

การศึกษาและพัฒนา เต่าที่ไ้เค้ชวีลด์ เหลือใช้จากการเกษตรเป็นเชื้อเพลิง



นายวิทยา ชัดดียะวิทย์

ศูนย์วิทยุทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

ปริกิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


พ.ศ. 2527

ISBN 974-563-412-3

013176

i 17346617

A STUDY AND DEVELOPMENT OF STOVES UTILIZING AGRICULTURAL WASTES AS FUELS



Mr. Vitaya Kutiyavit

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement

for the Degree of Master of Engineering

Department of Mechanical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1984

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาและพัฒนาเตาที่ใช้เศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร
เป็นเชื้อเพลิง

โดย

นายวิทยา ชัดติยะวิทย์

ภาควิชา

วิศวกรรมเครื่องกล

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร. กุลธร ศิลปบรรเลง

รองศาสตราจารย์ ดร. ลัมศรี จรุงเรือง



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทวี เลิศปัญญาวิทย์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. กุลธร ศิลปบรรเลง)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ลัมศรี จรุงเรือง)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยงเจริญ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. มานิจ ทองประเสริฐ)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ที่ห้องเผาไหม้ ทำเป็นตะแกรงวางเชื้อเพลิง
3. เส้นผ่าศูนย์กลางของรูที่เชื่อมระหว่างเตาใหญ่กับเตาเล็กลดจากเดิม 11 เป็น 8 เซนติเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางของปล่องควันลดจากเดิม 9.5 เป็น 7 เซนติเมตร
4. ที่ส่วนล่างของปล่องควันเพิ่ม damper
5. ด้านหลังเตาบริเวณเตาเล็กเพิ่มหินตักควัน ซึ่งมีฐานยาว 11.5 เซนติเมตร สูง 6.8 เซนติเมตร ระยะห่างจากกันหม้อไอน้ำเล็ก 3 เซนติเมตร

ผลการทดลองปรากฏว่า ประสิทธิภาพการหุงต้มเฉลี่ย 18.5% ประสิทธิภาพ
ภาชนะเฉลี่ย 93.0% ประสิทธิภาพเตาเฉลี่ย 19.9% ซึ่งค่าเฉลี่ยเหล่านี้สูงกว่าค่าที่ได้
ก่อนปรับปรุงเตา



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title A Study and Development of Stoves Utilizing
 Agricultural Wastes as Fuels

Name Mr. Vitaya Kutiyavit

Thesis Advisor Associate Professor Kulthorn Silapabanleng, Ph.D.
 Associate Professor Somsri Chongrungreong, Ph.D.

Department Mechanical Engineering .

Academic Year 1983

ABSTRACT



The cost of conventional fuels used for cooking and boiling water is becoming more expensive and scarce, thus researchers are prompted to look into existing stoves utilizing agricultural wastes as fuels. Studies relating to heat losses through conduction, convection and radiation have been carried out in the past but it is necessary to study more and deeper into above areas to attain better understanding of the problem. Therefore the purpose of study for this research is to minimize heat losses from existing stoves through new developments for improving the stove efficiency. An attempt to arrive at standard method for measuring efficiency of stove has also been made.

For this testing, initial efficiency measurement involved wood as fuel and water as material to absorb heat. The weight of wood was

kept at 1 kilogram whereas weight of water was 2 kilograms and 0.8 kilogram for large pot and small pot respectively. The measured efficiencies are: average pot efficiency 84.1%, average stove efficiency 11.3%, and average overall efficiency 9.48%

Developments performed on existing stove included

1. Increasing outside thickness of front stove wall from 5 centimetres to 7.5 centimetres and middle stove wall from 10 centimetres to 12.5 centimetres respectively.
2. A grate in combustion chamber was incorporated.
3. Reducing the diameter of port connecting the front and back stove from 11 centimetres to 8 centimetres and chimney from 9.5 centimetres to 7 centimetres respectively.
4. A damper at lower part of chimney was incorporated.
5. Redesigning the internal flue passage by placing a stone block made of cement, having length 11.5 centimetres, height 6.8 centimetres, at the back stove.

The results of testing for the modified stove at 70 degree of damper, were found to be : average overall efficiency 18.5%, average pot efficiency 93.0%, average stove efficiency 19.9%. These values were considerably higher than the previous ones measured from the original stove version, and highest attainment from various degrees of damper opening.

กิตติกรรมประกาศ



ผู้เขียนขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษร ศิลปบรรเลง และรองศาสตราจารย์ ดร.สมศรี จรุงเรือง ที่ท่านได้กรุณาใช้เวลาให้คำแนะนำ คำปรึกษา และให้ข้อคิดเกี่ยวกับการดำเนินงานและในการแก้ปัญหา ตลอดระยะเวลาที่ทำการวิจัย ผลงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้เขียนขอระลึกถึงความกรุณาของรองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ยงเจริญ ที่ท่านได้กรุณาช่วยแก้ปัญหาและให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อผู้เขียน นอกจากนี้ผู้เขียนได้รับความช่วยเหลือและคำแนะนำในการใช้เครื่องมือบางสิ่งบางอย่างเพื่องานวิจัยจากนายรัชชัย สิงห์สังวร ขอขอบคุณ ณ โอกาสนี้ด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ย
รายการตารางประกอบ	ฉ
รายการรูปประกอบ	ณ
รายการสัญลักษณ์	ท

บทที่

1	บทนำ	1
1.1	สาเหตุของการวิจัย	1
1.2	จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้	2
1.3	ลักษณะการส่งผ่านความร้อนของเตาและหม้อ	2
1.4	การสำรวจงานวิจัยที่ทำมาแล้ว	4
2	ทฤษฎีและการคำนวณเพื่อหาค่าประสิทธิภาพการหุงต้ม	12
2.1	ทฤษฎี	12
2.2	การคำนวณ	13
3	ลักษณะของเตาและวิธีการใช้เตาก่อนปรับปรุงเตา	25
4	เครื่องมือและวิธีการทดลอง	29
4.1	เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	29
4.1.1	ก่อนปรับปรุงเตา	29
4.1.2	หลังปรับปรุงเตา	30
4.1.3	ปรับปรุงหินตักควีน	31
4.2	วิธีการทดลอง	32
4.2.1	ก่อนปรับปรุงเตา	32

บทที่

4.2.2	หลังปรับปรุงเตา	33
4.2.3	ปรับปรุงหินดักควัน	33
4.3	รายการสำหรับการทดลอง	35
4.3.1	ก่อนปรับปรุงเตา	35
4.3.2	หลังปรับปรุงเตา	36
4.3.3	ปรับปรุงหินดักควัน	37
5	วิธีและเหตุผลในการปรับปรุงเตาและวิธีการวางเชื้อเพลิง	38
6	ผลการทดลองและวิจารณ์	44
6.1	ผลการทดลองก่อนปรับปรุงเตา	44
6.2	ผลการทดลองหลังปรับปรุงเตา	45
6.3	ผลการทดลองปรับปรุงหินดักควัน	47
6.4	วิจารณ์ผลการทดลองก่อนปรับปรุงเตา	48
6.5	วิจารณ์ผลการทดลองหลังปรับปรุงเตา	49
6.6	วิจารณ์ผลการทดลองเมื่อปรับปรุงหินดักควัน	56
6.7	Energy Balance Diagram	64
6.8	พิจารณากราฟของควันเสียที่ท่อควัน	66
7	สรุปผลการวิจัย	70
	เอกสารอ้างอิง	75
	ภาคผนวก	76
	- ภาคผนวก ก. ตัวอย่างการคำนวณ	77
	- ภาคผนวก ข. ผลและข้อมูลการทดลอง	96
	ประวัติการศึกษา	115

รายการตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า
4-1	รายการทดลองก่อนปรับปรุงเตา 35
4-2	รายการทดลองหลังปรับปรุงเตาตามการทดลองแบบที่ 1 36
4-3	รายการทดลองหลังปรับปรุงเตาตามการทดลองแบบที่ 2 36
6-1	ผลการทดลองก่อนปรับปรุงเตา 44
6-2	แสดงข้อมูลและผลการทดลองหลังปรับปรุงเตาที่มุมกระบังลม 90° ทดลองตามแบบที่ 1 45
6-3	ผลการทดลองหลังปรับปรุงเตาที่มุมกระบังลม 70° ทดลองตามแบบที่ 2 46
6-4	ผลการทดลองปรับปรุงดินตักควีนที่มุมกระบังลม 70° 47
ข-1	ผลการทดลองของเตาที่ยังไม่ได้ปรับปรุง 96
ข-2	ผลการทดลองของท่อควีนสำหรับเตาที่ยังไม่ได้ปรับปรุง 99
ข-3	ผลที่ทดลองได้หลังปรับปรุงเตา 105
ข-4	ผลที่ทดลองได้ของท่อควีนหลังปรับปรุงเตา 106
ข-5	ผลที่ทดลองได้ภายหลังจากปรับปรุงดินตักควีน 108
ข-6	ผลที่ทดลองได้ของท่อควีน ภายหลังจากปรับปรุงดินตักควีน 109
ข-7	ข้อมูลของเตาที่ยังไม่ได้ปรับปรุง 111
ข-8	ข้อมูลของเตาหลังปรับปรุงเตาตั้งแต่ 23ก.พ.-24มี.ค. 113
	ข้อมูลของเตาที่ปรับปรุงดินตักควีนตั้งแต่ 26มี.ค.-1ล.ค. 113

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
1-1	ภาพแสดงการส่งผ่านความร้อน	3
1-2	รูปถ่ายด้านข้างเตาหุงต้มใช้เชื้อวัสดุเป็นเชื้อเพลิง	6
1-3	ภาพแสดงรูปตัดขวางของเตาหุงต้มใช้เชื้อวัสดุเป็นเชื้อเพลิง	6
1-4	เตาแบบเดิม	9
1-5	เตาแบบที่ 1	10
1-6	เตาแบบที่ 2	11
2-1	แสดงทิศทางการไหลของพลังงาน	12
2-2	แสดงวิธีการถ่ายเทความร้อนและการสูญเสียความร้อน	14
3-1	แสดงถึงส่วนบนของเตาที่ยังไม่ได้ปรับปรุง	27
3-2	แสดงถึงด้านข้างของเตาที่ยังไม่ได้ปรับปรุง	27
3-3	แสดงถึงลักษณะของเตาที่ยังไม่ได้ปรับปรุง	28
4-1	แสดงการพุ่งออกของควันเสียที่ท่อปล่องควันและเครื่องมือสำหรับการทดลอง ..	34
4-2	แสดงให้เห็นน้ำเดือดสำหรับหม้อขนาดใหญ่	34
5-1	แสดงลักษณะของหม้อต้มน้ำที่ยังไม่ได้ปรับปรุง	41
5-2	แสดงลักษณะของหม้อต้มน้ำที่ปรับปรุงแล้ว	41
5-3	แสดงถึงส่วนบนของเตาหลังปรับปรุงเตา	42
5-4	แสดงด้านข้างของเตาหลังปรับปรุงเตา	42
5-5	แสดงลักษณะของเตาหลังปรับปรุงเตาและปรับปรุงหม้อต้มน้ำ	43
6-1	กราฟที่พล็อตระหว่างอุณหภูมิของน้ำในหม้อใหญ่กับเวลา เมื่อมุมของกระบังลม 70° ของวันที่ 12 มี.ค. หลังปรับปรุงเตาและ 28 มี.ค. ปรับปรุงหม้อต้มน้ำ	58
6-2	กราฟที่พล็อตระหว่างอุณหภูมิของน้ำในหม้อเล็กกับเวลา เมื่อมุมของกระบังลม 70° ของวันที่ 12 มี.ค. หลังปรับปรุงเตาและ 28 มี.ค. ปรับปรุงหม้อต้มน้ำ	58
6-3	Energy Balance Diagram ก่อนปรับปรุงเตา	64
6-4	Energy Balance Diagram หลังปรับปรุงเตา	64
6-5	Energy Balance Diagram เมื่อปรับปรุงหม้อต้มน้ำ	65

รูปที่	หน้า
6-6	กราฟพล็อตระหว่าง Mass Flowrate, Heat Flowrate, Temperature, Density และ Velocity ของควันเทียบกับมุมของกระบังลมหลังปรับปรุงเตา 65
6-7	กราฟพล็อตระหว่าง Mass Flowrate, Heat Flowrate, Temperature Density และ Velocity ของควันเทียบกับมุมกระบังลม เมื่อปรับปรุง หินดักควัน 66
7-1	กราฟที่พล็อตระหว่างน้ำหนักไม้และประสิทธิภาพการหุงต้มเฉลี่ย ก่อนปรับปรุง เตา 72
7-2	กราฟที่พล็อตระหว่าง $\dot{m}_{f,av}$, $T_{e,av}$, $\dot{m}_{a,av}/\dot{m}_{f,av}$ และ $Q_{T,av}$ กับมุมของ กระบังลมหลังปรับปรุงเตา 73
7-3	กราฟที่พล็อตระหว่าง $\dot{m}_{f,av}$, $T_{e,av}$, $\dot{m}_{a,av}/\dot{m}_{f,av}$ และ $Q_{T,av}$ กับมุมของกระบังลมเมื่อปรับปรุงหินดักควัน 74

