5

ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของส่วนผสมของหินน้ำมันกับถ่านหินลิกไนท์ในฟลูอิไดซ์เบดที่ความดันบรรยากาศ

นายสารทูร วัฒกานนท์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2528

ISBN 974-564-947-3

009565
I17909569

COMBUSTION EFFICIENCY OF OIL SHALE AND LIGNITE MIXTURES IN ATMOSPHERIC FLUIDIZED COMBUSTION BED

Mr. Sarathoon Vaddhakanon

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Chemical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1985

ISBN 974-564-947-3

Thesis Title	Combustion Efficiency of Oil Shale and Lignite Mixtures in Atmospheric Fluidized Combustion Bed
By	Mr. Sarathoon Vaddhakanon
Department	Chemical Engineering
Thesis Advisor	Associate Professor Sutham Vanichseni, Ph.D.
	Associate Professor Kulthorn Silapabunleng, 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 Supradit Bunnag, Ph.D.)

Thesis Committee

.....Chairman
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยฤทธิ์ สัตยาประเสริฐ)

.....Member
(รองศาสตราจารย์ ดร.กุลธร ศิลปบรรเลง)

.....Member
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพัฒน์ อรรถยุกดิ)

.....Member
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุธรรม วาณิชเสนี)

Copyright of the Graduate School, Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของส่วนผสมของหินน้ำมันกับถ่านหินลิกไนท์ในฟลูอิไดซ์เบดที่ความดันบรรยากาศ

ชื่อนิสิต นายสารทูร วัทฒกานนท์

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. สุธรรม วาณิชเสนี

รองศาสตราจารย์ ดร. กุลธร ศิลปบรรเลง

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา 2528

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

ได้ทำการทดลองการเผาไหม้ส่วนผสมของหินน้ำมันกับถ่านหินลิกไนท์ ในอัตราส่วนต่างๆกันในฟลูอิไดซ์เบด ที่ความดันบรรยากาศ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 15 เซนติเมตร เพื่อศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนของหินน้ำมันต่อถ่านหินลิกไนท์และอัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงที่มีต่อประสิทธิภาพการเผาไหม้ โดยใช้หินน้ำมันจากแหล่งแม่สอดซึ่งมีค่าความร้อนเท่ากับ 1598 แคลอรี/กรัม และมีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 1.44 และ 2.67 มิลลิเมตร และถ่านหินลิกไนท์จากแหล่งแม่เมาะซึ่งมีค่าความร้อนเท่ากับ 2970 แคลอรี/กรัม และมีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 2.61 มิลลิเมตร นอกจากนี้แล้วยังได้ศึกษาถึงผลของอัตราส่วนดังกล่าวข้างต้นทั้งสองที่มีต่อประสิทธิภาพการเก็บกำมะถัน และการปลดปล่อยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์, คาร์บอนมอนอกไซด์, และไนตริกออกไซด์อีกด้วย ความสูงของเบดขณะทดลองเท่ากับ 30 เซนติเมตร และอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงเชิงมวลมีค่าอยู่ระหว่างประมาณ 7.5 - 12.5

จากการทดลองทำให้สรุปได้ว่า การเผาไหม้ในฟลูอิไดซ์เบดที่ความดันบรรยากาศโดยใช้ส่วนผสมของหินน้ำมันและถ่านหินลิกไนท์เป็นเชื้อเพลิง โดยมีประสิทธิภาพการเผาไหม้และประสิทธิภาพการเก็บกำมะถันมากกว่าร้อยละ 95 นั้นเป็นไปได้ ทั้งประสิทธิภาพการเผาไหม้และประสิทธิภาพการเก็บกำมะถันเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนหินน้ำมันต่อถ่านหินลิกไนท์จนกระทั่งอัตราส่วนดังกล่าวมีค่าประมาณสาม นอกจากนี้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ลดลง เมื่ออัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงและขนาดของหินน้ำมันเพิ่มขึ้น ในขณะที่ประสิทธิภาพการเก็บกำมะถันมีผลในทางกลับกัน

Thesis Title Combustion Efficiency of Oil Shale and Lignite Mixtures in Atmospheric Fluidized Combustion Bed

Name Mr. Sarathoon Vaddhakanon

Thesis Advisor Associate Professor Sutham Vanichseni, Ph.D.

Associate Professor Kulthorn Silpabunleng, Ph.D.

Department Chemical Engineering

Academic Year 1985

ABSTRACT

Experiments in combustion of oil shale and lignite mixtures of various ratios were carried out in an atmospheric fluidized bed with the inside diameter of 15 cm to investigate the influences of oil shale to lignite ratio and air to fuel ratio on conbustion efficiency, using Mae Sot oil shale possessing 1,598 cal/gm heating value and average particle sizes of 1.44 and 2.67mm, and Mae Moh lignite of 2,970 cal/gm and 2.61 mm. Furthermore, the effects of the above two ratios on desulfurization efficiency and sulfur dioxide, carbon monoxide and nitric oxide emissions were also studied. In the experiments, bed height was kept at 30 cm and air to fuel mass ratios were between about 7.5 to 12.5.

Conclusions can be drawn, from the experiments, that atmospheric fluidized bed combustion using oil shale and lignite mixture as fuel, with combustion and desulfurization efficiencies above 95 % is possible. Combustion and desulfurization efficiencies increase with oil shale to lignite ratio until the ratio is about 3.

Moreover, combustion efficiency decreases as air to fuel ratio and oil shale size increase while desulfurization efficiency is effected in the reverse direction.

Acknowledgement

The author is grateful to Dr.. Sutham Vanichseni and Dr. Kulthorn Silpabunleng of their helpful discussions, and wish to thank Graduate School, Chulalongkorn University for the financial support; the Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT) for the apparatus and materials; and the Scientific and Technological Research Equipment Centre of Chulalongkorn University, and Department of Science Service, Ministry of Science, Technology and Energy for the solid fuel and ash analysis. Acknowledgements are also due Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University and everyone who contributed to my accomplishment.

Sarathoon Vaddhakanon

Department of Chemical Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
1985

Contents

	page
Abstract in Thai	IV
Abstract in English	V
Acknowledgement	VII
List of Tables	IX
List of Figures	X
Nomenclature	XII
Chapter	
1 Introduction	1
2 Lignite	4
3 Oil Shale	21
4 Fluidized Bed Combustion	35
5 Experiments	48
6 Results and Discussion	63
7 Conclusions and Recommendations	85
References	90
Appendix A	95
Appendix B	96
Appendix C	97
Appendix D	99
Appendix E	101
Appendix F	102
Bibliography	103

List of Tables

Tables	Description	Page
2.1	Classification of Coal by Rank.....	8
2.2	World Coal Reserves.....	12
2.3	World Lignite Reserves.....	13
2.4	Properties of Mae Moh Lignite.....	15
2.5	Properties of Krabi Lignite (Klong Khanan).	16
2.6	Properties of Li Lignite.....	17
2.7	Properties of Mae Teep Lignite.....	18
3.1	Field Classification of Rock Type, Ban Huai Kalok, Mae Sot Basin.....	24
3.2	World Reserves of Oil Shale.....	26
3.3	World Oil Shale Reserves (Billion Barrels).	27
3.4	Analysis of Some Mae Sot Oil Shale.....	30
3.5	Ash Analysis of Mae Sot Oil Shale.....	31
3.6	Ultimate Analysis of Some Mae Sot Oil Shale	32
3.7	Comparative Costs of Energy from Different Sources for Developing Countries.....	33
5.1	Fuel Analyses.....	49
5.2	Fuel Physical Properties.....	50
5.3	Analyses of Thai Lignite and Oil Shale in Comparision to Those of the U.S.A.....	50
5.4	Experimental Conditions.....	62
6.1	First Series Experimental Results.....	64
6.1	Second Series Experimental Results.....	65

List of Figures

Figures	Description	Page
2.1	Thai Tertially Rock Distribution (Shreded Area) in which Oil Shale and Lignite are Incorporated.....	14
3.1	Geological Map of Mae Sot District.....	28
4.1	Bed Pressure Drop Versus Gas Velocity Showing Hysteresis Effect.....	39
4.2	Bed Pressure Drop Versus Gas Velocity for Particles of Wide Size Distribution.....	39
4.3	Basic Components of Fluidized Bed Combustion Boiler.....	41
5.1	Schematic Diagram of the Experimental Apparatus.....	52
5.2	Combustor Drawing.....	53
5.3	Conversion of Char in the Bed as a Function of Size of Coal Feed and Elutriation Constant.....	57
5.4	Conversion of Char in the Bed as a Function of Size of Coal Feed and Superficial Gas Velocity in the Bed.....	57
5.5	The Dependence of Combustion Efficiency and Sulfur Retention on the Particle Size of Coal Feed at Ca/S = 3.....	57
6.1	Bed Pressure Drop Versus Volumetric Flow Rate Plots for Various Oil Shale to Lignite Weight Ratios.....	66
6.2	The Effect of Percent Oil Shale or Calcium to Sulfur Mole Ratio on Bed Temperature....	68

6.3 The Effect of Percent Oil Shale or Calcium to Sulfur Mole Ratio on Carbon Combustion Efficiency..... 70

6.4 The Effect of Percent Oil Shale or Calcium to Sulfur Mole Ratio on Desulfurization Efficiency..... 73

6.5 Carbon Monoxide Emissions of Various Experimental Conditions..... 76

6.6 Effect of Elutriated Carbon and Bed Temperature on Carbon Monoxide Emission.... 78

6.7 Sulfur Dioxide Emissions of Various Experimental Conditions..... 79

6.8 Nitric Oxide Emissions of Various Experimental Conditions..... 80

6.9 Effect of Elutriated Carbon on Nitric Oxide Emission..... 83

7.1 Two-Stage Combustion..... 88

Nomenclature

$(A/F)_{mass}$	=	air to fuel mass ratio
Ca/S	=	calcium to sulfur mole ratio
d_p	=	particle diameter
(A)FBC	=	(atmospheric) fluidized bed combustion or combustor
k_1, k_2	=	reaction rate constant
n_c	=	combustion efficiency
n_s	=	desulfurization efficiency
O/L	=	oil shale to lignite weight ratio
T	=	temperature
T_b	=	bed temperature
u_o	=	superficial air velocity
u_{mf}	=	minimum fluidizing velocity