

การลดข้อบกพร่องใน กระบวนการปรับแต่งสี ของโรงงานผลิตสีผง

อัจฉริยา วังวิเศษ* และ จิตรา ฐักิจการพานิช

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ ประเทศไทย 10330

E-mail: utchariya.w@gmail.com* , fieckp@eng.chula.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดข้อบกพร่องในกระบวนการปรับแต่งสีของโรงงานผลิตสีผง ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการย่อยๆ 5 กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการผสมวัตถุดิบ กระบวนการฉีด กระบวนการบด กระบวนการทำแผ่นสีตัวอย่าง และกระบวนการวัดค่าสี ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเริ่มต้นจากการวิเคราะห์แผนผังความบกพร่อง (Fault Tree Analysis: FTA) และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) ในการค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของข้อบกพร่องในกระบวนการปรับแต่งสี จากนั้นทำการประเมินค่าความเสี่ยงที่นำ (Risk Priority Number, RPN) ของแต่ละสาเหตุ พบว่ามีสาเหตุที่มีค่า RPN สูงจำนวน 22 สาเหตุ หลังจากนั้นได้พิจารณาเพื่อกำหนดมาตรการแก้ไข ในงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการฉีด นอกจากนี้ยังได้ปรับปรุงเพิ่มเติมในส่วนของการกำหนดวิธีการทำงานที่ถูกต้องและการฝึกอบรมสำหรับทุกกระบวนการย่อย การปรับปรุงฟอร์มสำหรับการตรวจสอบในกระบวนการผสมวัตถุดิบ การบำรุงรักษาเครื่องจักรประจำวันในกระบวนการผสมวัตถุดิบ และการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบ ซึ่งผลที่ได้รับพบว่าสาเหตุที่มีค่า RPN สูง ได้รับการแก้ไขและค่า RPN ลดลงจากเดิม 1174 คะแนน โดยเหลือ 424 คะแนน ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ลดลง เท่ากับ 63.88 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนข้อบกพร่องลดลงจากเดิม 24 เปอร์เซ็นต์

คำสืบค้น

การลดข้อบกพร่อง กระบวนการปรับแต่งสี สีผง การวิเคราะห์แผนผังความบกพร่อง การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

DEFECT REDUCTION FOR ADJUSTMENT COLOR PROCESS OF POWDER COATING PAINT

Utchariya Wangwiset* and Jittra Rukijkanpanich

Department of Industrial Engineering,
Faculty of Engineering, Chulalongkorn University,
Bangkok, Thailand 10330

E-mail: utchariya.w@gmail.com* , fieckp@eng.chula.ac.th

ABSTRACT

The objective of this research was to reduce defect in the adjustment color process of powder coating paint manufacturing. The adjustment color process included 5 sub processes. There were premixing, extruding, grinding, preparing of color panel and color measuring processes. The research started from using Fault Tree Analysis (FTA) and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) to find the root causes of defect in adjustment color process. Then evaluating the Risk Priority Number (RPN) of each cause was done. The high RPN causes, 22 causes, were selected for corrective and preventive actions. For the actions included design of experiment for optimize condition of extruding process, set up work instruction and training for all of processes improve check sheet for premixing process, maintain machine in premixing process and control quality of raw material. Finally, RPN reduced from 1,174 to 424 (63.88%) and promotion of defect reduced 24% .

KEYWORDS

defect reduction, color adjustment process, powder coating paint, FTA, FMEA

I. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งจากสภาวะดังกล่าวนี้ ผู้ผลิตจำเป็นต้องเร่งปรับตัว ทั้งการพัฒนาผลิตภัณฑ์และคุณภาพสินค้าเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน และสามารถตอบสนองความต้องการลูกค้า รวมทั้งการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิตให้ดีขึ้นด้วย

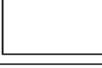
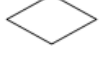
ในกระบวนการผลิตสิ่งซึ่งเป็นสิ่งที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น เพอร์นิเจอร์ เครื่องใช้ไฟฟ้า ชิ้นส่วนรถยนต์และรถจักรยานยนต์ ชิ้นส่วนเครื่องจักร เป็นต้น ก็ได้ประสบปัญหาเกิดข้อบกพร่องในกระบวนการปรับแต่งสี ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญเพราะเป็นกระบวนการแรกก่อนที่จะดำเนินการผลิตสีผองอย่างต่อเนื่องต่อไป กระบวนการปรับแต่งสีนี้ ประกอบด้วยกระบวนการย่อยๆ ได้แก่ กระบวนการผสมวัตถุดิบ กระบวนการฉีด กระบวนการบด กระบวนการทำแผ่นสีตัวอย่าง และกระบวนการวัดค่าสี ในแต่ละกระบวนการย่อยล้วนเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ประมาณ 93% เทียบต่อไปสิ่งผลิต ซึ่งแสดงให้เห็นว่าจะเกิดข้อบกพร่องเกือบทุกครั้งของการผลิต จึงส่งผลให้มีการแก้ไขงานเป็นจำนวนมากและนำไปสู่การเกิดเวลาสูญเสียในการผลิตประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ของเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตทั้งหมดอีกด้วย

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อลดข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการปรับแต่งสี โดยเริ่มต้นจากการวิเคราะห์แผนผังความบกพร่อง (Fault Tree Analysis: FTA) และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) เพื่อค้นหาสาเหตุที่แท้จริง และคัดเลือกปัญหาโดยใช้เกณฑ์พิจารณาจากค่าความเสี่ยงชั้นนำ (Risk Priority Number: RPN) ที่สูง เพื่อกำหนดมาตรการแก้ไข สำหรับเนื้อหาในบทความนี้ในหัวข้อที่ II จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ซึ่งประกอบด้วย เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุ อันได้แก่ FTA และ FMEA และการออกแบบการทดลองเพื่อใช้หาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการผลิต หัวข้อที่ III เป็นวิธีการดำเนินการวิจัย และผลการดำเนินการวิจัย และหัวข้อที่ IV เป็นสรุปและข้อเสนอแนะ

II. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การวิเคราะห์แผนผังความบกพร่อง

ตารางที่ 1
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการ
วิเคราะห์ FTA [2]

สัญลักษณ์	ชื่อ	ความหมาย
	And Gate: สาเหตุหลายสาเหตุ	เหตุการณ์จะเกิดขึ้นได้เนื่องจากสาเหตุของเหตุการณ์ย่อยทุกตัว
	Or Gate: สาเหตุใดสาเหตุหนึ่ง	เหตุการณ์จะเกิดขึ้นได้เนื่องจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งของสาเหตุย่อย
	Basic Event: เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยปกติ	เหตุการณ์ย่อยที่เกิดขึ้นได้ตามปกติ ซึ่งหมายถึงสาเหตุที่เห็นได้ชัดเจนโดยไม่ต้องทำการวิเคราะห์หาสาเหตุต่อไป
	Fault Tree Event: เหตุการณ์ย่อย	เหตุการณ์ย่อยที่ส่งผลให้เกิดเหตุการณ์ต่อเนื่องเป็นสาเหตุที่ต้องการการวิเคราะห์ต่อไป
	Undeveloped Event: เหตุการณ์ที่วิเคราะห์ต่อไปไม่ได้	เหตุการณ์ย่อยที่ไม่ต้องทำการวิเคราะห์หาสาเหตุต่อไป เนื่องจากไม่มีข้อมูลสนับสนุน
	External Event: เหตุการณ์ภายนอก	เหตุการณ์ภายนอกหรือปัจจัยภายนอกที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ต่างๆ

การวิเคราะห์แผนความบกพร่อง (Fault Tree Analysis) หรือ FTA เป็นการวิเคราะห์จากบนลงล่าง (Top Down Approach) เริ่มจากการนำเหตุการณ์ที่เป็นจุดบกพร่องสุดท้ายมาอยู่ในระดับบนสุด แล้วเชื่อมจุดบกพร่องที่เป็นสาเหตุของจุดบกพร่องสุดท้ายโดยใช้เกตุแสดงตรรกะ (Logic gate) ดังตารางที่ 1 ซึ่งสามารถขยายการวิเคราะห์หาสาเหตุไปได้เรื่อยๆ จนกระทั่งถึงสาเหตุพื้นฐานของจุดบกพร่อง ซึ่งเป็นจุดเด่นของ FTA ที่ทำให้แก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ดี [1]

2.2 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis) หรือ FMEA เป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์และจัดลำดับความสำคัญของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ จากการประเมินตัวเลขแสดงลำดับความเสี่ยงขึ้น (Risk Priority Number :RPN) โดยพิจารณาจากความรุนแรงของข้อบกพร่อง (Severity, S) โอกาสในการเกิดขึ้นของสาเหตุ (Occurrence, O) นั้น และการควบคุมสาเหตุที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน (Detection, D) และจัดลำดับค่า RPN เพื่อคัดเลือกว่า RPN สูง ซึ่งหมายถึงสาเหตุดังกล่าวทำให้เกิดข้อบกพร่องสูง มากำหนดมาตรการตอบโต้เพื่อดำเนินการปฏิบัติการ [3]

2.3 การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองเชิงสถิติ เป็นการวางแผนการทดลองเพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ ซึ่งทำให้ได้ข้อสรุปที่สมเหตุสมผลได้ วิธีการออกแบบการทดลองในเชิงสถิติเป็นสิ่งที่จำเป็น ถ้าต้องการหาข้อสรุปที่มีความหมายจากข้อมูลที่มีอยู่ และถ้ายังปัญหาที่สนใจนั้นเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ในการทดลอง วิธีการทางสถิติเป็นวิธีการเพียงอย่างเดียวเท่านั้นที่จะสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลองนั้นได้ ดังนั้นสิ่งสำคัญ 2 ประการสำหรับปัญหาที่เกี่ยวกับการทดลองคือ การออกแบบการทดลอง และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ ซึ่งศาสตร์ทั้งสองนี้มีความเกี่ยวข้องกันอย่างมาก ทั้งนี้เพราะว่าวิธีการวิเคราะห์เชิงสถิติที่เหมาะสมนั้นจะขึ้นกับการออกแบบการทดลองที่จะนำมาใช้ [4]

การออกแบบการทดลองเพื่อค้นหาสถานะที่เหมาะสมของกระบวนการ โดยพิจารณาจากระดับของปัจจัยที่ได้จากการออกแบบขึ้นมาเพื่อให้ตัวแปรตอบสนองเข้าใกล้จุดที่เหมาะสม ซึ่งหนึ่งในการทดลองนั้น คือ การออกแบบการทดลองแบบพื้นผิวตอบสนอง (Respond surface technique) ซึ่งเป็นการรวบรวมข้อมูลเชิงสถิติ และทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลอง และวิเคราะห์ปัญหา ซึ่งเทคนิคนี้มีวัตถุประสงค์หลักคือ การหาสถานะที่เหมาะสมจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยในกระบวนการ [5]

สำหรับในบทความนี้แนะนำการออกแบบแบบพื้นผิวตอบสนอง โดยวิธีบ็อกซ์-เบห์นเคน (Box-Benhken) มาใช้ในการออกแบบการทดลอง โดยปัจจัยที่ศึกษาแต่ละปัจจัยจะต้องมี 3 ระดับ ด้วยวิธีนี้จะทำให้สามารถได้ค่าที่เหมาะสมที่อาจจะเป็นค่าที่อยู่ระหว่างระดับก็ได้

III. วิธีการดำเนินการลดข้อบกพร่องและผลการดำเนินการ

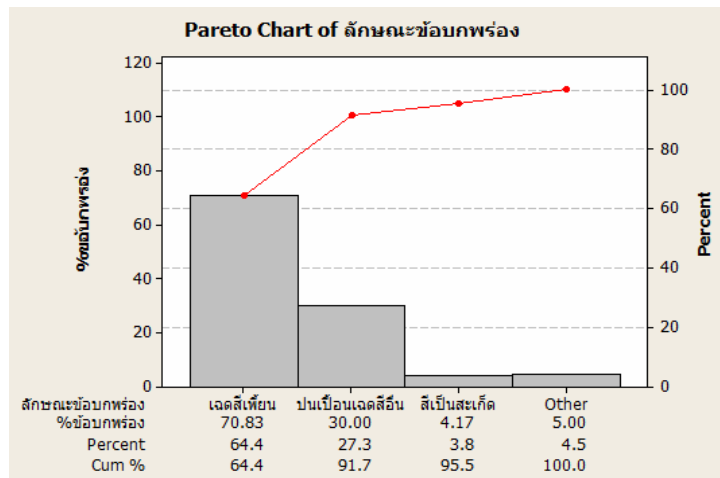
ในการดำเนินการวิจัยได้เริ่มต้นจากการใช้ FTA และ FMEA ในการค้นหาปัญหาข้อบกพร่องของการปรับแต่งสี จนได้สาเหตุที่แท้จริง แล้วจึงทำการคัดเลือกสาเหตุสำคัญที่มีค่า RPN สูงมาดำเนินการแก้ไข ซึ่งในการดำเนินการแก้ไขนั้นในบางกรณีได้ใช้การออกแบบการทดลอง การกำหนดวิธีการทำงาน การปรับปรุงแบบฟอร์มการบันทึก เป็นต้น รายละเอียดของวิธีการและผลการดำเนินการดังต่อไปนี้

3.1 การรวบรวมข้อมูลข้อบกพร่องในกระบวนการปรับแต่งสี

จากการรวบรวมข้อมูลข้อบกพร่องที่ต้องทำการแก้ไขคุณภาพงานโดยพิจารณาเทียบกับจำนวนใบสั่งผลิตโดยเฉลี่ยประมาณ 93 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถจำแนกประเภทของข้อบกพร่อง ดังรูปที่ 1

รูปที่ 1

พาเรโตแสดงประเภทของ
ข้อบกพร่องใน
กระบวนการปรับแต่งสี



จากรูปที่ 1 เมื่อพิจารณาจากแผนภาพพาเรโตโดยใช้กฎ 80-20 ในการตัดสินใจ ข้อบกพร่องที่สำคัญที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ เจดสีเพี้ยน และการปนเปื้อนเจดสีอื่น เพื่อนำมาใช้ในการพิจารณาวิเคราะห์ปัญหาต่อไปในขั้นตอนที่ 3.2

3.2 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องในกระบวนการปรับแต่งสี

ในขั้นตอนนี้ใช้การระดมสมองจากบุคคลากรของโรงงาน ได้แก่ หัวหน้าแผนกผลิต หัวหน้าแผนกควบคุมคุณภาพ หัวหน้ากระบวนการผลิต เจ้าหน้าที่งานวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ และเจ้าหน้าที่การปรับแต่งสี ซึ่งมีประสบการณ์ในกระบวนการปรับแต่งสีมากกว่า 3 ปี โดยกำหนดขอบเขตการวิเคราะห์กระบวนการปรับแต่งสี แบ่งเป็น 5 กระบวนการย่อย ได้แก่ กระบวนการผสมวัตถุดิบ กระบวนการฉีด กระบวนการบด กระบวนการทำแผ่นสีตัวอย่าง และกระบวนการวัดค่าสี โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 การวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงที่ส่งผลต่อข้อบกพร่อง

การวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ FTA และ FMEA เนื่องจากพิจารณาว่าปัญหาที่จะทำการแก้ไขมีความซับซ้อน มีสาเหตุที่หลากหลาย และแต่ละสาเหตุยังมีความสัมพันธ์กัน จึงนำ FTA มาใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา ซึ่งการทำ FTA เป็นการวิเคราะห์แบบปลายเปิด จึงทำให้หาสาเหตุได้เรื่อยๆ จนกระทั่งถึงสาเหตุที่แท้จริง (root cause) ซึ่งแสดงในสัญลักษณ์วงกลม (O) จึงจะสามารถทำการแก้ไขได้ตรงประเด็น (relevant) แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ FTA ของเจดสีเพี้ยน ซึ่งเป็นลักษณะข้อบกพร่องที่มีเปอร์เซ็นต์การเกิดข้อบกพร่องมากที่สุด ดังรูปที่ 2 แต่การวิเคราะห์ FTA อย่างเต็มรูปแบบทำได้ยาก เนื่องจากต้องใช้ประสบการณ์อย่างมาก ขณะที่ FMEA ทำได้ง่าย มีความยืดหยุ่น และทำให้ได้ข้อมูลที่มีประโยชน์หลายๆ ข้อโดยใช้โครงสร้างกระบวนการแก้ปัญหาอย่างมีรูปแบบ[1] ดังนั้นจึงเชื่อมโยงสาเหตุที่แท้จริงจากการวิเคราะห์ด้วย FTA นำไปวิเคราะห์ต่อโดยใช้ FMEA เพื่อช่วยระบุสาเหตุเพิ่มเติม ซึ่งแสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ FMEA ดังตารางที่ 2 โดยเป็นตัวอย่างการวิเคราะห์ในกระบวนการผสมวัตถุดิบ หลังจากนั้นจึงนำสาเหตุที่ได้จากการวิเคราะห์ไปประเมินค่าความเสี่ยงซึ่งนำซึ่งอธิบายตามข้อที่ 3.2.2

3.2.2 การประเมิน และจัดลำดับความสำคัญ

6 วารสารวิศวกรรมศาสตร์ : เล่ม 3 ฉบับที่ 2 : แนวปฏิบัติที่ดีทางวิศวกรรม : ISSN 1906-3636 : ตอปปับ มี.ค. 2554.

เพื่อให้ง่ายต่อการตัดสินใจในการลงคะแนนโดยอาศัยข้อมูลจากการประเมินโดยใช้ผู้ชำนาญการ [8] ในงานวิจัยนี้ได้ให้บุคลากรกลุ่มเดียวกันกับที่ทำการวิเคราะห์ห้ข้อบกพร่องเพื่อร่วมกันจัดตั้งเกณฑ์การประเมินค่า RPN และทำการประเมินความรุนแรงของข้อบกพร่อง โอกาสในการเกิดขึ้นของสาเหตุนั้น และการควบคุมสาเหตุที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน หลังจากนั้นทำการหาค่า RPN โดยนำค่า S O และ D มาคูณกัน [3] แสดงตัวอย่างผลการประเมิน RPN ของกระบวนการผสมวัตถุดิบในตารางที่ 2

ตารางที่ 2

ตัวอย่างการวิเคราะห์
ลักษณะข้อบกพร่องและ
ผลกระทบในกระบวนการ
ผสมวัตถุดิบ

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)											
Item: กายสมมติ			Process Responsibility: Core Team			FMEA Number: -			Page: 1 of 11		
Model Year(s) Program(s): -			Key Date: -			Prepared By: อธิษฐ์			FMEA Date (Orig. 6/7/2553)		
Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Classification Severity	Potential Cause(s) of Failure	Current Process			Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results Action Taken Completion Date
						Controls Prevention	Controls Detection	Occurrence			
การผสมวัตถุดิบ	ส่วนผสมต้อง ตามสูตร	ส่วนผสมไม่ ถูกต้องตามสูตร	สีเข้ม, สะเด็ด, 5	5	พลังงานความร้อน ค่อนข้างต่ำเกินไป วัตถุดิบ น้ำหนักที่บรรจุภัณฑ์ แตกต่างกันเล็กน้อย	ไม่มีการควบคุม	ไม่มีการควบคุม	2 ไม่มีการควบคุม	50		
						ไม่มีการควบคุม	ไม่มีการควบคุม	5 ไม่มีการควบคุม	125		

ตารางที่ 3

เกณฑ์การประเมินความ
รุนแรงของข้อบกพร่อง

ผล	ระดับความรุนแรงของข้อบกพร่อง	คะแนน
สูงมาก	มีผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์มาก ทำให้เกิดของเสีย ไม่สามารถนำกลับมาแก้ไขได้	5
สูง	มีผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์มาก สามารถนำกลับมาแก้ไขได้ และใช้ระยะเวลาในการแก้ไข	4
ปานกลาง	มีผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์มาก สามารถนำกลับมาแก้ไขได้ทันที ใช้ระยะเวลาไม่นานในการแก้ไข	3
ต่ำ	มีผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์เล็กน้อย สามารถยอมรับได้ โดยไม่ต้องทำการแก้ไข	2
ต่ำมาก	ไม่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์และประสิทธิภาพของกระบวนการ	1

ผล	โอกาสในการเกิดขึ้นของสาเหตุ	คะแนน
สูงมาก	เกิดขึ้นมากกว่า 50% ขึ้นไป ของใบสั่งผลิตทั้งหมด	5
สูง	เกิดขึ้น 31-50% ของใบสั่งผลิตทั้งหมด	4
ปานกลาง	เกิดขึ้น 11-30% ของใบสั่งผลิตทั้งหมด	3
ต่ำ	เกิดขึ้น 1-10% ของใบสั่งผลิตทั้งหมด	2
ต่ำมาก	เกิดขึ้นน้อยกว่า 1% ของใบสั่งผลิตทั้งหมด	1

ตารางที่ 4

เกณฑ์การประเมินโอกาส
ในการเกิดขึ้นของสาเหตุ

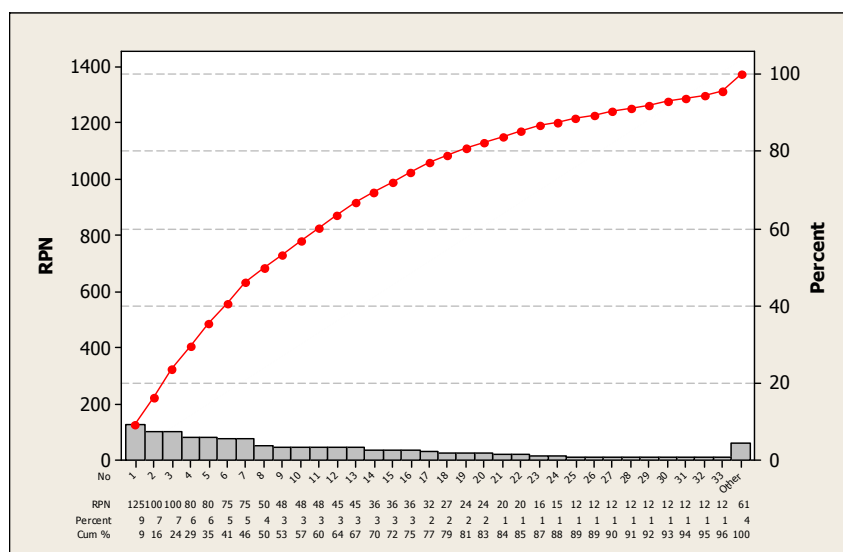
ผล	การควบคุมสาเหตุที่ใช้ในปัจจุบัน	คะแนน
สูงมาก	ไม่มีการควบคุมกระบวนการ ไม่สามารถตรวจพบความผิดปกติที่เกิดขึ้นได้	5
สูง	มีการควบคุมการตรวจติดตาม แต่ไม่สามารถตรวจพบความล้มเหลวที่จะเกิดขึ้นได้	4
ปานกลาง	พนักงานสามารถตรวจพบความล้มเหลวได้ ด้วยการใช้สายตา/สัมผัส หรือคุณสมบัติผ่าน ไม่ผ่าน	3
ต่ำ	ตรวจพบความล้มเหลวได้โดยอัตโนมัติและสามารถควบคุมไม่ให้อันตรายไปยังกระบวนการ ถัดไปอย่างอัตโนมัติ	2
ต่ำมาก	ทราบและป้องกันความล้มเหลวตั้งแต่กระบวนการออกแบบ หรือตั้งแต่ก่อนเริ่มกระบวนการ ทำงาน	1

ตารางที่ 5

เกณฑ์การประเมินการ
ควบคุมสาเหตุที่ใช้อยู่ใน
ปัจจุบัน

3.2.3 ผลการคัดเลือกสาเหตุและค่า RPN

หลังจากเมื่อทำการประเมินค่า RPN และทำการคัดเลือกสาเหตุที่ได้จากการวิเคราะห์ 40 สาเหตุ โดยใช้
พาเรโตดังรูปที่ 3 เพื่อนำมากำหนดมาตรการแก้ไข โดยนำคะแนน RPN ที่มากกว่า 20 คะแนนขึ้นไป ซึ่ง
มีด้วยกัน 22 สาเหตุ โดยมีผลรวมค่า RPN เท่ากับ 1,174 คะแนน ซึ่งคิดเป็น 84.82 เปอร์เซ็นต์ของ
คะแนน RPN ทั้งหมด ซึ่งแสดงสาเหตุที่ถูกคัดเลือกจำนวน 22 สาเหตุ เรียงตามลำดับจากมากไปน้อย
ดังตารางที่ 6 เพื่อนำมากำหนดมาตรการแก้ไขในหัวข้อที่ 3.3



รูปที่ 3

พาเรโตแสดงค่า RPN ของ
แต่ละสาเหตุ

ตารางที่ 6 (ก)

สาเหตุที่ถูกคัดเลือกเพื่อนำมากำหนดมาตรการแก้ไข

ลำดับที่	กระบวนการย่อย	สาเหตุ	RPN
1	การผสมวัตถุดิบ	น้ำหนักที่บรรจุภัณฑ์แตกต่างจากน้ำหนักจริง	125
2	การบด	พนักงานล้างเครื่องบดไม่สะอาด	100
3	การวัดค่าสี	ไม่มีการปรับปรุงข้อมูลแม่สี (pigment)	100
4	การวัดค่าสี	แม่สีเจดสีต่างกันมากในแต่ละล็อต	80
5	การบด	เครื่องจักรมีจุดอับเข้าถึงการทำความสะอาดยาก	80
6	การผสมวัตถุดิบ	ไม่ตรวจเช็คการเข้ากันของสีหลังผสม	75
7	การผสมวัตถุดิบ	Pigment ค้างขอบถังผสม	75
8	การผสมวัตถุดิบ	พนักงานขาดความรอบคอบในการเตรียมวัตถุดิบ	50
9	การฉีด	พนักงานไม่ปล่อยสีลงเครื่องฉีด	48
10	การวัดค่าสี	พนักงานความเข้าใจในหลักการสี	48
11	การฉีด	อุณหภูมิเครื่องฉีดไม่คงที่	48
12	การทำแผ่นสีตัวอย่าง	ล้างอุปกรณ์การทำแผ่นสีไม่สะอาด	45
13	การทำแผ่นสีตัวอย่าง	มีการปนเปื้อนในกระบวนการ	45
14	การฉีด	พนักงานล้างเครื่องฉีดไม่สะอาด	36
15	การวัดค่าสี	ใช้เครื่องวัดสีวัดสีเข้มๆไม่ได้	36
16	การบด	เจดสีหรือชนิดสีแตกต่างกันมากทำให้ล้างออกยาก	36
17	การวัดค่าสี	แม่สีปิดผิวไม่ดี	32
18	การทำแผ่นสีตัวอย่าง	ฟิล์มสีหนาไม่ได้ตามกำหนด	27

ตารางที่ 6 (ข)

สาเหตุที่ถูกคัดเลือกเพื่อนำมากำหนดมาตรการแก้ไข

ลำดับที่	กระบวนการย่อย	สาเหตุ	RPN
19	การผสมวัตถุดิบ	น้ำมันรั่วที่เครื่องผสม	24
20	การบด	น้ำค้างอยู่ในระบบท่อ	24
21	การบด	วิธีการล้างเครื่องจักรไม่เหมาะสม	20
22	การวัดค่าสี	เขียนสูตรปรับแต่งสีผิด	20

3.3 การดำเนินการแก้ไขข้อบกพร่อง

จากสาเหตุที่ถูกคัดเลือกจำนวน 22 สาเหตุ ดังตารางที่ 6 ในหัวข้อที่ 3.2.3 ได้นำมากำหนดมาตรการแก้ไขที่จะนำไปใช้ในการขจัดสาเหตุของปัญหาโดยการระดมความคิด และจัดประชุมกลุ่มร่วมกันเพื่อสรุปมาตรการแก้ไข ได้แก่ การออกแบบการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการฉีด การกำหนดวิธีการทำงานที่ถูกต้องและการฝึกอบรมสำหรับทุกกระบวนการย่อย การปรับปรุงแบบฟอร์มสำหรับการตรวจสอบในกระบวนการผสมวัตถุดิบ การบำรุงรักษาเครื่องจักรประจำวันในกระบวนการผสมวัตถุดิบ และการควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบ ซึ่งแสดงรายละเอียดดังนี้

3.3.1 การดำเนินการแก้ไขในกระบวนการผสมวัตถุดิบ

จากสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องที่ได้ทำการคัดเลือกตามหัวข้อที่ 3.2.3 เป็นสาเหตุที่เกิดขึ้นในกระบวนการผสมวัตถุดิบจำนวน 5 สาเหตุ ซึ่งได้ดำเนินการแก้ไขโดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 7

สาเหตุ	การดำเนินการแก้ไข
น้ำหนักรที่บรรจุภัณฑ์แตกต่างจากน้ำหนักจริง	- กำหนดการชั่งน้ำหนักวัตถุดิบตามสูตรทุกครั้ง
พนักงานขาดความรอบคอบในการเตรียมวัตถุดิบ	- ปรับปรุงแบบฟอร์มการผสม - กำหนดวิธีการทำงานให้ชัดเจนขึ้น
Pigment ค้างขอบถังผสม	- กำหนดให้ใส่ pigment ตรงกลางถังทุกครั้ง
น้ำมันรั่วที่เครื่องผสม	- กำหนดจุดตรวจสอบเครื่องจักรประจำวัน
ไม่ตรวจเช็คการเข้ากันของสีหลังผสม	- กำหนดวิธีการตรวจเช็ค - ชี้นำและอบรมพนักงาน

ตารางที่ 7

การดำเนินการแก้ไขใน
กระบวนการผสมวัตถุดิบ

จากตารางที่ 7 จากสาเหตุในกระบวนการผสมวัตถุดิบ ได้แก่ น้ำหนักรที่บรรจุภัณฑ์แตกต่างจากน้ำหนักจริง พนักงานขาดความรอบคอบในการเตรียมวัตถุดิบ pigment ค้างขอบถังผสม และการไม่ตรวจเช็คการเข้ากันของสีหลังผสม ได้มีการกำหนดเป็นมาตรฐานการทำงานที่ชัดเจนขึ้น เพื่อให้พนักงานสามารถปฏิบัติงานได้ถูกต้อง นอกจากนี้ยังทำการปรับปรุงแบบฟอร์มการผสมวัตถุดิบเพื่อให้สอดคล้องกับวิธีการทำงานที่ได้กำหนดขึ้นมาใหม่

สำหรับปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักร ได้แก่ น้ำมันรั่วที่เครื่องผสม ได้ดำเนินการแก้ไขโดยกำหนด จุดตรวจสอบเครื่องจักร และซ่อมบำรุงเครื่องจักรก่อนที่เครื่องจักรชำรุดโดยให้พนักงานควบคุมประจำเครื่อง เป็นผู้ดูแลและตรวจสอบประจำวัน

3.3.2 การดำเนินการแก้ไขในกระบวนการบด

จากสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องที่ได้ทำการคัดเลือกตามหัวข้อที่ 3.2.3 เป็นสาเหตุที่เกิดขึ้นในกระบวนการบด จำนวน 5 สาเหตุ ซึ่งได้ดำเนินการแก้ไขโดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 8

สาเหตุ	การดำเนินการแก้ไข
พนักงานล้างเครื่องบดไม่สะอาด	- ชี้นำและฝึกอบรมพนักงาน
เครื่องจักรมีจุดอับเข้าถึงการทำความสะอาดยาก	- ค้นหาจุดอับ และกำหนดวิธีการแก้ไขในแต่ละจุด
เจดสีหรือชนิดสีแตกต่างกันมากทำให้ล้างออกยาก	- จัดหาอุปกรณ์ เครื่องมือมาช่วยในการทำความสะอาด
น้ำค้างอยู่ในระบบท่อ	- ปรับปรุงระบบการไล่เสียงของท่อ
วิธีการล้างเครื่องจักรไม่เหมาะสม	- จัดหาอุปกรณ์ เครื่องมือมาช่วยในการทำความสะอาด

ตารางที่ 8

การดำเนินการแก้ไขใน
กระบวนการบด

จากตารางที่ 8 จากสาเหตุเครื่องจักรมีจุดอับเข้าถึงการทำความสะอาดยาก จากการรวบรวมข้อมูลพบว่า จุดที่พบปัญหาประกอบด้วย 3 จุด ได้แก่ วาล์ว ท่อทางเดินสีผง และไซโคลน จากนั้นดำเนินการแก้ไขปัญหานั้นในแต่ละจุด ได้แก่ การจัดหาอุปกรณ์ และเครื่องมือมาช่วยในการทำความสะอาด ได้แก่ แปรงขัด อุปกรณ์ช่วยในการกะเทาะสีเพื่อใช้ในการกะเทาะสีที่จับตัวเป็นก้อนแข็งออก และทรายขัด ซึ่งวิธีการดังกล่าวนี้ยังได้นำไปปรับปรุงสำหรับสาเหตุของเจดสีหรือชนิดสีแตกต่างกันมากทำให้ล้างออกยาก และวิธีการล้างเครื่องจักรไม่เหมาะสมด้วย ส่วนสาเหตุของน้ำค้างในระบบท่อ ซึ่งเกิดจากระบบ

ลำเลียงของท่อทำให้น้ำไหลไม่สะดวก ยังไม่ดำเนินการในงานวิจัยนี้เนื่องจากต้องมีการลงทุน และการหยุดการผลิต

3.3.3 การดำเนินการแก้ไขในกระบวนการทำแผ่นสีตัวอย่าง

จากสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องที่ได้ทำการคัดเลือกตามหัวข้อที่ 3.2.3 เป็นสาเหตุที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต จำนวน 3 สาเหตุ ซึ่งได้ดำเนินการแก้ไขโดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9

การดำเนินการแก้ไขใน
กระบวนการทำแผ่นสี
ตัวอย่าง

สาเหตุ	การดำเนินการแก้ไข
ล้างอุปกรณ์การทำแผ่นสีไม่สะอาด	- กำหนดความถี่ในการทำทำความสะอาดให้ชัดเจนขึ้น - ชี้แจงและฝึกอบรมพนักงาน
มีการปนเปื้อนในกระบวนการ	- กำหนดความถี่ในการทำทำความสะอาดให้ชัดเจนขึ้น - ชี้แจงและฝึกอบรมพนักงาน
ฟิล์มสีหนาไม่ได้ตามกำหนด	- อบรมและชี้แจงการควบคุมความหนาของฟิล์มสี - ประเมินประสิทธิภาพการวัดด้วยการวิเคราะห์ระบบการวัด

จากตารางที่ 9 จากสาเหตุการล้างอุปกรณ์ทำแผ่นสีไม่สะอาด และการปนเปื้อนในกระบวนการได้มีการกำหนดความถี่ในการทำทำความสะอาดทุกครั้งเมื่อมีการเปลี่ยนสีที่ใช้ในการทำแผ่นสีตัวอย่าง ส่วนปัญหาฟิล์มสีหนาไม่ได้ตามกำหนดได้ดำเนินการอบรมพนักงานเรื่องการเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง และวิธีการตรวจวัดความหนาของฟิล์มสี และหลังจากนั้นได้นำการวิเคราะห์ระบบการวัดเข้ามาใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบการวัดโดยรวม และพนักงาน เพื่อสร้างความเชื่อมั่นในระบบการวัดก่อนที่จะส่งมอบแผ่นสีตัวอย่างให้แผนกผลิตเพื่อทำการวัดค่าสี โดยจากผลการวิเคราะห์ระบบการวัด พบว่า ระบบการวัดอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ มีความสามารถในการแยกแยะความแตกต่างของข้อมูล และพนักงานวัดสามารถทำการวัดได้ไม่แตกต่างกัน

3.3.4 การดำเนินการแก้ไขในกระบวนการวัดค่าสี

จากสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องที่ได้ทำการคัดเลือกตามหัวข้อที่ 3.2.3 เป็นสาเหตุที่เกิดขึ้นในกระบวนการวัดค่าสี จำนวน 6 สาเหตุ ซึ่งได้ดำเนินการแก้ไขโดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 10

ในตารางที่ 10 จากสาเหตุพนักงานขาดความเข้าใจในหลักการสี การเขียนสูตรปรับแต่งสีผิด การใช้เครื่องวัดสีเข้ม ๆ ไม่ได้ จึงได้มีการกำหนดวิธีการทำงาน ได้แก่ ขั้นตอนการวัดค่าสี และการปรับแต่งสีด้วยเครื่องวัดสี และการกำหนดการดำเนินการเมื่อพบข้อบกพร่องในการปรับแต่งสี กรณีที่พนักงานปรับแต่งสีไม่สามารถปรับแต่งสีได้ภายใน 3 ครั้งให้แจ้งหัวหน้างานทันที ส่วนปัญหาแม่สีปิดผิวไม่ดีโดยมุ่งเน้นปัญหาที่การควบคุมความหนาไม่ได้ตามที่กำหนดก่อนที่จะส่งมาทำการวัดสี ซึ่งได้ดำเนินการเช่นเดียวกับการแก้ปัญหาฟิล์มสีหนาไม่ได้ตามกำหนดในกระบวนการทำแผ่นสีตัวอย่างดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

สาเหตุ	การดำเนินการแก้ไข
ไม่มีการปรับปรุงข้อมูลแม่สี (pigment)	- ทำการปรับปรุงข้อมูลโดยเพิ่มเติมข้อมูลเข้าไปในระบบฐานข้อมูล - จัดทำรายการข้อมูลแม่สีที่สามารถใช้ทดแทนกันได้ระหว่างการรอการอัปเดตข้อมูลแม่สี
แม่สีเจดสีต่างกันมากในแต่ละล็อต	- กำหนดเกณฑ์การควบคุมใหม่โดยลดช่วงกว้างของการควบคุมจาก ± 5 เป็น ± 1
พนักงานความเข้าใจในหลักการสี	- จัดทำคู่มือการวัดและปรับแต่งสีด้วยเครื่องวัดสี - กำหนดให้พนักงานทำการวัดและปรับค่าสีด้วยเครื่องวัดสีทุกครั้ง กรณีพบปัญหาไม่สามารถปรับสีได้ภายใน 3 ครั้งให้แจ้งหัวหน้างานทราบ
เขียนสูตรปรับแต่งสีผิด	- จัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณสูตรการปรับแต่งสี
ใช้เครื่องวัดสีวัดสีเข้มๆไม่ได้	- จัดซื้อเครื่องวัดสีที่สามารถวัดสีเข้มๆ ได้ - จัดทำคู่มือการวัดและปรับแต่งสีด้วยเครื่องวัดสี
แม่สีปิดผิวไม่ดี	- อบรมและชี้แจงการควบคุมความหนาของฟิล์มสี - ประเมินประสิทธิภาพการวัดด้วยการวิเคราะห์ระบบการวัด

ตารางที่ 10

การดำเนินการแก้ไขใน
กระบวนการวัดค่าสี

3.3.6 การดำเนินการแก้ไขในกระบวนการฉีด

จากสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องที่ได้ทำการคัดเลือกตามหัวข้อที่ 3.2.3 เป็นสาเหตุที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีด จำนวน 3 สาเหตุ ซึ่งได้ดำเนินการแก้ไขโดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 11

สาเหตุ	การดำเนินการแก้ไข
พนักงานไม่ปล่อยสีลงเครื่องฉีด	- ชี้แจงและฝึกอบรมพนักงาน
อุณหภูมิเครื่องฉีดไม่คงที่	- หาสภาวะที่เหมาะสมโดยการออกแบบการทดลอง
พนักงานล้างเครื่องฉีดไม่สะอาด	- ชี้แจงและฝึกอบรมพนักงาน

ตารางที่ 11

การดำเนินการแก้ไขใน
กระบวนการฉีด

จากตารางที่ 11 สาเหตุที่สำคัญในกระบวนการฉีดได้แก่อุณหภูมิเครื่องฉีดไม่คงที่ส่งผลให้เกิดปัญหาเจดสีเพี้ยน โดยได้นำการออกแบบการทดลองแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน (Box-Behnken) เพื่อทดลองหาสภาวะควบคุมที่เหมาะสมของกระบวนการฉีด ทั้งนี้ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องฉีดได้แก่ อุณหภูมิของบาเรล และยังเกิดจากอัตราการเขื่อนที่สูงจากปัจจัยความเร็วรอบของสกรูซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิภายในบาเรลสูงขึ้น ทั้งนี้การปรับตั้งความเร็วรอบของ สกรูจะต้องสอดคล้องกับอัตราการป้อนของวัตถุดิบ [9] ดังนั้นจึงได้ดำเนินการแก้ไขโดยใช้การออกแบบการทดลองโดยมีปัจจัยที่ทำการศึกษาคือ 3 ปัจจัย ได้แก่ ความเร็วรอบของสกรู อัตราการป้อนวัตถุดิบเข้าเครื่องฉีด อุณหภูมิของบาเรล ซึ่งกำหนดระดับปัจจัยของปัจจัยที่จะทำการทดลองจากช่วงสภาวะการควบคุมที่ใช้อยู่ในปัจจุบันซึ่งสามารถสรุปปัจจัย และระดับของปัจจัยที่จะใช้ในการทดลองดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12

ปัจจัยและระดับปัจจัยที่
ใช้ในการทดลอง

ปัจจัยที่ทำการศึกษา	สัญลักษณ์	หน่วย	ระดับต่ำ (-1)	ระดับกลาง (0)	ระดับสูง (+1)
ความเร็วรอบของสกรู	A	RPM	300	400	500
อัตราการป้อนวัตถุดิบเข้าเครื่องฉีด	B	RPM	20	25	30
อุณหภูมิของบารเล	C	°C	80	90	100

สำหรับงานวิจัยนี้ทำการออกแบบการทดลองแบบพื้นผิวตอบสนอง โดยวิธี Box-Benhken โดยมีตัวแปรตอบสนอง คือ ค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน โดยทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม minitab version 15 โดยจากการวิเคราะห์ผลการทดลอง ได้แก่ ค่าความมีนัยสำคัญของการถดถอยของสมการ (Regression) ซึ่งจะบอกให้ทราบว่าอย่างน้อยที่สุดตัวแปรถดถอยหนึ่งตัวจะมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อสมการถดถอย[10] ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-Square, R-square (Adj)) ซึ่งใช้บอกเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามที่สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแปรอิสระในสมการถดถอย[11] และ ค่าความมีนัยสำคัญของ Lack-of-Fit เพื่อพิจารณาว่าตัวแปรในสมการมีความเพียงพอ[12] และการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Adequacy Checking) ซึ่งต้องเป็นไปตามหลักการ $\varepsilon \sim NID(0, \sigma^2)$ คือ Residuals มีการแจกแจงแบบปกติและเป็นอิสระด้วยค่าเฉลี่ยใกล้เคียง 0 และ σ^2 มีค่าคงตัว จึงจะทำให้ข้อมูลจากการทดลองมีความถูกต้องและเชื่อถือได้ [4] ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลการทดลองดังกล่าว สรุปได้ว่ารูปแบบของสมการถดถอยที่ใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตอบสนองมีความเหมาะสม และข้อมูลจากการทดลองมีความถูกต้องและเชื่อถือได้ โดยจากการวิเคราะห์ผลการทดลองจะได้สมการถดถอยที่ใช้ในการทำนายสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการ ดังนี้

$$Y = 0.18 - 0.02A - 0.03B - 0.78333C + 0.057917A^2 + 0.162917B^2 + 0.02125C^2 + 0.0775AB + 0.000833AC + 0.1425BC \quad (1)$$

เมื่อ Y = ค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน

A = ความเร็วรอบของสกรู

B = ความเร็วรอบของการป้อนวัตถุดิบเข้าเครื่องฉีด

C = อุณหภูมิของบารเล

การหาสภาวะที่เหมาะสมของปัจจัยทั้ง 3 ได้แก่ ความเร็วรอบของสกรู อัตราการป้อนของวัตถุดิบเข้าเครื่องฉีด และอุณหภูมิของบารเล โดยจากการใช้โปรแกรม minitab version 15 ในการคำนวณหาสภาวะที่เหมาะสมโดยอาศัยสมการที่ (1) เพื่อที่ ทำให้ตัวแปรตอบสนอง คือ ค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานอยู่ในระดับต่ำที่สุด ซึ่งสามารถสรุป ดังนี้

ความเร็วรอบของสกรู 377 RPM

อัตราการป้อนของวัตถุดิบเข้าเครื่องฉีด 28 RPM

อุณหภูมิของบารเล 80 °C

ผลที่ได้รับหลังการปรับปรุงสภาวะควบคุมในกระบวนการฉีด พบว่า ค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานก่อนการปรับปรุง เท่ากับ 0.45 ± 0.22 และหลังการปรับปรุง เท่ากับ 0.27 ± 0.13 แสดงให้เห็น

ว่า สภาวะหลังจากการปรับปรุงนั้นให้ค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานมีค่าแตกต่างกันน้อยลง ซึ่งแสดงถึงผลที่ได้จากการปรับปรุงที่ดีขึ้น

หลังจากการดำเนินการปรับปรุงในทุกกระบวนการได้มีการชี้แจง และอบรมวิธีการทำงานที่ถูกต้องให้พนักงานทราบโดยกำหนดให้หัวหน้างานเป็นผู้รับผิดชอบในการดำเนินการ ทั้งนี้เพื่อให้พนักงานสามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง และเข้าใจตรงกัน

IV. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในกระบวนการผลิตสีผงของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งประสบปัญหาการเกิดข้อบกพร่องจากการปรับแต่งสีหลายครั้งในกระบวนการปรับแต่งสีซึ่งเป็นกระบวนการเพื่อให้ได้สีผงที่มีคุณภาพก่อนที่จะเริ่มดำเนินการผลิตสีผงอย่างต่อเนื่องต่อไป ทั้งนี้ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการปรับแต่งสีหลายครั้งทำให้สูญเสียต้นทุนการผลิตจากของเสียที่เกิดขึ้น และยังมีส่งผลถึงความล่าช้าในกระบวนการผลิตอีกด้วย

ทั้งนี้จากสัดส่วนข้อบกพร่องที่พบในกระบวนการปรับแต่งสีประมาณ 93 เปอร์เซ็นต์เทียบกับจำนวนใบสั่งผลิต ซึ่งแสดงให้เห็นว่าทุกๆ ใบสั่งผลิต จะต้องมีการแก้ไขงานเกือบทุกครั้ง

จากสัดส่วนข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการปรับแต่งสีที่สูงนี้ ทางโรงงานตัวอย่างจึงได้ให้ความสำคัญในการที่จะลดข้อบกพร่องให้น้อยลง ซึ่งในการดำเนินการเริ่มต้นจากการจัดตั้งทีมงาน ซึ่งประกอบด้วยบุคคลากรในโรงงานซึ่งเป็นผู้ทำงาน และมีประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการปรับแต่งสี และกำหนดขอบเขตการวิเคราะห์กระบวนการ โดยในกระบวนการปรับแต่งสี จะประกอบด้วยกระบวนการ 5 กระบวนการย่อย ได้แก่ กระบวนการผสมวัตถุดิบ กระบวนการชั่งตวง กระบวนการบด กระบวนการทำแผ่นสี ตัวอย่าง และกระบวนการวัดค่าสี จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์เพื่อค้นหาสาเหตุที่แท้จริงโดยใช้การวิเคราะห์แผนภูมิความบกพร่อง (FTA) และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) หลังจากได้สาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องแล้ว จากนั้นจึงทำการประเมินค่าความเสี่ยงขึ้น (RPN) โดยอาศัยผู้ชำนาญที่มีประสบการณ์ในกระบวนการปรับแต่งสี และทำการคัดเลือกค่า RPN สูง เพื่อนำมากำหนดมาตรการแก้ไข ผลจากการคัดเลือกจะได้สาเหตุที่ต้องนำมาดำเนินการแก้ไขจำนวน 22 สาเหตุ ซึ่งพบว่าสาเหตุที่คัดเลือกมานั้นมาจากทุก ๆ กระบวนการย่อยของกระบวนการปรับแต่งสี

ในการดำเนินการแก้ไข สามารถแบ่งได้การดำเนินการแก้ไขหลัก ได้แก่

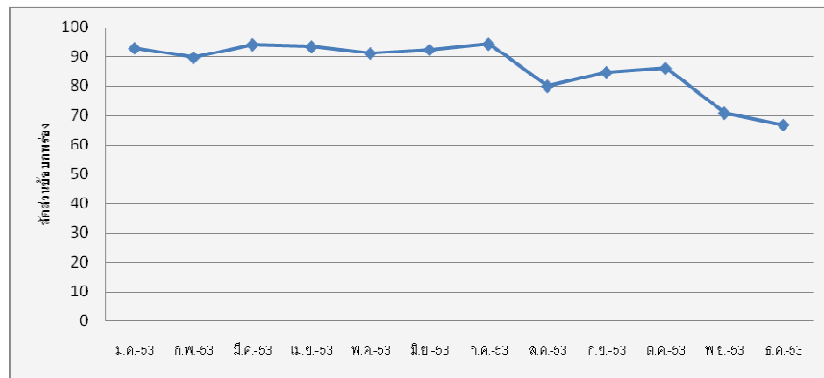
- การกำหนดวิธีการทำงานที่ถูกต้อง สำหรับการทำงานที่ยังไม่มีมาตรฐานหรือมาตรฐานการทำงานไม่ชัดเจน เพื่อแก้ไขจุดบกพร่องของการทำงานที่เกิดขึ้นในกระบวนการ เช่น ในกระบวนการการผสมวัตถุดิบ ได้แก่ การกำหนดวิธีการชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ การกำหนดวิธีการตรวจสอบการเข้ากันของสีหลังผสม เป็นต้น รวมทั้งการปรับปรุงแบบฟอร์มการผสมวัตถุดิบ เพื่อใช้ในการตรวจสอบให้สอดคล้องกับวิธีการทำงานที่ได้กำหนดขึ้นมาใหม่ด้วย
- การบำรุงรักษาเครื่องจักรประจำวัน โดยการกำหนดจุดตรวจสอบ และซ่อมบำรุงเครื่องจักรก่อนที่จะเครื่องจักรชำรุดโดยพนักงานควบคุมประจำเครื่องเป็นผู้ดูแลและตรวจสอบ เพื่อให้พนักงานมีการสังเกตความผิดปกติของเครื่องจักรก่อนที่จะพบปัญหาเครื่องจักรที่ส่งผลกระทบต่อความเสียหายของผลิตภัณฑ์
- การปรับปรุงมาตรฐานเกณฑ์การยอมรับคุณภาพของวัตถุดิบ ได้แก่ แม่สี (pigment) โดยกำหนดเกณฑ์การยอมรับคุณภาพของแม่สีใหม่ร่วมกับผู้จำหน่ายสินค้าโดยกำหนดค่าความแข็งแรงของแม่สีแต่ละล็อต ให้อยู่ในช่วงการควบคุมคุณภาพที่แคบขึ้น คือ จากช่วงของการควบคุมที่ ± 5 เป็น ± 1

