

การออกแบบการทดลองเพื่อควบคุมเจดสีรถยนต์ให้ได้มาตรฐานของ
บริษัท ธนบุรีประกอบรถยนต์ จำกัด

Experimental design to control the color of cars

Thonburi Automotive Assembly Plant Co.,Ltd

นางสาวกมลชนก แซ่ลิ้ม

รศ.ดร.พิชิต สุขเจริญพงษ์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โทร. 0-2579-8610 โทรสาร 0-2579-8610 E-mail : fengpcs@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาปัจจัยที่มีผลต่อเจดสีของรถยนต์ในกระบวนการพ่นสีจริงของสีบรอนซ์ประเภทที่มีส่วนผสมของโลหะที่ทำให้เกิดประกายและทำการกำหนดระดับที่เหมาะสมของปัจจัยนั้นๆเพื่อลดปัญหาของเสียในกระบวนการพ่นสีโดยควบคุมให้ค่าเดลต้าอี มีค่าต่ำกว่า 1.4 โดยดำเนินการศึกษาหาปัจจัยที่ค่าความมีผลต่อกระบวนการพ่นสีจริง จากนั้นออกแบบการทดลองแฟคทอเรียลบางส่วนและวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อค่าเจดสีในกระบวนการพ่นสีจริงนั้นประกอบด้วยปัจจัยหลักคือ ระยะห่างในการพ่นสีและปัจจัยร่วมคือ ความหนืดและอัตราการไหลของสี แรงดันลมที่ป้อนและอัตราการไหลของสี แรงดันลมที่ป้อนและเวลาการเช็ดตัวของสี และเวลาการเช็ดตัวและความหนาของสี เมื่อทำการวิเคราะห์จากกราฟผลกระทบหลักและผลกระทบร่วมพบว่าค่าความหนืดอยู่ที่ 19 วินาที แรงดันลมป้อนที่ 3.5 บาร์ อัตราการไหลของสีที่ 400 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที ระยะห่างในการพ่นสีที่ 30 เซนติเมตร เวลาในการเช็ดตัวที่ 20 นาทีและความหนาของสีควรอยู่ในช่วงน้อยกว่า 16 ไมโครเมตร ทำการปรับค่าของปัจจัยต่างๆตามที่ได้วิเคราะห์มาแล้วทำการทดลองเพื่อยืนยันผลพบว่าจำนวนของเสียที่เจดสีไม่ได้มาตรฐานลดลงถึง 66.67 % ของปริมาณของเสียเดิม ซึ่งคาดว่าจะสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ถึง 320,000 บาทต่อเดือน

คำสำคัญ เดลต้าอี กระบวนการพ่นสีจริง แฟคทอเรียลบางส่วน

Abstract

This study aimed to investigate factors that affect the car's color in the actual process of painting the bronze color with a mixture of metal type that caused the sparks and the appropriate level of such factors for to reduce waste in the process of painting controlled by the Delta E values were lower than 1.4

The study of the factors expected to affect the actual process of painting. Then use fraction factorial design and analyze results obtained showed main and interactions have influenced. State that main factor is distance for spraying , interaction factors are viscosity and flow rate, flow rate and air pressure, setting time and air pressure, setting time and thickness. When analyzing the impact of the main effect plot and interaction plot was found that the viscosity was 19 seconds, air pressure at 3.5 bar ,the flow rate of 400 cubic centimeters of paint per minute, distance of paint and 30 cm and setting time 20 minutes and the thickness of paint should be in the range of less than 16 micrometers to adjust the value of the various factors according to the analysis then tested to confirm that amount of waste that is not the standard colors reduced to 66.67% of the original waste. Which is expected to reduce production costs by up to 320,000 baht per month.

Keywords: Delta E, Painting Process, Fraction Factorial.

1. บทนำ

1.1. ความสำคัญและที่มาของโครงการ

เนื่องจากบริษัทธนบุรีประกอบรถยนต์เป็นบริษัทที่ทำการผลิตและประกอบรถยนต์ ซึ่งมีกระบวนการทำสีรถให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานรวมอยู่ด้วย ในปัจจุบันมีสีที่ใช้ในการพ่นหลักๆอยู่ 7 สี และสามารถแบ่งประเภทของสีได้ 2 ประเภทคือ solid และ metallic จากกระบวนการพ่นสีได้พบของเสียเนื่องจากเจดสีไม่ได้ตามมาตรฐานมีอยู่ 30% ในส่วนของกระบวนการทำสีของตัวรถยนต์นั้นต้องมีการผสมสีให้ได้มาตรฐานก่อนที่จะนำไปพ่นบนตัวถังรถ นอกจากนั้นยังมีปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อคุณภาพสีในขณะที่พ่นอีกด้วย จึงต้องทำการวิเคราะห์หาค่ามาตรฐานของปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพสีดังกล่าว อัตราส่วนการผสมทินเนอร์ลงในสีที่เหมาะสมเนื่องจากอัตราส่วนการผสมให้ค่าความหนืด

ที่แตกต่างกัน อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บสี อัตราการไหลของสีที่ออกจากปืนพ่นสี แรงดันของปืนพ่นสี ระยะห่างระหว่างพ่นกับงานพ่นกับตัวรถ ระยะห่างของเวลาที่ใช้ในการพ่นสีจริงครั้งที่ 1 และ 2 รวมไปถึงค่าความหนาของสีอีกด้วย ปัจจัยเหล่านี้จะส่งผลต่อ ค่าเฉลี่ยที่ไม่เท่ากันจึงต้องทำการควบคุมเพื่อปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น

1.2. วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของเคลือบสีและค่าที่ เหมาะสมในการควบคุมให้ delta E มีค่าต่ำกว่า 1.4 โดยใช้เครื่อง Color meter วัดค่า ซึ่งมีเป้าหมายในการลดจำนวนของเสียให้ได้อย่างน้อย 50% ของของเสียที่มีอยู่

1.3. ขอบเขตของโครงการ

ทำการศึกษาสีบรอนซ์เงินแบบ metallic (สีที่มีส่วนผสมของโลหะ เพื่อให้เกิดประกาย) ในส่วนของกระบวนการผสมสีก่อนทำการพ่นและกระบวนการพ่นสีจริง โดยมีตัวแปรต้นที่สนใจศึกษาดังนี้

1. ค่าความหนืด ที่อยู่ในช่วง 17 – 19 sec
 2. ความหนาของสีจริง ที่อยู่ในช่วง 12 – 16 μm
 3. เวลาในการเช็ดตัวของสี ที่อยู่ในช่วง 7 – 20 min
 4. ระยะห่างการพ่นสี ที่อยู่ในช่วง 30 – 50 cm
 5. แรงดันลมที่พ่นพ่น ที่อยู่ในช่วง 3 – 5 bar
 6. อัตราการไหลของสี ที่อยู่ในช่วง 400 – 500 c.c. / min
- และตัวแปรตามที่ศึกษาคือ ค่า delta E ที่วัดได้จากเครื่อง Color meter

2. ขั้นตอนการดำเนินงาน

2.1. วิเคราะห์หาปัญหาและศึกษาหาปัจจัยที่มีผลต่อ

กระบวนการพ่นสีให้เคลือบได้มาตรฐาน

ทำการศึกษาหาปัจจัยที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อตัวแปรตอบสนองมากที่สุด โดยอาศัยแผน แผนภูมิแก๊งปลา ซึ่งปัจจัยที่เกิด จากคน เครื่องจักร วัสดุและวิธีการทำงาน

2.2. ออกแบบการทดลอง

ออกแบบการทดลองโดยใช้การทดลองแบบแฟคทอเรียล บางส่วนเพื่อลดจำนวนการทดลองลง ทำการกำหนดระดับของแต่ละปัจจัยที่คาดว่ามีความสำคัญซึ่งได้จากการวิเคราะห์แผนภูมิแก๊งปลา โดยกำหนดปัจจัยออกเป็น 2 ระดับคือ ระดับสูง (+1) และระดับต่ำ (-1) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระดับปัจจัยสำหรับการทดลอง

ปัจจัย	ระดับสูง	ระดับต่ำ	หน่วย
A: ความหนืด (Viscosity)	17	19	วินาที
B: แรงดันลมที่พ่น (Air Pressure)	3.5	5.0	บาร์
C: อัตราการไหล (Flow Rate)	400	500	ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที
D: ระยะห่าง (Distance)	30	50	เซนติเมตร
E: เวลาการเช็ดตัวของสี (Setting Time)	7	20	นาที
F: ความหนาของสี (Thickness)	< 16	> 16	ไมโครเมตร

2.3. ตัวแปรตอบสนอง

ตัวแปรตอบสนองสำหรับการทดลองครั้งนี้คือ ค่า Delta E ซึ่งเป็นค่าที่บอกระดับของเคลือบสี สามารถวัดได้จากเครื่อง Color meter โดยวัดที่มุมตกกระทบ 45 องศา

2.4. วิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลค่าเฉลี่ย

จากผลการทดลองสามารถวิเคราะห์ได้โดยใช้โปรแกรม Minitab เพื่อหาตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ภายใต้อุณหภูมิ 95% หรือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สมมติฐานกรณีทดสอบปัจจัยหลัก

H_0 : ปัจจัยหลักไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยในกระบวนการพ่นสีจริง

H_1 : ปัจจัยหลักมีผลต่อค่าเฉลี่ยในกระบวนการพ่นสีจริง

สมมติฐานกรณีทดสอบปัจจัยร่วม

H_0 : ปัจจัยร่วมไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยในกระบวนการพ่นสีจริง

H_1 : ปัจจัยร่วมมีผลต่อค่าเฉลี่ยในกระบวนการพ่นสีจริง

สรุปได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยประกอบด้วยปัจจัยหลักคือ ระยะห่างในการพ่น และปัจจัยร่วมที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยคือ ความหนืดและ อัตราการไหลของสี แรงดันลมและอัตราการไหลของสี แรงดันลมและ เวลาการเช็ดตัวของสี เวลาการเช็ดตัวของสีและความหนา แสดงค่า P-value ได้ดังนี้

Distance มีค่า p-value เท่ากับ 0.009

Viscosity*Flow Rate มีค่า p-value เท่ากับ 0.003

Air Pressure*Flow Rate มีค่า p-value เท่ากับ 0.027

Air Pressure*Setting Time มีค่า p-value เท่ากับ 0.017

Setting Time*Thickness มีค่า p-value เท่ากับ 0.016

2.5. การวิเคราะห์การถดถอย

เมื่อทราบปัจจัยที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยแล้วสามารถสร้างสมการถดถอยเพื่อพยากรณ์ค่าในอนาคตได้ โดยใช้ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ภายใต้อุณหภูมิ 95% หรือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ตรวจสอบสมมติฐานดังนี้

สมมติฐานการทดสอบสมการถดถอย

H_0 : สมการถดถอยไม่สามารถสร้างได้

H_1 : สมการถดถอยสร้างได้

ตารางที่ 2 วิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับทดสอบสมการถดถอย

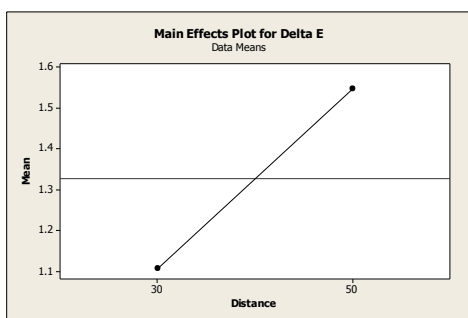
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	7	6.4632	0.9233	2.87	0.025
Residual Error	24	7.7218	0.3217		
Total	31	14.1850			

จากตารางที่ 2 พบว่าผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน จะเห็นว่าค่า P-value ของ Regression มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นปัจจัยเหล่านี้สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยได้และสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยและปัจจัยที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยทั้งหมดได้ดังสมการที่ 1

$$\begin{aligned} \text{Delta E} = & 1.02 + 0.0220 \text{ Distance} - 0.0466 \\ & \text{Setting Time} - 0.4950 \text{ Thickness} - 0.000083 \\ & (\text{Viscosity} * \text{Flow Rate}) + 0.0603 (\text{Setting} \\ & \text{Time} * \text{Thickness}) + 0.000727 (\text{Air Pressure} * \\ & \text{Flow Rate}) - 0.0199 (\text{Air Pressure} * \text{Setting Time}) \quad (1) \end{aligned}$$

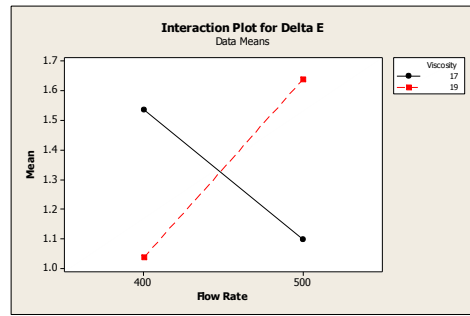
2.6. วิเคราะห์หาระดับของปัจจัยที่เหมาะสม

พิจารณาเลือกระดับของปัจจัยที่ทำให้ค่า Delta E มีค่าต่ำที่สุด จากกราฟผลกระทบหลักและกราฟผลกระทบรวม จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นพบว่าปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยคือระยะห่างในการพ่นสี สามารถสร้างกราฟผลกระทบหลักได้ดังภาพที่ 1

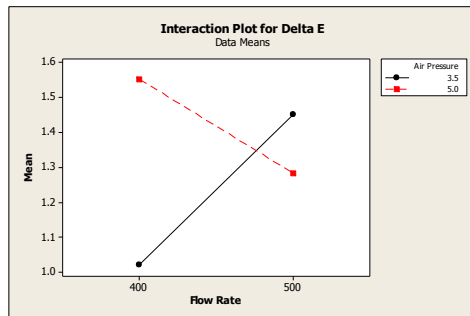


ภาพที่ 1 กราฟผลกระทบหลักของปัจจัยระยะห่างในการพ่นสี

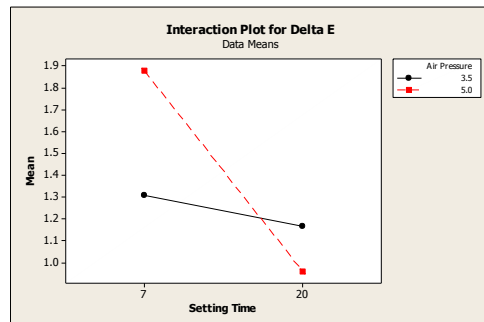
เมื่อวิเคราะห์หาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยรวมทั้ง 4 เทอม จากกราฟผลกระทบรวมสามารถอธิบายได้จากภาพที่ 2 ถึงภาพที่ 5 ดังนี้



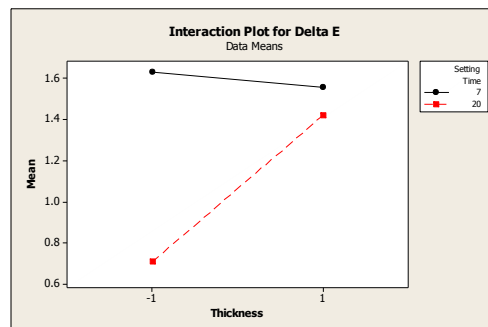
ภาพที่ 2 กราฟผลกระทบร่วมของปัจจัยความหนืดและอัตราการไหลของสี



ภาพที่ 3 กราฟผลกระทบร่วมของปัจจัยแรงดันลมที่ป่นและอัตราการไหลของสี



ภาพที่ 4 กราฟผลกระทบร่วมของปัจจัยแรงดันลมที่ป่นและเวลาการเช็ดตัวของสี



ภาพที่ 5 กราฟผลกระทบร่วมของปัจจัยเวลาการเช็ดตัวและความหนาของสี

จากภาพที่ 1 ถึง 5 สรุปได้ว่า หากต้องการให้ค่า Delta E มีค่าต่ำที่สุด ควรที่จะกำหนดระดับของปัจจัยต่างๆ ดังนี้ ระดับของปัจจัยความหนืดที่ 19 วินาที แรงดันลมที่ป้อนที่ 3.5 บาร์ ระยะห่างในการพ่นสีที่ 30 เซนติเมตร อัตราการไหลของสีที่ 400 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที เวลาการเซ็ตตัวของสีที่ 20 นาที และความหนาของสีที่ น้อยกว่า 16 ไมโครเมตร

3. สรุป

จากออกแบบการทดลองที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยทำการทดลองแฟคทอเรียลบางส่วน 2^{6-1} เพื่อลดจำนวนการทดลองลง ซึ่งไม่ทำการทดลองซ้ำพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยจำแนกออกเป็นปัจจัยหลักคือ ระยะห่างในการพ่นสี และปัจจัยร่วมคือ ความหนืดและอัตราการไหลของสี แรงดันลมที่ป้อนและอัตราการไหลของสี แรงดันลมที่ป้อนและเวลาการเซ็ตตัวของสี เวลาการเซ็ตตัวและความหนาของสี เมื่อทำการศึกษาโดยใช้กราฟผลกระทบหลักและกราฟผลกระทบร่วมเพื่อหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสม สามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ระดับที่เหมาะสมของปัจจัยต่างๆ

ปัจจัย	ระดับที่เหมาะสม	หน่วย
Viscosity	19	วินาที
Air Pressure	3.5	บาร์
Distance	30	เซนติเมตร
Flow Rate	400	ลูกบาศก์เซนติเมตร/นาที
Setting Time	20	นาที
Thickness	<16	ไมโครเมตร

นอกจากนั้นได้ทำการทดลองเพื่อยืนยันผลบนแผ่นโลหะทดลองจำนวน 20 แผ่นที่ผ่านกระบวนการพ่นสีจริงตามเงื่อนไขที่วิเคราะห์มาแล้วนำข้อมูลผลการทดลองมาสร้าง 95% ช่วงความเชื่อมั่นของค่า Delta E เปรียบเทียบให้ทราบว่าค่า Delta E จะอยู่ในช่วง (0.7251, 1.1379) ในการทดลองนั้นพบแผ่นโลหะทดลองจำนวน 2 แผ่น ที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่ามาตรฐาน คิดเป็นของเสียในกระบวนการผลิต 10% และจากข้อมูลในอดีตเดิมมีของเสียอยู่ 30% นั่นคือ ผลการออกแบบการทดลองในครั้งนี้สามารถลดจำนวนของเสียลงได้ 66.67% ของปริมาณของเสียเดิมที่มีอยู่ หากมีปริมาณการผลิตอยู่ในระดับปกติ คาดว่าจะสามารถลดค่าใช้จ่ายในการผลิตลงได้ประมาณ 320,000 บาทต่อเดือน

4. กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ รศ.ดร.พิชิต สุขเจริญพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการเป็นอย่างสูง สำหรับคำปรึกษาที่ดีและเสนอแนะแนวทางในการทำโครงการ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆจนสำเร็จ

คู่ลงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ประไพศรี สุทัศน ณ์ อุษยา ที่ช่วยเหลือในการหาโรงงานในการทำโครงการและให้คำปรึกษาที่ดีขอขอบพระคุณ อ.สุวิวัฒน์ สืบสานกุล ที่ให้ความรู้ในการจัดทำรูปแบบโครงการและช่วยเหลือในการทำโครงการมาโดยตลอด ขอขอบพระคุณ อ.ดร.วรวิทย์ หวังวัชรกุล ที่ให้คำปรึกษาที่ดีในการจัดทำโครงการ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ที่ได้ให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาในการทำโครงการ

ท้ายที่สุดขอขอบพระคุณคุณปรัชญา อินทรานุปกรณ์ที่ได้กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทดลอง รวมทั้งการสนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการทำโครงการเป็นอย่างดีและคุณวิทยา นิมพลี วิศวกรที่ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในการทำทดลองด้วยดีตลอดมา

5. เอกสารอ้างอิง

ณัชชา พลศิลป์ . การออกแบบการทดลองเพื่อปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการพ่นสีรถยนต์ :กรณีศึกษา โรงงานประกอบรถยนต์ . ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต . สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาอุตสาหกรรม, วิศวกรรมศาสตร์, เกษตรศาสตร์, 2553.

ประไพศรี สุทัศน ณ์ อุษยา และรศ.ดร.พงษ์ชนัน เหลืองไพบูลย์ .2551. การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง (Design and analysis of experiment). สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด .กรุงเทพฯ ๑.448 น.