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

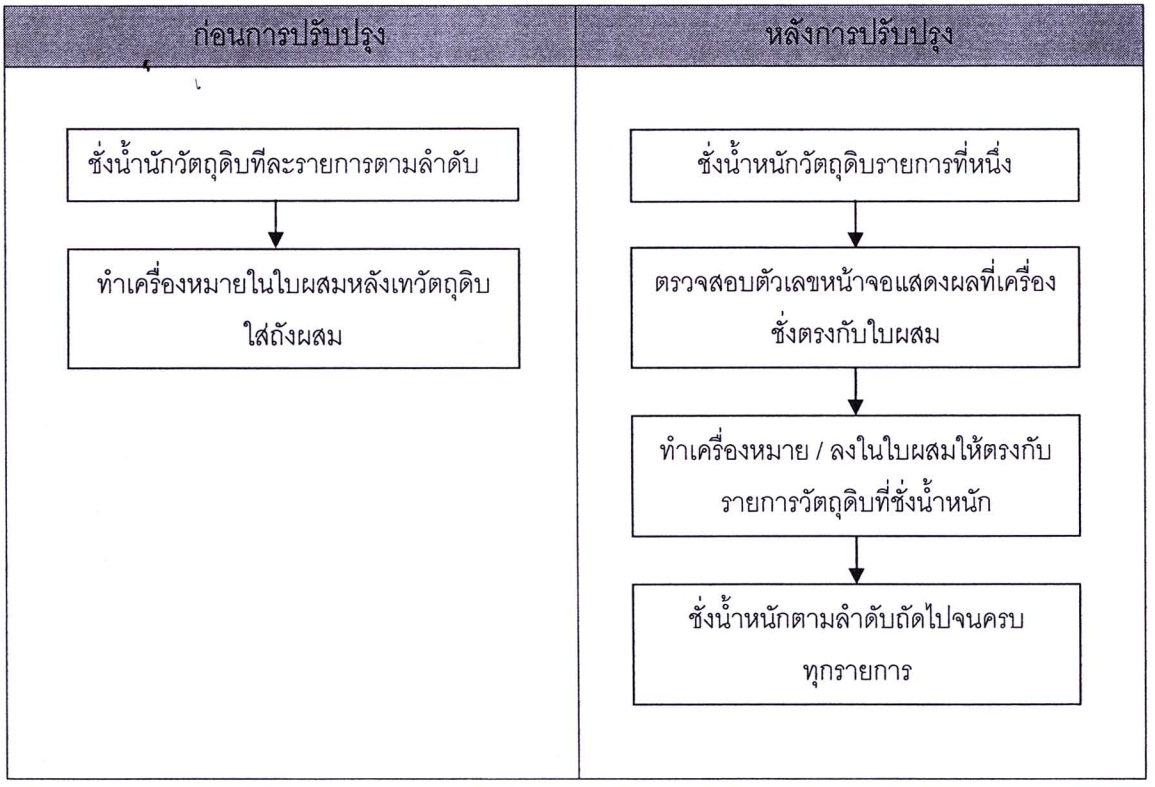
6.1 การแก้ไขการชั่งน้ำหนักวัตถุดิบไม่ได้ตามกำหนดในกระบวนการผสมวัตถุดิบ

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

6.2 การแก้ปัญหาน้ำหนักที่บรรจุในถุงไม่ได้ตามน้ำหนักที่ระบุบนถุงในกระบวนการผสมวัตถุดิบ

วัตถุดิบไทเทเนียมซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ใช้เป็นผงสีขาว (White pigment) มีการใช้น้ำหนักถุงเต็มในการผสมโดยไม่ต้องมีการชั่งน้ำหนักเพื่อตรวจสอบก่อนเทลงในถังผสม ทำให้เกิดปัญหาเฉดสีเพี้ยน เนื่องจากน้ำหนักที่ระบุบนถุงไม่ตรงกับน้ำหนักที่บรรจุในถุงไทเทเนียม

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

6.3 การแก้ปัญหาไม่ตรวจเช็คการเข้ากันของส่วนผสมในกระบวนการผสมวัตถุดิบ

สาเหตุดังกล่าวเกิดเนื่องจากยังไม่มีมาตรฐานการทำงาน ทำให้พนักงานละเลยการตรวจสอบ แล่ะไม่ทราบวิธีการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง 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

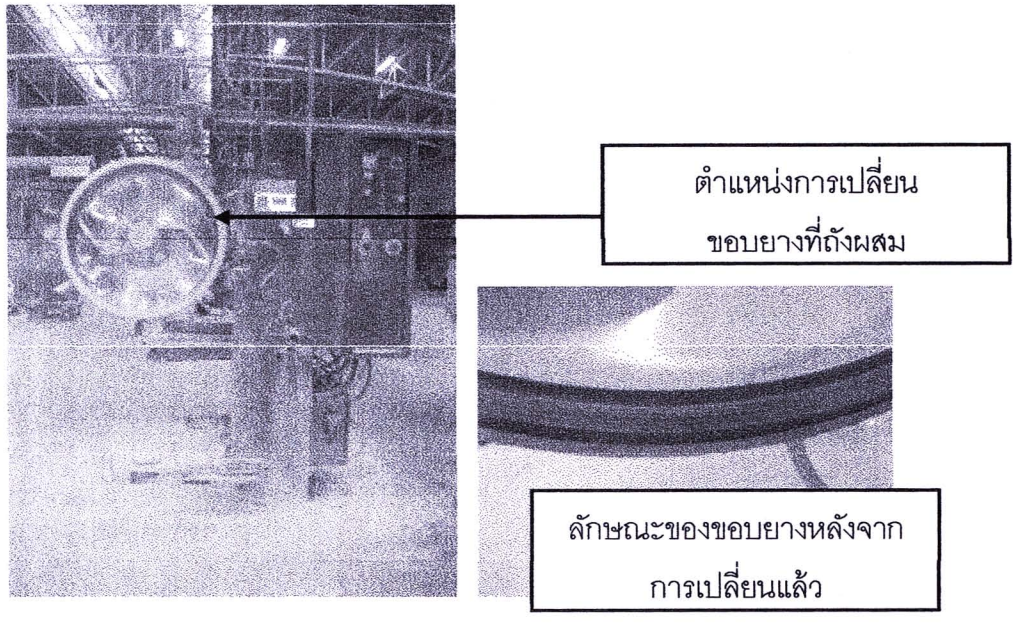
สาเหตุของ Pigment ค้างที่ขอบถังผสม เกิดจากสภาพของการทำงาน ได้แก่

- ขอบยางที่ถังผสมเสื่อมสภาพ ซึ่งขอบยางนี้จะช่วยในการปิดผนึกระหว่างถังผสมและฝาถังผสมเพื่อป้องกันส่วนผสมกระจายออกมาขณะเครื่องผสมทำงาน ดังนั้น ขอบยางที่ถังผสมเสื่อมจึงส่งผลให้ pigment บางส่วนกระจายออกมาค้างที่ขอบถังผสม

- พนักงานใส่ส่วนผสมแล้วติดค้างที่ขอบถังผสม

จากสภาพการทำงานดังกล่าวนี้ จึงส่งผลให้การผสมไม่เข้ากัน

การดำเนินการแก้ไขโดยได้ทำการแจ้งแผนกวิศวกรรมเพื่อทำการเปลี่ยนขอบยางที่ถังผสม ดังรูปที่ 6,2 และกำหนดวิธีการทำงานในการผสมวัตถุดิบการใส่ pigment ลงในถังผสมให้ใส่ตรงกลางถังผสมตาม WI-PD02-02 เรื่องการผสมวัตถุดิบ (ภาคผนวก ข)



รูปที่ 6.3 การเปลี่ยนขอบยางที่ถังผสม

6.5 การแก้ปัญหาน้ำมันรั่วใส่ส่วนผสมในกระบวนการผสมวัตถุดิบ

สาเหตุน้ำมันรั่วใส่ส่วนผสมซึ่งเกิดจากการขาดบำรุงรักษาที่เพียงพอ การดำเนินการแก้ไขทางโรงงานมีแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร แต่ยังไม่มีการกำหนดจุดตรวจสอบเครื่องจักรในจุดที่ทำให้เกิดปัญหาขึ้น ดังนั้นจึงได้กำหนดจุดตรวจสอบเครื่องจักรเพื่อให้พนักงานตรวจสอบสภาพเครื่องจักรที่ผิดปกติก่อนที่จะเกิดการรั่วไหลของน้ำมัน โดยกำหนดให้พนักงานควบคุมเครื่องผสมเป็นผู้ตรวจสอบ ได้แก่ การตรวจสอบซุดซีลกันน้ำมัน ต้องไม่มีการอุดตันของฝุ่นผง และการ

ตรวจสอบการรั่วของน้ำมันบนพื้นระหว่างเครื่องจักรทำงานตามแบบฟอร์มการตรวจเช็คเครื่องผสมประจำวัน FM-PD03-07 (ภาคผนวก ก)

6.6 การแก้ไขระบบการวัดความหนาของฟิล์มสีในกระบวนการเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง

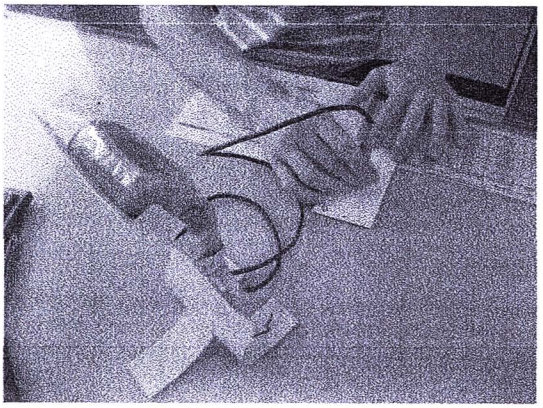
จากสาเหตุความสามารถในการปิดบังผิวหน้า (Hiding power) ขึ้นกับคุณสมบัติของแม่สีในการปิดบังผิวหน้าและยังขึ้นอยู่กับความหนาของฟิล์มสีที่ใช้ปิดผิวหน้าด้วย สำหรับปัญหาที่ทำให้เกิดแม่สีปิดผิวหน้าไม่ดีนั้น ทางโรงงานได้มุ่งปัญหาไปที่ความหนาของฟิล์มสีที่พ่นบางเกินกว่าที่กำหนด ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติการปิดผิวของแม่สีนั้น ก่อนที่จะมีการนำแม่สีเข้ามาใช้จะต้องผ่านการทดสอบคุณสมบัติของแม่สีว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับโดยแผนกวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์มาก่อนหน้านี้แล้ว ทั้งนี้การพ่นสีหนาไม่ได้ตามกำหนดซึ่งเป็นสาเหตุของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการเตรียมแผ่นสีตัวอย่างซึ่งส่งผลกระทบเกิดปัญหาเฉดสีเพี้ยนในกระบวนการวัดสี

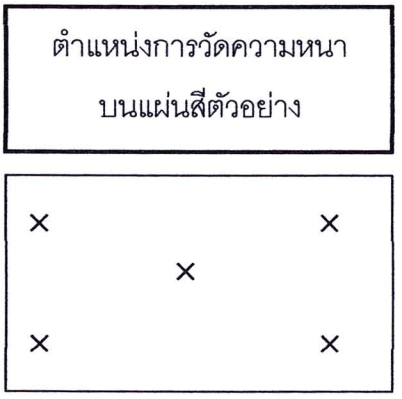
การดำเนินการแก้ไข แผนกควบคุมคุณภาพจึงมีการดำเนินการเพื่อควบคุมความหนาของฟิล์มสีให้ได้ตามที่กำหนดก่อนที่จะส่งมอบแผ่นสีตัวอย่างให้กระบวนการวัดสี โดยดำเนินการโดยการอบรมพนักงาน เรื่อง การเตรียมแผ่นสีตัวอย่าง และการวัดความหนาของฟิล์มสี จากนั้นทำการประเมินประสิทธิภาพการวัดความหนาของฟิล์มสีโดยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ระบบการวัด โดยมีวัตถุประสงค์ในการประเมินประสิทธิภาพการวัดของพนักงาน รวมถึงภาพรวมของระบบการวัดเพื่อให้มีความมั่นใจในผลการตรวจสอบก่อนที่จะส่งมอบให้กับกระบวนการวัดสีต่อไป

ขั้นตอนการดำเนินการการวิเคราะห์ระบบการวัด

ทำการทดสอบการวัดของพนักงานที่เกี่ยวข้องกับการใช้เครื่องมือวัดในการตรวจสอบความหนาของฟิล์มสี ซึ่งได้คัดเลือกพนักงานจำนวน 3 คน หลังจากที่ผ่านการฝึกอบบรมแล้ว โดยมีขั้นตอนดังนี้

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





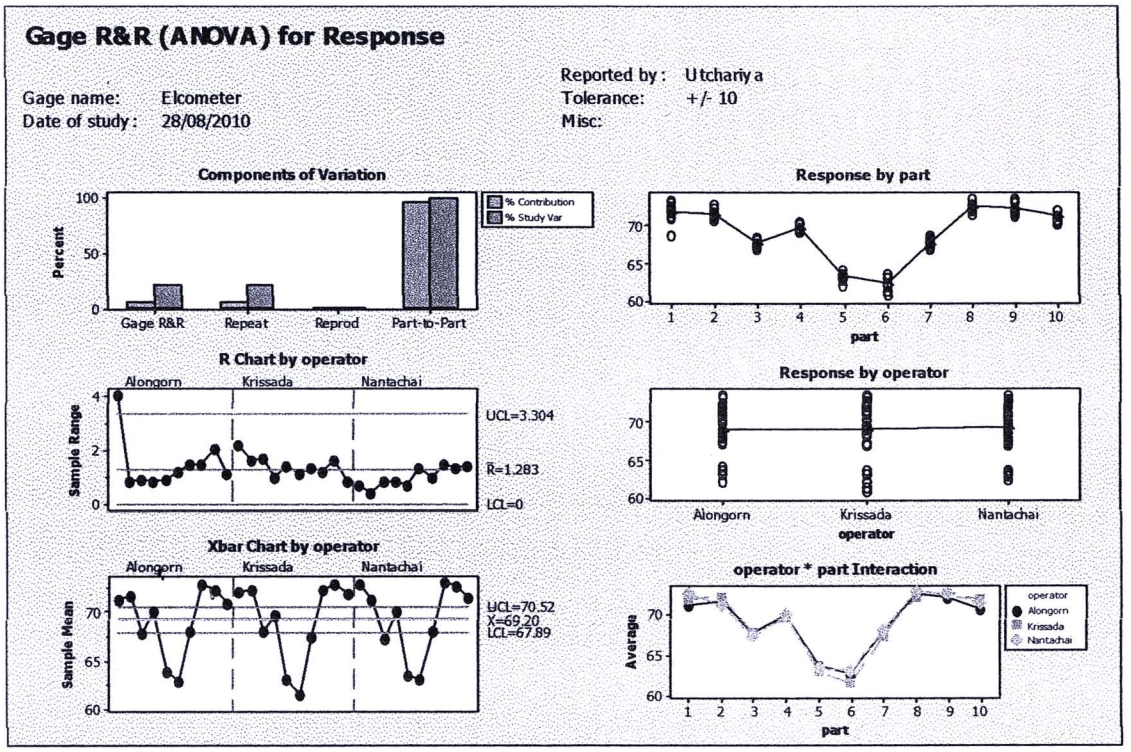
รูปที่ 6.4 การทดสอบการวัดความหนาของฟิล์มสีบนแผ่นสีตัวอย่าง

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

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

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าระบบการวัดในปัจจุบันถือว่าสามารถยอมรับได้ 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

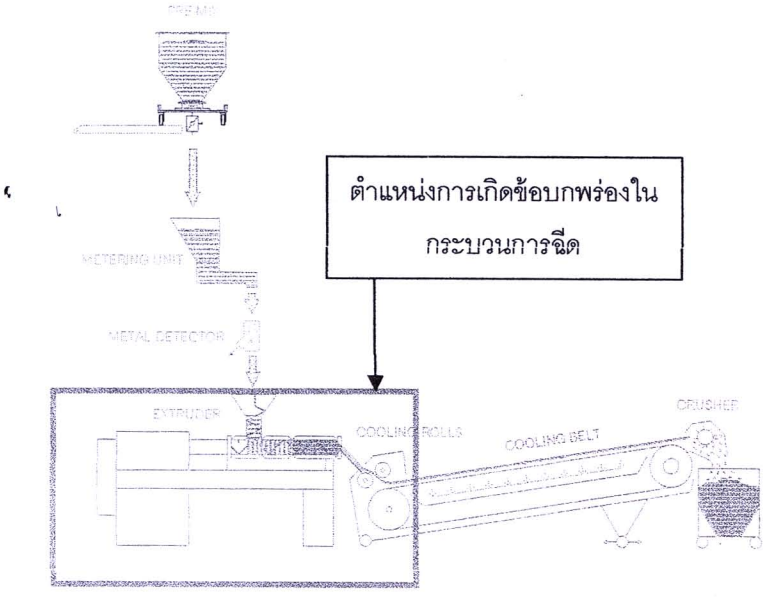
การควบคุมคุณภาพของ pigment ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ทำให้เกิดสี ค่าที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของเฉดสี คือ ค่าความแข็งแรงของสี (ค่า strength) ซึ่งการควบคุมคุณภาพปัจจุบันกำหนดช่วงการควบคุมที่ $\pm$ 5 ซึ่งส่งผลให้เฉดสีมีความแปรผันทำให้เกิดเฉดสีเพี้ยนเมื่อนำไปใช้ในการผลิต

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

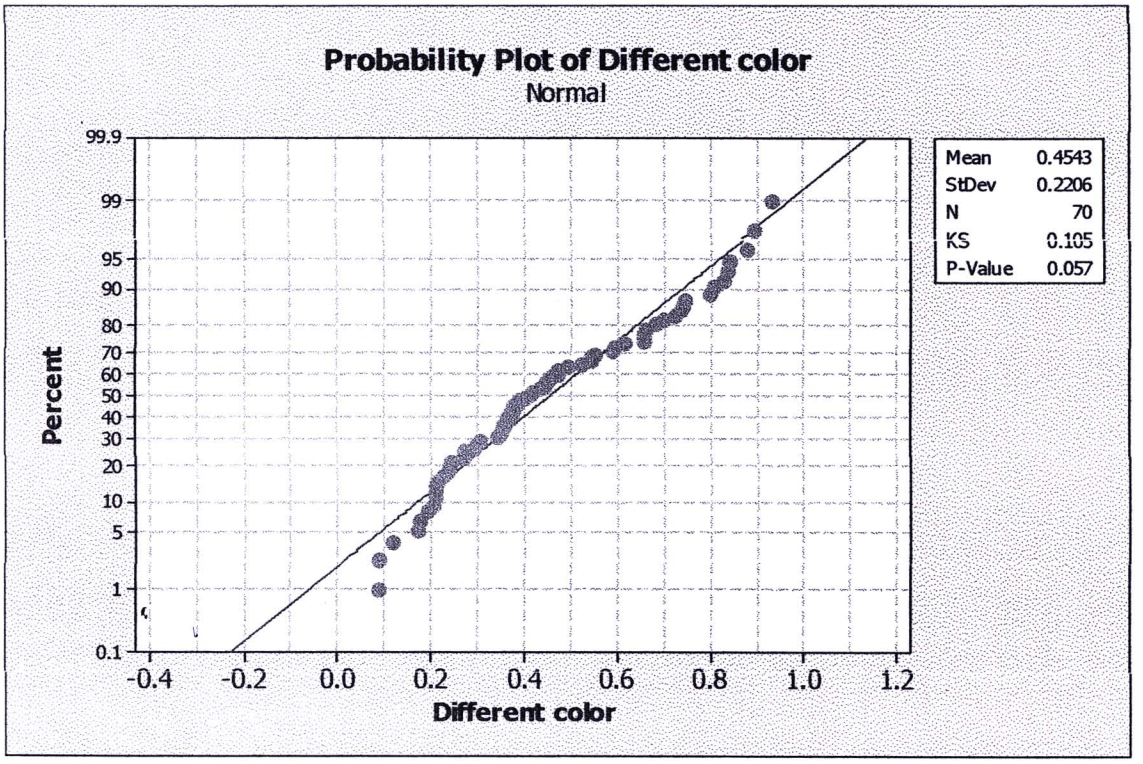
ในที่นี้จะเลือกกลุ่มผลิตภัณฑ์ M (Hybrid) โดยมียอดการผลิตประมาณ 60% ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ทั้งหมด และทำการเลือกผลิตภัณฑ์ที่มียอดการผลิตมากที่สุดในกลุ่มนี้มาทำการศึกษาจำนวน 1 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ M00006AN ซึ่งมียอดการผลิต 11.67% ของยอดการผลิตทั้งหมดในกลุ่มผลิตภัณฑ์ M (Hybrid)

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

การวิเคราะห์ข้อมูลค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน

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

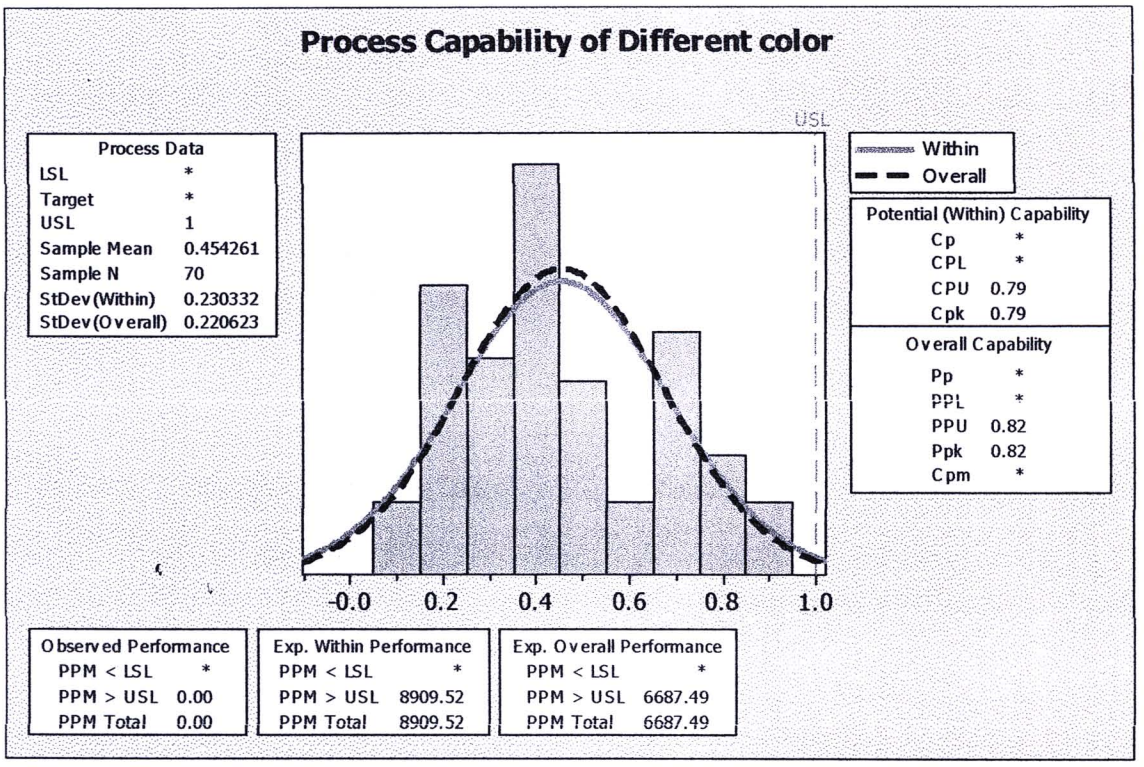
ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการจะต้องทำการทดสอบความปกติของข้อมูลก่อนดังรูปที่ 6.7



รูปที่ 6.7 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลของค่าความแตกต่างของสีในกระบวนการฉีดจากข้อมูลการผลิตในเดือนกันยายน 2553

จากรูปที่ 6.7 การทดสอบสมมุติฐานของความเป็นปกติของข้อมูล พบว่าข้อมูลมีค่า P-Value มากกว่า 0.05 แสดงว่า ข้อมูลที่ได้เป็นตัวแปรสุ่มแบบปกติ

หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลความสามารถของกระบวนการผลิต (Process Capability) ค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 6.8



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 และเลือก

ผลิตภัณฑ์รหัส M00006AN เป็นแนวทางในการดำเนินการแก้ไข เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตมากที่สุด

การวิเคราะห์ระบบการวัดค่าสี

วัตถุประสงค์เพื่อรับรองความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการวัดก่อนทำการทดลองว่ามีความถูกต้อง

ขั้นตอนการวิเคราะห์ของระบบการวัด

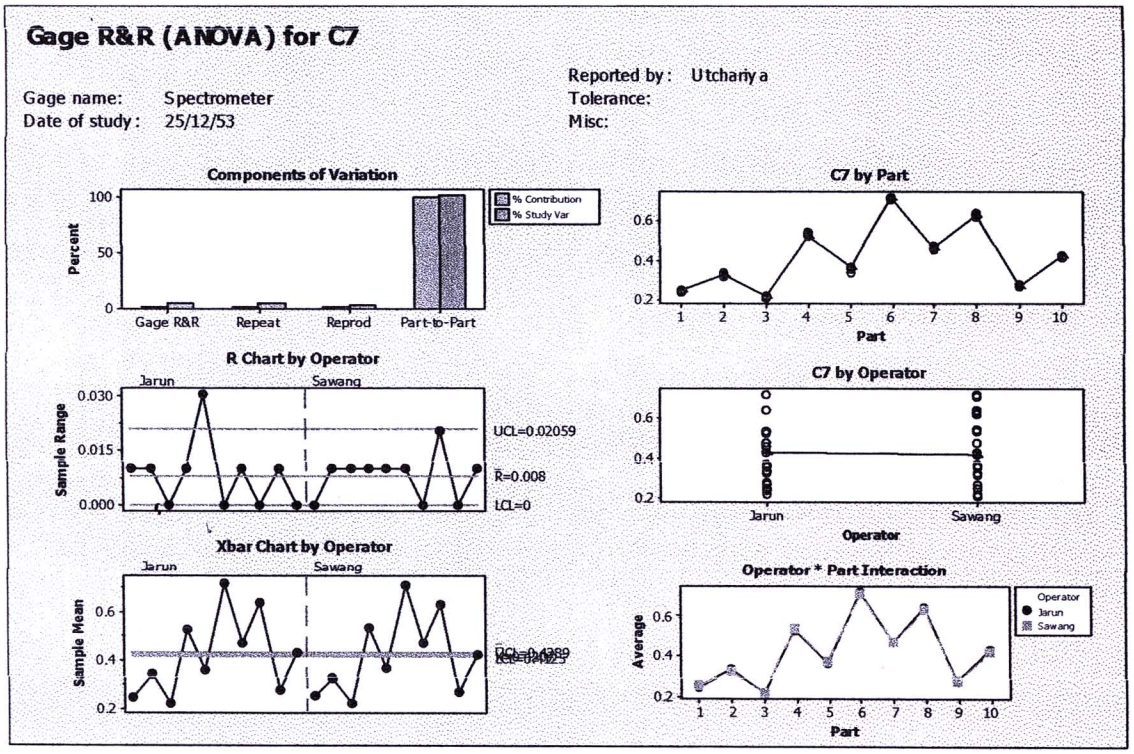
1) เลือกพนักงานที่ทำหน้าที่ประจำที่เกี่ยวข้องกับการวัดสี โดยในปัจจุบันมีพนักงานที่เกี่ยวข้องอยู่ 2 คน
2) กำหนดตำแหน่งที่ต้องการวัดสี
3) ทำการวัดค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน โดยทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ แบบสุ่ม และนำข้อมูลไปวิเคราะห์ระบบการวัด

ผลการวัดค่าสี

ตารางที่ 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

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 เฉลิมสมิทธิ์ชัย, 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

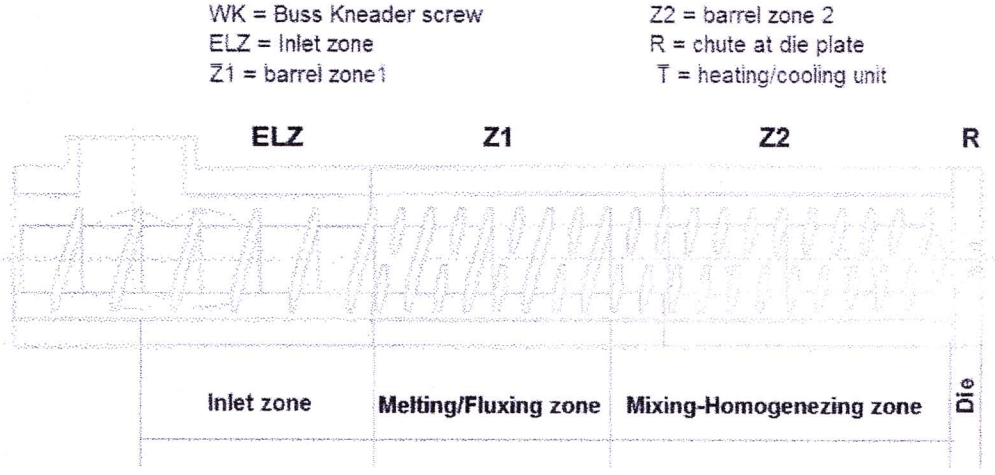
สัญลักษณ์	ปัจจัยที่ทำการศึกษา	หน่วย	ระดับต่ำ (-1)	ระดับกลาง (0)	ระดับสูง (+1)
A	ความเร็วรอบของสกรู	RPM	300	400	500
B	อัตราการป้อนวัตถุดิบเข้าเครื่องฉีด	RPM	20	25	30
C	อุณหภูมิของบาเรล	°C	80	90	100

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 เพื่อให้แน่ใจว่าสกรูยังคงรักษาแรงเฉือนภายในบาเรลของเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ได้ (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

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

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

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

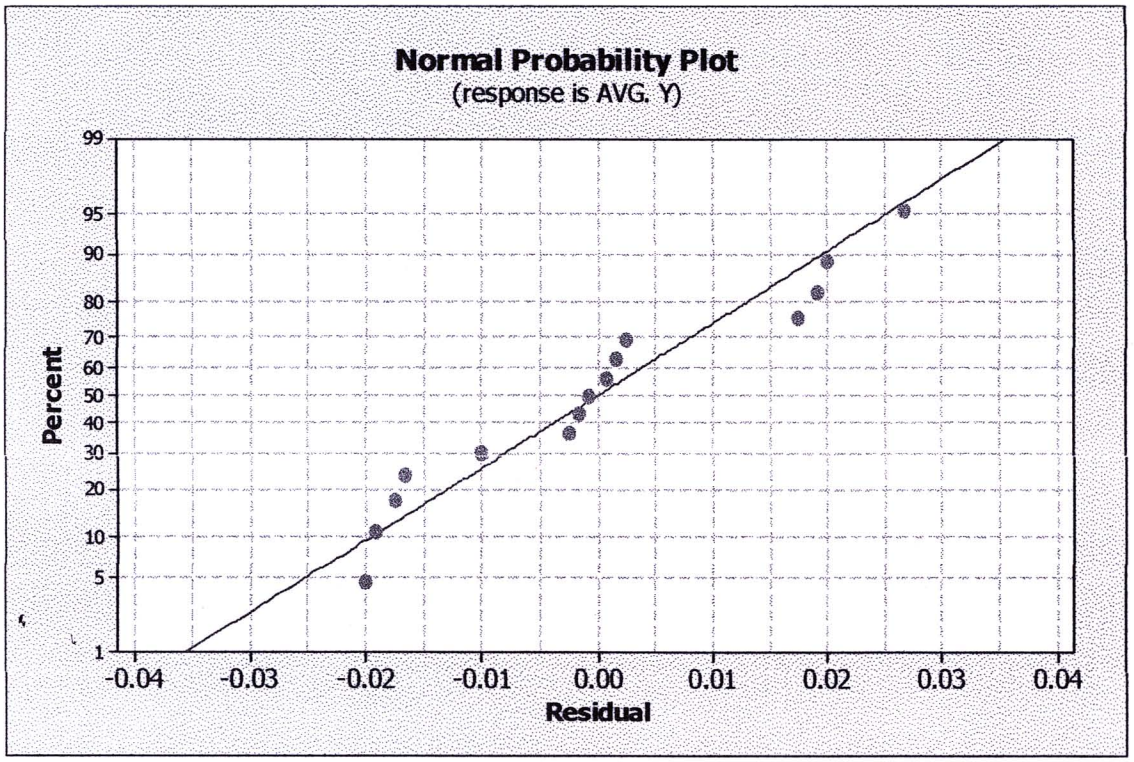
C = อุณหภูมิของบาเรล

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

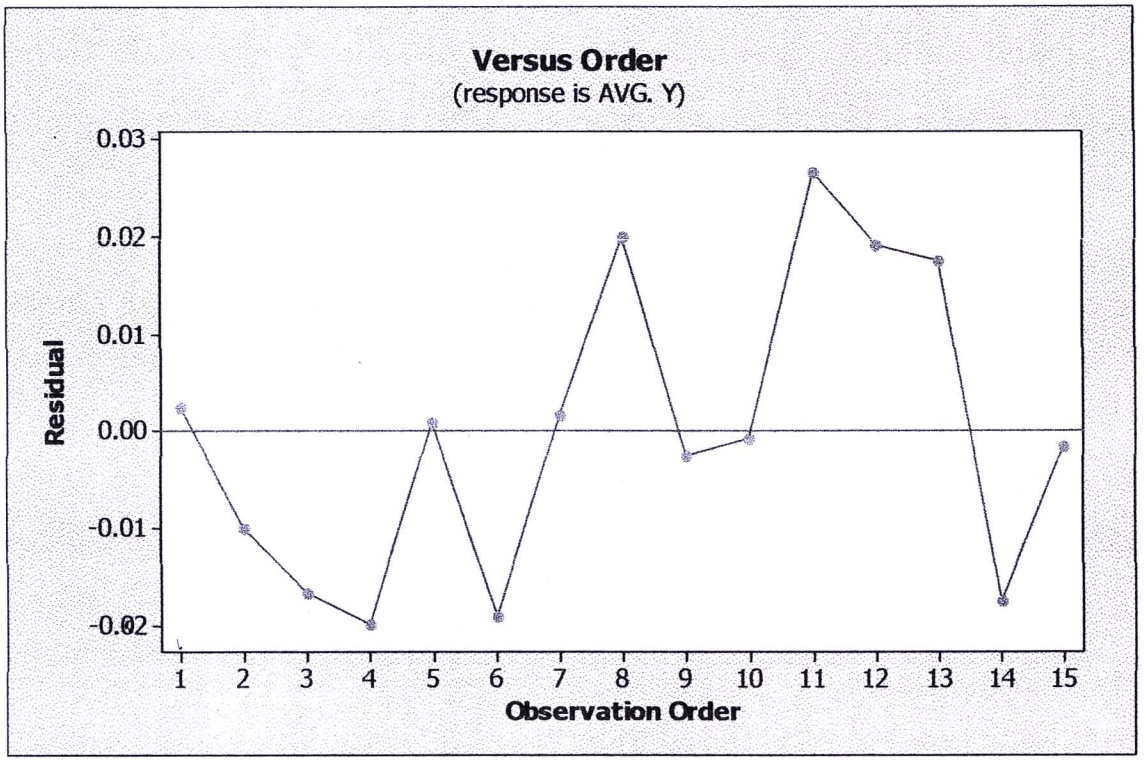


รูปที่ 6.13 การทดสอบสมมุติฐานของความเป็นปกติของผลที่ได้จากการออกแบบการทดลอง

จากรูปที่ 6.13 การทดสอบสมมุติฐานของความเป็นปกติ พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรง แสดงว่า ข้อมูลที่ได้จากตัวแปรตอบสนองเป็นตัวแปรสุ่มแบบปกติ

2) การทดสอบสมมติฐานความเป็นอิสระ (Independence)

การทดสอบสมมติฐานความเป็นอิสระ โดยการสร้างแผนภาพการกระจายที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างกับลำดับในการเก็บข้อมูล โดยแผนภาพการที่จะมีการกระจายตัวที่ไม่มีรูปแบบแน่นอน

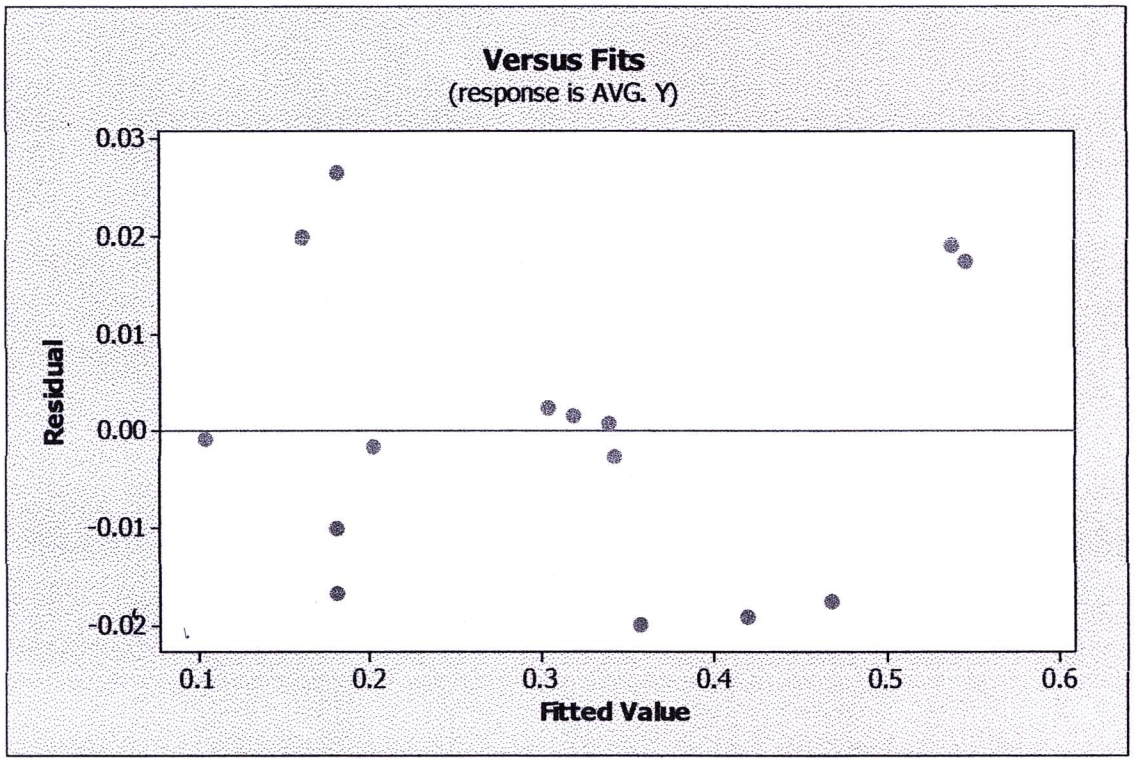


รูปที่ 6.14 การทดสอบสมมติฐานความเป็นอิสระของผลที่ได้จากการออกแบบการทดลอง

จากรูปที่ 6.14 การทดสอบสมมติฐานความเป็นอิสระ พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างกับลำดับความต่อเนื่องในการเก็บข้อมูลของค่าตัวแปรตอบสนองมีลักษณะที่ไม่เป็นแนวโน้ม และไม่มีรูปแบบใดๆ แสดงว่า ข้อมูลของตัวแปรตอบสนองมีความเป็นอิสระ

3) ความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน (Variance Stability)

ความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน ตรวจสอบโดยการสร้างแผนภาพกระจายที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างกับค่าตัวแปรตอบสนองที่ได้จากตัวแบบถดถอย ซึ่งแผนภาพกระจายควรมีการกระจายตัวที่ไม่มีรูปแบบแน่นอน

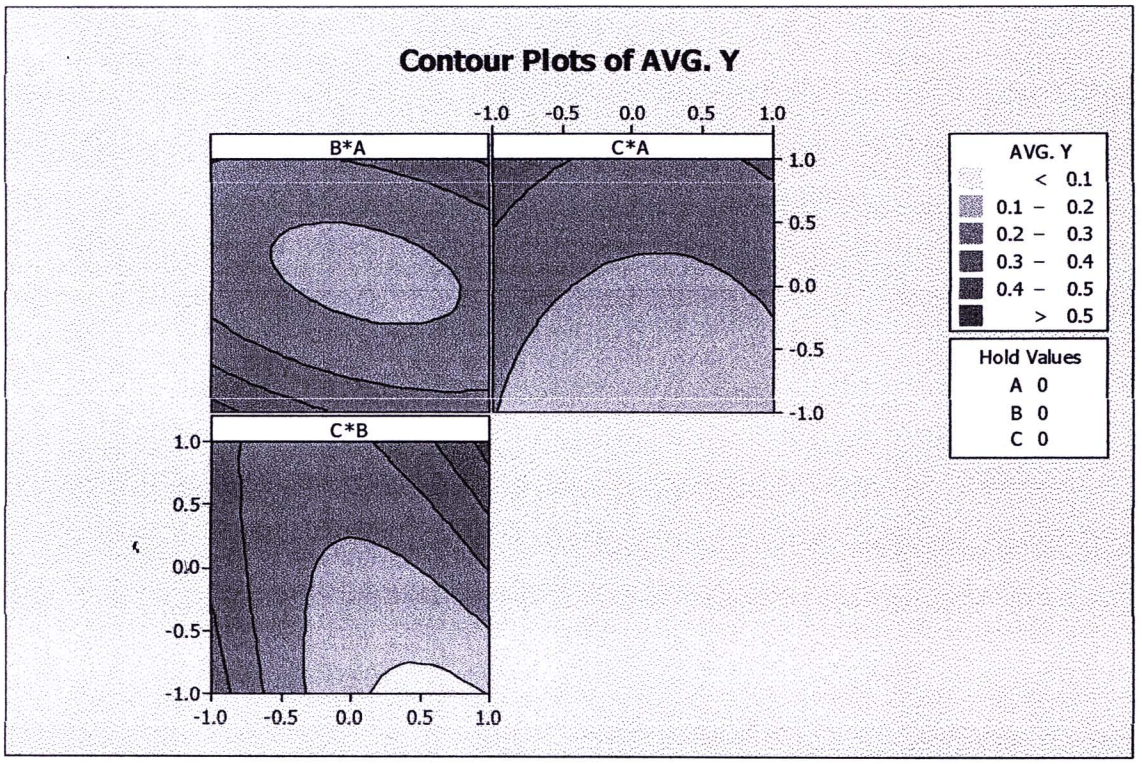


รูปที่ 6.15 ความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนของผลที่ได้จากการออกแบบการทดลอง

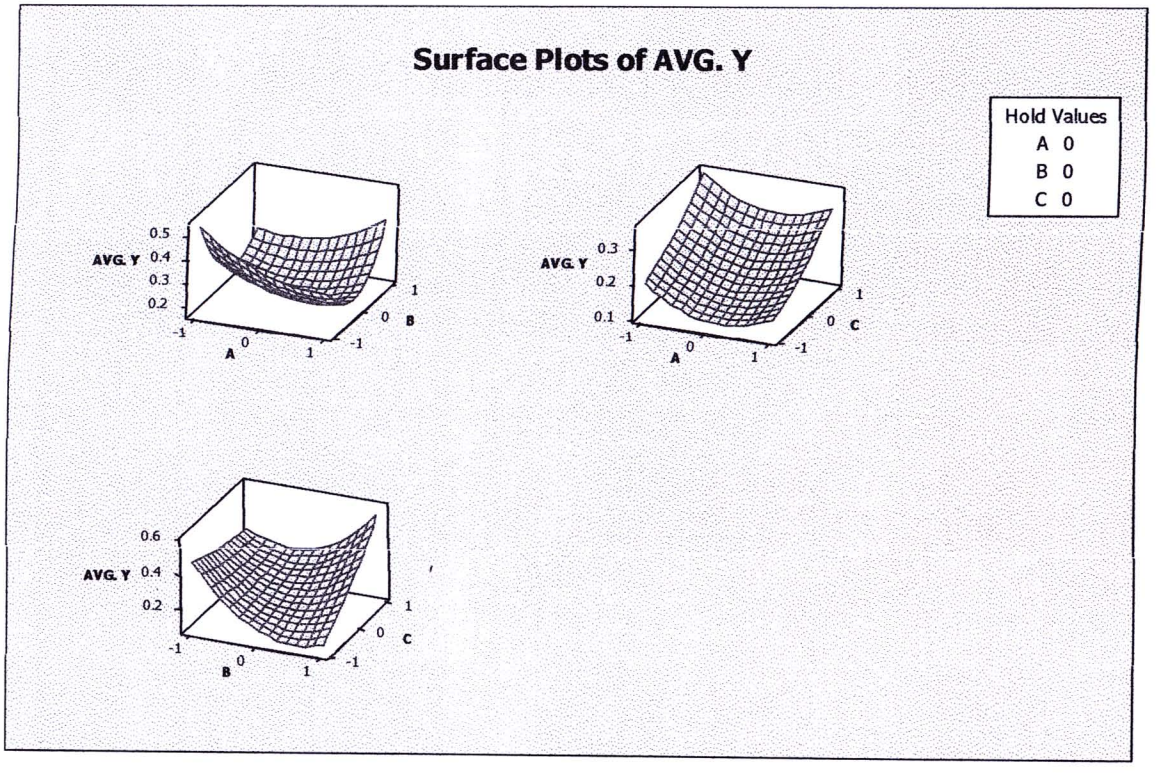
จากรูปที่ 6.15 ความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างกับค่าตัวแปรตอบสนองที่ได้มีลักษณะของข้อมูลมีการกระจายตัวของที่ไม่มีรูปแบบแน่นอน แสดงว่าข้อมูลมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน

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

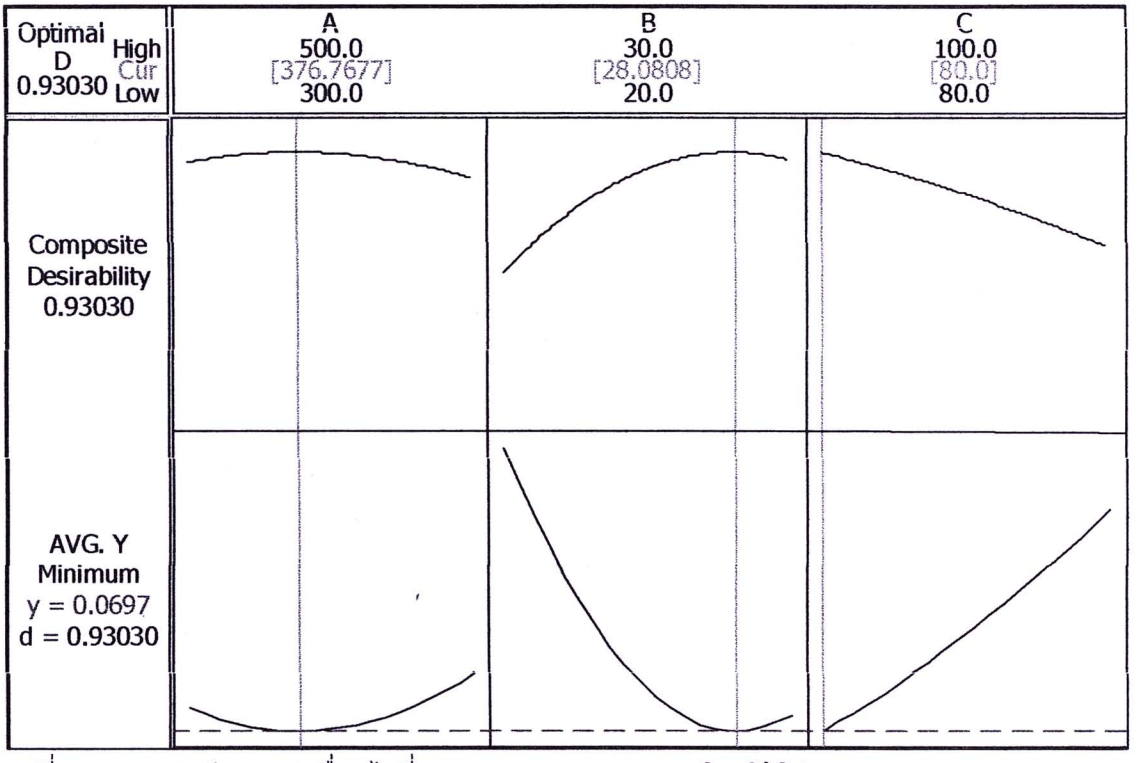


รูปที่ 6.17 Surface Plot ที่มีผลต่อค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน

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

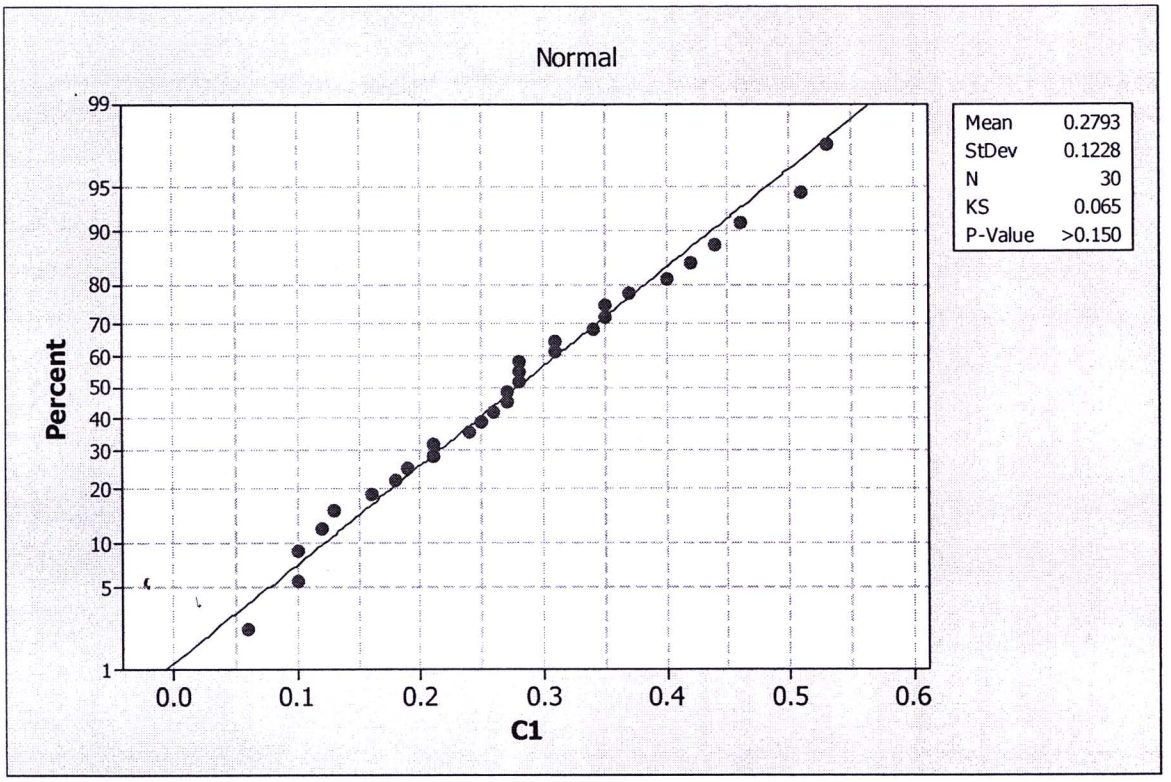
ปัจจัยที่ศึกษา	สัญลักษณ์	หน่วย	ค่าที่เหมาะสม	ค่าที่ปรับจริง
ความเร็วรอบของสกรู	A	RPM	376.7677	377
อัตราการป้อนส่วนผสมเข้าเครื่องฉีด	B	RPM	28.0808	28
อุณหภูมิของบาเรล	C	°C	80	80

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

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

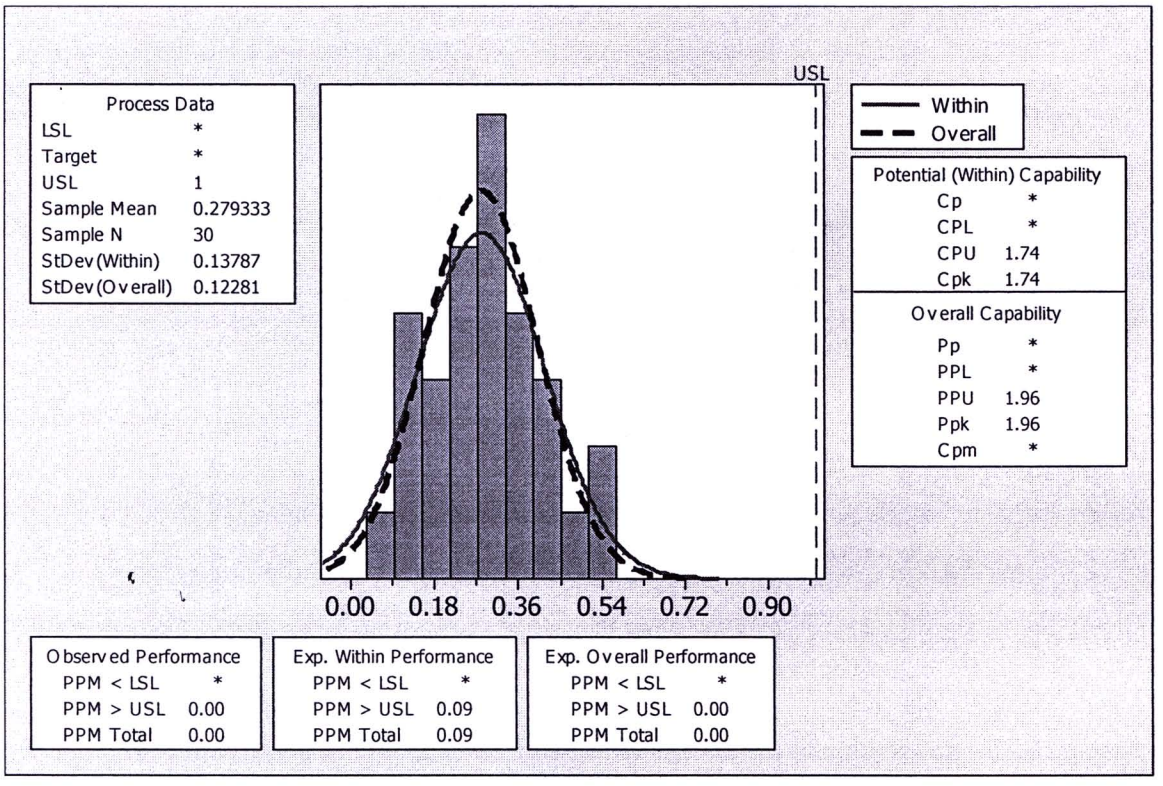
การยืนยันผลที่ได้จากการทดลอง

จากนั้นเมื่อนำระดับของปัจจัยที่เหมาะสมไปใช้ในการผลิตจริงในเดือนมกราคม 2554 โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างในแต่ละ batch โดยใช้จำนวนตัวอย่างน้อยที่สุด คือ 30 ตัวอย่าง ซึ่งผลที่ได้ ดังนี้



รูปที่ 6.19 การทดสอบสมมติฐานความเป็นปกติของค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานในกระบวนการฉีดจากการทดลองยืนยันผล

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



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

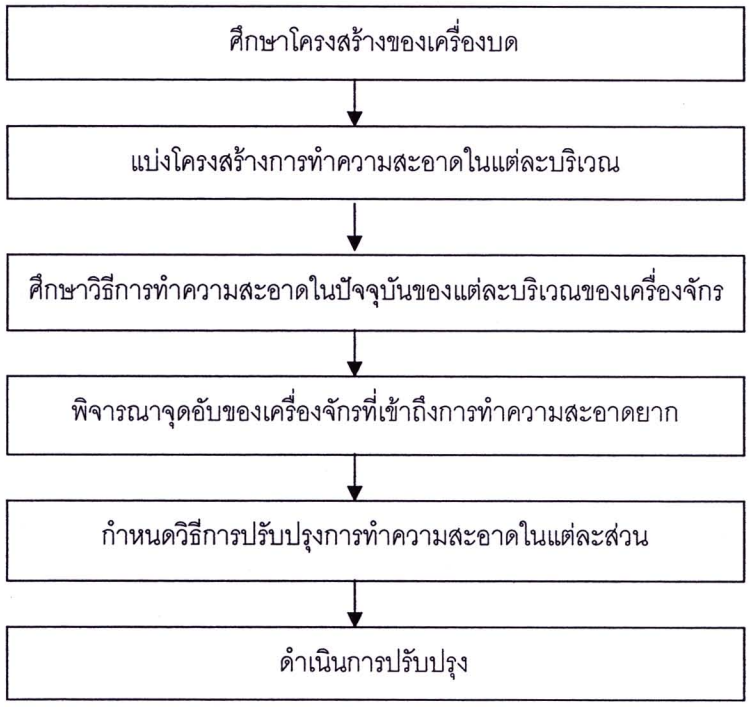
จากตารางที่ 6.8 สรุปผลการดำเนินการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง พบว่า ค่า C_{pk} หลังการปรับปรุง เท่ากับ 1.74 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงจากการปรับปรุงทำให้กระบวนการดีขึ้น และค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.27 และความแปรปรวน เท่ากับ 0.12 แสดงให้เห็นถึงผลจากการปรับปรุงทำให้ค่าความแตกต่างของสี

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) เพื่อกำหนดเป็นมาตรฐานการทำความสะอาด โดยเริ่มตั้งแต่การศึกษาโครงสร้างของเครื่องจักรจากคู่มือการทำงานของเครื่องบด และจากการแนะนำของแผนกผลิต และแผนกวิศวกรรม เพื่อพิจารณาการแบ่งโครงสร้างในการทำความสะอาดแต่ละส่วน รวมถึงวิธีการการทำความสะอาดในปัจจุบัน ได้แก่ บริเวณที่สามารถถอดชิ้นส่วนในการทำความสะอาดได้ หรือบริเวณที่ไม่สามารถถอดชิ้นส่วนในการทำความสะอาดได้ และวิธีการทำความสะอาดในแต่ละบริเวณ จากนั้นพิจารณาจุดอับที่เข้าถึงการทำความสะอาดยากในแต่ละส่วน โดยการสอบถามจากพนักงานที่ทำหน้าที่ในการควบคุมเครื่องจักร 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

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

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

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

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 และต้องฝึกอบรมเพิ่มเติม

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