การลดของเสียในกระบวนการผลิตกระจกโครเมียมโดยใช้หลักการออกแบบการทดลอง

Design of Experiment to Reduce Waste in Chrome Coated Mirror

ปิยพงษ์ ริดเขียว[1]

บทคัดย่อ

กระบวนการผลิตกระจกโครเมียมเป็นส่วนหนึ่งของการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ในอุตสาหกรรมยานยนต์ของบริษัทในกรณีศึกษา มักพบปัญหาจากกระบวนการผลิตกระจกโครเมียมที่มีของเสียเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตสูง อีกทั้งคุณภาพของผลิตภัณฑ์คือ ตัวกระจกโครเมียมนั้นเกิดความไม่แน่นอนในกระบวนการผลิต โดยเกิดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตกระจกโครเมียม เช่น รอยขูดขีดบนผิวกระจก การผิดเพี้ยนของภาพ เกิดจุดบนผิวกระจก เป็นต้น ทั้งนี้การลดของเสียและปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิตกระจกโครเมียมโดยใช้หลักการออกแบบการทดลอง ประกอบด้วย Alternative DOE และ Classic DOE โดยใช้ Alternative DOE ทำการกรองปัจจัย และลดจำนวนการทดลองโดยใช้วิธีการทากูชิ (Taguchi's method) ส่วน Classic DOE เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นในการทดลองโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว (One-way ANOVA) ผลจากกการศึกษาพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดของเสียมากที่สุดคือ ปัจจัยรูปแบบรถเข็น รองลงมาคือปัจจัยระบบป้องกันฝุ่นบนสายพาน และพบปัจจัยที่ส่งผลด้านคุณภาพคือ ปัจจัยเวลาในการเคลือบโครเมียม และผลจากการศึกษาพบว่าเงื่อนไขที่ดีที่สุดทั้งด้านการลดของเสียและคุณภาพที่ดีที่สุดคือ ปัจจัยอุณหภูมิอบที่ 690 °C ความเร็วสายพานที่ 15m/min. รูปแบบรถเข็นแบบมีร่อง ระบบเครื่องฝนขอบกระจกแบบใช้พลาสติกกัน ระบบป้องกันฝุ่นบนสายพายแบบใช้แรงดันลม และเวลาในการเคลือบโครเมียมที่ 8 วินาที

คำสำคัญ : การผลิตกระจกโครเมียม, การปรับปรุงคุณภาพ, วิธีการของทากูชิ

Abstract

The chrome coated mirror process is one part of industrial of motor vehicle production. Most problems in case study of chrome coated mirror production are high waste during processing. Furthermore, quality of chrome coated mirror products has effect from unstable production during processing and has defect such as scratch on mirror surface, incomplete paint, small sport on mirror surface. As to reduce the waste and improve quality development of chrome coated mirror processing by experiment design such as Alternative DOE and Classic DOE method. By applying Alternative DOE can reduce the quantity of experiment as Taguchi's method. For Classic DOE, increase the reliability of experiment by analyze as one-way ANOVA. From the result of case study show that the most effect to occur waste is pushcart factor and next effect is prevent dust on conveyor belt factor. Another effect to quality is chrome coating time. The best solution from the result of case study of reduce waste and improve quality is baking at 690 degree Celsius with conveyor belt speed of 15m per minute. Conclusion is use pushcart format with gap design, use plastic protection to make glass edge smooth, use air pressure in conveyor belt to prevent dust and chrome coating time 8 second.

Keywords : The chrome coated mirror process, quality improvement, Taguchi's method.

[1] นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

1. บทนำ

ปัจจุบันการแข่งขันทางธุรกิจมีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นทั้งภาคการผลิตและบริการมีความพยายามแข่งขันเพื่อความอยู่รอดของธุรกิจและเป็นผู้นำทางตลาดด้านการผลิตสินค้าและบริการ โดยปัจจัยหลักที่ส่งผลให้ธุรกิจและอุตสาหกรรมนั้นๆ ประสบความสำเร็จคือ การผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพเป็นที่เชื่อถือของผู้บริโภคและการบริการที่ดี ซึ่งความหมายของคำว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพคือ การที่ผลิตภัณฑ์นั้นๆ มีสมบัติตรงตามขีดจำกัดข้อกำหนดเฉพาะ มีความเหมาะสมกับการใช้งาน และเป็นที่พอใจของผู้บริโภคการกำหนดคุณภาพของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดนั้นสามารถทำได้โดยการนำความต้องการของผู้บริโภคมาสร้างเป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์หรือขีดจำกัดข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ แล้วทำการควบคุมการผลิตให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์หรือขีดจำกัดข้อกำหนดเฉพาะนั้นๆ ดังนั้นการปรับปรุงพัฒนาและการศึกษาปัจจัยในการผลิตที่เหมาะสมเพื่อนำไปสู่การควบคุมกระบวนการผลิตให้เป็นไปตามมาตราฐานผลิตภัณฑ์หรือขีดจำกัดข้อกำหนดเฉพาะนั้นๆ จึงเป็นกิจกรรมสำคัญที่องค์กรไม่ควรมองข้าม

อุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วนประกอบยานยนต์ จัดเป็นอุตสาหกรรมสำคัญของประเทศมีมูลค่าส่งออก เป็นอันดับ 2 ของประเทศ [1] มีผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สนับสนุนที่เป็นของคนไทยที่อยู่ในห่วงโซ่อุปทานของการผลิตเป็นจำนวนมาก และอุตสาหกรรมผลิตกระจกมองข้างสำหรับยานยนต์ ก็เป็นอีกส่วนหนึ่งในผู้ผลิตชิ้นส่วนประกอบยานยนต์ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับอุตสหกรรมยานยนต์ ทำให้มีการเติบโตหรือชะลอตัวตามกัน โรงงานกรณีศึกษาถือเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมการผลิตกระจกมองข้างสำหรับยานยนต์ ที่ทำการผลิตและจำหน่ายให้กับอุตสาหกรรมยานยนต์ ทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งขณะนี้โรงงาน กรณีศึกษามีสภาวะในการแข่งขันเชิงคุณภาพสูง ดังนั้นจึงต้องแสวงหาวิธี หรือแนวทางเพื่อพัฒนาตนเองเพื่อการจำหน่ายทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ และตอบสนองความต้องการของลูกค้าให้ได้รับความพึงพอใจสูงสุด ฉะนั้นการพัฒนากระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้มาซึ่งความเป็นเลิศของความสามารถของกระบวนการผลิตจึงเป็นแนวทาง ให้ได้มาซึ่งความสำเร็จในทุกอุตสาหกรรม

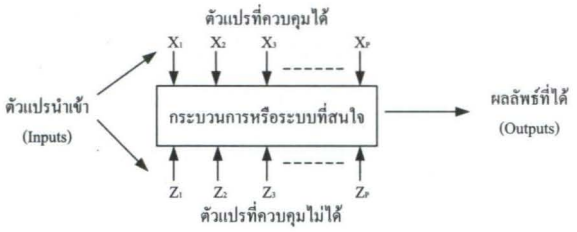
สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการทดลองเพื่อศึกษากระบวนการผลิตกระจกโครเมียมเพื่อหาปัจจัยและระดับปัจจัยที่ทำให้เกิดของเสียรวมทั้งด้านคุณภาพต่อผลิตภัณฑ์กระจกโครเมียม โดยใช้หลักการออกแบบการทดลอง ซึ่งจากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ทำให้ทราบถึงประเภทของปัญหาคือ รอยขูดขีดที่เกิดขึ้นบนผิวกระจก การผิดเพี้ยนของภาพและการเกิดจุดบนผิวกระจกและผลจากการศึกษาปัจจัยและระดับปัจจัยเพื่อลดหรือขจัดปัญหาต่อจากนั้นจะทำการกำหนด ปัจจัยและระดับปัจจัยที่เหมาะสมเพื่อทำการลดของเสียจากกระบวนการผลิตกระจกโครเมียมรวมทั้งปรับปรุงคุณภาพของกระจกโครเมียม

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การออกแบบการทดลอง

Montgomery [2] ได้กล่าวไว้ว่า ถ้าต้องการให้การทดลองเกิดประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ผลได้สูงสุดจะต้องนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วยในการวางแผนการทดลอง คำว่า "การออกแบบการทดลองเชิงสถิติ" หมายถึง กระบวนการในการวางแผนการทดลองเพื่อว่าจะได้มาซึ่งข้อมูลที่เหมาะสมที่สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติ ซึ่งจะทำให้สามารถหาข้อสรุปที่สมเหตุผลได้ การออกแบบการทดลอง [3] คือการทดสอบเพียงครั้งเดียวหรือต่อเนื่องโดยทำการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรนำเข้า (Input Variables) ในระบบหรือกระบวนการที่สนใจศึกษา เพื่อที่จะทำให้สามารถสังเกตและชี้ถึงสาเหตุต่างๆ ที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์ที่ได้ (Output or Response) จากกระบวนการหรือระบบนั้น โดยตัวแปรนำเข้าจะถูกจัดแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ควบคุมได้ เรียกว่า "ตัวแปร (หรือปัจจัย) ที่ควบคุมได้ (Controllable Variables or Factors) หรือตัวแปร (หรือปัจจัย) ที่สามารถออกแบบได้" (Design Variables or

Factors) และกลุ่มที่ไม่สามารถควบคุมได้ เรียกว่า "ตัวแปร (หรือปัจจัย) ที่รบกวนระบบ" (Uncontrollable or Noise Variables (Factors)) ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ในกระบวนการ หรือระบบที่สนใจ

2.2 แบบการทดลองทากูชิ

แบบการทดลองทากูชิ [3] คือ การทดลองที่มีลักษณะเป็นแบบการทดลองออร์ทอกอนัล (Orthogonal Array) เหมาะในการศึกษาผลกระทบปัจจัยหลัก (Main Effects) เป็นแบบการทดลอง Resolution III กล่าวคือ ผลกระทบปัจจัยหลักมีโครงสร้างซ้ำซ้อนกับผลกระทบปัจจัยหลัก และผลกระทบร่วม 2 ปัจจัย จึงเหมาะสำหรับการกรองปัจจัย (Screening Factors)

2.3 การทดลองอย่างสุ่มสมบูรณ์หรือการจำแนกทางเดียว

การวิเคราะห์ความแปรปรวน [3] เป็นวิธีการทดสอบเพื่อหาข้อสรุปทางสถิติเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของระบบในกรณีศึกษาเปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่างตั้งแต่สองกลุ่มขึ้นไป โดยมีพื้นฐานมาจากการวิเคราะห์ ที่มาของสาเหตุหรือแหล่งที่ก่อให้เกิดความแตกต่างของค่าตอบสนอง (Responses) หรือค่าผลลัพธ์ลักษณะคุณภาพที่ต้องการควบคุม(DesiredQualityCharacteristics)และการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว เป็นการสนใจศึกษาปัจจัยเพียงปัจจัยเดียว ซึ่งจำนวนระดับที่สนใจศึกษาของปัจจัยเท่ากับ a ระดับ เพื่อดูว่าระดับที่แตกต่างกันของปัจจัยนั้นจะมีผลกระทบต่อค่าเฉลี่ยของตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่

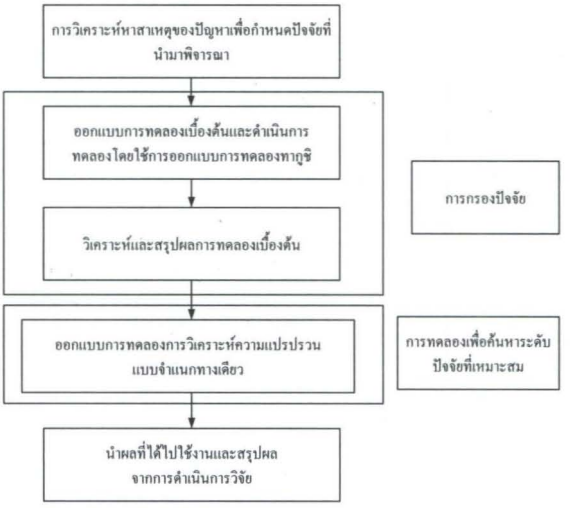
3. วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งส่วนการวิจัยออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ

1) การค้นหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการทำให้เกิดของเสียและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะคุณภาพต่อกระบวนการผลิตกระจกโครเมียม โดยการกรองปัจจัยด้วยแบบการทดลองทากูชิ เพื่อลดปัจจัยหลักที่ไม่มีนัยสำคัญออก และนำปัจจัยหลักที่เหลืออยู่ไปศึกษาต่อ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่อไป

