การพัฒนาหมึกสีขาวฐานตัวทำละลายโดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองแบบผสม

Development of Solvent-Based White Ink by Mixture Design of Experiment

ฉัตรมณี สนนุช[1] และธนธร ทองสัมฤทธิ์[2]

ภาควิชาเทคโนโลยีการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์ คณะครุศาสตรอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, Pudam24067@Gmail.com

บทคัดย่อ

หมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลายถือเป็นต้นทุนสำคัญในการผลิตบรรจุภัณฑ์อ่อนนิ่ม เพื่อใช้ในการพิมพ์ให้เกิดสีสันและลวดลายเพื่อดึงดูดความสนใจจากผู้บริโภค โดยหมึกที่มีปริมาณการใช้สูงที่สุดคือหมึกพิมพ์สีขาว ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญคือไทเทเนียมไดออกไซด์ ที่มีราคาสูง ส่งผลให้ผู้ผลิตหมึกพิมพ์ต้องดำเนินการหาวัตถุดิบทางเลือกเข้ามาทดแทนหรือลดการใช้ ไทเทเนียมไดออกไซด์ โดยที่หมึกพิมพ์สีขาวนั้นยังคงมีคุณสมบัติของหมึกพิมพ์ที่ดี ได้แก่ ค่าความทึบแสง ความประมาณของแข็งในหมึกพิมพ์ และการยึดติดของชั้นฟิล์ม เป็นต้น และยังช่วยลดต้นทุนในการผลิตหมึกพิมพ์อีกด้วย ในการวิจัยครั้งนี้ใช้หลักการออกแบบการทดลองแบบผสมโดยการวางแผนการทดลองศึกษาถึงคุณสมบัติของหมึกพิมพ์ เริ่มต้นด้วยการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องจำนวน 3 ตัว คือ สารยึดติด (X_1), สารให้สี(X_2) และสารเพิ่มเนื้อสี (X_3) เพื่อศึกษาอิทธิพลที่มีผลต่อค่าปริมาณของแข็งในหมึกพิมพ์ (Y_1) และค่าความทึบแสง (Y_2) ของหมึกพิมพ์เมื่อทำการพิมพ์ลงบนพลาสติกชนิดพอลีเอทิลีนเทเรฟธาเรต และหาอัตราที่ส่วนเหมาะสมของหมึกพิมพ์เพื่อลดต้นทุนในการผลิตโดยผลจากการวิเคราะห์ด้วยการออกแบบการทดลองชนิดสุ่มสมบูรณ์เบื้องต้น พบว่า ปัจจัยทั้งสามมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับค่าปริมาณของแข็งในหมึกพิมพ์ และค่าความทึบแสงบนพลาสติกชนิดพอลีเอทิลีนเทเรฟธาเรต ในการดำเนินการทดลองยืนยันค่าอัตราส่วนผสมที่ได้รับพบว่าระดับที่เหมาะสมที่สุด คือ อัตราส่วนผสมสำหรับสารยึดติด : สารให้สี: สารเพิ่มเนื้อสี ควรมีค่าเท่ากับ 30:27.5:12.5

คำสำคัญ: หมึกพิมพ์สีขาวฐานตัวทำละลาย, การออกแบบการทดลองแบบผสม

ABSTRACT

Solvent-based inks are considered as an important cost in the production of flexible packaging. They are used for printing on film to create colors that will result in beautiful packaging, which can draw the attention from consumers. The ink with the highest usage in the printing factory for flexible packaging is the white ink, which is mainly composed of the titanium dioxide. This component can increase the cost of production for ink manufacturers due to the high price of titanium dioxide. This cause the ink makers try to find alternative raw materials to replace or to reduce using the titanium dioxide. The important properties of white ink, such as opacity, solid content, and bonding strength were considered in this study. These properties, if we can control them, can help ink makers to reduce the cost of printing ink production. In this research, the use of mixture experimental design was used in order to find the optimal properties of printing ink by studying on the three factors of a binders (X_1), colorant (X_2), and extender (X_3). The objective is to determine the significant effects of a solid content (Y_1) and an

opacity (Y_2) as responses on polyethylene terephthalate film. The results showed that all three factors affect both responses. A mixture mathematical model by D-Optimal mode is used to analyze both performances. The confirmation from the experiment showed that the proper levels to responses of a solid content and an opacity of the mixtures on a binders colorant as titanium dioxide: extender as $BaSO_4$ was 30: 27.5: 12.5, respectively.

Keywords: Solvent-based white printing ink, Mixture design of experiment

1. บทนำ

ในปัจจุบันบรรจุภัณฑ์พลาสติก มีปริมาณการผลิตเป็นอันดับ 2 และมีแนวโน้มความต้องการในตลาดเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิดอ่อน (ธรัทนล ศรีทองเติม, 2558) เนื่องจากตอบสนองความต้องการได้หลากหลาย และช่วยประหยัดต้นทุน แต่จากสภาวะเศรษฐกิจในปัจจุบันการเพิ่มขึ้นของราคาน้ำมันส่งผลต่อต้นทุนในด้านการขนส่ง ต้นทุนด้านพลังงาน ต้นทุนด้านวัตถุดิบจากบรรจุภัณฑ์พลาสติกใช้เม็ดพลาสติกในการขึ้นรูป และร้อยละ 30-40 รวมถึงหมึกพิมพ์ก็เป็นอีกต้นทุนหนึ่งในการผลิตบรรจุภัณฑ์ หมึกพิมพ์สีขาวที่ใช้ในการพิมพ์บนฟิล์มทั้งในการพิมพ์บนฟิล์ม (surface printing) หรือการพิมพ์สีขาวเพื่อตบทับสำหรับการพิมพ์ด้านล่างฟิล์ม (reverse printing) ทำให้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์มีการใช้หมึกพิมพ์สีขาวเป็นจำนวนมาก ในหมึกพิมพ์สีขาวมีส่วนประกอบที่สำคัญคือของสารให้สีชนิด ไทเทเนียมไดออกไซด์ ซึ่งมีหน้าในการให้สีขาว และเมื่อวันที่ 30 มกราคม 2560 ผู้ผลิต ไทเทเนียมไดออกไซด์ในประเทศฟินแลนด์ได้ประกาศหยุดทำการชั่วคราวเนื่องจากเหตุการณ์ไฟไหม้ ทำให้กำลังการผลิตของไทเทเนียมไดออกไซด์ลดลงร้อยละ 15 รวมถึงจากปัญหาสิ่งแวดล้อมเรื่องมลพิษทำให้รัฐบาลจีนได้มีคำสั่งให้ลดกำลังการผลิตเพื่อควบคุมปัญหามลพิษ จากเหตุการณ์ทั้งสองข้างต้นส่งผลให้ราคาของ ไทเทเนียมไดออกไซด์ สูงขึ้น ทำให้ต้นทุนในการผลิตหมึกพิมพ์สีขาวสูงขึ้นตามมาเช่นกัน ผู้ผลิตหมึกพิมพ์จึงต้องดำเนินการหาวัตถุดิบทางเลือกเข้ามาทดแทนหรือลดการใช้ ไทเทเนียมไดออกไซด์ งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาอัตราส่วนของสารให้สีต่อสาร สารยึดติด และสารเพิ่มเนื้อสีของหมึกพิมพ์สีขาวฐานตัวทำละลาย ต่อคุณสมบัติและคุณภาพงานพิมพ์บนฟิล์มฟิล์มพลาสติกชนิดโพลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต (PET) ซึ่งเป็นพลาสติกที่นิยมใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์ เพื่อให้ได้สูตรหมึกพิมพ์สีขาวที่สามารถพิมพ์ได้และมีคุณภาพงานพิมพ์ที่ดี

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาถึงอัตราส่วนผสมที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพด้านต่างๆ ของหมึกพิมพ์สีขาวฐานตัวทำละลาย
2. เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองแบบผสม (Mixture Design of Experiments) ในการกำหนดอัตราส่วนของหมึกสีขาวฐานตัวทำละลาย

3. การดำเนินการวิจัย

1. การออกแบบการทดลอง Mixture Design of Experiments เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสม

โดยกำหนดอัตราส่วนที่ต่างกันของสารยึดติด (X_1), สารให้สี (X_2) และสารเพิ่มเนื้อสี (X_3) ที่มีอิทธิพลต่อค่าตอบสนอง หากกำหนดระดับของการผสมที่แตกต่างกัน คุณสมบัติงานพิมพด้านต่างๆ ที่สนใจ และนำไปดำเนินการหาจำนวนการทดลองโดยใช้การออกแบบการทดลองแบบผสม (Mixture Design of Experiments) โดย Program Minitab 11 (เจษฎา หาญบาง,2552) ได้จำนวนการทดลองทั้งหมด ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การออกแบบการทดลอง Mixture Design of Experiments เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสม

หมึกพิมพ์ตัวอย่าง	X : ตัวแปรต้น		
	X1 : Resin	X2 : Pigment	X3 : Filler
ตัวอย่างที่ 1	32.5	27.5	10
ตัวอย่างที่ 2	32.5	25	12.5
ตัวอย่างที่ 3	35	25	10
ตัวอย่างที่ 4	30	25	15
ตัวอย่างที่ 5	30	30	10
ตัวอย่างที่ 6	37.5	27.5	5
ตัวอย่างที่ 7	37.5	20	12.5
ตัวอย่างที่ 8	40	30	0
ตัวอย่างที่ 9	40	15	15

2. การเตรียมตัวทำละลายที่ใช้และผสมหมึกพิมพ์สีขาวตามอัตราส่วนที่ได้จากการออกแบบการทดลอง

ในขั้นตอนของการเตรียมหมึกพิมพ์สีขาวแต่ละตัวอย่าง ต้องทำการผสม สารยึดติด สารให้สี สารเพิ่มเนื้อสี และตัวทำละลาย เข้าด้วยกัน นำส่วนประกอบตามอัตราส่วนที่เหมาะสมของหมึกพิมพ์ตัวอย่างมาผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องผสม ที่ความเร็ว 1500 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 5 นาที สังเกตเนื้อหมึกไม่จับตัวเป็นก้อน มีความเป็นเนื้อเดียวกันแล้ว จากนั้นนำไปเก็บไว้ในภาชนะปิด ทำแบบเดียวกันทั้ง 9 ตัวอย่าง

รูปที่ 1 เครื่องผสมหมึกพิมพ์

รูปที่ 2 เครื่องวัดค่าความละเอียดอนุภาคหมึกพิมพ์ (grind-o-meter)

3. ดำเนินการทดลองเก็บผลการทดลองทำการวิเคราะห์และประเมินผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง

ผู้ทำการทดลองได้นำหมึกตัวอย่างที่มีมาเปรียบเทียบสมบัติต่างๆ โดยมีการควบคุม ค่าความหนืดให้มีความเท่ากับ 14 วินาทีเมื่อวัดด้วย Zahn's cup เบอร์ 3 แล้วนำมาทดสอบสมบัติหมึกพิมพ์ต่างๆ (เจนจิรา เครือสุวรรณกุล และฉัตรมณี สนนุช, 2558) ได้แก่

- ค่าปริมาณของแข็งในหมึกพิมพ์ (solid content) โดยการนำหมึกตัวอย่างในปริมาณที่เท่ากัน ไปอบด้วยเครื่องอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาทีแล้วนำมาคำนวณหาค่าร้อยละของค่าปริมาณของแข็งในหมึกพิมพ์
- ค่าความละเอียดของอนุภาคผงสี (grinding) ด้วยเครื่องวัดค่าความละเอียดอนุภาคหมึกพิมพ์ (grind-o-meter) (ASTM STP 234) โดยทำการหยดหมึกพิมพ์ลงบนฐานวัดแล้วใช้เหล็กปาดทำการปาดหมึกไปจนสุดฐานวัด สังเกตบริเวณที่หมึกเริ่มจาง อ่านค่าและบันทึกผล

4. การทดสอบคุณภาพของหมึกพิมพ์

ทำการพิมพ์ลงบนฟิล์มพลาสติกโพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ความหนา 12 ไมครอน โดยจำลองการพิมพ์ด้วยเครื่องลูกกลิ้งจำลองการพิมพ์ (cylinder proof) ทั้ง 9 ตัวอย่าง แล้วทดสอบคุณภาพของหมึกพิมพ์ด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

- ทดสอบการยึดเกาะของหมึกพิมพ์บนฟิล์ม (adhesion) โดยใช้เทป 3M เบอร์ 500 (ASTM D3359-90) สังเกต ดูการหลุดลอกแล้วบันทึกผล
- ทดสอบค่าความทึบแสง (opacity) ของหมึกพิมพ์ตัวอย่างบนฟิล์มพลาสติกโพลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต (PET) 12 เฉลี่ยสามสิบจุดตลอดหน้างานพิมพ์ (ฐิติมา อ่องวงศ์ และภัทรพล หลงสมบุญ, 2551)
- ค่าการยึดติดของชั้นฟิล์มแบบการเคลือบรีดร่วม (bond strength extrusion) โดยการนำฟิล์มโพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) 12 ไมครอนที่ผ่านการเคลือบแบบรีดร่วม (bond strength extrusion) ทั้ง 9 ตัวอย่าง โครงสร้าง PET12/INK3/PE20 มาทำการลอกชั้นให้ได้ชั้นหมึกและนำไปทดสอบด้วยเครื่องวัดค่าการยึดติดของชั้นฟิล์ม (tensile strength) (ASTM F904 - 98) และบันทึกผล

ค่าการยึดติดของชั้นฟิล์มแบบการประกบแห้ง (bond strength dry lamination) โดยการฟิล์ม โพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) 12 ไมครอนที่ผ่านการแบบการประกบแห้ง (bond strength dry lamination) ทั้ง 9 ตัวอย่าง โครงสร้าง PET12/INK3/ALU8 มาทำการลอกชั้นให้ได้ชั้นหมึกและนำไปทดสอบด้วยเครื่องวัดค่าการยึดติดของชั้นฟิล์ม (tensile strength) (ASTM F904 - 98) และบันทึกผล

4. ผลการวิจัย

1. ผลการทดลองสมบัติหมึกพิมพ์ตัวอย่าง

จากศึกษาพบว่า หมึกพิมพ์ที่ทำการผสมทั้ง 9 ตัวอย่างมีค่าอนุภาคของสารให้สีน้อยกว่าหรือเท่ากับ 3 ไมครอน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตราฐานในการตรวจรับหมึกพิมพ์ดังตารางที่ 2 และยังพบว่าหมึกพิมพ์แต่ละตัวอย่างมีปริมาณของแข็งในหมึกพิมพ์ที่แตกต่างกันออกไป และเมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าปริมาณของแข็งในหมึกพิมพ์ (solid content) ของแต่ละตัวอย่าง โดยใช้โปรแกรม Minitab พบว่า ค่า R-Sq (Adj) ของ

โมเดลการทดลองหลังตัดปัจจัยมีค่าเท่ากับ 99.03% แสดงให้ทราบว่าปัจจัยที่นำมาทดลองที่มีอิทธิพลต่อปริมาณของแข็งใน

หมึกพิมพ์ (solid content) เมื่อพิจารณาปัจจัยที่มีค่า p-Value < 0.05 สามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อค่าปริมาณของแข็งในหมึกพิมพ์ (solid content) อย่างมีนัยสำคัญ คือ สารยึดติด สารให้สีและสารเพิ่มเนื้อสี โดยหมึกพิมพ์เป็นสารผสม เมื่อปริมาณของสารยึดติดลดลงจะทำให้สามารถเพิ่มปริมาณของสารให้สีและสารเพิ่มเนื้อสี ซึ่งมีผลต่อการเพิ่มปริมาณของแข็งในหมึกพิมพ์ (solid content) ในหมึกพิมพ์

จากโมเดลการทดลองที่เหมาะสมสามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของค่าปริมาณของแข็งในหมึกพิมพ์ (solid content) กับปัจจัยต่างๆ ที่ได้จากการทดลอง แบบใช้ค่าจริง (Uncoded) ได้ดังสมการที่ (1)

$$Y_1 = 27.975X_1 + 64.469\ X_2 + 48.198X_3 - 6.615\ X_1\ X_2 + 58.912\ X_1X_3 \qquad (1)$$

ตารางที่ 2 ตารางแสดงผลการทดลองสมบัติหมึกพิมพ์ตัวอย่าง

หมึกพิมพ์ ตัวอย่าง	X_1 : สารยึดติด	X_2 : สารให้สี	X_3 : สารเพิ่มเนื้อสี	Grinding (micron)	Y_1 %Solid content
ตัวอย่างที่ 1	32.5	27.5	10	3	47
ตัวอย่างที่ 2	32.5	25	12.5	3	47
ตัวอย่างที่ 3	35	25	10	3	46
ตัวอย่างที่ 4	30	25	15	3	49
ตัวอย่างที่ 5	30	30	10	3	49
ตัวอย่างที่ 6	37.5	27.5	5	3	44
ตัวอย่างที่ 7	37.5	20	12.5	3	44
ตัวอย่างที่ 8	40	30	0	3	42
ตัวอย่างที่ 9	40	15	15	3	42

2. ผลการทดสอบคุณภาพของหมึกพิมพ์

จากการศึกษาค่าความทึบแสงของหมึกพิมพ์ตัวอย่างบนพลาสติกชนิดพอลีเอทิลีนเทเรฟธาเรต (PET) ดังตารางที่ 3 พบว่าหมึกพิมพ์ตัวอย่างส่วนใหญ่ มีค่าความทึบแสง (opacity) อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน มีเพียงหมึกตัวอย่างที่ 7 และ ตัวอย่างที่ 9 เท่านั้น ที่มาค่าความทึบแสงเฉลี่ย (opacity) ต่ำกว่า หมึกพิมพ์ตัวอย่างอื่นๆ ซึ่งความความทึบแสง (opacity) นั้นมีผลต่อการพิมพ์ในเรื่องของการพิมพ์ปูพื้นของงานพิมพ์ ในส่วนของค่าการยึดติดของชั้นฟิล์มแบบการเคลือบรีดร่วม (bond strength extrusion) มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานทั่วไปที่กำหนด ดังรูปที่ 3 รวมถึงเมื่อพิจารณา ค่าการยึดติดของชั้นฟิล์มแบบการประกบแห้ง (bond strength dry lamination) พบว่าหมึกพิมพ์ตัวอย่างทั้งหมดสามารถมีค่าสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนด ดังรูปที่ 4 และเมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าความทึบแสงของหมึกพิมพ์ (opacity) ของแต่ละตัวอย่าง โดยใช้โปรแกรม Minitab พบว่าค่า R-Sq (Adj) ของโมเดลการทดลองหลังตัดปัจจัยมีค่าเท่ากับ 95.26% แสดงให้ทราบว่าปัจจัยที่นำมาทดลองที่มีอิทธิพลต่อ

ความทึบ-แสงของหมึกพิมพ์ (opacity) เมื่อพิจารณาปัจจัยที่มีค่า p-Value < 0.05 สามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อค่าความทึบแสงของหมึกพิมพ์ (opacity) อย่างมีนัยสำคัญ คือ สารยึดติดและสารให้สี

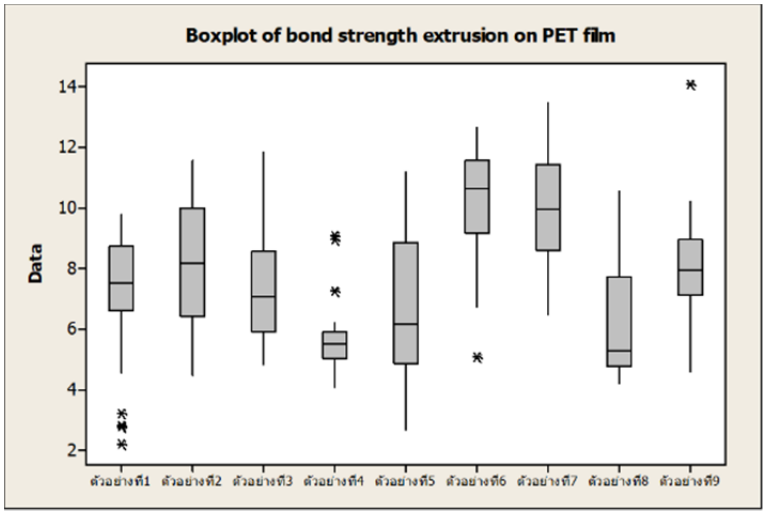
จากรูปที่ 3 เมื่อพิจราณาค่าการยึดติดของชั้นฟิล์มแบบการเคลือบรีดร่วม (bond strength extrusion) ของหมึกตัวอย่างที่พิมพ์ลงบนพลาสติกชนิดพอลีเอทิลีน เทเรฟธเรต (PET) โครงสร้าง PET12/PE20 ที่ดีมากโดยเมื่อทำการทดสอบแล้วหมึกทุกตัวมีค่าการยึดติดผ่านค่ามาตรฐานซึ่งอยู่ที่ 1.47 นิวตัน และจากรูปที่ 4 และรูปที่ 5 เมื่อทดลอบค่าการยึดติดของชั้นฟิล์มแบบการประกบแห้ง (bond strength dry lamination) ของหมึกตัวอย่างที่พิมพ์ลงบนพลาสติกชนิดพอลีเอทิลีนเทเรฟธาเรต (PET) โครงสร้าง PET12/ALU8 ทั้งก่อนต้มและนำชิ้นตัวอย่างหลังต้ม (Retort) ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 45 นาที มีค่าการยึดติดที่ดีมาก เพราะเมื่อทำการทดสอบแล้วหมึกทุกตัวมีค่าการยึดติดผ่านค่ามาตรฐานซึ่งอยู่ที่ 4 นิวตัน

จากโมเดลการทดลองที่เหมาะสมสามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของความทึบแสงของหมึกพิมพ์ (Opacity) กับปัจจัยต่างๆที่ได้จากการทดลอง แบบใช้ค่าจริง (Uncoded) ได้ดังสมการที่ (2)

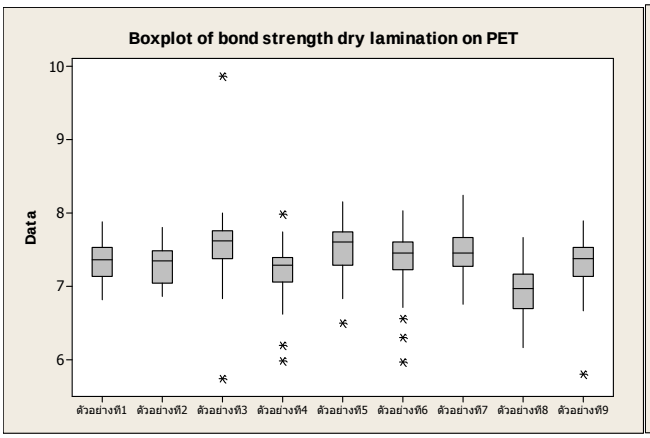
$$Y_2 = - 0.2371\ X_1 - 0.2086\ X_2 + 0.1364\ X_3 + 1.6535\ X_1 X_2 + 0.8094\ X_1 X_3 \qquad (2)$$

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบคุณภาพของหมึกพิมพ์ บนพลาสติกชนิดพอลีเอทิลีน เทเรฟธาเรต (PET)

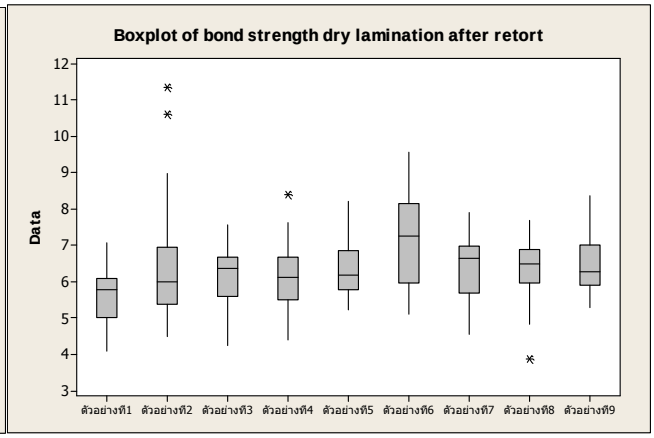
หมึกพิมพ์ตัวอย่าง	ตัวแปรต้น			Y_2 : Opacity	Bonding strength extrusion	Bonding Solvent base	
	X_1 : สารยึดติด	X_2 : สารให้สี	X_3 : สารเพิ่มเนื้อสี			ก่อนต้ม	หลังต้ม
ตัวอย่างที่ 1	32.5	27.5	10	0.185	7.093	7.340	5.589
ตัวอย่างที่ 2	32.5	25	12.5	0.181	8.187	7.287	6.375
ตัวอย่างที่ 3	35	25	10	0.180	7.318	7.574	6.106
ตัวอย่างที่ 4	30	25	15	0.181	5.654	7.191	6.097
ตัวอย่างที่ 5	30	30	10	0.180	6.584	7.509	6.379
ตัวอย่างที่ 6	37.5	27.5	5	0.180	10.194	7.319	7.157
ตัวอย่างที่ 7	37.5	20	12.5	0.165	9.968	7.450	6.408
ตัวอย่างที่ 8	40	30	0	0.180	6.181	9.608	6.377
ตัวอย่างที่ 9	40	15	15	0.152	8.143	7.294	6.500



รูปที่ 3 แสดงการยึดติดของชั้นฟิล์มแบบการเคลือบรีดร่วม (bond strength extrusion) ของหมึกตัวอย่างที่พิมพ์ลงบนพลาสติกชนิดพอลีเอทิลีน เทเรฟธาเรต (PET)



รูปที่ 4 แสดงการยึดติดของชั้นฟิล์มแบบการประกบแห้ง (bond strength dry lamination)ของหมึกตัวอย่างที่พิมพ์ลงบนพลาสติกชนิดพอลีเอทิลีน เทเรฟธาเรต (PET) ก่อนต้ม



รูปที่ 5 แสดงการยึดติดของชั้นฟิล์มแบบการประกบแห้ง (bond strength dry lamination)ของหมึกตัวอย่างที่พิมพ์ลงบนพลาสติกชนิดพอลีเอทิลีน เทเรฟธาเรต (PET) หลังต้ม

4. การวิเคราะห์หาอัตราส่วนเหมาะสมของหมึกพิมพ์

การวิเคราะห์หาอัตราที่ส่วนเหมาะสมของหมึกพิมพ์เพื่อลดต้นทุนในการผลิตได้โดยที่หมึกจะต้องมีคุณสมบัติอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ในงานวิจัยนี้จะหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของหมึกพิมพ์ใน 2 ด้านได้แก่ ปริมาณของแข็งในหมึกพิมพ์ ค่าความทึบแสงของหมึกพิมพ์ เมื่อทำการพิมพ์ลงบน พลาสติกชนิดพอลีเอทิลีนเทเรฟธาเรต (PET) โดยใช้โปรแกรม Minitab และแปลงค่าข้อมูลเพื่อกำหนดรูปแบบการวิเคราะห์เพื่อหาอัตราส่วนผสมให้มีความสอดคล้องกับสมบัติของหมึกพิมพ์ที่นำมาพิจารณาเมื่อกำหนด ให้ ค่าปริมาณของแข็งในหมึกพิมพ์มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 47 ถึงร้อยละ 51 และค่าความทึบแสงของหมึกพิมพ์เมื่อทำการพิมพ์ลงบน

พลาสติกชนิดพอลีเอทิลีน เทเรฟธาเรต (PET) ค่าอยู่ในช่วง 0.18 ถึง 0.25 เมื่อพิจารณาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตหมึกพิมพ์พบว่า การกำหนดให้ปริมาณของสารยึดติดอยู่ที่ร้อยละ 30 ปริมาณของสารให้สีอยู่ที่ร้อยละ 27.5 และสารเพิ่มเนื้อสีที่ร้อยละ 12.5 เมื่อนำมาผสมใช้งานจริงจะมีค่า ปริมาณของแข็งในหมึกพิมพ์ เท่ากับร้อยละ 48.95 ค่าความทึบแสงของหมึกพิมพ์ เท่ากับ 0.183

5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในการพัฒนาหมึกพิมพ์สีขาวฐานตัวทำละลายโดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองแบบผสม ครั้งนี้ โดยศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องจำนวน 3 ตัว คือ สารยึดติด (X_1) สารให้สี (X_2) และสารเพิ่มเนื้อสี (X_3) ที่มีต่อค่าปริมาณของแข็งในหมึกพิมพ์ (Y_1) และค่าความทึบแสง (Y_2) บนพลาสติกชนิดพอลีเอทิลีนเทเรฟธาเรต พบว่า ปัจจัยทั้งสามมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในการดำเนินการออกแบบการทดลองแบบผสมเพื่อหารูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสม สำหรับใช้ในการหาอัตรส่วนที่เหมาะสมในการผลิตหมึกขาวฐานตัวทำละลาย โดยใช้รูปแบบการทดลองแบบ D-Optimal ได้สมการความสัมพันธ์สำหรับค่าปริมาณของแข็งในหมึกพิมพ์ $Y_1 = 27.975X_1 + 64.469 X_2 + 48.198X_3 – 6.615 X_1 X_2 + 58.912 X_1X_3$ และความสัมพันธ์สำหรับค่าความทึบแสงบนพลาสติกชนิดพอลีเอทิลีนเทเรฟธาเรต $Y_2 = - 0.2371 X_1 - 0.2086 X_2 + 0.1364 X_3 + 1.6535 X_1 X_2 + 0.8094 X_1 X_3$ ในการดำเนินการทดลองยืนยันค่าอัตราส่วนผสมที่ได้รับพบว่า ระดับที่เหมาะสมที่สุด คือ อัตราส่วนผสมสารยึดติด : สารให้สี : สารเพิ่มเนื้อสี ควรมีค่าเท่ากับ 30 : 27.5 : 12.5 ตามลำดับ อีกทั้งหมึกพิมพ์ที่ได้จากการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมมีคุณสมบัติของหมึกพิมพ์และคุณภาพของงานพิมพ์บนพลาสติกชนิดพอลีเอทิลีนเทเรฟธาเรตผ่านตามมาตรฐานที่กำหนด

เอกสารอ้างอิง

เจนจิรา เครือสุวรรณกุล และฉัตรมณี สนนุช (2558). การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของหมึกพิมพ์สีขาวฐานตัวทำละลายสำหรับงานพิมพ์บนบรรจุภัณฑ์. โครงงานปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

เจษฎา หาญบาง. (2552). การประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองแบบผสมเพื่อการปรับปรุงอัตราการผสมพลาสติกรีไซเคิล. โครงงานวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรมภาควิชาวิศวกรรม-อุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ฐิติมา อ่องวงศ์ และภัทรพล หลงสมบุญ. (2551). การผสมหมึกพิมพ์กราเวียร์เพื่อใช้ในการปรู๊ฟให้ใกล้เคียงกับงานพิมพ์จริง. โครงงานปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ธรัทนล ศรีทองเติม. (2558). อุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก. [Online], http://www.lhbank.co.th/ecoreport [8 มิถุยายน 2558].