# SURFACTANT RECOVERY FROM WATER USING FOAM FRACTIONATION

Mr. Krit Kumpabooth

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment 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
1997

ISBN 974-635-956-8

I17684237

| | | |
|---|---|---|
| **Thesis Title** | : | Surfactant Recovery from Water Using Foam Fractionation |
| **By** | : | Mr. Krit Kumpabooth |
| **Program** | : | Petrochemical Technology |
| **Thesis Advisors** | : | Prof. John F. Scamehorn |
| | | Prof. Somchai Osuwan |

---

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

.....Director of the College
( Prof. Somchai Osuwan )

**Thesis Committee**

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

.....
( Prof. Somchai Osuwan )

.....
( Assoc. Prof. Shooshat Barame )

# ABSTRACT

##951004 : PETROCHEMICAL TECHNOLOGY PROGRAM
KEY WORD : SURFACTANT / RECOVERY / FOAM FRACTIONATION
KRIT KUMPABOOTH : SURFACTANT RECOVERY FROM WATER USING FOAM FRACTIONATION THESIS ADVISORS : PROF. JONH F. SCAMEHORN AND PROF. SOMCHAI OSUWAN
46 pp. ISBN 974-635-956-8

The purpose of this study was to investigate the use of foam fractionation to recover surfactant present at low concentrations in aqueous streams. A simple continuous mode foam fractionation was used and three surfactants were chosen for this study : sodium dodecyl sulfate, cetylpyridinium chloride, and sodium n-hexadecyl diphenyloxide disulfonate. In a previous study, the effect of surfactant concentration, air flow rate, liquid and vapor phase heights, and sparger type were investigated for these surfactants. Here, the effect of temperature and added salt were studied. It was found that the foam flowrate and enrichment ratio increase whereas the foam wetness and the rate of surfactant recovery decrease with increasing temperature. Increasing the concentration of added salt decreases the CMC of the surfactants. The foam flowrate, foam wetness and the rate of surfactant recovery increase while the enrichment ratio decreases with increasing concentration of salt.

# บทคัดย่อ

กฤษณ์ คำภาบุตร : การดึงสารลดแรงตึงผิวจากน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่ โดยวิธีการทำให้เกิดโฟม (Surfactant Recovery from Water Using Foan Fractionation) อ. ที่ปรึกษา : ศ. ดร. จอห์น เอฟ สเกมาฮอร์น (Prof. John F. Scamehorn) และ ศ. ดร. สมชาย โอสุวรรณ, 46 หน้า ISBN 974-635-956-8

งานวิจัยฉบับนี้ ต้องการศึกษาการดึงสารลดแรงตึงผิวจากน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ โดยการทำให้เกิดโฟมแล้วแยกออก (Foam Fractionation) สารลดแรงดึงผิวที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้มี 3 ชนิด ได้แก่ โซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต เซตตริลไพริดินัมคลอไรด์ และ โซเดียมเอ็นเฮกสะเดคซิลไดเฟนนิลออกไซด์ไดซัลโฟเนต การทดลองก่อนหน้านี้ศึกษาผลกระทบของ ความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิว อัตราการไหลของอากาศ อัตราการไหลของสารละลายตั้งต้น ความสูงของสารละลายตั้งต้นในคอลัมน์ ความสูงของโฟมในคอลัมน์ และขนาดของฟองอากาศ ส่วนงานวิจัยนี้ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิและผลกระทบของความเข้มข้นของเกลือในสารละลายตั้งต้นที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบ จากการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเกลือในสารละลายตั้งต้น จุด CMC ของสารลดแรงตึงผิวแต่ละชนิดจะลดลง ส่งผลให้ค่า อัตราการผลิตโฟม ปริมาณน้ำในโฟมและอัตราการแยกสารลดแรงตึงผิวเพิ่มขึ้น ในขณะที่ ค่าอัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวในโฟมต่อความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวในสารละลายตั้งต้นลดลง ส่วนผลกระทบของอุณหภูมิพบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของระบบ อัตราการผลิตโฟม และค่าอัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวในโฟมต่อความเข้มข้น ของสารลดแรงตึงผิวในสารละลายตั้งต้นเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณน้ำในโฟมและอัตราการแยกสารลดแรงตึงผิวจะลดลง

# ACKNOWLEDGMENTS

I would like to sincerely thank Professor John F. Scamehorn and Professor Somchai Osuwan for their patient guidance, understanding and constant encouragement throughout the course of this thesis research. I was fortunate to have them as my research advisors. I am privileged and will always be proud to have been their student. I would like to thank Assoc. Professor Shooshat Barame for serving on my thesis committee. I also would like to thank all of my teachers at the Petroleum and Petrochemical College for their generous help.

In addition, I would like to thank the National Research Council of Thailand for financial support for my research. The Institute for Applied Surfactant Research University of Oklahoma, Kao Industrial R&D for the chemicals donated for my research.

Finally, I would like to take this opportunity to thank all of my friends for their friendly help, cheerful, creative suggestions and encouragement. I had a most enjoyable time working with them all. I am also greatly indebted to my parents and my brother for their support, love, and understanding.

## TABLE OF CONTENTS


| CHAPTER | | PAGE |
|---|---|---|
| | Title Page | i |
| | Abstract | iii |
| | Acknowledgments | v |
| | Table of Contents | vi |
| | List of Tables | viii |
| | List of Figures | ix |
| I | **INTRODUCTION** | 1 |
| II | **HISTORICAL BACKGROUND** | 3 |
| | 2.1 Structure and behavior of surfactants | 3 |
| | 2.2 Foam formation | 4 |
| | 2.3 Structure of foam | 4 |
| | 2.4 Foam stability | 6 |
| | 2.5 Foam fractionation | 8 |
| III | **EXPERIMENTAL SECTION** | 13 |
| | 3.1 Materials | 13 |
| | 3.2 Equipment | 13 |
| | 3.3 Experimental method | 15 |

| CHAPTER | | PAGE |
|---|---|---|
| IV | **RESULTS AND DISCUSSION** | 17 |
| | 4.1 Effect of salinity | 17 |
| | 4.2 Effect of temperature | 26 |
| V | **CONCLUSIONS** | 33 |
| | **REFERENCES** | 34 |
| | **APPENDICES** | 37 |
| | A The information of equipment | 37 |
| | B Results of foam fractionation on effect of salt (not control micelle formation) | 38 |
| | C Effect of salt on the initial concentration | 43 |
| | D The structure of surfactant | 45 |
| | **CURRICULUM VITAE** | 46 |

# LIST OF TABLES


| TABLE | | PAGE |
|---|---|---|
| 3.1 | Information on manufacture-supplied surfactant properties | 15 |
| 4.1 | Experimental results : effect of added salt on foam fractionation | 20 |
| 4.2 | Experimental results : effect of temperature on foam fractionation | 28 |
| A-1 | The information of equipment | 37 |

# LIST OF FIGURES


| FIGURE | | PAGE |
|---|---|---|
| 2.1 | Formation of foam | 5 |
| 2.2 | The structure of foam | 5 |
| 2.3 | The Marangoni effect and Gibbs film elasticity | 7 |
| 2.4 | Gas bubble | 8 |
| 2.5 | Principle of foam fractionation | 11 |
| 2.6 | Types of foam fractionation | 12 |
| 3.1 | Schematic diagram of foam fractionation system | 14 |
| 4.1 | Effect of NaCl concentration on CMC of surfactants | 21 |
| 4.2 | Effect of NaCl concentration on volumetric foam production rate | 22 |
| 4.3 | Effect of NaCl concentration on foam wetness | 23 |
| 4.4 | Effect of NaCl concentration on enrichment ratio | 24 |
| 4.5 | Effect of NaCl concentration on rate of surfactant recovery | 25 |
| 4.6 | Effect of temperature on volumetric foam production rate | 29 |
| 4.7 | Effect of temperature on foam wetness | 30 |
| 4.8 | Effect of temperature on enrichment ratio | 31 |
| 4.9 | Effect of temperature on rate of surfactant recovery | 32 |
| B-1 | Effect of NaCl concentration on volumetric foam production rate | 39 |
| B-2 | Effect of NaCl concentration on foam wetness | 40 |
| B-3 | Effect of NaCl concentration on enrichment ratio | 41 |
| B-4 | Effect of NaCl concentration on rate of surfactant recovery | 42 |
| C-1 | Effect of salt on the initial concentration of surfactants | 44 |