การลดปริมาณสารฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้ในกระบวนการเคลือบหลอด

นางสาววิมลวรรณ กาญจนวนิชกุล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-3855-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE REDUCTION OF FLUORESCENT PHOSPHORS FOR LAMP IN COATING PROCESS.

Miss Wimonwan Kanjanavanichakul

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2003

ISBN 974-17-3855-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดปริมาณสารฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้ในกระบวนการเคลือบหลอด
โดย	นางสาววิมลวรรณ กาญจนวนิชกุล
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิตรา รู้กิจการพานิช

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย ริจิรวนิช)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิตรา รู้กิจการพานิช)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิมลวรรณ กาญจนวนิชกุล : การลดปริมาณสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่ใช้ในกระบวนการเคลือบหลอด. (THE REDUCTION OF FLUORESCENT PHOSPHORS FOR LAMP IN COATING PROCESS) อ. ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิตรา รู้กิจการพานิช : 160 หน้า ISBN 974 –17-3855-2

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณการใช้สารฟลูออเรสเซ็นต์ที่เป็นสี Daylight ในหลอดไฟชนิด 36 วัตต์ และ 18 วัตต์ ในโรงงานหลอดไฟแห่งหนึ่ง เพื่อหาต้นทุนต่ำสุดแต่คุณภาพยังคงเป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพหลอดไฟของกลุ่มประเทศยุโรป (IEC) และความต้องการของลูกค้าคือ ค่าความส่องสว่าง ค่าประสิทธิภาพความส่องสว่างสีของแสงและคุณลักษณะภายนอก โดยการดำเนินการทดลองนี้จะแบ่งเป็น 5 ขั้นตอนคือ 1) ขั้นตอนการกำหนดปัญหา: จัดตั้งทีมทำการระดมสมองสำรวจปัญหา กำหนดเป้าหมายและขอบเขต 2) ขั้นตอนการวัด: คัดเลือกตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าโดยใช้ แผนผังก้างปลา ตารางสาเหตุและผล ตลอดจนทำการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบเครื่องมือวัดที่เกี่ยวข้อง 3) ขั้นตอนการวิเคราะห์: ทำการทดสอบสมมติฐานของตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าที่ผ่านการคัดเลือก 4) ขั้นตอนการปรับปรุง: ทำการออกแบบการทดลองแบบบล็อกการทำซ้ำเพื่อหาอิทธิพลของตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าซึ่งเป็นคุณสมบัติสารฟลูออเรสเซ็นต์จากบริษัทผู้ผลิต 5 รายที่นำมาพิจารณาและน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์มี 4 ระดับ (2.20, 2.60, 3.00 และ 3.40 กรัม) โดยทำการทดลองที่หลอดชนิด 36 วัตต์(เคลือบสารรองพื้น) จากผลการทดลองพบว่าสองรายเท่านั้นที่ให้คุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์มีคุณภาพได้ตามมาตรฐาน ที่น้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่เหมาะสมคือ 2.40 $\pm$ 0.10 กรัม จากนั้นทำการทดลองในหลอดชนิดเดิมนี้เพื่อหาอิทธิพลของสารรองพื้นที่มีต่อคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์โดยออกแบบการทดลองแบบบล็อกการทำซ้ำโดยมีตัวแปร 3 ปัจจัยซึ่งได้แก่ คุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่ได้ตามมาตรฐาน สารรองพื้น(มี/ไม่มี) และน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ 2 ระดับ (2.20 กับ 2.60 กรัม) จากผลการทดลองพบว่าการใช้สารรองพื้นให้คุณภาพด้านความส่องสว่างที่ดีกว่า สุดท้ายทำการทดลองที่หลอดชนิด 18 วัตต์ โดยออกแบบการทดลองแบบบล็อกการทำซ้ำมีตัวแปร 2 ปัจจัยซึ่งเป็น คุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่ได้ตามมาตรฐาน และน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ 4 ระดับ (1.15, 1.35, 1.55 และ 1.75 กรัม) จากการทดลองพบว่าคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่มีคุณภาพได้ตามมาตรฐานให้น้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่เหมาะสมคือ 1.35 $\pm$ 0.10 กรัม 5) ขั้นตอนการควบคุม: ขั้นตอนนี้เป็นแนวทางให้บริษัทได้คัดเลือกคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์หลักที่มีคุณภาพได้ตามมาตรฐานและให้ราคาต่ำกว่าไปทำการทดลองใช้ในสายการผลิต และพบว่าคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่มีคุณภาพตามมาตรฐานและที่ราคาต่ำกว่าสามารถใช้ในสายการผลิตได้จริง ทำให้บริษัทจะสามารถลดน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์จากปัจจุบันได้อันจะส่งผลให้ต้นทุนหลอดลดลงได้ไปประมาณ 3 % ส่วนคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์อีกรายหนึ่งทางบริษัทก็จะใช้เป็นบริษัทผู้ผลิตสำรอง

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต วิมลวรรณ กาญจนวนิชกุล

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ดร. จิตรา รู้กิจการพานิช

ปีการศึกษา 2546 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4471445821: MOJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORD: MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS/ HYPOTHESIS TEST/GR&R /DOE

WIMONWAN KANJANAVANICHAKUL : THE REDUCTION OF FLUORESCENT PHOSPHORS FOR LAMP IN COATING PROCESS. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. DR. JITTA RUKIJKANPANICH, Ph.D. 160 pp.

ISBN 974-17-3855-2.

The objective of this thesis is to reduce the amount of Daylight fluorescent powder used in both 36W&18W lamp types. The study aims to find out the lowest cost of fluorescent powder while maintaining lamp quality to International European Standard (IEC). This comprises of lumen output ,lumen maintenance and texture appearance as a key process output variable(KPOV). This experiment was carried out by using 5 phases structure approach. 1) Define phase: to define problem, objective and scope. 2) Measuring phase: to define key process input variable (KPIV) and analyze the precision of measurement system. 3) Analyzing phase: to do Hypothesis test for screening significant KPIV. 4) Improving phase : to use Design of experiment (DOE) to analyze interested KPIV with blocking on replicate. The interested KPIV was the fluorescent powder made to 5 characteristics and 4 powder weight levels (2.20, 2.60, 3.00 & 3.40 g). The experiment results in the precoat 36W lamps showed that only 2 characteristics of fluorescent powder (first & second characteristics) at lowest powder weight level (2.40 $\pm$ 0.10g) were acceptable in quality. These 2 characteristics were further tested DOE in order to verify the influence of the precoat layer; whether or not it impacts to the lumen output in 36W. The results showed the lamp with precoat layer gave a better lumen output. Later, the two outstanding fluorescent powders were also applied to the precoat 18W lamps with 4 powder weight levels(1.15, 1.35, 1.55 &1.75g). The fluorescent powder at lowest powder weight (1.35 $\pm$ 0.10g) from both suppliers were found to be above standard as well. 5) Controlling phase : the fluorescent powder of the cheapest one was selected for testing on the production line. The test results showed according to standard and it was selected to be used further while the second was kept for bargaining power. Finally, the cost reduction achieved will be about 3 %.

Department	Industrial Engineering	Student's signature.....
Field of study	Industrial Engineering	Advisor's signature.....
Academic year	2003	Co-advisor's signature .....

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิตรา รู้กิจการพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี รวมถึง รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย ริจิรวนิช ประธานกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร กรรมการ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆในการวิจัย

นอกจากนี้ยังขอขอบพระคุณพนักงานระดับเทคนิคในแผนกพัฒนาผลิตภัณฑ์ของบริษัทที่ช่วยทำหลอดตัวอย่าง ตรวจสอบหลอดตัวอย่าง ตลอดจนเก็บข้อมูลและบันทึกผลจนลุล่วงได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ญาติพี่น้องและเพื่อนๆ ที่ให้กำลังใจและคอยสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ จ

กิตติกรรมประกาศ ฉ

สารบัญ ช

สารบัญตาราง ฌ

สารบัญรูป ฎ

บทที่ 1บทนำ

1.1ความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....3

1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....3

1.4 วิธีการดำเนินการศึกษา.....4

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....8

บทที่ 2 การสำรวจงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 โครงสร้างในหลอดฟลูออเรสเซ็นต์.....9

2.2 การสำรวจงานวิจัย.....10

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....12

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการศึกษา

3.1 ศึกษารายละเอียดของใบรับรองผลการตรวจสอบสารฟลูออเรสเซ็นต์.....28

3.2 ขั้นตอนการกำหนดปัญหา (Define phase).....29

3.3 ขั้นตอนการวัด (Measuring phase).....29

3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyzing phase).....37

3.5 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improving phase).....37

3.6 ขั้นตอนการควบคุม (Controlling phase).....43

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์

4.1 ผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนการกำหนดปัญหา.....45

4.2 ผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนการวัด.....49

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 ผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนการวิเคราะห์ผล.....66

บทที่ 5 การประยุกต์ใช้ในสายการผลิต

5.1 ผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนการปรับปรุง.....72

5.2 ผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนการควบคุม.....99

บทที่ 6 บทวิจารณ์

6.1 คุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์จากบริษัทผู้ผลิต.....102

6.2 ผลการทดลอง.....103

บทที่ 7 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

7.1 บทนำ.....104

7.2 สรุปและผลการทดลอง.....105

7.3 ข้อเสนอแนะ.....109

7.4 ข้อจำกัดในการทดลอง.....109

รายการอ้างอิง.....110

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.....112

ภาคผนวก ข.....119

ภาคผนวก ค.....135

ภาคผนวก ง.....143

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....160

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ราคาของสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่เป็นสีเดย์ไลท์	2
1.2 Grant chart ของระยะเวลาที่ใช้การดำเนินงาน	7
2.1 สาเหตุแห่งความผิดพลาดในการวัดด้วยเครื่องมือเชิงกล	17
2.2 ประเภทความผันแปรในระบบการวัด	17
3.1 ขนาดผงของสารฟลูออเรสเซ็นต์ของบริษัทผู้ผลิต	28
3.2 ค่า % GR&R ที่ยอมรับได้ของข้อมูล Variable	34
3.3 การทดลองหาอิทธิพลของน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์กับคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่มีต่อค่าความส่องสว่างในหลอดชนิด 36 วัตต์	39
3.4 การทดลองอิทธิพลของสารรองพื้นที่มีต่อค่าความส่องสว่างในหลอดชนิด 36 วัตต์	41
3.5 การทดลองหาอิทธิพลของน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์กับคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์ที่มีค่าความส่องสว่างในหลอดชนิด 18 วัตต์	42
4.1 สภาพปัญหาการกำหนดขอบเขตของโครงการ การกำหนดเป้าหมายและผลที่คาดว่าจะได้รับ และสมาชิกในทีม	46
4.2 ความสัมพันธ์ของผู้ส่งมอบวัตถุดิบ กระบวนการผลิตสินค้า การตรวจเช็คสินค้า และลูกค้าด้วย SIPOC	48
4.3 Cause and Effect Matrix	60
4.4 วิธีการคิดและเกณฑ์คะแนนเพื่อเป็นเกณฑ์คัดเลือกตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าที่คาดว่ามีผลต่อตัวแปรวัดผลจริงๆ	61
4.5 ตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าทุกตัวที่มีเกณฑ์คะแนนสูงกว่า 168	62
4.6 ผลการวิเคราะห์รูปแบบของการเสียและผลกระทบ(Failure Mode and Effect Analysis)	63
4.7 ผลการวิเคราะห์รูปแบบของการเสียและผลกระทบ(Failure Mode Effect and Analysis) (ต่อ)	64
4.8 ผลการวิเคราะห์ความแม่นยำชนิดค่าวัดเป็น Variable ของระบบการวัดของเครื่องวัด ต่างๆ	65
4.9 ผลการวิเคราะห์ความแม่นยำชนิดค่าวัดเป็น Attribute ของการตรวจสอบ	66
4.10 จำนวนตัวอย่าง(Sample size) ที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis test)	67

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.11 ข้อมูลการทดลองการทดสอบสมมติฐานที่น้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ต่ำสุด (2.20 กรัม) ของคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์แต่ละรายให้ค่าความส่องสว่างที่แตกต่าง 68

4.12 ผลการวิเคราะห์ความปรวนแปรของคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์ 68

