ระบบสารยึดติดสำหรับหมึกพิมพ์ชนิดพิกเมนต์ของการพิมพ์อิงก์เจ็ตบนผ้า

น.ส. จันทิรา โกมาสถิตย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางภาพ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2544
ISBN 974-03-0855-4
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

BINDER SYSTEMS FOR PIGMENTED INKJET PRINTING ON TEXTILES

Ms. Juntira Komasatitaya

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 974-03-0855-4

Thesis Title	BINDER SYSTEMS FOR PIGMENTED INKJET PRINTING ON TEXTILE
By	Miss Juntira Komasatitaya
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
(Associate Professor Pontawee Pungrassamee, M.S.)

..... Member
(Usa Sangwatanaroj, Ph.D.)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จันทิรา โกมาสถิตย์ : ระบบสารยึดติดสำหรับหมึกพิมพ์ชนิดพิกเมนต์ของการพิมพ์อิงก์เจ็ตบนผ้า. (BINDER SYSTEMS FOR PIGMENTED INKJET PRINTING ON TEXTILES) อ. ที่ปรึกษา : ศ. ดร. สุดา เกียรติกำจรวงศ์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ดร. ฮิโระมิจิ โนะกูจิ 81 หน้า. ISBN 974-03-0855-4.

งานวิจัยนี้ได้เตรียมหมึกพิมพ์อิงก์เจ็ตชนิดสารสีเพื่อพิมพ์บนผ้า 4 ชนิด ผ้าฝ้าย, ผ้าพอลิเอสเทอร์, ผ้าใยผสมระหว่างฝ้ายกับพอลิเอสเทอร์ และผ้าไหม โดยเปลี่ยนชนิดสารยึดติดของหมึกพิมพ์ สารยึดติดที่เครื่องพิมพ์สามารถพ่นหมึกออกมาได้เป็นสารอิมัลชันของพอลิเมอร์ชนิดอะคริเลตและพอลิยูรีเทน ผสมส่วนประกอบต่าง ๆ ของหมึก ทดสอบการพ่นหมึกพิมพ์โดยความเสถียรเชิงกลของอิมัลชันและการรับน้ำของสารยึดติด ทดสอบมอดุลัสของยังและความแข็งของฟิล์มของสารยึดติดเพื่อผลทางการพิมพ์ผ้า หมึกพิมพ์สี่สีที่เตรียมไปพิมพ์บนผ้าที่ไม่ได้ปรับผิวด้วยเครื่องพิมพ์ระบบพ่นหมึกแบบความดันเพียโซ นำผ้าพิมพ์ไปวัดความแข็งกระด้างและความทนของสีต่อการขัดถู นำผ้าฝ้ายที่ปรับผิวแล้วด้วยอะลูมินาในพอลิไวนิลแอลกอฮอล์แล้วนำไปพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ดังกล่าว วัดความอิ่มตัวของสีบนผ้าพิมพ์, ความทนของสีต่อการขัดถูของผ้าพิมพ์

