

**USE OF CATIONIC SURFACTANT TO REMOVE SOLVENT-BASED
INK FROM HIGH DENSITY POLYETHYLENE SURFACES**

Ms. Duangkamol Songsiri

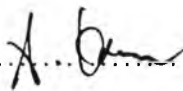
A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University
in Academic Partnership with
The University of Michigan, The University of Oklahoma,
and Case Western Reserve University

2000

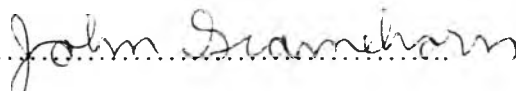
ISBN 974-334-126-9

Thesis : Use of Cationic Surfactant to Remove Solvent-based
Ink from High Density Polyethylene Surfaces
By : Ms. Duangkamol Songsiri
Program : Petrochemical Technology
Thesis Advisors : Prof. John F. Scamehorn
Prof. Somchai Osuwan
Mr. John W. Ellis


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


..... College Director
(Prof. Somchai Osuwan)

Thesis Committee:


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


.....
(Prof. Somchai Osuwan)


.....
(Mr. John W. Ellis)


.....
(Dr. Kittipat Siemanond)

บทคัดย่อ

ดวงกมล ส่งศิริ : การใช้สารลดแรงตึงผิวชนิดประจุบวกในการกำจัดหมึกที่มีน้ำมันเป็นตัวทำละลายบนผิวพลาสติกโพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (Use of Cationic Surfactant to Remove Solvent-based Ink from Rigid High Density Polyethylene Surfaces) อ. ที่ปรึกษา : ศ. จอห์น เอฟ สกมาซอร์น ศ. สมชาย โอสุวรรณ และ นายจอห์น คับบลิว เอลลิส 46 pp ISBN 974-334-126-9

ข้อจำกัดของพื้นที่ที่ขยี้ที่เพิ่มขึ้นและความขลาดแคลนของวัตถุดิบในการผลิตพลาสติกแล้ว ทำให้ความต้องการที่จะนำพลาสติกกลับมาใช้ใหม่มีมากขึ้น อย่างไรก็ตามพลาสติกที่มีการพิมพ์สีลงบนผิวจะไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จนกว่าหมึกที่พิมพ์จะถูกกำจัดออกเสียก่อน การใช้สารลดแรงตึงผิวในกระบวนการกำจัดหมึกจะดีต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าการใช้สารละลายอินทรีย์หรือสารฟอกขาว งานวิจัยนี้ศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวชนิดที่มีประจุบวก ค่าความเป็นกรด-เบส อุณหภูมิ เวลาในการแช่และเขย่าของตัวอย่างพลาสติกในสารละลาย และการขัดสีต่อการกำจัดหมึกที่ใช้น้ำมันเป็นตัวทำละลายบนผิวพลาสติกโพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง จากการศึกษาพบว่าสารลดแรงตึงผิวที่มีประจุบวกจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดหมึกที่สภาวะความเข้มข้นสูงเกินค่าซีเอ็มซีและค่าความเป็นกรด-เบสระดับสูง ที่ความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวต่ำและสูงกว่าค่าซีเอ็มซีการกำจัดหมึกจะเพิ่มขึ้นได้โดยการเพิ่มอุณหภูมิ ระยะเวลาในการแช่และระยะเวลาในการเขย่า นอกจากนี้การใส่วัสดุขัดผิวในสารละลายระหว่างการเขย่ายังช่วยให้หมึกที่เคลือบอยู่ที่ผิวพลาสติกหลุดออกได้ง่ายขึ้น การละลายเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยการกำจัดหมึก

ABSTRACT

4171011063: PETROCHEMICAL TECHNOLOGY RPOGRAM

KEYWORD: Surfactant/ Deinking/ Plastic Container/ Recycling/
Solvent-based Ink

Duangkamol Songsiri: Use of Cationic Surfactant to Remove
Solvent-based Ink from Rigid High Density Polyethylene
Surfaces. Thesis Advisors: Prof. John F. Scamehorn, Prof.
Somchai Osuwan and Mr. John W. Ellis, 46 pp, ISBN 974-
334-126-9

Increasing space limitations for disposal of solid waste and shortages of raw materials for plastic have increased the need for recycling. However, printed plastic surfaces cannot be effectively recycled unless the inks are removed. The use of surfactants for deinking rather than organic solvents or chlorine bleaches is environmentally attractive. In this study, the effect of cationic surfactant concentration, pH level, process temperature, pre-soaking time, shaking time, and abrasion were investigated for blue solvent-based ink on rigid high density polyethylene surfaces. The cationic surfactant (cetyl trimethyl ammonium bromide) was effective only at concentrations above the critical micelle concentration (CMC) and at high pH levels (11.75 and above). Both below and above the CMC, ink removal was promoted by increasing temperature, pre-soaking time, and shaking time. The presence of an abrasive also helped to detach the loosened ink from the plastic surface. Solubilization appears to be an important mechanism aiding deinking.

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my sincere thanks to my advisors, Prof. John F. Scamehorn, Prof. Somchai Osuwan, and Mr. John Ellis for their invaluable guidance and assistance towards the completion of the thesis.

I am also thankful for very useful suggestions and guidance provided by my predecessor on this research work, Ms. Swe Swe Min.

I would like to thank the Petroleum and Petrochemical College for providing me with a partial scholarship for my studies and the staff of PPC for all the invaluable assistance.

Special thanks go to my friends who made me enjoy my study life in PPC with their friendship and help.

Finally, my greatest gratitude goes to my family for their endless love, trust, encouragement, and support. Many thanks to my elder sister who drives me every day to PPC and home.

TABLE OF CONTENTS

	PAGE
Title page	i
Abstract (in English)	iii
Abstract (in Thai)	iv
Acknowledgements	v
Table of Contents	vi
List of Tables	ix
List of Figures	x
 CHAPTER	
I	INTRODUCTION 1
1.1	Background 1
1.2	Objective 2
1.3	Scope of Research Work 2
II	LITERATURE SURVEY 3
2.1	High Density (Linear) Polyethylene 3
2.2	Ink 3
2.3	The Nature of Surfactants 4
2.4	Mechanism of the Deinking Process 6
2.4.1	Removal of Soil from Substrate 6
2.4.1.1	Liquefiable Soil 6
2.4.1.2	Particulate Soil 9
2.4.2	Suspension of the Soil in the Bath and Prevention of Redeposition 9
2.4.2.1	Liquefiable Soil 9
2.4.2.2	Particulate Soil 11

CHAPTER		PAGE
	2.5 Related Research Work	11
III	EXPERIMENTAL	15
	3.1 Materials	15
	3.1.1 Solvent-based Ink Printed HDPE Plastic Containers	15
	3.1.2 Surfactant	15
	3.1.3 Abrasive Material	16
	3.1.4 pH Adjusting Chemical	16
	3.2 Experimental Procedures	16
	3.2.1 Analysis before Deinking Process	16
	3.2.2 Deinking	16
	3.2.3 Analysis after Deinking Process	17
IV	RESULTS AND DISCUSSION	18
	4.1 Results	18
	4.1.1 Effect of CTAB Concentration and Abrasive	18
	4.1.2 Effect of Pre-soaking Time	19
	4.1.3 Effect of Shaking Time	20
	4.1.4 Effect of pH	20
	4.1.5 Effect of Temperature	20
	4.2 Mechanisms in Deinking	20
V	CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS	33
	5.1 Conclusions	33
	5.2 Recommendations	33

CHAPTER	PAGE
REFERENCES	34
APPENDICES	36
A The Optical Scanning Method	36
B Some Examples of the Calculated Results from the Optical Scanning Method	40
CURRICULUM VITAE	46

LIST OF TABLES

TABLE		PAGE
B1	Effect of CTAB concentration and abrasive	41
B2	Effect of pre-soaking time	42
B3	Effect of shaking time	43
B4	Effect of pH	44
B5	Effect of temperature	45

LIST OF FIGURES

FIGURE	PAGE
2.1 Surfactant molecule/ion and a representation of a surfactant micelle in a surfactant solution somewhat about the critical micelle concentration	5
2.2 Contact angle at the bath-liquefied soil-substrate junction	7
2.3 Complete removal of soil from substrate by hydraulic currents when θ remains constant at $> 90^\circ$	8
2.4 Rupture and incomplete removal of large soil from substrate by hydraulic currents when θ remains constant at $< 90^\circ$	8
2.5 Detachment and dispersion of soil by the solubilization mechanism	10
4.1 Deinked plastic surfaces which have been treated with and without abrasive material as a function of CTAB concentration	23
4.2 Amount of ink removed from printed plastic surfaces with and without abrasive material as a function of CTAB concentration	24
4.3 Deinked plastic surfaces which have been treated with selected CTAB concentrations at various pre-soaking times	25
4.4 Amount of ink removed from printed plastic surfaces at selected CTAB concentrations as a function of pre-soaking time	26
4.5 Deinked plastic surfaces which have been treated with selected CTAB concentrations at various shaking times	27

FIGURE	PAGE
4.6 Amount of ink removed from printed plastic surfaces at selected CTAB concentrations as a function of shaking time	28
4.7 Deinked plastic surfaces which have been treated with selected CTAB concentrations at various pHs	29
4.8 Amount of ink removed from printed plastic surfaces at selected CTAB concentrations as a function of pH	30
4.9 Deinked plastic surfaces which have been treated with selected CTAB concentrations at various temperatures	31
4.10 Amount of ink removed from printed plastic surfaces at selected CTAB concentrations as a function of temperature	32
A1 Scanning of a sample of printed plastic sheet	37
A2 An image file opened in Adobe Photoshop program	37
A3 Selection of specific color (blue)	38
A4 Selected blue ink area	38
A5 Histogram and data values showing the distribution of blue ink on printed plastic sheet	39
A6 Window giving a warning that no pixels are present for a completely deinked sample	39