การศึกษาแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการย้อมสีรีแอคทีฟกับผ้าฝ้าย บนรากฐานทฤษฎีเทอร์โมไดนามิกส์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นาย สมบัติ อัศวปิยานนท์

005215

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2523

i 17700176

A STUDY OF THE MATHEMATICAL MODEL FOR REACTIVE DYEING ON COTTON FABRIC BASED ON THE TURBID MEDIA THEORY

Mr. Sombat Asavapiyanond

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Chemical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1980

Thesis Title	A Study of The Mathematical model for Reactive dyeing on Cotton Fabric Based on The Turbid Media Theory.
By	Mr. Sombat Asavapiyanond
Department	Chemical Engineering
Thesis Advisor	Ass. Prof. Kroekchai Sukanjanajtee, Ph.D

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

S. Bunnag
.....Dean of Graduate School
(Asso. Prof. Supadit Bunnag , Ph.D.)

Thesis Committee

Sasithorn Boon-Long
..... Chairman
(Miss Sasithorn Boon-Long , Dr. 3ème Cycle)

..... Member
(Mr. Piyasan Praserthdam , Dr. Ing.)

..... Member
(Asst. Praf. Kroekchai Sukarnjanajtee, Ph.D.)

Lek Uttamasil
..... Member
(Asst. Prof. Dr. Lek Uttamasil)

Copyright of the Graduate School, Chulalongkorn University.

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการย้อมสีรีแอคทีฟกับผ้าฝ้ายบนรากฐานทฤษฎีเทอร์โมไดนามิกส์

ชื่อนิสิต นาย สมบัติ อัศวปิยานนท์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. ดร. เกริกชัย สุกาญจนัทที

แผนกวิชา วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา 2522

พลสมุดกลางสถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

การย้อมสีเป็นขบวนการผลิตที่มีบทบาทสำคัญอย่างหนึ่งในวงการอุตสาหกรรมสิ่งทอ ซึ่งมีปัญหาอันน่าหนักใจก็คือ การตัดสินใจว่าสีนั้น ๆ เทียบได้ดีเพียงใด วิทยานิพนธ์นี้มุ่งที่จะใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยคำนวณทำนายส่วนประกอบความเข้มข้นของสีที่ใช้ในการย้อมสีต่าง ๆ เพื่อให้ได้ความละเอียดถูกต้องและรวดเร็วอีกด้วย

แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้นี้มีรากฐานจากทฤษฎีเทอร์โมไดนามิกส์ และในการวิจัยนี้ได้ยึดเอาหลักการย้อมสีแบบดูดซึม (Exhaustion) ย้อมสีประเภทสีรีแอคทีฟ (Reactive) บนผืนผ้าฝ้าย ประกอบด้วยสีเดียว สีผสม2สี และสีผสม3สีด้วยความเข้มข้นของสีต่างๆกัน

จากการทดลองพบว่าค่า K/S ต่างๆ ไม่มีส่วนสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับค่าความเข้มข้นของสีนั้นๆ ตามหลักทฤษฎี โดยที่ค่า K เป็นค่าสัมประสิทธิ์การดูดซึมของแสง และค่า S เป็นค่าสัมประสิทธิ์การกระจายของแสง และเพื่อคงไว้ซึ่งหลักคณิตศาสตร์ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ในแง่ทั้งความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงและความสะดวกต่อการศึกษาแบบจำลองคณิตศาสตร์นั้น จึงจำเป็นจะต้องเพิ่มเลขกำลัง (exponent) เข้าในค่า K/S ในรูปของ $(K/S)^n$ ซึ่งค่า n จะเป็นค่าคงที่ได้จากการเฉลี่ยจากค่าสีแต่ละตัวในประเภทเดียวกัน ผลสรุปของแบบจำลองคณิตศาสตร์ใหม่นี้ให้ผลเป็นที่น่าพอใจในการนำไปใช้คำนวณเพื่อการย้อมเทียบสีที่ต้องการได้ถูกต้อง ในช่วงความเข้มข้นของสี 0-3% และเหมาะสำหรับประเภทสีที่มี affinity สูงพออีกด้วย

Thesis Title A Study of The Mathematical Model for Reactive Dyeing on Cotton Fabric Based on The Turbid Media Theory.

Name Mr. Sombat Asavapiyanond

Thesis Advisor Ass. Prof. Kroekchai Sukanjanajtee, Ph.D.

Department Chemical Engineering

Academic year 1979

ABSTRACT

Dyeing is one of the important processes in textile industry. The task of dyeing fabric to obtain the required color is a difficult one. To render color matching more precise and rapid , prediction of composition of dyestuff with the aid of mathematical model was studied in this research.

The mathematical model is based on the turbid media theory. Reactive dyeing on cotton fabric by exhaustion method with single color and color mixtures of two and three dyestuff at various concentrations were carried out. It was found that K/S value was not a linear function of dyestuff concentration, where K and S were the coefficient of absorption and the coefficient of scatter respectively. To retain the simplicity and linearity of the model, the K/S terms in the model were replaced by $(K/S)^n$, where n was a constant. The modified model was found to give satisfactory color matching results in the range of 0 - 3 % of dye concentration. However, the model is not applicable for dyes of very low affinity.

ACKNOWLEDGEMENT

The author wishes to sincerely thank and express his gratitude to his advisor, Assistant Professor Dr. Kroekchai Sukanjanajtee, for his supervision, guidance and encouragement during this project. He also wishes to acknowledge the Textile Industry Division and the Union Textile Company for the use of the textile dyeing machine and spectrophotometer.

Furthermore, he wishes to thank Miss Daranee Chotivong for her care in typing.

Finally, he wishes to thank his wife Mrs. Mukda Asavapiyanond for her help which made this project complete.

CONTENTS

Page.

Thesis title in Thai I

Thesis title II

Approval form III

Abstract in Thai IV

Abstract V

Acknowledgement VI

Contents VII

List of Tables IX

List of Figures XII

Chapters

1. Introduction

1.1 General Remarks I

1.2 Purpose of Research 5

1.3 Scope of Research 5

2. Literature Reviews.

2.1 Fundamentals 7

2.2 C.I.E. Color Order System 8

2.3 The Use of ANLAB colour Space as an aid to dyers and colorists I7

2.4 Colour Difference Computation I9

2.5 The Turbid Media Theory 23

2.6 Colour Match Prediction 29

3. Research Methodology

3.1 Material 33

Page.

3.2 Chemicals 33

3.3 Apparatus 33

3.4 Procedures 35

3.5 Calibration and Standard Concentration 37

4. Results.

4.1 Calibration dyeings 41

4.2 Standard dyeings 55

4.3 Predicted concentrations 61

4.4 Predicted dyeings 63

4.5 Corrected concentrations 70

4.6 Total Differences 77

5. Discussions

5.1 The Mathematical Model based on the Turbid Media Theory 79

5.2 K/S values 88

5.3 The Modified Mathematical Model 90

5.4 Applicability of the modified model 93

5.5 On the experiment 95

5.6 Recommendations 96

5.7 Conclusions 103

References 105

Appendices

A. Preparation of predicted and corrected dyes solution 107

B. The K/S function against R in % 111

C. Metamerism 115

D. I.C.I. Colour Map of Procion MX dyes 116

Autobiography 117

LIST OF TABLES

Table — Page

2.I The tristimulus values calculation from spectral distribution data I2

3.I The concentration of dyes and chemicals for calibration dyeings (each one dyestuff) 37

3.2 The concentration of dyes for standard dyeings (two color) 38

3.3 Pairs of Dyes, A and B 38

3.4 The concentration of dyes for standard dyeings (three color) 39

3.5 The three color mixture of dyes A,B and C 39

4.I The reflectances and K/S functions of Procion Blue MX-4GD 42

4.2 The reflectances and K/S functions of Procion Yellow MX-8G 43

4.3 The reflectances and K/S functions of Procion Blue MX-G 43

4.4 The reflectances and K/S functions of Procion Yellow MX-3R 44

4.5 The reflectances and K/S functions of Procion Orange MX-2R 45

4.6 The reflectances and K/S functions of Procion Red MX-5B 46

4.7 The reflectances and K/S functions of white fabric 47

Table Page

4.8 The calibration factors of Procion Blue MX-4GD 47

4.9 The calibration factors of Procion Yellow MX-8G 49

4.10 The calibration factors of Procion Blue MX-G 50

4.11 The calibration factors of Procion Yellow MX-3R 51

4.12 The calibration factors of Procion Orange MX-2R 52

4.13 The calibration factors of Procion Red MX-5B 53

4.14 The calibration factors (constants) of each dyestuffs at any wavelengths, using for calculation 54

4.15 Reflectances, K/S, (K/S) and $(K/S)^{2.15}$ values of each pair of dyestuffs 55

4.16 Reflectances , K/S , (K/S) and $(K/S)^{2.15}$ values of each three dyestuff mixtures 58

4.17 The two color predicted concentrations 61

4.18 The three color predicted concentrations 62

4.19 Reflectances, K/S, (K/S) and $(K/S)^{2.15}$ values of each pair of dyestuffs 64

4.20 Reflectances, K/S, (K/S) ans $(K/S)^{2.15}$ values of each three dyestuff mixtures 67

4.21 The $\Delta K/S^{2.15}$ values of two color mixtures 71

4.22 The $\Delta K/S^{2.15}$ values of three color mixtures 72

4.23 The concentration differences of two color mixtures 73

4.24 The concentration differences of three color mixtures 74

4.25 The corrected concentrations of two color mixtures 75

Table Page

4.26 The corrected concentrations of three color mixtures 76

4.27 The total differances of two color mixtures 77

4.28 The total differances of three color mixtures 78

A-I The predicted concentration of dyes for two color mixtures I07

A-2 The predicted concentration of dyes for three color mixtures I08

A-3 The corrected concentration of dyes for two color mixtures I09

A-4 The corrected concentration of dyes for three color mixtures II0

LIST OF FIGURES

Figure — Page

2.I 1931 CIE color - matching functions, $\bar{x}_\lambda$, $\bar{y}_\lambda$, $\bar{z}_\lambda$ 10

2.2 The diagram shows how the CIE tristimulus values X,Y,and Z of a color are obtained 11

2.3 1931 (x,y) chromaticity diagram 13

2.4 Determination of dominant and complementary wavelengths of stimuli of chromaticity 15

2.5 The lightness axis of chromaticity diagram 16

2.6 ANLAB Color Space 17

2.7 1931 CIE chromaticity diagram showing MacAdam's ellipses 22

2.8 Schematic diagram of a cross-section through a colorant layer 25

2.9 Additivity of K/S functions of reflectance 28

3.I Schematic of Colourpet dyeing machine 34

3.2 Macbeth MS 2000 spectrophotometer 35

3.3 Exhaustion Dyeing diagram 36

5.I K/S vs %c of Procion Blue MX-4GD 81

5.2 K/S vs %c of Procion Yellow MX-8G 82

5.3 K/S vs %c of Procion Blue MX-G 83

5.4 K/S vs %c of Procion Yellow MX-3R 84

5.5 K/S vs %c of Procion Orange MX-2R 85

5.6 K/S vs %c of Procion Red MX-5B 86

5.7 K/S vs %c of Procion Blue MX-7RX 87

Page

5.8 K/S vs %c of Procion Turquoise MX-G 88

5.9 K/S vs %c of Procion Brown MX-5BR 89

5.10 Iterative calculation diagram 91

5.11 Flow diagram for colour matching calculation 92

5.12 C.I.E. Chromaticity diagram

Map of areas covered by Uniform Chromaticity charts 100

5.13 Uniform Chromaticity Chart using for ΔC calculation 101

5.14 Total Color Difference calculating chart 102