DETERGENCY OF MIXED SOIL REMOVAL USING METHYL ESTER SULFONATE AND ALCOHOL ETHOXYLATE

Oranich Thiengchanya

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
The University of Michigan, The University of Oklahoma,
Case Western Reserve University and Institut Français du Pétrole
2011

I 28374459

Thesis Title:	Detergency of Mixed Soil Removal Using Methyl Ester Sulfonate and Alcohol Ethoxylate
By:	Oranich Thiengchanya
Program:	Petrochemical Technology
Thesis Advisors:	Prof. Sumaeth Chavadej
	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 Dean

(Asst. Prof. Pomthong Malakul)

Thesis Committee:

..... (Prof. Sumaeth Chavadej)

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

..... (Dr. Veerapat Tantayakom)

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

บทคัดย่อ

อรณิช เที่ยงจรรยา : การขจัดคราบสิ่งสกปรกแบบผสมโดยใช้เมทิล เอสเทอร์ ซัลโฟเนต และแอลกอฮอล์ อีทอกซีเลต (Detergency of Mixed Soil Removal Using Methyl Ester Sulfonate and Alcohol Ethoxylate) อ. ที่ปรึกษา: ศ.ดร. สุเมธ ชวเดช และ ศ.ดร. จอห์น เอฟ สเกมมีฮอร์น 78 หน้า

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในซักเพื่อชำระล้างคราบสกปรกแบบผสมระหว่างอนุภาคของแข็งและอนุภาคของเหลว โดยใช้สารลดแรงตึงผิวผสมระหว่างแบบประจุลบ (เมทิล เอสเทอร์ ซัลโฟเนต) และแบบไม่มีประจุ (แอลกอฮอล์ อีทอกซีเลต) บนผ้า 2 ชนิด คือ ผ้าฝ้ายซึ่งผลิตจากเส้นใยธรรมชาติ และผ้าโพลีเอสเทอร์ซึ่งผลิตจากเส้นใยสังเคราะห์ ในการศึกษาครั้งนี้ใช้น้ำมันเครื่องเป็นแบบจำลองของอนุภาคของเหลวและใช้ดิน(เกาลิน)เป็นแบบจำลองของอนุภาคของแข็ง จากการทดลองพบว่าสารลดแรงตึงผิวแบบผสมที่ความเข้มข้น 0.3% w/v ของความเข้มข้นของสารละลายลดแรงตึงผิวทั้งหมด ให้ค่าประสิทธิภาพในการขจัดคราบสิ่งสกปรกสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับที่ความเข้มข้นอื่นๆ และยังพบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารลดแรงตึงผิวแบบชนิดเดียวแล้วก็ยังให้ประสิทธิภาพในการขจัดคราบสกปรกได้สูงกว่าอีกด้วยโดยสารลดแรงตึงผิวสูตรนี้มีประสิทธิภาพในการขจัดคราบน้ำมันได้ดีที่สุดที่ 72.5% บนผ้าฝ้าย และ 64.7% บนผ้าโพลีเอสเทอร์ เนื่องมาจากความไม่ชอบน้ำของเส้นใยสังเคราะห์ทำให้น้ำมันซึ่งมีความไม่ชอบน้ำสูงเช่นกันจะติดอยู่บนผ้าโพลีเอสเทอร์ได้ทนกว่าผ้าฝ้าย ดังนั้นคราบน้ำมันจึงถูกขจัดออกจากผ้าฝ้ายได้ง่ายกว่าผ้าโพลีเอสเทอร์ ในกรณีของการขจัดคราบสิ่งสกปรกที่เป็นดินนั้น พบว่าผงซักฟอกที่มีขายตามท้องตลาดยี่ห้อ บรีส เอกเซล จะให้ประสิทธิภาพในการขจัดคราบดินได้ดีที่สุดที่ 90.1% บนผ้าโพลีเอสเทอร์ ซึ่งสูงกว่าสูตรที่ได้จากการทดลองนี้ เนื่องมาจากว่าส่วนผสมของสารลดแรงตึงผิวในซักฟอก บรีส เอกเซล มีสัดส่วนของสารลดแรงตึงผิวประจุลบมากกว่าแบบไม่มีประจุ จึงทำให้สามารถขจัดคราบดินซึ่งเป็นสารที่มีขั้วออกได้ดีกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณการคืนกลับของคราบสิ่งสกปรกบนผ้าทั้ง 2 ชนิด จะมีปริมาณลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นรวมของสารลดแรงตึงผิว

ABSTRACT

5271021063: Petrochemical Technology Program
Oranich Thiengchanya: Detergency of Mixed Soil Removal Using Methyl Ester Sulfonate and Alcohol Ethoxylate
Thesis Advisors: Prof. Sumaeth Chavadej and Prof. John F. Scamehorn 78 pp.
Keywords: Detergency/ Mixed Soils/ Mixed Surfactants

The objective of this research was to investigate the detergency performance for mixed soil removal using mixed surfactants of methyl ester sulfonate (MES), anionic surfactant and alcohol ethoxylate (AE), nonionic surfactant. Pure cotton and polyester were used in this study. Motor oil and kaolinite were used as models of oily soil and particulate soil, respectively. The highest detergency performance was obtained at 0.3% w/v total surfactant concentration of the selected formulation (0.03% MES and 0.27% AE7). The selected formulation also gave a higher percentage of both oily and particulate soil removals than any single surfactant system. The results showed that the selected formulation gave the highest percentages of oily soil removal on cotton and polyester fabric of 72.5% and 64.7%, respectively. Due to the hydrophobicity of the polyester, oil tends to attach on the polyester more strongly than the cotton fabric. Hence, the oily soil on the cotton was removed easily than that on the polyester. In the case of particulate soil, the commercial detergent provided the maximum detergency performance of 90.1% on the polyester fabric which was much higher than the selected formulation. The reason is the commercial detergent contains a high fraction of anionic surfactant when compared with the selected formulation. Furthermore, the re-deposition of removed soils was decreased with increasing total surfactant concentration.

ACKNOWLEDGEMENTS

This thesis would not have successfully been impossible without the assistance of the following individuals and organizations

First of all, I am very grateful to Prof. Sumaeth Chavadej, and Prof. John F. Scamehorn, my advisors, for their invaluable guidance, understanding, suggestions and encouragement throughout the course of this research.

I am grateful for the scholarship and funding of the research provided by the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University and by the National Center for Petroleum, Petrochemicals, and Advanced Materials, Thailand.

I would like to thank to all faculties and staffs of the Petroleum and Petrochemical College for their kind assistance and cooperation all my work.

Furthermore, I wish to extend my thanks to all of my worthy friends, especially Ms. Sureeporn Rojvoranun and Mr. Sanithad Issareenarade who willingly gave me for helps and suggestions.

Finally, my greatest appreciation of gratitude is dedicated to my family for their endless love, supporting and understanding me all the time of my success.

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 Types of Surfactant	2
	2.1.1 Anionic Surfactant	2
	2.1.2 Cationic Surfactant	3
	2.1.3 Nonionic Surfactant	4
	2.1.4 Zwitterionic Surfactant	4
	2.2 Classification of Soils	5
	2.2.1 Oily Soils or Water-insoluble Liquid Soils	5
	2.2.2 Particulate Soils or Solid Soils	5
	2.2.3 Stains	6
	2.3 Adhesion of Soil to Fabrics	6
	2.3.1 Mechanical Bonding	6
	2.3.2 Hydrogen Bonding	6
	2.3.3 Electrical Forces	6
	2.3.4 Oil Bonding	6
	2.4 Cloud Point and Krafft Point	6

CHAPTER **PAGE**

2.5 Surface Adsorption 7

2.5.1 Electrical Double Layer 10

2.5.2 Zeta Potential 10

2.6 Mechanism of Oily Soil Removal 12

2.6.1 Roll-up Mechanism 12

2.6.2 Emulsification Mechanism 14

2.6.3 Solubilization Mechanism 14

2.7 Mechanism of Particualte Soil Removal 16

2.8 Detergency 16

2.9 Factors Affecting Oily Soil Detergency 17

2.9.1 Surfactant System 17

2.9.2 Nature of Oil 19

2.9.3 Salt 20

2.9.4 Substrate 21

2.9.5 Water Hardness 21

2.9.6 Other Factors 22

III EXPERIMENTAL 24

3.1 Materials 24

3.2 Experimental Methodology 24

3.2.1 Cloud Point Experiment 24

3.2.2 CMC Determination 24

3.2.3 Detergency Experiments 25

3.3 Measurement and Analysis Methods 25

3.3.1 Oil Concentration Analysis 25

3.3.2 Silica Analysis 26

3.3.3 Surfactant Analysis 26

3.3.4 Detergency Efficiency Calculation 26

CHAPTER **PAGE**

IV RESULTS AND DISCUSSION 27

4.1 Cloud Point Determination 27

4.2 CMC Results 28

4.3 Detergency Performance Tests 29

4.3.1 Detergency Performance of Oily Soil Removal 29

4.3.1.1 Effect of The Test Fabrics and % Oily Soil Removal 31

4.3.1.2 Effect of Single Surfactant and Mixed Surfactant System for Oily Soil Removal 32

4.3.1.3 Effect of Oily Soil Re-deposition as a Function of Total Surfactant Concentration 33

4.3.1.4 Comparisons of % Oily Soil Removal between The Selected Formulation and The Commercial Detergent on Test Fabrics 34

4.3.2 Detergency Performance of Particulate Soil Removal 35

4.3.2.1 Effect of The Test Fabrics and % Particulate Soil Removal 36

4.3.2.2 Effect of Single Surfactant and Mixed Surfactant System for Particulate Soil Removal 37

4.3.2.3 Effect of Particulate Soil Re-deposition as a Function of Total Surfactant Concentration 38

4.3.2.4 Comparisons of % Particulate Soil Removal between The Selected Formulation and The Commercial Detergent on Test Fabrics 39

