PARTICULATE SOIL DETERGENCY FOR HYDROPHOBIC PARTICLE REMOVAL: EFFECTS OF SURFACTANT AND FABRIC TYPES

Wikanda Pengjun

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University
in Academic Partnership with
The University of Michigan, The University of Oklahoma,
Case Western Reserve University and Institute Français du Pétrole
2008

512021

Thesis Title:	Particulate Soil Detergency for Hydrophobic Particle Removal: Effects of Surfactant and Fabric Types
By:	Wikanda Pengjun
Program:	Petrochemical Technology
Thesis Advisors:	Assoc. Prof. Sumaeth Chavadej
	Prof. John F. Scamehorn

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

..... College Director
(Assoc. Prof. Nantaya Yanumet)

Thesis Committee:

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

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

.....
(Assoc. Prof. Pramoch Rangsunvigit)

.....
(Dr. Veerapat Tantayakom)

ABSTRACT

4971028063: Petrochemical Technology Program
Wikanda Pengjun: Particulate Soil Detergency for Hydrophobic Particle Removal: Effects of Surfactant and Fabric Types
Thesis Advisors: Assoc. Prof. Sumaeth Chavadej
Prof. John F. Scamehorn 90 pp.
Keywords: Particulate soil detergency/ SDS/ Triton X-1000/ Carbon black

In this research, the effects of surfactant concentration, surfactant type, type of fabric, and solution pH on the detergency performance in hydrophobic particulate removal were investigated. Carbon black was selected as a model hydrophobic particulate and three types of fabric were used: pure polyester, pure cotton, and blended polyester-cotton. The detergency experiments of carbon black removal were carried out by using sodium dodecyl sulfate, an anionic surfactant, and octyl phenol ethoxylate, a nonionic surfactant. To gain a better understanding of the mechanisms of particulate soil deter-gency, the adsorption isotherms of surfactants, zeta potential, contact angle, and surface tension were studied. For any given type of surfactant, %detergency increased with in-creasing solution pH and the maximum performance was found at pH 11. In addition, SDS was found to exhibit a better detergency than Triton X-100 since the zeta potential on the carbon black surface in SDS solutions is more negative than those in Triton X-100 solutions. Although the surfactant adsorption density of polyester is lower than cot-ton, carbon black can be removed from polyester better than from cotton.

บทคัดย่อ

นางสาววิกานดา เพ็งจันทร์ : การกำจัดสิ่งสกปรกที่เป็นอนุภาคของแข็งที่ไม่ชอบน้ำ, ผลกระทบของชนิดของสารลดแรงตึงผิวและชนิดของผ้า (Particulate Soil Detergency for Hydrophobic Particle Removal: Effects of Surfactant and Fabric Types) อ.ที่ปรึกษา: รศ.ดร.สุเมช ชวเดช, ศ.ดร. จอห์น เอฟ สกามีฮอร์น 90 หน้า

งานวิจัยนี้ศึกษาผลกระทบของชนิดและความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวค่าความเป็นกรดด่างของสารลดแรงตึงผิว ในการชำระล้างคราบสกปรกของอนุภาคของแข็งบนผ้าสามชนิด ได้แก่ ผ้าโพลีเอสเตอร์ ผ้าฝ้าย และผ้าโพลีเอสเตอร์ผลมผ้าฝ้าย คาร์บอนแบล้กถูกนำมาใช้เป็นตัวจำลองคราบสกปรกอนุภาคของแข็งแบบไม่ชอบน้ำ การทดลองกำจัดคาร์บอนแบล้กได้ใช้สารละลายลดแรงตึงผิวสองชนิด ได้แก่ สารละลายโซเดียมโดเดซิลซัลเฟต และสารละลายไทรทันเอ็กซ์ร้อย เพื่อที่จะเข้าใจหลักการของการกำจัดคราบสกปรกของอนุภาคของแข็งได้ดียิ่งขึ้น การดูดซับสารลดแรงตึงผิว, การวัดความต่างศักย์ไฟฟ้า และการวัดมุมสัมผัสของสารละลาย ได้วัดที่ค่าความเป็นกรดด่างต่างๆ สำหรับชนิดของผ้าและสารลดแรงตึงผิวหนึ่งๆพบว่า เปอร์เซ็นต์ของการกำจัดคราบสกปรกเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มค่าความเป็นด่าง และกำจัดได้สูงสุดที่ค่าความเป็นด่าง 11 นอกจากนี้พบว่าสารละลายโซเดียมโดเดซิลซัลเฟตสามารถกำจัดคราบสกปรกของอนุภาคนของแข็งได้ดีกว่าสารละลายไทรทันเอ็กซ์ร้อยเนื่องจากว่าสารละลายโซเดียมโดเดซิลซัลเฟตมีค่าศักย์ไฟฟ้าบนคาร์บอนแบล้กเป็นประจุลบมากกว่าสารละลายไทรทันเอ็กซ์ร้อย ถึงแม้ว่าความหนาแน่นของสารลดแรงตึงผิวที่ดูดซับลงบนผ้าโพลีเอสเตอร์มีค่าต่ำกว่าบนผ้าฝ้ายแต่คาร์บอนแบล้กสามารถถูกกำจัดออกจากผ้าโพลีเอสเตอร์ได้ดีกว่าผ้าฝ้าย

ACKNOWLEDGEMENTS

This work would not have been possible without the assistance of the following individuals.

