บทที่ 4

การปรับปรุงเพื่อลดของเสียและโอกาสของการเกิดของเสีย

จากหัวข้อการวิเคราะห์และค้นหาปัจจัยที่ทำให้เกิดของเสีย ในบทที่ 3 พบว่า ในกระบวนการผลิตแต่ละขั้นตอน อาจก่อให้เกิดปัญหาของกระจกเงาเสีย แบ่งได้เป็น 3 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ การทำความสะอาดผิวกระจก การเคลือบสารเคมี และการเคลือบสี ดังนั้นในงานวิจัยฉบับนี้ จึงมุ่งเน้น ในการแก้ปัญหาของปัจจัยที่มีผลต่อข้อบกพร่อง ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิต โดยยึดการวิเคราะห์ข้อมูล จากตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิตกระจกเงา เป็นหลัก ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 การควบคุมปัจจัยเพื่อลดข้อบกพร่องในส่วนของการทำความสะอาดผิวกระจก

ขั้นตอนในการทำความสะอาดผิวกระจก เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญอย่างมาก ผิวกระจกจะต้องถูกเตรียมผิวให้สะอาดดีพอ ก่อนเข้าสู่การเคลือบด้วยสารเคมีต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตกระจกเงา ซึ่งในขั้นตอนนี้นอกจากจะมีผลต่อคุณภาพของกระจกเงาแล้ว ยังเป็นขั้นตอนที่มีโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องต่าง ๆ ได้มาก กระจกเงาเสียที่เป็นผลมาจากข้อบกพร่องในส่วนนี้ คือ การทำให้เกิดรอยตำหนิจุดดำ และสเปรย์

ส่วนของการทำความสะอาดผิวกระจก จะประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญดังนี้ คือ

1. การล้างสิ่งสกปรกและผงพลาสติก (Pre-cleaning)
2. การขัดผิวกระจก (Scrubbing)
3. การล้างผิวกระจก (Washing)

การควบคุมปัจจัยที่มีโอกาสก่อให้เกิดกระจกเงาเสีย ในส่วนของการทำความสะอาดผิวกระจก สามารถสรุปแนวโน้มของข้อบกพร่อง ได้ดังต่อไปนี้

1. หัวสเปรย์ฉีดน้ำตัน
2. แรงดันน้ำไม่เพียงพอในการล้างสิ่งสกปรกและผงพลาสติก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ปริมาณน้ำฉีดล้างกระจกไม่พอ
4. ระดับของท่อสเปรย์และมุมของการสเปรย์น้ำฉีดล้างผิวกระจกไม่เหมาะสม
5. เบอร์หัวสเปรย์น้ำฉีดล้างใส่ไม่ถูกต้อง
6. การปรับระดับแปรงขัดแบบโรลเลอร์ไม่เหมาะสม
7. น้ำยาซีเรียมออกไซด์บนผิวกระจกน้อยเกินไป
8. ส่วนผสมของซีเรียมออกไซด์ไม่ถูกต้อง
9. อัตราการไหลของน้ำยาซีเรียมออกไซด์ไม่เหมาะสม
10. มีสิ่งปนเปื้อนในถังผสมซีเรียมออกไซด์
11. ผิวกระจกถูกขัดด้วยแปรงขัดแบบจานหมุนไม่สะอาดดีพอ
12. ขนแปรงขัดแบบจานหมุนเสื่อมสภาพและสั้นลงมาก
13. การปรับระดับแปรงขัดแบบจานหมุนไม่เหมาะสม
14. น้ำมันหล่อลื่นจากชุดขับแปรงขัดหยดลงบนผิวกระจก
15. คุณภาพของน้ำบริสุทธิ์ไม่ดีพอ

ข้อบกพร่อง คือ หัวสเปรย์ฉีดน้ำตัน

<u>สภาพก่อนการปรับปรุง</u> ท่อสเปรย์ฉีดน้ำล้างสิ่งสกปรกและผงพลาสติก ปกติจะมีการถอดหัวสเปรย์และไส้กรอง ออกมาล้างทุก ๆ สัปดาห์ แต่ขณะทำการผลิตอาจมีหัวสเปรย์บางหัวเกิดการอุดตันขึ้นได้ และไม่ได้รับการแก้ไข เนื่องจากไม่มีการตรวจสอบขณะทำการผลิต ซึ่งตำแหน่งที่เกิดการอุดตันจะทำให้การฉีดล้างสิ่งสกปรกและผงพลาสติกออกจากผิวกระจกไม่หมด ทำให้การผลิตกระจกเงาอาจเกิดเป็นตำหนิจุดดำขึ้นได้

<u>สภาพหลังการปรับปรุง</u> ได้จัดทำบันทึกการตรวจสอบสภาพเครื่องจักรและกระบวนการผลิต โดยกำหนดให้มีการตรวจสอบการอุดตันของหัวสเปรย์ฉีดน้ำล้าง ความถี่ในการตรวจสอบทุก ๆ 4 ชั่วโมง หรือ 2 ครั้งต่อกะ การตรวจสอบ การแก้ไขและการบันทึกผล กระทำโดยพนักงานควบคุมการผลิต และมอบหมายให้หัวหน้าหน่วยผลิต เป็นผู้ตรวจสอบการปฏิบัติงาน แบบฟอร์มบันทึกการตรวจสอบสภาพเครื่องจักรและกระบวนการผลิต แสดงในภาคผนวก ค ดังตารางที่ ค-1 และวิธีการปรับปรุงลักษณะเดียวกันนี้ ยังได้นำไปใช้กับขั้นตอนการผลิตอื่น ๆ ที่พบปัญหาในลักษณะเดียวกัน

ข้อบกพร่อง คือ แรงดันน้ำไม่เพียงพอในการล้างสิ่งสกปรกและผงพลาสติก

สภาพก่อนการปรับปรุง ท่อสเปรย์ฉีดน้ำล้างสิ่งสกปรกและผงพลาสติกเดิมไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์วัดแรงดันน้ำไว้ครบทุกท่อที่ใช้งาน ทำให้การปิดและเปิดวาล์วแต่ละครั้ง จะอยู่ในตำแหน่งที่ไม่แน่นอน การเปิดวาล์วน้อยเกินไปจะทำให้การฉีดล้างสิ่งสกปรกและผงพลาสติกออกจากผิวกระจกไม่หมด ทำให้การผลิตกระจกเงาอาจเกิดเป็นตำหนิจุดดำขึ้นได้

สภาพหลังการปรับปรุง ได้ติดตั้งอุปกรณ์วัดแรงดันน้ำ ของท่อสเปรย์ฉีดน้ำไว้ทุกท่อที่ใช้งานและกำหนดมาตรฐานแรงดันน้ำสำหรับท่อสเปรย์น้ำฉีดล้างผิวกระจกไว้ เท่ากับหรือมากกว่า 3 บาร์ นอกจากนี้ในขั้นตอนการผลิตอื่น ๆ ที่มีปัญหาในลักษณะเดียวกัน ได้ติดตั้งอุปกรณ์วัดแรงดันน้ำของท่อสเปรย์ฉีดน้ำเพิ่มเติม ให้ครบถ้วนตามความจำเป็นในการใช้งาน ได้แก่ ขั้นตอนการล้างผิวกระจก การฉีดน้ำล้างผิวกระจกก่อนการเคลือบเงิน และการฉีดน้ำล้างผิวกระจกหลังการเคลือบเงิน เป็นต้น แสดงในภาคผนวก ข ดังรูปที่ ข-1

ข้อบกพร่อง คือ ปริมาณน้ำฉีดล้างกระจกไม่พอ

สภาพก่อนการปรับปรุง ท่อฉีดน้ำล้างผงพลาสติกแบบเดิม เป็นท่อสเปรย์ที่ใช้หัวสเปรย์เบอร์ 110.01 มีอัตราการไหลเท่ากับ 0.39 ลิตรต่อนาที ที่แรงดันน้ำ 3 บาร์ และมีจำนวนหัวสเปรย์ทั้งหมด 11 หัว ซึ่งจะมีอัตราการไหลรวมทั้งหมดเท่ากับ 4.29 ลิตรต่อนาที บางครั้งพบว่าการฉีดน้ำล้างผงพลาสติก ยังคงมีผงพลาสติกเหลือติดค้างบนผิวกระจกอยู่

สภาพหลังการปรับปรุง ได้เปลี่ยนท่อสเปรย์ฉีดน้ำล้างผงพลาสติกใหม่ โดยใช้หัวสเปรย์เบอร์ 110.03 มีอัตราการไหลเท่ากับ 1.2 ลิตรต่อนาที ที่แรงดันน้ำ 3 บาร์ และใช้จำนวนหัวสเปรย์ทั้งหมด 15 หัว ซึ่งมีอัตราการไหลรวมทั้งหมดเท่ากับ 18 ลิตรต่อนาที พบว่าไม่มีผงพลาสติกเหลือติดค้างบนผิวกระจกอีก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อบกพร่อง คือ ระดับของท่อสเปรย์และมุมของการสเปรย์น้ำฉีดล้างผิวกระจกไม่เหมาะสม

<u>สภาพก่อนการปรับปรุง</u> ท่อสเปรย์ฉีดน้ำจะต้องมีการถอดและประกอบหัวสเปรย์ทุก ๆ สัปดาห์ เพื่อการทำความสะอาดหัวสเปรย์และไส้กรอง การปฏิบัติงานดังกล่าวอาจทำให้ระดับของท่อสเปรย์จากผิวกระจกด้านบน และมุมของการสเปรย์น้ำเปลี่ยนไปจากเดิม รวมทั้งการที่ไม่มีการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ จะทำให้การฉีดน้ำล้างบนผิวกระจกไม่สะอาดดีพอ ทำให้การผลิตกระจกเงาอาจเกิดเป็นตำหนิจุดดำขึ้นได้

<u>สภาพหลังการปรับปรุง</u> ได้จัดทำบันทึกการตรวจสอบสภาพเครื่องจักรและกระบวนการผลิต โดยกำหนดให้มีการตรวจสอบระดับของท่อสเปรย์และมุมของสเปรย์น้ำฉีดล้างผิวกระจกทุก ๆ วันแรกของสัปดาห์ที่เริ่มทำการผลิต และวิธีการปรับปรุงลักษณะเดียวกันนี้ ยังได้นำไปใช้กับขั้นตอนการผลิตอื่น ๆ ที่พบปัญหาในลักษณะเดียวกัน

ข้อบกพร่อง คือ เบอร์หัวสเปรย์ฉีดน้ำใส่ไม่ถูกต้อง

<u>สภาพก่อนการปรับปรุง</u> ท่อสเปรย์ฉีดน้ำในขั้นตอนการล้างสิ่งสกปรกและผงพลาสติกนี้ มีการใช้หัวสเปรย์ฉีดน้ำ อยู่ด้วยกัน 3 เบอร์ คือ

1) เบอร์ 110.01 เป็นหัวสเปรย์มุม 110° และอัตราการไหลเท่ากับ 0.39 ลิตร/นาที ที่แรงดันน้ำ 3 บาร์
2) เบอร์ 110.03 เป็นหัวสเปรย์มุม 110° และอัตราการไหลเท่ากับ 1.20 ลิตร/นาที ที่แรงดันน้ำ 3 บาร์
3) เบอร์ 80.0050 เป็นหัวสเปรย์มุม 80° และอัตราการไหลเท่ากับ 0.20 ลิตร/นาที ที่แรงดันน้ำ 3 บาร์

ทุก ๆ สัปดาห์จะต้องมีการถอดหัวสเปรย์ทั้งหมดออกมาล้าง และหลังจากล้างเสร็จแล้วจะต้องใส่กลับคืนให้ถูกต้องตามเบอร์หัวสเปรย์ของท่อฉีดน้ำแต่ละท่อ มักจะพบปัญหาการใส่ปะปนกันของหัวสเปรย์ทั้งสามเบอร์อยู่เสมอ เนื่องจากมีรูปร่างและขนาดเหมือน ๆ กัน จะแตกต่างกันที่ขนาด

ของรูหัวสเปรย์เท่านั้น แต่การแยกแยะก็ทำได้ค่อนข้างยาก แม้ว่าที่หัวสเปรย์จะมีการปั๊มหมายเลขของเบอร์ต่าง ๆ ไว้ก็ตาม เมื่อใช้งานไปสักระยะหนึ่งการอ่านหมายเลขจะทำได้ยากขึ้น นอกจากนี้ ตัวฝาครอบหัวสเปรย์ ยังมีรูปร่าง ขนาดและสีเหมือนกันอีกด้วย จึงเกิดปัญหาการใส่เบอร์หัวสเปรย์ผิดอยู่บ่อย ๆ ซึ่งมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการล้างผิวกระจก เนื่องจากมุมของการฉีดน้ำและอัตราการไหลของหัวสเปรย์แต่ละเบอร์ไม่เท่ากัน ทำให้การผลิตกระจกเงาอาจเกิดเป็นตำหนิจุดดำขึ้นได้

<u>สภาพหลังการปรับปรุง</u> ได้เปลี่ยนตัวฝาครอบหัวสเปรย์ให้เป็นสีต่างกัน และกำหนดการใช้งานสำหรับหัวสเปรย์แต่ละเบอร์ ไว้ดังนี้คือ

1) หัวสเปรย์เบอร์ 110.01 ใช้ฝาครอบหัวสเปรย์สีแดง
2) หัวสเปรย์เบอร์ 110.03 ใช้ฝาครอบหัวสเปรย์สีขาว
2) หัวสเปรย์เบอร์ 80.0050 ใช้ฝาครอบหัวสเปรย์สีน้ำเงิน

การถอดหัวสเปรย์ออกจากท่อฉีดน้ำ สามารถแยกเบอร์ของหัวสเปรย์ได้ชัดเจนตามสีของฝาครอบหัวสเปรย์ ทำให้แก้ปัญหาการใส่เบอร์หัวสเปรย์ผิดลงได้ แสดงในภาคผนวก ข ดังรูปที่ ข-2 และวิธีการปรับปรุงลักษณะเดียวกันนี้ ยังได้นำไปใช้กับขั้นตอนการผลิตอื่น ๆ ที่พบปัญหาในลักษณะเดียวกัน

ข้อบกพร่อง คือ การปรับระดับแปรงขัดแบบโรลเลอร์ไม่เหมาะสม

<u>สภาพก่อนการปรับปรุง</u> เนื่องจากการแปรงขัดแบบโรลเลอร์ (Roller brush) จะต้องมีการปรับระดับขึ้นหรือลง ตามความหนาของกระจกเงาที่ต้องการผลิต ซึ่งการปรับแบบเดิมจะใช้วิธีสังเกตตำแหน่งที่ขนแปรงสัมผัสผิวกระจก การปรับแปรงขัดขึ้นสูงเกินไปจะทำให้การทำความสะอาดผิวกระจกได้ไม่ดีพอ ทำให้การผลิตกระจกเงาอาจเกิดเป็นตำหนิจุดดำขึ้นได้ และถ้าปรับแปรงขัดต่ำเกินไปจะทำให้เกิดรอยขีดข่วนที่ผิวกระจกและเกิดรอยกะเทาะที่ขอบกระจกได้

สภาพหลังการปรับปรุง ได้มีการติดตั้งสเกล บอกระดับการปรับแปรงขัดเลื่อนขึ้น-ลง และยังได้กำหนดมาตรฐานของการปรับระดับแปรงขัดไว้ดังนี้คือ จะต้องปรับระดับของขนแปรงขัดให้ต่ำกว่าผิวกระจกด้านบน เท่ากับ 2.0 มม. สำหรับการผลิตกระจกเงาทุก ๆ ความหนา แสดงในภาคผนวก ข ดังรูปที่ ข-3

ข้อบกพร่อง คือ น้ำยาซีเรียมออกไซด์บนผิวกระจกน้อยเกินไป

สภาพก่อนการปรับปรุง (1) เนื่องจากสารละลายซีเรียมออกไซด์จะตกตะกอนได้ง่าย ทำให้เกิดปัญหาการอุดตันที่หัวหยดอยู่บ่อย ๆ การที่ไม่มีการตรวจสอบและการแก้ปัญหาการอุดตันอย่างสม่ำเสมอ จะทำให้น้ำยาซีเรียมออกไซด์ที่หยดบนผิวกระจกน้อยเกินไป การทำความสะอาดผิวกระจกไม่ดีพอ การผลิตกระจกเงาอาจเกิดเป็นตำหนิจุดดำและการเคลือบสารเคมีเกิดเป็นตำหนิสเปรย์ขึ้นได้

สภาพหลังการปรับปรุง (1) ได้จัดทำบันทึกการตรวจสอบสภาพการเคลือบสารเคมี โดยกำหนดให้มีการตรวจสอบการอุดตันของหัวหยดซีเรียมออกไซด์ ความถี่ในการตรวจสอบทุก ๆ 1 ชั่วโมง การตรวจสอบ การแก้ไขและการบันทึกผล กระทำโดยพนักงานควบคุมการเคลือบสารเคมี และมอบหมายให้หัวหน้าหน่วยผลิต เป็นผู้ตรวจสอบการปฏิบัติงาน แบบฟอร์มบันทึกการตรวจสอบสภาพการเคลือบสารเคมี แสดงในภาคผนวก ค ดังตารางที่ ค-2

สภาพก่อนการปรับปรุง (2) เนื่องจากชุดหัวหยดสารละลายซีเรียมออกไซด์แบบเดิม จะมีอยู่ 2 ตำแหน่ง คือ อยู่หน้าแปรงขัดของชุดที่ 1 และชุดที่ 4 จะเกิดปัญหาช่วงผลิตกระจกเงาขนาดเล็กน้ำยาซีเรียมออกไซด์จะไหลออกจากผิวกระจก ระหว่างการขัดของแปรงขัดแบบจานหมุนเร็วเกินไป ทำให้การทำความสะอาดผิวกระจกไม่ดีพอ การผลิตกระจกเงาอาจเกิดเป็นตำหนิจุดดำ และการเคลือบสารเคมีเกิดเป็นตำหนิสเปรย์ขึ้นได้

สภาพหลังการปรับปรุง (2) ได้เพิ่มชุดหัวหยดสารละลายซีเรียมออกไซด์เป็น 3 ตำแหน่ง คือ อยู่หน้าแปรงขัดของชุดที่ 1 ชุดที่ 3 และชุดที่ 5 แสดงในภาคผนวก ข ดังรูปที่ ข-4 ซึ่งจะช่วยให้ระหว่างการขัดของแปรงขัดแบบจานหมุน ยังคงมีน้ำยาซีเรียมออกไซด์เพียงพอสำหรับการขัดผิวกระจกขนาดเล็ก โดยใช้อัตราการไหลเท่าเดิม

ข้อบกพร่อง คือ ส่วนผสมของซีเรียมออกไซด์ไม่ถูกต้อง

สภาพก่อนการปรับปรุง (1) การผสมน้ำยาซีเรียมออกไซด์แบบเดิมจะใช้ภาชนะ เช่น กระป๋อง พลาสติก กระบวยหรือทัพพี ตักผงซีเรียมออกไซด์เทลงในถังผสม จำนวนของผงซีเรียมออกไซด์ที่ต้องการเติม จะกะน้ำหนักโดยนับจำนวนครั้งของภาชนะที่ใช้ตัก เช่น 10 กระป๋องต่อน้ำ 100 ลิตร ซึ่งวิธีดังกล่าวนี้ จะทำให้การผสมน้ำยาซีเรียมออกไซด์แต่ละครั้งมีอัตราส่วนผสมไม่เท่ากัน และไม่เป็นมาตรฐาน มีผลทำให้การทำความสะอาดผิวกระจกไม่ดีพออย่างสม่ำเสมอ การผลิตกระจกเงาอาจเกิดเป็นตำหนิจุดดำ และการเคลือบสารเคมีเกิดเป็นตำหนิสเปรย์ขึ้นได้

สภาพหลังการปรับปรุง (1) ได้จัดหาเครื่องชั่งน้ำหนักสำหรับผสมน้ำยาซีเรียมออกไซด์ และกำหนดมาตรฐานของอัตราส่วนผสม ตามชนิดซีเรียมออกไซด์ ไว้ดังนี้คือ

1) ซีเรียมออกไซด์ Cerox1610
   ให้ผสมในอัตราส่วน 2.5 กิโลกรัม และผงซอล์ก 2.5 กิโลกรัม ต่อน้ำ 100 ลิตร
2) ซีเรียมออกไซด์ Regipol 501
   ให้ผสมในอัตราส่วน 5.0 กิโลกรัม และผงซอล์ก 2.5 กิโลกรัม ต่อน้ำ 100 ลิตร

ชนิดของซีเรียมออกไซด์ที่ใช้งานในปัจจุบัน คือ Cerox 1610 แต่ถ้ามีปัญหาเรื่องการส่งมอบสินค้าจากผู้ขาย ก็สามารถใช้ชนิด Regipol 501 ทดแทนกันได้ ตามอัตราส่วนผสมข้างต้น

สภาพก่อนการปรับปรุง (2) ถังผสมน้ำยาซีเรียมออกไซด์เดิมมีขนาดค่อนข้างเล็ก ความจุขนาด 100 ลิตร ทำให้ต้องผสมน้ำยาบ่อย ๆ โดยประมาณ 8-10 ครั้งต่อกะ ดังนั้นการที่จะทำให้อัตราส่วนผสมคงที่ตลอดช่วงการผลิตจึงทำได้ยาก การทำความสะอาดผิวกระจกไม่ดีพออย่างสม่ำเสมอ การผลิตกระจกเงาอาจเกิดเป็นตำหนิจุดดำ และการเคลือบสารเคมีเกิดเป็นตำหนิสเปรย์ขึ้นได้

สภาพหลังการปรับปรุง (2) ได้จัดหาถังผสมน้ำยาซีเรียมออกไซด์ใหม่ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น โดยมีความจุขนาด 1,000 ลิตร แสดงในภาคผนวก ข ดังรูปที่ ข-5 การผสมแต่ละครั้ง สามารถใช้ได้สำหรับการผลิตกระจกเงาตลอดทั้งกะ ดังนั้นการควบคุมอัตราส่วนผสมจึงทำได้ค่อนข้างคงที่ตลอดทั้งช่วงการผลิต

ข้อบกพร่อง คือ อัตราการไหลของน้ำยาซีเรียมออกไซด์ไม่เหมาะสม

สภาพก่อนการปรับปรุง ปั๊มน้ำยาซีเรียมออกไซด์ เป็นปั๊มแบบไดอะแฟรมควบคุมการทำงานด้วยแรงดันลม การควบคุมอัตราการไหลของปั๊มเดิม จะใช้การเปิด-ปิดวาล์วควบคุมแรงดันลม โดยไม่มีอุปกรณ์วัดแรงดันลม ทำให้การปรับอัตราการไหลของปั๊มและควบคุมอัตราการไหลให้คงที่สำหรับการเปิด-ปิดแต่ละครั้งทำได้ยาก การทำความสะอาดผิวกระจกไม่ดีพออย่างสม่ำเสมอ การผลิตกระจกเงาอาจเกิดเป็นตำหนิจุดดำ และการเคลือบสารเคมีเกิดเป็นตำหนิสเปรย์ขึ้นได้

สภาพหลังการปรับปรุง ได้มีการติดตั้งอุปกรณ์ความควบคุมแรงดันลม (Air Regulator) แสดงในภาคผนวก ข ดังรูปที่ ข-6 สำหรับการควบคุมอัตราการไหลของปั๊มน้ำยาซีเรียมออกไซด์ และได้กำหนดมาตรฐานไว้ดังนี้ คือ ปรับแรงดันลมไว้ที่ 2 บาร์ สำหรับการควบคุมอัตราการไหลเท่ากับ 100 ลิตรต่อชั่วโมง ทำให้สามารถควบคุมอัตราการไหลให้คงที่ได้ตลอดทั้งช่วงของการผลิต

ข้อบกพร่อง คือ มีสิ่งปนเปื้อนในถังผสมซีเรียมออกไซด์

สภาพก่อนการปรับปรุง ที่ด้านบนถังผสมซีเรียมออกไซด์ จะต้องมีการติดตั้งมอเตอร์สำหรับหมุนใบกวนผสมซีเรียมออกไซด์อยู่ตลอดเวลา เพื่อไม่ให้เกิดการตกตะกอน บางครั้งพบว่ามีสิ่งสกปรกได้แก่ ผงสนิมเหล็ก เศษฝุ่นจากการสึกหรอของโลหะและสายพาน ตกลงในถังผสมซีเรียมออกไซด์ ซึ่งยากต่อการตรวจสอบ เนื่องจากน้ำยาซีเรียมออกไซด์มีสีขาวขุ่น และการที่ไม่มีกำหนดการล้างถังผสมที่แน่นอน อาจทำให้เกิดการปนเปื้อนสะสมในน้ำยาซีเรียมออกไซด์ การผลิตกระจกเงาอาจเกิดเป็นตำหนิจุดดำขึ้นได้

สภาพหลังการปรับปรุง ได้กำหนดให้มีการล้างถังผสมซีเรียมออกไซด์อย่างสม่ำเสมอ ในตารางกำหนดการซ่อมบำรุงกระบวนการผลิตกระจกเงา ความถี่ทุก ๆ 1 เดือน เพื่อป้องกันการปนเปื้อนสะสมในน้ำยาซีเรียมออกไซด์ แสดงในภาคผนวก ค ดังตารางที่ ค-5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อบกพร่อง คือ ผิวกระจกถูกขัดด้วยแปรงขัดแบบจานหมุนไม่สะอาดดีพอ

สภาพก่อนการปรับปรุง แปรงขัดแบบจานหมุน (Disk brush) ที่ใช้อยู่เดิม ขนแปรงจะมีความยาวเท่ากับ 40 มม.และขนาดของขนแปรงเท่ากับ 0.20 มม. วัสดุของขนแปรงทำจากไนลอนสีขาว ปัญหาในการใช้งาน พบว่าการปรับให้ขนแปรงกดลงบนผิวกระจกทำได้ไม่ดี เนื่องจากขนแปรงจะโค้งงอ และหลังจากใช้ไปสักระยะหนึ่ง การโค้งงอจะไม่คืนรูปกลับเหมือนเดิม ทำให้ประสิทธิภาพในการทำความผิวกระจกไม่ดีพอ และลดลงอย่างมากตามอายุการใช้งาน การผลิตกระจกเงาอาจเกิดเป็นตำหนิจุดดำ และการเคลือบสารเคมีเกิดเป็นตำหนิสเปรย์ขึ้นได้

สภาพหลังการปรับปรุง เริ่มต้นได้มีการทดลองเปลี่ยนแปรงขัดแบบจานหมุนเป็นหลาย ๆ แบบ แต่แบบที่ให้ผลการทดลองดีที่สุด คือ แปรงขัดที่มีความยาวของขนแปรง 30 มม. และมีขนาดของขนแปรงเท่ากับ 0.20 มม. โดยขนแปรงยังคงใช้เป็นวัสดุไนลอนเหมือนเดิม จึงได้เปลี่ยนแปรงขัดทั้งหมดมาใช้เป็นแปรงขัดแบบนี้ จากผลการใช้งานขนแปรงยังสามารถคงตัวอยู่ได้ในแนวตรง หลังจากผ่านการใช้งานไประยะหนึ่งแล้ว ทำให้ประสิทธิภาพในการทำความสะอาดผิวกระจกดีขึ้น แสดงในภาคผนวก ข ดังรูปที่ ข-7

ข้อบกพร่อง คือ ขนแปรงขัดแบบจานหมุนเสื่อมสภาพและสั้นลงมาก

สภาพก่อนการปรับปรุง แปรงขัดแบบจานหมุนเมื่อถูกใช้งานไปนาน ๆ ขนแปรงขัดจะสั้นลง โดยขนแปรงบริเวณขอบด้านนอกของจานแปรงขัดจะสั้นกว่าบริเวณตรงกลาง เมื่อความยาวของขนแปรงขัดทั้งสองบริเวณแตกต่างกันมาก โดยไม่มีการตรวจสอบและกำหนดการเปลี่ยนแปรงขัดที่แน่นอน จะทำให้มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำความสะอาดผิวกระจก การผลิตกระจกเงาอาจเกิดเป็นตำหนิจุดดำขึ้นได้

สภาพหลังการปรับปรุง ได้จัดทำบันทึกการตรวจสอบสภาพเครื่องจักรและกระบวนการผลิต โดยกำหนดให้มีการตรวจสอบสภาพของขนแปรงขัด ความถี่ในการตรวจสอบทุก ๆ สัปดาห์ โดยกำหนดมาตรฐานไว้ดังนี้ คือ ถ้าความยาวของขนแปรงบริเวณขอบและบริเวณตรงกลางของจานแปรงขัด แตกต่างกันมากกว่า 2 มม. ให้เปลี่ยนแปรงขัดของชุดนั้นทั้งชุด จำนวน 40 แปรงขัด

ข้อบกพร่อง คือ การปรับระดับแปรงขัดแบบจานหมุนไม่เหมาะสม

สภาพก่อนการปรับปรุง เนื่องจากแปรงขัดแบบจานหมุน จะต้องมีการปรับระดับขึ้น-ลง ตามความหนาของกระจกเงาที่ต้องการผลิต ซึ่งการปรับระดับแบบเดิมจะใช้วิธีสังเกตตำแหน่งที่ขนแปรงสัมผัสผิวกระจก การปรับแปรงขัดขึ้นสูงเกินไปจะทำให้การทำความสะอาดผิวกระจกได้ไม่ดีพอ ทำให้การผลิตกระจกเงาอาจเกิดเป็นตำหนิจุดดำขึ้นได้

สภาพหลังการปรับปรุง ได้มีการติดตั้งสเกลบอกระดับการปรับแปรงขัดเลื่อนขึ้น-ลง และยังได้กำหนดมาตรฐานของการปรับระดับแปรงขัดไว้ ดังนี้ คือ จะต้องปรับระดับของแปรงขัดให้ต่ำกว่าผิวกระจกด้านบน เท่ากับ 1.0 มม. ของการผลิตกระจกเงาทุก ๆ ความหนา แสดงในภาคผนวก ข ดังรูปที่ ข-8

ข้อบกพร่อง คือ น้ำมันหล่อลื่นจากชุดขับแปรงขัดหยดลงบนผิวกระจก

สภาพก่อนการปรับปรุง เนื่องจากชุดแปรงขัดแบบจานหมุนจะมอเตอร์ 2 ตัว อยู่ด้านบนของชุดแปรงขัดทางด้านซ้ายและด้านขวา ทำหน้าที่ขับเพื่อหมุนแปรงขัด การที่ไม่มีการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ บางครั้งจะพบว่ามีน้ำมันหล่อลื่นซึมออกมาจากชุดเกียร์ เนื่องจากซีลยางกันน้ำมันชำรุดหรือเสื่อมสภาพ ซึ่งน้ำมันหล่อลื่นที่รั่วออกมานี้ อาจหยดลงบนผิวกระจก ทำให้การผลิตกระจกเงาอาจเกิดเป็นตำหนิจุดดำขึ้นได้

สภาพหลังการปรับปรุง ได้จัดทำบันทึกการตรวจสอบสภาพเครื่องจักรและกระบวนการผลิต โดยกำหนดให้มีการตรวจสอบสภาพการรั่วซึมของน้ำมันหล่อลื่นจากมอเตอร์ชุดขับแปรงขัด ความถี่ในการตรวจสอบทุก ๆ สัปดาห์ เพื่อป้องกันปัญหาน้ำมันหล่อลื่นหยดลงบนผิวกระจก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อบกพร่อง คือ คุณภาพน้ำบริสุทธิ์ไม่ดีพอ

<u>สภาพก่อนการปรับปรุง</u> เนื่องจากถังเก็บพักน้ำบริสุทธิ์แบบเดิม เป็นถังทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เมตร และสูง 4.0 เมตร ทั้ง 2 ถัง จะมีช่องเปิดเฉพาะที่ฝาถังด้านบน การทำความสะอาดภายในทำได้เพียงการฉีดน้ำเข้าไปจากทางด้านบน ซึ่งการทำความสะอาดด้วยวิธีนี้ไม่สามารถล้างเอาสิ่งสกปรกที่เกาะติดที่ผนังด้านในของถังออกได้หมด สิ่งสกปรกในถังเก็บบริสุทธิ์อาจทำให้การผลิตกระจกเงาอาจเกิดเป็นตำหนิจุดดำขึ้นได้ รวมทั้งสิ่งสกปรกนี้อาจทำให้เกิดการอุดตันของหัวสเปรย์ ทำให้การเคลือบสารเคมีเกิดเป็นตำหนิสเปรย์ขึ้นได้

<u>สภาพหลังการปรับปรุง</u> ได้ทำฝาเปิดที่ด้านข้างของถังเก็บพักน้ำบริสุทธิ์ แสดงในภาคผนวก ข ดังรูปที่ ข-9 การทำความสะอาดภายในถัง พนักงานสามารถเข้าไปข้างในถัง เพื่อล้างเอาสิ่งสกปรกที่เกาะติดที่ผนังด้านในของถังได้ โดยไม่เกิดอันตรายเนื่องจากการทำงานภายใต้ภาวะอับอากาศ ทำให้การทำความสะอาดถังเก็บพักน้ำบริสุทธิ์ทำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ยังได้กำหนดให้มีการล้างถังพักน้ำบริสุทธิ์อย่างสม่ำเสมอ ความถี่ของการล้างทุก ๆ 2 เดือน ในตารางกำหนดการซ่อมบำรุงกระบวนการผลิตกระจกเงา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 การควบคุมปัจจัยเพื่อลดข้อบกพร่องในส่วนของการเคลือบสารเคมี

ขั้นตอนในการเคลือบด้วยสารเคมีในกระบวนการผลิตกระจกเงา ก็เป็นอีกส่วนหนึ่งที่มีโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องต่าง ๆ ได้มาก เพราะมีการเคลือบด้วยสารเคมีต่าง ๆ ถึง 5 ชั้นด้วยกัน กระจกเสียที่เกิดจากผลของข้อบกพร่องในส่วนนี้คือ การทำให้เกิดรอยตำหนิจุดดำ และสเปรย์ ซึ่งส่วนของการเคลือบสารเคมี ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ ดังนี้คือ

1. การเคลือบดีบุก 1 (Sensitizing)
2. การเคลือบพัลลาเดียม (Activation)
3. การเคลือบเงิน (Silvering)
4. การเคลือบดีบุก 2 (Passivation)
5. การเคลือบไซเลน (Paint adhesion treatment)

การควบคุมปัจจัยที่มีโอกาสก่อให้เกิดกระจกเสียในส่วนนี้ จะขอกล่าวถึงรายละเอียดเฉพาะกิจกรรมที่ไม่ซ้ำซ้อนกับกิจกรรมในขั้นตอนการทำความสะอาดผิวกระจก เพราะว่ามีหลาย ๆ กิจกรรมที่ได้ดำเนินการปรับปรุงในลักษณะเดียวกัน ซึ่งกิจกรรมในการควบคุมปัจจัยที่มีโอกาสก่อให้เกิดกระจกเงาเสียของขั้นตอนการเคลือบสารเคมีบนผิวกระจก สามารถสรุปแนวโน้มของข้อบกพร่อง ได้ดังต่อไปนี้

1. หัวสเปรย์น้ำยาดีบุก (1) อุดตัน
2. ระดับของท่อสเปรย์และมุมของการสเปรย์น้ำยาดีบุก (1) ไม่เหมาะสม
3. หัวสเปรย์ของน้ำยาดีบุก (1) ใส่ไม่ถูกต้อง
4. ระดับของท่อสเปรย์และมุมของการสเปรย์น้ำยาพัลลาเดียมไม่เหมาะสม
5. หัวสเปรย์ของน้ำยาพัลลาเดียมใส่ไม่ถูกต้อง
6. การทำปฏิกิริยาปนเปื้อนของน้ำยาพัลลาเดียมกับโลหะอื่น ๆ
7. มีน้ำและสิ่งสกปรก หยดและหล่นบนผิวกระจกขณะเคลือบพัลลาเดียม
8. ละอองน้ำมันจากตลับลูกปืนหยดลงบนผิวกระจกขณะเคลือบเงิน
9. ปฏิกิริยาการเคลือบเงินไม่สมบูรณ์
10. มีน้ำและสิ่งสกปรก หยดและหล่นบนผิวกระจกหลังการเคลือบเงิน

ข้อบกพร่อง คือ หัวสเปรย์น้ำยาดีบุก (1) อุดตัน

สภาพก่อนการปรับปรุง เนื่องจากตะกอนของน้ำยาดีบุกที่ตกค้างอยู่ในท่อจะถูกพาไปด้วยการปั๊มและแรงดันของน้ำบริสุทธิ์ไปทำให้เกิดการอุดตันที่หัวสเปรย์ ทำให้การผลิตกระจกเงาอาจเกิดเป็นตำหนิจุดดำและสเปรย์ขึ้นได้

สภาพหลังการปรับปรุง นอกเหนือจากการกำหนดให้มีการตรวจสอบการอุดตันของหัวสเปรย์แล้ว ในส่วนของการเคลือบดีบุก ยังได้มีการติดตั้งตัวกรองสำหรับกรองดักตะกอนในท่อน้ำยาดีบุก เพื่อไม่ให้ตะกอนไปอุดตันที่หัวสเปรย์ โดยตัวกรองตะกอนนี้หลังจากถูกใช้งานไป จะต้องถอดออกมาล้างไส้กรองทุก ๆ สัปดาห์ วิธีการปรับปรุงลักษณะเดียวกันนี้ ยังได้นำไปใช้กับขั้นตอนการผลิตอื่น ๆ ที่พบปัญหาในลักษณะเดียวกัน ได้แก่ การเคลือบเงิน การเคลือบดีบุก (2) และการเคลือบไซเลน เป็นต้น แสดงในภาคผนวก ข ดังรูปที่ ข-10

ข้อบกพร่อง คือ ระดับของท่อสเปรย์และมุมของการสเปรย์น้ำยาดีบุก (1) ไม่เหมาะสม

สภาพก่อนการปรับปรุง เนื่องจากท่อสเปรย์น้ำยาดีบุก จะต้องมีการถอดออกมาล้างภายในท่อทุก ๆ สัปดาห์ เพราะจะเกิดตะกอนสะสมอยู่ในท่อ การถอดออกมาล้างและประกอบกลับคืน มักจะพบปัญหาว่า ตำแหน่งของท่อสเปรย์และมุมของการสเปรย์ไม่อยู่ในตำแหน่งเดิม รวมทั้งในการถอดประกอบแต่ละครั้ง การปรับตำแหน่งทำได้ไม่สะดวก เพราะจะต้องใช้พนักงาน 2 คน และใช้เครื่องมือหลายชนิด เช่น ประแจปากตาย ประแจจับท่อ ไขควงปากแบน และไม้บรรทัดเหล็ก เป็นต้น โดยปกติจะต้องปรับตำแหน่งท่อสเปรย์ให้อยู่สูงจากผิวกระจกด้านบน 200 มม. และปรับมุมของการสเปรย์ให้ทำมุม 45 องศากับผิวกระจก ถ้าระดับของท่อสเปรย์และมุมของการสเปรย์น้ำยาดีบุก (1) ไม่เหมาะสม จะทำให้การผลิตกระจกเงาอาจเกิดเป็นตำหนิจุดดำและสเปรย์ขึ้นได้

สภาพหลังการปรับปรุง ได้ทำอุปกรณ์ยึดและวางท่อใหม่ ที่สามารถถอดออกมาล้างได้ง่าย โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือช่วย และทำได้โดยพนักงานเพียงคนเดียว การประกอบกลับคืนไม่จำเป็นต้องปรับระดับความสูงและปรับมุม เพราะอุปกรณ์ยึดและวางท่อสเปรย์ ถูกออกแบบให้เป็น 2 ชิ้น โดยชิ้นแรก จะเป็นตัวยึดตำแหน่งท่อที่กำหนดระดับความสูงที่เหมาะสมแล้วจะติดอยู่กับโครงสร้างของเครื่องจักรแบบตายตัว และมีบ่ารับรูปตัววีสำหรับวางท่อสเปรย์ ส่วนชิ้นที่สองจะเป็นท่อสเปรย์ที่มี

เหล็กฉากรูปตัววีเชื่อมติดอยู่ที่ปลายทั้งสองข้างในตำแหน่งที่ทำให้มุมการสเปรย์ทำมุม 45 องศา กับผิวกระจกโดยไม่จำเป็นต้องปรับมุมอีก และสายน้ำยาดีบุกได้ถูกต่อเข้ากับท่อสเปรย์ด้วยการใช้อุปกรณ์ Quick-coupling การถอดประกอบท่อน้ำยาทำได้โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือช่วย แสดงในภาคผนวก ข ดังรูปที่ ข-11 วิธีการปรับปรุงลักษณะเดียวกันนี้ ยังได้นำไปใช้กับขั้นตอน การเคลือบดีบุก (2) ที่พบปัญหาในลักษณะเดียวกัน แสดงในภาคผนวก ข ดังรูปที่ ข-12

ข้อบกพร่อง คือ หัวสเปรย์ของน้ำยาดีบุก (1) ใส่ไม่ถูกต้อง

<u>สภาพก่อนการปรับปรุง</u> หัวสเปรย์ของน้ำยาดีบุกจะต้องใช้เบอร์ 110.01 และวัสดุต้องทำมาจากสเตนเลส การถอดออกมาล้างรวมกับหัวสเปรย์เบอร์อื่น ๆ อาจเกิดการปะปนกันได้ เนื่องจากใช้ฝาครอบหัวสเปรย์สีเดียวกัน และหัวสเปรย์มีลักษณะเหมือน ๆ กันกับหัวสเปรย์เบอร์อื่น ๆ ถ้าเบอร์ของหัวสเปรย์ของน้ำยาดีบุกใส่ไม่ถูกต้อง จะทำให้การผลิตกระจกเงาอาจเกิดเป็นตำหนิจุดดำและสเปรย์ขึ้นได้

<u>สภาพหลังการปรับปรุง</u> ได้เปลี่ยนฝาครอบหัวสเปรย์เป็นสีต่าง ๆ แยกตามเบอร์และวัสดุที่ใช้ทำหัวสเปรย์ โดยหัวสเปรย์ของน้ำยาดีบุกจะใช้เบอร์ 110.01 วัสดุทำด้วยสเตนเลส และให้ใช้ฝาครอบหัวสเปรย์สีแดง

ข้อบกพร่อง คือ ระดับของท่อสเปรย์และมุมของการสเปรย์น้ำยาพัลลาเดียมไม่เหมาะสม

<u>สภาพก่อนการปรับปรุง</u> เนื่องจากท่อสเปรย์น้ำยาพัลลาเดียมจะต้องมีการถอดออกมาล้างทุก ๆ สัปดาห์ เพราะจะเกิดตะกอนสะสมอยู่ในท่อ การถอดออกมาล้างและประกอบกลับคืน มักจะพบปัญหาว่า ตำแหน่งของท่อสเปรย์และมุมการการสเปรย์ ไม่อยู่ในตำแหน่งเดิม ปกติจะปรับระดับความสูงของท่อสเปรย์น้ำยาพัลลาเดียมไว้เท่ากับ 185 มม. จากผิวกระจกด้านบน และมุมของการสเปรย์ เท่ากับ 90 องศา หรือทำมุมตั้งฉากกับผิวกระจก ถ้าระดับของท่อสเปรย์และมุมของการสเปรย์น้ำยาพัลลาเดียมไม่เหมาะสม จะทำให้การผลิตกระจกเงาอาจเกิดเป็นตำหนิสเปรย์ขึ้นได้

<u>สภาพหลังการปรับปรุง</u> ได้ทำอุปกรณ์ยึดท่อสเปรย์ใหม่ ที่สามารถถอดออกมาล้างและประกอบกลับคืนได้ง่าย เพราะอุปกรณ์ยึดท่อสเปรย์ถูกออกแบบให้การถอดและการประกอบกลับคืน ทำได้โดยไม่จำเป็นต้องปรับระดับความสูงและปรับมุมของท่อสเปรย์ แสดงในภาคผนวก ข ดังรูปที่ 4-13

ข้อบกพร่อง คือ หัวสเปรย์ของน้ำยาพัลลาเดียมใส่ไม่ถูกต้อง

สภาพก่อนการปรับปรุง หัวสเปรย์น้ำยาพัลลาเดียม ปกติจะต้องใช้เบอร์ 110.01 และวัสดุต้องทำมาจากเซรามิค การถอดออกมาล้างรวมกับหัวสเปรย์เบอร์อื่น ๆ อาจเกิดการปะปนกันได้ เนื่องจากใช้ฝาครอบหัวสเปรย์สีเดียวกัน และหัวสเปรย์มีลักษณะเหมือน ๆ กันกับหัวสเปรย์เบอร์อื่น ๆ ถ้าหัวสเปรย์ของน้ำยาพัลลาเดียม มีการเลือกใช้เบอร์และวัสดุไม่ถูกต้อง จะทำให้การผลิตกระจกเงาอาจเกิดเป็นตำหนิสเปรย์ขึ้นได้

สภาพหลังการปรับปรุง ได้เปลี่ยนฝาครอบหัวสเปรย์เป็นสีต่าง ๆ แยกตามเบอร์และวัสดุที่ใช้ทำหัวสเปรย์ โดยหัวสเปรย์ของน้ำยาพัลลาเดียมต้องใช้เบอร์ 110.01 วัสดุทำจากเซรามิค และกำหนดให้ใช้ฝาครอบหัวสเปรย์เป็นสีดำ

ข้อบกพร่อง คือ การทำปฏิกิริยาปนเปื้อนของน้ำยาพัลลาเดียมกับโลหะอื่น ๆ

สภาพก่อนการปรับปรุง เนื่องจากน้ำยาพัลลาเดียม เป็นสารเคมีที่มีสภาพเป็นกรดและกัดกร่อนโลหะแทบทุกชนิด วัสดุของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต้องสัมผัสกับน้ำยาพัลลาเดียมโดยตรง แบบเดิมจะใช้วัสดุที่ทำด้วยสเตนเลส เช่น หัววัดค่านำไฟฟ้า และข้อต่อท่อต่าง ๆ เมื่อใช้งานไปสักระยะหนึ่งจะพบตะกอนของสารประกอบพัลลาเดียมในหลอดผสมน้ำยา และเมื่อถอดอุปกรณ์ออกมาตรวจสอบพบว่าเกิดการกัดกร่อนที่เนื้อโลหะสเตนเลส ซึ่งมีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาปนเปื้อนในน้ำยาพัลลาเดียม การผลิตกระจกเงาอาจเกิดเป็นตำหนิจุดดำและสเปรย์ขึ้นได้

สภาพหลังการปรับปรุง ได้เปลี่ยนหัววัดค่านำไฟฟ้า และข้อต่อท่อต่าง ๆ เป็นวัสดุที่ทำมาจากพลาสติกประเภทพีวีซี หลังจากใช้งานไปสักระยะหนึ่งไม่พบตะกอนของสารประกอบพัลลาเดียมในหลอดผสมน้ำยาอีก แสดงในภาคผนวก ข ดังรูปที่ ข-14

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อบกพร่อง คือ มีน้ำและสิ่งสกปรก หยดและหล่นบนผิวกระจกขณะเคลือบพัลลาเดียม

<u>สภาพก่อนการปรับปรุง</u> เนื่องจากถาดรองรับน้ำยาพัลลาเดียมที่อยู่ใต้ท่อสเปรย์ จะมีน้ำยาพัลลาเดียมส่วนที่ไม่เคลือบบนผิวกระจกอยู่ และเกิดปฏิกิริยาปนเปื้อนกลายเป็นตะกอนของสารประกอบพัลลาเดียมสะสมอยู่ในถาด การสเปรย์น้ำฉีดล้างกระจกมีโอกาสที่ละอองน้ำจะพาเอาน้ำปนเปื้อนและสิ่งสกปรกในส่วนนี้หยดและหล่นบนผิวกระจก เนื่องจากถาดรองรับน้ำยาจะมีขอบกั้นแบ่งเป็นส่วน ๆ ซึ่งทำให้เกิดการหมุนวนของละอองน้ำ แนวโน้มของข้อบกพร่องนี้ จะทำให้การผลิตกระจกเงาอาจเกิดเป็นตำหนิจุดดำขึ้นได้

<u>สภาพหลังการปรับปรุง</u> ได้แก้ปัญหานี้โดยการปรับระดับของถาดรองรับน้ำยาพัลลาเดียมที่อยู่ใต้ท่อสเปรย์ ให้เป็นพื้นสูงขึ้นและปูทับด้วยแผ่นกรองแบบฟองน้ำให้เสมอขอบกั้นแบ่งส่วนของถาดรองรับน้ำ เพื่อป้องการเกิดการหมุนวนของละอองน้ำจะพาเอาน้ำปนเปื้อนและสิ่งสกปรก หยดและหล่นบนผิวกระจกได้ นอกจากนี้แผ่นกรองแบบฟองน้ำยังช่วยดูดซับตะกอนสิ่งสกปรกไว้ได้อีกด้วย แสดงในภาคผนวก ข ดังรูปที่ ข-15

ข้อบกพร่อง คือ ละอองน้ำมันจากตลับลูกปืนหยดลงบนผิวกระจกขณะเคลือบเงิน

<u>สภาพก่อนการปรับปรุง</u> เนื่องจากชุดขับคานสเปรย์ของการเคลือบเงิน เป็นชุดขับแบบสายพานฉุดลากตามแกนเพลากลม จำเป็นต้องมีตลับลูกปืนบังคับแนวการเคลื่อนที่ ในตลับลูกปืนจะมีการหล่อลื่นด้วยจาระบี เพื่อลดแรงเสียดทานในการเคลื่อนที่ เมื่อชุดขับคานสเปรย์ทำงานต่อเนื่องเป็นเวลานานจะเกิดความร้อน ทำให้จาระบีละลายออกมามีลักษณะเหมือนกับน้ำมัน และการเคลื่อนที่ไป-กลับของชุดคานสเปรย์นี้ จะมีโอกาสทำให้เกิดละอองน้ำมันจากตลับลูกปืนที่เกิดขึ้นหยดลงบนผิวกระจกขณะเคลือบเงิน การผลิตกระจกเงาอาจเกิดเป็นตำหนิจุดดำขึ้นได้

<u>สภาพหลังการปรับปรุง</u> ได้ติดตั้งแผ่นพลาสติกขนาดกว้าง 80 ซม. และสูง 35 ซม. กั้นระหว่างตลับลูกปืนของชุดขับคานสเปรย์กับชุดหัวสเปรย์เคลือบเงิน ทั้งด้านซ้ายและด้านขวา เพื่อป้องกันไม่ให้ละอองน้ำมันจากตลับลูกปืนหยดลงบนผิวกระจกขณะการเคลือบเงิน แสดงในภาคผนวก ข ดังรูปที่ ข-16

ข้อบกพร่อง คือ ปฏิกิริยาการเคลือบเงินไม่สมบูรณ์

<u>สภาพก่อนการปรับปรุง</u> เนื่องจากในขั้นตอนการเคลือบเงิน มีการใช้สารละลาย 3 ชนิด คือ

1. สารละลายซีโร-ซิลเวอร์
2. สารละลายซิลเวอร์
3. สารละลายรีดิวเซอร์

สารละลายทั้ง 3 ชนิดนี้ จะมีส่วนผสมของสารละลายแอมโมเนียอยู่ ในช่วงที่อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิของน้ำค่อนข้างสูง จะทำให้อัตราการระเหยของแอมโมเนียสูงขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้ปฏิกิริยาการเคลือบโลหะเงินบนผิวกระจกเกิดเป็นปฏิกิริยาข้างเคียง กลายเป็นสารประกอบออกไซด์ของโลหะเงิน ทำให้เกิดเป็นตะกอนสีขาวขณะเคลือบเงิน การผลิตกระจกเงาอาจเกิดเป็นตำหนิสเปรย์ขึ้นได้

<u>สภาพหลังการปรับปรุง</u> เนื่องจากขณะนี้ในกระบวนการผลิต ยังไม่ได้มีการควบคุมอุณหภูมิของบรรยากาศและอุณหภูมิของน้ำในขั้นตอนของการเคลือบเงิน ดังนั้นการควบคุมอัตราการระเหยของสารละลายแอมโมเนียจึงทำได้ยาก การปรับปรุงจึงทำได้เพียงการเพิ่มสารละลายแอมโมเนียเข้าไปในระบบหรือลดอัตราการระเหยของสารละลายแอมโมเนียในระบบลง โดยได้กำหนดเป็นแนวทางสำหรับแก้ไขปัญหาการเกิดปฏิกิริยาการเคลือบเงินไม่สมบูรณ์ และปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากเคลือบเงิน ดังตารางที่ 4.1

ข้อบกพร่อง คือ มีน้ำและสิ่งสกปรก หยดและหล่นบนผิวกระจกหลังการเคลือบเงิน

<u>สภาพก่อนการปรับปรุง</u> เนื่องจากท่อสเปรย์ฉีดน้ำล้างผิวกระจกหลังการเคลือบเงิน อยู่ใกล้กับผนังกั้นมากเกินไป ทำให้มุมของการสเปรย์น้ำมีโอกาสที่ละอองน้ำจะพาเอาน้ำปนเปื้อนและสกปรกในส่วนนี้ หยดและหล่นบนผิวกระจกได้ง่าย การผลิตกระจกเงาอาจเกิดเป็นตำหนิจุดดำและสเปรย์ขึ้นได้

สภาพหลังการปรับปรุง ได้แก้ปัญหานี้โดยเลื่อนท่อสเปรย์ฉีดน้ำล้างผิวกระจกหลังการเคลือบเงินไปทางด้านหลังอีก 50 ซม. เพื่อให้มุมของการสเปรย์ตกลงในถาดรองรับน้ำแทน และยังได้เจาะรูระบายน้ำที่ถาดรองรับน้ำเพิ่มอีกช่อง เพื่อช่วยให้น้ำไหลออกจากถาดรองรับน้ำได้เร็วขึ้น ป้องกันการเกิดละอองน้ำ พาเอาน้ำปนเปื้อนและสิ่งสกปรกที่ผนังกั้นและในถาดรองรับน้ำ ตกลงบนผิวกระจก หลังการเคลือบเงิน แสดงในภาคผนวก ข ดังรูปที่ ข-17

นอกเหนือไปจากการปรับปรุง เพื่อแก้ปัญหาของข้อบกพร่องในขั้นตอนการเคลือบสารเคมีที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว ยังได้มีการจัดทำเอกสารสรุปเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาการเกิดจุดดำในทุก ๆ ขั้นตอนของกระบวนการผลิตกระจกเงาที่มีแนวโน้มของการเกิดข้อบกพร่อง ดังในตารางที่ 4.2 เพื่อให้พนักงานที่เกี่ยวของใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาการเกิดตำหนิจุดดำ ให้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 แนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเคลือบเงิน

ลักษณะของปัญหาที่พบ	สาเหตุที่เป็นไปได้	แนวทางแก้ไขและป้องกันปัญหา
1. เกิดตะกอนเงินใต้หัวสเปรย์ระหว่างการเคลือบเงิน	1) ปรับอัตราการไหลของปั๊มซิลเวอร์และรีดิวเซอร์ไม่ถูกต้อง	1) - ตรวจสอบและปรับอัตราการไหลของปั๊มซิลเวอร์และรีดิวเซอร์ ให้เหมาะสม ปกติจะใช้ในสัดส่วนของซิลเวอร์ : รีดิวเซอร์ = 1 : 1 และปรับอัตราการไหลของปั๊มน้ำยาซิลเวอร์ : รีดิวเซอร์ = 23 : 23 มล. / 20 สโตรก
	2) อุณหภูมิน้ำสูงเกินไป	2) - ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำ และการทำงานของคูลลิ่งทาวเวอร์
	3) คุณภาพน้ำบริสุทธิ์ ไม่ดีพอ	3) - ตรวจสอบคุณภาพน้ำบริสุทธิ์ ค่าพีเอช (pH 6-7) และค่าต้านทานไฟฟ้า (>2.0 Mohm.cm) ถ้าไม่ได้ตามมาตรฐาน ให้หยุดผลิตกระจกเงา ถ่ายน้ำในถังพักทิ้ง แล้วทำน้ำบริสุทธิ์ใหม่
	4) มีน้ำสกปรกหยดลงบนผิวกระจก หลังจากการสเปรย์น้ำยาดีบุก (1) จนถึงห้องสเปรย์เคลือบเงิน	4) - ทำความสะอาดฝาครอบ โครงสเตนเลสเครื่องจักร และแผ่นกระจกปิดครอบเครื่องจักร ตั้งแต่ช่วงสเปรย์น้ำยาดีบุก (1) จนถึงห้องสเปรย์เคลือบเงิน
	5) แอมโมเนียในระบบการเคลือบเงินน้อยเกินไป หรืออัตราการระเหยของแอมโมเนียในน้ำยาเคมีเร็วเกินไป	5) - เติมสารละลายแอมโมเนีย 500-1000 มิลลิลิตร ลงในน้ำยาซีโรซิลเวอร์ ซิลเวอร์ และรีดิวเซอร์ - ปิดตัวดูดอากาศด้านหลังห้องเคลือบเงิน เพื่อลดอัตราการระเหยของแอมโมเนียลง - ปรับลดอัตราการไหลของน้ำยารีดิวเซอร์ลง ปกติจะใช้ที่ 23 มล./ 20 สโตรก โดยให้ปรับลดลงทีละ 1 มล. แต่ไม่ควรปรับลดลงมากกว่า 5 มล. เพราะจะทำให้ชั้นเคลือบเงินบางกว่ามาตรฐาน - เพิ่มอัตราส่วนผสมของน้ำยาซีโรซิลเวอร์ จากเดิมเตรียมโดยใช้น้ำยาซิลเวอร์ 1 ลิตร ผสมกับน้ำบริสุทธ์ 19 ลิตร ให้เพิ่มเป็น 2 ลิตรต่อน้ำบริสุทธิ์ 18 ลิตร

ตารางที่ 4.1 แนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเคลือบเงิน (ต่อ)

ลักษณะของปัญหาที่พบ	สาเหตุที่เป็นไปได้	แนวทางแก้ไขและป้องกันปัญหา
		- เพิ่มปริมาณน้ำที่ใช้ในการสเปรย์เคลือบเงิน โดยเพิ่มหัวสเปรย์ของน้ำยาซิลเวอร์และรีดิวเซอร์ อีกอย่างละ 1 หัวสเปรย์ เพื่อลดอุณหภูมิบรรยากาศในห้องสเปรย์เคลือบเงินลง
2. การยึดเกาะของชั้นเคลือบเงินไม่ดี (ทดสอบด้วยเทปแล้วหลุดลอก)	1) คุณภาพน้ำบริสุทธิ์ ไม่ดีพอ	1) - ตรวจสอบคุณภาพน้ำบริสุทธิ์ ค่าพีเอช (pH 6-7) และค่าต้านทานไฟฟ้า (>2.0 Mohm.cm) ถ้าไม่ได้ตามมาตรฐาน ให้หยุดผลิตกระจกเงา ถ่ายน้ำในถังพักทิ้ง แล้วทำน้ำบริสุทธิ์ใหม่
	2) ความเข้มข้นของน้ำยาดีบุก (1) น้อยเกินไป	2) - ตรวบสอบและปรับอัตราการไหลของน้ำยาดีบุก (1) เพิ่มขึ้น ปกติจะปรับไว้เท่ากับ 22 มล. / 20 สโตรก - ตรวจสอบและปรับแรงดันน้ำบริสุทธิ์ ให้เท่ากับ 3 บาร์
	3) การล้างผิวกระจกไม่สะอาดดีพอ	3) - เพิ่มความเข้มข้นของน้ำยาซีเรียมออกไซด์ (Cerox 1610) ปกติจะผสมที่ความเข้มข้น 2.5 กก. / น้ำ 100 ลิตร - ตรวจสอบและปรับระดับแปรงขัดซีเรียมออกไซด์ ปกติจะปรับให้ต่ำกว่าผิวกระจกด้านบนเท่ากับ 1.0 มม - ตรวจสอบคราบสกปรกที่ผิวกระจกเบสิก ถ้าล้างไม่ออก ต้องไม่นำมาใช้ผลิตเป็นกระจกเงา
	4) อุณหภูมิในการอบชั้นเคลือบโลหะต่ำเกินไป	4) - ตรวจสอบการเปิดหลอดความร้อน ว่าเป็นไปตามที่กำหนดไว้สำหรับกระจกแต่ละความหนาหรือไม่ โดยปกติจะอุณหภูมิที่ผิวกระจกหลังออกจากเตาอบควรมีอุณหภูมิ > 65° (วัดที่ผิวด้านล่างกระจก)

ตารางที่ 4.1 แนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเคลือบเงิน (ต่อ)

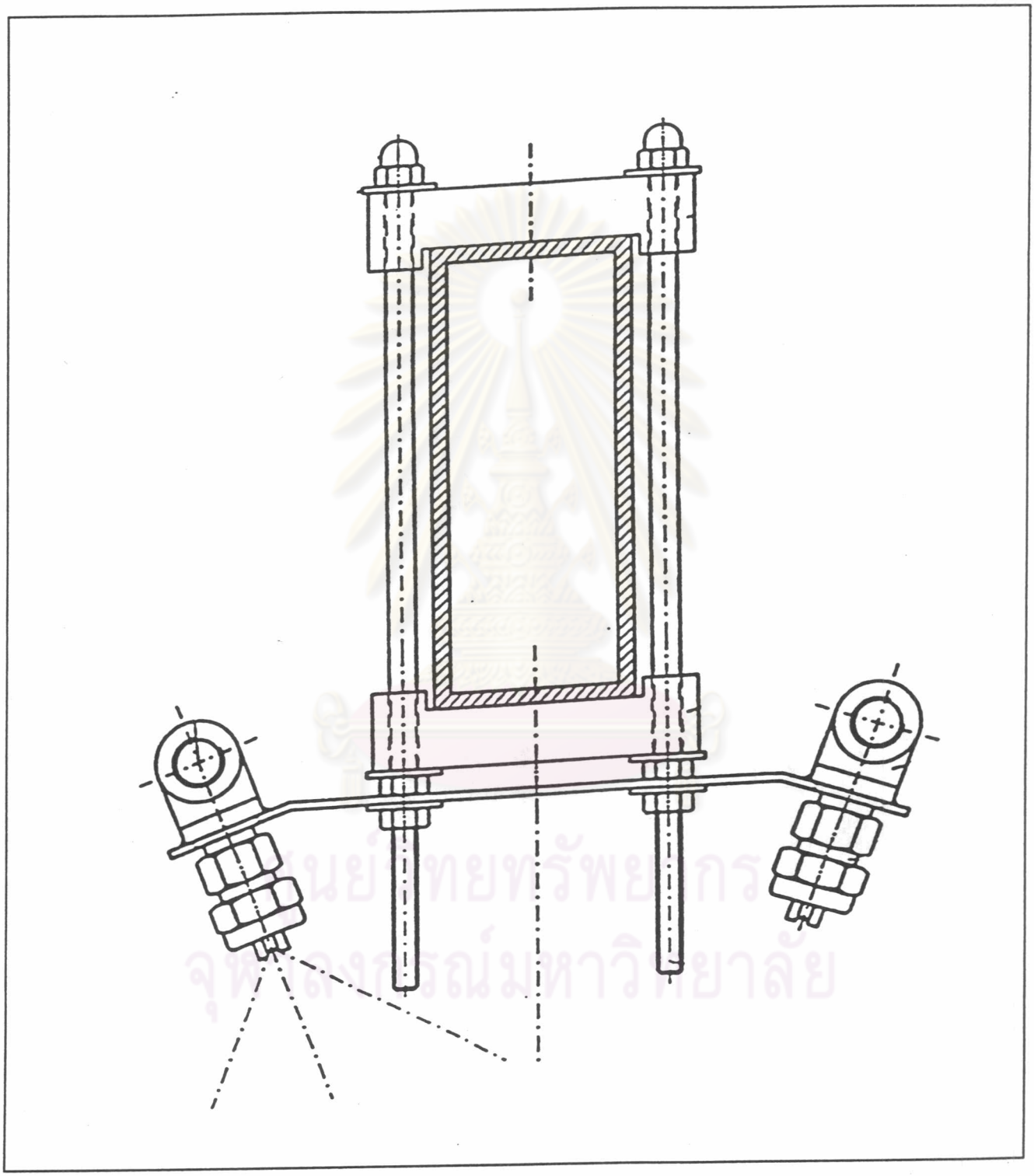
ลักษณะของปัญหาที่พบ	สาเหตุที่เป็นไปได้	แนวทางแก้ไขและป้องกันปัญหา
3. ชั้นเคลือบเงินบางเกินไป (ดูจากแสงไฟที่สองผ่านชั้นเคลือบเงิน)	1) ปรับอัตราการไหลของปั๊มซิลเวอร์และรีดิวเซอร์น้อยเกินไป	1) - ตรวจสอบและปรับอัตราการไหลของปั๊มซิลเวอร์และรีดิวเซอร์ ให้เหมาะสม ปกติจะใช้ในสัดส่วนของซิลเวอร์ : รีดิวเซอร์ = 1 : 1 และปรับอัตราการไหลของปั๊มน้ำยาซิลเวอร์ : รีดิวเซอร์ = 23 : 23 มล. / 20 สโตรก
4. ชั้นเคลือบเงินมีสีคล้ำ	1) อุณหภูมิน้ำสูงเกินไป	1) - ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำ และการทำงานของคูลลิ่งทาวเวอร์
	2) ปรับอัตราการไหลของปั๊มซิลเวอร์และรีดิวเซอร์ไม่ถูกต้อง	2) - ตรวจสอบและปรับอัตราการไหลของปั๊มซิลเวอร์และรีดิวเซอร์ ให้เหมาะสม ปกติจะใช้ในสัดส่วนของซิลเวอร์ : รีดิวเซอร์ = 1 : 1 และปรับอัตราการไหลของปั๊มน้ำยาซิลเวอร์ : รีดิวเซอร์ = 23 : 23 มล. / 20 สโตรก
5. ชั้นเคลือบเงินไม่เรียบอย่างสม่ำเสมอ เคลือบแล้วเป็นแนวตามขวาง สลับฟันปลา	1) รอบการสเปรย์ช้าเกินไป	1) - ปรับจำนวนรอบต่อนาทีของคานสเปรย์ห้องเคลือบเงินเพิ่มขึ้น ปกติจะปรับไว้เท่ากับ 14 รอบต่อนาที ที่ความเร็วเครื่องจักร 6 ม. / นาที และความกว้างในการสเปรย์เท่ากับ 2.6 ม. (ถ้าปรับเองไม่ได้ ให้แจ้งวิศวกรหรือพนักงานไฟฟ้าเป็นผู้ปรับ)
	2) ระยะของหัวสเปรย์กับผิวกระจกต่ำเกินไป	2) - ตรวจสอบและปรับระยะของหัวสเปรย์กับผิวกระจกให้เพิ่มขึ้น ปกติจะปรับไว้เท่ากับ 160 มม. จากหัวสเปรย์ถึงผิวกระจก 2 มม.
	3) จำนวนหัวสเปรย์น้อยเกินไป	3) - ติดตั้งหัวสเปรย์ให้มากขึ้น โดยต้องเพิ่มเป็นคู่ทั้งหัวสเปรย์ของน้ำยาซิลเวอร์และรีดิวเซอร์ ปกติจะใช้จำนวนหัวสเปรย์ทั้งหมด 11 คู่
	4) แรงดันน้ำบริสุทธิ์ ต่ำเกินไป	4) - ตรวจสอบและปรับแรงดันน้ำบริสุทธิ์ ให้เท่ากับ 3 บาร์
	5) มุมของหัวสเปรย์ไม่ถูกต้อง	5) - ตรวจสอบเบอร์หัวสเปรย์ว่าใช้ถูกต้องหรือไม่ ปกติต้องใช้เบอร์ 110.01 - เช็คมุมหัวสเปรย์ว่ามีหัวสเปรย์ตันหรือไม่ ถ้ามีให้ทำความสะอาดหรือหัวเปลี่ยนหัวสเปรย์ใหม่

ตารางที่ 4.1 แนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเคลือบเงิน (ต่อ)

ลักษณะของปัญหาที่พบ	สาเหตุที่เป็นไปได้	แนวทางแก้ไขและป้องกันปัญหา
	6) มุมของการสเปรย์น้ำยาซิลเวอร์และรีดิวเซอร์ไม่ถูกต้อง	ปกติจะต้องปรับมุมของการสเปรย์น้ำยาซิลเวอร์และรีดิวเซอร์ให้ตกทับกันพอดีบนผิวกระจก ดังรูปที่ 4.18
6. จุดดำ ที่เกิดจากชั้นเคลือบเงินไม่ติด มองผ่านแสงไฟเป็นรอยทะลุหรือตามด	1) น้ำยารีดิวเซอร์ทำปฏิกริยากับน้ำยาดีบุก (1) ไปก่อนน้ำยาซิลเวอร์	1) - ปกติจะไม่เกิดขึ้น เพราะมีการสเปรย์น้ำยาซีโรซิลเวอร์ลงไปก่อน แต่ควรตรวจสอบอัตราการไหลของน้ำยาซีโรซิลเวอร์ดูด้วยว่าปกติหรือไม่
	2) มีจุดที่เคลือบเงินไม่ติด ซึ่งเกิดจากตะกอนของสารประกอบซิลเวอร์หรือดีบุก (1)	2) - ตรวจสอบและล้างสายน้ำยา, หัวสเปรย์, ไส้กรอง และคานสเปรย์ในห้องเคลือบเงิน - ตรวจสอบและล้างสายน้ำยา, หัวสเปรย์, ไส้กรอง และท่อสเปรย์น้ำยาดีบุก - ตรวจสอบและทำความสะอาดปั๊มน้ำยาซีโรซิลเวอร์, ซิลเวอร์, รีดิวเซอร์และดีบุก (1)
	3) ผิวกระจกสกปรก ล้างไม่สะอาดเป็นบางจุด	3) - เพิ่มความเข้มข้นของน้ำยาซีเรียมออกไซด์ (Cerox 1610) ปกติจะผสมที่ความเข้มข้น 2.5 กก. / น้ำ 100 ลิตร - ตรวจสอบและปรับระดับแปรงขัดซีเรียมออกไซด์ ปกติจะปรับให้ต่ำกว่าผิวกระจกด้านบนเท่ากับ 1.0 มม - ตรวจสอบคราบสกปรกที่ผิวกระจกเบสิค ถ้าล้างไม่ออกต้องไม่นำมาใช้ผลิตกระจกเงา
	4) ความเข้มข้นของน้ำยาดีบุก (1) น้อยเกินไป	4) - ตรวจสอบและปรับอัตราการไหลของน้ำยาดีบุก (1) เพิ่มขึ้น ปกติจะปรับไว้เท่ากับ 22 มล. / 20 สโตรก - ตรวจสอบและปรับแรงดันน้ำบริสุทธิ์ ให้เท่ากับ 3 บาร์

ตารางที่ 4.1 แนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเคลือบเงิน (ต่อ)

ลักษณะของปัญหาที่พบ	สาเหตุที่เป็นไปได้	แนวทางแก้ไขและป้องกันปัญหา
7. เกิดรอยดำตามขอบกระจกหลังจากการเคลือบเงิน	1) ความเข้มข้นของน้ำยาดีบุก (1) น้อยเกินไป	1) - ตรวจสอบและปรับอัตราการไหลของน้ำยาดีบุก (1) เพิ่มขึ้น ปกติจะปรับไว้เท่ากับ 22 มล. / 20 สโตรก - ตรวจสอบและปรับแรงดันน้ำบริสุทธิ์ ให้เท่ากับ 3 บาร์ - ตรวจสอบเบอร์หัวสเปรย์ว่าใช้ถูกต้องหรือไม่ ปกติต้องใช้เบอร์ 110.01 - ตรวจสอบว่ามีหัวสเปรย์ตันหรือไม่ ถ้ามีให้ทำความสะอาดหรือหัวเปลี่ยนหัวสเปรย์ใหม่
	2) ผิวกระจกสกปรก ล้างไม่สะอาดบริเวณขอบ	2) - เพิ่มความเข้มข้นของน้ำยาซีเรียมออกไซด์ (Cerox 1610) ปกติจะผสมที่ความเข้มข้น 2.5 กก. / น้ำ 100 ลิตร - ตรวจสอบและปรับระดับแปรงขัดซีเรียมออกไซด์ ปกติจะปรับให้ต่ำกว่าผิวกระจกด้านบนเท่ากับ 1.0 มม - ตรวจสอบคราบสกปรกที่ผิวกระจกเบสิก ถ้าล้างไม่ออกต้องไม่นำมาใช้ผลิตกระจกเงา
	3) มีน้ำล้างปกคลุมที่ผิวกระจกมากเกินไปก่อนการสเปรย์น้ำยาดีบุก (1)	3) - ตรวจสอบมุมหัวสเปรย์น้ำล้างก่อนการสเปรย์น้ำยาดีบุก (1) ว่ามีหัวสเปรย์อุดตันหรือไม่ ถ้ามีให้ทำความสะอาด หรือเปลี่ยนหัวสเปรย์ใหม่



รูปที่ 4.1 การปรับมุมของหัวสเปรย์ซิลเวอร์และรีดิวเซอร์

ตารางที่ 4.2 แนวทางการแก้ปัญหาการเกิดจุดดำ

ส่วนของกระบวนการผลิต	สาเหตุที่เป็นไปได้	แนวทางแก้ไขและป้องกันปัญหา
1. การป้อนกระจก (Loading) เนื่องจากคุณภาพของกระจกเบสิก ที่นำมาผลิตเป็นกระจกเงา	1) ป้อนกระจกผิดด้าน 2) กาวจากเทปติดใบสลิป หรือสติกเกอร์ใบสลิป และกาวจากกระดาษสอดกระจก 3) น้ำมันตัดกระจก, น้ำมันจากเครนยกกระจก น้ำมันหรือซิลิโคนจากยางจับกระจก 4) กระจกเบสิคเก่า	1) ปกติต้องวางผิวกระจกเบสิกด้านบนหรือด้านรอยตัด เป็นด้านเคลือบเงิน 2) แยกกระจกเบสิกออกก่อนป้อนเข้าสู่กระบวนการผลิต โดยไม่ใช้ผลิตเป็นกระจกเงา และแจ้งไปยังโรงงานผลิตกระจกเบสิก 3) แยกกระจกเบสิกออกก่อนป้อนเข้าสู่กระบวนการผลิต โดยไม่ใช้ผลิตเป็นกระจกเงา และแจ้งไปยังโรงงานผลิตกระจกเบสิก 4) ปกติกระจกเบสิกที่ใช้ผลิตเป็นกระจกเงา ต้องมีอายุไม่เกิน 3 เดือน
2. การล้างสิ่งสกปรก และผงพลาสติก (Pre-cleaning)	1) หัวสเปรย์ฉีดน้ำล้างอุดตัน 2) แรงดันน้ำฉีดล้าง ไม่พอ 3) ระดับท่อและมุมการสเปรย์น้ำฉีดล้าง ไม่เหมาะสม 4) มุมหัวสเปรย์น้ำฉีดล้าง ไม่ถูกต้อง 5) ระยะสัมผัสของขนแปรงกับผิวกระจก ไม่เหมาะสม 6) แปรงขัดแบบโรลเลอร์ มีสิ่งสกปรกเกาะติดอยู่ 7) โรลเลอร์ยางกดทับผิวกระจก มีสิ่งสกปรกเกาะติดอยู่	1) ทำความสะอาด หัวสเปรย์และไส้กรอง 2) ปรับแรงดันน้ำฉีดล้าง ให้เท่ากับหรือมากกว่า 3 บาร์ 3) ระดับท่อต้องสูงจากผิวกระจกตามที่กำหนดไว้ และมุมการสเปรย์ต้องทำมุม 45 องศากับผิวกระจก 4) ให้ใช้เบอร์หัวสเปรย์ตามที่กำหนดไว้ 5) ปรับขนแปรงขัดให้ต่ำกว่าผิวกระจกด้านบน 2 มม. โดยดูจากสเกลบอกระดับ 6) ทำความสะอาดแปรงขัด ด้วยเครื่องฉีดน้ำแรงดันสูง 7) ทำความสะอาดโรลเลอร์กดทับผิวกระจก ด้วยเครื่องฉีดน้ำแรงดันสูง
3 การขัดผิวกระจก (Scrubbing)	1) เกิดการอุดตันในท่อและหัวหยดซีเรียมออกไซด์ 2) อัตราส่วนผสมซีเรียมออกไซด์ ไม่เหมาะสม 3) อัตราการไหลของซีเรียมออกไซด์ ไม่เหมาะสม	1) เปิดน้ำล้างท่อและหัวหยดซีเรียมออกไซด์ หรือถอดออกมาทำความสะอาด 2) ปกติจะผสมในอัตราส่วน 2.5 กก.(Cerox 1610) ต่อน้ำ 100 ลิตร 3) ปกติปรับอัตราการไหล เท่ากับ 100 ลิตรต่อชั่วโมง โดยการปรับแรงดันลม ควบคุมการทำงานของปั๊มไว้ที่ 2 บาร์

ตารางที่ 4.2 แนวทางการแก้ปัญหาการเกิดจุดดำ (ต่อ)

ส่วนของกระบวนการผลิต	สาเหตุที่เป็นไปได้	แนวทางแก้ไขและป้องกันปัญหา
3 การขัดผิวกระจก (Scrubbing) - ต่อ -	4) มีสิ่งสกปรกเจือปนในถังผสมซีเรียมออกไซด์	4) ถ่ายน้ำยาซีเรียมออกไซด์ทิ้ง ล้างถังผสมด้วยน้ำสะอาด และเตรียมน้ำยาซีเรียมออกไซด์ใหม่
	5) แปรงขัดไม่ดี ขนแปรงโค้งงอ ไม่คืนรูป	5) ความแตกต่างของความยาวขนแปรงบริเวณตรงกลางกับบริเวณริม ถ้ามากกว่า 2 มม. ไม่ควรใช้ ควรเปลี่ยนขนแปรงใหม่ทั้งชุด
	6) ระยะสัมผัสของขนแปรงกับผิวกระจก ไม่เหมาะสม	6) ปรับขนแปรงขัดให้ต่ำกว่าผิวกระจกด้านบน 1.0 มม. โดยดูจากสเกลบอกระดับ
	7) น้ำมันจากชุดมอเตอร์ขับแปรงขัด รั่วหยดลงบนผิวกระจก	7) หยุดใช้งานแปรงขัดชุดที่มีน้ำมันรั่ว และแจ้งวิศวกร ประสานงานกับฝ่ายซ่อมบำรุง ให้ทำการแก้ไขโดยด่วน
	8) แปรงขัดแบบโรลเลอร์ มีสิ่งสกปรกเกาะติดอยู่	8) ทำความสะอาดแปรงขัด ด้วยเครื่องฉีดน้ำแรงดันสูง
	9) โรลเลอร์ยางกดทับผิวกระจก มีสิ่งสกปรกเกาะติดอยู่	9) ทำความสะอาดโรลเลอร์กดทับผิวกระจก ด้วยเครื่องฉีดน้ำแรงดันสูง
4 การล้างผิวกระจก (Washing)	1) หัวสเปรย์ฉีดน้ำล้างอุดตัน	1) ทำความสะอาด หัวสเปรย์และไส้กรอง
	2) แรงดันน้ำฉีดล้าง ไม่พอ	2) ปรับแรงดันน้ำฉีดล้าง ให้เท่ากับหรือมากกว่า 3 บาร์
	3) ระดับท่อและมุมการสเปรย์น้ำฉีดล้าง ไม่เหมาะสม	3) ระดับท่อต้องสูงจากผิวกระจกตามที่กำหนดไว้ และมุมการสเปรย์ต้องทำมุม 45 องศากับผิวกระจก
	4) มุมหัวสเปรย์น้ำฉีดล้าง ไม่ถูกต้อง	4) ให้ใช้เบอร์หัวสเปรย์ตามที่กำหนดไว้
	5) ระยะสัมผัสของขนแปรงกับผิวกระจก ไม่เหมาะสม	5) ปรับขนแปรงขัดให้ต่ำกว่าผิวกระจกด้านบน 2 มม. โดยดูจากสเกลบอกระดับ
	6) แปรงขัดแบบโรลเลอร์ มีสิ่งสกปรกเกาะติดอยู่	6) ทำความสะอาดแปรงขัด ด้วยเครื่องฉีดน้ำแรงดันสูง
	7) โรลเลอร์ยางกดทับผิวกระจก มีสิ่งสกปรกเกาะติดอยู่	7) ทำความสะอาดโรลเลอร์กดทับผิวกระจก ด้วยเครื่องฉีดน้ำแรงดันสูง

ตารางที่ 4.2 แนวทางการแก้ปัญหาการเกิดจุดดำ (ต่อ)

ส่วนของกระบวนการผลิต	สาเหตุที่เป็นไปได้	แนวทางแก้ไขและป้องกันปัญหา
5 การเคลือบดีบุก (1) (Sensitizing)	1) หัวสเปรย์น้ำยาดีบุก อุดตัน 2) มุมหัวสเปรย์น้ำยาดีบุก ไม่ถูกต้อง 3) แรงดันน้ำบริสุทธิ์ ไม่เหมาะสม 4) น้ำมันจากปั๊มเข้าไปผสมกับน้ำยาดีบุก 5) มีสิ่งสกปรกหล่นลงบนผิวกระจก 6) หัวสเปรย์ฉีดน้ำล้างอุดตัน 7) แรงดันน้ำฉีดล้าง ไม่พอ 8) ระดับท่อและมุมการสเปรย์น้ำฉีดล้าง ไม่เหมาะสม 9) มุมหัวสเปรย์น้ำฉีดล้าง ไม่ถูกต้อง	1) ทำความสะอาด หัวสเปรย์และไส้กรอง 2) ตรวจสอบเบอร์หัวสเปรย์ ปกติต้องใช้เบอร์ 110.001 3) ปรับแรงดันน้ำบริสุทธิ์ ให้เท่ากับ 3 บาร์ 4) ถอดล้างปั๊ม ตรวจหาชิ้นส่วนที่ชำรุดและเปลี่ยนใหม่ เช่น โอริง, แผ่นปะเก็น และแผ่นยางไดอะแฟรม เป็นต้น 5) ทำความสะอาดฝาครอบ, โครงเครื่องจักร, แผ่นกระจกปิดครอบเครื่องจักร และท่อสเปรย์น้ำยาดีบุก ด้วยน้ำบริสุทธิ์ 6) ทำความสะอาด หัวสเปรย์และไส้กรอง 7) ปรับแรงดันน้ำฉีดล้าง ให้เท่ากับหรือมากกว่า 3 บาร์ 8) ระดับท่อต้องสูงจากผิวกระจกตามที่กำหนดไว้ และมุมการสเปรย์ต้องทำมุม 45 องศากับผิวกระจก 9) ให้ใช้เบอร์หัวสเปรย์ตามที่กำหนดไว้
6 การเคลือบพัลลาเดียม (Activation)	1) การทำปฏิกิริยาปนเปื้อนของน้ำยาพัลลาเดียม กับโลหะอื่นๆ 2) น้ำมันจากปั๊มเข้าไปผสมกับน้ำยาพัลลาเดียม 3) มีสิ่งสกปรกหล่นลงบนผิวกระจก 6) หัวสเปรย์ฉีดน้ำล้างอุดตัน 7) แรงดันน้ำฉีดล้าง ไม่พอ	1) ตรวจสอบการเกิดตะกอนในหลอดผสมน้ำยา, ถอดหลอดผสมน้ำยา ทำความสะอาด, เปลี่ยนวัสดุทำจากโลหะที่สัมผัสกับน้ำยาเป็นพลาสติก 2) ถอดล้างปั๊ม ตรวจหาชิ้นส่วนที่ชำรุดและเปลี่ยนใหม่ เช่น โอริง, แผ่นปะเก็น และแผ่นยางไดอะแฟรม เป็นต้น 3) ทำความสะอาดฝาครอบ, โครงสเตนเลสเครื่องจักร,แผ่นกระจกปิดครอบ เครื่องจักร และท่อสเปรย์น้ำยาพัลลาเดียม ด้วยน้ำบริสุทธิ์ 6) ทำความสะอาด หัวสเปรย์และไส้กรอง 7) ปรับแรงดันน้ำฉีดล้าง ให้เท่ากับหรือมากกว่า 3 บาร์

ตารางที่ 4.2 แนวทางการแก้ปัญหาการเกิดจุดดำ (ต่อ)

ส่วนของกระบวนการผลิต	สาเหตุที่เป็นไปได้	แนวทางแก้ไขและป้องกันปัญหา
6 การเคลือบพัลลาเดียม (Activation) - ต่อ -	8) ระดับท่อและมุมการสเปรย์น้ำฉีดล้าง ไม่เหมาะสม	8) ระดับท่อต้องสูงจากผิวกระจกตามที่กำหนดไว้ และมุมการสเปรย์ต้องทำมุม 45 องศากับผิวกระจก
	9) มุมหัวสเปรย์น้ำฉีดล้าง ไม่ถูกต้อง	9) ให้ใช้เบอร์หัวสเปรย์ตามที่กำหนดไว้
7 การเคลือบเงิน (Silvering)	1) น้ำมันจากปั๊มเข้าไปผสมกับน้ำยาซีโรซิลเวอร์ ซิลเวอร์ และรีดิวเซอร์	1) ถอดล้างปั๊ม ตรวจหาชิ้นส่วนที่ชำรุดและเปลี่ยนใหม่ เช่น โอริง, แผ่นปะเก็น และแผ่นยางไดอะแฟรม เป็นต้น
	2) มีสิ่งสกปรกหล่นลงบนผิวกระจก	2) ทำความสะอาดฝาครอบ, โครงสเตนเลสเครื่องจักร,แผ่นกระจกปิดครอบ เครื่องจักร และท่อสเปรย์น้ำยาพัลลาเดียม ด้วยน้ำบริสุทธิ์
	3) หัวสเปรย์ฉีดน้ำล้างอุดตัน	3) ทำความสะอาด หัวสเปรย์และไส้กรอง
	4) แรงดันน้ำฉีดล้าง ไม่พอ	4) ปรับแรงดันน้ำฉีดล้าง ให้เท่ากับหรือมากกว่า 3 บาร์
	5) ระดับท่อและมุมการสเปรย์น้ำฉีดล้าง ไม่เหมาะสม	5) ระดับท่อต้องสูงจากผิวกระจกตามที่กำหนดไว้ และมุมการสเปรย์ต้องทำมุม 45 องศากับผิวกระจก
	6) มุมหัวสเปรย์น้ำฉีดล้าง ไม่ถูกต้อง	6) ให้ใช้เบอร์หัวสเปรย์ตามที่กำหนดไว้
8 การเคลือบดีบุก (2) (Passivation)	1) น้ำมันจากปั๊มเข้าไปผสมกับน้ำยาดีบุก	1) ถอดล้างปั๊ม ตรวจหาชิ้นส่วนที่ชำรุดและเปลี่ยนใหม่ เช่น โอริง, แผ่นปะเก็น และแผ่นยางไดอะแฟรม เป็นต้น
	2) มีสิ่งสกปรกหล่นลงบนผิวกระจก	2) ทำความสะอาดฝาครอบ, โครงสเตนเลสเครื่องจักร,แผ่นกระจกปิดครอบ เครื่องจักร และท่อสเปรย์น้ำยาพัลลาเดียม ด้วยน้ำบริสุทธิ์
	3) หัวสเปรย์ฉีดน้ำล้างอุดตัน	3) ทำความสะอาด หัวสเปรย์และไส้กรอง
	4) แรงดันน้ำฉีดล้าง ไม่พอ	4) ปรับแรงดันน้ำฉีดล้าง ให้เท่ากับหรือมากกว่า 3 บาร์
	5) ระดับท่อและมุมการสเปรย์น้ำฉีดล้าง ไม่เหมาะสม	5) ระดับท่อต้องสูงจากผิวกระจกตามที่กำหนดไว้ และมุมการสเปรย์ต้องทำมุม 45 องศากับผิวกระจก

ตารางที่ 4.2 แนวทางการแก้ปัญหาการเกิดจุดดำ (ต่อ)

ส่วนของกระบวนการผลิต	สาเหตุที่เป็นไปได้	แนวทางแก้ไขและป้องกันปัญหา
8 การเคลือบดีบุก (2) (Passivation) - ต่อ -	6) มุมหัวสเปรย์น้ำฉีดล้าง ไม่ถูกต้อง	6) ให้ใช้เบอร์หัวสเปรย์ตามที่กำหนดไว้
9 การเคลือบไซเลน (Paint adhesion treatment)	1) น้ำมันจากปั๊มเข้าไปผสมกับน้ำยาไซเลน 2) มีสิ่งสกปรกหล่นลงบนผิวกระจก 3) หัวสเปรย์ฉีดน้ำล้างอุดตัน 4) แรงดันน้ำฉีดล้าง ไม่พอ 5) ระดับท่อและมุมการสเปรย์น้ำฉีดล้าง ไม่เหมาะสม 6) มุมหัวสเปรย์น้ำฉีดล้าง ไม่ถูกต้อง	1) ถอดล้างปั๊ม ตรวจหาชิ้นส่วนที่ชำรุดและเปลี่ยนใหม่ เช่น โอริง, แผ่นปะเก็น และแผ่นยางไดอะแฟรม เป็นต้น 2) ทำความสะอาดฝาครอบ, โครงสเตนเลสเครื่องจักร,แผ่นกระจกปิดครอบเครื่องจักร และท่อสเปรย์น้ำยาพัลลาเดียม ด้วยน้ำบริสุทธิ์ 3) ทำความสะอาด หัวสเปรย์และไส้กรอง 4) ปรับแรงดันน้ำฉีดล้าง ให้เท่ากับหรือมากกว่า 3 บาร์ 5) ระดับท่อต้องสูงจากผิวกระจกตามที่กำหนดไว้ และมุมการสเปรย์ต้องทำมุม 45 องศากับผิวกระจก 6) ให้ใช้เบอร์หัวสเปรย์ตามที่กำหนดไว้
10 การเป่าลมไล่น้ำ (Blow off)	1) ฝุ่นจากลมของเครื่องเป่าลมแรงดันสูง ติดที่ผิวชั้นเคลือบโลหะบนผิวกระจก	1) ถอดถุงกรองออกมาทำความสะอาด หรือเปลี่ยนใหม่

หมายเหตุ ระดับความสูงของท่อสเปรย์จากผิวกระจกด้านบน และเบอร์ของหัวสเปรย์น้ำฉีดล้างกระจก ดูได้ในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การกำหนดเบอร์ของหัวสเปรย์ และความสูงของท่อสเปรย์จากผิวกระจกด้านบน ในขั้นตอนต่าง ๆ ของกระบวนการผลิตกระจกเงา

ขั้นตอนการผลิต	ลำดับท่อสเปรย์	ตำแหน่งท่อสเปรย์	จำนวนท่อสเปรย์	จำนวนหัวสเปรย์	เบอร์หัวสเปรย์	สีฝาครอบหัวสเปรย์	ความสูงจากผิวกระจกด้านบน (ซม.)
การล้างสิ่งสกปรกและผงพลาสติก	1	บน	1	15	110.03	ขาว	27
	2	บน	1	11	110.01	แดง	27
	3	บน	1	16	110.01	แดง	19
	4	ล่าง	1	21	110.01	แดง	-
การขัดผิวกระจก	1	บน	1	21	110.03	ขาว	13
	2	บน	1	16	110.01	แดง	19
	3	บน	1	15	110.01	แดง	19
	4	ล่าง	1	15	110.01	แดง	-
การล้างผิวกระจก	1	บน	3	11	110.01	แดง	27
	2	ล่าง	1	11	110.01	แดง	-
	3	บน	1	15	110.01	แดง	19
การเคลือบดีบุก (1)	1	บน	1	27	80.0050	น้ำเงิน	11
	2	บน	1	21	110.01	แดง	13
การเคลือบพัลลาเดียม	1	บน	1	27	80.0050	น้ำเงิน	11
	2	บน	1	21	110.01	แดง	13
การเคลือบเงิน	1	บน	1	27	80.0050	น้ำเงิน	11
	2	บน	1	21	110.01	แดง	13
การเคลือบดีบุก (2)	1	บน	1	21	110.01	แดง	13
การเคลือบไซเลน	1	บน	1	27	80.0050	น้ำเงิน	11
	2	บน	1	21	110.01	แดง	13
	3	ล่าง	1	21	110.01	แดง	-
การล้างผิวด้านล่าง	1	บน	1	11	110.01	แดง	27
	2	บน	3	11	110.01	แดง	27
	3	ล่าง	1	11	110.01	แดง	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 การควบคุมปัจจัยเพื่อลดข้อบกพร่องในส่วนของการเคลือบสีชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2

ขั้นตอนในการเคลือบสีชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 ในกระบวนการผลิตกระจกเงา ก็เป็นอีกส่วนหนึ่งที่มีโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องต่าง ๆ ได้มาก โดยปัญหาที่พบในส่วนนี้ ได้แก่ การเกิดฟองอากาศในชั้นเคลือบสี ม่านสีขาด สีเป็นเม็ด และสีสะบัดหยด เป็นต้น การแก้ปัญหาในส่วนนี้จะมุ่งเน้นที่การกำหนดวิธีการปฏิบัติงานให้เป็นมาตรฐาน เพราะการวิธีการปฏิบัติงานเดิมที่มีอยู่ไม่ได้ระบุรายเอียดและกำหนดมาตรฐานไว้ชัดเจน โดยเฉพาะขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ ที่มีโอกาสทำให้เกิดข้อบกพร่องขึ้นได้

กิจกรรมในการควบคุมปัจจัยที่มีโอกาสก่อให้เกิดกระจกเงาเสีย ของขั้นตอนการเคลือบสีชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 บนผิวกระจก จะขออธิบายตามลักษณะของการปฏิบัติงาน ในขั้นตอนต่าง ๆ ที่สำคัญ ซึ่งสามารถสรุปแนวโน้มของข้อบกพร่อง ได้ดังต่อไปนี้

1. ข้อบกพร่องในขั้นตอนของการเคลือบสี
2. มีฟองอากาศเกิดขึ้นในม่านสี
3. มีสิ่งสกปรกหล่นบนผิวกระจกก่อนการเคลือบสีชั้นที่ 2
4. เครื่องทำม่านสีไม่ได้มีการตรวจสอบอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา

ข้อบกพร่อง ในขั้นตอนการเคลือบสี

<u>สภาพก่อนการปรับปรุง</u> ขั้นตอนการผสมสี ตามวิธีการปฏิบัติงานเดิมไม่มีเครื่องกวนสี ทำให้ขั้นตอนต่างๆ ในการกวนสี ไม่สามารถที่จะกำหนดมาตรฐานในแต่ละขั้นตอนได้ละเอียดชัดเจน เช่น ลำดับการกวนสี ระยะเวลาและความเร็วรอบในการกวนสี เป็นต้น อุปกรณ์ในการกวนสีแบบเดิมมีลักษณะเป็นแผ่นเหล็กกลมเจาะรู และมีแท่งเหล็กกลมเชื่อมติดที่กลางเป็นเพลาและด้ามจับ แสดงในภาคผนวก ข ดังรูปที่ ข-18 นอกจากนี้ในขั้นตอนของ การทำม่านสี การปรับม่านสี การควบคุมการเคลือบสี และการทำความสะอาดเครื่องทำม่านสี ตามวิธีการปฏิบัติงานเดิมก็ไม่ได้แสดงลำดับขั้นตอนในการทำงานไว้โดยรายละเอียดเช่นกัน

<u>สภาพหลังการปรับปรุง</u> ได้มีการจัดหาและติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับขั้นตอนของการผสมสี แสดงในภาคผนวก ข ดังรูปที่ ข-19 ได้แก่

1. เครื่องกวนสีแบบควบคุมการทำงานด้วยแรงดันลม จำนวน 2 เครื่อง
2. อุปกรณ์ควบคุมแรงดันลมสำหรับการควบคุมการทำงานของเครื่องกวนสี จำนวน 2 ชุด
3. อุปกรณ์ควบคุมแรงดันลมสำหรับควบคุมความเร็วรอบในการกวนสี จำนวน 2 ชุด
4. ตู้ควบคุมสำหรับการตั้งเวลาในการกวนสี จำนวน 1 ตู้

นอกจากนี้ยังได้ปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานต่าง ๆ ในการเคลือบสี โดยกำหนดลำดับขั้นตอนในการทำงานและมาตรฐานการทำงานในขั้นตอนต่าง ๆ ให้ละเอียดชัดเจน เพื่อให้พนักงานได้ปฏิบัติในแนวทางเดียวกันได้อย่างถูกต้อง โดยมีวิธีการปฏิบัติงานหลังการปรับปรุง แสดงได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

<u>ขั้นตอนการปฏิบัติงาน การควบคุมการเคลือบสีกระจกเงา</u>

การผสมสี มีขั้นตอนการปฏิบัติงานดังต่อไปนี้

1) เปิดถังสีขนาด 200 ลิตร แล้วใช้พายกวนสีที่นอนก้น ประมาณ 5 นาที
2) กวนสีโดยยังไม่ต้องเติมไซลีน ด้วยเครื่องกวนสีที่ความเร็วรอบ 40 รอบ/นาที และตั้งเวลาในการกวน 1 ชั่วโมง
3) เติมไซลีน(ใหม่) 20 ลิตร แล้วกวนสีด้วยเครื่องกวนสีที่ความเร็วรอบ 40 รอบ/นาที และตั้งเวลาในการกวน 1 ชั่วโมง
4) ตรวจวัดค่าความหนืดสี ด้วยถ้วยวัดความหนืด (Ford cup No.4) และนาฬิกา-จับเวลา โดยการตักสีให้เต็มถ้วยวัด แล้วเริ่มจับเวลาที่สีไหลออกจนหมดถ้วย ให้กดหยุดเวลา อ่านค่าความหนืดที่ได้เป็นหน่วยวินาที และจะต้องปรับความหนืดโดยการเติมสีหรือไซลีน(ใหม่) ให้ได้ค่าความหนืดอยู่ในช่วง 40-45 วินาที สำหรับสีชั้นที่ 1 และ 45-50 วินาที สำหรับสีชั้นที่ 2
5) เมื่อปรับจนได้ค่าความหนืดที่กำหนดแล้ว ให้ตั้งเวลาเครื่องกวนสี ให้กวนสีต่อไปอีก 2 ชั่วโมงที่ความเร็วรอบ 40 รอบ/นาที

6) ทิ้งสีที่ผสมเสร็จแล้วอย่างน้อย 4 ชั่วโมงก่อนนำไปใช้งานเติมลงถัง ของเครื่องทำม่านสี

รูปประกอบในขั้นตอนการผสมสี แสดงในภาคผนวก ข ดังรูปที่ ข-20

การทำม่านสี มีขั้นตอนการปฏิบัติงานดังต่อไปนี้

1) เปิดเครื่องทำม่านสีออก ตรวจสอบภายในแชมเบอร์ (chamber), จานกรองสี, ตัวกรองดักฟองอากาศ (Cuno filter) และในถังสี จะต้องสะอาดไม่มีสิ่งสกปรก หรือเศษสีที่แข็งตัวติดอยู่
2) ปิดแชมเบอร์เครื่องทำม่านสีลง และปรับช่องสลิท (slit) ของปากม่านสี ให้อยู่ในตำแหน่งปิดสุด
3) ประกอบชุดจานกรองสี
4) ใส่ไส้กรองและประกอบตัวกรองดักฟองอากาศ
5) สวมถุงกรองที่ท่อไหลกลับถังสี และท่อไหลล้น
6) ตรวจสอบวาล์วไหลล้น (overflow) ทั้ง 2 ข้าง จะต้องอยู่ตำแหน่งเปิดสุด
7) ใช้ปั๊มดูดสีจากถังสีที่ผสมเรียบร้อยแล้ว ถ่ายเข้าถังสีของเครื่องทำม่านสีจนเต็มถัง โดยการถ่ายสีจะต้องเปิดลมให้ปั๊มสีทำงานอย่างช้า ๆ เพื่อป้องกันการเกิดฟองอากาศ และปลายท่อของปั๊มถ่ายสีให้วางไว้ตรงท่อไหลกลับถัง เพื่อให้การถ่ายสี ผ่านถุงกรองก่อนไหลเข้าถังของเครื่องทำม่านสี
8) ตรวจสอบปั๊มสีของเครื่องทำม่านสี ต้องอยู่ในตำแหน่งเปิดต่ำสุด จากนั้นจึงเปิดสวิทซ์ให้ปั๊มสีทำงาน
9) เปิดปั๊มสี โดยหมุนเร่งปั๊มเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ จนสีเข้าไปเต็มแชมเบอร์และไหลออกทางท่อไหลล้นทั้ง 2 ข้าง โดยปกติจะตั้งอัตราการไหลของปั๊มสีไว้ที่สเกลประมาณ 5.0 - 6.0
10) ปรับช่องสลิทของปากม่านสี ให้เปิดออกอย่างช้า ๆ จนกระทั่งสีที่ไหลออกมาเกิดเป็นม่านสีเต็มตลอดแนวของเครื่องทำม่านสี
11) ตรวจสอบตำแหน่งที่ม่านสีตกลงในรางรับสี จะต้องปรับให้ม่านสีตกลงบนแผ่นเหล็กรูปตัววีคว่ำก่อน แล้วให้ไหลลงรางรับน้ำสี เพื่อป้องกันการเกิดฟองอากาศ จากการที่ม่านสีตกลงบนน้ำสีโดยตรง

12) ตรวจสอบม่านสีและทำความสะอาดปากม่านสี จะต้องไม่มีตำแหน่งที่ม่านสีอุดตัน สังเกตได้จากม่านสีขาดหรือม่านสีบางเส้นเห็นได้ชัดเจน

รูปประกอบในขั้นตอนการทำม่านสี แสดงในภาคผนวก ข ดังรูปที่ ข-21

การปรับม่านสี มีขั้นตอนการปฏิบัติงานดังต่อไปนี้

1) นำกระจกใสขนาด 20 ซม. X 50 ซม. จำนวน 9 แผ่น มาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งแบบดิจิตอล แล้วจดบันทึกน้ำหนักของกระจกไว้ทุกแผ่น ตามลำดับ
2) นำกระจกทั้ง 9 แผ่นไปวางบนสายพานลำเลียงของเครื่องทำม่านสี ตามหมายเลข 1 ถึง 9
3) เปิดชุดขับสายพาน ให้กระจกเคลื่อนที่ผ่านม่านสี ที่ความเร็ว 80 เมตร/นาที
4) นำกระจกที่เคลือบสีแล้วทั้ง 9 แผ่น มาชั่งน้ำหนักอีกครั้งหนึ่ง และจดบันทึกน้ำหนักไว้ทุกแผ่นตามลำดับ
5) หาน้ำหนักของสี โดย น้ำหนักสี เท่ากับ น้ำหนักกระจกที่เคลือบสี – น้ำหนักกระจก มีหน่วยเป็นกรัม / 0.1ตารางเมตร
6) จะปรับให้น้ำหนักสีทั้ง 9 ตำแหน่ง ดังนี้

- สีชั้นที่ 1 อยู่ในช่วง 8.0-9.0 กรัม / 0.1 ตารางเมตร
- สีชั้นที่ 2 อยู่ในช่วง 9.0-10.0 กรัม / 0.1 ตารางเมตร

โดยการปรับสกรูเปิดหรือปิดปากม่านสี (แล้วแต่กรณี) และปรับอัตราการเร่งของปั๊มสีตามความเหมาะสม

รูปประกอบในขั้นตอนการปรับม่านสี แสดงในภาคผนวก ข ดังรูปที่ ข-22 และรูปที่ ข-23

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การควบคุมการเคลือบสี มีขั้นตอนการปฏิบัติงานดังต่อไปนี้

1) การปรับม่านสี โดยการชั่งน้ำหนักสี 9 ตำแหน่ง ให้ปรับทุก ๆ สัปดาห์ ในวันเริ่มต้นของสัปดาห์ที่ทำการผลิตโดยจะต้องปรับให้น้ำหนักสีของทุกตำแหน่ง ดังนี้

- สีชั้นที่ 1 อยู่ในช่วง 8.0-9.0 กรัม / 0.1 ตารางเมตร
- สีชั้นที่ 2 อยู่ในช่วง 9.0-10.0 กรัม / 0.1 ตารางเมตร

บันทึกผลลงในบันทึกการปรับความสม่ำเสมอของม่านสี

2) ทุก ๆ วันก่อนเริ่มทำการผลิต จะต้องปล่อยกระจกขนาด 20 ซม. X 50 ซม. จำนวน 1 แผ่น เพื่อชั่งน้ำหนักของสี และปรับให้อยู่ในช่วงที่กำหนด
3) ในขณะทำการผลิต จะต้องตรวจสอบความหนืดสี ทุก ๆ 1 ชั่วโมง ด้วยถ้วยวัดความหนืด (Ford cup no.4) และนาฬิกาจับเวลา และจะต้องปรับความหนืดสีให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ โดย

- สีชั้นที่ 1 ควบคุมค่าความหนืดอยู่ในช่วง 40-45 วินาที
- สีชั้นที่ 2 ควบคุมค่าความหนืดอยู่ในช่วง 45-50 วินาที

บันทึกผลลงในบันทึกการเคลือบสีชั้นที่ 1 และ 2 ประจำวัน

4) ในขณะทำการผลิต จะต้องตรวจสอบความหนาสี ทุก ๆ 2 ชั่วโมง โดยนำกระจกที่เคลือบสีและอบสีแล้ว มาวัดความหนาสีด้วยเครื่องมือวัดความหนาสีไมโครเกจจ์ และจะต้องปรับความหนาสีให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ โดย

- สีชั้นที่ 1 ควบคุมค่าความหนาของสี มากกว่า 23 ไมครอน
- สีชั้นที่ 2 ควบคุมค่าความหนาของสี มากกว่า 27 ไมครอน
- หรือ ค่าความหนาของทั้ง 2 สี รวมกันต้อง มากกว่า 50 ไมครอน

บันทึกผลลงในบันทึกการเคลือบสีชั้นที่ 1 และ 2 ประจำวัน

5) ในขณะทำการผลิต จะต้องตรวจสอบระดับของสีในถังสีทุก ๆ 1 ชั่วโมง โดยจะต้องรักษาระดับของสีไม่ให้ต่ำกว่า 3 ใน 4 ของระดับถัง สีที่นำมาเติมเพื่อรักษาระดับจะต้องตรวจสอบและปรับความหนืดให้อยู่ในช่วงเดียวกันก่อน จึงจะนำมาเติมลงในถังสีได้
6) ในขณะทำการผลิต จะต้องตรวจสอบสภาพของม่านสีทุก ๆ 1 ชั่วโมง เพื่อตรวจหาตำแหน่งการอุดตันของม่านสี และทำความสะอาดโดยใช้แผ่นทองเหลืองรูดเอาสิ่งสกปรกที่อุดตันออกทางด้านข้างของม่านสี เพื่อป้องกันการเกิดม่านสีขาดระหว่างทำการผลิต

รูปประกอบในขั้นตอนการควบคุมการเคลือบสี แสดงในภาคผนวก ข ดังรูปที่ ข-24

การทำความสะอาดหลังการใช้เครื่องทำม่านสี มีขั้นตอนการปฏิบัติงานดังต่อไปนี้

1) ปั๊มสีในถังของเครื่องทำม่านสีออก ใส่ไว้ในถังสีสำหรับเก็บไว้ใช้ในการผลิตครั้งต่อไป
2) เติมไซลีนเก่า (เป็นไซลีนที่เก็บไว้จากการล้างม่านสีรอบสุดท้ายของครั้งก่อน) ลงในถังของเครื่องทำม่านสีประมาณ 40 ลิตร แล้วเปิดปั๊มให้มีการไหลเวียนของไซลีน ประมาณ 30 นาที แล้วถ่ายเอาไซลีนออก เก็บไว้ในถังที่จัดเตรียมไว้เพื่อรอส่งไปบำบัด
3) เติมไซลีนใหม่ ลงในถังของเครื่องทำม่านสีประมาณ 40 ลิตร แล้วเปิดปั๊มให้มีการไหลเวียนของไซลีนประมาณ 30 นาที แล้วถ่ายเอาไซลีนออก เก็บไว้ในถังที่จัดเตรียมไว้เพื่อใช้เป็นไซลีนเก่า สำหรับล้างเครื่องทำม่านสีครั้งต่อไป
4) เปิดเครื่องทำม่านสีออก ใช้ผ้าชุบไซลีน ทำความสะอาดภายในเครื่องทำม่านสี ปากม่านสี และถังสีให้สะอาด
5) ถอดชุดไส้กรองดักฟองอากาศออก และทำความสะอาดภายในตัวกรอง
6) ถอดชุดจานกรองสีออก และทำความสะอาดภายในจานกรองสี
7) ปิดปากม่านสีและถังสีที่ทำความสะอาดเรียบร้อยแล้ว เพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นหรือสิ่งสกปรกเข้าไปภายในได้ เตรียมไว้สำหรับการใช้งานในการผลิตครั้งต่อไป

รูปประกอบในขั้นตอนการทำความสะอาดเครื่องทำม่านสี แสดงในภาคผนวก ข ดังรูปที่ ข-25

ข้อบกพร่อง มีฟองอากาศเกิดขึ้นในม่านสี

สภาพก่อนการปรับปรุง เนื่องจากการทำม่านสีจะต้องมีปั๊มสี เพื่อปั๊มเอาสีในถังเข้าไปในเครื่องทำม่านสี การหมุนแกนเพลาของใบพัดปั๊มสี จะทำให้มีฟองอากาศเล็ก ๆ เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา บางครั้งฟองอากาศเล็ก ๆ นี้อาจรวมตัวกันกลายเป็นฟองอากาศขนาดใหญ่ขึ้นอยู่ในม่านสี ซึ่งจะทำให้การเคลือบสีเป็นฟองอากาศ พนักงานจะเรียกปัญหาลักษณะนี้ว่า การเกิดสีแว็บ

สภาพหลังการปรับปรุง ปัญหาการเกิดฟองอากาศลักษณะนี้จะเกิดขึ้นเป็นปกติ ไม่สามารถแก้ไขได้จากปรับเปลี่ยนวิธีการทำงาน จากการแนะนำโดยบริษัทผู้ขายสีจะสามารถลดความรุนแรงของปัญหานี้ลงได้ ถ้ามีการติดตั้งอุปกรณ์ ตัวกรองดักฟองอากาศ (Cuno filter) แสดงในภาคผนวก ข ดังรูปที่ ข-26

ข้อบกพร่อง มีสิ่งสกปรกหล่นบนผิวกระจกก่อนการเคลือบสีชั้นที่ 2

สภาพก่อนการปรับปรุง เนื่องจากมีสะพานข้ามเครื่องจักร ก่อนเข้าห้องเคลือบสีชั้นที่ 2 ใช้สำหรับข้ามไปตรวจสอบการทำงานของเครื่องทำม่านสี ซึ่งพื้นสะพานแบบเดิมจะเป็นเหล็กตะแกรงปิดด้วยกระดาษแข็งที่ด้านล่าง มักจะพบปัญหาว่า มีฝุ่นทรายที่ติดกับรองเท้าของพนักงานหล่นลงบนผิวกระจกอยู่บ่อย ๆ ฝุ่นทรายนี้จะทำให้เกิดชั้นเคลือบสีเป็นเม็ด เนื่องจากมีสิ่งสกปรกอยู่บนชั้นเคลือบสีชั้นที่ 2

สภาพหลังการปรับปรุง ได้เปลี่ยนพื้นสะพานเป็นแผ่นเหล็กทึบและทำแผ่นเหล็กกั้นขอบสะพานที่พื้นทางเดิน เพื่อป้องกันการเกิดปัญหาฝุ่นทรายที่ติดกับรองเท้าของพนักงานหล่นลงบนผิวกระจกก่อนการเคลือบสีชั้นที่ 2 แสดงในภาคผนวก ข ดังรูปที่ ข-27

ขั้นตอนการปฏิบัติงานในการควบคุมการเคลือบสี นอกเหนือจากการปรับปรุงเรื่องอุปกรณ์ในการกวนสี การกำหนดลำดับขั้นตอนและมาตรฐานในการปฏิบัติงานแล้ว ยังได้มีการปรับปรุงวิธีการตรวจสอบการทำงานของเครื่องทำม่านสีและปรับปรุงเรื่องสภาพแวดล้อมในการทำงานอีกด้วย เพื่อควบคุมปัจจัยที่มีแนวโน้มของการเกิดข้อบกพร่อง ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

ข้อบกพร่อง เครื่องทำม่านสีไม่ได้มีการตรวจสอบอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา

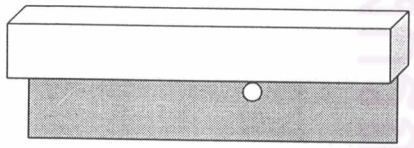
<u>สภาพก่อนการปรับปรุง</u> เนื่องจากห้องควบคุมการเคลือบสีชั้นที่ 2 อยู่ห่างจากเครื่องทำม่านสีเป็นระยะพอสมควร ทำให้พนักงานควบคุมการเคลือบสี ไม่สามารถตรวจสอบการทำงานของเครื่องทำม่านสีได้ตลอดเวลา นอกจากนี้กลิ่นของไซลีนที่ค่อนข้างรุนแรงในห้องเคลือบสีชั้นที่ 2 ยังเป็นสาเหตุที่ทำให้พนักงานไม่สามารถเข้าไปปฏิบัติงานได้อย่างต่อเนื่อง

<u>สภาพหลังการปรับปรุง</u> ได้ติดตั้งกล้องวีดีโอวงจรปิดและจอภาพไว้ในห้องควบคุมการเคลือบสีชั้นที่ 2 แสดงในภาคผนวก ข ดังรูปที่ ข-28 เพื่อให้พนักงานควบคุมการเคลือบสี สามารถตรวจสอบการทำงานของเครื่องทำม่านสีได้ตลอดเวลา นอกจากนี้ยังได้ปรับปรุงระบบดูดกลิ่นไซลีนในห้องเคลือบสีชั้นที่ 2 แสดงในภาคผนวก ข ดังรูปที่ ข-29 เพื่อลดปัญหาเรื่องกลิ่นของไซลีนที่มีผลกระทบต่อการเข้าไปทำงานของพนักงาน เพื่อให้การแก้ไขปัญหาของเครื่องทำม่านสี สามารถเข้าไปทำได้อย่างต่อเนื่อง

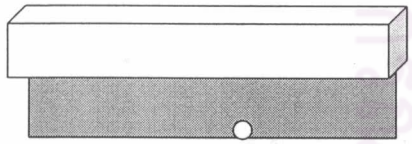
นอกจากนี้ เพื่อให้พนักงานที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานในการเคลือบสีบนกระจกเงา ได้ทำการแก้ปัญหาของการเคลือบสีให้เป็นไปในแนวทางเดียวกัน จึงได้จัดทำเอกสารเป็นแนวทางการแก้ปัญหาในการเคลือบสี แสดงดังตารางที่ 4.4 ซึ่งจะจำแนกตามลักษณะของปัญหาที่พบในการเคลือบสี ซึ่งปัญหาทั้งหมดในส่วนนี้จะทำให้เกิดกระจกเงาเสีย เนื่องจากตำหนิในการเคลือบสี ซึ่งตัวอย่างของตำหนิต่าง ๆ จากการเคลือบสี แสดงดังรูปที่ 4.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 แนวทางการแก้ปัญหาในการเคลือบสี

ลักษณะของปัญหาที่พบ	สาเหตุที่เป็นไปได้	การแก้ไขและป้องกัน
1 สีแว็บ หรือ การเกิดฟองอากาศในม่านสี ขณะที่สีเริ่มไหลออกจาก ปากม่านสี (ดังรูป) 	1) เกิดจากฟองอากาศ ในขั้นตอนการผสมสี	1) การกวนสีต้องไม่ใช้ความเร็วรอบสูงเกินไป ปกติจะใช้ที่ 40 รอบ/นาที และสีที่กวนเสร็จแล้วจะต้องทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมง ก่อนนำไปใช้งาน
	2) เกิดจากฟองอากาศ ในขั้นตอนการทำม่านสี	2) การเริ่มทำม่านสี ต้องเปิดวาว์ลไหลล้นทั้ง 2 ข้างเสมอ และตั้งการเร่งปั๊มให้ตำแหน่งต่ำสุดก่อน แล้วจึงค่อย ๆ เร่งปั๊มเพิ่มขึ้นช้า ๆ จนสีไหลออกทางวาว์ลไหลล้นทั้ง 2 ข้าง
	3) ความแตกต่างกันมากเกินไปของสีในถัง ของเครื่องทำม่านสีกับสีผสมแล้วที่เติมลงไปใหม่	3) ก่อนการเติมสี จะต้องตรวจวัดค่าความหนืดสีก่อน และต้องปรับให้ค่าความหนืดสี ให้เท่ากัน หรือใกล้เคียงกันมากที่สุด
	4) ระดับสีในถังต่ำเกินไป	4) จะต้องเติมสี เพื่อรักษาระดับในถังของเครื่องทำม่านสี ไม่ให้ต่ำกว่า 3 ใน 4 ของถัง อยู่ตลอดเวลา
	5) ม่านสีตกลงบนน้ำสีในรางรองรับสีโดยตรง	5) ตำแหน่งที่ม่านสีตกลงรางรองรับน้ำสี จะต้องปรับให้ไม่ลงบนน้ำสีโดยตรง โดยจะต้องปรับให้ตกลงบนแผ่นรับรูปตัววีคว่ำก่อนไหลลงรางรองรับสี
	6) การปั๊มถ่ายสีจากถังผสมลงในถังของเครื่องทำม่านสี เปิดปั๊มแรงเกินไป	6) การเติมสีต้องเปิดปั๊มสีให้ทำงานเบา ๆ ให้สีไหลลงถังของเครื่องทำม่านสีอย่างช้า ๆ

ตารางที่ 4.4 แนวทางการแก้ปัญหาในการเคลือบสี (ต่อ)

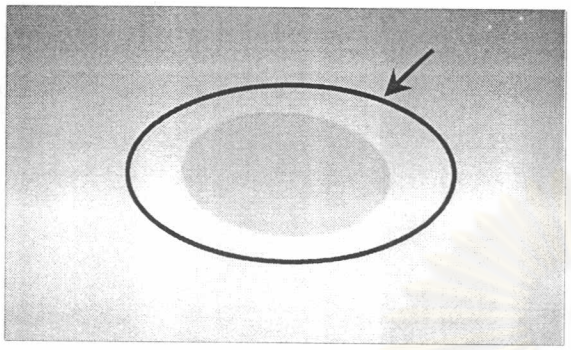
ลักษณะของปัญหาที่พบ	สาเหตุที่เป็นไปได้	การแก้ไขและป้องกัน
2 สีแว็บ หรือ การเกิดฟองอากาศในม่านสี ขณะที่สีเริ่มไหลออกจาก ปากม่านสี (ดังรูป) 	1) เกิดจากสิ่งปนเปื้อนในเนื้อสี หรือจากอุปกรณ์ที่ใช้งาน	1) ต้องระวังการปนเปื้อนจากน้ำมันหล่อลื่น และจารบี ในทุกๆ ขั้นตอนการทำงานเกี่ยวกับการเคลือบสี
	2) ความหนืดของสีไม่เหมาะสม	2) ต้องปรับและควบคุมความหนืดตามที่กำหนดไว้ - ความหนืดสีชั้นที่ 1 ต้องอยู่ในช่วง 40-45 วินาที - ความหนืดสีชั้นที่ 2 ต้องอยู่ในช่วง 45-50 วินาที
3 ฟองอากาศเล็กๆ บนชั้นเคลือบสี สังเกตุเห็นได้ก่อนการอบสี	1) อุณหภูมิกระจกก่อนการเคลือบสี สูงเกินไป	1) ตรวจสอบการอบสี และการลดอุณหภูมิ โดยอุณหภูมิ ที่ผิวกระจกก่อนการเคลือบสีต้องควบคุม ดังนี้ - ก่อนเคลือบสีชั้นที่ 1 ต้องต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส - ก่อนเคลือบสีชั้นที่ 2 ต้องต่ำกว่า 65 องศาเซลเซียส
	2) เร่งปั๊มสีมากเกินไป เพื่อต้องการปรับความหนาสีหรือ เพิ่มอัตราการไหลของสี	2) ปกติตำแหน่งการเร่งปั๊มสี จะอยู่ที่ช่วง 5.0-6.0 ถ้าความหนาสีหรืออัตราการไหลของสีลดลงอย่างมาก ควรเปลี่ยนไส้กรองของตัวกรองดักฟองอากาศใหม่ ไม่ควรแก้ไขโดยการปรับเร่งปั๊มสีมากเกินไป

ตารางที่ 4.4 แนวทางการแก้ปัญหาในการเคลือบสี (ต่อ)

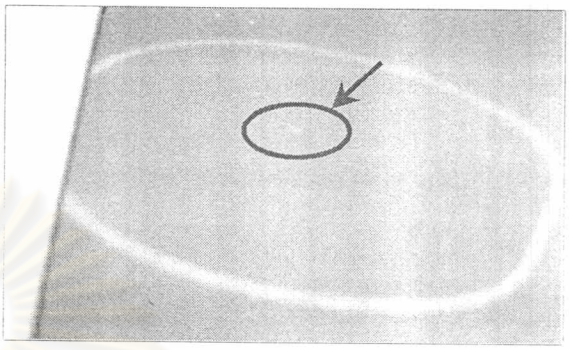
ลักษณะของปัญหาที่พบ	สาเหตุที่เป็นไปได้	การแก้ไขและป้องกัน
4 ฟองอากาศเล็กๆ บนชั้นเคลือบสี สังเกตุได้จากเกิดเป็นหลุมเล็กๆ หลังการอบสี	1) ความหนืดสี ต่ำเกินไป หรือมีไซลีนผสมอยู่มากเกินไป	2) ต้องปรับและควบคุมความหนืดตามที่กำหนดไว้ - ความหนืดสีชั้นที่ 1 ต้องอยู่ในช่วง 40-45 วินาที - ความหนืดสีชั้นที่ 2 ต้องอยู่ในช่วง 45-50 วินาที
5 สีเป็นเม็ด	1) มีสิ่งสกปรกปนเปื้อนในเนื้อสี	1) ต้องระวังการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกและ เนื้อสีที่แข็งตัว ในทุกๆ ขั้นตอนการทำงานเกี่ยวกับการเคลือบสี
	2) มีสิ่งสกปรกหล่นบนผิวกระจก ก่อนการเคลือบสี	2) ตรวจสอบและทำความสะอาด ฝุ่นและสิ่งสรกปรก ตามส่วนต่างๆ ของเครื่องจักร ก่อนการเคลือบสี
	3) มีสิ่งสกปรกหล่นบนผิวกระจก หลังการเคลือบสี	3) ตรวจสอบและทำความสะอาด ฝุ่นและสิ่งสรกปรก ตามส่วนต่าง ๆ ของเครื่องจักร หลังการเคลือบสี
6 ม่านสีขาด	1) มีสิ่งสกปรกอุดตันที่ปากม่านสี	1) ใช้แผ่นทองเหลืองรูดเอาสิ่งสกปรกออกไปทางด้านข้าง ของม่านสี
	2) อัตราการไหลของสีเข้าเครื่องทำม่านสี น้อยเกินไป 3) ปรับปากม่านสี กว้างไม่เท่ากัน ทั้ง 9 จุด	2) เร่งปั๊มเพิ่มขึ้น แต่ต้องไม่มากเกินไป ปกติจะใช้ที่ 5.0-6.0 ตรวจสอบและเปลี่ยนไส้กรองตัวกรองดักฟองอากาศใหม่ 3) ตรวจสอบและปรับม่านสีใหม่ โดยการชั่งน้ำหนักสีเปียก บนแผ่นกระจก 20 ซม. x 50 ซม. ทั้ง 9 จุด โดยจะต้อง ปรับน้ำหนักสี ดังนี้ - สี 1 ให้อยู่ในช่วง 8.0-9.0 กรัม - สี 2 ให้อยู่ในช่วง 9.0-10.0 กรัม

ตารางที่ 4.4 แนวทางการแก้ปัญหาในการเคลือบสี (ต่อ)

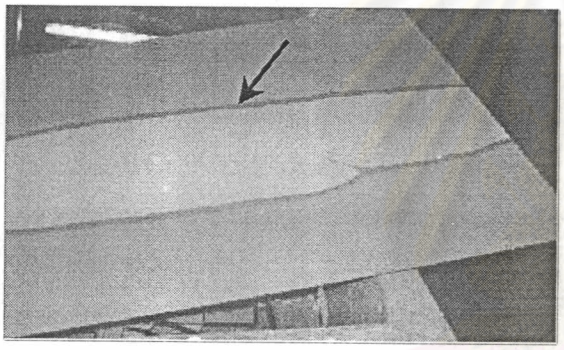
ลักษณะของปัญหาที่พบ	สาเหตุที่เป็นไปได้	การแก้ไขและป้องกัน
7 สีสะบัดหยดที่ปลายแผ่น ขณะกระจกเคลื่อนที่ออกจากม่านสี	1) ความหนืดสีสูงเกินไป	1) ต้องปรับและควบคุมความหนืดตามที่กำหนดไว้ - ความหนืดสีชั้นที่ 1 ต้องอยู่ในช่วง 40-45 วินาที - ความหนืดสีชั้นที่ 2 ต้องอยู่ในช่วง 45-50 วินาที
	2) ตำแหน่งที่กระจกหยุด หลังเคลื่อนที่ผ่านม่านสีใกล้เกินไป	2) ปรับระยะหยุดของกระจกหลังการเคลือบสีไปข้างหน้าเพิ่มขึ้น เพื่อให้ปลายแผ่นกระจกหลังเคลื่อนที่ผ่านม่านสีด้วยความเร็ว 80 เมตร/นาที อยู่ห่างจากม่านสีมากขึ้น



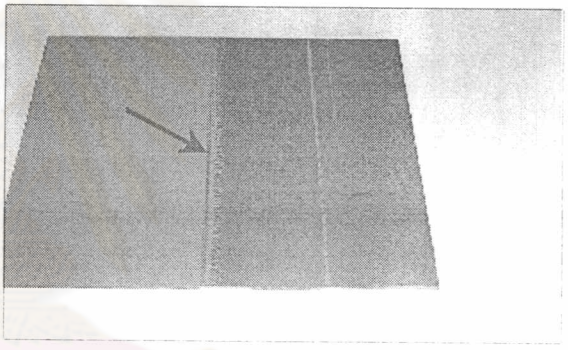
สีแว๊บ หรือการเกิดฟองอากาศในม่านสี



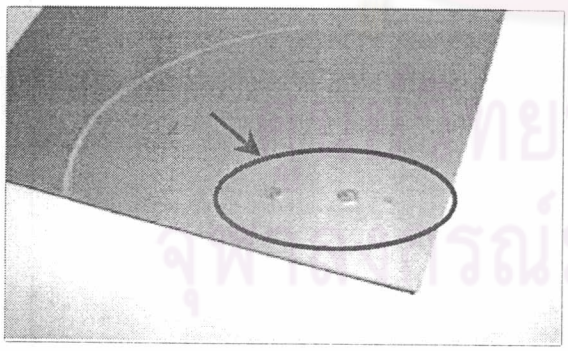
สีเป็นฟองอากาศเล็กๆ



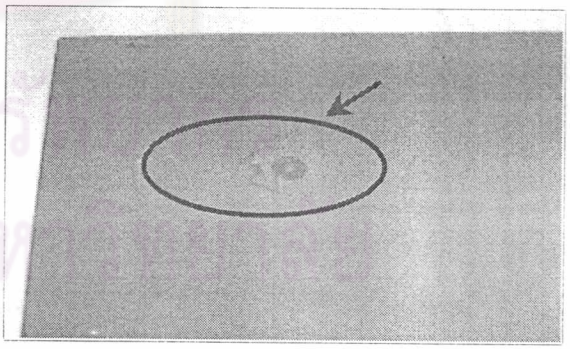
ม่านสีขาด ตรงกลางเครื่องทำม่านสี



ม่านสีขาด ด้านข้างของเครื่องทำม่านสี



สีเป็นเม็ด เนื่องจากมีสิ่งสกปรกในชั้นเคลือบสี



สีสะบัดหยด

รูปที่ 4.2 ตัวอย่างรอยตำหนิจากการเคลือบสี