

**ROLE OF SURFACTANT ADSORPTION AND DESORPTION IN
SURFACTANT-ENHANCED CARBON REGENERATION**

Ms. Pattarin Supsavaipol

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University
in Academic Partnership with
Case Western Reserve University, The University of Michigan,
The University of Oklahoma, and Institut Français du Pétrole

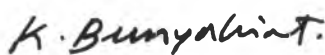
2004

ISBN 974-9651-36-7

T 21618999

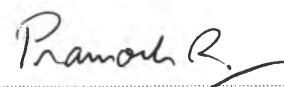
Thesis Title: Role of Surfactant Adsorption and Desorption in Surfactant-Enhanced Carbon Regeneration.
By: Ms. Pattarin Supsavaipol
Program: Petrochemical Technology
Thesis Advisors: Asst. Prof. Pomthong Malakul
Asst. Prof. Pramoch Rangsunvigit
Prof. John F. Scamehorn


Accepted by the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Master of Science.



..... College Director
(Assoc. Prof. Kunchana Bunyakiat)

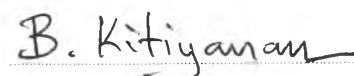
Thesis Committee:


.....
(Asst. Prof. Pomthong Malakul)


.....
(Asst. Prof. Pramoch Rangsunvigit)


.....
(Prof. John F. Scamehorn)


.....
(Assoc. Prof. Sumaeth Chavadej)


.....
(Asst. Prof. Boonyarach Kitiyanan)

ABSTRACT

4571015063: PETROCHEMICAL TECHNOLOGY

Pattarin Supsavaipol: Role of Surfactant Adsorption and Desorption in Surfactant-Enhanced Carbon Regeneration.

Thesis Advisors: Asst. Prof. Pomthong Malakul, Asst. Prof. Pramoch Rangsunvigit, and Prof. John F. Scamehorn, 73 pp.

ISBN 974-9651-36-7.

Keywords: Adsorption / Desorption / Hysteresis / SDS / Sodium octanoate / Temperature effect / Ionic strength effect

Previous works have indicated that the surfactant adsorption and desorption from activated carbon surface may play an important role in surfactant-enhanced carbon regeneration (SECR), an alternative *in-situ* regeneration technique. Thus, in this research, the adsorption and desorption of anionic surfactant, sodium dodecyl sulfate (SDS), on granular activated carbon (GAC) were studied under various conditions. A hydrophobic polymeric resin, XAD-4, was also used for comparison throughout the study. The results revealed that GAC showed greater surfactant adsorption than XAD-4; however, the adsorbed surfactant molecules on GAC were found to be more difficult to desorb from the surface as indicated by a hysteresis between the adsorption and desorption for all conditions studied. In contrast, adsorbed surfactant molecules were easily desorbed from the XAD-4 surface. Increasing temperature caused a decrease in the hysteresis loop for GAC. Addition of salt (NaCl) at various concentrations (10, 50, 100 mM) significantly reduced the hysteresis in case of GAC. When using a shorter chain surfactant, sodium octanoate, higher adsorption was observed for both adsorbents and the hysteresis was found to be much smaller than SDS, suggesting better surfactant desorption from the hydrophobic surfaces.

บทคัดย่อ

ภัทรินทร์ ทรัพย์ไสวผล : บทบาทของการดูดซับและการคายออกของสารลดแรงตึงผิว
ในกระบวนการฟื้นฟูสภาพของถ่านกัมมันต์โดยใช้สารลดแรงตึงผิว (Role of Surfactant-
Enhanced Carbon Regeneration) อ.ที่ปรึกษา: ผศ. ดร. ปมทอง มาลากุล ณ อยุธยา ผศ. ดร.
ปราโมช รังสรรค์วิจิตร และ ศ. จอห์น เอฟ สเคมมีฮอร์น 73 หน้า ISBN 974-9651-36-7

งานวิจัยก่อนหน้านี้อาจแสดงให้เห็นว่าการดูดซับและการคายออกของสารลดแรงตึงผิวบน
พื้นผิวของถ่านกัมมันต์มีบทบาทสำคัญในกระบวนการฟื้นฟูสภาพของถ่านกัมมันต์โดยใช้สารลด
แรงตึงผิวซึ่งเป็นทางเลือกใหม่ในกระบวนการฟื้นฟูสภาพของสารดูดซับ งานวิจัยนี้ศึกษาการดูด
ซับและการคายออกของโซเดียม โดเดซิลซัลเฟต (เอสดีเอส) ซึ่งเป็นสารลดแรงตึงผิวชนิดมีประจุ
ลบบนพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ที่สภาวะต่างๆ และใช้เอ็กซ์เอตี-4 ซึ่งเป็นสารดูดซับชนิดพอลิเมอร์
เพื่อเปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์ในการทดลอง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสารลดแรงตึงผิวถูก
ดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ในปริมาณที่มากกว่าเอ็กซ์เอตี-4 อย่างไรก็ตามพบว่าสารลดแรงตึงผิวที่ถูก
ดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์คายตัวออกมาจากพื้นผิวได้ยากกว่า ซึ่งสังเกตได้จากการเกิดปรากฏการณ์ฮีส
เทอรีซิสระหว่างการดูดซับและการคายออกของสารลดแรงตึงผิวในทุกสภาวะที่ทำการศึกษา
ในทางตรงกันข้ามสารลดแรงตึงผิวที่ถูกดูดซับด้วยเอ็กซ์เอตี-4 สามารถคายออกจากพื้นผิวได้ดีกว่า
ในการศึกษาผลของอุณหภูมิและสารละลายเกลือที่ความเข้มข้นต่างๆ (10, 50 และ 100 มิลลิโม-
ลาร์) ต่อการดูดซับและคายออกของสารลดแรงตึงผิวพบว่า การเพิ่มอุณหภูมิและการเติมโซเดียม
คลอไรด์ในระบบส่งเสริมให้การคายออกของสารลดแรงตึงผิวจากถ่านกัมมันต์เกิดมากขึ้น
นอกจากนี้เมื่อใช้สารลดแรงตึงผิวที่มีความยาวของโซ่ไฮโดรคาร์บอนสั้นกว่าเอสดีเอส ปริมาณ
ในการดูดซับบนถ่านกัมมันต์และเอ็กซ์เอตี-4เพิ่มขึ้น และพบว่าการคายออกจากพื้นผิวที่ไม่ชอบ
น้ำนั้นดีขึ้นดังเห็นได้จากปรากฏการณ์ฮีสเทอรีซิสที่น้อยกว่าที่พบในกรณีของเอสดีเอส

ACKNOWLEDGEMENTS

This thesis could not be completed without the participation and support from several individuals. I would like to thank all of them for making this thesis a success. First of all, I would like to express my deepest gratitude to Asst. Prof. Pomthong Malakul, Asst. Prof. Pramoch Rangsunvigit, and Prof. John F. Scamehorn who took much care in guiding and assisting me devotedly and enthusiastically through my thesis work. In addition, I would like to thank Mr. Pipop Thamtharai, Ph.D. student who done the previous work on SECR.

I would like to thank Assoc. Prof. Sumaeth Chavadej and Asst. Prof. Boonyarach Kitiyanan for being my thesis committee.

This thesis work is partially funded by Postgraduate Education and Research Programs in Petroleum and Petrochemical Technology (PPT Consortium).

I also would like to thank my present and former teacher from whom I learned a great deal about the knowledge in chemical engineering and petrochemical technology. Moreover, I would like to extent credit to all the Petroleum and Petrochemical College staff for supporting and providing useful suggestion.

Many contributions of my friends need to be mentioned for giving me good experiences in the college. Finally, I would like to extend whole of my heart gratitude to my family for their encouragement, and valuable support.

TABLE OF CONTENTS

	PAGE
Title Page	i
Abstract (in English)	iii
Abstract (in Thai)	iv
Acknowledgements	v
Table of Contents	vi
List of Tables	viii
List of Figures	ix
CHAPTER	
I INTRODUCTION	1
II BACKGROUND AND LITERATURE SURVEY	3
2.1 Adsorption of Organic Compounds by Activated Carbon	3
2.2 Regeneration of Activated Carbon	5
2.3 Surfactant – Enhanced Regeneration of Activated Carbon	6
2.4 Adsorption of Surfactant on Hydrophobic Surface	9
2.4.1 Mechanisms of Surfactant Adsorption	11
2.4.1.1 Adsorption by Dispersion Forces	12
2.4.1.2 Hydrophobic bonding	12
2.4.2 Adsorption Isotherm	13
2.5 Hydrophobic Polymeric Resins	14
III EXPERIMENTAL	18
3.1 Materials	18
3.2 Methods	18
3.2.1 Materials Preparation	18
3.2.2 Adsorption Experiments	18
3.2.3 Desorption Experiments	19

CHAPTER	PAGE
3.3 Data Analysis	21
IV RESULTS AND DISCUSSION	22
4.1 Effect of Temperature on SDS Adsorption/desorption on Hydrophobic Surfaces	25
4.1.1 Surfactant Adsorption	25
4.1.2 Surfactant Desorption	26
4.2 Effect of Salt on SDS Adsorption/desorption on Hydrophobic Surfaces	30
4.2.1 Surfactant Adsorption	30
4.2.2 Surfactant Desorption	32
4.3 Structure Effect of Surfactant Sorption to Hydrophobic Surface	35
V CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS	37
5.1 Conclusions	37
5.2 Recommendations	38
REFERENCES	39
APPENDICES	45
Appendix A Determination of equilibrium time of adsorption and desorption	45
Appendix B Calibration curve for TOC	55
Appendix C Sample of calculation	57
Appendix D Raw data	59
CURRICULUM VITAE	73

LIST OF TABLES

TABLE		PAGE
2.1	Surface areas of typically available activated carbons	4
2.2	Some physical properties of commercial polymeric resin Amberlite XAD family	17

LIST OF FIGURES

FIGURE	PAGE
2.1 Equilibria present at the various stages of surfactant-enhanced carbon regeneration	7
2.2 Process strategy in surfactant – enhanced carbon regeneration	8
2.3 The role of adsorption in wetting	11
2.4 Surfactant adsorption via dispersion force on non-polar surface	12
2.5 Adsorption from aqueous solution via hydrophobic bonding on (a) uncharged surface, (b) charged surface	13
2.6 Adsorption isotherm of surfactant adsorption on hydrophobic surface	14
2.7 Synthetic reaction of polystyrene-divinylbenzene copolymer (XAD-4)	17
3.1 Flow chart of adsorption isotherm experiment	20
3.2 Flow chart of desorption isotherm experiment	20
4.1 Determination equilibrium time of adsorption of SDS at 30°C	22
4.2 Adsorption and desorption isotherms of SDS on GAC at 30°C	24
4.3 Adsorption and desorption isotherms of SDS on XAD-4 at 30°C	24
4.4 Adsorption isotherms of SDS on GAC at various temperatures	25
4.5 Adsorption isotherms of SDS on XAD-4 at various temperatures	25
4.6 Adsorption and desorption isotherms of SDS on GAC at (a) 30°C, (b) 40°C, (c) 50°C	27
4.7 Adsorption and desorption isotherms of SDS on XAD-4 at (a) 30°C, (b) 40°C, (c) 50°C	29
4.8 Adsorption isotherms of SDS on GAC at various concentration of NaCl at 30°C	30
4.9 Sketch of adsorption of SDS on hydrophobic adsorbent: (a) absence of ionic strength, (b) presence of ionic strength	31
4.10 Adsorption isotherms of SDS on XAD-4 at various concentration of NaCl at 30°C	31

FIGURE	PAGE
4.11 Adsorption and desorption isotherms of SDS on GAC (a) in the absence of NaCl, (b) 10 mM of NaCl, (c) 50 mM of NaCl, (d) 100 mM of NaCl	33
4.12 Adsorption and desorption isotherms of SDS on XAD-4 (a) in the absence of NaCl, (b) 10 mM of NaCl, (c) 50 mM of NaCl, (d) 100 mM of NaCl	35
4.13 Adsorption and desorption isotherms of sodium octanoate on GAC at 30°C	36
4.14 Adsorption and desorption isotherms of sodium octanoate on XAD-4 at 30°C	36