การถ่ายเทของมวลสารที่เกิดปฏิกริยาทางเคมีขึ้นในฟลูอิดไดสเบด

นายชุบ เทศเจริญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
แผนกวิชาเคมีเทคนิค
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2519

000694

I15531174

MASS TRANSFER WITH CHEMICAL REACTION IN FLUIDIZED BED

Mr. Chub Tescharoen

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Chemical Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1976

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science.

.....Visid Prachuabmoh.....
(Professor Dr. Visid Prachuabmoh)
Dean

Thesis Committee .....K. Santiyanont..... Chairman
(Assistant Professor Dr. Kiartchai Santiyanont)

.....S. Damronglerd..... Advisor
(Assistant Professor Dr. Somsakdi Damronglerd)

.....S. Osuwan..... Member
(Assistant Professor Dr. Somchai Osuwan)

.....Raks Unahabhokha..... Member
(Dr. Raks Unahabhokha)

.....Vicha Vanadurongwan..... Member
(Dr. Vicha Vanadurongwan)

Thesis Advisor: Assistant Professor Dr. Somsakdi Damronglerd

Copyright 1976

by

The Graduate School

Chulalongkorn University

Thesis Title: Mass Transfer with Chemical Reaction in Fluidized Bed

By : Mr. Chub Tescharoen

Department : Chemical Technology

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การถ่ายเทของมวลสารที่เกิดปฏิกริยาทางเคมีขึ้นในฟลูอิดไดสเบด
ชื่อ นายชุบ เทศเจริญ แผนกวิชาเคมีเทคนิค
ปีการศึกษา ๒๕๑๙

บทคัดย่อ

การศึกษาการถ่ายเทของมวลสารที่เกิดปฏิกริยาทางเคมีขึ้นในฟลูอิดไดสเบดโดยใช้เม็ดกรดเบนโซอิคและสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอคไซด์ เม็ดทรงกลมของกรดเบนโซอิคมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๔.๕๖๗ ถึง ๕.๘๕๐ มม. ซึ่งทำให้ฟลูอิดไดสในท่อเพลคซิเกลสใส มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๕๔ มม. และสูง ๖๕๐ มม. ตัวกระจายของของเหลวใช้เป็นแบบตะแกรงลวด ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอคไซด์ที่ใช้เท่ากับ ๐, ๐.๐๑๑, ๐.๐๒๖, ๐.๐๔๔, ๐.๐๗๕ และ ๐.๐๙๙% ตามลำดับ อุณหภูมิที่ทำการทดลองเท่ากับ ๓๐°ซ. การฟลูอิดไดเซชั่นเป็นแบบหนาแน่นซึ่งมีอัตราส่วนของวาง ๐.๔๖๓ ถึง ๐.๗๘๗

ผลการทดลองวิเคราะห์แบบวิธีการเทียบหน่วย ซึ่งได้ความสัมพันธ์ใหม่ การถ่ายเทของมวลสารที่เกิดปฏิกริยาเคมีคือ

$$Sh\,\epsilon^{1.25}Sc^{-1/3} = 0.686\,Re^{0.584} + 187.1\,Cr^{1.369}$$

ความสัมพันธ์นี้เปรียบเทียบได้ถูกต้องเหมือนกับระบบกรดเบนโซอิคกับน้ำเมื่อความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอคไซด์มีค่าเป็นศูนย์ นั่นแสดงว่าความสัมพันธ์นี้สามารถใช้ได้ทั้งระบบกรดเบนโซอิคกับน้ำ และระบบกรดเบนโซอิคกับโซเดียมไฮดรอคไซด์ จากผลการทดลองนี้ยังสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางสำหรับการศึกษาการถ่ายเทของมวลสารที่เกิดปฏิกริยาเคมีของระบบอื่น ๆ ได้อีกด้วย ซึ่งคาดว่าจะได้ความสัมพันธ์ของการถ่ายเทของมวลสารที่คล้ายคลึงกันเพราะว่า เทอมที่สองทางด้านขวามือของสมการนี้เป็นผลมาจากปฏิกริยาเคมี

Thesis Title Mass Transfer with Chemical Reaction in Fluidized Bed

Name Mr. Chub Tescharoen

Department Chemical Technology

Academic Year 1976

ABSTRACT

The study of mass transfer with chemical reaction in fluidized bed was made by using benzoic acid particles and NaOH solution. The particles of spherical shape having diameter range from 4.567 to 5.850mm were fluidized in the Plexiglass column of 94mm diameter and a height of 650 mm. A perforated plate distributor was used. The initial dilute concentrations of NaOH solution were 0, 0.011, 0.026, 0.049, 0.075 and 0.099%. All the experiments were conducted at 30°C. The pattern of fluidization was in the dense phase region where the bed voidage was varied from 0.463 to 0.787.

The experimental results were analyzed with the aid of dimensional analysis for mass transfer with chemical reaction. The new correlation proposed was found to be

$$Sh\,\epsilon^{1.25}Sc^{-1/3} = 0.686\,Re^{0.584} + 187.1\,Cr^{1.369}$$

This correlation compared well with that of benzoic acid-water system when the concentration of NaOH solution approached zero. It was concluded that the correlation could be used in both benzoic acid-water and benzoic acid-NaOH systems. The experimental approach could also be applied to the study of mass transfer with chemical

reaction in other systems. Similar correlations would be expected as the dependency of mass transfer due to chemical reaction was due to the second term on the right-hand side of the equation.

ACKNOWLEDGEMENT

The author would like to express sincere thanks to Assistant Professor Dr. Somsakdi Damronglerd. Without his constant guidance and encouragement, frequent stimulation, including a very frank and friendly attitude, this thesis will never be existed.

He extends many thanks to Assistant Professor Dr. Somchai Osuwan and Dr. Vicha Vanadurongwan, who have contributed greatly to the continuing interest, comments and criticism.

Appreciation is also extended to Mr. Sanit Prenakorn and all technicians of the department for their technical assistance in the fabrication of the apparatus.

Financial support for this work by the Graduate School Committee, and parts of the equipments and the benzoic acid particles used in this work given by Professor Dr. H Angelino of Paul Sabatier University, Toulouse, France to the author are gratefully acknowledged.

CONTENTS

		Page
Abstract (Thai)		iv
Abstract (English)		v
Acknowledgement		vii
List of Tables		x
List of Figures		xi
Chapter		
I	INTRODUCTION	1
II	THEORY AND PREVIOUS WORKS	
	2.1 General	3
	2.2 Mass Transfer in Fluidized Bed	6
III	EXPERIMENTAL WORKS	
	3.1 General	12
	3.2 Experimental Apparatus	12
	3.3 Experimental Procedure	14
IV	EXPERIMENTAL RESULTS	
	4.1 Correlation between ϵ and Re	18
	4.2 Influence of Hydrodynamic Condition on Mass Transfer	18
	4.3 Evaluation of Mass Transfer due to Chemical Reaction	19
V	DISCUSSION	
	5.1 Some Technical Details in Equipment Design and Operating Technique	24
	5.2 Testing of Experimental Apparatus	26
	5.3 The Results of Mass Transfer with Chemical Reaction	27

Chapter Page

VI CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

6.1 Conclusions 29

6.2 Recommendations 30

Bibliography 31

Appendices

A Physical Properties of System 34

B Calibration of Orifice Meter 40

C Experimental Data and Results 43

D Sample of Calculations 51

E Nomenclature 57

Vita xii

LIST OF TABLES

Table		Page
3.1	Plan of the Experiment	15
4.1	Correlation between ϵ and Re	20
4.2	Value of Exponent of Re and Value of Constant K_1	20
A.1	Density of Benzoic Acid Particles	35
B.1	Calibration of Orifice Meter	41
C.1	Mass Transfer between Benzoic Acid and Pure Water	44
C.2	Mass Transfer between Benzoic Acid and 0.011% NaOH Solution	45
C.3	Mass Transfer between Benzoic Acid and 0.026% NaOH Solution	46
C.4	Mass Transfer between Benzoic Acid and 0.049% NaOH Solution	47
C.5	Mass Transfer between Benzoic Acid and 0.075% NaOH Solution	48
C.6	Mass Transfer between Benzoic Acid and 0.099% NaOH Solution	49
C.7	Evaluation of Mass Transfer Due to Chemical Reaction	50

LIST OF FIGURES

Figure		Page
2.1	Variation of ϵ with Re at Different Particle Diameters	9
2.2	Variation of $Sh\,\epsilon^{1.25}Sc^{-1/3}$ with Re Using Perforated Plate Distributor	10
2.3	Variation of $Sh\,\epsilon^{1.25}Sc^{-1/3}$ with Re Using Sintered Plate Distributor	11
3.1	Schematic Diagram of Experimental Apparatus	16
3.2	Shape of Benzoic Acid Particle	17
4.1	Variation of ϵ with Re at Different NaOH Concentrations	21
4.2	Variation of $Sh\,\epsilon^{1.25}Sc^{-1/3}$ with Re at Different NaOH Concentrations	22
4.3	Variation of K_2Cr^n with Cr	23
A.1	Diffusivity of Benzoic Acid in Water	36
A.2	Saturated Concentration of Benzoic Acid in Water	37
A.3	Viscosity of NaOH Solutions	38
A.4	Density of NaOH Solutions	39
B.1	Calibration Curve of Orifice Meter	42