การวัดค่าเอ็มทีเอฟสำหรับการพิมพ์อิงก์เจ็ตบนผ้าไหม

นางสาว อภิญญา จนาศักดิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางภาพ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-53-2029-3

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MTF MEASUREMENT FOR INKJET PRINTING ON SILK FABRICS

Miss Apinya Janasak

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Imaging Technology
Department of Photographic Science and Printing Technology
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2005

ISBN 974-53-2029-3

481871

Thesis Title	MTF MEASUREMENT FOR INKJET PRINTING ON SILK FABRICS
By	Miss Apinya Janasak
Field of Study	Photographic Science and Printing 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 the Faculty of Science

(Professor Piamsak Menasveta, 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

(Chawan Koopipat, Ph.D.)

.....Member

(Assistant Professor Usa Sangwatanaroj, Ph. D.)

อภิญญา จนาศักดิ์ : การวัดค่าเอ็มทีเอฟสำหรับการพิมพ์อิงก์เจ็ตบนผ้าไหม. (MTF MEASUREMENT FOR INKJET PRINTING ON SILK FABRICS) อ. ที่ปรึกษา : ศ. ดร. สุดา เกียรติกำจรวงศ์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ดร. ฮิโระมิจิ โนะกูจิ 106 หน้า. ISBN 974-53-2029-3.

Modulation transfer function (MTF) เป็นวิธีมาตรฐานที่ใช้สำหรับประเมินคุณภาพของอุปกรณ์สำหรับการบันทึกภาพ เช่น เลนส์ สแกนเนอร์ เป็นต้น และคุณภาพงานพิมพ์ (ฟิล์ม กระดาษ และผ้า) ลักษณะโครงสร้างของผ้าไหมมีผลต่อคุณภาพงานพิมพ์ของระบบพิมพ์อิงก์เจ็ตมาก เนื่องจากปรากฏการณ์การกระเจิงของแสงในผ้าไหมทำให้เกิดเม็ดสกรีนบวมเชิงแสง (optical dot gain) ซึ่งจะมีผลต่อความคมชัดของภาพที่พิมพ์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะวัด MTF ของผ้าไหมและความสัมพันธ์ของ MTF และความคมชัดของคุณภาพงานพิมพ์ผ้าไหมด้วยหมึกพิมพ์อิงก์เจ็ตที่ผลิตเองโดยในงานวิจัยนี้จะนำแผ่นทดสอบที่มีลักษณะดำสลับขาวที่มีความถี่ 0.375-3.0 คู่ต่อมิลลิเมตรแบบ Sinusoidal วางบนผ้าแล้ววัดด้วยเครื่องวัดความดำแบบละเอียด โดยค่าที่วัดได้จะเป็นค่าความดำแบบสะท้อนแสง ซึ่งผลที่ได้จะประกอบด้วยความถี่ที่ซ้อนทับกัน 2 ช่วงความถี่ ที่ความถี่สูงจะแสดงลักษณะเฉพาะของผ้าไหม ขณะที่ความถี่ต่ำจะเป็นการกระเจิงแสงในเส้นใยผ้าไหมและแผ่นทดสอบ โดยข้อมูลที่อยู่ในช่วงความถี่ต่ำจะนำมาคำนวณหา MTF ของผ้าไหม นอกจากนี้ ลักษณะการทอ สมบัติการดูดซึมน้ำ ความคมชัดของงานพิมพ์ และ MTF ของผ้าไหม 4 แบบที่มีลักษณะต่างๆกัน จะถูกศึกษาในงานวิจัยนี้ พบว่าผ้าไหม A, C, และ D ทอลายขัดที่มีความละเอียดในการทอต่างๆกัน ส่วนผ้าไหม B ทอลายทวิล ผลของการบวมเม็ดสกรีน โดยใช้โมเดล Yule-Nielsen จะนำมาเทียบกับ MTF เพื่อยืนยันผลการคำนวณด้วยเทคนิคการวัด MTF ในงานวิจัยนี้ ค่าคงที่ d คำนวณจากสมการเอมพิริคัล MTF ดีที่สุดคือ ผ้าไหมแบบ D มีค่า 0.0604 และค่าคงที่ n คำนวณจากโมเดล Yule-Nielsen พบว่าผ้าไหมแบบ D มีค่า 1.636 นั้นคือ ผ้าไหมแบบ D มีค่าคงที่ d และ n น้อยที่สุด ซึ่งจะให้คุณภาพของความคมชัดดี

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางภาพ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2548 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4572570823 : MAJOR IMAGING TECHNOLOGY
KEY WORD: MODURATION TRANSFER FUNCTION/YULE-NEILSON MODEL / SHARPNESS / SILK

APINYA JANASAK : MTF MEASUREMENT FOR INKJET PRINTING ON SILK FABRICS. THESIS ADVISOR : PROF. SUDA KIATKAMJORNWONG, Ph.D, THESIS COADVISOR : HIROMICHI NOGUCHI, Ph.D, 106 pp. ISBN 974-53-2029-3.

The modulation transfer function (MTF) is a standard method used for estimating the image quality of a component for detail recording in an imaging forming system such as lens, scanner etc., and printing quality of the final products (film, paper and fabric). The texture of the silk fabric affects the inkjet ink printed quality since the light scattering phenomena in silk fabric produces optical dot gain, which has a large influence on the sharpness of printed quality. This study focused on the measurement of MTF of the non-printed silk fabrics and correlation of the MTF data to sharpness of the printed silk fabric with the in-house formulated inkjet ink. The MTF of silk fabric surface was measured using the sinusoidal test pattern contacted on silk fabrics with the test target frequency ranged from 0.375 to 3.0 lp/mm. The sinusoidal test target was then scanned by a microdensitometer, which recorded the reflection density. This data comprised two frequencies. The high frequency is the characteristic of a silk fabric while the low frequency is the light scattering of silk yarns in contact with sinusoidal targets. The sinusoidal curves at the low frequency were used for further calculation of the MTF values. The result indicated that the measurement of MTF of silk fabric using the contact sinusoidal method can be used to find the point spread function of silk fabrics (PSF). This research investigated the relationships of weave direction, wicking properties, and the MTF of four different silk fabrics. Silk fabrics A, C, and D are plain weave but silk B is twill weave. The dot gain effect by Yule-Nielsen model was investigated to confirm the MTF technique. The coefficient d calculated by the MTF empirical model is 0.0604 for the silk D, and the coefficient n by Yule-Nielsen model is 1.636 for silk D, too. The silk D has the least d and n coefficients compared with all silk fabrics, i.e. it gives good quality on sharpness as well.

Department of Photographic Science and Printing Technology Student's signature Apinya Janasak
Field of study Imaging Technology Advisor's signature Suda Kiatkamjornwong
Academic year 2005 Co-advisor's signature Hiromichi Noguchi

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express sincere appreciation to my advisor, Prof. Dr. Suda Kiatkamjornwong, for her kind instructions and suggestions during the research, and review on the 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 chemical supports, and providing technical assistance through the co-advisor.

Many thanks to everybody at Department of Photographic Science and Printing Technology for helping and supporting me to make this thesis become realized. Thank you to Dr. Chawan Koopitpat, who has contributed many suggestions of the MTF technique.

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

CONTENTS

PAGE

ABSTRACT (IN THAI)....iv
ABSTRACT (IN ENGLISH).... v
ACKNOWLEDGEMENTS.... vi
CONTENTS....vii
LIST OF TABLES....x
LIST OF FIGURES....xi
CHAPTER I: 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 II: THEORETACAL BACKGROUND AND LITERATURE REVIEW 4
2.1 Theoretical background 4
2.1.1 Inkjet Printing System 4
2.1.1.1 Continuous Inkjet....4
2.1.1.2 Drop-on-Demand....6
2.1.2 Ink Formulation 10
2.1.2.1 Colorant....10
2.1.2.2 Solubilizing Agent/Dispersant....10
2.1.2.3 Defoamer....11
2.1.2.4 Humectant....12
2.1.2.5 Binder....13
2.1.3 Properties of Inkjet Inks....13
2.1.3.1 Viscosity....13
2.1.3.2 Specific gravity....14
2.1.3.3 Surface tension....14
2.1.3.4 Conductivity 15

PAGE

2.1.3.5 pH 15
2.1.4 Silk Fabric 16
End-use Properties 18
2.1.4.1 Appearance 18
2.1.4.2 Comfort 18
2.1.4.3 Maintenance 18
2.1.4.4 Durability 19
2.1.5 Fourier Transforms 19
2.1.6 The Line Spread Function 21
2.1.7 The Modulation Transfer Function 24
2.1.8 Measurement of the MTF by Sine Wave Methods 27
2.2 Literature Reviews 31
CHAPTER III : EXPERIMENTAL 36
3.1 Materials and Chemical 36
3.1.1 Dye Based Inks 36
3.1.2 Other Chemical 37
3.2 Equipment 37
3.3 Procedure 38
3.3.1 Inkjet Ink 38
3.3.1.1 Preparation of Inkjet Inks 38
3.3.1.2 Characterization of Inkjet Ink 39
3.3.2 Silk Fabrics 39
3.3.2.1 Preparation Silk Fabric 39
3.3.2.2 Backing of Fabrics 39
3.3.2.3 Characteristic of Silks 39
3.3.3 Modulation Transfer Function (MTF) 41

PAGE

3.3.3.1 Reflection Density 41
3.3.3.2 Fast Fourier Transforms (FFT)..... 42
3.3.3.3 Calculation data to MTF..... 43
3.3.4 Yule-Nielsen Model..... 44
3.3.5 Characteristic of the Printed Silk Fabrics 44
CHAPTER IV: RESULTS AND DISCUSSION.....45
4.1 Inkjet Inks.....45
4.2 Silks Properties.....46
4.2.1 Description of the silk fabrics.....46
4.2.2 Texture of Silk Fabrics.....47
4.2.3 Wicking Behavior of Silks Fabrics..... 48
4.2.4 Gloss of Silks Fabrics.....49
4.3 MTF of Silks.....50
4.3.1 Analyzing Reflection Density.....50
4.3.2 Fast Fourier Transforms (FFT).....57
4.3.3 CTF of Silks Fabric.....64
4.3.4 MTF of Silk Fabrics.....64
4.4 Point Spread Function Model (PSF).....68
4.5 Measuring N-value from the Yule-Nielsen Effect..... 70
CHAPTER V: CONCLUSIONS AND SUGGESTION 75
5.1 Conclusions..... 75
5.2 Suggestions for Future Work 76
REFERENCES.....77
APPENDICES.....79
APPENDICE A.....80
APPENDICE B.....86
APPENDICE C.....102
APPENDICE D.....104
VITA.....106

LIST OF TABLES

TABLE		PAGE
3.1	Formulation of Inkjet Inks	39
4.1	Ink viscosities of cyan, magenta, yellow, and black inkjet inks	45
4.2	Description of silk fabrics	46
4.3	Water (W) and 2-Octanol (O) Wicking Rate	49
4.4	CTF of the four silk fabrics	64
4.5	MTF of the four silk fabrics	65
4.6	Densities of the film and the contact film on the four silk fabrics	71

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 Structure of foam 11

2.9 Extended-chain molecules of silk fibroin 17

2.10 A line input $\delta(x_1)$.....22

2.11 A one-dimensional sine wave input, with spatial frequency ω, modulation b/a, and phase ϵ.....23

2.12 A variable-area sinusoidal test-chart.....28

2.13 Apparatus for producing sinusoidal exposure distributions..... 29

2.14 Upper: a modified Sayce chart. Lower: a microdensitometer trace of a image of a Sayce chart recorded on a medium-speed-film..... 31

3.1 Sinusoidal target type transmittance from Edmund optical 42

3.2 Frequency domain filtering operations 43

4.1 Style of weave: (a) plain weave, (b) twill weave.....47

4.2 Structural images of the silk fabrics (a) silk type A, (b) silk type B, (c) silk type C, and (d) silk type D 48

FIGURE **PAGE**

4.3 Traces of the contacted sinusoidal test pattern for the silk fabric A by the microdensitometer at the different applied spatial frequencies of (a) 0.375, (b) 0.5, (c) 0.75, (d) 1.0, (e) 1.5, (f) 2.0, (g) 2.5, (h) 3.0 cycle/mm.....51

4.4 Traces of the contacted sinusoidal test pattern for the silk fabric B by the microdensitometer at the different applied spatial frequencies of (a) 0.375, (b) 0.5, (c) 0.75, (d) 1.0, (e) 1.5, (f) 2.0, (g) 2.5, (h) 3.0 cycle/mm.....52

4.5 Traces of the contacted sinusoidal test pattern for the silk fabric C by the microdensitometer at the different applied spatial frequencies of (a) 0.375, (b) 0.5, (c) 0.75, (d) 1.0, (e) 1.5, (f) 2.0, (g) 2.5, (h) 3.0 cycle/mm.....53

4.6 Traces of the contacted sinusoidal test pattern for the silk fabric D by the microdensitometer at the different applied spatial frequencies of (a) 0.375, (b) 0.5, (c) 0.75, (d) 1.0, (e) 1.5, (f) 2.0, (g) 2.5, (h) 3.0 cycle/mm.....54

4.7 Traces of the contacted sinusoidal test pattern for the paper by the microdensitometer at the different applied spatial frequencies of (a) 0.375, (b) 0.5, (c) 0.75, (d) 1.0, (e) 1.5, (f) 2.0, (g) 2.5, (h) 3.0 cycle/mm.....55

4.8 Fourier spectrum of the test pattern on silk A at spatial frequencies (a) 0.375, (b) 0.5, (c) 0.75, (d) 1.0, (e) 1.5, (f) 2.0, (g) 2.5, (h) 3.0 cycle/mm..... 57

FIGURE **PAGE**

4.9 Fourier spectrum of the test pattern on silk B at spatial frequencies (a) 0.375, (b) 0.5, (c) 0.75, (d) 1.0, (e) 1.5, (f) 2.0, (g) 2.5, (h) 3.0 cycle/mm.....58

4.10 Fourier spectrum of the test pattern on silk C at spatial frequencies (a) 0.375, (b) 0.5, (c) 0.75, (d) 1.0, (e) 1.5, (f) 2.0, (g) 2.5, (h) 3.0 cycle/mm.....59

4.11 Fourier spectrum of the test pattern on silk D at spatial frequencies (a) 0.375, (b) 0.5, (c) 0.75, (d) 1.0, (e) 1.5, (f) 2.0, (g) 2.5, (h) 3.0 cycle/mm.....60

4.12 Fourier spectrum of the reflection density of (a) silk A, (b) silk B, (c) silk C, and (d) silk D..... 61

4.13 Resulting of low pass filter.....62

4.14 Steps of low pass filter.....63

4.15 The MTF of silk fabric A..... 66

4.16 The MTF of silk fabric B.....65

4.17 The MTF of silk fabric C..... 67

4.18 The MTF of silk fabric D.....67

4.19 Point Spread Function of Silk Fabrics (a) Silk A, (b) Silk B, (c) Silk C and (d) Silk D.....69

4.20 Diagram of reflection image model.....70

4.21 The relationships between dot area on the film and the density of film on silk (a) silk A (b) silk B (c) silk C (d) silk D calculated by Yule-Nielsen equation.....72