



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การออกแบบลายทอผ้า 12 ตะกั่ว”

โดย นางสมบูรณ์ พุทธิชัยยงค์ และคณะ

3 มกราคม 2543

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การออกแบบลายทอผ้า 12 ตะก้อ”

คณะผู้วิจัย

สังกัด

- | | | |
|---------------|------------|-------------------------------------|
| 1. นางสมบูรณ์ | พุทธชัยงค์ | วิทยาลัยเทคนิคโพธาราม กรมอาชีวศึกษา |
| 2. นายกฤษฎา | จบกลศึก | วิทยาลัยเทคนิคโพธาราม กรมอาชีวศึกษา |

สนับสนุนโดย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
คำนำ	2
วัตถุประสงค์และวิธีการ	2
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	7
วิจารณ์ผลการทดลอง	10
สรุปและข้อเสนอแนะ	12
เอกสารอ้างอิง	13
กิตติกรรมประกาศ	14

การออกแบบลายทอผ้า 12 ตะกอ

Woven Fabric Design for 12 Harnesses

นางสมบุญ พุทธชัยยงค์¹

Somboon Puttachaiyong

นายกฤษฎา จบกมลศึก²

Krisada Jopkolsok

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมทอผ้าในประเทศไทยส่วนใหญ่จะเป็นการผลิตผ้าลายพื้นฐานแบบจำนวนมาก โดยอาศัยความได้เปรียบในเรื่องค่าแรงต่ำ แต่ในปัจจุบันควรจะพัฒนาไปสู่การผลิตผ้าที่มีมูลค่าสูง โดยการผลิตแบบจำนวนน้อยและตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว โดยการใช้ประโยชน์จากเครื่องทอที่คิดอุปกรณ์ด็อบบี้ เพื่อทอผ้าลวดลายที่มีความหลากหลายขึ้น อย่างไรก็ตามการผลิตตัวอย่างลายผ้าจะต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงและใช้เวลานาน เพราะต้องใช้เครื่องจักรในสายการผลิตจริงมาดำเนินการ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการออกแบบลายทอ 12 ตะกอ เพื่อให้อุตสาหกรรมทอผ้านำไปผลิตจริงหรือดัดแปลงให้เหมาะสมเพื่อประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ต่อไป

คำสำคัญ ด็อบบี้, ลายผ้าทอ 12 ตะกอ, เครื่องทอเรเพียร์

Abstract

The majority of Thai weaving mills produce fabrics with basic weave designs mainly by mass production. This type of products are an advantage in the countries where labour cost is comparatively low. At present, a high value added fabric with small lot and quick response would be an appropriate target by utilization of dobby designs. However, if the mills have to make a large number of designs and fabric samples in the production line, this will be costly and time consume. The objective of this research is to produce fabric samples on various designs using 12 harnesses which could directly be reproduced or modified to commercialize for the weaving industry.

Keywords. Dobby design, 12 harnesses weave, rapier loom

1. คำนำ

๑ อุตสาหกรรมทอผ้า เป็นอุตสาหกรรมที่นำรายได้เข้าประเทศเป็นมูลค่าสูงในแต่ละปี อย่างไรก็ตามโรงงานทอผ้าส่วนใหญ่มีลักษณะการผลิตแบบจำนวนมากโดยอาศัยความได้เปรียบในเรื่องค่าแรงถูกกว่าประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น ญี่ปุ่น ไต้หวัน และเกาหลี เป็นต้น ในระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมา มีหลายประเทศที่เป็นคู่แข่งในอุตสาหกรรมทอผ้า เช่น จีน อินโดนีเซียและอินเดียที่มีค่าแรงถูกกว่า ทำให้ประเทศไทยไม่อยู่ในฐานะได้เปรียบการแข่งขันสินค้าผ้าทอราคาถูกอีกต่อไป ซึ่งทางรอดประการหนึ่งของอุตสาหกรรมทอผ้า คือ การเปลี่ยนสัดส่วนการผลิตแบบจำนวนมากมาเป็นการผลิตผ้าลวดลายที่มีมูลค่าสูงขึ้น ดังเช่นประเทศที่พัฒนาแล้วประสบความสำเร็จ โครงการวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งที่จะนำร่องสู่การผลิตผ้าที่มีมูลค่าสูงขึ้น โดยการใช้ประโยชน์จากเครื่องทอที่คิดอุปกรณ์ดัดปรับ เพื่อทอผ้าให้เกิดลวดลายแปลกใหม่แทนที่จะทอผ้าพื้นจำนวนมากหรือทอผ้าเฉพาะลวดลายที่ลูกค้าสั่งเท่านั้น

หากพิจารณาถึงโครงการวิจัยนี้ว่า มีผลกระทบอย่างไรต่อสังคมของท้องถิ่นหรือของประเทศนั้น เป็นที่ทราบกันดีว่า ปัจจุบันอุตสาหกรรมทอผ้าของไทย ไม่อยู่ในฐานะได้เปรียบการแข่งขันสินค้าสิ่งทอราคาถูก ประกอบกับภาวะเศรษฐกิจถดถอย ค่าเงินบาทลอยตัวตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2540 เป็นต้นมา โรงงานทอผ้าหลายแห่งประสบปัญหาและมีการเลิกจ้างแรงงานจำนวนมาก ทำให้แรงงานเหล่านี้เดินทางกลับสู่ชนบท โดยไม่มีอาชีพรองรับที่แน่นอน ทั้ง ๆ ที่แรงงานเหล่านั้นมีทักษะสูงในวิชาชีพมาหลายสิบปี โครงการวิจัยในครั้งนี้คาดหวังว่าจะมีผลทำให้โรงงานทอผ้าผลิตสินค้าที่มีมูลค่าสูงขึ้น หากโรงงานประสบความสำเร็จสามารถขายสินค้าได้มากขึ้น ผลที่ตามมาคือ จะมีการว่าจ้างแรงงานที่มีทักษะเหล่านั้นกลับสู่ภาคอุตสาหกรรมต่อไป ซึ่งเป็นการแก้ปัญหาสังคมอันเนื่องมาจากการว่างงานได้อีกทางหนึ่ง

กล่าวโดยสรุป โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการผลิตตัวอย่างลายผ้าทอ 12 ตะกอล จำนวน 80 ลาย เพื่อเป็นต้นแบบให้กับโรงงานทอผ้าหรือภาคธุรกิจที่เกี่ยวข้องนำไปผลิตจริงเป็นเชิงการค้าได้ นอกจากนี้ยังเป็นประโยชน์ต่อสถานศึกษาหรือมหาวิทยาลัยที่มีการเรียนการสอนทางด้านสิ่งทอ นำไปเป็นฐานข้อมูลในการพัฒนาลวดลายใหม่ ๆ ต่อไป

2. วัตถุประสงค์และวิธีการ

2.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

วิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อออกแบบลายผ้าทอและทำการทอผ้าตัวอย่างจริง ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินงานตามลำดับขั้น ดังต่อไปนี้

- 2.1.1 รวบรวมข้อมูลลายทอในรูปแบบของตัวเลขที่แสดงถึงการยกตะกอ จากเอกสารทางวิชาการ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ และดัดแปลงลายทอให้มี ความหลากหลาย จำนวน 80 ลาย (ดังรายละเอียดตามภาคผนวก)
- 2.1.2 จัดเก็บข้อมูลลายทอเข้าคอมพิวเตอร์ พร้อมทั้งกำหนดวิธีการร้อยตะกอและ ยกตะกอ
- 2.1.3 ทอผ้าตัวอย่างตามรายละเอียดที่กำหนดไว้
- 2.1.4 ส่งผ้าที่ทอเสร็จแล้ว เข้ากระบวนการทางเคมี เพื่อตกแต่งเป็นผ้าสำเร็จ
- 2.1.5 จัดทำข้อมูลลายทอและตัวอย่างผ้าที่ทอจริง
- 2.2 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องจักรที่ใช้ในการวิจัย
 - 2.2.1 เส้นด้าย เส้นด้ายที่ใช้มี 2 ส่วน คือ (ดูรูปที่ 1)
 - เส้นด้ายยืน เป็นเส้นด้าย Polyester /Rayon เบอร์ 40/2 ที่ผ่านการย้อมสีแล้ว
 - เส้นด้ายพุ่ง เป็นเส้นด้าย Cotton เบอร์ 20/2 ที่ผ่านการย้อมสีแล้วเช่นกัน
 - 2.2.2 เครื่องเตรียมเส้นด้ายและลายทอ
 - เครื่องกรอหลอดโคน (Cone winder) ยี่ห้อ MURATA รุ่น 60 ชนิด 12 หัวกรอ ใช้สำหรับกรอแบ่งหลอดเส้นด้ายยืน เพื่อเตรียมการสับด้าย (ดูรูปที่ 2)
 - เครื่องสับด้ายแบบเป็นแถบ (Sectional warper) ยี่ห้อ OKUI รุ่น AG800 ใช้ สำหรับสับเส้นด้ายยืนและม้วนเส้นด้ายเข้าบีม (Beam) ทอผ้า (ดูรูปที่ 3)
 - เครื่องเจาะลาย (Punching machine) ยี่ห้อ YAMADA รุ่น PMM 45 ใช้เจาะแผ่นฟิล์ม เพื่อกำหนดการยกตะกอ (ดูรูปที่ 4)
 - เครื่องคอมพิวเตอร์ ยี่ห้อ HP รุ่น HP Vectra เพื่อใช้เก็บข้อมูลลายทอและ กำหนดรายละเอียดในการยกตะกอ (ดูรูปที่ 5)
 - 2.2.3 เครื่องทอระบบเรเปียร์ (Rapier Loom) ยี่ห้อ IWAMA รุ่น RGC-3 หน้ากว้าง 190 ซม. ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (ดูรูปที่ 6)
 - สายเรเปียร์แบบอ่อน (Flexible rapier) ชนิดก้านคู่ (Double rapier)
 - หัวรับส่งเส้นด้ายแบบเนกาทีฟ (Negative rapier)
 - อุปกรณ์ยกตะกอแบบด็อบบี้ (Dobby) 16 ตะกอ ควบคุมการทำงานด้วย แผ่นฟิล์มเจาะรู

- ระบบม้วนผ้าแบบ Mechanical take-up ส่วนระบบการคลายผ้าขึ้นเป็นแบบ Positive let-off motion.

2.3 สัญลักษณ์การออกแบบลายทอและโครงสร้างผ้าทอ

2.3.1 สัญลักษณ์การออกแบบลายทอ

ผ้าทอเกิดจากการขัดสานกันระหว่างเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่ง ในลักษณะเป็นมุมฉากซึ่งกันและกัน การออกแบบลายทอโดยสากลนิยมใช้กระดานกราฟ แทนการขัดสานของเส้นด้าย ช่องกราฟในแนวตั้งแทนเส้นด้ายยืน ช่องกราฟในแนวนอนแทนเส้นด้ายพุ่ง ส่วนการขัดสานระหว่างเส้นด้ายยืนและด้ายพุ่ง จะใช้สัญลักษณ์ดังนี้

☒ หมายถึง เส้นด้ายยืนทับอยู่บนเส้นด้ายพุ่ง

☐ หมายถึง เส้นด้ายพุ่งทับอยู่บนเส้นด้ายยืน

เพื่อความสะดวกในการกำหนดวิธียกตะกอลและการเจาะแผ่นฟิล์มให้ใช้ตัวเลขแทนสัญลักษณ์ ☒ ในการกำหนดตำแหน่งด้ายยืนทับเส้นด้ายพุ่งของแต่ละลาย

ลายทอที่ปรากฏขึ้นบนผืนผ้า ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ประการคือ

- วิธีการร้อยตะกอล (Drawing – in)
- วิธีการยกตะกอล (Lifting plan)

งานวิจัยในครั้งนี้ใช้วิธีการร้อยตะกอลแบบเรียงตามลำดับ (Straight draw) โดยร้อยในลักษณะเป็นเส้นคู่ ดังนี้

1 – 1, 2 – 2, 3 – 3, 4 – 4, 5 – 5, 6 – 6, 7 – 7, 8 – 8, 9 – 9, 10 – 10, 11 – 11,
12 – 12

ลาย	เส้นพุ่งที่	ตะกอนที่ยก
	1::	1,2,6,7,9,
	2::	1,2,3,5,6,8,10,11,
	3::	2,3,6,10,11,
	4::	4,5,8,9,12,
	5::	2,4,5,7,8,9,11,
	6::	1,3,7,8,12,
	7::	1,5,6,10,12,
	8::	2,4,5,6,8,9,11,
	9::	1,4,5,8,9,
	10::	2,3,7,10,11,
	11::	2,3,5,8,10,11,12,
	12::	4,6,7,11,12,

โดยใช้핀หวีเบอร์ 86 สอดเส้นด้ายช่อง핀หวีละ 2 เส้น ส่วนการยกตะกอลจะกำหนดจากการที่เส้นด้ายขึ้นข้ามเส้นด้ายพุ่ง ตั้งแต่เส้นที่ 1 จนถึงเส้นสุดท้ายของแต่ละรีพีท จากนั้นกำหนดตัวเลขแทนตำแหน่งด้ายขึ้นที่ถูกยกขึ้นของแต่ละตะกอล

2.3.2 โครงสร้างผ้าทอ

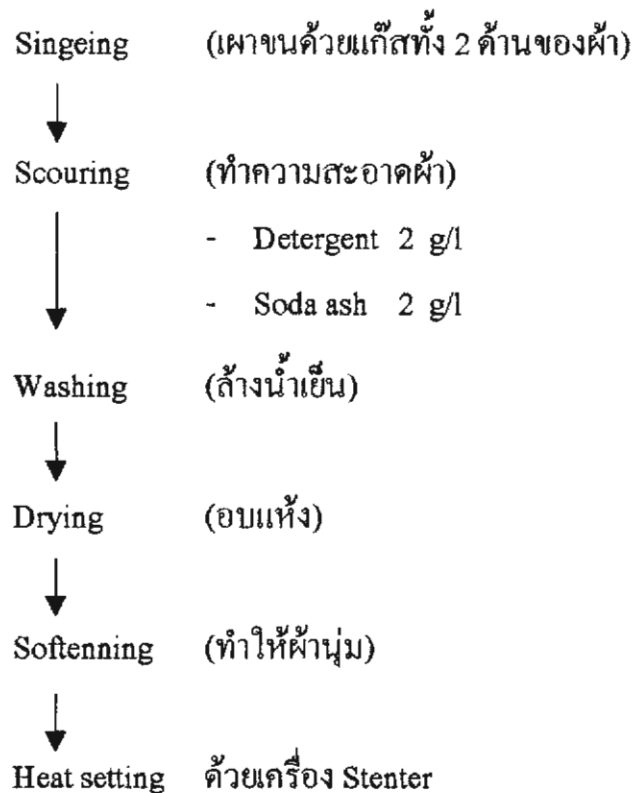
โครงสร้างผ้าที่กำหนดในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ เป็นโครงสร้างต้นแบบ ซึ่งโรงงานทอผ้าหรือภาคธุรกิจที่เกี่ยวข้อง สามารถนำไปผลิตซ้ำหรือดัดแปลงการใช้วัตถุดิบ หรือขนาดเส้นด้ายได้เช่นกัน สำหรับรายละเอียดโครงสร้างเป็นดังนี้

$$\begin{array}{c} 47'' \\ \hline P/R \ 40/2 \ x \ C20/2 \\ \hline 86 \ x \ 54 \end{array}$$

47''	:	ความกว้างหน้าผ้า (นิ้ว)
P/R 40/2	:	เส้นด้ายปั่นพอลิเอสเตอร์/เรยอน เบอร์ 40/2 (Ne)
C20/2	:	เส้นด้ายพุ่งฝ้าย เบอร์ 20/2 (Ne)
86	:	ความถี่เส้นด้ายปั่น 86 เส้นต่อนิ้ว
54	:	ความถี่เส้นด้ายพุ่ง 54 เส้นต่อนิ้ว

2.4 การตกแต่งผ้า

ผ้าทอในการวิจัยครั้งนี้ เป็นผ้าที่ทอจากเส้นด้ายที่ผ่านการย้อมสีแล้ว (Yarn dyed fabric) หลังจากทอเสร็จ จะต้องนำผ้าไปผ่านกระบวนการตกแต่งในโรงงานฟอกย้อม เพื่อให้ได้คุณลักษณะผ้าที่เป็นเชิงการค้าได้ โดยส่งผ้าไปยังบริษัทพัฒนาพิมพ์ย้อม จำกัด ซึ่งมีขั้นตอนการตกแต่งดังนี้



ผ้าที่ผ่านกระบวนการตกแต่งทางเคมีทั้ง 80 ลาย ได้นำมาวิเคราะห์ความถึ ด้ายยืนและด้ายพุ่งที่เปลี่ยนแปลงตามรายละเอียดในภาคผนวก จากข้อมูลพอสรุปได้ว่า ความถึ ด้ายยืนต่อนิ้วเพิ่มขึ้นประมาณ 5-7 % ทั้งนี้เนื่องจากหน้ากว้างผ้าแคบลงหลังการตกแต่ง ส่วน ความถึด้ายพุ่งมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยประมาณ 1-2 เส้น/นิ้ว ทั้งนี้มีสาเหตุเนื่องจากความตึง ของผ้าในแนวเส้นด้ายยืนขณะผ่านกระบวนการตกแต่ง

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 ผลการทดลอง

3.1.1 การออกแบบลายทอ

จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่าลายทอที่ปรากฏบนผืนผ้าขึ้นอยู่กับองค์ ประกอบ 2 ประการคือ การร้อยตะกอลและการขกตะกอ งานวิจัยในครั้งนี้ ใช้วิธีการร้อยตะกอแบบเรียงตามลำดับ (Straight draw) โดยร้อยเป็นเส้น คู่ดังนี้ คือ 1-1,2-2,3-3,4-4,5-5,6-6,7-7,8-8,9-9,10-10,11-11,12-12 ส่วน ริมผ้าด้านซ้ายและขวาใช้ตะกอแยกต่างหาก โดยใช้ตะกอที่ 13-14-15-16 โดยทอเป็นลักษณะลายขัดธรรมดา (Plain weave)

สำหรับการยกตะกอลจะเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะลายผ้า ดังแสดงในรายละเอียดตามรหัสลายผ้า 01 - 80 ตัวเลขที่แสดงหมายถึง เส้นยืนในตะกอนั้น ๆ จะถูกยกขึ้น เส้นด้ายยืนจะปรากฏเป็นลวดลายบน หน้าผ้า ส่วนตัวเลขที่มีได้แสดงหมายถึงตะกอลง เส้นด้ายพุ่งก็จะปรากฏ เป็นลวดลายบนหน้าผ้า

3.1.2 การผลิตตัวอย่างลายผ้าต้นแบบ

หลังจากที่ม้วนด้ายยืนผ่านการร้อยตะกอลเป็นที่เรียบร้อยแล้ว เส้นด้ายยืนทั้งหมดจะถูกร้อยผ่านพื้นหวี เพื่อกำหนดความถี่เส้นด้ายยืน ให้ได้ 86 เส้นต่อนิ้ว ตามโครงสร้างผ้า ส่วนข้อมูลการยกตะกอลจะถูกนำไปดำเนินการเจาะแผ่นฟิล์มเพื่อควบคุมการทำงานของค็อบบี้ต่อไป ตัวอย่างลายผ้าที่ทอได้ดังแสดงตามรหัสลายผ้า 01 - 08

3.1.3 การตกแต่ง

โครงสร้างผ้าก่อนการตกแต่งได้กำหนดไว้ดังนี้ คือ 47" , P/R 40/2 x C20/2 ; 86 x 54 ผ้าที่ทอเสร็จได้ถูกนำไปผ่าน กระบวนการตกแต่งตามขั้นตอนที่แสดงไว้ในหัวข้อ 2.4 จากนั้นนำผ้ามา วิเคราะห์ความถี่เส้นด้ายยืนและด้ายพุ่งอีกครั้งหนึ่ง ดังข้อมูลแสดงไว้ใน ตารางผลการตกแต่งผ้า จากข้อมูลที่ได้จะเห็นว่าโครงสร้างผ้าก่อนและ หลังการตกแต่งมิได้แตกต่างกันมากนัก

ตารางแสดงผลก่อนและหลังกระบวนการตกแต่ง

รหัสลาย	ความถี่เกินขึ้นนิ้ว		ความถี่เกินพุงนิ้ว		รหัสลาย	ความถี่เกินขึ้นนิ้ว		ความถี่เกินพุงนิ้ว	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง		ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
01	89	90	54	54	41	90	92	51	52
02	87	90	53	53	42	90	92	52	52
03	89	92	53	53	43	90	91	51	51
04	88	91	54	54	44	88	90	51	51
05	88	90	53	54	45	88	91	50	51
06	87	90	53	53	46	90	94	51	52
07	88	92	52	52	47	89	91	53	54
08	90	93	51	53	48	89	93	53	53
09	90	92	53	54	49	88	91	53	53
10	89	92	52	54	50	89	92	51	51
11	89	90	53	54	51	89	92	50	51
12	89	91	53	53	52	89	90	51	52
13	90	91	53	54	53	89	91	51	51
14	90	91	52	54	54	88	91	52	52
15	90	92	52	52	55	90	93	53	53
16	88	90	51	52	56	90	92	51	51
17	89	91	51	52	57	89	92	51	51
18	88	91	53	53	58	89	91	53	54
19	89	91	52	54	59	88	90	50	51
20	90	91	51	51	60	89	91	50	51
21	90	92	50	51	61	88	91	53	54
22	90	91	52	52	62	90	92	54	54
23	90	92	51	51	63	90	91	53	53
24	88	90	51	52	64	90	91	50	52
25	89	93	53	53	65	90	92	50	51
26	90	92	51	51	66	89	93	51	52
27	89	90	53	54	67	88	93	52	52
28	89	90	51	51	68	89	92	51	51
29	89	91	51	52	69	89	92	50	51
30	89	91	53	54	70	90	91	52	52
31	90	92	52	53	71	89	91	52	52
32	89	91	53	53	72	89	92	51	52
33	89	90	52	53	73	90	92	51	52
34	90	91	53	54	74	89	91	51	51
35	89	90	53	53	75	89	90	50	52
36	88	91	53	54	76	90	90	51	51
37	88	90	50	51	77	90	91	51	51
38	89	91	50	51	78	90	92	52	54
39	90	92	51	52	79	90	92	52	53
40	90	92	51	51	80	89	93	52	52

3.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากโครงสร้างลายผ้าต้นแบบจำนวน 80 ลาย เมื่อสัมผัสเนื้อผ้าจะพบว่ามีความแตกต่างกัน บางโครงสร้างจะมีความทรงตัวดี ส่วนบางโครงสร้างทรงตัวไม่ดี หรือที่เรียกว่าเนื้อผ้าหลวม ทั้งนี้เนื่องจากจุดขัดกันระหว่างเส้นด้ายยืนและด้ายพุ่งของแต่ละลายทอดต่างกัน โครงสร้างที่มีจุดขัดกันมากผ้าก็จะทรงตัวดีและแข็งแรง ส่วนโครงสร้างที่หลวมนั้นสามารถแก้ไขได้โดยเพิ่มความถี่เส้นด้ายยืนหรือเส้นด้ายพุ่งต่อนิ้วให้มากขึ้น แต่ขนาดของลายทอดอาจจะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมบ้าง

ในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนขนาดเส้นด้ายให้แตกต่างไปจากขนาดเส้นด้ายของโครงสร้างต้นแบบ แต่ยังคงต้องการความหนาแน่นของเนื้อผ้า (Fabric cover) เท่าเดิม ก็สามารถทำได้โดยใช้ทฤษฎีการปรับโครงสร้างผ้า เพื่อหาความถี่เส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งต่อนิ้วที่เหมาะสม ดังนี้

$$\frac{W_1}{\sqrt{Nw_1}} = \frac{W_2}{\sqrt{Nw_2}} \longrightarrow (1)$$

$$\frac{F_1}{\sqrt{Nf_1}} = \frac{F_2}{\sqrt{Nf_2}} \longrightarrow (2)$$

กำหนดให้

W_1	:	ความถี่ด้ายยืนต่อนิ้วของโครงสร้างต้นแบบ
W_2	:	ความถี่ด้ายยืนต่อนิ้วของโครงสร้างใหม่
Nw_1	:	เบอร์ด้ายยืนของโครงสร้างต้นแบบ (ระบบเบอร์ด้ายฝ้าย)
Nw_2	:	เบอร์ด้ายยืนของโครงสร้างใหม่ (ระบบเบอร์ด้ายฝ้าย)
F_1	:	ความถี่ด้ายพุ่งต่อนิ้วของโครงสร้างต้นแบบ
F_2	:	ความถี่ด้ายพุ่งต่อนิ้วของโครงสร้างใหม่
Nf_1	:	เบอร์ด้ายพุ่งของโครงสร้างต้นแบบ (ระบบเบอร์ด้ายฝ้าย)
Nf_2	:	เบอร์ด้ายพุ่งของโครงสร้างใหม่ (ระบบเบอร์ด้ายฝ้าย)

ตัวอย่างเช่น

ต้องการเปลี่ยนเบอร์ด้ายขึ้นจาก P/R 40/2 เป็น P/R 30/2 และเปลี่ยนเบอร์ด้าย
พุ่งจาก C20/2 เป็น C30/2 ให้คำนวณหาความถี่เส้นด้ายขึ้นและเส้นด้ายพุ่งต่อนิ้ว ของโครงสร้าง
ใหม่

- ความถี่ด้ายขึ้นต่อนิ้วของโครงสร้างใหม่

$$\begin{aligned}W_2 &= \frac{W_1 \times \sqrt{Nw_2}}{\sqrt{Nw_1}} \\&= \frac{86 \times \sqrt{15}}{\sqrt{20}} \\&= 74.5 \quad \simeq \quad 76 \text{ เส้นต่อนิ้ว}\end{aligned}$$

- ความถี่ด้ายพุ่งต่อนิ้วของโครงสร้างใหม่

$$\begin{aligned}F_2 &= \frac{F_1 \times \sqrt{Nf_2}}{\sqrt{Nf_1}} \\&= \frac{54 \times \sqrt{15}}{\sqrt{10}} \\&= 66.2 \quad \simeq \quad 66 \text{ เส้นต่อนิ้ว}\end{aligned}$$

4. สรุปและข้อเสนอแนะ

4.1 การวิจัยเพื่อสร้างลายทอต้นแบบ 12 ตะกอก ในครั้งนี้ เป็นฐานข้อมูลสำหรับการพัฒนาลวดลายได้ต่อไปอีกอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบลาย ปัจจุบันซอฟต์แวร์ออกแบบลายทอต่างประเทศมีอยู่หลายบริษัทด้วยกัน แต่ราคาสูง หากมีโปรแกรมเมอร์คนไทยที่สามารถพัฒนาซอฟต์แวร์ดังกล่าวใช้ได้เองในราคาที่เหมาะสม ก็จะมีส่วนช่วยพัฒนาอุตสาหกรรมทอผ้าได้อย่างมาก

4.2 ควรมีการทำวิจัยต่อในการสร้างต้นแบบลายทอด้วยจำนวนตะกอกที่ต่างกันไป เช่น 8 , 9 , 10 , 11 , 13 , 14 เป็นต้น เพื่อจัดทำเป็นฐานข้อมูลลายทอให้กับโรงงานทอผ้าที่มีเครื่องทอคือบบี้ หลายโรงงานที่มีเครื่องทอสมัยใหม่ ติดตั้งอุปกรณ์คือบบี้ 24 ตะกอก ก็ควรได้มีการวิจัยลายทอที่มีจำนวนตะกอกสำหรับเครื่องทอสมัยใหม่ เพื่อให้ทันกับการแข่งขันลวดลายผ้าในตลาดโลก

เอกสารอ้างอิง

1. Nisbet, H. Grammar of textile design. 3 rd. ed. m.p. 1978. 551 pp.
2. Falcot, P. Weave compendium. London. A Deirdre Mcdonald Books. 1990. 198 pp.
3. Best, E. Pattern for weaving. Bestudio, Indiannapolls. n.d. 182 pp.
4. Booth, J.E. Textile Mathematic. Vol. (2). Manchester. The Textile Institute. 1977.
514 pp.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยที่ให้ทุนอุดหนุนการดำเนินงานโครงการวิจัย ขอขอบคุณนายจรูญ ชูลาภ อธิบดีกรมอาชีวศึกษา ที่ได้เห็นความสำคัญของงานวิจัยและให้การสนับสนุนการดำเนินงานจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบคุณนายวิเชษฐ พุกสวัสดิ์ ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคโพธาราม ที่ได้อนุมัติให้ใช้ครุภัณฑ์ต่าง ๆ เพื่อดำเนินงานวิจัยให้บรรลุวัตถุประสงค์ตามที่ได้ตั้งไว้

รูปภาพประกอบ

เส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่ง



รูปที่ 1

เครื่องกรอหลอดโคน



รูปที่ 2

เครื่องสืบด้ายแบบเป็นแถบ



รูปที่ 3

เครื่องเจาะลาย



รูปที่ 4

เครื่องคอมพิวเตอร์ออกแบบลาย



รูปที่ 5

เครื่องทอผ้า



รูปที่ 6

ภาคผนวก

การยกตะกอนและตัวอย่างลายฟ้า

การยกตะกอ

เส้นพุ่งที่	ตะกอที่ยก
1	1 5 9 11 12
2	1 3 4 8 10
3	1 3 5 7 9 11
4	2 4 6 8 10 12
5	1 3 5 6 8 11
6	4 8 9 10 12
7	3 5 6 7 11
8	2 4 7 9 10
9	1 3 5 7 9 11
10	2 4 6 8 10 12
11	2 5 7 11 12
12	2 3 4 6 10

รหัสลาย 01

เส้นพุ่งที่	ตะกอที่ยก
1	4 5 7 10 11 12
2	4 5 6 10 11 12
3	1 2 3 7 8 9
4	1 2 3 6 8 9
5	1 2 3 5 6 9
6	4 5 6 10 11 12
7	3 7 8 9 11 12
8	2 3 7 8 9 12
9	1 2 3 7 8 9
10	4 5 6 10 11 12
11	1 4 5 6 10 11
12	1 2 4 5 6 10

รหัสลาย 02

เส้นพุ่งที่	ตะกอที่ยก
1	1 2 3 5 9
2	1 2 4 6 12
3	1 3 5 10 12
4	2 3 4 8 12
5	1 3 4 5 11
6	2 4 5 7 12
7	1 2 3 5 9
8	1 2 4 6 12
9	1 3 5 10 12
10	2 3 4 8 12
11	1 3 4 5 11
12	2 4 5 7 12

รหัสลาย 03

เส้นพุ่งที่	ตะกอที่ยก
1	2 3 4 5 6 11 12
2	2 3 4 5 6 12
3	1 7 8 9 10 11
4	1 2 7 8 9 10 11
5	1 2 3 7 8 9 10
6	1 2 3 4 7 8 9
7	1 2 3 4 5 7 8
8	1 2 3 4 5 7
9	6 8 9 10 11 12
10	5 6 8 9 10 11 12
11	4 5 6 9 10 11 12
12	3 4 5 6 10 11 12

รหัสลาย 04

การยกตะกอ

เส้นพุ่งที่	ตะกอที่ยก
1	3 5 8 10 11 12
2	3 4 5 7 10 12
3	1 4 5 6 9 11
4	1 2 3 6 8 10
5	2 3 4 7 9 12
6	2 4 7 8 9 11
7	1 3 5 8 9 10
8	2 5 6 7 10 12
9	1 4 6 7 8 11
10	1 3 6 8 11 12
11	1 2 5 7 9 12
12	2 4 6 9 10 11

รหัสลาย 05

เส้นพุ่งที่	ตะกอที่ยก
1	1 3 9 11
2	2 4 10 12
3	1 5 9 11
4	2 6 10 12
5	1 7 9 11
6	2 8 10 12
7	1 3 9 10 11 12
8	2 3 4 8 9 10 11
9	1 2 3 4 5 7 8
10	1 2 3 4 6 7 8
11	1 2 3 7 8 9 11
12	1 2 8 10 11 12

รหัสลาย 06

เส้นพุ่งที่	ตะกอที่ยก
1	1 4 7 9
2	5 6 8 12
3	4 6 7 12
4	3 5 8 11
5	2 6 9 11
6	1 4 7 10
7	3 5 8 12
8	2 5 9 11
9	1 6 10 12
10	2 6 11 12
11	1 3 7 10
12	4 7 9 12

รหัสลาย 07

เส้นพุ่งที่	ตะกอที่ยก
1	1 3 4 5 8 10
2	1 2 4 5 6 9 12
3	1 2 3 5 6 7 10
4	2 3 4 6 9 11
5	3 5 8 9 10 12
6	1 4 7 8 9 11 12
7	3 6 7 8 10 11 12
8	2 4 7 9 10 11
9	1 3 4 5 8 10
10	1 2 4 5 6 9 12
11	1 2 3 5 6 7 10
12	2 3 4 6 9 11

รหัสลาย 08

การยกตะกอ

เส้นพวงที่	ตะกอกที่ยก
1	2 5 6 8 11
2	1 3 6 7 10
3	1 4 7 9 12
4	2 5 8 11 12
5	1 3 4 7 10 11
6	2 3 6 9 12
7	1 2 5 7 10
8	1 4 7 8 11
9	3 6 8 9 12
10	1 4 5 7 9 10
11	2 5 6 8 11
12	1 3 6 7 10

รหัสสาย 09

เส้นพวงที่	ตะกอกที่ยก
1	2 3 4 6 7 8 10 12
2	1 3 5 7 8 9 11 12
3	1 2 4 6 8 10 11 12
4	1 3 4 5 7 9 11 12
5	2 4 5 6 8 9 10 12
6	1 3 5 7 8 9 10 11
7	1 2 4 6 8 9 10 12
8	1 2 3 5 6 7 9 11
9	2 4 5 6 7 8 10 12
10	1 3 5 6 7 9 10 11
11	2 3 4 6 8 10 11 12
12	1 2 3 4 5 7 9 11

รหัสสาย 10

เส้นพวงที่	ตะกอกที่ยก
1	1 2 4 5 8
2	3 5 6 7 9 10 11 12
3	1 2 3 4 6 7 8 10
4	5 7 9 11 12
5	1 2 3 5 6 9 11
6	3 5 7 8 9 11 12
7	1 3 5 6 11
8	1 2 4 7 8 9 10 12
9	1 3 4 5 6 9 11 12
10	2 7 8 10 12
11	2 4 5 6 8 10
12	2 4 7 8 10 11 12

รหัสสาย 11

เส้นพวงที่	ตะกอกที่ยก
1	1 2 6 8 9 10 11
2	4 7 8 10 11 12
3	3 7 8 9 11 12
4	1 2 5 7 9 10 11
5	1 3 6 8 9 10
6	1 3 4 7 8 9 11
7	2 4 5 7 8 12
8	1 2 4 5 6 10
9	1 2 3 5 6 9
10	1 3 4 5 7 8 11
11	2 3 4 7 8 9 12
12	1 2 3 5 7 9 10

รหัสสาย 12

การยกตะกอ

เส้นพุ่งที่	ตะกอที่ยก
1	1 2 3 4 6 9 12
2	1 2 3 5 7 11 12
3	1 2 6 8 10 11 12
4	1 4 7 9 10 11 12
5	3 5 6 8 10 11
6	2 4 5 9 11 12
7	1 3 4 5 6 7 10
8	2 4 5 6 7 8 12
9	1 5 6 7 8 9 11
10	3 6 7 8 9 10 12
11	1 2 4 8 9 11
12	2 3 5 7 8 10

รหัสลาย 13

เส้นพุ่งที่	ตะกอที่ยก
1	1 4 5 6 9 11 12
2	1 2 5 6 7 10 11 12
3	1 3 6 7 8 11 12
4	3 4 7 8 9 12
5	2 3 4 5 8 9 10 11
6	1 2 3 6 9 10
7	1 2 5 6 7 9 12
8	1 4 5 6 7 8 11 12
9	3 5 6 7 10 11 12
10	2 3 6 9 10 11
11	1 2 3 4 7 8 9 10
12	3 4 5 8 9 12

รหัสลาย 14

เส้นพุ่งที่	ตะกอที่ยก
1	1 2 3 4 5 7
2	1 2 3 4 6 8
3	5 7 9 10 11 12
4	6 8 9 10 11 12
5	3 7 8 9 11 12
6	4 7 8 10 11 12
7	1 7 8 9 10 11
8	2 7 8 9 10 12
9	1 3 4 5 6 11
10	2 3 4 5 6 12
11	1 2 3 5 6 9
12	1 2 4 5 6 10

รหัสลาย 15

เส้นพุ่งที่	ตะกอที่ยก
1	1 2 4 6 7 9 10 12
2	1 2 3 5 6 8 9 10
3	2 3 4 5 7 8 10 11
4	1 3 4 6 7 9 11 12
5	2 3 5 7 8 10 11 12
6	1 2 4 5 6 8 9 11
7	1 3 5 6 7 9 10 12
8	1 2 4 5 6 8 9 10
9	2 3 4 5 7 8 9 11
10	1 3 4 6 7 8 10 12
11	2 4 5 7 8 9 11 12
12	1 2 3 5 6 8 10 11

รหัสลาย 16

การยกตะกอ

เส้นพุ่งที่	ตะกอที่ยก
1	2 5 6 8 9 10
2	1 3 4 7 8 9
3	3 4 6 7 8 12
4	1 2 5 6 7 11
5	1 2 4 5 6 10
6	3 4 5 9 11 12
7	2 3 4 8 11 12
8	1 2 3 7 9 10
9	1 2 6 9 10 12
10	1 5 7 8 11 12
11	4 7 8 10 11 12
12	3 5 6 9 10 11

รหัสลาย 17

เส้นพุ่งที่	ตะกอที่ยก
1	4 5 6 10 11 12
2	1 7 8 9 11 12
3	1 2 4 5 6 12
4	1 2 3 7 8 9
5	4 5 6 8 9 10
6	1 2 3 9 10 11
7	4 5 6 10 11 12
8	1 2 3 5 6 7
9	6 7 8 10 11 12
10	1 2 3 7 8 9
11	2 3 4 10 11 12
12	3 4 5 7 8 9

รหัสลาย 18

เส้นพุ่งที่	ตะกอที่ยก
1	2 4 5 8 9
2	2 3 5 10 11
3	1 3 4 6 10 12
4	1 2 5 6 11
5	5 7 8 11 12
6	4 6 7 9 10 12
7	4 5 8 9 11
8	2 3 8 10 11
9	1 3 7 9 10 12
10	2 7 8 11 12
11	1 2 5 6 8
12	1 3 4 6 7 9

รหัสลาย 19

เส้นพุ่งที่	ตะกอที่ยก
1	1 2 3 5 7 9
2	1 2 3 4 6 8
3	5 7 9 10 11 12
4	4 6 8 10 11 12
5	3 5 6 9 11 12
6	2 4 5 6 10 12
7	1 3 4 5 6 11
8	2 3 4 5 6 12
9	1 7 8 9 10 11
10	2 7 8 9 10 12
11	1 3 7 8 9 11
12	1 2 4 7 8 10

รหัสลาย 20

การยกตะกอ

เส้นพุ่งที่	ตะกอที่ยก
1	4 8 9 12
2	3 7 11 12
3	2 3 4 6 7 8 10 11 12
4	1 2 3 5 6 7 9 10 11
5	4 5 6 8 9 10 12
6	3 4 7 8 9 11 12
7	2 3 6 7 10 11 12
8	1 5 6 9 10 11
9	4 5 8 9 10 12
10	3 7 8 11 12
11	2 6 7 10 11 12
12	1 5 9 10 11

รหัสลาย 21

เส้นพุ่งที่	ตะกอที่ยก
1	2 3 6 7 8 11 12
2	4 5 7 8 10 11 12
3	1 2 4 5 6 10 11
4	1 2 5 6 8 9 12
5	1 3 4 8 9 10 12
6	3 4 6 7 9 10 11
7	1 2 5 6 7 10 11
8	1 2 3 5 6 8 9
9	2 3 7 8 9 11 12
10	1 4 5 7 8 11 12
11	1 3 4 5 9 10 12
12	2 3 4 6 7 9 10

รหัสลาย 22

เส้นพุ่งที่	ตะกอที่ยก
1	4 5 10 11
2	2 6 7 11 12
3	5 6 9 10
4	3 7 8 10 11
5	1 6 7 12
6	4 8 9 11 12
7	1 2 7 8
8	1 5 6 10 12
9	2 3 6 7
10	1 2 4 5 9
11	5 6 11 12
12	1 3 4 9 12

รหัสลาย 23

เส้นพุ่งที่	ตะกอที่ยก
1	3 4 5 7 8 11 12
2	2 3 4 7 8 11 12
3	1 2 3 5 6 9 10
4	1 2 5 6 9 10 12
5	1 3 4 7 8 11 12
6	3 4 7 8 10 11 12
7	1 2 5 6 9 10 11
8	1 2 5 6 8 9 10
9	3 4 7 8 9 11 12
10	3 4 6 7 8 11 12
11	1 2 5 6 7 9 10
12	1 2 4 5 6 9 10

รหัสลาย 24

การยกตะกอ

เส้นพุ่งที่	ตะกอที่ยก
1	1 5 6 9 10
2	3 4 7 11 12
3	2 4 5 6 9 10
4	3 4 5 6 8 11 12
5	1 3 4 5 6 9 10
6	3 4 5 7 11 12
7	2 5 6 9 10
8	3 4 8 11 12
9	1 5 6 9 10 11
10	3 4 7 9 10 11 12
11	2 5 6 9 10 11 12
12	3 4 8 10 11 12

รหัสลาย 25

เส้นพุ่งที่	ตะกอที่ยก
1	1 2 3 6 9 12
2	2 5 6 7 8 11
3	1 4 5 6 7 10
4	3 4 5 6 9 12
5	2 5 8 9 10 11
6	1 4 7 8 9 10
7	3 6 7 8 9 12
8	1 2 5 8 11 12
9	1 4 7 10 11 12
10	3 6 9 10 11 12
11	2 3 4 5 8 11
12	1 2 3 4 7 10

รหัสลาย 26

เส้นพุ่งที่	ตะกอที่ยก
1	2 3 4 6 10 11
2	4 5 6 10
3	3 7 8 9
4	2 3 7 9 10 11
5	2 7 8 11 12
6	1 2 5 6 8
7	1 3 4 5 8 9
8	1 2 3 9
9	4 10 11 12
10	4 5 8 9 10 12
11	5 7 8 11 12
12	1 2 5 6 9 11

รหัสลาย 27

เส้นพุ่งที่	ตะกอที่ยก
1	3 6 8 9 11 12
2	4 5 7 10 11 12
3	1 2 3 6 8 9
4	1 2 4 5 7 10
5	1 3 4 5 7 11
6	2 3 4 6 8 12
7	2 3 5 6 9 12
8	1 4 5 6 10 11
9	2 3 7 8 9 12
10	1 4 7 8 10 11
11	1 5 7 9 10 11
12	2 6 8 9 10 12

รหัสลาย 28

การยกตะกอ

เส้นพุ่งที่	ตะกอที่ยก
1	1 6 7 8 12
2	1 3 5 7 11
3	5 6 10 11 12
4	2 4 5 9 10 12
5	4 8 10 11
6	1 3 7 9 11
7	2 6 9 10
8	1 5 8 10
9	4 8 9 12
10	3 5 7 9 11
11	2 7 8 10
12	1 2 4 6 8 9

รหัสลาย 29

เส้นพุ่งที่	ตะกอที่ยก
1	1 2 3 7 9 10 12
2	1 2 3 5 6 8 12
3	1 2 3 5 6 7 9 10 11
4	4 6 7 9 10 11 12
5	2 3 5 9 10 11 12
6	2 3 4 6 7 8 10 11 12
7	1 3 4 6 7 8 9
8	2 6 7 8 9 11 12
9	1 3 4 5 7 8 9 11 12
10	1 3 4 5 6 10 12
11	3 4 5 6 8 9 11
12	1 2 4 5 6 8 9 10 12

รหัสลาย 30

เส้นพุ่งที่	ตะกอที่ยก
1	1 5 6 7 9 11 12
2	2 6 7 8 10 11 12
3	1 2 3 5 7 8 9 11
4	1 2 4 5 6 8 12
5	1 3 5 6 7 11 12
6	2 3 4 6 7 8 10 11 12
7	3 4 5 7 9 10 11
8	2 4 5 6 8 9 10
9	1 2 3 5 7 8 9 11
10	2 3 4 8 10 11 12
11	1 3 4 5 9 10 11
12	1 2 4 5 6 8 9 10 12

รหัสลาย 31

เส้นพุ่งที่	ตะกอที่ยก
2	2 4 5 9 11
3	3 4 6 10
4	3 7 9 10
5	2 4 8 9 11
6	1 5 7 8 12
7	1 2 6 7 11
8	2 3 5 8 10
9	1 3 4 9
10	4 9 10 12
11	3 5 8 10 11
12	2 6 7 11 12

รหัสลาย 32