

**REMOVAL OF INK FROM RIGID HIGH-DENSITY
POLYETHYLENE SURFACES TO PERMIT PLASTIC RECYCLING**



Ms. Swe Swe Min

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

1999

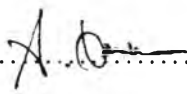
ISBN 974-331-910-7

I 19684921

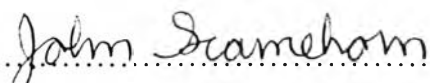
7 3.0. 2546

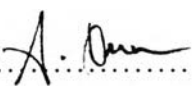
Thesis Title : Removal of Ink from High-Density Polyethylene Surfaces to Permit Plastic Recycling
By : Ms. Swe Swe Min
Program : Petrochemical Technology
Thesis Advisors : Prof. John F. Scamehorn
Prof. Somchai Osuwan
Mr. John W. Ellis


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)

ABSTRACT

971024 : PETROCHEMICAL TECHNOLOGY PROGRAM

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

Swe Swe Min: Removal of Ink from Rigid High-Density
Polyethylene Surfaces to Permit Plastic Recycling. Thesis
Advisors: Prof. John F. Scamehorn, Prof. Somchai Osuwan
and Mr. John W. Ellis, 48 pp. ISBN 974-331-910-7

Recycling of plastics can reduce solid waste disposal and the use of raw materials, often non-renewable materials such as oil and natural gas. Printed plastic containers cannot be effectively recycled unless the inks are removed. Deinking (removing the ink) techniques using surfactants are environmentally benign since surfactants can be biodegradable and non-toxic. In this study, the effects of surfactant type, pH, surfactant concentration, and abrasive, on the removal of solvent-based ink from high-density polyethylene containers were investigated. Cationic, anionic, and nonionic surfactants were used under basic pH conditions. ATR-FTIR spectroscopy and optical scanning methods were used to determine the degree of deinking. Cationic surfactants at concentrations above the CMC at pH 12 were the most effective system studied.

บทคัดย่อ

ชวย ชวย มิน: การกำจัดหมึกออกจากพื้นผิวของโพลีเอทิลีนแข็งชนิดความหนาแน่นสูงใน ขบวนการนำพลาสติกกลับมาใช้ใหม่ (Removal of Ink from Rigid High Density Polyethylene Surfaces to Permit Plastic Recycling) อ.ที่ปรึกษา : ศ. จอห์น เอฟ สกมาฮอร์น และ ศ. สมชาย โอ สุวรรณ และ นายจอห์น ดับบลิว เอลลิส 48 หน้า ISBN 974-331-910-7

การนำพลาสติกกลับมาใช้ใหม่สามารถที่จะลดปริมาณขยะตลอดจนลดปริมาณความ ต้องการวัตถุดิบในการผลิตซึ่งเป็นวัตถุดิบที่เกิดขึ้นใหม่ได้ยากประเภทเดียวกับน้ำมัน และก๊าซ ธรรมชาติ แต่ขวดพลาสติกที่มีการพิมพ์สีลงบนผิวไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ถ้าหมึกที่พิมพ์ อยู่บนนั้นยังมิได้ถูกกำจัดออกเสียก่อน วิธีการกำจัดหมึก(Deinking Techniques)ออกจากขวดพลาสติก มีหลายวิธี แต่วิธีที่ใช้สารลดแรงตึงผิวจะไม่เป็นอันตรายกับสิ่งแวดล้อม เนื่องจากสารลดแรงตึงผิว สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติและไม่เป็นพิษต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ในงานวิจัยนี้ศึกษา อิทธิพลของชนิดของสารลดแรงตึงผิว 3 ชนิด ได้แก่ชนิดที่มีประจุบวก ชนิดที่มีประจุลบ และชนิด ไม่มีประจุของสารละลาย ค่าความเป็นกรด-เบส ความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิว และการขัดสีต่อ การกำจัดหมึกที่ใช้ไขมันเป็นตัวทำละลายบนขวดพลาสติกโพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงโดย ใช้เครื่อง ATR-FTIR Spectroscopy และวิธี Optical Scanning ในการตรวจวัดประสิทธิภาพในการ กำจัดหมึก จากการศึกษาพบว่าสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุบวกจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดหมึก สูงสุดที่สภาวะความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวสูงกว่าค่าซีเอ็มซี และที่ค่าความเป็นกรด-เบส เท่า กับ 12

ACKNOWLEDGEMENTS

First I would like to give my sincere thanks to my advisor Prof. John F. Scamehorn for his kindness, patience and support. Then I would like to express my sincere gratitude to Prof. Somchai Osuwan for being my coadvisor, and for his kindness, valuable guidance and constant support throughout my thesis work. I would like to extend my appreciation to my other coadvisor Mr. John W. Ellis for his valuable suggestions and for all the assistance he had provided.

