การกระจายสารสีของหมึกพิมพ์อิงก์เจ็ตสำหรับการพิมพ์ผ้าไหม

นางสาวศันสนีย์ ลีลาจริยกุล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางภาพ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-2097-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PIGMENTED INKJET INK DISPERSION FOR SILK FABRIC PRINTING

Miss Sansanee Leelajariyakul

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 2002

ISBN 974-17-2097-1

Thesis Title	PIGMENTED INKJET INK DISPERSION FOR SILK FABRIC PRINTING
By	Miss Sansanee Leelajariyakul
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

.....Dean of Faculty of Science

(Associate Professor Wanchai Phothiphichitr, Ph.D.)

THESIS COMMITTEE

.....Chairman

(Associate Professor Khemchai Hemachandra, Ph. D.)

.....Thesis Advisor

(Professor Suda Kiatkamjornwong, Ph.D.)

.....Thesis Co-advisor

(Hiromichi Noguchi, Ph.D.)

.....Member

(Pichayada Katemake, Ph. D.)

.....Member

(Usa Sangwatanaroj, Ph. D.)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นางสาวศันสนีย์ ลีลาจริยกุล : การกระจายสารสีของหมึกพิมพ์อิงก์เจ็ตสำหรับการพิมพ์ผ้าไหม. (PIGMENTED INKJET INK DISPERSION FOR SILK FABRIC PRINTING) อ.ที่ปรึกษา : ศ. ดร. สุดา เกียรติกำจรวงศ์, อ.ที่ปรึกษาร่วม: ดร.ฮิโระมิจิ โนะกุจิ, 129 หน้า. ISBN 974-17-2097-1

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้มุ่งศึกษาผลของการกระจายสารสีของหมึกพิมพ์อิงก์เจ็ตสำหรับการพิมพ์บนผ้าไหม ได้เตรียมหมึกพิมพ์อิงก์เจ็ตสองชุด โดยใช้สารสีที่มีการกระจายสารสีแบบการปรับสภาพผิวหน้าของสารสี และไมโครเอนแคปซูเลชัน ศึกษาผลการวัดความหนืด แรงตึงผิว และขนาดอนุภาค พบว่า หมึกพิมพ์ที่ได้มีความหนืดอยู่ในช่วง 3.5 ถึง 5 มิลลิพาสคัล วินาที, แรงตึงผิว 38 ถึง 45 มิลลินิวตันต่อเมตร และขนาดอนุภาค 0.22 ถึง 0.23 ไมโครเมตร การทดสอบความเสถียรของหมึกพิมพ์เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าความหนืดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยประมาณร้อยละ 20 ถึง 40 และการกระจายขนาดอนุภาคในหมึกพิมพ์มีขนาดใหญ่ขึ้นประมาณร้อยละ 2 ถึง 15 วิเคราะห์คุณภาพงานพิมพ์บนผ้าไหม โดยศึกษาค่าความดำ การผลิตน้ำหนักสี ขอบเขตสีและค่าปริมาตรสี ความทนของสีต่อการขัดถูการซัก และแสง ความสามารถในการผ่านได้ของอากาศ และความแข็งกระด้างของผ้าพิมพ์ พบว่าหมึกพิมพ์ที่ใช้สารสีที่มีการกระจายสารสีแบบปรับสภาพผิวหน้าให้ค่าความดำของผ้าพิมพ์ การผลิตน้ำหนักสี ขอบเขตสีและปริมาตรสีสูงกว่า หมึกพิมพ์ทั้งสองชุดมีความทนต่อการขัดถูใกล้เคียงกัน มีความทนต่อแสงสูง และให้คุณภาพงานพิมพ์ที่ดีในด้านความสามารถในการผ่านได้ของอากาศ และความแข็งกระด้างของผ้าพิมพ์ หมึกพิมพ์ที่ใช้สารสีที่มีการกระจายสารสีแบบไมโครเอนแคปซูเลชัน มีความทนต่อการซักสูง นอกจากนี้ยังได้ศึกษาผลของคุณภาพผ้าพิมพ์ที่ได้เมื่อพิมพ์ลงบนผ้าไหมที่ผ่านการปรับสภาพก่อนการพิมพ์ด้วยสารพอลิเมอร์ชนิดแคตไอออนเชิงพาณิชย์ พบว่า การปรับสภาพผิวหน้าก่อนการพิมพ์ให้คุณภาพผ้าพิมพ์ที่ได้สูงขึ้น โดยค่าความดำสูงขึ้น และขอบเขตสีกว้างขึ้น โดยเฉพาะหมึกพิมพ์ที่ใช้สารสีที่ใช้การกระจายสารสีแบบไมโครเอนแคปซูเลชัน ความทนทานของสีต่อการขัดถูและการซักของหมึกทั้งสองชุดดีขึ้น ในขณะที่ความสามารถในการผ่านได้ของอากาศและความแข็งกระด้างของผ้าพิมพ์ขึ้นกับการปรับสภาพผิวหน้าก่อนการพิมพ์ มากกว่าปริมาณของหมึกพิมพ์ที่ยึดติดบนผ้า

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ ลายมือชื่อนิสิต ศันสนีย์ ลีลาจริยกุล
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางภาพ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา สุดา เกียรติกำจรวงศ์
ปีการศึกษา 2545 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม Hiromichi Noguchi

##4472420223 : MAJOR IMAGING TECHNOLOGY

KEY WORDS: PIGMENTED INKJET INK / DISPERSION / SILK FABRIC

SANSANEE LEELAJARIYAKUL : PIGMENTED INKJET INK DISPERSION FOR SILK FABRIC PRINTING. THESIS ADVISOR : PROF. SUDA KIATKAMJORNWONG, Ph.D. THESIS COADVISOR : HIROMICHI NOGUCHI, Ph.D. 129 PP. ISBN 974-17-2097-1

The purpose of this research was to study the effect of pigmented inkjet ink dispersion for silk fabric. The pigmented inkjet inks were formulated using two types of pigment dispersion techniques, surface modification and microencapsulation. Viscosity, surface tension and particle size were studied with results as follows: viscosity 3.5-5 mPa s, surface tension 38-45 mN m^{-1}, and particle size 0.22-0.23 μm. The stability of ink was examined for changes in viscosity and particle size distribution. The inks were held in storage at ambient room temperatures for 12 weeks. After storage, the ink viscosity was increased by 20-40 % and the particle size distribution by 2-15 %. The printed silk fabric was analyzed for optical density, tone reproduction, color gamut, gamut volume, crockfastness, washfastness, lightfastness, air permeability and bending stiffness. The surface modified pigmented inks yielded high optical density, good tone reproduction, better color gamut, and gamut volume. The pigmented inkjet inks gave good crockfastness, high lightfastness, greater air permeability and higher bending stiffness. The microencapsulated pigmented inks also rendered good washfastness. This research also investigated the printing quality of the pretreated silk fabric using cationic polymer. It was found that the pretreated silk fabric produced the better image quality, high optical density, and greater color gamut, especially in the case of microencapsulated pigmented ink. Both inks gave high crockfastness and washfastness when they were printed on the pretreated silk fabric. The air permeability and bending stiffness of the printed fabric was more dependent on the pretreatment than the printed ink layers themselves.

Department Imaging Science and Printing Technology
Field of study Imaging Technology
Academic year 2002

Student's signature Sansanee Leelajariyakul
Advisor's signature Suda Kiatkamjornwong
Co-advisor's signature Hiromichi Noguchi

ACKNOWLEDGEMENT

I would like to express sincere appreciation to my advisor, Professor. Dr. Suda Kiatkamjornwong, for her kind instruction and suggestion during the research, and review of the whole thesis; to my co-advisor, Dr. Hiromichi Noguchi, for his kind instruction and guidance.

I am also sincerely grateful to the members of the thesis committee for their comments and suggestions.

Deep gratitude is due to Chula-Canon Technical Research Cooperation for financial, equipment, materials and chemicals support, and providing technical assistance through the co-advisor.

Sincere thanks to Dainippon Ink and Chemicals, INC., Cabot Corporation, and Shin-Nakamura Chemical Co., Ltd. for providing the materials used in my experiment.

I wish to thanks also especially go to all of my friends and all members of The Photographic Science and Printing Technology for their assistance and friendly encouragement.

Finally, I am very gratitude to my family for their financial support, inspiration, understanding and endless encouragement.

Sansanee Leelajariyakul

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 Rationale 1

1.2 Objectives of the Research Work 2

1.3 Scope of the Research Work 2

1.4 Content of the Research Work 2

CHEAPTER 2 : THEORETICAL BACKGROUND AND LITERATURE REVIEW 4

2.1 Theoretical Background 4

2.1.1 Overview of Inkjet Printing 4

2.1.2 Principle of Inkjet Printing 5

2.1.2.1 Continuous Inkjet..... ...5

2.1.2.2 Drop-On-Demand.....6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTENTS (Continued)

PAGE

2.1.3 Properties of Inkjet Inks.....8

2.1.3.1 Viscosity.....8

2.1.3.2 Specific Gravity.....8

2.1.3.3 Surface Tension.....9

2.1.3.4 Optical Density.....9

2.1.3.5 Dielectric Properties.....9

2.1.3.6 pH.....10

2.1.3.7 Tristimulus Value.....10

2.1.4 Composition of Pigmented Inkjet Inks.....11

2.1.4.1 Pigment.....11

2.1.4.2 Dispersant.....12

2.1.4.3 Water.....12

2.1.4.4 Humectants.....12

2.1.4.5 Bactericides and Fungicides.....13

2.1.4.6 Surfactants.....13

2.1.5 Pigmented Inkjet Inks for Textile Printing.....14

2.1.5.1 Pigment Dispersions.....16

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTENTS (Continued)

PAGE

2.1.5.2 Binder System..... 17

2.1.6 Pigment Dispersion Technique..... 20

2.1.6.1 Microencapsulation Technique... 22

2.1.6.2 Surface Modification Technique..... 23

2.1.7 Silk Fabric..... 26

2.1.8 CIELAB Color Space..... 28

2.1.9 Textile Print Quality..... 30

2.2 Literature Reviews.....31

CHAPTER 3 : EXPERIMENTAL..... 37

3.1 Material..... 37

3.2 Apparatus.....39

3.3 Procedure.....40

3.3.1 Preparation of Fabrics.....40

3.3.2 Preparation of Pigmented Inkjet Inks.....41

3.3.3 Characterization of the Materials.....42

3.3.3.1 Viscosity 42

3.3.3.2 Surface Tension 43

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTENTS (Continued)

PAGE

3.3.3.3 Particle Size Distribution of Dispersed Pigments and Pigmented Inkjet Inks....43

3.3.3.4 Concentration of Dispersing Agent....43

3.3.3.5 Glass Transition of the Polymer Binder....43

3.3.4 Characterization of the Printed Fabrics....44

3.3.4.1 Color Measurement....44

3.3.4.2 Dry/Wet Crockfastness....45

3.3.4.3 Washfastness....45

3.3.4.4 Lightfastness....46

3.3.4.5 Air Permeability....46

3.3.4.6 Bending Stiffness....47

CHAPTER 4 : RESULTS AND DISCUSSION....48

4.1 The Characteristic of Pigmented Inkjet Inks....48

4.1.1 Viscosity of Pigmented Inkjet Inks....53

4.1.2 Surface Tension of Pigmented Inkjet Inks....56

4.1.3 Particle Size....57

4.2 Stability of Pigmented Inkjet Inks....58

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTENTS (Continued)

PAGE

4.3 The Quality of Printed Fabrics 63

4.3.1 Effect of Pigment Dispersion on Optical Density 63

4.3.2 Effect of Pigment Dispersion on Tone Reproduction 68

4.3.3 Effect of Pigment Dispersion on Color and Color Gamut 70

4.3.4 Effect of Pigment Dispersion on Color Fastness 73

4.3.4.1 Crockfastness 73

4.3.4.2 Washfastness 76

4.3.4.3 Lightfastness 78

4.3.5 Effect of Pigment Inks on Wearing Comfort 79

4.3.5.1 Air Permeability 79

4.3.3.2 Bending Stiffness 82

4.4 Effect of Pretreatment on Printed Quality 87

4.4.1 Effect of Pretreatment on Optical Density 87

4.4.2 Effect of Pretreatment on Tone Reproduction 91

4.4.3 Effect of Pretreatment on Color and Color Gamut 94

4.4.4 Effect of Pretreatment on Color Fastness 102

4.4.4.1 Crockfastness 102

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTENTS (Continued)

PAGE

4.4.4.2 Washfastness 103

4.4.5 Effect of Pretreatment on Wearing Comfort 104

4.4.5.1 Air Permeability 104

4.4.5.2 Bending Stiffness 106

CHAPTER 5 : CONCLUSIONS AND SUGGESTION 110

5.1 Conclusions 110

5.2 Suggestions for Future Work 111

REFERENCES..... 112

APPENDICES.....114

Appendix A.....115

Appendix B.....122

Appendix C.....124

VITA..... 129

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF TABLES

TABLE PAGE

3-1 Formulation of pigmented inkjet inks....41

4-1 Dispersion for four color pigments....49

4-2 The physical properties of disperse pigments....51

4-3 The ratio of pigment to polymer of the microencapsulated pigment....52

4-4 Characteristics of S-711 binder....52

4-5 The viscosity of cyan, magenta, yellow and black pigmented inkjet inks....53

4-6 The surface tension of cyan, magenta, yellow and black pigmented inkjet inks..57

4-7 The particle size of pigmented inkjet inks....57

4-8 Surface tension-optical density relation on the non-treated fabric....64

4-9 The optical microdensity of the non-treated, printed silk fabric....68

4-10 Effect of pigment dispersion on color gamut volume....73

4-11 Effect of crockfastness on non-treated fabric....74

4-12 Effect of pigment dispersion on washfastness....77

4-13 Effect of pigment dispersion on lightfastness....78

4-14 Bending length of the printed silk fabrics, non-treated fabric....83

4-15 The stiffness of the non-treated printed silk fabric....86

4-16 Optical density on treated fabric....88

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF TABLES (Continued)

FIGURE PAGE

4-17 The standard deviation of optical density data from the microdensitometer 97

4-18 Effect of pretreatment on color gamut volume 98

4-19 Effect of pretreatment on chroma 99

4-20 Effect of crockfastness on treated fabrics 102

4-21 Effect of crockfastness on washfastness 103

4-22 Bending length of the non printed silk fabrics, pretreated fabric 106

4-23 The stiffness of the pretreated printed silk fabric.....108

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF FIGURES

FIGURE PAGE

2-1 Continuous inkjet printhead 6

2-2 Drop-on-demand printhead 7

2-3 Copolymer binder 17

2-4 Surface treatment via diazonium chemistry 25

2-5 Secondary surface chemistry 25

3-1 Chemical structure of cationic acrylate polymer (Sanfix 555) 38

4-1 Chemical structure of pigments 50

4-2 The viscosity of surface modified pigmented inkjet inks.....55

4-3 The viscosity of microencapsulated pigment inkjet inks 55

4-4 The change in viscosity of the surface modified pigmented inkjet inks in 12 weeks.....59

4-5 The change in viscosity of the microencapsulated pigmented inkjet inks in 12 weeks 59

4-6 Dependence of storage on particle size distribution of surface modified pigmented inks 61

4-7 Dependence of storage on particle size distribution of microencapsulated pigment inks 62

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF FIGURES(Continued)

FIGURE PAGE

4-8 The cross section of photomicrographs showing the depth of ink penetration on the non-treated silk fabric, (a) surface modified pigmented inkjet ink (b) microencapsulated pigmented inkjet ink 65

4-9 The disperse pigment (a) surface modified pigment, (b) microencapsulated pigment 66

4-10 Tone reproduction on the non-treated silk fabric 69

4-11 The chomaticities of colors printed using surface modified pigmented ink and microencapsulated pigmented ink on the non-treated silk fabric 71

4-12 The change of air volume after printing on silk fabric 80

4-13 Photomicrograph of the non-treated printed silk fabric (a) the surface modified pigmented ink (b) the microencapsulated pigmented ink.....81

4-14 The relative bending length of the non-treated silk fabric (a) warp direction, (b) weft direction 84

4-15 SEM photo of the non-treated silk fabric 89

4-16 SEM photo of the pretreated silk fabric 89

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF FIGURES(Continued)

FIGURE PAGE

4-17 The cross section of photomicrographs showing the depth of ink penetration on the treated silk fabric, (a) the surface modified pigmented ink, (b) the microencapsulated pigmented ink 90

4-18 Effect of pretreatment on tone reproduction of the surface modified pigment ink 92

4-19 Effect of pretreatment on tone reproduction of the microencapsulated pigment ink 93

4-20 Effect of fabric pretreatment on color gamut printed by the surface modified pigmented ink 94

4-21 Effect of fabric pretreatment on color gamut printed by the microencapsulated pigmented ink 95

4-22 Correlation of lightness and chroma of the surface modified pigmented ink 100

4-23 Correlation of lightness and chroma of the microencapsulated pigmented ink .101

4-24 Change in air permeability cause by inkjet printing of surface modified pigmented ink and microencapsulated pigmented inks 105

4-25 Relative bending length of the treated, printed silk fabric characterized in term of fiber direction and type of ink, (a) warp direction, (b) weft direction 107