การทำนายสมบัติเชิงโครงสร้างของผ้าทอบนพื้นฐานแบบจำลองของเพียซ

นายนิพนธ์ พนมเขต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2547
ISBN 974-53-1967-8
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PREDICTION OF STRUCTURAL PROPERTIES OF WOVEN FABRICS BASED ON PEIRCE'S MODEL

Mr. Nipon Phanomkate

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Applied Polymer Science and Textile Technology

Department of Materials Science
Faculty of Science
Chulalongkorn University

Academic Year 2004
ISBN 974-53-1967-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การทำนายสมบัติเชิงโครงสร้างของผ้าทอบนพื้นฐานแบบจำลองของเพียซ
โดย	นายนิพนธ์ พนมเขต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประณัฐ โพธิยะราช

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประณัฐ โพธิยะราช)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เข็มชัย เหมะจันทร)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ไพพรรณ สันติสุข)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ดุษฎี สุนทราชุน)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นายนิพนธ์ พนมเขต : การทำนายสมบัติเชิงโครงสร้างของผ้าทอบนพื้นฐานแบบจำลองของเพียซ. (PREDICTION OF STRUCTURAL PROPERTIES OF WOVEN FABRICS BASED ON PEIRCE'S MODEL) อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ดร.ประณัฐ โพธิยะราช, 72 หน้า. ISBN 974-53-1967-8

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการทำนายสมบัติเชิงโครงสร้างของผ้าทอ บนพื้นฐานแบบจำลองของเพียซ โดยได้ศึกษาผ้าทอที่ทำจากเส้นใย 3 ชนิดได้แก่ ฝ้าย ฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์และพอลิเอสเตอร์ ในโครงสร้างลายทอ ลายขัด ลายทแยง 2/1 และลายต่วน ผ้าทอที่ทำจากเส้นใยแต่ละชนิดและแต่ละโครงสร้างลายทอจะถูกนำไปทดสอบหาสมบัติเชิงโครงสร้าง ได้แก่ ความหนา และความหยิกงอ ที่ภาวะแห้ง เปียก และปั่นแห้ง ผลการการทดสอบแสดงให้เห็นว่า โครงสร้างของลายผ้าและความหนาแน่นของเส้นด้ายในผ้าทอมีผลต่อความหนาและความหยิกงอของเส้นด้าย โดยที่ภาวะปั่นแห้ง ผ้าทอมีความหนาเพิ่มขึ้นมากกว่าภาวะแห้งและภาวะเปียก จากนั้นนำผลการทดสอบ มาเปรียบเทียบกับผลการคำนวณจากแบบจำลองของเพียซ พบว่ามีค่าแตกต่างกันมาก จึงทดลองปรับปรุงแบบจำลองโดยการหาค่าปรับแก้ที่เหมาะสม ทั้งที่คำนวณจากความหยิกงอ และคำนวณจากความหนา เมื่อนำค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองโดยใช้ค่าปรับแก้มาเปรียบเทียบอีกครั้ง พบว่าค่าปรับแก้ที่คำนวณได้จากความหยิกงอจะให้ผลที่สอดคล้องกับค่าที่ได้จากการทดสอบมากกว่าค่าปรับแก้ที่คำนวณได้จากความหนา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชาวัสดุศาสตร์ ลายมือชื่อ.....
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์ฯ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2547

#4672306623 : MAJOR APPLIED POLYMER SCIENCE AND TEXTILE TECHNOLOGY
KEY WORD : WOVEN STRUCTURE / STRUCTURE PROPERTIES / WOVEN PREDICTION

NIPON PHANOMKATE : PREDICTION OF STRUCTURAL PROPERTIES OF WOVEN FABRICS BASED ON PEIRCE'S MODEL. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. PRANUT POTIYARAJ, Ph.D. 72 pp. ISBN 974-53-1967-8.

This research aimed at prediction of structural properties of woven fabrics based on Peirce's model. Fabrics from cotton, cotton blended polyester and polyester fibers and in various woven structures, namely, the plain, twill and satin weaves, were studied. Each fabric was examined for structural properties, i.e., thickness and crimp in wet, dry and tumble dry conditions. These results were compared with the calculated values from Peirce's model. The values were significantly different. Appropriate correction factors were then calculated, either from thickness or crimp, in order to improve the model. The calculated values employing correction factors were again compared with the results from the experiments. It was found that the correction factors calculated from crimp gave the better results than those calculated from thickness.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department of Materials Science Student's signature……..
Field of study Applied Polymer Science and Textile Technology Advisor's signature……..
Academic year 2004

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้อย่างสมบูรณ์นั้น เป็นเพราะได้รับคำแนะนำด้านวิชาการ ความเอื้อเฟื้อด้านเครื่องมือ วัตถุดิบ และสถานที่สำหรับการทำวิทยานิพนธ์อีกทั้งยังได้รับความช่วยเหลือและแนะแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์จากผู้ทรงคุณวุฒิในด้านต่างๆ เป็นอย่างดี

ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบพระคุณ ผศ. ดร.ประณัฐ โพธิยะราช ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำและแก้ปัญหาในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ รวมถึงการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

นอกจากนี้ใคร่ขอขอบพระคุณ รศ. เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รศ. ไพพรรณ สันติสุข รศ. ดร.เข็มชัย เหมะจันทร และ อ. ดร.ดุษฎี สุนทราชุน กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำและตรวจสอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

ท้ายสุดนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่ชาย พี่สาว บุคคลอันเป็นที่รักทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและคอยเป็นกำลังใจ ให้ข้าพเจ้าผ่านพ้นอุปสรรคต่างๆ ขอขอบคุณเพื่อนๆ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ที่ให้ความช่วยเหลือทั้งกำลังกายและกำลังใจ ในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี อีกทั้งอาจารย์ทุกท่านที่เคยประสิทธ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ข้าพเจ้าจนสามารถสร้างสรรค์วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย……ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ……จ
กิตติกรรมประกาศ……ฉ
สารบัญ……ช
สารบัญตาราง……ญ
สารบัญรูป……ฎ

บทที่

1 บทนำ……1
2 วารสารปริทรรศน์……3
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโครงสร้างผ้าทอ……3
2.1.1 การจำแนกผ้าทอ……4
2.1.1.1 ผ้าทอที่มีโครงสร้างแบบง่าย……4
2.1.1.2 ผ้าทอที่มีโครงสร้างแบบผสม……4
2.1.2 ลายขัดธรรมดา……5
2.1.2.1 ผ้าลายขัดแบบสมดุล……5
2.1.2.2 ผ้าลายขัดแบบเส้นด้ายยืนเด่น……6
2.1.2.3 ผ้าลายขัดแบบเส้นด้ายพุ่งเด่น……6
2.1.3 ลายทแยง……7
2.1.3.1 ลายทแยงขวา……7
2.1.3.2 ลายทแยงซ้าย……8
2.1.4 ลายต่วนด้ายพุ่งและลายต่วนด้ายยืน……8
2.2 ความรู้เกี่ยวกับสมบัติของผ้า……8
2.2.1 การยืดตัวและการคืนตัว……9
2.2.3 การประเมินการยืดของผ้า……10
2.2.4 การทนต่อการเปลี่ยนขนาด……10
2.2.5 การหดตัวจากการผ่อนคลาย……11
2.2.6 การหดตัวเนื่องจากการพองตัวของเส้นใย……11

บทที่ หน้า

2.2.7 การหดตัวเนื่องจากการเคลื่อนที่ของเส้นใย.....12
2.2.8 การประเมินการเปลี่ยนขนาด.....13
2.3 พารามิเตอร์ของการทอ.....13
2.4 งานวิจัยเกี่ยวกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของลายทอ.....19
2.4.1 แบบจำลองของเพียซ.....19
2.4.2 น้ำหนักผ้าต่อหน่วยพื้นที่.....20
2.4.3 สมบัติการปกปิดของผ้าทอ.....23
3 การทดลอง.....25
3.1 การทดสอบสมบัติเชิงโครงสร้างของผ้าทอ.....25
3.1.1 การทดสอบหาความหงิกงอของเส้นด้าย.....25
3.1.2 การทดสอบหาความหนาของผ้าทอ.....25
3.1.3 การทดสอบหาจำนวนเส้นด้ายต่อหน่วยความยาวในผ้าทอ.....27
3.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของผ้าทอ.....28
3.2.1 คำนวณหาความหยิกงอของเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่ง.....32
3.2.2 การคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นด้าย.....33
4 ผลการทดลอง.....35
4.1 ผลการทดสอบสมบัติเชิงโครงสร้างของผ้าทอ.....35
4.1.1 ผลการทดสอบความหยิกงอของเส้นด้าย.....35
4.1.2 ผลการทดสอบความหนาของผ้า.....37
4.1.3 ผลการทดสอบจำนวนเส้นด้ายต่อหน่วยความยาว.....40
4.2 ผลการทดลองแบบจำลองคณิตศาสตร์.....41
4.2.1 ความหยิกงอของผ้าทอ.....41
4.2.2 ความหนาของผ้าทอจากการคำนวณของแบบจำลองคณิตศาสตร์.....43
5 สรุปผลการทดลอง.....52
5.1 สรุปผลการทดลอง.....52
5.2 ข้อเสนอแนะ.....53
รายการอ้างอิง.....54
ภาคผนวก.....55
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....72

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 การแปลงค่า g/m^2 เป็น oz/yd^2.....21
ตารางที่ 2.2 การแปลงค่าจาก oz/yd^2 เป็น g/m^2.....22
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบความหยิกงอของเส้นด้ายในผ้าทอลายขัด.....35
ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบความหยิกงอของเส้นด้ายในผ้าทอลายทแยง 2/1.....36
ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบความหยิกงอของเส้นด้ายในผ้าทอลายต่วน.....36
ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบความหนาของผ้า (ภาวะแห้ง).....37
ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบความหนาของผ้า (ภาวะเปียก).....38
ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบความหนาของผ้า (ภาวะTumble dryer).....39
ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดสอบจำนวนเส้นด้ายต่อหน่วยความยาว.....40
ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบความหยิกงอของเส้นด้ายฝ้ายในลายทอต่างๆ.....42
ตารางที่ 4.9 ค่าปรับแก้จากการพัฒนาแบบจำลองใช้กับการคำนวณหาความหยิกงอ.....43

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปประกอบ หน้า

รูปที่ 2.1 ตารางช่องสี่เหลี่ยม.....3
รูปที่ 2.2 การกำหนดเครื่องหมายในแต่ละช่องสี่เหลี่ยม.....4
รูปที่ 2.3 หนึ่งลายซ้ำของผ้าทอลายขัด.....5
รูปที่ 2.4 ผ้าทอลายขัดแบบสมดุล.....6
รูปที่ 2.5 ผ้าทอลายขัดแบบเส้นด้ายยืนเด่น.....6
รูปที่ 2.6 ผ้าทอลายขัดแบบเส้นด้ายพุ่งเด่น.....7
รูปที่ 2.7 ผ้าทอทแยงขวา.....7
รูปที่ 2.8 ผ้าทอทแยงซ้าย.....8
รูปที่ 2.9 การหดตัวเนื่องจากการพองตัวของเส้นใย.....11
รูปที่ 2.10 เส้นใยก่อนและหลังการบวมตัว.....12
รูปที่ 2.11 ลายทอพื้นฐานทั้ง 3 ชนิด.....14
รูปที่ 2.12 แผนภาพแสดงโครงสร้างลายขัดที่มีลักษณะต่างกัน.....15
รูปที่ 2.13 ภาพตัดขวางของโครงสร้างผ้าทอลายขัด 3 ชนิด.....16
รูปที่ 2.14 ภาพตัดขวางของเส้นด้ายที่ถูกทำให้แบนลง.....17
รูปที่ 2.15 ความยาวของเส้นด้ายก่อนทอและความยาวของผ้าผืน.....18
รูปที่ 2.16 แบบจำลองเรขาคณิตของผ้าทอตามแบบของเพียซ.....20
รูปที่ 3.1 เครื่องทดสอบความหนาของผ้าทอ.....26
รูปที่ 3.2 แสดงวิธีการทดสอบความหนาของผ้า.....27
รูปที่ 3.3 แบบจำลองของ Pierce ซึ่งถูกปรับปรุงโดย Love แสดงผ้าทอลายขัดหนึ่งหน่วยซ้ำ 28
รูปที่ 3.4 แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นบนพื้นฐานแบบจำลองของเพียซ.....28
รูปที่ 3.5 แบบจำลองเชิงเรขาคณิตของผ้าผืน.....31
รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบความหนาของผ้าทอฝ้ายลายขัด.....44
รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบความหนาของผ้าทอฝ้ายลายทแยง 2/1.....45
รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบความหนาของผ้าทอฝ้ายลายต่วน.....45
รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบความหนาของผ้าทอฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (T/C) ลายขัด.....46
รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบความหนาของผ้าทอฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (T/C) ลายทแยง 2/1.....47
รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบความหนาของผ้าทอฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (T/C) ลายต่วน.....48
รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบความหนาของผ้าทอพอลิเอสเตอร์ลายขัด.....49

สารบัญรูป

รูปประกอบ หน้า

รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบความหนาของผ้าทอพอลิเอสเตอร์ลายทแยง 2/1.....50
รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบความหนาของผ้าทอพอลิเอสเตอร์ลายต่วน.....50
รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบค่าปรับแก้ (k) จากภาวะการผ่อนคลายของผ้าทอลายขัด.....51
รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบค่าปรับแก้ (k) จากสภาวะการผ่อนคลายของผ้าทอลายทแยง 2/1.....52
รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบค่าปรับแก้ (k) จากสภาวะการผ่อนคลายของผ้าทอลายต่วน.....52

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ในปี ค.ศ.1937 เพียซได้เสนอผลงานเกี่ยวกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (mathematical model) ของผ้าทอลายขัด โดยการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งนำไปสู่การคำนวณสมบัติเชิงโครงสร้างต่างๆ ของผ้าทอโดยอาศัยพารามิเตอร์ที่ทราบค่า ทั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยให้สามารถผลิตผ้าทอที่มีสมบัติตามที่ต้องการ ลดการสูญเสียเวลาและวัตถุดิบจากการทดลองทอ

สมบัติของผลิตภัณฑ์สิ่งทอ ขึ้นกับลักษณะทางโครงสร้างหลายประการ ไม่ว่าจะเป็นโครงสร้างทางเคมีและทางกายภาพของเส้นใย ลักษณะการจัดเรียงเส้นใยเพื่อสร้างเป็นเส้นด้าย ตลอดจนลักษณะการจัดเรียงเส้นด้ายเพื่อประกอบเป็นโครงสร้างผ้าผืน ลักษณะเหล่านี้สามารถนำมาอธิบายหรือทำนายสมบัติในการใช้งานของผลิตภัณฑ์สิ่งทอได้ การวิจัยเกี่ยวกับโครงสร้างของเส้นใยและเส้นด้ายได้รับความสนใจอย่างกว้างขวางมาเป็นเวลานาน ในขณะที่การวิจัยเกี่ยวกับโครงสร้างของผ้าผืนยังอยู่ในวงจำกัด เนื่องมาจากความซับซ้อนของลักษณะทางโครงสร้างที่เกี่ยวข้อง งานวิจัยเกี่ยวกับโครงสร้างผ้าผืนที่เป็นที่รู้จักกันดีได้แก่งานวิจัยเกี่ยวกับโครงสร้างผ้าทอของเพียซ และยังถูกนำมาใช้อ้างอิงอยู่เสมอในงานวิจัยเกี่ยวกับโครงสร้างของผ้าทอจนกระทั่งปัจจุบันนี้

แม้ว่าแบบจำลองของเพียซจะเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางก็ตาม แต่แบบจำลองของเพียซยังตั้งอยู่บนสมมติฐานบางประการซึ่งคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ในเวลาต่อมาจึงได้มีการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองของเพียซโดยนักวิจัยอีกหลายท่าน เพื่อให้ค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากผลการทดลอง

งานวิจัยนี้จึงจะเป็นการศึกษาเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการคำนวณตามแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเพียซและค่าที่ได้จากการทดลองของผ้าทอจากเส้นใยต่างชนิดและทอด้วยลายทอต่างๆ รวมทั้งศึกษาสมบัติของผ้าทอที่เปลี่ยนแปลงไปตามภาวะต่างๆ อีกด้วย นอกจากนี้จะนำค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเพียซมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากผลการทดลอง แล้วหาค่าปรับแก้ (correction factor) เพื่อใช้ประโยชน์จากแบบจำลองเหล่านี้ในการทำนายสมบัติเชิงโครงสร้างของผ้าทอให้ตรงกับความเป็นจริง

นอกจากความต้องการในเชิงธุรกิจแล้ว เมื่อขอบเขตการใช้งานสิ่งทอในปัจจุบันเพิ่มขึ้นนอกเหนือไปจากการใช้สวมใส่เพื่อความสวยงามแล้ว ได้ขยายไปสู่งานด้านเทคนิคัลเท็กซ์ไทล์ (technical textiles) เช่น สิ่งทอโยธา (geotextiles) สิ่งทอเพื่อการปกป้อง (protective textiles) สิ่งทอสำหรับงานเกษตรกรรม รวมทั้งสิ่งทอที่เป็นส่วนเสริมแรงวัสดุเชิงประกอบ ทำให้เราจำเป็นต้องทราบหรือทำนายสมบัติของสิ่งทอที่แน่นอน การทำนายสมบัติเชิงโครงสร้างของสิ่งทอโดยอาศัยแบบจำลองคณิตศาสตร์ จะสามารถช่วยให้การวิเคราะห์สมบัติของสิ่งทอเป็นไปด้วยความเที่ยงตรงและแม่นยำมากขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

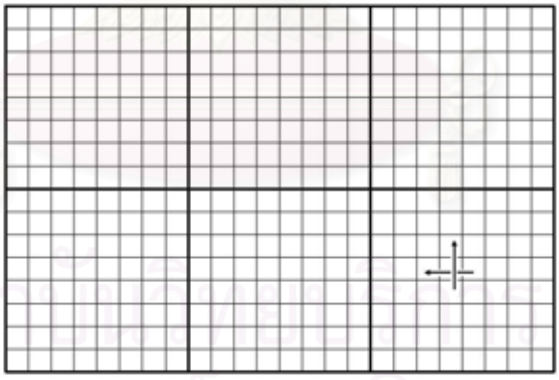
บทที่ 2

วารสารปริทรรศน์

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโครงสร้างผ้าทอ

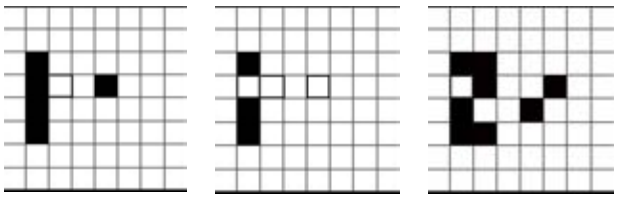
[1] ผ้าทอประกอบด้วยเส้นด้ายตามแนวยาวของผ้าซึ่งเรียกว่า เส้นด้ายยืน (warp thread) ขัดกับเส้นด้ายตามแนวขวางของผ้าซึ่งเรียกว่า เส้นด้ายพุ่ง (weft thread) ตามชนิดของโครงสร้างและลายที่ต้องการทอ อย่างไรก็ตามในทางเทคนิคมักเรียกเส้นด้ายยืนว่า “end” และเรียกเส้นด้ายพุ่งว่า “pick” แต่ในประเทศไทยจะเรียกทั้ง warp thread และ end ว่าเส้นด้ายยืน ส่วนคำว่า weft thread และ pick เรียกว่าเส้นด้ายพุ่ง

การแสดงการขัดกันระหว่างเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่ง นิยมทำบนกระดาษตาสี่เหลี่ยม (กระดาษกราฟ) กระดาษกราฟมาตรฐานจะเป็นแบบ 8×8 ช่อง ซึ่งขนาดดังกล่าวนี้ถูกแบ่งโดยเส้นทึบ ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ช่องว่างในแนวตั้งแต่ละแถวแทนเส้นด้ายยืนแต่ละเส้นและช่องว่างในแนวนอนแต่ละแถวแทนเส้นด้ายพุ่งแต่ละเส้น ช่องสี่เหลี่ยมแต่ละช่องที่เป็นจุดเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งแต่ละเส้นขัดกัน



รูปที่ 2.1 ตารางช่องสี่เหลี่ยม

การกำหนดเครื่องหมายในแต่ละช่องสี่เหลี่ยม เป็นการบอกการขัดของเส้นด้ายที่โผล่บนหน้าผ้าเครื่องหมายที่ใช้คือช่องสี่เหลี่ยมทึบหรือกากบาท หมายถึงเส้นด้ายยืนข้ามเส้นด้ายพุ่งและช่องสี่เหลี่ยมว่างหมายถึงเส้นด้ายพุ่งข้ามเส้นด้ายยืน ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การกำหนดเครื่องหมายในแต่ละช่องสี่เหลี่ยม

2.1.1 การจำแนกผ้าทอ

2.1.1.1 ผ้าทอที่มีโครงสร้างแบบง่าย

[2] เป็นโครงสร้างที่เส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งขัดกันเป็นมุม 90 องศา และเส้นด้ายยืนแต่ละเส้นในผ้าขนานกันและทำนองเดียวกันกับเส้นด้ายพุ่ง ในโครงสร้างผ้าแบบง่ายมีเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งอย่างละหนึ่งชุดเท่านั้น เส้นด้ายทุกเส้นมีผลต่อทั้งลักษณะการใช้ประโยชน์หรือการใช้งานในผ้านั้นๆ และมีผลต่อลักษณะความสวยงามเมื่อนำมาทำเป็นเครื่องนุ่งห่ม

