

ผลของตัวแปรของการกระโดดของหมึกผงต่อการสร้างขนาดจุดหมึกผงในระบบการพิมพ์ดิจิทัล



นางสาวนวลวรรณ ตันหยง

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางภาพ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์  
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-2507-8

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECT OF TONER JUMPING PARAMETERS ON TONER DOT SIZE IN DIGITAL PRINTING



Miss Nuanwan Tanyong

ศูนย์วิทยทรัพยากร

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 974-17-2507-8



นวลวรรณ ตันหยง : ผลของตัวแปรของการกระโดดของหมึกผงต่อการสร้างขนาดจุดหมึกผง  
ในระบบการพิมพ์ดิจิทัล. (EFFECT OF TONER JUMPING PARAMETERS ON TONER  
DOT SIZE IN DIGITAL PRINTING) อ. ที่ปรึกษา : ศ.ดร.สุดา เกียรติกำจรวงศ์, อ.ที่ปรึกษา  
ร่วม : ศ.ดร. ยาสุณี ไชยอินะ 120 หน้า. ISBN 974-17-2507-8.

ลากลุ่มหมอกของหมึกพิมพ์ผง เป็นวิธีสร้างจุดแบบใหม่สำหรับระบบการพิมพ์ดิจิทัลแบบใช้  
หมึกพิมพ์ผงแห้ง การทดลองเพื่อสร้างจุดด้วยวิธีนี้ประกอบด้วยแผ่นอิเล็กโทรด 4 แผ่น คืออิเล็กโทรด  
แผ่นล่างที่มีลักษณะโค้งเว้า, อิเล็กโทรดควบคุมหมึกพิมพ์ผงแผ่นล่าง, อิเล็กโทรดควบคุมหมึกพิมพ์ผง  
แผ่นบน และอิเล็กโทรดแผ่นบน วางเรียงขนานกันโดยมีแผ่นฉนวนชั้นระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดแต่ละ  
แผ่น ในขั้นแรกทำการจัดเตรียมหมึกพิมพ์ผงชนิดนำไฟฟ้าไว้ที่ผิวด้านบนของอิเล็กโทรดแผ่นล่าง เมื่อ  
ให้ศักย์ไฟฟ้ากับขั้วอิเล็กโทรดจะเกิดสนามไฟฟ้าขึ้นและทำให้อนุภาคหมึกพิมพ์ผงซึ่งถูกชาร์ตประจุ  
เคลื่อนที่จากผิวด้านบนของอิเล็กโทรดแผ่นบน ผ่านรูเปิดที่อิเล็กโทรดควบคุมหมึกพิมพ์ผง และไปติด  
บนกระดาษซึ่งอยู่ที่ด้านล่างของแผ่นอิเล็กโทรดแผ่นบน งานวิจัยนี้ตรวจสอบผลกระทบของศักย์ไฟฟ้า  
ที่ให้กับขั้วอิเล็กโทรดและขนาดรูเปิดของอิเล็กโทรดควบคุมหมึกพิมพ์ผง ที่มีผลต่อขนาดจุดหมึกพิมพ์  
ผง การศึกษาทำทั้งทางด้านการทดลองและการจำลองการเคลื่อนที่ของอนุภาคหมึกพิมพ์ผงในสนาม  
ไฟฟ้า ขั้นแรกจัดเตรียมชุดการทดลองสำหรับลากลุ่มหมอกหมึกพิมพ์ผง และทำการทดลองสร้างจุดหมึก  
พิมพ์ผงโดยใช้อิเล็กโทรดควบคุมหมึกพิมพ์ผงที่มีขนาดรูเปิดต่างกันสองขนาดคือ เส้นผ่านศูนย์กลาง  
1 และ 2 มิลลิเมตร จากนั้นทำการทดลองสร้างจุดหมึกพิมพ์ผงโดยให้ศักย์ไฟฟ้ากับขั้วอิเล็กโทรดแตกต่าง  
กันหลายค่า ในขั้นตอนสุดท้าย ทำการวิเคราะห์สนามไฟฟ้า และจำลองการเคลื่อนที่ของอนุภาค  
หมึกพิมพ์ผงที่ถูกชาร์ตประจุในสนามไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมเอลฟิน ผลการจำลองการเคลื่อนที่ของ  
หมึกพิมพ์ผงสอดคล้องกับผลที่ได้จากการทดลอง กล่าวคือ เมื่อศักย์ไฟฟ้าที่ให้กับอิเล็กโทรดควบคุม  
หมึกพิมพ์ผงด้านบนเพิ่มขึ้น จุดหมึกพิมพ์ผงมีขนาดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้พบว่าขนาดของจุดหมึกพิมพ์  
ผงมีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อขนาดรูเปิดของอิเล็กโทรดควบคุมหมึกพิมพ์ผงมีขนาดใหญ่ขึ้น

