ฟองน้ำที่เติมถ่านกัมมันต์สำหรับฟอกอากาศ

นางสาว ขวัญฤทัย ดาด่วน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-331-696-5

ลิขสิทธิ์บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ACTIVATED CARBON-FILLED SPONGE FOR AIR PURIFICATION

Miss Kwanruthai Daduon

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering in Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1998

ISBN 974-331-696-5

Thesis Title	ACTIVATED CARBON-FILLED SPONGE FOR AIR PURIFICATION
By	Kwanruthai Daduon
Department	Chemical Engineering
Thesis Advisor	Associate Professor Kroekchai Sukanjanajtee, Ph.D.

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

.....Dean of Graduate School
(Professor Supawat Chutivongse, M.D.)

Thesis Committee

.....Chairman
(Associate Professor Chirakarn Muangnapoh, Dr.Ing)

.....Thesis Advisor
(Associate Professor Kroekchai Sukanjanajtee, Ph.D.)

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

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ขวัญฤทัย ดาด่วน : ฟองน้ำที่เติมถ่านกัมมันต์สำหรับฟอกอากาศ (Activated Carbon-Filled Sponge for Air Purification) อ.ที่ปรึกษา รศ. ดร. เกริกชัย สุกาญจนัจที ; 77 หน้า. ISBN 974-331-696-5.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาถึงการพัฒนาฟองน้ำที่ผลิตจากปฏิกิริยาระหว่างโพลีไวนิลอัลกอฮอล์(Polyvinyl alcohol) กับฟอร์มัลดีไฮด์(Formaldehyde) โดยเติมถ่านกัมมันต์ลงไปในขั้นตอนของการทำปฏิกิริยา เพื่อนำฟองน้ำที่ได้ ไปใช้สำหรับการฟอกอากาศ ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงตัวแปรที่มีผลต่อการผลิตฟองน้ำ ได้แก่ คุณสมบัติและอัตราส่วนของสารที่ใช้ในการผลิต รวมทั้งเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา จากผลการทดลองในการผลิตฟองน้ำที่ไม่เติมถ่านกัมมันต์ ในอัตราส่วนของ 62.53 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักของสารละลายโพลีไวนิลอัลกอฮอล์ที่มีความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์พบว่า โพลีไวนิลอัลกอฮอล์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 64,500 ทำปฏิกิริยากับสารละลายเข้มข้น 37 เปอร์เซ็นต์ของฟอร์มัลดีไฮด์ในปริมาณ 13.44 เปอร์เซ็นต์ โดยมีโซเดียมลอริลซัลเฟตเป็นสารลดแรงตึงผิวประมาณ 1.0 เปอร์เซ็นต์ และกรดซัลฟูริกที่มีความเข้มข้น 98 เปอร์เซ็นต์ในปริมาณ 23.03 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เวลาในการบ่มให้ฟองน้ำอยู่ตัวประมาณ 18 ชั่วโมงขึ้นไป จะได้ฟองน้ำที่มีการกระจายตัวของรูพรุนได้ดี และมีขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตร

ผลจากการทดลองของการผลิตฟองน้ำที่เติมถ่านกัมมันต์ปริมาณมากสุดของถ่านกัมมันต์ที่สามารถเติมลงไปได้ประมาณ 6.25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสารละลายโพลีไวนิลอัลกอฮอล์ และฟองน้ำที่ได้มีความหนาแน่นประมาณ 0.043 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สามารถดูซับเฮกเซนจากอากาศที่ไหลผ่านซึ่งมีความเข้มข้นประมาณ 0.075 กรัมต่อกรัมอากาศได้ประมาณ 82.09 เปอร์เซ็นต์เฮกเซน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2542 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

...ที่ดีของมหาวิทยาลัยที่ให้บริการวิทยานิพนธ์ฉบับนี้...

4070223221 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING
KEY WORD: PVA SPONGE / SPONGE / POLYVINYL-FORMAL / ACTIVATED CARBON-FILLED SPONGE / POLYVINYL ALCOHOL
KWANRUTHAI DADUON : ACTIVATED CARBON-FILLED SPONGE FOR AIR PURIFICATION.
THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF. KROEKCHAI SUKANJANAJTEE, Ph.D. 77 pp. ISBN 974-331-696-5

PVA sponge filled with activated carbon, for air purification application, was developed in this work. Activated carbon was added to the reacting mass of polyvinyl alcohol (PVA), formaldehyde and acid. Variables that affect sponge quality were investigated. They are molecular weight of PVA, composition of reacting mass, and reaction time.

