كلية العلوم-قسم كيمياء

Superheated Steam Generation using Solar System Prototype for recovery of Heavy Oil from Egyptian Reservoirs

Thesis

Submitted By

Eman Mohamed Mostafa Mohamed

(Egyptian Petroleum Research Institute((EPRI))

(M.Sc. Chemistry 2011)

Submitted for Partial Fulfillment of

Ph.D. Degree of Science in Chemistry

Supervisors

Prof. Dr. Mohamed Sabry A. Abdel-Mottaleb

Professor of inorganic chemistry and photovoltaic Department, Faculty of Science, Ain Shams University

Prof. Dr. Saad M. Desouky

Professor of Petroleum Engineering, Egyptian Petroleum Research Institute

Prof. Dr. Sawsan Abd Elhadey Mahmoud

Professor of Physical Chemistry, Egyptian Petroleum Research Institute

Dr. Ahmed Mohamed Soliman

Associate Professor of Energy Engineering- Faculty of Engineering and Petroleum Mining - University of Suez.

(2018)

كلية العلوم-قسم كيمياء

Approval Sheet

Name of candidate: Eman Mohamed Mostafa Mohamed

Degree: Ph. D. Degree in Chemistry

Thesis Title: ‘‘Superheated Steam Generation using Solar System Prototype for recovery of Heavy Oil from Egyptian Reservoirs’’

This Thesis has been approved by**:** **signature**

1- **Prof. Dr. Mohamed Sabry A. Abdel-Mottaleb**
Professor of inorganic chemistry and photovoltaic Department,
Faculty of Science, Ain Shams University

2- **Prof. Dr. Saad M. Desouky**
Professor of Petroleum Engineering,
Egyptian Petroleum Research Institute

3- **Prof. Dr. Sawsan Abd Elhadey Mahmoud**
Professor of Physical Chemistry,
Egyptian Petroleum Research Institute

4- **Dr. Ahmed Mohamed Soliman**
Associate Professor of Energy Engineering,
Faculty of Engineering and Petroleum Mining
- University of Suez.

Approval

Head of chemistry Department.

Prof. Dr. Ibrahim Hosani Ali Badr

كلية العلوم-قسم كيمياء

Committee of discussion

Name of candidate: Eman Mohamed Mostafa Mohamed

Degree: Ph. D. Degree in Chemistry

Thesis Title: ‘‘Superheated Steam Generation using Solar System Prototype for recovery of Heavy Oil from Egyptian Reservoirs’’

This Thesis has been approved by**:** **signature**

1- **Prof. Dr. Mohamed Sabry A. Abdel-Mottaleb**
Professor of inorganic chemistry and photovoltaic Department,
Faculty of Science, Ain Shams University

2- **Prof. Dr. Sawsan Abd Elhadey Mahmoud**
Professor of Physical Chemistry,
Egyptian Petroleum Research Institute

3- **Prof. Dr. Badr El-Sayed**
Professor of inorganic and analytical chemistry
Faculty of science, ALAzhar University

4- **Dr. Doaa Mohammed Mohammed El-Mekkawi**
Associate Professor of Physical Chemistry,
National Research Centre

Approval

Head of chemistry Department.

Prof. Dr. Ibrahim Hosani Ali Badr

Acknowledgement

Firstly, I would like to express my sincere gratitude to my advisor ***Prof. Dr*****. Mohamed Sabry A. Abdel-Mottaleb***, Prof. Dr*****. Saad M. Desouky*** *, Prof. Dr.* **Sawsan A. Mahmoud and Dr. Ahmed M. Soliman** *for the continuous support of my Ph.D. study and related research, for his patience, motivation, and immense knowledge. Their guidance helped me in all the time of research and writing of this thesis.*

Also, I am grateful to my sister ***Eng. lilah Moh. Mustafa*** *ore her sincere help and support throughout this work*

I would like to thank all the people who generously contributed their time and ideas to this project.

Finally, I wish to thank my father (God's mercy) , mother, brothers and sisters for their encouragement and support me spiritually throughout writing this thesis and my life in general.

كلية العلوم-قسم كيمياء

" استخدام الطاقة الشمسية لتوليد البخار فائق السخونة لإستخراج الزيت الثقيل فى الحقول المصرية "

رساله مقدمه من

ايمان محمد مصطفى محمد

(ماجستير كيمياء غير عضوية وتحليلية – ٢٠١١)

باحث مساعد- معهد بحوث البترول

للحصول على

درجة دكتوراة الفلسفة في العلوم (كيمياء)

تحت اشراف

ا.د/ محمد صبرى عبد المطلب	أستاذ متفرغ الكيمياء غير عضوية والضوئية- جامعه عين شمس
ا.د / سعد الديـن محمد دسوقـى	أستاذ متفرغ- هندسة البترول – قسم الانتاج – معهد بحوث البترول
ا.د/ سوسن عبد الهادى محمود	أستاذ كيمياء فيزيائية – قسم تطوير العمليات – معهد بحوث البترول
د / أحمد محمد سليمان	مدرس هندسة الطاقة- كلية الهندسة البترولية والتعدين- جامعة السويس

الى

كلية العلوم – قسم الكيمياء –

جامعة عين شمس

٢٠١٨

كلية العلوم-قسم كيمياء

رسالة دكتوراه

اسم الطالبة : **ايمان محمد مصطفى محمد**

عنوان الرسالة : **" استخدام الطاقة الشمسية لتوليد البخارفائق السخونة لإستخراج الزيت الثقيل فى الحقول المصرية "**

اسم الدرجة : **دكتوراة الفلسفة فى علوم الكيمياء**

لجنة الأشراف

الاسم	التخصص	التوقيع
ا.د/ محمد صبرى عبد المطلب	أستاذ متفرغ الكيمياء غير عضويه والضوئية- جامعه عين شمس	
ا.د / سعد الديـن محمد دسـوقـى	أستاذ متفرغ- هندسه البترول – قسم الانتاج – معهد بحوث البترول	
ا.د / سوسن عبد الهادى محمود	أستاذ كيمياء فيزيائيه – قسم تطويرالعمليات – معهد بحوث البترول	
د / احمد محمد سليمان	مدرس هندسة الطاقة- كلية الهندسة البترولية والتعدين- جامعة السويس	

لجنة التحكيم

الاسم	التخصص	التوقيع

ا.د/ محمد صبرى عبد المطلب	أستاذ متفرغ الكيمياء غير عضويه والضوئية- جامعه عين شمس
ا.د / سوسن عبد الهادى محمود	أستاذ كيمياء فيزيائيه – قسم تطويرالعمليات – معهد بحوث البترول
ا.د / بدر الدين عواد السيد	أستاذ الكيمياء غير العضوية والضوئية جامعه الأزهر- بنين
ا.د / دعاء محمد محمد المكاوى	أستاذ باحث مساعد الكيمياء الفزيائية والضوئية المركز القومى للبحوث

<u>الدارسات العليا</u>

تاريخ موافقة مجلس القسم: / / ٢٠١٨

اجيز الرسالة بتاريخ: / /٢٠١٨ ختم الأجازة

موافقة مجلس الكلية موافقة مجلس الجامعة

/ / ٢٠١٨ / /٢٠١٨

٢٠١٨

كلية العلوم-قسم كيمياء

عنوان الرسالة: " استخدام الطاقة الشمسية لتوليد البخارفائق السخونة لإستخراج الزيت الثقيل فى الحقول المصرية "

اسم الطالبة :ايمان محمد مصطفى محمد

تاريخ الميلاد: ١٩٧٩/٤/٢٥

اسم الدرجة : دكتوراه الفلسفه فى علوم الكيمياء

القسم التابع له: الكيمياء

سنة التخرج/ ٢٠٠٣

سنة المنح / ٢٠١٨

شكر وتقدير

أتقدم بالشكر والعرفان لأساتذتى الأفاضل

الذين قاموا بالإشراف على هذا العمل وهم :

ا.د / محمد صبرى عبد المطلب أستاذ متفرغ الكيمياء غير عضوية والضوئية- جامعه عين شمس

ا.د / سعد الديـن محمد دسوقـى أستاذ متفرغ- هندسه البترول – قسم الانتاج – معهد بحوث البترول

ا.د/ سوسن عبد الهادى محمود أستاذ كيمياء فيزيائية – قسم تطوير العمليات – معهد بحوث البترول

د / احمد محمد سليمان مدرس هندسة الطاقة- كلية الهندسة البترولية والتعدين- جامعة السويس

وأتقدم بالشكر لأساتذتى الأفاضل

الذين قاموا بتحكيم هذا العمل وهم :

ا.د / بدر الدين عواد السيد أستاذ الكيمياء غير العضوية والضوئية جامعه الأزهر- بنين

ا.د / دعاء محمد محمد المكاوى أستاذ باحث مساعد الكيمياء الفزيائية والضوئية المركز القومى للبحوث

وخالص شكرى وعرفانى للذين تعاونوا معى فى هذا البحث وهم:

المهندسه / ليلة محمد مصطفى مدرس مساعد مواد هندسية -المعهد الفنى للصناعات المتطورة- الانتاج الحربى

Contents

Contents…….. I
Abbreviations IX
Figures.....X
Tables XVIII
Abstract XXI
Introduction and literature review.....1
1.1. Introduction.....1
1.1 .1.The sun and solar radiation.....4
1.1.2. Energy today.....5
1.1.3. History and Utilization of Solar Energy.....10
1.1.4. Thermal Solar Energy Technology 14
1.1.4.1 .Solar collectors 14
1.1.4.1. A. Flat Plate Collectors 15
1.1.4.1. A.1. Operating principles of flat plate solar collectors.....16
1.1.4.1. A.2.Energy balance General energy balance: 19
1.1.4.1. A.3. Efficiency and solar fractional savings 24
1.1.4.1. A.4.Performance of solar collector.....25
1.1.4.1. A. 5. Instantaneous efficiency calculation 26
1.1.4.1. B. Concentrating solar technologies.....28

1.1.5. Thermal Nanofluids 30

1.1.6. Application of solar thermal energy 34

1.1.6.1. High temperature solar heating applications in oil production: Enhanced oil recovery 34

1.1.6.2. The economics of utilization of renewable energy in the oil and gas industry 36

1.2. A literature review 38

CHAPTER II 52

Materials and Experimental 52

2. Materials and Experimental techniques 52

2.1. Chemicals Used for Carrying out the Experimental Work 52

2.2. Catalyst Preparation 52

2.2.1. Preparation of pure iron oxide. 52

2.2.2. Synthesis of iron vanadium oxide- iron oxide mixed phases 53

2.2.3. Preparation of nanofluids. 54

2.2.4. Preparation of Ti-Fe-Zn selective coating. 54

2.3. Characterization of the prepared metal oxides. 56

2.3.1. N_2 adsorption-desorption isotherm measurements ... 56

2.3.2. Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). .. 56

2.3.3. Raman Spectroscopy: 56

2.3.4. Dynamic Light Scattering (DLS) : 57

2.3.5. High-Resolution Transmission Electron Microscopy (HRTEM): 57

2.3.6. X-ray Diffraction (XRD):..... 57

2.3.7. Thermo gravimetric analyzer (TGA): 58

2.4. Characterization of nanofluide 58

2.4.1. Rheological measurements:..... 58

2.4.2. Dynamic Light Scattering (DLS) : 58

2.4.3. The effect of settlement time:..... 59

2.4.4. Sonication:..... 59

2.5. Construction of Solar Flat –Plate Collectors prototype.. 59

2.6. Thermal solar measuring devices: 64

2.7. Thermal solar experimental procedure 64

2.8. Efficiency and thermal analyses calculations:..... 65

2.8.1 Calculation of the efficiency of the construction flat plat collector prototype units. 65

2.8.2. Thermal analysis of solar collector 67

2.9. Generation of superheated steam by modeling study using MATLAB software..... 70

Contents

CHAPTER III 71

Results and discussion 71

3.1. Characterization of the prepared metal oxides: 71

3.1.1. X-ray Diffraction (XRD): 71

3.1.2. N_2 adsorption-desorption isotherm measurements: 74

3.1.3. Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR): 79

3.1.4. Raman Spectroscopy: 83

3.1.5. High-Resolution Transmission Electron Microscopy (HRTEM) and Dynamic Light Scattering (DLS) 88

3.1.6. Thermal analysis 94

3.2. Characterization of iron vanadium /EG nanofluide 97

3.2.1. Dynamic light Scattering (DLS) measurement of hybrid nanofluids: 97

3.2.1.1. DLS of vanadium oxide nanofluids at different pH= 3, 9 and 12 and 120 min sonication time. 97

3.2.1.2. DLS of iron vanadium oxide nanofluids at different concentration and 120 min sanction time. 99

3.2.1.3. DLS of iron vanadium oxide nanofluids at different sanction time. 100

3.2.2. Rheological measurements: 103

3.2.2.1. Rheological of iron vanadium oxide nanofluids at different concentration of iron vanadium oxide nanoparticle 103

3.2.3. The effect of settlement time 107

3.2.4. Thermal conductivity of iron vanadium oxide /EG and monoethylene glycol.....109

3.3. Effect of different weathering conditions and optical absorption on the efficiency of solar collector prototypes. 110

3.3.1 The experimental carryout for blank and Nanomaterial coating (Zn-Fe-Ti) unit.....111

3.3.1 .1.Experimental readings taken during the 30th of November using Iron vanadate oxide/EG as thermal nanofluid.....111

3.3.1.2. Experimental readings taken during the 03rd of December using monoethylene glycol as fluid. 115

3.3.1.3. Experimental readings taken during the 22th of December using Iron vanadate oxide/EG fluid 118

3.3.1.4. Experimental readings taken during the 27th of December using iron vanadate oxide/EG as fluid.....121

3.3.2. Experimental for direct and indirect heating:.....124

3.3.2.1. Experimental readings during the 16 th of March using iron vanadate oxide/EG nanofluid. 124

3.3.2.2. Experimental readings during the 16th of March using monoethylene glycol fluid. 127

3.3.3. Comparative study of iron vanadate/EG nanofluid and monoethylene glycol as thermal fluids. 130

3.3.3.1. Useful heat gain (Q_u) and thermal efficiency. ... 130

3.3.3.2. Outlet temperature 131

CHAPTER IV 133

Modeling of Parabolic Trough Solar Collector to Generate Superheated Steam using MATLAB software. 133

4.1. Earth-Sun geometric relationship 133

4.2. Earth-Sun angles 134

4.2.1. Hour angle 135

4.2.2. Latitude angle (ϕ) 137

4.2.3. Solar declination (δ) 138

4.2.4. Zenith angle (θz) 139

4.2.5. Solar altitude (α) 139

4.2.6. Solar azimuth angle (γ) 140

4.2.7. Angle of incidence (θ) 140

4.3. Terrestrial radiation 142

4.4. Thermal model 145