4.3.3 Effect of Detergency in Washing, 1st Rinsing, and 2nd Rinsing Steps 40

V CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS 42

CHAPTER **PAGE**

REFERENCES 43

APPENDICES 48

Appendix A Experimental Data of Cloud Point Determination 48

Appendix B Experimental Data of CMC Determination 49

Appendix C Experimental Data of Detergency Performance 73

CURRICULUM VITAE 78

LIST OF FIGURES

FIGURE		PAGE
2.1	Structure of surfactant.	2
2.2	Anionic surfactant: A) Linear Alkyl Sulphate, B) Branched Alkyl Sulphate, C) Alkyl Ether Sulphate, and D) Fatty Acids/Soaps.	3
2.3	Cationic surfactant: A) Cetyltrimethylammoniumbromide (CTAB), and B) Benzalkonium Chloride.	4
2.4	Nonionic surfactant: A) Octadecyl alcohol (Stearyl alcohol), and B) Nonoxynol.	4
2.5	Zwitterionic surfactant.	4
2.6	Oily soils.	5
2.7	Particulate soils.	5
2.8	Stains.	6
2.9	Cloud Point characteristic.	7
2.10	Four- regime adsorption isotherm of surfactant.	8
2.11	Micellization.	9
2.12	Surface tension vs. Surfactant concentration.	9
2.13	The electrical double layer around a particle with negative charges and electrical potentials surrounding the particle.	10
2.14	A) Particle disperses well and B) Particle aggregation.	11
2.15	A plot of the zeta potential measured as a function of pH.	11
2.16	The contact angle between an oil droplet and substrate in bath (surfactant solution).	12
2.17	Roll-up mechanism shows the complete removal of oil droplets from the substrate by hydraulic currents when $\theta >$ 90 °.	13
2.18	Repulsion force of surfactant head group.	14

FIGURE **PAGE**

2.19	Emulsification mechanism shows partial removal of oil droplets from substrate $\theta < 90°$ (Rosen, 2004).	14
2.20	Solubilized oil in surfactant.	15
2.21	Emulsification of oil droplet	15
2.22	Removal of soil by surfactants from the substrate.	17
4.1	Cloud points of mixed surfactants at different MES weight ratio.	27
4.2	Surface tension isotherm of MES: AE7 at weight ratio of 1:9 and 30°C.	28
4.3	Surface tension isotherm of MES: AE7 at weight ratio of 1:9 and 30°C.	29
4.4	%detergency on both test fabrics at different total concentrations of the selected formulation (1:9 of MES: AE7) at 30°C.	30
4.5	Effect of total surfactant concentration on oily soil removal from both test fabrics using the selected formulation (1:9 of MES: AE7) at 30°C.	31
4.6	Effect of oily soil removal on cotton and polyester fabrics.	31
4.7	Oily soil removal at different surfactant systems on cotton fabric.	32
4.8	Oily soil removal at different surfactant systems on polyester fabric.	33
4.9	Re-deposition of oily soil as a function of total surfactant concentration on both test fabrics using the selected formulation (1:9 MES: AE7) and 30° C.	34
4.10	Oily soil removal of the selected formulation and the commercial detergent (Breeze Excel) at 0.3% and 30°C on cotton fabric.	35

FIGURE **PAGE**

4.11 Oily soil removal of the selected formulation and the commercial detergent (Breeze Excel) at 0.3% and 30°C on polyester fabric. 35

4.12 Effect of total surfactant concentration on particulate soil removal from both test fabrics using the selected formulation (1:9 of MES: AE7) at 30°C. 36

4.13 The effect of particulate soil removal on cotton and polyester fabrics. 37

4.14 Particulate soil removal at different surfactant systems on cotton fabric. 37

4.15 Particulate soil removal at different surfactant systems on polyester fabric. 38

4.16 Re-deposition of particulate soil as a function of total surfactant concentration on both test fabrics using the selected formulation (1:9 MES: AE7) and 30° C. 39

4.17 Particulate soil removal of the selected formulation and the commercial detergent (Breeze Excel) at 0.3% and 30°C on cotton fabric. 40

4.18 Particulate soil removal of the selected formulation and the commercial detergent (Breeze Excel) at 0.3% and 30°C on polyester fabric. 40

4.19 Oily soil removal in each detergency step using the selected formulation at 0.3% and 30°C on polyester fabric on cotton and polyester fabrics. 41

4.20 Particulate soil removal in each detergency step using the selected formulation at 0.3% and 30°C on polyester fabric on cotton and polyester fabrics. 41

ABBREVIATIONS

MES	Methyl Ester Sulfonate
AE	Alcohol Ethoxylate
EO	Ethylene Oxide
CMC	Critical Micelle Concentration