2.1.1.2 ผ้าทอที่มีโครงสร้างแบบผสม

เป็นโครงสร้างที่อาจจะมีชุดเส้นด้ายยืนหรือเส้นด้ายพุ่งมากกว่าหนึ่งชุด นั่นคือเส้นด้ายยืนชุดหนึ่งอาจจะทำหน้าที่เป็นลำตัวของผ้า เช่นเส้นด้ายที่ใช้ทำพื้นของผ้า (ground yarn) ในขณะที่เส้นด้ายอีกบางชุดอาจจะใช้เพื่อการตกแต่ง เช่นเส้นด้ายที่ใช้ทำให้เป็นรูปหรือเส้นด้ายบนผิวผ้า ในผ้าเหล่านี้อาจพบว่าเส้นด้ายบางเส้นถูกทำให้ไม่ขนานกับแนวระนาบ เช่น เส้นด้ายที่ใช้ทำเป็นขนจะทำมุมฉากกับแนวระนาบของผิวผ้า

ในที่นี้จะขอกล่าวรายละเอียดของโครงสร้างผ้าทอแบบง่าย ซึ่งมีมากมายหลายชนิด และสามารถแบ่งเป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ คือ

1) ลายขัดธรรมดา (Plain weaves)

2) ลายทแยง (Twill weaves)

3) ลายต่วน (Satin weaves)

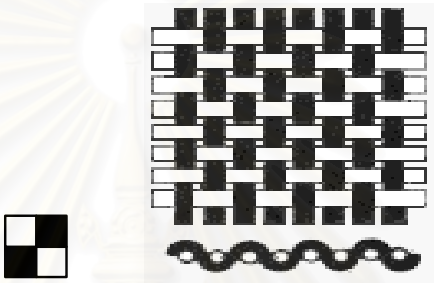
ลายชนิดใหญ่ๆ เหล่านี้สามารถดัดแปลงให้มีลักษณะแตกต่างออกไปได้ ดังนั้นหลังจากกล่าวถึงลายใหญ่ๆ แต่ละลายแล้วจะได้กล่าวถึงลายดัดแปลงไปด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.2 ลายขัดธรรมดา

[3] ลายขัดธรรมดาหรือลายขัดบางทีเรียกว่า “taffata” หรือ “tabby” ผ้าลายขัดธรรมดามีใช้ประมาณ 80% ของผ้าทอทั้งหมดผ้าลายขัดธรรมดามีความแข็งแรงมากที่สุด แต่ค่อนข้างยับและสกปรกได้ง่ายแม้ว่าจะสามารถทำความสะอาดได้ง่ายก็ตาม

จากรูปที่ 2.3 จะเห็นว่าในหนึ่งลายซ้ำ (weave repeat) ประกอบด้วยเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งอย่างละ 2 เส้นซึ่งมีลักษณะการข้ามและลอดตรงข้ามกัน



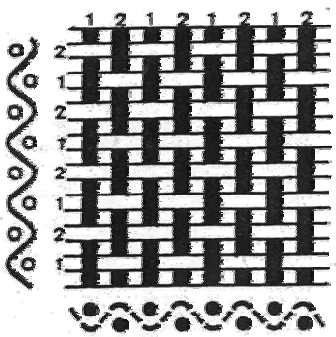
รูปที่ 2.3 หนึ่งลายซ้ำของผ้าทอลายขัด

ผ้าลายขัดธรรมดาเหมือนกันทั้งด้านหน้าและด้านหลังของผ้า นอกจากนั้นผ้าลายขัดธรรมดายังสามารถแบ่งตามลักษณะความเด่น ของเส้นด้ายยืนหรือเส้นด้ายพุ่ง (warp or weft Predominance) สำหรับผ้าลายขัดธรรมดานั้นความเด่นของเส้นด้าย สามารถมองเห็นได้ทั้งด้านหน้าผ้าและด้านหลังของผ้า ซึ่งไม่เหมือนกับลายอื่นที่ความเด่นของเส้นด้ายสามารถมองเห็นได้บนหน้าผ้าเท่านั้น ดังนั้นความเด่นของเส้นด้ายในผ้าลายขัดธรรมดาสามารถแบ่งได้ 3 ประเภท

2.1.2.1 ผ้าลายขัดแบบสมดุล

[4] เป็นผ้าทอที่มีจำนวนเส้นด้ายยืนต่อเซนติเมตร เท่ากับเส้นด้ายพุ่งต่อเซนติเมตรและเบอร์ด้ายของเส้นด้ายทั้งสองเท่ากันด้วย ดังนั้นทั้งด้ายยืนและด้ายพุ่งจะมีการงอตัวเท่ากัน

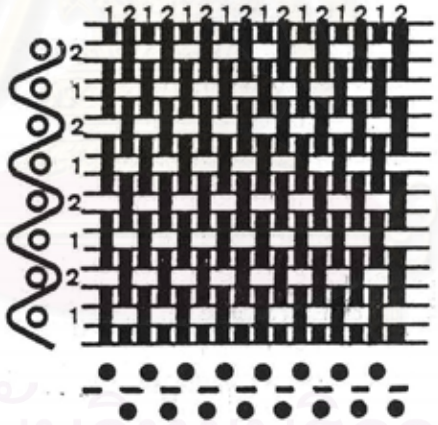
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.4 ผ้าทอลายขัดแบบสมดุล

2.1.2.2 ผ้าลายขัดแบบเส้นด้ายยืนเด่น

เป็นผ้าที่มีจำนวนเส้นด้ายยืนต่อเซนติเมตรมากกว่าเส้นด้ายพุ่ง เส้นด้ายยืนจะปกปิดเส้นด้ายพุ่งทั้งสองด้านของผ้า โดยปกติแล้วเส้นด้ายยืนจะเล็กกว่าเส้นด้ายพุ่ง จากเหตุผลเหล่านี้ทำให้ผ้ามีลักษณะเป็นริ้ว เนื่องจากเส้นด้ายพุ่งค่อนข้างที่จะตรง แต่เส้นด้ายยืนโค้งงอมาก ด้วยเหตุนี้ทำให้ผ้าแบบนี้มีการหดตัวในแนวเส้นด้ายยืนมาก

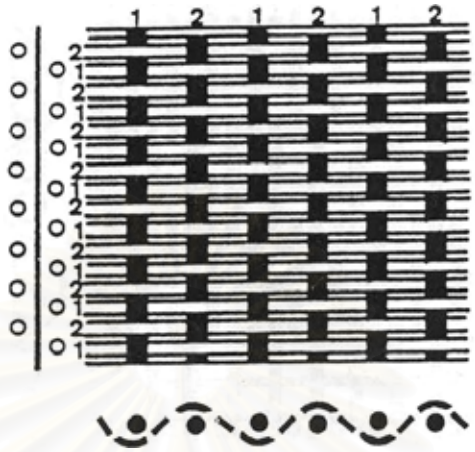


รูปที่ 2.5 ผ้าทอลายขัดแบบเส้นด้ายยืนเด่น

2.1.2.3 ผ้าลายขัดแบบเส้นด้ายพุ่งเด่น

เป็นผ้าที่จำนวนเส้นด้ายพุ่งต่อเซนติเมตรมากกว่าเส้นด้ายยืน ทำให้เส้นด้ายพุ่งปกปิดเส้นด้ายยืนทั้งด้านหน้าและด้านหลังผ้า เพื่อให้เห็นผลที่ชัดเจนเส้นด้ายพุ่งต้องเข้าเกลียวน้อยๆ และทอด้วยความตึงต่ำๆ ในขณะที่เส้นด้ายยืนมีความตึงมากอย่างไรก็ตามผ้าประเภทนี้ไม่ค่อย

ผลิตมาเพื่อทางการค้ามากนักเนื่องจากต้นทุนสูง เพราะว่าความถี่ของเส้นด้ายพุ่งมากทำให้ผลผลิตต่ำ



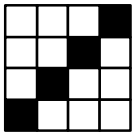
รูปที่ 2.6 ผ้าทอลายขัดแบบเส้นด้ายพุ่งเด่น

2.1.3 **ลายทแยง**

ลายทแยงหรือบางคนก็เรียกว่า “ลายสอง” นั้นเป็นลายที่บอกลักษณะโดยแนวทแยงของเส้นด้ายยืนที่ข้ามเส้นด้ายพุ่ง พร้อมกับแนวทแยงของเส้นด้ายพุ่งที่ข้ามเส้นด้ายยืนซึ่งปรากฏอยู่ทั้งด้านหน้าและด้านหลังของผ้า ทิศทางแนวทแยงบนด้านหน้าผ้าจะตรงข้ามกับแนวทแยงด้านหลังของผ้าในหนึ่งลายซ้ำของลายทแยง จะมีจำนวนเส้นด้ายยืนเท่ากับเส้นด้ายพุ่งลายทแยงที่เล็กที่สุดอย่างน้อยต้องประกอบไปด้วยเส้นด้ายยืน 3 เส้นและเส้นด้ายพุ่ง 3 เส้น ผ้าลายทแยงใช้ทำเครื่องนุ่งห่มและใช้เครื่องเรือน โดยทั่วไปแนวทแยงของลายสามารถแบ่งได้เป็น 2 แนวคือ

2.1.3.1 **ลายทแยงขวา**

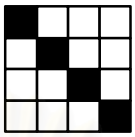
ทิศทางของแนวทแยงขึ้นไปทางขวาหรือเรียกว่า ”Z-Twill” ซึ่งทิศทางของแนวทแยงจะขนานกับส่วนตรงกลางของทิศตัวอักษร Z ดังแสดงในรูป โดยปกติแล้วผ้าจะทอทแยงขวา



รูปที่ 2.7 ผ้าทอทแยงขวา

2.1.3.2 **ลายทแยงซ้าย**

ทิศทางของแนวทแยงขึ้นไปทางซ้ายหรือเรียกว่า “S-Twill” ซึ่งทิศทางของแนวทแยงจะขนานกับส่วนตรงกลางของตัวอักษร S ดังแสดงในรูป



รูปที่ 2.8 ผ้าทอทแยงซ้าย

2.1.4 ลายต่วนด้ายพุ่งและลายต่วนด้ายยืน

[5] ลายต่วนเป็นลายทแยงที่ไม่สมดุล กล่าวคือตั้งใจผลิตเพื่อให้ผิวของผ้าไม่มีลวดลาย เส้นด้ายจะข้ามหรือลอยอย่างน้อย 4 เส้น ลายต่วนมี 2 ชนิด คือ ลายต่วนด้ายพุ่ง (sateen or weft sateen) และลายต่วนด้ายยืน (satin or warp satin) ความแตกต่างระหว่างลายทั้งสองชนิดนี้อาจจะเนื่องมาจากจำนวนเส้นด้ายต่อหน่วยความยาว (ได้แก่จำนวนเส้นด้ายต่อนิ้วหรือต่อเซนติเมตร) เช่น ลายต่วนด้ายพุ่งเป็นผ้าที่ทอโดยใช้จำนวนเส้นด้ายพุ่งต่อเซนติเมตรมากกว่าเส้นด้ายยืนต่อเซนติเมตร จึงทำให้เส้นด้ายพุ่งโผล่บนด้านหน้าของผ้า เส้นด้ายพุ่งจะปิดบังเส้นด้ายยืนจึงทำให้ผ้าผิวเรียบ ในทางกลับกันลายต่วนด้ายยืนเป็นผ้าที่ทอซึ่งใช้จำนวนเส้นด้ายยืนต่อเซนติเมตรมากกว่าเส้นด้ายพุ่งต่อเซนติเมตรและเส้นด้ายยืนจะโผล่บนด้านหน้าของผ้า เส้นด้ายยืนจะปิดบังเส้นด้ายพุ่งทำให้ผ้าผิวเรียบ

ผ้าลายต่วนมีผิวสัมผัสนุ่ม ทนยับได้ดี ทิ้งตัวดี ผ้าลายต่วนนิยมใช้ทำผ้าซับในเพราะว่าผิวเรียบ ใช้ทำชุดกลางคืน และชุดแต่งงานเป็นต้น

2.2 ความรู้เกี่ยวกับสมบัติของผ้า

[6]ความต้องการที่มีต่อผ้าถูกกำหนดโดยการใช้งาน ซึ่งได้แก่การสวมใส่และความต้องการของความพอใจในการตัดเย็บ ความต้องการส่วนใหญ่ต่อผ้าก็คือความเหนียวและความทนทาน ในขณะที่คุณสมบัติอื่นๆ เช่นการกันน้ำหรือทนต่อสาร (กรดและด่าง) เป็นความต้องการเพื่อจุดประสงค์พิเศษลักษณะเฉพาะต่อการใช้งานของผ้าสามารถจัดเป็นกลุ่มดั้งนี้

1 สมบัติเชิงกลที่สำคัญต่อการใช้งาน เช่น ความทนแรงดึง ความทนการฉีกขาด ความทนการขัดถู ความทนต่อการเปลี่ยนขนาด การดึงและการคืนตัว

2 คุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับในเรื่องความสวยงาม เช่น การสัมผัสและการทิ้งตัว การคืนรอยยับ

3 ความต้องการทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับความสะดวกสบายเช่นการยอมให้อากาศและความชื้นไอน้ำไหลผ่านฉนวนความร้อนความกระด้างและความเรียบ

4 สมบัติที่สำคัญต่อการผลิตเป็นเสื้อผ้าเช่นการทนต่อการเปลี่ยนขนาด ความสามารถในการตัดเย็บ และการไม่เกิดไฟฟ้าสถิต

5 ความต้องการเพื่อการใช้งานเฉพาะอย่าง เช่น การทนไฟ กันน้ำ กันลม ทนต่อกรด ด่าง และสารละลายในโรงงานอุตสาหกรรม

การจัดกลุ่มดังกล่าวใช้ส่วนใหญ่กับผ้าที่นำมาทำเป็นเสื้อผ้า แต่อุตสาหกรรมสิ่งทอก็ได้ผลิตผ้าที่ใช้ในเชิงอุตสาหกรรมมากมาย ซึ่งก็มีตั้งแต่ผ้าที่มีน้ำหนักเบาไปจนถึงผ้าที่มีน้ำหนักมากๆ เพื่อใช้ทำสายพานลำเลียงและจุดประสงค์ทางวิศวกรรมอื่นๆ

2.2.1 การยืดตัวและการคืนตัว

[7] ความสะดวกสบายในการสวมใส่ของเสื้อผ้า (การรัดรูปพอดี) และลักษณะปรากฏในการใช้งาน มีอิทธิพลโดยขอบเขตที่ซึ่งส่วนประกอบของผ้าจะยืดและคืนตัวจากการดึง การยืดและการคืนตัวของผ้าทอซึ่งผลิตจากเส้นด้ายทั่วๆ ไปมักจะมีข้อจำกัด แต่โดยการใส่เส้นด้ายตกแต่งเส้นด้ายอีลาสเทน หรือใช้วิธีผลิตและตกแต่งผ้าชนิดพิเศษ ก็จะทำให้ผ้ามีระดับการยืดตัวและคืนตัวต่างๆ กันได้

ระดับการยืดรวมถึง การยืดแบบพอดี (comfort stretch) ซึ่งหมายถึงเสื้อผ้าที่แนบกับตัวโดยปราศจากการรองรับพิเศษใดๆ ตัวอย่างเช่น กางเกงแนบเนื้อ (leotards) ชุดว่ายน้ำ ชุดสกี และชุดกีฬาอื่นๆ ผ้า power stretch ถูกใช้สำหรับเสื้อผ้าที่ต้องการการกดและควบคุมรูปทรงของร่างกาย เช่น ชุดชั้นในและยกทรง ผ้ายืดหน้าแคบสามารถทอ สำหรับใช้เป็นสายรัดเพื่อทำหน้าที่รองรับและทำให้เคลื่อนไหวง่าย เส้นด้ายอีลาสติก จะถูกวางตามแนวยาวของผ้า

2.2.3 การประเมินการยืดของผ้า

ทางเลือกของการทดสอบและสภาวะของการทดสอบถูกกำหนดโดยแรงที่ต้องการดึงยืดวัสดุและโดยเปอร์เซ็นต์ที่ดึงยืดไปจากความยาวเดิมว่าจะดึงยืดไปเท่าไร และขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ที่ใช้วัสดุนั้น

วิธีง่ายๆ ที่รู้จัก เช่น Fryma Extensionmeter เป็นการวัดแถบผ้าซึ่งถูกจับให้อยู่ในแนวนอนบนเครื่องทดสอบ แล้วใช้แรง 1.4 กิโลกรัม ค่าที่ต้องการหาคือการดึงยืดภายใต้แรงนี้และการดึงยืดที่เหลือเมื่อปล่อยแรงออก แล้วคิดเป็นร้อยละของความยาวเดิม อย่างไรก็ตามนิยมทดสอบโดยการหาค่าการดึงยืดที่เหลือ (residual extension) หลังจากตัวอย่างถูกแขวนไว้ในเวลาหนึ่งที่ระยะการดึงยืดค่าหนึ่งมากกว่าวิธีที่ใช้น้ำหนักค่าหนึ่งถ่วง ตัวอย่างเช่น อาจจะกำหนดว่าผ้าจะเป็นที่ยอมรับเพื่อจุดประสงค์เฉพาะอันหนึ่งถ้าหากค่าการดึงยืดที่เหลือไม่เกิน3% หลังจากดึงยืดไป 30% ณ เวลาหนึ่งนอกจากนั้นความต้องการในแต่ละทิศทางของผ้าอาจแตกต่างกัน

ดูเหมือนว่าเสื้อผ้าอาจจะมีการคืนตัวหลังจากที่มีการดึงยืดที่เหลือเมื่อถอดออกไว้ค้างคืนหรือเวลามากกว่า และอาจจะคืนตัวหลังจากการซักด้วย

2.2.4 การทนต่อการเปลี่ยนขนาด

เมื่อเราพูดว่าผ้าไม่ทนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาด อันนี้ปกติแล้วจะหมายถึงผ้าหดตัวหรือยืดตัวไม่อย่างใดก็อย่างหนึ่ง อาจจะเกิดในทิศทางหนึ่งหรือทั้งสองทิศทางของผ้า

ผ้าหดทำให้เกิดความรำคาญ เพราะว่ามันอาจจะมีผลทำให้เสื้อผ้าเล็กลงหรือผิดรูปไป ถ้าไม่มีคำถามเกี่ยวกับความพอดี (fit) ก็จะมีการยอมรับการหดตัวของผ้าที่ขอบเขตกว้างขึ้น

ถ้าผ้าเปลี่ยนแปลงขนาดขณะอยู่บนโต๊ะตัดผ้า ก็จะทำให้ชิ้นส่วนของเสื้อประกอบกันไม่เป็นรูปที่ถูกต้อง การเปลี่ยนขนาดไปจากเดิมมากจะมีผลกระทบต่อขนาดและคุณภาพของเสื้อผ้า

ในปัจจุบันเราให้ความสนใจไปที่การทำความเข้าใจเกี่ยวกับ สาเหตุของการหดตัว ของผ้าเพราะจะทำให้เข้าใจการตกแต่งสำเร็จที่ใช้ควบคุมการหดตัว

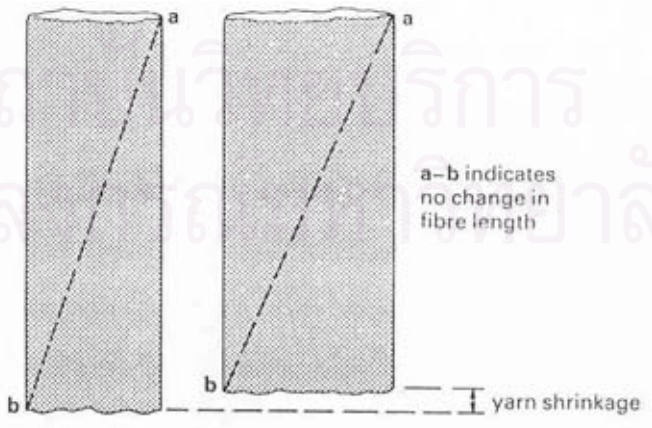
2.2.5 การหดตัวจากการผ่อนคลาย

มันเป็นการยากที่จะหลีกเลี่ยงการดึงยืดผ้า ในระหว่างการผลิตผ้าและการตกแต่งสำเร็จ การดึงยืดนี้ยังคงค้างอยู่เมื่อผ้าถูกทำให้แห้งหลังจากการทำตกแต่งผ่านไป แต่ในโอกาสแรกที่ผ้าได้ผ่อนคลายและกลับคืนสู่สภาวะที่คงตัว นั่นคือภาวะที่เป็นธรรมชาติที่สุด การผ่อนคลายที่สมบูรณ์จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อผ้าถูกซักแบบหมุนไปด้วยหลายๆ ครั้งด้วยน้ำร้อนแต่การทำให้ผ้าเปียกแบบหมาดๆ จะเป็นสาเหตุของการหดตัวได้ เช่น การรีดไอน้ำระหว่างการผลิตเสื้อผ้า

ได้มีการอธิบายกันว่าการหดตัวจากการผ่อนคลาย เป็นผลจากการดึงยืดซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิตผ้า เส้นด้ายในผ้าทอต้องงอขึ้น งอลงเพื่อที่จะขัดเข้าด้วยกัน เมื่อผ้าถูกดึงไปตามยาวทำให้เส้นด้ายยืนยืดตรงมากขึ้น ผลก็คือเส้นด้ายพุ่งงอมากขึ้นและเมื่อผ้าถูกดึงมันก็จะแคบลงและบางครั้ง ผ้าที่หดตัวตามแนวยาวเมื่อทำการซักอาจจะขยายออกตามแนวเส้นด้ายพุ่งเล็กน้อย

2.2.6 การหดตัวเนื่องจากการพองตัวของเส้นใย

เส้นใยบางชนิดจะพองตัวมากกว่าอีกชนิดหนึ่งเมื่อเส้นใยเหล่านั้นซับน้ำ การพองเป็นสาเหตุให้ผ้าหดตัวและถ้าเส้นใยพองตัวมากก็จะมีการหดมาก อันนี้ในตอนแรกสามารถสาธิตโดยการพิจารณาว่าอะไรจะเกิดขึ้นกับเส้นด้ายเมื่อเส้นใยในเส้นด้ายพองตัว และจากนั้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอะไรขึ้นในผ้าทอ

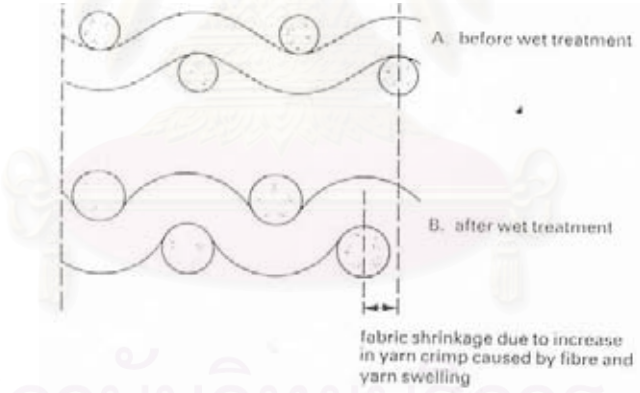


รูปที่ 2.9 การหดตัวเนื่องจากการพองตัวของเส้นใย

เราลองจินตนาการว่าเรากำลังตรวจดูเส้นด้ายที่แห้งด้วยกล้องขยาย และเส้นด้ายถูกยึดอยู่เพื่อไม่ให้มีการคลายเกลียว ถ้าเราจุ่มเส้นด้ายฝ้ายในน้ำ เส้นใยและเส้นด้ายจะพองโตขึ้นแต่จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักในเรื่องความยาวของแต่ละเส้นใย เมื่อเส้นรอบวงของเส้นด้ายเพิ่มมากขึ้น เส้นด้ายก็จะหดในแนวยาวเพื่อทำให้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในความยาวของเส้นใย

ถ้าเปรียบเทียบการหดตัวของเส้นด้ายที่มีเกลียวต่ำและเส้นด้ายเกลียวสูง (crepe twist yarn) ด้วยกันแล้ว เป็นที่คาดหวังได้ว่าเส้นด้ายเกลียวสูงจะพองและหดตัวมากกว่า เพราะว่าจะไม่มีพื้นที่อิสระระหว่างเส้นใยเพื่อการพองตัวอย่างเพียงพอก่อนที่เส้นใยจะเริ่มพองตัวและหดตัว

หากลองพิจารณาผ้าทอชิ้นหนึ่งทั้งในภาวะที่แห้งและเปียก เราทราบว่าเส้นด้ายจะพองตามชนิดของเส้นใยที่ใช้และจำนวนเกลียว การพองตัวของเส้นด้ายนี้จะบังคับให้เส้นด้ายงอตัวมากขึ้นตรงที่ขัดกัน และการงอนี้ถูกอธิบายว่าเป็นการเพิ่มการหงิกงอในเส้นด้าย เมื่อเส้นด้ายไม่ได้ยาวขึ้นผ้าก็ต้องหดตัวและมีความหนาเพิ่มขึ้น ในการหดตัวเนื่องจากการพองตัวจะมีมากและ การทำ Compressive shrinkage จะไม่ได้ผล เพื่อลดการหดตัวของผ้าเนื่องจากการพองตัวของเส้นใยอาจจะใช้วิธีตกแต่งซึ่งเป็นการลดการดูดน้ำของผ้า



รูปที่ 2.10 เส้นใยก่อนและหลังการบวมตัว

2.2.7 การหดตัวเนื่องจากการเคลื่อนที่ของเส้นใย

ผ้าที่ทำจากขนสัตว์มีการหดตัวเนื่องจากการผ่อนคลาย และพองตัวแบบที่อธิบายข้างบน แต่มันอาจจะหดตัวโดยการเคลื่อนที่ของเส้นใยได้ด้วย คำว่า “Felting” ก็คือการที่เส้นใยขนสัตว์เกี่ยวซึ่งกันและกันซึ่งมีสาเหตุมาจากคุณสมบัติความเสียดทานที่แตกต่างกันของเส้นใย การเคลื่อนตัวของเส้นใยจะทำให้ผ้าหดตัวและผ้าก็จะมีวามหนาเพิ่มมากขึ้น และรายละเอียดของ

โครงสร้างผ้าก็จะมองไม่ค่อยเห็นเพราะการเกิดขนที่ผิวหน้าของผ้า เมื่อผ้าขนสัตว์ถูกขัดถูในน้ำสบู่ร้อน การบีบและการกดแต่ละครั้งเป็นสาเหตุทำให้เส้นใยขนสัตว์เคลื่อนที่ในทิศทางหนึ่ง ซึ่งเป็นการง่ายที่มันจะเกิดอย่างนี้ แต่มันก็เป็นไปไม่ได้สำหรับเส้นใยที่จะกลับสู่ตำแหน่งเดิมในเส้นด้าย เพราะว่าเส้นใยไม่สามารถเดินทางไปในทิศทางอีกทิศทางหนึ่งได้อย่างง่ายๆพบว่าผ้าที่มีโครงสร้างโปร่งและเส้นด้ายที่มีเกลียวต่ำจะมีโอกาสเกิด felting ได้มากกว่า

2.2.8 การประเมินการเปลี่ยนขนาด

การทดสอบการเปลี่ยนแปลงขนาดของผ้าไม่ได้มีวิธีเดียวเพราะว่า ผ้าต่างๆ ประกอบไปด้วยเส้นใยชนิดที่แตกต่างกันและต้องการ การซักหรือซักแห้งที่สภาวะแตกต่างกันการทดสอบบางอย่าง อาจจะจำเป็นสำหรับผ้าซึ่งผ่านไอน้ำระหว่างการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป ทางเลือกของการทดสอบมีหลายอย่าง การทดสอบบางอย่างกำหนดเป็นวิธีของมาตรฐานการทดสอบ ISO เป็นต้น

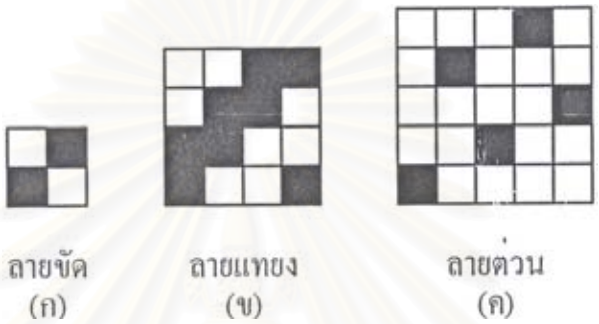
2.3 พารามิเตอร์ของการทอ

วัตถุประสงค์ของการทอ คือการผลิตผ้าผืน (fabric) โดยการขัดสาน (interlacing) ของเส้นด้ายสองชุดที่เรียกว่าเส้นด้ายยืน (warp) และเส้นด้ายพุ่ง (weft) ซึ่งวางตัวอยู่บนระนาบเดียวกัน แต่ทำมุมฉากซึ่งกันและกัน ในระบบหนึ่งๆ ประกอบไปด้วยจำนวนเส้นด้าย และรูปแบบของการขัดสานที่ต่างกันไปเรียกว่าลายทอ (weave)

[8] ลักษณะที่เส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งวางตัวทับซ้อนและลอดใต้ซึ่งกันและกัน ในความกว้างยาวของผ้าทอผืนหนึ่งๆ อาจแปรไปอย่างมีรูปแบบที่แน่นอน หรือไม่แน่นอนก็ได้ มีข้อจำกัดก็เพียงจะต้องไม่มีเส้นด้ายเส้นใดเส้นหนึ่ง อยู่บนด้านใดด้านหนึ่งของผ้าทอในระยะที่ยาวเกินไปที่จะสามารถทนต่อการใช้งานที่ต้องการได้ ในทางปฏิบัติมักจะออกแบบให้ผ้าผืนหนึ่งประกอบไปด้วยลักษณะการทับซ้อนและลอดใต้ที่มีรูปแบบและขนาดที่แน่นอน อยู่ซ้ำๆ กัน ลักษณะการทับซ้อนและลอดใต้นี้เรียกว่าลายทอ (weave repeat หรือมักเรียกว่า weave) ขนาดของลายทออาจมีตั้งแต่ 0.01 ตารางมิลลิเมตร ไปจนถึง 1,000,000 ตารางมิลลิเมตร ในกรณีที่ลายทอมีความซับซ้อนมากๆ

ลายทอพื้นฐานอาจแบ่งเป็น 3 ชนิด คือลายขัด (plain weave) ลายทแยง (twill/weave) และลายต่วน (satin/sateen weave) ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 2.11 ภาพที่แสดงนั้นอยู่ในลักษณะของกระดาษออกแบบ (design paper หรือ point paper) กระดาษออกแบบมีลักษณะ

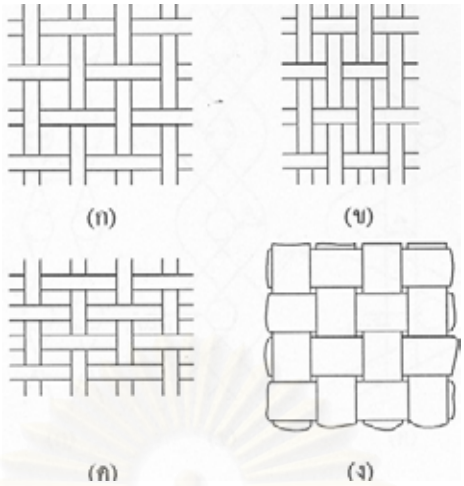
คล้ายกระดาษกราฟ โดยมีเส้นขนานวางตัวในแนวนอนและแนวตั้ง ช่องว่างระหว่างเส้นตั้งที่ขนานกันเป็นตัวแทนของด้ายยืน ส่วนช่องว่างระหว่างเส้นนอนที่ขนานกันแสดงด้ายพุ่ง ดังนั้นในแต่ละช่องสี่เหลี่ยมเป็นตัวแทนของจุดขัดสาน (interlacing point) ซึ่งด้ายยืนและด้ายพุ่งวางตัวทับซ้อนและลอดใต้ซึ่งกันและกัน ช่องสี่เหลี่ยมที่มีสีทึบ หรือมีการทำเครื่องหมาย แสดงให้เห็นถึงการที่ด้ายยืนวางตัวอยู่เหนือด้ายพุ่ง ส่วนช่องสี่เหลี่ยมว่างเปล่าแสดงถึงการที่ด้ายพุ่งวางตัวอยู่เหนือด้ายยืน



รูปที่ 2.11 ลายทอพื้นฐานทั้ง 3 ชนิด

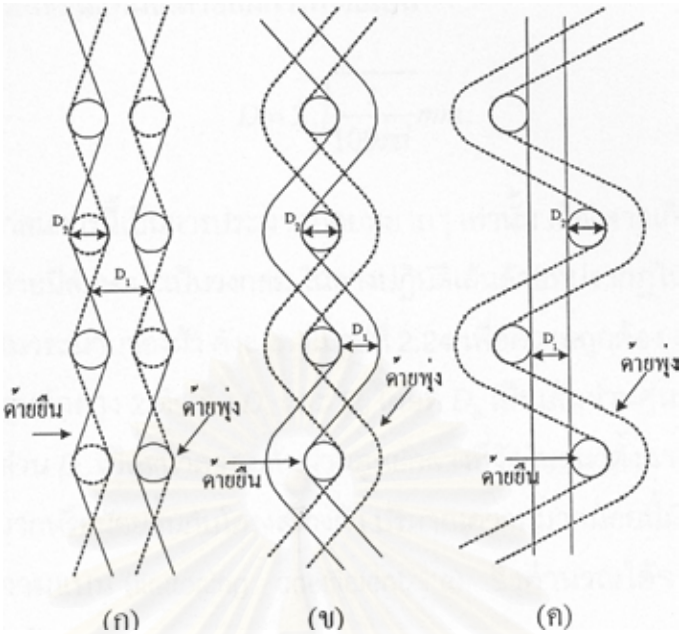
ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างลายทอพื้นฐานทั้งสามชนิดหากใช้ด้ายชนิดเดียวกันและมีความหนาแน่นของเส้นด้ายเท่ากัน (มีระยะห่างระหว่างเส้นด้ายแต่ละเส้นในผ้าทอเท่ากัน) ลายขัดจะให้ผ้าที่มีความแข็ง (stiffness) มากที่สุด ผ้าลายทแยงมีความแข็งในระดับปานกลาง ส่วนลายต่วนจะให้ผ้าที่มีความอ่อนนุ่มมากที่สุด ผ้าลายขัดจะมีลักษณะปรากฏเหมือนกันทั้งสองหน้า ผ้าลายทแยงจะมีลักษณะปรากฏบนด้านทั้งสองคล้ายกันแต่เป็นภาพสะท้อนซึ่งกันและกัน แต่ผ้าต่วนจะมีลักษณะปรากฏต่างกันในแต่ละหน้าโดยสิ้นเชิง ด้านหนึ่งจะมีด้ายยืนแทบทั้งหมด ส่วนอีกด้านหนึ่งจะมีด้ายพุ่งแทบทั้งหมด ผ้าทอที่ผลิตมากที่สุดคือผ้าทอลายขัด และในการพิจารณาผลของกระบวนการทอมักจะนิยมศึกษาการทอผ้าลายขัด ข้อสรุปที่ได้จากการศึกษาหลายข้อ เป็นจริงสำหรับลายทออื่นๆ ด้วยเช่นกัน

[9] การแสดงลายทอบนกระดาษออกแบบจะให้ข้อมูลที่จำกัดเกี่ยวกับโครงสร้างของผ้าทอ ในรูปที่ 2.13 แสดงโครงสร้างของผ้าทอลายขัดทั้ง 4 ลาย แต่มีลักษณะแตกต่างกันออกไป ขึ้นกับลักษณะของเส้นด้าย และการจัดวางตัวของเส้นด้ายนั่นเอง



รูปที่ 2.12 แผนภาพแสดงโครงสร้างลายขัดที่มีลักษณะต่างกัน

ผ้าที่แสดงในรูปที่ 2.12(ก) มีความหนาแน่นของเส้นด้ายเท่ากันทั้งด้ายยืนและด้ายพุ่ง โครงสร้างลักษณะนี้เรียกว่า square cloth ผ้าที่แสดงในรูปที่ 2.12(ข) มีความหนาแน่นของด้ายพุ่งเท่ากับผ้าในรูปที่ 2.12(ก) แต่มีความหนาแน่นของด้ายยืนเพิ่มขึ้น ผ้าในรูปที่ 2.12(ค) มีความหนาแน่นของด้ายยืนเท่ากับผ้ารูปที่ 2.12(ก) แต่มีความหนาแน่นของด้ายพุ่งเพิ่มขึ้น ผ้าในรูปที่ 2.12(ง) มีความหนาแน่นของด้ายยืนและด้ายพุ่งเท่ากับผ้าในรูปที่ 2.12(ก) แต่ด้ายที่ใช้เป็นด้ายยืนและด้ายพุ่งมีเส้นใหญ่กว่ามาก ผ้าทั้งสี่ประเภทที่แสดงนี้มีสมบัติเชิงเรขาคณิตและเชิงกลที่แตกต่างกัน อาจสรุปได้ว่านอกเหนือจากลายทอแล้ว จำเป็นจะต้องระบุความหนาแน่นของด้ายยืนและด้ายพุ่ง รวมทั้งความละเอียดของด้ายทั้ง 2 ชุดที่ใช้ด้วย อย่างไรก็ตามปริมาณเหล่านี้ยังไม่สามารถอธิบายโครงสร้างผ้าได้ทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 2.13 เมื่อโครงสร้างที่แตกต่างกันแสดงในภาพตัดขวางตามแนวด้ายยืน โครงสร้างทั้งสามนี้แสดงถึงผ้าตามรูปที่ 2.11(ก) และรูปที่ 2.13 แต่มีความแตกต่างของสมบัติเชิงเรขาคณิตและเชิงกล อันเนื่องมาจากความหยิกงอของด้ายยืนและด้ายพุ่งที่แตกต่างกัน ในรูปที่ 2.13(ก) ด้ายยืนและด้ายพุ่งมีความหยิกงอเท่ากัน ในขณะที่รูปที่ 2.13(ข) ด้ายยืนวางตัวในแนวเส้นตรงด้ายพุ่งเท่านั้นที่มีความหยิกงอ รูปที่ 2.13(ค) ด้ายพุ่งเส้นหนึ่งวางตัวในแนวเส้นตรง แต่ด้ายยืนจะวางตัวในแนวเส้นตรงสลับกับด้ายยืนซึ่งมีความหยิกงอ โครงสร้างที่แสดงนี้เป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างเต็มที่ แต่ในทางปฏิบัติ การกระจายความหยิกงอของด้ายยืนและด้ายพุ่งจะมักจะมีค่าอยู่ระหว่างปานกลางซึ่งกันและกัน



รูปที่ 2.13 ภาพตัดขวางของโครงสร้างผ้าลายขัด 3 ชนิด

จากการศึกษารูปที่ 2.12 และรูปที่ 2.13 เราสามารถสรุปพารามิเตอร์ของผ้าทอที่จำเป็นจะต้องระบุเพื่อให้การอธิบายโครงสร้างของผ้าสมบูรณ์ซึ่งได้แก่

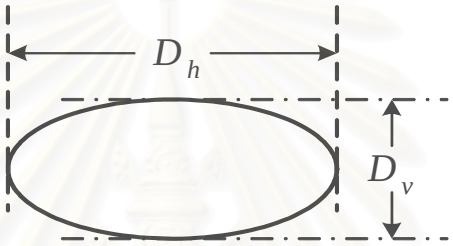
1 ลายทอ

2 ความหนาแน่นของด้ายยืนแต่ละเส้นจะเรียกว่า end และระบุความหนาแน่นของด้ายยืนในหน่วย เส้นด้ายยืนต่อเซนติเมตร (ends per centimeter, epc) ด้ายพุ่งแต่ละเส้นเรียกว่า picks และระบุความหนาแน่นของด้ายพุ่งในหน่วย เส้นด้ายพุ่งต่อเซนติเมตร

3 ความละเอียดของด้ายยืนและด้ายพุ่ง ในแง่ของโครงสร้างผ้า ความละเอียดของเส้นด้ายเป็นสมบัติเชิงเรขาคณิต รูปร่างของภาคตัดขวางของด้ายมักถูกสมมุติให้มีลักษณะเป็นวงกลม ทำให้ด้ายก็คือทรงกระบอกซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ D ในทางปฏิบัติ เป็นการยากที่จะวัดขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของด้ายโดยตรง แต่จะนิยมวัดในหน่วยของน้ำหนักต่อความยาวที่เรียกว่าหน่วยเท็กซ์ (tex, t) ซึ่งนิยามไว้ว่าเป็นน้ำหนักของด้ายความยาว 1,000 เมตร ความสัมพันธ์ระหว่างความละเอียดของเส้นด้ายในหน่วยเท็กซ์ และเส้นผ่านศูนย์กลางของด้าย จะขึ้นกับความหนาแน่นรวมโดยเฉลี่ย (mean bulk density, d) ของด้ายในหน่วยกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งสามารถเขียนแทนได้ด้วยสมการที่ ต่อไปนี้

$$D = 2\sqrt{\frac{t}{100\pi d}} mm \qquad (2.1)$$

จะต้องย้ำว่าสมการนี้เป็นการประมาณโดยหยาบๆ เท่านั้น เนื่องจากเกิดขึ้นจากการสมมุติว่าภาคหน้าตัดของด้ายมีลักษณะเป็นวงกลม ในทางปฏิบัติเส้นด้ายที่ปรากฏในผ้าผืนจะถูกทำให้เสียรูปแบนลงตามแนวระนาบของผ้า ดังแสดงในรูปที่ 2.14 เพื่อความถูกต้อง เราจะต้องคำนึงถึงขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ตัว คือ D_h และ D_v โดยที่ D_h เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางที่วัดในแนวระนาบเดียวกับผ้า ส่วน D_v เป็นขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางที่วัดในแนวตั้งฉากกับระนาบของผ้า เส้นด้ายจะแบนลงมากหรือน้อยขึ้นกับโครงสร้างผ้า ปริมาณความมากน้อยนี้มักจะกล่าวถึงในรูปของสัมประสิทธิ์ความแบน (flattening coefficient, e) ซึ่งคำนวณได้จาก D_v/D_h ค่าของสัมประสิทธิ์นี้จะมีค่าน้อยกว่า 1 เสมอ



รูปที่ 2.14 ภาคตัดขวางของด้ายที่ถูกทำให้แบนลง

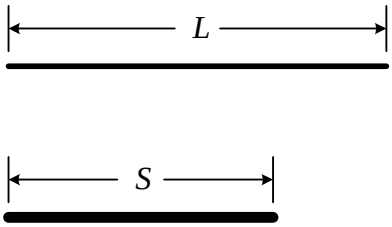
เมื่อค่าของ D สามารถหาได้จากสมการข้างต้นแล้ว เราสามารถประมาณค่าของ D_h และ D_v ได้จากสมการ

$$D_h = \frac{D}{\sqrt{e}} \qquad (2.2)$$

$$D_v = D\sqrt{e} \qquad (2.3)$$

ค่าของ D_v นั้นเกี่ยวข้องกับการคำนวณที่เกี่ยวเนื่องกับความหนาของผ้า และความหยิกงอของด้าย ส่วนค่า D_h เป็นค่าที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณการปกปิด และความโปร่งของผ้า

1) ก่อนที่จะทอเป็นผ้าผืน ทั้งด้ายยืนและด้ายพุ่งมีลักษณะเป็นเส้นตรง แต่เมื่อเกิดเป็นผ้าผืนแล้ว ด้ายทั้งสองชุดจะไม่สามารถคงลักษณะความเป็นเส้นตรงได้ เนื่องจากจะต้องมีการขัดสานซึ่งกันและกัน ทำให้ด้ายแต่ละเส้นเกิดการโค้งงอ ทำให้ในความยาวของผ้าผืนหนึ่งๆ จะมีความยาวของด้ายที่ใช้มากกว่า ลักษณะเช่นนี้เรียกว่าความหยิกงอ (crimp) ซึ่งเป็นการอธิบายความโค้งงอของด้ายในผ้าผืน ดังแสดงในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 ความยาวของด้ายก่อนทอ (L)และความยาวของผ้าผืน (S)

ความหยิกงอของด้ายยืนและด้ายพุ่ง นิยมวัดเป็นปริมาณความหยิกงอ (C) ซึ่งคำนวณได้จาก

$$C = \frac{L - S}{S} = \frac{L}{S} - 1 \qquad (2.4)$$

สูตรข้างต้นให้ค่าความหยิกงอในรูปทศนิยม ถ้านำค่านี้คูณด้วย 100 จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์ความหยิกงอ (crimp percentage) ซึ่งนิยมใช้มากกว่า

พารามิเตอร์ทั้ง 4 นี้ โดยรวมแล้วมีความเกี่ยวเนื่องกัน แต่เนื่องจากเราจะศึกษาเฉพาะลายขัด จึงจะอธิบายแต่พารามิเตอร์ 3 พารามิเตอร์หลัง ตัวอย่างเช่น หากความละเอียดของด้ายยืนและด้ายพุ่งคงที่ จะไม่มีค่าความหนาแน่นด้ายยืนและความหนาแน่นด้ายพุ่งที่น้อยที่สุด แต่จะมีความหนาแน่นเส้นด้ายที่มากที่สุด ซึ่งถูกกำหนดโดยความละเอียดของด้ายนั่นเอง ค่าขีดจำกัดบนนี้ก็มีความเกี่ยวเนื่องต่อไปเช่นกัน ความหนาแน่นด้ายพุ่งอาจเพิ่มขึ้นหากความหนาแน่นด้ายยืนลดลง หรือความหนาแน่นด้ายพุ่งอาจลดลงเมื่อความหนาแน่นด้ายยืนเพิ่มขึ้น

ส่วนความหยิกงอนั้น จะไม่มีค่าที่น้อยที่สุดสำหรับระบบเส้นด้ายหนึ่งๆ โครงสร้างที่แสดงในรูปที่ 2.11 แสดงให้เห็นว่าด้ายบางเส้นอาจอยู่ในแนวเส้นตรง ทำให้มีความหยิกงอเป็นศูนย์ สำหรับผ้าทอแล้ว ไม่มีทางเป็นไปได้ในการผลิตผ้าให้ความหยิกงอของด้ายทุกเส้นเป็นศูนย์ เนื่องจากความหยิกงอจะต้องเกิดขึ้นจากการขัดสาน การแลกเปลี่ยนความหยิกงอ (crimp interchange) ระหว่างด้ายทั้งสองชุดมีความเป็นไปได้ ค่าความหยิกงอสำหรับด้ายกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งจะมีค่ามากที่สุดเมื่อการแลกเปลี่ยนความหยิกงอเกิดขึ้นจนถึงจุดที่ด้ายอีกชุดหนึ่งมีความหยิกงอเป็นศูนย์ สำหรับโครงสร้างบางโครงสร้าง การแลกเปลี่ยนความหยิกงอจนถึงจุดดังกล่าวจะไม่สามารถเกิดขึ้นได้ ดังนั้นค่าความหยิกงอที่มากที่สุดสำหรับกลุ่มเส้นด้ายในเนื้อผ้าจะน้อยกว่าความหยิกงอที่สามารถเกิดได้จริงในเส้นด้าย

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวกับแบบจำลองทางคณิตสาสตร์ของผ้าทอ

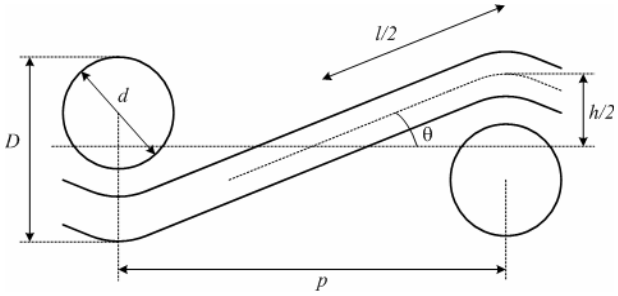
[10] ในปี ค.ศ. 1954 Love ได้พิจารณาว่าแบบจำลองของเพียซตั้งอยู่บนสมมติฐานที่พิจารณาพื้นที่หน้าตัดของเส้นด้ายที่มีรูปร่างเป็นวงกลม และเส้นด้ายไม่มีความต้านทานต่อการโค้งงอ ซึ่งพบว่าทำให้การทำนายสมบัติต่างๆ ไม่ถูกต้องตรงกับความเป็นจริง นอกจากนี้ยังได้แนะนำว่าความยากของการแก้ระบบสมการในแบบจำลองของเพียซซึ่งเป็นสมการแบบ non-linear ทำให้มีปัญหาต่อการใช้งานของแบบจำลอง

[11] ในปี ค.ศ. 1958 Kemp เป็นคนแรกที่ปรับปรุงแบบจำลองของเพียซ เพื่อสังเกตสมมติฐานของเพียซ ของเส้นด้ายที่มีพื้นที่หน้าตัดให้มีรูปแบบต่างๆ เนื่องจากในกระบวนการทอเส้นด้ายยืนที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นวงกลมจะถูกกดทับจากเส้นด้ายพุ่ง จึงทำให้พื้นที่หน้าตัดเปลี่ยนแปลงไปเป็นรูปแบบต่างๆ เช่น วงกลม วงรี สี่เหลี่ยมปลายมน และรูปเลนส์นูน

[12] ในปี ค.ศ. 2002 Jeon และคณะได้ทำการพัฒนาแบบจำลองของเพียซให้เข้าใจถึงโครงสร้างของเส้นด้ายและสมบัติเชิงกลต่างๆ นอกจากนี้ยังได้อ้างอิงถึงงานวิจัยของเพียซในปี ค.ศ.1937 ซึ่งได้พัฒนาแบบจำลองเป็นส่วนประกอบของเส้นด้ายที่เปลี่ยนแปลงได้ในภาคตัดขวางเป็นวงกลม ในแบบจำลองนี้อธิบายถึงจุดศูนย์กลางของเส้นด้าย จะเป็นตำแหน่งของรูปแบบการเชื่อมของเส้นโค้งและเส้นตรง ยังได้อ้างถึงข้อเสนอแนะจากหลายแบบจำลองซึ่งกำหนดตำแหน่งของเส้นด้ายในรูปแบบเส้นโค้งและเส้นตรงเท่านั้น หรือ race-track กับการแบนแผ่ออกของเส้นด้าย ในแบบจำลองนี้ยังสามารถอธิบายถึงลักษณะเฉพาะของโครงสร้างเส้นด้ายด้วยเช่นกัน และใช้ในการศึกษาแรงดึง (tensile force) การผ่อนคลายของผ้าผืน (fabric relaxation) และยังได้ศึกษาถึงการเปลี่ยนรูปร่างโครงสร้างของเส้นด้าย ตลอดจนพฤติกรรมความตึงของเส้นด้ายซึ่งขึ้นอยู่กับการผ่อนคลายของผ้าทอ

2.4.1 แบบจำลองของเพียซ

[13] Peirce's model เป็นแบบจำลองเชิงเรขาคณิตของผ้าทอลายขัด ดังแสดงในรูปที่ 2.16 เป็นข้อสมมุติฐานที่พิจารณาพื้นที่หน้าตัดของเส้นด้ายที่มีรูปร่างเป็นวงกลม และอยู่บนสมมุติฐานที่ว่าเส้นด้ายไม่มีความต้านทานต่อการโค้งงอ ดังสมการ 2.5 และ 2.6



รูปที่ 2.16 แบบจำลองเรขาคณิตของผ้าทอตามแบบจำลองของเพียซ

$$p = (l - D\theta)\cos(\theta) + D\sin(\theta) \quad (2.5)$$

$$h = (l - D\theta)\sin(\theta) + D(l - \cos(\theta)) \quad (2.6)$$

เมื่อ l คือความยาวของแกนด้ายระหว่างด้ายสองเส้นที่ขวางอยู่

h คือระยะที่มากที่สุดของแกนด้ายถึงแนวระนาบผ้า

p คือระยะระหว่างด้ายที่อยู่ติดกัน

θ คือมุมที่มากที่สุดของแกนด้ายทำกับแนวระนาบผ้า

d เส้นผ่านศูนย์กลางของด้าย

D ความหนาของผ้าผืน

2.4.2 น้ำหนักผ้าต่อหน่วยพื้นที่

[14] ในระบบอังกฤษน้ำหนักของผ้าวัดเป็นออนซ์ต่อตารางหลา (ounces per square yard) แต่ในระบบสากล (SI Unit) วัดเป็นกรัมต่อตารางเมตร (grams per square meter) หรือมีคำเรียกเฉพาะว่า areal density การหาน้ำหนักในห้องทดสอบทำได้โดยตัดผ้าขนาด 10 ซม.×10 ซม. แล้วชั่งหาน้ำหนักเป็นกรัมและคูณน้ำหนักที่ได้ด้วย 100 ก็จะได้ areal density หากต้องการหาเฉพาะค่า areal density ก็ไม่จำเป็นต้องหาเบอร์ด้ายยืนและเบอร์ด้ายพุ่ง เปอร์เซ็นต์การงอตัว หรือค่าอื่นๆ อย่างไรก็ตามการแสดงการคำนวณน้ำหนักก็มีความจำเป็น

$$\text{Mass of warp per square meter} = \frac{\text{ends/m}}{100} \times \frac{(100 + \text{crimp\%})}{1000} \times \text{Linear density (tex)} \quad (2.7)$$

$$\text{Mass of warp per square meter} = \frac{\text{picks/m}}{100} \times \frac{(100 + \text{crimp\%})}{1000} \times \text{Linear density (tex)} \quad (2.8)$$

จากสูตรถ้าเราใช้ ends/cm แทน ends/m เราก็ไม่ต้องใช้ 100 หารที่ใต้สมการ 100+crimp% ดังนั้น Areal density ก็จะเป็น

$$\{[ends/cm.\times(100+crimp\%)\times tex]+[picks/cm.\times(100+crimp\%)\times tex]\}\times 10^{-3} \quad (2.9)$$

ค่า areal density เป็น g/m^2 แต่บางครั้งเราก็จะใช้เป็น oz/yd^2 จึงมีการเปรียบเทียบดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 2.1 การแปลงค่า g/m^2 เป็น oz/yd^2

g/m^2	oz/yd^2	g/m^2	Oz/yd^2
50	1.47	550	16.22
100	2.95	600	17.70
150	4.42	650	19.17
200	5.90	700	20.64
250	7.37	750	22.12
300	8.85	800	23.59
350	10.32	850	25.07
400	1.80	900	26.54
450	13.27	950	28.02
500	14.74	1000	29.49

สูตรการแปลงค่าคือ $g/m^2\times 0.0295=oz/yd^2$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 การแปลงค่า oz/yd^2 เป็น g/m^2

oz/yd^2	g/m^2	oz/yd^2	g/m^2
1	33.91	16	542.49
2	67.81	17	576.40
3	101.72	18	610.30
4	135.62	19	644.21
5	169.53	20	678.11
6	203.43	21	712.02
7	237.34	22	745.92
8	271.25	23	779.83
9	305.15	24	813.74
10	339.06	25	847.64
11	372.69	26	881.55
12	406.87	27	915.45
13	440.77	28	949.36
14	474.68	29	983.27
15	508.59	30	1017.17

สูตรการแปลงค่าคือ $oz/yd^2 \times 33.9057 = g/m^2$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4.3 การปกปิดของผ้า

<u>การปกปิดของเส้นด้ายยืน</u>

พิจารณาผ้าชิ้นหนึ่งขนาด 1cm.×1cm.

เมื่อ n_1 = จำนวนเส้นด้ายยืนต่อหน่วยความยาว

D_1 = เส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นด้ายยืน

ในพื้นที่ของเส้นยืนที่เห็นในระบบ $= d_1 \times 1 \times n_1$

$= n_1 d_1$

พื้นที่ของผ้า $= 1 \times 1$

$= 1$

ดังนั้น Warp Fractional Cover, k_1 = พื้นที่ของเส้นยืน/พื้นที่ของผ้า

$$= \frac{n_1 \times d_1}{1}$$

$$= n_1 d_1 \qquad (2.10)$$

<u>การปกปิดของเส้นด้ายพุ่ง</u>

ในทำนองเดียวกัน

$$\text{Weft Fractional Cover}, k_2 = n_2 d_2 \qquad (2.11)$$

เมื่อ n_2 = จำนวนเส้นพุ่งต่อหน่วยความยาว

D_2 = เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นด้ายพุ่ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>การปกปิดของผ้าโดยรวม</u>

พื้นที่ปกคลุมโดยเส้นด้ายยืนและพุ่ง

$$= n_1d_1 + n_2d_2 - \text{area of intersection}$$

$$= n_1d_1 + n_2d_2 - (n_1 \times n_2)\,(d_1 \times d_2)$$

$$= n_1d_1 + n_2d_2 - (n_1d_1)\,(n_2d_2)$$

$$= k_1 + k_2 - k_1k_2 \qquad (2.12)$$

ดังนั้น Fabric Fractional Cover, k_f = พื้นที่ปกคลุมโดยเส้นยืนและเส้นพุ่ง/พื้นที่ของผ้า

$$= \frac{k_1 + k_2 - k_1k_2}{1}$$

$$= k_1k_2 - k_1k_2 \qquad (2.13)$$

เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นด้ายโดยประมาณ

$$d(\text{cm}) = \frac{4\sqrt{\text{Tex}}}{1000}$$

$$\sqrt{\text{Tex}} = \frac{100d}{4}$$

$$\text{Tex} = \left(\frac{100d}{4}\right)^2 \qquad (2.14)$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การทดลอง

3.1 การทดสอบโครงสร้างของผ้าทอ

3.1.1 การทดสอบความหยิกงอของเส้นด้าย

วัสดุอุปกรณ์

1) Shirley crimp tester

2) กรรไกร

3) ไม้บรรทัด

4) ผ้าที่ต้องการทดสอบ

วิธีการทดสอบ

1) ตัดชิ้นทดสอบนาด 20 ซม. x 20 ซม. จำนวน 2 ชิ้นแล้วทำการเลาะเส้นด้ายยืนและพุ่งออกจากผ้าที่ต้องการทดสอบด้านละ 10 เส้น

2) วางเครื่องทดสอบบนโต๊ะให้ได้ระดับ

3) ปรับ sliding weight

4) ค่อย ๆ ใส่เส้นด้ายในที่หนีบ (clamp) ใน balancing head

5) ดึง sliding grip ให้มีความยาวน้อยกว่า ความยาวของเส้นด้ายให้ปลายของเส้นด้ายอยู่ในที่หนีบติดขอบพอดี

6) ค่อยๆ ดึง sliding grip ไปทางขวามือ แล้วคอยถูกกระจกจนกระทั่งเครื่องหมายตรงกัน

7) อ่านความยาวของเส้นด้ายบนสเกลบันทึกผล

3.1.2 การทดสอบความหนาของผ้าทอ

วัสดุอุปกรณ์

1) ผ้าที่ต้องการทดสอบ

2) Thickness tester

3) Interchangeable presser-feet

4) Means for moving the presser-foot

5) Gauge

6) นาฬิกาจับเวลา

วิธีการทดสอบ

1) ทำความสะอาด interchangeable presser-feet พร้อมทั้งตรวจสอบดูว่าเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระหรือไม่

2) ทำความสะอาด reference plate

3) ปรับ thickness gauge ให้อยู่ตรงที่เลขศูนย์

4)วางชิ้นผ้าที่ทำการทดสอบบน reference plate โดยจะต้องให้บริเวณที่จะทำการทดสอบเรียบมากที่สุด เพราะถ้ามีรอยยับจะทำให้ได้ผลที่ผิดพลาด

5) ค่อยๆ กด presser-foot ให้มากดทับบนผ้าใช้เวลา 30 วินาที ในการวัดนั้นใน 20% ของเวลา 30 วินาทีนั้น เข็มของ gauge จะต้องอยู่คงที่ตลอดถือว่าค่าที่วัดได้เป็นค่าที่ถูกต้องบันทึกผล

6) ทำการวัดความหนาของผ้าทั้งหมด 10 จุด โดยไม่ให้ซ้ำที่เดิม

7) นำค่าทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ย

8) ถ้าค่าที่วัดได้ เกิน 0.1 mm. จะต้องมีความเที่ยงตรง 1%

9) ถ้าค่าที่วัดได้ไม่เกิน 0.1 mm. จะมีค่าใกล้เคียงกับ 0.001 mm.

รูปที่ 3.1 เครื่องทดสอบความหนาของผ้าทอ

3.1.3 การทดสอบหาจำนวนเส้นด้ายต่อหน่วยความยาวในผ้าทอ

วัสดุอุปกรณ์

1) ผ้าทอลายขัดที่ต้องการทดสอบ

2) แว่นขยายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว หรือ Traversing Thread Counter

3) เหล็กปลายแหลมหรือเข็มสำหรับนับเส้นด้าย

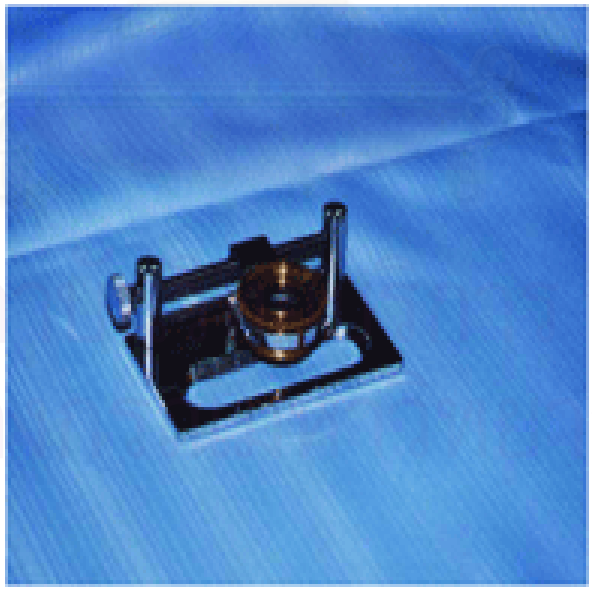
4) ไม้บรรทัดเหล็กความยาว 30 เซนติเมตร

วิธีการทดสอบ

1) ใช้ไม้บรรทัดวัดระยะความยาว 1 นิ้ว โดยทำการวัดทางด้านเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งด้านละ 3 ตำแหน่งที่แตกต่างกันในลักษณะการสุ่มตัวอย่าง

2)ทางด้านเส้นด้ายยืนทำการวางแว่นขยาย บนตำแหน่งแรกเพื่อทำการนับจำนวนเส้นด้ายต่อหน่วยความยาว (1นิ้ว) ทำการบันทึกค่าที่ได้ลงในตารางบันทึกผลการทดสอบ หลังจากนั้นทำการนับจำนวนเส้นด้ายในตำแหน่งที่ 2 และตำแหน่งที่ 3 ต่อไป

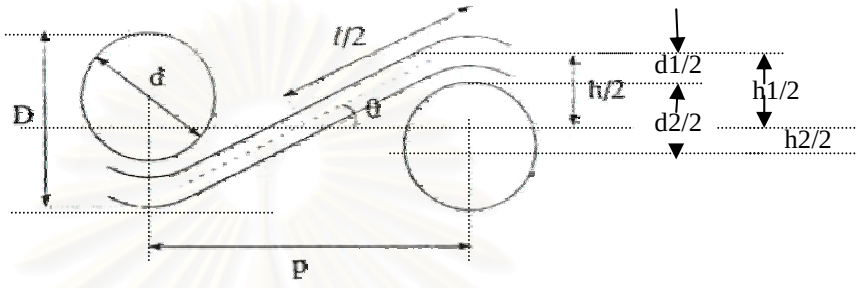
3) ทำการนับจำนวนเส้นด้ายพุ่งต่อหน่วยความยาว (1 นิ้ว) ตามวิธีในข้อ 2 แล้วบันทึกค่าที่ได้ลงในตารางบันทึกผลการทดสอบ



รูปที่ 3.2 แสดงวิธีการทดสอบความหนาของผ้า

3.2 แบบจำลองคณิตศาสตร์ของผ้าทอ

เนื่องจาก Peirce's model เป็นแบบจำลองเชิงเรขาคณิตของผ้าทอลายขัด ดังแสดงในรูปที่ 3.3 เป็นข้อสมมุติฐานที่พิจารณาพื้นที่หน้าตัดของเส้นด้ายที่มีรูปร่างเป็นวงกลม และอยู่บนสมมุติฐานที่ว่าเส้นด้ายไม่มีความต้านทานต่อการโค้งงอ ดังสมการ 3.1 และ 3.2

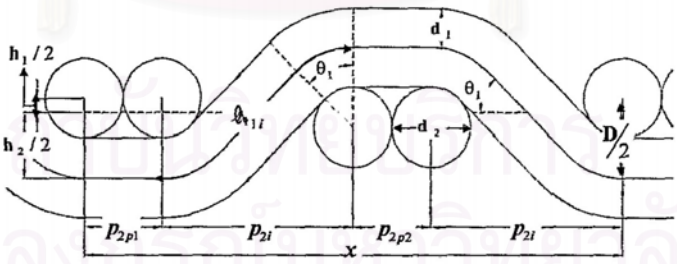


รูปที่ 3.3 แบบจำลองของ Peirce ซึ่งถูกปรับปรุงโดย Love แสดงผ้าทอลายขัดหนึ่งหน่วยซ้ำ

$$p = (l - D\theta)\cos\theta + D\sin\theta \tag{3.1}$$

$$h = (l - D)\sin\theta + D(l - \cos\theta) \tag{3.2}$$

จากสมการเบื้องต้นของ Peirce สามารถพัฒนาแบบจำลองเพื่อนำไปสู่การคำนวณหาความหยิกงอและความหนาของผ้าทอ ได้โดยอาศัยพารามิเตอร์เหล่านี้



รูปที่ 3.4 แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นบนพื้นฐานแบบจำลองของเพียซ

จากรูปที่ 3.4 สามารถกำหนดสมการขึ้นโดยอาศัยพารามิเตอร์ต่างๆ ของผ้าทอในหนึ่งหน่วยซ้ำ จากสมการที่กำหนดขึ้นนี้ยังไม่สามารถหาคำตอบของระบบสมการได้เนื่องจาก มีสมการทั้งหมด 12 สมการ 28 ตัวแปรและมีตัวแปรที่ยังไม่ทราบค่าอีก 12 ตัวแปร ดังนั้นจากพารามิเตอร์

ของการทอจึงได้ค่าอีก 6 ตัวแปรจากการทดสอบคือ ความหนาแน่นของเส้นด้ายยืน ความหนาแน่นของเส้นด้ายพุ่ง เบอร์ด้ายยืน เบอร์ด้ายพุ่ง ความหยิกงอเส้นด้ายยืน ความหยิกงอเส้นด้ายพุ่ง และนอกจากนี้แล้วยังมีอีก 6 ตัวแปรที่ต้องการหาซึ่งพิจารณาจากจุดขัดสานกันของผ้าทออีก 6 ตัวแปรคือ ในผ้าทอลายขัดกำหนดให้ u_1=1, u_2=1, v_1=1, v_2=1, w_1=1, w_2=1 ในผ้าทอลายทแยง u_1=1, u_2=2, v_1=2, v_2=2, w_1=1, w_2=2 และในผ้าทอลายต่วน u_1=3, u_2=3, v_1=1, v_2=1, w_1=3, w_2=3, จากตัวแปรเหล่านี้ก็สามารถแก้ระบบสมการดังต่อไปนี้

$$x = p_{2p1} + v_2 \times p_{2i} + p_{2p2}$$

$$y = p_{1p1} + v_1 \times p_{1i} + p_{1p2}$$

$$l_1 = p_{2p1} + v_1 \times l_{2i} + p_{1p2}$$

$$l_2 = p_{1p1} + v_2 \times l_{2i} + p_{1p2}$$

$$p_{2i} = (l_{1i} - D\theta_1)\cos\theta_1 + D\sin\theta_1$$

$$p_{1i} = (l_{2i} - D\theta_2)\cos\theta_2 + D\sin\theta_2$$

$$p_{1p1} = (u_2 - 1)d_1$$

$$p_{1p2} = (w_2 - 1)d_1$$

$$p_{2p1} = (u_1 - 1)d_2$$

$$p_{2p2} = (w_2 - 1)d_2$$

$$h_1 = (l_{1i} - D\theta_1)\sin\theta_1 + D(1 - \cos\theta_1)$$

$$h_2 = (l_{2i} - D\theta_2)\sin\theta_2 + D(1 - \sin\theta_2)$$

เมื่อ h_1 คือ thread amplitude ของเส้นด้ายยืน
หรือความสูงของความหยิกงอของด้ายยืน (warp crimp height)

h_2 คือ thread amplitude ของเส้นด้ายพุ่ง
หรือความสูงของความหยิกงอของด้ายพุ่ง (weft crimp height)

p_1 คือ ช่องว่างระหว่างด้ายยืน (warp spacing)

p_2 คือ ช่องว่างระหว่างด้ายพุ่ง (weft spacing)

θ_1 คือ มุมของการทอด้ายยืน (warp weave angle)

θ_2 คือ มุมของการทอด้ายพุ่ง (weft weave angle)

d_1 คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของด้ายยืน

d_2 คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของด้ายพุ่ง

c_1 คือ ความหยิกงอของเส้นด้ายยืน

c_2 คือ ความหยิกงอของเส้นด้ายพุ่ง

l_1 คือ ความยาวของด้ายยืน

l_2 คือ ความยาวของด้ายพุ่ง

u_1 คือ จำนวนจุดลอยของการขัดสานเส้นด้ายยืน

u_2 คือ จำนวนจุดลอยของการขัดสานเส้นด้ายพุ่ง

v_1 คือ จำนวนจุดข้ามของการขัดสานเส้นด้ายยืน

v_2 คือ จำนวนจุดข้ามของการขัดสานเส้นด้ายพุ่ง

w_1 คือ จำนวนจุดลอดของการขัดสานเส้นด้ายยืน

w_2 คือ จำนวนจุดลอดของการขัดสานเส้นด้ายพุ่ง

D คือ ผลรวมของเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นด้าย

ค่า D สามารถเขียนแทนได้ด้วยสมการ ต่อไปนี้

$$D = d_1 + d_2 = h_1 + h_2 \tag{3.3}$$

เมื่อกำหนดให้ d_1 และ d_2 เป็นเบอร์ด้ายฝ้ายในระบบอังกฤษ จะได้สมการคือ

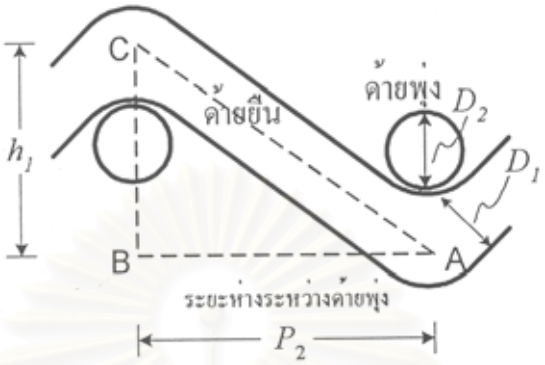
$$d_1 = \frac{1}{k\sqrt{N_1}}$$

$$d_2 = \frac{1}{k\sqrt{N_2}}$$

เมื่อ k คือค่าปรับแก้ (ค่าเปลี่ยนไปตามเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นด้าย)

สมการเหล่านี้ถูกนำเข้ามาใช้เพื่ออธิบายการเกี่ยวกันของเส้นด้าย เส้นด้ายชุดหนึ่ง คือ ด้ายยืนและ อีกชุดคือด้ายพุ่ง โดยแบบจำลองนี้มีประโยชน์อย่างมากสำหรับหาความสามารถในการทอของโครงสร้างผ้าผืนโดยเฉพาะ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์สถานะที่เส้นด้ายจัดเรียงตัวกันได้สูงสุด (maximum yarn packing) อาจจะใช้ความหนาแน่นของเส้นด้าย (yarn density) และ Peirce's model ช่วยในการหา

การศึกษาการกระจายความหยิกงอสามารถทำได้โดยใช้แบบจำลองเชิงเรขาคณิตดังแสดงใน รูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แบบจำลองเชิงเรขาคณิตของผ้าผืน

h_1 คือความสูงของความหยิกงอ หรือเรียกว่าความสูงมอดูลาร์ของด้ายยืน (warp modular height) ในแบบจำลองนี้ เราสมมุติให้แนวด้ายยืนมีลักษณะเป็นเส้นตรง โดยอาศัยนิยามของความหยิกงอในผ้าผืน ความยาวมอดูลาร์ของด้ายยืน (ความยาวในหนึ่งหน่วย) ประมาณได้เป็น

$$\overline{AC} = P_2(1+C_1) \tag{3.4}$$

โดยทฤษฎีบทของพิธากอรัส สามารถคำนวณได้ว่า

$$h_1 = \sqrt{\overline{AC}^2 - P_2^{\,2}} = \sqrt{P_2^{\,2}(1+C_1)^2 - P_2^{\,2}} \tag{3.5}$$

นั่นคือ

$$h_1 = P_2\sqrt{(1+C_1)^2 - 1} \tag{3.6}$$

เช่นเดียวกับในทิศทางของด้ายพุ่งพบว่า

$$h_2 = P_1\sqrt{(1+C_2)^2 - 1} \tag{3.7}$$

$$P_1\sqrt{(1+C_2)^2 - 1} + P_2\sqrt{(1+C_1)^2 - 1} = D_1 + D_2 \tag{3.8}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความหยิกงอของด้ายยืนและด้ายพุ่ง นิยมวัดเป็นปริมาณความหยิกงอ (c) ซึ่งคำนวณได้จาก

$$c_1 = \frac{\theta_1^2}{2} \quad (3.9)$$

$$\theta_1 = \sqrt{2c_1} \quad (3.10)$$

เพราะฉะนั้น

$$\theta_2 = \sqrt{2c_2} \quad (3.11)$$

ส่วนค่า thread amplitude (h) ของเส้นด้ายยืนและด้ายพุ่งนั้นมีค่าดังสมการที่ (3.12) และ (3.13) ตามลำดับ

$$h_1 = \frac{4}{3}P_2\sqrt{c_1} \quad (3.12)$$

$$h_2 = \frac{4}{3}P_1\sqrt{c_2} \quad (3.13)$$

3.2.1 คำนวณหาความหยิกงอของเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่ง

จะเห็นได้ว่าการขัดสานกันของเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่ง ทำให้เส้นด้ายเหล่านี้มีลักษณะเป็นคลื่น ระนาบของคลื่นจะตั้งฉากกับระนาบของผ้า การเป็นคลื่นเรียกว่า “Crimp” และถูกแสดงเป็นปริมาณในรูปเศษส่วน (Fraction, C) หรือเป็นเปอร์เซ็นต์ (Percentage, c per cent)

ค่าของ Crimp อาจแทนในเชิงปริมาณเป็นเศษส่วนหรือเปอร์เซ็นต์ จากการแก้ระบบสมการข้างต้น เมื่อนำค่าที่คำนวณได้มาแทนในสมการคำนวณหาความหยิกงอก็ทำให้สามารถหาคำตอบได้ สมการหาความหยิกงอดังแสดงในสมการที่ 3.14

$$\text{Crimp} = \frac{\left(l_{1i} - p_{2i}\right)}{P_{2i}}$$

$$\%\text{Crimp} = \frac{\left(l_{1i} - p_{2i}\right)}{P_{2i}} \times 100 \quad (3.14)$$

เมื่อ l_{1i} คือความยาวของผ้า

p_{2i} คือความยาวของเส้นด้ายที่ไม่ลื่นไถล

3.2.2 การคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นด้าย

อัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นด้ายและช่องว่างเส้นด้าย (yarn diameter/yarn spacing, d/p ดังในรูปที่ 3.4) บ่งบอกระดับการติดกันของชุดเส้นด้ายที่ขนานกัน เช่น เส้นด้ายยืนหรือเส้นด้ายพุ่งในผ้าทอ ความใกล้ชิดกันของเส้นด้ายมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติของผ้า เช่นความแน่น การทิ้งตัว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องคำนวณหาอัตราส่วน d/p นี้สำหรับเส้นด้ายยืนและด้ายพุ่งในผ้าทอ อย่างไรก็ตามก่อนที่จะคำนวณหาอัตราส่วน อันนี้เราต้องทราบเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นด้ายและระยะช่องว่างของเส้นด้าย (yarn spacing)

ถ้าทราบจำนวนเส้นด้ายต่อนิ้ว (n) มันเป็นการง่ายที่จะหาช่องว่างเส้นด้าย (p) เพราะว่าขนาดของช่องว่างเป็นส่วนกลับของจำนวนเส้นด้ายต่อนิ้ว นั่นคือ p=1/n การหาค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นด้ายมีหลายวิธี ซึ่งอาจจะแบ่งเป็นวิธีที่หาเมื่อเส้นด้ายอยู่ภายใต้การกดหรือวิธีที่หาเมื่อเส้นด้ายไม่อยู่ในสภาวะถูกกดทับ เส้นผ่านศูนย์กลางที่ไม่อยู่ภายใต้สภาวะถูกกดทับ (เส้นผ่านศูนย์กลางที่อิสระ) บางทีจะเป็นคุณสมบัติเบื้องต้นมากกว่า แต่เส้นผ่านศูนย์กลางที่อยู่ภายใต้สภาวะถูกกดทับจะมีประโยชน์สำหรับการศึกษาเรขาคณิตของโครงสร้างผ้า

ตัวอย่างการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใต้สภาวะการกดทับ เช่น โดยการพันเส้นด้ายรอบแท่งทรงกระบอกโดยให้เส้นด้ายแต่ละรอบชิดกัน ดังนั้นส่วนกลับของจำนวนรอบต่อนิ้วก็คือค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นด้ายเป็นนิ้ว อย่างไรก็ตามผลที่ได้ขึ้นอยู่กับความตึงที่ใช้ขณะพัน มุมที่เส้นด้ายพันบนทรงกระบอก และการกดทับของเส้นด้าย

สำหรับการหาขนาดความโตภายใต้สภาวะไม่ถูกกดทับอาจจะทำได้โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ โดยกล้องเหล่านั้น มีช่องบอกค่าขนาดความโตของเส้นด้ายและเมื่อทราบกำลังขยายที่แท้จริงก็สามารถบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นด้ายได้

อย่างไรก็ตามเพื่อจุดประสงค์ของการศึกษาโครงสร้างผ้า ซึ่งในงานวิจัยนี้ก็ได้ใช้วิธีคำนวณค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นด้ายโดยใช้เบอร์ด้ายเป็นพื้นฐาน

สมการของ Peirce เมื่อทำการทดลองกับเส้นด้ายฝ้ายตีเกลียวและสรุปว่าปริมาตรจำเพาะของเส้นด้ายฝ้ายเป็น 1.1 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม (g/cm^3) ความหนาแน่นของเส้นใยฝ้าย

ประมาณ 1.52 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (g/cm^3) ดังนั้นปริมาตรจำเพาะของเส้นใยฝ้ายคือ 1/1.52 หรือ 0.658 cm^3/g ดังนั้นปริมาตรจำเพาะ 1.1 ตรงกับเส้นด้ายที่ประกอบด้วย (0.658/1.1) x 100% หรือหมายความว่าในเส้นด้ายนั้น ประมาณ 60% เป็นเส้นใย ส่วนที่เหลือ 40% เป็นช่องว่างอากาศ

การสมมุติให้ปริมาณจำเพาะเท่ากับ 1.1 ทำให้ในการทดลองนี้ได้สูตรสำหรับการหาค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นด้าย

จะเห็นว่าสมการนี้ได้พยายามทำให้ไม่ต้องเปลี่ยนแปลงค่าคงที่สำหรับเส้นใยและเส้นด้ายที่ต่างกัน สมการนี้สมารถใช้ในการหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นด้ายในเบื้องต้นของเบอร์ด้ายฝ้าย

$$d = \frac{1}{28\sqrt{N}} \tag{3.15}$$

เมื่อใช้สูตรของ Peirce เพื่อหาค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นด้ายในระบบเบอร์ด้ายอื่นที่ไม่ใช่ฝ้าย จำเป็นต้องแปลงเบอร์ด้ายให้เป็นเบอร์ด้ายฝ้ายก่อน

ปกติแล้วเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นด้ายมีค่าเป็นเศษส่วนของหนึ่งนิ้ว และมันจะเป็นการง่ายกว่าที่จะบอกว่า ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเป็น mils ซึ่งเท่ากับ 1/1000 นิ้ว ดังนั้นสมการที่ใช้ในการคำนวณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นด้ายจึงกลายเป็น

$$d = \frac{1}{28\sqrt{N}} \tag{3.16}$$

$$d = \frac{36}{\sqrt{N}} \tag{3.17}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดสอบสมบัติเชิงโครงสร้างของผ้าทอ

4.1.1 ผลการทดสอบความหยิกงอของเส้นด้าย

การทดสอบหาความหยิกงอของเส้นด้ายในผืนผ้า ซึ่งได้ทำการอธิบายวิธีการทดสอบไว้ในหัวข้อ 3.1.1 แล้วนั้น ผลการทดสอบได้แบ่งออกตามชนิดของลายการทอและชนิดของเส้นใยในผ้าทอ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.1, 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบความหยิกงอของเส้นด้ายในผ้าทอลายขัด

ชนิดของผ้า	ความหยิกงอ	เปอร์เซ็นความหยิกงอ
ผ้าฝ้าย		
เส้นยืน	0.0425	4.25
เส้นพุ่ง	0.0545	5.45
ผ้า T/C		
เส้นยืน	0.0445	4.45
เส้นพุ่ง	0.0640	6.40
ผ้าพอลิเอสเตอร์		
เส้นยืน	0.0325	3.25
เส้นพุ่ง	0.0597	5.97

จากผลการทดสอบหาความหยิกงอของเส้นด้ายในผืนผ้า ค่าความหยิกงอของเส้นด้ายพุ่งมีความหยิกงอมากกว่าความหยิกงอของเส้นด้ายยืน โดยการวัดจากการนำผ้าทอจริงไปทำการทดสอบ เพื่อนำค่าที่ได้จากการทดสอบนี้ไปเปรียบเทียบกับผลการทดลองจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ต่อไป

เนื่องจากในผ้าทอลายขัดมีจุดขัดสานกันค่อนข้างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับผ้าทอจากชนิดลายทออื่นๆ จึงทำให้เปอร์เซ็นความหยิกงอของผ้าทอลายขัดมีค่ามากตามไปด้วย

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบความหยิกงอของเส้นด้ายในผ้าทอลายทแยง 2/1

ชนิดของผ้า	ความหยิกงอ	เปอร์เซ็นความหยิกงอ
ผ้าฝ้าย		
เส้นยืน	0.0870	8.700
เส้นพุ่ง	0.0427	4.275
ผ้า T/C		
เส้นยืน	0.136	13.600
เส้นพุ่ง	0.0710	7.100
ผ้าพอลิเอสเตอร์		
เส้นยืน	0.1012	0.120
เส้นพุ่ง	0.0504	5.040

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบความหยิกงอของเส้นด้ายในผ้าทอลายต่วน

ชนิดของผ้า	ความหยิกงอ	เปอร์เซ็นความหยิกงอ
ผ้าฝ้าย		
เส้นยืน	0.0080	0.805
เส้นพุ่ง	0.0120	1.204
ผ้า T/C		
เส้นยืน	0.0070	0.703
เส้นพุ่ง	0.0101	1.014
ผ้าพอลิเอสเตอร์		
เส้นยืน	0.0070	0.700
เส้นพุ่ง	0.0167	1.675

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.2 ผลการทดสอบความหนาของผ้า

การทดสอบหาความหนาของผ้า ซึ่งได้ทำการอธิบายวิธีการทดสอบไว้ในหัวข้อ 3.1.2 แล้วนั้น ผลการทดสอบได้แบ่งออกตามชนิดภาวะของการทดสอบ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.4, 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบความหนาของผ้า (ภาวะแห้ง)

ครั้งที่	ความหนาของผ้า (เซนติเมตร)								
	ผ้าทอลายขัดเส้นใยฝ้าย	ผ้าทอลายขัดเส้นใยผสม (T/C)	ผ้าทอลายขัดเส้นใยพอลิเอสเตอร์	ผ้าทอลายทแยงเส้นใยฝ้าย	ผ้าทอลายทแยงเส้นใยผสม (T/C)	ผ้าทอลายทแยงเส้นใยพอลิเอสเตอร์	ผ้าทอลายต่วนเส้นใยฝ้าย	ผ้าทอลายต่วนเส้นใยผสม (T/C)	ผ้าทอลายต่วนเส้นใยผสมพอลิเอสเตอร์
1	0.021	0.029	0.033	0.036	0.044	0.047	0.015	0.016	0.017
2	0.020	0.030	0.034	0.037	0.045	0.047	0.015	0.017	0.017
3	0.022	0.031	0.031	0.037	0.044	0.048	0.014	0.017	0.018
4	0.021	0.029	0.034	0.039	0.045	0.048	0.015	0.017	0.017
5	0.019	0.030	0.034	0.038	0.044	0.047	0.014	0.016	0.018
6	0.019	0.029	0.032	0.039	0.043	0.048	0.014	0.016	0.018
7	0.020	0.028	0.034	0.038	0.046	0.048	0.014	0.016	0.017
8	0.021	0.029	0.034	0.038	0.045	0.047	0.015	0.016	0.017
9	0.020	0.030	0.034	0.038	0.044	0.047	0.015	0.017	0.017
10	0.021	0.031	0.035	0.037	0.045	0.048	0.014	0.017	0.017
ค่าเฉลี่ย	0.0204	0.0296	0.0335	0.0377	0.0445	0.0475	0.0145	0.0165	0.0173

ผลการทดสอบหาความหนาของผ้าทอในตารางที่ 4.4 ผ้าก่อนที่ทำการทดสอบจะเก็บอยู่ในห้องควบคุมความชื้น และอุณหภูมิ $\pm$ 2°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมงเพื่อให้ผ้ามีการผ่อนคลายตัวมากที่สุด ซึ่งจะทำให้ผลการทดลองมีความถูกต้องมากที่สุด

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบความหนาของผ้า (ภาวะเปียก)

ครั้งที่	ความหนาของผ้า (เซนติเมตร)								
	ผ้าทอลายขัดเส้นใยฝ้าย	ผ้าทอลายขัดเส้นใยผสม (T/C)	ผ้าทอลายขัดเส้นใยพอลิเอสเตอร์	ผ้าทอลายทแยงเส้นใยฝ้าย	ผ้าทอลายทแยงเส้นใยผสม (T/C)	ผ้าทอลายทแยงเส้นใยพอลิเอสเตอร์	ผ้าทอลายต่วนเส้นใยฝ้าย	ผ้าทอลายต่วนเส้นใยผสม (T/C)	ผ้าทอลายต่วนเส้นใยผสมพอลิเอสเตอร์
1	0.021	0.030	0.034	0.046	0.044	0.048	0.015	0.017	0.018
2	0.022	0.030	0.033	0.045	0.045	0.048	0.015	0.016	0.017
3	0.022	0.031	0.033	0.047	0.046	0.047	0.014	0.016	0.018
4	0.022	0.029	0.033	0.046	0.044	0.047	0.015	0.017	0.018
5	0.021	0.030	0.034	0.046	0.044	0.047	0.015	0.017	0.018
6	0.020	0.030	0.035	0.046	0.044	0.048	0.015	0.017	0.017
7	0.023	0.029	0.034	0.047	0.044	0.048	0.015	0.016	0.017
8	0.022	0.031	0.034	0.046	0.046	0.048	0.015	0.016	0.018
9	0.022	0.030	0.035	0.046	0.045	0.047	0.014	0.016	0.017
10	0.022	0.030	0.034	0.046	0.045	0.048	0.014	0.016	0.017
ค่าเฉลี่ย	0.0217	0.0300	0.0339	0.0461	0.0447	0.0476	0.0148	0.0169	0.0175

จากตารางที่ 4.5 เป็นผลการทดสอบความหนาของผ้าทอ ผ้าเหล่านี้ถูกทำให้เปียกโดยการนำไปแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 นาที หลังจากนั้นจึงทิ้งไว้เป็นเวลา 30 วินาทีเพื่อให้น้ำแห้ง

ออกจากผ้าจำนวนหนึ่ง จากนั้นจึงทำการทดสอบเพื่อนำค่าที่เปลี่ยนแปลงไป คำนวณหาค่าปรับแก้ (k) ของผ้าที่อยู่ในภาวะที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบความหนาของผ้า (ภาวะTumble dryer)

ครั้งที่	ความหนาของผ้า (เซนติเมตร)								
	ผ้าทอลายขัดเส้นใยฝ้าย	ผ้าทอลายขัดเส้นใยผสม (T/C)	ผ้าทอลายขัดเส้นใยพอลิเอสเตอร์	ผ้าทอลายทแยงเส้นใยฝ้าย	ผ้าทอลายทแยงเส้นใยผสม (T/C)	ผ้าทอลายทแยงเส้นใยพอลิเอสเตอร์	ผ้าทอลายต่วนเส้นใยฝ้าย	ผ้าทอลายต่วนเส้นใยผสม (T/C)	ผ้าทอลายต่วนเส้นใยผสมพอลิเอสเตอร์
1	0.026	0.033	0.046	0.054	0.045	0.049	0.015	0.017	0.018
2	0.027	0.032	0.044	0.052	0.048	0.048	0.015	0.017	0.018
3	0.026	0.032	0.044	0.051	0.046	0.049	0.015	0.018	0.018
4	0.026	0.033	0.045	0.053	0.045	0.048	0.015	0.017	0.018
5	0.025	0.032	0.046	0.051	0.046	0.048	0.015	0.017	0.018
6	0.026	0.034	0.045	0.052	0.045	0.049	0.015	0.017	0.018
7	0.025	0.034	0.045	0.053	0.046	0.049	0.014	0.018	0.017
8	0.026	0.033	0.045	0.051	0.046	0.049	0.015	0.018	0.018
9	0.027	0.034	0.046	0.052	0.045	0.049	0.015	0.018	0.018
10	0.025	0.032	0.044	0.053	0.045	0.049	0.015	0.016	0.017
ค่าเฉลี่ย	0.0259	0.0329	0.0450	0.0522	0.0457	0.0487	0.0149	0.0173	0.0178

จากตารางที่ 4.6 เป็นผลการทดสอบความหนาของผ้า ผ้าที่ทำการทดสอบต้องนำไปแช่ในน้ำเป็นเวลา 3 ชั่วโมงเพื่อให้เส้นใยในผ้าซึมซับน้ำหลังจากนั้นทำให้แห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน แล้วพักไว้เป็นเวลา 45 นาทีจึงนำผ้ามาทำการทดสอบ

เมื่อเปรียบเทียบความหนาของผ้าทอทั้ง 3 ภาวะการทดสอบ คือ เปียก แห้ง และแห้งด้วยเครื่องอบแห้ง (Tumble dryer) ผลการทดสอบความหนาของผ้าทอที่ภาวะ Tumble dryer มีความหนามากกว่าภาวะแห้งและภาวะเปียก

4.1.3 ผลการทดสอบจำนวนเส้นด้ายต่อหน่วยความยาว

เนื่องจากความหนาแน่นของผ้าในการทอ ส่งผลโดยตรงต่อสมบัติของผ้าทอ เช่น หากทอผ้ามีที่ความหนาแน่นมากๆ ก็ทำให้ผ้ามีความหนา และสมบัติการปกปิดที่ดี นอกจากนี้ยังทำให้เกิดความหยิกงอของเส้นด้ายขึ้นในผืนผ้ามากขึ้นด้วย เพื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองเชิงเรขาคณิตของผ้าทอ จึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่ต้องทำการทดสอบหาความหนาแน่นของผ้าทอ (fabrics density) หรือจำนวนเส้นด้ายต่อหน่วยความยาว

การทดสอบหาจำนวนเส้นด้ายต่อหน่วยความยาว ซึ่งได้ทำการอธิบายวิธีการทดสอบไว้ในหัวข้อที่ 3.1.3 แล้วนั้น ผลการทดสอบได้แบ่งออกตามชนิดของลายการทอ ชนิดของเส้นใยในผ้าทอ และตามแนวของเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่ง ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดสอบจำนวนเส้นด้ายต่อหน่วยความยาว

ชนิดของผ้า	จำนวนเส้นด้ายยืน/ซม.	จำนวนเส้นด้ายพุ่ง/ซม.
ผ้าฝ้ายลายขัด	19.824	34.646
ผ้า T/C ลายขัด	29.921	26.772
ผ้าพอลิเอสเตอร์ลายขัด	22.441	18.898
ผ้าฝ้ายลายทแยง 2/1	51.181	23.622
ผ้า T/C ลายทแยง 2/1	37.088	28.346
ผ้าพอลิเอสเตอร์ลายทแยง 2/1	30.709	25.591
ผ้าฝ้ายลายต่วน	37.402	19.685
ผ้า T/C ลายต่วน	38.583	22.835
ผ้าพอลิเอสเตอร์ลายต่วน	77.953	39.370

จากตารางที่ 4.7 เป็นผลการทดสอบของจำนวนเส้นด้ายต่อหน่วยความยาว หรือจำนวนเส้นด้ายในความยาวหนึ่งเซนติเมตร จากผลการทดสอบจะสังเกตว่าจำนวนเส้นด้ายต่อหน่วยความยาวของผ้าทอแต่ละชนิดนั้นจะมีค่าไม่เท่ากัน เนื่องจากจุดประสงค์ของการทอเพื่อที่จะนำผ้าไปใช้งานในด้านต่างๆ

ค่าที่ได้จากผลการทดลองเหล่านี้ สามารถนำไปแก้ในระบบสมการของแบบจำลองเพื่อคำนวณหาความหยิกงอ ของเส้นด้ายต่อไป

4.2 ผลการทดลองจากแบบจำลองคณิตศาสตร์

4.2.1 ความหยิกงอของผ้าทอ

ในผ้าฝ้ายทอลายขัดผลจาการคำนวณของแบบจำลอง เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดสอบของผ้าทอ ความหยิกงอของเส้นด้ายยืนและความหยิกงอของเส้นด้ายพุ่ง สามารถหาได้จาก 5 ตัวแปรดังต่อไปนี้

1) ความหนาแน่นของเส้นด้ายยืน
2) ความหนาแน่นของเส้นด้ายพุ่ง
3) เบอร์เส้นด้ายยืน
4) เบอร์เส้นด้ายพุ่ง
5) ความหยิกงอของเส้นด้ายพุ่ง

ซึ่งตัวแปรทั้ง 5 ตัวนี้เมื่อนำมาแทนค่าในระบบสมการของแบบจำลอง ทำให้ทราบค่าความหยิกงอของเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายโดยในเบื้องต้นกำหนดให้

$$d = \frac{1}{28\sqrt{N}}$$

ตารางที่ 4.8 เป็นการคำนวณหาความหยิกงอของเส้นด้ายยืน ซึ่งคำนวณโดยอาศัยแบบจำลองของเพียซ จะเห็นว่าบางโครงสร้างของผ้าทอ ค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองกับผลการทดสอบผ้า ค่าผลการทดสอบที่ได้ยังไม่ใกล้เคียงกัน เมื่อให้ค่าปรับแก้ (k) มีค่าเท่ากับ 28 เนื่องจากเส้นด้ายในผ้าทอเมื่อถูกกดทับ ทำให้รูปร่างเปลี่ยนไปเป็นรูปร่างในลักษณะอื่นๆ ที่ไม่ใช่วงกลม เช่น วงรี สี่เหลี่ยมปลายมน หรือรูปเลนส์นูนเป็นต้น

เนื่องจากค่าปรับแก้ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้มีการเปลี่ยนแปลงไปตามโครงสร้างและชนิดของผ้าทอ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.9 เป็นค่าปรับแก้ของเส้นใย 3 ชนิดคือ ฝ้าย ฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ และพอลิเอสเตอร์ และทำการเปลี่ยนไปตามสภาพที่แตกต่างกันถึง 3 ภาวะ คือ ภาวะแบบแห้ง ภาวะแบบเปียกและภาวะแบบแห้งด้วยการอบให้แห้ง (Tumble dryer)

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบความหยิกงอของเส้นด้ายฝ้ายในลายทอต่างๆ

ชนิดของผ้า	เบอร์เส้นด้าย (Ne)	ความหนาแน่นของเส้นด้าย/ซม.	เปอร์เซ็นความหยิกงอจากการทดสอบ	เปอร์เซ็นของความหยิกงอที่ได้จากแบบจำลองของเพียซ
ลายขัด				
เส้นยืน	60	19.824	4.25	2.63
เส้นพุ่ง	60	34.646	5.45	3.32
ลายทแยง2/1				
เส้นยืน	30	51.181	8.7	4.46
เส้นพุ่ง	30	23.622	4.275	3.15
ลายต่วน				
เส้นยืน	16	37.402	0.805	0.530
เส้นพุ่ง	16	19.685	1.204	0.978

ดังนั้นเมื่อทราบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นด้าย มีการเปลี่ยนรูปร่างเมื่อถูกกดทับในผ้าทอ จึงได้มีการคิดหาค่าปรับแก้ที่เหมาะสม (k) เพื่อทำให้ค่าที่ได้จากแบบจำลองมีความใกล้เคียงกับผลการทดสอบของผ้าทอมากที่สุด จึงมีการกำหนดค่าปรับแก้ (k) ใหม่และค่าปรับแก้นี้จะเปลี่ยนไปตามโครงสร้างของผ้า จะมีค่ามากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับแต่ละโครงสร้างของผ้า หากมีจุดขัดสานกันในผ้าทอมากก็จะส่งผลทำให้ค่าปรับแก้มีค่ามากตามไปด้วย และในทำนองเดียวกันหากมีจุดขัดสานกันในโครงสร้างผ้าน้อยก็จะทำให้ค่าปรับแก้มีค่าน้อยตามไปด้วย ดังในตารางที่ 4.9

ค่าปรับแก้ใหม่นี้จะทำให้ผลที่ได้จากแบบจำลอง มีค่าใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ซึ่งได้จากการปรับปรุงแบบจำลองของเพียซ อ้างอิงจากข้อมูลที่เคยมีการพัฒนาไว้ก่อนหน้านี้และจากข้อมูลการทดลอง โดยอาศัยภาวะของการผ่อนคลายในแบบต่างๆ ของผ้าทอแต่ละชนิดเส้นใยในผ้าทอ

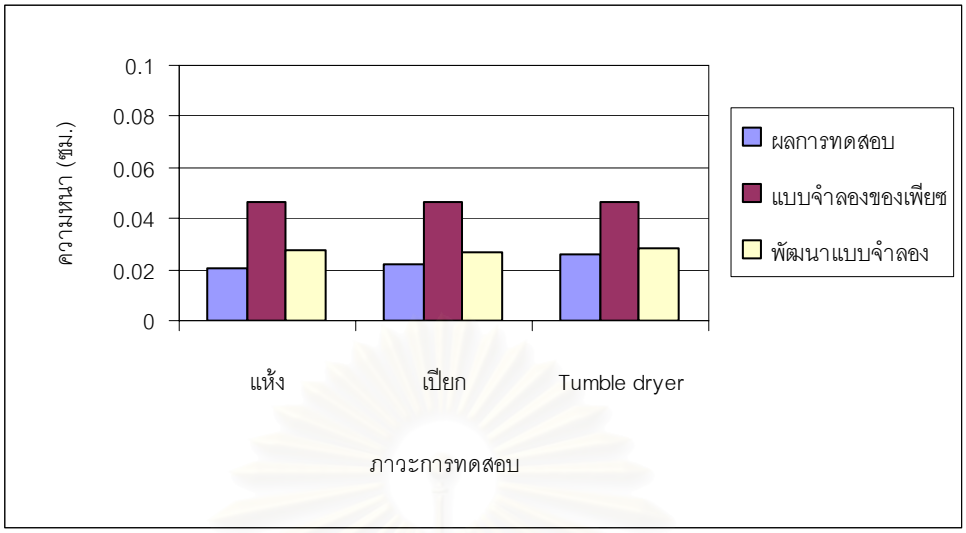
ตารางที่ 4.9 ค่าปรับแก้จากการพัฒนาแบบจำลองใช้กับการคำนวณหาความหยิกงอ

ชนิดของผ้าทอ	**ค่าปรับแก้ (k)**
ลายขัด	46.82
ลายทแยง 2/1	34.07
ลายต่วน	30.64

4.2.2 **ความหนาของผ้าทอจากการคำนวณของแบบจำลองคณิตศาสตร์**

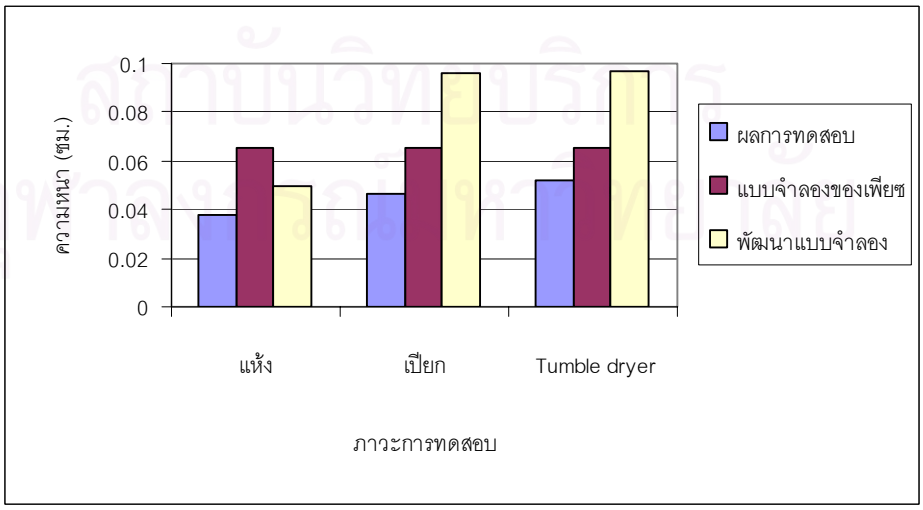
โดยปกติแล้วหากต้องการทราบค่าความหนาบางของผ้าทอก็สามารถหาได้จาก การแก้สมการในแบบจำลองเชิงเรขาคณิตของผ้าทอ ซึ่งผลจากการแก้ระบบสมการเชิงเรขาคณิตของผ้าทอโดยพื้นฐานแบบจำลองของเพียซทำให้ ค่าที่ได้จากการแก้ระบบสมการนั้นยังไม่ใกล้เคียงกับผลการทดสอบของผ้าทอจริง สาเหตุเนื่องจากในแบบจำลองของเพียซนั้นยังตั้งอยู่บนสมมติที่ว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นด้ายในผ้าทอ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง แต่ในหลักการความเป็นจริงแล้วเมื่อเส้นด้ายในผ้าทอมีจุดขัดสานกันทำให้เส้นด้าย ได้รับแรงถูกกดทับจากเส้นด้ายในบริเวณที่ใกล้เคียงกัน เช่น เส้นด้ายยืนจะถูกกดทับจากเส้นด้ายพุ่งและขณะเดียวกันเส้นด้ายพุ่งก็จะถูกกดทับจากเส้นด้ายยืนเป็นผลทำให้เส้นด้ายได้รับแรงกดทับ ดังนั้นรูปร่างภาคตัดขวางของเส้นด้ายจึงเปลี่ยนแปลงไปเป็นรูปแบบที่แตกต่างกันในหลายลักษณะ ขึ้นอยู่กับแรงกดทับที่ได้รับมากหรือน้อย กล่าวคือหากได้รับแรงกดทับน้อยเส้นด้ายในผ้าทอก็เปลี่ยนรูปร่างไปเพียงเล็กน้อย เช่น รูปวงรี หรือสี่เหลี่ยมปลายมุมมน แต่หากเส้นด้ายในผ้าทอได้รับแรงกดทับมากรูปร่างภาคตัดขวางของเส้นด้ายก็อาจจะเปลี่ยนแปลงรูปร่างภาคตัดขวางเป็นรูปเลนส์นูน ซึ่งเหตุผลดังที่ได้กล่าวมานั้นเป็นผลทำให้ ความหนาบางของผ้ามีค่ามากน้อยไม่เท่ากัน ในแต่ละโครงสร้างของผ้าทอ

นอกจากนี้แล้วอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ ความหนาของผ้าทอมีค่าเปลี่ยนแปลงไปคือการผ่อนคลายของผ้าทอที่ใน ภาวะที่แตกต่างกัน เช่น ในภาวะเปียกกับภาวะแห้ง ความหนาของผ้าทอก็แตกต่างกันไปเนื่องจากการบวมตัวของเส้นใยในผ้าทอ หรือการหดตัวของเส้นใยที่อยู่ในผ้าทอ หรือแม้กระทั้งช่องว่างของอากาศที่อยู่ภายในของเส้นด้าย ก็เป็นผลทำให้ขนาดของเส้นด้ายในผ้าทอมีขนาดเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ด้วยเช่นกัน



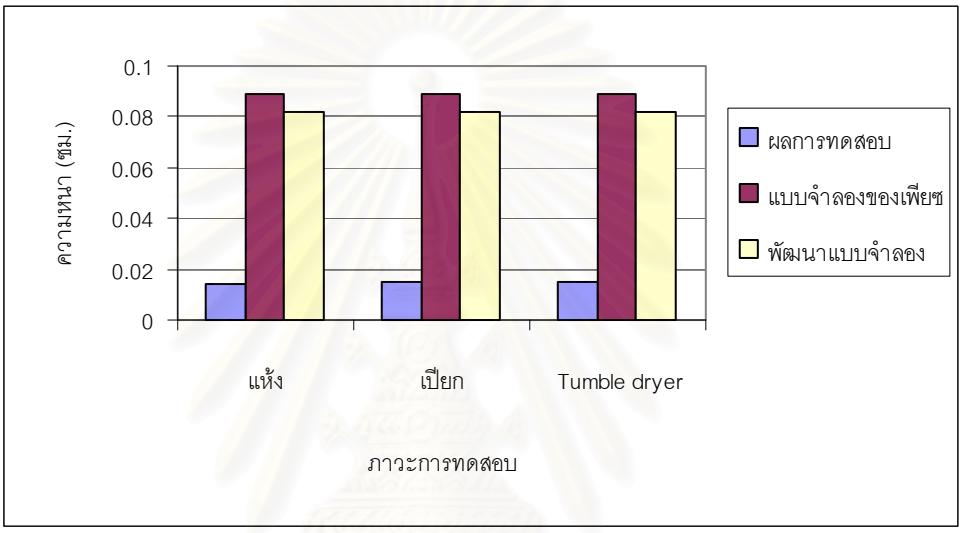
รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบความหนาของผ้าทอฝ้ายลายขัด

จากรูปที่ 4.1 จะเห็นว่าค่าที่ได้จากผลการทดลองกับผลการทดสอบ ในแบบจำลองของเพียซนั้นความถูกต้องยังน้อยอยู่ เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการพัฒนาโดยใช้พื้นฐานแบบจำลองของเพียซ เหตุผลเนื่องจากในแบบจำลองของเพียซเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นด้ายเป็นวงกลมเสมอเมื่อมีแรงกัดทับ ซึ่งค่าที่ได้จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองของเพียซจะมีค่ามากกว่าผลการทดสอบของผ้าทอจริงอยู่มากด้วยเหตุผลข้างต้น เมื่อมีการพัฒนาแบบจำลองให้เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นด้ายเปลี่ยนแปลงไป ตามโครงสร้างของผ้าทอแต่ละชนิดแสดงให้เห็นว่าค่าที่ได้จากผลการทดลอง กับค่าที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากผลการทดสอบ



รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบความหนาของผ้าทอฝ้ายลายทแยง 2/1

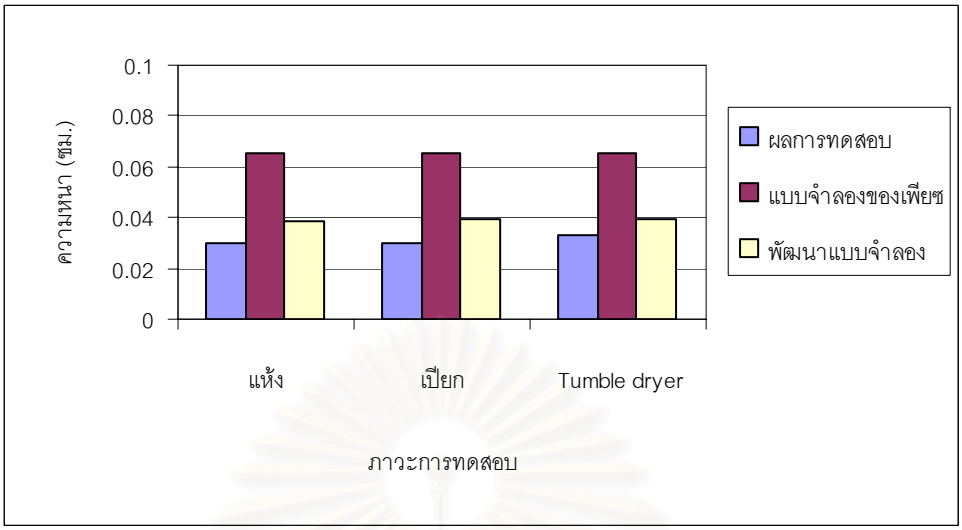
จากรูปที่ 4.2 เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลอง ในภาวะแบบแห้งด้วยกันแล้วค่าผลการทดลองระหว่างแบบจำลองของเพียซกับค่าผลการทดลองจากการพัฒนาแบบจำลอง ค่าผลการทดลองจากการพัฒนาแบบจำลอง มีค่าความถูกต้องใกล้เคียงกับผลการทดสอบมากกว่าแบบจำลองของเพียซ ซึ่งได้ค่าผลการทดลองเท่ากับ 0.0493 ซม. ค่าจากการทดสอบผ้าทอเท่ากับ 0.0377 ซม. มีความแตกต่างกันอยู่ 0.166 ซม. และแนวโน้มของความหนาเพิ่มขึ้น ในภาวะแบบแห้ง แบบเปียก และ Tumble dryer ตามลำดับ



รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบความหนาของผ้าทอฝ้ายลายต่วน

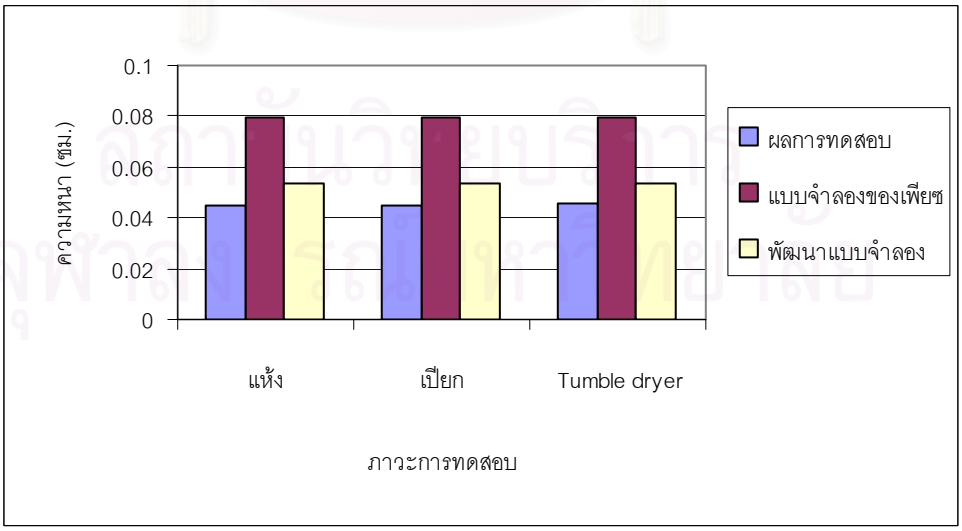
จากรูปที่ 4.3 ผลการทดสอบผ้าทอจริงกับผลการทดลอง จากแบบจำลองมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง เนื่องจากในผ้าทอลายต่วนมีจุดขัดสานกันค่อนข้างน้อย เมื่อนำค่าของเส้นผ่านศูนย์กลางมาแทนในสมการของแบบจำลองทำให้ค่าผลการทดลองเปลี่ยนไป เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองผ้าทอในทุกภาวะผลการทดลองมีความใกล้เคียงกัน ค่าผลการทดลองที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลองเปรียบเทียบกันทุกภาวะ ในภาวะแบบแห้งค่าผลการทดสอบเท่ากับ 0.0815 ซม. ภาวะแบบเปียกเท่ากับ 0.817 ซม. และภาวะแบบ Tumble dryer เท่ากับ 0.0821 ซม.

ผลการทดลองจากแบบจำลองของเพียซเมื่อเปรียบเทียบกันทุกภาวะของการทดสอบ ผลการทดลองที่ได้มีค่าเท่ากันในทุกภาวะ คือมีค่าเท่ากับ 0.0892 ซม. แต่ไม่ใกล้เคียงกับค่าจากผลการทดสอบคือมีค่าผลการทดสอบดังต่อไปนี้ ในภาวะแบบแห้งเท่ากับ 0.0145 ซม. ในภาวะแบบเปียก 0.0148 ซม. และในภาวะแบบ Tumble dryer 0.0149 ซม.



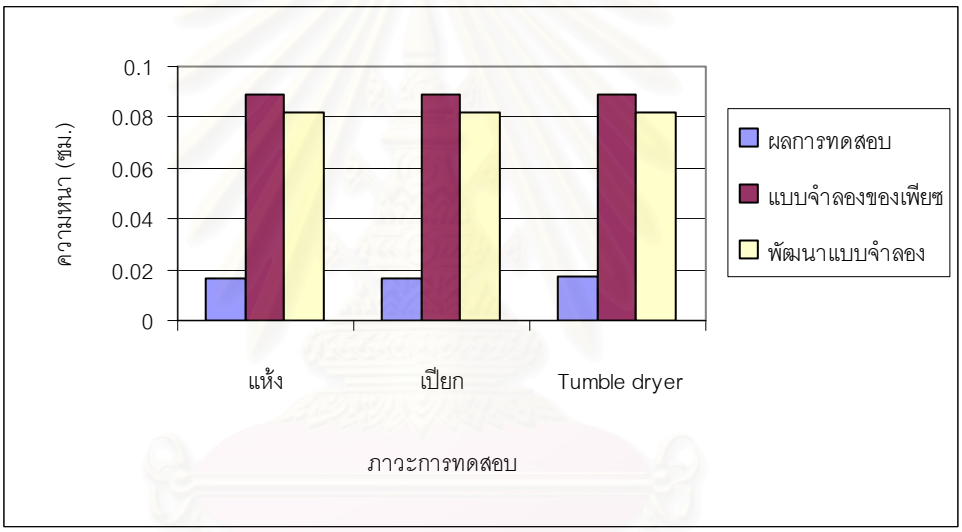
รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบความหนาของผ้าทอฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (T/C) ลายขัด

จากรูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าค่าผลการทดลองที่ได้จากแบบจำลองของเพียซกับค่าผลการทดลองที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลองค่าผลการทดลองทั้งสองนี้ในเส้นใย (T/C) มีค่าผลการทดลองเปลี่ยนไปน้อยมาก เมื่อเทียบกับชนิดเส้นใยอื่นๆ ที่ภาวะแตกต่างกันออกไป ผลจากการทดลองมีลายระเอียดดังนี้ ในภาวะแบบแห้งค่าผลการทดลองที่ได้คือ การนำผ้าไปทดสอบจริงหนา 0.0296 ซม. ผลการทดลองจากแบบจำลองของเพียซ 0.0652 ซม. และผลการทดลองการพัฒนาแบบจำลอง 0.0386 ซม. ค่าผลการทดลองจากการพัฒนาแบบจำลองมีความถูกต้องมากกว่าค่าผลการทดลองที่ได้จากแบบจำลองของเพียซ 0.266 ซม.



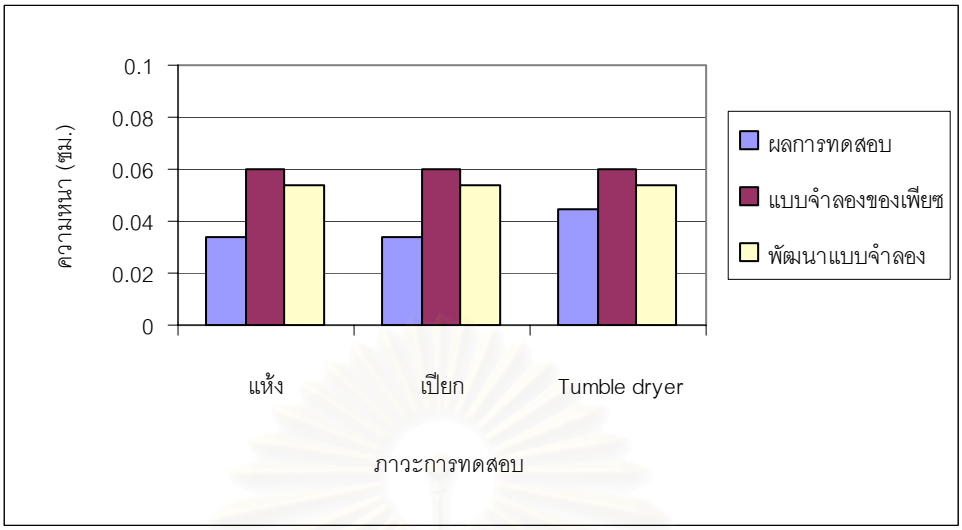
รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบความหนาของผ้าทอฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (T/C) ลายทแยง 2/1

จากรูปที่ 4.5 เป็นผลการทดลอง เพื่อเปรียบเทียบความหนาของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ลายทแยง 2/1 ผลการทดสอบของผ้าทอจริงในภาวะแบบแห้งมีความหนาเท่ากับ 0.0445 ซม. ในภาวะแบบเปียกมีความหนา 0.0447 ซม. และในภาวะแบบ Tumble dryer มีความหนาเท่ากับ 0.057 ซม. ผลการทดสอบความหนาของผ้าเพิ่มขึ้น และความหนาจากแบบจำลองของเพียซในทุกภาวะของการทดสอบมีความหนา 0.0798 ซม. เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดสอบจากการพัฒนาแบบจำลองความหนาของผ้าในภาวะแบบแห้งความหนาเท่ากับ 0.0535 ซม. ภาวะแบบเปียกความหนาของผ้าเท่ากับ 0.0538 ซม. และในภาวะ Tumble dryer มีความหนา 0.0539 ซม. ซึ่งผลการทดสอบความหนาในทุกภาวะของการทดสอบแบบ Tumble dryer ความหนาของผ้ามีค่าเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบความหนาของผ้าทอฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (T/C) ลายต่วน

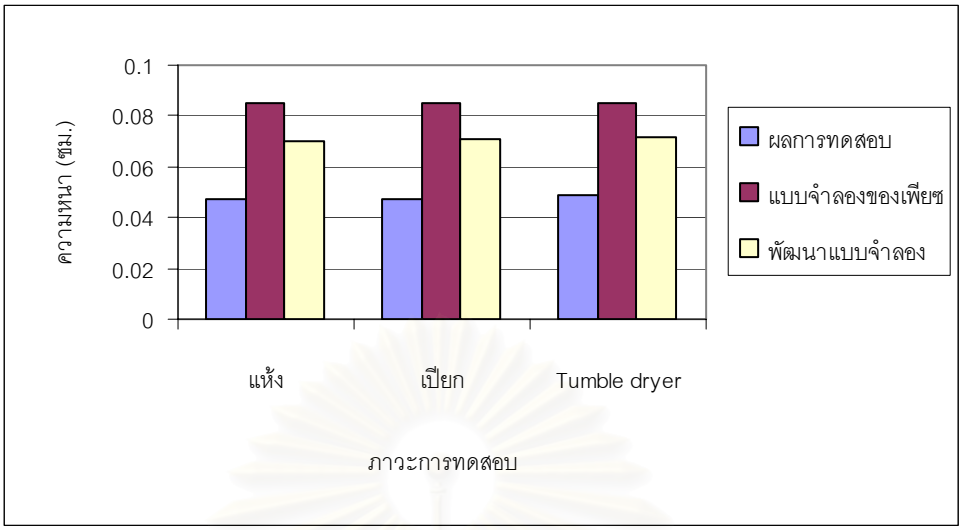
จากรูปภาพที่ 4.6 เป็นผลการเปรียบเทียบความหนาของผ้าทอฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ลายต่วน ความหนาจากการทดสอบผ้าทอจริงในภาวะแบบแห้งมีความหนา 0.0165 ซม. ภาวะแบบเปียกมีความหนา 0.0169 ซม. และในภาวะแบบ Tumble dryer มีความหนา 0.0173 ซม. ซึ่งความหนามีค่าเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ และความหนาที่ได้จากแบบจำลองของเพียซในทุกภาวะของการทดลองมีความหนาเท่ากับ 0.0892 ซม. เมื่อเปรียบเทียบความหนาจากการพัฒนาแบบจำลองมีรายละเอียดดังนี้ ความหนาของผ้าในภาวะแบบแห้ง 0.0815 ซม. ในภาวะแบบเปียก 0.0816 ซม. ในภาวะแบบ Tumble dryer มีความหนาของผ้าเป็น 0.0822 ซม. ซึ่งความหนาของผ้ามีค่าเพิ่มมากขึ้นสอดคล้องกับผลการทดสอบผ้าทอจริง



รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบความหนาของผ้าทอพอลิเอสเตอร์ลายขัด

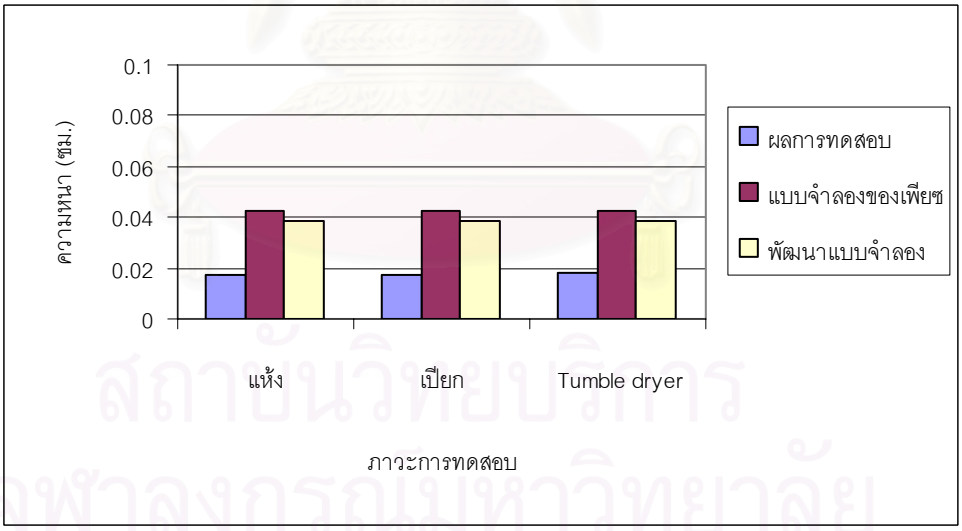
จากรูปภาพที่ 4.7 เป็นการอธิบายความหนาของผ้าทอพอลิเอสเตอร์ 100% ในการทดสอบแบบแห้ง แบบเปียกและแบบ Tumble dryer เปรียบเทียบจากการทำการทดสอบจากการนำผ้าทอจริงไปทำการทดสอบ ผลการทดลองจากแบบจำลองของเพียซและจากการพัฒนาแบบจำลอง มีรายละเอียดดังนี้ ผลการทดสอบผ้าทอจริงในภาวะการทดสอบแบบแห้งมีความหนา 0.0335 ซม. แบบเปียกมีความหนา 0.0339 ซม. ในภาวะแบบ Tumble dryer มีความหนา 0.0450 ซม. ค่าความหนาของผ้าทอจากแบบจำลองของเพียซในทุกภาวะการทดสอบมีความหนา 0.06 ซม. เมื่อเปรียบเทียบกับความหนาที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลองในภาวะแบบแห้งมีความหนา 0.0535 ซม. แบบเปียกมีความหนา 0.0535 ซม. และในภาวะแบบ Tumble dryer มีความหนา 0.0537 ซม. จากผลการทดลองสังเกตได้ว่าความหนาของผ้าจากการพัฒนาแบบจำลอง ในภาวะแห้งกับภาวะเปียกมีความหนาเท่ากันคือ 0.0535 ซม.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



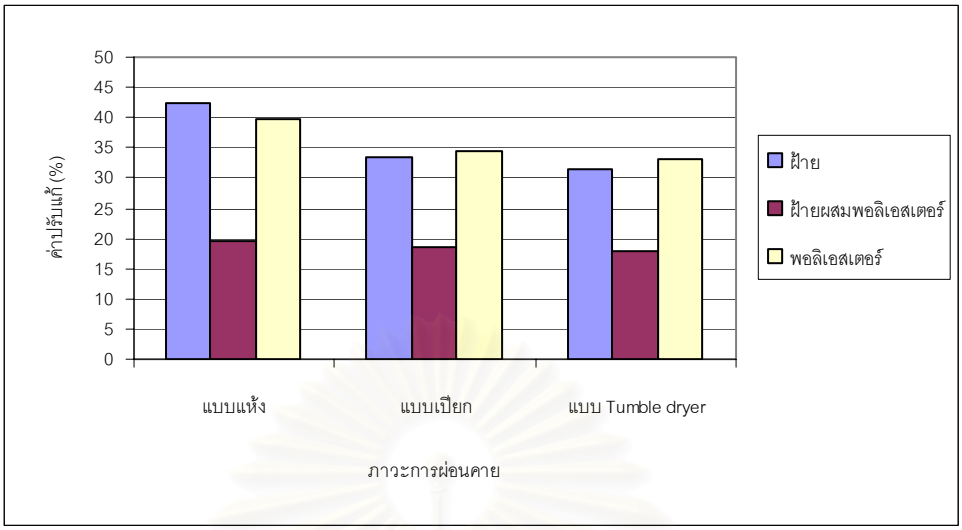
รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบความหนาของผ้าทอพอลิเอสเตอร์ลายทแยง 2/1

จากรูปที่ 4.8 ความหนาจากการทดสอบของผ้าทอจริง ความหนาจากแบบจำลองของเพียซ และความหนาจากการพัฒนาแบบจำลอง ในรายละเอียดแต่และภาวะของการทดสอบมีค่าความหนาใกล้เคียงกัน



รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบความหนาของผ้าทอพอลิเอสเตอร์ลายต่วน

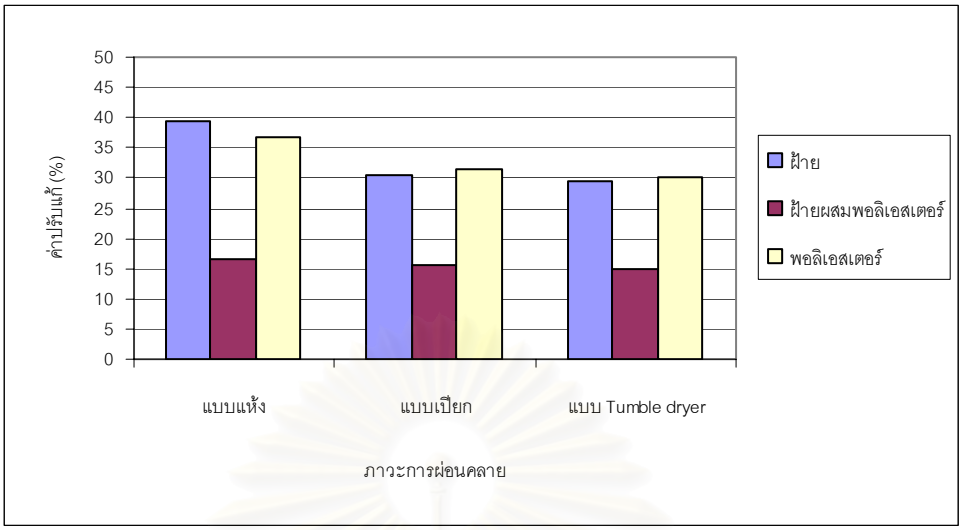
จากรูปที่ 4.9 ความหนาจากการทดสอบของผ้าทอจริง ความหนาจากแบบจำลองของเพียซ และความหนาจากการพัฒนาแบบจำลอง ในรายละเอียดแต่และภาวะของการทดสอบทุกภาวะมีค่าความหนาใกล้เคียงกัน เหมือนกับผลการทดสอบของผ้าทอลายทแยง 2/1



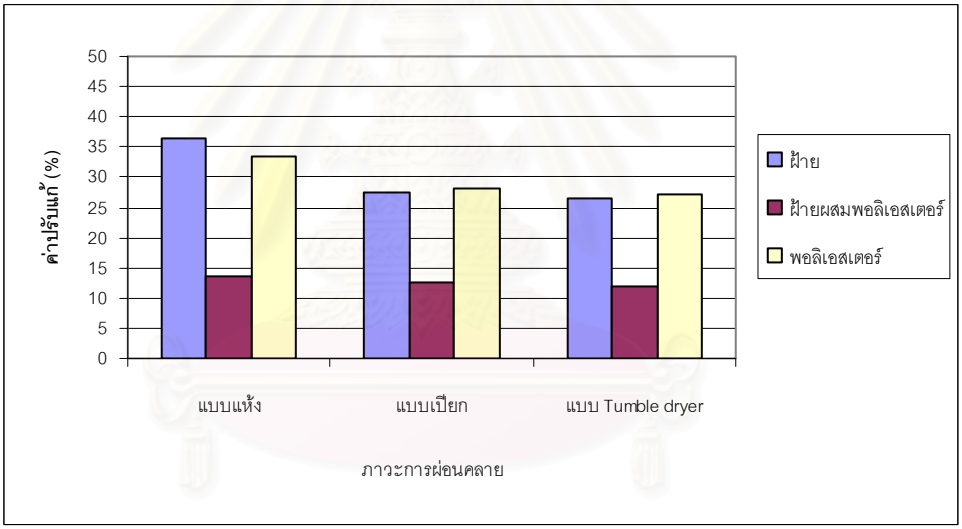
รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบค่าปรับแก้ (k) จากภาวะการผ่อนคลายของผ้าทอลายขัด

จากรูปที่ 4.10 ผ้าทอฝ้ายจะมีค่าปรับแก้ลดลงในภาวะการผ่อนคลายแบบแห้งไปจนถึงการผ่อนคลายหลังจาการซักเนื่องจาก เส้นใยมีการหดตัวคือจาก 42.3 เปอร์เซ็นต์ เป็น 31.6 เปอร์เซ็นต์ และผ้าทอฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์การผ่อนคลายแบบเปียกไปจนถึงการผ่อนคลายหลังจาการซัก ค่าปรับแก้ลดลงจาก 18.5 เปอร์เซ็นต์ เป็น17.9 เปอร์เซ็นต์ ในเส้นใยพอลิเอสเตอร์การผ่อนคลายแบบแห้งไปจนถึงการผ่อยคลายหลังจากการซัก ค่าปรับแก้ก็ลดลงเช่นเดียวกันจาก 39.6เปอร์เซ็นต์ เป็น 33.2 เปอร์เซ็นต์

สาเหตุที่ทำให้ค่าปรับแก้ต่างๆ เหล่านี้มีค่าลดลงก็เนื่องมาจาก เมื่อผ้าทออยู่ในภาวะที่มีการผ่อนคลายเพิ่มขึ้น ทำให้แรงกดทับจากแนวของเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งลดลงเพราะเส้นด้ายในทั้งสองแนวได้รับอิทธิพลจากตัวแปรภายนอก ในงานวิจัยนี้คือน้ำเป็นตัวช่วยทำให้เส้นใยเกิดการผ่อนคลาย ซึ่งเส้นใยอยู่ในสภาพแบบแห้งจะมีค่าการผ่อนคลายมากกว่าเส้นใยอยู่ในสภาพแบบเปียก และเส้นใยอยู่ในสภาพแบบเปียกจะมีการผ่อนคลายน้อยกว่าเส้นใยที่อยู่ในสภาพหลังจากการซัก จากที่กล่าวมาเส้นใยที่อยู่ในสภาพหลังจาการซักจะมีการผ่อนคลายดีที่สุด ดั้งนั้นค่าปรับแก้จึงทำให้มีค่าน้อยกว่า ค่าปรับแก้ที่อยู่ในภาวะอื่นๆ



รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบค่าปรับแก้ (k) จากสภาวะการผ่อนคลายของผ้าทอลายทแยง 2/1



รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบค่าปรับแก้ (k) จากสภาวะการผ่อนคลายของผ้าทอลายต่วน

จากรูปที่ 4.11 และ 4.12 เป็นผลการเปรียบเทียบค่าปรับแก้ (k) ของผ้าทอลายทแยง 2/1 และผ้าทอลายต่วน ผลการทดลองพบว่าค่าปรับแก้มีแนวโน้มลดลงจากภาวะการผ่อนคลายแบบแห้ง เปียกและ Tumble dryer ตามลำดับ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าในภาวะแบบ Tumble dryer มีการผ่อนคลายมากที่สุดจึงทำให้ค่าปรับแก้มีค่าลดลง

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลอง สรุปผลได้ดังนี้

1. จากการทดสอบสมบัติเชิงโครงสร้างได้แก่ ความหนา และความหยิกงอ ของผ้าทอที่ทำจากเส้นใย 3 ชนิดได้แก่ ฝ้าย ฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์และพอลิเอสเตอร์ ในโครงสร้างลายทอ ลายขัด ลายทแยง 2/1 และลายต่วน ที่ภาวะแห้ง เปียก และปั่นแห้ง พบว่า โครงสร้างของลายผ้าและความหนาแน่นของเส้นด้ายในผ้าทอมีผลต่อความหนาและความหยิกงอของเส้นด้าย โดยที่ภาวะปั่นแห้ง ผ้าทอมีความหนาเพิ่มขึ้นมากกว่าภาวะแห้งและภาวะเปียก

2. เมื่อนำผลการทดสอบ มาเปรียบเทียบกับผลการคำนวณจากแบบจำลองของเพียซ พบว่ามีค่าแตกต่างกันมาก

3. จากการทดลองปรับปรุงแบบจำลองโดยการหาค่าปรับแก้ที่เหมาะสม โดยการคำนวณจากความหยิกงอ และคำนวณจากความหนา พบว่าเมื่อนำค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองโดยใช้ค่าปรับแก้มาเปรียบเทียบกับผลจากการทดสอบอีกครั้ง ค่าปรับแก้ที่คำนวณได้จากความหยิกงอจะให้ผลที่สอดคล้องกับค่าที่ได้จากการทดสอบมากกว่าค่าปรับแก้ที่คำนวณได้จากความหนา

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากงานวิจัยนี้สามารถนำแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้น นำไปประยุกต์และพัฒนาในอุตสาหกรรมสิ่งทอของประเทศไทยโดยเฉพาะกระบวนการทอ การผลิตผ้าผืน ซึ่งทางโรงงานสิ่งทอสามารถใช้แบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ไปแก้ปัญหาในการตัดสินใจ ในการผลิตผ้าให้ได้ตรงตามความต้องการมากที่สุด เนื่องจากแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ทำให้สามารถทราบถึงแนวโน้มของสมบัติเชิงโครงสร้างของผ้าทอก่อนที่จะทำการผลิต คือ ความหยิกงอที่เกิดขึ้น ความหนาของผ้าที่จะทำการทอ แบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นเป็นประโยชน์กับโรงงานทอผ้า ในด้านการลดเวลาและต้นทุนของเสียที่จะเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการทดลองทอ ส่งผลทำให้สามารถแข่งขันในด้านคุณภาพและราคาในตลาดโลกได้ ในยุคที่มีการแข่งขันสูงในปัจจุบันและอนาคตต่อไปได้

ค่าปรับแก้ของแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของผ้าทอ ที่ได้พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ สามารถทำนายแนวโน้มสมบัติเชิงกลของผ้าทอได้ แต่พบว่าการแก้ระบบสมการ จะต้องใช้เทคนิคทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนมาก จึงอาจต้องหาความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างของแต่ละโครงสร้างผ้าทอ เพื่อเพิ่มตัวแปรที่ทราบค่าให้แก่ระบบสมการเชิงเรขาคณิตตามแบบจำลองของเพียซ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

1. ยุพินศรี สายทอง. หลักการทอเบื้องต้น. งานทอ. พิมพ์ครั้งที่ 1, วังบูรพา กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2528: หน้า 1-3.
2. อัจฉราพร ไศละสูตร. การออกแบบทอ. การออกแบบลายผ้าและเทคนิคการพิมพ์. พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ: สหประชาพาณิชย์, 2524.
3. อัจฉราพร ไศละสูตร และ ชิเงรุ วาตานาเบ. การทอและการถักผ้ายืด, วิศวกรรมสิ่งทอ. กรุงเทพฯ: บริษัท ดวงกมล จำกัด, 2520: หน้า 105-106.
4. Joseph, L., Fabric Construction, Textile Science. Second Edition. San Fernando : Rinehart and Winston,1972.
5. อัจฉราพร ไศละสูตร. การผลิตผ้า. ความรู้เรื่องผ้า. พิมพ์ครั้งที่ 10,กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สร้างสรรค์วิชาการ, 2539: หน้า 327-360.
6. Hollen, N., Introduction to Fabric Construction, Textiles. Fifth Edition, New York: Macmillan Publishing, 1979.
7. Saville, B. P., Strength and Elongation Tests. Physical Testing of Textile. (1999) 115-122 .
8. Fujita, T., Warp Lifting Plan of Weaving Calculated with Matrices. Journal Textile Machanical Society. Japan (Eng Ed.), 1962a, 8(1), 29.
9. Go, Y., Matsuhashi, F., and Shinohara, A., Fundamental Studies on the Textile Weaves, Jounal Society Textile Cellulose Industry, Japan, 1961, 17, 989.
10. Love, L. Graphical Relationships in Cloth Geometry for Plain, Twill and Sateen Weaves. Textile Research Journal. 24(12)(December 1954) :1073-1083.
11. Kemp, A. An Extension of Pierce 's Cloth Geometry to the Treatment of Non-circular Threads, Journal of the Textile Institute. 49:T44-T48, 1958.
12. Jeon, B. S.; Chun, S. Y.; and Hong, C. J. Structural and Mechanical Properties of Woven Fabrics Employing Peirce's Model. Textile Research Journal 73 (2003): 929-933.
13. Peirce, F. T. The Geometry of Cloth Structure. Journal of Textile Institute 28 (1937): 45-76.
14. Leaf, G. The Mechanics of Plain Woven Fabrics, International of Clothing Science and Technology. 16 (2004) : 97-107.

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1 ผลการทดสอบความหยิกงอของผ้า

ตารางบันทึกผลการทดสอบความหยิกงอของผ้าทอฝ้ายลายขัด

ตัวอย่างที่	ผ้าทดสอบชิ้นที่ 1		ผ้าทดสอบชิ้นที่ 2	
	เส้นด้ายยืน	เส้นด้ายพุ่ง	เส้นด้ายยืน	เส้นด้ายพุ่ง
1	20.9	21.6	20.8	21.6
2	20.8	21.6	20.8	21.5
3	20.8	21.4	20.9	21.6
4	20.8	21.6	20.9	21.4
5	20.9	21.8	20.9	21.5
6	20.9	21.7	20.9	21.5
7	20.9	21.6	20.8	21.6
8	20.9	21.8	20.8	21.7
9	20.8	21.4	20.8	21.7
10	20.9	21.6	20.8	21.6
ค่าเฉลี่ย	20.86	21.61	20.84	20.57
ความยาวเส้นด้ายจากผืนผ้า	20	20	20	20
Crimp (%)	4.25	5.45	4.25	5.45

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางบันทึกผลการทดสอบความหยิกงอของผ้าทอฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ลายขัด

ตัวอย่างที่	ผ้าทดสอบชิ้นที่ 1		ผ้าทดสอบชิ้นที่ 2	
	เส้นด้ายยืน	เส้นด้ายพุ่ง	เส้นด้ายยืน	เส้นด้ายพุ่ง
1	21.0	20.8	20.9	20.7
2	20.8	21.4	20.9	21.0
3	20.9	21.6	21.0	20.9
4	20.7	21.6	21.1	21.3
5	21.0	21.8	20.8	21.1
6	21.0	21.6	20.9	20.8
7	20.9	21.8	21.0	21.1
8	20.7	21.8	20.9	21.2
9	20.8	21.7	20.8	20.9
10	20.9	21.6	20.8	20.9
ค่าเฉลี่ย	20.87	21.57	20.91	20.99
ความยาวเส้นด้ายจากผืนผ้า	20	20	20	20
Crimp (%)	4.45	6.4	4.45	6.4

ตารางบันทึกผลการทดสอบความหยิกงอของผ้าทอพอลิเอสเตอร์ลายขัด

ตัวอย่างที่	ผ้าทดสอบชิ้นที่ 1		ผ้าทดสอบชิ้นที่ 2	
	เส้นด้ายยืน	เส้นด้ายพุ่ง	เส้นด้ายยืน	เส้นด้ายพุ่ง
1	20.6	21.2	20.7	21.1
2	20.6	21.1	20.6	21.2
3	20.6	21.1	20.6	21.3
4	20.7	21.2	20.6	21.3
5	20.6	21.2	20.7	21.2
6	20.7	21.3	20.7	21.2
7	20.6	21.3	20.7	21.2
8	20.7	21.2	20.7	21.3
9	20.7	21.1	20.7	21.1
10	20.6	21.1	20.6	21.2
ค่าเฉลี่ย	20.64	21.18	20.66	21.21
ความยาวเส้นด้ายจากผืนผ้า	20	20	20	20
Crimp (%)	3.25	5.975	3.25	5.975

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางบันทึกผลการทดสอบความหยิกงอของผ้าทอฝ้ายลายทแยง 2/1

ตัวอย่างที่	ผ้าทดสอบชิ้นที่ 1		ผ้าทดสอบชิ้นที่ 2	
	เส้นด้ายยืน	เส้นด้ายพุ่ง	เส้นด้ายยืน	เส้นด้ายพุ่ง
1	21.7	20.8	21.7	20.9
2	21.7	20.8	21.8	20.9
3	21.8	20.9	21.7	20.8
4	21.7	20.8	21.7	20.9
5	21.7	20.9	21.7	20.9
6	21.7	20.8	21.8	20.9
7	21.8	20.9	21.8	20.8
8	21.7	20.8	21.8	20.8
9	21.7	20.8	21.7	20.9
10	21.8	20.9	21.8	20.9
ค่าเฉลี่ย	21.73	20.84	21.75	20.87
ความยาวเส้นด้ายจากผืนผ้า	20	20	20	20
Crimp (%)	8.7	4.275	8.7	4.275

ตารางบันทึกผลการทดสอบความหยิกงอของผ้าทอฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ลายทแยง 2/1

ตัวอย่างที่	ผ้าทดสอบชิ้นที่ 1		ผ้าทดสอบชิ้นที่ 2	
	เส้นด้ายยืน	เส้นด้ายพุ่ง	เส้นด้ายยืน	เส้นด้ายพุ่ง
1	22.6	21.4	22.6	21.3
2	22.6	21.3	22.9	21.4
3	22.9	21.5	22.6	21.4
4	22.8	21.4	22.8	21.5
5	22.7	21.5	22.7	21.5
6	22.7	21.5	22.7	21.5
7	22.8	21.4	22.8	21.5
8	22.6	21.5	22.9	21.4
9	22.9	21.3	22.6	21.4
10	22.6	21.4	22.6	21.3
ค่าเฉลี่ย	22.72	21.42	22.72	21.42
ความยาวเส้นด้ายจากผืนผ้า	20	20	20	20
Crimp (%)	13.6	7.1	13.6	7.1

ตารางบันทึกผลการทดสอบความหงิกงอของผ้าทอพอลิเอสเตอร์ลายต่วน

ตัวอย่างที่	ผ้าทดสอบชิ้นที่ 1		ผ้าทดสอบชิ้นที่ 2	
	เส้นด้ายยืน	เส้นด้ายพุ่ง	เส้นด้ายยืน	เส้นด้ายพุ่ง
1	20.1	20.3	20.2	20.3
2	20.1	20.4	20.1	20.3
3	20.1	20.3	20.1	20.4
4	20.1	20.3	20.1	20.3
5	20.2	20.4	20.2	20.4
6	20.1	20.3	20.1	20.4
7	20.2	20.4	20.2	20.3
8	20.1	20.3	20.2	20.3
9	20.1	20.4	20.2	20.3
10	20.2	20.3	20.1	20.3
ค่าเฉลี่ย	20.13	20.34	20.15	20.33
ความยาวเส้นด้ายจากผืนผ้า	20	20	20	20
Crimp (%)	0.70	1.675	0.70	1.675

2 ผลการทดสอบความหนาของผ้า

ตารางบันทึกผลการทดสอบความหนาของผ้า (ภาวะแห้ง)

ครั้งที่	ความหนาของผ้า (เซนติเมตร)								
	ผ้าทอลายขัดเส้นใยฝ้าย	ผ้าทอลายขัดเส้นใยผสม (T/C)	ผ้าทอลายขัดเส้นใยพอลิเอสเตอร์	ผ้าทอลายทแยงเส้นใยฝ้าย	ผ้าทอลายทแยงเส้นใยผสม (T/C)	ผ้าทอลายทแยงเส้นใยพอลิเอสเตอร์	ผ้าทอลายต่วนเส้นใยฝ้าย	ผ้าทอลายต่วนเส้นใยผสม (T/C)	ผ้าทอลายต่วนเส้นใยผสมพอลิเอสเตอร์
1	0.021	0.029	0.033	0.036	0.044	0.047	0.015	0.016	0.017
2	0.020	0.030	0.034	0.037	0.045	0.047	0.015	0.017	0.017
3	0.022	0.031	0.031	0.037	0.044	0.048	0.014	0.017	0.018
4	0.021	0.029	0.034	0.039	0.045	0.048	0.015	0.017	0.017
5	0.019	0.030	0.034	0.038	0.044	0.047	0.014	0.016	0.018
6	0.019	0.029	0.032	0.039	0.043	0.048	0.014	0.016	0.018
7	0.020	0.028	0.034	0.038	0.046	0.048	0.014	0.016	0.017
8	0.021	0.029	0.034	0.038	0.045	0.047	0.015	0.016	0.017
9	0.020	0.030	0.034	0.038	0.044	0.047	0.015	0.017	0.017
10	0.021	0.031	0.035	0.037	0.045	0.048	0.014	0.017	0.017
ค่าเฉลี่ย	0.0204	0.0296	0.0335	0.0377	0.0445	0.0475	0.0145	0.0165	0.0173

ตารางบันทึกผลการทดสอบความหนาของผ้า (ภาวะเปียก)

ครั้งที่	ความหนาของผ้า (เซนติเมตร)								
	ผ้าทอลายขัดเส้นใยฝ้าย	ผ้าทอลายขัดเส้นใยผสม (T/C)	ผ้าทอลายขัดเส้นใยพอลิเอสเตอร์	ผ้าทอลายทแยงเส้นใยฝ้าย	ผ้าทอลายทแยงเส้นใยผสม (T/C)	ผ้าทอลายทแยงเส้นใยพอลิเอสเตอร์	ผ้าทอลายต่วนเส้นใยฝ้าย	ผ้าทอลายต่วนเส้นใยผสม (T/C)	ผ้าทอลายต่วนเส้นใยผสมพอลิเอสเตอร์
1	0.021	0.030	0.034	0.046	0.044	0.048	0.015	0.017	0.018
2	0.022	0.030	0.033	0.045	0.045	0.048	0.015	0.016	0.017
3	0.022	0.031	0.033	0.047	0.046	0.047	0.014	0.016	0.018
4	0.022	0.029	0.033	0.046	0.044	0.047	0.015	0.017	0.018
5	0.021	0.030	0.034	0.046	0.044	0.047	0.015	0.017	0.018
6	0.020	0.030	0.035	0.046	0.044	0.048	0.015	0.017	0.017
7	0.023	0.029	0.034	0.047	0.044	0.048	0.015	0.016	0.017
8	0.022	0.031	0.034	0.046	0.046	0.048	0.015	0.016	0.018
9	0.022	0.030	0.035	0.046	0.045	0.047	0.014	0.016	0.017
10	0.022	0.030	0.034	0.046	0.045	0.048	0.014	0.016	0.017
ค่าเฉลี่ย	0.0217	0.0300	0.0339	0.0461	0.0447	0.0476	0.0148	0.0169	0.0175

ตารางบันทึกผลการทดสอบความหนาของผ้า (ภาวะTumble dryer)

ครั้งที่	ความหนาของผ้า (เซนติเมตร)								
	ผ้าทอลายขัดเส้นใยฝ้าย	ผ้าทอลายขัดเส้นใยผสม (T/C)	ผ้าทอลายขัดเส้นใยพอลิเอสเตอร์	ผ้าทอลายทแยงเส้นใยฝ้าย	ผ้าทอลายทแยงเส้นใยผสม (T/C)	ผ้าทอลายทแยงเส้นใยพอลิเอสเตอร์	ผ้าทอลายต่วนเส้นใยฝ้าย	ผ้าทอลายต่วนเส้นใยผสม (T/C)	ผ้าทอลายต่วนเส้นใยผสมพอลิเอสเตอร์
1	0.026	0.033	0.046	0.054	0.045	0.049	0.015	0.017	0.018
2	0.027	0.032	0.044	0.052	0.048	0.048	0.015	0.017	0.018
3	0.026	0.032	0.044	0.051	0.046	0.049	0.015	0.018	0.018
4	0.026	0.033	0.045	0.053	0.045	0.048	0.015	0.017	0.018
5	0.025	0.032	0.046	0.051	0.046	0.048	0.015	0.017	0.018
6	0.026	0.034	0.045	0.052	0.045	0.049	0.015	0.017	0.018
7	0.025	0.034	0.045	0.053	0.046	0.049	0.014	0.018	0.017
8	0.026	0.033	0.045	0.051	0.046	0.049	0.015	0.018	0.018
9	0.027	0.034	0.046	0.052	0.045	0.049	0.015	0.018	0.018
10	0.025	0.032	0.044	0.053	0.045	0.049	0.015	0.016	0.017
ค่าเฉลี่ย	0.0259	0.0329	0.0450	0.0522	0.0457	0.0487	0.0149	0.0173	0.0178

3 ผลการทดสอบจำนวนเส้นด้ายต่อหน่วยความยาว

ตารางบันทึกผลการทดสอบจำนวนเส้นด้ายต่อหน่วยความยาวในผ้าทอฝ้ายลายขัด

ตำแหน่งที่	จำนวนเส้นด้ายยืน/นิ้ว Threads/Inch	จำนวนเส้นด้ายพุ่ง/นิ้ว Threads/Inch
1	90	88
2	90	89
3	91	88
เฉลี่ย	90.33	88.33

ตารางบันทึกผลการทดสอบจำนวนเส้นด้ายต่อหน่วยความยาวในผ้าทอฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ลายขัด

ตำแหน่งที่	จำนวนเส้นด้ายยืน/นิ้ว Threads/Inch	จำนวนเส้นด้ายพุ่ง/นิ้ว Threads/Inch
1	76	68
2	76	68
3	76	68
เฉลี่ย	76	68

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางบันทึกผลการทดสอบจำนวนเส้นด้ายต่อหน่วยความยาวในผ้าทอพอลิเอสเตอร์ลายขัด

ตำแหน่งที่	จำนวนเส้นด้ายยืน/นิ้ว Threads/Inch	จำนวนเส้นด้ายพุ่ง/นิ้ว Threads/Inch
1	56	48
2	58	47
3	57	46
เฉลี่ย	57	47

ตารางบันทึกผลการทดสอบจำนวนเส้นด้ายต่อหน่วยความยาวในผ้าทอฝ้ายลายทแยง 2/1

ตำแหน่งที่	จำนวนเส้นด้ายยืน/นิ้ว Threads/Inch	จำนวนเส้นด้ายพุ่ง/นิ้ว Threads/Inch
1	130	60
2	130	60
3	130	61
เฉลี่ย	130	60.33

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางบันทึกผลการทดสอบจำนวนเส้นด้ายต่อหน่วยความยาวในผ้าทอฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ลายทแยง 2/1

ตำแหน่งที่	จำนวนเส้นด้ายยืน/นิ้ว Threads/Inch	จำนวนเส้นด้ายพุ่ง/นิ้ว Threads/Inch
1	94	72
2	95	73
3	93	74
เฉลี่ย	94	73

ตารางบันทึกผลการทดสอบจำนวนเส้นด้ายต่อหน่วยความยาวผ้าทอพอลิเอสเตอร์ลายทแยง 2/1

ตำแหน่งที่	จำนวนเส้นด้ายยืน/นิ้ว Threads/Inch	จำนวนเส้นด้ายพุ่ง/นิ้ว Threads/Inch
1	78	65
2	78	65
3	78	65
เฉลี่ย	78	65

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางบันทึกผลการทดสอบจำนวนเส้นด้ายต่อหน่วยความยาวในผ้าทอฝ้ายลายต่วน

ตำแหน่งที่	จำนวนเส้นด้ายยืน/นิ้ว Threads/Inch	จำนวนเส้นด้ายพุ่ง/นิ้ว Threads/Inch
1	95	50
2	95	50
3	94	50
เฉลี่ย	95.33	50

ตารางบันทึกผลการทดสอบจำนวนเส้นด้ายต่อหน่วยความยาวในผ้าทอฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ลายต่วน

ตำแหน่งที่	จำนวนเส้นด้ายยืน/นิ้ว Threads/Inch	จำนวนเส้นด้ายพุ่ง/นิ้ว Threads/Inch
1	98	58
2	99	57
3	97	59
เฉลี่ย	98	58

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางบันทึกผลการทดสอบจำนวนเส้นด้ายต่อหน่วยความยาวในผ้าทอพอลิเอสเตอร์ลายต่วน

ตำแหน่งที่	จำนวนเส้นด้ายยืน/นิ้ว Threads/Inch	จำนวนเส้นด้ายพุ่ง/นิ้ว Threads/Inch
1	198	100
2	199	101
3	198	100
เฉลี่ย	198.33	100.33

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายนิพนธ์ พนมเขต เกิดวันที่ 28 สิงหาคม พ.ศ. 2521 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งทอ จากภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศูนย์กลางสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ปีการศึกษา 2543 หลังจากนั้นเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อภาคต้นปีการศึกษา 2546 และสำเร็จการศึกษาในภาคปลายปีการศึกษา 2547

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย