

## บทที่ 8

### บทสรุป และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการพ่นสีตามแนวทางของซิกซ์ ซิกมา เพื่อลดจำนวนข้อบกพร่องเฉลี่ยต่อรถ 1 คัน และลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมข้อบกพร่อง โดยมีเป้าหมายในการลดอยู่ที่ 40% ของทั้งจำนวนข้อบกพร่องเฉลี่ยต่อรถ 1 คัน และค่าใช้จ่ายในการซ่อมข้อบกพร่อง ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนการดำเนินงาน 5 ขั้นตอนคือ ระยะเวลา नियามปัญหา ระยะเวลาวัดและเก็บข้อมูล สภาพปัญหา ระยะเวลาวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ระยะเวลาปรับปรุงแก้ไข และระยะเวลาทดสอบยืนยันผล และตรวจติดตามควบคุม โดยบทสรุปของการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

#### 8.1 สรุประยะ नियามปัญหา

ในระยะ नियามปัญหานี้ ได้ทำการจัดตั้งคณะทำงาน แล้วศึกษากระบวนการพ่นสี รวมถึงการเก็บรวบรวมข้อมูลของจำนวนและค่าใช้จ่ายในการซ่อมข้อบกพร่องชนิดต่าง ๆ จากนั้นจึงได้กำหนดและ नियามปัญหาที่มีเป้าหมายที่จะทำการลดทั้งจำนวนข้อบกพร่องเฉลี่ยต่อรถ 1 คันในกระบวนการพ่นสีรถยนต์เพื่อการพาณิชย์ (TFR) 80% แรกคือ เส้นใย เม็ดผง สีเป็นคราบ เม็ดพื้น และสีเป็นหลุม และทำการลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมเฉลี่ยต่อรถ 1 คัน 80% แรกของข้อบกพร่องที่ทำให้เกิดการวนรถออกจากสายการตรวจสอบเนื่องจากข้อบกพร่องนั้นไม่สามารถจะซ่อมได้โดยการขัดยาภายในสายการตรวจสอบ ทำให้ต้องใช้วิธีการซ่อมด้วยสีแห้งซ้ำทั้งแบบซ่อมเฉพาะจุด (Dot Repair) และแบบซ่อมขนาดใหญ่ (Spot Repair) ที่จุดซ่อมสีอบแห้งซ้ำ และไปซ่อมโดยการขัดซ่อมทั้งคันเพื่อพ่นสีใหม่ (Repaint) ที่จุดขัดซ่อมทั้งคัน นั่นคือ เส้นใย สีเป็นคราบ สีเป็นรอยขีด เม็ดผง และสีไหล ซึ่งข้อบกพร่องทั้งห้านี้ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการซ่อมช่วงเดือน มกราคม ถึง มิถุนายน พ.ศ. 2552 เท่ากับ 2,080,445 บาท หรือคิดเป็นเฉลี่ยต่อเดือนคือ 346,740 บาทต่อเดือน (คิดค่าใช้จ่ายที่ยอดการผลิตของเดือนมกราคม 2552 ถึง มิถุนายน 2552 รวมระยะเวลา 6 เดือน เท่ากับ 34,447 คัน) โดยมีเป้าหมายในการลดกรณีที่ไม่ต้องลงทุนสูง และสามารถทำได้ภายในระยะเวลาในการทำงานวิจัยนี้อยู่ที่ 40% ของทั้งจำนวนข้อบกพร่องเฉลี่ยต่อรถ 1 คัน และค่าใช้จ่ายในการซ่อมข้อบกพร่องเฉลี่ยต่อรถ 1 คัน

#### 8.1 สรุประยะการวัดและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหา

ระยะการวัดและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหา เริ่มจากการวิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัด โดยทำการวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Agreement Analysis) หลังจากการวิเคราะห์พนักงานตรวจสอบทั้ง 8 คนที่ทำการตรวจสอบตัวถังรถยนต์ 3 คันซ้ำ 2 ครั้ง ที่มีจุดตรวจสอบบนรถทั้ง 3 คันอยู่ 38 จุดตรวจสอบ พบว่าพนักงานทั้ง 8 คนผ่านเกณฑ์การตรวจสอบในหัวข้อ % ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานตรวจสอบ (% appraiser score) % ความไม่ bias ของ

