MICROEMULSION FORMATION OF SURFACTANT/OILY WASTEWATER SYSTEM AND RELATION TO CLEAN-UP BY FROTH FLOTATON

Ms. Ummarawadee Yanatatsaneejit

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 Univesity
2004

ISBN 974-9651-74-x

Thesis Title:	Microemulsion Formation of Surfactant/Oily Wastewater System and Relation to Clean-up by Froth Flotation
By:	Ms. Ummarawadee Yanatatsaneejit
Program:	Petrochemical Technology
Thesis Advisors:	Assoc. Prof. Sumaeth Chavadej
	Asst. Prof. Pramoch Rangsunvigit
	Prof. John F. Scamehorn

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

Nantaya Yanumet ..... College Director

(Assoc. Prof. Nantaya Yanumet)

Thesis Committee:

..... (Chairman)

(Prof. Somchai Osuwan)

Sumaeth Chavadej .....

(Assoc. Prof. Sumaeth Chavadej)

Pramoch R. .....

(Asst. Prof. Pramoch Rangsunvigit)

John Scamehorn .....

(Prof. John F. Scamehorn)

.....

(Prof. David A. Sabatini)

.....

(Asst. Prof. Pomthong Malakul)

บทคัดย่อ

อมราวดี ญาณทัศนีย์จิต : การเกิดไมโครอิมัลชันของระบบที่ประกอบด้วยสารลดแรงตึงผิวกับน้ำเสียที่มีน้ำมันปนเปื้อน และความสัมพันธ์กับกระบวนการทำให้ลอย (Microemulsion Formation of Surfactant/Oily Wastewater System and Relation to Clean-up by Froth Flotation) อ. ที่ปรึกษา: รศ. ดร. สุเมธ ชวเดช ผศ. ดร. ปราโมช รังสรรค์วิจิตร และ ศ. ดร. สเคม์ มาฮอร์น 108 หน้า ISBN 974-9651-74-x

กระบวนการทำให้ลอย (Froth flotation) เป็นหนึ่งในกระบวนการแยกที่ใช้สารลดแรงตึงผิวเป็นองค์ประกอบสำคัญ โดยกระบวนการนี้สามารถประยุกต์ใช้กับการบำบัดน้ำเสียที่มีปริมาณสารปนเปื้อนต่ำในรูปน้ำมันและ/หรืออนุภาคแขวนลอย วิธีการนี้มีข้อดีหลายประการเช่น ต้องการพื้นที่ติดตั้งอุปกรณ์ไม่มาก ประสิทธิภาพการบำบัดสูง สามารถประยุกต์ใช้ได้กับสารมลพิษหลายชนิด และ ค่าใช้จ่ายในการบำบัดต่ำ โดยในงานวิจัยนี้ได้เลือกศึกษากระบวนการทำให้ลอยแบบกะเพื่อกำจัดน้ำมันที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสีย จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าประสิทธิภาพของกระบวนการนี้จะมีค่าสูงสุดเมื่อสารละลายเกิดเป็นไมโครอิมัลชันชนิดที่ 3 ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำหลักการของการเกิดไมโครอิมัลชันมาประยุกต์เข้ากับหลักการทำงานของกระบวนการทำให้ลอย เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพการบำบัดที่สูงที่สุด ในการทำให้เกิดไมโครอิมัลชันนั้น สารลดแรงตึงผิวที่มีประจุลบ โซเดียม ได-1,3ไดเม็ททิลบิวทิล ซันโฟร์ซักซิเนต (AMA) ถูกนำมาใช้เพื่อทำให้เกิดไมโครอิมัลชันของน้ำ กับเอทิลเบนซีน ในขณะที่สารลดแรงตึงผิว ชนิดที่มีประจุลบที่ส่วนหางประกอบไปด้วยคาร์บอน 14 — 15 จำนวน และมีกลุ่มโพรพิลีนออกไซด์ 4 กลุ่ม (Alfoterra 145 – 4PO) ถูกนำมาศึกษาการเกิดไมโครอิมัลชันของน้ำ กับดีเซล งานวิจัยชิ้นนี้ได้บ่งชี้ประสิทธิภาพของกระบวนการทำให้ลอยมีความเกี่ยวข้องกับค่าแรงตึงผิว ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของระบบไมโครอิมัลชันชนิดที่ 3 นอกจากนั้นงานวิจัยนี้ยังได้พิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ อาทิ ความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิว ความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ สัดส่วนของน้ำมัน ต่อน้ำในน้ำเสีย อัตราการไหลของอากาศ และ สภาวะในการเกิดสมดุลของระบบ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการแยกน้ำมันโดยอธิบายในรูปของค่าแรงตึงผิวและลักษณะสมบัติของฟอง จากผลการทดลองพบว่า ระบบที่มีค่าแรงตึงผิวต่ำที่สุดไม่จำเป็นต้องเป็นระบบที่ให้ผลการแยกน้ำมันสูงสุดเสมอไป ดังนั้น ค่าแรงตึงผิว ความสามารถการเกิดฟอง และความเสถียรของฟอง ต่างมีบทบาทสำคัญต่อประสิทธิภาพการแยกน้ำมันของกระบวนการทำให้ลอย นอกจากนั้นแล้วยังพบว่าสัดส่วนของน้ำมันต่อน้ำในน้ำเสียไม่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการแยกน้ำมัน สำหรับค่าอัตราการไหลของอากาศที่ใช้ในกระบวนการทำให้ลอยนี้ ควรมีค่าเหมาะสมที่ค่าหนึ่งเพื่อให้เกิด

ความสมดุลระหว่างการเกิดฟอง และการแตกกลับของฟอง และท้ายสุด ระบบที่เกิดความสมดุลจะก่อให้เกิดประสิทธิภาพการแยกน้ำมันที่มีค่าสูงสุด

ABSTRACT

4391006063: PETROCHEMICAL TECHNOLOGY PROGRAM
Ummarawadee Yanatatsaneejit: Microemulsion Formation of Surfactant/Oily Wastewater System and Relation to Clean-up by Froth Flotation.
Thesis Advisors: Assoc. Prof. Sumaeth Chavadej, Asst. Prof. Pramoch Rangsunvigit, and Prof. John F. Scamehorn, 108 pp. ISBN 974-9651-74-x
Keywords: Froth flotation/ Microemulsion/ Foam characteristic

Froth flotation is one of the surfactant based separation processes which is suitable for treating diluted wastewaters containing oil and/or colloidal particles. In this technique, there are several advantages such as low space requirement, high removal efficiency, flexibility for various pollutants at various scales, and low cost. In this work, batch mode of froth flotation was focused as technique to remove emulsified oil from wastewater. From the previous work, high oil removal was achieved in a Winsor type III microemulsion region. Therefore, microemulsion concept was combined with froth flotation technique to achieve high separation efficiency. Dihexyl sulfosuccinate (Aerosal MA or AMA) was used to prepare microemulsion solutions with ethylbenzene while branched alcohol propoxylate sulfate sodium salt with 14 – 15 carbon number and 4 propylene oxide groups (Alfoterra 145 – 4PO) was utilized to form microemulsion with diesel. Interfacial tension (IFT), which is one of the important characteristics in Winsor type III microemulsions, was investigated as a function of separation efficiency. In addition, performance of froth flotation as a function of foam characteristics was also elucidated. In froth flotation experiments, various parameters such as surfactant concentration, salinity, oil to water ratio, air flow rate, and equilibration condition were studied in order to correlate the oil removal efficiency with IFT value and foam characteristics. From the results, there are conditions of the diesel system where no separation occurs even though IFT value is in the ultra-low range (i.e. 10^{-2} mN/m) because the foam characteristics are extremely low. Therefore, both IFT and the

foam characteristics influence the efficiency of oil removal in the froth flotation process. Moreover, the oil removal is not significantly affected by oil to water ratio. In froth flotation operation, air flow rate should be optimized to achieve high removal efficiency. Ultimately, equilibrium condition always yields the highest separation efficiency in froth flotation operation.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work cannot be successful without the participation of the following individuals and organizations.

I would like to express my deepest appreciation to my thesis advisors, Professor John F. Scamehorn, Associate Professor Sumaeth Chavadej, and Associate Professor Pramoch Rangsunvigit, for all of their special guidance and assistance while I was conducting my research. Professor John F. Scamehorn is an outstanding advisor and teacher in my life. He always teaches me not only the theoretical knowledge but also the way to think. My thinking process improves a lot with his guidance. Associate Professor Sumaeth Chavadej has taught me a lot about the skill to do experiment and how to write paper as professional. Without his help, writing a lot of papers should be the most difficult for me. In addition, I would like to thank Associate Professor Pramoch Rangsunvigit for his valuable advice about how to solve the problem that occurs during the experiment.

A great thankfulness is forward to Professor David A. Sabatini for his guidance about microemulsion. Moreover, I would like to acknowledge Dr. Edgar J. Acosta for a very great discussion about the concept of microemulsion and surfactant.

I would like to give special thanks to Professor Somchai Osuwan for his kindness being as a chair committee. I also would like to appreciatively thank to Assistant Professor Pomthong Malakul for being as my thesis committee and giving me the valuable comments and suggestions.

It is a pleasure to acknowledge the Thailand Research Fund for supporting this research work and giving me a scholarship and opportunity to study in Ph.D. program.

I would like to give my deep thankfulness to Mr. Pisan Chungchamroenkit for his discussion, a very great idea, and willpower.

Special thanks are forwarded to my friends, Dr. Chantra Tongcumpou, Ms. Anuradee Witthayapanyanon, Ms. Raweewan Klaewkla, Dr. Korada Supat, Ms. Sunisa Watcharasing, and Ms. Suratsawadee Kungsanant for being my good friends and giving me a very great time during doing my research.

I would like to express my deepest appreciation to my family. Without their love and support, I would not be able to success my Ph.D. degree.

Finally, special thanks are expressed to the faculty members and staff of the Petroleum and Petrochemical College at Chulalongkorn University and the Institute for Applied Surfactant Research at the University of Oklahoma for providing all facilities needed for this research work.

TABLE OF CONTENTS

LIST OF TABLES

LIST OF FIGURES

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**