First of all, the author would like to gratefully give the special thanks to her advisors, Associated Professor Sumaeth Chavadej for his constructive suggestions and valuable guidance and Professor John F. Scamehorn for his intensive suggestions throughout this work.

The author is grateful for the scholarship and funding of the thesis work provided by the National Center of Excellence for Petroleum, Petrochemicals and Advanced Materials, Chulalongkorn University and the Research Unit of Applied Surfactants for Seperation and Pollution Control under The Ratchadapisak Somphot Fund, Chulalongkorn University.

Finally, the author would like to take this opportunity to thank PPC Ph.D. students and all her PPC friends for their friendly assistance, cheerfulness, creative suggestions, and encouragement. Also, the author is greatly indebted to her parents and her family for their support, love and understanding.

TABLE OF CONTENTS

		PAGE
Title Page		i
Abstract (in English)		iii
Abstract (in Thai)		iv
Acknowledgements		v
Table of Contents		vi
List of Figures		ix
CHAPTER		
I	**INTRODUCTION**	1
II	**LITERATURE REVIEW**	2
	2.1 Surfactant Structure	2
	2.2 Surfactant Adsorption	5
	2.3 Wetting Phenomena	8
	2.4 Electrical Double Layer	10
	2.5 Types of Soils	12
	2.6 Carbon black	13
	2.7 Mechanisms of Particulate Soil Removal	13
	2.8 Soil Redeposition	15

CHAPTER		PAGE
III	**EXPERIMENTAL**	18
	3.1 Materials	18
	3.2 Experimental Methodology	18
IV	**RESULTS AND DISCUSSSIONS**	21
	4.1 Zeta Potential Results	21
	4.2 Surfactant Adsorption Isotherm Results	23
	4.3 Detergency Performance	28
	4.4 Contact Angle Results	31
V	**CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS**	35
	5.1 Conclusions	35
	5.2 Recommendations	36
	REFERENCES	37
	APPENDICES	
	Appendix A Surfactant Adsorption	40
	Appendix B Zeta Potential Measurement	60
	Appendix C Data for PZC of Fabrics	71
	Appendix D Data for % Detergency	86
	Appendix E Data for Contact Angle	87
CURRICULUM VITAE		90

LIST OF FIGURES

FIGURE		PAGE
2.1	Surfactant structure	2
2.2	Structure of SDS	4
2.3	Structure of Triton X-100	4
2.4	Adsorption isotherm of surfactant on an oppositely charged substrate	5
2.5	Contact angle	9
2.6	Stern model of electrical double layer	10
2.7	Stern model of electrical double layer, showing reversal of the sign of the charged surface	11
2.8	Atomic structure model of carbon black	14
2.9	Energy profile in the presence of electrostatic repulsion	16
2.10	Polymer adsorbed on a solid particle	16
2.11	Energy profile in the presence of electrostatic repulsion	17
4.1	Zeta potential of carbon black in SDS solution	21
4.2	Zeta potential of carbon black in Triton X-100 solution	22
4.3	Zeta potential of fabrics in deionized water	23
4.4	The plot of initial pH equilibrium pH of different fabric	23
4.5	Adsorption isotherm of SDS on carbon black	24
4.6	Adsorption isotherm of SDS on cotton fabric	24
4.7	Adsorption isotherm of SDS on polyester/cotton blend fabric	25
4.8	Adsorption isotherm of SDS on polyester facbric	25
4.9	Adsorption isotherm of Triton X-100 on carbon black	26

FIGURE **PAGE**

4.10	Adsorption isotherm of Triton X-100 on cotton fabric	26
4.11	Adsorption isotherm of Triton X-100 on polyester/cotton blend fabric	27
4.12	Adsorption isotherm of Triton X-100 on polyester fabric	27
4.13	%Detergency on cotton fabric at different SDS concentration	28
4.14	%Detergency on polyester/cotton blend fabric at different SDS concentration	29
4.15	%Detergency on polyester fabric at different SDS concentration	29
4.16	%Detergency on cotton fabric at different Triton X-100 concentration	30
4.17	%Detergency on polyester/cotton blend fabric at different Triton X-100 concentration	30
4.18	%Detergency on polyester fabric at different Triton X-100 concentration	31
4.19	Contact angle of SDS solution on carbon black	32
4.20	Contact angle of SDS solution on polyester/cotton blend	32
4.21	Contact angle of SDS solution on polyester	32
4.22	Contact angle of Triton X-100 solution on carbon black	33
4.23	Contact angle of Triton X-100 solution on polyester/cotton blend	34
4.24	Contact angle of Triton X-100 solution on polyester	34