พนักงานตรวจสอบ (% attribute score) % ประสิทธิภาพด้านความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ (% screen effective score) และ % ประสิทธิภาพด้านไบอัสของการตรวจสอบ (% attribute screen effective score) ทั้งหมดคือได้คะแนนมากกว่าเกณฑ์ยอมรับที่กำหนดไว้คือ 85%

จากนั้นจึงทำการประเมินความสามารถของกระบวนการซึ่งได้ข้อสรุปว่ากระบวนการในปัจจุบันที่ได้ทำการตรวจสอบปรดทั้งหมด 364 คัน พบข้อบกพร่อง 135 ข้อบกพร่อง ดังนั้นได้จำนวนข้อบกพร่องเฉลี่ยต่อรถ 1 คันเท่ากับ 0.37 ข้อบกพร่อง และคำนวณค่าใช้จ่ายในการซ่อมข้อบกพร่องโดยเฉลี่ยต่อรถ 1 คันคือ 88 บาท

การระดมสมองเพื่อหาสาเหตุที่เป็นไปได้นั้นเริ่มจากการใช้แผนภาพสาเหตุและผล หรือแผนภาพก้างปลา (Fish Bone Diagram) มาเพื่อสรุปหาสาเหตุทั้งหมดที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง แล้วทำการให้คะแนนและความสำคัญในการวิเคราะห์ปัญหาจากตารางแสดงความสัมพันธ์สาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) พบว่าหลังการให้คะแนนเหลือสาเหตุที่มีความเป็นไปได้สูงที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องอยู่ 10 สาเหตุที่มีคะแนนรวมมากกว่า 100 คะแนน และมีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดจากปัจจัยอื่นที่เหลือ จึงได้นำปัจจัยที่เหลือไปวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis) ซึ่งหลังจากการให้คะแนน RPN ตามเกณฑ์ที่กำหนดแล้วได้ปัจจัยที่มีค่า RPN สูงอยู่ 7 ปัจจัยคือ อุณหภูมิ วิธีในการเชื่อมต่อ วิธีในการเป่าลมรด คราบสกปรกบนตัวคน ความเร็วลม ความชื้น และความสะอาดของข้อต่อโรบอท

### 8.3 สรุประยะการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา

ในระยะการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาเริ่มจากการเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัยที่มีต่อตัวแปรตอบสนองคือจำนวนข้อบกพร่องเฉลี่ย ซึ่งรูปแบบที่เลือกคือ การออกแบบการทดลอง (Design Of Experiment, DOE)

หลังจากวิเคราะห์แล้วสรุปได้ว่าเลือกวิธีการออกแบบการทดลอง ซึ่งมีขนาดสิ่งตัวอย่างเท่ากับ 3,200 คัน การออกแบบการทดลองสามารถสรุปปัจจัยหลักที่มีนัยสำคัญต่อการเกิดข้อบกพร่อง และผลของอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยแต่ละปัจจัยได้ ทางผู้วิจัยจึงได้เลือกที่จะทำการทดสอบโดยวิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ  $2^k$  ที่มีปัจจัย 7 ปัจจัยแบบไม่มีจุดศูนย์กลาง โดยสาเหตุที่ไม่ได้กำหนดจุดศูนย์กลางเนื่องจากว่าในขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาความมีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนองเท่านั้นจึงได้เลือกกำหนดแค่ระดับต่ำ (-1) และระดับสูง (+1) ซึ่งในการออกแบบการทดลองใช้จำนวนการทดลอง (run) ทั้งหมด 16 การทดลอง

จากนั้นเมื่อได้ผลการทดลองแล้ว ก่อนนำมาวิเคราะห์ต้องมีการแปลงค่าของตัวแปรตอบสนองให้เป็นไปตามสมมติฐานเรื่องความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนของการออกแบบการทดลองโดยใช้วิธี

ของ Freeman และ Turkey แล้วจึงนำข้อมูลไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab ซึ่งผลการวิเคราะห์นั้น ข้อมูลที่ได้รับการแปลงแล้วมีการแจกแจงแบบปกติ ดังนั้นจึงสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์ผลได้ ซึ่งผลที่ได้พบว่าที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 นั้นปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญเพื่อนำไปปรับปรุงหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมคือปัจจัย A อุณหภูมิ ปัจจัย B ความชื้น ปัจจัย C ความเร็วลม และ ปัจจัย E วิธีในการเขັดรด ซึ่งเป็นปัจจัยหลักทั้งหมด และไม่มีอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยคู่ใดๆที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องอย่างมีนัยสำคัญ

#### 8.4 สรุประยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

ในระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการเริ่มจากการออกแบบการทดลองเพิ่มเติมเพื่อหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสม ซึ่งผลจากบทที่ 5 พบว่ามีปัจจัยหลักที่มีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนอง 4 ปัจจัยและไม่มีผลของอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยคู่ใดๆ ดังนั้นจึงทำการทดลองเพิ่มเติมเฉพาะปัจจัย 3 ปัจจัยที่ระดับของปัจจัยเป็นค่าปรับตั้ง โดยได้เลือกทำการออกแบบการทดลองแบบพื้นผิวผลตอบ (Response surface design) แบบ Box-Behnken Design ส่วนปัจจัยเชิงคุณลักษณะอีก 4 ปัจจัยเมื่อทำการทดลองแล้วพบว่ามีเพียง 1 ปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญ คือ วิธีในการเขັดรด ส่วนอีก 3 ปัจจัย ไม่มีนัยสำคัญ ผู้วิจัยได้เลือกที่จะกำหนดและควบคุมระดับของปัจจัยเชิงคุณลักษณะ 2 ตัว ได้แก่ วิธีในการเขັดรดและวิธีในการเป่าลม เนื่องจากวิธีในการเขັดรดมีนัยสำคัญต่อจำนวนข้อบกพร่อง ถึงแม้วิธีในการเป่าลมจะไม่มีนัยสำคัญ แต่ผู้วิจัยได้กำหนดให้ผู้ปฏิบัติงานเป่าลมแบบมีการกำหนดทิศทางเนื่องจากมีความสะดวกในทางปฏิบัติและไม่กระทบกับค่าใช้จ่าย ส่วนอีก 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยเรื่องคราบสกปรกบนตัวคน และปัจจัยความสะอาดของข้อต่อโรบอทไม่มีนัยสำคัญต่อจำนวนข้อบกพร่อง ซึ่งหากกำหนดให้มีการปรับปรุง จะทำให้มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นโดยไม่จำเป็น ดังนั้นจึงเหลือการปรับปรุงทั้งหมด 5 ปัจจัยคืออุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม วิธีการเป่าลมรด และวิธีในการเขັดรด ซึ่งในการออกแบบการทดลองเมื่อได้ผลการทดลองมาแล้วนั้นต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของการทดลองว่าเป็นไปตามเงื่อนไขการออกแบบการทดลองคือ  $NID(0, \sigma^2)$  โดยตรวจสอบพบว่าเป็นไปตามเงื่อนไขทั้งหมด หลังจากนั้นจึงทำการวิเคราะห์เพื่อหาระดับที่เหมาะสมในการทำให้ตัวแปรตอบสนองมีค่าต่ำที่สุดด้วยวิธี Response Optimization โดยโปรแกรม Minitab ได้ว่าค่าที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิที่ 27.6 องศาเซลเซียส ความชื้นที่ 84.6% และการความเร็วลมที่ 0.35 เมตรต่อวินาที โดยมีค่าทำนายจำนวนข้อบกพร่องเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 0.71 ซึ่งเป็นค่าที่แปลงค่าโดยวิธีของ Freeman และ Turkey หากแปลงค่ากลับเป็นจำนวนข้อบกพร่องเฉลี่ยจะได้เท่ากับ 0.13 จุดต่อคัน

### 8.5 สรุประยะเวลาทดสอบยืนยันผล และการตรวจติดตามควบคุม

ในการทดสอบยืนยันผลเป็นจำนวน 5 วันได้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 10 กลุ่มพบว่าจำนวนข้อบกพร่องเฉลี่ยต่อรถ 1 คันมีค่าเท่ากับ 0.16 ซึ่งมีค่าลดลงจากก่อนปรับปรุง 57% และเมื่อคิดค่าใช้จ่ายในการซ่อมข้อบกพร่องแบ่งตามประเภทการซ่อมมีค่าเท่ากับ 40 บาทต่อคัน ซึ่งเมื่อเทียบกับก่อนการปรับปรุงมีค่าลดลง 55% ซึ่งทั้งสองตัวชี้วัดสามารถลดลงได้มากกว่าค่าที่ตั้งไว้คือ 40% ของทั้งจำนวนข้อบกพร่องเฉลี่ยและค่าใช้จ่ายในการซ่อมข้อบกพร่อง โดยเมื่อคำนวณกับจำนวนการผลิตที่พยากรณ์ไว้ในปี 2553 พบว่าสามารถลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมต่อปีได้ถึง 8,013,840 บาทต่อปี (คิดค่าใช้จ่ายที่ยอดการผลิตที่พยากรณ์ในปี 2553 เท่ากับ 166,955 คัน) และเมื่อคิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ลดได้จริงหลังหักค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงได้เท่ากับ 5,796,469 บาท

จากนั้นได้มีการจัดทำแผนควบคุมทั้งปัจจัยปรับตั้งค่าและปัจจัยเชิงคุณลักษณะ โดยปัจจัยปรับตั้งค่าได้ออกแบบแบบฟอร์มการตรวจสอบอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลม ในห้องพ่นสีจริงซึ่งมีการกำหนดให้ต้องมีการมาตรวจสอบทุก 2 ชั่วโมงเพื่อทำการปรับค่าปรับตั้งเพื่อให้อุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลมเป็นไปตามระดับที่กำหนดไว้ ส่วนปัจจัยเชิงคุณลักษณะได้เพิ่มข้อกำหนดเพิ่มเติมเรื่องทิศทางในการทำงานขั้นตอนการเป่าลมและเช็ดรถ

และสุดท้ายได้ออกแบบแผนภูมิควบคุมจำนวนข้อบกพร่องเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ U-Chart เพื่อทำการควบคุมไม่ให้กระบวนการออกนอกเส้นขอบเขตควบคุมโดยหากออกนอกขอบเขตควบคุม ต้องมีการดำเนินการแก้ไขในทันทีตามแผนปฏิบัติการแก้ไขเมื่อพบจำนวนข้อบกพร่องเฉลี่ยต่อรถ 1 คัน ออกนอกค่าควบคุม

### 8.6 ข้อจำกัดในงานวิจัย

- 1) การทดลองต้องทำควบคู่ไปกับการผลิตในสายการผลิตจริง จึงทำให้ในการทดลองแต่ละครั้งต้องทำเครื่องหมายไว้ที่รถที่ทำการทดลองนั้น และยังไม่สามารถทำการทดลองเป็นจำนวนมากเนื่องจากอาจส่งผลกระทบต่อสายการผลิต
- 2) การปรับปรุงไม่ได้รับอนุญาตให้ทำการปรับปรุงที่ ต้องมีการลงทุนสูง
- 3) ในงานวิจัยนี้ไม่สามารถคำนวณค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงเนื่องจากมีการปรับปรุงโดยการปรับตั้งค่าเครื่องจักร และปรับวิธีการทำงานของพนักงานที่ไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นเท่านั้น โดยในการปรับตั้งเครื่องจักรนั้น การคิดค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นไม่สามารถคำนวณได้เพราะการคำนวณค่าไฟฟ้าที่เรียกเก็บในแต่ละเดือนนั้นเป็นคำนวณค่าใช้จ่ายรวมของทั้งโรงงานพ่นสี ซึ่งไม่สามารถแยกข้อมูลมาคิดค่าไฟฟ้าที่อาจเพิ่มขึ้นเนื่องจากการปรับตั้งค่าได้

## 8.7 ข้อเสนอแนะ

1) ผลของการปรับปรุงกระบวนการพ่นสีในงานวิจัยนี้ สามารถนำไปประยุกต์ในสายการผลิตอื่น ๆ ที่มีความเหมือนหรือคล้ายกับกระบวนการพ่นสี โดยต้องคำนึงถึงวิธีการทำงาน ข้อกำหนดเฉพาะ และสภาพเครื่องจักรด้วย

2) สามารถทำการปรับปรุงเพิ่มเติมในการลดข้อบกพร่องที่มีความสำคัญรองลงมาจากที่กำหนดให้ปรับปรุงในงานวิจัยนี้ได้

3) ในส่วนของปัจจัยที่ต้องมีการลงทุนเพิ่มเติม อาจต้องมีการนำมาพิจารณาเพื่อเพิ่มระดับคุณภาพของกระบวนการผลิต

4) การปรับปรุงกระบวนการพ่นสีระดับของปัจจัยแต่ละปัจจัย ต้องมีการทำมาตรฐานการทำงาน ข้อกำหนดและค่ามาตรฐานในการควบคุม ซึ่งต้องมีการจัดฝึกอบรมพนักงานให้มีความรู้ความเข้าใจเพื่อให้การทำงานเป็นไปตามที่กำหนดและจำนวนข้อบกพร่องเฉลี่ยต่อรถ 1 คันอยู่ในค่าควบคุมของกระบวนการ ในแผนภูมิควบคุมกระบวนการ รวมถึงต้องมีการจัดกิจกรรมให้พนักงานมีความรู้สึกมีส่วนร่วมในการปรับปรุงและเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการพ่นสีทุกคน

5) กรณีปัจจัยประเภทความเร็วลมจากการทดลองพบว่าเมื่อมีการปรับตั้งค่าสูงขึ้นแนวโน้มของจำนวนข้อบกพร่องที่พบมีค่าลดลง ซึ่งเป็นประเด็นที่ผู้วิจัยคิดว่าควรศึกษาเพิ่มเติม แล้วทำการตรวจสอบว่าส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติต่าง ๆ ของสีเช่นความแข็ง, ค่าการยึดเกาะ และความความหนาหรือไม่เนื่องจากหากปรับค่าเพิ่มขึ้นจะเกินค่าที่ทางผู้ผลิตสีแนะนำมาคือระหว่าง 0.25-0.35 เมตรต่อวินาที และควรตรวจสอบด้านค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการปรับค่าความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นทำให้ต้องเพิ่มกำลังของพัดลมที่ใช้ในการปั่นใบพัดลมให้เร็วขึ้น และเป็นการเพิ่มปริมาณการใช้สีเนื่องจากต้องทำการเพิ่มค่าอัตราการไหลของสีที่พ่นออกมาจากโรบอท เนื่องจากลมที่จ่ายลงมามีความเร็วมากขึ้นจะส่งผลให้ละอองสีที่พ่นออกมาวิ่งไปที่ตัวรถน้อยลงซึ่งต้องปรับให้มีอัตราการไหลสีที่สูงขึ้น ทำให้บริษัทต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายในการผลิต ซึ่งในการทำงานจำเป็นต้องคำนึงถึงเป้าหมายที่ต้องให้ต้นทุนรวม (Total Cost) ต่ำที่สุด โดยต้นทุนรวมประกอบไปด้วย ค่าใช้จ่ายด้านค่าไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายปริมาณสีที่เพิ่มขึ้น นำไปหักออกจากค่าใช้จ่ายในการซ่อมสีที่ลดลงได้

6) ในงานวิจัยนี้พบว่าปัจจัยเรื่องคราบสกปรกบนตัวคน และความสะอาดของข้อต่อโรบอทเป็นปัจจัยที่ไม่มีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนอง ซึ่งทั้ง 2 ปัจจัยเป็นปัจจัยที่หากเลือกทำการปรับปรุงจะต้องมีการลงทุนเพิ่มเติมที่สูงซึ่งทางโรงงานกรณีศึกษาไม่อนุญาต ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงไม่ได้ทำการศึกษาเพิ่มถึงความคุ้มค่าในการลงทุน แต่ทางผู้วิจัยคิดว่าหากในกรณีงานปรับปรุงเรื่องอื่น ๆ ที่ผู้ที่ทำการศึกษาสนใจทำพบว่าปัจจัยใดที่มีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนอง ให้ทำการวิเคราะห์โครงการในลักษณะการเปรียบเทียบเป็นระยะเวลาคืนทุน (Pay Back Period) เพื่อหาว่าควรลงทุนเพิ่มเติมหรือไม่