การลดข้อบกพร่องในกระบวนการย้อมผ้า

นางสาวสุวพิชญ์ ภวดีธนเศรษฐ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Defect reduction in fabric dyeing process

Miss Suwapich Pawadeetanaset

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 2015

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดข้อบกพร่องในกระบวนการย้อมผ้า
โดย	นางสาวสุวพิชญ์ ภวดีธนเศรษฐ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. จิตรา รู้กิจการพานิช

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. ปารเมศ ชุติมา)

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

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นระเกณฑ์ พุ่มชูศรี)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ สมชาย พวงเพิกศึก)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สุวพิชญ์ ภวดีธนเศรษฐ์ : การลดข้อบกพร่องในกระบวนการย้อมผ้า (Defect reduction in fabric dyeing process) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. จิตรา รู้กิจการพานิช, 163 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการย้อมผ้าโพลีเอสเตอร์ จากการศึกษาพบว่า กระบวนการย้อมผ้าเกิดข้อบกพร่องขึ้นจำนวนมาก คิดเป็นข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและข้อบกพร่องด่างคราบสีสำหรับกรณีผ้ามอสเครป 18.43% และ 7.62% ส่วนข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและข้อบกพร่องด่างคราบสีสำหรับกรณีผ้าชีฟองคิดเป็น 16.10% และ 6.59% การดำเนินงานวิจัยเริ่มต้นจากการศึกษาและรวบรวมปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการย้อมผ้าแล้วพบว่ามีปัญหาการตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่องสีไม่เหมือนที่ไม่ถูกต้อง จึงได้ดำเนินการแก้ไขก่อนเพื่อให้การตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่องสีไม่เหมือนมีความถูกต้องและแม่นยำ หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องในกระบวนการย้อมผ้ามอสเครปและผ้าชีฟองโดยใช้ FTA แล้วจึงใช้ FMEA เพื่อคัดเลือกสาเหตุหลักที่มีค่า RPN สูงมาจัดทำแผนการดำเนินการแก้ไขและดำเนินการแก้ไขก่อนตามแผนพร้อมทั้งทำการควบคุมและติดตามผลการดำเนินการแก้ไข ผลการดำเนินงานวิจัย พบว่าการแก้ไขโดยใช้เครื่องวัดสี ทำให้การตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่องสีไม่เหมือนมีความถูกต้องและแม่นยำ 100% ส่วนสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องมาจากขั้นตอนทำความสะอาด ขั้นตอนเซตตัวด้วยความร้อนและขั้นตอนย้อม ซึ่งได้แก่ 1) การใช้สารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำ 2) ขาดการทวนสอบน้ำหนักรถเข็น 3) พนักงานชั่งสีไม่ได้ตามที่กำหนด 4)พนักงานผสมสารเคมีไม่ถูกต้อง 5) สีตกค้างที่ถังสี และ 6) การปรับตั้งเครื่องย้อมไม่เหมาะสม การดำเนินการแก้ไขปรับปรุงได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอนของกระบวนการย้อมผ้า ดังนี้ 1) การใช้สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์ 2) การทวนสอบน้ำหนักรถเข็น 3) การปรับปรุงวิธีปฏิบัติงานเรื่องการชั่งสี 4) การปรับปรุงวิธีปฏิบัติงานในการผสมสารเคมี 5) การปรับปรุงวิธีปฏิบัติงานในการผสมสี และ 6) การออกแบบการทดลองเพื่อปรับตั้งเครื่องย้อมที่เหมาะสม หลังการดำเนินการแก้ไขจนครบทุกแนวทางแล้ว พบว่า ข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและข้อบกพร่องด่างคราบสีในผ้ามอสเครปลดลงเหลือ 9.79% และ 4.55% ตามลำดับ และข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและข้อบกพร่องด่างคราบสีในผ้าชีฟองลดลงเหลือ เหลือ 5.78% และ 4.05% ตามลำดับ ทั้งนี้การใช้สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์ในขั้นตอนทำความสะอาดทำให้ข้อบกพร่องลดลงสูงกว่าแนวทางอื่นๆ

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2558

5570429021 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEYWORDS: FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS, DEFECT REDUCTION, POLYESTER DYEING PROCES

SUWAPICH PAWADEETANASET: Defect reduction in fabric dyeing process. ADVISOR: ASSOC. PROF. JITTRA RUKIJKANPANICH, Ph.D., 163 pp.

The objective of this research was to reduce the defects in polyester dyeing process. The study results found that there were a lot of color variation defects and dye mark defects. The color variation defects and dye mark defects in Moscrepe fabric were 20.71% and 7.62% respectively. The color variation defects and dye mark defects in Chiffon fabric were 16.10% and 6.59% respectively. The steps of this research were a) studying and gathering data for defining the problems b) improving the measurement system of color variation defects c) using FTA to analyze causes and FMEA to screen the significant causes d) setting up and implementing the plans for improvement and e) monitoring the results. As the results, the significant causes with high RPN values were occurred in scouring, heat setting and dyeing process. Those causes consisted of 1) using reused sodium hydroxide 2) no calibration of weight carts 3) incorrect weight of dyes 4) having residual dyes after pouring 5) wrong orders of mixing chemical 6) improper parameters setting of dyeing machine. Above all, the improvements were concluded as 1) using pure sodium hydroxide 2) calibration of weight 3) improving work instruction of weighting of dyes 4) improving work instruction of mixing chemical 5) improving work instruction of mixing dyes and 6) using design of experiment to found the proper parameters setting of dyeing machine. After the improvements were completely implemented, the percentage of defects of color variation defects and dye mark defects in Moscrepe fabric were reduced to 9.79% and 4.55% respectively. The percentage of color variation defects and dye mark defects in Chiffon fabric were reduced to 5.78% and 4.05% respectively. Finally, using pure sodium hydroxide was the action which reduced higher the percentage of defects than the others.

Department: Industrial Engineering Student's Signature .....
Field of Study: Industrial Engineering Advisor's Signature .....
Academic Year: 2015

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร.จิตรา รู้กิจการพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาคำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆในการทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีตลอดมา และขอกราบขอบพระคุณ ประธานกรรมการคุมสอบ ศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา กรรมการคุมสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร นระเกณฑ์ พุ่มชูศรี และรองศาสตราจารย์สมชาย พวงเพิกศึก

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ เจ้าของโรงงานและพนักงานทุกคนของโรงงานกรณีศึกษาที่ได้ให้ความร่วมมือและสนับสนุนในด้านข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ตลอดจนคำแนะนำต่างๆอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และเพื่อนๆ พี่ๆที่ร่วมเป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือในด้านการศึกษาแก่ผู้วิจัยเสมอมา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญรูป ..... ฐ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ในการดำเนินงานวิจัย 3
1.3 ขอบเขตงานวิจัย 3
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 3
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ 4
1.6 คำนิยามในงานวิจัย 4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1. การฟอก ย้อมและตกแต่งสำเร็จ 5
2.2 การวัดความแตกต่างของสี 9
2.3 การประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกมา 10
2.4 การวิเคราะห์ระบบการวัด 11
2.5 แผนผังก้างปลา 12
2.6 การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง 13
2.7 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ 14
2.8 การออกแบบการทดลอง 17

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

บทที่ 3 ระเบียบวิธีการวิจัย 21
3.1 การศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานกรณีศึกษา 22
3.2 การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำในการตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่อง 23
3.3 การวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง 24
3.4 การดำเนินการปรับปรุงแก้ไข 24
3.5 การควบคุมและติดตามผล 24
3.6 สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ 24
บทที่ 4 การศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานกรณีศึกษา 25
4.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา 25
4.2 โครงสร้างองค์กรของโรงงานกรณีศึกษา 25
4.3 กระบวนการย้อมของโรงงานกรณีศึกษา 28
4.4 การกำหนดปัญหา 35
4.5 การกำหนดตัวชี้วัด 39
4.6 การจัดตั้งทีมงานเพื่อดำเนินการลดข้อบกพร่อง 39
บทที่ 5 การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำในการตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่อง 41
5.1 การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของการตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่องสีไม่เหมือน 41
5.2 การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำในการวัดลักษณะข้อบกพร่องด่างคราบสี 50
5.3 การเก็บข้อมูลหลังจากปรับปรุงการตรวจวัด 55
บทที่ 6 การวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่อง 62
6.1 การวิเคราะห์หาสาเหตุในกระบวนการย้อมผ้าโดยการวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (FTA) 62
6.2 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ 73
บทที่ 7 การดำเนินการปรับปรุงแก้ไข 81

หน้า

7.1 แนวทางแก้ไขลำดับที่ 1 การใช้สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์ในขั้นตอนทำความสะอาด 82
7.2 แนวทางแก้ไขลำดับที่ 2: การทวนสอบน้ำหนักรถเข็นเพื่อระบุน้ำหนักที่ถูกต้องในขั้นตอนเซตตัวด้วยความร้อน 93
7.3 แนวทางแก้ไขลำดับที่ 3: การปรับปรุงวิธีปฏิบัติงานในการชั่งสีในขั้นตอนย้อม..... 96
7.4 แนวทางแก้ไขลำดับที่ 4: การปรับปรุงวิธีปฏิบัติงานในการผสมสารเคมีในขั้นตอนย้อม.. 99
7.5 แนวทางแก้ไขลำดับที่ 5 การปรับปรุงวิธีปฏิบัติงานในการผสมสีในขั้นตอนย้อม..... 102
7.6 แนวทางแก้ไขลำดับที่ 6: การออกแบบการทดลองเพื่อปรับตั้งเครื่องย้อมเจ็ทในขั้นตอนย้อม 103
บทที่ 8 การควบคุมและติดตามผล 129
8.1 การควบคุม 129
8.2 การติดตามผล 129
บทที่ 9 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 132
9.1 สรุปผลการวิจัย 132
9.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงานวิจัย 139
9.3 ข้อเสนอแนะ 139
รายการอ้างอิง 141
ภาคผนวก ก วิธีปฏิบัติงาน 143
ภาคผนวก ข ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 153
ภาคผนวก ค เอกสารอ้างอิงเครื่องย้อม 160
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 163

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1. 1 จำนวนเปอร์เซ็นต์ของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานผ้าที่ผลิตได้.....2

ตารางที่ 1. 2 เปอร์เซ็นต์ของข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและด่างคาบสีที่เกิดขึ้นในแต่ละผ้า.....3

ตารางที่ 5. 1 ค่า ΔE ของผ้าในแต่ละใบสั่งย้อมของผ้ามอสเครป 42

ตารางที่ 5. 2 ค่า ΔE ของผ้าในแต่ละใบสั่งย้อมของผ้าชีฟอง 43

ตารางที่ 5. 3 การเปรียบเทียบวิธีการตรวจสอบข้อบกพร่องสีไม่เหมือนของผ้ามอสเครป 46

ตารางที่ 5. 4 การเปรียบเทียบวิธีการตรวจสอบข้อบกพร่องสีไม่เหมือนของผ้าชีฟอง 48

ตารางที่ 5. 5 เกณฑ์การยอมรับของโรงงานกรณีศึกษา..... 51

ตารางที่ 5. 6 ผลลัพธ์ของการวัดข้อบกพร่องด่างคราบสีของผ้ามอสเครป 51

ตารางที่ 5. 7 ผลลัพธ์การวัดข้อบกพร่องด่างคราบสีของผ้าชีฟอง 53

ตารางที่ 6. 1 สรุปความบกพร่องที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนในกระบวนการย้อมผ้ามอสเครปและผ้าชีฟองที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและด่างคราบสี 71

ตารางที่ 6. 2 สรุปสาเหตุแยกตามกลุ่มสาเหตุ..... 72

ตารางที่ 6. 3 เกณฑ์การประเมินความรุนแรงของผลกระทบ (S)..... 73

ตารางที่ 6. 4 เกณฑ์การประเมินโอกาสในการเกิดสาเหตุของข้อบกพร่อง (O) 73

ตารางที่ 6. 5 เกณฑ์การประเมินความสามารถในตรวจจับหรือการควบคุมในปัจจุบัน (D)..... 74

ตารางที่ 6. 6 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)..... 75

ตารางที่ 6. 7 สรุปสาเหตุหลักที่มีค่า RPN สูงที่ถูกคัดเลือกมาดำเนินการแก้ไข..... 80

ตารางที่ 7. 1 แผนการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขของทั้ง 6 ลำดับแนวทางแก้ไข..... 81

ตารางที่ 7. 2 การเปรียบเทียบข้อบกพร่องจากการใช้สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์ ในปี 2555 กับการใช้ สารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำจากขั้นตอนการลดน้ำหนักในปี 2556..... 82

ตารางที่ 7. 3 ความเข้มข้นและน้ำหนักของสารเคมีที่ใช้ในการทดลองทำความสะอาดผ้ามอสเครปโดยใช้สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์ 84

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 7. 4 ความเข้มข้นและน้ำหนักของสารเคมีที่ใช้ในการทดลองทำความสะอาดผ้ามอสเครปโดยใช้สารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำจากขั้นตอนการลดน้ำหนัก 86

ตารางที่ 7. 5 ความเข้มข้นและน้ำหนักของสารเคมีที่ใช้ในการทดลองทำความสะอาดผ้าชีฟองโดยใช้สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์ 88

ตารางที่ 7. 6 ความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ในการทดลองทำความสะอาดผ้าชีฟองโดยใช้สารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำจากขั้นตอนการลดน้ำหนัก 89

ตารางที่ 7. 7 ผลของข้อบกพร่องที่พบในผ้ามอสเครปจากการศึกษาผลกระทบของชนิดของสารละลายโซดาไฟในขั้นตอนการทำความสะอาดต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์..... 90

ตารางที่ 7. 8 ผลของข้อบกพร่องที่พบในผ้าชีฟองจากการศึกษาผลกระทบของชนิดของสารละลายโซดาไฟในขั้นตอนการทำความสะอาดต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์..... 91

ตารางที่ 7. 9 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผ้ามอสเครปจากการศึกษาผลกระทบของ ชนิดของสารละลายโซดาไฟคุณภาพของผลิตภัณฑ์ 91

ตารางที่ 7. 10 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผ้าชีฟองจากการศึกษาผลกระทบของชนิด ของสารละลายโซดาไฟต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ 92

ตารางที่ 7. 11 ผลการทวนสอบน้ำหนักรถเข็น 94

ตารางที่ 7. 12 เปรียบเทียบขั้นตอนการชั่งสีก่อนและหลังการปรับปรุง 97

ตารางที่ 7. 13 วิธีปฏิบัติงานในการผสมสีก่อนและหลังการปรับปรุง 102

ตารางที่ 7. 14 การปรับตั้งขนาดของหัวฉีดและแรงดันภายในหัวฉีดสำหรับผ้ามอสเครปก่อนการปรับปรุง 107

ตารางที่ 7. 15 ระดับปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา กรณีผ้ามอสเครป 107

ตารางที่ 7. 16 ลำดับการทดลองจากโปรแกรม MINITAB 108

ตารางที่ 7. 17 ผลการทดลองของผ้ามอสเครป 109

ตารางที่ 7. 18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง 112

ตารางที่ 7. 19 ปัจจัยและระดับที่เหมาะสมสำหรับผ้ามอสเครป 115

ตารางที่ 7. 20 การปรับตั้งขนาดของหัวฉีดและแรงดันภายในหัวฉีดสำหรับผ้าชีฟองก่อนการปรับปรุง 115

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 7. 21 ระดับปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา กรณีผ้าชีฟอง 115

ตารางที่ 7. 22 ลำดับการทดลองจากโปรแกรม MINITAB 116

ตารางที่ 7. 23 ผลการทดลองของผ้าชีฟอง 117

ตารางที่ 7. 24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง 120

ตารางที่ 7. 25 ปัจจัยและระดับที่เหมาะสมสำหรับผ้าชีฟอง 123

ตารางที่ 7. 26 เปรียบเทียบผลค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานของผ้ามอสเครปในกระบวนการย้อมผ้า 125

ตารางที่ 7. 27 เปรียบเทียบผลค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานของผ้ามอสเครปในกระบวนการย้อมผ้า 128

ตารางที่ 9. 1 จำนวนเปอร์เซ็นต์ของข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและด่างคราบสีก่อนการปรับปรุงที่ตรวจวัดโดยเครื่องวัดสีและพนักงานที่ผ่านการตรวจสอบแล้ว 134

ตารางที่ 9. 2 สาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องแยกตามกลุ่มสาเหตุ 135

ตารางที่ 9. 3 ปัจจัยและระดับที่เหมาะสมสำหรับผ้ามอสเครป 137

ตารางที่ 9. 4 ปัจจัยและระดับที่เหมาะสมสำหรับผ้าชีฟอง 137

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูป

รูปที่ 2. 1 โครงสร้างอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มไทย 5
รูปที่ 2. 2 การเคลื่อนที่ของผ้าผ่านหัวฉีด 8
รูปที่ 2. 3 การเคลื่อนที่ของผ้าภายในเครื่องเจ็ท.....8
รูปที่ 3. 1 ระเบียบวิธีวิจัย..... 21
รูปที่ 4. 1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ของโรงงาน 25
รูปที่ 4. 2 โครงสร้างองค์กรของโรงงานกรณีศึกษา..... 26
รูปที่ 4. 3 กระบวนการทำงานในโรงงานกรณีศึกษา 27
รูปที่ 4. 4 กระบวนการไหลของขั้นตอนผลิตหลัก 29
รูปที่ 4. 5 เครื่องอันโรล..... 30
รูปที่ 4. 6 เครื่องโรตารีวอชเชอร์ 31
รูปที่ 4. 7 เครื่องสเตนเตอร์ 31
รูปที่ 4. 8 เครื่องลดน้ำหนัก..... 32
รูปที่ 4. 9 เครื่องย้อมเจ็ท 33
รูปที่ 4. 10 เครื่องสลัดน้ำ..... 34
รูปที่ 4. 11 เครื่องโรยผ้า 34
รูปที่ 4. 12 การตรวจสอบคุณภาพ..... 35
รูปที่ 4. 13 เปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในเดือนมกราคม พ.ศ.2556 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2556 35
รูปที่ 4. 14 แผนภาพพาเรโตของประเภทข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการย้อม 36
รูปที่ 4. 15 ตัวอย่างข้อบกพร่องประเภทด่างคราบสี..... 36
รูปที่ 4. 16 แผนภูมิวงกลมแสดงเปอร์เซ็นต์ของผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษา 37
รูปที่ 4. 17 เปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องสีไม่เหมือนแยกตามผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษา 37

รูปที่ 4. 18 เปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องด่างคราบสีแยกตามผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษา 38
รูปที่ 4. 19 ตัวอย่างผ้ามอสเครป 38
รูปที่ 4. 20 ตัวอย่างผ้าชีฟอง..... 39
รูปที่ 5. 1 ข้อมูลข้อบกพร่องสีไม่เหมือนในผ้ามอสเครปและผ้าชีฟองที่ใช้เป็นข้อมูลก่อนการปรับปรุง 55
รูปที่ 5. 2 ข้อมูลข้อบกพร่องด่างคราบสีในผ้ามอสเครปและผ้าชีฟองที่ใช้เป็นข้อมูลก่อนการปรับปรุง 55
รูปที่ 5. 3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการเกิดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนในผ้ามอสเครปแยกโทนสี..... 57
รูปที่ 5. 4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการเกิดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนในผ้าชีฟองแยกโทนสี... 58
รูปที่ 5. 5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการเกิดข้อบกพร่องด่างคราบสีในผ้ามอสเครปแยกโทนสี..... 59
รูปที่ 5. 6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการเกิดข้อบกพร่องด่างคราบสีในผ้าชีฟองแยกโทนสี... 60
รูปที่ 6. 1 แผนผังก้างปลาของความบกพร่องที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องสีไม่เหมือน ... 63
รูปที่ 6. 2 แผนผังก้างปลาของความบกพร่องที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องสีไม่เหมือน ... 64
รูปที่ 6. 3 การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง..... 65
รูปที่ 6. 4 แผนภาพพาเรโตของคะแนน RPN..... 79
รูปที่ 7. 1 ตัวอย่างน้ำหนักรถเข็นที่ระบุก่อนการทวนสอบ 93
รูปที่ 7. 2 ชื่อของสารเคมีบนขวดสารเคมีก่อนการปรับปรุง..... 100
รูปที่ 7. 3 ตัวอย่างการจัดทำหมายเลขแสดงลำดับการผสมสารเคมีบนขวดสารเคมี 100
รูปที่ 7. 4 ก่อนและหลังการปรับปรุงในการจัดวางเพื่อรอการผสมสารเคมี..... 101
รูปที่ 7. 5 ป้ายแสดงวิธีปฏิบัติงานในการผสมสารเคมี..... 101
รูปที่ 7. 6 เครื่องย้อมเจ็ทของโรงงานกรณีศึกษา..... 104
รูปที่ 7. 7 การพล็อตความน่าจะเป็นของค่าความผิดพลาดที่มีการกระจายแบบปกติ 110
รูปที่ 7. 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความผิดพลาดและลำดับที่การทดลอง..... 111

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 7. 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความผิดพลาดและค่าคาดหมายของตัวแปรตอบสนอง 111
รูปที่ 7. 10 กราฟ Normal Probability Plot แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่สำคัญ 113
รูปที่ 7. 11 แผนภาพพาเรโตแสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ 113
รูปที่ 7. 12 ผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง 114
รูปที่ 7. 13 อันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง 114
รูปที่ 7. 14 การพล็อตความน่าจะเป็นของค่าความผิดพลาดที่มีการกระจายแบบปกติ 118
รูปที่ 7. 15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความผิดพลาดและลำดับที่การทดลอง 119
รูปที่ 7. 16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความผิดพลาดและค่าคาดหมายของตัวแปรตอบสนอง 119
รูปที่ 7. 17 กราฟ Normal Probability Plot แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่สำคัญ 121
รูปที่ 7. 18 แผนภาพพาเรโตแสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ 121
รูปที่ 7. 19 ผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง 122
รูปที่ 7. 20 อันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง 122
รูปที่ 7. 21 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลของค่าความแตกต่างของสีของผ้ามอสเครป ในกระบวนการย้อมก่อนการปรับปรุง 123
รูปที่ 7. 22 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลของค่าความแตกต่างของสีของผ้ามอสเครป ในกระบวนการย้อมจากการทดลองยืนยันผลหลังการปรับปรุง 124
รูปที่ 7. 23 ค่าความสามารถของกระบวนการของค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานของผ้ามอสเครปในกระบวนการย้อมผ้าก่อนการปรับปรุง 124
รูปที่ 7. 24 ค่าความสามารถของกระบวนการของค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานของผ้ามอสเครปในกระบวนการย้อมผ้าจากการทดลองยืนยันผลหลังการปรับปรุง 125
รูปที่ 7. 25 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลของค่าความแตกต่างของสีของผ้าชีฟอง ในกระบวนการย้อมก่อนการปรับปรุง 126
รูปที่ 7. 26 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลของค่าความแตกต่างของสีของผ้าชีฟอง ในกระบวนการย้อมจากการทดสอบยืนยันผลหลังการปรับปรุง 126

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 7. 27 ค่าความสามารถของกระบวนการของค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานของผ้าชีฟองในกระบวนการย้อมผ้าก่อนการปรับปรุง 127

รูปที่ 7. 28 ค่าความสามารถของกระบวนการของค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานของผ้าชีฟองในกระบวนการย้อมผ้าจากการทดลองยืนยันผลหลังการปรับปรุง 127

รูปที่ 8. 1 การเปรียบเทียบผลก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงของข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและด่างคราบสีในผ้ามอสเครป 130

รูปที่ 8. 2 การเปรียบเทียบผลก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงในข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและด่างคราบสีในผ้าชีฟอง 130

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมฟอกย้อมและตกแต่งสำเร็จเป็นอุตสาหกรรมกลางน้ำของกลุ่มอุตสาหกรรมสิ่งทอ ซึ่งอุตสาหกรรมสิ่งทอเป็นอุตสาหกรรมใหญ่อุตสาหกรรมหนึ่งของประเทศไทย ที่มีบทบาทก่อให้เกิดการจ้างงานจำนวนมากและสร้างรายได้ให้แก่ประเทศเป็นระยะเวลากว่า 50 ปี สินค้าสิ่งทอยังเป็นสินค้าส่งออกของไทยที่ทำรายได้เจ้าประเทศเป็นอันดับต้นๆอีกด้วย แต่ในปัจจุบันอุตสาหกรรมสิ่งทอเป็นอุตสาหกรรมที่มีการขยายตัวทางเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่องทั่วโลก รวมถึงการเปิดการค้าเสรีประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC) ในปี 2558 ซึ่งจะทำให้มีการแข่งขันจากคู่แข่งในประเทศต่างๆทั้งในและนอกประเทศกลุ่มประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนสูงขึ้น อาทิเช่น จีน อินโดนีเซีย และเวียดนาม ที่สามารถผลิตสินค้าสิ่งทอที่มีต้นทุนต่ำกว่าประเทศไทย ดังนั้นเพื่อให้สินค้าสิ่งทอของไทยสามารถแข่งขันกับประเทศคู่แข่งอื่นๆได้นั้น ผู้ผลิตจึงต้องให้ความสำคัญในการหาวิธีปรับปรุงแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้น รวมถึงการพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้สามารถผลิตสินค้าที่มีคุณภาพได้มาตรฐานตามที่ลูกค้าต้องการ ต้นทุนการผลิตที่ต่ำและสามารถส่งมอบให้แก่ลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งถือเป็นปัจจัยหลักที่จะทำให้ผู้ผลิตสามารถอยู่รอดในการแข่งขันของตลาดโลกได้

อุตสาหกรรมนี้เป็นอุตสาหกรรมที่มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มมูลค่าให้กับผ้าผืน แม้ว่าจะเป็นจุดอ่อนที่สุดในกลุ่มอุตสาหกรรมสิ่งทอของไทย แต่จนถึงปัจจุบันก็ยังไม่ได้รับการพัฒนาและแก้ไขปัญหาอย่างจริงจัง เนื่องจากการพัฒนาอุตสาหกรรมนี้จะต้องใช้เงินทุนค่อนข้างมาก ทำให้อุตสาหกรรมประสบปัญหาด้านการผลิตที่มีประสิทธิภาพต่ำ เนื่องมาจากสาเหตุสำคัญ 4 ประการ คือ

1) การใช้เครื่องจักรล้าสมัยที่มีประสิทธิภาพต่ำในการผลิต ทำให้ไม่สามารถผลิตสินค้าที่มีคุณภาพสูงได้

2) สารเคมีที่ใช้ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ เนื่องจากสารเคมีที่ผลิตในประเทศยังไม่ได้คุณภาพที่ดีพอ

3) การขาดแคลนบุคลากรและแรงงานฝีมือ ตั้งแต่ระดับผู้บริหาร วิศวกร ช่างเทคนิค และคนงาน

4) การขาดการทำวิจัยและพัฒนา โดยเฉพาะการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและพัฒนารูปแบบสินค้า โดยเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ เทคโนโลยีการผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous Process) และการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (Batch Process) ในส่วนของเทคโนโลยีการผลิตแบบต่อเนื่องมีใช้เฉพาะในโรงงานขนาดใหญ่ที่มีการผลิตครบวงจร คือ มีตั้งแต่การ

ปั่นด้ายจนถึงการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป ซึ่งมีเพียงร้อยละ 10 ของจำนวนโรงงานทั้งหมด และเทคโนโลยีการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง มีใช้ในโรงงานขนาดกลางและเล็ก คิดเป็นร้อยละ 30 ของจำนวนโรงงานทั้งหมดในอุตสาหกรรมนี้ บางโรงงานอาจมีกระบวนการผลิตที่ครบวงจร ต่างกับโรงงานขนาดใหญ่ในส่วนของกำลังการผลิตเท่านั้น การผลิตแบบไม่ต่อเนื่องนี้ที่อาจมีเฉพาะบางกระบวนการ นอกนั้นจะเป็นโรงงานขนาดเล็กที่รับจ้างฟอก ย้อม พิมพ์ หรือแต่งสำเร็จเท่านั้น เทคโนโลยีนี้ต้องพึ่งพาบุคลากรที่มีความรู้ความชำนาญและประสบการณ์ด้านเคมีสิ่งทอ (Labor Intensive) เนื่องจากการใช้สีและสารเคมีจะขึ้นอยู่กับเส้นใยที่ใช้ในการผลิตผ้าชนิดนั้นๆ ซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์จากการปฏิบัติจริง ซึ่งมีปัญหามากกับเครื่องจักรที่มีอายุการใช้งานนานและต้นทุนบุคลากรที่มีสูงทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตของโรงงานขนาดเล็กมีต่ำ ซึ่งการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การลดสัดส่วนของเสียหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ดังนั้นหากอุตสาหกรรมสิ่งทอของไทยสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้ ก็จะทำให้สามารถแข่งขันในตลาดโลกได้

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาโรงงานแห่งหนึ่งในกลุ่มอุตสาหกรรมฟอกย้อม ซึ่งมีการผลิตสินค้าสิ่งทอ โดยใช้เส้นใยประดิษฐ์จากธรรมชาติ เส้นใยสังเคราะห์ และเส้นใยธรรมชาติ เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต เช่น เส้นใยโพลีเอสเตอร์ เรยอน คอทตอน ปอ ไหม เป็นต้น โดยมีการผลิตตามคำสั่งซื้อของลูกค้า (Make to Order)

จากการศึกษาพบว่า โรงงานกรณีศึกษาแห่งนี้ประสบปัญหาด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จากข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2556 พบว่ามีจำนวนข้อบกพร่องเกิดขึ้นจำนวนมาก มีค่าเฉลี่ยของข้อบกพร่องในแต่ละเดือนอยู่ที่ 18.60% ทางโรงงานต้องนำผลิตภัณฑ์เหล่านี้กลับมาแก้ไข จนเกือบกลายเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการย้อมผ้าไปแล้ว ซึ่งการแก้ไขต้องสูญเสียทรัพยากรต่างๆเป็นจำนวนมากทั้ง ระยะเวลา วัตถุดิบ และทรัพยากรที่เกี่ยวข้องอื่นๆ ในการปรับปรุงแก้ไข ส่งผลให้มีต้นทุนในการผลิตที่สูงขึ้น รวมทั้งไม่สามารถส่งมอบสินค้าให้ลูกค้าได้ทันกำหนดเวลา เมื่อนำข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นมาพิจารณาด้วยแผนภาพพาเรโต จะพบว่าข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นมากที่สุดเป็น 2 อันดับแรกคิดรวมเป็น 88.52% ของข้อบกพร่องทั้งหมด ประกอบด้วย 2 ข้อบกพร่อง คือ ข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและข้อบกพร่องด่างคราบสี คิดเป็น 63.05% และ 25.47% ตามลำดับดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1. 1 จำนวนเปอร์เซ็นต์ของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานผ้าที่ผลิตได้

ข้อบกพร่อง	จำนวนเปอร์เซ็นต์ที่เกิดขึ้น
สีไม่เหมือน	63.05
ด่างคราบสี	25.47
สีตก	5.06
ผ้ายับ	3.91
อื่นๆ	0.22

ตารางที่ 1. 2 เปอร์เซ็นต์ของข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและด่างคาบสีที่เกิดขึ้นในแต่ละผ้า

ผลิตภัณฑ์	จำนวนเปอร์เซ็นต์ที่เกิดขึ้น	
	ข้อบกพร่องสีไม่เหมือน	ข้อบกพร่องด่างคราบสี
ผ้าชีฟอง	16.74%	6.66%
ผ้าพีชสกรีน	1.78%	1.78%
ผ้าจอร์เจีย	2.83%	0.94%
ผ้าไหมเทียม	3.95%	1.53%
ผ้ามอสเครป	19.82%	7.74%
อื่นๆ	1.65%	0.55%

จากจำนวนเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและข้อบกพร่องด่างคราบสีที่เกิดขึ้นในแต่ละประเภทของผลิตภัณฑ์ผ้า ตามตารางที่ 1.2 จะพบว่า ในผ้ามอสเครปมีจำนวนของข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและข้อบกพร่องด่างคราบสี เกิดขึ้นมากที่สุด คิดเป็น 19.82% และ 7.74% ตามลำดับ รองลงมาคือ ผ้าชีฟอง ซึ่งมีจำนวนของข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและด่างคราบสี คิดเป็น 16.74% และ 6.64% ตามลำดับ

จากสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการย้อมผ้าที่ได้กล่าวมาข้างต้น จึงได้ทำการคัดเลือกพิจารณาลดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและข้อบกพร่องด่างคราบสีที่เกิดขึ้นในผ้ามอสเครปและผ้าชีฟอง

1.2 วัตถุประสงค์ในการดำเนินงานวิจัย

เพื่อลดข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการย้อมผ้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1) งานวิจัยนี้ทำการศึกษาเพื่อหาวิธีการในการลดข้อบกพร่องประเภทสีไม่เหมือนและด่างคราบสีในผ้ามอสเครปและผ้าชีฟอง

2) งานวิจัยนี้ทำการศึกษากระบวนการผ้าโพลีเอสเตอร์เท่านั้น

3) งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองโดยอ้างอิงตามสูตรสีและสารเคมี รวมทั้งสภาวะที่ใช้ในกระบวนการย้อม เช่น ระยะเวลา อุณหภูมิ โดยไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลง

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1) การศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานกรณีศึกษา

1.1) ศึกษาข้อมูลทั่วไป กระบวนการย้อมผ้าและปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงาน

1.2) เก็บรวบรวมข้อมูลของปัญหาที่เกิดขึ้นและคัดเลือกปัญหา

1.3) การจัดตั้งทีมงาน

1.4) ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2) การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำในการวัดลักษณะข้อบกพร่อง

2.1) การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของการวัดลักษณะข้อบกพร่องสีไม่เหมือนของในผ้ามอสเครปและผ้าชีฟองพนักงานในขั้นตอนทดลองย้อมและขั้นตอนตรวจสอบคุณภาพ

2.2) การปรับปรุงแก้ไขวิธีการวัดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนโดยใช้เครื่องวัดสี

2.2) การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำในการวัดลักษณะข้อบกพร่องด่างคราบสีในผ้ามอสเครปและผ้าชีฟองของพนักงานในขั้นตอนตรวจสอบคุณภาพ

3) การวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง

3.1) การระดมความคิดโดยใช้แผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram)

3.2) การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (Fault Tree Analysis: FTA)

3.3) การวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA)

4) การดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

5) การควบคุมและติดตามผล

6) สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

7) จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1) ข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและด่างคราบสีที่เกิดขึ้นในกระบวนการย้อมผ้ามอสเครปและผ้าชีฟองลดลงหลังจากการปรับปรุง

2) เป็นแนวทางในการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องและแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการย้อมผ้าโพลีเอสเตอร์

1.6 คำนิยามในงานวิจัย

1) สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์ หมายถึง โซเดียมไฮดรอกไซด์ 32% ในรูปของเหลวที่ยังไม่ได้มีการนำไปใช้งาน

2) สารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำ หมายถึง โซเดียมไฮดรอกไซด์ 32% ในรูปของเหลวที่ผ่านการนำใช้งานในขั้นตอนลดน้ำหนักมาแล้ว

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

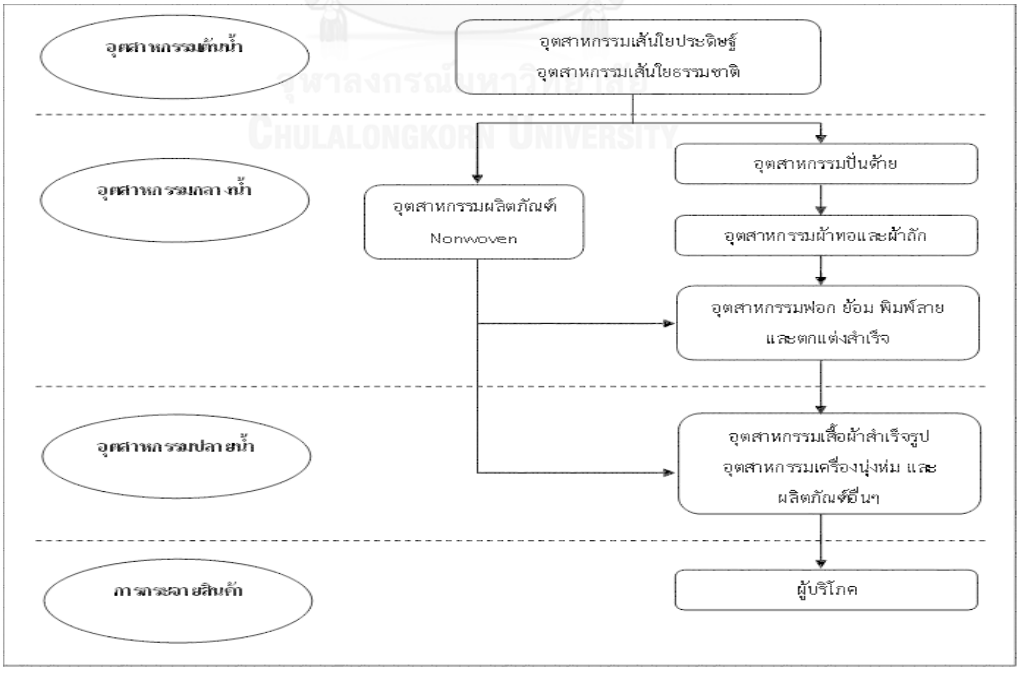
ในการดำเนินงานวิจัยนี้ มีการศึกษาและสำรวจทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการลดข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการย้อมผ้าโพลีเอสเตอร์ ซึ่งมีทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1. การฟอก ย้อมและตกแต่งสำเร็จ

2.1.1 โครงสร้างอุตสาหกรรมสิ่งทอ

อุตสาหกรรมฟอก ย้อมและตกแต่งสำเร็จ เป็นอุตสาหกรรมกลางน้ำ (Middle stream) ของโครงสร้างอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มไทย ดังรูปที่ 2.1 การผลิตส่วนใหญ่เป็นกระบวนการทางเคมีที่อาศัยการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติของเส้นใย โดยการใช้สารเคมีและสีย้อมที่เหมาะสมซึ่งอาศัยน้ำเป็นตัวกลาง

อุตสาหกรรมสิ่งทอเริ่มตั้งแต่การผลิตเส้นใยแล้วนำไปปั่นเป็นเส้นด้าย นำมาทำเป็นผ้าผืนโดยการทอหรือถัก จากนั้นต้องนำผ้าผืนหรือเส้นด้ายมาทำความสะอาดให้มีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการย้อม เมื่อย้อมเสร็จจะนำมาตกแต่งด้วยสารเคมีหรือทางกลเพื่อให้มีเนื้อสัมผัสหรือคุณสมบัติต่างๆตามความต้องการของลูกค้า ซึ่งจะได้ผ้าสำเร็จรูปพร้อมที่จะนำไปทำเครื่องนุ่งห่มหรือเครื่องใช้อื่นๆต่อไป



รูปที่ 2. 1 โครงสร้างอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มไทย

2.1.2 กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมฟอก ย้อมแลและตกแต่งสำเร็จ

อุตสาหกรรมฟอก ย้อมและตกแต่งสำเร็จถือเป็นอุตสาหกรรมกลางน้ำ โดยกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมฟอก ย้อมและตกแต่งสำเร็จที่สำคัญหลักๆ ได้แก่

- กระบวนการเตรียมผ้า (Preparation)
- กระบวนการย้อมผ้า (Dyeing)
- กระบวนการตกแต่งสำเร็จ (Finishing)

- **กระบวนการเตรียมผ้า**

เป็นขั้นตอนแรกในการผลิต ซึ่งถือเป็นหัวใจของกระบวนการฟอก ย้อม พิมพ์ลายและตกแต่งสำเร็จ เพราะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่จะผลิตได้ เนื่องจากเป็นขั้นตอนการนำเส้นด้ายหรือผ้าดิบออกจากโรงปั่นหรือทอถักมาผ่านกระบวนการต่างๆเพื่อเตรียมเส้นด้ายหรือผ้าให้อยู่ในสภาพที่สามารถจะนำไปย้อมสีหรือตกแต่งสำเร็จได้ตามที่ลูกค้าต้องการ

สำหรับขั้นตอนที่ถือเป็นกระบวนการเตรียมผ้าในกระบวนการย้อมผ้าของโรงงานกรณีศึกษาจะมีเพียงขั้นตอนการทำความสะอาดหรือขั้นตอนการกำจัดสิ่งสกปรก ขั้นตอนเซตตัวด้วยความร้อนและขั้นตอนลดน้ำหนัก โดยกระบวนการเตรียมผ้าจะมีความแตกต่างกันออกไปขึ้นกับประเภทของเส้นใย

ในขั้นตอนทำความสะอาดผ้าโพลีเอสเตอร์ ซึ่งเป็นผ้าที่ทอจากเส้นใยสังเคราะห์ที่มีความสะอาดอยู่แล้วตามธรรมชาติ ทำให้การทำความสะอาดจะมีความง่ายกว่าผ้าที่ทอจากเส้นใยธรรมชาติ โดยสิ่งสกปรกส่วนใหญ่มาจากขั้นตอนการทอ ได้แก่ สารหล่อลื่นและสารไซซิ่ง ซึ่งสารไซซิ่งของผ้าโพลีเอสเตอร์ส่วนใหญ่จะเป็นสารประเภทพีวีเอและสารอะไครลิค โดยสารพีวีเอละลายได้ดีในน้ำร้อนและสารอะไครลิคละลายได้ดีในด่าง ส่วนพวกน้ำมันหล่อลื่นหรือแวกซ์ ทำให้เป็นอิมัลชันได้โดยน้ำสบู่ ดังนั้นในการกำจัดสิ่งสกปรกของผ้าโพลีเอสเตอร์จึงใช้น้ำร้อน น้ำสบู่และด่าง สำหรับด่างที่นิยมใช้ คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide, NaOH) หรือโซดาไฟ การกำจัดสิ่งสกปรกมีความจำเป็นสำหรับทุกเส้นใยเพื่อทำให้เส้นใยสามารถดูดติดสีและสารเคมีต่างๆได้อย่างสม่ำเสมอและมีคุณสมบัติเหมาะสมกับกระบวนการผลิตในขั้นตอนต่อไป เช่น การย้อม การพิมพ์ เป็นต้น

ขั้นตอนการเซตตัวด้วยความร้อน เป็นขั้นตอนที่ทำให้ผ้ามีความคงรูปและไม่หดตัว ทั้งยังมีผลต่อคุณสมบัติในการดูดติดสีย้อมของเส้นใยด้วย โดยทั่วไปความร้อนที่ใช้ในการเซตตัวจะมีผลต่อการดูดซึมสีของเส้นใย ดังนั้นในการเซตตัวด้วยความร้อนจึงควรระมัดระวังให้ผ้าได้รับความร้อนและแรงดึงอย่างสม่ำเสมอเท่ากันทุกจุด มิฉะนั้นอาจจะเกิดปัญหาการย้อมติดสีไม่เท่ากัน

ขั้นตอนการลดน้ำหนัก เป็นขั้นตอนการปรับปรุงคุณสมบัติของผ้าด้วยสารเคมี เพื่อให้ผ้ามีคุณสมบัติตรงตามประโยชน์ใช้สอยบางประการ เช่น ทำให้ผ้าพลิ้วตัว ทำให้ผ้านุ่ม เป็นต้น วิธีการที่

นิยมใช้ คือ การลดน้ำหนักด้วยโซดาไฟ โดยวิธี Hanging Method ซึ่งเป็นการแขวนผ้าแล้วจุ่มขึ้น-ลง แต่มีปัจจัยหลายอย่างที่ต้องควบคุม มิฉะนั้นแล้วคุณภาพของผ้าที่ได้จะไม่สม่ำเสมอ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเข้มข้นของสารละลายโซดาไฟในระยะเวลาที่ใช้ทำปฏิกิริยาชนิดของเส้นใยและลักษณะของโครงสร้างผ้า สารละลายโซดาไฟสามารถกัดกร่อนและทำลายเส้นใยโพลีเอสเตอร์ได้ โดยเส้นใยโพลีเอสเตอร์ที่ถูกกัดกร่อนออกมาคือ สารไดโซเดียมเทเรฟทาเลตซึ่งมีชื่อว่า DST (Disodium terephthalate) หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า โอลิโกเมอร์ ซึ่งเมื่อมีโอลิโกเมอร์เกาะติดอยู่บนผ้าจะทำให้การย้อมสีเกิดปัญหาในการติดสีได้ [1]

รวมทั้งผ้าที่นำไปลดน้ำหนักแล้วจะมีผิวขรุขระ เมื่อนำไปย้อมสีในปริมาณที่เท่าเดิมจะเห็นว่าสีที่ย้อมได้มีความเข้มลดลง ทั้งนี้เป็นเพราะผิวของเส้นใยขรุขระทำให้การสะท้อนแสงกระจายมาก จึงทำให้ตามองเห็นสีอ่อนลง แต่ถ้านำผ้าสีไปวัดด้วยเครื่องวัดสีจะพบว่าความเข้มของสีเท่าเดิม [1] ซึ่งจะเห็นว่าการใช้สายตาจะมีความถูกต้องและแม่นยำน้อยกว่าการใช้เครื่องวัดสี

- **กระบวนการย้อม**

กระบวนการย้อมผ้าโพลีเอสเตอร์ซึ่งเป็นเส้นใยสังเคราะห์ จะใช้สีดิสเพิร์สในการย้อม โดยคุณลักษณะของสีย้อมที่ดี คือ ความเข้มสูง ละลายน้ำได้เล็กน้อย และมีความคงทนต่อการซัก

[2] ได้กล่าวว่ากระบวนการย้อมประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนของการที่สีย้อมเคลื่อนที่จากน้ำย้อมสู่เส้นใย และส่วนของการคงอยู่ภายในเส้นใยได้ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นลำดับโดยละเอียดได้ดังนี้

1. การเคลื่อนที่ของสีเข้าใกล้ผิวใยหรือการดูดติดของสีที่ผิวใย
2. การซึมผ่านของสีจากผิวใยสู่ภายในเส้นใย
3. การแพร่ของสีทั่วถึงภายในเส้นใย
4. การคงอยู่ของโมเลกุลสีภายในเส้นใยหรือการดูดติดของสีภายในเส้นใย

สำหรับกระบวนการย้อมผ้า สามารถแบ่งอย่างกว้างๆได้ 3 วิธี ได้แก่

1. การย้อมแบบดูดซึม (Exhaustion Method)
2. การย้อมแบบต่อเนื่อง (Continuous Method)
3. การย้อมแบบกึ่งต่อเนื่อง (Semi Continuous Method)

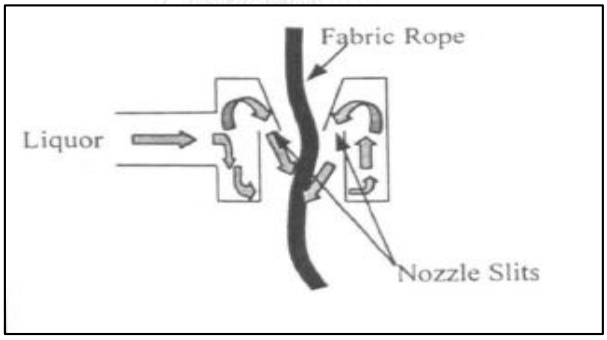
โดยโรงงานกรณีศึกษาแห่งนี้จะใช้วิธีการย้อมแบบดูดซึม (Exhaustion Method) ซึ่งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

การย้อมแบบดูดซึมหรืออาจเรียกว่าการย้อมแบบทีละหม้อ (Batch-Wise Dyeing Process) เป็นการย้อมโดยวัสดุถูกแช่อยู่ในน้ำย้อมหรือมีการสัมผัสกันระหว่างวัสดุที่นำมาย้อมกับน้ำย้อมตลอดเวลา โดยสีดิสเพิร์สที่นำมาใช้ จะถูกทำให้เป็นสารละลายแขวนลอยในน้ำก่อน จากนั้นเติม

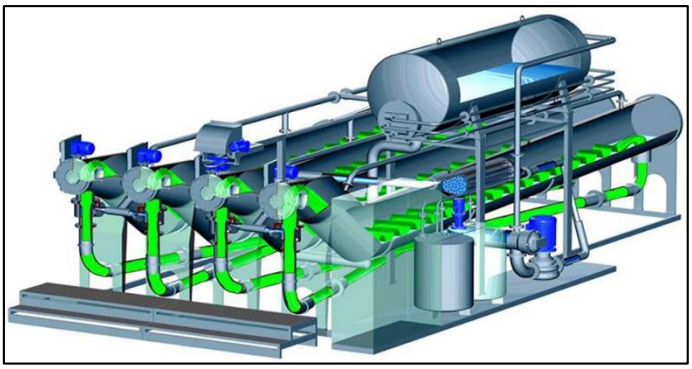
สารเคมีที่ทำให้การกระจายตัวและสารละลายบัฟเฟอร์ให้อยู่ในช่วงค่าความเป็นกรด แล้วจึงเติมสีลงไป เมื่อเพิ่มอุณหภูมิตามที่กำหนด เมื่อถึงอุณหภูมิที่เหมาะสม สีจะเริ่มติดเข้าไปในเส้นใย หลังจากนั้นจะต้องค่อยๆเพิ่มอุณหภูมิเพื่อทำให้สีติดสม่ำเสมอ

การย้อมเช่นนี้เหมาะสมสำหรับการผลิตจำนวนครั้งไม่มาก แต่จะใช้เวลานานและปริมาณน้ำค่อนข้างมาก รวมทั้งยังยากต่อการควบคุมสีให้เหมือนกัน แต่สามารถย้อมหลายสีได้ต่อๆกัน โดยจะต้องล้างเครื่องก่อน เพื่อไม่ให้สีเปื้อนกับวัสดุ โดยอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักผ้าต่อน้ำที่ใช้ย้อม มีตั้งแต่ 1:6 ไปจนถึง 1:12 สำหรับเครื่องย้อมที่นิยมใช้ เช่น เครื่องจิ๊กเกอร์ เครื่องเจ็ท เครื่องวินซ์ โดยโรงงานกรณีศึกษาทำการย้อมใช้เครื่องเจ็ท

การย้อมโดยเครื่องย้อมเจ็ท (Jet Dyeing Machine) เป็นการย้อมโดยที่ผ้าจะต้องเย็บต่อปลายทั้งสองข้างเป็นวงกลม การทำงานของเครื่องเจ็ท น้ำย้อมและผ้าจะมีการเคลื่อนที่ไปด้วยกันซึ่งทำให้แตกต่างจากเครื่องย้อมจิ๊กเกอร์หรือวินซ์ที่มีการเคลื่อนที่ของผ้าอย่างเดียว ซึ่งถือเป็นจุดเด่นของเครื่องย้อมชนิดนี้ที่ทำให้ผ้าและน้ำมีพื้นที่สัมผัสกันได้ดี การเคลื่อนที่ภายในถังย้อมเกิดจากการใช้น้ำฉีดผ่านช่องเล็กๆของหัวฉีด (Nozzle) ดังรูปที่ 2.2 ด้วยความเร็วและแรงพอที่จะขับเคลื่อนผ้าให้หมุนเวียนอยู่ในถังย้อม ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2. 2 การเคลื่อนที่ของผ้าผ่านหัวฉีด [3]



รูปที่ 2. 3 การเคลื่อนที่ของผ้าภายในเครื่องเจ็ท

- **การตกแต่งสำเร็จ**

สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ การตกแต่งสำเร็จเชิงกล (Mechanical Finishing) และการตกแต่งสำเร็จทางเคมี (Chemical Finishing) ซึ่งในโรงงานกรณีศึกษาจะใช้การตกแต่งสำเร็จทางเคมี ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

การตกแต่งสำเร็จทางเคมี (Chemical Finishing) เป็นการตกแต่งสำเร็จสิ่งทอด้วยสารละลายซึ่งสารตั้งต้นอาจจะมาจากธรรมชาติ หรือสารเคมีสังเคราะห์ขึ้นมา เพื่อช่วยในการปรับปรุงหรือเพิ่มเติมคุณสมบัติให้ได้ตามที่ลูกค้าต้องการ เช่น การตกแต่งป้องกันการยับ การตกแต่งป้องกันการลามไฟ การตกแต่งสะท้อนน้ำ การตกแต่งต้านแบคทีเรีย การตกแต่งต้านไฟฟ้าสถิต การตกแต่งให้มีกลิ่นหอม และการตกแต่งให้ผิวสัมผัสนุ่มดีขึ้น เป็นต้น ซึ่งในการตกแต่งด้วยสารละลายส่วนใหญ่จะทำในเครื่องสเต็นเตอร์ (Stenter) ซึ่งสามารถใช้ได้กับผ้าหลากหลายชนิด

2.2 การวัดความแตกต่างของสี

การวัดความแตกต่างของสี (Color difference) โดยทั่วไปสามารถวัดได้ 2 วิธี คือ การใช้สายตามนุษย์และการใช้เครื่องวัดสี (Spectrophotometer) แต่การใช้สายตามนุษย์จะมีจุดอ่อนหลายประการ เช่น สายตามนุษย์ไม่สามารถบันทึกหรือบอกค่าที่แน่นอนได้ว่าสีการเปลี่ยนแปลงไปเท่าไรเมื่อเวลาผ่านไป สายตามนุษย์แต่ละคนมีความสามารถในการมองเห็นสีไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับประสบการณ์และการฝึกฝนของแต่ละคน ซึ่งอาจมีความขัดแย้งกันทางด้านความคิดได้ เป็นต้น

เครื่องวัดสีเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดสี โดยสามารถวัดสีของวัตถุออกมาเป็นค่าตัวเลขได้ ซึ่งจะวัดปริมาณการสะท้อนแสงของวัตถุเทียบกับมาตรฐานอ้างอิงที่เป็น Reflectance Curve โดยวัตถุที่มีสีต่างกันนั้น จะมี Reflectance Curve แตกต่างกัน

หลักการทำงานของเครื่องวัดสีตามระบบของ Commission International de l'Eclairage (CIE) ประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ

1) แหล่งกำเนิดแสง เช่น หลอดไฟทังสเตน หลอดไฟซีนอนอาร์ค หลอดฟลูออเรสเซนส์ เป็นต้น จะขึ้นอยู่กับรูปแบบการใช้งาน หากต้องการดูสีในที่โล่งแจ้งในตอนกลางวัน การวัดเปรียบเทียบสีจะใช้แหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์ D65 เพื่อให้แสงที่มีสเปคตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเหมือนกับแสงแดดในตอนกลางวัน

2) วัตถุมีสี สำหรับการวัดในโรงงานกรณีศึกษา วัตถุมีสี คือผ้ามาตรฐานและผ้าตัวอย่างที่ต้องการเปรียบเทียบสี โดยเนื้อสีในผ้าจะมีคุณสมบัติดูดกลืนคลื่นแสงบางส่วนจากแหล่งกำเนิดแสงแล้วสะท้อนแสงส่วนที่เหลือเข้าสู่สายตาและอุปกรณ์วัดสี

3) อุปกรณ์สังเกตวัดสี สามารถวัดปริมาณสีทุกช่วงความยาวคลื่นจาก 400 นาโนเมตร ถึง 700 นาโนเมตร

การกำหนดมาตรฐานลำดับชั้นสีในปัจจุบันนิยมใช้ระบบ CIE 1976 L*a*b (CIELAB) ซึ่งเป็นการกำหนดค่าโคออดิเนตของสีใน 3 มิติ คือ L*a*b*

CIE ได้พยายามที่จะกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยได้กำหนดสมการค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (Total Color Difference, ΔE)

ในการวัดสีในอุตสาหกรรมสิ่งทอสามารถวัดได้จากการใช้เครื่องวัดสี ซึ่งหน่วยที่นิยมใช้ในการวัดความแตกต่างของสีตัวอย่างเทียบกับสีของมาตรฐาน คือ ค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (Total Color Difference, ΔE) โดยค่าที่นิยมยอมรับได้ทางการค้า คือ 1 [3]

2.3 การประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกมา

การประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกมาในการปรับปรุงคุณภาพหรือลดข้อบกพร่องประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดปัญหา (Define: D) การวัด (Measure: M) การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis: A) การปรับปรุงแก้ไขปัญหา (Improve: I) และการควบคุมและติดตามเพื่อปรับปรุง (Control: C) โดยอาศัยฐานของวงจรการควบคุมคุณภาพ (Deming) คือวางแผน (Plan: P) ดำเนินการ (Do: D) ตรวจสอบหรือศึกษา (Check or Study: C or S) และปรับปรุง (Action: A)

1) การกำหนดปัญหา

เป็นการนิยามและกำหนดประเด็นปัญหาในองค์กร เพื่อเลือกโครงการที่จะปรับปรุงโดยมุ่งเน้นไปที่กระบวนการที่สำคัญ หรือส่งผลกระทบต่อปัญหาด้านคุณภาพของสินค้าและบริการ มีการกำหนดเป้าหมาย ขอบเขตและตัวชี้วัด รวมทั้งการจัดตั้งทีมงานผู้รับผิดชอบในการทำงาน

2) การวัด

เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับสถานการณ์เพื่อให้เข้าใจสภาพของระบบและกระบวนการ ในขณะเดียวกันการวัดจำเป็นจะต้องเข้าใจว่าจะวัดอะไร วัดอย่างไร วัดที่ไหน วัดเมื่อไหร่ เพื่อให้เป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ปัญหาหรือกระบวนการ

3) การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

เป็นการวิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้าของปัญหา โดยการใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูล วิธีการแก้ไขปัญหาในขั้นตอนการปรับปรุง โดยต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของการนิยามอย่างแม่นยำของสาเหตุรากเหง้าของปัญหา โดยมีการทบทวนว่าขั้นตอนใดของกระบวนการมีความจำเป็นและขั้นตอนใดของกระบวนการไม่สร้างคุณค่าเมื่อดำเนินขั้นตอนนี้สมบูรณ์แล้ว จะช่วยให้พิจารณาวิธีการแก้ไขปัญหาที่ดีที่สุดไปยังสาเหตุรากเหง้าได้ และยังทำให้เข้าใจถึงสาเหตุรากเหง้า และวิธีการแก้ไขปัญหาที่มีประสิทธิผล

4) การปรับปรุงแก้ไขปัญหา (Improve: I)

เป็นการนำสาเหตุเหล่านั้นมาทำการทดลองและเสนอแนะแนวทางปรับปรุงแก้ไขเพื่อลงมือปฏิบัติ ซึ่งได้จากการสอบถามผู้รู้ การศึกษาค้นหว้าเองหรือการเอาระบบคุณภาพต่างๆ ที่มีอยู่เข้ามาช่วย เมื่อได้ปฏิบัติวิธีการแก้ไขปัญหาแล้ว จะทำการวางแผนในการประเมินผลลัพธ์ที่จะได้จากขั้นตอนการควบคุม การวางแผนการปฏิบัติอย่างรัดกุม รวมถึงรายละเอียดความต้องการทรัพยากรในการปฏิบัติ การเก็บรวบรวมหลักฐานของสาเหตุหลักที่จะนำไปสู่วิธีการปรับปรุงที่เหมาะสม และการฝึกอบรมผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ผู้เกี่ยวข้อง พนักงาน รวมถึงหัวหน้างาน

5) ระยะควบคุมและติดตามเพื่อปรับปรุง (Control: C)

เป็นการประเมินผลการแก้ไขปัญหาว่าเป็นไป ตามที่ต้องการแล้วหรือยัง หากเป็นไปตามที่ต้องการแล้ว ก็จะวางแผนทำให้วิธีการแก้ไขปัญหาดังกล่าวเป็นมาตรฐาน โดยต้องรักษามาตรฐาน ทำการควบคุม ไม่ให้เกิดความผันแปรอีก และวางแผนสำหรับการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งการสร้างโอกาสสาหรับการประยุกต์ใช้วิธีแก้ปัญหาเหล่านี้ในส่วนงานอื่นๆ หรือผลิตภัณฑ์อื่นๆ ด้วย ซึ่งสิ่งที่ควรได้จากขั้นตอนนี้ ได้แก่

- การประเมินผลก่อนและหลังปรับปรุง
- ระบบการตรวจติดตามการนำไปปฏิบัติ
- เอกสารสรุปผล การเรียนรู้ และคำแนะนำต่างๆ

นอกจากนั้นแล้วทีมงานจำเป็นต้องจัดทำเอกสารและประยุกต์ใช้เครื่องมืออย่างสมบูรณ์ และอาจต้องมีการเลือกการวัดผลอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้สามารถติดตามสถานการณ์ได้อย่างดี เทคนิคหรือระบบการจัดการกระบวนการ รวมถึงกำหนดผู้รับผิดชอบในกระบวนการ แผนการป้องกัน และ/หรือแผนการจัดการกระบวนการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4 การวิเคราะห์ระบบการวัด

การวัด หมายถึง การกำหนดค่าตัวเลขให้แก่วัตถุเพื่อแสดงถึงความสัมพันธ์ที่เป็นจริงของวัตถุดังกล่าวด้วยคุณสมบัติเฉพาะที่กำหนด

การวิเคราะห์ระบบการวัดมีจุดประสงค์สำคัญในการวิเคราะห์ถึงแหล่งของความคลาดเคลื่อนในระบบการวัด เนื่องจากกระบวนการวัดมีความสำคัญยิ่งในการควบคุมและการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการ ทั้งนี้เพื่อเป็นการประกันคุณภาพของผลการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ว่ามีความถูกต้องก่อนที่จะส่งไปยังลูกค้าหรือไม่ สำหรับความผันแปรของค่าวัดมาจากปัจจัยหลายอย่าง เช่น พนักงานวัด วิธีการวัด เครื่องมือวัด ตลอดจนสิ่งแวดล้อมในการวัด เป็นต้น

1) การวิเคราะห์ระบบการวัดของข้อมูลนับ (Attribute Measurement System)

การวิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับข้อมูลนับเป็นการประเมินผลและวิเคราะห์ระบบการตรวจสอบเมื่อเป็นคุณลักษณะเชิงคุณภาพ เช่น รสชาติ ความสวยงาม ความเรียบร้อย เป็นต้น หรือบางครั้งอาจเป็นลักษณะเชิงผันแปร (Variable Characteristics) แต่ทำการนับเมื่อเปรียบเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะ หรือ GO/No Go Gauge ซึ่งจะทำให้สามารถประเมินผลของข้อมูลออกมาเป็นที่ยอมรับหรือปฏิเสธ และผ่านหรือไม่ผ่าน [4]

ดัชนีที่ใช้ในการประเมินผล มีดังนี้

- ค่าเปอร์เซ็นต์รีพิททะบิลิตี้ = $\frac{\text{จำนวนชิ้นงานที่พนักงานแต่ละคนตรวจสอบได้ผลเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดในการตรวจสอบ}}$
- ค่าประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ = $\frac{\text{จำนวนชิ้นงานพนักงานที่พนักงานทุกคนตรวจสอบได้ผลเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดในการตรวจสอบ}}$
- ค่าเปอร์เซ็นต์คะแนนแอตทริบิวต์ = $\frac{\text{จำนวนชิ้นงานที่พนักงานแต่ละคนตรวจสอบได้ผลเหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดในการตรวจสอบ}}$
- ค่าเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลของคะแนนแอตทริบิวต์= $\frac{\text{จำนวนชิ้นงานที่พนักงานทุกคนตรวจสอบได้ผลเหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดในการตรวจสอบ}}$

จากทฤษฎีข้างต้นได้มีงานวิจัยนำที่นำการวิเคราะห์ระบบกระบวนการวัดสำหรับข้อมูลนับ ไปประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการผลิตมากมาย เช่น งานวิจัยของ [5] ได้ทำการปรับปรุงมาตรฐานการตรวจสอบคุณภาพในการผลิตสีผง โดยการวิเคราะห์ความเห็นพ้องของระบบการวัดสำหรับข้อมูลนับของพนักงานตรวจสอบคุณภาพในการตรวจสอบคุณภาพของพื้นผิวเคลือบในผลิตภัณฑ์สีผง 3 ประเภท ได้แก่ ฝ้า สะเก็ดและสีปนเปื้อน โดยการแบ่งกลุ่มแผ่นตัวอย่างเป็น 3 กลุ่มๆ คือ คุณภาพดี ไม่ดี และก้ำกึ่ง และสุ่มพนักงาน 5 คนมาทำการทดสอบ วัดซ้ำ 3 ครั้ง ซึ่งผลการประเมินพบว่าต่ำกว่าเกณฑ์การยอมรับที่ควรมากกว่า 80% แสดงว่าความสามารถพนักงานยังไม่ดี และยังพบว่า มีความบกพร่องของแผ่นมาตรฐาน เกณฑ์การตรวจสอบไม่ชัดเจน และขาดมาตรฐานการปฏิบัติงาน จึงได้ทำการปรับปรุงแก้ไขโดยการฝึกอบรมวิธีการตรวจสอบเป็นระยะ จัดทำมาตรฐานการตรวจสอบ ควบคุมดูแลแผ่นมาตรฐานและการกำหนดเกณฑ์การตรวจสอบที่ชัดเจน

2.5 แผนผังก้างปลา

แผนผังก้างปลาหรือแผนผังอิชิกาวา (Ishikawa Diagram) ว่าเป็นแผนภาพแสดงสาเหตุ (Cause) และผล (Effect) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะของคุณภาพกับสาเหตุ โดยการดึงสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดออกมาเรียบเรียงสาเหตุที่มีผลต่อคุณภาพ มีประโยชน์ในการใช้เป็นเครื่องมือในการระดมความคิดจากสมาชิกภายในกลุ่ม ทำให้เห็นปัญหาอย่างเป็นระบบและทราบสาเหตุของเหตุที่เกิดขึ้น ซึ่งสาเหตุที่ได้นั้นจะละเอียดและมีเหตุผล สามารถนำสาเหตุนั้นๆไปพิจารณาแก้ไข อีกทั้ง

ยังเป็นเครื่องมือที่สามารถประยุกต์ในการวิเคราะห์ปัญหาต่างๆได้มากมาย ช่วยชี้นำหรือช่วยในการอภิปรายรวบรวมประเด็นให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ [6]

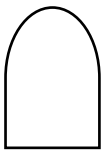
การวิเคราะห์แผนผังก้างปลา จะพิจารณาแยกสาเหตุของปัญหาออกเป็นหัวข้อหลักทั้งหมดได้ 6 กลุ่ม ดังนี้

- สาเหตุที่เกิดจากพนักงาน (Man)
- สาเหตุที่เกิดจากเครื่องจักร (Machine)
- สาเหตุที่เกิดจากวัตถุดิบ (Material)
- สาเหตุที่เกิดจากวิธีการทำงาน (Method)
- สาเหตุที่เกิดจากระบบการวัด (Measurement)
- สาเหตุที่เกิดสภาพแวดล้อมในกระบวนการผลิต (Environment)

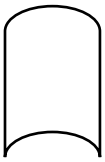
2.6 การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง

การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (Fault Tree Analysis: FTA) เป็นเทคนิคการชี้บ่งอันตรายที่เน้นถึงอุบัติเหตุ หรือ ข้อบกพร่องในการผลิต หรือเหตุการณ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้น เพื่อนำไปวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิด การออกแบบ FTA เริ่มจากการกำหนดเหตุการณ์ที่ไม่พึงปรารถนาในระดับบนสุด จากนั้นพิจารณาหาสาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ที่ไม่พึงปรารถนาระดับบนสุดนั้นแล้วใช้เกตตรรกซึ่งส่วนใหญ่มักใช้ “ and – gate ” หรือ “ or – gate ” เชื่อมสาเหตุและเหตุการณ์ที่ไม่พึงปรารถนานั้นไว้ สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย

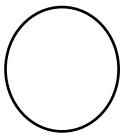
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



- AND – Gate เหตุการณ์จะเกิดขึ้นได้เนื่องจากสาเหตุหลายสาเหตุของเหตุการณ์ย่อย

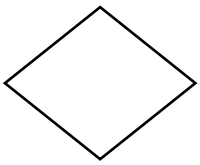


- OR – Gate เหตุการณ์จะเกิดขึ้นได้เนื่องจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งของเหตุการณ์ย่อย

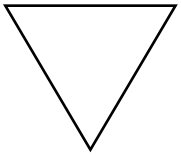


- Basic Event เหตุการณ์ย่อยที่เกิดขึ้นได้ตามปกติ ซึ่งทราบถึงสาเหตุที่เกิดขึ้นได้ชัดเจนโดยไม่ต้องทำการวิเคราะห์หาสาเหตุต่อไป ถือเป็นสาเหตุแรกของการเกิดอุบัติเหตุFault Tree Event

- เหตุการณ์ย่อยที่ส่งผลให้เกิดเหตุการณ์ต่อเนื่องจนเป็นเหตุในการเกิดอุบัติเหตุ



- Undeveloped Event เหตุการณ์ย่อยที่ไม่ต้องทำการวิเคราะห์หาสาเหตุ ต่อไปเนื่องจากไม่มีข้อมูลสนับสนุน



- มีการวิเคราะห์แล้วในจุดอื่นจะไม่วิเคราะห์ซ้ำ

2.7 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ

การวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) คือ กลุ่มของกิจกรรมเชิงระบบประการหนึ่งที่มีจุดมุ่งหมาย ดังต่อไปนี้ [7]

1) รับรู้และประเมินถึงแนวโน้มของข้อบกพร่อง (Potential failure) ของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการหนึ่ง และผลกระทบ (Effects) จากข้อบกพร่อง

2) ระบุวิธีการที่สามารถกำจัดทิ้งหรือลดโอกาสการเกิดข้อบกพร่อง

3) จัดทำกระบวนการทั้งหมดให้อยู่รูปเอกสาร

ในหลายทศวรรษที่ผ่านมามีการนำ FMEA มาประยุกต์ใช้ในหลากหลายอุตสาหกรรม เพราะ FMEA นั้นก่อให้เกิดประโยชน์มากมายในการนำไปใช้ โดยได้สรุปประโยชน์ของ FMEA ได้ดังต่อไปนี้

1) ปรับปรุงความน่าเชื่อถือและคุณภาพกระบวนการ/ผลิตภัณฑ์

2) เพิ่มความพึงพอใจและความปลอดภัยให้แก่ลูกค้า

3) สามารถระบุและกำจัดข้อบกพร่องของกระบวนการ/ผลิตภัณฑ์ที่มีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นได้ก่อนล่วงหน้า

4) จัดลำดับข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์/กระบวนการเพื่อพัฒนา

5) เป็นความรู้ทางวิศวกรรมและความรู้ขององค์กร

6) เน้นการป้องกันการเกิดข้อบกพร่องหรือปัญหาที่เกิดขึ้น

7) การบันทึกความเสี่ยงและกิจกรรมในการลดความเสี่ยงในรูปแบบของเอกสาร

8) เน้นกระบวนการวิจัยและพัฒนา

9) ลดต้นทุนการเปลี่ยนแปลงและต้นทุนซ่อนเร้นในกระบวนการผลิต

10) มีการวิเคราะห์และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นโดยทีมงานที่เกี่ยวข้อง

11) มีการบันทึกข้อมูลในอดีต

โดยทั่วไปแล้ว FMEA สามารถแบ่งวิธีการนำไปใช้งานได้ ดังต่อไปนี้

- System FMEA

ใช้สำหรับการออกแบบและปรับปรุงการทำงาน การใช้งานมักจะรวมอยู่ในขั้นตอนของ FMEA ชนิดอื่นๆ

- Design FMEA

ใช้สำหรับการวิเคราะห์และแก้ไขงานที่มีการทดลองหรือใช้งานเป็นครั้งแรก

- Process FMEA

ใช้สำหรับกระบวนการผลิตซึ่งก็มีลักษณะเหมือนกับ Design FMEA แต่สำหรับกระบวนการผลิตมักจะพิจารณาเกี่ยวกับปัจจัยการผลิตที่สำคัญ คือ พนักงาน เครื่องจักร วัสดุ การวัดและสภาพแวดล้อมของการผลิต แต่เครื่องจักรจะเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด โดยทั่วไปแล้วเครื่องจักรจะเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญที่สุด และในงานวิจัยของ[8] ได้ใช้ Process FMEA เป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์และจัดลำดับความสำคัญของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการย้อมผ้า

- Service FMEA

สำหรับใช้ในการบริการเป็นหลักโดยให้คนเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด

- Machinery FMEA

สำหรับการวิเคราะห์เครื่องจักรอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้โดยแบ่งเป็นส่วนประกอบต่างๆ เช่น โครงสร้างเครื่องจักร เครื่องมือ เป็นต้น

สำหรับขั้นตอนการจัดทำ FMEA สามารถสรุปได้ ดังนี้ [9]

1) การกำหนดหัวข้อหรือที่ต้องการศึกษา รวมทั้งขอบเขตในการศึกษา

2) มีการระบุผลลัพธ์ของหัวข้อหรือสิ่งที่ทำการศึกษา

3) มีการเข้าใจว่าการทำงานของสิ่งที่ศึกษา

4) การกำหนดเกณฑ์สำหรับการประเมินระดับคะแนนความรุนแรงของผลกระทบของข้อบกพร่อง (Severity, S) ระดับคะแนนโอกาสการเกิดสาเหตุของข้อบกพร่อง (Occurrence, O) และระดับคะแนนความสามารถในตรวจจับหรือการควบคุมในปัจจุบัน (Detection, D)

5) การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องแต่ละรายการ

6) ระบุผลกระทบของข้อบกพร่อง

7) ระบุการสาเหตุของข้อบกพร่อง

8) ระบุการควบคุมในปัจจุบัน

9) การประเมินตัวเลขแสดงความ โดยพิจารณาจากองค์ประกอบ 3 ประการ คะแนนความรุนแรงของผลกระทบของข้อบกพร่อง (Severity, S) ระดับคะแนนโอกาสการเกิดสาเหตุของข้อบกพร่อง (Occurrence, O) และระดับคะแนนความสามารถในตรวจจับหรือการควบคุมในปัจจุบัน (Detection, D) จากนั้นทำการพิจารณาค่า RPN คือ ตัวเลขแสดงลำดับของความเสี่ยง

RPN = S×O×D

10) คำนวณค่าตัวเลขแสดงลำดับของความเสี่ยง (Risk Priority Numbers, RPN) ในแต่ละรายการ

11) ระบุค่า RPN ที่จะทำการปรับปรุง

12) การกำหนดมาตรการตอบโต้เพื่อลดความเสี่ยง ควรมาจากพื้นฐานของเทคโนโลยีเฉพาะด้าน (Intrinsic technology) และเมื่อกำหนดมาตรการตอบโต้แล้วให้ดาเนินการปฏิบัติการ (Action) โดยการดำเนินการให้อยู่ในรูปแบบคณะทางานที่มีการมอบหมายอย่างเป็นทางการ สำหรับในกรณีที่มีความรุนแรงของลักษณะ ข้อบกพร่องสูงมาก อาจจะกำหนดมาตรการเบื้องต้นโดยการลดความรุนแรงลงก่อนที่จะดำเนินการกับสาเหตุรากเหง้าต่อไปได้ และ ผู้วิเคราะห์จะต้องทำการประเมินค่าความเสี่ยงในรูป RPN โดยอาศัยกฎเกณฑ์เดิมอีกครั้งเพื่อพิจารณาว่าความเสี่ยงของลักษณะข้อบกพร่องที่พิจารณาได้ลดลงหรือไม่ และถ้าไม่ตรงตามที่กำหนดแต่แรก ให้พิจารณาว่ามีนสาเหตุมาจากประเด็นใดเพื่อดำเนินการแก้ไขต่อไป

13) นำมาตรการไปประยุกต์ใช้และตรวจติดตามผล ซึ่งเป็นขั้นสุดท้ายของการทำ FMEA ในรอบแรกจะทำการติดตามผลเพื่อสร้างความมั่นใจว่ามาตรการตอบโต้ที่กำหนดไว้ ได้รับการนำไปปฏิบัติใช้อย่างมีประสิทธิผลหรือไม่ และถ้ามีประสิทธิผลดีแล้วควรถูกนาไปจัดทำเป็นมาตรฐาน และควรมีการดำเนินการวิเคราะห์ FMEA อีก เพื่อทำการลดความเสี่ยงอย่างต่อเนื่อง

จากหลักการข้างต้นนี้ ได้มีการนำหลักการ FMEA ไปวิเคราะห์ด้านกระบวนการผลิตเพื่อปรับปรุงคุณภาพในอุตสาหกรรมต่างๆ ดังเช่น งานวิจัยของ [10] ทำการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการพ่นสีชิ้นส่วนพลาสติกในอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยนำวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบของสีเป็นเม็ด สีเป็นขนผ้า สีเป็นหลุม สีบาง สีไหลย้อย และผิวเป็นรอย โดยเริ่มจากการกำหนดผู้เชี่ยวชาญระดมสมองในการค้นหาปัญหา วิเคราะห์กระบวนการผลิต จัดอันดับความสำคัญของกระบวนการผลิต วิเคราะห์ลักษณะปัญหา ลักษณะข้อบกพร่องและสาเหตุในแต่ละขั้นตอนกระบวนการผลิต ใช้ตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในการวิเคราะห์ปัญหา คำนวณค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) ของแต่ละปัจจัยและพิจารณาการแก้ไขจากปัจจัยที่ค่า RPN มากกกว่าหรือเท่ากับ 100 ได้แก่ ปัญหาผิวชิ้นงานเป็นรอยขีดข่วนในกระบวนการเตรียมผิวชิ้นงาน ซึ่งมีสาเหตุมาจากขัดแต่งผิวชิ้นงานไม่เหมาะสม จึงเสนอแนะแนวทางในการจัดทำคู่มือมาตรฐานการทำงานสำหรับชิ้นงานทั้งหมด หรือปัญหาสีเป็นหลุมหรือรูเข็มในกระบวนการล้างทำความสะอาด ซึ่งมีสาเหตุ

มาจากพนักงานไม่ปฏิบัติตามคำแนะนำ จึงได้ทำการอบรมพนักงานให้มีความเข้าใจถึงวิธีการปฏิบัติที่ถูกต้อง เป็นต้น ซึ่งจากการแก้ไขทำให้ค่า RPN ลดลง 20.00% ถึง 78.57% จากค่า RPN ของกระบวนการผลิตก่อนทำการแก้ไข งานวิจัยของ [11] ได้ใช้ FMEA ในการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิตผ้าหลังคารถยนต์ และพบว่ามีสาเหตุจากความละเลยในการปฏิบัติงานของพนักงานตามมาตรฐานการทำงานที่มีอยู่ ความบกพร่องของเครื่องจักร และวิธีปฏิบัติงานที่ยังไม่เหมาะสม จึงได้ทำการปรับปรุงวิธีการตรวจสอบ การปรับปรุงการปฏิบัติงานและการอบรมพนักงาน ซึ่งสามารถลดค่า RPN ได้เฉลี่ย 55% และจำนวนของเสียได้ประมาณ 59.51% เหลือเพียง 14.877 PPM และงานวิจัยของ [12] ได้ปรับปรุงกระบวนการผลิตแม่พิมพ์โลหะของอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ เนื่องจากมีการผลิตล่าช้า ชิ้นส่วนแม่พิมพ์เสีย และมีงานซ่อมแซมแม่พิมพ์ระหว่างการใช้งานจำนวนมาก จึงได้วิเคราะห์สาเหตุโดยการใช้ก้างปลาและ FMEAเพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัญหา มีแนวทางการปรับปรุงทั้ง 11 แนวทาง ทำการปรับปรุงทั้งคน เครื่องจักร วิธีการ และวัตถุดิบ เช่น การปรับปรุงการประสานงานระหว่างแผนก การกำหนดบำรุงรักษาเครื่องจักร การอบรมพนักงาน การนำ FMEA มาวิเคราะห์ในกระบวนการผลิตแม่พิมพ์เป็นต้น

2.8 การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลอง (Design of Experiments, DOE) เพื่อตรวจดูว่าปัจจัย (Factor) ใดหรือตัวแปร (Input Variable) ใดที่มีผลต่อสิ่งที่ให้ความสำคัญ (หรือความสนใจ) ในผลิตภัณฑ์ที่ออกมา (Output Response) ปัจจัยในการผลิตสามารถแบ่งได้เป็น 2 ปัจจัย คือ [13]

1) ปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable Factors) หมายถึง ปัจจัยที่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ในการผลิต
2) ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrollable Factors) หมายถึง ปัจจัยที่ไม่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ในการผลิต

การออกแบบการทดลองเพื่อวิเคราะห์ได้ว่า ปัจจัยใดมีผลต่อผลิตภัณฑ์หรือไม่ต้องทำการเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยอย่างน้อย 2 ระดับ แล้วทำการทดลอง จากนั้นจึงวิเคราะห์ผลการทดลอง

- วัตถุประสงค์ของการออกแบบการทดลอง

- เพื่อยืนยันข้อเท็จจริง คือ การพิสูจน์ถึงข้อเท็จจริงหรือความเชื่อจากประสบการณ์ หรือทฤษฎีบางอย่างที่อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการผลิต

- เพื่อค้นหาข้อเท็จ คือ การศึกษาถึงอิทธิพลของเงื่อนไขใหม่ที่มีผลต่อกระบวนการ

- คำจำกัดความ

- อิทธิพลหรือผล (Effect) หมายถึงผลของตัวแปรต้นที่มีต่อตัวแปรตาม

- ปัจจัย (Factor) หมายถึง สิ่งที่คิดว่ามีอิทธิพลต่อผลการทดลองของคุณสมบัติในตัวผลิตภัณฑ์

- ระดับของปัจจัย (Level of Factor) หมายถึง สภาวะต่างๆ ของปัจจัยหนึ่งๆ ที่ทำการกำหนดในการทดลอง

- ปัจจัยรบกวน (Noise Factor) หมายถึง ปัจจัยที่ก่อให้เกิดผลกระทบเล็กๆน้อยๆ และไม่สามารถควบคุมได้

- หลักในการออกแบบการทดลอง

1) การทำแบบสุ่ม (Randomization) คือ การให้โอกาสในการเก็บข้อมูลของข้อมูลแต่ละตัวเท่าๆ กัน เพื่อกระจายผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ให้กับทุกระดับที่ศึกษาให้เท่าๆ กัน การทำแบบสุ่มยังสามารถแบ่งออกได้อีกเป็น 3 วิธี คือ

- การทำแบบสุ่มบูรณ์

- การทำแบบสุ่มอย่างง่าย

- การทำแบบสุ่มแบบสมบูรณ์ภายในบล็อก

2) การทำซ้ำ (Replication) คือ การทำการทดลองซ้ำในแต่ละข้อมูล เพื่อกำจัดเอาผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ออก

3) การบล็อก (Blocking) คือ การจัดกลุ่มทำการเก็บข้อมูลเป็นช่วง เพื่อลดผลจากปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ แต่ไม่จำเป็นที่จะต้องมีการทำเสมอไป

- ลำดับขั้นการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง

1) การนิยามปัญหา เป็นการระบุว่า ความต้องการในการผลิตคืออะไร และต้องการรู้อะไรบ้างในการผลิต ซึ่งการนิยามปัญหานี้จะเกี่ยวโยงไปถึงวัตถุประสงค์ของการทดลอง การเลือกปัจจัยที่มีผล และระดับปัจจัยเป็นการใช้หลักการทางทฤษฎีและประสบการณ์ที่เคยปฏิบัติมาในการผลิต เพื่อระบุว่ามีปัจจัยใดบ้างที่น่าจะมีผลต่อการทดลอง และในแต่ละปัจจัยนั้นควรจะมีช่วงในการทดลองอย่างไรเพื่อระบุระดับของปัจจัยในการทดลอง สุดท้ายคือระบุว่า ระดับที่ใช้เป็นแบบกำหนดแบบสุ่ม หรือแบบผสม ซึ่งสามารถกล่าวโดยสังเขปได้ดังต่อไปนี้

แบบกำหนด (Fixed Levels) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าได้แน่นอน

แบบสุ่ม (Random Level) หมายถึงระดับของปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าของปัจจัยได้แน่นอน

แบบผสม (Mixed Level) หมายถึงการผสมผสานระดับของปัจจัยที่เป็นทั้งแบบกำหนดได้และแบบสุ่ม

2) การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Response Variables) ในการเลือกตัวแปรตอบสนอง ผู้ทำการทดลองจะต้องเลือกตัวแปรที่สามารถให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษา และการวัดค่านั้นจะต้องแม่นยำ รวมทั้งความถูกต้องของเครื่องวัดด้วย

3) การเลือกแบบทดลอง จะต้องพิจารณาถึงจำนวนข้อมูลที่ทำซ้ำในการทดลอง ความเหมาะสม ข้อจำกัดในการสุ่ม และการบล็อกที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ต้องนำมาเกี่ยวโยงกันในด้านความเสี่ยงและต้นทุนที่ใช้ในการทดลอง สำหรับการเลือกปัจจัย

4) การทำการทดลอง ในขณะทำการทดลองจะต้องปฏิบัติตามหลักการที่ได้ออกแบบไว้นั่นคือต้องมีการสุ่มทำซ้ำ ข้อควรระวังในขณะทำการทดลองคือ ความถูกต้องของเครื่องมือวัด และความสม่ำเสมอในการทดลองเพื่อให้ความผิดพลาดที่ออกมามีน้อยที่สุด การวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้ความรู้ทางสถิติมาวิเคราะห์และสรุปผล รวมทั้งตัดสินความถูกต้องของข้อมูลที่เกิดขึ้น ก่อนที่จะตีความข้อมูล วิธีทางสถิติไม่สามารถบอกได้ว่าปัจจัยใดมีผลเท่าใดได้แน่นอน แต่เป็นเพียงเครื่องมือที่ให้แนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล แล้วจะต้องสรุปผลของการวิเคราะห์ซึ่งอาจแสดงในรูป กราฟ ตาราง แผนภูมิ อื่นๆ

- การเลือกแบบการทดลอง

1) แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์

ใช้กับการทดลองปัจจัยเดี่ยว ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้มีขนาดไม่โตนัก และไม่มีปัจจัยรบกวนการทดลองจะทำโดยยึดหลักการทำแบบสุ่ม และการทำซ้ำ

ขั้นตอนในการทำการทดลอง

- กำหนดตัวแปรตอบสนอง และปัจจัยที่ควบคุมได้ที่สนใจ
- ทำการทดลองโดยสุ่มแบบสมบูรณ์ในการวัดค่า
- วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน

2) แผนการทดลองแบบล็อกสุ่ม

ใช้กับการทดลองปัจจัยเดียวและมีปัจจัยรบกวน หลักการของแผนการทดลองแบบล็อกสุ่มคือต้องทำการสุ่มทุกครั้งต้องทำซ้ำ ทุกการทดลองทำการบล็อกเพื่อลดปัจจัยรบกวน การบล็อกอาจจะทำมากกว่า 1 บล็อกก็ได้ ซึ่งขึ้นกับจำนวนของปัจจัยรบกวน

ขั้นตอนในการทำการทดลอง

- ออกแบบและวางแผนการทดลอง
- เก็บข้อมูล
- วิเคราะห์ผลการทดลอง โดยใช้ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งจะต้องมีผลของบล็อกด้วย

3) แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Design)

ใช้กับการทดลองที่มีปัจจัยตั้งแต่ 2 ปัจจัย ซึ่งเป็นการทดลองที่มีหลายปัจจัย และเนื่องจากปัจจัยมากกว่า 1 ปัจจัย ดังนั้นนอกจากจะเกิดอิทธิพลของปัจจัย (Main Effect) ที่สนใจแล้ว ยังอาจเกิดอิทธิพลของปัจจัยร่วม (Interaction) ได้

อิทธิพลของปัจจัยร่วม คือ ผลที่เกิดขึ้นจากการที่ปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปแล้วมีผลทำให้อิทธิพลของอีกปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปด้วย ดังตัวอย่างการเกิดอิทธิพลของปัจจัยร่วม หรือปฏิสัมพันธ์ ซึ่งเมื่อไม่มีอิทธิพลของปัจจัยร่วม และเมื่อมีอิทธิพลของปัจจัยร่วม โดย A และ B คือ ปัจจัย 2 ปัจจัย

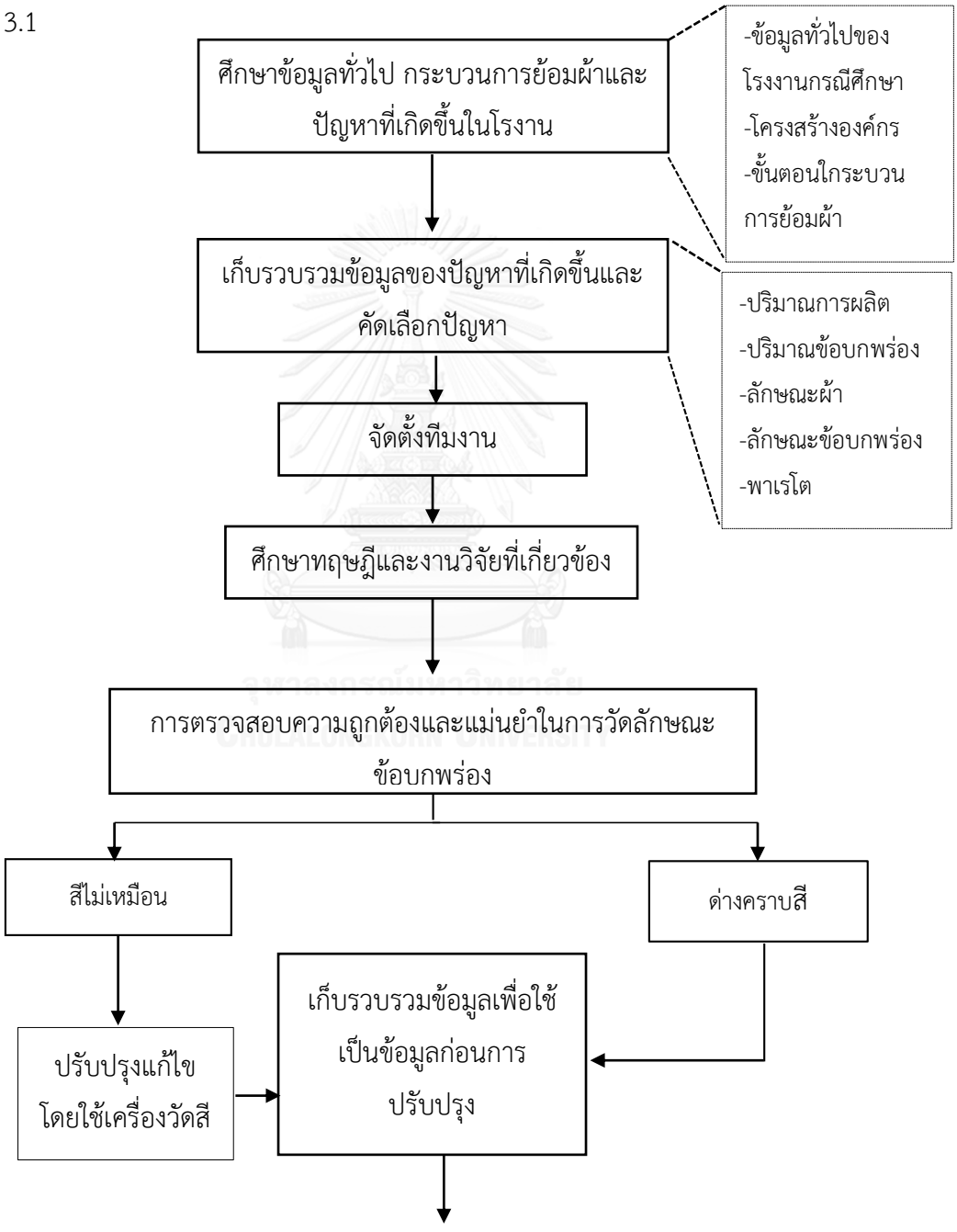
เหตุผลที่ใช้ เนื่องจากการออกแบบ 2^K แฟคทอเรียล นั้นเหมาะสมกับรูปแบบที่มีความเป็นเส้นตรง จึงจะมีความถูกต้องในการตีความข้อมูลได้อย่างถูกต้อง

การออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลนั้น มีการนำไปใช้หลากหลาย เช่น งานวิจัยของ [14] ที่มีการนำหลักการออกแบบการทดลองเพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมในการลดการเกิดข้อบกพร่องถุงหลวม รอยซีลที่ถุงไม่เรียบ และรอยซีลที่ถุงไม่ตรงตามระยะที่ถุงลามิเมตในการบรรจุซูชิแช่แข็ง โดยเลือกใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2^5 คิดเป็น 32 การทดลอง จากปัจจัยที่ทำการศึกษาทั้งหมด 5 ปัจจัย คือ ค่า Vacuum ของเครื่อง Vacuum Packaging ค่า Seal ของเครื่อง Vacuum Packaging ค่า Cool ของเครื่อง Vacuum Packaging ความยาวของถุงลามิเนต และความหนาของถุงลามิเนต โดยทำการทดลองกับซูชิ 3 ประเภท โดยทำให้สามารถเลือกเงื่อนไขของแต่ละปัจจัยที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องน้อยที่สุดในแต่ละประเภทของซูชิ

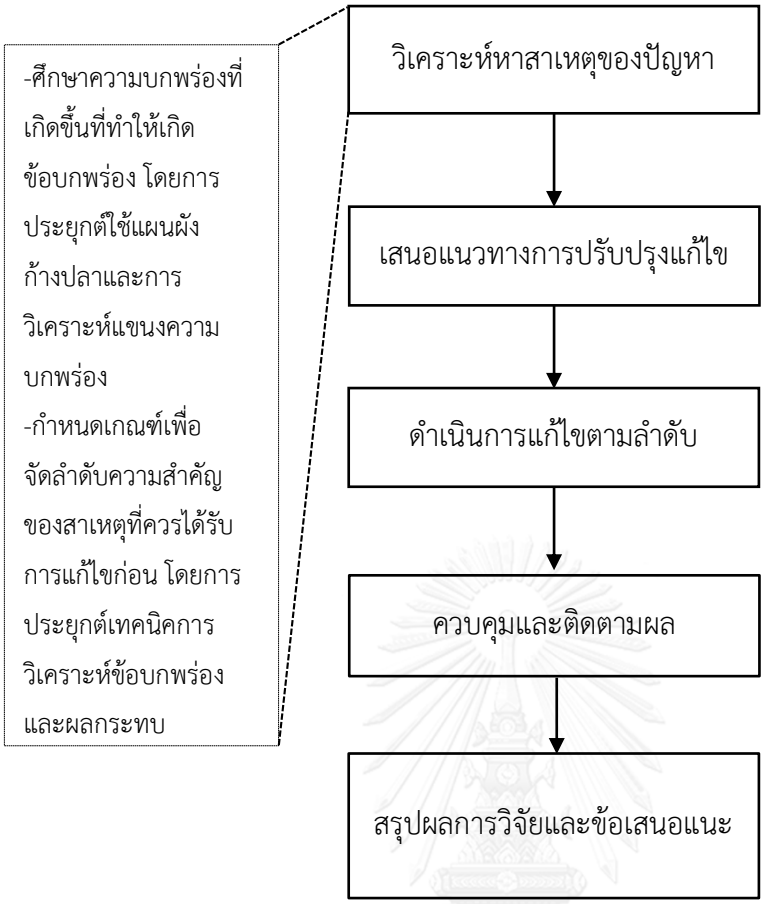
งานวิจัยนี้มีการดำเนินงานวิจัย โดยการประยุกต์ใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา ทั้ง 5 ขั้นตอน คือเริ่มจากการศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นและกำหนดปัญหาข้อบกพร่องที่ต้องการทำการปรับปรุงแก้ไขในกระบวนการย้อม จากนั้นจึงดำเนินการตรวจสอบการวัดในกระบวนการเพื่อตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่นำมาใช้ แล้วจึงทำการวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องโดยการใช้แผนผังก้างปลาและ FTA แล้วจึงนำมาวิเคราะห์ FMEA เพื่อคัดเลือกสาเหตุหลักไปดำเนินการแก้ไขปรับปรุง เมื่อได้สาเหตุแล้วจึงจัดทำแผนการดำเนินการแก้ไข โดยการปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงาน การควบคุมคุณภาพวัตถุดิบ และการออกแบบการทดลอง สุดท้ายจึงทำการควบคุมและติดตามผล ดังที่กล่าวในรายละเอียดการวิจัยในบทต่อไป

บทที่ 3
ระเบียบวิธีการวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัยของงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์แผนผังการดำเนินงานของซิกซ์ ซิกมาใช้เพื่อแก้ไขปัญหาข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการย้อมของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งมีรายละเอียดวิธีการวิจัย ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3. 1 ระเบียบวิธีวิจัย



รูปที่ 3. 1 ระเบียบวิธีวิจัย (ต่อ)

จากระเบียบวิธีวิจัยในรูปที่ 3.1 สามารถอธิบายเพิ่มได้ ดังนี้

3.1 การศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานกรณีศึกษา

3.1.1) ศึกษาข้อมูลทั่วไป ขั้นตอนในกระบวนการย้อมและปัญหาที่เกิดขึ้น

ศึกษาข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา เพื่อให้เข้าสภาพการดำเนินงานของโรงงานกรณีศึกษา จากนั้นทำการศึกษากระบวนการย้อม ซึ่งเป็นกระบวนการเป้าหมายที่จะปรับปรุง โดยสำรวจสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจริงผ่านทางการสังเกตการณ์ การสอบถามจากหัวหน้างานและพนักงานที่ปฏิบัติอยู่หน้างานรวมถึงการรวบรวมข้อมูลของลักษณะของข้อบกพร่องต่างๆที่เกิดขึ้น

3.1.2) เก็บรวบรวมข้อมูลของปัญหาที่เกิดขึ้นและคัดเลือกปัญหา

จากการศึกษาในขั้นตอนที่แล้ว ทำให้ทราบว่าโรงงานกรณีศึกษาพบปัญหาเกิดข้อบกพร่องเกิดขึ้นจำนวนมากในกระบวนการย้อม และเก็บเก็บรวบรวมข้อมูลย้อนหลังของปัญหาข้อบกพร่องที่เกิดแล้วแปลงข้อมูลออกในรูปของสถิติ โดยใช้แผนภาพพาเรโต และนำมาใช้ในการพิจารณาคัดเลือกปัญหาข้อบกพร่องไปทำการแก้ไข ซึ่งข้อบกพร่องที่ทำการคัดเลือกคือข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและ

ข้อบกพร่องด่างคราบสีของผ้าชีมอสเครปและผ้าชีฟอง แต่หากไม่สามารถระบุปัญหาที่ได้ ให้ทำการศึกษาขั้นตอนในกระบวนการย้อมและปัญหาที่เกิดขึ้นอีกครั้ง

3.1.3) การจัดตั้งทีมงาน

จัดตั้งทีมงานสำหรับลดข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการย้อมผ้าของโรงงานกรณีศึกษาซึ่งประกอบด้วย

1) ผู้จัดการโรงย้อม จำนวน 1 คน

2) หัวหน้าแผนกย้อม จำนวน 1 คน

3) หัวหน้าแผนกห้องปฏิบัติการ จำนวน 1 คน

4) หัวหน้าแผนกเตรียมผ้าดิบ จำนวน 1 คน

5) หัวหน้าแผนกตรวจสอบคุณภาพ จำนวน 1 คน

6) หัวหน้าแผนกสเตนเตอร์ จำนวน 1 คน

7) ผู้วิจัย

บุคลากรในทีมงานแต่ละคนนั้นมีหน้าที่หลักคือการนำความรู้และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อบกพร่องที่เกิดจากส่วนงานของตนเอง เช่น ลักษณะข้อบกพร่อง ปริมาณข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น เป็นต้น มาแสดงความคิดเห็นถึงประเด็นปัญหาต่าง ๆในที่ประชุม เพื่อวางแผนการดำเนินงานซึ่งดำเนินการประชุมโดยผู้จัดการแผนกพิมพ์ และผู้วิจัยทำหน้าที่ติดต่อประสานงาน จดบันทึกการประชุม เสนอแนะความคิดเห็น นำเสนอข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ และประเมินผล และสรุปข้อมูลที่ได้จากการประชุม

3.1.4) ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2 การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำในการตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่อง

ศึกษาและวิเคราะห์ระบบการวัดในการตรวจสอบข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและข้อบกพร่องด่างคราบสีโดยพนักงานในโรงงานกรณีศึกษา โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.2.1) การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของการตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่องสีไม่เหมือน

3.2.2) การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำในการตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่องด่างคราบสีในผ้ามอสเครปและผ้าชีฟองของพนักงานตรวจสอบคุณภาพโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับข้อมูลนับ

หลังจากการตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำการตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่อง ทำการเก็บข้อมูลใหม่โดยวิธีการตรวจสอบที่ทำการปรับปรุงแก้ไขหรือผ่านเกณฑ์การยอมรับแล้ว

3.3 การวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง

ระดมความคิดในการหาความบกพร่องที่เป็นไปได้ที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและข้อบกพร่องด่างคราบสี โดยใช้แผนผังก้างปลาและการวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (FTA)

จากนั้นวิเคราะห์ลักษณะความบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) โดยการประเมินหาค่าลำดับความเสี่ยง (RPN) ซึ่งประกอบด้วย 3 เกณฑ์ คือ ระดับคะแนนความรุนแรงของผลกระทบของข้อบกพร่อง (S) ระดับคะแนนโอกาสการเกิดสาเหตุของข้อบกพร่อง (O) และระดับคะแนนความสามารถในตรวจจับหรือการควบคุมในปัจจุบัน (D) เพื่อคัดเลือกสาเหตุที่มีค่าเกินค่า RPN ที่ยอมรับได้เพื่อมาหาแนวทางการแก้ไข

3.4 การดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

ทีมงานนำสาเหตุที่ได้จากการวิเคราะห์ข้างต้น มาระดมความคิดเพื่อหาแนวทางการแก้ไข หลังจากกำหนดแนวทางการแก้ไขแล้ว ได้มีการการประชุมเพื่อหารือของทีมงานเพื่อวางแผนในการดำเนินการแก้ไข โดยได้มีการกำหนดให้ดำเนินการตามลำดับที่ได้วางแผนไว้และทำการติดตามผลหลังจากนำแนวทางการแก้ไขไปทดลองปฏิบัติจริงในกระบวนการย้อมผ้า หากแนวทางการแก้ไขประสบความสำเร็จจะกำหนดเป็นมาตรฐานการทำงาน แต่หากพบปัญหาเกิดขึ้นจะทำการแก้ไขและนำมาทดลองปฏิบัติจริงอีกครั้ง

3.5 การควบคุมและติดตามผล

เมื่อได้แนวทางการแก้ไขแล้ว จะดำเนินการแก้ไขปรับปรุงและติดตามผลโดยเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงในทุกเดือนที่ดำเนินการและติดตามผลพร้อมกัน หากแนวทางการแก้ไขสามารถลดข้อบกพร่องได้ จะนำวิธีนั้นจัดทำเป็นมาตรฐานการทำงานให้ทุกคนปฏิบัติโดยเคร่งครัดเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาซ้ำขึ้นอีก แต่หากมีแนวทางการแก้ไขที่ไม่สามารถลดข้อบกพร่องได้ จะทำการแก้ไขปรับปรุงแผนงาน วิธีการที่กำหนดไว้ในขั้นต้นเพียงเล็กน้อยแล้วดำเนินการแก้ไข หรือพิจารณาวางแผนใหม่หมดตั้งแต่การกำหนดแนวทางการแก้ไขและวางแผนการดำเนินการ

3.6 สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการดำเนินงานวิจัย ปัญหาและอุปสรรคที่พบ รวมถึงข้อเสนอแนะ และจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

บทที่ 4
การศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานกรณีศึกษา

ในบทนี้เป็นการศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานกรณีศึกษา โดยเริ่มต้นจากการศึกษาข้อมูลทั่วไป โครงสร้างขององค์กร ขั้นตอนในกระบวนการย้อม การกำหนดปัญหาข้อบกพร่องที่ต้องการศึกษา กำหนดตัวชี้วัด และการจัดตั้งทีมงานเพื่อลดข้อบกพร่อง

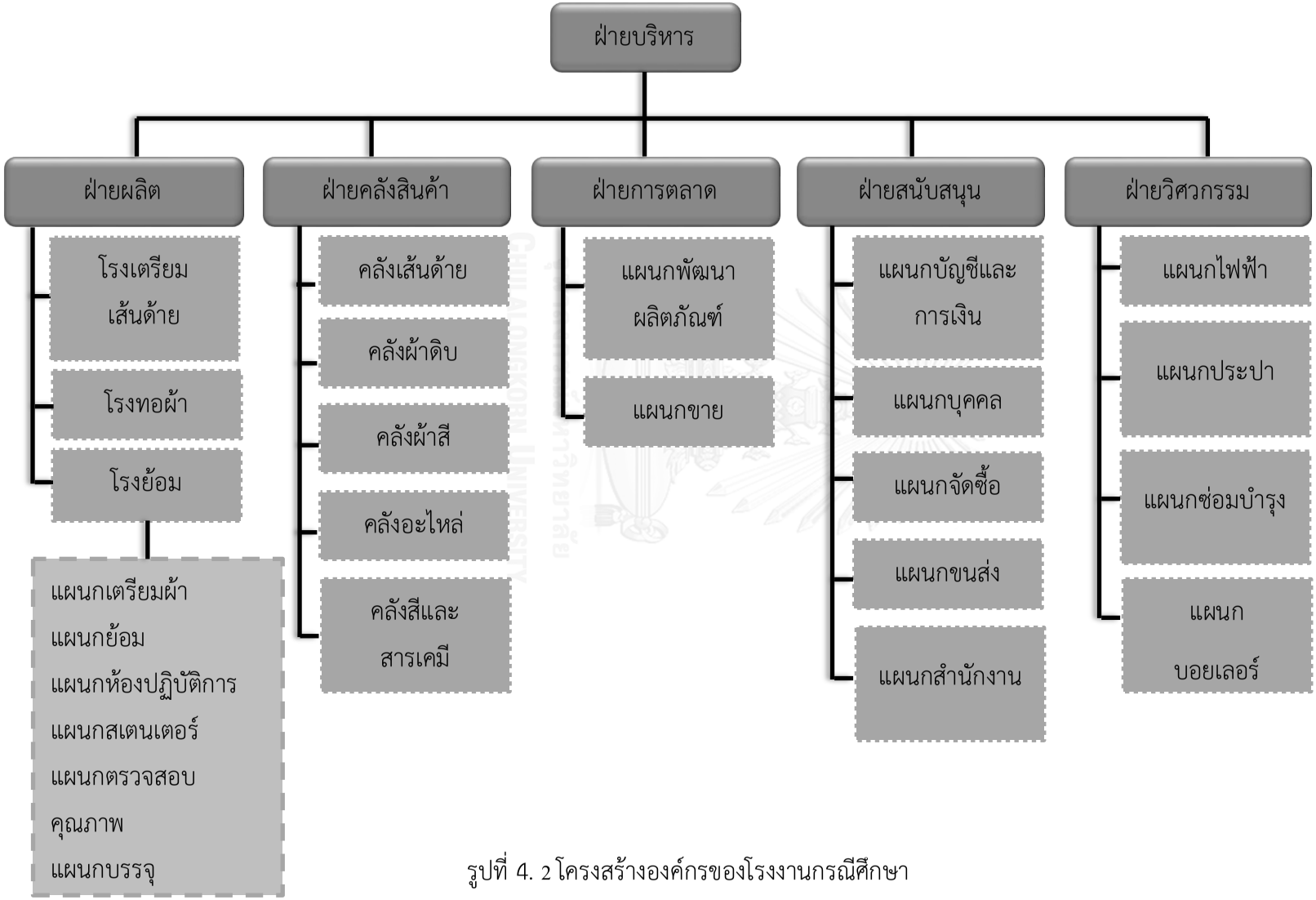
4.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษาเป็นอุสาหกรรมประเภทอุตสาหกรรมฟอกย้อมและตกแต่งสำเร็จสิ่งทอที่เป็นผ้าผืน รวมทั้งรับจ้างย้อมและตกแต่งสำเร็จ ลักษณะการบริหารเป็นแบบครอบครัว ดำเนินกิจการตั้งแต่ปี 2525 มีฝ่ายผลิตแบ่งเป็น 3 โรงงานย่อย คือ โรงงานเตรียมเส้นด้าย โรงงานทอผ้า และโรงงานย้อม โดยในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาเฉพาะโรงงานย้อม ผลิตภัณฑ์ของโรงงานใช้เส้นใยประดิษฐ์จากธรรมชาติ เส้นใยสังเคราะห์ และเส้นใยธรรมชาติ เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต เช่น เส้นใยโพลีเอสเตอร์ เรยอน คอทตอน ปอ ไหม เป็นต้น มีรูปแบบการผลิตตามคำสั่งซื้อของลูกค้า (Make to Order) ซึ่งมีตัวอย่างผลิตภัณฑ์ของโรงงาน ดังรูปที่ 4.1

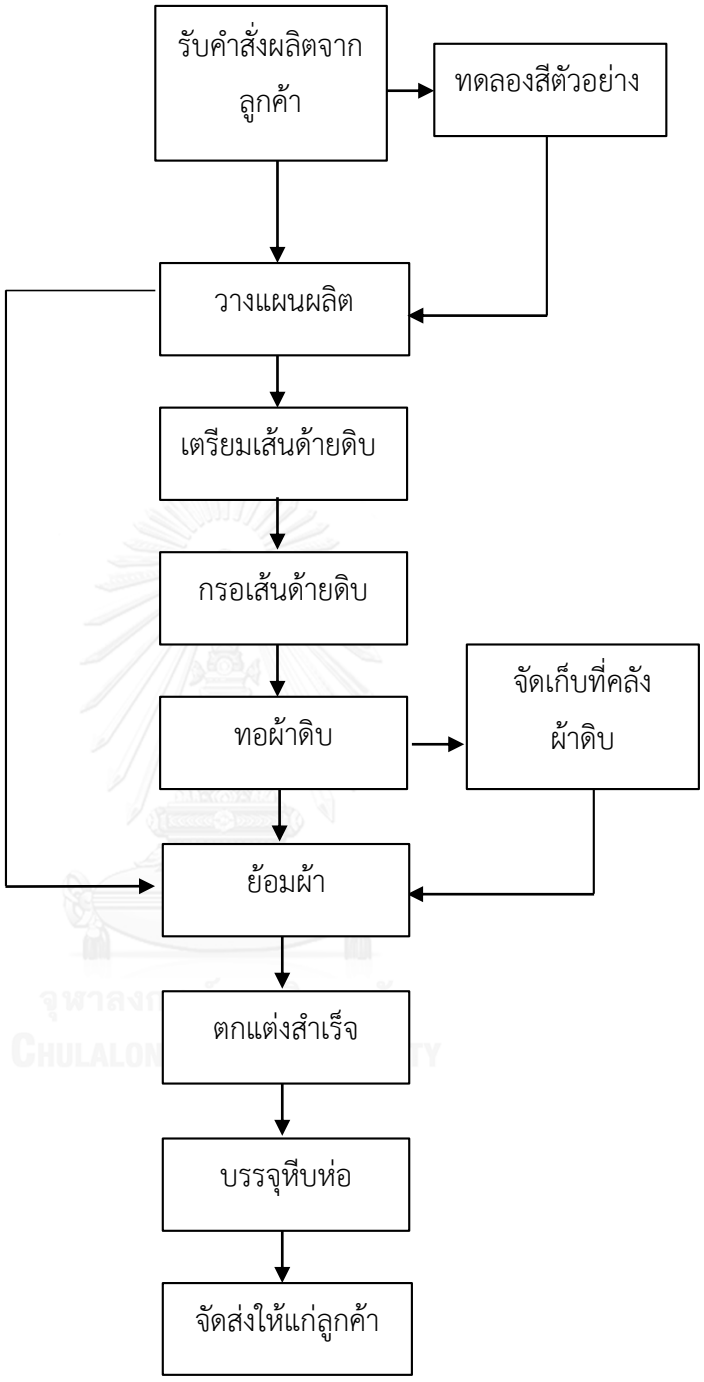
รูปที่ 4. 1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ของโรงงาน

4.2 โครงสร้างองค์กรของโรงงานกรณีศึกษา

โครงสร้างขององค์กรของโรงงานกรณีศึกษา สามารถแบ่งโครงสร้างออกได้เป็น 6 ฝ่าย คือ ฝ่ายบริหาร ฝ่ายผลิต ฝ่ายคลังสินค้า ฝ่ายการตลาด ฝ่ายสนับสนุน และฝ่ายวิศวกรรม โดยฝ่ายผลิตแบ่งการผลิตไว้ 3 โรง คือ โรงเตรียมการเส้นด้าย มีหน้าที่ในการเตรียมเส้นด้ายให้เหมาะสมต่อกระบวนการทอ เช่น เกลียวของเส้นด้าย ความยาวที่ต้องการ เป็นต้น จากนั้นเส้นด้ายจะถูกส่งไปยังโรงทอผ้า เพื่อทอเส้นด้ายตามรูปแบบที่กำหนดไว้ออกมาเป็นผ้าผืน และสุดท้ายส่งต่อไปยังโรงย้อมเพื่อให้ได้สีและเนื้อสัมผัสตามที่ลูกค้าต้องการ โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตโรงย้อมเท่านั้น ไม่รวมถึงโรงเตรียมเส้นด้ายและโรงทอผ้า ซึ่งภายในโรงย้อมสามารถแบ่งโครงสร้างภายในดังรูปที่ 4.2 และการทำงานของโรงงานกรณีศึกษา ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4. 2 โครงสร้างองค์กรของโรงงานกรณีศึกษา



รูปที่ 4. 3 กระบวนการทำงานในโรงงานกรณีศึกษา

จากรูปที่ 4.2 มีรายละเอียดหน้าที่การทำงานของแต่ละแผนกของโรงย้อม ดังต่อไปนี้

1) แผนกเตรียมผ้าดิบ มีหน้าที่ดำเนินการและดูแลในขั้นตอนการเตรียมผ้าดิบ ขั้นตอนการทำความสะอาดผ้า และขั้นตอนสลัดและโรยผ้า

2) แผนกย้อม มีหน้าที่ดำเนินการและดูแลในขั้นตอนการย้อม ขั้นตอนการทำความสะอาดผ้า ขั้นตอนเตรียมสีและสารเคมี และขั้นตอนการลดน้ำหนักผ้า

3) แผนกห้องปฏิบัติการ มีหน้าที่หลักในการกำหนดและทดสอบสูตรสีของขั้นตอนการย้อมจริง รวมถึงตรวจสอบวัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในขั้นตอนการย้อม

4) แผนกสเตนเตอร์ มีหน้าที่ในการดำเนินการและดูแลในขั้นตอนการเซตตัวด้วยความร้อนและขั้นตอนการตกแต่งสำเร็จ

5) แผนกตรวจสอบคุณภาพ มีหน้าที่ในการดำเนินและดูแลในขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพของผ้าตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

6) แผนกบรรจุ มีหน้าที่ในการตัดแบ่งความยาวของผ้าให้ได้ความยาวตามที่ลูกค้ากำหนดและทำการบรรจุหีบห่อ เพื่อเตรียมส่งต่อให้กับลูกค้า

4.3 กระบวนการย้อมของโรงงานกรณีศึกษา

กระบวนการย้อมของโรงงานกรณีศึกษาสามารถแบ่งออกเป็น 10 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1) การเตรียมผ้าดิบ

2) การทำความสะอาด

3) การเซตผ้าด้วยความร้อน

4) การลดน้ำหนัก

5) การทดลองย้อม

6) การย้อม

7) การสลัดน้ำและโรยผ้า

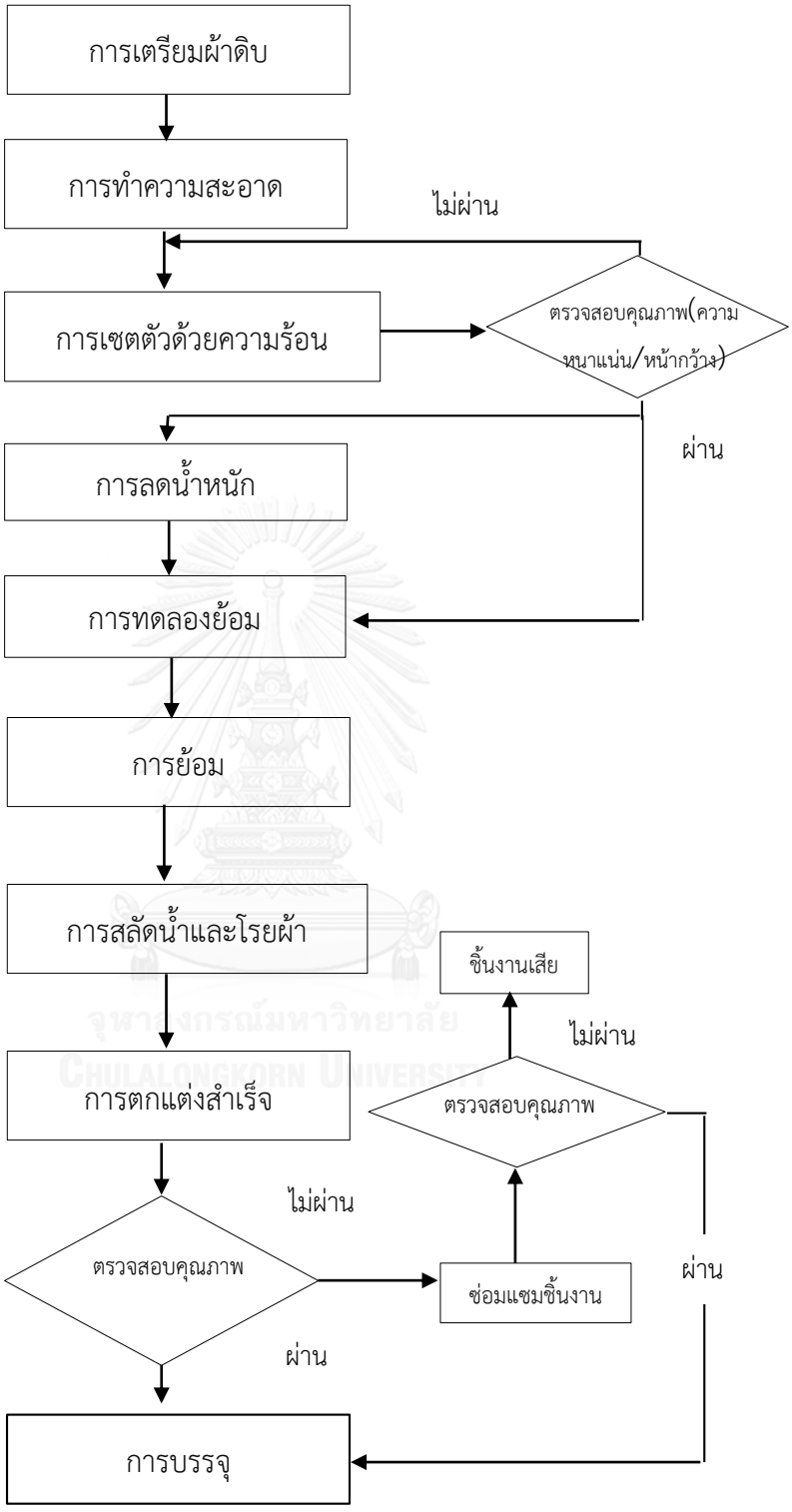
8) การตกแต่งสำเร็จ

9) การตรวจสอบคุณภาพ

10) การบรรจุ

ซึ่งสามารถเขียนเป็นแผนภูมิการไหลของกระบวนการย้อมผ้าดังรูปที่ 4.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4. 4 กระบวนการไหลของขั้นตอนผลิตหลัก

4.3.1 รายละเอียดของขั้นตอนการผลิต

กระบวนการย้อมสามารถแบ่งออกเป็น 10 ขั้นตอนการผลิต ซึ่งมีรายละเอียดของขั้นตอนการผลิตหลัก ดังต่อไปนี้

1) ขั้นตอนเตรียมผ้าดิบ

ขั้นตอนเตรียมผ้าดิบเป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการย้อมผ้า โดยเริ่มจากการรับผ้าดิบจากฝ่ายคลังผ้าดิบ แล้วจึงเย็บหัวผ้าแต่ละม้วนต่อกันให้มีความยาวตามที่ฝ่ายขายกำหนด จากนั้นจึงทำการโรยม้วนผ้าดิบเพื่อคลี่ผ้าดิบ แล้วจึงทำการตรวจสอบตำหนิต่างๆของผ้าดิบเบื้องต้นที่เกิดจากการทอและการจัดเก็บด้วยสายตา

สำหรับเครื่องจักรที่ใช้ในการโรยม้วนผ้าดิบคือ เครื่องอันโรล (Unrolling Machine) ดังรูปที่ 4.5

รูปที่ 4. 5 เครื่องอันโรล

2) ขั้นตอนทำความสะอาด

ขั้นตอนการทำความสะอาด เป็นขั้นตอนที่ต่อจากขั้นตอนเตรียมผ้าดิบ โดยเป็นขั้นตอนการกำจัดสิ่งสกปรกและสารไซซิ่งที่มีอยู่ในผ้าออกให้หมด ซึ่งสิ่งสกปรก ได้แก่ สารหล่อลื่น สารไซซิ่ง และคราบสกปรกต่างๆ สำหรับสารไซซิ่งที่ทางโรงงานกรณีศึกษามีการใช้ คือสารไซซิ่งประเภทพีวีเอและสารอะไครลิค ซึ่งข

สารเคมีหลักที่ใช้ในขั้นตอนนี้ คือ โซดาไฟและน้ำสบู่ ซึ่งในบางครั้งจะมีการเติมสารกันยับและสารทำให้นุ่มลงไปด้วยเพื่อช่วยป้องกันการยับและทำให้ผ้านุ่ม

สำหรับขั้นตอนในการทำความสะอาดจะเริ่มจากเตรียมความเข้มข้นของสารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำจากขั้นตอนทำความสะอาดให้มีความเข้มข้นตามที่กำหนด โดยทำการวัดจากความถ่วงจำเพาะของสารละลายโซดาไฟ จากนั้นจึงทำการชั่งสารละลายโซดาไฟและน้ำสบู่ รวมทั้งสารเคมีอื่นๆ ถ้ามี

ตามความเข้มข้นที่กำหนด จากนั้นจึงนำผ้าเข้าเครื่อง ตั้งระดับน้ำ แรงดัน และอุณหภูมิตามที่โปรแกรมการทำความสะอาด แล้วจึงใส่สารเคมี และเดินเครื่องเพื่อทำความสะอาด

สำหรับเครื่องจักรที่ใช้ในการทำความสะอาด คือ เครื่องโรตารีวอชเชอร์ ดังรูปที่ 4.6

รูปที่ 4. 6 เครื่องโรตารีวอชเชอร์

3) ขั้นตอนเซตตัวด้วยความร้อน

ขั้นตอนเซตตัวด้วยความร้อน เป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นต่อจากขั้นตอนการทำความสะอาด เนื่องจากผ้าที่ผ่านการทำความสะอาดจะมีรอยยับเกิดขึ้น ถ้านำไปลดน้ำหนักหรือย้อมเลย รอยยับที่เกิดขึ้นจะลึกและแก้ไขได้ยาก จึงต้องมีการเซตหน้าผ้าเพื่อลบรอยยับเบื้องต้นเสียก่อน

สำหรับขั้นตอนเริ่มจากการเย็บหัวผ้าต่อกัน ตั้งอุณหภูมิและความเร็วของเครื่อง นำผ้าเข้าเครื่อง ผ้าจะโดนขึงผ้าด้วยเข็มเพื่อให้ผ้าคงรูปตามที่กำหนด ไม่ยับและหด และอบด้วยความร้อน เมื่อเสร็จขั้นตอนนี้ จะตรวจสอบหน้าผ้าและความหนาแน่นของเส้นด้าย จากนั้นนำผ้าไปชั่งน้ำหนักพร้อมรถเข็น

Chulalongkorn University

เครื่องจักรที่ใช้ในการเซตตัวด้วยความร้อน คือเครื่องสเตนเตอร์ (Stenter) ดังรูปที่ 4.7

รูปที่ 4. 7 เครื่องสเตนเตอร์

4) ขั้นตอนลดน้ำหนักผ้า

ขั้นตอนการลดน้ำหนัก เป็นขั้นตอนการปรับปรุงคุณสมบัติของผ้าด้วยสารละลายโซดาไฟ โดยสารละลายโซดาไฟจะทำการกัดกร่อนเส้นด้าย เกิดเป็นโมเลกุลขนาดเล็กหลุดออกมา คือสาร โอลิโกเมอร์ สำหรับขั้นตอนนี้มีเพียงผ้าบางชนิดที่จะถูกทำการลดน้ำหนักเพื่อให้ได้เนื้อสัมผัสเบาบาง

ขั้นตอนเริ่มจากเตรียมสารละลายโซดาไฟให้มีความเข้มข้นตามที่กำหนด แล้วจึงตัดตัวอย่างผ้าแช่ลงในถังตัวอย่างเพื่อทำการตรวจสอบน้ำหนักที่ลดลงเมื่อเวลาผ่านไป แล้วจึงนำผ้าเข้าเครื่อง ใส่สารละลายโซดาไฟแล้วจึงตั้งอุณหภูมิ แล้วจึงทำการลดน้ำหนักและตรวจสอบน้ำหนักผ้าจนได้น้ำหนักลดลงที่กำหนด

เครื่องจักรที่ใช้ คือ เครื่องลดน้ำหนัก (Weight Reduction Machine) ดังรูปที่ 4.8

สำหรับสารละลายโซดาไฟที่ใช้ในขั้นตอนนี้จะไม่ได้มีการถ่ายสารละลายโซดาไฟทิ้งทั้งหมด แล้วเตรียมน้ำโซดาไฟขึ้นมาใหม่ทุกครั้ง จะมีการหมุนเวียนมาใช้ซ้ำ และสารละลายโซดาไฟจากขั้นตอนนี้ยังถูกนำไปใช้ในขั้นตอนทำความสะอาดผ้าอีกด้วย

รูปที่ 4. 8 เครื่องลดน้ำหนัก

5) ขั้นตอนทดลองย้อม

ขั้นตอนทดลองย้อมเป็นขั้นตอนที่ต่อจากขั้นตอนเซตตัวด้วนความร้อนหรือขั้นตอนลดน้ำหนักขึ้นกับชนิดของผ้า

ขั้นตอนทดลองย้อม เป็นการทดสอบหาสูตรสีที่เหมาะสมกับผ้าในแต่ละใบสั่งย้อม โดยเริ่มจากการตัดตัวอย่างผ้า ชั่งน้ำหนักผ้า ชั่งน้ำหนักน้ำ สีและสารเคมี จากนั้นจึงนำใส่ลงในถ้วยย้อม ตั้งโปรแกรมการย้อม แล้วจึงทำการย้อม เมื่อย้อมเสร็จ จะอบแห้งเพื่อตรวจวัดความแตกต่างของสีตัวอย่างเทียบกับสีมาตรฐาน โดยใช้สายตาพนักงานในการตรวจวัด เมื่อได้สูตรสีที่ตรวจวัดผ่าน จึงนำไปทำการย้อมในการผลิตจริง ซึ่งหากตรวจวัดผิดพลาดจะทำให้สีผิดไปจากสีมาตรฐาน

6) ขั้นตอนย้อม

เมื่อได้รับสูตรสีจากห้องปฏิบัติการ ทำการคำนวณหาน้ำหนักสีและสารเคมี และทำการชั่งเพื่อให้ได้น้ำหนักสีและสารเคมีตามสูตรที่กำหนด แล้วจึงนำสีและสารเคมีเหล่านี้มาผสมและทำการย้อม

ขั้นตอนย้อมของโรงงานกรณีศึกษาเป็นการย้อมแบบดูดซึม (Exhaustion Dyeing Process) หรือการย้อมแบบทีละหม้อ (Batch-Wise Dyeing Process) เป็นการย้อมทีละไม่มาก ใช้หลักการการย้อมโดยที่วัสดุจะถูกแช่อยู่ในน้ำย้อมตลอดเวลา

เครื่องจักรที่ใช้ คือ เครื่องเจ็ท (Jet Dyeing Machine) ดังรูปที่ 4.9 ซึ่งเครื่องเจ็ทจะขับเคลื่อนผ้าโดยใช้น้ำฉีดผ่านช่องเล็กๆด้วยความเร็วสูง ก่อนการย้อมต้องมีการชั่งสีและสารเคมี และต้องมีการเตรียมเครื่องจักรโดยการปรับเลือกกรวยให้สัมพันธ์กับผ้า ทำการผสมสีและสารเคมี และเริ่มทำการย้อมและเมื่อเสร็จการย้อมจะต้องทำการล้าง โดยหากเป็นกรณีสีอ่อนจะทำการล้างแบบธรรมดาที่ใช้เพียงน้ำไม่ใช้สารเคมี หากเป็นกรณีสีเข้ม จะทำการล้างแบบรีดักชั่นเคลียร์ (Reduction Clear, RC) โดยใช้โซดาไฟและโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ (Sodium hydrosulphite)

รูปที่ 4. 9 เครื่องย้อมเจ็ท

7) ขั้นตอนการสลัดน้ำและโรยผ้า

ขั้นตอนนี้เป็นการสลัดน้ำออกจากผ้าที่เปียกจากการย้อม เพื่อให้ผ้าหมาด โดยการใช้เครื่องหมุนเหวี่ยงในการนำน้ำในผ้าออก (Hydro Extractor) ดังรูปที่ 4.10 เมื่อผ้าหมาดแล้ว จะนำนำมาโรยจากที่สูงเพื่อคลี่ผ้าออกเป็นผืน เตรียมนำไปตกแต่งสำเร็จ ดังรูปที่ 4.11

รูปที่ 4. 10 เครื่องสลัดน้ำ

รูปที่ 4. 11 เครื่องโรยผ้า

8) ขั้นตอนการตกแต่งสำเร็จ

ขั้นตอนการตกแต่งสำเร็จ เป็นขั้นตอนตกแต่งผ้าด้วยน้ำยาที่เป็นสารเคมีแบบต่างๆเพื่อเพิ่มคุณสมบัติต่างๆให้กับผ้า เช่น ทำให้ผ้านิ่ม สะท้อนน้ำ กันไฟลาม หรือทำให้ผ้าเข็ง เป็นต้น

เครื่องจักรที่ใช้ คือ เครื่องสเตนเตอร์ เช่นเดียวกับขั้นตอนการเซตตัวด้วยความร้อน

9) ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพ

ในขั้นตอนตรวจสอบคุณภาพ พนักงานจะทำการตรวจสอบคุณภาพของผ้าเป็นครั้งสุดท้าย ดังรูปที่ 4.12 ก่อนที่จะบรรจุส่งให้กับลูกค้า โดยจะทำการตรวจคุณภาพในแต่ละด้าน ซึ่งประกอบด้วย จำนวนเส้นด้าย ความกว้าง ความยาว การตรวจสอบด่างคราบสี การตรวจสอบสีไม่เหมือน และการทดสอบสีตก หากผ้าไม่ได้มาตรฐานตามที่กำหนดจะถูกส่งกลับไปซ่อมแซมชิ้นงาน และนำกลับมาตรวจสอบใหม่อีกครั้ง และหากยังไม่ได้คุณภาพตามที่กำหนดจะกลายเป็นของเสีย

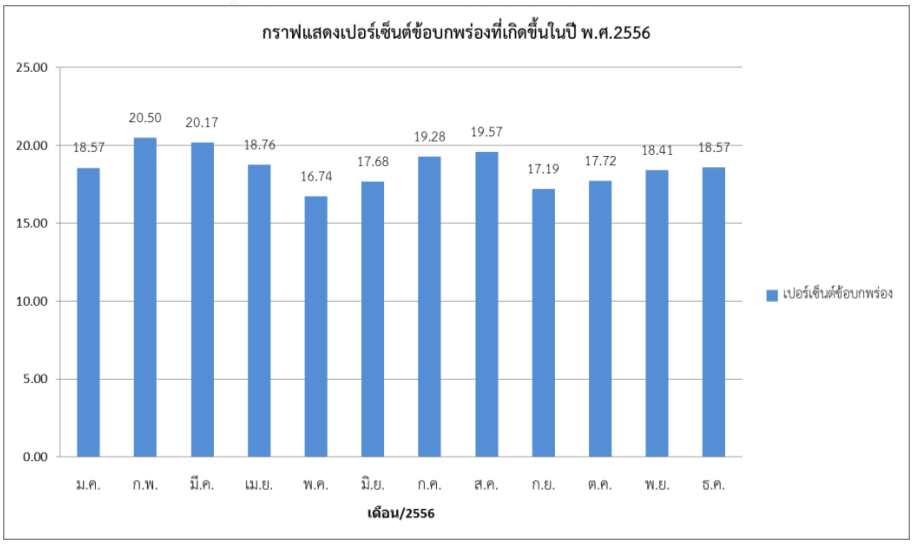
รูปที่ 4. 12 การตรวจสอบคุณภาพ

10) ขั้นตอนการบรรจุ

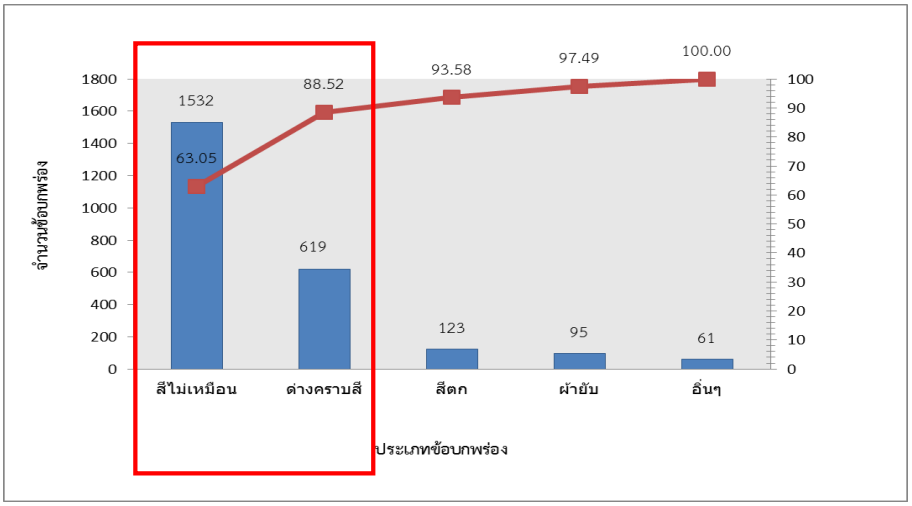
เมื่อผ้ามีคุณภาพตามที่ต้องการแล้ว จะมีการส่งต่อไปยังขั้นตอนการบรรจุเพื่อตัดผ้าตามที่ต้องการและบรรจุลงหีบห่อและส่งต่อไปยังคลังสินค้าเพื่อรอการจัดส่งไปยังลูกค้าต่อไป

4.4 การกำหนดปัญหา

จากการศึกษา พบว่าโรงงานกรณีศึกษากำลังประสบปัญหาเรื่องของคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยมีข้อบกพร่องเกิดขึ้นจำนวนมาก ทำให้ต้องมีการนำกลับมาแก้ไข ซึ่งต้องสูญเสียทรัพยากรจำนวนมากและยังส่งผลต่อการส่งมอบให้ลูกค้าล่าช้าอีกด้วย โดยข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นมีหลากหลายประเภท เช่น ข้อบกพร่องสีไม่เหมือน ข้อบกพร่องด่างคราบสี เป็นต้น จึงได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลข้อบกพร่องตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2556 ถึง ธันวาคม พ.ศ.2556 ดังรูปที่ 4.13 โดยสามารถแบ่งข้อบกพร่องแยกตามประเภทที่เกิดขึ้นได้ ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4. 13 เปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในเดือนมกราคม พ.ศ.2556 ถึง ธันวาคม พ.ศ.2556



รูปที่ 4. 14 แผนภาพพาเรโตของประเภทข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการย้อม

จากรูปที่ 4.14 เมื่อพิจารณาจากแผนภาพพาเรโตของประเภทข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการย้อม จะพบว่า มีข้อบกพร่องที่สำคัญและมีปริมาณเกิดขึ้นมากเมื่อเทียบกับข้อบกพร่องที่เหลืออยู่ 2 ข้อบกพร่อง คือ สีไม่เหมือน และด่างคราบสี จึงได้ทำการคัดเลือกเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุและกำหนดแนวทางการแก้ไขต่อไป โดยข้อบกพร่องทั้ง 2 ประเภทนี้ มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

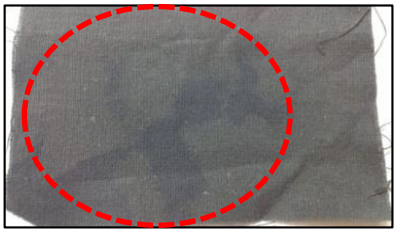
4.4.1 ลักษณะของข้อบกพร่องที่ทำการศึกษา

1) ข้อบกพร่องประเภทสีไม่เหมือน

ข้อบกพร่องประเภทสีไม่เหมือน คือข้อบกพร่องที่สีที่ย้อมได้นั้นมีความแตกต่างจากสีมาตรฐานที่ลูกค้ากำหนดไว้ ซึ่งรวมถึงลักษณะที่ย้อมออกมาแล้วผ้ามีสีเข้มไป สีอ่อนไป เฉดสีเปลี่ยนไปจากมาตรฐาน

2) ข้อบกพร่องประเภทด่างคราบสี

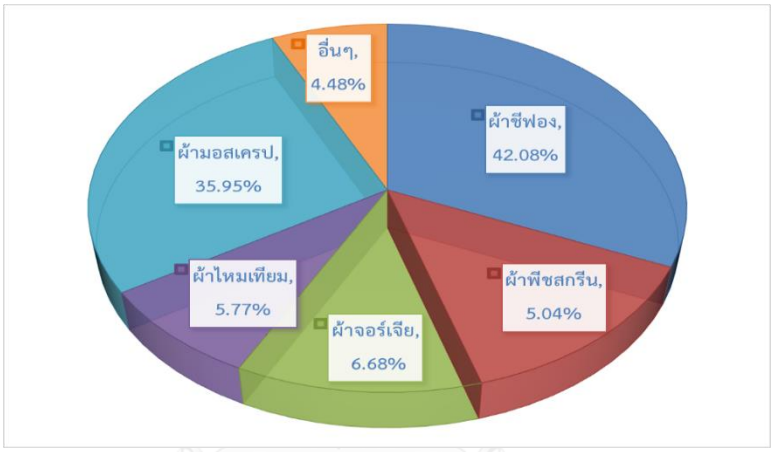
ข้อบกพร่องประเภทด่างคราบสี คือข้อบกพร่องที่ผ้ามีสีไม่สม่ำเสมอเหมือกันทั้งผืน เป็นรอยคราบสีเกิดขึ้นบนผ้า ดังรูปที่ 4.15



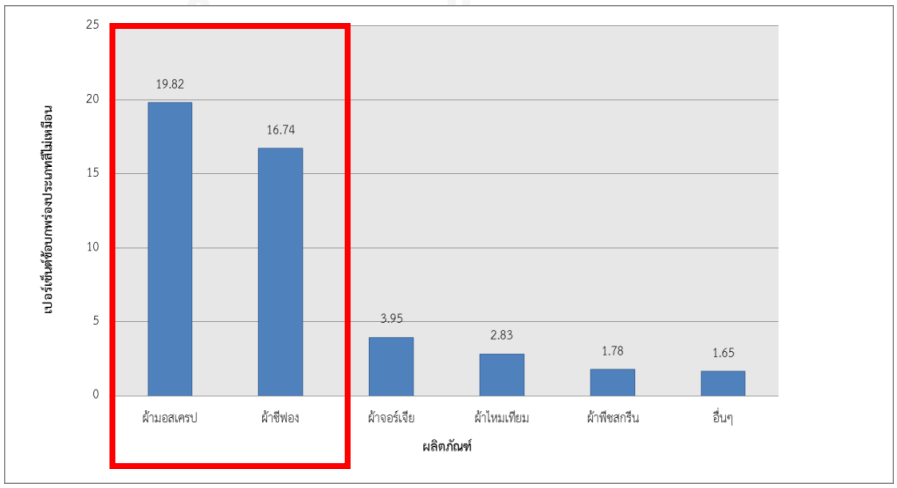
รูปที่ 4. 15 ตัวอย่างข้อบกพร่องประเภทด่างคราบสี

เมื่อเลือกประเภทข้อบกพร่องที่จะทำการปรับปรุงได้แล้ว จึงพิจารณาเลือกผลิตภัณฑ์ที่จะใช้ในการประเมินผลในการปรับปรุง จะพิจารณาเลือกผลิตภัณฑ์ที่เป็นผลิตภัณฑ์หลักของโรงงานกรณีศึกษา มีการผลิตเป็นประจำต่อเนื่อง ซึ่งผลิตภัณฑ์หลักของโรงงานกรณีศึกษา ได้แก่ ผ้าชีฟอง ผ้ามอสเครป ผ้าจอร์เจีย ผ้าไหมเทียม และผ้าพีชสกรีน ดังรูปที่ 4.16

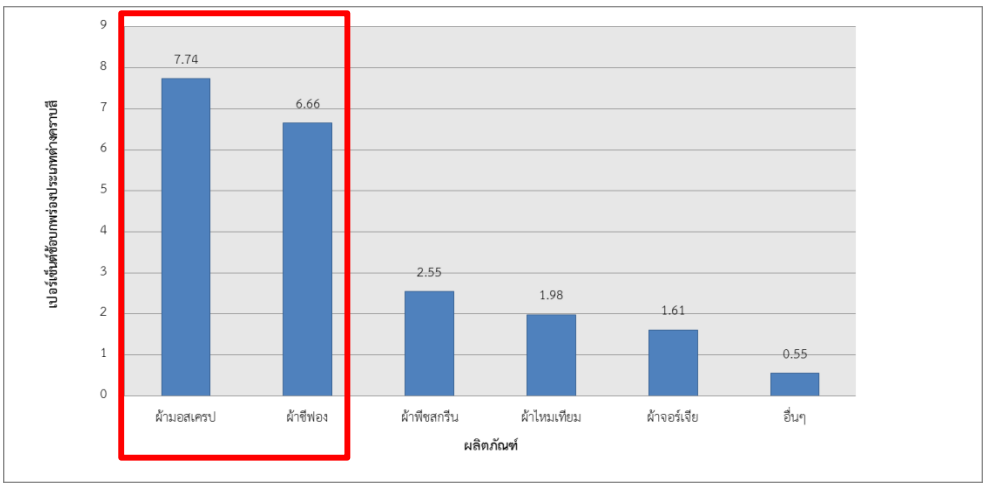
เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องประเภทสีไม่เหมือนและข้อบกพร่องด่างคราบสี ดังรูปที่ 4.17 และภาพที่ 4.18 พบว่า ผ้ามอสเครปและผ้าชีฟองมีเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและข้อบกพร่องด่างคราบสีสูงสุด 2 อันดับแรก ดังนั้นจึงได้เลือกผ้ามอสเครปและผ้าชีฟอง มาทำการปรับปรุงเพื่อลดจำนวนข้อบกพร่องประเภทสีไม่เหมือนและด่างคราบสี



รูปที่ 4. 16 แผนภูมิวงกลมแสดงเปอร์เซ็นต์ของผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษา



รูปที่ 4. 17 เปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องสีไม่เหมือนแยกตามผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษา

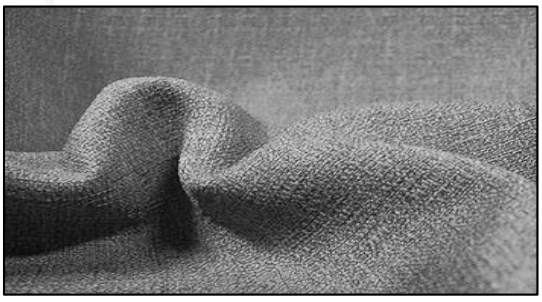


รูปที่ 4. 18 เปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องด่างคราบสีแยกตามผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษา

4.4.2 ลักษณะของผ้าที่ทำการศึกษา

1) ผ้ามอสเครป (Moss Crepe)

ผ้ามอสเครป ดังที่แสดงในรูปที่ 4.19 เป็นผ้าที่ใช้เส้นใยโพลีเอสเตอร์เป็นวัตถุดิบในการผลิตเส้นด้ายเพื่อใช้ในการทอ เส้นด้ายนี้จะถูกนำมาขึ้นเกลียว (twist) โดยมีจำนวนเกลียวประมาณ 150 เส้นต่อตารางนิ้วและมีน้ำหนักประมาณ 250 กรัมต่อตารางเมตร (GSM) ซึ่งลักษณะของผ้ามอสเครป คือ มีเนื้อผ้านุ่ม ยับยากและมีความทึบแสง ผ้ามอสเครปนั้นเป็นผ้าที่นิยมนำมาใช้ในการตัดเย็บสูท จึงมีชื่อทางการค้าอีกชื่อหนึ่ง คือ ผ้าสูทติ้ง (Suiting) ในการตกแต่งสำเร็จของผ้าชนิดนี้สามารถนำไปตกแต่งได้หลากหลายคุณสมบัติ เช่น การกันไฟ กันรังสียูวี เป็นต้น



รูปที่ 4. 19 ตัวอย่างผ้ามอสเครป

2) ผ้าชีฟอง (Chiffon)

ผ้าชีฟอง ดังแสดงในรูปที่ 4.20 เป็นผ้าที่ใช้เส้นใยโพลีเอสเตอร์เป็นวัตถุดิบในการผลิตเส้นด้ายเพื่อใช้ในการทอ เส้นด้ายนี้จะถูกนำมาขึ้นเกลียว (twist) เช่นเดียวกับผ้ามอสเครปโดยมีจำนวนเกลียวประมาณ 100 เส้นต่อตารางนิ้วและมีน้ำหนักประมาณ 72 กรัมต่อตารางเมตร (GSM) ซึ่งลักษณะของผ้าชีฟอง คือ มีเนื้อบางเบา โปร่งแสง น้ำหนักเบาและยับยาก ผ้าชีฟองเป็นผ้าที่เหมาะสำหรับนำมาตัด

เสื้อ ชุดกระโปรงหรือชุดราตรีสำหรับผู้หญิง ในการตกแต่งสำเร็จของผ้าชนิดนี้สามารถนำไปตกแต่งได้หลากหลายคุณสมบัติ เช่น กันรังสียูวี เป็นต้น

รูปที่ 4. 20 ตัวอย่างผ้าชีฟอง

4.5 การกำหนดตัวชี้วัด

จากการศึกษาสภาพปัญหาปัจจุบันที่เกิดขึ้นของโรงงานกรณีศึกษา โดยได้กำหนดค่าที่ใช้ในการชี้วัดเพื่อแสดงปริมาณข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและข้อบกพร่องด่างคราบสีของผ้ามอสเครปและผ้าชีฟองของโรงงานกรณีศึกษา เป็นเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่อง ซึ่งเทียบระหว่างปริมาณข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกับปริมาณการผลิตทั้งหมด ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่อง} = \frac{\text{ปริมาณข้อบกพร่อง}}{\text{ปริมาณที่ผลิตทั้งหมด}} \times 100$$

4.6 การจัดตั้งทีมงานเพื่อดำเนินการลดข้อบกพร่อง

การดำเนินการเพื่อลดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและด่างคราบสีจำเป็นต้องได้รับความร่วมมือจากทุกแผนกที่เกี่ยวข้อง เพื่อเก็บข้อมูล วิเคราะห์สาเหตุ และการดำเนินการลดข้อบกพร่องอย่างมีประสิทธิภาพ ทางโรงงานกรณีศึกษาได้จัดประชุมทุกแผนกในกระบวนการย้อม และคัดเลือกทีมงานที่มีความชำนาญและประสบการณ์การทำงานเกี่ยวข้องกับกระบวนการย้อม ซึ่งทีมงานประกอบด้วยดังนี้

1) ผู้จัดการโรงย้อม	จำนวน 1 คน
2) หัวหน้าแผนกย้อม	จำนวน 1 คน
3) หัวหน้าแผนกห้องปฏิบัติการ	จำนวน 1 คน
4) หัวหน้าแผนกเตรียมผ้าดิบ	จำนวน 1 คน
5) หัวหน้าแผนกตรวจสอบคุณภาพ	จำนวน 1 คน
6) หัวหน้าแผนกสเตนเตอร์	จำนวน 1 คน
7) ผู้วิจัย	

นอกจากนี้ยังมีผู้บริหารของโรงงานกรณีศึกษาและหัวหน้าแผนกพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นผู้ให้คำปรึกษาและความร่วมมือในการดำเนินงานวิจัย รวมทั้งเข้าร่วมประชุมในบางครั้ง

บุคลากรในทีมงานแต่ละคนนั้นมีหน้าที่หลักคือการนำความรู้และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อบกพร่องที่เกิดจากส่วนงานของตนเอง เช่น ลักษณะข้อบกพร่อง ปริมาณข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น เป็นต้น มาแสดงความคิดเห็นถึงประเด็นปัญหาต่าง ๆในที่ประชุม เพื่อวางแผนการดำเนินงานซึ่งดำเนินการประชุมโดยผู้จัดการแผนกพิมพ์ และผู้วิจัยทำหน้าที่ติดต่อประสานงาน จดบันทึกการประชุม เสนอแนะความคิดเห็น นำเสนอข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ และประเมินผล และสรุปข้อมูลที่ได้จากการประชุม การประชุมเพื่อหารือและติดตามผลทุกวันจันทร์ในช่วงเวลา 8.30-9.30 น.

เมื่อจัดตั้งทีมงานเรียบร้อยแล้ว จึงดำเนินการตรวจสอบการวัดลักษณะข้อบกพร่องเป็นขั้นตอนต่อไป ดังที่จะแสดงในบทต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำในการตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่อง

หลังจากที่ได้การศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานกรณีศึกษาและกำหนดปัญหาที่จะดำเนินการปรับปรุงได้แล้วในบทที่แล้ว ในบทนี้จะเป็นการทำการการตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำในการตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่อง เพื่อให้แน่ใจว่าผลการตรวจสอบนั้นมีความถูกต้องและแม่นยำ และข้อมูลมีความน่าเชื่อถือที่จะนำมาใช้ในการวัดผล โดยแบ่งการตรวจสอบออกเป็น 3 แบบ คือ

1) การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของการตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่องสีไม่เหมือนในผ้ามอสเครปและผ้าชีฟอง

2) การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำในการตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่องด่างคราบสีในผ้ามอสเครปและผ้าชีฟอง

ในการตรวจวัดข้อบกพร่องในกระบวนย้อมผ้ามอสเครปและผ้าชีฟองของโรงงานกรณีศึกษาได้ใช้วิธีการตรวจวัดโดยใช้สายตาของพนักงาน ซึ่งการใช้วิธีนี้ในการตรวจวัด อาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดหรือคลาดเคลื่อนได้ง่าย และการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องในกระบวนการย้อม ความแม่นยำและถูกต้องในการตรวจสอบข้อบกพร่องถือว่าเป็นสิ่งสำคัญมาก เพื่อให้ได้ผลการตรวจวัดที่แม่นยำ ข้อมูลมีความถูกต้อง แม่นยำ สามารถเชื่อถือได้ จึงจำเป็นต้องตรวจสอบการตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำในการตรวจวัดข้อบกพร่อง เพื่อที่จะสามารถปรับปรุงแก้ไขก่อนการปรับปรุงเพื่อลดข้อบกพร่อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.1 การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของการตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่องสีไม่เหมือน

5.1.1 การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของการตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่องสีไม่เหมือนในขั้นตอนทดลองย้อม

จากการศึกษาการตรวจวัดในกระบวนการย้อม พบว่ามียังมีการตรวจวัดที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวัดสีโดยใช้พนักงานในขั้นตอนทดลองย้อม ซึ่งมีการตรวจวัดสีวิธีการเช่นเดียวกับการตรวจวัดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนในขั้นตอนตรวจสอบคุณภาพ

ขั้นตอนการทดลองย้อม เป็นขั้นตอนในการทดลองย้อมเพื่อให้สูตรสีมีความเหมาะสมกับผ้าในแต่ละใบสั่งย้อมโดยดำเนินการในห้องปฏิบัติการ ซึ่งในการตรวจวัดเพื่อกำหนดสูตรสีจะใช้วิธีการตรวจวัดโดยสายตาของพนักงานห้องปฏิบัติการ ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของสีตัวอย่างและสี

มาตรฐาน เมื่อได้สูตรสีที่ถูกต้องจึงทำส่งให้แผนกย้อมนำไปทำการย้อม ซึ่งหากสูตรสีไม่มีความถูกต้องจะทำให้ในขั้นตอนย้อมเกิดความผิดพลาด อาจเกิดข้อบกพร่องได้

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของการตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่องสีไม่เหมือนในขั้นตอนทดลองโดยการนำสูตรสีที่พนักงานตรวจวัดให้ผ่านเกณฑ์แล้ว มาทำการตรวจวัดซ้ำโดยเครื่องวัดสี เพื่อประมวลผลค่า ΔE โดยมีขั้นตอนในการตรวจสอบ ดังนี้

1) สุ่มตัวอย่างผ้ามอสเครปและผ้าชีฟองที่ผ่านการทดลองย้อมและผ่านเกณฑ์การยอมรับของพนักงานของพนักงานในห้องปฏิบัติการ จำนวนชนิดละ 30 ตัวอย่าง

2) นำตัวอย่างผ้ามอสเครปและผ้าชีฟอง ทั้ง 30 ตัวอย่างมาวัดด้วยเครื่องวัดสีเพื่อเปรียบเทียบกับสีมาตรฐาน

3) บันทึกค่า ΔE ที่ได้จากการตรวจวัด

ซึ่งผลการตรวจวัด แสดงดังตารางที่ 5.1 สำหรับผ้ามอสเครปและดังตารางที่ 5.2 สำหรับผ้าชีฟอง

ตารางที่ 5. 1 ค่า ΔE ของผ้าในแต่ละใบสั่งย้อมของผ้ามอสเครป

ลำดับที่	ค่า ΔE	ลำดับที่	ค่า ΔE
1	0.631	16	0.797
2	0.457	17	0.423
3	0.845	18	1.324
4	0.345	19	0.352
5	0.511	20	0.715
6	0.820	21	1.100
7	0.672	22	0.507
8	1.123	23	1.065
9	0.423	24	0.675
10	0.608	25	1.371
11	0.788	26	0.698
12	0.373	27	0.715
13	0.467	28	0.563
14	0.523	29	0.570
15	0.420	30	0.200

ตารางที่ 5. 2 ค่า ΔE ของผ้าในแต่ละใบสั่งย้อมของผ้าชีฟอง

ลำดับที่	ค่า ΔE	ลำดับที่	ค่า ΔE
1	0.517	16	1.097
2	0.604	17	1.101
3	0.776	18	1.206
4	0.236	19	0.445
5	0.547	20	0.512
6	1.020	21	0.327
7	0.422	22	0.809
8	0.486	23	1.400
9	0.543	24	0.717
10	0.429	25	0.534
11	0.407	26	0.662
12	0.641	27	0.390
13	0.219	28	1.145
14	0.463	29	0.366
15	1.268	30	0.728

จากตารางที่ 5.1 พบว่า ผลจากการตรวจสอบค่า ΔE ของผ้ามอสเครป พบว่ามีจำนวน 5 ตัวอย่างจาก 30 ตัวอย่างที่มีค่า ΔE สูงกว่า 1.000 ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการตรวจวัดข้อบกพร่องสีไม่เหมือน ดังนั้นตัวอย่างลำดับที่ 8, 18, 21, 23, และ 25 ที่มีค่า ΔE สูงกว่า 1.000 ซึ่งหมายความว่าสีของผ้าเหล่านี้มีความแตกต่างจากสีมาตรฐานเกินกว่าที่ยอมรับได้ อันแสดงให้เห็นถึงความผิดพลาดของพนักงานในการตรวจวัดความถูกต้องของสี ซึ่งส่งผลให้สูตรสีที่ปล่อยออกไปย้อมในกระบวนการผลิตมีความผิดพลาดเกิดขึ้น นำมาสู่การเกิดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนในผ้ามอสเครป

สำหรับความผิดพลาดในยอมรับสีที่ไม่ถูกต้องของพนักงานในผ้ามอสเครป คิดเป็น 5 ใน 30 หรือ 16.67 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อพิจารณาสีที่พนักงานตรวจวัดผิดพลาดจากทั้ง 5 ตัวอย่าง พบว่าทั้ง 5 ตัวอย่างมีสีที่แตกต่างกัน คือ สีขาว สีดำ สีกรม สีเขียวขี้ม้า และสีกากี โดยที่สีที่มีค่า ΔE มากที่สุด 2 อันดับแรก คือ สีเขียวขี้ม้า และสีกากี ตามลำดับ ซึ่งสาเหตุที่ทำให้พนักงานตรวจวัดผิดพลาดไปจากเกณฑ์การยอมรับอย่างมาก เมื่อเทียบกับสีอื่น อาจเป็นเพราะสีทั้ง 2 สีนี้เกิดจากการผสมแม่สี 2-3 สี ซึ่งการผสมแม่มากกว่า 1 สี เช่น สีดำแดง ฟ้าอมเขียว เป็นต้น เพื่อให้ได้สีเหล่านี้ จึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ตรวจวัดได้ยาก

ในทำนองเดียวกันสำหรับผ้าชีฟอง จากตารางที่ 5.2 จะพบว่า มีผ้าจำนวน 7 ตัวอย่างจาก 30 ตัวอย่างที่มีค่าสูงกว่า 1.000 โดยได้แก่ ผ้าลำดับที่ 6, 15, 16, 17, 18, 23, และ 28 แสดงว่าพนักงานมีความผิดพลาดในการตรวจสอบความถูกต้องของสี ส่งผลให้สูตรสีที่นำไปย้อมในกระบวนการผลิตมีความผิดพลาดเกิดขึ้น

สำหรับความผิดพลาดในการยอมรับสีที่ไม่ถูกต้องคิดเป็น 7 ใน 30 หรือ 23.33 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อพิจารณาสีที่พนักงานตรวจสอบผิดพลาดจากทั้ง 7 ตัวอย่าง พบว่าทั้ง 7 ตัวอย่างมีสีที่แตกต่างกัน คือ สีขาว สีชมพู สีเหลือง สีฟ้า สีน้ำตาล สีเขียวขี้ม้า และสีเนื้อ โดยที่สีที่มีค่า ΔE มากที่สุด คือ สีเขียวขี้ม้าเช่นเดียวกับผ้ามอสเครป อาจเป็นเพราะสีนี้เกิดจากการผสมแม่สี 2-3 ชนิด เพื่อให้ได้สีเหล่านี้ จึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ตรวจสอบได้ยาก

ดังนั้นทางทีมงานและผู้บริหารจึงได้กำหนดแนวทางการแก้ไข โดยนำเครื่องวัดสีเข้ามาใช้ในการตรวจวัดแทนการใช้สายตาของพนักงาน เพื่อลดความผิดพลาดในการตรวจวัดสีเพื่อกำหนดสูตรสี และได้กำหนดเกณฑ์การยอมรับการแตกต่างของสีตัวอย่างเทียบกับสีมาตรฐานในขั้นตอนทดลองย้อมให้มีค่า ΔE ไม่เกิน 0.500 เพื่อให้มีสูตรสีมีความถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

5.1.2 การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของการตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่องสีไม่เหมือนในขั้นตอนตรวจสอบคุณภาพ

การตรวจวัดในขั้นตอนตรวจสอบคุณภาพ พนักงานจะใช้สายตาในการตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่องสีไม่เหมือน เพื่อทำการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีข้อบกพร่องแล้วจึงส่งไปทำการบรรจุหีบห่อต่อไป หากพบข้อบกพร่องประเภทนี้จะทำการแยกผลิตภัณฑ์ไปทำดำเนินการแก้ไข สำหรับวิธีการตรวจวัด พนักงานจะตัดตัวอย่างผ้านำมาเทียบความแตกต่างของสีตัวอย่างและสีมาตรฐานโดยใช้สายตาของพนักงานในการตรวจวัด

ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของการตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่องสีไม่เหมือนในขั้นตอนตรวจสอบคุณภาพโดยการเปรียบเทียบระหว่างการตรวจวัดความแตกต่างของสีตัวอย่างและสีมาตรฐานโดยวิธีการตรวจวัดด้วยพนักงานแผนกตรวจสอบคุณภาพและเครื่องวัดสี ซึ่งเครื่องวัดสีนี้เป็นเครื่องวัดสีที่ไม่ได้มีการใช้งานอยู่ภายในกระบวนการย้อมผ้ามอสเครปและผ้าชีฟองมาก่อน แต่เป็นเครื่องวัดสีของแผนกพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งเครื่องวัดสีจะประมวลผลความแตกต่างของสีตัวอย่างเทียบกับสีมาตรฐานออกมาเป็นค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (ΔE) ซึ่งค่า ΔE ที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่องสีไม่เหมือน คือ ค่า $\Delta E \leq 1.000$ สำหรับขั้นตอนในการตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำในการตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่องสีไม่เหมือนในขั้นตอนตรวจสอบคุณภาพ มีดังนี้

1) สุ่มตัวอย่างผ้ามอสเครปและผ้าชีฟอง จำนวนอย่างละ 100 ชิ้น

2) ทำการตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่องสีไม่เหมือนในผ้ามอสเครปและผ้าชีฟองโดยพนักงานตรวจสอบคุณภาพ 1 คน (มีพนักงานที่มีหน้าที่ในการตรวจวัดข้อบกพร่องสีไม่เหมือในขั้นตอนตรวจสอบคุณภาพเพียง 1 คน)

3) ทำการตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่องสีไม่เหมือนในผ้ามอสเครปและผ้าชีฟองโดยเครื่องวัดสี

4) บันทึกผลการตรวจวัด

ซึ่งมีผลจากการเปรียบเทียบการตรวจวัดทั้งสองวิธี ดังตารางที่ 5.3 กรณีผ้ามอสเครปและตารางที่ 5.4 กรณีผ้าชีฟอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5. 3 การเปรียบเทียบวิธีการตรวจสอบข้อบกพร่องสีไม่เหมือนของผ้ามอสเครป

ลำดับที่	วิธีการตรวจสอบ		ความถูกต้องของผู้ปฏิบัติงาน
	เครื่องวัดสี	ผู้ปฏิบัติงาน	
1	ผ่าน	ผ่าน	/
2	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	/
3	ผ่าน	ผ่าน	/
4	ผ่าน	ผ่าน	/
5	ผ่าน	ผ่าน	/
6	ผ่าน	ผ่าน	/
7	ผ่าน	ผ่าน	/
8	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	/
9	ผ่าน	ผ่าน	/
10	ผ่าน	ผ่าน	/
11	ผ่าน	ผ่าน	/
12	ผ่าน	ไม่ผ่าน	///
13	ผ่าน	ผ่าน	/
14	ผ่าน	ผ่าน	/
15	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	/
16	ผ่าน	ผ่าน	/
17	ผ่าน	ผ่าน	/
18	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	/
19	ผ่าน	ผ่าน	/
20	ผ่าน	ผ่าน	/
21	ผ่าน	ผ่าน	/
22	ผ่าน	ผ่าน	/
23	ผ่าน	ผ่าน	/
24	ผ่าน	ผ่าน	/
25	ผ่าน	ผ่าน	/
26	ผ่าน	ผ่าน	/
27	ผ่าน	ผ่าน	/
28	ผ่าน	ผ่าน	/
29	ผ่าน	ไม่ผ่าน	///
30	ผ่าน	ไม่ผ่าน	///
31	ผ่าน	ไม่ผ่าน	///
32	ผ่าน	ผ่าน	/
33	ผ่าน	ผ่าน	/
34	ผ่าน	ผ่าน	/
35	ผ่าน	ผ่าน	/
36	ผ่าน	ผ่าน	/
37	ผ่าน	ผ่าน	/
38	ผ่าน	ผ่าน	/
39	ผ่าน	ผ่าน	/
40	ผ่าน	ผ่าน	/
41	ผ่าน	ผ่าน	/
42	ผ่าน	ผ่าน	/
43	ผ่าน	ไม่ผ่าน	///
44	ผ่าน	ผ่าน	/
45	ผ่าน	ผ่าน	/
46	ผ่าน	ผ่าน	/
47	ผ่าน	ผ่าน	/
48	ผ่าน	ผ่าน	/
49	ผ่าน	ผ่าน	/
50	ผ่าน	ผ่าน	/

ลำดับที่	วิธีการตรวจสอบ		ความถูกต้องของผู้ปฏิบัติงาน
	เครื่องวัดสี	ผู้ปฏิบัติงาน	
51	ผ่าน	ผ่าน	/
52	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	/
53	ผ่าน	ไม่ผ่าน	//
54	ผ่าน	ผ่าน	/
55	ผ่าน	ไม่ผ่าน	///
56	ผ่าน	ผ่าน	/
57	ผ่าน	ผ่าน	/
58	ผ่าน	ผ่าน	/
59	มผ.	ผ่าน	//
60	ผ่าน	ผ่าน	/
61	ผ่าน	ผ่าน	/
62	ผ่าน	ผ่าน	/
63	ผ่าน	ผ่าน	/
64	ผ่าน	ไม่ผ่าน	/
65	ผ่าน	ผ่าน	/
66	ผ่าน	ผ่าน	/
67	ผ่าน	ไม่ผ่าน	///
68	ผ่าน	ผ่าน	/
69	ผ่าน	ผ่าน	/
70	ผ่าน	ผ่าน	/
71	ไม่ผ่าน	ผ่าน	//
72	ผ่าน	ผ่าน	/
73	ผ่าน	ผ่าน	/
74	ผ่าน	ผ่าน	/
75	ผ่าน	ผ่าน	/
76	ผ่าน	ผ่าน	/
77	ผ่าน	ผ่าน	/
78	ผ่าน	ผ่าน	/
79	ผ่าน	ไม่ผ่าน	///
80	ผ่าน	ผ่าน	/
81	ผ่าน	ผ่าน	/
82	ผ่าน	ผ่าน	/
83	ผ่าน	ผ่าน	/
84	ผ่าน	ไม่ผ่าน	///
85	ผ่าน	ผ่าน	/
86	ผ่าน	ผ่าน	/
87	ผ่าน	ผ่าน	/
88	ผ่าน	ผ่าน	/
89	ผ่าน	ผ่าน	/
90	ผ่าน	ไม่ผ่าน	///
91	ผ่าน	ผ่าน	/
92	ผ่าน	ผ่าน	/
93	ผ่าน	ผ่าน	/
94	ผ่าน	ผ่าน	/
95	ผ่าน	ผ่าน	/
96	ผ่าน	ผ่าน	/
97	ผ่าน	ไม่ผ่าน	///
98	ผ่าน	ผ่าน	/
99	ผ่าน	ผ่าน	/
100	ผ่าน	ผ่าน	/

<u>หมายเหตุ</u> ผ่าน หมายถึง ผ้าที่ไม่พบข้อบกพร่องสีไม่เหมือน

ไม่ผ่าน หมายถึง ผ้าพบข้อบกพร่องสีไม่เหมือน

/ ผลการตรวจสอบของผู้ปฏิบัติงานตรงกับเครื่องวัดสี

// ผลการตรวจสอบจากเครื่องวัดสีระบุว่า “ผ่าน” แต่ผู้ปฏิบัติงานบอกระบุว่า “ไม่ผ่าน”

/// ผลการตรวจสอบจากเครื่องวัดสีระบุว่า “ไม่ผ่าน” แต่ผู้ปฏิบัติงานบอกระบุว่า“ผ่าน”

จากผลการทดสอบในตารางข้างต้น พบว่า

- ผลการตรวจสอบของผู้ปฏิบัติงานตรงกับเครื่องวัดสีมีจำนวน 86 ตัวอย่าง
- ผลการตรวจสอบจากเครื่องวัดสีระบุว่า “ผ่าน” แต่ผู้ปฏิบัติงานบอกระบุ “ไม่ผ่าน”มีจำนวน 3 ตัวอย่าง
- ผลการตรวจสอบจากเครื่องวัดสีระบุว่า “ไม่ผ่าน” แต่ผู้ปฏิบัติงานบอกระบุว่า “ผ่าน”มีจำนวน 11 ตัวอย่าง

เมื่อนำมาพิจารณาถึงความถูกต้องในเรื่องการตรวจวัดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนของพนักงานที่ทำหน้าที่ตรวจวัดคิดเป็น 86 เปอร์เซ็นต์ และความผิดพลาดของพนักงาน คิดเป็น 14 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นว่าพนักงานมีความคลาดเคลื่อนในการตรวจวัดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนของผ้ามอสเครป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5. 4 การเปรียบเทียบวิธีการตรวจสอบข้อบกพร่องสีไม่เหมือนของผ้าชีฟอง

ลำดับที่	วิธีการตรวจสอบ		ความถูกต้อง	ลำดับที่	วิธีการตรวจสอบ		ความถูกต้อง
	เครื่องวัดสี	ผู้ปฏิบัติงาน			เครื่องวัดสี	ผู้ปฏิบัติงาน	
1	ผ่าน	ผ่าน	/	51	ผ่าน	ผ่าน	/
2	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	/	52	ผ่าน	ผ่าน	/
3	ผ่าน	ไม่ผ่าน	///	53	ผ่าน	ผ่าน	/
4	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	/	54	ผ่าน	ผ่าน	/
5	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	/	55	ผ่าน	ผ่าน	/
6	ผ่าน	ไม่ผ่าน	///	56	ผ่าน	ผ่าน	/
7	ผ่าน	ไม่ผ่าน	///	57	ผ่าน	ผ่าน	/
8	ผ่าน	ไม่ผ่าน	///	58	ผ่าน	ผ่าน	/
9	ผ่าน	ผ่าน	/	59	ไม่ผ่าน	ผ่าน	//
10	ผ่าน	ผ่าน	/	60	ไม่ผ่าน	ผ่าน	//
11	ผ่าน	ผ่าน	/	61	ผ่าน	ผ่าน	/
12	ผ่าน	ผ่าน	/	62	ผ่าน	ผ่าน	/
13	ผ่าน	ผ่าน	/	63	ผ่าน	ผ่าน	/
14	ผ่าน	ผ่าน	/	64	ผ่าน	ผ่าน	/
15	ผ่าน	ผ่าน	/	65	ผ่าน	ผ่าน	/
16	ผ่าน	ผ่าน	/	66	ผ่าน	ผ่าน	/
17	ผ่าน	ผ่าน	/	67	ผ่าน	ผ่าน	/
18	ผ่าน	ผ่าน	/	68	ผ่าน	ผ่าน	/
19	ผ่าน	ผ่าน	/	69	ผ่าน	ผ่าน	/
20	ผ่าน	ผ่าน	/	70	ผ่าน	ผ่าน	/
21	ผ่าน	ผ่าน	/	71	ผ่าน	ผ่าน	/
22	ผ่าน	ผ่าน	/	72	ผ่าน	ผ่าน	/
23	ผ่าน	ผ่าน	/	73	ผ่าน	ผ่าน	/
24	ผ่าน	ผ่าน	/	74	ผ่าน	ผ่าน	/
25	ผ่าน	ผ่าน	/	75	ผ่าน	ผ่าน	/
26	ผ่าน	ผ่าน	/	76	ผ่าน	ผ่าน	/
27	ผ่าน	ผ่าน	/	77	ผ่าน	ผ่าน	/
28	ผ่าน	ผ่าน	/	78	ผ่าน	ผ่าน	/
29	ผ่าน	ผ่าน	/	79	ผ่าน	ผ่าน	/
30	ผ่าน	ผ่าน	/	80	ผ่าน	ผ่าน	/
31	ผ่าน	ผ่าน	/	81	ผ่าน	ผ่าน	/
32	ผ่าน	ผ่าน	/	82	ผ่าน	ผ่าน	/
33	ผ่าน	ผ่าน	/	83	ผ่าน	ผ่าน	/
34	ผ่าน	ผ่าน	/	84	ผ่าน	ไม่ผ่าน	///
35	ผ่าน	ผ่าน	/	85	ผ่าน	ผ่าน	/
36	ผ่าน	ผ่าน	/	86	ผ่าน	ผ่าน	/
37	ผ่าน	ไม่ผ่าน	///	87	ผ่าน	ผ่าน	/
38	ผ่าน	ผ่าน	/	88	ผ่าน	ผ่าน	/
39	ผ่าน	ผ่าน	/	89	ผ่าน	ผ่าน	/
40	ผ่าน	ผ่าน	/	90	ผ่าน	ผ่าน	/
41	ผ่าน	ผ่าน	/	91	ผ่าน	ผ่าน	/
42	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	/	92	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	/
43	ผ่าน	ไม่ผ่าน	///	93	ผ่าน	ไม่ผ่าน	///
44	ผ่าน	ผ่าน	/	94	ผ่าน	ไม่ผ่าน	//
45	ผ่าน	ผ่าน	/	95	ผ่าน	ไม่ผ่าน	///
46	ผ่าน	ผ่าน	/	96	ผ่าน	ไม่ผ่าน	/
47	ผ่าน	ผ่าน	/	97	ผ่าน	ไม่ผ่าน	///
48	ผ่าน	ผ่าน	/	98	ผ่าน	ไม่ผ่าน	///
49	ผ่าน	ผ่าน	/	99	ผ่าน	ไม่ผ่าน	///
50	ผ่าน	ผ่าน	/	100	ผ่าน	ไม่ผ่าน	///

<u>หมายเหตุ</u> ผ่าน หมายถึง ผ้าที่ไม่พบข้อบกพร่องสีไม่เหมือน

ไม่ผ่าน หมายถึง ผ้าพบข้อบกพร่องสีไม่เหมือน

/ หมายถึง ผลการตรวจสอบของผู้ปฏิบัติงานตรงกับเครื่องวัดสี

// หมายถึง ผลการตรวจสอบจากเครื่องวัดสีระบุว่า “ผ่าน” แต่ผู้ปฏิบัติงานบอกระบุว่า“ไม่ผ่าน”

/// หมายถึง ผลการตรวจสอบจากเครื่องวัดสีระบุว่า “ไม่ผ่าน” แต่ผู้ปฏิบัติงานบอกระบุว่า“ผ่าน”

จากผลการทดสอบในตารางข้างต้น พบว่า

- ผลการตรวจสอบของผู้ปฏิบัติงานตรงกับเครื่องวัดสีมีจำนวน 84 ตัวอย่าง
- ผลการตรวจสอบจากเครื่องวัดสีระบุว่า “ผ่าน” แต่ผู้ปฏิบัติงานบอกระบุ “ไม่ผ่าน”มีจำนวน 3 ตัวอย่าง
- ผลการตรวจสอบจากเครื่องวัดสีระบุว่า “ไม่ผ่าน” แต่ผู้ปฏิบัติงานบอกระบุว่า “ผ่าน”มีจำนวน 13 ตัวอย่าง

เมื่อนำมาพิจารณาถึงความถูกต้องในเรื่องการวัดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนของพนักงานที่ทำหน้าที่ตรวจวัดคิดเป็น 84 เปอร์เซ็นต์ และความผิดพลาดของพนักงาน คิดเป็น 16 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นว่าพนักงานมีความคลาดเคลื่อนในการตรวจวัดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนเช่นกันกับผ้ามอสเครป โดยที่ความผิดพลาดคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ใกล้เคียงกับกรณีผ้ามอสเครป

จากผลการตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของการวัดข้อบกพร่องประเภทสีไม่เหมือนในผ้ามอสเครปและผ้าชีฟอง จะเห็นได้ว่า พนักงานมีผิดพลาดในการวัด โดยสามารถตรวจพบข้อบกพร่องได้น้อยกว่าเครื่องวัดสี ซึ่งมีความถูกต้องแม่นยำมากกว่า

ดังนั้นทางโรงงานกรณีศึกษา จึงได้ปรับปรุงวิธีการวัดข้อบกพร่องประเภทสีไม่เหมือนจากการใช้สายตาของพนักงานมาเป็นเครื่องวัดสี เพื่อถูกต้องและความแม่นยำในการวัด รวมทั้งความเชื่อมั่นของข้อมูล ซึ่งได้มีการจัดทำวิธีปฏิบัติงานในการใช้เครื่องวัดสีของขั้นตอนตรวจสอบคุณภาพดังแสดงในภาคผนวก ก และทำการฝึกอบรมพนักงาน เพื่อให้สามารถใช้เครื่องวัดสีได้ถูกต้อง

5.2 การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำในการวัดลักษณะข้อบกพร่องด่างคราบสี

ในการวัดข้อบกพร่องด่างคราบสีในขั้นตอนตรวจสอบคุณภาพ จะใช้วิธีการตรวจวัดโดยสายตาของพนักงานเช่นเดียวกับสีไม่เหมือน โดยทำการตรวจวัดข้อบกพร่องด่างคราบสีก่อน หากไม่พบข้อบกพร่องด่างคราบสีจึงจะทำการตรวจวัดสีไม่เหมือน หากพบข้อบกพร่องจะส่งไปยังแผนกย้อมเพื่อทำการแก้ไข

สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำในการวัดลักษณะข้อบกพร่องด่างคราบสี จะใช้วิธีการตรวจสอบโดยการวิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับข้อมูลนับ (Attribute Measurement System) ซึ่งเป็นการตรวจสอบและประเมินผลออกมาเป็น ผ่านและไม่ผ่าน โดยมีขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1) คัดเลือกทีมงานผู้ชำนาญการ ซึ่งเป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญและประสบการณ์ในการทำงานเกี่ยวกับการตรวจสอบคุณภาพ และเข้าใจถึงข้อกำหนดของลูกค้า ทำการตรวจสอบชิ้นงานผ้ามอสเครปที่คัดเลือกมา 20 ชิ้น และผ้าชีฟองที่คัดเลือกมา 20 ชิ้น

2) กำหนดให้ชิ้นงานที่ทำการคัดเลือกทั้งผ้ามอสเครปและผ้าชีฟอง ประกอบไปด้วยชิ้นงานคุณภาพดี 10 ชิ้น ชิ้นงานเสียจำนวน 10 ชิ้น

3) คัดเลือกพนักงานตรวจสอบที่มีหน้าที่ประจำในการตรวจสอบ 2 คน ทั้งนี้ เนื่องจากขั้นตอนนี้มีผู้ปฏิบัติงานอยู่เพียงแค่ 2 คน ในการตรวจสอบข้อบกพร่องด่างคราบสี ซึ่งพนักงานเป็นผู้ที่มีประสบการณ์และผ่านการประเมินผลจากทางโรงงานกรณีศึกษาแล้ว

4) ให้พนักงานทั้ง 2 คน ทำการทดลองวัดชิ้นงานทีละคน ซึ่งการสุ่มตัวอย่างชิ้นงานนั้นต้องเป็นแบบสุ่ม และให้พนักงานประเมินผลชิ้นงานตัวอย่างว่าผ่านหรือไม่ผ่าน และทำการบันทึกข้อมูลลงแบบฟอร์ม ซึ่งในการตรวจวัดของพนักงานแต่ละคนจะทำซ้ำ 2 ครั้ง โดยการทำซ้ำแต่ละครั้งนั้นเว้นช่วงการตรวจสอบ 1 สัปดาห์

CHULALONGKORN UNIVERSITY

5) บันทึกค่าลงในแบบฟอร์ม เพื่อทำการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะประกอบไปด้วยดัชนีและเกณฑ์การยอมรับ

สำหรับเกณฑ์การยอมรับของการตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของการวัดข้อบกพร่องด่างคราบสีจะใช้เกณฑ์ดังตารางที่ 5.5

สำหรับผลลัพธ์ในการตรวจสอบจะแสดงในตารางที่ 5.6 สำหรับผ้ามอสเครป และตารางที่ 5.7 สำหรับผ้าชีฟอง

ตารางที่ 5. 5 เกณฑ์การยอมรับของโรงงานกรณีศึกษา

ดัชนี	เกณฑ์การยอมรับ
ค่าเปอร์เซ็นต์รีพิททะบิลิตี้	100%
ค่าประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้	100%
ค่าเปอร์เซ็นต์คะแนนแอตทริบิวต์	100%
ค่าเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลของคะแนนแอตทริบิวต์	100%

ตารางที่ 5. 6 ผลลัพธ์ของการวัดข้อบกพร่องด่างคราบสีของผ้ามอสเครป

ตัวอย่างที่	คุณภาพที่แท้จริง	พนักงานคนที่ 1		พนักงานคนที่ 2		พนักงานตรวจได้เหมือนกันทุกครั้งและทุกคน	พนักงานตรวจสอบได้เหมือนกันอย่างถูกต้อง
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2		
1	G	G	G	G	G	Y	Y
2	G	G	G	G	G	Y	Y
3	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
4	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
5	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
6	G	G	G	G	G	Y	Y
7	G	G	G	G	G	Y	Y
8	G	G	G	G	G	Y	Y
9	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
10	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
11	G	G	G	G	G	Y	Y
12	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
13	G	G	G	G	G	Y	Y
14	G	G	G	G	G	Y	Y
15	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
16	G	G	G	G	G	Y	Y
17	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
18	G	G	G	G	G	Y	Y
19	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
20	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y

<u>หมายเหตุ</u> G หมายถึง ผ่าน หรือ ชิ้นงานดี
NG หมายถึง ไม่ผ่าน หรือ ชิ้นงานเสีย
N หมายถึง การตรวจสอบที่ไม่ซ้ำ หรือไม่ถูกต้อง
Y หมายถึง การตรวจสอบซ้ำ หรือถูกต้อง

จากตารางที่ 5.6 สามารถสรุปผลในแต่ละดัชนีได้ดังต่อไปนี้

- ค่าเปอร์เซ็นต์รีพิททะบิลิตี้

  ค่าเปอร์เซ็นต์รีพิททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบคนที่ 1 = $\frac{20}{20}$ X100 = 100%

  ค่าเปอร์เซ็นต์รีพิททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบคนที่ 2 = $\frac{20}{20}$ X100 = 100%

- ค่าประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้

  ค่าประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบคนที่ 1 = $\frac{20}{20}$ X100 = 100%

  ค่าประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบคนที่ 2 = $\frac{20}{20}$ X100 = 100%

- ค่าเปอร์เซ็นต์คะแนนแอตทริบิวต์

  ค่าเปอร์เซ็นต์คะแนนแอตทริบิวต์ของพนักงานตรวจสอบคนที่ 1 = $\frac{20}{20}$ X100 = 100%

  ค่าเปอร์เซ็นต์คะแนนแอตทริบิวต์ของพนักงานตรวจสอบคนที่ 2 = $\frac{20}{20}$ X100 = 100%

- ค่าเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลของคะแนนแอตทริบิวต์

  ค่าเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลของคะแนนแอตทริบิวต์ของพนักงานตรวจสอบคนที่ 1

  = $\frac{20}{20}$ x100 = 100%

  ค่าเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลของคะแนนแอตทริบิวต์ของพนักงานตรวจสอบคนที่ 2

  = $\frac{20}{20}$ x100 = 100%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5. 7 ผลลัพธ์การวัดข้อบกพร่องด่างคราบสีของผ้าชีฟอง

ตัวอย่างที่	คุณภาพที่แท้จริง	พนักงานคนที่ 1		พนักงานคนที่ 2		พนักงานตรวจได้เหมือนกันทุกครั้งและทุกคน	พนักงานตรวจสอบได้เหมือนกันอย่างถูกต้อง
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2		
1	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
2	G	G	G	G	G	Y	Y
3	G	G	G	G	G	Y	Y
4	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
5	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
6	G	G	G	G	G	Y	Y
7	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
8	G	G	G	G	G	Y	Y
9	G	G	G	G	G	Y	Y
10	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
11	G	G	G	G	G	Y	Y
12	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
13	G	G	G	G	G	Y	Y
14	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
15	G	G	G	G	G	Y	Y
16	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
17	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
18	G	G	G	G	G	Y	Y
19	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
20	G	G	G	G	G	Y	Y

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หมายเหตุ G หมายถึง ผ่าน หรือ ชิ้นงานดี

NG หมายถึง ไม่ผ่าน หรือ ชิ้นงานเสีย

N หมายถึง การตรวจสอบที่ไม่ซ้ำ หรือไม่ถูกต้อง

Y หมายถึง การตรวจสอบซ้ำ หรือถูกต้อง

จากตารางที่ 5.7 สามารถสรุปผลในแต่ละดัชนีได้ดังต่อไปนี้

- ค่าเปอร์เซ็นต์รีพิททะบิลิตี้

  ค่าเปอร์เซ็นต์รีพิททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบคนที่ 1 = $\frac{20}{20}$ X100 = 100%

  ค่าเปอร์เซ็นต์รีพิททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบคนที่ 2 = $\frac{20}{20}$ X100 = 100%

- ค่าประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้

  ค่าประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบคนที่ 1 = $\frac{20}{20}$ X100 = 100%

  ค่าประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบคนที่ 2 = $\frac{20}{20}$ X100 = 100%

- ค่าเปอร์เซ็นต์คะแนนแอตทริบิวต์

  ค่าเปอร์เซ็นต์คะแนนแอตทริบิวต์ของพนักงานตรวจสอบคนที่ 1 = $\frac{20}{20}$ X100 = 100%

  ค่าเปอร์เซ็นต์คะแนนแอตทริบิวต์ของพนักงานตรวจสอบคนที่ 2 = $\frac{20}{20}$ X100 = 100%

- ค่าเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลของคะแนนแอตทริบิวต์

  ค่าเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลของคะแนนแอตทริบิวต์ของพนักงานตรวจสอบคนที่ 1

  = $\frac{20}{20}$ x100 = 100%

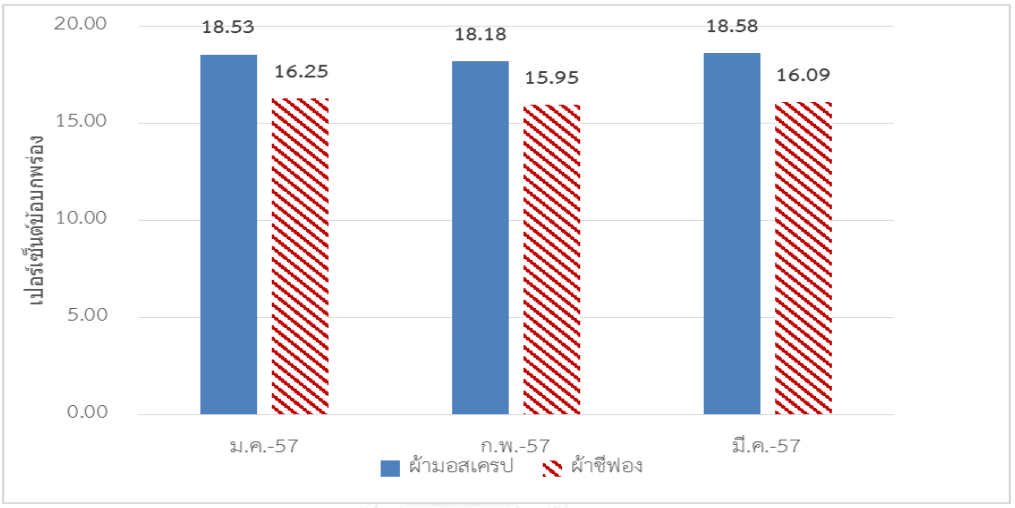
  ค่าเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลของคะแนนแอตทริบิวต์ของพนักงานตรวจสอบคนที่ 2

  = $\frac{20}{20}$ x100 = 100%

จากผลการทดสอบความแม่นยำและถูกต้องของระบบการวัดของพนักงานในการตรวจสอบข้อบกพร่องด่างคราบสีของผ้ามอสเครปและผ้าชีฟอง จะพบว่ามีค่าเปอร์เซ็นต์รีพิททะบิลิตี้ ค่าประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ ค่าเปอร์เซ็นต์คะแนนแอตทริบิวต์ และค่าเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลของคะแนนแอตทริบิวต์มีค่าเท่ากับ 100% ทุกๆดัชนี ซึ่งผ่านเกณฑ์การยอมรับของระบบการวัดตามตารางที่ 5.5 ทำให้สรุปได้ว่าความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัดการตรวจสอบข้อบกพร่องด่างคราบสีอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จึงไม่ต้องทำการปรับปรุงแก้ไขเหมือนกับการวัดข้อบกพร่องสีไม่เหมือน

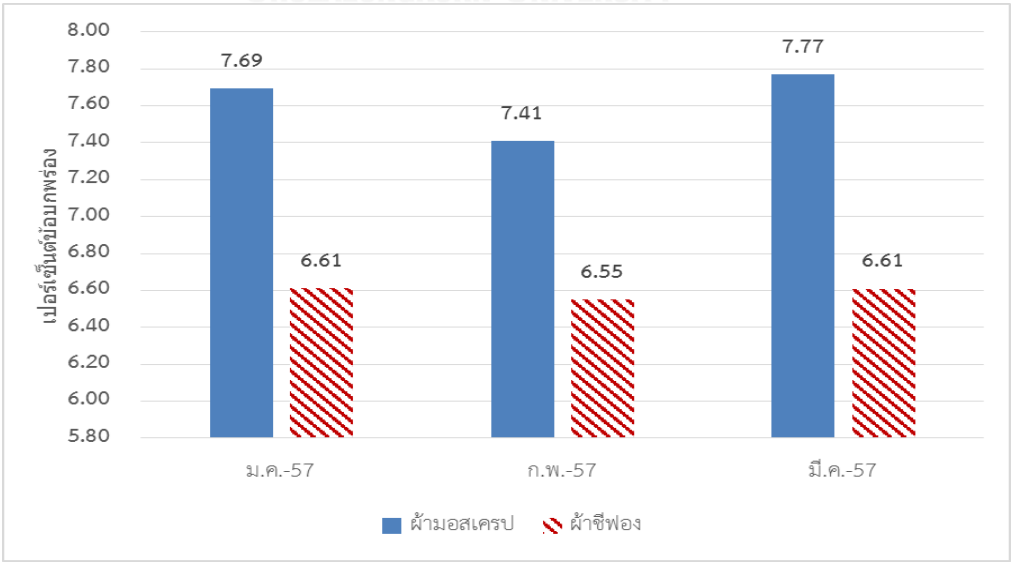
5.3 การเก็บข้อมูลหลังจากปรับปรุงการตรวจวัด

เมื่อทำการปรับปรุงแก้ไขการตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและด่างคราบสีในผ้ามอสเครปและผ้าชีฟองเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงทำการเก็บข้อมูลข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและข้อบกพร่องด่างคราบสีในผ้ามอสเครปและผ้าชีฟองในเดือนมกราคม พ.ศ.2557 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2557 โดยใช้เครื่องวัดสีในการตรวจสอบข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและใช้พนักงานที่ผ่านเกณฑ์การยอมรับในการตรวจสอบข้อบกพร่องด่างคราบสี เพื่อใช้เป็นข้อมูลก่อนการปรับปรุง ดังรูปที่ 5.3 และดังรูปที่ 5.4



รูปที่ 5. 1 ข้อมูลข้อบกพร่องสีไม่เหมือนในผ้ามอสเครปและผ้าชีฟองที่ใช้เป็นข้อมูลก่อนการปรับปรุง

จากรูปที่ 5.1 ค่าเฉลี่ยของข้อบกพร่องสีไม่เหมือนในผ้ามอสเครปและผ้าชีฟองที่ใช้เป็นข้อมูลก่อนการปรับปรุง คิดเป็น 18.43% และ 16.10% ตามลำดับ



รูปที่ 5. 2 ข้อมูลข้อบกพร่องด่างคราบสีในผ้ามอสเครปและผ้าชีฟองที่ใช้เป็นข้อมูลก่อนการปรับปรุง

จากรูปที่ 5.2 ค่าเฉลี่ยของข้อบกพร่องสีไม่เหมือนในผ้ามอสเครปและผ้าชีฟองที่ใช้เป็นข้อมูลก่อนการปรับปรุง คิดเป็น 7.62% และ 6.59% ตามลำดับ

และจากรูปที่ 5.1 นั้น ได้ทำการศึกษาโทนสีที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องในโรงงานกรณีศึกษาอีกด้วยว่ามีโทนสีใดที่ทำการผลิตแล้วมีแนวโน้มการเกิดข้อบกพร่องสีไม่เหมือน ซึ่งได้เก็บรวบรวมข้อมูลข้อบกพร่องแยกตามโทนสีของโรงงานกรณีศึกษาในช่วงเดือนมกราคม 2557 ถึงเดือนมีนาคม 2557 ของทั้งผ้ามอสเครปและชีฟอง ซึ่งโทนสีสามารถแบ่งได้เป็น 12 โทนสี ดังนี้

- สีขาว
- สีดำ
- สีเทา
- สีแดง
- สีชมพู
- สีน้ำเงิน
- สีม่วง
- สีฟ้า
- สีเขียว
- สีส้ม
- สีเหลือง
- สีน้ำตาล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการพิจารณาจากข้อมูลข้อบกพร่องประเภทสีไม่เหมือนแยกตามโทนสีในเดือนมกราคม พ.ศ. 2557 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2557 เพื่อพิจารณาข้อบกพร่องสีไม่เหมือนในแต่ละโทนสีของผ้ามอสเครปและผ้าชีฟองมีความแตกต่างกันหรือไม่ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนี้

1) ผ้ามอสเครป

- <u>สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ</u>

  H_0: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7 = \mu_8 = \mu_9 = \mu_{10} = \mu_{11} = \mu_{12}$

  ไม่มีความแตกต่างกันของเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องสีไม่เหมือนในแต่ละโทนสี

  H_1: มีอย่างน้อย 1 โทนสีที่มีเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องสีไม่เหมือนแตกต่างไปจากโทนสีอื่นๆ

- ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

One-way ANOVA: % Color Variation Moscrepe versus Color

```
Method
Null hypothesis         All means are equal
Alternative hypothesis  At least one mean is different
Significance level      α = 0.05
Equal variances were assumed for the analysis.
Factor Information
Factor  Levels  Values
Color       12  1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

Analysis of Variance
Source  DF  Adj SS  Adj MS  F-Value  P-Value
Color   11   29.25   2.659     0.93    0.531
Error   24   68.78   2.866
Total   35   98.03

Model Summary
      S    R-sq  R-sq(adj)  R-sq(pred)
1.69286  29.84%      0.00%       0.00%

Means
Color  N    Mean  StDev       95% CI
1      3   21.33   2.31  ( 19.32,  23.35)
2      3  21.574  1.370  (19.557, 23.591)
3      3  19.683  0.550  (17.665, 21.700)
4      3  22.514  0.694  (20.497, 24.532)
5      3  20.484  1.553  (18.467, 22.502)
6      3   22.07   2.00  ( 20.06,  24.09)
7      3   21.18   2.04  ( 19.16,  23.19)
8      3  19.178  1.444  (17.161, 21.195)
9      3   20.49   2.03  ( 18.48,  22.51)
10     3  20.476  0.825  (18.459, 22.493)
11     3  20.909  1.575  (18.892, 22.926)
12     3   20.60   2.54  ( 18.59,  22.62)

Pooled StDev = 1.69286
```

รูปที่ 5. 3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการเกิดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนในผ้ามอสเครปแยกโทนสี

จากรูปที่ 5.3 ค่า P-value มีค่า 0.531 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันของเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องสีไม่เหมือนในแต่ละโทนสี ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงไม่ได้พิจารณาสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องแยกตามโทนสีของผ้ามอสเครป

2) ผ้าชีฟอง

- <u>สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ</u>

  H_0: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7 = \mu_8 = \mu_9 = \mu_{10} = \mu_{11} = \mu_{12}$

  ; ไม่มีความแตกต่างกันของเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องสีไม่เหมือนในแต่ละโทนสี

  H_1: มีอย่างน้อย 1 โทนสีที่มีเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องสีไม่เหมือนแตกต่างไปจากโทนสีอื่นๆ

- ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

One-way ANOVA: % Color Variation Chiffon versus Color

```
Method
Null hypothesis         All means are equal
Alternative hypothesis  At least one mean is different
Significance level      α = 0.05
Equal variances were assumed for the analysis.
Factor Information
Factor  Levels  Values
Color       12  1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

Analysis of Variance
Source  DF  Adj SS  Adj MS  F-Value  P-Value
Color   11   50.62   4.602     1.57    0.170
Error   24   70.19   2.924
Total   35  120.80

Model Summary
      S    R-sq  R-sq(adj)  R-sq(pred)
1.71008  41.90%     15.27%       0.00%

Means
Color  N    Mean  StDev       95% CI
1      3  18.214  1.557  (16.177, 20.252)
2      3  18.298  0.490  (16.261, 20.336)
3      3   17.95   2.00  ( 15.91,  19.99)
4      3   21.55   2.00  ( 19.51,  23.59)
5      3   18.47   3.27  ( 16.43,  20.50)
6      3  19.744  0.444  (17.706, 21.781)
7      3  18.416  1.391  (16.378, 20.454)
8      3   19.41   1.80  ( 17.37,  21.45)
9      3  18.031  0.579  (15.993, 20.068)
10     3   18.89   1.92  ( 16.85,  20.93)
11     3  18.128  1.622  (16.090, 20.166)
12     3  21.264  1.291  (19.227, 23.302)

Pooled StDev = 1.71008
```

Chulalongkorn University

รูปที่ 5. 4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการเกิดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนในผ้าชีฟองแยกโทนสี

จากรูปที่ 5.4 ค่า P-value มีค่า 0.170 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันของเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องสีไม่เหมือนในแต่ละโทนสี ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงไม่ได้พิจารณาสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องแยกตามโทนสีของผ้าชีฟอง

จากรูปที่ 5.4 นั้น ได้ทำการศึกษาโทนสีที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องในโรงงานกรณีศึกษาอีกด้วยว่ามีโทนสีใดที่ทำการผลิตแล้วมีแนวโน้มการเกิดข้อบกพร่องด่างคราบสี ซึ่งได้เก็บรวบรวมข้อมูลข้อบกพร่องแยกตามโทนสีของโรงงานกรณีศึกษาในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2557 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2557 ของทั้งผ้ามอสเครปและชีฟอง ซึงโทนสีที่ทำการผลิตสามารถแบ่งได้เป็น 12 โทนสี ดังที่กล่าวข้างต้

และในงานวิจัยนี้ได้ทำการพิจารณาจากข้อมูลข้อบกพร่องประเภทด่างคราบสีแยกตามโทนสีในเดือนมกราคม พ.ศ. 2557 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2557 เพื่อพิจารณาข้อบกพร่องด่างคราบสีในแต่ละโทนสีของผ้ามอสเครปและผ้าชีฟองมีความแตกต่างกันหรือไม่ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนี้

1) ผ้ามอสเครป

- <u>สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ</u>

  H_0: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7 = \mu_8 = \mu_9 = \mu_{10} = \mu_{11} = \mu_{12}$

  ; ไม่มีความแตกต่างกันของเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องด่างคราบสีในแต่ละโทนสี

  H1: มีอย่างน้อย 1 โทนสีที่มีเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องด่างคราบสีแตกต่างไปจากโทนสีอื่นๆ

- ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

One-way ANOVA: % Dye Mark Moscrepe versus Color

```
Method
Null hypothesis         All means are equal
Alternative hypothesis  At least one mean is different
Significance level      α = 0.05
Equal variances were assumed for the analysis.
Factor Information
Factor  Levels  Values
Color       12  1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

Analysis of Variance
Source  DF  Adj SS  Adj MS  F-Value  P-Value
Color   11   11.02   1.002     0.33    0.970
Error   24   72.58   3.024
Total   35   83.60

Model Summary
      S    R-sq  R-sq(adj)  R-sq(pred)
1.73898  13.18%      0.00%       0.00%

Means
Color  N   Mean  StDev      95% CI
1      3  6.556  1.503  (4.483, 8.628)
2      3  6.874  1.005  (4.802, 8.946)
3      3  6.476  1.627  (4.404, 8.548)
4      3   5.53   1.88  ( 3.46,  7.60)
5      3  4.801  0.872  (2.728, 6.873)
6      3  6.185  1.596  (4.113, 8.257)
7      3  6.294  1.542  (4.222, 8.366)
8      3   6.76   1.97  ( 4.69,  8.83)
9      3   6.31   2.67  ( 4.23,  8.38)
10     3  6.714  1.545  (4.642, 8.786)
11     3   6.36   2.36  ( 4.29,  8.44)
12     3  6.112  1.479  (4.040, 8.184)

Pooled StDev = 1.73898
```

รูปที่ 5. 5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการเกิดข้อบกพร่องด่างคราบสีในผ้ามอสเครปแยกโทนสี

จากรูปที่ 5.5 ค่า P-value มีค่า 0.970 ซึ่งมีค่ามากว่า 0.05 แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันของเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องด่างคราบสีในแต่ละโทนสี ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงไม่ได้พิจารณาสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องแยกตามโทนสีของผ้ามอสเครป

2) ผ้าชีฟอง

- <u>สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ</u>

  H_0: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7 = \mu_8 = \mu_9 = \mu_{10} = \mu_{11} = \mu_{12}$

  ; ไม่มีความแตกต่างกันของเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องด่างคราบสีในแต่ละโทนสี

  H1: มีอย่างน้อย 1 โทนสีที่มีเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องด่างคราบสีแตกต่างไปจากโทนสีอื่นๆ

- ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

One-way ANOVA: % Dye Mark Chiffon versus Color

```
Method
Null hypothesis         All means are equal
Alternative hypothesis  At least one mean is different
Significance level      α = 0.05
Equal variances were assumed for the analysis.
Factor Information
Factor  Levels  Values
Color       12  1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

Analysis of Variance
Source  DF  Adj SS  Adj MS  F-Value  P-Value
Color   11   42.57   3.870     1.68    0.139
Error   24   55.22   2.301
Total   35   97.79

Model Summary
      S    R-sq  R-sq(adj)  R-sq(pred)
1.51688  43.53%     17.65%       0.00%

Means
Color  N   Mean  StDev        95% CI
1      3  7.262  1.443  (5.454,  9.069)
2      3  9.837  0.828  (8.029, 11.644)
3      3   7.05   3.00  ( 5.24,   8.86)
4      3   7.62   2.34  ( 5.81,   9.43)
5      3  6.482  0.532  (4.674,  8.289)
6      3  7.453  0.698  (5.645,  9.260)
7      3  9.137  1.410  (7.329, 10.944)
8      3  9.010  0.877  (7.202, 10.817)
9      3  8.398  0.880  (6.590, 10.205)
10     3  7.556  0.770  (5.748,  9.363)
11     3   6.49   2.31  ( 4.68,   8.30)
12     3  6.393  0.307  (4.585,  8.200)

Pooled StDev = 1.51688
```

รูปที่ 5. 6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการเกิดข้อบกพร่องด่างคราบสีในผ้าชีฟองแยกโทนสี

จากรูปที่ 5.6 ค่า P-value มีค่า 0.139 ซึ่งมีค่ามากว่า 0.05 แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันของเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องด่างคราบสีในแต่ละโทนสี

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่ากระบวนการย้อมผ้ามอสเครปและผ้าชีฟอง ไม่มีโทนสีใดมีอิทธิพลต่อการเกิดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและด่างคราบสี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 6
การวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่อง

ในบทนี้เป็นวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่มีผลทำให้เกิดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและด่างคราบสีในผ้ามอสเครปและผ้าชีฟอง โดยผ่านการระดมความคิดจากทีมงานที่ประกอบด้วย ผู้จัดการโรงย้อม รองผู้จัดการโรงย้อม หัวหน้าแผนกห้องปฏิบัติการ หัวหน้าแผนกเตรียมผ้าดิบ หัวหน้าแผนกควบคุมคุณภาพและผู้วิจัย รวมทั้งได้มีการสัมภาษณ์จากพนักงานที่ปฏิบัติงานหน้างาน

ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและด่างคราบสีในผ้ามอสเครปและผ้าชีฟอง โดยการใช้การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (Fault Tree Analysis, FTA) เพื่อทำการแตกสาเหตุหลักออกเป็นสาเหตุย่อย ซึ่งนำไปสู่การวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของการเกิดข้อบกพร่อง และยังนำมาวิเคราะห์ลักษณะความบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) เพื่อประเมินค่าดัชนีชี้วัดความเสี่ยง (Risk Priority Number, RPN) และคัดเลือกสาเหตุเพื่อนำมากำหนดแนวทางการแก้ไข

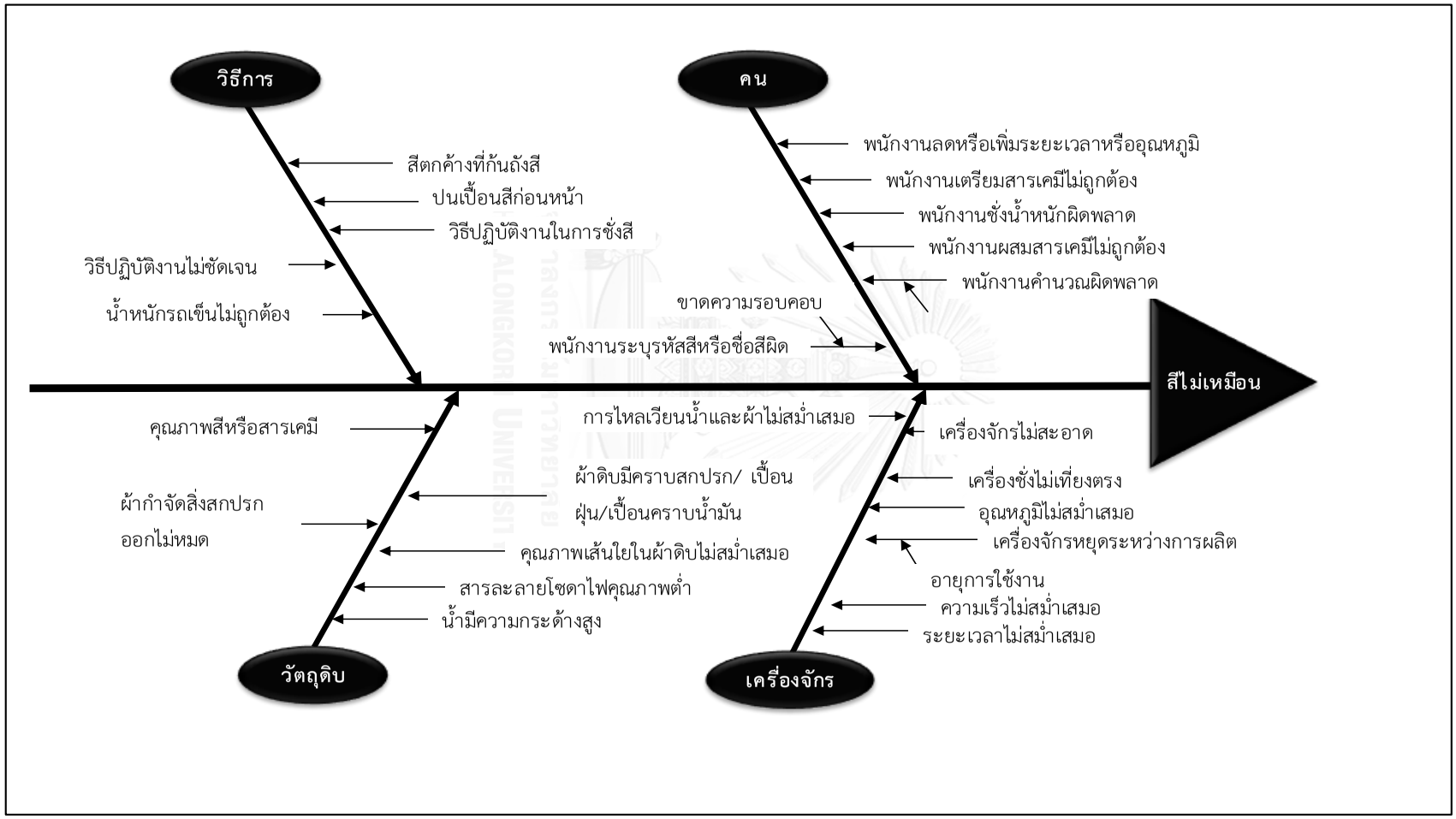
6.1 การวิเคราะห์หาสาเหตุในกระบวนการย้อมผ้าโดยการวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (FTA)

ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของเกิดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและด่างคราบสีในกระบวนการย้อมผ้ามอสเครปและผ้าชีฟอง ได้ทำการระดมความคิดความบกพร่องต่างๆที่เกิดขึ้นในกระบวนการย้อมผ้าที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดข้อบกพร่องขึ้น โดยใช้แผนผังก้างปลาก่อน ดังรูปที่ 6.1 และ 6.2 และจึงนำมาวิเคราะห์ความบกพร่องโดยใช้ FTA อีกครั้ง เพื่อเชื่อมโยงแต่ละความบกพร่องเพื่อนำไปสู่สาเหตุที่แท้จริงที่เกิดจากขั้นตอนต่างๆในกระบวนการย้อมผ้า สำหรับขั้นตอนในการวิเคราะห์ความบกพร่อง มีดังนี้

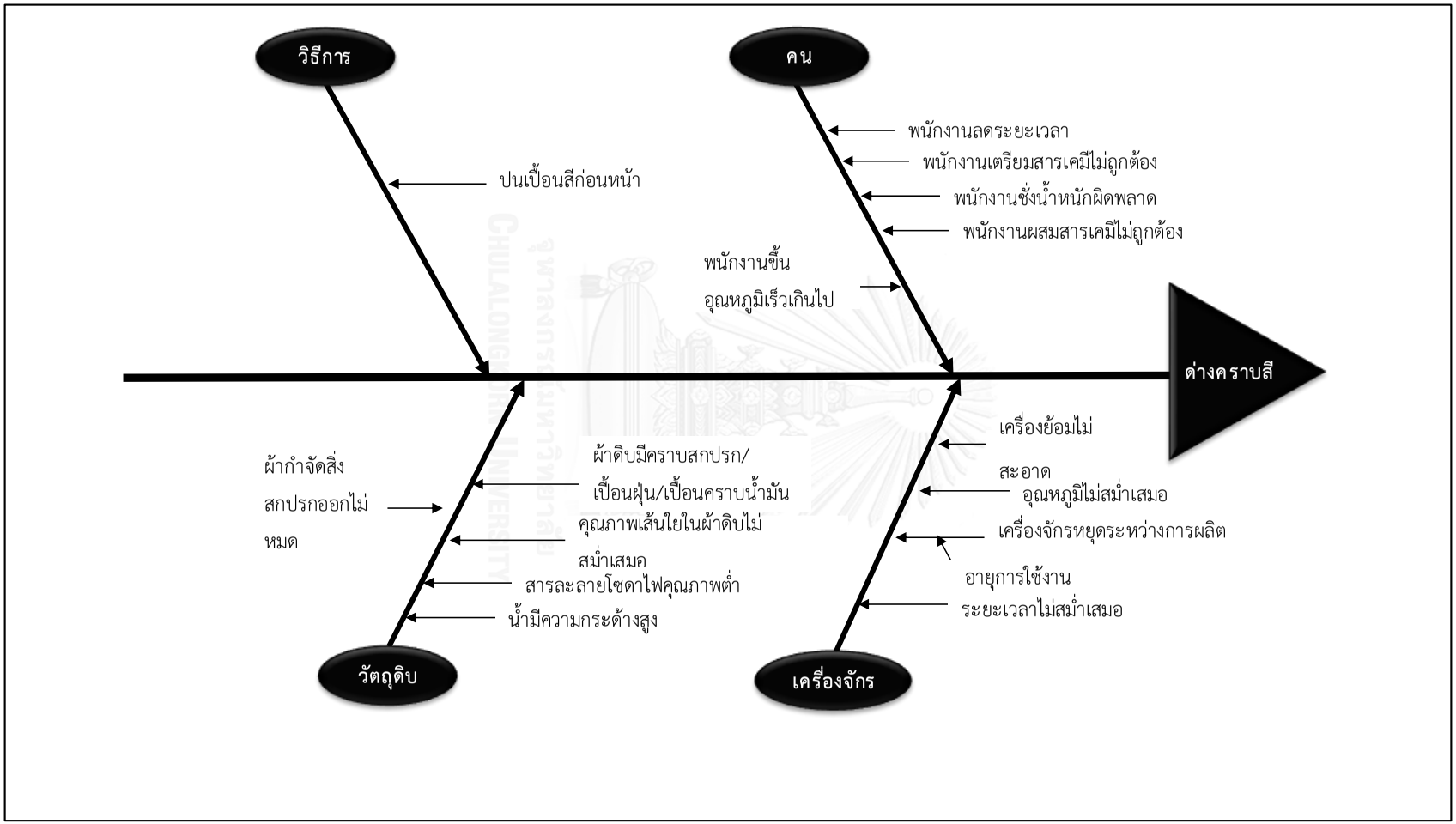
1) ทีมงานร่วมกันกำหนดกำหนดหัวข้อในการวิเคราะห์ปัญหา โดยพิจารณาจากข้อบกพร่องสุดท้ายที่เกิดขึ้นในกระบวนการย้อมผ้ามอสเครปและผ้าชีฟอง ได้แก่ ข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและข้อบกพร่องด่างคราบสี

2) ทีมงานระดมความคิดเพื่อร่วมกันวิเคราะห์สาเหตุ โดยให้ทุกคนระบุสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องในขั้นตอนต่างๆที่ตนเองเกี่ยวข้องในกระบวนการย้อมผ้า

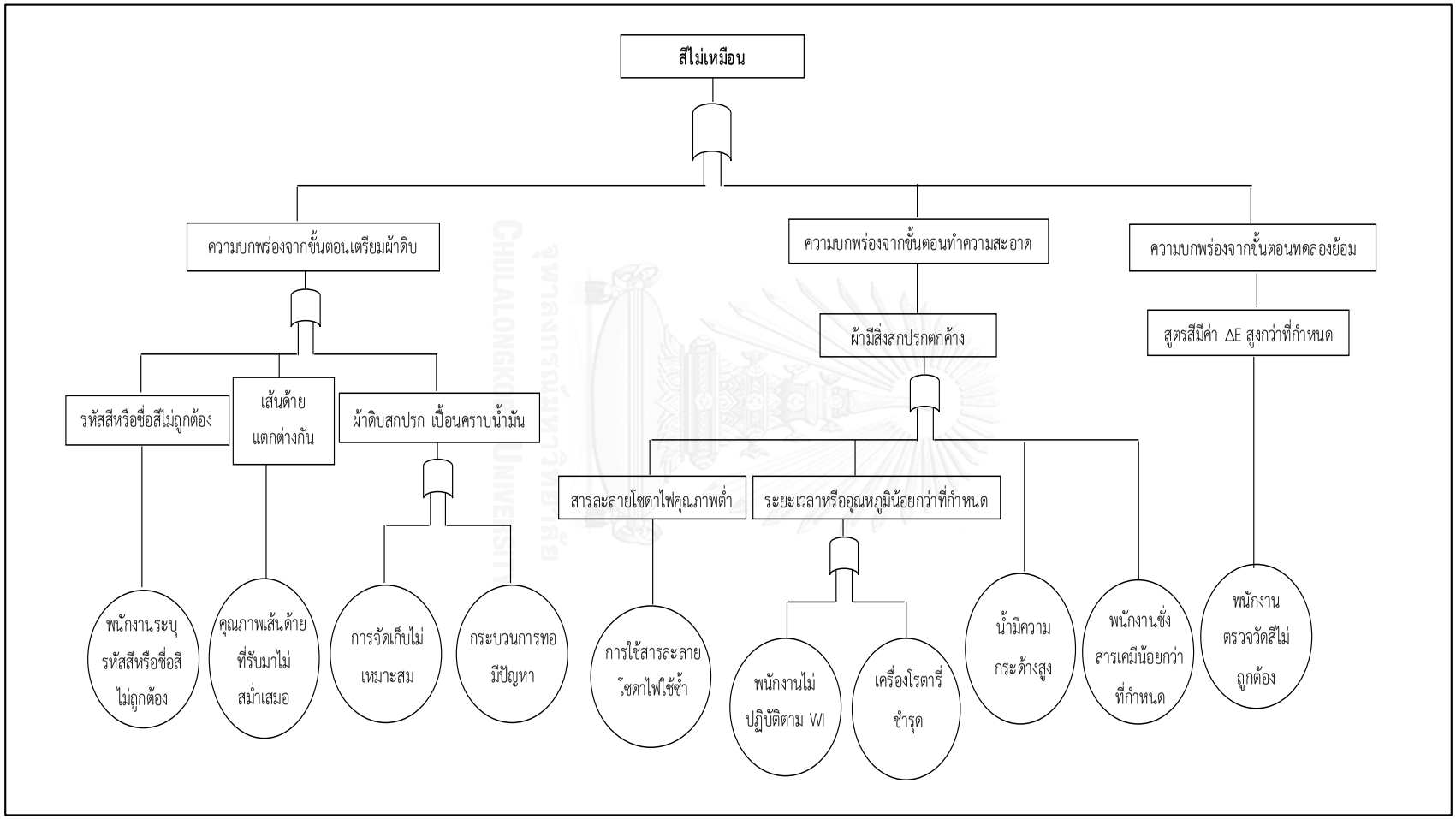
3) ทำการจัดกลุ่มสาเหตุตามขั้นตอน และเชื่อมโยงแต่ละความบกพร่องเพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์สาเหตุที่แท้จริง โดยนำข้อบกพร่องสุดท้ายไว้ระดับบนสุด และเชื่อมโยงสาเหตุและผลจากบนลงล่าง ดังรูปที่ 6.3



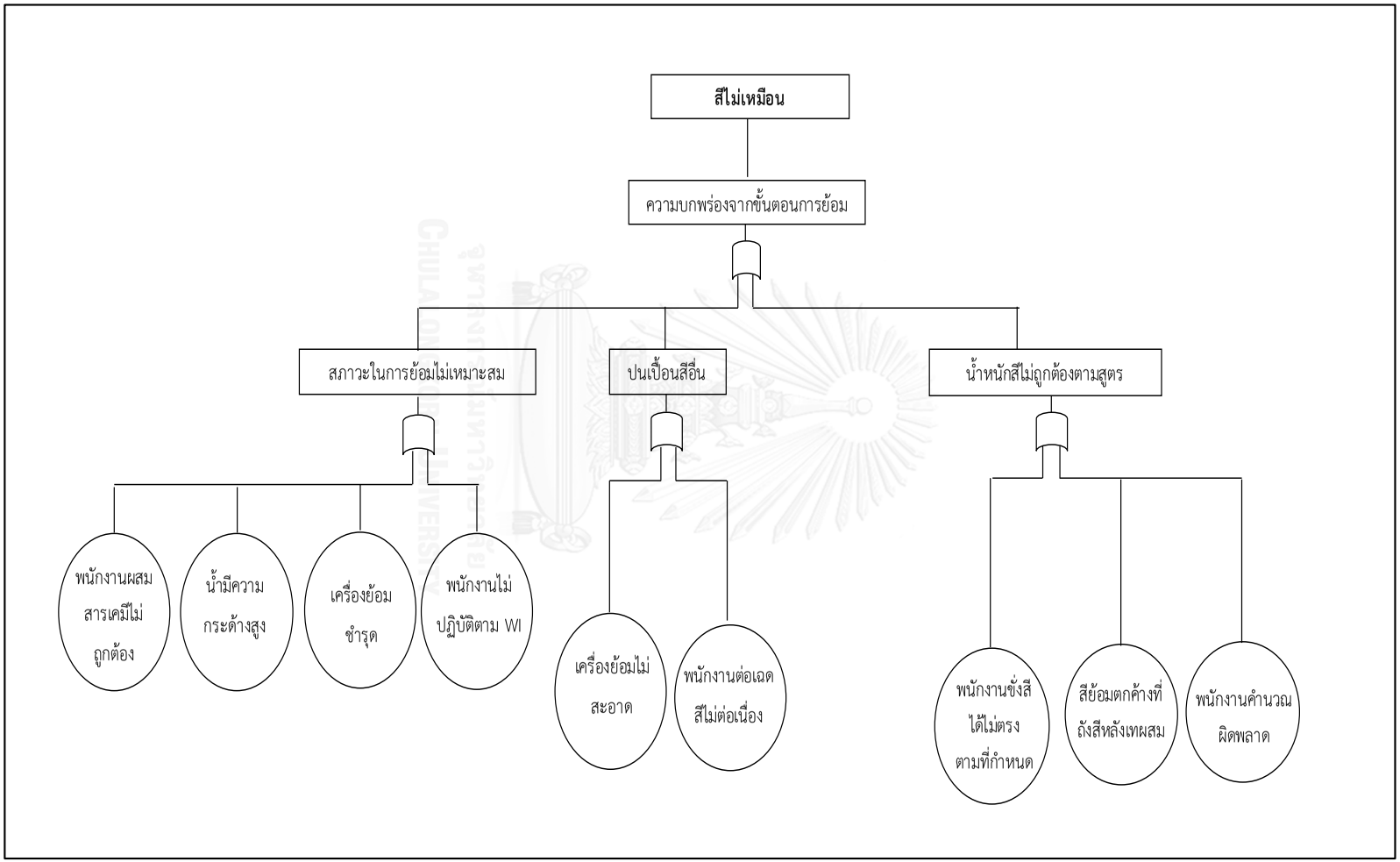
รูปที่ 6. 1 แผนผังก้างปลาของความบกพร่องที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องสีไม่เหมือน



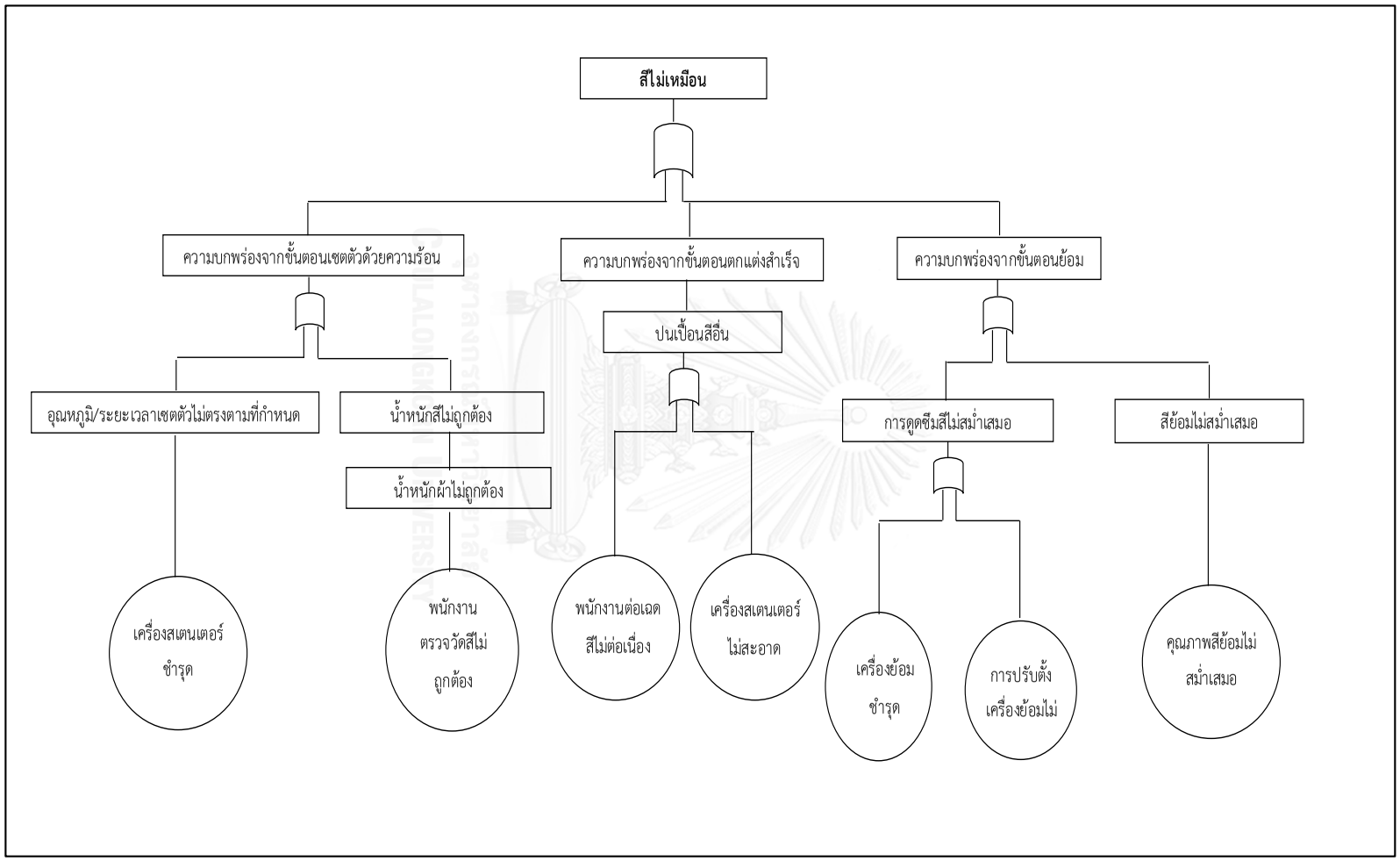
รูปที่ 6. 2 แผนผังก้างปลาของความบกพร่องที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องสีไม่เหมือน



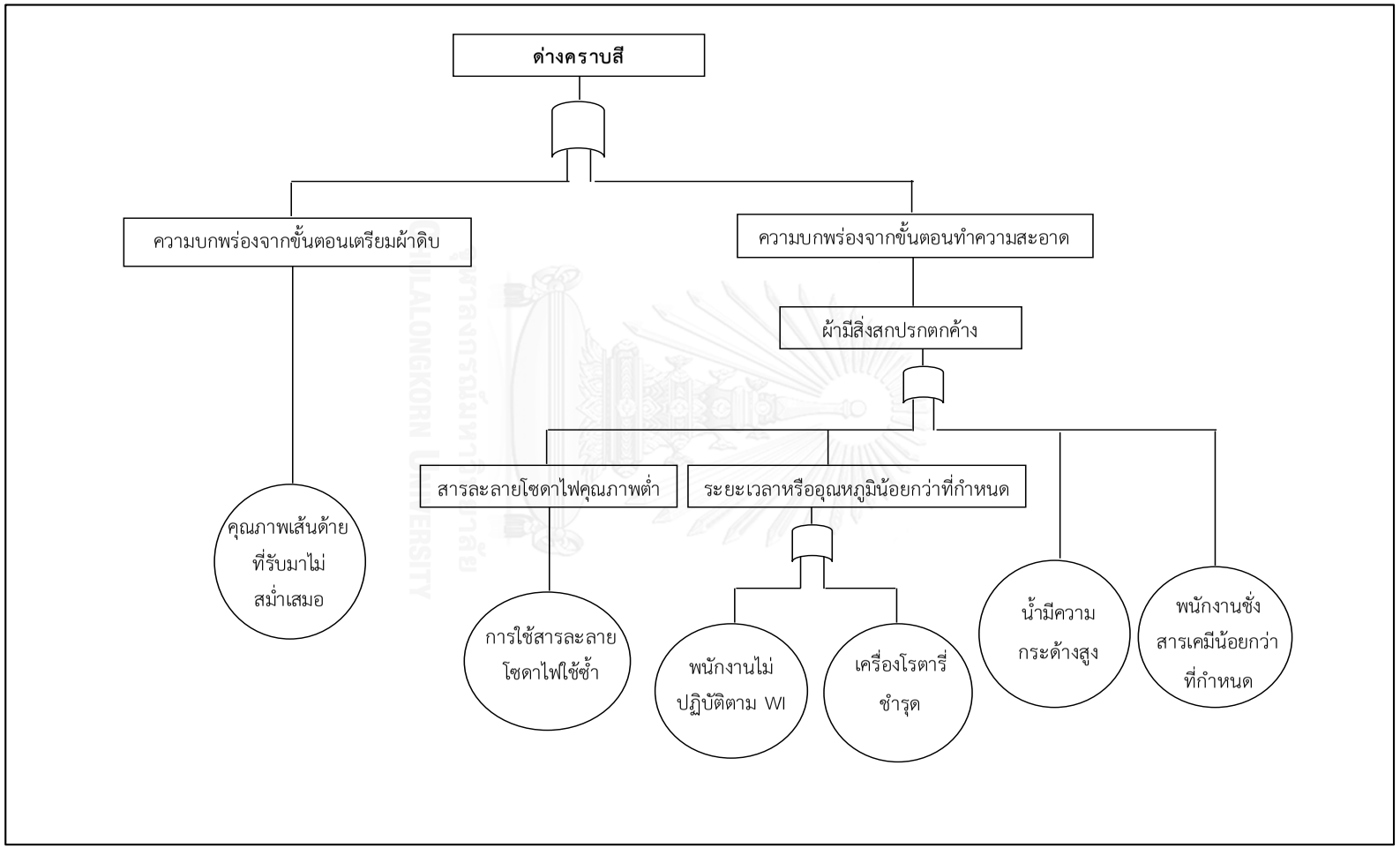
รูปที่ 6. 3 การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง



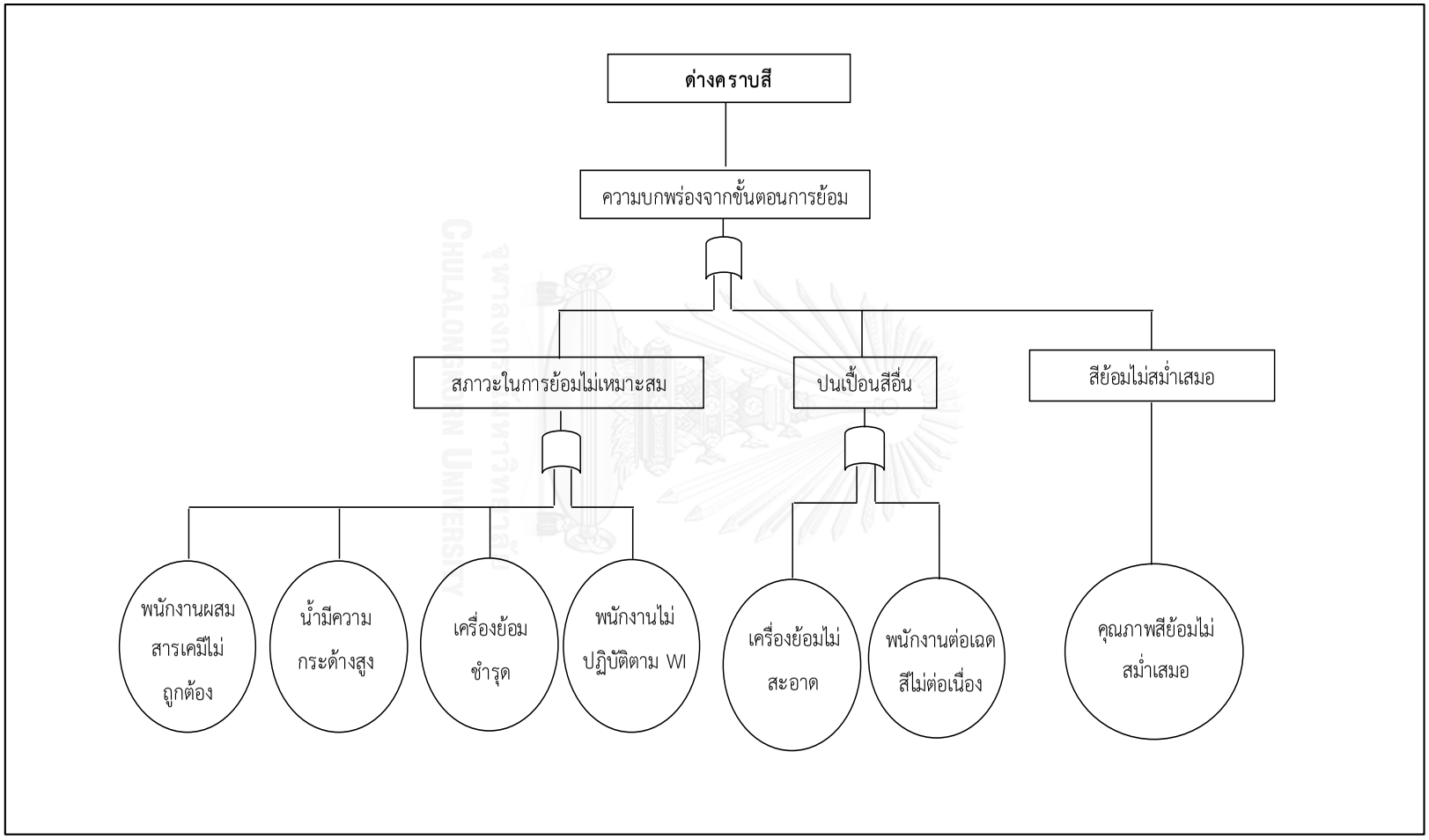
รูปที่ 6. 3 การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (ต่อ)



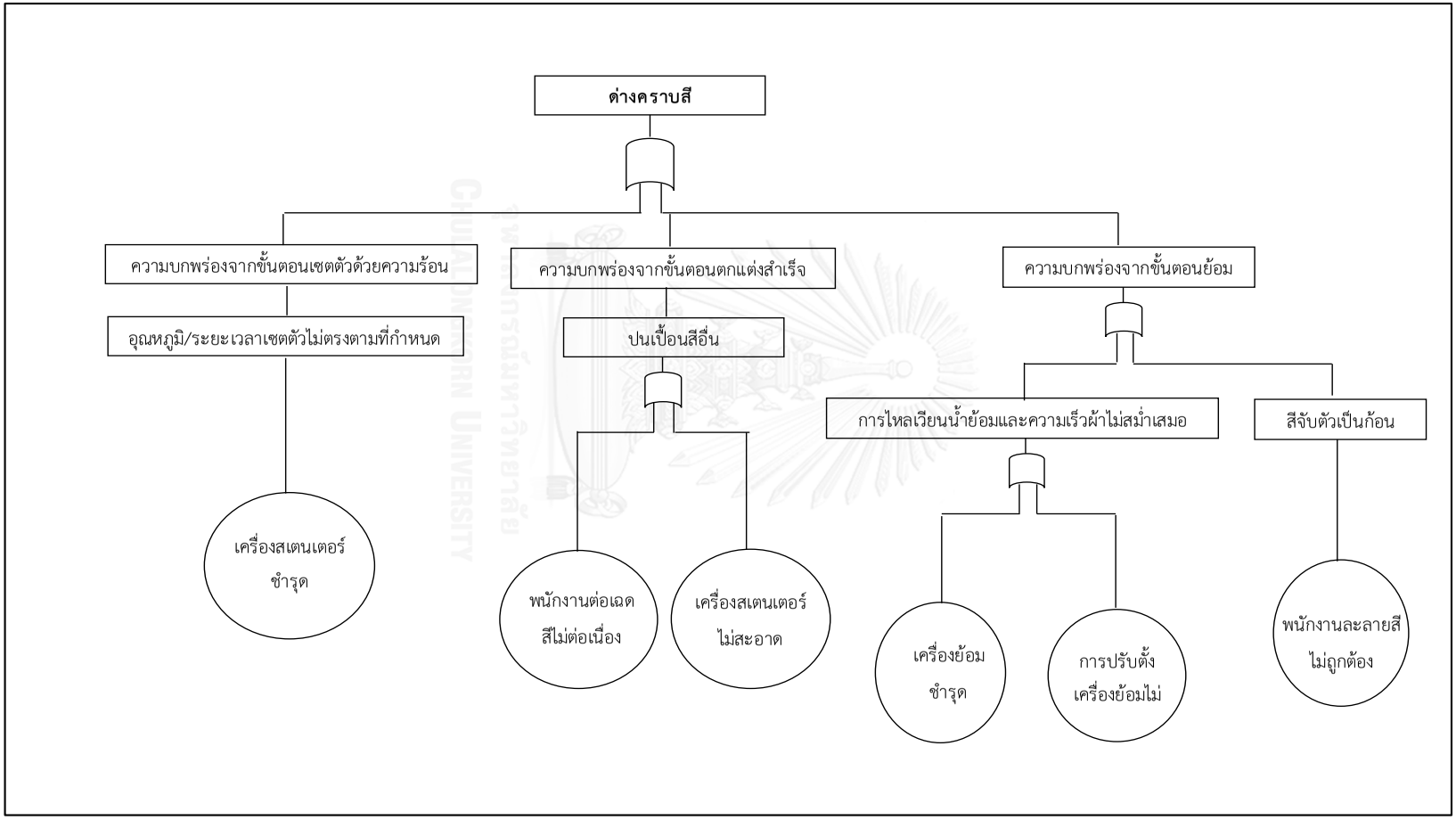
รูปที่ 6. 3 การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (ต่อ)



รูปที่ 6. 3 การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (ต่อ)



รูปที่ 6. 3 การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (ต่อ)



รูปที่ 6. 3 การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (ต่อ)

หลังจากทำการวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดความบกพร่องด้วยวิธีการวิเคราะห์แขนงความบกพร่องของข้อบกพร่องสุดท้ายทั้ง 2 ประเภท คือ สีไม่เหมือนและด่างคราบสี สามารถสรุปสาเหตุได้ดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6. 1 สรุปความบกพร่องที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนในกระบวนการย้อมผ้ามอสเครปและผ้าชีฟองที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและด่างคราบสี

ข้อบกพร่องสุดท้าย	ความบกพร่องที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องสุดท้าย	ขั้นตอนที่พบความบกพร่อง
สีไม่เหมือน	ผ้าดิบเปื้อนคราบสกปรก	ขั้นตอนเตรียมผ้าดิบ
	ผ้ามีสิ่งสกปรกตกค้าง	ขั้นตอนทำความสะอาด
	สูตรสีไม่ถูกต้อง	ขั้นตอนทดลองย้อม
	สภาวะการย้อมไม่เหมาะสม	ขั้นตอนย้อม
	ปนเปื้อนสีอื่น	ขั้นตอนย้อม ขั้นตอนตกแต่งสำเร็จ
	อุณหภูมิและระยะเวลาเซตไม่เป็นไปตามที่กำหนด	ขั้นตอนเซตตัวด้วยความร้อน
	คุณภาพสีย้อมไม่สม่ำเสมอ	ขั้นตอนทดลองย้อม ขั้นตอนย้อม
	น้ำหนักสีไม่ถูกต้องตามสูตร	ขั้นตอนย้อม
	การไหลเวียนน้ำย้อมและผ้าไม่สม่ำเสมอ	ขั้นตอนย้อม
	รหัสสีหรือชื่อสีไม่ถูกต้อง	ขั้นตอนเตรียมผ้าดิบ
	คุณภาพเส้นด้ายไม่สม่ำเสมอ	ขั้นตอนเตรียมผ้าดิบ
ด่างคราบสี	ผ้าดิบเปื้อนคราบสกปรก	ขั้นตอนเตรียมผ้าดิบ
	ผ้ามีสิ่งสกปรกตกค้าง	ขั้นตอนทำความสะอาด
	สภาวะการย้อมไม่เหมาะสม	ขั้นตอนย้อม
	ปนเปื้อนสีอื่น	ขั้นตอนย้อม ขั้นตอนตกแต่งสำเร็จ
	อุณหภูมิและระยะเวลาเซตไม่เป็นไปตามที่กำหนด	ขั้นตอนเซตตัวด้วยความร้อน
	คุณภาพสีย้อมไม่สม่ำเสมอ	ขั้นตอนทดลองย้อม ขั้นตอนย้อม
	การไหลเวียนน้ำย้อมและผ้าไม่สม่ำเสมอ	ขั้นตอนย้อม
	คุณภาพเส้นด้ายไม่สม่ำเสมอ	ขั้นตอนเตรียมผ้าดิบ
	สีจับตัวเป็นก้อน	ขั้นตอนย้อม

จากตารางที่ 6.1 ที่ทำการวิเคราะห์ความบกพร่องในแต่ละขั้นตอนที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและด่างคราบสีในกระบวนการย้อมผ้ามอสเครปและผ้าชีฟอง ได้นำมาจัดหมวดหมู่ของกลุ่มสาเหตุของความบกพร่องที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องได้ทั้งหมด 4 กลุ่ม ดังนี้

1) สาเหตุจากการปฏิบัติงานของพนักงาน ซึ่งเกิดขึ้นในขั้นตอนเตรียมผ้าดิบ ขั้นตอนทำความสะอาด ขั้นตอนทดลองย้อม ขั้นตอนย้อมและขั้นตอนตกแต่งสำเร็จ

2) สาเหตุจากวิธีการปฏิบัติงาน ซึ่งเกิดขึ้นในขั้นตอนเตรียมผ้าดิบ ขั้นตอนเซตตัวด้วยความร้อนและขั้นตอนย้อม

3) สาเหตุจากวัตถุดิบ ซึ่งเกิดขึ้นในขั้นตอนเตรียมผ้าดิบ ขั้นตอนทำความสะอาดและขั้นตอนย้อม

4) สาเหตุจากอุปกรณ์และเครื่องจักร ซึ่งเกิดขึ้นในขั้นตอนทำความสะอาด ขั้นตอนเซตตัวด้วยความร้อน ขั้นตอนย้อม และขั้นตอนตกแต่งสำเร็จ

โดยสามารถสรุปสาเหตุตามกลุ่มของสาเหตุได้ดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6. 2 สรุปสาเหตุแยกตามกลุ่มสาเหตุ

สาเหตุ	ข้อบกพร่อง	
	สีไม่เหมือน	ด่างคราบสี
สาเหตุจากการปฏิบัติงานของพนักงาน		
พนักงานปรับเปลี่ยนอุณหภูมิและระยะเวลาของโปรแกรมทำความสะอาด	✓	✓
พนักงานชั่งสารเคมีที่ใช้น้อยกว่าที่กำหนด	✓	✓
พนักงานตรวจวัดสีไม่ถูกต้อง	✓	
พนักงานปรับเปลี่ยนอุณหภูมิและระยะเวลาของโปรแกรมย้อม	✓	✓
พนักงานคำนวณน้ำหนักสีไม่ถูกต้อง	✓	
พนักงานละลายสีไม่ถูกต้อง	✓	✓
พนักงานระบุรหัสสีหรือชื่อสีไม่ถูกต้อง	✓	
พนักงานต่อเฉดสีในการตกแต่งสำเร็จไม่ต่อเนื่อง	✓	✓
พนักงานต่อเฉดสีในการย้อมไม่ต่อเนื่อง	✓	✓
พนักงานผสมสารเคมีไม่ถูกต้อง	✓	✓
พนักงานชั่งน้ำหนักสีไม่ได้ตามที่กำหนด	✓	
สาเหตุจากวิธีปฏิบัติงาน		
กระบวนการทอมีปัญหา	✓	✓
วิธีการจัดเก็บผ้าดิบไม่เหมาะสม	✓	✓
ขาดการทวนสอบน้ำหนักรถเข็น	✓	
สีย้อมตกค้างที่ถังสี	✓	
การปรับตั้งเครื่องย้อมไม่เหมาะสม	✓	
สาเหตุจากวัตถุดิบ		
การใช้สารละลายใช้ซ้ำจากขั้นตอนลดน้ำหนัก	✓	✓
คุณภาพสีย้อมไม่สม่ำเสมอ	✓	✓
คุณภาพเส้นด้ายไม่สม่ำเสมอ	✓	✓
น้ำมีความกระด้างสูง	✓	✓
สาเหตุจากอุปกรณ์และเครื่องจักร		
เครื่องโรตารี่ชำรุด	✓	✓
เครื่องสเตนเตอร์ชำรุด	✓	✓
เครื่องย้อมชำรุด	✓	✓
เครื่องสเตนเตอร์ไม่สะอาด	✓	✓
เครื่องย้อมไม่สะอาด	✓	✓

6.2 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

สำหรับการกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน ซึ่งประกอบด้วย 3 เกณฑ์ คือ ระดับคะแนนความรุนแรงของผลกระทบของข้อบกพร่อง (S) ดังตารางที่ 6.3 ระดับคะแนนโอกาสการเกิดสาเหตุของข้อบกพร่อง (O) ดังตารางที่ 6.4 และระดับคะแนนความสามารถในตรวจจับหรือการควบคุมในปัจจุบัน (D) ดังตารางที่ 6.5 โดยทางทีมงานได้มีการประชุมหารือเพื่อกำหนดระดับคะแนนและคำอธิบายของทั้ง 3 เกณฑ์ขึ้นมา เพื่อใช้ในการประเมินหาค่าลำดับความเสี่ยง (RPN) โดยคำนึงถึงความเหมาะสมกับโรงงานกรณีศึกษา โดยได้กำหนดระดับคะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 5 ระดับเพื่อให้ง่ายต่อการตัดสินใจเพื่อให้คะแนนของทีมงานผู้ชำนาญการ โดยการกำหนดระดับความรุนแรงได้กำหนดให้มีความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์และกระบวนการการย้อมผ้าของโรงงานกรณีศึกษา

ตารางที่ 6. 3 เกณฑ์การประเมินความรุนแรงของผลกระทบ (S)

ระดับความรุนแรง	**เกณฑ์ความรุนแรงของผลกระทบ**	**คะแนน**
สูงมาก	ข้อบกพร่องมีผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์สูงมาก	5
สูง	ข้อบกพร่องมีผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์สูง	4
ปานกลาง	ข้อบกพร่องมีผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ปานกลาง	3
ต่ำ	ข้อบกพร่องมีผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ต่ำ	2
ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์และขั้นตอนการผลิต	1

ตารางที่ 6. 4 เกณฑ์การประเมินโอกาสในการเกิดสาเหตุของข้อบกพร่อง (O)

ระดับโอกาส	**เกณฑ์การประเมินโอกาสที่จะเกิดสาเหตุของข้อบกพร่อง**	**คะแนน**
สูงมาก	มีโอกาสที่จะเกิดสาเหตุของข้อบกพร่องสูงมาก	5
สูง	มีโอกาสที่จะเกิดสาเหตุของข้อบกพร่องสูง	4
ปานกลาง	มีโอกาสที่จะเกิดสาเหตุของข้อบกพร่องปานกลาง เกิดในบางโอกาส	3
ต่ำ	มีโอกาสที่จะเกิดสาเหตุของข้อบกพร่องต่ำ เป็นครั้งคราว	2
น้อย	มีโอกาสที่จะเกิดสาเหตุของข้อบกพร่องน้อยจนแทบไม่มีเลย	1

ตารางที่ 6. 5 เกณฑ์การประเมินความสามารถในตรวจจับหรือการควบคุมในปัจจุบัน (D)

ระดับความสามารถ	เกณฑ์การประเมินความสามารถในการควบคุมและตรวจจับสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อพกพร่อง	คะแนน
ต่ำมาก	มีความเป็นไปได้ต่ำมากหรือไม่มีเลยที่จะตรวจจับหรือควบคุมการเกิดสาเหตุของข้อบกพร่องได้	5
ต่ำ	มีความเป็นไปได้ต่ำที่จะตรวจจับหรือควบคุมการเกิดข้อบกพร่องได้การเกิดสาเหตุของข้อบกพร่องได้	4
ปานกลาง	มีความเป็นไปได้ปานกลาง พอสมควรที่จะตรวจจับหรือควบคุมการเกิดสาเหตุของข้อบกพร่องได้	3
สูง	มีความเป็นไปได้สูงที่จะตรวจจับหรือควบคุมการเกิดสาเหตุของข้อบกพร่องได้	2
สูงมาก	มีความเป็นไปได้สูงมากหรือสามารถควบคุมตรวจจับการเกิดข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นได้อย่างแน่นอน	1

เมื่อกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินเสร็จเรียบร้อยแล้ว ทำการประชุมร่วมกับทีมงานเพื่อร่วมกันทำการประเมินระดับคะแนนความรุนแรงของผลกระทบของข้อบกพร่อง (Severity, S), ระดับคะแนนโอกาสการเกิดสาเหตุของข้อบกพร่อง (Occurrence, O) และระดับคะแนนความสามารถในตรวจจับหรือการควบคุมในปัจจุบัน (Detection, D) โดยใช้เกณฑ์การประเมินจากตารางที่ 6.3 ถึงตารางที่ 6.5 จากนั้นจึงทำการคำนวณเพื่อค่าตัวเลขแสดงลำดับความเสี่ยง (RPN) โดยใช้สูตรดังสมาการนี้

$$\mathrm{RPN} = \mathrm{S} \times \mathrm{O} \times \mathrm{D}$$

โดยผลการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ สามารถดูได้จากตารางที่ 6.6

ตารางที่ 6. 6 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

ขั้นตอน	ลักษณะความบกพร่อง	ผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	สาเหตุของการเกิดข้อบกพร่อง	O	การป้องกันและการควบคุม	D	RPN
ขั้นตอนการเตรียมผ้าดิบ	รหัสสีและชื่อสีไม่ถูกต้อง	เกิดความผิดพลาดทั้งกระบวนการกระบวนการย้อมผ้า	5	พนักงานระบุสีหรือรหัสสีไม่ถูกต้อง	1	พนักงานทวนสอบซ้ำด้วยตนเอง	2	10
	เส้นด้ายคุณภาพแตกต่างกัน	คุณภาพเส้นใยของผ้าดิบไม่สม่ำเสมอ การดูดซึมสีและสารเคมีไม่สม่ำเสมอ	4	ขาดความเข้มงวดในการควบคุมและตรวจสอบคุณภาพก่อนรับเข้าสู่กระบวนการย้อม	2	มีการควบคุมและตรวจสอบคุณภาพเส้นด้ายในขั้นตอนการเตรียมผ้าดิบและจัดกลุ่มล็อตเส้นด้ายให้เหมือนกันในแต่ละใบสั่งย้อม	2	16
	ผ้าดิบเปื้อนคราบสกปรกมากกว่าที่กำหนด	การทำความสะอาดเป็นได้ยากขึ้น เกิดการตกค้างของสิ่งปรกมีผลต่อการดูดซึมสีมและสารเคมีของเส้นใย	4	จัดเก็บผ้าดิบไม่เหมาะสม	2	มีการทำความสะอาดพื้นที่จัดเก็บอยู่สม่ำเสมอ	2	16
				พนักงานตรวจรับผ้าดิบที่ไม่ได้มาตรฐานเข้าสู่กระบวนการย้อม	2	มีการกำหนดมาตรฐานในการตรวจรับวัตถุดิบและมีการสุ่มตรวจสอบการปฏิบัติงานของพนักงานโดยหัวหน้างาน	2	16
ขั้นตอนทำความสะอาด	กำจัดสิ่งสกปรกออกไม่หมด	การกำจัดสิ่งสกปรกได้ไม่หมด มีผลต่อการดูดซึมสีและสารเคมีของเส้นใย	4	การใช้สารละลายโซดาไฟคุณภาพต่ำโดยเป็นสารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำจากขั้นตอนการลดน้ำหนัก	5	มีการควบคุมความเข้มข้นของสารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำให้ตรงกับสูตร	5	100
				พนักงานปรับลดระเวลาหรืออุณหภูมิของโปรแกรมทำความสะอาด	2	มีวิธีปฏิบัติงานกำหนดไว้และมีการรสุ่มตรวจการปฏิบัติงานของพนักงาน	3	24
				พนักงานเตรียมสารเคมีน้อยกว่าที่กำหนด	2	มีวิธีปฏิบัติงานกำหนดไว้และมีการอบรมทักษะการทำงานให้แก่พนักงาน	2	16

ตารางที่ 6. 6 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) (ต่อ)

ขั้นตอน	ลักษณะความบกพร่อง	ผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	สาเหตุของการเกิดข้อบกพร่อง	O	การป้องกันและการควบคุม	D	RPN
			4	น้ำมีความกระด้างสูง	2	มีการตรวจสอบความกระด้างของน้ำก่อนเริ่มกระบวนการย้อมในช่วงเวลา 8.00 ของทุกวัน	2	16
				เครื่องโรตารี่ชำรุด	2	มีการบำรุงรักษาเครื่องจักรประจำปี	3	24
ขั้นตอนเซตตัวด้วยความร้อน	อุณหภูมิหรือระยะเวลาไม่ตรงตามที่กำหนด	มีผลต่อการดูดซึมสีและสารเคมีของเส้นใย	4	เครื่องสเตนเตอร์ชำรุด/หยุดระหว่างการผลิต	2	มีการบำรุงรักษาเครื่องจักรประจำปี	3	24
	น้ำหนักผ้าไม่ถูกต้อง	น้ำหนักสีไม่ถูกต้องเนื่องจากคิดจากน้ำหนักผ้า ทำให้ส่วนผสมไม่ตรงตามสูตร	4	ขาดการทวนสอบน้ำหนักรถเข็นที่ใช้สำหรับชั่งผ้า	5	ยังไม่มีการแก้ไขสาเหตุนี้	5	100
ขั้นตอนทดลองย้อม	สูตรสีมีค่าความแตกต่างของสีสูงกว่าที่กำหนด	เกิดความคลาดเคลื่อนในการย้อมได้ง่าย	4	พนักงานกำหนดสูตรสีไม่ถูกต้อง	2	มีการอบรมทักษะการทำงานในเรื่องการตรวจวัดสีโดยเครื่องวัดสีและหัวหน้าสุ่มตรวจการทำงานของพนักงาน	2	16
	สีย้อมมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ	การติดสีบนเส้นใยแตกต่างกันไม่สม่ำเสมอ ควบคุมการย้อมได้ยาก	4	ขาดความเข้มงวดในการควบคุมและตรวจสอบคุณภาพก่อนนำมาใช้ย้อม	2	มีการกำหนดมาตรฐานและวิธีปฏิบัติงานในการตรวจสอบคุณภาพสีย้อม	2	16
ขั้นตอนย้อม	น้ำหนักสีไม่ถูกต้อง	ส่วนผสมไม่ตรงตามสูตร เกิดความคลาดเคลื่อนในการย้อม	4	พนักงานชั่งสารเคมีได้ไม่ตรงตามที่กำหนด	3	มีวิธีปฏิบัติงานในเรื่องการชั่งสี แต่ไม่ระบุรายละเอียดที่ชัดเจน	3	36

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6. 6 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) (ต่อ)

ขั้นตอน	ลักษณะความบกพร่อง	ผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	สาเหตุของการเกิดข้อบกพร่อง	O	การป้องกันและการควบคุม	D	RPN
				สีตกค้างที่ถังสีหลังจากเทผสม	3	มีวิธีปฏิบัติงานในการละลายสีเพื่อให้เกิดการกระจายตัวของสีในน้ำก่อนเทผสม	4	48
	สภาวะการย้อมไม่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิและระยะเวลาไม่เหมาะสม ค่าพีเอช น้ำย้อมไม่อยู่ในช่วงที่กำหนด เป็นต้น	การดูดซึมสีและสารเคมีไม่สม่ำเสมอ	4	พนักงานปรับลดระยะเวลาหรืออุณหภูมิของโปรแกรมย้อม	2	หัวหน้างานมีการสุ่มตรวจการทำงานของพนักงานแต่ไม่สม่ำเสมอ	3	24
				เครื่องย้อมชำรุด/หยุดระหว่างการผลิต	2	มีการบำรุงรักษาเครื่องจักรประจำปี	2	16
				พนักงานผสมสารเคมีไม่ถูกต้อง	3	มีวิธีปฏิบัติงานเรื่องการผสมสารเคมีแต่ไม่ระบุรายละเอียดที่ชัดเจน	3	36
				น้ำมีความกระด้างสูง	2	มีการตรวจสอบความกระด้างของน้ำก่อนเริ่มกระบวนการย้อมในช่วงเวลา 8.00	2	16
	การไหลเวียนของน้ำและผ้าไม่สม่ำเสมอ	การดูดซึมสีและสารเคมีไม่สม่ำเสมอ หรือเกิดผ้าติดเครื่องไม่สามารถวิ่งได้รอบเครื่องย้อม	4	การปรับตั้งเครื่องย้อมไม่เหมาะสม	3	พนักงานปรับตั้งโดยใช้ประสบการณ์ในการทำงาน	4	48
				เครื่องย้อมชำรุด/หยุดระหว่างการผลิต	2	มีการบำรุงรักษาเครื่องจักรประจำปี	2	16
	สีย้อมมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ	การติดสีบนเส้นใยแตกต่างกันไม่สม่ำเสมอ ควบคุมการย้อมได้ยาก	4	ขาดความเข้มงวดในการควบคุมและตรวจสอบคุณภาพก่อนนำมาใช้ย้อม	2	มีการกำหนดมาตรฐานและวิธีปฏิบัติงานในการตรวจสอบคุณภาพสีย้อม	2	16

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6. 6 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) (ต่อ)

ขั้นตอน	ลักษณะความบกพร่อง	ผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	สาเหตุของการเกิดข้อบกพร่อง	O	การป้องกันและการควบคุม	D	RPN
	ปนเปื้อนสีอื่น	เกิดการตกค้างของสีภายในเครื่องย้อม ทำให้มีการปนเปื้อนของสีอื่น	4	เครื่องย้อมไม่สะอาด	3	มีวิธีปฏิบัติงานกำหนดความถี่ในการทำความสะอาดและวิธีการทำความสะอาดที่ชัดเจน	2	24
				พนักงานต่อเฉดสีย้อมไม่ต่อเนื่อง	2	มีวิธีปฏิบัติงานในการเรียงลำดับเฉดสีในการย้อมและหัวหน้างานเป็นผู้วางลำดับการย้อม	2	24
	สีจับตัวเป็นก้อน	การดูดซึมสีไม่สม่ำเสมอ	4	พนักงานละลายสีไม่ถูกต้อง	2	มีวิธีปฏิบัติงานเรื่องการละลายสีย้อม	2	16
ขั้นตอนตกแต่งสำเร็จ	ปนเปื้อนสีอื่น	สีเกิดการเปลี่ยนแปลงหลังจากการย้อม	3	พนักงานต่อเฉดสีในการตกแต่งสำเร็จไม่ต่อเนื่อง	2	มีวิธีปฏิบัติงานในการเรียงลำดับเฉดสีในการย้อมและหัวหน้างานเป็นผู้วางลำดับการย้อม	2	12
			3	เครื่องสเตนเตอร์ไม่สะอาด	3	มีวิธีปฏิบัติงานกำหนดความถี่ในการทำความสะอาดและวิธีการทำความสะอาดที่ชัดเจน	2	18
	อุณหภูมิหรือระยะเวลาไม่ตรงตามที่กำหนด	สีเปลี่ยนแปลงหลังจากการย้อม	4	เครื่องสเตนเตอร์ชำรุด/หยุดระหว่างการผลิต	2	มีการบำรุงรักษาเครื่องจักรประจำปี	3	24

จากตารางที่ 6.6 ได้นำค่า RPN มาทำการจัดเรียงคะแนนจากมากไปน้อย ได้ดังรูปที่ 6.4

รูปที่ 6. 4 แผนภาพพาเรโตของคะแนน RPN

จากรูปที่ 6.4 ทางทีมงานได้ทำการประชุม เพื่อคัดเลือกสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องมาจัดทำแผนการแก้ไขและดำเนินการปรับปรุงแก้ไข โดยได้ทำการคัดเลือกสาเหตุหลักที่มีค่า RPN สูง 6 อันดับแรกมาจัดทำแผนและดำเนินการแก้ไขก่อน เนื่องจากเป็นสาเหตุที่มีค่า RPN สูงกว่าสาเหตุอื่นๆ และเป็นสาเหตุที่สามารถดำเนินการแก้ไขได้ภายในขอบเขตระยะเวลาที่กำหนดไว้

สำหรับสาเหตุหลักที่ถูกคัดเลือกนั้นมาจากขั้นตอนทำความสะอาด ขั้นตอนเซตตัวด้วยความร้อน และขั้นตอนย้อม ดังตารางที่ 6.7

ตารางที่ 6. 7 สรุปสาเหตุหลักที่มีค่า RPN สูงที่ถูกคัดเลือกมาดำเนินการแก้ไข

ลำดับที่	ขั้นตอน	สาเหตุ	RPN
1	ขั้นตอนทำความสะอาด	การใช้สายละลายโซดาไฟใช้ซ้ำจากขั้นตอนลดน้ำหนัก	100
2	ขั้นตอนเซตตัวด้วยความร้อน	ขาดการทวนสอบน้ำหนักรถเข็น	100
3	ขั้นตอนย้อม	สีย้อมตกค้างที่ก้นถังสี	48
4	ขั้นตอนย้อม	การปรับตั้งเครื่องย้อมไม่เหมาะสม	48
5	ขั้นตอนย้อม	พนักงานชั่งสีไม่ได้ตามที่กำหนด	36
6	ขั้นตอนย้อม	พนักงานผสมสีไม่ถูกต้อง	36

จากการพิจารณาเพื่อจัดทำแผนแนวทางการแก้ไขสำหรับสาเหตุหลักทั้ง 6 สาเหตุ พบว่าบางสาเหตุที่ไม่ได้ถูกคัดเลือกมาดำเนินการแก้ไขนั้น สามารถส่งผลกระทบต่อการดำเนินการแก้ไขสาเหตุหลัก ทำให้การแก้ไขไม่มีประสิทธิภาพ เช่น เครื่องจักรชำรุดเสียหาย พนักงานไม่ปฏิบัติตามวิธีปฏิบัติงาน คุณภาพของวัตถุดิบไม่สม่ำเสมอ จึงได้เพิ่มความเข้มงวดในการควบคุมและตรวจจับสาเหตุที่เหลือที่ไม่ได้ถูกคัดเลือก เพื่อให้การดำเนินการปรับปรุงแก้ไขมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยการให้หัวหน้างานสุ่มตรวจการปฏิบัติงานของพนักงานอย่างสม่ำเสมอ รวมทั้งมีการฝึกอบรมและทดสอบพนักงานใหม่ และการตรวจสอบความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักรก่อนเริ่มปฏิบัติงาน

บทที่ 7
การดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

ในบทนี้จะเป็นการนำสาเหตุหลักที่มีค่า RPN สูงสุด 6 อันดับแรกมาดำเนินการปรับปรุงแก้ไข โดยเริ่มจากจัดทำแผนการแก้ไข และดำเนินการปรับปรุงแก้ไข โดยการดำเนินการแก้ไขจะดำเนินการแก้ไขตามลำดับขั้นตอนในกระบวนการย้อมผ้ามอสเครปและผ้าชีฟอง ซึ่งสามารถสรุปลำดับของแนวทางการแก้ไขได้เป็น 6 ลำดับ ดังนี้

แนวทางแก้ไขลำดับที่ 1 คือ การใช้สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์ในขั้นตอนการทำความสะอาด
แนวทางแก้ไขลำดับที่ 2 คือ การทวนสอบน้ำหนักรถเข็นในขั้นตอนเซตตัวด้วยความร้อน
แนวทางแก้ไขลำดับที่ 3 คือ การปรับปรุงวิธีปฏิบัติงานในการชั่งสีในขั้นตอนย้อม
แนวทางแก้ไขลำดับที่ 4 คือ การปรับปรุงวิธีปฏิบัติงานในการผสมสีในขั้นตอนย้อม
แนวทางแก้ไขลำดับที่ 5 คือ การปรับปรุงวิธีปฏิบัติงานในการผสมสารเคมีในขั้นตอนย้อม
แนวทางแก้ไขลำดับที่ 6 คือ การออกแบบการทดลองเพื่อปรับตั้งเครื่องย้อมในขั้นตอนย้อม

จากการพิจารณาเพื่อจัดทำแผนแนวทางการแก้ไขสำหรับสาเหตุหลักทั้ง 6 สาเหตุ โดยได้ดำเนินการแก้ไขตามลำดับในช่วงเวลาการปรับปรุงดังแสดงในตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7. 1 แผนการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขของทั้ง 6 ลำดับแนวทางแก้ไข

ลำดับที่	แนวทางการแก้ไข	ช่วงเวลาดำเนินการปรับปรุงแก้ไข	เวลาดำเนินการวัดผล
1	การใช้สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์ในขั้นตอนทำความสะอาด	เมษายน-พฤษภาคม 2557	มิถุนายน 2557
2	การทวนสอบน้ำหนักรถเข็นในขั้นตอนเซตตัวด้วยความร้อน	มิถุนายน 2557	กรกฎาคม 2557
3	การปรับปรุงวิธีปฏิบัติงานในการชั่งสีในขั้นตอนย้อม	มิถุนายน-กรกฎาคม 2557	สิงหาคม 2557
4	การปรับปรุงวิธีปฏิบัติงานในการผสมสารเคมีในขั้นตอนย้อม	กรกฎาคม-สิงหาคม 2557	กันยายน 2557
5	การปรับปรุงวิธีปฏิบัติงานในการผสมสีในขั้นตอนย้อม		
6	การออกแบบการทดลองเพื่อปรับตั้งเครื่องย้อมในขั้นตอนย้อม	ตุลาคม-พฤศจิกายน 2557	ธันวาคม 2557

7.1 แนวทางแก้ไขลำดับที่ 1 การใช้สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์ในขั้นตอนทำความสะอาด

ขั้นตอนการทำความสะอาด เป็นขั้นตอนที่มีจุดประสงค์เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกต่างๆที่ตกค้างอยู่ในผ้า เนื่องจากสิ่งสกปรกเหล่านี้มีผลต่อความสามารถในการดูดติดสีและสารเคมีต่างๆอย่างสม่ำเสมอของเส้นใย

สิ่งสกปรกที่มีอยู่ในผ้าคือ สิ่งสกปรกที่มาจากขั้นตอนการเตรียมเส้นด้ายและการทอ ซึ่งได้แก่ สารหล่อลื่นและสารไซซิ่ง ซึ่งสารไซซิ่งของผ้าโพลีเอสเตอร์ส่วนใหญ่จะเป็นสารประเภทพีวีเอและสารอะไครลิก

จากการศึกษาเบื้องต้น พบว่า ในช่วงก่อนหน้าที่งานวิจัยนี้เริ่มดำเนินการได้มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสารละลายโซดาไฟที่ใช้ในขั้นตอนการทำความสะอาด จากสารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์เป็นสารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำจากขั้นตอนการลดน้ำหนัก

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลย้อนหลัง ดังตารางที่ 7.2 ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2555 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2555 ซึ่งเป็นช่วงเวลาก่อนการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสารลละลายโซดาไฟ พบว่า ค่าเฉลี่ยของจำนวนข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและข้อบกพร่องด่างคราบสีที่เกิดขึ้นในผ้ามอสเครปในแต่ละเดือน คิดเป็น 16.19% และ 5.86% ตามลำดับ ส่วนค่าเฉลี่ยของจำนวนข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและข้อบกพร่องด่างคราบสีที่เกิดขึ้นในผ้าชีฟองในแต่ละเดือน คิดเป็น 14.12% และ 5.05% ตามลำดับ แต่หลังจากที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้สารละลายโซดาไฟเป็นสารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำ จากข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2556 พบว่า ค่าเฉลี่ยของจำนวนข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและข้อบกพร่องด่างคราบสีที่เกิดขึ้นในผ้ามอสเครปในแต่ละเดือน คิดเป็น 19.82% และ 7.74% ตามลำดับ ส่วนค่าเฉลี่ยของจำนวนข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและข้อบกพร่องด่างคราบสีในผ้าชีฟองในแต่ละเดือน คิดเป็น 16.74% และ 6.71% ตามลำดับ

ตารางที่ 7. 2 การเปรียบเทียบข้อบกพร่องจากการใช้สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์ ในปี 2555 กับการใช้สารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำจากขั้นตอนการลดน้ำหนักในปี 2556

ผลิตภัณฑ์	ประเภทข้อบกพร่อง	เปรียบเทียบผล	
		ปี 2555	ปี 2556
ผ้ามอสเครป	สีไม่เหมือน	16.19%	19.82%
	ด่างคราบสี	5.86%	7.74%
ผ้าชีฟอง	สีไม่เหมือน	14.12%	16.74%
	ด่างคราบสี	5.05%	6.71%

จากตารางที่ 7.2 จะเห็นได้ว่ามีจำนวนข้อบกพร่องเพิ่มสูงขึ้นทั้งผ้ามอสเครปและผ้าชีฟองเมื่อมีการเปลี่ยนคุณภาพของสารละลายโซดาไฟ ทั้งนี้ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงวิธีการ เครื่องจักร หรือวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการย้อม จึงตั้งสมมมติฐานได้ว่าการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสารละลายโซดาไฟมีผลต่อการเกิดข้อบกพร่อง

เพื่อเป็นการพิสูจน์สมมติฐาน ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบต่อการเกิดข้อบกพร่องเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสารละลายโซดาไฟ โดยเปรียบเทียบระหว่างการใช้สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์และสารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำจากขั้นตอนลดน้ำหนัก

ในการทดลอง ได้ดำเนินการในห้องปฏิบัติการของโรงงานกรณีศึกษา สำหรับวิธีการทดลองจะใช้สี สารเคมี และสภาวะต่างๆที่เหมือนกับการผลิตจริงทั้งหมด โดยกำหนดให้ตัวแปรตอบสนองคือสัดส่วนของข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและข้อบกพร่องด่างคราบสีที่เกิดขึ้น ซึ่งตรวจวัดข้อบกพร่องจะใช้เครื่องวัดสีและพนักงานที่ผ่านเกณฑ์การยอมรับในการตรวจวัด

7.1.1 การศึกษาผลกระทบที่มีต่อการเกิดข้อบกพร่องเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสารละลายโซดาไฟกรณีผ้ามอสเครป

1.1) สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบสำหรับผ้ามอสเครป

H_0: $P_1 \geq P_2$ เกิดสัดส่วนข้อบกพร่องจากการใช้สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์มากกว่าหรือเท่ากับการใช้สารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำ

H_1: $P_1 < P_2$ เกิดสัดส่วนข้อบกพร่องจากการใช้สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์น้อยกว่าการสารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หมายเหตุ

P_1 = สัดส่วนข้อบกพร่องอันเนื่องมาจากการใช้สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์

P_2 = สัดส่วนข้อบกพร่องอันเนื่องมาจากการใช้สารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำ

1.2) การเตรียมก่อนการทดลอง

1.2.1) สารเคมี

- สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์ (Sodium hydroxide)
- สารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำจากขั้นตอนการลดน้ำหนัก (Sodium hydroxide)
- น้ำสบู่
- สารกันยับ
- สาระลายโซดาไฟสำหรับการลดน้ำหนัก (Sodium hydroxide)
- สีย้อม

- กรดน้ำส้ม (Acetic acid)
- สารช่วยกระจายตัว (Dispersing agent)
- โซเดียมอะซิเตท (Sodium acetate)
- สารช่วยให้สีสม่ำเสมอ (Leveling agent) ใช้สำหรับการย้อมสีเข้มเท่านั้น

1.2.2) อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลอง

- เครื่องย้อมสีขนาดทดลองที่อุณหภูมิสูง
- เครื่องวัดสี
- เครื่องชั่งน้ำหนัก
- เครื่องสเตนเตอร์ขนาดทดลอง
- ชุดเครื่องแก้ว
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ
- เตารีด

1.2.3) ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

- ผ้ามอสเครปจำนวน 30 ตัวอย่างในการทดลองใช้สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์ และ
- ผ้ามอสเครปจำนวน 30 ตัวอย่างในการทดลองใช้สารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำ

ซึ่งผ้ามอสเครปน้ำหนักของผ้ามอสเครปที่ใช้ในการทดลองประมาณ 10 กรัม เนื่องจากเป็นน้ำหนักมาตรฐานที่ทางห้องปฏิบัติการของโรงงานกรณีศึกษาใช้ในการทดลอง

1.3) ขั้นตอนการทดลอง กรณีการใช้สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์

1.3.1) ชั่งสารเคมีตามความเข้มข้นโรงงานกรณีศึกษา โดยใช้อัตราส่วนน้ำหนักน้ำต่อน้ำหนักผ้า คือ 20:1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ใช้ในการทดลองในห้องปฏิบัติการของโรงงานกรณีศึกษาในการทำความสะอาด เมื่อน้ำหนักผ้าที่ใช้ คือ 10 กรัม ดังนั้นน้ำหนักน้ำจึงเป็น 200 กรัม และในการชั่งสารเคมีที่ใช้ในการทดลองจะคิดจากน้ำหนักน้ำที่ใช้ โดยน้ำหนักสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 7.3

ตารางที่ 7. 3 ความเข้มข้นและน้ำหนักของสารเคมีที่ใช้ในการทดลองทำความสะอาดผ้ามอสเครปโดยใช้สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์

สารเคมี	ความเข้มข้น	น้ำหนักต่อน้ำ 200 กรัม
สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์	6 กรัมต่อลิตร	1.2 กรัม
น้ำสบู่	2 กรัมต่อลิตร	0.4 กรัม
สารกันยับ	3 กรัมต่อลิตร	0.6 กรัม

1.3.2) ชั่งน้ำ 200 กรัมใส่ลงในบีกเกอร์ นำไปให้ความร้อนในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงถึง 95 องศาเซลเซียส ใส่สารละลายโซดาไฟใหม่ น้ำสบู่และสารกันยับลงไป และคนให้เข้ากัน จากนั้นนำผ้ามอสเครปดิบลงไปต้มประมาณ 45 นาที แล้วนำผ้าดิบขึ้นจากบีกเกอร์ทิ้งไว้ให้เย็น ล้างด้วยน้ำสะอาด 3-4 ครั้ง บิดให้หมาด และนำไปเซตตัวด้วยความร้อนด้วยเครื่องสเตนเตอร์ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส แล้วจึงนำไปย้อมสี

1.3.4) การย้อมสี โดยใช้อัตราส่วนน้ำหนักน้ำต่อน้ำหนักผ้า คือ 10:1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ใช้ในการทดลองในห้องปฏิบัติการของโรงงานกรณีศึกษาทำการทดลองในการย้อมสี ชั่งน้ำ กรดน้ำส้ม สารช่วยกระจายตัว โซเดียมอะซีเตท สารช่วยให้สีสม่ำเสมอ และสีย้อม แล้วใส่ลงในถ้วยย้อมของเครื่องย้อมสีขนาดทดลอง ตามลำดับ คนให้เข้ากัน จากนั้นนำผ้าใส่ลงในถ้วยย้อม ใส่ถ้วยย้อมลงในเครื่องย้อมสีขนาดทดลอง แล้วย้อมที่สภาวะ 130 องศาเซลเซียส นาน 45-60 นาที เมื่อย้อมเสร็จ ปิดเครื่องย้อมแล้วใช้อุปกรณ์หยิบถ้วยย้อมออกมา นำผ้าออกจากถ้วยย้อม แล้วล้างน้ำเย็น 2 ครั้ง บีบให้หมาดและนำไปรีดให้แห้ง

1.3.5) การตรวจวัดข้อบกพร่องในผ้ามอสเครป หลังจากการย้อมแล้วนำไปตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่อง โดยเริ่มจาก

- การตรวจวัดข้อบกพร่องด่างคราบสีด้วยสายตาของพนักงาน โดยพนักงานนำผ้าวางบนกระดาษ A4 สีขาว และทำการตรวจหาข้อบกพร่องด่างคราบสีโดยใช้สายตาพิจารณาโดยรอบผ้าทั้ง 2 ด้าน หากพบรอยด่างจะถือว่าผ้าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานและบันทึกผล
- การตรวจวัดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนด้วยเครื่องวัดสี โดยพนักงานทำการวัดสีของสีมาตรฐานก่อนและจึงทำการวัดสีของตัวอย่างสีที่ย้อมได้ โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณา คือ ค่าความแตกต่างของสีตัวอย่างเทียบกับสีมาตรฐาน (ΔE) โดยค่า ΔE ต้องมีค่าต่ำกว่า 1.000 จึงถือว่าผ่านเกณฑ์คุณภาพ

1.4) ขั้นตอนการทดลอง กรณีการใช้สารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำ

1.4.1) เตรียมสารละลายไฟใช้ซ้ำจากขั้นตอนการลดน้ำหนักผ้า มาวัดความถ่วงจำเพาะโดยเครื่องวัดความถ่วงจำเพาะ (Hydrometer) ให้ได้ตามที่โรงงานกรณีศึกษากำหนด คือ 1 องศาโบเม ซึ่งเทียบเท่ากับความเข้มข้น 6 กรัมต่อลิตร ตามสูตรที่โรงงานกำหนด โดยในการเจือจางสารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำจากขั้นตอนการลดน้ำหนักเพื่อให้ได้ความเข้มข้นที่กำหนดนั้น จะใช้สูตร ดังนี้

$$\text{ปริมาณสารที่ต้องใช้ (ลิตร)} = \frac{\text{ปริมาณที่ต้องการ (ลิตร)} \times \text{ความเข้มข้นที่ต้องการ (กรัมต่อลิตร)}}{\text{ความเข้มข้นของสารเริ่มต้น (กรัมต่อลิตร)}}$$

1.4.2) ชั่งสารเคมีตามสูตรของโรงงานกรณีศึกษา โดยใช้อัตราส่วนน้ำหนักน้ำต่อน้ำหนักผ้า คือ 20:1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ใช้ในการทดลองในห้องปฏิบัติการของโรงงานกรณีศึกษาในการทำความ

สะอาด เมื่อน้ำหนักผ้าที่ใช้ คือ 10 กรัม ดังนั้นน้ำหนักน้ำจึงเป็น 200 กรัม และในการชั่งสารเคมีที่ใช้ในการทดลองจะคิดจากน้ำหนักน้ำที่ใช้ โดยน้ำหนักสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 7.4

ตารางที่ 7. 4 ความเข้มข้นและน้ำหนักของสารเคมีที่ใช้ในการทดลองทำความสะอาดผ้ามอสเครปโดยใช้สารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำจากขั้นตอนการลดน้ำหนัก

สารเคมี	ความเข้มข้น	น้ำหนักต่อน้ำ 200 กรัม
สารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำ	6 กรัมต่อลิตร	1.2 กรัม
น้ำสบู่	2 กรัมต่อลิตร	0.4 กรัม
สารกันยับ	3 กรัมต่อลิตร	0.6 กรัม

1.4.3) ชั่งน้ำ 200 กรัมใส่ลงในบีกเกอร์ นำไปให้ความร้อนในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงถึง 95 องศาเซลเซียส ใส่สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์ น้ำสบู่และสารกันยับลงไป และคนให้เข้ากัน จากนั้นนำผ้ามอสเครปดิบลงไปต้มประมาณ 45 นาที แล้วนำผ้าดิบขึ้นจากบีกเกอร์ทิ้งไว้ให้เย็น ล้างด้วยน้ำสะอาด 3-4 ครั้ง บิดให้หมาด และนำไปเซตตัวด้วยความร้อนด้วยเครื่องสเตนเตอร์ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส

1.4.4) การย้อมสี โดยใช้อัตราส่วนน้ำหนักน้ำต่อน้ำหนักผ้า คือ 10:1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ใช้ในการทดลองในห้องปฏิบัติการของโรงงานกรณีศึกษาทำการทดลองในการย้อมสี ชั่งน้ำ กรดน้ำส้ม กรดน้ำส้ม สารช่วยกระจายตัว โซเดียมอะซีเตท สารช่วยให้สีสม่ำเสมอ และสีย้อม แล้วใส่ลงในถ้วยย้อมของเครื่องย้อมสีขนาดทดลอง ตามลำดับ คนให้เข้ากัน จากนั้นนำผ้าใส่ลงในถ้วยย้อม ใส่ถ้วยย้อมลงในเครื่องย้อมสีขนาดทดลอง แล้วย้อมที่สภาวะ 130 องศาเซลเซียส นาน 45-60 นาที เมื่อย้อมเสร็จปิดเครื่องย้อมแล้วใช้อุปกรณ์หยิบถ้วยย้อมออกมา นำผ้าออกจากถ้วยย้อม แล้วล้างน้ำเย็น 2 ครั้ง บีบให้หมาด และนำไปรีดให้แห้ง

1.4.5) การตรวจวัดข้อบกพร่องในผ้ามอสเครป หลังจากการย้อมแล้วนำไปตรวจวัดลักษณะของผ้ามอสเครปโดยวิธีที่กล่าวมาข้างต้น

7.1.2 การศึกษาผลกระทบที่มีต่อการเกิดข้อบกพร่องเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสารละลายโซดาไฟกรณีผ้าฟอง

2.1) สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบสำหรับผ้าชีฟอง

H_0: $P_1 \geq P_2$ เกิดสัดส่วนข้อบกพร่องจากการใช้สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์มากกว่าหรือเท่ากับการใช้สารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำ

H_1: $P_1 < P_2$ เกิดสัดส่วนข้อบกพร่องจากการใช้สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์น้อยกว่าการใช้สารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำ

หมายเหตุ

P_1 = สัดส่วนข้อบกพร่องอันเนื่องมาจากการใช้โซดาไฟบริสุทธิ์

P_2 = สัดส่วนข้อบกพร่องอันเนื่องมาจากการใช้โซดาไฟใช้ซ้ำจากขั้นตอนการลดน้ำหนัก

2.2) การเตรียมการก่อนการทดลอง

2.2.1) สารเคมี

- สารละลายโซดาไฟใหม่ (Sodium hydroxide)
- สารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำจากขั้นตอนการลดน้ำหนัก (Sodium hydroxide)
- น้ำสบู่
- สารกันยับ
- สีย้อม
- กรดน้ำส้ม (Acetic acid)
- สารช่วยกระจายตัว (Dispersing agent)
- โซเดียมอะซิเตท (Sodium acetate)
- สารช่วยให้สีสม่ำเสมอ (Leveling agent) ใช้สำหรับการย้อมสีเข้มเท่านั้น

2.2.2) อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลอง

- เครื่องย้อมสีขนาดทดลองที่อุณหภูมิสูง
- เครื่องวัดสี
- เครื่องชั่งน้ำหนัก
- เครื่องสเตนเตอร์ขนาดทดลอง
- ชุดเครื่องแก้ว
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ
- เตารีด

2.2.3) ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างเป็น 30 ตัวอย่างในการทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบของสารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์ และขนาดตัวอย่าง 30 ตัวอย่างในการทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบของสารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำจากขั้นตอนการทำลดน้ำหนัก โดยน้ำหนักของชีฟองที่ใช้ใน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การทดลอง คือ 10 กรัม เนื่องจากเป็นน้ำหนักมาตรฐานที่ทางห้องปฏิบัติการของโรงงานกรณีศึกษาใช้ในการทดลอง

2.3) ขั้นตอนการทดลอง กรณีการใช้สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์

2.3.1) ชั่งสารเคมีตามสูตรของโรงงานกรณีศึกษา โดยใช้อัตราส่วนน้ำหนักน้ำต่อน้ำหนักผ้า คือ 20:1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ใช้ในการทดลองในห้องปฏิบัติการของโรงงานกรณีศึกษาในการทำความสะอาด เมื่อน้ำหนักผ้าที่ใช้ คือ 10 กรัม ดังนั้นน้ำหนักน้ำจึงเป็น 200 กรัม และในการชั่งสารเคมีที่ใช้ในการทดลองจะคิดจากน้ำหนักน้ำที่ใช้ โดยน้ำหนักสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 7.5

ตารางที่ 7. 5 ความเข้มข้นและน้ำหนักของสารเคมีที่ใช้ในการทดลองทำความสะอาดผ้าชีฟองโดยใช้สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์

สารเคมี	ความเข้มข้น	น้ำหนักต่อน้ำ 200 กรัม
สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์	6 กรัมต่อลิตร	1.2 กรัม
น้ำสบู่	2 กรัมต่อลิตร	0.4 กรัม
สารกันยับ	3 กรัมต่อลิตร	0.6 กรัม

2.3.2) ชั่งน้ำ 200 กรัมใส่ลงในบีกเกอร์ นำไปให้ความร้อนในอ่างน้ำควบคุมคุณภาพ เมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงถึง 90 องศาเซลเซียส ใส่สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์ น้ำสบู่และสารกันยับลงไป และคนให้เข้ากัน จากนั้นนำผ้าชีฟองดิบลงไปต้มประมาณ 30 นาที แล้วนำผ้าดิบขึ้นจากบีกเกอร์ทิ้งไว้ให้เย็น ล้างด้วยน้ำสะอาด 3-4 ครั้ง บิดให้หมาด และนำไปเซตตัวด้วยความร้อนด้วยเครื่องสเตนเตอร์ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส

2.3.4) การย้อมสี โดยใช้อัตราส่วนน้ำหนักน้ำต่อน้ำหนักผ้า คือ 10:1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ใช้ในการทดลองในห้องปฏิบัติการของโรงงานกรณีศึกษาทำการทดลองในการย้อมสี ชั่งน้ำ กรดน้ำส้ม สารช่วยย้อม สารเคมีควบคุม pH สารช่วยย้อมสำหรับย้อม และสีย้อม แล้วใส่ลงในถ้วยย้อมของเครื่องย้อมสีขนาดทดลอง ตามลำดับ คนให้เข้ากัน จากนั้นนำผ้าใส่ลงในถ้วยย้อม ใส่ถ้วยย้อมลงในเครื่องย้อมสีขนาดทดลอง แล้วย้อมที่สภาวะ 130 องศาเซลเซียส นาน 45-60 นาที เมื่อย้อมเสร็จ ปิดเครื่องย้อมแล้วใช้อุปกรณ์หยิบถ้วยย้อมออกมา นำผ้าออกจากถ้วยย้อม แล้วล้างน้ำเย็น 2 ครั้ง บิบให้หมาดและนำไปรีดให้แห้ง

2.3.5) การตรวจวัดข้อบกพร่องของผ้าชีฟอง หลังจากการย้อมแล้วนำไปตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่องของผ้าชีฟอง ดังนี้

- การตรวจวัดข้อบกพร่องด่างคราบสีด้วยสายตาของพนักงาน โดยพนักงานนำผ้าวางบนกระดาษ A4 สีขาว และทำการตรวจหาข้อบกพร่องด่างคราบสีโดยใช้สายตาพิจารณาโดยรอบผ้าทั้ง 2 ด้าน หากพบรอยด่างจะถือว่าผ้าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานและบันทึกผล
- การตรวจวัดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนด้วยเครื่องวัดสี โดยพนักงานทำการวัดสีของสีมาตรฐานก่อนและจึงทำการวัดสีของตัวอย่างสีที่ย้อมได้ โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณา คือ ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) โดยค่าความแตกต่างของสีต้องมีค่าต่ำกว่า 1.000 จึงถือว่าผ่านเกณฑ์คุณภาพ

2.4) ขั้นตอนการทดลอง กรณีการใช้สารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำ

2.4.1) เตรียมสารละลายไฟใช้ซ้ำ มาวัดความถ่วงจำเพาะโดยเครื่องวัดความถ่วงจำเพาะ (Hydrometer) ให้ได้ตามที่โรงงานกรณีศึกษากำหนด คือ 1 องศาโบเม ซึ่งเทียบเท่ากับความเข้มข้น 6 กรัมต่อลิตร ตามสูตรที่โรงงานกำหนด โดยในการเจือจางสารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำจากขั้นตอนการลดน้ำหนักเพื่อให้ได้ความเข้มข้นที่กำหนดนั้น จะใช้สูตร ดังนี้

$$\text{ปริมาณสารที่ต้องใช้ (ลิตร)} = \frac{\text{ปริมาณที่ต้องการ (ลิตร)} \times \text{ความเข้มข้นที่ต้องการ (กรัมต่อลิตร)}}{\text{ความเข้มข้นของสารเริ่มต้น (กรัมต่อลิตร)}}$$

2.4.2) ชั่งสารเคมีตามสูตรของโรงงานกรณีศึกษา โดยใช้อัตราส่วนน้ำหนักน้ำต่อน้ำหนักผ้า คือ 20:1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ใช้ในการทดลองในห้องปฏิบัติการของโรงงานกรณีศึกษาในการทำความสะอาด เมื่อน้ำหนักผ้าที่ใช้ คือ 10 กรัม ดังนั้นน้ำหนักน้ำจึงเป็น 200 กรัม และในการชั่งสารเคมีที่ใช้ในการทดลองจะคิดจากน้ำหนักน้ำที่ใช้ โดยน้ำหนักสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 7.6

ตารางที่ 7. 6 ความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ในการทดลองทำความสะอาดผ้าชีฟองโดยใช้สารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำจากขั้นตอนการลดน้ำหนัก

สารเคมี	ความเข้มข้น	น้ำหนักต่อน้ำ 200 กรัม
สารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำ	6 กรัมต่อลิตร	1.2 กรัม
น้ำสบู่	2 กรัมต่อลิตร	0.4 กรัม
สารกันยับ	3 กรัมต่อลิตร	0.6 กรัม

2.4.3) ชั่งน้ำ 200 กรัมใส่ลงในบีกเกอร์ นำไปให้ความร้อนในอ่างย้อม เมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงถึง 90 องศาเซลเซียส ใส่สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์ น้ำสบู่และสารกันยับลงไป และคนให้เข้ากัน จากนั้นนำผ้าชีฟองดิบลงไปต้มประมาณ 30 นาที แล้วนำผ้าดิบขึ้นจากบีกเกอร์ทิ้งไว้ให้เย็น ล้างด้วย

น้ำสะอาด 3-4 ครั้ง บิดให้หมาด และนำไปเซตตัวด้วยความร้อนด้วยเครื่องสเตนเตอร์ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส

2.4.4) การย้อมสี โดยใช้อัตราส่วนน้ำหนักน้ำต่อน้ำหนักผ้า คือ 10:1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ใช้ในการทดลองในห้องปฏิบัติการของโรงงานกรณีศึกษาทำการทดลองในการย้อมสี ชั่งน้ำ กรดน้ำส้ม สารช่วยย้อม สารเคมีควบคุม pH สารช่วยย้อมสำหรับย้อม และสีย้อม แล้วใส่ลงในถ้วยย้อมของเครื่องย้อมสีขนาดทดลอง ตามลำดับ คนให้เข้ากัน จากนั้นนำผ้าใส่ลงในถ้วยย้อม ใส่ถ้วยย้อมลงในเครื่องย้อมสีขนาดทดลอง แล้วย้อมที่สภาวะ 130 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที เมื่อย้อมเสร็จ ปิดเครื่องย้อม แล้วใช้อุปกรณ์หยิบถ้วยย้อมออกมา นำผ้าออกจากถ้วยย้อม แล้วล้างน้ำเย็น 2 ครั้ง บีบให้หมาด และนำไปรีดให้แห้ง

2.4.5) การตรวจวัดข้อบกพร่องของผ้าชีฟอง หลังจากการย้อมแล้วนำไปวัดข้อบกพร่องในผ้าชีฟอง โดยการตรวจวัดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและด่างคราบสี ดังวิธีที่ได้กล่าวมาข้างต้น

หลังจากทำการทดลองและเก็บข้อมูลจนครบตามจำนวนที่กำหนด จึงทำการสรุปผลการทดลองและอภิปรายผล โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

7.1.2 ผลการทดลองและการอภิปรายผล

เมื่อนำผ้ามอสเครปล้าชีฟองไปทำความสะอาดโดยใช้สารละลายโซดาไฟทั้ง 2 ชนิด คือ สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์และสารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำจากขั้นตอนการลดน้ำหนักและนำไปผ่านขั้นตอนต่างๆจนถึงขั้นตอนการย้อมสีและตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่อง ซึ่งได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 7.7 สำหรับผ้ามอสเครป และตารางที่ 7.8 สำหรับผ้าชีฟอง

ตารางที่ 7. 7 ผลของข้อบกพร่องที่พบในผ้ามอสเครปจากการศึกษาผลกระทบของชนิดของสารละลายโซดาไฟในขั้นตอนการทำความสะอาดต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

สารละลายโซดาไฟ	กลุ่มตัวอย่าง	ข้อบกพร่องสีไม่เหมือน	ข้อบกพร่องด่างคราบสี	สัดส่วนข้อบกพร่อง
สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์	30	3	0	0.100
สารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำ	30	9	0	0.300

ตารางที่ 7. 8 ผลของข้อบกพร่องที่พบในผ้าชีฟองจากการศึกษาผลกระทบของชนิดของสารละลายโซดาไฟในขั้นตอนการทำความสะอาดต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

สารละลายโซดาไฟ	กลุ่มตัวอย่าง	ข้อบกพร่องสีไม่เหมือน	ข้อบกพร่องด่างคราบสี	สัดส่วนข้อบกพร่อง
สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์	30	2	0	0.067
สารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำ	30	8	0	0.267

จากตารางที่ 7.7 และตารางที่ 7.8 พบว่า ผ้ามอสเครปและผ้าชีฟองที่ทำความสะอาดโดยใช้สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์จะเกิดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนน้อยกว่าการใช้สารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำ แต่ในการทดลองครั้งนี้ ไม่พบข้อบกพร่องด่างคราบสีทั้งในผ้ามอสเครปและผ้าชีฟอง โดยอาจมีสาเหตุเนื่องมาจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ มีการควบคุมสภาวะการย้อมได้ดีกว่าในการปฏิบัติงานจริงทั้งระยะเวลาและอุณหภูมิ รวมทั้งขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง จึงเกิดข้อบกพร่องด่างคราบสีได้ยาก

เมื่อนำผลการทดลองสำหรับผ้ามอสเครปและผ้าชีฟองมาทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยโปรแกรม MINITAB เพื่อทดสอบสมมติฐานระหว่างการใช้สารละลายโซดาไฟใหม่และสาระลายโซดาไฟใช้ซ้ำจากขั้นตอนการลดน้ำหนักต่อการเกิดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนของผ้ามอสเครปและผ้าชีฟอง ให้ผลดังตารางที่ 7.9 และตารางที่ 7.10 ตามลำดับ

ตารางที่ 7. 9 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผ้ามอสเครปจากการศึกษาผลกระทบของชนิดของสารละลายโซดาไฟคุณภาพของผลิตภัณฑ์

Test and CI for Two Proportions

```
Sample  X   N  Sample p
1       3  30  0.100000
2       9  30  0.300000


Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference:  -0.2
95% upper bound for difference:  -0.0355146
Test for difference = 0 (vs < 0):  Z = -1.94  P-Value = 0.026
```

ตารางที่ 7. 10 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผ้าชีฟองจากการศึกษาผลกระทบของชนิดของสารละลายโซดาไฟต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	2	30	0.066667
2	8	30	0.266667

Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference: -0.2
95% upper bound for difference: -0.0475283
Test for difference = 0 (vs < 0): Z = -2.08 P-Value = 0.019

จากตารางที่ 7.9 พบว่า ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยโปรแกรม MINITAB ให้ค่า P-value เป็น 0.026 ซึ่งแสดงว่ามีการปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ที่ว่าเกิดข้อบกพร่องในผ้ามอสเครปจากการใช้สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์มากกว่าหรือเท่ากับสารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำ จึงสรุปได้ว่าในการทำความสะอาดผ้ามอสเครปโดยใช้สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์เกิดข้อบกพร่องน้อยกว่าสารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

และจากตารางที่ 7.10 ก็พบว่า ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยโปรแกรม MINITAB ให้ค่า P-value เป็น 0.019 ซึ่งแสดงว่ามีการปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ที่ว่าเกิดข้อบกพร่องในผ้าชีฟองจากการใช้สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์มากกว่าหรือเท่ากับสารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำ จึงสรุปได้ว่าในการทำความสะอาดผ้ามอสเครปโดยใช้สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์เกิดข้อบกพร่องน้อยกว่าสารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยให้ผลเช่นเดียวกับผ้ามอสเครป

จากการวิเคราะห์ทางสถิติในผ้ามอสเครปและผ้าชีฟองข้างต้น จะเห็นได้ว่าการใช้สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์มีผลต่อการเกิดสัดส่วนข้อบกพร่องสีไม่เหมือนแตกต่างกับการใช้สารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำอย่างมีนัยสำคัญ โดยสารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์มีผลทำให้เกิดข้อบกพร่องได้น้อยกว่าการใช้สารละลายใช้ซ้ำ

จากการศึกษาถึงความแตกต่างของการใช้สารละลายโซดาไฟทั้ง 2 ชนิด พบว่าการใช้สารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำที่ได้จากขั้นตอนการลดน้ำหนักจะมีสารไดโซเดียมเทเรฟทาเลต (Disodium terephthalate, DST) หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า โอลิโกเมอร์ละลายผสมอยู่ ซึ่งสารนี้เป็นโมเลกุลเล็กๆที่ถูกย่อยสลายออกมาจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์ในขั้นตอนการลดน้ำหนัก เมื่อมีโอลิโกเมอร์มาเกาะติดบนเส้นใย จะทำให้เกิดปัญหาในการดูดซึมสีและสารเคมีได้ในระหว่างการย้อมได้ จากการศึกษาเพิ่มเติมพบว่า การนำสารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำมาใช้อีกครั้งในกระบวนการย้อม ไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้เลย เช่นเดียวกับที่โรงงานกรณีศึกษากำลังดำเนินการอยู่ โดยจะต้องมีการปรับสภาพก่อนการนำมาใช้ด้วย

วิธีต่างๆ เช่น การกรอง การตกตะกอน เป็นต้น ซึ่งจะต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์และวางระบบต่างๆ ขึ้นมาใหม่ ทำให้ต้องมีการลงทุนเพิ่มขึ้นเพื่อติดตั้งอุปกรณ์และวางระบบ ดังนั้นทางโรงงานกรณีศึกษาจึงเลือกที่จะใช้สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์แทนการลงทุนเพื่อปรับสภาพสารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำ

ดังนั้น จึงได้ทำการปรับปรุงวิธีปฏิบัติงานในขั้นตอนการทำความสะอาด เรื่องการเตรียมสารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์ และทำการอบรมพนักงาน

7.2 แนวทางแก้ไขลำดับที่ 2: การทวนสอบน้ำหนักรถเข็นเพื่อระบุน้ำหนักที่ถูกต้องในขั้นตอนเซตตัวด้วยความร้อน

หลังจากผ้าถูกเซตตัวด้วยความร้อนด้วยเครื่องสเตนเตอร์เสร็จแล้ว พนักงานจะนำผ้าใส่รถเข็น พร้อมทั้งตัดตัวอย่างผ้าส่งต่อไปให้ห้องปฏิบัติการเพื่อดำเนินการทดลองย้อม แล้วจึงนำผ้าไปชั่งน้ำหนักและส่งต่อให้แก่ขั้นตอนย้อม แต่หากต้องมีการลดน้ำหนักผ้า จะนำผ้าหลังจากที่ชั่งแล้วส่งต่อไปยังขั้นตอนลดน้ำหนักก่อน

ในการชั่งน้ำหนักเพื่อหาน้ำหนักของผ้าทั้งหมด จะทำการชั่งพร้อมรถเข็นแล้วจึงหักน้ำหนักรถเข็นออก จากนั้นจึงนำน้ำหนักผ้าที่ได้นี้ไปคำนวณหาน้ำหนักสีที่ต้องใช้จากสูตรสีที่ได้จากห้องปฏิบัติการ ซึ่งหากน้ำหนักผ้าผิดพลาด น้ำหนักสีก็จะผิดพลาดตามไปด้วย ซึ่งสาเหตุหลักที่ทำให้น้ำหนักผ้าผิดพลาด คือน้ำหนักรถเข็นมีน้ำหนักไม่ตรงตามที่ระบุไว้ ดังรูปที่ 7.2

รูปที่ 7. 1 ตัวอย่างน้ำหนักรถเข็นที่ระบุก่อนการทวนสอบ

จากรูปที่ 7.1 พบว่า น้ำหนักที่ระบุไว้บนรถเข็น เป็นน้ำหนักที่มีการชั่งไว้เมื่อประมาณ 2 ปีที่แล้ว โดยที่ไม่มีการทวนสอบซ้ำว่าน้ำหนักนั้นยังถูกต้องตามที่ระบุไว้หรือไม่ เนื่องจากไม่ได้ระบุไว้อย่างชัดเจนในการทวนสอบน้ำหนักรถเข็น จึงทำให้พนักงานไม่ได้ทำการทวนสอบน้ำหนักรถเข็นอย่างสม่ำเสมอ

จากการสำรวจสภาพของรถเข็นพบว่า มีรถเข็นบางครั้งที่มีการชำรุดของล้อหน้า แต่น้ำหนักที่ระบุในรถเข็นคันนั้นกลับตรงกับน้ำหนักรถเข็นคันที่ไม่มีการชำรุดของล้อ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำ

การทวนสอบน้ำหนักรถเข็นที่มีการหมุนเวียนใช้ในการชั่งผ้าในขั้นตอนเซตตัวด้วยความร้อย ซึ่งมีอยู่ประมาณ 49 คัน มาทำการชั่งน้ำหนักใหม่เพื่อทวนสอบ โดยผลการทวนสอบน้ำหนักรถเข็นทั้ง 49 คัน และเครื่องชั่งที่ใช้เป็นเครื่องชั่งเครื่องเดียวกันตลอดการชั่ง จะแสดงดังตารางที่ 7.11

ตารางที่ 7. 11 ผลการทวนสอบน้ำหนักรถเข็น

คันที่	น้ำหนักที่ระบุไว้บนรถเข็น (กิโลกรัม)	น้ำหนักรถเข็นจริง(กิโลกรัม)
1	141.5	141.5
2	141.3	141.0
3	141.4	141.2
4	141.4	141.4
5	141.3	141.3
6	141.1	139.0
7	141.4	138.7
8	141.5	141.5
9	141.3	141.3
10	141.6	142.0
11	141.5	141.5
12	141.0	141.3
13	141.2	142.1
14	141.7	141.7
15	141.3	141.0
16	141.3	141.3
17	141.2	141.2
18	141.3	141.3
19	141.7	139.2
20	141.2	141.2
21	141.0	141.0
22	141.5	141.2
23	141.3	141.8
24	141.6	141.6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 7.11 ผลการทวนสอบน้ำหนักรถเข็น (ต่อ)

คันที่	น้ำหนักที่ระบุไว้บนรถเข็น (กิโลกรัม)	น้ำหนักรถเข็นจริง(กิโลกรัม)
25	141.4	138.8
26	141.7	141.4
27	141.5	142.0
28	141.0	141.0
29	141.2	141.1
30	141.6	141.2
31	142.0	139.5
32	141.8	141.8
33	141.1	141.0
34	141.0	140.5
35	141.1	141.8
36	141.8	141.8
37	141.8	141.5
38	141.2	141.2
39	141.8	141.8
40	141.3	141.0
41	141.7	142.3
42	141.1	141.1
43	141.5	139.1
44	141.5	141.2
45	141.5	141.5
46	141.8	141.8
47	141.6	141.6
48	141.4	141.3
49	141.7	141.0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 7.11 จะเห็นได้ว่า น้ำหนักรถเข็นที่ได้จากการทวนสอบมีค่าแตกต่างจากน้ำหนักรถเข็นที่ระบุไว้ โดยน้ำหนักรถเข็นที่ทำการทวนสอบจะมีค่าที่น้อยกว่าและมากกว่าที่ระบุไว้

จากการสำรวจหาสาเหตุที่ทำให้น้ำหนักมีการปลี่ยนแปลง เนื่องมาจากการสึกหรอของพลาสติกที่หุ้มรถเข็นเพื่อไม่ให้ผ้าสัมผัสกับรถเข็นโดยตรงเพื่อป้องกันผ้าเลอะสิ่งสกปรกจากรถเข็น เมื่อใช้เป็นเวลานานจะเกิดการฉีกขาดของพลาสติก ทำให้รถเข็นมีน้ำหนักลดลง แต่มีการลดลงเพียงเล็กน้อย แต่จะมีรถเข็นอยู่ 6 คันจาก 49 คัน ที่ที่มีการลดลงของน้ำหนักมากถึง 2 กิโลกรัม ได้แก่ คันที่ 6, 7, 19, 25, 31 และ 43 โดยพบว่ารถเข็นเหล่านี้มีการหลุดหายไปของล้อที่ใช้ในการบังคับทิศทาง จึงทำให้น้ำหนักลดลงมากกว่าปกติ ซึ่งเมื่อน้ำหนักรถเข็นลดลงจากที่ระบุไว้มาก ทำให้น้ำหนักผ้าที่ได้หลังจากหักน้ำหนักรถเข็นออกก็จะน้อยกว่าน้ำหนักผ้าที่แท้จริง เมื่อนำน้ำหนักผ้าไปคำนวณหาน้ำหนักสี น้ำหนักสีได้ก็จะน้อยกว่าที่สูตรกำหนด ซึ่งโดยปกติรายการสีย้อมที่ใช้ในขั้นตอนย้อม จะมีเปอร์เซ็นต์สีที่ต้องใช้อยู่ในช่วง 0.5-4% ขึ้นกัลสูตรสี เมื่อน้ำหนักรถเข็นน้อยกว่าที่ระบุไว้ถึง 2 กิโลกรัม จะส่งผลให้น้ำหนักสีน้อยสูตรที่กำหนดประมาณ 10-80 กรัม ซึ่งมากพอที่จะทำให้เกิดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนในผ้ามอสเครปและผ้าชีฟองได้

ดังนั้นจึงได้นำน้ำหนักรถเข็นที่ทวนสอบแล้วมาจัดทำเป็นวิธีปฏิบัติงาน ดังแสดงในภาคผนวก ก แล้วนำมาใช้ในการปฏิบัติงานจริง

7.3 แนวทางแก้ไขลำดับที่ 3: การปรับปรุงวิธีปฏิบัติงานในการชั่งสีในขั้นตอนย้อม

การชั่งสีย้อม เป็นส่วนหนึ่งของขั้นตอนย้อม เมื่อพนักงานได้รับใบคำสั่งชั่งสีย้อม พนักงานจะทำหน้าที่ชั่งสีย้อมและละลายสีย้อมในห้องสีและสารเคมี แล้วจึงนำจ่ายให้แก่พนักงานย้อมที่เครื่องย้อม ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นในการชั่งสีย้อม คือ พนักงานชั่งสีไม่ตรงกำหนด ทำให้น้ำหนักสีไม่ถูกต้องตามสูตร โดยพบว่ามีสาเหตุมาจากวิธีปฏิบัติงานในการชั่ง ที่พนักงานจะต้องมีการชั่งสีโดยใช้เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 3 ตำแหน่งในการชั่งสี โดยน้ำหนักก่อนทำการชั่งพนักงานจะต้องมีการคำนวณเพื่อเปลี่ยนหน่วยของน้ำหนักจากกิโลกรัมเป็นกรัม จึงทำให้เกิดความผิดพลาดในการคำนวณหน่วยทศนิยมผิด หรือวิธีปฏิบัติงานที่ไม่ชัดเจน ทำให้พนักงานใช้เครื่องชั่งไม่ถูกต้องหรือชั่งสีไม่ถูกต้อง เกิดการปนเปื้อน หรือแม้กระทั่งชั่งสีไม่ครบตามรายการสี ทำให้น้ำหนักสีผิดพลาด จึงได้ดำเนินการแก้ไขดังนี้

1) การปรับปรุงวิธีปฏิบัติงานในการคำนวณ โดยเพิ่มการทวนสอบซ้ำโดยหัวหน้างานอีกครั้งเพื่อให้ได้น้ำหนักที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือ

2) การปรับปรุงวิธีปฏิบัติงานให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น ดังแสดงในภาคผนวกตั้งแต่ขั้นตอนการใช้เครื่องชั่งไปจนถึงรายละเอียดในการชั่งสี เนื่องจากยังพบว่าพนักงานบางคนใช้เครื่องชั่งไม่

ถูกต้อง ซึ่งทำให้น้ำหนักผิดเพี้ยนไปได้ โดยสามารถเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง ดังตารางที่ 7.12

3) อบรมเพื่อเน้นยำการในเรื่องการคำนวณ โดยให้พนักงานทำแบบทดสอบเรื่องการคำนวณจุดทดศนิยม เพื่อให้พนักงานสามารถคำนวณจุดทศนิยมเพื่อใช้เปลี่ยนหน่วยน้ำหนักได้อย่างถูกต้อง

ตารางที่ 7. 12 เปรียบเทียบขั้นตอนการชั่งสีก่อนและหลังการปรับปรุง

ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
เปิดเครื่องชั่งไฟฟ้า	เปิดเครื่องชั่งไฟฟ้า และรอ 30 นาที
วางถ้วยชั่งสี และ กด 0/T ให้หน้าจอแสดง 0.00	ตรวจสอบความสะอาดบนจานชั่ง หากมีเศษฝุ่นผง ให้ใช้แปรงปัด
ตักสีย้อมรายการ 1 ใส่ถ้วยชั่งสีให้ได้น้ำหนักตามที่กำหนด แล้ว กด 0/T	ตรวจสอบระดับลูกน้ำให้อยู่กึ่งกลาง หากลูกน้ำไม่อยู่ตรงกลาง ให้ปรับระดับโดยการหมุนที่ขาของเครื่องชั่ง
ตักสีย้อมต่อไปและทำตามขั้นตอนที่ 3 จนครบทุกรายการ	กด 0/T หน้าจอแสดงผลเป็น 0.00
เทสีใส่ลงในถังสีเพื่อเตรียมทำการละลายสี	วางถ้วยชั่งใบที่ 1 ไว้ตรงกลาง แล้ว กด 0/T
	ตักสีย้อมที่ได้จนครบตามที่ต้องการ บันทึกน้ำหนักสีผงลงในแบบบันทึกการชั่งสีและสารเคมี

ตารางที่ 7. 12 เปรียบเทียบขั้นตอนการชั่งสีก่อนและหลังการปรับปรุง (ต่อ)

ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
	นำถ้วยชั่งสีใบที่ 1 ออกจากเครื่องชั่ง แล้วกด 0/T ↓ วางถ้วยชั่งสีใบที่ 2 ไว้ตรงกลาง บันทึกน้ำหนักลงในแบบบันทึกการชั่งสีและสารเคมี แล้วกด 0/T ↓ ตักสีย้อมที่ได้จนครบตามที่ต้องการ นำถ้วยชั่งสีใบที่ 2 ออกจากเครื่องชั่ง แล้วกด 0/T ↓ วางถ้วยชั่งสีใบที่ 3 ไว้ตรงกลาง แล้วกด 0/T ↓ ตักสีย้อมที่ได้จนครบตามที่ต้องการ ↓ นำถ้วยชั่งสีใบที่ 3 ออกจากเครื่องชั่ง แล้วกด 0/T ↓ เททั้ง 3 สีใส่ลงในถังละลายสีเพื่อเตรียมทำการละลายสี ↓ ทำความสะอาดเครื่องชั่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7.4 แนวทางแก้ไขลำดับที่ 4: การปรับปรุงวิธีปฏิบัติงานในการผสมสารเคมีในขั้นตอนย้อม

ในการผสมสีและสารเคมีในขั้นตอนการย้อม พนักงานย้อมจะทำการผสมสีและสารเคมีในถังผสมเพื่อส่งเข้าไปภายในเครื่องย้อม ซึ่งสารเคมีที่ใช้ในการย้อมจะมีคุณสมบัติและวัตถุประสงค์ในการใช้แตกต่างกัน เช่น เพื่อปรับสภาพน้ำ เพื่อการกระจายตัวของสี เป็นต้น

สำหรับโรงงานกรณีศึกษามีการใช้สารเคมีหลักๆในการย้อมผ้าอยู่ 4 ชนิด ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) กรดน้ำส้ม (Acetic acid) ใช้เพื่อปรับสภาพน้ำให้มีความเป็นกรดอยู่ในช่วงค่า pH 4.0-4.5 ซึ่งเป็นช่วงความเป็นกรดที่เหมาะสมในการย้อมสี

2) สารช่วยกระจายตัว (Dispersing agent) ใช้เพื่อช่วยในกระจายสี ให้สีสามารถกระจายได้ทั่วถึงทุกพื้นที่ของผ้า

3) โซเดียมอะซิเตท (Sodium acetate) ใช้เป็นสารบัฟเฟอร์เพื่อควบคุม pH ของน้ำย้อมไว้ให้มีความเหมาะสมกับการย้อม

4) สารช่วยให้สีสม่ำเสมอ (Leveling agent) ใช้เพื่อช่วยเกลี่ยสีเพื่อให้สีมีความสม่ำเสมอ

ในบางการย้อมจะมีการเพิ่มเติมสารเคมีอื่นๆเพื่อใช้ในการย้อมบางสี เช่น สารป้องกันฟอง สารช่วยพา (Carrier) เพื่อช่วยในการย้อม เป็นต้น ซึ่งทางห้องปฏิบัติการจะมีการแจ้งบอกทางแผนกย้อม

เนื่องจากสารเคมีที่กล่าวมาข้างต้น เป็นสารเคมีที่มีคุณสมบัติและวัตถุประสงค์ในการใช้แตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องมีลำดับการผสมทั้งสีและสารเคมีที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดสภาพการย้อมที่เหมาะสม หากมีการผสมสีและสารเคมีที่ไม่เหมาะสม เช่น มีการเติมสารเคมีควบคุมลงไปผสมก่อนการผสมกรด จะทำให้สารเคมีควบคุมทำหน้าที่ควบคุม pH ของน้ำเริ่มต้นที่ใช้ในการย้อม ซึ่งมีค่า pH เป็นกลาง ทำให้เมื่อเติมกรดลงไป จะทำให้ไม่ได้ค่า pH ที่ 4.0-4.5 ซึ่งเป็นสภาพที่เหมาะสมในการย้อม ทำให้เกิดข้อบกพร่องเกิดขึ้นได้ เป็นต้น ดังนั้นลำดับในการผสมสีและสารเคมีจึงมีความสำคัญอย่างมาก สำหรับสาเหตุที่พนักงานผสมสารเคมีไม่ถูกต้อง มีสาเหตุมา ดังนี้

1) วิธีการปฏิบัติงานไม่ชัดเจน ทำให้พนักงานผสมสารเคมีไม่ถูกต้อง ทั้งลำดับการผสมสารเคมี การตรวจสอบค่าพีเอช

2) พนักงานเกิดความสับสนในการผสมสารเคมี เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ของสารเคมีมีเพียงการระบุชื่อภาษาอังกฤษไว้บนขวดสารเคมี ดังรูปที่ 7.2 จึงทำให้พนักงานเกิดความสับสนในการผสมสีและสารเคมี โดยเฉพาะกับพนักงานใหม่

รูปที่ 7. 2 ชื่อของสารเคมีบนขวดสารเคมีก่อนการปรับปรุง

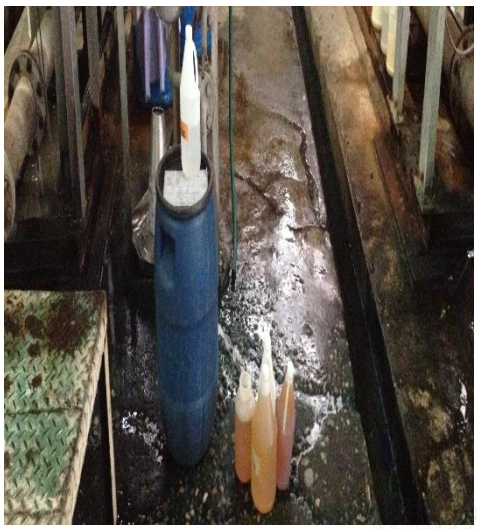
จากสาเหตุข้างต้น ทางทีมงานร่วมกับพนักงานย้อมจึงได้เสนอแนวทางการแก้ไข

1) ปรับปรุงวิธีปฏิบัติงานในการผสมสารเคมีให้มีความละเอียดชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยเริ่มตั้งแต่ลำดับการผสมสารเคมี ระยะเวลาในการผสมสารเคมี ดังแสดงในภาคผนวก ก

2) จัดทำหมายเลขแสดงลำดับการผสมสารเคมีที่ขวดของสารเคมี ดังรูปที่ 7.3 โดยทำการแยกสีของหมายเลข พร้อมทั้งการจัดทำตำแหน่งวางสารเคมีเพื่อรอการผสม เพื่อช่วยลดความผิดพลาดจากการผสม รวมทั้งการปรับปรุงการวางลำดับของขวดสารเคมีจะมีลักษณะการวางดังรูปที่ 7.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 7. 3 ตัวอย่างการจัดทำหมายเลขแสดงลำดับการผสมสารเคมีบนขวดสารเคมี



ก่อนการปรับปรุง หลังการปรับปรุง

รูปที่ 7. 4 ก่อนและหลังการปรับปรุงในการจัดวางเพื่อรอการผสมสารเคมี

และมีการจัดทำป้ายแสดงวิธีการปฏิบัติงานเกี่ยวกับลำดับการผสมสีและสารเคมีไว้ที่สถานที่ปฏิบัติงาน เพื่อให้พนักงานสามารถตรวจสอบความถูกต้องของลำดับการเติม พร้อมทั้งได้มีการจัดทำในรูปแบบภาษาไทยและภาษาพม่า ดังรูปที่ 7.5 เนื่องจากมีพนักงานสัญชาติพม่าปฏิบัติงานในขั้นตอนการผสมสีและสารเคมี จำนวนมาก

รูปที่ 7. 5 ป้ายแสดงวิธีปฏิบัติงานในการผสมสารเคมี

7.5 แนวทางแก้ไขลำดับที่ 5 การปรับปรุงวิธีปฏิบัติงานในการผสมสีในขั้นตอนย้อม

สำหรับการผสมสี พบว่ามีปัญหาการตกค้างของสีภายในถังใส่สีหลังจากเทลงในถังผสม โดยสีที่ใช้ในการย้อมของโรงงานกรณีศึกษา เป็นสีย้อมที่มีคุณสมบัติละลายน้ำได้น้อยมาก ถึงแม้จะมีขั้นตอนการละลายสีก่อนหน้าแล้ว แต่เป็นเพียงการทำให้สีเกิดการกระจายตัว แขวนลอยอยู่ในน้ำ จึงทำให้เมื่อมีการเทผสม จึงเกิดารตกค้างของสีที่ถังใส่สีได้

ก่อนการปรับปรุงจะพบว่ายังไม่มีการล้างถังใส่สีเพื่อเป็นการไล่สีที่ตกค้างอยู่ภายในให้ไหลลงมา ทำให้พนักงานชั่งที่ทำความสะอาดถังใส่สีหลังจากเทผสมแล้ว มักว่าน้ำที่ล้างนั้นจะมีสีปนมาด้วย เนื่องจากมีสีตกค้างอยู่ภายในถังใส่สี จึงทำให้น้ำหนักสีคลาดเคลื่อนไปจากสูตร ดังนั้นทางทีมงานจึงได้กำหนดแนวทางการแก้ไข ดังนี้

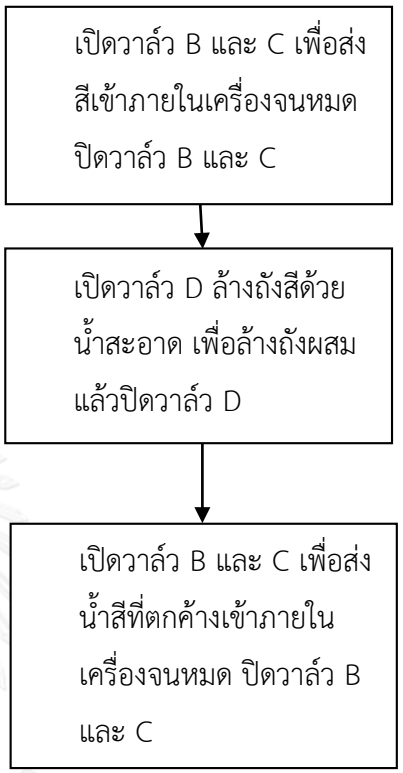
1) ให้เพิ่มขั้นตอนการล้างถังสี โดยมีการติดตั้งสายยางไว้ที่เครื่องย้อม และกำหนดให้พนักงานย้อมทำการล้างไล่สีที่ตกค้างอยู่ภายในถังสีก่อนนำส่งให้พนักงานชั่งสี ซึ่งแสดงในภาคผนวก ก โดยสามารถเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง ได้ดังตารางที่ 7.13

2) หากมีการล่าช้าของกระบวนการย้อมเกินกว่า 1 ชั่วโมง พนักงานย้อมต้องแจ้งให้หัวหน้างานรับทราบ และหัวหน้างานต้องแจ้งให้พนักงานชั่ง ยังไม่ต้องทำการละลายสีที่จะใช้ในการผลิตต่อไป

ตารางที่ 7. 13 วิธีปฏิบัติงานในการผสมสีก่อนและหลังการปรับปรุง

ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
เทถังใส่สีลงในถังผสม	เทถังใส่สีลงในถังผสม
เปิดวาล์ว A เพื่อนำน้ำออกจากภายในเครื่องย้อมมาที่ถังผสมจนถึงเส้นที่กำหนด	เปิดวาล์ว D นำน้ำสะอาดกลั้วสีที่ตกค้างลงในถังผสมจบกว่าน้ำจะใส
เปิดวาล์ว B และ C เพื่อส่งสีเข้าภายในเครื่องจนหมด ปิดวาล์ว B และ C	เปิดวาล์ว A เพื่อนำน้ำออกจากภายในเครื่องย้อมมาที่ถังผสมจนถึงเส้นที่กำหนด

ตารางที่ 7. 13 วิธีปฏิบัติงานในการผสมสีก่อนและหลังการปรับปรุ (ต่อ)

ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

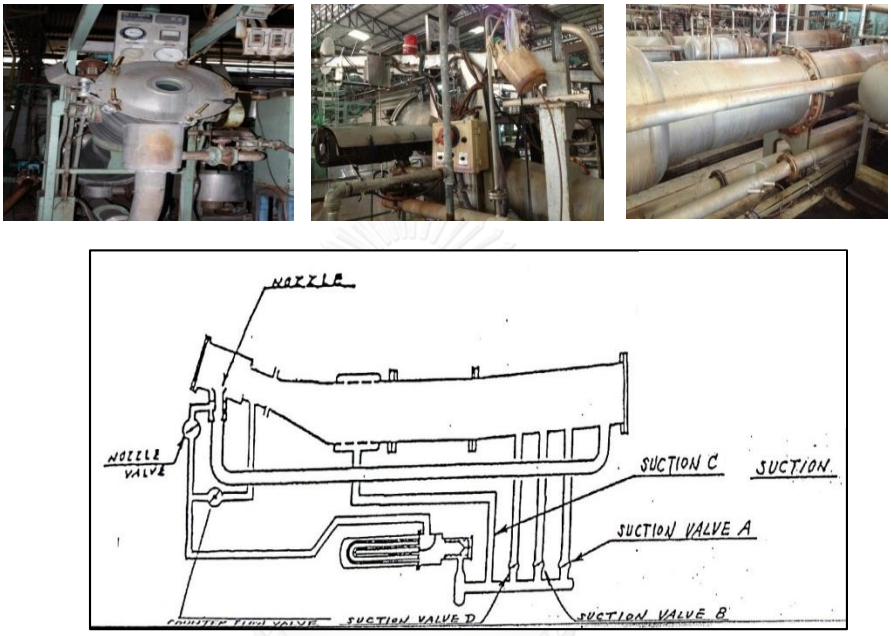
7.6 แนวทางแก้ไขลำดับที่ 6: การออกแบบการทดลองเพื่อปรับตั้งเครื่องย้อมเจ็ทในขั้นตอนย้อม

การย้อมสีเป็นกระบวนการทางเคมีและเป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อน ดังนั้นการควบคุมอิทธิพลที่มีผลต่อการย้อมจึงเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการย้อม จากการปรับตั้งเครื่องย้อม ได้แก่

- เวลา
- อุณหภูมิ
- ความเร็วของการวิ่งผ้า
- แรงดัน
- การหมุนเวียนของน้ำย้อม

จากการศึกษา พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการย้อมเพื่อให้ได้สีที่สม่ำเสมอและเหมือนกับสีมาตรฐานจากการปรับตั้งเครื่องจักร คือ ความเร็วของการวิ่งผ้าต้องมีความสัมพันธ์กับการไหลเวียนของน้ำย้อม

จากการศึกษาในขั้นตอนย้อม เครื่องย้อมที่ใช้ในโรงงานกรณีศึกษา คือเครื่องย้อมเจ็ท Hisaka รุ่น CUT-RZ-1 L ดังรูปที่ และมีโครงสร้างภายของอุปกรณ์ในเครื่องย้อม ดังรูปที่ 7.6



รูปที่ 7. 6 เครื่องย้อมเจ็ทของโรงงานกรณีศึกษา

เครื่องเจ็ทมีส่วนประกอบหลักอยู่ 10 อย่าง คือ

1. ส่วนของท่อหรืออ่างย้อม (Main Vessel or Chamber)
2. ล้อหมุนนำผ้าหรือรีล (Winch roller or reel)
3. อุปกรณ์ถ่ายเทความร้อน (Heat Exchanger)
4. หัวฉีด (Nozzle)
5. แท็งก์ (Reserve Tank)
6. อ่างผสม (Dosing Tank)
7. อุปกรณ์เสริมอื่นๆ (Utility lines) เช่น ท่อน้ำ ท่อน้ำทิ้ง เป็นต้น
8. หน่วยควบคุม (Controlling unit or Processor)
9. ที่โรยผ้า (Fabric Platter)
10. มอเตอร์และวาล์ว (Motors & Valves)

จากการวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องสีไม่เหมือน ทำให้ทราบว่ามีสาเหตุเกี่ยวข้องกับการไหลเวียนผ้าและน้ำย้อมไม่สม่ำเสมอ ซึ่งจากตัวแปรในระบบข้างต้น จะเห็นได้ว่าการย้อมให้ได้สีที่สม่ำเสมอและเหมือนกับสีมาตรฐาน ความเร็วของการวิ่งผ้าต้องมีความสัมพันธ์กับการไหลเวียนของน้ำย้อม

จากการศึกษาเอกสารอ้างอิงเครื่องย้อมและการระดมความคิดของพนักงานที่เกี่ยวข้อง พบว่าปัจจัยที่ต้องมีการปรับตั้งให้เหมาะสมกับผ้าในแต่ละชนิดและคาดว่าส่งผลทำให้ความเร็วของการวิ่งผ้าและการไหลเวียนน้ำย้อมไม่สม่ำเสมอ สามารถสรุปได้ ดังนี้

- ขนาดของหัวฉีด (Nozzle Diameter)

  จากเอกสารอ้างอิงของเครื่องย้อมเจ็ทรุ่นนี้มีหัวฉีดที่ประกอบด้วยกรวย 3 ชนิด คือ

  1) กรวยมีร่องหรือกรวยแบบมีช่องว่าง (Gap Cone หรือ Slit Cone) ซึ่งมีขนาดของช่องว่าง 2 มิลลิเมตร

  2) กรวยทึบหรือกรวยแบบเรียบ (Blind Cone)

  3) จานครอบกรวย (Trumpet)

  ซึ่งกรวยทั้ง 3 ชนิด มีขนาดแตกต่างกัน 3 ระดับ โดยใช้เส้นผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดในการแบ่ง คือ 50 mm, 70 mm และ 90 mm ซึ่งขนาดทั้ง 3 ระดับจะมีการปรับเปลี่ยนเพื่อให้มีความเหมาะสมโครงสร้างผ้าและความกว้าง เพื่อให้ผ้าสามารถไหลเวียนได้อย่างสม่ำเสมอ หากขนาดของกรวยมีนาดเล็กเกินไปจะทำให้การไหลเวียนของผ้าไม่สม่ำเสมอ อาจเกิดผ้าติด ซึ่งในขั้นตอนการย้อมผ้ามอสเครป ขนาดของหัวฉีดที่สัมพันธ์กับน้ำหนักของผ้ามอสเครปและผ้าชีฟอง คือ 50 mm และ 70 mm

- แรงดัน (Nozzle Pressure)

  แรงดันน้ำเป็นปัจจัยที่ช่วยให้เกิดการไหลเวียนของน้ำและผ้าในถังย้อม โดยมีการปรับตั้งแรงดันให้เหมาะสมกับน้ำหนักของผ้า โดยหากปรับตั้งแรงดันไม่เหมาะสม จะทำให้เกิดการไหลเวียนน้ำย้อมและผ้าไม่สม่ำเสมอในถังย้อม จากเอกสารอ้างอิงของเครื่องย้อมแรงดันสามารถปรับได้ 3 ระดับ คือ 1.5 Kg/cm^2, 2.0 Kg/cm^2 และ 2.5 Kg/cm^2 ซึ่งในขั้นตอนการย้อม แรงดันที่สัมพันธ์กับลักษณะของผ้ามอสเครป คือ 2.0 Kg/cm^2 และ 2.5 Kg/cm^2 สำหรับแรงดันที่สัมพันธ์กับลักษณะผ้าชีฟอง คือ 1.5 Kg/cm^2, และ 2.0 Kg/cm^2

- ความเร็วมอเตอร์ (Motor Speed)

  มอเตอร์เป็นปัจจัยอีกหนึ่งที่ส่งผลต่อความเร็วของผ้าและรอบการเคลื่อนที่ของผ้าในถังย้อม ซึ่งหากปรับตั้งไม่เหมาะสมจะทำให้เกิดผ้าติดหรือผ้าพันลูกกลิ้งได้ จากเอกสารอ้างอิงของเครื่องย้อม ความเร็วมอเตอร์ปรับได้ 3 ระดับ 250 m/min^{-1}, 300 m/min^{-1} และ 350

m/min^{-1} โดยปรับตั้งให้สัมพันธ์กับความยาวของผ้า ซึ่งความเร็วมอเตอร์ที่สัมพันธ์กับความยาวของผ้ามอสเครปและผ้าชีฟอง คือ 250 m/min^{-1} และ 300 m/min^{-1}

- ช่องว่างระหว่างหัวฉีด (Gap)

  ช่องว่างระหว่างหัวฉีด เป็นส่วนที่น้ำย้อมถูกฉีดลงบนผ้า เพื่อช่วยให้เกิดการดูดซึมหรือแลกเปลี่ยนกันของน้ำย้อมและผ้าเมื่อผ้าผ่านหัวฉีด (Fabric-Liquor interchange) ซึ่งหากต้องการให้น้ำย้อมมีแรงดันมากขึ้น จะทำการลดขนาดของช่องว่างได้ จากเอกสารอ้างอิงของเครื่องย้อม ช่องว่างระหว่างหัวฉีดสามารถปรับระดับได้ 2 ระดับ คือ 2 mm และ 4 mm ซึ่งช่องว่างระหว่างหัวฉีดที่สัมพันธ์กับผ้ามอสเครปและผ้าชีฟอง คือ 2 mm

- ลิ้นท่อดูด (Suction Valve)

  เป็นลิ้นดูดที่ให้น้ำที่อยู่ภายในถังย้อม ไหลลงเพื่อให้ผ่านอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนและส่งไปยังถังย้อมอีกครั้งโดยผ่านวาล์วหัวฉีด (Nozzle Valve) ที่ทำหน้าที่ปรับแรงดันแล้วฉีดน้ำเข้าไปในถังย้อม จากเอกสารอ้างอิงของเครื่องย้อมจะต้องมีการปรับให้สัมพันธ์กับชนิดของผ้า ซึ่งลิ้นท่อดูดที่สัมพันธ์กับผ้ามอสเครปและผ้าชีฟอง คือ ที่ระดับ 4/7

- วาล์วปรับการไหลสวนทาง (Counter Flow Valve)

  เป็นวาล์วปรับให้น้ำไหลสวนทางเข้าไปในถังย้อม จากเอกสารอ้างอิงของเครื่องย้อมจะต้องมีการปรับให้สัมพันธ์กับชนิดของผ้า ซึ่งวาล์วปรับการไหลสวนทางที่สัมพันธ์กับผ้ามอสเครปและผ้าชีฟอง คือ ที่ระดับ 5/10

7.6.1 รายละเอียดการเลือกปัจจัยที่ต้องการศึกษาสำหรับการออกแบบการทดลอง กรณีผ้ามอสเครปและผ้าชีฟอง

จากที่ทีมงานและพนักงานย้อมได้ทำการประชุมหารือเพื่อคัดเลือกปัจจัยที่คาดว่าส่งผลต่อสาเหตุการไหลเวียนของน้ำย้อมผ้าและผ้าไม่สม่ำเสมอ ได้ทำการสรุปคัดเลือกปัจจัยที่คาดว่ามีผลต่อสาเหตุนี้ คือ ขนาดของหัวฉีด แรงดัน และความเร็วมอเตอร์ เนื่องจากมีการปรับตั้งแตกต่างจากเอกสารอ้างอิงของเครื่องย้อม

7.6.2 การออกแบบการทดลอง กรณีผ้ามอสเครป

จากการศึกษา พบว่าการปรับตั้งก่อนการปรับปรุงจะใช้ประสบการณ์ของพนักงานในการปรับตั้ง ทำให้มีความแตกต่างจากเอกสารอ้างอิงของเครื่องย้อม ดังตารางที่ 7.14

ตารางที่ 7. 14 การปรับตั้งขนาดของหัวฉีดและแรงดันภายในหัวฉีดสำหรับผ้ามอสเครปก่อนการปรับปรุง

ผลิตภัณฑ์	ปัจจัย	ระดับ
ผ้ามอสเครป	แรงดัน	2.0 Kg/cm^2
	ขนาดของหัวฉีด	50 mm
	ความเร็วมอเตอร์	300 m/min^{-1}

7.6.2.1 การกำหนดระดับปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา

ในการกำหนดระดับของขนาดของหัวฉีด แรงดัน และความเร็วมอเตอร์ ได้พิจารณาเลือกเพียง 2 ระดับที่สัมพันธ์กับผ้ามอสเครปมาใช้ในการออกแบบการทดลอง ดังตารางที่ 7.15

ตารางที่ 7. 15 ระดับปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา กรณีผ้ามอสเครป

ผลิตภัณฑ์	สัญลักษณ์	ปัจจัย	ระดับ		หน่วย
			-1	+1	
ผ้ามอสเครป	A	แรงดัน	2.0	2.5	Kg/cm^2
	B	ขนาดของหัวฉีด	50	70	mm
	C	ความเร็วมอเตอร์	250	300	m/min^{-1}

7.6.2.2 การออกแบบการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ ได้ออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลแบบ 2^3 พบว่าได้ทั้งหมด 8 การทดลอง ทำการทดลอง 2 ซ้ำ จึงได้เป็น 16 การทดลองโดยได้ออกแบบการทดลองนี้โดยใช้โปรแกรม MINITAB ในการสุ่ม ดังตารางที่ 7.16

ตารางที่ 7. 16 ลำดับการทดลองจากโปรแกรม MINITAB

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Pressure	Diameter	Motor
7	1	1	1	2.0	50	250
14	2	1	1	2.5	70	250
9	3	1	1	2.0	70	300
8	4	1	1	2.5	50	250
12	5	1	1	2.5	50	300
16	6	1	1	2.5	50	250
6	7	1	1	2.5	70	250
4	8	1	1	2.5	50	300
3	9	1	1	2.0	50	300
15	10	1	1	2.0	50	250
13	11	1	1	2.0	70	250
10	12	1	1	2.5	70	300
5	13	1	1	2.0	70	250
11	14	1	1	2.0	50	300
1	15	1	1	2.0	70	300
2	16	1	1	2.5	70	300

7.6.2.3 ตัวแปรตอบสนอง

เนื่องจากในการทดลองนี้สนในผลกระทบของเกิดข้อบกพร่องสีไม่เหมือน ตัวแปรตอบสนองที่ใช้ จึงเป็นค่าความแตกต่างของสีตัวอย่างเทียบกับสีมาตรฐาน (Total Color Difference, ΔE) ที่ได้จากการตรวจวัดโดยเครื่องวัดสี ซึ่งเป็นข้อมูลแบบแปรผัน (Variable Data) เนื่องจากเป็นค่าที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการตรวจวัดข้อบกพร่องสีไม่เหมือน

7.6.2.4 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

ในการดำเนินการทดลอง นำผ้าที่ผ่านขั้นตอนต่างๆในกระบวนการย้อมผ้า จนได้ผ้าที่พร้อมต่อการย้อม ซึ่งมีรายละเอียดในขั้นตอนการดำเนินการทดลอง ดังนี้

1) ตรวจสอบความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักร

2) จัดเตรียมผ้ามอสเครป

3) จัดเตรียมสีและสารเคมีตามสูตรที่กำหนด

4) ผสมสีและสารเคมีตามลำดับ

5) ปัจจัยควบคุมที่ใช้ในการทดลอง

- ความยาวของผ้ามอสเครป 300-350 เมตร
- โทนสีที่ใช้ในการย้อม คือ โทนสีเข้ม
- ลิ้นท่อดูด ที่ระดับ 4/7
- วาล์วปรับการไหลสวนทาง ที่ระดับ 5/10
- ช่องว่างระหว่างหัวฉีด ที่ระดับ 4 mm
- อัตราส่วนน้ำต่อผ้า 10:1

6) พนักงานตัดตัวอย่างผ้าที่ย้อมเสร็จส่งให้พนักงานตรวจสอบคุณภาพ

7) พนักงานตรวจสอบคุณภาพนำผ้าไปปั่นในเครื่องปั่นแห้งและรีดให้เรียบ

8) วัดค่าความแตกต่างของสีตัวอย่างเทียบกับสีมาตรฐาน (ΔE) ด้วยเครื่องวัดสี

7.6.2.5 ผลการทดลอง

ตารางที่ 7. 17 ผลการทดลองของผ้ามอสเครป

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Pressure	Diameter	Motor	ΔE
7	1	1	1	2.0	50	250	0.754
14	2	1	1	2.5	70	250	0.550
9	3	1	1	2.0	70	300	0.832
8	4	1	1	2.5	50	250	0.612
12	5	1	1	2.5	50	300	0.729
16	6	1	1	2.5	50	250	0.699
6	7	1	1	2.5	70	250	0.448
4	8	1	1	2.5	50	300	0.905
3	9	1	1	2.0	50	300	1.065
15	10	1	1	2.0	50	250	0.854
13	11	1	1	2.0	70	250	0.823
10	12	1	1	2.5	70	300	0.746
5	13	1	1	2.0	70	250	0.782
11	14	1	1	2.0	50	300	1.086
1	15	1	1	2.0	70	300	0.845
2	16	1	1	2.5	70	300	0.748

1) การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

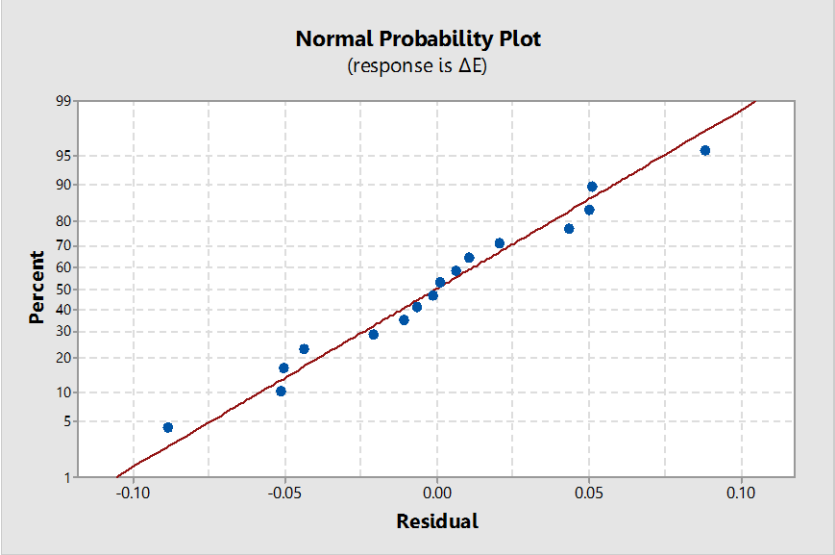
การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองประกอบด้วยการทดสอบข้อกำหนดเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อนของการทดลอง ซึ่งขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่สำคัญ คือ NID (0, σ^2) ซึ่งมีเงื่อนไข 3 เงื่อนไข คือ

- การแจกแจงของข้อมูลเป็นการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)
- ข้อมูลมีความอิสระต่อกัน (Independent)
- ความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน (Variance Stability)

ซึ่งจะมีการตรวจสอบความถูกต้อง ก่อนที่จะนำผลไปวิเคราะห์และสรุปผลการออกแบบการทดลอง

1.1) การตรวจสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูล (Normal Distribution)

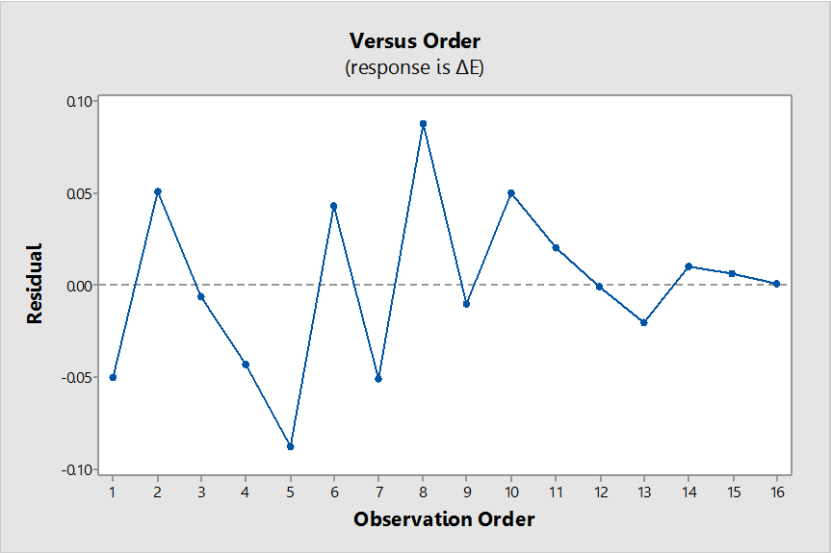
พิจารณาจากการนำค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) ไปตรวจสอบ ถ้ามีการกระจายตัวแบบปกติจริง กราฟจะมีลักษณะเป็นเส้นตรง ซึ่งแสดงว่าข้อมูลมีการการกระจายตัวแบบปกติ จากผลลัพธ์ที่ได้นำมาพล็อตด้วยโปรแกรม MINITAB พบว่า ความคลาดเคลื่อนของตัวแปรตอบสนองค่อนข้างเรียงกันเป็นเส้นตรง จึงแสดงว่าข้อมูลมีความแตกต่างจากตัวแบบปกติไม่มาก ดังรูปที่ 7.7



รูปที่ 7. 7 การพล็อตความน่าจะเป็นของค่าความผิดพลาดที่มีการกระจายแบบปกติ

1.2) การตรวจสอบความเป็นอิสระ (Independent)

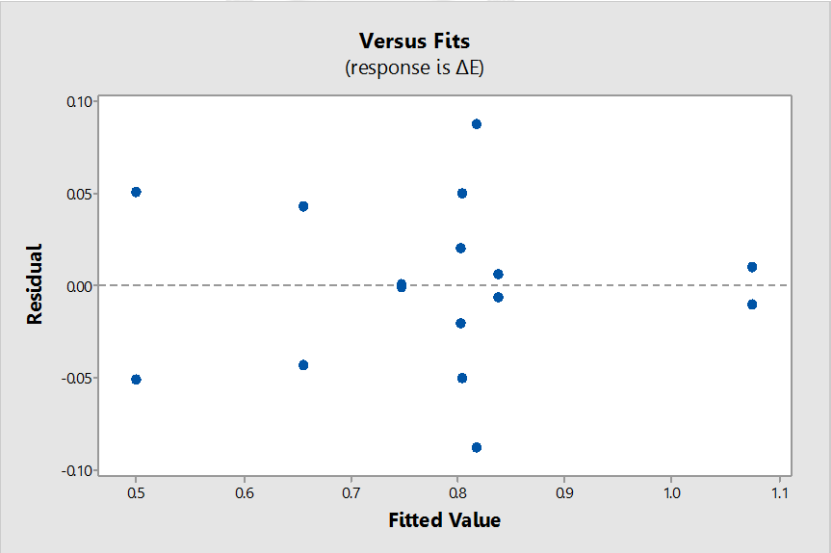
พิจารณาจากรูปแบบการกระจายตัวของค่าผิดพลาดที่สัมพันธ์กับลำดับชุดการทดลองทั้งหมด ซึ่งจะต้องเป็นการกระจายตัวแบบไร้รูปแบบ จึงจะส่งผลให้ข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน จากรูปที่ 7.8 เป็นการพล็อตค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแปรตอบสนอง เทียบกับลำดับการทดลอง ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน



รูปที่ 7. 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความผิดพลาดและลำดับที่การทดลอง

1.3) การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน (Variance Stability)

พิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนและค่าคาดหมายของตัวแปรตอบสนอง การกระจายตัวต้องเป็นแบบไร้รูปแบบ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าความแปรปรวนของข้อมูลมีความเสถียร จากรูปที่ 7.9 จะเห็นว่ามีลักษณะการกระจายตัวแบบไร้รูปแบบ แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองนั้นมีเสถียรภาพของความแปรปรวน



รูปที่ 7. 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความผิดพลาดและค่าคาดหมายของตัวแปรตอบสนอง

2) การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการออกแบบการทอลองแบบแฟคทอเรียล ที่มีการทดลอง 2 ซ้ำ ดังตารางที่ 7.18 สามารถสรุปผลได้ว่าทั้ง 3 ปัจจัย คือ แรงดันภายในหัวฉีด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดและช่องว่างระหว่างหัวฉีด เป็นปัจจัยหลัก (Main Effect) ที่มีอิทธิพลต่อค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน (ΔE) ที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนในกระบวนการย้อมผ้ามอสเครป เนื่องจากทั้ง 3 ปัจจัยมีค่า P-value น้อยกว่า 0.05

ตารางที่ 7. 18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง

Factorial Regression: ΔE versus Pressure, Diameter, Motor

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	7	0.377488	0.053927	14.09	0.001
Linear	3	0.343380	0.114460	29.90	0.000
Pressure	1	0.160801	0.160801	42.01	0.000
Diameter	1	0.054056	0.054056	14.12	0.006
Motor	1	0.128522	0.128522	33.58	0.000
2-Way Interactions	3	0.008187	0.002729	0.71	0.571
Pressure*Diameter	1	0.000036	0.000036	0.01	0.925
Pressure*Motor	1	0.002601	0.002601	0.68	0.434
Diameter*Motor	1	0.005550	0.005550	1.45	0.263
3-Way Interactions	1	0.025921	0.025921	6.77	0.032
Pressure*Diameter*Motor	1	0.025921	0.025921	6.77	0.032
Error	8	0.030622	0.003828		
Total	15	0.408110			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0618688	92.50%	85.93%	69.99%

Coded Coefficients

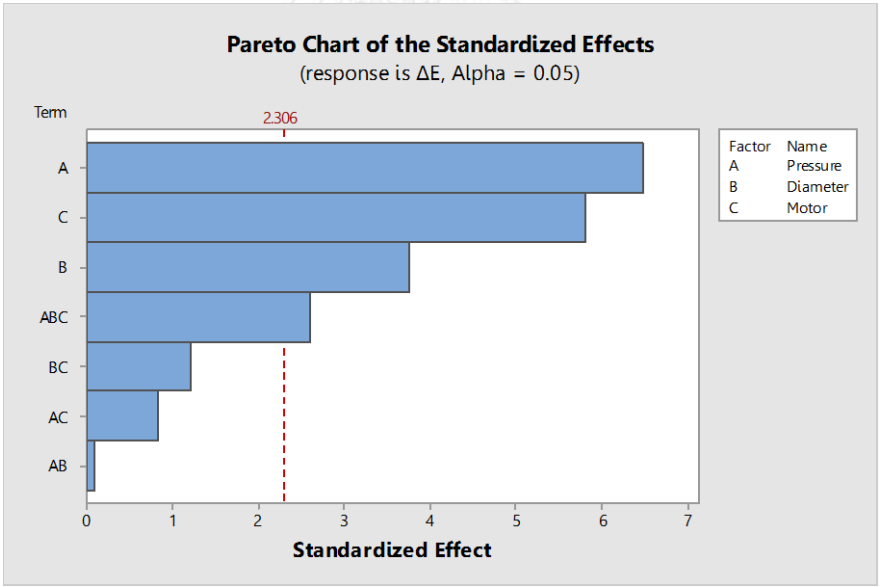
Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		0.7799	0.0155	50.42	0.000	
Pressure	-0.2005	-0.1003	0.0155	-6.48	0.000	1.00
Diameter	-0.1163	-0.0581	0.0155	-3.76	0.006	1.00
Motor	0.1792	0.0896	0.0155	5.79	0.000	1.00
Pressure*Diameter	0.0030	0.0015	0.0155	0.10	0.925	1.00
Pressure*Motor	0.0255	0.0128	0.0155	0.82	0.434	1.00
Diameter*Motor	-0.0373	-0.0186	0.0155	-1.20	0.263	1.00
Pressure*Diameter*Motor	0.0805	0.0403	0.0155	2.60	0.032	1.00

Regression Equation in Uncoded Units

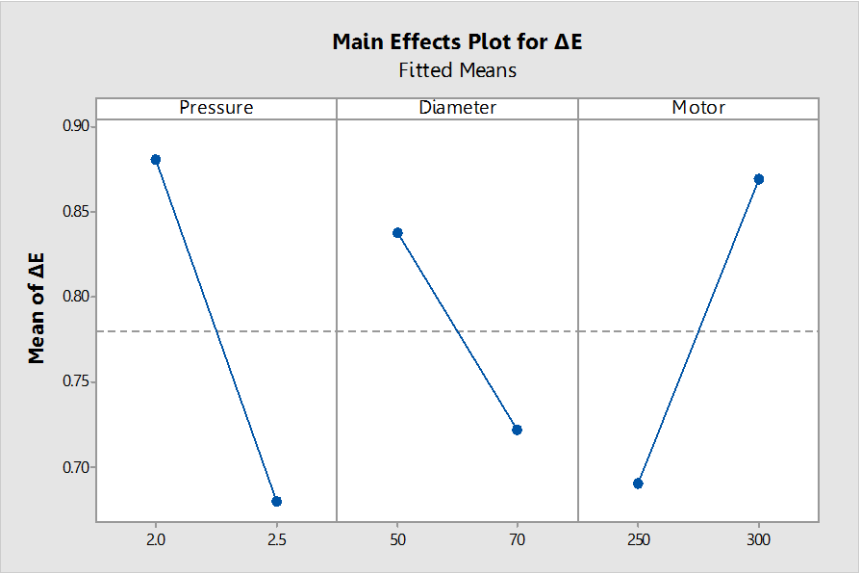
ΔE = -22.75 + 9.63 Pressure + 0.412 Diameter + 0.0904 Motor - 0.1765 Pressure*Diameter
- 0.0366 Pressure*Motor - 0.001523 Diameter*Motor + 0.000644 Pressure*Diameter*Motor

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองสามารถแสดงผลของปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญออกมาในรูปแบบของ Normal Plot และแผนภาพพาเรโต ดังแสดงในรูปที่ 7.10 และรูปที่ 7.11 ตามลำดับ รวมถึงแสดงผลการออกแบบการทดลองของผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง ดังรูปที่ 7.12 และผลของอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง ดังแสดงในรูป 7.13

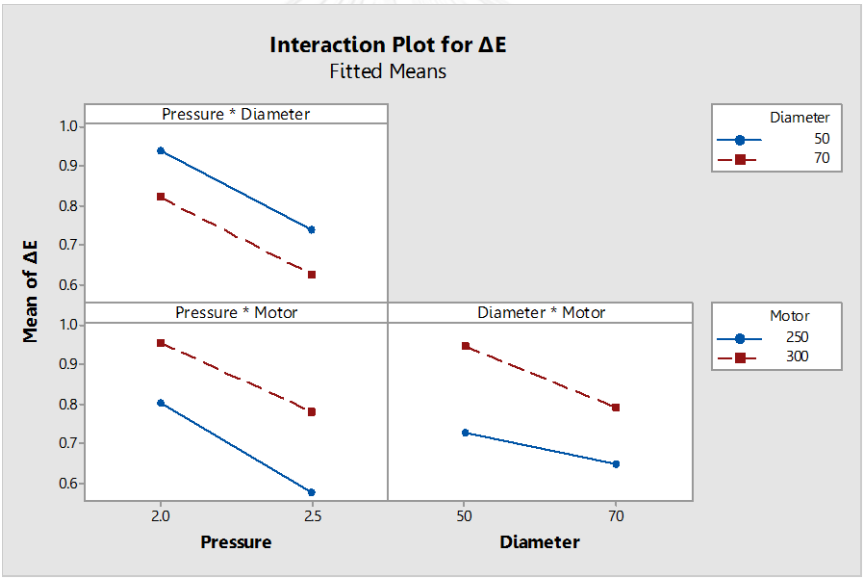
รูปที่ 7. 10 กราฟ Normal Probability Plot แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่สำคัญ



รูปที่ 7. 11 แผนภาพพาเรโตแสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ



รูปที่ 7. 12 ผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง



รูปที่ 7. 13 อันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง

เมื่อพิจารณาส่วนของอันตรกิริยา พบว่าระหว่างปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยส่งผลอันตรกิริยาต่อกัน (Interaction) ต่อค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน (ΔE) อย่างมีนัยสำคัญ แต่อันตรกิริยาระหว่าง 2 ปัจจัยทุกคู่แล้วไม่ส่งผล ต่อค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน (ΔE) อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากมีค่า P-value มากกว่า 0.05

จากการพิจารณารูปที่ 7.12 และ 7.13 พบว่าค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน (ΔE) มีแนวโน้มลดลงเมื่อปรับตั้งแรงดัน เท่ากับ 2.5 Kg/cm^2 และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวฉีด เท่ากับ 70 mm และความเร็วมอเตอร์ 250 m/min^{-1} ดังตารางที่ 7.19

ตารางที่ 7. 19 ปัจจัยและระดับที่เหมาะสมสำหรับผ้ามอสเครป

ลำดับที่	ปัจจัย	ระดับที่เหมาะสม	หน่วย
1	แรงดัน	2.5	Kg/cm^2
2	ขนาดของหัวฉีด	70	mm
3	ความเร็วมอเตอร์	250	m/min^{-1}

7.6.3 การออกแบบการทดลอง กรณีผ้าชีฟอง

จากการศึกษา พบว่าการปรับตั้งก่อนการปรับปรุงจะใช้ประสบการณ์ของพนักงานในการปรับตั้งเช่นเดียวกับผ้าชีฟอง ทำให้มีความแตกต่างจากเอกสารอ้างอิงของเครื่องย้อม ดังตารางที่ 7.20

ตารางที่ 7. 20 การปรับตั้งขนาดของหัวฉีดและแรงดันภายในหัวฉีดสำหรับผ้าชีฟองก่อนการปรับปรุง

ผลิตภัณฑ์	ปัจจัย	ระดับ
ผ้าชีฟอง	แรงดัน	1.5 Kg/cm^2
	ขนาดของหัวฉีด	50 mm
	ความเร็วมอเตอร์	250 m/min^{-1}

7.6.3.1 การกำหนดระดับปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา

ในการกำหนดระดับของขนาดของหัวฉีด แรงดัน และความเร็วมอเตอร์ ได้พิจารณาเลือกเพียง 2 ระดับที่สัมพันธ์กับผ้าชีฟองมาใช้ในการออกแบบการทดลอง ดังตารางที่ 7.21

ตารางที่ 7. 21 ระดับปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา กรณีผ้าชีฟอง

ผลิตภัณฑ์	สัญลักษณ์	ปัจจัย	ระดับ		หน่วย
			-1	+1	
ผ้าชีฟอง	A	แรงดัน	1.5	2.0	Kg/cm^2
	B	ขนาดของหัวฉีด	50	70	mm
	C	ความเร็วมอเตอร์	250	300	mm

7.6.3.2 การออกแบบการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ ได้ออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลแบบ 2^3 พบว่าได้ทั้งหมด 8 การทดลอง ทำการทดลอง 2 ซ้ำ จึงได้เป็น 16 การทดลองโดยได้ออกแบบการทดลองนี้โดยใช้โปรแกรม MINITAB ในการสุ่ม ดังตารางที่ 7.22

ตารางที่ 7. 22 ลำดับการทดลองจากโปรแกรม MINITAB

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Pressure	Diameter	Motor
11	1	1	1	1.5	70	250
6	2	1	1	2.0	50	300
2	3	1	1	2.0	50	250
7	4	1	1	1.5	70	300
3	5	1	1	1.5	70	250
4	6	1	1	2.0	70	250
8	7	1	1	2.0	70	300
5	8	1	1	1.5	50	300
14	9	1	1	2.0	50	300
15	10	1	1	1.5	70	300
1	11	1	1	1.5	50	250
9	12	1	1	1.5	50	250
12	13	1	1	2.0	70	250
10	14	1	1	2.0	50	250
16	15	1	1	2.0	70	300
13	16	1	1	1.5	50	300

7.6.3.3 ตัวแปรตอบสนอง

เนื่องจากในการทดลองนี้สนในผลกระทบของเกิดข้อบกพร่องสีไม่เหมือน ตัวแปรตอบสนองที่ใช้ จึงเป็นค่าความแตกต่างของสีตัวอย่างเทียบกับสีมาตรฐาน (Total Color Difference, ΔE) ที่ได้จากการตรวจวัดโดยเครื่องวัดสี ซึ่งเป็นข้อมูลแบบแปรผัน (Variable Data) เนื่องจากเป็นค่าที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการตรวจวัดข้อบกพร่องสีไม่เหมือน

7.6.3.4 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

ในการดำเนินการทดลอง นำผ้าที่ผ่านขั้นตอนต่างๆในกระบวนการย้อมผ้า จนได้ผ้าที่พร้อมต่อการย้อม ซึ่งมีรายละเอียดในขั้นตอนการดำเนินการทดลอง ดังนี้

1) ตรวจสอบความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักร

2) จัดเตรียมผ้าชีฟอง

3) จัดเตรียมสีและสารเคมีตามสูตรที่กำหนด

4) ผสมสีและสารเคมีตามลำดับ

5) ปัจจัยควบคุมที่ใช้ในการทดลอง

- ความยาวของผ้าชีฟอง 400-450 เมตร
- โทนสีที่ใช้ในการย้อม คือ โทนสีเข้ม
- ลิ้นท่อดูด ที่ระดับ 4/7
- วาล์วปรับการไหลสวนทาง ที่ระดับ 5/10
- ช่องว่างระหว่างหัวฉีด ที่ระดับ 4 mm
- อัตราส่วนน้ำต่อผ้า 10:1

6) พนักงานตัดตัวอย่างผ้าที่ย้อมเสร็จส่งให้พนักงานตรวจสอบคุณภาพ

7) พนักงานตรวจสอบคุณภาพนำผ้าไปปั่นในเครื่องปั่นแห้งและรีดให้เรียบ

8) วัดค่าความแตกต่างของสีตัวอย่างเทียบกับสีมาตรฐาน (ΔE) ด้วยเครื่องวัดสี

7.6.3.5 ผลการทดลอง

ตารางที่ 7. 23 ผลการทดลองของผ้าชีฟอง

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Pressure	Diameter	Motor	ΔE
11	1	1	1	1.5	70	250	0.955
6	2	1	1	2.0	50	300	0.732
2	3	1	1	2.0	50	250	0.911
7	4	1	1	1.5	70	300	0.807
3	5	1	1	1.5	70	250	0.894
4	6	1	1	2.0	70	250	0.683
8	7	1	1	2.0	70	300	0.568
5	8	1	1	1.5	50	300	0.775
14	9	1	1	2.0	50	300	0.690
15	10	1	1	1.5	70	300	0.798
1	11	1	1	1.5	50	250	1.084
9	12	1	1	1.5	50	250	1.098
12	13	1	1	2.0	70	250	0.665
10	14	1	1	2.0	50	250	0.711
16	15	1	1	2.0	70	300	0.473
13	16	1	1	1.5	50	300	0.874

1) การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

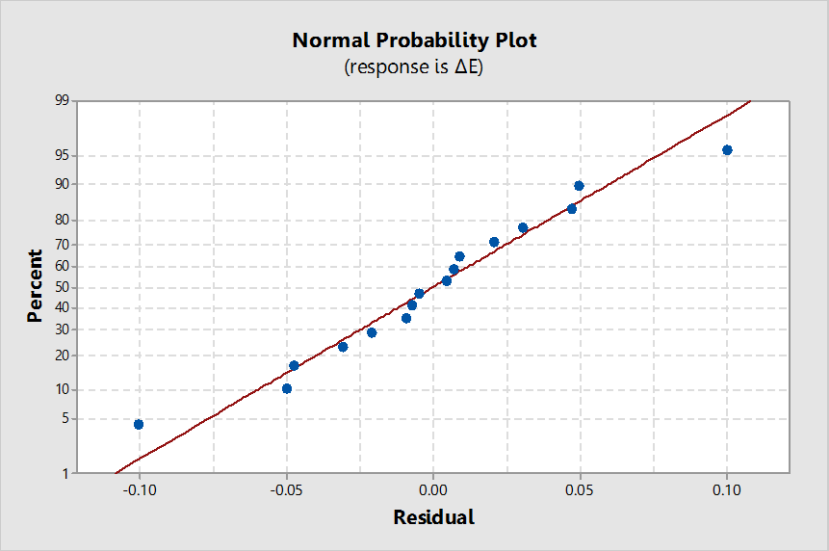
การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองประกอบด้วยการทดสอบข้อกำหนดเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อนของการทดลอง ซึ่งขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่สำคัญ คือ NID (0, σ^2) ซึ่งมีเงื่อนไข 3 เงื่อนไข คือ

- การแจกแจงของข้อมูลเป็นการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)
- ข้อมูลมีความอิสระต่อกัน (Independent)
- ความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน (Variance Stability)

ซึ่งจะมีการตรวจสอบความถูกต้อง ก่อนที่จะนำผลไปวิเคราะห์และสรุปผลการออกแบบการทดลอง

1.1) การตรวจสอบการแจกแจงข้อมูลว่าเป็นการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

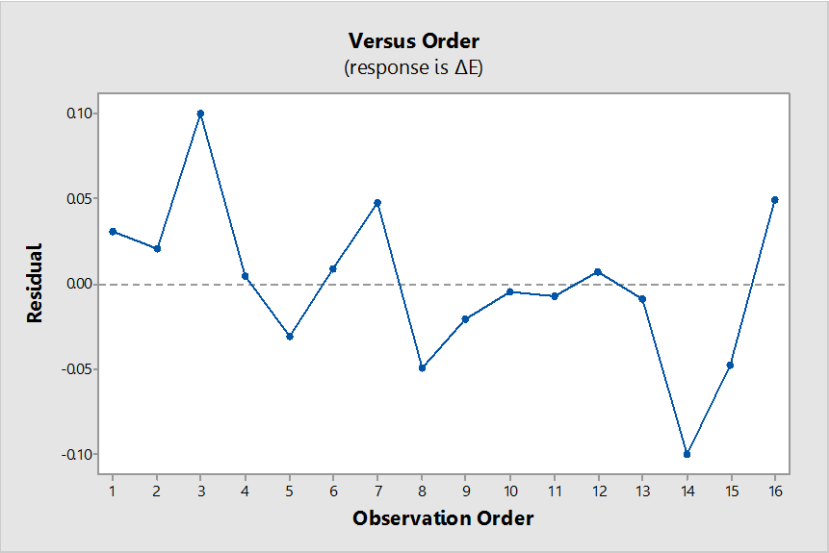
พิจารณาจากการนำค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) ไปตรวจสอบ ถ้ามีการกระจายตัวแบบปกติจริง กราฟจะมีลักษณะเป็นเส้นตรง ซึ่งแสดงว่าข้อมูลมีการการกระจายตัวแบบปกติ จากผลลัพธ์ที่ได้นำมาพล็อตด้วยโปรแกรม MINITAB พบว่า ความคลาดเคลื่อนของตัวแปรตอบสนองค่อนข้างเรียงกันเป็นเส้นตรง จึงแสดงว่าข้อมูลมีความแตกต่างจากตัวแบบปกติไม่มาก ดังรูปที่ 7.14



รูปที่ 7. 14 การพล็อตความน่าจะเป็นของค่าความผิดพลาดที่มีการกระจายแบบปกติ

1.2) การตรวจสอบความเป็นอิสระ (Independent)

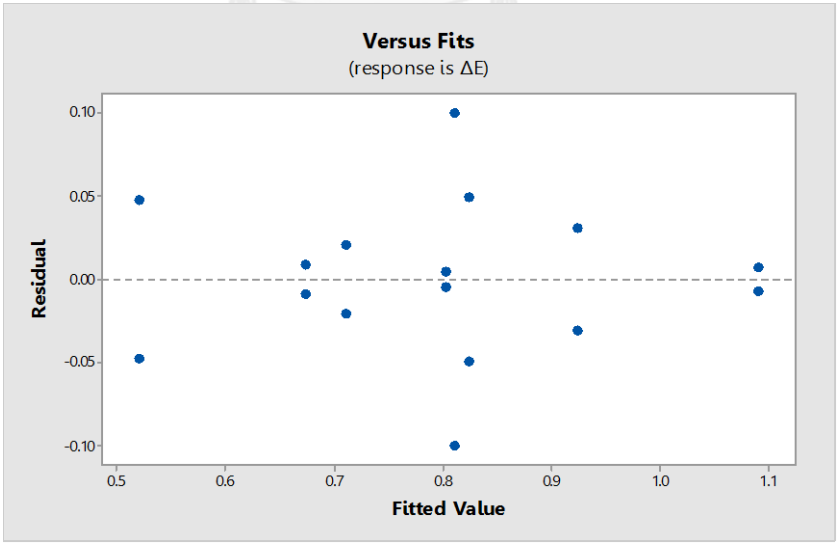
พิจารณาจากรูปแบบการกระจายตัวของค่าผิดพลาดที่สัมพันธ์กับลำดับชุดการทดลองทั้งหมด ซึ่งจะต้องเป็นการกระจายตัวแบบไร้รูปแบบ จึงจะส่งผลให้ข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน จากรูปที่ 7.15 เป็นการพล็อตค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแปรตอบสนอง เทียบกับลำดับการทดลอง ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน



รูปที่ 7. 15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความผิดพลาดและลำดับที่การทดลอง

1.3) การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน (Variance Stability)

พิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนและค่าคาดหมายของตัวแปรตอบสนอง การกระจายตัวต้องเป็นแบบไร้รูปแบบ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าความแปรปรวนของข้อมูลมีความเสถียร จากรูปที่ 7.16 จะเห็นว่ามีลักษณะการกระจายตัวแบบไร้รูปแบบ แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองนั้นมีเสถียรภาพของความแปรปรวน



รูปที่ 7. 16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความผิดพลาดและค่าคาดหมายของตัวแปรตอบสนอง

2) การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ตารางที่ 7. 24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง

Factorial Regression: ΔE versus Pressure, Diameter, Motor

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	7	0.405232	0.057890	14.27	0.001
Linear	3	0.383974	0.127991	31.55	0.000
Pressure	1	0.214369	0.214369	52.84	0.000
Diameter	1	0.066564	0.066564	16.41	0.004
Motor	1	0.103041	0.103041	25.40	0.001
2-Way Interactions	3	0.011457	0.003819	0.94	0.465
Pressure*Diameter	1	0.004830	0.004830	1.19	0.307
Pressure*Motor	1	0.004556	0.004556	1.12	0.320
Diameter*Motor	1	0.002070	0.002070	0.51	0.495
3-Way Interactions	1	0.009801	0.009801	2.42	0.159
Pressure*Diameter*Motor	1	0.009801	0.009801	2.42	0.159
Error	8	0.032456	0.004057		
Total	15	0.437688			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0636946	92.58%	86.10%	70.34%

Coded Coefficients

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		0.7949	0.0159	49.92	0.000	
Pressure	-0.2315	-0.1157	0.0159	-7.27	0.000	1.00
Diameter	-0.1290	-0.0645	0.0159	-4.05	0.004	1.00
Motor	-0.1605	-0.0802	0.0159	-5.04	0.001	1.00
Pressure*Diameter	-0.0347	-0.0174	0.0159	-1.09	0.307	1.00
Pressure*Motor	0.0337	0.0169	0.0159	1.06	0.320	1.00
Diameter*Motor	0.0227	0.0114	0.0159	0.71	0.495	1.00
Pressure*Diameter*Motor	-0.0495	-0.0248	0.0159	-1.55	0.159	1.00

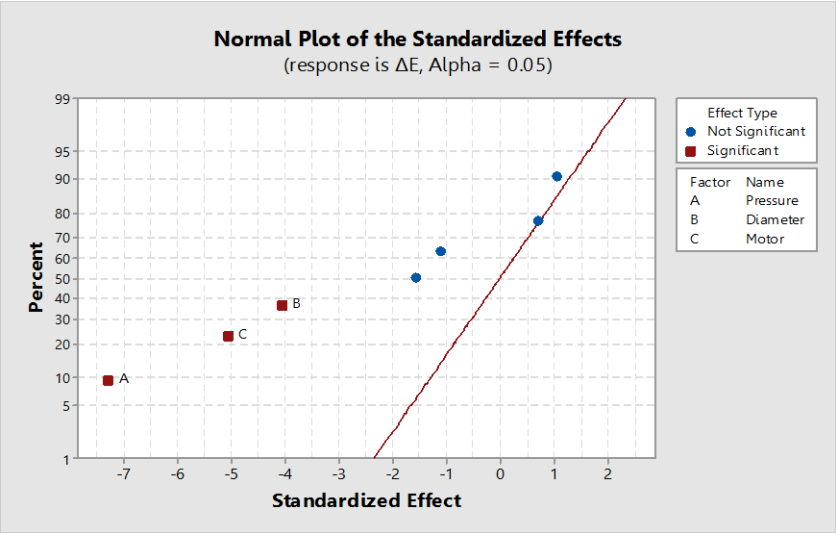
Regression Equation in Uncoded Units

ΔE = 15.63 - 7.32 Pressure - 0.197 Diameter - 0.0522 Motor + 0.1019 Pressure*Diameter
+ 0.0265 Pressure*Motor + 0.000738 Diameter*Motor - 0.000396 Pressure*Diameter*Motor

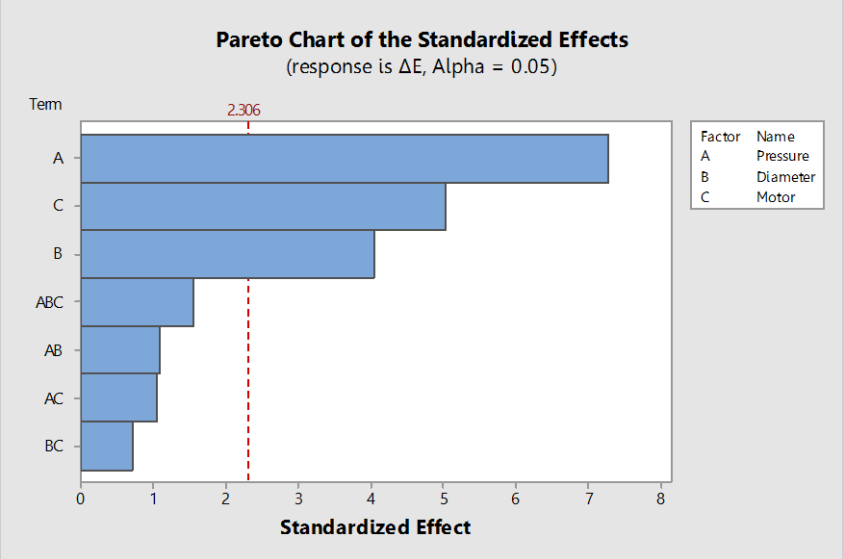
Chulalongkorn University

จากการออกแบบการทอลองแบบแฟคทอเรียล ที่มีการทดลอง 2 ซ้ำ สามารถสรุปผลได้ว่าทั้ง 3 ปัจจัย คือ แรงดันภายในหัวฉีด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดและช่องว่างระหว่างหัวฉีด เป็นปัจจัยหลัก (Main Effect) ที่มีอิทธิพลต่อค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน (ΔE) ที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนในกระบวนการย้อมผ้ามอสเครป เนื่องจากทั้ง 3 ปัจจัยมีค่า P-value น้อยกว่า 0.05

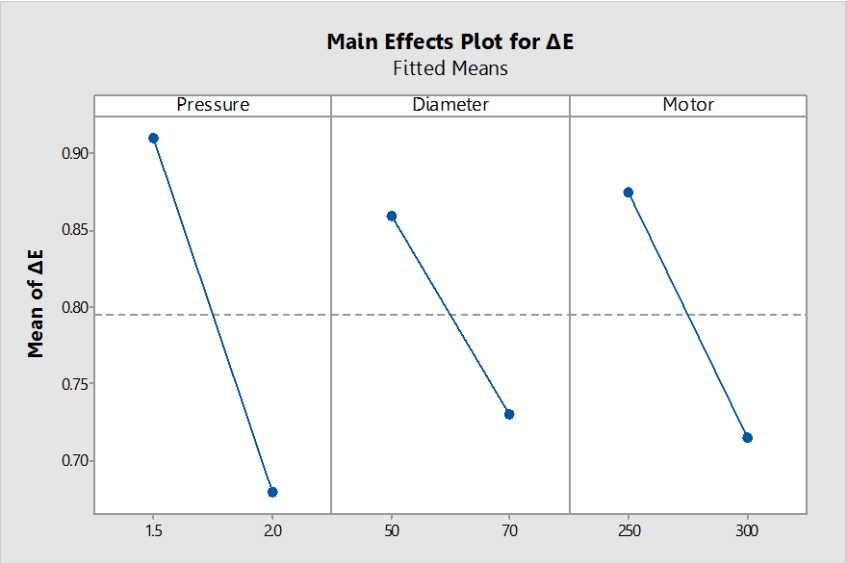
จากการวิเคราะห์ผลการทดลองสามารถแสดงผลของปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญออกมาในรูปแบบของ Normal Plot และแผนภาพพาเรโต ดังแสดงในรูปที่ 7.17 และรูปที่ 7.18 ตามลำดับ รวมถึงแสดงผลการออกแบบการทดลองของผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง ดังรูปที่ 7.19 และผลของอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง ดังแสดงในรูปที่ 7.20



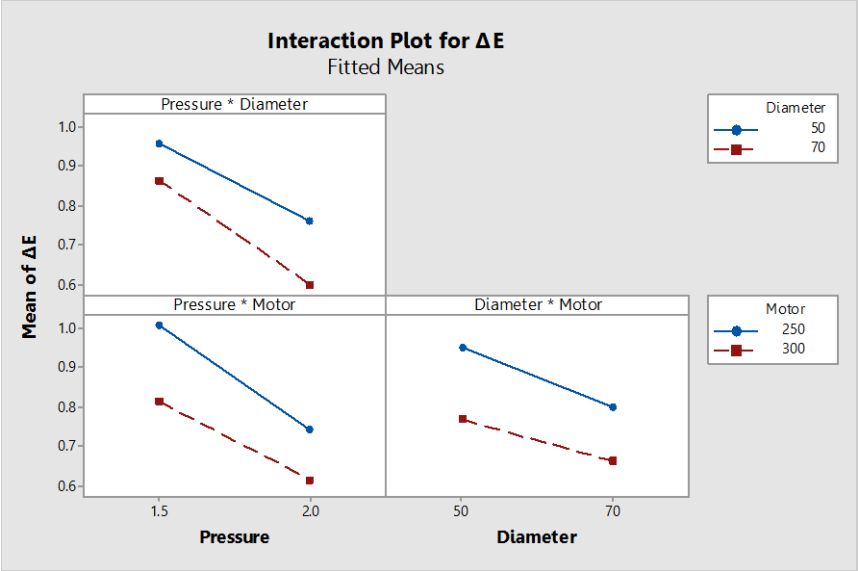
รูปที่ 7. 17 กราฟ Normal Probability Plot แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่สำคัญ



รูปที่ 7. 18 แผนภาพพาเรโตแสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ



รูปที่ 7. 19 ผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง



รูปที่ 7. 20 อันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง

เมื่อพิจารณาอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย 2 ปัจจัยทุกคู่ และอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย พบว่าไม่ส่งผลอันตรกิริยาต่อกัน (Interaction) ต่อค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน (ΔE) อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากมีค่า P-value มากกว่า 0.05

จากการพิจารณารูปที่ 7.19 และ 7.20 พบว่า ค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน (ΔE) มีแนวโน้มลดลงเมื่อปรับตั้งแรงดัน เท่ากับ 2.0 Kg/cm^2 และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดเท่ากับ 70 mm และความเร็วมอเตอร์ 300 m/min^{-1} ดังตารางที่ 7.25

ตารางที่ 7. 25 ปัจจัยและระดับที่เหมาะสมสำหรับผ้าชีฟอง

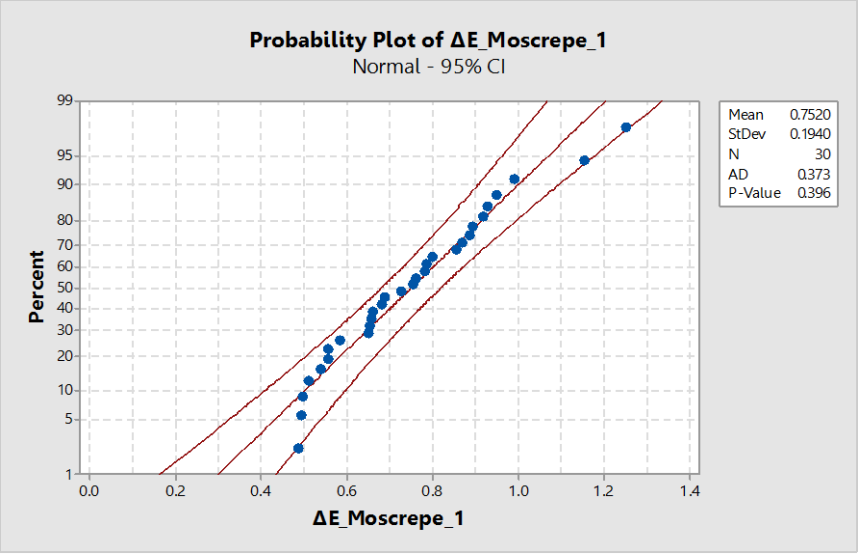
ลำดับที่	ปัจจัย	ระดับที่เหมาะสม	หน่วย
1	แรงดัน	2.0	Kg/cm^2
2	ขนาดของหัวฉีด	70	mm
3	ความเร็วมอเตอร์	300	m/min^{-1}

7.6.4 การทดสอบยืนยันผล

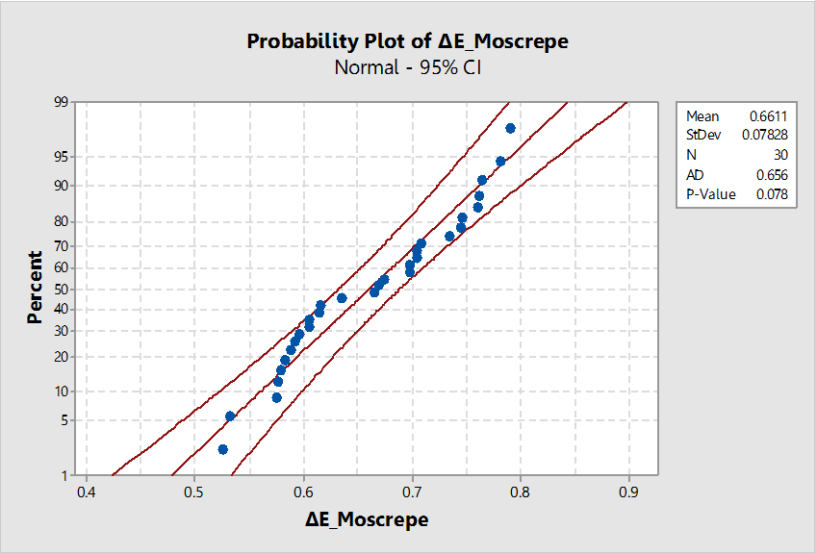
เมื่อได้ปัจจัยและระดับปัจจัยที่เหมาะสมในขั้นตอนย้อมสำหรับผ้ามอสเครปและผ้าชีฟอง จึงได้ทำการทดสอบยืนยันผล โดยได้นำปัจจัยและระดับปัจจัยนี้ไปใช้ในการผลิตจริงจำนวน 30 ตัวอย่างสำหรับผ้ามอสเครป และ 30 ตัวอย่างสำหรับผ้าชีฟอง และนำไปเปรียบเทียบกับค่าความสามารถของกระบวนการก่อนและหลังการปรับปรุง เพื่อเป็นการยืนยันผลการทดลอง โดยมีผลการทดสอบยืนยันผล ดังนี้

- **ผ้ามอสเครป**

จากการวิเคราะห์ค่า Cp_k ของค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานของก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง โดยทำการทดสอบความปกติของข้อมูลก่อน ดังรูปที่ 7.21 และ 7.22



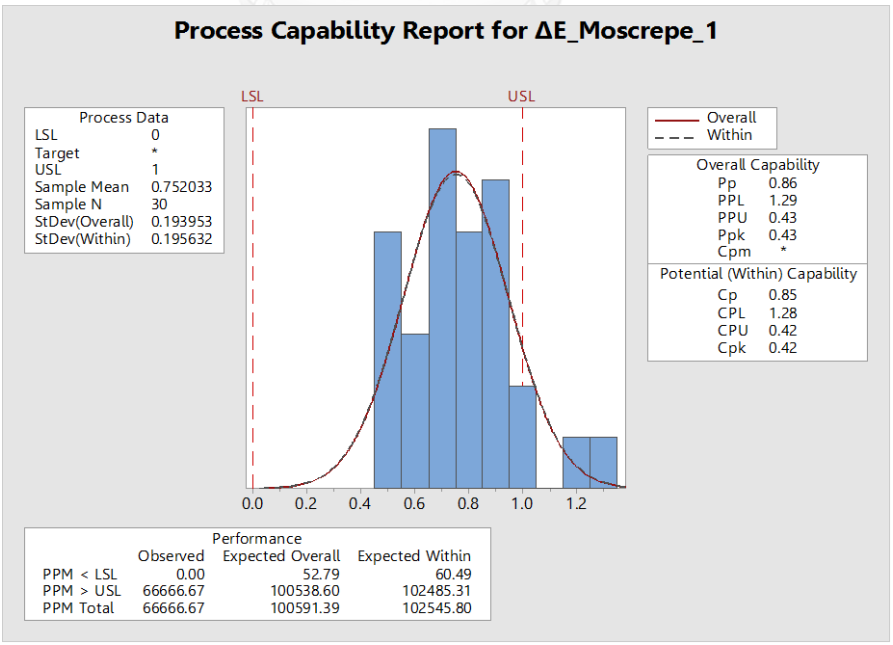
รูปที่ 7. 21 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลของค่าความแตกต่างของสีของผ้ามอสเครปในกระบวนการย้อมก่อนการปรับปรุง



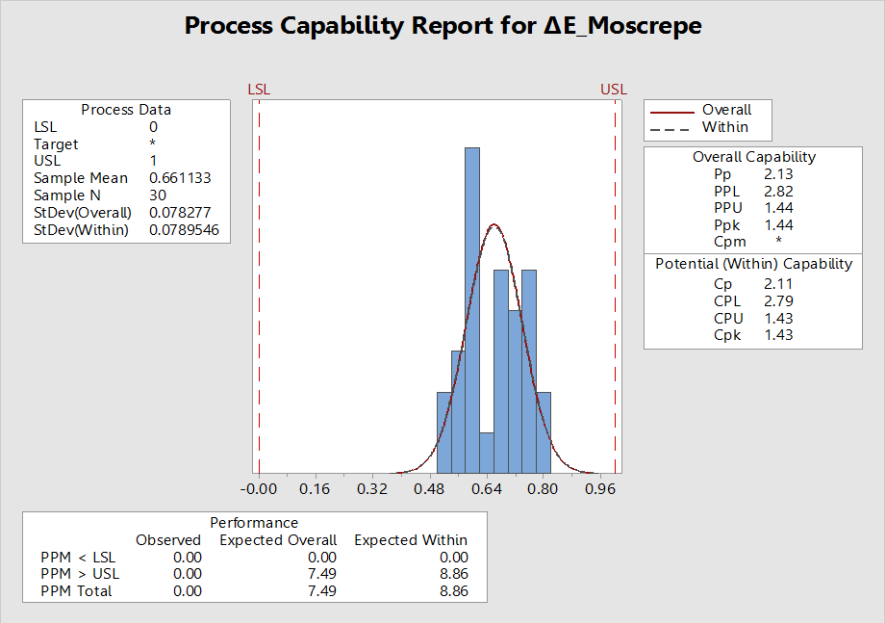
รูปที่ 7. 22 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลของค่าความแตกต่างของสีของผ้ามอสเครปในกระบวนการย้อมจากการทดลองยืนยันผลหลังการปรับปรุง

จากรูปที่ 7.21 และ 7.22 การทดสอบสมมติฐานของความปกติของข้อมูล พบว่าข้อมูลมีค่า P-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าข้อมูลที่ได้เป็นตัวแปรสุ่มปกติ

หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลความสามารถของกระบวนการผลิตของค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานได้ดังรูปที่ 7.23 และ 7.24



รูปที่ 7. 23 ค่าความสามารถของกระบวนการของค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานของผ้ามอสเครปในกระบวนการย้อมผ้าก่อนการปรับปรุง



รูปที่ 7. 24 ค่าความสามารถของกระบวนการของค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานของผ้ามอสเครปในกระบวนการย้อมผ้าจากการทดลองยืนยันผลหลังการปรับปรุง

เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าความสามารถของกระบวนการของค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานของผ้ามอสเครปในกระบวนการย้อมผ้าก่อนการปรับปรุง สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 7.26

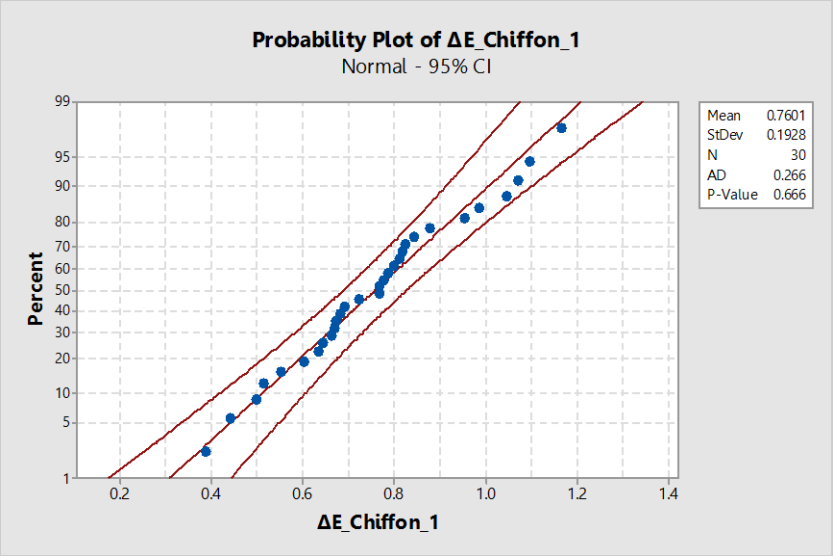
ตารางที่ 7. 26 เปรียบเทียบผลค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานของผ้ามอสเครปในกระบวนการย้อมผ้า

ค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	Cp_K
ก่อนการปรับปรุง	0.752	0.196	0.42
หลังการปรับปรุง	0.661	0.079	1.43

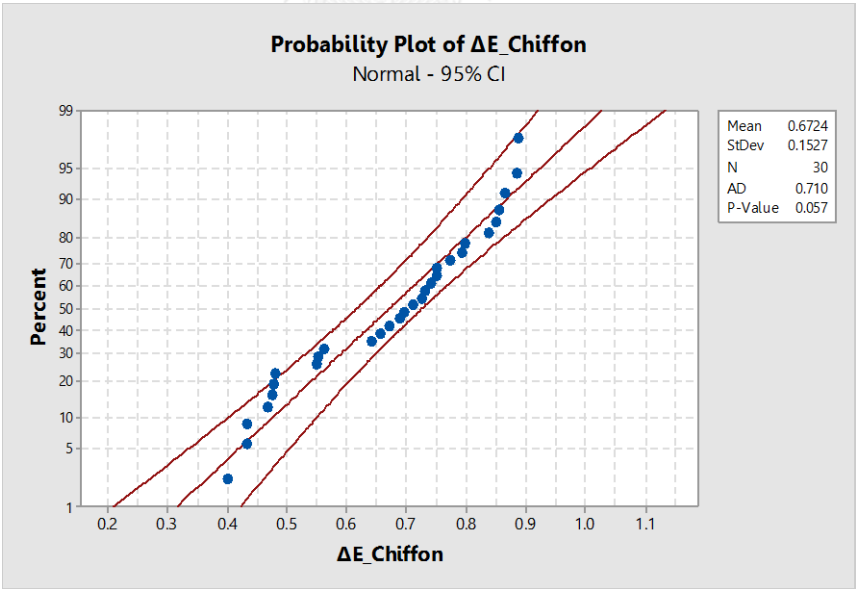
จากตารางที่ 7.26 สรุปได้ว่าค่า Cp_K หลังการปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 1.43 ซึ่งแสดงถึงการปรับปรุงกระบวนการที่ดีขึ้นและค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าลดลง จึงได้นำปัจจัยและระดับปัจจัยนี้กำหนดเป็นมาตรฐานในวิธีปฏิบัติงานการปรับตั้งเครื่องย้อมสำหรับกระบวนการย้อมผ้ามอสเครป และทำการติดตามผล

- **ผ้าชีฟอง**

ทำการวิเคราะห์ค่า Cp_k ของค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานของก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง โดยทำการทดสอบความปกติของข้อมูลก่อน ดังรูปที่ 7.25 และ 7.26

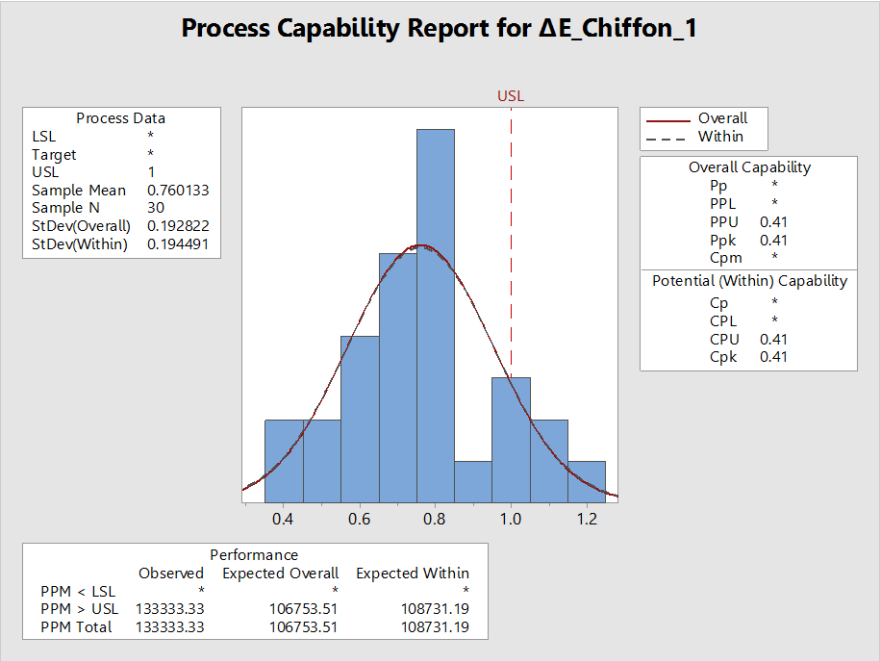


รูปที่ 7. 25 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลของค่าความแตกต่างของสีของผ้าชีฟองในกระบวนการย้อมก่อนการปรับปรุง

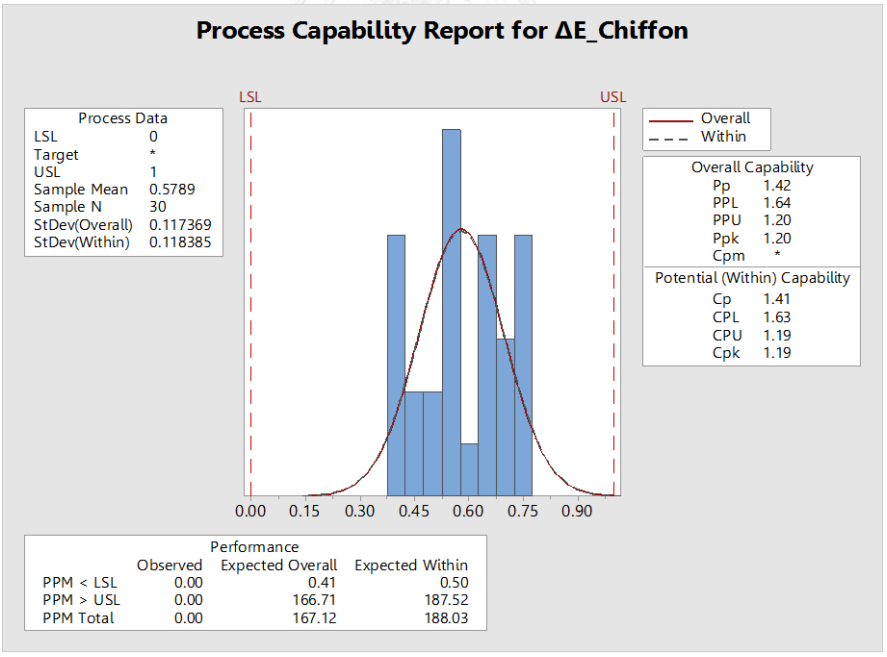


รูปที่ 7. 26 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลของค่าความแตกต่างของสีของผ้าชีฟองในกระบวนการย้อมจากการทดสอบยืนยันผลหลังการปรับปรุง

จากรูปที่ 7.25 และ 7.26 การทดสอบสมมติฐานของความปกติของข้อมูล พบว่าข้อมูลมีค่า P-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าข้อมูลที่ได้เป็นตัวแปรสุ่มปกติ



รูปที่ 7. 27 ค่าความสามารถของกระบวนการของค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานของผ้าชีฟองในกระบวนการย้อมผ้าก่อนการปรับปรุง



รูปที่ 7. 28 ค่าความสามารถของกระบวนการของค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานของผ้าชีฟองในกระบวนการย้อมผ้าจากการทดลองยืนยันผลหลังการปรับปรุง

เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าความสามารถของกระบวนการของค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานของผ้ามอสเครปในกระบวนการย้อมผ้าก่อนการปรับปรุง สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 7.27

ตารางที่ 7. 27 เปรียบเทียบผลค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานของผ้ามอสเครปในกระบวนการย้อมผ้า

ค่าความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	Cp_K
ก่อนการปรับปรุง	0.760	0.192	0.41
หลังการปรับปรุง	0.579	0.118	1.19

จากตารางที่ 7.27 สรุปได้ว่าค่า Cp_K หลังการปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 1.19 ถึงแม้จะมีค่าน้อยกว่าค่าที่ยอมรับได้ คือ 1.25 แต่เมื่อเทียบกับก่อนการปรับปรุงถือว่าเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐานและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าจึงได้นำปัจจัยและระดับปัจจัยนี้กำหนดเป็นมาตรฐานในวิธีปฏิบัติงานการปรับตั้งเครื่องย้อมสำหรับกระบวนการย้อมผ้าชีฟองและทำการติดตามผล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 8
การควบคุมและติดตามผล

หลังจากได้แนวทางการปรับปรุงแก้ไขที่เหมาะสมแล้ว จึงได้ดำเนินการแก้ไขตามลำดับในบทที่ 7 แล้วจึงดำเนินการควบคุมและติดตามการผลิต โดยเป็นการนำแนวทางการแก้ไขปัญหาไปปฏิบัติจริงในกระบวนการผลิต พร้อมทั้งมีแนวทางการควบคุมให้กระบวนการผลิตสามารถเป็นไปตามแนวทางที่ได้กำหนดไว้ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาข้อบกพร่องขึ้นมาอีก โดยมีการดำเนินการควบคุมกระบวนการย้อมผ้า สามารถสรุปได้ ดังต่อไปนี้

8.1 การควบคุม

จากแนวทางและการดำเนินการแก้ไข เพื่อให้กระบวนการผลิตเป็นไปตามแนวทางการแก้ไขได้มีการดำเนินการควบคุมให้พนักงานปฏิบัติ

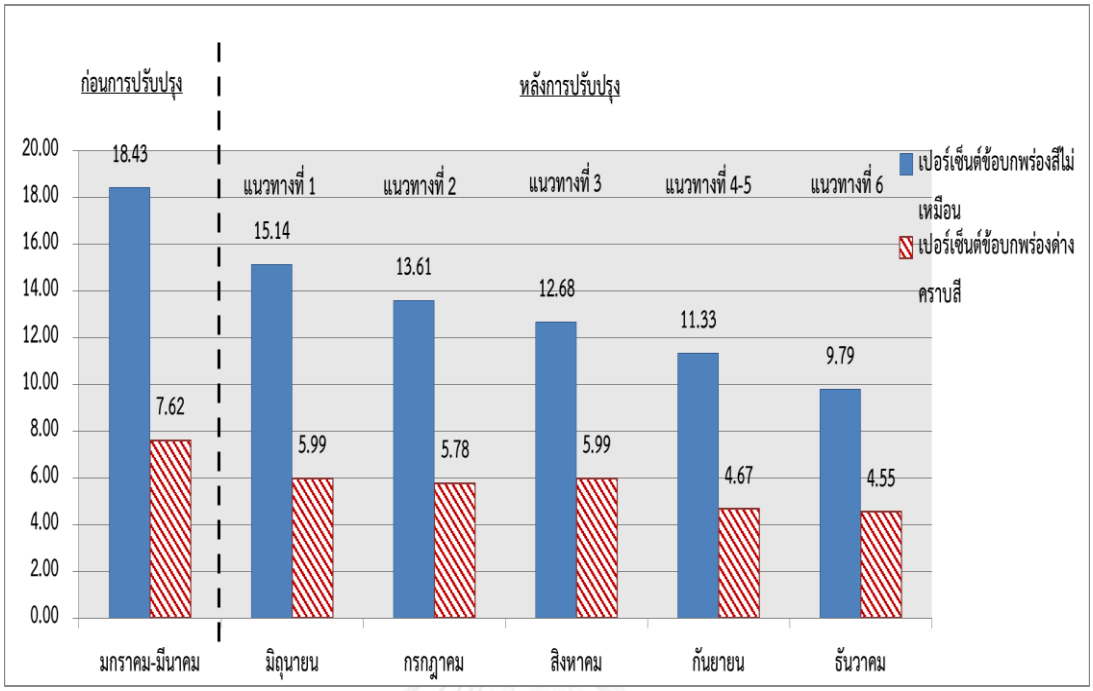
1) จัดทำวิธีปฏิบัติงานให้เป็นมาตรฐาน เพื่อให้พนักงานมีความเข้าใจตรงกันและยึดถือปฏิบัติแบบเดียวกัน

2) ฝึกอบรมพนักงานสำหรับวิธีปฏิบัติงานที่มีการเปลี่ยนแปลง

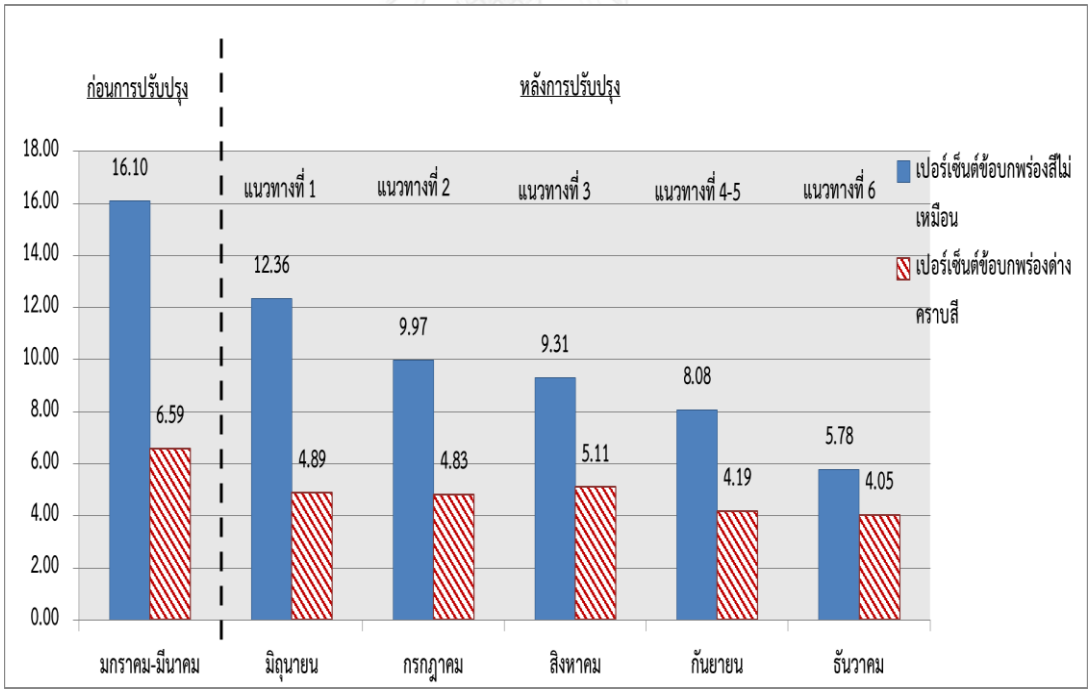
3) ตรวจสอบการปฏิบัติงานของพนักงานอย่างสม่ำเสมอ

8.2 การติดตามผล

หลังจากนำแนวทางการแก้ไขไปปฏิบัติงานจริงในกระบวนการย้อมผ้ามอสเครปและผ้าชีฟอง จึงได้ทำการติดตามผลการดำเนินการเปรียบเทียบก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง ซึ่งการวัดผลข้อบกพร่อง จะดำเนินการวัดข้อบกพร่องในขั้นตอนตรวจสอบคุณภาพ โดยติดตามผลในแต่ละเดือนหลังจากนำแนวทางการแก้ไขไปปฏิบัติจริง ซึ่งได้ผลหลังการปรับปรุงดังรูปที่ 8.1 ในกรณีผ้ามอสเครป และดังรูปที่ 8.2 ในกรณีผ้าชีฟอง



รูปที่ 8. 1 การเปรียบเทียบผลก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงของข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและด่างคราบสีในผ้ามอสเครป



รูปที่ 8. 2 การเปรียบเทียบผลก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงในข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและด่างคราบสีในผ้าชีฟอง

จากรูปที่ 8.1 และ 8.2 มีรายละเอียดในการปรับปรุงแก้ไข ดังนี้

- **แนวทางแก้ไขลำดับที่ 1 การใช้สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์ในขั้นตอนทำความสะอาด**

หลังจากนำสารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์มาใช้ในขั้นตอนทำความสะอาดแล้ว พบว่า ข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและด่างคราบสีในผ้ามอสเครปลดลงจาก 18.43% เหลือเพียง 15.14% คิดเป็นส่วนต่าง 3.44% และจาก 7.62% เหลือเพียง 5.99% คิดเป็นส่วนต่าง 1.64% ตามลำดับ ส่วนข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและด่างคราบสีในผ้าชีฟองลดลงจาก 16.10% เหลือเพียง 12.36% คิดเป็นส่วนต่าง 3.74% และจาก 6.59% เหลือเพียง 4.89% คิดเป็นส่วนต่าง 1.76% ตามลำดับ

- **แนวทางแก้ไขลำดับที่ 2 การทวนสอบน้ำหนักรถเข็นในขั้นตอนเซตตัวด้วยความร้อน**

หลังจากนำน้ำหนักที่ทวนสอบแล้วไปปฏิบัติจริงแล้ว พบว่า แนวทางแก้ไขนี้มีผลต่อการลดลงของข้อบกพร่องสีไม่เหมือนเพียงเท่านั้น โดยข้อบกพร่องสีไม่เหมือนในผ้ามอสเครปลดลงจาก 13.61% เหลือเพียง 12.68% คิดเป็นส่วนต่าง 0.93% และข้อบกพร่องสีไม่เหมือนในผ้าชีฟองลดลงจาก 9.97% เหลือเพียง 9.31% คิดเป็นส่วนต่าง 0.66% โดยข้อบกพร่องด่างคราบสีของทั้ง 2 ผ้า มีข้อบกพร่องไม่แตกต่างจากเดิม

- **แนวทางแก้ไขลำดับที่ 3 การปรับปรุงวิธีปฏิบัติงานในการชั่งสี**

หลังจากทำการปรับปรุงวิธีปฏิบัติงานในการชั่งสีและการฝึกอบรมพนักงานแล้ว พบว่า แนวทางการแก้ไขนี้มีผลต่อการลดลงของเพียงข้อบกพร่องสีไม่เหมือนเพียงเท่านั้น โดยในผ้ามอสเครปลดลงจาก 13.61% เหลือเพียง 12.68% คิดเป็นส่วนต่าง 0.98% และในผ้าชีฟองลดลงจาก 12.36% เหลือเพียง 9.97% คิดเป็นส่วนต่าง 1.52% และมีข้อบกพร่องด่างคราบสีไม่แตกต่างจากเดิม

- **แนวทางแก้ไขลำดับที่ 4 และ 5 การปรับปรุงวิธีปฏิบัติงานในการผสมสีและสารเคมี**

หลังจากทำการปรับปรุงวิธีปฏิบัติงานในการผสมสีและสารเคมีแล้ว พบว่า ข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและข้อบกพร่องด่างคราบสีในผ้ามอสเครปลดลงจาก 12.68% เหลือเพียง 11.13% คิดเป็นส่วนต่าง 1.34% และจาก 5.99% เหลือเพียง 4.67% คิดเป็นส่วนต่าง 1.32% ตามลำดับ ส่วนข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและด่างคราบสีในผ้าชีฟองลดลงจาก 9.31% เหลือเพียง 8.08% คิดเป็นส่วนต่าง 1.23%และ 4.89% เหลือเพียง 4.19% คิดเป็นส่วนต่าง 0.70% ตามลำดับ

- **แนวทางแก้ไขที่ 6 การออกแบบการทดลองเพื่อปรับตั้งเครื่องย้อมเจ็ท**

หลังจากออกแบบการทดลองและนำปัจจัยและระดับปัจจัยที่เหมาะสมไปปฏิบัติจริงแล้ว พบว่า แนวทางการแก้ไขนี้มีผลต่อการลดลงข้อบกพร่องสีไม่เหมือนเพียงเท่านั้น โดยในผ้ามอสเครปลดลงจาก 11.33% เหลือเพียง 9.79% คิดเป็นส่วนต่าง 1.54% และในผ้าชีฟองลดลงจาก 8.08% เหลือเพียง 5.78% คิดเป็นส่วนต่าง 2.30% และมีข้อบกพร่องด่างคราบสีไม่แตกต่างจากเดิม

บทที่ 9
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการย้อมผ้าโพลีเอสเตอร์ของโรงงานกรณีศึกษาซึ่งเป็นอุตสาหกรรมฟอกย้อมและตกแต่งสำเร็จ จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าโรงงานแห่งนี้มีข้อบกพร่องเกิดขึ้นจำนวนมาก ทำให้ต้องนำข้อบกพร่องกลับมาแก้ไข ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการลดข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการย้อมผ้า โดยขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยนี้ได้นำแผนผังการดำเนินงานของซิกซ์ ซิกมา มาประยุกต์ใช้ โดยมีขั้นตอนหลัก ดังนี้

1) การศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานกรณีศึกษา
2) การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำในการตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่อง
3) การวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง
4) การดำเนินการปรับปรุงแก้ไข
5) การควบคุมและติดตามผล

9.1 สรุปผลการวิจัย

9.1.1 การศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานกรณีศึกษา

จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสภาพศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการย้อมผ้าของโรงงานกรณีศึกษาตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2556 ทำให้พบว่ามีจำนวนข้อบกพร่องเกิดขึ้นจำนวนมากในกระบวนการย้อมผ้ามอสเครปและผ้าชีฟอง ซึ่งคือข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและข้อบกพร่องด่างคราบสี

จากสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการย้อมผ้าที่ได้กล่าวมาข้างต้น จึงได้ทำการพิจารณาเลือกลดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและข้อบกพร่องด่างคราบสีที่เกิดขึ้นในผ้ามอสเครปและผ้าชีฟอง

จากผลการศึกษาสภาพการดำเนินในกระบวนการย้อม ทำให้ทราบว่าในการตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่องในขั้นตอนตรวจสอบคุณภาพและขั้นตอนทดลองย้อมซึ่งเป็นขั้นตอนส่วนหนึ่งของกระบวนการย้อมผ้าของโรงงานกรณีศึกษา ได้ใช้วิธีการตรวจวัดโดยใช้สายตาพนักงาน ซึ่งในการตรวจวัดโดยวิธีนี้อาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ง่าย ทำให้ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดโดยใช้วิธีนี้อาจไม่มีความถูกต้องและแม่นยำ ส่งผลให้ข้อมูลไม่มีความน่าเชื่อถือ จึงได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำในการตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่องก่อนที่จะวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่อง

9.1.2 การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำในการตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่อง

การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำในการตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่องของพนักงาน ได้แบ่งการดำเนินการตรวจสอบเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1) การเปรียบเทียบความถูกต้องและแม่นยำระหว่างการตรวจวัดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนโดยใช้สายตาของพนักงานตรวจสอบคุณภาพและเครื่องวัดสี (Spectrophotometer) ซึ่งพบว่าพนักงานยังเกิดความผิดพลาดในการตรวจวัด คิดเป็น 14% และ 16% ในผ้ามอสเครปและผ้าชีฟองตามลำดับ เนื่องจากการใช้สายตาตรวจวัดจะต้องอาศัยประสบการณ์อย่างมาก ไม่สามารถบอกค่าความแตกต่างของสีตัวอย่างเทียบกับสีมาตรฐานที่แน่นอน รวมทั้งยังขึ้นกับปัจจัยอื่นๆ เช่น ความสว่าง มุมที่สายตามองวัตถุ เป็นต้น จึงทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้

ดังนั้นได้จึงดำเนินการปรับปรุงวิธีการตรวจวัดลักษณะข้อบกพร่องสีไม่เหมือนในขั้นตอนตรวจสอบคุณภาพเป็นการเครื่องวัดสีแทนการใช้สายตา โดยกำหนดเกณฑ์การยอมรับ คือ ค่าความแตกต่างของสีตัวอย่างเทียบกับสีมาตรฐาน (ΔE) ≤1.000 เนื่องจากเป็นค่าที่ยอมรับในทางการค้า

ในการตรวจวัดโดยใช้สายตาของพนักงาน ยังพบในขั้นตอนทดลองย้อม ที่ใช้วิธีการตรวจวัดนี้ในการตรวจสอบความถูกต้องของสูตรสี จึงได้ตรวจวัดค่า ΔE ของสูตรสี ซึ่งพบว่าสูตรสีบางสูตรมีค่า ΔE สูงเกิน 1.000 เนื่องด้วยข้อจำกัดต่างๆของการใช้สายตาดังที่กล่าวมาข้างต้น

ดังนั้นได้จึงดำเนินการปรับปรุงวิธีการตรวจสอบความถูกต้องของสูตรสีเป็นการเครื่องวัดสีเช่นเดียวกันกับขั้นตอนตรวจสอบคุณภาพ แต่ได้มีการกำหนดให้ค่า ΔE ของสูตรสี ต้องมีค่า ≤ 0.500 เพื่อให้สูตรสีมีความถูกต้องและแม่นยำ

2) การประเมินผลความสามารถของพนักงานในการตรวจวัดข้อบกพร่องด่างคราบสี โดยวิธีการวิเคราะห์ระบบการวัดในข้อมูลนับ (Attribute Measurement System) ซึ่งพบว่ามีเปอร์เซ็นต์รีพิททะบิลิตี้ของพนักงาน เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงาน เปอร์เซ็นต์ด้านประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ของการตรวจสอบ และเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบ เท่ากับ 100% ซึ่งแสดงว่าพนักงานสามารถตรวจวัดข้อบกพร่องด่างคราบสีได้ถูกต้องและแม่นยำ เนื่องมาจากข้อบกพร่องด่างคราบสีเป็นข้อบกพร่องที่สามารถเตรวจวัดได้ง่ายและชัดเจนกว่าการตรวจวัดข้อบกพร่องสีไม่เหมือน

ดังนั้นจึงไม่ได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขการตรวจวัดข้อบกพร่องด่างคราบสี

เมื่อการทำตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้ว จึงทำการเก็บข้อมูลข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและด่างคราบสีในผ้ามอสเครปและผ้าชีฟองตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2557 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2557 เพื่อใช้เป็นข้อมูลก่อนการปรับปรุงในการเปรียบเทียบหลังจากดำเนินการปรับปรุงแก้ไขแล้ว ดังตารางที่ 9.1

ตารางที่ 9. 1 จำนวนเปอร์เซ็นต์ของข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและด่างคราบสีก่อนการปรับปรุงที่ตรวจวัดโดยเครื่องวัดสีและพนักงานที่ผ่านการตรวจสอบแล้ว

ผลิตภัณฑ์	จำนวนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น	
	ข้อบกพร่องสีไม่เหมือน	ข้อบกพร่องด่างคราบสี
ผ้ามอสเครป	18.43%	7.62%
ผ้าชีฟอง	16.10%	6.59%

9.1.3 การวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง

หลังจากการตรวจสอบการตรวจวัด จึงได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและข้อบกพร่องด่างคราบสีในกระบวนการย้อมผ้ามอสเครปและผ้าชีฟอง ในการวิเคราะห์เพื่อค้นหาสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง ได้ดำเนินการโดยใช้การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (Fault Tree Analysis, FTA) เพื่อลำดับของการเกิดเหตุการณ์ก่อนหรือหลังหรือเกิดร่วมกันหรืออย่างใดอย่างหนึ่งและการวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) ทำการประเมินค่าความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number, RPN) เพื่อทำการคัดเลือกสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องที่มีค่า RPN สูงมาจัดทำแผนการดำเนินการแก้ไข

สำหรับสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและด่างคราบสีในกระบวนการย้อมผ้ามอสเครป สามารถนำมาจัดกลุ่มของสาเหตุได้ 4 กลุ่ม คือ สาเหตุจากการปฏิบัติงานของพนักงาน สาเหตุจากวิธีปฏิบัติงาน สาเหตุจากวัตถุดิบ และสาเหตุจากอุปกรณ์และเครื่องจักร ดังตารางที่ 9.2

จากสาเหตุในตารางที่ 9.2 จะเห็นได้ว่ามีสาเหตุที่เกิดจากการปฏิบัติของพนักงานเกิดขึ้นมากที่สุดและสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและด่างคราบสี ล้วนมีความเกี่ยวข้องกับระยะเวลา อุณหภูมิ คุณภาพและปริมาณของวัตถุดิบเป็นหลัก เนื่องจากกระบวนการย้อมเป็นกระบวนการทางเคมี จึงทำให้เมื่อวัตถุดิบไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้หรือการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิหรือระยะเวลาที่เกิดจากการชำรุดเสียหายของเครื่องจักรหรือพนักงานไม่ปฏิบัติตามวิธีปฏิบัติงาน จะทำให้เกิดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและข้อบกพร่องด่างคราบสีในกระบวนการย้อมผ้าได้

ในส่วนของขั้นตอนที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง จะเป็นขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับวัตถุดิบและการทำงานของเครื่องจักรที่ทำหน้าที่ควบคุมระยะเวลาและอุณหภูมิ ซึ่งได้แก่ ขั้นตอนเตรียมผ้าดิบ ขั้นตอนทำความสะอาด ขั้นตอนเซตตัวด้วยความร้อน ขั้นตอนทดลองย้อม ขั้นตอนย้อม และขั้นตอนตกแต่งสำเร็จ

ตารางที่ 9. 2 สาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องแยกตามกลุ่มสาเหตุ

สาเหตุ	ข้อบกพร่อง	
	สีไม่เหมือน	ด่างคราบสี
สาเหตุจากการปฏิบัติงานของพนักงาน		
พนักงานปรับเปลี่ยนอุณหภูมิและระยะเวลาของโปรแกรมทำความสะอาด	✓	✓
พนักงานชั่งสารเคมีที่ใช้น้อยกว่าที่กำหนด	✓	✓
พนักงานตรวจวัดสีไม่ถูกต้อง	✓	
พนักงานปรับเปลี่ยนอุณหภูมิและระยะเวลาของโปรแกรมย้อม	✓	✓
พนักงานคำนวณน้ำหนักสีไม่ถูกต้อง	✓	
พนักงานละลายสีไม่ถูกต้อง	✓	✓
พนักงานระบุรหัสสีหรือชื่อสีไม่ถูกต้อง	✓	
พนักงานต่อเฉดสีในการตกแต่งสำเร็จไม่ต่อเนื่อง	✓	✓
พนักงานต่อเฉดสีในการย้อมไม่ต่อเนื่อง	✓	✓
พนักงานผสมสารเคมีไม่ถูกต้อง	✓	✓
พนักงานชั่งน้ำหนักสีไม่ได้ตามที่กำหนด	✓	
สาเหตุจากวิธีปฏิบัติงาน		
กระบวนการทอมีปัญหา	✓	✓
วิธีการจัดเก็บผ้าดิบไม่เหมาะสม	✓	✓
ขาดการทวนสอบน้ำหนักรถเข็น	✓	
สีย้อมตกค้างที่ถังสี	✓	
การปรับตั้งเครื่องย้อมไม่เหมาะสม	✓	
สาเหตุจากวัตถุดิบ		
การใช้สารละลายใช้ซ้ำจากขั้นตอนลดน้ำหนัก	✓	✓
คุณภาพสีย้อมไม่สม่ำเสมอ	✓	✓
คุณภาพเส้นด้ายไม่สม่ำเสมอ	✓	✓
น้ำมีความกระด้างสูง	✓	✓
สาเหตุจากอุปกรณ์และเครื่องจักร		
เครื่องโรตารี่ชำรุด	✓	✓
เครื่องสเตนเตอร์ชำรุด	✓	✓
เครื่องย้อมชำรุด	✓	✓
เครื่องสเตนเตอร์ไม่สะอาด	✓	✓
เครื่องย้อมไม่สะอาด	✓	✓

จากตารางที่9.2 ยังพบได้ว่าการเกิดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและข้อบกพร่องด่างคราบสีในกระบวนการย้อมผ้ามอสเครปและผ้าชีฟอง มาจากสาเหตุเดียวกัน แต่จะมีบางสาเหตุที่ทำให้เกิดเฉพาะข้อบกพร่องสีไม่เหมือน คือสาเหตุที่ส่งผลทำให้เกิดน้ำหนักสีไม่ถูกต้องตามสูตร

เมื่อนำสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและด่างคราบสีในกระบวนการย้อมผ้ามอสเครปและผ้าชีฟองมาทำการวิเคราะห์โดยใช้ FMEA และใช้ค่าดัชนีชี้วัดความเสี่ยง (RPN) เป็นเกณฑ์ใน

การแบ่งสาเหตุหลักเพื่อนำไปจัดทำแผนการดำเนินการแก้ไข โดยได้ทำการคัดเลือกสาเหตุที่มีค่า RPN สูง 6 อันดับแรกมาจัดทำแผนและดำเนินการแก้ไข สำหรับสาเหตุที่มีค่า RPN สูงนั้นเกิดจากวัตถุดิบ วิธีปฏิบัติงาน และการปฏิบัติงานของพนักงาน ซึ่งพบว่ามีสาเหตุ ดังนี้

1) การใช้สารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำในขั้นตอนทำความสะอาด

2) ขาดการทวนสอบน้ำหนักรถเข็นในขั้นตอนเซตตัวด้วยความร้อน

3) พนักงานชั่งสีไม่ได้ตามที่กำหนด

4) สีตกค้างที่ถังสี

5) พนักงานผสมสารเคมีไม่ถูกต้อง

6) การปรับตั้งเครื่องย้อมไม่เหมาะสม

จากนั้นจึงจัดทำแผนการดำเนินการแก้ไขและนำไปดำเนินการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

9.1.4 การดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

จากการพิจารณาเพื่อจัดทำแผนแนวทางการแก้ไขสำหรับสาเหตุหลักทั้ง 6 สาเหตุ พบว่าบางสาเหตุที่ไม่ได้ถูกคัดเลือกมาดำเนินการแก้ไขนั้น สามารถส่งผลกระทบต่อการดำเนินการแก้ไขสาเหตุหลัก ทำให้การแก้ไขไม่มีประสิทธิภาพ เช่น เครื่องจักรชำรุดเสียหาย พนักงานไม่ปฏิบัติตามวิธีปฏิบัติงาน คุณภาพของวัตถุดิบไม่สม่ำเสมอ จึงได้เพิ่มความเข้มงวดในการควบคุมและตรวจจับสาเหตุที่เหลือที่ไม่ได้ถูกคัดเลือก เพื่อให้การดำเนินการปรับปรุงแก้ไขมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยการให้หัวหน้างานสุ่มตรวจการปฏิบัติงานของพนักงานอย่างสม่ำเสมอ รวมทั้งมีการฝึกอบรมและทดสอบพนักงานใหม่ และการตรวจสอบความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักรก่อนเริ่มปฏิบัติงาน

สำหรับการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขสาเหตุทั้ง 6 สาเหตุ ได้แบ่งแนวทางแก้ไขออกเป็น 6 แนวทาง โดยดำเนินการตามลำดับในแต่ละเดือนตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ.2557 สำหรับลำดับของแนวทางแก้ไข จะพิจารณาจากลำดับของขั้นตอนในกระบวนการย้อม ซึ่งเริ่มจากขั้นตอนทำความสะอาด ขั้นตอนเซตตัวด้วยความร้อน และขั้นตอนย้อม โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

<u>แนวทางแก้ไขลำดับที่ 1</u> การใช้สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์ในขั้นตอนทำความสะอาด

การเปลี่ยนจากการใช้สารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำมาเป็นสารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์ในการทำความสะอาดผ้า

<u>แนวทางแก้ไขลำดับที่ 2</u> การทวนสอบน้ำหนักรถเข็นในขั้นตอนเซตตัวด้วยความร้อน

การทวนสอบน้ำหนักเพื่อระบุน้ำหนักรถเข็นที่ถูกต้องในขั้นตอนเซตตัวด้วยความร้อน เพื่อลดความผิดพลาดของน้ำหนักผ้า

<u>แนวทางแก้ไขลำดับที่ 3</u> การปรับปรุงวิธีปฏิบัติงานในการชั่งสีในขั้นตอนย้อม

การปรับปรุงวิธีปฏิบัติงานในการชั่งสี โดยการเพิ่มรายละเอียดที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ตั้งแต่เริ่มต้นในการใช้เครื่องชั่งไปจนถึงรายละเอียดในการชั่ง เพื่อลดความผิดพลาดและความคลาดเคลื่อน

ในการชั่งสี มีการเพิ่มการทวนสอบซ้ำโดยหัวหน้างานอีกครั้งในการคำนวณหาน้ำหนักสีของพนักงาน เพื่อให้ได้น้ำหนักที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือ

แนวทางแก้ไขลำดับที่ 4 การปรับปรุงวิธีปฏิบัติงานในการผสมสีในขั้นตอนย้อม

การปรับปรุงวิธีปฏิบัติงานในการผสมสี โดยการเพิ่มวิธีปฏิบัติงานในการล้างถังใส่สีหลังเทผสมสีเสร็จแล้ว เพื่อให้สีที่ตกค้างที่ก้นถังไหลลงมาในถังผสมสีเพื่อไม่ให้น้ำหนักสีคลาดเคลื่อนไปจากสูตรที่กำหนด

แนวทางแก้ไขลำดับที่ 5 การปรับปรุงวิธีปฏิบัติงานในการผสมสารเคมีในขั้นตอนย้อม

การปรับปรุงวิธีปฏิบัติงานในการผสมสารเคมี โดยการเพิ่มรายละเอียดในการผสมสารเคมี จัดทำหมายเลขแสดงลำดับการเติมสารเคมีและจัดทำวิธีปฏิบัติงานในสถานที่ปฏิบัติงานที่เป็น 2 ภาษา เพื่อให้พนักงานไทยและต่างด้าวเข้าใจตรงกัน

แนวทางแก้ไขลำดับที่ 6 การออกแบบการทดลองเพื่อปรับตั้งเครื่องย้อมเจ็ท

ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการการไหลเวียนของน้ำย้อมและผ้าไม่สม่ำเสมอ โดยปัจจัยที่ทำการศึกษา คือ แรงดัน ขนาดของหัวฉีด และความเร็วมอเตอร์ และมีการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลที่ 3 ปัจจัย จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าทุกปัจจัยมีอิทธิพลต่อความแตกต่างของสีเทียบกับสีมาตรฐาน โดยมีแนวโน้มลดลง เมื่อปรับตั้งระดับ ดังตารางที่ 9.3 และ 9.4

ตารางที่ 9. 3 ปัจจัยและระดับที่เหมาะสมสำหรับผ้ามอสเครป

ลำดับที่	ปัจจัย	ระดับที่เหมาะสม	หน่วย
1	แรงดัน	2.5	Kg/cm^2
2	ขนาดของหัวฉีด	70	mm
3	ความเร็วมอเตอร์	250	m/min^{-1}

ตารางที่ 9. 4 ปัจจัยและระดับที่เหมาะสมสำหรับผ้าชีฟอง

ลำดับที่	ปัจจัย	ระดับที่เหมาะสม	หน่วย
1	แรงดัน	2.0	Kg/cm^2
2	ขนาดของหัวฉีด	70	mm
3	ความเร็วมอเตอร์	300	m/min^{-1}

9.1.5 การควบคุมและติดตามผล

หลังจากการดำเนินการแก้ไขในแต่ละแนวทางแก้ไข ได้ทำการติดตามผลในแต่ละแนวทาง ตั้งแต่แนวทางที่ 1 จนถึงแนวทางที่ 6 ตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ.2557 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2557 มีผลหลังการปรับปรุงในผ้ามอสเครปและผ้าชีฟอง ดังต่อไปนี้

กรณีผ้ามอสเครป เมื่อดำเนินการแก้ไขแนวทางลำดับที่ 1 แล้ว พบว่าข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและข้อบกพร่องด่างคราบสีในผ้ามอสเครปลดลงจาก 18.43% เหลือเพียง 15.14% และจาก 7.62 เหลือเพียง 5.99% ตามลำดับ คิดเป็นส่วนต่าง 3.29% และ 1.63% ตามลำดับ จากนั้นดำเนินการแก้ไขแนวทางลำดับที่ 2 จะพบว่าข้อบกพร่องสีไม่เหมือนลดลงเหลือเพียง 13.61% คิดเป็นส่วนต่าง 1.54% เมื่อดำเนินการแก้ไขแนวทางลำดับที่ 3 แล้ว พบว่าข้อบกพร่องสีไม่เหมือนลดลงเหลือเพียง 12.68% คิดเป็นส่วนต่าง 0.93% เมื่อดำเนินการแก้ไขแนวทางลำดับที่ 4-5 แล้ว พบว่าข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและข้อบกพร่องด่างคราบสีลดลงเหลือเพียง 11.33% และ 4.67% ตามลำดับ คิดเป็นส่วนต่าง 1.34% และ 1.32% ตามลำดับ และเมื่อดำเนินการแก้ไขแนวทางลำดับที่ 6 แล้ว พบว่าข้อบกพร่องสีไม่เหมือนลดลงเหลือเพียง 9.79% คิดเป็นส่วนต่าง 2.30% ซึ่งมีแนวทางลำดับที่ 1 และแนวทางลำดับที่ 4 ที่มีผลต่อการลดลงของข้อบกพร่องด่างคราบสีเท่านั้น

กรณีผ้าชีฟอง เมื่อดำเนินการแก้ไขแนวทางลำดับที่ 1 แล้ว พบว่าข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและข้อบกพร่องด่างคราบสีในผ้าชีฟองลดลงจาก 16.10% เหลือเพียง 12.36% และจาก 6.59% เหลือเพียง 4.89% ตามลำดับ คิดเป็นส่วนต่าง 3.74% และ 1.76% ตามลำดับ เมื่อดำเนินการแก้ไขแนวทางลำดับที่ 2 แล้ว พบว่าข้อบกพร่องสีไม่เหมือนลดลงเหลือเพียง 9.97% คิดเป็นส่วนต่าง 2.39% เมื่อดำเนินการแก้ไขแนวทางลำดับที่ 3 แล้ว พบว่าข้อบกพร่องสีไม่เหมือนลดลงเหลือเพียง 9.31% คิดเป็นส่วนต่าง 0.66% เมื่อดำเนินการแก้ไขแนวทางลำดับที่ 4-5 แล้ว พบว่าข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและข้อบกพร่องด่างคราบสีลดลงเหลือเพียง 8.08% และ 4.19% คิดเป็นส่วนต่าง 1.23%และ 0.70% ตามลำดับ และเมื่อดำเนินการแก้ไขแนวทางลำดับที่ 6 แล้ว พบว่า ข้อบกพร่องสีไม่เหมือนลดลงเหลือเพียง 5.78% คิดเป็นส่วนต่าง 1.54% ซึ่งมีแนวทางลำดับที่ 1 และแนวทางลำดับที่ 4 ที่มีผลต่อการลดลงของข้อบกพร่องด่างคราบสีเท่านั้น

จากการติดตามผล จะพบว่า การใช้สารละลายโซดาไฟบริสุทธิ์ในขั้นตอนการทำความสะอาดสามารถลดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและข้อบกพร่องด่างคราบสีในผ้ามอสเครปและผ้าชีฟองได้สูงกว่าแนวทางการแก้ไขอื่นๆ เนื่องมาจากการใช้สารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำที่ไม่มีการปรับสภาพก่อนนำมาใช้อีกครั้งเช่นเดียวกับโรงงานกรณีศึกษา จะทำให้มีโอลิโกเมอร์สะสมบนผ้าและเกิดการตกค้างของสิ่งสกปรกหลังจากทำความสะอาดแล้ว ซึ่งสารเหล่านี้จะไปขัดขวางการดูดซึมของสีและสารเคมีในขั้นตอนย้อม ทำให้เกิดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนและข้อบกพร่องด่างคราบสีเกิดขึ้นได้ แต่การใช้สารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำสามารถนำกลับมาใช้ได้ หากมีการปรับสภาพก่อนนำกลับมาใช้ โดยการปรับ

สภาพสารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำทำได้หลายวิธี เช่น การกรอง การตกตะกอน เป็นต้น ซึ่งล้วนมีค่าใช้จ่ายในการวางระบบและการติดตั้งอุปกรณ์ ดังนั้นจึงควรพิจารณาถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ก่อนทำการวางระบบและติดตั้งอุปกรณ์

9.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงานวิจัย

1) พนักงานบางคนไม่เข้าใจและให้ความร่วมมือในการปรับปรุงวิธีการดำเนินงานในช่วงแรก เนื่องจากความเคยชินในการทำงานที่ทำมานาน จึงต้องมีการใช้เวลาในการชี้แจงเพื่อทำความเข้าใจในตอนเช้าก่อนเริ่มทำงานทุกวัน

2) โรงงานกรณีศึกษามีแต่เครื่องจักรที่มีอายุการใช้งาน ทำให้ยากแก่การควบคุมคุณภาพในการผลิตและความคลาดเคลื่อนในการทดลอง ซึ่งได้แก้ไขโดยการตรวจเช็คความพร้อมของเครื่องจักรเพื่อป้องกันการหยุดระหว่างการผลิต และในการทดลองได้เลือกเครื่องจักรที่มีความพร้อมใช้งานมากที่สุดในการทดลองเพื่อเป็นต้นแบบให้เครื่องอื่นๆ

3) พนักงานหลายคนเป็นคนต่างด้าว ยากในการสื่อสารเพื่อทำความเข้าใจในการปรับปรุงแก้ไข จึงทำให้เกิดความล่าช้า ซึ่งได้แก้ไขโดยการใช้ล่ามในการช่วยสื่อสาร และแปลวิธีปฏิบัติงานเป็นภาษาพม่าในขั้นตอนที่มีพนักงานต่างด้าวปฏิบัติงานอยู่

4) โรงงานกรณีศึกษาไม่มีการจัดเก็บข้อมูลที่เป็นระบบ ทำให้ในช่วงแรกของงานวิจัยต้องใช้เวลานานในการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่างๆภายในกระบวนการย้อม ซึ่งได้แก้ไขโดยการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้งานในการรวบรวมข้อมูล

9.3 ข้อเสนอแนะ

1) เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีเทคโนโลยีที่ทันสมัยในกระบวนการย้อมจะช่วยลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในกระบวนการย้อมได้ดี

2) เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษามีพนักงานที่เป็นแรงงานต่างด้าวเพิ่มขึ้นจำนวนมาก จึงควรมีการจัดทำเอกสาร วิธีปฏิบัติงานหรือบทเรียบต่างๆเป็นรูปภาพและจัดทำเป็นภาษาที่สาม เพื่อให้ง่ายต่อการฝึกอบรมและสามารถปฏิบัติงานได้ถูกต้อง

3) โรงงานกรณีศึกษาควรมีการปลูกฝังนโยบายให้ทุกคนมีส่วนร่วมในการพัฒนาหรือปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงาน เช่น การสร้างจิตสำนึกในด้านต่างๆ เพื่อให้พนักงานตระหนักถึงความสำคัญของการพัฒนา การสร้างแรงจูงใจหรือการฝึกอบรมให้พนักงานมีความรู้ใหม่ เพื่อนำมาพัฒนาโรงงาน

4) ค่าความแตกต่างของสีตัวอย่างเทียบกับสีมาตรฐาน (ΔE) ที่ 1.000 ซึ่งกำหนดใช้ในการตรวจวัดข้อบกพร่องสีไม่เหมือนในโรงงานกรณีศึกษาเป็นค่าที่นิยมใช้ในทางการค้า แต่สำหรับงานวิจัย

หรือโรงงานอื่นๆสามารถกำหนดให้ต่ำหรือสูงกว่านี้ได้ โดนขึ้นกับความเข้มงวดของคุณภาพของผลิตภัณฑ์

5) การใช้สารละลายโซดาไฟใช้ซ้ำสามารถนำกลับมาใช้ใหม่อีกครั้งได้ หากมีการปรับสภาพก่อนนำมาใช้ เช่น การกรอง การตกตะกอน เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

[1] เกษม พิพัฒน์ปัญญานุกูล. การควบคุมคุณภาพงานเตรียมสิ่งทอเพื่อการย้อม พิมพ์. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2537.

[2] อภิชาติ สนธิสมบัติ กระบวนการทางเคมีสิ่งทอ.ปทุมธานี: คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, 2545.

[3] Ferus-Comelo.M. Control of the adsorption of dyes on cotton PhD thesis, the Department of colour chemistry University of Leeds. 2002.

[4] กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA): ประมวลผลด้วย MINITAB. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2549.

[5] ภานุเทพ อธิปัญญาพันธุ์. การปรับปรุงมาตรฐานการตรวจสอบคุณภาพในการผลิตสีผง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2555.

[6] บรูซซี วอร์เรน. สถิติสำหรับ Six Sigma ง่ายนิดเดียว. แปลโดย พรเทพ เหลือทรัพย์สุข. กรุงเทพมหานคร: อีไอสแควร์ สำนักพิมพ์, 2553.

[7] กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. FMEA การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2551.

[8] ธนิตพล จันทสม. การประยุกต์ใช้ FMEA และ AHP เพื่อปรับปรุงกระบวนการฟอกย้อม ในโรงงานตัวอย่าง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2553.

[9] Wang M.H. A Cost-Based FMEA Decision Tool for Product Quality Design and Management. IEEE International Conference, 2011: 297-302.

[10] อรรภถพล ฤทธิภักดี. การปรับปรุงคุณภาพสำหรับกระบวนการพ่นสีชิ้นส่วนพลาสติกในอุตสาหกรรมรถยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

[11] เทพประสิทธิ์ ไพฑูรย์วิสุทธิญาณ การลดของเสียในกระบวนการผลิตผ้าหลังคารถยนต์โดยเทคนิคการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิต. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.

[12] วิทย์ วรรณวิจิตร. การปรับปรุงกระบวนการผลิตแม่พิมพ์โลหะของอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.

[13] ทิชา แสนสม. การลดของเสียที่เป็นเม็ดฝุ่นในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์โดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2555.

[14] จุฑามาศ รัตนกุล. การลดข้อบกพร่องของกระบวนการบรรจุกุ้งแปรรูปซูชิแช่แข็ง.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
วิธีปฏิบัติงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รหัสเอกสาร: WI-OJT-01	
เรื่อง: การฝึกอบรมงานในหน้าที่ (On The Job Training)	**หน้าที่ 1/1**
วิธีปฏิบัติงาน	**ผู้รับผิดชอบ**
1) หัวหน้าแผนกกำหนดหลักสูตรการฝึกอบรมหน้างานตามเอกสารกำหนดหน้าที่ในการปฏิบัติงานที่กำหนดให้แต่ละแผนกลงแบบในแบบฟอร์มหลักสูตรการฝึกอบรม (OJT) และจัดเก็บไว้ที่แผนกต่างๆและสำเนาส่งไปยังแผนกบุคคล โดยหลักสูตรจะพิจารณาจากสมบัติต่างๆ ดังนี้ - พนักงานใหม่ ให้มีการฝึกอบรมหน้างานภายในระยะเวลา 3 เดือนในช่วงการทดลองงาน - พนักงานเปลี่ยนงาน หรือมีการเปลี่ยนแปลงวิธีปฏิบัติงานให้ทำการฝึกอบรมสอนงานในระยะเวลา 1 เดือนก่อนการเปลี่ยนงานและอยู่ภายใต้การควบคุมของหัวหน้างาน - ทำการฝึกอบรมซ้ำภายใน 7 วัน เมื่อทราบผลการฝึกอบรม 2) หัวหน้าแผนกหรือหัวหน้างานดำเนินการฝึกอบรมหน้างานตามหลักสูตรที่ได้กำหนดไว้และทำการประเมินพนักงานที่ได้รับการฝึกอบรมที่หน้างานลงในบันทึกการฝึกอบรมพนักงาน โดยมีวิธีการประเมินผลหลังการฝึกอบรมโดยใช้เกณฑ์ประเมินผ่านและไมผ่าน ดังนี้ - หากผลการประเมินไม่ผ่าน จะทำการฝึกอบรมซ้ำภายใน 7 วัน - หากผลการประเมินผ่าน จะทำการให้พนักงานทำงานตามที่ได้ฝึกอบรมมา 3) หัวหน้าแผนกหรือหัวหน้างานดำเนินการติดตามผลการทำงานของพนักงาน ประเมินผลการปฏิบัติงานของพนักงาน และบันทึกความสามารถของพนักงานลงในตารางวัดความสามารถในการทำงานของพนักงานแต่ละคน (Skill Matrix) และจัดเก็บเอกสารไว้ที่แผนกบุคคลเพื่อใช้ติดตามผลพนักงานในการพัฒนาความสามารถของพนักงานต่อไป	หัวหน้าแผนก/ หัวหน้างาน/ แผนกบุคคล

รูปที่ 1 ก การฝึกอบรมพนักงานแบบ OJT

แบบบันทึกผลการฝึกอบรม ณ สถานที่ปฏิบัติงาน (On-the-Job Training)

ชื่อ-นามสกุลผู้รับการอบรม / สอนงาน .....ตำแหน่ง.....

รหัสพนักงาน .....แผนก.....

ส่วน.....ปฏิบัติหน้าที.....

ลำดับที่	หัวข้ออบรม / สอนงาน	เวลาเริ่ม-สิ้นสุดการฝึกอบรม/สอนงาน	เกณฑ์คะแนน	ผลการฝึกอบรม/สอนงาน			หมายเหตุ	
				ผ่าน	ไม่ผ่าน	ลงชื่อผู้สอน		
1								
2								
3								
4								
5								

<u>เกณฑ์การให้คะแนน</u>

<u>ผ่าน</u>

A: เข้าใจในหน้าที่ดี สามารถปฏิบัติงานได้และสารมารถสอนงานผู้อื่นได้

B: เข้าใจในหน้าที่ และสามารถปฏิบัติงานได้

C: เข้าใจในหน้าที่ แต่ยังต้องให้คำแนะนำในการปฏิบัติงาน

<u>ไม่ผ่าน</u>

D: ไม่เข้าใจในวิธีการปฏิบัติงานและไม่สามารถปฏิบัติงานได้

<u>หมายเหตุ</u> หากพนักงานได้เกณฑ์คะแนนที่ระดับ D จะต้องมีการ OJT อีกครั้งภายใน 7 วัน

ลงชื่อ.....ผู้ฝึกอบรม/สอนงาน

( )

ตำแหน่ง.....

วันที่.....

รูปที่ 2ก แบบบันทึกการฝึกอบรมแบบ OJT

รหัสเอกสาร: WE-CART-01	**เริ่มใช้ เดือนกรกฎาคม 2557**
น้ำหนักรถเข็นคันที่ 1-49 (แผนกลดน้ำหนักผ้า)	**หน้าที่ 1/1**

คันที่	น้ำหนักรถเข็น (กิโลกรัม)	คันที่	น้ำหนักรถเข็น (กิโลกรัม)	คันที่	น้ำหนักรถเข็น (กิโลกรัม)
1	141.5	21	141.0	41	142.3
2	141.0	22	141.2	42	141.1
3	141.2	23	141.8	43	139.1
4	141.4	24	141.6	44	141.2
5	141.3	25	138.8	45	141.5
6	139.0	26	141.4	46	141.8
7	138.7	27	142.0	47	141.6
8	141.5	28	141.0	48	141.3
9	141.3	29	141.1	49	141.0
10	142.0	30	141.2		
11	141.5	31	139.5		
12	141.3	32	141.8		
13	142.1	33	141.0		
14	141.7	34	140.5		
15	141.0	35	141.8		
16	141.3	36	141.8		
17	141.2	37	141.5		
18	141.3	38	141.2		
19	139.2	39	141.8		
20	141.2	40	141.0		

การทวนสอบน้ำหนักรถเข็น	**ผู้รับผิดชอบ**
1.ทวนสอบน้ำหนักรถเข็นทุกๆ 1 ปี 2.ทวนสอบน้ำหนักรถเข็นเมื่อมีการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนแปลงหรือชำรุดเสียหายของอุปกรณ์ของรถเข็น	พนักงานลดน้ำหนักผ้า

รูปที่ 3ก น้ำหนักรถเข็นหลังการทวนสอบ

<table>
<tr><td colspan="3">รหัสเอกสาร: JET-CO-01</td></tr>
<tr><td>วิธีปฏิบัติงานเรื่อง: การชั่งสีและสารเคมี</td><td colspan="2">หน้าที่ 1/1</td></tr>
<tr><td colspan="3">เอกสารที่เกี่ยวข้อง: ใบสั่งย้อม, แบบบันทึกการชั่งสีและสารเคมี, ใบรายการชั่งสี</td></tr>
<tr><td>วิธีปฏิบัติงาน</td><td>ผู้รับผิดชอบ</td><td>ผู้ควบคุม</td></tr>
<tr><td>1. เบิกเปอร์เซ็นต์สีและน้ำหนักของสารเคมีจากห้องปฏิบัติการ
2. กรอกข้อมูลในแบบบันทึกการชั่งสีและสารเคมี คำนวณหาน้ำหนักสี/สารเคมี โดยเอาเปอร์เซ็นต์คูณกับน้ำหนักผ้าบันทึกลงในแบบบันทึกและจัดทำใบรายการชั่งสี และส่งไปชั่งที่ห้องชั่งสีและสารเคมี
<u>การชั่งสี</u>
3. เปิดเครื่องชั่งไฟฟ้า และรอ 30 นาที
4. ตรวจสอบความสะอาดบนจานชั่ง หากมีเศษฝุ่นผง ให้ใช้แปรงปัด
5. ตรวจสอบระดับลูกน้ำให้อยู่กึ่งกลาง หากลูกน้ำไม่อยู่ตรงกลาง ให้ปรับระดับโดยการหมุนที่ขาของเครื่องชั่ง
6. กด 0/T หน้าจอแสดงผลเป็น 0.00
7. วางถ้วยชั่งใบที่ 1 ไว้ตรงกลาง บันทึกน้ำหนักลงในแบบบันทึกการชั่งสีและสารเคมี แล้วกด 0/T
8. ตักสีผงที่ได้จนครบตามที่ต้องการ บันทึกน้ำหนักสีผงลงในแบบบันทึกการชั่งสีและสารเคมี
9. นำถ้วยชั่งสีใบที่ 1 ออกจากเครื่องชั่ง แล้วกด 0/T
10.วางถ้วยชั่งสีใบที่ 2 ไว้ตรงกลาง บันทึกน้ำหนักลงในแบบบันทึกการชั่งสีและสารเคมี แล้วกด 0/T
11.ตักสีผงที่ได้จนครบตามที่ต้องการ บันทึกน้ำหนักสีผงลงในแบบบันทึกการชั่งสีและสารเคมี
12.นำถ้วยชั่งสีใบที่ 2 ออกจากเครื่องชั่ง แล้วกด 0/T
13.วางถ้วยชั่งสีใบที่ 3 ไว้ตรงกลาง บันทึกน้ำหนักลงในแบบบันทึกการชั่งสีและสารเคมี แล้วกด 0/T
14.ตักสีผงที่ได้จนครบตามที่ต้องการ บันทึกน้ำหนักสีผงลงในแบบบันทึกการชั่งสีและสารเคมี
15.นำถ้วยชั่งสีใบที่ 3 ออกจากเครื่องชั่ง แล้วกด 0/T
16.เททั้ง 3 สีใส่ลงในถังละลายสี
17.ทำความสะอาดเครื่องชั่ง และปิดเครื่อง
18.ละลายสี และส่งมอบให้พนักงานย้อม</td><td>พนักงานชั่ง</td><td>หัวหน้างานย้อม</td></tr>
</table>

รูปที่ 4ก วิธีปฏิบัติงานในการชั่งสีหลังการปรับปรุง

<table>
<tr><td colspan="3">รหัสเอกสาร: IS-SP-01</td></tr>
<tr><td>วิธีปฏิบัติงานเรื่อง: การใช้เครื่องวัดสี</td><td colspan="2">หน้าที่ 1/1</td></tr>
<tr><td colspan="3">อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง: เครื่องวัดสี, คอมพิวเตอร์, อุปกรณ์ calibration, ชิ้นผ้าที่ต้องการวัดสี, ชิ้นผ้าสีมาตรฐาน</td></tr>
<tr><td>วิธีปฏิบัติงาน</td><td>ผู้รับผิดชอบ</td><td>ผู้ควบคุม</td></tr>
<tr><td>
<u>การเข้าสู่โปรแกรม</u>
1. เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์
2. เปิดเครื่องวัดสี
3. เข้าโปรแกรม Lab QC ที่แสดงที่หน้าจอคอมพิวเตอร์
4. ก่อนจะเข้าถึงโปรแกรมแล้วจะปรากฏคำถามที่ว่า “Do you want to calibrate” (ต้องการปรับเทียบหรือไม่) ให้เลือกตอบ Yes
<u>การ Calibration</u>
5. นำ Zero Calibration Standard ไปใส่ที่ช่องวัดสี แล้วกด OK
6. เปลี่ยน White Calibration ไปใส่ที่ช่องวัดสี แล้วเลือก OK
การวัดสี
7. ทำการวัดสีชิ้นผ้าสีมาตรฐานโดยเลือกที่ปุ่ม Measure Standard
8. นำชิ้นผ้าสีมาตรฐานไปใส่ในช่องวัดสี
9. กรอกชื่อและรหัสของผ้าที่ช่อง Name และ Code ตามลำดับ แล้วกด OK
10. ทำการวัดสีชิ้นผ้าที่ต้องการโดยเลือกที่ปุ่ม Measure Trial
11. นำชิ้นผ้าสีที่ต้องการวัดไปใส่ในช่องวัดสี
12. กรอกชื่อและรหัสที่ Name และ Code ตามลำดับ แล้วกด OK
13. โปรแกรมจะประมวลผลออกเป็นค่า ΔL* ΔC* ΔH* และ ΔE ที่แหล่งกำเนิดแสง D65 โดยได้กำหนดให้ค่า ΔE มากกว่า 1.000 ซึ่งจะมีคำว่า Fail เป็นตัวอักษรสีแดง ขึ้นทางด้านขวามือ ถือว่าเป็นข้อบกพร่องสีไม่เหมือน
14. หากค่า ΔE น้อยกว่า 1.000 ซึ่งจะมีคำว่า Pass เป็นตัวอักษรสีเขียว ขึ้นทางด้านขวามือ ถือว่ามีคุณภาพดี ไม่พบข้อบกพร่อง

<u>Zero Calibration</u> <u>White Calibration</u>
</td><td>พนักงานตรวจสอบคุณภาพ</td><td>หัวหน้างานตรวจสอบคุณภาพ</td></tr>
</table>

รูปที่ 5ก วิธีปฏิบัติงานการใช้เครื่องวัดสีสำหรับขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพ

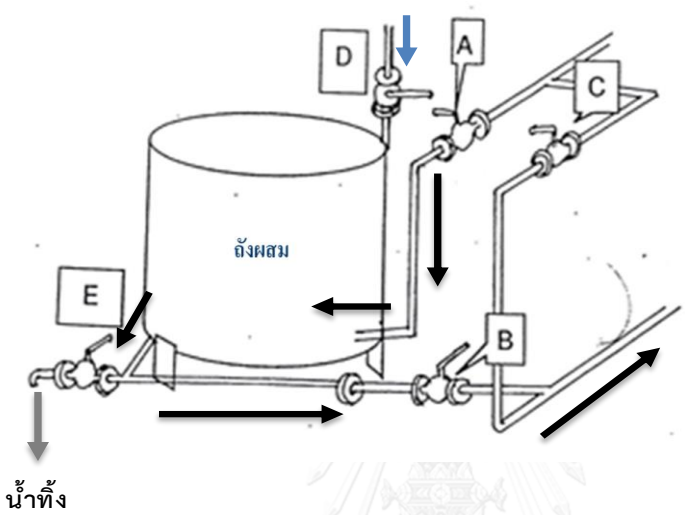
<table>
<tr><td colspan="3">รหัสเอกสาร: LAB-SP-01</td></tr>
<tr><td>วิธีปฏิบัติงานเรื่อง: การใช้เครื่องวัดสี</td><td colspan="2">หน้าที่ 1/1</td></tr>
<tr><td colspan="3">อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง: เครื่องวัดสี, คอมพิวเตอร์, อุปกรณ์ calibration, ชิ้นผ้าที่ต้องการวัดสี, ชิ้นผ้าสีมาตรฐาน</td></tr>
<tr><td>วิธีปฏิบัติงาน</td><td>ผู้รับผิดชอบ</td><td>ผู้ควบคุม</td></tr>
<tr><td>
<u>การเข้าสู่โปรแกรม</u>
1. เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์
2. เปิดเครื่องวัดสี
3. เข้าโปรแกรม Lab QC ที่แสดงที่หน้าจอคอมพิวเตอร์
4. ก่อนจะเข้าถึงโปรแกรมแล้วจะปรากฏคำถามที่ว่า “Do you want to calibrate” (ต้องการปรับเทียบหรือไม่) ให้เลือกตอบ Yes
<u>การ Calibration</u>
5. นำ Zero Calibration Standard ไปใส่ที่ช่องวัดสี แล้วกด OK
6. เปลี่ยน White Calibration ไปใส่ที่ช่องวัดสี แล้วเลือก OK
การวัดสี
7. ทำการวัดสีชิ้นผ้าสีมาตรฐานโดยเลือกที่ปุ่ม Measure Standard
8. นำชิ้นผ้าสีมาตรฐานไปใส่ในช่องวัดสี
9. กรอกชื่อและรหัสของผ้าที่ช่อง Name และ Code ตามลำดับ แล้วกด OK
10. ทำการวัดสีชิ้นผ้าที่ต้องการโดยเลือกที่ปุ่ม Measure Trial
11. นำชิ้นผ้าสีที่ต้องการวัดไปใส่ในช่องวัดสี
12. กรอกชื่อและรหัสที่ Name และ Code ตามลำดับ แล้วกด OK
13. โปรแกรมจะประมวลผลออกเป็นค่า ΔL* ΔC* ΔH* และ ΔE ที่แหล่งกำเนิดแสง D65 โดยได้กำหนดให้ค่า ΔE มากกว่า 0.500 ซึ่งจะมีคำว่า Fail เป็นตัวอักษรสีแดง ขึ้นทางด้านขวามือ ถือว่าเป็นข้อบกพร่องสีไม่เหมือน
14. หากค่า ΔE น้อยกว่า 0.500 ซึ่งจะมีคำว่า Pass เป็นตัวอักษรสีเขียว ขึ้นทางด้านขวามือ ถือว่ามีคุณภาพดี ไม่พบข้อบกพร่อง

<u>Zero Calibration</u> <u>White Calibration</u>
</td><td>พนักงาน
ห้องปฏิบัติการ</td><td>หัวหน้าห้องปฏิบัติการ</td></tr>
</table>

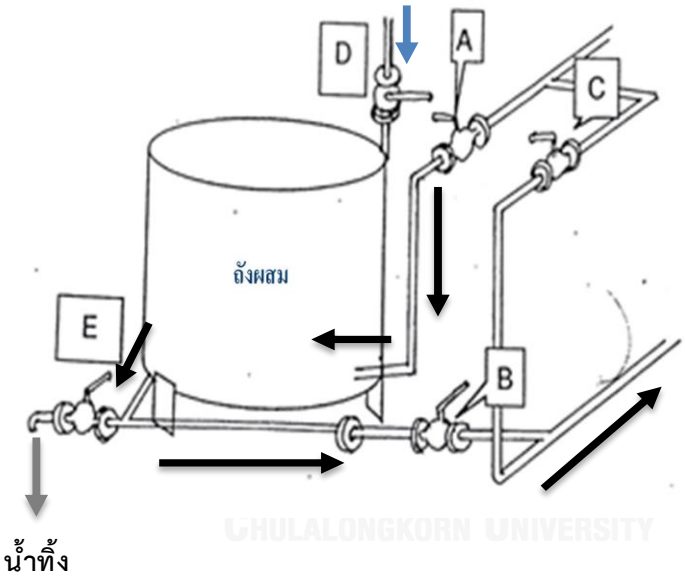
รูปที่ 6ก วิธีปฏิบัติงานการใช้เครื่องวัดสีสำหรับขั้นตอนทดลองย้อม

	รหัสเอกสาร: JET-MI-01	
วิธีปฏิบัติงานเรื่อง: การผสมสารเคมีสำหรับการย้อม	หน้าที่ 1/2	
เอกสารที่เกี่ยวข้อง: ใบรายการชั่งสีและสารเคมี		
วิธีปฏิบัติงาน	ผู้รับผิดชอบ	ผู้ควบคุม
1.รับสีและสารเคมีจากพนักงานชั่งสีและสารเคมีและตรวจสอบความถูกต้องจากใบรายการชั่งสีและสารเคมีที่แปะอยู่ที่ถังสี 2. ตรวจสอบสภาพการทำงานของเครื่องย้อม โดยการสังเกตและการฟัง หากพบว่าเครื่องย้อมมีปัญหาให้ทำการแจ้งหัวหน้างาน 3. ตรวจสอบการวิ่งของผ้าว่าเป็นปกติหรือไม่ผ่านกระจกข้างเครื่องย้อม 4. เติม Acetic Acid ลงไปในถังผสมสีข้างเครื่อง 5. เปิดวาล์ว A รอจนน้ำถึงระดับเส้นที่ทำเครื่องหมายไว้ แล้วปิดวาล์ว A 6. เปิดวาล์ว B และ C รอจนกรดเข้าไปในเครื่องจนหมด และปิดวาล์วทั้ง 2 7. เดินเครื่องทิ้งไว้ 2 นาที 8. เปิดวาล์ว A นำกระดาษลิตมัสวัด pH ของน้ำ โดยน้ำต้องมีค่า pH 4-4.5 หาก pH ของน้ำไม่ได้ตามที่กำหนด ให้ทำการแจ้งหัวหน้าแผนกย้อม เพื่อทำการแก้ไข 9. เติม TD-278 ลงไปในถังผสมสีข้างเครื่อง 10. เปิดวาล์ว A รอจนน้ำถึงระดับเส้นที่ทำเครื่องหมายไว้ แล้วปิดวาล์ว A 11. เปิดวาล์ว B และ C รอจนสารเข้าไปในเครื่องจนหมด และปิดวาล์วทั้ง 2 12. เดินเครื่องทิ้งไว้ 2 นาที 13. เติม Sodium Acetate 14. เปิดวาล์ว A รอจนน้ำถึงระดับเส้นที่ทำเครื่องหมายไว้ แล้วปิดวาล์ว A 15. เปิดวาล์ว B และ C รอจนสารเข้าไปในเครื่องจนหมด และปิดวาล์วทั้ง 2 16. เดินเครื่องทิ้งไว้ 2 นาที 17. กรณีทำการย้อมสีเข้ม เติม V-500 18. เปิดวาล์ว A รอจนน้ำถึงระดับเส้นที่ทำเครื่องหมายไว้ แล้วปิดวาล์ว A 19. เปิดวาล์ว B และ C รอจนสารเข้าไปในเครื่องจนหมด และปิดวาล์วทั้ง 2 วาล์ว 20. เริ่มทำการผสมสีย้อม	พนักงานย้อม	หัวหน้างานย้อม

รูปที่ 7ก วิธีปฏิบัติงานในการผสมสารเคมี

<table>
<tr><td colspan="3">รหัสเอกสาร: JET-MI-01</td></tr>
<tr><td>วิธีปฏิบัติงานเรื่อง: การผสมสารเคมีสำหรับการย้อม</td><td colspan="2">หน้าที่ 2/2</td></tr>
<tr><td colspan="3">เอกสารที่เกี่ยวข้อง: ใบรายการชั่งสีและสารเคมี</td></tr>
<tr><td>วิธี ปฏิ บัติ งาน</td><td>ผู้รับผิดชอบ</td><td>ผู้ควบคุม</td></tr>
<tr><td> 
</td><td>พนักงานย้อม</td><td>หัวหน้างานย้อม</td></tr>
</table>

รูปที่ 7ก วิธีปฏิบัติงานในการผสมสารเคมี (ต่อ)

	รหัสเอกสาร: JET-MI-02	
วิธีปฏิบัติงานเรื่อง: การผสมสีสำหรับการย้อม	หน้าที่ 1/1	
เอกสารที่เกี่ยวข้อง: ใบรายการชั่งสีและสารเคมี		
วิธี ปฏิ บัติ งาน	ผู้รับผิดชอบ	ผู้ควบคุม
1. ใส่สีย้อมที่ละลายไว้แล้วในถังใส่สีลงในถังผสม 2. เปิดวาล์ว D นำน้ำสะอาดกลั้วถังใส่สีลงในถังผสม จนกว่าน้ำจะใส ปิดวาล์ว D 3. เปิดวาล์ว A รอจนน้ำถึงระดับเส้นที่ทำเครื่องหมายไว้ แล้วปิดวาล์ว A 4. เปิดวาล์ว B และ C รอจนสีเข้าไปในเครื่องจนหมด และปิดวาล์วทั้ง 2 5.. เปิดวาล์ว D กลั้วถังผสมสีและล้างถังสีที่ตกค้างอยู่ 6. เปิดวาล์ว B และ C เพื่อนำน้ำเข้าเครื่อง  	พนักงานย้อม	หัวหน้างานย้อม

รูปที่ 8ก วิธีปฏิบัติงานในการผสมสีหลังการปรับปรุง

ภาคผนวก ข
ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 1ข ข้อมูลการผลิตและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการย้อม

ปี/เดือน		ใบสั่งย้อม	ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น	% ข้อบกพร่อง
ปี 2556	ม.ค.	1088	202	**18.57**
	ก.พ.	1039	213	**20.50**
	มี.ค.	1036	209	**20.17**
	เม.ย.	1130	212	**18.76**
	พ.ค.	1153	193	**16.74**
	มิ.ย.	1137	201	**17.68**
	ก.ค.	1001	193	**19.28**
	ส.ค.	1063	208	**19.57**
	ก.ย.	1117	192	**17.19**
	ต.ค.	1106	196	**17.72**
	พ.ย.	1130	208	**18.41**
	ธ.ค.	1093	203	**18.57**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2ข ข้อมูลการผลิตของผ้ามอสเครป

ปี/เดือน		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ปี 2555	ใบสั่งย้อม	290	299	300	283	288	296	295	295	300	286	298	284
	สีไม่เหมือน	46	48	49	48	44	45	48	49	49	47	49	47
	%สีไม่เหมือน	**15.86**	**16.05**	**16.33**	**16.96**	**15.28**	**15.20**	**16.27**	**16.61**	**16.33**	**16.43**	**16.44**	**16.55**
	ด่างคราบสี	17	16	18	17	20	16	17	16	17	16	19	17
	%ด่างคราบสี	**5.86**	**5.35**	**6.00**	**6.01**	**6.94**	**5.41**	**5.76**	**5.42**	**5.67**	**5.59**	**6.38**	**5.99**
ปี/เดือน		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ปี 2556	ใบสั่งย้อม	302	287	293	303	300	300	292	283	297	285	300	300
	สีไม่เหมือน	58	56	58	59	61	59	58	56	59	59	59	60
	%สีไม่เหมือน	**19.21**	**19.51**	**19.80**	**19.47**	**20.33**	**19.67**	**19.86**	**19.79**	**19.87**	**20.70**	**19.67**	**20.00**
	ด่างคราบสี	22	23	24	23	23	22	24	22	24	22	23	22
	%ด่างคราบสี	**7.28**	**8.01**	**8.19**	**7.59**	**7.67**	**7.33**	**8.22**	**7.77**	**8.08**	**7.72**	**7.67**	**7.33**
ปี/เดือน		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ปี 2557	ใบสั่งย้อม	286	297	296	250	268	284	294	284	300	292	283	286
	สีไม่เหมือน	53	54	55	46	50	43	40	36	34	34	30	28
	%สีไม่เหมือน	**18.53**	**18.18**	**18.58**	**18.40**	**18.66**	**15.14**	**13.61**	**12.68**	**11.33**	**11.64**	**10.60**	**9.79**
	ด่างคราบสี	22	22	23	19	21	17	17	17	14	14	13	13
	%ด่างคราบสี	**7.69**	**7.41**	**7.77**	**7.60**	**7.84**	**5.99**	**5.78**	**5.99**	**4.67**	**4.79**	**4.59**	**4.55**

ตารางที่ 3ข ข้อมูลการผลิตของผ้าชีฟอง

ปี/เดือน		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ปี 2555	ใบสั่งย้อม	336	353	352	335	354	337	348	338	331	338	333	347
	สีไม่เหมือน	47	49	49	47	49	47	51	49	47	48	47	49
	%สีไม่เหมือน	**13.99**	**13.88**	**13.92**	**14.03**	**13.84**	**13.95**	**14.66**	**14.50**	**14.20**	**14.20**	**14.11**	**14.12**
	ด่างคราบสี	14	15	18	17	16	17	18	19	18	19	18	18
	%ด่างคราบสี	**4.17**	**4.25**	**5.11**	**5.07**	**4.52**	**5.04**	**5.17**	**5.62**	**5.44**	**5.62**	**5.41**	**5.19**
ปี/เดือน		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ปี 2556	ใบสั่งย้อม	351	342	336	335	354	354	351	342	346	346	351	338
	สีไม่เหมือน	59	56	58	57	59	58	59	57	56	57	58	60
	%สีไม่เหมือน	**16.81**	**16.37**	**17.26**	**17.01**	**16.67**	**16.38**	**16.81**	**16.67**	**16.18**	**16.47**	**16.52**	**17.75**
	ด่างคราบสี	23	22	22	23	22	24	24	22	25	23	23	23
	%ด่างคราบสี	**6.55**	**6.43**	**6.55**	**6.87**	**6.21**	**6.78**	**6.84**	**6.43**	**7.23**	**6.65**	**6.55**	**6.80**
ปี/เดือน		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ปี 2557	ใบสั่งย้อม	363	351	348	300	335	348	331	333	334	340	333	346
	สีไม่เหมือน	59	56	56	48	54	43	33	31	27	27	25	20
	%สีไม่เหมือน	**16.25**	**15.95**	**16.09**	**16.00**	**16.12**	**12.36**	**9.97**	**9.31**	**8.08**	**7.94**	**7.51**	**5.78**
	ด่างคราบสี	24	23	23	20	22	17	16	17	14	14	14	14
	%ด่างคราบสี	**6.61**	**6.55**	**6.61**	**6.67**	**6.57**	**4.89**	**4.83**	**5.11**	**4.19**	**4.12**	**4.20**	**4.05**

ตารางที่ 4ข ค่า ΔE ของตัวอย่างผ้ามอสเครป 100 ตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำในการวัดข้อบกพร่องสีไม่เหมือน

ลำดับที่	เครื่องวัดสี	ค่า ΔE	ลำดับที่	เครื่องวัดสี	ค่า ΔE
1	ผ.	0.751	51	ผ.	0.498
2	มผ.	1.827	52	มผ.	1.566
3	ผ.	0.827	53	ผ.	0.370
4	ผ.	1.049	54	ผ.	0.868
5	ผ.	1.687	55	ผ.	0.615
6	ผ.	1.161	56	ผ.	0.532
7	ผ.	0.853	57	ผ.	0.304
8	มผ.	1.821	58	ผ.	0.935
9	ผ.	0.135	59	มผ.	1.458
10	ผ.	0.492	60	ผ.	0.819
11	ผ.	0.070	61	ผ.	0.748
12	ผ.	0.563	62	ผ.	0.326
13	ผ.	0.443	63	ผ.	0.523
14	ผ.	0.550	64	ผ.	0.544
15	มผ.	1.552	65	ผ.	0.630
16	ผ.	0.129	66	ผ.	0.801
17	ผ.	0.612	67	ผ.	0.738
18	มผ.	1.529	68	ผ.	0.590
19	ผ.	0.802	69	ผ.	0.750
20	ผ.	0.939	70	ผ.	0.773
21	ผ.	0.287	71	มผ.	1.743
22	ผ.	0.289	72	ผ.	0.794
23	ผ.	0.329	73	ผ.	0.821
24	ผ.	0.571	74	ผ.	0.576
25	ผ.	0.921	75	ผ.	0.597
26	ผ.	0.677	76	ผ.	0.114
27	ผ.	0.476	77	ผ.	0.609
28	ผ.	0.804	78	ผ.	0.364
29	ผ.	0.812	79	ผ.	0.422
30	ผ.	0.704	80	ผ.	0.715
31	ผ.	0.301	81	ผ.	0.553
32	ผ.	0.421	82	ผ.	0.527
33	ผ.	0.175	83	ผ.	0.759
34	ผ.	0.728	84	ผ.	0.129
35	ผ.	0.326	85	ผ.	0.475
36	ผ.	0.757	86	ผ.	0.883
37	ผ.	0.676	87	ผ.	0.819
38	ผ.	0.715	88	ผ.	0.802
39	ผ.	0.464	89	ผ.	0.692
40	ผ.	0.728	90	ผ.	0.525
41	ผ.	0.147	91	ผ.	0.714
42	ผ.	0.791	92	ผ.	0.823
43	ผ.	0.491	93	ผ.	0.231
44	ผ.	0.674	94	ผ.	0.178
45	ผ.	0.973	95	ผ.	0.988
46	ผ.	0.708	96	ผ.	0.407
47	ผ.	0.236	97	ผ.	0.035
48	ผ.	0.806	98	ผ.	0.506
49	ผ.	0.706	99	ผ.	0.754
50	ผ.	0.403	100	ผ.	0.859

ตารางที่ 5ข ค่า ΔE ของตัวอย่างผ้าชีฟอง 100 ตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำในการวัดข้อบกพร่องสีไม่เหมือน

ลำดับที่	เครื่องวัดสี	ค่า ΔE	ลำดับที่	เครื่องวัดสี	ค่า ΔE
1	ผ.	0.368	51	ผ.	0.902
2	มผ.	1.533	52	ผ.	0.941
3	ผ.	0.467	53	ผ.	0.647
4	มผ.	1.451	54	ผ.	0.526
5	มผ.	1.682	55	ผ.	0.913
6	ผ.	0.977	56	ผ.	0.432
7	ผ.	0.552	57	ผ.	0.504
8	ผ.	0.477	58	ผ.	0.763
9	ผ.	0.451	59	มผ.	1.495
10	ผ.	0.370	60	มผ.	1.985
11	ผ.	0.776	61	ผ.	0.331
12	ผ.	1.620	62	ผ.	0.678
13	ผ.	0.536	63	ผ.	0.365
14	ผ.	0.982	64	ผ.	0.721
15	ผ.	0.880	65	ผ.	0.751
16	ผ.	0.384	66	ผ.	0.364
17	ผ.	0.245	67	ผ.	0.989
18	ผ.	0.687	68	ผ.	0.681
19	ผ.	0.176	69	ผ.	0.793
20	ผ.	1.065	70	ผ.	0.474
21	ผ.	0.932	71	ผ.	0.721
22	ผ.	0.828	72	ผ.	0.519
23	ผ.	0.654	73	ผ.	0.464
24	ผ.	0.475	74	ผ.	0.152
25	ผ.	0.594	75	ผ.	0.443
26	ผ.	0.456	76	ผ.	0.936
27	ผ.	0.691	77	ผ.	0.575
28	ผ.	0.301	78	ผ.	0.538
29	ผ.	0.715	79	ผ.	0.521
30	ผ.	0.513	80	ผ.	0.284
31	ผ.	0.706	81	ผ.	0.354
32	ผ.	0.606	82	ผ.	0.018
33	ผ.	0.850	83	ผ.	0.658
34	ผ.	0.222	84	ผ.	0.948
35	ผ.	1.453	85	ผ.	0.766
36	ผ.	0.700	86	ผ.	0.517
37	ผ.	0.365	87	ผ.	1.346
38	ผ.	0.464	88	ผ.	1.581
39	ผ.	0.314	89	ผ.	0.537
40	ผ.	0.411	90	ผ.	1.209
41	ผ.	0.798	91	ผ.	1.592
42	มผ.	1.792	92	มผ.	1.871
43	ผ.	0.667	93	ผ.	0.789
44	ผ.	0.549	94	ผ.	0.827
45	ผ.	0.904	95	ผ.	0.219
46	ผ.	0.394	96	ผ.	0.596
47	ผ.	0.859	97	ผ.	0.861
48	ผ.	0.628	98	ผ.	0.195
49	ผ.	0.708	99	ผ.	0.948
50	ผ.	0.696	100	ผ.	0.914

ตารางที่ 6ข ค่า ΔE ที่ใช้ในการพิจารณาค่า Cp_Kก่อนการปรับปรุงและการทดสอบยืนยันผลและ

ค่า ΔE			
ผ้ามอสเครปก่อนการปรับปรุง	การทดสอบยืนยันผล/ผ้ามอสเครป	ผ้าชีฟองก่อนการปรับปรุง	การทดสอบยืนยันผล/ผ้าชีฟอง
1.253	0.698	1.039	0.412
1.155	0.583	1.167	0.532
0.869	0.761	1.145	0.526
0.513	0.674	1.082	0.758
0.661	0.636	0.888	0.535
0.690	0.526	0.825	0.764
0.802	0.588	0.982	0.705
0.487	0.579	1.096	0.505
0.727	0.616	1.146	0.545
0.858	0.596	0.643	0.636
0.920	0.533	0.669	0.562
0.952	0.781	0.844	0.732
0.558	0.576	0.636	0.448
0.762	0.577	0.988	0.407
0.894	0.704	1.073	0.733
0.993	0.614	0.955	0.631
0.541	0.593	0.605	0.557
0.655	0.605	1.193	0.410
0.500	0.665	1.047	0.503
0.888	0.669	0.812	0.725
0.495	0.762	0.701	0.639
0.682	0.734	1.128	0.632
0.557	0.606	0.8	0.605
0.584	0.705	0.824	0.410
0.657	0.709	1.053	0.460
0.653	0.745	0.968	0.625
0.782	0.746	0.768	0.707
0.756	0.698	0.645	0.531
0.787	0.791	0.674	0.410
0.930	0.764	0.616	0.722

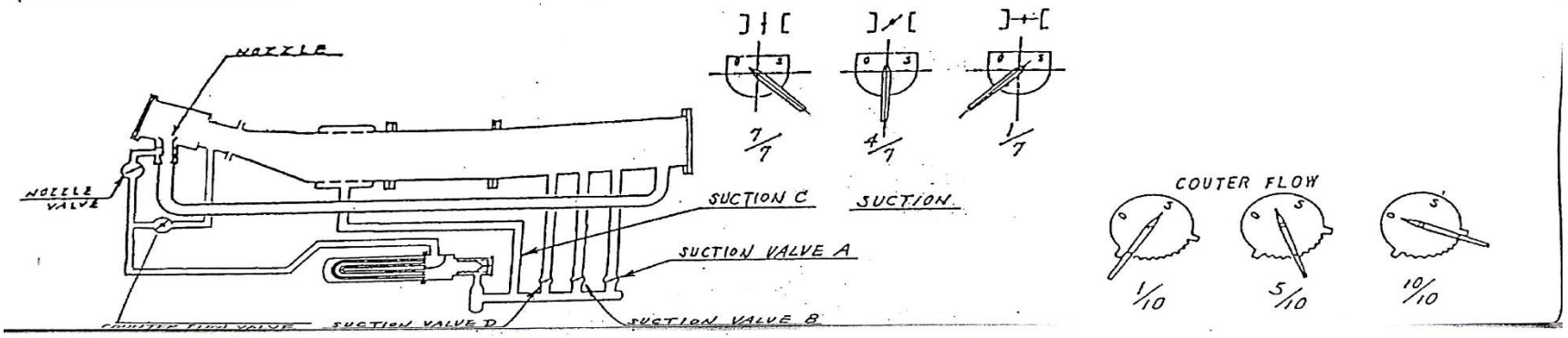
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค
เอกสารอ้างอิงเครื่องย้อม

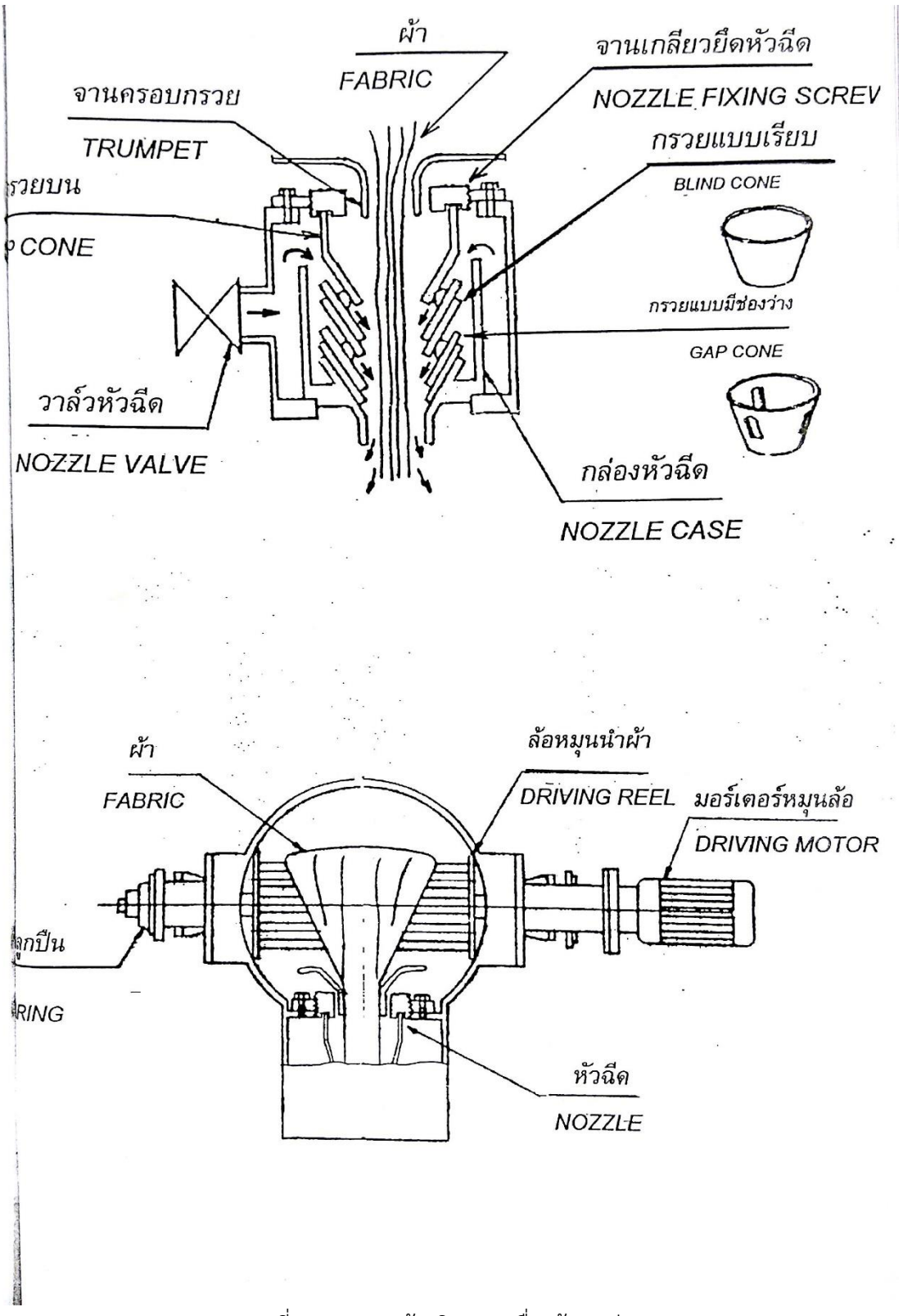
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

CUT RZ OPERATING CONDITIONS

FABRIC WEIGHT น้ำหนักผ้า	ปริมาณน้ำ ลิตร / ท่อ CUT - F	CUT - RZ	GAP CONE กรวยมีช่อง	BLIND CONE กรวยทึบ	TRUMPET จานครอบกรวย	GAP ช่องว่าง	PRESSURE NOZZLE แรงดันภายในกรวย	SUCTION ท่อดูด A	SUCTION ท่อดูด B	SUCTION ท่อดูด D	SUCTION ท่อดูด C
~ 50 g/m	700	900	ϕ70		ϕ50	2 mm	1.5	4/7	4/7	4/7	—
50 ~ 100 g/m	700	900	ϕ70		ϕ70	2 mm	2.0				
100 ~ 200 g/m	800	1000	ϕ70		ϕ70	4 mm	2.0	4/7	4/7	4/7	—
200 ~ 300 g/m	900	1100	ϕ70		ϕ70	4 mm	2.5				
300 ~ 400 g/m	1000	1200	ϕ70		ϕ70	4 mm	2.5	4/7	4/7	4/7	—
400 g/m ~	1000	1200	ϕ90		ϕ90	4 mm	2.0				



รูปที่ 1ค เอกสารอ้างอิงของเครื่องย้อม



รูปที่ 1ค เอกสารอ้างอิงของเครื่องย้อม (ต่อ)

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวสุวพิชญ์ ภวดีธนเศรษฐ์ เกิดเมื่อวันที่ 21 กันยายน พ.ศ. 2532 ที่จังหวัดราชบุรี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ในปีการศึกษา 2554 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2555

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University