คุณภาพงานพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยการพิมพ์ระบบสกรีนและอิงก์เจ็ต

นางสาวพิริยา พุทธิมัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางภาพ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-1994-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PRINT QUALITIES OF SCREEN AND INKJET PRINTINGS ON COTTON FABRIC

Miss Piriya Putthimai

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 974-17-1994-9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title	Print Qualities of Screen and Inkjet Printings on Cotton Fabric
By	Ms. Piriya Putthimai
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
(Usa Sangwatanaroj, Ph.D.)

..... Member
(Pichayada Katemake, Ph.D.)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นางสาวพิริยา พุทธิมัย : คุณภาพงานพิมพ์ผ้าฝ้ายด้วยการพิมพ์ระบบสกรีนและอิงก์เจ็ต. (PRINT QUALITIES OF SCREEN AND INKJET PRINTINGS ON COTTON FABRIC) อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร. สุดา เกียรติกำจรวงศ์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ดร. ฮิโรมิจิ โนะกุจิ; 119 หน้า. ISBN 974-17-1994-9

การพิมพ์ผ้าด้วยอิงก์เจ็ตเป็นเทคโนโลยีง่ายและมีข้อดีหลายประการเมื่อเปรียบเทียบกับการพิมพ์สกรีนทั่วไป สารสีสำหรับการพิมพ์ผ้าด้วยอิงก์เจ็ตมีความแตกต่างกับการพิมพ์สกรีนมาก รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ระหว่างหมึกพิมพ์กับผ้าก็ให้ผลที่แตกต่างกันด้วย งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาคุณภาพงานพิมพ์ผ้าฝ้ายของการพิมพ์สกรีนและอิงก์เจ็ต โดยใช้หมึกพิมพ์ที่มีสารสีชนิดเดียวกัน และสารยึดสองชนิดในตระกูลอะคริลิกเหมือนกัน (BR-700 และ S-711) หมึกพิมพ์ทั้ง 2 ชุดประกอบด้วยสัดส่วนของสารสีกับสารยึดเป็นหนึ่งต่อสองโดยน้ำหนัก และเติมละอองลอยซิลิกาในหมึกพิมพ์สกรีน เพื่อช่วยเพิ่มความหนืด วิทยากระแสของหมึกพิมพ์สกรีนและอิงก์เจ็ตซึ่งผ่านการทดสอบอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ การทดสอบเสถียรภาพของหมึกพิมพ์อิงก์เจ็ตเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 เดือน ความหนืดและการกระจายตัวของอนุภาคหมึกพิมพ์เพิ่มขึ้นเล็กน้อยระหว่างเก็บ หมึกพิมพ์อิงก์เจ็ตถูกพิมพ์บนผ้าฝ้ายที่ทำการปรับผิวด้วยสารละลายพอลิเอทิลีนออกไซด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงประมาณ 2-3 ล้านแดลตัน หมึกพิมพ์สกรีนที่ใช้ศึกษาการพิมพ์สกรีนสอดคล้องกับมาตรฐานของระบบการพิมพ์สกรีน หมึกพิมพ์สกรีนยังพิมพ์บนผ้าฝ้ายที่ไม่ทำการปรับผิว วิเคราะห์ภาพและเปรียบเทียบคุณภาพงานพิมพ์ผ้า โดยศึกษาความอิ่มตัวของสี ขอบเขตของสี ปริมาตรสี ความดำ การผลิตน้ำหนักสี ความแข็งกระด้าง ความสามารถในการผ่านได้ของอากาศและความทนของสีต่อการขัดถู พบว่าหมึกพิมพ์อิงก์เจ็ตให้ความอิ่มตัวของสีและขอบเขตของสีเกือบจะเท่ากับหมึกพิมพ์สกรีน หมึกพิมพ์ทั้ง 2 ชนิดมีการผลิตน้ำหนักสีใกล้เคียงกัน ในขณะที่คุณภาพงานพิมพ์ในด้านปริมาตรสี ความแข็งกระด้าง ความสามารถในการผ่านได้ของอากาศ และความทนทานของสีต่อการขัดถูของผ้าฝ้ายพิมพ์ด้วยอิงก์เจ็ตดีกว่า ผ้าพิมพ์สกรีน ดังนั้นการพิมพ์อิงก์เจ็ตจะให้คุณภาพงานพิมพ์ผ้าฝ้ายดีกว่าการพิมพ์สกรีน แต่ผ้าฝ้ายพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์อิงก์เจ็ตต้องพิมพ์ 3 ครั้ง จึงจะได้คุณภาพด้านสีทัดเทียมกัน.

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ ลายมือชื่อนิสิต Piriya Putthimai

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางภาพ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2545 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม Hiromichi Noguchi

4372354423: MAJOR MAJOR
KEY WORD: PRINT QUALITY / INKJET PRINTING / SCREEN PRINTING

PIRIYA PUTTHIMAI : PRINT QUALITIES OF SCREEN AND INKJET PRINTINGS ON COTTON FABRIC. THESIS ADVISOR : PROF. SUDA KIATKAMJORNWONG, PH.D. THESIS CO-ADVISOR : HIROMICHI NOGUCHI, PH.D. 119 PP. ISBN 974-17-1994-9

Inkjet textile printing offers both access to an easily used technology and various benefits compared to traditional screen printing. The colorants used in inkjet textile printing are very different from those used in traditional screen printing and the ink-fabric interaction is also different. This research investigated the cotton print qualities of screen and inkjet printing. The same pigment dispersion was observed with the two binders (BR-700 and S-711) of the acrylic family. Two sets of inks that were composed of a pigment-to-binder (P/B) ratio of 1:2 by weigth were used. Fume silica was added to increase the screen ink viscosity. The rheology of screen and inkjet inks that were examined was acceptable. The stability of inkjet inks were studied by observing changes in viscosity and particle size distribution at ambient temperature storage for 2 months. Both the ink viscosity and particle size distribution were slightly increased during storage. The inkjet ink was printed on pretreated cotton fabric using a solution of poly(ethylene oxide) which has a molecular weight between 2,000,000 and 3,000,000 dalton. The screen inks used in this study of screen printing conform to a system standard. The screen ink was also printed on nontreated cotton fabrics. These printed cottons were analyzed for color saturation, color gamut, color gamut volume, density, tone reproduction, stiffness, air permeability, and crockfastness. The inkjet inks had the same color saturation and color gamut as screen inks. The color gamut volume, stiffness, air permeability, and crockfastness of inkjet inks are superior to screen inks. The tone reproduction curves of both inks were nearly identical. The crockfastness of inkjet inks was superior to screen inks. Consequently, print qualities of inkjet printing on cotton fabric are better than screen printing. The printed cotton fabric needed to print three times on the same area to produce an equal color and tone reproduction.

Department Imaging Science and Printing Technology	Student's signature Piriya Putthimai
Field of study Imaging Technology	Advisor's signature Suda Kiatkamjornwong
Academic year 2002	Co-advisor's signature Hiromichi Noguchi

ACKNOWLEDGMENTS

I would like to acknowledge my heartfelted gratitude and appreciation to my advisor, Professor Dr. Suda Kiatkamjornwong for her kind instruction and tireless suggestion and review of the thesis; to my co-advisor, Dr. Hiromichi Noguchi for his kind supervision and invaluable guidance.

I am also sincerely grateful to the member of thesis committee for their comments, suggestions and time to read the thesis. I am indebted to Mrs. Koromo Shirota for her kind suggestions through some part of the experiments.

Many thanks also go to Chula-Canon Technical Research Cooperation for the special financial support of materials used in the experiment and to Center of Excellence of Imaging Technology, Faculty of Science under the support of Thailand-Japan Technical Transfer Project. To the staff of the laboratory in Textile Industry Division, Department of Industrial Promotion for their kind support of the experimental equipment and suggestions during testing. Pigment dispersion from Mikuni Color Co., Ltd., Japan used in this are highly acknowledged.

I also wish to thank my friends, Ms. Juntira Komasatitaya, Mr. Kitiroj Rattanakasemsuk, Ms. Laksana Sapchookul, and all of those who have given me assistance, suggestions and supports throughout this research period. Last but not least, my deep gratitude to my family for their love, inspiration, understanding and endless encouragement.

Piriya Putthimai

April 2003

CONTENTS

PAGE

ABSTRACT (IN THAI) iv

ABSTRACT (IN ENGLISH) v

ACKNOWLEDGMENTS vi

CONTENTS vii

LIST OF TABLES xii

LIST OF FIGURES xiii

CHAPTER 1: INTRODUCTION 1

1.1 Scientific Rationale 1

1.2 Objective of the Research Work 3

1.3 Scope of the Research Work 3

1.4 Content of the Research Work 3

CHAPTER 2: THEORETICAL BACKGROUND AND LITERATURE REVIEW 4

Theoretical Background 4

2.1 Inkjet Printing 4

2.1.1 Review of Historical Inkjet Ink 4

2.1.2 The Principles of Inkjet Printing 5

2.1.2.1 Continuous inkjet printer 6

2.1.2.2 Drop-on-Demand 7

2.1.3 Physical Properties of Inkjet Ink 10

2.1.3.1 Viscosity 10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTENTS(continued)

PAGE

2.1.3.2 Surface tension 10
2.1.3.3 Conductivity 11
2.1.3.5 Particle size.....11
2.1.4 Inkjet Ink Composition.....12
2.1.4.1 Vehicle.....13
2.1.4.2 Colorants.....13
2.1.4.3 Binder resin 14
2.1.4.4 Additives.....15
2.2 Screen Printing 16
2.2.1 Review of Historical Screen Printing 16
2.2.2 The Principles of Screen Printing.....17
2.2.3 General Properties 18
2.2.3.1 Viscosity.....18
2.2.3.2 Drying.....19
2.2.3.3 Film Thickness 19
2.2.4 Screen Ink Composition 19
2.2.4.1 Vehicle.....19
2.2.4.2 Pigment.....20
2.3 General Colorants for Textile Printing.....20

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTENTS(continued)

PAGE

2.4 Cotton 21
2.4.1 Review of Historical Cotton 21
2.4.2 Cotton Fiber 22
2.4.3 Properties of Cotton 24
2.4.3.1 Thermal Property 24
2.4.3.2 Chemical Property 25
2.4.3.3 Biological Property 25
2.4.3.4 Comfort Property 25
2.4.3.5 Durability Property 26
2.4.3.6 Care Property 26
2.5 Textile Testing 27
2.5.1 Color 27
2.5.2 Stiffness 28
2.5.3 Colorfastness 30
2.5.4 Air Permeability 30
Review of Past Literature 31
CHAPTER 3: EXPERIMENTAL 36
3.1 Materials and Chemicals 36
3.2 Apparatus 38
3.3 Procedures 40
3.3.1 Preparation of Fabric 40

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTENTS(continued)

PAGE

3.3.2 Preparation of Aqueous-Based Pigmented Ink....41

3.3.2.1 Aqueous-Based Pigmented Inkjet Ink....41

3.3.2.2 Aqueous-Based Pigmented Screen Ink....42

3.3.3 Printing....43

3.3.3.1 Inkjet Printing....43

3.3.3.2 Screen Printing....45

3.3.4 Characteristics of Binder and Ink....45

3.3.5 Characterization of Printed Cotton Fabric....46

CHAPTER 4: RESULTS AND DISCUSSION....50

4.1 The Properties of Pigmented Ink....50

4.1.1 Viscosity and Flow Behavior of Inkjet and Screen Inks....50

4.1.2 Surface Tension....59

4.1.3 Stability of the Pigmented Inkjet Ink....59

4.2 Print Quality of the Printed Cotton Fabric....63

4.2.1 Color....66

4.2.2 Stiffness....74

4.2.3 Air Permeability....78

4.2.4 Crockfastness....82

4.2.5 Tone Reproduction and Density....85

4.3 Comparison between Screen Printing and Inkjet Printing....87

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTENTS(continued)

PAGE

CHAPTER 5 : CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS 90

5.1 Conclusions 90

5.2 Suggestions..... 92

REFERENCES 94

APPENDICES 101

Appendix A 102

Appendix B.....104

Appendix C.....110

Appendix D 112

Appendix E..... 115

VITA.....119

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF TABLES

TABLE **PAGE**

2-1 Water-based inkjet ink composition 12

2-2 The current usage of dyes and pigment in non-impact printing.. 15

3-1 Recipe for the pigmented inkjet ink 42

3-2 Recipe for the pigmented screen ink 43

4-1 Ink viscosities of cyan, magenta, yellow and black inkjet inks 52

4-2 Surface tension of cyan, magenta, yellow and black inkjet inks 59

4-3 Color gamut volume of inkjet ink and screen ink 65

4-4 The color saturation of inkjet ink and screen ink 67

4-5 The bending length and stiffness of printed cotton fabric by inkjet and screen ink 75

4-6 Modulus, glass transition temperature (Tg) of the free film of two binders 77

4-7 Dry and wet crockfastness of the inkjet ink and screen ink 82

4-8 Comparison of ink characteristic for screen and inkjet printings 88

4-9 Production sequence required for screen and inkjet printings on cotton fabric ... 88

4-10 Selection of printing process in relation to print quality of the treated, printed cotton fabric 89

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF FIGURES

FIGURE **PAGE**

2-1 Map of technologies....6

2-2 The continuous inkjet designs....7

2-3 Piezoelctric inkjet designs....8

2-4 Principle of thermal inkjet printer....9

2-5 Hot melt inkjet....10

2-6 The principle of screen printing....18

2-7 Cellulose chain....23

2-8 Cross-linking of cellulose molecules by hydrogen bonds....24

3-1 Diagram of screen printing and inkjet printing sequences....44

3-2 The xy color space based on the color matching function of the standard observer....49

4-1 Flow characteristics of the inkjet ink at 25°C....53

4-2 Dependance of viscosity of inkjet inks on shear rate at 25°C....53

4-3 Particle-molecule interaction....55

4-4 Flow characteristics of the screen ink at 25°C....56

4-5 Dependance of viscosity of screen inks on shear rate at 25°C....56

4-6 Cross section through a screen and a substrate during screen printing....57

4-7 The viscosity stability of pigmented inkjet inks....61

4-8 The particle size stability of pigmented inkjet inks....61

4-9 Flow characteristics of the viscosity after two-month storage....62

LIST OF FIGURES(continued)

FIGURE **PAGE**

4-10 Nozzle checking of ejection on priting.....63

4-11 The relation between optical density (OD) and number of time for printing....64

4-12 Color gamut in xy chromaticities coordinates of inkjet ink with the different time-printing on nontreated and treated cotton fabric 65

4-13 The SEM photographs of the nontreated and pretreated cotton fabrics 69

4-14 The photomicrographs showing the depth of ink penetration of inkjet and screen inks 70

4-15 Color gamut in xy chromaticities coordinates of the inkjet and the screen inks73

4-16 Color gamut in CIE a*b* coordinates of the inkjet and the screen inks 73

4-17 Relationship between chroma (C) and lightness (L) 74

4-18 Effect of the pre-treatment reagent (PEO) on the bending length values at CD (Cross-machine direction) and MD (Machine direction) 76

4-19 The increment of stiffness of the inkjet ink and the screen ink.....76

4-20 Effect of the pre-treatment reagent (PEO) on air peameability.....79

4-21 The change of air permeability of the inkjet ink and the screen ink 80

4-22 Photomicrographs of the surfaces of the printed cotton fabric 81

4-23 The SEM photographs of crockfastness test of printed cotton fabrics with inkjet and screen inks 84

4-24 Tone reproduction of the inkjet ink and the screen ink 86