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ ลายมือชื่อนิสิต... นวลวรรณ ตันหยง .....

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางภาพ

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

ปีการศึกษา 2545

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม... ศ.ดร. ยาสุณี ไชยอินะ .....



## 4372303423 : MAJOR IMAGING TECHNOLOGY

KEY WORD: TONER JUMPING / TONER CLOUD BEAM / CONDUCTIVE TONER / ELECTRIC FIELD / DIGITAL PRINTING

NUAWAN TANYONG: EFFECT OF TONER JUMPING PARAMETERS ON TONER DOT SIZE IN DIGITAL PRINTING. THESIS ADVISOR: PROFESSOR SUDA KIATKAMJORNWONG, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR: PROFESSOR YASUSHI HOSHINO, Ph.D., 120 pp. ISBN 974-17-2507-8.

Examining the Toner Cloud Beam (TCB) is a new dot formation method for dry toner-based digital printing systems. According to the experimental setup for TCB, a dented electrode, lower control electrode, upper control electrode and pulling electrode are placed as parallel plates, leaving a slight distance between them using insulating sheets. An amount of conductive toner is first applied to the surface of the dented area. When a voltage is applied to each electrode, the electric field is modulated, which makes the charged toner particles move from the surface of the dented electrode, pass through the aperture of the control electrodes and reach the paper beneath the pulling electrode. This technique produces a toner dot on paper. In this research work, the effect of applied voltage and aperture size of control electrodes on toner dot size was investigated. The focus of this study lies on both experiments and simulations of toner trajectory in a TCB system. The TCB experiment was setup. Toner dots were obtained using two different aperture sizes, 1 and 2 millimeter in diameter of the control electrodes. Then the toner dots are generated corresponding to various values of applied voltages on the electrodes. Finally, the electric field analysis has been accomplished and the movement of the charged toner particles has been simulated using ELFIN software. The simulation results agree well with the experimental results. When the voltage applied to the upper control electrode increases, the toner dot size also increases. A toner dot increases in size when the aperture size of the control electrodes increases.

Department Photographic Science and Printing Technology	Student's signature... <i>Nuanwan Tanyong</i>
Field of study Imaging Technology	Advisor's signature... <i>Suda Kiatkamjornwong</i>
Academic year 2002	Co-advisor's signature... <i>星野坦之</i>

## ACKNOWLEDGEMENT

The author would like to take this opportunity to express her deepest gratitude to her advisor and co-advisor, Professor Suda Kiatkamjornwong and Professor Yasushi Hoshino, for invaluable suggestion, problem solving, supports and reviewing the work thesis.

She wishes to express her deep and sincere gratitude to her co-advisor, Professor Yasushi Hoshino, and Professor Jimma, the President of Nippon Institute of Technology for providing university dormitory for her stay and access to laboratory facilities, which enable her to finish the experimental part of toner jumping. Warm and friendly hospitality especially guiding and exchanges of Japanese culture and architecture are highly appreciated.

Student friends in Hoshino Laboratory are very helpful both for experimental work and daily life, which impress her very much and make her stay in Japan very fruitful and memorable.

Many thanks to everybody at Department of Photographic Science and Printing Technology for helping and supporting her to make this thesis become realized. Thank you for all of her friends, who give her the advice, help, and warm of friendship.

Finally, she cannot express how lucky she has been given to have such a wonderful family, which love her unconditionally, support and help her endlessly for countless hours in this thesis.

Nuanwan Tanyong

# CONTENTS

	PAGE
ABSTRACT (IN THAI).....	iv
ABSTRACT (IN ENGLISH).....	v
ACKNOWLEDGEMENT.....	vi
CONTENTS.....	vii
LIST OF TABLES.....	ix
LIST OF FIGURES.....	x
CHAPTER 1: INTRODUCTION.....	1
1.1 Scientific Rationale.....	1
1.2 Objective of Research Work.....	2
1.3 Scope of the Research Work.....	2
1.4 Content of the Research Work.....	3
CHAPTER 2: THEORETICAL BACKGROUND AND LITERATURE REVIEWS.....	4
2.1 Theoretical background.....	4
2.1.1 Digital Printing.....	4
2.1.2 Toner-Based Systems.....	5
2.2.3 Electrophotography.....	6
2.2.4 Toner Jet.....	7
2.1.5 Toner Cloud Beam (TCB).....	9
2.1.6 Toner Material.....	15
2.2 Literature Reviews.....	16
CHAPTER 3: EXPERIMENTAL.....	19
3.1 Materials.....	19
3.2 Apparatus.....	20
3.3 Procedure.....	22
3.3.1 Experimental Setup.....	22
3.3.2 Experimental Procedure.....	27
3.3.3 Charge evaluation.....	28

	PAGE
3.3.4 Determination of Toner Particle Morphology.....	29
3.3.5 Electric Field Analysis.....	29
CHAPTER 4: RESULTS AND DISSCUSION.....	30
4.1 Morphology of the Toner Particles.....	30
4.2 Determination of Threshold Voltage.....	31
4.3 Toner Dot Confirmation.....	34
4.4 Dependence of Toner Dot Size on Aperture Size.....	35
4.5 Dependence of Toner Dot Size on Applied Voltage.....	44
4.6 Electric Field Analysis.....	51
4.7 Toner Trajectory.....	61
CHAPTER 5: CONCLUSIONS AND SUGGESTION.....	70
REFERENCES.....	72
APPENDICES.....	74
APPENDIX A: THE EXPERIMENTAL SETUP FOR PULSE APPLICATION.....	75
APPENDIX B: ELFIN BASICS.....	81
APPENDIX C: ELFIN INPUT FILES.....	87
APPENDIX D: ELECTRIC FIELD DATA OF TCB.....	108
APPENDIX E: THE EXPERIMENTAL RESULTS.....	117
VITA.....	120



TABLE	PAGE
4-1 Applied voltage versus current between parallel plates .....	31
4-2 Applied voltage versus dot area for diameter of aperture of 1 mm.....	36
4-3 Applied voltage versus dot area for diameter of aperture of 2 mm.....	37
4-4 Applied voltage for aperture diameter of 0.5 mm (V4-V3=200V).....	45
4-5 Applied voltage for aperture diameter of 0.8 mm (V4-V3=100V).....	46
4-6 Applied voltage for aperture diameter of 0.8 mm (V4-V3=150V).....	47
4-7 Applied voltage for aperture diameter of 0.8 mm (V4-V3=200V).....	48
4-8 Applied voltage for aperture diameter of 0.8 mm (V4-V3=300V).....	49



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## LIST OF FIGURES

FIGURE		PAGE
2-1	Six basic steps in electrophotographic reproduction.....	6
2-2	The control electrode in the FPC controls for the toner transfers through the aperture.....	8
2-3	Flexible printed circuit board (FPC) with row of apertures and ring electrodes.....	8
2-4	Schematic diagram of the experimental setup for the toner jumping.....	10
2-5	Determination of threshold voltage for toner jumping across the parallel plates.....	11
2-6	The current waveform versus the ramp voltage applied between the Electrodes.....	12
2-7	Cross section of the dented-shape electrode.....	13
2-8	Schematic demonstration of the toner motion in the case of dented electrode.....	13
2-9	Toner beam control mechanism.....	14
3-1	Schematic diagram of TCB unit.....	22
3-2	AC/DC switching power supply, VTC15SA.....	23
3-3	High-Voltage DC Power Supply, UHV 2KP/24.....	24
3-4	Output voltage characteristic of the DC HV power supply, UHV 2KP/24...	25
3-5	Control electrodes.....	26
3-6	Electrodes setup in TCB unit.....	26
3-7	Toner Cloud Beam unit.....	27
4-1	SEM of toner particles showing the irregular shape of toner particles.....	30
4-2	Determination of the threshold voltage.....	32
4-3	Toner dot confirmation.....	34
4-4	Applied voltage at the lower control electrode versus dot area for the diameter of aperture of 1 mm.....	38
4-5	Applied voltage at the upper control electrode versus dot area for the diameter of aperture of 1 mm.....	38

FIGURE	PAGE
4-6 Applied voltage at the lower control electrode versus dot area for the diameter of aperture of 2 mm.....	39
4-7 Applied voltage at upper control electrode versus dot area for the diameter of aperture of 2 mm.....	39
4-8 Applied voltage at the lower control electrode versus dot area for the applied voltage at the upper control electrode of 569 V.....	41
4-9 Applied voltage at the lower control electrode versus dot area for the applied voltage at the upper control electrode of 502 V.....	41
4-10 Applied voltage at the lower control electrode versus dot area for the applied voltage at the upper control electrode of 435 V.....	42
4-11 Applied voltage at the upper control electrode versus dot area for the applied voltage at the lower control electrode of 100 V.....	42
4-12 Applied voltage at the upper control electrode versus dot area for the applied voltage at the lower control electrode of 167 V.....	43
4-13 Applied voltage at the upper control electrode versus dot area for the applied voltage at the lower control electrode of 234 V.....	43
4-14 The schematic layout of the applied voltage to the electrodes in TCB.....	44
4-15 V3-V2 versus dot area for the aperture diameter of 0.5 mm at V4-V3=200V.....	45
4.16 V3-V2 versus dot area for the aperture diameter of 0.8 mm at V4-V3=100V.....	46
4-16 V3-V2 versus dot area for the aperture diameter of 0.8 mm at V4-V3=150V.....	47
4-17 V3-V2 versus dot area for the aperture diameter of 0.8 mm at V4-V3=200V.....	48
4-18 V3-V2 versus dot area for the aperture diameter of 0.8 mm at V4-V3=300V.....	49

FIGURE	PAGE
4-20 V3-V2 versus dot area for the aperture diameter of 0.8 mm at V4-V3=100, 150, 200, 300 V.....	50
4-21 Schematic diagram of elements for TCB system used for the calculation of the electric field.....	51
4-22 The elements and nodes of parallel plates created by ELFIN software.....	52
4-23 The space elements and nodes between parallel plates.....	53
4-24 Condition of the applied voltage to the parallel plates.....	53
4-25 Electric field between the parallel plates calculated by ELFIN.....	54
4-26 Experimental setup for the simulation when the dented electrode is applied.....	55
4-27 Equipotential contours and electric field streamline between the dented electrode and the flat electrode.....	55
4-28 Experimental setup for the simulation for a number of electrode in TCB...	56
4-29 Equipotential contours and electric field streamline between a number of electrode setup in TCB.....	56
4-30 Comparison of equipotential contours for difference element material.....	57
4-31 Electric field versus distance along z axis when the applied voltage is 300 V.....	59
4-32 Electric field at different conditions of applied voltage.....	60
4-33 Toner trajectory when V4-V3=100 V.....	64
4-34 Toner trajectory when V4-V3=150 V.....	65
4-35 Toner trajectory when V4-V3=200 V.....	66
4-36 Toner trajectory when V4-V3=300 V.....	67
4-37 The explanation for the experimental results, which differ from the simulation results in the highly off condition.....	68
4-38 The new shape of the aperture of control electrodes.....	69