสงอาทิตย์เสริมด้วยพลังงานไฟฟ้า



นายนิพนธ์ ชินชูศักดิ์

ศูนย์วิทยพัชการ

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

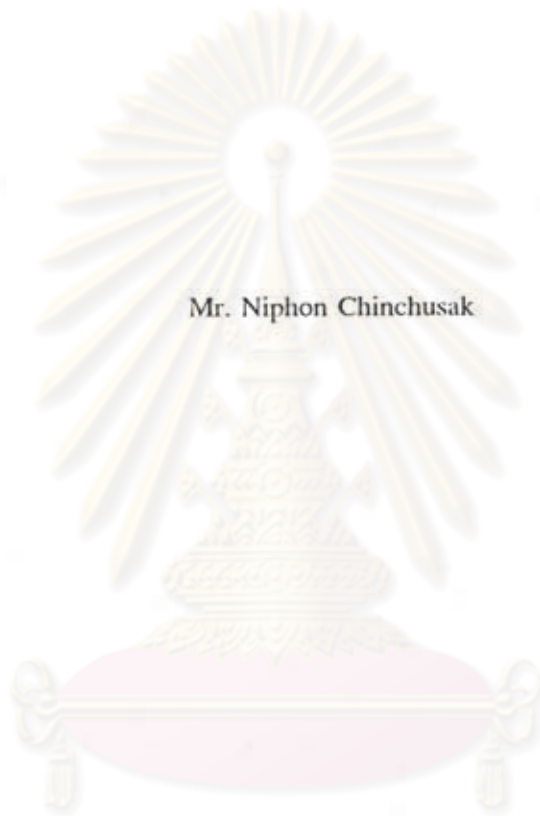
พ.ศ. 2539

ISBN 974-631-375-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A SOLAR COOKER WITH SUPPLEMENTARY ELECTRICAL POWER

Mr. Niphon Chinchusak



ศูนย์วิทยทรัพยากร

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering

Department of Mechanical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1996

ISBN 974-631-375-4



หัวข้อวิทยานิพนธ์ อุปกรณ์หุงต้มพลังแสงอาทิตย์เสริมด้วยพลังงานไฟฟ้า

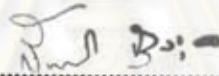
A SOLAR COOKER WITH SUPPLEMENTARY ELECTRICAL POWER.

โดย นายนิพนธ์ ชินชูศักดิ์

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. สมศรี จรุงเรือง

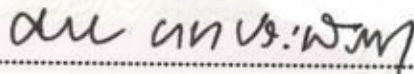
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต



..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

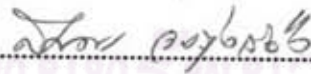
(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ จงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. มานิจ ทองประเสริฐ)



..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สมศรี จรุงเรือง)



..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. พงษ์ธร จรุงเรือง)



นิพนธ์ ชินชูศักดิ์ : อุปกรณ์หุงต้มพลังแสงอาทิตย์เสริมด้วยพลังงานไฟฟ้า (A SOLAR COOKER WITH SUPPLEMENTARY ELECTRICAL POWER) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.สมศรี จรุงเรือง,
134 หน้า. ISBN 974-631-375-4

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและออกแบบอุปกรณ์หุงต้มพลังแสงอาทิตย์เสริมด้วยพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ในชนบทที่ไม่มีกระแสไฟฟ้า อุปกรณ์หุงต้มพลังแสงอาทิตย์นี้ประกอบด้วยตัวรับแสงแบบรางพาราโบลิก, ท่อความร้อน, ท่อแก้วไพเร็กซ์, อุปกรณ์ให้ความร้อนและหม้อเบตเตอร์ 2 ลูก

จากผลการทดลองในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดบนท่อความร้อนเท่ากับ 153°C . และอุณหภูมิสูงสุดภายในหม้อหุงต้มเท่ากับ 83°C . ประสิทธิภาพของรางพาราโบลิกและหม้อหุงต้ม ประมาณ 26% และ 91% ตามลำดับ หม้อหุงต้มพลังแสงอาทิตย์นี้ออกแบบไว้สำหรับหุงอาหารขนาดรับประทาน 3 คน (หุงข้าว, ทำไข่ตุ๋นใช้ไข่ 6 ใบ และไข่ต้ม 4 ใบ) ในวันที่ท้องฟ้าไม่แจ่มใสมีการเสริมด้วยพลังงานไฟฟ้าเพื่อให้การทดลองมีความต่อเนื่องจนเสร็จ

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมเครื่องกล

สาขาวิชา.....วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา.....2538

ลายมือชื่อนิสิต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

C515962 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING

KEY WORD: PARABOLIC TROUGH / SOLAR ENERGY / SOLAR COOKER / HEAT PIPE
 NIPHON CHINCHUSAK : A SOLAR COOKER WITH SUPPLEMENTARY ELECTRICAL
 POWER. THESIS ADVISER : ASSO. PROF. SOMSRI CHONGRUNGREONG, Ph.D.
 134pp. ISBN 974-631-375-4

This research was to study and to design a solar cooker with supplementary electrical power for using in the rural area where there is no electrical power supply. The solar cooker is composed of a parabolic trough, a heat pipe, a pyrex glass tube, a heater and two batteries.

From the experiment, it was found that during clear sky the maximum average temperature of the heat pipe was 153°C and the maximum temperature inside the cooking pot was 83°C. The efficiency of the parabolic trough and the cooking pot was 26% and 91%, respectively. The solar cooker's capacity was for 3 persons (steamed rice, 6 steamed eggs and 4 hard-boiled eggs). During cloudy sky, the supplementary electrical power was used in addition to the solar energy.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมเครื่องกล
 สาขาวิชา.....วิศวกรรมเครื่องกล
 ปีการศึกษา.....2538

ลายมือชื่อนิสิต.....
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ
รองศาสตราจารย์ ดร. สมศรี จรุงเรือง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและ
ข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของการวิจัยมาด้วยดีตลอด และเนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับมาจาก
ทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. มานิจ ทองประเสริฐ, ศาสตราจารย์
ดร. วิวัฒน์ ดัฒตะพานิชกุล, รองศาสตราจารย์ ดร. ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ และครูธีระ คาบิง
ที่ให้คำแนะนำอันมีประโยชน์อย่างยิ่ง, คุณอคุลย์ พรหมวังขวาง กับเพื่อนๆ ที่แนะนำและช่วยเหลือ
ในการสร้างอุปกรณ์หุงต้มพลังแสงอาทิตย์นี้, คุณสมยศ คุรุกิจวานิชย์ ที่ช่วยเหลือทางด้าน
เขียนแบบ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตธนบุรี ที่ให้คำแนะนำในเรื่องของข้อมูล
แสงอาทิตย์, มหาวิทยาลัยสยามที่ช่วยเหลือทางด้านเครื่องมืออุปกรณ์ในการทดสอบเก็บรวบรวม
ข้อมูล และบุคคลที่ช่วยเหลือไม่ได้เอ่ยนามอีกทุก ๆ ท่าน ตลอดจน บิดา-มารดา พี่ ๆ เพื่อน ๆ ที่ให้
กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฅ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....	ฉ
ประมวลศัพท์.....	ฐ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. ทฤษฎี.....	14
3. การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ทดลอง.....	28
4. ข้อมูลและผลการวิจัย.....	41
5. สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	74
เอกสารอ้างอิง.....	78
ภาคผนวก	
ก. ตัวอย่างการคำนวณ.....	80
ข. การออกแบบและคำนวณหาขนาดแผงรับแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลา.....	93
ค. หลักการทำงานของท่อความร้อน (Heat pipe) แบบมีวิกส์.....	102
ง. ปฏิทินแสดงเวลาดวงอาทิตย์ขึ้น, Solar noon และดวงอาทิตย์ตก ของภาคกลางในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2538.....	108
จ. แบบโครงสร้างอุปกรณ์หุงต้มพลังแสงอาทิตย์เสริมด้วยพลังไฟฟ้า.....	115
ประวัติผู้เขียน.....	134

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงค่าการเลือกช่วงอุณหภูมิใช้งานของของไหลใช้งานแต่ละชนิด และความเข้ากันได้กับวัสดุวิก์และภาชนะ.....	32
2	แสดงขนาดของแบตเตอรี่ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้.....	34
3	แสดงค่า Correction factor ในแต่ละวัน ประจำเดือนเมษายนและ เดือนพฤษภาคม ของเขตกรุงเทพมหานคร.....	47
4	แสดงค่ารังสีรวม (I_G), รังสีกระจาย (I_d), ค่าของมุม $\cos \theta_2$, ค่าของมุม รังสีตรงที่ตกกระทบ aperture plane ($\cos \theta_1$) และรังสีตรง (I_{tm}) ที่ ตกตั้งฉากกับ aperture plane; W/m^2	48
5	แสดงค่า hour angle (ω), $\cos \theta_2$ และ $\cos \theta_1$	49
6-11	แสดงการกระจายของอุณหภูมิมิบริเวณรวมแสงบนท่อ heat pipe, ท่อแก้ว และอุณหภูมิใน cooking pot. ในเวลาต่าง ๆ.....	52-57
12-17	แสดงผลการทดลองหุงต้ม.....	63-68
18	แสดงข้อมูลและสรุปผลการทดลองหุงข้าว จำนวน 6 ครั้ง.....	73
19	แสดงผลการทดลองหุงข้าวด้วยแบตเตอรี่.....	95
20	แสดงค่าเฉลี่ยของรังสีตรงที่ตกตั้งฉากกับ aperture plane.....	96

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1	แสดงลักษณะของตัวเพิ่มความเข้มของแสงและตัวรับแสง.....	5
2	ลักษณะของโรงไฟฟ้าระบบหอพลังแสงอาทิตย์.....	6
3	ลักษณะของตัวรับแสงแบบรางพาราโบลิกแบบอนุกรม.....	7
4	ลักษณะของตัวรับแสงแบบเฮลิโอสแตทและรางพาราโบลิก.....	8
5	ลักษณะของตัวรับแสงแบบจานพาราโบลิก.....	9
6	ลักษณะตัวรับแสง.....	14
7	กระจกเงารางพาราโบลิก ซึ่งมีท่อกลมเป็นเป้ารับแสง.....	16
8	ลักษณะของแสงที่ตกลงบนเป้ารับแสง.....	17
9	ทรงกลมท้องฟ้าสัมพันธ์กับแกนของโลก.....	21
10	แสดงลักษณะมุมตกกระทบของรังสีตรงทำกับเส้นตั้งฉากของตัวรับแสง.....	22
11	การเกิด End loss effect.....	24
12	แสดง Normal distribution curve.....	26
13	โครงรับอุปกรณ์หุงต้ม.....	33
14	ท่อรับแสงที่ปลายติดครีบบนแบบ Annular fins.....	34
15	แสดงส่วนที่เป็น Cooking Pot.....	36
16,17	แสดงภาพด้านหน้าและด้านหลังของตัวรับแสง.....	37
18,19	แสดงภาพด้านขวาและด้านซ้ายของตัวรับแสง.....	38
20	การหาแนวแกนเหนือ-ใต้ของดวงอาทิตย์.....	39
21	ตำแหน่งการติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิล.....	40
22	ภาคตัดขวางของไพรานอมิเตอร์แบบ Eppley.....	44
23	การวัดรังสีกระจายโดยใช้ Shading ring ประกอบไพรานอมิเตอร์.....	45
24-29	แผนภูมิแสดงการกระจายของอุณหภูมิเฉลี่ยบนท่อรับแสง, ท่อแก้ว และอุณหภูมิใน cooking pot.....	58-60
30-35	แผนภูมิแสดงปริมาณการใช้พลังงานในการหุงต้ม, ประสิทธิภาพของรางรวมแสงอาทิตย์และของหม้อหุงต้ม.....	69-71
36	แสดงภาพตัวอย่างการทดลองวันที่ 16 พฤษภาคม 2538.....	72

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
37	ความผิดพลาดจากการวางเป้ารับแสงไม่ตรงจุดโฟกัส.....	75
38	แสดง dimension ของ cooking pot.....	87
39	แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบหุงข้าวโดยไฟฟ้าจากแบตเตอรี่.....	94
40	แสดงตำแหน่งจุดอ้างอิงต่าง ๆ บนโคงพาราโบลิก.....	98
41	ส่วนประกอบและการวิเคราะห์การทำงานในฮีทไปป์.....	103
42	แสดงตัวอย่างของ Wick แบบต่าง ๆ ที่นิยมใช้กัน	106



ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการสัญลักษณ์

A_m	พื้นที่ของกระจกเงาในแนวตั้งฉากกับการแผ่รังสี	m^2 .
A_t	พื้นที่ของเป้ารับแสง	m^2 .
C_R	อัตราส่วนความเข้มการรวมแสง	
D	ความกว้างของกระจกเงา	m .
d	เส้นผ่าศูนย์กลางกลางของเป้ารับแสง	m .
d_{min}	ขนาดที่เล็กที่สุดของเส้นผ่าศูนย์กลางกลางของเป้ารับแสง	m .
$\frac{dC_R}{dn}$	อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มของการรวมแสงเมื่อเทียบกับ Relative aperture	
f	ระยะโฟกัสของกระจกเงา	m .
I_G	รังสีรวม (global radiation)	W/m^2 .
I_b	รังสีตรง (beam radiation)	W/m^2 .
I_{bn}	รังสีตรงในทิศทางตั้งฉากกับพื้นที่ของรางรวมแสง (aperture plane)	W/m^2 .
I_d	รังสีกระจาย (diffuse radiation)	W/m^2 .
$I_{d'}$	รังสีกระจาย (diffuse radiation) ที่คูณค่า correction factor แล้ว	W/m^2 .
l_m	ระยะที่ยาวที่สุดจากจุดบนกระจกเงาไปยังจุดโฟกัส	m .
n	Relative aperture; n (อัตราส่วนระหว่างความกว้างของราง (D) ต่อ ความยาวโฟกัส (f)) คือ $n = D/f$	
Q_m	อัตราการแผ่รังสีมายังกระจกเงา	W .
Q_t	อัตราการแผ่รังสีมายังเป้ารับแสง	W .
Q_u	ปริมาณความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์	W .
S	เส้นรอบรูป	cm .
Δt	เป็นค่าของ $T_r - T_{sur}$	$^{\circ}C$
T_{sur}	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม	$^{\circ}C$
T_r	อุณหภูมิผิวของท่อรับแสง	$^{\circ}C$
U_L	ค่าสัมประสิทธิ์ของการสูญเสียความร้อนจากท่อรับแสงสู่บรรยากาศ	$W/m^2.K$
X	Rectangular Coordinate ในแกน x	m .
X_m	ค่าสูงสุดของ Rectangular Coordinate ในแกน x	m .
Y	Rectangular Coordinate ในแกน y	m .

Y_m	ค่าสูงสุดของ Rectangular Coordinate ในแกน y	m.
α	The angle subtended by the sun at mean earth-sun distance is 32'.	
β	Rim angle.	
γ	Intercept factor.	
$\tau\alpha$	ผลคูณของ Transmittance ของท่อแก้วกับ absorbtance ของท่อรับแสง	
λ	Azimuth angle.	
ρ	The specular reflectance of the reflector surface.	
σ	Stefan-Boltzmann Constant. = 5.67×10^{-8}	$W/m^2.K^4$.
ϵ_r	Emittance of receiver.	
ϕ	Latitude angle.	
δ	Declination angle.	
ω	Hour angle.	
$\cos \theta_i$	Incidence factor = $\left[(\sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos \omega)^2 + \cos^2 \delta \sin^2 \omega \right]^{1/2}$	
θ	The angle of incidence of beam radiation, the angle being measured between the beam and the normal to the plane.	
θ_z	Zenith angle, the angle between the beam from the sun and the vertical.	

ประมวลศัพท์

การแผ่รังสีตรง	direct solar radiation
การแผ่รังสีกระจาย	diffuse solar radiation
ของไหลใช้งาน	working fluid
ความกว้างของราง	aperture
ความเข้มข้นของการรวมแสง	concentration
จานพาราโบลิก	parabolic dish or paraboloid
ตัวรับแสงแบบแผ่นราบ	flat-plate collector
ตัวรับแสงแบบรวมแสง	concentrating collector
ท่อแก้ว	transparent envelope.
แนวแกนการหมุน	tracking axis
เป็รับแสง, ท่อรับแสง	receiver
ผิวเลือกรังสี	selective surface
ผิวสะท้อนแสง	reflective surface
พลังงานแสงอาทิตย์	solar energy
ภาพเงา	image
รางพาราโบลิก	parabolic trough or parabolic cylinder
ระบบกระจายตัวรับแสง	Distributed collector system, DCS
สภาพการรวมแสงเป็นจุด	point focusing
สภาพการรวมแสงเป็นเส้น	line focusing
สภาพสะท้อนแสง	reflectance
สภาพดูดแสง	absorptance