

การชุบมันเส้นด้ายฝ้าย



นายสัมพันธ์ เลือดกาญจนะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเคมีเทคนิค

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

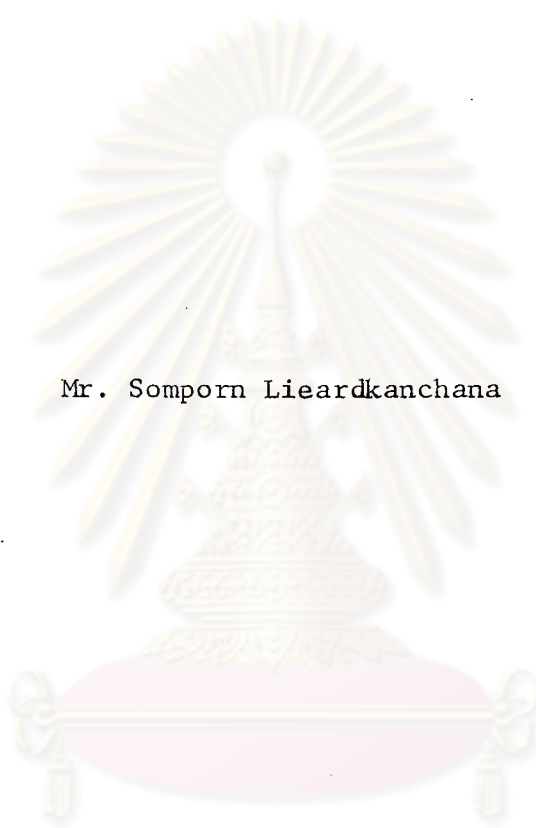
พ.ศ. 2527

ISBN 974-563-160-4

013317

17740770

COTTON YARN MERCERIZATION



Mr. Somporn Lieardkanchana

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Chemical Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1984

Thesis Title . Cotton Yarn Mercerization
By Mr. Somporn Lieardkanchana
Department Chemical Technology
Thesis Advisor Professor Somsak Damronglerd, Ph.D.
Dr. Wirat Sakornwimon



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

..... *S. Bunnag* Dean of Graduate School
(Associate Professor Supradit Bunnag, Ph.D.)

Thesis Committee

..... *A. Osuwan* Chairman
(Associate Professor Somchai Osuwan, Ph.D.)

..... *L. Mekasut* Member
(Assistant Professor Lursuang Mekasut, Ph.D.)

..... *N. Yanumet* Member
(Dr. Nantaya Yanumet)

..... *S. Damronglerd* Member
(Professor Somsak Damronglerd, Ph.D.)

..... *Wirat Sakornwimon* Member
(Dr. Wirat Sakornwimon)

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การชุบมันเส้นด้ายฝ้าย

ชื่อนิสิต

นายสมพร เลือดกาญจนะ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ

อาจารย์ ดร. วีรช คำกรวิมล

ภาควิชา

เคมีเทคนิค

ปีการศึกษา

2526



บทคัดย่อ

การชุบมันเส้นด้ายฝ้าย เป็นกระบวนการที่เส้นด้ายฝ้ายทำปฏิกิริยากับสารละลายโซดาไฟเข้มข้นในสภาวะที่เส้นด้ายฝ้ายมีความตึงอยู่ด้วย ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นแบบ Heterogeneous Non-Catalytic การวิจัยนี้เพื่อหาวิธีการวัดอัตราเร็วของการชุบมันเส้นด้ายฝ้าย สัดส่วนการชุบมัน และการแพร่กระจายประสิทธิผลของอนุโมลโซเดียมในเส้นใยฝ้าย โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิระหว่าง $303-343^{\circ}\text{K}$ ความเข้มข้นของอนุโมลโซเดียมในสารชุบมันระหว่าง $5.92 \times 10^{-3} - 1.27 \times 10^{-2}$ กรัม-โมล/มล. ความตึงของเส้นใยฝ้ายระหว่าง $112,380-337,130$ กรัม/ซม² และความเร็วของเครื่องทอสารละลายระหว่าง $80-750$ รอบ/นาที แล้วทำการวัดรัศมีภายในของเส้นใยฝ้ายที่เปลี่ยนแปลงไปเพื่อนำมาคำนวณอัตราเร็วของการชุบมัน สัดส่วนการชุบมัน และการแพร่กระจายประสิทธิผล ในสมการคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นโดยอาศัยหลักการของ Expanding Product-Shrinking Core เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ชุบมันนี้

จากผลการทดลองและวิเคราะห์ผลตามหลักคณิตศาสตร์สามารถพิสูจน์ได้ว่า อัตราเร็วของการชุบมัน ถูกควบคุมโดยการแพร่ของอนุโมลโซเดียมผ่านชั้นของแอลคาไลน์เชลลูลอส และสามารถเขียนสมการ แสดงอัตราเร็วของการชุบมัน ความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับ สัดส่วนการชุบมัน และการแพร่กระจายประสิทธิผลได้ตามลำดับ ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned}
 \frac{-dN_{\text{Na}^+}}{dt} &= \frac{-2rD_e (C_{\text{Na}^+})_b}{\ln(r_1/r_{1,i})} \\
 t &= \left(\frac{\rho}{M}\right)_{\text{GluONa}} \frac{r_s^2}{4D_e (C_{\text{Na}^+})_b} \left(x + (1-x)\ln(1-x)\right) \\
 D_e &= 7.8167 \times 10^{-13} (1 - 1.15437 \times 10^{-6} S) e^{0.0217T} \times \\
 &\quad (C_{\text{Na}^+})_b^{0.227}
 \end{aligned}$$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title. Cotton Yarn Mercerization
Name Mr.Somporn Lieardkanchana
Thesis Advisor Professor Somsak Damrongleard, Ph.D.
Wirat Sakornwimon, Ph.D.
Department Chemical Technology
Academic Year 1983



ABSTRACT

Cotton yarn mercerization is a process which cotton yarns react with sodium hydroxide solution under tension condition. The process is heterogeneous non-catalytic reaction. The main objects of this work are to determine the rate of mercerization, the conversion of cotton fibres and the effective diffusivity of sodium ions in cotton fibre. The experiment were performed at the temperature between 303-343 °K, concentration of sodium ions in mercerizing solution between $5.92 \times 10^{-3} - 1.27 \times 10^{-2}$ gm-mole/ml., tension of cotton fibre between 112,380-337,130 gm/cm² and speed of stirrer between 80-750 rpm. Internal radius of cotton fibres were measured to be used in calculating rate of mercerization, percent conversion and effective diffusivity. The mathematical equations were developed by principle of expanding product-shrinking core model.

From the results of experiment and analytical method, it was found that rate of mercerization is controlled by diffusion of sodium ions through the layer of alkali-cellulose. Equation of the rate of mercerization, the relation between time and conversion and effective diffusivity could be written respectively as shown below.

$$\begin{aligned}
 \frac{-d N_{\text{Na}^+}}{dt} &= \frac{-2\pi D_e (C_{\text{Na}^+})_b}{\ln(r_1/r_{1,i})} \\
 t &= \left(\frac{\rho}{M_{\text{GLuONa}}}\right) \frac{r_s^2}{4 D_e (C_{\text{Na}^+})_b} \left(x + (1-x)\ln(1-x)\right) \\
 D_e &= 7.8167 \times 10^{-13} (1 - 15437 \times 10^{-6} S) e^{0.0217T} x \\
 &\quad (C_{\text{Na}^+})_b^{0.227}
 \end{aligned}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Acknowledgement



The author would like to express sincere thanks to Professor Dr. Somsak Danronglerd his adviser and Dr. Wirat Sakornwimon, his co-adviser, for their most helpful and invaluable advices throughout the course of this study. Thanks are also extended to Dr. Nantaya Yanumet for her guidance. The assistance of Mrs. Yuwadi Rumgyagun for typing this thesis is much appreciated.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Table of Contents

	Page
Title Page	
Thesis Approval	
Abstract in Thai	d
Abstract in English	f
Acknowledgement	h
Table of Contents	i
List of Tables	m
List of Figures	o
Chapter	
1 Introduction	1
2 Literature Review	4
2.1 Cotton Structure	4
2.2 Chemical Composition of Cotton	4
2.2.1 Cellulose	6
2.2.2 Waxes	6
2.2.3 Pectic substance	7
2.2.4 Protein	7
2.2.5 Ash	7
2.2.6 Organic acids	7
2.3 Penetration of Caustic Soda	7
3 Theoretical Analysis	9
3.1 Introduction	9
3.2 Chemical Reaction	9

Table of Contents

Chapter		Page
3	3.3 Expanding Product and Shrinking Core Model	10
	3.4 Determination of Rate Constant and/or Effective Diffusivity	21
	3.5 Determination of Conversion	22
	3.6 Determination of Rate of Mercerization	23
4	Experimental Work	26
	4.1 General	26
	4.2 Experimental Apparatus	26
	4.2.1 Stirring system	26
	4.2.2 Temperature controllable heater.....	27
	4.2.3 Reaction vessel	27
	4.2.4 Weight.....	27
	4.3 Preparation of Solution.....	27
	4.3.1 Sodium hydroxide solution.....	27
	4.3.2 Sulfuric acid solution	30
	4.4 Preparation of Cotton Yarn	30
	4.4.1 Scouring.....	30
	4.4.2 Bleaching.....	30
	4.4.3 Looping.....	30
	4.5 Experimentation	31
	4.5.1 Method of experiment	31
	4.6 Measurement of Mercerization	32

Table of Contents

Chapter	Page
5	Experimental Results 35
5.1	Introduction 35
5.2	Testing the Experimental Results with the Derived Theory 35
5.3	Influence of Process Variables on the Relationship between t and $\left[1 - (r_1/r_{1,i})^2\right]$ $\left[1 - \ln(r_1/r_{1,i})^2\right]$ 36
5.3.1	Influence of stirring speed 36
5.3.2	Influence of tension 40
5.3.3	Influence of temperature 40
5.3.4	Influence of concentration 40
5.3.5	Conclusions 44
5.4	Evaluation of Effective Diffusivity 44
5.4.1	Correlation between effective diffusivity and stirring speed 45
5.4.2	Correlation between effective diffusivity and tension 45
5.4.3	Correlation between effective diffusivity and temperature 48
5.4.4	Correlation between effective diffusivity and concentration 48
5.4.5	Equation of effective diffusivity 50

Table of Contents

Chapter	Page
6 Conclusions and Recommendations	53
6.1 Conclusions	53
6.1.1 Equation of mercerization	53
6.1.2 Equation of effective diffusivity	54
6.2 Recommendations	57
Bibliography	58
Appendices	59
A Physical Properties of Cotton Fibre	59
B Experimental Data and Results	64
C Sample of Calculation	85
D Nomenclature	95
Vita	98

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

List of Tables

Table	Page
2.1 Chemical composition of cotton.....	6
4.1 Plan of the experiment.....	34
A.1 External radius of cotton fibre.....	59
A.2 Internal radius of cotton fibre.....	61
B.1 Relationship between t and $r_1/r_{1,i}$: Speed of stirrer at 80 rpm.....	64
B.2 Relationship between t and $r_1/r_{1,i}$: Speed of stirrer at 200 rpm.....	65
B.3 Relationship between t and $r_1/r_{1,i}$: Speed of stirrer at 750 rpm.....	66
B.4 Relationship between t and $r_1/r_{1,i}$: Tension of cotton fibre at 168,560 gm/cm ²	67
B.5 Relationship between t and $r_1/r_{1,i}$: Tension of cotton fibre at 224,755 gm/cm ²	68
B.6 Relationship between t and $r_1/r_{1,i}$: Tension of cotton fibre at 280,940 gm/cm ²	69
B.7 Relationship between t and $r_1/r_{1,i}$: Tension of cotton fibre at 337,130 gm/cm ²	70
B.8 Relationship between t and $r_1/r_{1,i}$: Temperature of mercerization at 313°K.....	71
B.9 Relationship between t and $r_1/r_{1,i}$: Temperature of mercerization at 323°K.....	72
B.10 Relationship between t and $r_1/r_{1,i}$: Temperature of mercerization at 333°K.....	73

List of Tables

Table		Page
B.11	Relationship between t and $r_1/r_{1,i}$: Temperature of mercerization at 343°K	74
B.12	Relationship between t and $r_1/r_{1,i}$: Concentration of sodium ions at 1.27×10^{-2} gm-mole/ml.....	75
B.13	Relationship between t and $r_1/r_{1,i}$: Concentration of sodium ions at 1.06×10^{-2} gm-mole/ml.....	76
B.14	Relationship between t and $r_1/r_{1,i}$: Concentration of sodium ions at 7.96×10^{-3} gm-mole/ml.	77
B.15	Relationship between t and $r_1/r_{1,i}$: Concentration of sodium ions at 5.92×10^{-3} gm-mole/ml.	78
B.16	Relationship between D_e and V_e	79
B.17	Relationship between D_e and S	79
B.18	Relationship between D_e and T	80
B.19	Relationship between D_e and $(C_{\text{Na}^+})_b$	80
B.20	Regression analysis of D_e and V_e	81
B.21	Regression analysis of D_e and S	81
B.22	Regression analysis of D_e and T	82
B.23	Regression analysis of D_e and $(C_{\text{Na}^+})_b$	82
B.24	Determination of K value	83
B.25	Relationship between $-\frac{dN_{\text{Na}^+}}{dt}$, x and t	84

List of Figures

Figure	Page
2.1 Cotton fibre structure	5
3.1 Concentration profile in a cylindrical fibre	11
3.2 Cross section of cotton fibre	18
4.1 Laboratorial cotton yarn mercerizing apparatus	28
4.2 Weights	28
4.3 Explanation of apparatus	29
4.4 Cross section of cotton fibre at various stages of mercerization.....	33
5.1 Relationship between t and $1-r_1/r_{1,i}$	37
5.2 Relationship between t and $\left[1-(r_1/r_{1,i})^2 (1-\ln(r_1/r_{1,i})^2)\right]$	38
5.3 Relationship between t and $\left[1-(r_1/r_{1,i})^2 (1-\ln(r_1/r_{1,i})^2)\right]$ at various speeds of stirrer	39
5.4 Relationship between t and $\left[1-(r_1/r_{1,i})^2 (1-\ln(r_1/r_{1,i})^2)\right]$ at various tensions of cotton	41
5.5 Relationship between t and $\left[1-(r_1/r_{1,i})^2 (1-\ln(r_1/r_{1,i})^2)\right]$ at various temperatures	42
5.6 Relationship between t and $\left[1-(r_1/r_{1,i})^2 (1-\ln(r_1/r_{1,i})^2)\right]$ at various concentrations	43
5.7 Relationship between D_e and V_e	46
5.8 Relationship between D_e and S	47
5.9 Relationship between D_e and T	49
5.10 Relationship between D_e and $(C_{Na^+})_b$	51
5.11 Relationship between D_e and $\left[1-1.5437 \times 10^{-6} S e^{0.0217T} (C_{Na^+})_b^{0.227}\right]$	52
6.1 Relationship between t and x	55
6.2 Relationship between t and rate	56