

พารามิเตอร์ที่มีอิทธิพลต่อลักษณะจำเพาะการก่อประจุของโทนเนอร์และผลของภาวะการก่อประจุ

ต่อคุณภาพของภาพอิเล็กทรอนิกส์โฟโตกราฟี

นายวัลลภ แซ่โล้ว



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางภาพ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-4332-744-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**PARAMETERS THAT INFLUENCE TONER CHARGING CHARACTERISTICS
AND ELECTROPHOTOGRAPHIC PRINT QUALITY**



Mr. Wanlop Saelow

**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**

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1999

ISBN 974-4332-744-4

Copyright of Graduate school, Chulalongkorn University

Thesis Title **Parameters That Influence Toner Charging Characteristics
and Electrophotographic Print Quality**

By **Mr. Wanlop Saelow**

Department **Photographic Science and Printing Technology**

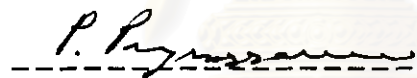
Thesis Advisor **Associate Professor Suda Kiatkamjornwong, Ph.D.**


Thesis Co-advisor **Professor Yasushi Hoshino, Ph.D.**


Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial
Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree

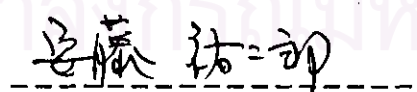
 - Dean of Graduate School
(Associate Professor Suchada Kiranandana, Ph.D.)

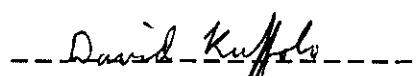
THESIS COMMITTEE

 - Chairman
(Associate Professor Pontawee Punggrassamee, M.S.)

 - Thesis Advisor
(Associate Professor Suda Kiatkamjornwong, Ph.D.)

 - Thesis Co-advisor
(Professor Yasushi Hoshino, Ph.D.)

 - Member
(Mr. Yujiro Ando, M.S.)

 - Member
(Associate Professor David Ruffolo, Ph.D.)

วัตถุดิบ : พารามิเตอร์ที่มีอิทธิพลต่อลักษณะจำเพาะการก่อบรรจุของโทนเนอร์และผลของภาวะการก่อบรรจุต่อคุณภาพของภาพอิเล็กทรอนิกส์โทรโฟโคกราฟี (PARAMETERS THAT INFLUENCE TONER CHARGING CHARACTERISTICS AND ELECTROPHOTOGRAPHIC PRINT QUALITY) อ. ที่ปรึกษา : รศ. ดร. สุดา เกียรติกำจรวงศ์, อ. ที่ปรึกษาร่วม : ศ. ดร. ชยาจติ โสจิโนะ ; 123 หน้า. ISBN 974-4332-744-4.

สมบัติโพธิ์ โปธิ์อิเล็กทรอนิกส์ของสารสร้างภาพชนิดสององค์ประกอบเป็นปัจจัยที่สำคัญในระบบอิเล็กทรอนิกส์โทรโฟโคกราฟี การก่อบรรจุระหว่างอนุภาคเป็นปัจจัยในการกำหนดปริมาณการใช้สารสร้างภาพ และคุณภาพของภาพพิมพ์ วิทยานิพนธ์นี้ ศึกษาสมบัติการเกิดประจุระหว่างอนุภาคโทนเนอร์ที่มีรูปร่างต่างกันสองชนิด และอนุภาคตัวพาที่มีส่วนประกอบ และสมบัติทางไฟฟ้าต่างกันห้าชนิด ค่าประจุต่อมวลจากการก่อบรรจุของอนุภาคโทนเนอร์ ขึ้นอยู่กับแรงที่ใช้ในการผสมสารสร้างภาพ ความเข้มข้นของอนุภาคโทนเนอร์ รูปร่างของอนุภาคโทนเนอร์ ชนิดของอนุภาคตัวพา และสมบัติการนำไฟฟ้าบนพื้นผิวอนุภาคตัวพา คุณภาพงานพิมพ์ประเมินเป็นค่าความค่าพื้นตาย ค่าความค่าที่ 60 และ 40 เปอร์เซ็นต์ของค่าความค่าพื้นตาย ค่าความค่าพื้นหลัง และความคมชัดบริเวณขอบของตัวอักษร ค่าปริมาณการก่อบรรจุเพิ่มขึ้นเป็นผลจากการเพิ่มอัตราเร็วที่ใช้ในการผสมสารสร้างภาพ แต่ที่อัตราเร็วสูงอนุภาคโทนเนอร์เกิดการสูญเสียรูปร่าง ค่าประจุต่อมวลเพิ่มขึ้นจนได้ค่าสูงสุด แล้วลดลงอย่างรวดเร็ว ผลดังกล่าวสามารถยืนยันได้จากภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบกราด เมื่อความเข้มข้นอนุภาคโทนเนอร์เพิ่มขึ้นค่าปริมาณการก่อบรรจุกลับลดลง เนื่องจากเกิดการปกคลุมของอนุภาคโทนเนอร์บนพื้นผิวของอนุภาคตัวพา มากกว่าหนึ่งชั้น ทำให้อนุภาคโทนเนอร์ที่อยู่ชั้นนอกไม่สามารถเกิดการก่อบรรจุได้ อนุภาคโทนเนอร์ที่มีลักษณะค่อนข้างกลมมีความสามารถในการก่อบรรจุที่สูงกว่า จึงให้ค่าปริมาณการก่อบรรจุต่อมวลที่สูงกว่าอนุภาคโทนเนอร์ที่มีลักษณะไม่แน่นอน ซึ่งเป็นผลให้ค่าความค่าที่ 60 และ 40 เปอร์เซ็นต์ของค่าความค่าพื้นตายมีค่ามากกว่า และความคมชัดบริเวณขอบของตัวอักษรมีความคมชัดกว่า ส่วนค่าความค่าพื้นตายมีค่าใกล้เคียงกัน อนุภาคตัวพาที่มีส่วนประกอบเหล็กเพียงชนิดเดียวเกิดการชนต่ออนุภาคโทนเนอร์ที่แรงกว่า จึงให้ค่าประจุต่อมวลที่สูงกว่าอนุภาคตัวพาที่มีส่วนประกอบด้วย ทองแดง สังกะสี และเหล็ก เมื่อสมบัติการนำไฟฟ้าบนพื้นผิวของอนุภาคตัวพาเพิ่มขึ้น ความหนาของชั้นผิวลดลง เกิดการเสียดทานที่รุนแรงทำให้ปริมาณการก่อบรรจุสูงขึ้น

วิทยานิพนธ์นี้อธิบายพารามิเตอร์หลักที่มีอิทธิพลต่อลักษณะจำเพาะการก่อบรรจุของโทนเนอร์และผลของภาวะการก่อบรรจุต่อคุณภาพของภาพพิมพ์.



วิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์
ภาควิชา
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางภาพ
ปีการศึกษา 2542

ลายมือชื่อนิสิต อรุณ แซ่โง้ว
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา อ. สุดา เกียรติกำจรวงศ์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม 程野坦之

4072385623 : MAJOR IMAGING TECHNOLOGY

KEY WORD: TRIBOELECTRIC PROPERTIES / ELECTROPHOTOGRAPHIC SYSTEM / PRINT QUALITIES /
TONER / CARRIER

WANLOP SAELOW : PARAMETERS THAT INFLUENCE TONER CHARGING CHARACTERISTICS
AND ELECTROPHOTOGRAPHIC PRINT QUALITY. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF.
SUDA KIATKAMJORNWONG, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR : PROF. YASUSHI HOSHINO,
Ph.D. 123pp. ISBN 974-4332-744-4.

The triboelectric properties, q/m , of a two-component developer are important factors in an electrophotographic system. The toner charge is an important parameter that controls the developer mass and the print quality. This thesis investigated the charging properties of differently shaped toners, spherical-shaped and irregular-shaped toners, and carrier particles which are different in components and currents, i. e., a ferrite carrier and steel carriers produced with different currents (17, 31, 76, and 182 μA). The important parameters of toner charging are the mixing force, the toner concentration, the shape of toner, the carrier type, and the current of the carrier surface. The study of the print quality focused on the solid density, densities at 60 and 40% halftones, background density, and edge sharpness of the characters. The charge-to-mass ratio increased with increasing mixing force. At high speeds of mixing, the deformation of toner particles occurred. The q/m value increased to a maximum and then immediately decreased. This was confirmed by SEM photographs. When the toner concentration increased, the coverage of toner particles on the carrier surface increased to more than one layer. The outer toners could not be charged with the carrier, so the q/m value decreased. The spherically shaped toner was more efficiently tribocharged than the irregularly shaped toner. Therefore, the spherically shaped toner gave higher q/m values, which produced higher densities at 60 and 40% halftones. The edge sharpness of the characters from the spherically shaped toner was higher than those from the others. The solid densities of the different toners were close to each other. The carrier particles containing only Fe gave stronger contact with the toner than the carriers with Cu, Zn, and Fe. The current on the carrier surface influenced the q/m value; the higher the current, the greater the friction force between two surfaces leading to the high value of q/m . This thesis explains key parameters that affect the toner charging characteristics and their print qualities.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา..... วิทยาศาสตร์ทางภาพและเทคโนโลยีทางการพิมพ์
เทคโนโลยีทางภาพ

สาขาวิชา.....

ปีการศึกษา..... 2542

ลายมือชื่อนิสิต..... Wanlop Saelow.

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... Suda Kiatkamjornwong

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... 星野坦之



ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to express his sincere gratitude to his advisor and co-advisor : Associate Professor Suda Kiatkamjornwong, Ph.D. and Professor Yasushi Hoshino, Ph.D., respectively, for their encouraging guidance, helpful suggestions and supervision throughout this research. Sincere appreciations are extended to his thesis committee : Associate Professor Pontawee Pungrassamee for serving as chairman, Mr. Yujiro Ando, and Associate Professor David Ruffolo, Ph.D. for serving as members of the thesis committee.

Many thanks are extended to Canon Inc. (Tokyo) for providing support necessary for the one-month training program in Japan including the grant to use their research facilities and materials for toner and carrier experiments. Appreciations are also extended to Mr. Hiroshi Suzuki for his help in training and in experimental research.

Appreciation and gratitude are extended to the Department of Imaging and Printing Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, and Department of System Engineering, Nippon Institute of Technology, for providing research facilities.

Finally, the author would like to thank all of those who have given him suggestions and their supports throughout this research, especially, his family for their love, moral support and encouragement.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTENTS

	Page
ABSTRACT (IN THAI)	iv
ABSTRACT (IN ENGLISH)	v
ACKNOWLEDGEMENTS	vi
CONTENTS	vii
LIST OF TABLES	x
LIST OF FIGURES	xiv
CHAPTER	
1 INTRODUCTION	1
1.1 Scientific Rationale	1
1.2 Objectives	1
1.3 Scope of the Research	2
1.4 Content of the Thesis	2
2 THEORY AND LITERATURE REVIEW	4
2.1 Theoretical Considerations	4
2.1.1 History of Electrophotography	4
2.1.2 The Electrophotographic Process	4
2.1.3 Toner Components	5
2.1.3.1 Resin	5
2.1.3.2 Colorants	6
2.1.3.3 Charge Control Additives	6
2.1.3.4 Surface Additives	6
2.1.3.5 Other Additives	6
2.1.4 Two-component Development	6
2.1.4.1 Cascade Development	7
2.1.4.2 Magnetic Brush Development	8

CONTENTS (continued)

	Page
2.1.5 Toner Charging for Two-component Development Systems	8
2.2 Literature Review	14
3 EXPERIMENTAL	20
3.1 Materials	20
3.2 Apparatus	20
3.3 Procedure	21
3.3.1 Developer Preparation	21
3.3.2 Measurement of Charging Properties of the Rotating Roller Mechanism	21
3.3.2.1 Toner Charge Dependence on Toner Concentration (wt%)	21
3.3.2.2 Toner Charge Dependence on Mixing Force	22
3.3.2.3 Toner Charge Dependence on Surface Layer	22
3.3.3 Evaluation of Print Quality	23
3.3.3.1 Toner Charge-to-Mass Ratio (q/m) in a Real Machine	23
3.3.3.2 Printing Experiment	23
3.3.4 Morphology of Toners and Carriers	24
4 RESULTS AND DISCUSSION	25
4.1 Morphology of the Toner and the Carrier Particles	25
4.2 Toner Charge Dependence on the Mixing Force	25
4.3 Morphology of the Deformation of KT-16a Toner	39
4.4 Toner Charge Dependence on the Toner Concentration (wt%)	40

CONTENTS (continued)

	Page
4.5 Morphological Appearance of Material Surfaces	55
4.6 Toner Shape Dependency	55
4.7 Carrier Dependency	59
4.8 Toner Charge Dependence on the Surface Layer of Carrier	64
4.9 Q/m Values of the Toners Charged by the OKI Printer	66
4.10 Analysis of Print Quality	70
5 CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS	88
REFERENCES	91
APPENDIX A The q/m Values of Various Developers Evaluated by a Blow Off Measurement Unit	94
APPENDIX B The q/m Values of Various Developers Evaluated by E-SPART Analyzer	107
APPENDIX C The q/m Values of Various Toners Evaluated by OKI Printer	113
APPENDIX D Measurement on Print Quality	115
VITA	123

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF TABLES

Table	Page
3-1 Developers with different compositions and contents	21
3-2 Developers for measuring the toner charge dependence on mixing force	22
3-3 Developers for measuring the toner charge dependence on surface layer	23
4-1 The relationship of the rotating speed (rpm), the acceleration (m/s^2), and the mixing force (N)	28
4-2 The relationship of the toner concentration (wt%), the coverage (%), and number of the toner particles/carrier	44
4-3 Elemental analysis of the carriers	64
4-4 q/m values between the KT-16a toner and the N-O9S toner under the condition of the OKI printer	66
A-1 q/m values of developer, KT-16a and F-200, at 600 rpm. by MS1 Minishaker at 55 ± 3 %RH and $26 \pm 2^\circ C$	94
A-2 q/m values of developer, KT-16a and F-200, at 800 rpm. by MS1 Minishaker at 55 ± 3 %RH and $26 \pm 2^\circ C$	95
A-3 q/m values of developer, KT-16a and F-200, at 1000 rpm. by MS1 Minishaker at 55 ± 3 %RH and $26 \pm 2^\circ C$	96
A-4 q/m values of developer, KT-16a and F-200, at 400 rpm. by MS1 Minishaker at 55 ± 3 %RH and $26 \pm 2^\circ C$	97
A-5 q/m values of developer, KT-16a and F-200, at 1200 rpm. by MS1 Minishaker at 55 ± 3 %RH and $26 \pm 2^\circ C$	97
A-6 q/m values of developer, KT-16a and F-200, at 1400 rpm. by MS1 Minishaker at 55 ± 3 %RH and $26 \pm 2^\circ C$	97
A-7 q/m values of developer, KT-16a and TSV-200 (17 μA), at 600 rpm. by MS1 Minishaker at 55 ± 3 %RH and $26 \pm 2^\circ C$	98

LIST OF TABLES (continued)

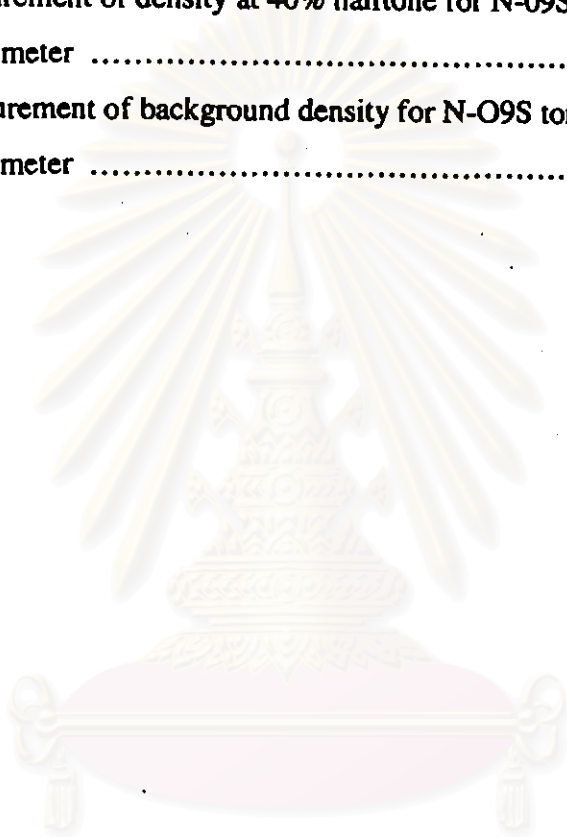
Table	Page
A-8 q/m values of developer, KT-16a and TSV-200 (17 μ A), at 800 rpm. by MS1 Minishaker at 55 ± 3 %RH and $26\pm 2^\circ$ C	99
A-9 q/m values of developer, KT-16a and TSV-200 (17 μ A), at 1000 rpm. by MS1 Minishaker at 55 ± 3 %RH and $26\pm 2^\circ$ C	100
A-10 q/m values of developer, KT-16a and TSV-200 (17 μ A), at 400 rpm. by MS1 Minishaker at 55 ± 3 %RH and $26\pm 2^\circ$ C	101
A-11 q/m values of developer, KT-16a and TSV-200 (17 μ A), at 1200 rpm. by MS1 Minishaker at 55 ± 3 %RH and $26\pm 2^\circ$ C	101
A-12 q/m values of developer, KT-16a and TSV-200 (17 μ A), at 1400 rpm. by MS1 Minishaker at 55 ± 3 %RH and $26\pm 2^\circ$ C	101
A-13 q/m values of developer, N-O9S and TSV-200 (17 μ A), at 400 rpm. by MS1 Minishaker at 55 ± 3 %RH and $27\pm 2^\circ$ C	102
A-14 q/m values of developer, N-O9S and TSV-200 (17 μ A), at 600 rpm. by MS1 Minishaker at 55 ± 3 %RH and $27\pm 2^\circ$ C	102
A-15 q/m values of developer, N-O9S and TSV-200 (17 μ A), at 800 rpm. by MS1 Minishaker at 55 ± 3 %RH and $27\pm 2^\circ$ C	102
A-16 q/m values of developer, N-O9S and TSV-200 (17 μ A), at 1000 rpm. by MS1 Minishaker at 55 ± 3 %RH and $27\pm 2^\circ$ C	103
A-17 q/m values of developer, N-O9S and TSV-200 (17 μ A), at 1200 rpm. by MS1 Minishaker at 55 ± 3 %RH and $27\pm 2^\circ$ C	103
A-18 q/m values of developer, N-O9S and TSV-200 (17 μ A), at 1400 rpm. by MS1 Minishaker at 55 ± 3 %RH and $27\pm 2^\circ$ C	103
A-19 q/m values of developer, N-O9S and F-200, at 400 rpm. by MS1 Minishaker at 55 ± 3 %RH and $27\pm 2^\circ$ C	104
A-20 q/m values of developer, N-O9S and F-200, at 600 rpm. by MS1 Minishaker at 55 ± 3 %RH and $27\pm 2^\circ$ C	104

LIST OF TABLES (continued)

Table	Page
A-21 q/m values of developer, N-O9S and F-200, at 800 rpm. by MS1 Minishaker at 55 ± 3 %RH and 27 ± 2 °C	104
A-22 q/m values of developer, N-O9S and F-200, at 1000 rpm. by MS1 Minishaker at 55 ± 3 %RH and 27 ± 2 °C	105
A-23 q/m values of developer, N-O9S and F-200, at 1200 rpm. by MS1 Minishaker at 55 ± 3 %RH and 27 ± 2 °C	105
A-24 q/m values of developer, N-O9S and F-200, at 1400 rpm. by MS1 Minishaker at 55 ± 3 %RH and 27 ± 2 °C	105
A-25 q/m values of developer, KT-16a and TSV-200 (31 μ A), at 600 rpm. by MS1 Minishaker at 55 ± 3 %RH and 27 ± 2 °C	106
A-26 q/m values of developer, KT-16a and TSV-200 (76 μ A), at 600 rpm. by MS1 Minishaker at 55 ± 3 %RH and 27 ± 2 °C	106
A-27 q/m values of developer, KT-16a and TSV-200 (182 μ A), at 600 rpm. by MS1 Minishaker at 55 ± 3 %RH and 27 ± 2 °C	106
B-1 Charge-to-mass ratio (q/m) of developers by E-SPART analyzer ..	107
C-1 q/m values of KT-16a toner in OKI 400 micro line CL Printer	113
C-2 q/m values of N-O9S toner in OKI 400 micro line CL Printer	114
D-1 The measurement of solid density for KT-16a toner by densitometer	115
D-2 The measurement of density at 60% halftone for KT-16a toner by densitometer	116
D-3 The measurement of density at 40% halftone for KT-16a toner by densitometer	117
D-4 The measurement of background density for KT-16a toner by densitometer	118
D-5 The measurement of solid density for N-O9S toner by densitometer	119

LIST OF TABLES (continued)

Table	Page
D-6 The measurement of density at 60% halftone for N-09S toner by densitometer	120
D-7 The measurement of density at 40% halftone for N-09S toner by densitometer	121
D-8 The measurement of background density for N-09S toner by densitometer	122



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF FIGURES

Figure		Page
2-1	Schematic diagram of a cascade development system	7
2-2	Schematic diagram of a magnetic brush development system	8
2-3	The energy of metal-metal transition : (a) the energy of an electron for a metal and (b) two metals exchange charge to equilibrium	10
2-4	Surface states of metal-insulator contact charging : (a) the uncharged insulator, (b) the insulator contact with a metal, and (c) the increasing energy of the insulator state	11
2-5	Dependence of the potential energy of an ion on its positions between two plane parallel insulator surfaces	12
2-6	An apparatus used in the Blow off measurement	13
2-7	Schematic diagram of the E-SPART analyzer	13
4-1	Scanning electron micrographs of the toners : (a) KT-16a (x800), (b) KT-16a (x3000), (c) KT-16a (x13000), (d) N-O9S (x700), (e) N-O9S (x3000), and (f) N-O9S (x20000)	29
4-2	Scanning electron micrographs of the carriers : (a) TSV-200 (x95), (b) TSV-200 (x350), (c) TSV-200 (x2500), (d) F-200 (x100), (e) F-200 (x500), and (f) F-200 (x2500)	30
4-3	A model of rotating by the MS1 Minishaker : (a) glass cell (diameter of the glass cell, 24 mm), (b) before rotating, and (c) while rotating of the glass cell	27
4-4	Dependence of q/m on developing time for KT-16a and F-200 at different rpms	31
4-5	Dependence of q/m (max) on rotating speed, acceleration, and mixing force for KT-16a and F-200	32
4-6	Dependence of q/m on developing time for KT-16a and TSV-200 at different rpms	33

LIST OF FIGURES (continued)

Figure	Page
4-7	Dependence of q/m (max) on rotating speed, acceleration, and mixing force for KT-16a and TSV-200 34
4-8	Dependence of q/m on developing time for N-O9S and TSV-200 at different rpms 35
4-9	Dependence of q/m (max) on rotating speed, acceleration, and mixing force for N-O9S and TSV-200 36
4-10	Dependence of q/m on developing time for N-O9S and F-200 at different rpms 37
4-11	Dependence of q/m (max) on rotating speed, acceleration, and mixing force for N-O9S and F-200 38
4-12	Scanning electron micrographs of KT-16a toner : (a) before rotating, (b) rotating speed at 1200 rpm with TSV-200 carrier, and (c) rotating speed at 1400 rpm with F-200 carrier 39
4-13	A model of the coverage of toner on carrier surface 42
4-14	Dependence of q/m on developing time for KT-16a and F-200 at 600 rpm 45
4-15	Dependence of q/m on developing time for KT-16a and F-200 at 800 rpm 46
4-16	Dependence of q/m on developing time for KT-16a and F-200 at 1000 rpm 47
4-17	Dependence of q/m on developing time for KT-16a and TSV-200 at 600 rpm 48
4-18	Dependence of q/m on developing time for KT-16a and TSV-200 at 800 rpm 49
4-19	Dependence of q/m on developing time for KT-16a and TSV-200 at 1000 rpm 50
4-20	Dependence of q/m (max) on toner concentration for KT-16a and F-200 51

LIST OF FIGURES (continued)

Figure	Page
4-21 Dependence of m/q (max) on toner concentration for KT-16a and F-200	52
4-22 Dependence of q/m (max) on toner concentration for KT-16a and TSV-200	53
4-23 Dependence of m/q (max) on toner concentration for KT-16a and TSV-200	54
4-24 Scanning electron micrographs of the developers, KT-16a toner and F-200 carrier, with various toner concentrations of 1, 2, 3, 5, 7, and 10 wt%	56
4-25 Dependence of q/m on developing time for KT-16a and N-O9S with the same TSV-200	57
4-26 Dependence of q/m on developing time for KT-16a and N-O9S with the same F-200	58
4-27 Dependence of q/m on developing time for KT-16a toner with F-200 and TSV-200	60
4-28 Dependence of q/m on developing time for N-O9S toner with TSV-200 and F-200	61
4-29 Elemental analysis of F-200 carrier	62
4-30 Elemental analysis of TSV-200 carrier	63
4-31 Dependence of q/m on developing time for KT-16a with different currents of TSV-200	65
4-32 A model of toner transferring by electric force	67
4-33 Test form	69
4-34 Dependence of maximum density on copy number for N-O9S and KT-16a toners	71
4-35 Dependence of density at 60% halftone on copy number for N-O9S and KT-16a toners	72

LIST OF FIGURES (continued)

Figure	Page
4-36 Dependence of density at 40% halftone on copy number for N-O9S and KT-16a toners	73
4-37 Dependence of background density on copy number for N-O9S and KT-16a toners	74
4-38 The photos of the lines (left side) by the image analyzer : (a) KT-16a toner and (b) N-O9S toner, (x400)	75
4-39 The photos of the lines (center) by the image analyzer : (a) KT-16a toner and (b) N-O9S toner, (x400)	76
4-40 The photos of the lines (right side) by the image analyzer : (a) KT-16a toner and (b) N-O9S toner, (x400)	77
4-41 The photos of the "a" character by the image analyzer : (a) KT-16a toner and (b) N-O9S toner, (x20)	78
4-42 The photos of the "f" character by the image analyzer : (a) KT-16a toner and (b) N-O9S toner, (x20)	79
4-43 The photos of the "g" character by the image analyzer : (a) KT-16a toner and (b) N-O9S toner, (x20)	80
4-44 The photos of the "B" character by the image analyzer : (a) KT-16a toner and (b) N-O9S toner, (x15)	81
4-45 The photos of the "C" character by the image analyzer : (a) KT-16a toner and (b) N-O9S toner, (x15)	82
4-46 The photos of the "E" character by the image analyzer : (a) KT-16a toner and (b) N-O9S toner, (x15)	83
4-47 The photos of the "1" character by the image analyzer : (a) KT-16a toner and (b) N-O9S toner, (x20)	84
4-48 The photos of the "2" character by the image analyzer : (a) KT-16a toner and (b) N-O9S toner, (x20)	85
4-49 The photos of the "3" character by the image analyzer : (a) KT-16a toner and (b) N-O9S toner, (x20)	86