บทที่ 7
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

7.1 บทนำ

ปัจจุบันตลาดของหลอดฟลูออเรสเซ็นต์เป็นตลาดหนึ่งที่มีการแข่งขันสูงมาก ซึ่งผู้ผลิตหลอดฟลูออเรสเซ็นต์ในประเทศไทยก็ได้รับผลกระทบนี้เช่นกันจึงได้มีความพยายามที่จะลดต้นทุนและรักษาคุณภาพให้สามารถแข่งขันได้จึงได้มีการศึกษาโครงสร้างต้นทุนของผลิตภัณฑ์หลอดฟลูออเรสเซ็นต์ พบว่าสารฟลูออเรสเซ็นต์นั้นเป็นส่วนประกอบที่สำคัญตัวหนึ่งที่มีเปอร์เซ็นต์ต้นทุนสูงในหลอดโดยคิดเป็น 16-18 % ของหลอด ซึ่งเป็นสัดส่วนที่มีมูลค่าสูงกว่าส่วนประกอบอื่นๆในหลอดสองถึงสามเท่าตัว เพราะว่าคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันไม่สามารถลดปริมาณลงได้มากกว่านี้ ดังนั้นทางบริษัทจึงมีการกำหนดแนวทางการลดต้นทุนของหลอดฟลูออเรสเซ็นต์ดังนี้

- ต้องการลดปริมาณสารฟลูออเรสเซ็นต์ให้เหลือ 12-14 % ของต้นทุนหลอด
- ดำเนินการสรรหาบริษัทผู้ผลิตสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่มีคุณภาพได้ตามมาตรฐานและทำการเปรียบเทียบด้านราคา ถ้าคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์ปัจจุบันซึ่งเป็นของบริษัทผู้ผลิตในเครือดำเนินนโยบายราคาไม่น่าพอใจ บริษัทสามารถเปลี่ยนไปใช้สารฟลูออเรสเซ็นต์ที่มีคุณภาพได้ตามมาตรฐานของบริษัทผู้ผลิตรายอื่นได้
- เนื่องจากว่าบริษัทที่ศึกษานี้เป็นที่ตั้งของฝ่ายวิจัยพัฒนาสำหรับภูมิภาคเอเชียแปซิฟิค ดังนั้นน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ของบริษัทผู้ผลิตรายใดที่สามารถลดลงได้และสามารถลดต้นทุนเป็นที่น่าพอใจ จะถูกนำไปใช้ที่โรงงานในประเทศจีนและอินโดนีเซียด้วย ซึ่งจะทำให้มีอำนาจต่อรองกับบริษัทผู้ผลิตที่เลือกไว้เพื่อให้ได้ราคาซื้อที่ต่ำกว่าและมีคุณภาพได้มาตรฐาน
-

วัตถุประสงค์ของการศึกษา
ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหา

วิธีการลดปริมาณสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่ใช้ในกระบวนการเคลือบหลอดเพื่อลดต้นทุนการผลิตโดยที่คุณภาพยังคงเป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพหลอดไฟของกลุ่มประเทศยุโรป (International European Commission, IEC) และความต้องการของลูกค้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการดำเนินการศึกษา

1) ขั้นตอนการกำหนดปัญหา (Define phase)

สำรวจสภาพปัญหาปัจจุบัน จากนั้นกำหนดขอบเขตของโครงการ กำหนดเป้าหมาย และผลที่คาดว่าจะได้รับ

2) ขั้นตอนการวัด (Measuring phase)

2.1 สำรวจงานวิจัยและศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและสำรวจสภาพปัจจุบันเกี่ยวกับค่าความส่องสว่าง ค่าประสิทธิภาพความส่องสว่าง สีของแสงและคุณลักษณะภายนอกของหลอดไฟ

2.2 ทำการเช็คความแม่นยำของเครื่องวัด (Repeatability and Reproducibility)

2.3 ทำการวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าของกระบวนการที่มีความสำคัญ

3) ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyzing phase)

3.1 ศึกษาและวิเคราะห์โดยกระบวนการทางสถิติเพื่อพิสูจน์หาตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้ามีผลต่อตัวแปรวัดผลจากกระบวนการที่มีความสำคัญอย่างแท้จริง

4) ขั้นตอนการปรับปรุง (Improving phase)

4.1 ทำการศึกษาตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าของกระบวนการที่มีความสำคัญที่คาดว่ามีผลต่อตัวแปรวัดผลจากกระบวนการที่มีความสำคัญโดยใช้การออกแบบการทดลอง (Design of experiment : DOE)

5) ขั้นตอนการควบคุม (Controlling phase)

ทำการควบคุมค่าตัววัดปัจจัยป้อนเข้าที่

7.2 สรุปผลการทดลอง

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการลดต้นทุนโดยการลดปริมาณการใช้สารฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตในหลอดชนิด 36 วัตต์ และชนิด 18 วัตต์ โดยที่คุณภาพของหลอดจะต้องอยู่ภายใต้มาตรฐานคุณภาพหลอดฟลูออเรสเซ็นต์ของกลุ่มประเทศยุโรปและความต้องการของลูกค้า ได้แก่ ค่าความส่องสว่าง ค่าประสิทธิภาพความส่องสว่าง สีของแสง และคุณลักษณะภายนอกของหลอดฟลูออเรสเซ็นต์ซึ่งประกอบด้วยความเรียบเนียนของเนื้อสารฟลูออเรสเซ็นต์ และความหนาของสารฟลูออเรสเซ็นต์เคลือบด้านหัวหลอด

ผลจากขั้นตอนการทดลอง 5 ขั้นตอนสามารถสรุปผลการทดลองในแต่ละขั้นตอนอย่างละเอียดได้ดังนี้

7.2.1) สรุปผลในขั้นตอนการกำหนด (Define phase)

จากการจัดทีมคณะทำงานขึ้นมาจากหลายแผนกและทำการระดมสมองทำให้สามารถให้คำจำกัดความของปัญหา เป้าหมายและขอบเขตของโครงการ ตลอดจนมองเห็นภาพรวมของความสัมพันธ์ต่างๆทั้งหมดได้แก่ เริ่มตั้งแต่บริษัทผู้ผลิต (suppliers) ส่งวัตถุดิบ(Inputs) วัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิตสินค้าและการตรวจเช็คคุณภาพของสินค้า(Process) แล้วได้สินค้าออกมา(Output) และส่งให้ลูกค้า(Customers)

7.2.2) สรุปผลในขั้นตอนการวัด (Measuring phase)

ขั้นตอนนี้ทำการคัดเลือกตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าที่คาดว่ามีผลต่อตัวแปรวัดผล (ค่าความส่องสว่าง ค่าประสิทธิภาพความส่องสว่าง สีของแสงและคุณลักษณะภายนอกของเนื้อสารฟลูออเรสเซ็นต์) โดยใช้แผนภาพแสดงการไหลของกระบวนการ แผนผังก้างปลา ตารางสาเหตุและผล และการวิเคราะห์รูปแบบของการเสียและผลกระทบเป็นเครื่องมือในการกลั่นกรองตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าทั้งหลาย ตลอดจนทำการวิเคราะห์ระบบการวัดเพื่อประกันว่าเครื่องมือต่างๆที่นำมาใช้วิเคราะห์ผลในการทดลองนั้นให้ค่าการวัดที่แม่นยำ โดยรายการเครื่องมือวัดที่จะต้องทำการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดจะถูกพิจารณาดังเครื่องมือต่อไปนี้

การทดลองนี้จะทำการศึกษาการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดซึ่งเป็น Variable GR&R(ค่าวัด) ซึ่งได้แก่

- เครื่องชั่งน้ำหนัก
- เครื่องวัดค่าความส่องสว่าง

จากผลการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดในเครื่องมือวัดดังที่กล่าวข้างบนพบว่าเครื่องมือวัดยอมรับได้

และคุณลักษณะภายนอกของหลอดฟลูออเรสเซ็นต์ (ความเรียบเนียนของเนื้อสารฟลูออเรสเซ็นต์และความบางของเนื้อสารฟลูออเรสเซ็นต์บริเวณด้านหัวของหลอด) ซึ่งเป็น Attribute GR&R

- การเช็คความเรียบเนียนของเนื้อสารฟลูออเรสเซ็นต์
- การเช็คความบางด้านหัวของเนื้อสารฟลูออเรสเซ็นต์

จากผลการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการตรวจสอบคุณลักษณะภายนอกของหลอดดังกล่าวสรุปได้ว่า

- ความสามารถในการทำซ้ำของพนักงานเช็คเทียบกับหลอดสอบเทียบหลอดมาตรฐาน (% SCORE VS ATTRIBUTE) = 100 %
- ความสามารถในการทำเหมือนของพนักงานเช็คเทียบกับหลอดสอบเทียบหลอดมาตรฐาน (SCREEN % EFFECTIVE VS ATTRIBUTE) = 100 %

และสรุปได้ว่าตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าที่ผ่านการกลั่นกรองด้วยเครื่องมือทางสถิติมีทั้งหมด 4 ตัวแปรที่คาดว่ามีผลต่อตัวแปรวัดผลจริง คือ

- คุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์
- น้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์
- เวลาที่ใช้การอุ่นหลอดก่อนวัดค่าความส่องสว่าง
- เวลาที่ใช้ในการวัดหลอดในเครื่องวัดค่าความส่องสว่าง

7.2.3) สรุปผลในขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyzing phase)

เป็นขั้นตอนการเช็คว่าตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าที่ผ่านการคัดเลือกนั้นมีอิทธิพลต่อตัวแปรวัดผลจริงๆ โดยใช้การทดสอบสมมติฐานทางสถิติเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ และจากผลการทดลองสรุปได้ว่าปัจจัยคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์กับน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์เท่านั้นมีอิทธิพลต่อตัวแปรวัดจริงๆ

7.2.4) อภิปรายและสรุปผลในขั้นตอนการปรับปรุง (Improving phase)

เป็นขั้นตอนการออกแบบการทดลองแบบบล็อกการทำซ้ำเพื่อหาอิทธิพลของตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าที่มีผลต่อตัวแปรวัดผล ซึ่งได้แก่คุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์ของบริษัทผู้ผลิต 5 ราย และน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ 4 ระดับ (2.20, 2.60, 3.00 และ 3.40 กรัม) โดยทำการทดลองที่หลอดชนิด TLD 36 วัตต์ (เคลือบสารรองพื้น) จากผลการทดลองนี้สรุปได้ว่าคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์จากบริษัทผู้ผลิต 2 รายเท่านั้นที่มีคุณภาพได้ตามมาตรฐานคือ รายที่ 1 และ รายที่ 2 โดยน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่

เหมาะสมคือ 2.40 ± 0.10 กรัม จากนั้นทำการทดลองในหลอดชนิดเดิมนี้เพื่อหาอิทธิพลของสารรองพื้นที่มีต่อคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์ โดยออกแบบการทดลองแบบบล็อกการทำซ้ำโดยมีตัวแปร 3 ปัจจัย คือ คุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์ของบริษัทผู้ผลิต 2 ราย สารรองพื้น(มี/ไม่มี) และน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ 2 ระดับ (2.20 กับ 2.60 กรัม) จากผลการทดลองสรุปได้ว่าการใช้สารรองพื้นให้คุณภาพด้านความส่องสว่างที่ดีกว่า สุดท้ายนำผลการทดลองที่ได้คือ ควรใช้สารรองพื้น มาทำการทดลองที่หลอดชนิด 18 วัตต์ โดยออกแบบการทดลองแบบบล็อกการทำซ้ำมีตัวแปร 2 ปัจจัย คือ คุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์ในบริษัทผู้ผลิต 2 ราย และน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ 4 ระดับ (1.15, 1.35, 1.55 และ 1.75 กรัม) จากผลทดลองนี้สรุปได้ว่าคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์ในบริษัทผู้ผลิต 2 รายคือ รายที่ 1 และรายที่ 2 มีคุณภาพได้ตามมาตรฐานที่น้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่เหมาะสมคือ 1.35 ± 0.10 กรัม

ดังนั้นทางบริษัทจึงเลือกคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์ในบริษัทผู้ผลิตรายที่ให้ราคาต่ำกว่าคือ รายที่ 1 แต่จะใช้บริษัทผู้ผลิตรายที่ 2 เป็นบริษัทผู้ผลิตสำรองไว้ถ่วงดุลราคาและเพื่อพิจารณาเป็นทางเลือกในอนาคต

7.2.5) สรุปผลในขั้นตอนการควบคุม (Controlling phase)

เป็นขั้นตอนในการควบคุมค่าตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้า ดังนั้นเมื่อได้ค่าที่ใช้ในการควบคุมของตัวแปรวัดปัจจัยป้อนได้แก่ สารฟลูออเรสเซ็นต์ของบริษัทผู้ผลิตรายที่ 1 และน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่ใช้ในสายการผลิต คือ 2.40 ± 0.10 กรัมสำหรับหลอดชนิด 36 วัตต์ และ 1.35 ± 0.10 กรัมสำหรับหลอดชนิด 18 วัตต์ ก็ทำการพ่นสารฟลูออเรสเซ็นต์เคลือบหลอดตามปกติในเครื่อง Cassette Coating Machine (CCM) ที่หลอดชนิด 36 วัตต์ เป็นเวลา 1 กะ(8 ชั่วโมง)และที่หลอดชนิด 18 วัตต์ เป็นเวลา 1 กะ(8 ชั่วโมง) จากนั้นทำการเก็บข้อมูลน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์โดยใช้ X – R chart ซึ่งเป็นการใช้สถิติในควบคุมกระบวนการผลิต ส่วนค่าความส่องสว่างจะเทียบกับค่ามาตรฐาน ดังนั้นจากผลการทดลองใช้ในสายการผลิตสรุปได้ว่าตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าเป็นน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่เหมาะสมและคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์ในบริษัทผู้ผลิตรายที่ 1 ที่เลือกไว้สามารถใช้ในสายการผลิตได้จริงโดยไม่มีปัญหาอะไร

สุดท้ายนี้ผลจากการวิจัยนี้สามารถนำเสนอให้บริษัทใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือก

ใช้คุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์ในบริษัทผู้ผลิตรายที่ 1 และน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่ต่ำสุดได้อย่างเหมาะสมโดยที่คุณภาพไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งจากเดิมน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่ใช้ในปัจจุบันเท่ากับ 3.10 $\pm$ 0.10 กรัมในหลอดชนิด 36 วัตต์ และน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ 1.50 $\pm$ 0.10 กรัมในหลอดชนิด 18 วัตต์ และเมื่อเปลี่ยนไปใช้สารฟลูออเรสเซ็นต์จากรายที่ 1 จะทำให้สามารถลดน้ำหนักเหลือ 2.40 $\pm$ 0.10 กรัมและ 1.35 $\pm$ 0.10 กรัม สำหรับหลอด 36 วัตต์และ 18 วัตต์ตามลำดับ จะส่งผลให้บริษัทสามารถลดต้นทุนของหลอดฟลูออเรสเซ็นต์ลงได้ประมาณ 3%

7.3 ข้อเสนอแนะ

7.3.1) วิธีดำเนินการวิจัยด้วยขั้นตอนการดำเนินงาน 5 ขั้นตอน (Define phase Measuring phase Analyzing phase Improving phase และ Controlling phase) ซึ่งเป็นระเบียบวิธีในการเข้าถึงปัญหาสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ทุกด้านไม่ว่าจะเป็นการแก้ปัญหาด้านคุณภาพ ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต การตลาด การจัดซื้อ และ อื่นๆ ไม่ได้เฉพาะเจาะจงว่าจะต้องเป็นด้านวิศวกรรมเท่านั้น

7.3.2) ควรต้องมีการศึกษาคุณสมบัติในรายละเอียดของสเปค เช่น การกระจายของขนาดผงสารฟลูออเรสเซ็นต์ Particle Density Bulk density และ Specific surface area เพื่อนำมาใช้เป็นเกณฑ์กำหนดในการตรวจรับคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์ ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายและระยะเวลาในการทดสอบคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงบริษัทผู้ผลิต โดยเฉพาะการกำหนดวิธีการตรวจสอบคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์อย่างง่ายๆ เช่น การสัมผัสเนื้อสารฟลูออเรสเซ็นต์ด้วยมือและการวัด Bulk density ขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการควบคุมคุณภาพสารฟลูออเรสเซ็นต์ก่อนที่จะเข้าสู่สายการผลิต

7.4 ข้อจำกัดในการทดลอง

7.4.1) เนื่องจากว่าข้อกำหนดของ IEC จะต้องมีการเช็ค %ประสิทธิภาพความส่องสว่างที่ 2,000 ชั่วโมง ทำให้ต้องเสียเวลารอหลอดจุดติดถึง 2,000 ชั่วโมง ซึ่งใช้เวลาถึง 3 เดือนครึ่ง

7.4.2) ผลการทดลองคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่ได้ในครั้งนี้จะครอบคลุมเฉพาะล็อตนี้เท่านั้นและอยู่ภายใต้ข้อสมมติฐานที่ระดับของคุณภาพสารฟลูออเรสเซ็นต์ต้องมีความสม่ำเสมอระหว่างล็อต