- การออกแบบการทดลอง เพื่อกำหนดค่าควบคุมสภาวะของเครื่องฉีดที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลที่ได้รับจากการทดลอง คือ ได้สภาวะการควบคุมของเครื่องฉีดที่เหมาะสมต่อการควบคุมคุณภาพของเจดสี คือ ระดับของเจดสีแตกต่างจากสีมาตรฐานน้อยลงกว่าสภาวะเดิม

หลังจากได้กำหนดมาตรฐานการทำงานทั้งหมดแล้ว จึงดำเนินการจัดการฝึกอบรมพนักงานเพื่อให้สามารถปฏิบัติงานได้ถูกต้อง และเข้าใจตรงกัน

รูปที่ 4

สัดส่วนข้อบกพร่องเทียบ
ต่อใบสั่งผลิตใน
กระบวนการปรับแต่งสี
ตั้งแต่เดือนมกราคม 2553
ถึงเดือนธันวาคม 2553

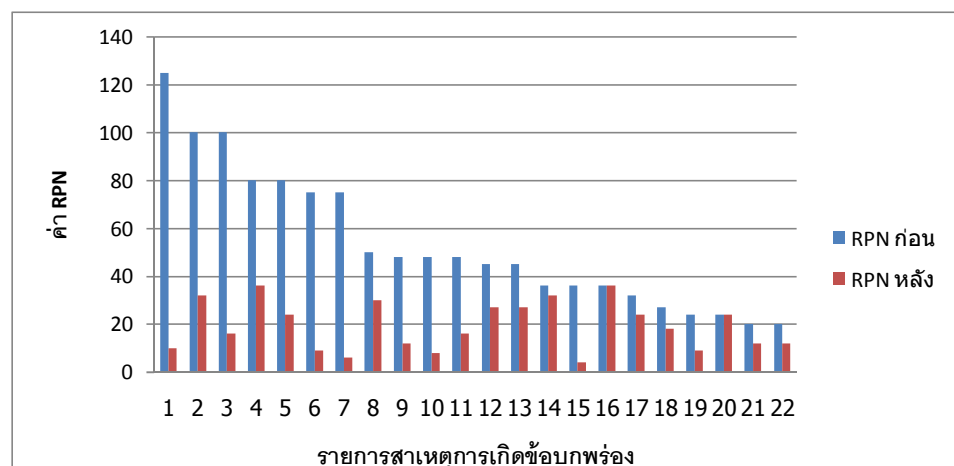


จากรูปที่ 4 ผลการดำเนินลดข้อบกพร่องในกระบวนการปรับแต่งสี เมื่อเปรียบเทียบผลก่อนการปรับปรุงตั้งแต่เดือนมกราคม 2553 ถึง เดือนมิถุนายน 2553 โดยมีสัดส่วนข้อบกพร่องโดยเฉลี่ยเทียบต่อใบสั่งผลิต ประมาณ 93 เปอร์เซ็นต์ ระหว่างการปรับปรุงตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2553 ถึงเดือนตุลาคม 2553 พบว่าสัดส่วนข้อบกพร่องโดยเฉลี่ยเทียบต่อใบสั่งผลิต ลดลงเหลือประมาณ 86 เปอร์เซ็นต์ และหลังการปรับปรุงตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2553 ถึงเดือนธันวาคม 2553 สัดส่วนข้อบกพร่องลดลงเหลือประมาณ 69 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงส่งผลให้สัดส่วนข้อบกพร่องลดลงประมาณ 24 เปอร์เซ็นต์

หลังจากนั้นได้ทำการประเมินค่าความเสี่ยงขึ้นหลังการดำเนินการแก้ไขอีกครั้ง ผลจากการประเมินค่าความเสี่ยงขึ้นหลังการดำเนินการ พบว่า ค่าความเสี่ยงขึ้นมีค่าลดลงจากก่อนการปรับปรุง 1,174 คะแนน โดยเหลือ 424 คะแนน หลังจากการปรับปรุง ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ลดลง เท่ากับ 63.88 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังรูปที่ 5

รูปที่ 5

เปรียบเทียบคะแนน RPN
ก่อนและหลังการปรับปรุง
จากสาเหตุที่ถูกคัดเลือก
มาดำเนินการแก้ไขตาม
ตารางที่ 6



บรรณานุกรม

- [1] J. Ernest Henley, Hiromitsu Kumamoto, *Probabilistic Risk Assessment*, USA : IEEE Press, 1992.
- [2] ปรีวัตร เชื้อนแก้ว สิริกร บุญฟู อรรถกร คุณพันธ์ และสุพรรณ นาคะปรีชา. *เทคนิคการวิเคราะห์ต้นไม้แห่งความล้มเหลว (Fault Tree Analysis)* เอกสารประกอบกระบวนวิชา สัมมนาทางการวิจัยและสถิตการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2549.
- [3] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. *FMEA การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ*. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 2551.
- [4] D.C. Montgomery. *Design and Analysis of Experiment*, USA: John Wiley & Sons, 2005.
- [5] A. Anees, Karnachi, A. Mansoor Khan, "Box-behnken design for the optimization of formulation variable of indomethacin coprecipitates with polymer mixtures," *International Journal of pharmaceutics*, vol.131, pp. 9-17, 1996.
- [6] นิพนธ์ ขวณะปราณี. *การประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA และ FTA ในงานการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์สายไฟฟ้า*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.
- [7] D.H. Stamatis. *Failure Mode and Effect Analysis : FMEA from Theory to Execution*, Milwaukee ASQC: Quality Press, 1995.
- [8] ธาตุดา อมรเพชรกุล. *การพัฒนากระบวนการบริหารความเสี่ยงในส่วนการผลิต สำนักบริหารแผนและการคลัง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.
- [9] T.A. Misev. *Powder coating Chemistry and Technology*. USA: John Wiley & Sons, 1990.
- [10] ณรัตน์ ศิริสันติสัมฤทธิ์, ศุภชัย พันธ์วิวัฒน์, ชุศักดิ์ พรสิงห์ และอาณัติ วัฒนสังสุทธิ. *การสร้างตัวแบบทางสถิติเพื่อพัฒนาระบบการเชื่อมแบบจุด*. ใน *รายงานการประชุมวิชาการช่วยงานวิศวกรรมอุตสาหการ*, หน้า 625-632. 24-26 ตุลาคม 2550 ณ โรงแรม Royal Phuket City จังหวัดภูเก็ต, 2550.
- [11] ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และพงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์. *สถิติวิศวกรรม*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท็อป, 2549.
- [12] วีรเทพ เฉลิมสมิทธิชัย. *การศึกษาปริมาณธาตุที่เหมาะสมในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็กดิบโดยวิธีการออกแบบการทดลอง*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการบัณฑิตวิทยาลัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550.