บทที่ 3
วิธีการดำเนินการศึกษา

ในการศึกษาของการลดปริมาณสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่ใช้ในกระบวนการเคลือบหลอดนั้น จะต้องทำการศึกษาคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์ของบริษัทผู้ผลิตแต่ละรายจากรายละเอียดของใบรับรองผลการตรวจสอบ (Test Certificate) ก่อน จากนั้นจึงดำเนินการทดลองซึ่งแบ่งเป็น 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้ คือ 1) ขั้นตอนการกำหนดปัญหา (Define phase) 2) ขั้นตอนการวัด (Measuring phase) 3) ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyzing phase) 4) ขั้นตอนการปรับปรุง (Improving phase) 5) ขั้นตอนการควบคุม (Controlling phase) โดยที่แต่ละขั้นตอนจะใช้เครื่องมือทางสถิติต่างๆเพื่อช่วยในการวิเคราะห์ผล

3.1 ศึกษารายละเอียดของใบรับรองผลการตรวจสอบสารฟลูออเรสเซ็นต์

สารฟลูออเรสเซ็นต์ที่ใช้ในการศึกษามีชื่อว่า Halophosphate ($Ca_{10}(PO_4)_6FCl$) โดยมีสารเจือปนคือ Sb และ Mn โดยสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่ศึกษาได้รับมาจากบริษัทผู้ผลิตจำนวน 5 ราย และมีความแตกต่างด้านการกระจายของขนาดผง (Particle size distribution) ของแต่ละรายดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ขนาดผงของสารฟลูออเรสเซ็นต์ของบริษัทผู้ผลิต

ผู้ผลิตรายที่	Particle density	Specific surface area (cm2/g)	เครื่องมือที่ใช้วัดการกระจายของผงฟลูออเรสเซ็นต์	ขนาดผงฟลูออเรสเซ็นต์เฉลี่ย (um)	ผลการกระจายขนาดผงฟลูออเรสเซ็นต์		
					D10(um)	D50(um)	D90(um)
1	-	-	Laserdiffraction (Sympatec - HELOS)	-	3.19	12.50	25.00
2	3.14	-	Coulter Multisizer II	6.6	5.10	8.20	10.00
3	3.14	2455	Laserdiffraction	-	7.69	11.35	15.82
4	3.14	3159	Centrifugal sedimentation	-	4.62	8.30	15.97
5	3.76	-	Centrifugal sedimentation	-	3.95	8.85	11.77

D (Diameter) คือขนาดของผงฟลูออเรสเซ็นต์มีหน่วยเป็น μm

D10 คือ การกระจายของขนาดผงฟลูออเรสเซ็นต์ที่ 10 % มีขนาดผงเท่ากับ 3.19 μm (รายที่ 1)

D50 คือ การกระจายของขนาดผงฟลูออเรสเซ็นต์ที่ 50 %(median) มีขนาดผงเท่ากับ 12.50 μm (รายที่ 1)

D90 คือ การกระจายของขนาดผงฟลูออเรสเซ็นต์ที่ 90 % มีขนาดผงเท่ากับ 25 μm (รายที่ 1)

3.2 ขั้นตอนการกำหนดปัญหา (Define phase)

3.2.1 สำรวจสภาพปัญหาปัจจุบัน จากนั้นกำหนดขอบเขตของโครงการ กำหนดเป้าหมาย และผลที่คาดว่าจะได้รับ

<u>สภาพปัญหาปัจจุบัน</u>

เนื่องจากมีการแข่งขันกันสูงในตลาดหลอดไฟทำให้บริษัทจำเป็นต้องลดโครงสร้างต้นทุนของหลอดฟลูออเรสเซ็นต์โดยที่ระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่เปลี่ยนแปลง จากการตรวจสอบพบว่าสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่เป็นส่วนประกอบในหลอดไฟมีเปอร์เซ็นต์ต้นทุนในหลอดฟลูออเรสเซ็นต์สูงสุดคิดเป็นต้นทุนของหลอด 16-18 % ในขณะนี้

<u>ขอบเขตของโครงการ</u>

ศึกษาปริมาณของสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่เป็นสีเดย์ไลท์ (เบอร์ /54) ที่สามารถลดลงได้ในแต่ละบริษัทผู้ผลิตในผลิตภัณฑ์หลักชนิด 36 วัตต์และ 18 วัตต์เท่านั้น โดยสนใจเฉพาะกระบวนการเคลือบหลอด และศึกษาผลการส่องสว่างที่ 0 ชั่วโมง และค่าประสิทธิภาพความส่องสว่างที่ 100 ชั่วโมง และ 2,000 ชั่วโมงของการจุดติดตามมาตรฐาน IEC เพื่อหาปริมาณสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่สามารถลดลงได้ในหลอดจากบริษัทผู้ผลิตที่ให้ราคาของสารฟลูออเรสเซ็นต์ต่ำสุดโดยที่ระดับคุณภาพเทียบเท่าปัจจุบัน

<u>ผลที่คาดว่าจะได้รับ</u>

คาดว่าจะสามารถลดปริมาณสารฟลูออเรสเซ็นต์ให้เหลือ 12-14 % ของต้นทุนหลอดซึ่งสามารถลดต้นทุนลงได้ 2 ล้านบาทต่อปีเป็นอย่างต่ำ

3.3 ขั้นตอนการวัด (Measuring phase)

3.3.1 สำรวจสภาพปัจจุบันเกี่ยวกับความส่องสว่าง ประสิทธิภาพการส่องสว่าง สีของแสงและคุณลักษณะภายนอกของหลอดฟลูออเรสเซ็นต์

ทำการศึกษากระบวนการผลิตสินค้าที่สนใจโดยใช้ Process mapping คือ แผนภาพแสดงการไหลของกระบวนการเป็นการแสดงความสัมพันธ์ของแต่ละกระบวนการ เพื่อชี้บ่งกระบวนการทำงานที่ไม่เพิ่มคุณค่า(Non-value added) หรือกระบวนการที่เพิ่มคุณค่าให้กับสินค้า(Value added) และในแต่ละกระบวนการยังบ่งชี้ตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าของกระบวนการที่มีความสำคัญ ตัวใดบ้างว่ามีอิทธิพลต่อตัวแปรวัดผลจากกระบวนการที่มีความสำคัญ

นอกจากนั้นยังสามารถบ่งชี้ว่าตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าของกระบวนการที่มีความสำคัญ ที่ได้มานั้นเป็นตัวแปรรบกวน (Noise) ตัวแปรควบคุมได้ (Controllable) หรือเป็นตัวแปรที่ต้องทำการพิสูจน์กันต่อไป (X-factor for DOE)

3.3.2 ทำการวิเคราะห์เพื่อคัดตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าของกระบวนการที่มีความสำคัญ โดยใช้แผนผังก้างปลา

3.3.3 จากนั้นทำการวิเคราะห์เพื่อคัดตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าของกระบวนการที่มีความสำคัญ โดยใช้ Cause & Effect Matrix และการวิเคราะห์รูปแบบของการเสียและผลเสียอีกครั้ง

จากแผนผังก้างปลาทำให้เราสามารถค้นหาและเรียงลำดับสาเหตุต่างๆและแสดงถึงความเกี่ยวข้องของสาเหตุต่างๆที่เกิดขึ้นแล้วส่งผลให้เกิดปัญหา แล้วคัดตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าของกระบวนการที่มีความสำคัญหรือเรียกสั้นๆว่าตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้า ที่มีผลต่อตัวแปรวัดผลจากกระบวนการที่มีความสำคัญหรือเรียกสั้นๆว่าตัวแปรวัดผล จากนั้นใช้ Cause & Effect Matrix มาทำการคัดเลือกตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าอีกครั้งเพื่อให้เหลือตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าที่คาดว่ามีผลต่อตัวแปรวัดผลจริงๆ ซึ่ง Cause & Effect Matrix จะบอกถึงการส่งผลถึงลูกค้ามากน้อยแค่ไหนด้วย

วิธีการทำ Cause and Effect Matrix (C-E Matrix)

1. สร้างรายการของตัวแปรที่แสดงผลิตภัณฑ์ของกระบวนการ (KPOV) โดยรายการเหล่านี้จะต้องเป็นสิ่งที่คณะทำงาน และ/หรือลูกค้าเชื่อว่ามีความสำคัญ โดยรายการเหล่านี้อาจจะเป็นส่วนหนึ่งของรายการที่บ่งชี้ผ่านแผนภาพแสดงการไหลของกระบวนการ
2. จัดอันดับของตัวแปรแต่ละตัวให้เป็นตัวเลขโดยใช้สเกลที่สมเหตุสมผล (โดยทั่วไปมักใช้สเกล 1-10) โดยที่รายการของตัวแปรที่แสดงผลิตภัณฑ์ของกระบวนการที่มีความสำคัญมากที่สุดจะได้คะแนนรวมมากที่สุด
3. ระบุปัจจัยป้อนเข้าที่มีแนวโน้มจะเป็นสาเหตุ (Potential causes) หรือตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าทั้งหมดที่เป็นได้ในช่องซ้ายมือของตาราง
4. ให้คะแนนเป็นตัวเลข(ความสัมพันธ์ร่วม) แสดงอิทธิพลของตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้า แต่ละตัวที่มีต่อตัวแปรวัดผลแต่ละตัวภายใต้กรอบในตารางที่พิจารณา โดยการกำหนดเกณฑ์นี้จะขึ้นกับประสบการณ์คณะทำงาน(สมาชิกในทีม) โดยในกรณีศึกษานี้กำหนดดังนี้

- 0 = ไม่มีความสัมพันธ์กันเลย
- 1 = มีความสัมพันธ์กันเล็กน้อย
- 4 = มีความสัมพันธ์กันปานกลาง
- 9 = มีความสัมพันธ์กันมาก

จากนั้นนำมาอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าและตัวแปรวัดผลผ่านทางการวิเคราะห์รูปแบบของการเสียและผลกระทบอีกครั้ง เพื่อช่วยกรองอีกครั้งให้เหลือตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้า 2-4 ตัวที่คาดว่ามีผลต่อการส่องสว่างจริงๆ

3.3.4 ทำการเช็คความแม่นยำของเครื่องมือวัด (Repeatability and Reproducibility) ของเครื่องมือวัดต่างๆที่ใช้ในการวัดตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าและตัวแปรวัดผล

ตามปกติแล้ว การวิเคราะห์ระบบการวัด(MSA) ซึ่งสามารถแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็นทางด้านความเที่ยงตรงและความแม่นยำ

แต่สำหรับการวิเคราะห์ความเที่ยงตรงของระบบการวัด สามารถแบ่งออกได้เป็นคุณสมบัติ 3 ประการคือ ค่าเอนเอียง (Bias) ค่าเสถียรภาพของระบบการวัด (Stability) ค่าคุณสมบัติเชิงเส้นตรง(Linearity) สำหรับการตรวจสอบลักษณะสมบัติเชิงผันแปร ในงานวิทยานิพนธ์ชิ้นนี้ไม่เน้นที่การศึกษาความเที่ยงตรงเนื่องจากทางโรงงานได้ปฏิบัติอยู่เป็นประจำตามแผนการสอบเทียบเครื่องมือวัดการส่องสว่างหลอดไฟอยู่แล้ว (Calibration)

การทดลองนี้จะทำการศึกษาการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดของเครื่องวัดความส่องสว่างซึ่งเป็น Variable GR&R (ค่าเชิงปริมาณ) และคุณลักษณะภายนอกของหลอดฟลูออเรสเซ็นต์ (ความเรียบเนียนของเนื้อสารฟลูออเรสเซ็นต์และความบางของเนื้อสารฟลูออเรสเซ็นต์บริเวณด้านหัวของหลอด) ซึ่งเป็น Attribute GR&R (ค่าเชิงคุณภาพ) เนื่องจากความแม่นยำของระบบการวัดจะแสดงออกทางค่าความผิดพลาดนี้มีสาเหตุมาจาก 3 แหล่งด้วยกันคือ สาเหตุจากชิ้นงาน สาเหตุจากพนักงานหรืออุปกรณ์ยึดจับชิ้นงานเพื่อการวัด และสาเหตุแบบสุ่ม

คุณสมบัติด้านความแม่นยำนี้ ถ้าหากมีการจำแนกตามช่วงเวลาที่เกิดขึ้นแล้ว สามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภท คือ ความสามารถในการทำซ้ำ และความสามารถในการทำเหมือนโดยที่ความสามารถในการทำซ้ำของระบบการวัด หมายถึง ค่าความแตกต่างในการวัดอย่างต่อเนื่องกับงานชิ้นเดียวกันเครื่องมือเดียวกัน และด้วยพนักงานคนเดียวกัน ซึ่งโดยปกติจะใช้ค่า ความสามารถในการทำซ้ำ ในการประมาณค่าความแปรปรวนของระบบการวัดในระยะสั้น ส่วนความสามารถในการทำเหมือนของระบบการวัด หมายถึง ค่าความแตกต่างในค่าเฉลี่ยของผลการวัดใน

งานชิ้นเดียวกันด้วยเครื่องมือชิ้นเดียวกัน แต่ต่างพนักงานหรือต่างอุปกรณ์จับยึด และโดยปกติจะใช้ค่าความสามารถในการทำเหมือน ในการประมาณค่าความแปรปรวนของระบบการวัดในระยะยาว อาจจะกล่าวอย่างสั้นๆได้ว่า ความสามารถในการทำซ้ำ คือความแปรปรวนในระหว่างเงื่อนไขของการวัด โดยเงื่อนไขที่กล่าวถึงนี้อาจจะหมายถึง พนักงานวัด กะงาน อุปกรณ์ยึดจับ และเงื่อนไขของสภาพแวดล้อม

ในการประมาณค่าความสามารถในการทำซ้ำและความสามารถในการทำเหมือนของระบบการวัด จะใช้วิธีเทคนิคความสามารถในการทำซ้ำและความสามารถในการทำเหมือน (Gage Repeatability and Reproducibility หรือ เทคนิค GR&R) หมายถึง การประเมินผลค่าแปรปรวนอันเนื่องมาจากการวัดค่าของชิ้นงานภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน และมีการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขไป

3.3.4.1 การวิเคราะห์ระบบการวัดในลักษณะสมบัติเชิงปริมาณ

การวางแผนเพื่อศึกษาความสามารถในการทำซ้ำและความสามารถในการทำเหมือนของระบบการวัดเชิงปริมาณมีความจำเป็นที่ต้องเริ่มต้นจากขั้นตอนการวางแผนการศึกษาโดยมีประเด็นพิจารณาดังนี้

- วิธีการและเวลาที่จะมีการสอบเทียบเครื่องมือวัด การสอบเทียบเครื่องมือวัดถือเป็นสิ่งที่สำคัญต่อความผิดพลาดทางด้านความเที่ยงตรง โดยปกติแล้วจะต้องมีการสอบเทียบก่อนการศึกษาความสามารถในการทำซ้ำและความสามารถในการทำเหมือน
- จำนวนพนักงานที่ใช้ในการศึกษาโดยใช้เทคนิคความสามารถในการทำซ้ำและความสามารถในการทำเหมือน จะต้องพิจารณาว่า มีพนักงานที่เกี่ยวข้องในระบบการผลิตจำนวนเท่าใดสำหรับโรงงานกรณีศึกษา เลือกพนักงานในสายการผลิต 2 คนสำหรับเป็นผู้ทดลองความแม่นยำของระบบการวัดของเครื่องชั่งน้ำหนัก และพนักงานประกันคุณภาพ 2 คนสำหรับเป็นผู้ทดลองตรวจคุณลักษณะภายนอกของหลอดฟลูออเรสเซ็นต์และความแม่นยำของระบบการวัดของเครื่องวัดตามลำดับ
- จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาโดยปกติควรใช้ที่ 10 ตัวอย่าง แต่ถ้าใช้ 5 ตัวอย่าง จะต้องมีการวัดซ้ำมากกว่า 2 ครั้ง
- จำนวนครั้งในการวัดซ้ำสำหรับสิ่งตัวอย่างแต่ละชิ้น โดยทั่วไปจะมีการกำหนดให้มีการวัดซ้ำสำหรับพนักงานวัดแต่ละคนด้วยจำนวน 2 ครั้งต่อชิ้นงานแต่ละชิ้นหรือมากกว่ากรณีชิ้นงานน้อย
- วิธีการลดความแปรปรวนภายในสิ่งตัวอย่างของการศึกษา จำเป็นต้องพยายาม

เลือกงานในล็อตให้มีความใกล้เคียงกันมากที่สุด เพื่อให้การประมาณค่าความสามารถในการทำซ้ำมีความถูกต้อง

- วิธีการประเมินผล ความสามารถในการทำซ้ำ และความสามารถในการทำเหมือนเท่าที่มีการอ้างอิงในMSA (1995) มีอยู่ด้วยกัน 3 วิธีได้แก่
  - วิธีค่าพิสัย (Range Method)
  - วิธีค่าเฉลี่ยและพิสัย (Average and Range Method)
  - วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance Method)

  ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะใช้วิธีค่าเฉลี่ยและพิสัย เนื่องจากสามารถแยกความผันแปรจากสาเหตุร่วมระหว่างชิ้นงานและพนักงานวัด จากค่าความสามารถในการทำซ้ำได้ ทำให้สามารถวิเคราะห์ความสามารถในการทำซ้ำ และความสามารถในการทำเหมือนแยกออกจากกันได้อันเป็นการกำจัดข้อเสียของวิธีค่าพิสัย และใช้วิธีการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน เพื่อเช็คความแปรปรวนร่วมระหว่างชิ้นงานกับพนักงานวัดหรืออุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเพื่อการวัด

วิธีการทดสอบค่าความสามารถในการทำซ้ำ และความสามารถในการเหมือนโดยใช้วิธีค่าเฉลี่ยและพิสัยรายละเอียดทั่วไปของวิธีการมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. สุ่มเงื่อนไขในการวัดมา 2 เงื่อนไข เช่น อุปกรณ์จับยึดเพื่อการวัด 2 แบบหรือ พนักงาน 2 คนโดยมาจากส่วนประกันคุณภาพ 2 คน และส่วนการผลิต 2 คน
2. สุ่มชิ้นงานมา 10 ชิ้น โดยให้ครอบคลุมช่วงผันแปรของกระบวนการและกำหนดรหัสชี้บ่งที่หมายเลขชิ้นงาน 1 ถึง 10 โดยไม่ให้พนักงานทราบ
3. ทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดที่ใช้ในการประเมิน
4. ให้สุ่มพนักงานขึ้นมา 1 คน แล้วทำการสุ่มชิ้นงานให้พนักงานดังกล่าววัดแล้วบันทึกค่าลงในแบบฟอร์ม โดยดำเนินการจนครบทุกชิ้น จากนั้นให้สุ่มพนักงานที่เหลือแล้วดำเนินการเช่นนี้อีกจนครบทุกคนทุกชิ้น
5. คำนวณค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยสำหรับพนักงานวัดทุกคน และการวิเคราะห์มีความจำเป็นต้องวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูลก่อนโดยคำนึงถึงการแยกความแตกต่างและความสุ่ม จากนั้นคำนวณหาค่าความสามารถในการทำซ้ำและความสามารถในการทำเหมือน

เมื่อมีการประเมินค่าความแปรปรวนของความสามารถในการทำซ้ำ และความสามารถในการทำเหมือน แล้วจะต้องมีการประเมินผลเปรียบเทียบกับความแปรปรวนที่ยอมได้ ซึ่งจะเป็นค่าคลาดเคลื่อนอนุโลม เรียกว่า อัตราส่วนความแม่นยำต่อความคลาดเคลื่อนอนุโลม (Precision Tolerance Ratio หรือ P/T) หรือเทียบค่าความแปรปรวนจากกระบวนการ เรียกว่าอัตราส่วนความแม่นยำต่อความแปรปรวนในกระบวนการ โดยที่

P/T = GR&R/(USL-LSL) x 100%

P/TV = GR&R/ความแปรปรวนของกระบวนการ x 100 %

ตามมาตรฐาน AIAG(1995) กำหนดเกณฑ์การยอมรับค่า ความสามารถในการทำซ้ำ และความสามารถในการทำเหมือน ไว้ดังนี้

P/T หรือ P/TV	< 10 %	สามารถยอมรับความสามารถระบบการวัดได้
10 % ≤ P/T หรือ P/TV	< 30 %	อาจจะยอมรับได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับความสำคัญในสิ่งประยุกต์ใช้ ค่าใช้จ่ายในการวัด ตลอดจนปัจจัยอื่นๆ ฯลฯ
P/T หรือ P/TV	≥	ไม่สามารถยอมรับความสามารถของระบบการวัดได้ มีความจำเป็นต้องระบุถึงสาเหตุความผันแปรแล้วทำการลดหรือกำจัดทิ้ง

การวิเคราะห์ความแม่นยำของเครื่องวัดต่างๆจะต้องให้ค่า % GR&R ที่ยอมรับได้ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ค่า %GR&R ที่ยอมรับได้ของข้อมูล Variable

CRITERIA	%GR&R
BAD	>7.7%
ACCEPTABLE	2-7.7%
GOOD	0-2%

วิธีการทำการทดลองของข้อมูลที่เป็น Variable GR&R

วิธีการวิเคราะห์ความแม่นยำ (GR&R) ของค่าความส่องสว่างและสีของแสงในเครื่องวัดค่าความส่องสว่าง

1) ใช้หลอดชนิด 36 วัตต์ สารฟลูออเรสเซ็นต์ที่เป็นเดย์ไลท์ ทั้งหมด 5 หลอดโดยหลอดทั้ง 5 หลอดเป็นหลอดที่ใช้ในสอบเทียบแล้ว
2) พนักงานวัด 2 คน
3) วัดหลอดละ 4 ครั้งแบบสุ่ม

การวิเคราะห์ GR&R ของเครื่องชั่งน้ำหนัก

1) ใช้หลอดชนิด 36 วัตต์ สารฟลูออเรสเซ็นต์ที่เป็นเดย์ไลท์ จำนวนทั้งหมด 10 หลอด พนักงานวัด 3 คน
3) วัดหลอดละ 2 ครั้งแบบสุ่ม

ทำการทดลองและป้อนข้อมูลลงในโปรแกรม Minitab เพื่อวิเคราะห์ % GR&R ตามฟังก์ชันต่อไปนี้

-Stat > Quality Tools >Gage R&R Study(cross)

3.3.4.2 การวิเคราะห์ระบบการวัดในลักษณะสมบัติเชิงคุณลักษณะหรือเชิงคุณภาพ

ในการศึกษาความสามารถของระบบการวัด สำหรับในลักษณะสมบัติเชิงคุณลักษณะนี้จะเป็นการเปรียบเทียบชิ้นงานที่ทำการตรวจสอบกับพิกัดของข้อกำหนดเฉพาะ ซึ่งจะทำให้สามารถประเมินผลได้ว่าคุณภาพของงานที่ตรวจสอบได้นั้นผ่านหรือไม่ผ่านอย่างไร ซึ่งในการศึกษาความสามารถของระบบการวัดนี้แบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือวิธีสั้น (Short Method) และวิธียาว (Long Method) โดยแนวความคิดของการประเมินผลวิธีสั้นจะอาศัยการจำแนกชิ้นส่วนตัวอย่างงานที่มีลักษณะทั้งผ่าน ไม่ผ่าน และก้ำกึ่ง ในจำนวนที่เหมาะสม แล้วให้พนักงานที่สุ่มมาหรือกำหนดไว้ล่วงหน้าทำการตรวจสอบ ส่วนผลการทดสอบที่ตรงกันจากการทดสอบซ้ำๆในชิ้นงานเดียวกันจะบ่งบอกถึง ความแม่นยำการตรวจสอบ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะทำการประเมินผลกระบวนการตรวจสอบโดยวิธีสั้นเท่านั้น เนื่องจากไม่สามารถจัดหาตัวอย่างชิ้นงานจำนวนมากตามข้อกำหนดของวิธียาว และการใช้วิธีสั้นก็ให้ผลลัพธ์ที่เพียงพอตามความต้องการของลูกค้า โดยจะมีกระบวนวิธีในการประเมินผลดังนี้

1) ทำการเลือกสิ่งตัวอย่างงานจากกระบวนการผลิตประมาณ 30 ชิ้น โดยเลือกสิ่งตัวอย่างงานที่มีคุณภาพผ่าน คุณภาพไม่ผ่าน และก้ำกึ่ง ในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน

2) ทำการเลือกพนักงานวัดจากแผนกประกันคุณภาพมา 2 คน โดยเป็นพนักงานที่ผ่านการฝึกอบรมการวัดมาอย่างดีและผ่านการประเมินผลการตรวจสอบแล้ว

3) ทำการเลือกพนักงานขึ้นมาก่อนหนึ่งคนแล้วให้ตรวจสอบสิ่งตัวอย่างงานอย่างงานสุ่มเพื่อประเมินผลคุณภาพงานว่าผ่านหรือไม่ผ่าน แล้วบันทึกผลลงในตารางบันทึกผลการตรวจสอบและทำการตรวจสอบซ้ำในแต่ละสิ่งตัวอย่างงานในพนักงานแต่ละคน 2 ครั้ง

4) ทำการเลือกพนักงานมาอีก 1 คน แล้วทำการทดสอบเหมือนข้อที่ 3

5) ดำเนินการประเมินผลด้วยดัชนีต่างๆดังนี้

% ความสามารถในการทำซ้ำของพนักงานตรวจสอบ = $\frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$

% ความไม่เอนเอียงของพนักงานตรวจสอบ = $\frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบได้เหมือนและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$

% ประสิทธิผลด้านความสามารถในการทำซ้ำของการตรวจสอบ

$= \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทั้งหมดตรวจสอบได้เหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$

% ประสิทธิผลด้านความเอนเอียงของการตรวจสอบ

$= \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจได้ถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$

6) ดำเนินการตัดสินใจเพื่อปฏิบัติการแก้ไขจากดัชนีตามสมการในข้อ 5) โดยถ้า % ความสามารถในการทำซ้ำของพนักงานตรวจสอบ ไม่ถึง 100 % จำเป็นต้องมีการฝึกอบรมพนักงานและประเมินผลพนักงานใหม่ แต่ถ้าหาก % ความไม่เอนเอียงของพนักงานตรวจสอบมีค่าต่ำกว่า 100 % แล้วมีความจำเป็นต้องปรับปรุงวิธีการตรวจสอบใหม่ หรือมิฉะนั้นก็จำเป็นต้องมีการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญเฉพาะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการทำการทดลองของข้อมูลที่เป็นค่า Attribute GR&R

การวิเคราะห์ GR&R ของการตรวจหลอดตัวอย่างด้วยสายตา

1) เลือกหลอดชนิด 36 วัตต์ สารฟลูออเรสเซ็นต์ที่เป็นสีเดย์ไลท์ จำนวนตัวอย่างมา 30 ตัวอย่างมีลักษณะดังนี้

- 45% ของตัวอย่างควรเป็นหลอดต่ำกว่ามาตรฐาน (No good quality) ซึ่งในที่นี้เป็นตัวอย่างหลอดหัวบางกับหลอดที่มีเนื้อสารฟลูออเรสเซ็นต์หยาบ

- 45% ของตัวอย่างเป็นหลอดดี
- 10% ของตัวอย่างเป็นหลอดดีที่อยู่ปลายขอบของการยอมรับได้

2) พนักงานวัด 2 คน

3) เช็คหลอดละ 2 ครั้งแบบสุ่ม

3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyzing phase)

ทำการวิเคราะห์ตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าที่ผ่านการกลั่นกรองด้วยการวิเคราะห์รูปแบบของเสียและผลกระทบโดยใช้สถิติทดสอบ คือ การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis test) เพื่อพิสูจน์ว่าตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้านั้นมีผลต่อตัวแปรวัดผลจริงๆโดยมีขั้นตอนดำเนินงานดังนี้

3.4.1 วิธีการทดลอง

- เมื่อได้ตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าที่ผ่านการกลั่นกรองก็นำมาหาจำนวนตัวอย่าง (sample size) เพื่อใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ซึ่งการจะหาจำนวนตัวอย่างต้องมีค่า σ ของกระบวนการซึ่งสามารถหาได้ดังรูปที่ ค-1 ในภาคผนวก ง จากนั้นทำการป้อนค่าในโปรแกรม Minitab ดังต่อไปนี้

  Stat>Power and Sample size > One-way ANOVA หรือ 2-sample t

- เมื่อได้จำนวนตัวอย่างของแต่ละการทดลองของตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าจากการคำนวณ โดย

  โปรแกรม Minitab แล้วก็ต้องไปทำการทดลองตามนั้นให้ครบจำนวนตัวอย่างในแต่ละการทดลองของตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้า

3.4.2 การทดสอบสมมติฐาน

นำผลการทดลองที่ได้จากตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้ามาทดสอบสมมติฐานโดยป้อนค่าเข้าโปรแกรม Minitab จากนั้นโปรแกรม Minitab ก็จะทำการวิเคราะห์พื่อเช็คตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าที่คัดเลือกมานั้นมีผลต่อตัวแปรวัดผลจริงหรือไม่

3.5 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improving phase)

3.5.1 ทำการทดลองตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าที่ผ่านการพิสูจน์ด้วยการทดสอบสมมติฐานว่ามีผลต่อตัวแปรวัดผลโดยใช้การออกแบบการทดลอง (Design of experiment : DOE) แล้ววิเคราะห์เปรียบเทียบผลทางสถิติเพื่อหาค่าที่เหมาะสมในการควบคุมปัจจัยโดยมีการทดลอง 2 ขั้นตอนดังนี้

3.5.1.1 การศึกษาเพื่อหาแนวทางในการลดน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ของบริษัทผู้ผลิตสารฟลูออเรสเซ็นต์รายต่างๆโดยมีสารรองพื้นเพื่อให้ได้ต้นทุนต่ำลงอย่างเหมาะสมโดยทำการทดลองหลอดชนิด 36 วัตต์ ไม่จำเป็นต้องทำการทดลองในหลอดชนิด 18 วัตต์ เพราะว่าถ้าคุณภาพของสารฟลูออเรสเซ็นต์ไม่ได้มาตรฐานในหลอดชนิด 36 วัตต์ ก็จะไม่ได้มาตรฐานในหลอดชนิด 18 วัตต์ด้วย เนื่องจากคุณสมบัติของหลอดเหมือนกันต่างกันแค่ความยาวหลอด ดังนั้นเราสามารถเลือกเฟ้นบริษัทผู้ผลิตสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่มีคุณภาพได้มาตรฐานจากการทดลองในหลอดชนิด 36 วัตต์มาใช้ในหลอดชนิด 18 วัตต์ ได้เลยในขั้นตอนข้อ 3.5.1.2

ตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าของกระบวนการที่มีความสำคัญที่คาดว่ามีผลต่อตัวแปรวัดผลจากกระบวนการที่มีความสำคัญคือ

- น้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์
- คุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์

ตัวแปรวัดผลจากกระบวนการที่มีความสำคัญที่เราต้องการศึกษาคือ

- ค่าความส่องสว่าง
- ค่าประสิทธิภาพความส่องสว่าง
- สีของแสง
- คุณลักษณะภายนอก : ความเรียบเนียนของเนื้อสารฟลูออเรสเซ็นต์, ความบางของเนื้อสารฟลูออเรสเซ็นต์ด้านหัวหลอด (Coating appearance : Coarseness , thin top)

การทดลองนี้เป็นการออกแบบการทดลองแบบบล็อกโดยจะบล็อกการทำซ้ำดังตารางที่ 3.2 โดยมีการเทเนื้อสารฟลูออเรสเซ็นต์ (อยู่ในรูปสารแขวนลอย) ลงเคลือบหลอดชนิด 36 วัตต์ด้วยมือแล้วใส่หลอดในเครื่อง Cassette Coating Machine (CCM) เพื่อผ่านกระบวนการทำให้สารฟลูออเรสเซ็นต์แห้ง เนื่องจากจำนวนเนื้อสารฟลูออเรสเซ็นต์ตัวอย่างมีน้อยเกินกว่าจะใช้เครื่อง CCM พ่นหลอดได้และการเทเนื้อสารฟลูออเรสเซ็นต์ลงเคลือบหลอดด้วยมือก็ไม่ได้ให้ความแตกต่างกับการพ่นด้วยเครื่อง CCM และ เครื่อง CCM ที่ใช้เคลือบหลอดก็ประกอบด้วย 3 กระบวนการ คือ

- กระบวนการล้างหลอดด้วยน้ำอุ่นเพื่อขจัดฝุ่นออก
- กระบวนการเคลือบสารรองพื้น
- กระบวนการเคลือบสารฟลูออเรสเซ็นต์ในหลอดเป็นการเคลือบสารในแนวตั้งเพื่อให้เนื้อสารฟลูออเรสเซ็นต์ไหลลงด้านล่างตามแรงโน้มถ่วง จากนั้นผ่านลมร้อนจากปากหลอดด้านบนลงปากหลอดด้านล่างเพื่อให้เนื้อสารฟลูออเรสเซ็นต์แห้ง แต่กรณีที่น้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ในหลอดต่ำมากจะทำให้มองเห็นไส้หลอดที่ด้านบนของการเคลือบหลอดหรือเรียกว่าความบางของเนื้อสารฟลูออเรสเซ็นต์ด้านหัวหลอด

ตารางที่ 3.3 การทดลองหาอิทธิพลของน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์กับคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่มีต่อค่าความส่องสว่างในหลอดชนิด 36 วัตต์

		คุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์									
		รายที่ 1		รายที่ 2		รายที่ 3		รายที่ 4		รายที่ 5	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
น้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ (กรัม)	2.20 ± 0.10										
	2.60 ± 0.10										
	3.00 ± 0.10										
	3.40 ± 0.10										

วิธีทำการทดลอง

- เนื่องจากว่าการทดลองนี้มีข้อจำกัดคือไม่สามารถเคลือบสารฟลูออเรสเซ็นต์ในหลอดทั้งหมดของการทดลองภายในวันเดียวกันได้และเป็นการป้องกันการหยิบหลอดสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่น้ำหนักเดียวกันผิดขวด จึงจำเป็นต้องทำการทดลองแบ่งเป็นครั้งที่ 1 ทำการทดลองในวันแรกและการทดลองครั้งที่ 2 ทำในวันถัดมา เรียกว่าการบล็อกการทดลองโดยบล็อกการทำซ้ำ ในแต่ละบล็อกการทำซ้ำจะมีลำดับการทดลองร่วมปัจจัยจะเป็นแบบสุ่ม

- การเคลือบสารฟลูออเรสเซ็นต์ในหลอดกระทำโดยนำหลอดที่ผ่านการเคลือบสารรองพื้น แล้วทำการเทเนื้อสารฟลูออเรสเซ็นต์ลงเคลือบหลอดชนิด 36 วัตต์ ด้วยมือแล้วใส่หลอดในเครื่อง Cassette Coating Machine (CCM) เพื่อผ่านกระบวนการทำให้สารฟลูออเรสเซ็นต์แห้งในเครื่อง เนื่องจากปริมาณสารฟลูออเรสเซ็นต์ตัวอย่างมีปริมาณน้อยเกินกว่าจะใช้เครื่อง CCM พ่นหลอดได้และการเทสารผสมฟลูอเรสเซ็นต์ลงเคลือบหลอดด้วยมือก็ไม่ได้ให้ความแตกต่างกับการพ่นด้วยเครื่อง CCM
- นำหลอดเคลือบสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่ผ่านการแห้งตัวแล้วเข้าส่งเข้าสู่กระบวนการทำหลอด
- จากนั้นนำหลอดฟลูออเรสเซ็นต์ไปวัดค่าความส่องสว่าง สีของแสงและตรวจสอบคุณลักษณะภายนอก

3.5.1.2 เลือกคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่มีคุณภาพที่ได้ตามมาตรฐานจากข้อ 3.5.1.1 มาศึกษาเพิ่มเติมทั้งหลอดในหลอดชนิด 36 วัตต์ก่อน เพื่อหาอิทธิพลของสารรองพื้นมีผลมากน้อยต่อสารฟลูออเรสเซ็นต์หรือไม่ ถ้าสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่มีคุณภาพดีจริงๆ สารรองพื้นมีอิทธิพลต่อความส่องสว่างน้อยมากที่น้ำหนักต่างๆ จากนั้นนำผลการทดลองที่ได้ (ใช้สารรองพื้น/ไม่ใช้สารรองพื้น) มาประยุกต์ใช้ในการศึกษาเพิ่มเติมที่หลอดชนิด 18 วัตต์ ในการเลือกทำการทดลองหลอดชนิด 36 วัตต์นั้น เนื่องจากว่าปริมาณการผลิตของหลอดชนิด 36 วัตต์ คิดเป็น 50 % ขณะที่หลอดชนิด 18 วัตต์เท่ากับ 20 % และปริมาณสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่ใช้ต่อหลอดก็มากกว่าหลอดชนิด 18 วัตต์เกือบเท่าตัว

ตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าของกระบวนการที่มีความสำคัญที่คาดว่ามีผลต่อตัวแปรวัดผลจากกระบวนการที่มีความสำคัญคือ

- น้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์
- คุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์จากบริษัทผู้ผลิตที่มีคุณภาพได้มาตรฐานจากข้อ 3.5.1.1
- การใช้สารรองพื้นกับการไม่ใช้สารรองพื้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวแปรวัดผลจากกระบวนการที่มีความสำคัญที่เราต้องการศึกษาคือ

- ค่าความส่องสว่าง
- ค่าประสิทธิภาพการส่องสว่าง
- สีของแสง
- คุณลักษณะภายนอก : ความเรียบเนียนของเนื้อสารฟลูออเรสเซ็นต์, ความบางของเนื้อสารฟลูออเรสเซ็นต์ด้านหัวหลอด (Coating appearance : Coarseness , thin top)

การทดลองนี้เป็นการออกแบบการทดลองแบบบล็อกโดยจะบล็อกการทำซ้ำดังตารางที่ 3.4 โดยมีการเทสารฟลูออเรสเซ็นต์ลงเคลือบหลอดชนิด 36 วัตต์ด้วยมือแล้วผ่านกระบวนการตามปกติเหมือนในการทดลองหัวข้อ 3.5.1.1

ตารางที่ 3.4 การทดลองหาอิทธิพลสารรองพื้นที่มีต่อค่าความส่องสว่างในหลอดชนิด 36 วัตต์

		คุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์							
		รายที่ 1				รายที่ 2			
		สารรองพื้น		ไม่ใช้สารรองพื้น		สารรองพื้น		ไม่ใช้สารรองพื้น	
น้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์(กรัม)	2.20 ± 0.10								
	2.60 ± 0.10								

วิธีทำการทดลอง

- เนื่องจากว่าการทดลองนี้มีข้อจำกัดคือไม่สามารถเคลือบสารฟลูออเรสเซ็นต์ในหลอดทั้งหมดของการทดลองภายในวันเดียวกันได้และเป็นการป้องกันการหยิบหลอดสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่น้ำหนักเดียวกันผิดขวด จึงจำเป็นต้องทำการทดลองแบ่งเป็นครั้งที่ 1 ทำการทดลองในวันแรกและการทดลองครั้งที่ 2 ทำในวันถัดมา เรียกว่าการบล็อกการทดลองโดยบล็อกการทำซ้ำ ในแต่ละบล็อกการทำซ้ำจะมีลำดับการทดลองร่วมปัจจัยจะเป็นแบบสุ่ม

- การเคลือบสารฟลูออเรสเซ็นต์ในหลอดกระทำโดยนำหลอดเปล่าที่ไม่ผ่านการเคลือบสารรองพื้น จากนั้นเทเนื้อสารฟลูออเรสเซ็นต์ลงเคลือบหลอดชนิด 36 วัตต์ ด้วยมือแล้วใส่หลอดในเครื่อง Cassette Coating Machine (CCM) เพื่อผ่านกระบวนการทำให้สารฟลูออเรสเซ็นต์แห้งในเครื่อง เนื่องจากปริมาณสารฟลูออเรสเซ็นต์ตัวอย่างมีปริมาณน้อยเกินกว่าจะใช้เครื่อง CCM พ่นหลอดได้และการเทสารฟลูอเรสเซ็นต์ลงเคลือบหลอดด้วยมือก็ไม่ได้ให้ความแตกต่างกับการพ่นด้วยเครื่อง CCM
- นำหลอดเคลือบสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่ผ่านการแห้งตัวแล้วเข้าส่งเข้าสู่กระบวนการทำหลอด
- จากนั้นนำหลอดฟลูออเรสเซ็นต์ไปวัดค่าความส่องสว่าง สีของแสงและตรวจสอบคุณลักษณะภายนอก

การทดลองนี้เป็นการออกแบบการทดลองแบบบล็อกโดยจะบล็อกการทำซ้ำดังตารางที่ 3.5 โดยมีการเทสารฟลูออเรสเซ็นต์ลงเคลือบหลอดชนิด 18 วัตต์ ด้วยมือด้วยมือแล้วผ่านกระบวนการตามปกติเหมือนในการทดลองหัวข้อ 3.5.1.1

ตารางที่ 3.5 การทดลองหาอิทธิพลของน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์กับคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่มีต่อค่าความส่องสว่างในหลอดชนิด 18 วัตต์

		คุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์			
		รายที่ 1		รายที่ 2	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
น้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ (กรัม)	1.15 ± 0.10				
	1.35 ± 0.10				
	1.55 ± 0.10				
	1.75 ± 0.10				

วิธีทำการทดลอง

- เนื่องจากว่าการทดลองนี้มีข้อจำกัดคือไม่สามารถเคลือบสารฟลูออเรสเซ็นต์ในหลอดทั้งหมดของการทดลองภายในวันเดียวกันได้และเป็นการป้องกันการหยิบหลอดสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่น้ำหนักเดียวกันผิดขวด จึงจำเป็นต้องทำการทดลองแบ่งเป็นครั้งที่ 1 ทำการทดลองในวันแรกและการทดลองครั้งที่ 2 ทำในวันถัดมา เรียกว่าการบล็อกการทดลองโดยบล็อกการทำซ้ำ ในแต่ละบล็อกการทำซ้ำจะมีลำดับการทดลองร่วมปัจจัยจะเป็นแบบสุ่ม
- การเคลือบสารฟลูออเรสเซ็นต์ในหลอดกระทำโดยนำหลอดที่ผ่านการเคลือบสารรองพื้น (มี/ไม่มีขึ้นกับการทดลองที่ได้มาจากหัวข้อ3.4.1.1) จากนั้นเทเนื้อสารฟลูออเรสเซ็นต์ลงเคลือบหลอดชนิด 18 วัตต์ ด้วยมือแล้วใส่หลอดในเครื่อง Cassette Coating Machine (CCM) เพื่อผ่านกระบวนการทำให้สารฟลูออเรสเซ็นต์แห้งในเครื่อง เนื่องจากปริมาณสารฟลูออเรสเซ็นต์ตัวอย่างมีปริมาณน้อยเกินกว่าจะใช้เครื่อง CCM พ่นหลอดได้และการเทสารฟลูอเรสเซ็นต์ลงเคลือบหลอดด้วยมือก็ไม่ได้ให้ความแตกต่างกับการพ่นด้วยเครื่อง CCM
- นำหลอดเคลือบสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่ผ่านการแห้งตัวแล้วเข้าส่งกระบวนการทำหลอด
- จากนั้นนำหลอดฟลูออเรสเซ็นต์ไปวัดค่าความส่องสว่าง สีของแสงและตรวจสอบคุณลักษณะภายนอก

3.6 ขั้นตอนการควบคุม (Controlling phase)

เป็นการควบคุมค่าตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าที่ได้จากการออกแบบการทดลองวิเคราะห์ผล จากนั้นเพื่อเป็นการสร้างความมั่นใจว่าตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าที่เราเลือกนั้นมีประสิทธิภาพได้ตามมาตรฐาน โดยทำการพ่นสารฟลูออเรสเซ็นต์เคลือบหลอดด้วยน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ตามตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าที่ต้องการควบคุมในเครื่อง Cassette Coating Machine (CCM) ที่หลอดชนิด 36 วัตต์ เป็นเวลา 1 กะ (8 ชั่วโมง) และที่หลอดชนิด 18 วัตต์ เป็นเวลา 1 กะ(8 ชั่วโมง) จากนั้นทำการเก็บข้อมูลดังต่อไปนี้

วิธีเก็บข้อมูลชนิด 36 วัตต์และชนิด 18 วัตต์

สุ่มตัวอย่างทุกชั่วโมงชั่วโมงละ 5 หลอด (คิดเป็น 1 กลุ่ม) กะหนึ่งจะสุ่มตัวอย่างได้ทั้งหมด 35 ตัวอย่างแล้วนำมาพล็อตกราฟ $\overline{X}$ - R เพื่อใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตสำหรับควบคุมตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าและสำหรับตัวแปรวัดผลจะเทียบกับค่ามาตรฐาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย