

ผลของแผ่นรูปพรุนต่อการถ่ายเทมวลและพฤติกรรมด้านอุทกพลศาสตร์ของถังสัมพัทธ์  
แบบอากาศยกประเภทการไหลวนแบบภายใน



นาย สนธยา กริชนวรัักษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี      ภาควิชา วิศวกรรมเคมี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-347-260-6

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF PERFORATED PLATES ON MASS TRANSFER AND  
HYDRODYNAMIC BEHAVIOR IN THE INTERNAL LOOP  
AIRLIFT CONTACTOR

Mr. Sontaya Krichnavaruk

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

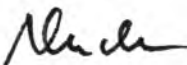
Academic Year 2000

ISBN 974-347-260-6

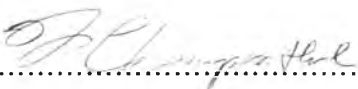
Thesis Title                    Effects of Perforated Plates on Mass Transfer and Hydrodynamic  
   Behavior in the Internal Loop Airlift Contactor  
By                                    Sontaya Krichnavaruk  
Field of Study                    Chemical Engineering  
Thesis Advisor                 Assistant Professor Prasert Pavasant, Ph.D.


---

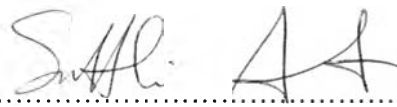
Accepted by the Faculty of Engineering, Chulalongkorn University in Partial  
Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree

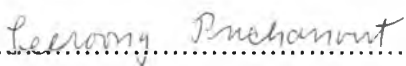
  
.....Dean of Faculty of Engineering  
(Professor Somsak Panyakeow, Dr.Eng.)

THESIS COMMITTEE

  
.....Chairman  
(Associate Professor Tawatchai Charinpanitkul, Ph.D.)

  
.....Thesis Advisor  
(Assistant Professor Prasert Pavasant, Ph.D.)

  
.....Member  
(Assistant Professor Suttichai Assabumrungrat, Ph.D.)

  
.....Member  
(Assistant Professor Seeroong Prichanont, Ph.D.)

สนชยา กริชนวรัถย์: ผลของแผ่นรูพรุนต่อการถ่ายเทมวลและพฤติกรรมด้านอุทกพลศาสตร์ของถังสัมผัสแบบอากาศยกประเภทการไหลวนแบบภายใน (EFFECTS OF PERFORATED PLATES ON MASS TRANSFER AND HYDRODYNAMIC BEHAVIOR IN THE INTERNAL LOOP AIRLIFT CONTACTOR) อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประเสริฐ ภูวสันต์, 81 หน้า ISBN 974-347-260-6

งานวิจัยนี้ศึกษาถึงผลกระทบของแผ่นกั้นรูพรุนที่มีต่อสมรรถนะการทำงานของถังสัมผัสแบบอากาศยกทั้งทางด้านการถ่ายเทมวลสารระหว่างอากาศและน้ำและสมบัติด้านอุทกพลศาสตร์ภายในระบบ โดยเปรียบเทียบผลการดำเนินงานกับถังสัมผัสแบบธรรมดา (Bubble Column) และถังสัมผัสแบบอากาศยก (Airlift Contactor) แบบไม่มีแผ่นกั้นรูพรุน ซึ่งผลการศึกษาพบว่าปริมาณของก๊าซโดยรวมในระบบของถังสัมผัสทั้ง 3 ลักษณะจะมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ปริมาณของก๊าซในท่อทรงกระบอกภายใน (Draft tube) ของถังสัมผัสแบบอากาศยกที่มีแผ่นกั้นรูพรุนจะมีค่ามากกว่าในถังสัมผัสประเภทอื่นอันเป็นผลมาจากแรงดันย้อนกลับหรือความต้านทานการไหลของของไหลภายในระบบทำให้ความเร็วของของเหลวภายในระบบลดลงและทำให้ฟองอากาศสามารถอยู่ในระบบได้นานขึ้น นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังได้ศึกษาถึงอิทธิพลของลักษณะของแผ่นรูพรุนที่มีต่อการทำงานของถังสัมผัสแบบมีแผ่นรูพรุนโดยตัวแปรที่สนใจได้แก่ จำนวนและขนาดของรูบนแผ่นกั้นรูพรุน และจำนวนของแผ่นกั้นรูพรุนที่ใช้ในระบบ ซึ่งพบว่าการลดขนาดและจำนวนของรูพรุนส่งผลให้ความต้านทานการไหลของของไหลสูงขึ้น นั่นคือความเร็วของของไหลในระบบจะมีค่าลดลงในขณะที่ปริมาณของก๊าซในระบบจะสูงขึ้น ผลในลักษณะเดียวกันนี้พบในระบบที่มีการเพิ่มจำนวนของแผ่นกั้นรูพรุน และจากการศึกษายังพบอีกว่าอัตราการถ่ายเทมวลระหว่างอากาศและของเหลวจะขึ้นอยู่กับปริมาณก๊าซภายในท่อทรงกระบอกภายใน (Draft tube) ดังนั้นการลดขนาดของรูพรุน การเพิ่มจำนวนแผ่นรูพรุน หรือการใส่แผ่นกั้นที่มีลักษณะของการกระจายตัวของรูพรุนน้อยภายในถังสัมผัสแบบอากาศยกจะทำให้มีประสิทธิภาพในการเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลระหว่างเฟสอันเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างฟองอากาศและของเหลวซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มอัตราการถ่ายเทมวลระหว่างอากาศและของเหลวภายในระบบ

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี  
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี  
ปีการศึกษา 2543

ลายมือชื่อนิติศ.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

# # 4270573021 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: AIRLIFT CONTACTOR / HYDRODYNAMIC / MASS TRANSFER / PERFORATED PLATE / BUBBLE COLUMN

SONTAYA KRICHNAVARUK: EFFECTS OF PERFORATED PLATES ON MASS TRANSFER AND HYDRODYNAMIC BEHAVIOR IN THE INTERNAL LOOP AIRLIFT CONTACTOR. THESIS ADVISOR: ASSISTANT PROFESSOR PRASERT PAVASANT, Ph.D. 81 PP. ISBN 974-347-260-6

The performance of an airlift contactor with perforated plates inserted in the riser (ALC-P) was compared to those of a bubble column (BC) and a conventional airlift contactor (ALC). Although the overall gas holdup in all three types of contactors did not differ significantly from each other, the riser gas holdup in the ALC-P was found to be much higher than that in the ALC and in the bubble column. It was concluded that the perforated plate induced flow resistance in the system which resulted in a lower liquid velocity and a higher gas holdup. The investigation was also conducted to examine the effect of the design of a perforated plate on the performance of the ALC-P. The design variables of interest included the size and number of holes in the perforated plate and also the number of plates inserted into the system. Reducing the size and number of holes in the perforated plate resulted in a higher flow resistance. This decreased the liquid velocity in the system while increased the gas holdup. Increasing the number of perforated plates was found to give similar results on both liquid velocity and gas holdup. The rate of gas-liquid mass transfer in the ALC-P depended principally on the riser gas holdup. Hence, it can be enhanced by inserting perforated plates with small hole size and sparse hole population into the ALC. In addition, inserting more perforated plate into the ALC was also found to be beneficial for the rate of gas-liquid mass transfer. The investigation revealed that the increase in the specific interfacial area between gas and liquid was the main factor responsible for this increase in the rate of mass transfer in the ALC-P.

Department      Chemical Engineering  
Field of study    Chemical Engineering  
Academic year    2000

Student's signature  
Advisor's signature


## ACKNOWLEDGEMENT

I would like to express my sincere gratitude to Assistant Professor Prasert Pavasant (Ph.D.), my advisor, for his valuable suggestions, guidance, warm encouragement and generous supervision throughout my master program. I am grateful to Associate Professor Tawatchai Charinpanitkul (Ph.D.), chairman of thesis committee, Assistant Professor Suttichai Assabumrungrat (Ph.D.) and Assistant Professor Seeroong Prichanont (Ph.D.) members of the committees for many valuable suggestions.

My work could not have been carried out without the help of my best friend, Mr. Vichian Suksoir. I would like to express my deep appreciation to him. Of course, I wish to express my thankfulness to my lovely friends, Mr. Sarit Chotchakornpant, Mr. Kunawut Boonyanopakun, Mr. Chaiyanun Tangtong, Miss Ratchat Chantawongvuti, Miss Thanathorn Worapongsathorn and Miss Pornthip Wongsuchoto, for their encouragement during my study. Moreover, special thanks should be made for Particle Technology and Material Processing Research Laboratory for the digital video camera and also all members in the Biochemical Engineering Research Laboratory for the many nice times.

Most of all, I would like to express my sincere indebtedness to my parents and everyone in my family for their inspiration and worthy supports at all times.

# CONTENTS

	PAGE
<b>ABSTRACT (IN THAI)</b> .....	iv
<b>ABSTRACT (IN ENGLISH)</b> .....	v
<b>ACKNOWLEDGEMENT</b> .....	vi
<b>LIST OF FIGURES</b> .....	x
<b>CHAPTER 1 Introduction</b>	
1.1 General Ideas.....	1
1.2 Objectives.....	2
1.3 Working Scopes.....	3
<i>1.3.1 Equipment Limitations</i> .....	3
<i>1.3.2 Design Configurations</i> .....	3
<i>1.3.3 Assumptions</i> .....	3
<b>CHAPTER 2 Backgrounds and Literature Review</b>	
2.1 Backgrounds: Airlift Contactors.....	4
<i>2.1.1 Classification of airlift contactors</i> .....	4
<i>2.1.2 Transport Mechanism in ALCs</i> .....	4
2.2 Backgrounds: Hydrodynamic Behavior of ALCs.....	5
2.3 Backgrounds: Gas-Liquid Mass Transfer in ALCs.....	8
2.4 Remarks.....	11
<b>CHAPTER 3 Experiment</b>	
3.1 Experimental Apparatus.....	14
3.2 Experimental Methods.....	15
<i>3.2.1 Experimental Preparation</i> .....	15
<i>3.2.2 Measurement of overall gas holdup</i> .....	15

3.2.3 Measurement of gas holdups in downcomer and gas separator.....	15
3.2.4 Calculation of riser gas holdup.....	16
3.2.5 Measurement of liquid velocity.....	16
3.2.6 Measurement of volumetric mass transfer coefficient.....	16
3.2.7 Experimental repetition.....	17
3.3 Calculations.....	17
3.3.1 Calculation of overall gas holdup.....	17
3.3.2 Calculation of gas holdup in the gas separator.....	18
3.3.3 Calculation of downcomer gas holdup.....	20
3.3.4 Calculation of riser gas holdup.....	21
3.3.5 Calculation of liquid velocity.....	21
3.3.6 Calculation of volumetric mass transfer coefficient.....	22
3.3.7 Calculation of Sauter mean diameter.....	22

## **CHAPTER 4 Results and Discussion**

4.1 Performances of Gas-Liquid Contactors.....	29
4.2 Effects of Number of Holes in The Perforated Plate on Hydrodynamics in ALCs.....	31
4.2.1 Gas holdup.....	31
4.2.2 Liquid velocity.....	32
4.3 Effects of Hole Diameter in The Perforated Plate on Hydrodynamics in ALCs.....	34
4.3.1 Gas holdup.....	34
4.3.2 Liquid velocity.....	34
4.4 Effects of Number of Perforated Plates on Hydrodynamics in ALCs...35	
4.4.1 Gas holdup.....	35
4.4.2 Liquid velocity.....	36
4.5 Effects of Perforated Plates on Gas-Liquid Mass Transfer in ALCs...37	
4.5.1 Comparison of performances of gas-liquid mass transfer on different designs of gas-liquid contactors.....	37
4.5.2 Effects of number of holes in the perforated plate on gas-liquid mass transfer in ALC-P.....	40



4.5.3 <i>Effects of hole diameter in the perforated plate</i> <i>on gas-liquid mass transfer in ALC-P</i> .....	42
4.5.4 <i>Effects of number of perforated plates</i> <i>on gas-liquid mass transfer in the ALC-P</i> .....	42
<b>CHAPTER 5 Conclusions and Recommendations</b>	
5.1 Performances of Gas-Liquid Contactors.....	73
5.2 Performances of ALC-Ps with Various Plate Configurations.....	74
5.3 Experimental Limitations and Recommendations.....	75
<b>REFERENCES</b> .....	77
<b>BIOGRAPHY</b> .....	81

# LIST OF FIGURES

FIGURE	PAGE
2.1 Airlift contactors.....	12
2.2 Basic structures of airlift contactor.....	13
3.1 Experimental setup.....	24
3.2 Dimensions of airlift contactor.....	25
3.3 Gas- liquid contactors employed in this work.....	26
3.4 Perforated plates geometry.....	27
3.5 Experimental setup for the digital record of bubble diameter.....	28
3.6 Gas bubble dimensions for the calculation of Sauter mean diameter.....	28
4.1.1 The comparison between overall gas holdup in conventional ALC, ALC-P and bubble column.....	44
4.1.2 The comparison between riser gas holdup in conventional ALC and ALC-P .....	45
4.1.3 The comparison between downcomer gas holdup in conventional ALC and ALC-P.....	46
4.1.4 The comparison between riser liquid velocity in conventional ALC and ALC-P.....	47
4.1.5 The comparison between downcomer liquid velocity in conventional ALC and ALC-P.....	48
4.1.6 Liquid velocity trajectory in the ALC-P.....	49
4.2.1 Effect of number of holes in the perforated plate on overall gas holdup in the ALC-P.....	50
4.2.2 Effect of number of holes in the perforated plate on riser gas holdup in the ALC-P.....	51

4.2.3 Effect of number of holes in the perforated plate on riser liquid velocity in the ALC-P.....	52
4.2.4 Effect of number of holes in the perforated plate on downcomer liquid velocity in the ALC-P.....	53
4.2.5 Effect of number of holes in the perforated plate for the gas bubbles formation in the ALC-P.....	54
4.3.1 Effect of hole diameter on overall gas holdup in the ALC-P.....	55
4.3.2 Effect of hole diameter on riser gas holdup in the ALC-P.....	56
4.3.3 Effect of hole diameter on riser liquid velocity in the ALC-P.....	57
4.3.4 Effect of hole diameter on downcomer liquid velocity in the ALC-P.....	58
4.3.5 Effect of hole diameter on the perforated plate for gas bubbles formation in the ALC-P.....	59
4.4.1 Effect of number of perforated plates on overall gas holdup in the ALC-P.....	60
4.4.2 Effect of number of perforated plates on riser gas holdup in the ALC-P.....	61
4.4.3 Effect of number of perforated plates on riser liquid velocity in the ALC-P...	62
4.4.4 Effect of number of perforated plates on downcomer liquid velocity in the ALC-P.....	63
4.5.1 The comparison between mass transfer coefficient in conventional ALC, ALC-P and bubble column.....	64
4.5.2 Bubbles flow phenomenon in riser of ALC-P.....	65
4.5.3 Bubbles formation in the ALC-P.....	66
4.5.4 Effect of number of holes (4 mm. in hole diameter) in the perforated plate on mass transfer coefficient in the ALC-P (1 perforated plate) .....	67
4.5.5 Effect of hole diameter on mass transfer coefficient in the ALC-P with two 13-hole perforated plate.....	68
4.5.6 Effect of number of perforated plates on mass transfer coefficient in the ALC-P (13 holes with 3 mm holes diameter) .....	69