การดูดซึมก๊าซในฟลูอิไดซ์เบดคอลัมน์

นางสาว สุนทรา อุปพัทธางกูร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเคมีเทคนิค

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. ๒๕๒๓

GAS ABSORPTION IN A FLUIDIZED-BED COLUMN

Miss Suntara Uppaputhangkule

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Chemical Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1980

Thesis Title	Gas Absorption in a Fluidized-bed Column
By	Miss Suntara Uppaputhangkul
Department	Chemical Technology
Thesis Advisor	Associate Professor Phol Sagetong Dr. Ing.

Accepted By the Graduate School, Chulalongkorn University in partial fulfillment of the requirements for the Master's degree.

S. Bunnag ....Dean of Graduate School

(Associate Professor Supradit Bunnag, Ph.D.)

Thesis Committee

..............Chairman

(Associate Professor Chaiyute Thunpithayakul, Ph.D.)

Phol Sagetong ....Member

(Associate Professor Phol Sagetong Dr.Ing.)

Shooshat Barame ....Member

(Assistant Professor Shooshat Barame Dr. Ing.)

..............Member

(Assistant Professor Kroekchai Sukanjanajtee Ph.D.)

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การดูดซึมก๊าซในฟลูอิไดซ์เบดคอลัมน์

ชื่อนิสิต นางสาว สุนทรา อุปพัทธางกูร

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. พล สาเกทอง

ภาควิชา เคมีเทคนิค

ปีการศึกษา ๒๕๒๓

บทคัดย่อ

ฟลูอิไดซ์เบดคอลัมน์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ดูดซึมก๊าซที่น่าสนใจ เนื่องจากสามารถนำมาใช้กับก๊าซและของเหลวที่มีความเร็วสูง โดยสูญเสียพลังความดันน้อย ฟลูอิไดซ์เบดประกอบด้วย อนุภาคกลมมีขนาดเท่ากันและน้ำหนักเบา ใช้หัวพ่นก๊าซและของเหลวที่ออกแบบโดยเฉพาะเพื่อให้เกิดฟลูอิไดซ์อย่างทั่วถึงที่ความเร็วของก๊าซและของเหลวต่าง ๆ กัน

ภาคแรกเป็นการศึกษาถึงภาวะทางจลน์ศาสตร์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในคอลัมน์ที่เกิดจากการไหลสวนทางกันของอากาศและน้ำในคอลัมน์ เช่นความต้านทานของเบด ความเร็วต่ำสุดของก๊าซที่ทำให้เกิดการฟลูอิไดซ์ ปริมาณก๊าซคงค้างในเบด ปริมาณของเหลวคงค้างในเบด โดยมีตัวแปรต่าง ๆ คือ ความเร็วของเหลว ความเร็วของก๊าซ และความสูงของเบด จากผลการทดลองได้ศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ในฟลูอิไดซ์เบดคอลัมน์ และเปรียบเทียบกับผลงานที่ใกล้เคียงกัน

ภาคที่สองเป็นการศึกษาถึงการดูดซึมของก๊าซแอมโมเนียในน้ำ โดยมีตัวแปรต่าง ๆ คือ ความเร็วของของเหลว ความเร็วของก๊าซ ความสูงของเบด และความเข้มข้นของแอมโมเนีย ได้สรุปผลการทดลองและเปรียบเทียบกับการดูดซึมของก๊าซในแบบเบดคงที่ จากผลการศึกษานี้สามารถแสดงสมการสำหรับการดูดซึมของก๊าซในฟลูอิไดซ์เบดกับตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

$$Sh = 7.17 \times 10^{9} . Fr^{0.495} . Re_{L}^{0.442} . \left(\frac{D_c}{H_s}\right)^{0.621}$$

Thesis Title	Gas Absorption in a Fluidized-bed Column
Name	Miss Suntara Uppaputhangkul
Thesis Advisor	Associate Professor Phol Sagetong, Dr. Ing.
Department	Chemical Technology
Academic Year	1980

ABSTRACT

Fluidized-bed column is an interesting technique in gas absorption process. It can be operated at high gas and liquid velocities with low pressure drop. In this work, the fluidized-bed composed of light weight spheres of uniform size, special types of gas distributor and liquid distributor were used to perform uniform fluidization at both high and low velocities of liquid and gas.

The first part of the experiment concerned with the study of hydrodynamic characteristics of column in which air and water flowed counter-currently. Hydraulic resistance of bed, minimum fluidization velocity, gas hold-up and liquid hold-up were determined. The variable parameters studied were liquid velocity, gas velocity, and bed height. Correlation of various variables in fluidized-bed column was compared with those in the literature.

In the second part, mass transfer coefficients of ammonia were studied. Liquid velocity, gas velocity, bed height, and

concentration of ammonia gas were used as variable parameters. The results were summerized and also compared with fixed bed absorbers. The values of mass transfer coefficient expressed in term of Sherwood number can be represented as follows:

$$Sh = 7.17 \times 10^{9} \cdot Fr^{0.495} \cdot Re_{L}^{0.442} \cdot \left(\frac{D_c}{H_s}\right)^{0.621}$$

ACKNOWLEDGEMENT

The author wishes to express her gratitude to her advisor, Associate Professor Dr. Phol Sagetong, for his kind encouragement, and helpful advice. The other important persons which the author is much impressed by their kind introduction are Assistant Professor Dr. Kiartchai Santiyanont and Dr. Sakarindr Bhumiratana who are the former advisors. She is much grateful to Associate Professor Dr. Somsak Damronglerd for his valuable suggestions.

Special thanks is due to the committe whose comment have been very helpful.

Finally, the author would like to thank the official staff of the Department of Chemical Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University for their help in laboratory work.

CONTENTS

Chapter | Page

LIST OF TABLE

LIST OF FIGURES

Figure		Page

Figure Page

Figure		Page

NOMENCLATURE

a	=	interfacial area per unit volume, cm^2/cm^3
A	=	cross-sectional area of column, cm^2
b, β	=	packing constant, dimensionless
C	=	concentration, gm-mol/cm^3
d	=	equivalent diameter of slot, cm
D	=	equivalent diameter for free sectional area, cm
D_f	=	Diffusivity of solute at infinite dilution, cm^2/sec
D_c	=	diameter of column, cm
D_p	=	packing diameter, cm
e_1-e_4	=	constants
f	=	free opening of supporting grid
g	=	acceleration due to gravity, cm/sec^2
G	=	gas mass velocity, gm/sec cm^2
G_M	=	molar flow rate of gas, gm-mol/sec cm^2
G_{mf}	=	minimum fluidization velocity, gm/sec-cm^2
H	=	expanded bed height, cm
H_L	=	height of clear liquid, cm
H_p	=	net static packing height, cm
H_{og}	=	height of transfer unit, cm
H_G	=	V_G/A, cm
$\mathcal{H}$	=	Henry's constant
K_G	=	over-all gas phase mass transfer coefficient, gm-mol/sec cm^2 atm
K_L	=	over-all liquid phase mass transfer coefficient, gm-mol/sec cm^2

L	=	liquid mass velocity, gm/sec cm^2
L_M	=	Molar flow rate of liquid, gm-mol/sec cm^2
M	=	sovent molecular weight
m	=	constant
N_1	=	concentration, normal
N	=	rate of mass transfer, gm-mol/sec cm^2
p	=	partial pressure, atm
P	=	total pressure, atm
Q_L	=	volumetric flow rate of liquid, cm^3/sec
ΔP_b	=	hydraulic resistance of bed, mm.H_2O
R	=	gas constant, $\frac{atm\ cm^3}{gm\text{-}mol\ ^{o}K}$
T	=	absolute temperature, ^{o}K
U	=	superficial velocity, cm/sec
V_o	=	molar volume of solute at normal boiling point cm^3/gm-mol
V_1	=	amount of HCl that used to titrate with the solution, cm^3
V_G	=	gas volume in aerated bed, cm^3
X	=	association parameter
x	=	mole fraction of solute gas in liquid phase
y	=	mole fraction of solute gas in gas phase
Δy_{LM}	=	logarithmic mean of Δy_1 and Δy_2
ϵ_L	=	liquid hole-up, H_L/H
ϵ_G	=	gas hold-up, H_G/H
ϵ_{SL}	=	liquid hold-up base on static bed, H_L/H_S

ϵ_{sp}	=	void fraction in a dry packed bed
ϵ	=	void fraction
ρ	=	density, gm/cm^3
ρ_M	=	liquid density, $gm\text{-}mol/cm^3$
σ	=	surface tension, dyn/cm
Fr	=	Froude number, $U_G/(g\ D_c)^{0.5}$
Re_L	=	Reynolds number, $D_c U_L \rho_L / \mu_L$
Sh	=	Sherwood number, $(K_G a \frac{D_c^{2}}{D_f})\ RT$

<u>Subscripts</u>

A	=	gas A
1,2	=	bottom and top
*	=	equilibrium
G	=	gas
L,f	=	liquid, fluid
i	=	air
g	=	ammonia