

**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

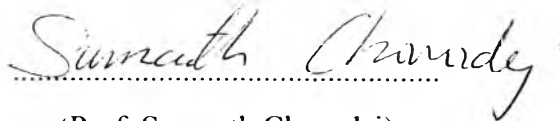
I 28374459

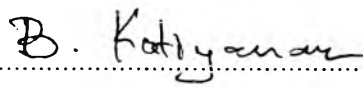
Thesis Title: Detergency of Mixed Soil Removal Using Methyl Ester Sulfonate and Alcohol Ethoxylate
By: Oranich Thiengchanya
Program: Petrochemical Technology
Thesis Advisors: Prof. Sumaeth Chavadej
Prof. John F. Scamehorn

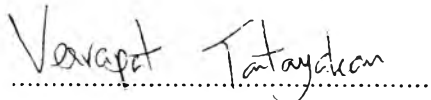
Accepted by the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Master of Science.

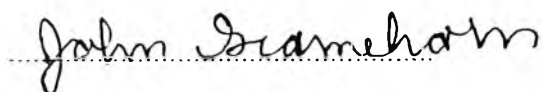

..... College Dean
(Asst. Prof. Pomthong Malakul)

Thesis Committee:


.....
(Prof. Sumaeth Chavadej)


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


.....
(Dr. Veerapat Tantayakom)


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

บทคัดย่อ

อรรณิซ เทียงจรรยา : 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 สแกมมีฮอร์น 78 หน้า

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในซักรีดเพื่อชำระล้างคราบสกปรกแบบผสมระหว่างอนุภาคของแข็งและอนุภาคของเหลว โดยใช้สารลดแรงตึงผิวผสมระหว่างแบบประจุลบ (เมทิล เอสเทอร์ ซัลโฟเนต) และแบบไม่มีประจุ (แอลกอฮอล์ อีทอกซีเลต) บนผ้า 2 ชนิด คือ ผ้าฝ้ายซึ่งผลิตจากเส้นใยธรรมชาติ และผ้าโพลีเอสเตอร์ซึ่งผลิตจากเส้นใยสังเคราะห์ ในการศึกษาครั้งนี้ใช้น้ำมันเครื่องเป็นแบบจำลองของอนุภาคของเหลวและใช้ดิน(เกาลิน)เป็นแบบจำลองของอนุภาคของแข็ง จากการทดลองพบว่าสารลดแรงตึงผิวแบบผสมที่ความเข้มข้น 0.3% w/v ของความเข้มข้นของสารละลายลดแรงตึงผิวทั้งหมด ให้ค่าประสิทธิภาพในการขจัดคราบสิ่งสกปรกสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับที่ความเข้มข้นอื่นๆ และยังพบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารลดแรงตึงผิวแบบชนิดเดียวแล้วก็ยังให้ประสิทธิภาพในการขจัดคราบสกปรกได้สูงกว่าอีกด้วยโดยสารลดแรงตึงผิวสูตรนี้มีประสิทธิภาพในการขจัดคราบน้ำมันได้ดีที่สุดที่ 72.5% บนผ้าฝ้าย และ 64.7% บนผ้าโพลีเอสเตอร์ เนื่องมาจากความไม่ชอบน้ำของเส้นใยสังเคราะห์ทำให้น้ำมันซึ่งมีความไม่ชอบน้ำสูงเช่นกันจะติดอยู่บนผ้าโพลีเอสเตอร์ได้ทนกว่าผ้าฝ้าย ดังนั้นคราบน้ำมันจึงถูกขจัดออกจากผ้าฝ้ายได้ง่ายกว่าผ้าโพลีเอสเตอร์ ในกรณีของการขจัดคราบสิ่งสกปรกที่เป็นดินนั้น พบว่าผงซักฟอกที่มีขายตามท้องตลาดยี่ห้อ บรีส เอกเซล จะให้ประสิทธิภาพในการขจัดคราบดินได้ดีที่สุดที่ 90.1% บนผ้าโพลีเอสเตอร์ ซึ่งสูงกว่าสูตรที่ได้จากการทดลองนี้ เนื่องมาจากว่าส่วนผสมของสารลดแรงตึงผิวในซักรีด 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 Particulate 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
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 $\theta > 90^\circ$. 13
2.18	Repulsion force of surfactant head group. 14

FIGURE	PAGE
2.19 Emulsification mechanism shows partial removal of oil droplets from substrate $\theta < 90^\circ$ (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