

ผลของสารยี่คขนาดนาโนเมตรในหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ตต่อการพิมพ์ผ้าไหม

ปกปิด

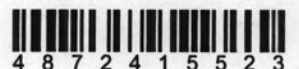
นางสาว มนวลี สุขนิธิพล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางภาพ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2550

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



4 8 7 2 4 1 5 5 2 3

EFFECT OF NANOMETER-SIZED BINDER OF INK JET INKS
ON SILK PRINTING

Miss Monvadee Suknithipol

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

Department of Imaging and Printing Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2007

Copyright of Chulalongkorn University

502109

มนวดี สุขนิธิพล : ผลของสารยึดขนาดนาโนเมตรในหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ตต่อการพิมพ์ผ้าไหม.
(EFFECT OF NANOMETER-SIZED BINDER OF INK JET INKS ON SILK
PRINTING) อ. ที่ปรึกษา: ศ. ดร. สุดา เกียรติกำจรวงศ์, อ. ที่ปรึกษาร่วม: อ. ดร. สิริวรรณ
พัฒนาฤดี, ดร. วิยงค์ กังวานสุขุมงคล, 129 หน้า.

งานวิจัยได้ค้นคว้าผลของสารยึดขนาดนาโนเมตรในหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ตของการพิมพ์ผ้าไหม ได้เตรียมหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ตจากสารยึดโคพอลิเมอร์ของอะคริลิกเอสเตอร์/สไตรีนที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 70 และ 180 นาโนเมตร องค์ประกอบอื่นของหมึกพิมพ์คงตัว แต่อัตราส่วนของสารสีต่อสารยึดแปรเป็น 1:1 และ 1:2 โดยน้ำหนัก ตรวจสอบคุณลักษณะของหมึกพิมพ์ในด้านความเป็นกรด – เบส, ความหนืด, แรงตึงผิว, ศักย์ซีตา และขนาดอนุภาค พิมพ์หมึกพิมพ์นี้บนผ้าไหมที่ไม่มีการปรับพื้นผิวและปรับพื้นผิวด้วย ไคโทซาน นำผ้าพิมพ์เหล่านี้มาวิเคราะห์แกมมาสปี, ความทนการขัดถู, ความทนการซัก, การซึมผ่านของหมึก, การลื่นลอะของสี, การซึมผ่านของอากาศ และความแข็งตึงของผ้า หมึกพิมพ์สี่สี (CMYK) นี้มีค่าความเป็นกรด – เบส อยู่ในช่วง 7.5–8.5 แสดงพฤติกรรมการไหลแบบนิวโทเนียน อนุภาคเฉลี่ยของหมึกพิมพ์อยู่ในช่วง 50–90 นาโนเมตรที่ได้จากสารยึดขนาด 70 นาโนเมตร และ 110–200 นาโนเมตร สำหรับหมึกพิมพ์ที่มีสารยึด 180 นาโนเมตร แรงตึงผิวของหมึกพิมพ์มีค่าประมาณ 42–45 มิลลินิวตันต่อเมตร ค่าศักย์ซีตาของหมึกพิมพ์ทั้งสองอยู่ในช่วง –32 ถึง –45 มิลลิโวลต์ หมึกพิมพ์เหล่านี้มีเสถียรภาพอย่างน้อย 6 เดือน แกมมาสปีของผ้าปรับพื้นผิวพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ขนาด 70 นาโนเมตร กว้างกว่าหมึกพิมพ์ขนาด 180 นาโนเมตร ความทนการขัดถูสภาพแห้งและสภาพเปียกของผ้าไม่ปรับสภาพ และปรับสภาพพื้นผิวพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ขนาด 70 นาโนเมตร ดีกว่าผ้าที่ได้จากหมึกพิมพ์ขนาด 180 นาโนเมตร ในขณะที่ความทนการซักของผ้าพิมพ์ทุกชนิดมีสภาพดีเยี่ยม สีลื่นลอะของหมึกพิมพ์บนผ้าไหมแต่ละสภาพมีความแตกต่างเล็กน้อยโดยหมึกพิมพ์ขนาด 70 นาโนเมตร มีการกระจายหมึกพิมพ์กว้างกว่า การแทรกผ่านอากาศของผ้าพิมพ์ไม่เปลี่ยนแปลงมากนักด้วยผลของขนาดสารยึด แต่อนุภาคขนาด 180 นาโนเมตร ทำให้ผ้ามีความแข็งตึงลดลงบ้างเล็กน้อย การแทรกผ่านอากาศและความแข็งตึงของภาพพิมพ์ที่มีการปรับผิวมีค่าสูงกว่าผ้าไหมที่ไม่มีการปรับผิว ซึ่งการปรับผิวด้วยไคโทซานให้ผลดีมากกว่า การเคลือบผิวของไคโทซานเพิ่มแกมมาสปีและความทึบแสงของผ้า การปรับสภาพด้วยไคโทซาน ช่วยให้หมึกพิมพ์ที่มีสารยึดขนาด 70 นาโนเมตร ให้คุณภาพของผ้าพิมพ์ดีกว่า

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ ลายมือชื่อนิสิต..... มนวดี สุขนิธิพล

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางภาพ

ปีการศึกษา 2550

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... ศ. ดร. สุดา เกียรติกำจรวงศ์

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... อ. ดร. สิริวรรณ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... ดร. วิยงค์ กังวานสุขุมงคล

4872415523 : MAJOR IMAGING TECHNOLOGY

KEY WORDS : NANOMETER-SIZED BINDER / INK JET INKS / CHITOSAN / SILK FABRIC
 MONVADEE SUKNITHIPOL : EFFECT OF NANOMETER-SIZED BINDER OF INK
 JET INKS ON SILK PRINTING. THESIS ADVISER : PROF. SUDA KIATKAMJORNWONG,
 Ph.D., THESIS COADVISER : SIRIWAN PHATTANARUDEE, Ph.D., WIYONG
 KANGWANSUPAMONKON, Ph.D. 129 pp.

This research investigated the effect of nanometer-sized binder of ink jet inks on silk printing. Ink jet inks were prepared from two different sizes of copolymer of acrylic acid ester/styrene based binder having average particle sizes of 70 and 180 nm. The main compositions of the inks were fixed and the pigment-to-binder ratio was varied at 1:1 and 1:2 (by weight). The inks were characterized in terms of pH, viscosity, surface tension, zeta potential, and particle size. The inks so prepared were then printed on the untreated and chitosan treated silk fabrics. The printed fabrics were then analyzed for color gamut, crock fastness, wash fastness, ink penetration, bleeding, air permeability, and stiffness. The four color inks (CMYK) had a pH in the range of 7.5–8.5 and exhibited the Newtonian flow. The average particle sizes of the resulting inks were found in a range of 50–90 nm for the 70-nm binder and 110–200 nm for the 180-nm binder. The surface tension of the inks was in a range of 42–45 mN m⁻¹. The zeta potential of both inks was in a range of (–32) to (–45) mV. The inks were stable for at least 6 months. Color gamut of the treated fabrics printed with the inks having 70-nm was slightly wider than those of the ink having 180-nm binder. The dry and wet crock fastnesses of the untreated and treated fabrics obtained from the 70-nm binder were better than those of the 180-nm binder, whereas wash fastness of the all printed fabrics was excellent. Bleeding of the inks on the fabrics was slightly different as that the inks containing 70-nm binder spread slightly wider. Air permeability was not much affected by the binder size but the 180-nm binder rendered slight stiffness to the fabrics. Air permeability and stiffness of the treated and printed fabrics were significantly higher than that of the untreated fabric in which increases the chitosan concentrations imposed a stronger and favorable effect. Chitosan coating increased the fabrics color gamut and optical density. Chitosan pretreatment helped improve the ink deposition on the fabrics surfaces and thus increased color strength. The fabrics printed with the inks containing the 70-nm binder displayed overall the better quality of printed fabric.

Department: Imaging and Printing Technology

Field of Study: Imaging Technology

Academic Year: 2007

Student's Signature: *Monvadee Sokenithipol*

Adviser's Signature: *Suda Kiatkamjornwong*

Co-adviser's Signature: *Siriwan Phattanarudee*

Co-adviser's Signature: *Wiyong Kangwansupamonkon*

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to acknowledge my deep gratitude and appreciation to the following individuals who helped and made this thesis become a wonder scientific documentation.

Professor Dr. Suda Kiatkamjornwong, my main advisor, for her meaningful supervision, continuous guidance, invaluable advice and encouragements given to me throughout this thesis study. My appreciation and special thanks are due to Dr. Siriwan Phattanarudee and Dr. Wiyong Kangwansupamonkon for suggestions, advice concerning the experimental technique and encouragements during the period of this research. Thanks to the members of the thesis committee for their comments, suggestions for this thesis.

The financial support from Thailand Graduate Institute of Science and Technology is very helpful to make this research become realize. Thanks to Clariant Chemicals (Thailand) LTD. and Modern Dyestuffs & Pigments Co., Ltd. for binders and pigment dispersion, respectively.

I am very grateful to the Department of Imaging and Printing Technology, and National Nanotechnology Center, for the research facilities throughout the study; to the Department of Materials Science, Faculty of Science for providing some equipment testing.

I feel very thankful to Miss Klongthong Chakvattanatham and Mr. Somkiat Lawawiboon and all my friends who give me kind assistance and close friendship throughout the study and also to any persons whose names are not mentioned here for their assistance.

Finally, I would like to convey my gratitude to my family for their love, inspiration, and endless encouragement throughout this entire study.

CONTENTS

	PAGE
ABSTRACT (THAI)	iv
ABSTRACT (ENGLISH)	v
ACKNOWLEDGEMENTS	vi
CONTENTS	vii
LIST OF TABLES	xii
LIST OF FIGURES	xiv
LIST OF ABBREVIATIONS	xix
CHAPTER 1 INTRODUCTION.....	1
1.1 Scientific rationale	1
1.2 Objectives of the research work	4
1.3 Expected benefit obtainable from the development of this research	4
1.4 Scope of the research work	4
1.5 Content of the research work	5
CHAPTER 2 THEORETICAL BACKGROUND AND LITERATURE REVIEW	6
2.1 Theoretical background	6
2.1.1 Technology of ink jet printer	7
2.1.1.1 Continuous ink jet	8
2.1.1.2 Drop-on-demand ink jet (DOD)	9
2.1.2 Inks for jet printing	10
2.1.3 Ink system	11

	PAGE
2.1.4 Ink jet inks requirement	12
2.1.5 Properties of Ink jet Inks	14
2.1.5.1 Viscosity	14
2.1.5.2 Specific gravity	14
2.1.5.3 Surface tension	14
2.1.5.4 Optical density	15
2.1.5.5 Dielectric properties	15
2.1.5.6 pH	15
2.1.5.7 Tristimulus values	16
2.1.6 Composition of pigmented ink jet ink	16
2.1.6.1 Pigment	17
2.1.6.2 Binder	21
2.1.6.3 Diethylene glycol	24
2.1.6.4 Glycerine	24
2.1.6.5 Water	25
2.1.6.6 Humectants	25
2.1.7 Dispersion technologies in pigmented ink	26
2.1.8 Silk and silk printing	27
2.1.8.1 Silk fiber	27
2.1.8.2 Properties of silk fabric	28
2.1.8.3 Pretreatment	31
2.1.9 Characterization of the printed silks	34
2.1.9.1 Color measurement	34
2.1.9.2 Textile testing	36

	PAGE
2.2 Literature Review	39
CHAPTER 3 EXPERIMENTAL	43
3.1 Materials	43
3.2 Apparatus	45
3.3 Procedure	46
3.3.1 Preparation of pigmented inks	46
3.3.2 Characterization of physical properties of pigmented inks	47
3.3.3 Preparation of the silk fabrics	49
3.3.4 Preparation of the pretreated solutions	49
3.3.5 Pretreatment by chitosan solution	49
3.3.6 Printing Process.....	50
3.3.7 Evaluation of printed quality.....	50
3.3.7.1 Color gamut.....	50
3.3.7.2 Cross-section of the pretreated and printed silk fabrics	50
3.3.7.3 Crock fastness	50
3.3.7.4 Wash fastness	51
3.3.7.5 Air permeability	51
3.3.7.6 Bending stiffness	52
3.3.7.7 Optical density	52
3.3.7.8 Ink Penetration	52
CHAPTER 4 RESULTS AND DISCUSSION.....	54
4.1 Properties and stability of the pigmented ink jet inks.....	54

	PAGE
4.1.1 Properties of raw materials	55
4.1.2 Properties of the inks	63
4.1.2.1 The particle size of ink jet inks	65
4.1.2.2 The stability of ink jet inks	68
4.2 Characterization of pretreated and printed silk fabrics	70
4.2.1 Surface appearance of the pretreated silk fabrics.....	70
4.2.2 Penetration of ink fluid in the silk fabrics	71
4.2.3 Optical density of printed fabrics.....	80
4.2.4 Color gamut of printed fabrics	82
4.2.5 Inter-color bleeding of the printed fabrics	93
4.3 Physical properties of the printed silks.....	94
4.3.1 Effect of crock fastness on the printed fabrics	94
4.3.2 Wash fastness on the printed fabrics	96
4.3.3 Bending stiffness of the printed fabrics	99
4.3.4 Air permeability of the printed fabrics	102
CHAPTER 5 CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS	104
5.1 Conclusions	104
5.1.1 Effect of the binder size	104
5.1.2 Effect of the pigment- to-binder ratio	105
5.1.3 Effect of chitosan pretreatment	105
5.2 Recommendations for future work	106
REFERENCES.....	107
APPENDICES	111

	PAGE
APPENDIX A	112
APPENDIX B	117
APPENDIX C	126
VITA	129

LIST OF TABLES

TABLE	PAGE
3.1 Properties of pigment dispersions	43
3.2 Physical properties of the binders	44
3.3 Ink recipe containing a 1:1 pigment-to-binder ink formulation	46
3.4 Ink recipe containing a 1:2 pigment-to-binder ink formulation	47
4.1 Particle size and change of the pigment dispersions and the binders	55
4.2 Assignments for the FTIR spectra of the cyan, magenta, yellow, and black pigment dispersions in Figure 4.3	59
4.3 FTIR of the 70-nm binder, Mowilith LDM 7668 and the 180-nm binder, Printofix Binder 710.....	61
4.4 Properties of the ink jet inks	63
4.5 Particle size of the 1:1 pigment-to-binder ratio	65
4.6 Particle size of the 1:2 pigment-to-binder ratio	67
4.7 The average particle size of the inks after various storage times of the 1:1 pigment-to-binder ratio	69
4.8 The average particle size of the inks after various storage times of the 1:2 pigment-to-binder ratio	69
4.9 K/S of the printed silk fabrics measured at both sides of the printed areas.....	73
4.10 % Penetration of printed silk fabrics	74
4.11 Comparison of the penetration depth of a silk yarn and the measured K/S of printed silk fabric at 1:1 pigment-to-binder ratio	79

TABLE	PAGE
4.12 Comparison of the penetration depth of a silk yarn and the measured K/S of printed silk fabric at 1:2 pigment-to-binder ratio	79
4.13 Optical density of solid colors of printed silk fabrics	81
4.14 Crock fastness of the printed fabrics	95
4.15 K/S of the printed silk fabrics before and after washings	97
4.16 Relative color strength of the printed silk fabrics after the washing	98

LIST OF FIGURES

FIGURE	PAGE
2.1 Ink-jet technology map.....	7
2.2 Continuous ink jet printing	8
2.3 A shear mode piezoelectric ink jet design	9
2.4 Ink system used for ink jet	12
2.5 CI Pigment blue 15:3	19
2.6 CI Pigment Red 122	20
2.7 CI Pigment Yellow 138	20
2.8 CI Pigment Black 7.....	21
2.9 Methacrylic acid	22
2.10 Acrylic homopolymer	23
2.11 Polymerization of Poly(acrylic acid).	23
2.12 Polymerization of Poly(methacrylic acid).	23
2.13 Structure of silk molecule	28
2.14 Reaction of chitosan preparation.....	33
2.15 Protonation of chitosan in acid solutions	33
2.16 CIELAB color space	34
4.1 The particle size distributions of the two binders	55
4.2 The particle size distributions of the pigment dispersions after filtration	56
4.3 Infrared spectra of pigment dispersions containing (a) the cyan pigment, C.I. pigment blue 15:3; (b) the magenta pigment, C.I. pigment red 122; (c) the yellow pigment, C.I. pigment yellow 138 and (d) the black pigment, C.I. pigment black 7.....	58

FIGURE	PAGE
4.4 Infrared spectra of (a) the 70-nm binder, Mowilith LDM 7668 and (b) the 180-nm binder, Printofix Binder 710	60
4.5 DSC diagrams of (a) the 70-nm binder, Mowilith LMD 7668 and (b1) and (b2) the 180-nm binder, Printofix Binder 710	62
4.6 Viscosity of the four-color inks with 70-nm size binder at 1:2 pigment-to-binder ratio (at 25°C)	64
4.7 Shear stress-shear rate relationship of the four color inks with 70-nm size binder at 1:2 pigment-to-binder ratio	64
4.8 The particle size distributions of the 1:1 pigment-to-binder ratio of 70-nm binder	66
4.9 The particle size distributions of the 1:1 pigment-to-binder ratio of 180-nm binder	66
4.10 The particle size distributions of the 1:2 pigment-to-binder ratio from 70-nm binder	67
4.11 The particle size distributions of the 1:2 pigment-to-binder ratio from 180-nm binder	68
4.12 SEM of (a) untreated silk fiber, (b) 1.5% w/v chitosan treated silk fiber, (c) cross section of untreated silk fiber, and (d) cross section of 1.5% w/v chitosan treated silk fiber.....	70
4.13 Penetration depth of cyan ink in the untreated and treated fabrics.....	74
4.14 Penetration depth of magenta ink in the untreated and treated fabrics	75
4.15 Penetration depth of yellow ink in the untreated and treated fabrics	75
4.16 Penetration depth of black ink in the untreated and treated fabrics	75

FIGURE	PAGE
4.17 Cross sectional views of the black color printed silk by 1:1 pigment-to-binder ratio from (a) 70-nm binder printed on the untreated fabric, (b) 180-nm binder printed on the untreated fabric, (c) 70-nm binder printed on the 1.5% chitosan treated fabric, and (d) 180-nm binder printed on the 1.5% chitosan treated fabric.....	76
4.18 Cross sectional views the of black color printed silk by 1:2 pigment-to-binder ratio from (a) 70-nm binder printed on the untreated fabrics, (b) 180-nm binder printed on the untreated fabrics, (c) 70-nm binder printed on the 1.5% chitosan treated fabrics, and (d) 180-nm binder printed on the 1.5% chitosan treated fabrics.....	77
4.19 a*b* diagram of the inks printed on untreated and 1.5% W/V chitosan treated silk fabrics by the ink containing 1:1 and 1:2 pigment-to-binder ratios of (a) the 70-nm binder, and (b) the 180-nm binder.....	84
4.20 L*a* diagram of the inks printed on untreated and 1.5% W/V chitosan treated silk fabrics by the ink containing 1:1 and 1:2 pigment-to-binder ratios of (a) the 70-nm binder, and (b) the 180-nm binder.....	85
4.21 L*b* diagram of the inks printed on untreated and 1.5% W/V chitosan treated silk fabrics by the ink containing 1:1 and 1:2 pigment-to-binder ratios of (a) the 70-nm binder, and (b) the 180-nm binder.....	86
4.22 a*b* diagram of the inks from the ink containing the 1:1 pigment-to-binder ratio on untreated and chitosan treated silk fabrics by (a) the 70-nm binder and (b) the 180-nm binder	87

FIGURE	PAGE
4.23 L*a* diagram of the inks from the ink containing the 1:1 pigment-to-binder ratio on untreated and chitosan treated silk fabrics by (a) the 70-nm binder and (b) the 180-nm binder	88
4.24 L*b* diagram of the inks from the ink containing the 1:2 pigment-to-binder ratio on untreated and chitosan treated silk fabrics by (a) the 70-nm binder and (b) the 180-nm binder	89
4.25 a*b* diagram of the inks from the ink containing the 1:2 pigment-to-binder ratio on untreated and chitosan treated silk fabrics by (a) the 70-nm binder and (b) the 180-nm binder	90
4.26 L*a* diagram of the inks from the ink containing the 1:2 pigment-to-binder ratio on untreated and chitosan treated silk fabrics by (a) the 70-nm binder and (b) the 180-nm binder	91
4.27 L*b* diagram of the inks from the ink containing the 1:2 pigment-to-binder ratio on untreated and chitosan treated silk fabrics by (a) the 70-nm binder and (b) the 180-nm binder	92
4.28 Effect of chitosan treatment and binder size of the ink containing 1:2 pigment-to-binder ratio on inter-color bleeding of the printed silk fabrics, (a) with 70-nm binder on the untreated fabrics, (b) with 70-nm binder on 1.5% chitosan treated fabrics, (c) with 180-nm binder on the untreated fabrics, and (d) with 180-nm binder on 1.5% chitosan treated fabrics	93

FIGURE	PAGE
4.29 Effect of the binder size and surface treatment of inks containing 1:2 pigment-to-binder ratio on color bleeding of the characters of LEN with (a) 70-nm binder on untreated fabrics, (b) with 180-nm binder on the untreated fabrics, (c) with 70-nm binder on 1.5% chitosan treated fabrics, and (d) with 180-nm binder on 1.5% chitosan treated fabrics	94
4.30 Effect of 1:1 and 1:2 pigment- to-binder ratio and binder size on bending stiffness of the untreated silk fabric (a) in the warp direction and (b) in the weft direction	100
4.31 Effect of the untreated and 1% W/V chitosan treatment and binder size on bending stiffness of the silk fabrics (a) at 1:1 pigment-to-binder ratio in the warp direction; (b) at 1:1 pigment-to-binder ratio in the weft direction; (c) at 1:2 pigment-to-binder ratio in the warp direction (d) at 1:2 pigment-to-binder ratio in the weft direction	102
4.32 Air permeability of the untreated silk fabrics	103
4.33 Air permeability of 1:1 pigment-to-binder ratio on silk fabrics printed with inks containing different binder contents	103
4.34 Air permeability of the fabric printed by the inks having 1:2 pigment-to-binder ratio on silk fabrics	103

LIST OF ABBREVIATIONS

°C	: degrees Celsius
min	: minute
rpm	: revolution per minute
% v/v	: percent volume by volume
% w/v	: percent weight by volume
M_w	: molecular weight
D	: density
g	: gram
mg	: milligram
ml	: milliliter
cm	: centimeter
nm	: nanometer
hr	: hour
ν	: wave number
mV	: millivolt
FTIR	: Fourier Transform Infrared Spectroscopy
SEM	: Scanning Electron Microscopy
TEM	: Transmission Electron Microscopy
DSC	: Differential Scanning Calorimetry
AFM	: Atomic Force Microscopy
T_g	: Glass Transition Temperature
mPa s	: millipascal second
mN m^{-1}	: millinewton per meter

g cm^{-3}	: gram per cubic centimeter
g mol^{-1}	: gram per mol
kg m^{-2}	: kilogram per square meter
N m^{-2}	: Newton per square meter
cm^{-1}	: per centimeter
mg cm	: milligram centimeter
mg cm^{-2}	: milligram per square centimeter
$\text{cm}^3 \text{s}^{-1} \text{cm}^2$: cubic centimeter square centimeter per second
$\text{m}^2 \text{min}^{-1}$: square meter per minute