



การลดระยะเวลาการแห้งตัวของงานพิมพ์ฉลาก Reducing Drying Time for label Printing

ณัฐพล บุญรักษา* และ สมเกียรติ ตั้งจิตลิตเจริญ

Nattapon Boonruksa* and Somkiat Tangjitsitcharoen

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนพญาไท เขตปทุมวัน แขวงวังใหม่ กรุงเทพมหานคร 10330

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering

Chulalongkorn University, Pathumwan, Bangkok, 10330, Thailand

*E-mail: 6270087521@student.chula.ac.th, somkiat.ta@eng.chula.ac.th, Tel.: 02-218-6337

บทคัดย่อ

ยุคเศรษฐกิจถดถอย โรงพิมพ์กรณีศึกษาเก็บสถิติห้วง มกราคม 2563-มีนาคม 2564 พบว่า ผู้ประกอบการเสียโอกาสการรับงานพิมพ์ฉลากปิดข้างขวด จำนวน 53.75 ล้านชิ้น คิดเป็นสูญเสียกำไรจำนวน 2.15 ล้านบาท สาเหตุจากความล่าช้าฝ่ายผลิต ดังนั้นจึงต้องหาวิธีลดระยะเวลาการผลิตงานพิมพ์ฉลาก โดยมีวัตถุประสงค์ต้องการลดระยะเวลาแห้งตัวของงานพิมพ์ฉลาก โดยการเก็บข้อมูลเวลาการทำงานทุกขั้นตอนและพบว่าขั้นตอนที่ใช้เวลามากที่สุด คือการรอแห้งตัวงานพิมพ์ฉลากใช้เวลา 72 ชั่วโมง จากทั้งหมด 156 ชั่วโมงหรือเท่ากับ 44% เมื่อทราบถึงปัญหาก็จัดตั้งคณะทำงานจำนวน 8 คนที่ปฏิบัติงานในแผนกผลิตโรงพิมพ์กรณีศึกษา เพื่อระดมสมอง (Brainstorming) และหาปัจจัยที่จะส่งผลกระทบต่อการแห้งตัวของงานพิมพ์ฉลากโดยใช้แผนภูมิกระดูกปลา (Fish bone) แบ่งปัจจัย คือ คน (Man) เครื่องจักร (Machine) กระบวนการทำงาน (Method) วัสดุ (Material) และสิ่งแวดล้อม (Environment) คณะทำงานพบ 15 ปัจจัย ที่คาดว่าจะส่งผลกระทบต่อการแห้งตัวของงานพิมพ์ฉลาก และนำปัจจัยทั้งหมดให้คะแนนความสัมพันธ์ระหว่างเหตุผล (Cause & Effect Matrix) โดยอ้างอิงจากงานวิจัยและทฤษฎีต่างๆ โดยใช้กฎพาเรโต (Pareto) กฎ 80/20 และเรียงลำดับคะแนนความสำคัญได้ 6 ปัจจัยคือ 1. ปริมาณของเม็ดสีในหมึกพิมพ์ 2. ปริมาณการปล่อยสารเคลือบ 3. ปริมาณการปล่อยหมึกพิมพ์ 4. อุณหภูมิห้องปิด 5. ปริมาณสารเร่งแห้งในหมึก 6. ปริมาณสารเร่งแห้งในสารเคลือบ และเลือกการทดลองแบบฮาล์ฟแฟคทอเรียล (Half-Factorial Design) พบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อแห้งตัว คือ 1) ปริมาณสารเคลือบ 2) ปริมาณสารเร่งแห้งในหมึก 3) ปริมาณสารเร่งแห้งในสารเคลือบ และทดลองหาระดับที่เหมาะสมเพื่อให้ฉลากแห้งเร็วที่สุดโดยไม่มีปัญหาด้านคุณภาพ ผลลัพธ์ก็คือ ระดับปริมาณสารเคลือบ 22% สารเร่งแห้งในหมึก 3.4% และปริมาณสารเร่งแห้งในสารเคลือบ 3.2% และทดสอบเพื่อยืนยันผลการทดลองโดยอ้างอิงระดับปัจจัยการจากทดลองพบว่าระยะเวลาแห้งตัวเฉลี่ยอยู่ที่ 30.6 ชั่วโมง จากเดิม 72 ชั่วโมง เวลาในการแห้งตัวลดลง 41.4 ชั่วโมง คิดเป็น 57% ของเวลาในการแห้งตัว ส่งผลทำให้สามารถรับลูกค้าได้มากขึ้น และสามารถเพิ่มกำไรให้แก่โรงพิมพ์กรณีศึกษา หลังจากการปรับปรุงกระบวนการ คิดเป็น 2,376,000 บาท/ปี

คำสำคัญ: ปัจจัย; การลดระยะเวลา; ทดลองแบบฮาล์ฟแฟคทอเรียล

ABSTRACT

In the recession era, A case study of printing factory collects statistics from January 2020-March 2021 found that entrepreneurs lost the opportunity to receive 53.75 million pieces of label printing, representing a loss of profit in the amount of 2.15 million baht because of delay in the production department. Therefore, the factory needs to find a solution to reduce the production time of label printing. The objective is to reduce the drying time of label printing by collecting the time of work at every step and researcher found that the steps that take the longest time that is drying time which takes 72 hours out of a total 156 hours, or equal to 44%. The problem is found, a working group of 8 people is established to brainstorm and determine the factors which affect to the drying of label printing by using fish bone chart. The factors are divided into man, machine, method, material and environment. The team identified 15 factors that affect to the drying of label printing and scored cause & effect relationship (Cause & Effect Matrix) each a factor based on research and theories. Using the Pareto rule, the 80/20 rule can be ranked in order of 6 important factors: 1. The volume of pigment in the printing ink. 2. Coating volume 3. Ink volume 4. Room temperature 5. Drying additive in printing ink 6. Drying additive in coating vanish and then researcher choose a half-factorial experiment (Half-Factorial Design) and found that 1) Coating volume, 2) Drying additive in printing ink, and 3) Drying additive in coating vanish are significant to the drying time. Optimal factor levels are conducted for label drying as quickly as possible without any quality problems. The result is 22% of coating volume, 3.4% of drying additive in ink, and 3.2% of drying additive in coating vanish. All factor level is performed to confirm the results based on experimental factors, the average drying time of label printing is 30.6 hours from 72 hours. The drying time is reduced by 41.4 hours or 57% of the drying time. The result after process improvements is able to get more jobs from customer and increase profit, equal to 2.37 million baht per a year.

Keywords: factor; time reduction; Half-Factorial Design

1. บทนำ

สำหรับงานธุรกิจผลิตสิ่งพิมพ์ ในปัจจุบันมีการแข่งขันสูงมากในประเทศไทย ประกอบกับภาวะเศรษฐกิจของโลกในยุคปัจจุบันก็เข้าสู่ภาวะถดถอย จึงทำให้ประเทศไทยประสบปัญหาด้านเศรษฐกิจ ดังนั้นจำเป็นที่ผู้ประกอบการจะต้องเห็นความสำคัญความอยู่รอดขององค์กร จากการเก็บสถิติการประกอบการช่วง มกราคม 2563-มีนาคม 2564 พบว่าผู้ประกอบการเสียโอกาสการรับงานพิมพ์ฉลากปิดข้างขวด เนื่องจากความล่าช้าฝ่ายผลิตเป็นจำนวน 53.75 ล้านชิ้น (ราคาขาย 0.1 บาท/ชิ้น ต้นทุน 0.06บาท/ชิ้น กำไร 0.04บาท/ชิ้น) คิดเป็นจำนวนเงินกำไร 2.15 ล้านบาท จึงเป็นเหตุผลในการทำวิจัยเพื่อแก้ไขความล่าช้าของฝ่ายผลิต

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อประยุกต์ใช้เป็นแนวทางการดำเนินงานดังนี้

2.1 เครื่องมือในการวิเคราะห์คุณภาพ

2.1.1 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Principle) [1][2] เก็บสถิติข้อมูลเวลาที่ใช้ในการผลิตฉลากแต่ละขั้นตอน จัดทำกราฟแท่งแต่ละประเภทและจัดทำกราฟเส้นแสดงปริมาณสะสมของเวลาเป็นเปอร์เซ็นต์แล้วเปรียบเทียบเวลาที่สูญเสียส่วนใหญ่ เพื่อหากระบวนการที่เป็นต้นเหตุทำให้เสียเวลาในการผลิต ตามกฎพาเรโต 80/20

2.1.2 การระดมความคิด (Brainstorming) [3] ระดมความคิดกับทีมที่ปฏิบัติงานด้านการพิมพ์จำนวน 8 คน ประกอบด้วย ผู้อำนวยการผลิต,ผู้จัดการฝ่ายผลิตงานพิมพ์,

ผู้จัดการฝ่ายประกันคุณภาพ, วิศวกรการผลิต, หัวหน้างานประจำเครื่องพิมพ์, หัวหน้างานประจำเครื่องตัดและพนักงาน 2 คน เพื่อหาปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลให้การพิมพ์ฉลากล่าช้า

2.1.3 แผนภูมิแก๊งปลา (Cause & Effect Diagram) [4] จัดทำแผนภูมิแก๊งปลาแบ่งสาเหตุจากข้อ 2.1.2 เป็น 5 ด้าน คือ คน (Man), เครื่องจักร (Machine), วัตถุดิบ (Material), กระบวนการ (Method) และสภาพแวดล้อม (Environment)

2.1.4 ผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) [5]-[6] ประเมินความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลจากข้อ 2.1.3 ซึ่งถ่วงน้ำหนักโดยให้คะแนนระดับสูง 9 คะแนน ระดับกลาง 3 คะแนน และระดับต่ำ 1 คะแนน

2.1.5 วิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับข้อมูลแบบหน่วยนับ (Attribute Agreement Analysis) [7], [8] เป็นการประเมินการตรวจสอบพนักงานแต่ละคนโดยวัดการวิเคราะห์ความเที่ยงและความถูกต้องของการวัด จากนั้นประเมินการตรวจสอบระหว่างพนักงาน และผลการประเมินต้องผ่านเกณฑ์ที่กำหนดหรือยอมรับได้

2.2 การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม (Design of Experiment)

การออกแบบการทดลอง (Design of experiment) [9]-[12] ใช้ปัจจัยที่ได้จากข้อ 2.1.4 ออกแบบการทดลองที่เหมาะสมโดยใช้ตารางแสดงระดับความละเอียดในผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ (Resolution) เลือกจากช่องจำนวน Factor, ช่องสี่เหลี่ยม และจำนวน Run จากโปรแกรม Minitab โดยเลือกการทดลองแบบฮาล์ฟแฟกทอเรียล (Half-Factorial Design) แล้วนำผลที่ได้ (Output Response) มาวิเคราะห์ด้วยหลักการของสถิติและหาข้อสรุปว่าปัจจัยนำเข้าใดที่เหมาะสมกับตัวแปรตอบสนอง เพื่อหาสภาวะที่ดีที่สุดของปัจจัยเพื่อปรับปรุงกระบวนการให้มีประสิทธิภาพ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เก็บข้อมูลสถิติของปัญหา

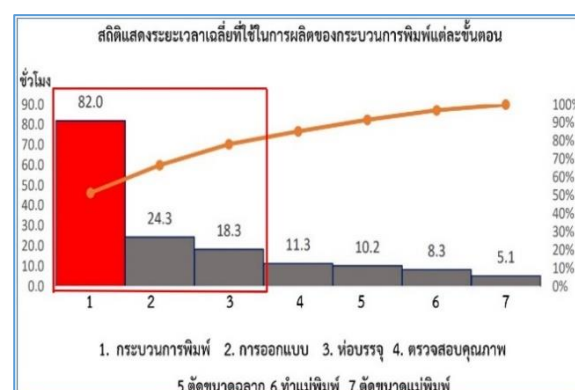
สถิติสูญเสียการพิมพ์รวมเป็นจำนวนเงิน 2,150,000 บาท ห้วง มกราคม 2563 ถึง มีนาคม 2564 ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สถิติแสดงกำไรที่โรงพิมพ์กรณีศึกษาสูญเสีย

ปี พ.ศ.	เดือน	Unit	จำนวนชิ้น	จำนวนเงิน
2563	ม.ค.	ขึ้น	3,400,000	136,000
	ก.พ.	ขึ้น	13,500,000	540,000
	มี.ค.	ขึ้น	3,500,000	140,000
	เม.ย.	ขึ้น	3,170,000	126,800
	พ.ค.	ขึ้น	3,190,000	127,600
	มิ.ย.	ขึ้น	2,800,000	112,000
	ก.ค.	ขึ้น	2,800,000	112,000
	ส.ค.	ขึ้น	2,000,000	80,000
	ก.ย.	ขึ้น	1,950,000	78,000
	ต.ค.	ขึ้น	2,050,000	82,000
	พ.ย.	ขึ้น	2,150,000	86,000
	ธ.ค.	ขึ้น	1,970,000	78,800
2564	ม.ค.	ขึ้น	3,470,000	138,800
	ก.พ.	ขึ้น	3,560,000	142,400
	มี.ค.	ขึ้น	4,240,000	169,600
จำนวนเงินทั้งหมด				2,150,000

3.2 วิเคราะห์ข้อมูล

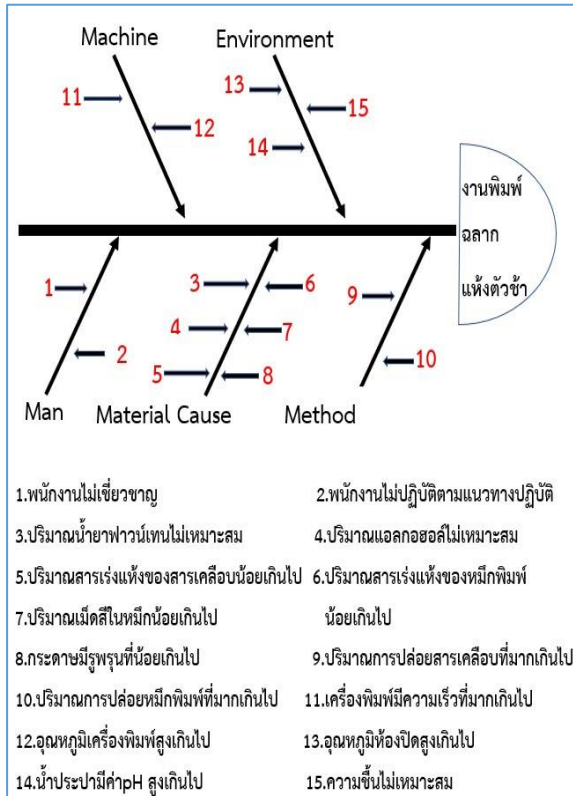
ใช้เครื่องมือแผนภูมิพาเรโต (Pareto Principle) พบว่ากระบวนการพิมพ์ (Printing) ใช้เวลาการผลิตมากที่สุดเท่ากับ 82 ชั่วโมง ตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 สถิติแสดงระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิตของกระบวนการพิมพ์แต่ละขั้นตอน

3.3 ระดมความคิด (Brain storming)

วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา เพื่อหาปัจจัยที่จะนำมาแก้ไขโดยใช้แผนภูมิแก๊งปลา (Cause and effect diagram)



รูปที่ 2 แสดงปัจจัยที่น่าจะส่งผลกระทบต่อปัญหา

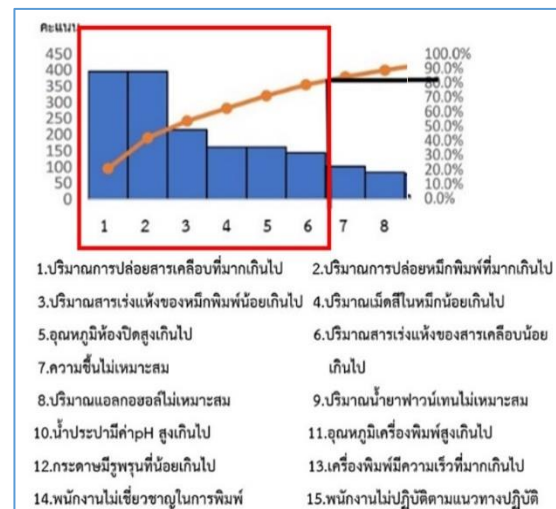
ทีมปฏิบัติงานตามข้อ 2.1.2 พบ 15 ปัจจัยที่คาดว่าจะจะเป็นต้นเหตุของปัญหางานพิมพ์ฉลากแห้งตัวช้าตามรูปที่ 2

3.4 ลงคะแนนปัจจัย Cause and Effect Matrix

เมื่อค้นพบ 15 ปัจจัยที่คาดว่าจะจะเป็นปัจจัยที่จะส่งผลกระทบต่อปัญหางานพิมพ์ฉลากแห้งตัวช้าทีมปฏิบัติงานตามข้อ 2.1.2 ดำเนินการลงคะแนนประเมินความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยและผลโดยใช้การถ่วงน้ำหนักตามข้อ 2.1.4 แต่ละปัจจัย ซึ่งผลคะแนนรวมแต่ละปัจจัยตามตารางที่ 2 และดำเนินการเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัย เพื่อตัดสินใจเลือกปัจจัยสาเหตุ ที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาที่เกิดขึ้น โดยนำคะแนนความสำคัญมาเรียงจากคะแนนจากมากไปหาคะแนนน้อยโดยใช้กราฟพารेट (Pareto) ตามรูปที่ 3

ตารางที่ 2 แสดงผลรวมคะแนนการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยและผล

ประเภท	สาเหตุ	คะแนน	น้ำหนัก	คะแนนรวม
Man	พนักงานไม่มีความเชี่ยวชาญในการผลิตงานพิมพ์ฉลาก	12	1	12
	พนักงานไม่ปฏิบัติตาม WI (Work instruction)	10	1	10
Material	ปริมาณน้ำยาฟาว์เทน (Fountain) ไม่เหมาะสม	26	3	78
	ปริมาณแอลกอฮอล์ (IPA) ไม่เหมาะสม	28	3	84
	ปริมาณสารเร่งแห้ง(Additive) ของสารเคลือบ (Vanish) น้อยเกินไป	16	9	144
	ปริมาณสารเร่งแห้ง (Additive) ของหมึกพิมพ์(Ink) น้อยเกินไป	24	9	216
	ปริมาณเม็ดสี (Pigment) ในหมึกน้อยเกินไป	54	3	162
	กระดาษมีรูพรุนที่น้อยเกินไป	18	1	18
	กระดาษมีรูพรุนที่น้อยเกินไป	18	1	18
Method	ปริมาณการปล่อยสารเคลือบที่มากเกินไป	44	9	396
	ปริมาณการปล่อยหมึกพิมพ์ที่มากเกินไป	44	9	396
Machine	เครื่องพิมพ์มีความเร็วที่มากเกินไป	12	1	12
	อุณหภูมิเครื่องพิมพ์สูงเกินไป	12	3	36
Environment	อุณหภูมิห้องปิด (Temperature room) สูงเกินไป	54	3	162
	น้ำประปามีค่า PH สูงเกินไปสำหรับงานพิมพ์	14	3	42
	ความชื้น (Humidity) ไม่เหมาะสมสำหรับงานพิมพ์	34	3	102



รูปที่ 3 การเรียงลำดับคะแนนความสำคัญของปัจจัยจากคะแนนสูงที่สุดไปถึงคะแนนต่ำโดยใช้กฎ 80% Pareto ในการคัดเลือกปัจจัยจาก 15 ปัจจัย เหลือ 6 ปัจจัย ดังนี้

1. ปริมาณการปล่อยสารเคลือบที่มากเกินไป
2. ปริมาณการปล่อยหมึกพิมพ์ที่มากเกินไป
3. ปริมาณสารเร่งแห้งของหมึกพิมพ์ที่มีปริมาณที่น้อยเกินไป
4. ปริมาณเม็ดสี (Pigment) ในหมึกน้อยเกินไป
5. อุณหภูมิห้องปิด (Temperature room)
6. ปริมาณสารเร่งแห้งในสารเคลือบที่มีปริมาณที่น้อยเกินไป

3.5 ออกแบบการทดลอง (Design of experiment)

นำ 6 ปัจจัยดังกล่าวตามข้อ 3.4 ที่คาดว่าจะส่งผลต่อการแห้งตัวของงานพิมพ์ผลึกไปออกแบบการทดลอง (Design of experiment) โดยเลือกการทดลองแบบฮาล์ฟแฟกทอเรียล (Half-Factorial Design) เนื่องจากมีระดับความละเอียดในผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ (Resolution) ตามตารางที่ 3 (ปัจจัย=6, แถบเขียวและ Run=32) มีค่า=VI ซึ่งมีความละเอียดมากพอและเชื่อถือได้ และลดจำนวนชุดการทดลองลงครึ่งหนึ่งจากการทดลองแบบฟูลแฟกทอเรียล (Full-Factorial Design)

ตารางที่ 3 แสดงระดับความละเอียดในผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ (Resolution)

factors															
	RUN	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
4		Full	III												
8			Full	IV	III										
16				Full	V	IV	III								
32					Full	VI	V	IV	III	II					
64						Full	VII	VI	V	IV	III	II	I		
128							Full	VIII	VII	VI	V	IV	III	II	I

การออกแบบการทดลองจะใช้โปรแกรม Minitab ในการสร้างเมทริกซ์การออกแบบ (Design matrix) ตามรูปที่ 4, 5 โดยลำดับการทดลองจะกำหนดให้มีการสุ่ม (Randomization) ตามตารางที่ 4 เพื่อให้ผลลัพธ์ของแต่ละชุดการทดลองมีอิสระต่อกัน สำหรับการทดลองนี้จะมีทั้งหมด 6 ปัจจัย โดยแบ่งเป็นปัจจัยแปรผัน 5 ปัจจัย และปัจจัยเชิงคุณลักษณะ 1 ปัจจัย จะได้จำนวนการทดลองทั้งหมด 32 ชุดการทดลอง (Runs)

Fractional Factorial Design			
Factors:	6	Base Design:	6, 32 Resolution: VI
Runs:	32	Replicates:	1 Fraction: 1/2
Design Generators: F = ABCDE			
Defining Relation: I = ABCDEF			

รูปที่ 4 รายละเอียดออกแบบของโปรแกรม Minitab

Alias Structure	
I + ABCDEF	CD + AB EF
A + BCDEF	CE + AB DF
B + ACDEF	CF + AB DE
C + ABDEF	DE + ABC F
D + ABCEF	DF + AB CE
E + ABCDF	EF + ABC D
F + ABCDE	EF + ABC D
AB + CDEF	ABC + DEF
AC + BDEF	ABD + CEF
AD + BCEF	ABD + CEF
AE + BCDF	ABE + CDF
AF + BCDE	ABF + CDE
BC + ADEF	ACD + BEF
BD + ACEF	ACE + BDF
BE + ACDF	ACF + BDE
BF + ACDE	ADE + BCF

รูปที่ 5 รายละเอียดออกแบบของโปรแกรม Minitab

ตารางที่ 4 แสดงการสุ่มชุดการทดลอง (Randomization)

Std Order	Run Order	Center Pt	Blocks	A	B	C	D	E	F
25	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1
10	2	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1
21	3	1	1	-1	-1	1	-1	1	-1
14	4	1	1	1	-1	1	1	-1	1
30	5	1	1	1	-1	1	1	1	-1
17	6	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1
23	7	1	1	-1	1	1	-1	1	1
15	8	1	1	-1	1	1	1	-1	1
7	9	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1
13	10	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1
22	11	1	1	1	-1	1	-1	1	1
27	12	1	1	-1	1	-1	1	1	1
32	13	1	1	1	1	1	1	1	1
4	14	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1
8	15	1	1	1	1	1	-1	-1	1
28	16	1	1	1	1	-1	1	1	-1
31	17	1	1	-1	1	1	1	1	-1
19	18	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1
18	19	1	1	1	-1	-1	-1	1	-1
26	20	1	1	1	-1	-1	1	1	1
2	21	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1
3	22	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1
20	23	1	1	1	1	-1	-1	1	1
11	24	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1
9	25	1	1	-1	-1	-1	1	-1	1
6	26	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1
12	27	1	1	1	1	-1	1	-1	1
5	28	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1
29	29	1	1	-1	-1	1	1	1	1
16	30	1	1	1	1	1	1	-1	-1
1	31	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
24	32	1	1	1	1	1	-1	1	-1

ปัจจัย A คือ ปริมาณเมล็ดสี

ปัจจัย B คือ ปริมาณการปล่อยสารเคลือบ

ปัจจัย C คือ ปริมาณการปล่อยหมึกพิมพ์

ปัจจัย D คือ อุณหภูมิห้องปิด

ปัจจัย E คือ ปริมาณสารเร่งแห้งในหมึก

ปัจจัย F คือ ปริมาณสารเร่งแห้งในสารเคลือบ

3.6 ขั้นตอนการทดลอง

การทดลองตามลำดับชุดทดลองอ้างอิงจากโปรแกรม Minitab ตารางที่มีการสุ่มไว้ก่อนการทดลอง ซึ่งปัจจัยที่นำมาทดลองได้มาจากกระบวนการคัดเลือกในข้อ 3.3 และ 3.4

3.6.1 ทำการใช้หมึกพิมพ์ที่มีปริมาณเมล็ดสีมากขึ้น โดยกำหนดค่าจากโปรแกรม Minitab โดยจะใช้หมึก 2 ประเภท คือ หมึกประเภท A คือ หมึกที่เมล็ดสีมากขึ้นจากเดิมที่โรงพิมพ์กรณีศึกษาใช้ในระดับปานกลาง และหมึกประเภท B คือ หมึกที่เมล็ดสีมากขึ้นจากเดิมที่โรงพิมพ์กรณีศึกษาใช้ในระดับสูง โดยปริมาณเมล็ดสีที่เพิ่มขึ้นในหมึกพิมพ์ทำให้ความเข้มของสีเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความหนาของหมึกพิมพ์ที่ลดลงเมื่อทำการพิมพ์ ทำให้เวลาแห้งตัวของงานพิมพ์ฉลากที่จะลดลงตามไปด้วย

3.6.2 ทำการปรับปริมาณสารเคลือบที่เครื่องพิมพ์ฉลากตามค่าที่กำหนดไว้จากโปรแกรม Minitab โดยระดับต่ำสุดของการปล่อยสารเคลือบคือ 20% และระดับสูงสุดที่ปล่อยสารเคลือบ คือ 30% โดยการปล่อยสารเคลือบที่มากเกินไปจนความจำเป็นจะส่งผลให้สารเคลือบมีชั้นการเคลือบที่หนา ส่งผลให้การพิมพ์ฉลากมีการแห้งตัวช้า แต่ถ้าปริมาณน้อยเกินไปจะส่งผลให้สารเคลือบไม่สามารถป้องกันงานคุณภาพฉลากได้เช่นกัน

3.6.3 ทำการปรับปริมาณการปล่อยหมึกพิมพ์ที่เครื่องพิมพ์ตามค่าที่กำหนดไว้จากโปรแกรม Minitab โดยระดับต่ำสุดคือ ความหนาแน่นของหมึกพิมพ์ (Density) เท่ากับ 1.75 และระดับสูงที่สุดคือ ความหนาแน่นของหมึกพิมพ์ (Density) เท่ากับ 1.80 โดยความหนาแน่นของชั้นหมึกพิมพ์ที่เหมาะสมในการพิมพ์งานด้วยระบบการพิมพ์ออฟเซต จะส่งผลต่อความหนาของชั้นหมึกพิมพ์ ความหนาของชั้นหมึกพิมพ์ก็ส่งผลต่อเวลาในการแห้งตัว

3.6.4 ทำการปรับอุณหภูมิห้องตามค่าที่ได้กำหนดไว้จากโปรแกรม Minitab โดยระดับต่ำสุดคือ 20 องศาเซลเซียส และระดับสูงสุด คือ 26 องศาเซลเซียส อุณหภูมิจะส่งผลต่อการแห้งตัวของงานพิมพ์ฉลาก เนื่องจากงานพิมพ์ฉลากแห้งตัวด้วยอากาศและระเหยตัวทำละลายออกจากงานพิมพ์ฉลากซึ่งห้องพิมพ์ควรมีอุณหภูมิประมาณ 20–26 องศาเซลเซียส จึงจะเหมาะสมกับกระบวนการพิมพ์

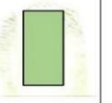
3.6.5 ทำการปรับปริมาณสารเร่งแห้งที่ใส่ในหมึกพิมพ์ตามค่าที่ได้กำหนดไว้จากโปรแกรม Minitab โดยระดับต่ำสุดคือ 1% ของปริมาณหมึกพิมพ์ (ใส่สารเร่งแห้ง 1% ของปริมาณหมึกพิมพ์) และระดับสูงสุด คือ 3% ของปริมาณหมึกพิมพ์ (ใส่สารเร่งแห้ง 3% ของปริมาณหมึกพิมพ์) ซึ่งจากเดิมไม่มีการใส่สารเร่งแห้งในหมึกพิมพ์

3.6.6 ทำการปรับปริมาณสารเร่งแห้งที่ใส่ในสารเคลือบตามค่าที่ได้กำหนดไว้จากโปรแกรม Minitab โดยใช้เครื่องชั่งดิจิทัลเพื่อวัดค่าน้ำหนักของสารเร่งแห้ง ในการทดลองกำหนดให้ระดับต่ำสุดคือ 1% ของปริมาณสารเคลือบ (ใส่สารเร่งแห้ง 1% ของปริมาณสารเคลือบ) และระดับสูงสุดคือ 3% ของปริมาณสารเคลือบ (ใส่สารเร่งแห้ง 3% ของปริมาณสารเคลือบ) ซึ่งจากเดิมโรงพิมพ์กรณีศึกษาไม่มีการใส่สารเร่งแห้งในสารเคลือบ

3.6.7 ตรวจสอบลำดับการทดลองของแต่ละชุดการทดลองจากโปรแกรม Minitab

3.6.8 ทำการปรับระดับปัจจัยตามชุดการทดลองที่ได้กำหนดจากโปรแกรม Minitab โดยจะใช้ขนาดตัวอย่างต่อ 1 ชุดการทดลองเท่ากับ 500 แผ่นพิมพ์ เนื่องจากเป็นจำนวนงานจริงต่อ 1 ไม้พาเลทเมื่องานออกมาครบจำนวนแต่ละชุดการทดลอง ทำการติดป้ายบ่งชี้ เพื่อนำแต่ละชุดการทดลองมาวิเคราะห์การแห้งตัวและเก็บข้อมูลต่อไป

3.6.9 ทุกๆ 1 ชั่วโมงจะทดสอบการแห้งตัวของแต่ละชุดการทดลองและเก็บข้อมูล โดยการใช้ไม้หัวแม่มือกดไปที่งานพิมพ์ฉลากแล้วนำหมึกที่ติดอยู่ที่นิ้วกดลงบนแผ่นกระดาษทุก ๆ ชั่วโมง ในทุกชั่วโมงที่เก็บข้อมูล หมึกจะติดบนกระดาษลักษณะค่อย ๆ จางลง จนไม่เหลือหมึกติดบนกระดาษ จึงจะถือว่างานพิมพ์ฉลากแห้งตัวสนิทแล้ว ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 6

Position	ห้วงระยะเวลาการแห้งตัวของงานพิมพ์			
	0 Min	1hr	2hr	3hr
	10.00 น.	11.00 น.	12.00 น.	13.00 น.
1				

รูปที่ 6 แสดงตัวอย่างการกวดงานพิมพ์ด้วยนิ้วหัวแม่มือจากงานพิมพ์แล้วกดลงบนตารางเก็บข้อมูลและกดครั้งต่อไปทุกๆ 1 ชม. โดยงานพิมพ์ฉลากแห้งตัวสนิทในชั่วโมงที่ 3

4. การวิเคราะห์ข้อมูล (ANALYZE DATA)

4.1 ผลการทดลอง

4.1.1 การเก็บข้อมูลการแห้งตัวของฉลาก

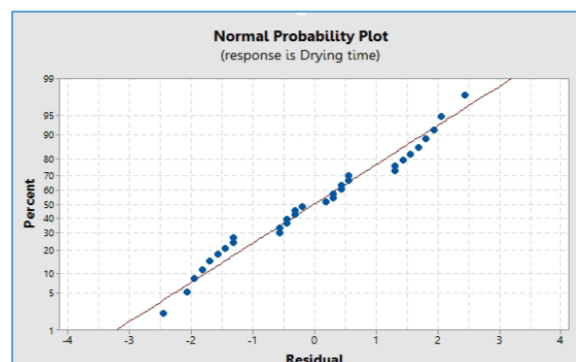
ตารางที่ 5 แสดงเวลาการแห้งตัวของแต่ละชุดการทดลอง

ชุดการทดลอง	งานแห้งตัวของงานพิมพ์ฉลาก									
	เวลา(ชั่วโมง)									
	01 - 10	11 - 20	21 - 30	31 - 40	41 - 50	51 - 60	61 - 70	71 - 80	81 - 90	เวลา แห้งตัว (ชม.)
1	x	x	x	x	x	✓	.	.	.	60
2	x	x	x	x	✓	.	.	.	.	47
3	x	x	x	x	x	x	✓	.	.	61
4	x	x	x	x	x	x	✓	.	.	70
5	x	x	x	x	✓	.	.	.	.	50
6	x	x	x	x	x	x	✓	.	.	62
7	x	x	x	x	x	x	x	✓	.	72
8	x	x	x	x	x	✓	.	.	.	58
9	x	x	x	x	✓	.	.	.	.	48
10	x	x	x	x	x	✓	.	.	.	60
11	x	x	x	x	x	x	✓	.	.	68
12	x	x	x	x	x	x	✓	.	.	62
13	x	x	x	x	x	x	✓	.	.	61
14	x	x	x	x	✓	.	.	.	.	45
15	x	x	x	x	x	✓	.	.	.	57
16	x	x	x	x	x	x	x	✓	.	71
17	x	x	✓	.	.	.	.	.	.	30
18	x	x	x	x	✓	.	.	.	.	45
19	x	x	x	x	x	x	✓	.	.	62
20	x	x	x	x	✓	.	.	.	.	44
21	x	x	✓	.	.	.	.	.	.	30
22	x	x	✓	.	.	.	.	.	.	30
23	x	x	x	x	✓	.	.	.	.	48
24	x	x	x	x	x	✓	.	.	.	57
25	x	x	x	x	✓	.	.	.	.	44
26	x	x	x	x	x	x	✓	.	.	61
27	x	x	x	x	✓	.	.	.	.	48
28	x	x	x	x	x	✓	.	.	.	56
29	x	x	✓	.	.	.	.	.	.	30
30	x	x	x	✓	.	.	.	.	.	40
31	x	x	x	x	x	x	✓	.	.	61
32	x	x	x	x	✓	.	.	.	.	44

การเก็บข้อมูลการแห้งตัวของฉลาก แต่ละชุดการทดลองจะมีการเก็บข้อมูลระยะเวลาการแห้งตัวของงานพิมพ์ฉลากจะวัดผลโดยการให้พนักงานทดลองใช้นิ้วกดลงบนงานพิมพ์แล้วนำนิ้วมากดลงที่กระดาษขาวอีกครั้ง โดยจะแบ่งผลลัพธ์เป็นแห้งตัว (G) คือไม่มีสีติดอยู่บนกระดาษขาวเลย และไม่แห้งตัว (NG) ยังเห็นสีติดลงบนกระดาษขาวทดลองวิธีแบบนี้ดังกล่าวทุก ๆ ชั่วโมง จนกว่าการกดลงบนกระดาษขาวจะไม่มีสีติด นั่นหมายความว่า คืองานพิมพ์แห้งตัวสนิทแล้ว และบันทึกข้อมูลระยะเวลาแห้งตัวของงานพิมพ์ฉลากแต่ละชุดการทดลองตามตารางที่ 5

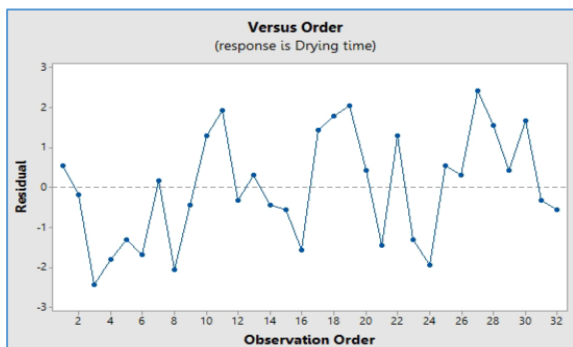
4.1.2 การตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของแบบจำลองก่อน (Model Adequacy Checking) โดยตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของการทดลองตามสมมติฐาน 3 ข้อ คือ สมมติฐานของการแจกแจงปกติ สมมติฐานของความเป็นอิสระ และสมมติฐานของค่าความแปรปรวน เมื่อมีความถูกต้องทั้งหมดแล้วจึงจะทำการวิเคราะห์หาปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญและใช้เป็นระดับปัจจัยที่เหมาะสมในขั้นตอนต่อไป

4.1.2.1 การทดสอบสมมติฐานการแจกแจงปกติ โดยกราฟ Normal Probability Plot พบว่าข้อมูลชั่วโมงการแห้งตัวของแต่ละชุดการทดลอง ซึ่งมีทั้งหมด 32 ชุดการทดลองมีการกระจายตัวมีลักษณะเป็นเส้นตรง จึงสรุปได้ว่าข้อมูลทั้งหมด 32 ชุดการทดลอง (ชุดการทดลองตามตารางที่ 5) มีการแจกแจงแบบปกติตามรูปที่ 7



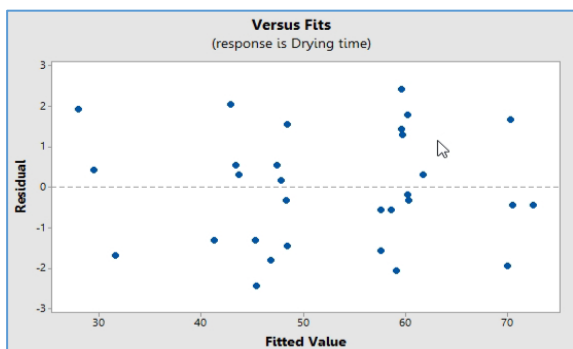
รูปที่ 7 ผลลัพธ์การทดสอบสมมติฐานการแจกแจงปกติ

4.1.2.2 การทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระต่อกันโดยกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้าง (Residual) และลำดับการเก็บข้อมูลชั่วโมงการแห้งตัวของงานพิมพ์ผลึกในแต่ละชุดการทดลอง (ของ 32 ชุดการทดลองตามตารางที่ 5) พบว่าข้อมูลแต่ละชุดการทดลองมีการกระจายตัวในลักษณะที่ไม่มีรูปแบบ จึงสรุปได้ว่าข้อมูลชั่วโมงการแห้งตัวของงานพิมพ์ผลึกมีความเป็นอิสระต่อกันตามรูปที่ 8



รูปที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้าง (Residual) และลำดับการเก็บข้อมูล

4.1.2.3 การทดสอบสมมติฐานของค่าความแปรปรวน กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้าง (Residual) และค่าชั่วโมงการแห้งตัวของงานพิมพ์ผลึกของแต่ละชุดการทดลองที่ถูกฟิต (Fitted value) แสดงให้เห็นว่าข้อมูลของแต่ละชุดการทดลอง (ของ 32 ชุดการทดลองตามตารางที่ 5) มีการกระจายตัวอย่างไม่มีรูปแบบและไม่มีลักษณะเป็นกรวยปากเปิด ทำให้สรุปได้ว่าข้อมูลทั้งหมด มีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนตามรูปที่ 9



รูปที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้าง (Residual) และค่าที่ถูกฟิต (Fitted value)

4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ผลการออกแบบทดลองของโปรแกรม Minitab เพื่อพิจารณาหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการแห้งตัวของงานพิมพ์ผลึกอย่างมีนัยสำคัญ โดยพิจารณาค่า P-value ≤ 0.05 (ค่า P-value คือ ผลของการทดสอบสมมติฐานมีโอกาสเกิดขึ้นได้ ซึ่งในทางสถิติควรจะน้อยกว่า 0.05 (5%) หรือเรียกว่า “มีนัยสำคัญทางสถิติ” (Statistical Significant)) ปัจจัยที่ค่า P-value ≤ 0.05 จะเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการแห้งตัวของงานพิมพ์อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม Minitab ตามรูปที่ 10

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	21	4622.41	220.11	37.59	0.000
Linear	6	4541.94	756.99	129.26	0.000
B	1	1444.53	1444.53	246.66	0.000
C	1	0.78	0.78	0.13	0.723
D	1	5.28	5.28	0.90	0.365
E	1	1815.03	1815.03	309.93	0.000
F	1	1262.53	1262.53	215.59	0.000
A	1	13.78	13.78	2.35	0.156
2-Way Interaction	15	80.47	5.36	0.92	0.575
B*C	1	0.03	0.03	0.01	0.943
B*D	1	0.78	0.78	0.13	0.723
B*E	1	52.53	52.53	8.97	0.013
B*F	1	2.53	2.53	0.43	0.526
B*A	1	1.53	1.53	0.26	0.620
C*D	1	1.53	1.53	0.26	0.620
C*E	1	1.53	1.53	0.26	0.620
C*F	1	3.78	3.78	0.65	0.440
C*A	1	1.53	1.53	0.26	0.620
D*E	1	0.03	0.03	0.01	0.943
D*F	1	0.78	0.78	0.13	0.723
D*A	1	0.78	0.78	0.13	0.723
E*F	1	1.53	1.53	0.26	0.620
E*A	1	11.28	11.28	1.93	0.195
F*A	1	0.28	0.28	0.05	0.831
Error	10	58.56	5.86		
Total	31	4680.97			

รูปที่ 10 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการแห้งตัวของงานพิมพ์ผลึกอย่างมีนัยสำคัญ

4.2.1 ปัจจัยหลัก (Main effect) จะได้ว่าปัจจัย B, E และ F นั่นคือ ปริมาณสารเคลือบ ปริมาณสารเร่งแห้งในหมึกและปริมาณสารเร่งแห้งในสารเคลือบ ซึ่งมีค่า P-Value ≤ 0.05 จึงสรุปได้ว่าปัจจัยดังกล่าวส่งผลต่อการแห้งตัวของงานพิมพ์ผลึกอย่างมีนัยสำคัญ

4.2.2 ปัจจัยอันตรกิริยา (Interaction effect) ในส่วนของ 2-way interaction effect ไม่มีค่า P-Value ≤ 0.05 จึงสรุปได้ว่าไม่มีปฏิกริยาระหว่างปัจจัยที่ส่งผลต่อการแห้งตัวของงานพิมพ์ฉลาก ส่วนประสิทธิภาพของสมการพหุคูณ (R-square) เท่ากับ 96.12% ซึ่งเป็นค่าที่สูงพอสำหรับการเชื่อถือได้ตามรูปที่ 11

Model Summary			
S	R-SQ	R - SQ (adj)	R - SQ (pred)
2.41997	98.75%	96.12%	87.19%

รูปที่ 11 ผลของประสิทธิภาพสมการพหุคูณ

4.3 การออกแบบทดลองเพิ่มเติม

ตัวแปรตอบสนอง (Response) เวลาในการแห้งตัวของงานพิมพ์ พบว่ามี 3 ปัจจัยจากทั้งหมด 6 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการแห้งตัวของงานพิมพ์ฉลากอย่างมีนัยสำคัญ นั่นก็คือ ปริมาณสารเคลือบ ปริมาณสารเร่งแห้งในหมึกและปริมาณสารเร่งแห้งในสารเคลือบ แต่เนื่องจากแต่ละชุดการทดลองมีของเสียเกิดขึ้น ซึ่งเป็นปัญหาทางคุณภาพที่ไม่สามารถยอมรับได้ จึงต้องพิจารณาปัญหาคุณภาพที่เกิดขึ้นในแต่ละปัจจัย เพื่อหาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยที่จะไม่เกิดของเสียหรือมีของเสียเกิดขึ้นน้อยที่สุด

4.3.1 การทดลองเพิ่มเติมในตารางที่ 6 พบว่า เมื่อทำการเพิ่มปริมาณสารเร่งแห้งในสารเคลือบเป็น 3.3% พบว่ามีปัญหาทางด้านคุณภาพ คือ สารเคลือบจะเกิดการแห้งตัวก่อนที่จะถูกถ่ายทอดลงบนกระดาษ แต่ถ้าใส่ปริมาณที่ 3.1% จะแห้งช้ากว่าปริมาณที่ 3.2% ดังนั้นปริมาณสารเร่งแห้งในสารเคลือบปริมาณที่เหมาะสมที่สุดคือ 3.2% (แห้งเร็วที่สุดและไม่เกิดปัญหาทางด้านคุณภาพ)

ตารางที่ 6 ผลการเพิ่มปริมาณสารเร่งแห้งในสารเคลือบ

% ปริมาณสารเร่งแห้งที่ใส่ในสารเคลือบ	3.0%	3.1%	3.2%	3.3%	3.4%	3.5%
ปัญหาคุณภาพ (การตายรางของหมึก)	✓	✓	✓	✗	✗	✗

4.3.2 การทดลองเพิ่มเติมในตารางที่ 7 พบว่า เมื่อทำการเพิ่มปริมาณสารเร่งแห้งในหมึกพิมพ์เป็น 3.5% พบว่ามีปัญหาทางด้านคุณภาพ คือ หมึกพิมพ์จะเกิดการแห้งตัวก่อนที่จะถูกถ่ายทอดลงบนกระดาษ แต่ถ้าใส่ปริมาณที่ 3.3% หมึกพิมพ์จะแห้งช้ากว่าปริมาณที่ 3.4% ดังนั้นปริมาณสารเร่งแห้งในหมึกพิมพ์ปริมาณที่เหมาะสมที่สุดคือ 3.4% (แห้งเร็วที่สุดและไม่เกิดปัญหาทางด้านคุณภาพ)

ตารางที่ 7 ผลการทดลองการเพิ่มปริมาณสารเร่งแห้งในหมึกพิมพ์

% ปริมาณสารเร่งแห้งที่ใส่ในหมึกพิมพ์	3.0%	3.1%	3.2%	3.3%	3.4%	3.5%
ปัญหาคุณภาพ (การตายรางของหมึก)	✓	✓	✓	✓	✓	✗

4.3.3 ปริมาณสารเคลือบอยู่ในช่วง 20%-30% พบว่าใส่ปริมาณสารเคลือบที่น้อยลงส่งผลให้งานพิมพ์ฉลากแห้งตัวได้เร็วขึ้น สารเคลือบที่ 20% มีแนวโน้มที่จะใช้เวลาแห้งตัวน้อยที่สุด แต่ไม่ผ่านการทดสอบแรงทนถู (Rub resistance) จากชั้นสารเคลือบที่บาง และปริมาณสารเคลือบที่ 30% ผ่านการทดสอบแรงทนถู แต่ใช้ระยะเวลาในการแห้งตัวมาก การทดสอบแรงทนถู (Rub resistance) ทำการทดสอบโดยใช้เครื่อง HB-A508 ใช้น้ำหนักถ่วงที่ 2 ปอนด์ ถ้างานพิมพ์ฉลากสามารถทนแรงถูได้ 200 cycle โดยไม่มีสีหลุดออกมา จะถือว่าผ่านการทดสอบ แต่ถ้ามีสีหลุดออกมาจากงานพิมพ์ฉลากก่อนจะครบจำนวน 200 cycle ตามภาพจะถือว่าไม่ผ่านการทดสอบตามรูปที่ 12



รูปที่ 12 แสดงผลการทดสอบแรงทนถู (Rub resistance) ของงานพิมพ์ฉลาก

การทดลองปริมาณสารเคลือบในช่วง 21%-29% ใน ส่วนของปริมาณสารเร่งแห้งในหมึกอยู่ที่ 3.4% และในสารเคลือบอยู่ที่ 3.2%

ตารางที่ 8 ผลการทดลองเพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมของสารเคลือบ

ชุดการทดลอง	ปริมาณสารเคลือบ	ปริมาณสารเร่งแห้งในหมึกพิมพ์	ปริมาณสารเร่งแห้งในสารเคลือบ	ผลการทดสอบแรงทน	เวลาในการแห้งตัว (ชั่วโมง)
1	20%	3.4%	3.2%	ไม่ผ่าน	29 ชั่วโมง
2	21%	3.4%	3.2%	ไม่ผ่าน	30 ชั่วโมง
3	22%	3.4%	3.2%	ผ่าน	31 ชั่วโมง
4	23%	3.4%	3.2%	ผ่าน	31 ชั่วโมง
5	24%	3.4%	3.2%	ผ่าน	32 ชั่วโมง
6	25%	3.4%	3.2%	ผ่าน	32 ชั่วโมง
7	26%	3.4%	3.2%	ผ่าน	38 ชั่วโมง
8	27%	3.4%	3.2%	ผ่าน	38 ชั่วโมง
9	28%	3.4%	3.2%	ผ่าน	38 ชั่วโมง
10	29%	3.4%	3.2%	ผ่าน	38 ชั่วโมง
11	30%	3.4%	3.2%	ผ่าน	42 ชั่วโมง

ซึ่งผลการทดลอง ได้ระดับปัจจัยที่เหมาะสมของปริมาณสารเคลือบที่ 22% ตามตารางที่ 8 โดยมีระยะเวลาการแห้งตัวที่ 31 ชั่วโมงและผ่านการทดสอบแรงทน (Rub Resistance)

4.4 การทดลองยืนยันผล พบว่า จากกลุ่มตัวอย่าง 5 กลุ่มตัวอย่าง จะมีระยะเวลาแห้งตัวของงานพิมพ์ผลากอยู่ที่ 29-33 ชั่วโมง จึงสรุปการยืนยันผลการทดลองได้ว่า ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาการแห้งตัวเท่ากับ 30.6 ชั่วโมง โดยไม่พบปัญหาทางด้านคุณภาพตามตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการทดลองเพื่อยืนยันระดับปัจจัย

กลุ่มตัวอย่าง	ขนาดตัวอย่าง (แผ่น)	ระยะเวลาในการแห้งตัว (ชั่วโมง)	ปัญหาทางด้านคุณภาพ	
			ผลการทดสอบแรงทน (Rub resistance)	หมึกและสารเคลือบไม่แห้งตัวก่อนถูกถ่ายทอด
1	500	29	✓	✓
2	500	30	✓	✓
3	500	33	✓	✓
4	500	31	✓	✓
5	500	30	✓	✓

5. สรุปผลการทดลอง

เวลาในการแห้งตัวของงานพิมพ์ผลากลดลง 41.4 ชั่วโมง คิดเป็น 57% ของเวลาในการแห้งตัวส่งผลทำให้สามารถรับลูกค้าได้มากขึ้นและสามารถเพิ่มกำไรให้แก่โรงพิมพ์กรณีศึกษาหลังจากการปรับปรุงกระบวนการคิดเป็น 2,376,000 บาท/ปี

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ผลของการปรับปรุงกระบวนการผลิตงานพิมพ์ผลากให้ระยะเวลาการแห้งตัวของงานพิมพ์ผลากลดลงสามารถนำไปประยุกต์ในสายการผลิตการพิมพ์ออฟเซตที่มีกระบวนการคล้ายกันได้ โดยต้องคำนึงถึงประเภทของเครื่องจักร และระดับปัจจัยที่ใกล้เคียงกันด้วย

6.2 การเปลี่ยนระดับของปัจจัย ควรใช้กระดาษเสียในการวิ่งนำข้างต้นเพื่อให้เครื่องพิมพ์ได้เปลี่ยนระดับปัจจัยจะใช้จำนวนประมาณ 100-200 แผ่น เมื่อระดับปัจจัยคงที่แล้ว จึงเริ่มพิมพ์งานลงบนกระดาษ เพราะถ้าไม่มีกระดาษของเสีย นำ จะทำให้ช่วงแรกของผลลัพธ์การทดลองไม่ตรงได้

6.3 จัดอบรมพนักงานประจำเครื่องให้มีความรู้ความเข้าใจสำหรับการเปลี่ยนแปลงของระดับปัจจัยว่าส่งผลอย่างไรให้กับงานที่พิมพ์ผลากที่ผลิตออกมา เพื่อให้ทราบถึงปัญหาเบื้องต้นที่เกิดขึ้น ซึ่งจะก่อให้เกิดประสิทธิผลและประสิทธิภาพต่องานธุรกิจสิ่งพิมพ์อย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

- [1] ปิติวัฒน์ อุดมลักษณ์, “การลดของเสียที่มีฝุ่นปนเปื้อนในกระบวนการผลิตกระจกวัตถุดิบในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์,” วิทยานิพนธ์ วศ.ม., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, 2554.
- [2] จุฑามาศ รัตนกุล, “การลดข้อบกพร่องของกระบวนการบรรจุภัณฑ์แปรรูปซีซีแช่แข็ง,” วิทยานิพนธ์ วศ.ม., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, 2554.
- [3] ชีระพงษ์ สำราญ, “การลดของเสียของเหล็กหล่อเหนียวประเภทขนาดผิวดรูปและทรายตกในโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์,” วิทยานิพนธ์ วศ.ม., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, 2558.
- [4] สรารัตน์ ชาลีกัน, “การปรับปรุงค่าความชื้นเชื้อเพลิงชีวมวลในกระบวนการอบแห้ง,” วิทยานิพนธ์ วศ.ม., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, 2558.
- [5] วิทยา เจนจิวัฒน์กุล, “การลดของเสียในกระบวนการพิมพ์พลาสติก,” วิทยานิพนธ์ วศ.ม., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, 2554.
- [6] T. Hensing, “Cause & Effect Matrix,” [online]. Available: <https://sixsigmastudyguide.com/cause-and-effect-matrix/> [2020, Aug 9].
- [7] ขวัญชัย ห้วยลึก, “การลดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทการโค้งของแขนจับหัวอ่านเขียนของ ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์,” วิทยานิพนธ์ วศ.ม., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, 2557.
- [8] ยศวิน ศรีศักดิ์สรชาติ, “การลดของเสียประเภทจุดสีในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก,” วิทยานิพนธ์ วศ.ม., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, 2557.
- [9] จามร หรุจิตติวิวัฒน์, “การศึกษามลกระทบของค่าพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิตที่มีต่อต้นทุนรวมและคุณภาพของสบู่อ่อน,” วิทยานิพนธ์ วศ.ม., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, 2554.
- [10] สลักจิตต์ พุทธิจักร, “การลดรอบระยะเวลาในการผลิตของกระบวนการผลิตลั้บลูกปืนเม็ดกลม,” วิทยานิพนธ์ วศ.ม., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, 2556.
- [11] M. A. Khan, “Increasing the efficiency of antibody purification process by high throughput Technology and intelligent design of experiment,” Ph.D thesis, University College London UK., 2018.
- [12] R. M. Tavares, “The use of numerical optimization techniques in computational Fire Engineering Models: A study through Evacuation modelling Analyses,” Ph.D thesis, University of Greenwich. London UK., 2011.