Unfilled sponge of good quality, having uniform pore size between 0.5 - 1.0 millimeters and uniform pore distribution, can be produced using reacting mass consisting of 62.3 % of 10 % PVA solution of 64,500 molecular weight, 13.44 % of 37% formaldehyde solution, 1.0 % of sodium lauryl sulfate and 23.03 % of 98 % sulfuric acid solution.The time for reaction and curing should exceed 18 hours. The maximum quantity of activated carbon that could be added was 6.25 % by weight of PVA solution.Thus the density of carbon-filled sponge was 0.043 g/cm3. The activated carbon-filled sponge can adsorb 82.09% of hexane from the air having 0.075 g-hexane per g-air that flows through it.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2542 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ACKNOWLEDGEMENT

I would like to express my sincere gratitude to Associate Professor Dr. Kroekchai Sukanjanajtee, my advisor, for his great contribution. I appreciate his theoretical suggestion and many practical guidance about polymer synthesis. I do also appreciate his friendship and encouragement throughout my study. I would also be greateful to Associate Professor Dr. Chirakarn Muangnapoh, Chairman, and Dr. Seeroong Prichanont, a member of this thesis committee.

Lastly, I would like to express my highest gratitude to my parents for their inspiration and encouragement all the time.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTENTS

PAGE

ABSTRACT (IN THAI).....iv

ABSTRACT (IN ENGLISH).....v

ACKNOWLEDGEMENT.....vi

CONTENTS.....vii

LIST OF FIGURES.....viii

LIST OF TABLES.....ix

CHAPTER

I. INTRODUCTION

1.1 Inspiration.....1

1.2 Objective of This Work 3

1.3 The Scope of This Work 3

II. PREVIOUS RESEARCH.....4

III. PVA SPONGE TECHNOLOGY

3.1 PVA Synthetic Sponge.....7

3.2 Physical Properties.....8

3.3 Chemical Properties.....9

3.4 Method of Preparation.....9

3.4.1 Method of Dissolving Polyvinyl Alcohol.....10

3.4.2 Method of Making PVA Sponge.....12

3.3 Chemistry of Foam Formation.....12

3.3.1 PVA Resin 13

3.3.2 Formaldehyde.....15

3.3.3 Acid 16

3.3.4 Surfactant 16

CONTENTS (Continued)

PAGE

3.4 Effect of Process Variables on Foam Process.....17

3.4.1 Role of Surfactant.....18

3.4.2 Role of PVA Resin 18

3.4.3 Role of Cross-Linking Agent 19

3.4.4 Effect of Water And Acid 20

3.5 Effect of Plasticizers.. 20

IV. EXPERIMENTAL

4.1 Synthesis of PVA Sponge 21

4.1.1 Chemicals 21

4.1.2 Synthesis Unit.....23

4.1.3 PVA Solution Preparation 23

4.1.4 Method of Making PVA Sponge 25

4.2 Synthesis of Activated Carbon-Filled Sponge.....25

4.2.1 Chemicals 25

4.2.2 Method of Making Activated Carbon-Filled Sponge.....26

4.3 Variables Studies 26

4.3.1 Determining Optimum Composition of PVA Sponge.....27

4.3.2 Determining Optimum Quantity of Activated Carbon.....29

4.4 Sponge Characterisation.....29

CONTENTS (Continued)

PAGE

4.4.1 Design and Construction of a Testing Unit for Determining Adsorption Ability of Sponge.....29

4.4.2 Pore Size and Pore Distribution.....30

4.5 Gas Chromatography Experiments.....32

V. RESULT AND DISCUSSION

5.1 Optimum Composition of PVA Sponge.....34

5.1.1 Foaming 34

5.1.2 Degree of Cross-Linking.....39

5.2 Optimum Composition of Activated Carbon-Filled Sponge.....47

5.3 Characterisation and Testing of Performance of Activated Carbon-Filled Sponge.....51

5.3.1 Porosity and Pore Distribution.....51

5.3.2 Resistance to Air Flow.....51

5.3.3 Air Pollutant Adsorption Ability 60

VI. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS.....61

REFERENCES.....63

APPENDIX 64

VITA 66

LIST OF FIGURES

FIGURE **PAGE**

3.1 Acetalization of polyvinyl alcohol 14

4.1 Sponge synthesis unit.....24

4.2 Experimental program for determining the optimum composition for each grade of PVA molecular weight 28

4.3 Schematic diagram of a testing unit 31

5.1 Effect of molecular weight of polyvinyl alcohol and sodium lauryl sulfate quantity on froth volume..... 37

5.2 Effect of molecular weight of polyvinyl alcohol and sodium lauryl sulfate quantity on final foam density.....38

5.3 Effect of formaldehyde concentration on froth volume 41

5.4 Effect of formaldehyde concentration on final foam density 42

5.5 Effect of acid concentration on froth volume 44

5.6 Effect of curing time on final foam density 46

5.7 Effect of activated carbon content on froth volume 49

5.8 Effect of activated carbon content on final foam density 50

5.9 Photograph of porosity and pore distribution for specimen No.1 53

5.10 Photograph of porosity and pore distribution for specimen No.3 54

5.11 Photograph of porosity and pore distribution for specimen No.4 55

5.12 Photograph of porosity and pore distribution for specimen No.6 56

5.13 Photograph of porosity and pore distribution for specimen No.8 57

5.14 Photograph of porosity and pore distribution for specimen No.10 58

5.15 Pressure drop across the sponge of 3 mm. Thickness 59

LIST OF TABLES

TABLE **PAGE**

1.1 Comparison of properties of sponge 2

3.1 The wetting agent used in preparation of PVA sponge 17

4.1 Specification of activated carbon for air purification 26

4.2 The experimental program 27

4.3 Operating condition of gas chromatograph 32

5.1 Effect of molecular weight of polyvinyl alcohol and sodium lauryl sulfate quantity on froth volume.....35

5.2 Effect of molecular weight of polyvinyl alcohol and sodium lauryl sulfate quantity on final foam density.....36

5.3 Effect of formaldehyde concentration on froth volume 40

5.4 Effect of formaldehyde concentration on final foam density 40

5.5 Effect of acid concentration on froth volume 43

5.6 Effect of curing time on final foam density 45

5.7 Effect of activated carbon content on froth volume 48

5.8 Effect of activated carbon content on final foam density 48

5.9 Specification of testing specimen 52

5.10 Hexane adsorption ability of activated carbon-filled sponge.....60

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ฌ
สารบัญรูป..... ญ
บทที่ 1 บทนำ..... 1
1.1 ความเป็นมา..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา..... 1
1.3 ขอบข่ายการศึกษา..... 2
1.4 แนวทางการศึกษา..... 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3
บทที่ 2 หลักการและการศึกษาที่ผ่านมา..... 4
2.1 ลักษณะของการกัดเซาะ..... 4
2.2 ปรากฏการณ์การกัดเซาะ..... 6
2.3 กลศาสตร์การกัดเซาะ..... 6
2.4 องค์ประกอบที่มีอิทธิพลของการกัดเซาะ..... 8
2.5 การพิจารณาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ..... 10
2.6 การศึกษาที่ผ่านมา..... 11
บทที่ 3 การดำเนินการทดลอง..... 24
3.1 การดำเนินการศึกษา..... 24
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง..... 25
3.3 ขั้นตอนการทดลอง..... 25
3.4 สรุปผลการทดลอง..... 29

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง..... 34
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างของตอม่อกับความลึกหลุมกัดเซาะ..... 34
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมการไหลปะทะตอม่อกับความลึกหลุมกัดเซาะ..... 46
4.3 ความลึกหลุมกัดเซาะระหว่างตอม่อตัวที่ 1 , 2 และ 3..... 53
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรการไหล ขนาดวัสดุท้องน้ำ
กับความลึกหลุมกัดเซาะ..... 56
4.5 รูปแบบของหลุมกัดเซาะ..... 60

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ..... 65
5.1 การดำเนินการศึกษาและทดลอง..... 65
5.2 สรุปผลการศึกษา..... 65
5.3 ข้อเสนอแนะ..... 68

รายการอ้างอิง..... 69
ภาคผนวก..... 71
ภาคผนวก ก..... 72
ภาคผนวก ข..... 81
ภาคผนวก ค..... 89
ประวัติผู้ศึกษา..... 108

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย