บทที่ 7

การทดสอบและยืนยันผล

ในบทนี้เป็นการทดสอบเพื่อยืนยันผลสรุปของค่าปัจจัยนำเข้าที่สำคัญทั้ง 4 ปัจจัย จากบทก่อนหน้านี้ โดยจะทำการปรับค่าปัจจัยนำเข้าที่สำคัญตามค่าที่กำหนดไว้ เพื่อตรวจสอบว่าค่าเฉลี่ยของค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจรพิมพ์ เป็นไปตามผลการทดลอง พร้อมกับนำงานดังกล่าวผ่านกระบวนการผลิตจนสมบูรณ์ เพื่อตรวจสอบค่าเฉลี่ยค่าความกว้างของเส้นลายวงจรพิมพ์ของผลิตภัณฑ์ ในขั้นตอนการตรวจสอบก่อนส่งมอบลูกค้า และพิจารณาปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น

7.1 ขั้นตอนการทดสอบยืนยันผล

7.1.1 จุดประสงค์ของการทดสอบ

- เพื่อตรวจสอบค่าเฉลี่ยของค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจรพิมพ์ของผลิตภัณฑ์หลังจากปรับค่าปัจจัยนำเข้าทั้ง 4 ปัจจัยคือ ค่าอัตราการแกว่งของสเปรย์ $CuCl_2$ Solution ค่ามุมในการแกว่งของสเปรย์ $CuCl_2$ Solution ค่าแรงดันของสเปรย์ $CuCl_2$ Solution และค่าความเร็วของสายพานใน $CuCl_2$ Chamber ของกระบวนการสร้างเส้นลายวงจร
- เพื่อตรวจสอบความสามารถของกระบวนการสร้างเส้นลายวงจรหลังจากปรับค่าปัจจัยนำเข้าทั้ง 4 ปัจจัย

7.1.2 การเตรียมการทดลอง

- จำนวนสิ่งตัวอย่างจะเก็บข้อมูลทั้งหมด 180 ตัว
- ทำการทดลองที่สภาพการปฏิบัติงานจริงในกระบวนการสร้างเส้นลายวงจร

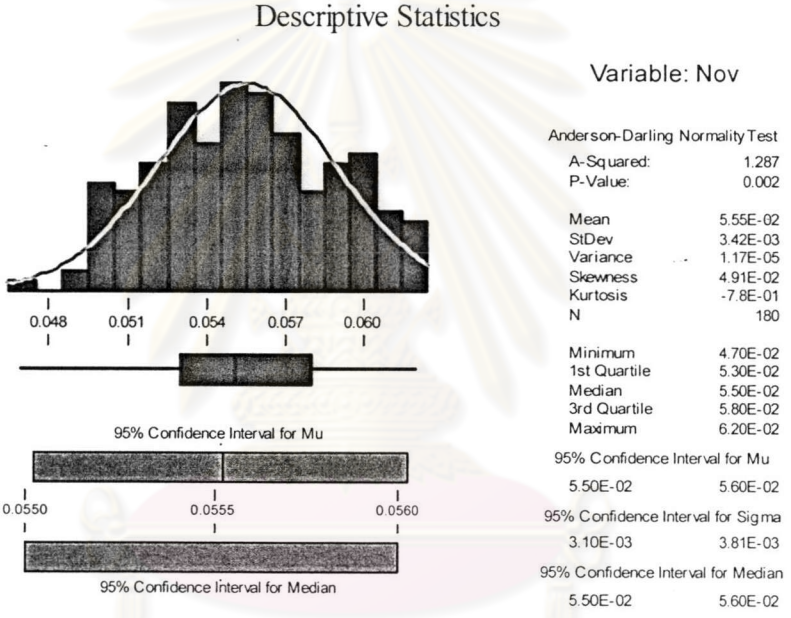
7.1.3 ขั้นตอนในการทดสอบ

นำสิ่งตัวอย่างที่เตรียมไว้ผ่านกระบวนการผลิตแผ่นวงจรพิมพ์ตามสภาพการปฏิบัติจริงของการผลิตและทำการเก็บข้อมูลของค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจรพิมพ์จากที่ได้ปรับค่าปัจจัยสำคัญตามที่กำหนดไว้ในกระบวนการสร้างเส้นลายวงจร

7.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

7.2.1 ค่าความผันแปรและค่าเฉลี่ยของกระบวนการสร้างเส้นลายวงจร

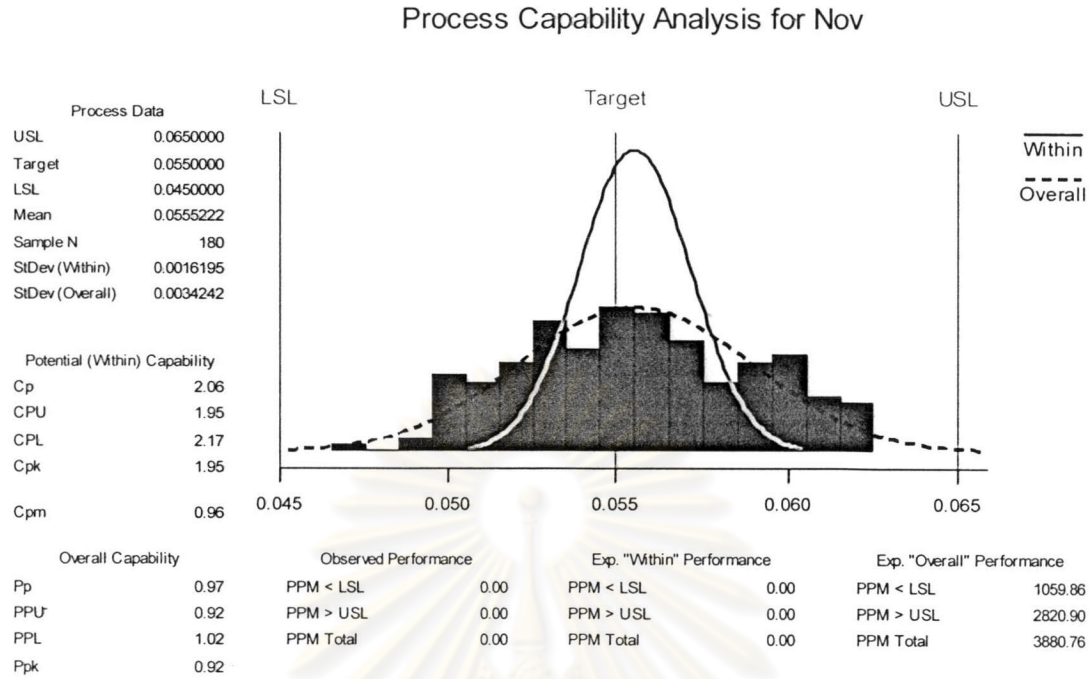
จากข้อมูลการทดสอบที่ได้ นำมาพล็อตกราฟการกระจายของค่าความกว้างของขนาดของเส้นลายวงจรพิมพ์ดังรูปที่ 7.1 พบว่าค่าความแปรปรวนของค่าความกว้างของเส้นลายวงจรพิมพ์ลดลงจากเดิมลดลงจาก 0.0116 เป็น 0.0034 และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.055มิลลิเมตร ซึ่งใกล้เคียงกับค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจรพิมพ์ถูกกำหนดที่ 0.055 มิลลิเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าสภาวะของปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัยสามารถลดความแปรปรวนของค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจรพิมพ์ได้



รูปที่ 7.1 กราฟแสดงการกระจายของค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจรพิมพ์

7.2.2 ค่าความสามารถของกระบวนการสร้างเส้นลายวงจร

จากข้อมูลการทดสอบที่ได้นำมาวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการสร้างเส้นลายวงจร โดยค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจรพิมพ์ตามข้อกำหนดของลูกค้าคือ 0.055 $\pm$ 0.015 มิลลิเมตร (ตั้งแต่ 0.045 ถึง 0.065 มิลลิเมตร) จากรูปที่ 7.2 แสดงความสามารถของกระบวนการสร้างเส้นลายวงจรพบว่ามีค่า Cpk เท่ากับ 1.95 ซึ่งจากเดิมมีค่าน้อยกว่า 1 และสามารถลดของเสียได้เมื่อเทียบก่อนการปรับปรุงกระบวนการสร้างเส้นลายวงจร

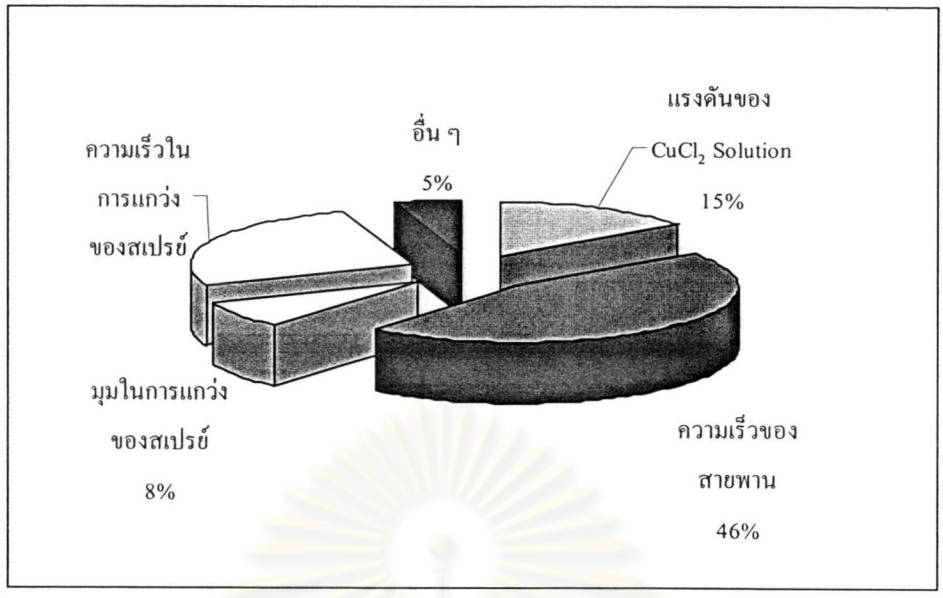


รูปที่ 7.2 กราฟแสดงการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการสร้างเส้นลายวงจร

7.2.3 ผลกระทบแต่ละปัจจัยต่อค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจรพิมพ์

จากการทดสอบปัจจัยดังกล่าวสามารถลดปริมาณข้อบกพร่องที่เกิดจากค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจรพิมพ์ไม่ได้ตามข้อกำหนดได้ ซึ่งในแต่ละปัจจัยสามารถลดจำนวนข้อบกพร่องค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจรพิมพ์ต่างกัน จึงจำเป็นต้องศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบมากที่สุดเพื่อ ความสะดวกในการปรับปรุงคุณภาพของค่าความกว้างของเส้นลายวงจรพิมพ์ของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดของวิศวกรกระบวนการ เมื่อเกิดปัญหาไม่ได้ตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์

จากการศึกษาและทำการทดลองจากขั้นตอนก่อนหน้านี้ ทำให้ได้ค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมในแต่ละปัจจัย จากนั้นได้นำค่าระดับของปัจจัยแต่ละตัวที่เหมาะสมมาทำการทดลองทีละปัจจัย เพื่อเปรียบเทียบปริมาณข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในแต่ละปัจจัย ซึ่งในการทดลองแต่ละปัจจัยนั้นจะทำการเปลี่ยนค่าระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษาจากบทก่อนหน้านี้ทีละปัจจัย โดยค่าระดับของปัจจัยอื่นจะใช้ค่าระดับปัจจัยก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิต ทั้งนี้เพื่อศึกษาปริมาณข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นเมื่อมีการปัจจัยในแต่ละปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย



รูปที่ 7.3 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ของค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจรพิมพ์ไม่ได้ตามข้อกำหนดในแต่ละปัจจัย

จากรูปที่ 7.3 จะพบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจรพิมพ์มากที่สุดคือ ค่าความเร็วของสายพานใน $CuCl_2$ Chamber รองลงมาคือ ค่าความเร็วการแกว่งของสเปรย์ $CuCl_2$ Solution ค่าแรงดันของสเปรย์ $CuCl_2$ Solution และ ค่ามุมในการแกว่งของสเปรย์ $CuCl_2$ Solution ตามลำดับ

7.2.4 ผลกระทบต่ออัตราผลิตผล (Productivity) หลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต

หลังจากที่ได้ค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมแล้ว จำเป็นต้องพิจารณาผลกระทบของปัจจัยต่ออัตราผลิตผลของกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุง

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราผลิตภาพคือ ค่าความเร็วของสายพานใน $CuCl_2$ Chamber เนื่องจากก่อนการปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 2.40 เมตร/นาที แต่หลังการปรับปรุงกระบวนการผลิตมีค่าเท่ากับ 2.13 เมตร/นาที แต่ก่อนการปรับปรุงมีของเสียที่เกิดขึ้นประมาณ 649,019 – 300,000 PPM. แต่หลังการปรับปรุงมีของเสียที่เกิดจากค่าความกว้างของขนาดเส้นลายวงจรพิมพ์ไม่ได้ตามที่กำหนดของลูกค้าประมาณ 594 PPM

จากกระบวนการสร้างเส้นลายวงจรในการผลิต EPP-001S ก่อนการปรับปรุงกระบวนการ สามารถผลิตได้ 6,480 ชิ้นต่อชั่วโมง แต่มีผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องที่เกิดจากค่าความกว้างของเส้นลายวงจรพิมพ์ไม่ได้ตามข้อกำหนดของลูกค้า ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ แต่หลังจากการปรับปรุงกระบวนการจะสามารถผลิตได้ 5,751 ชิ้นต่อชั่วโมง ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ของเสียเนื่องจากข้อบกพร่องค่าความกว้างของเส้นลายวงจรพิมพ์ไม่ได้ตามกำหนดของลูกค้าน้อยกว่า 3 เปอร์เซ็นต์

จากข้างต้นพบว่าค่าอัตราผลิตผลก่อนการปรับปรุงกระบวนการมีค่าประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์โดยใช้ผลิตภัณฑ์ที่เข้า(Input) ผลิตภัณฑ์ที่ออก (Output) ในการคำนวณ และอัตราผลิตผลหลังการปรับปรุงกระบวนการเท่ากับ 86 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าสูงกว่าก่อนการปรับปรุง 16 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 แสดงข้อมูลก่อนปรับปรุงและหลังการปรับปรุงกระบวนการ

ปัจจัย	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
อัตราเร็วของสายพาน	2.40 เมตร/นาที	2.13 มตร/นาที
เปอร์เซ็นต์ของของเสีย	30 %	น้อยกว่า 3%
ผลิตภัณฑ์ที่ออก	6,480 ชิ้น	5,751 ชิ้น
อัตราผลิตผล	70%	86%

7.3 สรุปผลขั้นตอนการทดสอบยืนยัน

จากผลการทดสอบค่าความแปรปรวนของความกว้างของขนาดเส้นลายวงจรพิมพ์มีค่าลดลงจากเดิม และเป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้าที่ดีที่สุดและสามารถลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น เพราะฉะนั้นสภาวะทั้ง 4 ปัจจัยคือ

- ค่าอัตราการแกว่งของสเปรย์ $CuCl_2$ Solution ระดับ 30.0 รอบ/นาที
- ค่ามุมในการแกว่งของสเปรย์ $CuCl_2$ Solution ระดับ 60.0 องศา
- ค่าแรงดันของสเปรย์ $CuCl_2$ Solution ระดับ 0.140 เมกกะปาสคาล
- ค่าความเร็วของสายพานใน $CuCl_2$ Chamber ระดับ 2.1332 เมตร/นาที

ค่าระดับของปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัยมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในกระบวนการสร้างเส้นลายวงจร แต่อย่างไรก็ตาม ผลการทดสอบนี้จะใช้เพียงเพื่อยืนยันถึงสภาวะความเหมาะสมของการใช้งานของปัจจัยทั้ง 4 นี้หลังการปรับปรุงเท่านั้น ต้องทำการศึกษาเก็บข้อมูลทั้ง 4 ปัจจัยและนำไปใช้งานจริง ดังจะกล่าวในรายละเอียดในบทต่อไป