ผลของการกระจายหมึกพิมพ์ต่อการพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์อิงก์เจ็ตชนิดสารสี

นางสาวลักษณา ทรัพย์ชูกุล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางภาพ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2544
ISBN 974-03-0854-6
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF INK DISPERSIONS ON FABRIC PRINTING BY PIGMENTED INKJET INKS

Miss Laksana Sapchookul

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Imaging Technology

Department of Photographic Science and Printing Technology
Faculty of Science
Chulalongkorn University

Academic Year 2001

ISBN 974-03-0854-6

Thesis Title	EFFECTS OF INK DISPERSIONS ON FABRIC PRINTING BY PIGMENTED INKJET INKS
By	Miss Laksana Sapchookul
Field of study	Imaging Technology
Thesis Advisor	Professor Suda Kiatkamjornwong, Ph.D.
Thesis Co-advisor	Hiromichi Noguchi, Ph.D.

Accepted by the Faculty of Science, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree

.....Deputy Dean for Administrative Affairs

(Associate Professor Pipat Karntiang, Ph.D.) Acting Dean, Faculty of Science

THESIS COMMITTEE

.....Chairman

(Associate Professor Khemchai Hemachandra, Ph. D.)

.....Thesis Advisor

(Professor Suda Kiatkamjornwong, Ph.D.)

.....Thesis Co-advisor

(Hiromichi Noguchi, Ph.D.)

.....Member

(Associate Professor Pontawee Pungrassamee, M.S.)

.....Member

(Usa Sangwatanaroj, Ph. D.)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นางสาวลักษณา ทรัพย์ชูกุล : ผลของการกระจายหมึกพิมพ์ต่อการพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์อิงก์เจ็ตชนิดสารสี. (EFFECTS OF INK DISPERSIONS ON FABRIC PRINTING BY PIGMENTED INKJET INKS) อ.ที่ปรึกษา : ศ. ดร. สุดา เกียรติกำจรวงศ์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ดร. ฮิโระมิจิ โนะกุจิ,141หน้า. ISBN 974-03-0854-6

เทคนิคการกระจายสารสีของหมึกพิมพ์เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพงานพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์อิงก์เจ็ตชนิดสารสี ในงานวิจัยนี้มุ่งศึกษาผลของการกระจายสารสีของหมึกพิมพ์อิงก์เจ็ตต่อการพิมพ์ผ้า โดยเตรียมหมึกพิมพ์อิงก์เจ็ตสี่สี 4 ชุด จากสารสีที่ใช้เทคนิคการกระจายสารสีในสารพอลิเมอร์ การกระจายสารสีโดยใช้สมบัติของสารลดแรงตึงผิว ไมโครเอนแคปซูเลชัน และการปรับสภาพผิวของสารสี ศึกษาสมบัติหมึกพิมพ์ที่เตรียมจากสารสีที่มีเทคนิคการกระจายตัวต่างกัน และอัตราส่วนระหว่างสารสีและสารยึดติดที่ต่างกัน (1/0.5, 1/1 และ 1/2) โดยวัดความหนืด แรงตึงผิว ความเป็นกรด-เบส และขนาดอนุภาค จากผลการวิจัยพบว่า การเพิ่มปริมาณของสารยึดติด ทำให้ค่าความหนืดของหมึกพิมพ์เพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อแรงตึงผิว ความเป็นกรด-เบสอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (7.5-9) และมีขนาดอนุภาคประมาณ 70-140 นาโนเมตร วิเคราะห์คุณภาพผ้าฝ้ายพิมพ์ที่มีการปรับสภาพก่อนการพิมพ์ด้วยสารละลายผสมระหว่างพอลิไวนิวแอลกอฮอล์และอะลูมินา โดยศึกษาขอบเขตสีและค่าปริมาตรของสี ความสามารถในการผ่านได้ของอากาศ ความแข็งกระด้าง และความทนของสีต่อการขัดถู พบว่า หมึกพิมพ์ที่ค่าอัตราส่วนสารสีต่อสารยึดติด 1/2 ให้ค่าขอบเขตสี และความทนของสีต่อการขัดถูดีที่สุด งานวิจัยนี้ยังได้ศึกษาผลของสารปรับสภาพก่อนการพิมพ์ทั้งสามชนิด ได้แก่ สารสีชนิดแคตไอออนิก สารพอลิเมอร์ชนิดแคตไอออนิก และสารละลายพอลิเอทิลีนออกไซด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงประมาณ 2-3 ล้านแดลตัน ต่อผ้าสี่ชนิด ได้แก่ ผ้าฝ้าย ผ้าไหม ผ้าพอลิเอสเทอร์ และผ้าเส้นใยผสมระหว่างผ้าฝ้ายและพอลิเอสเทอร์ (35/65) พิมพ์ผ้าเหล่านี้ด้วยหมึกพิมพ์ที่มีการกระจายของสารสีในสารพอลิเมอร์ ที่อัตราส่วนระหว่างสารสีและสารยึดติดเท่ากับ 1/2 พบว่า สารปรับสภาพก่อนการพิมพ์ชนิดแคตไอออนิกพอลิเมอร์ ให้ค่าสีและความทนของสีต่อการขัดถูของผ้าพิมพ์ที่ดี ในขณะที่สารละลายพอลิเอทิลีนออกไซด์ให้คุณภาพงานพิมพ์ที่ดีด้านความสามารถในการผ่านได้ของอากาศ และความแข็งกระด้าง งานวิจัยนี้ยังได้อธิบายสภาพของการปรับผิวหน้าผ้าพิมพ์ด้วยสารปรับผิวต่อคุณภาพของผ้าพิมพ์

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ ลายมือชื่อนิสิต Laksana Saphookul
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางภาพ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา Suda Kiatkamjornwong
ปีการศึกษา 2544 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม Hiromichi Noguchi

##4272379023 : MAJOR PRINTING TECHNOLOGY
KEY WORDS: PIGMENTED INKJET INK / DISPERSION TECHNOLOGIES / TEXTILE INK

LAKSANA SAPCHOOKUL : EFFECTS OF INK DISPERSIONS ON FABRIC PRINTING BY PIGMENTED INKJET INKS. THESIS ADVISOR : PROF. SUDA KIATKAMJORNWONG, Ph.D. THESIS COADVISOR : MR. HIROMICHI NOGUCHI, Ph.D.141PP. ISBN 974-03-0854-6

Pigment dispersion technique of ink is one of the effective parameters on pigmented inkjet ink printing quality. This research aims to investigate the effects of pigment dispersion of inkjet inks for textile printing. Four sets of four pigmented inks were each prepared by polymer dispersion, surfactant dispersion, microencapsulation, and surface modification. The inks were made by different ratios of pigment to binder (P/B) at 1/0.5, 1/1 and1/2. The ink properties were studied for viscosity, surface tension, pH and pigment particle size. The properties of the ink were found as follows: viscosity increased with increasing binder concentration, but it did not affect the ink surface tension; the ink had an acceptable pH of 7.5-9; and the pigment particle sizes were in the range of 70-140 nm. The inkjet inks were printed on the pretreated cotton fabric with a mixed solution of poly(vinyl alcohol) and alumina. The printed cotton fabric was analyzed for color gamut and its volume, air permeability, stiffness and crockfastness. The ink having a pigment-to-binder ratio of 1/2 rendered the optimum color gamut and crockfastness. This research investigated additionally the effect of three pre-treatment reagents, comprising cationic pigment, cationic polymer, and poly(ethylene oxide) of high molecular weight of 2,000,000-3,000,000 dalton, on four types of fabrics, namely, cotton, silk, polyester and cotton/polyester blend (35/65 ratio). The fabrics were printed by the ink containing 1/2 pigment/binder ratio dispersed by polymer dispersion. The pre-treatment of cationic polymer produced the better printed color and crockfastness, whereas the poly(ethylene oxide) treatment yielded the better air permeability of the printed fabrics and stiffness as well. This research explained the effect of fabric pre-treatments on fabric qualities/properties.

Department of Photographic Science and Printing Technology Student's signature Laksana Sapchookul
Field of study Imaging Technology Advisor's signature Suda Kiatkamjornwong
Academic Year 2001 Co-advisor's signature Hiromichi Noguchi

ACKNOWLEDGEMENT

First of all, I would like to acknowledge my heartfelt gratitude and appreciation to my advisor, Professor. Dr. Suda Kiatkamjornwong, for her kind instruction and invaluable suggestion; to my co-advisor, Dr. Hiromichi Noguchi, for his kind instruction and guidance.

I am also sincerely grateful to the member of the thesis committee for their comment, suggestion, and time to read the thesis.

Many thanks also go to Chula-Canon Technical Research Cooperation for the special financial support the materials used in my experiment. I am indebted to Ms. Koromo Shirota for her kind suggestion of the digital textile printing.

Finally and above all I wish to thank my friends, especially Ms. Juntira Komasatitaya, Mr Kittiroj Rattanakasemsuk, and Mr. Siam Prasitthikul who have given me assistance, suggestions and supports throughout this research period. Last but not least, my gratitude to my family for their love, inspiration, understanding and endless encouragement.

Laksana Sapchookul

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTENTS

PAGE

ABSTRACT (IN THAI) iv

ABSTRACT (IN ENGLISH) v

ACKNOWLEDGEMENT.....vi

CONTENTS vii

LIST OF TABLES xiii

LIST OF FIGURES xv

CHAPTER 1 : INTRODUCTION 1

1.1 Scientific Raticnal 1

1.2 Objectives of the research work 2

1.3 Scope of the research work 2

1.4 Content of the research work 3

CHEAPTER 2 : THEORETACAL BACKGROUND AND

LITERATURE REVIEW 4

2.1 Theoretical background 4

2.1.1 History of Inkjet Printing 4

2.1.2 Overview of Inkjet Printing 5

2.1.3 Inkjet Technologies 6

2.1.3.1 Continuous Inkjet Printing 7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTENTS (Continued)

PAGE

2.1.3.2 Drop-on-demand Printing 9

2.1.4 Ink System for Inkjet Printing 12

2.1.5 Pigmented Inkjet Inks 13

2.1.5.1 Fine Particle Dispersion of Pigment 15

2.1.5.2 Dispersion Technologies in Pigmented Ink 17

a) Polymer dispersion 17

b) Surfactant dispersion 19

c) Micro-encapsulation 21

d) Surface modification 23

2.1.6 Textile Printing 26

2.1.7 Textile Fiber and Their Properties 28

2.1.7.1 Natural Fibers 29

a) Silk 29

b) Cotton 31

2.1.7.2 Man-made Fibers 33

c) Polyester Fiber 33

d) Fiber Blend 35

2.1.8 The Textile Testing 37

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTENTS (Continued)

PAGE

2.1.8.1 Color Measurement 37

2.1.8.2 Air permeability 38

2.1.8.3 Stiffness 39

2.1.8.4 Colorfastness 40

2.2 Literture review 41

CHAPTER 3 : EXPERIMENTAL 46

3.1 Materials 46

3.2 Apparatus 52

3.3 Procedure 53

3.3.1 Effect of the Pigment/Binder Ratio

on Inkjet Ink Properties 53

3.3.1.1 Preparation of Pigmented Inkjet Inks 53

3.3.1.2 Characterization of Pigment Dispersions

and Ink Properties 55

3.3.2 Effect of the Pigment/Binder Ratio

on Fabric Printing 55

3.3.2.1 Preparation of Pre-treatment Solution 55

3.3.2.2 Printing on the Pre-treatment Fabric 56

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTENTS (Continued)

PAGE

3.3.2.3 Evaluation of the Printed Fabrics 56

3.3.3 Effect of Ink Dispersion

on the Four Types of Fabric 60

3.3.3.1 Preparation of Pre-treatment Solution 60

3.3.3.2 Printing on the Pre-treatrment

and Non-treatment Fabrics 61

3.3.3.3 Evaluation of the Printed Fabrics 62

CHAPTER 4 : RESULTS AND DISCUSSION 63

4.1 Effect of Pigment/Binder Ratio

on the Pigmented Inkjet Ink Properties 63

4.1.1 The Properties of Pigmented Inkjet Ink 63

4.1.1.1 Effect of P/B Ratio on Surface Tension

of the Pigmented Inkjet Inks 68

4.1.1.2 Effect of P/B Ratio on Viscosity

of the Pigmented Inkjet Inks 70

4.1.2 The Stability of the Pigmented Inkjet Inks 72

4.1.2.1 Effect of P/B Ratio on pH Stability 72

4.1.2.2 Effect of P/B Ratio on Viscosity Stability 77

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTENTS (Continued)

PAGE

4.2 Effect of Pigment/Binder Ratio

on the Print Evaluation 83

4.2.1 Color Gamut and Color Gamut Volume 83

4.2.2 Air permeability 87

4.2.3 Stiffness 88

4.2.4 Crockfastness 90

4.3 Comparison of Pigment Dispersion Technique

on the Properties the Printed Cotton Fabrics 92

4.3.1 Color Gamut and Color Gamut Volume 93

4.3.2 Air permeability 94

4.3.3 Stiffness 95

4.3.4 Crockfastness 97

4.4 Effect of Pre-treatment on the Four Types of Fabric 98

4.4.1 Color Gamut and Color Gamut Volume 99

4.4.2 Air permeability 104

4.4.3 Stiffness 105

4.4.4 Crockfastness 107

4.4.5 Morphology of the Fabrics 110

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTENTS (Continued)

PAGE

CHAPTER 5 : CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS 116

REFERENCES 119

APPENDICES.....123

APPENDIX A The Particle Sizes of Various Pigment Dispersion Techniques evaluated by Zetasizer and Light Scaterring 124

APPENDIX B The method of calculation of color gamut volume.....137

VITA 141

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF TABLES

TABLE PAGE

2-1 Comparison of non-impact printing 6

3-1 Properties of pigment dispersions and binder 49

3-2 The inkjet inks formulation of water base dispersion

of pigment and polymer at 1/0.5 pigment/binder ratio..... 54

3-3 The pigment and binder concentration to obtain P/B ratios 54

4-1 The properties of pigmented inkjet inks 67

4-2 The changes of viscosity after 60-day storage at room temperature 78

4-3 The gamut volume of inkjet inks with the different pigment dispersions 86

4-4 Effect of pigment/binder ratio on printed fabrics printed

by various pigment dispersion inkjet inks 92

4-5 Effect of pigment dispersion technique on properties evaluated

from the printed fabrics 98

4-6 The gamut volume of inkjet inks printed on different fabrics

with pre-treatment reagents 102

4-7 Dependence of pre-treatment reagent on air permeability

of four types of fabric 105

4-8 Effect of pre-treatment reagents on bending length values

at CD before printing 106

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF TABLES (Continued)

TABLE PAGE

4-9 Effect of pre-treatment reagents on bending length values at MD before printing 106

4-10 Effect of four pre-treated fabrics printed by the pigmented inkjet inks 115

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF FIGURES

FIGURE PAGE

2-1 Continuous inkjet print head 8

2-2 Piezo electric mode 10

2-3 Ink system used for inkjet 12

2-4 Stability of adsorption 16

2-5 Schematic diagram of emulsion colorant 18

2-6 Preparation of micro-encapsulation 22

2-7 Schematic of conventional and surface modified pigments 24

2-8 General surface modification reaction using carbon black by Cabot Co. 25

3-1 Chemical structure of cationic acrylate polymer (Sunfix 555) 51

3-2 The xy color space based on the color matching functions
of the Standard Observer 58

4-1 Chemical structures of pigments 65

4-2 Effect of pigment/binder ratio on surface tensions
of the pigmented inkjet inks 69

4-3 Effect of pigment/binder ratio on viscosity
of the pigmented inkjet inks 71

4-4 The pH stability of pigmented inkjet inks made from polymer dispersion 73

4-5 The pH stability of pigmented inkjet inks made from surfactant dispersion 74

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF FIGURES (Continued)

FIGURE PAGE

4-6 The pH stability of pigmented inkjet inks made from micro-encapsulation 75

4-7 The pH stability of pigmented inkjet inks made from surface modification 76

4-8 Increment of viscosity value at P/B ratio with different dispersion technologies 79

4-9 Shear stress and shear rate of the pigmented inkjet inks made from polymer dispersion measured after preparation 81

4-10 Shear stress and shear rate of pigmented inkjet inks made from polymer dispersion after 60-day storage 82

4-11 Color gamut of the pigmented inkjet inks at different P/B ratios prepared by different dispersion technologies 84

4-12 Air permeability test of the pigmented inkjet inks at different P/B ratios prepared by different dispersion technologies 88

4-13 Bending length of the pigmented inkjet inks prepared by the different dispersion technologies 89

4-14 Crockfastness of the pigmented inkjet inks prepared by the different dispersion technologies 91

4-15 Color gamut of the pigmented inkjet inks with 1/2 ratio by different dispersion technologies 93

4-16 Air permeability of three P/B ratios dispersed by four dispersion techniques 95

LIST OF FIGURES (Continued)

FIGURE PAGE

4-17 The change of stiffness caused by the P/B ratio in different pigment dispersion technologies 96

4-18 Color gamut of the pigmented inkjet inks made from polymer dispersion with the different pre-treatment on different fabrics 100

4-19 Crockfastness of three pre-treatment reagents on four fabrics 108

4-20 Optical photograph of the printed fabrics without pretreatment 109

4-21 SEM of cotton fabrics with three pre-treatment reagents 110

4-22 SEM of silk fabrics with three pre-treatment reagents 111

4-23 SEM of polyester fabrics with three pre-treatment reagents 112

4-24 SEM of cotton/polyester blend fabrics with three pre-treatment reagents 113

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย