การขึ้นรูปผ้าไม่ทอจากเส้นใยฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีการยึดติดด้วยน้ำแรงดันสูง กรณีศึกษา: สมบัติในการกรองน้ำ

100% COTTON NONWOVEN FABRIC FORMING USING HYDROENTANGLEMENT METHOD: A CASE STUDY OF FILTRATION PROPERTIES

ดิษฐ์พงษ์ เผ่ากลิ่น

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งทอ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การขึ้นรูปผ้าไม่ทอจากเส้นใยฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีการยึดติดด้วยน้ำแรงดันสูง กรณีศึกษา: สมบัติในการกรองน้ำ

ดิษฐ์พงษ์ เผ่ากลิ่น

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งทอ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2562

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การขึ้นรูปผ้าไม่ทอจากเส้นใยฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์โดยวิธีการยึดติดด้วยน้ำแรงดันสูง: กรณีศึกษาสมบัติในการกรองน้ำ 100% Cotton Nonwoven Fabric Forming Using Hydroentanglement Method: A Case Study of Filtration Properties
ชื่อ – นามสกุล	นายดิษฐ์พงษ์ เผ่ากลิ่น
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งทอ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์สุจิระ ขอจิตต์เมตต์, Ph.D.
ปีการศึกษา	2562

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมนึก สังข์หนู, Ph.D.)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ปิยะพร คามภีรภาพพันธ์, Ph.D.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์บิณฑสันต์ ขวัญข้าว, Dr.rer.nat.)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์สุจิระ ขอจิตต์เมตต์, Ph.D.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวกร อ่างทอง, Ph.D.)
วันที่ 1 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2563

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การขึ้นรูปผ้าไม่ทอจากเส้นใยฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์โดยวิธีการยึดติดด้วยน้ำแรงดันสูง: กรณีศึกษาสมบัติในการกรองน้ำ
ชื่อ - นามสกุล	นายดิษฐ์พงษ์ เผ่ากลิ่น
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งทอ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์สุจิระ ขอจิตต์เมตต์, Ph.D.
ปีการศึกษา	2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติในการกรองน้ำของผ้าไม่ทอที่ขึ้นรูปจากเส้นใยฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีการยึดติดด้วยน้ำแรงดันสูง (hydroentanglement) ทั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบน้ำหนักของผ้าไม่ทอ จำนวนในการเรียงชั้น องศาในการเรียงชั้น และขนาดของอนุภาคในการกรองที่แตกต่างกัน

จากการศึกษาได้มีการกำหนดน้ำหนักต่อพื้นที่ของผ้าไม่ทอที่ 30 และ 60 กรัมต่อตารางเมตร ทั้งนี้ได้ทำการขึ้นรูปแผ่นเส้นใยโดยวิธีการขึ้นรูปแบบแห้ง (dry-laid) ด้วยเครื่องสางเส้นใย (carding machine) และทำการยึดติดแผ่นเส้นใยโดยใช้กระบวนการเชิงกล (mechanical bonding) ด้วยวิธีการฉีดน้ำแรงดันสูงที่แรงดัน 20 บาร์ จากนั้นนำผ้าไม่ทอมากำหนดจำนวนชั้นและองศาในการเรียงที่ 5 ชั้น เพิ่มขึ้นทีละ 36 องศา, 10 ชั้น เพิ่มขึ้นทีละ 18 องศา และ 20 ชั้น เพิ่มขึ้นทีละ 9 องศา ตามลำดับ พร้อมทั้งทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทดสอบสมบัติในการกรองน้ำที่ขนาดอนุภาคของสิ่งสกปรกที่มีขนาดไม่เกิน 106 ไมครอน โดยได้แยกขนาดอนุภาคของสิ่งสกปรกไว้ 3 ช่วงระดับ คือ 53 ไมครอนขึ้นไป, 45 ไมครอนขึ้นไป และน้อยกว่า 45 ไมครอน

ผลการศึกษาสมบัติของผ้าไม่ทอจากเส้นใยฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์พบว่า โครงสร้างของผ้าไม่ทอจะมีลักษณะการจัดเรียงตัวของเส้นใยเป็นแบบอิสระและมีช่องว่างระหว่างเส้นใยอยู่ในระดับ 200 ไมครอน ซึ่งผ้าไม่ทอที่มีน้ำหนักต่อพื้นที่ 30 กรัมต่อตารางเมตร จำนวน 20 ชั้น องศาในการเรียงเพิ่มขึ้นทีละ 9 องศา จะมีประสิทธิภาพในการกรองสูงที่สุดที่ 91.60 เปอร์เซ็นต์ และมีแนวโน้มที่สามารถใช้เป็นวัสดุกรองน้ำในระดับช่วง 53-106 ไมครอนได้ ทั้งนี้การขึ้นรูปผ้าไม่ทอที่แตกต่างกันจะมีโครงสร้างของผ้าไม่ทอที่แตกต่างกันด้วย โดยผ้าไม่ทอที่มีน้ำหนักต่อพื้นที่ 60 กรัมต่อตารางเมตร จะมีความหนาแน่นมากกว่าผ้าไม่ทอที่มีน้ำหนักต่อพื้นที่ 30 กรัมต่อตารางเมตร ซึ่งจำนวนชั้นและองศาในการเรียงชั้นของผ้าไม่ทอจะส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: กระบวนการเชิงกล วิธีการยึดติดด้วยน้ำแรงดันสูง เครื่องสางเส้นใย

Thesis Title	100% Cotton Nonwoven Fabric Forming using Hydroentanglement Method: A Case Study of Filtration Properties
Name-Surname	Mr. Disspong Paoklin
Program	Textile Engineering
Thesis Advisor	Associate Professor Sujira Khojitmet, Ph.D.
Academic Year	2019

ABSTRACT

This research aimed to study the filtration properties of nonwoven fabric formed from 100% cotton by using the hydroentanglement method. Weights of nonwoven fabric, the number of layers, angles of layering, and different particle sizes of the filtration were compared.

In this study, the weight per unit area of nonwoven fabric was defined at 30 and 60 grams per square meter. The fibers were formed by dry-laid method with a carding machine; and the fiber sheets were connected by employing a mechanical bonding process with spraying high-pressure water at the pressure of 20 bars. The number of layers of the nonwoven fabric and the angles were defined as follows: the five-layer fabric with increased 36 degrees angle from one to another layer; the 10-layer fabric with increased 18 degrees angle from one to another layer; and the 20-layer with increased 9 degrees angle from one to another layer, respectively. Furthermore, the physical properties were analyzed and filtration properties were tested at the particle sizes of impurities at up to 106 microns. The impurities were divided into three levels: no less than 53 microns, no less than 45 microns, and less than 45 microns.

The results showed that according to examining the properties of the 100% cotton nonwoven fabric, the fabric structure consisted of independent fiber layering and a gap between the fibers at 200 microns. The nonwoven fabric with the weight at 30 grams per square meter, which had 20 layers with increased 9 degrees angle from one to another layer, generated maximum filtration efficiency of 91.60%. It tended to be used as water filtration material for the particle sizes in the range of 53-106 microns. Moreover, the different forming of the nonwoven fabric had the different fabric structures. Density of the nonwoven fabric with the weight at 60 grams per square meter was greater than the fabric with the weight at 30 grams per square meter. In addition, the number of layers and angle of layering significantly affected the physical properties.

Keywords: Mechanical bonding, Hydroentanglement, Carding machine

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ได้ ด้วยความเมตตาให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี จากรองศาสตราจารย์ ดร. สุจิระ ขอจิตต์เมตต์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมนึก สังข์หนู ประธานหลักสูตร ที่กรุณาให้คำแนะนำและให้คำปรึกษา ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในการแก้ไขข้อบกพร่องต่างเพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ผู้ทำการวิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ คุณอัธยา คุณภูริสร์ คุณฐานิศร์ ไชยกุลงามดี และบุคลากรของบริษัท งามดีอุตสาหกรรม จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านเครื่องมือ เครื่องจักร วัสดุอุปกรณ์ และคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมสิ่งทอ ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านสถานที่ และบุคลากรทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ คุณพ่อ คุณแม่ พี่น้อง เพื่อนร่วมชั้นเรียน และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือด้านความรู้ ทุนทรัพย์ และให้กำลังใจตลอดระยะเวลาการศึกษาวิจัย สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจ หากมีข้อผิดพลาดหรือไม่สมบูรณ์ประการณ์ใด ผู้วิจัยขอกราบอภัยมา ณ โอกาสนี้

ดิษฐ์พงษ์ เผ่ากลิ่น

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... (4)

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... (5)

กิตติกรรมประกาศ..... (6)

สารบัญ..... (7)

สารบัญตาราง..... (9)

สารบัญรูป..... (10)

บทที่ 1 บทนำ..... 14

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย..... 14

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย..... 15

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 15

1.4 สมมติฐานของการวิจัย..... 15

1.5 ขั้นตอนการศึกษา..... 16

1.6 คำนิยามศัพท์..... 16

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 16

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 17

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 17

2.2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง..... 18

2.2.1 ฝ้าย..... 18

2.2.2 เส้นใย (fiber)..... 21

2.2.3 ผ้าไม่ทอ (Nonwoven)..... 25

2.2.4 การยึดติดแผ่นเส้นใย (Web bonding)..... 28

2.2.5 การกรอง (Filtration)..... 30

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 35

3.1 วัตถุดิบ..... 36

3.2 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี..... 36

3.3 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย..... 37

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย..... 55

4.1 การทดสอบความยาวเส้นใย (Fiber length)..... 55

4.2 การทดสอบทางสัณฐานวิทยา..... 56

4.3 ทดสอบน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ของผ้าไม่ทอ..... 57

4.4 การทดสอบความหนาของผ้าไม่ทอ..... 60

4.5 การทดสอบการทนต่อแรงดันทะลุ..... 62

4.6 ทดสอบประสิทธิภาพในการกักเก็บอนุภาคของแข็งบนวัสดุกรอง..... 63

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 67

5.1 สรุปผลการวิจัย..... 67

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 68

บรรณานุกรม..... 68

ภาคผนวก..... 72

ภาคผนวก ก ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่..... 73

ภาคผนวก ข ผลการทดสอบการทนต่อแรงดันทะลุ..... 90

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 สมบัติเส้นใยธรรมชาติที่มาจากพืช..... 22

ตารางที่ 2.2 สมบัติเส้นใยธรรมชาติที่มาจากสัตว์..... 23

ตารางที่ 2.3 ชนิดของตัวกรองหรือไส้กรองที่ผลิตมาจากวัสดุสิ่งทอ และสมบัติการกักเก็บอนุภาค..... 32

ตารางที่ 2.4 เส้นใยและสมบัติของเส้นใยที่จะนำไปใช้ทำเป็นตัวกรองหรือไส้กรอง..... 33

ตารางที่ 2.5 ผลของจำนวนเกลียวในเส้นด้ายต่ออัตราการไหล..... 34

ตารางที่ 2.6 ผลของโครงสร้างลายทอต่อสมบัติของตัวกรองสารที่ผลิตมาจากผ้า..... 34

ตารางที่ 3.1 การกำหนดน้ำหนักแผ่นเส้นใย..... 39

ตารางที่ 3.2 กำหนดจำนวนเครื่องสางเส้นใยและน้ำหนักแผ่นเส้นใย..... 40

ตารางที่ 3.3 กำหนดจำนวนชั้น น้ำหนัก และองศาในการเรียงชั้นของผ้าไม่ทอ..... 46

ตารางที่ 3.4 การเตรียมอนุภาคของแข็ง..... 48

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบความยาวของเส้นใย..... 55

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบความหนาของผ้าไม่ทอ..... 60

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ต้นฝ้าย..... 19
รูปที่ 2.2 ดอกฝ้าย..... 19
รูปที่ 2.3 เมล็ดฝ้ายหรือสมอฝ้าย..... 20
รูปที่ 2.4 เครื่องคัดแยกเมล็ดหรืออิ้วฝ้าย..... 21
รูปที่ 2.5 ภาคตัดขวางของเส้นใย..... 21
รูปที่ 2.6 เส้นใยฝ้าย..... 23
รูปที่ 2.7 เส้นใยขนสัตว์..... 24
รูปที่ 2.8 เครื่องสางเส้นใย..... 26
รูปที่ 2.9 การเตรียมแผ่นเส้นใยระบบลม (Ari-laid)..... 27
รูปที่ 2.10 การเตรียมแผ่นเส้นใยแบบเปียก (Wet-laid)..... 27
รูปที่ 2.11 การขึ้นรูปเส้นใยจากเม็ดพลาสติกโดยตรง (Spun bond)..... 28
รูปที่ 2.12 การขึ้นรูปเส้นใยจากเม็ดพลาสติกโดยตรงด้วยลมร้อน (Melt blowing)..... 28
รูปที่ 2.13 การปักด้วยเข็ม (Needle punching)..... 29
รูปที่ 2.14 การปักด้วยเข็มน้ำ (Hydroentanglement)..... 30
รูปที่ 2.15 วัสดุกรองแต่ละชนิด..... 31
รูปที่ 2.16 การกรองแต่ละประเภท..... 32
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการขึ้นรูปผ้าไม่ทอเพื่อจัดทำเป็นวัสดุกรองและทดสอบประสิทธิภาพ..... 35
รูปที่ 3.2 การทดสอบความยาวของเส้นใย..... 38
รูปที่ 3.3 การเปิดและผสมเส้นใย..... 39
รูปที่ 3.4 การเรียงชั้นของแผ่นเส้นใย..... 40
รูปที่ 3.5 แผ่นเส้นใยที่ถูกลอกออกจากลูกกลิ้งตัวหน้าด้วยหวีหนาม (Fly comb)..... 41
รูปที่ 3.6 การเรียงซ้อนกันของแผ่นเส้น..... 41
รูปที่ 3.7 แผ่นเส้นใยก่อนเข้าสู่กระบวนการยึดติดด้วยน้ำแรงดันสูง..... 42
รูปที่ 3.8 การยึดติดแผ่นเส้นใยแบบเชิงกลโดยการฉีดด้วยน้ำแรงดันสูง..... 42

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.9 ม่านน้ำ (Pre wetting)..... 43
รูปที่ 3.10 หัวฉีดน้ำแรงดันสูง..... 44
รูปที่ 3.11 ผ้าไม่ทอหลังจากผ่านการยึดติดด้วยหัวฉีดน้ำแรงดันสูง..... 44
รูปที่ 3.12 การหมุนองศาในการเรียงชั้นของผ้าไม่ทอ..... 45
รูปที่ 3.13 การตัดชิ้นทดสอบ..... 47
รูปที่ 3.14 ชุดตะแกรงร่อน..... 48
รูปที่ 3.15 การดูลักษณะทางสัณฐานวิทยาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง..... 49
รูปที่ 3.16 ทดสอบน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ของผ้าไม่ทอ..... 50
รูปที่ 3.17 ทดสอบความหนาของผ้าไม่ทอ..... 51
รูปที่ 3.18 เตรียมอนุภาคของแข็ง..... 52
รูปที่ 3.19 กรองอนุภาคของแข็ง..... 53
รูปที่ 3.20 วัสดุกรองหลังทำการทดลอง..... 53
รูปที่ 3.21 วัสดุกรองในโถดูดความชื้น..... 54
รูปที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพของผ้าไม่ทอ..... 56
รูปที่ 4.2 น้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ของผ้าไม่ทอ 57
รูปที่ 4.3 ผ้าไม่ทอ 30 กรัมต่อตารางเมตร ควบคุมน้ำหนักที่ ±5 เปอร์เซ็นต์..... 58
รูปที่ 4.4 ผ้าไม่ทอ 60 กรัมต่อตารางเมตร ควบคุมน้ำหนักที่ ±5 เปอร์เซ็นต์..... 58
รูปที่ 4.5 ผ้าไม่ทอ 30 และ 60 กรัมต่อตารางเมตร จำนวน 10 และ 5 ชั้น ควบคุมน้ำหนักที่±5 เปอร์เซ็นต์..... 59
รูปที่ 4.6 ผ้าไม่ทอ 30 และ 60 กรัมต่อตารางเมตร จำนวน 20 และ 10 ชั้น ควบคุมน้ำหนักที่ ±5 เปอร์เซ็นต์..... 59
รูปที่ 4.7 ผลของความหนาของผ้าไม่ทอ..... 61
รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบความหนาของผ้าไม่ทอที่มีน้ำหนักรวม 300 และ 600 กรัมต่อตารางเมตร..... 61

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบการทนแรงดันทะลุของวัสดุกรอง..... 62
รูปที่ 4.10 น้ำหนักอนุภาคที่ตกค้างบนวัสดุกรอง..... 64
รูปที่ 4.11 อัตราส่วนอนุภาคที่ตกค้างบนวัสดุกรอง..... 64
รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบอัตราส่วนอนุภาคที่ตกค้างกับความหนาของวัสดุกรอง..... 66

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

คำอธิบายสัญญาลักษณ์และคำย่อ

ASTM	มาตรฐานการทดสอบประเทศสหรัฐอเมริกา (American Society of Testing and Materials)
mm	มิลลิเมตร
g	กรัม
g/m²	กรัมต่อตารางเมตร
µm	ไมครอน, ไมโครเมตร
N	นิวตัน

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย

ในสถานการณ์ปัจจุบันมีแนวโน้มในการใช้วัสดุกรองเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการในการนำไปใช้งานในด้านต่างๆ เช่น การกรองอากาศ การกรองของเหลว และการกรองก๊าซเป็นต้น ซึ่งความหมายในการกรองหมายถึง การจับหรือการกักเก็บอนุภาคขนาดเล็ก (Retention of small particles) จากการเคลื่อนที่ของก๊าซหรือของเหลวผ่านวัสดุกรอง ซึ่งส่วนใหญ่แล้ววัสดุกรองผลิตจากเส้นใยสังเคราะห์เช่น เส้นใยพอลิพรอพิลีน (PP) และเส้นใยไนลอน (Nylon) เป็นต้น [1] เนื่องจากสามารถกำหนดสมบัติของเส้นใยได้ง่าย แต่ทั้งนี้เส้นใยสังเคราะห์ก็มีขีดจำกัดคือ สมบัติการทนความร้อน การคงสภาพเมื่อสัมผัสกับของเหลวที่มีอุณหภูมิสูง สารเคมีจากเส้นใยที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต และการย่อยสลายที่ใช้เวลานาน

เส้นใยธรรมชาติก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาผลิตทำเป็นวัสดุกรองเพื่อลดการใช้เส้นใยสังเคราะห์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งสมบัติของวัสดุกรองที่ทำมาจากเส้นใยธรรมชาติอาจมีประสิทธิภาพต่ำกว่าเส้นใยสังเคราะห์เล็กน้อยแต่ทั้งนี้สมบัติที่เห็นชัดที่สุดของเส้นใยธรรมชาติคือการเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ และไม่ส่งผลอันตรายต่อมนุษย์ ทำให้มีการนำเส้นใยธรรมชาติมาใช้ร่วมกับเส้นใยสังเคราะห์เพื่อผลิตเป็นวัสดุกรอง

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกวัสดุธรรมชาติคือเส้นใยฝ้าย ซึ่งเป็นเส้นใยที่มีความเหนียวปานกลางแต่จะเหนียวเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปียกน้ำและมีลักษณะภาคตัดขวางเป็นรูปถั่วตลอดความยาวของเส้นใยซึ่งสมบัตินี้อาจช่วยในการดักจับอนุภาคของสิ่งสกปรกที่มีขนาดเล็กได้และมีสมบัติเด่นในเรื่องการดูดซับสิ่งสกปรกที่เป็นของเหลวซึ่งนิยมใช้ในการทำความสะอาดทางด้านการแพทย์ ทั้งนี้ทางผู้จัดทำงานวิจัยได้ประกอบอาชีพเป็นหัวหน้าฝ่ายประกันคุณภาพในบริษัทที่ประกอบกิจการทางด้านสิ่งทอการแพทย์ ซึ่งได้มองเห็นว่าวัตถุดิบที่มีอยู่สามารถนำไปต่อยอดหรือแก้ไขปัญหาภายในบริษัทได้จากสมบัติที่กล่าวมาข้างต้นของเส้นใยฝ้ายได้ทำให้เกิดแนวคิดในการขึ้นรูปจากผ้าไม่ทอจากเส้นใยฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีการยึดติดด้วยน้ำแรงดันสูง (Hydroentanglement) เพื่อศึกษาสมบัติในการกรองน้ำและหลีกเลี่ยงการใช้เส้นใยสังเคราะห์มาผลิตเป็นวัสดุกรอง ทั้งนี้อาจนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์และสามารถแก้ไขปัญหาในกระบวนการกรองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อขึ้นรูปผ้าไม่ทอจากเส้นใยฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์ โดยการยึดติดด้วยน้ำแรงดันสูง

1.2.2 เพื่อจัดทำวัสดุกรองด้วยผ้าไม่ทอจากเส้นใยฝ้ายร้อยเปอร์เซ็นต์ โดยการยึดติดด้วยน้ำแรงดันสูง

1.2.3 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการกักเก็บอนุภาคของวัสดุกรอง

1.2.4 เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุกรอง

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 ผ้าไม่ทอจากเส้นใยฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นรูปโดยการยึดติดด้วยน้ำแรงดันสูง สามารถจัดทำเป็นวัสดุกรองและสามารถกักเก็บอนุภาคที่เจือปนอยู่ในน้ำได้

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ศึกษาวิจัยและทำการทดลองภายในบริษัท งามดีอุตสาหกรรม จำกัด

1.4.2 ศึกษาวิจัยและทำการทดลองภายในภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

1.4.3 ใช้ผ้าไม่ทอจากเส้นใยฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์ที่มีน้ำหนัก 30 กรัมต่อตารางเมตร และ 60 กรัมต่อตารางเมตร

1.4.4 ขึ้นรูปผ้าไม่ทอด้วยกระบวนการยึดติดด้วยน้ำแรงดันสูง

1.4.5 ทดสอบความยาวของเส้นใย

1.4.6 ทดสอบหาน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ของผ้าไม่ทอ

1.4.7 ทดสอบความหนาของผ้าไม่ทอ

1.4.8 ทดสอบการทนต่อแรงดันทะลุ

1.4.9 ทดสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Optical microscope)

1.4.10 ทดสอบประสิทธิภาพในการกักเก็บอนุภาคของวัสดุกรอง

ในการทดสอบนี้ผู้ทำการวิจัยอยากทราบถึงประสิทธิภาพในการกรองซึ่งขึ้นอยู่กับตัวแปรใดบ้างโดยตัวแปรในที่นี้คือ

1. ความหนาของผ้าไม่ทอ
2. จำนวนชั้นของวัสดุกรอง

3. ความสัมพันธ์ระหว่างความหนา น้ำหนัก และจำนวนชั้นของวัสดุกรอง เช่น 30 กรัมต่อตารางเมตร จำนวน 10 ชั้น เทียบกับ 60 กรัมต่อตารางเมตร จำนวน 5 ชั้น

4. ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกักเก็บอนุภาคของวัสดุกรองเทียบกับจำนวนชั้นของผ้าไม่ทอที่เพิ่มขึ้น อย่างเช่น 30 กรัมต่อตารางเมตร จำนวน 10 ชั้น เทียบกับ 30 กรัมต่อตารางเมตร จำนวน 20 ชั้น

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

1.5.1 นำเส้นใยฝ้าย100 เปอร์เซ็นต์ มาทำการเปิดและผสมเส้นใยให้เข้ากันจากนั้นทำการขึ้นรูปแผ่นเส้นใยโดยการเตรียมแผ่นเส้นใยแบบแห้ง (Dry laid) ด้วยกระบวนการสางเส้นใย (Carding) และทำการการยึดติดแผ่นเส้นใยแบบเชิงกล (Mechanical bonding) โดยการฉีดด้วยน้ำแรงดันสูง (Hydroentanglement) เพื่อจัดทำเป็นผ้าไม่ทอ

1.5.2 นำผ้าไม่ทอมาทำการขึ้นรูปเป็นวัสดุกรองโดยกำหนดจำนวนชั้น น้ำหนัก และองศาในการเรียงชั้นของผ้าไม่ทอ

1.5.3 นำวัสดุกรองมาทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพคือ ทดสอบหาน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ของผ้าไม่ทอ ทดสอบความหนาของผ้าไม่ทอ ทดสอบการทนต่อแรงดันทะลุ ทดสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Optical microscope) และทำการทดสอบประสิทธิภาพในการกักเก็บอนุภาคของวัสดุกรอง

1.5.4 บันทึกการทดลองและทำการสรุปผล

1.6 คำนิยามศัพท์

ผ้าไม่ทอ (Nonwoven) [2] เป็นผืนผ้าโดยการนำเส้นใยที่ผ่านการสางแล้วซึ่งจะกระจายตัวแบบมีทิศทางหรือไม่มีทิศทาง จากนั้นทำให้เส้นใยมีความแข็งแรงโดยการยึดติดด้วยวิธีทางเชิงกล ทางเคมี และทางความร้อนหรือใช้หลายวิธีผสมกันได้

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ได้วัสดุกรองจากผ้าไม่ทอโดยใช้เส้นใยฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์

1.7.2 ช่วยลดสารปนเปื้อนที่มาจากวัสดุกรอง

1.7.3 ช่วยลดการใช้เส้นใยสังเคราะห์ที่นำมาจัดทำเป็นวัสดุกรอง

1.7.4 สามารถนำข้อมูลไปต่อยอดในการทำวิจัยใหม่

1.7.5 สามารถเป็นแนวทางในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บุญชัย วิจิตรเสถียร และสุกุลยา ทับอุไร [3] งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้กระบวนการกรองผ่านเยื่อกรองสำหรับน้ำทิ้งชุมชนกลับมาใช้ใหม่ โดยน้ำผิวดินและน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียจะถูกนำมาผ่านกระบวนการบำบัดขั้นต้น (Pretreatment) ด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชันและกรองผ่านคารทริค 100 ไมครอน ก่อนเข้าสู่ระบบกรองอัลตราฟลเตรชันขนาด MWCO 20,000 ดารดัน โดยแปรผันเพอมิเอทฟลักซ เท่ากับ 60 80 และ 100 L/m²/h ตามลำดับ เมื่อไดเพอมิเอทฟลักซที่เหมาะสมจะนำมาแปรผันสัดส่วนเพอมิเอทตอรีเทนเททเท่ากับ 25:75 50:50 และ75:25 ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าเพอมิเอทฟลักซ์เท่ากับ 80 L/m²/h และสัดส่วนเพอมิเอทตอรีเทนเทท 25:75 มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีความ ขุ่น สารอินทรีย์ธรรมชาติ (NOM) และสารอินทรีย์ละลายน้ำ (DOC) สูงสุดโดยน้ำผิวดินจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดสี ความขุ่น สารอินทรีย์ธรรมชาติ (NOM) และสารอินทรีย์ละลายน้ำ (DOC) คิดเป็นร้อยละ 67 64 27 และ23 ตามลำดับ ในขณะที่ประสิทธิภาพในการกำจัดสี ความขุ่น สารอินทรีย์ธรรมชาติ(NOM) และสารอินทรีย์ละลายน้ำ (DOC) ของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียคิดเป็นร้อยละ 32 67 17 และ16 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ผ่านระบบกรองอัลตราฟลเตรชันมีสารอินทรีย์ละลายน้ำ (DOC) สูงกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจะสามารถส่งผลต่อการเกิดไตรฮาโลมีเทนได้มากกว่า 50 ไมโครกรัมต่อลิตร

มิณฑิตา พิเชฐพงศ์วิมุติ, ธีระวัฒน์ เหมือนศรีชัย และจุไรวัลย์ รัตนะพิสิฐ [4] งานวิจัยนี้ศึกษาการแยกเซลลูเลสด้วยการกรองระดับอัลตราฟิลเตรชัน (UF) และการกักกันน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยการกรองระดับนาโนฟิลเตรชัน (NF) จากสารละลายไฮโดรไลเซทของหญ้าเนเปียร์ การทดลองประกอบด้วยเมมเบรน 5 ชนิดที่มีน้ำหนักโมเลกุลตัดการกรอง (MWCO) ต่างกันดังนี้ การกรองระดับ UF (PES500, PES100, PES10) และการกรองระดับ NF (NP010, NP030) กระบวน การอัลตราฟิลเตรชันทำการกรองแบบไหลขวางที่อัตราการไหล 3 ค่า (30, 50 และ 75 ml/min) โดยสารละลายเพอร์มิเอตของ UF ถูกป้อนเข้าสู่การกรองนาโนฟิลเตรชันแบบปิดตายที่ความดันคร่อมเมมเบรน (TMP) 4 ค่า (10, 15, 20 และ 25 bar) ผลการทดลองพบว่า ฟลักซ์เพอร์มิเอตสัมพันธ์กับอัตราการไหลและ TMP อย่างมีนัยสำคัญ เมมเบรน PES100 อัตราการไหล 75 ml/min ให้ค่าฟลักซ์เพอร์มิเอตสูงสุดของการกรอง UF สำหรับค่าการกักกันเซลลูเลส น้ำตาล และเอทานอลของการกรองระดับ UF และ NF สัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับค่าMWCO กลไกฟาล์วลิ่งแบบเค้กบนฐานแบบจำลองเฮอร์เมียร์ให้ค่า R2 สูงสุด สำหรับฟาล์วลิ่งแบบผันกลับไม่ได้ (IF) พบว่าเมมเบรน PES100 ให้ค่า IF ต่ำที่สุด (14.3%)

ณ อัตราการไหลต่ำ (30 ml/min) ซึ่งสัมพันธ์กับค่าฟลักซ์เพอร์มิเอต นอกจากนี้เมื่ออัตราการไหลสูงขึ้น ค่า IF สัมพันธ์กับขนาดรูพรุนและ TMP

2.2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 ฝ้าย [5]

ฝ้าย (Cotton) เป็นพืชล้มลุกขนาดเล็กมีลักษณะเป็นพุ่มซึ่งมีหลายสายพันธุ์ซึ่งต้นฝ้ายที่ทนทานในสภาวะแวดล้อมแห้งแล้งในภูมิภาคที่มีอากาศร้อนและเป็นพืชที่จัดอยู่ในตระกูลก็อซซิเปียม (Goosypium) [6] จัดอยู่ในวงศ์ชบา (Malvaceae) ฝ้ายมีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาใต้จากนั้นมีการนำเข้ามาปลูกในแอฟริกาและเอเชียตอนใต้หรือในภูมิภาคเขตร้อนทั่วไปซึ่งฝ้ายจัดเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของโลก

สายพันธุ์ฝ้ายดั้งเดิมแบ่งออกได้ 3 ชนิด คือ 1.สายพันธุ์ก็อซซิเปียม เฮอซุตุม (Gossypium hersutum) เป็นพันธุ์เดิมที่พบได้ในประเทศเม็กซิโก และอเมริกากลาง ในสหรัฐอเมริกา เรียกว่าฝ้ายอัปแลนด์ (upland cotton) เป็นพันธุ์ที่ปลูกกันทั่วโลก 2.สายพันธุ์ก็อซซิเปียม บาร์บาเดนซ์ (Gossypium barbadense) เป็นพันธุ์เดิมที่พบในแถบทวีปอเมริกาใต้ มีหลายสายพันธุ์ เช่น ฝ้ายอียิปต์ ฝ้ายอเมริกาอียิปต์ ฝ้ายไอซ์แลนด์ และฝ้ายเปรู เป็นต้น 3.สายพันธุ์ก็อซซิเปียม เฮอมาเซอุม (Gossypium hermaceum) เป็นพืชพันธุ์เดิมของทวีปเอเชีย พบในประเทศอินเดีย และประเทศแถบเอเชียตะวันออก รวมถึงประเทศไทย เป็นฝ้ายที่มีเส้นใยสั้น และหยาบกว่าฝ้ายชนิดอื่น ซึ่งสายพันธุ์ฝ้ายที่ปลูกภายในประเทศไทยสามารถแยกได้ตามสีของปุยฝ้ายแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ พันธุ์สีตุ่นจะมีปุยฝ้ายเป็นสีน้ำตาลอ่อนและพันธุ์สีขาวมีปุยฝ้ายสีขาว ซึ่งประเทศไทยจะมีฤดูเพาะปลูกในช่วงเดือนพฤษภาคม เพื่อให้ได้รับน้ำในช่วงฤดูฝนและจะมีฤดูเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนพฤศจิกายนหรือเดือนธันวาคม ซึ่งต้นฝ้ายจะมีลักษณะลักษณะทางพฤกษศาสตร์ดังนี้

1. ลำต้น

มีลักษณะตั้งตรงมีขนละเอียดตามลำต้นและกิ่งก้าน ความสูงมีความสูงของต้นประมาณ 1-3เมตร ลำต้นมีสีเขียวหรือสีน้ำตาล แตกกิ่งเป็น 2 แบบ คือ กิ่งใบและกิ่งดอก

รูปที่ 2.1 ต้นฝ้าย [5]

2. ใบ

มีลักษณะเป็นแฉก 3-5 แฉกเป็นรูปไข่ ใบเป็นใบเดี่ยวออกเรียงสลับ ใบมีขนาดกว้างและยาวประมาณ 8-12 เซนติเมตร

3. ดอก

ดอกฝ้ายมีหลายสีขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ถ้ามีสีขาวครีม สีเหลือง และสีแดงหรือสีม่วง ภายในดอกจะพบเกสรตัวผู้และตัวเมียเริ่มออกดอกประมาณ 35-45 วัน โดยดอกจะบานในช่วงตอนเช้าและเหี่ยวในช่วงตอนเย็น

รูปที่ 2.2 ดอกฝ้าย [5]

4. เมล็ดฝ้าย

เมล็ดฝ้ายหรือเรียกอีกอย่างว่าสมอฝ้าย มีลักษณะเป็นรูปไข่มีรอยของเปลือก 3-5 แฉก ผิวเรียบมีสีเขียวอ่อน แต่เมื่อแก่มีสีน้ำตาลและจะปริแตกออกโดยจะเห็นปุยฝ้ายอยู่ด้านใน

(ก) (ข)

รูปที่ 2.3 เมล็ดฝ้ายหรือสมอฝ้าย(ก) สมอฝ้ายที่ยังไม่แก่(ข) สมอฝ้ายที่แตกเป็นปุยฝ้าย [5]

เมื่อสมอฝ้ายแตกเป็นปุยฝ้ายแล้วจะนำมาผ่านกระบวนการผลิตเส้นใยซึ่งในปัจจุบันจะมีความทันสมัยและรวดเร็ว แต่พื้นฐานของกระบวนการผลิตเส้นใยฝ้ายจะมาจากภูมิปัญญาที่สืบทอดกันมาหลายช่วงอายุคน ซึ่งกระบวนการผลิตเส้นใยฝ้ายแบบดั่งเดิมสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1.การเก็บรักษาปุยฝ้าย

สมอฝ้ายจะแก่และแตกเป็นปุยฝ้ายในช่วงฤดูหนาวโดยทำการเก็บเกี่ยวใส่ถุงย่ามตะกร้า หรือกระบุง จากนั้นทำการดึงปุยฝ้ายออกจากกลีบสมอซึ่งจะคัดเลือกปุยฝ้ายที่สะอาด ไม่ชื้นหรือมีเชื้อราเพราะจะทำให้ปุยฝ้ายเสียหายทั้งหมด

2.การตากปุยฝ้าย

เมื่อเก็บเกี่ยวเสร็จแล้วจะนำปุยฝ้ายมาเทใส่กระด้งเพื่อตรวจคัดสิ่งสกปรกเช่น เศษใบกลีบสมอ หรือกิ่งก้านที่หักร่วงปนมากับปุยฝ้าย จากนั้นนำปุยฝ้ายที่สะอาดแล้วเทใส่กระด้งขนาดใหญ่ทำการกระจายปุยฝ้ายไม่ให้ซ้อนทับกันเพื่อให้แสงแดดส่องทั่วถึงและต้องหมั่นพลิกปุยฝ้ายจะทำให้ปุยฝ้ายแห้งและไม่เกิดเชื้อรา

3.การคัดแยกเมล็ดออกจากปุยฝ้าย

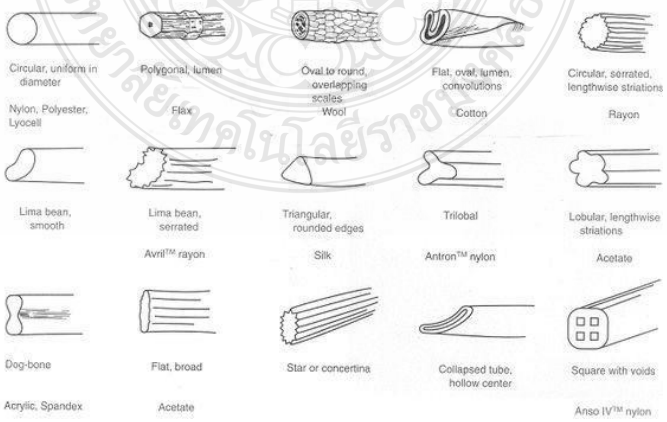
เมื่อตากปุยฝ้ายให้แห้งสนิทแล้วจะต้องนำมาผ่านการคัดแยกเมล็ดออกจากปุยฝ้ายโดยใช้เครื่องมือท้องถิ่นที่ทำมาจากไม้ซึ่งประกอบด้วย แผ่นไม้กระดานเพื่อทำเป็นฐานและจะมีเสา 2 ต้น โดยจะมีลูกกลิ้งฟันเฟืองทรงกระบอกที่ทำมาจากไม้ 2 ชิ้น ซึ่งปลายของลูกกลิ้งฟันเฟืองจะยึดติดกับเสาและจะมีด้ามหมุนเพื่อให้ลูกกลิ้งฟันเฟืองขับเคลื่อนไปได้ ซึ่งการใช้งานของเครื่องมือจะทำได้โดยใส่ปุยฝ้ายเข้าไประหว่างลูกกลิ้งฟันเฟืองทรงกระบอกพร้อมทั้งทำการหมุนด้ามจับไปด้วย ปุยฝ้ายจะผ่านลูกกลิ้งฟันเฟืองและถูกบีบอัดจนรีดออกมาเฉพาะเมล็ด ซึ่งส่วนของเมล็ดนั้นจะตกลงด้านล่างของ

เครื่องมือและปุยฝ้ายที่นำเมล็ดออกแล้วจะถูกเก็บใส่ตะกร้า โดยเครื่องมือที่กล่าวมานี้จะเรียกตามภาษาถิ่นว่า อีดฝ้าย อิ้วฝ้าย หรือหีบฝ้าย

รูปที่ 2.4 เครื่องคัดแยกเมล็ดหรืออิ้วฝ้าย [7]

2.2.2 เส้นใย (fiber) [8]

เส้นใยหมายถึงวัสดุหรือสารใดๆที่มีลักษณะเป็นเส้นยาวเรียวที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติหรือเป็นฝีมือของมนุษย์สร้างขึ้นจะมีอัตราส่วนของความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยเท่ากับหรือมากกว่า 100 จะสามารถผลิตเป็นเส้นด้ายและขึ้นรูปเป็นผ้าได้ ทั้งนี้เส้นใยจัดเป็นองค์ประกอบที่เล็กที่สุดของผ้าซึ่งไม่สามารถแยกย่อยในเชิงกลได้อีก ซึ่งประเภทของเส้นใยสามารถแยกประเภทได้ตามลักษณะของที่มาและแหล่งกำเนิดของเส้นใยซึ่งจะแบ่งได้เป็นสองประเภทใหญ่ๆ คือ เส้นใยธรรมชาติ เส้นใยสังเคราะห์ และเส้นใยกึ่งสังเคราะห์โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 2.5 ภาคตัดขวางของเส้นใย [9]

2.2.2.1 เส้นใยธรรมชาติ

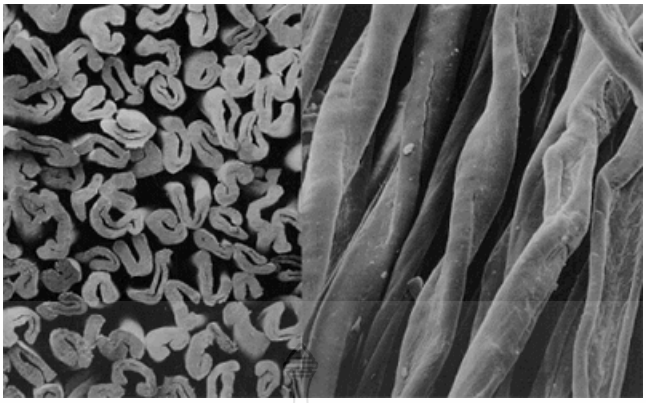
1. เส้นใยธรรมชาติที่มาจากพืชสามารถแบ่งได้ 4 ประเภท คือ เส้นใยจากเมล็ดเช่น ใยฝ้าย ใยนุ่น เป็นต้น เส้นใยจากลำต้นเช่น ใยแฟลกซ์ ใยป่าน ใยปอกระเจา เป็นต้น เส้นใยจากใบเช่น ใบป่านศรนารายณ์ ใบสับปะรด เป็นต้น และสุดท้ายคือเส้นใยที่มาจากผลเช่น เส้นใยมะพร้าว ใยจากผลสับปะรด ซึ่งเส้นใยธรรมชาติจะมีสมบัติดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 สมบัติเส้นใยธรรมชาติที่มาจากพืช [10]

สมบัติเส้นใย	สมบัติต่อผู้ใช้งาน
การดูดซึมความชื้นได้ดี	ใส่สบาย
นำความร้อนได้ดี	ทำให้ผ้าเย็นสบายในหน้าร้อน
ความสามารถในการทนต่ออุณหภูมิสูง	ต้มผ้าในหม้ออบได้เพื่อการทำความสะอาด ฆ่าเชื้อโรคและรีดผ้าด้วยความร้อนสูงได้
เส้นใยสามารถเกาะกันแน่นในขณะที่เป็นด้าย	สามารถทอเป็นผ้าได้ดี
เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี	ไม่สะสมประจุไฟฟ้า
ความหนาแน่นสูง	ผ้าที่ทอขึ้นมีน้ำหนักดี
การคืนตัวจากแรงอัดต่ำ	เมื่อขึ้นรูปแล้วจะไม่คืนตัว

สมบัติทางกายภาพ

เส้นใยมีความยาว 0.3-6 cm มีสีของเส้นใยตามสายพันธุ์คือขาว ครีม และน้ำตาล มีความมันน้อย ความแข็งแรงของเส้นใยปานกลาง (tenacity = 3-5 g/denier) การยืดตัวของเส้นใยค่อนข้างดี การคืนตัวจากแรงอัดของเส้นใยต่ำทำให้ผ้ายับง่าย การดูดความชื้นของเส้นใยค่อนข้างดี (7–10 %) สามารถทนต่อความร้อนสูงได้ 204-218 องศาเซลเซียส แต่จะติดไฟและเผาไหม้ได้รวดเร็ว



รูปที่ 2.6 เส้นใยฝ้าย [9]

สมบัติทางเคมี

เส้นใยฝ้ายทนสารฟอกขาวได้ดีสามารถทนต่อด่างและสารละลายอินทรีย์ได้แต่ไม่สามารถ ทนต่อกรด เส้นใยทนต่อแสงแดดได้ดีแต่จะเกิดการเปลี่ยนสีและเสื่อมสภาพเมื่อทิ้งไว้นาน เส้นใยไม่ค่อยทนราและแมลง

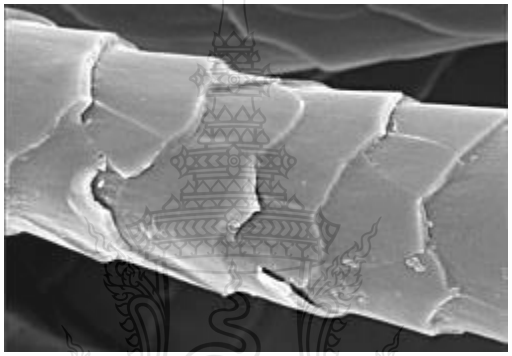
2.เส้นใยธรรมชาติที่มาจากสัตว์ส่วนมากจะแยกได้จากขนของสัตว์ เช่น ขนแกะ ขนกระต่าย เป็นต้น หรือจะแยกได้จากน้ำลายหรือของเหลวจากสัตว์เช่น ไหม เป็นต้น โดยเส้นใยจากขนสัตว์มีสมบัติดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.2 สมบัติเส้นใยธรรมชาติที่มาจากสัตว์ [10]

สมบัติเส้นใย	สมบัติต่อผู้ใช้งาน
การคืนตัวดี	รอยยับย่นสามารถหายได้โดยการแขวนทิ้งไว้หลังการใช้
การดูดซึมความชื้นดี	สวมใส่สบายในสภาพอากาศที่เย็นชื้น และการดูดซึมน้ำดี
ความถ่วงจำเพาะต่ำ	ผ้าขนสัตว์น้ำหนักเบากว่าผ้าที่ทำจากเส้นใยพืชที่ความหนาเท่ากัน
ทนต่อเปลวไฟ	เผาไหม้ไม่หมด ดับไฟได้ด้วยตัวเอง

สมบัติทางกายภาพ

เส้นใยมีความยาว 2.5-50 cm มีสีของเส้นใยตามสายพันธุ์ของแกะ คือ ขาว ครีม น้ำตาล เทา และดำความมันของเส้นใยขึ้นกับสายพันธุ์และถิ่นกำเนิดของแกะ สามารถทนต่อความแข็งแรงต่ำ (tenacity = 1.5 g/denier) และจะลดลง 10-20 % เมื่อเปียกน้ำ การยืดตัวของเส้นใยอยู่ในสภาพยืดหยุ่นดีมากสามารถยืดออกได้ 20-30 % และจะคืนตัวกลับจากแรงยืดได้ถึง 99 % การคืนตัวของเส้นใยจากแรงอัดดีมากมีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.30-1.32 g/cm3 และนำหนักเบา มีการดูดความชื้นประมาณ (13-18 %) มีการทนต่อความร้อนได้ 100 องศาเซลเซียส แต่จะเริ่มหยาบกระด้าง เมื่อถึงอุณหภูมิ 204 องศาเซลเซียส จะเริ่มหลอมเหลวและกลายเป็นเถ้า



รูปที่ 2.7 เส้นใยขนสัตว์ [11]

สมบัติทางเคมี

เส้นใยสามารถทนกรดอ่อนและเจือจางได้แต่ยกเว้นกรดกำมะถันและไม่สามารถทนต่อด่างโดยเฉพาะด่างแก่ เมื่อถูกแสงแดดจะทำให้ความแข็งแรงลดลง เส้นใยจะทนต่อเชื้อราและแบคทีเรีย แต่ไม่สามารถทนต่อแมลงได้

3.เส้นใยธรรมชาติจากแร่ธาตุส่วนใหญ่จะแยกได้จากแร่หินซึ่งจะมีสมบัติดังต่อไปนี้

แร่ใยหิน (Asbestos)

แร่ใยหินเกิดตามธรรมชาติเป็นกลุ่มของแร่ซิลิเกตจะแยกได้ 2 กลุ่ม คือ Serpentine และ Amphibole แร่ใยหินจะมีผลึกที่เป็นเส้นใยยาวซึ่งมีอัตราส่วนของขนาดต่อความยาวเส้นใยเท่ากับ 1:20ใยหินสามารถทนไฟ สารเคมี และทนต่อการขัดสี ผ้าใยหินในอดีตจะใช้ประโยชน์โดยทำเสื้อสำหรับ นักผจญเพลิงแต่ปัจจุบันไม่นิยมใช้เนื่องจากเศษใยหินจะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

2.2.2.2 เส้นใยสังเคราะห์ (Man-made fiber) [10]

เส้นใยประดิษฐ์คือเส้นใยที่สังเคราะห์จากสารพอลิเมอร์หรือสารเคมีโมเลกุลเล็กๆ ไปทำปฏิกิริยาเคมีที่เหมาะสมจนได้สารพอลิเมอร์แล้วนำสารพอลิเมอร์นั้นไปทำเส้นใย ด้วยกระบวนการปั่นเส้นใย (Fiber spinning) โดยจะมีสมบัติดังต่อนี้

1. เส้นใยจะไม่ดูดความชื้น (Hydrophobic) ดังนั้นจะทำให้ย้อมสียากและจะทำให้สวมใส่แล้วไม่สบายตัวถ้าอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่อากาศร้อนชื้น ดังนั้นต้องทำให้เส้นใยเกิดการฟูขึ้น (Textured yarns) และผลิตเป็นเส้นใยสั้น (Staple yarns)

2. ผิวเส้นใยจะเรียบทำให้ฝุ่นหรือสิ่งสกปรกติดยาก แต่เส้นใยอาจมีไฟฟ้าสถิตอยู่ทำให้ดูดฝุ่นละอองเข้ามาได้นอกจากนี้แล้วเส้นใยไม่ดูดความชื้นทำให้ขจัดพวกคราบน้ำมันหรือไขมันออกได้ยาก

3. เส้นใยจะมีจุดหลอมเหลวต่ำไม่ทนความร้อนดังนั้นต้องรีดอุณหภูมิต่ำ

4. การย่อยสลายของเส้นใยต้องใช้เวลานาน

5.เส้นใยสังเคราะห์จะทนทานต่อสารเคมีที่ใช้ในการซักฟอกได้ดีกว่าเส้นใยธรรมชาติ

6. เส้นใยจะมีสมบัติที่ง่ายต่อการบำรุงรักษา (Easy care) เพราะว่าซักง่ายแห้งไว ไม่ต้องรีดมาก เมื่อเทียบกับเส้นใยฝ้าย

2.2.2.3 เส้นใยกึ่งสังเคราะห์

เป็นเส้นใยที่นำสารตั้งต้นจากธรรมชาติมาปรับปรุงโครงสร้างให้เหมาะกับการใช้งาน เช่น การนำเซลลูโลสจากพืชมาทำปฏิกิริยากับสารเคมีบางชนิด เส้นใยกึ่งสังเคราะห์จะนำมาใช้ประโยชน์ได้มากกว่าเส้นใยธรรมชาติ

2.2.3 ผ้าไม่ทอ (Nonwoven) [2]

ผ้าไม่ทอเป็นผืนผ้าโดยการนำเส้นใยที่ผ่านการสางแล้วซึ่งจะกระจายตัวแบบมีทิศทางหรือไม่มีทิศทาง จากนั้นทำให้เส้นใยมีความแข็งแรงโดยการยึดติดด้วยวิธีทางเชิงกล ทางเคมี และทางความร้อนหรือใช้หลายวิธีผสมกันได้ ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์ผ้าไม่ทอสามารถแบ่งได้ 2 แบบตามการใช้งานคือ

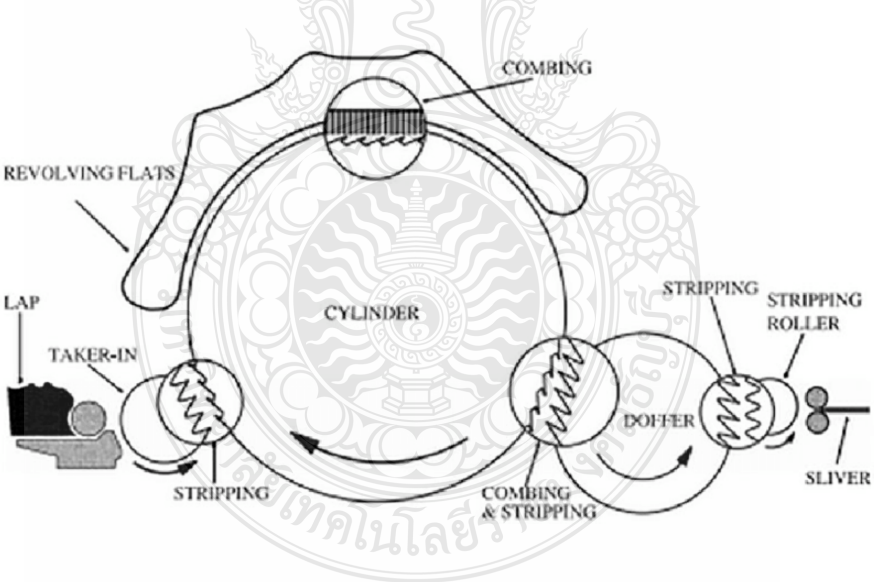
1. ผลิตภัณฑ์ผ้าไม่ทอที่ใช้แล้วทิ้ง (Disposable uses) ส่วนใหญ่จะใช้ในด้านสุขอนามัยหรือใช้งานที่เกี่ยวกับความสะอาดในด้านการแพทย์เช่น ผ้าอนามัย ผ้าปิดแผล หรือชุดทำศัลยแพทย์ เป็นต้น

2. ผลิตภัณฑ์ผ้าไม่ทอที่มีระยะเวลาการใช้งานนาน (Burble applications) ส่วนใหญ่จะใช้ในงานทางเทคนิคเช่น งานในด้านโยธา งานในด้านการเกษตร หรือชิ้นส่วนภายในรถยนต์ เป็นต้น

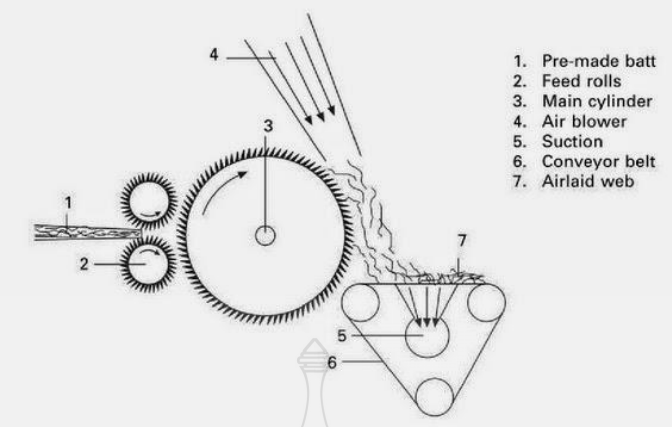
กระบวนการผลิตผ้าไม่ทอสามารถแบ่งออกได้ 3 ขั้นตอนดังนี้

1. การขึ้นรูปแผ่น (Web formation) เป็นขั้นตอนการกระจายและโรยเส้นใยลงบนวัสดุรองรับเพื่อทำให้เป็นแผ่น (web) เป็นขั้นตอนที่สำคัญมากในการผลิตผ้าไม่ทอ โดยเส้นใยที่อยู่ในรูปก้อนเส้นใย (Bale) มาทำการตีผ่านลูกกลิ้งหนามเพื่อทำให้เส้นใยกระจายตัวและเข้าสู่กระบวนการจัดเรียงเส้นใยให้เป็นแผ่น (web) ซึ่งแบ่งได้ 3 วิธีดังนี้

1.1 การเตรียมแผ่นเส้นใยแบบแห้ง (dry-laid) จะแบ่งได้ 2 วิธีคือ การสางเส้นใย (Carding) เป็นการเตรียมแผ่นเส้นใยเชิงกล ซึ่งเส้นใยกระจายตัวจากก้อนเส้นใยแล้วจะเข้าสู่เครื่องสางเส้นใยโดยจะมีลูกกลิ้งหนาม 3 ส่วนที่มีขนาดของหนามต่างกัน เมื่อเส้นใยผ่านเครื่องสางแล้วจะเรียงตัวกันออกมาเป็นแผ่นเส้นใย (web) ส่วนอีกวิธีหนึ่งคือ การใช้ระบบลม (Ari- laid) ในการเตรียมแผ่นเส้นใยและโรยลงบนตะแกรงซึ่งแผ่นเส้นใยที่ใช้วิธีนี้จะมีความแข็งแรงทุกทิศทาง

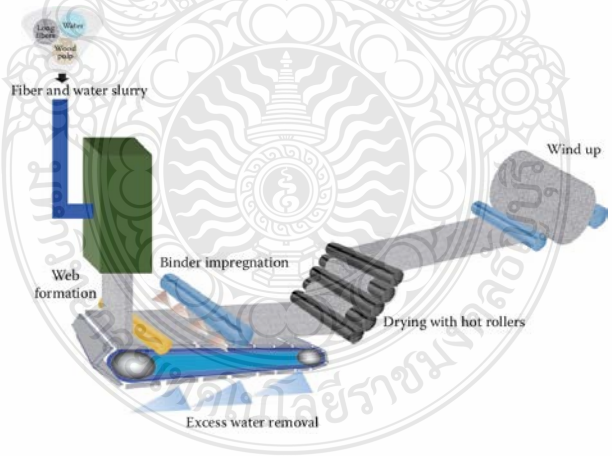


รูปที่ 2.8 เครื่องสางเส้นใย [12]



รูปที่ 2.9 การเตรียมแผ่นเส้นใยระบบลม (Ari-laid) [13]

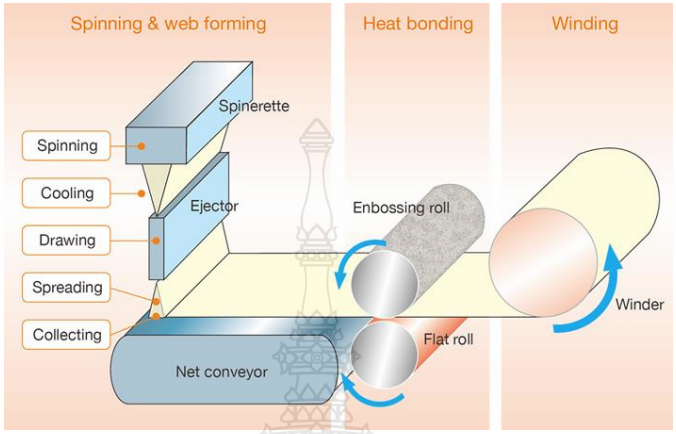
1.2 การเตรียมแผ่นเส้นใยแบบเปียก (wet-laid) เป็นผ้าไม่ทอที่มีการขึ้นรูปจากเส้นสั้นกว่าการเตรียมแผ่นเส้นใยแบบแห้ง โดยเส้นใยจะถูกกระจายตัวโรยลงบนน้ำที่มีสารช่วยยึดติดแล้วจึงโรยลงบนสายพานตะแกรงจากนั้นจะทำการรีดน้ำออก อัดให้เรียบ และทำการอบแห้ง ซึ่งแผ่นเส้นใยประเภทนี้ส่วนใหญ่มีลักษณะคล้ายกระดาษและมีความเหนียวน้อยกว่าการเตรียมแผ่นเส้นใยแบบแห้ง



รูปที่ 2.10 การเตรียมแผ่นเส้นใยแบบเปียก (Wet-laid) [12]

1.3 การขึ้นรูปเส้นใยจากเม็ดพลาสติกโดยตรง (Spun bond) เป็นการหลอมเม็ดพลาสติกด้วยเครื่องหลอมอัดรีด (Extruder) โดยอัดพอลิเมอร์หลอมผ่านหัวฉีดเส้นใยเพื่อให้เป็นเส้นใยยาวต่อเนื่องและโรยลงบนสายพานและเชื่อมยึดด้วยความร้อน เคมี หรือการปักด้วยเข็มน้ำ

เพื่อขึ้นรูปเป็นแผ่น ผ้าไม่ทอประเภทนี้จึงทำจากเส้นใยประดิษฐ์เท่านั้นไม่สามารถใช้เส้นใยธรรมชาติได้ แต่จะมีอีกกระบวนที่เรียกว่า Melt blowing ซึ่งจะทำการกดเส้นใยออกมาแล้วทำให้แข็งตัวโดยใช้ลมร้อนและเส้นใยจะขาดตัวออกเป็นใยสั้นแล้วกระจายตัวลงบนตะแกรง



รูปที่ 2.11 การขึ้นรูปเส้นใยจากเม็ดพลาสติกโดยตรง (Spun bond) [14]

รูปที่ 2.12 การขึ้นรูปเส้นใยจากเม็ดพลาสติกโดยตรงด้วยลมร้อน (Melt blowing) [15]

2.2.4 การยึดติดแผ่นเส้นใย (Web bonding) [2]

การยึดติดแผ่นเส้นใยเป็นขั้นตอนการยึดตรึงเส้นใยเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของแผ่นเส้นใย สามารถทำได้โดยหลายวิธีซึ่งจะมีผลต่อความแข็งแรงของผ้าไม่ทอโดยมีวิธีดังนี้

2.2.4.1 วิธีการเชื่อมยึดความร้อน (Thermal bonding) เป็นการยึดติดแผ่นเส้นใยโดยใช้ลูกกลิ้งร้อน (Hot calendars) และลมร้อน (Hot air) จากนั้นจะทำให้เย็นตัวลง ผ้าไม่ทอที่ผ่าน

กระบวนการนี้จะมีลักษณะเป็นแผ่นแบนที่มีความแข็งแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพื้นที่สัมผัสของลูกกลิ้งร้อน โดยจะมีกระบวนที่แตกต่างกันดังนี้

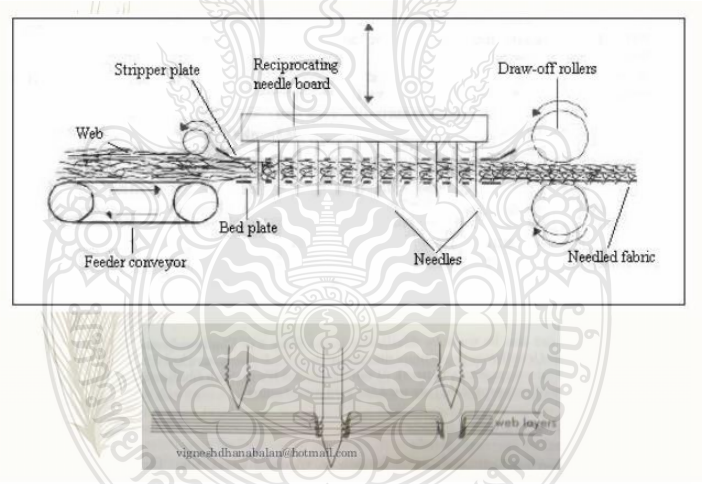
1. แผ่นเส้นใยที่ลงอ่างกาวทั้งสองด้านซึ่งผ้าไม่ทอที่ออกมาจะมีลักษณะแข็งกระด้าง

2.แผ่นเส้นใยที่ลงอ่างกาวด้านเดียวซึ่งผลผลิตที่ออกจากกระบวนนี้เช่น พรมปูพื้น

3. แผ่นเส้นใยที่ผ่านการสเปรย์ซึ่งผลผลิตที่ออกจากกระบวนนี้เช่น ผ้าขัดพื้น

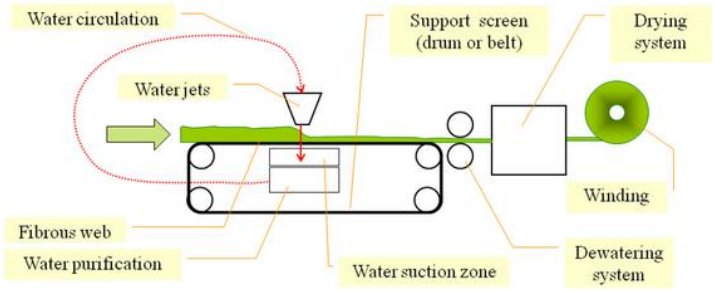
2.2.4.2 วิธีการเชื่อมยึดด้วยกระบวนการทางกล (Mechanical bonding) จะเป็นการยึดติดด้วยแรงทางเชิงกลเพื่ออัดแน่นให้เป็นผ้าไม่ทอโดยแบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ

1. การปักด้วยเข็ม (Needle punching) เป็นวิธีการผลิตผ้าไม่ทอที่เก่าแก่ที่สุด โดยจะใช้เข็มปักลงบนแผ่นเส้นใยเพื่อให้เกิดการสานกันของแผ่นเส้นใยอย่างไม่เป็นระเบียบ ซึ่งผ้าไม่ทอแบบนี้จะมีลักษณะคล้ายสักหลาดเหมาะที่จะใช้เป็นฉนวนในอุตสาหกรรม



รูปที่ 2.13 การปักด้วยเข็ม (Needle punching) [16]

2. การปักด้วยเข็มน้ำ (Hydroentanglement) เป็นกระบวนการยึดติดแผ่นเส้นใยที่มาจากเครื่องสางเส้นใยหรือกระบวนการเตรียมแผ่นเส้นใยด้วยระบบลม ซึ่งการยึดติดแบบนี้จะใช้น้ำแรงดันสูงที่มาจากหัวฉีดแทนการใช้เข็มตี ซึ่งผ้าไม่ทอที่ออกมาจากกระบวนการนี้จะมีความนุ่มและมีความแข็งแรงตามทิศทางในฉีดน้ำ



รูปที่ 2.14 การปักด้วยเข็มน้ำ (Hydroentanglement) [17]

3. การปักด้วยเข็มหรือการเย็บ (Stitch bonding) เป็นการใช้ห่วงถักปักลงในโครงสร้างของแผ่นเส้นใย ตี ซึ่งผ้าออกมาจากกระบวนการนี้เช่น ผ้าห่ม ผ้าบุเครื่องเรือน เป็นต้น

2.2.5 การกรอง (Filtration) [1]

ความหมายโดยทั่วไปของการกรองหมายถึง การจับ (Capture) หรือการกักเก็บอนุภาคขนาดเล็ก (Retention of small particles) จากกระแสการเคลื่อนที่ของอากาศหรือของเหลว ซึ่งสภาวะของการกรองจะมีความแตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ วิธีการ อุปกรณ์ และชนิดของตัวกรอง (Filter) ที่ใช้ซึ่งสามารถแยกชนิดของการกรองได้ดังนี้

1. การกรองแบบเปียก (Wet filtration) เป็นการใช้ผ้ากรอง (Filter fabric) เพื่อแยกอนุภาคที่เป็นของแข็งออกจากของเหลวในลักษณะของก้อนเค้ก ซึ่งจะมีการไหลแบบอิสระผ่านตัวกลางนั้น โดยอนุภาคของแข็งจะหยุดนิ่งไม่ไหลผ่านตัวกลางที่เป็นตัวกรองและการกรองแบบนี้จะมีไส้กรองที่ทำมากจากผ้าไม่ทออยู่ภายในเครื่องกรอง

2. การกรองแบบแห้ง (Dry filtration) เป็นการกรองฝุ่นละอองซึ่งอาจจะปนอยู่ในอากาศโดยใช้ถุงกรอง หรือถุงเก็บฝุ่น (Bag filter) ส่วนใหญ่แล้วจะเห็นการกรองแบบนี้อยู่ในเครื่องดูดฝุ่นที่ใช้ทั่วไปหรือตามโรงงานอุตสาหกรรม

(ก) (ข)

รูปที่ 2.15 วัสดุกรองแต่ละชนิด(ก) เครื่องกรองน้ำและไส้กรอง(ข) เครื่องดูดฝุ่นและถุงกรองฝุ่น [1]

การแบ่งประเภทของการกรอง (Classification of filtration)

ประเภทของการกรองขึ้นอยู่กับกระบวนการที่จะทำการแยกสารและการกรองอนุภาคสิ่งสกปรกที่เคลื่อนอยู่ในอากาศหรือของเหลว โดยจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

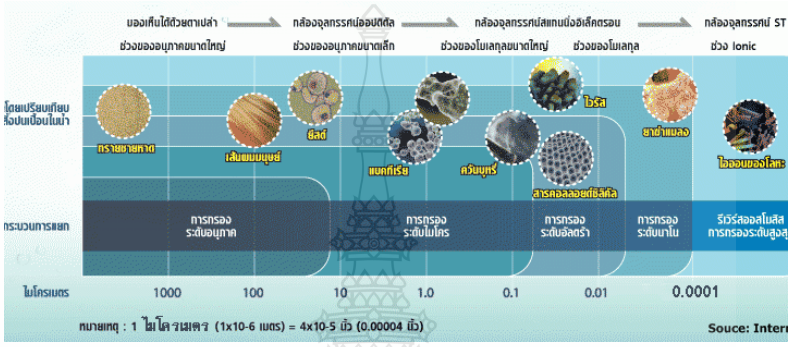
1. การกรองอนุภาค (Particle filtration) เป็นการแยกอนุภาคที่มีขนาดมากกว่า 10 ไมโครเมตร การกรองประเภทนี้เหมาะสำหรับอนุภาคสิ่งสกปรกที่มีขนาดใหญ่ไม่ต้องใช้เมมเบรนที่เป็นรูพรุนขนาดไมโคร (Microporous membrane)

2. การกรองระดับไมโคร (Microfiltration) เป็นการกรองการแยกอนุภาคที่มีขนาด ที่มีขนาดเล็กโดยใช้เมมเบรนที่เป็นรูพรุนขนาดไมโคร (Microporous membrane) ซึ่งจะมีขนาดระหว่าง 0.1–10 ไมโครเมตร การกรองประเภทนี้มีลักษณะพื้นฐานที่แตกต่างจากการกรองแบบ Reverse osmosis (RO) และแบบ Nanofiltration (NF) เนื่องจากการกรองทั้ง 2 แบบ (RO และ NF) จะต้องมีการใช้แรงดันต่ำไปสู่แรงดันที่สูงขณะทำการกรองสาร

3. การกรองแบบอัลตร้าซัน (Ultrafiltration หรือ UF) คือการกรองโดยใช้เยื่อบาง (Membrane filtration) และจะใช้แรงดันทำให้ของเหลวเคลื่อนที่ผ่านเยื่อบาง ที่มีขนาดของรูเปิด (Pore size) ระหว่าง 1-100 นาโนเมตร ใช้สำหรับกรองอนุภาคที่มีน้ำหนักโมเลกุลระหว่าง 300-500,000 ดาลตัน (Dalton) การกรองแบบอัลตร้าซันมีหลักการคล้ายการกรองออสโมซิสผันกลับ (reverse osmosis) แต่ต่างกันที่ขนาดอนุภาคของสิ่งสกปรกที่มีโมเลกุลใหญ่กว่า และใช้แรงดันต่ำกว่า

4. การกรองแบบนาโน (Nanofiltration หรือ NF) คือการกรองแบบนาโนเป็นการกรองเพื่อเอาสารเกลือแร่ (Inorganics) ที่ละลายออกจากน้ำ กรองแบบนาโนสามารถกรองสารอนินทรีย์ซึ่งก่อให้เกิดความกระด้างออกไป การกรองแบบนาโนจะไม่มีการล้างทำความสะอาดแบบแต่จะต้องใช้สารเคมีเข้าไปล้างทำความสะอาดแทน ทั้งนี้น้ำที่จะผ่านเข้ามากรองแบบนาโนจะต้องเป็นน้ำที่ใสสะอาดปราศจากสารแขวนลอยเพราะจะทำให้จะเกิดการอุดตันในเมมเบรนอย่างถาวร

5. รีเวอร์สออสโมซิส (Reverse osmosis หรือ RO) เป็นระบบการกรองละเอียดที่สุดที่มีอยู่ในปัจจุบัน เมมเบรนจะทำหน้าที่เป็นเหมือนชั้นกั้นเกลือที่มีน้ำหนักโมเลกุลโดยประมาณมากกว่า 100 ซึ่งปกติเกลือที่ละลายน้ำจะถูกกำจัดได้ 95 % หรือมากกว่า 99% ระบบรีเวอร์สออสโมซิสมีการประยุกต์ใช้หลายวิธีเช่น การกำจัดเกลือแร่ของน้ำทะเลหรือน้ำกร่อยสำหรับทำน้ำดื่ม การนำน้ำเสียกลับมาใช้ในกระบวนการทำอาหารและเครื่องดื่ม เป็นต้น



รูปที่ 2.16 การกรองแต่ละประเภท [18]

ชนิดของตัวกรอง หรือไส้กรอง (Filter media) และสมบัติการกักเก็บอนุภาค ชนิดของตัวกรองหรือไส้กรองที่ทำมาจากวัสดุสิ่งทอ และถูกนำมาใช้สำหรับกรองสารต่างๆ ตลอดจนสมบัติการกักเก็บอนุภาคแสดงได้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ชนิดของตัวกรองหรือไส้กรองที่ผลิตมาจากวัสดุสิ่งทอ และสมบัติการกักเก็บอนุภาค [1]

ชนิดตัวกรอง หรือไส้กรอง	ขนาดอนุภาคที่เล็กที่สุดที่ถูกกักเก็บ (ไมโครเมตร)
ผ้าทอ(woven fabric)	5
ผ้าที่เป็นตาข่ายเชื่อมโยง (Link fabric)	200
ผ้าไม่ทอ (Nonwoven) ชนิด Filter sheets	0.5
ผ้าไม่ทอ (Nonwoven) ชนิด Felts และ Media felts	10
ผ้าไม่ทอ (Nonwoven) ชนิด Paper media-cellulose- glass glass	5
ผ้าไม่ทอ (Nonwoven) ชนิด Bonded media	2
เส้นใยซึ่งมีลักษณะเรียงตัวกันอย่างดี (Loose fiber)	< 1
เส้นใยที่นำไปทำเป็นผง (Loose powder)	< 0.1

ชนิดของเส้นใยและสมบัติพื้นฐานสำหรับผลิตตัวกรอง หรือไส้กรอง ในการผลิตตัวกรองหรือไส้กรองที่ทำมาจากวัสดุสิ่งทอนั้นจำเป็นจะต้องทราบสมบัติพื้นฐานของเส้นใยแต่ละชนิดทั้งนี้เพื่อการนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สมบัติพื้นฐานต่างๆ ของเส้นใยที่จะนำไปใช้ทำเป็นตัวกรองหรือไส้กรองปรากฏดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 เส้นใยและสมบัติของเส้นใยที่จะนำไปใช้ทำเป็นตัวกรองหรือไส้กรอง [1]

เส้นใย	ความหนาแน่น (กรัม/ซีซี.)	อุณหภูมิสูงสุดที่รับได้ขณะกรองสาร	ความคงทนต่อ			
			กรด	ด่าง	สารออกซิไดซ์	ไฮโดรไลซิส
Polypropylene	0.91	95	ดีมาก	ดีมาก	ต่ำ	ดี
Polyethylene	0.95	85	ดีมาก	ดีมาก	ต่ำ	ดี
Polyester (PBT)	1.28	100	ดี	ต่ำ	พอใช้	ต่ำ
Polyester (PET)	1.38	100	ดี	ต่ำ	พอใช้	ต่ำ
Polyamide 6,6	1.14	110	ต่ำ	ดี	ต่ำ	พอใช้
Polyamide 11	1.04	100	ต่ำ	ดี	ต่ำ	พอใช้
Polyamide 12	1.02	100	ต่ำ	ดี	ต่ำ	พอใช้
Polyvinylidene chloride (PVDC)	1.70	85	ดีมาก	ดี	ดีมาก	ดี
Polyvinylidene Fluoride (PVDF)	1.78	100	ดีมาก	ดีมาก	ดี	ดีมาก
Polytetrafluoroethylene (PTFE)	2.10	150+	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก
Polyphenylene sulfide (PPS)	1.37	150+	ดีมาก	ดีมาก	พอใช้	ดีมาก
Polyvinyl chloride (PVC)	1.37	80	ดีมาก	ดีมาก	พอใช้	ดีมาก
Polyether ether ketone (PEEK)	1.30	150+	ดี	ดี	พอใช้	ดีมาก

ลักษณะโครงสร้างผ้าทอต่อสมบัติของตัวกรอง ในการใช้ผ้าทอเป็นตัวกรองสารนั้นจะต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งประกอบไปด้วยจำนวนเกลียวของเส้นด้ายกล่าวคือถ้าใช้จำนวนเกลียวมากจะส่งผลให้อัตราการไหลลดลง ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ผลของจำนวนเกลียวในเส้นด้ายต่ออัตราการไหล [1]

จำนวนเกลียวต่อนิ้ว	% การไหลผ่านของสารในเส้นด้าย
1.5–3.0	95-98
15	70
35	2

ลักษณะโครงสร้างของผ้าทอ โดยโครงสร้างการทอพื้นฐาน (ลายขัด (Plain) ลายทะแยง (Twill) และลายต่วน (Satin)) จะส่งผลต่อการกรองที่แตกต่างกันออกไป รายละเอียดแสดงได้ดังตารางที่ 2.6

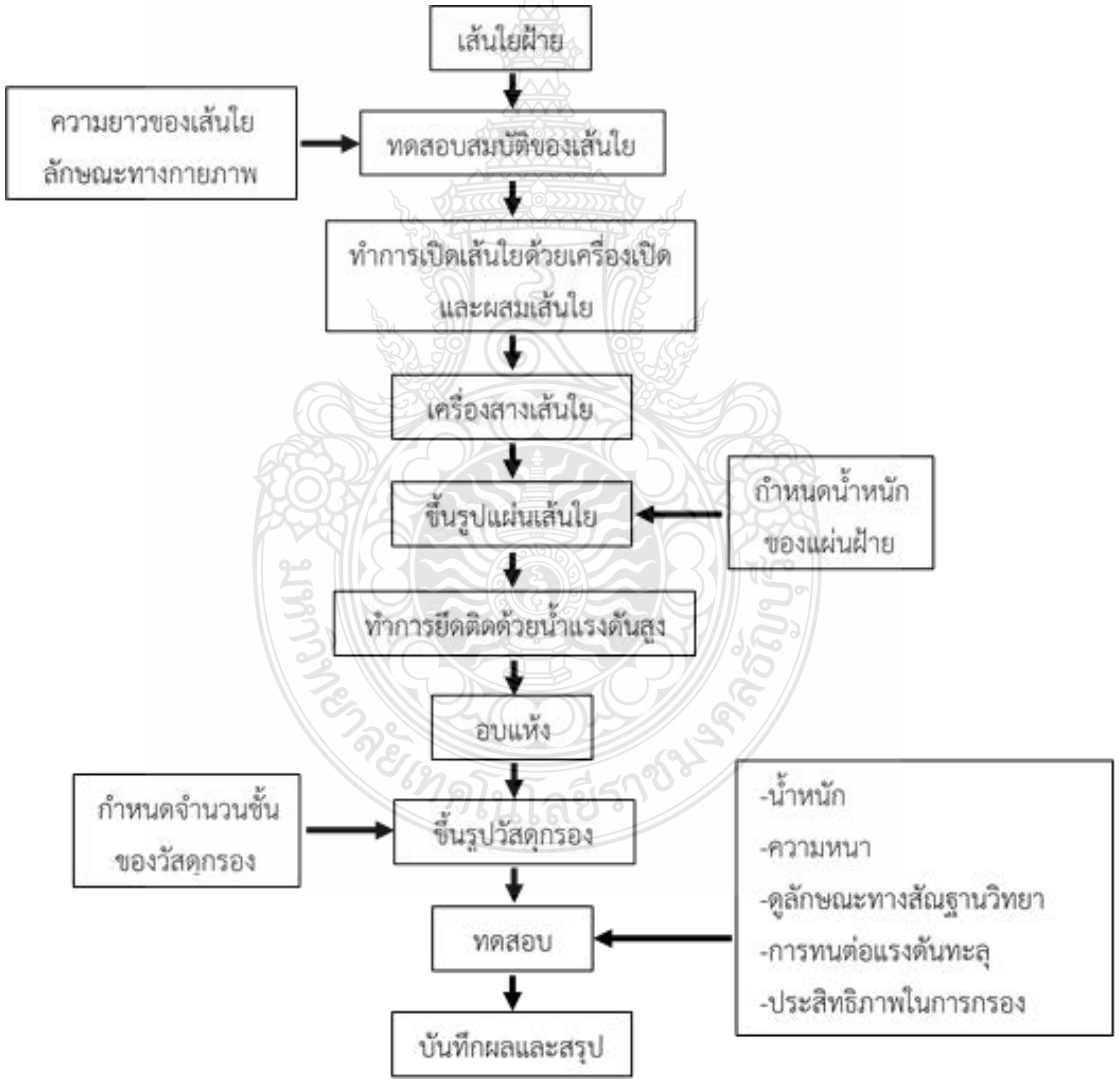
ตารางที่ 2.6 ผลของโครงสร้างลายทอต่อสมบัติของตัวกรองสารที่ผลิตมาจากผ้า [1]

สมบัติ	โครงสร้างการทอ		
	ลายขัด	ลายทะแยง	ลายต่วน
ความคงรูป (Rigidity)	ดีที่สุด	พอใช้	ต่ำ
การบีบอัด(Bulk)	ต่ำ	ดีที่สุด	ดีที่สุด
การไหลเวียนภายใน (Initial Flow rate)	ต่ำ	ดี	ดีที่สุด
ประสิทธิภาพการกักเก็บ (Retention efficiency)	ดีที่สุด	พอใช้	ต่ำ
การลำเลียงตะกอน (Cake release)	ดี	ต่ำ	ดีที่สุด

จากข้อมูลจะเห็นได้ว่าวัสดุสิ่งทอที่เป็นผ้าทอหรือผ้าไม่ทอ สามารถนำมาใช้เป็นตัวกรองได้และสามารถให้ประสิทธิภาพดีในการกรอง ทั้งนี้ในการเลือกใช้งานจะต้องเลือกชนิดของเส้นใยให้มีความเหมาะสมกับอนุภาคของสารที่จะกรอง

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การขึ้นรูปผ้าไม่ทอจากเส้นใยฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์โดยวิธีการยึดติดด้วยน้ำแรงดันสูงกรณีศึกษาสมบัติในการกรองน้ำ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการขึ้นรูปผ้าไม่ทอโดยวิธีการยึดติดด้วยน้ำแรงดันสูง ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำผ้าไม่ทอมาจัดทำเป็นวัสดุกรอง ศึกษาสมบัติทางกายภาพ และประสิทธิภาพในการกรองอนุภาคออกจากน้ำ โดยมีวิธีดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการขึ้นรูปผ้าไม่ทอเพื่อจัดทำเป็นวัสดุกรองและทดสอบประสิทธิภาพ

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 เส้นใยฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์ที่ผ่านกระบวนการทำความสะอาดและฟอกขาวจากบริษัท งามดีอุตสาหกรรม จำกัด ตั้งอยู่ในพื้นที่ตำบลเจ็ดเสมียน อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี

3.1.2 ผงถ่านไม้ไผ่ Bamboo charcoal powder บริษัท ชาโคลโฮม จำกัด (Bunton, BNK, THAILAND)

3.2 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย สามารถแบ่งได้ 5 ขั้นตอนดังนี้

3.2.1 ขั้นตอนการศึกษาความยาวของเส้นใยที่เหมาะสม

1. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Electronic balance)
2. ไม้บรรทัดแบบละเอียด
3. คีมหนีบ
4. แผ่นสไลด์
5. ขวดใส่น้ำกลั่น
6. น้ำกลั่น

3.2.2 ขั้นตอนการขึ้นรูปแผ่นเส้นใย

1. เครื่องเปิดเส้นใย (Fiber opening machine) ยี่ห้อ Trutzschler
2. เครื่องผสมเส้นใย (Blow room) ยี่ห้อ Trutzschler
3. เครื่องสางใย (Carding machine) ยี่ห้อ Toyoda

3.2.3 ขั้นตอนการยึดติดแผ่นเส้นใย

1. เครื่องยึดติดด้วยน้ำแรงดันสูง (Hydroentanglement machine)
2. ตู้อบแผ่นเส้นใย (Drying machine)
3. เครื่องม้วนเข้าแกน

3.2.4 ขั้นตอนการจัดทำวัสดุกรอง

1. กรรไกร
2. ไม้บรรทัด
3. ไม้ครึ่งวงกลมวัดองศา

3.2.5 ขั้นตอนการทดสอบสมบัติทางกายภาพและประสิทธิภาพในการกรองอนุภาค

1. กรรไกร
2. ไม้บรรทัด

3. บีกเกอร์ (Beaker)

4. แท่งแก้วคนสาร (Glass stirring rod)

5. กรวยกรอง (Glass funnel)

6. ขวดฉีดน้ำกลั่น (Wash bottle)

7. กระจกนาฬิกา (Watch glass)

8. ปากคีบ (Forceps)

9. แผ่นสไลด์ (Slide)

10. ตะแกรงร่อนขนาด 135 Mesh 270 Mesh และ325 Mesh

11. เครื่องชั่งดิจิตอล

12. ตู้อบ ยี่ห้อ Memmert

13. โถดูดความชื้น (Desiccator)

14. เครื่องทดสอบความหนา (Dial thickness gage)

15. กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Optical microscope) ยี่ห้อ Olympus รุ่น Cx41

16. เครื่องทดสอบการทนต่อแรงดันทะลุ (Bursting strength)

3.3 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้จะทำการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเส้นใยฝ้าย ในด้านสมบัติทางกายภาพและการขึ้นรูปผ้าไม่ทอ (Nonwoven) รวมไปถึงการจัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ในการขึ้นรูปวัสดุกรอง จากนั้นทำการทดสอบประสิทธิภาพของวัสดุกรอง โดยมีขั้นตอนดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

3.3.1 การศึกษาสมบัติของเส้นใย

ในการการศึกษาสมบัติของเส้นใยจะนำเส้นใยฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์ที่ผ่านการทำความสะอาดและฟอกขาวแล้วมาทำการทดสอบสมบัติของเส้นใย เพื่อให้ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมก่อนที่จะนำไปขึ้นรูปเป็นผ้าไม่ทอ โดยมีการทดสอบดังนี้

3.3.1.1 ทดสอบความยาวของเส้นใย (Fiber length)

การทดสอบความยาวของเส้นใยจะทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 5332 [19] ดังรูปที่ 3.2 เพื่อให้ทราบถึงความยาวของเส้นใยที่เหมาะสมและนำข้อมูลดังกล่าวไปหาความเป็นไปได้ในการขึ้นรูปผ้าไม่ทอ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการหยดน้ำกลั่นลงบนแผ่นสไลด์ประมาณ 2-3 หยดบริเวณที่จะทำการทดสอบ

2. จากนั้นสุ่มทดสอบเส้นใยฝ้ายโดยการใช้ปากคีบดึงเส้นใยฝ้ายออกมา 1 เส้น และนำเส้นใยไปวางบนแผ่นสไลด์

3. ทำการดึงยืดเส้นใยให้เหยียดตรง โดยใช้นิ้วชี้กดปลายเส้นใยด้านหนึ่งไว้ อีกด้านหนึ่งใช้ปากคีบดึงให้ตึงพอสมควร

4. จากนั้นทำการวัดความยาวของเส้นใย โดยใช้ไม้บรรทัดที่มีความละเอียด 0.1 มิลลิเมตร

5. ทำการทดสอบซ้ำเป็นจำนวน 10 ตัวอย่าง

(ก) (ข)

รูปที่ 3.2 การทดสอบความยาวของเส้นใย (ก) การสุ่มตัวอย่างเส้นใย (ข) การวัดความยาวเส้นใย

3.3.2 การขึ้นรูปผ้าไม่ทอ (Nonwoven forming)

ในการขึ้นรูปผ้าไม่ทอจะนำเส้นใยฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ผ่านการวิเคราะห์ความยาวของเส้นใยแล้วมาเข้ากระบวนการเปิดและผสมเส้นใย จากนั้นจะทำการสางเส้นใยเพื่อขึ้นรูปแผ่นเส้นใย และยึดติดแผ่นเส้นใยเพื่อขึ้นรูปเป็นผ้าไม่ทอ โดยมีวิธีการดังนี้

3.3.2.1 การเปิดและผสมเส้นใย (Fiber opening and blending)

นำเส้นใยฝ้ายที่จัดเตรียมไว้มาเข้าสู่กระบวนการเตรียมและผสมเส้นใยด้วยเครื่องเปิดฝ้าย (Opening machine) และผสมเส้นใย (Blow room) ดังรูปที่ 3.3 เพื่อทำให้เส้นใยกระจายตัวและเข้ากัน จากนั้นเส้นใยฝ้ายจะถูกส่งไปตามท่อเข้าสู่กระบวนการสางใย (Carding) โดยมีขั้นตอนดังนี้

รูปที่ 3.3 การเปิดและผสมเส้นใย

3.3.2.2 การเตรียมแผ่นเส้นใย (Web formation)

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเลือกการเตรียมแผ่นเส้นใยแบบแห้ง (Dry laid) ด้วยกระบวนการสางเส้นใย (Carding) โดยมีการแบ่งเป็น 2 กรณีคือ กำหนดน้ำหนักของแผ่นเส้นใย 30 และ60 กรัมต่อตารางเมตร ควบคุมน้ำหนักอยู่ที่ ±5 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 3.1 ทั้งนี้ได้ทำการเลือกใช้เครื่องสางเส้นใยแบบแผ่นหนาม (Flat card) และเครื่องสางเส้นใยแบบลูกกลิ้งหนาม (Roller card) เนื่องจากเครื่องสางเส้นใยแบบแผ่นหนามจะมีความสามารถในการทำน้ำหนักและมีความแข็งแรงของแผ่นเส้นใยน้อยกว่าเครื่องสางเส้นใยแบบลูกกลิ้งหนาม แต่จะมีความละเอียดของแผ่นเส้นใยมากกว่า

ตารางที่ 3.1 การกำหนดน้ำหนักแผ่นเส้นใย

กรณีที่	น้ำหนักของแผ่นเส้นใย (กรัมต่อตารางเมตร)
1	30
2	60

ซึ่งเครื่องสางเส้นใยในแต่ละแบบนั้นไม่สามารถทำน้ำหนักได้มากตามความต้องการ จึงต้องมีการเรียงชั้นของแผ่นเส้นใยขนานในทิศทางเดียวกัน (Parallel layer)

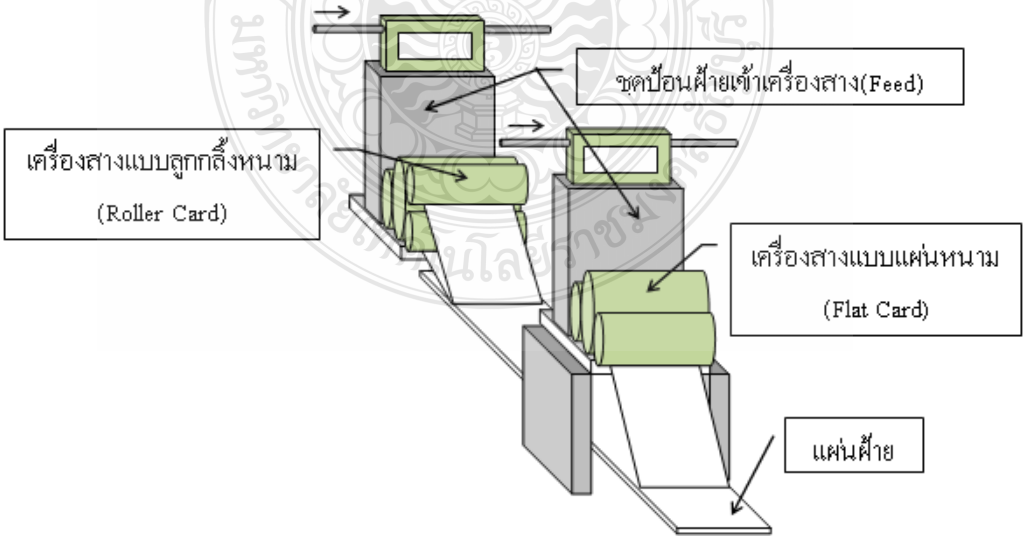
เพื่อเพิ่มน้ำหนักของแผ่นเส้นใย โดยกำหนดจำนวนของเครื่องสางเส้นใยและน้ำหนักของแผ่นเส้นใยแต่ละเครื่อง ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 กำหนดจำนวนเครื่องสางเส้นใยและน้ำหนักแผ่นเส้นใย

ชนิดของเครื่องสาง	จำนวนเครื่องที่ใช้	น้ำหนักของแผ่นเส้นใยที่ออกจากเครื่องสาง (กรัมต่อตารางเมตร)	น้ำหนักรวมของแผ่นเส้นใยบนสายพานลำเลียง (กรัมต่อตารางเมตร)
Flat Card	2	7	30
Roller Card	2	8	
Flat Card	2	7	60
Roller Card	2	23	

เมื่อทำการกำหนดค่าแล้วจึงนำเส้นใยฝ้ายที่จัดเตรียมไว้เข้าสู่กระบวนการสางเส้นใยเพื่อทำให้เส้นใยแยกตัวและจัดเรียงอย่างอิสระเป็นแผ่นเส้นใย โดยขั้นตอนดังนี้

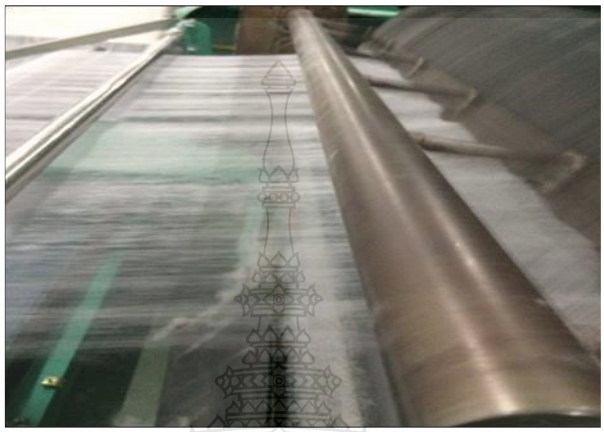
1. เส้นใยฝ้ายที่ผ่านการเปิดและผสมเส้นใยแล้วจะถูกส่งมาตามท่อเข้าสู่เครื่องสางเส้นใยแบบแผ่นหนามและเครื่องสางใยแบบลูกกลิ้งหนาม เส้นผ่านศูญกลางของลูกกลิ้งตัวหน้า 68 เซนติเมตร หน้ากว้าง 110 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การเรียงชั้นของแผ่นเส้นใย

2. เส้นใยฝ้ายจะผ่านชุดลูกกลิ้งและแผ่นหนามเพื่อทำการสางและหวีเส้นใยให้มีการจัดเรียงตัวเป็นเส้นใยเดี่ยวอิสระรวมไปถึงการแยกเส้นใยสั้นๆและสิ่งสกปรกออกจากเส้นใย

3. หลังจากผ่านชุดลูกกลิ้งและแผ่นหนามออกมาแล้ว เส้นใยจะถูกลอกออกจากลูกกลิ้งตัวหน้าด้วยหวีหนาม (Fly comb) เพื่อทำให้เป็นแผ่นเส้นใย (Web) ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แผ่นเส้นใยที่ถูกลอกออกจากลูกกลิ้งตัวหน้าด้วยหวีหนาม (Fly comb)

4. เมื่อแผ่นเส้นใยถูกลอกออกจากเครื่องสางเส้นใยแล้วจะโรยลงบนสายพานลำเลียงในแนวนอน จากเครื่องสางเส้นใยหลายเครื่องเพื่อทำการเรียงชั้นกันให้ได้น้ำหนักตามต้องการ ดังรูปที่ 3.6

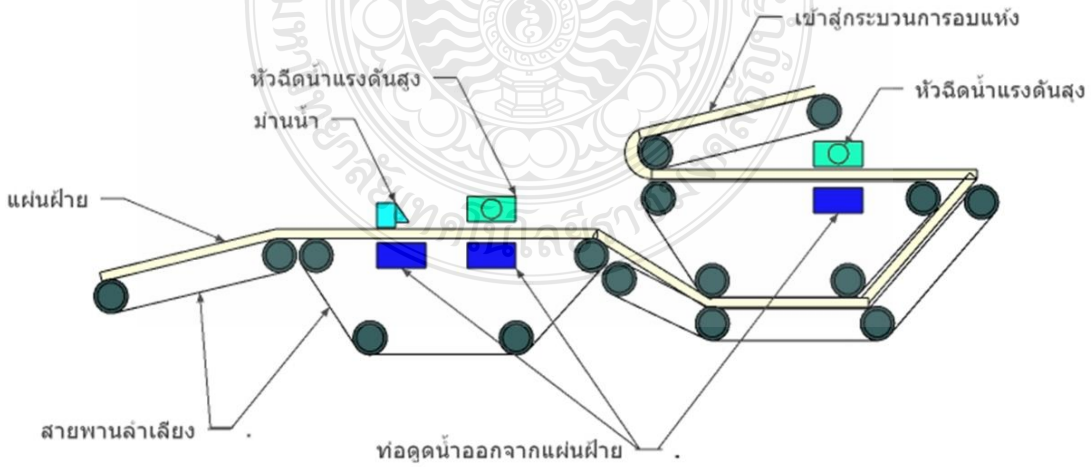
รูปที่ 3.6 การเรียงซ้อนกันของแผ่นเส้น

5. เมื่อแผ่นเส้นใยเรียงซ้อนกันแล้วจะถูกลำเลียงไปตามสายพานเพื่อเข้าสู่กระบวนการยึดติดแผ่นเส้นใยด้วยน้ำแรงดันสูง ดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 แผ่นเส้นใยก่อนเข้าสู่กระบวนการยึดติดด้วยน้ำแรงดันสูง

3.3.2.3 การยึดติดแผ่นเส้นใย (Bonding)

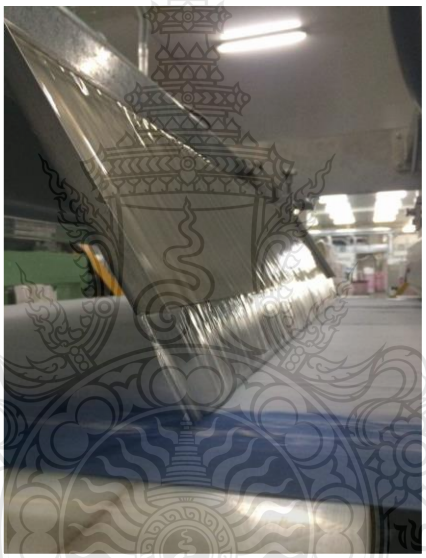
ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเลือกการยึดติดแผ่นเส้นใยแบบเชิงกล (Mechanical bonding) โดยการฉีดด้วยน้ำแรงดันสูง (Hydroentanglement) เพื่อประสานและยึดติดแผ่นเส้นใยให้มีความแข็งแรงซึ่งจะมีองค์ประกอบของเครื่องจักร ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 การยึดติดแผ่นเส้นใยแบบเชิงกลโดยการฉีดด้วยน้ำแรงดันสูง

ซึ่งการยึดติดแผ่นเส้นใยในครั้งนี้จะใช้หัวฉีดน้ำแรงดันสูง (High pressure water jet) จำนวน 2 หัวฉีด ที่แรงดันน้ำแต่ละหัวฉีดเท่ากับ 20 บาร์ และท่อดูดน้ำออก (Water separation) ที่แรงดูดแต่ละท่อเท่ากับ – 0.15 บาร์ จำนวน 5 หัว เมื่อทำการฉีดด้วยน้ำแรงดันสูงเพื่อยึดติดแผ่นเส้นใยเสร็จแล้วจะส่งเข้าสู่กระบวนการอบแห้งและทำการม้วนเข้าแกน โดยมีวิธีการดังนี้

1. แผ่นเส้นใยที่ถูกลำเลียงตามสายพานมาจากเครื่องสางเส้นใย จะถูกส่งเข้าสู่เครื่องยึดติดแผ่นเส้นใยด้วยน้ำแรงดันสูง (Hydroentanglement machine) โดยจะเคลื่อนผ่านม่านน้ำ (Pre wetting) ซึ่งจะมีท่อดูดน้ำออกอยู่ด้านล่างทำให้แผ่นเส้นใยที่แห้งฟูมีความเปียกและสร้างความแข็งแรงให้กับแผ่นเส้นใยเพื่อเตรียมพร้อมก่อนเข้าไปฉีดด้วยน้ำแรงดันสูง ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ม่านน้ำ (Pre wetting)

2. จากนั้นแผ่นเส้นใยจะเข้าทำการยึดติดด้วยหัวฉีดน้ำแรงดันสูงซึ่งขนาดรูของแผ่นหัวฉีด (Nozzle) เท่ากับ 0.2 มิลลิเมตร จำนวน 1021 รู ที่ความเร็วของสายพานรองรับแผ่นเส้นใยเท่ากับ 17 เมตรต่อนาที โดยทำการฉีดทั้งด้านบนและด้านล่างของแผ่นเส้นใยซึ่งจะมีท่อดูดน้ำออกอยู่ด้านล่าง ดังรูปที่ 3.8 และ 3.10

รูปที่ 3.10 หัวฉีดน้ำแรงดันสูง

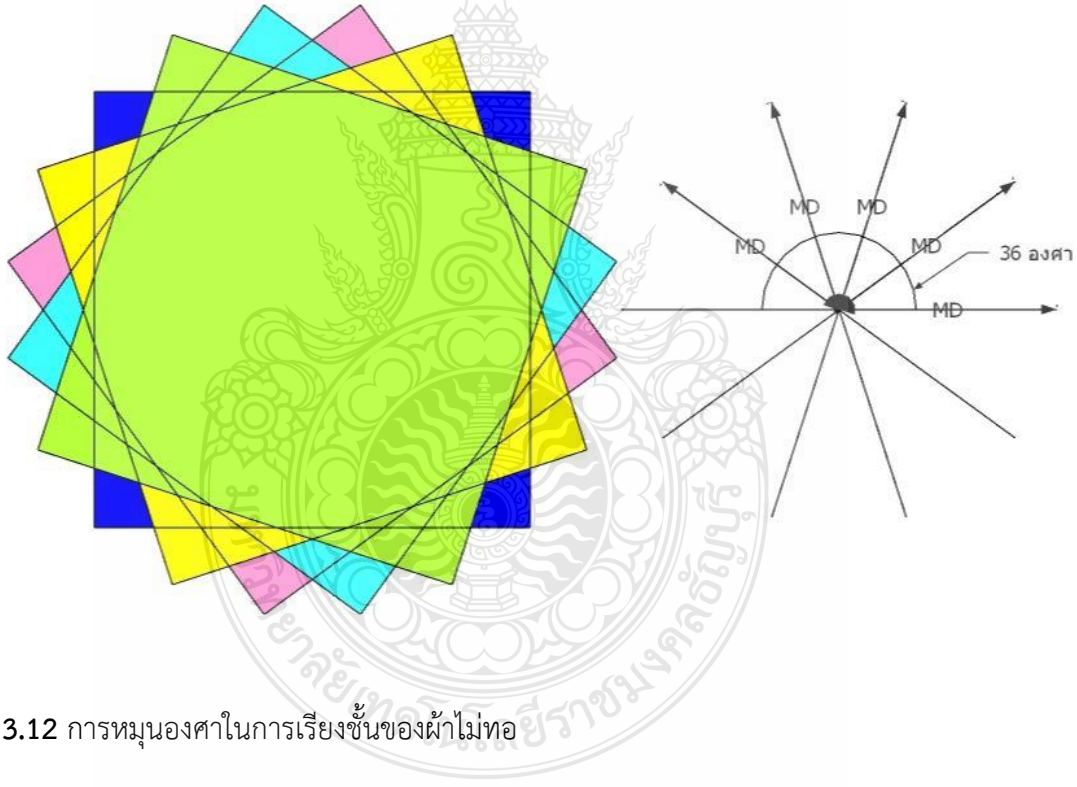
3. เมื่อทำการยึดติดแผ่นเส้นใยเสร็จเรียบร้อยแล้ว แผ่นเส้นใยจะถูกส่งเข้าไปยังตู้อบเพื่อทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส และ 110 องศาเซลเซียส จากนั้นจะถูกตัดริมและม้วนเข้าแกน ซึ่งแผ่นเส้นใยที่ผ่านกระบวนการยึดติดด้วยน้ำแรงดันสูงจะถูกเรียกว่าผ้าไม่ทอ (Nonwoven spunlace) ดังรูปที่ 3.11

รูปที่ 3.11 ผ้าไม่ทอหลังจากผ่านการยึดติดด้วยหัวฉีดน้ำแรงดันสูง

3.3.3 การขึ้นรูปวัสดุกรอง

เนื่องจากผ้าไม่ทอที่ขึ้นรูปโดยการยึดติดด้วยน้ำแรงดันสูงจะมีความแข็งแรงในแต่ละด้านไม่เท่ากันคือ ด้านที่ขนานกับเครื่องจักร (Machine direction) จะมีความยืดต่ำแต่ทนต่อแรงดึงสูง ส่วนด้านที่ขวางเครื่องจักร (Cross-machine direction) จะมีความยืดสูงแต่ทนต่อแรงดึงต่ำ ดังนั้นจึงมีการหมุนองศาในการเรียงชั้นของผ้าไม่ทอ เพื่อกระจายความแข็งแรงให้เท่ากันทั่วทั้งวัสดุกรอง ดังรูปที่ 3.12 โดยการคำนวณองศาในการเรียงชั้นของผ้าไม่ทอตามสมการดังต่อไปนี้

$$\text{องศาในการเรียงชั้น} = \frac{180 \text{ องศา}}{\text{จำนวนชั้นของวัสดุกรอง}} \qquad (3.1)$$



รูปที่ 3.12 การหมุนองศาในการเรียงชั้นของผ้าไม่ทอ

การขึ้นรูปวัสดุกรองในครั้งนี้จึงได้มีการออกแบบการขึ้นรูปโดยกำหนดจำนวนชั้น น้ำหนัก และองศาในการเรียงชั้นของผ้าไม่ทอ เพื่อให้ทราบถึงสมบัติของวัสดุกรองในแต่ละตัวอย่างโดยแบ่งการขึ้นรูปวัสดุกรองเป็น 8 กรณีศึกษา ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 กำหนดจำนวนชั้น น้ำหนัก และองศาในการเรียงชั้นของผ้าไม่ทอ

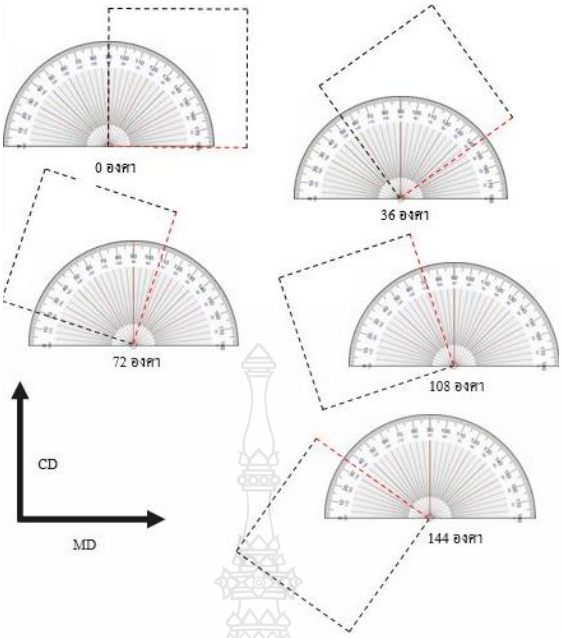
ตัวอย่าง	น้ำหนักผ้าไม่ทอ (กรัมต่อตารางเมตร)	จำนวนชั้น	องศาในการเรียงชั้น (เพิ่มขึ้นชั้นละ)	น้ำหนักผ้าไม่ทอ (กรัมต่อตารางเมตร)
A	30	10	0	300
B	30	20	0	600
C	60	5	0	300
D	60	10	0	600
E	30	10	18	300
F	30	20	9	600
G	60	5	36	300
H	60	10	18	600

ทำการเตรียมตัวอย่างผ้าไม่ทอโดยกำหนดจำนวนชั้น น้ำหนัก และองศาในการเรียงชั้นเพื่อขึ้นรูปเป็นวัสดุกรอง โดยมีวิธีการดังนี้

1. นำผ้าไม่ทอมาทำการตัดให้ได้ขนาด 100 มิลลิเมตร x 100 มิลลิเมตร ตามองศาที่ได้คำนวณไว้จากสมการ (3.1) เช่น 180 องศา หารด้วย 5 ชั้น จะได้องศาในการตัดที่เพิ่มขึ้นทีละเท่ากับ 36 องศาดังรูปที่ 3.13

2. จากนั้นนำผ้าไม่ทอที่ตัดตามองศาแล้วมาทำการจัดเรียงเป็นวัสดุกรอง ซึ่งการจัดเรียงแต่ละชั้นจะหมุนทวนเข็มนาฬิกามาจบที่ 0 องศาทุกชั้น

3. ทำวิธีเหมือนกันทั้งผ้าไม่ทอ 30 กรัมต่อตารางเมตร และ 60 กรัมต่อตารางเมตร



(ก)

(ข)

รูปที่ 3.13 การตัดชิ้นทดสอบ(ก) องศาในการตัดที่เพิ่มขึ้นทีละ 36 องศา(ข) การวัดองศาในการตัด

3.3.4 การเตรียมอนุภาคของแข็ง

การเตรียมอนุภาคของแข็งครั้งนี้ได้ทำการกำหนดขนาดอนุภาคของแข็งในน้ำโดยการจำลองด้วยผงถ่านไม้ไผ่ Bamboo charcoal powder บริษัท ชาโคลโฮม จำกัด (Bunton, BNK, THAILAND) มาทำการร่อนเพื่อแยกอนุภาคตามมาตรฐาน ASTM D 421-85 [20] และทำการเลือกใช้ขนาดของตะแกรงตามมาตรฐาน ASTM E 11 [21] ดังรูปที่ 3.14 จึงได้ทำการแบ่งตัวอย่างเป็น 3 กรณีศึกษา ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 การเตรียมอนุภาคของแข็ง

กรณีที่	เบอร์ของตะแกรงร่อน	ขนาดของช่องตะแกรง (ไมครอน)	ขนาดของวัตถุที่ผ่านได้ (ไมครอน)
1	140	106	160-53
	270	53	
2	270	53	53-45
	325	45	
3	325	45	<45

เมื่อได้ทำการแบ่งตัวอย่างกรณีศึกษาเพื่อจำลองขนาดอนุภาคของแข็งที่จะนำไปทดสอบสมบัติในการกรองของวัสดุกรองจึงได้ดำเนินการแยกอนุภาคโดยมีวิธีการดังนี้

1. นำผงถ่านไม้ไผ่มาใส่ชั้นบนสุดของชุดตะแกรงร่อน ดังรูปที่ 3.15

รูปที่ 3.14 ชุดตะแกรงร่อน

2. ทำการร่อนจนกว่าปริมาณของผงถ่านไม้ไผ่ที่อยู่ด้านบนของชั้นตะแกรงแต่ละชั้นคงที่

3. จากนั้นทำการเก็บผงถ่านไม้ไผ่ตกค้างบนตะแกรงร่อนแต่ละชั้น

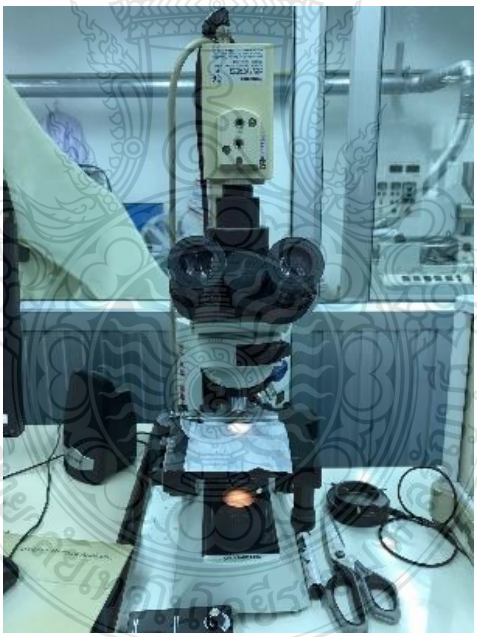
3.3.5 การทดสอบสมบัติของวัสดุกรอง (Filter properties)

การทดสอบสมบัติของวัสดุกรองในครั้งนี้ได้ทำการศึกษามาตรฐานที่จะนำมาใช้ ในการทดสอบวัสดุกรอง เพื่อให้ทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของวัสดุกรองซึ่งตัวแปรในการศึกษาในที่นี้คือ น้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ ความหนา จำนวนชั้น และองศาในการเรียงชั้นของผ้าไม่ทอ โดยมีวิธีทดสอบดังนี้

3.3.5.1 การทดสอบทางสัณฐานวิทยา

การดูลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผ้าไม่ทอได้ดำเนินการทดสอบโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Optical microscope) ยี่ห้อ Olympus รุ่น Cx41 ที่กำลังขยาย 40 เท่า ดังรูปที่ 3.16 โดยมีวิธีการทดสอบดังนี้

1. ตัดชิ้นทดสอบให้ได้ขนาด 100 มิลลิเมตร x 100 มิลลิเมตร
2. นำแผ่นสไลด์มาประกบบนชิ้นทดสอบทั้งด้านบนและด้านล่าง
3. จากนั้นนำชิ้นทดสอบเข้าเครื่องและทำการตั้งค่ากำลังขยายไปที่ 4x
4. ทำการปรับความละเอียดจนเห็นภาพชัดที่สุดและทำการบันทึกรูป



รูปที่ 3.15 การดูลักษณะทางสัณฐานวิทยาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

3.3.5.2 ทดสอบน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ของผ้าไม่ทอ (Fabric weight) [22]

ทดสอบน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ของวัสดุกรอง ได้ดำเนินการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 6242 ใช้เครื่องชั่งติจิตอลความละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ OHAUS ดังรูปที่ 3.17 โดยมีวิธีการทดสอบดังนี้

1. ตัดชิ้นทดสอบให้ได้ขนาด 100 มิลลิเมตร x 100 มิลลิเมตร โดยวิธีการตัดตามองศาจากข้อ 3.3.3

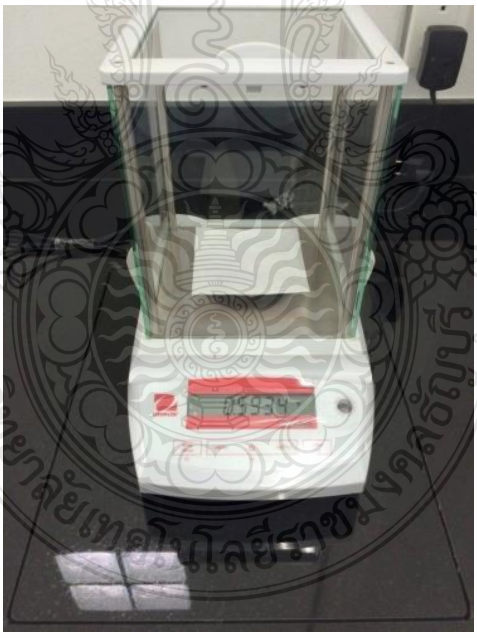
2. กดปุ่ม ON และตรวจสอบให้ตาชั่งอยู่ในสภาวะสมดุลโดยสังเกตที่ระดับน้ำให้ฟองอากาศอยู่ในวงกลมจากนั้นตั้งค่าหน่วยให้เป็นกรัม

3. นำชิ้นทดสอบมาทำการชั่งน้ำหนักโดยทำการวัดค่าทีละชิ้นทดสอบ

4. จากนั้นนำค่าที่อ่านได้จากเครื่องมาทำการคำนวณจากสูตรดังนี้

$$\text{น้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่} = \text{น้ำหนัก(กรัม)} \times \text{พื้นที่(ตารางเมตร)} \qquad (3.2)$$

5. ทดสอบซ้ำจำนวน 10 ซ้ำต่อตัวอย่าง



รูปที่ 3.16 ทดสอบน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ของผ้าไม่ทอ

3.3.5.3 การทดสอบความหนาของผ้าไม่ทอ (Fabric thickness) [23]

การทดสอบความหนาวัสดุกรอง ได้ดำเนินการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 1777-96 โดยใช้เครื่องทดสอบความหนา Dial thickness gage ยี่ห้อ REACOCK ดังรูปที่ 3.18 โดยมีวิธีการทดสอบดังนี้

1. ตัดชิ้นทดสอบให้ได้ขนาด 100 มิลลิเมตร x 100 มิลลิเมตร โดยวิธีการตัดตามองศาจากข้อ 3.3.3

2. นำชิ้นทดสอบมาทำการวัดค่าความหนาโดยยกลูกตุ้มด้านบนขึ้นแล้วนำชิ้นทดสอบเข้าเครื่อง

3. จากนั้นปล่อยลูกตุ้มลงแล้วทำการวัดค่าทีละชิ้นทดสอบ (สามารถนำผ้าไม่ทอที่ทดสอบน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่มาทำการทดสอบซ้ำได้)

4. ทดสอบซ้ำจำนวน 10 ซ้ำต่อตัวอย่าง

รูปที่ 3.17 ทดสอบความหนาของผ้าไม่ทอ

3.3.5.4 การทดสอบการทนต่อแรงดันทะลุ (Bursting strength)

การทดสอบการทนต่อแรงดันทะลุของวัสดุกรอง ได้ดำเนินการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 3787-2016; Ball burst teat ซึ่งได้ว่าจ้างบริษัท SGS (Thailand) Limited ทำการทดสอบ โดยมีวิธีการทดสอบดังนี้

1. ตัดชิ้นทดสอบให้ได้ขนาด 125 มิลลิเมตร x 125 มิลลิเมตร โดยวิธีการตัดตามองศาจากข้อ 3.3.3

2. ทำการปรับสภาวะชิ้นทดสอบอย่างน้อย 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 21 ±1 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 65 ±2 เปอร์เซ็นต์ RH

3. จากนั้นนำชิ้นทดสอบเข้าเครื่องโดยนำมายึดกับแท่นจับชิ้นทดสอบให้แน่น

4. ทำการทดสอบด้วยความเร็ว 12 นิ้วต่อนาที

5. ทดสอบซ้ำจำนวน 5 ซ้ำต่อตัวอย่าง

3.3.5.5 การทดสอบสมบัติการกรอง

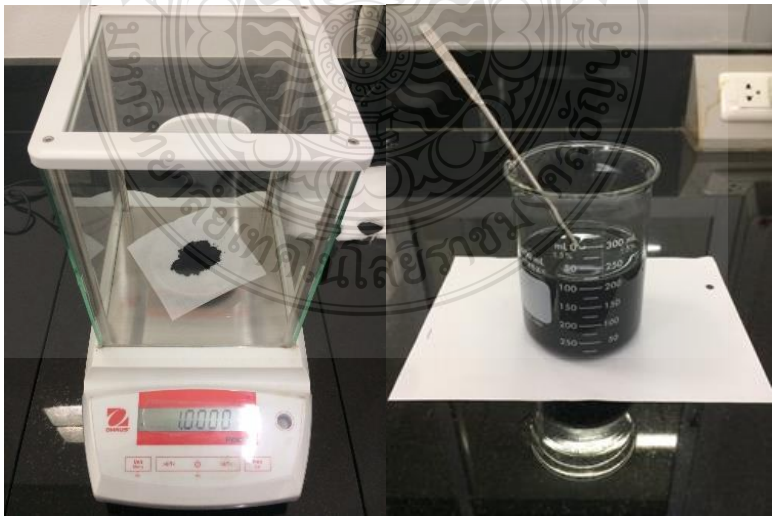
การทดสอบสมบัติการกรอง [24]

1. ตัดชิ้นทดสอบให้ได้ขนาด 100 มิลลิเมตร x 100 มิลลิเมตร โดยวิธีการตัดตามองศาจากข้อ 3.3.3 แล้วนำมาวางไว้บนกระจกนาฬิกา

2. ทำการปรับสภาวะชิ้นทดสอบที่อุณหภูมิ 103 –105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

3. นำชิ้นทดสอบทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator) แล้วทำการชั่งจนน้ำหนักคงที่จากนั้นเก็บชิ้นทดสอบไว้ในโถดูดความชื้น (Desiccator) ก่อนที่จะใช้ทำการทดสอบ

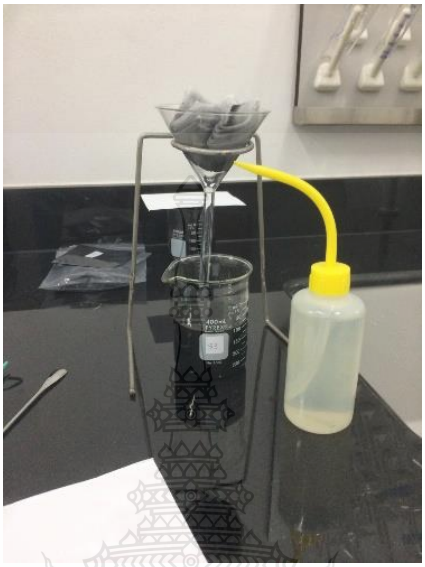
4. ทำการเตรียมสารละลายอนุภาคของแข็งโดยเทน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร ผสมกับผงถ่านไม้ไผ่ 1 กรัม หลังจากนั้นใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน ดังรูปที่ 3.19



(ก) (ข)

รูปที่ 3.18 เตรียมอนุภาคของแข็ง(ก) การชั่งอนุภาคของแข็ง(ข) อนุภาคของแข็งที่ผสมน้ำ

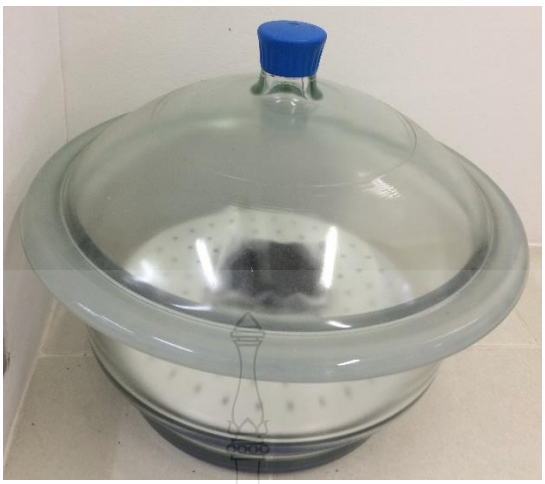
5. นำชิ้นทดสอบที่เตรียมไว้มาวางบนกรวยแก้วและทำการเทสารละลายอนุภาคของแข็งลงบนชิ้นทดสอบอย่างช้าๆ ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.19 กรองอนุภาคของแข็ง

6. เมื่อกรองเสร็จแล้วให้นำชิ้นทดสอบมาวางในภาชนะเดิมและทำการอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 –105 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 6 ชั่วโมง จากนั้นนำไปทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator) แล้วทำการชั่งน้ำหนักจนน้ำหนักจะคงที่ ดังรูปที่ 3.21 และ 3.22

รูปที่ 3.20 วัสดุกรองหลังทำการทดลอง



รูปที่ 3.21 วัสดุกรองในโถดูดความชื้น

7. นำน้ำหนักของชิ้นทดสอบหลังการกรองลบออกด้วยน้ำหนักของชิ้นทดสอบก่อนทำการกรองจะได้น้ำหนักของอนุภาคของแข็งในน้ำที่ตกค้างอยู่บนชิ้นทดสอบ

8. ทดสอบซ้ำจำนวน 10 ซ้ำต่อตัวอย่าง

บทที่ 4
ผลการดำเนินการวิจัย

จากการดำเนินงานตามวิธีการทำการวิจัย การขึ้นรูปผ้าไม่ทอด้วยการยึดติดแบบเชิงกลโดยการฉีดด้วยน้ำแรงดันสูงเพื่อศึกษาคุณสมบัติในการกรองน้ำ ทั้งนี้ทางผู้จัดทำวิจัยได้มีการทดลองตามกระบวนการที่ได้วางแผนไว้ข้างต้นและได้ทำการเก็บผลการทดลองโดยมีการนำเสนอผลการทดลองดังนี้

4.1 การทดสอบความยาวเส้นใย (Fiber length)

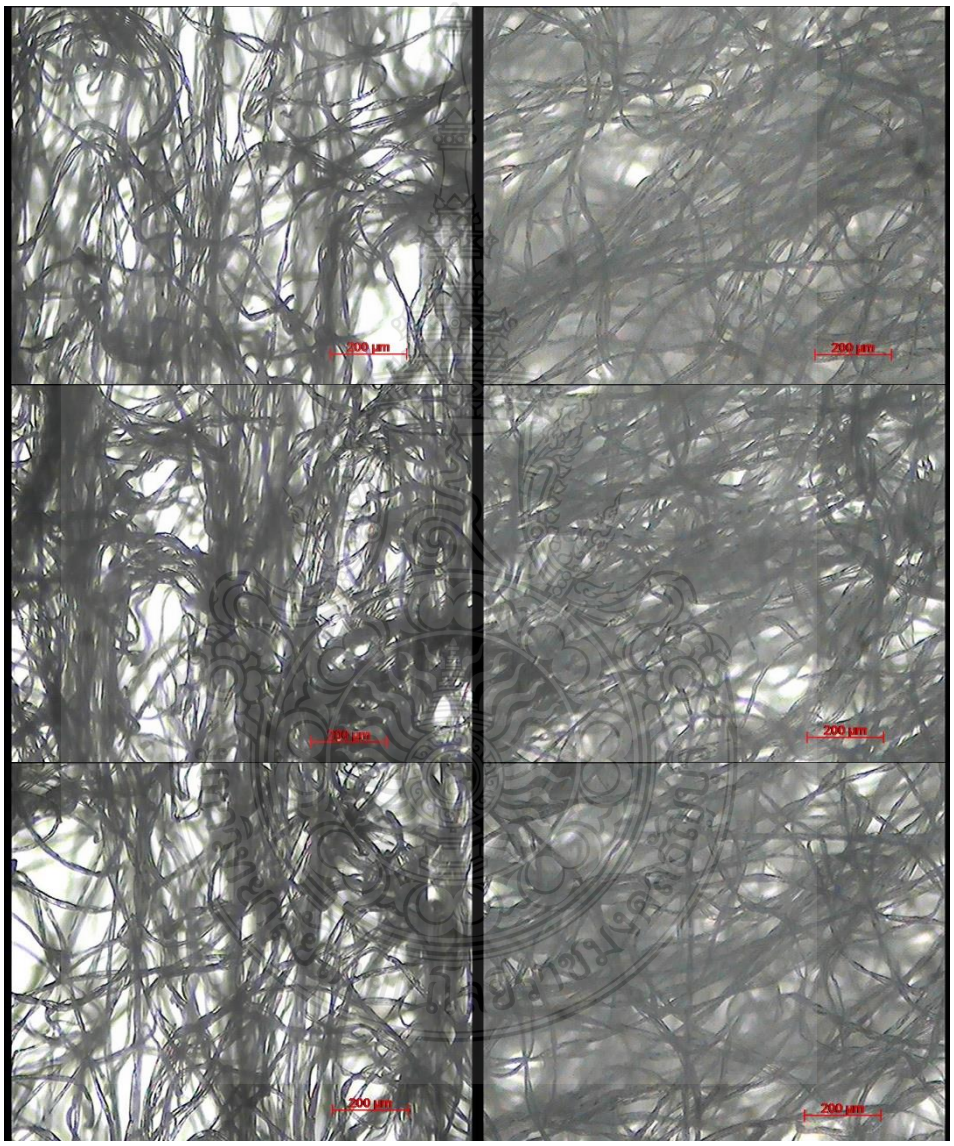
จากการทดสอบความยาวของเส้นใยเพื่อให้ทราบถึงความยาวที่เหมาะสมก่อนที่จะนำไปขึ้นรูปเป็นผ้าไม่ทอด้วยการยึดติดแบบเชิงกล (Mechanical bonding) โดยการฉีดด้วยน้ำแรงดันสูง เนื่องจากความยาวของเส้นใยจะเป็นตัวกำหนดคุณภาพของแผ่นเส้นใยที่ได้จากกระบวนการสางเส้นใย ซึ่งจะได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.1 และพบว่าเส้นใยฝ้ายจะมีความยาวเฉลี่ยของเส้นใยอยู่ที่ 18.38 มิลลิเมตร จัดเส้นใยฝ้ายอยู่ในกลุ่มของเส้นใยสั้น (Staple fiber)

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบความยาวของเส้นใย

ตัวอย่างที่	ความยาว (มิลลิเมตร)
1	19.1
2	18.3
3	17.6
4	19.6
5	19.0
6	19.9
7	18.2
8	17.2
9	17.6
10	17.3
ค่าเฉลี่ย	18.38

4.2 การทดสอบทางสัณฐานวิทยา

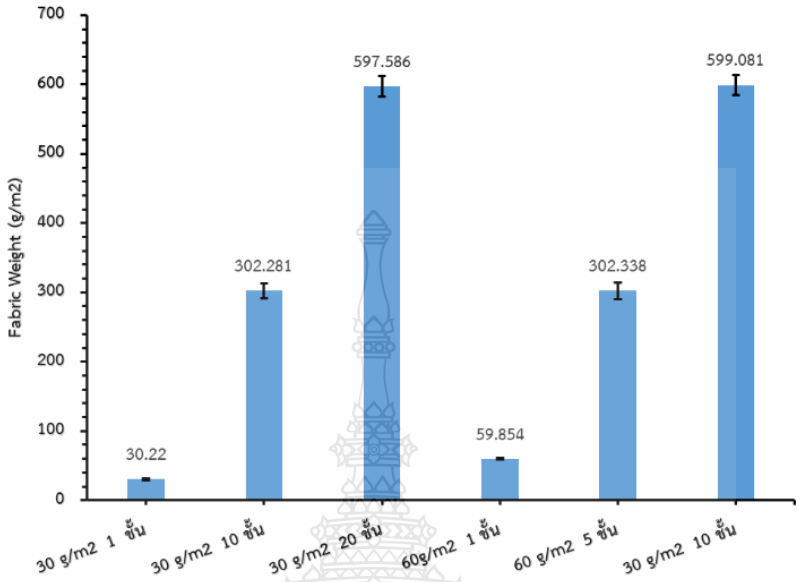
การดูลักษณะทางกายภาพของผ้าไม่ทอจากกล้องจุลทรรศน์พบว่า ผ้าไม่ทอมีการจัดเรียงตัวของเส้นใยเป็นแบบอิสระและผ้าไม่ทอที่มีน้ำหนัก 60 กรัมต่อตารางเมตร จะมีขนาดรูของแผ่นเส้นใยเล็กกว่าผ้าไม่ทอที่มีน้ำหนัก 30 กรัมต่อตารางเมตร เนื่องจากผ้าไม่ทอ 60 กรัมต่อตารางเมตร จะมีประมาณของแสงที่ทะลุผ่านน้อยกว่าผ้าไม่ทอ 30 กรัมต่อตารางเมตร ดังรูปที่ 4.1



(ก) (ข)

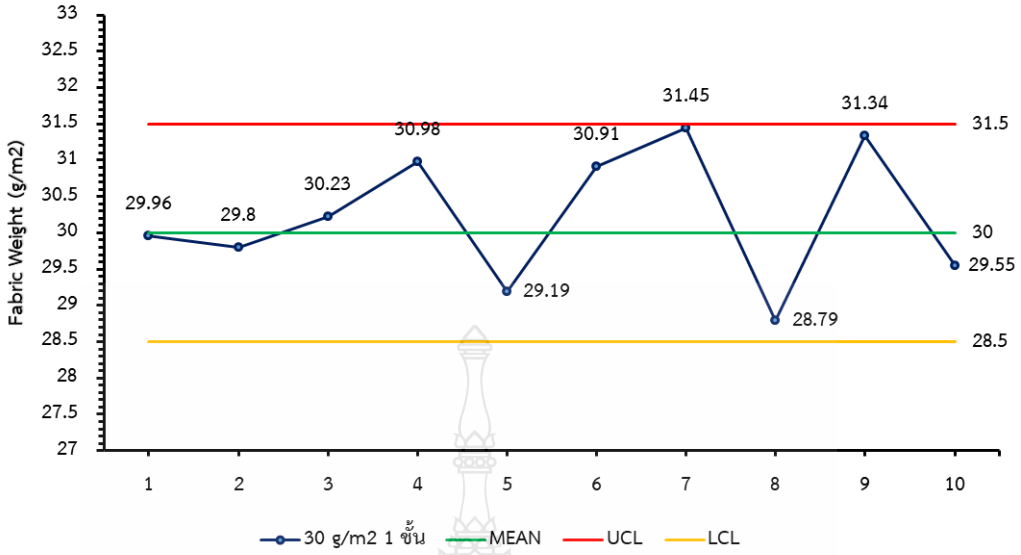
รูปที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพของผ้าไม่ทอ(ก) ผ้าไม่ทอ 30 กรัมต่อตารางเมตร(ข) ผ้าไม่ทอ 60 กรัมต่อตารางเมตร

4.3 ทดสอบน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ของผ้าไม่ทอ

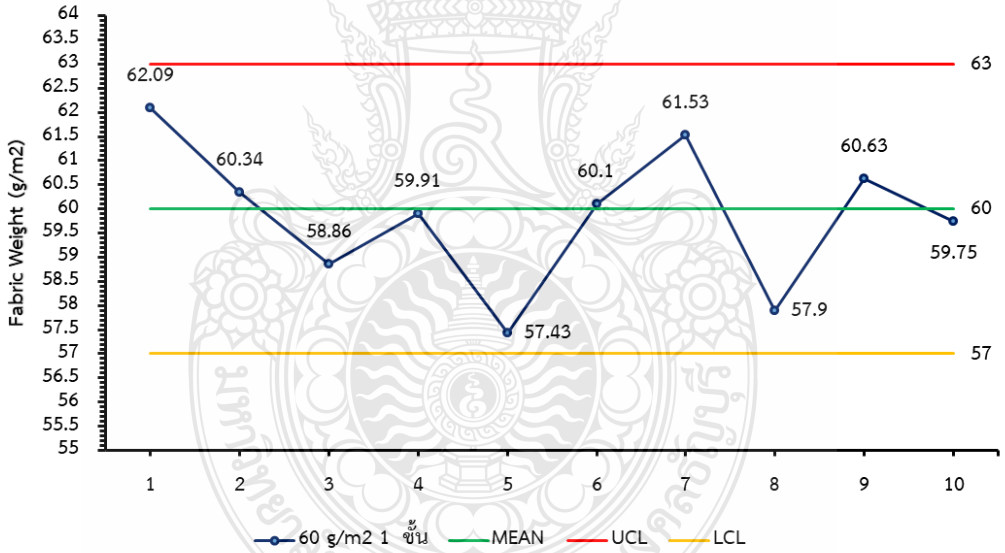


รูปที่ 4.2 น้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ของผ้าไม่ทอ

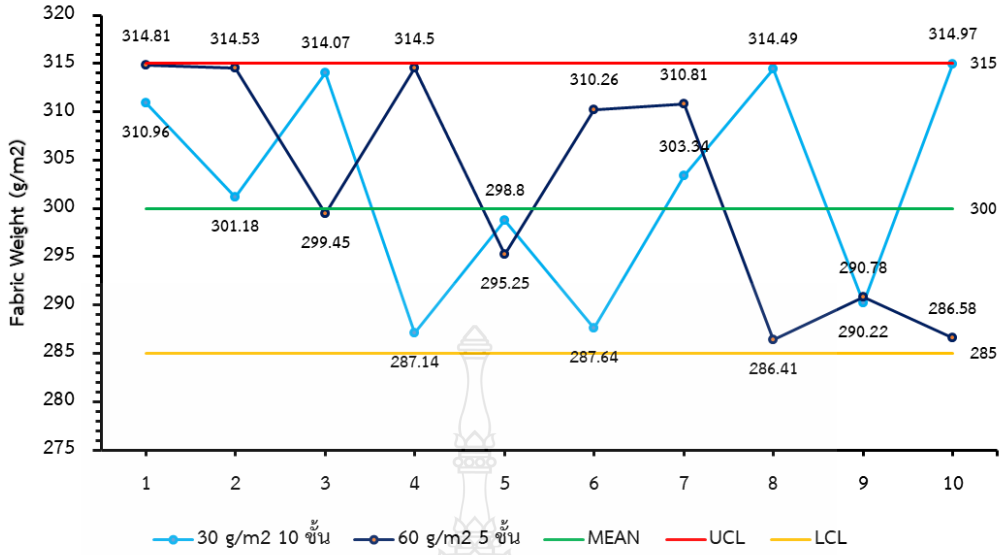
จากรูปที่ 4.2 การทดสอบน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ของผ้าไม่ทอพบว่า ผ้าไม่ทอจะมีน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นแบบมีนัยสำคัญเมื่อจำนวนชั้นเพิ่มดังเช่น ผ้าไม่ทอ 30 กรัมต่อตารางเมตร จำนวน 1 10 และ 20 ชั้น จะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นที่ 30.22 302.281 และ 597.586 กรัมต่อตารางเมตร และเมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักของผ้าไม่ทอที่เท่ากันหลังจากเรียงชั้นเพื่อจัดทำเป็นวัสดุกรองจะเห็นได้ว่า ผ้าไม่ทอ 30 กรัมต่อตารางเมตร จำนวน 10 และ 20 ชั้น จะมีน้ำหนักที่ใกล้เคียงกับผ้าไม่ทอ 60 กรัมต่อตารางเมตร จำนวน 5 และ 10 ชั้น



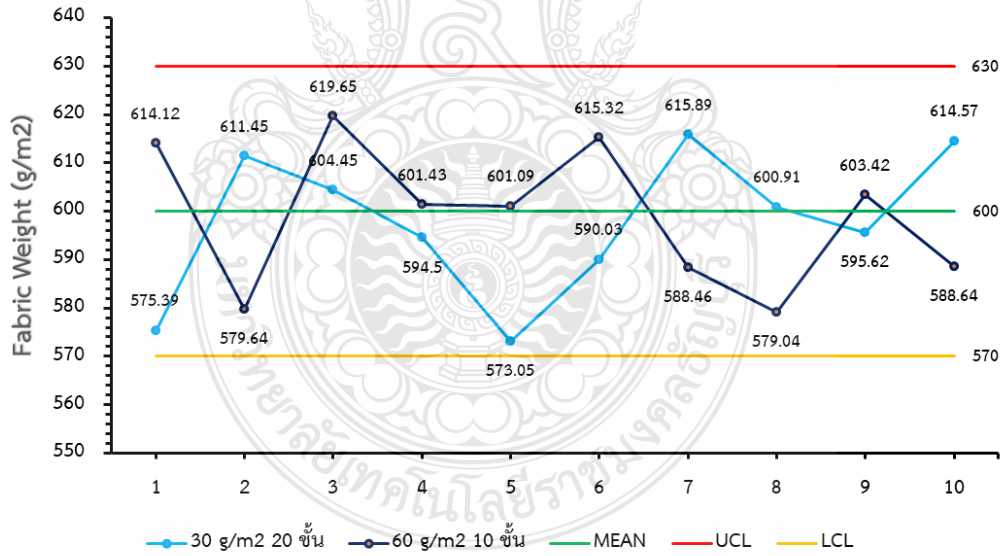
รูปที่ 4.3 ผ้าไม่ทอ 30 กรัมต่อตารางเมตร ควบคุมน้ำหนักที่ ±5 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.4 ผ้าไม่ทอ 60 กรัมต่อตารางเมตร ควบคุมน้ำหนักที่ ±5 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.5 ผ้าไม่ทอ 30 และ 60 กรัมต่อตารางเมตร จำนวน 10 และ 5 ชั้น ควบคุมน้ำหนักที่ ±5 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.6 ผ้าไม่ทอ 30 และ 60 กรัมต่อตารางเมตร จำนวน 20 และ 10 ชั้น ควบคุมน้ำหนักที่ ±5 เปอร์เซ็นต์

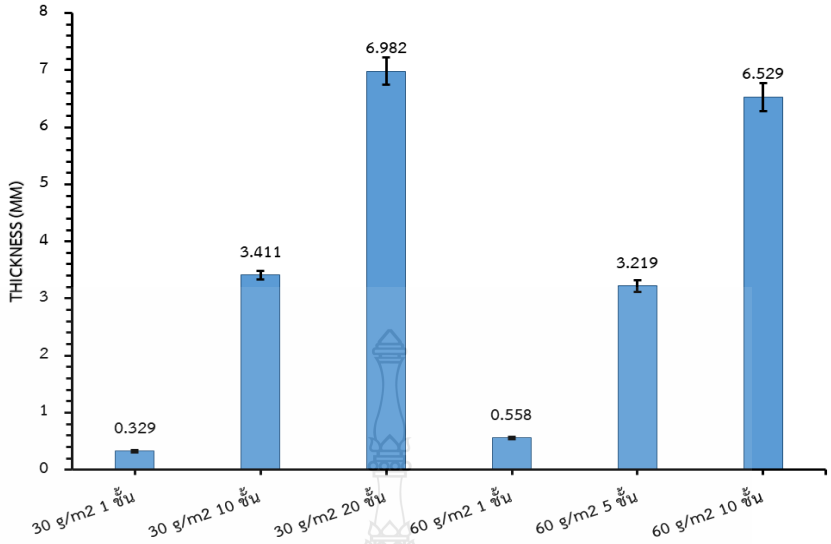
จากรูปที่ 4.3-4.6 จะเห็นได้ว่าผ้าไม่ทอ 30 กรัมต่อตารางเมตร จำนวน 1 10 และ 20 ชั้น ผ้าไม่ทอ 60 กรัมต่อตารางเมตร จำนวน 1 5 และ 10 ชั้น จะมีน้ำหนักอยู่ที่ 30 60 300 และ 600 กรัมต่อตารางเมตร ที่ ±5 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากทำการควบคุมการทำงานของเครื่องสางเส้นใยให้คงที่ตลอดเวลา ทั้งนี้น้ำหนักของผ้าไม่ทอจะคงที่ ขึ้นอยู่กับปริมาณของเส้นใยที่เข้าสู่เครื่องสางเส้นใย

4.4 การทดสอบความหนาของผ้าไม่ทอ

การทดสอบความหนาของผ้าไม่ทอพบว่า ผ้าไม่ทอ 30 กรัมต่อตารางเมตร มีความหนาเฉลี่ยอยู่ที่ 0.329 มิลลิเมตร ซึ่งจะจัดอยู่ในระดับหนาปานกลางและผ้าไม่ทอ 60 กรัมต่อตารางเมตร มีความหนาเฉลี่ยอยู่ที่ 0.558 มิลลิเมตร ซึ่งจะจัดอยู่ในระดับหนามาก และเมื่อนำผ้าไม่ทอมาเรียงชั้นเป็นวัสดุกรองจะเห็นได้ว่าความหนาจะจัดอยู่ในระดับหนามากดังเช่น 30 กรัมต่อตารางเมตร 10 ชั้น น้ำหนักรวม 300 กรัมต่อตารางเมตร มีความหนา 3.411 มิลลิเมตร ดังตารางที่ 4.2

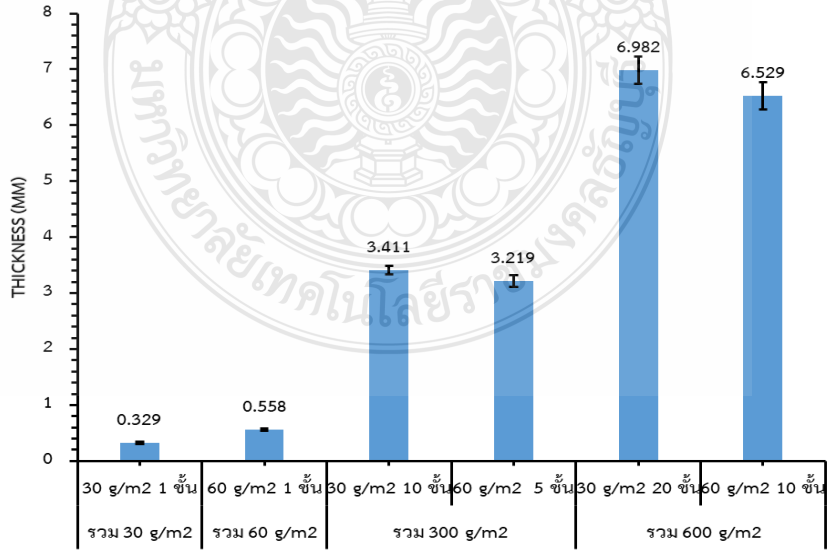
ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบความหนาของผ้าไม่ทอ

ตัวอย่างทดสอบ	ความหนา (มิลลิเมตร)	มาตรฐาน ASTM D 1777
30 g/m2 1 ชั้น	0.329	Thin = Under 0.20 mm
60 g/m2 1 ชั้น	0.558	Medium = 0.23-0.46 mm
30 g/m² 10 ชั้น รวม 300 g/m²	3.411	Thick = Over 0.47 mm
30 g/m² 20 ชั้น รวม 600 g/m²	6.982	
60 g/m² 5 ชั้น รวม 300 g/m²	3.219	
60 g/m² 10 ชั้น รวม 600 g/m²	6.529	



รูปที่ 4.7 ผลของความหนาของผ้าไม่ทอ

จากรูปที่ 4.7 พบว่าผ้าไม่ทอจะมีความหนาเพิ่มแบบมีนัยสำคัญเมื่อจำนวนชั้นเพิ่มขึ้นดังเช่น ผ้าไม่ทอ 30 กรัมต่อตารางเมตร จำนวน 1 10 และ 20 ชั้น มีความหนาเฉลี่ยอยู่ที่ 0.329 3.411 และ 3.411 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อจำนวนชั้นเพิ่มมากขึ้นความหนาของผ้าไม่ทอจะเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

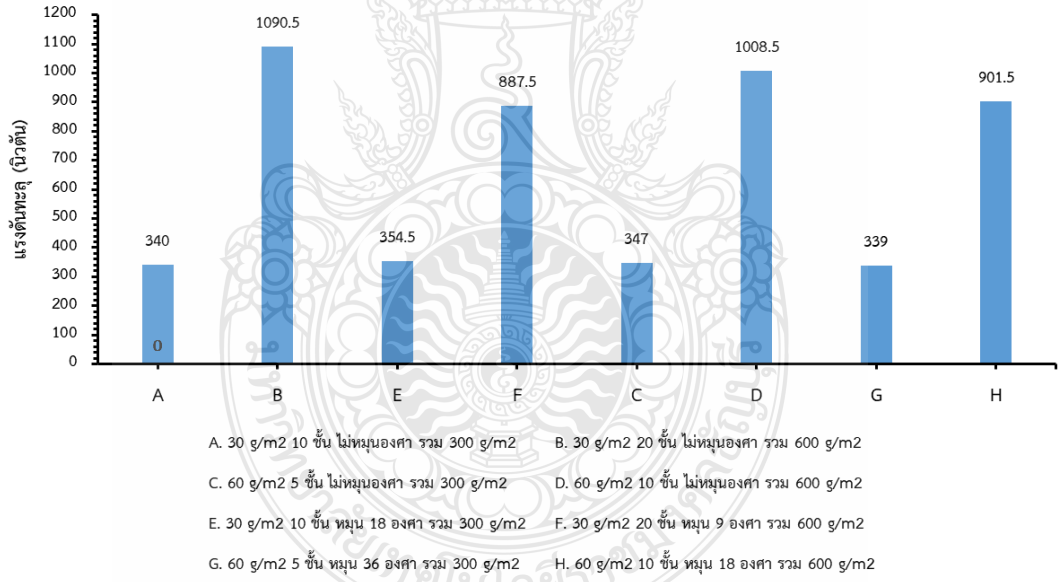


รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบความหนาของผ้าไม่ทอที่มีน้ำหนักรวม 300 และ 600 กรัมต่อตารางเมตร

จากรูปที่ 4.8 พบว่าผ้าไม่ทอ 30 กรัมต่อตารางเมตร 1 ชั้น จะมีความหนาน้อยกว่าผ้าไม่ทอ 60 กรัมต่อตารางเมตร 1 ชั้น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักรวมของวัสดุกรองที่เท่ากันคือ 300 กรัมต่อตารางเมตร จะเห็นได้ว่าผ้าไม่ทอ 60 กรัมต่อตารางเมตร 5 ชั้น จะมีความหนาน้อยกว่าผ้าไม่ทอ 30 กรัมต่อตารางเมตร 10 ชั้น ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.219 และ 3.411 มิลลิเมตร น้ำหนักรวมของผ้าไม่ทอที่เท่ากันคือ 600 กรัมต่อตารางเมตร จะเห็นได้ว่าผ้าไม่ทอ 60 กรัมต่อตารางเมตร 10 ชั้น จะมีความหนาน้อยกว่าผ้าไม่ทอ 30 กรัมต่อตารางเมตร 20 ชั้น ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.529 และ 6.982 มิลลิเมตร ตามลำดับ

4.5 การทดสอบการทนต่อแรงดันทะลุ

การทดสอบการทนต่อแรงดันทะลุของวัสดุกรอง ได้ดำเนินการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 3787-2016 ;Ball burst teat ซึ่งได้ว่าจ้างบริษัท SGS (Thailand) Limited ทำการทดสอบ โดยมีผลการทดสอบดังนี้



รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบการทนแรงดันทะลุของวัสดุกรอง

จากรูปที่ 4.9 จะเห็นได้ว่าวัสดุกรองที่มีน้ำหนักของผ้าไม่ทอเท่ากัน ไม่มีการหมุนองศาในการเรียงชั้นของวัสดุกรอง เมื่อจำนวนชั้นเพิ่มขึ้นจะทำให้วัสดุกรองสามารถทนแรงดันทะลุได้สูงขึ้นดังเช่น วัสดุกรอง 30 กรัมต่อตารางเมตร 20 ชั้น สามารถทนแรงดันทะลุได้มากกว่าวัสดุกรอง 30 กรัม

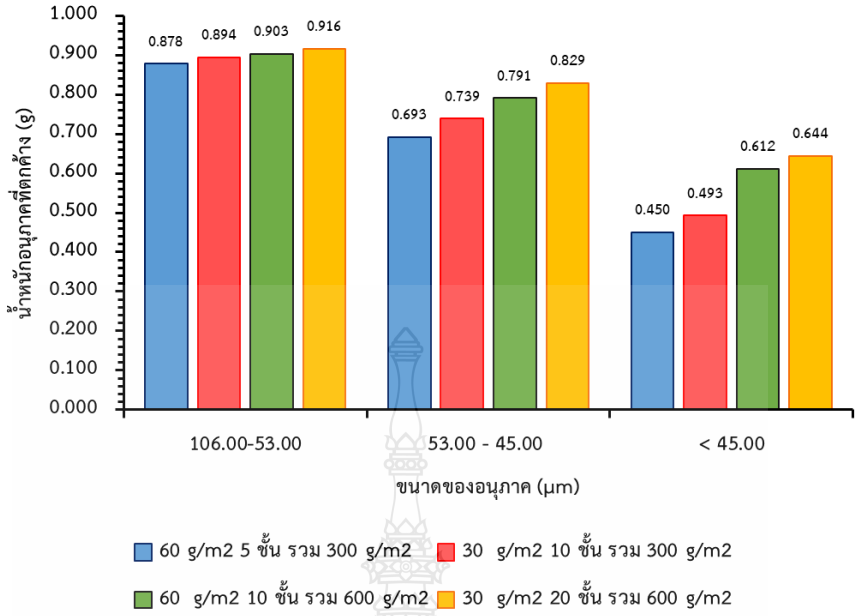
ต่อตารางเมตร 10 ชั้น มีค่าเท่ากับ 1090.5 และ 340 นิวตัน วัสดุกรอง 60 กรัมต่อตารางเมตร 10 ชั้น สามารถทนแรงดันทะลุได้มากกว่าวัสดุกรอง 30 กรัมต่อตารางเมตร 5 ชั้น มีค่าเท่ากับ 1008.5 และ 347 นิวตัน

เมื่อเปรียบเทียบวัสดุกรองที่มีน้ำหนักของผ้าไม่ทอเท่ากัน ถ้าองศาในการเรียงชั้นของวัสดุกรองเพิ่มขึ้นจะทำให้วัสดุกรองสามารถทนแรงดันทะลุได้น้อยลงดังเช่น วัสดุกรอง 30 กรัม องศาในการเรียงชั้น 9 องศา สามารถทนแรงดันทะลุได้มากกว่าวัสดุกรอง 30 กรัมต่อตารางเมตร องศาในการเรียงชั้น 18 องศา มีค่าเท่ากับ 887.5 และ 354.5 นิวตัน วัสดุกรอง 60 กรัมต่อตารางเมตร องศาในการเรียงชั้น 18 องศา สามารถทนแรงดันทะลุได้มากกว่าวัสดุกรอง 60 กรัมต่อตาราง องศาในการเรียงชั้น 36 องศา มีค่าเท่ากับ 901.5 และ 339 นิวตัน ดังรูปที่ 4.9

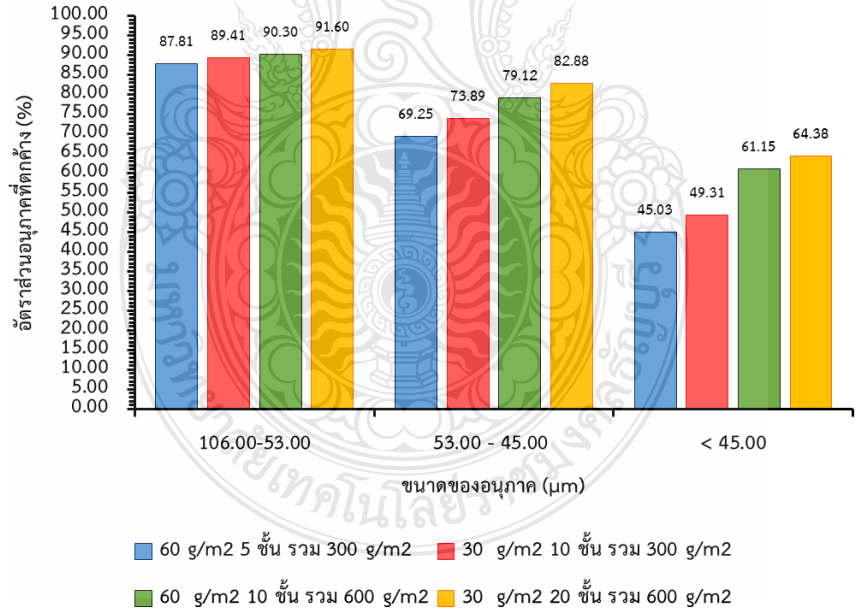
เมื่อเปรียบเทียบวัสดุกรองที่มีน้ำหนักรวมเท่ากันและไม่มีการหมุนองศาในการเรียงชั้นจะสามารถทนแรงดันทะลุได้มากกว่าวัสดุกรองที่มีการหมุนองศาในการเรียงชั้นดังเช่น วัสดุกรอง 60 กรัมต่อตารางเมตร จำนวน 20 ชั้น น้ำหนักรวม 600 กรัมต่อตารางเมตร มีค่าเท่ากับ 1090.5 นิวตัน ดังรูปที่ 4.9

4.6 ทดสอบประสิทธิภาพในการกักเก็บอนุภาคของแข็งบนวัสดุกรอง

เพื่อให้ทราบถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการกักเก็บอนุภาคของแข็งบนวัสดุกรองซึ่งในที่นี้คือน้ำหนักของแผ่นเส้นใย จำนวนชั้นของวัสดุกรอง ความหนาของวัสดุกรอง และน้ำหนักรวมที่เท่ากันของวัสดุกรอง เมื่อเปรียบเทียบกับการกรองอนุภาคของแข็งในน้ำที่มีขนาด 106.00 53.00 และน้อยกว่า 45.00 ไมครอน โดยมีผลในการทดสอบดังนี้



รูปที่ 4.10 น้ำหนักอนุภาคที่ตกค้างบนวัสดุกรอง

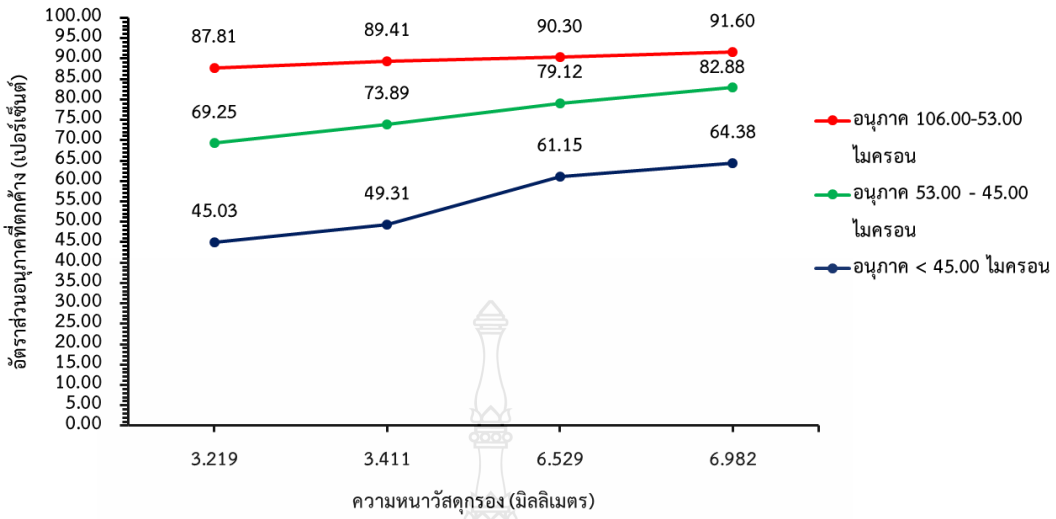


รูปที่ 4.11 อัตราส่วนอนุภาคที่ตกค้างบนวัสดุกรอง

จากรูปที่ 4.10 และ 4.11 พบว่าประสิทธิภาพในการกักเก็บอนุภาคของแข็งบนวัสดุกรองจะมีการเปลี่ยนแปลงคือ เมื่อขนาดของอนุภาคลดลงจะทำให้ประสิทธิภาพในการกักเก็บอนุภาคของวัสดุกรองลดลงด้วย ดังเช่น วัสดุกรอง 60 กรัมต่อตารางเมตร 5 ชั้น กรองอนุภาคของแข็งขนาด 106.00-53.00 53.00-45.00 และอนุภาคของแข็งที่มีขนาดน้อยกว่า 45.00 ไมครอน จะมีค่าเท่ากับ 0.878 0.693 และ 0.450 กรัม หรือคิดเป็นอัตราส่วนเท่ากับ 87.81 69.25 และ 45.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เมื่อจำนวนชั้นของวัสดุกรองเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการกักเก็บอนุภาคของวัสดุกรองเพิ่มขึ้นด้วยดังเช่น กรองอนุภาคของแข็งที่มีขนาดน้อยกว่า 45.00 ไมครอน ของวัสดุกรอง 30 และ 60 กรัมต่อตารางเมตร จำนวน 5 10 และ 20 ชั้น จะมีค่าของน้ำหนักอนุภาคที่ตกค้างบนวัสดุกรองเท่ากับ 0.450 0.493 0.612 และ 0.644 กรัม หรือคิดเป็นอัตราส่วนเท่ากับ 45.03 49.31 61.15 และ 64.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.10 และ 4.11

เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักรวมของวัสดุกรองที่เท่ากันคือ 300 กรัมต่อตารางเมตร จะเห็นได้ว่า วัสดุกรอง 60 กรัมต่อตารางเมตร 5 ชั้น กรองอนุภาคของแข็งขนาด 53.00-45.00 ไมครอน จะมีประสิทธิภาพในการกักเก็บอนุภาคของแข็งน้อยกว่าวัสดุกรอง 30 กรัมต่อตารางเมตร 10 ชั้น ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.693 และ 0.739 กรัม หรือคิดเป็นอัตราส่วนเท่ากับ 69.25 และ 73.89 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักรวมของวัสดุกรองที่เท่ากันคือ 600 กรัมต่อตารางเมตร จะเห็นได้ว่า วัสดุกรอง 60 กรัมต่อตารางเมตร 10 ชั้น กรองอนุภาคของแข็งขนาด 53.00-45.00 ไมครอน จะมีประสิทธิภาพในการกักเก็บอนุภาคของแข็งน้อยกว่าวัสดุกรอง 30 กรัมต่อตารางเมตร 20 ชั้น ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.791 และ 0.829 กรัม หรือคิดเป็นอัตราส่วนเท่ากับ 79.12 และ 82.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.10 และ 4.11



รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบอัตราส่วนอนุภาคที่ตกค้างกับความหนาของวัสดุกรอง

จากรูปที่ 4.13 พบว่าเมื่อความหนาของวัสดุกรองเพิ่มขึ้นอัตราส่วนอนุภาคของแข็งที่ตกค้างบนวัสดุกรองจะเพิ่มขึ้นดังเช่น กรองอนุภาคของแข็งที่มีขนาดน้อยกว่า 45 ไมครอน วัสดุกรองที่มีความหนา 3.319 3.411 6.529 และ 6.982 มิลลิเมตร จะมีค่าของน้ำหนักอนุภาคที่ตกค้างบนวัสดุกรองเท่ากับ 45.03 49.31 61.15 และ 64.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและทำการทดสอบสมบัติในการกรองน้ำของผ้าไม่ทอที่ขึ้นรูปจากเส้นใยฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีการยึดติดด้วยน้ำแรงดันสูง จากนั้นเลือกใช้ผ้าไม่ทอที่มีน้ำหนัก 30 และ 60 กรัมต่อตารางเมตร ทำการกำหนดจำนวนชั้นที่ 5 10 และ 20 ชั้น กำหนดองศาในการเรียงชั้นที่ 9 18 และ 36 องศา เพื่อจัดทำเป็นวัสดุกรองและทดสอบประสิทธิภาพการกักเก็บอนุภาคของแข็งในน้ำ โดยกำหนดขนาดอนุภาคที่ 45.00 53.00 และ 106.00 ไมครอน ซึ่งสามารถสรุปรายงานผลการทดสอบได้ดังนี้

จากการดำเนินงานพบว่าเส้นใยฝ้ายที่นำมาขึ้นรูปเป็นผ้าไม่ทอจะมีความยาวเฉลี่ยอยู่ที่ 18.38 มิลลิเมตร ซึ่งสามารถนำมาขึ้นรูปเป็นผ้าไม่ทอได้และพบว่าผ้าไม่ทอที่มีน้ำหนัก 60 กรัมต่อตารางเมตร จะมีขนาดรูของแผ่นเส้นใยเล็กกว่าผ้าไม่ทอที่มีน้ำหนัก 30 กรัมต่อตารางเมตร ซึ่งเป็นสมบัติที่ดีของวัสดุกรอง จากนั้นทำการทดสอบน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ ความหนา และการทนต่อแรงดันทะลุของวัสดุกรองพบว่าจำนวนชั้นของผ้าไม่ทอจะส่งผลต่อความหนาของวัสดุกรองคือ ผ้าไม่ทอ 30 กรัมต่อตารางเมตร จะมีความหนาน้อยที่สุดแต่เมื่อนำมาเรียงชั้นเป็นวัสดุกรองที่น้ำหนัก 300 และ 600 กรัมต่อตารางเมตร ผ้าไม่ทอ 60 กรัมต่อตารางเมตร จะมีความหนาน้อยกว่าซึ่งสามารถนำไปเลือกใช้เป็นวัสดุกรองได้ดีกว่า ทั้งนี้การทนต่อแรงดันทะลุของวัสดุกรองพบว่าจำนวนชั้นและการไม่หมุนองศาในการเรียงชั้นของผ้าไม่ทอ จะส่งผลให้วัสดุกรองสามารถทดต่อแรงดันทะลุได้ดีที่สุด

จากการทดสอบประสิทธิภาพในการกักเก็บอนุภาคของแข็งในน้ำพบว่าวัสดุกรองที่ขึ้นรูปด้วยผ้าไม่ทอ 30 กรัมต่อตารางเมตร จำนวน 20 ชั้น จะมีประสิทธิภาพในการกักเก็บอนุภาคสูงที่สุดในระดับ 106.00-53.00 ไมครอน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.9160 กรัม หรือคิดเป็น 91.60 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของวัสดุกรองกับประสิทธิภาพในการกักเก็บอนุภาคของแข็งในน้ำ ขึ้นอยู่กับจำนวนชั้นของผ้าไม่ทอที่เพิ่มขึ้นซึ่งจะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการกักเก็บอนุภาคเพิ่มขึ้นด้วย ผลการทดสอบทั้งหมดนี้สรุปได้ว่าผ้าไม่ทอที่ขึ้นรูปจากเส้นใยฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีการยึดติดด้วยน้ำแรงดันสูง สามารถนำไปขึ้นรูปเป็นวัสดุกรองได้และผลของงานวิจัยนี้มีความเป็นไปได้ในการลดของเสียในการผลิตหรือนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรเพิ่มจำนวนชั้นของวัสดุกรองให้มากขึ้น

5.2.2 ควรทดลองใช้วัตถุดิบที่เป็นเส้นใยสังเคราะห์เพื่อทำการเปรียบเทียบให้ชัดเจนมากขึ้น

5.2.3 ควรเพิ่มการทดสอบอัตราการไหลของน้ำหรือการทดสอบอื่นๆ

บรรณานุกรม

[1] R. S. Kumar. (2014). **Textiles for Industrial Applications.** (pp. 197-215), Florida: CRC Press.

[2] สมจิตต์ ตั้งชัยวัฒนา, ขนิษฐา อัศวชัยณรงค์ และพรทิพย์ ลามอ. (2549). **ผ้าไม่ทอ.** วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ. ปีที่ 54. ฉบับที่ 171. สืบค้นจาก http://lib3.dss.go.th/fulltext/dss_j/2549_54_171_p35_36.pdf

[3] บุญชัย วิจิตรเสถียร และสุกุลยา ทับอุไร. (2555). **การประยุกต์ใช้กระบวนการกรองผ่านเยื่อกรองสำหรับนี้ทิ้งชุมชนกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ กรณีศึกษา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.** สืบค้นจาก http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/123456789/3911/1/fulltextSUT7-715-52-12-73.pdf

[4] มิณฑิตา พิเชฐพงศ์วิมุติ, ธีระวัฒน์ เหมือนศรีชัย และจุไรวัลย์ รัตนะพิสิฐ. (2562). **การแยกเซลลูเลสและน้ำตาลรีดิวซ์จากสารละลายไฮโดรไลเซท ของหญ้าเนเปียร์ด้วยกระบวนการเมมเบรน.** (วิทยานิพนธ์ปริญญานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี). สืบค้นจาก https://journal.engineer.rmutt.ac.th/enjournal/index.php/enjournal/article/view/432

[5] ภาควิชาเภสัชพฤกษศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. (2539). ฝ้าย. **ในหนังสือสมุนไพรพื้นบ้านล้านนา**. (น.121). กรุงเทพฯ: บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน)

[6] กอสไซเพียม.The Biology of Gossypium hirsutum L. and Gossypium barbadense L. (cotton).ogtr.gov.au. Retrieved from http://web.archive.org/web/20080625045134/http://www.ogtr.gov.au/pdf/ir/boilogycotton08.pdf

[7] คลังทรัพยากรการศึกษาแบบเปิด. โครงการระบบสื่อสาระออนไลน์เพื่อการเรียนรู้ทางไกลเฉลิมพระเกียรติฯ. เครื่องอิ้วฝ้าย. สืบค้นจาก https://oer.learn.in.th/index.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[8] อุษารัตน์ รัตนคำนวณ. **วิทยาศาสตร์เส้นใยและผ้า**. สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาคการศึกษาที่ 1/2557 สืบค้นจาก http://www.science.mju.ac.th/chemistry/download/u_ratanakamnuan/IC%2 0 3 6 1 %20%E0%B8%A7%E0%B8%B4%E0%B8%97%E0%B8%A2%E0%B8%B2%E0%B8%A8%E0%B8%B2%E0%B8%AA%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B9%80%E0%B8%AA%E0%B9%89%E0%B8%99%E0%B9%83%E0%B8%A2%E0%B9%81%E0%B8%A5%E0%B8%B0%E0%B8%9C%E0%B9%89%E0%B8%B21-57.pdf

[9] ภาคตัดขวางเส้นใยและเส้นใยฝ้าย. สืบค้นจาก https://ssingh2301.blogspot.com/2011/07/fibres.html

[10] อภิชาติ สนธิสมบัติ. (ม.ป.ป.). **เส้นใยสังเคราะห์**. สืบค้นจาก http://www.ttcexpert.com/2012/Powerpoint/Synthetic_fibers.pdf

[11] oecotextiles. Retrieved from https://oecotextiles.wordpress.com/tag/wool/

[12] ResearchGate. Retrieved from https://www.researchgate.net/figure/A-diagram-of-different-parts-of-a-carding-machine_fig1_332418395

[13] textile4home. Retrieved from http://textile4home.blogspot.com/2013/08/airlaid-web-formation-technique.html

[14] Asahi Kasei fibers & textiles SBU. Retrieved from https://www.asahi-kasei.co.jp/eltas/english/what-eltas/index.html

[15] wikiwand. **Melt blowing**. Retrieved from https://www.wikiwand.com/en/Melt_blowing

[16] slideshare. **Needle punching**. Retrieved from https://www.slideshare.net/vigneshdhanabalan/needle-punching-technique-by-vignesh-dhanabalan

[17] textilelearner. **hydroentanglement**. Retrieved fromhttps://textilelearner.blogspot.com/2014/12/hydroentanglement-bonding-process-part-2.html

บรรณานุกรม (ต่อ)

[18] Chart การกรองสิ่งเจือปนชนิดต่างๆของเครื่องกรองน้ำ. สืบค้นจาก http://xn--12c2bbs9jpb8gd0b.com/chart-%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%AA%E0%B8%B4%E0%B9%88%E0%B8%87%E0%B9%80%E0%B8%88%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%9B%E0%B8%99%E0%B8%8A%E0%B8%99%E0%B8%B4%E0%B8%94/

[19] ASTM International. (2000). **Standard Test Method for Fiber Length and Length Distribution of Cotton Fibers¹**. ASTM D 5332. West Conshohocken. PA. 2000.

[20] ASTM International. (2002). **Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants**. ASTM D421-85. West Conshohocken. PA. 2002

[21] ASTM International. (2009). **Standard Specification for Wire Cloth and Sieves for Testing Purposes.** ASTM E11-09. West Conshohocken. PA. 2009.

[22] ASTM International. (1998). **Standard Test Method for Mass Unit Area of Nonwoven Fabrics.** (Reapproved 2004). ASTM D 6242. West Conshohocken. PA. 1998.

[23] ASTM International. (2019). **Standard Test Method for Thickness of Textile Materials.** ASTM D1777-96. West Conshohocken. PA. 2019.

[24] ไพฑูรย์ หมายมั่นสมสุข. (ม.ป.ป.). **การวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียเบื้องต้น**. สืบค้นจาก http://www2.diw.go.th/research/%E0%B9%80%E0%B8%AD%E0%B8%81%E0%B8%AA%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%80%E0%B8%9C%E0%B8%A2%E0%B9%81%E0%B8%9E%E0%B8%A3%E0%B9%88/A10-SOLID-w.pdf

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่

KU
KAMPHAENG SAEN CAMPUS
KU KPS conference
เกษตรกำแพงแสน ตามรอยพ่อ สานต่อศาสตร์แห่งแผ่นดิน
Proceedings
การประชุมวิชาการระดับชาติ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 16
The 16th KU-KPS National Conference
ระหว่างวันที่ 3 - 4 ธันวาคม 2562
ณ อาคารศูนย์เรียนรวม
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม
ผลงานทางวิชาการ 8 สาขา
1. พืชและเทคโนโลยีชีวภาพ
2. สัตว์และสัตวแพทย์
3. วิศวกรรมศาสตร์
4. ศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์
5. มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์
6. วิทยาศาสตร์สุขภาพและการกีฬา
7. วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม
และความหลากหลายทางชีวภาพ
8. ส่งเสริมการเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตกำแพงแสน
๑๒ พฤศจิกายน ๒๕๖๒

การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 16 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

เลขมาตรฐานสากลประจำหนังสืออิเล็กทรอนิกส์: 978-616-278-536-8

จัดทำโดย กองบริหารวิชาการและนิสิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

เลขที่ 1 หมู่ 6 ตำบลกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

พิมพ์ครั้งที่ 1 : ธันวาคม 2562

สารจากรองอธิการบดีวิทยาเขตกำแพงแสน

การจัดสัมมนาและประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 16

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ประจำปี 2562

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ได้จัดสัมมนาและประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 16 ระหว่างวันที่ 3-4 ธันวาคม 2562 ภายใต้คำขวัญ "**เกษตรกำแพงแสน ตามรอยพ่อสานต่อศาสตร์แห่งแผ่นดิน**" โดยมีการนำเสนอผลงานวิจัยในสาขาต่าง ๆ จำนวน 8 สาขา ได้แก่ สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ สาขาสัตว์และสัตวแพทย์ สาขาศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์ สาขาวิศวกรรมศาสตร์ สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพและการกีฬา สาขาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สิ่งแวดล้อม และความหลากหลายทางชีวภาพ และสาขาส่งเสริมการเกษตร เพื่อให้อาจารย์ นักวิจัย นิสิต นักศึกษา ในระดับอุดมศึกษา ตลอดจนภาคเอกชนได้มีโอกาสเผยแพร่ผลงานทางวิชาการสู่สาธารณะ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และประสบการณ์เชิงวิชาการที่นำไปสู่การใช้ประโยชน์ได้จริง

ทั้งนี้ คณะกรรมการจัดสัมมนาและประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 16 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการจัดสัมมนาวิชาการและจัดประชุมวิชาการในครั้งนี้ให้ลุล่วงไปได้ด้วยดี และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการจัดกิจกรรมครั้งนี้จะนำไปสู่การพัฒนาให้เกิดประโยชน์ต่อไป

(รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.อนุชัย ภิญโญภูมิมินทร์)
รองอธิการบดีวิทยาเขตกำแพงแสน
ประธานคณะกรรมการอำนวยการและดำเนินการ
จัดงานเกษตรกำแพงแสน ประจำปี 2562

สาขาวิศวกรรมศาสตร์

การศึกษาการเจริญเติบโตของเมล่อนภายในโรงเรือนที่คลุมด้วยผ้าถักแบบมีช่องว่างตรงกลาง จากส้นด้ายฝ้าย100%เปรียบเทียบกับโรงเรือนที่คลุมด้วยมุ้งตาข่ายไนลอน 40 ตา 2230

สมบัติของวัสดุผสมพอลิแลกติกแอซิดกับผงถ่านไม้ไผ่ 2239

ผลของอัตราส่วนแป้งข้าวกล้องพื้นเมืองภาคใต้ต่อคุณภาพของขนมขบเคี้ยวที่ผลิตด้วยเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ 2248

การออกแบบและพัฒนาเครื่องปลูกข้าวโดยใช้เมล็ดพันธุ์ด้วยการใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ 2256

การขึ้นรูปผ้าไม่ทอจากเส้นใยฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์โดยวิธีการยึดติดด้วยน้ำแรงดันสูง กรณีศึกษา: สมบัติในการกรองน้ำ 2263

การศึกษาการรับรู้ผิวสัมผัสของผ้า ของเสื้อผ้าสำหรับตลาดสินค้าออนไลน์ 2272

สาขาศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้เกมบิงโก 2282

การพัฒนาหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ เรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 2292

การพัฒนาสื่อวีดิทัศน์สอนออกเสียงพินอินภาษาจีนร่วมกับหลักสัทศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 2300

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวัสดุก่อสร้าง ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงปีที่ 1 สาขางานโยธา วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี 2310

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง อาหารหลัก 5 หมู่ โดยใช้สื่อโดมิโน่สารอาหาร สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 2320

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 2328

การศึกษาผลการใช้ KWDL เพื่อการแก้โจทย์ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์ เพื่อธุรกิจการเกษตร เรื่อง เลขดัชนี 2338

การพัฒนาความสามารถในการอ่านและเขียนภาษาอังกฤษ และความสนใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบมุ่งประสบการณ์ภาษารูปแบบที่ 1 ชนิดวิธีการ 2346

การพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหาด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ ตามหลักอริยสัจ 4 ในรายวิชาสุขศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 2359

39. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐา นิธิกุลวรวงศ์
40. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นลินี อิ่มบุญตา
41. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทนา ช่วยชูวงศ์
42. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทราพร ภุมรินทร์
43. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลอชาติ บุญเอก
44. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทธวัช โมพี
45. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริภาวี เจริญวัฒนศักดิ์
46. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสกสม อาตมางกูร
47. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หทัยรัตน์ พลายมาศ
48. สัตวแพทย์หญิง ดร.ดวงใจ สุวรรณ์เจริญ
49. นายสัตวแพทย์ ดร.นฤพล พร้อมขุนทด
50. นายสัตวแพทย์ ดร.วงศ์อนันต์ ณรงค์วาณิชการ
51. นางสุกัญญา จัตตุพรพงษ์
52. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุไร กุลบุญ
53. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรณ์รวี เอี่ยมสมบูรณ์
54. รองศาสตราจารย์ ดร.ธนาทิพย์ แหลมคม
55. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญณรงค์ รอดคำ

ผู้ทรงคุณวุฒิ สาขาวิศวกรรมศาสตร์

ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

1. รองศาสตราจารย์ ดร.อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล
2. รองศาสตราจารย์ ดร.ประเทือง อุษาบริสุทธิ์
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัชรพล ชยประเสริฐ
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันรัฐ อับดุลลากาซิม
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์พรรณ ปรีองาม
6. รองศาสตราจารย์ ดร.บัญชา ขวัญยืน
7. รองศาสตราจารย์ ดร.เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย
8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศธร โสภาพันธุ์
9. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ดอนเจดีย์
10. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิษุวัฒก์ แต้สมบัติ
11. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์
12. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิระกานต์ ศิริวิชญ์ไมตรี
13. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิธิรัชต์ สงวนเดือน
14. รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยศรี สุขสาโรจน์
15. รองศาสตราจารย์ ดร.รังสินี โสธรวิทย์

16. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รณฤทธิ์ ฤทธิรณ
17. รองศาสตราจารย์ ดร.มนต์ทิพย์ ซ่ำซอง
18. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกัญญา วิชชุกิจ
19. รองศาสตราจารย์ ดร.เชาว์ อินทร์ประสิทธิ์
20. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กอบศักดิ์ กาญจนาพงศ์กุล
21. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อมรเดช พุทธิพิพัฒน์ขจร
22. รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย กิจวัทรวรเวทย์
23. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงศ์ภวัลย์ ภัทรประภานันท์
24. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปนัดดา กสิกิจวิวัฒน์
25. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทวัฒน์ ขมหวาน
26. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมล อมรฟ้า
27. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริญญา ทองชาติ
28. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นที อธิกคุณากร
29. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชารินี ลิ้มสวัสดิ์
30. ผู้ช่วยศาสตราจารย์บรรพต กุลสุวรรณ
31. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กฤษณะ จันทรโชติ
32. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐดนัย ตัณฑวิรุฬห์
33. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หทัยเทพ วงศ์สุวรรณ
34. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา ปรากฏมาก
35. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กันต์ธกรณ์ เขาทอง
36. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนา ชีพสมทรง
37. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนมน จันทนา
38. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เบญญา กสานติกุล
39. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จีรชัย สุภาสุทธากูล
40. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติพงษ์ สถิรเมธีกุล
41. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อมรฤทธิ์ พุทธิพิพัฒน์ขจร
42. ผู้ช่วยศาสตราจารย์นุชนาฏ สัตยากวี
43. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ผกาเกษ วัตุยา
44. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยมงคล ลิ้มเพียรชอบ
45. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชฏฐา ชำนาญหล่อ
46. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประภาพรรณ เกษราพงศ์
47. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรินทร์ กลั่นเงิน
48. อาจารย์ ดร.วงศ์ผกา วงศ์รัตน์
49. อาจารย์ ดร.คณิต มานะธุระ

50. อาจารย์ ดร.วรญา เนื่องมัจฉา

ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

1. รองศาสตราจารย์ ดร.วราวุธ วุฒิวณิชย์
2. รองศาสตราจารย์ ดร.สมยศ เชิญอักษร
3. รองศาสตราจารย์ ดร.วรากร ไม้เรียง
4. รองศาสตราจารย์ ดร.ปานมนัส ศิริสมบูรณ์
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประกิต ทิมขำ
6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทวรัตน์ ตรีอำนรรค
7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กระวี ตรีอำนรรค
8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภกิตต์ สายสุนทร
9. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ รัตนเดช
10. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นารถระพี นาคะวัจนะ
11. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อารียา ฤทธิมา
12. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณพิมพ์ พุทธรักษา มะเปี่ยม
13. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สานิตย์ดา เตียวต๋อย
14. รองศาสตราจารย์ ดร.สุนัน ปานสาคร
15. รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรนันท์ เจนจรัสสกุล
16. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนาดล คงสมบูรณ์
17. รองศาสตราจารย์ ดร.ทวิช พูลเงิน
18. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กริสน์ ชัยมูล
19. รองศาสตราจารย์ ดร.ณพล อยู่บรรพต
20. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรพันธุ์ เจียมมีปรีชา
21. รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาน สถิตเรืองศักดิ์
22. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทศนพ กำเนิดทอง
23. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพจน์ เวศพันธุ์
24. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นฤบดี ศรีสังข์
25. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัชพล จุ้งเจริญ
26. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยวัฒน์ รัตนมีชัยสกุล
27. รองศาสตราจารย์ ดร.นภดล อุชายภิชาติ
28. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ ชัยศรีเจริญ
29. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐชามญช์ ศรีจำเริญรัตนา
30. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุชรินทร์ ทิพยวรรณากร
31. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต มณีศรี
32. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คเณศ พันธุ์สวาสดิ์
33. รองศาสตราจารย์ ดร. พูนพัฒน์ พูนน้อย

34. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วนัฐฌพงษ์ คงแก้ว
35. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กองกูณฑ์ โตชัยวัฒน์
36. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวโรจน์ ใจสิน
37. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชรินทร์ นมรักษ์
38. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนา ม่วงรัตน์
39. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัลยา กิตติเลิศไพศาล
40. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิสัน ชารี

ผู้ทรงคุณวุฒิ สาขาศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์

ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

1. รองศาสตราจารย์ ดร.วินัย พูลศรี
2. รองศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ ตันพิชัย
3. รองศาสตราจารย์ นาวาอากาศโท ดร.สุมิตร สุวรรณ
4. รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ศรีสวนแตง
5. รองศาสตราจารย์ ดร.มยุรี ถนอมสุข
6. รองศาสตราจารย์ ดร.ธนรัตน์ แต้วัฒนา
7. รองศาสตราจารย์ ดร.อภิชาติ ใจอารีย์
8. รองศาสตราจารย์ ดร.พัทธนันท์ หรรษาภิรมย์โชค
9. รองศาสตราจารย์ ดร.ชานนท์ จันทรา
10. รองศาสตราจารย์ ดร.สมบุญ ศิลป์รุ่งธรรม
11. รองศาสตราจารย์ ดร.ต่อศักดิ์ แก้วจรัสวิไล
12. รองศาสตราจารย์ ดร.อัจฉรา ปุราคม
13. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณี เนียมหอม
14. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัศตริน วรรณเกตุศิริ
15. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทรัตน์ เครืออินทร์
16. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พินดา วราสุนันท์
17. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย ศรีพรหม
18. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แสงเดือน เจริญฉิม
19. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วสันต์ เดือนแจ้ง
20. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ เกียรติเผ่า
21. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธารินทร์ ก้านเหลือง
22. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำพร ขุนเนียม
23. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงชัย อักษรคิด
24. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนิศวรา เลิศอมรพงษ์
25. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทัศน์ ฝักเจริญผล

การขึ้นรูปผ้าไม่ทอจากเส้นใยฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์โดยวิธีการยึดติดด้วยน้ำแรงดันสูง กรณีศึกษา: สมบัติในการกรองน้ำ

100% Cotton Non-woven Fabric Forming using Spunlace Method: A Case Study of Filtration Properties

ดิษฐ์พงษ์ เผ่ากลิ่น[1] สุจิระ ขอจิตต์เมตต์[2]

Disspong Paoklin [1], Sujira Khojitmata [2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติในการกรองน้ำของผ้าไม่ทอ (Non-woven) ที่ขึ้นรูปจากเส้นใยฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีการยึดติดด้วยน้ำแรงดันสูง (Spunlace) ทั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบน้ำหนักของผ้าไม่ทอ จำนวนในการเรียงชั้น องศาในการเรียงชั้น และขนาดของอนุภาคในการกรองที่แตกต่างกัน

จากการศึกษาได้มีการกำหนดน้ำหนักของผ้าไม่ทอที่ 30 และ 60 กรัมต่อตารางเมตร ทั้งนี้ได้ทำการขึ้นรูปแผ่นเส้นใยโดยวิธีการขึ้นรูปแบบแห้ง (dry-laid) ด้วยเครื่องสางเส้นใย (Carding Machine) และทำการยึดติดแผ่นเส้นใยโดยใช้กระบวนการเชิงกล (Mechanical bonding) ด้วยวิธีการฉีดน้ำแรงดันสูงที่แรงดัน 20 บาร์ จากนั้นนำผ้าไม่ทอมากำหนดจำนวนชั้นและองศาในการเรียงที่ 5 ชั้น เพิ่มขึ้นทีละ 36 องศา, 10 ชั้น เพิ่มขึ้นทีละ 18 องศา และ 20 ชั้น เพิ่มขึ้นทีละ 9 องศา ตามลำดับ พร้อมทั้งทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทดสอบสมบัติการในกรองน้ำที่ขนาดอนุภาคของสิ่งสกปรกอยู่ในระดับ 106.00 - 53.00 ไมครอน 53.00 – 45.00 ไมครอน และขนาดอนุภาคของสิ่งสกปรกที่น้อยกว่า 45.00 ไมครอน

ผลการศึกษาสมบัติของผ้าไม่ทอจากเส้นใยฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์พบว่า โครงสร้างของผ้าไม่ทอจะมีลักษณะการจัดเรียงตัวของเส้นใยเป็นแบบอิสระ ซึ่งผ้าไม่ทอที่มีน้ำหนัก 30 กรัมต่อตารางเมตร จำนวน 20 ชั้น องศาในการเรียงเพิ่มขึ้นทีละ 9 องศา จะมีประสิทธิภาพในการกรองสูงที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.9160 กรัม หรือคิดเป็น 91.60 เปอร์เซ็นต์ และมีแนวโน้มที่สามารถใช้เป็นวัสดุกรองน้ำในระดับ 106.00 - 53.00 ไมครอนได้ ทั้งนี้การขึ้นรูปผ้าไม่ทอที่แตกต่างกันจะมีโครงสร้างของผ้าไม่ทอที่แตกต่างกัน โดยผ้าไม่ทอที่มีน้ำหนัก 60 กรัมต่อตารางเมตร จะมีความหนาแน่นมากกว่าผ้าไม่ทอที่มีน้ำหนัก 30 กรัมต่อตารางเมตร ซึ่งจำนวนชั้นและองศาในการเรียงชั้นของผ้าไม่ทอจะส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพอีกด้วย

คำสำคัญ : ผ้าไม่ทอ การยึดติดด้วยน้ำแรงดันสูง เครื่องสางเส้นใย ประสิทธิภาพในการกรอง

[1] ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110
Department of Textile Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathumthani 12110, Thailand

[2] ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110
Department of Textile Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathumthani 12110, Thailand

Abstract

This research purposes to study in the filtration properties of non-woven fabric formed from 100% cotton using the Spunlace method. The comparisons were made for the non-woven fabric's weight, number of layers, angels of layering, and the different particle sizes of filtration.

In this study, the weights of non-woven fabric were defined at 30 and 60 g/m2, the fibers were formed by the dry-laid method using the carding machine and the fiber sheets were bonded by employing mechanical bonding process using spraying high-pressure water at the pressure of 20 bars. The numbers of layers of non-woven fabric and the relevant angles were defined as follows: 5 layers with the angle increase of 36 degrees, 10 layers with the angle increase of 18 degrees, and 20 layers with the angle increase of 9 degrees, respectively. The physical property analysis and filtration property test using the particle sizes of 106.00-53.00 microns, 53.00-45.00 microns, and the particle size below 45.00 microns was also conducted.

It was found from the study in 100% cotton non-woven fabric that the non-woven fabric structure consisted of independent fiber layers. The non-woven fabric with the weight of 30 g/m2, 20 layers, and the angle increase of 9 degrees yielded the maximal filtration efficiency (0.9160 grams or 91.60%) and it tended to be used as the water filtration material for the particle sizes ranging in 106.00 - 53.00 microns. In this regard, the different non-woven fabric forming yielded the different non-woven fabric structures as well. The density of non-woven fabric with the weight of 60 g/m2 was greater than the non-woven fabric with the weight of 30 g/m2 and the number of layers and angle of layering yield effect on the physical properties.

Keyword : Non-woven fabric, Spunlace, filtration
E-mail address : **disspong_en@hotmail.com**

คำนำ

ในสถานการณ์ปัจจุบันมีแนวโน้มในการใช้วัสดุกรองต่างๆเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการในการนำไปใช้งานในด้านต่างๆ เช่น การกรองอากาศ การกรองของเหลว การกรองแก๊สเป็นต้น ซึ่งความหมายโดยทั่วไปของการกรองหมายถึง การจับ (Capture) หรือการกักเก็บอนุภาคขนาดเล็ก (Retention of small particles) จากกระแสการเคลื่อนที่ของก๊าซหรือของเหลว ซึ่งวัสดุกรองส่วนใหญ่ผลิตจากเส้นใยสังเคราะห์เช่น เส้นใยพอลิพรอพิลีน (PP) เส้นใยไนลอน (Nylon) เส้นใยพอลิเอทิลีน (PE) เส้นใยพอลิเอสเทอร์ (PET) เป็นต้น (Kumar,2014) เนื่องจากสามารถกำหนดสมบัติต่างๆของเส้นใยได้ง่าย แต่ทั้งนี้เส้นใยสังเคราะห์ก็มีขีดจำกัดต่างๆคือ สมบัติการทนความร้อน การคงสภาพเมื่อสัมผัสกับของเหลวที่มีอุณหภูมิสูง สารเคมีจากเส้นใยที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต และการย่อยสลายที่ใช้เวลานาน

เส้นใยธรรมชาติก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาผลิตทำเป็นวัสดุกรองเพื่อลดการใช้เส้นใยสังเคราะห์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งสมบัติของวัสดุกรองที่ทำมาจากเส้นใยธรรมชาติอาจจะมีประสิทธิภาพต่ำกว่า

เส้นใยสังเคราะห์เล็กน้อย (ชาญชัย สิริเกษมเลิศ, 2552)แต่ทั้งนี้สมบัติที่เห็นชัดที่สุดของเส้นใยธรรมชาติก็คือ การเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ และไม่ส่งผลอันตรายต่อมนุษย์ ทำให้มีการนำเส้นใยธรรมชาติมาใช้ร่วมกับเส้นใยสังเคราะห์เพื่อผลิตเป็นวัสดุกรองเพิ่มมากขึ้น

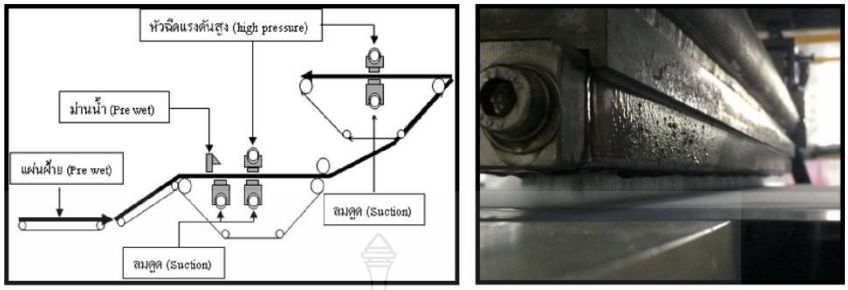
ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกวัสดุธรรมชาติคือเส้นใยฝ้าย ซึ่งเป็นเส้นใยที่มีความเหนียวปานกลางแต่จะเหนียวเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปียกน้ำและมีลักษณะภาคตัดขวางเป็นรูปถั่วตลอดความยาวของเส้นใยซึ่งสมบัตินี้อาจช่วยในการดักจับอนุภาคของสิ่งสกปรกที่มีขนาดเล็กได้ อีกทั้งมีสมบัติเด่นในเรื่องการดูดซับสิ่งสกปรกที่เป็นของเหลวซึ่งนิยมใช้ในการทำความสะอาดทางด้านการแพทย์ จากสมบัติที่กล่าวมาข้างต้นของเส้นใยฝ้ายได้ทำให้เกิดแนวคิดในการขึ้นรูปจากผ้าไม่ทอจากเส้นใยฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีการยึดติดด้วยน้ำแรงดันสูงน้ำแรงดันสูง (Spunlace) เพื่อศึกษาสมบัติในการกรองน้ำและหลีกเลี่ยงการใช้เส้นใยสังเคราะห์มาผลิตเป็นวัสดุกรอง ทั้งนี้อาจนำไปพัฒนาและสามารถแก้ไขปัญหาในกระบวนการกรองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีการทดลอง

การขึ้นรูปผ้าไม่ทอ

นำเส้นใยฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ผ่านการทำความสะอาดและฟอกขาวแล้วจากบริษัท งามดีอุตสาหกรรม จำกัด มาผ่านกระบวนการเตรียมเส้นใย (Blow room) ด้วยเครื่องเปิดเส้นใย (Opening machine) และผสมเส้นใย (Blending machine) จากนั้นขึ้นรูปแผ่นเส้นใย (Web forming) ด้วยเครื่องสางเส้นใยออกมาเป็นแผ่นฝ้าย (Web) ดังรูปที่ 1 โดยมีการกำหนดน้ำหนักที่ 30 และ 60 กรัมต่อตารางเมตร (ควบคุมน้ำหนักที่ ± 5 เปอร์เซ็นต์) ทำการยึดติดแผ่นเส้นใยด้วยน้ำแรงดันสูงน้ำแรงดันสูงโดยกำหนดแรงดันหัวฉีดที่ 1 และหัวฉีดที่ 2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 20 บาร์ ในแต่ละหัวฉีดดังรูปที่ 2 ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส
ซึ่งแผ่นฝ้ายที่ผ่านกระบวนการยึดติดแล้วจะถูกเรียกว่าผ้าไม่ทอดังรูปที่ 3 จากนั้นทำการดูลักษณะทางกายภาพจากกล้องจุลทรรศน์ OM และทดสอบน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ของผ้าไม่ทอ (Fabric Weight) ตามมาตรฐาน ASTM D 6242 (1998)

รูปที่ 1 แผ่นฝ้ายที่ออกมาจากเครื่องสางเส้นใย



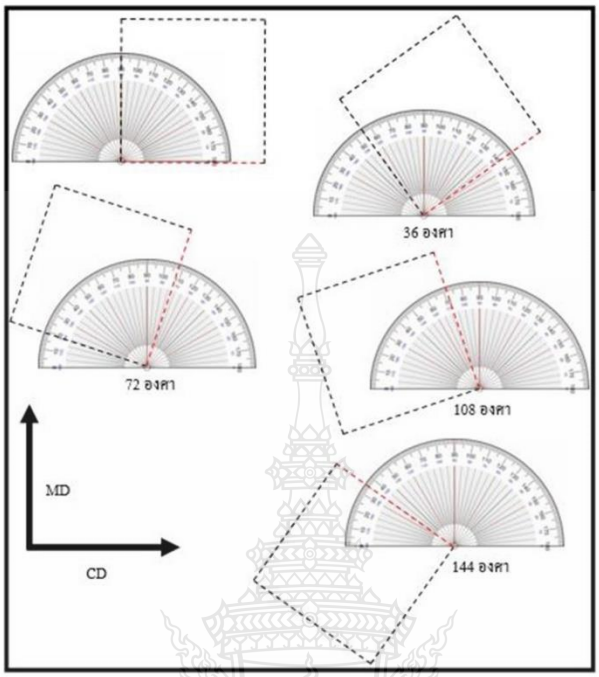
(a) (b)

รูปที่ 2 การยึดติดแผ่นเส้นใย (a) ขั้นตอนการยึดติดด้วยน้ำแรงดันสูง (b) หัวฉีดน้ำแรงดันสูง

รูปที่ 3 ผ้าไม่ทอที่ผ่านการยึดติดแล้ว

การเตรียมตัวอย่างแผ่นกรอง

นำผ้าไม่ทอที่มีน้ำหนัก 30 กรัมต่อตารางเมตร และ 60 กรัมต่อตารางเมตร มาจัดเรียงเป็นแผ่นกรอง โดยจำนวนชั้นของผ้ามีการจัดเรียงให้น้ำหนักรวมเท่ากันคือ 300 กรัมต่อตารางเมตร และ 600 กรัมต่อตารางเมตร (ควบคุมน้ำหนักที่ ± 5 เปอร์เซ็นต์) จึงมีทั้งหมด 4 กรณีศึกษาคือ 30 กรัมต่อตารางเมตร 10 ชั้น 60 กรัมต่อตารางเมตร 5 ชั้น 30 กรัมต่อตารางเมตร 20 ชั้น และ 60 กรัมต่อตารางเมตร 10 ชั้น องศาในการตัดผ้าและจัดเรียงแผ่นกรองแต่ละชั้นถูกกำหนดโดยการนำจำนวนชั้นหารออกจาก 180 องศา เช่น กรณี 5 ชั้น แต่ละชั้นจะมีองศาในการตัดต่างกันที่ 36 องศา ดังรูปที่ 4 ซึ่งการจัดเรียงแผ่นกรองแต่ละชั้นจะหมุนตามเข็มนาฬิกามาจบที่ 0 องศาทุกชั้น แผ่นกรองจะถูกวัดความหนาด้วยเครื่อง Dial Thickness Gage (REACOCK No.207) ตามมาตรฐาน ASTM D 1777-96(2019)



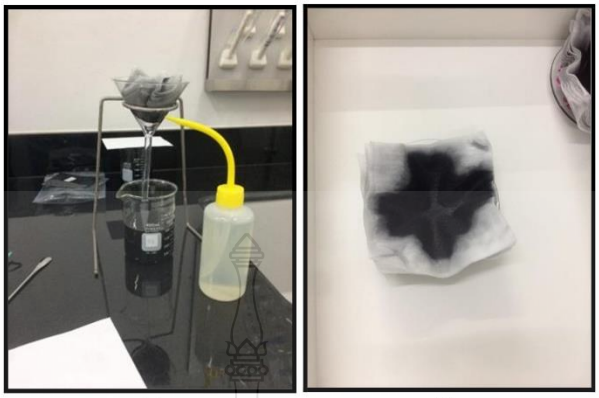
รูปที่ 4 วิธีการตัดและการหมุนองศา

การเตรียมอนุภาคของแข็ง

กำหนดอนุภาคของแข็งในน้ำโดยการจำลองด้วยผงถ่านไม้ไผ่ Bamboo Charcoal Powder บริษัท ชาโคลโฮม จำกัด (Bunton, BNK, THAILAND) มาทำการร่อนเพื่อแยกอนุภาคตามมาตรฐาน ASTM D 421-85 และทำการเลือกใช้ขนาดของตะแกรงตามมาตรฐาน ASTM E 11-09 คือ 140 Mesh หรือเท่ากับ 106 ไมครอน 270 Mesh หรือเท่ากับ 53 ไมครอน และ 325 Mesh หรือเท่ากับ 45 ไมครอน จึงมีทั้งหมด 3 กรณีศึกษาคือ ผ่านตะแกรง 140 Mesh ผ่านตะแกรง 270 Mesh และ ผ่านตะแกรง 325 Mesh

การทดสอบประสิทธิภาพการกรองอนุภาคของแข็งในน้ำ

อบแผ่นกรองให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 –105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเดสิกเคเตอร์ แล้วทำการชั่งจนน้ำหนักคงที่เก็บแผ่นกรองไว้ในเดสิกเคเตอร์จนกว่าจะใช้ทดลอง เทน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร ผสมกับผงถ่าน 1 กรัม หลังจากนั้นใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน นำแผ่นกรองที่เตรียมไว้มาวางบนกรวยแก้วและทำการเทน้ำตัวอย่างลงบนแผ่นกรองดังรูปที่ 5 (a) เมื่อกรองเสร็จแล้วนำแผ่นกรองวางในภาชนะเดิม (อาจใช้ถ้วยระเหยหรือกระดาษอลูมิเนียมก็ได้) แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 –105 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 6 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในเดสิเสคเตอร์และชั่งน้ำหนัก นำน้ำหนักแผ่นกรองหลังทดลองลบออกด้วยน้ำหนักแผ่นกรองก่อนทดลองจะได้น้ำหนักของอนุภาคของแข็งในน้ำที่ตกค้างอยู่บนแผ่นกรองดังรูปที่ 5 (b)



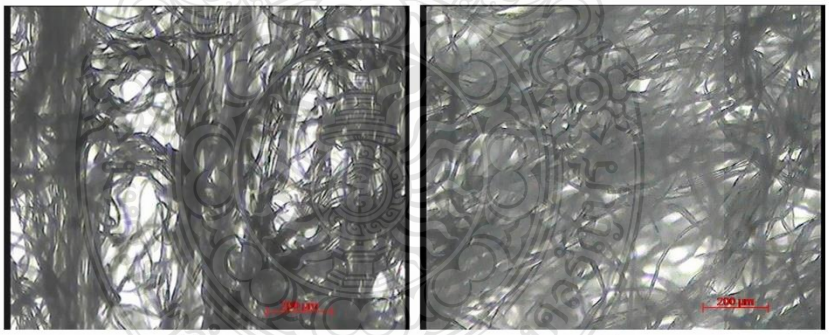
(a) (b)

รูปที่ 5 การการทดสอบประสิทธิภาพการกรองอนุภาคของแข็งในน้ำ(a) การกรองผงถ่าน (b) ผ้าตัวอย่างที่ผ่านการกรองแล้ว

ผลการทดลองและวิจารณ์

ลักษณะทางกายภาพของผ้าไม่ทอและแผ่นกรอง

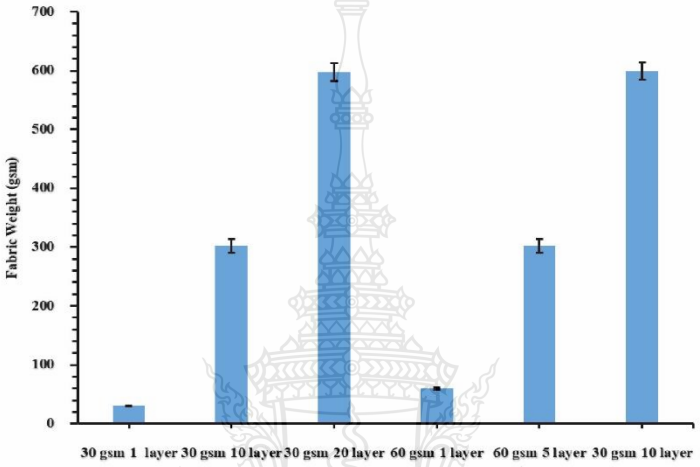
การดูลักษณะทางกายภาพของผ้าไม่ทอจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 4x พบว่าผ้าไม่ทอมีการจัดเรียงตัวของเส้นใยเป็นแบบอิสระและผ้าไม่ทอที่มีน้ำหนัก 60 กรัมต่อตารางเมตร มีความหนาแน่นของเส้นใยมากกว่าผ้าไม่ทอที่มีน้ำหนัก 30 กรัมต่อตารางเมตร สังเกตได้จากแสงที่ทะลุผ่านผ้าไม่ทอดังรูปที่ 6



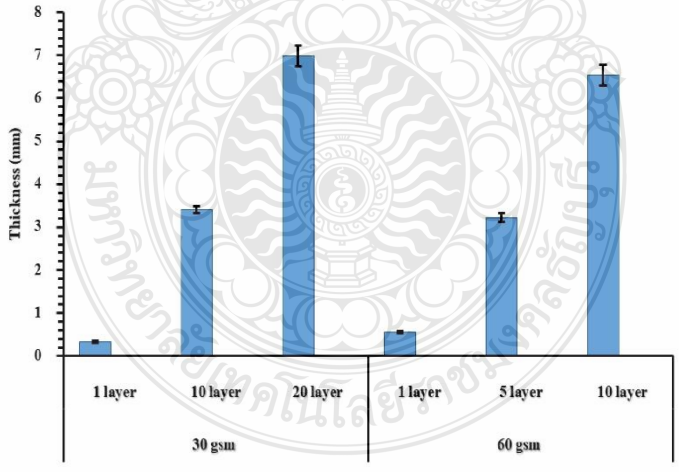
(a) (b)

รูปที่ 6 การดูลักษณะทางกายภาพจากกล้องจุลทรรศน์ (a)ลักษณะทางกายภาพของผ้าไม่ทอที่มีน้ำหนัก 30 กรัมต่อตารางเมตร (b) ลักษณะทางกายภาพของผ้าไม่ทอที่มีน้ำหนัก 60 กรัมต่อตารางเมตร

การทดสอบน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่และความหนาของผ้าไม่ทอพบว่า ผ้าไม่ทอจะมีน้ำหนักและความหนาเพิ่มขึ้นแบบมีนัยสำคัญเมื่อนำมาเรียงชั้นเป็นแผ่นกรองแล้วจะมีน้ำหนักไม่แตกต่างกันมาก แต่แผ่นกรองที่ทำมาจากผ้าไม่ทอ 30 กรัมต่อตารางเมตร จะมีค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักและมีความหนามากกว่าแผ่นกรองที่ทำมาจากผ้าไม่ทอ 60 กรัมต่อตารางเมตร ซึ่งเกิดจากจำนวนชั้นที่ต้องมากกว่าเมื่อเทียบกับน้ำหนักรวมที่เท่ากัน ดังรูปที่ 7 และรูปที่ 8



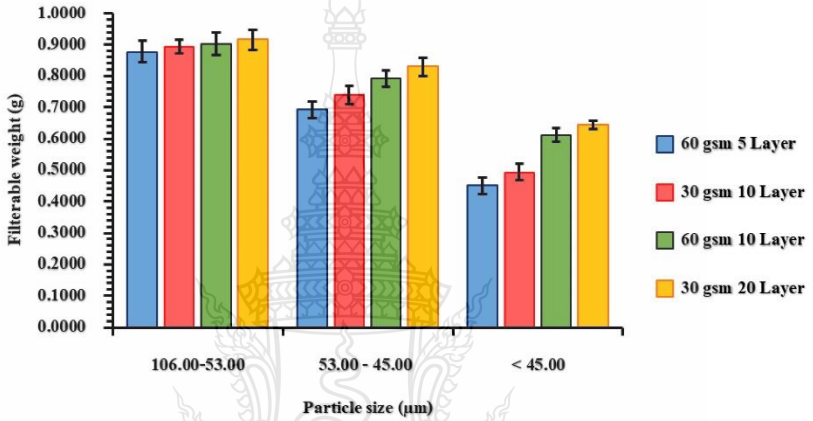
รูปที่ 7 ผลของน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ของผ้าไม่ทอ



รูปที่ 8 ผลของความหนาของผ้าไม่ทอ

ประสิทธิภาพการกรองอนุภาคของแข็งในน้ำ

จากการทดสอบประสิทธิภาพในการกรองอนุภาคของแข็งในน้ำของแผ่นกรองพบว่า ประสิทธิภาพในการกรองอนุภาคของแผ่นกรองจะมีการเปลี่ยนแปลงคือเมื่อขนาดของอนุภาคของแข็งเล็กลงจะทำให้ประสิทธิภาพในการกรองลดลงไปด้วย และจะเห็นได้ว่าถ้าจำนวนชั้นของแผ่นกรองเพิ่มมากขึ้นจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการกรองเพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นกรองที่มีน้ำหนักเท่ากันจะเห็นได้ว่าแผ่นกรองจากผ้าไม่ทอ 30 กรัมต่อตารางเมตร จะมีประสิทธิภาพในการกรองดีกว่าแผ่นกรองจากผ้าไม่ทอ 60 กรัมต่อตารางเมตร ดังรูปที่ 9 ทั้งนี้อาจเกิดจากองศาในการซ้อนกันของผ้าไม่ทอมีผลทำให้ช่องว่างภายในแผ่นกรองแต่ละชั้นมีขนาดเล็กลงด้วย



รูปที่ 9 ผลของการกรองอนุภาคของแข็งในน้ำ

สรุปผลและเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมบัติในการกรองน้ำของผ้าไม่ทอที่ขึ้นรูปจากเส้นใยฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีการยึดติดด้วยน้ำแรงดันสูงจากการดำเนินงานพบว่า ผ้าไม่ทอจะมีลักษณะการจัดเรียงตัวของเส้นใยเป็นแบบอิสระซึ่งผ้าไม่ทอที่มีน้ำหนัก 60 กรัมต่อตารางเมตรจะมีความหนาแน่นมากที่สุด แต่เมื่อทำการทดสอบความหนาของผ้าไม่ทอจะเห็นได้ว่าผ้าไม่ทอที่มีน้ำหนัก 30 กรัมต่อตารางเมตร จำนวน 20 ชั้น จะมีความหน้าสูงสุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 69.82 มิลลิเมตร และเมื่อจำนวนชั้นเพิ่มขึ้นจะทำให้ความหนาของผ้าไม่ทอเพิ่มขึ้นด้วย การทดสอบประสิทธิภาพในการกรองอนุภาคของแข็งในน้ำจะเห็นได้ว่าแผ่นกรอง 30 กรัมต่อตารางเมตร 20 ชั้น องศาในการซ้อนกันเพิ่มขึ้นทีละ 9 องศา จะมีประสิทธิภาพการกรองอนุภาคสูงที่สุดในระดับ 106.00-53.00 ไมครอน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.9160 กรัม หรือคิดเป็น 91.60 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของผ้าไม่ทอกับประสิทธิภาพในการกรองอนุภาคของแข็งในน้ำ ขึ้นอยู่กับจำนวนของชั้นกรองที่เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการกรองอนุภาคเพิ่มขึ้นด้วย

กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี)

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากบริษัท งามดีอุตสาหกรรม จำกัด และบุคลากรของบริษัท งามดีอุตสาหกรรม จำกัด ทุกๆท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการให้ข้อมูลและใช้เครื่องมือในการวิจัย สุดท้ายนี้ต้องขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่ให้การสนับสนุนมาโดยตลอด คณะผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

Kumar S. R. (2014). "**Textiles for Industrial Applications**". Florida: CRC Press. (2014). pp. 197-215

ชาญชัย สิริเกษมเลิศ. (2552). **นวัตกรรมสิ่งทอสีเขียว (eco-innovative textiles). สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ. กรุงเทพมหานคร**. เข้าถึงได้จาก. http://www.tcdc.or.th/exhibition (สืบค้นเมื่อวันที่ 2 ตุลาคม 2562).

รองศาสตราจารย์สุจิระ ขอจิตต์เมตต์, นายธนะเกียรติ รวีวงค์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, **เทคโนโลยีการผลิตสิ่งทอจากใยพืช เล่มที่ 4 เทคโนโลยีการปั่นด้ายใยสั้น**, โครงการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้วัตถุดิบภาคการเกษตรด้วยการพัฒนา เส้นใยธรรมชาติสู่อุตสาหกรรมสิ่งทอ (ระยะที่ 2 ต้นแบบเส้นใยยาว)

ASTM E11-09, Standard Specification for Wire Cloth and Sieves for Testing Purposes, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2009,

ASTM D1777-96(2019), Standard Test Method for Thickness of Textile Materials, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2019,

ASTM D 6242: 1998,Standard Test Method for Mass Unit Area of Nonwoven Fabrics (Reapproved 2004)

ASTM D421-85(2002), Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2002

https://www.andritz.com/products-en/group/nonwoven-textile/spunlace-line-nonwoven-and-textile?productid=7407 (สืบค้นเมื่อวันที่ 4 ตุลาคม 2562).

http://chmcomposites.com/norafin-spunlace-non-woven/ (สืบค้นเมื่อวันที่ 10 กันยายน 2562).

https://www.mahidol.ac.th/sustainable/pdf/Waste-water-analysis-manual.pdf (สืบค้นเมื่อวันที่ 10 กันยายน 2562).

ที่ อว ๖๕๐๒.๐๑๐๒(๒)/ ว ๑๕๓

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตกำแพงแสน
๑ หมู่ ๖ ถ.มาลัยแมน ต.กำแพงแสน
อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ๗๓๑๔๐

๓ ตุลาคม ๒๕๖๒

เรื่อง ตอบรับการร่วมประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ ๑๖ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

เรียน นายดิษฐ์พงษ์ เผ่ากลิ่น

ตามที่ท่านได้เสนอผลงานวิชาการ เรื่อง การขึ้นรูปผ้าไม่ทอจากเส้นใยฝ้าย ๑๐๐ เปอร์เซ็นต์ วิธีการยึดติดด้วยน้ำแรงดันสูงกรณีศึกษา : สมบัติในการกรองน้ำ
ในการจัดประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ ๑๖ สาขาวิศวกรรมศาสตร์ ภาคโปสเตอร์ ระหว่างวันที่ ๓-๔ ธันวาคม ๒๕๖๒ ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม นั้น

ในการนี้ คณะกรรมการฝ่ายจัดสัมมนาและประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ ๑๖ ขอแจ้งให้ทราบว่า ผลงานของท่านได้ผ่านการพิจารณาและตอบรับการเข้าร่วมประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ ๑๖ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน โดยท่านสามารถตรวจสอบกำหนดการ และสถานที่ในการนำเสนอผลงานทางวิชาการ ได้ที่เว็บไซต์ http://esd.kps.ku.ac.th/kuk-conference/ **ภายในวันศุกร์ที่ ๒๒ พฤศจิกายน ๒๕๖๒**

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.อนุชัย ภิญโญภูมิมินทร์)
รองอธิการบดีวิทยาเขตกำแพงแสน
ปฏิบัติหน้าที่แทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กองบริหารวิชาการและนิสิต
โทรศัพท์ ๐๓๔-๓๔๑๕๔๕-๗ ต่อ ๑๒๕
โทรสาร ๐๓๔-๓๕๑๓๙๕

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

ขอมอบเกียรติบัตรเพื่อรับรองว่าผลงานวิจัย ภาคโปสเตอร์

เรื่อง การขึ้นรูปผ้าไม่ทอจากเส้นใยฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์โดยวิธีการยึดติดด้วยน้ำแรงดันสูง

กรณีศึกษา: สมบัติในการกรองน้ำ

โดย

ดิษฐ์พงษ์ เผ่ากลิ่น และ สุจิระ ขอจิตต์เมตต์

ได้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ สาขาวิศวกรรมศาสตร์

และได้นำเสนอในการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 16 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

ระหว่างวันที่ 3-4 ธันวาคม พ.ศ. 2562

(รองศาสตราจารย์ น.สพ.ดร.อนุชัย ภิญโญภูมินทร์)
รองอธิการบดีวิทยาเขตกำแพงแสน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรุณ วรามิตร)
ประธานคณะกรรมการฝ่ายจัดสัมมนาและ
ประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 16

ภาคผนวก ข
ผลการทดสอบการทนต่อแรงดันทะลุ

Test Report No. 4571295 Date : April 15, 2020 **Page 1 of 4**

Client : MR. DISSPONG PAOKLIN
67 MOO 13, KAEM ON,
CHOM BUNG, RATCHABURI 70150 THAILAND

The following sample(s) was/were submitted and identified by/on behalf of the client as:

Sample Description : Eight samples of non-woven fabric, 100% cotton in White colour.
(A) 30 GSM, 10 Layer, No Angle
(B) 30 GSM, 20 Layer, No Angle
(C) 60 GSM, 5 Layer, No Angle
(D) 60 GSM, 10 Layer, No Angle
(E) 30 GSM, 10 Layer, Rising Angle 18
(F) 30 GSM, 20 Layer, Rising Angle 9
(G) 60 GSM, 5 Layer, Rising Angle 36
(H) 60 GSM, 10 Layer, Rising Angle 18

The following sample (s) was/were identified by SGS as:

Test Performed : Selected test(s) as requested by applicant.
Sample Receiving Date : April 11, 2020
Test performing period : April 11, 2020 - April 15, 2020

SGS Order No. : 1946844
SGS Sample No. : 4743849
Test Result(s) : For the further details, please refer to the following page(s).

Signed for and on behalf of
SGS (Thailand) Limited

Mali Jattawong
Softlines Testing Manager

"Any holder of this document is advised that should client or third party information be provided as reference with respect to the goods or sample, SGS may, at its discretion, include such information on its certificate or report. However, SGS makes no guarantee on the accuracy of the reference information and assumes no responsibility for any damages and losses arising from use of such information."

"This document is issued by the Company subject to its General Conditions of Service printed overleaf, available on request or accessible at http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx and, for electronic format documents, subject to Terms and Conditions for Electronic Documents at http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions/Terms-e-Document.aspx

Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of Client's instructions, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. This document cannot be reproduced except in full, without prior written approval of the Company. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law."

Unless otherwise stated the results shown in this test report refer only to the sample(s) tested and such sample(s) are retained for 30 days only.

4273008

Member of the SGS Group

TEST RESULT(S)

Bursting Strength

(ASTM D3787-2016 ; Ball burst test)

	(A)	(B)	(C)	(D)
Specimen no.1 (N)	358.5	1,181.0	368.0	979.0
Specimen no.2 (N)	320.5	983.5	365.5	932.0
Specimen no.3 (N)	373.0	1,159.5	331.0	1,062.5
Specimen no.4 (N)	333.0	1,162.0	350.5	1,020.5
Specimen no.5 (N)	316.0	967.0	320.5	1,048.5
Average (N)	340.0	1,090.5	347.0	1,008.5

	(E)	(F)	(G)	(H)
Specimen no.1 (N)	373.5	870.0	337.5	926.5
Specimen no.2 (N)	354.0	923.0	362.0	872.0
Specimen no.3 (N)	324.0	904.5	334.0	932.5
Specimen no.4 (N)	360.0	911.5	337.5	888.5
Specimen no.5 (N)	361.5	828.0	323.0	889.5
Average (N)	354.5	887.5	339.0	901.5

"Any holder of this document is advised that should client or third party information be provided as reference with respect to the goods or sample, SGS may, at its discretion, include such information on its certificate or report. However, SGS makes no guarantee on the accuracy of the reference information and assumes no responsibility for any damages and losses arising from use of such information."

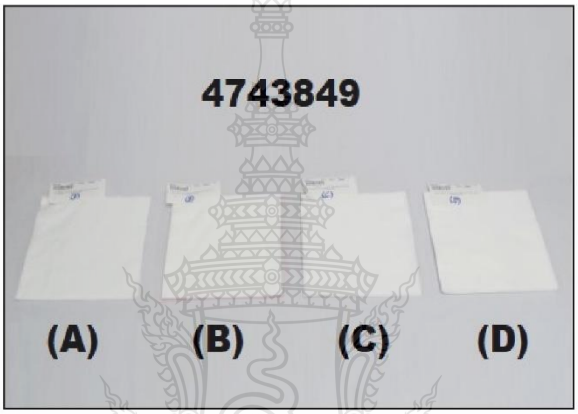
"This document is issued by the Company subject to its General Conditions of Service printed overleaf, available on request or accessible at http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx and, for electronic format documents, subject to Terms and Conditions for Electronic Documents at http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions/Terms-e-Document.aspx

Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of Client's instructions, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. This document cannot be reproduced except in full, without prior written approval of the Company. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law."

Unless otherwise stated the results shown in this test report refer only to the sample(s) tested and such sample(s) are retained for 30 days only.

4273008

SAMPLE/ATTACHMENT PICTURE



"Any holder of this document is advised that should client or third party information be provided as reference with respect to the goods or sample, SGS may, at its discretion, include such information on its certificate or report. However, SGS makes no guarantee on the accuracy of the reference information and assumes no responsibility for any damages and losses arising from use of such information."

"This document is issued by the Company subject to its General Conditions of Service printed overleaf, available on request or accessible at http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx and, for electronic format documents, subject to Terms and Conditions for Electronic Documents at http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions/Terms-e-Document.aspx

Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of Client's instructions, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. This document cannot be reproduced except in full, without prior written approval of the Company. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law."

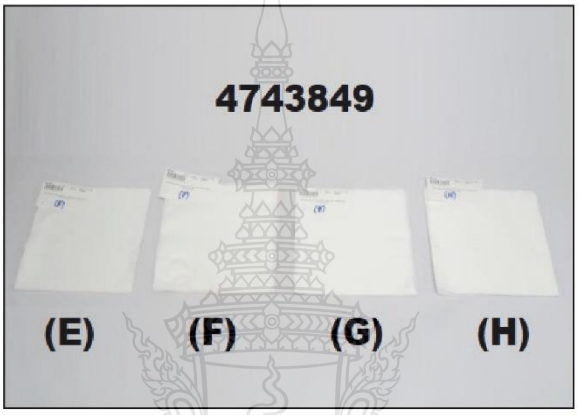
Unless otherwise stated the results shown in this test report refer only to the sample(s) tested and such sample(s) are retained for 30 days only.

4273008

SGS (Thailand) Limited | Laboratory Services 41/23 Soi Rama III 59 Rama III Road Chongnonsee Yannawa Bangkok 10120
t +66 (0)2 683 05 41 294 74 85-90 f +66 (0)2 294 74 84 683 07 58 www.sgs.com

Member of the SGS Group

SAMPLE/ATTACHMENT PICTURE



********** End of Report **********

"Any holder of this document is advised that should client or third party information be provided as reference with respect to the goods or sample, SGS may, at its discretion, include such information on its certificate or report. However, SGS makes no guarantee on the accuracy of the reference information and assumes no responsibility for any damages and losses arising from use of such information."

"This document is issued by the Company subject to its General Conditions of Service printed overleaf, available on request or accessible at http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx and, for electronic format documents, subject to Terms and Conditions for Electronic Documents at http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions/Terms-e-Document.aspx

Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of Client's instructions, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. This document cannot be reproduced except in full, without prior written approval of the Company. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law."

Unless otherwise stated the results shown in this test report refer only to the sample(s) tested and such sample(s) are retained for 30 days only.

4273008

SGS (Thailand) Limited | Laboratory Services 41/23 Soi Rama III 59 Rama III Road Chongnonsee Yannawa Bangkok 10120
t +66 (0)2 683 05 41 294 74 85-90 f +66 (0)2 294 74 84 683 07 58 www.sgs.com

Member of the SGS Group

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายดิษฐ์พงษ์ เผ่ากลิ่น
วัน เดือน ปีเกิด	11 สิงหาคม 2536
ที่อยู่	67 หมู่ 13 ตำบลแก้มอ้น อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี 70150
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเคมีสิ่งทอ-เคมีสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ประสบการณ์การทำงาน	หัวหน้าฝ่ายประกันคุณภาพ บริษัท งามดีอุตสาหกรรม จำกัด พ.ศ. 2558 ถึงปัจจุบัน
เบอร์โทรศัพท์	098-7109138
อีเมล์	disspong_en@hotmail.com