การนำความร้อนระหว่างการกลั่นสลายแกลบในเตาเผาทรงกระบอก

นายอมร ภูติประวรรณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2533

ISBN 974-577-100-7

HEAT CONDUCTION DURING PYROLYSIS OF RICE HULLS IN A CYLINDRICAL FURNACE

Mr. Amorn Putiphrawan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Chemical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1990

ISBN 974-577-100-7

Thesis Title	HEAT CONDUCTION DURING PYROLYSIS OF RICE HULLS IN A CYLINDRICAL FURNACE
By	Mr. Amorn Putiphrawan
Department	Chemical Engineering
Thesis Advisor	Associate Professor Woraphat Arthayukti, D.Ing.
Thesis Coadvisor	Associate Professor Pattarapan Prasassarakich, Ph.D.

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree.

.... Dean of Graduate School

(Professor Thavorn Vajarabhaya, Ph.D.)

Thesis Committee

.... Chairman

(Associate Professor Piyasan Prasertdham, D.Ing.)

.... Thesis Advisor

(Associate Professor Woraphat Arthayukti, D.Ing.)

.... Thesis Coadvisor

(Associate Professor Pattarapan Prasassarakich, Ph.D.)

.... Member

(Assistant Professor Chirakarn Muangnapoh, D.Ing.)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

อมร ภูติประวรรณ : การนำความร้อนระหว่างการกลั่นสลายแกลบในเตาเผาทรงกระบอก (HEAT CONDUCTION DURING PYROLYSIS OF RICE HULLS IN A CYLINDRICAL FURNACE) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.วรพัฒน์ อรรถยุกติ, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร.ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ, 170 หน้า. ISBN 974-577-100-7

งานวิจัยนี้ ศึกษาการกลั่นสลายแกลบ ในอุปกรณ์ที่สามารถวัดการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่น และการเปลี่ยนอุณหภูมิทั้งที่ผิวหน้า และภายในเบดของแกลบ กระบวนการกลั่นสลายนี้ สามารถอธิบายด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ ที่รวมปฏิกิริยาจลนพลศาสตร์ การถ่ายเทความร้อนโดยการนำ และความร้อนที่ใช้ไปในระหว่างการกลั่นสลาย เมื่อนำแบบจำลองนี้ไปกำกับเส้นโปรไฟล์อุณหภูมิ ทำให้ได้ค่าการนำความร้อนชั่วขณะของแกลบ ที่แปรเปลี่ยนไปกับความหนาแน่น และอุณหภูมิ จากผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่น เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับการกลั่นสลาย ภายใต้เงื่อนไขของการทดลองนี้ (ความชื้น = 0.11-24.04 เปอร์เซนต์, อุณหภูมิ = 350-500 องศาเซลเซียล และ ความหนาแน่น = 113.5-141.4 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ค่าการนำความร้อนระหว่างการกลั่นสลาย มีค่า $k = 3.1\times10^{-3} + 4.5\times10^{-3}(\rho - 0.15) + 1.9\times10^{-6}(T - 20)$ จูลต่อวินาที เคลวิน เซนติเมตร

ภาควิชา ......วิศวกรรมเคมี...... ลายมือชื่อนิสิต ......อมร ภูติประวรรณ......

สาขาวิชา ......วิศวกรรมเคมี......

ปีการศึกษา ......2532...... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ....

AMORN PUTIPHRAWAN : HEAT CONDUCTION DURING PYROLYSIS OF RICE HULLS IN A CYLINDRICAL FURNACE. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF.WORAPHAT ARTHAYUKTI, D.Ing., THESIS COADVISOR : ASSO. PROF.PATTARAPAN PRASASSARAKICH, Ph.D. 170 PP. ISBN 974-577-100-7

The pyrolysis of rice hulls is investigated with a simple device, which allows for measurement of the bulk density change and the change of surface and inside temperature of the rice hull bed. The pyrolysis process can be described by a mathematical model which includes the kinetics of the reaction, the heat transfer by conduction and the heat generation during pyrolysis. The fitting of this model on temperature profile curves has permitted the estimation of the transient thermal conductivity of rice hulls which varied with bulk density and temperature. The obtained experimental results indicate that the significant parameters of pyrolysis are temperature moisture content and bulk density. Under the experimental conditions of the study (moisture content = 0.11-24.04 %, temperature = 350-500 $^{\circ}C$ and bulk density = 113.5-141.4 kg/m^3), the thermal conductivity value during pyrolysis was found to follow the following relationship $k = 3.1 \times 10^{-3} + 4.5 \times 10^{-3} (\rho - 0.15) + 1.9 \times 10^{-6} (T - 20)$ J/sec K cm.

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา 2532

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to sincerely thank and express his gratitude to his advisor, Associate Professor Dr. Woraphat Arthayukti, for his supervision, guidance and encouragement during this work. Special thank is extended to Associate Professor Dr. Wiwut Tanthapanichakoon for his comments which have been extremely helpful. He would also like to thank the Graduate School, Chulalongkorn University for financial support in this work.

Furthermore, he wishes to convey his most sincere gratitude to his parents and brother for their moral support.

Finally, he also wants to thank his friends and fellow graduate students, for their spiritual support.

CONTENTS

APPENDIX Page

LIST OF TABLES

Table Page

LIST OF FIGURES

Figure Page

NOMENCLATURE

A	:	Pre-exponential factor, 1/min
C_p	:	Heat capacity, cal/g °C
C_{ps}	:	Heat capacity of the sample, cal/g °C
C_{pw}	:	Heat capacity of water, cal/g °C
E	:	Apparent activation energy, J/mol
H	:	Enthalpy, J/g
H_c	:	Heat capacity constant, cal/°C
k	:	Thermal conductivity, J/sec K cm
L	:	Length, cm
P	:	Pressure, g/cm sec
q_r	:	Heat flux on the r-direction, cal/sec cm^2
q_x	:	Heat flux on the x-direction, cal/sec cm^2
Q	:	Heat of reaction, J/g
r	:	Radial distance, cm
R	:	Radius of the furnace, cm
R_c	:	Heat loss rate or rate of temperature drop, °C/min
R_g	:	Universal gas constant, J/mol K
t	:	Time, min
T	:	Temperature, °C
T_o	:	Initial temperature, °C
T_{ref}	:	Reference temperature, °C
T_w	:	Wall temperature, °C
ΔT_c	:	Difference in temperature of cold water, °C

ΔT_f	:	Difference in temperature of calorimeter or initial temperature of calorimeter minus equilibrium temperature, °C
ΔT_h	:	Difference in temperature of hot water, °C
ΔT_s	:	Initial temperature of sample minus the equilibrium temperature of mixture, °C
ΔT_w	:	Equilibrium temperature minus initial temperature of water, °C
W_c	:	Weight of cold water, g
W_h	:	Weight of hot water, g
W_s	:	Weight of the sample, g
W_w	:	Weight of water, g
x	:	Distance on the x-axis, cm
ε_b	:	Bed porosity
ε_p	:	Particle porosity
ρ	:	Bulk density, kg/m^3
ρ_o	:	Initial bulk density, kg/m^3
ρ_a	:	Apparent density, kg/m^3
ρ_s	:	Skeletal density, kg/m^3
ρ_∞	:	Final bulk density, kg/m^3
θ	:	Time of cooling the sample, min
λ	:	Latent heat of vaporization