

# **SURFACTANT ADSORPTION ON PLASTIC SURFACES**



**Mr. Pira Laohacharoensombat**

**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**

**2003**

**ISBN 974-17-2293-1**

**Thesis Title:** Surfactant Adsorption on Plastic surfaces  
**By:** Mr. Pira Laohacharoensombat  
**Program:** Petrochemical Technology  
**Thesis Advisors:** Prof. John F. Scamehorn  
Dr. Boonyarach Kitiyanan

---

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

*K. Bunyakiat*

..... College Director  
(Assoc. Prof. Kunchana Bunyakiat)

**Thesis Committee:**

*John Scamehorn*

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

*Boonyarach Kitiyanan*

.....  
(Dr. Boonyarach Kitiyanan)

*Sumaeth Chavadej*

.....  
(Assoc. Prof. Sumaeth Chavadej)

*Pomthong Malakul*

.....  
(Asst. Prof. Pomthong Malakul)

## บทคัดย่อ

พระ เลาทเจริญสมบัติ: การดูดซับของสารลดแรงตึงผิวบนพื้นผิวพลาสติก (Surfactant adsorption on plastic surfaces) อ.ที่ปรึกษา: ศ. จอห์น เอฟ สเกมาฮอร์น ดร. บุนยรัชต์ กิตยานันท์ 52 หน้า ISBN 974-17-2293-1

การดูดซับของสารลดแรงตึงผิวบนพื้นผิวไฮโดรโฟบิก มีบทบาทสำคัญต่อการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท อาทิเช่น การทำความสะอาด การยัดเกาะ และ เวททิง เพื่อที่จะใช้ประโยชน์ของสารลดแรงตึงผิวได้อย่างเต็มประสิทธิภาพจำเป็นต้องมีความเข้าใจในกระบวนการดูดซับ การทดลองมุ่งศึกษาถึงการดูดซับของสารลดแรงตึงผิวบนพื้นผิวพลาสติก สารลดแรงตึงผิวที่ใช้ประกอบไปด้วย SDS CTAB และ Triton X-114 พลาสติกที่ใช้ประกอบไปด้วย โพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง และ โพลีโพรพิลีน ผลการศึกษาการดูดซับบนพลาสติก โพลีเอทิลีนที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6 พบว่า SDS มีปริมาณการดูดซับ มากกว่า CTAB และ Triton X-114 ซึ่งผลที่ได้นั้นสอดคล้องกับผลของค่าศักย์ซีต้า ซึ่งพบว่าพื้นผิวของพลาสติก เอสดีพีอีมีประจุบวกที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6 ในขณะที่พีเอชต่ำค่าของศักย์ซีต้าของพื้นผิวมีค่าบวกมากขึ้นดังนั้นปริมาณการดูดซับของเอสดีเอสจึงเพิ่มขึ้น การเติมเกลือเข้าสู่ระบบมีผลทำให้แอดซอร์ชัน ไอโซเทอร์ม เลื่อนไปสู่ความเข้มข้น ณ สมดุลที่ต่ำลง ในขณะที่ ปริมาณการดูดซับที่จุดสูงสุดไม่เปลี่ยนแปลง ในส่วนของโพลีโพรพิลีน ค่าศักย์ซีต้ามีค่าใกล้เคียงกับศูนย์ ค่าปริมาณการดูดซับที่จุดสูงสุดของ SDS และ CTAB บน โพลีโพรพิลีน มีค่าใกล้เคียงกัน ดังคาดการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างไม่มีผลต่อ ค่าศักย์ซีต้า ของโพลีโพรพิลีน

## ABSTRACT

4471020063: PETROCHEMICAL TECHNOLOGY PROGRAM

Pira Laohacharoensombat: Surfactant Adsorption on Plastic surfaces.

Thesis Advisors: Prof. John F. Scamehorn, Dr. Boonyarach Kitiyanan,  
52 pp. ISBN 974-17-2293-1

Keywords: Surfactant Adsorption/ Plastic/ Hydrophobic Surface/  
Adsorption Isotherm/ Zeta Potential

Surfactant adsorption on a hydrophobic surface plays an important role in many industrial applications, for example detergency, adhesion, and wetting. In order to effectively utilize the surfactant, the surfactant adsorption isotherm must be well understood. In this research, surfactant adsorptions on plastic surfaces were investigated. Three surfactant representatives used were sodium dodecyl sulfate (anionic surfactant), cetyl trimethylammoniumbromide (cationic surfactant) and t-cetylphenol polyethoxylate (nonionic surfactant). The plastics used for adsorption study were high-density polyethylene (HDPE) and polypropylene (PP). For HDPE in solutions of at pH 6, the maximum adsorption of SDS was greater than CTAB and Triton X-114. This was consistent with the zeta potential of the HDPE, which has a positive potential at pH 6. At lower pH, the zeta potential is more positive, therefore the maximum adsorption of SDS on HDPE was higher. As expected, adding electrolyte shifts the adsorption isotherm to lower equilibrium concentration while the maximum adsorption remained constant. For PP, the zeta potential was relatively close to zero. The maximum adsorption of SDS and CTAB on PP were approximately equal. As expected, changing the pH had no effect on the zeta potential of PP.

## ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express the deepest gratitude to Prof. John F. Scamehorn, and Dr. Boonyarach Kitiyanan, my advisors, for their invaluable guidance, constructive advice and intensive attention throughout this research work.

I would like to thank Postgraduate Education and Research Programs in Petroleum and Petrochemical Technology (PPT Consortium) for partially support.

I would like to give my appreciation to the Apichai Chareonsuk for supporting of plastics.

I would like to give special thanks to Ms. Arubol for willing help, suggestions and discussion. I also sincerely thank my friends at the college for making me so lively and enjoyable within two years of study.

Finally, I would like to express my gratitude to my parents for their understanding and support.

## TABLE OF CONTENTS

	<b>PAGE</b>	
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	
 <b>CHAPTER</b>		
<b>I</b>	<b>INTRODUCTION</b>	1
<b>II</b>	<b>BACKGROUND AND LITERATURE REVIEW</b>	2
	2.1 Adsorption of Surfactants on Solid Surfaces	2
	2.1.1 Mechanisms of Surfactant Adsorption	3
	2.1.2 Adsorption Isotherm	5
	2.1.3 Structure within the Adsorbed Layer	10
	2.2 Double Layer	12
	2.3 Zeta Potential	13
<b>III</b>	<b>EXPERIMENTAL</b>	15
	3.1 Materials	15
	3.2 Methodology	15
	3.2.1 Adsorption Isotherm	15
	3.2.2 Zeta Potential	16

<b>CHAPTER</b>		<b>PAGE</b>
<b>IV</b>	<b>RESULTS AND DISCUSSION</b>	<b>17</b>
	4.1 Adsorption of Surfactants on High Density Polyethylene (HDPE)	17
	4.1.1 Adsorption Isotherm of Sodium Dodecyl Sulphate	17
	4.1.2 Effect of Ionic Strength on SDS Adsorption	21
	4.1.3 Effect of pH on the SDS Adsorption	22
	4.1.4 Adsorption Isotherm of Cetyltrimethylammoniumbromide	26
	4.1.5 Effect of Ionic Strength on CTAB Adsorption	30
	4.1.6 Effect of pH on the SDS Adsorption	31
	4.1.7 Adsorption Isotherm of Triton X-114	34
	4.2 Adsorption of Surfactants on Polypropylene (PP)	35
	4.2.1 Adsorption Isotherm of Sodium Dodecyl Sulphate	35
	4.2.2 Effect of Ionic Strength on SDS Adsorption	38
	4.2.3 Effect of pH on the SDS Adsorption	39
	4.2.4 Adsorption Isotherm of Cetyltrimethylammoniumbromide	42
	4.2.5 Effect of Ionic Strength on CTAB Adsorption	44
	4.2.6 Effect of pH on the SDS Adsorption	45
	4.2.7 Adsorption Isotherm of Triton X-114	47
<b>V</b>	<b>CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS</b>	<b>48</b>
	<b>REFERENCES</b>	<b>50</b>
	<b>CURRICULUM VITAE</b>	<b>52</b>

**LIST OF TABLES**

<b>TABLE</b>		<b>PAGE</b>
4.1	Zeta potential of high density polyethylene at pH 4, 6 and 10	22
4.2	Adsorption and zeta potential of SDS adsorption on HDPE at saturation from different pH	25
4.3	Adsorption and zeta potential of CTAB adsorption on HDPE at saturation from different pH	33
4.4	Zeta potential of high density polyethylene at pH 4, 6 and 10	39



## LIST OF FIGURES

FIGURE	PAGE
2.1 The role of adsorption in wetting.	2
2.2 Surfactant adsorption via dispersion force on non polar surface.	4
2.3 Adsorption isotherm for the hexadecyltrimethyl ammonium ions on polystyrene (uncharge) at pH 8.0 in $10^{-3}$ mol/dm <sup>3</sup> potassium bromide solution.	6
2.4 Adsorption isotherm for the hexadecyltrimethyl ammonium ions on polystyrene latex particles (carboxyl) at pH 8.0 in $10^{-3}$ mol/dm <sup>3</sup> potassium bromide solution.	8
2.5 Hemi-micellar aggregates at hydrophobic surface.	10
2.6 Visualization of the double layer.	13
2.7 Relationship between zeta potential and surface potential.	14
4.1 Adsorption isotherm of SDS on high density polyethylene at pH 6 and 30 °C.	18
4.2 Adsorption isotherm of SDS and zeta potential of high density polyethylene at pH 6 and 30 °C.	19
4.3 The schematic illustration of the adsorption SDS on high density polyethylene.	20
4.4 Adsorption isotherm of SDS on high density polyethylene at pH 6 and 30 °C (no salt, salt).	21
4.5 Adsorption isotherm of SDS on high density polyethylene at 30 °C (pH 4,6 and10).	23
4.6 Adsorption isotherm of SDS and zeta potential of high density polyethylene at different pH	24
4.7 The schematic illustration of the adsorption SDS on high density polyethylene at different pH.	25

<b>FIGURE</b>	<b>PAGE</b>
4.8 Adsorption isotherm of CTAB on high density polyethylene at pH 6 and 30 °C.	27
4.9 Adsorption isotherm of CTAB and zeta potential of high density polyethylene at pH 6 and 30 °C.	28
4.10 The schematic illustration of the adsorption CTAB on high density polyethylene.	29
4.11 Adsorption isotherm of CTAB on high density polyethylene at pH 6 and 30 °C (no salt, salt).	30
4.12 Adsorption isotherm of CTAB on high density polyethylene at 30 °C (pH 4,6 and 10).	31
4.13 Adsorption isotherms of CTAB and zeta potential of high density polyethylene at different pH at 30 °C.	32
4.14 Adsorption isotherm of Triton X-114 on high density polyethylene at pH 6 and 30 °C.	34
4.15 Adsorption isotherm of SDS on polypropylene at pH 6 and 30 °C.	36
4.16 Adsorption isotherm of SDS and zeta potential of polypropylene at pH 6 and 30 °C.	36
4.17 Adsorption isotherm of SDS on polypropylene at pH 6 and 30 °C (no salt, salt)	38
4.18 Adsorption isotherm of SDS on polypropylene at 30 °C (pH 4,6 and 10).	40
4.19 Adsorption isotherms of SDS and zeta potential of polypropylene at different pH at 30 °C.	41
4.20 Adsorption isotherm of CTAB on polypropylene at pH 6 and 30 °C.	42
4.21 Adsorption isotherm of CTAB and zeta potential of polypropylene at pH 6 and 30 °C.	43
4.22 Adsorption isotherm of CTAB on polypropylene at pH 6 and 30 °C (no salt, salt).	44

<b>FIGURE</b>	<b>PAGE</b>
4.23 Adsorption isotherm of CTAB on polypropylene at pH 6 and 30 °C (pH 4,6 and 10).	46
4.24 Adsorption isotherms of CTAB and zeta potential of polypropylene at different pH at 30 °C.	46
4.25 Adsorption isotherm of Triton X-114 on polypropylene at pH 6 and 30 °C.	47