2) การทดลองเพื่อค้นหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว

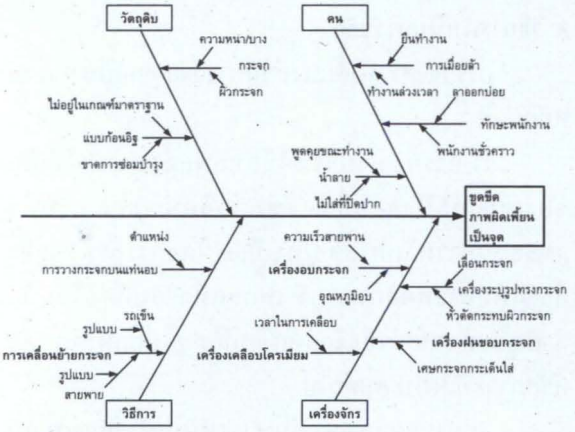
สามารถอธิบายเป็นแผนผังแสดงลำดับขั้นตอนการดำเนินการวิจัยได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนผังแสดงลำดับขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.1 การกำหนดปัจจัยและระดับปัจจัยที่จะใช้ในการวิจัย

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการระดมสมองของทีมงานซึ่งเป็นผู้ที่มีประสบการณ์และมีความเชี่ยวชาญในกระบวนการผลิต จากนั้นจะนำเอาเครื่องมือทางสถิติคือ แผนผังก้างปลาหรือแผนภาพเหตุและผล [4] เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์สำหรับวิเคราะห์ข้อมูล โดยพิจารณาสาเหตุที่มีผลโดยตรงกับลักษณะคุณภาพของปัญหาที่สนใจศึกษา ซึ่งจากการระดมสมอง และนำแผนผังก้างปลามาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลจึงได้ดังแผนผังก้างปลาดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนภาพแสดงสาเหตุของปัญหาของเสียประเภทรอยขูดขีดที่เกิดขึ้นบนผิวกระจก การผิดเพี้ยนของภาพและการเกิดจุดบนผิวกระจก

จากแผนภาพสาเหตุของปัญหา สามารถสรุปปัจจัยนำเข้าที่สำคัญซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อโอกาสการเกิดของเสียประเภทรอยขูดขีดที่เกิดขึ้นบนผิวกระจก การผิดเพี้ยนของภาพ และการเกิดจุดบนผิวกระจกได้ดังตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 ปัจจัยและระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลองวิธีการทากูชิ

สัญลักษณ์	ปัจจัย	ระดับของปัจจัย	
		Low (1)	High (2)
A	อุณหภูมิอบ	690 ºC	740 ºC
B	ความเร็วสายพาน	15m/min	25m/min
C	รูปแบบรถเข็น	มีร่อง	ไม่มีร่อง
D	ระบบเครื่องฝนขอบ	ใช้น้ำ	พลาสติก
E	กันฝุ่นบนสายพาน	พลาสติก	แรงดัน
F	เวลาเคลือบโครเมียม	7 Sec.	10 Sec.
Interaction A×B	อุณหภูมิอบ×ความเร็วสายพาน		

การกำหนดระดับปัจจัยในการทดลอง เป็นการกำหนดจากขอบเขตข้อกำหนดต่ำสุด-สูงสุด และรูปแบบก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง อาทิอุณหภูมิของการอบกระจกจะมีข้อกำหนดอยู่ในช่วง 690 ºC ถึง 740 ºC ความเร็วของสายพานลำเลียงกระจกเข้าเครื่องอบกระจก อยู่ในช่วง 15 m/min. ถึง 25 m/min. รูปแบบของรถเข็นซึ่งจากการระดมสมองทำให้พบว่ารูปแบบของรถเข็นเดิมนั้นอาจจะส่งผลกระทบต่อปัญหาและประเภทที่จะทำให้เกิดรอยขีดข่วนบนผิวกระจก ดังนั้นการกำหนดระดับปัจจัยจึงเป็นรูปแบบรถเข็นก่อนการปรับปรุงคือ พื้นรองกระจกจะเรียบและวางแผ่นกระจกซ้อนกัน และรูปแบบปรับปรุงใหม่คือ พื้นรองกระจกจะมีร่องวางกระจกได้ครั้งละหนึ่งแผ่น ทำให้กระจกไม่สัมผัสและซ้อนกัน ระบบเครื่องฝนขอบกระจกในกระบวนการฝนขอบกระจกจะมีชุดป้องกันเศษกระจกที่ถูกฝนขอบกระเด็นออกมาถูกกระจกแผ่นอื่นที่อยู่ในกระบวนการ โดยระบบเดิมจะใช้น้ำหล่อแผ่นกระจกไว้ และรูปแบบปรับปรุงจะใช้พลาสติกครอบป้องกันการกระเด็นของเศษกระจก ระบบป้องกันฝุ่นบนสายพานลำเลียงกระจกไปสู่กระบวนการเคลือบโครเมียม โดยในแบบก่อนปรับปรุงจะใช้พลาสติกครอบสายพานไว้ และรูปแบบที่ปรับปรุงได้ทำการติดตั้งชุดท่อลมเข้าไปเพื่อใช้แรงดันลม เป็นตัวผลักฝุ่นไม่ให้เข้ามาในชุดลำเลียงกระจกโดยสายพาน และสุดท้ายคือเวลาในการเคลือบโครเมียมของเครื่องเคลือบโครเมียม มีขอบเขตข้อกำหนดอยู่ในช่วง 7-10 วินาที

ดังนั้นในการกำหนดระดับปัจจัยในส่วนการออกแบบเพื่อกรองปัจจัย จึงเป็นการกำหนดระดับปัจจัยที่ 2 ระดับในแต่ละปัจจัย โดยมีปัจจัยทั้งหมด 6 ปัจจัย โดยใช้แผน $L_8 2^6$ Orthogonal Array ดังตารางที่ 2 โดยมีผลตอบสนอง

Y_1 = ชิ้นงานดีไม่มีข้อบกพร่อง

Y_2 = ชิ้นงานมีข้อบกพร่อง แต่อยู่ในข้อกำหนดมาตราฐาน

Y_3 = ชิ้นงานมีข้อบกพร่อง ไม่ผ่านข้อกำหนดมาตราฐาน

Y_R = ค่าการสะท้อนของแสง

Y_C = ค่าความโค้งของกระจก

โดย $Y_1 - Y_3$ มีลักษณะข้อมูลเป็น Attribute Data และ Y_R, Y_C มีลักษณะข้อมูลเป็น Variable Data

ตารางที่ 2 แผนการทดลอง $L_8 2^6$ Orthogonal Array

Run#	A	B	A × B	C	D	E	F
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

การกำหนดปัจจัยและระดับปัจจัยในส่วนของการค้นหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียวนั้น ได้มาจากการทดลองโดยการกรองปัจจัยและหลังจากการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองเบื้องต้นโดยการกรองปัจจัยนั้นพบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลตอบสนองมีเพียงปัจจัยเดียว และในการกำหนดระดับปัจจัยนั้นจะต้องคำนึงถึงความละเอียด ในการทดลองว่าการกำหนดระดับปัจจัย มีความสามารถเพียงพอ ที่จะมองเห็นความสัมพันธ์ที่มีมากกว่าความเป็นเชิงเส้นด้วยหรือไม่ ซึ่งในการวิจัยนี้มองเห็นถึงความสำคัญนี้ จึงกำหนดระดับปัจจัยเป็น 4 ระดับ คือตั้งแต่ช่วงข้อกำหนดต่ำสุด ถึงสูงสุดของปัจจัยนั้น และเพื่อความน่าเชื่อถือของการทดลองจะทำการทดลองทั้งหมด 5 ครั้ง โดยมีแผนการทดลองดังตารางที่ 3

การทดลอง	ปัจจัย			
	ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3	ระดับ 4
1	Y_{11}	Y_{21}	Y_{31}	Y_{41}
2	Y_{12}	Y_{22}	Y_{32}	Y_{42}
3	Y_{13}	Y_{23}	Y_{33}	Y_{43}
4	Y_{14}	Y_{24}	Y_{34}	Y_{44}
5	Y_{15}	Y_{25}	Y_{35}	Y_{45}

ตารางที่ 3 แผนการทดลองการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว

3.2 การวิเคราะห์ผล

ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนของเสียในกระบวนการผลิตกระจกโครเมียม โดยมีลักษณะคุณภาพคือ รอยตำหนิบนแผ่นกระจก แสงสะท้อนบนผิวกระจก และค่าความโค้งของกระจก ดังนั้นการระบุลักษณะคุณภาพ จึงมีทั้งลักษณะที่วัดค่าได้ และลักษณะที่วัดค่าไม่ได้ ดังนั้นในการวิเคราะห์ผลเพื่อให้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย จึงพิจารณาผลการตอบสนองที่จากได้ชิ้นงานดีไม่มีข้อบกพร่อง และคุณภาพเข้าใกล้ค่าเป้าหมายมากที่สุด

4. ผลการวิจัย

จากขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัยที่ได้กล่าวมาแล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนที่ได้กล่าวไว้และได้มีการบันทึกผลการดำเนินงานวิจัยในขั้นตอนต่างๆ สำหรับในหัวข้อนี้จะแสดงถึงผลลัพธ์ที่ได้จากการดำเนินงานตามขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้น ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดในการดำเนินงานวิจัยและผลลัพธ์จากการดำเนินงานวิจัยได้ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการทดลองเบื้องต้นของการออกแบบการทดลองโดยใช้วิธีทากูชิ

ในขั้นตอนการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองเบื้องต้นนี้ผู้วิจัยได้อาศัยโปรแกรมทางสถิติ Minitab Version 15 มาทำการวิเคราะห์ผลการทดลองดังนี้

1) การหาปัจจัยและระดับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดของเสียโดยวิธีการทากูชิ สามารถแสดงผลการทดลองได้ดังตารางที่ 4

2) การหาปัจจัยและระดับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ ซึ่งได้แก่ การสะท้อนของแสง และค่าความโค้งของกระจก สามารถแสดงผลการทดลองได้ดังตารางที่ 5 และตารางที่ 6 ตามลำดับ

จากผลการทดลองเบื้องต้นเพื่อกรองปัจจัยโดยวิธีทากูชินั้น ทำให้พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดของเสียคือ ปัจจัยรูปแบบรถเข็น โดยมีระดับปัจจัยที่พื้นรองกระจกมีร่องวางกระจกและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์คือ ปัจจัยเวลาในการเคลือบโครเมียม ที่มีผลต่อการสะท้อนของแสงซึ่งมีค่าเป้าหมายอยู่ที่ 50±5% ส่วนค่าความโค้งของกระจกนั้นมีค่าเป้าหมายที่ R1250±R150 โดยมีปัจจัยที่มีผลต่อค่าความโค้งของกระจกคือปัจจัยอุณหภูมิอบ ปัจจัยความเร็วสายพานและอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยอุณหภูมิอบกับปัจจัยความเร็วสายพาน (Interaction AB)

ตารางที่ 4 ผลการทดลองหาปัจจัยและระดับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดของเสียโดยวิธีการทากูชิ

Taguchi Analysis: Y1 versus A, B, C, D, E, F

Response Table for Signal to Noise Ratios
Larger is better

Level	A	B	C	D	E	F
1	24.31	25.31	30.22	24.26	24.39	25.32
2	25.40	24.40	19.49	25.45	25.32	24.39
Delta	1.08	0.91	10.72	1.18	0.93	0.93
Rank	3	6	1	2	4	5

Response Table for Means

Level	A	B	C	D	E	F
1	19.000	21.500	32.750	19.000	20.500	22.250
2	23.250	20.750	9.500	23.250	21.750	20.000
Delta	4.250	0.750	23.250	4.250	1.250	2.250
Rank	2.5	6	1	2.5	5	4

ตารางที่ 5 ผลการทดลองหาปัจจัยและระดับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ด้านการสะท้อนแสงโดยวิธีทากูชิ

Taguchi Analysis: Yr versus A, B, C, D, E, F

Response Table for Signal to Noise Ratios
Nominal is best (10*Log10(Ybar**2/s**2))

Level	A	B	C	D	E	F
1	48.67	48.37	48.03	48.11	45.30	45.82
2	44.30	44.60	44.93	44.86	47.67	47.15
Delta	4.37	3.77	3.10	3.25	2.38	1.33
Rank	1	2	4	3	5	6

Response Table for Means

Level	A	B	C	D	E	F
1	50.84	50.93	50.88	50.89	50.77	47.34
2	51.05	50.96	51.02	51.00	51.12	54.55
Delta	0.20	0.03	0.14	0.11	0.34	7.21
Rank	3	6	4	5	2	1

ตารางที่ 6 ผลการทดลองหาปัจจัยและระดับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ด้านค่าความโค้งของกระจกโดยวิธีการทากูชิ

Taguchi Analysis: Yc versus A, B, C, D, E, F

Response Table for Signal to Noise Ratios
Nominal is best (10*Log10(Ybar**2/s**2))

Level	A	B	C	D	E	F
1	37.21	36.89	39.25	40.39	39.93	39.28
2	41.74	42.06	39.71	38.57	39.02	39.68
Delta	4.53	5.17	0.46	1.82	0.91	0.40
Rank	2	1	5	3	4	6

Response Table for Means

Level	A	B	C	D	E	F
1	1258	1256	1264	1260	1263	1265
2	1268	1269	1262	1266	1263	1261
Delta	9	13	2	5	1	5
Rank	2	1	5	3	6	4

4.2 ผลการทดลองการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียวเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม

จากผลการทดลองเบื้องต้นเพื่อกรองปัจจัยโดยวิธีทากูชินั้นทำให้ทราบได้ว่าปัจจัยใดบ้างมีอิทธิพลต่อการเกิดของเสียและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และจากผลการ

ทดลองเบื้องต้นนี้พบว่าปัจจัยเวลาในการเคลือบโครเมียมนั้น มีอิทธิพลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้านการสะท้อนแสง และผลตอบสนองยังไม่เข้าใกล้ค่าเป้าหมาย รวมทั้งยังสามารถแบ่งระดับปัจจัยได้อีก 4 ระดับปัจจัย ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองเพิ่มเติมเพื่อหาค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสม สามารถแสดงค่าผลการทดลองได้ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลทดลองการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว

One-way ANOVA: Reflectance versus Time

Source	DF	SS	MS	F	P
Time	3	144.5575	48.1858	926.65	0.000
Error	16	0.8320	0.0520		
Total	19	145.3895			

S = 0.2280 R-Sq = 99.43% R-Sq(adj) = 99.32%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	----+---------+---------+---------+-----
7	5	47.360	0.261	(*)
8	5	50.040	0.230	(*)
9	5	52.400	0.255	(*)
10	5	54.580	0.148	(*)
				----+---------+---------+---------+-----
				48.0 50.0 52.0 54.0

จากผลการทดลองการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียวเพื่อหาค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสม แล้วพบว่าระดับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ด้านการสะท้อนแสงคือ ระดับปัจจัยที่ 8 วินาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.3 การทดสอบยืนยันผลการวิจัย

การทดสอบยืนยันผลการวิจัยเป็นการทดสอบเพื่อยืนยันผลสรุปของค่าปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญ โดยจะทำการปรับค่าปัจจัยนำเข้าตามค่าที่ได้กำหนดไว้จากผลการทดลองคือ ปัจจัยรูปแบบรถเข็น โดยมีระดับปัจจัยที่พื้นรองกระจกมีร่องวางกระจก เพื่อลดของเสียจากกระบวนการผลิตกระจกโครเมียม ปัจจัยอุณหภูมิอบ ปัจจัยความเร็วของสายพานและอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยอุณหภูมิอบกับปัจจัยความเร็วของสายพาน (Interaction AB) โดยกำหนดระดับปัจจัยอุณหภูมิอบที่ระดับ 690 °C กำหนดระดับปัจจัยความเร็วของสายพานที่ระดับ 15 m/min. เพื่อปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ด้านค่าความโค้งของกระจก และสุดท้ายปัจจัยเวลาในการเคลือบโครเมียม กำหนดระดับปัจจัยที่เวลาในการเคลือบ 8 วินาที ซึ่งการทดสอบยืนยันผลการวิจัยได้กำหนดจำนวนการผลิตไว้ที่ 3,400 แผ่น ใช้เวลาในการผลิตจำนวน 8 ชั่วโมงทำงาน โดยมีผลการทดสอบยืนยันผลการวิจัย ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบยืนยันผลการวิจัย

ด้านการลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิต		
รายการของเสีย	ของเสีย (ชิ้น)	สัดส่วนของเสีย
รอยขูดขีด	114	3.35%
การผิดเพี้ยนของภาพ	92	2.71%
เป็นจุด	84	2.47%
อื่นๆ	44	1.29%
รวม	334	9.82%
ด้านลักษณะคุณภาพค่าความโค้งกระจก		
การเก็บข้อมูล		ค่าเฉลี่ย
สุ่มตัวอย่างจำนวน 40 แผ่น		R 1250.82
ด้านลักษณะคุณภาพการสะท้อนของแสง		
การเก็บข้อมูล		ค่าเฉลี่ย
สุ่มตัวอย่างจำนวน 40 แผ่น		50.08%

5. สรุป

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองและผลการวิเคราะห์ทำให้ทราบว่าปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อการเกิดของเสียคือรูปแบบของรถเข็น โดยปัจจัยนี้มีผลกระทบโดยตรงต่อการเกิดรอยขีดข่วน ซึ่งข้อกำหนดในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์จะอนุญาตให้เกิดรอยขีดข่วนได้ไม่เกิน 1 จุดใน 1 แผ่นกระจกและมีระยะความยาวของรอยขีดข่วนได้ไม่เกิน 3 มิลลิเมตร ปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อลักษณะคุณภาพด้านค่าความโค้ง

กระจกคือปัจจัยอุณหภูมิอบ ปัจจัยความเร็วสายพานและอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยอุณหภูมิอบกับปัจจัยความเร็วสายพาน (Interaction AB) และสุดท้ายปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อลักษณะคุณภาพด้านการสะท้อนแสงคือปัจจัยเวลาในการเคลือบโครเมียม และเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ ลดของเสียในกระบวนการผลิตโครเมียมปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ด้านค่าความโค้งกระจก และการสะท้อนของแสงจะต้องกำหนดระดับปัจจัยดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การกำหนดระดับปัจจัยเพื่อให้ตรงตามวัตถุประสงค์งานวิจัย

สัญลักษณ์	ปัจจัย	ระดับของปัจจัย
A	อุณหภูมิอบ	690 °C
B	ความเร็วของสายพาน	15m/min
C	รูปแบบรถเข็น	มีร่อง
D	ระบบเครื่องฝนขอบ	พลาสติกกัน
E	กันฝุ่นบนสายพาน	แรงดันลม
F	เวลาเคลือบโครเมียม	8 วินาที

การศึกษากระบวนการผลิตกระจกโครเมียมสำหรับกระจกรถยนต์ ที่มีค่าความโค้งกระจก R1250±R150 ค่าการสะท้อนแสง 50±5% โดยใช้เครื่องขึ้นรูปกระจก Mirror Glass Convexing Machine เพื่อศึกษาปัจจัยและระดับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตกระจกโครเมียม และลักษณะคุณภาพด้านค่าความโค้งกระจก และค่าการสะท้อนแสง ด้วยวิธีการออกแบบการทดลองโดยใช้หลักการออกแบบการทดลอง และทำการทดลองโดยใช้สภาวะการปฏิบัติจริง

การกำหนดระดับปัจจัยในการทดลองเบื้องต้นนั้นจะกำหนดเพียง 2 ระดับปัจจัย เนื่องจากหากมีการกำหนดระดับปัจจัยหลายๆ ระดับในการทดลองจะเกิดความยุ่งยากและเสียค่าใช้จ่ายในการทดลองค่อนข้างสูง รวมทั้งเสียเวลามากในการเปลี่ยนระดับปัจจัย โดยเฉพาะการเปลี่ยนระดับปัจจัยของอุณหภูมิอบกระจก ทั้งนี้จะเห็นได้ว่า ผู้วิจัยไม่ได้นำปัจจัยอุณหภูมิอบ ปัจจัยความเร็วของสายพาน และอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยอุณหภูมิอบกับความเร็วของสายพาน มาทำการทดลองต่อในขั้น Classic DOE เนื่องจากมีความเห็นว่าผลการทดลองในเบื้องต้นโดยวิธีทากูชินั้น พบว่าค่าความโค้งของกระจก อยู่ในช่วงมาตราฐานที่ต้องการ อีกทั้งการเปลี่ยนระดับปัจจัยของอุณหภูมิอบ ส่งผลเสียต่อการดำเนินการทั้งค่าใช้จ่ายและเวลา ผู้วิจัยจึงพิจารณาไม่ทำการทดลองต่อในขั้น Classic DOE

5.2 ข้อเสนอแนะ

ผู้สนใจสามารถนำหลักการวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาอื่นๆ ในกระบวนการผลิตได้ เช่น การหาสภาวะเหมาะสมต่อการผลิต เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เข้าใกล้ค่าเป้าหมายโดยวิธีการทากูชิ ซึ่งเป็นแนวทางในการหาเครื่องมือเพื่อกรองปัจจัยและลดจำนวนการทดลองโดยใช้หลักการทากูชิ

เอกสารอ้างอิง

[1] สถาบันยานยนต์, 2554. “ความเคลื่อนไหวอุตสาหกรรมยานยนต์,” **วารสารอุตสาหกรรมยานยนต์.** 4,21 (เมษายน) : 12-14.

[2] D.C., Montgomery, 2005. **Design and Analysis of Experiments, 6th ed.** USA: John Wiley & Sons.

[3] ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และ พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์, 2551. **การออกแบบการทดลองและการวิเคราะห์การทดลอง.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท๊อป.

[4] ศุภชัย นาทะพันธ์, 2551. **การควบคุมคุณภาพ.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น.