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัญลักษณ์

A	=	พื้นที่ผิวทั้งหมดของผนัง และฝาหม้อ	m^2
A ₁	=	พื้นที่ผิวของผนัง และฝา ส่วนที่อยู่เหนือรู เต้าของหม้อขนาดใหญ่	m^2
A ₂	=	พื้นที่ผิวของผนัง และฝา ส่วนที่อยู่เหนือรู เต้าของหม้อขนาดเล็ก	m^2
A _e	=	พื้นที่หน้าตัดของท่อปล่องควัน	m^2
C _{pm}	=	ความร้อนจำเพาะเฉลี่ยของ ควัน	Btu/lbm-R
C _p	=	ความร้อนจำเพาะของน้ำ	J/kg-°K
D _e	=	ความหนาแน่นของ ควันที่ท่อปล่องควัน	kg/m ³
E	=	ประสิทธิภาพการหุงต้ม	%
E _s	=	ประสิทธิภาพเตา	%
E _H	=	ประสิทธิภาพภาชนะ	%
h	=	ผลรวมของสัมประสิทธิ์การพาความร้อนและสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน	W/m ² -°K
h _c	=	สัมประสิทธิ์การพาความร้อน	W/m ² -°K
h _r	=	สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน	W/m ² -°K
h _{fg}	=	ปริมาณความร้อนแฝงที่ทำให้น้ำกลายเป็นไอ	J/kg
L	=	ค่าความร้อนเชื้อเพลิง	kJ/kg
L ₁	=	ความสูงของหม้อขนาดใหญ่	m
L ₂	=	เส้นผ่าศูนย์กลางของหม้อขนาดใหญ่	m
L ₃	=	ความสูงของหม้อขนาดเล็ก	m
L ₄	=	เส้นผ่าศูนย์กลางของหม้อขนาดเล็ก	m
m	=	น้ำหนักของน้ำ	kg
m ₁	=	น้ำหนักของน้ำในหม้อขนาดใหญ่	kg
m ₂	=	น้ำหนักของน้ำในหม้อขนาดเล็ก	kg
m'	=	น้ำหนักของเชื้อเพลิงที่ใช้	kg
\dot{m}_e	=	mass flowrate ของ ควันที่ท่อปล่องควัน	kg/min
\dot{m}_f	=	mass flowrate ของเชื้อเพลิง	kg/min
\dot{m}_a	=	mass flowrate ของอากาศ	kg/min

สัญลักษณ์

P_v	= ความดันของควันท่อก่อปล่องควัน	$\text{in-H}_2\text{O}$
\dot{Q}_e	= heat flowrate ของควันท่อก่อปล่องควัน	kJ/min
Q	= ปริมาณความร้อนที่ให้แก่มห้อยตะไดขณะหนึ่งเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงตามเวลา	W
Q_T	= ปริมาณความร้อนทั้งหมดที่สูญเสียที่ก่อก่อปล่องควัน	kJ
Q_1	= ปริมาณความร้อนที่ให้แก่มห้อยขนาดใหญ่ขณะใดขณะหนึ่ง เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงตามเวลา	W
Q_2	= ปริมาณความร้อนที่ให้แก่มห้อยขนาดเล็กขณะใดขณะหนึ่ง เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงตามเวลา	W
Q_3	= ปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปโดยการพาและการแผ่รังสีในช่วงที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา สำหรับมห้อยขนาดใหญ่	W
Q_4	= ปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปโดยการพาและการแผ่รังสีในช่วงที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลาสำหรับมห้อยขนาดเล็ก	W
R	= ผลหารระหว่างผลคูณของผลรวมของสัมประสิทธิ์การพาความร้อนและสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อนกับพื้นที่ผิวของผนังและฝาของหม้อและผลคูณของน้ำหนักของน้ำกับความร้อนจำเพาะของน้ำ	$1/\text{sec}$
T_{s1}	= อุณหภูมิที่ผิวของมห้อยขนาดใหญ่ห่างจากปากหม้อ 9.5 cm	$^{\circ}\text{C}$
T_{s2}	= อุณหภูมิที่ก้นมห้อยขนาดใหญ่	$^{\circ}\text{C}$
T_{s3}	= อุณหภูมิที่ฝาของมห้อยขนาดใหญ่	$^{\circ}\text{C}$
T_{s4}	= อุณหภูมิที่ผิวของมห้อยขนาดใหญ่ห่างจากปากหม้อ 5.5 cm	$^{\circ}\text{C}$
T_{s5}	= อุณหภูมิที่ผิวของเตาด้านหน้าเตา	$^{\circ}\text{C}$
T_{s6}	= อุณหภูมิที่ก้นมห้อยขนาดเล็ก	$^{\circ}\text{C}$
T_{s7}	= อุณหภูมิของน้ำที่มห้อยขนาดเล็ก (วัดด้วยดิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์)	$^{\circ}\text{C}$
T_{s8}	= อุณหภูมิที่ผิวของมห้อยขนาดเล็กห่างจากปากหม้อ 3.5 cm	$^{\circ}\text{C}$
T_{s9}	= อุณหภูมิที่ผิวของมห้อยขนาดเล็กห่างจากปากหม้อ 5.3 cm	$^{\circ}\text{C}$
T_{s10}	= อุณหภูมิที่ฝาของมห้อยขนาดเล็ก	$^{\circ}\text{C}$
T_{s11}	= อุณหภูมิที่ผิวของมห้อยขนาดเล็กห่างจากปากหม้อ 4.9 cm	$^{\circ}\text{C}$

สัญลักษณ์

- T_{s12} = อุณหภูมิที่ผิวหม้อขนาด เล็ก °C
- T_{s16} = อุณหภูมิของน้ำที่หม้อขนาดใหญ่ (วัดด้วยคลิคลิตอลเทอร์โมมิเตอร์) °C
- T_e = อุณหภูมิของควีน เลียที่ก่อควีน °C
- T = อุณหภูมิของน้ำและผิวหม้อที่ขณะใดขณะหนึ่ง °K
- T_1 = อุณหภูมิของน้ำในหม้อขนาดใหญ่ °K
- T_2 = อุณหภูมิของน้ำในหม้อขนาดเล็ก °K
- T_o = อุณหภูมิของน้ำเริ่มแรก = อุณหภูมิของอากาศ °K
- T' = ผลต่าง ของ อุณหภูมิของภาชนะที่ขณะใดขณะหนึ่ง กับอุณหภูมิอากาศ °K
- T^* = อุณหภูมิเฉลี่ยระหว่าง ผลรวมอุณหภูมิของภาชนะที่ขณะใดขณะหนึ่ง กับ
อุณหภูมิของอากาศ °K
- t = ระยะเวลาตั้งแต่ เริ่มทดลอง จน เลี้ยว ลั่น การทดลอง sec
- t_1 = ระยะเวลาตั้งแต่ เริ่มทดลอง จน น้ำเดือด ในช่วงที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง
ตามเวลาสำหรับหม้อขนาดใหญ่ sec
- t_2 = ระยะเวลาตั้งแต่ เริ่มทดลอง จนอุณหภูมิของน้ำ เริ่มลด สำหรับหม้อขนาด
เล็กหรือระยะตั้งแต่ เริ่มทดลอง จนกระทั่งน้ำเดือด ในช่วงที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงตามเวลา sec
- t_3 = ระยะเวลาตั้งแต่ น้ำเดือดจนอุณหภูมิของน้ำ เริ่มลดสำหรับหม้อขนาดใหญ่
ในช่วงที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา sec
- t_4 = ระยะเวลาตั้งแต่ น้ำเดือดจนอุณหภูมิของน้ำ เริ่มลดสำหรับหม้อขนาดเล็ก
ในช่วงที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา sec
- W_1 = น้ำหนักของน้ำที่กลายเป็นไอที่หม้อขนาดใหญ่ kg
- W_2 = น้ำหนักของน้ำที่กลายเป็นไอที่หม้อขนาดเล็ก kg
- Σ = สัมประสิทธิ์การปล่อยรังสีความร้อน
- 6 = Stefan - Boltzman Constant $W/m^2 \cdot K$