อุทกพลศาสตร์และการถ่ายเทมวลสารระหว่างวัฏภาคก๊าซและของเหลวในถังสัมผัสอากาศยกแบบไหลวนภายในที่ใช้น้ำทะเล

นางสาวอภิรดี ลิมปานุภาพ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546
ISBN 974-17-5151-6

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

HYDRODYNAMICS AND GAS-LIQUID MASS TRANSFER IN INTERNAL LOOP AIRLIFT CONTACTOR WITH SEA WATER

Miss Apiradee Limpanuphap

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Chemical Engineering
Department of Chemical Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2003
ISBN 974-17-5151-6

Thesis Title	HYDRODYNAMICS AND GAS-LIQUID MASS TRANSFER IN INTERNAL LOOP AIRLIFT CONTACTOR WITH SEA WATER
By	Miss Apiradee Limpanuphap
Field of Study	Chemical Engineering
Thesis Advisor	Assistant Professor Prasert Pavasant, Ph.D.

Accepted by the Faculty of Engineering, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree

....Dean of Faculty of Engineering

(Professor Direk Lavansiri, Ph.D.)

THESIS COMMITTEE

.... Chairman

(Assistant Professor Seeroong Prechanont, Ph.D.)

.... Thesis Advisor

(Assistant Professor Prasert Pavasant, Ph.D.)

.... Member

(Sorada Kanokpanont, Ph.D.)

.... Member

(Nattaporn Tonanon, M.S.)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อภิรดี ลิมปานุภาพ : อุทกพลศาสตร์และการถ่ายเทมวลสารระหว่างวัฏภาคก๊าซและของเหลวในถังสัมผัสอากาศยกแบบไหลวนภายในที่ใช้น้ำทะเล (HYDRODYNAMICS AND GAS-LIQUID MASS TRANSFER IN INTERNAL LOOP AIRLIFT CONTACTOR WITH SEA WATER) อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประเสริฐ ภวสันต์, 98 หน้า. ISBN 974-17-5151-6.

น้ำทะเลมีผลต่อประสิทธิภาพของถังสัมผัสอากาศยก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเชิงของอุทกพลศาสตร์ การเพิ่มความเค็มของน้ำทะเลทำให้ฟองไม่สามารถรวมตัวกันได้ และเนื่องด้วยขนาดฟองที่เล็กลงจนสามารถสังเกตได้จากน้ำทะเลในถังสัมผัสอากาศยก ส่งผลให้เกิดพฤติกรรมเชิงอุทกพลศาสตร์ที่แตกต่างกันหลากหลายรูปแบบ อย่างแรกคือ สัดส่วนก๊าซโดยรวมที่เพิ่มขึ้นจากขนาดฟองที่เล็กลง ซึ่งฟองขนาดเล็กเคลื่อนที่ได้ช้าทำให้ใช้เวลาอยู่ในถังสัมผัสนานขึ้น และเนื่องจากฟองอากาศมีความเร็วต่ำ การถ่ายเทโมเมนตัมและพลังงานไปสู่ของเหลวจะไม่มากเท่ากับในถังสัมผัสอากาศยกที่เป็นอากาศและน้ำ นอกจากนั้นความแตกต่างระหว่างสัดส่วนก๊าซในพื้นที่ที่ให้อากาศกับพื้นที่ที่ไม่ให้อากาศในระบบอากาศ-น้ำทะเลกับระบบอากาศ-น้ำมีค่าไม่มากนัก ทำให้มีแรงขับเคลื่อนต่ำสำหรับโมเมนตัมในของเหลว ดังนั้นความเร็วของเหลวในระบบน้ำทะเลจึงไม่มากไปกว่าในระบบถังสัมผัสอากาศยกแบบอากาศ-น้ำ อย่างไรก็ตาม การทดลองแสดงให้เห็นว่าความเร็วของเหลวในระบบน้ำทะเล-อากาศ และระบบน้ำ-อากาศมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย เชื่อว่าเกิดจากผลของการไหลวนของของเหลวซึ่งไม่สามารถระบุได้อย่างชัดเจน ในเทอมของการถ่ายเทมวลระหว่างก๊าซและของเหลวจึงไม่สามารถสรุปได้อย่างแน่ชัดในงานวิจัยนี้ ข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลรวมแสดงลักษณะให้เห็นความไม่แน่นอน ซึ่งทำให้ไม่สามารถประเมินค่าได้โดยใช้ข้อมูลการทดลองที่มีอยู่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา	วิศวกรรมเคมี	ลายมือชื่อนิสิต	อภิรดี ลิมปานุภาพ
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	[signature]
ปีการศึกษา	2546		

4470642921 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING
KEY WORD: AIRLIFT CONTACTOR / HYDRODYNAMICS / MASS TRANSFER / SEA WATER

APIRADEE LIMPANUPHAP: HYDRODYNAMICS AND GAS-LIQUID MASS TRANSFER IN INTERNAL LOOP AIRLIFT CONTACTOR WITH SEA WATER. THESIS ADVISOR: ASSISTANT PROFESSOR PRASERT PAVASANT, Ph.D. 98 PP. ISBN 974-17-5151-6.

Sea water was shown to alter the performance of airlift contactors (ALCs) particularly in hydrodynamic point of view. The increase in salinity level prevented bubble coalescence and smaller bubble size was observed in the ALC with sea water. This smaller bubble size led to several differences in the hydrodynamic behavior of the ALC. Firstly, higher gas holdup was obtained as small bubbles moved at slower speed allowing bubbles to spend more time in the contactor. This led to a higher gas holdup. Next, as bubble velocity was low, the momentum/energy transfer to the liquid was not as high as that in the air-water ALC. In addition, the difference between riser and downcomer gas holdup was not as much in the air-sea water as that in the air-water system. This meant that there was less driving force for liquid momentum and, hence, liquid velocity in the ALC with sea water was supposed not to be as high as that obtained from the air-water ALC system. However, experiment revealed that the difference in liquid velocity in the air-sea water and air-water system was small. This was, at this point, believed to be due to the presence of local internal liquid circulation which still could not be thoroughly characterized. In terms of mass transfer between gas and liquid, no strong conclusion could be made from this work. The data on the overall volumetric mass transfer coefficient showed very high scattering characteristics, which did not allow systematic evaluation with only the present set of experimental evidence.

Department Chemical Engineering Student's signature........Apiradee Limpanuphap
Field of study Chemical Engineering Advisor's signature........Prasert Pavasant
Academic year 2003

ACKNOWLEDGEMENTS

This thesis had not been completed without the help and supporting from many persons. Firstly, I would like to express my sincere gratitude to Assistant Professor Dr. Prasert Pavasant, my advisor, for his valuable suggestions, guidance, warm encouragement and generous supervision throughout my master program. In addition, I am also appreciated to Assistant Professor Dr. Seeroog Prechanont, chairman of the committee, Dr. Sorada Kanokpanont, and Nattaporn Tonanon, member of thesis committee, for many valuable comments and suggestions.

Moreover, I would like to special thank P'Puud who always instructs me during my master program, N'Pai who always helps me to build and fix my thesis hardware. Many thanks for P'Puud, P'Gib, P'Ku, Luck, N'Milk for having dinner and sharing the time at night. I would like to thanks P'Son, P' Bee, P' Kob for good supporting all time. Sincere thanks to all members in the biochemical and safety and environmental engineering laboratories for their warm and friendly support.

Most of all, I would like to express my utmost gratefulness to my parents and everyone in my family for their inspiration and invaluable supports at all times.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTENTS

PAGE

ABSTRACT (IN THAI)......iv

ABSTRACT (IN ENGLISH)......v

ACKNOWLEDGEMENTS......vi

TABLE OF CONTENTS......vii

LIST OF TABLES......ix

LIST OF FIGURES......x

CHAPTER 1 Introduction

1.1 Rationale......1

1.2 Objectives......2

1.3 Expected benefits......2

1.4 Working scopes......3

CHAPTER 2 Backgrounds and Literature Reviews

2.1 Background: Airlift contactor......7

2.2 Background: Hydrodynamics......7

2.3 Background: Oxygen transfer......9

2.4 The effect of liquid properties in airlift reactor......10

CHAPTER 3 Materials and Methods

3.1 Experimental setup......21

3.2 Experiment......21

3.3.1 Experimental Methods 21

3.3.2 Calculation......23

CHAPTER 4 Results and Discussion

4.1 Flow regimes in airlift contactors......29

4.2 Hydrodynamics in airlift contactors......31

4.2.1Gas holdup......31

4.2.1.1 Effect of salinity on gas holdup......31

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTENTS (Cont.)

4.2.1.2 Effect of gas velocity on gas holdup....................33

4.2.1.3 Effect of ratio of downcomer area to riser area on gas holdup....................33

4.2.2 Liquid velocity....................34

4.2.2.1 Effect of salinity on liquid velocity....................34

4.2.2.2 Effect of gas velocity on liquid velocity....................34

4.2.2.3 Effect of ratio of downcomer area to riser area on liquid velocity....................35

4.3 Overall gas-liquid mass transfer in airlift contactor....................36

4.3.1 Effect of salinity on overall volumetric gas-liquid mass transfer coefficient....................37

4.3.2 Effect of gas velocity on overall volumetric gas-liquid mass transfer coefficient....................40

4.3.3 Effect of ratio of downcomer area to riser area on overall volumetric gas-liquid mass transfer coefficient....................41

CHAPTER 5 Conclusions and recommendations

5.1 Performances of ALC with sea water as liquid phase....................69

5.2 Performances of ALC with Various A_d/A_r....................69

5.3 Performances of ALC with Various gas velocities....................70

5.4 Contributions....................70

5.5 Recommendations....................71

REFERENCES....................72

APPENDICES....................75

BIOGRAPHY....................98

LIST OF TABLES

TABLE PAGE

1.1 Comparison of gas-liquid contacting devices…………………………………4
2.2 Review on the investigation of liquid properties on the performance of ALCs……………………………………………………………12
3.1 Dimension of draft tube employed in this work…………………………………28

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF FIGURES

FIGURE PAGE

1.1 Schematic of reactors......6
2.1 Schematic of airlift contactor......19
2.2 Two configurations of ALCs......20
3.1 Experimental setup of the internal loop airlift contactor......27
4.1.1 Flow regime I: No gas entrainment......42
4.1.2 Flow regime II: Gas entrainment......43
4.2.1 Comparison of bubble size with various liquids......44
4.2.2 Effect of salinity on gas holdups in ALC with A_d/A_r 16.55......45
4.2.3 Effect of salinity on gas holdups in ALC with A_d/A_r 2.61......46
4.2.4 Effect of salinity on gas holdups in ALC with A_d/A_r 1.79......47
4.2.5 Effect of salinity on gas holdups in ALC with A_d/A_r 1.21......48
4.2.6 Effect of A_d/A_r on gas holdups in ALC with water......49
4.2.7 Effect of A_d/A_r on gas holdups in ALC with sw15......50
4.2.8 Effect of A_d/A_r on gas holdups in ALC with sw30......51
4.2.9 Effect of A_d/A_r on gas holdups in ALC with sw45......52
4.2.10 Effect of salinity on liquids velocity in ALC with A_d/A_r of 16.55......53
4.2.11 Effect of salinity on liquids velocity in ALC with A_d/A_r of 2.61......54
4.2.12 Effect of salinity on liquids velocity in ALC with A_d/A_r of 1.79......55
4.2.13 Effect of salinity on liquids velocity in ALC with A_d/A_r of 1.21......56
4.2.14 Effect of A_d/A_r on water velocity in ALC......57
4.2.15 Effect of A_d/A_r on sw15 velocity in ALC......58
4.2.16 Effect of A_d/A_r on sw30 velocity in ALC......59
4.2.17 Effect of A_d/A_r on sw45 velocity in ALC......60
4.3.1 Effect of salinity on k_La in ALC with A_d/A_r of 16.55......61
4.3.2 Effect of salinity on k_La in ALC with A_d/A_r of 2.61......62
4.3.3 Effect of salinity on k_La in ALC with A_d/A_r of 1.79......63
4.3.4 Effect of salinity on k_La in ALC with A_d/A_r of 1.21......64
4.3.5 The effect of A_d/A_r on k_La in ALC with water......65
4.3.6 The effect of A_d/A_r on k_La in ALC with sw15......66

LIST OF FIGURES (Cont.)

4.3.7 The effect of A_d/A_r on k_La in ALC with sw30……..…………..………………67
4.3.8 The effect of A_d/A_r on k_La in ALC with sw45……..…………..………………68

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย