การลดของเสียประเภทรูปลักษณ์ภายนอกของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ

นายวรพจน์ รอดรักษา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
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 Graduate School.

APPEARANCE DEFECTIVE REDUCTION IN NONWOVEN PROCESS

Mr. Worapot Rodraksa

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 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การลดของเสียประเภทรูปลักษณ์ภายนอกของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ

โดย นา ยวรพจน์ รอดรักษา

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ

คณะวิ ศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อังศุมาลิน เสนจันทร์ฒิไชย)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.นระเกณฑ์ พุ่มชูศรี)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญวา ธรรมพิทักษ์กุล)

วรพจน์ รอดรักษา : การลดของเสียประเภทรูปลักษณ์ภายนอกของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ . (APPEARANCE DEFECTIVE REDUCTION IN NONWOVEN PROCESS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ, 96 หน้า.

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยฉบับนี้ เพื่อลดของเสียประเภทรูปลักษณ์ภายนอกของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ ซึ่งผู้วิจัยพบว่าของเสียประเภทนี้มักเกิดขึ้นจากกระบวนการปั่นเส้นใย การระดมสมองซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ได้ถูกนำมาใช้เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริง ซึ่งทำให้พบว่ามีพารามิเตอร์ 4 ชนิดในกระบวนการปั่นเส้นใย ได้แก่ แรงดันในห้องปั่นเส้นใย (Cabin Pressure), อุณหภูมิดาย (Die Temperarure), อุณหภูมิลมทำความเย็น (Cooling Pressure) และความเร็วลมดูดเส้นใย (Suction Speed) ที่อาจส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อของเสียประเภทรูปลักษณ์ภายนอก ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการออกแบบเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียล เพื่อคัดกรองปัจจัยและใช้การออกแบบการทดลองแบบพื้นผิวตอบ เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่ทำให้ของเสียดังกล่าวลดลงน้อยที่สุด

ผลของการคัดกรองปัจจัย ผู้วิจัยพบว่ามีเพียง 3 ปัจจัยที่เป็นสาเหตุหลักของปัญหาดังกล่าว และผลจากการออกแบบการทดลองพื้นผิวตอบ ทำให้พบว่าควรกำหนดค่าพารามิเตอร์ของแรงดันในห้องปั่นเส้นใย (Cabin Pressure) ไว้ที่ 2660.60 ปาสคาล (Pascal), กำหนดอุณหภูมิดาย (Die Temperature) ไว้ที่ 219.85 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิลมทำความเย็น (Cooling Pressure) ไว้ที่ 29. 73 องศาเซลเซียส ซึ่งหลังทำการยืนยันผลการทดลองและทำให้พบว่าสามารถลดของเสียประเภทรูปลักษณ์ภายนอกของผลิตภัณฑ์ จากเดิมร้อยละ 1.54 เหลือเพียงร้อยละ 0.90 จากยอดการผลิตทั้งหมด หรือสามารถลดของเสียลงได้ร้อยละ 42

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2555

5371509521 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEER
KEYWORDS : NONWOVEN PROCESS, SPINING MACHINE, APPEARANCE, PARAMETER OPTIMIZATION, BOX-BEHNKEN

WORAPOT RODRAKSA : APPEARANCE DEFECTIVE REDUCTION IN NONWOVEN PROCESS. ADVISOR : ASSOC. PROF. WIPAWEE THARMMAPHORNPHILAS, Ph.D., 96 pp.

The objective of this paper is to reduce defectives due to their appearance in a nonwoven production process. It is found that this type of defect normally occurs at a spinning process. A brainstorming process as well as knowledge from previous works are used to determine root causes, which include 4 parameter settings within a spinning machine - cabin pressure, die temperature, cooling temperature and suction speed. We used 2^{k-1} factorial design to screen parameters and Box-Behnken design to fine-tune the parameters.

The result of 2^{k-1} factorial design, found that only 3 parameter settings are the major causes of the problem. And the result of Box-Behnken design, cooling pressure should be set at 2660.60 Pa, die temperature should be set at 219.85 degree Celsius, and cooling temperature should be set at 29.73 degree Celsius. After implementing this solution in manufacturing, it reduces the appearance defect from 1.54% to 0.90%, which equals to 42% improvement.

Department : Industrial Engineer Student's Signature .....
Field of Study : Industrial Engineer Advisor's Signature .....
Academic Year : 2012

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องด้วยความช่วยเหลือ เสียสละเวลาในการแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งให้ทั้งคำแนะนำ ข้อคิดเห็นต่างๆ ในการนำไปปรับปรุงในงานวิทยานิพนธ์ และรวมถึงการติดตามงานเป็นอย่างดีตลอดระยะเวลาการทำวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยขอถือโอกาสนี้กราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อังศุมาลิน เสนจันทร์ฒิไชย ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.นระเกณฑ์ พุ่มชูศรี และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญวา ธรรมพิทักษ์กุล กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาเสียสละเวลา แนะนำ ตรวจทานแก้ไข ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ถ่ายทอดวิชาความรู้และให้คำแนะนำจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา คุณปู่ -ย่า และครอบครัว ที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจตลอดการทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งขอบคุณสำหรับกำลังใจจากเพื่อนๆพี่ๆน้องๆ และผู้มีส่วนร่วมในงานวิจัยที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ด้วย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญรูป ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับโรงงานกรณีศึกษา 2

1.2 การศึกษาสภาพปัญหาปัจจุบัน 13

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 20

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 21

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย 21

1.6 ผลที่ได้รับ 22

1.7 ประโยชน์ที่ได้รับ 22

1.8 แผนการดำเนินงานวิจัย 22

บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 23

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 23

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 26

บทที่ 3 การระบุสาเหตุของปัญหา 35

3.1 การระบุสาเหตุของปัญหาโดยใช้ข้อมูลในกระบวนการผลิตและ
การระดมสมอง 35

3.2 การระบุสาเหตุของปัญหาโดยศึกษาจากงานวิจัยในอดีต 45

บทที่ 4 การออกแบบการทดลองเพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสม 46

หน้า

4.1 การออกแบบทดลองเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียลสองระดับ (2^{K}Fractional Factorial Design) เพื่อคัดกรองปัจจัยที่มีผล ต่อของเสียจากเส้นใยเส้นใยพันกัน ผ้าเป็นรู และก้อนเรชิ่น 44

4.2 การออกแบบทดลองวิธีการพื้นผิวตอบ (Response Surface Methodology) เพื่อคัดกรองปัจจัยที่มีผล ต่อของเสียจากเส้นใยเส้นใยพันกัน ผ้าเป็นรู และก้อนเรชิ่น 61

บทที่ 5 การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ 74

5.1 การทดลองเพื่อยืนยันผลการทดลอง 74

5.2 สรุปผลการปรับปรุงและพิจารณาผลกระทบของปัจจัยที่นำมาปรับปรุง 76

5.3 การจัดทำแผนการควบคุม 78

5.4 การจัดทำมาตรฐานการผลิต 82

บทที่ 6 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ 83

6.1 สรุปปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ 83

6.2 สรุปสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ 83

6.3 สรุปขั้นตอนการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา 84

6.4 สรุปขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ 85

6.5 ข้อจำกัดในงานวิจัย 86

6.6 ข้อเสนอแนะ 86

รายการอ้างอิง 79

ภาคผนวก 88

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 89

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 หัวข้อการตรวจสอบคุณภาพของผ้าไม่ทอ (บริษัทกรณีศึกษา) 14

1.2 ข้อมูลการผลิตผ้าไม่ทอแยกชนิดวัตถุดิบ (กิโลกรัม) ระหว่างเดือน มกราคม 2555 ถึง เดือน พฤษภาคม 2555 19

1.3 ข้อมูลการผลิตผ้าไม่ทอแยกชนิดวัตถุดิบ (เปอร์เซ็นต์) ระหว่างเดือน มกราคม 2555 ถึง เดือน พฤษภาคม 2555 20

1.4 แผนการดำเนินงานการวิจัย 23

1.5 แสดงแผนการดำเนินงานการวิจัย (ต่อ) 23

2.1 เครื่องหมายบวกและลบสำหรับการออกแบบเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2^3 25

2.2 ผลของคุณสมบัติเชิงกล หลังจากกระบวนการขึ้นรูปผ้าไม่ทอ (Web Forming) 34

3.1 สาเหตุของการเกิดเส้นใยพันกันระหว่างการสปินนิ่ง, วิธีการแก้ไข และจำนวนการเกิดปัญหา 38

3.2 สาเหตุของการเกิดผ้าเป็นรู, วิธีการแก้ไข และจำนวนการเกิดปัญหา 40

3.3 สาเหตุของการเกิดก้อนเรซิ่น, วิธีการแก้ไข และจำนวนการเกิดปัญหา 42

3.4 แนวทางในการแก้ไขปัญหาเส้นใยพันกัน ผ้าเป็นรู และก้อนเรซิ่น 43

3.5 สรุปปัจจัยนำเข้าเพื่อทำการออกแบบการทดลอง 45

4.1 แสดงระดับของปัจจัยสำหรับการออกแบบการทดลองเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียล 50

4.2 การออกแบบการทดลองเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียล จากโปรแกรม Minitab 52

4.3 การกำหนดระดับของปัจจัยสำหรับการออกแบบทดลองเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียล 52

4.4 ผลการทดลอง 2^{4-1} Fractional Factorial Design 57

4.5 ผลการวิเคราะห์เพื่อคัดกรองปัจจัยนำเข้า ที่มีต่อการเกิดเส้นใยพันกัน รู และก้อนเรซิ่น 59

4.6 การออกแบบการทดลองโดยวิธีการพื้นผิวตอบ แบบ Box-Benhken Designs โดยใช้โปรแกรม Minitab 60

4.7 ลำดับการทดลองและค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสมการผลิตผ้าไม่ทอ ที่น้ำหนัก 15 กรัมต่อตารางเมตร 61

4.8 เปอร์เซ็นต์ของเสียจากการเกิดเส้นใยพันกัน ผ้าเป็นรู และผ้ามีก้อนเรซิ่น 64

ตารางที่ หน้า

4.9 ผลการคำนวณและการวิเคราะห์การออกแบบการทดลองพื้นผิวตอบโดยโปรแกรม Minitab 68

5.1 ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมหลังการปรับปรุง 74

5.6 ค่าพารามิเตอร์อื่นๆ ที่ใช้ในการผลิต 74

5.7 ร้อยละของเสียก่อนปรังปรุงพารามิเตอร์ ในระหว่างเดือน เดือน มกราคม พ.ศ. 2555 ถึง เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2555 และหลังปรังปรุงพารามิเตอร์ ระหว่างเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2555 ถึง เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2555 75

5.8 ผลการปรับปรุงค่าของปัจจัย ในการผลิตผ้าไม่ทอชนิด 15 กรัมต่อตารางเมตร 76

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 ส่วนประกอบ Top Sheet และ Side Gather ของผ้าอ้อม ที่ผลิตจากผ้าไม่ทอ 2

1.2 ส่วนประกอบ Back Sheet ของผ้าอ้อม ที่ผลิตจากผ้าไม่ทอ 4

1.3 การผลิตผ้าไม่ทอแบบ Single Beam (ความเร็วในการผลิตสูงสุด 250 เมตรต่อนาที) 5

1.4 การผลิตผ้าไม่ทอแบบ Double Beam (ความเร็วในการผลิตสูงสุด 450 เมตรต่อนาที) 5

1.5 การผลิตผ้าไม่ทอแบบ Three Beam (ความเร็วในการผลิตสูงสุด 800 เมตรต่อนาที) 5

1.6 กระบวนการผลิตแบ่งตามลักษณะสถานะของเส้นใย ใน 1 บีม (Beam) 6

1.7 ระบบการผลิต ผ้าไม่ทอ (Reicofil Spunbonding System) โดยละเอียด 7

1.8 ม้วนผ้าผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ที่ได้หลังจากการผลิตรอการตัดแบ่ง 10

1.9 Lay Out การตัดผ้า (Side View) 11

1.10 ชุดใบมีดตัด ผ้าให้ได้ตามขนาดหน้ากว้างที่ลูกค้าต้องการ 11

1.11 ชิ้นงานออกมาจากเครื่องตัด (Slitter) 12

1.12 ผลิตภัณฑ์หลังการตัด 12

1.13 แผนภูมิเปรียบเทียบของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ และกระบวนการตัดให้ได้ขนาด 13

1.14 แผนภูมิเปรียบเทียบของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ ระหว่างเดือน มกราคม 2555 ถึง เดือน พฤษภาคม 2555 16

1.15 แผนภูมิพาเรโตเปรียบเทียบของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ ระหว่างเดือน มกราคม 2555 ถึง เดือน พฤษภาคม 2555 17

1.16 แผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณการผลิตผ้าไม่ทอ ระหว่างเดือน มกราคม 2555 ถึง เดือน พฤษภาคม 2555 18

1.17 แผนภูมิเปรียบเทียบของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ ระหว่างเดือน มกราคม 2555 ถึง เดือน พฤษภาคม 2555 18

2.1 พื้นผิวตอบสามมิติ และกราฟเส้นโครงร่างของพื้นผิวตอบ 26

รูปที่ หน้า

2.2 วิธีการอย่างมีลำดับขั้นขอการวิเคราะห์พื้นผิวตอบ 28

2.3 การเกิด Cohesive Failure 30

2.4 การเกิด Capillary Wave Break 30

2.5 แสดงกระบวนการสปินนิ่ง (Spinning) ในกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ 31

บทที่ 1

บทนำ

อุตสาหกรรมการผลิตผ้านอนวูฟเวน (Nonwoven) หรือผ้าไม่ทอ จัดอยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมเส้นใยซึ่งมีลักษณะการใช้งานที่ค่อนข้างหลากหลาย และมีอัตราการเติบโตอย่างต่อเนื่อง ผ้าไม่ทอเริ่มพัฒนาอย่างจริงจังในช่วงทศวรรษที่ 1960 ประเทศไทยนำผ้าไม่ทอมาใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2503 ปัจจุบันปริมาณการใช้งานมีแนวโน้มว่าจะใช้เพิ่มมากยิ่งขึ้น เพราะตัดเย็บง่าย ราคาถูก คงรูปดี และนอกจากนี้การขาดแคลนใยธรรมชาติ การพัฒนาเส้นใยสังเคราะห์ก้าวหน้ามากจึงนำไปสู่การผลิตผ้าไม่ทอจึงเพิ่มมากยิ่งขึ้นตามลำดับ

สัดส่วนการใช้ผ้าไม่ทอของโลก จากข้อมูล ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านสิ่งทอ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (www.nstda.or.th) การใช้ผ้าไม่ทอโดยส่วนใหญ่จะอยู่ในกลุ่มสุขอนามัยถึง 42% รองลงมาคือกลุ่มของผ้าเช็ดทำความสะอาด (Wipes) 13%, อื่นๆ (Other) 12%, กลุ่มงานวิศวกรรมโยธา (Civil Engineer) 7%, เบาะผ้าลินิน / ที่พัก (Upholstery/Bed linen) 6%, ระบบกรอง (Filtration) 5%, งานหุ้มพื้น (Floor Covering) 4%, ยา (Medical) 3%, ห่อหุ้มภายใน(Interlining) 3%, รองเท้า/ หนัง (Footwear/Leather) 3%, เสื้อผ้า (Garment) 1%, งานเคลือบพื้นผิว Coating Substrate 1% ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า เกือบครึ่งของการใช้ผ้าไม่ทอจัดอยู่ในกลุ่มของสุขอนามัย

ความต้องการในตลาดโลกสำหรับผ้าไม่ทอ มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี สาเหตุหลักอาจเนื่องจากต้นทุนของผลิตภัณฑ์ที่ต่ำ สามารถซื้อใช้แล้วทิ้งได้ รวมทั้งการพัฒนาประสิทธิภาพของผ้าที่ให้ความแข็งแรงเพิ่มสูงขึ้น มีความหลากหลายในด้านของคุณสมบัติ หากมองถึงตลาดของผ้าไม่ทอในกลุ่มสุขอนามัย ก็ยังพบว่ามีแนวโน้มในการใช้เพิ่มสูงขึ้นเช่นเดียวกัน โดยพบว่าในประเทศไทย มาเลเซีย อินโดนีเซีย และ สิงค์โปร์ มีความต้องการใช้ผ้าอ้อมเด็ก ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 จนถึงปี พ.ศ. 2559 โดยปี พ.ศ. 2559 เป็นค่าพยากรณ์ สูงขึ้น 31% ในขณะที่ผ้าอ้อมสำหรับผู้ใหญ่ มีความต้องการในช่วงเดียวกัน เพิ่มสูงถึง 82%

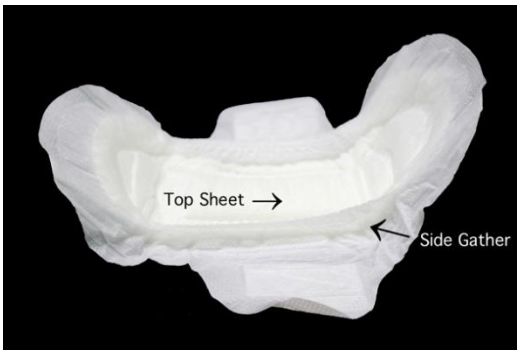
1.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษาเป็นบริษัทผ้าไม่ทอสำหรับเป็นวัตถุดิบในกลุ่มผลิตภัณฑ์สินค้าจำพวกสุขอนามัย เช่นผ้าอ้อม ผ้าอนามัย เป็นต้น ซึ่งลูกค้ากลุ่มหลัก กว่า 90 เปอร์เซ็นต์ เป็นลูกค้าที่ดำเนินการผลิตผ้าอ้อมเป็นหลัก ดังนั้นแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของบริษัท จึงมุ่งเน้นไปที่ผ้าไม่ทอสำหรับผลิตภัณฑ์ผ้าอ้อม บริษัทได้ดำเนินกิจการมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 ด้วยทุนจดทะเบียน 300 ล้านบาท รูปแบบการผลิตเป็นการผลิตตามคำสั่งซื้อของลูกค้า (Make to order)

ส่วนประกอบหลักของผ้าอ้อมซึ่งใช้ผ้าไม่ทอเป็นวัตถุดิบที่ทางบริษัทเป็นผู้ผลิตเพื่อส่งให้กับบริษัทลูกค้าได้แก่

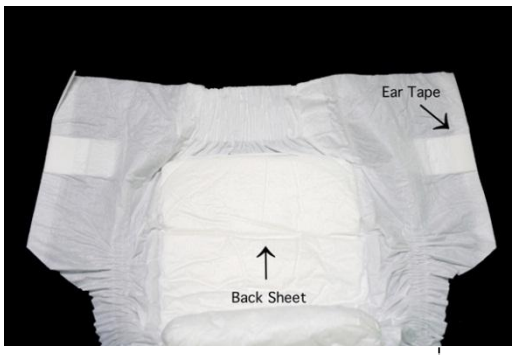
ก. Top Sheet (รูปที่ 1.1) เป็นส่วนของผ้าที่สัมผัสกับผิวก้น ของเด็กเมื่อทำการสวมใส่ ซึ่งจะต้องมีคุณสมบัติที่นุ่ม คงรูป

ข. Side Gather หรือขอบขา (รูปที่ 1.1) ต้องมีคุณสมบัติที่นุ่ม ยืดหยุ่น ได้ดี เนื่องจากจะถูกประกอบเข้ากับ ยางยืดเพื่อรัดขาเด็ก



รูปที่ 1.1 ส่วนประกอบ Top Sheet และ Side Gather ของผ้าอ้อม ที่ผลิตจากผ้าไม่ทอ
ที่มา: ข้อมูลการขายผลิตภัณฑ์ของบริษัทกรณีศึกษา

ค. Back Sheet (รูปที่ 1.2) เป็นส่วนที่อยู่ด้านนอกของผ้า บริเวณก้นเด็กเมื่อทำการสวมใส่ ซึ่งจะต้องมีคุณสมบัติคงทนต่อการเสียดสี สูงกว่าส่วนอื่นๆ



รูปที่ 1.2 ส่วนประกอบ Back Sheet ของผ้าอ้อม ที่ผลิตจากผ้าไม่ทอ

ที่มา: ข้อมูลการขายผลิตภัณฑ์ของบริษัทกรณีศึกษา

ด้วยผลิตภัณฑ์ของบริษัทซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตสินค้าในกลุ่มผลิตภัณฑ์เพื่อการบริโภค (Consumer Product) ทำให้ความต้องการใช้สินค้ามีปริมาณสูงขึ้นทุกปีอย่างต่อเนื่องตามจำนวนประชากร ทำให้ในปัจจุบัน บริษัทไม่สามารถตอบสนองการสั่งซื้อสินค้าได้อย่างทั่วถึง จำเป็นต้องยกเลิกคำสั่งซื้อในบางรายการจากลูกค้ากลุ่มรอง คงเหลือไว้เพียงลูกค้ากลุ่มหลัก หรือกลุ่มใหญ่ ทำให้บางครั้งบริษัทสูญเสียโอกาสในการทำกำไร ซึ่งสาเหตุส่วนหนึ่งเกิดจากความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

1.1.1 ผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษา เป็นผ้าไม่ทอ โดยสามารถแบ่งจำพวกได้ตามน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ต่อหน่วยตารางพื้นที่ โดยใช้หน่วยของเป็นกรัมต่อตารางเมตร สามารถจำแนกน้ำหนักได้ดังนี้

1) 13 กรัมต่อตารางเมตร
2) 15 กรัมต่อตารางเมตร
3) 17 กรัมต่อตารางเมตร
4) 19 กรัมต่อตารางเมตร

1.1.2 ชนิดของพลาสติกที่ใช้เป็นวัตถุดิบ

พลาสติกที่ใช้เป็นวัตถุดิบในโรงงานกรณีศึกษาเป็นชนิดพอลิโพรพิวลีน (Poly Propylene)

1.1.3 กระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ ของโรงงานกรณีศึกษา เป็นกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง แต่สามารถแบ่งขั้นตอนการผลิตหลักเป็นสองส่วน เพื่อให้ง่ายต่อการเก็บข้อมูลการผลิต ได้แก่

ก. ส่วนการผลิตผ้าไม่ทอ

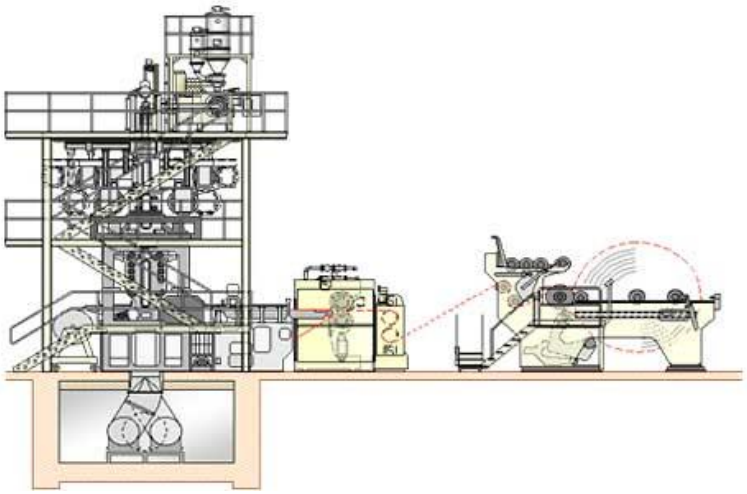
ส่วนของการผลิตผ้า เป็นกระบวนการเปลี่ยนวัตถุดิบจากพลาสติก ชนิดพอลิโพรพิวลีน เป็นเส้นใย และและเปลี่ยนแปลงลักษณะเป็นผืนผ้า ซึ่งผลผลิตที่ได้จะได้ผ้าไม่ทอ ขนาดความยาว 80,000 ถึง 120,000 เมตร หน้ากว้าง 4.25 เมตร โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 3 - 4 เมตร ขึ้นอยู่กับความยาวที่ผลิตและความหนาของผ้า โรงงานกรณีศึกษาใช้กระบวนผลิตโดยวิธีสปันบอนด์ (Spun bond) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. กระบวนการตรวจรับวัตถุดิบ เป็นขั้นตอนการตรวจรับวัตถุดิบที่นำเข้าสู่โรงงาน อ้างอิงการรับโดยใช้ ผลการตรวจสอบจาก บริษัทผู้ส่งสินค้าหรือวัตถุดิบนั้นๆ ได้แก่ เม็ดพลาสติก, เม็ดสี, สารเติมแต่ง แล้วจึงนำเข้าเก็บในคลังจัดเก็บวัตถุดิบ หรือรอคำสั่งผลิตต่อไป การจัดเก็บจะจัดเก็บในรูปแบบถุงจัดเก็บขนาด 1 ตันสำหรับวัตถุดิบหลัก และถุงขนาด 25 กิโลกรัมสำหรับ เม็ดสีและสารเติมแต่ง

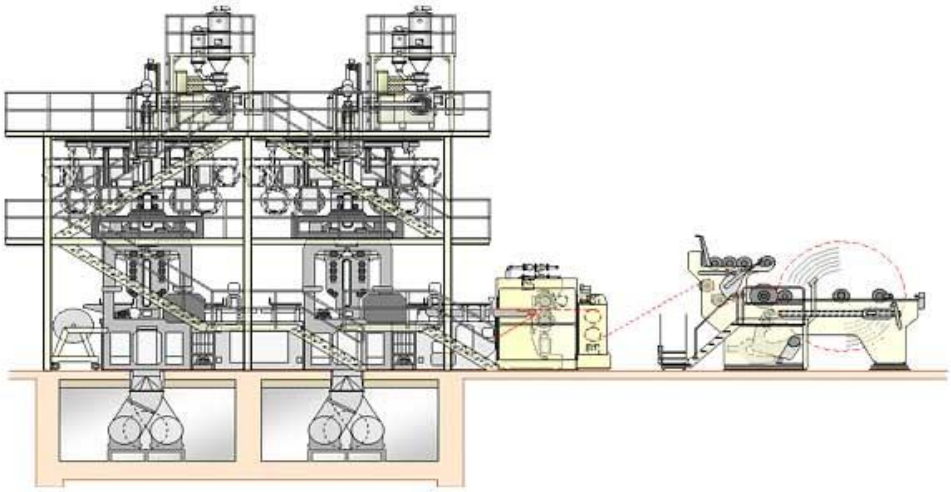
2. กระบวนการโหลดวัตถุดิบหลักเข้าสู่ไลน์การผลิต เป็นขั้นตอนการนำวัตถุดิบ เข้าสู่กระบวนการผลิต โดยวัตถุดิบที่เป็นวัตถุดิบหลักหรือพอลิโพรพิวลีนจะถูกนำไปเทเข้าสู่ไซโล เนื่องจากการนำส่งเข้าผลิตจะใช้ระบบดูดจากไซโล เป็นหลัก สำหรับเม็ดสี และสารเติมแต่งจะถูกเทเข้าไปพักในฮอปเปอร์(Hopper) เนื่องจากสัดส่วนการใช้มีปริมาณน้อยกว่าเม็ดพลาสติกพอลิโพรพิวลีน

3. กระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ สามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

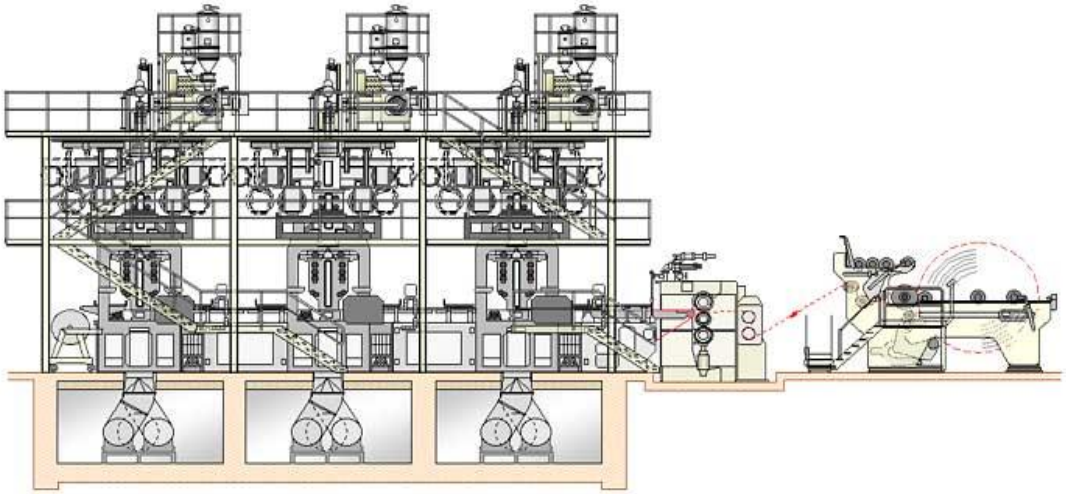
ในกระบวนการผลิตสปันบอนด์โดยทั่วไป การโรยตัวของเส้นใยลงบนสายพาน หรือสปินเบล (Spin Belt) อาจได้ปริมาณความหนาของผ้า หรือน้ำหนักต่อตารางหน่วยที่ไม่สูงมากนัก หรืออาจจะต้องลดความเร็วรอบของสายพานลง เพื่อให้ความหนาของเส้นใยเพิ่มขึ้น โดยจะต้องไม่ลดปริมาณของเส้นใย ที่ผ่านกระบวนการเอ็กทรูชั่นลงมา ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้ ยอดการผลิตลดลง การแก้ไขโดยทั่วไปมักจะเพิ่มชั้นของการสปันบอนด์ เข้าไปในกระบวนการ ในการผลิตให้ได้เส้นใยหนึ่งชั้น จะใช้หนึ่งบีม (Beam) ทำการผลิต ตามรูปที่ 1.3 การใช้สปันบอนด์ สองชั้น (Spunbond-Spunbond) หรือเรียกโดยย่อว่า SS ตามรูปที่ 1.4 การใช้ สปันบอนด์ สามชั้น (Spunbond-Spunbond-Spunbond) หรือเรียกโดยย่อว่า SSS ตามรูปที่ 1.5



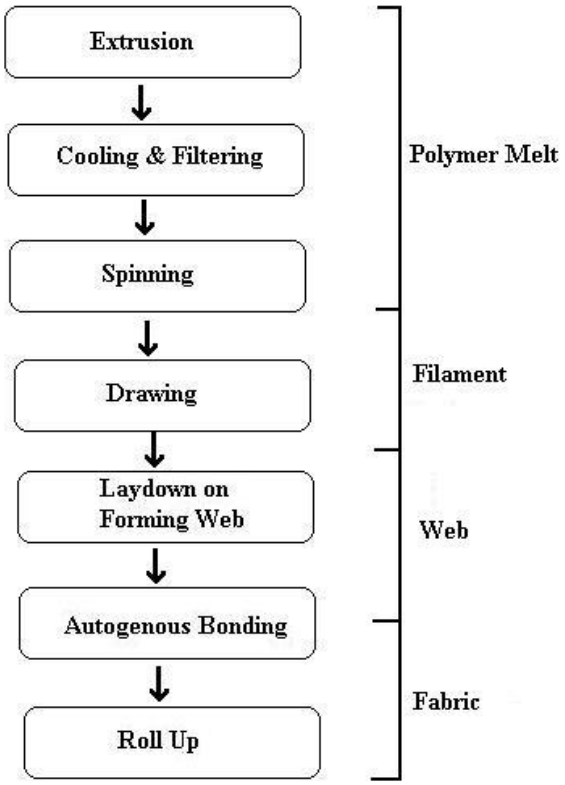
รูปที่ 1.3 การผลิตผ้าไม่ทอแบบ Single Beam (ความเร็วในการผลิตสูงสุด 250 เมตรต่อนาที)



รูปที่ 1.4 การผลิตผ้าไม่ทอแบบ Double Beam (ความเร็วในการผลิตสูงสุด 450 เมตรต่อนาที)



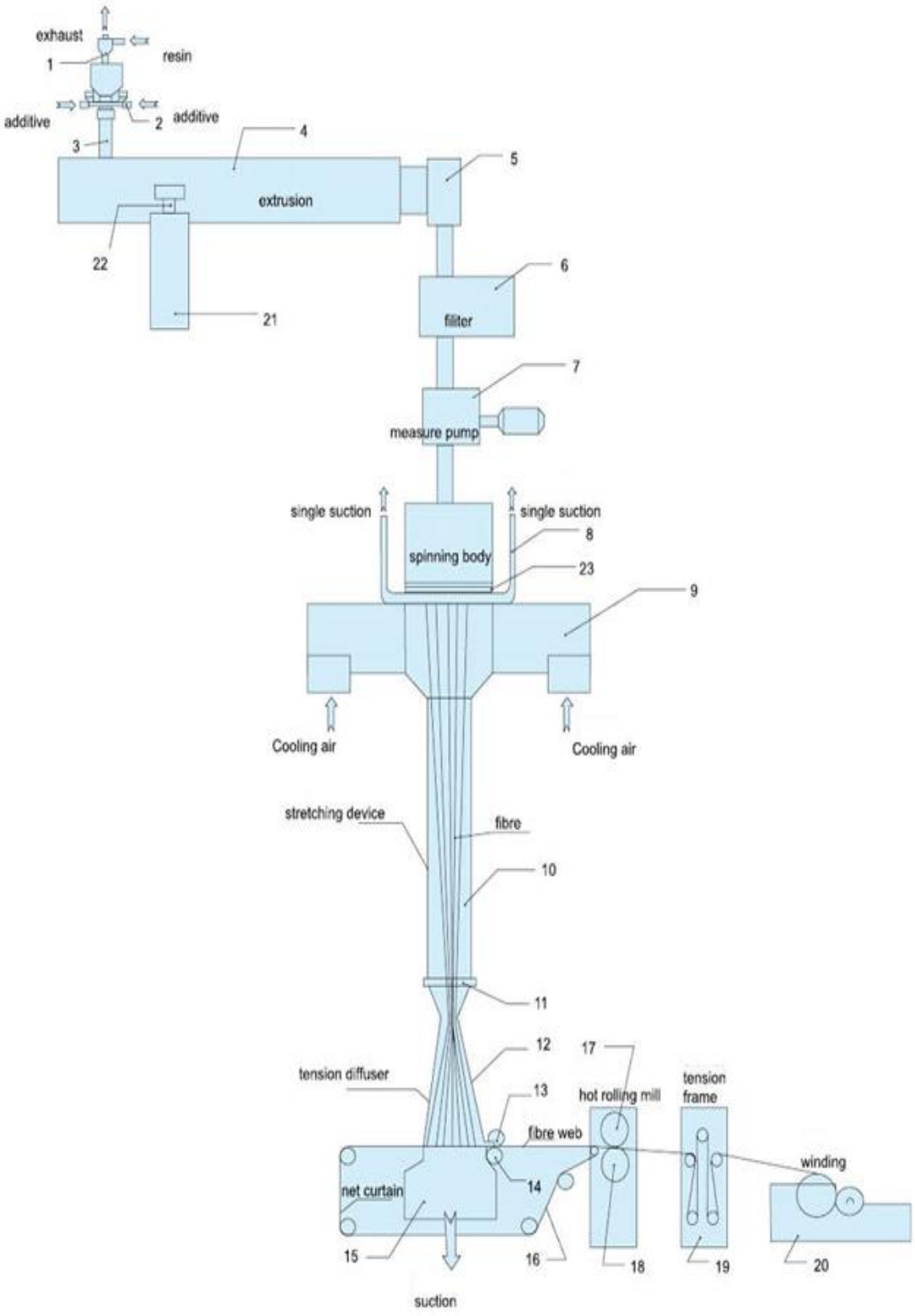
รูปที่ 1.5 การผลิตผ้าไม่ทอแบบ Three Beam (ความเร็วในการผลิตสูงสุด 800 เมตรต่อนาที)



รูปที่ 1.6 กระบวนการผลิตแบ่งตามลักษณะสถานะของเส้นใย ใน 1 บีม (Beam)
ที่มา: ข้อมูลการผลิตผลิตภัณฑ์ของบริษัทกรณีศึกษา

จากรูปที่ 1.6 แสดง กระบวนการผลิตโดยย่อ ซึ่งแบ่งออกตามสภาวะของผ้าทอ และแบ่งออกตามชื่อกระบวนการนั้นๆ และกระบวนการผลิตอย่างละเอียดจะแสดงไว้ดังรูปที่ 1.7 ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังนี้

กระบวนการที่ 1-4 และ 20-22 เรียกรวมกันว่า กระบวนการ Extrusion
กระบวนการที่ 5-7 เรียกรวมกันว่า กระบวนการ Cooling & Filtering
กระบวนการที่ 8-9 เรียกรวมกันว่า กระบวนการ Spinning
กระบวนการที่ 10 เรียกรวมกันว่า กระบวนการ Drawing
กระบวนการที่ 11-15 เรียกรวมกันว่า กระบวนการ Laydown on forming web
กระบวนการที่ 16-17 เรียกรวมกันว่า กระบวนการ Autogenous Bonding
กระบวนการที่ 18-19 เรียกรวมกันว่า กระบวนการ Roll up



รูปที่ 1.7 ระบบการผลิต ผ้าไม่ทอ (Reicofil Spunbonding System) โดยละเอียด

ที่มา: ข้อมูลการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา

1) เม็ดพลาสติกจะถูกดูดเข้าสู่ ชุด Dosing Unit จนเต็ม ระบบจะสั่งตัดการดูดเม็ด และจะดูดอีกครั้งเมื่อเม็ดพลาสติกถูกใช้จนลดลงในระดับที่ได้กำหนดไว้ ระบบจะสั่งให้ดูดอีกครั้ง โดยอัตโนมัติ ซึ่งเม็ดพลาสติกจะค่อยๆไหลลงสู่ Feed Zone ของ Extruder โดยอาศัยแรงโน้มถ่วง

2) สารเติมแต่งจะถูกเติมเข้าสู่ Extruder โดยอาศัยสกรูขับ เพื่อควบคุมสัดส่วนของสารเติมแต่งให้มีปริมาณคงที่ อัตราการหมุนของสกรู จะเป็นตัวควบคุมปริมาณการสารเติมแต่ง

3) Feed Zone เป็นทางส่งเม็ดพลาสติกเข้าสู่ Extruder ซึ่งจะต้องควบคุมอุณหภูมิไม่ให้สูงจนเกินไป เพื่อป้องกันไม่ให้ เม็ดพลาสติกหลอมเหลวก่อน ซึ่งอาจทำให้เกิดการอุดตันของ Extruder ในระหว่างการผลิตได้

4) กระบวนการ Extrusion หรือการหลอมเม็ดพลาสติก รวมเข้ากับสารเติมแต่งต่างๆ กระบวนการนี้จะประกอบไปด้วยการ Extruder ซึ่งทำหน้าที่หลอมเหลว โดยให้ความร้อนพร้อมทั้งการบีบอัด

5) Beaker Plate เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนการไหลของ พลาสติกหลังจากการหลอมเหลวในชุดของสกรูเอ็กทรูเดอร์ จาก Turbulent Flow เป็น Laminar Flow

6) Filter ทำหน้าที่คอมกรองสิ่งสกปรก ที่มาพร้อมกับเม็ดพลาสติกวัตถุดิบ หรือสิ่งสกปรกที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการ Extrusion เช่น เศษขยะ, โค้ก เป็นต้น

7) Measure Pump ทำหน้าที่ในการควบคุมปริมาณของพลาสติกหลอมเหลว ให้ไหลออกสู่ ดาย อย่างคงที่ เนื่องจากกระบวนการ Extrusion ปริมาณของพลาสติกเหลวที่ออกมาจะไหลด้วยอัตราที่ไม่คงที่

8) หลังจากนั้นเม็ดพลาสติกจะเปลี่ยนเป็นของเหลว (Melt) และจะถูกส่งเข้าสู่ดาย ซึ่งมีลักษณะเป็นรูพรุนขนาดเล็กจำนวนมาก เพื่อให้เรซิ่นหลอมเหลวนั้นเปลี่ยนรูปร่างเป็นเส้น หลังจากผ่านดายออกมา จะเกิดไอของพลาสติก หรือ มอนอเมอร์ ซึ่งจะไปรบกวนการ Spinning ในระบบ ดังนั้น วิธีการกำจัดคือการดูดออก โดยใช้ Single Suction (Monomer Exhaust)

9) Cooling Chamber เป็นกระบวนการให้ลมเย็นแก่เส้นใยพอลิเมอร์ที่ไหลออกจากหน้าดาย เพื่อให้เส้นใยเย็นตัวและเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง

10) Stretching Device ทำหน้าที่เป็นห้อง เพื่อให้เส้นใยไหลผ่าน ในขณะที่เส้นใยถูกดึงลงสู่สายพานรองรับ เส้นใยจะถูกยืดออก เพื่อสร้างความแข็งแรงให้แก่เส้นใย

11) Air Gap เป็นช่อง เพื่อให้ลมผ่านเข้าสู่ ห้อง Diffusor รวมทั้งมีผลต่อปริมาณลมในระบบ Cooling Chamber และ Stretching Device อีกด้วย

12) Diffusor สามารถปรับรูปร่างได้เพื่อให้การโปรยเส้นใยลงบนสายพานเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งจะมีผลต่อคุณสมบัติ ด้านการซึมผ่านของน้ำ ของอากาศ คุณสมบัติทางกล รวมทั้ง Uniformity ของผ้าอีกด้วย

13) Ironing Roll เป็น Roller ร้อน คอยรีดเส้นใยที่ตกลงบน สายพานให้เรียบ

14) Support Roll รองรับสายพานและรับกับ Ironing Roll เพื่อให้ผ้าแนบเข้ากับ Ironing Roll รวมทั้ง คอยกักลมในระบบ เนื่องจากลมมีผลต่อการ Form ตัวของเส้นใยลงบนสายพานเป็นอย่างมาก

15) Suction ทำหน้าที่ดูดเส้นใยให้ form ลงบนสายพาน

16) สายพาน (Spin Belt) เป็นตัวรองรับการโปรยเส้นใย เพื่อให้เกิดผืนผ้า

17) Emboss Roll ทำให้ผ้าเกิดการยึดติดกัน โดยการหลอมเส้นใย ซึ่ง Roller นี้จะมีลาย ต่างๆ เพื่อให้เกิดแรงกด ลงบนผืนผ้า

18) Swimming Roll เป็น Roll ที่คอยรับผ้า ให้ Emboss แนบเข้ากับผ้า

19) Tension Frame ทำหน้าดึงยืดผ้า เพื่อเพิ่มความแข็งแรงในแนว Machine (MD)

20) Winding ทำหน้าที่ม้วนเก็บผ้า ที่ผ่านกระบวนการผลิตแล้ว

21) CO-Extruder เป็น Extruder ที่คอยหลอมเม็ดพลาสติกที่ผ่านกระบวนการ Recycle แล้วนำกลับมาใช้ใหม่ โดยทั่วไปจะกำหนดปริมาณการใช้ อยู่ที่ 0-30%

22) จุดต่อเข้ากับ Main Extruder

23) Spinneret ลักษณะเป็นรูพรุนขนาดเล็กจำนวนมาก เพื่อให้เรซิ่นหลอมเหลวนั้นเปลี่ยนรูปร่างเป็นเส้นหลังจากผ่านดายออกมา

ข. ส่วนของการตัดแบ่งให้ได้ขนาดตามที่ลูกค้าต้องการ(Slitter)

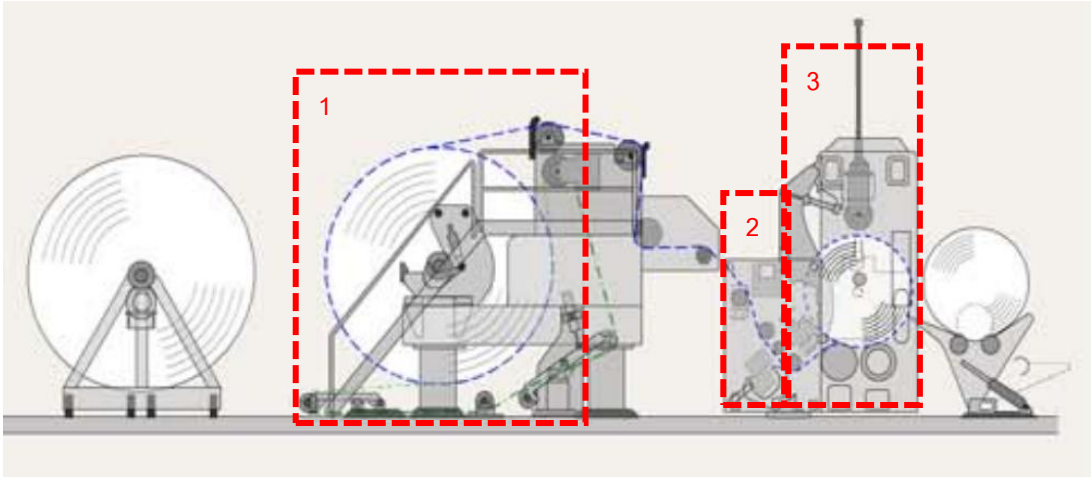
ส่วนของการตัดแบ่งผ้าให้ได้ขนาด เป็นการตัดแบ่งผ้าจากม้วนผ้าขนาดใหญ่ที่ได้ในกระบวนการ ผลิตผ้า ให้มีขนาดเล็กลง เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้ของลูกค้าและง่ายต่อการขนส่งผลิตภัณฑ์พร้อมส่งมอบ จะมีความยาวตั้งแต่ 6,000 – 12,000 เมตร และหน้ากว้าง 100 – 500 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 600 – 1000 มิลลิเมตร ตามแผนการสั่งซื้อจากทางลูกค้า

การตัดแบ่งม้วนผ้าขนาดใหญ่แต่ละม้วนเรียกว่ามาเทอร์โรล (Mother Roll) ดูรูปที่ 1.8 ที่ได้จากกระบวนขึ้นรูปเป็นผ้า (Web Forming) ให้มีขนาดหน้ากว้างและความยาวออก เป็นระยะที่ลูกค้าต้องการนำไปใช้ โดยม้วนผ้าจะถูกนำเข้าเครื่องตัด ตามรูปที่ 1.9 ส่วนที่ 1 เรียกว่าอันไวน์เดอร์ (Unwinder) ทำหน้าที่คลี่ผ้าออกจากม้วนเพื่อเข้ากระบวนการตัด ส่วนที่ 2 เรียกว่าชุดใบมีด

ตัด (Slitter Group) ทำหน้าที่ตัดผ้าให้ได้ขนาดตามหน้ากว้างที่ทำการปรับใบมีดไว้ (ดูรูปชุดใบมีดตัดตามรูปที่ 1.10) ส่วนที่ 3 เรียกว่า รีไวน์เดอร์ (Rewinder) ทำหน้าที่ม้วนเก็บผ้าหลังจากการตัดแล้ว ตามระยะที่ได้กำหนดไว้ รูปที่ 1.11 ผลิตภัณฑ์ที่ถูกม้วนเก็บจะเห็นรอยตัด เมื่อออกจากเครื่องตัด จะได้ม้วนตามรูปที่ 1.12 ม้วนผ้าแต่ละม้วนหลังจากตัดแล้ว จะเรียกว่า สลิตโรล (Slit Roll) หรือ เบบี้โรล (Baby Roll)

รูปที่ 1.8 ม้วนผ้าผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ที่ได้หลังจากการผลิตรอการตัดแบ่ง

ที่มา: ข้อมูลกระบวนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา



รูปที่ 1.9 Lay Out การตัดผ้า (Side View)

ที่มา: ข้อมูลการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา

รูปที่ 1.10 ชุดใบมีดตัด ผ้าให้ได้ตามขนาดหน้ากว้างที่ลูกค้าต้องการ

ที่มา: ข้อมูลกระบวนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา

รูปที่ 1.11 ชิ้นงานออกมาจากเครื่องตัด (Slitter)

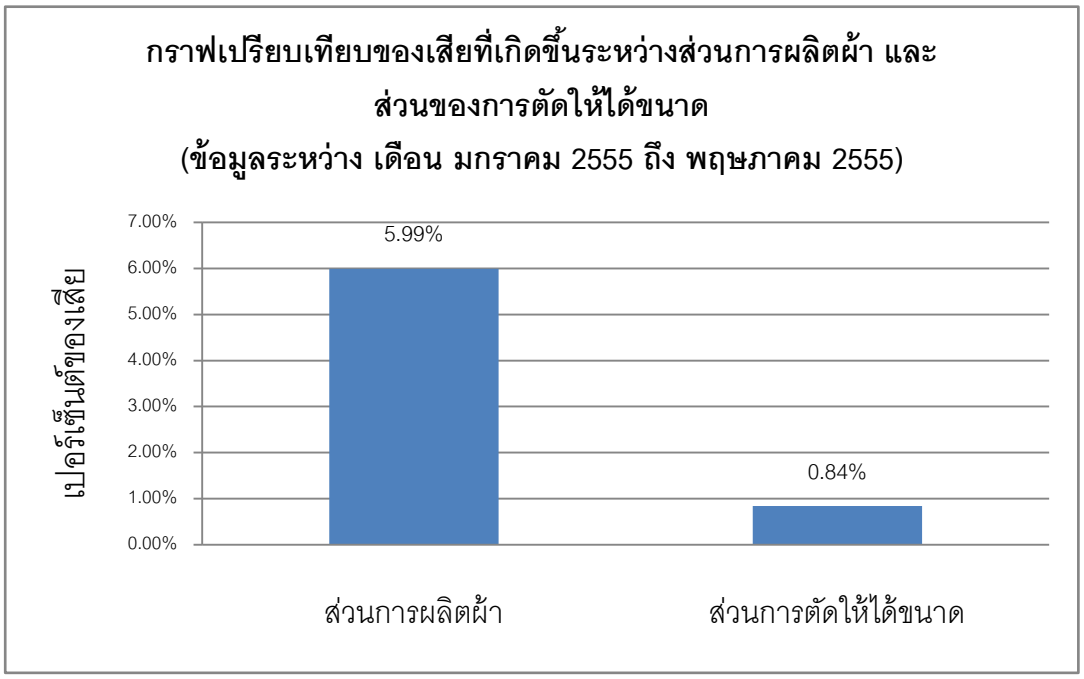
ที่มา: ข้อมูลกระบวนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา

รูปที่ 1.12 ผลิตภัณฑ์หลังการตัด

ที่มา: ข้อมูลกระบวนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา

1.2 การศึกษาสภาพปัญหาปัจจุบัน

เนื่องจากกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอสามารถแบ่งออกเป็นสองส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนของการผลิตผ้า และส่วนของการตัดให้ได้ขนาดดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้รวบรวมข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้น เปรียบเทียบระหว่างสองกระบวนการดังแสดงในรูปที่ 1.13



รูปที่ 1.13 แผนภูมิเปรียบเทียบของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ และกระบวนการตัดให้ได้ขนาด

ที่มา: ข้อมูลกระบวนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา

จากรูปที่ 1.13 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างของเสียที่เกิดขึ้นระหว่างสองกระบวนการ พบว่าเกิดของเสียจากกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ คิดเป็น 5.99% ส่วนของเสียที่เกิดจากกระบวนการ ตัด (Slitter) เกิดขึ้นเพียง 0.84% ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เลือกศึกษา การปรับปรุงกระบวนการผลิตผ้า เนื่องจากเกิดของเสียสูงกว่ากระบวนการตัดอย่างชัดเจน

การตรวจสอบคุณภาพของสินค้า สามารถแบ่งเป็นสองประเภทเช่นกัน คือ ด้านคุณสมบัติของผ้า เช่น ความนุ่ม ความทนต่อแรงดึง ความยืดหยุ่น ความทนต่อการซึมผ่านของน้ำ ความทนต่อการขัดถู เป็นต้น และอีกส่วนคือด้านความสวยงามของเนื้อผ้า (Appearance) ซึ่งต้องไม่สกปรก ผิวต้องเรียบไม่มีรอยขรุขระ

ตารางที่ 1.1 หัวข้อการตรวจสอบคุณภาพของผ้าไม่ทอ (บริษัทกรณีศึกษา)

การตรวจสอบคุณภาพ	ความถี่	เครื่องมือ	เกณฑ์การยอมรับ	สัดส่วนการเกิดของเสีย มกราคม 2555 – พฤษภาคม 2555
ค่าความทนแรงดึง	ม้วนแรกที่ทำการผลิตของวัน	Universal Tensile	ตามข้อกำหนดของแต่ละลูกค้า	0.3%
ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว	ม้วนแรกที่ทำการผลิตของวัน	Universal Tensile	ตามข้อกำหนดของแต่ละลูกค้า	0%
ค่าการซึมผ่านของอากาศ	ม้วนแรกที่ทำการผลิตของวัน	Air Flow Meter	ตามข้อกำหนดของแต่ละลูกค้า	1.8%
ค่าความนุ่ม	ม้วนแรกที่ทำการผลิตของวัน	Handle-O-Meter	ตามข้อกำหนดของแต่ละลูกค้า	0%
ลักษณะเนื้อผ้า (Uniformity)	ม้วนแรกที่ทำการผลิตของวัน	สายตา	เทียบกับมาตรฐาน	2.5%
ลักษณะพื้นผิว Appearance	100%	กล้องความเร็วสูง	ไม่มี Defect ขนาดใหญ่กว่าข้อกำหนด	87.4%
ลักษณะพื้นผิว Appearance	ปลายม้วน ทุกม้วน	สายตา	ไม่มี Defect ขนาดใหญ่กว่าข้อกำหนด	8.0%

ที่มา: ข้อมูลกระบวนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา

(สัดส่วนการเกิดของเสียคิดจากของเสียแต่ละประเภทเทียบกับของเสียในกระบวนการทั้งหมด)

การตรวจสอบด้านคุณสมบัติของผ้า (Properties)

- ค่าการทนแรงดึง, ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว, ค่าการซึมผ่านของอากาศ และ ค่าความนุ่ม : ตรวจสอบในห้องปฏิบัติการทดสอบเชิงกล ในช่วงเริ่มทำต้นการผลิตในม้วนแรก (Start up)

การตรวจสอบด้านความสวยงามของผ้า (Appearance)

- ลักษณะเนื้อผ้า (Uniformity) : ตรวจสอบในห้องปฏิบัติการทดสอบเชิงกล ในช่วงเริ่มทำต้นการผลิตในม้วนแรก (Start up)
- ลักษณะของพื้นผิว (Appearance) แบ่งการตรวจสอบเป็นสองส่วน คือ ตรวจสอบโดยใช้กล้องความเร็วสูง ซึ่งจะทำการตรวจสอบตลอดเวลาที่ทำการผลิต และ ตรวจสอบที่ปลายม้วนของทุกม้วนโดยพนักงานทำการตรวจสอบเฉพาะปลายม้วนด้วยสายตา

จากตารางข้างต้น ของเสียส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นเป็นประเภทรูปลักษณ์ภายนอกของผลิตภัณฑ์(Appearance) ของผ้า ผลรวมของสัดส่วนของเสียเนื่องจากลักษณะพื้นผิวของผลิตภัณฑ์

(Appearance)ไม่ได้ตามข้อกำหนด เท่ากับ 95.4 เปอร์เซ็นต์ของของเสียทั้งหมดที่เกิดขึ้นในกระบวนการ ผู้วิจัยจึงได้เลือกประเด็นดังกล่าวมาทำการศึกษาเพื่อลดของเสีย

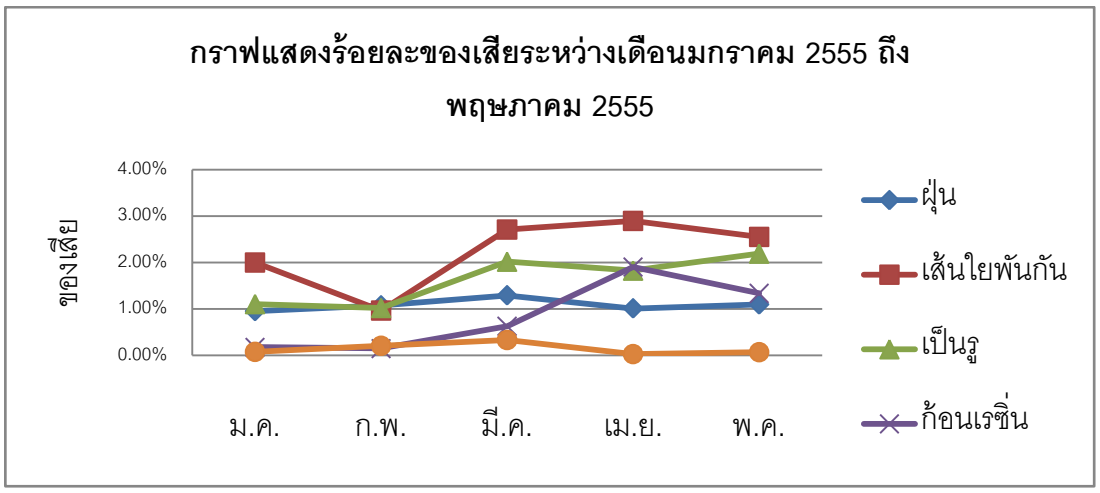
การคิดร้อยละของเสีย

การคิดร้อยละของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ จะคิดจากขนาดของม้วนที่ตัดเป็นเบบี้โรล (Baby Roll) อ้างอิงจากสมการดังต่อไปนี้

$$\text{ร้อยละของเสีย} = \frac{\text{น้ำหนักม้วนผ้าไม่ทอที่ผิดข้อกำหนด}}{\text{น้ำหนักม้วนผ้าไม่ทอที่ผลิตได้ทั้งหมด}} \text{ X } 100$$

กระบวนการคิดของเสียจะถูกคิดคำนวณมาตั้งแต่ระหว่างกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ ซึ่งกล้องความเร็วสูงจะรายงานผลการตรวจสอบ ตำแหน่งที่พบของเสียบนม้วนผ้าขนาดใหญ่ และสามารถคำนวณผลเพื่อระบุเบบี้โรล (Baby Roll) ว่าม้วนใดจะต้องถูกคัดออกเป็นของเสียเมื่อได้รับการตัดแบ่งแล้ว ในกระบวนการตัดแบ่งขนาด

เช่นเดียวกัน หากในระหว่างการตัดแบ่งขนาด ตรวจพบว่ามีของเสียเกิดขึ้นที่ม้วนใด ม้วนดังกล่าวจะถูกคัดออก หลังจากตัดเป็นเบบี้โรล แล้ว เช่น ตัดแล้วเป็นขุยด้านข้างม้วน เป็นต้น กล่าวโดยสรุปคือ กระบวนการคิดคำนวณของเสียหรือระบุตำแหน่งม้วนที่เสียสามารถกระทำได้ในระหว่างผลิตผ้าไม่ทอ และจะถูกคัดแยกออกไป เมื่อผ่านกระบวนการตัดแบ่งแล้วเท่านั้น

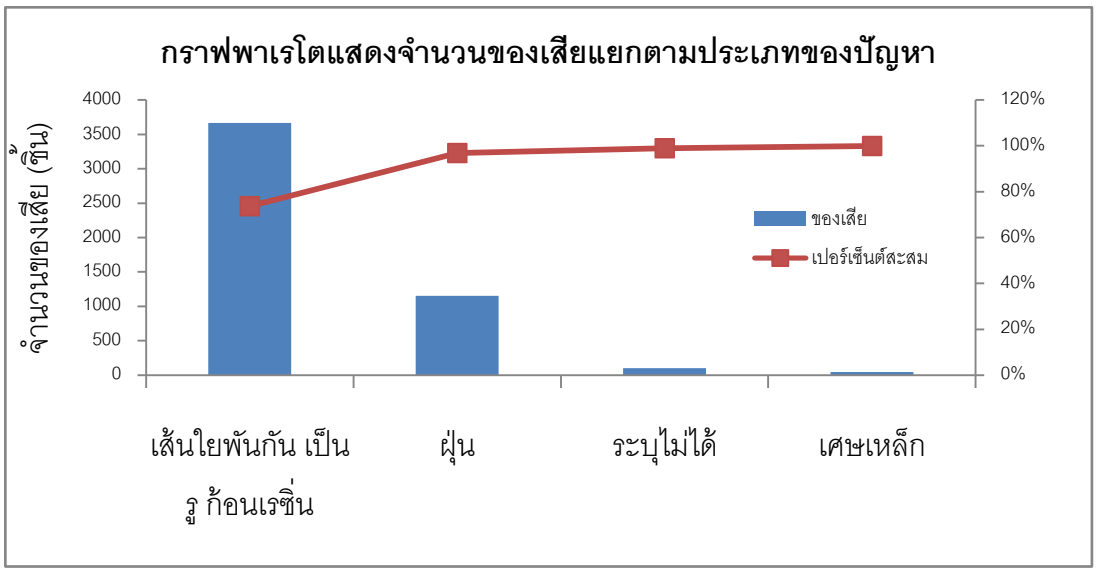


รูปที่ 1.14 แผนภูมิเปรียบเทียบของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ ระหว่างเดือน มกราคม 2555 ถึง เดือน พฤษภาคม 2555

ที่มา: ข้อมูลกระบวนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา

จากกราฟแสดงร้อยละของเสียในกระบวนการผลิตผ้า ในรูปที่ 1.14 จะพบว่าของเส้นใยพันกัน เกิดขึ้นสูงกว่า 2% ตั้งแต่เดือน มกราคม 2555 และลดลง เหลือ 1% ในเดือน กุมภาพันธ์ 2555 จากนั้นตั้งแต่เดือน มีนาคมเป็นต้นไป ของเสียเพิ่มขึ้นจากเดือนมกราคม และ กุมภาพันธ์ มากกว่า 2.5% อย่างต่อเนื่อง

เนื่องจากปัญหาจากเส้นใยพันกัน ปัญหาเป็นรู และปัญหาก้อนเรซิ่น มักเกิดขึ้นจากสาเหตุที่ใกล้เคียง หรือเกิดขึ้นพร้อมกัน ในขณะที่ปัญหาที่เกิดขึ้นจากฝุ่นนั้นมักมีสาเหตุจากปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมในการทำงาน และเศษเหล็กมีสาเหตุมาจากการปะปนมากับวัตถุดิบ ผู้จัดทำจึงได้รวมปริมาณของเสียที่เกิดจากทั้งสามปัญหา และจัดทำกราฟพาเรโต ตามรูปที่ 1.19



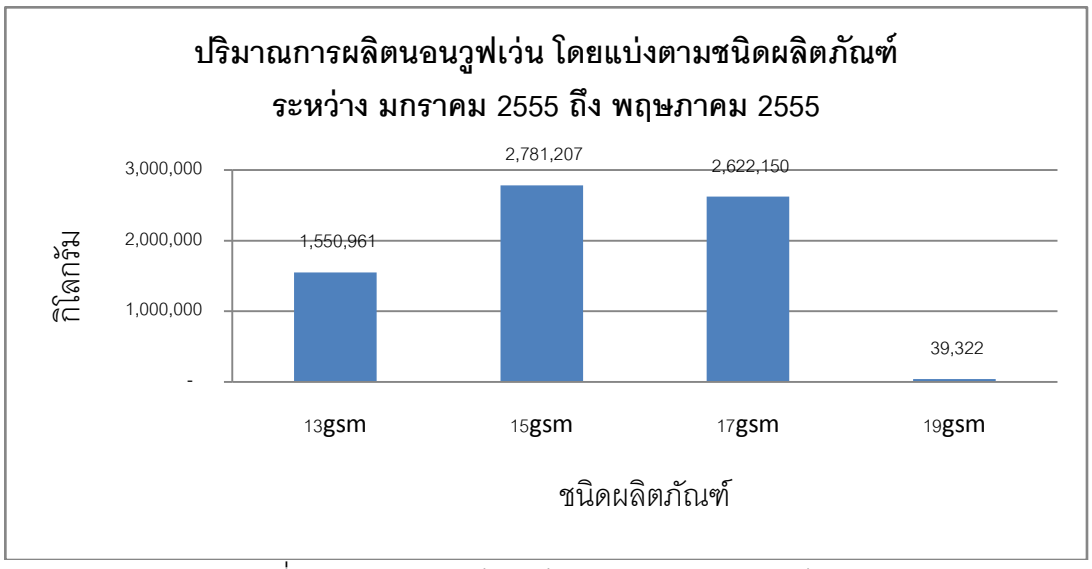
รูปที่ 1.15 แผนภูมิพาเรโตเปรียบเทียบของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ ระหว่างเดือน มกราคม 2555 ถึง เดือน พฤษภาคม 2555

ที่มา: ข้อมูลกระบวนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา

จากกราฟ พาเรโตแสดงจำนวนของเสียที่เกิดจากขั้นตอนการผลิตผ้าไม่ทอ ในรูปที่ 1.15 จะพบว่าของเสียที่เกิดขึ้นจากสาเหตุของเส้นใยพันกัน ผ้าเป็นรู และก้อนเรซิ่น มีค่าสูงมาก เมื่อเทียบกับของเสียที่เกิดจากฝุ่น และเศษเหล็ก ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เลือกศึกษาของเสียที่เกิดจากสาเหตุทั้งสามเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิต

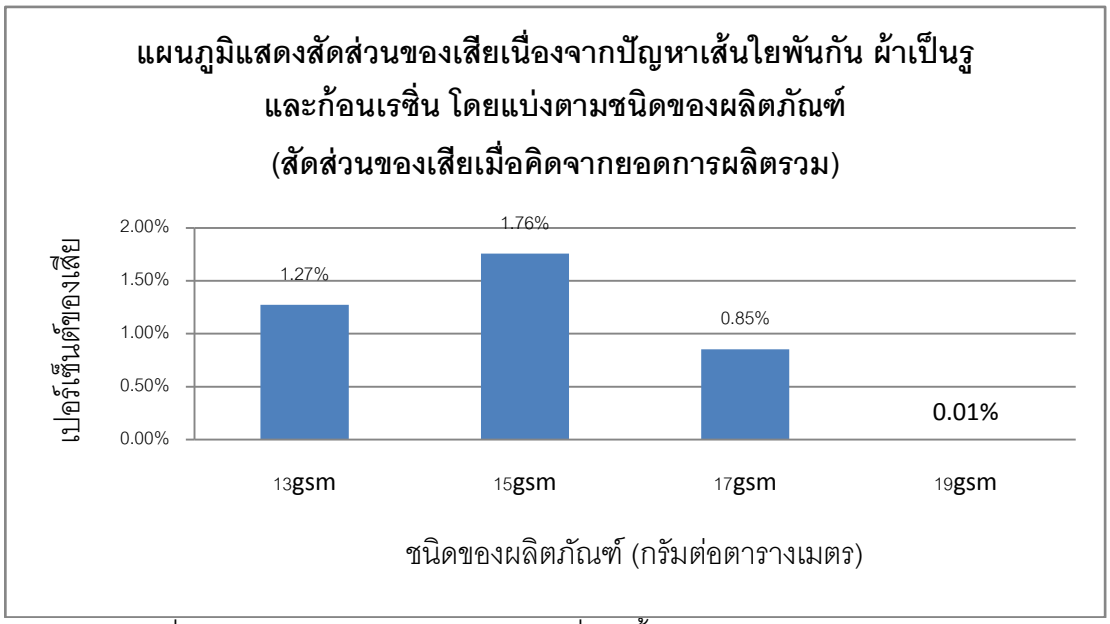
จากรูปที่ 1.16 เมื่อทำการเก็บข้อมูลการผลิตโดยจำแนกเป็น ชนิดของผลิตภัณฑ์จึงพบว่าผลิตภัณฑ์ที่น้ำหนัก 15 กรัมต่อตารางเมตร มีปริมาณการผลิต ระหว่างเดือน มกราคม 2555 ถึงเดือน พฤษภาคม 2555 สูงที่สุด รองลงมาคือ ผลิตภัณฑ์ที่น้ำหนัก 17 กรัมต่อตารางเมตร และผลิตภัณฑ์ที่น้ำหนัก 13 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ โดยที่ ผลิตภัณฑ์ที่น้ำหนัก 19 กรัมต่อตารางเมตร มีปริมาณการผลิตที่น้อยมาก เมื่อเทียบกับชนิดผลิตภัณฑ์อื่นๆ

เมื่อพิจารณารูปที่ 1.17 จะพบว่าสัดส่วนการเกิดของเสีย จากปัญหาเส้นใยพันกัน ผ้าเป็นรู และก้อนเรซิ่น จะพบมากในผลิตภัณฑ์น้ำหนัก 15 กรัมต่อตารางเมตร รองลงมาคือ ผลิตภัณฑ์ที่น้ำหนัก 13 กรัมต่อตารางเมตร และ ผลิตภัณฑ์ที่น้ำหนัก 17 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ



รูปที่ 1.16 แผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณการผลิตผ้าไม่ทอ
ระหว่างเดือน มกราคม 2555 ถึง เดือน พฤษภาคม 2555

ที่มา: ข้อมูลกระบวนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา



รูปที่ 1.17 แผนภูมิเปรียบเทียบของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ
ระหว่างเดือน มกราคม 2555 ถึง เดือน พฤษภาคม 2555

ที่มา: ข้อมูลกระบวนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา

เมื่อพิจารณา ตารางที่ 1.2 และ ตารางที่ 1.3 ปริมาณการผลิตโดยจำแนกตามวัตถุดิบที่ใช้ จะพบว่า วัตถุดิบที่ใช้สำหรับการผลิต ผ้าไม่ทอ ชนิด 13 กรัมต่อตารางเมตร มีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิด วัตถุดิบที่ใช้สำหรับการผลิต ผ้าไม่ทอ ชนิด 15 กรัมต่อตารางเมตร มีอยู่ด้วยกัน 1 ชนิด วัตถุดิบที่ใช้สำหรับการผลิต ผ้าไม่ทอ ชนิด 17 กรัมต่อตารางเมตร มีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิด และ วัตถุดิบที่ใช้สำหรับการผลิต ผ้าไม่ทอ ชนิด 19 กรัมต่อตารางเมตร มีอยู่ด้วยกัน 1 ชนิด และเมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ การผลิตจากวัตถุดิบ โพรลีโพรพิวลีน ชนิด B ที่ผลิตภัณฑ์ 15 กรัมต่อตารางเมตร พบว่ามีปริมาณการผลิตถึง 39.8 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ ปริมาณการผลิต ในผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น อีก 7 ชนิด อยู่ระหว่าง 0.6 – 15 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 1.2 ข้อมูลการผลิตผ้าไม่ทอแยกชนิดวัตถุดิบ (กิโลกรัม) ระหว่างเดือน มกราคม 2555 ถึง เดือน พฤษภาคม 2555

ชนิดผลิตภัณฑ์ (กรัมต่อตารางเมตร)	13	15	17	19	รวม
ปริมาณการผลิตรวม (กิโลกรัม)	1,550,961	2,781,207	2,622,150	39,322	6,993,640
ปริมาณการผลิตแยกตามชนิดของวัตถุดิบ (ตัน)					
โพรลีโพรพิวลีน ชนิด เอ	310,192	-	734,202	-	1,044,394
โพรลีโพรพิวลีน ชนิด บี	775,481	2,781,207	1,048,860	-	4,605,548
โพรลีโพรพิวลีน ชนิด ซี	465,288	-	839,088	-	1,304,376
โพรลีโพรพิวลีน ชนิด ดี	-	-	-	39,322	39,322

ตารางที่ 1.3 ข้อมูลการผลิตผ้าไม่ทอแยกชนิดวัตถุดิบ (เปอร์เซ็นต์) ระหว่างเดือน มกราคม 2555 ถึง เดือน พฤษภาคม 2555

ชนิดผลิตภัณฑ์ (กรัมต่อตารางเมตร)	13	15	17	19	รวม
ปริมาณการผลิตรวม (กิโลกรัม)	1,550,961	2,781,207	2,622,150	39,322	6,993,640
ปริมาณการผลิตแยกตามชนิดของวัตถุดิบ (เปอร์เซ็นต์)					
โพรลีโพรพิวลีน ชนิด เอ	4.4%	0.0%	10.5%	0.0%	14.9%
โพรลีโพรพิวลีน ชนิด บี	11.1%	39.8%	15.0%	0.0%	65.9%
โพรลีโพรพิวลีน ชนิด ซี	6.7%	0.0%	12.0%	0.0%	18.7%
โพรลีโพรพิวลีน ชนิด ดี	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	0.6%

จากการสอบถามข้อมูลแนวโน้มการสั่งซื้อจากทางลูกค้า มีแนวโน้มการสั่งซื้อสินค้าชนิด 15 กรัมต่อตารางเมตร ขึ้น และจากการประชุมร่วมกับฝ่ายวิจัยและพัฒนาของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งพบว่ามีนโยบายที่จะลดปริมาณชนิดของเม็ดพลาสติก โดยคงเหลือชนิดวัตถุดิบหลักไว้ ด้วยเหตุผลด้านการจัดการวัตถุดิบคงคลัง และพื้นที่การจัดเก็บวัตถุดิบ ที่มีปริมาณการใช้ที่ต่ำทำให้เกิดของเสียเกิดขึ้นในการจัดเก็บ

จากเหตุผลทั้งปริมาณการผลิตและสัดส่วนการเกิดของเสียที่สูง ที่ได้จากการบันทึกข้อมูลในอดีตและแนวโน้มในอนาคตแล้ว ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกนำเอาผลิตภัณฑ์ผ้าไม่ทอชนิด 15 กรัมต่อตารางเมตรมาซึ่งมีการใช้เพียงเม็ดพลาสติก พอลิโพวพิวลีน ชนิดบี เท่านั้น ศึกษาเพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นจากสาเหตุของ เส้นใยพันกัน ผ้าเป็นรู และก้อนเรซิ่น

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อออกแบบการทดลองในการกำหนดระดับปัจจัยที่เหมาะสม สำหรับลดปริมาณของเสียของกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอประเภทรูปลักษณ์ภายนอกของผลิตภัณฑ์ (Appearance)

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1) ทำการศึกษาเฉพาะผลิตภัณฑ์ชนิดน้ำหนัก 15 กรัมต่อตารางเมตรเท่านั้น

2) ทำการศึกษาที่กระบวนผลิตแบบ สปันบอนด์ ด้วยเทคโนโลยีของบริษัท Reicofil (Reicofil Spunbonding System) เท่านั้น

3) ปริมาณของเสียที่วัดได้จากการตรวจสอบของกล้องความไวสูงเท่านั้น โดย ระบบการวัดอ้างอิงระบบการสอบเทียบเครื่องมือ (Calibration) ของโรงงาน

4) ทำการศึกษาเพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นจากปัญหาเส้นใยพันกัน ผ้าเป็นรู และปัญหาก้อนเรซิ่นบนเนื้อผ้าเท่านั้น

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

1) ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย รวมทั้งค้นคว้างานวิจัยอื่นๆ ทำความเข้าใจแนวคิด หลักการ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้
2) กำหนดแผนงานในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

2.1) ศึกษากระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ ขั้นตอนการทำงาน การตรวจสอบ การคิดคำนวณยอดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการ

2.2) เก็บรวบรวมข้อมูลการผลิต กำหนดของเสียที่เกิดขึ้นจากแต่ละกระบวนการ

3) เก็บข้อมูลสาเหตุของปัญหา

3.1) เก็บรวบรวมข้อมูล สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดของเสีย กำหนดสาเหตุหลักของปัญหาโดยใช้แผนผังก้างปลา (Cause and Effect diagram)

3.2)คัดเลือกปัจจัยโดยการอ้างอิงจากข้อมูลการผลิต ผู้ชำนาญการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อทำไปใช้ในการออกแบบการทดลองต่อไป

4) การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

4.1) นำปัจจัยที่คัดเลือกมาทำการออกแบบทดลองแบบเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับ (2^K Fractional Factorial Design) เพื่อคัดกรองปัจจัยที่มีผล ต่อของเสียจากเส้นใยเส้นใยพันกัน ผ้าเป็นรู และก้อนเรซิ่น

4.2) ทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัยที่ได้ด้วยเครื่องมือทางสถิติ และวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อนำปัจจัยที่มีผล ไปหาระดับที่เหมาะสมต่อไป

4.3) นำปัจจัยที่ได้เลือกมาออกแบบการทดลองทำการทดลองด้วยวิธีพื้นผิวผลตอบ(Response Surface Methodology, RSM) เพื่อหาค่าระดับที่เหมาะสมสำหรับการปรับตั้งพารามิเตอร์ ในการลดของเสียที่เกิดจากเส้นใยพันกัน ผ้าเป็นรู และก้อนเรซิ่น

4.4) กำหนดแผนการทดลองเพื่อไม่ให้กระทบกับการผลิต

4.5) เก็บรวบรวมผลการทดลอง วิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง

5) การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

5.1) ทำการปรับปรุงกระบวนการโดยใช้ผลการทดลอง ยืนยันผลโดยเก็บรวบรวมข้อมูลการผลิต เป็นเวลา 1 เดือน (อ้างอิงตามแผนการผลิต)

5.2) สรุปผลการปรับปรุง และพิจารณาผลกระทบของปัจจัยที่นำมาปรับปรุง

5.3) จัดทำมาตรฐานการผลิต

6) สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

7) จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.6 ผลที่ได้รับ

1) มาตรฐานการปรับตั้งพารามิเตอร์สำหรับผลิตผ้าไม่ทอ ที่น้ำหนัก 15 กรัมต่อตารางเมตร
2) ระเบียบปฏิบัติเมื่อเกิดปัญหาประเภทรูปลักษณ์ภายนอกของผลิตภัณฑ์ (Appearance)

1.7 ประโยชน์ที่ได้รับ

1) ช่วยลดปริมาณของเสียที่เกิดจากเส้นใยสัมผัสกันในกระบวนการสปินนิ่ง
2) ลดต้นทุนในกระบวนการผลิต เนื่องจากของเสียในกระบวนการผลิตลดลง
3) ช่วยลดปริมาณการนำของเสียมาใช้ใหม่ (Recycle) ทำให้ลดเวลาสูญเปล่า พื้นที่การจัดเก็บ รวมทั้งคุณสมบัติของ ผลิตภัณฑ์ดีขึ้น (เนื่องจากการใช้ เม็ดพลาสติกชนิด Recycle ลดลง)
4) ลดปัญหาการหยุดทำความสะอาด การหยุดกะทันหันเนื่องจากการพันกัน หรือก้อนเรซิ่นของเส้นใยอาจทำให้ เครื่องจักรหยุดทำงาน เพราะ เกิดปัญหาการพัน ที่เอมบอสโรล (Emboss Roll) ได้

1.8 แผนการดำเนินงานวิจัย

ตารางที่ 1.4 แผนการดำเนินงานการวิจัย

แผนงานการดำเนินงานวิจัย	เดือน	ก.ค. 55				ส.ค. 55				ก.ย. 55				ต.ค. 55				พ.ย. 55				ธ.ค. 55				ม.ค. 56				ก.พ. 56				มี.ค. 56				เม.ย. 56			
	สัปดาห์	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย รวมทั้งค้นคว้างานวิจัยอื่นๆ ทำความเข้าใจแนวคิดหลักการ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้	Plan																																						
	Actual																																						
2. กำหนดแผนงานในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น																																							
2.1 ศึกษากระบวนการผลิตผ้านอนวูฟเว่น ขั้นตอนการทำงาน การตรวจสอบ การคิดคำนวณยอดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการ	Plan																																						
	Actual																																						
2.2 เก็บรวบรวมข้อมูลการผลิต กำหนดของเสียที่เกิดขึ้นจากแต่ละกระบวนการ	Plan																																						
	Actual																																						
3. เก็บข้อมูลสาเหตุของปัญหา																																							
3.1 เก็บรวบรวมข้อมูล สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดของเสีย กำหนดสาเหตุหลักของปัญหาโดยใช้แผนผังก้างปลา (Cause and Effect diagram)	Plan																																						
	Actual																																						
3.2 คัดเลือกปัจจัยโดยการอ้างอิงจากข้อมูลการผลิต ผู้ชำนาญการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อทำไปใช้ในการออกแบบการทดลองต่อไป	Plan																																						
	Actual																																						
4. การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา																																							
4.1 นำปัจจัยที่คัดเลือกมาทำการออกแบบทดลองแบบเศษส่วนเชิงแบบสองระดับ (2K Fractional Factorial Design) เพื่อคัดกรองปัจจัยที่มีผล ต่อของเสียจากเส้นใยพันกันใน	Plan																																						
	Actual																																						
4.2 ทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัยที่ได้ด้วยเครื่องมือทางสถิติ และวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อนำปัจจัยที่มีผล ไปหาระดับที่เหมาะสมต่อไป	Plan																																						
	Actual																																						

ตารางที่ 1.5 แสดงแผนการดำเนินงานการวิจัย (ต่อ)

แผนงานการดำเนินงานวิจัย	เดือน	ก.ค. 55				ส.ค. 55				ก.ย. 55				ต.ค. 55				พ.ย. 55				ธ.ค. 55				ม.ค. 56				ก.พ. 56				มี.ค. 56				เม.ย. 56			
	สัปดาห์	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
5. การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ																																							
5.1 นำปัจจัยที่ได้เลือกมาออกแบบการทดลองทำการทดลองด้วยวิธีพื้นผิวผลตอบ (Response Surface Methodology, RSM) เพื่อหาค่าระดับที่เหมาะสมสำหรับการปรับตั้ง	Plan																																						
	Actual																																						
5.2 กำหนดตัวแปรควบคุมที่สำคัญในการทดลอง	Plan																																						
	Actual																																						
5.3 กำหนดแผนการทดลองเพื่อไม่ให้กระทบกับการผลิต	Plan																																						
	Actual																																						
5.4 เก็บรวบรวมผลการทดลอง วิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง	Plan																																						
	Actual																																						
5.5 เมื่อได้ปัจจัยที่เหมาะสมแล้ว ทำการยืนยันผลการทดลองโดยเก็บรวบรวมข้อมูลการผลิต เป็นเวลา 1 เดือน (อ้างอิงตามแผนการผลิต)	Plan																																						
	Actual																																						
5.7 สรุปผลการปรับปรุง และพิจารณาผลกระทบของปัจจัยที่นำมาปรับปรุง	Plan																																						
	Actual																																						
5.8 จัดทำมาตรฐานการผลิต	Plan																																						
	Actual																																						
7. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	Plan																																						
	Actual																																						
8. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์	Plan																																						
	Actual																																						

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ ได้แก่ การออกแบบการทดลอง การออกแบบการทดลองแบบเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับ วิธีการพื้นผิวตอบเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการ เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด กระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การออกแบบการทดลอง (Design of Experimental)

ปารเมศ ชุติมา **[1]** ได้อธิบายคำว่า การออกแบบการทดลองเชิงสถิติ (Statistical Design of Experiment) หมายถึงกระบวนการในการวางแผนการทดลอง เพื่อว่าจะได้มาซึ่งข้อมูลที่เหมาะสมที่สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติ หลักการพื้นฐาน สามประการคือ

1) เรพลิเคชั่น (Replication) คือการทดลองซ้ำ มีพื้นฐานสองประการคือ ประการแรก ทำให้ผู้ทดลองหาความผิดพลาดโดยประมาณได้ สองคือถ้าค่าเฉลี่ยถูกนำมาใช้ในการพิจาณาผลของปัจจัยที่เกิดขึ้นในการทดลอง ดังนั้นเรพลิเคชั่นจะทำให้ผู้ทดลองหาตัวประมาณที่ถูกต้องมากขึ้นในการทดลองได้

2) แรนดอมไมเซชั่น หมายถึง การทดลองที่มีทั้งวัสดุที่ใช้ในการทดลองและลำดับที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้ง เป็นแบบสุ่ม ซึ่งทำให้สามารถลดผลของปัจจัยภายนอกที่จะกระทบต่อผลการทดลองได้

3) บล็อกกิง เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับเพิ่มความเที่ยงตรง ให้แก่การทดลอง

2.1.1.1 การออกแบบเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับ

ปารเมศ ชุติมา **[1]** เมื่อจำนวนปัจจัยในการทดลองแบบสองระดับเพิ่มขึ้นแล้ว โดยมากค่าใช้จ่ายในการดำเนินการทดลองจะเพิ่มสูงขึ้น ทั้งทางด้าน เวลา แรงงาน เป็นต้น เช่น การออกแบบการทดลองแบบ 2^6 จะต้องทำการทดลองทั้งสิ้น 64 การทดลอง กรณีนี้ผู้ทำการทดลองสามารถตั้งสมมติฐานได้ว่า อันตรกิริยาบางตัว สามารถละเลยได้

การออกแบบการทดลองเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียล จัดได้ว่าถูกใช้อย่างแพร่หลายมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ในช่วงริเริ่มโครงการ เนื่องจากช่วงเริ่มต้น จะมีปัจจัยจำนวนมากที่มีแนวโน้มที่จะเป็นปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อกระบวนการ

ตัวอย่าง เช่น หากสนใจการทดลองผลของ 3 ปัจจัย โดยแต่ละปัจจัยมี สอง ระดับ ซึ่งไม่สามารถ ทำการทดลองได้ทั้ง 8 การทดลองได้ เนื่องด้วยทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด การออกแบบการทดลองร่วมปัจจัย หรือ ½ ของการทดลอง หรือเรียกว่าการออกแบบ 2^{3-1}

เครื่องหมายบวก และลบสำหรับการออกแบบ 2^3 แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 เครื่องหมายบวกและลบสำหรับการออกแบบเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2^3

Treatment Combination	Factorial Effect							
	I	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
a	+	+	-	-	-	-	+	+
b	+	-	+	-	-	+	-	+
c	+	-	-	+	+	-	-	+
abc	+	+	+	+	+	+	+	+
ab	+	+	+	-	+	-	-	-
ac	+	+	-	+	-	+	-	-
bc	+	-	+	+	-	-	+	-
(1)	+	-	-	-	+	+	+	-

2.1.1.2 **วิธีการพื้นผิวตอบเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการ**

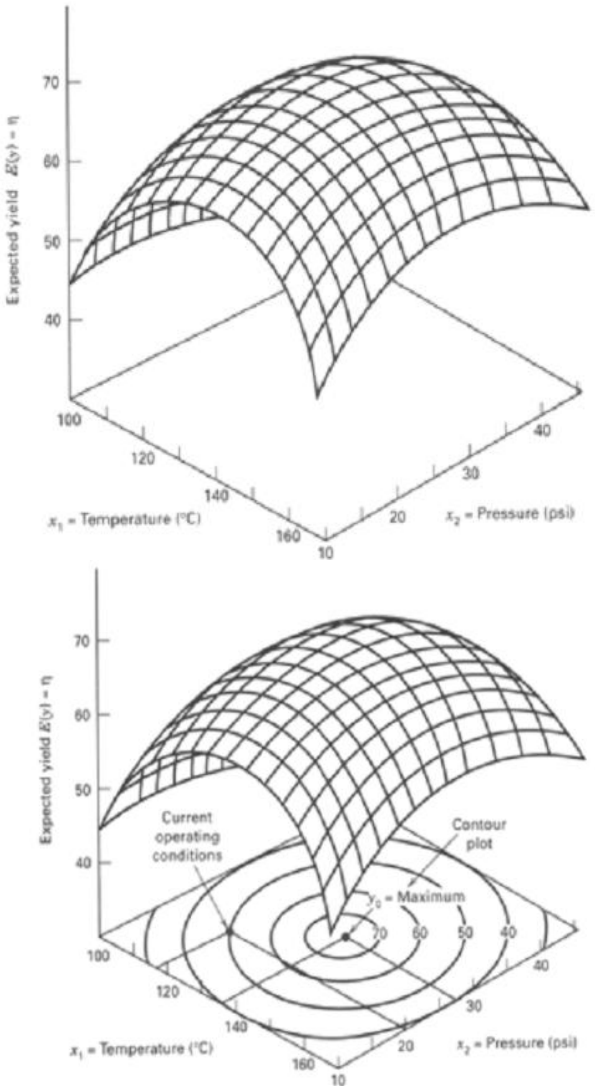
ปารเมศ ชุติมา [1] ได้อธิบายวิธีการนี้ว่าเป็นการรวบรวมเอาเทคนิคทั้งทางคณิตศาสตร์และทางสถิติที่มีประโยชน์ต่อการสร้างแบบจำลอง และการวิเคราะห์ปัญหา โดยผลการตอบสนองที่สนใจจะขึ้นอยู่กับหลายๆตัว และต้องการหาค่าที่ดีที่สุดสำหรับผลการตอบสนองเหล่านี้

ในปัญหาเกี่ยวกับพื้นผิวตอบสนองส่วนมาก มักจะไม่ทราบความสัมพันธ์ระหว่างผลตอบกับตัวแปรอิสระ ดังนั้นสิ่งแรกคือการหาตัวประมาณที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นตัวแทนในการแสดงความสัมพันธ์ ที่แท้จริงระหว่าง y และเซตของตัวแปรอิสระ กรณีที่แบบจำลองของผลตอบมีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นกับตัวแปรอิสระ สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + ... + \beta_k x_k + \varepsilon \qquad (1)$$

แต่ถ้ามีส่วนโค้งมาเกี่ยวข้องจะใช้ ฟังชั่นพหุนามที่มีกำลังสูงขึ้น

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{k} \beta_i x_i + \sum_{i=1}^{k} \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i<j} \sum \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \qquad (2)$$



รูป 2.1 พื้นผิวตอบสามมิติ และกราฟเส้นโครงร่างของพื้นผิวตอบ (ปรเมศ ชุติมา, 2545. P450-451)

ปัญหาเกี่ยวกับพื้นผิวผลตอบส่วนมากจะใช้แบบจำลองหนึ่งในสองแบบที่กล่าวข้างต้น แน่นอนว่า จะไม่สามารถใช้ประมาณความสัมพันธ์ตลอดพื้นผิวทั้งหมดของตัวแปรอิสระ แต่หากพื้นผิวที่สนใจอยู่นั้นมีขนาดค่อนข้างเล็กแล้ว แบบจำลองเหล่านี้จะใช้งานได้ดีพอสมควร

วิธีการกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Method) จะถูกนำมาใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของแบบจำลองพหุนาม การวิเคราะห์พื้นผิวผลตอบจะเกิดขึ้นกับพื้นผิวที่สร้างขึ้นนี้ ถ้าพื้นผิวที่สร้างขึ้นสามารถใช้ประมาณฟังก์ชันผลตอบได้อย่างดีเพียงพอ ดังนั้นการวิเคราะห์พื้นผิวที่ถูกสร้างขึ้นมานี้จะสามารถประมาณได้เหมือนกับการวิเคราะห์ระบบจริง พารามิเตอร์ต่างๆของแบบจำลองสามารถที่จะถูกประมาณได้เป็นอย่างดี หากทำการออกแบบการทดลองเพื่อที่จะเก็บค่าได้อย่างเหมาะสม การออกแบบสำหรับการสร้างพื้นผิวผลตอบเรียกว่า การออกแบบพื้นผิวผลตอบ (Response Surface Design)

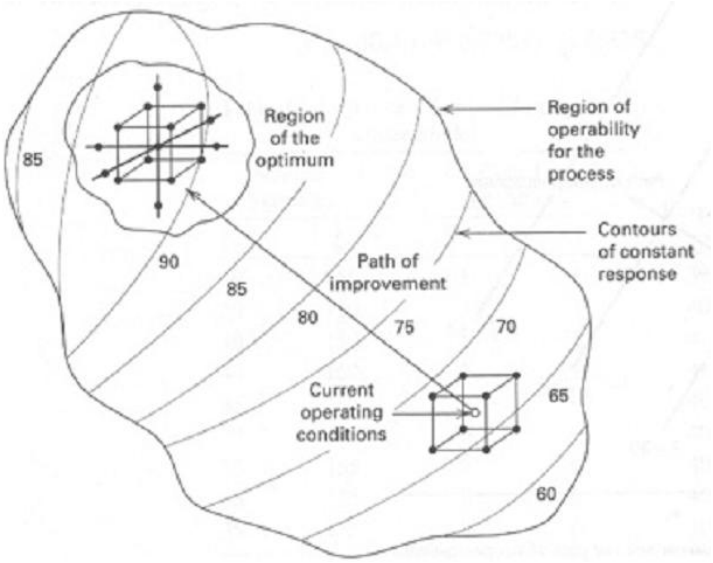
การปีนขึ้นด้วยทางที่ชันที่สุด

กรณีที่การประมาณค่าเงื่อนไขการทำงานที่ดีที่สุดเบื้องต้นสำหรับระบบที่กำลังศึกษานั้นจะอยู่ห่างไกลจากจุดที่ดีที่สุดตัวจริง สิ่งผู้ทำการทดลองต้องทำคือ การเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วจากจุดตั้งต้นไปสู่บริเวณใกล้กับจุดที่ดีที่สุด โดยมากแล้วเราจะสมมติว่าแบบจำลองกำลังหนึ่งนั้นเป็นแบบจำลองที่สามารถประมาณพื้นผิวที่แท้จริงสำหรับบริเวณเล็กๆของตัวแปร X

วิธีการปีนลงด้วยทางที่ชันที่สุด (Steepest Descent) แบบจำลองกำลังหนึ่งที่ถูกสร้างขึ้นมาก็คือ

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \sum_{i=1}^{k} \hat{\beta}_i x_i \qquad (3)$$

และพื้นผิวผลตอบกำลังหนึ่ง (First-Order Response Surface) จะเป็นเส้นโครงร่างของ $\hat{y}$ ซึ่งจะเป็นอันดับของเส้นขนาน ทิศทางการปีนขึ้นด้วยทางที่ชันที่สุดคือทิศทางที่ค่า $\hat{y}$ มีค่าเพิ่มขึ้นรวดเร็วที่สุด ทิศทางนี้คือเส้นที่ขนานกับเส้นตั้งฉากกับพื้นผิวที่ถูกสร้างขึ้นมา เราจะใช้เส้นทางเส้นที่ผ่านจุดศูนย์กลางของอาณาเขตที่กำลังสนใจและตั้งฉากกับพื้นผิวที่สร้างขึ้นมานี้เป็นเส้นทางในการปีนขึ้นที่มีความชันสูงสุด



รูปที่ 2.2 วิธีการอย่างมีลำดับขั้นขอการวิเคราะห์พื้นผิวตอบ (ปรเมศ ชุติมา, 2545. P452)

การทดลองจะมีการทำขึ้นบนเส้นทางที่มีความชันมากที่สุดจนกระทั่งค่าของผลตอบไม่สามารถที่จะเพิ่มขึ้นอีกต่อไปได้ หลังจากนั้นแบบจำลองกำลังหนึ่งตัวใหม่อาจจะถูกสร้างขึ้นมาจะต้องมีการหาเส้นทางที่มีความชันสูงสุดขึ้นมาใหม่ และกระบวนการดังที่กล่าวมาข้างต้นนี้ก็จะเกิดขึ้นอีกครั้ง ในที่สุดผู้ทำการทดลองก็จะมาสู่จุดที่อยู่ใกล้กับจุดที่มีค่าที่มีค่าที่ดีที่สุด ซึ่งจะถูกบ่งชี้โดยดูจาก Lack of Fit ของแบบจำลองกำลังหนึ่ง เมื่อถึงตอนนั้นการทดลองเพิ่มเติมจะถูกดำเนินการขึ้นเพื่อหาตัวประมาณของค่าที่ดีที่สุดที่เหมาะสม

2.1.2 **เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด** (7 QC Tool)

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ **[2]** ได้กล่าวถึง กลวิธีในการแก้ไขปัญหาคุณภาพ โดยได้เน้นย้ำถึง การตัดสินใจด้วยข้อเท็จจริงอย่างมีเหตุผล โดยเฉพาะการใช้รูปแบบของกราฟ หรือตารางแจกแจงข้อมูล เพื่อช่วยตีความหมายผลการวิเคราะห์ โดยได้อธิบายเครื่องมือต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์ทั้งสิ้น 7 ตัว ได้แก่แผนภูมิการไหลของกระบวนการ แผนภาพพาเรโต แบบตรวจสอบหรือ เช็คชีท กราฟ ฮีสโตแกรม แผนภาพก้างปลา และแผนภาพการกระจาย ซึ่งสอดคล้องกับการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เนื่องจากผู้เขียนได้สอดแทรกประเด็นสำคัญของการใช้เครื่องมือต่างๆ เพื่อให้เกิดความเข้าใจ และการใช้งานที่เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

2.1.3 กระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ

สุจิระ ขอจิตต์เมตต์ [3] ได้กล่าวถึงกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ ด้วยกระบวนการผลิตแบบหลอมละลาย (Spun Bond) ซึ่งเริ่มขึ้นในช่วง ปลาย ค.ศ. 1950 จนถึงต้น ค.ศ. 1960 โดยการผลิตผ้าไม่ทอที่มีการเสร็จสิ้นในขั้นตอนเดียว และถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวางในเวลาต่อมาเนื่องจากมีคุณสมบัติพิเศษและมีราคาถูก จนกระทั่งปี 1970 ผ้าไม่ทอดังกล่าวถูกนำไปผลิตเพื่อใช้ในการห่อหุ้ม สำหรับเป็นผ้าอ้อม และผลิตภัณฑ์อนามัยต่างๆ

นอกจากนี้ยังได้กล่าวถึงขั้นตอนการผลิต โดยนำเม็ดพลาสติกผ่านขั้นตอนการหลอมละลายในกระบวนการเอ็กทรูชั่น และอัดรีดลงมาผ่านรู Spinnerets ที่อัตราความดันคงที่ เป็นเส้นใยต่อเนื่องหลายพันเส้นลงบนสายพานที่กำลังหมุนและถูกทำให้เย็นลงด้วยลมที่ความเร็วลมสูง เส้นใยถูกดึงลงสู่ช่องเพื่อให้เกิดเป็นเส้นใย ที่อัตราการดึงยืดเส้นใยประมาณ 400-500 เท่า เทียบกับอัตราการปล่อยเส้นลงมา การดึงยืดจะทำให้เกิดการจัดเรียงตัวของโซ่โมเลกุลของเส้นใยขึ้น ทำให้เกิดคุณสมบัติเชิงกลในเส้นใย ซึ่งยังเป็นภาพรวมของกระบวนการ แต่ยังไม่อธิบายการเกิดกระบวนการของของเสียในระหว่างการสปินนิ่งมากนัก

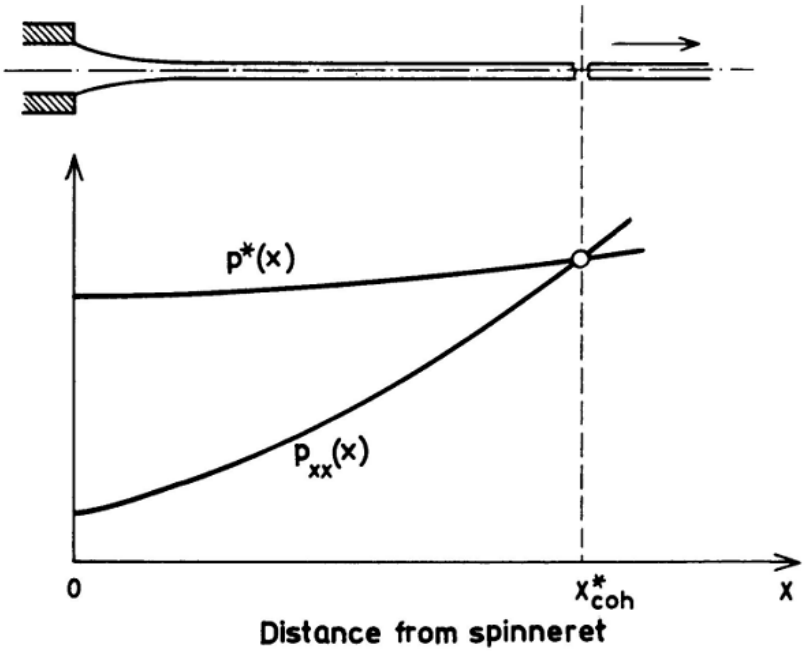
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Jun Jia [4] ได้อธิบายกระบวนการเกิดการขาดของเส้นใยในระหว่างกระบวนการสปินนิ่ง สามารถอธิบายสาเหตุได้เป็นสองกระบวนการ ได้แก่

1). ความผิดพลาดจากความเหนียว (Cohesive Failure) และ

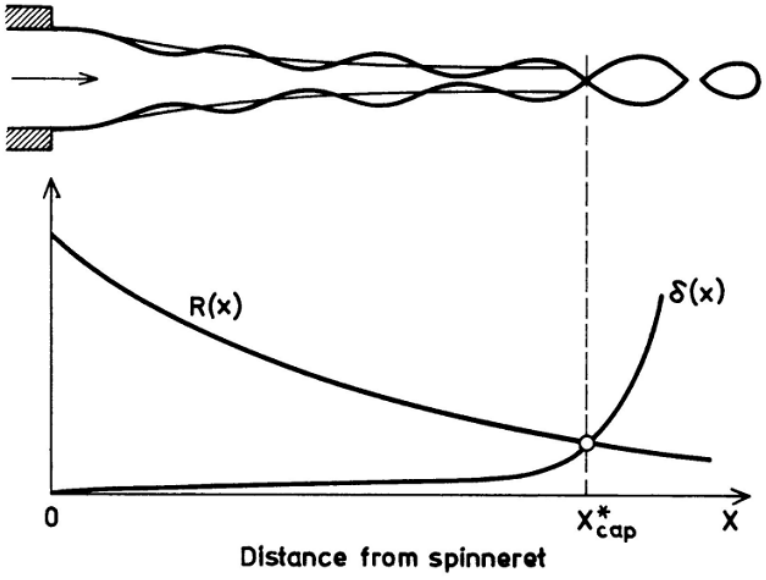
2). การขาดจากรอยคอด (Capillary wave break)

สาเหตุแรกสามารถอธิบายได้ว่า ค่าแรงดึงที่กระทำต่อเส้นใย สูงกว่าค่าการทดต่อแรงดึงของตัวเส้นใยเอง เนื่องจากเมื่อเส้นใยไหลผ่านรูดาย หรือ Spinneret เส้นใยจะค่อยๆเกิดการ Orientation ซึ่งทำให้ค่าความเป็นผลึกเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ค่าทนต่อแรงดึงค่อยๆสูงขึ้นด้วย ขณะเดียวกันหากค่าของแรงดึงที่กระทำต่อเส้นใยมีค่าสูงกว่า จะทำให้เส้นใยเกิดการขาดได้ จากรูป 2.3 จะเห็นว่าค่าแรงดึงที่กระทำในช่วงเริ่มต้น (Pxx) มีค่าต่ำกว่า ค่าความทนต่อแรงดึงของเส้นใย (P*) ในสภาวะปกติแล้วเมื่อเส้นใยไหลห่างออกจากรูดาย (Spinneret) มากขึ้น ค่าแรงดึงที่กระทำต่อเส้นใย จะค่อยเพิ่มสูงขึ้นพร้อมๆกับค่าความทนต่อแรงดึงของเส้นใย แต่หากค่าแรงดึงที่กระทำเพิ่มสูงขึ้นด้วยอัตราเร็วมากกว่าค่าการทนต่อแรงดึง จะทำให้เกิดการขาด



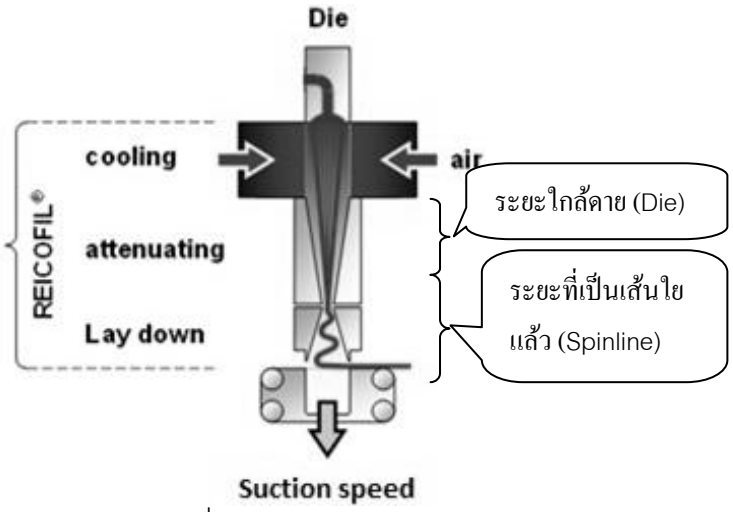
รูปที่ 2.3 การเกิด Cohesive Failure (Jun Jia, 2010)

สาเหตุที่สอง เกิด Capillary Wave Break ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเกิดแรงตึงผิว เนื่องจากการไหลของเส้นใยลงมาแล้วเกิดลักษณะของหยด และเกิดการขาดขึ้น ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การเกิด Capillary Wave Break (Jun Jia, 2010)

อย่างไรก็ตาม การเกิดการขาดเนื่องจาก Capillary Wave Break มีโอกาสเกิดน้อยมาก หรือน้อยกว่า 1% เมื่อเทียบกับค่าแรงกระทำอื่นๆ เห็นได้ว่าแรงโน้มถ่วงและแรงเฉื่อยมีผลกระทำต่อเส้นใยในระยะใกล้กับดาย และค่อยๆลดลงเมื่อห่างออกมา ในระยะที่เกิดเป็นเส้นใยแล้ว (Spinline)



รูปที่ 2.5 แสดงกระบวนการสปินนิ่ง (Spinning) ในกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ
ที่มา: ข้อมูลการผลิตจากบริษัทกรณีศึกษา

รูปที่ 2.5 อธิบายเพิ่มเติมการที่เส้นใยถูกดึงลงมาสู่กระบวนการขึ้นรูปผ้า (Lay Down) โดยหลังจากผ่านดายไปแล้ว เส้นใยจะค่อยๆแข็งตัวเนื่องจากการผ่านลมเย็น (Cooling Air) เข้าไปในระบบ การเกิดการขาดของเส้นใยที่ Jun Jia อธิบายจึงเกี่ยวข้องกับความแข็งแรงของเส้นใย และแรงดึง

Dietmar Hietel และ Marheineke **[5]** ได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในกระบวนการสปินนิ่ง (Spinning) และ กระบวนการขึ้นรูป (Laydown) ของผ้าไม่ทอ

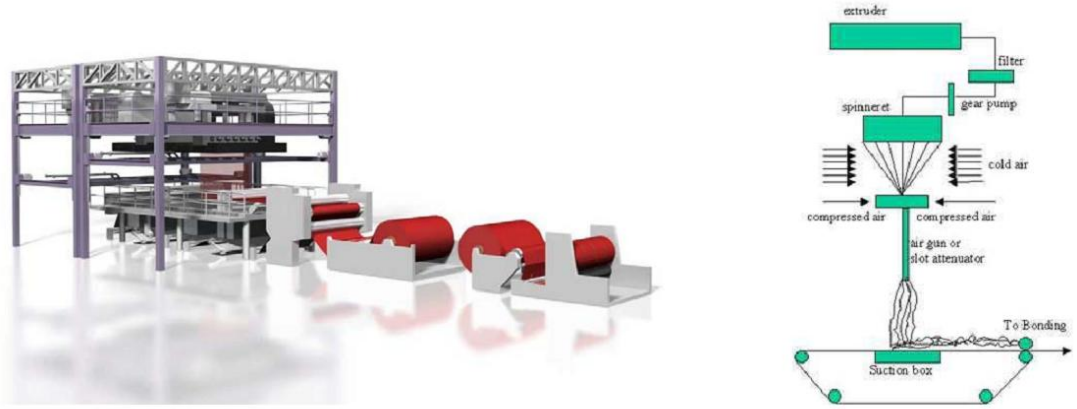


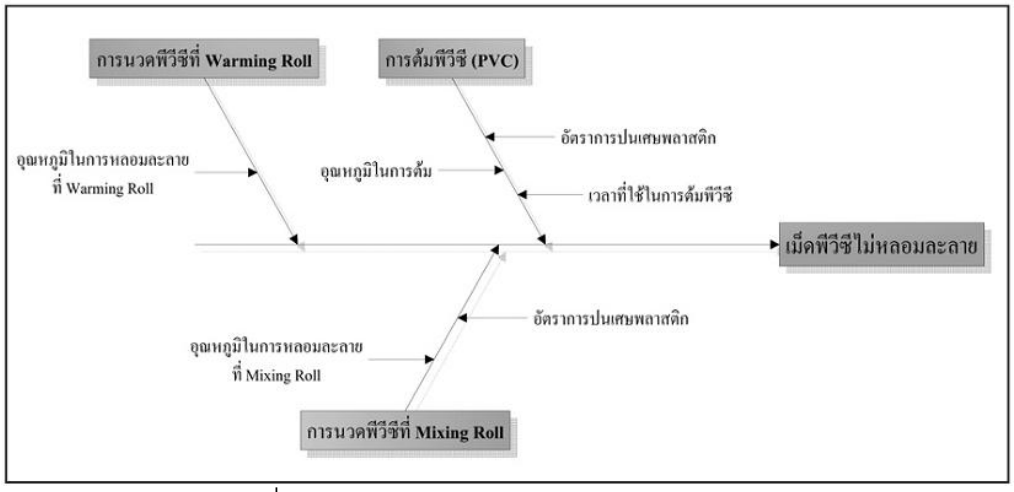
Fig. 1 Production of nonwoven materials. Left: spunbond plant (© NEUMAG), Right: sketch of production process (© FLUENT)

รูปที่ 2.6 กระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ เทคโนโลยีของ NEUMAG (Dietmar Hietel และ Marheineke, 2005)

Dietmar Hietel และ Marheineke ได้ศึกษากระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ จากเทคโนโลยีของ NEUMAG ใช้กระบวนการผลิตที่ใกล้เคียงกับบริษัทกรณีศึกษา ในกระบวนการดังกล่าว เส้นใยจะถูกดึงยืด และเปลี่ยนแปลงเส้นผ่านศูนย์กลาง เนื่องจากค่าความหนืดที่เปลี่ยนแปลง จากผลค่าอุณหภูมิ แรงดึง และแรงตึงผิวของ เส้นใยและการกระทำจากภายนอก ได้แก่ แรงโน้มถ่วง และแรงดึงจากลมที่ให้ในระบบ ซึ่งสอดคล้องกับกระบวนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา ที่ได้กำหนดอุณหภูมิของดาย ปริมาณลม อุณหภูมิของลม และ ระบบดูดเส้นใยลงบนสายพาน เป็นปัจจัยในการศึกษา

ผลของการศึกษาทำให้ พวกเขาได้ทราบถึงแบบจำลองและพฤติกรรมของเส้นใย นอกจากนี้ในการทดลองพวกเขาสามารถนำมาใช้ในการประเมินศักยภาพของความคิดเทคโนโลยีใหม่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพพารามิเตอร์กระบวนการและให้การสนับสนุนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ในกระบวนการวิศวกรรม

โสภิตา ท้วมมี [6] ซึ่งได้ศึกษาการลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตพลาสติกแผ่น โดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง โดยการทดลองดังกล่าว เขาได้ออกแบบการทดลองออกเป็นสองส่วน ได้แก่ การทดลองเพื่อคัดเลือกปัจจัย (Screening Factor) และ การทดลองเพื่อหาค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสม โดยในขั้นตอนการคัดเลือกปัจจัย ได้ใช้ แผนผังก้างปลา (Fish-bone Diagram) ระดมความคิดเห็นของทีมงาน ซึ่งเป็นผู้มีประการในการผลิต



รูปที่ 2.7 แผนภูมิก้างปลา (โสภิตา ท้วมมี, 2551)

จากนั้นทำการค้นหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการทำให้เกิดเม็ดพีวีซีไม่หลอมละลายที่เกิดขึ้นบนผิวผลิตภัณฑ์ไม่เกิน 10จุดต่อตารางเมตร โดยการกรองปัจจัย ด้วยเทคนิคการออกแบบการทดลอง เชิงเฟคตอเรียลแบบสองระดับ (2^K Factorial Design) เพื่อลดปัจจัยหลักที่ไม่มีอิทธิพลออก และนำปัจจัยหลักที่เหลืออยู่ไปศึกษาต่อ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในส่วนต่อไป

สำหรับการทดลองเพื่อคัดเลือกปัจจัย เขาพบว่ามีพารามิเตอร์ที่มีผลต่อชิ้นงานหล่อ 3 ปัจจัย โดยที่ปัจจัยอื่นๆที่ไม่สามารถควบคุมได้จะไม่นำมาพิจารณา ได้แก่ อุณหภูมิของอากาศ ความชื้นในอากาศ และเนื่องจากความยุ่งยาก รวมถึงค่าใช้จ่ายที่สูง จึงได้กำหนดระดับของปัจจัยแต่ละปัจจัยที่ 2 ระดับ และได้ใช้วิธี Screening ปัจจัยโดยวิธีของทากูชิ ผลคือสามารถคัดเอาปัจจัยที่มีนัยสำคัญ จากปัจจัยนำเข้า 3 ปัจจัย เหลือเพียง 2 ปัจจัย และช่วยลดปริมาณการทดลองจากเดิม 135 การทดลองเหลือเพียง 45 การทดลองเท่านั้น (ทำการทดลองที่ 5 ซ้ำ)

Rammohan Nanjundappa และ Gajanan S. Bhat **[7]** ซึ่งได้ศึกษาผลของสภาวะในกระบวนผลิตผ้าไม่ทอที่มีต่อคุณสมบัติของผ้า โดยได้ปรับปริมาณของเรซิ่น น้ำหนักต่อหน่วย และอุณหภูมิของชุด Calender และแบ่งขั้นตอนการเก็บข้อมูลเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มข้อมูลคุณสมบัติหลังจากผ่านกระบวนการโรยเส้นใยลงบนสายพาน (Web Forming) และ ข้อมูลหลังจากผ่านชุด Calender (Bonding) โดยผลการทดลองหลังจากกระบวนการ Web Forming แสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 2.2 ผลของคุณสมบัติเชิงกล หลังจากกระบวนการขึ้นรูปผ้าไม่ทอ (Rammohan Nanjundappa และ Gajanan S. Bhat, 2005)

Throughput (g/hole/min)	Filament diameter (10^{-6} m)	Crystallinity by DSC (%)	Crystallite size (Å)	Birefringence (10^{-3})	Peak stress (g/tex)[a]	Peak extension (%)[a]
0.15	19.3	42.3	43	16.6	21.3 (13.4)	376 (14.0)
0.25	17.4	43.6	65	22.3	24.0 (19.1)	312 (13.1)
0.35	17.7	43.6	66	23.0	23.7 (16.7)	297 (13.9)
0.43	18.4	43.9	86	22.0	25.2 (12.6)	296 (13.1)

[a] Percentage coefficients of variations are given in parenthesis.

จากตารางที่ 3.2 เขาได้ทดลองเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณเรซิ่น หรือ Throughput ตั้งแต่ 0.15, 0.25, 0.35และ 0.43 (g/hole/min) โดยเพิ่มแรงดึงยืด เพื่อควบคุมขนาดเส้นใยอยู่ที่ไม่ต่ำกว่า 17 x 10^{-3} m.หรือให้ใกล้เคียงเพื่อลดความแปรปรวนในการทดลอง การเพิ่มแรงดึงทำได้โดยเพิ่มปริมาณลมในระบบให้มากขึ้น (Quenching air) อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณแรงดึงนี้ ก็ยังเป็นผลให้ค่าความเป็นผลึก (Crystallinity) เพิ่มขึ้นด้วย แม้จะเป็นการเพิ่มตามปริมาณ Throughput ก็ตาม เนื่องจากการเกิดการปรับโครงสร้างของพอลิเมอร์ (Orientation) ที่มากขึ้นตามไปด้วยนั่นเอง

จากการศึกษา งานวิจัยของ Rammohan Nanjundappa และ Gajanan S. Bhat ทำให้ได้รับประเด็นสอดคล้องกับ Jun Jia เกี่ยวกับค่าความเป็นผลึกที่สูงขึ้น เนื่องจากการเพิ่มปริมาณลมเข้าไปในระบบ ซึ่งทำให้ความแข็งแรงของเส้นใย มีค่ามากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องนั่นคือปริมาณของเรซิ่นที่ออกจากดาย (Throughput) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วการเพิ่มปริมาณเรซิ่นสามารถทำได้โดยการเพิ่มอุณหภูมิ ดายด้วยเช่นกัน

จากการทดลองดังกล่าว ผู้จัดทำงานวิจัยจึงได้ออกแบบ ให้ควบคุมปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติของเส้นใย โดยอ้างอิงค่าพารามิเตอร์ ที่ได้กำหนดช่วงไว้ในกระบวนการสำหรับการผลิตผ้าไม่ทอขนาด15กรัมต่อตารางเมตร

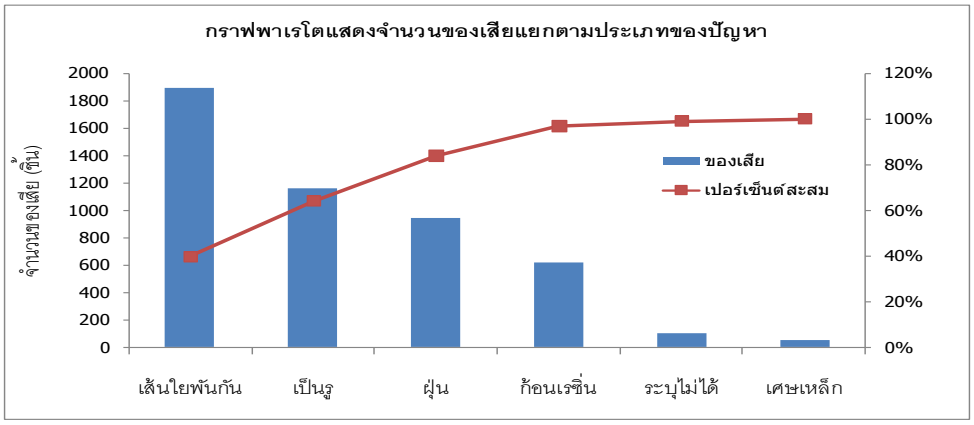
บทที่ 3
การระบุสาเหตุของปัญหา

ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวทางการระบุสาเหตุของปัญหาที่เป็นไปได้ ของการเกิดของเสียในผลิตภัณฑ์ประเภทรูปลักษณ์ภายนอก เพื่อนำเอาสาเหตุดังกล่าว ไปออกแบบการทดลองในบทต่อไป แนวทางการระบุสาเหตุของปัญหา จะเริ่มจากการนำเอาข้อมูลการผลิตย้อนหลัง มาทำการวิเคราะห์ โดยจำแนกออกในลักษณะของกราฟพาเรโต จากนั้นนำเอาสาเหตุที่เกิดขึ้นสูงสุด นำมาวิเคราะห์โดยกระบวนการระดมสมอง ร่วมกับผู้ชำนาญการและมีประสบการณ์ในการผลิต การจำแนกสาเหตุในระหว่างการระดมสมอง จะใช้แผนภูมิก้างปลา และนอกจากนี้แล้ว ผู้วิจัยยังทำการค้นคว้าหาข้อมูลสาเหตุที่เป็นไปได้เพิ่มเติม จากงานวิจัยต่างๆในอดีต และสรุปผลเพื่อนำสาเหตุที่เป็นไปได้ดังกล่าวไปออกแบบการทดลองในบทต่อไป

3.1 การระบุสาเหตุของปัญหาโดยใช้ข้อมูลในกระบวนการผลิตและการระดมสมอง

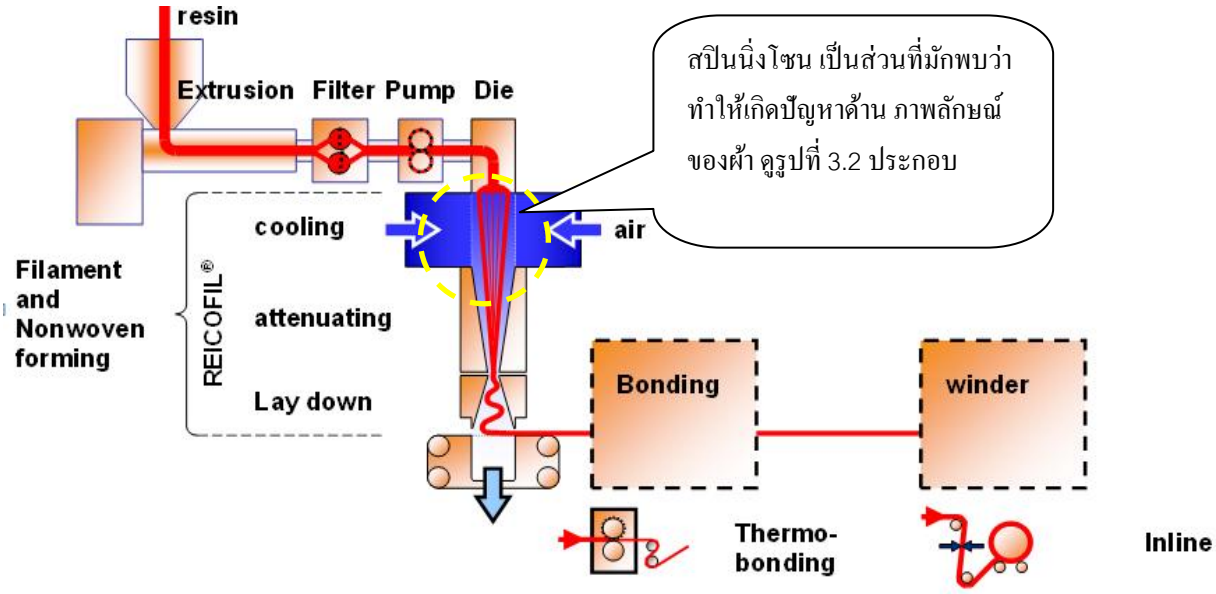
การเก็บข้อมูลสาเหตุของปัญหานั้น สามารถแบ่งออกเป็นสองส่วน ได้แก่

1) ข้อมูลของปัญหาที่มีการบันทึกไว้เป็นตัวเลขที่แน่นอน ดังที่จำแนกไว้ในบทที่ 1 ได้แก่ข้อมูลของของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ซึ่งได้มีการจำแนกไว้ตามลักษณะของของเสียที่เกิดขึ้น ดังรูปที่ 3.1 แสดงของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ โดยจำแนกตามลักษณะปัญหาภาพลักษณ์ที่เกิดขึ้นภายนอก จากการตรวจสอบโดยกล้องความเร็วสูง



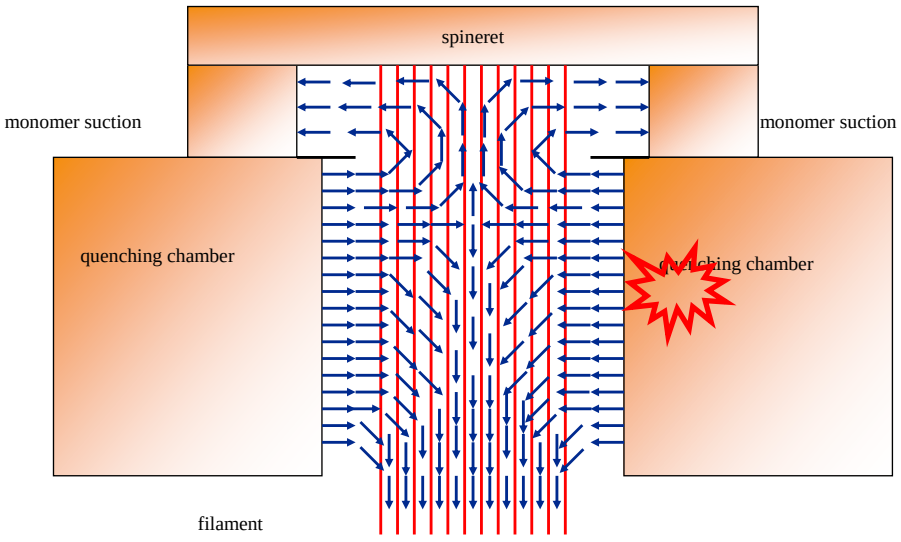
รูปที่ 3.1 แสดงของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ โดยจำแนกตามลักษณะปัญหาภาพลักษณ์ที่เกิดขึ้นภายนอก จากการตรวจสอบโดยกล้องความเร็วสูง

2) ข้อมูลสาเหตุของปัญหาที่มิได้บันทึกไว้ แต่เกิดจากประสบการณ์การทำงานของผู้ปฏิบัติงาน ที่มีความชำนาญงาน การเก็บข้อมูลจะใช้แนวทางการประชุม เพื่อหาข้อสรุปในแต่ละประเด็นเนื่องจากกระบวนการผลิตที่ซับซ้อน ที่อาจทำให้เกิดการขัดแย้งในการให้ข้อมูลได้



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการสปินนิ่ง (Spinning)

ที่มา : ข้อมูลการผลิตจากบริษัทกรณีศึกษา

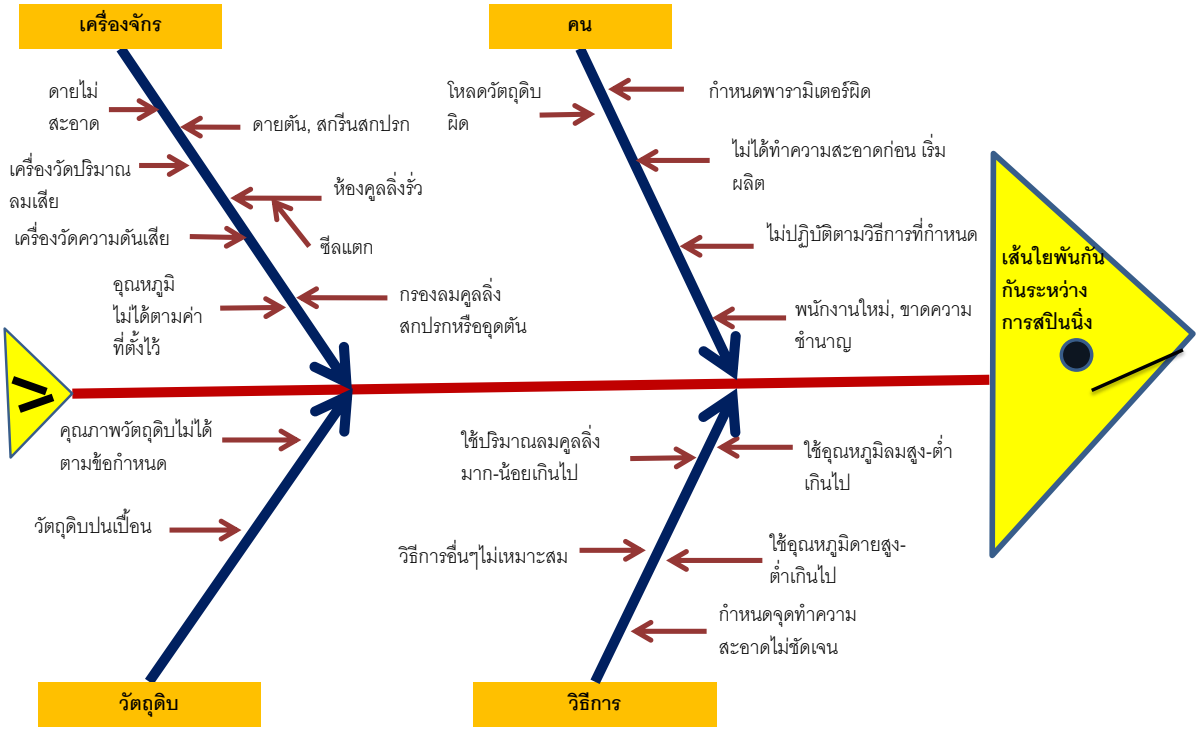


รูปที่ 3.3 จำลองการเกิดเส้นใยพันกัน บริเวณสปินนิ่งโซน

ที่มา : ข้อมูลการผลิตจากบริษัทกรณีศึกษา

รูปที่ 3.2 และ 3.3 อธิบายตำแหน่งของกระบวนการสปินนิ่ง และรูปจำลองการเกิดเส้นใยพันกันในระหว่างกระบวนการสปินนิ่ง ซึ่งหลังจากที่ผู้วิจัยได้ทำการประชุมร่วมกับผู้ชำนาญในการผลิต สามารถอธิบายการเกิดการพันกันได้ดังนี้

สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากเส้นใยพันกันในกระบวนการ เกิดจากการสัมผัสกันหรือขาดจากกันของเส้นใยที่อยู่ในระหว่างกระบวนการสปินนิ่ง (Spinning) แล้วเกิดการจับตัวกันลงมาเป็นก้อน แทนที่จะเกิดการดึงยืดในขั้นตอนถัดไป (Drawing) ซึ่งสาเหตุที่ทำให้เส้นใยเกิดการพันกันนั้นอาจสามารถวิเคราะห์ได้จากแผนภูมิก้างปลา ดังรูปที่ 3.4

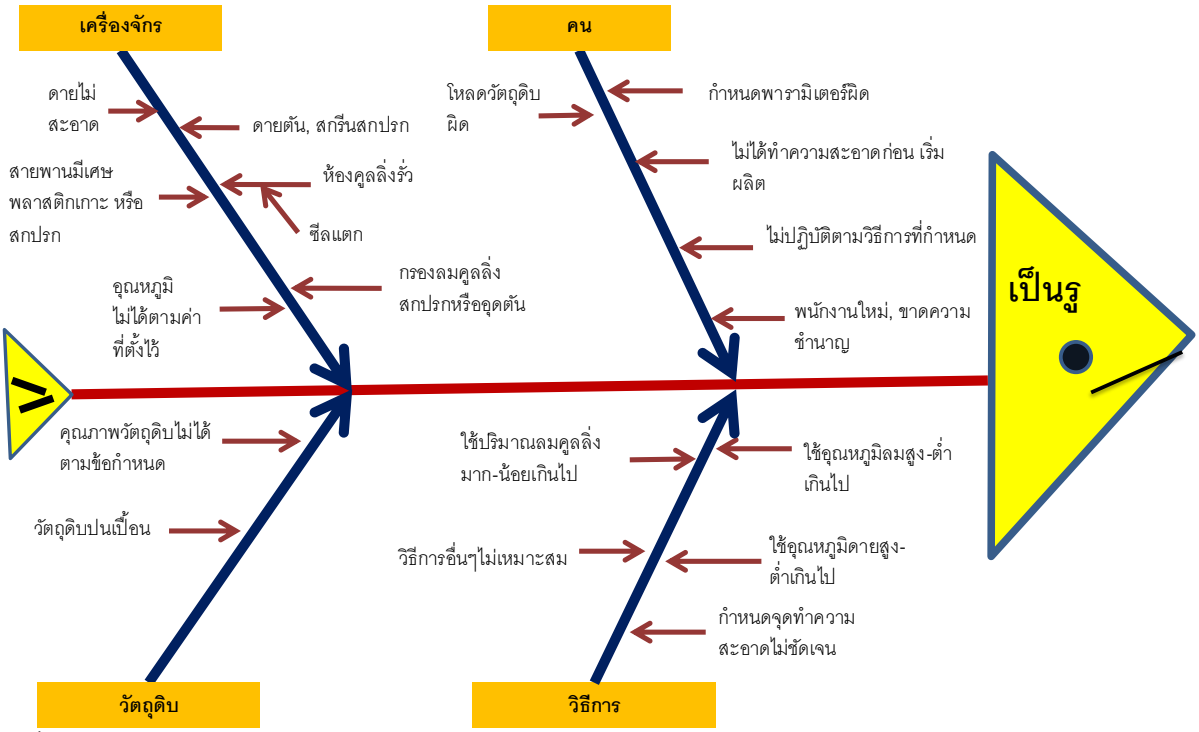


รูปที่ 3.4 แผนผังก้างปลาแสดงการวิเคราะห์สาเหตุการเกิดเส้นใยพันกันกันระหว่างการสปินนิ่ง

ตารางที่ 3.1 สาเหตุของการเกิดเส้นใยพันกันระหว่างการสปินนิ่ง, วิธีการแก้ไข และจำนวนการเกิดปัญหา

สาเหตุหลัก (4M)	สาเหตุ	การแก้ไข	จำนวนครั้งที่พบปัญหา (มกราคม 2555 ถึง มิถุนายน 2555)
คน	คีย์พารามิเตอร์ผิด	หัวหน้าทำการตรวจสอบค่า พารามิเตอร์ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงชนิดของผลิตภัณฑ์	0
	โหลดวัตถุดิบผิด	1. ฝ่ายวางแผนแจ้งแผนแก่พนักงานโหลดเรซิ่นทุกวันก่อนเลิกงาน 2. หัวหน้างานแจ้งพนักงานโหลดเรซิ่นก่อนทำการเปลี่ยนชนิดผลิตภัณฑ์ทุกครั้ง 3. บันทึกชนิดเรซิ่น และจำนวนที่โหลดเข้าไซโลทุกถุง	1
	ไม่ได้ทำความสะอาดก่อน Start Up	1. หัวหน้างานตรวจสอบไลน์การผลิตทุกครั้งก่อน Start Up และทำการบันทึกผล 2. แจ้งในที่ประชุมระดับปฏิบัติงาน ให้ทำการทำความสะอาดไลน์ก่อน Start up ทุกครั้ง	0
	ไม่ได้ปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนด	1. สร้างความเข้าใจในวิธีปฏิบัติงาน และสอบถามถึงสาเหตุที่ไม่ปฏิบัติ	0
	พนักงานใหม่ ขาดความชำนาญ	1. การผลิตหลักของเครื่องจักร ให้ปรับค่าเฉพาะพนักงานระดับ Plant Operation ขึ้นไปซึ่งมีอายุงานเกินกว่า 5 ปี 2. กำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบให้พนักงานใหม่ในส่วนที่ไม่จำเป็นต้องมีความชำนาญมากนัก	0
เครื่องจักร	ดายไม่สะอาด	1. กำหนดให้มีการตรวจรับดายก่อนเข้าไลน์การผลิตจากฝ่ายทำความสะอาด 2. ชี้แจงความสำคัญของการทำความสะอาดดายให้แก่พนักงาน และสอบถามถึงความยุ่งยาก จัดหาอุปกรณ์ทำความสะอาดที่เหมาะสม 3. หากพบว่าดายไม่สะอาด ให้ทำการหยุดการผลิตและอุดรูดายในตำแหน่งนั้นๆ	2
	ดายตัน สกรีนสกปรก	1. ปรับค่าพารามิเตอร์ 2. หากยังไม่สามารถแก้ไขได้ ให้ทำการหยุดการผลิต และทำการเปลี่ยนดาย	5
	Chamber รั่ว ซีลแตก	1. หยุดการผลิต และทำการเปลี่ยนซีล 2. ฝ่ายซ่อมบำรุงทำการเปลี่ยนแปลงแผนการซ่อมบำรุง เปลี่ยนซีลใหม่	2
	Hani comb สกปรกหรืออุตัน	1. ปรับค่าพารามิเตอร์ 2. หากยังไม่สามารถแก้ไขได้หยุดการผลิต และทำความสะอาด Hani Comb หรือเปลี่ยนใหม่	3
	เครื่องวัดปริมาณลมเสีย	1. หยุดการผลิตและเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่ 2. ฝ่ายซ่อมบำรุงทำการเปลี่ยนแปลงแผนการซ่อมบำรุง ใหม่	0
	เครื่องวัดความดันลมเสีย	1. หยุดการผลิตและเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่ 2. ฝ่ายซ่อมบำรุงทำการเปลี่ยนแปลงแผนการซ่อมบำรุง ใหม่	0
	อุณหภูมิไม่ได้ตามค่าที่ตั้งไว้	1. ปรับค่าพารามิเตอร์ 2. หากยังไม่สามารถแก้ไขได้หยุดการผลิต และทำการแก้ไข	2
วัตถุดิบ	ค่า MFI ไม่ได้ตามข้อกำหนด	1. ทำการตรวจสอบ COA ทุกครั้งก่อนตรวจรับวัตถุดิบ	0
	มีการปนเปื้อนจากวัตถุดิบ	1. จัดทำชุดแม่เหล็กดักจับเศษเหล็กก่อนเข้าไลน์การผลิต 2. กำหนดแผนการเปลี่ยนสกรีนโดยอัตโนมัติ	0
วิธีการ	ใช้ลม cooling แรงเกินไป	1. ปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ ของ Cooling Air(ยังไม่มีวิธีการแก้ไขที่ชัดเจน)	43
	ใช้อุณภูมิดายสูงเกินไป	1. ปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ ของอุณหภูมิ (ยังไม่มีวิธีการแก้ไขที่ชัดเจน)	28
	ใช้อุณภูมิลมสูงเกินไป	1. ปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ (ยังไม่มีวิธีการแก้ไขที่ชัดเจน)	37
	อื่นๆ	1. ปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ (ยังไม่มีวิธีการแก้ไขที่ชัดเจน)	19
	กำหนดจุดทำความสะอาดไม่ชัดเจน	1. กำหนดแผนผังการทำความสะอาด จุดต่างๆก่อนทำการ Start up	2

สาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียเป็นรู สามารถวิเคราะห์ได้ดังรูปที่ 3.5

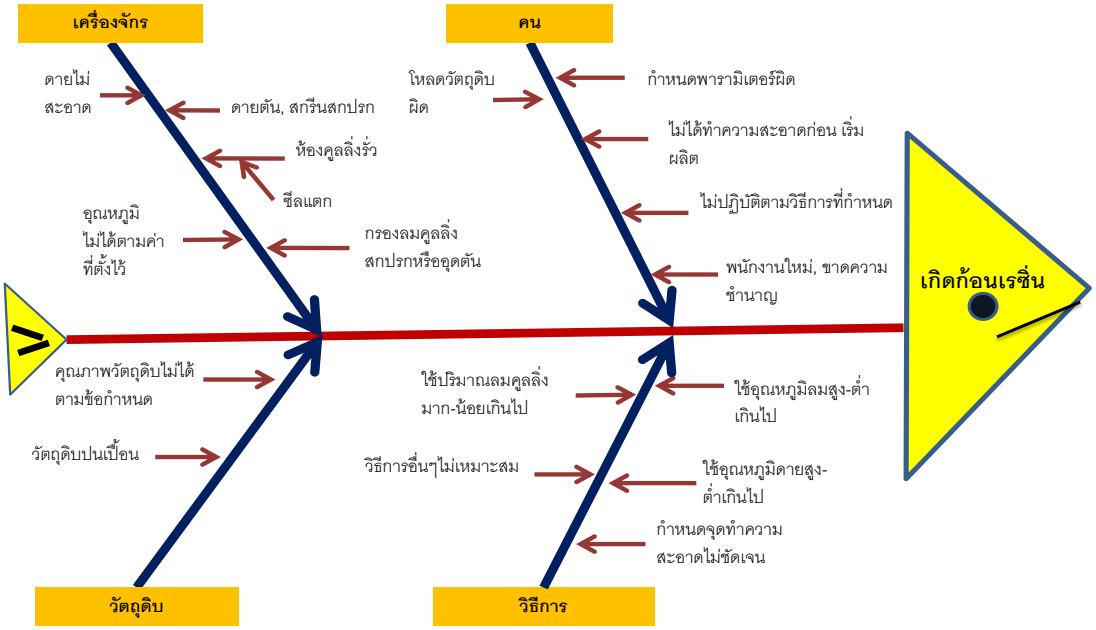


รูปที่ 3.5 แผนผังก้างปลาแสดงการวิเคราะห์สาเหตุการเกิดผ้าเป็นรู

ตารางที่ 3.2 สาเหตุของการเกิดผ้าเป็นรู, วิธีการแก้ไข และจำนวนการเกิดปัญหา

สาเหตุหลัก (4M)	สาเหตุ	การแก้ไข	จำนวนครั้งที่พบปัญหา (มกราคม 2555 ถึง มิถุนายน 2555)
คน	กำหนดพารามิเตอร์ผิด	หัวหน้าทำการตรวจสอบค่า พารามิเตอร์ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงชนิดของผลิตภัณฑ์	0
	โหลดวัตถุดิบผิด	1. ฝ่ายวางแผนแจ้งแผนแก่พนักงานโหลดเรซิ่นทุกวันก่อนเลิกงาน 2. หัวหน้างานแจ้งพนักงานโหลดเรซิ่นก่อนทำการเปลี่ยนชนิดผลิตภัณฑ์ทุกครั้ง 3. บันทึกชนิดเรซิ่น และจำนวนที่โหลดเข้าไซโลทุกถุง	0
	ไม่ได้ทำความสะอาดก่อนเริ่มผลิต	1. หัวหน้างานตรวจสอบไลน์การผลิตทุกครั้งก่อน Start Up และทำการบันทึกผล 2. แจ้งในที่ประชุมระดับปฏิบัติงาน ให้ทำการทำความสะอาดไลน์ก่อน Start up ทุกครั้ง	0
	ไม่ปฏิบัติตามวิธีการที่กำหนด	1. สร้างความเข้าใจในวิธีปฏิบัติงาน และสอบถามถึงสาเหตุที่ไม่ปฏิบัติ	0
	พนักงานใหม่ ขาดความชำนาญ	1. การผลิตหลักของเครื่องจักร ให้ปรับค่าเฉพาะพนักงานระดับ Plant Operation ขึ้นไปซึ่งมีอายุงานเกินกว่า 5 ปี 2. กำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบให้พนักงานใหม่ในส่วนที่ไม่จำเป็นต้องมีความชำนาญมากนัก	0
เครื่องจักร	ดายไม่สะอาด	1. กำหนดให้มีการตรวจรับดายก่อนเข้าไลน์การผลิตจากฝ่ายทำความสะอาด 2. ชี้แจงความสำคัญของการทำความสะอาดดายให้แก่พนักงาน และสอบถามถึงความยุ่งยาก จัดหาอุปกรณ์ทำความสะอาดที่เหมาะสม 3. หากพบว่าดายไม่สะอาด ให้ทำการหยุดการผลิตและอุดรูดายในตำแหน่งนั้นๆ	1
	ดายตัน สกรีนสกปรก	1. ปรับค่าพารามิเตอร์ 2. หากยังไม่สามารถแก้ไขได้ ให้ทำการหยุดการผลิต และทำการเปลี่ยนดาย	3
	ห้องคูลลิ่งรั่ว เนื่องจากซีลแตก	1. หยุดการผลิต และทำการเปลี่ยนซีล 2. ฝ่ายซ่อมบำรุงทำการเปลี่ยนแปลงแผนการซ่อมบำรุง เปลี่ยนซีลใหม่	0
	กรองลมคูลลิ่งสกปรกหรืออุดตัน	1. ปรับค่าพารามิเตอร์ 2. หากยังไม่สามารถแก้ไขได้หยุดการผลิต และทำความสะอาด Hani Comb หรือเปลี่ยนใหม่	1
	อุณหภูมิไม่ได้ตามค่าที่ตั้งไว้	1. ปรับค่าพารามิเตอร์ 2. หากยังไม่สามารถแก้ไขได้หยุดการผลิต และทำการแก้ไข	2
	สายพานมีเศษพลาสติกเกาะ หรือสกปรก	1. หยุดความสะอาด 2. เปลี่ยนสายพาน (Spin belt) ใหม่	5
วัตถุดิบ	คุณภาพวัตถุดิบไม่ได้ตามข้อกำหนด	1. ทำการตรวจสอบ COA ทุกครั้งก่อนตรวจรับวัตถุดิบ	0
	วัตถุดิบปนเปื้อน	1. จัดทำชุดแม่เหล็กดักจับเศษเหล็กก่อนเข้าไลน์การผลิต 2. กำหนดแผนการเปลี่ยนสกรีนโดยดูจากแรงดันหน้าดาย	0
วิธีการ	ใช้ปริมาณลมคูลลิงมาก-น้อยเกินไป	1. ปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ ของ Cooling Air(ยังไม่มีวิธีการแก้ไขที่ชัดเจน)	11
	ใช้อุณหภูมิดายสูง-ต่ำเกินไป	1. ปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ ของอุณหภูมิ (ยังไม่มีวิธีการแก้ไขที่ชัดเจน)	8
	ใช้อุณหภูมิลมสูง-ต่ำเกินไป	1. ปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ (ยังไม่มีวิธีการแก้ไขที่ชัดเจน)	18
	วิธีการอื่นๆ ไม่เหมาะสม	1. ปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ (ยังไม่มีวิธีการแก้ไขที่ชัดเจน)	7
	กำหนดจุดทำความสะอาดไม่ชัดเจน	1. กำหนดแผนผังการทำความสะอาด จุดต่างๆก่อนทำการ Start up	0

สาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียเป็นรู สามารถวิเคราะห์ได้ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แผนผังก้างปลาแสดงการวิเคราะห์สาเหตุการเกิดก้อนเรซิ่น

ตารางที่ 3.3 สาเหตุของการเกิดก้อนเรซิ่น, วิธีการแก้ไข และจำนวนการเกิดปัญหา

สาเหตุหลัก (4M)	สาเหตุ	การแก้ไข	จำนวนครั้งที่พบปัญหา (มกราคม 2555 ถึง มิถุนายน 2555)
คน	กำหนดพารามิเตอร์ผิด	หัวหน้าทำการตรวจสอบค่า พารามิเตอร์ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงชนิดของผลิตภัณฑ์	0
	โหลดวัตถุดิบผิด	1. ฝ่ายวางแผนแจ้งแผนแก่พนักงานโหลดเรซิ่นทุกวันก่อนเลิกงาน 2. หัวหน้างานแจ้งพนักงานโหลดเรซิ่นก่อนทำการเปลี่ยนชนิดผลิตภัณฑ์ทุกครั้ง 3. บันทึกชนิดเรซิ่น และจำนวนที่โหลดเข้าไซโลทุกถุง	0
	ไม่ได้ทำความสะอาดก่อนเริ่มผลิต	1. หัวหน้างานตรวจสอบไลน์การผลิตทุกครั้งก่อน Start Up และทำการบันทึกผล 2. แจ้งในที่ประชุมระดับปฏิบัติงาน ให้ทำการทำความสะอาดไลน์ก่อน Start up ทุกครั้ง	0
	ไม่ปฏิบัติตามวิธีการที่กำหนด	1. สร้างความเข้าใจในวิธีปฏิบัติงาน และสอบถามถึงสาเหตุที่ไม่ปฏิบัติ	0
	พนักงานใหม่ ขาดความชำนาญ	1. การผลิตหลักของเครื่องจักร ให้ปรับค่าเฉพาะพนักงานระดับ Plant Operation ขึ้นไปซึ่งมีอายุงานเกินกว่า 5 ปี 2. กำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบให้พนักงานใหม่ในส่วนที่ไม่จำเป็นต้องมีความชำนาญมากนัก	0
เครื่องจักร	ดายไม่สะอาด	1. กำหนดให้มีการตรวจรับดายก่อนเข้าไลน์การผลิตจากฝ่ายทำความสะอาด 2. ชี้แจงความสำคัญของการทำความสะอาดดายให้แก่พนักงาน และสอบถามถึงความยุ่งยาก จัดหาอุปกรณ์ทำความสะอาดที่เหมาะสม 3. หากพบว่าดายไม่สะอาด ให้ทำการหยุดการผลิตและอุดรูดายในตำแหน่งนั้นๆ	1
	ดายตัน สกรีนสกปรก	1. ปรับค่าพารามิเตอร์ 2. หากยังไม่สามารถแก้ไขได้ ให้ทำการหยุดการผลิต และทำการเปลี่ยนดาย	0
	ห้องคูลลิ่งรั่ว เนื่องจากซีลแตก	1. หยุดการผลิต และทำการเปลี่ยนซีล 2. ฝ่ายซ่อมบำรุงทำการเปลี่ยนแปลงแผนการซ่อมบำรุง เปลี่ยนซีลใหม่	0
	กรองลมคูลลิ่งสกปรกหรืออุดตัน	1. ปรับค่าพารามิเตอร์ 2. หากยังไม่สามารถแก้ไขได้หยุดการผลิต และทำความสะอาด Hani Comb หรือเปลี่ยนใหม่	0
	อุณหภูมิไม่ได้ตามค่าที่ตั้งไว้	1. ปรับค่าพารามิเตอร์ 2. หากยังไม่สามารถแก้ไขได้หยุดการผลิต และทำการแก้ไข	3
วัตถุดิบ	คุณภาพวัตถุดิบไม่ได้ตามข้อกำหนด	1. ทำการตรวจสอบ COA ทุกครั้งก่อนตรวจรับวัตถุดิบ	0
	วัตถุดิบปนเปื้อน	1. จัดทำชุดแม่เหล็กดักจับเศษเหล็กก่อนเข้าไลน์การผลิต 2. กำหนดแผนการเปลี่ยนสกรีนโดยดูจากแรงดันหน้าดาย	0
วิธีการ	ใช้ปริมาณลมคูลลิ่งมาก-น้อยเกินไป	1. ปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ ของ Cooling Air(ยังไม่มีวิธีการแก้ไขที่ชัดเจน)	8
	ใช้อุณหภูมิดายสูง-ต่ำเกินไป	1. ปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ ของอุณหภูมิ (ยังไม่มีวิธีการแก้ไขที่ชัดเจน)	7
	ใช้อุณหภูมิลมสูง-ต่ำเกินไป	1. ปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ (ยังไม่มีวิธีการแก้ไขที่ชัดเจน)	16
	วิธีการอื่นๆ ไม่เหมาะสม	1. ปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ (ยังไม่มีวิธีการแก้ไขที่ชัดเจน)	2
	กำหนดจุดทำความสะอาดไม่ชัดเจน	1. กำหนดแผนผังการทำความสะอาด จุดต่างๆก่อนทำการ Start up	0

จากตารางสรุปสาเหตุการเกิดเส้นใยพันกัน ผ้าเป็นรู และก้อนเรซิ่น ระหว่าง เดือน มกราคม 2555 ถึงเดือน พฤษภาคม 2555 จะพบว่าบางปัญหาไม่มีความถี่เกิดขึ้นเนื่องจากมาตรการการแก้ไขที่ได้ระบุไว้ได้ดำเนินการแล้ว และไม่พบการเกิดปัญหาในระยะเวลาดังกล่าว และจะเห็นได้ว่าปัญหาการเกิดเส้นใยพันกัน ผ้าเป็นรู และก้อนเรซิ่น มีสาเหตุการแก้ไขที่เหมือนหรือใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการเกิดเส้นใยพันกัน หรือการขาดจากกันในกระบวนการสปินนิ่งของเส้นใย มักก่อให้เกิดผ้าเป็นรู และก้อนเรซิ่นตามมาด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษาหาปัจจัยเพิ่มเติมโดยอาศัยสาเหตุของการพันกันในกระบวนการสปินนิ่ง เป็นหลัก ซึ่งจากตาราง ที่ 3.1, 3.2 และ 3.3 สามารถสรุปสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียด้านรูปลักษณ์ภายนอกสูงสุด ได้แก่

1. การใช้ปริมาณลมเย็น มากหรือ น้อยเกินไป
2. การใช้อุณหภูมิดายสูง หรือต่ำเกินไป
3. การใช้อุณหภูมิลมเย็นสูง หรือต่ำเกินไป

ปัญหาของการปรับแต่งพารามิเตอร์ให้เหมาะสมในระหว่างการผลิตนั้น เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดเส้นใยพันกัน ผ้าเป็นรู และก้อนเรซิ่น บ่อยครั้งที่สุด แนวทางการแก้ไขในปัจจุบันแบ่งได้สองวิธี คือ

1. การปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ไปเรื่อยๆจนกว่าจะพบว่าปัญหาจะหมดไปในระหว่างการผลิต โดยดูจำนวนการเกิดของเสียได้จาก กล้องความไวสูงที่คอยแจ้งผลการตรวจสอบทันทีเมื่อผ้าวิ่งผ้าหน้ากล้อง .ใช้เวลาประมาณ 5 ถึง 20 นาที

2. การหยุดการผลิตเพื่อทำความสะอาด ซึ่งเป็นทางเลือกสุดท้าย จะพบว่าต้องใช้เวลาในการหยุด และเริ่มทำการผลิตใหม่อีกครั้ง อย่างน้อยรวมกัน 120 นาที

ตารางที่ 3.4 แนวทางการแก้ไขปัญหาเส้นใยพันกัน ผ้าเป็นรู และก้อนเรซิ่น

วิธีที่	**ขั้นตอน**	**เวลาโดยประมาณ (นาที)**	
1	ปรับพารามิเตอร์	-	5-20
2	หยุดผลิต (Shut Down)	30	120
	ทำความสะอาด (Cleaning)	60	
	เริ่มผลิต (Start Up)	30	

3.2 การระบุสาเหตุของปัญหาโดยศึกษาจากงานวิจัยในอดีต

จากการศึกษางานวิจัยของ Jun Jia **[4]** ทำให้ได้ปัจจัยที่อาจส่งผลต่อกระบวนการสปินนิ่ง นั่นคือ ปริมาณลมเย็น (Air Flow) และ อุณหภูมิของลมเย็น (Cooling Temp.) เนื่องจาก Jia ได้อธิบายถึง สาเหตุการขาดของเส้นใยที่เกิดจาก ค่าแรงดึงที่กระทำต่อเส้นใย สูงกว่าค่าการทดต่อแรงดึงของตัวเส้นใยเอง ซึ่งทั้งสองปัจจัยนี้เองที่มีผลต่อดังกล่าว

สอดคล้องกับงานวิจัยของ Dietmar Hietel **[5]** ได้ศึกษากระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ จากเทคโนโลยีของ NEUMAG ใช้กระบวนการผลิตที่ใกล้เคียงกับบริษัทกรณีศึกษา ในกระบวนการดังกล่าว เส้นใยจะถูกดึงยืด และเปลี่ยนแปลงเส้นผ่านศูนย์กลาง เนื่องจากค่าความหนืดที่เปลี่ยนแปลง จากผล ค่าอุณหภูมิ จากปัจจัยของ อุณหภูมิของลมเย็น (Cooling Temp.) และ แรงดึงจากปัจจัยปริมาณลมเย็น (Air Flow) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเส้นผ่านศูนย์กลางที่อาจทำให้เกิดการฉีกขาดพันกัน และ ค่าความหนืดที่อาจทำให้เกิดการจับตัวเป็นก้อนเรซิ่นในระหว่างกระบวนการสปินนิ่งนั่นเอง

ซึ่งตรงกับ งานวิจัยของ Bhat et al. **[7]** เรื่อง Extruded Continuous Filament Nonwovens: Advances in Scientific ที่ได้แสดงถึง ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย และ ปัจจัยที่มีผล ซึ่งเขาได้ศึกษาพบว่าความเร็วลมดูดเส้นใย (Air Suction) และอุณหภูมิของพอลิเมอร์ หลอมเหลวก็มีผลเช่นเดียวกัน ในที่นี้สามารถปรับได้จากอุณหภูมิของดายนั่นเอง (Die Temperature)

จากการสอบถามผู้ปฏิบัติงาน เกี่ยวกับขนาดของเส้นใย ที่เล็กเกิน หรือมีขนาดไม่สม่ำเสมอ อาจทำให้เกิดการพันกันของ เส้นใย และเกิดเป็นของเสียได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอนำเอาปัจจัย ที่มีความสัมพันธ์กับขนาดของเส้นใย เพิ่มเติมได้แก่ ความเร็วลมดูดเส้นใย (Suction Speed) มาเป็นปัจจัยพิจารณาเพิ่มเติม และสำหรับช่องลม (Venturi gap) ไม่ได้นำมาพิจารณาเนื่องจากมีผลกระทบต่อคุณสมเชิงกลของผ้า

ตารางที่ 3.5 สรุปปัจจัยนำเข้าเพื่อทำการออกแบบการทดลอง

วิเคราะห์จากแผนภูมิก้างปลา (Fishbone)	ศึกษาจากงานวิจัย Jia (2010)	ศึกษาจากงานวิจัย Hietel (2005)	ศึกษาจากงานวิจัย G. Bhat (2000)	สาเหตุ	ค่าพารามิเตอร์
ปริมาณลม (Air Flow)	ปริมาณลม (Air Flow)	ปริมาณลม (Air Flow)		ปริมาณลม (Air Flow)	แรงดันลมในห้องปั่นเส้นใย (Cabin Pressure)
อุณหภูมิดาย (Die Temperature)			อุณหภูมิเส้นใย Melt Temperature	อุณหภูมิดาย (Die Temperature)	อุณหภูมิดาย (Die Temperature)
อุณหภูมิลมคูลลิ่ง (Cooling Air Temperature)	ความแข็งแรงของเส้นใย (Polymer Strength)	การแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchange)		อุณหภูมิลมคูลลิ่ง (Cooling Air Temperature)	อุณหภูมิลมคูลลิ่ง (Cooling Air Temperature)
			ความเร็วลมดูดเส้นใย (Suction Speed)	ความเร็วลมดูดเส้นใย (Suction Speed)	ความเร็วลมดูดเส้นใย (Suction Speed)

ตารางที่ 3.5 แสดงผลสรุปปัจจัยนำเข้า (ค่าพารามิเตอร์) เพื่อทำการออกแบบการทดลอง มีอยู่ทั้งสิ้น 4 ปัจจัย ได้แก่ แรงดันลมในห้องปั่นเส้นใย (Cabin Pressure), อุณหภูมิดาย (Die Temperature), อุณหภูมิลมเย็น (Cooling Air Temperature) และ ความเร็วลมดูดเส้นใย (Suction Speed) ซึ่งผลสรุปปัจจัยนำเข้า เกิดจากผลรวมระหว่างการวิเคราะห์จากแผนภูมิก้างปลา และการศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 4

การออกแบบการทดลองเพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสม

หลังจากได้ทำการคัดเลือกปัจจัยที่อาจเป็นสาเหตุของปัญหาดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 ขั้นตอนต่อไปเป็นการวิเคราะห์เพื่อหานัยสำคัญของสาเหตุ โดยใช้เครื่องมือทางด้านสถิติ และใช้โปรแกรม Minitab ช่วยในการคำนวณและวิเคราะห์ผล กระบวนการวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญของปัญหาที่ได้คัดเลือกมานั้น จะใช้ การออกแบบเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับ เพื่อคัดกรองปัจจัยที่ไม่มีผลออก เนื่องจากกระบวนการทดลองนั้น มีค่าใช้จ่ายในการผลิตที่ค่อนข้างสูง รวมทั้งกระบวนการผลิตใช้เวลาในการผลิตที่ยาวนาน ผู้วิจัยจึงนำเอา การออกแบบเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับมาช่วยคัดกรองปัจจัยที่ไม่มีผลออกไป หลังจากนั้นจึงทำการ หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยวิธีการออกแบบการทดลองโดยวิธีพื้นผิวตอบ ซึ่งเป็นวิธีการที่นิยมและอีกทั้งยังเป็นการทดลองที่ใช้กับปัจจัยตั้งแต่ 3 ปัจจัยขึ้นไป

นอกจากนี้จากการคำนวณจำนวนการทดลอง เมื่อต้องทำการทดลองโดยใช้ปัจจัยนำเข้าจำนวน 4 ปัจจัย ซึ่งทำให้พบว่า

- หากทำการทดลองโดยใช้วิธีการ ออกแบบเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับ ร่วมกับการออกแบบการทดลองโดยวิธีพื้นผิวตอบ จะทำให้ได้จำนวนการทดลองทั้งสิ้น 23 การทดลอง โดยมาจากการทดลองที่เกิดจาก วิธีการ ออกแบบเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับ 8 การทดลอง และการทดลองที่เกิดจาก การออกแบบการทดลองโดยวิธีพื้นผิวตอบ 15 การทดลอง

- หากทำการออกแบบการทดลอง การออกแบบการทดลองโดยวิธีพื้นผิวตอบ เพียงอย่างเดียว จะพบว่าทำให้ได้ การทดลองทั้งสิ้น 27 การทดลอง

ซึ่งผลความแตกต่างของการทดลอง ทั้ง 2 วิธีข้างต้น เป็น 4 การทดลอง ซึ่งพบว่าจะเกิดเวลาสูญเสียขึ้นระหว่างการทดลอง อย่างน้อย 24 ชั่วโมง (คิดเป็นเวลาในการทดลองผลิต)และมีปริมาณชิ้นงานที่ต้องรอการจัดการเพื่อส่งมอบประมาณ 48 ตัน (คิดที่กำลังการผลิต 2 ตันต่อชั่วโมง) ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกการนำเอาทั้ง วิธีการ ออกแบบเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับร่วมกับ การออกแบบการทดลองโดยวิธีพื้นผิวตอบ มาใช้

การหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพื่อช่วยลดการเกิดของเสีย จำเป็นจะต้องคัดเลือกปัจจัยนำเข้าซึ่ง ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดของ โสภิตา ท้วมมี [6] ซึ่งได้ศึกษาการลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตพลาสติกแผ่นโดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง โดยการทดลองดังกล่าว เขาได้ออกแบบการทดลองออกเป็นสองส่วน ได้แก่ การทดลองเพื่อคัดเลือกปัจจัย (Screening Factor) และ การทดลองเพื่อหาค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสม โดยในขั้นตอนการคัดเลือกปัจจัย ได้ใช้แผนผังก้างปลา (Fish-bone Diagram) ระดมความคิดเห็นของทีมงาน ซึ่งเป็นผู้มีประการในการผลิต จากนั้นทำการค้นหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการทำให้เกิดเม็ดพีวีซีไม่หลอมละลายที่เกิดขึ้นบนผิวผลิตภัณฑ์ไม่เกิน 10จุดต่อตารางเมตร โดยการกรองปัจจัย ด้วยเทคนิคการออกแบบการทดลอง เชิงเฟคตอเรียลแบบสองระดับ (2k Factorial Design) เพื่อลดปัจจัยหลักที่ไม่มีอิทธิพลออก และนำปัจจัยหลักที่เหลืออยู่ไปศึกษาต่อ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในส่วนต่อไป

เนื่องจากในกระบวนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษาเป็นกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง มีกำลังการผลิตที่สูง ซึ่งการทดลองเพื่อกรองปัจจัย อาจมีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายที่สูงตามมาด้วย ผู้วิจัยจึงได้ศึกษากระบวนการกรองปัจจัยเพิ่มเติมจากหนังสือของ ปารเมศ ชุติมา [1] ซึ่งได้กล่าวถึงการออกแบบเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับ ว่าถูกใช้อย่างแพร่หลาย ซึ่งเราจะใช้การออกแบบนี้เพื่อค้นหาว่ามีปัจจัยใดบ้างที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมักจะใช้ในช่วงการเริ่มต้นโครงการ หลังจากกรองปัจจัยแล้ว ปัจจัยที่มีผลจะถูกนำไปทดลองอย่างละเอียดต่อไป

ผู้วิจัยจึงได้วางแผนที่จะนำเอาวิธีการออกแบบการทดลองเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับเพื่อเป็นการกรองปัจจัย (Screen Factor) ที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการเกิด ปัญหาเส้นใยเส้นใยพันกัน ผ้าเป็นรู และก้อนเรซิ่น ในกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ เพื่อลดผลกระทบต่อค่าใช้จ่าย และเวลาสูญเสียในการผลิตลง และปารเมศ ชุติม า [1] ยังได้กล่าวถึงวิธีการพื้นผิวตอบเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการว่าเป็นการรวบรวมเอาเทคนิคทั้งทางคณิตศาสตร์ และทางสถิติที่มีประโยชน์ต่อการสร้างแบบจำลอง และการวิเคราะห์ปัญหา โดยผลการตอบสนองที่สนใจจะขึ้นอยู่กับหลายๆตัว และต้องการหาค่าที่ดีที่สุดสำหรับผลการตอบสนอง ยกตัวอย่าง การที่วิศวกรต้องการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ของระดับความเข้มของสารละลาย และตัวเร่งปฏิกิริยา ที่มีผลต่อปริมาณที่มากที่สุดต่อผลผลิตที่ได้

ชาญณรงค์ สายแก้ว [8] ได้ ทำการออกแบบการทดลองสำหรับการปรับปรุงผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต: การประยุกต์ในเครื่องย่อยขวดแก้ว เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้ได้ขนาดของเศษแก้วที่เหมาะสม และมีกำลังการผลิตมากที่สุดโดยเฉลี่ย โดยวิธีการพื้นผิวตอบ เพื่อหาค่าที่เหมาะสม ซึ่งสอดคล้องการการดำเนินงานงานวิจัย ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จึงได้นำเอา

แนวคิดดังกล่าวมาออกแบบการทดลองโดยวิธีการพื้นผิวตอบเพื่อหาค่าที่เหมาะสมในการลดของเสียที่เกิดจากเส้นใยเส้นใยพันกัน ผ้าเป็นรู และก้อนเรซิ่น ในกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ

4.1 การออกแบบทดลองเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียลสองระดับ (2^KFractional Factorial Design) **เพื่อคัดกรองปัจจัยที่มีผล ต่อของเสียจากเส้นใยเส้นใยพันกัน ผ้าเป็นรู และก้อนเรซิ่น**

4.1.1 การกำหนดระดับของปัจจัย

ในการทดลองนี้จะกำหนดระดับของปัจจัยเป็นแบบตายตัว (Fixed level) โดยแบ่งออกเป็นสองระดับ ซึ่งอาศัยข้อมูลความรู้และประสบการณ์จากพนักงานผู้ชำนาญในกระบวนการผลิต การทดลองจะใช้สภาวะการผลิตในปัจจุบันมากำหนดการเพิ่มและลดของระดับ เพื่อศึกษาผลกระทบของปัจจัยที่เกิดกับร้อยละของเสีย ระดับของปัจจัยได้แก่

ก. ปริมาณลมเย็น (Total Flow) คือปริมาณลมที่ให้เข้าสู่ระบบของการสปินนิ่ง (Spinning) ซึ่งในที่นี่จะใช้ค่าพารามิเตอร์เป็น แรงดันลมในห้องปั่นเส้นใย (Cabin Pressure) เพื่อให้เส้นใยเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาวะจากพอลิเมอร์เหลวเป็นเส้นใยที่มีลักษณะเป็นของแข็ง ขณะเดียวกันปริมาณลมยังเป็นส่วนที่ทำให้เส้นใยเกิดการยืดตัวในแนวดิ่ง ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการเกิดความเป็นผลึกในเส้นใย และเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เส้นใยเกิดความแข็งแรง การที่มีลมปริมาณมาก ทำให้ความเป็นผลึกของเส้นใยสูงขึ้น เกิดความแข็งแรงมากขึ้น ขณะเดียวกัน ปริมาณลมที่ให้เข้าไปในระบบยิ่งมากจะยิ่งส่งผลต่อการสปิ่นนิ่ง ของเส้นใย และอาจทำให้เส้นใยสัมผัสกันง่ายขึ้นได้ การปรับค่าปริมาณลมจึงสามารถแบ่งออกได้เป็นสองระดับ โดยอ้างอิงจากกระบวนการผลิตที่เหมาะสมในปัจจุบัน เพื่อให้ได้ค่าคุณสมบัติของเส้นใยที่สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า ได้แก่

ระดับต่ำ คือ 2400 Pascal

ระดับสูง คือ 3000 Pascal

ข. อุณหภูมิดาย (Die Temperature) คือ อุณหภูมิที่กำหนดให้ดายซึ่งมีลักษณะรูพรุน เพื่อให้พอลิเมอร์เหลวไหลผ่าน และเกิดเป็นเส้นใย ซึ่งอุณหภูมินี้มีส่วนสำคัญต่อความเร็วใน

การเกิดความเป็นผลึกที่ทำให้เส้นใยเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง อุณหภูมิดายที่สูงจะทำให้ค่าความหนืดของพอลิเมอร์หลอมเหลวลดลง การสัมผัสกันของเส้นใยในขณะที่ยังอยู่ในสถานะเจล (Gel) จะทำให้เส้นใยพันกัน หรือจับตัวเป็นก้อนได้ง่าย ขณะเดียวกันยังมีผลต่อความสกปรกของดายอันเนื่องจากการเกิดโค๊ก (Coke) ที่เกิดจากการไหม้ของพอลิเมอร์ แต่หากอุณหภูมิน้อยไปค่าความแข็งแรงของเส้นใยลดลง เนื่องจากการจัดเรียงตัวของพอลิเมอร์ลดลง การปรับค่าอุณหภูมิดาย สามารถแบ่งออกเป็นสองระดับ เนื่องด้วยผลของอายุการใช้งานของดาย และคุณสมบัติด้านความแข็งแรงดังข้างต้น ได้แก่

ระดับต่ำ คือ 215 องศาเซลเซียส

ระดับสูง คือ 225 องศาเซลเซียส

ค. อุณหภูมิลมเย็น (Cooling Temperature) คือ อุณหภูมิที่กำหนดให้กับลมเย็นที่ให้เข้าสู่ระบบ มีส่วนทำให้เส้นใยเกิดการเย็นตัวเปลี่ยนสถานะจากพอลิเมอร์เหลวเป็นของแข็ง และช่วยลดการพันกันของเส้นใยในขณะที่เส้นใยยังเป็นของเหลว แต่จะทำให้เส้นใยเกิดการแข็งตัวแข็งเกินไปได้หากอุณหภูมิที่ให้ต่ำเกินไป อาจทำให้เส้นใยขาด หรือความแข็งแรงลดลงเนื่องจากการจัดเรียงตัวเป็นผลึกจะน้อย ในทางกลับกันหากอุณหภูมิลมเย็นสูงเกินไป ทำให้เส้นเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาวะของเหลวเป็นของแข็งที่ช้า หากเส้นใยเกิดการสัมผัสกันทำให้เกิดการขาดในกระบวนการสปินนิ่งได้ง่าย สามารถแบ่งออกเป็นสองระดับ เนื่องจากความสามารถของเครื่องจักร ได้แก่

ระดับต่ำ คือ 27 องศาเซลเซียส

ระดับสูง คือ 33 องศาเซลเซียส

ง. ความเร็วลมดูดเส้นใย (Suction Blower) คือ ความเร็วรอบใบพัดของมอเตอร์ที่คอยดูดเส้นใยลงบนสายพาน เพื่อให้เส้นใยจัดเรียงตัวบนสายพานอย่างสม่ำเสมอ ความเร็วลมดูดนี้ ยังเป็นส่วนที่กำหนดปริมาณและความเร็วลมในระบบ ซึ่งหากให้ความเร็วรอบในการดูดสูง จะทำให้เส้นใยถูกแรงลมดึงกระทำมากขึ้นด้วย และอาจเป็นผลทำให้เส้นใยพันกันได้ แต่หากใช้

ความเร็วลมต่ำ จะทำให้เส้นใย จัดเรียงตัวบนสายพานไม่สม่ำเสมอ ความเร็วลมดูดเส้นใย สามารถแบ่งออกได้สองระดับ ตามข้อมูลการผลิตที่ได้ทำการบันทึกไว้ เพื่อให้เส้นใยจัดเรียงตัวอย่างสม่ำเสมอ ได้แก่

ระดับต่ำ คือ 1500 รอบต่อนาที (rpm)

ระดับสูง คือ 2100 รอบต่อนาที (rpm)

ตารางที่ 4.1 สรุประดับของปัจจัยสำหรับการออกแบบการทดลองเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียล

สัญลักษณ์	ปัจจัย	ระดับของปัจจัย		หน่วย
		ต่ำ (-)	สูง (+)	
A	แรงดันลมห้องปั่นเส้นใย (Cabin Pressure)	2400	3000	ปาสคาล (Pascal)
B	อุณหภูมิดาย (Die Temperature)	215	225	องศาเซลเซียส
C	อุณหภูมิลมเย็น (Cooling Air Temperature)	27	33	องศาเซลเซียส
D	ความเร็วลมดูดเส้นใย (Suction Speed)	1500	2100	รอบต่อนาที

ระดับของปัจจัยสำหรับการออกแบบการทดลองเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียลแสดงไว้ดังตารางที่ 4.1

4.1.2 ตัวแปรตอบสนอง

ในงานวิจัยนี้ผู้จัดทำได้ให้ความสนใจการปรับปรุงของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ดังนั้นการกำหนดตัวแปรตอบสนองหรือ Response ของการทดลอง ในขั้นตอนการกรองปัจจัยนั้น ได้กำหนดจากร้อยละของเสียที่เกิดขึ้น ในกระบวนการ โดยจะคำนวณเฉพาะของเสียที่เกิดจากการพันกันของเส้นใย เป็นรู และ ก้อนเรซิ่น เพื่อให้การวิเคราะห์ผลสามารถนำไปสู่ปัจจัยที่มีผลต่อของเสียหลักที่สามปัญหา

$$\text{ร้อยละของเสีย} = \frac{\text{น้ำหนักม้วนผ้าไม่ทอที่ผิดข้อกำหนด}}{\text{น้ำหนักม้วนผ้าไม่ทอที่ผลิตได้ทั้งหมด}} \text{ X } 100$$

4.1.3 การออกแบบการทดลอง

ในงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำหรับขั้นตอนการกรองปัจจัยใช้การออกแบบการทดลองเชิงเศษส่วนแฟคตอเรียล 2^k แบบ 1 เรพลิเคต (2^K Fractional Factorial Design Single Replicate) เพื่อกรองปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการพันกันของเส้นใย ของเสียที่เป็นรู และของเสียจากการเกิดก้อนเรซิ่น เพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิตเนื่องจากการทดลอง และลดค่าใช้จ่าย การทดลองจะมีทั้งหมด 4 ปัจจัย นำเข้า จำนวนการทดลองทั้งหมด เท่ากับ 8 การทดลอง (2^{4-1}) และใช้โปรแกรม Minitab เพื่อช่วยในการออกแบบ ตารางและลำดับในการทดลอง

ตารางที่ 4.2 จะแสดงผลการออกแบบการทดลองเชิงเศษส่วนแฟคทอเรียลที่ได้จากโปรแกรม Minitab ซึ่งได้กำหนดลำดับการทดลองที่ได้จากการสุ่ม หลังจากนั้นผู้วิจัยได้สร้างตารางที่ 4.3 เพื่อนำเอาระดับของปัจจัยที่ได้ข้อมูลจากการศึกษาในกระบวนการและการสอบถามผู้ชำนาญ มากำหนด และทำไปใช้ในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 4.2 การออกแบบการทดลองเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียล จากโปรแกรม Minitab

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	D
4	1	1	1	1	1	-1	-1
6	2	1	1	1	-1	1	-1
7	3	1	1	-1	1	1	-1
2	4	1	1	1	-1	-1	1
3	5	1	1	-1	1	-1	1
5	6	1	1	-1	-1	1	1
8	7	1	1	1	1	1	1
1	8	1	1	-1	-1	-1	-1

ตารางที่ 4.3 การกำหนดระดับของปัจจัยสำหรับการออกแบบทดลองเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียล

ลำดับการทดลอง	แรงดันลมห้องปั่นเส้นใย (A)	อุณหภูมิดาย (B)	อุณหภูมิลมเย็น (C)	ความเร็วลมดูดเส้นใย (D)
1	30000	225	27	1500
2	30000	215	33	1500
3	24000	225	33	1500
4	30000	215	27	2100
5	24000	225	27	2100
6	24000	215	33	2100
7	30000	225	33	2100
8	24000	215	27	1500

4.1.4 ขั้นตอนการทดลอง

เนื่องจากกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอนั้นเป็นกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องและมีกำลังการผลิตที่ค่อนข้างสูงเมื่อคิดเทียบต่อไลน์การผลิต ดังนั้นการออกแบบการทดลองจึงต้องวางแผนการดำเนินงานที่มีขั้นตอนชัดเจน เพื่อให้พนักงานฝ่ายผลิต ได้ดำเนินการอย่างถูกต้องครบถ้วน เพื่อลดผลกระทบที่อาจส่งผลต่อการผลิตได้

การเตรียมความพร้อมก่อนการทดลอง ผู้วิจัยได้ดำเนินการเตรียมแผนการทดลอง เพื่อให้พนักงานได้เข้าใจขั้นตอนการทดลองในภาพรวมทั้งหมด รวมทั้งข้อกำหนดที่จะต้องควบคุม เพื่อให้ผลการทดลองมีความน่าเชื่อถือ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากการทดลอง จะต้องถูกตรวจสอบคุณภาพจากแผนกควบคุมคุณภาพ ก่อนส่งมอบให้ลูกค้าโดยเพิ่มความถี่ในการตรวจสอบจากเดิม 1 ครั้งต่อกะที่ทำการผลิต เป็น 1 ครั้งต่อม้วนที่ทำการผลิต (เนื่องจากผู้วิจัยได้ออกแบบ ให้ปรับเปลี่ยนระดับของปัจจัยทุกๆ 1 ม้วนมาเทอร์โรล ที่ทำการผลิต)

ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการทดลอง เช่น เครื่องจักรหยุดกะทันหัน เนื่องจากเส้นใยไปพันที่ลูกกลิ้ง การทดลองจะต้องหยุดและต้องเริ่มทำการทดลองใหม่ โดยผู้วิจัยอาจจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนระดับของการทดลองในแต่ละปัจจัยเพื่อให้เหมาะสมต่อสภาวะเครื่องจักรในขณะนั้น

1) เริ่มทำการทดลองโดยปรับค่าพารามิเตอร์ ตามการผลิตแบบปกติ โดยทำการผลิตอย่างน้อย 1 มาเทอร์โรล เพื่อให้สภาวะของเครื่องจักรคงที่

2) เริ่มทำการปรับค่าพารามิเตอร์ตามลำดับการทดลอง และทำการผลิตจำนวน 3 มาเทอร์โรล ต่อหนึ่งการทดลอง พนักงานฝ่ายผลิตทำการคำนวณเปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดขึ้น

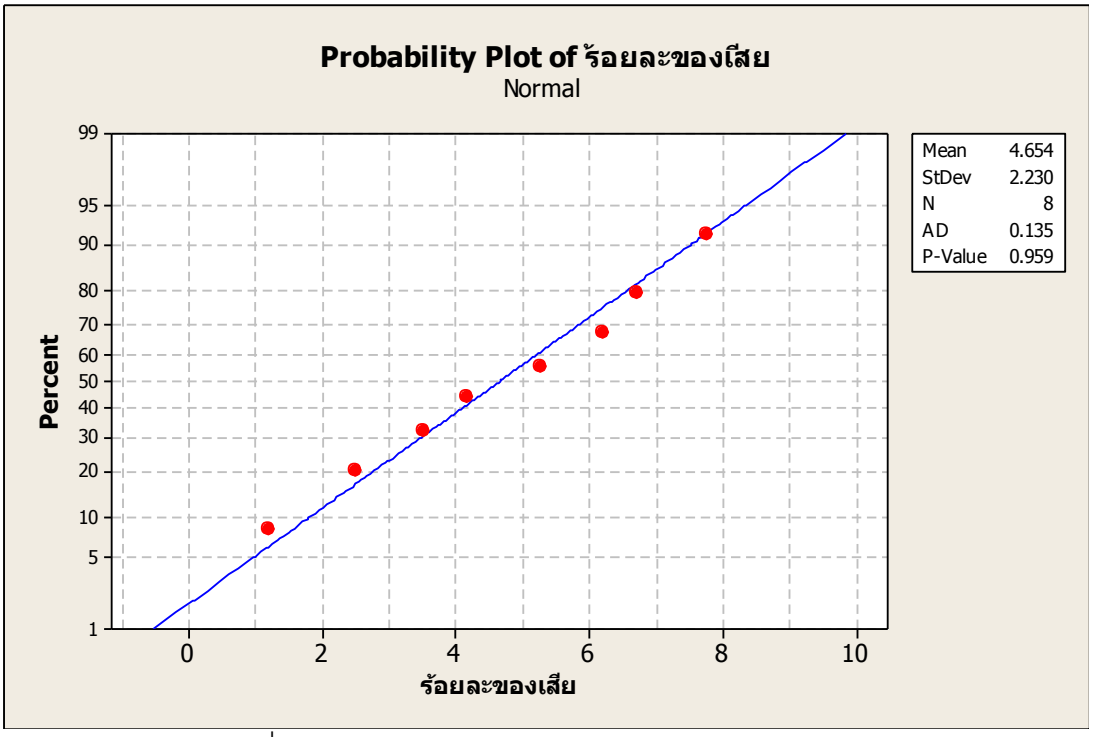
3) ทำการทดลองปรับค่าพารามิเตอร์ลำดับที่กำหนด จนครบ และนำผลการคำนวณร้อยละของเสียที่เกิดขึ้น มาทำการวิเคราะห์ หาความมีนัยสำคัญของแต่ละปัจจัย

4.1.5 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง เพื่อให้มั่นใจได้ว่าผลของการทดลองมีคุณสมบัติของการแจกแจงแบบปกติ ลำดับของข้อมูลอยู่ภายใต้ความสุ่ม และ ค่าความแปรปรวนของข้อมูลที่นำมาทดสอบมีเสถียรภาพ จะอยู่ภายใต้สมมติฐานการของการทดสอบดังต่อไปนี้

H_0 : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ข้อมูลไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ



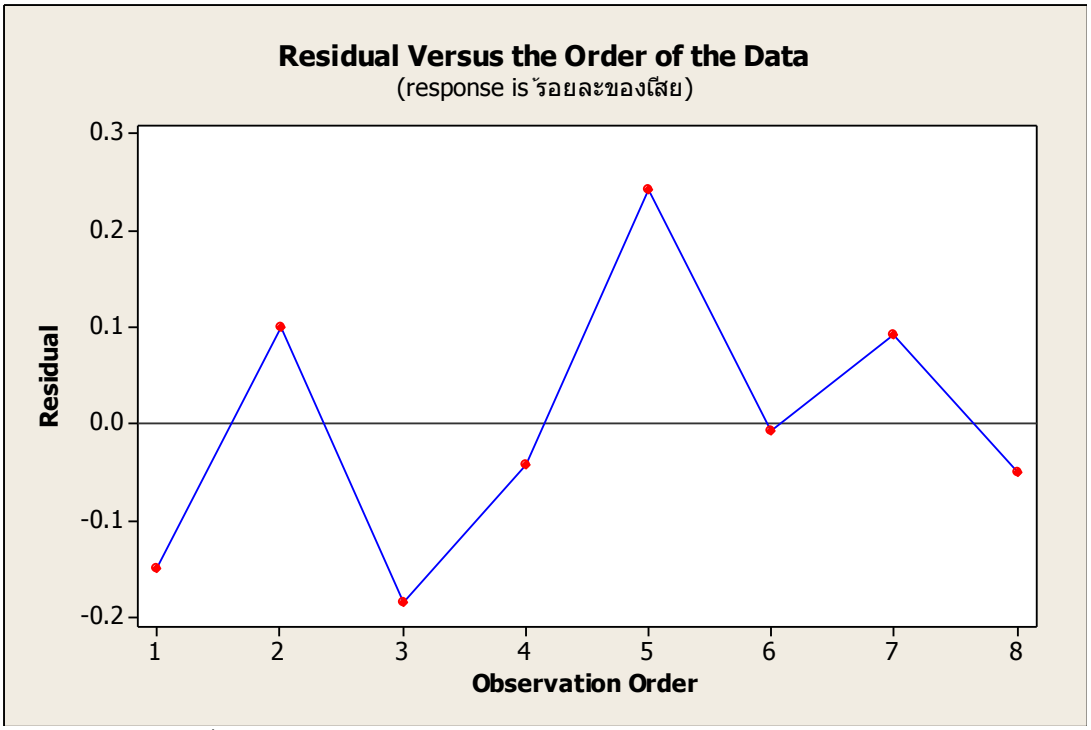
รูปที่ 4.1 การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงแบบปกติ

จากรูปที่ 4.1 แสดงการทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงแบบปกติ พบว่าข้อมูลมีการจัดเรียงตัวใกล้เส้นตรง และเมื่อพิจารณาผลการทดสอบความเป็นปกติ จากค่า P-Value เท่ากับ 0.959 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้น จึงสามารถยอมรับสมมติฐาน H_0 และ ปฏิเสธสมมติฐาน H_1 นั่นคือ ข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ

การทดสอบความสุ่มของข้อมูล มีสมมติฐานในการทดสอบ ดังนี้

H_0 : ลำดับของข้อมูลอยู่ภายใต้ความสุ่ม

H_1 : ลำดับของข้อมูลไม่ได้อยู่ภายใต้ความสุ่ม



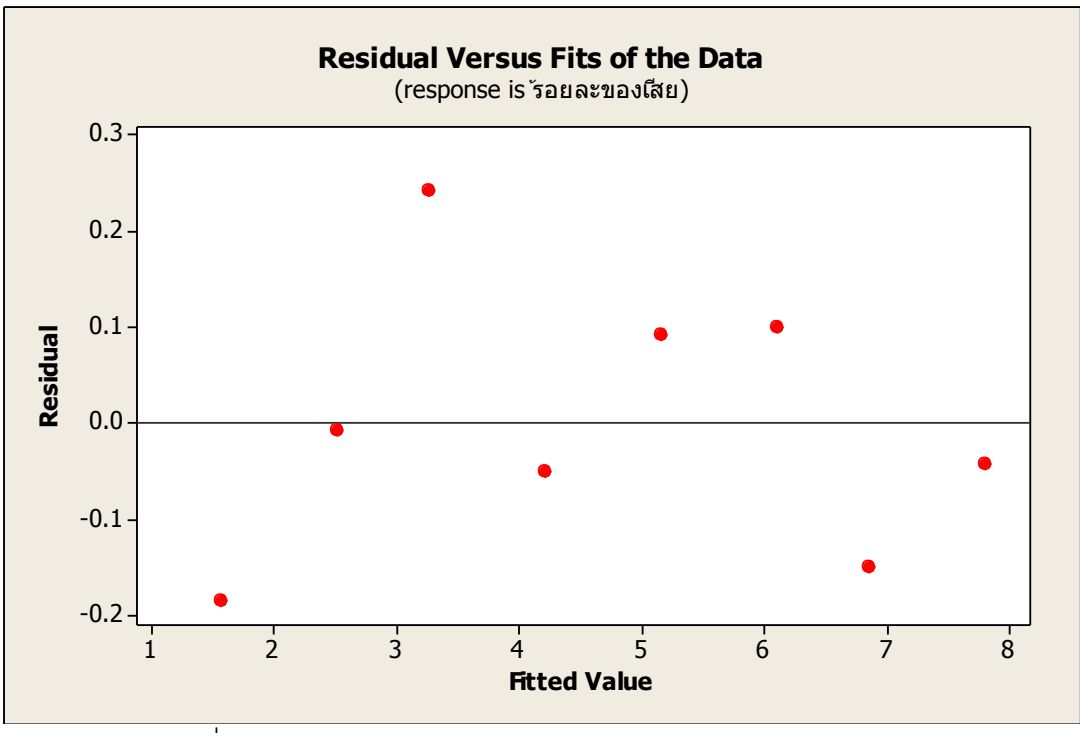
รูปที่ 4.2 การทดสอบความสุ่ม Residual versus Order of the Data

จากรูปที่ 4.2 จะพบว่าส่วนตกค้างมีการกระจายตัวที่ไม่เกิดรูปแบบใดๆ หรือไม่พบความผิดปกติของข้อมูล ที่ขาดคุณสมบัติความสุ่ม ดังนั้นจึงสามารถยอมรับ สมมติฐาน H_0 : ลำดับของข้อมูลอยู่ภายใต้ความสุ่ม และปฏิเสธ สมมติฐาน H_1 : ลำดับของข้อมูลไม่ได้อยู่ภายใต้ความสุ่ม

การทดสอบความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน มีสมมติฐานในการทดสอบ ดังนี้

H_0 : ค่าความแปรปรวนของข้อมูลที่นำมาทดสอบมีเสถียรภาพ

H_1 : ค่าความแปรปรวนของข้อมูลที่นำมาทดสอบไม่มีเสถียรภาพ



รูปที่ 4.3 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและค่าฟิต

การทดสอบความมีเสถียรภาพของข้อมูล สามารถทำได้โดยการพิจารณาแผนภาพการกระจายของความสัมพันธ์ ระหว่าง ส่วนตกค้าง (Residual) และค่าตัวแปรตอบสนองที่ได้จากตัวแบบถดถอย (Fitted Value) โดยหากข้อมูลที่นำมาพิจารณามีเสถียรภาพ แผนภาพการกระจายต้องมีรูปแบบการกระจายตัวแบบสุ่ม ไม่มีลักษณะการกระจายตัวแบบเป็นแนวโน้ม ซึ่งเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.3 จะพบว่าการกระจายตัวของส่วนตกค้าง มีการกระจายตัวแบบสุ่ม สามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลที่นำมาพิจารณามีลักษณะที่มีเสถียรภาพ

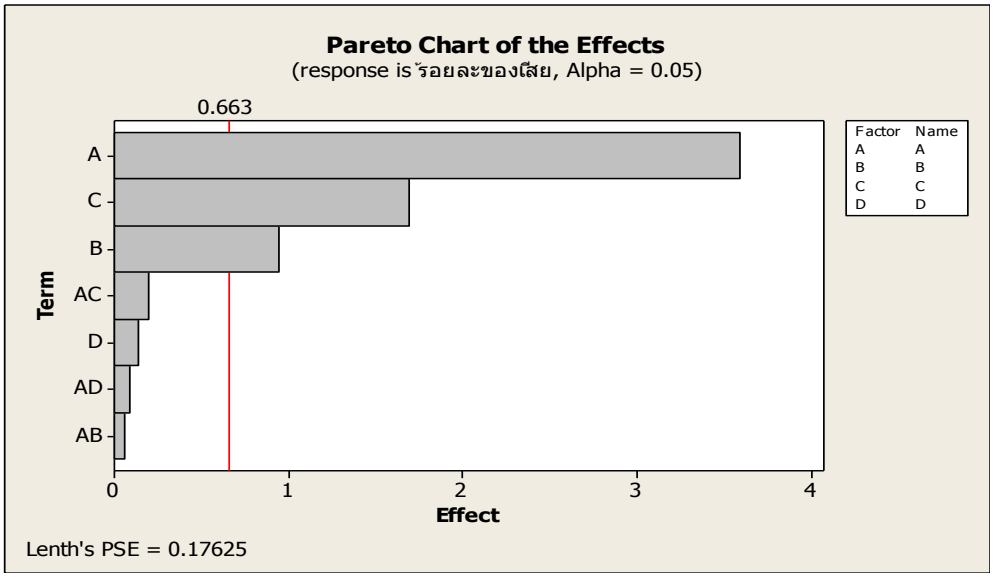
4.1.6 ผลการทดลอง

.ในการทดลอง 2^{4-1} Fractional Factorial Design ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.4

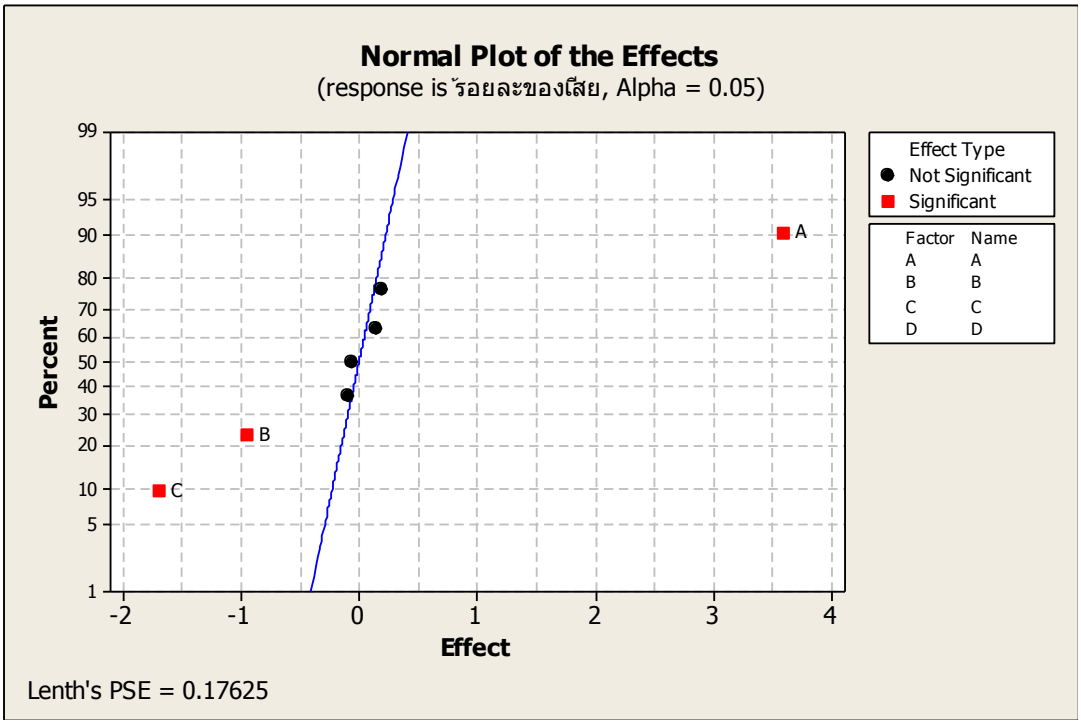
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลอง 2^{4-1} Fractional Factorial Design

ลำดับการทดลอง	แรงดันลมห้องปั่นเส้นใย (A)	อุณหภูมิดาย (B)	อุณหภูมิลมเย็น (C)	ความเร็วลมดูดเส้นใย (D)	ร้อยละของเสีย
1	30000	225	27	1500	6.70
2	30000	215	33	1500	6.20
3	24000	225	33	1500	1.18
4	30000	215	27	2100	7.75
5	24000	225	27	2100	3.50
6	24000	215	33	2100	2.50
7	30000	225	33	2100	5.25
8	24000	215	27	1500	4.15

4.1.7 การวิเคราะห์ผลการทดลอง



รูปที่ 4.4 กราฟพาเรโต แสดงผลของปัจจัยที่มีต่อการเกิดเส้นใยพันกัน ในการทดลองแบบ เศษส่วนเชิงแฟคทอเรียล



รูปที่ 4.5 Normal Probability Plot แสดงผลของปัจจัยที่มีต่อการเกิดเส้นใยพันกัน รู และก้อนเรซิ่น ในการทดลองแบบ เศษส่วนเชิงแฟคทอเรียล

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์เพื่อคัดกรองปัจจัยนำเข้า ที่มีต่อการเกิดเส้นใยพันกัน รู และก้อนเรซิ่น

Term Constant	Effect Estimate	Sum of square	Percent Contribution
A	3.6425	26.5356	0.7623
B	-0.9925	1.9701	0.0566
C	-1.7425	6.0726	0.1744
D	0.1925	0.0741	0.0021
A*B	-0.0075	0.0001	0.0000
A*C	0.2425	0.1176	0.0034
A*D	-0.1425	0.0406	0.0012
Total		34.8107	

จากการวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกปัจจัยที่มีผลต่อค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้โปรแกรมทางสถิติวิเคราะห์ พบว่าไม่สามารถประมาณค่าความผลิดพลาดได้ (Degree of freedom of error = 0) ซึ่งทำให้ไม่สามารถคำนวนค่า P-Value ได้ ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากผลของการออกแบบ ที่มีการกระจายตัวและไม่มีการทดลองซ้ำ ดังนั้นการวิเคราะห์ผลการทดลองจึงต้องพิจารณาผลการกรองปัจจัยจาก กราฟ Pareto Chart of the Effect หรือ Normal Plot of The Effect จากรูปที่ 4.4 และ 4.5 เท่านั้น สามารถสรุปได้ดังนั้น

1. Main Effect A หรือ ปริมาณลมเย็นมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการเกิดเส้นใยพันกัน
2. Main Effect B หรือ อุณหภูมิดายมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการเกิดเส้นใยพันกัน
3. Main Effect C หรือ อุณหภูมิลมเย็นมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการเกิดเส้นใยพันกัน

ในขณะที่ อันตรกิริยาระหว่างคู่ปัจจัย (2-way Interactions) ไม่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญ

4.2 การออกแบบทดลองวิธีการพื้นผิวตอบ (Response Surface Methodology) เพื่อคัดกรองปัจจัยที่มีผล ต่อของเสียจากเส้นใยเส้นใยพันกัน ผ้าเป็นรู และก้อนเรซิ่น

กระบวนการออกแบบการทดลองจะใช้วิธีการพื้นผิวตอบ (Response Surface Methodology) แบบ Box-Benhken Designs เนื่องจากให้จำนวนการทดลองที่น้อยกว่า แบบ Central Composite Designs เมื่อเทียบที่จำนวนปัจจัยเท่ากัน ซึ่งทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย อีกทั้งเป็นการทดลองที่ใช้กับจำนวนปัจจัยตั้งแต่ 3 ปัจจัยขึ้นไป

ตารางที่ 4.6 การออกแบบการทดลองโดยวิธีการพื้นผิวตอบ แบบ Box-Benhken Designs โดยใช้โปรแกรม Minitab

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	A	B	C
10	1	2	1	0	1	-1
6	2	2	1	1	0	-1
14	3	0	1	0	0	0
15	4	0	1	0	0	0
9	5	2	1	0	-1	-1
13	6	0	1	0	0	0
2	7	2	1	1	-1	0
3	8	2	1	-1	1	0
1	9	2	1	-1	-1	0
11	10	2	1	0	-1	1
7	11	2	1	-1	0	1
5	12	2	1	-1	0	-1
8	13	2	1	1	0	1
4	14	2	1	1	1	0
12	15	2	1	0	1	1

จากตารางที่ 4.6 เป็นตารางแสดงผลการออกแบบการทดลองวิธีการพื้นผิวตอบ (Response Surface Methodology) แบบ Box-Benhken Designs โดยใช้โปรแกรม Minitab ทำการคำนวณและสุ่มลำดับการทดลอง โดยใช้ปัจจัยจำนวน 3 ปัจจัย จากการศึกษาในบทที่ 4 ทำได้ผลการทดลองจำนวนทั้งสิ้น 15 การทดลอง เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตผ้าไม่ทอ ที่น้ำหนัก 15 กรัมต่อตารางเมตร และเพื่อให้ง่ายต่อการดำเนินการทดลอง ผู้จัดทำจึงได้สร้างตารางที่ 5.2 เพื่อนำเอาค่าของระดับที่จะนำมาใช้ในการปรับตั้ง และอธิบายกระบวนการปรับตั้งให้ผู้ปฏิบัติงาน ได้รับทราบ

ตารางที่ 4.7 ลำดับการทดลองและค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสมการผลิตผ้าไม่ทอ ที่น้ำหนัก 15 กรัมต่อตารางเมตร

ลำดับการทดลอง	แรงดันลมห้องปั่นเส้นใย (A)	อุณหภูมิดาย (B)	อุณหภูมิลมเย็น (C)
1	2400	225	30
2	3000	215	30
3	2400	215	27
4	2400	215	27
5	2400	220	30
6	2400	215	27
7	3000	220	27
8	2700	225	27
9	2700	220	27
10	2400	220	33
11	2700	215	33
12	2700	215	30
13	3000	215	33
14	3000	225	27
15	2400	225	33

4.2.1 การกำหนดตัวแปรควบคุมที่สำคัญในการทดลอง

ในกระบวนการผลิต ผ้าไม่ทอนั้น ยังมีตัวแปรอื่นๆที่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับปัญหาข้างต้น และได้ดำเนินการควบคุม เพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือและไม่ส่งผลต่อกระบวนการทดลอง อันได้แก่

1) หมายเลขกำกับการผลิตของเม็ดพลาสติกที่ใช้ กำหนดให้ใช้เป็นหมายเลขกำกับการผลิตเดียวกัน

2) งดการใช้เม็ดพลาสติกชนิดรีไซเคิล

3) ชนิดของสายพาน (Spinbelt) กำหนดให้ใช้ เส้นใหม่ หรือเริ่มทำการทดลองหลังจากทำความสะอาดสายพานผืนใหม่ เนื่องจากสายพานเส้นเก่า หรือใช้ไปนานๆ อาจกเกิดความสกปรกและไม่สามารถ เปรียบเทียบผลการทดลองได้

4) กำหนดค่าตำแหน่งของเครื่องจักรให้คงที่ และเหมือนกัน เช่น ระยะช่องลม ระยะทางลงเส้นใย เป็นต้น

5) กำหนดความเร็วการผลิต ที่ 550 m/min.

4.2.2 การกำหนดแผนการทดลองเพื่อไม่ให้กระทบกับแผนการผลิต

เนื่องจากกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ เป็นกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง และมีกำลังการผลิตที่ค่อนข้างสูง กระบวนการทดลองจึงจำเป็นต้องวางแผนการทดลองให้เหมาะสมกับแผนการผลิต เพื่อลดต้นต้นทุนการผลิตหรือความสูญเปล่าที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการทดลองได้ ดังนั้นการกำหนดแผนการผลิตจะดำเนินการกำหนดในทุกสัปดาห์สุดท้ายของเดือนก่อนหน้า โดยทำการประชุมระหว่างแผนกที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิต ซึ่งมีขึ้นตอนดังนี้

1) ผู้วิจัยได้ดำเนินการร้องขอทำการทดลอง แก่ฝ่ายวางแผนการผลิต

2) ฝ่ายวางแผนการผลิตจัดทำเอกสาร แผนการผลิตประจำเดือน และเสนอต่อที่ประชุม

3) เมื่อที่ประชุมมีมติเห็นชอบ หรืออนุมัติแล้ว ฝ่ายผลิตจึงทำการเตรียมวัตถุดิบ เพื่อรองรับการทดลอง

4) ผู้วิจัยจัดเตรียมแผนการทดลองโดยละเอียด แก่ฝ่ายผลิต ฝ่ายควบคุมคุณภาพ ฝ่ายโลจิสติกส์และคลังสินค้า

5) ฝ่ายผลิต ฝ่ายพัฒนาและวิจัย ฝ่ายควบคุมคุณภาพ ดำเนินการทดลอง

6) ฝ่ายโลจิสติกส์และคลังสินค้าคัดแยกชิ้นงานที่เกิดขึ้นจากการทดลอง เพื่อขออนุมัติส่งมอบ

7) ฝ่ายวางแผนการผลิต สรุปยอดชิ้นงานที่สามารถส่งมอบแก่ลูกค้าได้ และจัดทำแผนการผลิตชดชเยกรณีสินค้าไม่เพียงพอต่อการส่งมอบ

4.2.3 ผลการทดลอง การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

จากการทดลองออกแบบการทดลองตามตารางที่ 4.7 เพื่อหาระดับที่เหมาะสม เพื่อลดของเสียจากการเกิดเส้นใยพันกัน ผ้าเป็นรู และผ้ามีก้อนเรซิ่น โดยเก็บข้อมูลของเสียจากสาเหตุดังกล่าว ได้ผลดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 เปอร์เซ็นต์ของเสียจากการเกิดเส้นใยพันกัน ผ้าเป็นรู และผ้ามีก้อนเรซิ่น

ลำดับการทดลอง	แรงดันลมห้องปั่นเส้นใย (A)	อุณหภูมิดาย (B)	อุณหภูมิลมเย็น (C)	ร้อยละของเสีย
1	2400	225	30	3.55
2	3000	215	30	5.32
3	2400	215	27	8.91
4	2400	215	27	9.17
5	2400	220	30	2.25
6	2400	215	27	8.05
7	3000	220	27	4.45
8	2700	225	27	3.03
9	2700	220	27	1.29
10	2400	220	33	3.72
11	2700	215	33	3.07
12	2700	215	30	1.60
13	3000	215	33	7.49
14	3000	225	27	5.22
15	2400	225	33	8.39

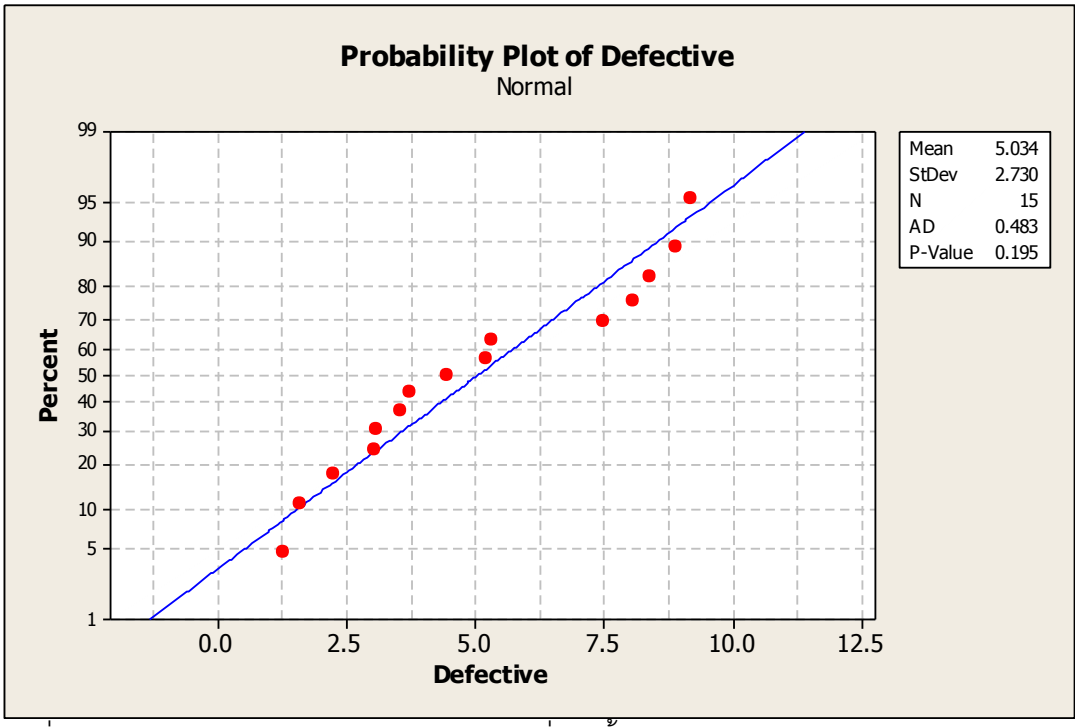
4.2.3.1 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

ในการออกแบบการทดลอง ผลการทดลองที่ได้จะต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไข NID(0, σ^2) ซึ่งจำเป็นจะต้องทดสอบภายใต้สมมติฐาน 3 ประการ ได้แก่ ข้อมูลที่เป็นแบบสุ่มและมีการแจกแจงแบบปกติ ข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน และข้อมูลมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน โดยขั้นตอนการทดสอบมีดังนี้

1) การทดสอบสมมติฐานการแจกแจงแบบปกติ มีสมมติฐานคือ

H_0 : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ข้อมูลไม่มีการแจกแจงแบบปกติ



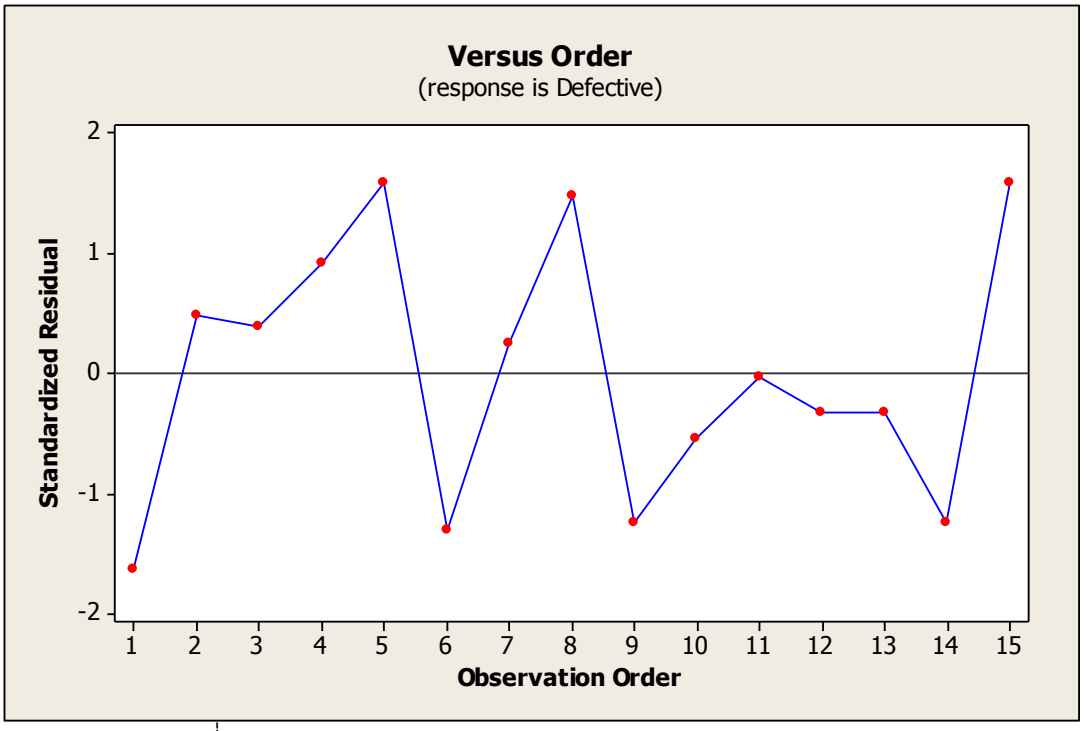
รูปที่ 4.6 Normal Probability Plot ของของเสียที่เกิดขึ้นจากการทดลอง

จากรูปที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลมีการเบี่ยงเบนออกจากเส้นตรงเพียงเล็กน้อย และเมื่อทำการตรวจสอบค่า P-Value จะพบว่าค่า P-Value ของการทดสอบอยู่ที่ 0.195 หรือมากกว่าค่า 0.05 ดังนั้น จึงยอมรับ H_0 : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ และ ปฏิเสธ H_1 : ข้อมูลไม่มีการแจกแจงแบบปกติ สรุปได้ว่า ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2) การทดสอบความเป็นอิสระต่อกันของข้อมูล มีสมมติฐานในการทดสอบ ดังนี้

H_0 : ลำดับของข้อมูลอยู่ภายใต้ความสุ่ม

H_1 : ลำดับของข้อมูลไม่ได้อยู่ภายใต้ความสุ่ม



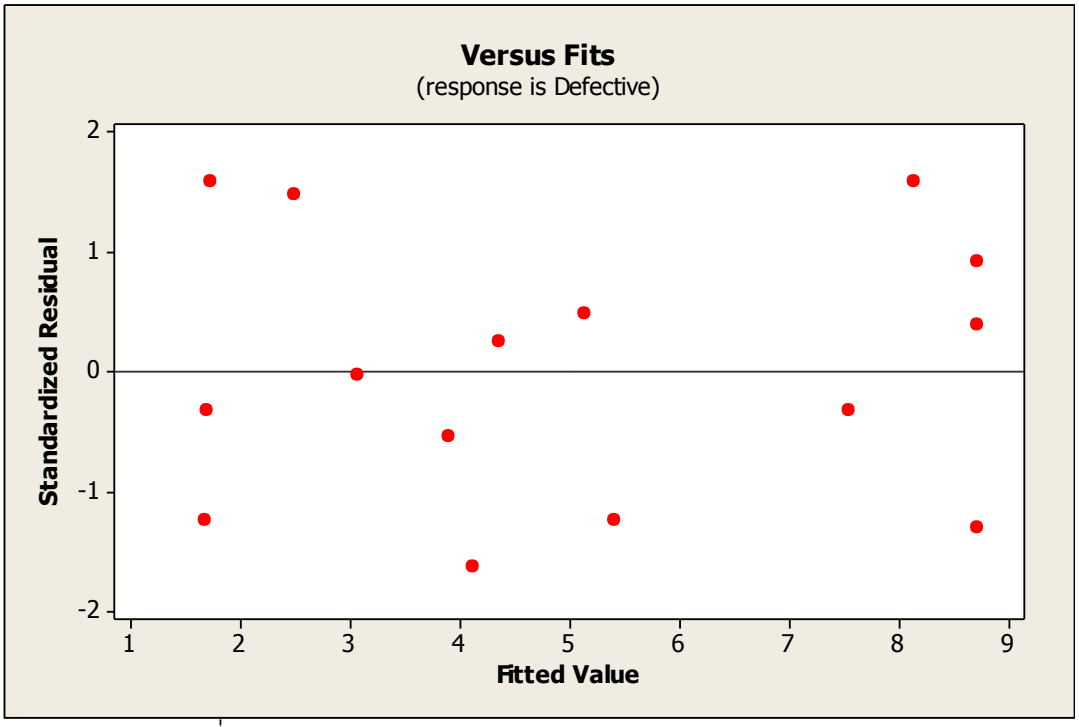
รูปที่ 4.7 การทดสอบความสุ่ม Residual versus Order of the Data

สามารถตรวจสอบได้จากแผนภาพการกระจายระหว่าง ค่าตกค้าง (Residual) และ ลำดับของการเก็บข้อมูล (Observation Order) โดยที่การกระจายตัวของส่วนตกค้างตามลำดับการเก็บข้อมูลควรมีลักษณะที่เป็นอิสระต่อกัน ไม่เป็นแนวโน้ม หรือรูปแบบใดๆ ซึ่งจากรูปที่ 4.7 จะพบว่าลักษณะแผนภูมิค่าส่วนตกค้างมีลักษณะการกระจายตัวที่เป็นอิสระต่อกัน หรือเป็นแบบสุ่ม ดังนั้นจึงไม่มีเหตุผลเพียงพอที่จะปฏิเสธ H_0 จึงสรุปได้ว่า ลำดับของข้อมูลอยู่ภายใต้ความสุ่ม

3) การทดสอบความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน มีสมมติฐานในการทดสอบดังนี้

H_0 : ค่าความแปรปรวนของข้อมูลที่นำมาทดสอบมีเสถียรภาพ

H_1 : ค่าความแปรปรวนของข้อมูลที่นำมาทดสอบไม่มีเสถียรภาพ



รูปที่ 4.8 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและค่าฟิต

การทดสอบความมีเสถียรภาพของข้อมูล สามารถทำได้โดยการพิจารณาแผนภาพการกระจายของความสัมพันธ์ ระหว่าง ส่วนตกค้าง (Residuals) และค่าตัวแปรตอบสนองที่ได้จากตัวแบบถดถอย (Fitted Value) โดยหากข้อมูลที่นำมาพิจารณามีเสถียรภาพ แผนภาพการกระจายต้องมีรูปแบบการกระจายตัวแบบสุ่ม ไม่มีลักษณะการกระจายตัวแบบเป็นแนวโน้ม จากรูปที่ 4.8 จะพบว่าการกระจายตัวของส่วนตกค้าง มีการกระจายตัวแบบสุ่ม จึงไม่มีเหตุผลเพียงพอที่จะปฏิเสธ H_0 สามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลที่นำมาพิจารณามีลักษณะความแปรปรวนที่มีเสถียรภาพ

4.3.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยอาศัยโปรแกรม Minitab เพื่อช่วยในการวิเคราะห์และสรุปผล สามารถแสดงผลการคำนวณได้ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลการคำนวณและการวิเคราะห์การออกแบบการทดลองพื้นผิวตอบโดยโปรแกรม Minitab

Response Surface Regression: Defective versus A, B, C

The analysis was done using uncoded units.

Estimated Regression Coefficients for Defective

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	5886.60	832.611	7.070	0.001
A	-0.24	0.113	-2.110	0.089
B	-44.36	8.469	-5.237	0.003
C	-46.78	10.890	-4.296	0.008
A*A	0.00	0.000	5.019	0.004
B*B	0.09	0.023	4.062	0.010
C*C	0.29	0.063	4.549	0.006
A*B	0.00	0.001	0.326	0.758
A*C	0.00	0.001	1.340	0.238
B*C	0.12	0.051	2.397	0.062

S = 0.619445 PRESS = 36.8352
R-Sq = 98.16% R-Sq(pred) = 64.70% R-Sq(adj) = 94.85%

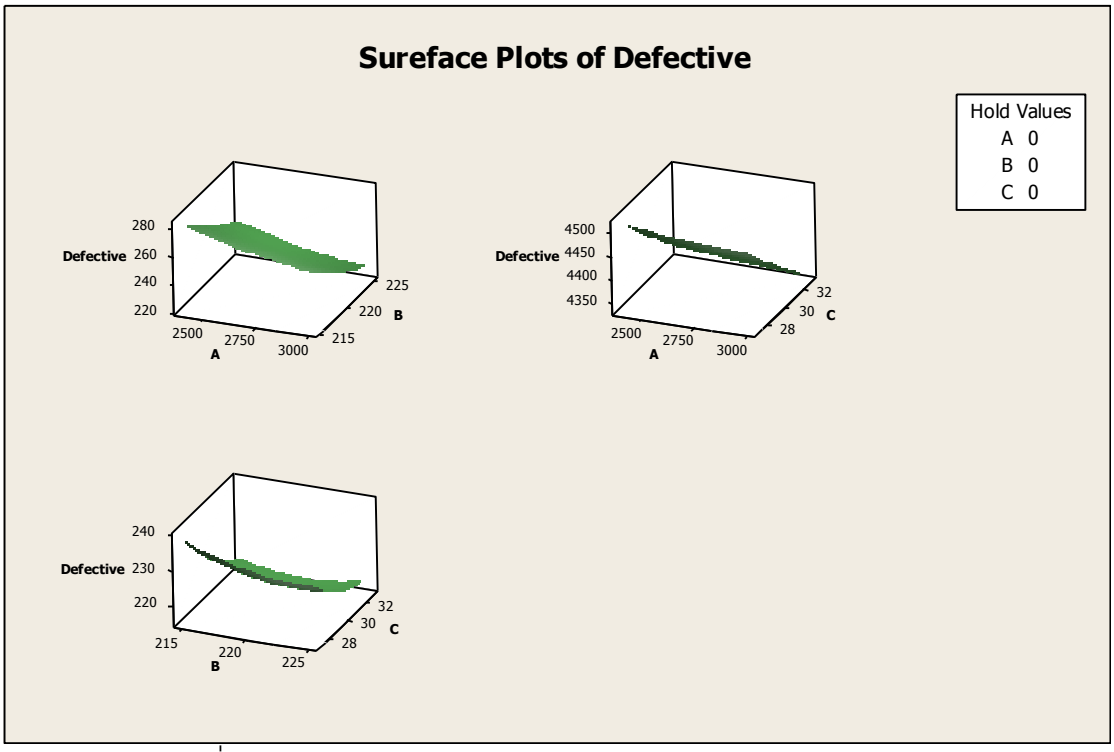
Analysis of Variance for Defective

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	9	102.422	102.4224	11.3803	29.66	0.001
Linear	3	12.321	32.1029	10.7010	27.89	0.002
Square	3	84.775	12.4607	4.1536	10.82	0.013
Interaction	3	5.326	5.3262	1.7754	4.63	0.066
Residual Error	5	1.919	1.9186	0.3837		
Lack-of-Fit	3	1.231	1.2314	0.4105	1.19	0.486
Pure Error	2	0.687	0.6872	0.3436		
Total	14	104.341				

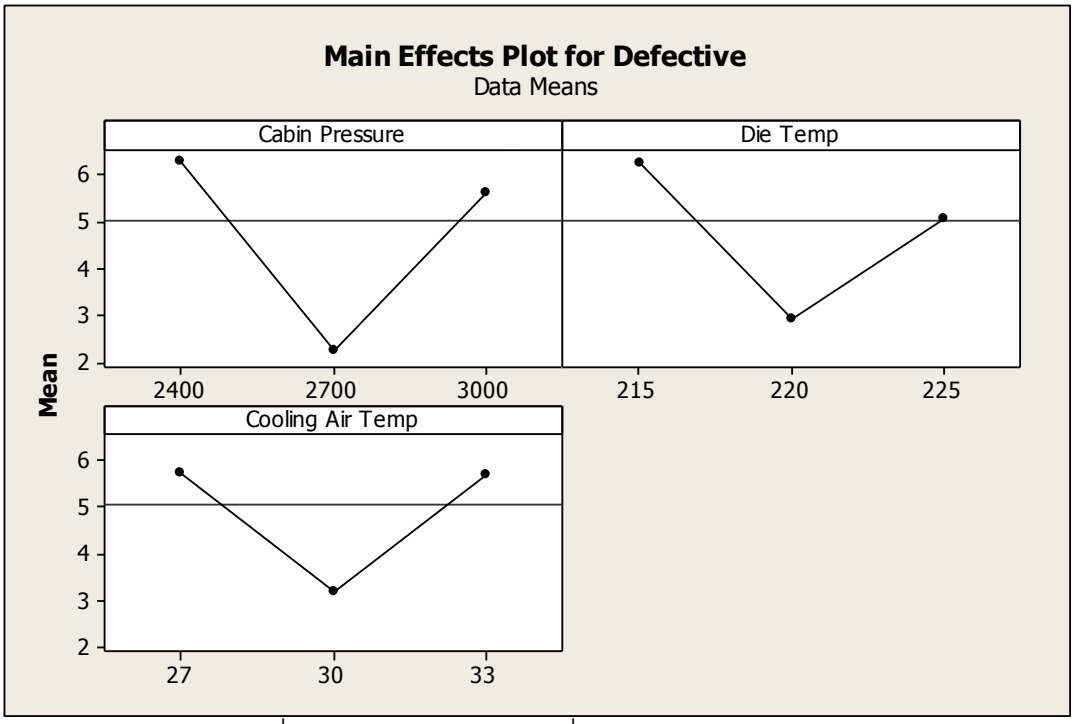
พิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพัทธ์ หรือ R^2 เท่ากับ 98.16 % และค่า R^2(adj) เท่ากับ 94.85% ซึ่งมีค่ามากพอที่สามารถสรุปได้ว่าความสัมพันธ์ของข้อมูลมีความน่าเชื่อถือและสามารถยอมรับได้ จากการคำนวณในตารางที่ 4.9 จะพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียประเภทรูปลักษณ์ภายนอก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งพิจารณาจากค่า P-Value ที่น้อยกว่า 0.05 ได้แก่

ปัจจัย B หรืออุณหภูมิดาย ซึ่งมีค่า P-Value เท่ากับ 0.003 และปัจจัย C หรือ อุณหภูมิลมเย็น ซึ่งมีค่า P-Value เท่ากับ 0.008 และพบว่าเมื่อพิจาณาพจน์กำลังสองของแต่ละปัจจัย มีผลต่อการเกิดของเสียประเภทรูปลักษณ์ภายนอก จึงจำเป็นต้องคงรูปไว้ในสมการ ในขณะที่ผลของอัตรกิริยาพบว่าไม่มีผลต่อการเกิดของเสียประเภทรูปลักษณ์ภายนอก ซึ่งอาจละออกจากสมการได้

ทำการวิเคราะห์ผลหลักและอันตรกิริยาของปัจจัยทั้งสาม โดยใช้โปรแกรม Minitab สามารถแสดงผลค่าปัจจัยหลัก และอันตรกิริยาที่มีผลต่อของเสียประเภทรูปลักษณ์ภายนอกได้ดังรูปที่ 4.9 และ 4.10

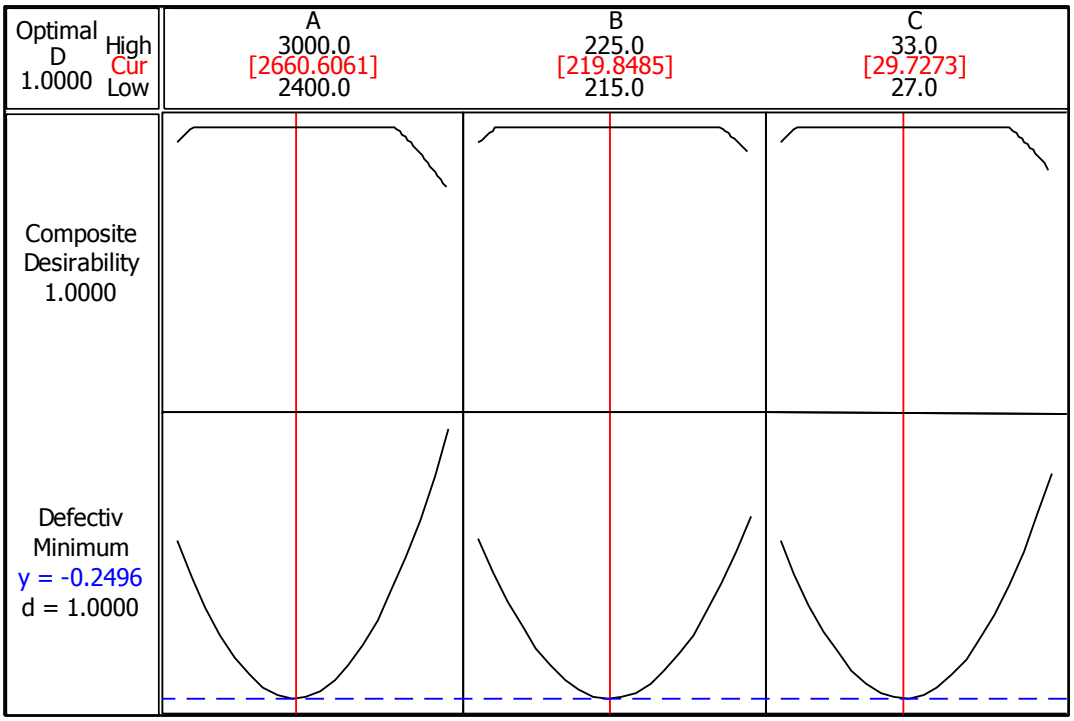


รูปที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัย แบบสามมิติ (Surface Plot)



รูปที่ 4.10 ผลของปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อตัวแปรตอบสนอง

จากรูปที่ 4.10 สามารถนำมาพิจารณาปัจจัยหลักที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองมีค่าน้อยที่สุด คือปัจจัย A (Cabin Pressure) ที่ระดับ 2700 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ปัจจัย B (Die temp) ที่ระดับ 220 องศาเซลเซียส และ ปัจจัย C (Cooling Air Temp) ที่ระดับ 30 องศาเซลเซียส และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ การหาระดับปรับตั้งที่เหมาะสมที่สุดสามารถวิเคราะห์เพิ่มเติม ได้จากการใช้ฟังก์ชั่น Response Optimizer ในโปรแกรม Minitab เพื่อช่วยให้สามารถปรับค่าที่เหมาะสมได้อย่างแม่นยำมากขึ้น



รูปที่ 4.11 กราฟผลของการใช้ฟังก์ชั่น Response Optimizer ในโปรแกรม Minitab

```
Predicted Responses

Defective   =   -0.325761   ,   desirability =   1.000000


Composite Desirability = 1.000000


Global Solution

A   =   2660.61
B   =   219.848
C   =   29.7273


Predicted Responses

Defective   =   -0.325761   ,   desirability =   1.000000


Composite Desirability = 1.000000
```

รูปที่ 4.12 ผลของการใช้ฟังก์ชั่น Response Optimizer ในโปรแกรม Minitab

จากรูปที่ 4.11 และ 4.12 ซึ่งแสดงผลของการใช้ฟังก์ชั่น Response Optimizer ในโปรแกรม Minitab ทำให้สามารถระบุ ระดับของปัจจัยที่เหมาะสมในการปรับตั้งเพื่อให้เกิดของเสียประเภทรูปลักษณ์ภายนอก น้อยที่สุดดังนี้

ปัจจัย A (Cabin Pressure) ที่ระดับ 2660.61 Pa.

ปัจจัย B (Die temp) ที่ระดับ 219.85 องศาเซลเซียส

ปัจจัย C (Cooling Air Temp) ที่ระดับ 29.73 องศาเซลเซียส

และจากตารางที่ 5.4 สามารถสร้างสมการแบบจำลองการถดถอยโดยใช้ข้อมูลสัมประสิทธิ์ของการทดลองได้ดังนี้

$$Y = 5886.5967 - 0.2375\ X_A - 44.3558X_B - 46.7817X_C + 3.1453E\text{-}05X_A^2 + 0.0916\ X_B^2 + 0.2851X_C^2 + 0.0002\ X_A\ X_B + 0.0011\ X_AX_C + 0.1219\ X_BX_C$$

บทที่ 5

การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการนำเอาข้อมูลค่าปัจจัยที่ได้ทำการทดลองไว้ในบทที่ 4 มาทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ ร่วมกับแนวทางการปรับปรุงอื่นๆ โดยมีขั้นตอนเริ่มจากการนำผลการทดลองที่ได้มาดำเนินการยืนยันผลการทดลอง โดยกำหนดให้ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้ศึกษามาแล้วมาปรับใช้ในกระบวนการผลิต แล้วทำการสรุปผลการปรับปรุงเมื่อได้ผลเป็นที่น่าพอใจ จึงทำการปรับเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติงานบางส่วน โดนกำหนดเป็นขั้นตอนดำเนินงาน เพื่อให้พนักงานปฏิบัติไปในแนวทางเดียวกัน

5.1 การทดลองเพื่อยืนยันผลการทดลอง

เนื่องจากกระบวนการผลิตเป็นกระบวนการแบบต่อเนื่อง และกำหนดการผลิต ในแต่ละเดือนอาจแตกต่างกันตามสภาวะของเครื่องจักร กำหนดการเรียกสินค้าของลูกค้า การยืนยันผลการทดลอง ซึ่งกำหนดในช่วงเดือนนั้นๆ อาจมีระยะเวลา เพียง 1 สัปดาห์ที่มีการผลิต สินค้าชนิด 15 กรัมต่อตารางเมตร ดังนั้นผู้วิจัย จึงได้ กำหนดการทดสอบ โดยอาศัยข้อมูลกำหนดการการผลิตของฝ่ายวางแผนการผลิต เป็นเวลา อย่างน้อย 1 สัปดาห์ โดยมีแผนการทดลอง ดังนี้

1. กำหนดค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการ โดยใช้ปัจจัยนำเข้าทั้งหมด ที่ทำการเลือกมาสำหรับการออกแบบการทดลอง เพื่อหาค่าที่ดีที่สุด และเนื่องจากความแม่นยำของเครื่องจักร การกำหนดค่า พารามิเตอร์ จึงมีความละเอียดของตำแหน่งการปรับตั้งจำกัด ดังนั้น ผู้ทดลองจึงกำหนดค่าการปรับตั้งซึ่งสามารถสรุปค่าปัจจัยที่เหมาะสมได้ดัง ตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมหลังการปรับปรุง

พารามิเตอร์	ค่าที่กำหนด	หน่วย
แรงดันลมห้องปั่นเส้นใย (Cabin Pressure)	2661	ปาสคาล (Pascal)
อุณหภูมิดาย (Die Temperature)	220	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิลมเย็น (Cooling Air Temperature)	30	องศาเซลเซียส

พารามิเตอร์ อื่นให้กำหนดเหมือนกับพารามิเตอร์ ที่ใช้ในการผลิตปกติ

ตารางที่ 5.2 ค่าพารามิเตอร์อื่นๆ ที่ใช้ในการผลิต

พารามิเตอร์	ขนิด/ค่าพารามิเตอร์	หน่วย
เม็ดพลาสติกวัตถุดิบ	พอลิโพรพิวลีน	
เม็ดพลาสติกรีไซเคิล	พอลิโพรพิวลีน	
เม็ดสี	0.5	เปอร์เซ็นต์
อุณหภูมิเอ็กทรูดเดอร์	215	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิสกรีน	215	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิจุดเชื่อมต่อ	215	องศาเซลเซียส
รอบสปินปั๊ม	46.8	รอบต่อนาที
แรงดัน	60	บาร์
อุณหภูมิลมเย็น	30	องศาเซลเซียส
รอบการดูดมอนอเมอร์	750 - 1150	รอบต่อนาที
GAP	20	มิลลิเมตร

2. กำหนดให้ใช้ขั้นตอนการผลิต เช่นเดียวกับการผลิต ในรอบการผลิตปกติ

3. กำหนดให้มีการสุ่มตรวจสอบเช่นเดียวกับรอบการผลิตปกติ ขั้นตอนการเริ่มผลิต ให้อ้างอิงตามเอกสาร Start Up Procedure (ภาคผนวก ข) เพื่อให้มั่นใจว่าค่าพารามิเตอร์มีการปรับตั้งได้ตรงถูกต้องและครบถ้วน

5.2 สรุปผลการปรับปรุงและพิจารณาผลกระทบของปัจจัยที่นำมาปรับปรุง

ดำเนินการจากการคำนวณหาร้อยละของเสียที่เกิดขึ้น ในช่วงก่อนและหลังการปรับปรุงพารามิเตอร์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต โดยคำนวณร้อยละของเสียที่เกิดขึ้นในระหว่างเดือน มกราคม พ.ศ. 2555 ถึง เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2555 เป็นช่วงเดือนก่อนทำการปรับปรุง และ ร้อยละของเสียที่เกิดขึ้นในระหว่างเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2555 ถึง เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2555 เป็นช่วงเดือนหลังทำการปรับปรุง

ตารางที่ 5.3 ร้อยละของเสียก่อนปรังปรุงพารามิเตอร์ ในระหว่างเดือน เดือน มกราคม พ.ศ. 2555 ถึง เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2555 และหลังปรังปรุงพารามิเตอร์ ระหว่างเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2555 ถึง เดือน ธันวาคม พ.ศ.2555

ระยะ	เดือน	ของเสียที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ชนิด 15 กรัมต่อตารางเมตร						ร้อยละของเสียรวม
		ฝุ่น	เส้นใยพันกัน	รู	ก้อนเรซิ่น	โลหะ	อื่นๆ	
ก่อนการปรับปรุง	ม.ค.	1.20%	2.31%	1.72%	0.33%	0.17%	0.20%	5.9%
	ก.พ.	0.82%	1.06%	0.96%	0.19%	0.00%	0.17%	4.9%
	มี.ค.	1.52%	2.16%	1.94%	0.54%	0.01%	0.40%	6.8%
	เม.ษ.	0.88%	1.48%	1.59%	0.35%	0.02%	0.08%	6.1%
	พ.ค.	1.60%	2.82%	2.51%	0.65%	0.14%	0.10%	6.8%
	มิ.ย.	0.99%	1.57%	1.14%	0.16%	0.00%	0.96%	6.9%
	ก.ค.	2.11%	1.70%	2.88%	0.20%	0.01%	0.98%	7.5%
	ส.ค.	0.83%	1.72%	1.41%	0.18%	0.10%	0.00%	5.8%
	ก.ย.	2.15%	1.63%	1.83%	0.35%	0.01%	1.74%	8.2%
	ต.ค.	1.22%	2.90%	3.15%	0.45%	0.01%	0.00%	6.8%
หลังการปรับปรุง	พ.ย.	0.86%	1.09%	0.83%	0.26%	0.00%	0.01%	3.5%
	ธ.ค.	1.06%	1.05%	1.19%	0.15%	0.01%	0.37%	4.7%

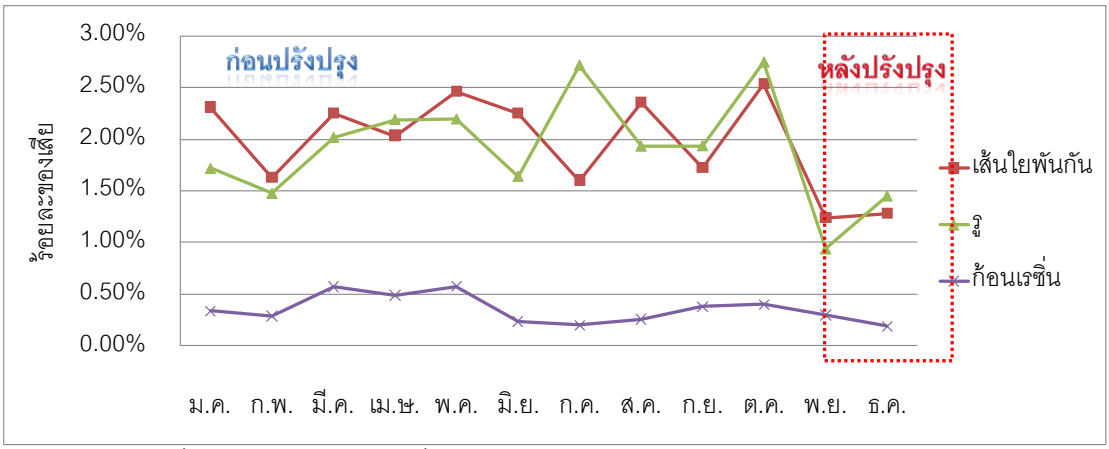
การพิจารณาผลกระทบของปัจจัยที่นำมาปรับปรุงนั้น พิจารณาจาก ตารางที่ 5.3 ซึ่งแสดงภาพรวมของของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ โดยแบ่งออกเป็น ของเสียที่เกิดก่อนการ

ปรับปรุง ในระหว่างเดือน มกราคม 2555 ถึงเดือน ตุลาคม 2555 มีปริมาณของเสียมากสุด คือ เดือน กันยายน ที่ 8.2% และ น้อยสุดที่เดือน กุมภาพันธ์ 4.9% ของเสียที่เกิดหลังการปรับปรุง ระหว่างเดือน พฤศจิกายน 2555 ถึงเดือน ธันวาคม 2555 มีปริมาณของเสียมากสุด คือเดือน ธันวาคม ที่ 4.7% และ น้อยสุดที่เดือน พฤศจิกายน 3.5% แสดงให้เห็นว่าในภาพรวมนั้นการปรับปรุงทำให้ ร้อยละของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการนั้นมีแนวโน้มลดลง

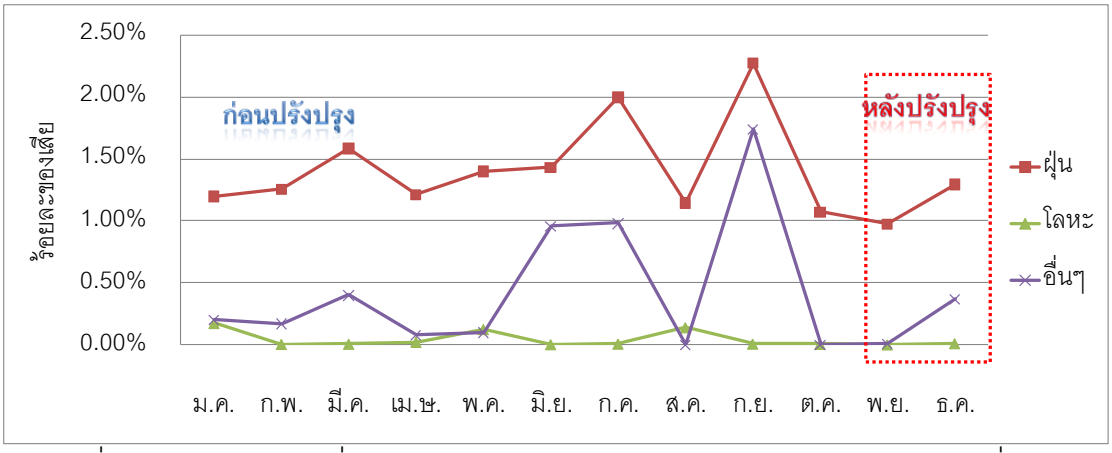
ตารางที่ 5.4 ผลการปรับปรุงค่าของปัจจัย ในการผลิตผ้าไม่ทอชนิด 15 กรัมต่อตารางเมตร

ช่วงเวลา	เส้นใยพันกัน	รู	ก้อนเรซิ่น	รวม	เฉลี่ย
ก่อนปรับปรุง-มกราคม 2555 ถึง ตุลาคม 2555	2.14%	2.11%	0.38%	4.63%	1.54%
หลังการปรับปรุง-พฤศจิกายน 2555 ถึง ธันวาคม 2555	1.26%	1.18%	0.24%	2.69%	0.90%
ร้อยละการปรับปรุง	41.09%	43.97%	35.42%	41.94%	41.94%

จากตารางที่ 5.3 และรูปที่ 5.4 แสดงผลการปรับปรุงค่าของปัจจัย ในการผลิตผ้าไม่ทอชนิด 15 กรัมต่อตารางเมตร โดยเปรียบเทียบ เปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดขึ้น ในกระบวนการผลิต ทั้งก่อนปรับปรุงในระหว่างเดือน มกราคม 2555 ถึงเดือน ตุลาคม 2555 และหลังการปรับปรุง ระหว่างเดือน พฤศจิกายน 2555 ถึงเดือน ธันวาคม 2555 ทำให้พบว่า ก่อนการปรับปรุง เปอร์เซ็นต์ของเสียโดยรวมอยู่ที่ 4.63% และหลังการปรับปรุงอยู่ที่ 2.69%



รูปที่ 5.1 ร้อยละของเสียที่เกิดสำหรับผ้าไม่ทอชนิด 15 กรัมต่อตารางเมตร
(ของเสียจากเส้นใยพันกัน, รู และก้อนเรซิ่น)



รูปที่ 5.2 ร้อยละของเสียที่เกิดสำหรับผ้าไม่ทอชนิด 15 กรัมต่อตารางเมตร (ของเสียอื่นๆ)

หากพิจารณาของเสียที่เกิดจากฝุ่น โลหะ และอื่นๆ ที่เกิดขึ้นทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงนั้น จะพบว่ามีแนวโน้มของของเสียค่อนค้างคงที่ แสดงให้เห็นว่าผลจากการปรับปรุงไม่ส่งผลกระทบต่อของเสียด้านรูปลักษณ์ภายนอกทั้งสามชนิดที่เหลือมากนัก

5.3 การจัดทำแผนการควบคุม

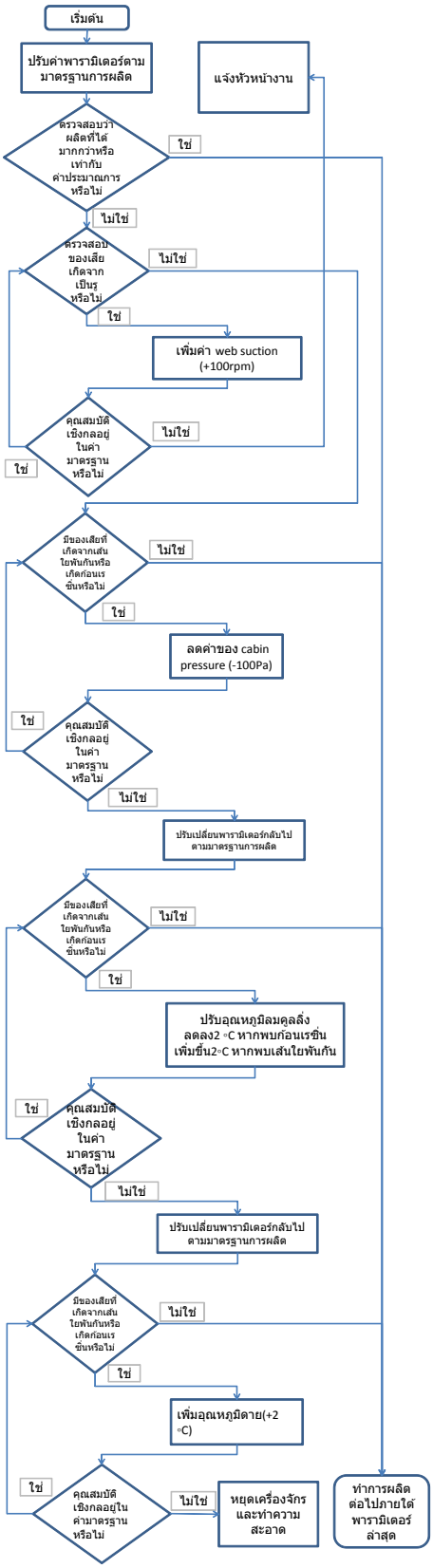
ในกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องนั้น แม้ว่าการผลิตโดยส่วนใหญ่แล้วจะใช้เครื่องจักรอัตโนมัติในการควบคุม แต่ในกรณีที่เกิดเหตุการณ์ผิดปกติในระหว่างการผลิต ขั้นตอนต่าง ยังคงถูกตัดสินใจโดนพนักงานควบคุมเครื่องจักรทั้งสิ้น ซึ่งในบริษัทกรณีศึกษานั้นได้แบ่งการทำงานออกเป็นสี่กะ แต่ละกะจะมีหัวหน้ากะดูแลการผลิต พร้อมทั้งพนักงานควบคุมเครื่องจักรคอยเฝ้าระวังการเกิดปัญหาทั้งทางด้านคุณภาพ และปริมาณการผลิตเมื่อเกิดเหตุการณ์ผิดปกติมานั้น กระบวนการแก้ไขปัญหาของพนักงาน ทั้งสี่กะ จึงมีความแตกต่างกัน อันเนื่องจากแนวคิด และแบบแผนที่ยังไม่ชัดเจน และมักเป็นแบบปากต่อปาก หรือ การแจ้งรับกะกัน การปรับเปลี่ยนเครื่องจักรจึงมักใช้เวลาในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นแตกต่างกันด้วย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีกระบวนการควบคุม เพื่อให้ กระบวนการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้ามีประสิทธิภาพสูงสุด

รูปที่ 5.3 แสดง Flow Chart สำหรับแผนการควบคุมเพื่อให้การปฏิบัติงานเป็นไปในแนวทางเดียวกันทั้ง 4 กะ

1. พนักงานฝ่ายผลิตทำการปรับตั้งค่าการผลิต ตามเอกสารการปฏิบัติงาน และมาตรฐานการผลิต
2. ตรวจสอบผลผลิตเบื้องต้น (Yield) ว่าได้มากกว่าค่าประมาณการที่ฝ่ายวางแผนการผลิตกำหนด ไว้ให้หรือไม่ หากผลผลิตได้ต่ำกว่าค่าประมาณการให้ดำเนินการต่อไปในข้อ 3 หากผลผลิตได้ตามเป้าหมายให้ดำเนินการผลิตต่อไป
3. ตรวจสอบของเสียที่เกิดขึ้นในระหว่างการผลิต ว่าเกิดของเสียชนิดเป็นรูหรือไม่ หากไม่เกิดปัญหารู ให้ดำเนินการในข้อ 4 ต่อไป หากพบว่าเกิดจากสาเหตุดังกล่าวให้ทำการเพิ่ม แรงลมดูดเส้นใย (Web Suction) ขึ้นไป อีก 100 รอบต่อนาที แล้วทดสอบคุณสมบัติเชิงกลว่าอยู่ในค่ามาตรฐานหรือไม่ หากไม่อยู่ในค่าให้แจ้งหัวหน้างานเพื่อตัดสินใจ หากอยู่ในค่ามาตรฐานให้คอยตรวจสอบว่ายังเกิดของเสียชนิดเป็นรู อยู่หรือไม่ หากยังเกิดให้ดำเนินการซ้ำตามข้อ 3
4. ตรวจสอบของเสียที่เกิดขึ้นในระหว่างการผลิต ว่าเกิดของเสียชนิดเป็นเส้นใยพันกันหรือเกิดก้อนเรซิ่นหรือไม่ หากไม่ได้เกิดจากปัญหาดังกล่าว ให้ดำเนินการผลิตต่อไปได้ หากพบว่าเกิดปัญหาก้อนเรซิ่นหรือเส้นใยพันกันให้ทำการลดแรงดันลมในห้องปั่นเส้นใย (Cabin Pressure) ลงอีก 100 Pa. แล้วทดสอบคุณสมบัติเชิงกลว่าอยู่ในค่ามาตรฐานหรือไม่ หากไม่อยู่ในค่าให้ปรับค่าแรงดันลมในห้องปั่นเส้นใย (Cabin Pressure) กลับสู่สภาวะเดิมและดำเนินการตามข้อ 5 ต่อไป หากอยู่ในค่ามาตรฐานให้คอยตรวจสอบว่ายังเกิดของเสียชนิดเป็นก้อนเรซิ่น หรือเส้นใยพันกันอยู่หรือไม่ หากยังเกิดให้ดำเนินการซ้ำตามข้อ 4 นี้อีกครั้ง
5. หากยังพบว่าเกิดปัญหาก้อนเรซิ่นให้ทำการลดอุณหภูมิลมเย็น (Cooling Temperature) ลงอีก 2 องศาเซลเซียส แต่หากยังพบว่าเกิดจากปัญหาก้อนเส้นใยพันกันให้ทำการเพิ่มอุณหภูมิลมเย็น (Cooling Temperature) ขึ้นอีก 2 องศาเซลเซียส แล้วทดสอบคุณสมบัติเชิงกลว่าอยู่ในค่ามาตรฐานหรือไม่ หากไม่อยู่ให้ปรับอุณหภูมิลมเย็น (Cooling Temperature) กลับสู่สภาวะเดิมและดำเนินการตามข้อ 6 ต่อไป

หากอยู่ในค่ามาตรฐานให้คอยตรวจสอบว่ายังเกิดของเสียชนิดเป็นก้อนเรซิ่น หรือเส้นใยพันกันอยู่หรือไม่ หากยังเกิดให้ดำเนินการซ้ำตามข้อ 5 นี้อีกครั้ง

6. หากยังพบว่าเกิดปัญหาของเสียชนิดเป็นเส้นใยพันกันหรือเกิดก้อนเรซิ่น ให้ทำการเพิ่มอุณหภูมิดาย ขึ้นอีก 2 องศาเซลเซียส แล้วทดสอบคุณสมบัติเชิงกลว่าอยู่ในค่ามาตรฐานหรือไม่ หากไม่อยู่ให้ปรับอุณหภูมิดาย กลับสู่สภาวะเดิมและดำเนินการหยุดทำการผลิตเพื่อทำความสะอาดเครื่องจักร หากอยู่ในค่ามาตรฐานให้คอยตรวจสอบว่ายังเกิดของเสียชนิดเป็นก้อนเรซิ่น หรือเส้นใยพันกันอยู่หรือไม่ หากยังเกิดให้ดำเนินการซ้ำตามข้อ 6 นี้อีกครั้ง



รูปที่ 5.3 Flow Chart การสำหรับแผนการควบคุมเพื่อให้การปฏิบัติงานเป็นไปในแนวทางเดียวกัน

5.4 การจัดทำมาตรฐานการผลิต

ในขั้นตอนนี้จะเกี่ยวข้องกับการจัดทำมาตรฐานเกี่ยวกับการผลิต เพื่อให้พนักงาน ปฏิบัติในแนวทางเดียวกัน ซึ่งจากการตรวจสอบการจัดทำมาตรฐานการผลิต ส่วนใหญ่เป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหยุดเครื่องจักร เช่น การทำความสะอาดตัวกรอง (Filter) การทำความสะอาด Diffuser การทำความสะอาดดาย (Die) เป็นต้น แต่ในกระบวนการผลิต มักใช้ความชำนาญในการปรับตั้งเครื่องจักร และความเคยชินของพนักงาน และบ่อยครั้งที่ทำให้เกิดความสับสน ไม่แน่ใจ การรอการตัดสินใจ สำหรับมาตรฐานการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา สามารถแบ่งออกได้เป็นสองส่วน ได้แก่

1. มาตรฐานการผลิตที่อธิบายถึงวิธีการปฏิบัติงาน (Standard Operating Procedure) เป็นมาตรฐานที่สร้างขึ้นเพื่ออธิบาย ขั้นตอนการปฏิบัติงานสำหรับกิจกรรม นั้นๆ โดยส่วนใหญ่พบว่า กิจกรรมที่เขียนขึ้น เป็นกิจกกรมที่เกิดในระหว่างการหยุดเครื่องจักร และมักไม่เกี่ยวข้องกับการเกิดของเสีย จากสภาพภายนอก

2. มาตรฐานการผลิตอธิบายถึงการปรับค่าพารามิเตอร์ (Standard Operating Condition) เป็นมาตรฐานที่สร้างขึ้นเพื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์เข้าสู่เครื่องจักรในระหว่างกระบวนการผลิต เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติตรงตามความต้องการของลูกค้า โดยส่วนใหญ่พบว่า การกำหนดค่าพารามิเตอร์ มักอ้างอิงจากการทดลองผลิตในช่วงแรก และคำนึงถึงคุณสมบัติด้านกายภาพของสินค้าเป็นหลัก ทำให้มักก่อให้เกิดของเสียในกระบวนการค่อนข้างสูง ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์จึงได้ดำเนินการสร้างมาตรฐาน เพิ่มเติม ในส่วนของการผลิตเพื่อลดของเสียจากปัญหาด้านรูปลักษณ์ภายนอก ที่เกิดในกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ โดยร่วมจัดทำกับผู้มีความชำนาญในกระบวนการผลิต

บทที่ 6
สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีจุดประสงค์ เพื่อลดปริมาณของเสียของกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ ประเภทรูปลักษณ์ภายนอกของผลิตภัณฑ์ (Appearance) ในขั้นตอนการสปินนิ่ง ประกอบไปด้วย ขั้นตอน การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การเก็บข้อมูลหาสาเหตุของปัญหา การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ การสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ

ปัญหาที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ในกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอนั้นพบว่าส่วนใหญ่เกิดขึ้นในขั้นการผลิตผ้ามากกว่าขั้นตอนการตัดแบ่งผ้า และปัญหาหลักที่พบเกิดขึ้นเนื่องจากของเสียด้านรูปลักษณ์ภายนอก (Appearance) โดยพบว่าเกิดขึ้นมากถึง 95.4% ของของเสียที่เกิดทั้งหมด

6.2 สรุปสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ

การเก็บข้อมูลสาเหตุของปัญหานั้น สามารถแบ่งออกได้เป็นสองส่วน ส่วนแรกคือข้อมูลที่เกิดจากการเก็บรวบรวมปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการ เปรียบเทียบกันในแต่ละเดือน และ แต่ละชนิดของปัญหาที่ทำให้เกิดของเสีย ส่วนที่สองคือ การหาสาเหตุจากประสบการณ์การทำงานของผู้ปฏิบัติงาน ที่มีความชำนาญงาน โดยการประชุมเพื่อปรึกษาหาสาเหตุที่เป็นไปได้ในแต่ละ กะของการผลิต โดยใช้แผนภูมิก้างปลา (Fishbone Diagram) เพื่อเป็นเครื่องมือในการจำแนกและรวบรวมความคิดเห็น ซึ่งจากการ เก็บข้อมูลในกระบวนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา ในระหว่างเดือน มกราคม 2555 ถึงเดือน พฤษภาคม 2555
สรุปจึงสามารถนำเอาสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดได้ดังนี้คือ

1. ปริมาณลมเย็น (จากบริษัทกรณีศึกษา)
2. อุณหภูมิดาย (จากบริษัทกรณีศึกษา)
3. อุณหภูมิลมเย็น (จากบริษัทกรณีศึกษา
4. ความเร็วลมดูดเส้นใย (จากการศึกษางานวิจัยเพิ่มเติม)

หลังจากนั้นจึงทำการเอาปัจจัยนำเข้า สู่กระบวนการวิเคราะห์สาเหตุต่อไป

6.3 สรุปขั้นตอนการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา

ผู้วิจัย ได้ ทำการออกแบบทดลองแบบเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับ (2^KFractional Factorial Design) เพื่อคัดกรองปัจจัยที่มีผล ต่อของเสียจากเส้นใยเส้นใยพันกัน ผ้าเป็นรู และก้อนเรซิ่น โดยอาศัยโปรแกรม Minitab เพื่อช่วยในการออกแบบการทดลอง เนื่องจากกระบวนการผลิตผ้าไม่ทอ เป็นกระบวนการต่อเนื่องและมีกำลังการผลิตที่สูง การกรองปัจจัยโดยใช้ การออกแบบทดลองแบบเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับ จะช่วยให้สามารถลดต้นทุนของการทดลองลงได้ ผลจากการออกแบบการทดลอง ให้ได้โมเดลของการทดลอง แบ่งออกเป็น 8 แบบ

ทำการทดลองตามรูปแบบที่ได้ออกแบบไว้โดยอาศัยโปรแกรม Minitab และทำการเก็บข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นตามการทดลองในแต่ละแบบ หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง ซึ่งทำให้พบว่า ปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ต่อการเกิดเส้นใยพันกัน ผ้าเป็นรูและ ก้อนเรซิ่น เกิดจากปัจจัย สามปัจจัยได้แก่ ปริมาณลมเย็น อุณหภูมิดาย และอุณหภูมิลมเย็น

การปรับปรุงแก้ไขปัญหา เริ่มจากการนำเอาพารามิเตอร์ที่ได้ทำการทดลองเพื่อหาความมีนัยสำคัญต่อการเกิดเส้นใยพันกัน ผ้าเป็นรู และก้อนเรซิ่น มาทำการออกแบบการทดลอง เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้เกิดของเสียด้านรูปลักษณ์น้อยที่สุด การออกแบบการทดลองเพิ่มเติมนี้ใช้วิธีการออกแบบการทดลองวิธีพื้นผิวตอบ (Response Surface Methodology, RSM) แบบ Box Behnken Design เมื่อได้ผลการทดลองมาแล้ว จึงนำเอาผลการทดลองมาทดสอบความพอเพียงของแบบจำลอง ตามเงื่อนไขของการออกแบบการทดลอง ซึ่งพบว่าเป็นไปตามเงื่อนไข แล้วจึงทำการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้ โปรแกรม Minitab โดยวิธี Response Optimizer ซึ่งพบว่า ค่าที่เหมาะสมในการผลิตผ้าไม่ทอ คือ ปัจจัย A (Cabin Pressure) ที่ระดับ 2660.61 Pa.ปัจจัย B (Die temp) ที่ระดับ 219.85 องศาเซลเซียสปัจจัย C (Cooling Air Temp) ที่ระดับ 29.73 องศาเซลเซียส แต่เนื่องจากความสามารถของเครื่องจักร จึงมีความละเอียดของตำแหน่งการปรับตั้งจำกัด ดังนั้น ผู้ทดลองจึงกำหนดค่าการปรับตั้งเป็นแรงดันลมในห้องปั่นเส้นใย (Cabin Pressure) กำหนดที่ 2661 Pa. อุณหภูมิดาย (Die Temperature) กำหนดที่ระดับ 220 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิลมเย็น (Cooling Air Temp) ที่ระดับ 30 องศาเซลเซียส

6.4 สรุปขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

ผู้วิจัยได้ทำการยืนยันผลการทดลอง โดยใช้พารามิเตอร์ที่ได้ทำการศึกษาไว้ข้างต้น ทำการผลิต ผ้าไม่ทอ ชนิด 15 กรัมต่อตารางเมตร เป็นเวลาอย่างน้อย 1 เดือน ผลของการทดลองจะนำร้อยละของเสียที่เกิดขึ้นก่อนและหลังการปรับปรุงมาเปรียบเทียบ เพื่อสรุปผลการทดลอง และพบว่า ก่อนการปรับปรุง ร้อยละของเสียที่เกิดจากปัญหาเส้นใยพันกัน ผ้าเป็นรู และก้อนเรซิ่น ซึ่งเป็นข้อมูลระหว่างเดือน มกราคม 2555 ถึงเดือน ตุลาคม 2555 เปอร์เซ็นต์ของเสียโดยรวมอยู่ที่ 4.63% และหลังการปรับปรุง ระหว่างเดือน พฤศจิกายน 2555 ถึงเดือน ธันวาคม 2555 เปอร์เซ็นต์ของเสียโดยรวมอยู่ที่ 2.69% แสดงให้เห็นว่าพารามิเตอร์ที่กำหนดนั้น สามารถช่วยลดปริมาณของเสียจากปัญหาเส้นใยพันกัน ผ้าเป็นรู และก้อนเรซิ่น ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตได้ โดยที่ร้อยละของเสียอื่นๆไม่มีการเปลี่ยนแปลง

นอกจากนี้แล้วผู้วิจัย ยังได้กำหนด แผนการปฏิบัติงาน และแผนการควบคุม เพื่อให้พนักงานได้มีแนวทางการปฏิบัติสำหรับการป้องกัน หรือลดการเกิดของเสียที่เกิดจากปัญหาด้านรูปลักษณ์ และเนื่องด้วยกระบวนการผลิตที่เป็นแบบต่อเนื่อง ทำให้เกิดการแบ่งพนักงานออกเป็นหลายกะ เพื่อคอยดำเนินการผลิต ตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีแนวทางการแก้ไขปัญหาด้านรูปลักษณ์ อย่างชัดเจน และมักอาศัยประสบการณ์ ของพนักงานในแต่ละกะเพื่อดำเนินการปรับตั้งเครื่องจักร ดังนั้นกระบวนการสร้างแผนการควบคุมและแนวทางการปฏิบัติ จึงเกิดขึ้นจากการนำ วิธีการปฏิบัติที่ดีที่สุดจากการร่วมปรึกษาหารือในกลุ่มพนักงาน เพื่อให้สามารถนำไปปฏิบัติเป็นแนวทางเดียวกันได้

6.5 ข้อจำกัดในงานวิจัย

1. การผลิตผ้าไม่ทอ เป็นแบบต่อเนื่อง ทำให้กระบวนการทดลอง จะต้องประสานงานกับทั้งฝ่ายวางแผนการผลิต ฝ่ายผลิต และฝ่ายควบคุมคุณภาพ เพื่อเข้าดำเนินการทดลอง และป้องกันข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในการชี้บ่งสินค้าได้

2.กระบวนการผลิตมีกำลังการผลิตที่สูงทำให้หากเกิดของเสียที่เกิดจากข้อผิดพลาดในการทดลองจะทำให้เกิดต้นทุนการผลิตที่สูงได้อย่างไรก็ตามสินค้าที่ไม่ได้คุณภาพสามารถนำเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิลได้อีกครั้ง

3. การประสานงานกับฝ่ายผลิต ที่มีจำนวน 4 กะ ทำให้ไม่สามารถนัดการประชุมร่วมกันได้ 4 กะ เนื่องจากจะต้องมี 1 กะ ดำเนินการผลิต

6.6 ข้อเสนอแนะ

1.โรงงานกรณีศึกษาควรนำเอาข้อมูลหลังการปรับปรุง เป็นเป้าหมายใหม่ในการควบคุมของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการ ควบคู่กับเป้าหมายอื่นๆ ด้วย

2.ผลการปรับปรุงนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสายการผลิตผ้าไม่ทอที่มีรูปแบบการผลิตแบบเดียวกันได้

3.กระบวนการปรับตั้งพารามิเตอร์ สำหรับการปรับปรุงนี้ จะเกี่ยวข้องกับขั้นตอนการสปินนิ่ง ดังนั้นควรตรวจสอบสภาพของเครื่องจักร ในบริเวณสปินนิ่ง อย่างรอบคอบ ทุกครั้งที่ทำการหยุดเครื่องเพื่อตรวจเช็ค เนื่องจากหากมีการรั่วซึม ของซีลยางอาจส่งผลต่อค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ได้

4.การปฏิบัติงานนั้น แม้ว่าถูกสร้างขึ้นเป็นลักษณะแผนภูมิแต่ก็ควรสร้างความเข้าใจให้กับพนักงานทุกระดับ ในฝ่ายผลิต และฝ่ายควบคุมคุณภาพเนื่องจากในขณะเกิดของเสีย อาจต้องใช้การประสานงานที่ค่อนข้างรวดเร็วเพื่อไม่ให้เกิดความสูญเปล่าที่สูงเกินไป

5. การปรับปรุงในส่วนของสาเหตุที่เกิดจากฝุ่นในกระบวนการผลิต จำเป็นจะต้องได้รับความร่วมมือจากพนักงาน ที่ต้องปฏิบัติตามระเบียบอย่างเคร่งครัด เกี่ยวกับการรักษาความสะอาดในพื้นที่และกระบวนการผลิต เพื่อป้องกันการเกิดฝุ่นที่ปลิวหรือฟุ้งเข้าสู่ผลิตภัณฑ์

รายการอ้างอิง

[1] ปารเมศ ชุติมา . การออกแบบทดลองทางวิศวรรม . กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์วิทยาลัย, 2545.

[2] กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ . หลักการการควบคุมคุณภาพ . กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), 2553.

[3] สุจิระ ขอจิตต์เมตต์. Nonwovens:ผ้าไม่ทอ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: ทริปเพิ้ล เอ็ดดูเคชั่น, 2555.

[4] Jun jia. Melt Spinning of Continuous Filaments by Cold Air Attenuation . School of Materials Science and Engineering, Georgia Institute of Technology, Georgia. 2010.

[5] DietmarHietel, Marheineke. Model and Numerical Simulation of Fiber Dynamics. Fraunhofer-Institutf¨ur Techno- und Wirtschaftsmathematik, Gottlieb-Daimler-Str., Geb. 49, D-67663 Kaiserslautern, 2005.

[6] โสภิตา ท้วมมี . การลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตพลาสติกแผ่นโดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง : กรณีศึกษาบริษัทในอุตสาหกรรมผลิตพลาสติก . วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ , มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า , 2551.

[7] RammohanNanjundappa, Gajanan S. Bhat. Effect of Processing Conditions on the Structure and Properties of Polypropylene Spunbond Fabrics. Department of Materials Science and Engineering, The University of Tennessee, Knoxville, Tennessee, 2005.

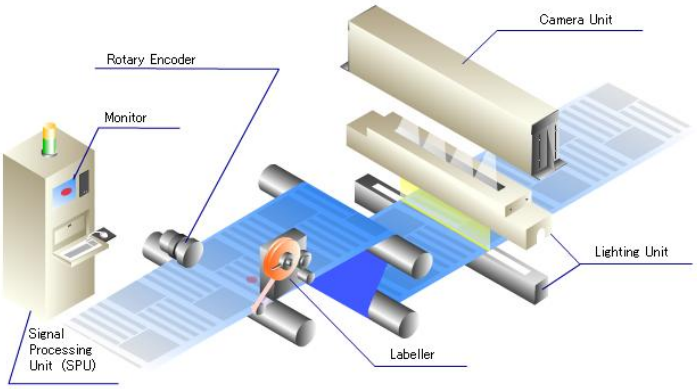
[8] ชาญณรงค์ สายแก้ว . การออกแบบการทดลองสำหรับการปรับปรุงผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต: การประยุกต์ในเครื่องย่อยขวดแก้ว . วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต , สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ , ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ , คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2549.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

กล้องตรวจจับของเสีย และโค๊ดของเสีย

ในกระบวนการผลิตนั้น การตรวจสอบพื้นผิวของผ้า จะถูกตรวจสอบโดยใช้กล้องความเร็วสูง ซึ่งจะถูกติดตั้งก่อนการม้วนเก็บผ้า (Roll up) เป็นมาเทอร์โรล (Mother Roll)



รูป แสดงกล้องความเร็วสูง

ที่มา : ข้อมูลการผลิตจากบริษัทกรณีศึกษา

ซึ่งหากพบว่า เกิดของเสียที่เกิดขึ้นที่ผิวชิ้นงาน เครื่องจะแสดงระยะที่เกิดปัญหา และระบุประเภทของปัญหาตามโค๊ดต่างๆ ดังนี้ (ใช้โค๊ดเดียวกับการตรวจสอบด้วยสายตา)

ตารางสัญลักษณ์และความหมายของ ของเสียที่เกิดจากขั้นตอนการผลิตผ้าไม่ทอ

ประเภทรูปลักษณ์ภายนอกของผลิตภัณฑ์ (Appearance)

Defect Code	ความหมาย
DL	จุดดำขนาดใหญ่ (ฝุ่น, สิ่งปนเปื้อน)
DS	จุดดำขนาดเล็ก (ฝุ่น, สิ่งปนเปื้อน)
VL	เส้นใยปนเปื้อน
VD	เป็นรู
L	ก้อน resin
M	เศษเหล็ก
X	เสียไม่ทราบสาเหตุ

ภาคผนวก ก (ต่อ)

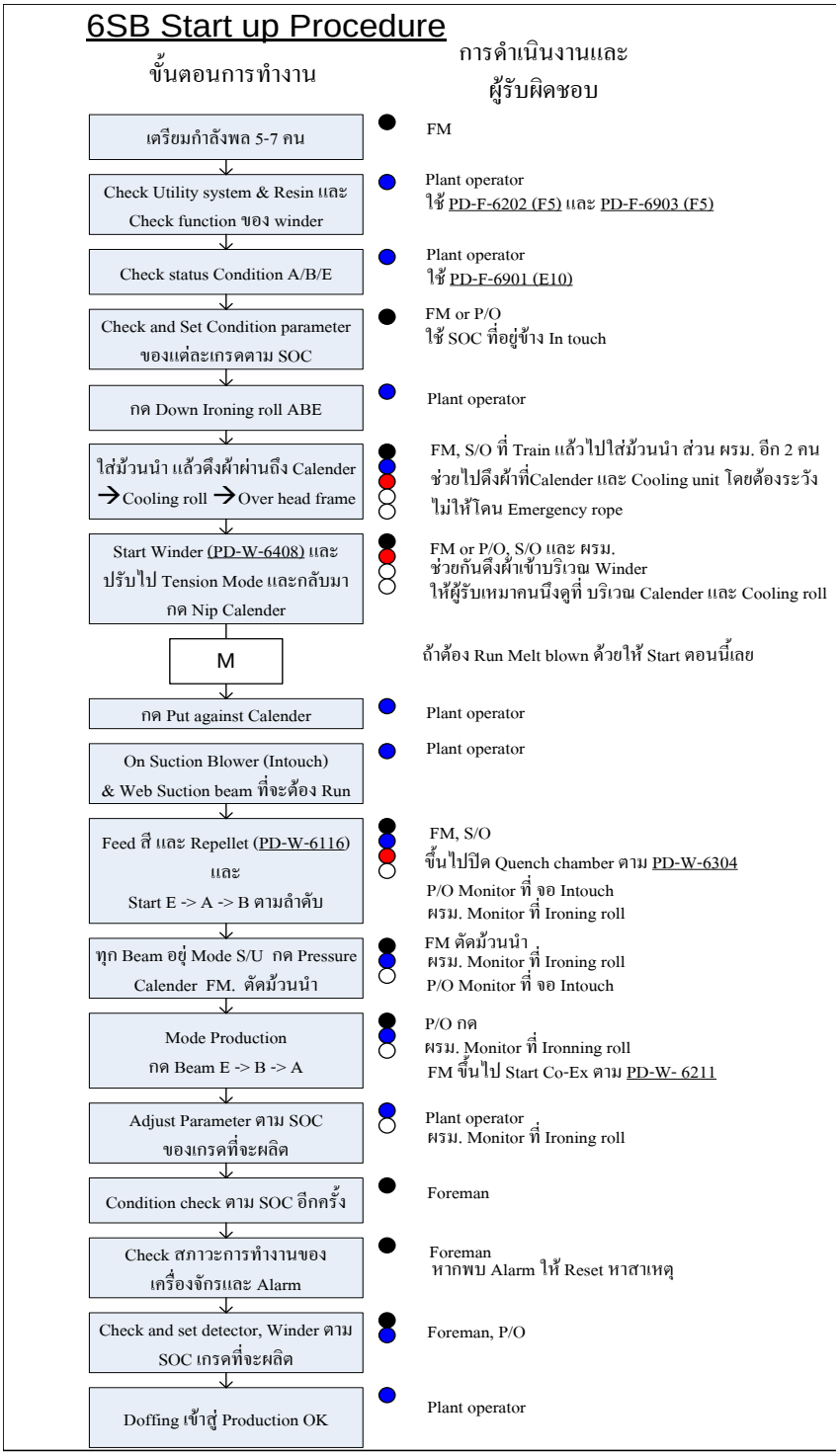
กล้องตรวจจับของเสีย และโค๊ดของเสีย

ตารางที่ 2.3 สัญลักษณ์และความหมายของ ของเสียที่เกิดจากขั้นตอนการตัดผ้าให้ได้ตามขนาด ประเภทรูปลักษณ์ภายนอกของผลิตภัณฑ์ (Appearance)

Defect Code	ความหมาย
DL/DS:1	ฝุ่นดำ
S	ม้วนแยกไม่ออก
W	หน้ากว้างไม่ได้ตาม Spec.
A	Paper Core เอียง
Y	ความยาวไม่ได้/ ม้วนขาดระหว่างตัด
X	กล้องไม่จับ
R	ม้วนเหลือ
G	สีเพี้ยน
OS	ขอบม้วนไม่เรียบ
ON	มีผ้ายื่นออกมาใกล้ๆแกน
OP	ข้างม้วนขาดออกเป็นติ่ง
OI	ข้างม้วนผ้ายื่นออกมา
OM	ข้าง Roll เป็น ขุย
OL	เข้าม้วนไม่แน่น
OT	ข้างม้วนเป็นคลื่น
C	ม้วนย่น
O	เศษฝุ่น รอยเปื้อน

ภาคผนวก ข

ขั้นตอนการเริ่มต้นการผลิต



เอกสาร Start Up Procedure

ภาคผนวก ค

ตาราง SOP

1 กระบวนการจัดเตรียมวัตถุดิบ					
No	Code	Description	SOP No.	8	Total pages
1	PD-W-N100	การรับเม็ดเรซินแบบถุงและการจัดเก็บ			1
2	PD-W-N101	การจัดเก็บ Bigbag			1
3	PD-W-N102	MB Bag Filter Cleaning			1
4	PD-W-N110	การโหลดเม็ดพลาสติกจาก Bulk เข้าใน Silo			1
5	PD-W-N120	การโหลดเม็ดพลาสติกจาก Big bag ผ่าน Hopper เข้าใน Silo			1
6	PD-W-N121	การส่ง Repellet ไป TAIT			3
7	PD-W-N140	การถ่าย Resin ออกจาก Hopper หรือ Silo			3
8	PD-W-N141	วิธีปฏิบัติการนำถุง Big Bag เก่ามาใช้ใหม่			1
2 กระบวนการสปินนิ่ง (Spinning process)					
No	Code	Description	SOP No.	14	Total pages
1	PD-W-N212	การClean Fillter vaccum unit			1
2	PD-W-N220	การปฏิบัติงานระบบ Co- Extruder			1
3	PD-W-N221	SB Shutdown			1
4	PD-W-N222	การ Clean filter Vacuum unit			1
5	PD-W-N223	Validation Co-Extruder Throughput Co-Extruder			2
6	PD-W-N250	การเปลี่ยน Screen ที่ ASC สำหรับ SB BEAM			2
7	PD-W-N260	การเปลี่ยน Screen ที่ ASC สำหรับ MB BEAM			2
8	PD-W-N271	Extruder Temp Setting			1
9	PD-W-N272	การ Shutdown SB Extruder			1
10	PD-W-N273	การ Shutdown เมื่อผลิต SSMS Grade			4
11	PD-W-N274	การ Pre-Start Extruder			1
12	PD-W-N275	SB Extruder Decoking			2
13	PD-W-N276	MB Shutdown			2
14	PD-W-N277	การ Start MB Hot Air			1
15	PD-W-N278	Resin Change			2
16	PD-W-N279	Start up Shut Down Weighung&Mixing Operation			3
3 กระบวนการสเตรทชิ่ง (Stretching process)					
No	Code	Description	SOP No.	8	Total pages
1	PD-W-N300	การปรับ SAS GAP ที่หน้างาน			1
2	PD-W-N301	SAS Plate Cleaning			1
3	PD-W-N302	Diffuser Cleaning			1
4	PD-W-N303	Diffuser Opening and Closing			1
5	PD-W-N304	SAS Gap Adjusting			1
6	PD-W-N305	การ Clean Intermediate Channel			1
7	PD-W-N306	CG Filter Cleaning			1
8	PD-W-N311	การเปลี่ยน Mesh CG			2

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตาราง SOP

4 กระบวนการขึ้นรูปผ้าและม้วนเก็บผ้า (Web forming & M-Roll production)				
No	Code	Description SOP No. 33		Total pages
1	PD-W-N401	การ Pre-Start Web Forming(ไม่เอาหน้า 2)		1
2	PD-W-N404	Ironing Start-up and Shut-down		2
3	PD-W-N405	Ironing Temp Setting		1
4	PD-W-N406	Color Change (to Natural)		1
5	PD-W-N407	Color Change (to Color)		1
6	PD-W-N410	Emboss Edge Air Nozzle Operation		1
7	PD-W-N412	การ Start Up Calender Roll		2
8	PD-W-N413	การ Start-up และ Shut-down ES Rolls		1
9	PD-W-N414	Magnet Control		1
10	PD-W-N415	Emboss Heat Up		1
11	PD-W-N416	Emboss Roll Damage Inspection		2
12	PD-W-N417	การOperate E S Rolls Nipping		1
13	PD-W-N418	การตั้งค่าCooling Air Temp.		1
14	PD-W-N419	Line Speed Setting		1
15	PD-W-N420	Cabin Pressure Setting		2
16	PD-W-N421	Alarm Notification		1
17	PD-W-N422	Print-out Condition and Check		1
18	PD-W-N424	การใช้งาน Jumbo Roll Carrier		2
19	PD-W-N430	Magnet Cleaning		1
20	PD-W-N431	การทำความสะอาด Oil Filter ของ Oiling Pump ใน S-Roll Heat Medium Line		1
21	PD-W-N432	การ Clean Y-Strainer Increase Pressure in Emboss Heat Medium Line		1
22	PD-W-N433	การ Clean Y-Strainer in S-Roll Heat Medium Line		1
23	PD-W-N434	SB suction cleaning 1		1
24	PD-W-N436	การตรวจสอบ Bote และการแก้ไขเมื่อพบความผิดปรกติ		1
25	PD-W-N440	การ Pre-Start Winder		1
26	PD-W-N441	การ Start UP Winder		1
27	PD-W-N442	Winder Manual - Automatic mode change		1
28	PD-W-N443	Lump and Metal Defector Record		1
29	PD-W-N444	Lump Detector Operation		1
30	PD-W-N451	การcalculation andcontrolBasisWeight		1
31	PD-W-N452	Color Check		2
32	PD-W-N453	M-Roll Quality Inspection		5
33	PD-W-N454	การจัดการM-rollที่ผลิตเสร็จ		1

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตาราง SOP

5 กระบวนการตัดแบ่งผ้าก่อนจัดเก็บ (Slit roll production process)					
No	Code	Description	SOP No.	23	Total pages
1	PD-W-N500	การเตรียมการก่อนการ slit			3
2	PD-W-N501	การ Operate crane winder			1
3	PD-W-N502	การ Operate Cradle - Roll Riser			1
4	PD-W-N503	M-Roll Take			1
5	PD-W-N504	M-Roll guide			2
6	PD-W-N505	Load M-Roll			1
7	PD-W-N506	การ Feed Mother Roll จาก Unwinder ไปยัง Slitter และ Rewinder			2
8	PD-W-N510	การเปลี่ยนใบมีดของชุด pneumatic & CK			2
9	PD-W-N519	การ Cardboard Cleaning			1
10	PD-W-N520	การตั้งใบมีดและตรวจสอบตาม slit pattern			4
11	PD-W-N521	การตรวจเช็ค Contact Pressure			1
12	PD-W-N540	การควบคุม slitter และการผลิต slit roll			4
13	PD-W-N542	การใช้งาน roller conveyer			2
14	PD-W-N543	การเปลี่ยนใบมีดของชุด Pneumatic.			1
15	PD-W-N544	Unloader cleaning			1
16	PD-W-N545	การเตรียม Shaft core และ Paper core สำหรับ slit			1
17	PD-W-N546	Cardboard Cleaning.			1
18	PD-W-N547	Pack Material Management			1
19	PD-W-N548	การประกอบม้วน WRAPPING FILM เข้าเครื่อง STRETCH FILM			1
20	PD-W-N549	การตัดม้วน Off Spec หรือตัด scrap ทิ้ง			1
21	PD-W-N550	การทำความสะอาด Optical Detector			1
22	PD-W-N580	การเตรียม Shaft core และ Paper core สำหรับ slit			2
23	PD-W-N591	การแพ็คม้วนสลิทร์โรลและรีไซเคิลโรล			1
6 กระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle process)					
No	Code	Description	SOP No.	5	Total pages
1	PD-W-N600	การเตรียมงานก่อนการ start recycle machine			2
2	PD-W-N610	Start Up & Shut down for Recycle Machine			2
3	PD-W-N620	การเปลี่ยน Cutter สำหรับตัดเม็ด Repellet			2
4	PD-W-N630	การเปลี่ยน screen สำหรับ Recycle machine			2
5	PD-W-N640	การจัดการผลผลิตที่ออกมาจาก Recycle machine			1

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตาราง SOP

7 การจัดเตรียมดายก่อนการผลิต (Die preparation)					
No	Code	Description		14	Total pages
1	PD-W-N700	Pre-heater opertion			1
2	PD-W-N701	การ Clean die SB			1
3	PD-W-N702	การ Flushing SB			1
4	PD-W-N703	การถอด SPINNERET และการประกอบ SPINNERET			5
5	PD-W-N704	ขั้นตอนการเผา,ล้าง,ทำความสะอาด SB DIE			2
6	PD-W-N705	Plug SB Die			1
7	PD-W-N706	ขั้นตอนการCLEANING SB DIE PACK			1
8	PD-W-N707	วิธีการใช้เครื่อง Ultrasonic			2
9	PD-W-N708	การใช้งาน Hoist ห้อง Die Cleaning			1
10	PD-W-N709	การ Clean และ การประกอบAir Knife			2
11	PD-W-N710	MB Flushing			1
12	PD-W-N711	MB Extruder Decoking			1
13	PD-W-N712	ขั้นตอนการเผา,ล้าง,ทำความสะอาด MB Nozzle			2
14	PD-W-N713	การ Inspection Die Tip			1
8 Utility operation					
No	Code	Description	SOP No.	9	Total pages
1	PD-W-N810	การ Operate ระบบ PW			2
2	PD-W-N812	การ Pre-start Cooling Tower			3
3	PD-W-N813	การ Operate Pressure supply fan			1
4	PD-W-N814	back wash			1
5	PD-W-N815	การ Clean backet Strainer			1
6	PD-W-N817	การผสมน้ำเกลือ			1
7	PD-W-N820	การ Set Timer Chemical			1
8	PD-W-N821	การ Check และ Set ค่า Conductivity			2
9	PD-W-N832	การ Operate Chiller			4
9 กระบวนการทั่วไป (General operation for NW)					
No	Code	Description	SOP No.	6	Total pages
1	PD-W-N900	Cutter Blade Management			1
2	PD-W-N901	Hook Management			1
3	PD-W-N902	การควบคุมใบมีด Cutter สำหรับ Test Lab			2
4	PD-W-N903	Issue Mother Roll Direction			1
5	PD-W-N904	การ Issue Label Information			1
6	PD-W-N905	ขั้นตอนการทำ Production Order			3

ภาคผนวก ง

การกำหนดแผนการทดลองเพื่อไม่ให้กระทบแผนการผลิต

กระบวนการดำเนินการจะเริ่มจากการแจ้งแผนการทดลอง ทั้งหมด โดยแสดง รายการดังนี้

1. ชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการผลิต
2. วัตถุประสงค์การทดลอง ผลที่จะได้รับ
3. แผนการทดลอง
4. จำนวนพนักงานฝ่ายผลิตที่ต้องการการสนับสนุน
5. จำนวนพนักงานทดสอบที่ต้องการการสนับสนุน
6. ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบ
7. ปริมาณวัตถุดิบที่ต้องการใช้
8. ปริมาณของสินค้าดีที่คาดว่าสามารถส่งขายแก่ลูกค้าได้
9. เวลารวมที่ใช้ทั้งหมด ตั้งแต่เริ่มการผลิต จนกระทั่งเปลี่ยนเป็นการผลิตปกติ
10. แผนฉุกเฉินกรณีเกิดเหตุสุดวิสัย
11. อุปกรณ์ PPE ที่จำเป็นต้องใช้ และอุปกรณ์อื่นๆ ที่จำเป็นในการทดลอง

รายละเอียดดังกล่าวข้างต้น ผู้ดำเนินการทดลองจะแจ้งไปยังฝ่ายบริหาร ฝ่ายวางแผนการผลิต ฝ่ายควบคุมคุณภาพ ฝ่ายผลิต ฝ่ายขาย และฝ่ายจัดส่ง เพื่อให้ทุกฝ่ายรับทราบข้อมูล และป้องกันความสับสน

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายวรพจน์ รอดรักษา เกิดเมื่อ 12 เมษายน พ.ศ. 2526 ที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต สาขาปิโตรเคมีและวัสดุพอลิเมอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ปีการศึกษา 2548 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2553 ปัจจุบันทำงานตำแหน่งวิศวกรปฏิบัติการบริษัทซีเมนต์ (ประเทศไทย) จำกัด ที่นิคมอุตสาหกรรมภาคใต้ จังหวัดสงขลา