I would like to thank Dr. Hatice Gecol for her thoughtful discussion and advice. I would also like to thank Prof. Dale C. Teeters for giving me very useful suggestions and guidance for the analytical technique to complete this research successfully. Also many thanks to Dr. Suwabun Chirachanchai for allowing me the use of laboratory facilities and for his guidance.

I would like to thank the Petroleum and Petrochemical College for providing me with a graduate scholarship, and the staff of PPC for all the assistance they had provided.

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

Finally, my greatest gratitude to my parents for their endless love, trust, encouragement and support, and to my beloved Ko for his care and understanding throughout my study.

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
CHAPTER		
I	INTRODUCTION	
	1.1 Background	1
	1.2 Problem Statement	4
	1.3 Objectives of the Study	6
	1.4 Scope of Research Work	7
II	BACKGROUND AND RELATED RESEARCH WORKS	
	2.1 The Nature of Surfactants	8
	2.2 Surface Tension, Wetting, and Dispersion	9
	2.3 Roll-back (Roll-up) Mechanism	11
	2.4 Solubilization	13
	2.5 High-Density (Linear) Polyethylene	15
	2.6 Literature Review	15
III	METHODOLOGY	
	3.1 Materials	19

CHAPTER		PAGE
	3.1.1 Solvent-based Ink Printed HDPE Plastic Bottles	19
	3.1.2 Surfactants	19
	3.1.3 Abrasive	21
	3.1.4 pH Adjusting Chemicals	21
	3.1.5 Water	21
	3.2 Experimental Procedures	21
	3.2.1 Analysis before Deinking Process	21
	3.2.2 Experimental	22
	3.2.3 Analysis after Deinking Process	23
IV	RESULTS AND DISCUSSION	
	4.1 Effectiveness of Deinking with Surfactant-free Solution	24
	4.2 Effectiveness of Deinking with Cationic Surfactant	27
	4.3 Effectiveness of Deinking with Anionic Surfactant	34
	4.4 Effectiveness of Deinking with Nonionic Surfactant	36
V	CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS	
	5.1 Conclusions	38
	5.2 Recommendations for Further Study	38
	REFERENCES	40
	APPENDIX	42
	CURRICULUM VITAE	48

LIST OF TABLES

TABLE		PAGE
3.1	Properties of Surfactants Used for Deinking Experiments	20
3.2	Surfactant Concentrations Used for Deinking Experiments	20
A.1	Data for Deinking Experiments with Cationic Surfactant (CTAB)	45
A.2	Data for Deinking Experiments with Anionic Surfactant (SDS)	46
A.3	Data for Deinking Experiments with Nonionic Surfactant (NP(EO) ₁₀)	47

LIST OF FIGURES

FIGURE		PAGE
2.1	Surfactant Molecule/Ion, and a Representation of a Surfactant Micelle in a Surfactant Solution Somewhat above the Critical Micelle Concentration	9
2.2	Forces on Molecules in Bulk and at Interface	10
2.3	Detachment of Ink from a Polymer Surface by the Roll-up Mechanism	12
2.4	Detachment of Ink from a Polymer Surface by the Solubilization Mechanism	14
4.1	ATR-FTIR Spectra for (a) Non-Printed Plastic, (b) Printed Plastic, and (c) Deinked Plastic with Surfactant-free Solution at pH 12 with 72 Hours Shaking Time and No Pre-soaking Time	25
4.2	Comparison of the Residual Ink on Plastic Surface Deinked Using Surfactant-free Solution and Using CTAB with 2 Hours Shaking Time and No Pre-soaking Time with or without Abrasive at Various pH	26
4.3	ATR-FTIR Spectra for (a) Non-printed Plastic, (b) Printed Plastic, and (c) Deinked Plastic with CTAB at pH 12 with 2 Hours Shaking Time and No Pre-soaking Time	29
4.4	ATR-FTIR Spectra for (a) Non-printed Plastic, (b) Printed Plastic, and (c) Deinked Plastic with CTAB at pH 11 with 2 Hours Shaking Time and No Pre-soaking Time	30

FIGURE		PAGE
4.5	Comparison of the Residual Ink on Plastic Surface Deinked with CTAB with and without Pre-soaking at Different Shaking Times	32
4.6	Comparison of the Residual Ink on Plastic Surface Deinked with 30 mM CTAB with 2 Hours Pre-soaking Time at Various pH and Shaking Times	33
4.7	Comparison of the Residual Ink on Plastic Surface after Deinking with SDS or NP(EO) ₁₀ with 2 Hours Pre-soaking Time Following 2 Hours Shaking Time at Various pH Levels	35
4.8	Comparison of the Residual Ink on Plastic Surface Deinked with NP(EO) ₁₀ after 48 Hours Pre-soaking Time and 2 Hours Shaking Time at Various pH Levels	37
A.1	Solvent-based Ink Printed HDPE Bottles	42
A.2	Comparison of Printed and Deinked Plastic Surfaces Treated with 30 mM CTAB at pH 12 for (a) 15 min (b) 30 min (c) 45 min (d) 60 min Shaking Time	43
A.3	Water Shaker Bath	44