

**EFFECT OF WASHING TEMPERATURE ON SEMI-SOLID OIL
REMOVAL FROM FABRIC SURFACES**



Thitirat Choke-arpornchai

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
2012


551751

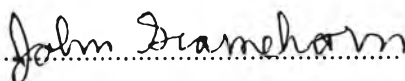
Thesis Title: Effect of Washing Temperature on Semi-Solid Oil Removal
from Fabric Surfaces
By: Ms. Thitirat Choke-arpornchai
Program: Petrochemical Technology
Thesis Advisors: Prof. Sumaeth Chavadej
Prof. John F. Scamehorn

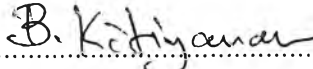
Accepted by the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn
University, in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Master of
Science.


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

Thesis Committee:


.....
(Prof. Sumaeth Chavadej)


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


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


.....
(Dr. Veerapat Tantayakom)

ABSTRACT

5371029063: Petrochemical Technology Program
Thitirat Choke-arpornchai: Effect of Washing Temperature on Semi-Solid Oil Removal from Fabric Surfaces
Thesis Advisors: Prof. Sumaeth Chavadej and Prof. John F. Scamehorn 68 pp.
Keywords: Detergency/ Extended surfactant/ Methyl palmitate/ Semi-solid oil

The objective of this research was to examine the use of a single extended surfactant for detergency to remove semi-solid oil from fabric (a polyester/cotton blend) at various washing temperatures. Extended surfactant [Alfoterra[®], C145-4(PO)] was used to form microemulsion systems with semi-solid oil (methyl palmitate) at different surfactant concentrations and different salinities. Dynamic interfacial tensions were also measured between the oil and surfactant solutions to select an optimum condition for further study. The highest oil removal of 65.6 % was achieved at 30 °C by 0.1 %w/v extended surfactant concentration and 3 %w/v sodium chloride. In addition, the re-deposition of the oil was less than 5 %. This was due to the lowest dynamic interfacial tension at 30 °C which was slightly higher than the melting point of methyl palmitate. Interestingly, oil removal decreased substantially with decreasing washing temperature below 30 °C since the methyl palmitate became solid, leading to lowering oil removal. The removal mechanism of solid oil depends on surfactant adsorption onto both surfaces of the oil and fabric, causing electrostatic repulsion force, while the removal of liquid oil increases with decreasing interfacial tension between oil and washing solution.

บทคัดย่อ

ฐิติรัตน์ โชคอาภรณ์ชัย : ผลของอุณหภูมิในการล้างจัดคราบน้ำมันกึ่งของแข็งที่ติดอยู่บนผิวของผ้า (Effect of Washing Temperature on Semi-Solid Oil Removal from Fabric Surfaces) อ. ที่ปรึกษา : ศ.ดร. สุเมธ ชวเดช และ ศ.ดร. จอห์น เอฟ สกามีฮอร์น 68 หน้า

วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือ เพื่อศึกษาการใช้สารลดแรงตึงผิวแบบขยายโมเลกุลตัวเดียว (Single extended surfactant) ในการจัดคราบน้ำมันกึ่งของแข็งที่ติดอยู่บนผิวของผ้า (ซึ่งผลิตจากส่วนผสมของโพลีเอสเตอร์กับฝ้าย) ที่อุณหภูมิในการซักล้างต่างๆกัน สารลดแรงตึงผิวแบบขยายโมเลกุล [Extended surfactant; Alfoterra[®] C145-4(PO)] นี้ถูกนำมาใช้ในการทำให้เกิดระบบไมโครอิมัลชัน (Microemulsion) กับน้ำมันกึ่งของแข็ง (Semi-solid oil; methyl palmitate) ที่ระดับความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวและระดับความเค็มแตกต่างกัน ซึ่งแรงกัระหว่างผิวของคราบน้ำมันและสารละลายของสารลดแรงตึงผิวจะถูกวัด เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมเพื่อทำการศึกษาคต่อไป การจัดคราบน้ำมันสูงสุดนั้น ซักได้ 65.6 % ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิว 0.1 % โดยมวลต่อปริมาตร และความเข้มข้นของเกลือ (Sodium chloride) 3 % โดยมวลต่อปริมาตรนอกจากนี้การกลับมาเกาะใหม่ของคราบน้ำมันบนผิวผ้าที่ซักออกไปแล้วยังมีค่าน้อยกว่า 5 % ทั้งนี้เป็นเพราะว่าที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่มีแรงกัระหว่างผิวต่ำสุดนี้เป็นอุณหภูมิที่สูงกว่าจุดหลอมเหลวของเมทิล ปาล์มิเตท (Methyl palmitate) เล็กน้อย และที่น่าสนใจอีกประการหนึ่งคือความสามารถในการจัดคราบน้ำมันจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่ออุณหภูมิในการล้างลดลงต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส เนื่องจากเมทิล ปาล์มิเตท (Methyl palmitate) จะเริ่มกลายสภาพเป็นของแข็ง จึงทำให้อัตราการจัดคราบน้ำมันลดลง กลไกในการจัดคราบน้ำมันชนิดของแข็งขึ้นอยู่กับอำนาจการดูดซับของสารลดแรงตึงผิว (Surfactant adsorption) บนพื้นผิวของน้ำมันและผ้า ซึ่งทำให้เกิดแรงผลักของไฟฟ้าสถิตย์ในขณะที่ความสามารถในการจัดคราบน้ำมันชนิดของเหลวจะสูงขึ้น เมื่อแรงกัระหว่างผิวของน้ำมันและสารละลายที่นำมาล้างลดลง

ACKNOWLEDGEMENTS

This work would not have been successful without the assistance of the following individuals and organizations.

First of all, I gratefully acknowledge Prof. Sumaeth Chavadej, Prof. John F. Scamehorn, for several constructive suggestions and discussion throughout the course of this work.

I am grateful for the scholarship and funding of the thesis work provided by the Petroleum and Petrochemical College, and by the Center of Excellence on Petrochemical and Materials Technology, Thailand.

I would like to thank Sasol Company for providing the chemicals using in this research.

I would like to thank Ms. Sureeporn Rojvoranun, Ms. Paweena Kanokkarn and Mr. Paramet Kerdkaew for their suggestion and support.

I would like to thank to all faculties and staffs at PPC for the knowledge that I have learnt from them as well as their help to facilitate all my work.

Lastly, I would like to offer sincere gratitude to my family for their love, caring, supporting and understanding me all the time.

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
Abbreviations	xii
List of Symbols	xiii
CHAPTER	
I INTRODUCTION	1
II THEORETICAL BACKGROUND AND LITERATURE REVIEW REFERENCES	3
III EXPERIMENTAL	29
3.1 Materials and Equipment	29
3.1.1 Materials	29
3.1.2 Equipments	29
3.2 Experimental Methodology	30
3.2.1 Fabric Preparation	30
3.2.2 Soiling Experiment	31
3.2.3 Laundry Experiment	31
3.3 Measurement and Analysis Methods	32
3.3.1 PZC Measurement	32
3.3.2 Zeta Potential	32
3.3.3 Detergency Efficiency Determination	33
3.3.4 Semi-Solid Oil Removal Measurement	33

CHAPTER	PAGE
3.3.5 Dynamic Interfacial Tension Measurement	34
IV RESULTS AND DISCUSSION	35
4.1 PZC Result	35
4.2 Zeta Potential Results	35
4.3 Detergency Performance Results	37
4.3.1 Effect of Soiling Ratio of Dyed Oil to Dichloromethane and Soiling Time	37
4.3.2 Effect of Surfactant Concentration	38
4.3.3 Effect of Salinity	40
4.3.4 Effect of Washing Temperature on Detergency Performance	43
V CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS	45
REFERENCES	46
APPENDICES	52
Appendix A Experimental Data of PZC and Zeta Potential	52
Appendix B Experimental Data of Detergency Experiment	53
Appendix C Experimental Data of Dynamic Interfacial Tension (IFT)	65
CURRICULUM VITAE	68

LIST OF TABLES

TABLE		PAGE
2.1	The information and properties of Alfoterra [®] C145-4PO	8
2.2	The information and properties of methyl palmitate	11

LIST OF FIGURES

FIGURE	PAGE
2.1 A typical structure of a surfactant	4
2.2 An example of anionic surfactant	4
2.3 An example of cationic surfactant	5
2.4 An example of nonionic surfactant	5
2.5 An example of amphoteric/zwitterionic surfactant	6
2.6 The molecular structure of Alfoterra [®]	8
2.7 Oily soils	9
2.8 Particulate soils	9
2.9 Stains	10
2.10 The molecular structure of methyl palmitate	11
2.11 Illustration of the oil in water (O/W) and the water in oil (W/O) microemulsions	13
2.12 Winsor classification and phase sequence of microemulsions encountered as temperature for nonionic surfactant	14
2.13 Phase behavior showing interfacial tension (IFT) as a function of scanning variables. Where O is oil; W is water; M is middle phase; W _m is Oil-in-Water (O/W) microemulsions; O _m is Water-in-Oil (W/O) microemulsions	15
2.14 A) Particle disperses well and B) Particle aggregation	16
2.15 A plot of the zeta potential measured as a function of pH	17
2.16 The contact angle between an oil droplet and substrate in bath (surfactant solution)	18
2.17 Roll-up mechanism shows the complete removal of oil droplets from the substrate by hydraulic currents when $\theta > 90^\circ$	18
2.18 Repulsion force of surfactant head group	19
2.19 Emulsification mechanism shows partial removal of oil droplets from substrate $\theta < 90^\circ$	19

FIGURE	PAGE
2.20 A) solubilization and B) emulsification	20
3.1 Overview of laundry experiment	32
4.1 Zeta potential of methyl palmitate in de-ionized water at various pH values	35
4.2 Zeta potential of methyl palmitate in Alfoterra [®] C145-4(PO) solutions at various concentrations	36
4.3 Zeta potential of methyl palmitate in 0.1 %w/v Alfoterra [®] C145-4(PO) solutions at various salinity	37
4.4 The soiled fabrics at different soiling ratio of dyed oil to Dichloromethane	38
4.5 The soiled fabrics at different soiling time for 1 to 8 of dyed oil to dichloromethane ratio	38
4.6 Detergency (%) of semi-solid oil at different surfactant Concentrations	39
4.7 Semi-solid oil removal (%) at different surfactant Concentrations	39
4.8 Semi-solid oil re-deposition (%) at different surfactant Concentrations	40
4.9 Detergency (%) of semi-solid oil at different salinities for any given surfactant concentrations under 30 °C of washing temperature and 120 rpm of agitation speed	42
4.10 The correlation of semi-solid oil removal (%) and dynamic interfacial tension (IFT)	42
4.11 Re-deposition (%) of semi-solid oil at different salinities for any given surfactant concentrations under 30 °C of washing temperature and 120 rpm of agitation speed	43

FIGURE	PAGE
4.12 The correlation of semi-solid oil removal (%), semi-solid oil re-deposition (%), and dynamic interfacial tension (IFT) at different washing temperatures for our selected formulation and pure de-ionized water under 120 rpm of agitation speed using polyester/cotton blend fabric	44

ABBREVIATIONS

EO	Ethylene oxide
PO	Propylene oxide
LAS	Linear alkylbenzene sulfonate
Alfoterra [®] C145-4PO	Branched alcohol propoxylate sulphate sodium salt with 14-15 carbons and 4 propylene oxides
NaCl	Sodium chloride
HLB	Hydrophilic-lipophilic balance
IFT	Interfacial tension (mN/m)
O/W	Oil-in-water microemulsion
W/O	Water-in-oil microemulsion
PIT	Phase inversion temperature

LIST OF SYMBOLS

ζ	Zeta potential
σ	Interfacial tension (mN/m)
θ	Contact angle (degree)
ρ	Density (g/mL)
d	Diameter (mm)
$\gamma_{o/m}$	Interfacial tension between the excess oil phase and the micellar solution (mN/m)
$\gamma_{w/m}$	Interfacial tension between the excess water phase and the micellar solution (mN/m)