การอมน้ำและการระเหยในคอลัมน์ทรายผสมโพลิเมอร์ดูดน้ำ

นางสาว สินศุภา จุ้ยจุลเจิม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2538

ISBN 974 - 632 - 307 - 5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16658 000

WATER RETENTION AND EVAPORATION IN A COLUMN OF SAND MIXED WITH WATER-ABSORBING POLYMERS

MISS SINSUPHA CHUICHULCHERM

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING
GRADUATE SCHOOL
CHULALONGKORN UNIVERSITY
1995

ISBN 974-632-307-2

COPYRIGHT OF GRADUATE SCHOOL, CHULALONGKORN UNIVERSITY

Thesis Title WATER RETENTION AND EVAPORATION IN A COLUMN OF SAND MIXED WITH WATER-ABSORBING POLYMERS

By Miss Sinsupha Chuichulcherm
Department Chemical Engineering
Thesis Advisor Woraphat Arthayukti,Dr.Ing.
Thesis co-Advisor Associate Professor Chirakarn Muangnapoh, Dr.Ing.

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree/

....Santi Thoongsuwan.....Dean of the Graduate school
(Associate Professor Santi Thoongsuwan,Ph.D.)

Thesis Committee

.....Piyasan Praserthdam.....Chairman
(Professor Piyasan Praserthdam ,Dr.Ing.)

.....Woraphat Arth.....Thesis Advisor
(Woraphat Arthayukti,Dr.Ing.)

.....Chirakarn Muangnapoh.....Thesis co-Advisor
(Associate Professor Chirakarn Muangnapoh,Dr.Ing.)

.....S. Covavisaruch.....Member
(Sirijutaratana Covavisaruch,Ph.D.)

.....Varun Taepaisitphongse.....Member
(Varun Taepaisitphongse,Ph.D.)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

สินศุภา จุ้ยจุลเจิม : การอมน้ำและการระเหยในคอลัมน์ทรายผสมโพลิเมอร์ดูดน้ำ (WATER RETENTION AND EVAPORATION IN A COLUMN OF SAND MIXED WITH WATER-ABSORBING POLYMERS) อ.ที่ปรึกษา : ดร.วรพัฒน์ อรรถยุกติ, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร.จิรกานต์ เมืองนาโพธิ์, ๑๐ หน้า. ISBN 974-632-307-5

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลของโพลิเมอร์ดูดน้ำที่มีต่อการอมน้ำของทรายในคอลัมน์ที่ใช้ศึกษา และวัดหาสัมประสิทธิ์การแพร่สำหรับการทดลองครั้งนี้

โพลิเมอร์ดูดน้ำจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการอมน้ำให้กับทรายเปล่าและยังช่วยยืดระยะเวลาให้น้ำคงอยู่ในคอลัมน์ทรายนานขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างปริมาณน้ำในทรายเปล่ากับทรายผสมโพลิ-เมอร์ดูดน้ำในสภาวะของอากาศที่ผ่านเหนือคอลัมน์มีอุณหภูมิและความชื้นเดียวกัน สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การแพร่สำหรับการทดลองนี้พบว่า สัมประสิทธิ์การแพร่จะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่มีอยู่ในคอลัมน์ และรูปแบบที่แสดงความสัมพันธ์ที่เหมาะสมที่สุดในการทดลองนี้คือ สัมประสิทธิ์การแพร่จะมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับปริมาณน้ำที่คงอยู่ในคอลัมน์ ตามสมการ

$$D_r = am + (1-a)$$

โดยที่ a เป็นค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 0.30

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

C316636 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING
KEY WORD: WATER-ABSORBING POLYMERS/ RETENTION/ DIFFUSION
SINSUPHA CHUICHULCHERM : WATER RETENTION AND EVAPORATION IN A COLUMN OF SAND MIXED WITH WATER-ABSORBING POLYMERS. THESIS ADVISOR : WORAPHAT ARTHAYUKTI, Dr.Ing., THESIS CO-ADVISOR : ASSO.PROF. CHIRAKARN MUANGNAPOH, Dr.Ing. 90 pp. ISBN 974-632-307-5

The objectives of the study are to test the effect of water-absorbing polymers to water retentions in sand columns and measure the diffusion coefficient for a number experimental conditions.

Water-absorbing polymers increase water holding capacities in sand columns and can increase water retertion in sand column compared to WAP-free sand and sand mixed with WAP under the same ambient air conditions. After 12 hours of experiments, water contents of sand columns containing WAP were found to be higher than those of WAP-free sand columns. The diffusion coefficient used in the diffusion model is itself a function of water content. For theses experiments the most appropriate diffusion coefficient found to be most appropriate is in the linear form :

$$D_r = am + (1-a).$$

Where a = 0.30.

ภาควิชา วิศวกรรม เคมี ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรม เคมี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to sincerely thank and express her gratitude to her advisor, Dr.Woraphat Arthayukti, for his supervision, guidance and encouragement during this project.

She also wishes to take this opportunity to express her gratitude to Associate Professor Dr.Chirakarn Muangnapoh, her co-advisor , Professor Dr.Piyasan Prasertdham, Dr.Sirijutaratana Covavisaruch and Dr.varun Taepaisitphongse for kindly serving on the thesis committee. She would like to thank the chemical engineering laboratory of the chemical engineering department, Faculty of engineering, Chulalongkorn University for allowing her to use some of its equipments.

Furthermore, she wishes to convey her most sincere gratitude to her parents for their moral support. Thanks also go towards her friends for their spiritual support.

CONTENT

	page
THAI ABSTRACT	iv
ENGLISH ABSTRACT	v
ACKNOWLEDGMENTS	vi
LIST OF TABLES	x
LIST OF FIGURES	xi
NOMENCLATURE	xvi
CHAPTER	
1 INTRODUCTION	1
Objectives	4
Scope of work	4
Benefit expected	5
2 THEORETICAL CONSIDERATIONS	6
The diffusion equation	7
1. Placing the equation in a finite different form	9
2. The computational subroutine to integrates the equation	10
Calculation the diffusion equation	11
1. Calculation of the main equation for using the Crank-Nicolson	11
2. Development of the computer program in the C-language	13

CHAPTER page

3 EXPERIMENTAL APPARATUS AND PROCEDURES..... 14

The apparatus..... 14

1. The humidity control system..... 16

2. The temperature control system..... 17

3 The chamber and the sand columns..... 17

The materials used..... 18

The experimental procedures..... 19

1. Preparation of the WAP particles..... 19

2. Filling of the sand columns..... 19

3. The evaporation procedure..... 20

4 RESULTS AND DISSCUSSIONS..... 22

Water retention of sand with and without water absorbing polymers..... 22

Results of evaporation experiments..... 25

1. Experimental data of 0% WAP..... 25

2. Experimental data for 0.2%, 0.4%, 0.5% WAP..... 33

Influence on WAP on relative evaporation..... 52

Measurement of dispersion coefficients for water transport in the sand column..... 57

5 CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS..... 64

Conclusions..... 64

Recommendation..... 65

REFERENCE..... 66

APPENDIX..... 68

A Experimental data..... 68

B Computer program..... 83

CHAPTER page

AUTOBIOGRAPHY..... 90

LIST OF TABLE

Table page

4.1 Six sets of evaporation experiments on measuring water contents of sand column..... 26

4.2 Average results of optimization of parameter "a" for three equation types and for three WAP concentrations..... 59

LIST OF FIGURES

Figure page

2.1 Schematic representation of a column filled with a porous media..... 7

2.2 Computation process..... 13

3.1 The experimental apparatus..... 15

4.1 The surface water content of WAP-free sand column compares with sand column containing 0.2% WAP by weight using ambient air conditions: 50 degree Celcius, 25% RH..... 24

4.2 (a) Water content of WAP-free sand column using ambient air conditions : 50 degree Celcius, 25% RH..... 27

4.2 (b) Water content of WAP-free sand column using ambient air conditions : 50 degree Celcius, 40% RH..... 28

4.2 (c) Water content of WAP-free sand column using ambient air conditions : 40 degree Celcius, 25% RH..... 29

4.2 (d) Water content of WAP-free sand column using ambient air conditions : 40 degree Celcius, 40% RH..... 30

4.2 (e) Water content of WAP-free sand column using ambient air conditions : 30 degree Celcius, 25% RH..... 31

Figure page

4.2 (f) Water content of WAP-free sand column using ambient air conditions : 30 degree Celcius, 40% RH..... 32

4.3 (a) Water content of sand column containing 0.2% WAP by weight using ambient air conditions : 50 degree Celcius, 25% RH..... 34

4.3 (b) Water content of sand column containing 0.2% WAP by weight using ambient air conditions : 50 degree Celcius, 40% RH..... 35

4.3 (c) Water content of sand column containing 0.2% WAP by weight using ambient air conditions : 40 degree Celcius, 25% RH..... 36

4.3 (d) Water content of sand column containing 0.2% WAP by weight using ambient air conditions : 40 degree Celcius, 40% RH..... 37

4.3 (e) Water content of sand column containing 0.2% WAP by weight using ambient air conditions : 30 degree Celcius, 25% RH..... 38

4.3 (f) Water content of sand column containing 0.2% WAP by weight using ambient air conditions : 30 degree Celcius, 40% RH..... 39

4.4 (a) Water content of sand column containing 0.4% WAP by weight using ambient air conditions : 50 degree Celcius, 25% RH..... 40

4.4 (b) Water content of sand column containing 0.4% WAP by weight using ambient air conditions : 50 degree Celcius, 40% RH..... 41

Figure page

4.4 (c) Water content of sand column containing 0.4% WAP by weight using ambient air conditions : 40 degree Celcius, 25% RH..... 42

4.4 (d) Water content of sand column containing 0.4% WAP by weight using ambient air conditions : 40 degree Celcius, 40% RH..... 43

4.4 (e) Water content of sand column containing 0.4% WAP by weight using ambient air conditions : 30 degree Celcius, 25% RH..... 44

4.4 (f) Water content of sand column containing 0.4% WAP by weight using ambient air conditions : 30 degree Celcius, 40% RH..... 45

4.5 (a) Water content of sand column containing 0.5% WAP by weight using ambient air conditions : 50 degree Celcius, 25% RH..... 46

4.5 (b) Water content of sand column containing 0.5% WAP by weight using ambient air conditions : 50 degree Celcius, 40% RH..... 47

4.5 (c) Water content of sand column containing 0.5% WAP by weight using ambient air conditions : 40 degree Celcius, 25% RH..... 48

4.5 (d) Water content of sand column containing 0.5% WAP by weight using ambient air conditions : 40 degree Celcius, 40% RH..... 49

4.5 (e) Water content of sand column containing 0.5% WAP by weight using ambient air conditions : 30 degree Celcius, 25% RH..... 50

Figure page

4.5 (f) Water content of sand column containing 0.5% WAP by weight using ambient air conditions : 30 degree Celcius, 40% RH..... 51

4.6 (a) Ratio of the average water content at different interval after 3 hours of experiment pass, using ambient air conditions : 50 degree Celcius, 25% RH..... 53

4.6 (b) Ratio of the average water content at different interval after 6 hours of experiment pass, using ambient air conditions : 50 degree Celcius, 25% RH..... 54

4.6 (c) Ratio of the average water content at different interval after 9 hours of experiment pass, using ambient air conditions : 50 degree Celcius, 25% RH..... 55

4.6 (d) Ratio of the average water content at different interval after 12 hours of experiment pass, using ambient air conditions : 50 degree Celcius, 25% RH..... 56

4.7 Criteria of optimization base on the absolute value of the difference between the experimental data and the equation for 6 points along the column at 3 hours interval up to 12 hours,..... 58

4.8 (a) Identification results for parameter "a" for type 1 dispersion coefficient relation for experiments with sand containing 0.2% WAP..... 60

Figure page

4.8 (b) Identification results for parameter "a" for type 2 dispersion coefficient relation for experiments with sand containing 0.2% WAP..... 61

4.8 (c) Identification results for parameter "a" for type 3 dispersion coefficient relation for experiments with sand containing 0.2% WAP..... 62

NOMENCLATURE

A = mass diffusion flow through cross-sectional area (m^2)

a = constant of diffusion coefficient equation (-)

D = diffusion coefficient (m^2/s)

D_r = dimensionless concentration dependent diffusion coefficient (-)

i = time grid point (-)

j = depth interval grid point refer to (-)

m = water content (% weight/dry weight)

m_0 = initial water content at any depth interval (% weight/dry weight)

m_s = initial water content at the bottom of the column (% weight/dry weight)

N_d = number of discretizations (-)

t = time (hr.)

W = water content (kg/m^3)

ρ_w = water density (kg/m^3)

Δt = time difference (sec)

Δz = depth difference (m)