หมึกพิมพ์ที่เตรียมได้มีสมบัติดังนี้ ช่วงความหนืด 1-3 มิลลิพาสคัล วินาที, แรงตึงผิว 57-59 มิลลินิวตันต่อเมตร และความเป็นกรด-เบส 8-9 สารยึดติดชนิดอะคริเลตในหมึกพิมพ์ที่มีความเสถียรเชิงกลและมีสมบัติรับน้ำได้มากทำให้เครื่องพิมพ์พ่นหมึกพิมพ์ได้ดี ผลการทดลองพิมพ์พบว่าผ้าพอลิเอสเทอร์ที่พิมพ์ด้วยสารยึดทุกชนิดมีความแข็งกระด้างมากที่สุด ส่วนผ้าฝ้ายมีความแข็งกระด้างเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด พิจารณาสารยึดติดชนิดต่างกันกับความแข็งกระด้างพบว่ามีผลกับผ้าพอลิเอสเทอร์ โดยสารยึดติดที่มีมอดุลัสมากทำให้ความแข็งกระด้างของผ้าพิมพ์พอลิเอสเทอร์เพิ่มขึ้น ส่วนผ้าพิมพ์อีกสามชนิดให้ผลแตกต่างน้อย ผลของความทนของสีต่อการขัดถูของผ้าพิมพ์พบว่าขึ้นอยู่กับปริมาณหมึกพิมพ์บนผิวผ้า ความแข็งของสารยึดติด และความแข็งแรงของเส้นใยผ้า ผ้าที่มีสมบัติความชอบน้ำมากกว่าให้ผลของระดับความทนของสีต่อการขัดถูน้อยกว่าผ้าพอลิเอสเทอร์ซึ่งชอบน้ำน้อยกว่า สารยึดติดชนิดพอลิยูริเทนมีความทนของสีต่อการขัดถูบนผ้าพอลิเอสเทอร์มากที่สุด เมื่อพิมพ์ด้วยสารยึดติดชนิดอะคริเลตมีความทนของสีต่อการขัดถูระดับดีบนผ้าทุกชนิด ผลของการปรับผิวบนผ้าฝ้ายทำให้ความอิ่มตัวของสีพิมพ์มากขึ้น แต่ความทนของสีต่อการขัดถูน้อยลงกว่าผ้าที่ไม่ได้ปรับผิว ผ้าที่ปรับผิวแล้วลดสมบัติการดูดซึมหมึกของผ้าลงได้ งานวิจัยนี้ได้อธิบายความสัมพันธ์ของสมบัติชอบน้ำและไม่ชอบน้ำของสารยึดติดและของเส้นใยผ้าและคุณภาพสีของผ้าพิมพ์ที่ปรับผิว

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางภาพ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2544 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4272229623 : MAJOR IMAGING TECHNOLOGY
KEY WORD: INKJET / PIGMENT / BINDER / STIFFNESS / CROCKFASTNESS / PRETREATED FABRIC
JUNTIRA KOMASATITAYA : THESIS TITLE. (BINDER SYSTEMS FOR PIGMENTED INKJET PRINTING ON TEXTILE) THESIS ADVISOR : PROF. SUDA KIATKAMJORNWONG, Ph.D, THESIS COADVISOR : HIROMICHI NOGUCHI, Ph.D, 81 pp. ISBN 974-03-0855-4.

In the research, pigmented inkjet inks for fabric printing on cotton, polyester, cotton/polyester blend, and silk were prepared by changing types of ink binder. The binders that could eject droplets of the inks were acrylate and polyurethane emulsions. Mechanical stability of the emulsions, and water uptake of binders were tested for ink ejections. Young's modulus, and hardness of the free binder films were tested for their print quality. The four color inkjet inks were printed on nontreated fabrics by a piezo-driven inkjet printer. The printed fabrics were investigated for stiffness and crockfastness. The cotton fabric was treated with alumina in poly(vinyl alcohol) solution. The treated fabric was then printed by the above inks. Color saturation and crockfastness of the printed fabric were determined.

Properties of the inks were found as follows: viscosity, 1-3 mPa s; surface tension, 57-59 mN m^{-1}; and pH, 8-9. The acrylate binder in the ink yielding the high mechanical stability and water uptake renders the better ink ejection. The printing results indicated that the polyester fabric printed with all the binders gave the highest stiffness, whereas the printed cotton yielded the less stiffness. Considering the different binders and stiffness, we found that the binder stiffness affected most on polyester fabric. The higher modulus of the binder produced the greater stiffness of the polyester fabric. The stiffness of other three printed fabrics did not differ much. The resulting crockfastness of the fabrics depended on the amount of ink deposited, binder hardness, and fiber strength. The more hydrophilic fabrics provided the lower crockfastness than the polyester fabric with less hydrophilicity. The polyurethane binder gave the greater crockfastness on the polyester fabric. When printing with the polymer of acrylate, it produced good crockfastness on all fabrics. The attribute of surface treatment on cotton fabric rendered the higher color saturation, but the less crockfastness compared with the nontreated surface. The treated surface of the fabrics reduced ink wicking on the fabrics. This research elucidates the relationship between hydrophilic/hydrophobic properties of both the binders, and the fibers, and qualities of the printed colors of pretreated fabrics.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department of Photographic Science and Printing Technology Student's signature.....

Field of study Imaging Technology Advisor's signature. Suda Kiatkamjornwong

Academic year 2001 Co-advisor's signature. Hiromichi Noguchi

ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to acknowledge her heartfelt gratitude and appreciation to her advisor, Professor Dr. Suda Kiatkamjornwong, her co-advisor, Dr. Hiromichi Noguchi, and Mrs. Koromo Shirota for their kind supervision, invaluable guidance and constant encouragement, and for their review of the thesis content.

The author is also sincerely grateful to Dr. Usa Sangwatanaroj and the members of the thesis committee for their comments and suggestions.

Many thanks also go to Canon Inc for supports of inkjet printers and material supply, and to the Graduate School of Chulalongkorn University, and Ministry of University Affairs for research grants.

Special thanks are expressed to Mr. Prasit Canthasaksiri, and Mr. Kitiroj Rattanakasemsuk for their advice concerning the experimental techniques and to my friends whose names are not mentioned here for their assistance during the period of this study.

Finally, the author would like to express deep gratitude to her parents for their love, inspiration, understanding and endless encouragement throughout this study.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTENTS

PAGE

ABSTRACT (IN THAI)..... iv

ABSTRACT (IN ENGLISH)..... v

ACKNOWLEDGEMENTS..... vi

CONTENTS..... vii

LIST OF TABLES.....x

LIST OF FIGURES.....xi

CHAPTER 1 : INTRODUCTION.....1

1.1 Scientific Rationale.....1

1.2 Objectives of the Research Work.....2

1.3 Scopes of the Research Work.....2

1.4 Contents of the Research Work.....3

CHAPTER 2 : THEORETICAL BACKGROUND AND LITERATURE REVIEW 4

2.1 Theoretical Background.....4

2.1.1 Inkjet Printing System.....4

2.1.2 Properties of Inkjet Inks.....10

2.1.3 Composition of Water-Based Inkjet Inks.....13

2.1.4 Composition of Aqueous Pigmented Inkjet Inks.....14

2.1.5 Inkjet Inks for Fabric Printing.....16

2.1.6 Film-Formation of Polymer Emulsion.....17

2.1.7 Physical Properties of Textile Fibers.....18

2.2 Literature reviews.....23

CHAPTER 3 : EXPERIMENTAL.....26

3.1 Chemicals.....26

CONTENTS (continued)

PAGE

3.2 Materials.....27

3.3 Equipment.....28

3.4 Procedures.....28

3.4.1 Preparation of Aqueous-Based Pigmented Inkjet Inks.....28

3.4.2 Preparation of Fabrics.....29

3.4.3 Inkjet Printing Step.....30

3.4.4 Characteristics of Binder and Ink.....30

3.4.5 Characterizations of Fabrics 32

CHAPTER 4 : RESULTS AND DISCUSSION 35

4.1 Viscosity and Surface Tension of Inkjet Inks.....35

4.2 Effect of Mechanical Stability and Water Uptake on Ejections of Inks.....38

4.2.1 Ejections of the Pigmented Inks Contained the Emulsion Form of Binders.....39

4.2.2 Mechanical Stability and Water Uptake of Binders.....41

4.3 Physical Properties of Free-Film of the Binders.....43

4.4 Ink Absorption of Fabrics by Wicking Test and Dynamic Permeability Test..... 45

4.5 Ink Penetration of Printed Fabrics.....48

4.6 Effect of Inkjet Inks on Stiffness of Printed Fabrics.....52

4.7 Effect of Different Binders of Ink on Stiffness of Printed Fabric.....54

4.8 Effect of Different Binders on Crockfastness of Nontreated Fabrics.....56

4.8.1 Crockfastness of Fabrics Types..... 57

4.9 Effect of Pigmented Inkjet Printing on the Pretreated Cotton Fabric.....63

CONTENTS (continued)

PAGE

4.9.1 Whiteness of the Pretreated Cotton Fabric.....63

4.9.2 Color Saturation and Crockfastness of Pretreated Fabric and Nontreated Fabric 64

CHAPTER 5: CONCLUSION AND SUGGESTION 71

5.1 Conclusions.....71

5.2 Suggestion for Future Work.....72

REFERENCE.....73

APPENDICES.....75

Appendix A.....75

Appendix B.....79

VITA.....81

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF TABLES

TABLE PAGE

2.1 Water-based inkjet ink composition.....13

4.1 Ink viscosities of cyan, magenta, yellow, and black inkjet inks.....36

4.2 Surface tensions of cyan, magenta, yellow, and black inkjet inks.....38

4.3 Characteristics of four binders in an emulsion form.....39

4.4 Mechanical stability of the emulsion forms of the binders.....42

4.5 Water uptake by weight of binder films.....43

4.6 Yellowing, hand stiffness and abrasion resistance of the free-film of binders....44

4.7 Young's Modulus, glass transition temperature (T_g) and hardness of the free-film of binders.....44

4.8 Ink absorption of the fabrics by wicking test.....46

4.9 Ink absorption of the fabrics by dynamic permeability test.....46

4.10 Water swelling property of textile fibers.....47

4.11 Bending length of non-printed and printed fabrics.....52

4.12 Dry and wet crockfastness of the different binders for the non-treated fabrics..56

4.13 Whiteness of the non-treated and pretreated cotton fabric.....63

4.14 The color saturation of non-treated and pretreated cotton fabrics.....65

4.15 Crockfastness of the non-treated and pretreated cotton fabrics.....69

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF FIGURES

FIGURE PAGE

2.1 Continuous inkjet: A binary-deflection system 5

2.2 Continuous inkjet: A multiple-deflection system 5

2.3 Drop formation process of a thermal inkjet.....7

2.4 A bend-mode piezoelectric inkjet design.....8

2.5 A push-mode piezoelectric inkjet design.....8

2.6 A shear-mode piezoelectric inkjet design.....9

2.7 The basic pressure requirement for ejecting an ink droplet.....10

2.8 Model of the film formation of polymer dispersions..... 17

2.9 Glucose ring of cellulose molecule.....18

2.10 Cross-linking of cellulose molecules by hydrogen bonds.....18

2.11 Extended-chain molecules of silk fibroin.....19

4.1 Dependence of viscosity of inkjet ink on shear rate 37

4.2 Nozzle checking of ejections on printing.....40

4.3 Surface tension and direction of droplet ejection.....41

4.4 Photomicrographs of cross-section of the printed fabrics.....49-50

4.5 Models of ink absorption of hydrophobic and hydrophilic fabrics.....51

4.6 Relative bending length of four fabric types.....53

4.7 Bending lenght of four printed fabrics with four inks.....54

4.8 Photomicrographs of the printed, nontreated fabrics.....59-60

4.9 Photomicrographs of the printed polyester fabrics.....61

4.10 Photomicrographs of the printed cotton blended polyester fabric.....62

4.11 SEM of the non-treated cotton fabric.....64

4.12 SEM of the pretreated cotton fabric.....64

LIST OF FIGURES (continued)

FIGURE PAGE

4.13 Photomicrographs of the depth of ink penetration of the pretreated, and the non-treated cotton fabric.....67

4.14 Photomicrographs of the pretreated, and the non-treated cotton fabric.....68

4.15 Photomicrographs of the crock cloth of the pretreated, and the non-treated cotton fabric.....70

A-1 FT-IR spectrum of acrylate resin 77

A-2 FT-IR spectrum of UA150 polyurethane resin 78

B-1 Yarn of polyester fabric.....79

B-2 Yarn of cotton fabric.....79

B-3 Yarn of cotton blended polyester fabric.....80

B-4 Yarn of silk fabric.....80

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย