ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
248057

การใช้แคลเซียมคาร์บอเนตชนิดเกาะในอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อผลิตพิมพ์เขียวสำหรับปรับปรุงคุณภาพการผลิตระบบฟิล์มแห้ง

นางอภิญญา ผู้ถึง

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการพิมพ์
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ปีการศึกษา 2554

b0029314o

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
248057

การใช้แคลเซียมคาร์บอเนตทดแทนซิลิกาในสารเคลือบกระดาษหนังสือพิมพ์
เพื่อปรับปรุงคุณภาพงานปรู๊ฟระบบพ่นหมึก

นางอภิญญา ภู่กิ่ง วท.บ. (เทคโนโลยีการพิมพ์)

โครงงานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการพิมพ์
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
พ.ศ. 2554

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

คณะกรรมการสอบโครงงานวิจัย

Wisitsree Wiyaratn ..... ประธานกรรมการสอบโครงงานวิจัย
(ดร.วิศิษฏ์ศรี วิยะรัตน์)

..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานวิจัย
(รศ.ดร.สุชปา เนตรประดิษฐ์)

..... กรรมการ
(ผศ.ดร.กฤติกา ตันประเสริฐ)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

หัวข้อโครงงานวิจัย	การใช้แคลเซียมคาร์บอเนตทดแทนซิลิกาในสารเคลือบกระดาษหนังสือพิมพ์เพื่อปรับปรุงคุณภาพงานปรู๊ฟระบบพ่นหมึก
หน่วยกิต	6
ผู้เขียน	นางอภิญญา ภู่กิ่ง
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.สุชปา เนตรประดิษฐ์
	อาจารย์นิทัศน์ ทิพยโสตนัยนา
หลักสูตร	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการพิมพ์
ภาควิชา	เทคโนโลยีการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์
คณะ	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
พ.ศ.	2554

248057

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้แคลเซียมคาร์บอเนตทดแทนซิลิกาผสมในสารเคลือบกระดาษเพื่อปรับปรุงคุณภาพงานปรู๊ฟระบบพ่นหมึกบนกระดาษหนังสือพิมพ์ สำหรับใช้ในการจำลองงานพิมพ์ โดยการใช้สารสีคือ ซิลิกาและแคลเซียมคาร์บอเนต ใช้สารยึดติดคือ พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ และใช้สารยึดร่วมคือ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ในอัตราส่วนของสารสีต่อสารยึดติดต่อสารยึดร่วมเป็น 100:30:2 โดยน้ำหนัก และใช้สารสีผสมระหว่างซิลิกาต่อแคลเซียมคาร์บอเนตในอัตราส่วน 100:0 75:25 50:50 25:75 และ 0:100 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ กระจายตัวในสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ โดยมีร้อยละของแข็ง 15-30 จากนั้นนำสารไปเคลือบบนผิวกระดาษหนังสือพิมพ์ด้วยแท่งขดลวด แล้วนำกระดาษเคลือบไปตรวจสอบคุณสมบัติ เช่น เฉดสีของกระดาษเคลือบ น้ำหนัก ความหนา หลังจากนั้นนำไปพิมพ์ภาพแบบทดสอบ ด้วยเครื่องพิมพ์ระบบพ่นหมึก และนำมาวิเคราะห์คุณภาพงานพิมพ์จากค่าความดำพื้นทึบ ค่าเม็ดสกรีนบวม ความคมชัดของตัวอักษร และการซึมเข้าหากันของหมึกพิมพ์

จากการวิเคราะห์พบว่า สารเคลือบที่มีสัดส่วนของซิลิกาต่อแคลเซียมคาร์บอเนตเป็น 100:0 และ 75:25 ให้คุณภาพงานพิมพ์ที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งดีกว่าสัดส่วนอื่น และกระดาษไม่เคลือบผิว ตามลำดับ เช่น ค่าความดำสีพื้นทึบสูงขึ้น ตัวอักษรคมชัดขึ้น เกิดเม็ดสกรีนบวมน้อยลง และการซึมเข้าหากันของหมึกพิมพ์น้อยลง รวมทั้งมีคุณภาพงานพิมพ์ดีกว่าการใช้กระดาษหนังสือพิมพ์นำเข้าจากต่างประเทศ ดังนั้นสูตรสารเคลือบที่ดีที่สุดในการทดลองนี้คือ ใช้ซิลิกา 75 ส่วน ต่อแคลเซียมคาร์บอเนต 25 ส่วน ซึ่งจะทำให้สามารถลดการใช้ซิลิกาลงถึงร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก

คำสำคัญ : แคลเซียมคาร์บอเนต / ซิลิกา / สารเคลือบกระดาษ / ระบบพ่นหมึก / กระดาษหนังสือพิมพ์ / คุณภาพงานพิมพ์

Thesis Title	Substitution of Silica by Calcium Carbonate in Coating Compound for Newsprint Paper to Improve Print Quality of Inkjet Proofing
Thesis credits	6
Candidate	Mrs. Apinya Phuking
Thesis Advisors	Assoc. Prof. Dr. Suchapa Netpradit
	Lect. Nitus Tipsotnaiyana
Program	Master of Science
Field of Study	Printing Technology
Department	Printing and Packaging Technology
Faculty	Industrial Education and Technology
B.E.	2554

Abstract

248057

The objectives of this study were to use the calcium carbonate substituting the silica in coating compound for newsprint paper surface improvement and to find the optimum proportion of calcium carbonate for good quality of inkjet printing as the digital proofing. The coating compound included of pigments (silica and calcium carbonate), binder (polyvinyl alcohol) and co-binder (carboxymethyl cellulose). The proportion ratio of pigments to binder and co-binder was 100:30:2 by weight. The variable ratios by weight of silica to calcium carbonate were 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 and 0:100, respectively. The solid content of coating compound in this study was varied from 15 to 30%. The newsprint paper was coated by bar coater and the properties of coated paper were detected such as color shade, coating weight and thickness. The print test chart was then printed on the coated paper by inkjet printer and the print qualities were analyzed such as solid ink density, dot gain, text sharpness and color ink bleeding.

It was found that the coating compound included of silica and calcium carbonate with the ratio of 100:0 and 75:25 enhanced the similar print quality and better than other ratios and the uncoated paper, respectively. It showed higher solid print density, sharper text line, less dot gain and less color bleeding. Furthermore, the print qualities of the coated paper were better than did the imported paper. Therefore, the appropriate ratio of silica to calcium carbonate was 75 to 25, which reduce the amount of silica in the coating compound at 25% by weight.

Keywords : Calcium Carbonate / Silica / Coating compound / Ink jet / Newsprint Paper / Print quality

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากผู้วิจัยได้รับความช่วยเหลือ ดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดีจากหลายๆ ฝ่าย โดยเฉพาะอาจารย์ที่ปรึกษาสองท่าน คือ รองศาสตราจารย์ ดร.สุชปา เนตรประดิษฐ์ และ อาจารย์นิทัศน์ ทิพยโสตนัยนา ในการแนะนำ ตรวจแก้ไข ให้ข้อเสนอแนะ ติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของอาจารย์ทั้งสองท่านนี้เป็นอย่างยิ่ง และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ ขอขอบคุณ ดร.วิศิษฎ์ศรี วิยะรัตน์ ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหการ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤติกา ตันประเสริฐ กรรมการสอบโครงงานวิจัยที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะ แก้ไข และให้แนวคิดต่างๆที่เป็นประโยชน์ ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้เชี่ยวชาญที่สละเวลาในการตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่อง และตรวจทานความถูกต้องของภาษา

ขอขอบคุณ บริษัท มติชน จำกัด (มหาชน) ที่ได้ให้ความร่วมมือและอนุเคราะห์วัสดุในการดำเนินการทดลอง ขอขอบคุณหัวหน้างาน และเพื่อนร่วมงานที่สนับสนุนเวลาในการศึกษาในครั้งนี้ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้รับการช่วยเหลือ และกำลังใจจากคุณพ่อ คุณแม่ พี่น้อง และเพื่อนๆ ตลอดจนบุคคลต่างๆ ที่ให้ความช่วยเหลืออีกมาก ที่ผู้วิจัยไม่สามารถกล่าวนามได้หมดในที่นี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและความปรารถนาดีของทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณและขอบคุณไว้ในโอกาสนี้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
รายการตาราง	ช
รายการรูปประกอบ	ฌ
บทที่	
1. บทนำ	**1**
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 สมมุติฐาน	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขอบเขตของโครงงานวิจัย	2
1.6 นิยามศัพท์	3
2. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	**4**
2.1 สารเคลือบ (Coating)	4
2.2 กระดาษ (Paper)	23
2.3 ระบบพิมพ์อิงก์เจ็ต (Inkjet printing)	34
2.4 คุณภาพของงานพิมพ์ (Print Quality)	45
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	53
3. การดำเนินการวิจัย	**56**
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	56
3.2 สถานที่ดำเนินการวิจัย	57

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย	57
3.4 สถิติที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	61
4. ผลการทดลอง	**62**
4.1 คุณสมบัติของซิลิกา และแคลเซียมคาร์บอเนต	62
4.2 อัตราส่วนต่างๆ ของสารเคลือบ	65
4.3 การตรวจสอบสารเคลือบ	68
4.4 สมบัติของกระดาษปรู๊ฟที่เคลือบสาร	71
4.5 คุณภาพงานพิมพ์บนกระดาษปรู๊ฟเคลือบสารในอัตราส่วนต่างๆ	76
4.6 เปรียบเทียบคุณสมบัติงานพิมพ์	95
5. สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	**99**
5.1 สรุปผลการวิจัย	99
5.2 อภิปรายผล	101
5.3 ข้อเสนอแนะ	102
เอกสารอ้างอิง	**103**
ภาคผนวก	
ก. ข้อมูลที่ได้จากการทดลองกระดาษเคลือบผิว และสารเคลือบ	107
ข. ข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบคุณภาพงานพิมพ์	114
ค. แบบสำรวจตัวอักษรบนกระดาษเคลือบสารและกระดาษไม่เคลือบสาร	125
ง. ภาพถ่ายวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	130
ประวัติผู้วิจัย	**141**

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	คุณลักษณะของซีเอ็มซี สำหรับการประยุกต์ในงานต่างๆ	19
2.2	แสดงลักษณะอื่นๆ ของมาตรฐานอุตสาหกรรมการผลิตกระดาษหนังสือพิมพ์ในประเทศไทย	24
2.3	ผลการเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆ ในเฉดสี	29
2.4	แสดงค่าเฉดสีของกระดาษหนังสือพิมพ์	29
2.5	ผลของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักมาตรฐานกระดาษที่มีผลต่อความทึบแสง	30
2.6	ส่วนประกอบในหมึกพิมพ์ฐานน้ำสำหรับการพิมพ์พ่นหมึก	38
2.7	ส่วนประกอบของหมึกพิมพ์เฟสเชนจ์	42
2.8	การแห้งตัวของหมึกพิมพ์ประเภทต่างๆ	43
2.9	ลักษณะคุณภาพงานพิมพ์พื้นฐาน	47
4.1	อัตราส่วนผสมของซิลิกา แคลเซียมคาร์บอเนต พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ และ ซีเอ็มซี ใน สารเคลือบที่นำมาใช้ในการทดลอง	65
4.2	แสดงความเป็นไปได้สำหรับสารเคลือบแต่ละสูตร	66
4.3	อัตราส่วนของสารเคลือบที่นำมาทำการทดสอบ	67
4.4	ค่าความหนืดของสารเคลือบ	68
4.5	ปริมาณสารเคลือบที่ใช้สำหรับกระดาษปรู๊ฟขนาด A4	69
4.6	แสดงน้ำหนัก และความหนาของกระดาษเคลือบที่เพิ่มขึ้น	71
4.7	ค่าสีของกระดาษเคลือบ และค่าความแตกต่างสีเทียบกับกระดาษไม่เคลือบสาร	72
4.8	วิเคราะห์ตัวอักษรพอสิทีฟที่เล็กที่สุดที่สามารถอ่านออกได้	83
4.9	วิเคราะห์ตัวอักษรเนกาทีฟที่เล็กที่สุดที่สามารถอ่านออกได้	84
4.10	แสดงขนาดของเส้นที่ขยายขึ้น และร้อยละการซึมเข้าหากันของหมึกพิมพ์	90

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
ก.1	สี CIE L*a*b* ของกระดาษปรู๊ฟเคลือบสาร	110
ก.2	สี CIE L*a*b* ของกระดาษปรู๊ฟไม่เคลือบสาร	111
ก.3	ความหนาของกระดาษเคลือบ	111
ก.4	น้ำหนักของกระดาษเคลือบขนาด A4	112
ก.5	ปริมาณสารเคลือบบนกระดาษเคลือบสารขนาด เอ4	112
ก.6	ความหนืดของสารเคลือบด้วย Zahn Cup #3	113
ข.1	ค่าความดำพื้นทึบของสี C M Y K	115
ข.2	พื้นที่เม็ดสกรีน (Dot Area) สูตรที่ 1	115
ข.3	พื้นที่เม็ดสกรีน (Dot Area) สูตรที่ 2	116
ข.4	พื้นที่เม็ดสกรีน (Dot Area) สูตรที่ 3	116
ข.5	พื้นที่เม็ดสกรีน (Dot Area) สูตรที่ 4	117
ข.6	พื้นที่เม็ดสกรีน (Dot Area) สูตรที่ 5	117
ข.7	พื้นที่เม็ดสกรีน (Dot Area) สูตรที่ 6	118
ข.8	พื้นที่เม็ดสกรีน (Dot Area) สูตรที่ 7	118
ข.9	พื้นที่เม็ดสกรีน (Dot Area) สูตรที่ 8	119
ข.10	พื้นที่เม็ดสกรีน (Dot Area) สูตรที่ 9	119
ข.11	พื้นที่เม็ดสกรีน (Dot Area) สูตรที่ 10	120
ข.12	พื้นที่เม็ดสกรีน (Dot Area) กระดาษปรู๊ฟไม่เคลือบสาร	120
ข.13	พื้นที่เม็ดสกรีน (Dot Area) กระดาษปรู๊ฟต่างประเทศ	121
ข.14	ผลสำรวจการอ่านตัวอักษรที่เล็กที่สุดที่สามารถอ่านได้ บนกระดาษเคลือบสารและไม่เคลือบสาร	122
ข.15	ตัวอักษรพอสิทีฟที่เล็กที่สุดที่กลุ่มตัวอย่างสามารถอ่านได้	123
ข.16	ตัวอักษรเนกาทีฟที่เล็กที่สุดที่กลุ่มตัวอย่างสามารถอ่านได้	123
ข.17	ทดสอบการยึดติดของหมึกพิมพ์บนกระดาษปรู๊ฟเคลือบสาร ด้วยเครื่อง Rub Test	124
ข.18	ทดสอบการยึดติดของหมึกพิมพ์บนกระดาษปรู๊ฟไม่เคลือบสาร ด้วยเครื่อง Rub Test	124

รายการรูปประกอบ

รูป		หน้า
2.1	กระบวนการผลิตแคลเซียมคาร์บอเนต	9
2.2	รูปแบบต่างๆ ของการเชื่อมต่อของ SiO_4 tetrahedral ในโครงสร้างพื้นฐานของซิลิเกต	12
2.3	กระบวนการเกิดซิลิกาชนิดตกตะกอน	14
2.4	กระบวนการสังเคราะห์พอลิไวนิลแอลกอฮอล์	15
2.5	กราฟแสดงสัดส่วนของซิลิกาที่ใส่สูงสุดก่อนจะเกิดปัญหาฝุ่นผง	16
2.6	กราฟแสดงเวลาในการแห้งตัวของสารเคลือบผิวเมื่อมีซิลิกา 0 และ 100 ส่วน	16
2.7	วิธีการเคลือบ (ก) กราวัวร์ (ข) เฟล็กโซกราฟี (ค) แท่งขดลวด (ง) ใบมีดเหนือลูกกลิ้ง (จ) ลูกกลิ้งแบบย้อนกลับ	20
2.8	เทคนิคการพ่นหมึกแบบบับเบิลเจ็ต	35
2.9	เทคนิคการพิ่นหมึกแบบอิงก์เจ็ต	35
2.10	เทคนิคการพ่นหมึกแบบไพโซอิเล็กทริก	36
2.11	องค์ประกอบของหมึกพิมพ์สำหรับการพิมพ์พ่นหมึก	37
2.12	การแห้งตัวของหมึกฐานน้ำ	39
2.13	ภาพขยายของหมึกพิมพ์ฐานแวกซ์เมื่อพิมพ์ลงบนวัสดุใช้พิมพ์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน	40
2.14	ภาพขยายของหยดหมึกเฟสเชนจ์เมื่อผ่านลูกกลิ้งผนึกภาพ	41
2.15	โครงสร้างเครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่มีการถ่ายโอนภาพแบบระบบการพิมพ์ออฟเซต	41
2.16	เปรียบเทียบ (ก) หมึกพิมพ์ชนิดสีย้อมและ (ข) หมึกพิมพ์ชนิดผงสีเมื่อพิมพ์บนกระดาษ	43
2.17	การซึมเข้าหากันของหมึกพิมพ์บนกระดาษเคลือบผิว กับกระดาษไม่เคลือบผิว	46
2.18	QEA Test Target สำหรับวิเคราะห์คุณภาพงานพิมพ์	47
2.19	แผนภูมิซีไออี L*a*b* 1976	50
2.20	แสดงตัวอย่างขอบเขตสี	52
3.1	Test Chart	60
4.1	กราฟวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของซิลิกา	62

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป		หน้า
4.2	ภาพถ่าย SEM ของซิลิกา ที่กำลังขยาย 2,500 และ 10,000 เท่า	63
4.3	กราฟวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของแคลเซียมคาร์บอเนต	63
4.4	ภาพถ่าย SEM ของแคลเซียมคาร์บอเนต ที่กำลังขยาย 2,500 และ 10,000 เท่า	64
4.5	กราฟแสดงความหนืดของสารเคลือบแบ่งตามร้อยละของแข็งของสารเคลือบ	70
4.6	กราฟแสดงปริมาณสารเคลือบที่ใช้เคลือบผิวกระดาษปรู๊ฟ 1 แผ่น A4 แบ่งตามร้อยละของแข็งของสารเคลือบ	70
4.7	ภาพ SEM ของกระดาษที่สารเคลือบ มีอัตราส่วนของซิลิกาต่อแคลเซียมคาร์บอเนต เท่ากับ 100:0 และสัดส่วนของสารสีต่อสารยึดต่อสารยึดร่วมเท่ากับ 100:30:2 ร้อยละของแข็งเท่ากับ 15 กำลังขยาย 1,000 และ 5,000 เท่า	73
4.8	ภาพ SEM ของกระดาษที่สารเคลือบ มีอัตราส่วนของซิลิกาต่อแคลเซียมคาร์บอเนต เท่ากับ 75:25 และสัดส่วนของสารสีต่อสารยึดต่อสารยึดร่วมเท่ากับ 100:30:2 ร้อยละของแข็ง เท่ากับ 16 กำลังขยาย 1,000 และ 5,000 เท่า	73
4.9	ภาพ SEM ของกระดาษที่สารเคลือบ มีอัตราส่วนของซิลิกาต่อแคลเซียมคาร์บอเนต เท่ากับ 50:50 และสัดส่วนของสารสีต่อสารยึดต่อสารยึดร่วมเท่ากับ 100:30:2 ร้อยละของแข็ง เท่ากับ 17 กำลังขยาย 1,000 และ 5,000 เท่า	74
4.10	ภาพ SEM ของกระดาษที่สารเคลือบ มีอัตราส่วนของซิลิกาต่อแคลเซียมคาร์บอเนต เท่ากับ 25:75 และสัดส่วนของสารสีต่อสารยึดต่อสารยึดร่วมเท่ากับ 100:30:2 ร้อยละของแข็งเท่ากับ 20 กำลังขยาย 1,000 และ 5,000 เท่า	74
4.11	ภาพ SEM ของกระดาษที่สารเคลือบ มีอัตราส่วนของซิลิกาต่อแคลเซียมคาร์บอเนต เท่ากับ 0:100 และสัดส่วนของสารสีต่อสารยึดต่อสารยึดร่วมเท่ากับ 100:30:2 ร้อยละของแข็ง เท่ากับ 20 กำลังขยาย 1,000 และ 5,000 เท่า	75
4.12	ภาพ SEM ของกระดาษที่สารเคลือบ มีอัตราส่วนของซิลิกาต่อแคลเซียมคาร์บอเนต เท่ากับ 0:100 และสัดส่วนของสารสีต่อสารยึดต่อสารยึดร่วมเท่ากับ 100:30:2 ร้อยละของแข็ง เท่ากับ 30 กำลังขยาย 500 และ 1,000 เท่า	75
4.13	กราฟแสดงค่าความดำพื้นทึบของสี Cyan บนกระดาษเคลือบผิว และกระดาษไม่เคลือบผิว	76

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป		หน้า
4.14	กราฟแสดงค่าความดำพื้นทึบของสี Magenta บนกระดาษเคลือบผิว และกระดาษไม่เคลือบผิว	77
4.15	กราฟแสดงค่าความดำพื้นทึบของสี Yellow บนกระดาษเคลือบผิว และกระดาษไม่เคลือบผิว	77
4.16	กราฟแสดงค่าความดำพื้นทึบของสี Black บนกระดาษเคลือบผิว และกระดาษไม่เคลือบผิว	78
4.17	แสดงพื้นที่เม็ดสกรีนบนกระดาษเคลือบสูตรที่ 1 ที่มีร้อยละของแข็งเป็น 10 สัดส่วนซิลิกาต่อแคลเซียมคาร์บอเนตที่ 0:0	79
4.18	แสดงพื้นที่เม็ดสกรีนบนกระดาษเคลือบสูตรที่ 2 ที่มีร้อยละของแข็งเป็น 15 สัดส่วนซิลิกาต่อแคลเซียมคาร์บอเนตที่ 100:0	79
4.19	แสดงพื้นที่เม็ดสกรีนบนกระดาษเคลือบสูตรที่ 3 ที่มีร้อยละของแข็งเป็น 16 สัดส่วนซิลิกาต่อแคลเซียมคาร์บอเนตที่ 75:25	79
4.20	แสดงพื้นที่เม็ดสกรีนบนกระดาษเคลือบสูตรที่ 4 ที่มีร้อยละของแข็งเป็น 17 สัดส่วนซิลิกาต่อแคลเซียมคาร์บอเนตที่ 50:50	80
4.21	แสดงพื้นที่เม็ดสกรีนบนกระดาษเคลือบสูตรที่ 5 ที่มีร้อยละของแข็งเป็น 17 สัดส่วนซิลิกาต่อแคลเซียมคาร์บอเนตที่ 25:75	80
4.22	แสดงพื้นที่เม็ดสกรีนบนกระดาษเคลือบสูตรที่ 6 ที่มีร้อยละของแข็งเป็น 20 สัดส่วนซิลิกาต่อแคลเซียมคาร์บอเนตที่ 50:50	80
4.23	แสดงพื้นที่เม็ดสกรีนบนกระดาษเคลือบสูตรที่ 7 ที่มีร้อยละของแข็งเป็น 20 สัดส่วนซิลิกาต่อแคลเซียมคาร์บอเนตที่ 25:75	81
4.24	แสดงพื้นที่เม็ดสกรีนบนกระดาษเคลือบสูตรที่ 8 ที่มีร้อยละของแข็งเป็น 20 สัดส่วนซิลิกาต่อแคลเซียมคาร์บอเนตที่ 0:100	81
4.25	แสดงพื้นที่เม็ดสกรีนบนกระดาษเคลือบสูตรที่ 9 ที่มีร้อยละของแข็งเป็น 25 สัดส่วนซิลิกาต่อแคลเซียมคาร์บอเนตที่ 0:100	81
4.26	แสดงพื้นที่เม็ดสกรีนบนกระดาษเคลือบสูตรที่ 10 ที่มีร้อยละของแข็ง เป็น 30 สัดส่วนซิลิกาต่อแคลเซียมคาร์บอเนตที่ 0:100	82
4.27	แสดงพื้นที่เม็ดสกรีนบนกระดาษหนังสือพิมพ์ไม่เคลือบสาร	82

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป		หน้า
4.28	กราฟแสดงพื้นที่เม็ดสกรีนบนกระดาษนำเข้าจากต่างประเทศ	82
4.29	ภาพขยาย 35 เท่า ของตัวอักษรพื้นขาว และพื้นดำ ที่มีซิลิกาต่อแคลเซียคาร์บอเนต ในอัตราส่วน 0:100 ร้อยละของแข็งที่ 20, 25 และ 30 ตามลำดับ	85
4.30	ภาพขยาย 35 เท่าของตัวอักษรพื้นขาว และพื้นดำ ที่มีซิลิกาต่อแคลเซียมคาร์บอเนต ในอัตราส่วน 25:75 ที่มีร้อยละของแข็ง 17 และ 20 ตามลำดับ	86
4.31	ภาพขยาย 35 เท่าของตัวอักษรพื้นขาว และพื้นดำ ที่มีซิลิกาต่อแคลเซียมคาร์บอเนต ในอัตราส่วน 50:50 ที่มีร้อยละของแข็ง 17 และ 20 ตามลำดับ	87
4.32	ภาพขยาย 35 เท่าของตัวอักษรพื้นขาว และพื้นดำ ที่มีซิลิกาต่อแคลเซียมคาร์บอเนต ในอัตราส่วน 0:0 ร้อยละของแข็ง 10, อัตราส่วน 75:25 ร้อยละของแข็ง 16 และ อัตราส่วน 100:0 ร้อยละของแข็ง 15	88
4.33	ความกว้างของเส้นสีดำที่ซึมเข้าไปในสีเหลืองของกระดาษที่มีซิลิกาต่อ แคลเซียมคาร์บอเนตเป็น 0:100 ที่ร้อยละของแข็งต่างกัน	90
4.34	ความกว้างของเส้นสีดำที่ซึมเข้าไปในสีเหลืองของกระดาษที่มีซิลิกาต่อ แคลเซียมคาร์บอเนตในอัตราส่วน 25:75 ที่มีร้อยละของแข็ง 17 และ 20 ตามลำดับ	91
4.35	ความกว้างของเส้นสีดำที่ซึมเข้าไปในสีเหลืองของกระดาษที่มีซิลิกาต่อ แคลเซียมคาร์บอเนตในอัตราส่วน 50:50 ที่มีร้อยละของแข็ง 17 และ 20 ตามลำดับ	92
4.36	ความกว้างของเส้นสีดำที่ซึมเข้าไปในสีเหลืองของกระดาษที่มีซิลิกาต่อ แคลเซียมคาร์บอเนตในอัตราส่วน 0:0 ร้อยละของแข็ง 10, อัตราส่วน 75:25 ร้อยละของแข็ง 16 และ อัตราส่วน 100:0 ร้อยละของแข็ง 15	93
4.37	กราฟแสดงเปอร์เซ็นของหมึกพิมพ์ที่หลุดจากกระดาษเคลือบและ ติดบนกระดาษปอนด์หลังจากการทดสอบ Rub Test	94
4.38	เปรียบเทียบค่าความดำพื้นทึบของหมึกพิมพ์ (Ink Density) ระหว่าง กระดาษปรู๊ฟเคลือบสารสูตรที่ 3 กับกระดาษปรู๊ฟไม่เคลือบสาร และกระดาษปรู๊ฟต่างประเทศ	95
4.39	เปรียบเทียบการเกิดเม็ดสกรีนบวม (Dot gain) ของสี C M Y K ระหว่าง กระดาษปรู๊ฟเคลือบสารกับกระดาษปรู๊ฟไม่เคลือบสาร และกระดาษปรู๊ฟต่างประเทศ	96

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป		หน้า
4.40	เปรียบเทียบความคมชัดของตัวอักษรระหว่างกระดาษปรู๊ฟเคลือบสารสูตรที่ 3 กับกระดาษปรู๊ฟไม่เคลือบสาร และกระดาษปรู๊ฟต่างประเทศ	97
4.41	เปรียบเทียบความกว้างของเส้นสีดำที่ซึมเข้าไปในสีเหลืองระหว่างกระดาษปรู๊ฟเคลือบสารสูตรที่ 3 กับกระดาษปรู๊ฟไม่เคลือบสารและกระดาษปรู๊ฟต่างประเทศ	98
ก.1	ผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของซิลิกา	108
ก.2	ผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของแคลเซียมคาร์บอเนต	109
ค.1	แบบสอบถามตัวอักษรตัวเล็กที่สุดที่อ่านได้	126
ง.1	ซิลิกาเกรดแลป	131
ง.2	คุณลักษณะของซิลิกา	131
ง.3	แคลเซียมคาร์บอเนตเกรดแลป	132
ง.4	รายละเอียดสารแคลเซียมคาร์บอเนต	132
ง.5	พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ เกรดแลป	133
ง.6	กระดาษปรู๊ฟ น้ำหนัก 45 แกรม (ซ้าย) กระดาษปรู๊ฟ นำเข้าจากญี่ปุ่น (ขวา)	133
ง.7	เทอร์โมมิเตอร์ บีกเกอร์ และแท่งแก้วกวนสาร	134
ง.8	ช้อนตักสาร	134
ง.9	อุปกรณ์วัดความหนืด (Zahn cup#3)	134
ง.10	แท่งเคลือบสาร (Bar Coater) เบอร์ 2 ยี่ห้อ K Hand Coater (RK Printing)	135
ง.11	เครื่องชั่งที่มีทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler TOLEDO รุ่น AB204-S	135
ง.12	เครื่องชั่งที่มีทศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler รุ่น AE240	136
ง.13	เครื่องให้ความร้อน Hotplate Stirrer Model HTS-1003 ยี่ห้อ HARMONY	136
ง.14	เครื่องทดสอบการขัดถู ยี่ห้อ Sutherland Rub Test	137
ง.15	เครื่องวัดความหนา Digital thickness gauge	137
ง.16	เครื่องวัดเฉดสีกระดาษปรู๊ฟ ยี่ห้อ elrepho 2000	138
ง.17	เครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ x-rite รุ่น Spectroeye	138
ง.18	เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) รุ่น JSM-6400 ของบริษัท JEOL	139
ง.19	กล้องจุลทรรศน์ ยี่ห้อ LEICA EZ4	140
ง.20	เครื่องพิมพ์แบบพ่นหมึก 4 สี ยี่ห้อ HP รุ่น Photosmart Plus B210a	140