OILY WASTEWATER TREATMENT BY CONTINUOUS FROTH FLOTATION

Sunisa Watcharasing

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
2008

Thesis Title:	Oily Wastewater Treatment by Continuous Froth Flotation
By:	Sunisa Watcharasing
Program:	Petrochemical Technology
Thesis Advisors:	Assoc.Prof. Sumaeth Chavadej
	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:

(Assoc. Prof. Sumaeth Chavadej)

(Prof. John F. Scamehorn)

.....

(Assoc. Prof. Thirasak Rirksomboon)

.....

(Asst. Prof. Boonyarach Kitiyanan)

.....

(Assoc. Prof. Anchaleeporn Waritswat Lothongkum)

บทคัดย่อ

สุนิสา วัชรสิงห์ : กระบวนการบำบัดน้ำเสียที่มีน้ำมันโดยระบบทำให้ลอยแบบต่อเนื่อง (Oily Wastewater Treatment by Continuous Froth Flotation) อ. ที่ปรึกษา: รศ. ดร. สุเมธ ชวเดช และ ศ. ดร. จอห์น เอฟ สเคม์มีฮอร์น 135 หน้า

ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนากระบวนการทำให้ลอยแบบต่อเนื่องเพื่อกำจัดน้ำมันที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียอุตสาหกรรม สารลดแรงตึงผิวชนิดยึด ($C_{14\text{-}15}(PO)_5SO_4Na$) ถูกนำมาทำให้เกิดไมโครอิมัลชันกับน้ำมันดีเซล ในกระบวนการทำให้ลอยแบบต่อเนื่อง โดยได้พิจารณาศึกษาถึงปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิว ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ สัดส่วนโดยปริมาตรของน้ำมันต่อน้ำในน้ำเสีย ความสูงของฟอง อัตราการเป่าอากาศ และเวลาเก็บกัก โดยหาความสัมพันธ์แรงตึงผิวและลักษณะสมบัติของฟองกับประสิทธิภาพการแยกน้ำมันพบว่าระบบ $C_{14\text{-}15}(PO)_5SO_4Na$ อย่างเดียวไม่สามารถได้ค่าแรงตึงผิวที่ต่ำที่สุดและการเกิดฟองที่ดีพร้อมกันได้ ดังนั้นจึงมีการเติมสารลดแรงตึงผิวโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต (SDS) เพื่อช่วยเพิ่มความเสถียรของฟอง โดยกระบวนการทำให้ลอยแบบต่อเนื่องมีประสิทธิภาพการแยกน้ำมันดีเซลสูงสุดร้อยละ 96 ที่ความเข้มข้นของ $C_{14\text{-}15}(PO)_5SO_4Na$ร้อยละ 0.1 โดยมวล, ความเข้มข้นของ SDS ร้อยละ 0.5 โดยมวล และความเข้มข้นของเกลือร้อยละ 4 โดยมวล เพื่อเพิ่มความเสถียรของฟองของระบบสารลดแรงตึงผิว $C_{14\text{-}15}(PO)_5SO_4Na$ ตัวเดียวโดยไม่ต้องมีการเติมสารลดแรงตึงผิวโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต ได้นำคอลลอยดอลล์แก๊สแอฟรอน (CGA) ซึ่งมีความเสถียรค่อนข้างสูงมาทดลองกับกระบวนการทำให้ลอยแบบกะ โดยทำการศึกษาปัจจัยของความเค็ม ความเข้มข้นสารลดแรงตึงผิว ความเร็วในการปั่นและระยะเวลาในการกวน เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่มีผลต่อการสร้าง CGA ซึ่งได้นำไปทดลองต่อในส่วนของกระบวนการทำให้ลอย จากผลการทดลองพบว่า การใช้คอลลอยดอลล์แก๊สแอฟรอนสามารถส่งเสริมประสิทธิภาพการแยกของกระบวนการทำให้ลอยได้ ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 97 ที่อัตราการเป่าอากาศ 0.30 ลิตรต่อนาทีโดยสารละลายที่ป้อนเข้าเป็นแบบสภาวะที่ยังไม่เกิดสมดุลของระบบ และสภาวะของคอลลอยดอลล์แก๊สแอฟรอนที่ความเข้มข้น $C_{14\text{-}15}(PO)_5SO_4Na$ ร้อยละ 0.1 โดยมวล, ความเข้มข้นของเกลือร้อยละ 3 โดยมวล, ความเร็วในการกวน 5,000 รอบต่อนาที และระยะเวลาในการกวน 5 นาที

ABSTRACT

4791005063: Petrochemical Technology
Sunisa Watcharasing: Oily Wastewater Treatment by Continuous Froth Flotation
Thesis Advisors: Assoc.Prof. Sumaeth Chavadej, Prof. John F. Scamehorn
135 pp.
Keywords: Microemulsion/ Continuous froth flotation/ Foam formation/ Foam stability

In this work, continuous froth flotation was developed to remove emulsified oil from industrial wastewater. Branched alcohol propoxylate sulfate sodium salt ($C_{14-15}(PO)_5SO_4Na$), an extended surfactant, was used to form microemulsions with diesel oil. In the continuous froth flotation operation, the effects of operational parameters, including surfactant concentration, salinity, oil-to-water ratio, foam height, air flow rate and hydraulic retention time (HRT) were investigated to correlate the oil removal efficiency with interfacial tension (IFT) and foam characteristics. For the $C_{14-15}(PO)_5SO_4Na$ system, it was not possible to obtain both ultralow IFT and good foaming. Hence, sodium dodecyl sulfate (SDS) was added to enhance the foam stability. A maximum diesel oil removal of 96% was accomplished by this continuous froth flotation at 0.1 wt.% $C_{14-15}(PO)_5SO_4Na$, 0.5 wt.% SDS, and 4 wt.% NaCl. In order to improve the foam stability of the sole $C_{14-15}(PO)_5SO_4Na$ system without added SDS, colloidal gas aphron (CGA), which exhibits relatively high stability, was employed in a batch froth flotation unit. The effects of salinity, surfactant concentration, stirring speed, and stirring time were investigated for determining the optimum conditions of the CGA formation, which were further used for the froth flotation experiments. From the results, the use of CGA enhanced the separation performance of froth flotation. The highest diesel removal of 97% was achieved at an air flow rate of 0.30 l/min with the feed solution prepared under non-equilibrium and CGA conditions of 0.1 wt.% $C_{14-15}(PO)_5SO_4Na$, 3 wt.% NaCl with a stirring speed of 5,000 rpm and a stirring time of 5 min.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work has been a very memorable and valuable experience as well as a lot of knowledge for me. It would not have been successful without the assistance of a number of individuals and organizations. I would like to thank all of them for making this work a great success.

First, I would like to take this opportunity to express my deep gratitude to Associate Professor Sumaeth Chavadej, my Thai thesis advisor, for providing many necessary things throughout this work. He has offered a lot of good academic opportunities for me, even his persuading me to join the Ph.D. program after I finished the Master's degree. He has been very supportive of me throughout my college career. I would like to thank him for his constant valuable advice and support. He has educated me a lot about the skills for writing papers in the academic style. Without his enthusiastic and insightful teaching, good quality papers cannot be published. This thesis would not have been succeessful without his professional guidance.

I also would like to express my deepest gratefulness to Professor John F. Scamehorn, my overseas thesis advisor, for his professional guidance, insightful discussions and valuable expertise throughout my work. He has educated me about the thinking skills for being a better researcher, as well as the presentation skills. I feel very fortunate to have had this opportunity to work with him.

I would like to give special thanks also to Associate Professor Thirasak Rirksomboon for his kindness in being the chairperson for the thesis committee. I also would like to thank Assistant Professor Boonyarach Kitiyanan for being an advisory committee member and giving the valuable comments and recommendations.

My thanks also go to Assoc. Prof. Anchaleeporn Waritswat Lothongkum for her valuable time in being my advisory committee member outside the PPC and giving the valuable recommendations.

The expenses of this research work were mainly supported by The Royal Golden Jubilee Ph.D. Program, The Advanced Research Scholar Grant from the

Thailand Research Fund (TRF), The Research Unit of Applied Surfactants for Separation and Pollution Control from Ratchadapisek Somphot Fund of Chulalongkorn University, and National Center of Excellence for Petroleum, Petrochemicals and Advanced Materials, Chulalongkorn University.

The surfactant, branched alcohol propoxylate sulfate sodium salt (ALFOTERRA® 145-5S Surfactants), used in this research work was donated by Sasol North America Inc., Texas, USA.

I would also like to express my deep appreciation to Dr. Ummarawadee Yanatatsaneejit for her kind valuable suggesstions and encouragement as well as making this research to be a fun-filled activity.

I would also like to thank my colleagues, including Ms. Alweeya Lapee-e and Mr. Weerawat Kongkowit, for sharing both good and difficult times together. The working atmosphere in the laboratory has always been pleasant and enjoyable.

I would like to express my sincere gratitude to all faculty and staff of the Petroleum and Petrochemical College and the Institute for Applied Surfactant Research at the University of Oklahoma for their kind assistance to facilitate all of my work, especially Mr. Robert Wright for his valuable suggestion in academic English writing.

Special thanks go to all PPC Ph.D. students, friends, seniors and juniors for their friendly assistance, cheerfulness, creative suggestions, and encouragement. I had the most enjoyable time working with all of them.

Finally, I would like to express my deepest appreciation to my parents, sister, and brother for their endless support, encouragement, and love throughout my Ph.D. study period.

TABLE OF CONTENTS

CHAPTER **PAGE**

CHAPTER PAGE

LIST OF TABLES

LIST OF FIGURES

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**