VERTICAL TWO-PHASE FLOW UNDER THE INFLUENCE OF DIAMETER SIZES AND BENZALKONIUM CHLORIDE SURFACTANTS

Supachai Chootongchai

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,
Case Western Reserve University and Institut Français du Pétrole
2007

Thesis Title:	Vertical Two-Phase Flow under the Influence of Diameter Sizes and Benzalkonium Chloride Surfactants
By:	Mr. Supachai Chootongchai
Program:	Petroleum Technology
Thesis Advisors:	Assoc. Prof. Anuvat Sirivat
	Prof. James. O. Wilkes

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

Nantaya Yanumet ....College Director

(Assoc. Prof. Nantaya Yanumet)

Thesis Committee:

Anuvat Sirivat ....

(Assoc. Prof. Anuvat Sirivat)

James O. Wilkes ....

(Prof. James O. Wilkes)

Kitipat Siemanond ....

(Asst. Prof. Kitipat Siemanond)

Pramoch R ....

(Assoc. Prof. Pramoch Rangsunvigit)

ABSTRACT

4873015063: Petroleum Technology Program
Supachai Chootongchai: Vertical Two-Phase Flow under the Influence of Diameter Sizes and Benzalkonium Chloride Surfactants.
Thesis Advisors: Assoc. Prof. Anuvat Sirivat and Prof. James O.Wilkes 533 pp.
Keywords: Vertical two-phase flow regimes/ Diameter sizes/ Tail length of surfactants/ Surface tension/ Pressure gradient/ Bubble size/ Bubble or slug velocity/ Reynolds number

The effects of pipe diameter size and surfactant additive on the two-phase gas/liquid flows regimes, pressure gradients, bubble sizes and velocities were investigated. Experiment were carried out using three vertical transparent tubes with inner diameters of 10.75, 19, and 53.15 mm and the length of 3 m. Water, octylbenzyldimethylammonium chloride solutions (C_8H_{17}-$C_9H_{13}NCl$) and hexadecylbenzyldimethylammonium chloride solution ($C_{16}H_{33}$-$C_9H_{13}NCl$) were used as the working fluids. The boundaries of the flow regimes for a given Re_{water} increase nonlinearly with increasing tube diameter. Adding the surfactant lowers the critical air Reynolds numbers for the bubble-slug flow and the slug flow regimes. The friction factors or the dimensionless pressure gradients are distinctively different depending on diameter and type of liquids used (water, (C_8H_{17}-$C_9H_{13}NCl$) and ($C_{16}H_{33}$-$C_9H_{13}NCl$)). The normalized bubble or slug dimension for pipe diameter of 10.75 mm is always greater than those of the pipe diameter of 19 mm and 53.15 mm at any Re_{air} and Re_{water}. The normalized bubble or slug dimension for pure water is greater than those of (C_8H_{17}-$C_9H_{13}NCl$) solution and ($C_{16}H_{33}$-$C_9H_{13}NCl$) solution. The normalized bubble and slug velocities of pipe diameter 10.75 are always greater than those of pipe diameters of 19 mm and 53.15 mm. The normalized bubble and slug velocity for pure water is lower than those of (C_8H_{17}-$C_9H_{13}NCl$) solution and ($C_{16}H_{33}$-$C_9H_{13}NCl$) solution due to surface tension effect.

บทคัดย่อ

ศุภชัย ชูธงชัย : ขอบเขตของการไหลในแนวดิ่งแบบสองเฟส ภายใต้อิทธิพลของความแตกต่างของขนาดท่อ และสารลดแรงตึงผิว benzalkonium chloride (Vertical Two-Phase Flow under the Influence of Diameter Sizes and Benzalkonium Chloride Surfactants) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร. อนุวัฒน์ ศิริวัฒน์ และ ศ. เจมส์ โอวิลค์ 533 หน้า

อิทธิพลของขนาดท่อและสารลดแรงตึงผิวที่เติมลงไปในระบบการไหลแบบสองเฟสในท่อแนวดิ่ง ได้ถูกนำมาศึกษาหาความแตกต่างของ ความดัน ขนาดของฟองอากาศ และความเร็วของฟองอากาศ อุปกรณ์ในการทดลองประกอบด้วยท่อใส 3 ขนาด (ขนาด 10.75 มิลลิเมตร, ขนาด 19 มิลลิเมตร และ ขนาด 53.15 มิลลิเมตร) ความยาวของท่อทั้งสาม คือ 3 เมตร น้ำ, สารละลาย octylbenzyldimethylammonium chloride และ สารละลาย hexadecylbenzyl-dimethyl ammonium chloride ถูกใช้เป็นของไหลในการศึกษา ขอบเขตการไหลของน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มขนาดของท่อ และเมื่อใส่สารลดแรงตึงผิว ขอบเขตการไหลจะลดลงในช่วง การไหลแบบฟองอากาศและแบบกระสุน เมื่อความดันถูก normalized แล้วก็จะสามารถนำมาเปรียบเทียบอิทธิพลของขนาดท่อและสารลดแรงตึงผิวได้ โดยจะพบว่าความดันที่แตกต่างกันนั้นเป็นเพราะ ขนาดของฟองอากาศ, Eotvos number และ property parameter,Y เมื่อทำการ normalized ขนาดของฟองอากาศแล้วจะพบว่า ขนาดของฟองอากาศของน้ำจะใหญ่กว่าของสารลดแรงตึงผิว (C_8H_{17}-$C_9H_{13}NCl$) และ ($C_{16}H_{33}$-$C_9H_{13}NCl$) เพราะว่าสารลดแรงตึงผิวสามารถชะลอการรวมตัวของฟองอากาศได้ เมื่อ normalized ความเร็วของฟองอากาศจะพบว่าความเร็วของฟองอากาศในท่อขนาด 10.75 มิลลิเมตรจะเร็วว่าท่อ 19 มิลลิเมตร และท่อ 53.15 มิลลิเมตรเสมอ และพบอีกว่า ความเร็วฟองอากาศของน้ำจะช้ากว่าความเร็วฟองอากาศของ สารลดแรงตึงผิว (C_8H_{17}-$C_9H_{13}NCl$) และ ($C_{16}H_{33}$-$C_9H_{13}NCl$)

ACKNOWLEDGEMENTS

This thesis work is funded by the Petroleum and Petrochemical College; and the National Excellence Center for Petroleum, Petrochemicals, and Advanced Materials, Thailand.

First of all, I am very grateful to Assoc. Prof. Anuvat Sirivat and Prof. James O. Wilkes for entrusting with this challenging topic, supporting my work over the year, and especially giving me the uncountable things beyond their duty as well as providing the financial.

I would like to give my thankfulness to Assoc. Prof. Pramoch Rangsunvigit and Asst. Prof. Kitipat Siemanond who are my thesis committee for their well-intentioned suggestions and comments is greatly acknowledged. And also, unforgettable thanks are forwarded to Mr. Tanabordee Duangprasert and Ph.D students of the Petroleum and Petrochemical College, who gave me a lot of helpful advice and technical knowledge.

I wish to extend my thanks to K.Panarut Ratanapruksakul (Assistant Manager Sale & Marketing 2 Chemicals Business Kao Industrial (Thailand) Co.,Ltd) who supported surfactants for this research.

And above all, my greatest debt of gratitude lines with all the members in my family who have filled my life with daily love and endless encouragement, making the frustration from my extended research effort easier to handle. And vice versa, it is surely my family who are most grateful that this research work is finally completed.

TABLE OF CONTENTS

LIST OF TABLES

LIST OF FIGURES

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**