บทที่ 8
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

8.1 บทนำ

งานวิจัยฉบับนี้ ได้นำเสนอแนะแนวทางในการประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีทางซิกซ์ ซิกม่าทั้ง 5 ขั้นตอน นั่นคือ ขั้นตอนการนิยามปัญหา (Define Phase) ขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสามาเหตุของปัญหา (Measure Phase) ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา (Analyze Phase) ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase) และขั้นตอนการควบคุมกระบวนการผลิต (Control Phase) เพื่อใช้ในการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการผลิตเลนส์ โดยปัญหาที่เกิดขึ้นจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ปัญหาคือ ปัญหาเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US และปัญหาเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง PIT

8.2 สรุปผลขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา

บทนี้จะหาสาเหตุและปัจจัยที่ทำให้เกิดเลนส์เสียอันเนื่องจากข้อบกพร่อง PIT และ US โดยปัญหาที่เกิดขึ้นจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ปัญหาคือ ปัญหาเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US และปัญหาเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง PIT ซึ่งจะใช้แผนผังก้างปลาวิเคราะห์หาสาเหตุ ต่อจากนั้นทำการวิเคราะห์ปัจจัยต่อด้วยตารางความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล และทำการศึกษาวิเคราะห์ความรุนแรงแต่และปัจจัยด้วยวิธี FMEA และกำหนดความรุนแรงของปัญหาและผลกระทบอันจะเกิดต่อข้อบกพร่อง US และ PIT รวมไปถึงการวิเคราะห์ความถูกต้องและความแม่นยำของระบบการวัด

8.2.1 ผลจากการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด

วิธีการวัดสำหรับการตรวจสอบหาข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นบนเลนส์นั้น จะใช้วิธีการของการตรวจสอบด้วยสายตาเปล่า โดยจะมองผ่านเลนส์ไปยัง Cosmetic Box เพื่อดูข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นบนเลนส์ และทำการตัดสินใจตามมาตรฐานของโรงงาน ต่อจากนั้นทำการทดสอบพนักงานตรวจสอบของแผนกเคลือบเลนส์ทั้งหมด 9 คน

จากผลของการตรวจสอบพบว่า เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำซ้ำของพนักงาน เปอร์เซ็นต์ความไม่ลำเอียงของพนักงาน เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพด้านความสามารถในการทำซ้ำของการตรวจสอบ และเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านความลำเอียงของการตรวจสอบ อยู่ในเกณฑ์การที่ยอมรับได้ตามเกณฑ์ที่ทางโรงงานได้กำหนดไว้

8.2.2 ผลจากการการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Cause & Effect Diagram) ของปัญหาเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US

ได้นำปัจจัยนำเข้าทั้งหมด 30 ปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแผนผังก้างปลา มาทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างผลของกระบวนการ (KPOV) และปัจจัยนำเข้า (KPIV) ด้วยตารางความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล (Cause & Effect Matrix) ต่อจากนั้นใช้แผนภูมิเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัยต่างทั้ง 30 ปัจจัย ซึ่งจะเหลือปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อตัวแปรตอบสนอง 14 ปัจจัย โดยผลรวมคะแนนความสำคัญของปัจจัยทั้งหมดที่ได้เลือกไว้ มีค่าเท่ากับ 1,010 คะแนน ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนประมาณ 86 เปอร์เซ็นต์ของคะแนนรวมทั้งหมด จากนั้นนำไปวิเคราะห์ต่อด้วยลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

8.2.3 ผลจากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ของปัญหาเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US

ในขั้นตอนการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) พบว่าปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่มีผลกระทบต่อสัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US ได้แก่

- อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในกระบวนการทำความสะอาดโมล์ดแซนวิช
- อุณหภูมิของ Raptex ที่ใช้ในกระบวนการทำความสะอาดโมล์ดแซนวิช
- อุณหภูมิของ NMP ที่ใช้ในกระบวนการทำความสะอาดโมล์ดแซนวิช
- ความเข้มข้นของ NMP ที่ใช้ในกระบวนการทำความสะอาดโมล์ดแซนวิช
- ระยะเวลาการล้างด้วย Raptex ที่ใช้ในกระบวนการทำความสะอาดโมล์ดแซนวิช
- ชนิดของน้ำยาโมโนเมอร์
- การล้างเลนส์หลังการแกะประกอบ
- จำนวนชิ้นงานในการ Brushing

โดยปัจจัยที่ได้เลือกไว้มีจำนวนทั้งหมด 8 ปัจจัย และมีคะแนน RPN รวมกันทั้งสิ้น 2,156 คะแนน ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนเท่ากับ 94 เปอร์เซนต์ ของคะแนน RPN ทั้งหมด

8.2.4 ผลจากการการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Cause & Effect Diagram) ของปัญหาเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง PIT

ได้นำปัจจัยนำเข้าทั้งหมด 37 ปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแผนผังก้างปลา มาทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างผลของกระบวนการ (KPOV) และปัจจัยนำเข้า (KPIV) ด้วยตารางความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล (Cause & Effect Matrix) ต่อจากนั้นใช้แผนภูมิเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัยต่างทั้ง 37 ปัจจัย ซึ่งจะเหลือปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อตัวแปรตอบสนอง 28ปัจจัย โดยผลรวมคะแนนความสำคัญของปัจจัยทั้งหมดที่ได้เลือก

ไว้ มีค่าเท่ากับ 2,660 คะแนน ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนประมาณ 88 เปอร์เซ็นต์ของคะแนนรวมทั้งหมด จากนั้นนำไปวิเคราะห์ต่อด้วยลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

8.2.5 ผลจากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ของปัญหาเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง PIT

ในขั้นตอนการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) พบว่าปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่มีผลกระทบต่อสัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง PIT และ US ได้แก่

- ขนาดของเครื่องกรองสารของถัง soft water
- ขนาดของเครื่องกรองสารของถัง soda
- ขนาดของเครื่องกรองสารของถัง IPA
- ขนาดของเครื่องกรองสารของถัง DI
- ปริมาณเมทานอลที่ผสมลงในน้ำเคลือบ
- ขนาดของเครื่องกรองสารของถัง น้ำยาเคลือบ
- ระยะเวลาในการเคลือบเลนส์
- Dew Point
- ระยะเวลาในการล้างเลนส์
- พลังงานของคลื่นอุลตร้าโซนิค

โดยปัจจัยที่ได้เลือกไว้มีจำนวนทั้งหมด 10 ปัจจัย และมีคะแนน RPN รวมกันทั้งสิ้น 3,192 คะแนน ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนประมาณเท่ากับ 79 เปอร์เซนต์ ของคะแนน RPN ทั้งหมด

8.3 สรุปผลขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการดำเนินการทดลองเพื่อหาข้อมูลสนับสนุนสมมุติฐานที่ตั้งไว้ เพื่อเป็นการยืนยันว่าสาเหตุที่สงสัยนั้นคือสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาหรือความบกพร่องด้านคุณภาพ นอกจากนี้เมื่อมีการยืนยันว่าสาเหตุเหล่านั้นมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ก็ยังสามารถสรุปได้ต่อไปว่าสาเหตุดังกล่าวมีผลกระทบมากน้อยเพียงใด

8.3.1 สรุปผลขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US

จากผลการทดสอบสมมติฐานของทั้ง 8 ปัจจัย พบว่า ถ้าค่า P-Value ของปัจจัยนั้นมีค่าน้อยกว่า 0.05 หมายความว่า สัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US ของแต่ละ

ปัจจัยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในที่นี้พบว่าเหลือเพียง 2 ปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือ

- ระดับอุณหภูมิของ NMP
- ระยะเวลาการล้างด้วย Raptex

8.3.2 สรุปผลขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง PIT

จากผลการทดสอบสมมติฐานของทั้ง 8 ปัจจัย พบว่า ถ้าค่า P-Value ของปัจจัยนั้นมีค่าน้อยกว่า 0.05 หมายความว่า สัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US และ PIT ของแต่ละปัจจัยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในที่นี้พบว่าเหลือเพียง 2 ปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือ

- Dew Point
- ระยะเวลาในการล้างเลนส์

8.4 สรุปผลขั้นตอนการปรับปรุง

ในขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการนี้ เป็นการนำปัจจัยนำเข้าจากขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาทั้งปัญหาเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US และ PIT มาทำการทดลองเพื่อหาระดับของแต่ละปัจจัยที่เหมาะสม

8.4.1 สรุปผลขั้นตอนการปรับปรุงปัญหาเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US

ในการทดลองเพื่อหาระดับที่เหมาะสมของปัจจัย ระดับอุณหภูมิของ NMP และระยะเวลาการล้างด้วย Raptex ทั้ง 2 ปัจจัยนี้จะใช้ การออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลางที่มีการเพิ่มจุดศูนย์กลาง (Central Composite Design with Center Point) เนื่องจากผู้ทำการทดลองได้ประเมินว่ารูปแบบการทดลองมีลักษณะของส่วนโค้ง (Curvature) จึงทำการออกแบบการทดลองด้วยวิธีการแบบส่วนประสมกลางที่มีการเพิ่มลักษณะกำลังสอง (Second Order) และผลการทดลองสามารถหาระดับที่เหมาะสมของการปรับค่าปัจจัยระดับอุณหภูมิของ NMP และระยะเวลาการล้างด้วย Raptex เพื่อให้ได้ค่าสัดส่วนสัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US ที่ต่ำที่สุดได้ โดยจะกำหนดให้ระดับที่เหมาสมของระดับอุณหภูมิของ NMP และระยะเวลาการล้างด้วย Raptex เป็น 47.9 องศาเซลเซียส และ 16 นาที ตามลำดับ

8.4.2 สรุปผลขั้นตอนการปรับปรุงปัญหาเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US

ในการทดลองเพื่อหาระดับที่เหมาะสมของปัจจัย ระดับอุณหภูมิ Dew Point และระยะเวลาการล้างเลนส์ ทั้ง 2 ปัจจัยนี้จะใช้ การออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลางที่มีการเพิ่มจุดศูนย์กลาง (Central Composite Design with Center Point) เนื่องจากผู้ทำการทดลองได้ประเมินว่ารูปแบบการทดลองมีลักษณะของส่วนโค้ง (Curvature) จึงทำการ

ออกแบบการทดลองด้วยวิธีการแบบส่วนประสมกลางที่มีการเพิ่มลักษณะกำลังสอง (Second Order) และผลการทดลองสามารถหาระดับที่เหมาะสมของการปรับค่าปัจจัย Dew Point และระยะเวลาการล้างเลนส์ เพื่อให้ได้ค่าสัดส่วนสัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US และ PIT ที่ต่ำที่สุดได้โ ดยจะกำหนดให้ระดับที่เหมาสมของระดับอุณหภูมิ Dew Point และระยะเวลาในการล้างเลนส์เป็น 5.6 องศาเซลเซียส และ 167 วินาที นาที ตามลำดับ

8.5 สรุปผลขั้นตอนการควบคุมกระบวนการผลิต

จากผลการทดสอบยืนยันผลการทดลองที่ผ่านมาพบว่าสามารถกำหนดค่าของปัจจัยที่ได้จากการหาค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมและรวมถึงการควบคุมผลลัพธ์ของการบวนการ จึงได้ทำการควบคุมกระบวนการ โดยทำการใช้เทคนิคทางการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ โดยนำแผนภูมิควบคุมที่เหมาะสมในการควบคุมสัดส่วนของเสียที่จะเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต คือ แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย(แผนภูมิ p) เมื่อจำนวนตัวอย่างไม่คงที่ ซึ่งจะใช้ในการควบคุมสัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อ US และ PIT

ผลจากการปรับปรุงปัญหาเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US กระบวนการขึ้นรูปเลนส์ Convex แบบ DM มีสัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดขึ้นลดลงจาก 73,974 PPM ลงเหลือ 51,576 PPM และจะลดค่าใช้จ่ายที่เสียไปเมื่อเกิดเลนส์เสียลงได้ 844,026 บาท ต่อปี และเมื่อพิจารณาตัววัดทาง ซิกซ์ ซิกมา Z Long-Term (Z_{LT}), Z Short-Term (Z_{ST}), Ppk และ Cpk ก่อนการปรับปรุงมีค่า 1.45, 2.95, 0.48 และ0.98 โดยหลังจากทำการปรับปรุงกระบวนการ Z Long-Term (Z_{LT}), Z Short-Term (Z_{ST}), Ppk และ Cpk ถูกปรับปรุงให้ดีขึ้นเป็น 1.63, 3.13, 0.54 และ 1.04

ผลจากการปรับปรุงปัญหาเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง PIT 2551 กระบวนการเคลือบเลนส์ ของผลิตภัณฑ์ Kromos มีสัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดขึ้นลดลงจาก 40,627 PPM ลงเหลือ 22,655 PPM และจะลดค่าใช้จ่ายที่เสียไปเมื่อเกิดเลนส์เสียลงได้ 904,434 บาท ต่อปี และเมื่อพิจารณาตัววัดทาง ซิกซ์ ซิกมา Z Long-Term (Z_{LT}), Z Short-Term (Z_{ST}), Ppk และ Cpk ก่อนการปรับปรุงมีค่า 1.74, 3.24, 0.58 และ1.08 โดยหลังจากทำการปรับปรุงกระบวนการ Z Long-Term (Z_{LT}), Z Short-Term (Z_{ST}), Ppk และ Cpk ถูกปรับปรุงให้ดีขึ้นเป็น 2.00, 3.50, 0.67 และ 1.17

8.6 ข้อจำกัดในการทดลอง

1. เนื่องจากพนักงานปฏิบัติการในสายการผลิตมีหน้าที่รับผิดชอบเดิมที่มากพอสมควร ทำให้การนำหลักการไปประยุกต์ต้องอาศัยเวลา และความร่วมมือของพนักงานและวิศวกรโรงงานอย่างสูง
2. ในการเก็บข้อมูลในส่วนของการควบคุมกระบวนการผลิต จะไม่สามารถเก็บได้ครบทั้ง 30 วัน เนื่องจากงานการผลิตจริงมีความสำคัญมากกว่า และรวมถึงข้อจำกัดด้านกำลังคนด้วยเช่นกัน
3. ในการปรับปรุงแก้ไขบางเรื่องต้องอาศัยความร่วมมือจากทางแผนกอื่นนอกเหนือจากทางฝ่ายผลิต ซึ่งพบว่ามีปัญหาในการติดต่อประสานงานไม่ได้รับความร่วมมือเท่าที่ควร ซึ่งก่อให้เกิดความล่าช้าในการปฏิบัติงาน
4. ในการปรับปรุงแก้ไขการผลิตที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงอย่างมากของกระบวนการในการผลิตจะไม่สามารถทำการปฏิบัติได้ทันทีต้องรอให้มีการอนุมัติจากทางบริษัท ซึ่งก่อให้เกิดความล้าช้าในการปฏิบัติงาน

8.7 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการให้ความสำคัญถึงเรื่องของการจัดระบบในการทำงานของพนักงานมากกว่านี้ เพื่อลดปัญหาที่จะมาจากคน
2. สำหรับปัญหาเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US ในงานวิจัยจะมุ่งเน้นในการปรับปรุงที่กระบวนการ CX แบบ DM ดังนั้นในอนาคตสามารถจะนำแนวทางในงานวิจัยนี้ ไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาเลนส์เสียในกระบวนการขึ้นรูปเลนส์กระบวนการอื่นๆได้
3. เช่นเดียวกันสำหรับปัญหาเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง PIT ในงานวิจัยจะมุ่งเน้นในการปรับปรุงที่กระบวนการเคลือบเลนส์ของผลิตภัณฑ์ Kromos ดังนั้นในอนาคตสามารถจะนำแนวทางในงานวิจัยนี้ ไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาเลนส์เสียในกระบวนการเคลือบเลนส์ของผลิตภัณฑ์อื่นๆได้
4. ในกระบวนการผลิตเลนส์นั้น ทั้งกระบวนการขึ้นรูปเลนส์และกระบวนการเคลือบเลนส์สิ่งหนึ่งที่สำคัญคือ เครื่องจักรเนื่องจากเป็นกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง ดังนั้น หากสามารถควบคุมเครื่องจักรให้สามารถทำงานอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ก็จะเป็นการลดความผันแปรและทำให้มั่นใจได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่นั้นมีคุณภาพตรงตามข้อกำหนด ดังนั้นจึงควรที่จะมีระบบการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน เพื่อให้เครื่องจักรมีประสิทธิภาพในการทำงานอยู่เสมอ
5. ในระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา เนื่องจากข้อจำกัดในด้านค่าใช้จ่ายในการทดลองทั้งของปัญหาเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US และปัญหาเลนส์เสียที่เกิดจาก

ข้อบกพร่อง PIT จะมีการใช้การทดสอบสมมติฐานทีละปัจจัยร่วมกับการออกแบบการทดลองเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียล ในการกลั่นกรองปัจจัยนำเข้า ซึ่งจะทำให้ไม่สามารถบอกได้ถึงความมีนัยสำคัญทางสถิติ ของอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยนำเข้าที่นำมาทดสอบสมมติฐานทีละปัจจัยกับปัจจัยนำเข้าที่นำมาทดสอบเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียลได้ ดังนั้นถ้าสามารถตัดเรื่องค่าใช้จ่ายที่จะเพิ่มขึ้นในการทดลองออกได้ การนำเอาปัจจัยนำเข้าทั้งหมดมาทำการทดลองด้วยการออกแบบการทดลอง จะทำให้สามารถบอกได้ถึงความมีนัยสำคัญทางสถิติของอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยนำเข้าได้ ซึ่งอาจจะทำให้สามารถลดสัดส่วนของเสียในกระบวนการผลิตเลนส์ลงได้อีก