4.13 ข้อมูลการทดลองในการทดสอบสมมติฐานเวลาที่ใช้ในการอุ่นหลอดมีผลต่อค่าความส่องสว่าง 69

4.14 การวิเคราะห์ผลของเวลาที่ใช้ในการอุ่นหลอด 70

4.15 ข้อมูลการทดลองในการทดสอบสมมติฐานเวลาที่ใช้วัดหลอดในเครื่องมีผลต่อค่าความส่องสว่าง 70

4.16 การวิเคราะห์ผลของเวลาที่ใช้วัดหลอดในเครื่องวัดความส่องสว่าง 71

5.1 ตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าและตัวแปรวัดผลในการทดลองศึกษาความสามารถในการลดน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ของคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์รายต่างๆ ที่หลอดชนิด 36 วัตต์ 74

5.2 ผลการทดลองของค่าความส่องสว่างที่ 0 ชั่วโมง 75

5.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการออกแบบเชิงแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยแบบบล็อกการทำซ้ำ 76

5.4 ค่าประสิทธิภาพความส่องสว่างที่ลดลงจาก 0 ชั่วโมง ถึง 100 ชั่วโมง 79

5.5 ข้อมูลของค่าประสิทธิภาพความส่องสว่างจาก 100 ชั่วโมง ถึง 2000 ชั่วโมง 80

5.6 ข้อมูลสีของแสงของการทดลองร่วมปัจจัยของคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์และน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ 82

5.7 ข้อมูลความหยาบของเนื้อสารฟลูออฟเรสเซ็นต์ในหลอดชนิด 36 วัตต์ 84

5.8 ข้อมูลความบางของเนื้อสารฟลูออฟเรสเซ็นต์ด้านหัวของหลอดชนิด 36 วัตต์ 85

5.9 ตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าและตัวแปรวัดผลในการทดลองอิทธิพลสารรองพื้นในหลอด 36 วัตต์ 88

5.10 ผลการทดลองของค่าความส่องสว่างที่ 0 ชั่วโมงของหลอดชนิด 36 วัตต์ของปัจจัยคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์ น้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์และสารรองพื้น 89

5.11 การวิเคราะห์ความปรวนแปรของการออกแบบเชิงแฟคทอเรียล 3 ปัจจัยแบบบล็อกการทำซ้ำโดยโปรแกรม Minitab 90

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.12 ตัวแปรวัดปัจจัยป้อนเข้าและตัวแปรวัดผลในการทดลองที่หลอดชนิด 18 วัตต์	92
5.13 ผลการทดลองของค่าการส่องสว่างที่ 0 ชั่วโมงของหลอดชนิด 18 วัตต์ ของปัจจัยคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์ และน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์	93
5.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการออกแบบเชิงแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยแบบบล็อกการทำซ้ำโดยโปรแกรม Minintab	94
5.15 ประสิทธิภาพค่าความส่องสว่างที่ลดลงจาก 0 ชั่วโมง ถึง100 ชั่วโมง	95
5.16 ประสิทธิภาพค่าความส่องสว่างที่ลดลงจาก 100 ชั่วโมง ถึง 2000 ชั่วโมง	95
5.17 ข้อมูลสีของแสงของการทดลองร่วมปัจจัยของคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์ และน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์	96
5.18 ข้อมูลความหยาบของเนื้อสารฟลูออเรสเซ็นต์ในหลอดชนิด 18 วัตต์	97
5.19 ข้อมูลความบางของเนื้อสารฟลูออเรสเซ็นต์ด้านหัวหลอดชนิด 18 วัตต์	97
5.20 ค่าความส่องสว่างที่ 0 ชั่วโมงของหลอด ชนิด 36 วัตต์	100
5.21 ค่าความส่องสว่างที่ 0 ชั่วโมงของหลอดชนิด 18 วัตต์	101
6.1 ขนาดผงของสารฟลูออเรสเซ็นต์และ Bulk density ของบริษัทผู้ผลิต	102

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปประกอบ	หน้า
2.1 ส่วนประกอบของหลอดฟลูออเรสเซ็นต์	9
2.2 กระบวนการวัดที่เสถียร	14
2.3 กระบวนการวัดที่ไม่เสถียร	15
2.4 สาเหตุแห่งความผันแปรของระบบการวัด	15
2.5 แผนภูมิในการเลือกวิธีการในการทดสอบการวิเคราะห์ระบบการวัด	21
2.6 ความเที่ยงตรงและความแม่นยำของระบบการวัด	22
2.7 ความแปรปรวนจาก ความสามารถในการทำซ้ำและความสามารถในการทำเหมือน	24
2.8 รูปแบบขั้นตอนการดำเนินการสำหรับพัฒนาแผนภูมิ FMEA	26
4.1 แผนภาพแสดงการไหลของกระบวนการ	50
4.2 แผนภาพแสดงการไหลของกระบวนการ (ต่อ)	51
4.3 แผนภาพแสดงการไหลของกระบวนการ (ต่อ)	52
4.4 แผนภาพแสดงการไหลของกระบวนการ (ต่อ)	53
4.5 ผลการวิเคราะห์ผังก้างปลาในแต่ละกระบวนการผลิตที่คาดว่ามีผลต่อตัวแปร วัดผลของกระบวนการเตรียมสารฟลูออเรสเซ็นต์ (Suspension preparation)	55
4.6 ผลการวิเคราะห์ผังก้างปลาในแต่ละกระบวนการผลิตที่คาดว่ามีผลต่อตัวแปร วัดผลของกระบวนการเคลือบสารรองพื้น (Precoating : Dosing and Drying)	56
4.7 ผลการวิเคราะห์ผังก้างปลาในแต่ละกระบวนการผลิตที่คาดว่ามีผลต่อตัวแปร วัดผลของกระบวนการเคลือบสารฟลูออเรสเซ็นต์ (Main Coating : Dosing and Drying)	57
4.8 ผลการวิเคราะห์ผังก้างปลาในแต่ละกระบวนการผลิตที่คาดว่า มีผลต่อตัวแปร วัดผลของกระบวนการวัดค่าความส่องสว่าง (Lamp measuring on Photometry)	58
5.1 ปัจจัยคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์และน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์มีผลต่อค่าความส่องสว่างที่ 0 ชั่วโมง	77
5.2 การทดลองร่วมปัจจัยของคุณสมบัติสารฟลูออเรสเซ็นต์และน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์มีผลต่อค่าความส่องสว่างที่ 0 ชั่วโมง	78
5.3 การทดลองร่วมปัจจัยของคุณสมบัติสารฟลูออเรสเซ็นต์และน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์มีผลต่อค่าประสิทธิภาพความส่องสว่างจาก 0 ชั่วโมง ถึง 100 ชั่วโมง	80
5.4 การทดลองร่วมปัจจัยของคุณสมบัติของสารฟลูออเรสเซ็นต์และน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์มีผลต่อค่าประสิทธิภาพความส่องสว่างจาก 100 ชั่วโมง ถึง 2000 ชั่วโมง	81
5.5 กราฟการควบคุมค่าสีของแสงของสีที่เป็นเดย์ไลท์	83

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ในช่วง 2.20-2.70 กรัมกับค่าความส่องสว่างที่ 0 ชั่วโมง ของคุณสมบัติสารฟลูออเรสเซ็นต์รายที่ 1 86

5.7 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ในช่วง 2.20-2.70 กรัมกับค่าความส่องสว่าง ที่ 0 ชั่วโมง ของคุณสมบัติสารฟลูออเรสเซ็นต์รายที่ 2 86

5.8 ปัจจัยคุณสมบัติสารฟลูออเรสเซ็นต์ น้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ และสารรองพื้นมีผลต่อค่าความส่องสว่างที่ 0 ชั่วโมง 91

5.9 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ในช่วง 1.15 –1.55 กรัมกับค่าความส่องสว่างที่ 0 ชั่วโมง ของคุณสมบัติสารฟลูออเรสเซ็นต์รายที่ 1 98

5.10 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ในช่วง 1.15 –1.55 กรัมกับค่าความส่องสว่างที่ 0 ชั่วโมง ของคุณสมบัติสารฟลูออเรสเซ็นต์รายที่ 2 99

5.11 น้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ในหลอดชนิด 36 วัตต์ 100

5.12 น้ำหนักสารฟลูออเรสเซ็นต์ในหลอดชนิด 18 วัตต์ 101

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย