การปรับปรุงคุณภาพกระบวนการผสมสีในการผลิตสีผง

นางสาวอัจฉรียา วังวิเศษ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5 1 7 0 7 0 1 2 2 1

QUALITY IMPROVEMENT OF COLOR MIXING PROCESS IN POWDER COATING PAINT MANUFACTURING

MISS UTCHARIYA WANGWISET

ศูนย์วิทยทรัพยากร

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงคุณภาพกระบวนการผสมสีในการผลิตสีผง
โดย	นางสาว อัจฉรียา วังวิเศษ
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. จิตรา รู้กิจการพานิช

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. จิตรา รู้กิจการพานิช)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ สมชาย พวงเพิกศึก)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อัจฉรียา วังวิเศษ : การปรับปรุงคุณภาพกระบวนการผสมสีในการผลิตสีผง. (QUALITY IMPROVEMENT OF COLOR MIXING PROCESS IN POWDER COATING PAINT MANUFACTURING) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ร.ศ. ดร. จิตรา รู้กิจการพานิช, 216 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดสัดส่วนข้อบกพร่องในกระบวนการผสมสี ซึ่งกระบวนการผสมสีแบ่งเป็น 2 กระบวนการย่อย คือ กระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง และกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องจักรในการผลิต โดยกระบวนการผสมสีนี้เป็นจุดเริ่มต้นของการผลิตสีผง ถ้าคุณภาพของกระบวนการผสมสีไม่ดีแล้วย่อมส่งผลเสียต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเริ่มต้นจากการระดมสมองเพื่อค้นาสาเหตุที่แท้จริงของข้อบกพร่องในกระบวนการผสมสีโดยใช้การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (Fault Tree Analysis: FTA) และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) จากนั้นทำการประเมินค่าความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number, RPN) ของแต่ละสาเหตุ พบว่ามีสาเหตุที่มีค่า RPN สูง จำนวน 20 สาเหตุ หลังจากนั้นได้พิจารณาเพื่อกำหนดมาตรการแก้ไข ได้แก่ 1)การออกแบบการทดลอง 2)การกำหนดวิธีการทำงานที่ถูกต้อง 3)การปรับปรุงวิธีการทำความสะอาดเครื่องจักร 4)การปรับปรุงแบบฟอร์มการทำงาน 5)การกำหนดการบำรุงรักษาเครื่องจักร 6)การกำหนดเกณฑ์การควบคุมคุณภาพวัตถุดิบ 7)การปรับปรุงระบบการวัดความหนาของฟิล์มสี 8)การพัฒนาระบบการฝึกอบรมพนักงาน ซึ่งผลที่ได้รับพบว่า สัดส่วนข้อบกพร่องของกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง ลดลงจาก 82.9% เป็น 40.6% และกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องจักรในการผลิตลดลงจาก 97.6% เป็น 62.5% ซึ่งส่งผลให้เวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสีต่อใบสั่งผลิตลดลงจาก 555 นาที เป็น 303 นาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา...วิศวกรรมอุตสาหการ...ลายมือชื่อนิสิต...อัจฉรียา วังวิเศษ...

สาขาวิชา...วิศวกรรมอุตสาหการ...ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์...

ปีการศึกษา...2553...

5170701221 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS : QUALITY IMPROVEMENT/ POWDER COATING PAINT / MIXING PROCESS

UTCHARIYA : QUALITY IMPROVMENT OF COLOR MIXING PROCESS IN POWDER COATING PAINT MANUFACTURING. ADVISOR : ASSOC.PROF.JITTRA RUKIJKANPANICH,Ph.D., 216 pp.

The objective of this research was to reduce the proportion of defect of color mixing process in powder coating paint manufacturing. The color mixing process included 2 sub processes. There were 1) color mixing process by lab equipment 2) color mixing process by machines in production. The color mixing is initial process of the powder coating paint manufacturing. If the quality of this process was not good the quality of product would poor. This research started from brainstorm root causes of defects using Fault Tree Analysis (FTA) and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Then the Risk Priority Number (RPN) of each cause was evaluated. There was 20 causes that their RPN was high, were reduced corrective and preventive actions. The comprised 1) design of experiment 2) set up work instruction 3) improve of cleaning of machine 4) improve check sheet 5) maintain machine 6) control quality of raw material 7) improvement of measuring system of film thickness 8) development training system. The result was shown that the proportion of defect of color mixing process by lab equipment reduced 82.9% to 40.6%, the proportion of defect of color mixing process by machine in production reduced 97.6% to 62.5% and the time of color mixing per order reduced 555 min to 303 min

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department : Industrial Engineering	Student's Signature อัชฌรีย์า อังวิเศษ
Field of Study : Industrial Engineering	Advisor's Signature
Academic Year : 2010	

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้เนื่องด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลต่างๆ ดังนี้

รองศาสตราจารย์ ดร. จิตรา รู้กิจการพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่สละเวลาให้คำปรึกษา และการตรวจทานวิทยานิพนธ์จนบรรลุผลสำเร็จ

รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ สมชาย พวงเพิกศึก กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ภายนอกมหาวิทยาลัย ที่ช่วยแนะนำแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลงสมบูรณ์

บุคคลากรของโรงงานตัวอย่างที่ให้การสนับสนุนในด้านข้อมูล ข้อเสนอะแนะ และการให้ความร่วมมือในการดำเนินการแก้ไขปัญหาจนบรรลุผลสำเร็จ

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้กำลังใจ และการสนับสนุนให้ความช่วยเหลือในการศึกษาตลอดมา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย..... 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 3

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 26

บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผสมสีในโรงงานกรณีศึกษา..... 29

3.2 การวิเคราะห์ปัญหา..... 29

3.3 การดำเนินการปรับปรุง..... 30

3.4 การประเมินผลหลังการปรับปรุง..... 30

3.5 สรุปผลการดำเนินการวิจัย 30

บทที่ 4 การศึกษาสภาพของโรงงานกรณีศึกษา

4.1 ข้อมูลทั่วไปโรงงานกรณีศึกษา..... 32

4.2 ข้อมูลผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษา..... 32

4.3 กระบวนการผสมสีของโรงงากรณีศึกษา..... 34

4.4 การรวบรวมข้อมูลสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผสมสี 44

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

บทที่ 5 การวิเคราะห์ปัญหาและกำหนดการดำเนินการแก้ไข
5.1 การจัดตั้งทีมงาน 50
5.2 การกำหนดขอบเขตการวิเคราะห์กระบวนการ..... 59
5.3 การวิเคราะห์หาสาเหตุในกระบวนการผสมสี..... 53
5.4 การคัดเลือกสาเหตุเพื่อกำหนดมาตรการแก้ไข..... 105
5.5 การกำหนดการดำเนินการแก้ไข..... 107

บทที่ 6 การดำเนินการปรับปรุง
6.1 การแก้ไขการชั่งน้ำหนักวัตถุดิบไม่ได้ตามกำหนดในกระบวนการผสมวัตถุดิบ..... 111
6.2 การแก้ปัญหาน้ำหนักที่บรรจุในถุงไม่ได้ตามน้ำหนักที่ระบุบนถุงในกระบวนการผสมวัตถุดิบ... 113
6.3 การแก้ปัญหาไม่ตรวจเช็คการเข้ากันของส่วนผสมในกระบวนการผสมวัตถุดิบ..... 113
6.4 การแก้ปัญหา pigment ค้างขอบถังผสมในกระบวนการผสมวัตถุดิบ..... 114
6.5 การแก้ปัญหาน้ำมันรั่วใส่ส่วนผสมในกระบวนการผสมวัตถุดิบ..... 114
6.6 การแก้ไขระบบการวัดความหนาของฟิล์มสีในกระบวนการเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง..... 115
6.7 การแก้ไขเครื่องวัดสีไม่สามารถปรับสีเข้มๆ ได้ในกระบวนการวัดสี 119
6.8 การแก้ไขการขาดการปรับปรุงข้อมูลแม่สีในกระบวนการวัดสี..... 119
6.9 การแก้ปัญหาแม่สีเฉดสีต่างกันมากในแต่ละล็อตในกระบวนการวัดสี..... 120
6.10 การออกแบบการทดลองในกระบวนการฉีด..... 121
6.11 การปรับปรุงวิธีการทำความสะอาดเครื่องบดในกระบวนการบด..... 145
6.12 การฝึกอบรมพนักงาน และการพัฒนาระบบการฝึกอบรพนักงาน..... 149

บทที่ 7 การประเมินผลการดำเนินการก่อนและหลังการปรับปรุง
7.1 การประเมินระดับความรุนแรง (Severity: S) โอกาสในการเกิดสาเหตุ (Occurrence :O) และความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง (Detection: D) ของแต่ละกระบวนการหลังการปรับปรุง 174
7.2 เปรียบเทียบผลการปรับปรุง สัดส่วนข้อบกพร่องเทียบต่อใบสั่งผลิต จำนวนครั้งการปรับแต่งสีต่อใบสั่งผลิต และเวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสีต่อใบสั่งผลิต 179
7.3 เปรียบเทียบผลการปรับปรุงหลังจากการดำเนินการในกระบวนการผลิต 183

บทที่ 8 บทสรุปและข้อเสนอแนะ
8.1 บทสรุป..... 188
8.2 ข้อเสนอแนะ 191
8.3 ปัญหาและอุปสรรค..... 192

หน้า

ภาคผนวก..... 197
ภาคผนวก ก..... 198
ภาคผนวก ข..... 204
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 216

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	เกณฑ์การพิจารณาระดับความรุนแรงของลักษณะข้อบกพร่อง (Severity: S) ……	14
2.2	เกณฑ์การประเมินโอกาสในการเกิดสาเหตุ (Occurrence: O)……..	15
2.3	เกณฑ์การประเมินความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง (Detection: D)…….	16
2.4	สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ FTA ……..	17
2.5	คำแนะนำสำหรับค่าที่ต่ำที่สุดของดัชนี C_{pk} ……	24
4.1	เวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสีในแต่ละสายการผลิต…..……..	44
4.2	ประเภทข้อบกพร่องที่พบในกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง……	45
4.3	ประเภทข้อบกพร่องที่พบในกระบวนการผสมสีด้วยจักรในการผลิต ……..……...	45
4.4	จำนวนครั้งการปรับแต่งสีต่อใบสั่งผลิตในกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง ……	47
4.5	จำนวนครั้งการปรับแต่งสีต่อใบสั่งผลิตในกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องจักรในการผลิต	48
4.6	เวลาการที่ใช้ในกระบวนการผสมสีต่อใบสั่งผลิต……..……..	49
5.1	เปรียบเทียบกระบวนการย่อยของกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง และกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องจักรในการผลิต……...……	51
5.2	ขอบเขตของการวิเคราะห์กระบวนการผสมสี และผู้รับผิดชอบแต่ละกระบวนการย่อย	51
5.3	ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการย่อย ……..……..	52
5.4	สรุปข้อบกพร่องแต่ละกระบวนการย่อยที่ส่งผลต่อข้อบกพร่องสุดท้ายของกระบวนการผสมสี……...……...	62
5.5	สรุปสาเหตุที่ส่งผลต่อข้อบกพร่องแต่ละกระบวนการย่อยของกระบวนการผสมสี ……	63
5.6	การกำหนดระดับคะแนนความรุนแรงของลักษณะข้อบกพร่อง……	65
5.7	การกำหนดระดับคะแนนโอกาสการเกิดสาเหตุ……..	65
5.8	การกำหนดระดับคะแนนความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง……	66
5.9	สรุปผลการประเมินค่าความรุนแรงของข้อบกพร่อง.....	71
5.10	การวิเคราะห์ FMEA	83
5.11	สรุปผลการคัดเลือกสาเหตุเพื่อนำมากำหนดแนวทางแก้ไข	105
5.12	การกำหนดแนวทางแก้ไขของสาเหตุของบกพร่องในกระบวนการผสมวัตถุดิบ……	107
5.10	การกำหนดแนวทางแก้ไขของสาเหตุของบกพร่องในกระบวนการบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า...	108
5.11	การกำหนดแนวทางแก้ไขของสาเหตุของบกพร่องในกระบวนการทำแผ่นสีตัวอย่าง …….	108
5.12	การกำหนดแนวทางแก้ไขของสาเหตุของบกพร่องในกระบวนการวัดสี……	109
5.13	การกำหนดแนวทางแก้ไขของสาเหตุของบกพร่องในกระบวนการฉีด ……	110
5.14	การกำหนดแนวทางแก้ไขของสาเหตุของบกพร่องในกระบวนการบด ……	110

ตารางที่		หน้า
6.1	ผลการวัดความหนาของฟิล์มสี	116
6.2	ตัวอย่างการจัดทำรายการแม่สีที่สามารถใช้วัดสีแทนกันได้	120
6.3	ผลการวัดค่าสี	125
6.4	ระดับของปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา.....	128
6.5	การออกแบบการทดลอง (Design Matrix) Box-Behnken Design with 3 Center Point ที่มี 3 ตัวแปร.....	131
6.6	ผลการทดลองจากการออกแบบการทดลอง	133
6.7	ค่าเงื่อนไขที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยที่ได้จากการทดลอง	142
6.8	เปรียบเทียบผลค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานในกระบวนการฉีดก่อนและหลังการปรับปรุง	144
6.9	จุดที่ยากลำบากในการทำความสะอาดของเครื่องบด และวิธีการแก้ไขในแต่ละจุด	146
6.10	เปรียบเทียบวิธีการทำความสะอาดก่อนและหลังกาปรับปรุง.....	147
7.1	ผลการดำเนินการปรับปรุงโดยใช้ FMEA	152
7.2	สรุปผล RPN ก่อนและหลังการปรับปรุง	178
7.3	จำนวนครั้งการปรับแต่งสีต่อใบสั่งผลิตและเวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสีก่อนการปรับปรุง.....	180
7.4	จำนวนครั้งการปรับแต่งสีต่อใบสั่งผลิตและเวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสีหลังการปรับปรุง.....	181
7.5	สรุปเปรียบเทียบผลการดำเนินการก่อนและหลังการปรับปรุง	183
7.6	ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุง (กรกฎาคม 2553 ถึงสิงหาคม 2553)	184
7.7	ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุง (พฤศจิกายน 2553 ถึงธันวาคม 2553)	185
7.8	เปรียบเทียบประเภทข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง.....	186
8.1	สรุปการดำเนินการแก้ไขในแต่ละสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องในกระบวนการผสมสี ...	190
8.2	สรุปผลการดำเนินการก่อนและหลังการปรับปรุง	191

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	กระบวนการพ่นสีด้วยกำลังไฟฟ้าสถิต (Electrostatic spraying process).....	5
2.2	แผนผังกระบวนการผลิตสีผง	7
2.3	กระบวนการผลิตสีผงอย่างต่อเนื่อง.....	9
2.4	ระบบการวัดสีแบบ CIE $L^* a^* b^*$	10
2.5	แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลแสดงอิทธิพลของปัจจัยร่วมไม่มีผล และมีผล.....	21
2.6	องค์ประกอบความผันแปรของระบบการวัด	22
3.1	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	31
4.1	แผนผังกระบวนการผสมสีโดยรวม.....	33
4.2	กระบวนการผลิตสีผงของโรงงานกรณีศึกษา.....	34
4..3	แผนผังกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง.....	36
4.4	แผนผังกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องจักรในการผลิต.....	37
4.5	กระบวการผสมวัตถุดิบ.....	39
4.6	เครื่องฉีดขนาดเล็ก.....	40
4.7	อุปกรณ์ที่ใช้ในการบดให้เป็นสีผง.....	40
4.8	ขั้นตอนการเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง	41
4.9	การเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง.....	41
4.10	เครื่องวัดสี (Spectrophotometer).....	42
4.11	กระบวนการฉีด	42
4.12	กระบวนการบด.....	43
4.13	เวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสี	45
5.1	การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง.....	54
5.2	พาเรโตของคะแนน RPN จากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ.....	106
6.1	เปรียบเทียบขั้นตอนการผสมวัตถุดิบก่อนและหลังการปรับปรุง.....	112
6.2	วิธีการตรวจเช็คการเข้ากันของส่วนผสม.....	113
6.3	การเปลี่ยนขอบยางที่ถังผสม.....	114
6.4	การทดสอบการวัดความหนาของฟิล์มสีบนแผ่นสีตัวอย่าง.....	116
6.5	ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดของความหนาของฟิล์มสีโดยใช้โปรแกรม Minitab version 15.....	117

ภาพที่		หน้า
6.6	ตำแหน่งของการเกิดข้อบกพร่องของกระบวนการฉีด.....	121
6.7	การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลของค่าความแตกต่างของสีในกระบวนการฉีด จากข้อมูลการผลิตในเดือนกันยายน 2553.....	123
6.8	ความสามารถของกระบวนการของค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน จากข้อมูลการผลิตในเดือนกันยายน 2553	124
6.9	ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดของค่าสีโดยใช้โปรแกรม Minitab version 15 (ต่อ).....	126
6.10	ตำแหน่งของอุณหภูมิภายในบาเรล.....	129
6.11	รายละเอียดการออกแบบการทดลองโดยใช้โปแกรม Minitab Verion 15.....	130
6.12	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนจากการทดลองโดยใช้โปรแกรม Minitab verion 15.....	135
6.13	การทดสอบสมมุติฐานของความเป็นปกติของผลที่ได้จากการออกแบบการทดลอง.....	137
6.14	การทดสอบสมมติฐานความเป็นอิสระของผลที่ได้จากการออกแบบการทดลอง.....	138
6.15	ความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนของผลที่ได้จากการออกแบบการทดลอง.....	139
6.16	Contour Plot ที่มีผลต่อค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน	140
6.17	Surface Plot ที่มีผลต่อค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน.....	140
6.18	ผลลัพธ์แสดงค่าเงื่อนไขที่เหมาะสมจากการทดลองโดยใช้โปรแกรม Minitab version 15	141
6.19	การทดสอบสมมติฐานความเป็นปกติของข้อมูลจากผลที่ได้จากขั้นตอนการยืนยันผล.....	143
6.20	ความสามารถของกระบวนการของค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน จากการทดลองยืนยันผล.....	144
6.21	ขั้นตอนการปรับปรุงวิธีการทำความสะอาดเครื่องบด.....	146
7.1	สัดส่วนข้อบกพร่องเทียบต่อใบสั่งผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง.....	182
7.2	เวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสีต่อใบสั่งผลิตโดยเฉลี่ยก่อนและหลังการปรับปรุงแยกตามผลิตภัณฑ์	182
7.3	เปรียบเทียบจำนวนครั้งการเกิดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง	186

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันอุตสาหกรรมสีภายในประเทศขยายตัวอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากการเติบโตตามการขยายตัวของอุตสาหกรรมเกี่ยวเนื่อง ได้แก่ อุตสาหกรรมยานยนต์ และอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น ส่งผลให้ความต้องการใช้สีภายในประเทศเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยความต้องการใช้สีในธุรกิจและอุตสาหกรรมเกี่ยวเนื่องต่างๆ นี้ได้ขยายตัวตามการขยายตัวทางเศรษฐกิจที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งจากการพัฒนาปรับปรุงคุณภาพของผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมสีและผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องด้วยการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยจากต่างประเทศมาใช้จนผลิตภัณฑ์มีมาตรฐานอยู่ในระดับสูง แต่เนื่องจากการปรับตัวสูงขึ้นของต้นทุนการผลิต จากการสูงขึ้นของราคาวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ซึ่งบางส่วนยังต้องการนำเข้าจากต่างประเทศ เช่น ผงสี สารเรซิน และสารเติมแต่งคุณสมบัติ ประกอบกับอัตราภาษีนำเข้าของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอยู่ในระดับสูง ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตของผู้ประกอบการเพิ่มขึ้น นอกจากนี้จากสภาวะการแข่งขันที่รุนแรง เพื่อแย่งส่วนแบ่งตลาด ผลกำไร และเพื่อความอยู่รอดของธุรกิจ จึงทำให้ผู้ประกอบการจำเป็นต้องเร่งปรับตัวทั้งการพัฒนาผลิตภัณฑ์และคุณภาพสินค้า เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน และสามารถตอบสนองความต้องการลูกค้า (ฝ่ายวิจัย ธนาคารนครหลวงไทย, 2551) รวมทั้งความจำเป็นต้องมีกระบวนการผลิตที่ดี เพื่อช่วยในการผลิตสินค้าได้อย่างมีคุณภาพ ต้นทุนต่ำ และการส่งมอบตรงเวลา

สำหรับโรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตสีผง โดยกระบวนการผสมสีเป็นกระบวนการที่จะให้ได้มาซึ่งสูตรการผสมสีที่เหมาะสม รวมถึงกระบวนการผลิตที่ถูกต้องเพื่อให้ได้คุณภาพของสีผงผ่านเกณฑ์คุณภาพที่กำหนดก่อนเริ่มกระบวนการผลิต ถ้ากระบวนการดังกล่าวมีข้อบกพร่องย่อมส่งผลให้เกิดการแก้ไขข้อบกพร่องเกิดขึ้น และยังส่งผลกระทบต่อถึงความล่าช้าในกระบวนการผลิตอีกด้วย ทั้งนี้ประกอบกับความต้องการปริมาณสีผงที่มากขึ้น รวมทั้งการผลิตที่มีความหลากหลาย เพื่อให้สามารถตอบสนองกับความต้องการลูกค้าได้ทันเวลาโดยคำนึงถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์รวมทั้งของเสียที่เกิดขึ้น ดังนั้นทางโรงงานตัวอย่างจึงได้เห็นถึงความสำคัญในการที่จะปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผสมสี เพื่อลดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ในการที่จะได้สีผงอยู่ในเกณฑ์ยอมรับคุณภาพก่อนเริ่มการผลิต ซึ่งจะส่งผลถึงการลดเวลาจากการแก้ไขข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อลดสัดส่วนข้อบกพร่องในกระบวนการผสมสีในการผลิตสีผง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1) ทำการศึกษากระบวนการผสมสี โดยมุ่งเน้นการปรับอัตราส่วนการผสมของวัตถุดิบ รวมถึงการลดข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการผสมสีสำหรับกำหนดสูตรผสมเริ่มต้นก่อนการผลิต

2) ศึกษารายละเอียดโดยมุ่งเน้นผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตมากที่สุดเป็นหลัก

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) เพื่อลดเวลาของกระบวนการผสมสี

2) เพื่อจัดทำมาตรฐานการทำงานที่เหมาะสมกับโรงงานกรณีศึกษา

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

1) สำรวจงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2) ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผสมสีของโรงงานกรณีศึกษา

2.1) ศึกษาระบบการผลิตและการดำเนินงานของโรงงานกรณีศึกษา เพื่อให้ทราบถึงกระบวนการดำเนินงานในปัจจุบัน และลักษณะปัญหาที่เกิดขึ้นของกระบวนการผสมสี

2.2) รวบรวมข้อมูลสถิติของปัญหาที่เกี่ยวข้องกับปัญหาในกระบวนการผสมสี ได้แก่ ข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ จำนวนครั้งการปรับแต่งสี และเวลาที่ใช้ในการปรับแต่งสี

3) ทำการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อหาสาเหตุของปัญหา

3.1) การจัดตั้งทีมงาน ซึ่งประกอบด้วยบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผสมสี และเป็นทีมงานในลักษณะแบบข้ามสายงาน

3.2) สร้างแผนผังการไหลเพื่อกำหนดขอบเขตของกระบวนการที่จะทำการวิเคราะห์

3.3) การวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (Fault Tree Analysis) เพื่อค้นหาสาเหตุที่แท้จริง และนำไปวิเคราะห์ต่อโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของกระบวนการผลิต (Process Failure Mode and Effect Analysis: PFMEA เพื่อคัดเลือกปัญหาที่มีค่าดัชนีความเสี่ยง (RPN) ระดับสูงมาดำเนินการแก้ไข

3.4) เสนอแนะแนวทางการแก้ปัญหาแต่ละสาเหตุที่ถูกคัดเลือก และดำเนินการตามแนวทางที่วางเอาไว้เพื่อลดข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพในกระบวนการผสมสี โดยศึกษาทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดแนวทางแก้ไข รวมทั้งมีการนำปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ในข้อ 3.3) มาทำการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมต่อการปรับสูตรการผสมสีเพื่อให้ได้สีที่ผ่านเกณฑ์คุณภาพที่กำหนด โดยผลเพื่อลดจำนวนครั้งในการปรับแต่งสี

4) ประเมินผลการแก้ไขก่อนและหลังการปรับปรุง ดังนี้

4.1) การเปรียบเทียบค่าความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number) ก่อนและหลังการปรับปรุง

4.2) การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสี และจำนวนครั้งการปรับแต่งสีจากการเกิดข้อบกพร่องก่อนและหลังปรับปรุง

5) สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการผสมสีต่อไป

6) จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผสมสีในการผลิตสีผง ดังนี้

1) ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสีผง

2) ทฤษฎีระบบการวัดสีแบบ CIE

3) ทฤษฎีการปรับปรุงคุณภาพ (Quality improvement)

4) เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA)

5) เทคนิคการวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (Fault Tree Analysis: FTA)

6) เครื่องมือคุณภาพ 7 อย่าง (7 QC Tools)

7) การออกแบบการทดลอง (Design Of Experiment: DOE)

8) การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis: MSA)

9) การประเมินความสามารถของกระบวนการ

2.1.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสีผง

สีผงเป็นสีอบอุตสาหกรรมที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาใหม่เพื่อแทนที่สีอบน้ำมันที่ใช้อยู่เดิม โดยสีผงมีข้อได้เปรียบสีน้ำมันในแง่ของการไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สุขภาพและความปลอดภัยในนสถานที่ทำงาน และสีผงที่ใช้แล้วยังสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีกด้วย ทั้งนี้สีผงส่วนมากนิยมพ่นบนผิวโลหะ เช่น เหล็ก และอลูมิเนียม เป็นต้น เพื่อป้องกันพื้นผิวจากสภาพแวดล้อมและเพื่อความสวยงามของชิ้นงาน

ความหมายของสีผง

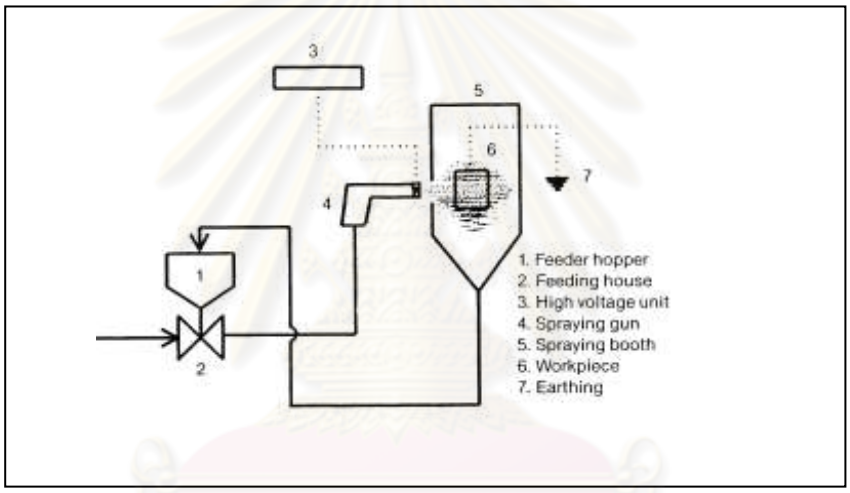
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสีผงเคลือบเครื่องเหล็ก (มอก. 1098-2552) ได้ให้ความหมายของสีผง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นผง ประกอบด้วยผงสี เรซิน และสารเติมแต่งอื่นๆ เรซินที่ใช้ เช่น อีพ็อกซีเรซิน โพลิเอสเทอร์เรซิน เรซินผสมของอีพ็อกซีเรซินกับโพลิเอสเทอร์เรซิน เป็นต้น ใช้เคลือบชิ้นงานเหล็ก แล้วทำให้สีผงหลอมเคลือบติดผิวเหล็กด้วยความร้อน ขณะที่อรอุษา สรวารี (2544) ได้ให้ความหมายว่า สีผงใช้กันมากในการเคลือบโลหะ สีผง

ประกอบด้วยของแข็ง 100 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ สารยึด ผงสี เอ็กซ์เทนเดอร์(extender) สารควบคุมการไหล ตัวเร่งปฏิกิริยา และไม่มีตัวทำละลาย

สำหรับวิธีการใช้สีผง มี 2 วิธี คือ

1) กระบวนการอ่างฟลูอิดไดซ์ (Fluidized bed process)
2) กระบวนการพ่นด้วยกำลังไฟฟ้าสถิต (Electrostatic spraying process)

สำหรับโรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตสีผงสำหรับวิธีการใช้ด้วยกระบวนการพ่นด้วยกำลังไฟฟ้าสถิตย์ โดยวิธีการนี้สีผงจะถูกทำให้มีประจุไฟฟ้าที่บริเวณหัวปืนพ่นซึ่งบรรจุสีผงอยู่ เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปบริเวณระหว่างหัวปืนพ่น และวัสดุที่ต้องการเคลือบซึ่งถูกต่อสายดินไว้ สีผงจะวิ่งไปเกาะอยู่บนผิวน้ำของวัสดุที่ต้องการเคลือบ



รูปที่ 2.1 กระบวนการพ่นสีด้วยกำลังไฟฟ้าสถิต (Electrostatic spraying process)
ที่มา: Misev (1990)

ประเภทของสีผง (Misev, 1990)

ประเภทของสีผงแบ่งได้เป็น 2 ชนิดตามประเภทของพลาสติก คือ

1) เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic)
2) เทอร์โมเซตติง (Thermosetting)

สำหรับการผลิตสีผงเคลือบผิวของโรงงานตัวอย่างเป็นพลาสติกประเภทเทอร์โมเซตติง จึงได้ทำการศึกษารายละเอียดของเทอร์โมเซตติง ดังนี้

เทอร์โมเซตติง จัดเป็นพอลิเมอร์ประเภทพลาสติกที่เป็นของแข็งสามารถคงรูปได้ภายใต้สภาวะที่มีแรงกดและที่อุณหภูมิการใช้งาน แต่จะเป็นของไหลหนืด (viscous flow) ที่อุณหภูมิทำการแปรรูป พอลิเมอร์ที่หลังจากผ่านการแปรรูปแล้วจะแข็งตัวอย่างถาวร เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุล (cross-linking reaction) ทำให้เกิดพันธะโควาเลนต์ระหว่างโมเลกุล การให้ความร้อนหลังการแปรรูปจะไม่มีผลทำให้เกิดการหลอม แต่จะทำให้เกิดการเสื่อมสภาพและปฏิกิริยาออกซิเดชัน หากให้ความร้อนสูงมากจะได้ถ่านสีดำเป็นผลิตภัณฑ์ ดังนั้นเทอร์โมเซทติงจึงไม่สามารถไม่สามารถนำเศษพลาสติกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตไปทำรีไซเคิลและนำไปใช้ใหม่ได้ (เจริญ นาคะสรรค์, 2545)

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสีผง

วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตสีผง แบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

1) **ผงสี** (Pigment)

คือ สารที่ปรากฏเป็นสีสันต่าง ๆ กับสิ่งที่นำมาเคลือบ มีลักษณะเป็นผงละเอียด โดยทั่วไปมีหน้าที่ให้ความสวยงาม เนื่องจากเป็นตัวทำให้เกิดเฉดสี และความทึบแสง ช่วยในการปิดบังพื้นผิว (RPSC Intertrade Co.,Ltd, 2007)

ประเภทของผงสีแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ (เจริญ นาคะสรรค์, 2545)

1.1) **ผงสีอนินทรีย์** (Inorganic Pigment)

จะให้สีค่อนข้างทึบ แต่จะให้สีใสที่ระดับความเข้มข้นต่ำ

เช่นTitanium, Oxides, Carbon, Sulfide Silicates และ Chromates เป็นต้น

1.2) **ผงสีอินทรีย์** (Organic Pigment)

เป็นสีที่ให้มีความใสสูงกว่าผงสีอนินทรีย์ และมีหลากสีมาก แต่มีข้อเสียคือมักจะเกิดการเคลื่อนย้าย (migration) ได้ง่าย ทนต่อความร้อนต่ำกว่าสีผงอนินทรีย์ นอกจากนี้กระจายตัวในเรซินได้ยาก มักจะเกิดการจับตัวกันเป็นก้อน (agglomeration) ซึ่งเป็นจุดอ่อนต่อการสูญเสียคุณสมบัติเชิงกล เช่น

- สีเหลือง ได้จาก monoazo pigment, diazo pigment เป็นต้น
- สีแดง ได้จาก monoazo napthol และ quinacridone เป็นต้น
- สีน้ำเงินและเขียว ได้จาก cu-phthalocyanide เป็นต้น

2) เรซิน (Resin Binder หรืออาจเรียกว่า Binder หรือ Film former)

หมายถึง วัสดุสังเคราะห์ชนิดเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ (Plastic) มีหน้าที่ในการยึดประสานระหว่างส่วนประกอบอื่นๆ ของสีเข้าไปด้วยกัน พร้อมกับการยึดเกาะระหว่างชั้นของสีกับพื้นผิวที่เคลือบเกิดเป็นเนื้อฟิล์มขึ้น (อรอุษา, 2544) สำหรับเรซินที่ใช้กันอยู่ในอุตสาหกรรมสีผง เช่น Epoxy, Polyester เป็นต้น

3) ตัวทำแข็ง (Hardener)

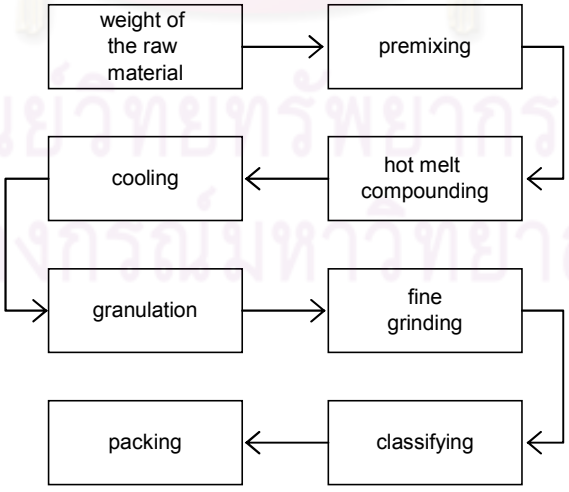
เป็นสารเคมีใช้ผสมกับเรซินแล้วทำให้เกิดปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชั่นให้สีแข็งตัวเร็วขึ้น และให้ความด้าน

4) สารปรับแต่งคุณภาพ (Additive)

เป็นสารเคมีที่เติมผสมลงไปในเพื่อปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ได้ตามต้องการ (RPSC Intertrade Co.,Ltd, 2007) ทั้งในด้านกระบวนการผลิต และการปรับปรุงคุณสมบัติของสี เช่น สารเพิ่มการยึดเกาะกันของสี (Binder), สารที่ทำให้แห้ง (Drier) สารป้องกันการแข็งตัว (Anti Setting) เป็นต้น

กระบวนการผลิตสีผง

กระบวนการผลิตสีผงเคลือบผิว เป็นการนำเทคโนโลยีของพลาสติกมาใช้ในกระบวนการผลิตมากกว่าสี เทคนิคในการผลิตขึ้นกับอุปกรณ์การใช้งานของอุตสาหกรรมพลาสติกและการทำให้เป็นผง (Misev, 1990) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 2.2 แผนผังกระบวนการผลิตสีผง
ที่มา: Misev (1990)

1) การผสมเบื้องต้น (Premixing)

การผสมส่วนผสมเบื้องต้นโดยเป็นการกวนวัตถุดิบซึ่งเป็นของแข็งหลายชนิดคลุกเคล้าเข้าด้วยกันโดยใช้เครื่องผสม (Mixer) ผลของการผสมทำให้เกิดการกระจายตัวของอนุภาคของวัสดุต่างชนิดกันเข้ากันอย่างทั่วถึง แต่ยังคงแยกอนุภาคของสารแต่ละชนิดให้เห็นอย่างชัดเจน (เจริญ นาคะสรรค์, 2545) การผสมส่วนผสมที่ไม่เพียงพอนั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมที่ใช้ในปริมาณเล็กน้อย เช่น สารเติมแต่ง (Additive) และผงสี (Tinting Pigment) อาจนำไปสู่ส่วนผสมที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งส่งผลต่อคุณสมบัติการไหลที่ด้อยลง, คุณสมบัติเชิงกลที่ไม่ดี, สีของผิวเคลือบที่ไม่สม่ำเสมอกัน, ความเงาลดลง, ตำหนิบนพื้นผิว ฯลฯ วัตถุดิบที่ผ่านการผสมเสร็จแล้วจะมีขนาดลดลง เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติก่อนการแปรรูปด้วยการหลอมละลายด้วยความร้อนในกระบวนการถัดไป โดยส่วนผสมที่ได้ควรมีขนาดอนุภาคระหว่าง 2-4 มิลลิเมตร (Misev,1990)

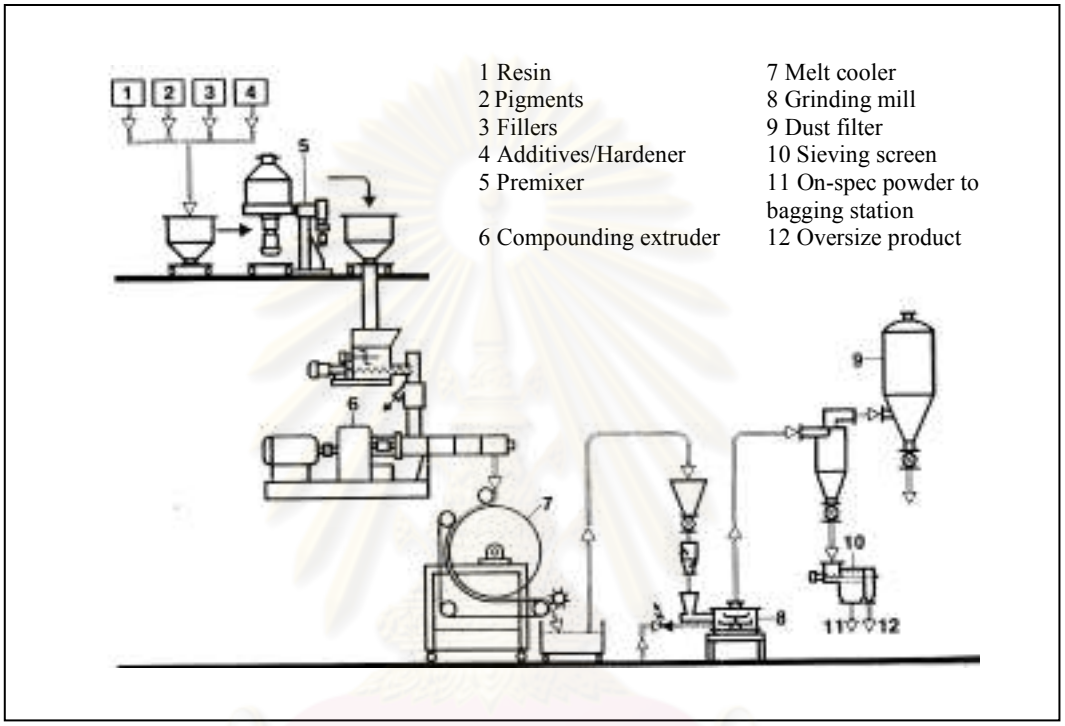
2) การหลอมละลายด้วยความร้อน (Hot melt compounding of powder coating)

เครื่องเอ็กซ์ทรูดเดอร์ (extruder) เป็นเครื่องจักรที่ใช้ในการหลอมละลายส่วนผสมด้วยความร้อนให้เข้ากัน โดยจะรักษาอุณหภูมิของบาเรลไว้ก่อนระหว่าง 70 ถึง 120 ขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิของบาเรลที่ตั้งขึ้นนี้เพื่อให้เรซินเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวเท่านั้น ซึ่งพลังงานที่ใช้ในการหลอมละลายเรซินจะอาศัยการส่งผ่านความร้อนระหว่างผนังของเครื่องเอกซ์ทรูดเดอร์ไปยังวัตถุดิบ และความร้อนอีกส่วนหนึ่งยังมาจากการเกิดแรงเฉือนที่สูงภายในเครื่องจักรด้วย และส่วนผสมที่อยู่ภายในเครื่องเอกซ์ทรูดเดอร์จะถูกผสมให้เข้ากันโดยใช้สกรูที่อยู่ในบาเรล โดยความความเร็วรอบของสกรูและอัตราการป้อนของส่วนผสมเข้าเครื่องเอกซ์ทรูดเดอร์ต้องสมดุลกัน เพื่อให้แน่ใจว่าสกรูยังคงรักษาแรงภายในบาเรลของเครื่องเอ็กซ์ทรูดเดอร์ได้ ทั้งนี้ประสิทธิภาพในการกระจายตัวของผงสี(pigment) ในกระบวนการยังขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเครื่องฉีด และปริมาณการไหลของส่วนผสมผ่านเครื่องเอกซ์ทรูดเดอร์ ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราการเฉือน (shear rate) และเวลาที่ส่วนผสมอยู่ในบาเรล (residence time) หลังจากนั้นผลิตภัณฑ์ที่ออกมาจากเครื่องเอกซ์ทรูดเดอร์จะถูกทำให้เย็นลงด้วยลูกกลิ้ง และสายพานเย็นที่มีการหล่อเย็นด้วยน้ำเย็น และลดขนาดของวัสดุให้มีขนาด 5-10 มิลลิเมตรโดยผ่านเครื่องตัด (crusher) และส่งต่อไปยังกระบวนการบด (grinding) (Misev,1990)

3) การบดให้เป็นผงและการคัดขนาดของเม็ดสีผง (Fine grinding and Classifying)

ชิ้นส่วนเล็ก ๆ ที่ได้จากกระบวนการหลอมละลายด้วยความร้อนจะถูกป้อนเข้าไปในเครื่องบดเพื่อทำให้เป็นผง ผงที่ได้จะถูกแยกอีกครั้งที่ระบบไซโคลนเพื่อปั่นแยกสีผงออกเป็นขนาดต่าง ๆ กัน สีผงที่ยังไม่ได้ขนาดจะถูกส่งกลับไปยังเครื่องบดเพื่อบดใหม่อีกครั้ง ส่วนสีผงที่ได้ขนาดแล้วจะ

ส่งไปบรรจุลงภาชนะบรรจุ ขนาดของอนุภาคที่เหมาะสม (particle size distribution, psd) โดยทั่วไปควรอยู่ระว่าง 10 – 100 ไมครอน ซึ่งการเบี่ยงเบนจากค่า psd นี้ มีผลต่อคุณภาพ ประสิทธิภาพ และลักษณะปรากฏของผิวเคลือบ ทั้งนี้ Malvern Instruments Ltd (2010) กล่าวว่า ค่า psd นี้มีผลกระทบต่อคุณภาพของสีผง ได้แก่ ความเรียบและลักษณะปรากฏ ความหนาของผิวเคลือบ ประสิทธิภาพระหว่างการใช้งาน



รูปที่ 2.3 กระบวนการผลิตสีผงอย่างต่อเนื่อง
ที่มา: Misev (1990)

2.1.2 ระบบการวัดสีแบบ CIE (ภัคนัย ทองทิอัมพร, 2550)

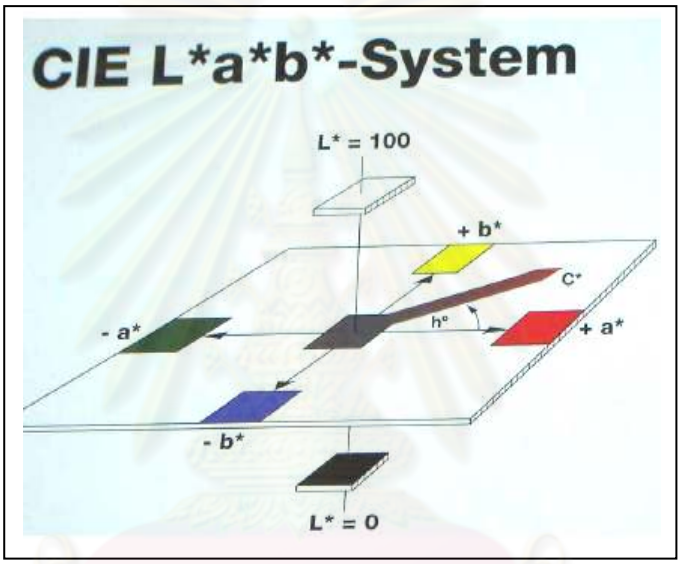
ระบบ CIE เป็นระบบที่ Commission International de l' Eclairage (CIE) ได้พัฒนาระบบของการวัดสีในรูปของ Objective ที่ไม่ต้องอาศัยประสบการณ์ หรือความคิดของมนุษย์ในการวัดสี ข้อดี คือ เป็นระบบที่ไม่ขึ้นกับการมองเห็นของแต่ละบุคคล เป็นระบบที่วัดสีออกมาเป็นตัวเลขและสามารที่จะนำไปคำนวณ และทำนายสูตรสีผสมได้ด้วย

ในการวัดสีของวัตถุจากเครื่องวัดสีต้องอาศัยแหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์ที่เมื่อให้แสงออกมาแล้วสามารถที่จะวัดการกระจายพลังงานที่แต่ละความยาวคลื่นได้ด้วยเครื่อง Spectroradiometer และจากผลของแหล่งกำเนิดแสงที่ต่างกันจะมีผลให้การมองเห็นสีที่ต่างกัน

ดังนั้นระบบ CIE จึงได้มีการกำหนดมาตรฐานของแหล่งกำเนิดแสงขึ้น โดยแหล่งกำเนิดแสงที่นิยมใช้ คือ D65 ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้แทนแสงแดดตอนกลางวันที่มี Color temperature 6500K

เครื่องมือที่ใช้วัดสี เรียกว่าเครื่อง Spectrophotometer ที่สามารถวัดสีของวัตถุออกมาเป็นตัวเลขได้ ซึ่งจะวัดปริมาณการสะท้อนแสงของวัตถุเทียบกับมาตราฐานอ้างอิงที่เป็น reflectance curve วัตถุที่มีสีแตกต่างกันจะมี reflectance curve ต่างกัน วัตถุที่มีสีต่างกันเมื่อสะท้อนแสงของสีนั้นออกมาก็จะมีความยาวคลื่นต่างกัน

สำหรับระบบการวัดสีของโรงงานตัวอย่างเป็นแบบ CIE L^* a^* b^* เป็นวิธีการวัดสีที่ใช้ลักษณะของ color space ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ระบบการวัดสีแบบ CIE L^* a^* b^*
ที่มา: ภัคนัย ทองทิอัมพร (2550)

โดยกำหนดให้ L* เป็นค่าความสว่าง (Lightness) มีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 100
แกน a* ที่เป็น + สีจะเป็นไปในทิศทางสีแดง
แกน a* ที่เป็น - สีจะเป็นไปในทิศทางสีเขียว
แกน b* ที่เป็น + สีจะเป็นไปในทิศทางสีเหลือง
แกน b* ที่เป็น - สีจะเป็นไปในทิศทางสีน้ำเงิน

และในการหาค่าความแตกต่างของสีที่เป็นตัวเลขนั้นเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 2.4 จะพบว่าจุดๆ หนึ่งใน Space นั้นเป็น $L_1^*a_1^*b_1^*$ และเมื่อสีมีการเปลี่ยนเฉดสีไปจะได้อีกจุดใน Space เป็น $L_2^*a_2^*b_2^*$

ซึ่ง 2 จุดนี้จะมีระยะห่างกันใน Space เท่าไร ก็จะเป็นตัวบ่งบอกถึงความแตกต่างของสีดังสมการ

$$\Delta E = \sqrt{(L_1^* - L_2^*) + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2}$$

โดย ΔE คือค่าความแตกต่างของสี

การวัดสีด้วยเครื่องวัดสีทำให้สามารถที่จะวัดค่าความแตกต่างของสีที่มีเฉดสีต่างออกไปเพียงเล็กน้อยได้ ซึ่งใช้ในการกำหนดให้ค่าความแตกต่างของสีเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด

2.1.3 **ทฤษฎีการปรับปรุงคุณภาพ** (Quality improvement)

ธัญญาภรณ์ ธนบุญสมบัติ (2546) กล่าวถึง การปรับปรุงคุณภาพว่าเป็นการพิจารณาการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่มีอยู่เดิมโดยมุ่งความสนใจไปยังปัญหาของความบกพร่องทางคุณภาพ โดยมีการวิเคราะห์ค้นหาสาเหตุ และหาแนวทางในการกำจัดสาเหตุของปัญหาที่ปรากฏมีอยู่ในกระบวนการผลิตเดิม และมีการวางแผนเพื่อให้ไปถึงเป้าหมายที่วางไว้ มีการนำแผนงานมาปฏิบัติ ตรวจสอบผลลัพธ์ และการปฏิบัติการแก้ไขเมื่อจำเป็น โดยมีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

1) การชี้บ่งโครงการเพื่อการปรับปรุงคุณภาพ
2) การจัดคณะทำงานเพื่อการปรับปรุงคุณภาพโดยทั่วไปจะกำหนดให้คณะทำงานประกอบด้วยพนักงานระดับจัดการขององค์กรและมักเป็นการบริหารแบบข้ามสายงาน
3) การวินิจฉัยสาเหตุจากระบบ
4) พัฒนาวิธีการแก้ไขสาเหตุจากระบบ
5) ทวนสอบถึงความมีประสิทธิภาพของวิธีการแก้ไขสาเหตุจากระบบ
6) ทำการประเมินถึงแรงต่อต้านการเปลี่ยนแปลง โดยทั่วไปประกอบด้วยแรงต่อต้าน 2 ประการ คือ แรงต่อต้นทางสังคม และแรงต่อต้านทางเทคโนโลยี แล้วหาทางแก้ไขเพื่อเอาชนะแรงต่อต้านดังกล่าว
7) จัดทำระบบควบคุมขึ้นใหม่ และพิจารณาถึงประโยชน์ที่พึงได้รับ

2.1.4 **การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ** (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA)

ASQC (1983, อ้างถึงใน ธนากร เกียรติบรรลือ, 2551) กล่าวว่า เป็นเทคนิคทางวิศวกรรมที่ใช้ในการกำหนด การบ่งชี้ และการขจัดปัญหา ความล้มเหลว และความผิดพลาด ต่างๆ ที่อาจ

เกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นมาแล้วในระบบงานของการออกแบบ ของกระบวนการ และการบริการ ก่อนที่จะถึงลูกค้า ขณะที่ AIAG (2001, อ้างถึงใน กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2551) ได้ให้นิยามว่า เป็นกลุ่มของกิจกรรมเชิงระบบประการหนึ่ง (a systematic group of activities) ที่มีจุดมุ่งหมาย

1) รับรู้และประเมินถึงแนวโน้มของข้อบกพร่อง (Potential Failure) ของผลิตภัณฑ์/กระบวนการหนึ่งและผลกระทบ (effect) จากข้อบกพร่องดังกล่าว

2) การบ่งชี้ถึงการปฏิบัติการที่สามารถกำจัดทิ้งหรือลดโอกาสการเกิดข้อบกพร่อง

3) การดำเนินการจัดทำกระบวนการทั้งหมดให้อยู่ในรูปเอกสาร

ประเภทของ FMEA

โดยทั่วไปการจำแนกประเภทของ FMEA จะมีการจำแนกตามสิ่งที่มีการนำเอา FMEA ไปวิเคราะห์ความล้มเหลว ซึ่งตามข้อกำหนดของ ISO/TS 16949 จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) FMEA ในการออกแบบ (Design FMEA)

2) FMEA ในกระบวนการผลิต (Process FMEA)

ในการวิจัยนี้จะใช้ FMEA เป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์และจัดลำดับความสำคัญของลักษณะความล้มเหลวและผลกระทบของการเกิดข้อบกพร่องจากกระบวนการผสมสีโดยใช้ FMEA ในกระบวนการผลิตเท่านั้น รายละเอียดของ FMEA ในกระบวนการผลิตดังนี้

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิต (Process Failure Mode and Effect Analysis: PFMEA)

ธนากร เกียรติบันลือ (2551) กล่าวว่า FMEA สำหรับกระบวนการผลิตมักจะพิจารณาเกี่ยวกับปัจจัยการผลิตที่สำคัญ คือ พนักงาน เครื่องจักร วัสดุ วิธีการ การวัด และสภาพแวดล้อมของการผลิต โดยทั่วไปแล้วเครื่องจักรจะเป็นปัจจัยสำคัญที่สุด ขณะที่กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2551) กล่าวว่า ในการวิเคราะห์ FMEA สำหรับกระบวนการนี้ จะถือว่าผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิตเป็นไปตามที่ได้มีการออกแบบไว้ และถ้ามีข้อบกพร่องในการออกแบบแล้ว จะถือเป็นลักษณะของข้อบกพร่องใน FMEA สำหรับกระบวนการ และจะไม่มีการแก้ไขแบบที่ได้จากการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องของกระบวนการ

ขั้นตอนการจัดทำ FMEA (กิติศักดิ์ พลอยเจริญ, 2551)

1) จัดตั้งคณะทำงาน FMEA ซึ่งประกอบด้วยบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการการที่ทำการวิจัย ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ และความชำนาญเกี่ยวกับเรื่องที่ทำการวิจัย โดยคณะทำงานควร

ประกอบด้วยบุคลากรประมาณ 6-8 คน และมีสมาชิกในลักษณะแบบข้ามสายงาน (cross functional team)

2) กำหนดขอบเขตของกระบวนการที่จะทำการศึกษา รวมทั้งทำการรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์กระบวนการ

3) การระดมสมองค้นหาแนวโน้มลักษณะข้อบกพร่อง โดยให้สมาชิกทุกคนในคณะทำงานมีอิสระในการใช้ความคิดผ่านการวิเคราะห์หน้าที่ของกระบวนการเพื่อการกำหนดแนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง

4) การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องแต่ละรายการ โดยเริ่มจากพิจารณาถึงความต้องการของลูกค้าที่หมายถึงกระบวนการถัดไปจนกระทั่งถึงผู้ใช้คนสุดท้าย แล้วพิจารณาแนวโน้มของผลกระทบของข้อบกพร่องที่ส่งผลกระทบต่อลูกค้า และประเมินความรุนแรง (Severity: S) จากผลกระทบที่พิจารณา จากนั้นพิจารณาแนวโน้มของสาเหตุการเกิดลักษณะข้อบกพร่องที่พิจาณาและเมื่อทราบสาเหตุแล้วจะพิจารณาความเสี่ยงโดยประเมินถึงโอกาสการเกิด (Occurrence: O) จากความเป็นไปได้ (likelihood) ที่สาเหตุดังกล่าวจะเกิดขึ้น ซึ่งอาจผ่านการวิเคราะห์ความผันแปรเชิงสถิติหรือการอาศัยประสบการณ์และความรู้สึกจากผู้มีประสบการณ์ สุดท้ายพิจาณาถึงระบบการควบคุมกระบวนการในปัจจุบัน และพิจารณาความเสี่ยงโดยประเมินถึงความสามารถในการตรวจจับ (Detection: D) ของระบบ

5) การประเมินตัวเลขแสดงลำดับความเสี่ยง (Risk Priority Number: RPN) โดยพิจารณาจากความรุนแรงของลักษณะข้อบกพร่อง (S) โอกาสในการเกิดสาเหตุ (O) และความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง (D) และนำตัวเลขจากการประเมินทั้งสามนี้มาคูณกัน ซึ่งจะได้ค่า RPN จากนั้นจัดลำดับค่า RPN โดยข้อบกพร่องที่มีความเสี่ยงสูงจะมีค่า RPN สูง

6) การกำหนดมาตรการตอบโต้เพื่อลดความเสี่ยง โดยเลือกลักษณะข้อบกพร่องที่มีความรุนแรง และ/หรือความเสี่ยงมากขึ้นมาพิจารณามาตรการตอบโต้ และเมื่อกำหนดมาตรการตอบโต้แล้วให้ดำเนินการปฏิบัติการโดยการดำเนินการให้อยู่ในรูปแบบคณะทำงานที่มีการมอบหมายอย่างเป็นทางการ

7) การประเมินผลความเสี่ยงภายหลังการปฏิบัติการตอบโต้ ทำการประเมินความเสี่ยงในรูป RPN โดยอาศัยกฎเกณฑ์เดิมอีกครั้ง เพื่อพิจาณาความเสี่ยงของลักษณะข้อบกพร่องที่พิจารณาได้ลดลงหรือไม่

8) การติดตามผลและจัดทำมาตรฐาน เมื่อมาตรการตอบโต้ที่กำหนดไว้ได้รับการนำไปปฏิบัติและมีประสิทธิผลดีแล้วก็ดำเนินการจัดทำเป็นมาตรฐานต่อไป

สำหรับเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินความรุนของลักษณะข้อบกพร่อง โอกาสในการเกิดสาเหตุ และความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องที่แสดงโดย Chrysler Corporation, Ford Motor Company and General Motors Corporation (2008) ดังตารางที่ 2.1 ถึง 2.3

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์การพิจารณาระดับความรุนแรงของลักษณะข้อบกพร่อง (Severity: S)

ผล	เกณฑ์- ระดับความรุนแรงของผลต่อผลิตภัณฑ์(ผลต่อลูกค้า)	คะแนน	ผล	เกณฑ์- ระดับความรุนแรงของผลต่อผลิตภัณฑ์ (ผลต่อการผลิต/ประกอบส่วน)
ไม่สามารถตอบสนองความปลอดภัยและ/หรือข้อกำหนดทางกฎหมาย	ลักษณะความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้นมีผลต่อการขับขี่รถอย่างปลอดภัยและ/หรือเกี่ยวข้องกับการฝ่าฝืนระเบียบของทางราชการโดยปราศจากการเตือน	10	ไม่สามารถตอบสนองความปลอดภัยและ/หรือข้อกำหนดทางกฎหมาย	อาจเป็นอันตรายต่อพนักงาน (เครื่องจักรหรือประกอบส่วน) โดยไม่ต้องเตือน
	ลักษณะความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้นมีผลต่อการขับขี่รถอย่างปลอดภัยและ/หรือเกี่ยวข้องกับการฝ่าฝืนระเบียบของทางราชการโดยมีการเตือน	9		อาจเป็นอันตรายต่อพนักงาน (เครื่องจักรหรือประกอบส่วน) โดยต้องเตือน
สูญเสียหรือลดหน้าที่หลัก	สูญเสียหน้าที่หลัก (ขับรถไม่ได้ แต่ไม่มีผลต่อการขับรถอย่างปลอดภัย)	8	มีอุปสรรคอย่างรุนแรง	ต้องทำลายผลิตภัณฑ์ทั้ง 100% ไลน์หยุดหรือหยุดส่งมอบ
	สูญเสียหน้าที่หลัก (ขับรถได้แต่ลดระดับสมรรถนะ)	7	มีอุปสรรคมาก	อาจต้องทำลายผลิตภัณฑ์ส่วนหนึ่ง ความเบี่ยงเบนจากกระบวนการหลักจะรวมการลดความเร็วของไลน์หรือต้องใช้แรงงานมากขึ้น
สูญเสียหรือลดหน้าที่รอง	สูญเสียหน้าที่รอง (ขับรถได้แต่หน้าที่ความสะดวก/สบายไม่ได้สมรรถนะ)	6	มีอุปสรรคปานกลาง	อาจต้องซ่อมผลิตภัณฑ์ทั้ง 100% ที่นอกไลน์และยอมรับอีกครั้ง
	สูญเสียหน้าที่รอง (ขับรถได้แต่หน้าที่ความสะดวก/สบายทำงานในสมรรถนะที่ลดลง)	5		อาจต้องซ่อมผลิตภัณฑ์บางส่วนที่นอกไลน์และยอมรับอีกครั้ง
ความรำคาญ	รูปภายนอก เสียง ขับรถได้ หรือรายการความไม่สบายที่ผู้ใช้ส่วนมากสังเกตได้ (มากกว่า 75%)	4	มีอุปสรรคปานกลาง	อาจต้องซ่อมผลิตภัณฑ์ทั้ง 100% ที่ไลน์และยอมรับอีกครั้ง
	รูปภายนอก เสียง ขับรถได้ หรือรายการความไม่สบายที่ผู้ใช้ส่วนใหญ่สังเกตได้ (50%)	3		อาจต้องซ่อมผลิตภัณฑ์บางส่วนที่ไลน์และยอมรับอีกครั้ง
	รูปภายนอก เสียง ขับรถได้ หรือรายการความไม่สบายที่ผู้ใช้ที่ช่างสังเกตจะรู้ได้ (น้อยกว่า 25%)	2	มีอุปสรรคน้อย	ไม่สะดวกเล็กน้อยในกระบวนการปฏิบัติการ หรือต่อพนักงาน
ไม่มีผล	ไม่มีผลที่สังเกตได้	1	ไม่มีผล	ไม่มีผลที่สังเกตได้

ตารางที่ 2.2 เกณฑ์การประเมินโอกาสในการเกิดสาเหตุ (Occurrence: O)

โอกาสเกิดความล้มเหลว	เกณฑ์: สาเหตุของการเกิด- PFMEA (อุบัติการณ์ต่อรายการ/ยานยนต์)	คะแนน
โอกาสสูงมาก	≥100 ต่อพัน ≥1 ใน 10	10
โอกาสสูง	50 ต่อพัน 1 ใน 20	9
	20 ต่อพัน 1 ใน 50	8
	10 ต่อพัน 1 ใน 100	7
โอกาสปานกลาง	2 ต่อพัน 1 ใน 500	6
	0.5 ต่อพัน 1 ใน 2,000	5
	0.1 ต่อพัน 1 ใน 10,000	4
โอกาสต่ำ	0.01 ต่อพัน 1ใน 100,000	3
	< 0.001ต่อ พัน 1 ใน 1,000,000	2
โอกาสต่ำมาก	ความล้มเหลวถูกตัดออกจากการควบคุมการป้องกัน	1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.3 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง (Detection: D)

โอกาสที่จะตรวจพบ	เกณฑ์โอกาสที่จะตรวจพบโดยควบคุมการออกแบบ	คะแนน	ความน่าจะเป็นที่จะตรวจพบ
ไม่มีโอกาสตรวจพบ	ไม่ควบคุมกระบวนการในปัจจุบัน: ไม่วิเคราะห์หรือตรวจไม่พบ	10	แทบเป็นไปไม่ได้
ไม่น่าจะตรวจพบในแต่ละขั้น	ตรวจไม่พบลักษณะความล้มเหลวและ/หรือความผิดพลาด(สาเหตุ) ได้โดยง่าย(เช่น สุ่มตรวจกำกับ)	9	น้อยมาก
ปัญหาที่ตรวจพบหลังการแปรรูป	พนักงานตรวจพบลักษณะความล้มเหลวหลังจากแปรรูปด้วยการใช้สายตา/สัมผัส/เครื่องเสียง	8	น้อย
ปัญหาที่ตรวจพบในแหล่ง	พนักงานตรวจพบลักษณะความล้มเหลวในสถานีด้วยการใช้สายตา สัมผัส/เครื่องเสียง หรือหลังจากแปรรูปโดยใช้เกจคุณสมบัติ (ผ่าน/ไม่ผ่าน, ตรวจทอร์คด้วยมือ, ประแจคลิกเกอร์ เป็นต้น)	7	ต่ำมาก
ปัญหาที่ตรวจพบหลังการแปรรูป	พนักงานตรวจพบลักษณะความล้มเหลวในสถานีด้วยการใช้เกจผันแปรหรือพนักงานตรวจในสถานีโดยใช้เกจคุณสมบัติ (ผ่าน/ไม่ผ่าน, ตรวจทอร์คด้วยมือ, ประแจคลิกเกอร์ เป็นต้น)	6	ต่ำ
ปัญหาที่ตรวจพบในแหล่ง	พนักงานตรวจหาลักษณะความล้มเหลว หรือความผิดพลาด (สาเหตุ) ในสถานีโดยใช้เกจผันแปรหรือควบคุมอัตโนมัติในสถานีที่จะตรวจหาชิ้นส่วนผิดปกติและแจ้งพนักงาน (ใช้แสง, ออด เป็นต้น) ใช้เกจเมื่อตั้งค่าและตรวจชิ้นงานเริ่มแรก(เฉพาะสาเหตุที่ตั้งค่าเท่านั้น)	5	ปานกลาง
ปัญหาที่ตรวจพบหลังการแปรรูป	ตรวจหาลักษณะความล้มเหลวหลังการแปรรูปด้วยการควบคุมอัตโนมัติที่จะตรวจพบชิ้นส่วนผิดปกติและล็อกชิ้นส่วนเพื่อไม่ให้แปรรูปอีกต่อไป	4	ค่อนข้างสูง
ปัญหาที่ตรวจพบในแหล่ง	ตรวจหาลักษณะความล้มเหลวหลังการแปรรูปด้วยการควบคุมอัตโนมัติที่จะตรวจพบชิ้นส่วนผิดปกติและล็อกชิ้นส่วนโดยอัตโนมัติในสถานีเพื่อไม่ให้แปรรูปอีกต่อไป	3	สูง
ตรวจหาความผิดพลาดและ/หรือป้องกันปัญหา	ตรวจหาความผิดพลาด (สาเหตุ) ในสถานีด้วยการควบคุมอัตโนมัติที่จะตรวจพบความผิดพลาดและไม่ให้ทำชิ้นส่วนที่ผิดพลาด	2	สูงมาก
ตรวจหาไม่ได้, ป้องกันความล้มเหลว	ป้องกันความผิดพลาด (สาเหตุ) จากผลของการออกแบบตัวยึดออกแบบเครื่องจักรหรือชิ้นส่วน ไม่อาจทำชิ้นส่วนผิดปกติเพราะรายการนั้นถูกป้องกันไว้โดยการออกแบบกระบวนการ/ผลิตภัณฑ์	1	แทบแน่นอน

2.1.5 การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (Fault Tree Analysis: FTA)

การวิเคราะห์แขนงความบกพร่องเป็นการวิเคราะห์จากบนลงล่าง (Top Down Approach) เริ่มจากการนำเหตุการณ์ที่เป็นจุดบกพร่องสุดท้ายมาอยู่ในระดับบนสุด แล้วเชื่อมจุดบกพร่องที่เป็นสาเหตุของจุดบกพร่องสุดท้ายโดยใช้เกตุแสดงตรรก (Logic gate) เนื่องจาก FTA เป็นการวิเคราะห์แบบปลายเปิดจึงสามารถขยายการวิเคราะห์หาสาเหตุไปได้เรื่อยๆ จนกระทั่งสิ้นสุดที่สาเหตุพื้นฐานของจุดบกพร่องซึ่งเหมาะกับการวิเคราะห์จุดบกพร่องในระบบที่ซับซ้อนทั้งในเชิงคุณภาพ และปริมาณ (Henley, Bentley และ Priest อ้างถึงใน นิพนธ์ ชวนะปราณี, 2543)

สัญลักษณ์และความหมายที่ใช้ในการวิเคราะห์ FTA

FTA เป็นการวิเคราะห์ด้วยแผนผังซึ่งจะใช้สัญลักษณ์รูปภาพต่าง ๆ แทนเหตุการณ์และความเชื่อมโยงของแต่ละเหตุการณ์เข้าด้วยกัน สัญลักษณ์ที่ใช้แบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ สัญลักษณ์ที่ใช้กับเหตุการณ์ (Event Symbol) และสัญลักษณ์ที่ใช้แสดงความเป็นเหตุเป็นผลกัน (Logic gate) รูปร่างและความหมายของสัญลักษณ์ต่าง ๆ ทั้ง 2 ประเภท แสดงดังตาราง 2.4

ตารางที่ 2.4 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ FTA

ประเภท	สัญลักษณ์	ชื่อ	ความหมาย
Event Symbol		Fault Event	เหตุการณ์ย่อยที่ส่งผลให้เกิดเหตุการณ์ต่อเนื่องจนเกิดเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์
		Basic Fault Event	เหตุการณ์ย่อยที่เกิดขึ้นได้ตามปกติ ซึ่งทราบสาเหตุชัดเจน โดยไม่มีความจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์หาสาเหตุต่อไป ถือเป็นสาเหตุแรกของการเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์
		Undeveloped Event	เหตุการณ์ย่อยที่ไม่ต้องทำการวิเคราะห์ต่อไป เนื่องจากไม่มีข้อมูลเพียงพอในขณะนั้นที่จะทำการวิเคราะห์ต่อไปได้ หรือเหตุการณ์นั้นไม่มีความสำคัญที่จะวิเคราะห์ต่อไป
		Tree Transfer	ใช้เพื่อหลีกเลี่ยงการต้องทำการวิเคราะห์ซ้ำในเมื่อเหตุการณ์นั้นๆ ได้ทำการวิเคราะห์ไว้ในส่วนอื่นแล้ว
		Or Gate	แสดงความสัมพันธ์ว่าเหตุการณ์หนึ่งจะเกิดขึ้นได้จะต้องมีสาเหตุมาจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งของเหตุการณ์ย่อยหรือมากกว่านั้น
		And Gate	แสดงความสัมพันธ์ว่าเหตุการณ์หนึ่งจะเกิดขึ้นได้จะต้องมีสาเหตุมาจากเหตุการณ์ย่อยทุกๆ เหตุการณ์เกิดขึ้นพร้อมกัน

ที่มา: ดัดแปลงจาก สราวุธ สุธรรมมาสา (2527)

ขั้นตอนการวิเคราะห์ FTA

1) กำหนดเลือกเหตุการณ์ที่จะทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบ (Top Event)

2) หาสาเหตุจาก Top Event ที่เลือกมาโดยพิจารณาในลักษณะการสืบหาเหตุผล (Deductive) โดยที่เหตุการณ์ที่อยู่บนเป็นผล และเหตุการณ์ที่อยู่ล่างเป็นเหตุ

3) พิจารณาความสัมพันธ์ในของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ได้มาจากข้อ 2) ว่าแต่ละเหตุการณ์นั้นมีความสัมพันธ์ต่อกันอย่างไรในแต่ละสายความสัมพันธ์ในรูปของ And Gate หรือ Or Gate อย่างใดอย่างหนึ่ง

4) ระดับสุดท้ายหรือระดับล่างสุดของแต่ละสายของโครงสร้างของ FTA จะต้องเป็นสาเหตุหรือเหตุการณ์พื้นฐาน (Basic Fault Event) หรือเหตุการณ์ที่วิเคราะห์ต่อไม่ได้ (Undeveloped Event)

2.1.6 เครื่องมือคุณภาพ 7 อย่าง (7 QC Tools)

เครื่องมือคุณภาพ 7 อย่าง เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิตเพื่อการพัฒนาและการปรับปรุงกระบวนการทำงานอย่างต่อเนื่อง โดยใช้เครื่องมือดังกล่าวในการเก็บข้อมูล วิเคราะห์ และแยกแยะสาเหตุของปัญหาที่แท้จริง เพื่อให้สามารถแก้ไขได้ถูกต้อง ควบคุมคุณภาพของผลผลิตให้มีความสม่ำเสมอ ตลอดจนช่วยในการจัดทำมาตรฐานและควบคุมติดตามผลอย่างต่อเนื่อง และป้องกันการเกิดปัญหาในอนาคต (ปัญญา คำพยา, 2550)

เครื่องมือคุณภาพ 7 อย่าง ได้แก่

1) ใบตรวจสอบ (Check Sheet)
2) แผนผังพาเรโต (Pareto Diagram)
3) กราฟ (Graph)
4) แผนภูมิแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)
5) แผนผังการกระจาย (Scatter Diagram)
6) แผนภูมิควบคุม (Control Chart)
7) ฮิสโตแกรม (Histogram)

1) ใบตรวจสอบ (Check Sheet)

คือ แบบฟอร์มที่มีการออกแบบให้มีช่องว่างเพื่อใช้ในการบันทึกข้อมูลได้ง่าย สะดวก และไม่ยุ่งยาก ง่ายต่อการวิเคราะห์ข้อมูล และแสดงผลได้อย่างชัดเจน เครื่องมือนี้ใช้ในขั้นเริ่มต้นเพื่อเก็บข้อมูล เมื่อกระบวนการทำงานได้ผลผลิตที่แปรเปลี่ยนผู้ใช้จะสังเกตผลจากข้อมูลที่เก็บในช่วงเวลาหนึ่ง และใช้เครื่องมือในขั้นตอนสุดท้ายเพื่อติดตามผล

2) **แผนภูมิพาเรโต** (Pareto Diagram)

เป็นแผนภูมิแท่งที่นำข้อมูลการแจกแจงของปัญหามาแสดงโดยเรียงลำดับความสำคัญจากความถี่มากไปหาความถี่น้อย เพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาเลือกหัวข้อเรื่องที่สำคัญมาแก้ไขก่อนหลังตามลำดับ ในการใช้แผนภูมิเพื่อเลือกแก้ปัญหาอาจเลือกแก้ปัญหาที่สำคัญที่สุดหรือลำดับรองลงมาก็ได้ตามความเหมาะสมเพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์มากที่สุด

3) **กราฟ** (Graph)

คือ แผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล ใช้ในการนำเสนอข้อมูลและวิเคราะห์ผลของข้อมูลดังกล่าว เป็นเครื่องมือที่ง่ายและสะดวกต่อการสื่อความหมาย และความเข้าใจ การแสดงข้อมูลด้วยกราฟมีหลายวิธี เช่น กราฟแท่ง กราฟเส้น และกราฟวงกลม

4) **แผนภูมิแสดงเหตุและผล** (Cause and Effect Diagram)

เป็นแผนภูมิแสดงรายการสาเหตุของปัญหา ส่วนเส้นที่แยกจากเส้นแกน แสดงสาเหตุย่อยที่เกิดขึ้น ใช้เพื่อการค้นหาสาเหตุแห่งปัญหาหรือสิ่งที่สนใจโดยวิธีการระดมสมอง ซึ่งจะช่วยให้ทุกคนมีส่วนร่วมในการแยกแยะ ตรวจสอบสาเหตุของปัญหาของกลุ่มซึ่งแสดงไว้ที่หัวปลา

5) **แผนภาพการกระจาย** (Scatter Diagram)

คือ แผนภาพที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล 2 ชุด ที่มีจำนวนมาก เพื่อดูว่ามีแนวโน้มของความสัมพันธ์ไปในทางใด เพื่อที่จะใช้หาความสัมพันธ์ที่แท้จริง โดยที่

ตัวแปร X คือ ตัวแปรอิสระ หรือค่าที่ปรับเปลี่ยนไป

ตัวแปร Y คือ ตัวแปรตาม หรือผลที่เกิดขึ้นในแต่ละค่าที่เปลี่ยนแปลงไปของตัวแปร X

6) **แผนภูมิควบคุม** (Control Chart)

คือ แผนภูมิประเภทกราฟเส้นที่แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณที่วัดกับเวลา มีเส้นควบคุมซึ่งใช้กลวิธีทางสถิติในการสร้างแผนภูมิประกอบด้วยเส้นกลางหาได้จากค่าเฉลี่ย มีเส้นควบคุมทั้งควบคุมขอบเขตบนและขอบเขตล่าง แผนภูมิควบคุมนำไปเป็นเครื่องมือในการควบคุมกระบวนการโดยการติดตามในช่วงเวลาต่าง ๆ ทั้งสามารถดูแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงที่กำลังจะเกิดขึ้นได้

7) **ฮิสโตแกรม** (Histrogram)

คือ กราฟแท่งแสดงการแจกแจงความถี่ของข้อมูล โดยแกนตั้งจะเป็นตัวเลขแสดงความถี่และมีแกนนอนเป็นข้อมูลของคุณสมบัติของสิ่งที่เราสนใจ เพื่อใช้ดูความแปรปรวนของ

กระบวนการโดยสังเกตรูปร่างของฮิสโตแกรมที่สร้างขึ้นจากข้อมูลที่ได้มา ทำการสุ่มตัวอย่างและติดตามการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการในระยะยาว หรือมีข้อมูลมีจำนวนมากๆ ใช้แผนภูมินี้ในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาในกระบวนการทำงาน

2.1.7 **การออกแบบการทดลองเชิงสถิติ** (Design Of Experiment: DOE)

การออกแบบการทดลองเชิงสถิติ เป็นการวางแผนการทดลองเพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ ซึ่งทำให้ได้ข้อสรุปที่สมเหตุสมผลได้ วิธีการออกแบบการทดลองในเชิงสถิติเป็นสิ่งที่จำเป็น ถ้าต้องการหาข้อสรุปที่มีความหมายจากข้อมูลที่มีอยู่ และถ้ายิ่งปัญหาที่สนใจนั้นเกี่ยวข้องกับความผิดพลาดในการทดลอง วิธีการทางสถิติเป็นวิธีการเพียงอย่างเดียวเท่านั้นที่จะสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลองนั้นได้ ดังนั้นสิ่งสำคัญ 2 ประการสำหรับปัญหาที่เกี่ยวกับการทดลองคือ การออกแบบการทดลอง และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ ซึ่งศาสตร์ทั้งสองนี้มีความเกี่ยวข้องกันอย่างมาก ทั้งนี้เพราะว่าวิธีการวิเคราะห์เชิงสถิติที่เหมาะสมนั้นจะขึ้นกับการออกแบบการทดลองที่จะนำมาใช้ (Montgomery, 2005)

ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง

1) การนิยามปัญหาเพื่อระบุความต้องการในการศึกษาการผลิต ซึ่งจะเกี่ยวโยงไปยังวัตถุประสงค์ของการทดลอง

2) การเลือกปัจจัยและระดับของปัจจัย โดยใช้หลักการทางทฤษฎีและประสบการณ์จากงานวิจัยต่างๆ เพื่อระบุว่าปัจจัยใดบ้างที่น่าจะมีผลต่อการทดลอง และในแต่ละปัจจัยนั้นควรจะมีช่วงในการทดลองอย่างไร

3) การเลือกตัวแปรตอบสนอง ต้องเลือกตัวแปรที่สามารถให้ข้อมูลที่มีประโยชน์ในการศึกษา และการวัดค่านั้นจะต้องมีความแม่นยำและถูกต้องด้วย

4) การเลือกแบบการทดลอง เป็นการตัดสินใจเกี่ยวกับขนาดการทดลอง ซึ่งหมายถึงจำนวนซ้ำของการทดลอง ข้อจำกัดในการสุ่มและการบล็อกที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ต้องนำมาเกี่ยวโยงกันในด้านความเสี่ยงและต้นทุนที่ใช้ในการทดลองสำหรับการเลือกปัจจัย

4.1) แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design)

เป็นแผนการทดลองที่ง่ายที่สุด เหมาะสมกับการทดลองที่แยกได้ว่าหน่วยทดลองที่นำมาใช้นั้นมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไรก่อนการทดลอง การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองนี้จะแยกสาเหตุความผันแปรผันของข้อมูลทั้งหมดว่า เนื่องมาจากอิทธิพลของทรีทเมนต์แต่เพียงอย่างเดียว ไม่มีสาเหตุของปัจจัยอื่นอีก จึงเรียกข้อมูลนี้ว่าข้อมูลแจกแจงทางเดียว (One-Way Classification)

4.2) การทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design)

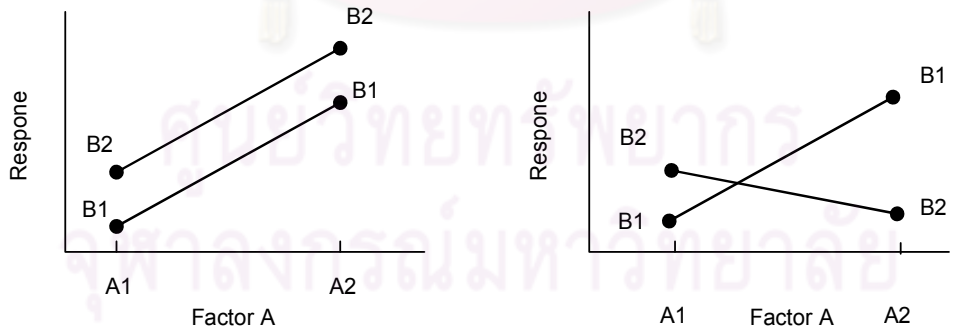
ในบางการทดลองอาจเกิดปัญหาเกี่ยวกับหน่วยการทดลองที่ใช้ไม่มีความสม่ำเสมอ ทำให้การใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอดไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควรจะเป็น เนื่องจากความผันแปรของข้อมูลจะไม่ใช่ผลของทรีทเมนต์เพียงอย่างเดียวแต่อาจมีความผันแปรที่เกิดจากหน่วยทดลองรวมอยู่ด้วยซึ่งความแปรผันส่วนหลังนี้จะไปรวมอยู่กับความคลาดเคลื่อนของการทดลอง ทำให้ยอดรวมของผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อนมีค่าสูงขึ้น มีผลต่อการทดสอบทำให้ผิดพลาดได้ ดังนั้นจึงต้องพยายามแยกผลอันเกิดจากอิทธิพลอื่นที่ไม่ใช่ทรีทเมนต์ออกจากความแปรปรวนทั้งหมด เพื่อให้แน่ใจว่าผลที่นำมาวิเคราะห์เป็นอิทธิพลของทรีทเมนต์ (Treatment Effect) แต่เพียงอย่างเดียว

4.3) แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Design)

เป็นการทดลองที่ศึกษาถึงผลของปัจจัยมากกว่าหนึ่งปัจจัยพร้อมๆ กัน การวิเคราะห์จะให้ความสนใจที่อิทธิพลร่วมของปัจจัยซึ่งมีอิทธิพลและส่งผลกับตัวแปรตอบสนอง การทดลองแบบแฟคทอเรียลนี้มีการใช้ระดับของปัจจัยต่างๆ ร่วมกัน จึงสามารถตรวจสอบอิทธิพลต่างๆ ในการทดลองครั้งหนึ่งๆ ได้พร้อมกัน เช่น ถ้าปัจจัย A มี a ระดับ, ปัจจัย B มี b ระดับ แต่ละซ้ำจะมี ab Treatment Combination แบ่งได้ 2 ประเภท คือ

4.3.1) อิทธิพลหลัก (Main Effect) คือ อิทธิพลของปัจจัยที่แสดงต่อตัวแปรตอบสนองด้วยตัวของมันเองเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยเกิดขึ้น

4.3.2) อิทธิพลร่วม (Interaction Effect) คือ อิทธิพลของปัจจัยหนึ่งที่จะเปลี่ยนไปเมื่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยร่วมกัน



(1) อิทธิพลของปัจจัยร่วมไม่มีผล (2) อิทธิพลของปัจจัยร่วมมีผล

รูปที่ 2.5 แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลแสดงอิทธิพลของปัจจัยร่วมไม่มีผล และมีผล
ที่มา: ดัดแปลงจาก Montgomery (2005)

5) ดำเนินการทดลอง ในระหว่างดำเนินการทดลองจะต้องศึกษาและดูแลอย่างใกล้ชิด ข้อควรระวังในขณะทำการทดลอง คือ ความถูกต้องของเครื่องมือวัด และความสม่ำเสมอในการทดลอง เพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

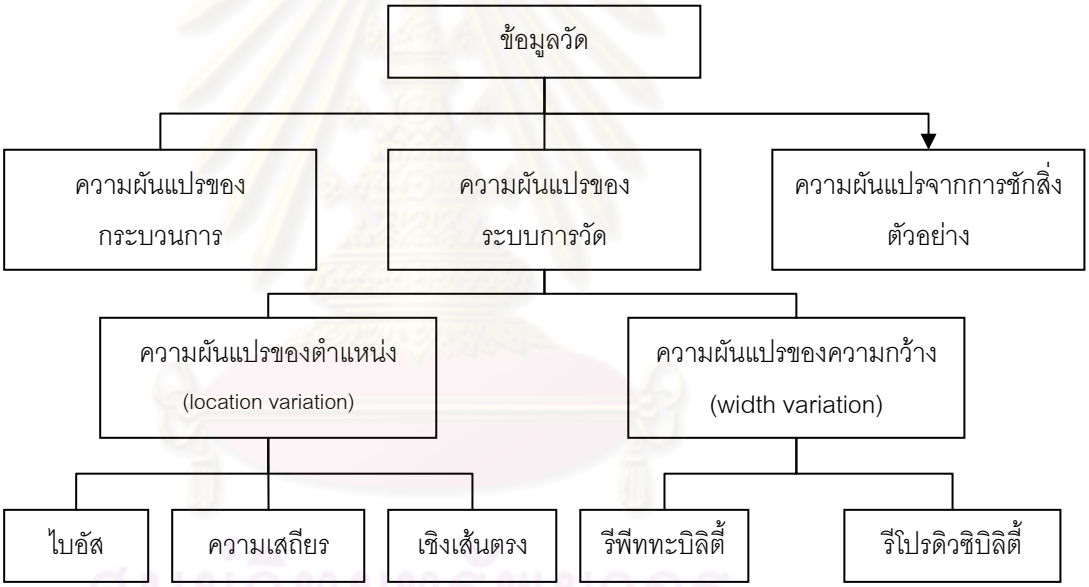
6) การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ความรู้ทางด้านสถิติ

7) สรุปผลและข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ดีขึ้น

2.1.8 **การวิเคราะห์ระบบการวัด** (Measurement System Analysis: MSA)

ระบบการวัดมีความสำคัญอย่างยิ่งในการควบคุมและการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการ ทั้งนี้เพื่อเป็นการประกันคุณภาพของผลการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ว่ามีความถูกต้องก่อนที่จะส่งไปยังลูกค้า สำหรับความผันแปรของค่าวัดนั้นมาจากปัจจัยต่างๆ ได้แก่ พนักงานวัด วิธีการวัด เครื่องมือวัด ตลอดจนสิ่งแวดล้อมในการวัด ฯลฯ

ประเภทของความผันแปรของระบบการวัด (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2549)



รูปที่ 2.6 องค์ประกอบความผันแปรของระบบการวัด
ที่มา: กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2549)

จากรูปที่ 2.6 องค์ประกอบความผันแปรของระบบการวัด พบว่า ความผันแปรในระบบการวัด จะเป็นส่วนหนึ่งของความผันแปรในข้อมูลที่ใช้ตัดสินใจเกี่ยวกับกระบวนการ โดยความผันแปรของตำแหน่ง หมายถึง ความผันแปรของตำแหน่ง คือคุณสมบัติของการเข้าใกล้ของค่าเฉลี่ยจากผลจากการวัดหลายๆ ครั้งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง และจะกำหนดด้วยปริมาณความเอนเอียง หรือ ไบอัส ส่วนความเสถียร เป็นความผันแปรทั้งหมดในการวัดที่ได้จากระบบการวัดหนึ่ง

โดยอาศัยชิ้นงานรือค่ามาสเตอร์เดียวกันในการวัดคุณลักษณะประการหนึ่งตลอดช่วงเวลาที่ยาวขึ้น และคุณสมบัติเชิงเส้นตรง เป็นความแตกต่างของค่าไปอัสตลอดช่วงการใช้งานของอุปกรณ์วัด สำหรับความผันแปรของความกว้างของระบบการวัดว่าความแม่นยำ (precision) ซึ่งประกอบด้วย ความสามารถในการทำซ้ำ (reparability) หมายถึง ความผันแปรของค่าวัดรอบค่าที่ควรจะเป็น (Expected Value) ของระบบการวัดที่ทำการวัดโดยใช้พนักงานคนเดียว อุปกรณ์วัดเดียวกันในการวัดชิ้นงานเดียวกันซ้ำ ๆ และรีโปรดิวซิบิลิตี้(Reproducibility)ความผันแปรที่แสดงถึงค่าเฉลี่ยของค่าวัดจากการใช้อุปกรณ์วัดเดียวกันในการวัดชิ้นงานเดียวกันด้วยเงื่อนไขที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปหมายถึง ความแตกต่างระหว่างพนักงานวัด แต่บางครั้งความผันแปรนี้อาจมากจากปัจจัยอื่นที่ไม่ใช่พนักงานวัด เช่น ความผันแปรระหว่างวิธีการวัด ความผันแปรระหว่างสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

การประเมินผลระบบการวัดจากความผันแปรรีพีททะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบิลิตี้ (Gauge Repeatability and Reproducibility: GR&R) ซึ่งมีทั้งหมด 3 วิธี คือ วิธีอาศัยค่าพิสัย (Range Method) วิธีอาศัยค่าเฉลี่ยและพิสัย (Average and Range Method) และวิธีอาศัยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

เมื่อประเมินค่าความผันแปรด้านรีพีททะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบิลิตี้แล้วจะต้องมีการประเมินผลเทียบกับความผันแปรที่ยอมให้ ซึ่งอาจเป็นค่าความคลาดเคลื่อนอนุโลมของข้อกำหนดเฉพาะ (Precision to Tolerance Ratio: P/T) สำหรับระบบการวัดที่ใช้ทำการวัดเพื่อแยกแยะผลิตภัณฑ์ดีเสีย หรืออาจจะเทียบความผันแปรจากกระบวนการ (เรียกว่า Precision to Total Variation: P/TV) สำหรับกระบวนการวัดที่ใช้ทำการวัดเพื่อตรวจจับความผันแปรในกระบวนการ

โดยที่ $$P/T = \frac{GR\ \&\ R}{USL - LSL} \times 100\%$$

และ P/TV = (GR&R / ความผันแปรของกระบวนการ) x 100%

โดยทั่วไปจะกำหนดเกณฑ์การยอมรับค่ารีพีททะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบิลิตี้ ดังนี้

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

2.1.9 การประเมินความสามารถของกระบวนการ

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2550) กล่าวว่า ความสามารถของกระบวนการเป็นความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์จากกระบวนการที่ศึกษา การศึกษาความสามารถของกระบวนการมีความสำคัญต่อการปรับปรุงคุณภาพ โดยประโยชน์ที่ได้จากการศึกษาความสามารถของกระบวนการ ได้แก่

1) ใช้ในการคาดการณ์ว่ากระบวนการความผันแปรที่จะสามารถผลิตได้ตามข้อกำหนดเฉพาะของลูกค้าได้ดีเพียงไร

2) ให้นักออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้เข้าใจในความผันแปรเพื่อการตัดสินใจเลือกหรือปรับแต่งกระบวนการ

3) ใช้ในการตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธกระบวนการที่ได้รับการติดตั้งใหม่

4) ใช้ในการระบุความผันแปรสำหรับเป็นเกณฑ์ในการกำหนดขนาดสิ่งตัวอย่างและช่วงเวลาในการชักสิ่งตัวอย่างสำหรับการเฝ้าพินิจเพื่อการควบคุมกระบวนการ

5) ใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินความสามารถความสามารถและการคัดเลือกผู้ส่งมอบหรือผู้รับเหมา

6) ใช้เป็นฐานข้อมูลในการกำหนดกลยุทธ์ที่สำคัญต่อการลดความผันแปรของเป้าหมายกระบวนการผลิต

การวัดความสามารถของกระบวนการโดยใช้ดัชนีความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ C_{pk} และ P_{pk} ซึ่ง Montgomery (1996 อ้างถึงใน กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2550) ได้แนะนำถึงค่าที่เหมาะสมในแต่ละกรณี ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 คำแนะนำสำหรับค่าที่ต่ำที่สุดของดัชนี C_{pk}

ประเภทของกระบวนการ	ค่าดัชนี Cpk ที่ต่ำที่สุด	
	ข้อกำหนดเฉพาะแบบสองด้าน	ข้อกำหนดเฉพาะแบบด้านเดียว
กระบวนการทั่วไป (ใช้งานอยู่)	1.33	1.25
กระบวนการทั่วไป (ใหม่)	1.50	1.45
กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยหรือพารามิเตอร์วิกฤต (ใช้งานอยู่)	1.50	1.45
กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยหรือพารามิเตอร์วิกฤต (ใหม่)	1.67	1.60

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ การลดของเสีย และการปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิต

ปิยวัฒน์ รัตนสุภา (2545) ได้ทำการจัดทำมาตรฐานในกระบวนการแต่งสีในโรงงานผลิตสี โดยทำการวิเคราะห์หาจุดบกพร่องในการปรับแต่งเฉดสีของผลิตภัณฑ์สีอัลคีด ที่ทำให้เกิดปัญหาการปรับแต่งเฉดสี 2-3 ครั้ง โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องด้านศักยภาพและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis) หรือ FMEA และแผนภูมิการวิเคราะห์เหตุและผล (Cause and effect diagram) พบปัญหาหลัก 5 หัวข้อ ได้แก่ คุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต, ความแม่นยำของสูตรที่ใช้ในการผลิต, ความไม่เที่ยงตรงของเครื่องหยดแม่สี, ความไม่มีประสิทธิภาพของวิธีการทำงาน และความผิดพลาดที่เกิดจากคน ซึ่งจากปัญหาดังกล่าวได้นำไปสู่การจัดทำระบบประกันคุณภาพสำหรับผลิตภัณฑ์สีอัลคีด ได้แก่ วิธีการทำงานมาตรฐาน, เอกสารตรวจสอบระหว่างขั้นตอนการทำงาน, แผนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน ผลที่ได้รับ พบว่า ค่า RPN ลดลงร้อยละ 73 ถึง 95 และระยะเวลาในการแต่งสีลดลงจาก 233 นาที เป็น 147 นาที

นิพนธ์ ชวนะปราณี (2543) ประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA และ FTA ในงานการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์สายไฟฟ้า โดยทำการศึกษาด้วยการรวบรวมปัญหาและข้อบกพร่องต่างๆ ที่ก่อให้เกิดความไม่พึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ของลูกค้า โดยอาศัยการระดมความคิด การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาหรือข้อบกพร่อง การศึกษาความเกี่ยวข้องระหว่างปัญหาต่างๆ กับผู้รับผิดชอบ จากนั้นใช้การวิเคราะห์แขนงความบกพร่องและการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพในการวิเคราะห์ข้อบกพร่องต่างๆ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้อ้างอิงผลจากการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพเป็นหลัก เนื่องจากจำนวนข้อบกพร่องที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพมีจำนวนมากกว่าและครอบคลุมทุกหัวข้อของผลการวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง โดยทำการแก้ไขข้อบกพร่องที่มีคะแนนความเสี่ยงชี้นำเกินกว่า 100 คะแนน ผลได้รับทำให้โรงงานได้รูปแบบสายไฟประเภททนไฟที่มีคุณสมบัติสอดคล้องกับความต้องการลูกค้า อีกทั้งได้รับการรับรองคุณภาพจากสถาบันที่เชื่อถือได้ และผลิตภัณฑ์หลังการปรับปรุงมีราคาต้นทุนที่ต่ำกว่าต้นทุนขณะก่อนการปรับปรุง

ธารชุดา อมรเพชรกุล (2546) ได้ทำการพัฒนาระบบบริหารความเสี่ยงในส่วนการพัสดุ สำนักบริหารแผนและการคลัง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยทำการค้นหาความเสี่ยงผ่านแบบสอบถามโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์สาเหตุของข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis) หรือ FMEA โดยทำการวิเคราะห์ในแต่ละขั้นตอนย่อยของการปฏิบัติงานว่ามีความเสี่ยงใดที่จะไม่ทำให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของหน่วยงาน จากนั้นทำการประเมินความเสี่ยง และนำความเสี่ยงที่มีตัวเลขความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number) หรือ RPN สูงกว่า 10% มาจัดการและป้องกันแก้ไข โดยในการสร้างแผนการจัดการความเสี่ยงได้อาศัยการวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (Fault Tree Analysis) หรือ FTA ในการวิเคราะห์หาความเสี่ยงเพื่อวางแผนการจัดการ โดยหลังจากได้ระบบบริหารความเสี่ยงแล้ว พบว่า RPN ลดลงเฉลี่ยร้อยละ 76.70 พร้อมกับจัดทำคู่มือบริหารความเสี่ยงขึ้น

อรรถพล ฤทธิภักดี (2544) การปรับปรุงคุณภาพสำหรับกระบวนการพ่นสีชิ้นส่วนพลาสติกในอุตสาหกรรมรถยนต์ โดยใช้แผนผังก้างปลาเพื่อค้นหาสาเหตุของปัญหาที่เป็นไปได้ทั้งหมด และเทคนิค 7 new QC tools บางเครื่องมือ เช่น การใช้แผนภาพความสัมพันธ์ แผนภาพต้นไม้ มาทำการวิเคราะห์เพื่อใช้ในการค้นหาความสัมพันธ์ของปัญหา และใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพสำหรับกระบวนการผลิต เพื่อแก้ไขและปรับปรุงกระบวนการผลิตซึ่งผลจากการศึกษาทำให้เปอร์เซ็นต์ของเสียในกระบวนการผลิตลดลง ข้อเรียกร้องจากลูกค้าลดลง พร้อมกับมีวิธีการและมาตรฐานในการทำงานเพื่อป้องกันการเกิดปัญหาซ้ำ

ธัญญาภรณ์ ธนบุญสมบัติ (2546) การวิเคราะห์และลดของเสียในกระบวนการผลิตกระจกนิรภัยด้านข้างสำหรับรถยนต์ ค้นหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อข้อบกพร่อง โดยอาศัยการระดมสมองด้วยการใช้แผนผังแสดงเหตุและผล และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพสำหรับกระบวนการผลิต (PFMEA) ซึ่งการวิจัยดังกล่าวนี้จะทำการแก้ไขลักษณะข้อบกพร่องที่มีค่า RPN ตั้งแต่ 100 คะแนนขึ้นไป และผลหลังจากการปรับปรุงแก้ไขพบว่าประโยชน์ที่ได้คือ ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติสอดคล้องกับความต้องการของลูกค้าและมีการควบคุมปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อคุณภาพมิให้เกิดซ้ำอีก

วิทย์ วรรณจิตร (2547) การปรับปรุงกระบวนการผลิตแม่พิมพ์โลหะของอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตแม่พิมพ์โลหะของอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ โดยทำการศึกษาเฉพาะกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการผลิตแม่พิมพ์เพื่อหาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น จากนั้นทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาเพื่อหาข้อบกพร่องโดยใช้ผังก้างปลา ซึ่งได้ทำการประเมินและทำการจัดลำดับความสำคัญของข้อบกพร่อง และนำเทคนิคการวิเคราะห์

ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) มาประยุกต์ใช้ ซึ่งผลที่ได้รับจากการปรับปรุงจำนวนการผลิตแม่พิมพ์ล่าช้าลดลง จำนวนประกอบชิ้นส่วนแม่พิมพ์เสียในกระบวนการผลิตลดลง และจำนวนซ่อมแซมแม่พิมพ์ระหว่างใช้งานลดลง

วัชฤทธิ์ เอกนิพิฐสริ (2553) ทำการพัฒนาระบบการฝึกอบรมความสามารถสำหรับพนักงานฝ่ายผลิตในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ประเภทปั๊มขึ้นรูป โดยใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการเริ่มตั้งแต่การสำรวจความต้องการของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการฝึกอบรมพนักงาน จากนั้นทำการแปลงความต้องการโดยใช้เทคนิค QFD 4 เฟส ได้แก่ การวางแผนผลิตภัณฑ์ การออกแบบผลิตภัณฑ์ การวางแผนกระบวนการ และการวางแผนการผลิต และดำเนินการปรับปรุงในบริษัทตัวอย่าง ผลลัพธ์ที่ได้จากการพัฒนาทำให้ ระดับความสามารถของพนักงานฝ่ายผลิตสูงขึ้น จากระดับคะแนนหลังการฝึกอบรมเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 16.61% จำนวนความผิดพลาดของพนักงานฝ่ายผลิตลดลงเฉลี่ย 21.73% และจำนวนชิ้นงานเสียลดลงเฉลี่ย 45.22%

2) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบการทดลอง

พรเทพ ลาภธุวะศิริ (2544) การประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองเพื่อการลดของเสีย โดยศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าสมดุลของเพลากลางและเสนอเงื่อนไขที่เหมาะสมในการผลิตเพื่อลดของเสียที่เกิดจากการทดสอบค่าสมดุลเกินจากที่กำหนด โดยเริ่มจากการระบุปัจจัยคาดว่าจะมีผลกระทบต่อค่าความสมดุลโดยใช้แผนภาพแสดงสาเหตุและผล จากนั้นเรียงลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย โดยการวิเคราะห์ข้อบกพร่องในกระบวนการผลิต แล้วเลือกปัจจัยที่น่าจะมีผลกระทบต่อค่าสมดุลของเพลากลาง จากนั้นใช้การออกแบบการทดลองแบบฟูลเฟคทอเรียล (Full Factorial Experiment) เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยใดที่มีต่อค่าสมดุลของเพลากลาง และปัจจัยใดที่มีอันตรกิริยาระหว่างกัน จากนั้นนำการทดลองแบบฟูลเฟคทอเรียลมาใช้อีกครั้งเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมโดยเพิ่มระดับ ให้กับปัจจัยที่มีผลต่อค่าสมดุล จากนั้นเมื่อได้สภาวะที่เหมาะสมแล้ว นำไปทดสอบเพื่อยืนยันผล พบว่า ค่าสมดุลใหม่นี้มีค่าลดลง 14.68 กรัม จากค่าสมดุลของเพลากลางปัจจุบันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

วีรเทพ เฉลิมสมิทธิ์ชัย (2550) ใช้การออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาปริมาณธาตุเหล็กที่ใช้ในการผลิตแท่งเหล็กดิบ เพื่อให้ได้เหล็กลวดที่ผลิตจากเหล็กดิบนี้มีค่าความแข็งแรงมากที่สุด โดยทำการทดสอบอิทธิพลของแต่ละปัจจัยโดยใช้ Factorial Design (2^5) จากนั้นจึงนำปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความแข็งแรงของเหล็กลวดมามาทำการออกแบบการทดลองอีกครั้งโดยใช้วิธีการพื้นผิวตอบสนอง แบบ Box-Behnken Design ซึ่งจะได้สภาวะที่เหมาะสม คือ ปริมาณคาร์บอนที่ 0.20

%/kg ปริมาณแมงกานีสที่ 0.60 %/kg ปริมาณกำมะถันที่ 0.05 %/kg และปริมาณซิลิกอนที่ 0.50 %/kg เมื่อนำผลจากการวิจัยโดยนำเหล็กดิบไปผลิตเป็นเหล็กลวด พบว่า ค่าความแข็งแรงเฉลี่ยของเหล็กลวดที่ได้จะมีค่าระหว่าง 52.34-55.08 kg/mm2 ซึ่งผลวิจัยนี้สามารถลดความบกพร่องของเหล็กดิบได้ 100%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

ในบทนี้กล่าวถึงรายละเอียดของขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยในกระบวนการผสมสีของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยนี้ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผสมสีในโรงงานกรณีศึกษา 2) การวิเคราะห์ปัญหาและกำหนดแนวทางแก้ไข 3) การดำเนินการปรับปรุง 4) การประเมินผลหลังการปรับปรุง 5) สรุปผลการดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1 การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผสมสีในโรงงานกรณีศึกษา

ได้แก่ การศึกษากระบวนการผสมสีของโรงงานกรณีศึกษา เพื่อให้ทราบถึงวิธีการทำงานในกระบวนการผสมสี ลักษณะของปัญหาและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผสมสี โดยทำการรวบรวมข้อมูลสถิติของปัญหาที่เกิดขึ้น ได้แก่ จำนวนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผสมสี จำนวนครั้งการปรับสี เวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสี เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา และดำเนินการแก้ไขต่อไป

3.2 การวิเคราะห์ปัญหา

ในการวิเคราะห์ปัญหาถึงสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผสมสี โดยใช้การระดมสมองจากบุคคลากรผู้ชำนาญการในกระบวนการผสมสีของโรงงานกรณีศึกษา โดยเริ่มจากการรวบรวมความคิดของสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องในกระบวนการผสมสี จากนั้นใช้เทคนิคการวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง เพื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของของแต่ละสาเหตุที่เกี่ยวข้องกันและนำไปสู่การหาสาเหตุที่แท้จริง และเชื่อมโยงเข้าสู่การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ เพื่อทำให้ทราบจุดบกพร่องต่างๆ ผลกระทบที่เกิดจากข้อบกพร่อง และมาตรการควบคุมในปัจจุบัน และประเมินคะแนนของความรุนแรงของผลกระทบ (Severity: S) โอกาสในการเกิดของสาเหตุ (Occurrence: O) และความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง (Detection: D) เพื่อนำมาหาคะแนนความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number: RPN) โดยนำผลจากคะแนนทั้ง 3 มาคูณกัน หลังจากนั้นจึงทำการคัดเลือกสาเหตุสำคัญที่มีค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number, RPN) สูงมาดำเนินการแก้ไข

3.3 การดำเนินการปรับปรุง

หลังจากได้สาเหตุที่จะนำมาดำเนินการแก้ไขจากการคัดเลือกโดยพิจารณาจากค่า RPN สูง จึงทำการประชุมร่วมกับทีมงานเพื่อกำหนดวิธีการดำเนินการแก้ไขในแต่ละสาเหตุ แล้วจึงดำเนินการปรับปรุงตามแนวทางที่วางไว้ โดยมีการกำหนดเป็นแผนงานและผู้รับผิดชอบในการดำเนินการในแต่ละหัวข้อที่ดำเนินการแก้ไข

3.4 การประเมินผลหลังการปรับปรุง

การประเมินผลจะทำการเปรียบเทียบผลการดำเนินการก่อนและหลังการปรับปรุง ได้แก่

1) สัดส่วนข้อบกพร่องในกระบวนการผสมสีก่อนและหลังการปรับปรุง
2) จำนวนครั้งการปรับแต่งสีต่อใบสั่งผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง
3) เวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสีต่อใบสั่งผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง
4) ค่าความเสี่ยงชี้นำก่อนและหลังการปรับปรุง

การประเมินผลการดำเนินการหลังการปรับปรุงเพื่อให้ทราบถึงแนวโน้มของผลที่ได้รับว่าดีขึ้นมากน้อยเพียงไรเมื่อเปรียบเทียบกับผลก่อนการปรับปรุง

3.5 สรุปผลการดำเนินการวิจัย

หลังจากดำเนินการปรับปรุง และประเมินผลการดำเนินการก่อนและหลังการปรับปรุงแล้ว ซึ่งจะนำผลที่ได้รับนี้นำมาสรุปผลการดำเนินการวิจัย พร้อมข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงต่อไป

จากขั้นตอนการดำเนินการ 5 ขั้นตอนสามารถสรุปเป็นแผนผังการดำเนินการดังรูปที่ 3.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
การศึกษาสภาพของโรงงานกรณีศึกษา

4.1 ข้อมูลทั่วไปโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษาเริ่มก่อตั้งเมื่อเดือนมิถุนายน พ.ศ.2530 ที่กรุงเทพมหานคร โดยเป็นโรงงานผู้ผลิตและจัดจำหน่ายสีผง เพื่อส่งมอบให้กับลูกค้าในอุตสาหกรรมหลากหลายประเภท เช่น เครื่องใช้ภายในบ้านและสำนักงาน เครื่องใช้ไฟฟ้า ของเด็กเล่น ชิ้นส่วนรถยนต์และรถจักรยานยนต์ ชิ้นส่วนเครื่องจักร เป็นต้น ในช่วงเริ่มต้นโรงงานมีกำลังการผลิตสีผง 500 ตันต่อปี แต่ในปัจจุบันได้มีการขยายกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นจนสามารถผลิตสีผงได้ถึง 5,700 ตันต่อปี ทั้งนี้จากความต้องการที่จะรองรับกำลังการผลิตที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต จึงได้ทำการย้ายโรงงานจากเดิมมาตั้งอยู่ที่จังหวัดสมุทรสาคร เมื่อเดือนกรกฎาคม 2552

4.2 ข้อมูลผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษา

ผลิตภัณฑ์ของโรงงานตัวอย่าง คือ สีผง โดยสามารถแบ่งได้เป็น 6 ชนิด ดังนี้

- E (Epoxy) หมายถึง สีผงที่ใช้อีพ็อกสีเรซิน ซึ่งมีคุณสมบัติทนต่อการขูดขีด และสารเคมีต่างๆ ได้เป็นอย่างดี เหมาะสำหรับงานภายในอาคาร

- M (Hybrid) หมายถึง สีผงที่ใช้อีพ็อกสีเรซินผสมกับโพลีเอสเทอร์เรซิน ในอัตราส่วน 50:50 ซึ่งมีคุณสมบัติให้ฟิล์มสีที่เรียบ ทนต่อการอบสีและการสัมผัสน้ำ สบู่ หรือผงซักฟอก เหมาะสำหรับงานภายในอาคาร

- S (Hybrid) หมายถึง สีผงที่ใช้อีพ็อกสีเรซินผสมกับโพลีเอสเทอร์เรซิน ในอัตราส่วน 30:70 ซึ่งมีคุณสมบัติปิดขอบชิ้นงานได้ดี สามารถพ่นด้วยปืนพ่นสีระบบไตรโบได้ เหมาะสำหรับงานภายในอาคาร

- P (Polyester-TGIC) หมายถึง สีผงที่ใช้โพลีเอสเทอร์เรซินผสมกับ TGIC ซึ่งมีคุณสมบัติทนต่อแสงแดดและทุกสภาพดินฟ้าอากาศ เหมาะสำหรับงานภายนอกอาคาร

-V (Polyester-TGIC) หมายถึง สีผงที่ใช้โพลีเอสเทอร์เรซินผสมกับ TGIC ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสีสำหรับงานภายนอกอาคาร ที่ต้องการความคงทนต่อแดด และสภาพดินฟ้าอากาศเป็นพิเศษ (รับประกัน 10 ปี)

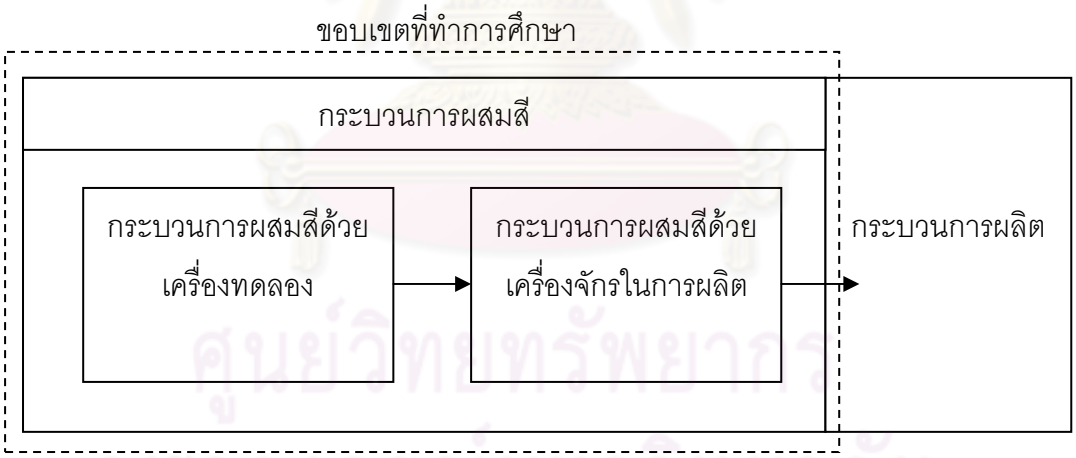
- R (Polyester-HAA) หมายถึง สีผงที่ใช้โพลีเอสเทอร์เรซินผสมกับTGIC Free ซึ่งมีคุณสมบัติทนต่อแสงแดดและสภาพดินฟ้าอากาศ ใช้อุณหภูมิในการอบต่ำกว่าสีภายนอกทั่วๆ ไป ไม่มี TGIC เป็นส่วนประกอบ เป็นที่ยอมรับทั้งในยุโรป สหรัฐฯ และออสเตรเลีย

เฉดสีหลัก (Color Shade) ประกอบด้วย

-ขาว,ใส (White , Clear)	-น้ำเงิน, ฟ้า , ม่วง (Blue, Violet, Purple)
-ดำ (Black)	-เขียว (Green)
-แดง, ชมพู (Red, Pink)	-ส้ม (Orange)
-เหลือง (Yellow)	-น้ำตาล, ครีม (Brown, Cream)
-เทา (Grey)	-อลูมิเนียม, ทอง, ทองแดง, มุก (Metallic, Pearl)

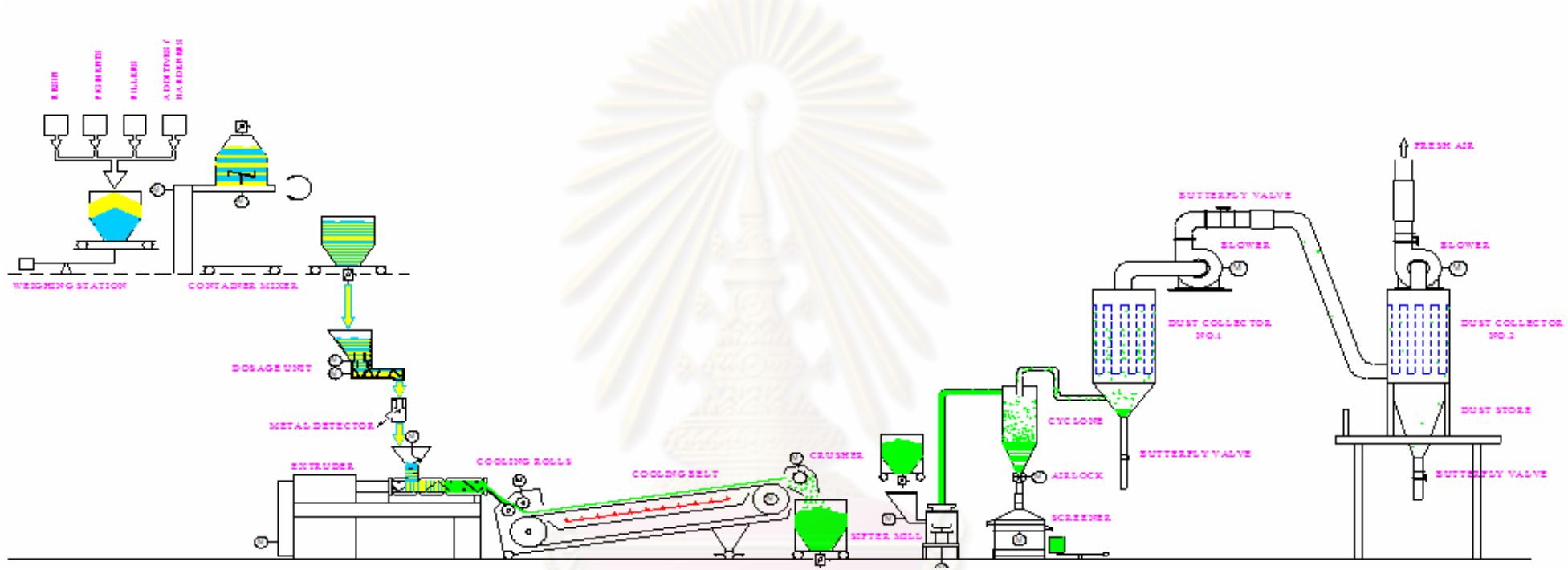
4.3 กระบวนการผสมสีของโรงงานกรณีศึกษา

กระบวนการผสมสีของโรงงานกรณีศึกษา เป็นกระบวนการเตรียมเข้าสู่กระบวนการผลิต เพื่อให้ได้สูตรการผสมสีที่เหมาะสม รวมถึงสภาพของกระบวนการผลิตที่ถูกต้อง เพื่อให้ได้สีผงที่ได้เกณฑ์คุณภาพตามที่กำหนดก่อนเริ่มทำการผลิตต่อไป แสดงขั้นตอนของกระบวนการผสมสีดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แผนผังกระบวนการผสมสีโดยรวม

จากรูปที่ 4.1 สามารถแสดงกระบวนการผลิตดังรูปที่ 4.2 กระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลองดังรูปที่ 4.3 และกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องจักรในการผลิตดังรูปที่ 4.4

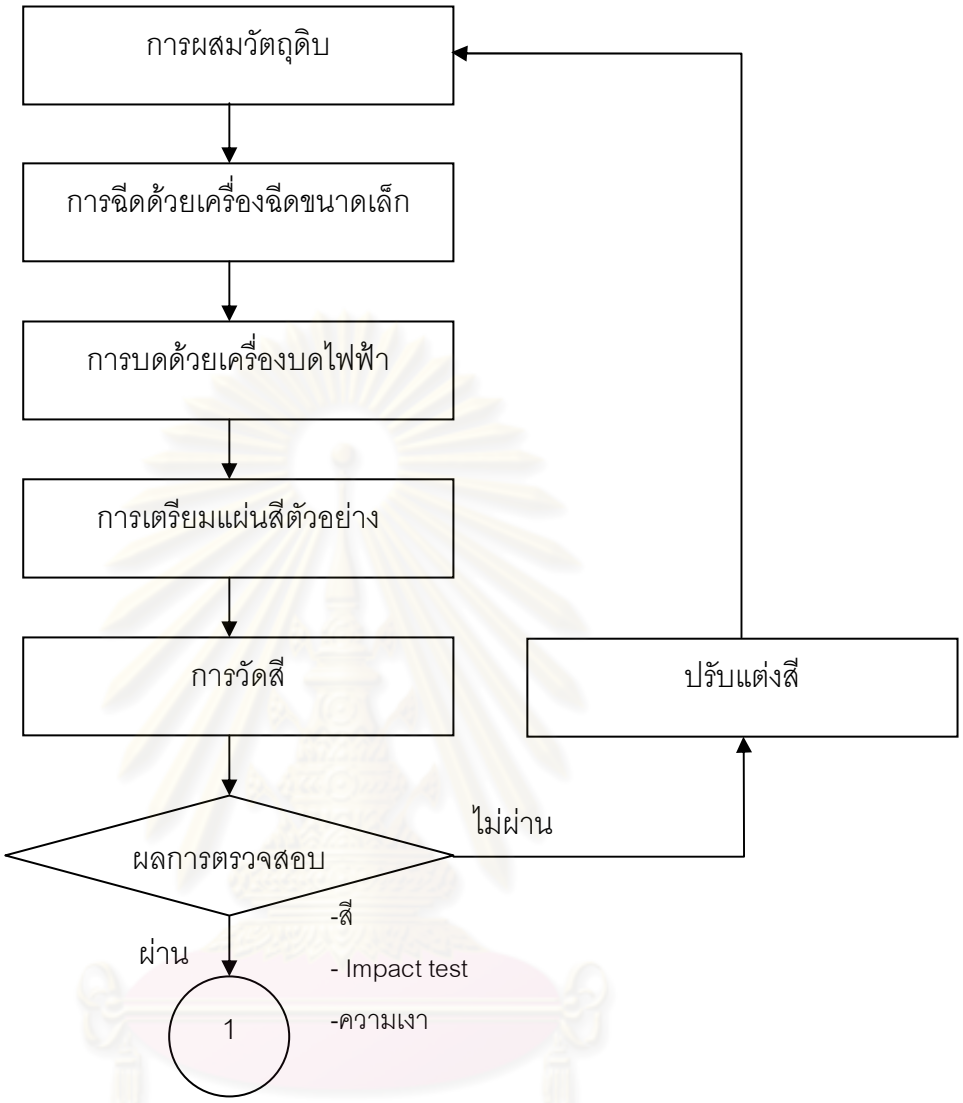


รูปที่ 4.2 กระบวนการผลิตสีผงของโรงงานกรณีศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

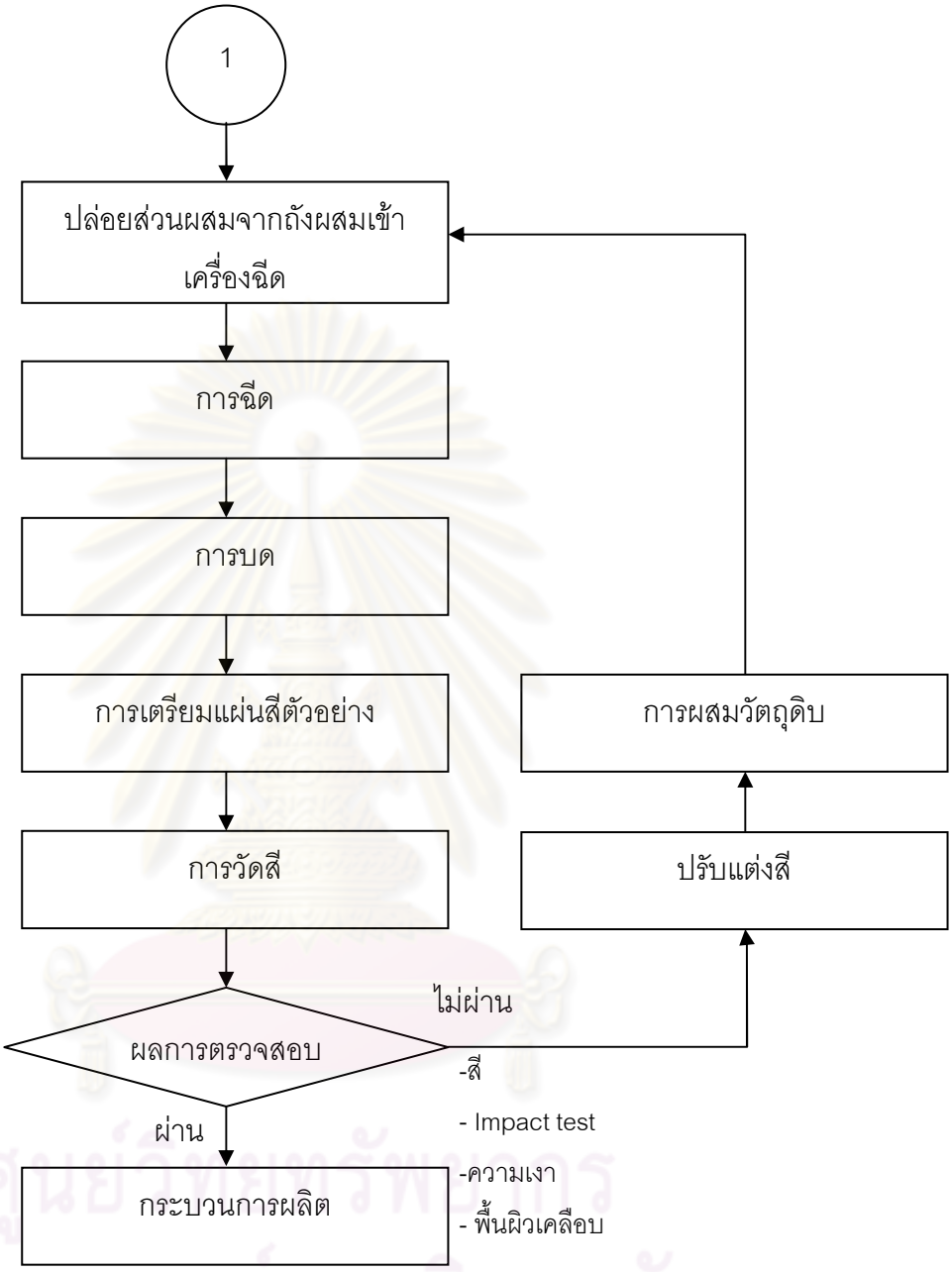
จากรูปที่ 4.2 สามารถอธิบายรายละเอียดของของกระบวนการผลิตสีผงของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการหลัก 3 กระบวนการ ได้แก่ 1) กระบวนการผสมวัตถุดิบ โดยเริ่มจากการผสมวัตถุดิบหลัก ได้แก่ ผงสี (pigment) เรซิน (Resin) สารปรับแต่งคุณภาพ (Additive) ตัวทำแข็ง(Hardener) และตัวเติม (Filler) ในถังผสม และทำการผสมวัตถุดิบต่าง ๆ ด้วยเครื่องผสม (Mixer) จากนั้นจะนำวัตถุดิบที่ได้เข้าสู่กระบวนการฉีด 2) กระบวการฉีด วัตถุดิบที่ได้จากกระบวนการผสมวัตถุดิบนำมาเข้าเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ (Extruder) เพื่อหลอมให้ส่วนประกอบต่าง ๆ เข้ากัน แล้วทำให้เป็นแผ่นบาง ๆ ส่งไปตามสายพานลำเลียงและทำการบดหยาบด้วย crusher เพื่อบดให้ได้เป็นชิ้นเล็กๆ และบรรจุลงในถังเก็บเพื่อเตรียมส่งต่อไปยังกระบวนการบด 3) กระบวนการบด ทำการบดสีให้เป็นผง และทำการแยกผงสีออกเป็นขนาดต่าง ๆ กันที่ไซโคลน (Cyclone) จากนั้นจะถูกส่งไปยังเครื่องคัดขนาดเม็ดสี (Screener) เพื่อแยกเม็ดสีให้ได้ตามคุณภาพที่กำหนด สีที่ยังไม่ได้ขนาดจะถูกส่งกลับไปบดใหม่อีกครั้ง ส่วนสีที่ได้ขนาดแล้วจะส่งไปบรรจุซึ่งจะมีการสุ่มตรวจสอบคุณภาพสีผงก่อนทำการบรรจุและจัดเก็บในคลังสินค้าเพื่อรอส่งมอบให้ลูกค้าต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.3 แผนผังกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.4 แผนผังกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องจักรในการผลิต

รายละเอียดของกระบวนการผสมสี

กระบวนการผสมสีของโรงงานกรณีศึกษา แบ่งได้เป็น 2 ส่วน 1) กระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง ดังรูปที่ 4.3 โดยเริ่มจากทำการผสมวัตถุดิบด้วยเครื่องผสม และทำการสุ่มตัวอย่างส่วนผสมเพื่อนำมาทำให้เป็นสีผงโดยใช้เครื่องทดลอง ซึ่งได้แก่ เครื่องฉีดขนาดเล็ก และเครื่องบดไฟฟ้า สำหรับนำมาใช้ทำเป็นแผ่นสีตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณภาพสีเบื้องต้น ได้แก่ สี(Color) ความทนต่อแรงกระแทก (Impact test) และความเงา (Gloss) หลังจากนั้นเมื่อได้ส่วนผสมที่ผ่านเกณฑ์คุณภาพแล้วจึงเข้าสู่กระบวนการผสมสีด้วยเครื่องจักรในการผลิต 2) กระบวนการผสมสีด้วยเครื่องจักรในการผลิต ดังรูปที่ 4.4 เพื่อทดสอบสูตรสีและกระบวนการผลิตก่อนที่จะเริ่มดำเนินการผลิตจริง โดยพนักงานจะปล่อยส่วนผสมที่ผ่านเกณฑ์คุณภาพจากการตรวจสอบในกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลองเข้าสู่เครื่องฉีด และเครื่องบด ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต หลังจากได้เป็นสีผงจากกระบวนการบดแล้ว จึงทำการสุ่มตัวอย่างสีผงอีกครั้งเพื่อนำมาทำแผ่นตัวอย่างและตรวจสอบคุณภาพ ได้แก่ สี ความทนต่อแรงกระแทก ความเงา และลักษณะพื้นผิวเคลือบ ซึ่งต้องไม่พบลักษณะปรากฏ ดังนี้

1) ปนเปื้อนเฉดสีอื่น (Contamination with other color powder) พบลักษณะของฟิล์มสีมีสีอื่นปะปนเป็นจุด โดยระดับเกณฑ์ที่ไม่ยอมรับ คือ มีจุดปนเปื้อนมากกว่า 3 จุด

2) สีเป็นสะเก็ด (Sparkle) พบลักษณะของฟิล์มสีมีเกล็ดเล็กๆ วาวหรือไม่วาว โดยระดับเกณฑ์ที่ไม่ยอมรับ คือ สามารถมองเห็นได้ง่ายโดยไม่ต้องพิจารณา มีปริมาณความถี่มาก

3) สีเป็นฝ้า (Haziness) โดยระดับเกณฑ์ที่ไม่ยอมรับ คือ มองเห็นฝ้าได้ชัดเจน ความเงาอาจต่ำกว่าเกณฑ์

4) สีเป็นหลุม (Craters in the film) พบลักษณะเป็นหลุมเว้าเข้าไปในแผ่นฟิล์มสี โดยระดับเกณฑ์ที่ไม่ยอมรับ คือ มีหลุมมากกว่า 2 หลุม

5) สีเป็นเม็ด (Unmelt grain) พบลักษณะมีก้อนแข็งรูปทรงแหลมที่อยู่บนแผ่นฟิล์มสีโดยระดับเกณฑ์ที่ไม่ยอมรับ คือ พบจำนวนเม็ดมากกว่า 3 เม็ด

6) เป็นเม็ดนูน (Melt grain) พบลักษณะมีก้อนสีรูปโค้งนูนที่อยู่บนแผ่นฟิล์มสี โดยระดับเกณฑ์ที่ไม่ยอมรับ คือ พบจำนวนเม็ดนูนมากกว่า 3 เม็ด

7) สีเป็นหลุม (Craters in the film) พบลักษณะหลุมเว้าเข้าในแผ่นฟิล์มสี (โดยทั่วไปเกิดในสีเรียบ) โดยระดับเกณฑ์ที่ไม่ยอมรับ คือ พบจำนวนหลุมมากกว่า 3 หลุม

8) เป็นคลื่น (Poor Flow) พบลักษณะของฟิล์มสีของสีผิวเรียบเป็นคลื่นคล้ายผิวส้มมากกว่าเกณฑ์การยอมรับที่กำหนดไว้

หลังจากนั้นเมื่อได้คุณภาพสีผงที่ผ่านเกณฑ์คุณภาพแล้ว จึงจะเริ่มดำเนินการผลิตอย่างต่อเนื่อง สามารถอธิบายรายละเอียดของแต่ละกระบวนการย่อยในกระบวนการผสมสี ดังนี้

1) กระบวนการผสมวัตถุดิบ

พนักงานชั่งน้ำหนักวัตถุดิบตามสูตรการผสม โดยวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผสม ได้แก่ เรซิน (Resin) ตัวเติม (Filler) ตัวทำแข็ง (Hardener) และสารเติมแต่ง (Additive) จากนั้นทำการผสมโดยใช้เครื่องผสมซึ่งมีการควบคุมความเร็วรอบ และเวลาการผสมให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์

รูปที่ 4.5 กระบวการผสมวัตถุดิบ

2) กระบวนการฉีดด้วยเครื่องฉีดขนาดเล็ก

เป็นกระบวนการที่ใช้ในการทดสอบสูตรการผสมสีในกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง โดยเครื่องฉีดขนาดเล็กจะใช้แทนเครื่องฉีดในกระบวนการผลิต โดยส่วนผสมที่ได้จากการสุ่มมาจากกระบวนการผสมวัตถุดิบจะถูกนำมาหลอมละลายส่วนผสมให้เข้ากัน ซึ่งหลังจากได้ผลิตภัณฑ์ออกมาแล้วก็จะทำการเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้าเพื่อทำให้เป็นผงต่อไป

รูปที่ 4.6 กระบวนการฉีดด้วยเครื่องฉีดขนาดเล็ก

3) การบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า

เป็นกระบวนการที่ใช้ในการทดสอบสูตรการผสมสีในกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง โดยเครื่องบดไฟฟ้าขนาดเล็กจะใช้แทนเครื่องบดในกระบวนการผลิต เพื่อบดตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเครื่องฉีดขนาดเล็ก ซึ่งเป็นเครื่องทดลองเช่นกัน เป็นสีผงเพื่อนำไปใช้ในการพ่นเพื่อเตรียมเป็นแผ่นสีตัวอย่าง

รูปที่ 4.7 อุปกรณ์ที่ใช้ในการบดให้เป็นสีผง

4) กระบวนการเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง

หลังจากได้ผลิตภัณฑ์สีผง จะนำสีผงมาพ่นลงบนแผ่นตัวอย่างด้วยปืนพ่นสี จากนั้นนำแผ่นสีที่ได้อบในตู้อบด้วยอุณภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที เพื่อให้ความร้อนหลอมละลายสีผงติดกับแผ่นตัวอย่าง เมื่อครบตามเวลาที่กำหนดนำแผ่นสีตัวอย่างที่ได้มาตั้งทิ้งไว้ให้เย็นและทำการตรวจสอบความหนาของฟิล์มสี ความเงา ความแข็งแรงต่อแรงกระแทก (Impact test) ซึ่งแสดงขั้นตอนในกระบวนการเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง ดังรูปที่ 4.8

รูปที่ 4.8 ขั้นตอนการเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง

รูปที่ 4.9 การเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5) กระบวนการวัดสี

การวัดค่าสีของแผ่นสีตัวอย่างเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของเฉดสีกับสีมาตรฐานด้วยด้วยเครื่องวัดสี (Spectrophotometer) ซึ่งใช้หลักการทำงานโดยวัดสีของวัตถุออกมาเป็นตัวเลขและเป็นระบบที่สามารถนำไปคำนวณ และทำนายสูตรสีผสมสำหรับการปรับสี โดยทำการปรับเมื่อค่าสีที่วัดได้ไม่ผ่านตามมาตรฐานสี ซึ่งจะมีฐานข้อมูลของแม่สีที่บันทึกอยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อทำการปรับสีโดยการคำนวนสูตรสีเพื่อให้สีมาตรฐาน

รูปที่ 4.10 เครื่องวัดสี (Spectrophotometer)

6) กระบวนการฉีด

ส่วนผสมที่ถูกปล่อยออกมาจากถังผสมจะเข้าสู่กระบวนการฉีดเพื่อทำการหลอมส่วนผสมให้เข้ากัน แล้วทำให้เป็นแผ่นบาง ๆ ส่งไปตามสายพานลำเลียงและทำการบดหยาบด้วย crusher เพื่อบดให้ได้เป็นชิ้นเล็กๆ และบรรจุลงในถังเก็บเพื่อเตรียมส่งต่อไปยังกระบวนการบด

รูปที่ 4.11 กระบวนการฉีด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7) กระบวนการบด

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการฉีดจะถูดนำมาบดให้เป็นสีผงโดยผ่านกระบวนการบด

รูปที่ 4.12 กระบวนการบด

การดำเนินการเมื่อพบข้อบกพร่องในกระบวนการผสมสี

กระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง เมื่อพบข้อบกพร่องเกิดขึ้น พนักงานจะทำการปรับแต่งสี โดยการปรับสูตรสี และทำการผสมวัตถุดิบใหม่อีกครั้งเพื่อทดสอบสูตรสีจนกว่าจะได้สีที่ผ่านเกณฑ์คุณภาพที่กำหนด จึงจะทำการปล่อยส่วนผสมที่ผ่านเกณฑ์คุณภาพที่กำหนดนี้เข้าสู่เครื่องฉีด และเครื่องบดต่อไป เพื่อทดสอบสูตรสีเมื่อใช้กับเครื่องจักรในกระบวนการผลิต นั่นคือ จะเข้าสู่กระบวนการผสมสีด้วยเครื่องจักรในลำดับถัดไป โดยในกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องจักรนั้น เมื่อพบข้อบกพร่องเกิดขึ้น จะทำการปรับแต่งสีเช่นกัน แต่นอกจากการทำการแก้ไขข้อบกพร่องโดยทำการปรับสูตรการผสมสีแล้ว ยังมีการแก้ไขกระบวนการผลิตด้วยเมื่อพบว่าสภาวะในกระบวนการผลิตไม่เป็นไปตามที่กำหนด โดยหลังจากดำเนินการแก้ไขแล้วจึงทำการผสมวัตถุดิบใหม่เพื่อทดสอบสูตรสีและสภาวะการผลิตอีกครั้งจนกว่าได้สีผงที่ผ่านเกณฑ์คุณภาพที่กำหนดจึงจะเริ่มทำการผลิต

4.4 การรวบรวมข้อมูลสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผสมสี

โดยพิจารณาเวลาการทำงานเปรียบเทียบกับเวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสี เพื่อแสดงให้เห็นถึงเวลาที่สูญเสียที่ใช้ในกระบวนการผสมสี ซึ่งจำแนกเป็นแต่ละสายการผลิตของโรงงาน ซึ่งมีทั้งหมด 9 สายการผลิต ดังตารางที่ 4.1 (ข้อมูลตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2553 ถึง เดือนสิงหาคม 2553)

ตารางที่ 4.1 เวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสีในแต่ละสายการผลิต

สายการผลิตที่	เดือน-ปี	จำนวนใบสั่งผลิต	เวลาการทำงานทั้งหมด (นาที)	เวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสี (นาที)	%เวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสี
1	กรกฎาคม 53	45	36,000	19,770	54.9
	สิงหาคม 53	25	28,800	13,120	45.6
2	กรกฎาคม 53	29	35,280	12,975	36.8
	สิงหาคม 53	34	30,240	17,655	58.4
3	กรกฎาคม 53	26	38,160	12,755	33.4
	สิงหาคม 53	22	28,800	14,450	50.2
4	กรกฎาคม 53	20	37,440	12,980	34.7
	สิงหาคม 53	19	30,240	8,685	28.7
5	กรกฎาคม 53	13	36,720	10,865	29.6
	สิงหาคม 53	19	30,240	8,050	26.6
6	กรกฎาคม 53	18	34,560	5,655	16.4
	สิงหาคม 53	11	25,920	3,965	15.3
7	กรกฎาคม 53	19	22,320	7,451	33.4
	สิงหาคม 53	7	20,160	4,885	24.2
8	กรกฎาคม 53	11	10,080	4,295	42.6
	สิงหาคม 53	12	6,480	2,655	41.0
9	กรกฎาคม 53	14	18,720	6,215	33.2
	สิงหาคม 53	25	28,800	14,425	50.1
รวม		369	498,960	180,851	
เปอร์เซ็นต์เวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสีเทียบต่อเวลาการทำงานรวมโดยเฉลี่ย					36.2

เวลาการทำงาน 100%	
เวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสี 36.2%	เวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิต 63.8%

รูปที่ 4.13 เวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสี

จากนั้นพิจารณาประเภทข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผสมสีที่ส่งผลให้ต้องมีการปรับแต่งสี จากรูปที่ 4.3 ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง ได้แก่ เฉดสีเพี้ยน โดยพิจารณาจากผลการตรวจสอบสีด้วยเครื่องวัดสี ความทนต่อแรงกระแทก และความเงา และจากรูปที่ 4.4 ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องจักรในการผลิต ได้แก่ เฉดสีเพี้ยน ความทนต่อแรงกระแทก ความเงา และพื้นผิวเคลือบ เช่น ปนเปื้อนเฉดสีอื่น สีเป็นสะเก็ด สีเป็นฝ้า เป็นต้น โดยทำการเก็บข้อมูลจากจำนวนใบสั่งผลิต 120 ใบสั่งผลิต ในเดือนกรกฎาคม 2553 ถึงเดือนสิงหาคม 2553 ซึ่งประเภทของข้อบกพร่องที่พบในกระบวนการผสมสี ดังนี้

ตารางที่ 4.2 ประเภทข้อบกพร่องที่พบในกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง

ประเภทข้อบกพร่อง	จำนวนใบสั่งผลิตที่พบข้อบกพร่อง
เฉดสีเพี้ยน	54

ตารางที่ 4.3 ประเภทข้อบกพร่องที่พบในกระบวนการผสมสีด้วยจักรในการผลิต

ประเภทข้อบกพร่อง	จำนวนใบสั่งผลิตที่พบข้อบกพร่อง
เฉดสีเพี้ยน	72
ปนเปื้อนเฉดสีอื่น	36
สีเป็นสะเก็ด	5
สีเป็นฝ้า	4
สีเป็นหลุม	2

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่า ประเภทของข้อบกพร่องที่พบ เป็นเฉพาะปัญหาเฉดสีเพี้ยนเท่านั้นสำหรับกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง และจากตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าข้อบกพร่องที่พบมากที่สุด คื้อ เฉดสีเพี้ยน รองลงมา คือ ปนเปื้อนเฉดสีอื่น ซึ่งเป็นข้อบกพร่องที่สำคัญของกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องจักรในการผลิต ซึ่งข้อบกพร่องดังกล่าวนี้ส่งผลให้มีการปรับแต่งสีในกระบวนการผสมสี ซึ่งจะนำมาวิเคราะห์ปัญหาต่อไป

ทั้งนี้ในการประเมินผลจะเลือกผลิตภัณฑ์จากสายการผลิตที่มีเวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสีเทียบต่อเวลาการทำงานของสายการผลิตนั้นมากที่สุดมาใช้เป็นกรณีศึกษา ได้แก่ สายการผลิตที่ 1 ซึ่งมีเวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสีโดยเฉลี่ย เท่ากับ 50.3% และเลือกกลุ่มผลิตภัณฑ์หลักของโรงงานซึ่งมีการผลิตมากที่สุด คือ กลุ่มผลิตภัณฑ์ M (Hybrid) โดยมียอดการผลิตประมาณ 60% ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ทั้งหมด และทำการเลือกผลิตภัณฑ์หลักซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่โรงงานมีการผลิตเป็นประจำอย่างต่อเนื่องของเดือนกรกฎาคม 2553 ถึงเดือนสิงหาคม 2553 มาใช้ในการประเมินทั้งหมด 17 ผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถแสดงข้อมูลจำนวนครั้งในการปรับแต่งสีต่อใบสั่งผลิตในกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง ดังตารางที่ 4.4 จำนวนครั้งในการปรับแต่งสีต่อใบสั่งผลิตในกระบวนการผสมสีด้วยจักรในการผลิต ดังตารางที่ 4.5 และเวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสีต่อใบสั่งผลิต ดังตารางที่ 4.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 จำนวนครั้งการปรับแต่งสีต่อใบสั่งผลิตในกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง

รหัสผลิตภัณฑ์	ชื่อผลิตภัณฑ์	จำนวนใบสั่งผลิต	จำนวนครั้งการปรับแต่งสีของกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง		
			ใบสั่งผลิตที่ 1	ใบสั่งผลิตที่ 2	ใบสั่งผลิตที่ 3
M20004AN	สีชมพู	2	2	2	-
M50005AN	สีฟ้า	3	1	3	1
M50015AN	สีม่วง	2	2	2	-
M50023AN	สีน้ำเงิน	3	3	3	4
M50164AN	สีฟ้า	3	3	4	2
M50290AN	สีน้ำเงิน	2	4	2	-
M90022AN	สีเทา	3	3	3	4
M50435AN	สีฟ้า	3	2	2	1
M70094AN	สีน้ำตาล	3	1	2	2
M50088AN	สีน้ำเงิน	3	4	1	2
M00006AN	สีขาว	2	1	1	-
M20201AN	สีแดง	2	2	3	-
M50046AN	สีน้ำเงิน	2	3	3	-
M70456AN	สีครีม	2	3	2	-
M90001AN	สีเทา	2	4	2	-
M90014AN	สีเทา	2	3	4	-
M70010AN	สีครีม	2	4	2	-
จำนวนใบสั่งรวม		41			
จำนวครั้งการปรับแต่งสีต่อใบสั่งผลิตโดยเฉลี่ย			2.5 ครั้ง		

ตารางที่ 4.5 จำนวนครั้งการปรับแต่งสีต่อใบสั่งผลิตในกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องจักรในการผลิต

รหัสผลิตภัณฑ์	ชื่อผลิตภัณฑ์	จำนวนใบสั่งผลิต	จำนวนครั้งการปรับแต่งสีของกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องจักรในการผลิต		
			ใบสั่งผลิตที่ 1	ใบสั่งผลิตที่ 2	ใบสั่งผลิตที่ 3
M20004AN	สีชมพู	2	5	8	-
M50005AN	สีฟ้า	3	7	5	4
M50015AN	สีม่วง	2	3	4	-
M50023AN	สีน้ำเงิน	3	4	1	4
M50164AN	สีฟ้า	3	5	2	7
M50290AN	สีน้ำเงิน	2	4	8	-
M90022AN	สีเทา	3	3	3	3
M50435AN	สีฟ้า	3	4	3	4
M70094AN	สีน้ำตาล	3	4	4	4
M50088AN	สีน้ำเงิน	3	2	2	5
M00006AN	สีขาว	2	2	3	-
M20201AN	สีแดง	2	2	8	-
M50046AN	สีน้ำเงิน	2	3	5	-
M70456AN	สีครีม	2	5	3	-
M90001AN	สีเทา	2	4	3	-
M90014AN	สีเทา	2	2	3	-
M70010AN	สีครีม	2	4	4	-
จำนวนใบสั่งรวม		41			
จำนวนครั้งการปรับแต่งสีต่อใบสั่งผลิตโดยเฉลี่ย			4.0 ครั้ง		

ตารางที่ 4.6 เวลาการที่ใช้ในกระบวนการผสมสีต่อใบสั่งผลิต

รหัสผลิตภัณฑ์	ชื่อผลิตภัณฑ์	จำนวนใบสั่งผลิต	เวลาที่ใช้ในการปรับแต่งสีต่อแบช (นาที)		
			ใบสั่งผลิตที่ 1	ใบสั่งผลิตที่ 2	ใบสั่งผลิตที่ 3
M20004AN	สีชมพู	2	554	1,025	-
M50005AN	สีฟ้า	3	497	496	415
M50015AN	สีม่วง	2	406	490	-
M50023AN	สีน้ำเงิน	3	821	320	785
M50164AN	สีฟ้า	3	658	555	871
M50290AN	สีน้ำเงิน	2	556	1,119	-
M90022AN	สีเทา	3	451	555	448
M50435AN	สีฟ้า	3	505	346	382
M70094AN	สีน้ำตาล	3	503	600	475
M50088AN	สีน้ำเงิน	3	434	225	615
M00006AN	สีขาว	2	430	420	-
M20201AN	สีแดง	2	420	889	-
M50046AN	สีน้ำเงิน	2	450	646	-
M70456AN	สีครีม	2	660	383	-
M90001AN	สีเทา	2	685	446	-
M90014AN	สีเทา	2	299	678	-
M70010AN	สีครีม	2	632	606	-
จำนวนใบสั่งรวม		41			
เวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสีต่อใบสั่งผลิตโดยเฉลี่ย			555 นาที		

จากตารางที่ 4.4 ถึง 4.6 แสดงให้เห็นถึงเวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสีที่เกิดขึ้นจากการปรับแต่งสีหลายครั้ง ซึ่งส่งผลให้เกิดเวลาสูญเสียที่ใช้ไปในกระบวนการผสมสี โดยคิดเป็นข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผสมสีเทียบต่อใบสั่งผลิตที่ส่งผลให้ต้องมีการปรับแต่งสีของกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง เท่ากับ 82.9 % และของกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องจักรในการผลิต เท่ากับ 97.6%

บทที่ 5
การวิเคราะห์ปัญหาและกำหนดการดำเนินการแก้ไข

ในบทนี้กล่าวถึงการวิเคราะห์ปัญหาของกระบวนการผสมสี เพื่อให้ทราบสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องขึ้นในกระบวนการผสมสีโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (Fault Tree Analysis) หรือ FTA การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis) หรือ FMEA โดยแสดงขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุมีรายละเอียดดังนี้

5.1 การจัดตั้งทีมงาน

ทางโรงงานได้มีการจัดตั้งทีมงาน โดยคัดเลือกจากบุคคลากรในโรงงานที่มีความชำนาญการ และประสบการณ์ในกระบวนการผสมสี อย่างน้อย 3 ปีขึ้นไป เพื่อร่วมการวิเคราะห์ปัญหาและดำเนินการแก้ไขข้อบกพร่องในกระบวนการผสมสี ซึ่งประกอบด้วยบุคลากร ดังนี้

1) หัวหน้าแผนกผลิต จำนวน 1 คน
2) หัวหน้าแผนกควบคุมคุณภาพ จำนวน 1 คน
3) หัวหน้างานวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ จำนวน 1 คน
4) หัวหน้ากะการผลิต จำนวน 2 คน
5) พนักงานปรับแต่งสี จำนวน 1 คน

5.2 การกำหนดขอบเขตการวิเคราะห์กระบวนการ

การกำหนดขอบเขตการวิเคราะห์กระบวนการเพื่อให้ทราบขอบเขตที่ชัดเจนในการวิเคราะห์ปัญหาการเกิดข้อบกพร่องในกระบวนการผสมสี จากรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่ากระบวนการผสมสี ประกอบด้วย 1) กระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง 2) กระบวนการผสมสีด้วยเครื่องจักรในการผลิต ซึ่งในแต่ละกระบวนการจะประกอบด้วยกระบวนการย่อยๆ ดังรูปที่ 4.3 และ 4.4 ซึ่งสามารถสรุปกระบวนการย่อยของกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง และกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องจักรในการผลิตดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบกระบวนการย่อยของกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง และกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องจักรในการผลิต

กระบวนการย่อยของกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง	กระบวนการย่อยของกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องจักรในการผลิต
1) การผสมวัตถุดิบ 2) การฉีดด้วยเครื่องฉีดขนาดเล็ก 3) การบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า 4) การเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง 5) การวัดสี	1) การผสมวัตถุดิบ 2) การฉีด 3) การบด 4) การเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง 5) การวัดสี

จากตารางที่ 5.1 จะเห็นได้ว่าในกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง และกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องจักรในการผลิต จะมีกระบวนการย่อยๆ ที่เหมือนกันได้แก่ กระบวนการผสมวัตถุดิบ กระบวนการเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง และกระบวนการวัดสี ทางทีมงานจึงได้กำหนดการวิเคราะห์ร่วมกัน ดังนั้นจึงได้กำหนดขอบเขตการวิเคราะห์กระบวนการผสมสี และผู้รับผิดชอบในแต่ละกระบวนการ โดยแบ่งเป็นกระบวนการย่อยๆ 7 กระบวนการ ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ขอบเขตของการวิเคราะห์กระบวนการผสมสี และผู้รับผิดชอบแต่ละกระบวนการย่อย

กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ
1) การผสมวัตถุดิบ	แผนกผลิต
2) การฉีดด้วยเครื่องฉีดขนาดเล็ก	แผนกผลิต
3) การบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า	แผนกควบคุมคุณภาพ
4) การเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง	แผนกควบคุมคุณภาพ
5) การวัดสี	แผนกผลิตและแผนกควบคุมคุณภาพ
6) การฉีด	แผนกผลิต
7) การบด	แผนกผลิต

จากตารางที่ 5.2 ทางทีมงานได้ร่วมกันระดมสมองเพื่อวิเคราะห์จุดบกพร่องของแต่ละกระบวนการย่อยดังนี้

ตารางที่ 5.3 ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการย่อย

กระบวนการย่อย	ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น
1) กระบวนการผสมวัตถุดิบ	ส่วนผสมไม่ถูกต้องตามสูตร ส่วนผสมไม่เข้ากัน สีปนเปื้อน -ปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า -ปนเปื้อนน้ำมัน -ปนเปื้อนจากวัตถุดิบ
2) กระบวนการฉีดด้วยเครื่องฉีดขนาดเล็ก	สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า
3) กระบวนการบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า	สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า
4) กระบวนการเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง	แผ่นสีตัวอย่างไม่ได้มาตรฐาน - ความหนาของฟิล์มสีไม่ได้ตามกำหนด - สีเพี้ยนจากการอบไม่ได้ตามกำหนด การใช้แผ่นเหล็กไม่ได้มาตรฐาน - สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า
5) กระบวนการวัดสี	ค่าสีแตกต่างจากมาตรฐาน
6) กระบวนการฉีด	สีละลายไม่เข้ากัน สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า
7) กระบวนการบด	สีปนปื้อนสีผลิตก่อนหน้า

จากตารางที่ 5.3 ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการย่อยของกระบวนการผสมสี ซึ่งการเกิดข้อบกพร่องในกระบวนการย่อยนี้จะส่งผลต่อคุณภาพสุดท้ายของสีที่ได้เตรียมเป็นแผ่นสีตัวอย่าง โดยในการวิเคราะห์นี้จะเริ่มพิจารณาจากข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นสุดท้ายหลังจากได้เป็นแผ่นสีตัวอย่าง โดยมีข้อบกพร่องหลัก ได้แก่ เฉดสีเพี้ยน การปนเปื้อนเฉดสีอื่น นอกจากนี้ยังรวมถึงข้อบกพร่องอื่นๆ ที่ทางทีมงานมีความสนใจที่จะวิเคราะห์ร่วมด้วย ได้แก่ สีเป็นสะเก็ด สีเป็นฝ้า สีเป็นเม็ด สีเป็นหลุม หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ถึงข้อบกพร่องในแต่ละกระบวนการย่อยที่ส่งผลต่อข้อบกพร่องสุดท้ายจนได้เป็นสาเหตุหลักที่จะนำไปกำหนดการดำเนินการแก้ไข

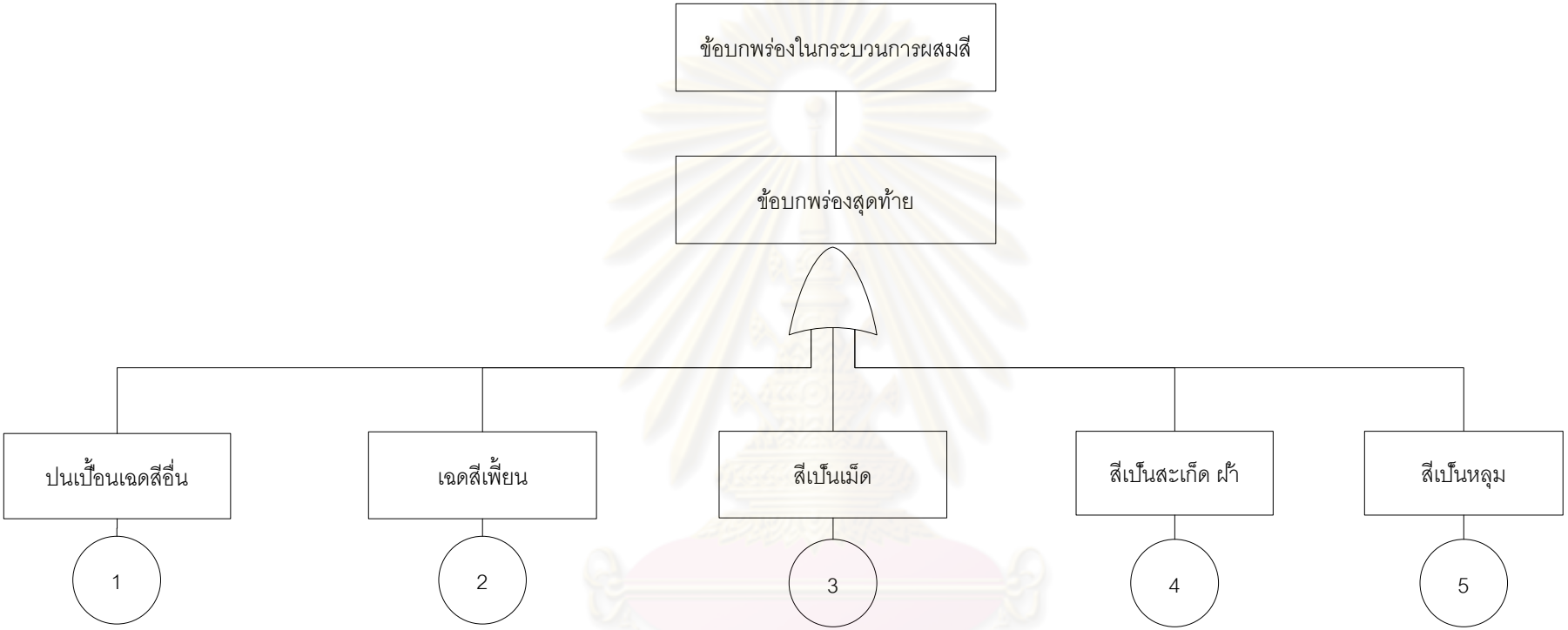
5.3 การวิเคราะห์หาสาเหตุในกระบวนการผสมสี

ในที่นี้ได้เลือกการวิเคราะห์สาเหตุโดยใช้การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (Fault Tree Analysis, FTA) เพื่อทำการแตกสาเหตุหลักออกเป็นสาเหตุย่อยๆ ซึ่งนำไปสู่การวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา โดยข้อบกพร่องหลักที่พบในกระบวนการผสมสี มีสาเหตุเกิดขึ้นจากกระบวนการที่ผ่านมา แต่ข้อบกพร่องจะพบได้ก็ต่อเมื่อได้มีการเตรียมเป็นแผ่นสีตัวอย่างเพื่อใช้ในการตรวจสอบ ถือเป็นข้อบกพร่องสุดท้ายที่มาจากสาเหตุจากกระบวนการย่อยที่ผ่านมา และสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องหนึ่งจะสามารถเกิดได้ในอีกข้อบกพร่องหนึ่งด้วย ซึ่งเป็นสาเหตุที่มีความสัมพันธ์กัน จึงพิจารณาว่าเป็นสาเหตุที่ซับซ้อน เนื่องจากมีความสัมพันธ์กันในแต่ละสาเหตุ จึงนำ FTA มาช่วยในการวิเคราะห์ นอกจากนี้ยังได้นำการวิเคราะห์ลักษณะความบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analyis, FMEA) เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ และการประเมินสาเหตุ และคัดเลือกสาเหตุเพื่อนำมากำหนดแนวทางแก้ไข

5.3.1 การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (Fault Tree Analysis, FTA)

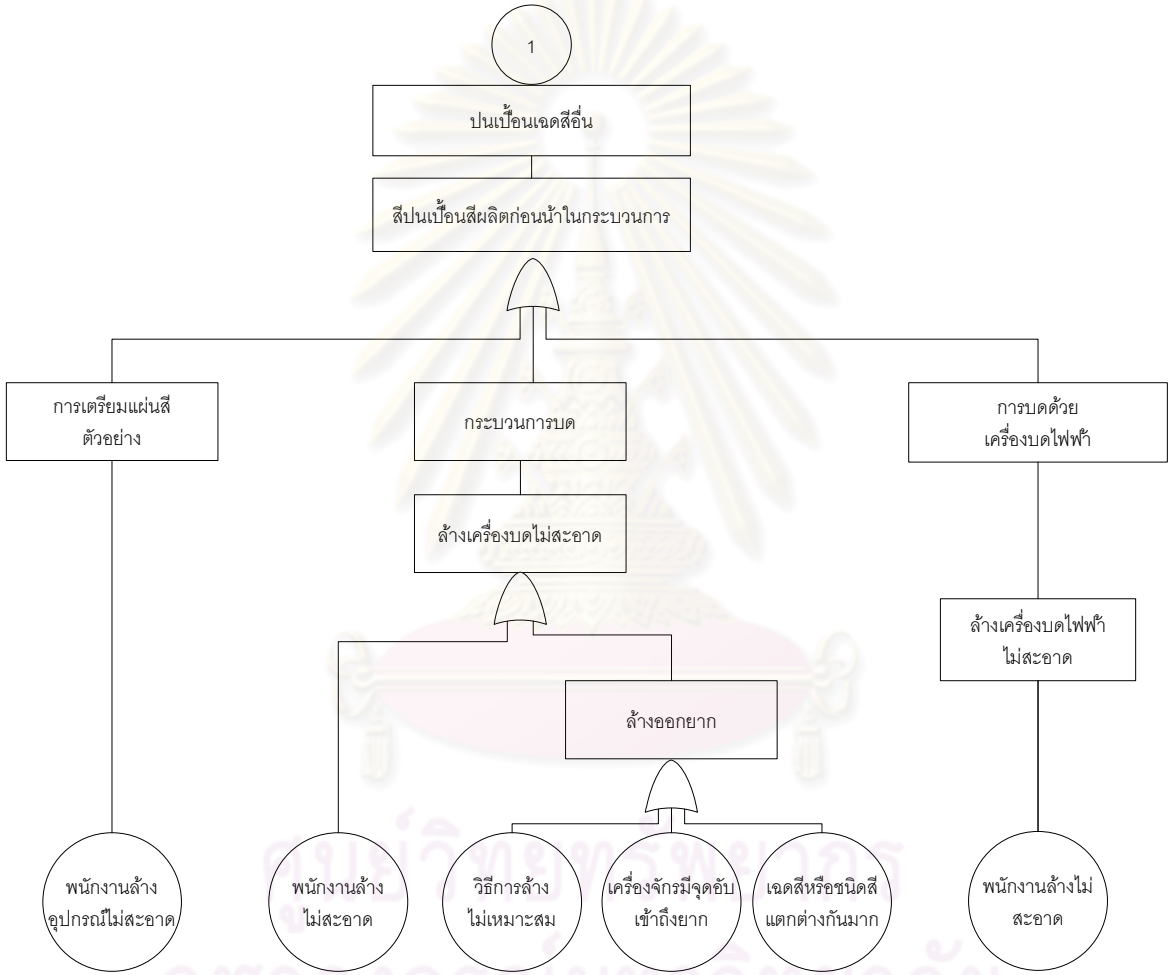
ขั้นตอนในการวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง ดังนี้

1) ทีมงานร่วมกันกำหนดหัวข้อในการวิเคราะห์ปัญหา โดยพิจารณาจากข้อบกพร่องสุดท้ายที่เกิดในกระบวนการผสมสี ได้แก่ เฉดสีเพี้ยน ปนเปื้อนเฉดสีอื่น ซึ่งเป็นข้อบกพร่องหลัก รวมถึงข้อบกพร่องอื่นๆ ที่ทีมงานสนใจ ได้แก่ สีเป็นสะเก็ด สีเป็นฝ้า สีเป็นเม็ด สีเป็นหลุม
2) ทีมงานระดมสมองเพื่อร่วมกันวิเคราะห์ปัญหา โดยให้แต่ละคนระบุสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องในกระบวนการผสมสี
3) ทำการจัดกลุ่มสาเหตุตามกระบวนการย่อย และเชื่อมโยงแต่ละสาเหตุเพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริง โดยนำข้อบกพร่องสุดท้ายมาไว้ระดับบนสุด และเชื่อมโยงสาเหตุและผลจากบนลงล่าง โดยที่เหตุการณ์ที่อยู่บนจะเป็นผล และเหตุการณ์ที่อยู่ล่างจะเป็นเหตุโดยใช้สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง ซึ่งสามารถแสดงการวิเคราะห์แขนงความบกพร่องดังรูปที่ 5.1



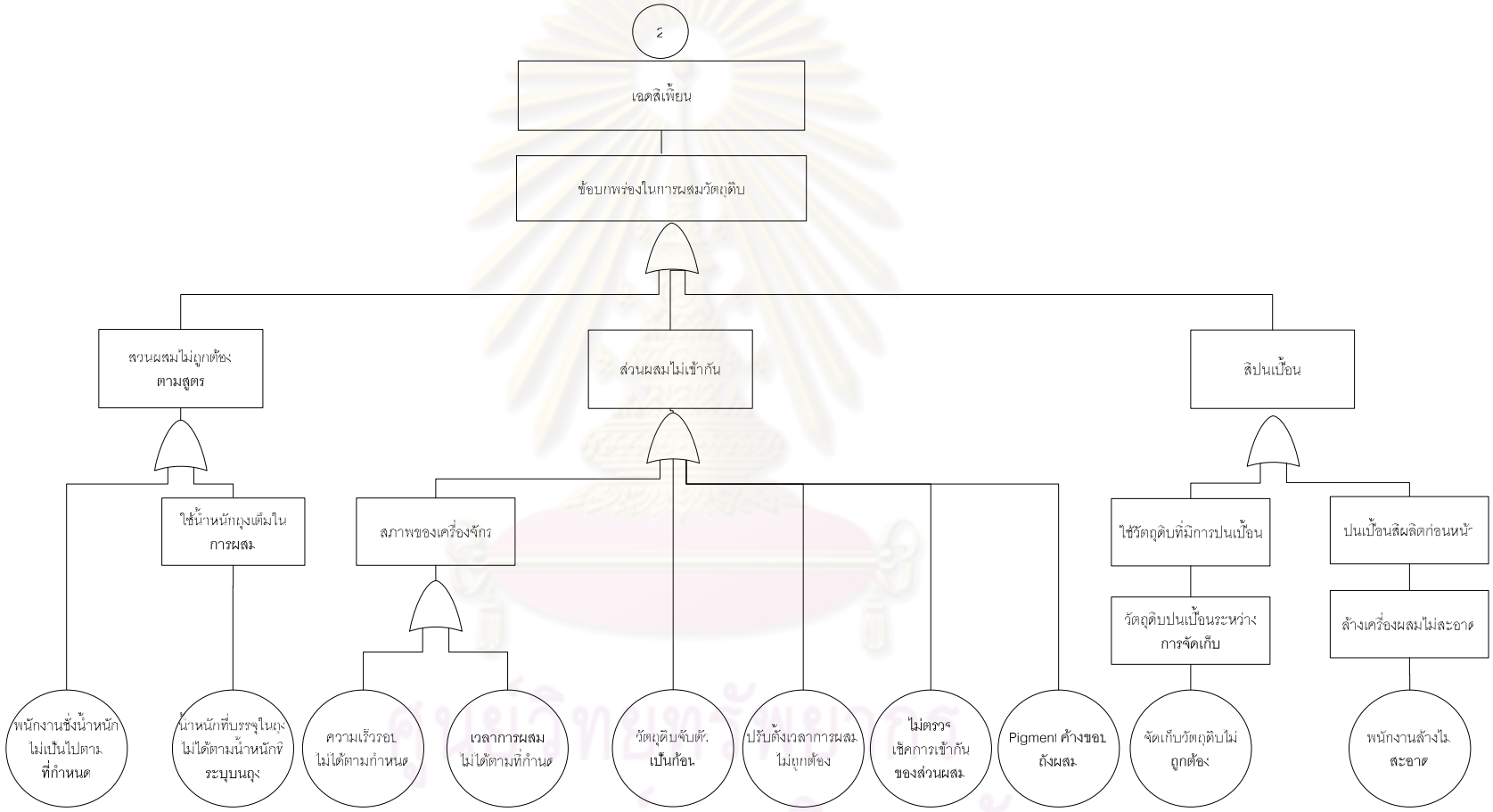
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5.1 การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง

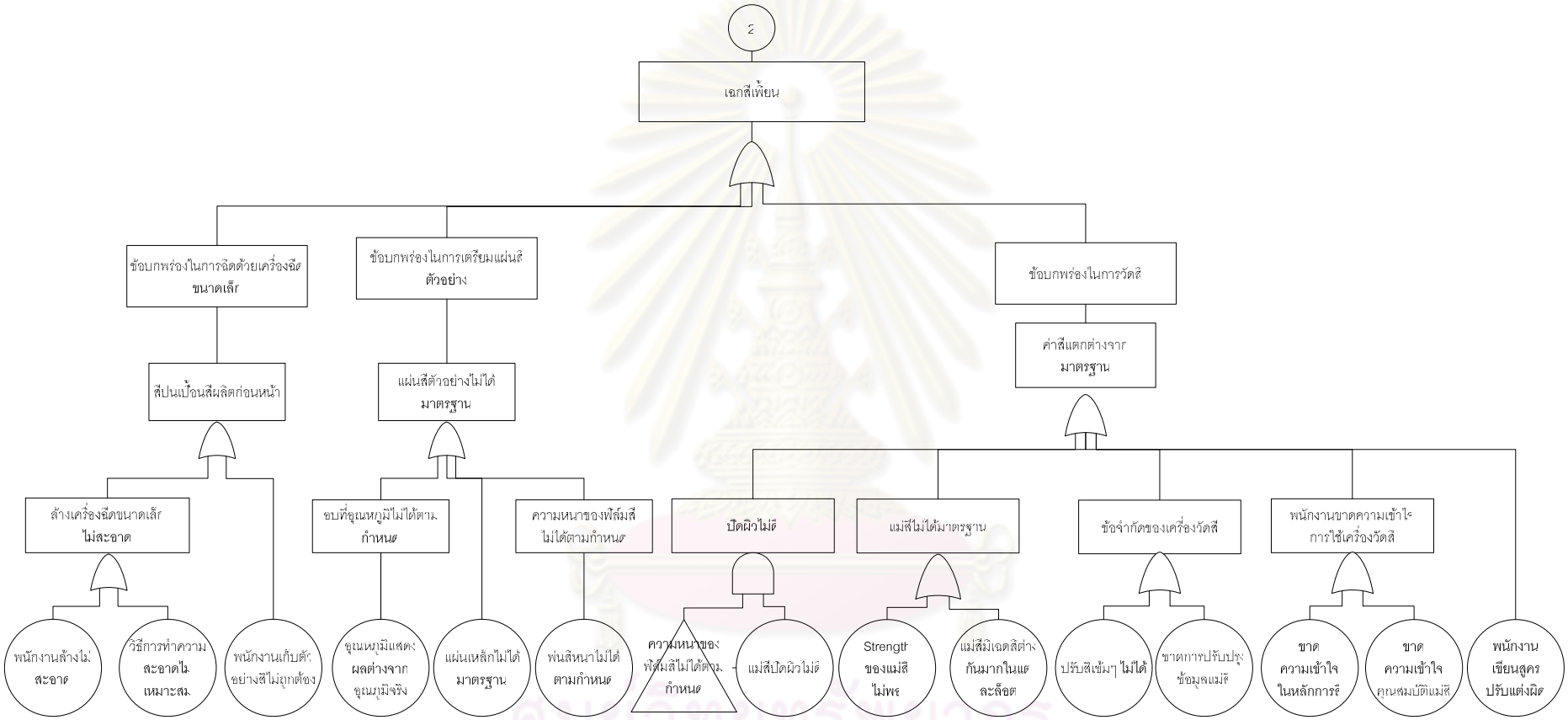


รูปที่ 5.1 การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

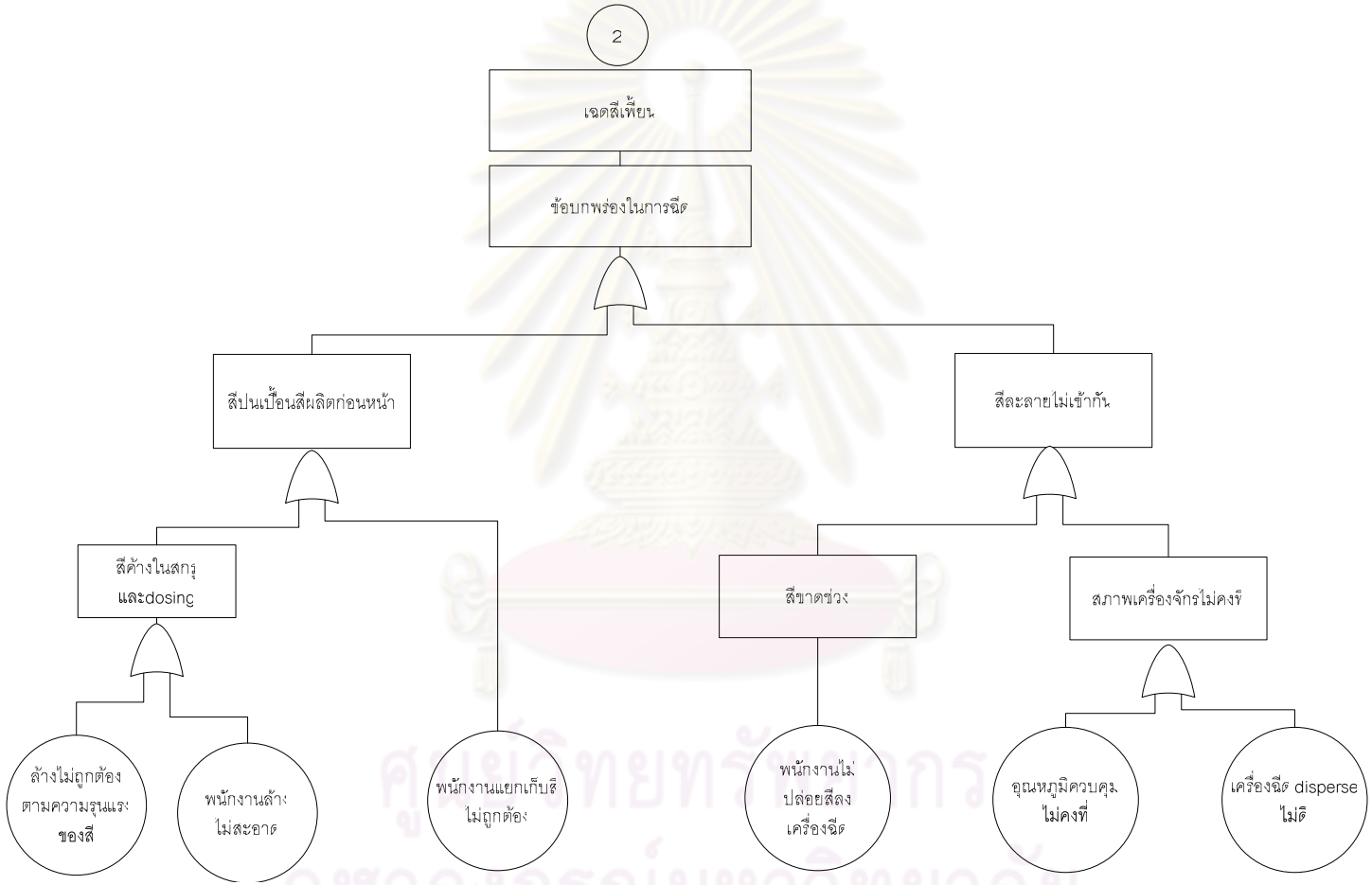


รูปที่ 5.1 การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (ต่อ)



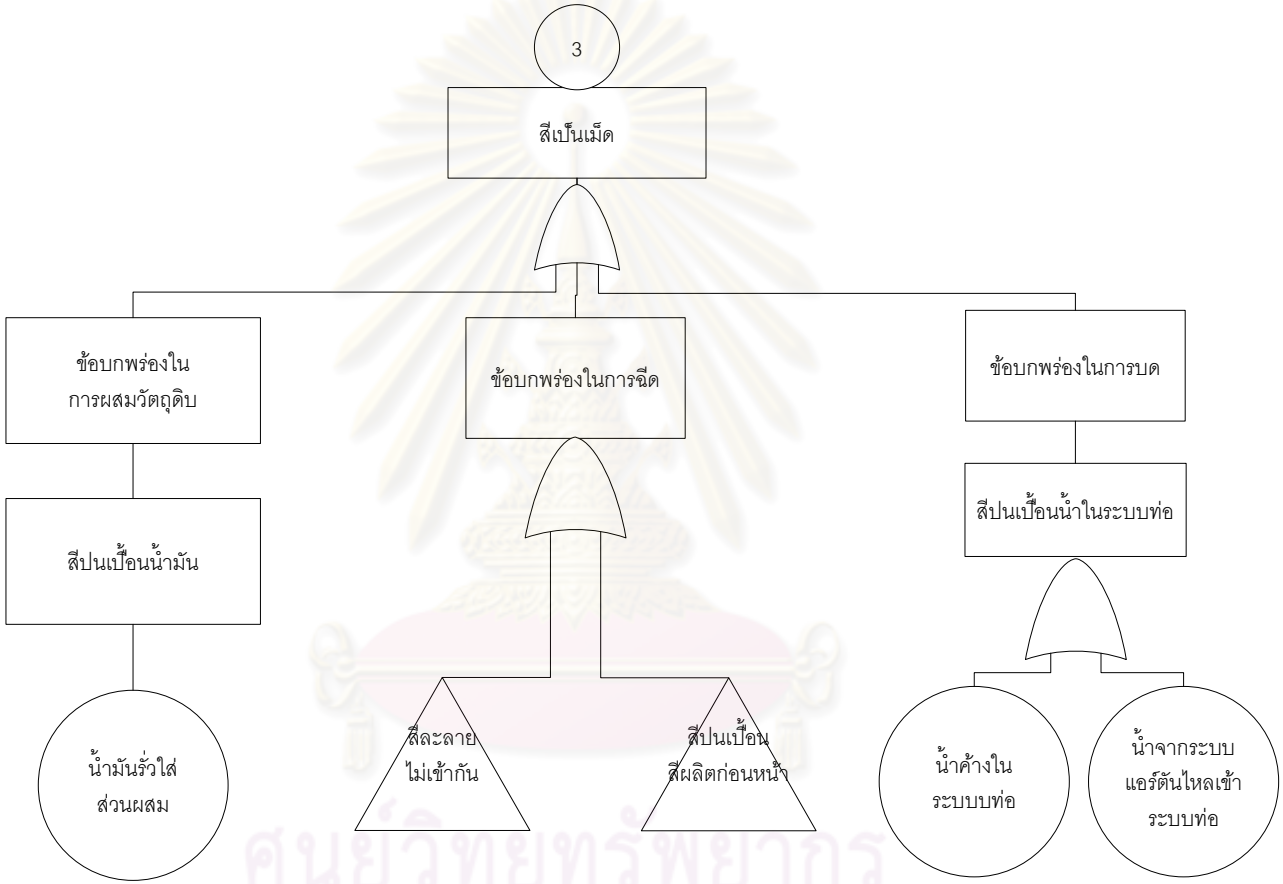
รูปที่ 5.1 การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



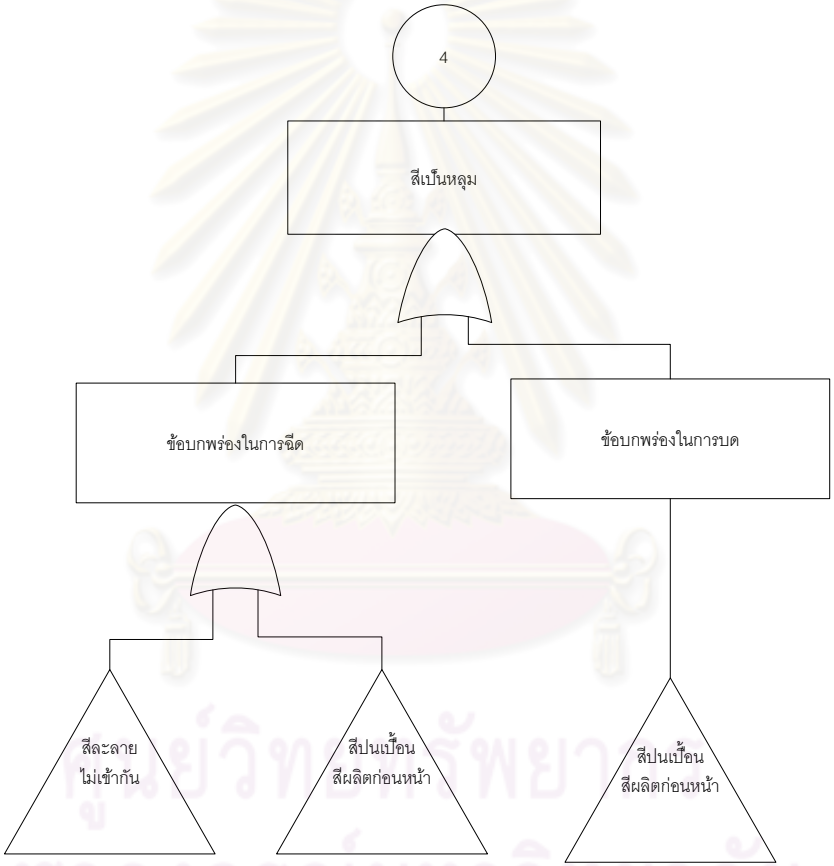
รูปที่ 5.1 การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

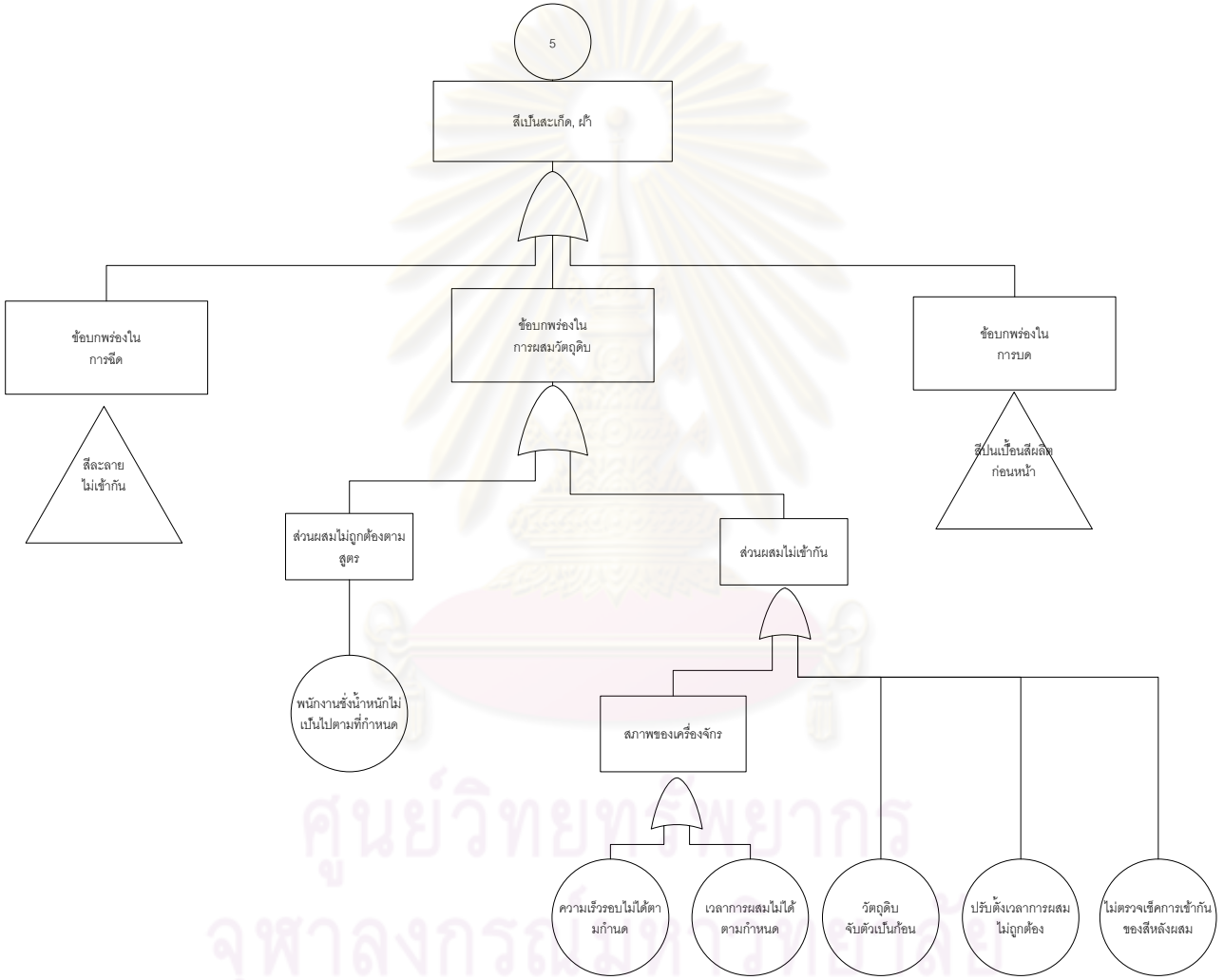


รูปที่ 5.1 การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.1 การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (ต่อ)



รูปที่ 5.1 การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (ต่อ)

ตารางที่ 5.4 สรุปข้อบกพร่องแต่ละกระบวนการย่อยที่ส่งผลต่อข้อบกพร่องสุดท้ายของกระบวนการผสมสี

ประเภทของข้อบกพร่องสุดท้าย	ประเภทข้อบกพร่องที่พบในแต่ละกระบวนการย่อย	กระบวนการย่อยที่พบข้อบกพร่อง
ปนเปื้อนเฉดสีอื่น	สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า	การบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า การเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง การบด
เฉดสีเพี้ยน	ส่วนผสมไม่ถูกต้องตามสูตร ส่วนผสมไม่เข้ากัน สีปนเปื้อนจากวัตถุดิบที่มีการปนเปื้อน	การผสมวัตถุดิบ
	สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า	การผสมวัตถุดิบ การฉีดด้วยเครื่องฉีดขนาดเล็ก การฉีด
	สีละลายไม่เข้ากัน	การฉีด
	แผ่นสีตัวอย่างไม่ได้มาตรฐาน - ความหนาของฟิล์มสีไม่ได้ตามกำหนด - สีเพี้ยนจากการอบไม่ได้ตามกำหนด การใช้แผ่นเหล็กไม่ได้มาตรฐาน - สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า	การเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง
	ค่าสีแตกต่างจากมาตรฐาน	การวัดสี
สีเป็นเม็ด	สีปนเปื้อนน้ำมัน	การผสมวัตถุดิบ
	สีละลายไม่เข้ากัน	การฉีด
	สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า	การฉีด
	สีปนเปื้อนน้ำในระบบท่อ	การบด
สีเป็นหลุม	สีละลายไม่เข้ากัน	การฉีด
	สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า	การฉีด
	สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า	การบด
สีเกิดสะเก็ด ฝ้า	สีละลายไม่เข้ากัน	การฉีด
	ส่วนผสมไม่ถูกต้องตามสูตร	การผสมวัตถุดิบ
	ส่วนผสมไม่เข้ากัน	การผสมวัตถุดิบ
	สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า	การบด

ตารางที่ 5.5 สรุปสาเหตุที่ส่งผลต่อข้อบกพร่องแต่ละกระบวนการย่อยของกระบวนการผสมสี

กระบวนการย่อย	ประเภทข้อบกพร่องที่พบในแต่ละกระบวนการย่อย	สาเหตุหลัก
การผสมวัตถุดิบ	ส่วนผสมไม่ถูกต้องตามสูตร	พนักงานชั่งน้ำหนักไม่เป็นไปตามที่กำหนด น้ำหนักที่บรรจุในถุงไม่ได้ตามน้ำหนักที่ระบุบนถุง
	ส่วนผสมไม่เข้ากัน	ความเร็วรอบไม่ได้ตามกำหนด เวลาการผสมไม่ได้ตามกำหนด วัตถุดิบจับตัวเป็นก้อน ไม่ตรวจเช็คการเข้ากันของส่วนผสม Pigment ค้างขอบถังผสม ปรับตั้งเวลาการผสมไม่ถูกต้อง
	สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า	พนักงานล้างเครื่องผสมไม่สะอาด
	สีปนเปื้อนจากวัตถุดิบที่มีการปนเปื้อน	จัดเก็บวัตถุดิบไม่ถูกต้อง
	สีปนเปื้อนน้ำมัน	น้ำมันรั่วใส่ส่วนผสม
การฉีดด้วยเครื่องฉีดขนาดเล็ก	สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า	พนักงานล้างเครื่องฉีดขนาดเล็กไม่สะอาด วิธีการทำความสะอาดไม่เหมาะสม พนักงานเก็บตัวอย่างสีไม่ถูกต้อง
การบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า	สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า	พนักงานล้างเครื่องบดไฟฟ้าไม่สะอาด
การเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง	แผ่นสีตัวอย่างไม่ได้มาตรฐาน - สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า - สีเพี้ยนจากการอบไม่ได้ตามกำหนด การใช้แผ่นเหล็กไม่ได้มาตรฐาน - ความหนาของฟิล์มสีไม่ได้ตามกำหนด	พนักงานล้างอุปกรณ์ไม่สะอาด อุณหภูมิตู้อบแสดงผลต่างจากอุณภูมิจริง แผ่นเหล็กไม่ได้มาตรฐาน พ่นสีหนาไม่ได้ตามกำหนด
การวัดสี	ค่าสีแตกต่างจากมาตรฐาน	แม่สีปิดผิวไม่ดี Strength ของแม่สีไม่พอ แม่สีเฉดสีแตกต่างกันมากในแต่ละล็อต เครื่องวัดสีปรับสีเข้มๆ ไม่ได้ เครื่องวัดสีขาดการปรับปรุงข้อมูลแม่สี พนักงานขาดความเข้าใจในหลักการสี พนักงานขาดความเข้าใจในคุณสมบัติแม่สี พนักงานเขียนสูตรปรับแต่งสีผิด

ตารางที่ 5.5 สรุปสาเหตุที่ส่งผลต่อข้อบกพร่องแต่ละกระบวนการย่อยของกระบวนการผสมสี (ต่อ)

กระบวนการย่อย	ประเภทข้อบกพร่องที่พบในแต่ละกระบวนการย่อย	สาเหตุหลัก
การฉีด	สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า	ล้างไม่ถูกต้องตามความรุนแรงของสี พนักงานล้างเครื่องฉีดไม่สะอาด พนักงานแยกเก็บสีไม่ถูกต้อง
	สีละลายไม่เข้ากัน	พนักงานไม่ปล่อยสีลงเครื่องฉีด อุณหภูมิควบคุมไม่คงที่ เครื่องฉีด disperse ไม่ดี
การบด	สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า	พนักงานล้างเครื่องบดไม่สะอาด วิธีการล้างไม่เหมาะสม ล้างออกยากเนื่องจาก - เครื่องจักรมีจุดอับเข้าถึงยาก - เฉดสีหรือชนิดสีแตกต่างกันมาก
	สีปนเปื้อนน้ำในระบบท่อ	น้ำค้างในระบบท่อ น้ำจากระบบแอร์ตันไหลเข้าระบบท่อ

หลังจากได้สาเหตุจากการวิเคราะห์ด้วยแขนงความบกพร่อง จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์โดยใช้การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบของกระบวนการ หรือ PFMEA มาใช้ดังนี้

5.3.2 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบของกระบวนการ

การนำ PFMEA มาใช้เพื่อทำให้ทราบจุดบกพร่องต่างๆ และผลกระทบที่เกิดจากข้อบกพร่องของแต่ละกระบวนการ และประเมินคะแนน 3 ปัจจัยด้วยกัน คือ

1) ความรุนแรงของลักษณะข้อบกพร่อง (Severity: S)

2) โอกาสในการเกิดสาเหตุ (Occurrence: O)

3) ความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง (Detection: D)

ทั้งนี้การใช้เกณฑ์พิจารณาระดับความรุนแรงของของข้อบกพร่อง โอกาสในการเกิดสาเหตุและความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องตามเกณฑ์ของ Chrysler Corporation, Ford Motor Company and General Motors Corporation (2008) ไม่เหมาะสมกับสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น เพราะผลิตภัณฑ์สีผงมีความแตกต่างจากชิ้นส่วนยานยนต์ จึงได้ประชุมเพื่อกำหนดระดับคะแนนในการประเมินใหม่ โดยทำการจัดประชุมร่วมกันในการจัดทำเกณฑ์ประเมินสำหรับการหา

ค่าความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number, RPN) ให้เหมาะสมตามสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นของโรงงานกรณีศึกษา โดยจัดแบ่งช่วงเกณฑ์ตั้งแต่ 1-5 ระดับ เพื่อให้ง่ายต่อการตัดสินใจในการลงคะแนนโดยอาศัยข้อมูลจากการประเมินโดยใช้ผู้ชำนาญการ (ธารชุดา อมรเพชรกุล, 2546) โดยการกำหนดระดับความรุนแรงได้กำหนดให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์และกระบวนการของโรงงาน (Stamatic, 1995) สำหรับการปรับปรุงกระบวนการผสมสีในครั้งนี้ทางโรงงานคาดหวังว่าโอกาสเกิดในการเกิดข้อบกพร่องของสาเหตุควรมีไม่เกิน 50 เปอร์เซ็นต์ของใบสั่งผลิตทั้งหมด ทางทีมงานจึงได้จัดให้ระดับสูงที่สุดมีโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในระดับอื่น ๆ ก็ไล่ลงมาตามลำดับ และแบ่งระดับให้เหมาะสมเพื่อให้สามารถประเมินคะแนนได้แตกต่างกัน ดังตารางที่ 5.6 ถึง 5.8

ตารางที่ 5.6 การกำหนดระดับคะแนนความรุนแรงของลักษณะข้อบกพร่อง

ผล	ระดับความรุนแรงของลักษณะข้อบกพร่อง	คะแนน
สูงมาก	มีผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์มาก ทำให้เกิดของเสีย ไม่สามารถนำกลับมาแก้ไขได้	5
สูง	มีผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์มาก สามารถนำกลับมาแก้ไขได้ และใช้ระยะเวลานานในการแก้ไข	4
ปานกลาง	มีผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์มาก สามารถนำกลับมาแก้ไขได้ทันที ใช้ระยะเวลาไม่นานในการแก้ไข	3
ต่ำ	มีผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์เล็กน้อย สามารถยอมรับได้ โดยไม่ต้องทำการแก้ไข	2
ต่ำมาก	ไม่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์และประสิทธิภาพของกระบวนการ	1

ตารางที่ 5.7 การกำหนดระดับคะแนนโอกาสการเกิดสาเหตุ

ผล	โอกาสเกิดการเกิดสาเหตุ	คะแนน
สูงมาก	เกิดขึ้นมากกว่า 50% ขึ้นไป ของใบสั่งผลิตทั้งหมด	5
สูง	เกิดขึ้น 31-50% ของใบสั่งผลิตทั้งหมด	4
ปานกลาง	เกิดขึ้น11-30% ของใบสั่งผลิตทั้งหมด	3
ต่ำ	เกิดขึ้น 1-10% ของใบสั่งผลิตทั้งหมด	2
ต่ำมาก	เกิดขึ้นน้อยกว่า 1% ของใบสั่งผลิตทั้งหมด	1

ตารางที่ 5.8 การกำหนดระดับคะแนนความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง

ผล	ความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง	คะแนน
สูงมาก	ไม่มีการควบคุมกระบวนการ ไม่สามารถตรวจพบความผิดปกติที่เกิดขึ้นได้	5
สูง	มีการควบคุมการตรวจติดตาม แต่ไม่สามารถตรวจพบความล้มเหลวที่จะเกิดขึ้นได้	4
ปานกลาง	พนักงานสามารถตรวจพบความล้มเหลวได้ ด้วยการใช้สายตา/สัมผัส หรือคุณสมบัติผ่านไม่ผ่าน	3
ต่ำ	ตรวจพบความล้มเหลวได้โดยอัตโนมัติและสามารถควบคุมไม่ให้ผ่านไปยังกระบวนการถัดไปอย่างอัตโนมัติ	2
ต่ำมาก	ทราบและป้องกันความล้มเหลวตั้งแต่กระบวนการออกแบบ หรือตั้งแต่ก่อนเริ่มกระบวนการทำงาน	1

หลังจากที่ได้เกณฑ์การประเมินระดับคะแนนความรุนแรงของของลักษณะข้อบกพร่อง โอกาสในการเกิดสาเหตุ และความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องดังตารางที่ 5.4 ถึง 5.6 แล้ว จากนั้นให้ผู้ชำนาญการร่วมกันพิจารณาถึงลักษณะข้อบกพร่องแต่ละรายการ ได้แก่ ความต้องการของลูกค้า แนวโน้มของข้อบกพร่อง แนวโน้มผลกระทบของข้อบกพร่อง แนวโน้มสาเหตุของข้อบกพร่อง และการควบคุมข้อบกพร่องในปัจจุบัน จากนั้นร่วมกันทำการประเมินความรุนแรง (Severity : S) จากผลกระทบที่พิจารณา โอกาสการเกิดของสาเหตุ (Occurrence : O) ที่จะเกิดขึ้น และความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง (Detection: D) ของระบบโดยอาศัยข้อมูลอาศัยจากประสบการณ์และความรู้สึกจากผู้มีประสบการณ์ (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2551) จากนั้นนำคะแนนค่า S, O และ D ที่ได้มาคำนวณเป็นค่าคะแนนความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number: RPN) โดยใช้สูตรการคำนวณดังสมการที่ 5.1

$$RPN = S \times O \times D \qquad (5.1)$$

5.3.2.1 การประเมินระดับความรุนแรง (Severity: S) **โอกาสในการเกิดสาเหตุ** (Occurrence :O) **และความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง** (Detection: D) **ของแต่ละกระบวนการ**

ในที่นี้โดยทำการจัดประชุมกลุ่มร่วมกันระหว่างทีมงานซึ่งประกอบด้วย หัวหน้าแผนกผลิต หัวหน้าแผนกควบคุมคุณภาพ หัวหน้างานวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ หัวหน้ากะการผลิต และพนักงานปรับแต่งสี ซึ่งมีประสบการณ์ทำงานตั้งแต่ 3 ถึง 15 ปี เพื่อทำการประเมินระดับความรุนแรง (Severity: S) โอกาสในการเกิดสาเหตุ (Occurrence :O) และความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง (Detection: D) ของแต่ละกระบวนการ ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

1) การกำหนดระดับความรุนแรงของข้อบกพร่อง (Severity: S)

1.1) กระบวนการผสมวัตถุดิบ

- ส่วนผสมไม่ถูกต้องตามสูตร

จากข้อบกพร่องดังกล่าว ทำให้เกิดข้อบกพร่องสุดท้ายซึ่งขึ้นอยู่กับส่วนผสมที่ผสมผิด โดยข้อบกพร่องที่พบ ไม่ว่าจะเป็น เฉดสีเพี้ยน สีเป็นสะเก็ด สีเป็นฝ้า การดำเนินการแก้ไขโดยทำการผสมวัตถุดิบและเตรียมเป็นแผ่นสีตัวอย่างเพื่อใช้ในการตรวจสอบใหม่ ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ส่วนข้อบกพร่องจากส่วนผสมที่ไม่ถูกต้องตามสูตรนั้น แบ่งการพิจารณาได้ 2 กรณี คือ

1) ถ้าจำนวนส่วนผสมผิดพลาดจากสูตรไม่มาก จะนำส่วนผสมไปทำการ rework ระหว่างการผลิตได้ ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยพิจารณาค่า S ที่ระดับ 3

2) ถ้าจำนวนส่วนผสมผิดพลาดจากสูตรมาก ซึ่งจะไม่สามารถนำมา rework ได้ ซึ่งต้องกลายเป็นของเสียที่เกิดขึ้นในการผลิต โดยพิจารณาค่า S ที่ระดับ 5

สำหรับสาเหตุพนักงานชั่งน้ำหนักไม่ได้ตามกำหนด จากประสบการณ์ที่ผ่านมา พบว่า มีพนักงานชั่งน้ำหนักไม่ได้ตามกำหนด จนทำให้เกิดของเสียซึ่งไม่สามารถที่จะนำมา rework ได้ ผู้ชำนาญการจึงประเมินค่า S ที่ระดับ 5 สำหรับสาเหตุนี้ และสาเหตุน้ำหนักที่บรรจุในถุงไม่ได้ตามน้ำหนักที่ระบุบนถุง เนื่องจากที่ผ่านมาปัญหาน้ำหนักที่อยู่ในถุงมีการเบี่ยงเบนไปจากที่ระบุบนถุง แต่ไม่ถึงขั้นที่ทำให้เกิดของเสียในการผลิต ผู้ชำนาญการจึงประเมินค่า S ที่ระดับ 3

- ส่วนผสมไม่เข้ากัน

จากข้อบกพร่องดังกล่าวทำให้เกิดข้อบกพร่องสุดท้าย ไม่ว่าจะเป็น เฉดสีเพี้ยน สีเป็นสะเก็ด สีเป็นฝ้า การดำเนินการแก้ไขสามารถทำได้ทันทีโดยการปั่นส่วนผสมใหม่ให้เข้ากัน และเตรียมแผ่นสีตัวอย่างเพื่อใช้ในการตรวจสอบใหม่ ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 45 นาที ผู้ชำนาญการจึงประเมินระดับความรุนแรงระดับที่ 3

- สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า, ปนเปื้อนจากการใช้วัตถุดิบที่มีการปนเปื้อน

จากข้อบกพร่องดังกล่าวทำให้เกิดข้อบกพร่องสุดท้าย ได้แก่ เฉดสีเพี้ยน การดำเนินการแก้ไขเบื้องต้นโดยทำการผสมวัตถุดิบและเตรียมเป็นแผ่นสีตัวอย่างเพื่อใช้ในการตรวจสอบใหม่ ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ส่วนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นสามารถแก้ไขได้โดยนำไป rework ระหว่างการผลิต ผู้ชำนาญการจึงประเมินระดับความรุนแรงระดับที่ 3

- สีปนเปื้อนน้ำมัน

จากข้อบกพร่องดังกล่าวทำให้เกิดข้อบกพร่องสุดท้าย ได้แก่ สีเป็นเม็ด การดำเนินการแก้ไขต้องหยุดซ่อมแครื่องจักร และต้องมีการผสมวัตถุดิบและเตรียมเป็นแผ่นสีตัวอย่างเพื่อใช้ในการตรวจสอบใหม่ ซึ่งจะใช้เวลามากกว่า 1 ชั่วโมง ส่วนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นสามารถแก้ไขได้โดยนำไป rework ระหว่างการผลิต ผู้ชำนาญการจึงประเมินระดับความรุนแรงระดับที่ 4

1.2) **กระบวนการฉีดด้วยเครื่องฉีดขนาดเล็ก**

- สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า

จากข้อบกพร่องดังกล่าวทำให้เกิดข้อบกพร่องสุดท้าย ได้แก่ เฉดสีเพี้ยน ผลให้การตรวจสอบผิดพลาด การแก้ไขสามารถทำได้ทันทีโดยใช้ระยะเวลาไม่นาน ผู้ชำนาญการจึงประเมินระดับความรุนแรงระดับที่ 3

1.3) **กระบวนการบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า**

- สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า

จากข้อบกพร่องดังกล่าวทำให้เกิดข้อบกพร่องสุดท้าย ได้แก่ ปนเปื้อนเฉดสีอื่น ผลให้การตรวจสอบผิดพลาด การแก้ไขสามารถทำได้ทันทีโดยใช้ระยะเวลาไม่นาน ผู้ชำนาญการจึงประเมินระดับความรุนแรงระดับที่ 3

1.4) **การเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง**

- แผ่นสีตัวอย่างไม่ได้มาตรฐาน

จากข้อบกพร่องดังกล่าวทำให้เกิดข้อบกพร่องสุดท้าย ได้แก่ เฉดสีเพี้ยน จากการทำแผ่นสีไม่ได้มาตรฐาน ได้แก่ ความหนาของฟิล์มสีไม่ได้ตามกำหนด การอบที่อุณหภูมิไม่ได้ตามกำหนด การใช้แผ่นเหล็กที่ไม่ได้มาตรฐาน และข้อบกพร่องสุดท้าย ได้แก่ การปนเปื้อนเฉดสีอื่น จากสาเหตุการล้างอุปกรณ์ไม่สะอาด ผลให้การตรวจสอบผิดพลาด และแก้ไขงานใหม่ การแก้ไขสามารถทำได้ทันทีโดยใช้ระยะเวลาไม่นาน ผู้ชำนาญการจึงประเมินระดับความรุนแรงระดับที่ 3

1.5) **การวัดสี**

- ค่าสีแตกต่างจากมาตรฐาน

จากข้อบกพร่องดังกล่าวทำให้เกิดข้อบกพร่องสุดท้าย ได้แก่ เฉดสีเพี้ยน และส่งผลให้มีการปรับแต่งสีหลายครั้ง เพื่อให้ได้สีไม่แตกต่างจากมาตรฐาน ซึ่งทำให้สูญเสียเวลาจากการปรับแต่งสีนาน ผู้ชำนาญการจึงประเมินระดับความรุนแรงในระดับที่ 4

1.6) **การฉีด**

- การปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า

จากข้อบกพร่องดังกล่าวทำให้เกิดข้อบกพร่องสุดท้าย ไม่ว่าจะเป็น เฉดสีเพี้ยน สีเป็นเม็ด สีเป็นหลุม สีเป็นสะเก็ด สีเป็นฝ้า การดำเนินการแก้ไขโดยการทำความสะอาดเครื่องฉีดใหม่ และต้องมีการผสมวัตถุดิบ และเตรียมเป็นแผ่นสีตัวอย่างที่จะใช้ในการตรวจสอบใหม่ ซึ่งจะใช้เวลานานประมาณ 2 ชั่วโมงส่วนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นสามารถ rework ในกระบวนการผลิตได้ ผู้ชำนาญการจึงประเมินระดับความรุนแรงในระดับที่ 4

- สีละลายไม่เข้ากัน

จากข้อบกพร่องดังกล่าวทำให้เกิดข้อบกพร่องสุดท้าย ไม่ว่าจะเป็น เฉดสีเพี้ยน สีเป็นสะเก็ด สีเป็นฝ้า สีเป็นเม็ด สีเป็นหลุม การดำเนินการแก้ไขต้องใช้ระยะเวลาในการตรวจสอบสภาพเครื่องจักรและทดลองการผลิต โดยทำการผสมวัตถุดิบ และเตรียมเป็นแผ่นสีตัวอย่างที่จะใช้ในการตรวจสอบใหม่ ซึ่งจะใช้เวลามากกว่า 1 ชั่วโมง ส่วนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นสามารถ rework ในกระบวนการผลิตได้ ผู้ชำนาญการจึงประเมินระดับความรุนแรงในระดับที่ 4

1.7) **การบด**

- สีปนเปื้อนสีก่อนหน้า

จากข้อบกพร่องดังกล่าวทำให้เกิดข้อบกพร่องสุดท้าย ไม่ว่าจะเป็น ปนเปื้อนเฉดสีอื่นสีเป็นสะเก็ด สีเป็นฝ้า สีเป็นหลุม การดำเนินการแก้ไขโดยการทำความสะอาดเครื่องบดใหม่ และต้องมีการผสมวัตถุดิบและเตรียมเป็นแผ่นสีตัวอย่างที่จะใช้ในการตรวจสอบใหม่ ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมงส่วนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นสามารถ rework ในกระบวนการผลิตได้ ผู้ชำนาญการจึงประเมินระดับความรุนแรงในระดับที่ 4

-สีปนเปื้อนน้ำในระบบท่อ

จากข้อบกพร่องดังกล่าวทำให้เกิดข้อบกพร่องสุดท้าย ได้แก่ สีเป็นเม็ด ในการดำเนินการต้องมีการเตรียมระบบความพร้อมของเครื่องจักรใหม่ และต้องมีการผสมวัตถุดิบและเตรียมเป็นแผ่นสีตัวอย่างที่จะใช้ในการตรวจสอบใหม่ ซึ่งจะใช้เวลามากกว่า 1 ชั่วโมงส่วนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นสามารถ rework ในกระบวนการผลิตได้ ผู้ชำนาญการจึงประเมินระดับความรุนแรงในระดับที่ 4

จากผลการประเมินค่าความรุนแรงของผลกระทบของข้อบกพร่องสามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 5.9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.9 สรุปผลการประเมินค่าความรุนแรงของข้อบกพร่อง

Process step	Potential Failure Mode	Potential Cause(s) of Failure Mode	Severity (S)
การผสมวัตถุดิบ	ส่วนผสมไม่ถูกต้องตามสูตร	ทำให้เกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ ไม่ว่าจะเป็น เฉดสีเพี้ยน สีเป็นสะเก็ด สีเป้นฝ้า และไม่สามารถนำมาแก้ไขได้เมื่อส่วนผสมของวัตถุดิบผิดจากสูตรมาก ทำให้เกิดของเสียในการผลิต	5
	ส่วนผสมไม่ถูกต้องตามสูตร	ทำให้เกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เฉดสีเพี้ยน สามารถทำการแก้ไขโดยการผสมวัตถุดิบ และเตรียมแผ่นสีใหม่ โดยใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ส่วนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นสามารถนำไป rework ในการผลิตได้	3
	ส่วนผสมไม่เข้ากัน	ทำให้เกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ ไม่ว่าจะเป็น เฉดสีเพี้ยน สีเป็นสะเก็ด สีเป็นฝ้า สามารถนำกลับมาแก้ไขได้ทันที โดยทำการปั่นผสมใหม่	3
	สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า	ทำให้เกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เฉดสีเพี้ยน สามารถทำการแก้ไขโดยการผสมวัตถุดิบ และเตรียมแผ่นสีใหม่ โดยใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ส่วนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นสามารถนำไป rework ในการผลิตได้	3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.9 สรุปผลการประเมินค่าความรุนแรงของข้อบกพร่อง (ต่อ)

Process step	Potential Failure Mode	Potential Cause(s) of Failure Mode	Severity (S)
กระบวนการผสมวัตถุดิบ	สีปนเปื้อนจากการใช้วัตถุดิบที่มีการปนเปื้อน	ทำให้เกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เฉดสีเพี้ยน สามารถทำการแก้ไขโดยการผสมวัตถุดิบ และเตรียมแผ่นสีใหม่ โดยใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ส่วนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นสามารถนำไป rework ในการผลิตได้	3
	สีปนเปื้อนน้ำมัน	ทำให้เกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ สีเป็นเม็ด สามารถทำการแก้ไขแต่ต้องใช้ระยะเวลาในการตรวจสอบเครื่องจักร และทำการผสมวัตถุดิบใหม่เพื่อเตรียมแผ่นสีตัวอย่างใหม่ โดยใช้เวลามากกว่า 1 ชั่วโมง ส่วนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นสามารถนำไป rework ในการผลิตได้	4
กระบวนการฉีดด้วยเครื่องฉีดขนาดเล็ก	สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า	ทำให้เกิดข้อบกพร่อง ได้แก่ เฉดสีเพี้ยน ทำให้การพิจารณาผลการตรวจสอบผิดพลาด การแก้ไขสามารถทำได้ทันที โดยใช้ระยะเวลาไม่นาน	3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.9 สรุปผลการประเมินค่าความรุนแรงของข้อบกพร่อง (ต่อ)

Process step	Potential Failure Mode	Potential Cause(s) of Failure Mode	Severity (S)
กระบวนการบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า	สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า	ทำให้เกิดข้อบกพร่อง ได้แก่ การปนเปื้อนเฉดสีอื่น ทำให้การพิจารณาผลการตรวจสอบผิดพลาด การแก้ไขสามารถทำได้ทันที โดยใช้ระยะเวลาไม่นาน	3
กระบวนการเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง	แผ่นสีตัวอย่างไม่ได้มาตรฐาน - ฟิล์มสีหนาไม่ได้ตามกำหนด - ปนเปื้อน - สีเพี้ยนจากการอบด้วยอุณหภูมิไม่ได้ตามกำหนด	ทำให้เกิดเฉดสีเพี้ยน ปนเปื้อนเฉดสีอื่น ทำให้การพิจารณาผลการตรวจสอบผิดพลาด การแก้ไขสามารถทำได้ทันที โดยใช้ระยะเวลาไม่นาน	3
การวัดสี	ค่าสีแตกต่างจากมาตรฐาน	ทำให้เกิดข้อบกพร่อง ได้แก่ เฉดสีเพี้ยน ทำให้การพิจารณาผลการตรวจสอบผิดพลาด มีการปรับแต่งสีหลายครั้ง ทำให้เสียเวลาในการปรับแต่งสี	4
การฉีด	สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า	ทำให้เกิดข้อบกพร่อง ไม่ว่าจะเป็น เฉดสีเพี้ยน สีเป็นเม็ด สีเป็นสะเก็ด สีเป็นฝ้า สีเป็นหลุม การแก้ไขเบื้องต้นโดยการทำความสะอาดเครื่องจักรใหม่และเตรียมส่วนผสมเพื่อใช้ในการฉีดใหม่ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เกิดข้อบกพร่องขึ้นสามารถนำไป rework ได้ในกระบวนการผลิต	4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.9 สรุปผลการประเมินค่าความรุนแรงของข้อบกพร่อง (ต่อ)

Process step	Potential Failure Mode	Potential Cause(s) of Failure Mode	Severity (S)
การฉีด	สีละลายไม่เข้ากัน	ทำให้เกิดข้อบกพร่อง ไม่ว่าจะเป็นเฉดสีเพี้ยน สีเป็นเม็ด สีเป็นสะเก็ด สีเป็นฝ้า สีเป็นหลุม การแก้ไขต้องใช้ระยะเวลาตรวจสอบสภาพเครื่องจักร และผสมวัตถุดิบเพื่อทดลองผลิตซึ่งใช้เวลามากกว่า 1 ชั่วโมง ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เกิดข้อบกพร่องขึ้นสามารถนำไป rework ได้ในกระบวนการผลิต	4
การบด	สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า	ทำให้เกิดข้อบกพร่อง ไม่ว่าจะเป็นปนเปื้อนเฉดสีอื่น สีเป็นสะเก็ด สีเป็นฝ้า สีเป็นหลุม การแก้ไขต้องใช้เวลาจากการทำความสะอาดใหม่ และผสมวัตถุดิบใหม่เพื่อทดลองใช้ในการบด ซึ่งใช้เวลามากกว่า 1 ชั่วโมง ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เกิดข้อบกพร่องขึ้นสามารถนำไป rework ได้ในกระบวนการผลิต	4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.9 สรุปผลการประเมินค่าความรุนแรงของข้อบกพร่อง (ต่อ)

Process step	Potential Failure Mode	Potential Cause(s) of Failure Mode	Severity (S)
การบด	สีปนเปื้อนน้ำ	ทำให้เกิดข้อบกพร่อง ได้แก่ สีเป็นเม็ด การแก้ไขต้องใช้เวลาในการเตรียมระบบเครื่องจักรใหม่ และผสมวัตถุดิบใหม่เพื่อทดลองใช้ในการบด ซึ่งใช้เวลามากกว่า 1 ชั่วโมง ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เกิดข้อบกพร่องขึ้นสามารถนำไป rework ได้ในกระบวนการผลิต	4

2) การกำหนดความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง (Detection: D) **และโอกาสในการเกิดสาเหตุ** (Occurance: O)

2.1) กระบวนการผสมวัตถุดิบ

- ส่วนผสมไม่ถูกต้องตามสูตร

จากการพิจารณาการควบคุมในปัจจุบัน พบว่า มีการกำหนดให้พนักงานทำการชั่งน้ำหนักวัตถุดิบตามสูตรโดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนัก และบันทึกผลการตรวจสอบลงในแบบฟอร์ม ยกเว้นการใช้น้ำหนักถุงเต็มในการผสม จะใช้น้ำหนักตามที่ระบุบนถุงในการผสม โดยที่ไม่มีการตรวจสอบน้ำหนักว่าได้ตามที่กำหนดบนถุงหรือไม่

จากสาเหตุพนักงานชั่งน้ำหนักวัตถุดิบไม่ได้ตามที่กำหนด เนื่องจากมีการตรวจสอบด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักจึงประเมินค่า D ที่ระดับ 3 และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O ที่ระดับ 2 เนื่องจากมีการชั่งน้ำหนักก่อนการผสมจึงทำให้มีโอกาสในการเกิดขึ้นในระดับต่ำ

จากสาเหตุน้ำหนักที่บรรจุในถุงไม่ได้ตามน้ำหนักที่ระบุบนถุง เนื่องจากไม่มีการตรวจสอบน้ำหนักถุงเต็มจึงประเมินค่า D ที่ระดับ 5 และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O ที่ระดับ 5 เนื่องจากไม่มีการควบคุมจึงทำให้มีโอกาสการเกิดขึ้นได้สูง

- ส่วนผสมไม่เข้ากัน

จากการพิจารณาการควบคุมในปัจจุบัน พบว่า ค่าควบคุมการทำงานของเครื่องผสม ได้แก่ ความเร็วรอบของเครื่องผสม และเวลาการผสม จะเป็นการปรับตั้งจากระบบควบคุมภายในเครื่องจักร ซึ่งจะต้องทำการปรับตั้งโดยให้แผนกวิศวกรรมเป็นผู้ปรับตั้งเท่านั้น และการควบคุมพารามิเตอร์ให้ได้ตามที่กำหนดก็จะเป็นการทวนสอบโดยใช้เครื่องมือวัดความเร็วรอบของเครื่องผสม และนาฬิกาจับเวลาเพื่อตรวจสอบเวลาการผสมทุก 1 สัปดาห์โดยแผนกวิศวกรรมเช่นกัน ส่วนการตรวจสอบการเข้ากันของส่วนผสม ได้มีการชี้แจงพนักงานให้มีการตรวจสอบการเข้ากันของส่วนผสมโดยใช้แท่งเหล็กแหย่สีลงในถังผสม และตรวจสอบว่าส่วนผสมเข้ากันหรือไม่ โดยการสังเกตด้วยสายตา จากนั้นบันทึกผลการตรวจสอบลงในแบบฟอร์ม

จากสาเหตุความเร็วรอบการผสม เวลาการผสมไม่ได้ตามกำหนดซึ่งมีการควบคุมโดยแผนกวิศวกรรรมตรวจสอบทุก 1 สัปดาห์ และมีการตรวจสอบการไม่เข้ากันของส่วนผสมด้วยสายตาหลังจากการผสมเสร็จ จึงประเมินค่า D ที่ระดับ 3 เนื่องจากสามารถตรวจสอบด้วยสายตา และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O ที่ระดับ 1 สำหรับทั้ง 2 สาเหตุเนื่องจากมีการทวนสอบพารามิเตอร์โดยแผนกวิศวกรรมอยู่เป็นประจำจึงทำให้โอกาสเกิดขึ้นน้อย

จากสาเหตุการปรับตั้งเครื่องผสมไม่ถูกต้อง ซึ่งมีการกำหนดให้แผนกวิศวกรรมทำการปรับตั้งและมีการควบคุมการปรับตั้งด้วยหัวหน้างานก่อนเริ่มทำการผสม ซึ่งมีระดับการควบคุมที่สูงจึงประเมินค่า D ที่ระดับ 2 และโอกาสในการเกิดจึงเกิดขึ้นได้น้อยจึงประเมินค่า O ที่ระดับ 1

จากสาเหตุไม่ตรวจเช็คการเข้ากันของส่วนผสม ซึ่งมีการชี้แจงให้พนักงานมีการตรวจสอบด้วยสายตา และการบันทึกลงในแบบฟอร์ม จึงประเมินค่า D ที่ระดับ 3 แต่ในการทำงานพบปัญหาการไม่ตรวจเช็คการเข้ากันของส่วนผสมอยู่สูงมาก ผู้ชำนาญการจึงประเมินค่า O ที่ระดับ 5

จากสาเหตุ pigment ค้างที่ขอบถังผสม ซึ่งปัจจุบันสามารถตรวจสอบการเข้ากันของส่วนผสมด้วยสายตา จึงประเมินค่า D ที่ระดับ 3 และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O ที่ระดับ 5 เนื่องจากเห็นว่ายังเป็นสาเหตุที่เกิดขึ้นได้สูงมาก

จากสาเหตุวัตถุดิบจับตัวเป็นก้อน พนักงานสามารถตรวจพบระหว่างการผสมวัตถุดิบได้โดยการสังเกตด้วยสายตา จึงประเมินค่า D ที่ระดับ 3 และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O ที่ระดับ 2 เนื่องจากเห็นว่าเป็นสาเหตุที่เกิดขึ้นได้ต่ำ

- สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า

จากการพิจารณาการควบคุมในปัจจุบัน ในการทำความสะอาดเครื่องจักรจะมีมาตรฐานการทำความสะอาด และมีการบันทึกลงในแบบฟอร์มการบันทึกความสะอาด จากสาเหตุที่เกิดขึ้นจากพนักงานล้างเครื่องผสมไม่สะอาด ปัจจุบันมีการควบคุมโดยมีการกำหนดมาตรฐานการทำความสะอาด และพนักงานสามารถตรวจสอบได้ด้วยสายตา จึงประเมินค่า D ที่ระดับ 3 และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O ที่ระดับ 1 เนื่องจากเครื่องจักรสามารถทำความสะอาดและตรวจสอบได้ง่าย จึงทำให้พบปัญหาน้อยมาก

-สีปนเปื้อนจากการใช้วัตถุดิบที่มีการปนเปื้อน

จากการพิจาณาการควบคุมในปัจจุบัน พบว่า ในการจัดเก็บวัตถุดิบจะมีมาตรฐานในการจัดเก็บ เช่น บรรจุภัณฑ์ต้องมีการปิดสนิท เพื่อป้องกันการปนเปื้อน เป็นต้น และนอกจากนี้ยังมีหัวหน้างานคอยตรวจสอบการจัดเก็บวัตถุดิบของพนักงานด้วย จากสาเหตุเกิดขึ้นจากการจัดเก็บวัตถุดิบที่ไม่ถูกต้อง ซึ่งการควบคุมอยู่ในระดับสูง จึงประเมินค่า D ที่ระดับ 2 และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O ที่ระดับ 1 เนื่องจากมีการควบคุมในระดับสูงทำให้โอกาสในการเกิดขึ้นได้น้อย

- สีปนเปื้อนน้ำมัน

จากการพิจารณาการควบคุมในปัจจุบัน พบว่า เครื่องผสมมีแผนการบำรุงรักษา แต่ไม่สามารถตรวจพบความผิดปกติที่เกิดขึ้นได้ก่อนที่จะเกิดน้ำมันรั่วเกิดขึ้น โดยเมื่อเกิดปัญหาน้ำมันรั่วพนักงานสามารถสังเกตเห็นการปนปื้อนน้ำมันได้ด้วยสายตา จากสาเหตุน้ำมันรั่วใส่ส่วนผสม จึงพิจารณาค่า D ที่ระดับ 3 และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O ที่ระดับ 2 เนื่องจากโอกาสที่เครื่องจักรมีการเกิดนำมันรั่วประมาณ 100 ใบสั่ง จะเกิดขึ้นประมาณ 2 ครั้ง

2.2) กระบวนการฉีดด้วยเครื่องฉีดขนาดเล็ก

- สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า

จากการพิจารณาการควบคุมในปัจจุบัน พบว่า มีการกำหนดวิธีการทำความสะอาด และวิธีการเก็บตัวอย่างสี โดยในการทำความสะอาดจะใช้เรซินในการไล่สีก่อนหน้าออกจากเครื่องจนกว่าจะพบว่าไม่มีสีปนเปื้อนเกิดขึ้น จากนั้นจึงจะใส่ส่วนผสมที่ต้องการลงในเครื่องฉีดขนาดเล็กเพื่อหลอมละลายส่วนผสม และทำการแยกเก็บเรซินที่ใช้ล้างสีก่อนหน้าในเครื่องฉีดขนาดเล็กออก โดยจะทำการเก็บตัวอย่างสีที่ต้องการที่จะนำไป

บดด้วยเครื่องบดไฟฟ้าหลังจากที่เครื่องฉีดขนาดเล็กมีการปล่อยสีที่ต้องการออกมาแล้วประมาณ 100 กรัม เนื่องจากเป็นสีที่เป็นช่วงรอยต่อระหว่างเรซินที่ใช้ในการล้างเครื่องฉีดขนาดเล็ก และสีที่ต้องการเก็บตัวอย่างเพื่อป้องกันสีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า ซึ่งจากการควบคุมดังกล่าวสามารถตรวจสอบด้วยสายตาจึงประเมินค่า D ที่ระดับ 3 สำหรับสาเหตุพนักงานล้างเครื่องจักรไม่สะอาด วิธีการทำความสะอาดเครื่องจักรไม่เหมาะสม และวิธีการเก็บตัวอย่างไม่ดี และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O ที่ระดับ 1 เนื่องจากพบปัญหาเกิดขึ้นน้อยมาก

2.3) **กระบวนการบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า**

- สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า

จากการพิจารณากระบวนการในปัจจุบัน พบว่า มีการกำหนดให้พนักงานทำความสะอาดเครื่องบดไฟฟ้าทุกครั้งที่ทำการบดสีใหม่ และพนักงานสามารถตรวจสอบการปนเปื้อนได้โดยใช้สายตาจึงประเมินค่า D ที่ระดับ 3 สำหรับสาเหตุเกิดจากพนักงานทำความสะอาดเครื่องบดไฟฟ้าไม่สะอาด เนื่องจากสามารถตรวจสอบด้วยสายตาได้ และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O ที่ระดับ 5 เนื่องจากยังพบปัญหาเกือบทุกครั้งของใบสั่งผลิต

2.4) **การเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง**

- แผ่นสีตัวอย่างไม่ได้มาตรฐาน

จากสาเหตุพ่นสีหนาไม่ได้ตามกำหนด ซึ่งปัจจุบันมีการควบคุมโดยใช้เครื่องวัดความหนาของฟิล์มสีในการตรวจสอบก่อนส่งมอบไปยังกระบวนการวัดสี จึงประเมินค่า D ที่ระดับ 3 เนื่องจากควบคุมด้วยเครื่องมือวัด และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O ที่ระดับ 3 เนื่องจากยังมีโอกาสในการพบในระดับปานปลาง

จากสาเหตุพนักงานล้างอุปกรณ์ไม่สะอาด ซึ่งปัจจุบันมีการควบคุมโดยให้พนักงานมีการทำความสะอาดอุปกรณ์ทุกครั้งที่มีการเตรียมแผ่นสีใหม่ และพนักงานสามารถตรวจสอบการปนเปื้อนได้โดยใช้สายตาจึงประเมินค่า D ที่ระดับ 3 และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O ที่ระดับ 5 เนื่องจากยังมีโอกาสในการพบเกือบทุกใบสั่งผลิต

จากสาเหตุอุณหภูมิตู้อบแสดงผลต่างจากอุณหภูมิจริง ซึ่งปัจจุบันมีการควบคุมโดยมีการทวนสอบอุณหภูมิของตู้อบทุก 6 เดือน ส่วนการตรวจสอบแผ่นสีตัวอย่างหลังจากออกจากตู้อบนั้นไม่สามารถตรวจพบความผิดปกติได้ จึงประเมินค่า D ที่ระดับ 4 เนื่องจากมีการควบคุมโดยการทวนสอบอุณภูมิของตู้อบ แต่ไม่สามารถตรวจพบความ

ผิดปกติได้ และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O ที่ระดับ 1 เนื่องจากโอกาสในการเกิดขึ้นน้อยมาก

จากสาเหตุแผ่นเหล็กไม่ได้มาตรฐาน ซึ่งปัจจุบันมีการควบคุมโดยให้พนักงานตรวจสอบแผ่นเหล็กก่อนนำมาเตรียมแผ่นสีตัวอย่างจึงประเมินค่า D ที่ระดับ 3 เนื่องจากควบคุมได้ด้วยสายตา และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O ที่ระดับ 1 เนื่องจากมีโอกาสในการเกิดขึ้นน้อยมาก

2.5) **การวัดสี**

- ค่าสีแตกต่างจากมาตรฐาน

จากสาเหตุที่เกี่ยวข้องกับวัตถุดิบ ได้แก่ แม่สีปิดผิวไม่ดี Strength ของแม่สีไม่พอ แม่สีเฉดสีแตกต่างกันมากในแต่ละล็อต ซึ่งปัจจุบันมีการควบคุมโดยการสุ่มตรวจสอบวัตถุดิบ ซึ่งไม่สามารถตรวจพบความผิดปกติที่เกิดขึ้นได้ จึงประเมินค่า D ที่ระดับ 4 สำหรับทุกสาเหตุ และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O สำหรับสาเหตุแม่สีปิดผิวไม่ดีที่ระดับ 2 เนื่องจากจะพบปัญหาเฉพาะแม่สีบางรายการเท่านั้นที่มีคุณสมบัติในการปิดผิวได้ในระดับปานกลาง จากสาเหตุ Strength ของแม่สีไม่พอ ซึ่งเป็นเฉพาะสีบางรายการที่เป็นระดับความเข้มของสีมากเท่านั้น จึงประเมินค่า O ที่ระดับ 1 และสาเหตุแม่สีแตกต่างกันมากในแต่ละล็อต ซึ่งจะพบปัญหาในการเกิดขึ้นเกือบทุกแม่สีที่ใช้ในการผลิตจึงประเมินค่า O ที่ระดับ 5

จากสาเหตุของเครื่องวัดสี ได้แก่ เครื่องวัดสีไม่สามารถปรับสีเข้มๆ ได้ เครื่องวัดสีขาดการปรับปรุงข้อมูลแม่สี ทั้งนี้ด้วยข้อจำกัดของเครื่องวัดสี ซึ่งในปัจจุบันจึงมีการปรับสีตามประสบการณ์ของพนักงานและตรวจสอบสีด้วยสายตา จึงประเมินค่า D ที่ระดับ 3 และค่า O ที่ระดับ 5 เนื่องจากมีโอกาสเกิดความผิดพลาดจากพนักงานได้

จากสาเหตุที่เกียวข้องกับพนักงาน ได้แก่ พนักงานเขียนสูตรปรับแต่งสีผิด ซึ่งสามารถตรวจสอบสีได้โดยใช้เครื่องวัดสี จึงประเมินค่า D ที่ระดับ 3 และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O ที่ระดับ 1 เนื่องจากปัจจุบันพบปัญหาจากการเขียนสูตรปรับแต่งสีผิดน้อยมาก

จากสาเหตุพนักงานขาดความเข้าใจในหลักการสี และขาดความเข้าใจในคุณสมบัติแม่สี ซึ่งปัจจุบันมีการใช้เครื่องวัดสีในการตรวจสอบ และการปรับสี จึงประเมินค่า D ที่ระดับ 3 เนื่องจากมีการควบคุมโดยใช้เครื่องวัดสี และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O ที่ระดับ 4 สำหรับสาเหตุพนักงานขาดความเข้าใจในหลักการสี และประเมินค่า O ที่ระดับ 1 สำหรับสาเหตุพนักงานขาดความเข้าใจในคุณสมบัติแม่สี

2.6) **การฉีด**

- สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า

จากการพิจารณาการควบคุมในปัจจุบัน พบว่า มีการควบคุมโดยมีการกำหนดมาตรฐานการทำความสะอาดเครื่องฉีด และมีการบันทึกลงในแบบฟอร์มการทำความสะอาดของเครื่องฉีด ซึ่งพนักงานสามารถตรวจสอบได้ด้วยสายตา และมีการกำหนดวิธีการแยกเก็บสีสำหรับสีที่เป็นช่วงรอยต่อระหว่างสีก่อนหน้าเพื่อป้องกันปัญหาสีปนเปื้อนจากสีก่อนหน้าโดยกำหนดเก็บสีที่ออกมาช่วงแรกประมาณ 10 ถึง 15 กิโลกรัม จึงประเมินระดับความสามารถในการตรวจจับที่ระดับ 3 สำหรับทุกสาเหตุ และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O สำหรับสาเหตุการล้างไม่ถูกต้องตามความรุนแรงของสี และพนักงานแยกเก็บสีไม่ถูกต้อง ที่ระดับ 1 และประเมินค่า O ที่ระดับ 3 สำหรับสาเหตุพนักงานล้างเครื่องฉีดไม่สะอาด เนื่องจากปัจจุบันมีการควบคุม แต่ยังพบปัญหาอยู่บ้างในระดับปานกลาง

- สีละลายไม่เข้ากัน

จากการพิจารณาการควบคุมในปัจจุบัน พบว่า สำหรับการควบคุมพารามิเตอร์ของเครื่องฉีดจะมีการกำหนดพนักงานควบคุมเครื่องฉีดประจำเครื่อง และมีการตรวจสอบพารามิเตอร์ของเครื่องฉีดบนหน้าจอแสดงผลทุกครั้งที่มีการเริ่มปล่อยส่วนผสมจากถังผสมเข้าเครื่องฉีด และบันทึกพารามิเตอร์ต่างๆ ลงในแบบฟอร์ม และเมื่อพบว่าไม่มีส่วนผสมเข้าเครื่องฉีดพนักงานฉีดจะทำการกดสัญญาณเตือนให้พนักงานผสมวัตถุดิบทราบเพื่อทำการปล่อยส่วนผสมจากถังผสมลงมาเข้าเครื่องฉีด นอกจากนี้ยังมีการกำหนดเครื่องจักรที่จะใช้ในการผลิตให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์

จากสาเหตุค่าควบคุมอุณหภูมิไม่คงที่ ปัจจุบันมีการควบคุมโดยกำหนดพนักงานตรวจสอบอุณหภูมิที่หน้าจอแสดงผลบนเครื่องฉีดทุกครั้งที่เริ่มทำการปล่อยส่วนผสมจากถังผสมเข้าเครื่องฉีด และบันทึกผลลงในแบบฟอร์ม จึงประเมินค่า D ที่ระดับ 3 สาเหตุพนักงานไม่ปล่อยสีเข้าเครื่องฉีด ซึ่งมีการควบคุมโดยใช้สัญญาณเตือน จึงประเมินค่า D ที่ระดับ 3 และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O สำหรับทั้ง 2 สาเหตุที่ระดับ 3 เนื่องจากในการควบคุมปัจจุบันยังพบปัญหาในระดับปานกลาง และสาเหตุเครื่องฉีด disperse ไม่ดี ปัจจุบันมีการควบคุมโดยมีการแยกเครื่องจักรที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นการควบคุมตั้งแต่ก่อนเริ่มการผลิต ซึ่งส่งผลให้โอกาสในการเกิดข้อบกพร่องน้อยมากจึงแทบไม่พบปัญหาที่เกิดขึ้น จึงประเมินค่า D ที่ระดับ 1 และผู้ชำนาญการประเมินค่า O ที่ระดับ 1 เช่นกัน

2.7) **การบด**

- สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า

จากการพิจารณาการควบคุมในปัจจุบัน พบว่า มีการกำหนดวิธีการทำความสะอาดเครื่องบด และมีแบบฟอร์มการบันทึกการทำความสะอาด โดยในการตรวจสอบการปนเปื้อนสามารถตรวจสอบได้ด้วยสายตา แต่การตรวจสอบทำได้ยาก เนื่องจากเครื่องจักรมีความซับซ้อน มีจุดอับที่ไม่สามารถทำการตรวจสอบได้ จึงประเมินค่า D ที่ระดับ 3 เนื่องจากสามารถตรวจสอบได้ด้วยสายตาสำหรับสาเหตุพนักงานล้างเครื่องบดไม่สะอาด วิธีการล้างเครื่องจักรไม่เหมาะสม เฉดสีหรือชนิดสีแตกต่างกันมากทำให้ล้างออกยาก และประเมินค่า D ที่ระดับ 4 สำหรับสาเหตุเครื่องจักรมีจุดอับเข้าถึงการทำความสะอาดยาก เนื่องจากมีการกำหนดการทำความสะอาด แต่ไม่สามารถทำการตรวจสอบบริเวณจุดอับได้ และผู้ชำนาญการจึงประเมินค่า O ที่ระดับ 5 สำหรับพนักงานล้างเครื่องบดไม่สะอาด และเครื่องจักรมีจุดอับเข้าถึงการทำความสะอาดยาก เนื่องจากพบปัญหาได้เกือบทุกใบสั่งผลิต สำหรับสาเหตุวิธีการล้างเครื่องจักรไม่เหมาะสม เนื่องจากมีการกำหนดวิธีการทำงานซึ่งสามารถควบคุมได้จึงประเมินค่า O ที่ระดับ 1 และสาเหตุเฉดสีหรือชนิดสีแตกต่างกันมากทำให้ล้างออกยาก ซึ่งประเมินค่า O ที่ระดับ 3 เนื่องจากจะเป็นปัญหาเฉพาะกรณีที่มีการผลิตจากเฉดสีหรือชนิดสีที่แตกต่างกันมาก ทำให้โอกาสในการเกิดอยู่ในระดับปานกลาง

-สีปนเปื้อนน้ำในระบบท่อ

จากการพิจาณาการควบคุมในปัจจุบัน พบว่า น้ำที่เกิดขึ้นในระบบท่อทางเดินของสีมากจากการล้างทำความสะอาด และส่วนหนึ่งยังมาจากระบบแอร์ตันทำให้น้ำเกิดการรั่วไหลเข้ามาในระบบท่อทางเดินของสีด้วย โดยการควบคุมปัจจุบันมีการกำหนดการเปิดเครื่องจักรทิ้งไว้ให้ระบบแห้ง 5 นาทีก่อนที่จะเริ่มผลิต ซึ่งในการตรวจพบความผิดปกติพนักงานไม่สามารถตรวจพบได้ว่ายังมีน้ำอยู่ในระบบท่ออีกหรือไม่

จากสาเหตุน้ำค้างในระบบท่อและน้ำจากระบบแอร์ตันไหลเข้าระบบท่อเนื่องจากปัจจุบันมีการควบคุม แต่ไม่สามารถตรวจพบความผิดปกติได้ จึงประเมินค่า D ที่ระดับ 4 ทั้ง 2 สาเหตุ และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O ที่ระดับ 3 สำหรับสาเหตุน้ำค้างในระบบท่อ เนื่องจากเกิดขึ้นหลังจากการทำความสะอาดเครื่องบดแล้วในระดับปานกลาง และสาเหตุน้ำจากระบบแอร์ตันไหลเข้าระบบท่อ โดยผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O ที่ระดับ 1 เนื่องจากปัญหาระบบแอร์ตันเกิดขึ้นน้อยมาก

จากการประเมินระดับความรุนแรง (Severity: S) โอกาสในการเกิดสาเหตุ (Occurrence :O) และความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง (Detection: D) ของแต่ละกระบวนการสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 การวิเคราะห์ FMEA

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 1 of 22

Item กระบวนการผสมสี

Process Responsibility Core Team

Prepared By อัจฉรียา

Model Year(s) Program(s) -

Key Date -

FMEA Date (Orig. 6/7/2553

Core Team วรวุฒิ, ฐิรินุชบ์, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Action Results: Severity	Action Results: Occurrence	Action Results: Detection	Action Results: RPN
การผสมวัตถุดิบ - ชั่งน้ำหนักส่วนผสมตามสูตร - ผสมวัตถุดิบให้เข้ากัน	ส่วนผสมตามสูตร	ส่วนผสมไม่ถูกต้องตามสูตร	ทำให้เกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ ไม่ว่าจะเป็นเฉดสีเพี้ยน สีเป็นสะเก็ด สีเป็นฝ้า และไม่สามารถนำมาแก้ไขได้เมื่อส่วนผสมของวัตถุดิบผิดจากสูตรมากทำให้เกิดของเสียในการผลิต	5		พนักงานชั่งน้ำหนักไม่เป็นไปตามที่กำหนด	2	ไม่มี	ตรวจสอบน้ำหนักที่เครื่องชั่งน้ำหนัก	3	30							

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 การวิเคราะห์ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 2 of 22

Item กระบวนการผสมสี

Process Responsibility Core Team

Prepared By ชัจจริยา

Model Year(s) Program(s) -

Key Date -

FMEA Date (Ong. 6/7/2553

Core Team วรวุฒิ, ฐิฐนุชปี, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Action Results: Severity	Action Results: Occurrence	Action Results: Detection	Action Results: RPN
การผสมวัตถุดิบ - ชั่งน้ำหนักส่วนผสมตามสูตร - ผสมวัตถุดิบให้เข้ากัน	ส่วนผสมตามสูตร	ส่วนผสมไม่ถูกต้องตามสูตร	ทำให้เกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เฉดสีเพี้ยน การแก้ไขโดยการผสมวัตถุดิบและเตรียมแผ่นสี ตัวอย่างใหม่ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นสามารถนำไปrework ในการผลิตได้	3		น้ำหนักที่บรรจุในถุงไม่ได้ตามน้ำหนักที่ระบุบนถุง	5	ไม่มี	ไม่มี	5	75							

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 การวิเคราะห์ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 3 of 22

Item กระบวนการผสมสี

Process Responsibilit Core Team

Prepared By อัจฉรียา

Model Year(s) Program(s) -

Key Date -

FMEA Date (Orig.) 6/7/2553

Core Team วรวุฒิ, ฐิรนุชป์, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Action Results: Severity	Action Results: Occurrence	Action Results: Detection	Action Results: RPN
การผสมวัตถุดิบ - ชั่งน้ำหนักส่วนผสมตามสูตร - ผสมวัตถุดิบให้เข้ากัน	ส่วนผสมเข้ากัน	ส่วนผสมไม่เข้ากัน	ทำให้เกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ ไม่ว่าจะเป็น เฉดสีเพี้ยน สีเป็นสะเก็ด สีเป็นฝ้า สามารถนำกลับมาแก้ไขได้ทันทีโดยทำการปั่นผสมใหม่	3		ความเร็วรอบไม่ได้ตามกำหนด	1	ทวนสอบตามรอบการบำรุงรักษาเครื่องจักร	ตรวจสอบการเข้ากันของส่วนผสมด้วยสายตา	3	9							
						เวลาการผสมไม่ได้ตามกำหนด	1	ทวนสอบตามรอบการบำรุงรักษาเครื่องจักร	ตรวจสอบการเข้ากันของส่วนผสมด้วยสายตา	3	9							
						วัตถุดิบจับตัวเป็นก้อน	2	ไม่มี	ตรวจสอบการเข้ากันของส่วนผสมด้วยสายตา	3	18							

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 การวิเคราะห์ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 4 of 22

Item กระบวนการผสมสี

Process Responsibilit Core Team

Prepared By อัจฉรี่ยา

Model Year(s) Program(s) -

Key Date -

FMEA Date (Orig.) 6/7/2553

Core Team วรวุฒิ, ฐิตนุชป์, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Severity	Occurrence	Detection	RPN
การผสมวัตถุดิบ - ชั่งน้ำหนักส่วนผสมตามสูตร - ผสมวัตถุดิบให้เข้ากัน	ส่วนผสมเข้ากัน	ส่วนผสมไม่เข้ากัน	ทำให้เกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ ไม่ว่าจะเป็น เฉดสีเพี้ยน สีเป็นสะเก็ด สีเป็นฝ้า สามารถนำกลับมาแก้ไขได้ทันทีโดยทำการปั่นผสมใหม่	3		ไม่ตรวจเช็คการเข้ากันของส่วนผสม	5	มีการชี้แจงพนักงานให้ตรวจสอบการเข้ากันของส่วนผสม	ตรวจสอบการเข้ากันของส่วนผสมด้วยสายตา	3	45							
						ปรับตั้งเวลาการผสมไม่ถูกต้อง	1	ปรับตั้งโดยหัวหน้างาน	ตรวจสอบการเข้ากันของส่วนผสมด้วยสายตา	2	6							

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 การวิเคราะห์ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 5 of 22

Item กระบวนการผสมสี

Process Responsib Core Team

Prepared By อัจฉรียา

Model Year(s) Program(s) -

Key Date -

FMEA Date (Orig.) 6/7/2553

Core Team วรวุฒิ, ฐิรนุชบี, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Action Results: Severity	Action Results: Occurrence	Action Results: Detection	Action Results: RPN
การผสมวัตถุดิบ - ชั่งน้ำหนักส่วนผสมรวมสูตร - ผสมวัตถุดิบให้เข้ากัน	ส่วนผสมเข้ากัน	ส่วนผสมไม่เข้ากัน	ทำให้เกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เฉดสีเพี้ยน สามารถนำกลับมาแก้ไขได้ทันทีโดยทำการปั่นผสมใหม่	3		Pigment ค้างขอบถังผสม	5	ไม่มี	ตรวจสอบการเข้ากันของส่วนผสมด้วยสายตา	3	45							

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 การวิเคราะห์ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(PROCESS FMEA)

FMEA Number -
Page 6 of 22

Item กระบวนการผสมสี
Process Responsibility Core Team
Prepared By จันจุรีย์า
Model Year(s) Program(s) -
Key Date -
FMEA Date (Orig.) 6/7/2563
Core Team วรวุฒิ, ฐิรินุชบี, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Action Results: Severity	Action Results: Occurrence	Action Results: Detection	Action Results: RPN
การผสมวัตถุดิบ - ชั่งน้ำหนักส่วนผสมตามสูตร - ผสมวัตถุดิบให้เข้ากัน	ความสะอาดของเครื่องจักรไม่มีการปนเปื้อนในกระบวนการ	สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า	ทำให้เกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เฉดสีเพี้ยน สามารถทำการแก้ไขโดยการผสมวัตถุดิบ และเตรียมแผ่นสีตัวอย่างใหม่ ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นสามารถนำไป rework ในการผลิตได้	3		พนักงานล้างเครื่องเครื่องผสมไม่สะอาด	1	มีมาตรฐานการทำความสะอาดและแบบฟอร์มบันทึก	ตรวจสอบความสะอาดของเครื่องผสมด้วยสายตาระหว่างการทำความสะอาด	3	9						
						จัดเก็บวัตถุดิบไม่ถูกต้อง	1	มีมาตรฐานการจัดเก็บ และทวนสอบการจัดเก็บโดยหัวหน้างาน	ตรวจสอบการปนเปื้อนของวัตถุดิบขณะทำการผสมด้วยสายตา	2	6						

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 การวิเคราะห์ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(PROCESS FMEA)

FMEA Number -
Page 7 of 22

Item กระบวนการผสมสี
Process Responsibility Core Team
Prepared By อัจฉรียา
Model Year(s) Program(s) -
Key Date -
FMEA Date (Orig.) 6/7/2553
Core Team วรวุฒิ, ฐิรนุชปี, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Severity	Occurrence	Detection	RPN
การผสมวัตถุดิบ - ชั่งน้ำหนักส่วนผสมตามสูตร - ผสมวัตถุดิบให้เข้ากัน	ความสะอาดของเครื่องจักรไม่มีการปนเปื้อนในกระบวนการ	สีปนเปื้อนน้ำมัน	ทำให้เกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ สีเป็นเม็ด ต้องใช้ระยะเวลาในการแก้ไขจากการซ่อมเครื่องจักร การผสมวัตถุดิบและเตรียมแผ่นสีตัวอย่างใหม่ประมาณ 2 ชั่วโมง ส่วนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นสามารถนำไป rework ในการผลิตได้	4		น้ำมันรั่วไส่ส่วนผสม	2	มีแผนการบำรุงรักษา	ตรวจสอบการปนเปื้อนน้ำมันด้วยสายตา	3	24							

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 การวิเคราะห์ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 8 of 22

Item กระบวนการผสมสี

Process Responsibility Core Team

Prepared By อัจฉรียา

Model Year(s) Program(s) -

Key Date -

FMEA Date (Orig.) 6/7/2563

Core Team วรุฒิ, สุรินทร์ปี, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Action Results: Severity	Action Results: Occurrence	Action Results: Detection	Action Results: RPN
การฉีดด้วยเครื่องฉีดขนาดเล็ก - ละลายส่วนผสมจากการคุมในกระบวนการผสมวัตถุดิบ	ความละอาดของเครื่องจักรไม่มีการปนเปื้อนในกระบวนการ	สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า	ทำให้เกิดข้อบกพร่องได้แก่ เฉดสีเพี้ยน ทำให้การพิจารณาผลการตรวจสอบผิดพลาด และต้องทำการแก้ไขงานใหม่	3		พนักงานล้างเครื่องฉีดขนาดเล็กไม่สะอาด	1	มีมาตรฐานการทำความสะอาด	ตรวจสอบด้วยสายตาระหว่างทำความสะอาด	3	9							
						วิธีการทำความสะอาดไม่เหมาะสม	1	มีมาตรฐานการทำความสะอาด	ตรวจสอบด้วยสายตาระหว่างการทำความสะอาด	3	9							
						พนักงานเก็บตัวอย่างสีไม่ถูกต้อง	1	มีมาตรฐานการการเก็บตัวอย่าง	ใช้สายตาในการยกเก็บตัวอย่าง	3	9							

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 การวิเคราะห์ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(PROCESS FMEA)

FMEA Number -
Page 9 of 22

Item กระบวนการผสมสี | Process Responsibility Core Team | Prepared By อัจฉรียา
Model Year(s) Program(s) - | Key Date - | FMEA Date (Orig 6/7/2553
Core Team วรวุฒิ, ฐิรนุชป์, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Severity	Occurrence	Detection	RPN
การบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า - บดสีตัวอย่างที่ได้จากการฉีดเครื่องฉีดขนาดเล็กเป็นสีผง	ความสะอาดของเครื่องจักรไม่มีการปน-เปื้อนในกระบวนการ	สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า	ทำให้เกิดข้อบกพร่องได้แก่ การปนเปื้อนเฉดสีอื่น ทำให้การพิจารณาผลการตรวจสอบผิดพลาดและต้องทำการแก้ไขงานใหม่	3		พนักงานล้างเครื่องบดไฟฟ้าไม่สะอาด	5	มีมาตรฐานการทำความสะอาดและกำหนดการทำความสะอาดทุกครั้งที่เตรียมสีตัวอย่างใหม่	ตรวจสอบความสะอาดของเครื่องบดไฟฟ้าก่อนนำมาใช้	3	45							

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 การวิเคราะห์ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 10 of 22

Item กระบวนการผสมสี | Process Responsibilit Core Team | Prepared By อัจฉรียา

Model Year(s) Program(s) - | Key Date - | FMEA Date (Orig. 6/7/2553

Core Team วรวุฒิ, ฐิชนุธบี, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Action Results: Severity	Action Results: Occurrence	Action Results: Detection	Action Results: RPN
การเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง	แผ่นสีตัวอย่างได้มาตรฐาน -ฟิล์มสีหนาได้ตามกำหนด - อบแล้วสีไม่เพี้ยน - ไม่มีการบ่นเปื้อนใน	แผ่นสีตัวอย่างไม่ได้มาตรฐาน -ฟิล์มสีหนาไม่ได้ตามกำหนด - อบแล้วสีเพี้ยน - มีการบ่นเปื้อน	ทำให้เกิดเฉดสีเพี้ยน ทำให้การพิจารณาผลการตรวจสอบผิดพลาด และแก้ไขงานใหม่	3		อุณหภูมิตู้อบไม่ได้ตามกำหนด	1	มีการทวนสอบอุณหภูมิทุก 6 เดือน	ไม่มี	4	12							
						แผ่นเหล็กไม่ได้มาตรฐาน	1	มีการกำหนดให้พนักงานตรวจสอบแผ่นเหล็กก่อนการใช้งาน	ตรวจสอบแผ่นเหล็กด้วยสายตาก่อนนำมาใช้	3	9							

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 การวิเคราะห์ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 11 of 22

Item กระบวนการผสมสี | Process Responsibility Core Team | Prepared By ชัจจรียา

Model Year(s) Program(s) - | Key Date - | FMEA Date (Orig.) 6/7/2553

Core Team วรวุฒิ, ฐิรนุรบ์, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Action Results: Severity	Action Results: Occurrence	Action Results: Detection	Action Results: RPN
การเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง	แผ่นสีตัวอย่างได้มาตรฐาน -ฟิล์มสีหนาได้ตามกำหนด - อบแล้วสีไม่เพี้ยน - ไม่มีการปนเปื้อนใน	แผ่นสีตัวอย่างไม่ได้มาตรฐาน -ฟิล์มสีหนาไม่ได้ตามกำหนด - อบแล้วสีเพี้ยน - มีการปนเปื้อน	ทำให้เกิดเฉดสีเพี้ยน ทำให้การพิจารณาผลการตรวจสอบผิดพลาด และแก้ไขงานใหม่	3		ฟิล์มสีหนาไม่ได้ตามกำหนด	3	ไม่มีการควบคุม	วัดความหนาด้วยเครื่องวัด	3	27							

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 การวิเคราะห์ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 12 of 22

Item กระบวนการผสมสี | Process Responsibility Core Team | Prepared By ชัจอรีย์ยา

Model Year(s) Program(s) - | Key Date - | FMEA Date (Orig.) 6/7/2563

Core Team วรวุฒิ, ฐิรินุชนี, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Action Results: Severity	Action Results: Occurrence	Action Results: Detection	Action Results: RPN
การเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง	แผ่นสีตัวอย่างได้มาตรฐาน -ฟิล์มสีหนาได้ตามกำหนด - อบแล้วสีไม่เพี้ยน - ไม่มีการปนเปื้อนใน	แผ่นสีตัวอย่างไม่ได้มาตรฐาน -ฟิล์มสีหนาไม่ได้ตามกำหนด - อบแล้วสีเพี้ยน - มีการปนเปื้อน	ทำให้เกิดการปนเปื้อนเฉดสีอื่น ทำให้การพิจารณาผลการตรวจสอบผิดพลาด และแก้ไขงานใหม่	3		พนักงานล้างอุปกรณ์ไม่สะอาด	5	มีการกำหนดวิธีทำความสะอาดและกำหนดความถี่ทุกครั้งที่เตรียมแผ่นสีตัวอย่างใหม่	ตรวจสอบความสะอาดของอุปกรณ์ด้วยสายตาก่อนนำมาใช้	3	45						

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 การวิเคราะห์ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 13 of 22

Item กระบวนการผสมสี

Process Responsibility Core Team

Prepared By อัจฉรียา

Model Year(s) Program(s) -

Key Date -

FMEA Date (Orig.) 6/7/2553

Core Team วรวุฒิ, ฐิรนุชบ์, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Seventy	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Seventy	Occurrence	Detection	RPN
การวัดสี	สีไม่แตกต่างจากมาตรฐาน	สีแตกต่างจากมาตรฐาน	ทำให้เกิดข้อบกพร่อง ได้แก่ เฉดสีเพี้ยน ทำให้การพิจารณาผลการตรวจสอบผิดพลาด มีการปรับแต่งสีหลายครั้ง ทำให้ใช้เวลาในการปรับแต่งสีนาน	4		แม่สีปิดผิวไม่ดี	2	ไม่มี	สุ่มตรวจวัดฤดิบรับเข้า	4	32							
						Strength ของแม่สีไม่พอ	1	ไม่มี	สุ่มตรวจวัดฤดิบรับเข้า	4	16							
						แม่สีเฉดสีแตกต่างกันมากในแต่ละล็อต	5	ไม่มี	สุ่มตรวจวัดฤดิบรับเข้า	4	80							

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 การวิเคราะห์ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 14 of 22

Item กระบวนการผสมสี | Process Responsibility Core Team | Prepared By อัจฉรียา

Model Year(s) Program(s) - | Key Date - | FMEA Date (Orig.) 6/7/2553

Core Team วรวุฒิ, ฐิรนุชปี, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Severity	Occurrence	Detection	RPN
การวัดสี	สีไม่แตกต่างจากมาตรฐาน	สีแตกต่างจากมาตรฐาน	ทำให้เกิดข้อบกพร่อง ได้แก่ เฉดสีเพี้ยน ทำให้การพิจารณาผลการตรวจสอบผิดพลาด มีการปรับแต่งสีหลายครั้ง ทำให้ใช้เวลาในการปรับแต่งสีนาน	4		เครื่องวัดสีปรับสีเข้มๆ ไม่ได้	5	ไม่มี	ปรับสีโดยใช้พนักงานที่มีประสบการณ์และตรวจสอบสีด้วยสายตา	3	60								
						เครื่องวัดสีขาดการปรับปรุงข้อมูลแม่สี	5	ไม่มี	ปรับสีโดยใช้พนักงานที่มีประสบการณ์และตรวจสอบสีด้วยสายตา	3	60							

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 การวิเคราะห์ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(PROCESS FMEA)

FMEA Number -
Page 15 of 22

Item กระบวนการผสมสี
Process Responsibility Core Team
Prepared By อัจฉรียา
Model Year(s) Program(s) -
Key Date -
FMEA Date (Orig.) 6/7/2553
Core Team วรวุฒิ, ฐิรนุรบ์, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Action Results: Severity	Action Results: Occurrence	Action Results: Detection	Action Results: RPN
การวัดสี	สีไม่แตกต่างจากมาตรฐาน	สีแตกต่างจากมาตรฐาน	ทำให้เกิดข้อบกพร่อง ได้แก่ เฉดสีเพี้ยน ทำให้การพิจารณาผลการตรวจสอบผิดพลาด มีการปรับแต่งสีหลายครั้ง ทำให้ใช้เวลาในการปรับแต่งสีนาน	4		พนักงานขาดความเข้าใจในหลักการสี	4	ให้ความรู้/อบรม	ตรวจสอบสีและปรับสีด้วยเครื่องวัดสี	3	48							
						พนักงานขาดความเข้าใจในคุณลมบัติแม่สี	1	ให้ความรู้/อบรม	ตรวจสอบสีและปรับสีด้วยเครื่องวัดสี	3	12							

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 การวิเคราะห์ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 16 of 22

Item กระบวนการผสมสี

Process Responsibility Core Team

Prepared By ศิจจุรีย์

Model Year(s) Program(s) -

Key Date -

FMEA Date (Orig.) 6/7/2553

Core Team วรวุฒิ, ฐิรนุชป์, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Action Results: Severity	Action Results: Occurrence	Action Results: Detection	Action Results: RPN
การวัดสี	สีไม่แตกต่างจากมาตรฐาน	สีแตกต่างจากมาตรฐาน	ทำให้เกิดข้อบกพร่อง ได้แก่ เฉดสีเพี้ยน ทำให้การพิจารณาผลการตรวจสอบผิดพลาด มีการปรับแต่งสีหลายครั้ง ทำให้ใช้เวลาในการปรับแต่งสีนาน	4		พนักงานเชียนสูตรปรับแต่งสีผิด	1	ไม่มี	ตรวจสอบสีด้วยเครื่องวัดสี	3	12							

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 การวิเคราะห์ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(PROCESS FMEA)

FMEA Number -
Page 17 of 22

Item กระบวนการผสมสี
Process Responsibility Core Team
Prepared By อัจฉรียา
Model Year(s) Program(s) -
Key Date -
FMEA Date (Orig. 6/7/2553
Core Team วรวุฒิ, ฐิรนุชปี, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Action Results: Severity	Action Results: Occurrence	Action Results: Detection	Action Results: RPN
การขัด - ละลายส่วนผสมให้เข้ากัน	สีละลายเข้ากัน	สีละลายไม่เข้ากัน	ทำให้เกิดข้อบกพร่อง ไม่ว่าจะเป็นเฉดสีเพี้ยน สีเป็นเม็ด สีเป็นละเกิด สีเป็นฝ้า สีเป็นหลุม ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาแก้ไขในการตรวจสอบสภาพของเครื่องฉีด และทำการผสมวัตถุดิบเพื่อทดลองฉีดสีใหม่ ประมาณ 2 ชั่วโมง ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น rework ในการผลิตได้	4		พนักงานไม่ปล่อยสีลงเครื่องฉีด	4	มีมาตรฐานการปล่อยสีและบันทึกการปล่อยสี	มีสัญญาณเตือนเมื่อสีหมด	3	48						
						อุณหภูมิควบคุมไม่คงที่	4	ไม่มี	ตรวจสอบค่าควบคุมทุกครั้งที่เริ่มผลิต	3	48							
						เครื่องฉีด disperse ไม่ดี	1	มีการแยกเครื่องฉีดตามผลิตภัณฑ์	ตรวจสอบค่าควบคุมทุกครั้งที่เริ่มผลิต	1	4							

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 การวิเคราะห์ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(PROCESS FMEA)

FMEA Number -
Page 18 of 22

Item กระบวนการผสมสี
Process Responsibilit Core Team
Prepared By อัจฉรียา
Model Year(s) Program(s) -
Key Date -
FMEA Date (Orig.) 6/7/2553
Core Team วรวุฒิ, ฐิตนุชปี, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Action Results: Severity	Action Results: Occurrence	Action Results: Detection	Action Results: RPN
การฉีด - ละลายส่วนผสมให้เข้ากัน	ความสะอาดของเครื่องจักรไม่มีการปนเปื้อนในกระบวนการ	สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า	ทำให้เกิดข้อบกพร่อง ไม่ว่าจะเป็น เฉดสีเพี้ยน สีเป็นเม็ด สีเป็นสะเก็ด สีเป็นฝ้า สีเป็นหลุม การแก้ไขทำความสะอาดเครื่องจักรใหม่ และเตรียมส่วนผสมเพื่อใช้ในการฉีดใหม่ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ส่วนข้อบกพร่องนำไป rework ได้ในการผลิตได้	4		ล้างไม่ถูกต้องตามความรุนแรงของสี	1	มีการกำหนดในมาตรฐานการทำงาน และในฟอร์มการล้าง	ตรวจสอบด้วยสายตาระหว่างการทำความสะอาด	3	12							
						พนักงานล้างไม่สะอาด	3	มีการกำหนดในมาตรฐานการทำงาน และมีบันทึกฟอร์มการล้าง	ตรวจสอบด้วยสายตาระหว่างการทำความสะอาด	3	36							
						พนักงานแยกเก็บสีไม่ถูกต้อง	1	มีการกำหนดวิธีในมาตรฐานการทำงาน	ตรวจสอบการแยกเก็บสีด้วยสายตา	3	12							

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 การวิเคราะห์ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 19 of 22

Item กระบวนการผสมสี

Process Responsibility Core Team

Prepared By อัจฉรียา

Model Year(s) Program(s) -

Key Date -

FMEA Date (Orig. 6/7/2553

Core Team วรวุฒิ, ฐิรนุชบ์, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Action Results: Severity	Action Results: Occurrence	Action Results: Detection	Action Results: RPN
การบด -บดสีให้เป็นผง	ความสะอาดของเครื่องจักร ไม่มีการปน-เปื้อนในกระบวนการ	สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า	ทำให้เกิดข้อบกพร่อง ไม่ว่าจะเป็นปนเปื้อนเฉดสีอื่น หลุม สีเป็นสะเก็ด สีเป็นฝ้า การแก้ไขโดยล้างเครื่องบด และเตรียมส่วนผสมเพื่อใช้ในการบดใหม่ ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ส่วนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นสามารถนำไป rework ได้ในการผลิต	4		พนักงานล้างเครื่องบดไม่สะอาด	5	มีมาตรฐานการทำความสะอาดและบันทึกในแบบฟอร์ม	ตรวจสอบด้วยสายตาระหว่างการทำความสะอาด	3	60							
						วิธีการล้างไม่เหมาะสม	1	มีมาตรฐานการทำความสะอาดและบันทึกในแบบฟอร์ม	ตรวจสอบด้วยสายตาระหว่างการทำความสะอาด	3	12							

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 การวิเคราะห์ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(PROCESS FMEA)

FMEA Number -
Page 20 of 22

Item กระบวนการผสมสี
Process Responsibility Core Team
Prepared By อัจฉรียา
Model Year(s) Program(s) -
Key Date -
FMEA Date (Orig. 6/7/2553
Core Team วรวุฒิ, ฐิรินุชป์, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Action Results: Severity	Action Results: Occurrence	Action Results: Detection	Action Results: RPN
การบด -บดสีให้เป็นผง	ความสะอาดของเครื่องจักร ไม่มีการปน-เปื้อนในกระบวนการ	สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า	ทำให้เกิดข้อบกพร่อง ไม่ว่าจะเป็นปนเปื้อนเฉดสีอื่น หลุม สีเป็นสะเก็ด สีเป็นฝ้า การแก้ไขโดยล้างเครื่องบด และเตรียมส่วนผสมเพื่อใช้ในการบดใหม่ ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ส่วนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นสามารถนำไป rework ได้ในการผลิต	4		เครื่องจักรมีจุดอับเข้าถึงยาก	5	มีมาตรฐานการทำความสะอาดและบันทึกในแบบฟอร์ม	ไม่มี	4	80							

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 การวิเคราะห์ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 21 of 22

Item กระบวนการผสมสี

Process Responsibility Core Team

Prepared By อัจฉรียา

Model Year(s) Program(s) -

Key Date -

FMEA Date (Orig. 6/7/2553

Core Team วรวุฒิ , ฐิรนุชปี, จรัญ , นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Action Results: Severity	Action Results: Occurrence	Action Results: Detection	Action Results: RPN
การบด -บดสีให้เป็นผง	ความสะอาดของเครื่องจักรไม่มีการปน-เปื้อนในกระบวรการ	สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า	ทำให้เกิดข้อบกพร่องไม่ว่าจะเป็นปนเปื้อนเฉดสีอื่น หลุม สีเป็นสะเก็ด สีเป็นฝ้า การแก้ไขโดยล้างเครื่องบด และเตรียมส่วนผสมเพื่อใช้ในการบดใหม่ ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ส่วนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นสามารถนำไป rework ได้ในการผลิต	4		เฉดสีหรือชนิดสีแตกต่างกันมากทำให้ล้างออกยาก	3	มีมาตรฐานการทำความสะอาดและบันทึกในแบบฟอร์ม	ตรวจสอบความสะอาดด้วยสายตา	3	36							

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 การวิเคราะห์ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 22 of 22

Item กระบวนการผสมสี

Process Responsibility Core Team

Prepared By อัจฉรียา

Model Year(s) Program(s) -

Key Date -

FMEA Date (Orig.) 6/7/2553

Core Team วรวุฒิ, ฐิรนุชป์, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Action Results: Severity	Action Results: Occurrence	Action Results: Detection	Action Results: RPN
การบด -บดสีให้เป็นผง	ความสะอาดของเครื่องจักรไม่มีการปน-เปื้อนในกระบวนการ	สีปนเปื้อนน้ำในระบบ	ทำให้เกิดข้อบกพร่อง ได้แก่ สีเป็นเม็ด การแก้ไขโดยเตรียมระบบใหม่และเตรียมส่วนผสมเพื่อใช้ในการบดใหม่ ใช้เวลามากกว่า 1 ชั่วโมง ส่วนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นสามารถนำไป rework ได้ในการผลิต	4		น้ำค้างในระบบท่อ	3	เปิดเครื่องจักรทิ้งไว้ระบบแห้ง 5 นาที ก่อนเริ่มผลิต	ไม่มี	4	48							
						น้ำจากระบบแอร์ดันไหลเข้าระบบท่อ	1	เปิดเครื่องจักรทิ้งไว้ระบบแห้ง 5 นาที ก่อนเริ่มผลิต	ไม่มี	4	16							

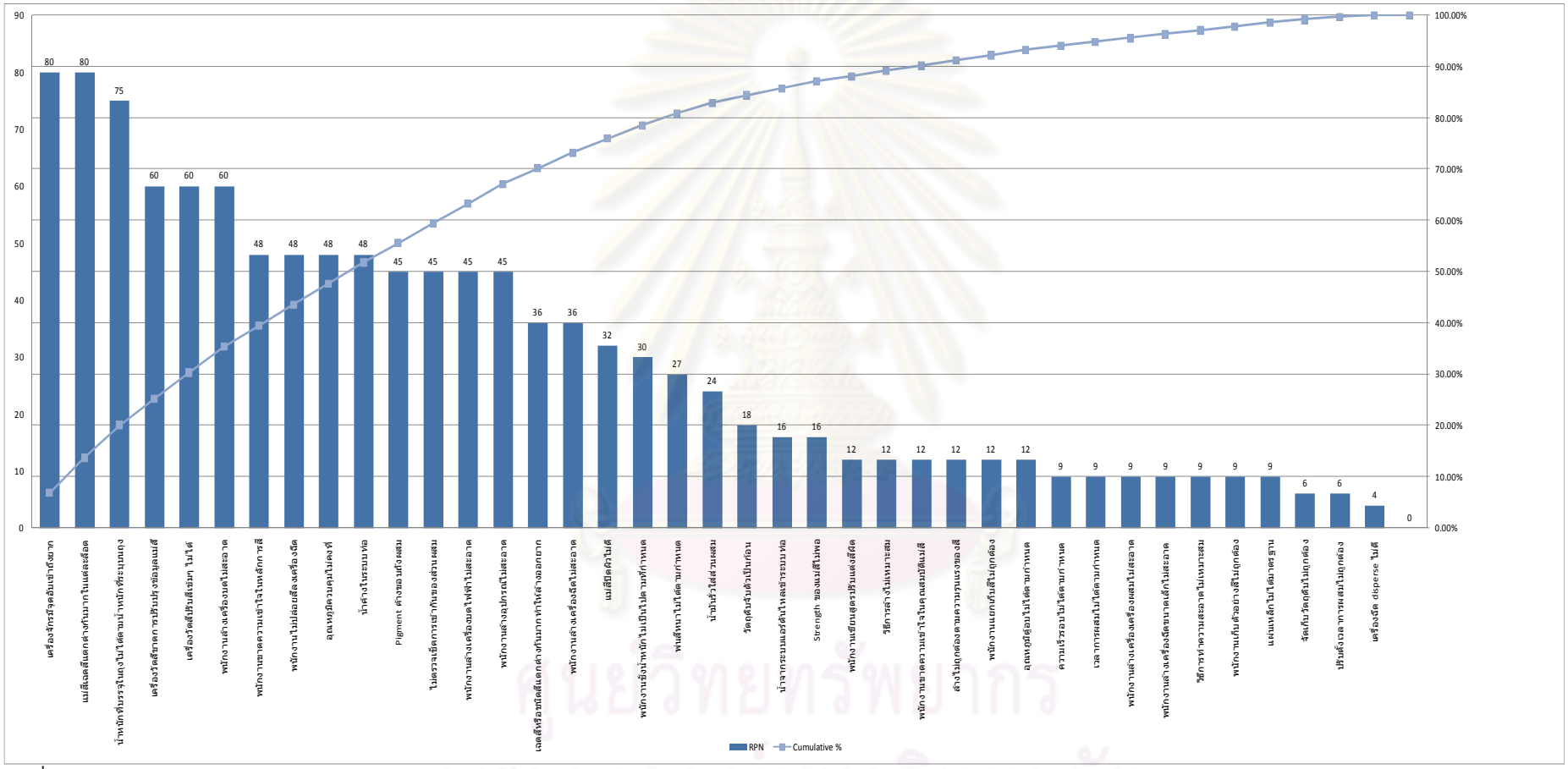
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.4 การคัดเลือกสาเหตุเพื่อกำหนดมาตรการแก้ไข

จากตารางที่ 5.10 จะได้สาเหตุจากการวิเคราะห์ทั้งหมด 39 สาเหตุ จากนั้นทำการเรียงลำดับคะแนน RPN จากสูงไปต่ำและคัดเลือกสาเหตุ เพื่อนำมากำหนดมาตรการแก้ไขโดยใช้พาเรโตดังรูปที่ 5.2 ซึ่งจะคัดเลือกคะแนน RPN ตั้งแต่ 24 คะแนนขึ้นไป ซึ่งสามารถสรุปสาเหตุที่จะนำมาแก้ไข จำนวน 20 สาเหตุ ดังตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.11 สรุปผลการคัดเลือกสาเหตุเพื่อนำมากำหนดแนวทางแก้ไข

No.	Process Step	Potential Cause(s) of Failure	RPN
1	การบด	เครื่องจักรมีจุดอับเข้าถึงยาก	100
2	การวัดสี	แม่สีเฉดสีแตกต่างกันมากในแต่ละล็อต	100
3	การผสมวัตถุดิบ	น้ำหนักที่บรรจุในถุงไม่ได้ตามน้ำหนักที่ระบุบนถุง	80
4	การวัดสี	เครื่องวัดสีขาดการปรับปรุงข้อมูลแม่สี	80
5	การวัดสี	เครื่องวัดสีปรับสีเข้มๆ ไม่ได้	75
6	การบด	พนักงานล้างเครื่องบดไม่สะอาด	60
7	การวัดสี	พนักงานขาดความเข้าใจในหลักการสี	48
8	การฉีด	พนักงานไม่ปล่อยสีลงเครื่องฉีด	48
9	การฉีด	อุณหภูมิควบคุมไม่คงที่	48
10	การบด	น้ำค้างในระบบท่อ	48
11	การผสมวัตถุดิบ	Pigment ค้างขอบถังผสม	45
12	การผสมวัตถุดิบ	ไม่ตรวจเช็คการเข้ากันของส่วนผสม	45
13	การบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า	พนักงานล้างเครื่องบดไฟฟ้าไม่สะอาด	45
14	การเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง	พนักงานล้างอุปกรณ์ไม่สะอาด	45
15	การบด	เฉดสีหรือชนิดสีแตกต่างกันมากทำให้ล้างออกยาก	36
16	การฉีด	พนักงานล้างเครื่องฉีดไม่สะอาด	36
17	การวัดสี	แม่สีปิดผิวไม่ดี	32
18	การผสมวัตถุดิบ	พนักงานชั่งน้ำหนักไม่เป็นไปตามที่กำหนด	30
19	การเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง	พ่นสีหนาไม่ได้ตามกำหนด	27
20	การผสมวัตถุดิบ	น้ำมันรั่วใส่ส่วนผสม	24



รูปที่ 5.2 พาเรโตของคะแนน RPN จากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

5.5 การกำหนดการดำเนินการแก้ไข

ในการกำหนดการดำเนินการแก้ไขได้ทำการจัดประชุมเพื่อร่วมกันเสนอแนะการดำเนินการแก้ไขเพื่อลดข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผสมสี ซึ่งสามารถสรุปแนวทางการดำเนินการแก้ไขโดยแบ่งตามกระบวนการย่อยได้ดังนี้

1) กระบวนการผสมวัตถุดิบ

จากสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องดังตารางที่ 5.11 เป็นสาเหตุที่เกิดขึ้นในกระบวนการผสมวัตถุดิบจำนวน 5 สาเหตุ ซึ่งกำหนดแนวทางแก้ไขดังตารางที่ 5.12 ดังนี้

ตารางที่ 5.12 การกำหนดแนวทางแก้ไขของสาเหตุของบกพร่องในกระบวนการผสมวัตถุดิบ

แนวโน้มสาเหตุของข้อบกพร่อง	แนวทางแก้ไข
1) น้ำหนักที่บรรจุในถุงไม่ได้ตามน้ำหนักที่ระบุบนถุง	กำหนดให้ชั่งน้ำหนักวัตถุดิบตามสูตร
2) ไม่ตรวจเช็คการเข้ากันของส่วนผสม	กำหนดมาตรฐานการตรวจเช็คการเข้ากันของสีหลังผสม
	ชี้แจงและอบรมพนักงานเรื่องการตรวจเช็คการเข้ากันของส่วนผสม
3) Pigment ค้างขอบถังผสม	เปลี่ยนขอบยางที่ถังผสม
	กำหนดการชั่ง pigment ตรงกลางถังผสม
4) พนักงานชั่งน้ำหนักไม่เป็นไปตามที่กำหนด	ปรับปรุงแบบฟอร์มการผสม
	กำหนดวิธีการชั่งน้ำหนักวัตถุดิบให้ชัดเจนขึ้น
	ชี้แจงและอบรมพนักงานเรื่องวิธีการชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ การคำนวณจุดทศนิยมเพื่อใช้ในการเปลี่ยนหน่วยน้ำหนัก และจุดที่ต้องระวังในการผสม
5) น้ำมันรั่วใส่ส่วนผสม	กำหนดจุดตรวจสอบน้ำมันรั่วที่เครื่องผสม

2) กระบวนการบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า

จากสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องดังตารางที่ 5.11 เป็นสาเหตุที่เกิดขึ้นในกระบวนการบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้าจำนวน 1 สาเหตุ ซึ่งกำหนดแนวทางแก้ไขดังตารางที่ 5.13 ดังนี้

ตารางที่ 5.13 การกำหนดแนวทางแก้ไขของสาเหตุของบกพร่องในกระบวนการบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า

แนวโน้มสาเหตุของข้อบกพร่อง	แนวทางแก้ไข
1) พนักงานล้างเครื่องบดไฟฟ้าไม่สะอาด	ชี้แจงและอบรมพนักงานเรื่องการเตรียมอุปกรณ์ในการเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง

3) กระบวนการเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง

จากสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องดังตารางที่ 5.11 เป็นสาเหตุที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำแผ่สีตัวอย่างจำนวน 2 สาเหตุ ซึ่งกำหนดแนวทางแก้ไขดังตารางที่ 5.14 ดังนี้

ตารางที่ 5.14 การกำหนดแนวทางแก้ไขของสาเหตุของบกพร่องในกระบวนการเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง

แนวโน้มสาเหตุของข้อบกพร่อง	แนวทางแก้ไข
1) พนักงานล้างอุปกรณ์ไม่สะอาด	ชี้แจงและอบรมพนักงานเรื่องการเตรียมอุปกรณ์ในการเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง
2) พ่นสีหนาไม่ได้ตามกำหนด	ชี้แจงและอบรมพนักงาน การเตรียมแผ่นสีตัวอย่างและการควบคุมความหนาให้ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดก่อนส่งแผ่นสีตัวอย่างไปกระบวนการวัดสี
	ประเมินผลการวัดความหนาด้วยการวิเคราะห์ระบบการวัด

4) กระบวนการวัดสี

จากสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องดังตารางที่ 5.11 เป็นสาเหตุที่เกิดขึ้นในกระบวนการวัดสีจำนวน 6 สาเหตุ ซึ่งกำหนดแนวทางแก้ไขดังตารางที่ 5.15 ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.15 การกำหนดแนวทางแก้ไขของสาเหตุของบกพร่องในกระบวนการวัดสี

แนวโน้มสาเหตุของข้อบกพร่อง	แนวทางแก้ไข
1) เครื่องวัดสีขาดการปรับปรุงข้อมูลแม่สี	สรุปรายการแม่สีที่ยังไม่มีการปรับปรุง
	จัดทำรายการข้อมูลแม่สีที่สามารถใช้วัดแทนกันได้ระหว่างการรอการปรับปรุงข้อมูลแม่สี
	กำหนดหัวหน้ากะเป็นผู้รับผิดชอบในการแจ้งพนักงานปรับสีสำหรับแม่สีตัวใหม่ที่ยังไม่มีการปรับปรุงข้อมูลแม่สีให้พนักงานทราบว่าสามารถใช้แม่สีใดแทนกันได้ก่อนที่จะเริ่มการผลิต
2) แม่สีเฉดสีต่างกันมากในแต่ละล็อต	กำหนดเกณฑ์ช่วงการควบคุมคุณภาพค่า strength ของแม่สีให้แคบลงจาก $\pm$ 5 เป็น $\pm$1
3) พนักงานความเข้าใจในหลักการสี	จัดทำคู่มือการใช้เครื่องวัดสี
	อบรมและชี้แจงพนักงานการใช้เครื่องวัดสีในการวัดสีและปรับสี
4) ใช้เครื่องวัดสีปรับสีเข้มๆไม่ได้	จัดซื้อเครื่องวัดสีที่สามารถปรับสีเข้มๆ ได้ และจัดทำคู่มือการใช้เครื่องวัดสี
5) แม่สีปิดผิวไม่ดี	ชี้แจงและอบรมพนักงาน การเตรียมแผ่นสีตัวอย่างและการควบคุมความหนาให้ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดก่อนส่งแผ่นสีตัวอย่างไปกระบวนการวัดสี
	ประเมินผลการวัดความหนาด้วยการวิเคราะห์ระบบการวัด

5) กระบวนการฉีด

จากสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องดังตารางที่ 5.11 เป็นสาเหตุที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีด จำนวน 3 สาเหตุ ซึ่งกำหนดแนวทางแก้ไขดังตารางที่ 5.16 ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.16 การกำหนดแนวทางแก้ไขของสาเหตุของบกพร่องในกระบวนการฉีด

แนวโน้มสาเหตุของข้อบกพร่อง	แนวทางแก้ไข
1) พนักงานไม่ปล่อยสีลงเครื่องฉีด	ชี้แจงและอบรมพนักงาน เรื่อง วิธีการปล่อยส่วนผสมลงเครื่องฉีด
2) พนักงานล้างเครื่องฉีดไม่สะอาด	ชี้แจงและอบรมพนักงาน เรื่อง การทำความสะอาดเครื่องฉีด
3) อุณหภูมิควบคุมไม่คงที่	การหาสภาวะที่เหมาะสมโดยการออกแบบการทดลอง
	การกำหนดรายการการตรวจสอบเครื่องจักรประจำวัน

6) กระบวนการบด

จากสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องดังตารางที่ 5.11 เป็นสาเหตุที่เกิดขึ้นในกระบวนการบดจำนวน 5 สาเหตุ ซึ่งกำหนดแนวทางแก้ไขดังตารางที่ 5.17 ดังนี้

ตารางที่ 5.17 การกำหนดแนวทางแก้ไขของสาเหตุของบกพร่องในกระบวนการบด

แนวโน้มสาเหตุของข้อบกพร่อง	แนวทางแก้ไข
1) พนักงานล้างเครื่องบดไม่สะอาด	ชี้แจง และฝึกอบรมพนักงาน เรื่อง การทำความสะอาดเครื่องบด และการติดตามผลการทำความสะอาดของพนักงาน
2) เครื่องจักรมีจุดอับเข้าถึงยาก	ค้นหาจุดอับที่เข้าถึงทำความสะอาดยาก และหาวิธีการทำความสะอาดในแต่ละจุด
3) เฉดสีหรือชนิดสีแตกต่างกันมากทำให้ล้างออกยาก	ปรับปรุงวิธีการทำความสะอาดในแต่ละบริเวณ
4) น้ำค้างในระบบท่อ	ปรับปรุงระบบท่อลำเลียง

จากสาเหตุทั้งหมด 20 สาเหตุที่ถูกคัดเลือก สาเหตุที่ไม่สามารถดำเนินการได้ คือ น้ำค้างในระบบท่อ เนื่องจากลักษณะของท่อมีความชันไม่พอที่จะทำให้น้ำไหลออกจากท่อได้หมด ซึ่งในปัจจุบันมีการเปิดระบบเครื่องจักรเพื่อไล่น้ำออก ทีมงานพิจารณาว่าปัญหาดังกล่าวยังไม่คุ้มที่จะลงทุน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงระบบท่อต้องมีการศึกษาโครงสร้างของท่อ รวมถึงการหยุดการผลิตด้วย ดังนั้น ในการดำเนินการปรับปรุงนี้ จึงมีสาเหตุที่จะนำไปปรับปรุง จำนวน 19 สาเหตุ

บทที่ 6
การดำเนินการปรับปรุง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการดำเนินการปรับปรุงหลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อหาสาเหตุ และคัดเลือกสาเหตุแล้วนำมากำหนดมาตรการแก้ไขดังบทที่ 5 โดยมีการดำเนินการ ซึ่งสามารถสรุปหัวข้อได้ดังนี้

1) การแก้ไขการชั่งน้ำหนักวัตถุดิบไม่ได้ตามกำหนดในกระบวนการผสมวัตถุดิบ

2) การแก้ปัญหาน้ำหนักที่บรรจุในถุงไม่ได้ตามน้ำหนักที่ระบุบนถุงในกระบวนการผสมวัตถุดิบ

3) การแก้ปัญหาไม่ตรวจเช็คการเข้ากันของส่วนผสมในกระบวนการผสมวัตถุดิบ

4) การแก้ปัญหา pigment ค้างขอบถังผสมในกระบวนการผสมวัตถุดิบ

5) การแก้ปัญหาน้ำมันรั่วใส่ส่วนผสมในกระบวนการผสมวัตถุดิบ

6) การแก้ไขระบบการวัดความหนาของฟิล์มสีในกระบวนการเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง

7) การแก้ไขเครื่องวัดสีไม่สามารถปรับสีเข้มๆ ได้ในกระบวนการวัดสี

8) การแก้ไขการขาดการปรับปรุงข้อมูลแม่สีในกระบวนการวัดสี

9) การแก้ปัญหาแม่สีเฉดสีต่างกันมากในแต่ละล็อตในกระบวนการวัดสี

10) การออกแบบการทดลองในกระบวนการฉีด

11) การปรับปรุงวิธีการทำความสะอาดในกระบวนการบด

12) การฝึกอบรมพนักงาน และการพัฒนาระบบการฝึกอบรมพนักงาน

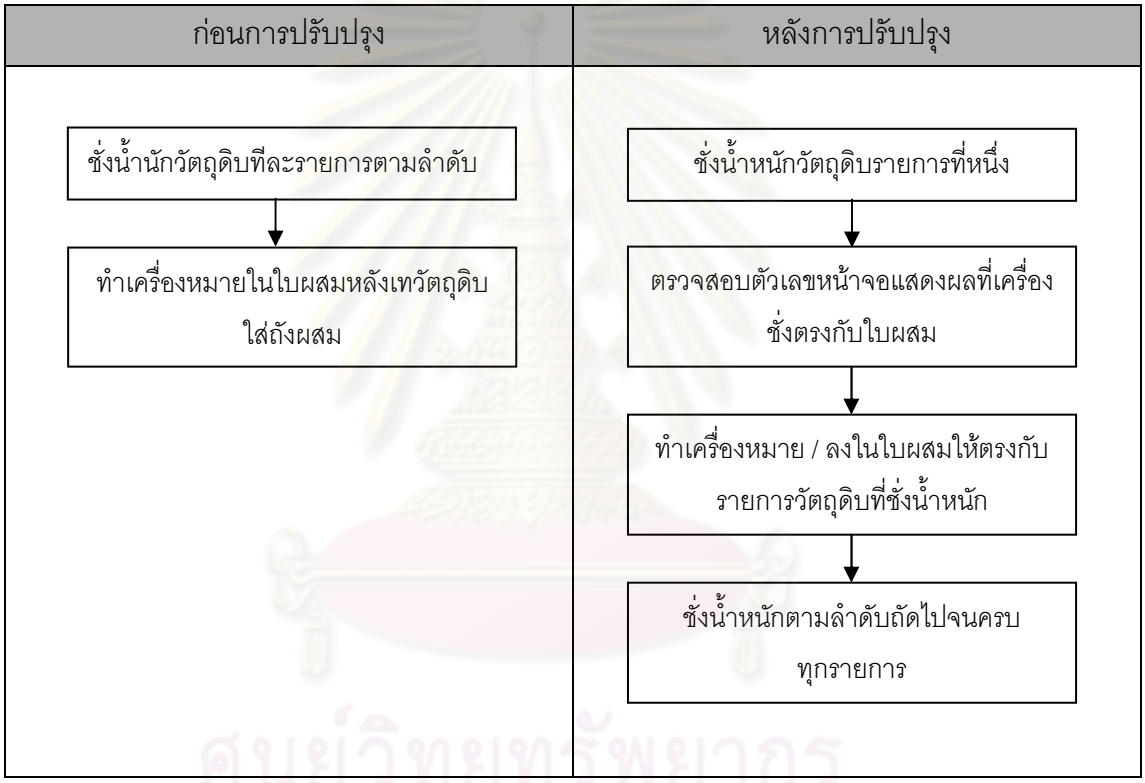
6.1 การแก้ไขการชั่งน้ำหนักวัตถุดิบไม่ได้ตามกำหนดในกระบวนการผสมวัตถุดิบ

จากการศึกษาปัญหาการชั่งน้ำหนักวัตถุดิบไม่ได้ตามกำหนด ส่วนหนึ่งมีสาเหตุมาจากลักษณะของการทำงาน ได้แก่ การชั่งน้ำหนัก pigment ซึ่งต้องใช้เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่งในการชั่งน้ำหนัก โดยพนักงานจะต้องมีการคำนวณเพื่อเปลี่ยนหน่วยของน้ำหนักในใบผสมจากกิโลกรัมเป็นกรัม จึงทำให้เกิดความผิดพลาดจากการคำนวณหน่วยทศนิยมผิด หรือพนักงานลืมชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ สำหรับรายการที่ต้องมีการผสมทั้งการใช้ถุงเต็มและการชั่งน้ำหนักเศษทำให้ลืมชั่งน้ำหนักส่วนหนึ่ง ซึ่งส่งผลให้ส่วนผสมไม่ถูกต้องตามสูตร

การปรับปรุงจึงได้มีการดำเนินการดังนี้

- การปรับปรุงแบบฟอร์มการผสม โดยแยกน้ำหนักระหว่างถุงเต็มและเศษ เพื่อให้พนักงานสามารถใช้ตรวจสอบการชั่งน้ำหนักได้ เพื่อแก้ปัญหาจากพนักงานลืมชั่งน้ำหนักสำหรับรายการที่ใช้ทั้งถุงเต็ม และการชั่งน้ำหนักที่เป็นเศษในการผสม ตามแบบฟอร์ม FM-PD01-03 ใบผสมผลิต (ภาคผนวก ก)

- การปรับปรุงมาตฐานการทำงาน โดยระบุวิธีการทำงานให้ชัดเจนยิ่งขึ้น โดยเน้นในเรื่องการตรวจสอบน้ำหนักวัตถุดิบให้ตรงกับกับใบผสมทุกครั้ง เพื่อป้องกันความผิดพลาดจากการทำงาน ตามWI-PD02-02 เรื่องการผสมวัตถุดิบ (ภาคผนวก ข) โดยสามารถเปรียบเทียบผลการดำเนินการก่อนปรับปรุงและหลังการปรับปรุง ดังรูปที่ 6.1
- การอบรมและให้พนักงานทำแบบทดสอบเรื่องการคำนวณจุดทศนิยม เพื่อให้พนักงานสามารถคำนวณจุดทศนิยมเพื่อใช้ในการเปลี่ยนหน่วยน้ำหนักได้อย่างถูกต้อง
- การชี้แจงพนักงานจุดที่ควรระวังในการผสม เพื่อให้พนักงานมีความตระหนักถึงจุดที่ควรระมัดระวังในขณะการปฏิบัติงาน



รูปที่ 6.1 เปรียบเทียบขั้นตอนการผสมวัตถุดิบก่อนและหลังการปรับปรุง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.2 การแก้ปัญหาน้ำหนักที่บรรจุในถุงไม่ได้ตามน้ำหนักที่ระบุบนถุงในกระบวนการผสมวัตถุดิบ

วัตถุดิบไทเทเนียมซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ใช้เป็นผงสีขาว (White pigment) มีการใช้น้ำหนักถุงเต็มในการผสมโดยไม่ต้องมีการชั่งน้ำหนักเพื่อตรวจสอบก่อนเทลงในถังผสม ทำให้เกิดปัญหาเฉดสีเพี้ยน เนื่องจากน้ำหนักที่ระบุบนถุงไม่ตรงกับน้ำหนักที่บรรจุในถุงไทเทเนียม

การดำเนินการแก้ไขโดยกำหนดวิธีการการชั่งน้ำหนักตามสูตรทุกครั้งสำหรับไทเทเนียม ตาม WI-PD02-02 เรื่องการผสมวัตถุดิบ (ภาคผนวก ข)

6.3 การแก้ปัญหาไม่ตรวจเช็คการเข้ากันของส่วนผสมในกระบวนการผสมวัตถุดิบ

สาเหตุดังกล่าวเกิดเนื่องจากยังไม่มีมาตรฐานการทำงาน ทำให้พนักงานละเลยการตรวจสอบ และไม่ทราบวิธีการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง การดำเนินการแก้ไขโดยการกำหนดมาตรฐานการตรวจสอบเช็คการเข้ากันของส่วนผสม รวมทั้งทำการอบรมและชี้แจงพนักงานให้ทราบวิธีการปฏิบัติงานที่ถูกต้องตาม WI-PD02-02 เรื่องการผสมวัตถุดิบ (ภาคผนวก ข) และขั้นตอนการตรวจเช็คการเข้ากันของส่วนผสม ดังรูปที่ 6.2

ขั้นตอนการทำงาน	รูปภาพ
1) ใช้เหล็กแหย่สีลงในถังผสม	
2) ตรวจสอบการเข้ากันของวัตถุดิบ ต้องเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่จับตัวเป็นก้อนแข็ง	
3) ทำเครื่องหมาย / ลงในใบผสม ว่าได้ทำการตรวจสอบแล้ว - กรณีที่พบว่าวัตถุดิบไม่เข้ากันแจ้งหัวหน้างานทราบ	

รูปที่ 6.2 วิธีการตรวจเช็คการเข้ากันของส่วนผสม

6.4 การแก้ปัญหา pigment ค้างขอบถังผสมในกระบวนการผสมวัตถุดิบ

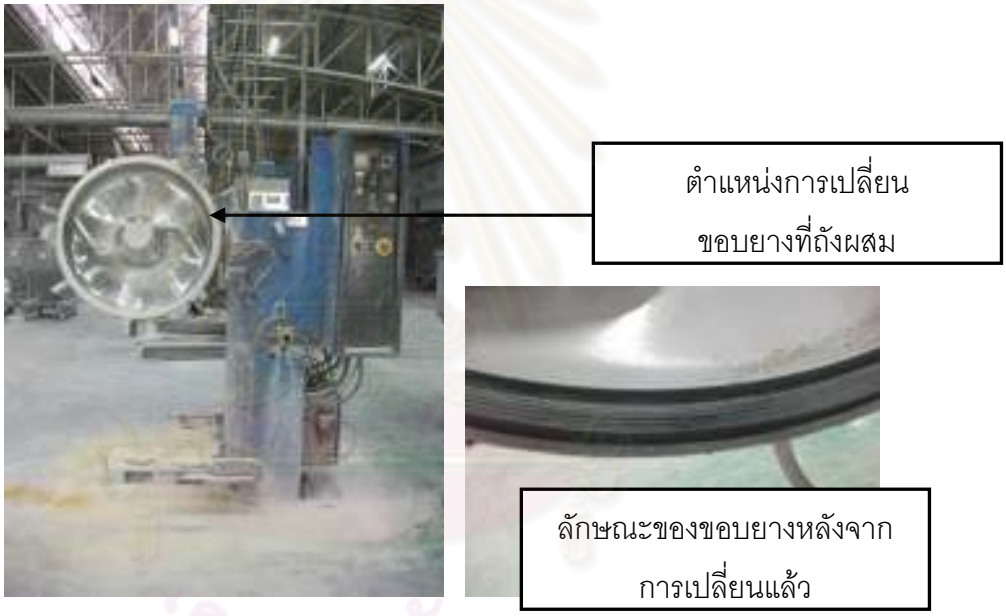
สาเหตุของ Pigment ค้างที่ขอบถังผสม เกิดจากสภาพของการทำงาน ได้แก่

- ขอบยางที่ถังผสมเสื่อมสภาพ ซึ่งขอบยางนี้จะช่วยในการปิดผนึกระหว่างถังผสมและฝาถังผสมเพื่อป้องกันส่วนผสมกระจายออกมาขณะเครื่องผสมทำงาน ดังนั้น ขอบยางที่ถังผสมเสื่อมจึงส่งผลให้ pigment บางส่วนกระจายออกมาค้างที่ขอบถังผสม

- พนักงานใส่ส่วนผสมแล้วติดค้างที่ขอบถังผสม

จากสภาพการทำงานดังกล่าวนี้ จึงส่งผลให้การผสมไม่เข้ากัน

การดำเนินการแก้ไขโดยได้ทำการแจ้งแผนกวิศวกรรมเพื่อทำการเปลี่ยนขอบยางที่ถังผสม ดังรูปที่ 6.3 และกำหนดวิธีการทำงานในการผสมวัตถุดิบการใส่ pigment ลงในถังผสมให้ใส่ตรงกลางถังผสมตาม WI-PD02-02 เรื่องการผสมวัตถุดิบ (ภาคผนวก ข)



รูปที่ 6.3 การเปลี่ยนขอบยางที่ถังผสม

6.5 การแก้ปัญหาน้ำมันรั่วใส่ส่วนผสมในกระบวนการผสมวัตถุดิบ

สาเหตุน้ำมันรั่วใส่ส่วนผสมซึ่งเกิดจากการขาดบำรุงรักษาที่เพียงพอ การดำเนินการแก้ไขทางโรงงานมีแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร แต่ยังไม่มีการกำหนดจุดตรวจสอบเครื่องจักรในจุดที่ทำให้เกิดปัญหาขึ้น ดังนั้นจึงได้กำหนดจุดตรวจสอบเครื่องจักรเพื่อให้พนักงานตรวจสอบสภาพเครื่องจักรที่ผิดปกติก่อนที่จะเกิดการรั่วไหลของน้ำมัน โดยกำหนดให้พนักงานควบคุมเครื่องผสมเป็นผู้ตรวจสอบ ได้แก่ การตรวจสอบชุดซีลกันน้ำมัน ต้องไม่มีการอุดตันของฝุ่นผง และการ

ตรวจสอบการรั่วของน้ำมันบนพื้นระหว่างเครื่องจักรทำงานตามแบบฟอร์มการตรวจเช็คเครื่องผสมประจำวัน FM-PD03-07 (ภาคผนวก ก)

6.6 การแก้ไขระบบการวัดความหนาของฟิล์มสีในกระบวนการเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง

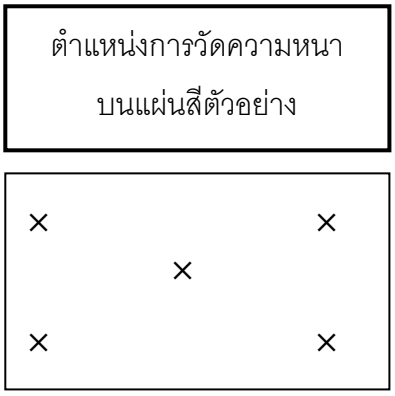
จากสาเหตุความสามารถในการปิดบังผิวหน้า (Hiding power) ขึ้นกับคุณสมบัติของแม่สีในการปิดบังผิวหน้าและยังขึ้นอยู่กับความหนาของฟิล์มสีที่ใช้ปิดผิวหน้าด้วย สำหรับปัญหาที่ทำให้เกิดแม่สีปิดผิวหน้าไม่ดีนั้น ทางโรงงานได้มุ่งปัญหาไปที่ความหนาของฟิล์มสีที่พ่นบางเกินกว่าที่กำหนด ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติการปิดผิวของแม่สีนั้น ก่อนที่จะมีการนำแม่สีเข้ามาใช้จะต้องผ่านการทดสอบคุณสมบัติของแม่สีว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับโดยแผนกวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์มาก่อนหน้านี้แล้ว ทั้งนี้การพ่นสีหนาไม่ได้ตามกำหนดซึ่งเป็นสาเหตุของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการเตรียมแผ่นสีตัวอย่างซึ่งส่งผลกระทบเกิดปัญหาเฉดสีเพี้ยนในกระบวนการวัดสี

การดำเนินการแก้ไข แผนกควบคุมคุณภาพจึงมีการดำเนินการเพื่อควบคุมความหนาของฟิล์มสีให้ได้ตามที่กำหนดก่อนที่จะส่งมอบแผ่นสีตัวอย่างให้กระบวนการวัดสี โดยดำเนินการโดยการอบรมพนักงาน เรื่อง การเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง และการวัดความหนาของฟิล์มสี จากนั้นทำการประเมินประสิทธิภาพการวัดความหนาของฟิล์มสีโดยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ระบบการวัด โดยมีวัตถุประสงค์ในการประเมินประสิทธิภาพการวัดของพนักงาน รวมถึงภาพรวมของระบบการวัดเพื่อให้มีความมั่นใจในผลการตรวจสอบก่อนที่จะส่งมอบให้กับกระบวนการวัดสีต่อไป

ขั้นตอนการดำเนินการการวิเคราะห์ระบบการวัด

ทำการทดสอบการวัดของพนักงานที่เกี่ยวข้องกับการใช้เครื่องมือวัดในการตรวจสอบความหนาของฟิล์มสี ซึ่งได้คัดเลือกพนักงานจำนวน 3 คน หลังจากที่ผ่านการฝึกอบบรมแล้ว โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) ทำการคัดเลือกพนักงาน 3 คน มาทำการทดสอบระบบการวัด
2) กำหนดจุดในการวัดชิ้นงานตัวอย่างตามข้อกำหนดในการตรวจสอบ
3) ทำการทดสอบการวัดชิ้นงาน 10 ตำแหน่ง โดยกำหนดให้พนักงานทำการวัดแบบสุ่มจำนวน 3 ซ้ำ และนำข้อมูลมาวิเคราะห์ระบบการวัด



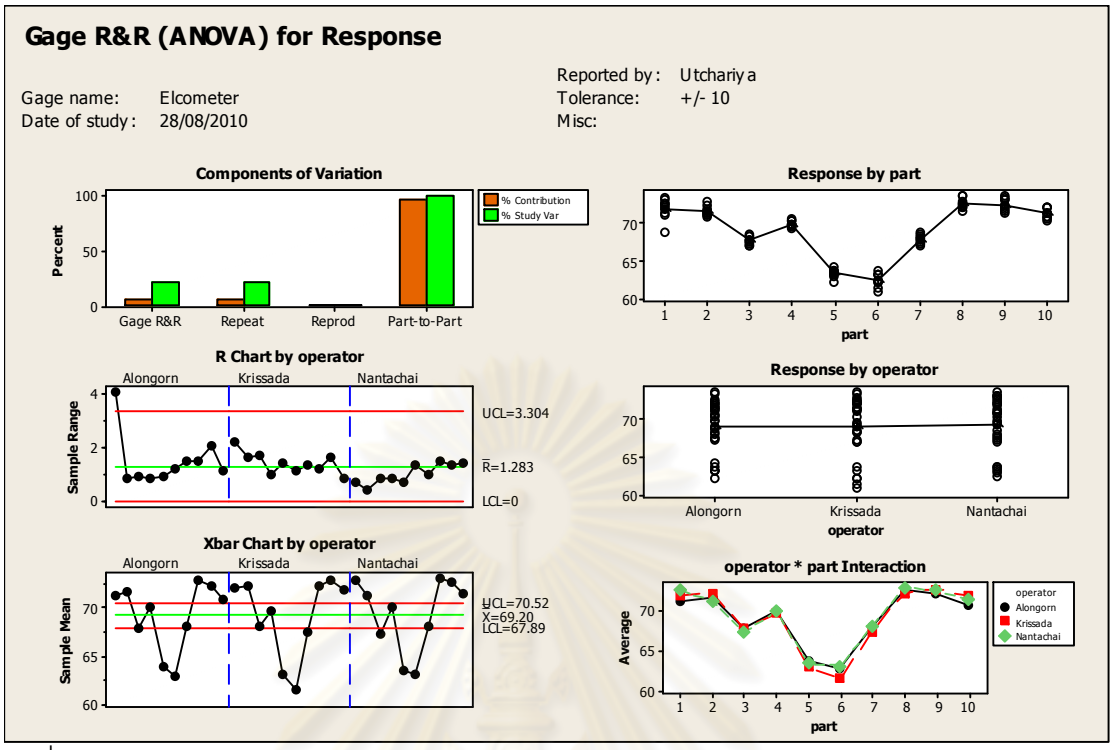
รูปที่ 6.4 การทดสอบการวัดความหนาของฟิล์มสีบนแผ่นสีตัวอย่าง

ผลการทดสอบระบบการวัด

ตารางที่ 6.1 ผลการวัดความหนาของฟิล์มสี

แผ่นที่	นันทชัย			กฤษดา			อลงกรณ์		
	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3
1	72.5	72.6	73.2	68.8	72.1	72.8	73.4	71.2	71.5
2	71.0	71.2	71.4	71.2	71.7	72.0	71.3	72.9	72.4
3	67.0	67.8	67.3	67.7	68.4	67.5	68.7	67.0	68.3
4	69.6	70.0	70.4	69.8	70.0	70.6	69.7	69.3	70.3
5	63.6	63.1	63.8	63.9	64.3	63.4	63.7	63.3	62.3
6	63.8	63.4	62.5	63.4	62.2	63.4	61.1	62.2	61.5
7	68.7	68.1	67.7	68.9	68.0	67.4	67.0	67.3	68.3
8	73.7	73.0	72.2	72.4	73.7	72.2	71.6	72.5	72.8
9	73.1	73.1	71.8	71.4	72.1	73.4	72.5	73.7	71.7
10	71.0	70.9	72.3	70.7	71.4	70.3	71.4	72.2	72.2

ผลการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Minitab Version 15



รูปที่ 6.5 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดของความหนาของฟิล์มสีโดยใช้โปรแกรม Minitab version 15

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Gage R&R Study - ANOVA Method

Gage R&R for Response

Gage name: Elcometer
Date of study: 28/08/2010
Reported by: Utchariya
Tolerance: +/- 10
Misc:

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
part	9	1100.98	122.332	149.367	0.000
operator	2	0.71	0.357	0.436	0.654
part * operator	18	14.74	0.819	1.419	0.156
Repeatability	60	34.62	0.577		
Total	89	1151.06			

Alpha to remove interaction term = 0.1

Two-Way ANOVA Table Without Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
part	9	1100.98	122.332	193.304	0.000
operator	2	0.71	0.357	0.564	0.571
Repeatability	78	49.36	0.633		
Total	89	1151.06			

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.6328	4.47
Repeatability	0.6328	4.47
Reproducibility	0.0000	0.00
operator	0.0000	0.00
Part-To-Part	13.5221	95.53
Total Variation	14.1549	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (5.15 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.79552	4.0969	21.14
Repeatability	0.79552	4.0969	21.14
Reproducibility	0.00000	0.0000	0.00
operator	0.00000	0.0000	0.00
Part-To-Part	3.67724	18.9378	97.74
Total Variation	3.76230	19.3759	100.00

Number of Distinct Categories = 6

รูปที่ 6.5 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดของความหนาของฟิล์มสีโดยใช้โปรแกรม Minitab version 15 (ต่อ)

จากรูปที่ 6.5 พบว่า ความแปรผันจากระบบการวัด เท่ากับ 21.14 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดการยอมรับระบบการวัดต้องไม่เกิน 30 ซึ่งถือว่าระบบการวัดดังกล่าวอยู่ในช่วงที่สามารถยอมรับได้ และเมื่อพิจารณาความสามารถในการแยกความแตกต่างของข้อมูล (Number of Distinct Categories) หรือค่า ndc เท่ากับ 6 โดยเกณฑ์มาตรฐานในการแยกความแตกต่างของข้อมูลต้องมากกว่า 5 ซึ่งถือว่าระบบการวัดดังกล่าวมีความสามารถในการแยกความแตกต่างของข้อมูลได้พอสมควร ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าระบบการวัดดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ และเมื่อพิจารณาพนักงานวัด พบว่า พนักงานวัดทั้ง 3 คน ทำการวัดได้ไม่แตกต่างกัน

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าระบบการวัดในปัจจุบันถือว่าสามารถยอมรับได้ และพนักงานมีการวัดได้ไม่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถทำให้มั่นใจได้ว่าผลการวัดความหนาของฟิล์มสีของแผ่นสีตัวออย่างที่ส่งมอบให้กระบวนการวัดสีต่อไปนั้นมีผลการตรวจสอบที่น่าเชื่อถือ และสามารถยอมรับผลการตรวจสอบได้

6.7 การแก้ไขเครื่องวัดสีไม่สามารถปรับสีเข้ม ๆ ได้ในกระบวนการวัดสี

จากสาเหตุดังกล่าวเนื่องด้วยข้อจำกัดของเครื่องวัดสีที่ไม่สามารถใช้ในการปรับแต่งสีที่มีเฉดเข้มๆ ได้ จึงส่งผลมีการปรับแต่งสีหลายครั้ง เนื่องจากเป็นการใช้ประสบการณ์จากการปรับแต่งสีของพนักงานเพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่จะทำให้ได้เฉดสีตรงกับสีมาตรฐาน

การดำเนินการแก้ไขทางโรงงานจึงได้มีการจัดซื้อเครื่องวัดสีที่สามารถใช้ในการวัดและปรับสีเข้มๆ ได้ เพื่อให้เครื่องวัดสีช่วยในการทำนายสูตรการผสมสีแทนการใช้ประสบการณ์ของพนักงานที่อาจทำให้เกิดความผิดพลาดจากการปรับแต่งสีได้ง่าย รวมทั้งมีการจัดทำวิธีการใช้เครื่องวัดสี และการปรับสีด้วยเครื่องวัดสี เพื่อให้พนักงานสามารถปฏิบัติงานได้ถูกต้องตาม WI-PD02-01 การวัดสีและการปรับแต่งสี (ภาคผนวก ข)

6.8 การแก้ไขการขาดการปรับปรุงข้อมูลแม่สีในกระบวนการวัดสี

ปัญหาการขาดการปรับปรุงข้อมูลแม่สีเข้าเครื่องวัดสี จากการนำแม่สีใหม่มาใช้แทนแม่สีเดิมและไม่ได้ทำการปรับปรุงข้อมูลแม่สีเข้าไปใหม่ ทำให้พนักงานทำการปรับสีเองโดยอาศัยประสบการณ์จากการทำงานซึ่งส่งผลให้มีการปรับแต่งสีหลายครั้งเพื่อได้สีตามสีมาตรฐาน

การดำเนินการแก้ไขโดยทำการรวบรวมข้อมูลรายการของแม่สีที่ยังไม่มีการปรับปรุงข้อมูลเข้าไปในฐานข้อมูลในเครื่องวัดสี จากนั้นกำหนดแม่สีที่สามารถใช้วัดสีแทนกันได้และแจ้งให้พนักงานทราบเพื่อนำไปใช้ในการวัดสีและปรับสีด้วยเครื่องวัดสีระหว่างที่รอการป้อนข้อมูลแม่สี

เข้าไปในฐานข้อมูลของเครื่องวัดสี ตัวอย่างการจัดทำรายการแม่สีที่สามารถใช้แทนกันได้ ดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 ตัวอย่างการจัดทำรายการแม่สีที่สามารถใช้วัดสีแทนกันได้

ลำดับที่	รหัสวัตถุดิบ	เฉดสี	รหัสวัตถุดิบเทียบเท่า
1	20034	ขาว	20031
2	20036	ขาว	20031
3	20037	ขาว	20031
4	20042	ขาว	20031
5	20031	แดง	22033
6	23015	ส้ม	23005
7	24022	เหลือง	24020
8	25026	น้ำเงิน	25023
9	26015	เขียว	26012

นอกจากนี้กำหนดหัวหน้างานแจ้งพนักงานปรับสีก่อนการผลิต กรณีที่มีแม่สีใหม่เข้ามาใช้และยังไม่มีการป้อนข้อมูลเข้าไปในระบบของเครื่องวัดสีว่าจะใช้แม่สีอะไรในการวัดและปรับสีแทนกันได้ และชี้แจ้งพนักงานให้ใช้เครื่องวัดสีเพื่อทำการวัดสีและปรับสีทุกครั้ง กรณีที่ไม่พบข้อมูลแม่สีในระบบฐานข้อมูลให้แจ้งหัวหน้างานทราบทันที

6.9 การแก้ปัญหาแม่สีเฉดสีต่างกันมากในแต่ละล็อตในกระบวนการวัดสี

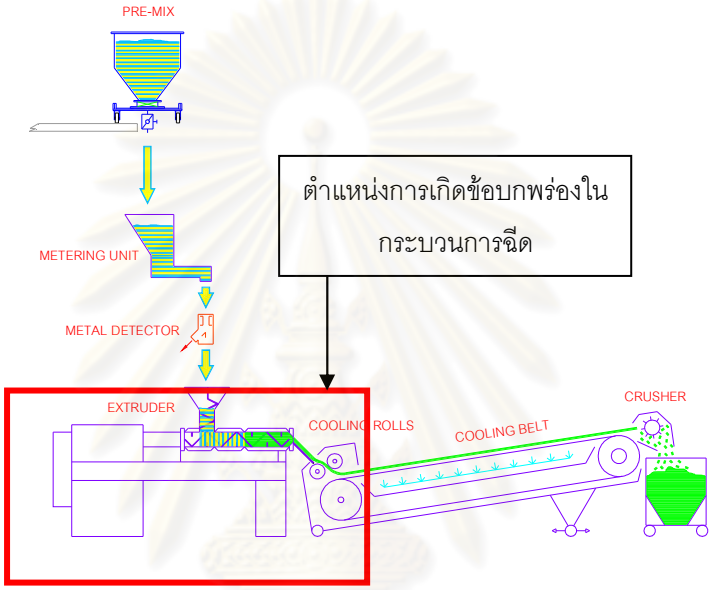
การควบคุมคุณภาพของ pigment ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ทำให้เกิดสี ค่าที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของเฉดสี คือ ค่าความแข็งแรงของสี (ค่า strength) ซึ่งการควบคุมคุณภาพปัจจุบันกำหนดช่วงการควบคุมที่ $\pm$ 5 ซึ่งส่งผลให้เฉดสีมีความแปรผันทำให้เกิดเฉดสีเพี้ยนเมื่อนำไปใช้ในการผลิต

การดำเนินการแก้ไขทางแผนกควบคุมคุณภาพจึงได้มีการรวบรวมข้อมูลผลการรับเข้าแม่สีที่พบปัญหา และประสานงานกับทางผู้ผลิตแม่สีเพื่อร่วมกันดำเนินการแก้ไข ทั้งนี้แผนกควบคุมคุณภาพและผู้ผลิตได้พิจารณาร่วมกันว่าผลที่ทำให้เฉดสีมีความแตกต่างกัน และส่งผลให้มีการปรับแต่งสีหลายครั้ง เนื่องมาจากค่า strength ของ pigment ที่มีช่วงการควบคุมที่กว้างเกินไป คือ

$\pm$ 5 ดังนั้น จึงได้ร่วมกันกำหนดข้อกำหนดเฉพาะของแม่สีใหม่ โดยกำหนดให้มีช่วงการควบคุมที่แคบลงคือ $\pm$ 1

6.10 การออกแบบการทดลองในกระบวนการฉีด

การออกแบบการทดลองในกระบวนการฉีด โดยเครื่องฉีดเป็นเครื่องจักรที่ใช้ในการผสมวัตถุดิบโดยการหลอมละลายให้เข้ากันหลังจากที่วัตถุดิบถูกผสมเบื้องต้นมาแล้วด้วยเครื่องผสมในกระบวนการผสมวัตถุดิบ (Premix) และพนักงานจะปล่อยส่วนผสมลงมาเข้าเครื่องฉีด ดังรูปที่ 6.6



รูปที่ 6.6 ตำแหน่งของการเกิดข้อบกพร่องของกระบวนการฉีด

จากสาเหตุอุณหภูมิควบคุมของเครื่องฉีดไม่คงที่ นอกจากการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องฉีดแล้วทางทีมงานยังเห็นว่ายังมาจากความเร็วรอบของสกรูภายในเครื่องฉีดซึ่งการเกิดแรงอัดภายในเครื่องฉีดมีส่วนทำให้อุณหภูมิภายในเครื่องฉีดสูงขึ้น ซึ่งการปรับความเร็วรอบของสกรูนั้นจะต้องสอดคล้องกับอัตราการป้อนของวัตถุดิบที่เหมาะสมด้วย ซึ่งผลการวิเคราะห์ปัญหาดังกล่าวสอดคล้องกับ Misev (1990)

ดังนั้น การกำหนดปัจจัยที่จะศึกษาเพื่อควบคุมสภาวะของเครื่องฉีด ได้แก่

1) อุณหภูมิของเครื่องฉีด

2) ความเร็วรอบของสกรู

3) อัตราการป้อนของส่วนผสมเข้าเครื่องฉีด

การศึกษาสภาพของปัญหา

ในการศึกษาสภาพของลักษณะข้อบกพร่อง พบว่า ปัญหาเฉดสีเพี้ยน เป็นข้อบกพร่องที่พบมากที่สุด ดังนั้นจึงเลือกปัญหาเฉดสีเพี้ยนเป็นปัญหาหลักที่ใช้ในการศึกษา โดยในการทดลองนี้จะเลือกผลิตภัณฑ์ตัวอย่างมา 1 ผลิตภัณฑ์ที่มียอดการผลิตมากที่สุดมาทำการศึกษาสภาวะของเครื่องฉีดเพื่อให้เกิดความต่อเนื่องในการทดลอง ดังนี้

การเลือกผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษา

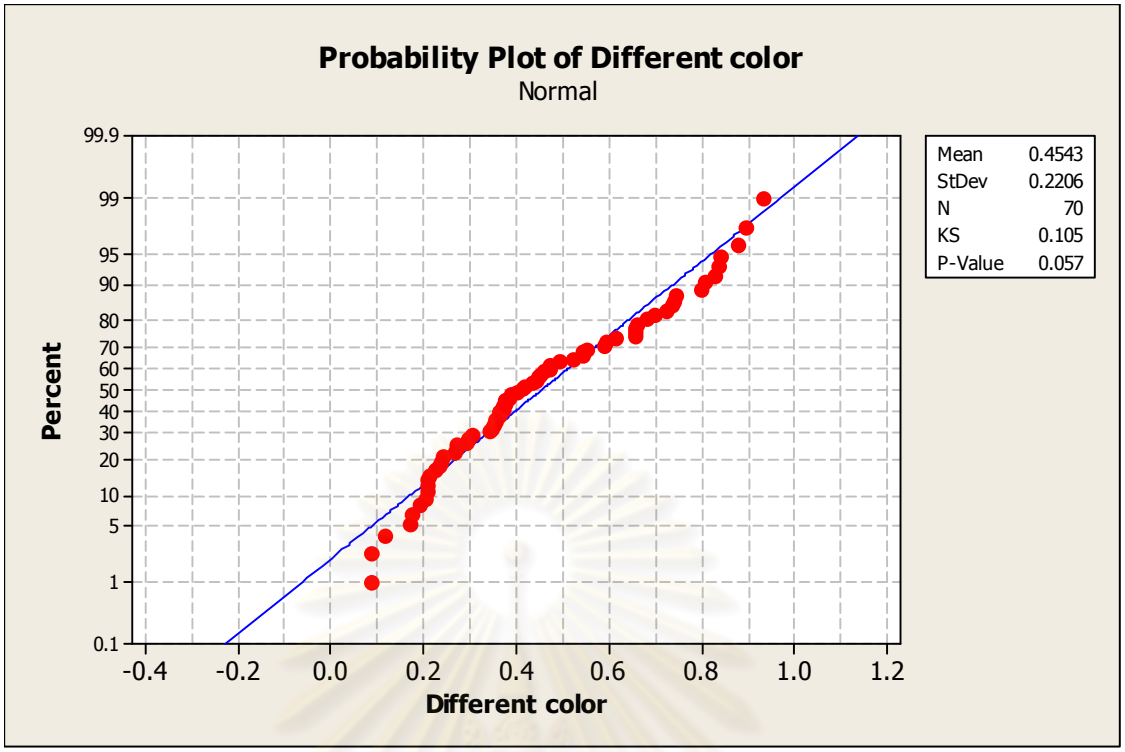
ในที่นี้จะเลือกกลุ่มผลิตภัณฑ์ M (Hybrid) โดยมียอดการผลิตประมาณ 60% ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ทั้งหมด และทำการเลือกผลิตภัณฑ์ที่มียอดการผลิตมากที่สุดในกลุ่มนี้มาทำการศึกษาจำนวน 1 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ M00006AN ซึ่งมียอดการผลิต 11.67% ของยอดการผลิตทั้งหมดในกลุ่มผลิตภัณฑ์ M (Hybrid)

เนื่องจากกระบวนการผสมสี เป็นกระบวนการผสมสีให้ได้คุณภาพก่อนที่จะเริ่มกระบวนการผลิตต่อไป ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าสภาวะการควบคุมในกระบวนการฉีดนี้มีความเหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ จึงได้ทำการศึกษาในกระบวนการผลิต โดยพิจารณาจากความสามารถของกระบวนการ (Process Capability, Cpk) ของค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานในปัจจุบัน หลังจากนั้นทำการปรับปรุงกรณีที่พบว่าค่าความสามารถของกระบวนการต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เพื่อหาสภาวะควบคุมที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูลค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน

ค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน เป็นค่าที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพของเฉดสีเพื่อให้ได้เฉดสีมีคุณภาพใกล้เคียงกับเฉดสีมาตรฐานมากที่สุด โดยในการทำการวิเคราะห์ค่า C_{pk} ของค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานในปัจจุบันโดยทำการเก็บข้อมูลจากการผลิตโดยการสุ่มเก็บตัวอย่างในแต่ละ batch จำนวน 70 ตัวอย่างที่ใช้ในการผลิตในเดือนกันยายน 2553

ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการจะต้องทำการทดสอบความปกติของข้อมูลก่อนดังรูปที่ 6.7

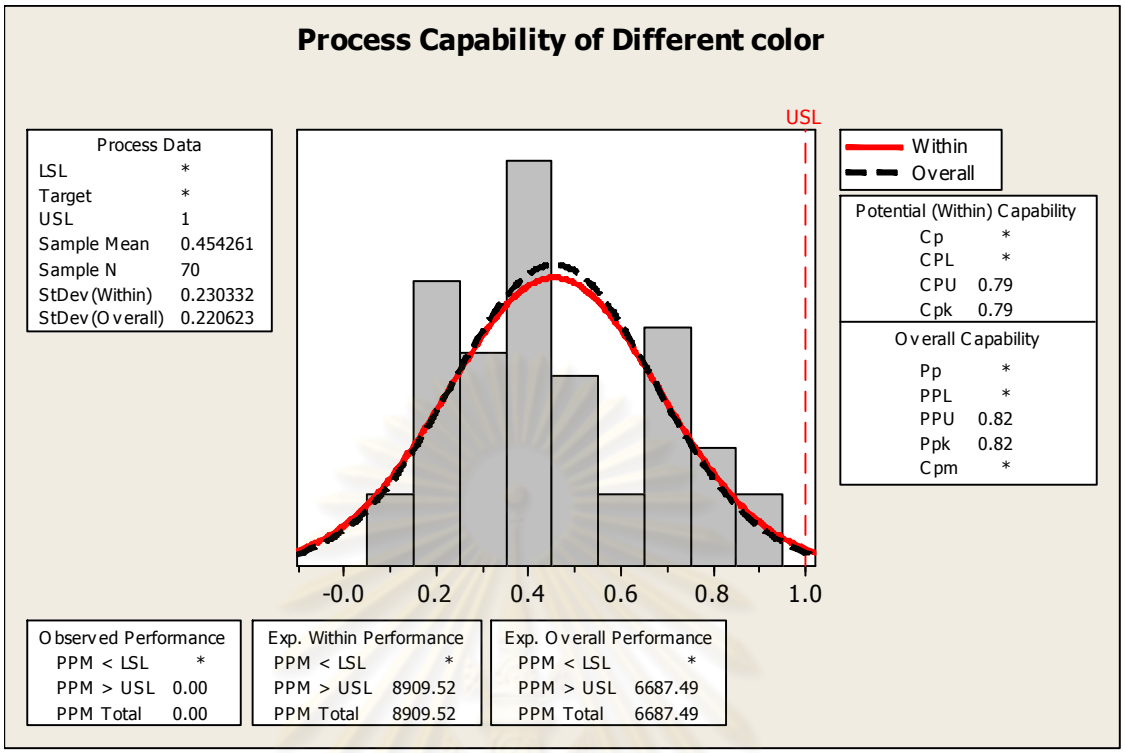


รูปที่ 6.7 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลของค่าความแตกต่างของสีในกระบวนการฉีดจากข้อมูลการผลิตในเดือนกันยายน 2553

จากรูปที่ 6.7 การทดสอบสมมุติฐานของความเป็นปกติของข้อมูล พบว่าข้อมูลมีค่า P-Value มากกว่า 0.05 แสดงว่า ข้อมูลที่ได้เป็นตัวแปรสุ่มแบบปกติ

หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลความสามารถของกระบวนการผลิต (Process Capability) ค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 6.8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.8 ความสามารถของกระบวนการของค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน จากข้อมูลการผลิตในเดือนกันยายน 2553

จากรูปที่ 6.8 เนื่องจากในการกำหนดข้อกำหนดของค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน จะกำหนดให้ค่าความต่างของสีเทียบสีมาตรฐานต้องมีค่าไม่เกิน 1 (USL<1) ซึ่งเป็นการกำหนดข้อกำหนดเฉพาะเพียงด้านเดียว (USL หรือ LSL ค่าใดค่าหนึ่ง) พบว่า ค่า Cpk เท่ากับ 0.79 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์การตัดสินของความสามารถของกระบวนการโดย Montgomery (1996) อ้างอิงใน กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2550) กล่าวว่า สำหรับกระบวนการทั่วไป (ใช้งานอยู่) ค่าดัชนี Cpk ที่ต่ำที่สุดสำหรับข้อกำหนดเฉพาะแบบด้านเดียว เท่ากับ 1.25 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการนั้นไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากระบวนการดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์ที่ควรปรับปรุง

ดังนั้น จากปัญหาเครื่องฉีดมีอุณหภูมิไม่คงที่ ซึ่งมีผลจากการควบคุมของปัจจัย 3 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิของบาเรล ความเร็วรอบของสกรู และอัตราการป้อนของวัตถุดิบ โดยทำการแก้ข้อบกพร่องจากปัญหาเฉดสีเพี้ยนเป็นหลัก เนื่องจากเป็นข้อบกพร่องที่พบมากที่สุด และเลือกผลิตภัณฑ์รหัส M00006AN เป็นแนวทางในการดำเนินการแก้ไข เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตมากที่สุด

การวิเคราะห์ระบบการวัดค่าสี

วัตถุประสงค์เพื่อรับรองความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการวัดก่อนทำการทดลองว่ามีความถูกต้อง

ขั้นตอนการวิเคราะห์ของระบบการวัด

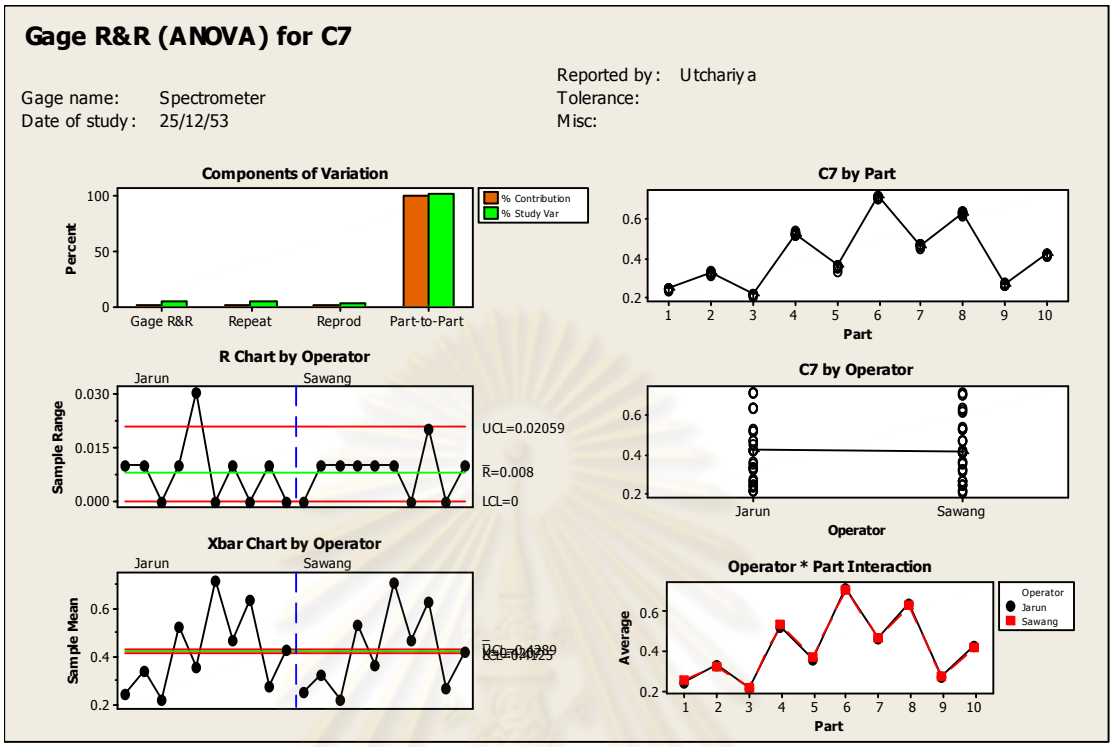
1) เลือกพนักงานที่ทำหน้าที่ประจำที่เกี่ยวข้องกับการวัดสี โดยในปัจจุบันมีพนักงานที่เกี่ยวข้องอยู่ 2 คน
2) กำหนดตำแหน่งที่ต้องการวัดสี
3) ทำการวัดค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน โดยทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ แบบสุ่ม และนำข้อมูลไปวิเคราะห์ระบบการวัด

ผลการวัดค่าสี

ตางรางที่ 6.3 ผลการวัดค่าสี

แผ่นที่	พนักงานคนที่ 1			พนักงานคนที่ 2		
	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3
1	0.25	0.25	0.25	0.24	0.25	0.25
2	0.33	0.33	0.32	0.34	0.33	0.34
3	0.21	0.22	0.21	0.22	0.22	0.22
4	0.53	0.54	0.53	0.52	0.53	0.52
5	0.37	0.37	0.36	0.36	0.37	0.37
6	0.71	0.72	0.71	0.72	0.72	0.72
7	0.47	0.47	0.47	0.46	0.47	0.47
8	0.62	0.63	0.64	0.64	0.64	0.64
9	0.27	0.27	0.27	0.27	0.28	0.27
10	0.42	0.42	0.43	0.43	0.43	0.43

ผลการวิเคราะห์



รูปที่ 6.9 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดของค่าสีโดยใช้โปรแกรม Minitab version 15

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Part	9	1.51017	0.167797	1952.81	0.000
Operator	1	0.00003	0.000027	0.31	0.591
Part * Operator	9	0.00077	0.000086	2.46	0.025
Repeatability	40	0.00140	0.000035		
Total	59	1.51237			

Alpha to remove interaction term = 0.1

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0000520	0.19
Repeatability	0.0000350	0.12
Reproducibility	0.0000170	0.06
Operator	0.0000000	0.00
Operator*Part	0.0000170	0.06
Part-To-Part	0.0279519	99.81
Total Variation	0.0280038	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (5.15 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.007209	0.037128	4.31
Repeatability	0.005916	0.030468	3.54
Reproducibility	0.004120	0.021219	2.46
Operator	0.000000	0.000000	0.00
Operator*Part	0.004120	0.021219	2.46
Part-To-Part	0.167188	0.861019	99.91
Total Variation	0.167343	0.861819	100.00

Number of Distinct Categories = 32

รูปที่ 6.9 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดของค่าสีโดยใช้โปรแกรม Minitab version 15 (ต่อ)

จากรูปที่ 6.9 พบว่า ความแปรผันจากระบบการวัด เท่ากับ 4.31 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดการยอมรับระบบการวัดต้องไม่เกิน 30 ซึ่งถือว่าระบบการวัดดังกล่าวอยู่ในช่วงที่สามารถยอมรับได้ และเมื่อพิจารณาความสามารถในการแยกความแตกต่างของข้อมูล (Number of Distinct Categories) หรือค่า ndc เท่ากับ 32 โดยเกณฑ์มาตรฐานในการแยกความแตกต่างของข้อมูลต้องมากกว่า 5 ซึ่งถือว่าระบบการวัดดังกล่าวมีความสามารถในการแยกความแตกต่างของข้อมูลได้ดี ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าระบบการวัดดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้

การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองสำหรับการทดลองนี้ นำการออกแบบการทดลองแบบพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface) เนื่องจากเห็นว่าลักษณะของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองในที่นี้ คือ ความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน น่าจะมีความแปรผันแบบไม่เป็นเส้นตรง ซึ่งในการออกแบบการทดลองแบบพื้นผิวผลตอบสนองนั้น จะเลือกใช้วิธี Box-Behnken design ซึ่งเป็นการออกแบบสามระดับสำหรับฟิตพื้นผิวตอบสนอง ผลของการออกแบบมีประสิทธิภาพมากในด้านจำนวนของการรันที่ต้องการ และการออกแบบนี้ยังมีความสามารถในการหมุนหรือเกือบหมุนได้อีกด้วย (Montgomery, 2005) นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับวิธี Central Composite Design ซึ่งเป็นวิธีการอกกแบบการทดลองแบบพื้นผิวตอบสนองเช่นกันนั้น การทดลองด้วยวิธี Box-Behnken design จะมีจำนวนการทดลองที่ใช้น้อยกว่าซึ่งเป็นข้อได้เปรียบของวิธีนี้นั่นเอง (วีรเทพ เฉลิมสมิทธ์ชัย, 2550) โดยผลเพื่อประหยัดต้นทุนวัตถุดิบ และเวลาที่ใช้ในการทดลอง

โดยมีปัจจัยที่ทำการศึกษามี 3 ปัจจัย มีการทดลองทั้งสิ้น 15 การทดลอง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ใน 1 การทดลอง และทำการทดลองแบบสุ่ม เพื่อทำให้ค่าสังเกตจากการทดลองมีความเป็นอิสระต่อกัน และสามารถที่จะเฉลี่ยออกความผันแปรภายนอกที่ไม่ได้เกิดจากสาเหตุโดยธรรมชาติออกไปได้ ซึ่งทำให้การวิเคราะห์ผลการทดลองมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น (Montgomery, 2005)

การกำหนดระดับปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา

การกำหนดระดับของปัจจัยที่ทำการศึกษาได้แก่ อุณหภูมิของบาเรล ความเร็วรอบของสกรู และอัตราการป้อนวัตถุดิบเข้าเครื่องฉีด โดยการกำหนดตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์หรือช่วงการใช้งานปัจจุบัน และจากการศึกษาจากคู่มือการทำงานของเครื่องจักร Buss Ko-Kneader Type PCS 70-11 L/D ระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลองดังตารางที่ 6.4

ตารางที่ 6.4 ระดับของปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา

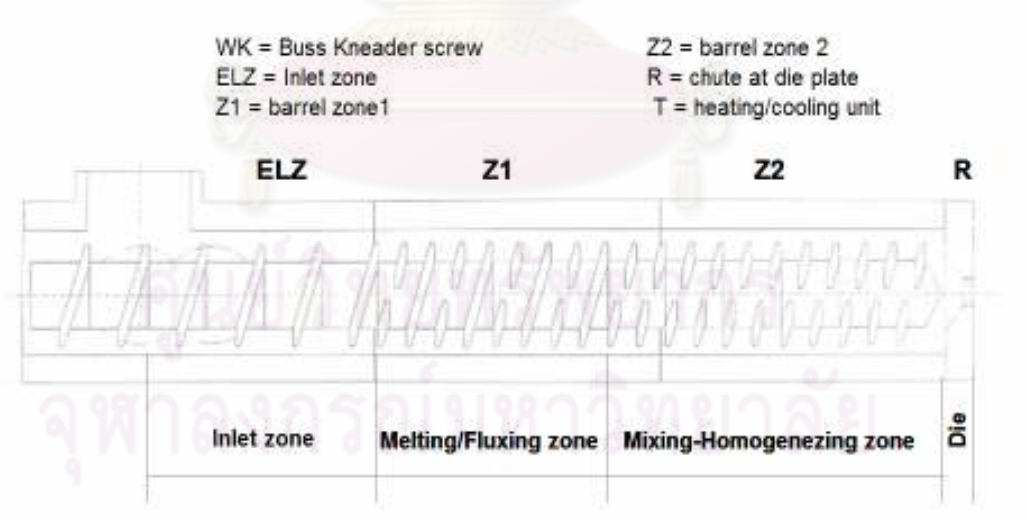
สัญลักษณ์	ปัจจัยที่ทำการศึกษา	หน่วย	ระดับต่ำ (-1)	ระดับกลาง (0)	ระดับสูง (+1)
A	ความเร็วรอบของสกรู	RPM	300	400	500
B	อัตราการป้อนวัตถุดิบเข้าเครื่องฉีด	RPM	20	25	30
C	อุณหภูมิของบาเรล	^{o}C	80	90	100

รายละเอียดการเลือกปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องจักรที่ใช้ในการทดลอง คือ เอกซ์ทรูดเดอร์สกรูเดี่ยว ประเภท Buss Ko-Kneader Buss Kneader System Type PCS 70-11 L/D โดยมีรายละเอียดการปรับตั้งพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง ดังนี้

1) อุณหภูมิของบาเรล

จากการศึกษาจากคู่มือการทำงานของเครื่องจักร อุณหภูมิของบาเรลประกอบด้วย 2 โซน ดังรูปที่ 6.10 ซึ่งในการศึกษานี้ได้ให้ความสนใจกับอุณหภูมิของบาเรลโซน 2 เท่านั้น เนื่องจากเป็นอุณหภูมิในช่วงที่ทำให้ส่วนผสมหลอมละลายเข้ากัน ซึ่งจากคู่มือการทำงานแนะนำว่าการปรับตั้งอุณหภูมิของบาเรลโซน 2 อยู่ที่ 70 ถึง 100 องศาเซลเซียส และควรตั้งให้อุณหภูมิสูงกว่า 10 ถึง 40 องศาเซลเซียส เหนือจุดหลอมเหลว (Melting point) ของเรซิน และจากการศึกษาจากข้อมูลการรับเข้าวัตถุดิบ ตั้งแต่เดือนมกราคม 2553 ถึงเดือนตุลาคม 2553 จุดหลอมเหลวของเรซินของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการศึกษานี้ มีจุดหลอมเหลวโดยเฉลี่ย เท่ากับ 92.76 องศาเซลเซียส ซึ่งช่วงการควบคุมอุณหภูมิปัจจุบันอยู่ระหว่าง 60 ถึง 110 องศาเซลเซียส ในที่นี้จึงสนใจที่จะศึกษาระดับอุณหภูมิที่ 80 ถึง 100 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงระหว่างจุดหลอมเลวของเรซินของผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษา



รูปที่ 6.10 ตำแหน่งของอุณหภูมิภายในบาเรล
ที่มา: คู่มือการทำงาน Buss Ko-Kneader Type PCS 70-11 L/D

2) **ความเร็วรอบของสกรู** (Screw Speed)

ความเร็วรอบของสกรูมีผลต่อการนวดของส่วนผสมให้ส่วนผสมมีการกระจาย และเป็นเนื้อเดียวกัน โดยการใช้ความเร็วรอบของสกรูที่สูงขึ้น เป็นการเพิ่มแรงเฉือน และยังส่งผลให้เกิดความร้อนภายในเครื่องจักรด้วย ซึ่งแนะนำสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีความเงาสูง หรือมีผงสีเป็นประเภทอินทรีย์ (organic pigment) ควรใช้ความเร็วรอบของสกรูสูงที่สุด สำหรับช่วงการควบคุมเร็วรอบของสกรูในปัจจุบันอยู่ระหว่าง 340 ถึง 350 RPM ในที่นี้สนใจที่จะศึกษาที่ระดับสูงที่สุดที่เครื่องจักรสามารถปรับค่าได้ คือ ที่ 500 RPM และระดับต่ำ คือ 300 RPM

3) **อัตราการป้อนของส่วนผสมเข้าเครื่องฉีด**

การปรับตั้งอัตราการป้อนของส่วนผสมเข้าเครื่องฉีดต้องมีความสมดุลกันกับการปรับตั้งความเร็วรอบของสกรู เพื่อให้แน่ใจว่าสกรูยังคงรักษาแรงเฉือนภายในบาเรลของเครื่องเอ็กซ์ทรูดเดอร์ได้ (Misev, 1990) สำหรับการควบคุมอัตราการป้อนส่วนผสมเข้าเครื่องฉีดในปัจจุบันอยู่ระหว่าง 10 ถึง 30 RPM ทั้งนี้สนใจที่จะศึกษาที่ระดับ 20 ถึง 30 RPM เนื่องจากพิจารณาว่าที่ระดับ 10 RPM ต่ำเกินไป ซึ่งมีผลทำให้การป้อนของวัตถุดิบไม่ทันเมื่อใช้ความเร็วรอบของสกรูที่ระดับสูงขึ้น

การออกแบบการทดลองโดยใช้โปรแกรม Minitab

Box-Behnken Design

Factors:	3	Replicates:	1
Base runs:	15	Total runs:	15
Base blocks:	1	Total blocks:	1

Center points: 3

รูปที่ 6.11 รายละเอียดการออกแบบการทดลองโดยใช้โปแกรม Minitab Verion 15

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.5 การออกแบบการทดลอง (Design Matrix) Box-Behnken Design with 3 Center Point ที่มี 3 ตัวแปร

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	A	B	C
3	1	2	1	300	30	90
14	2	0	1	400	25	90
13	3	0	1	400	25	90
7	4	2	1	300	25	100
11	5	2	1	400	20	100
4	6	2	1	500	30	90
8	7	2	1	500	25	100
6	8	2	1	500	25	80
2	9	2	1	500	20	90
10	10	2	1	400	30	80
15	11	0	1	400	25	90
1	12	2	1	300	20	90
12	13	2	1	400	30	100
9	14	2	1	400	20	80
5	15	2	1	300	25	80

ตัวแปรตอบสนอง

ตัวแปรตอบสนองที่ใช้ในการวิจัยนี้ เนื่องจากในการทดลองสนใจผลกระทบของปัญหาการเกิดเฉดสีเพี้ยน ซึ่งเป็นการตรวจสอบโดยใช้เครื่องวัดสี spectrophotometer ผลลัพธ์ที่ได้เป็นค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน ซึ่งเป็นข้อมูลแบบแปรผัน (Variable Data)

ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

ในการดำเนินการทดลอง เริ่มตั้งแต่กระบวนการผสมวัตถุดิบ กระบวนการฉีด กระบวนบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า คัดขนาดด้วยตะแกรงร่อน กระบวนการทำแผ่นสีตัวอย่าง และกระบวนการวัดสี ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการบด พิจารณาว่าเป็นกระบวนการที่ไม่มีผลต่อการเกิดเฉดสี ดังนั้นใน

การทดลองจึงใช้เครื่องบดไฟฟ้าในการบดแทนการบดด้วยเครื่องบด เพื่อเป็นการประหยัดวัตถุดิบที่จะใช้ในการทดลอง เนื่องจากกรณีที่ต้องนำผลิตภัณฑ์ที่ออกจากเครื่องฉีดเพื่อไปบดด้วยเครื่องบดในกระบวนการบด จะต้องใช้ปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ออกจากเครื่องฉีดเป็นจำนวนมาก รวมถึงการใช้เวลาในการทดลองนานกว่าด้วย รายละเอียดของขั้นตอนในการดำเนินการทดลอง ดังนี้

1) ตรวจสอบวัตถุดิบ เครื่องจักร และอุปกรณ์ต่างๆ อยู่ในสภาพที่พร้อมก่อนทำการทดลอง

2) กำหนดตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัยควบคุม

- เครื่องผสม Plasmec
- เครื่องฉีด Buss Ko-Kneader Type PCS 70-11 L/D
- พนักงานทุกๆ ส่วนงาน
- อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง

3) พนักงานควบคุมเครื่องฉีดทำการปรับตั้งอุณหภูมิของบาเรล ความเร็วรอบของสกรู และอัตราการป้อนของวัตถุดิบตามแผนการทดลองที่กำหนด

4) ทำการเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ออกมาจากเครื่องฉีด

5) บดตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเครื่องฉีดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า และร่อนด้วยตะแกรงจนได้เป็นสีผง

6) พ่นสีผงตัวอย่างลงบนแผ่นเหล็กตัวอย่าง และนำไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

7) นำแผ่นตัวอย่างมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องโดยควบคุมที่สภาวะ 27 ± 2 องศาเซลเซียส

8) ตรวจสอบความหนาของแผ่นสีตัวอย่างอยู่ในช่วง 60-80 ไมครอน

9) ทำการวัดค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานด้วยเครื่องวัดสี

ผลการทดลอง

ผลลัพธ์การทดลองได้จากการทดลองมีจำนวนการทดลอง (Runs) เท่ากับ 15 สภาวะ และใน 1 การทดลอง มีการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง และเก็บข้อมูลตามลำดับที่เป็นแบบสุ่ม (Random Order) ดังตารางที่ 6.6

ตารางที่ 6.6 ผลการทดลองจากการออกแบบการทดลอง

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	A	B	C	Avg. Y
3	1	2	1	300	30	90	0.307
14	2	0	1	400	25	90	0.170
13	3	0	1	400	25	90	0.163
7	4	2	1	300	25	100	0.337
11	5	2	1	400	20	100	0.340
4	6	2	1	500	30	90	0.400
8	7	2	1	500	25	100	0.320
6	8	2	1	500	25	80	0.180
2	9	2	1	500	20	90	0.340
10	10	2	1	400	30	80	0.103
15	11	0	1	400	25	90	0.207
1	12	2	1	300	20	90	0.557
12	13	2	1	400	30	100	0.563
9	14	2	1	400	20	80	0.450
5	15	2	1	300	25	80	0.200

การวิเคราะห์ผลการทดลองเบื้องต้น

การวิเคราะห์ผลการทดลองของการทดลองแบบ Box-Behnken รูปแบบของสมการถดถอยที่ใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตอบสนอง ดังสมการที่ 6.1 (Anees, Karnachi and Khan, 1996)

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + \beta_{33} x_3^2 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3 \quad (6.1)$$

เมื่อ y คือ predicted response

β_0 คือ model constant

x_1, x_2, x_3 คือ independent variables

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ คือ Linear coefficients

$\beta_{12}, \beta_{13}, \beta_{23}$ คือ Cross product coefficients

$\beta_{11}, \beta_{22}, \beta_{33}$ คือ Quadratic coefficients

โดยที่ β_i คือ อิทธิพลหลัก และ β_{ij} คือ อันตรกิริยาระหว่างปัจจัย 2 ปัจจัย เมื่อ i = 1, 2, 3 และ j=1, 2, 3

1) ค่าความมีนัยสำคัญของการถดถอยของสมการ (Regression)

ค่าความมีนัยสำคัญของการถดถอยของสมการเป็นการทดสอบเพื่อที่จะตรวจสอบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรผลตอบ (ในที่นี้คือค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างค่าสีมาตรฐาน) กับเซตย่อยของตัวแปรถดถอยหรือไม่ (ณรัณ ศิริสันติสัมฤทธิ์ และคณะ, 2550)
สมมติฐานที่เหมาะสมคือ

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$$
$$H_1 : \beta_i \neq 0 \ for\ at\ least\ one\ i$$

เมื่อ กำหนดให้ค่า $\alpha = 0.05$

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนถ้ายอมรับสมมติฐานหลัก (P-Value > α) สรุปว่าไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรถดถอยและตัวแปรผลตอบ ดังนั้น สมการทางคณิตศาสตร์ที่กำลังพิจารณาไม่ควรจะถูกนำมาพิจารณาอีกต่อไป และหากมีการปฏิเสธสมมติฐานหลัก (P-Value < α) จะบอกให้ทราบว่าอย่างน้อยที่สุดตัวแปรถดถอยหนึ่งตัว จะมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อแบบจำลองของสมการทางคณิตศาสตร์

2) ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-Square, R-square (Adj))

ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-Square) คือ ค่ายกกำลังสองของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสุ่ม x และ Y เป็นค่าที่ใช้บอกเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามที่สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแปรอิสระในสมการถดถอย (ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และพงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์, 2549) อย่างไรก็ตามการที่ค่า R-Square มีค่ามาก ไม่ได้แปลว่าแบบจำลองการถดถอยที่สร้างขึ้นมานี้ดี เนื่องจากว่าการเติมตัวแปรเข้าไปในสมการ จะทำให้ค่า R-Square เพิ่มขึ้น ไม่ว่าตัวแปรนั้นจะมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ดังนั้น อาจเป็นไปได้ว่าสมการที่มีค่า R-Square มาก อาจจะเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ที่ไม่ดีในการพยากรณ์ค่าตอบสนองก็ได้ ดังนั้นจึงต้องพิจาราณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ปรับแล้ว (R-Square (adj)) ประกอบ (Montgomery, 2005) ตามปกติแล้วมักจะไม่เพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนของตัวแปรเพิ่มขึ้นในแบบจำลอง แต่ในความเป็นจริง ถ้าเพิ่มตัวแปรที่ไม่จำเป็นลงไปในสมการ ค่าของ R-square (Adj) จะมีค่าลดลงเสมอ (ณรัณ ศิริสันติสัมฤทธิ์ และคณะ, 2550)

3) **ค่า** Lack-of-Fit

เป็นตัวบอกความเพียงพอของตัวแปรในสมการ ในการวิเคราะห์ความแปรปรวน จะสรุปว่าฟังก์ชั่นการถดถอยไม่เป็นเชิงเส้นถ้าค่า P-Value < α (วีรเทพ เฉลิมสมิทธิ์ชัย, 2550)

ผลการวิเคราะห์

Response Surface Regression: AVG. Y versus A, B, C

```
The analysis was done using coded units.

Estimated Regression Coefficients for AVG. Y

Term           Coef    SE Coef       T      P
Constant   0.180000   0.014732  12.218  0.000
A         -0.020000   0.009022  -2.217  0.077
B         -0.039167   0.009022  -4.341  0.007
C          0.078333   0.009022   8.683  0.000
A*A        0.057917   0.013279   4.361  0.007
B*B        0.162917   0.013279  12.268  0.000
C*C        0.021250   0.013279   1.600  0.170
A*B        0.077500   0.012758   6.074  0.002
A*C        0.000833   0.012758   0.065  0.950
B*C        0.142500   0.012758  11.169  0.000


S = 0.0255169  PRESS = 0.0371167
R-Sq = 98.83%  R-Sq(pred) = 86.69%  R-Sq(adj) = 96.73%


Analysis of Variance for AVG. Y

Source           DF    Seq SS    Adj SS    Adj MS      F      P
Regression        9  0.275577  0.275577  0.030620  47.03  0.000
  Linear          3  0.064561  0.064561  0.021520  33.05  0.001
  Square          3  0.105763  0.105763  0.035254  54.14  0.000
  Interaction     3  0.105253  0.105253  0.035084  53.88  0.000
Residual Error    5  0.003256  0.003256  0.000651
  Lack-of-Fit     3  0.002167  0.002167  0.000722   1.33  0.457
  Pure Error      2  0.001089  0.001089  0.000544
Total            14  0.278833
```

รูปที่ 6.12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนจากการทดลองโดยใช้โปรแกรม Minitab verion 15

จากรูปที่ 6.12 พบว่า สมการถดถอยให้ค่า R-Square 98.83% และค่า R-Square (adj) = 96.73% จึงเป็นสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่น่าพอใจ และเมื่อพิจารณาค่า P-Value ของ Regression มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ ซึ่งน้อยกว่า α จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก สรุปว่า ฟังก์ชั่นการถดถอยมีลักษณะเป็นเชิงเส้น และอย่างน้อยที่สุดตัวแปรถดถอย A, B หรือ C หนึ่งตัวจะมีผลอย่าง

มีนัยสำคัญต่อแบบจำลอง และจากค่า P-Value ของ Lack-of-Fit เท่ากับ 0.457 ซึ่ง > α จึงสรุปว่าเทอมของสมการถดถอยมีความพอเพียง

จะได้สมการถดถอยที่ใช้ในการทำนาย ดังสมการที่ 6.2

$$Y = 0.18 - 0.02A - 0.03B - 0.78333C + 0.057917A^2 + 0.162917B^2 + 0.02125C^2 + 0.0775AB + 0.000833AC + 0.1425BC \quad (6.2)$$

เมื่อ Y = ค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน

A = ความเร็วรอบของสกรู

B = ความเร็วรอบของการป้อนวัตถุดิบเข้าเครื่องฉีด

C = อุณหภูมิของบาเรล

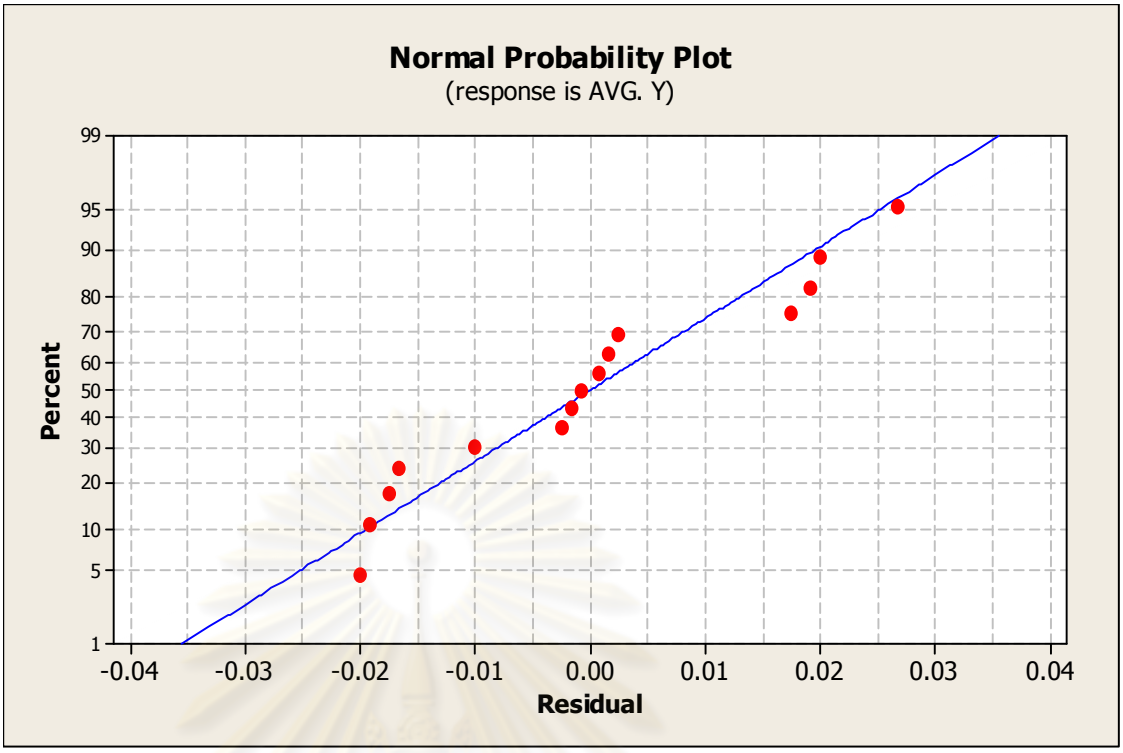
การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Adequacy Checking)

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองเป็นการตรวจสอบความความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งมีสมมติฐานว่ารูปแบบของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) ที่ได้จากข้อมูลในการทดลอง ต้องเป็นไปตามหลักการ $\varepsilon \sim NID\ (0,\sigma^2)$ คือ Residuals มีการแจกแจงแบบปกติ และเป็นอิสระด้วยค่าเฉลี่ยใกล้เคียง 0 และ σ^2 มีค่าคงตัว (Stability) จึงจะทำให้ข้อมูลจากการทดลองมีความถูกต้องและเชื่อถือได้ผลการตรวจสอบความเป็นไปได้ตามข้อสมมติฐานประกอบด้วยการทดสอบข้อกำหนดเกี่ยวกับคลาดเคลื่อนของการทดลองในเงื่อนไข 3 ประการ คือ (Montgomery, 2005)

1) การทดสอบสมมุติฐานของความเป็นปกติ (Normal Assumption)

การทดสอบสมมติฐานของความเป็นปกติสามารถตรวจสอบได้ด้วยการกระจายของค่าส่วนตกค้างของค่าตัวแปรตอบสนองที่ได้ควรเป็นเส้นตรงและมีค่า P-Value มากกว่า 0.05 นั่นคือข้อมูลเป็นตัวแปรสุ่มแบบปกติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



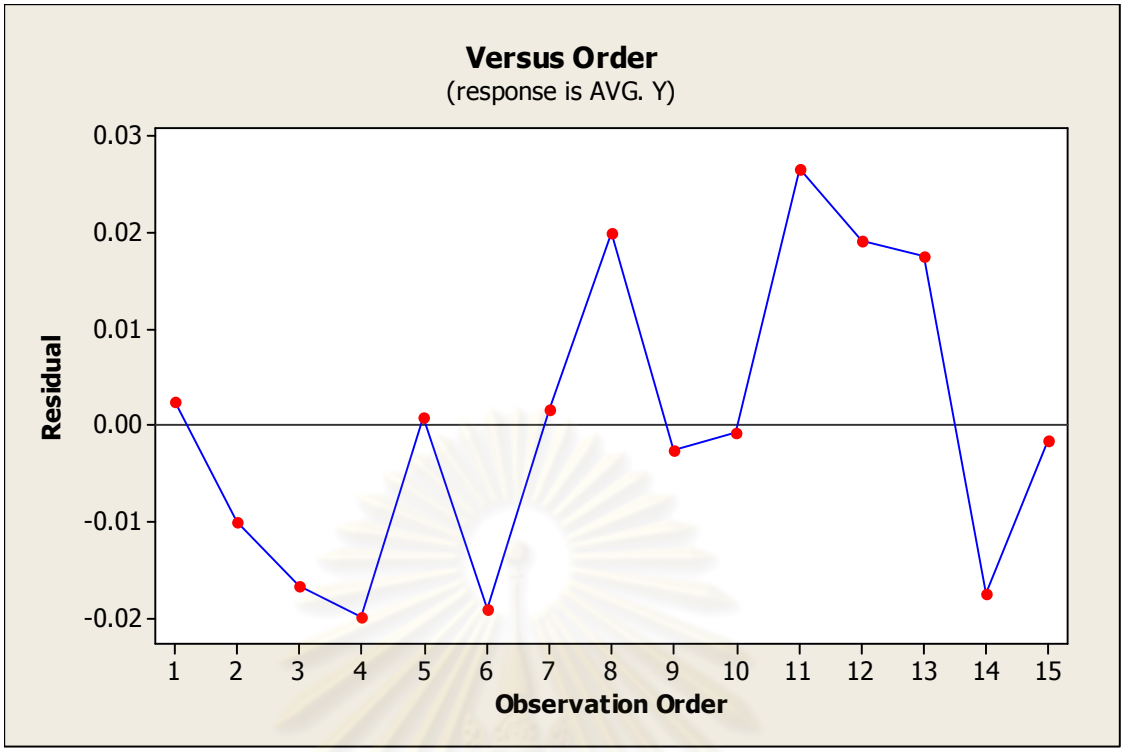
รูปที่ 6.13 การทดสอบสมมุติฐานของความเป็นปกติของผลที่ได้จากการออกแบบการทดลอง

จากรูปที่ 6.13 การทดสอบสมมุติฐานของความเป็นปกติ พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรง แสดงว่า ข้อมูลที่ได้จากตัวแปรตอบสนองเป็นตัวแปรสุ่มแบบปกติ

2) **การทดสอบสมมติฐานความเป็นอิสระ** (Independence)

การทดสอบสมมติฐานความเป็นอิสระ โดยการสร้างแผนภาพการกระจายที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างกับลำดับในการเก็บข้อมูล โดยแผนภาพการที่จะมีการกระจายตัวที่ไม่มีรูปแบบแน่นอน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

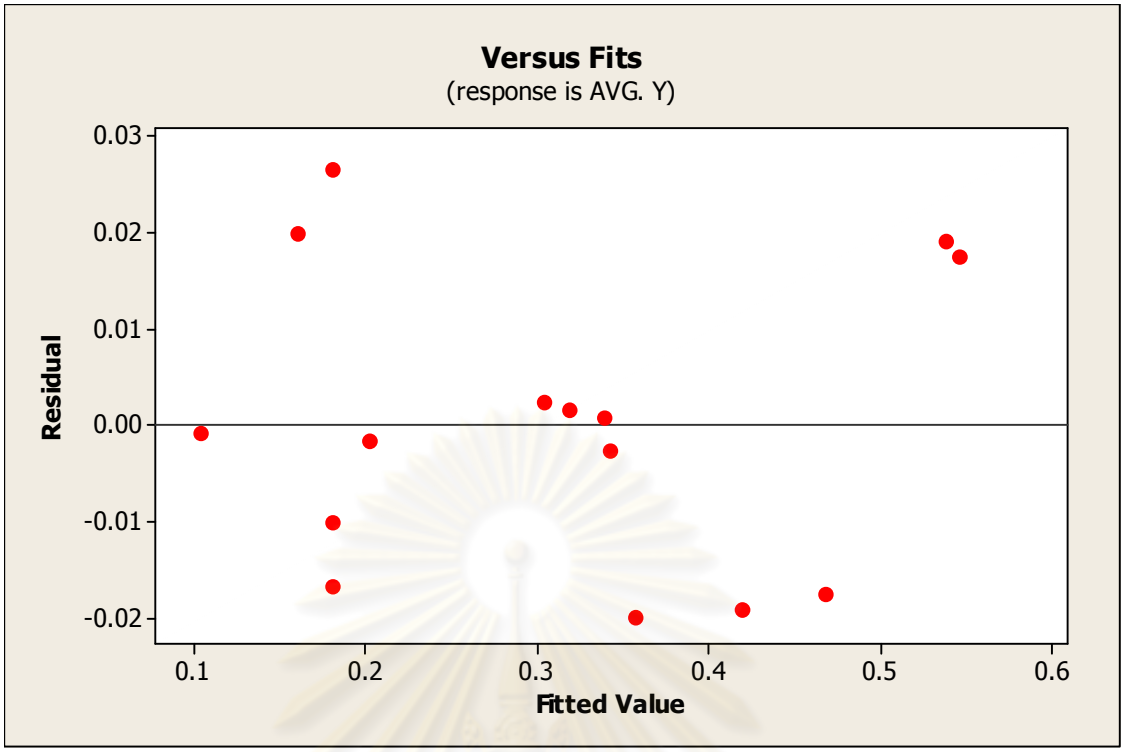


รูปที่ 6.14 การทดสอบสมมติฐานความเป็นอิสระของผลที่ได้จากการออกแบบการทดลอง

จากรูปที่ 6.14 การทดสอบสมมติฐานความเป็นอิสระ พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างกับลำดับความต่อเนื่องในการเก็บข้อมูลของค่าตัวแปรตอบสนองมีลักษณะที่ไม่เป็นแนวโน้ม และไม่มีรูปแบบใดๆ แสดงว่า ข้อมูลของตัวแปรตอบสนองมีความเป็นอิสระ

3) **ความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน** (Variance Stability)

ความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน ตรวจสอบโดยการสร้างแผนภาพกระจายที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างกับค่าตัวแปรตอบสนองที่ได้จากตัวแบบถดถอย ซึ่งแผนภาพกระจายควรมีการกระจายตัวที่ไม่มีรูปแบบแน่นอน

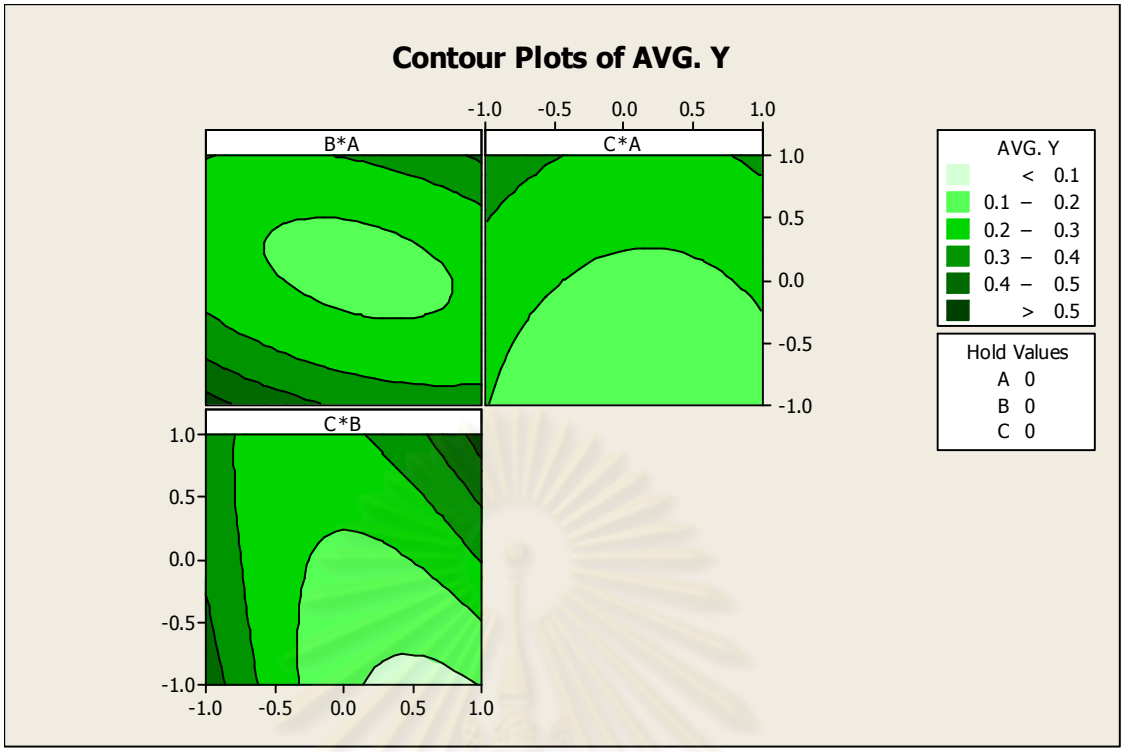


รูปที่ 6.15 ความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนของผลที่ได้จากการออกแบบการทดลอง

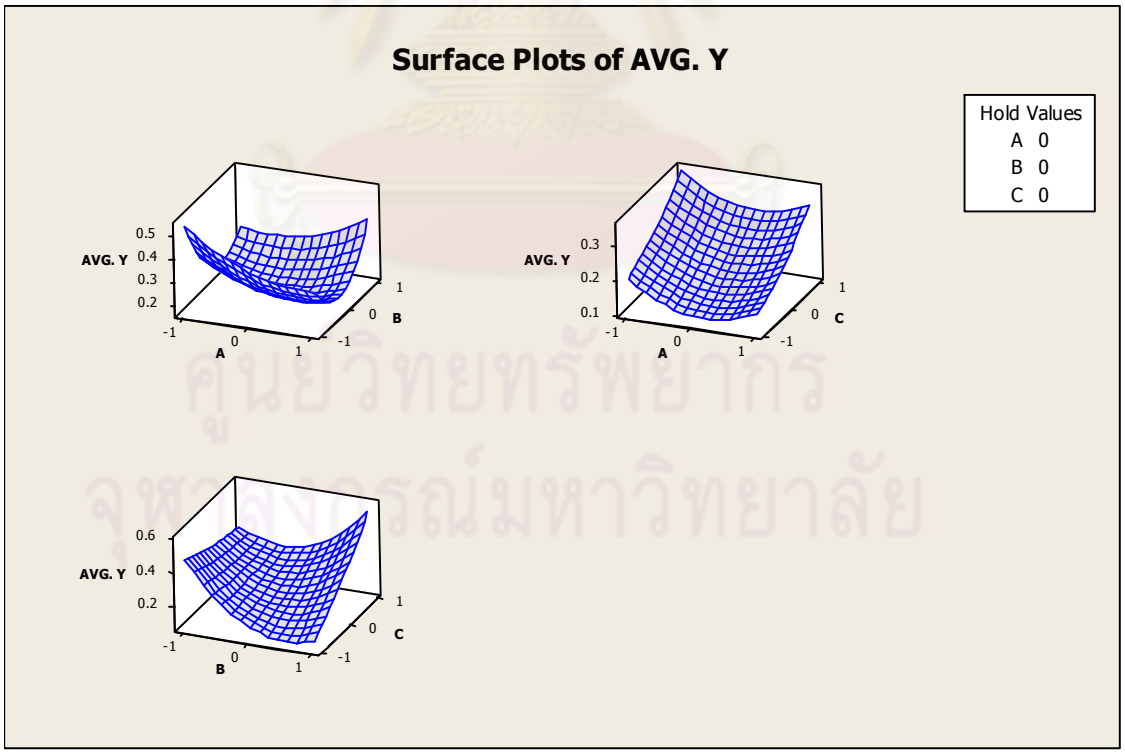
จากรูปที่ 6.15 ความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างกับค่าตัวแปรตอบสนองที่ได้มีลักษณะของข้อมูลมีการกระจายตัวของที่ไม่มีรูปแบบแน่นอน แสดงว่าข้อมูลมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน

จากรูปที่ 6.13 ถึงรูปที่ 6.15 พบว่ารูปแบบของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) ที่ได้จากข้อมูลในการทดลอง เป็นไปตามหลักการ $\varepsilon \sim NID(0,\sigma^2)$ ทุกประการ ดังนั้น สรุปได้ว่าข้อมูลการทดลองชุดนี้มีความถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือได้

การวิเคราะห์ Contour Plot และ Surface Plot ของผลต่างเทียบกับสีมาตรฐาน ดังรูปที่ 6.16 และ 6.17 ตามลำดับ



รูปที่ 6.16 Contour Plot ที่มีผลต่อค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน

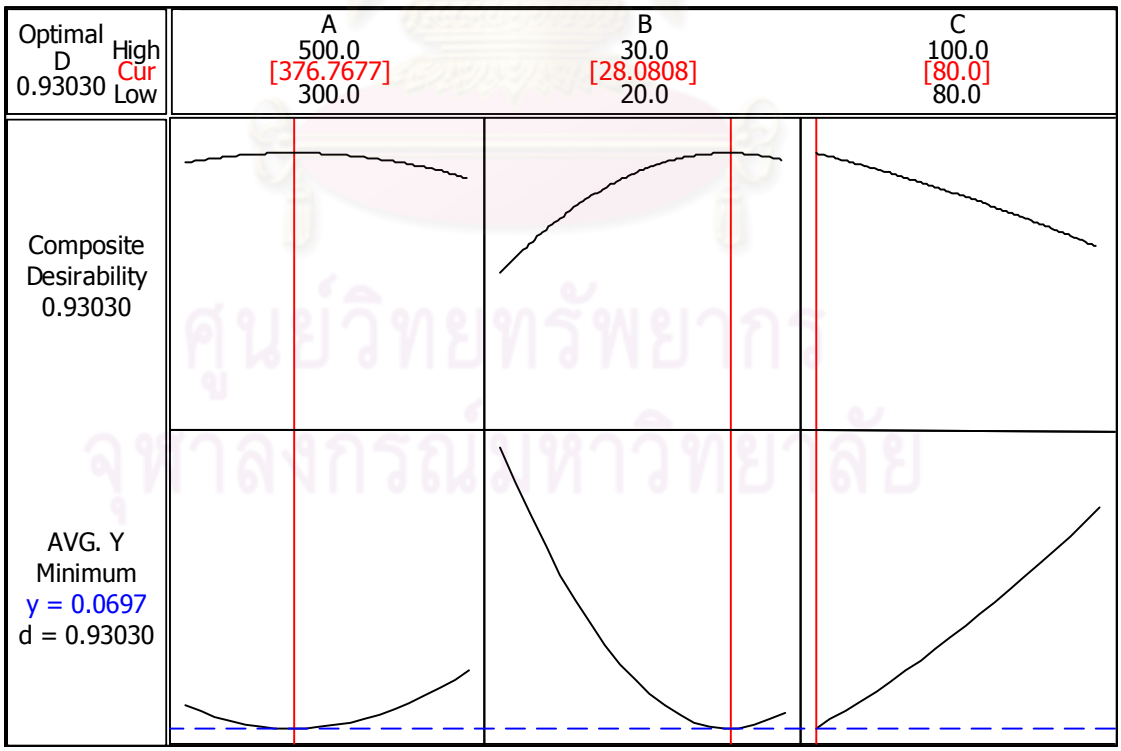


รูปที่ 6.17 Surface Plot ที่มีผลต่อค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน

จากรูปที่ 6.17 แสดงพื้นผิวผลตอบระหว่างความเร็วรอบของสกรูและอัตราการป้อนของส่วนผสมเข้าเครื่องฉีด โดยคงปัจจัยอุณหภูมิของบาเรลไว้ที่ระดับกลาง พบว่า ค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานต่ำที่สุดเมื่อความเร็วรอบของสกรูอยู่ที่ระดับกลาง และอัตราการป้อนส่วนผสมเข้าเครื่องฉีดอยู่ที่ระดับกลาง ขณะที่พื้นผิวตอบสนองระหว่างความเร็วรอบของสกรูและอุณหภูมิของบาเรลโดยคงปัจจัยอัตราการป้อนส่วนผสมเข้าเครื่องฉีดไว้ที่ระดับกลาง พบว่า ค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานต่ำลงเมื่อความเร็วรอบของสกรูอยู่ที่ระดับกลาง และอุณหภูมิของบาเรลอยู่ที่ระดับต่ำ และพื้นผิวตอบสนองระหว่างอัตราการป้อนส่วนผสมเข้าเครื่องฉีด (B) และอุณหภูมิของบาเรล (C) โดยคงปัจจัยความเร็วรอบของสกรูไว้ที่ระดับกลาง พบว่า ค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานต่ำลงเมื่ออัตราการป้อนส่วนผสมเข้าเครื่องฉีดสูงขึ้นและอุณหภูมิของบาเรลต่ำลง

การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมจากการทดลอง

จากการใช้โปรแกรม Minitab Version 15 ในการวิเคราะห์เพื่อหาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยหลักทั้ง 3 ปัจจัยที่จะทำให้เกิดค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานน้อยที่สุดทำให้ได้กราฟในรูปสมการถดถอย ดังนี้ $Y = 0.18 - 0.02A - 0.03B - 0.78333C + 0.057917A^2 + 0.162917B^2 + 0.02125C^2 + 0.0775AB + 0.000833AC + 0.1425BC$



รูปที่ 6.18 ผลลัพธ์แสดงค่าเงื่อนไขที่เหมาะสมจากการทดลองโดยใช้โปรแกรม Minitab version 15

จากรูปที่ 6.18 สรุประดับที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยดังตารางที่ 6.13 แต่เนื่องจากเครื่องฉีดสามารถปรับระดับของปัจจัยที่ได้เป็นจำนวนเต็มเท่านั้น ดังนั้นค่าที่ปรับได้จริงจึงสรุปดังตารางที่ 6.7

ตารางที่ 6.7 ค่าเงื่อนไขที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยที่ได้จากการทดลอง

ปัจจัยที่ศึกษา	สัญลักษณ์	หน่วย	ค่าที่เหมาะสม	ค่าที่ปรับจริง
ความเร็วรอบของสกรู	A	RPM	376.7677	377
อัตราการป้อนส่วนผสมเข้าเครื่องฉีด	B	RPM	28.0808	28
อุณหภูมิของบาเรล	C	^{o}C	80	80

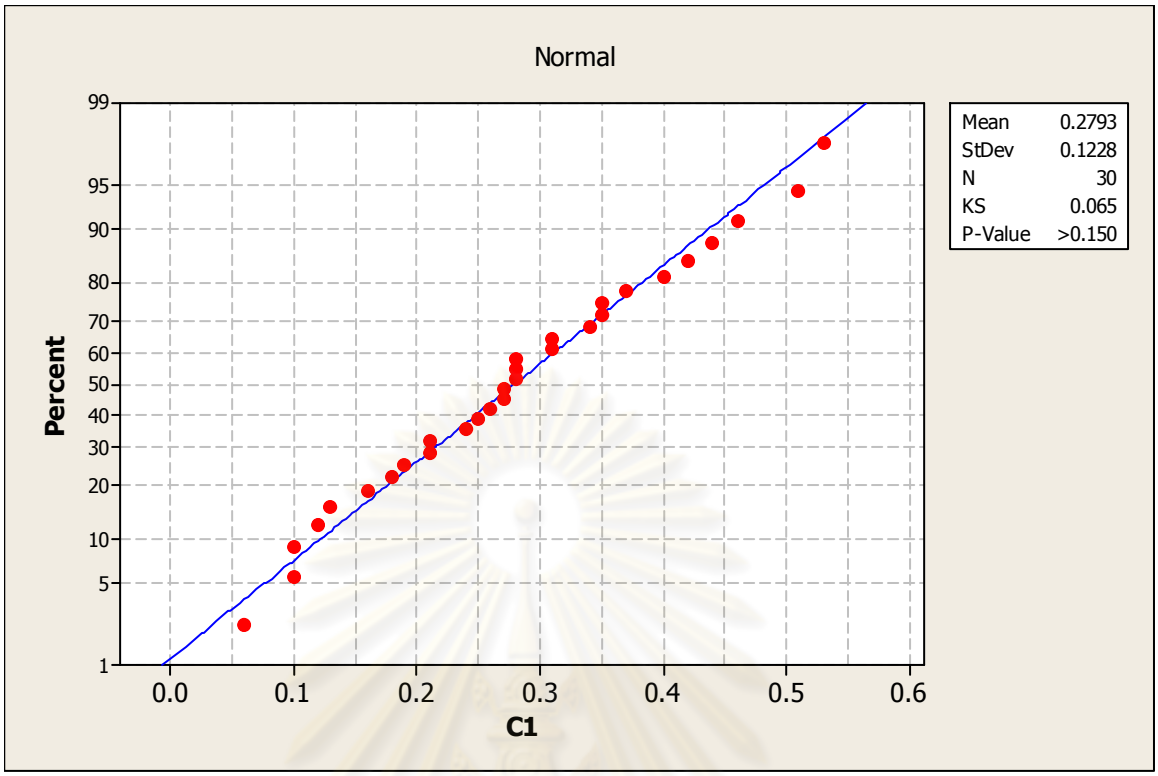
สรุปผลจากการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการโดยปัจจัยที่ทำการศึกษา ได้แก่ ความเร็วรอบของสกรู อัตราการป้อนส่วนผสมเข้าเครื่องฉีด และอุณหภูมิของบาเรล โดยใช้การออกแบบการทดลองแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน จากผลการทดลอง พบว่า ระดับที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย ได้แก่

- ความเร็วรอบของสกรู เท่ากับ 377 RPM
- อัตราการป้อนส่วนผสมเข้าเครื่องฉีด เท่ากับ 28 RPM
- อุณหภูมิของบาเรล เท่ากับ 80 องศาเซลเซียส

การยืนยันผลที่ได้จากการทดลอง

จากนั้นเมื่อนำระดับของปัจจัยที่เหมาะสมไปใช้ในการผลิตจริงในเดือนมกราคม 2554 โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างในแต่ละ batch โดยใช้จำนวนตัวอย่างน้อยที่สุด คือ 30 ตัวอย่าง ซึ่งผลที่ได้ ดังนี้

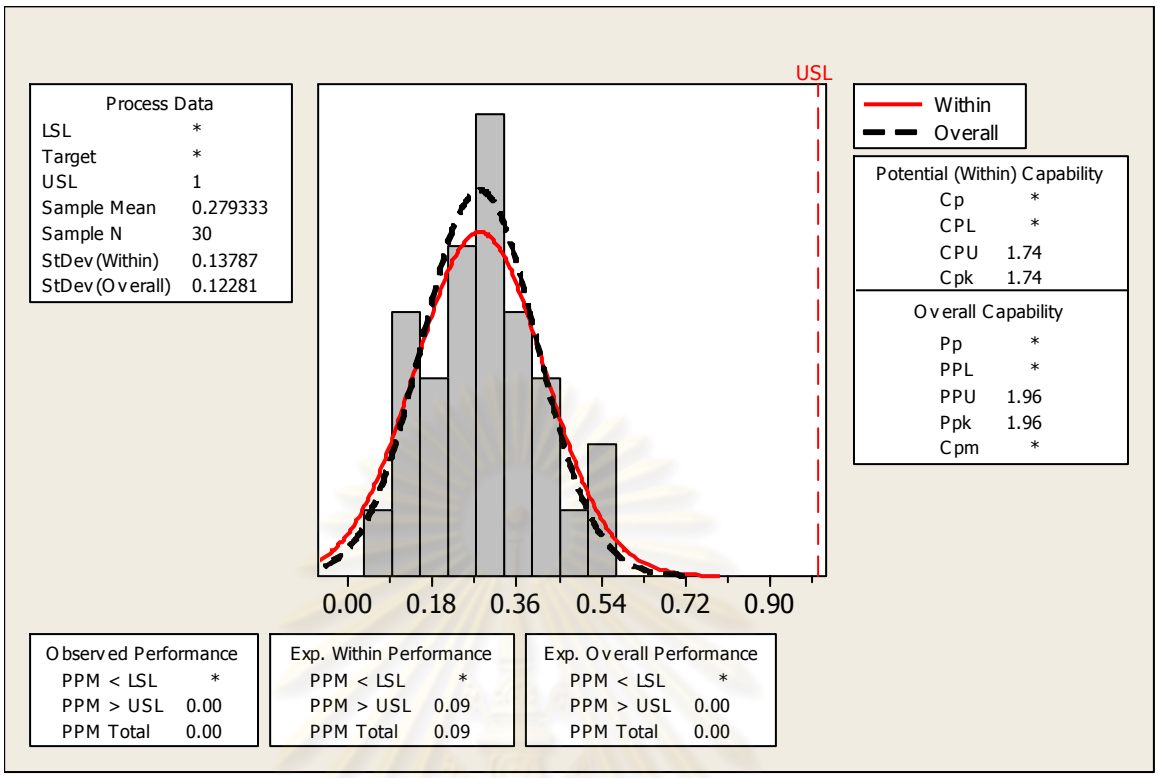
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.19 การทดสอบสมมติฐานความเป็นปกติของค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานในกระบวนการฉีดจากการทดลองยืนยันผล

จากรูปที่ 6.19 การทดสอบสมมุติฐานของความเป็นปกติของข้อมูล พบว่า ข้อมูลมีค่า P-Value มากกว่า 0.05 แสดงว่า ข้อมูลที่ได้เป็นตัวแปรสุ่มแบบปกติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.20 ความสามารถของกระบวนการของค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานในกระบวนการฉีดจากการทดลองยืนยันผล

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถสรุปผลการดำเนินการก่อนและหลังการปรับปรุง ดังตารางที่ 6.14

ตารางที่ 6.8 เปรียบเทียบผลค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานในกระบวนการฉีดก่อนและหลังการปรับปรุง

ค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	Cpk
ก่อนการปรับปรุง	0.45	0.22	0.79
หลังการปรับปรุง	0.28	0.12	1.74

จากตารางที่ 6.8 สรุปผลการดำเนินการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง พบว่า ค่า C_{pk} หลังการปรับปรุง เท่ากับ 1.74 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงจากการปรับปรุงทำให้กระบวนการดีขึ้น และค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.27 และความแปรปรวน เท่ากับ 0.12 แสดงให้เห็นถึงผลจากการปรับปรุงทำให้ค่าความแตกต่างของสี

เทียบกับสีมาตรฐานมีค่าลดลงใกล้เคียงกับมาตรฐานมากขึ้น และไม่พบข้อบกพร่องอื่นๆ เกิดขึ้นในการทดลองด้วย และจากการนำสภาวะดังกล่าวไปใช้ในกระบวนการผสมสี พบว่า ไม่เกิดข้อบกพร่องเกิดขึ้นเช่นกัน

นอกจากนี้ยังเห็นว่าการที่ค่าควบคุมอุณหภูมิของเครื่องฉีดไม่คงที่ยังเกิดจากปัญหาจากข้อบกพร่องของเครื่องฉีด ได้แก่ Heater เสีย Themocouple เสีย หรือท่อทางเดินน้ำที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องฉีดมีการอุดตัน ดังนั้น จึงได้ทำการกำหนดรายการจุดตรวจสอบเครื่องจักรตาม FM-PD03-03 การตรวจเช็คเครื่องฉีด (ภาคผนวก ก) และกำหนดให้พนักงานควบคุมเครื่องฉีดที่อยู่ในกะเช้าเป็นผู้ตรวจสอบ

6.11 การปรับปรุงวิธีการทำความสะอาดในกระบวนการบด

จากสาเหตุการเกิดข้อบกพร่อง ได้แก่ เฉดสีหรือชนิดสีแตกต่างกันมากทำให้ล้างออกยาก เครื่องจักรมีจุดอับเข้าถึงการทำความสะอาดยาก และพนักงานล้างเครื่องบดไม่สะอาด ซึ่งทำให้เกิดข้อบกพร่องต่อผลิตภัณฑ์ จากสาเหตุต่างๆ เหล่านี้จึงได้ดำเนินการแก้ไขโดยประยุกต์ใช้เทคนิคการบำรุงรักษาด้วยตนเองโดย ธานี อ่วมอ้อ (2547) เพื่อกำหนดเป็นมาตรฐานการทำความสะอาดโดยเริ่มตั้งแต่การศึกษาโครงสร้างของเครื่องจักรจากคู่มือการทำงานของเครื่องบด และจากการแนะนำของแผนกผลิต และแผนกวิศวกรรม เพื่อพิจารณาการแบ่งโครงสร้างในการทำความสะอาดแต่ละส่วน รวมถึงวิธีการการทำความสะอาดในปัจจุบัน ได้แก่ บริเวณที่สามารถถอดชิ้นส่วนในการทำความสะอาดได้ หรือบริเวณที่ไม่สามารถถอดชิ้นส่วนในการทำความสะอาดได้ และวิธีการทำความสะอาดในแต่ละบริเวณ จากนั้นพิจารณาจุดอับที่เข้าถึงการทำความสะอาดยากในแต่ละส่วนโดยการสอบถามจากพนักงานที่ทำหน้าที่ในการควบคุมเครื่องจักร และหัวหน้ากะผลิต จากนั้นจึงทำการปรึกษาร่วมกันระหว่างแผนกผลิต และแผนกวิศวกรรมกเพื่อกำหนดวิธีการแก้ไขในแต่ละจุด ซึ่งสามารถสรุปจุดที่เข้าถึงการทำความสะอาดยาก และวิธีการดำเนินการแก้ไขดังตารางที่ 6.9 และกำหนดการปรับปรุงวิธีการทำความสะอาดในแต่ละบริเวณของเครื่องจักร ซึ่งแสดงการดำเนินการก่อนและหลังการปรับปรุงดังตารางที่ 6.10 จากการดำเนินการปรับปรุงวิธีการทำความสะอาดเครื่องบดสามารถสรุปขั้นตอนการดำเนินการได้ดังรูปที่ 6.21 และปรับปรุงแบบฟอร์มการทำความสะอาดเครื่องบด (FM-PD02-18) รวมทั้งกำหนดหัวหน้างานติดตามผลการทำความสะอาดของพนักงานหลังจากการทำความสะอาดด้วย

รูปที่ 6.21 ขั้นตอนการปรับปรุงวิธีการทำความสะอาดเครื่องบด

ตารางที่ 6.9 จุดที่ยากลำบากในการทำความสะอาดของเครื่องบด และวิธีการแก้ไขในแต่ละจุด

จุดที่	จุดที่ยากลำบากในการทำความสะอาด	ลักษณะความยากลำบาก	วิธีแก้ไข
1	Double flap	มือเข้าไม่ถึง และอาจเกิดอันตรายจากขอบแหลมคม	หาแปรงขัดที่มีลักษณะด้ามยาวมาช่วยทำความสะอาด
2	ท่อทางเดินระหว่างชุดบดไปไซโคลน	สีจับตัวเป็นก้อนแข็ง ต้องใช้ระยะเวลานานในการทำความสะอาด	หาอุปกรณ์ช่วยกระเทาะสีที่ติดเป็นก้อนแข็ง
3	ฝาครอบไซโคลน	สีจับตัวเป็นก้อนแข็ง ต้องใช้ระยะเวลานานในการทำความสะอาด	หาอุปกรณ์ช่วยกระเทาะสีที่ติดเป็นก้อนแข็ง
4	ท่อทางเดิน granule	มือเข้าไม่ถึง	หาทรายมาช่วยทำความสะอาดสีที่ติดตามท่อ

ตารางที่ 6.10 เปรียบเทียบวิธีการทำความสะอาดก่อนและหลังการปรับปรุง

บริเวณทำความสะอาดของเครื่องจักร	การถอดชิ้นส่วน		ชิ้นส่วนของเครื่องจักร	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
	ได้	ไม่ได้			
1. Dust collector		●	-	เปิดลมเป่า	เปิดลมเป่า
2. เครื่องร่อน	●		ตัวเครื่องร่อน	ใช้น้ำฉีดล้าง และใช้ลมเป่า	1)ใช้น้ำฉีดล้าง 2) ใช้แท่งเหล็กกระเทาะสีที่ติดเป็นก้อน 3) ใช้ลมเป่า
			ตะแกรงเครื่องร่อน	ใช้น้ำฉีดล้าง และลมเป่า	1)ใช้น้ำฉีดล้าง 2) ใช้แท่งเหล็กกระเทาะสีที่ติดเป็นก้อน 3) ใช้ลมเป่า
3. ชุดป้อนสี	●		Feeder	ล้างด้วยสารเคมี MEK และใช้น้ำฉีดล้าง	1) ล้างด้วยสารเคมี MEK และใช้แปรงช่วยขัด 2) ใช้แท่งเหล็กกระเทาะสีที่ติดเป็นก้อนออก 3) ใช้น้ำฉีดล้าง
			Hopper	ใช้น้ำฉีดล้าง	ใช้น้ำฉีดล้าง
			ท่อลำเลียง granule	ใช้น้ำฉีดล้าง	ใช้น้ำฉีดล้าง
			ยางกันรั่วระหว่างท่อ	ใช้น้ำฉีดล้าง	ใช้น้ำฉีดล้างและใช้แปรงช่วยขัด
4. ท่อแอร์	●		ท่อแอร์	ใช้น้ำฉีดล้าง	ใช้น้ำฉีดล้าง
			ยางกันรั่วระหว่างท่อ	ใช้น้ำฉีดล้าง	ใช้น้ำฉีดล้างและใช้แปรงช่วยขัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.10 เปรียบเทียบวิธีการทำความสะอาดก่อนและหลังการปรับปรุง (ต่อ)

บริเวณทำความสะอาดของเครื่องจักร	การถอดชิ้นส่วน		ชิ้นส่วนของเครื่องจักร	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
5. ชุดบด	●		Separator	ล้างด้วยสารเคมี MEK และใช้น้ำฉีดล้าง	1) ล้างด้วยสารเคมี MEK และใช้แปรงช่วยขัด 2) ใช้แท่งเหล็กกระเทาะสีที่ติดเป็นก้อนออก 3) ใช้น้ำฉีดล้าง
			Dispersion Ring	ล้างด้วยสารเคมี MEK และใช้น้ำฉีดล้าง	1) ล้างด้วยสารเคมี MEK และใช้แปรงช่วยขัด 2) ใช้แท่งเหล็กกระเทาะสีที่ติดเป็นก้อนออก 3) ใช้น้ำฉีดล้าง
			ฝาครอบชุดบด	ใช้น้ำฉีดล้าง	1) ล้างด้วยสารเคมี MEK และใช้แปรงช่วยขัด 2) ใช้แท่งเหล็กกระเทาะสีที่ติดเป็นก้อนออก 3) ใช้น้ำฉีดล้าง
			Liner	ใช้น้ำฉีดล้าง	1) ล้างด้วยสารเคมี MEK และใช้แปรงช่วยขัด 2) ใช้แท่งเหล็กกระเทาะสีที่ติดเป็นก้อนออก 3) ใช้น้ำฉีดล้าง
6. ไซโคลน	●		ฝาครอบไซโคลน	ใช้น้ำฉีดล้าง	1)ใช้น้ำฉีดล้าง 2) ใช้แท่งเหล็กกระเทาะสีที่ติดเป็นก้อน
			ท่อไซโคลน	ใช้น้ำฉีดล้าง	ใช้น้ำฉีดล้าง
7. double flap		●	-	ใช้น้ำฉีดล้าง	ใช้น้ำฉีดล้างและใช้แปรงช่วยขัด

หมายเหตุ: การใช้ทรายขัดในการทำความสะอาดท่อกำหนดแผนการทำความสะอาดทุก ๆ 1 เดือน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

148

6.12 การฝึกอบรมพนักงาน และการพัฒนาระบบการฝึกอบรมพนักงาน

จากสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องเนื่องจากพนักงาน ทั้งนี้หลังจากย้ายโรงงาน มีพนักงานเก่าลาออกเป็นจำนวนมาก บริษัทจึงต้องมีการรับพนักงานใหม่เข้ามาประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ของพนักงานทั้งหมด ซึ่งพนักงานใหม่นั้นยังขาดความรู้ ความชำนาญในการทำงาน และยังมีบางส่วนที่ยังไม่ทราบวิธีการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง รวมถึงการขาดความตระหนักในเรื่องคุณภาพ จึงส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการทำงาน ซึ่งทำให้เกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ขึ้น

จากการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบซึ่งสาเหตุที่ได้คัดเลือกมาโดยส่วนใหญ่เพื่อดำเนินการแก้ไขจะเห็นได้ว่าทุก ๆ กระบวนการมีสาเหตุจากพนักงานแทบทั้งสิ้น เช่น พนักงานล้างเครื่องจักรไม่สะอาด พนักงานชั่งน้ำหนักไม่ได้ตามกำหนด และพนักงานขาดความเข้าใจในหลักการสี เป็นต้น

ทั้งนี้หลังจากการปรับปรุงวิธีการทำงานจากหัวข้อการดำเนินการที่ผ่านมาแล้ว หัวหน้างานได้ดำเนินการฝึกอบรมพนักงานตามวิธีการทำงานที่ได้ทำการปรับปรุง รวมถึงสาเหตุของข้อบกพร่องที่เกิดพนักงานด้วยการฝึกอบรมที่หน้างาน (On the Job Training) นอกจากนี้ได้ทำการพัฒนาระบบการฝึกอบรมพนักงานขึ้นโดยเริ่มจากการศึกษาสภาพของระบบการฝึกอบรมในปัจจุบัน จากนั้นจึงดำเนินการร่วมกับทางโรงงาน ซึ่งในการวิจัยนี้มีขอบเขตเฉพาะในส่วนของกระบวนการผสมสี ดังนั้น บุคลากรในโรงงานที่เข้าร่วมดำเนินการ ได้แก่ ผู้จัดการแผนกบุคคล หัวหน้าแผนกบุคคล หัวหน้าแผนกผลิต และหัวหน้าแผนกควบคุมคุณภาพ เพื่อร่วมกันพัฒนาระบบการฝึกอบรมสำหรับในกระบวนการผสมสี

การศึกษาสภาพการฝึกอบรมของพนักงานในปัจจุบัน มีขั้นตอนดังนี้

1) แผนกบุคคลสำรวจความจำเป็นในการฝึกอบรม โดยการส่งแบบฟอร์มการแจ้งความจำเป็นในการฝึกอบรมให้แต่ละแผนกเพื่อพิจารณาและแจ้งหัวข้อหรือหลักสูตรการฝึกอบรมที่จำเป็นของพนักงานในแผนกของตน

2) แผนกบุคคลนำข้อมูลที่ได้จากแบบฟอร์มการแจ้งความจำเป็นในการฝึกอบรมของทุกแผนกมาจัดทำแผนการฝึกอบรมประจำปี

3) แผนกบุคคลทำการเสนอต่อผู้บริหารเพื่อพิจารณาอนุมัติแผนการฝึกอบรมประจำปี

4) หลังจากได้รับการอนุมัติ แผนกบุคคลดำเนินการแจกจ่ายแผนการฝึกอบรม และแบบบันทึกการฝึกอบบรมให้กับผู้ดำเนินการฝึกอบรมของแต่ละแผนก เพื่อดำเนินการฝึกอบรมพนักงาน

5) ผู้ดำเนินการฝึกอบรมแต่ละแผนกดำเนินการฝึกอบรมภายในระยะเวลาตามแผนการฝึกอบรม และประเมินผลการฝึกอบรมลงในแบบบันทึกการฝึกอบรม และส่งผู้จัดการแผนกอนุมัติ

6) ผู้ดำเนินการฝึกอบรมส่งแบบบันทึกการฝึกอบรมให้กับแผนกบุคคล

7) แผนกบุคคลนำข้อมูลในแบบบันทึกการฝึกอบรมเก็บเป็นประวัติการฝึกอบรม และจัดทำรายงานประวัติการฝึกอบรม (ประวัติบุคคล) เพื่อนำเสนอให้ผู้จัดการแต่ละแผนกรับทราบและเป็นข้อมูลในการพัฒนาบุคลากรภายในของแผนกตนต่อไป

จากระบบการฝึกอบรมพนักงานของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งทางโรงงานได้เห็นถึงจุดที่ต้องดำเนินการปรับปรุง ได้แก่

1) วิธีการประเมินผลการฝึกอบรมของพนักงาน

ในการประเมินผลการฝึกอบรมยังมีความไม่ชัดเจนเรื่องเกณฑ์การประเมินผล โดยมีเพียงการประเมินผลทางด้านเอกสารว่าพนักงานผ่านหรือไม่ผ่านการฝึกอบรมเท่านั้น การดำเนินการจึงได้มีการกำหนดเกณฑ์ในการประเมินขึ้นมาใหม่ และกำหนดให้มีการประเมินผลทั้งในภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินผลดังนี้

4 = มีความรู้ความเข้าใจในการทำงานและสามารถแก้ปัญหาได้

3 = มีความรู้ ความเข้าใจในการทำงาน

2 = มีความรู้ความเข้าใจในการทำงาน แต่ต้องคอยแนะนำ และฝึกอบรมเพิ่มเติม

1 = ไม่มีความรู้ ความเข้าใจในการทำงาน ต้องฝึกอบรมเพิ่มเติม

ทั้งนี้เพื่อนำไปใช้ในการติดตามผลการทำงานต่อไปว่าพนักงานสามารถมีการพัฒนาความสามารถได้ดีขึ้นหรือไม่ และสำหรับพนักงานที่ได้คะแนนประเมินการต่ำในระดับ 1 และ 2 จะต้องมีการคอยแนะนำเพิ่มเติมระหว่างการปฏิบัติงานด้วย

2) การติดตามผลการปฏิบัติงานของพนักงานหลังจากการฝึกอบรม

เนื่องจากทางโรงงานยังไม่มีระบบการติดตามผลการปฏิบัติงานหลังการฝึกอบรมในการดำเนินการได้มีการกำหนดวิธีการติดตามผลการฝึกอบรมพนักงาน และจัดทำบันทึกในการติดตามผลการฝึกอบรมพนักงาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

- หัวหน้าแผนกทรัพยากรบุคคล และหัวหน้าแผนกที่เกี่ยวข้องดำเนินการติดตามผลการทำงานของพนักงานทุกคนร่วมกันทุกๆ 6 เดือน เพื่อวัดผลเปรียบเทียบการพัฒนาความสามารถของพนักงานระหว่างช่วงต้นปี (ม.ค.) และ กลางปี (มิ.ย.)
- ในการติดตามผลการทำงานของพนักงานให้ดำเนินประเมินผลตามหัวข้อที่ใช้ในการฝึกอบรม และทำการประเมินผลลงในบันทึกการประเมินการฝึกอบรมพนักงาน (ภาคผนวก ก)
- หลังจากนั้นฝ่ายพัฒนาบุคลากรทำการจัดเก็บเอกสารไว้ใช้ในการติดตามผลครั้งต่อไปเพื่อติดตามในด้านการพัฒนาความสามารถของพนักงาน

บทที่ 7
การประเมินผลการดำเนินการก่อนและและหลังการปรับปรุง

ในการประเมินผลการดำเนินการโดยทำการประชุมกับทางทีมงานเพื่อสรุปผลการดำเนินการที่ผ่านมาหลังจากนั้นให้ทีมงานทำการประเมินผลความรุนแรง (Severity: S) โอกาสในการเกิดสาเหตุ (Occurrence :O) และความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง (Detection: D) ของแต่ละกระบวนการที่ได้ทำการคัดเลือกสาเหตุเพื่อนำมาดำเนินการแก้ไข ดังตารางที่ 5.9 หลังจากที่ดำเนินการปรับปรุง เพื่อเปรียบเทียบค่า RPN ก่อนและหลังการปรับปรุง ซึ่งแสดผลการประเมินดังตารางที่ 7.1 โดยจากการประเมิน พบว่า ค่า RPN ลดลงระหว่าง 33.3 % ถึง 80.0%

ในการประเมินค่าโอกาสในการเกิดสาเหตุ (Occurrence :O) จากความเป็นไปได้ของการเกิดข้อบกพร่องในแต่ละสาเหตุ และความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง (Detection: D) มีการลดลง เนื่องจากการกำหนดวิธีการทำงานเพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานให้ดีขึ้น การกำหนดการบำรุงรักษาเครื่องจักรก่อนเครื่องจักรชำรุด การกำหนดเกณฑ์การควบคุมคุณภาพวัตถุดิบใหม่เพื่อลดความแปรผันด้านคุณภาพของวัตถุดิบที่มีผลต่อการนำไปใช้งาน การออกแบบการทดลองเพื่อควบคุมสภาวะการทำงานของเครื่องฉีดให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ เป็นต้น ซึ่งทำให้เพิ่มความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องจึงส่งผลให้ค่า D ลดลง รวมถึงการอบรมพนักงาน เพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงาน ทำให้พนักงานสามารถปฏิบัติงานได้ถูกต้อง ซึ่งนำไปสู่การลดลงของโอกาสในการเกิดสาเหตุจึงส่งผลให้ค่า O ลดลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.1 ผลการดำเนินการปรับปรุงโดยใช้ FMEA

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 1 of 22

Item กระบวนการผสมสี | Process Responsibility Core Team | Prepared By อัจฉรียา

Model Year(s) Program(s) - | Key Date - | FMEA Date (Orig.) 6/7/2553

Core Team วรวุฒิ, ฐิรนุชบ์, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Severity	Occurrence	Detection	RPN
การผสมวัตถุดิบ - ชั่งน้ำหนักส่วนผสมตามสูตร - ผสมวัตถุดิบให้เข้ากัน	ส่วนผสมตามสูตร	ส่วนผสมไม่ถูกต้องตามสูตร	ทำให้เกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ ไม่ว่าจะเป็นเฉดสีเพี้ยน สีเป็นสะเก็ด สีเป็นฝ้า และไม่สามารถนำมาแก้ไขได้เมื่อส่วนผสมของวัตถุดิบผิดจากสูตรมากทำให้เกิดของเสียในการผลิต	5		พนักงานชั่งน้ำหนักไม่เป็นไปตามที่กำหนด	2	ไม่มี	ตรวจสอบน้ำหนักที่เครื่องชั่งน้ำหนัก	3	30	-กำหนดวิธีการทำงานให้ชัดเจน -ปรับปรุงแบบฟอร์มการผสม -อบรมและติดตามผลการทำงาน	แผนกผลิต 30/9/2553	- กำหนดวิธีการทำงาน(ตารางที่ ข.1) -ปรับปรุงแบบฟอร์ม (ตารางที่ ก.1) - อบรมและประเมินผล (ตัวข้อที่ 6.12) (ตารางที่ ก.5) 15/9/2553	5	1	3	15

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.1 ผลการดำเนินการปรับปรุงโดยใช้ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 2 of 22

Item กระบวนการผสมสี | Process Responsibility | Core Team | Prepared By จัจฉรียา

Model Year(s) Program(s) - | Key Date - | FMEA Date (Orig 6/7/2553

Core Team วรวุฒิ, ฐิรนุชปี, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Severity	Occurrence	Detection	RPN
การผสมวัตถุดิบ - ชั่งน้ำหนักส่วนผสมตามสูตร - ผสมวัตถุดิบให้เข้ากัน	ส่วนผสมตามสูตร	ส่วนผสมไม่ถูกต้องตามสูตร	ทำให้เกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เฉดสีเพี้ยน การแก้ไขโดยการผสมวัตถุดิบและเตรียมแผ่นสีตัวอย่างใหม่ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นสามารถนำไปrework ในการผลิตได้	3		น้ำหนักที่บรรจุในถุงไม่ได้ตามน้ำหนักที่ระบุบนถุง	5	ไม่มี	ไม่มี	5	75	กำหนดการตรวจสอบน้ำหนักตามสูตร	แผนกผลิต 30/9/2553	กำหนดการตรวจสอบ(ตารางที่ ก.1) (ตารางที่ ก.1) 15/9/2553	3	3	3	27

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.1ผลการดำเนินการปรับปรุงโดยใช้ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 3 of 22

Item กระบวนการผสมสี

Process Responsibilit Core Team

Prepared By อัจฉรียา

Model Year(s) Program(s) -

Key Date -

FMEA Date (Orig.) 6/7/2553

Core Team วรวุฒิ, ฐิรนุชป์, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Action Results: Severity	Action Results: Occurrence	Action Results: Detection	Action Results: RPN
การผสมวัตถุดิบ - ชั่งน้ำหนักส่วนผสมตามสูตร - ผสมวัตถุดิบให้เข้ากัน	ส่วนผสมเข้ากัน	ส่วนผสมไม่เข้ากัน	ทำให้เกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ ไม่ว่าจะเป็น เฉดสีเพี้ยน สีเป็นสะเก็ด สีเป็นฝ้า สามารถนำกลับมาแก้ไขได้ทันทีโดยทำการปั่นผสมใหม่	3		ความเร็วรอบไม่ได้ตามกำหนด	1	ทวนสอบตามรอบการบำรุงรักษาเครื่องจักร	ตรวจสอบการเข้ากันของส่วนผสมด้วยสายตา	3	9	ไม่มี	-	-	-	-	-	-
						เวลาการผสมไม่ได้ตามกำหนด	1	ทวนสอบตามรอบการบำรุงรักษาเครื่องจักร	ตรวจสอบการเข้ากันของส่วนผสมด้วยสายตา	3	9	ไม่มี	-	-	-	-	-	-
						วัตถุดิบจับตัวเป็นก้อน	2	ไม่มี	ตรวจสอบการเข้ากันของส่วนผสมด้วยสายตา	3	18	ไม่มี	-	-	-	-	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.1ผลการดำเนินการปรับปรุงโดยใช้ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 4 of 22

Item กระบวนการผสมสี

Process Responsibilit Core Team

Prepared By อัจฉรียา

Model Year(s) Program(s) -

Key Date -

FMEA Date (Orig.) 6/7/2553

Core Team วรวุฒิ, ฐิรนุชบ์, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Severity	Occurrence	Detection	RPN
การผสมวัตถุดิบ - ชั่งน้ำหนักส่วนผสมตามสูตร - ผสมวัตถุดิบให้เข้ากัน	ส่วนผสมเข้ากัน	ส่วนผสมไม่เข้ากัน	ทำให้เกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ ไม่ว่าจะเป็น เฉดสีเพี้ยน สีเป็นสะเก็ด สีเป็นฝ้า สามารถนำกลับมาแก้ไขได้ทันทีโดยทำการปั่นผสมใหม่	3		ไม่ตรวจเช็คการเข้ากันของส่วนผสม	5	มีการชี้แจงพนักงานให้ตรวจสอบการเข้ากันของส่วนผสม	ตรวจสอบการเข้ากันของส่วนผสมด้วยสายตา	3	45	กำหนดการตรวจสอบการเข้ากันของส่วนผสม	แผนกผลิต 30/9/2553	กำหนดการตรวจสอบ(ตารางที่ ข.1) - อบรมและประเมินผล (หัวข้อที่ 6.12) (ตารางที่ ก.5) 15/9/2553	3	3	3	27
						ปรับตั้งเวลาการผสมไม่ถูกต้อง	1	ปรับตั้งโดยหัวหน้างาน	ตรวจสอบการเข้ากันของส่วนผสมด้วยสายตา	2	6	ไม่มี	-	-	-	-	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.1ผลการดำเนินการปรับปรุงโดยใช้ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 5 of 22

Item กระบวนการผสมสี

Process Responsib Core Team

Prepared By อัจฉรียา

Model Year(s) Program(s) -

Key Date -

FMEA Date (Orig.) 6/7/2553

Core Team วรวุฒิ, ฐิรนุชป์, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Action Results: Severity	Action Results: Occurrence	Action Results: Detection	Action Results: RPN
การผสมวัตถุดิบ - ชั่งน้ำหนักส่วนผสมตามสูตร - ผสมวัตถุดิบให้เข้ากัน	ส่วนผสมเข้ากัน	ส่วนผสมไม่เข้ากัน	ทำให้เกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เฉดสีเพี้ยน สามารถนำกลับมาแก้ไขได้ทันทีโดยทำการปั่นผสมใหม่	3		Pigment ค้างขอบถังผสม	5	ไม่มี	ตรวจสอบการเข้ากันของส่วนผสมด้วยสายตา	3	45	เปลี่ยนขอบยางที่ถังผสม กำหนดใส่ pigment กลางถังผสม	แผนกผลิต 30/9/2553	เปลี่ยนขอบยางที่ถังผสม(รูปที่6.3) กำหนดใส่pigment กลางถังผสม (ตารางที่ข.1) 30/9/2553	3	3	3	27

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.1ผลการดำเนินการปรับปรุงโดยใช้ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 6 of 22

Item กระบวนการผสมสี

Process Responsibility Core Team

Prepared By อัจฉรียา

Model Year(s) Program(s) -

Key Date -

FMEA Date (Orig.) 6/7/2553

Core Team วรวุฒิ, ฐิรนุชป์, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Action Results: Severity	Action Results: Occurrence	Action Results: Detection	Action Results: RPN
การผสมวัตถุดิบ - ชั่งน้ำหนักส่วนผสมตามสูตร - ผสมวัตถุดิบให้เข้ากัน	ความสะอาดของเครื่องจักรไม่มีการปนเปื้อนในกระบวนการ	สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า	ทำให้เกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เฉดสีเพี้ยน สามารถทำการแก้ไขโดยการผสมวัตถุดิบ และเตรียมแผ่นสีตัวอย่างใหม่ ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นสามารถนำไป rework ในการผลิตได้	3		พนักงานล้างเครื่องเครื่องผสมไม่สะอาด	1	มีมาตรฐานการทำความสะอาดและแบบฟอร์มบันทึก	ตรวจสอบความสะอาดของเครื่องผสมด้วยสายตาระหว่างการทำความสะอาด	3	9	ไม่มี	-	-	-	-	-	-
						จัดเก็บวัตถุดิบไม่ถูกต้อง	1	มีมาตรฐานการจัดเก็บและหวนสอบการจัดเก็บโดยหัวหน้างาน	ตรวจสอบการปนเปื้อนของวัตถุดิบขณะทำการผสมด้วยสายตา	2	6	ไม่มี	-	-	-	-	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.1ผลการดำเนินการปรับปรุงโดยใช้ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 7 of 22

Item กระบวนการผสมสี

Process Responsibility Core Team

Prepared By อัจฉรียา

Model Year(s) Program(s) -

Key Date -

FMEA Date (Orig. 6/7/2553

Core Team วรวุฒิ, ฐิรนุชป์, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Action Results: Severity	Action Results: Occurrence	Action Results: Detection	Action Results: RPN
การผสมวัตถุดิบ - ชั่งน้ำหนักส่วนผสมตามสูตร - ผสมวัตถุดิบให้เข้ากัน	ความสะอาดของเครื่องจักรไม่มีการปนเปื้อนในกระบวนการ	สีปนเปื้อนน้ำมัน	ทำให้เกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ สีเป็นเม็ด ต้องใช้ระยะเวลาในการแก้ไขจากการซ่อมเครื่องจักร การผสมวัตถุดิบและเตรียมแผ่นสีตัวอย่างใหม่ประมาณ 2ชั่วโมง ส่วนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นสามารถนำไป rework ในการผลิตได้	4		น้ำมันรั่วไส่ส่วนผสม	2	มีแผนการบำรุงรักษา	ตรวจสอบการปนเปื้อนน้ำมันด้วยสายตา	3	24	กำหนดจุดตรวจสอบน้ำมันรั่ว	แผนกผลิต 17/10/2553	กำหนดจุดตรวจสอบน้ำมันรั่ว (ตารางที่ก.2) 17/10/2553	4	1	2	8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.1ผลการดำเนินการปรับปรุงโดยใช้ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(PROCESS FMEA)

FMEA Number -
Page 8 of 22

Item กระบวนการผสมสี
Process Responsibility Core Team
Prepared By อัจฉรียา
Model Year(s) Program(s) -
Key Date -
FMEA Date (Orig.) 6/7/2553
Core Team จรวุฒิ, ฐิรนุชป์, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Severity	Occurrence	Detection	RPN
การฉีดด้วยเครื่องฉีดขนาดเล็ก - ละลายส่วนผสมจากการสุ่มในกระบวนการผสมวัตถุดิบ	ความสะอาดของเครื่องจักรไม่มีการปนเปื้อนในกระบวนการ	สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า	ทำให้เกิดข้อบกพร่องได้แก่ เฉดสีเพี้ยน ทำให้การพิจารณาผลการตรวจสอบผิดพลาด และต้องทำการแก้ไขงานใหม่	3		พนักงานล้างเครื่องฉีดขนาดเล็กไม่สะอาด	1	มีมาตรฐานการทำความสะอาด	ตรวจสอบด้วยสายตาระหว่างทำความสะอาด	3	9	ไม่มี	-	-	-	-	-	-
						วิธีการทำความสะอาดไม่เหมาะสม	1	มีมาตรฐานการทำความสะอาด	ตรวจสอบด้วยสายตาระหว่างการทำความสะอาด	3	9	ไม่มี	-	-	-	-	-	-
						พนักงานเก็บตัวอย่างสีไม่ถูกต้อง	1	มีมาตรฐานการเก็บตัวอย่าง	ใช้สายตาในการแยกเก็บตัวอย่าง	3	9	ไม่มี	-	-	-	-	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.1ผลการดำเนินการปรับปรุงโดยใช้ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 9 of 22

Item กระบวนการผสมสี

Process Responsibility Core Team

Prepared By อัจฉรียา

Model Year(s) Program(s) -

Key Date -

FMEA Date (Orig. 6/7/2553

Core Team วรวุฒิ, ฐิรนุชป์, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Severity	Occurrence	Detection	RPN
การบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า - บดสีตัวอย่างที่ได้จากการขัดเครื่องขัดขนาดเล็กเป็นสีผง	ความสะอาดของเครื่องจักรไม่มีการปน-เปื้อนในกระบวนการ	สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า	ทำให้เกิดข้อบกพร่องได้แก่ การปนเปื้อนเฉดสีอื่น ทำให้การพิจารณาผลการตรวจสอบผิดพลาดและต้องทำการแก้ไขงานใหม่	3		พนักงานล้างเครื่องบดไฟฟ้าไม่สะอาด	5	มีมาตรฐานการทำความสะอาดและกำหนดการทำความสะอาดทุกครั้งที่เตรียมสีตัวอย่างใหม่	ตรวจสอบความสะอาดของเครื่องบดไฟฟ้าก่อนนำมาใช้	3	45	อบรมพนักงานเรื่อง การเตรียมอุปกรณ์ในการเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง	แผนก QC 26/8/2553	- อบรมและประเมินผล (หัวข้อที่ 6.12) (ตารางที่ ก.5) 26/8/2553	3	3	3	27

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.1ผลการดำเนินการปรับปรุงโดยใช้ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 10 of 22

Item กระบวนการผสมสี Process Responsibilit Core Team Prepared By อัจฉรียา

Model Year(s) Program(s) - Key Date - FMEA Date (Orig. 6/7/2553

Core Team วรวุฒิ, ฐิรนุชบี, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Action Results: Severity	Action Results: Occurrence	Action Results: Detection	Action Results: RPN
การเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง	แผ่นสีตัวอย่างได้มาตรฐาน -ฟิล์มสีหนาได้ตามกำหนด - อบแล้วสีไม่เพี้ยน - ไม่มีการปนเปื้อนใน	แผ่นสีตัวอย่างไม่ได้มาตรฐาน -ฟิล์มสีหนาไม่ได้ตามกำหนด - อบแล้วสีเพี้ยน - มีการปนเปื้อน	ทำให้เกิดเฉดสีเพี้ยน ทำให้การพิจารณาผลการตรวจสอบผิดพลาด และแก้ไขงานใหม่	3		อุณหภูมิตู้อบไม่ได้ตามกำหนด	1	มีการทวนสอบอุณหภูมิทุก 6 เดือน	ไม่มี	4	12	ไม่มี	-	-	-	-	-	-
						แผ่นเหล็กไม่ได้มาตรฐาน	1	มีการกำหนดให้พนักงานตรวจสอบแผ่นเหล็กก่อนการใช้งาน	ตรวจสอบแผ่นเหล็กด้วยสายตาก่อนนำมาใช้	3	9	ไม่มี	-	-	-	-	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.1ผลการดำเนินการปรับปรุงโดยใช้ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(PROCESS FMEA)

FMEA Number -
Page 11 of 22

Item กระบวนการผสมสี
Process Responsibility Core Team
Prepared By อัจฉรียา
Model Year(s) Program(s) -
Key Date -
FMEA Date (Orig.) 6/7/2553
Core Team วรวุฒิ, ฐิรนุชป์, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Severity	Occurrence	Detection	RPN
การเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง	แผ่นสีตัวอย่างได้มาตรฐาน -ฟิล์มสีหนาได้ตามกำหนด - อบแล้วสีไม่เพี้ยน - ไม่มีการปนเปื้อนใน	แผ่นสีตัวอย่างไม่ได้มาตรฐาน -ฟิล์มสีหนาไม่ได้ตามกำหนด - อบแล้วสีเพี้ยน - มีการปนเปื้อน	ทำให้เกิดเฉดสีเพี้ยน ทำให้การพิจารณาผลการตรวจสอบผิดพลาด และแก้ไขงานใหม่	3		พ่นสีหนาไม่ได้ตามกำหนด	3	ไม่มีการควบคุม	วัดความหนาด้วยเครื่องวัด	3	27	อบรมพนักงานเรื่อง การเตรียมแผ่นสีตัวอย่างและการวัดความหนาของฟิล์มสี	แผนก QC 28/9/2553	- อบรมและประเมินผล (หัวข้อที่ 6.12) (ตารางที่ ก.5) ประเมินระบบการวัดความหนาตามหัวข้อ 6.6 28/9/2553	3	2	3	18

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.1ผลการดำเนินการปรับปรุงโดยใช้ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 12 of 22

Item กระบวนการผสมสี | Process Responsibility Core Team | Prepared By อัจฉรียา

Model Year(s) Program(s) - | Key Date - | FMEA Date (Orig.) 6/7/2553

Core Team วรวุฒิ, ฐิรนุชบ์, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Severity	Occurrence	Detection	RPN
การเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง	แผ่นสีตัวอย่างได้มาตรฐาน -ฟิล์มสีหนาได้ตามกำหนด - อบแล้วสีไม่เพี้ยน - ไม่มีการปนเปื้อนใน	แผ่นสีตัวอย่างไม่ได้มาตรฐาน -ฟิล์มสีหนาไม่ได้ตามกำหนด - อบแล้วสีเพี้ยน - มีการปนเปื้อน	ทำให้เกิดการปนเปื้อนเฉดสีอื่น ทำให้การพิจารณาผลการตรวจสอบผิดพลาดและแก้ไขงานใหม่	3		พนักงานล้างอุปกรณ์ไม่สะอาด	5	มีการกำหนดวิธีทำความสะอาดและกำหนดความถี่ทุกครั้งที่เตรียมแผ่นสีตัวอย่างใหม่	ตรวจสอบความสะอาดของอุปกรณ์ด้วยสายตาก่อนนำมาใช้	3	45	อบรมพนักงานเรื่อง การเตรียมอุปกรณ์ในการเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง	แผนก QC 26/8/2553	อบรมและประเมินผล (หัวข้อที่ 6, 12) (ตารางที่ ก.5) 26/8/2553	3	3	3	27

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.1ผลการดำเนินการปรับปรุงโดยใช้ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 13 of 22

Item กระบวนการผสมสี | Process Responsibility | Core Team | Prepared By อัจฉรียา

Model Year(s) Program(s) - | Key Date - | FMEA Date (Orig.) 6/7/2553

Core Team วรวุฒิ, ฐิรนุชปี, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Severity	Occurrence	Detection	RPN
การวัดสี	สีไม่แตกต่างจากมาตรฐาน	สีแตกต่างจากมาตรฐาน	ทำให้เกิดข้อบกพร่อง ได้แก่ เฉดสีเพี้ยน ทำให้การพิจารณาผลการตรวจสอบผิดพลาด มีการปรับแต่งสีหลายครั้ง ทำให้ใช้เวลาในการปรับแต่งสีนาน	4		แม่สีปิดผิวไม่ดี	2	ไม่มี	สุ่มตรวจวัดฤดิบรับเข้า	4	32	อบรมพนักงานเรื่อง การเตรียมแผ่นสีตัวอย่างและการวัดความหนาของฟิล์มสี	แผนก QC 28/9/2553	- อบรมและประเมินผล (หัวข้อที่ 6.12) (ตารางที่ ก.5) ประเมินระบบการวัดความหนาตามหัวข้อ 6.6 28/9/2553	4	2	3	24
						Strength ของแม่สีไม่พอ	1	ไม่มี	สุ่มตรวจวัดฤดิบรับเข้า	4	16	ไม่มี	-	-	-	-	-	-
						แม่สีเฉดสีแตกต่างกันมากในแต่ละล็อต	5	ไม่มี	สุ่มตรวจวัดฤดิบรับเข้า	4	80	กำหนดค่าควบคุม Strength ของแม่สีให้แคบลง	แผนก QC 28/9/2553	กำหนดค่าควบคุม Strength จาก -±5 เป็น -±1	4	2	2	16

ตารางที่ 7.1ผลการดำเนินการปรับปรุงโดยใช้ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 14 of 22

Item กระบวนการผสมสี

Process Responsibility Core Team

Prepared By อัจฉรียา

Model Year(s) Program(s) -

Key Date -

FMEA Date (Orig.) 6/7/2553

Core Team วรวุฒิ, ฐิรนุชบ์, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Severity	Occurrence	Detection	RPN
การวัดสี	สีไม่แตกต่างจากมาตรฐาน	สีแตกต่างจากมาตรฐาน	ทำให้เกิดข้อบกพร่องได้แก่ เฉดสีเพี้ยน ทำให้การพิจารณาผลการตรวจสอบผิดพลาด มีการปรับแต่งสีหลายครั้ง ทำให้ใช้เวลาในการปรับแต่งสีนาน	4		เครื่องวัดสีปรับสีเข้มๆ ไม่ได้	5	ไม่มี	ปรับสีโดยใช้พนักงานที่มีประสบการณ์และตรวจสอบสีด้วยสายตา	3	60	สั่งซื้อเครื่องวัดสีใหม่ที่สามารถใช้ปรับสีเข้มได้	แผนกผลิต 30/9/2553	ซื้อเครื่องวัดสีใหม่และจัดทำคู่มือ (ตารางที่ ข.2) 30/9/2553	4	2	3	24
						เครื่องวัดสีขาดการปรับปรุงข้อมูลแม่สี	5	ไม่มี	ปรับสีโดยใช้พนักงานที่มีประสบการณ์และตรวจสอบสีด้วยสายตา	3	60	ปรับปรุงข้อมูลเข้าในระบบ	แผนก QC 30/9/2553	ปรับปรุงข้อมูลแม่สี จัดทำข้อมูลสีที่มีในระบบใช้วัดแทน (ตารางที่ 6.2) 30/9/2553	4	2	3	24

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.1ผลการดำเนินการปรับปรุงโดยใช้ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 15 of 22

Item กระบวนการผสมสี

Process Responsibility Core Team

Prepared By อัจฉรียา

Model Year(s) Program(s) -

Key Date -

FMEA Date (Orig. 6/7/2553

Core Team วรวุฒิ, ฐิรนุชบ์, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Action Results: Severity	Action Results: Occurrence	Action Results: Detection	Action Results: RPN
การวัดสี	สีไม่แตกต่างจากมาตรฐาน	สีแตกต่างจากมาตรฐาน	ทำให้เกิดข้อบกพร่องได้แก่ เฉดสีเพี้ยน ทำให้การพิจารณาผลการตรวจสอบผิดพลาด มีการปรับแต่งสีหลายครั้ง ทำให้ใช้เวลาในการปรับแต่งสีนานขึ้น	4		พนักงานขาดความเข้าใจในหลักการสี	4	ให้ความรู้/อบรม	ตรวจสอบสีและปรับสีด้วยเครื่องวัดสี	3	48	จัดทำคู่มือการใช้เครื่องวัดสี อบรมพนักงาน	แผนกผลิต 30/9/2553	จัดทำคู่มือ (ตารางที่ ข.2) - อบรมและประเมินผลการใช้เครื่องวัดสี (หัวข้อที่ 6.12) (ตารางที่ ก.5)	4	2	3	24
						พนักงานขาดความเข้าใจในคุณสมบัติแม่สี	1	ให้ความรู้/อบรม	ตรวจสอบสีและปรับสีด้วยเครื่องวัดสี	3	12	ไม่มี	-	-	-	-	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.1ผลการดำเนินการปรับปรุงโดยใช้ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 16 of 22

Item กระบวนการผสมสี

Process Responsibility Core Team

Prepared By อัจฉรียา

Model Year(s) Program(s) -

Key Date -

FMEA Date (Orig.) 5/7/2553

Core Team วรวุฒิ, ฐิรนุชบ์, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Action Results: Severity	Action Results: Occurrence	Action Results: Detection	Action Results: RPN
การวัดสี	สีไม่แตกต่างจากมาตรฐาน	สีแตกต่างจากมาตรฐาน	ทำให้เกิดข้อบกพร่อง ได้แก่ เฉดสีเพี้ยน ทำให้การพิจารณาผลการตรวจสอบผิดพลาด มีการปรับแต่งสีหลายครั้ง ทำให้ใช้เวลาในการปรับแต่งสีนาน	4		พนักงานเขียนสูตรปรับแต่งสีผิด	1	ไม่มี	ตรวจสอบสีด้วยเครื่องวัดสี	3	12	ไม่มี	-	-	-	-	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.1ผลการดำเนินการปรับปรุงโดยใช้ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 17 of 22

Item กระบวนการผสมสี | Process Responsibility Core Team | Prepared By อัจฉรียา

Model Year(s) Program(s) - | Key Date - | FMEA Date (Orig. 6/7/2553

Core Team วรวุฒิ, ฐิรนุชปี, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Severity	Occurrence	Detection	RPN
การฉีด - ละลายส่วนผสมให้เข้ากัน	สีละลายเข้ากัน	สีละลายไม่เข้ากัน	ทำให้เกิดข้อบกพร่อง ไม่ว่าจะเป็นเฉดสีเพี้ยน สีเป็นเม็ด สีเป็นสะเก็ด สีเป็นฝ้า สีเป็นหลุม ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาแก้ไขในการตรวจสอบสภาพของเครื่องฉีด และทำการผสมวัตถุดิบเพื่อทดลองฉีดสีใหม่ ประมาณ 2 ชั่วโมง ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น rework ในการผลิตได้	4		พนักงานไม่ปล่อยสีลงเครื่องฉีด	4	มีมาตรฐานการปล่อยสีและบันทึกการปล่อยสี	มีสัญญาณเตือนเมื่อสีหมด	3	48	อบรมพนักงานเรื่อง การปล่อยสีลงเครื่องฉีด	แผนกผลิต 30/9/2553	- อบรมและประเมินผล (หัวข้อที่ 6.12) (ตารางที่ ก.5) 15/9/2553	4	2	3	24
						อุณหภูมิควบคุมไม่คงที่	4	ไม่มี	ตรวจสอบค่าควบคุมทุกครั้งที่เริ่มผลิต	3	48	ออกแบบบการทดลอง	แผนกผลิต 30/12/2553	ออกแบบการทดลองและกำหนดจุดตรวจสอบเครื่องจักร(ตารางที่ก.3) 30/12/2553	4	4	2	32
						เครื่องฉีด disperse ไม่ดี	1	มีการแยกเครื่องฉีดตามผลิตภัณฑ์	ตรวจสอบค่าควบคุมทุกครั้งที่เริ่มผลิต	1	4	ไม่มี	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 7.1ผลการดำเนินการปรับปรุงโดยใช้ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 18 of 22

Item กระบวนการผสมสี

Process Responsibilit Core Team

Prepared By ชัจฉริยา

Model Year(s) Program(s) -

Key Date -

FMEA Date (Orig.) 6/7/2553

Core Team วรวุฒิ, ฐิชุษบ์, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Severity	Occurrence	Detection	RPN
การฉีด - ละลายส่วนผสมให้เข้ากัน	ความสะอาดของเครื่องจักรไม่มีการปนเปื้อนในกระบวนการ	สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า	ทำให้เกิดข้อบกพร่องไม่ว่าจะเป็น เฉดสีเพี้ยน สีเป็นเม็ด สีเป็นสะเก็ด สีเป็นฝ้า สีเป็นหลุม การแก้ไขทำความสะอาดเครื่องจักรใหม่ และเตรียมส่วนผสมเพื่อใช้ในการฉีดใหม่ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ส่วนข้อบกพร่องชิ้นนำไป rework ได้ในการผลิตใด้	4		ล้างไม่ถูกต้องตามความรุนแรงของสี	1	มีการกำหนดในมาตรฐานการทำงาน และในฟอร์มการล้าง	ตรวจสอบด้วยสายตาระหว่างการทำความสะอาด	3	12	ไม่มี	-	-	-	-	-	-
						พนักงานล้างไม่สะอาด	3	มีการกำหนดในมาตรฐานการทำงาน และมีมันฝึกฟอร์มการล้าง	ตรวจสอบด้วยสายตาระหว่างการทำความสะอาด	3	36	อบรมพนักงานเรื่อง การทำความสะอาดเครื่องฉีด	แผนกผลิต 15/8/2553	- อบรมและประเมินผล (ตัวชี้วัดที่ 6.12) (ตารางที่ ก.5)	4	2	3	24
						พนักงานแยกเก็บสีไม่ถูกต้อง	1	มีการกำหนดวิธีในมาตรฐานการทำงาน	ตรวจสอบการแยกเก็บสีด้วยสายตา	3	12	ไม่มี	-	-	-	-	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.1ผลการดำเนินการปรับปรุงโดยใช้ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 19 of 22

Item กระบวนการผสมสี | Process Responsibility Core Team | Prepared By อัจฉรียา

Model Year(s) Program(s) - | Key Date - | FMEA Date (Orig. 6/7/2553

Core Team วรวุฒิ, ฐิรนุชป์, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Severity	Occurrence	Detection	RPN
การบด -บดสีให้เป็นผง	ความสะอาดของเครื่องจักรไม่มีการปนเปื้อนในกระบวนการ	สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า	ทำให้เกิดข้อบกพร่องไม่ว่าจะเป็นปนเปื้อนเฉดสีอื่น หลุม สีเป็นสะเก็ด สีเป็นฝ้า การแก้ไขโดยล้างเครื่องบด และเตรียมส่วนผสมเพื่อใช้ในการบดใหม่ ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ส่วนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นสามารถนำไป rework ได้ในการผลิต	4		พนักงานล้างเครื่องบดไม่สะอาด	5	มีมาตรฐานการทำความสะอาดและบันทึกในแบบฟอร์ม	ตรวจสอบด้วยสายตาระหว่างการทำความสะอาด	3	60	อบรมพนักงานเรื่อง การทำความสะอาดเครื่องบด	แผนกผลิต 10/10/2553	- อบรมและประเมินผล (หัวข้อที่ 6.12) (ตารางที่ ก.5) ติดตามผลการล้าง (ตารางที่ ก.4) 10/10/2553	4	3	3	36
						วิธีการล้างไม่เหมาะสม	1	มีมาตรฐานการทำความสะอาดและบันทึกในแบบฟอร์ม	ตรวจสอบด้วยสายตาระหว่างการทำความสะอาด	3	12	ไม่มี	-	-	-	-	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.1ผลการดำเนินการปรับปรุงโดยใช้ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 20 of 22

Item กระบวนการผสมสี | Process Responsibility Core Team | Prepared By อัจฉรียา

Model Year(s) Program(s) - | Key Date - | FMEA Date (Orig. 6/7/2553

Core Team วรวุฒิ, ฐิรนุชป์, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Severity	Occurrence	Detection	RPN
การบด -บดสีให้เป็นผง	ความสะอาดของเครื่องจักรไม่มีการปน-เปื้อนในกระบวรการ	สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า	ทำให้เกิดข้อบกพร่อง ไม่ว่าจะเป็นป่นเปื้อนเฉดสีอื่น หลุม สีเป็นสะเก็ด สีเป็นฝ้า การแก้ไขโดยล้างเครื่องบด และเตรียมส่วนผสมเพื่อใช้ในการบดใหม่ ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ส่วนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นสามารถนำไป rework ได้ในการผลิต	4		เครื่องจักรมีจุดอับเข้าถึงยาก	5	มีมารตรฐานการทำความสะอาดและบันทึกในแบบฟอร์ม	ไม่มี	4	80	ค้นหาจุดอับและปรับปรุงการทำความสะอาดแต่ละจุด	แผนกผลิต 8/10/2553	ปรับปรุงวิธีการทำความสะอาด (ตารางที่ข.3) (ตารางที่ ก.4) 8/10/2553	4	3	4	48

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.1ผลการดำเนินการปรับปรุงโดยใช้ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 21 of 22

Item กระบวนการผสมสี | Process Responsibility Core Team | Prepared By อัจฉรีย์ฯ

Model Year(s) Program(s) - | Key Date - | FMEA Date (Orig. 6/7/2553

Core Team วรวุฒิ, ฐิรนุชบ์, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Severity	Occurrence	Detection	RPN
การบด -บดสีให้เป็นผง	ความสะอาดของเครื่องจักรไม่มีการปนเปื้อนในกระบวนการ	สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า	ทำให้เกิดข้อบกพร่อง ไม่ว่าจะเป็นปนเปื้อนเฉดสีอื่น หลุม สีเป็นสะเก็ด สีเป็นฝ้า การแก้ไขโดยล้างเครื่องบด และเตรียมส่วนผสมเพื่อใช้ในการบดใหม่ ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ส่วนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นสามารถนำไป rework ได้ในการผลิต	4		เฉดสีหรือชนิดสีแตกต่างกันมากทำให้ล้างออกยาก	3	มีมาตรฐานการทำความสะอาดและบันทึกในแบบฟอร์ม	ตรวจสอบความสะอาดด้วยสายตา	3	36	ปรับปรุงการทำความสะอาดแต่ละจุด	แผนกผลิต 8/10/2553	ปรับปรุงวิธีการทำความสะอาด (ตารางที่ ข.3) (ตารางที่ ก.4) 8/10/2553	4	2	3	24

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.1ผลการดำเนินการปรับปรุงโดยใช้ FMEA (ต่อ)

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

(PROCESS FMEA)

FMEA Number -

Page 22 of 22

Item กระบวนการผสมสี

Process Responsibility Core Team

Prepared By อัจฉรียา

Model Year(s) Program(s) -

Key Date -

FMEA Date (Orig.) 6/7/2553

Core Team วรวุฒิ, ฐิรนุชปี, จรัญ, นิคม, ยุทธนา, จักรกฤษณ์

Process Step / Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results: Action Taken & Effective Date	Severity	Occurrence	Detection	RPN
การบด -บดสีให้เป็นผง	ความสะอาดของเครื่องจักรไม่มีการปน-ปื้อนในกระบวรการ	สีปนเปื้อนน้ำในระบบ	ทำให้เกิดข้อบกพร่อง ได้แก่ สีเป็นเม็ด การแก้ไขโดยเตรียมระบบใหม่และเตรียมส่วนผสมเพื่อใช้ในการบดใหม่ ใช้เวลามากกว่า 1 ชั่วโมง ส่วนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นสามารถนำไป rework ได้ในการผลิต	4		น้ำค้างในระบบท่อ	3	เปิดเครื่องจักรทิ้งไว้ระบบแห้ง 5 นาที ก่อนเริ่มผลิต	ไม่มี	4	48	ปรับปรุงระบบท่อล้ำเลี่ยง	-	-	-	-	-	-
						น้ำจากระบบแอร์ตันไหลเข้าระบบท่อ	1	เปิดเครื่องจักรทิ้งไว้ระบบแห้ง 5 นาที ก่อนเริ่มผลิต	ไม่มี	4	16	ไม่มี	-	-	-	-	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.1 การประเมินระดับความรุนแรง (Severity: S) โอกาสในการเกิดสาเหตุ (Occurrence :O) และความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง (Detection: D) ของแต่ละกระบวนการหลังการปรับปรุง

โดยทีมงานได้ทำการประเมินระดับความรุนแรง (Severity: S) โอกาสในการเกิดสาเหตุ (Occurrence :O) และความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง (Detection: D) ของแต่ละกระบวนการหลังการปรับปรุงของสาเหตุที่ได้ทำการคัดเลือกมาจำนวน 19 สาเหตุเพื่อมาดำเนินการแก้ไข ซึ่งสามารถสรุปผลการประเมินได้ดังนี้

1) **กระบวนการผสมวัตถุดิบ**

- **ส่วนผสมไม่ได้ตามสูตร**

จากการดำเนินการปรับปรุง สาเหตุพนักงานชั่งน้ำหนักไม่ได้ตามกำหนดได้มีการกำหนดวิธีการทำงานในขั้นตอนการชั่งน้ำหนักให้ชัดเจนขึ้นโดยการกำหนดจุดตรวจสอบน้ำหนักระหว่างการชั่งน้ำหนัก และปรับปรุงแบบฟอร์มการบันทึกน้ำหนักในใบผสม เพื่อเพิ่มการตรวจสอบน้ำหนักได้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งทำการอบรมพนักงานและกำหนดการติดตามผลการทำงาน เพื่อเพิ่มทักษะความสามารถในการทำงานของพนักงาน ซึ่งจากการดำเนินการค่า D เท่าเดิม เพราะยังเป็นการตรวจสอบน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O ที่ระดับ 1 เนื่องจากการปรับปรุงทำให้เพิ่มความสามารถในการควบคุมการทำงาน และพนักงานมีทักษะการทำงานที่ดีขึ้น

จากสาเหตุน้ำหนักที่บรรจุในถุงไม่ได้ตามน้ำหนักที่ระบุบนถุงได้มีการกำนดการตรวจสอบน้ำหนักตามสูตรทุกครั้ง ทำให้ค่า D ลดลงเป็น 3 เนื่องจากสามารถควบคุมโดยการตรวจสอบน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักทุกครั้ง และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O ที่ระดับ 3 เนื่องจากผลจากการควบคุมทำให้โอกาสในการเกิดสาเหตุลดลง

- **ส่วนผสมไม่เข้ากัน**

จากการดำเนินการปรับปรุง พบว่า จากสาเหตุไม่ตรวจเช็คการเข้ากันของส่วนผสม ได้มีการกำหนดวิธีการทำงานเพื่อให้พนักงานสามารถปฏิบัติงานได้ถูกต้อง และทำการอบรมพนักงานและกำหนดการติดตามผลการทำงาน เพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงานของพนักงาน ซึ่งจากการดำเนินการค่า D เท่าเดิม เพราะเป็นการตรวจสอบการเข้ากันของส่วนผสมด้วยสายตา และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O ที่ระดับ 3 เนื่องจากมีการกำหนดเป็นวิธีการทำงานจากเดิมที่มีการชี้แจงพนักงานเพียงอย่างเดียว จึงทำให้สามารถควบคุมการทำงานได้ดีขึ้น และพนักงานเข้าใจวิธีการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง

จากสาเหตุ pigment ค้างที่ขอบถังผสม โดยมีการกำหนดวิธีการทำงานของพนักงานรวมทั้งมีการเปลี่ยนขอบยางที่ถังผสม ส่งผลให้ส่วนผสมมีการกระจายออกมาระหว่างการผสม

น้อยลง ทำให้สามารถทำการผสมเข้ากันได้ดี จากการดำเนินการค่า D เท่าเดิม เพราะไม่เกี่ยวข้องกับการตรวจจับ และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O ที่ระดับ 3 เนื่องจากการดำเนินการดังกล่าวทำให้ลดสาเหตุการเกิด pigment ค้างที่ขอบถังผสม

- **ส่วนผสมปนเปื้อนน้ำมัน**

จากการดำเนินการปรับปรุง พบว่า จากสาเหตุน้ำมันรั่วใส่ส่วนผสม ได้มีการกำหนดจุดตรวจสอบเครื่องจักรก่อนที่จะพบปัญหา ทำให้ค่า D ลดลงจาก 3 เป็น 2 เนื่องจากสามารถควบคุมก่อนที่จะเกิดสาเหตุขึ้น และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O ที่ระดับ 1 เนื่องจากการดำเนินการดังกล่าวทำให้ไม่พบปัญหาน้ำมันรั่วใส่ส่วนผสม

2) **กระบวนการบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า**

จากการดำเนินการปรับปรุง พบว่า จากสาเหตุพนักงานล้างเครื่องบดไฟฟ้าไม่สะอาด การดำเนินการได้มีการอบรมพนักงานและกำหนดการติดตามผลการทำงาน เพื่อเพิ่มทักษะความสามารถในการทำงานของพนักงาน จากการดำเนินการค่า D เท่าเดิม เพราะไม่เกี่ยวข้องกับการตรวจจับ และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O ที่ระดับ 3 เนื่องจากการดำเนินการช่วยเพิ่มทักษะการทำงานของพนักงาน ทำให้พนักงานสามารถปฏิบัติงานได้ถูกต้องขึ้น

3) **กระบวนการเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง**

จากการดำเนินการปรับปรุง พบว่า จากสาเหตุพนักงานล้างอุปกรณ์ไม่สะอาด และพนักงานพ่นสีหนาไม่ได้ตามกำหนด ได้มีการอบรมพนักงาน และกำหนดการติดตามผลการทำงานเพื่อเพิ่มทักษะ ความสามารถในการทำงาน นอกจากนี้จากสาเหตุพนักงานพ่นสีหนาไม่ได้ตามกำหนดได้มีการประเมินระบบการวัดความหนาของฟิล์มสีของพนักงานตรวจสอบ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ทำให้เชื่อมั่นได้ว่าผลการตรวจสอบสามารถยอมรับได้ก่อนที่จะส่งมอบแผ่นสีตัวอย่างไปยังกระบวนการวัดสี ซึ่งจากการดำเนินการค่า D เท่าเดิม เพราะยังเป็นการตรวจสอบเครื่องมือวัดและสายตา และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O ที่ระดับ 3 สำหรับสาเหตุพนักงานล้างอุปกรณ์ไม่สะอาด และค่า O ที่ระดับ 2 พนักงานพ่นสีหนาไม่ได้ตามกำหนด เนื่องจากการดำเนินการช่วยเพิ่มทักษะการทำงานของพนักงาน ทำให้พนักงานสามารถปฏิบัติงานได้ถูกต้องขึ้น

4) **กระบวนการวัดสี**

- ค่าสีแตกต่างจากมาตรฐาน

จากการดำเนินการปรับปรุง พบว่า จากสาเหตุแม่สีปิดผิวไม่ดี ได้ดำเนินการเช่นเดียวกับพนักงานพ่นสีหนาไม่ได้ตามกำหนดเนื่องจากสาเหตุทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งจากผลการดำเนินการได้ประเมินค่า D ที่ระดับ 3 เนื่องจากมีการควบคุมโดยใช้เครื่องวัดความหนาในการช่วยป้องกันการปิดผิวไม่ดี และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O ที่ระดับ 2 เนื่องจากจากผลการควบคุมความหนาที่ดีขึ้นจึงทำให้สาเหตุการปิดผิวไม่ดีลดลง

จากสาเหตุแม่สีเฉดสีแตกต่างกันมากในแต่ละล็อต การดำเนินการได้มีการควบคุมช่วงการควบคุมคุณภาพของค่า strength ของแม่สีให้แคบลงซึ่งช่วยลดความแปรผันของค่าสีที่เกิดขึ้น ซึ่งจากผลการดำเนินการได้ประเมินค่า D ที่ระดับ 2 และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O ที่ระดับ 2 เนื่องจากผลจากการดำเนินการดังกล่าวทำให้ความแปรผันของสีในกระบวนการลดลง

จากสาเหตุพนักงานขาดความเข้าใจในหลักการสี ได้มีการจัดทำคู่มือการใช้เครื่องวัดสีเพื่อพนักงานสามารถทำการวัดสี และปรับสีได้ถูกต้อง รวมทั้งการอบรมพนักงาน และกำหนดติดตามผลการทำงานเพื่อเพิ่มทักษะ ความสามารถการทำงานของพนักงาน ซึ่งจากการดำเนินการค่า D เท่าเดิม เพราะไม่เกี่ยวข้องกับการตรวจจับ และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O ที่ระดับ 2 เนื่องจากผลจากการดำเนินการช่วยเพิ่มทักษะการทำงานของพนักงาน ทำให้พนักงานสามารถปฏิบัติงานได้ถูกต้องขึ้น

จากสาเหตุเครื่องวัดสีปรับสีเข้มๆ ไม่ได้ และเครื่องวัดสีขาดการปรับปรุงข้อมูลแม่สี การดำเนินการได้มีการจัดซื้อเครื่องวัดสีที่ปรับสีเข้มๆ ได้ และมีการปรับปรุงข้อมูลแม่สีซึ่งผลให้เครื่องวัดสีมีประสิทธิภาพในการตรวจสอบสี และปรับแต่งสีได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งจากการดำเนินการค่า D เท่าเดิม เพราะเป็นการตรวจจับด้วยเครื่องวัดสี และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O ที่ระดับ 2 สำหรับทั้ง 2 สาเหตุ เนื่องจากมีการปรับปรุงเครื่องวัดสีให้มีประสิทธิภาพในการวัดและปรับสีดียิ่งขึ้น

5) **กระบวนการฉีด**

- สีละลายไม่เข้ากัน

จากการดำเนินการปรับปรุง พบว่า จากสาเหตุอุณหภูมิควบคุมไม่คงที่ การดำเนินการได้ทำการออกแบบบการทดลองเพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสม เพื่อกำหนดเป็นค่าควบคุมที่เหมาะสมกับกระบวนการ ซึ่งจากการดำเนินการได้ประเมินค่า D ที่ระดับ 2 และประเมินค่า O เท่าเดิม เนื่องจากเป็นช่วงการทดลองสำหรับผลิตภัณฑ์เพียงชนิดเดียว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากสาเหตุพนักงานไม่ปล่อยสีลงเครื่องฉีด ได้มีการอบรมพนักงาน และกำหนดการติดตามผลการทำงาน เพื่อเพิ่มทักษะ ความสามารถในการทำงาน ซึ่งจากการดำเนินการค่า D เท่าเดิม เพราะไม่เกี่ยวข้องกับการตรวจจับ และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O ที่ระดับ 2 เนื่องจากผลจากการดำเนินการช่วยเพิ่มทักษะการทำงานของพนักงาน ทำให้พนักงานสามารถปฏิบัติงานได้ถูกต้องขึ้น

- สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า

จากการดำเนินการปรับปรุง พบว่า จากสาเหตุพนักงานล้างเครื่องฉีดไม่สะอาด ได้มีการอบรมพนักงาน และกำหนดการติดตามผลการทำงาน เพื่อเพิ่มทักษะ ความสามารถในการทำงาน ซึ่งจากการดำเนินการค่า D เท่าเดิม เพราะไม่เกี่ยวข้องกับการตรวจจับ และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O ที่ระดับ 2 เนื่องจากผลจากการดำเนินการช่วยเพิ่มทักษะการทำงานของพนักงาน ทำให้พนักงานสามารถปฏิบัติงานได้ถูกต้องขึ้น

6) **กระบวนการบด**

-สีปนเปื้อนสีผลิตก่อนหน้า

จากการดำเนินการปรับปรุง พบว่า จากสาเหตุเครื่องจักมีจุดอับเข้าถึงยาก และเฉดสีหรือชนิดสีแตกต่างกันมากทำให้ล้างออกยาก ในการดำเนินการได้มีการปรับปรุงวิธีการทำความสะอาด ซึ่งจากการดำเนินการค่า D เท่าเดิม เพราะไม่เกี่ยวข้องกับการตรวจจับ และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O ที่ระดับ 3 จากสาเหตุเครื่องจักมีจุดอับเข้าถึงยาก และประเมินค่า O ที่ระดับ 2 จากเฉดสีหรือชนิดสีแตกต่างกันมากทำให้ล้างออกยาก เนื่องจากผลจากการปรับปรุงทำให้การทำความสะอาดง่ายขึ้น โดยมีอุปกรณ์ช่วยการทำความสะอาด และมีการอบรมพนักงานและกำหนดการติดตามผลการทำงาน เพื่อเพิ่มทักษะ ความสามารถในการทำงาน จากสาเหตุพนักงานล้างเครื่องบดไม่สะอาด และปรับปรุงแบบฟอร์มการทำความสะอาดเพื่อติดตามผลการทำความสะอาดของพนักงาน จากการดำเนินการจากสาเหตุพนักงานล้างเครื่องบดไม่สะอาดค่า D เท่าเดิม เพราะไม่เกี่ยวข้องกับการตรวจจับ และผู้ชำนาญการได้ประเมินค่า O ที่ระดับ 3 เนื่องจากการดำเนินการช่วยเพิ่มทักษะการทำงานของพนักงาน ทำให้พนักงานสามารถปฏิบัติงานได้ถูกต้องขึ้น

จากผลการประเมินสามารถสรุปเปอร์เซ็นต์ RPN ที่ลดลงในแต่ละสาเหตุดังตารางที่ 7.2

ตารางที่ 7.2 สรุปผล RPN ก่อนและหลังการปรับปรุง

No.	Process Step	Potential Cause(s) of Failure	RPN ก่อน	RPN หลัง	%RPN ลดลง
1	การบด	เครื่องจักรมีจุดอับเข้าถึงยาก	80	48	40.0
2	การวัดสี	แม่สีเฉดสีแตกต่างกันมากในแต่ละล็อต	80	16	80.0
3	การผสมวัตถุดิบ	น้ำหนักที่บรรจุในถุงไม่ได้ตามน้ำหนักที่ระบุบนถุง	75	27	64.0
4	การวัดสี	เครื่องวัดสีขาดการปรับปรุงข้อมูลแม่สี	60	24	60.0
5	การวัดสี	เครื่องวัดสีปรับสีเข้มๆ ไม่ได้	60	24	60.0
6	การบด	พนักงานล้างเครื่องบดไม่สะอาด	60	36	40.0
7	การวัดสี	พนักงานขาดความเข้าใจในหลักการสี	48	24	50.0
8	การฉีด	พนักงานไม่ปล่อยสีลงเครื่องฉีด	48	24	50.0
9	การฉีด	อุณหภูมิควบคุมไม่คงที่	48	32	33.3
10	การผสมวัตถุดิบ	Pigment ค้างขอบถังผสม	45	27	40.0
11	การผสมวัตถุดิบ	ไม่ตรวจเช็คการเข้ากันของส่วนผสม	45	27	40.0
12	การบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า	พนักงานล้างเครื่องบดไฟฟ้าไม่สะอาด	45	27	40.0
13	การเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง	พนักงานล้างอุปกรณ์ไม่สะอาด	45	27	40.0
14	การบด	เฉดสีหรือชนิดสีแตกต่างกันมากทำให้ล้างออกยาก	36	24	33.3
15	การฉีด	พนักงานล้างเครื่องฉีดไม่สะอาด	36	24	33.3
16	การวัดสี	แม่สีปิดผิวไม่ดี	32	24	25.0
17	การผสมวัตถุดิบ	พนักงานชั่งน้ำหนักไม่เป็นไปตามที่กำหนด	30	15	20.0
18	การเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง	พ่นสีหนาไม่ได้ตามกำหนด	27	18	44.4
19	การผสมวัตถุดิบ	น้ำมันรั่วใส่ส่วนผสม	24	8	25.0

จากตารางที่ 7.2 จากการดำเนินการปรับปรุงส่งผลให้ค่า RPN ลดลงระหว่าง 33.3% ถึง 80.0%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.2 เปรียบเทียบผลการปรับปรุง สัดส่วนข้อบกพร่องเทียบต่อใบสั่งผลิต จำนวนครั้งการปรับแต่งสีต่อใบสั่งผลิต และเวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสีต่อใบสั่งผลิต

ในการปรับปรุงเพื่อลดจำนวนครั้งการปรับแต่งสี และเวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสีต่อใบสั่งผลิต พบว่า ก่อนการปรับปรุงสัดส่วนข้อบกพร่องเทียบต่อใบสั่งผลิตที่ส่งผลให้ต้องมีการปรับแต่งสีของกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง เท่ากับ 82.9% ของจำนวนใบสั่งผลิตทั้งหมด และสัดส่วนข้อบกพร่องเทียบต่อใบสั่งผลิตที่ส่งผลให้ต้องมีการปรับแต่งสีของกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องจักรในการผลิต เท่ากับ 97.6% ของจำนวนใบสั่งผลิตทั้งหมด ซึ่งส่งผลให้จำนวนครั้งที่ใช้ในการปรับแต่งสีต่อใบสั่งผลิตของกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลองโดยเฉลี่ย เท่ากับ 2.5 ครั้ง จำนวนครั้งที่ใช้ในการปรับแต่งสีต่อใบสั่งผลิตของกระบวนการผสมสีด้วยจักรในการผลิตโดยเฉลี่ย เท่ากับ 4.0 ครั้ง และเวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสีต่อใบสั่งผลิตโดยเฉลี่ย เท่ากับ 555 นาที ซึ่งหลังจากการปรับปรุง พบว่า สัดส่วนข้อบกพร่องเทียบต่อใบสั่งผลิตที่ส่งผลให้ต้องมีการปรับแต่งสีของกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง เท่ากับ 40.6% ของจำนวนใบสั่งผลิตทั้งหมด และสัดส่วนข้อบกพร่องเทียบต่อใบสั่งผลิตที่ส่งผลให้ต้องมีการปรับแต่งสีของกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องจักรในการผลิต เท่ากับ 62.5% ของจำนวนใบสั่งผลิตทั้งหมด ซึ่งส่งผลให้จำนวนครั้งที่ใช้ในการปรับแต่งสีต่อใบสั่งผลิตของกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลองโดยเฉลี่ย เท่ากับ 1.5 ครั้ง จำนวนครั้งที่ใช้ในการปรับแต่งสีต่อใบสั่งผลิตของกระบวนการผสมสีด้วยจักรในการผลิตโดยเฉลี่ย เท่ากับ 2.0 ครั้ง และเวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสีต่อใบสั่งผลิตโดยเฉลี่ย เท่ากับ 303 นาที ซึ่งสามารถทำให้ลดเวลาในกระบวนการผสมสี เท่ากับ 45% เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสีต่อใบสั่งผลิตก่อนการปรับปรุง

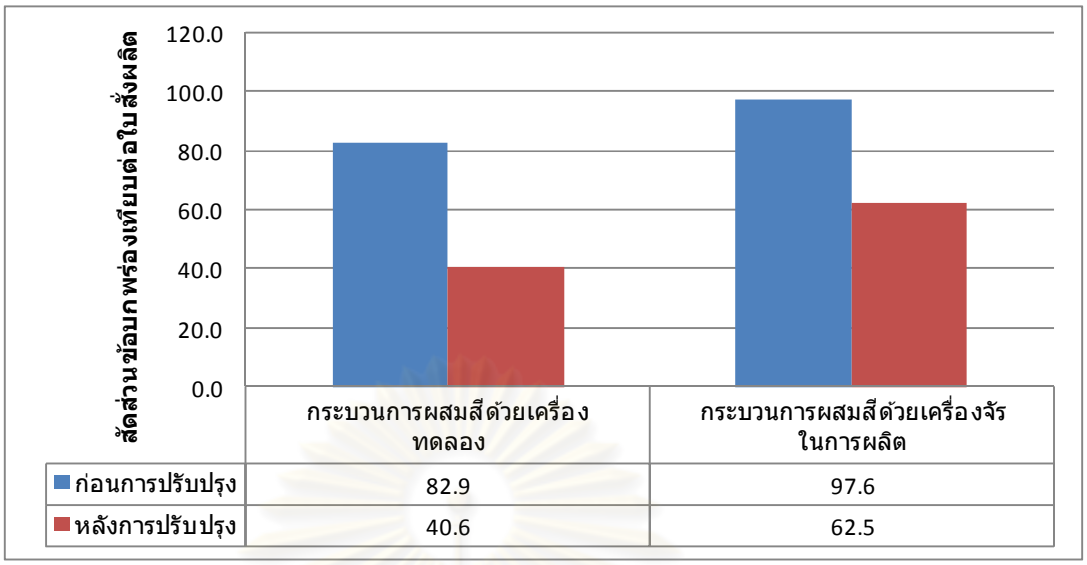
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.3 จำนวนครั้งการปรับแต่งสีต่อใบสั่งผลิต และเวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสีก่อนการปรับปรุง

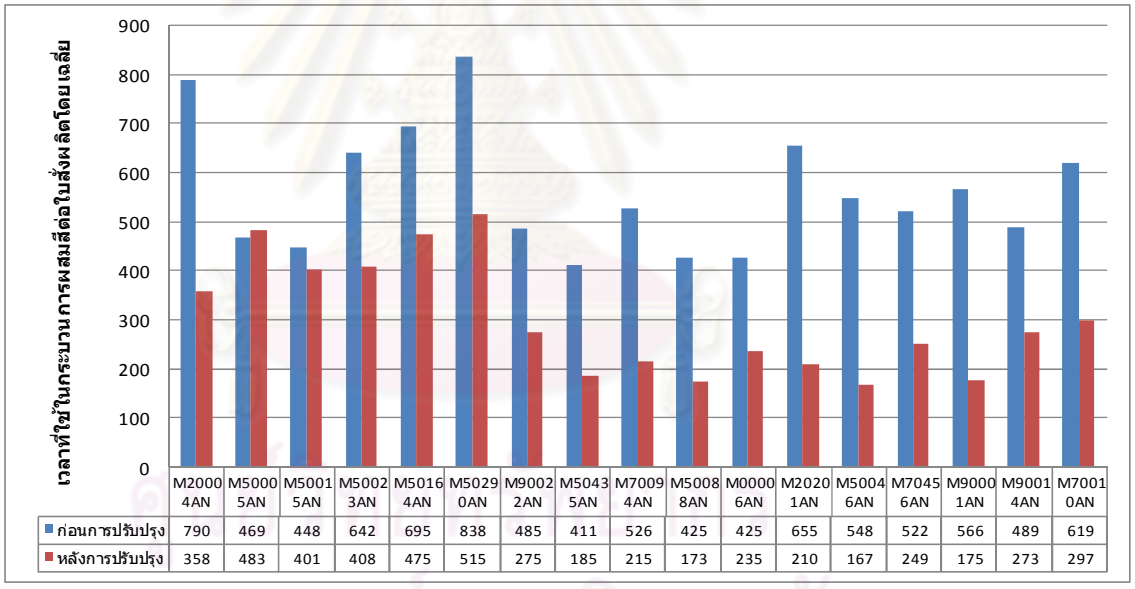
รหัสผลิตภัณฑ์	ชื่อผลิตภัณฑ์	จำนวนใบสั่งผลิต	จำนวนครั้งการปรับแต่งสีต่อใบสั่งผลิตของกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง			จำนวนครั้งการปรับแต่งสีต่อใบสั่งผลิตของกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องจักร ในการผลิต			เวลาที่ใช้ในการปรับแต่งสีต่อใบสั่งผลิต (นาที)		
			ใบสั่งผลิตที่1	ใบสั่งผลิตที่2	ใบสั่งผลิตที่3	ใบสั่งผลิตที่1	ใบสั่งผลิตที่2	ใบสั่งผลิตที่3	ใบสั่งผลิตที่1	ใบสั่งผลิตที่2	ใบสั่งผลิตที่3
M20004AN	สีชมพู	2	2	2	-	5	8	-	554	1,025	-
M50005AN	สีฟ้า	3	1	3	1	7	5	4	497	496	415
M50015AN	สีม่วง	2	2	2	-	3	4	-	406	490	-
M50023AN	สีน้ำเงิน	3	3	3	4	4	1	4	821	320	785
M50164AN	สีฟ้า	3	3	4	2	5	2	7	658	555	871
M50290AN	สีน้ำเงิน	2	4	2	-	4	8	-	556	1,119	-
M90022AN	สีเทา	3	3	3	4	3	3	3	451	555	448
M50435AN	สีฟ้า	3	2	2	1	4	3	4	505	346	382
M70094AN	สีน้ำตาล	3	1	2	2	4	4	4	503	600	475
M50088AN	สีน้ำเงิน	3	4	1	2	2	2	5	434	225	615
M00006AN	สีขาว	2	1	1	-	2	3	-	430	420	-
M20201AN	สีแดง	2	2	3	-	2	8	-	420	889	-
M50046AN	สีน้ำเงิน	2	3	3	-	3	5	-	450	646	-
M70456AN	สีครีม	2	3	2	-	5	3	-	660	383	-
M90001AN	สีเทา	2	4	2	-	4	3	-	685	446	-
M90014AN	สีเทา	2	3	4	-	2	3	-	299	678	-
M70010AN	สีครีม	2	4	2	-	4	4	-	632	606	-
รวม		41									
เฉลี่ย			2.5			4			555		

ตารางที่ 7.4 จำนวนครั้งการปรับแต่งสีต่อใบสั่งผลิต และเวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสีหลังการปรับปรุง

รหัสผลิตภัณฑ์	ชื่อผลิตภัณฑ์	จำนวนใบสั่งผลิต	จำนวนครั้งการปรับแต่งสีต่อใบสั่งผลิตของกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง			จำนวนครั้งการปรับแต่งสีของกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องจักร			เวลาที่ใช้ในการปรับแต่งสีต่อใบสั่งผลิต (นาที)		
			ใบสั่งผลิตที่1	ใบสั่งผลิตที่2	ใบสั่งผลิตที่3	ใบสั่งผลิตที่1	ใบสั่งผลิตที่2	ใบสั่งผลิตที่3	ใบสั่งผลิตที่1	ใบสั่งผลิตที่2	ใบสั่งผลิตที่3
M20004AN	สีชมพู	2	2	1	-	3	4	-	378	337	-
M50005AN	สีฟ้า	2	1	3	-	2	2	-	550	415	-
M50015AN	สีม่วง	3	2	2	3	3	3	3	352	356	496
M50023AN	สีน้ำเงิน	2	3	1	-	2	4	-	449	366	-
M50164AN	สีฟ้า	1	3	-	-	3	-	-	475	-	-
M50290AN	สีน้ำเงิน	2	2	1	-	3	2	-	719	310	-
M90022AN	สีเทา	3	2	1	2	1	2	1	208	336	280
M50435AN	สีฟ้า	2	1	1	-	2	1	-	203	166	-
M70094AN	สีน้ำตาล	2	1	1	-	1	2	-	208	222	-
M50088AN	สีน้ำเงิน	2	1	2	-	1	1	-	176	170	-
M00006AN	สีขาว	1	1	-	-	1	-	-	235	-	-
M20201AN	สีแดง	2	1	1	-	2	1	-	265	154	-
M50046AN	สีน้ำเงิน	1	1	-	-	1		-	167	-	-
M70456AN	สีครีม	2	1	2	-	2	1	-	213	285	-
M90001AN	สีเทา	2	1	1	-	1	1	-	146	204	-
M90014AN	สีเทา	2	1	2	-	2	2	-	240	305	-
M70010AN	สีครีม	1	1	-	-	3	-	-	297	-	-
รวม		32									
เฉลี่ย			1.5			2.0			303		



รูปที่ 7.1 สัดส่วนข้อบกพร่องเทียบต่อใบสั่งผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง



รูปที่ 7.2 เวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสีต่อใบสั่งผลิตโดยเฉลี่ยก่อนและหลังการปรับปรุงแยกตามผลิตภัณฑ์

จากผลการดำเนินการสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 7.5

ตารางที่ 7.5 สรุปเปรียบเทียบผลการดำเนินการก่อนและหลังการปรับปรุง

	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	ผลต่าง
จำนวนครั้งการปรับแต่งสีต่อใบสั่งผลิตโดยเฉลี่ยในกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง	2.5	1.5	1.0
จำนวนครั้งการปรับแต่งสีต่อใบสั่งผลิตโดยเฉลี่ยในกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องจักรในการผลิต	4.0	2.0	2.0
เวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสีต่อใบสั่งผลิตโดยเฉลี่ย (นาที)	555	303	252
เปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องที่พบเทียบต่อใบสั่งผลิตในกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง	82.9	40.6	42.3
เปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องที่พบเทียบต่อใบสั่งผลิตในกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง	97.6	62.5	35.1

7.3 เปรียบเทียบผลการปรับปรุงหลังจากการดำเนินการในกระบวนการผลิต

โดยทำการประเมินข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตหลังจากที่นำสีผงที่ผ่านคุณภาพแล้วในกระบวนการผสมสีไปใช้ในกระบวนการผลิตว่าหลังจากมีการปรับปรุงในกระบวนการผสมสี ส่งผลต่อการผลิตหรือไม่ โดยได้ทำการเปรียบเทียบผลก่อนการปรับปรุง (กรกฎาคม 2553 ถึง สิงหาคม 2553) และหลังการปรับปรุง (พฤษจิกายน 2553 ถึง ธันวาคม 2553) ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.6 ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุง (กรกฎาคม 2553 ถึง สิงหาคม 2553)

รหัสผลิตภัณฑ์	ชื่อผลิตภัณฑ์	ประเภทข้อบกพร่อง					
		เฉดสีเพี้ยน	ปนเปื้อนเฉดสีอื่น	สีเป็นสะเก็ด	สีเป็นฝ้า	สีเป็นเม็ด	สีเป็นหลุม
M20004AN	สีชมพู	-	-	-	1	-	-
M50005AN	สีฟ้า	-	-	-	-	-	-
M50015AN	สีม่วง	-	-	-	-	-	-
M50023AN	สีน้ำเงิน	-	-	-	-	-	-
M50164AN	สีฟ้า	-	-	-	-	-	-
M50290AN	สีน้ำเงิน	-	-	1	1	-	-
M90022AN	สีเทา	-	-	-	1	1	-
M50435AN	สีฟ้า	-	-	-	-	-	-
M70094AN	สีน้ำตาล	-	-	1	-	-	-
M50088AN	สีน้ำเงิน	1	1	-	1		-
M00006AN	สีขาว	-	-	-	1	1	-
M20201AN	สีแดง	-	-	1	-	-	-
M50046AN	สีน้ำเงิน	-	-	-	-	-	-
M70456AN	สีครีม	-	-	-	-	-	-
M90001AN	สีเทา	-	-	-	-	-	-
M90014AN	สีเทา	-	-	-	-	1	-
M70010AN	สีครีม	-	-	1	-	-	-
รวม		1	1	4	5	3	0

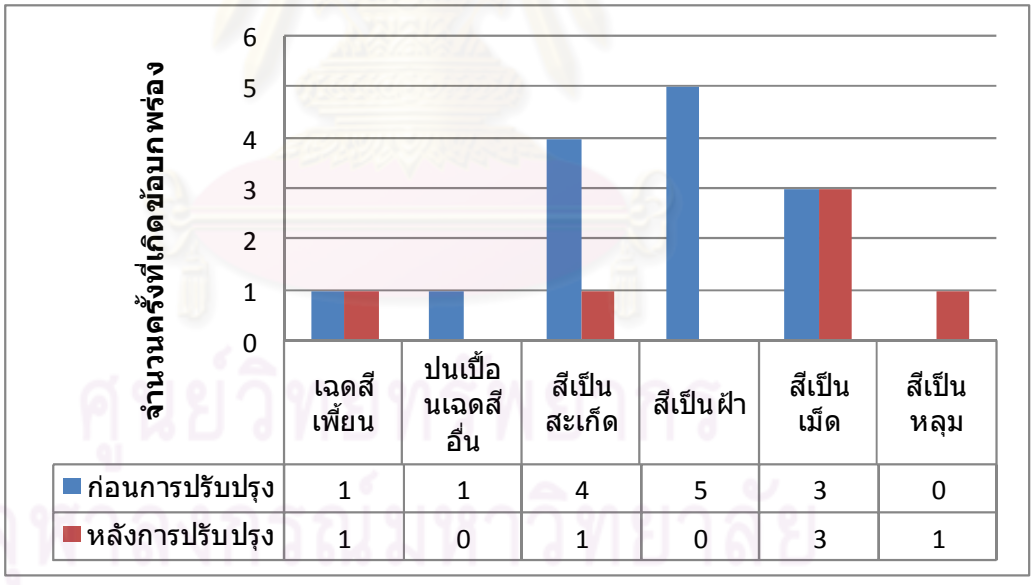
ตารางที่ 7.7 ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุง (พฤศจิกายน 2553 ถึง ธันวาคม 2553)

รหัสผลิตภัณฑ์	ชื่อผลิตภัณฑ์	ประเภทข้อบกพร่อง					
		เฉดสีเพี้ยน	ปนเปื้อนเฉดสีอื่น	สีเป็นสะเก็ด	สีเป็นฝ้า	สีเป็นเม็ด	สีเป็นหลุม
M20004AN	สีชมพู	-	-	-	-	-	-
M50005AN	สีฟ้า	-	-	-	-	-	-
M50015AN	สีม่วง	-	-	-	-	-	-
M50023AN	สีน้ำเงิน	-	-	-	-	-	-
M50164AN	สีฟ้า	-	-	-	-	-	-
M50290AN	สีน้ำเงิน	-	-	-	-	1	-
M90022AN	สีเทา	-	-	-	-	-	-
M50435AN	สีฟ้า	-	-	-	-	-	-
M70094AN	สีน้ำตาล	-	-	-	-	-	-
M50088AN	สีน้ำเงิน	1	-	-	-	-	1
M00006AN	สีขาว	-	-	1	-	-	-
M20201AN	สีแดง	-	-	-	-	-	-
M50046AN	สีน้ำเงิน	-	-	-	-	-	-
M70456AN	สีครีม	-	-	-	-	-	-
M90001AN	สีเทา	-	-	-	-	-	-
M90014AN	สีเทา	-	-	-	-	1	-
M70010AN	สีครีม	-	-	-	-	1	-
รวม		1	0	1	0	3	1

จากข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตสามารถสรุปข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นได้ดังตารางที่ 7.8

ตารางที่ 7.8 เปรียบเทียบประเภทข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง

ประเภทข้อบกพร่อง	จำนวนครั้งที่พบข้อบกพร่อง	
	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
เฉดสีเพี้ยน	1	1
ปนเปื้อนเฉดสีอื่น	1	0
สีเป็นสะเก็ด	4	1
สีเป็นฝ้า	5	0
สีเป็นเม็ด	3	3
สีเป็นหลุม	0	1



รูปที่ 7.3 เปรียบเทียบจำนวนครั้งการเกิดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง

จากรูปที่ 7.3 แสดงให้เห็นว่าหลังจากการปรับปรุงในกระบวนการผสมสี ยังไม่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตอย่างชัดเจน เนื่องด้วยข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นก่อนและหลังการปรับปรุงโดยส่วนใหญ่ยังใกล้เคียงกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 8
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

8.1 บทสรุป

ในกระบวนนการผลิตสีผงของโรงงานกรณีศึกษาประสบปัญหาจากการปรับแต่งสีหลายครั้ง เนื่องจากการเกิดข้อบกพร่องในกระบวนการผสมสี ซึ่งเป็นกระบวนการเพื่อให้ได้สีผงที่มีคุณภาพก่อนที่จะเริ่มดำเนินการผลิตสีผงอย่างต่อเนื่องต่อไป ทั้งนี้ผลกระทบที่เกิดขึ้นยังส่งผลถึงความล่าช้าในกระบวนการผลิตอีกด้วย

สำหรับกระบวนการผสมสีของโรงงานกรณีศึกษา แบ่งได้เป็น 2 ส่วน 1) กระบวนการการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง เพื่อทดสอบความถูกต้องของสูตรสีเพื่อให้ได้ส่วนผสมของสีที่ผ่านเกณฑ์คุณภาพที่กำหนดก่อนจะเริ่มทดสอบในกระบวนการผลิต 2) กระบวนการผสมสีด้วยเครื่องจักรในการผลิต เป็นการทดสอบสูตรสี และสภาพของกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้สีผงที่ผ่านเกณฑ์คุณภาพที่กำหนดก่อนเริ่มกระบวนการผลิต

ในการดำเนินการปรับปรุงเริ่มต้นจากการจัดตั้งทีมงานซึ่งประกอบด้วยบุคคลากรในโรงงานซึ่งเป็นผู้ทำงาน และมีประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผสมสี ได้แก่ หัวหน้าแผนกผลิต หัวหน้าแผนกควบคุมคุณภาพ หัวหน้ากะผลิต หัวหน้างานวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ พนักงานปรับแต่งสี หลังจากนั้นได้ร่วมกันกำหนดขอบเขตการวิเคราะห์กระบวนการในกระบวนการผสมสี ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการย่อย 7 กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการผสมวัตถุดิบ กระบวนการฉีดด้วยเครื่องฉีดขนาดเล็ก กระบวนการบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า กระบวนการเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง กระบวนการฉีด กระบวนการบด และกระบวนการวัดสี และทำการวิเคราะห์เพื่อค้นหาสาเหตุที่แท้จริงโดยใช้การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (Fault Tree Analysis, FTA) และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) แล้วทำการประเมินค่าความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number, RPN) โดยใช้เกณฑ์การประเมินเฉพาะของโรงงานกรณีศึกษา หลังจากทำการประเมินค่า RPN และทำการคัดเลือกสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องที่มีค่า RPN สูงเพื่อนำมากำหนดมาตรการแก้ไข จำนวน 19 สาเหตุด้วยกัน ซึ่งสามารถสรุปการดำเนินการแก้ไข ได้แก่

1) การกำหนดวิธีการทำงานที่ถูกต้อง สำหรับการทำงานที่ยังไม่มีมาตรฐานหรือมาตรฐานการทำงานไม่ชัดเจน เพื่อแก้ไขจุดบกพร่องของการทำงานที่ส่งผลเกิดข้อบกพร่องในกระบวนการ รวมทั้งการปรับปรุงแบบฟอร์มการบันทึกเพื่อให้สอดคล้องกับวิธีการทำงานของกระบวนการ

2) การกำหนดจุดตรวจสอบ และซ่อมบำรุงเครื่องจักรก่อนที่เครื่องจักรชำรุดโดยพนักงานควบคุมประจำเครื่องเป็นผู้ดูแลและตรวจสอบ ทั้งนี้เนื่องจากในปัจจุบันโรงงานตัวอย่างมีแผนการ

บำรุงรักษาเครื่องจักร แต่พบว่าสำหรับสาเหตุที่ได้คัดเลือกมาเพื่อดำเนินการแก้ไข ได้แก่ สาเหตุน้ำมันรั่วที่เครื่องผสม และอุณภูมิของเครื่องฉีดไม่คงที่ ซึ่งยังไม่มีจุดตรวจสอบ จึงได้ทำการกำหนดจุดตรวจสอบขึ้น เพื่อให้พนักงานมีการสังเกตความผิดปกติของเครื่องจักรก่อนที่จะพบปัญหาเครื่องจักรที่ทำให้ส่งผลกระทบต่อการเกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์

3) การควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบ โดยการกำหนดช่วงการควบคุมคุณภาพของค่า strength ของ pigment ให้แคบลงจาก ± 5 เป็น ± 1 เพื่อลดความผันแปรที่เกิดจากคุณภาพของ pigment ที่มีช่วงกว้างเกินไป เพื่อลดข้อบกพร่องที่เกิดจากปัญหาเฉดสีเพี้ยนในผลิตภัณฑ์

4) การปรับปรุงระบบการวัด ได้แก่ การฝึกอบรมพนักงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบคุณภาพความหนาของฟิล์มสี และทำการประเมินผลของระบบการวัดโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ระบบการวัด และดำเนินการแก้ไขกรณีที่พบว่าระบบการวัดไม่ผ่าน รวมทั้งแนะนำในการนำเทคนิคการวิเคราะห์ระบบการวัด เพื่อใช้ในการประเมินระบบการวัดในครั้งต่อๆ ไป เพื่อเป็นการรับรองได้ว่าระบบการวัดยังมีความน่าเชื่อถือ รวมทั้งการปรับปรุงเครื่องวัดสี ได้แก่ การจัดซื้อเครื่องวัดสีใหม่เพื่อใช้แทนเครื่องวัดสีเดิมที่ไม่สามารถทำการวัดสีและปรับสีเข้ม ๆ ได้ รวมทั้งกำหนดการดำเนินการกรณีที่ไม่มีฐานข้อมูลแม่สีที่จะใช้ในการวัดและปรับสีในเครื่องวัดสี เพื่อให้ระบบการวัดมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น คือ สามารถตรวจสอบค่าสีที่มีสีเข้ม ๆ ได้ รวมทั้งการลดปัญหาจากการปรับแต่งสีหลายครั้ง โดยใช้เครื่องวัดสีทำนายสูตรสีแทนการปรับสูตรสีโดยใช้พนักงาน

6) การออกแบบการทดลอง เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์โดยเลือกข้อบกพร่องที่พบมากที่สุด คือ เฉดสีเพี้ยน เพื่อนำมาใช้ในการทดลองจากสาเหตุอุณภูมิเครื่องฉีดไม่คงที่ในกระบวนการฉีด โดยปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ อุณภูมิของบาเรล ความเร็วรอบของสกรู และอัตราการป้อนส่วนผสมเข้าเครื่องฉีด โดยทำการออกแบบการทดลองโดยใช้การออกแบบการทดลองแบบ Box Benchken เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการฉีด ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้เมื่อนำไปทดลองใช้ในการผลิตจริงส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานลดลงใกล้เคียงกับสีมาตรฐาน เท่ากับ 0.27 และ Cpk หลังการปรับปรุง เท่ากับ 1.74 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความสามารถของกระบวนการอยู่ในเกณฑ์ที่ดี นอกจากนี้ยังนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการสำหรับผลิตภัณฑ์อื่นๆ ต่อไป

7) การฝึกอบรมพนักงานโดยเน้นการฝึกอบรมที่หน้างาน (On the Job Training) หลังจากการดำเนินการปรับปรุงวิธีการทำงาน รวมถึงการแก้ไขสาเหตุข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากพนักงาน ซึ่งเกิดจากการขาดความตระหนักในการรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การขาดความรู้ความเข้าใจในการปฏิบัติงาน และการไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานการทำงาน ซึ่งถึงแม้จะมีมาตรฐานการทำงานที่ดีก็ตามก็ยังส่งผลให้เกิดข้อบกพร่องขึ้นได้ ดังนั้นการฝึกอบรมพนักงานเพื่อให้พนักงานสามารถปฏิบัติงานได้ถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ รวมทั้งได้ทำการพัฒนาระบบการฝึกอบรมพนักงานขึ้น

โดยการกำหนดเกณฑ์การประเมินพนักงาน และติดตามผลการทำงานของพนักงานหลังจากการฝึกอบรม เพื่อให้มีการปรับปรุงทักษะความสามารถของพนักงานในครั้งถัดไปได้ดียิ่งขึ้น

จากการดำเนินการในการปรับปรุงในกระบวนการผสมสีสามารถสรุปการดำเนินการดังตารางที่ 8.1

ตารางที่ 8.1 สรุปการดำเนินการแก้ไขในแต่ละสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องในกระบวนการผสมสี

ลำดับที่	แนวโน้มสาเหตุของข้อบกพร่อง	การกำหนดวิธีการทำงาน	ไม่ปฏิบัติตามวิธีการทำงาน	การอบรมพนักงาน	การออกแบบกระบวนการ	อุปกรณ์เครื่องจักรไม่เหมาะสม	กฎไม่ชัดเจน/ไม่ครอบคลุม	ตรวจสอบเครื่องมือวัด	(ระบุ) อื่นๆ
1	น้ำหนักที่บรรจุในถุงไม่ได้ตามน้ำหนักที่ระบุบนถุง	●		●					
2	พนักงานล้างเครื่องบดไม่สะอาด			●					
3	เครื่องวัดสีขาดการปรับปรุงข้อมูลแม่สี	●						●	
4	แม่สีเฉดสีแตกต่างกันมากในแต่ละล็อต						●		
5	เครื่องจักรมีจุดอับเข้าถึงยาก	●		●					
6	ไม่ตรวจเช็คการเข้ากันของส่วนผสม	●		●					
7	Pigment ค้างขอบถังผสม	●		●					●
8	พนักงานชั่งน้ำหนักไม่ได้ตามกำหนด	●	●	●					
9	พนักงานไม่ปล่อยสีลงเครื่องฉีด			●					
10	พนักงานความเข้าใจในหลักการสี	●		●					
11	อุณหภูมควบคุมไม่คงที่				●	●			
12	พนักงานล้างเครื่องบดไฟฟ้าไม่สะอาด			●					
13	พนักงานล้างอุปกรณ์ไม่สะอาด			●					
14	พนักงานล้างเครื่องฉีดไม่สะอาด			●					
15	เครื่องวัดสีปรับสีเข้มๆไม่ได้	●		●				●	
16	แม่สีปิดผิวไม่ดี			●				●	
17	พ่นสีหนาไม่ได้ตามกำหนด			●				●	
18	น้ำมันรั่วที่เครื่องผสม					●			
19	เฉดสีหรือชนิดสีแตกต่างกันมากทำให้ล้างออกยาก	●		●					

ผลจากการดำเนินการปรับปรุงโดยการเปรียบเทียบผลระหว่างก่อนการปรับปรุงตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2553 ถึงเดือนสิงหาคม 2553 และหลังการปรับปรุงตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2553 ถึงเดือนธันวาคม 2553

ตารางที่ 8.2 สรุปผลการดำเนินการก่อนและหลังการปรับปรุง

	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	ผลต่าง
จำนวนครั้งการปรับแต่งสีต่อใบสั่งผลิตโดยเฉลี่ยในกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง	2.5	1.5	1.0
จำนวนครั้งการปรับแต่งสีต่อใบสั่งผลิตโดยเฉลี่ยในกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องจักรในการผลิต	4.0	2.0	2.0
เวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมสีต่อใบสั่งผลิตโดยเฉลี่ย (นาที)	555	303	252
เปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องที่พบเทียบต่อใบสั่งผลิตในกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง	82.9	40.6	42.3
เปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องที่พบเทียบต่อใบสั่งผลิตในกระบวนการผสมสีด้วยเครื่องทดลอง	97.6	62.5	35.1

8.2 ข้อเสนอแนะ

1) หลังจากดำเนินการปรับปรุงโดยคัดเลือกจากสาเหตุของข้อบกพร่องจากการใช้พาเรโตเกณฑ์ 80 ขึ้นไปเพื่อมาดำเนินการแก้ไข ซึ่งยังมีข้อบกพร่องที่เหลือที่ยังไม่ได้นำมาดำเนินการแก้ไข ซึ่งบางรายการจะเห็นได้ว่ายังมีค่าความรุนแรงในระดับสูง (คะแนน 4) ดังนั้น จึงควรนำมาพิจารณาในการดำเนินการแก้ปัญหาด้วย

2) จากข้อบกพร่องของการปนเปื้อน ซึ่งเป็นข้อบกพร่องรองลงจากเฉดสีเพี้ยน ซึ่งจากการวิเคราะห์สาเหตุด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ จะเห็นได้ว่าสาเหตุส่วนใหญ่มาจากข้อบกพร่องในกระบวนการบดแทบทั้งสิ้น ทั้งนี้จากการดำเนินการแก้ไขนอกจากการหาอุปกรณ์ และเครื่องมือมาช่วยในการทำความสะอาดแล้ว ควรมีการวางแผนการทำความสะอาดครั้งใหญ่ เช่น ก่อนปิดงานในแต่ละสัปดาห์ เป็นต้น เพื่อให้มีเวลาในการทำความสะอาดที่เพียงพอในการที่จะทำความสะอาดได้อย่างทุกซอกทุกมุม และการตรวจสอบในแต่ละจุดของเครื่องจักรด้วย

3) สาเหตุการพ่นสีหนาไม่ได้ตามกำหนด นอกจากการควบคุมคุณภาพความหนาของฟิล์มสีให้ได้ตามที่กำหนดก่อนส่งไปยังส่วนงานวัดสี ควรพิจารณาถึงสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้การพ่น

สีหนาไม่ได้ตามที่กำหนด เช่น จำนวนรอบการพ่นสี ปริมาณสีที่ออกจากปืนพ่น เป็นต้น เพื่อเป็นการควบคุมข้อบกพร่องดังกล่าวตั้งแต่เริ่มต้นกระบวนการ

4) เนื่องจากในการทดลองเป็นการทดลองเพียงผลิตภัณฑ์เดียว แต่ทั้งนี้พารามิเตอร์ของเครื่องฉีดที่ใช้ในโรงงานเป็นการตั้งพารามิเตอร์สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้วัตถุดิบเป็นเรซินชนิดเดียวกัน ดังนั้น ค่าควบคุมที่ได้จึงอาจไม่ใช่ค่าที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์อื่น ดังนั้น ควรมีการทำการทดลองเพิ่มเติมสำหรับผลิตภัณฑ์อื่นด้วยเพื่อพิจาณาค่าควบคุมที่ใช้ในปัจจุบันว่าเหมาะสมหรือไม่ต่อไป

5) เนื่องจากในการเก็บข้อมูลประเภทของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผสมสีเป็นการเก็บข้อมูลจากตัวอย่างผลิตภัณฑ์โดยรวม เพื่อศึกษาถึงภาพรวมของปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผสมสี เนื่องด้วยข้อจำกัดเวลาที่ไม่สามารถทำการเก็บข้อมูลได้ต่อเนื่อง ทั้งนี้ในการเก็บข้อมูลดังกล่าวควรมีการแยกตามผลิตภัณฑ์เพื่อให้วิเคราะห์ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นก่อนและหลังการปรับปรุงได้อย่างชัดเจน

8.3 ปัญหาและอุปสรรค

1) จากการเก็บข้อมูลของทางโรงงานในกระบวนการผสมสี มีการเก็บข้อมูลเฉพาะจำนวนครั้งในการปรับแต่งสี และเวลาที่ใช้ในการปรับแต่งสีเท่านั้น โดยไม่มีการเก็บข้อมูลที่เป็นลักษณะของข้อบกพร่อง รวมถึงไม่มีข้อมูลของสาเหตุการเกิดข้อบกพร่อง ดังนั้นในการวิจัยนี้ในการประเมินถึงโอกาสในการเกิดขึ้นของสาเหตุจึงต้องใช้ข้อมูลจากประสบการณ์ของทางทีมงาน เนื่องจากถ้าต้องมีการเก็บข้อมูลจะทำให้เสียเวลาในการดำเนินการมาก และจากการวิเคราะห์สาเหตุของข้อบกพร่องหนึงๆ ยังมาจากสาเหตุอื่นๆได้อีก ซึ่งไม่ใช่สาเหตุที่แท้จริงที่จะนำไปกำหนดการแข้ได้ทันที จึงทำให้ต้องมีการวิเคราะห์เพิ่มเติมอีกครั้งก่อนที่จะดำเนินการแก้ไขจริง เช่น สาเหตุน้ำมันรั่วที่เครื่องผสม ซึ่งเกิดจากซีลของน้ำมันรั่วเนื่องจากการอุดตันของฝุ่นผงที่ซีลน้ำมัน หรือสาเหตุอุณหภูมิเครื่องฉีดไม่คงที่ ซึ่งยังเกิดได้จากหลายสาเหตุ ได้แก่ อุณภูมิของบาเรล ความเร็วรอบของสกรู อัตราการป้อนของส่วนผสมเข้าเครื่องฉีด และนอกจากนี้ยังเกิดจากเครื่องจักรเสีย เช่น Heater เสีย หรือท่อทางเดินน้ำที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องฉีดเกิดการอุดตัน เป็นต้น

2) การเก็บข้อมูลประเภทของการเกิดข้อบกพร่องในกระบวนการผสมสีเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา เป็นการเก็บข้อมูลเบื้องต้นจากข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยรวมของกระบวนการผสมสี ทั้งนี้เนื่องด้วยข้อจำกัดของเวลาที่ไม่สามารถทำการเก็บข้อมูลได้ทุกผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากไม่ได้รับความร่วมมือจากทางโรงงาน จึงเป็นการเก็บข้อมูลจากผู้วิจัยเองที่อยู่หน้างาน ณ ช่วงเวลานั้น

3) การทำการทดลองในกระบวนการฉีด เนื่องจากต้องทำการทดลองขณะที่มีการผลิต ทำให้ต้องมีการรอแผนการผลิตตามช่วงเวลาดังกล่าว และไม่สามารถทำการทดลองได้จำนวนมาก เนื่องจากจะทำให้เกิดความล่าช้าในการผลิตและจำนวนงานที่ต้องกักกันเพื่อรอพิจารณาดำเนินการสูง

4) เนื่องจากทีมงานของโรงงานที่กำหนดมาเพื่อร่วมกันวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องกับผู้ที่รับผิดชอบในกระบวนเป็นคนละคนกัน คือ แผนกคุณภาพซึ่งผู้ที่เข้าร่วมในการวิเคราะห์จะทำหน้าที่ในการดูแลเรื่องข้อร้องเรียนของลูกค้า ขณะที่ผู้รับผิดชอบจะทำหน้าที่ในการควบคุมการตรวจสอบคุณภาพของสีผง ดังนั้นในการดำเนินการเพื่อแก้ไขซึ่งผู้รับผิดชอบในกระบวนการจะต้องเป็นคนดำเนินการแต่เนื่องจากไม่ได้เข้าร่วมในการวิเคราะห์ปัญหาด้วยจึงทำให้ไม่เข้าใจเหตุผลในการดำเนินการ และเกิดความขัดแย้งกันในช่วงแรกของการดำเนินการแก้ปัญหา

ข้อจำกัด

เนื่องจากในการเปรียบเทียบผลหลังจากที่ทำการปรับปรุงกระบวนการผสมสีและพิจารณาถึงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เนื่องจากทำการเก็บข้อมูลในระยะสั้นจากตัวอย่างผลิตภัณฑ์จึงทำให้เห็นไม่เห็นถึงผลที่แตกต่างที่เกิดขึ้นมาก ทั้งนี้ถ้ามีเวลามากพอควรมีการติดตามผลเพิ่มเติม เพื่อจะได้ทราบว่าหลังการปรับปรุงกระบวนการผสมสีแล้วจะมีผลต่อกระบวนการผลิตดีขึ้นมากน้อยเพียงใด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. FMEA การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2551.

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. การวิเคราะห์ระบบการวัด. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2549.

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. หลักการควบคุมคุณภาพ. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2550.

ธนากร เกียรติบรรลือ. Quality Focus: FMEA การวิเคราะห์ความล้มเหลวในการผลิต. Industrial Technology Review 7 (กรกฎาคม 2543): 101-105.

เจริญ นาคะสรรค์. เทคโนโลยีเบื้องต้นทางพลาสติก. ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี: วี.เจ.พริ้นติ้ง, 2545

ณรัณ ศิริสันติสัมฤทธิ์, ศุภอัษฎ์ พันศิริพัฒน์, ชูศักดิ์ พรสิงห์ และอาณัติ วัฒนสังสุทธิ์. การสร้างตัวแบบทางสถิติเพื่อพัฒนากระบวนการเชื่อมแบบจุด. ใน รายงานการประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ, หน้า 625-632. 24-26 ตุลาคม 2550 ณ โรงแรม Royal Phuket City จังหวัดภูเก็ต, 2550.

ธนาคารนครหลวงไทย, ฝ่ายวิจัย. ทิศทางอุตสาหกรรมสี. [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา: http://www.thaishipper.com/content/content.asp?Archives=true&ID=25357 [2553, มิถุนายน 9].

ธารชุดา อมรเพชรกุล.การพัฒนาระบบบริหารความเสี่ยงในส่วนการพัสดุ สำนักบริหารแผนและการคลัง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

ธัญญาภรณ์ ธนบุญสมบัติ. การวิเคราะห์และลดของเสียในกระบวนการผลิตกระจกนิรภัยด้านข้างสำหรับรถยนต์โยใช้เทคนิค FMEA. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

ธานี อ่วมอ้อ. การบำรุงรักษาด้วยตนเอง. กรุงเทพฯ: สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ, 2547

นิพนธ์ ชวนะปราณี. การประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA และ FTA ในงานการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์สายไฟฟ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และพงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์. สถิติวิศวกรรม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท้อป, 2549.

ปัญญา คำพยา. 7 QC Tools. [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา: www.dss.go.th/dssweb/st-articles/.../lpd_11_2550QC-Tools.pdf [2553, กรกฎาคม 10].

ปิยวัฒน์ รัตนสุภา. การจัดทำมาตรฐานในกระบวนการแต่งสีในโรงงานผลิตสีโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

พรเทพ ลาภธุวะศิริ. ประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองเพื่อการลดของเสีย กรณีศึกษากระบวนการผลิตเพลากลาง.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

ภัคนัย ทองทิอัมพร. การมองเห็นและการวัดสี. [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา: www.dss.go.th/dssweb/st.../prep_7_2550_color_measurment.pdf [2553, กรกฎาคม 10].

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสีผงเคลือบเครื่องเหล็ก (มอก. 1098-2552)

วัชฤทธิ์ เอกนิพิฐสริ. การพัฒนาระบบการฝึกอบรมความสามารถสำหรับพนักงานฝ่ายผลิตในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ประเภทปั๊มขึ้นรูป. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.

วิทย์ วรรณวิจิตร, การปรับปรุงกระบวนการผลิตแม่พิมพ์โลหะของอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

วีรเทพ เฉลิมสมิทธิ์ชัย. การศึกษาปริมาณธาตุที่เหมาะสมในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็กดิบโดยวิธีการออกแบบการทดลอง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการบัณฑิตวิทยาลัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550.

สราวุธ สุธรรมมาสา, การใช้ Fault Tree Analysis ในงานความปลอดภัย. วารสาร สทท ฉบับเทคโนโลยี, 61 (กันยายน-ตุลาคม 2527): หน้า 62-68. 2527, อ้างถึงใน เกื้อกูล ลลิตกุล ธร. การสร้างดัชนีวัดสมรรถนะเพื่อช่วยในการเฝ้าสังเกต และลดอุบัติภัยในการขนส่งวัตถุอัตรายประเภทของเหลวไวไฟ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

อรรถพล ฤทธิภักดี. การปรับปรุงคุณภาพสำหรับกระบวนการพ่นสีชิ้นส่วนพลาสติกในอุตสาหกรรมยานยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

อรอุษา สรวารี. สารเคลือบผิว (สี วาร์นิช และแลกเกอร์). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

Montgomery.1996 อ้างถึงใน กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ.หลักการการควบคุมคุณภาพ. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2550.

RPSC Intertrade Co.,Ltd. เกร็ดความรู้เรื่องสี. [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา: http://www.rscintertrade.com/whatsnews.php?news_id=1[2553, มิถุนายน 9].

ภาษาอังกฤษ

Anees A., Karnachi, Mansoor A. Khan. Box-behnken design for the optimization of formulation variable of indomethacin coprecipitates with polymer mixtures. International Journal of pharmaceutics 131 (1996): 9-17.

Automotive Industry Action Group (AIAG), Potential Failure Mode and Effect Analysis (Fourth Edition). June, 2008.

Malvern Instruments Ltd (2010). Powder Coatings Industry Overview. [Online]. 2010. Available from : http://www.malvern.com/processeng/industries/powder_coatings/overview.htm [2010, May 9].

Montgomery D.C. Design and Analysis of Experiment. USA: John Willey & Sons, 2005.

Stamatis, D.H. Failure Mode and Effect Analysis : FMEA from Theory to Execution. ASQC Milwaukee, WI: Quality Press, 1995..

Misev, T.A. Powder coating Chemistry and Technology. USA: John Willey & Sons, 1990.

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก
แบบฟอร์มการทำงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 ใบผสมผลิต (FM-PD01-03)

ใบผสมผลิต														
รหัสสีผง				ใบสั่งผลิตเดิม:							ใบสั่งผลิต:			
ชื่อสี:				จำนวนผลิต:							กก./ถัง		กก.	
เริ่มผลิต: / / เวลา : น.				ผลิตเสร็จ: / / เวลา : น.							เครื่องฉีด:			
คำสั่งพิเศษลูกค้า:											เครื่องบด:			
คำสั่งพิเศษQC:											เครื่องผสม:			
ลำดับ	รหัสวัตถุดิบ	จำนวน กก./ถัง		ลำดับการปล่อย/ลำดับถังผสม										รวมทั้งหมด (ก.ก.)
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	10013	33.75	25.00	/										
			8.75	/										
2	33002	0.15	0.15	/										
3	29039	45.00	25.00	/										
			20.00	/										
4	29048	5.00	5.00	/										
5	20036	28.00	25.00	/										
			3.00	/										
6	21014	0.44	0.44	/										
7	24036	1.22	1.22	/										
8	25012	0.12	25.00	/										
9	11007	41.25	25.00	/										
			16.25	/										
ตรวจเช็ควัตถุดิบปั่นเข้ากัน														
เบอร์ถังที่ใช้ผสม														
เวลาผสม														
เวลาปล่อย														
ลงชื่อผสม														
ลงชื่อผู้อนุมัติสูตรผสม														
หมายเหตุ												จำนวนสีเกรด1		
												จำนวนสีเกรด2		
												จำนวนสีสูญเสีย		

ตารางที่ ก.2 แบบฟอร์มการตรวจเช็คเครื่องผสม (FM-PD03-07)

ตารางการตรวจเช็คเครื่องผสม

เดือน,ปี.....

หมายเลขเครื่องจักร.....

เครื่องหมายที่ใช้บันทึก	
/	ปกติ
X	ผิดปกติ
■	แก้ไขแล้ว

	สถานะเครื่องจักร		หัวข้อการทำ PM.	วิธีการตรวจ	มาตรฐานการตรวจ	วันที่																														
	เดิน	หยุด				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
ประจำวัน		/	ทำความสะอาดตัวเครื่อง	สังเกตดู	สะอาด																															
		/	ทำความสะอาดตู้ควบคุม	สังเกตดู	สะอาด																															
	/		ตรวจเช็คการรั่วไหลของน้ำมัน	สังเกตดู	ไม่มีน้ำมันรั่วบนพื้น																															
ประจำสัปดาห์		/	ทำความสะอาดมอเตอร์ตัวใหญ่	สังเกตดู	สะอาด																															
		/	ทำความสะอาดมอเตอร์ตัวเล็ก	สังเกตดู	สะอาด																															
			ตรวจเช็คชุดซิลน้ำมัน	สังเกตดู	สะอาด ไม่มีฝุ่นผงอุดตัน																															
		/	ทำความสะอาดสายไฟ	สังเกตดู	สะอาด																															
	/		ตรวจเช็คการรั่วของท่อลม	ฟังเสียง	ไม่มีเสียงลมรั่ว																															
ลงชื่อผู้ตรวจ																																				
ลงชื่อหัวหน้าฯ																																				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.3 แบบฟอร์มการตรวจเช็คเครื่องฉีด (FM-PD03-13)

ตารางการตรวจเช็คเครื่องฉีด Buss Ko-Kneader Type PCS 70-11 L/D

เดือน/ปี.....

หมายเลขเครื่องจักร.....

เครื่องหมายที่ใช้บันทึก	
/	ปกติ
X	มีดปกติ
■	แก้ไขแล้ว

	สถานะเครื่องจักร		หัวข้อการทำ PM.	วิธีการตรวจ	มาตรฐานการตรวจ	วันที่																											
	เดิน	หยุด				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
ประจำวัน		/	มอเตอร์,เกียร์ของโดสซิ่ง	สังเกตดู	สะอาด																														
		/	มอเตอร์,เกียร์ของเครื่องฉีด	สังเกตดู	สะอาด																														
		/	ตู้ควบคุม	สังเกตดู	สะอาด																														
		/	ระดับน้ำมันเกียร์เครื่องฉีด	สังเกตดู	ไม่ต่ำกว่า 1/2 ของหลอดแก้ว																														
	/		ตรวจเช็คการรั่วของสีที่ปะเก็นเยื่อกท้ายสกรู	สังเกตดู	ไม่มีการรั่วของสี																														
		/	ตรวจเช็คการรั่วของของน้ำมันเกียร์และจาระบี	สังเกตดู	ไม่มีการรั่วของน้ำมัน																														
		/	ไส้กรองปั๊มน้ำกลับบ่อสายพานเย็น	สังเกตดู	สะอาด ไม่มีสีติดไส้กรอง																														
		/	มอเตอร์,เกียร์ของสายพานเย็น และครัชเซอร์	สังเกตดู	สะอาด																														
		/	ความดันน้ำมันหล่อลื่น	สังเกตดู	2-6 BAR																														
	/		อุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่น	สังเกตดู	50-80 °C																														
		/	ฟิลเตอร์ น้ำร้อน,น้ำเย็น	สังเกตดู	สะอาด																														
		/	หัวพ่นน้ำเย็น	สังเกตดู	ไม่มีการอุดตัน																														
		/	เทอร์โมคอปเปิล	สังเกตดู	ไม่แตกหัก, สายไม่ขาด																														
		/	Heater	สังเกตดู	ไม่มีตะกรัน, สนิม																														
		/	สายไฟ	สังเกตดู	ไม่ขาด, ไม่แตกร้าว																														
	/		หน้าจอแสดงผล Heater, ระบบน้ำ	สังเกตดู	ปรับตั้งค่าได้, มีตัวเลขแสดงผลที่หน้าจอ																														
ลงชื่อผู้ตรวจ																																		
ลงชื่อหัวหน้ากะ																																		

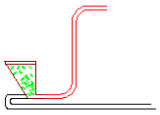
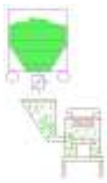
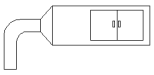
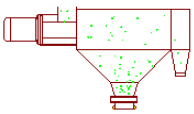
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.4 แบบฟอร์มการทำความสะอาดเครื่องบด (FM-PD02-18)

เอกสารการล้างทำความสะอาดเครื่องบดที่ FM-PD02-18

รหัสสีที่ทำการล้าง ..... **ก่อนเริ่มผลิตรหัสสี** ..... **วันที่** ...../...../.....

เครื่องร่อน ..... **ตะแกรง** ..... **ใช้ Fillter** ..... **เครื่องชั่ง** .....

ส่วนประกอบเครื่องบด			กำหนดการถอด		วิธีการทำความสะอาด			
			ถอด	ไม่ถอด	ใช้ลม	กวาดแห้ง	ล้างน้ำ	M.E.K
	ท่อลำเลียง , Cyclone	Plan	/				/	
		Actual	◯				◯	
	Double flap	Plan		/			/	
		Actual		◯			◯	
	ท่อลำเรียงจาก feeder	Plan	/				/	
		Actual	◯				◯	
	ท่อ Air	Plan	/				/	
		Actual	◯				◯	
	ท่อต่อจาก Double flap ไปเครื่องร่อน	Plan	/				/	
		Actual	◯				◯	
	ชุดบด	Plan	/				/	
		Actual	◯				◯	
	ฝา Mill , Dispersion ring	Plan	/				/	/
		Actual	◯				◯	◯
	ใบ Sep ฝาครอบ	Plan	/				/	/
		Actual	◯				◯	◯
	Feeder	Plan	/				/	/
		Actual	◯				◯	◯
	ฝาปิดท่อแอร์	Plan	/				/	
		Actual	◯				◯	
	แผ่นกรองอากาศ	Plan		/			/	
		Actual		◯			◯	
	เครื่องร่อน / ตะแกรง	Plan	/		/		/	
		Actual	◯		◯		◯	
	ถุงพลาสติกต่อเครื่องร่อน	Plan	/				/	
		Actual	◯				◯	
	เครื่องชั่ง อุปกรณ์แพคกล่อง	Plan		/	/		/	
		Actual		◯	◯		◯	

เวลาเริ่มล้าง..... เวลาที่ล้างเสร็จ..... รวมเวลาในการล้าง.....

ลงชื่อผู้ล้าง 1..... ลงชื่อผู้ล้าง 2.....

ตรวจสอบเครื่องจักรหลังจากการประกอบ

1	ตรวจเช็คระยะห่างระหว่างใบ Sep กับฝา Mill ระยะต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 0.4 - 0.7 mm	ค่าที่ได้จริง..... ผู้วัดระยะ.....
2	ทดลองเปิด Fan แล้วเช็คที่ข้อต่อท่อทุกข้อต่อว่ามีลมรั่วหรือไม่	☐ ไม่มีลมรั่ว ☐ มีลมรั่ว แนวทางแก้ไข.....
3	ทดลองเปิด Fan แล้วเช็คฝาไซโคลนว่ามีลมรั่วหรือไม่	☐ ไม่มีลมรั่ว ☐ มีลมรั่ว แนวทางแก้ไข.....

ผลการล้าง

☐ สะอาด ☐ ล้างแล้วต้องล้างใหม่ซ้ำ

ลงชื่อหัวหน้าหน่วยงานบด.....

ตารางที่ ก.5 แบบฟอร์มการประเมินพนักงานหลังการฝึกอบรม

กลุ่ม/แผนก : ..... วันที่ :.....	ชื่อหัวข้อที่ได้รับการฝึกอบรม / ขั้นตอนการปฏิบัติงาน										หมายเหตุ		
											สรุปผลการประเมิน (%)		ความต้องการบุคลากร/ความต้องการด้านสมรรถนะ (พฤติกรรมการทำงาน)
ลำดับที่	ชื่อ – นามสกุล พนักงาน	ผลการประเมิน									ม.ค.	มิ.ย.	
1													
2													
3													
4													
5													
ผลลัพท์จากการฝึกอบรม (%)	ต้นปี										เกณฑ์ประเมิน 1 = ไม่มีความรู้ ความเข้าใจในการทำงาน ต้องฝึกอบรมเพิ่มเติม 2 = มีความรู้ความเข้าใจในการทำงาน แต่ต้องคอยแนะนำ และฝึกอบรมเพิ่มเติม 3 = มีความรู้ ความเข้าใจในการทำงาน 4 = มีความรู้ความเข้าใจในการทำงานและสามารถแก้ปัญหาได้		
	กลางปี												

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข
คู่มือการทำงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1 คู่มือการทำงานการผสมวัตถุดิบ (WI-PD02-02)

		รหัสเอกสาร WI-PD02-02	
คู่มือการทำงาน(Work Instruction)		**แก้ไขครั้งที่ 3**	
เรื่อง : การผสมวัตถุดิบ		**วันที่เริ่มใช้**	
		หน้า 1 ใน 2	
อุปกรณ์ความปลอดภัย : รองเท้า Safety หน้ากากกันฝุ่น ถุงมือยาง ผ้ากันเปื้อน เข็มขัดพยุงหลัง			
เครื่องมืออุปกรณ์ : 1. ถังผสม 2. กะละมังผสม 3. ช้อนผสม 4. กระป๋องใส่ Pigment 5. เครื่องชั่งไฟฟ้า 6. คัทเตอร์ 7. แท่งเหล็กตรวจสอบสี			
ขั้นตอนที่	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	รายละเอียดพิเศษ	ผู้รับผิดชอบ/เอกสาร
1	การเตรียมเครื่องชั่งไฟฟ้าก่อนใช้งาน		พนักงานผสม
	1.1 เครื่องชั่งไฟฟ้าบนโต๊ะผสมสี		
	- ตรวจสอบระดับน้ำของเครื่องชั่งน้ำหนักอยู่ที่จุดศูนย์กลาง		
	- เสียบปลั๊กเครื่องชั่งไฟฟ้า		
	- กดปุ่ม ON เปิดเครื่องชั่งไฟฟ้า แล้วรอให้หน้าจอแสดงผลขึ้น 0.000		
	- Set น้ำหนักเครื่องชั่ง โดยวางกะละมังที่ใช้ในการผสมลงบนเครื่องชั่ง		
	ไฟฟ้าแล้วกดปุ่ม TARE หน้าจอแสดงผล 0.000		
	1.2 เครื่องชั่งไฟฟ้าในห้อง pigment		
	- ตรวจสอบระดับน้ำของเครื่องชั่งน้ำหนักอยู่ที่จุดศูนย์กลาง		
	- กดปุ่ม ON เปิดเครื่องชั่งไฟฟ้า แล้วรอให้หน้าจอแสดงผลขึ้น 0.000		
	- Set น้ำหนักเครื่องชั่ง โดยวางกระป๋องใส่ pigment บนเครื่องชั่งไฟฟ้า		
	แล้วกดปุ่ม TARE หน้าจอแสดงผล 0.0000		
2	การชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ		พนักงานผสม
	- เข็นถังผสมไปยังตำแหน่งใต้ตัวดูดฝุ่น ปิดก้นถังให้สนิท		FM-PD01-03 ใบผสม
	- ทำการชั่งน้ำหนักวัตถุดิบลำดับที่ 1 ใส่กะละมังให้ได้จำนวนตรงกับ	ตัวเลขหน้าจอแสดงผลเครื่องชั่งตรงกับใบผสม	
	ใบผสม	เพื่อแสดงว่าได้ชั่งวัตถุดิบใส่ครบถ้วนแล้ว	
	- ทำเครื่องหมาย / ลงในใบผสมให้ตรงกับรายการวัตถุดิบที่ชั่งน้ำหนัก		
	- เทวัตถุดิบลงในถังผสม		
	- ชั่งวัตถุดิบตามลำดับต่อไปจนครบทุกตัวตามใบผสม		
	***** ข้อกำหนดในการชั่งวัตถุดิบ *****		
	- การชั่งน้ำหนักวัตถุดิบที่มีจำนวนต่ำกว่า 0.100 kg ให้นำไปชั่งด้วย	การเทวัตถุดิบที่ใส่ปริมาณน้อยๆกำหนดให้	
	เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่งในห้องชั่ง Pigment	เทลงตรงส่วนกลางถังผสม	
	- วัตถุดิบที่ใส่ปริมาณน้อยกว่าถุงเต็ม ให้ชั่งน้ำหนักตามจำนวนตรงกับ	ห้ามตักแบ่งออกจากถุงแล้วที่เหลือยกเทลง	
	ใบผสม	ถังผสม	
	- การยกวัตถุดิบถุงเต็มเทลงถังผสมโดยไม่ต้องชั่งน้ำหนักให้ปฏิบัติ		
	ได้เฉพาะกลุ่ม Resin และ Filler เท่านั้น		

ตารางที่ ข.1 คู่มือการทำงานการผสมวัตถุดิบ (WI-PD02-02)

		รหัสเอกสาร WI-PD02-02	
คู่มือการทำงาน(Work Instruction)		**แก้ไขครั้งที่ 3**	
เรื่อง : การผสมวัตถุดิบ		**วันที่เริ่มใช้**	
		หน้า 2 ใน 2	
อุปกรณ์ความปลอดภัย : รองเท้า Safety หน้ากากกันฝุ่น ถุงมือยาง ผ้ากันเปื้อน เข็มขัดพยุงหลัง			
เครื่องมืออุปกรณ์ : 1. ถังผสม 2. กะละมังผสม 3. ช้อนผสม 4. กระป๋องใส่ Pigment 5. เครื่องชั่งไฟฟ้า 6. คัทเตอร์ 7. แท่งเหล็กตรวจสอบสี			
ขั้นตอนที่	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	รายละเอียดพิเศษ	ผู้รับผิดชอบ/เอกสาร
3	นำถังผสมเข้าเครื่อง Mixer		พนักงานผสม
	- เข็นถังผสมเข้าเครื่อง Mixer		
	- ดึงคันโยกล้อถังผสมให้แน่น		
	- กดปุ่ม Lift Container Up เพื่อยกถังผสมขึ้นล็อคติดกับหน้าแปลน	รอจนกว่าเครื่องจะล็อคถังถังผสม	
	- กดปุ่ม Lift Container Down เพื่อปล่อยแท่นยกถังลงระดับปกติ		
	- กดปุ่ม Tilting Up เครื่องหมุนถังผสมขึ้นด้านบน ถังผสมคว่ำอยู่บน		
	หน้าแปลนเครื่อง		
	- กดปุ่ม Mixer Start ปั่นกวนวัตถุดิบให้เข้ากันจนครบตามเวลาที่กำหนด		
	- กดปุ่ม Tilting Down เครื่องหมุนถังผสมกลับลงมาบนตำแหน่งแท่นยก	รอจนกว่าเครื่องจะคลายล็อคถังถังผสม	
	- กดปุ่ม Lift Container Up เพื่อยกแท่นรับถังผสมขึ้น		
	- กดปุ่ม Lift Container Down เพื่อปล่อยแท่นยกถังลงระดับปกติ		
	- ผลักคันโยกปลดล้อคถังผสมออก		
	- เข็ญถังผสมออกจากเครื่องผสม		
4	ตรวจสอบการเข้ากันของวัตถุดิบ		พนักงานผสม
	- ใช้แท่งเหล็กตรวจสีในถังผสมตรวจสอบการเข้ากันของวัตถุดิบ		FM-PD01-03 ใบผสม
	ต้องเป็นเนื้อเดียวกัน และไม่จับตัวเป็นก้อนแข็ง		
	- วัตถุดิบเข้ากันเป็นเนื้อเดียวกันให้ทำเครื่องหมาย / ลงในใบผสม	ถ้าพบว่าวัตถุดิบไม่เข้ากันแจ้งหัวหน้างานทราบ	
5	นำถังผสมขึ้นแท่นปล่อยสี		พนักงานผสม
	- เสียบรถ Hand Palet Lift เข้าใต้ถังผสม		
	- โยกรถ Hand Palet Lift ยกถังผสมให้สูงกว่าแท่นปล่อยสีเล็กน้อย		
	- เข็ญรถ Hand Palet Lift เข้าไปคร่อมแท่นปล่อยสี	ให้ตำแหน่งถังผสมอยู่ตรงกับช่องปล่อยสี	
	- ลดระดับรถ Hand Palet Lift ลงเพื่อวางถังผสมลงบนแท่นปล่อยสี		
6	การปล่อยสีให้กระบวนการฉีด		พนักงานผสม
	- สัญญาณปล่อยสีดัง ให้ปล่อยสีประจำ Line ที่ไฟเตือนติดขึ้น		FM-PD01-03 ใบผสม
	- เปิดวาวส์ถังผสมให้สุดแล้วใช้เหล็กแหย่ให้สีไหลลงสู่ท่อ	ปล่อยสีทันทีที่ได้รับสัญญาณปล่อยสี	
	- กดกริ่งสัญญาณตอบรับให้กระบวนฉีดรับทราบว่าได้ปล่อยสีแล้ว		
	- บันทึกเวลาปล่อยสีและลำดับถังที่ปล่อยลงในใบผสม		

ตารางที่ ข.2 คู่มือการทำงานการวัดสีและปรับสีด้วยเครื่องวัดสี (WI-PD02-01)

		รหัสเอกสาร WI-PD02-01	
คู่มือการทำงาน(Work Instruction)		**แก้ไขครั้งที่** 2	
เรื่อง : การวัดและปรับสีด้วยเครื่องวัดสี		**วันที่เริ่มใช้** **หน้า 1 ใน 3**	
อุปกรณ์ความปลอดภัย : -			
เครื่องมืออุปกรณ์ : 1. เครื่องวัดสี 2. คอมพิวเตอร์ 3.อุปกรณ์การ calibrate เครื่องวัดสี			
ขั้นตอนที่	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	รายละเอียดพิเศษ	ผู้รับผิดชอบ/เอกสาร
1	การเข้าสู่โปรแกรม		พนักงานปรับสี
	1.1 เข้าโปรแกรม Data color Match Pigment		
	1.2 ที่ User Name พิมพ์ User และที่ Password พิมพ์ CC3		
	และไปที่ Login เพื่อเข้าสู่โปรแกรม		
	1.3. เมื่อเข้าสู่โปรแกรมจะปรากฏหน้าต่างของ Formular		
	Central และ Data Navigator ให้เลือก Data Navigator แล้ว		
	ไปที่ Go และเลือก Data color Tools		
2	การ Calibrate เครื่องวัดสี		พนักงานปรับสี
	2.1 หลังจากเข้าสู่โปรแกรมตามข้อที่ 1 ทำการ Calibrate		
	เครื่องวัดสีโดยเลือก Calibrate		
	2.2 ตรวจสอบตำแหน่งของรายการดังนี้		
	2.2.1 Specular เลือกที่ Include		
	2.2.2 Aperture เลือกที่ Large		
	2.2.3 เลือก Auto-Zoom		
	2.2.4 UV-Filter เลือกที่ 0% UV(Filter FL40)		
	2.3 เลือก Calibarte		
	2.4 ใส่ reference สีดำ จากนั้นเลือก Reader		
	2.5 เปลี่ยนใส่ refernce สีขาว จากนั้นเลือก Reader		
	2.6 เปลี่ยนใส่ reference สีเขียว จากนั้นเลือก Reader		
3	การวัดสี		พนักงานปรับสี
	การค้นหาสีมาตรฐานที่จะนำมาใช้วัดเทียบสีตัวอย่าง		
	3.1 ที่ Data Color Tool เลือก Retrieve Std เพื่อเลือก		
	สีมาตรฐานที่จะนำมาใช้วัดเทียบแผ่นสีตัวอย่าง		
	3.2 ที่ File by พิมพ์รหัสสีที่ต้องการวัดค่าสี		
	3.3 เลือก Folder ชื่อ Type		
	3.4 เลือกรหัสสีที่ต้องการวัด		
	3.5 เลือก Open		
	3.3 เลือก Overwrite จากนั้นรหัสสีที่ต้องการวัดจะแสดง		
	ขึ้นที่ Standard Name		

ตารางที่ ข.2 คู่มือการทำงานการวัดสีและปรับสีด้วยเครื่องวัดสี (WI-PD02-01) (ต่อ)

		รหัสเอกสาร WI-PD02-01	
คู่มือการทำงาน(Work Instruction)		**แก้ไขครั้งที่** 2	
เรื่อง : การวัดและปรับสีด้วยเครื่องวัดสี		**วันที่เริ่มใช้** **หน้า 2 ใน 3**	
อุปกรณ์ความปลอดภัย : -			
เครื่องมืออุปกรณ์ : 1. เครื่องวัดสี (spectrometer) 2. คอมพิวเตอร์ 3.อุปกรณ์การ calibrate เครื่องวัดสี			
ขั้นตอนที่	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	รายละเอียดพิเศษ	ผู้รับผิดชอบ/เอกสาร
	3.4 พิมพ์รหัสตัวอย่างสีที่ Batch Name		พนักงานปรับสี
	3.5 ใส่แผ่นสีตัวอย่างที่ต้องการวัดในช่องใส่แผ่นตัวอย่าง		FM-PD02-22,
	3.6 เลือก Bat:Inst Avg		FM.PD.02-02
	3.7 เลือก Measure เพื่อทำการวัดค่าสี		
	3.8 เลือก Accept เพื่อทำการวัดค่าสี		
	3.9 บันทึกผลการวัดค่าสี (ค่า DE, L, a, b) ลงในใบบันทึก		
	การปรับสีก่อนผลิต (FM.PD.02-02)		
	3.9.1 ถ้าค่า DE<1		
	3.9.1.1 กรณีปรับสีด้วยเครื่องทดลอง แจ้งพนักงานผสมสี		
	ปล่อยส่วนผสมลงเครื่องฉีด		
	3.9.1.2 กรณีปรับสีด้วยเครื่องจักร นำผลการตรวจสอบส่ง		
	ให้แผนกควบคุมคุณภาพเพื่อทำการอนุมัติ		
	- ถ้าผลการตรวจสอบผ่านทำการคำนวณเป็นสูตรผลิต และ		
	บันทึกลงในใบผสมผลิต (FM-PD02-22) จากนั้นส่งให้		
	หัวหน้างานเพื่อทำการอนุมัติสูตรการผลิต		
	- ถ้าผลการตรวจสอบไม่ผ่านให้ทำการปรับสีใหม่ตามข้อ 4		
	3.9.2 ค่า DE>1 ทำการปรับสีตามข้อ 4		
4	การปรับสี		พนักงานปรับสี
	4.1 เปิดหน้าต่างของ Formula Central และเลือก New Job		FM.PD.02-02
	4.2 เลือก New Job จากนั้นที่ Job Name พิมพ์รหัสสีของ		
	แผ่นตัวอย่างมาตรฐาน และเลือก OK		
	4.3 การค้นหารหัสของสีมาตรฐานที่ต้องการปรับเฉดสี		
	4.3.1 เลือก Folder ชื่อ Type		
	4.3.2 ที่ File by พิมพ์รหัสสีที่ต้องการปรับ		
	4.3.3 เลือกรหัสสีที่ต้องการปรับ		
	4.3.4 เลือก Select Serch		
	4.3.5 เลือก Finish		
	4.4 การค้นหารหัสสีตัวอย่างที่ต้องการปรับเฉด	ถ้าไม่พบรหัสสีที่ต้องการปรับให้แจ้ง	
	4.4.1 เลือก Folder ชื่อ T1-Batch	หัวหน้างานทราบ และห้ามทำการปรับสี	
	4.4.2 ที่ File by พิมพ์รหัสสีที่ต้องการปรับ	เอง	

ตารางที่ ข.2 คู่มือการทำงานการวัดสีและปรับสีด้วยเครื่องวัดสี (WI-PD02-01) (ต่อ)

		รหัสเอกสาร WI-PD02-01	
คู่มือการทำงาน(Work Instruction)		**แก้ไขครั้งที่** 2	
เรื่อง : การวัดและปรับสีด้วยเครื่องวัดสี		**วันที่เริ่มใช้** **หน้า 3 ใน 3**	
อุปกรณ์ความปลอดภัย : -			
เครื่องมืออุปกรณ์ : 1. เครื่องวัดสี (spectrometer) 2. คอมพิวเตอร์ 3.อุปกรณ์การ calibrate เครื่องวัดสี			
ขั้นตอนที่	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	รายละเอียดพิเศษ	ผู้รับผิดชอบ/เอกสาร
	4.4.3 เลือกรหัสสีที่ต้องการปรับ		
	4.4.4 เลือก Select Sample		
	4.4.5 เลือก Finish		
	4.5 เลือกรหัสของ pigment ที่ต้องการแต่งสี โดยดูจากใบผสม		
	จากนั้นเลือก OK		
	4.6 การปรับค่าสี		
	4.6.1 ลบตัวเลขที่ Total Batch		
	4.6.2 พิมพ์น้ำหนักของแต่ละรหัส pigment ตามสูตรในใบผสม		
	4.6..3 พิมพ์เฉพาะน้ำหนักของ pigment สีขาว ตามสูตรใบผสม		
	เพื่อกำหนดเป็นค่าคงที่		
	4.6.4 Delete ตัวเลข ที่ Total Batch ออก		
	4.6.5 เลือก Auto Formulate จะได้สูตรใหม่ที่เครื่องวัดสีคำนวณได้		
	4.6.6 แสดงสูตรใหม่ที่จะนำไปใช้ในการปรับสี		
	4.6.7 บันทึกสูตรใหม่ลงในบันทึกการปรับสีก่อนผลิต		
	(FM.PD.02-02)		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.3 คู่มือการทำความสะอาดเครื่องบด (WI-PD02-10) (ต่อ)

		รหัสเอกสาร	WI-PD02-10
คู่มือการทำงาน(Work Instruction)		**แก้ไขครั้งที่**	3
เรื่อง : การทำความสะอาดเครื่องบด		**วันที่เริ่มใช้**	
		หน้า 1 ใน 4	
อุปกรณ์ความปลอดภัย	1. หน้ากากกันฝุ่น	2. ถุงมือยาง	
เครื่องมืออุปกรณ์			
1. ประแจปากตายเบอร์ 10, 17, 19, 36		4. แปรงขัด	
2. สารละลาย M.E.K		5. คัดเตอร์	
3. เกรียงเหล็ก			

ขั้นตอนที่	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	รายละเอียดพิเศษ	ผู้รับผิดชอบ/เอกสาร
1	ทำความสะอาด Dust Collector		พนักงานบด
	- เปิดลมเป่าโดยกดปุ่ม Push -On		
	- ใช้ถุงพลาสติกครอบบริเวณท่อลมเข้า Dust Collecter		
2	การถอดชิ้นส่วน อุปกรณ์ของเครื่องจักร		พนักงานบด
	2.1 เครื่องร่อน		
	- ถอดสายไฟ		
	- ถอดสายลมเข้าเครื่องร่อน		
	- ใช้คัดเตอร์แกะถุงพลาสติกที่พันเชื่อมต่อกับท่อ Double Flab		
	- เคลื่อนย้ายเครื่องร่อนออกจากท่อ Double Flab		
	- ถอดฝาเครื่องร่อนออก		
	- เปิดฝาด้านข้างเครื่องร่อน		
	- ถอดโครงเหล็กดันตะแกรงเครื่องร่อน		
	- ดึงตะแกรงออกจากเครื่องร่อน		
	2.2 ชุดป้อนสี		
	- ถอดชุดตัวล็อคท่อ โดยใช้ประแจปากตายเบอร์ 36		
	- ถอดยางกันรั่วระหว่างท่อ		
	- ถอด Feeder		
	2.5 ท่อแอร์		
	- ถอดชุดตัวล็อคท่อ โดยใช้ประแจปากตายเบอร์ 10 และ		
	ประแจปากตายเบอร์ 36		
	- ถอดยางกันรั่วระหว่างท่อ		
	- ถอดท่อแอร์ โดยใช้มือหมุนทวนเข็มนาฬิกา		

ตารางที่ ข.3 คู่มือการทำความสะอาดเครื่องบด (WI-PD02-10) (ต่อ)

		รหัสเอกสาร WI-PD02-10	
คู่มือการทำงาน(Work Instruction)		**แก้ไขครั้งที่** 3	
เรื่อง : การทำความสะอาดเครื่องบด		**วันที่เริ่มใช้**	
		หน้า 2 ใน 4	
อุปกรณ์ความปลอดภัย 1. หน้ากากกันฝุ่น 2. ถุงมือยาง			
เครื่องมืออุปกรณ์			
1. ประแจปากตายเบอร์ 10, 17, 19, 36		4. แปรงขัด	
2. สารละลาย M.E.K		5. คัดเตอร์	
3. เกรียงเหล็ก			
ขั้นตอนที่	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	รายละเอียดพิเศษ	ผู้รับผิดชอบ/เอกสาร
	2.3 ชุดบด		
	- คลายน๊อตล็อคฝาครอบชุดบดด้วยประแจเบอร์36		
	- ดึงตัวล็อคพวงมาลัย แล้วหมุนเปิดฝาครอบชุดบดให้เปิด		
	ออกจนสุด (180 องศา) แล้วล็อคตัวล็อคพวงมาลัย		
	- ถอดตัวยึด Dispersion Ring ทั้ง 3 ตัวออกโดยใช้มือหมุนทวน		
	เข็มนาฬิกา		
	- ถอดน็อตล็อค Separator ออกด้วยประแจเบอร์ 17		
	- ใช้ Hydraulic Puller ดึงตัว Separator ออก		
	- หมุนน็อตล็อค Separeter ไว้ที่เดิม		
	2.4 ไซโคลน		
	- ถอดตัวล็อคฝาครอบไซโคลน		
	- ใช้รอกยกฝาครอบไซโคลน		
3	การทำความสะอาดชิ้นส่วนต่างๆ		พนักงานบด
	3.1 ทำความสะอาดชุดบด		
	- Seperater และ Dispersion Ring ตั้งทิ้งไว้ในสารละลาย		
	MEK ประมาณ 10 นาที จากนั้นใช้แปรงขัดทำความสะอาด		
	ส่วนต่างๆ ถ้าพบสีติดเป็นก้อนใช้เกรียงเหล็กกระเทาะสีออก		
	และใช้น้ำฉีดล้างจนสะอาด		
	- ฝาครอบชุดบด และ Linner ใช้น้ำฉีดล้าง พร้อมกับใช้		
	แปรงขัดทำความสะอาด ถ้าพบสีติดเป็นก้อนใช้เกรียงเหล็ก		
	กระเทาะสีออก		
	3.2 ทำความสะอาดไซโคลน		
	- ฝาครอบไซโคลน ใช้น้ำฉีดล้าง พร้อมกับใช้มือถูทำความ		
	สะอาดถ้าพบสีติดเป็นก้อนให้ใช้เกรียงเหล็กกระเทาะสีที่ติด		
	เป็นก้อนออก		
	- ท่อไซโคลน ใช้น้ำฉีดล้าง		

ตารางที่ ข.3 คู่มือการทำความสะอาดเครื่องบด (WI-PD02-10) (ต่อ)

		รหัสเอกสาร WI-PD02-10	
คู่มือการทำงาน(Work Instruction)		**แก้ไขครั้งที่** 3	
เรื่อง : การทำความสะอาดเครื่องบด		**วันที่เริ่มใช้**	
		หน้า 3 ใน 4	
อุปกรณ์ความปลอดภัย 1. หน้ากากกันฝุ่น 2. ถุงมือยาง			
เครื่องมืออุปกรณ์			
1. ประแจปากตายเบอร์ 10, 17, 19, 36		4. แปรงขัด	
2. สารละลาย M.E.K		5. คัดเตอร์	
3. เกรียงเหล็ก			
ขั้นตอนที่	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	รายละเอียดพิเศษ	ผู้รับผิดชอบ/เอกสาร
	3.3 การทำความสะอาด double flap		
	- ใช้น้ำฉีดล้าง พร้อมกับใช้แปรงขัดทำความสะอาด		
	3.6 การทำความสะอาดชุดป้อนสี		
	- นำ Feeder ตั้งทิ้งไว้ในสารละลาย MEK ประมาณ 10 นาที		
	จากนั้นใช้แปรงขัดทำความสะอาดส่วนต่างๆ ถ้าพบสีติดเป็น		
	ก้อนใช้เกรียงเหล็กกระเทาะสีออก และใช้น้ำฉีดล้าง		
	- Hopper พักสี ท่อลำเลียง Granule และยางกันรั่ว ใช้น้ำฉีดล้าง	ตรวจสอบยางรองกันรั่วไม่ฉีกขาด	
		ถ้าพบยางกันรั่วฉีกขาดให้ทำการเปลี่ยน	
	3.7 การทำความสะอาดระบบท่อแอร์		
	- ใช้น้ำฉีดล้างแผ่นกรองอากาศ ฝาปิดท่อแอร์ ท่อแอร์	ตรวจสอบแผ่นกรองอากาศไม่ฉีกขาด	
		ถ้าพบแผ่นกรองอากาศฉีกขาดให้ทำการ	
		เปลี่ยน	
	3.8 เครื่องร่อน		
	- ตัวเครื่องร่อนใช้น้ำฉีดล้าง และใช้เกรียงเหล็กกระเทาะสี		
	ที่ติดกันเป็นก้อนออก		
	- ตะแกรงเครื่องร่อน ใช้น้ำฉีดล้าง และใช้เกรียงเหล็ก	ตรวจสอบตะแกรงร่อนต้องไม่ชำรุด	
	กระเทาะสีที่ติดกันเป็นก้อนที่โครงเหล็กของตะแกรงออก	ฉีดขาด ถ้าพบตะแกรงเครื่องร่อนชำรุด	
		ฉีดขาดให้ทำการเปลี่ยน	
4	การประกอบชิ้นส่วน อุปกรณ์เครื่องบด		พนักงานบด
	4.1 การประกอบชุดบด		
	4.1.1 การประกอบ Separater		
	- สวมใบ Separator		
	- ใส่แหวนรองและประกอบน๊อตด้วยประแจเบอร์ 17	ตรวจสอบระยะระหว่างใบ Seperator	
		และฝา mill ต้องมีค่าระหว่าง 0.4 ถึง 0.7	
	4.1.2 การประกอบ Disperion Ring		
	- สวม Dispersion Ring ให้ตรงล็อค		
	- หมุนประกอบตัวล็อคทั้ง 3 ตัว โดยใส่แหวนรองทั้ง 2 ตัว		
	และใส่แหวนสปริงไว้หลังสุด		

ตารางที่ ข.3 คู่มือการทำความสะอาดเครื่องบด (WI-PD02-10) (ต่อ)

		รหัสเอกสาร	WI-PD02-10
คู่มือการทำงาน(Work Instruction)		**แก้ไขครั้งที่**	3
เรื่อง : การทำความสะอาดเครื่องบด		**วันที่เริ่มใช้**	
		หน้า 4 ใน 4	
อุปกรณ์ความปลอดภัย	1. หน้ากากกันฝุ่น	2. ถุงมือยาง	
เครื่องมืออุปกรณ์			
1. ประแจปากตายเบอร์ 10, 17, 19, 36		4. แปรงขัด	
2. สารละลาย M.E.K		5. คัดเตอร์	
3. เกรียงเหล็ก			
ขั้นตอนที่	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	รายละเอียดพิเศษ	ผู้รับผิดชอบ/เอกสาร
	4.1.3 หมุนปิดฝาชุดบด		
	- ดึงตัวล็อคพวงมาลัย แล้วหมุนปิดฝาครอบชุดบดให้ปิด		
	ออกจนสุดแล้วล็อคตัวล็อคพวงมาลัย		
	- ใช้น๊อตล็อคฝาครอบชุดบดด้วยประแจเบอร์ 36 ให้แน่น		
	4.1.4 การประกอบท่อแอร์		
	- ประกอบท่อแอร์โดยหมุนตามเข็มนาฬิกา		
	- ประกอบชุดตัวล็อคท่อ โดยใช้ประแจปากตายเบอร์ 10		
	และประแจปากตายเบอร์ 36 ให้แน่น		
	4.2 การประกอบไซโคลน		
	- ใช้รอกยกฝาครอบ Cyclone วางให้ตรงร่องบาก		
	- ปิดเทปกาวตามรอยต่อให้สนิท และหมุนประกอบตัวล็อค		
	ให้แน่น		
	4.3 ประกอบชุดป้อนสี		
	- ประกอบ Feeder		
	- ใส่ยางรองกันลมรั่วให้ปิดกึ่งกลางรอยต่อของท่อ		
	- ประกอบชุดตัวล็อคท่อโดยใช้ประแจปากตายเบอร์ 36		
	- ใส่สายไฟระหว่างท่อทุกเส้น		
	4.4 การประกอบเครื่องร่อน		
	- ใช้ลมเป่าตัวเครื่องร่อนให้แห้ง		
	- ใช้ลมเป่าตะแกรงเครื่องร่อนให้แห้ง		
	- ประกอบยางรองตะแกรงเข้ากับตะแกรง		
	- ประกอบตะแกรงกับตัวเครื่องร่อน โดยวางให้ชิดด้านในสุด		
	- ใส่โครงเหล็กดันตะแกรงเครื่องร่อน		
	- ประกอบฝาเครื่องร่อนและใส่สายลมฝาเครื่องร่อน		
5	เปิดเครื่องบดเพื่อให้ระบบแห้ง โดยเปิดเครื่องบดแบบ Manual		พนักงานบด
	- ปรับสวิทส์ตู้ควบคุมมาที่ตำแหน่ง I = Grinding Mode		
	- ปรับสวิทส์ตู้ควบคุมมาที่ตำแหน่ง II = Manual		
	- เปิด Fan		
	- เปิดเครื่องทิ้งไว้ให้ระบบแห้ง 10 นาที		

ตารางที่ ข.4 คู่มือการทำความสะอาดเครื่องบดด้วยทรายขัด (ต่อ)

		รหัสเอกสาร	
คู่มือการทำงาน(Work Instruction)		**แก้ไขครั้งที่**	
เรื่อง : การทำความสะอาดเครื่องบดโดยใช้ทรายขัด		**วันที่เริ่มใช้**	
		หน้า 1 ใน 2	
อุปกรณ์ความปลอดภัย 1. หน้ากากกันฝุ่น 2. ถุงมือผ้า			
เครื่องมืออุปกรณ์			
1. ประแจปากตายเบอร์ 36 และ 17 2. เกรียงเหล็ก 3. ทรายขัด			
ขั้นตอนที่	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	รายละเอียดพิเศษ	ผู้รับผิดชอบ/เอกสาร
1	การถอดชิ้นส่วน อุปกรณ์ของเครื่องจักร		พนักงานบด
	1.1 เครื่องร่อน		
	- ถอดสายไฟ		
	- ถอดสายลมเข้าเครื่องร่อน		
	- ใช้คัดเตอร์แกะถุงพลาสติกที่พันเชื่อมต่อกับท่อ Double Flab		
	- เคลื่อนย้ายเครื่องร่อนออกจากท่อ Double Flab		
	1.2 ชุดบด		
	- คลายน๊อตล็อคฝาครอบชุดบดด้วยประแจเบอร์36		
	- ดึงตัวล็อคพวงมาลัย แล้วหมุนเปิดฝาครอบชุดบดให้เปิด		
	ออกจนสุด (180 องศา) แล้วล็อคตัวล็อคพวงมาลัย		
	- ถอดตัวยึด Dispersion Ring ทั้ง 3 ตัวออกโดยใช้มือหมุนทวน		
	เข็มนาฬิกา		
	- ถอดน็อตล็อค Separator ออกด้วยประแจเบอร์ 17		
	- ใช้ Hydraulic Puller ดึงตัว Separator ออก		
	- หมุนน็อตล็อค Separeter ไว้ที่เดิม		
2	ทำความสะอาด Dispersion Ring , Separeter และฝาครอบชุดบน		พนักงานบด
	โดยใช้เกรียงเหล็กกระเทาะสีที่ติดเป็นก้อนออก		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.4 คู่มือการทำความสะอาดเครื่องบดด้วยทรายขัด (ต่อ)

		รหัสเอกสาร	
คู่มือการทำงาน(Work Instruction)		**แก้ไขครั้งที่**	
เรื่อง : การทำความสะอาดเครื่องบดโดยใช้ทรายขัด		**วันที่เริ่มใช้**	
		หน้า 2 ใน 2	
อุปกรณ์ความปลอดภัย 1. หน้ากากกันฝุ่น 2. ถุงมือผ้า			
เครื่องมืออุปกรณ์			
1. ประแจปากตายเบอร์ 36 และ 17 2. เกรียงเหล็ก 3. ทรายขัด			
ขั้นตอนที่	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	รายละเอียดพิเศษ	ผู้รับผิดชอบ/เอกสาร
3	ประกอบชุดบด		พนักงานบด
	4.1.1 การประกอบ Separater		
	- สวมใบ Separator		
	- ใส่แหวนรองและประกอบน๊อตด้วยประแจเบอร์ 17	ตรวจสอบระยะระหว่างใบ Seperator	
		และฝา mill ต้องมีค่าระหว่าง 0.4 ถึง 0.7	
	4.1.2 การประกอบ Disperion Ring		
	- สวม Dispersion Ring ให้ตรงล็อค		
	- หมุนประกอบตัวล็อคทั้ง 3 ตัว โดยใส่แหวนรองทั้ง 2 ตัว		
	และใส่แหวนสปริงไว้หลังสุด		
	4.1.3 หมุนปิดฝาชุดบด		
	- ดึงตัวล็อคพวงมาลัย แล้วหมุนปิดฝาครอบชุดบดให้ปิด		
	ออกจนสุดแล้วล็อคตัวล็อคพวงมาลัย		
	- ใช้น๊อตล็อคฝาครอบชุดบดด้วยประแจเบอร์ 36 ให้แน่น		
4	นำกล่องไปรองรับทรายที่ท่อ double flap		พนักงานบด
5	นำทรายประมาณ 25 กิโลกรัม เทใส่ hopper		พนักงานบด
6	เปิดเครื่องบดแบบ Manule		พนักงานบด
	- เปิด Fan		
	- เปิด Double flap		
	- เปิด Feeder		
7	นำทรายที่ออกมาจากระบบชั่งน้ำหนัก และเก็บไว้ใช้ครั้งต่อไป		พนักงานบด
8	ปิดเครื่องบด แล้วทำการล้างเครื่องบดแบบใช้น้ำต่อไป		พนักงานบด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวอัจฉรียา วังวิเศษ เกิดวันที่ 9 กันยายน พ.ศ. 2527 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต คณะอุตสากรรมเกษตร สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา ในปีการศึกษา 2548 หลังจากนั้นเข้าทำงานในตำแหน่งหัวหน้าแผนกบริหารระบบคุณภาพ บริษัท แดรีพลัส จำกัด จังหวัดนครสวรรค์ และเข้าศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ในปีการศึกษา 2551

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย