VOLATILE ORGANIC COMPOUND REMOVAL FROM NONIONIC SURFACTANT COACERVATE PHASE SOLUTIONS BY CO-CURRENT VACUUM STRIPPING

Suratsawadee Kungsanant

A Dissertation Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy
The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University
in Academic Partnership with
The University of Michigan, The University of Oklahoma,
and Case Western Reserve University
2009

Thesis Title:	Volatile Organic Compound Removal from Nonionic Surfactant Coacervate Phase Solutions by Co-Current Vacuum Stripping
By:	Suratsawadee Kungsanant
Program:	Petrochemical Technology
Thesis Advisors:	Prof. Somchai Osuwan
	Prof. John F. Scamehorn
	Asst. Prof. Boonyarach Kitiyanan
	Assoc. Prof. Thirasak Rirksomboon

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

..... Dean

(Asst. Prof. Pomthong Malakul)

Thesis Committee:

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

..... (Prof. Somchai Osuwan)

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

..... (Assoc. Prof. Thirasak Rirksomboon)

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

..... (Assoc. Prof. Pramoch Rangsunvigit)

..... (Asst. Prof. Suparin Chaiklangmuang)

ABSTRACT

4581005063: Petrochemical Technology
Suratsawadee Kungsanant: Volatile organic compound removal from nonionic surfactant coacervate phase solutions by co-current vacuum stripping
Thesis Advisors: Prof. Somchai Osuwan, Prof. John F. Scamehorn, Asst. Prof. Boonyarach Kitiyanan,
and Assoc. Prof. Thirasak Rirksomboon 98 pp.
Keywords: Coacervate/Co-current operation/Vacuum stripping/
Cloud point extraction

Cloud point extraction (CPE) has been demonstrated to remove volatile organic compounds (VOCs) from wastewater by using a nonionic surfactant as a separating agent. To make the CPE process economically feasible, the surfactant in the concentrated, or coacervate, phase must be recycled and reused. This work utilized a packed column operated under rough vacuum in co-current mode to remove the VOCs (benzene, toluene, ethylbenzene, 1,2 dichloroethane, trichloroethylene, and tetrachloroethylene) from the *t*-octylphenolpolyethoxylate ($OP(EO_7)$) coacervate solution. Despite the viscous nature of the coacervate solution, the co-current operation can effectively avoid plugging, excessive foaming, and flooding. The Henry's law constants of the VOCs are substantially reduced up to 90% due to the solubilization of VOCs in the surfactant micelles. For continuous operation, more than 87% for all VOCs is removed from a 450 mM $OP(EO)_7$ solution within a single stage operation. The VOC removal percentage decreases with increasing liquid loading rate, column pressure, surfactant concentration, and solute hydrophobicity, but it substantially increases with increasing number of distributor holes and temperature.

บทคัดย่อ

สุรัสวดี กังสนันท์ : การแยกสารระเหยอินทรีย์ออกจากสารละลายของสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีขั้วที่อยู่ในวัฏภาคโคแอคเซอร์เวทโดยใช้หอสูญญากาศแบบการไหลทิศทางเดียวของไอและของเหลว (Volatile Organic Compound Removal from Nonionic Surfactant Coacervate Phase Solutions by Co-current Vacuum Stripping) อ. ที่ปรึกษา: ศ. ดร. สมชาย โอสุวรรณ ศ. ดร. จอห์น เอฟ สเกมีฮอร์น ผศ. ดร. บุนยรัชต์ กิติยานันท์ และ รศ. ดร. ธีรศักดิ์ ฤกษ์สมบูรณ์ 98 หน้า

งานวิจัยเรื่องการกระบวนการสกัดโดยใช้วัฏภาคโคแอคเซอร์เวทแสดงถึงความสามารถในการสกัดสารระเหยอินทรีย์ออกจากน้ำเสียโดยใช้สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีขั้ว แต่เมื่อนำไปใช้จริง ราคาที่สูงของสารลดแรงตึงผิวทำให้กระบวนการนี้ไม่น่าสนใจในเชิงเศรษฐศาสตร์ดังนั้นควรมีการนำสารลดแรงตึงผิวที่อยู่ในวัฏภาคโคแอคเซอร์เวทกลับไปใช้ใหม่ งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการแยกสารระเหยอินทรีย์ ได้แก่ เบนซีน โทลูอีน เอทิลเบนซีน 1, 2 ไดคลอโรอีเทน ไตรคลอโรเอทิลลีน และเตตระคลอโรเอทิลลีน ออกจากสารละลายที่มีสารลดแรงตึงผิวเตตระออกทิลฟีนอลโพลิอิทอกซีเลตที่ได้จากวัฏภาคโคแอคเซอร์เวท โดยใช้หอบรรจุภายใต้สูญญากาศที่มีการไหลทิศทางเดียวกันของไอและของเหลว พบว่าแม้สารละลายที่ทำการศึกษามีความหนืดสูง แต่การไหลแบบทางเดียวกันของไอและของเหลว ช่วยหลีกเลี่ยงการเกิดการอุดตัน การเกิดฟองที่มากเกินไป และการไหลล้นของของเหลวในหอสูญญากาศได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังพบว่าค่าคงที่เฮนรี่ของสารระเหยอินทรีย์ลดลงถึงร้อยละเก้าสิบ เนื่องจากการละลายของสารระเหยอินทรีย์ในไมเซลของสารลดแรงตึงผิว สำหรับการศึกษากระบวนการแยกในหอสูญญากาศพบว่า มากกว่าร้อยละแปดสิบเจ็ดของสารระเหยอินทรีย์ทุกตัวสามารถแยกออกจากสารละลายลดแรงตึงผิวที่เข้มข้นสี่ร้อยห้าสิบมิลลิโมลาร์ได้ และร้อยละการแยกลดลงเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของสารป้อน ความดันในระบบ ความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิว และความไม่ชอบน้ำของสารระเหยอินทรีย์ แต่ร้อยละการแยกจะเพิ่มขึ้นอย่างมาก เมื่อการกระจายตัวของสารละลายที่ทางเข้าและอุณหภูมิในระบบเพิ่มขึ้น

ACKNOWLEDGEMENTS

This work could have not been successful without the participation of the following individual and organizations:

First of all, I would like to express my appreciation and thanks to all of my thesis advisors; Prof. Somchai Osuwan, Prof. John F. Scamehorn, Asst. Prof. Boonyarach Kitiyanan, and Assoc. Prof. Thirasak Rirksomboon. Their valuable advice and encouragement are greatly appreciated.

It is my pleasure to acknowledge The Thailand Research Fund for providing a research grant through the Royal Golden Jubilee Ph.D. fellowships (Grant No. PhD/0027/2546), and The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, for giving me the opportunity to study in the Ph.D. program.

I would like to thank Mr. Robert Wright for his guidance and help in my papers and dissertation writing, and also the staff at PPC, especially Mr. Sanit Prinakorn, C.P.O. Poon Arjpru, and Mr. Chaturong Tiamsiri. I would like to thank all of them for their assistance in my experiment and thesis work.

Special thanks are also giving to my PPC friends for sharing happiness and troubles with me. Life is much more beautiful because of you guys.

Last but not least, I would like to express my sincere thanks to my beloved family, Mr. Sermpan, Mrs. Renoo, and Ms. Sureeporn Kungsanant, who always stay beside me no matter what happens. Their love and encouragement help me get through many difficult moments. Without them, I would not be able to succeed in my Ph.D. degree. This dissertation is totally dedicated to them.

TABLE OF CONTENTS

CHAPTER PAGE

CHAPTER PAGE

CHAPTER PAGE

LIST OF TABLES

TABLE **PAGE**

TABLE **PAGE**

LIST OF FIGURES

FIGURE **PAGE**

CHAPTER V

FIGURE **PAGE**