ผลการทดสอบทางกายภาพผ้าถักสามมิติจากเส้นใยไนลอน 66

PHYSICAL TEST RESULTS FROM THE THREE-DIMENSIONAL KNITTED FABRICS NYLON66 FIBER

วัฒนพร มีแสง

WATTANAPORN MEESAENG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสิ่งทอ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ

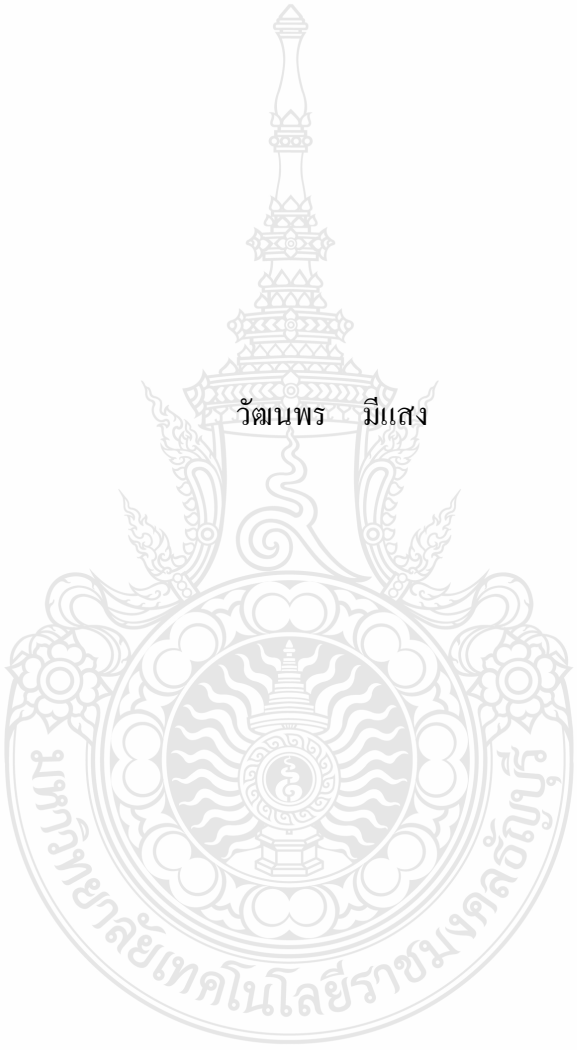
คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

พ.ศ. 2554

ผลการทดสอบทางกายภาพผ้าถักสามมิติจากเส้นใยไนลอน 66

วัฒนพร มีแสง



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาสิ่งทอ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
พ.ศ. 2554

PHYSICAL TEST RESULTS FROM THE THREE-DIMENSIONAL KNITTED FABRICS NYLON66 FIBER

WATTANAPORN MEESAENG

A THESIS SUBMITTED PARTIAL FULFILMENT OF THE REQUIREMENT FOR

THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING

IN TEXTILE ENGINEERING DEPARTMENT OF TEXTILE ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

RAJAMANGALA UNIVERSITY OF THECHNOLOGY THANYABURI

2011

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เกิดจากการค้นคว้าขณะที่ข้าพเจ้าศึกษาอยู่ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีดังนั้นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีและข้อความต่างๆในวิทยานิพนฉบับนี้ข้าพเจ้าขอรับรองว่าไม่มีการคัดลอกหรือนำงานวิจัยของผู้อื่นมานำเสนอในชื่อของข้าพเจ้า

นายวัฒนพร มีแสง

COPYRIGHT © 2011 ลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2554
FACULTY OF ENGINEERING คณะวิศวกรรมศาสตร์
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THANYABURI มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลการทดสอบทางกายภาพผ้าถักสามมิติจากเส้นใยไนลอน 66 PHYSICAL TEST RESULTS FROM THE THREE-DIMENSIONAL KNITTED FABRICS, NYLON 66 FIBER
ชื่อนักศึกษา	นายวัฒนพร มีแสง
รหัสประจำตัว	115270450110-3
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สิ่งทอ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์สุจิระ ขอจิตต์เมตต์
วัน เดือน ปี ที่สอบ	18 เมษายน 2554
สถานที่สอบ	ห้อง E404 ชั้น4 อาคารเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา 5 ธันวาคม 2550 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมนึก สังข์หนู)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.มนสิช สิทธิสมบูรณ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ธีรพงษ์ ไชยเฉลิมวงศ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์สุจิระ ขอจิตต์เมตต์)

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมหมาย ผิวสอาด)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลการทดสอบทางกายภาพผ้าถักสามมิติจากเส้นใยไนลอน 66
นักศึกษา	นายวัฒนพร มีแสง
รหัสประจำตัว	115270450110-3
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สิ่งทอ
ปีการศึกษา	2553
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์สุจิระ ขอจิตต์เมตต์

บทคัดย่อ

การทำวิจัยนี้เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและผลทดสอบทางกายภาพผ้าถักสามมิติที่ถักจากเส้นใยไนลอน 66ชนิดความแข็งแรงสูง โดยใช้เส้นด้ายเบอร์ 470 เดซิเท็กซ์ 72 ฟิลาเม้นท์ ไปถักด้วยเครื่องถักผ้าวงกลมจำนวนเข็มถักต่อนิ้ว 18 เข็ม และเส้นด้ายเบอร์ 700 เดซิเท็กซ์ 108 ฟิลาเม้นท์ ไปถักด้วยเครื่องถักผ้าวงกลมจำนวนเข็มถักต่อนิ้ว 14 เข็ม แล้วนำผ้าทั้ง2ชิ้นไปทำการซักล้างทำความสะอาดและทดสอบสมบัติทางกายภาพผ้าถักในเรื่อง การทดสอบความหนาของผ้า(Fabric Thickness) การทดสอบน้ำหนักผ้า (Fabric Weight) การทดสอบผ้าตามมาตรฐานBS EN 388:2004 เรื่องความต้านทานต่อการขัดถู (Abrasion Resistance) ความต้านทานต่อการบาด (Blade Cut Resistance) ความต้านทานต่อแรงฉีกขาด (Tear Resistance) ความต้านทานต่อการเจาะทะลุ (Puncture Resistance)

ผลการการทดสอบพบว่าความหนาของผ้าที่ถักจากเส้นด้าย เบอร์ 470 เดซิเท็กซ์ หนา 1.82 มิลลิเมตรและผ้าที่ถักจากเส้นด้ายเบอร์ 700 เดซิเท็กซ์ หนา 2.080 มิลลิเมตร ผลการทดสอบน้ำหนักผ้าพบว่า ผ้าหนัก 1020.80 กรัมต่อตารางเมตรและ 1413.70 กรัมต่อตารางเมตรและการทดสอบตามมาตรฐาน BS EN 388:2004 ผลการทดสอบพบว่าผ้าทั้ง 2ชิ้นมีค่าความต้านทานการขัดถูมากกว่า 8000 รอบสูงกว่าระดับค่ามาตรฐานสูงสุด(ระดับ 4) ผลการทดสอบความคงทนต่อการบาดอยู่ที่ค่าดัชนีเฉลี่ย 6.5 (ระดับ 3) และค่าดัชนีเฉลี่ย10.2 (ระดับ 4) (จากมาตรฐานสูงสุดระดับ 5) ผลการทดสอบความต้านทานแรงฉีกขาดมากกว่า 200 นิวตันสูงกว่าระดับค่ามาตรฐานสูงสุด(ระดับ 4) และ ผลการทดสอบความต้านทานการเจาะทะลุ มากกว่า 250 นิวตัน สูงกว่าระดับค่ามาตรฐานสูงสุด(ระดับ 4)

สรุปผลการทดสอบผ้าที่ถักด้วยเส้นด้ายเบอร์ 700 เดซิเท็กซ์ มีคุณสมบัติด้านการต้านทานการบาดได้ดีกว่าผ้าที่ถักด้วยเส้นด้ายเบอร์ 470 เดซิเท็กซ์ คุณสมบัติความต้านทานการขัดถู คุณสมบัติความต้านทานต่อแรงฉีกขาดและคุณสมบัติความต้านทานการเจาะทะลุไม่มีความแตกต่างกัน

คำสำคัญ : เส้นด้ายไนลอน66 ผ้าถักสามมิติ เครื่องถักผ้าวงกลม

Thesis Title	Physical Test Results From The Three-Dimensional knitted Fabrics Nylon 66 Fiber
Student Name	Mr. Wattanaporn Meesaeng
Student ID :	115270450110-3
Degree Award :	Master of Engineering
Study Program :	Textiles
Academic Year :	2010
Thesis Advisor :	Assistant Professor Sujira khaujitmat

ABSTRACT

Research is to study the physical properties and test results, physical three-dimensional knitted fabric knitted from 66nylon fibers type high strength. Using 66 nylon yarn No. 470 decitex 72 filament to knitting by circular knitting machine ,needles per inch 18 gauge and 66 nylon yarn No.700 decitex 108 filament To knit on circular knitting machines needles per inch 14 gauge. , then the fabric and two pieces to the washing and test the physical properties in knitted fabrics. Test the thickness of the fabrics Test the weight of fabrics and test standard BS EN 388:2004 on the class ; Abrasion Resistance, Blade Cut Resistance, Tear Resistance and Puncture Resistance.

The results of testing the fabric thickness , the knitted fabric from yarn No. 470 decitex thickness 1.82 mm. and fabric knitted from yarn No. 700 decitex fabric thickness 2.080 mm. thicker than a typical fabric. Test Fabric weight 1020.80 grams per square meter and 1413.70 grams per square meter and the test standard BS EN 388:2004 test results showed that both fabrics. 2 pieces with the resistance to abrasion than 8000 cycles higher than the standard (Level 4) results of testing the resistance of cuts in the mean index 6.5 (level 3) and the mean index 10.2 (level 4) (from the standard level 5) tests the strength, resistance of tear more than 200 Newton higher than the standard (level 4) and test the resistance of penetration(puncture resistance) more than 250 Newton higher than the standard (level 4).

Summary the results of testing knitted fabrics knit with yarns No. 700 decitex the resistance to cuts better than knitted fabrics with nylon 66 yarn No. 470 decitex abrasion resistance properties. Feature strength, and tear resistance and puncture resistance properties without differences.

Keywords : 66 nylon yarn , Three-dimensional knitted fabric Circular knitting machine

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ได้ เนื่องจากได้รับการช่วยเหลือและคำแนะนำต่างๆ จากคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี พร้อมทั้งได้รับความอนุเคราะห์จากบุคลากร และหน่วยงานต่างๆ ดังนี้

บริษัท ประชาอาภรณ์ จำกัด(มหาชน) คุณ สมพร ติยะวิบูลย์ศิริ กรรมการผู้จัดการและคณะกรรมการบริหารทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุนด้านทุนการศึกษา สถานที่ เครื่องมือและเครื่องจักรที่ใช้ในการทดลอง

ร.ศ.สุจิระ ขอจิตต์เมตต์ อาจารย์ที่ปรึกษาให้ความช่วยเหลือ และคำชี้แนะต่างๆ

คุณ ชิงชัย สุกใส ผู้จัดการ บริษัท Thai Toray Synthetics จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์วัตถุดิบเส้นด้ายไนลอน 66

คุณ เสริมศักดิ์ วงษ์ไชย กรรมการผู้จัดการ บริษัท กลั๊ฟเท็กซ์ จำกัด ให้ความช่วยเหลือประสานงานด้านการทดสอบที่ CTC ฮ่องกง

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอบมอบคุณความดีของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แด่ บิดา มารดาของข้าพเจ้า ที่ได้อบรมสั่งสอน และเป็นกำลังใจให้อย่างดีตลอดจนครูอาจารย์ที่ตั้งใจประสิทธ์ประสาทวิชาความรู้ ขอขอบคุณผู้เขียนหนังสือบทความ และเอกสารที่นำมาใช้ในการอ้างอิงในการทำวิทยานิพนธ์รวมทั้งขอขอบคุณหน่วยงาน และบุคคลอีกหลายๆ ท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามไว้ ณ.ที่นี้ด้วย

วัฒนพร มีแสง

18 เมษายน 2554

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 สมมติฐานของการศึกษา	1
1.4 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.5 ขั้นตอนการศึกษา	3
1.6 คำนิยามศัพท์	4
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ความรู้เรื่องเส้นด้ายไนลอน	5
2.2 ความรู้เรื่องผ้าถัก	9
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	27
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	32
3.1 ขั้นตอน การทดสอบสมบัติของเส้นด้ายและการเตรียมเส้นด้าย	32
3.2 ขั้นตอนการเตรียมโครงสร้างลายผ้าถักและเครื่องถักผ้า	35
3.3 ขั้นตอนการถักผ้า	41
3.4 ขั้นตอนการซักล้างทำความสะอาดผ้า	50
3.5 ขั้นตอนการทดสอบสมบัติทางกายภาพของผืนผ้าถัก	52
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	65
4.1 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพเส้นด้ายไนลอน 66	65
4.2 ผลการทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพของผ้าถัก	70

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	85
5.1 สรุปผลการทดลอง	85
5.2 ข้ออภิปรายผล	86
5.3 ข้อเสนอแนะ	87
เอกสารอ้างอิง	88
ภาคผนวก	
ก ใบรายงานผลการทดสอบ	89
ข มาตรฐานการทดสอบ	111
ค มาตรฐานการทดสอบ BS EN 388	122
ง ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่	134
ประวัติผู้เขียน	142

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ความคืนตัวเมื่อดึงให้ยืดออกเป็นเวลา 100 วินาที ทิ้งให้คืนตัวนาน 60 นาที	7
2.2	การวิเคราะห์คุณสมบัติผ้าถักสามมิติ	30
4.1	ผลการทดสอบ เส้นด้ายไนลอน 66 เบอร์ 470 dtex /72 F	65
4.2	ผลการทดสอบเส้นด้ายไนลอน66 เบอร์ 700 dtex /108 F	66
4.3	การเปรียบเทียบผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้าย ไนลอน 66	67
4.4	ค่าเฉลี่ยความหนาผ้าผืนผ้า (มิลลิเมตร)	70
4.5	ผลการทดสอบวัดค่าความหนาของผ้าถัก Nylon 66: เบอร์ 470 dtex/72F	70
4.6	ผลการทดสอบวัดค่าความหนาของผ้าถัก Nylon 66: เบอร์ 700 dtex/108F	71
4.7	การกำหนดชนิดผ้าหนาบาง (Fabric Thicknesses) [2]	71
4.8	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักผ้าผืนผ้า (กรัมต่อตารางเมตร)	72
4.9	ผลการทดสอบน้ำหนักผ้า Nylon 66: เบอร์ 470dtex / 72 F	72
4.10	ผลการทดสอบน้ำหนักผ้าถัก Nylon 66 เบอร์700 dtex/108T	72
4.11	การกำหนดชนิดผ้าตามน้ำหนัก (Fabric Weigh) [2]	73
4.12	ผลการวัดค่าความยาวห่วง ต่อ 100 แถวของห่วง Nylon 66: 470 dtex /72F	73
4.13	ผลการวัดค่าความยาวห่วงต่อ 100 แถวของห่วงNylon 66:700dtex /108F	74
4.14	สรุปผลการวัดค่าความยาวห่วงต่อ 100 แถวของห่วง (cm./100 div.)	75
4.15	ผลการวัดค่าจำนวนแถวของห่วง CPI. และWPI. Nylon 66: 470 dtex /72F	75
4.16	ผลการวัดค่าจำนวนแถวของห่วง CPI. และ WPI. Nylon 66: 700 dtex /108F	76
4.17	ผลการวัดค่าจำนวนแถวของห่วง CPI. และ WPI. ผ้าถักสามมิติ	76
4.18	เปรียบเทียบผลการทดสอบ ค่าเฉลี่ย Tensile Strength ด้าน course และWale	77
4.19	ผลการทดสอบทางแนวนอนของผืนผ้า (Course wise) Nylon 66: 470T – 72F	78
4.20	ผลการทดสอบทางแนวยืนของผืนผ้า (Wale wise) Nylon 66: 470 dtex/72F	79
4.21	ผลการทดสอบทางแนวนอนของผืนผ้า (Course wise) Nylon66: 700 dtex/ 108F	80
4.22	ผลการทดสอบทางแนวยืนของผืนผ้า (Wale wise) Nylon66: 700 dtex /108F	80
4.23	ผลการทดสอบ ผ้าสามมิติ Nylon 66: 470 dtex/72F	83
4.24	ผลการทดสอบผ้าสามมิติ Nylon 66: 700 dtex / 108F	83
4.25	ระดับค่ามาตรฐานการทดสอบ	83

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	เส้นด้ายที่อยู่ในรูปเส้นตรงและรูปของห่วง (Loop)	10
2.2	โครงสร้างผ้าทอ	11
2.3	โครงสร้างผ้าถัก weft knit	11
2.4	โครงสร้างผ้า Warp Knitted Half Tricot	11
2.5	ส่วนที่สำคัญของห่วง	12
2.6	Needle Loop และ Sinker Loop	12
2.7	A Knitted Stitch	13
2.8	Face Loop และ Back Loop	13
2.9	Course และ Wale	14
2.10	Open Loop และ Closed Loop	14
2.11	การสร้างห่วงของผ้าถักแนวนอน โดยใช้เข็มแล็ช	15
2.12	เครื่องถักผ้าแบบแท่นเข็มตรง (Flat Knitting M/C)	16
2.13	เครื่องถักผ้าวงกลม (Single Knitting Machine)	17
2.14	โครงสร้างSingle Jersey	17
2.15	โครงสร้าง 1X1 Purl Rib	18
2.16	โครงสร้าง 1X1 Rib	19
2.17	โครงสร้าง Interlock	20
2.18	โครงสร้าง Load / Extension	21
2.19	โครงสร้าง Lacoste	23
2.20	โครงสร้าง 2x1 weft lock knit	23
2.21	โครงสร้าง Tuck Purl Fabric	24
2.22	โครงสร้าง Miss Purl Fabric	24
2.23	โครงสร้าง 2x2 Rib Fabric	25
2.24	โครงสร้าง Rib Lade-In Fabric	25
2.25	โครงสร้าง Eight Lock Fabric	26
2.26	โครงสร้าง Ponte De Roma	26
2.27	โครงสร้างผ้าถัก Weft Knit	27
2.28	โครงสร้างผ้าถัก Warp Knit	27
2.29	สัญลักษณ์ที่ใช้ Weft Knitting Notation	28

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.30 ผ้าถัก Spacerโดยใช้ห่วงแขนบนเครื่องDouble knitting Machine	29
3.1 เครื่องทดสอบ TENSELON	32
3.2 กล้องจุลทรรศน์ Microscope	33
3.3 การเตรียมชิ้นทดสอบภาพตัดตามขวาง	33
3.4 การเตรียมชิ้นทดสอบลักษณะตามยาว	34
3.5 เครื่องกรอเส้นด้าย	34
3.6 หลอดด้ายบนเครื่องกรอ	35
3.7 โครงสร้างผ้าสามมิติ	35
3.8 วิธีการเรียงชุด Cam บนเครื่องถักผ้า	36
3.9 ลักษณะของ KNIT CAM	36
3.10 ลักษณะของ TUCK CAM	36
3.11 ลักษณะของ WELT CAM	37
3.12 ชุด CAM บนเครื่องถัก 1 REPEAT	37
3.13 เครื่องถักผ้า MAYER & CIE Model: D4 – 2.2	38
3.14 การทำความสะอาดชุด CAM และปรับเปลี่ยน CAM	38
3.15 การเปลี่ยนชุดแท่นเข็ม Cylinder & Dial	39
3.16 Cylinder & Dial ถอดเพื่อเปลี่ยนและทำความสะอาด	39
3.17 เข็มถักผ้าถอดทำความสะอาดและจัดเรียงใหม่	40
3.18 การปรับตั้งศูนย์ Cylinder & Dial	40
3.19 วิธีการใส่เข็มบนเครื่องถักผ้า	41
3.20 การขึ้นผ้าใหม่ (การต่อผ้าหลังการเปลี่ยน Cylinder)	41
3.21 การขึ้นผ้าใหม่ (การต่อผ้าหลังการเปลี่ยน Cylinder)	42
3.22 การขึ้นผ้าใหม่ (การต่อผ้าหลังการเปลี่ยน Cylinder)	42
3.23 การเรียงเข็มบนเครื่องและการขึ้นผ้าใหม่ที่เสร็จแล้ว	43
3.24 การเรียงเข็มบนเครื่องและการขึ้นผ้าใหม่ที่เสร็จแล้ว	43
3.25 การประกอบชุด CAMบนเครื่อง	44
3.26 การร้อยเส้นด้ายระบบท่อไปที่อุปกรณ์ส่งเส้นด้าย MPFและYarn carriers	44
3.27 การป้อนเส้นด้ายเข้าเข็มถักทุกเล่ม	45
3.28 การเชื่อมต่อหัวผ้าที่สมบูรณ์	45

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.29 แผงสวิทซ์ควบคุมเครื่องถัก	46
3.30 ชุดปรับความตึงม้วนผ้า	46
3. 31เครื่องมือวัดความตึงเส้นด้าย	47
3.32 อัตราการป้อนเส้นด้าย	47
3.33 การวัดความยาวห่วงเส้นด้าย	48
3.34 เครื่องชั่งน้ำหนัก	49
3.35 เครื่องตัดผ้าวงกลม	49
3.36 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง	49
3.37 เครื่องซักผ้า (Winch) ขนาด 2 ฟุต	50
3.38 เครื่องสลัดผ้า	50
3.39 เครื่องอบผ้าแห้งแบบ Tumbler dry	51
3.40 เครื่องรีดผ้าและปรับหน้าผ้า (CALENDER)	51
3.41 เครื่อง Thickness Tester วัดความหนาของผ้า	52
3.42 ชิ้นทดสอบขนาดเส้นผ้าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร	53
3.43 เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง	53
3.44 เครื่องวัดความยาวห่วง	54
3.45 การเตรียมชิ้นทดสอบความยาวห่วง	54
3.46 การใช้แว่นขยายนับจำนวนห่วงต่อความยาวในผ้าถัก	55
3.47 เครื่องสอบแรงดันทะลุ	56
3.48 การวางผ้าบนเครื่องทดสอบ	57
3.49 เครื่องทดสอบ Tensile Strength	57
3.50 ชิ้นทดสอบแนวตั้ง (Wale wise) เบอร์ 700dtex/ 108F	58
3.51 ชิ้นทดสอบแนวนอน (Course wise) เบอร์ 7oodtex/ 108F	58
3.52 ชิ้นทดสอบแนวตั้ง (Wale wise) เบอร์ 470dtex/ 72F	59
3.53 ชิ้นทดสอบแนวนอน (Course wise) เบอร์ 470dtex/72F	59
3.54 เครื่องทดสอบ Abrasion Martindale	60
3.55 เครื่องทดสอบ Blade Cut Resistance	61
3.56 ชุดจับชิ้นทดสอบ	61
3.57 ใบมีดวงกลม	62

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.58 ชุดจับชิ้นทดสอบและชุดใบมีดวงกลม	62
3.59 ขนาดชิ้นทดสอบ	63
3.60 เครื่องทดสอบ Tensile (Tear resistance)	63
3.61 เครื่องทดสอบ Puncture Resistance	64
3.62 Steel stylus	64
3.63 Retaining device	64
4.1 กราฟแสดงผลการทดสอบเส้นด้าย 2 ขนาดเบอร์ด้าย	67
4.2 ภาพตัดตามขวางเส้นใย Nylon 66: 470dtex/72F	68
4.3 ภาพตัดตามขวางเส้นใย Nylon 66: 700 dtex /108F	68
4.4 ภาพตามยาวเส้นใย Nylon 66: 470 dtex /72F	69
4.5 ภาพตามยาวเส้นใย Nylon 66: 700dtex/108F	69
4.6 ชิ้นผ้าที่ผ่านการทดสอบ Bursting strength	77
4.7 กราฟผลการทดสอบผ้าที่ถักจากเส้นด้าย 2 ขนาดเบอร์ด้าย	78
4.8 กราฟการทดสอบ Tensile strength	82
4.9 กราฟผลการทดสอบมาตรฐานEN 388	84

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

CPI	หน่วยวัดจำนวนแถวของห่วงถักในแนวนอนต่อนิ้ว (Courses per inch)
DIV	Division
ReH	อัตราความเครียดขั้นต่ำของวัสดุ หน่วย: N/mm^2
Rm	ความต้านทานแรงดึงของวัสดุหน่วย: N/mm^2
WPI	หน่วยวัดจำนวนแถวของห่วงถักในแนวตั้งต่อนิ้ว (Wale per in

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การทำผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการป้องกันเช่นปลอกแขนหรือถุงมือ ส่วนมากต้องใช้ผ้าที่ผลิตจากเส้นใยที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศมาเป็นวัสดุที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ หรือนำเข้าผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีราคาแพง ทำให้ต้นทุนในการผลิตสูง

จากปัญหาดังกล่าวนี้ จึงเกิดแนวคิดที่จะใช้ เส้นใย เส้นด้ายหรือวัสดุทางด้านสิ่งทอที่ผลิตภายในประเทศ นำมาผลิตเป็นผืนผ้าถักเพื่อใช้ทำผลิตภัณฑ์ โดยการนำเอาเส้นใยสังเคราะห์ชนิดไนลอน66 ที่มีความแข็งแรงสูง มาทำการผลิตเป็นผืนผ้า ด้วยโครงสร้างผ้าถักสามมิติ โดยใช้เครื่องถักผ้าวงกลม เป็นเครื่องถักสำหรับผลิตผืนผ้า เป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการนำเข้าวัสดุจากต่างประเทศ ตลอดจนถึงการลดต้นทุนการผลิต ทำให้สินค้ามีราคาต่ำลง และผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ในประเทศ สามารถนำไปใช้ในการป้องกันการบาดเจ็บจากการทำงาน ช่วยป้องกันการเกิดอุบัติเหตุ สร้างขวัญและกำลังใจในการทำงาน

จึงเป็นเหตุจูงใจให้ผู้วิจัยมุ่งหมายที่จะศึกษาค้นคว้า เรื่องการนำเอาเส้นด้ายจากเส้นใยสังเคราะห์ไนลอน66 มาผ่านกระบวนการผลิตผ้าถัก ด้วยเครื่องถักผ้าวงกลม เพื่อทำการศึกษาคุณสมบัติผ้าทางกายภาพและผลการทดสอบทางกายภาพ สำหรับนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์การศึกษา

เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและผลทดสอบทางกายภาพถักสามมิติที่ถักจากเส้นด้ายไนลอน 66ชนิดความแข็งแรงสูง

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

ในกระบวนการผลิตผ้าถัก การนำเส้นด้ายไนลอน 66 ที่มีคุณสมบัติที่ดี ในเรื่องความแข็งแรง ความเหนียวและความยืดหยุ่นของเส้นด้าย เส้นด้ายที่มีขนาดใหญ่ เมื่อนำไปผลิตเป็นผืนผ้าถักด้วยเครื่องถักผ้าวงกลม และนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพจะได้คุณสมบัติทางกายภาพเชิงกลที่ดีในด้านความแข็งแรง ความคงทน

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

เพื่อให้การวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ จึงได้กำหนดขอบเขตการวิจัยครั้งนี้ไว้ดังนี้

1.4.1 สถานที่ศึกษาวิจัย

สถานที่ศึกษาที่ผู้วิจัยได้ทำงานวิจัยการทดลอง

ก. บริษัท ประชาอาภรณ์ จำกัด (มหาชน) อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี

ข. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบลคลอง 6 อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี

1.4.2 วัตถุดิบที่ใช้

ใช้เส้นด้ายไนลอน 66 เบอร์ 470 เดซิเท็กซ์/72 ฟิลาเม้นท์ และ เบอร์ 700 เดซิเท็กซ์/108 ฟิลาเม้นท์

1.4.3 การทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพของเส้นด้าย

ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเส้นด้าย ในเรื่องต่อไปนี้

ก. ความแข็งแรงของเส้นด้าย (Tenacity)

ข. ความยืดหยุ่นของเส้นด้าย (Elongation)

ค. ลักษณะภาพตัดตามขวางเส้นใย

ง. ลักษณะภาพตามยาวเส้นใย

จ. ขนาดเส้นใย (ไมครอน)

1.4.4 การทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพของ ผ้าถัก

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของผืนผ้าผ้าถัก ในเรื่องต่อไปนี้

ก. ทดสอบความหนาบางของผ้า (Thickness of Fabric Test)

ข. ทดสอบหาน้ำหนักผ้า (Fabric Weight)

ค. ทดสอบความยาวห่วงผ้าถักสามมิติ (Loop Length)

ง. ทดสอบจำนวนแถวของห่วงถักต่อหน่วยความยาว (CPI, WPI.)

จ. ทดสอบความแข็งแรงของผืนผ้าต่อแรงดันทะลุ (Bursting Strength Test)

ฉ. การทดสอบความแข็งแรงผืนผ้าต่อแรงดึง (Tensile Strength)

ช. ทดสอบผ้าตามมาตรฐาน BS EN: 388

1.4.5 ด้านเครื่องจักร

เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตผ้าถักเป็นเครื่องถัก Circular Knitting Machine Type Double Knitting Machine ยี่ห้อ MAYER & CIE. Type: D4-2.2 Diameter: 30 inch Gauge: 18 gauge, และ 14 gauge Feeder:64 Feeds.

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

1.5.1 ศึกษาคุณสมบัติเส้นด้ายไนลอน 66 (ตาม ข้อ 1.4.3)

ก. ความแข็งแรงของเส้นด้าย (Tenacity)

ข. ความยืดหยุ่นของเส้นด้าย (Elongation)

ค. ลักษณะภาพตัดตามขวางเส้นใย

ง. ลักษณะภาพตามยาวเส้นใย

จ. ขนาดเส้นใย

1.5.2 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบและเครื่องจักร

ก. เตรียมเส้นด้ายไนลอน 66 ขนาดเบอร์ 470 เดซิเท็กซ์ 72 ฟิลาเม้นท์ และขนาดเบอร์ 700 เดซิเท็กซ์ 108 ฟิลาเม้นท์ อย่างละ จำนวน 60 แกน

ข. จัดเตรียมเครื่องถักผ้า Circular Knitting Machine Type Double knitting machine ยี่ห้อ MAYER & CIE. Type: D4- 2.2 Diameter: 30 inch Gauge: 18 gauge 64 Feeder และขนาด Diameter: 30 inch Gauge: 14 gauge 64 Feeder

ค. เขียนโครงสร้างผ้าถักสามมิติ ชนิดที่ถักด้วยเครื่องถักผ้า Double knit machine และวิธีการเรียงชุด Cam

1.5.3 การทดสอบหาสมบัติเส้นด้ายไนลอน66

ก. การทดสอบหาความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของเส้นด้าย

ข. ลักษณะภาพตัดตามขวางเส้นใย

ค. ลักษณะภาพตามยาวเส้นใย

ง. ขนาดเส้นใย

1.5.4 การทดลองถักผ้า

ผ้าถัก Weft Knitting ถักผ้าด้วยโครงสร้างผ้า สามมิติ ด้วยเครื่องถักผ้าวงกลมถักผ้าสองหน้าจำนวน 2 ตัวอย่าง ตามขนาดเบอร์ด้ายที่ใช้ในการทดลอง

1.5.5 การทดสอบหาสมบัติทางกายภาพของผ้าถัก

ก. ทดสอบความหนาบางของผ้า (Thickness of Fabric Test)

ข. ทดสอบหาน้ำหนักผ้า (Fabric Weight)

ค. ทดสอบความยาวห่วงผ้าถักสามมิติ (Loop Length)

ง. ทดสอบจำนวนแถวของห่วงถักต่อหน่วยความยาว (CPI, WPI.)

จ. ทดสอบความแข็งแรงของผืนผ้าต่อแรงดันทะลุ (Bursting Strength Test)

ฉ. การทดสอบความแข็งแรงผืนผ้าต่อแรงดึง (Tensile Strength)

ช. ทดสอบผ้าตามมาตรฐาน EN 388:2004

1.5. 6 วิเคราะห์ผลและสรุปผลการทดลอง

ใช้ผลการทดสอบในห้องทดสอบมาทำการวิเคราะห์ผลและสรุปผลการทดลอง

1.6 คำนิยามศัพท์

1.6.1 สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties) [1]

สมบัติทางกายภาพ หมายถึง สมบัติที่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่าหรือลักษณะภายนอกและการใช้เครื่องมืออย่างง่าย ๆ ในการสังเกตการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบ ไม่มีสิ่งใหม่เกิดขึ้น ส่วนใหญ่เป็นการเปลี่ยนแปลงทางด้านรูปลักษณ์ภายนอกเท่านั้น สมบัติที่วัดได้หรือสังเกตได้โดยไม่เปลี่ยนแปลงองค์ประกอบหรือเอกลักษณ์ของสิ่งนั้น สมบัติทางกายภาพผ้าถัก ในที่นี้กล่าวถึง ความถาวร (Durability) คือความสามารถของผ้าที่จะคงสภาพทางกายภาพหรือการทนทานต่อการกระทำเชิงกลในช่วงเวลาหนึ่ง

1.6.2 การทดสอบทางกายภาพ [2]

การทดสอบทางกายภาพ หมายถึง การทดสอบเพื่อวัดค่าคุณสมบัติของชิ้นตัวอย่างดูว่ามีคุณสมบัติตรงตามที่ต้องการหรือไม่ เช่นการทดสอบวัตถุดิบ ทดสอบผืนผ้า โดยมีวัตถุประสงค์ของการทดสอบเพื่อ ทดสอบเพื่อการวิจัย ทดสอบเพื่อเลือกวัตถุดิบ ทดสอบเพื่อควบคุมกระบวนการผลิต ทดสอบเพื่อพัฒนากระบวนการทดสอบเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ และทดสอบเพื่อกำหนดรายละเอียด เช่นการทดสอบด้านความแข็งแรง (Strength)ในเรื่อง แรงดึง (Tensile Strength) แรงฉีกขาด (Tearing Strength) และแรงดันทะลุ (Bursting Strength) การทนแรงเฉือนและลอก (Shear strength and peel strength) การยืด (Elongation) การคืนตัว (Elastic Recovery หรือ Elasticity) การทนการขัดถู (Abrasion Resistance) การทนการบาด (Blade cut Resistance) การทนการฉีกขาด (Tear Resistance) การทนการเจาะทะลุ (Puncture Resistance)

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทำให้ทราบถึงวิธีการผลิตผ้าถักสามมิติ และเป็นแนวทางในการพัฒนาผ้าถักในโรงงานสิ่งทอและการนำไปใช้ประโยชน์

ในเชิงพาณิชย์ สามารถผลิตผ้าผืนและทำผลิตภัณฑ์จำหน่าย เพิ่มรายได้ให้องค์กรที่ผู้วิจัยทำงานได้

เป็นแนวทางการศึกษาผ้าถักสามมิติให้กับผู้ที่สนใจได้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้เรื่องเส้นใยไนลอน [3]

2.1.1 ความหมาย คำว่าไนลอน

ใช้เรียกชื่อใยทั่วไปที่สังเคราะห์มาจากโพลิเมอร์ของเอไมด์จับกันเป็นโซ่ยาว หมู่เอไมด์นี้จะต้องรวมตัวเข้าเป็นส่วนหนึ่งของโมเลกุล และต้องมีคุณสมบัติทำเป็นเส้นใยได้ ปัจจุบันไนลอนมิใช่ชื่อของเส้นใยโดยเฉพาะ แต่ใช้เป็นชื่อของวัสดุที่สังเคราะห์มาจากสารประกอบโพลิเอไมด์ทั้งสิ้น

ไนลอนผลิตจากกรดอไดปิค และเฮกซาเมทิลีนไดเอมีน เรียกว่าไนลอน 6,6 ส่วนไนลอนที่ผลิตจากกรดเซเบสิค (Sebesic : $CHOO(CH_2)_8COOH$) เรียกว่าไนลอน 6,10 สำหรับไนลอนที่ผลิตมาจากคาโปแลคตรัม เรียกว่าไนลอน 6

สารเคมีที่นำมาใช้ผลิตนี้ ต้องเป็นสารบริสุทธิ์ ถ้ามีสารเคมีอื่นเจือปนจะทำให้รวมตัวเป็นโมเลกุล มีขนาดไม่ใหญ่มาก

ใยที่จะใช้ชื่อทั่วไปว่าไนลอนหรือโพลิเอไมด์นั้น ได้ยอมรับกันเป็นมาตรฐานว่าต้องประกอบด้วยสารสังเคราะห์โพลิเอไมด์ที่ต่อกันเป็นโซ่ยาว มีจำนวนเอไมด์น้อยกว่าร้อยละ 85 ต่อเข้าโดยตรงกับวงแหวนอโรเมติคสองวง มีอยู่สองชนิด คือไนลอน 6 และ 6,6 ยังมีโพลิเอไมด์อีกชนิดหนึ่ง ซึ่งมีลักษณะแบบเดียวกับไนลอน 6 หรือ 6,6 แต่มีจำนวนเอไมด์มากกว่าร้อยละ 85 เรียกว่าใยอรามิด (Aramid)

2.1.2 กระบวนการผลิต

การสังเคราะห์กรดอไดปิคและเฮกซาเมทิลีนไดอามีนทำได้หลายวิธี นิยมตั้งต้นจากฟีนอลมากที่สุด ฟีนอลสังเคราะห์ได้โดยนำเบนซินมาทำซัลโฟเนชั่น (Sulphonation) เบนซินกลั่นมาจากน้ำมันถ่านหิน หรือจากน้ำมันปิโตรเลียม

รีดิวซ์ฟีนอลโดยให้ไอของมันผ่านออกไปรวมตัวกับก๊าซไฮโดรเจนบนตัวคะตะไลซ์ บางครั้งอาจรีดิวซ์ในสภาพของของเหลวในตู้อบ (Autoclave) แต่ไม่สะดวกเท่ากับทำในภาวะของก๊าซ เพราะสามารถทำได้ต่อเนื่องกันตลอดเวลา ผลที่ได้เป็นไซโคลเฮกซานอล (Cyclohexanol) นำไปออกซิไดซ์ด้วยกรดดินประสิว จะได้กรดอไดปิค โครงสร้างวงแหวนจะเปิดออก

ส่วนเฮกซาเมทิลีนไดเอมีนสามารถเตรียมได้จากกรดไดปิคตามสมการต่อไปนี้

$$COOH\,(CH_2)_4COOH + 2NH_3 \longrightarrow CONH2(CH_2)_4CONH_2 + 2H_2O$$

กรดไดอปิค **อไดเปไมด์**

แล้วนำเอไมด์ไปทำ Dehydrate โดยใช้สารเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมจะได้ไนทริล

$$CONH_2(CH)_4\,CONH_2 \longrightarrow CN(CH_2)_4CN+2H_2O$$

อไดโปรไนทริ้ล

นำไนทริลไปรีดิซ์ด้วยไฮโดรเจนในตู้อบ ใช้โคบอลต์หรือนิกเกลเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

$$CH\,(CH_2)_4CH + 4H_2 \longrightarrow NH_2CH_2\,(CH_2)_4CH_2NH_2$$

เฮกซาเมทิลีนไดเอมีน

แยกละลาย เฮกซาเมทิลีนไดอามีนและกรดอไดปิคจากกันด้วยเมทานอล เมื่อนำมารวมกันจะตกตะกอนได้เกลือไนลอน หรือเฮกซาเมทิลีนไดแอมโมเนียมอไดเปต แล้วทำให้บริสุทธิ์

$$NH_2\,(CH_2)_6NH_2COOH\,(CH_2)_4COOH$$

เฮกซาเมทิลีนไดแอมโมเนียมอไดเปต

การปรับปรุง (Modification) เริ่มแรกกระบวนการผลิตจะเป็นบนซิน ⟶ ฟีนอล ⟶ ไซโคลเฮกซานอล ปัจจุบันปรับปรุงเป็น เบนซิน⟶ ไซโคลเฮกเซน⟶ ไซโคลเฮกซานอล ผ่านอากาศลงไปในไซโคลเฮกเซนที่ 120 – 150 องศาเซลเซียส ความดัน 4 บรรยากาศ เพื่อรักษาสภาพให้เป็นของเหลว ใช้โคบอลต์แนทเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ไวโคลเฮกเซนจะเปลี่ยนเป็นไซโคลเฮกซานอล และไซโคลเฮกซาโนน ออกซิไดซ์ด้วยกรดดินประสิวให้เป็นกรดอะไดปิค ใช้ทองแดงเวเนเดียมเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา นำกรดอไดปิคซึ่งยังเหลวอยู่รวมกับแอมโมเนียม ทำให้ร้อนที่ 360 องศาเซลเซียส ส่งผ่านไปยังโบรอนฟอสเฟส ซึ่งใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะเปลี่ยนเป็นอไดโปไนทริลได้ประมาณน้อยละ 90 บางครั้งแทนที่จะใช้โบรอนฟอสเฟส ซึ่งจำเป็นต้องเปลี่ยนบ่อยๆ ใช้โมลิบเดทและฟอสเฟสผสมกัน ติดบนแผ่นซิลิกาเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาก็ได้ ผลผลิตที่ได้จะน้อยกว่าบ้างแต่ใช้ได้นานกว่า ส่วนการรีดิวซ์อไดโปไนทริล เป็นไดเอมีนคงตัวเป็นแบบเดียวกัน คือใช้กระบวนการไฮโดรจิเนชั่น

การทำให้รวมตัวกันเป็นโพลิเมอร์ ต้องมีสารช่วยให้อยู่ตัว ตามปกตินิยมใช้กรดน้ำส้มเพิ่มอุณหภูมิจนเกลือไนลอนละลาย ไล่อากาศออกให้หมด ถ้ามิฉะนั้นเกลือไนลอนจะเปลี่ยนสีหรือไหม้ ไนโตรเจนเป็นก๊าซที่เหมาะที่จะทำให้เกิดบรรยากาศของก๊าซเฉื่อย บางครั้งอาจใช้ไฮโดรเจนแทน หรือมิฉะนั้นก็ทำให้สุญญากาศ โดยต้องเอาน้ำที่เกิดจากการรวมตัวของโมเลกุลออก ถ้าต้องการเส้น

ใยขุ่นให้ส่าติตาเนียมไดออกไซด์ไม่เกินร้อยละ 3.0 ในขณะที่กำลังรวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่ เก็บไว้นาน 4 ชั่วโมงที่ 280 องศาเซลเซียส

2.1.3 คุณสมบัติฟิสิกส์

ก. ความยืดหยุ่น มีความยืดหยุ่นดีสามารถกลับคืนเข้าที่เดิมได้เร็วและไม่เปลี่ยนรูปเมื่อเปรียบเทียบกับใยไหมจะได้ผลดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ความคืนตัวเมื่อดึงให้ยืดออกเป็นเวลา 100 วินาที ทิ้งให้คืนตัวนาน 60 นาที

ดึงยืดร้อยละ	คืนตัวได้ร้อยละ	
	ไหม	ไนลอน
2	-	100
4	76	100
8	56	100
10	47	86

เมื่อถูกดึงให้ยืดและคงอยู่ในลักษณะนั้นเป็นเวลานาน จะไม่คืนตัวทันทีที่ปล่อยออกแต่จะคืนตัวทีละน้อย จะให้คืนเข้ารูปเดิมนั้นอาจนานถึงสองสัปดาห์ จะคืนตัวในระยะ 2 – 3 ชั่วโมงแรกร้อยละ 50 ใน 24 ชั่วโมงจะคืนตัวร้อยละ 85 ที่เหลือช้ามาก ถ้ามีความชื้นเพิ่มขึ้นจะดึงยืดได้ง่ายขึ้น

ข. ความต้านแรงดึง ไนลอนจะทำให้มีความเหนียวมากหรือน้อยก็ได้ ชนิดความเหนียวน้อยจะดึงยืดออกได้น้อยกว่าชนิดเหนียว คิดเฉลี่ยเหนียวอยู่ในระหว่าง 4.5 – 7.5 กรัม ของความเหนียว ขณะแห้งดึงยืดออกมาได้มากกว่าเมื่อแห้งร้อยละ 5 – 30 ไม่ว่าจะเป็นปมหรือผูก จะทำให้ความเหนียวลดไปเพียงร้อยละ 15 เท่านั้น

ค. การดูดความชื้น ที่ภาวะอากาศมาตรฐานไนลอนดูดความชื้นได้ค่อนข้างต่ำประมาณร้อยละ 4.2 จึงจะสมดุล

ง. ความถ่วงจำเพาะ ไนลอนมีความถ่วงจำเพาะต่ำ ทำให้เสื้อผ้าที่ผลิตจากใยชนิดนี้เบากว่า ใยชนิดอื่นกระจายตัวได้ดี ทอได้ผ้าเนื้อแน่น

จ. จุดหลอมละลาย ไนลอนหลอมเหลวที่ 263 องศาเซลเซียส เมื่อมีไนโตรเจน และที่ 250 องศาเซลเซียสในอากาศ ดังนั้นถ้าใช้เตารีดร้อนเกินไปหรือเกินกว่า 180 องศาเซลเซียสอาจติดเตารีด

เมื่อได้รับความร้อนที่ 150 องศาเซลเซียส จะเป็นสีเหลืองใน 5 ชั่วโมง อุณหภูมิเตารีดควรใช้ประมาณ 115 องศาเซลซียส

การจะตั้งเตารีดให้ร้อนเท่าใดนั้น ต้องพิจารณาหลัก 3 ประการด้วยกัน

- ใช้แรงกดเท่าใด
- ใช้รีดถูไถมาบนผ้าเป็นเวลาเท่าใด
- มีความชื้นมากน้อยเท่าใด

ใยไนลอนบริสุทธิ์ไม่ย้อมสี เผาไฟจะไม่ค่อยลุกไหม้ แต่จะละลาย เมื่อมีสีย้อม ปนอยู่ด้วย อาจลุกไหม้ เอาเปลวไฟออกจะดับทันที ถ้าผสมกับใยฝ้ายหรือขนสัตว์ แม้ว่าใยทั้งสองชนิดนี้จะตกแต่งมิให้ลุกไหม้แล้ว ก็จะลุกไหม้ได้เหมือนกัน ใยไนลอนไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง แม้ว่าอุณหภูมิ

ลดต่ำถึง -80 องศาเซลเซียส เก็บเชือกไนลอนที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส เมื่อนำออกมาที่อุณหภูมิปกติจะสามารถคืนสู่สภาพเดิมได้

ฉ. การทำให้อยู่ตัวด้วยความร้อน ใยไนลอนจะเกิดรูปหรือรอยยับถาวรได้ ถ้าผึ่งหรืออบด้วยความร้อนแห้งหรือความร้อนชื้น เช่นถุงเท้าสตรี เวลาผลิตส่วนใหญ่ใส่หุ่นตามรูปเท้าอบไอน้ำที่ความดัน 25 ปอนด์ จะได้รูปตามหุ่น ทนต่อการสวมใส่และซักฟอกมากขึ้น แม้จะซักด้วยน้ำร้อน

ช. คุณสมบัติที่เกี่ยวกับกระแสไฟฟ้า ไนลอนเป็นฉนวนไฟฟ้าที่เกิดไฟฟ้าสถิตขึ้นได้ ดังนั้นบริเวณโรงงานจึงต้องทำให้ความชื้นสูงขึ้น หรือตกแต่งเส้นใยมิให้เกิดไฟฟ้าสถิต การสวมใส่เสื้อผ้าไนลอนควรต้องระมัดระวังในกรณีไฟฟ้าสถิตอาจเปลี่ยนเป็นไฟฟ้ากระแสได้ถ้ามีอาจทำให้ช็อกได้

ซ. การทนการขัดถู ทนต่อการขัดถูได้ดีกว่าใยชนิดอื่น แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการผลิตผ้าและการใช้ผ้านั้นด้วย ในบางกรณีผ้าไนลอนใยสั้นทนการขัดถูได้ดีกว่าผ้าใยยาวที่มีความหนาเท่ากัน ผ้าใยยาวทนต่อการขัดถูได้ดีกว่าผ้าใยสั้น ผ้าฝ้ายผสมไนลอนจะทนต่อการขัดถูได้ดีกว่าใยฝ้ายล้วนๆ หลายเท่า แปรงสีฟันและแปรงปัดเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมใช้ขนที่ทำด้วยใยไนลอน ใช้ได้ทนกว่าขนที่ทำด้วยใยชนิดอื่นทั้งสิ้น เพราะไนลอนแข็งตัวแต่อ่อนได้ เปลี่ยนรูปได้โดยไม่เสื่อมคุณภาพ

ฌ. ความมัน ก่อนดึงยืดใยไนลอนจะขุ่นเล็กน้อย เมื่อดึงยืดให้โมเลกุลเรียงตัวกันดีขึ้นจะเพิ่มความมันขึ้นมาก ไนลอนธรรมดาใส โปร่งแสง

2.1.4 คุณสมบัติทางเคมี

ก. ความทนต่อสารเคมี ไนลอนเป็นใยที่ทนต่อสารเคมีต่างๆ ได้ดี โดยเฉพาะสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ช่วยให้ทำความสะอาดได้ง่ายขึ้น ละลายในกรดฟอมิคและฟีนอล

ข. ความทนแสง ไนลอนถูกแสงสว่างโดยตรงจะเสื่อมคุณภาพ ถ้าตากแสงแดดอยู่นานจะทำให้เหนียวน้อยลง ดึงยืดได้น้อยลง และยังทำให้คุณสมบัติอื่นๆ ลดน้อยลงด้วยใยไนลอนชนิดผ้ามันใสจะทนแสงแดดได้ดีเท่ากับฝ้าย ถ้าเปรียบเทียบระหว่างไนลอนและใยกล้วยของฟิลิปปินส์ ที่ตากแดดไว้พร้อมกัน ใยจะลดความเหนียวเท่ากันทั้งสองอย่าง มีสิ่งแวดล้อมหลายอย่างที่เป็นสาเหตุให้ใยไนลอนเสื่อมคุณภาพไม่เท่ากัน เมื่อตากแดดไว้นาน เช่น

- ชนิดของเส้นใยหรือด้ายไนลอน ชนิดเป็นมันใสทนแสงแดดได้ดีกว่าไนล่อนขุ่น อาจเป็นเพราะสารที่ทำให้ขุ่นทำเป็นเช่นนี้
- ขนาดของเส้นใย ใยยาวทนได้ดีกว่าใยสั้น ใยเส้นโตดีกว่าใยเส้นเล็ก
- สีย้อมสารตกแต่งและวัตถุอื่นๆ ที่ใช้ตกแต่งผ้าก่อนจำหน่าย ทำให้ทนทานได้ไม่เท่ากัน อาจเป็นเพราะส่วนประกอบเคมีของสารนั้น
- ปริมาณแสงแดดที่ได้รับ ถ้าได้รับแสงโดยตรงจะเสื่อมเร็วกว่าเมื่อได้รับแสงทางอ้อมผ่านกระจกหรืออยู่ในอาคาร

- สภาพภูมิประเทศ สถานที่ใช้ไนลอนเป็นสาเหตุอีกอย่างหนึ่ง เช่น ในสหรัฐอเมริกา ถ้าตากไนลอนที่ฟลอริดาจะเสื่อมคุณภาพเร็วกว่าตากที่เดลลาแวร์

ระยะเวลาในหนึ่งปี แต่ละเดือนความร้อนแรงของแสงอาทิตย์ที่ส่องมายังโลกไม่เท่ากัน ถูกแสงในเดือนหนึ่งอาจเสื่อมคุณภาพเร็ว แต่อีกเดือนหนึ่งอาจช้าได้

ค. รังสีนิวเคลียร์ ได้สังเกตพบว่า เมื่อนำพลาสติกไปอาบรังสีนิวเคลียร์ จะเห็นคุณสมบัติ จึงคาดกันว่า ถ้าเส้นใยไปอาบรังสี คงจะทำให้ได้ผลดีเช่นเดียวกัน ในวงการศึกษาได้ทดลองใช้รังสีนิวเคลียร์บอมบาร์ดเส้นใยหลายวิธี แต่ยังสรุปผลการทดลองเพื่อใช้ในงานอุตสาหกรรมไม่ได้ ตามทฤษฎีเมื่อบอมบาร์ดด้วยรังสีนิวเคลียร์จะทำให้เกิดครอส-ลิงก์ได้ ใยจะเหนียวมากขึ้น ยืดหยุ่นได้ดีขึ้น และอาจทำให้ความทนทานต่อสารเคมีและเชื้อแบคทีเรีย เห็ดราดีขึ้น

ง. การย้อมสี คุณสมบัติการติดสีของส้นใยและการย้อมได้สม่ำเสมอ ขึ้นอยู่กับการดึงโมเลกุลเรียงตัวกันได้เป็นระเบียบดีขึ้น มีสาเหตุ 2 ประการ ที่ทำให้คุณสมบัติการย้อมตามภาวะที่กำหนดเปลี่ยนแปลง คือ

- อัตราการเรียงตัวของโมเลกุลภายในเส้นใย ถ้าโมเลกุลเรียงตัวสูงจะดูดสีได้น้อยลง

- จำนวนหมู่อะมิโนที่ปลายโซ่โมเลกุล คุณสมบัติการดูดติดสีของเส้นใยปรับปรุงให้ดีขึ้นได้โดยทำให้โมเลกุลคงตัว การใช้สารประเภทกรดทำให้ไนลอนโพลิเมอร์คงตัว จะย้อมสีเอซิดได้ยากมากขึ้น เพราะว่าหมู่กรดอะมิโนอิสระอยู่ตอนปลายของสารโมเลกุลเพียง 0.04 มิลิกรัมสมบูรณ์ จึงไม่พอต่อการจะย้อมให้มีสีเข้มด้วยสีแอซิดได้ ยิ่งกว่านั้นถ้าใช้สีสองตัวผสมกันจะเกิดการแข่งขันกันเข้าไปเกาะติดเส้นใย และอาจเป็นไปได้ว่า สีตัวหนึ่งเกาะติดได้ดีกว่าอีกตัวหนึ่ง ตัวสีซึ่งรวมกับเส้นใยโดยไม่มีปฏิกิริยาเคมี จะย้อมได้ง่ายกว่าการใช้สีดีสเพอร์สย้อมใยไนลอน ได้ผลดีกว่าสีกระจายตัวได้ดี สม่ำเสมอมากกว่า และมีความคงทนดีกว่า

2.1.5 คุณสมบัติทางจุลชีพ

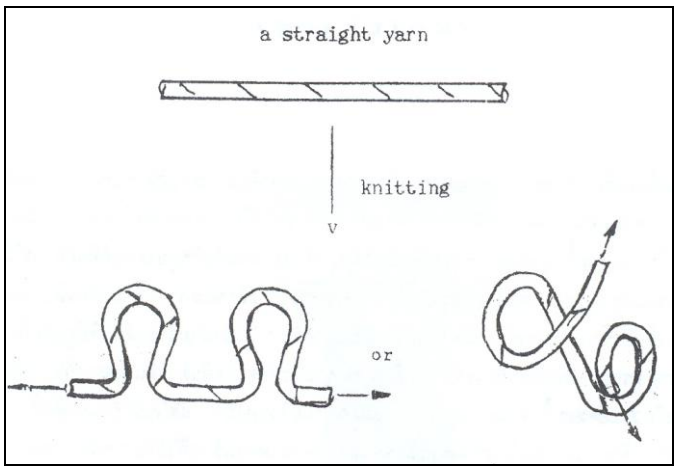
ความทนต่อเห็ดรา แมลง และแบคทีเรีย ไนลอนทนต่อแมลงได้ดีไม่เป็นอาหารของแมลงที่แมลงทำลายเสื้อผ้าล้วนเนื่องมาจากสาเหตุอื่น เช่นรอยเปื้อนสกปรก สารตกแต่งหรือมีความชื้นมากเกินไป

2.2 ความรู้เรื่องผ้าถัก [4]

การถักผ้า (Knitting) นับตั้งแต่มีการพัฒนาทางด้านวิศวกรรมสิ่งทอ การค้นคว้าหาเส้นใยใหม่ๆ เทคนิคการผลิตเส้นด้ายแบบต่างๆ ตลอดจนเทคนิคการนำเอาสารเคมีใหม่ๆ มาใช้ในการตกแต่งสำเร็จ ทำให้ผ้าถักได้รับความนิยมมากขึ้น ซึ่งรวมทั้งเทคนิคการออกแบบลายผ้า ให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ที่จะนำไปใช้ ในงานอุตสาหกรรมและเครื่องนุ่งห่มสำเร็จรูป ถ้าหากพิจารณาตามลักษณะการผลิตผ้าถักแล้ว กล่าวได้ว่าคุณสมบัติของผ้าถักนั้นเด่นกว่าผ้าที่ผลิตโดยกรรมวิธีอย่างอื่น

ทั้งยังสามารถผลิตให้มีคุณสมบัติเหมือนผ้าชนิดอื่นๆ เพราะธรรมชาติของผ้าถักจะมีความยืดหยุ่น สามารถยืดและคืนตัวได้แตกต่างกัน คุณสมบัติของผ้าถักแนวนอนมีความยืดหยุ่นทั้งด้านความกว้าง และความยาวของผ้า แต่ในผ้าถักแนวดิ่งมีความยืดหยุ่นเพียงด้านเดียว คือด้านกว้างซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามโครงสร้างที่ใช้ในการถัก โดยทั่วไปแล้วผ้าถัก เกิดจากการทำไขว้ห่วงคล้องประสานซึ่งกันและกัน ดังนั้นความยืดหยุ่นของผ้าถักจึงขึ้นอยู่กับการโค้งของห่วงในโครงสร้างผ้าและเส้นด้ายที่ใช้ ส่วนคุณสมบัติอื่นๆ ได้แก่ การทนต่อรอยยับ ความอ่อนนุ่มไม่แข้งกระด้าง การโค้งงอไม่ยับง่าย การระบายอากาศและให้ความอบอุ่นดี ทำให้ผ้าถักได้รับความนิยมมาก ในการนำผ้ามาผลิตเป็นเสื้อถักสำเร็จรูปเช่น สเว็ตเตอร์ เสื้อโปโล ชุดกีฬา ชุดชั้นใน ถุงเท้า ถุงน่อง ผ้าม่าน ผ้าลูกไม้ และอื่นๆ

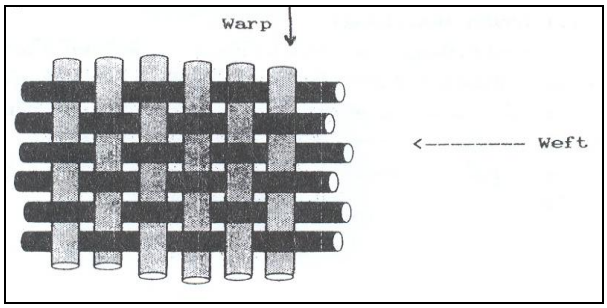
การถัก (Knitting) การถักเป็นกระบวนการผลิตผ้าวิธีหนึ่ง เส้นด้ายที่ใช้ในการถักจะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของห่วง (Loop) เชื่อมต่อเข้าด้วยกันเป็นผืนผ้า การเปลี่ยนในแนวนอนหรือแนวขวาง (Weft wise) และการเปลี่ยนในแนวดิ่ง (Warp wise) ฉะนั้นการถัก จะมี 2 ชนิด คือการถักตามแนวนอน (Weft Knitting) และ การถักตามแนวดิ่ง (Warp Knitting) รูปที่ 2.1 แสดงเส้นด้ายที่อยู่ในรูปเส้นตรง และถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของห่วง (Loop) โดยการถัก



รูปที่ 2.1 เส้นด้ายที่อยู่ในรูปเส้นตรงและรูปของห่วง (Loop)

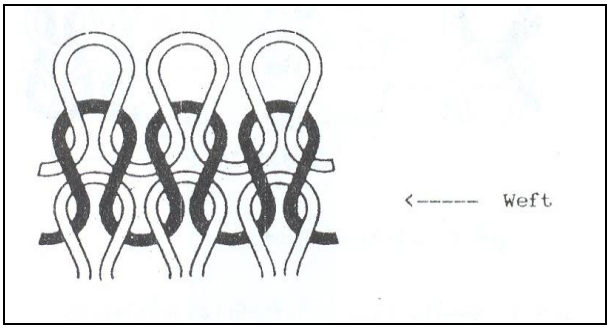
2.1.1 วิธีการถักผ้า

ความแตกต่างระหว่าง การถักผ้าตามแนวนอน (Weft Knitting) และการถักตามแนวดิ่ง (Warp Knitting) เราควรเข้าใจความหมายของ Weft และ Warp เสียก่อน คำจำกัดความของ Weft และ Warp มาจากอุตสาหกรรมผ้าทอ ซึ่งใช้แทนคำว่าด้ายพุ่ง (Weft) และ ด้ายยืน (Warp) ในผ้าทอ ดังรูปที่ 2.2



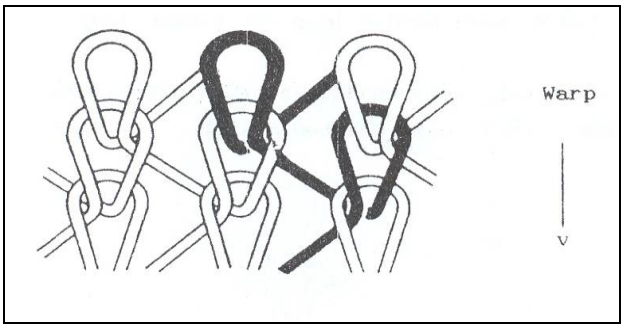
รูปที่ 2.2 โครงสร้างผ้าทอ

ก. Weft Knitting เป็นการถักผ้าโดยการนำห่วงมาคล้องต่อกันตามแนวนอน ดังรูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างผ้า Weft Knitting (Plain Knit) จะเห็นว่าเส้นด้ายถูกทำให้เป็นห่วง (Loop) ในแนวนอน (Weft wise Direction)



รูปที่ 2.3 โครงสร้างผ้าถัก Weft Knit

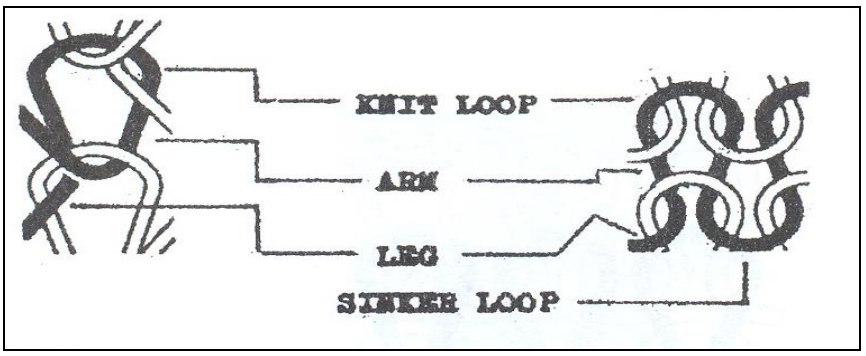
ข. Warp Knitting เป็นการถักผ้าโดยการนำห่วงมาคล้องต่อกันตามแนวดิ่ง ดังรูปที่ 2.4 แสดงตัวอย่าง Warp Knitting (Half Tricot) จะเห็นว่าเส้นด้ายถูกทำให้เป็นห่วง (Loop) ในแนวดิ่ง (Warp wise Direction)



รูปที่ 2.4 โครงสร้างผ้า Warp Knitted Half Tricot

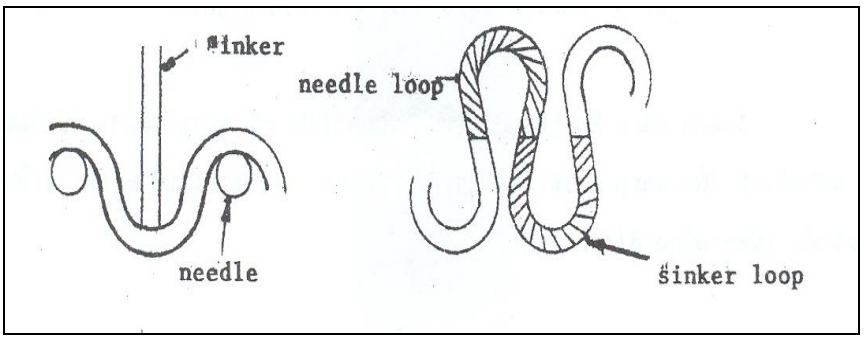
2.2.2 ลักษณะของห่วง

ห่วงของผ้าถักลักษณะด้านบนของห่วงจะมนใหญ่ ส่วนด้านล่างจะแคบเนื่องจากการเกี่ยวคล้องกันของห่วง ดังแสดงในรูปที่ 2.5



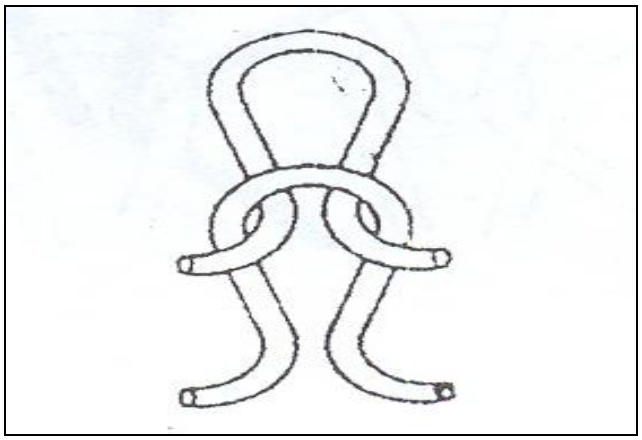
รูปที่ 2.5 ส่วนที่สำคัญของห่วง

ก. Needle Loop เป็นห่วงที่ถูกสร้างขึ้นโดยเข็ม และ Sinker Loop เป็นจุด (ห่วง) ที่เชื่อมระหว่าง Needle Loop ดังแสดงในรูปที่ 2.6



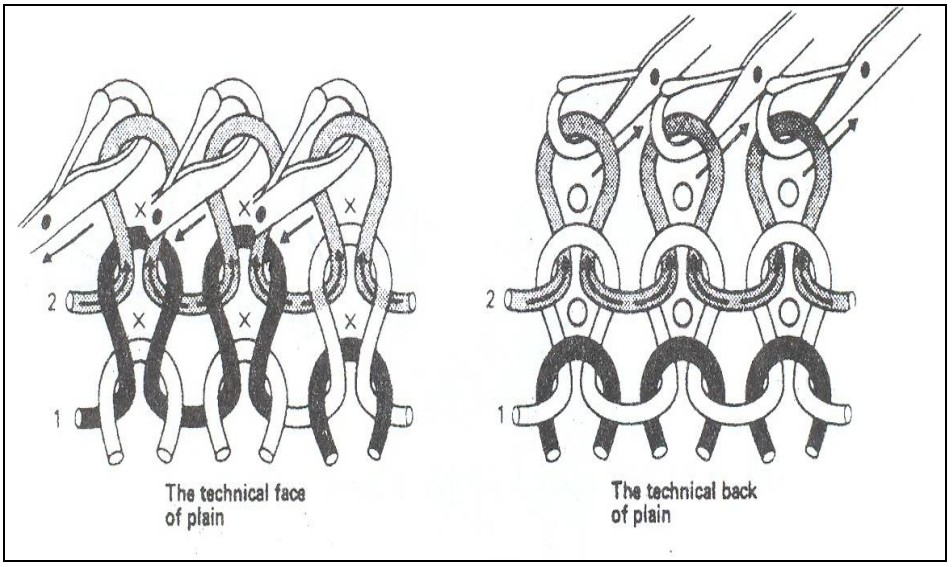
รูปที่ 2.6 Needle Loop และ Sinker Loop

ข. Stitch เกิดจากการสร้างห่วงหนึ่งผ่านไปอีกห่วงหนึ่ง ฉะนั้นผ้าถักเกิดจาก Stitch ที่เชื่อมต่อกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.7 แสดง Knitted Stitch



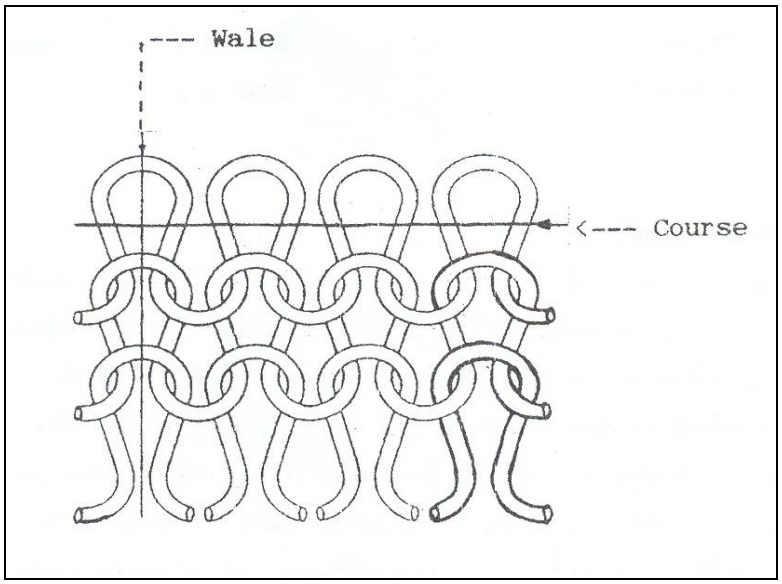
รูปที่ 2.7 A Knitted Stitch

ค. Face Loop แสดงห่วงทางด้านหน้าของผ้าเรียกว่า Technical Face และ Back Loop แสดงห่วงทางด้านหลังของผ้าเรียกว่า Technical Back ดังแสดงในรูปที่ 2.8



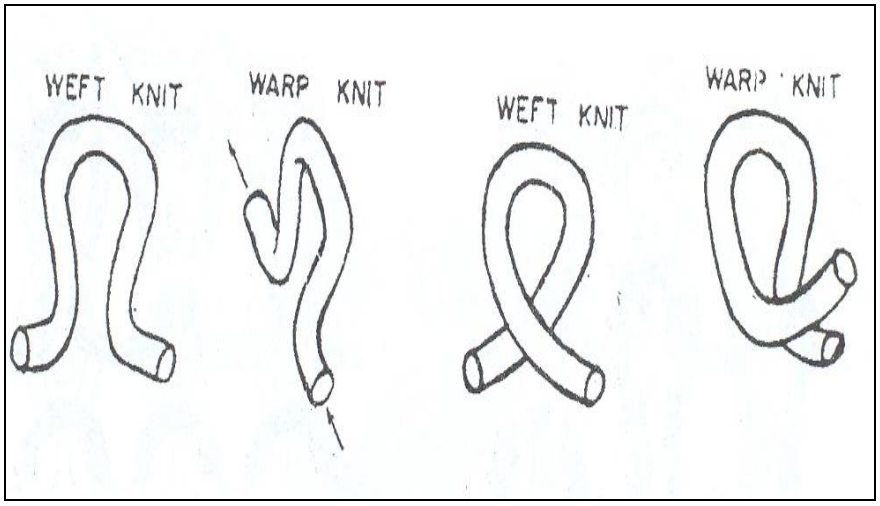
รูปที่ 2.8 Face Loop และ Back Loop

ง. Course เป็นแถวของห่วงตามแนวขวางของผืนผ้าและ Wale เป็นแถวของห่วงตามแนวยาวของผืนผ้า ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 Course และ Wale

จ. Open Loop เป็นห่วง ที่ด้านล่างของห่วงเส้นด้ายเปิดหรือไม่ไขว้กันและ Closed Loop เป็นห่วง ที่ด้านล่างของห่วงปิดหรือเส้นด้ายไขว้กันดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 Open Loop และ Closed Loop

ฉ. เกจ (Gauge or Cut) เป็นตัวชี้ให้เห็นถึงขนาดของห่วงถัก และกำหนดจำนวนเข็มต่อนิ้วของเครื่อง จำนวนเข็มต่อนิ้วมากผ้าที่ผลิตก็จะมีความสวยงามมากด้วย การตกแต่งผ้าจะทำให้โครงสร้างผ้าเปลี่ยนแปลงไป เพราะการตกแต่งผ้าทำให้โครงสร้างผ้าเปลี่ยนแปลงไป เพราะการตกแต่งผ้าทำให้เกิดการหดตัวและการดึงยืดของโครงสร้างผ้าตลอดเวลา

การกำหนดจำนวนเข็มต่อนิ้ว (Gauge or Cut)

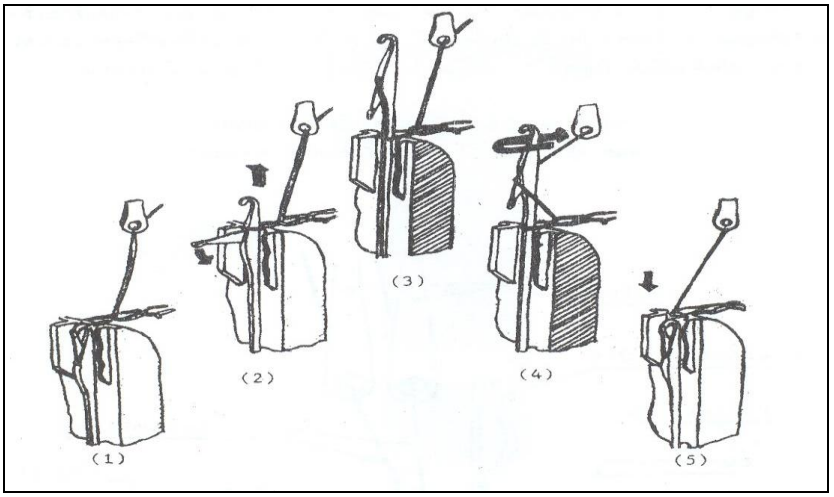
ผ้า Full-fashioned hosiery	Needle/1.5 = Gauge
ผ้า Circular-knits	Needle/1” = Gauge

2.2.3 การถักผ้าแนวนอน (Weft Knit)

เป็นการถักผ้าด้วยเส้นด้ายตั้งแต่หนึ่งเส้นขึ้นไปในทิศทางเดียวกับเส้นด้ายพุ่ง ลักษณะห่วงที่เกิดเป็นผืนผ้าจะคล้องต่อเนื่องกันตามความกว้างของผ้ามี 2 ลักษณะคือ ห่วงด้านหน้าผ้าเรียกว่า “ห่วงด้านหน้า (Face Loop)” และห่วงด้านหลังผ้าเรียกว่า “ห่วงด้านหลัง (Back Loop)” ลักษณะการป้อนเส้นด้ายเข้าเครื่องถัก จะเอียงทำมุมมากกว่าหรือน้อยกว่ามุมฉากกับทิศทางที่เกิดเป็นผืนผ้าเช่น เครื่องถักผ้าแบบวงกลมเป็นต้น

การสร้างห่วงของผ้าถักแนวนอน โดยใช้เข็มแล็ช (Weft Knitting Cycle of Latch Needle) ดังแสดงในรูปที่ 2.11

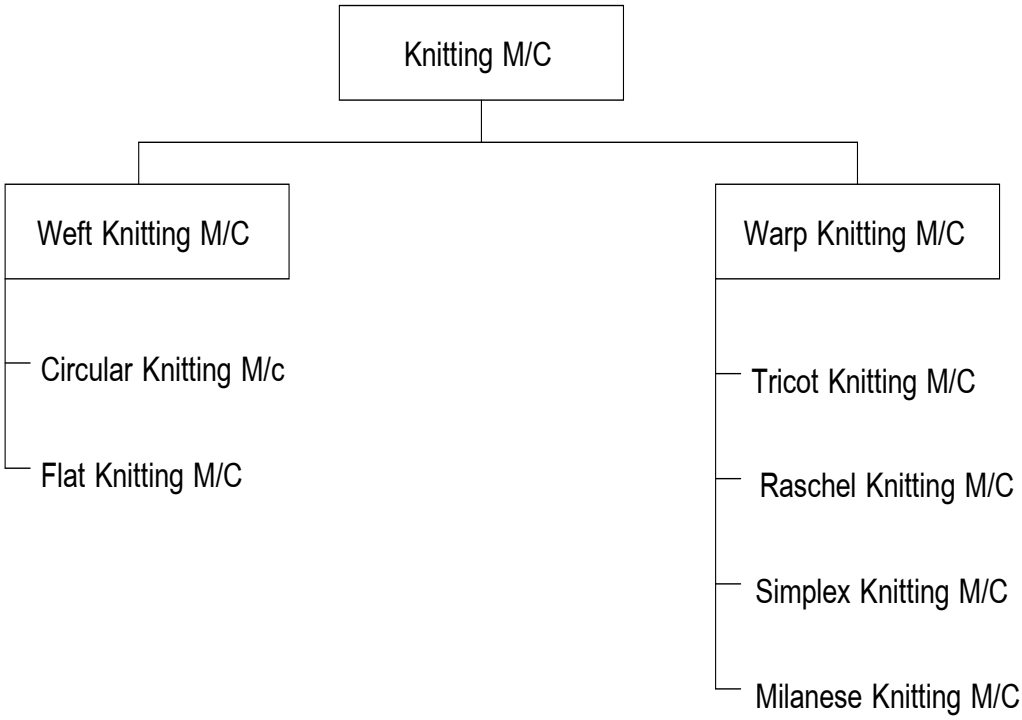
1. เข็มอยู่ในตำแหน่งปกติหลังจากถักห่วงเสร็จแล้ว
2. เข็มเลื่อนขึ้น ห่วงจะเปิดเข็ม
3. เข็มเลื่อนขึ้นสูงสุด ห่วงจะอยู่ใต้ฝาปิดเข็ม
4. เข็มเลื่อนขึ้นต่ำลงเกี่ยวเส้นด้ายที่ป้อนเข้ามาใหม่
5. เข็มเลื่อนลงต่ำสุด ห่วงเก่าจะปิดเข็มและดึงห่วงใหม่ผ่านห่วงเก่า



รูปที่ 2.11 การสร้างห่วงของผ้าถักแนวนอนโดยใช้เข็มแล็ช

2.2.4 ประเภทเครื่องถักผ้า

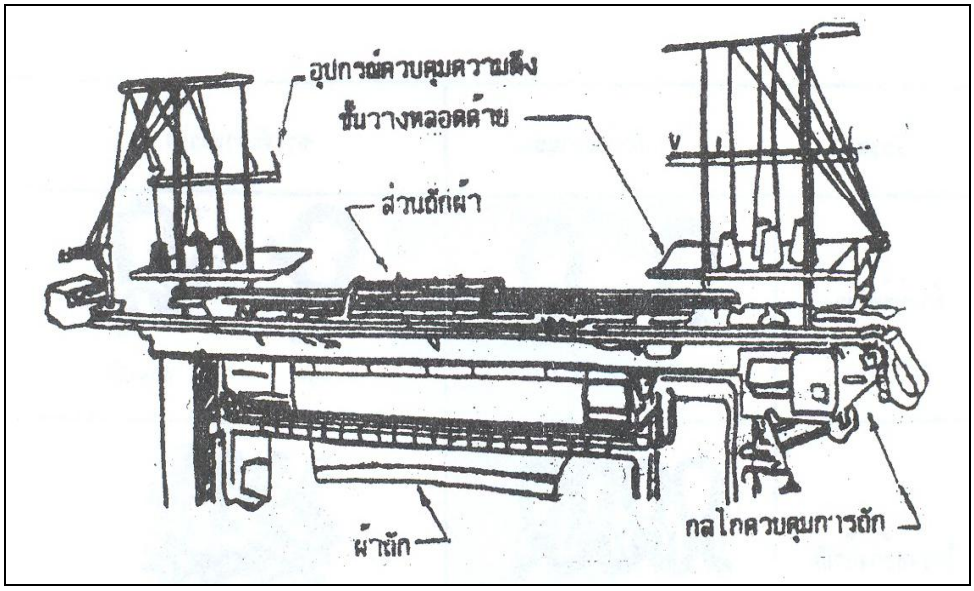
ในอุตสาหกรรมการผลิตผ้าถัก จะมีเครื่องถักผ้าอยู่จำนวนมากมายหลายแบบหลายชนิดแต่ถ้าแบ่งตามลักษณะของการถักผ้าแล้ว จะสามารถแบ่งได้ใหญ่ๆ 2 ประเภทดังนี้



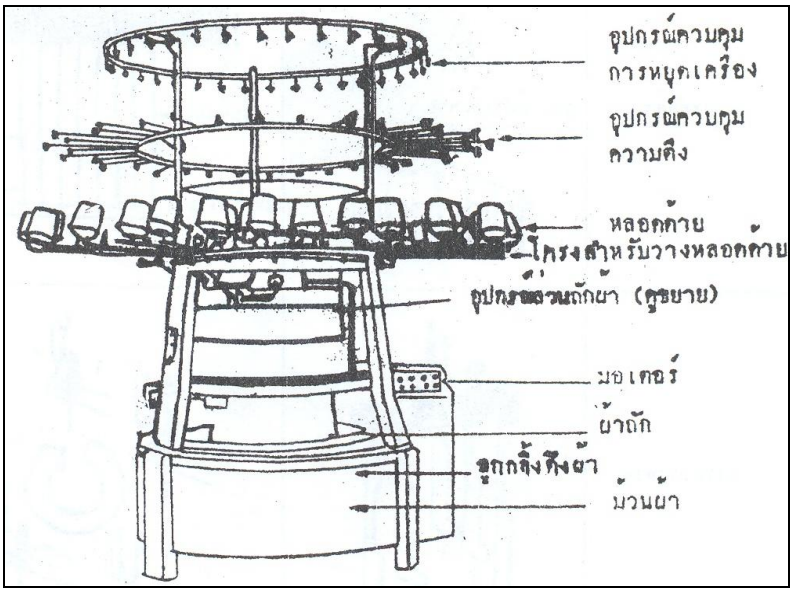
ก. เครื่องถักผ้าแนวนอน (Weft Knitting Machine)

เครื่องถักผ้าแนวนอนที่ใช้ในการผลิตผ้ามี 2 ชนิดคือ

1. เครื่องถักผ้าแบบแท่นเข็มตรง (Flat Knitting Machine) ดังแสดงในรูปที่ 2.12
2. เครื่องถักผ้าวงกลม (Circular Knitting Machine) ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.12 เครื่องถักผ้าแบบแท่นเข็มตรง (Flat Knitting Machine)



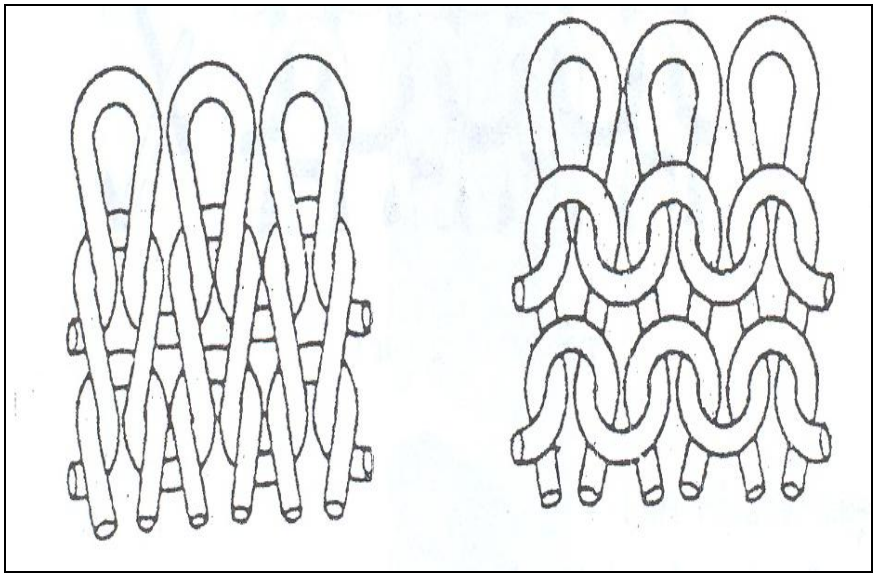
รูปที่ 2.13 เครื่องถักผ้าวงกลม (Single Knitting Machine)

2.2.5 โครงสร้างและคุณสมบัติผ้าถักพื้นฐาน

โครงสร้างผ้าถักพื้นฐานที่ผลิตจากเครื่องถักผ้าแนวนอน (Weft Knit) โครงสร้างผ้า Weft Knit แบ่งชนิดการถักได้ 4 แบบ คือ

ก. ผ้าถักแบบชั้นเดียว Single Jersey (Single Knit Fabric)

โครงสร้างของผ้า Weft Knit ง่ายที่สุด คือ Single Jersey ซึ่งลักษณะด้านหน้าเป็นห่วงแบบ Face Loop ด้านหลังผ้าเป็นห่วงแบบ Back Loop ดังแสดงในรูปที่ 2.14



Face Loop Back Loop

รูปที่ 2.14 โครงสร้าง Single Jersey

คุณสมบัติของผ้า Single Jersey

1. ด้านหน้าและด้านหลังผ้ามีความแตกต่างกัน

2. ความสามารถในการยืดตัว ตามความกว้างผ้าประมาณสองเท่าของสภาพปรกติ

3. ริมผ้างอตัว หรือม้วน

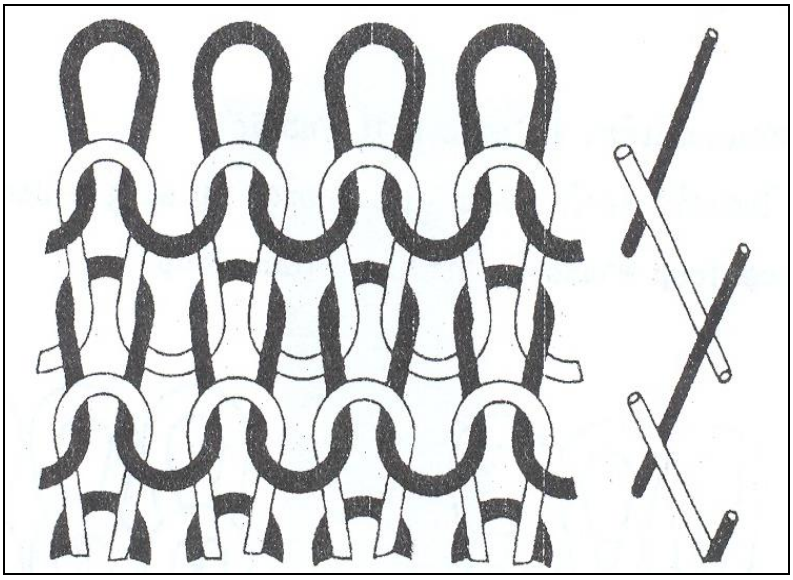
4. ถ้าห่วงในเนื้อผ้าขาด ห่วงจะลุ่ยหรือล้มเป็นวงทั้งทางด้านบนและด้านล่าง

5. ดึงเส้นด้ายในเนื้อผ้าออกได้ทีละแถวของห่วง (Course) จากปลายทั้งสองของเส้นด้าย

6 .ความหนาผ้าประมาณสองเท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นด้ายที่ใช้

ข. Purl Knitted Fabrics

ผ้า Purl ใน 1 Wale จะประกอบด้วยห่วง Face Loop และ Back Loop สลับกัน แบบนี้เราเรียกว่า 1X1 Rib โครงสร้างผ้า Purl มีทั้ง Face Loop และ Back Loop ใน Wale เดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.15 โดยปกติถักจากเครื่องที่ใช้เข็มแบบ Double Hook



รูปที่ 2.15 โครงสร้าง 1X1 Purl Rib

คุณสมบัติของผ้า Purl

1. ด้านหน้าและด้านหลังเหมือนกัน

2. ความสามารถในการยืดสูงทุกทิศทางและยืดตามแนวของผ้าได้มากกว่า Single Jersey ประมาณ 2 เท่า เพราะว่าผ้าหดตามแนวยาว และแนวของ Course

3. ริมผ้าไม่งอม้วน

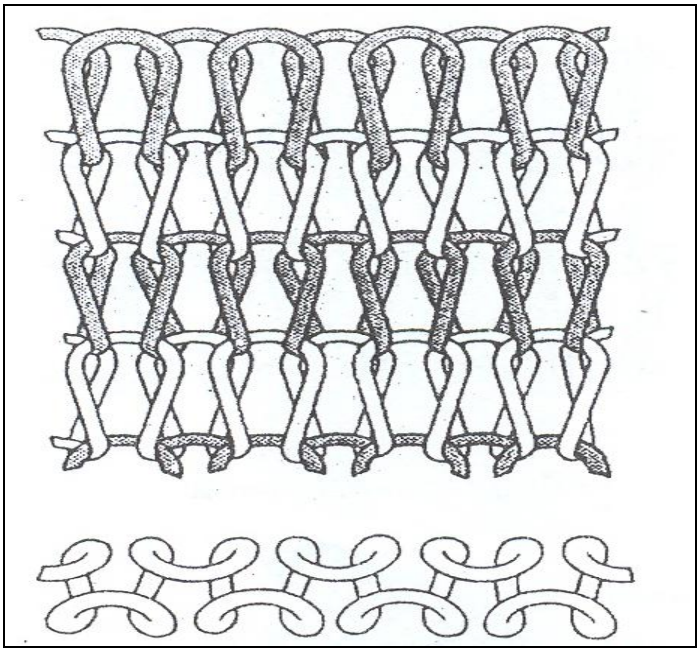
4. เส้นด้ายในผ้าดึงออกได้ทั้งสองทิศทาง

5. ดึงเส้นด้ายออกได้ทีละ Course จากทั้งสองปลาย

6. ผ้าหนากว่า Single Jersey ประมาณ 2 หรือ 3 เท่า

ค. Rib Fabric

ผลิตโดยการใช้ Rib Gaiting ซึ่งแบบ 1X1 Rib เป็นแบบผ้าที่ผลิตได้ง่ายที่สุด ลักษณะของผ้าประกอบด้วย Face Wale และ Back Wale สลับกันไป คำว่า Face Wale ประกอบด้วยแถวของ Face Loop ตลอดทั้งแถวแนวตั้งและ Back Wale ประกอบด้วยแถวของ Back Loop ตลอดแถวตั้ง เข็มที่ใช้ผลิตเป็นชนิดเดียวกันคือเข็ม Latch ซึ่งเป็นชนิดธรรมดาที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 โครงสร้าง 1X1 Rib

คุณสมบัติของผ้า Rib

1. ลักษณะปรากฏของด้านหน้าผ้าและด้านหลังเหมือนกัน

2. ความสามารถในการยืดของผ้าไปตามความกว้างประมาณ 2 เท่าของ Single Jersey การยืดตามความยาวของผ้าเท่ากับ Single Jersey

3. ริมของผ้าจะไม่งอม้วน

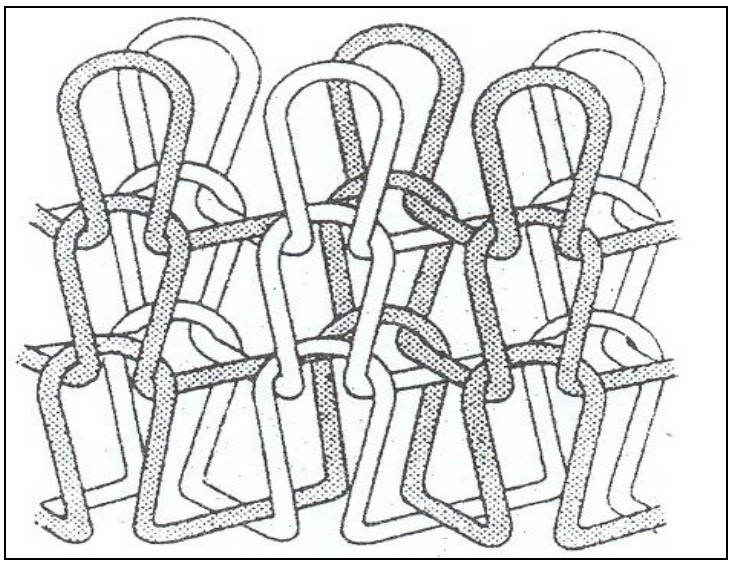
4. การลุ่ยของห่วงเมื่อผ้าขาดจะล้มเป็นทางยาว และทิศทางของการลุ่ยหรือล้มของ Wale จะเกิดจากด้านบนสู่ด้านล่างเท่านั้น

5. สามารถดึงเส้นด้ายออกทีละ Course และดึงออกได้จาก Course สุดท้าย

6. ความหนาของผ้าประมาณ 2 เท่าของ Single Jersey

ง. Interlock Fabric

ในการทำ Interlock Gaiting Machine เราเรียกง่ายๆว่า Interlock จะเห็นว่าโครงสร้างผ้าประกอบด้วยผ้า Rib สองผืนคล้องเข้าด้วยกัน การคล้องเข้าด้วยกันนี้เป็นการถักที่ใช้ลำดับการทำงานของเข็มสลับกันทำงาน



รูปที่ 2.17 โครงสร้าง Interlock

คุณสมบัติของผ้า Interlock

1. ด้านหน้าและด้านหลังผ้ามีลักษณะเหมือนกัน

2. การยืดตามกว้างและตามยาว เท่ากับผ้า Single Jersey

3. ริมผ้าไม่งอม้วน

4. การลุ่ยในผ้าจะเกิดจากปลายด้ายห่วงสุดท้ายเท่านั้น ผ้า Interlock จะลุ่ยได้ยากกว่าผ้า Single Jersey และ Rib

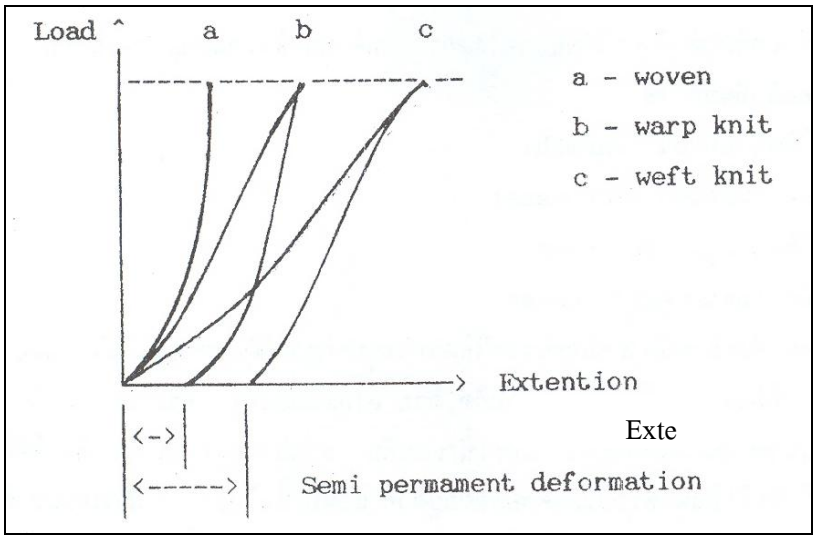
5. การดึงเส้นด้ายทำได้จาก Course สุดท้ายเท่านั้นและต้องดึง 2 ครั้งถึงจะครบ 1 Course

6. ความหนาของผ้าประมาณ 2 เท่าของผ้า Single Jersey

2.2.6 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของผ้าถักผ้าประเภทอื่นๆ

คุณสมบัติของผ้าถักเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าทอ

ก. Load/ Extension จากรูปจะเห็นว่า ผ้าถักมีการยืดตัวได้ดีกว่าผ้าทอ แต่การยืดหยุ่นตัวน้อยกว่าผ้าทอ ผ้า Weft Knit ยืดตัวได้มาก แต่หดกลับไม่สมบูรณ์ (Semi Permanent Deformation) ดังแสดงในรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 โครงสร้าง Load / Extension

ผลเสียของผ้า Weft Knit คือ การยืดตัวมากและหดกลับคืนได้น้อยทำให้เกิดปัญหาการตัดเย็บคือ

1. เสื้อผ้าผิดรูปเป็นปัญหาในการซัก
2. การยืดตัวมีปัญหาในการตัดเย็บ
3. การผิดรูปทำให้เกิดการหย่อนเป็นถุง (Bagging) ที่เข่าหรือออก ในการสวมใส่

ข. Crease Resistance ผ้าถักเกิดรอยยับหรือรอยพับได้ยากกว่าผ้าทอ เนื่องจากรอยยับหรือพับของผ้าทอจะมีผลโดยตรงต่อเส้นใยหรือเส้นด้าย แต่ของผ้าถักจะมีผลต่อห่วงของผ้าไม่ได้มีผลต่อเส้นใยหรือเส้นด้าย

สาเหตุที่ทำให้เกิดรอยยับ

1. แรงที่บีบหรืออัด เช่น น้ำหนักตัวที่ทับ แรงกด
2. คุณสมบัติของเส้นใย เช่น ใยขนสัตว์ และใยสังเคราะห์ จะสปริงตัวได้ดี
3. ผลบางอย่างที่ทำให้โมเลกุลเปลี่ยนแปลง เช่น ความร้อน สารเคมี

ค. Stiffness ผ้ามีความแข็งแรงกระด้างน้อยกว่าผ้าทอ เนื่องจากผ้าถักเกิดจากการคล้องกันของห่วงแต่ผ้าทอเกิดจากการเรียงตัวชิดกันของเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งประกอบกับเส้นด้ายเข้าเกลียวมากทำให้เส้นด้ายแข็งกระด้างมากขึ้น

ง. Thickness โดยทั่วไปผ้าถักมีความหนามากกว่าผ้าทอ ในน้ำหนักผ้าเดียวกัน โดยผ้าถักใช้เส้นด้ายที่เข้าเกลียวต่ำจึงทำให้มีขนาดใหญ่กว่าเส้นด้ายที่เข้าเกลียวสูงของผ้าทอ

ความหนาของผ้ามีผลทำให้

1. ให้ความอบอุ่น (Warmth)
2. มีความอ่อนตัว (Softness)

3. ให้ความนุ่ม (Fullness)

4. มีความครอบคลุมสูง (Cover)

การที่จะเลือกผ้าชนิดใดชนิดหนึ่งมาใช้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการนั้นไม่ใช่ของง่าย นอกเสียว่าจะใช้เส้นด้ายที่ต้องการเป็นพิเศษ (ด้ายยืด, ด้าย Elastomeric หรือ Crepe) ผ้าทอทั่วๆไปจะไม่ยืดทั้งตามแนวด้ายยืนและด้ายพุ่ง และเนื้อแน่นทึบ ส่วยผ้าถักแบบแนวนอนยืดได้ดีทั้งสองทิศทาง ยกเว้นเมื่อมันมีเส้นด้ายลอยอยู่ด้วย และมีเนื้อโปร่ง ส่วนผ้าถักแบบแนวยืนแตกต่างไปจากผ้าทั้ง 2 ชนิด ที่กล่าวมาแล้วโดยที่คุณสมบัติทางกายภาพของมันขึ้นอยู่กับโครงสร้างของผ้าความทึบของมันอาจจะทำให้ใกล้เคียงกับผ้าทอได้

2.2.7 เครื่องหมายแทนห่วง (Stitch Notation)

จุดประสงค์ของเครื่องหมายก็เพื่อใช้แทนรูปของห่วงที่จะทำการผลิต และใช้แทนลวดลายของผ้าถักและลายซ้ำ ซึ่งปกติจะแสดงแค่ลายซ้ำเดียว และใช้เครื่องหมายเพื่อความเข้าใจในการวางแผนการถักผ้าแต่ละอย่าง

เครื่องหมายและการออกแบบลายผ้า (Stitch Notation) มี 4 แบบ คือ

ก. Verbal Notation เป็นการใช้ชื่อโครงสร้างโดยไม่ต้องเขียนโครงสร้างหรือการออกแบบอื่นๆ เช่น 1X1 Rib, Interlock เป็นโครงสร้างที่ไม่สลับซับซ้อน

ข. Graphic Notation เป็นการร่างขึ้นมาก่อนไม่ยุ่งยาก เป็นแบบง่ายแต่จะสลับซับซ้อนมากกว่า Verbal ต้องเขียนสัญลักษณ์ให้เข้าใจง่าย ในโครงสร้างแบบ Graphic จะมี Float และ Tuck เข้ามาช่วย

ค. Symbolic Notation เป็นสัญลักษณ์ที่ใช้แทนลักษณะของห่วง นิยมใช้ในโครงสร้างผ้า Single Knit ที่เป็นโครงสร้างสลับซับซ้อน แต่ไม่นิยมใช้ในโครงสร้าง Double Knit เพราะมีความยุ่งยากกว่า Symbolic Notation มีสัญลักษณ์แทนห่วงแบบต่างๆ ดังนี้

X - Face loop • - Tuck loop

O - Back loop ▬ - Float loop

ง. Diagrammatic Notation เป็นสัญลักษณ์ที่ใช้แทนลักษณะของห่วงถัก ใช้ได้ทั้งโครงสร้าง Single Knit และDouble Knit

Diagrammatic Notation มีสัญลักษณ์แทนห่วงแบบต่างๆ ดังนี้

: Face loop

: Tuck loop

: Back loop

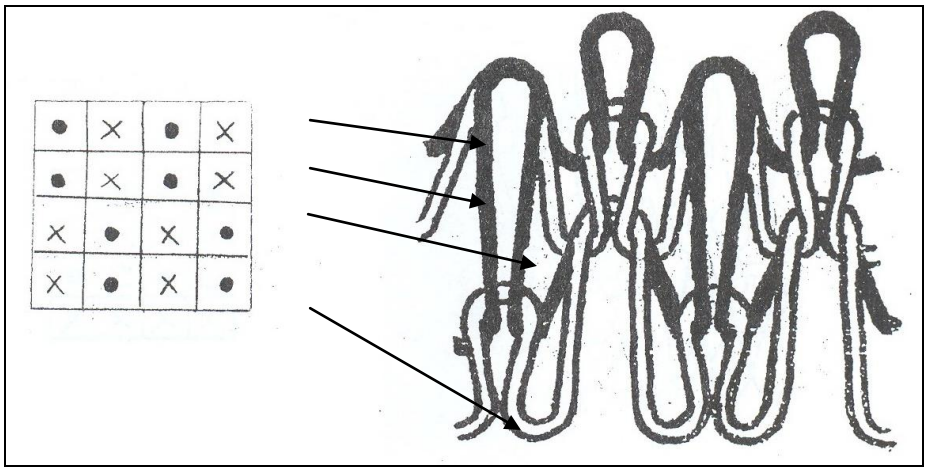
: Float loop

โดยมีจุดเป็นเครื่องหมายแสดงแทนเข็ม จุดด้านบนแสดงถึงเข็มถักแถวบนหรือเป็นเข็มถัก Dial ส่วนจุดตำแหน่งล่างแสดงเข็มถักแถวล่าง หรือเข็มถัก Cylinder

2.2.8 โครงสร้างผ้าถักดัดแปลง (Weft Knit Derivative)

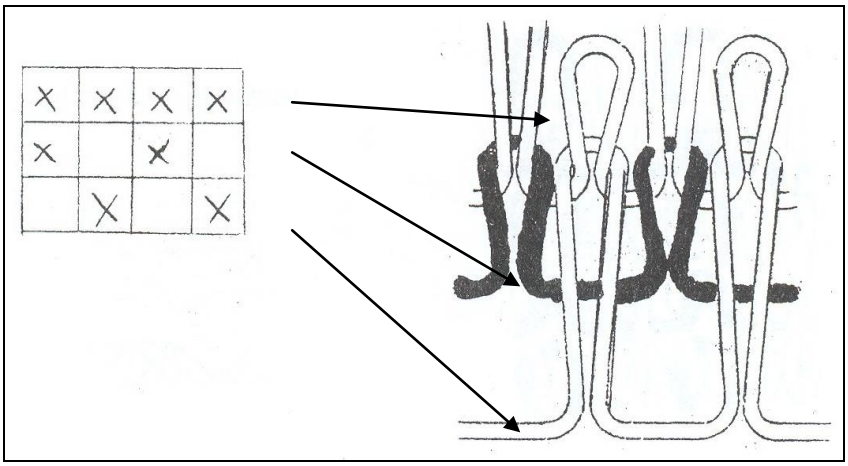
ก. Single Jersey Derivative

โครงสร้าง Lacoste Fabric เป็นการใช้ Tuck Loop เข้ามาช่วยเพียงอย่างเดียว ทำให้เกิดรูเล็กๆคล้ายรังผึ้ง โครงสร้างชนิดนี้มักใช้ทำพวก Sport Wear ดังแสดงในรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 โครงสร้าง Lacoste

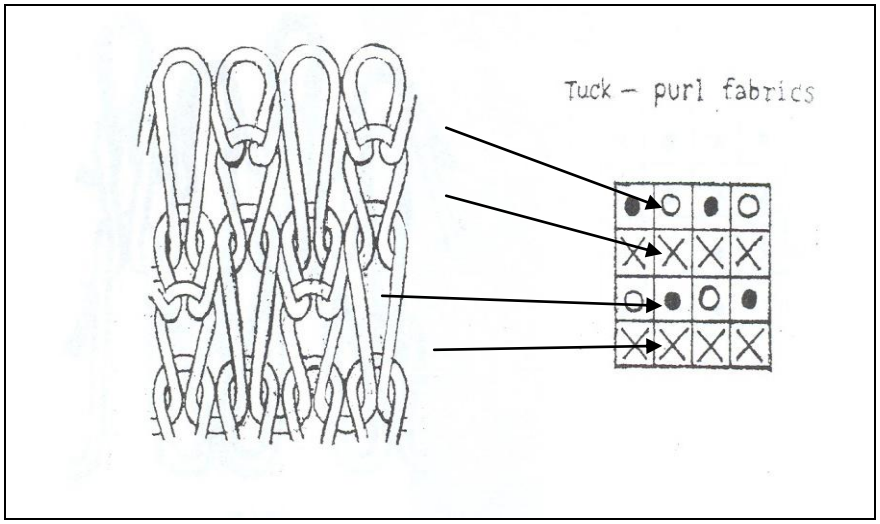
โครงสร้าง 2x1 Weft Locknit มีคุณสมบัติคล้าย 1x1 Weft Lock knit แต่มีความโปร่งอากาศมากกว่าเป็นการใช้ Float ในสองแถวซ้อนและสลับกัน ลักษณะของผ้าจะเป็นชั้นตามแนวขวางดังแสดงในรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 โครงสร้าง 2x1 weft lock knit

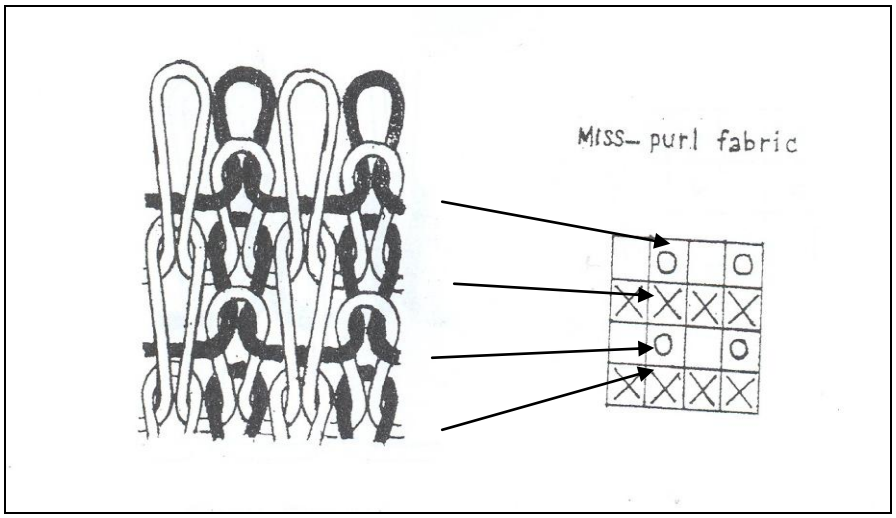
ข. Purl Derivative

โครงสร้าง Tuck Purl Fabric เป็นการนำTuck เข้ามาช่วยทุกเข็มเว้นเข็มใน Courses ที่ถักห่วงด้านหลัง (Back) ดังแสดงในรูปที่ 2.21 นิยมใช้ทำเสื้อผ้าสำเร็จรูป เสื้อผ้าเด็กและเด็กอ่อน



รูปที่ 2.21 โครงสร้าง Tuck Purl Fabric

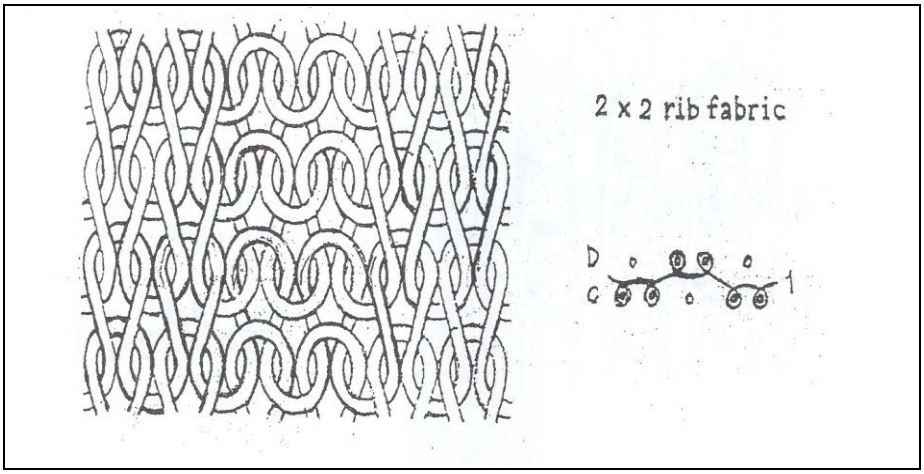
โครงสร้าง Miss Purl Fabric เป็นการนำ Float เข้ามาช่วยทุกเข็มเว้นเข็มใน Courses ที่ถักห่วงด้านหลัง (Back) ดังแสดงในรูปที่ 2.22 นิยมใช้ทำเสื้อผ้าสำเร็จรูป เสื้อผ้าเด็กและเด็กอ่อน



รูปที่ 2.22 โครงสร้าง Miss Purl Fabric

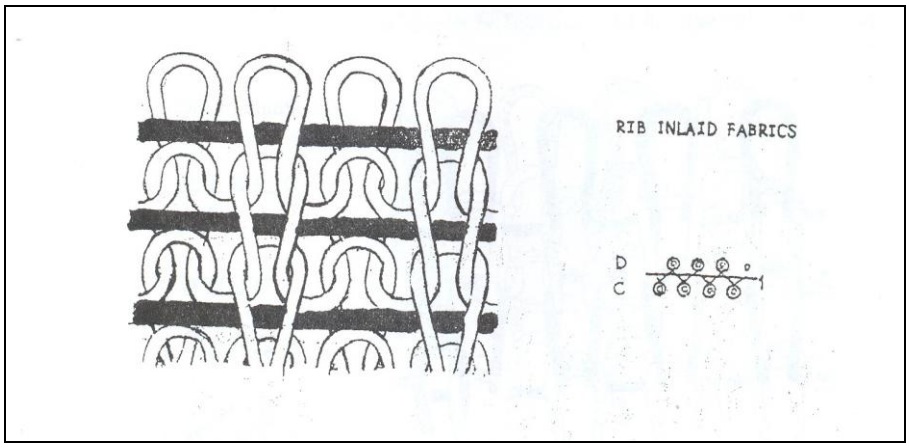
ค. Rib Derivative

โครงสร้าง 2x2 Rib Fabric คือผ้าที่มีการคล้องห่วงแบบห่วงด้านหน้า และห่วงด้านหลังของผ้าเพลนสลับกันทางด้าน Wale เป็นคู่ๆ โครงสร้างผ้าชนิดนี้จะมีลักษณะเหมือนกันทั้ง 2 ด้าน แต่มีความยืดหยุ่นมากกว่าผ้า Rib ดังแสดงในรูปที่ 2.23 เหมาะสำหรับงานที่ต้องการความรัดรูปมากๆ เช่น ชายเสื้อ ข้อมือ ขอบถุงเท้า



รูปที่ 2.23 โครงสร้าง 2x2 Rib Fabric

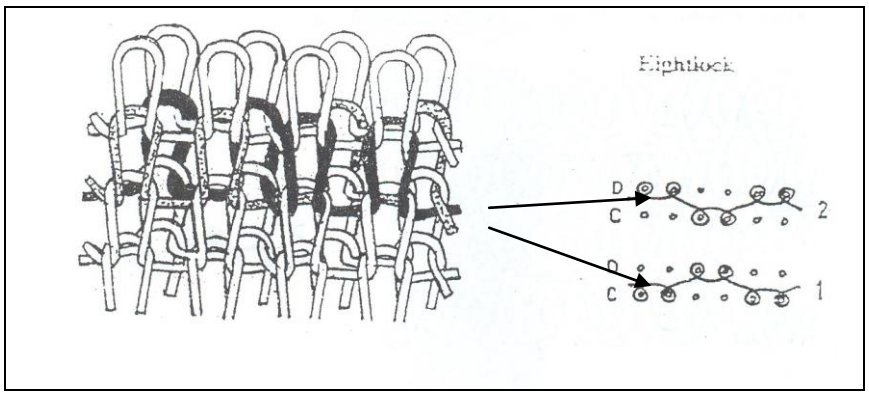
โครงสร้าง Rib Lade-In Fabric การถักเหมือนโครงสร้างผ้า Rib โดยการสอดเส้นด้ายเข้าไปในระหว่างห่วงเส้นด้ายที่ใช้มีทั้งเส้นด้ายธรรมดา และเส้นด้ายอีลาสติก ทำให้ผ้ามีความมั่นคงแข็งแรง และยืดหยุ่นตัวได้ดี ดังแสดงในรูปที่ 2.24 เหมาะสำหรับทำชุดว่ายน้ำ ชุดชั้นในสตรี ถุงน่อง ของถุงเท้า ขอบกางเกงใน และผ้าชนิด



รูปที่ 2.24 โครงสร้าง Rib Lade-In Fabric

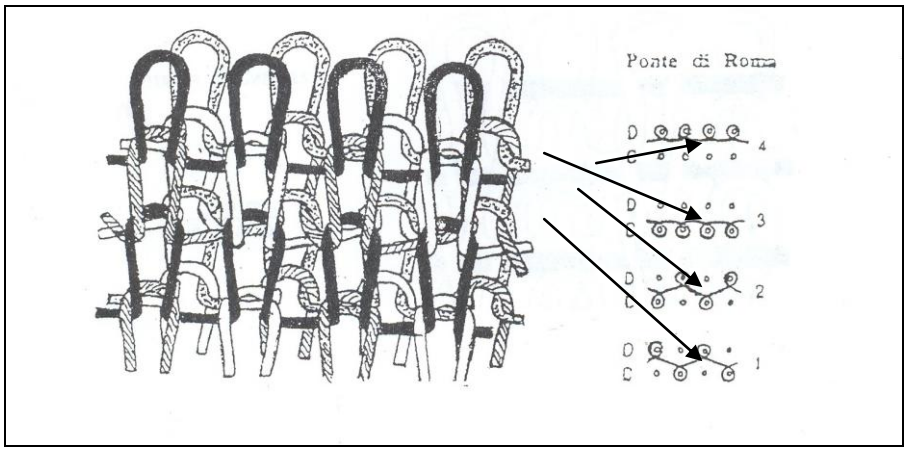
๓. Interlock Derivative

โครงสร้าง Eight Lock Fabric เป็นโครงสร้างที่คล้ายกับ 2x2 Rib คล้องไขว้กัน ผ้านี้มีการยืดหยุ่นตัวสูง เนื้อผ้าแน่น ดังแสดงในรูปที่ 2.25 เหมาะสำหรับทำเสื้อผ้าสำเร็จรูปเหมือนผ้า Interlock



รูปที่ 2.25 โครงสร้าง Eight Lock Fabric

โครงสร้างPonte De Roma เป็นการนเอา Float เข้ามาใช้ในโครงสร้าง ทำให้ผ้ามีเนื้อละเอียด แต่กระด้างกว่าผ้า Interlock ลักษณะผ้าจะมั่นคง ยืดหยุ่นตัวน้อยกว่า ดังแสดงในรูปที่ 2.26 นิยมใช้ทำเสื้อผ้าสำเร็จรูป เช่นเสื้อผ้าบุรุษ – สตรี ชุดสตรี เสื้อสวมใส่ภายนอก เสื้อกีฬา เหมาะที่สุดสำหรับทำชุดชั้นใน

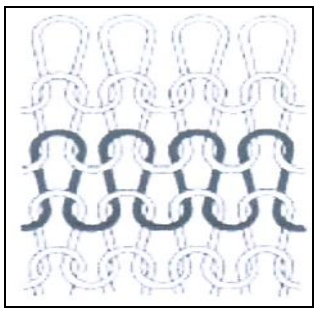


รูปที่ 2.26 โครงสร้าง Ponte De Roma

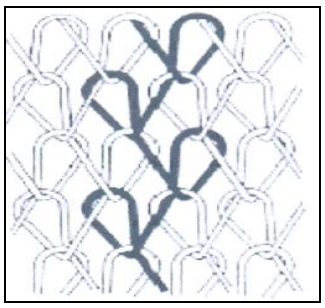
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Shanna M. Bruer [5] ได้กล่าวถึงผ้าถักสามมิติ (Three – Dimensionally Knit Spacer Fabrics) ในเรื่องเทคนิคการผลิตและการนำไปใช้งานในด้านต่างๆ

การถักหมายถึงการสร้างห่วงและการคล้องกันของห่วงในโครงสร้างผ้าถัก โดยมีการจำแนกไว้สองประเภทการถักแนวนอน (Weft) และการถักแนวยืน (Warp) ลักษณะการสร้างห่วงทางแนวนอน เส้นด้ายจะสร้างห่วงถักคล้องกันทางแนวขวางของผืนผ้าในขณะที่การถักผ้าในแนวยืนเส้นด้ายจะสร้างห่วงถักคล้องกันไปตามด้านยาวของผืนผ้าดังแสดงในรูปที่ 2.27 และรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.27 โครงสร้างผ้าถัก Weft Knit



รูปที่ 2.28 โครงสร้างผ้าถัก Warp Knit

ลักษณะของห่วงถักมี 3 แบบซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกัน ได้แก่ห่วงถัก (Knit) ห่วงแขน (Tuck) และห่วงลอยข้าม (Float)

ชนิดของเข็มถักที่ใช้ในการผลิตผ้าถัก มีสามชนิด เข็มสปริง (Spring- bearded Needle) เข็มแล็ช (Latch Needle) และเข็มสลัก (Compound Needle)

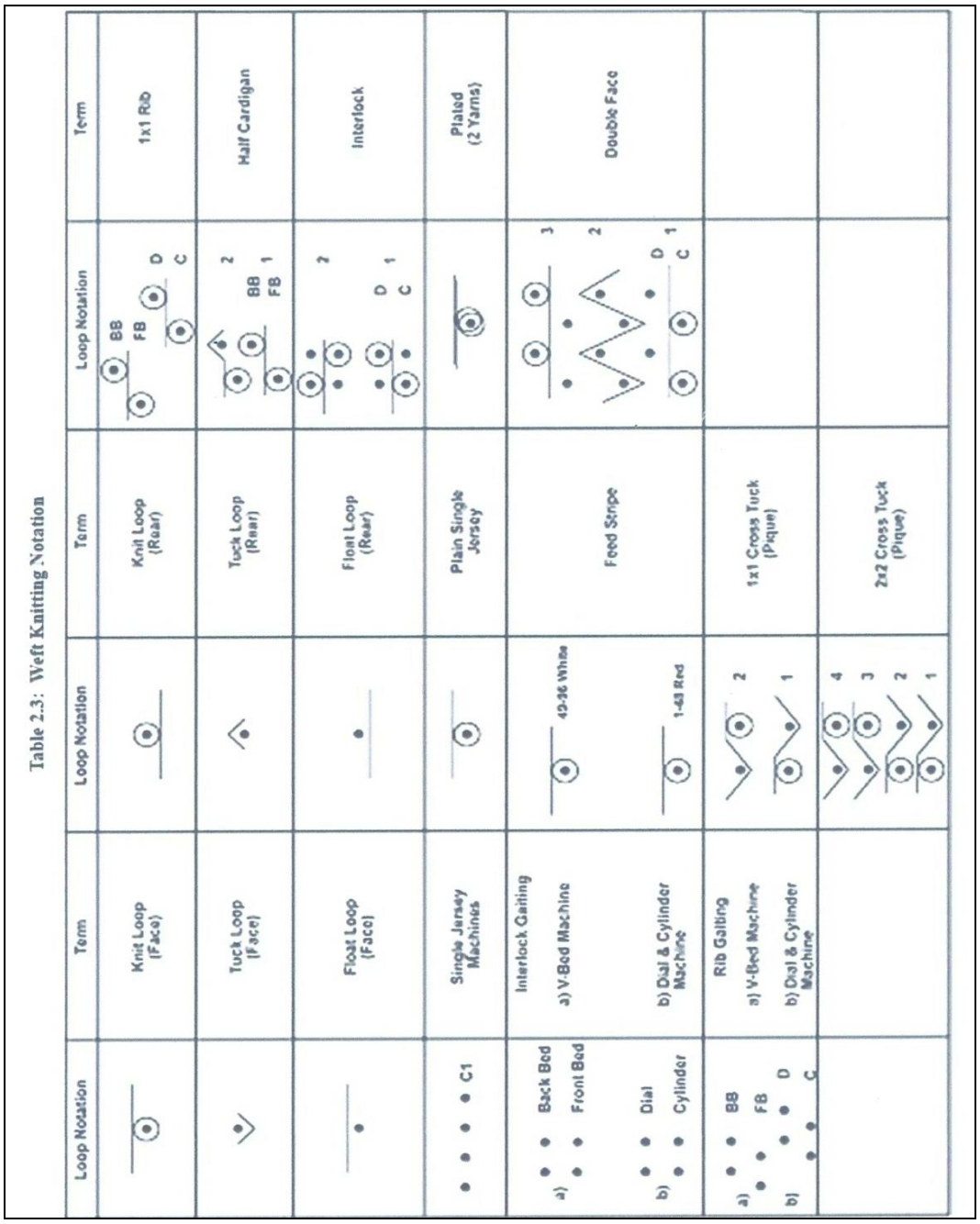
โครงสร้างผ้าถักแนวนอนแยกเป็นประเภทหลัก 3 ประเภท โครงสร้างJersey (Plain) และโครงสร้าง Jersey ดัดแปลง โครงสร้าง Rib และโครงสร้าง Rib ดัดแปลง โครงสร้าง Purl และโครงสร้าง Purl ดัดแปลง

เครื่องถักผ้าแนวนอน (Weft Knitting Machines) มีด้วยกัน 2 ชนิด เครื่องถักผ้าวงกลม (Circular Knitting Machines) และเครื่องถักผ้าแท่นเข็มตรง (Flat Knitting Machines)

เครื่องถักผ้าวงกลมจำแนกเป็น เครื่อง Single Jersey machines มีเข็มถักผ้าชุดเดียว ถักผ้าเฉพาะผ้าหน้าเดียวเครื่อง Dial and Cylinder Machines มีเข็มถักผ้าสองชุดสำหรับถักผ้า Double Jersey และผ้า Rib และเครื่อง Double Cylinder Purl Machines ใช้เข็มถัก Double-ended latchสำหรับผลิตผ้า Purl

เครื่องถักผ้าแท่นเข็มตรง จำแนกเป็น V-bed Machines ใช้สำหรับผลิตผ้าSpacer และ Flat Purl Machine สำหรับเครื่อง V-bed สามารถถักผ้าได้ทั้งผ้า Jersey และผ้า Rib และผ้าถักดัดแปลง Double Fleece Fabrics

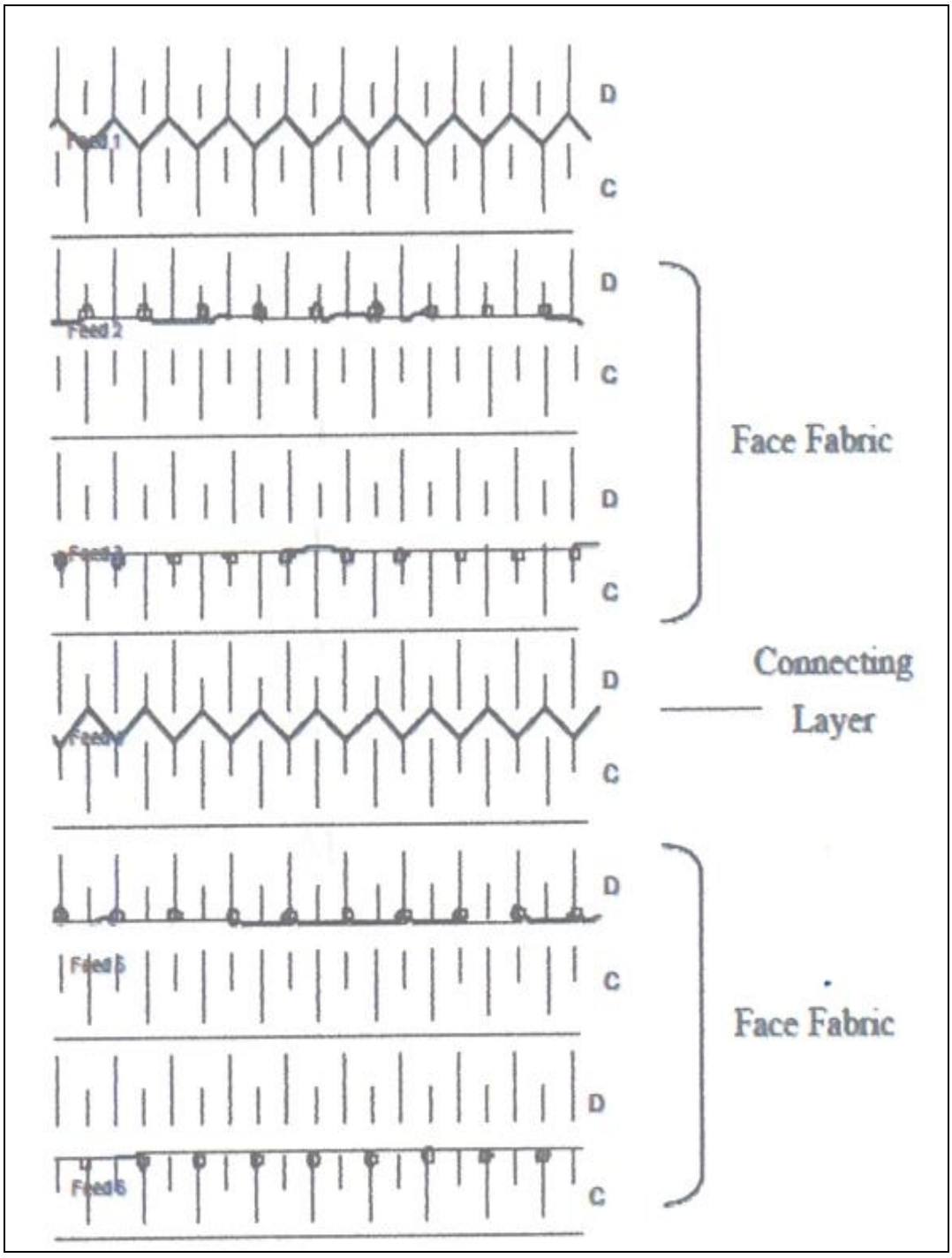
สัญลักษณ์ที่ใช้ (Weft Knitting Notation) สัญลักษณ์ที่ใช้ในโครงสร้างผ้าถักแนวนอนมีสองวิธีโดยใช้วิธีเทคนิคของภาพกราฟิกหรือใช้ภาพเพื่อแสดงโครงสร้างผ้า ดังรูปที่ 2.29



รูปที่ 2.29 สัญลักษณ์ที่ใช้ Weft Knitting Notation

โครงสร้างผ้าสามมิติที่ผลิตบนเครื่องถักผ้าแนวนอน (Spacer Fabrics Production on Weft Knitting Machines) ผ้าสามมิติเป็นผ้าที่มีลักษณะผ้าสามชั้นที่มีสองด้านหน้าหลังร่วมกันโดยมีเส้นด้าย

เชื่อมต่อกันระหว่างกลางด้วยห่วงแขวน (Tuck Loop) สามารถผลิตได้ด้วยเครื่องDouble knit Dial and Cylinder Machines เครื่อง V-bed Machines และเครื่อง Purl Machine ดังแสดงในรูปที่ 2.30



รูปที่ 2.30 ผ้าถัก Spacerโดยใช้ห่วงแขนบนเครื่อง Double Knitting Machines

การวิเคราะห์คุณสมบัติผ้าถักสามมิติ การเปรียบเทียบคุณสมบัติในด้าน ดังแสดงตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติผ้าถักสามมิติ

คุณสมบัติทางฟิสิกส์ Physical Properties	คุณสมบัติด้านความสวยงามและความสบาย Aesthetic& Comfort Properties	คุณสมบัติด้านอื่น Other Properties
Excellent compression elasticity	Age resistance	Elimination of cut and sew operations
Breathability/Air permeability	Sterilization capability	CAD Usage -Design flexibility -Rapid prototyping
Cushioning	Surface resistance	Yarn diversity -Increased alltributes (e.g. wicking, extensibility) -Variety of and capabilities
Insulation	Wash resistance	-
Good bending performance	Temperature regulation	-
Drapability	Light weight	-
Adjustable vapor transport	-	-
Recycle / Latex free	-	-

การประยุกต์ใช้ผ้าสามมิติ และการนำไปใช้งาน

ผ้าถักสามมิติจากกการวิจัยทางด้านสิ่งทอทางเทคนิคพบว่ามีความต้องการใช้เพิ่มขึ้นสำหรับผ้าถัก SPACER โดยใช้ภายในยานยนต์ การขนส่ง ทางการแพทย์ และสุขภาพ สิ่งทอการเกษตร วิศวกรรมโยธา และงานก่อสร้าง ด้านการกีฬาและการพักผ่อน การป้องกันด้านสิ่งแวดล้อม การกรองและการทำความสะอาด และการป้องกันและความปลอดภัย

ยานยนต์ ปัจจุบันที่นั่งหรือเบาะในรถยนต์ที่อยู่ในตลาดทั่วโลก ประกอบด้วยผ้าสามชั้น ชั้นบนสุดทำเป็นขนด้วยใยโพลีเอสเตอร์ ชั้นกลางทำด้วยโพลียูริเทนและชั้นล่างสุด ผ้าถักWarp Knit โพลีอะไมด์

การแพทย์ คุณสมบัติด้านความร้อนและการควบคุมความชื้นของผ้าถัก Spacer weft Knit และ Warp Knit มีความเหมาะสมอย่างยิ่งที่นำมาใช้ทางการแพทย์ ผ้าพันแผล แผ่นผ้าดูดซับเลือด บาดแผลจากการกดทับ น้ำเหลืองสำหรับผู้ป่วยสูงวัย

Geotextile วิศวกรรมโยธา อาคาร การก่อสร้าง การป้องกันสิ่งแวดล้อม การกรองและทำความสะอาด วัสดุสิ่งทอที่มีการออกแบบและนำเข้าไปใช้ในงานวิศวกรรมโยธา เช่น การควบคุม การกัดเซาะ การเสริมแรงดิน การแยก การกรองและการระบายน้ำ ส่วนใหญ่ 70%เป็นผ้าไม่ทอและ 25 % เป็นผ้าทอ ส่วนผ้าถักSpacer คาดการณ์ว่าจะเพิ่มขึ้นในการใช้งานด้าน Geotextile และคาดว่าจะเติบโตเร็วที่สุดในตลาดสิ่งทอเทคนิค

การกีฬาและสันทนาการ การส่งเสริมกีฬาและกรีฑาเพิ่มขึ้นทั่วโลกมีความต้องการใช้เครื่องแต่งกายนักกีฬา รองเท้านักกีฬา เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายและประสิทธิภาพด้านความชื้นและอุณหภูมิจึงต้องมีการจัดการที่ดี 1) ส่วนผสมของเส้นใยที่ใช้ต้องเหมาะสมถูกต้อง 2) โครงสร้างผ้าที่ถูกต้อง 3) การใช้สารเคมีที่ถูกต้องในการตกแต่งผืนผ้า การใช้ผ้าSpacerนั้นเพราะว่าผ้ามีหลายชั้น สามารถให้คุณลักษณะที่แตกต่างกัน ชั้นที่ใกล้ผิวหนังมากที่สุด ต้องดูดซับน้ำและระเหยออกได้เร็ว ชั้นที่สองช่วยแพร่กระจาย และชั้นนอกสุดสามารถกระจายออกและระเหยด้วยพลังงานความร้อน

ความปลอดภัยและการป้องกัน ความหลากหลายของสถานการณ์ที่อาจเป็นอันตรายและเงื่อนไขต่างๆที่อยู่ในสภาพแวดล้อม ผ้าถักSpacer เป็นผ้าที่มีคุณสมบัติและโครงสร้างที่เหมาะสมเครื่องถักผ้าแนวนอนและเครื่องถักผ้าแนวยืนมีความสามารถในการผลิตผ้าที่ใช้เส้นใยที่มีประสิทธิภาพสูง เช่นใยแก้ว NomenTM KevlarTM PEEKTM Basofil TM วัสดุคาร์บอน และ UHMWPE การใช้เส้นใยดังกล่าวจะช่วยให้สามารถผลิตผ้าเพื่อใช้ในการป้องกัน ความร้อน ป้องกันไฟ สารเคมีที่เป็นอันตราย ก๊าซอันตราย อันตรายจากเครื่องจักรกล และไฟฟ้า รังสี แรงดัน สุญญากาศ ความเย็น เชื้อไวรัสและแบคทีเรีย การตัดและกระแทก การบาดเฉือน

สรุป อนาคตของผ้าถัก SPACER ในส่วนของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์และเครื่องจักร ผ้าSPACER มีการพัฒนาอย่างรวดเร็วต่อเนื่อง ผู้ผลิตเครื่องจักรได้ทำการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์พื้นฐานที่มีอยู่เพื่อสนองตอบผู้ผลิต ที่ผลิตผ้าถัก SPACER สามมิติ การผลิตผ้า SPACER ในอนาคตเป็นการผลิตในลักษณะ สิ่งทอเทคนิค และสิ่งทอทางการแพทย์

จากการศึกษาวรรณกรรม ความรู้เรื่องไนลอน 66 ทราบถึงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้วัตถุดิบเส้นใยไนลอน 66 มาเป็นวัตถุดิบในการถักผ้าและจากการศึกษาความรู้เรื่องผ้าถัก การถัก ลักษณะการสร้างห่วง การเกิดห่วงผ้าถัก เข็มถักผ้า และการถักผ้าตามแนวนอนด้วยเครื่องถักผ้าวงกลม โครงสร้างผ้าและคุณสมบัติผ้าถักพื้นฐาน โครงสร้างผ้าถักดัดปลง เทคนิคการตรวจสอบการผลิตและการประยุกต์ใช้ผ้าถักสามมิติ SPACER ทำให้ผู้วิจัยได้แนวคิดเลือกใช้วิธีการถักผ้าด้วยเครื่องถักผ้าวงกลมชนิดที่มีชุดเข็ม 2 ชุด (Double Knitting Machine) และเลือกใช้โครงสร้างผ้าถักดัดแปลงแบบสามมิติ (Tri – layer Fabric or Spacer Fabric) ในการทำวิจัย

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้

3.1 ขั้นตอน การทดสอบสมบัติของเส้นด้ายและการเตรียมเส้นด้าย

3.1.1 การทดสอบหาความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของเส้นด้าย

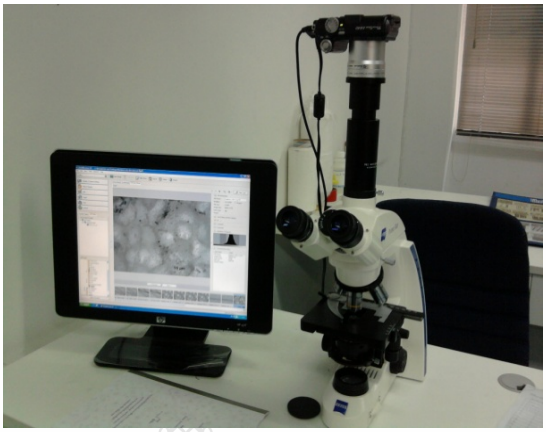
การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้เส้นด้าย ไนลอน 66 เบอร์ 470 เดซิเท็กซ์ 72 ฟิลาเม้นท์ และเบอร์ 700 เดซิเท็กซ์ 108 ฟิลาเม้นท์ ชนิดความแข็งแรงสูง (High Tenacity) ทำการทดลองโดยการทดสอบหาค่าความแข็งแรงของเส้นด้าย (Tenacity) และความยืดหยุ่นของเส้นด้าย (Elongation) ด้วยเครื่องมือทดสอบ TENSILON RTC SERIES ดังแสดงในรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 เครื่องทดสอบ TENSILON

วิธีการทดสอบสมบัติเส้นด้าย โดยการนำเส้นด้ายเข้าเครื่องทดสอบให้เครื่องจับปลายของเส้นด้ายทั้งสองด้านดึงเส้นด้ายพอประมาณเพื่อให้มีแรงตึง 0.1นิวตัน เปิดเครื่องทำงานเครื่องจะดึงเส้นด้ายโดยอัตโนมัติจนขาดแล้วเครื่องจะบันทึกค่าในขณะยืดจนขาดเป็นค่าความยืดหยุ่นของเส้นด้าย (Elongation) และในขณะที่เส้นด้ายขาดก็จะได้ค่าความแข็งแรงของเส้นด้าย (Tenacity) การทดสอบใช้การทดสอบจำนวน 10 ครั้งต่อเส้นด้าย1ขนาดเบอร์ด้าย

3.1.2 การทดสอบและการวิเคราะห์เส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Microscope)

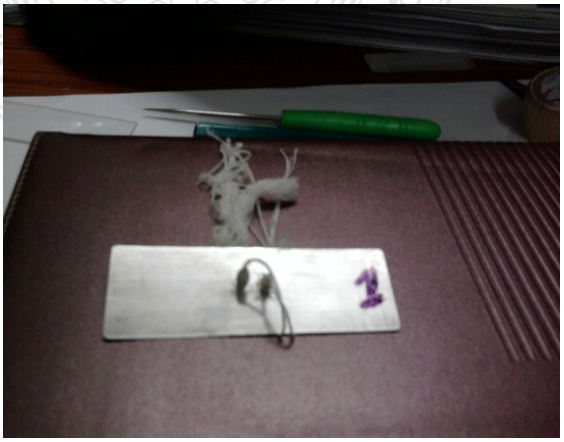
การวิเคราะห์ชนิดของเส้นใยจากลักษณะรูปร่างภาพตัดตามขวางและภาพตามยาวโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ ตามมาตรฐาน AATCC 20-2004 ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 กล้องจุลทรรศน์ Microscope

ก. การทดสอบลักษณะภาพตัดตามขวาง (Cross – Section)

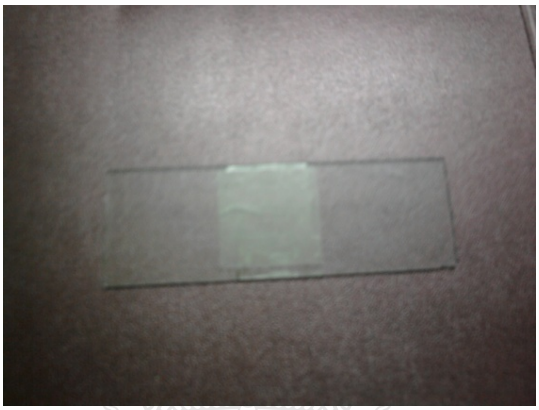
วิธีการทดสอบ โดยการนำเส้นด้ายมาร้อยผ่านแผ่นสแตนเลสที่เจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร โดยจำนวนเส้นด้ายขึ้นอยู่กับความหนาแน่นที่ทำให้เส้นด้ายไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ในรูของแผ่นสแตนเลส ดังแสดงในรูปที่ 3.3ใช้ใบมีดโกนปาดแนวให้ราบเสมอกับด้านหน้าของแผ่นสแตนเลส ทั้ง 2 ด้าน นำแผ่นสแตนเลสไปวางบนตำแหน่งกระจกสไลด์ส่องวิเคราะห์ของกล้องจุลทรรศน์ส่องดูลักษณะรูปร่างของเส้นใยตามขวาง (Cross - Section) บันทึกผลการทดสอบโดยการพิมพ์ภาพออกมา



รูปที่ 3.3 การเตรียมชิ้นทดสอบภาพตัดตามขวาง

ข. การทดสอบลักษณะภาพตามยาว (Long - Section)

วิธีการทดสอบ เตรียมชิ้นทดสอบดังแสดงในรูปที่ 3.4 โดยการนำเส้นด้าย1 เส้น ไปวางบนกระจก สไลด์ใช้เข็มหมุดเขี่ยให้เส้นด้ายกระจายตัวออกจากกันแล้วหยดพาราฟินเหลว 1 หยด ลงบนเส้นด้ายนำ Cover glass มาวางทับบนแผ่นสไลด์ แล้วนำแผ่นสไลด์ไปวางบนตำแหน่งส่องวิเคราะห์ของกล้องจุลทรรศน์ส่องดูลักษณะรูปร่างของเส้นใยตามยาว (Long - Section) บันทึกผลการทดสอบ โดยการพิมพ์ภาพออกมาและวัดขนาดความโตเส้นใย



รูปที่ 3.4 การเตรียมชิ้นทดสอบลักษณะตามยาว

3.1.3 การเตรียมเส้นด้าย

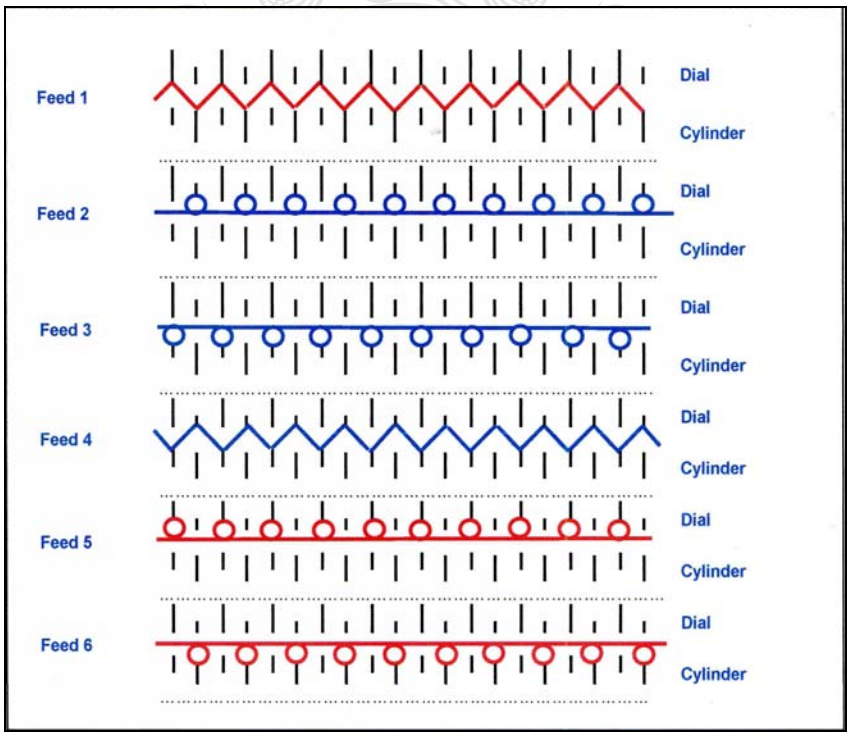
โดยนำเส้นด้ายไปกรอ ให้ได้จำนวนลูกด้าย จำนวน60 แกน เท่ากับจุดป้อนเส้นด้ายบนเครื่องถัก น้ำหนักต่อแกน 400 กรัม โดยใช้เครื่องกรอสำหรับกรอเส้นด้ายใยสังเคราะห์ใยยาว ดังรูปที่ 3.5 และลักษณะของหลอดด้ายบนเครื่องกรอสำหรับใช้ถักผ้าดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.5 เครื่องกรอเส้นด้าย

รูปที่ 3.6 หลอดด้ายบนเครื่องกรอ

3.2 ขั้นตอนการเตรียมโครงสร้างลายผ้าถักและเครื่องถักผ้า

การวิจัยทำการถักผ้าโดยใช้โครงสร้างการถักผ้าแบบ ผ้าถักสองหน้าโดยดัดแปลงโครงสร้างผ้า จากโครงสร้างผ้า Interlock พื้นฐานโครงสร้างเรียกว่าผ้าสามมิติโครงสร้างผ้ามีจำนวนจุดป้อนเส้นด้าย 6 จุด ต่อ ลายผ้า ดังรูปที่ 3. 7



รูป 3.7 โครงสร้างผ้าสามมิติ

โครงสร้างและวิธีการถัก ลักษณะของผ้า ด้านหน้าและด้านหลังเหมือนกัน ผ้าจะมีจำนวน 3 ชั้น ด้านหน้า ด้านหลัง และส่วนที่เชื่อมต่อกันระหว่างด้านหน้าและด้านหลัง ทำให้ผ้ามีมิติความหนามากกว่าโครงสร้างผ้าทั่วๆไป การถักเริ่มจาก ด้านบนสุด

จุดป้อนที่ 1 tucking on long dial and cylinder needle to connect fabric layers

จุดป้อนที่ 2 knit on short dial needle

จุดป้อนที่ 3 knit on short cylinder needle

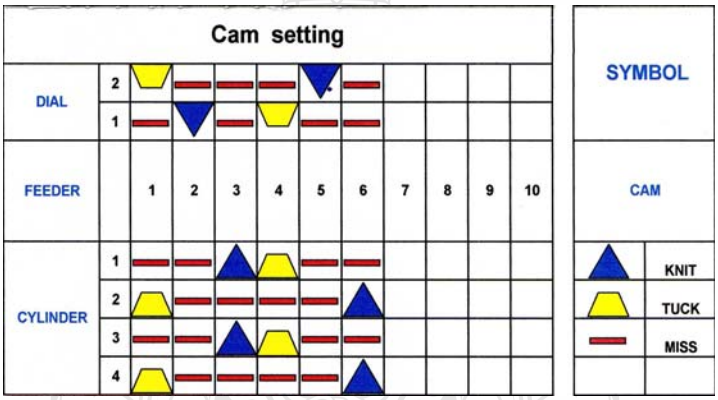
จุดป้อนที่ 4 tucking on short dial and cylinder needle to connect fabric layers

จุดป้อนที่ 5 knit on long dial needle

จุดป้อนที่ 6 knit on long cylinder needle

3.2.1 เขียนใบปรับชุด CAM ของโครงสร้างผ้าสามมิติ

เพื่อใช้เป็นแบบแสดงวิธีในการเปลี่ยนCAM บนเครื่องถักผ้า ประกอบด้วย KNIT CAM TUCK CAM และWELT CAM ดังแสดงในรูปที่ 3.8 รูปที่ 3.9 รูปที่ 3.10 และ รูปที่ 3.11



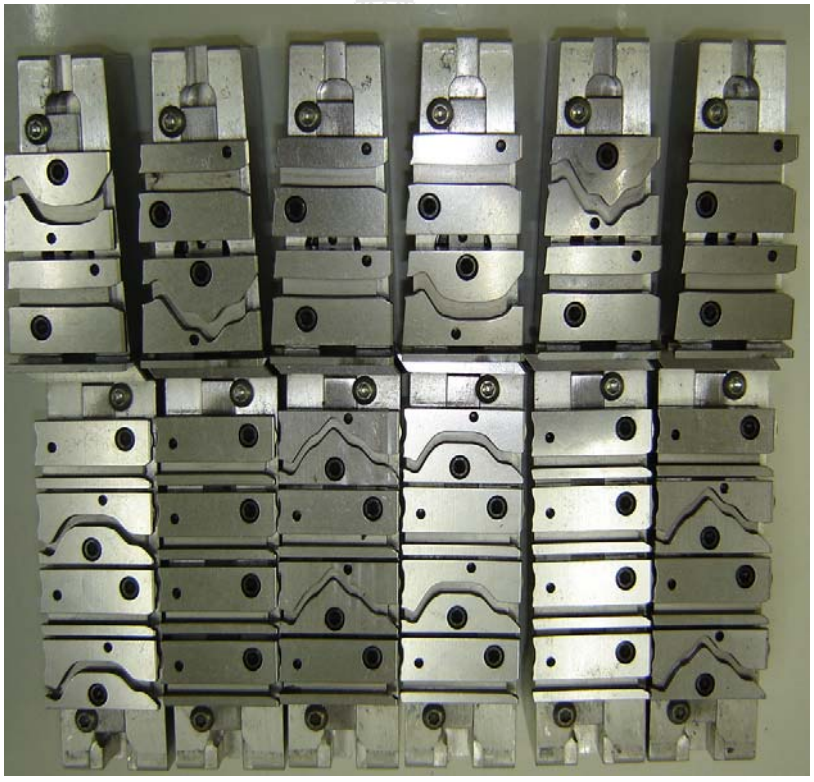
รูปที่ 3.8 วิธีการเรียงชุด Cam บนเครื่องถักผ้า

รูปที่ 3.9 ลักษณะของ KNIT CAM

รูปที่ 3.10 ลักษณะของ TUCK CAM

รูปที่ 3.11 ลักษณะของ WELT CAM

ลักษณะของชิ้นส่วน CAM จะประกอบเข้ากับชุด CAM BOX ตามใบสั่งปรับชุด CAM ของโครงสร้างผ้าสามมิติดังแสดงในรูปที่ 3.12 เพื่อนำไปประกอบบนเครื่องถักผ้าที่ใช้ในการทดลอง เครื่องถักที่ใช้ในการทดลองดังแสดงในรูปที่ 3.13



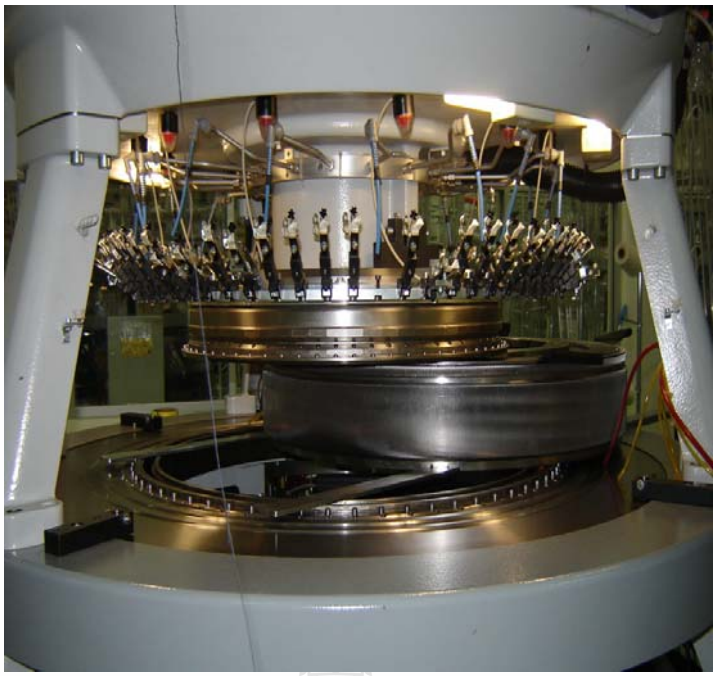
รูปที่ 3.12 ชุด CAM บนเครื่องถัก 1 REPEAT

รูปที่ 3.13 เครื่องถักผ้า MAYER & CIE Model: D4 – 2.2

3.2.2 การทำความสะอาดเครื่องถักผ้า เปลี่ยนชุดแท่นเข็ม ปรับเปลี่ยนโครงสร้างผ้า

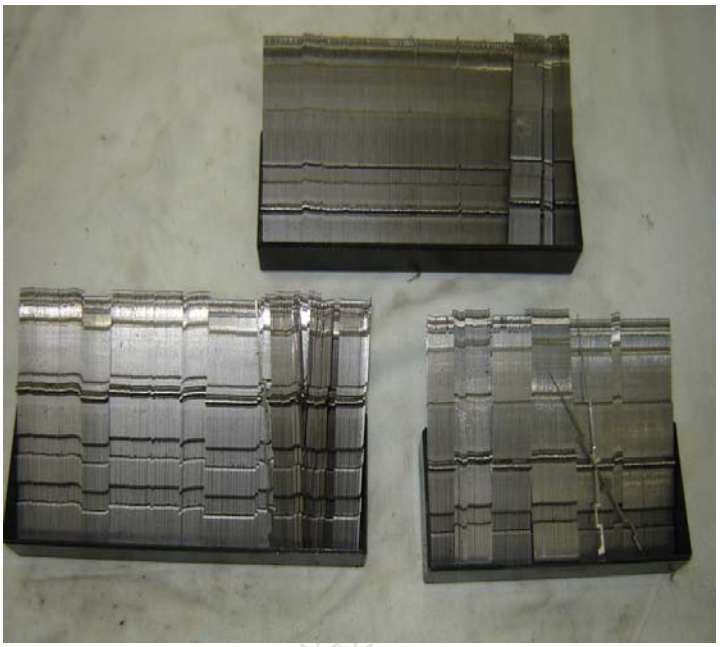
โดยถอดชุด CAM ออกทำความสะอาดดังรูปที่ 3.14 ถอดเข็มออกทำความสะอาดทั้งหมด ถอดและเปลี่ยนชุดCYLINDER และ DIAL ดังรูปที่ 3.15 รูปที่ 3.16 และรูปที่ 3.17 ปรับตั้งศูนย์เครื่องถักดังรูปที่ 3.18 จัดเรียงเข็มถักผ้าชุดใหม่และใส่เข็ม บน เครื่องถักผ้าดังแสดงในรูปที่ 3.19 และประกอบชุด CAM ให้เสร็จเพื่อทำการขึ้นผ้าใหม่ต่อไป

รูปที่ 3.14 การทำความสะอาดชุด CAM และปรับเปลี่ยน CAM

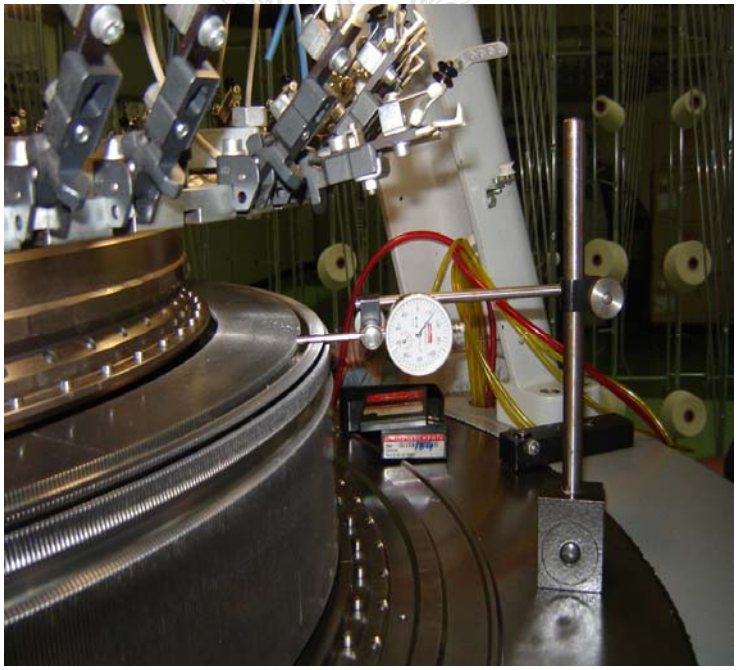


รูปที่ 3.15 การเปลี่ยนชุดแท่นเข็ม Cylinder & Dial

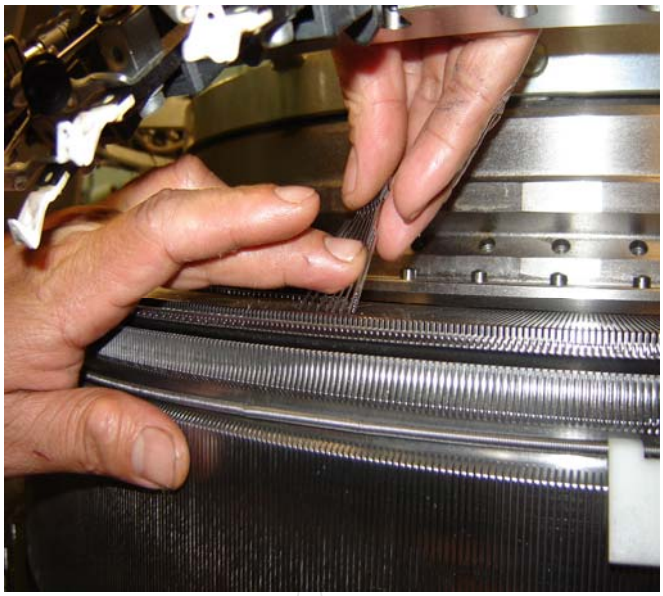
รูปที่ 3.16 Cylinder & Dial ถอดเพื่อเปลี่ยนและทำความสะอาด



รูปที่ 3.17 เข็มถักผ้าถอดทำความสะอาดและจัดเรียงใหม่



รูปที่ 3.18 การปรับตั้งศูนย์ Cylinder & Dial



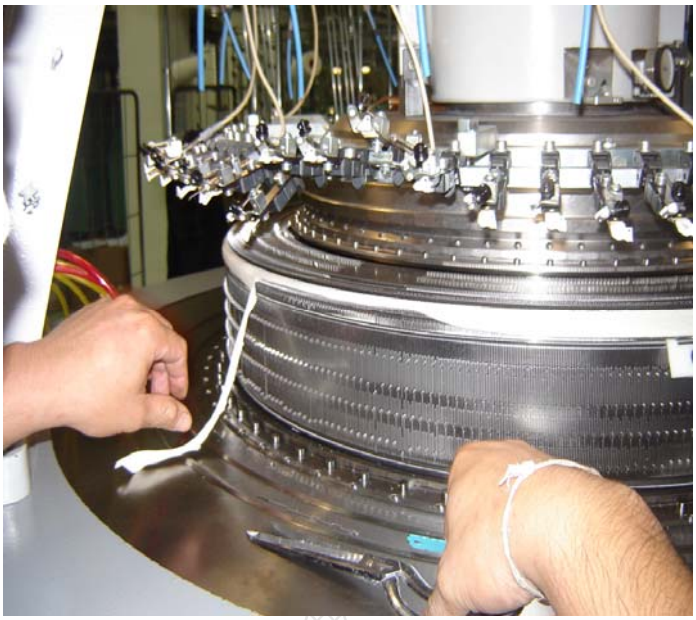
รูปที่ 3.19 วิธีการใส่เข็มบนเครื่องถักผ้า

3.3 ขั้นตอนการถักผ้า

3.3.1 การขึ้นผ้าใหม่สำหรับต่อผ้าบนเครื่องถัก

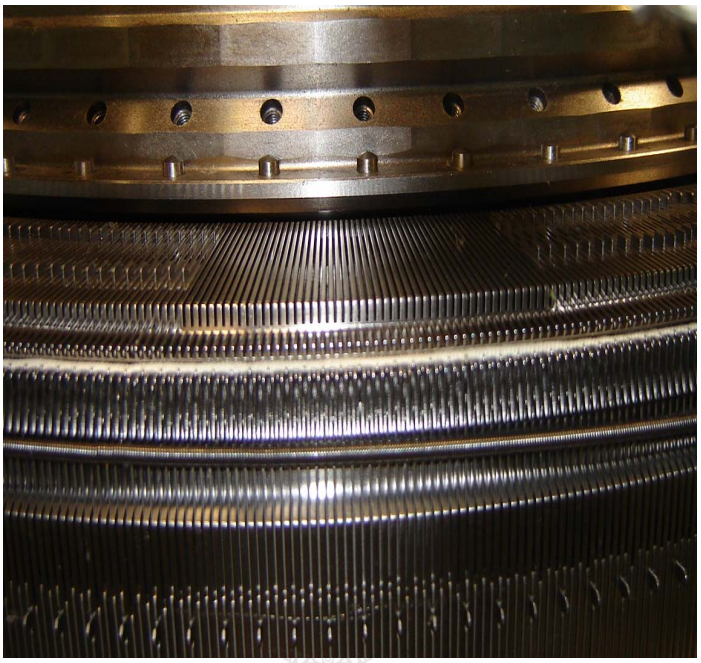
โดยการนำผ้าสอดขึ้นมาระหว่างช่องว่างของ Dial และCylinder รอบเครื่อง และดันเข็ม cylinder ขึ้นเกี่ยวผ้าโดยรอบทุกเล่มจากนั้นกดหัวเข็มลงให้เข็มเกี่ยวผ้าไว้ดังแสดงในรูปที่ 3.20 รูปที่ 3.21 รูปที่ 3.22 และรูปที่ 3.23 หลังการขึ้นผ้าใหม่ที่เสร็จแล้วทำการประกอบชุด CAMบนเครื่องถักดังแสดงในรูปที่ 3.24 และรูปที่ 3.25

รูปที่ 3.20 การขึ้นผ้าใหม่ (การต่อผ้าหลังการเปลี่ยน Cylinder)



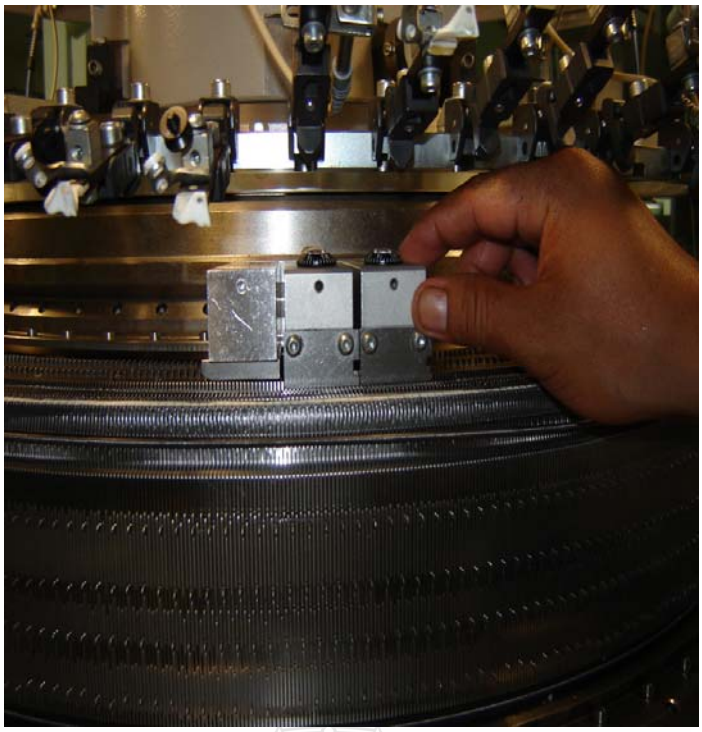
รูปที่ 3.21 การขึ้นผ้าใหม่ (การต่อผ้าหลังการเปลี่ยน Cylinder)

รูปที่ 3.22 การขึ้นผ้าใหม่ (การต่อผ้าหลังการเปลี่ยน Cylinder)



รูปที่ 3.23 การเรียงเข็มบนเครื่องและการขึ้นผ้าใหม่ที่เสร็จแล้ว

รูปที่ 3.24 การเรียงเข็มบนเครื่องและการขึ้นผ้าใหม่ที่เสร็จแล้ว



รูปที่ 3.25 การประกอบชุด CAM บนเครื่อง

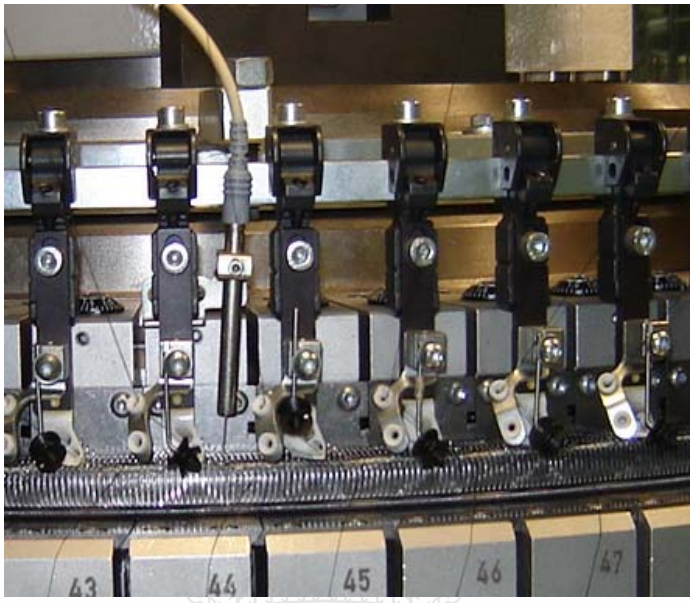
3.3.2 การร้อยเส้นด้าย

นำเส้นด้ายขึ้นเครื่องถัก และร้อยเส้นด้ายผ่านอุปกรณ์ทุกจุดครบทุกเส้น โดยการส่งเส้นด้ายผ่านระบบท่อและลมเป่าดังแสดงในรูปที่ 3.26

รูปที่ 3.26 การร้อยเส้นด้ายระบบท่อไปที่อุปกรณ์ส่งเส้นด้าย MPFและYarn carriers

3.3.3 การป้อนเส้นด้าย

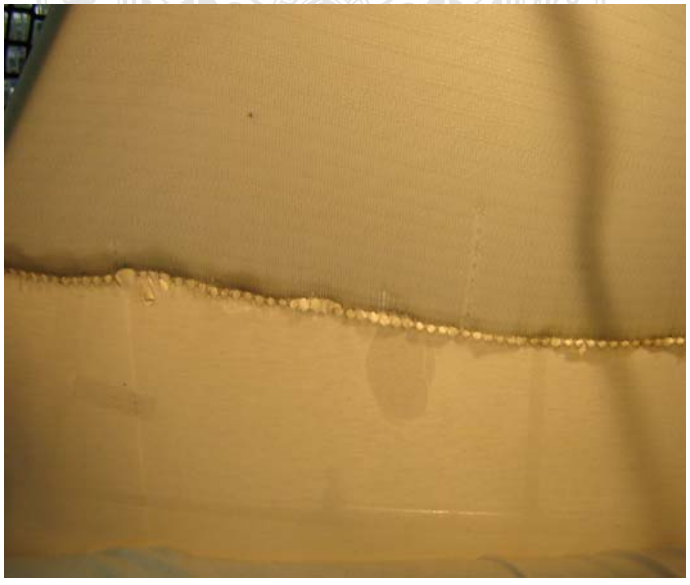
ป้อนเส้นด้ายเข้าเข็มถักผ้าทุกเล่มโดยรอบเครื่องถัก ด้วยความระมัดระวัง และใช้มือโยกให้เครื่องหมุนอย่างช้าๆดังแสดงในรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 การป้อนเส้นด้ายเข้าเข็มถักทุกเล่ม

3.3.4 การเชื่อมต่อหัวผ้า

ตรวจสอบการเชื่อมต่อหัวผ้าให้สมบูรณ์ทุกๆจุด ดังแสดงในรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 การเชื่อมต่อหัวผ้าที่สมบูรณ์

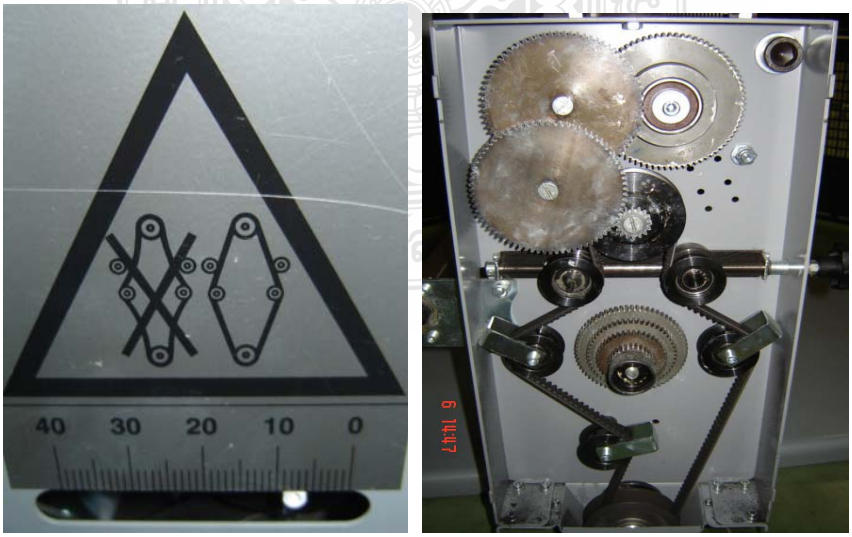
3.3.5 การ เปิดสวิทซ์เครื่องถัก

โดยเปิดที่แผงควบคุมเครื่องถัก ดังแสดงในรูปที่ 3.29 ให้เครื่องหมุนทำงานที่รอบต่ำสุด 7 รอบต่อนาที (Warm Speed) จนรอยต่อหัวผ้าลงมาผ่านชุดม้วนผ้า (Take Up Device)

รูปที่ 3.29 แผงสวิทซ์ควบคุมเครื่องถัก

3.3.6 การปรับตั้งความตึงชุดม้วนผ้า

ปรับให้ผ้ามีความตึงพอดีโดยการปรับที่ชุดเฟืองม้วนผ้า ดังแสดงในรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 ชุดปรับความตึงม้วนผ้า

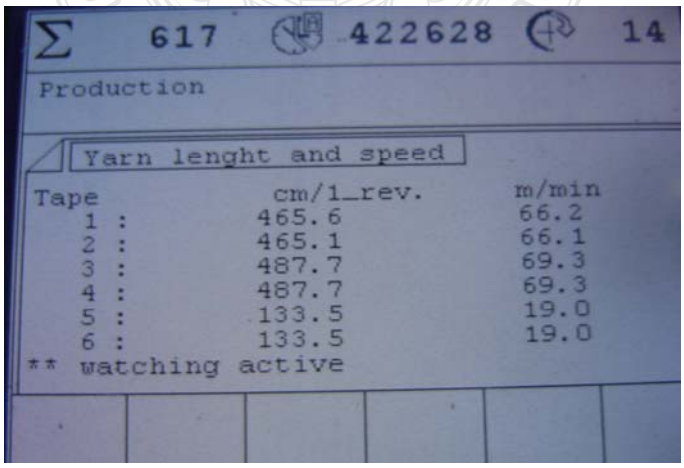
3.3.7 การปรับวัดความตึงเส้นด้าย

โดยปรับให้เท่ากันทุกเส้น ด้วยเครื่องมือวัด (Tension Meter) ดังแสดงในรูปที่ 3.31 ตามค่าที่ต้องการไนลอนใช้อยู่ที่ 6 - 12 กรัม [6]

รูปที่ 3. 31 เครื่องมือวัดความตึงเส้นด้าย (Tension Meter)

3.3.8 การปรับวัดความยาวห่วง (Loop length)

โดยดูจากค่าอัตราการป้อนเส้นด้ายที่หน้าจอมอนิเตอร์บนเครื่องถักผ้า และทำการปรับให้ได้ค่าตามที่กำหนด โดยการปรับค่าที่ชุดควบคุมการป้อนเส้นด้าย (Quality Wheel) ปรับจนได้ค่าตรงตามที่กำหนด โดยที่เครื่องจะแสดงผลบนจอมอนิเตอร์ที่หน้าเครื่องดังรูปที่ 3.32 และหลังจากถักลงมาให้ผ้าผ่านชุดลูกกลิ้งม้วนผ้าตัดผ้ามาทำการตรวจวัดความยาวห่วงด้วยเครื่องวัดความยาวห่วงดังแสดงในรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.32 อัตราการป้อนเส้นด้าย

รูปที่ 3.33 การวัดความยาวห่วงเส้นด้าย

ในการวัดใช้การวัดจำนวน 10 ครั้งต่อผ้าในแต่ละชั้น ผ้ามีจำนวน สามชั้น ได้แก่ห่วงด้านหน้า ห่วงตัวเชื่อมระหว่างกลางและห่วงด้านหลังของผ้าได้ค่าความยาวห่วงผ้าต่อ 100 แถวของห่วง ได้ค่าเฉลี่ยความยาวห่วงด้านหน้า (เซนติเมตรต่อ100 แถวของห่วง) ความยาวห่วงด้านหลัง (เซนติเมตรต่อ 100 แถวของห่วง) ความยาวห่วงตัวเชื่อมกลาง (เซนติเมตรต่อ 100 แถวของห่วง)

3.3.9 การตั้งรอบม้วนผ้า

ถักผ้าลงมาจำนวน 30 รอบตัดผ้าออกจากเครื่องถักผ้า ทำการวัดและบันทึกความยาวนำไป ชั่งน้ำหนักผ้า ด้วยเครื่องชั่งละเอียด ดังแสดงในรูปที่ 3.34 หน่วยเป็นกรัมต่อความยาว นำผ้ามาตัด ด้วยเครื่องตัดผ้าวงกลม ดังแสดงในรูปที่ 3.35 และนำไป ชั่งน้ำหนักผ้า ด้วยเครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง ดังแสดงในรูปที่ 3.36 หน่วยเป็นกรัมต่อตารางเมตร คำนวณหาน้ำหนักผ้าต่อ1 รอบการถักและคำนวณหาจำนวนรอบในการถักผ้าต่อม้วน ปรับตั้งจำนวนรอบการถักผ้าต่อม้วน หน่วย กิโลกรัมต่อม้วน การถักปกติน้ำหนักต่อม้วน 15 – 20 กิโลกรัม ถักผ้าที่ความเร็วรอบเครื่องปกติ 20 – 24 รอบต่อนาที จนครบจำนวนที่ต้องการตัดผ้าออกจากเครื่องชั่งน้ำหนักผ้าต่อม้วนบันทึกรายงานการถักผ้า

รูปที่ 3.34 เครื่องชั่งน้ำหนัก

รูปที่ 3.35 เครื่องตัดผ้าวงกลม

รูปที่ 3.36 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

3.4 ขั้นตอนการซักล้างทำความสะอาดผ้า

3.4.1 การซักล้าง

โดยนำผ้าไปผ่านกระบวนการซักล้างทำความสะอาด ตามกระบวนการตกแต่งซักล้าง (scouring) ที่อุณหภูมิ 50 - 55 องศา เซลเซียส เวลา 20 นาที ดังแสดงในรูปที่ 3.37

รูปที่ 3.37 เครื่องซักผ้า (winch) ขนาด 2 ฟุต

3.4.2 สลัดผ้า

โดยนำผ้าที่ผ่านการซักใส่เครื่องดังแสดงในรูปที่3.38 เพื่อสลัดให้น้ำออกจากผ้า ใช้เวลา 1 นาที 30 วินาที

รูปที่ 3.38 เครื่องสลัดผ้า

3.4.3 อบแห้งแบบ Tumbler Dry

โดยนำผ้าที่ผ่านการสลัดน้ำออกแล้วไปทำการอบผ้าแห้งแบบ Tumbler dry ดังแสดงในรูปที่ 3.39 ที่อุณหภูมิ 90-95 องศาเซลเซียส เวลา 25 นาที – 30 นาที

รูปที่ 3.39 เครื่องอบผ้าแห้งแบบ Tumbler dry

3.4.4 ปรับหน้าผ้า และรีดผ้าถักด้วยเครื่อง CALENDER ดังแสดงในรูปที่ 3.40

รูปที่ 3.40 เครื่องรีดผ้าและปรับหน้าผ้า (CALENDER)

3.5 ขั้นตอนการทดสอบสมบัติทางกายภาพของผืนผ้าถัก

3.5.1 การทดสอบความหนาของผ้า (Fabric Thickness)

การทดสอบ โดยใช้เครื่อง Thickness Tester ดังแสดงในรูปที่ 3.41 เป็นการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D177-96 ซึ่งมีส่วนประกอบของเครื่องดังนี้ Flat Metal หรือ Anvil มีลักษณะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผิวหน้าเรียบ Pressure Foot มีลักษณะเป็นแผ่นกลมขนาดเล็กกว่า Anvil Dial Gauge เป็นตัวบอกค่าความหนาบางของผ้าที่วัดได้ ค่าความละเอียด ระหว่าง Pressure Foot บน Anvil วัดได้ถึง 0.001 นิ้วหรือ0.02 mm.

วิธีการทดสอบโดยการนำชิ้นทดสอบวางลงบน Anvil แล้วกด Pressure Foot ลงมาสัมผัสกับชิ้นทดสอบเป็นเวลานาน 5-6 วินาที หลังจากนั้นอ่านค่าความหนาของผ้าที่วัดได้ จดบันทึกค่าที่ได้ การวัดค่าความหนา จำนวน 5 ตำแหน่งที่แตกต่างกันบนผืนผ้า

รูปที่ 3.41 เครื่อง Thickness Tester วัดความหนาของผ้า

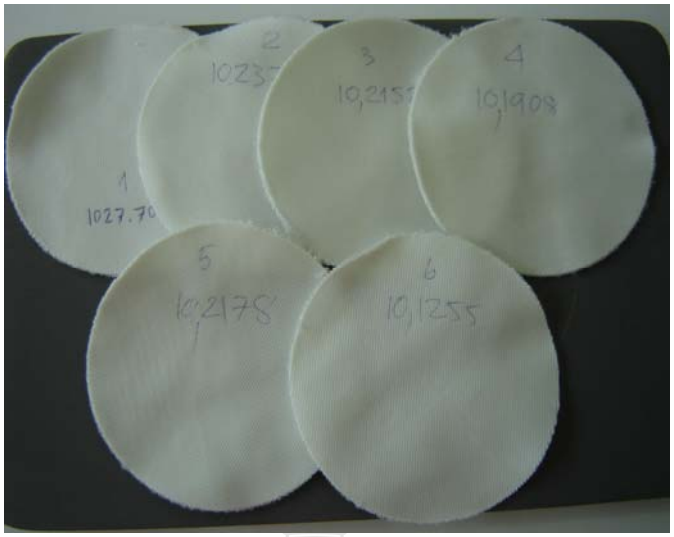
3.5.2 การทดสอบหาน้ำหนักผ้า (Fabric Weight)

การทดลองหาโดยใช้วิธีการ แบบ Fabric Sample Cutter ตามมาตรฐาน ASTM D 3776-96 วิธีการทดสอบตัดผ้าชิ้นทดสอบดังแสดงใน รูปที่ 3.42 ด้วยเครื่องตัดผ้าวงกลม ดังรูป 3.35 จำนวน 5ชิ้น ชิ้นทดสอบมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตรหรือขนาดพื้นที่ 100 cm^2 นำไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่งดังแสดงใน รูปที่3.43 ครบจำนวน 5ชิ้นแล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ (กรัมต่อตารางเมตร) ตามสูตร

$$B\ (g/m^2) = A\ (g/100cm^2) \times 100 \qquad (3.1)$$

โดยที่ A = น้ำหนักผ้าเป็นกรัมต่อพื้นที่ 100 ตารางเซนติเมตร

B = น้ำหนักผ้าเป็นกรัมต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร



รูปที่ 3.42 ชิ้นทดสอบขนาดเส้นผ้าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร

รูปที่ 3.43 เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง

3.5.3 การทดสอบความยาวห่วงถักในผืนผ้า (Loop length Tester)

การวัดความยาวห่วงจากผ้าถักสามมิติจากเส้นใยไนลอน 66 โดยใช้เครื่องทดสอบความยาวห่วง (Course Length Tester) ดังแสดงในรูปที่ 3.44 วิธีทดสอบนำชิ้นผ้าตัวอย่างที่ต้องการทดสอบ ทำเครื่องหมายจุดเริ่มต้นการนับบนผ้าชิ้นทดสอบด้วยปากกาและนับจำนวน Wale ในผืนผ้าถักจำนวน 100 Wale แล้วทำเครื่องหมายไว้ดังแสดงในรูปที่ 3.45 ตัดผ้าตามที่ทำเครื่องหมายไว้ เลาะเส้นด้ายออกจากชิ้นผ้าทดสอบ ทำการวัดความยาวของเส้นด้ายจำนวน 10 เส้นด้วยเครื่องทดสอบความยาวห่วง (Course Length Tester) โดยนำปลายด้านหนึ่งของเส้นด้ายยึดติดด้วยตัวจับด้านบนของเครื่องทดสอบ โดยปลายเส้นด้ายตรงกับขีดเลขศูนย์(จุดที่ 1)และปลายอีกด้านของเส้นด้ายยึดด้วยตัวจับบนชุดเคลื่อนที่ได้โดยให้ปลายเส้นด้ายอยู่ที่ตำแหน่งเลขศูนย์อีกด้าน(จุดที่ 2)นำน้ำหนักถ่วงวางบนตัวจับเส้นด้ายอีกด้านหนึ่ง และปล่อยให้เคลื่อนโดยให้ Crimp หายไป อ่านค่าความยาวห่วงที่ได้ตรง จุดที่ 2 โดยค่าความยาวห่วงที่อ่านได้คือความยาวห่วง ต่อ100 ห่วง

รูปที่ 3.44 เครื่องวัดความยาวห่วง

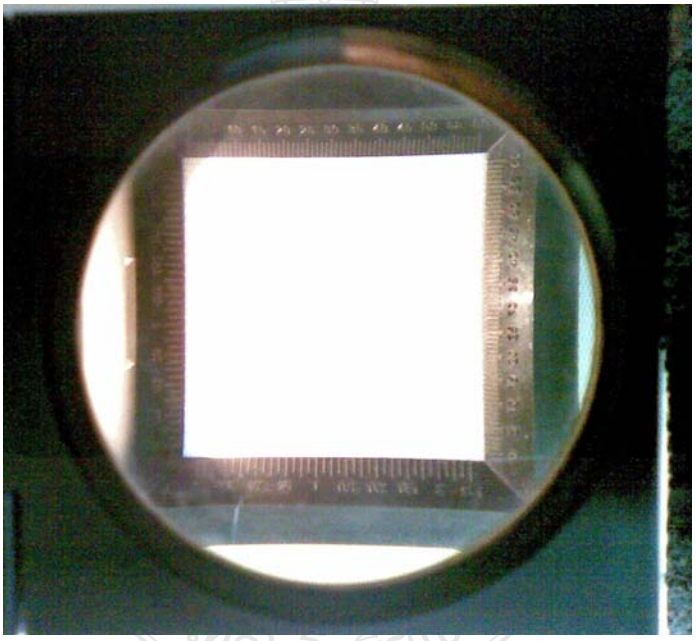
รูปที่ 3.45 การเตรียมชิ้นทดสอบความยาวห่วง

3.5.4 การทดสอบจำนวนห่วงต่อหน่วยความยาว (คอร์สต่อนิ้ว เวลต่อนิ้ว)

การนับจำนวนห่วงต่อนิ้ว ในแนว Course และแนว Wale บนผ้าถักสามมิติจากเส้นใยไนลอน 66 โดยใช้แว่นขยาย ตามมาตรฐาน ASTM D 3887-96

วิธีทดสอบโดยนำผ้าตัวอย่างที่นำมาทดสอบจำนวนห่วงของผ้าถักควรมีขนาดอย่างน้อย 30 เซนติเมตร x 30 เซนติเมตร นำผ้าตัวอย่างทั้ง 2 ชิ้น มาปูบนโต๊ะเรียบปราศจากแรงดึง แล้วนำแว่นขยายมาวางลงบนผ้า ดังแสดงในรูปที่ 3.46 กำหนดความยาวในการนับ 1 นิ้ว ในตำแหน่งที่แตกต่างกัน 5 ตำแหน่ง ของลักษณะการสุ่มตัวอย่าง ในแนว Course และ แนว Wale

วิธีการนับใช้ไม้บรรทัดเหล็กวางบนผ้า แล้วใช้ปากกาจุดไว้เป็นจุดเริ่มต้นการนับทางด้านแนวตั้ง (Wale) ของผืนผ้า แล้วนำแว่นขยายวางลงให้ได้กึ่งกลางระหว่างผ้ากับไม้บรรทัดเหล็ก แล้วใช้เข็มทำการนับห่วงในผืนผ้าจนครบความยาว 1 นิ้วทำการนับจำนวนห่วงทางด้านแนวขวาง (Course) ของผืนผ้าโดยการนับเหมือนกับแนว Wale นำผลที่ได้จากการนับแต่ละด้านมาหาค่าเฉลี่ย แล้วบันทึกผลการทดสอบ



รูปที่ 3.46 การใช้แว่นขยายนับจำนวนห่วงต่อความยาวในผ้าถัก

3.5.5 ทดสอบความแข็งแรงของผืนผ้าต่อแรงดันทะลุ (Bursting Strength)

การทดสอบความแข็งแรงของผ้าถักต่อแรงดันทะลุ ของ ผ้าถักสามมิติโดยใช้เครื่องทดสความแข็งแรงของผ้าถักต่อแรงดันทะลุ (Digital Bursting Strength Tester) ดังแสดงในรูปที่ 3.47 ตามมาตรฐาน ASTM D3786-01

โดยการนำชิ้นทดสอบขึงให้ตึงอยู่เหนือแผ่นไดอะแฟรมที่เป็นแผ่นยางสีดำซึ่งสามารถขยายตัวได้เมื่อถูกดันด้วยของเหลวผ้าจะถูกดันทะลุจนขาด ความดันของของเหลวจะลดลงเพื่อทำให้แผ่นไดอะแฟรมยุบตัวลงและความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดันทะลุจะเท่ากับค่าความดันที่ทำให้ผ้าเกิดการทะลุลบด้วยความดันส่วนที่ทำให้แผ่นไดอะแฟรมขยายตัวออก หน่วยแรงดันเป็น kPa ,lb/in^2,kg/cm^2

รูปที่ 3.47 เครื่องสอบแรงดันทะลุ (Bursting Tester)

วิธีการทดสอบ โดยการปูผ้าราบบนโต๊ะปราศจากแรงดึง ให้อยู่ในสภาวะมาตรฐาน (20 ^{O}C ± 2 , ความชื้น 65 / ± 2) อย่างน้อย 4 ชั่วโมง ก่อนการทดสอบหลังจากนั้นนำผ้าทดสอบวางบนตำแหน่งทดสอบดังแสดงในรูปที่ 3.48 กดปุ่ม Champ ทั้ง 2 ข้างของเครื่องทดสอบ พร้อมกัน เพื่อทำการจับผ้าทดสอบให้แน่นโดยผ้าทดสอบจะถูกขึงให้ตึงอยู่เหนือแผ่นไดอะเฟรมที่เป็นยางซึ่งสามารถขยายตัวได้เมื่อถูกดันด้วยของเหลวกดกดปุ่มใดก็ได้บน Keyboard เพื่อเริ่มทดสอบหาอัตราแรงดันที่เหมาะสม โดยเมื่อผ้าถูกดันทะลุจนผ้าขาด ความดันของของเหลวจะลดลงเพื่อทำให้ไดอะเฟรมยุบตัวลงจากนั้นเครื่องจะทำการปล่อยชิ้นงาน ทำการทดสอบจนครบ 10 ตำแหน่งบนผ้าแต่ละผืนบันทึกผลการทดสอบ

รูปที่ 3.48 การวางผ้าบนเครื่องทดสอบ

3.5.6 การทดสอบความแข็งแรงผืนผ้าต่อแรงดึง (Tensile Strength)

การทดสอบค่า Tensile Strength เนื่องจากผ้าถักมีความหนามากการทดสอบความแข็งแรงของผืนผ้าไม่สามารถทดสอบได้ด้วยวิธีการทดสอบความคงทนต่อแรงดันทะลุ ทางสิ่งทอได้จึงได้ทำการทดสอบแบบ Tensile Strength โดยใช้เครื่องสำหรับทดสอบประเภททดสอบโลหะแผ่น การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้ผ้าถักไนลอน 66 จำนวน 2 ชนิดที่ถักจากเส้นด้าย เบอร์ 470 เดซิเท็กซ์ และผ้าที่ถักจากเส้นด้ายเบอร์ 700 เดซิเท็กซ์ ชนิดความแข็งแรงสูง (High Tenacity) ทำการทดลองโดยการทดสอบหาค่าความแข็งแรงของผืนผ้า ด้วยเครื่องมือทดสอบ DARTEC ดังแสดงในรูปที่ 3.49

รูปที่ 3.49 เครื่องทดสอบ Tensile Strength

วิธีการทดสอบ โดยการนำผ้าชิ้นทดสอบเข้าเครื่องทดสอบ เครื่องจับปลายของผ้าชิ้นทดสอบทั้งสองด้าน แล้วดึงผ้าจนขาดแล้วบันทึกค่าในขณะผ้ายืดจนขาดและในขณะที่ผ้าขาดก็จะได้ค่าความแข็งแรงของผืนผ้าชิ้นทดสอบ การทดสอบใช้การทดสอบจำนวน 10 ครั้งต่อตัวอย่างโดยการทดสอบทางแนวนอนและแนวตั้งของผืนผ้า ขนาดชิ้นทดสอบผ้าสามมิติ Nylon 66 เบอร์ 470dtex/72F และผ้าสามมิติ Nylon 66 เบอร์ 700dtex/108F ขนาดชิ้นตัวอย่างทดสอบกว้าง 50 มิลลิเมตร x ยาว 250 มิลลิเมตร ชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบจะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3.50 รูปที่ 3.51รูปที่ 3.52 รูปที่ 3.53 และข้อมูลการทดสอบแสดงไว้ในภาคผนวก ค

รูปที่ 3.50 ชิ้นทดสอบแนวตั้ง (Wale wise) เบอร์ 700dtex/ 108F

รูปที่ 3.51 ชิ้นทดสอบแนวนอน (Course wise) เบอร์ 700dtex/ 108F

รูปที่ 3.52 ชิ้นทดสอบแนวตั้ง (Wale wise) เบอร์ 470dtex/ 72F

รูปที่ 3.53 ชิ้นทดสอบแนวนอน (Course wise) เบอร์ 470dtex/72F

3.5.7 การทดสอบตามมาตรฐาน EN 388

มาตรฐานนี้เป็นมาตรฐานที่บ่งบอกถึงลักษณะทางกายภาพเชิงกลของถุงมือ ผืนผ้า ว่ามีความทนต่อการใช้งานในลักษณะใดบ้าง จะบ่งบอกถึงลักษณะการทนต่อการใช้งานที่ต่างกัน และการทดสอบตามมาตรฐาน EN 388:2004 โดยทดสอบในเรื่อง

1. ความต้านทานต่อการขัดถู (Abrasion Resistance) ขึ้นอยู่กับจำนวนรอบที่ต้องผ่านการขัดถูเสียดสี (หน่วย จำนวนรอบ)

2. ความต้านทานต่อการบาด (Blade Cut Resistance) ขึ้นอยู่กับจำนวนรอบที่ต้องตัดผ่านชิ้นตัวอย่างด้วยความเร็วคงที่ (หน่วย แฟ็คเตอร์)

3. ความต้านทานต่อแรงฉีกขาด (Tear Resistance) ขึ้นกับแรงเฉือนที่กระทำต่อตัวอย่าง (หน่วย นิวตัน)

4. ความต้านทานต่อการเจาะทะลุ (Puncture Resistance) ขึ้นกับแรงเจาะในลักษณะแบบเป็นจุดเดียวที่กระทำต่อตัวอย่าง (หน่วย นิวตัน)

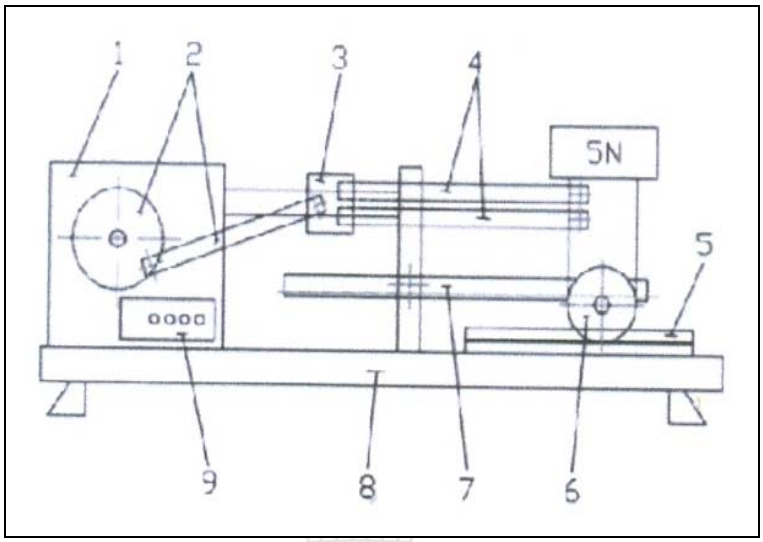
3.5.8 การทดสอบความต้านทานต่อการขัดถู (Abrasion Resistance)

การทดสอบนี้จะทำการทดสอบโดยใช้เครื่องมือทดสอบ Martindale Abrasion Tester ดังแสดงในรูปที่ 3.54 หลักการทำงานของเครื่อง เป็นลักษณะการขัดถูเป็นแนวราบและเคลื่อนที่แบบทุกทิศทาง ยืดหยุ่นได้การเคลื่อนที่เป็นแบบ Lissajous Figureb มีการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงทิศทางใดทิศทางหนึ่ง จากนั้นจะค่อยๆเปลี่ยนเป็นการเคลื่อนที่แบบวงรีแคบแล้วเปลี่ยนเป็นวงรีกว้างและกลับไปเปลี่ยนทิศทางเคลื่อนที่แบบเส้นตรงในทิศทางตรงกันข้ามกับตอนเริ่มต้น และจะทำซ้ำกันไปมาและวนเวียนกันไป จำนวนรอบที่จำเป็นในการขัดถูที่ใช้ในการทดสอบนี้จะรุนแรงกว่า วัสดุสิ่งทอปกติทั่วไป โดยนำชิ้นทดสอบที่ตัดเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 38.0 – 38.5 ม.ม. วางอยู่บนแผ่นรับชิ้นงานและยึดติดกับอุปกรณ์เตรียมตัวอย่างถูกกดทับด้วยน้ำหนักกดมาตรฐาน เปิดเครื่องทดสอบและเริ่มการทดสอบและตรวจสอบชิ้นงานหลังจากที่ทดสอบ 100 รอบหากไม่มีการขาดของชิ้นทดสอบให้ทดสอบจนกว่าจะถึง 500 รอบ และทดสอบต่อไปจนสิ้นสุดเมื่อชิ้นทดสอบเกิดการขาดให้ยกเลิกทำการขัดถู นำชิ้นทดสอบมาประเมินผลความต้านทานของผ้าต่อการขัดถู บันทึกผลการทดสอบ

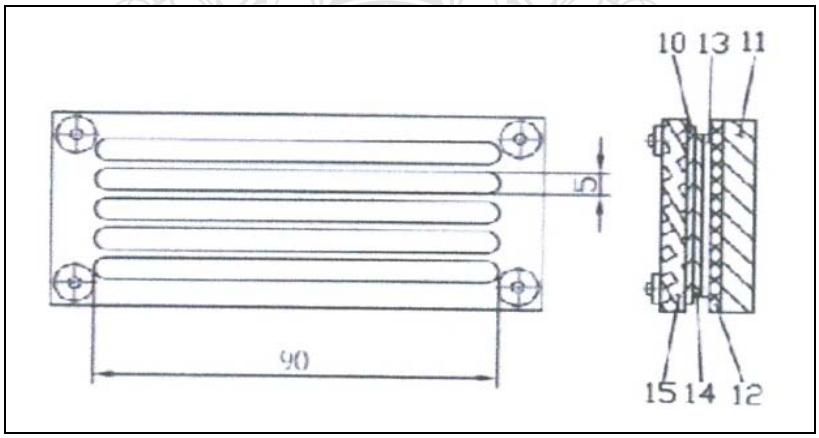
รูปที่ 3.54 เครื่องทดสอบ Abrasion Martindale

3.5.9 การทดสอบความต้านทานต่อการบาด (Blade Cut Resistance)

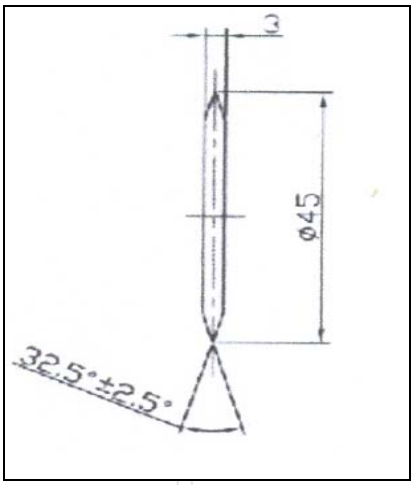
เครื่องทดสอบดังแสดงในรูปที่ 3.55 และชุดจับชิ้นทดสอบดังแสดงในรูปที่ 3.56 อุปกรณ์ที่สำคัญคือใบมีดตัดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 45 ± 0.5ม.ม. หนา 3 ±0.3 ม.ม. มุมของใบมีด 30 องศา ถึง 35 องศา วัสดุใบมีดทำด้วยทังสเตนมีความแข็ง 740 HV ถึง 800 HV ดังแสดงในรูปที่ 3.57 และ รูปที่ 3.58 วิธีการทดสอบวางแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ขนาดหนา 0.01 ม.ม.บนแผ่นยางรองและ



รูปที่ 3.55 เครื่องทดสอบ Blade Cut Resistance 1. Compartment of motor and electronic detection 2. Wheel and driving rod 3. Sliding system 4. Rods 5. Test piece device 6. Circular Blade 7. Toothed rack 8. Support plate 9. Counter



รูปที่ 3.56 ชุดจับชิ้นทดสอบ (Specimen holder) 10. Specimen 11. Insulated support 12. Conductive rubber 13. Aluminum foil 14. Filter paper 15. Upper part



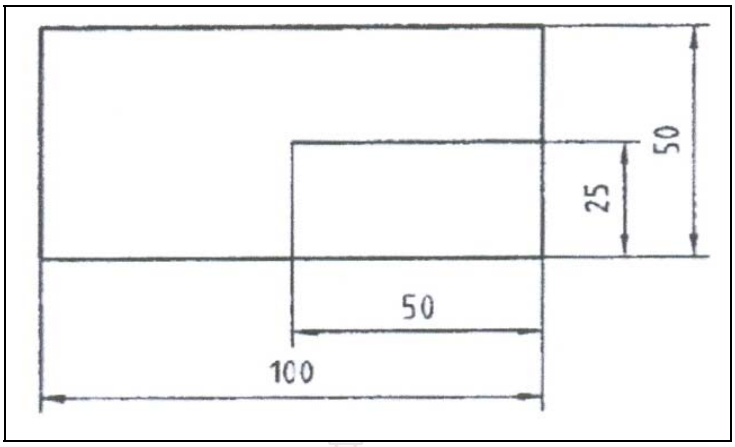
รูปที่ 3.57 ใบมีดวงกลม

รูปที่ 3.58 ชุดจับชิ้นทดสอบและชุดใบมีดวงกลม

3.5.10 การทดสอบความต้านทานต่อการฉีกขาด (Tear Resistance)

การเตรียมชิ้นทดสอบ ขนาดของชิ้นงานคือ 100 ม.ม.*50 ม.ม. ดังแสดงในรูปที่ 3.59 ทำรอยบากในทิศทางตามยาวของชิ้นทดสอบจากขอบ 25 มิลลิเมตร การทดสอบจะต้องดำเนินการในตัวอย่างทดลองตัดมาจากที่แตกต่างกัน บนผืนผ้าเดียวกัน

วิธีการทดสอบ จับยึดชิ้นงานเข้าเครื่องทดสอบ Tensile ดังแสดงในรูปที่ 3.60 เปิดเครื่องดึงชิ้นทดสอบตรงรอยบากให้แยกจากกัน บันทึกแรงฉีกขาดที่อยู่ในคอมพิวเตอร์ที่ทดสอบ ความเร็วแรงดึง 100 ม.ม. / นาที ชิ้นงานจะถูกฉีกขาดออกจากกันโดยสิ้นเชิง บันทึกผลการทดสอบและรายงานผลผลความต้านทานแรงฉีกขาด



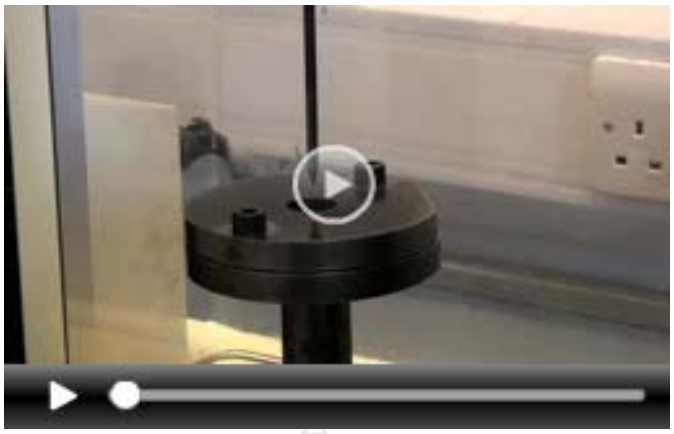
รูปที่ 3.59 ขนาดชิ้นทดสอบ

รูปที่ 3.60 เครื่องทดสอบ Tensile (Tear Resistance)

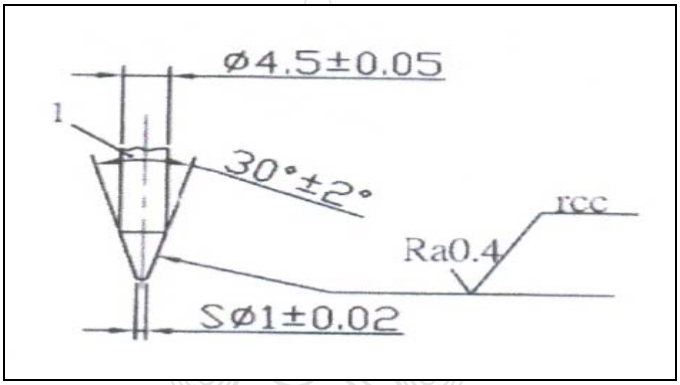
3.5.11 การทดสอบความต้านทานต่อการเจาะ (Puncture Resistance)

การเตรียมชิ้นทดสอบ การทดสอบจะต้องดำเนินการทดสอบในสี่ตัวอย่างทดลอง โดยตัดจากผ้าที่แตกต่างกันสี่จุดของผ้าชิ้นเดียวกันตัดตัวอย่างชิ้นทดลองเป็นวงกลมมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอย่างน้อยที่สุด 40.0-40.5 ม.ม. โดยให้ชิ้นทดสอบมีขนาดมีขนาดเท่าตัวจับชิ้นทดสอบหรือโตกว่าเล็กน้อย

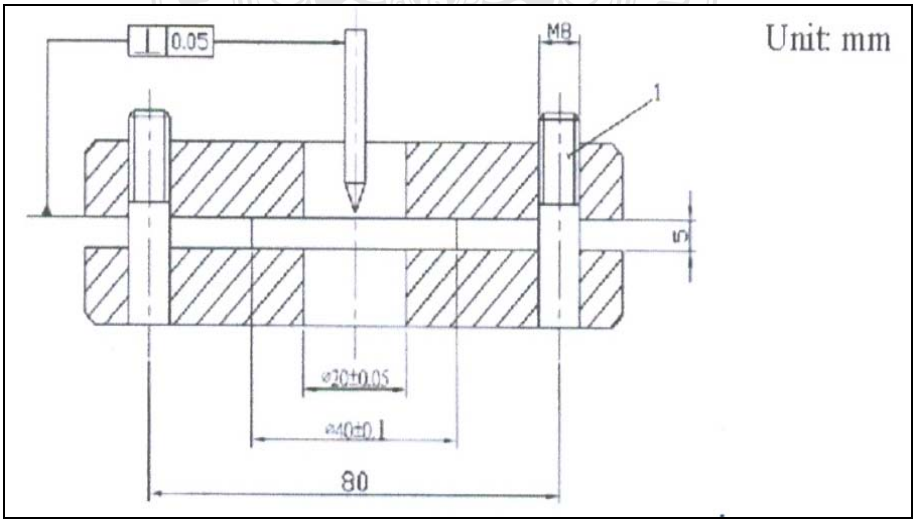
วิธีการทดสอบ การวัดตั้งระยะประมาณ 50.0-50.5 มิลลิเมตร จากนั้นจับชิ้นงานเข้าเครื่องและเริ่มต้นการทดสอบที่ความเร็วเครื่องทดสอบแรงดึงของ 100 ±10 ม.ม. / นาที หลังจากการทดสอบบันทึกค่าที่สูงสุด ผลการทดสอบและรายงานผล พิจารณาจากค่าต่ำสุดที่บันทึกไว้ เทียบกับค่ามาตรฐานอยู่ในระดับใด ลักษณะของเครื่องทดสอบตัวอย่างและอุปกรณ์ที่สำคัญ ดังแสดงในรูปที่ 3.61 รูปที่ 3.62 และรูปที่ 3.63



รูปที่ 3.61 เครื่องทดสอบ Puncture Resistance



รูปที่ 3.62 Steel Stylus 1. Steel 60 HRC Rockwell 2. Ra: Average Roughness of center-line 3. rcc: radiation cure coating



รูปที่ 3.63 Retaining device 1. Tightening Stud

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพเส้นด้ายไนลอน 66

4.1.1 ผลการทดสอบความแข็งแรงและการยืดตัวก่อนขาดเส้นด้าย

จากการทดสอบสมบัติของเส้นด้ายไนลอน66 การทดสอบสมบัติของเส้นด้ายไนลอน 66 เบอร์ 470 เดซิเท็กซ์ -72 ฟิลาเม้นท์ และเบอร์700 เดซิเท็กซ์108 ฟิลาเม้นท์ ได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 และในภาคผนวก ก การทดสอบเส้นด้าย

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบ เส้นด้ายไนลอน 66 เบอร์470 dtex /72 F

S/P No.	Decitex	Strength (N)	Tenacity (cN/ detex)	Elongation (%)	Boil_ of_ Shrinkage% (BS %)
1	467.7	39.8	8.51	24.6	6.18
2	466.7	39.81	8.53	24.4	6.09
3	466.5	39.59	8.49	24.4	6.18
4	466.7	39.92	8.55	24.9	6.13
5	466.4	39.49	8.47	24.4	6.15
6	466.3	39.97	8.57	24.6	6.25
7	467.0	39.66	8.49	24.6	6.05
8	466.7	40.03	8.57	25.1	6.05
9	467.0	39.82	8.53	24.5	6.09
10	466.7	39.53	8.47	24.2	6.17
Mean	466.8	39.76	8.52	24.6	6.13
S	0.377	0.177	0.038	0.25	0.060.
CV%	0.081	0.446	0.038	1.01	0.979
Max	467.7	40.03	8.58	25.1	6.25
Min	466.3	39.49	8.47	24.2	6.05

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบเส้นด้ายไนลอน66 เบอร์ 700 dtex /108 F

S/P No.	Decitex	Strength (N)	Tenacity (cN/detex)	Elongation (%)	Boil_of_ Shrinkage% (BS %)
1	714.1	60.47	8.47	25.2	6.80
2	718.6	59.49	8.28	24.3	6.82
3	717.1	59.84	8.34	24.0	6.85
4	712.6	59.75	8.38	24.1	6.81
5	718.9	59.20	8.24	24.1	7.06
6	718.1	58.88	8.20	23.6	6.95
7	714.9	59.13	8.27	23.9	6.92
8	716.5	59.66	8.33	23.8	6.76
9	717.1	58.71	8.19	23.5	6.66
10	714.7	59.38	8.31	24.3	6.92
Mean	716.2	59.45	8.30	24.1	6.85
S	1.993	0.487	0.082	0.451	0.106
CV%	0.278	0.819	0.983	1.874	1.554
Max	718.9	60.47	8.47	25.2	7.06
Min	712.6	58.71	8.19	23.5	6.66

ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงและการยืดตัวก่อนขาดของเส้นด้าย เบอร์ 470 เดซิเท็กซ์ 72 ฟิลาเม้นท์ ได้ค่าเฉลี่ยค่าความแข็งแรง (Tenacity) ได้ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8.52 เซ็นตินิวตัน/ดีเท็กซ์ และค่าความยืดตัวก่อนขาดของเส้นด้าย (Elongation) ได้ค่าเฉลี่ย 24.6 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

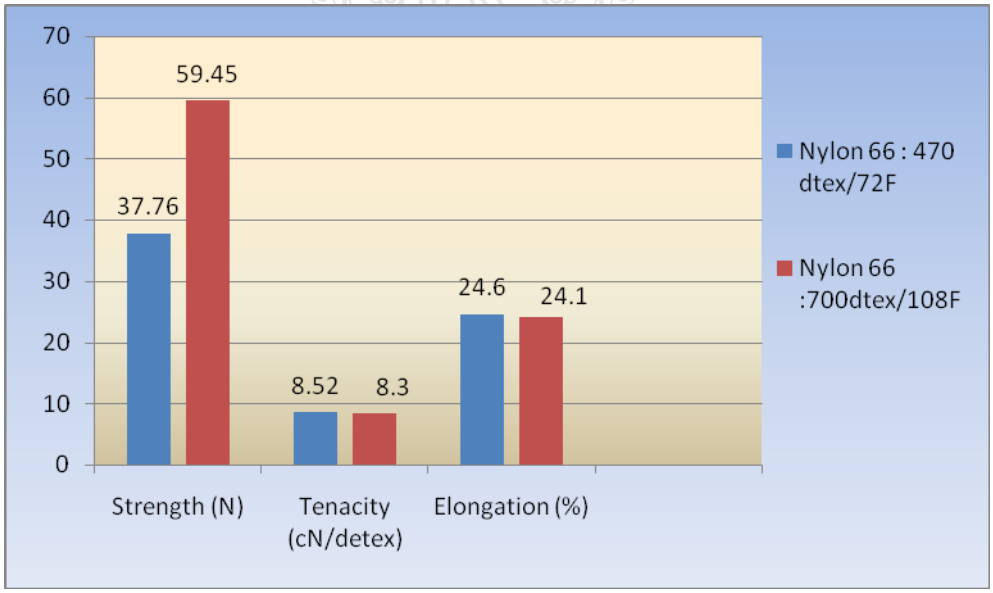
ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงและการยืดตัวก่อนขาด ของเส้นด้าย เบอร์ 700 เดซิเท็กซ์ 108 ฟิลาเม้นท์ ได้ค่าเฉลี่ยค่าความแข็งแรง (Tenacity) ได้ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8.30 เซ็นตินิวตัน/ดีเท็กซ์ และค่าความยืดตัวก่อนขาดของเส้นด้าย (Elongation) ได้ค่าเฉลี่ย 24.1 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้าย ไนลอน 66

Parameter	Strength (N)	Tenacity (cN/detex)	Elongation (%)
Nylon 66 470dtex/72F	37.76	8.52	24.6
Nylon 66 700 dtex/108F	59.45	8.30	24.10

จากตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบผลการทดสอบ เส้นด้ายเบอร์ 470 เดซิเท็กซ์ 72 ฟิลาเม้นท์ ค่าเฉลี่ยความแข็งแรง (Tenacity)ได้ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8.52 เซ็นตินิวตัน/ดีเท็กซ์ เปอร์เซ็นต์การยืดตัวก่อนขาด (Elongation)ได้ค่าเฉลี่ย 24.60 เปอร์เซ็นต์และผลการทดสอบเส้นด้าย เบอร์ 700 เดซิเท็กซ์ ค่าเฉลี่ยความแข็งแรง (Tenacity)ได้ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8.30 เซ็นตินิวตัน/ดีเท็กซ์ และค่าความยืดหยุ่นของเส้นด้าย (Elongation)ได้ค่าเฉลี่ย 24.10 เปอร์เซ็นต์

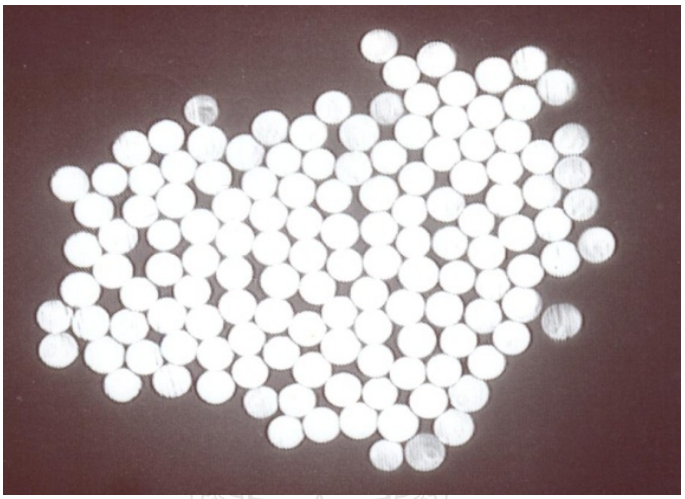
สรุปผลการทดสอบเส้นด้ายทั้งสองขนาด จากรูปที่ 4.1 เส้นด้ายมีความแข็งแรง (Tenacity) สูง และเปอร์เซ็นต์การยืดตัวก่อนขาด (Elongation) ที่ระดับใกล้เคียงกัน ส่วนการทนต่อแรงดึง (Strength) เส้นด้ายที่มีขนาดโตกว่าจะทนต่อแรงดึงสูงกว่าเส้นด้ายที่มีขนาดเล็กกว่าซึ่งจะส่งผลต่อความแข็งแรงของผืนผ้าด้วย



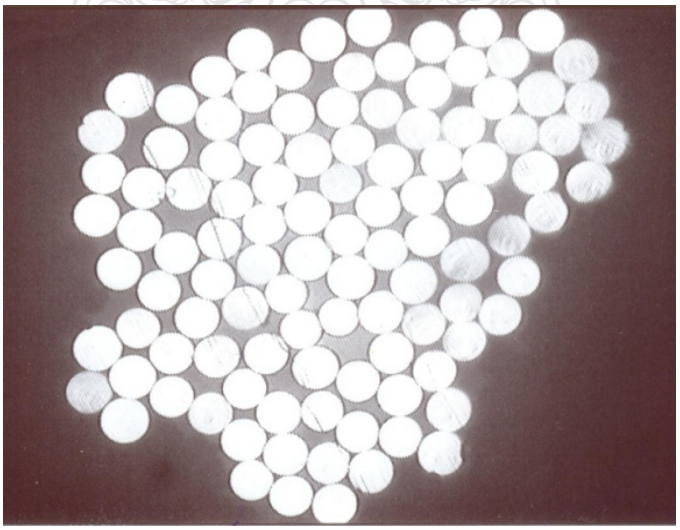
รูปที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบผลการทดสอบเส้นด้าย 2 ขนาดเบอร์ด้าย

4.1.2 ผลการวิเคราะห์เส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Microscope)

ก. ผลการทดสอบลักษณะภาพตัดตามขวางเส้นใย (Cross –section) จากเส้นด้าย Nylon 66 เบอร์ 470 เดซิเท็กซ์/72 ฟิลาเม้นท์ และเบอร์ 700 เดซิเท็กซ์108 ฟิลาเม้นท์ โดยดูจากภาพตัดตามขวางของเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 40 เท่า เส้นใยมีลักษณะทรงกลม ดังแสดงในรูปที่ 4.2 และ รูปที่ 4.3

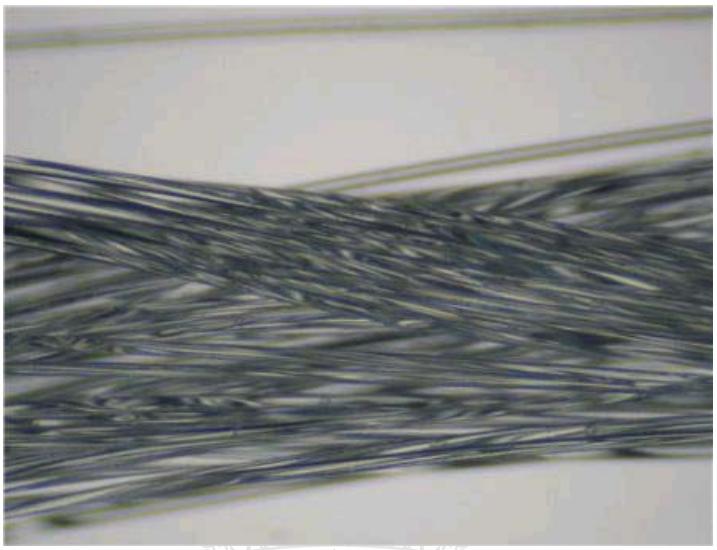


รูปที่ 4.2 ภาพตัดตามขวางเส้นใย Nylon 66: 470 dtex /72F

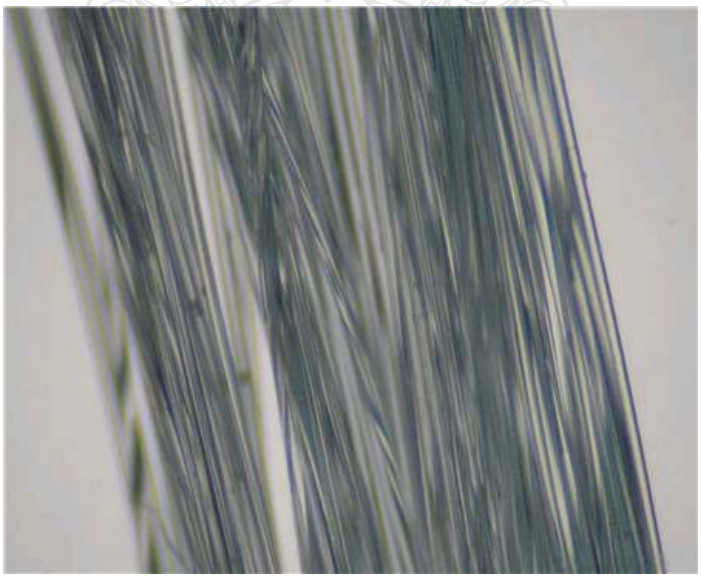


รูปที่ 4.3 ภาพตัดตามขวางเส้นใย Nylon 66: 700 dtex /108F

ข. ผลการทดสอบลักษณะภาพตามยาวเส้นใย (Long – section) จากเส้นด้าย Nylon 66 เบอร์ 470 เดซิเท็กซ์/72 ฟิลาเม้นท์ และเบอร์ 700 เดซิเท็กซ์108 ฟิลาเม้นท์ โดยดูจากภาพตามยาวของเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 40 เท่า เส้นใยมีลักษณะผิวเรียบ มันเงา ดังแสดงในรูปที่ 4.4 และ รูปที่ 4.5



รูปที่ 4.4 ภาพตามยาวเส้นใย Nylon 66: 470 dtex /72F



รูปที่ 4.5 ภาพตามยาวเส้นใย Nylon 66: 700dtex/108F

ค. ผลการทดสอบขนาดความโตเส้นใย จากเส้นด้าย Nylon66 เบอร์ 470 เดซิเท็กซ์/72 ฟิลาเม้นท์ เส้นใยมีขนาดความโต 0.109 มิลลิเมตร - 0.112 มิลลิเมตร (หรือมีขนาดความโต 109 ไมครอน –112ไมครอน) และเบอร์ 700 เดซิเท็กซ์108 ฟิลาเม้นท์ เส้นใยมีขนาดความโต 0.143 มิลลิเมตร - 0.165 มิลลิเมตร (หรือมีขนาดความโต 143 ไมครอน –165 ไมครอน)

4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของผ้าถัก

4.2.1 ผลการทดสอบความหนาของผืนผ้าถัก (Thickness of Fabric Test)

จากการทดสอบวัดค่าความหนาของผืนผ้าได้ผลการทดสอบดังนี้ผ้าที่ถักจากเส้นด้ายไนลอน 66 เบอร์ 470 เดซิเท็กซ์ 72 ฟิลาเม้นท์ มีความหนาเฉลี่ยอยู่ที่ 1.812 มิลลิเมตร และผ้าชิ้นที่ถักจากเส้นด้ายไนลอน 66 เบอร์ 700 เดซิเท็กซ์ 108 ฟิลาเม้นท์ มีความหนาผ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.08 มิลลิเมตร ดังแสดงไว้ใน ตารางที่ 4.4 ตารางที่ 4.5 และตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยความหนาผ้าผืนผ้า (มิลลิเมตร)

ผ้าสามมิติ	Nylon 66 470dtex/72F (mm)	Nylon 66 700dtex/108F (mm)
ความหนาผ้า (mm)	1.812	2.080

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบวัดค่าความหนาของผ้าถัก Nylon 66: เบอร์ 470 dtex/72F

Sample No.	Thickness (mm)
1	1.81
2	1.83
3	1.81
4	1.81
5	1.80
Mean	1.8120
S	0.0110
Variance	0.00012
Max	1.8300
Min	1.8000

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบวัดค่าความหนาของผ้าถัก Nylon 66: เบอร์ 700 dtex/108F

Sample No.	Thickness (mm)
1	2.10
2	2.05
3	2.15
4	2.10
5	2.00
Mean	2.08
S	0.0570
Variance	0.0033
Max	2.150
Min	2.000

ผ้าทั้งสองตัวอย่างมีความหนามากผ้าปกติทั่วไป อยู่ในระดับ Thick มีความหนามากกว่า 0.47 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับการกำหนดชนิดผ้าหนาบางจากตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 การกำหนดชนิดผ้าหนาบาง (Fabric Thicknesses) [7]

Type	Thickness (mm.)	Thickness (in)
Thin	< 0.20	<0.0080
Medium	0.23 -0.48	0.0090 – 0.0180
Thick	>0.47	> 0.019

การนำผลการทดสอบความหนาของผ้าไปใช้งาน ผ้าที่มีความหนามาก ให้ความอบอุ่น จะส่งผ่านความร้อนหรือความร้อนสามารถผ่านเข้าออกได้ช้ากว่าผ้าที่มีความหนาน้อยกว่า ผ้าที่มีความหนาจะมีการยืดหยุ่นตัวได้น้อยกว่าผ้าที่บางกว่า

4.2.2 ผลการทดสอบหาน้ำหนักผ้า (Fabric Weight)

จากการทดสอบหาน้ำหนักผ้าต่อตารางเมตร พบว่าผ้าชิ้นถักจากเส้นด้ายไนลอน 66 เบอร์ 470 เดซิเท็กซ์72 ฟิลาเม้นท์ มีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 1022.80 กรัมต่อตารางเมตร และผ้าที่ถักจากเส้นด้ายไนลอน 66 เบอร์ 700 เดซิเท็กซ์108 ฟิลาเม้นท์ มีน้ำหนักผ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 1413.70 กรัมต่อตารางเมตร ดังแสดงในตารางที่ 4.8 ตารางที่ 4.9 และตารางที่ 4.10 ผ้าทั้งสองตัวอย่างมีความน้ำหนักมากอยู่ในระดับ very heavy weight (> 475 กรัมต่อตารางเมตร) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักผ้าผืนผ้า (กรัมต่อตารางเมตร)

ผ้าสามมิติ	Nylon 66: 470 dtex / 72F (g/m ²)	Nylon 66 :700dtex/108F (g/m ²)
น้ำหนักผ้า (g/m ²)	1022.80	1413.70

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบน้ำหนักผ้า Nylon 66: เบอร์ 470dtex / 72 F

Sample No.	Weight (g/100cm ²)	Weight (g/m ²)
1	10.2770	1027.70
2	10.2371	1023.71
3	10.2152	1021.52
4	10.1908	1019.08
5	10.2178	1021.78
Mean	10.228	1022.8
S	0.032	3.20
Variance	0.001	10.30
Max	10.277	10277.70
Min	10.191	1019.10

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบน้ำหนักผ้าถัก Nylon 66 เบอร์700 dtex/108T

No	Weight (g/100cm ²)	Weight (g/m ²)
1	14.1080	1410.80
2	14.0695	1406.95
3	14.1787	1417.87
4	14.1080	1410.80
5	14.2188	1421.88
Mean	14.070	1413.70
S	0.061	6.10
Variance	0.004	36.70
Max	14.219	1421.90
Min	14.070	1407.00

ตารางที่ 4.11 การกำหนดชนิดผ้าตามน้ำหนัก (Fabric Weigh) [7]

Type	Weight (g/m²)	Weight (oz/yd²)
Very light weight	< 35	<1.0
Light weight[a]	70 - 100	2.0 - 3.0
Medium weight	170 - 240	5.0 - 7.5
Heavy weight	300 - 375	9.5 - 12.0
Very heavy weight	>475	>15.0

4.2.3 ผลการทดสอบความยาวห่วงผ้าถักสามมิติ

จากการทดสอบความยาวห่วงในผ้าถักสามมิติ ที่ถักจากเส้นด้ายไนลอน 66 เบอร์ 470 เดซิเท็กซ์72 ฟิลาเม้นท์ และผ้าที่ถักจากเส้นด้ายไนลอน 66 เบอร์ 700 เดซิเท็กซ์108 ฟิลาเม้นท์ โดยใช้เครื่องทดสอบความยาวห่วงได้ผลการทดสอบดังนี้ดังแสดงในตารางที่ 4.12 ตารางที่ 4.13 และตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.12 ผลการวัดค่าความยาวห่วง ต่อ 100 แถวของห่วง Nylon 66: 470 dtex /72F

จำนวน	ความยาวห่วง ด้านหน้า (เซนติเมตร/100แถว)	ความยาวห่วง ตัวเชื่อมกลาง (เซนติเมตร/100แถว)	ความยาวห่วง ด้านหลัง (เซนติเมตร/100แถว)
1	26.80	28.25	26.90
2	27.00	28.25	27.00
3	26.80	28.3	26.90
4	27.00	28.35	27.00
5	27.00	28.35	26.90
6	26.95	28.35	27.00
7	26.90	28.30	27.00
8	26.90	28.35	26.95
9	26.95	28.30	27.00
10	27.00	28.30	27.00
Mean	26.930	28.310	26.965
S	0.0789	0.0394	0.0474
Variance	0.0062	0.0016	0.0023

ตารางที่ 4.12 ผลการวัดค่าความยาวห่วง ต่อ 100 แถวของห่วง Nylon 66: 470 dtex /72F (ต่อ)

จำนวน	ความยาวห่วง ด้านหน้า (เซนติเมตร/100แถว)	ความยาวห่วง ตัวเชื่อมกลาง (เซนติเมตร/100แถว)	ความยาวห่วง ด้านหลัง (เซนติเมตร/100แถว)
Max	27.00	28.350	27.00
Min	26.80	28.250	26.900

ตารางที่ 4.13 ผลการวัดค่าความยาวห่วงต่อ 100 แถวของห่วงNylon 66:700dtex /108F

จำนวน	ความยาวห่วง ด้านหน้า (เซนติเมตร/100แถว)	ความยาวห่วง ตัวเชื่อมกลาง (เซนติเมตร/100แถว)	ความยาวห่วง ด้านหลัง (เซนติเมตร/100แถว)
1	31.3	40	31.3
2	31.2	40	31.25
3	31.2	39.9	31.25
4	31.2	39.9	31.25
5	31.3	39.9	31.2
6	31.2	39.9	31.25
7	31.2	39.9	31.2
8	31.2	39.9	31.25
9	31.2	40	31.2
10	31.2	39.9	31.25
Mean	31.220	39.930	31.240
S	0.0422	0.0483	0.0316
Variance	0.0018	0.0023	0.0013
Max	31.300	40.000	31.3000
Min	31.200	39.900	31.200

ตารางที่ 4.14 สรุปผลการวัดค่าความยาวห่วงต่อ 100 แถวของห่วง (cm./100 div.)

Spacer Fabrics Loop length	Face loop (cm./100 div.)	Connecting Loop (cm./100 div.)	Back Loop (cm./100 div.)
Nylon 66 470 dtex/72F	26.930	28.310	26.965
Nylon 66 700dtex/108F	31.220	39.930	31.240

4.2.4 ผลการทดสอบจำนวนแถวของห่วงถักต่อหน่วยความยาว (CPI, WPI.)

จากผลการทดสอบการนับจำนวนแถวของห่วงต่อความยาวของผ้าถักสามมิติในแนว Course และ Wale บนผ้าถักสามมิติทั้งสองตัวอย่าง ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.15 ตารางที่ 4.16 และตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.15 ผลการวัดค่าจำนวนแถวของห่วง CPI. และ WPI. Nylon 66: 470 dtex /72F

จำนวน	Course (Cpi.) Face	Wale (Wpi) Face	Course (Cpi.) Back	Wale (Wpi) Back
1	38	23	38	23
2	38	23	38	23
3	38	23	38	23
4	38	23	38	23
5	38	23	38	23
Mean	38	23	38	23
S	38	23	38	23
Variance	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Max	38	23	38	23
Min	38	23	38	23

ตารางที่ 4.16 ผลการวัดค่าจำนวนแถวของห่วง CPI. และ WPI. Nylon 66: 700 dtex /108F

จำนวน	Course (Cpi.) Face Loop	Wale (Wpi) Face Loop	Course (Cpi.) Back Loop	Wale (Wpi) Back Loop
1	32	20	32	20
2	32	20	32	20
3	32	20	32	20
4	32	20	32	20
5	32	20	32	20
Mean	32	20	32	20
S	0.000	0.000	0.000	0.000
Variance	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Max	32	20	32	20
Min	32	20	32	20

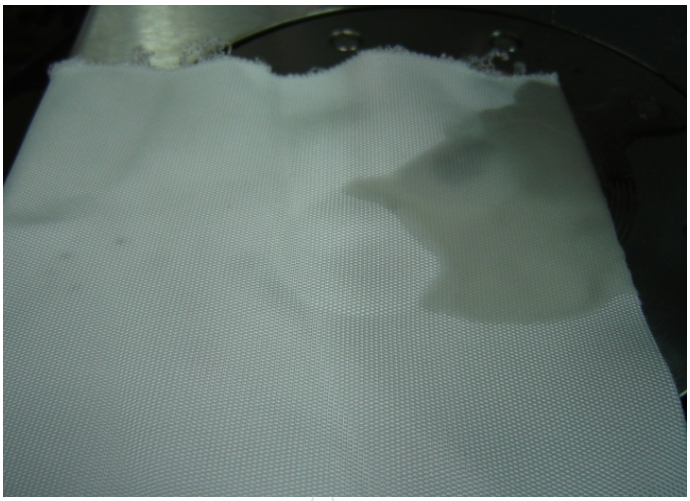
ตารางที่ 4.17 ผลการวัดค่าจำนวนแถวของห่วง CPI. และ WPI. ผ้าถักสามมิติ

Spacer Fabrics Course &Wale	Course (Cpi.) Face Loop	Wale (Wpi) Face Loop	Course (Cpi.) Back Loop	Wale (Wpi) Back Loop
Nylon 66 470 dtex/72F	38	23	38	23
Nylon 66 700dtex/108F	32	20	32	20

4.2.5 ผลการทดสอบความแข็งแรงของผืนผ้าต่อแรงดันทะลุ (Bursting Strength Tester)

จากการทดสอบ ใน ขณะทำการทดลองแผ่นยางไดอะแฟรมเครื่องทดสอบแตกก่อนที่ผ้าจะแตก ที่เวลา 8.242 วินาที ระยะที่ผ้ายืดออก 15.905 มิลลิเมตร ที่แรงดัน 1454.326 กิโลปาสคา (KPA) จากรูปที่ 4.6 ผ้าชิ้นตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบจำนวน1ชิ้น

สรุปผลการทดลองผ้าที่ถักจากเส้นด้ายทั้งสองขนาดเบอร์ด้ายมีความหนาและแข็งแรงมากกว่าผ้าปกติทั่วๆ ไป ไม่สามารถทำการทดสอบได้ด้วยการทดสอบแบบ Bursting Strength



รูปที่ 4.6 ชิ้นผ้าที่ผ่านการทดสอบ Bursting Strength

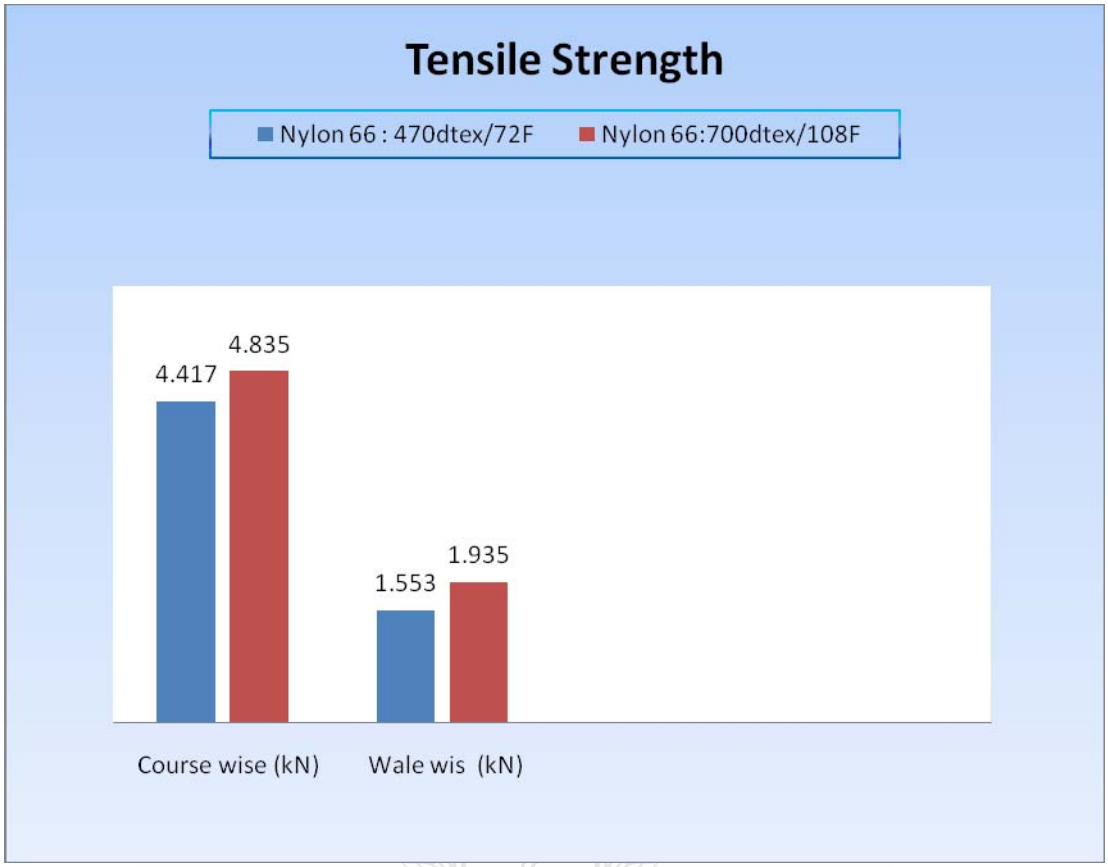
4.2.6 ผลการทดสอบความแข็งแรงผืนผ้าต่อแรงดึง (Tensile Strength)

ผลการทดสอบ Tensile Strength ทางด้านแนวนอน (Course wise) ของผืนผ้า ได้ผลการทดสอบดังแสดงใน ตารางที่ 4.18 ตารางที่ 4.19 ตารางที่ 4.20 ตารางที่ 4.21 และตารางที่ 4.22 ผ้าที่ถักจากเส้นด้ายเบอร์ 470 เดซิเท็กซ์ ทนแรงดึงได้ที่ 4.42 กิโลนิวตัน ผ้าที่ถักจากเส้นด้ายเบอร์ 700 เดซิเท็กซ์ ทนแรงดึงได้ที่ 4.83 กิโลนิวตัน ทางด้านแนวยืน (Wale wise) ของผืนผ้า ผ้าที่ถักจากเส้นด้ายเบอร์ 470 เดซิเท็กซ์ ทนแรงดึงได้ที่ 1.55 กิโลนิวตัน ผ้าที่ถักจากเส้นด้ายเบอร์700 เดซิเท็กซ์ ทนแรงดึงได้ที่1.93 กิโลนิวตัน

ผ้าที่ถักด้วยเส้นด้ายที่มีขนาดโตกว่าจะทนต่อแรงดึงได้สูงกว่าผ้าที่ถักด้วยเส้นด้ายที่มีขนาดเล็กกว่าและทางด้านแนวนอนทนแรงดึงได้ดีกว่าทางด้านแนวยืนของผืนผ้าโครงสร้างเดียวกัน ผ้าถักจะยืดตัวออกทางด้านแนวยืนในขณะถูกดึงยืดได้ดีกว่าแนวนอนทำให้แรงต้านการดึงน้อยกว่าดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.7 และภาคผนวก ก การทดสอบ Tensile

ตารางที่ 4.18 เปรียบเทียบผลการทดสอบ ค่าเฉลี่ย Tensile Strength ด้าน course และWale

Spacer Fabric	Nylon 66 470T-72F (kN)	Nylon 66 700T-108F (kN)
Tensile Strength (course wise)	4.417	4.835
Tensile Strength (Wale wise)	1.553	1.935



รูปที่ 4.7 กราฟผลการทดสอบผ้าที่ถักจากเส้นด้าย 2 ขนาดเบอร์ด้าย

ตารางที่ 4.19 ผลการทดสอบทางแนวนอนของผืนผ้า (Course wise) Nylon 66: 470T – 72F

ชิ้นทดสอบ	Fm (kN)	Rm (N/ mm²)	ReH (N/mm²)
1	4.78	56	56
2	4.273	50	50
3	4.601	54	54
4	3.531	41	39
5	4.593	54	54
6	3.975	47	46
7	4.33	51	50
8	4.49	53	53
9	4.444	52	52
10	5.154	61	60

ตารางที่ 4.19 ผลการทดสอบทางแนวนอนของผืนผ้า (Course wise) Nylon 66: 470T – 72F (ต่อ)

ชิ้นทดสอบ	Fm (kN)	Rm (N/ mm²)	ReH (N/mm²)
Mean	4.4171	51.90	51.40
S	0.4415	5.343	5.758
Variance	0.1949	28.544	33.156
Max	5.1540	61.00	60.00
Min	3.5310	41.00	39.00

ตารางที่ 4.20 ผลการทดสอบทางแนวยืนของผืนผ้า (Wale wise) Nylon 66: 470 dtex/72F

ชิ้นทดสอบ	Fm (kN)	Rm (N/ mm²)	ReH (N/mm²)
1	1.461	17	17
2	1.827	21	21
3	2.022	24	23
4	1.503	18	17
5	1.503	18	17
6	1.537	18	18
7	1.343	16	15
8	1.431	17	16
9	1.358	16	16
10	1.553	18	18
Mean	1.5538	18.30	17.80
S	0.2123	2.452	2.440
Variance	0.0451	6.011	5.956
Max	2.0220	24.00	23.00
Min	1.3430	16.00	15.00

ตารางที่ 4.21 ผลการทดสอบทางแนวนอนของผืนผ้า (Course wise) Nylon66: 700 dtex/ 108F

ชิ้นทดสอบ	Fm (kN)	Rm (N/ mm²)	ReH (N/mm²)
1	6.024	60	60
2	4.946	49	43
3	4.608	46	46
4	4.475	45	44
5	4.433	44	44
6	3.937	39	39
7	5.169	52	51
8	5.497	55	54
9	4.788	48	47
10	4.48	43	43
Mean	4.8357	48.10	47.100
StDev.	0.6012	6.190	6.226
Variance	0.3615	38.322	38.767
Max	6.0240	60.000	60.000
Min	3.9370	39.000	39.000

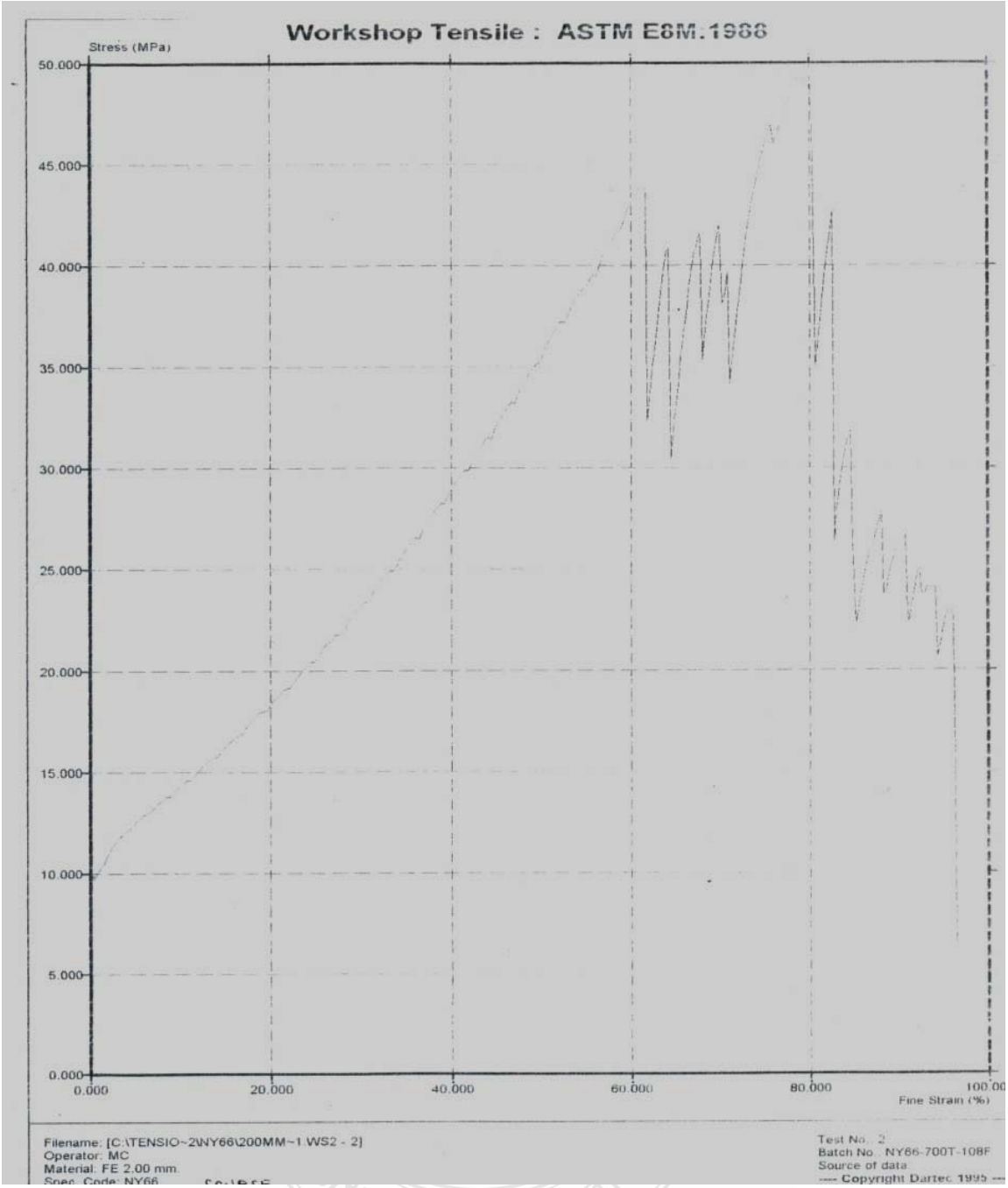
ตารางที่ 4.22 ผลการทดสอบทางแนวยืนของผืนผ้า (Wale wise) Nylon66: 700 dtex /108F

ชิ้นทดสอบ	Fm (kN)	Rm (N/ mm²)	ReH (N/mm²)
1	2.102	21	21
2	2.136	21	21
3	1.915	19	19
4	2.327	23	23
5	1.831	18	18
6	1.755	18	17
7	1.877	19	18

ตารางที่ 4.22 ผลการทดสอบทางแนวยืนของผืนผ้า (Wale wise) Nylon66: 700 dtex /108F (ต่อ)

ชิ้นทดสอบ	Fm (kN)	Rm (N/ mm²)	ReH (N/mm²)
8	1.953	20	19
9	1.751	18	17
10	1.705	17	16
Mean	1.9352	19.400	18.900
S	0.1989	1.838	2.183
Variance	0.0396	3.378	4.767
Max	2.3270	23.000	23.000
Min	1.7050	17.000	16.000

การวิเคราะห์กราฟการทดสอบ Tensile Strength ทางด้าน Courses wise รูปที่ 4.8 จากกราฟแสดงให้เห็นว่า เมื่อชิ้นทดสอบถูกแรงดึงผ้าจะยืดตัวออกอย่างช้าๆ และความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดจะเป็นสัดส่วนที่ไม่คงที่เส้นกราฟจะเป็นเส้นโค้งออก และเมื่อถึงจุดสูงสุดที่ผ้าก่อนขาดเป็นจุดค่าความเค้นสูงสุดที่วัสดุชิ้นทดสอบจะทนได้ก่อนที่จะขาดหรือแยกออกจากกัน



รูปที่ 4.8 กราฟการทดสอบ Tensile Strength

4.2.7 ผลการทดสอบสมบัติทางกายเชิงกล ตามมาตรฐาน EN 388:2004

จากผลการทดสอบผ้าถักสามมิติทั้งสองตัวอย่างตามมาตรฐาน EN 388:2004 ได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4.23 ตารางที่ 4.24 และตารางที่ 4.25 เป็นตารางค่ามาตรฐานการทดสอบนี้

ตารางที่ 4.23 ผลการทดสอบ ผ้าสามมิติ Nylon 66: 470 dtex/72F

Testing	Result	Combine/Separate Test Item (s)	Failed Test Item(s)
Abrasion resistance of Raw Material	Level 4	(SO1)	-
Blade cut resistance of Raw Material	Level 3	(SO1)	-
Tear resistance of Raw Material	Level 4	(SO1)	-
Puncture resistance of Raw Material	Level 4	(SO1)	-

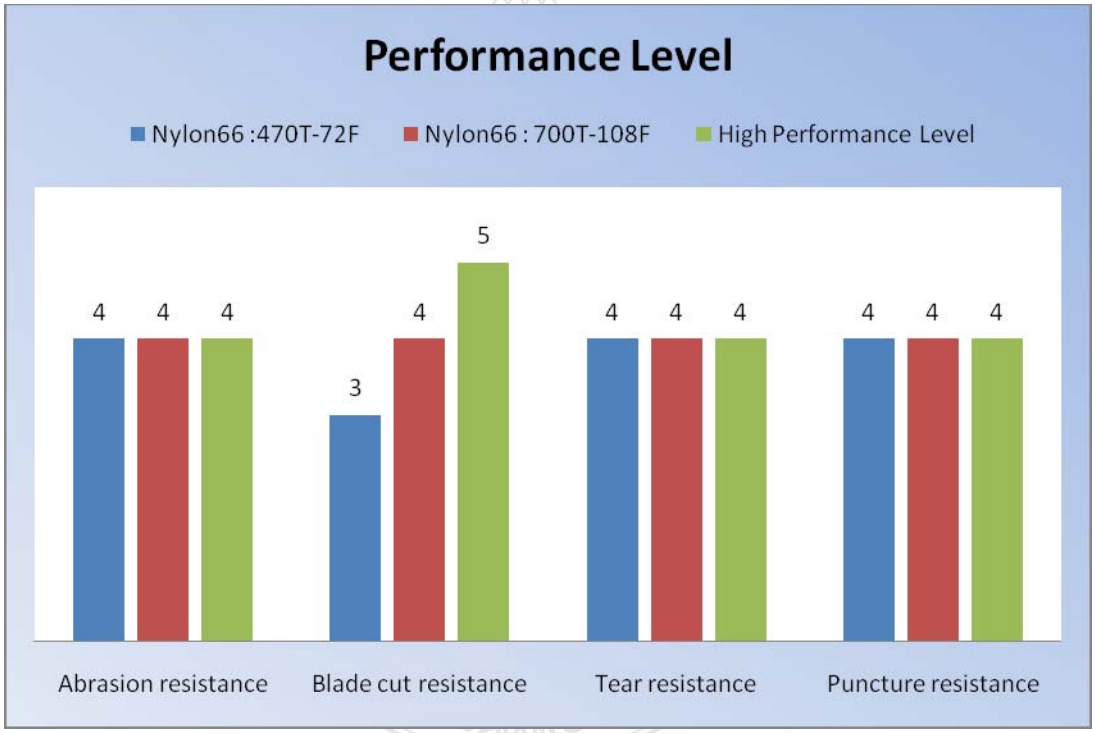
ตารางที่ 4.24 ผลการทดสอบผ้าสามมิติ Nylon 66: 700 dtex / 108F

Testing	Result	Combine/Separate Test Item (s)	Failed Test Item(s)
Abrasion resistance of Raw Material	Level 4	(SO1)	-
Blade cut resistance of Raw Material	Level 4	(SO1)	-
Tear resistance of Raw Material	Level 4	(SO1)	-
Puncture resistance of Raw Material	Level 4	(SO1)	-

ตารางที่ 4.25 ระดับค่ามาตรฐานการทดสอบ

Test Item	Performance Level					
	0	1	2	3	4	5
Abrasion Resistance (NF EN 388:2004 §6.1) Number of cycles (minimum)	<100	100	500	2000	8000	---
Blade Cut Resistance (NF EN 388:2004 §6.2 Index (I) (minimum)	<1.2	1.2	2.5	5.0	10.0	20.0
Tear Resistance (NF EN 388:2004 §6.3 Force (N) (minimum)	<10	10	25	50	75	---
Puncture Resistance (NF EN388:2004 §6.4 Force (N) (minimum)	<20	20	60	100	150	---

ผลการทดสอบผ้าถักสามมิติทั้งสองตัวอย่างตามมาตรฐาน EN 388:2004 ได้ผลการทดสอบดังนี้ความคงทนต่อการขัดถู (Abrasion Resistance) สูงมากกว่า 8000 รอบ ค่าความคงทนอยู่ในระดับ 4 ระดับสูงสุด ความคงทนต่อการบาด (Blade Cut Resistance) ผ้าที่ถักด้วยเส้นด้ายไนลอน 66: เบอร์470 dtex/72F ได้ค่าเฉลี่ยที่ 6.5ค่าความคงทนต่อการบาดอยู่ที่ระดับ 3 ผ้าที่ถักด้วยเส้นด้ายไนลอน 66: เบอร์ 700dtex/108F ได้ค่าเฉลี่ยที่ 10.2 ค่าความคงทนต่อการบาดอยู่ที่ระดับ 4 ความคงทนต่อแรงเฉือน (Tear Resistance) ทนต่อแรงเฉือนที่กระทำได้มากกว่า 200 นิวตัน ผ้าทั้งสองตัวอย่าง ค่าความคงทนอยู่ในระดับ 4 ระดับสูงสุด ความคงทนต่อการเจาะทะลุ (Puncture Resistance) ขึ้นกับแรงเจาะในลักษณะแบบเป็นจุดเดียวที่กระทำต่อตัวอย่าง ทนต่อการเจาะทะลุที่กระทำได้มากกว่า 250 นิวตันผ้าทั้งสองตัวอย่าง ค่าความคงทนอยู่ในระดับ 4 ระดับสูงสุด จากผลการทดสอบพบว่าผ้าทั้งสองตัวอย่างมีความแตกต่างในด้านความคงทนต่อการบาด ผ้าที่มีความหนามากกว่าทนต่อการบาดได้สูงกว่า แต่ไม่ถึงระดับที่สูงสุด (ระดับ 5) ดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.9 กราฟผลการทดสอบ มาตรฐานEN 388

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าผ้าที่ถักด้วยโครงสร้างผ้าสามมิติที่จากเส้นไนลอน66 ที่มีค่าความแข็งแรง สูงและมีขนาดโตมีผลต่อความแข็งแรงของผืนผ้าด้วย ลักษณะของผืนผ้าคล้ายกับผ้าสองชิ้นวางประกบด้วยกันโดยมีเส้นด้ายเชื่อมต่อระหว่างกลางด้วยเส้นด้าย(Multi Filament Yarns) การทดสอบทางกายภาพผ้าถักมีความคงทนต่อการขัดถูและความคงทนต่อแรงฉีกขาด เหมาะที่จะนำไปใช้งานป้องกันในลักษณะงานที่มีการเสียดสีกันได้ดีเช่นผ้าหุ้มเบาะรถยนต์ เฟอร์นิเจอร์ ส่วนความคงทนต่อการบาดทนได้ในระดับ 3 และระดับ 4 เท่านั้นสามารถนำไปทำผลิตภัณฑ์ป้องกันของมีคมบาดได้ (ระดับที่ดีที่สุด ระดับ 5) และจากการทดสอบพบว่าผ้าที่ถักจากเส้นด้ายทั้งสองขนาดความคงทนต่อการทะลุได้ในระดับ 4 ระดับที่สูงสุด จากคุณสมบัติดังกล่าวนี้ สามารถนำผืนผ้าไปใช้ประโยชน์ ด้านการป้องกันของมีคมหรือของแหลมได้ ส่วนความคงทนต่อการบาดที่ระดับ3 และระดับ 4 สามารถพัฒนาต่อไปได้ให้ถึงระดับสูงสุดโดยการ ใช้โครงสร้างผ้าสามมิติและเลือกใช้วัตถุดิบจากเส้นใยที่มีคุณสมบัติที่ดีกว่าวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

เส้นด้าย	Nylon66:470T – 72F	Nylon66:700T-108F
ความแข็งแรงเส้นด้าย		
Strength (N)	39.76	59.45
Tenacity (cN/dtex)	8.52	8.30
Elongation (%)	24.60	24.10
การวิเคราะห์เส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์		
ภาพตัดตามขวางเส้นใย	ทรงกลม	ทรงกลม
ภาพตามยาวเส้นใย	ผิวเรียบ มันเงา	ผิวเรียบ มันเงา
ความโตเส้นใย (ไมครอน)	109 - 112	143 – 165
ผ้าถัก	Nylon66:470T – 72F	Nylon66:700T-108F
ความหนา (Thickness) (mm.)	1.812	2.080
น้ำหนัก (Weight)(g/m^2)	1022.80	1413.70

ความแข็งแรงดึง(Tensile strength)		
Course wise (kN)	4.417	4.835
Wale wise (kN)	1.553	1.935
ผ้าถัก	Nylon66:470T – 72F	Nylon66:700T-108F
การทดสอบมาตรฐาน EN 388:2004		
ความคงทนต่อการขัดถู (รอบ) (Abrasion Resistance)	>8000 Cycles (4)	>8000 Cycles (4)
ความคงทนต่อการบาด (ดัชนี) (Blade cut resistance)	6.5 (3)	10.2 (4)
ความคงทนต่อแรงฉีกขาด (นิวตัน) (Tear resistance)	>200 N (4)	>200 N (4)
ความคงทนต่อการเจาะทะลุ (นิวตัน) (Puncture resistance)	>250 N (4)	>250 N (4)

5.2 ข้ออภิปรายผล

จากสมมติฐานการวิจัยที่ว่า การนำเส้นด้ายไนลอน 66 ที่มีคุณสมบัติที่ดี ในเรื่องความแข็งแรง ความเหนียวและความยืดหยุ่นของเส้นด้าย เส้นด้ายที่มีขนาดโตเมื่อนำไปผลิตเป็นผืนผ้าถักด้วยเครื่องถักผ้าวงกลม และนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพจะได้คุณสมบัติทางกายภาพเชิงกลที่ดีในด้านความแข็งแรง ความคงทน

ผลการวิจัยพบว่าผ้าที่ถักด้วยโครงสร้างผ้าสามมิติที่มีลักษณะของผ้าที่ประกอบด้วยพื้นผิวด้านนอกสองด้านของผ้าร่วมกันและเชื่อมต่อกันด้วยเส้นด้าย Spacer Yarns ประเภท Multi Filament Yarn เมื่อนำไปทดสอบทางกายภาพ ได้คุณสมบัติทางกายภาพทีดี ในเรื่องความแข็งแรง (Tensile strength)และความคงทนการขัดถู (Abrasion Resistance) ความคงทนการบาด (Blade Cut Resistance) การคงทนการฉีกขาด (Tear Resistance) การคงทนการเจาะทะลุ (Puncture Resistance) ได้ดี

ทั้งนี้เนื่องจากการใช้เส้นด้ายไนลอน66 มีขนาดโตและมีความเหนียวสูงและการยืดตัวของเส้นด้ายมีเปอร์เซ็นต์สูงเมื่อนำมาถักผ้าด้วยโครงสร้างผ้าที่เหมาะสมจะส่งผลต่อความแข็งแรงของผืนผ้าด้วย ผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับผลที่ได้จากการทดสอบในห้องทดสอบ

5.3 ข้อเสนอแนะ

ผ้าสามมิติหรือผ้าถัก Spacer โครงสร้างของผ้าและลักษณะของผืนผ้าในการถักผ้าเส้นด้ายที่ใช้เชื่อมต่อกันระหว่างพื้นผิวของผ้าทั้งสองด้านสามารถใช้เส้นด้าย Monofilament หรือเส้นด้าย Multi Filament ขึ้นอยู่กับการนำนำไปใช้งาน เช่นผลิตเป็นแผ่นรองเต้าชุดชั้นในสตรี การขนส่งสินค้าเป็นส่วนที่ห่อหุ้มตัวสินค้า ทางด้านการแพทย์ ใช้สำหรับรองรับแผลกดทับสำหรับผู้ป่วย แผ่นดูดซับ การกีฬาชุดนักกีฬา ผ้าหุ้มรองเบาะรถยนต์

ในส่วนที่เป็นเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่มสามารถใช้โครงสร้างผ้าสามมิติได้โดยเลือกใช้เส้นด้ายที่มีขนาดที่เหมาะสม การใช้งานในแต่ละประเภทนั้นขึ้นอยู่กับการเลือกใช้วัตถุดิบเส้นใยที่มีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป

การวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นในการผลิตผ้าเพื่อประโยชน์ในการนำไปใช้สำหรับการป้องกัน การเลือกใช้เส้นใยที่มีความแข็งแรงสูงจะต้องมีค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวของเส้นด้ายสูงด้วย จึงสามารถถักออกมาเป็นผืนผ้าด้วยวิธีการถักได้

เอกสารอ้างอิง

[1] http://www.thaigoodview.com/library/contest2551/science03/07/properties01.html

[2] สมนึก สังข์หนู, **โครงสร้างผ้าและสมบัติผ้า,** ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

[3] ศาสตราจารย์ (พิเศษ) อัจฉราพร ไศละสูต, **ความรู้เรื่องผ้า,** พิมพ์ครั้งที่ 10, กรุงเทพฯ สำนักพิมพ์สร้างสรรค์วิชาการ, 2539.

[4] สมภพ นราภิรมย์อนันต์, **การถักผ้า (Knitting)**, ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

[5] Bruer, S.m., Powell,N.Smith,G, **Three-Dimensionally Knit Spacer Faber A Review of Production Techniques and Application.** JTATM, 4(2005) Issue 4

[6] STEVEN GOLDBERG : **Knitted Fabric Technology section II Guidelines For Knitter Mechanics On Circular Yardgoods Machines**, National Knitted Outerwear Association New York , N.Y. 10010

[7] พรรณราย ปราโมทย์ **, การทดสอบสิ่งทอและการวิเคราะหผล,** ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

[8] David j.Spancer **"Knitting Technology"** Knosssington Leicestershire, July, 1982

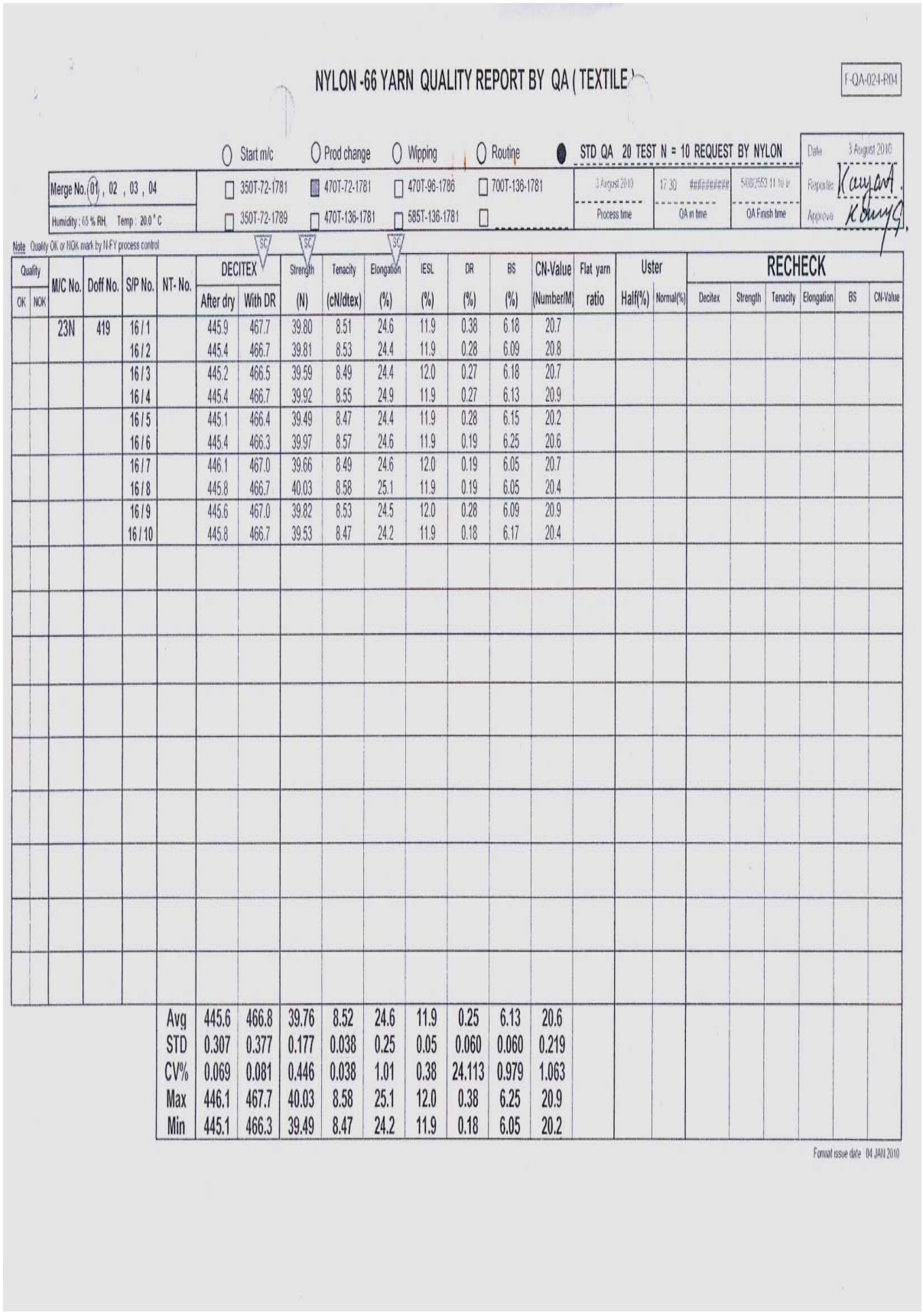
[9] **A R Horrocks and S C Anand** : Handbook of technical textiles Knitted fabric P. 95-129

[10] IYER, MAMMEL,SCHACH : CIRCULAR KNITTING Technology Process Structures Yarn Quality 2 rev. and extended ed. by Meisenbach Bamberg. 1995

ภาคผนวก ก

ใบรายงานผลการทดสอบ

ใบรายงานผลการทดสอบความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของเส้นด้าย



NYLON-66 YARN QUALITY REPORT BY QA (TEXTILE)

F-QA-024-R04

○ Start m/c ○ Prod change ○ Wipping ○ Routine ● STD QA 20 TEST N = 10 REQUEST BY NYLON

Date 3 August 2010

Merge No. (01) , 02 , 03 , 04 ☐ 350T-72-1781 ■ 470T-72-1781 ☐ 470T-96-1786 ☐ 700T-136-1781

Humidity : 65 % RH Temp : 20.0 ° C ☐ 350T-72-1789 ☐ 470T-136-1781 ☐ 585T-136-1781 ☐

3 August 2010	17.30	5480553 11 10 P
Process time	QA in time	QA Finish time

Reporter Approve

Note Quality OK or NOK mark by N-FY process control

Quality		M/C No.	Doff No.	S/P No.	NT-No.	DECITEX		Strength	Tenacity	Elongation	IESL	DR	BS	CN-Value	Flat yarn	Uster		RECHECK					
OK	NOK					After dry	With DR	(N)	(cN/dtex)	(%)	(%)	(%)	(%)	(Number/M)	ratio	Half(%)	Normal(%)	Decitex	Strength	Tenacity	Elongation	BS	CN-Value
		23N	419	16/1		445.9	467.7	39.80	8.51	24.6	11.9	0.38	6.18	20.7									
				16/2		445.4	466.7	39.81	8.53	24.4	11.9	0.28	6.09	20.8									
				16/3		445.2	466.5	39.59	8.49	24.4	12.0	0.27	6.18	20.7									
				16/4		445.4	466.7	39.92	8.55	24.9	11.9	0.27	6.13	20.9									
				16/5		445.1	466.4	39.49	8.47	24.4	11.9	0.28	6.15	20.2									
				16/6		445.4	466.3	39.97	8.57	24.6	11.9	0.19	6.25	20.6									
				16/7		446.1	467.0	39.66	8.49	24.6	12.0	0.19	6.05	20.7									
				16/8		445.8	466.7	40.03	8.58	25.1	11.9	0.19	6.05	20.4									
				16/9		445.6	467.0	39.82	8.53	24.5	12.0	0.28	6.09	20.9									
				16/10		445.8	466.7	39.53	8.47	24.2	11.9	0.18	6.17	20.4									
					Avg	445.6	466.8	39.76	8.52	24.6	11.9	0.25	6.13	20.6									
					STD	0.307	0.377	0.177	0.038	0.25	0.05	0.060	0.060	0.219									
					CV%	0.069	0.081	0.446	0.038	1.01	0.38	24.113	0.979	1.063									
					Max	446.1	467.7	40.03	8.58	25.1	12.0	0.38	6.25	20.9									
					Min	445.1	466.3	39.49	8.47	24.2	11.9	0.18	6.05	20.2									

Format issue date 04 JAN 2010

NYLON -66 YARN QUALITY REPORT BY QA (TEXTILE)

F-QA-024-R04

○ Start m/c ○ Prod change ○ Wipping ○ Routine ● STD QA TEST N = 10 REQUEST BY NYLON

Date 3 August 2010

Reporter Kanjana

Approve Kanjana

Merge No. 01 , 02 , 03 , 04

☐ 350T-72-1781 ☐ 470T-72-1781 ☐ 470T-96-1786 ☐ 700T-136-1781

Humidity : 65.0 % RH, Temp : 20 °C

☐ 350T-72-1789 ☐ 470T-136-1781 ☐ 585T-136-1781 ☒ 700T-108-178E

3-Aug-10	17.30 3 August 2010	508/2553 11.20 น.
Process time	QA in time	QA Finish time

Note Quality OK or NOK mark by N-FY process control

Quality		M/C No.	Doff No.	S/P No.	NT- No.	DECITEX		Strength	Tenacity	Elongation	IESL	DR	BS	CN-Value	CF-Value	Dry Shrink	Uster		RECHECK					
OK	NOK					After dry	With DR	(N)	(cN/dtex)	(%)	(%)	(%)	(%)	(Pcs/M)	(P/m)	(%)	Half(%)	Normal(%)	Decitex	Strength	Tenacity	Elongation	BS	CN-Value
		41N	523	15 / 1		682.7	714.1	60.47	8.47	25.2	11.8	0.09	6.80	24.7	21.28	5.91								
				15 / 2		686.4	718.6	59.49	8.28	24.3	11.9	0.18	6.82	24.7	20.93	5.74								
				15 / 3		685.0	717.1	59.84	8.34	24.0	11.9	0.18	6.85	24.4	18.92	5.93								
				15 / 4		681.9	712.6	59.75	8.38	24.1	11.7	0.00	6.81	24.7	20.29	5.82								
				15 / 5		687.9	718.9	59.20	8.24	24.1	11.9	0.00	7.06	24.4	20.79	5.96								
				15 / 6		686.5	718.1	58.88	8.20	23.6	12.0	0.10	6.95	24.7	18.06	5.68								
				15 / 7		684.1	714.9	59.13	8.27	23.9	11.8	0.00	6.92	24.3	19.77	5.94								
				15 / 8		685.0	716.5	59.66	8.33	23.8	12.0	0.09	6.76	24.7	21.33	5.74								
				15 / 9		686.2	717.1	58.71	8.19	23.5	11.8	0.00	6.66	24.5	17.44	6.05								
				15 / 10		683.9	714.7	59.38	8.31	24.3	11.9	0.00	6.92	24.5	23.49	5.70								
					Avg	685.0	716.2	59.45	8.30	24.1	11.9	0.06	6.85	24.6	20.23	5.85								
					STD	1.760	1.993	0.487	0.082	0.451	0.090	0.072	0.106	0.150	1.678	0.121								
					CV%	0.257	0.278	0.819	0.983	1.874	0.758	111.197	1.554	0.609	8.296	2.071								
					Max	687.9	718.9	60.47	8.47	25.2	12.0	0.18	7.06	24.7	23.49	6.05								
					Min	681.9	712.6	58.71	8.19	23.5	11.7	0.00	6.66	24.3	17.44	5.68								

Format issue date 04 JAN 2010

ใบรายงานผลการทดสอบหาค่าความแข็งแรงผืนผ้า TENSILE STRENGTH

TENSILE TEST REPORT

DARTEC

Test Data — ASTM E8M:1988

Result File	C:\TENSIO~2\NY66\170MM~1 0\2.MDB				
Data file	C:\TENSIO~2\NY66\170MM~1.WS2				
Time of Test	05:25:27	Date of Test	10/16/10		
Type of Test	Proof Test	Subfile No.	2	Test No.	1

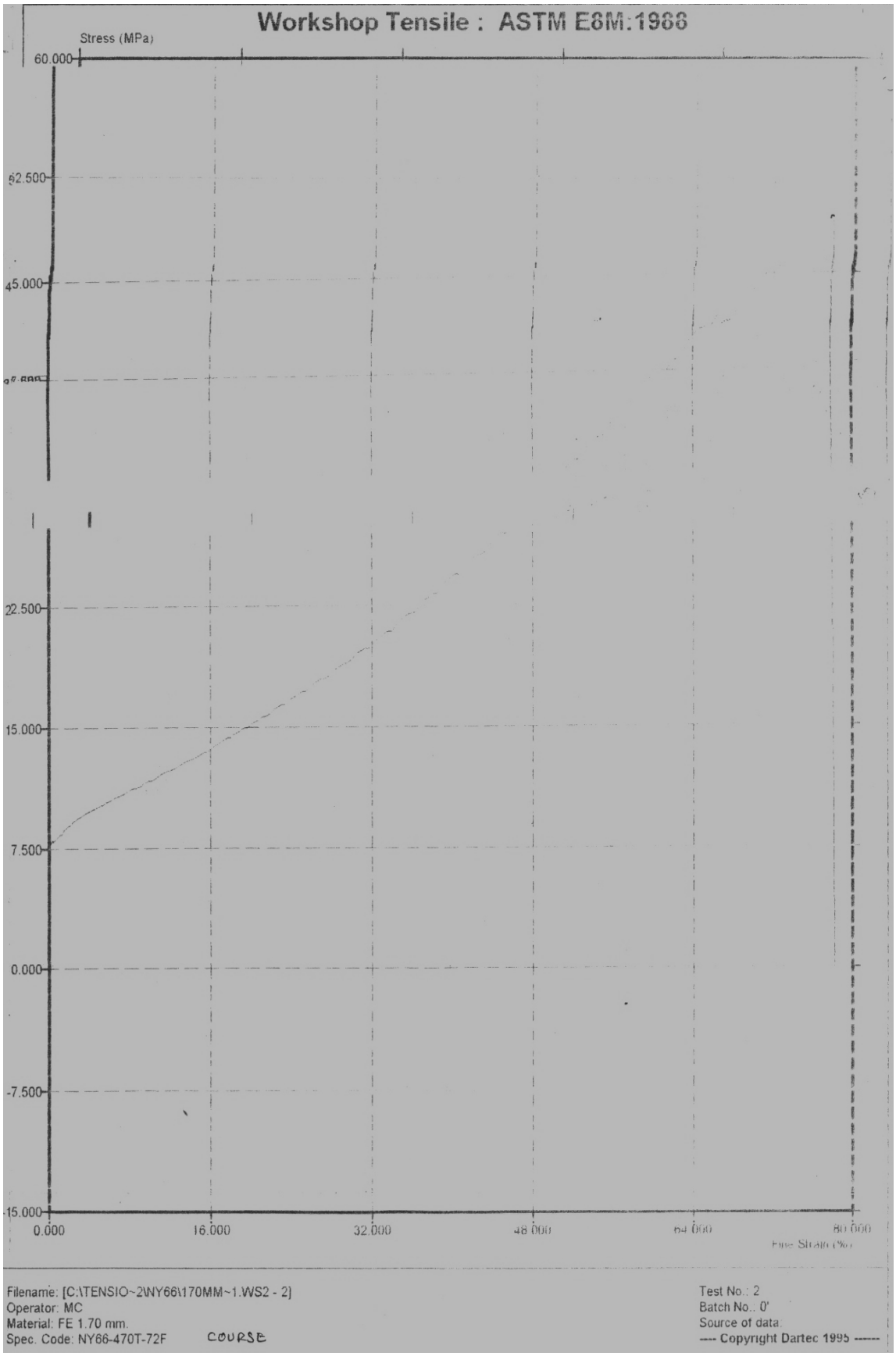
Specimen Data

Thickness	1.7	mm	Initial GL:	50	mm
Width	50	mm			
Area	85	mm²	Operator	MC	
ParallelLength	50	mm	Material	FE 1.70 mm.	
			Spec. Code	NY66-4701-72F	
			Test No.	2	
			Batch No.	0	

Test Results

Fm	4.273	kN	A50	41	%	FRp0.2	1.931	kN
Rm	50	MPa						
			A5.65	41	%			
Rp0.2	23	MPa	At	41	%			
			Ag	41	%			
			Agt	41	%			
E	(207)	GPa						

Stop Reason	Test Complete - Fracture detected
Comments:	COURSE


Workshop Tensile : ASTM E8M:1988
Stress (MPa)
60.000
62.500
45.000
22.500
15.000
7.500
0.000
-7.500
-15.000
0.000
16.000
32.000
48.000
64.000
80.000
Filename: [C:\TENSIO~2\NY66\170MM~1.WS2 - 2]
Operator: MC
Material: FE 1.70 mm.
Spec. Code: NY66-470T-72F
COURSE
Test No.: 2
Batch No.: 0'
Source of data:
---- Copyright Dartec 1995 ------

ชื่อ : ผ้าสามมิติ **ทางแนวตั้ง(ยืน)ของผืนผ้า** **วันที่**

หมายเลข ตัวอย่าง : Ny66 -470T-72F Wale **เลขที่ใบส่งตัวอย่าง**

ขนาดชิ้นตัวอย่าง : 5 cm. x 25 cm. **ชนิดผ้า : nylon 66**

ชิ้นที่ 1			ชิ้นที่ 2			ชิ้นที่ 3		
Fm	1.461	kN.	Fm	1.827	kN.	Fm	2.022	kN.
Rm	17	N/mm²	Rm	21	N/mm²	Rm	24	N/mm²
ReH	17	N/mm²	ReH	21	N/mm²	ReH	23	N/mm²
		%			%			%

ชิ้นที่ 4			ชิ้นที่ 5			ชิ้นที่ 6		
Fm	1.503	kN.	Fm	1.503	kN.	Fm	1.537	kN.
Rm	18	N/mm²	Rm	18	N/mm²	Rm	18	N/mm²
ReH	17	N/mm²	ReH	17	N/mm²	ReH	18	N/mm²
		%			%			%

ชิ้นที่ 7			ชิ้นที่ 8			ชิ้นที่ 9		
Fm	1.343	kN.	Fm	1.431	kN.	Fm	1.358	kN.
Rm	16	N/mm²	Rm	17	N/mm²	Rm	16	N/mm²
ReH	15	N/mm²	ReH	16	N/mm²	ReH	16	N/mm²
		%			%			%

ชิ้นที่ 10			ชิ้นที่ 11			ชิ้นที่ 12		
Fm	1.553	kN.	Fm		kN.	Fm		kN.
Rm	18	N/mm²	Rm		N/mm²	Rm		N/mm²
ReH	18	N/mm²	ReH		N/mm²	ReH		N/mm²
		%			%			%

TENSILE TEST REPORT

DARTEC

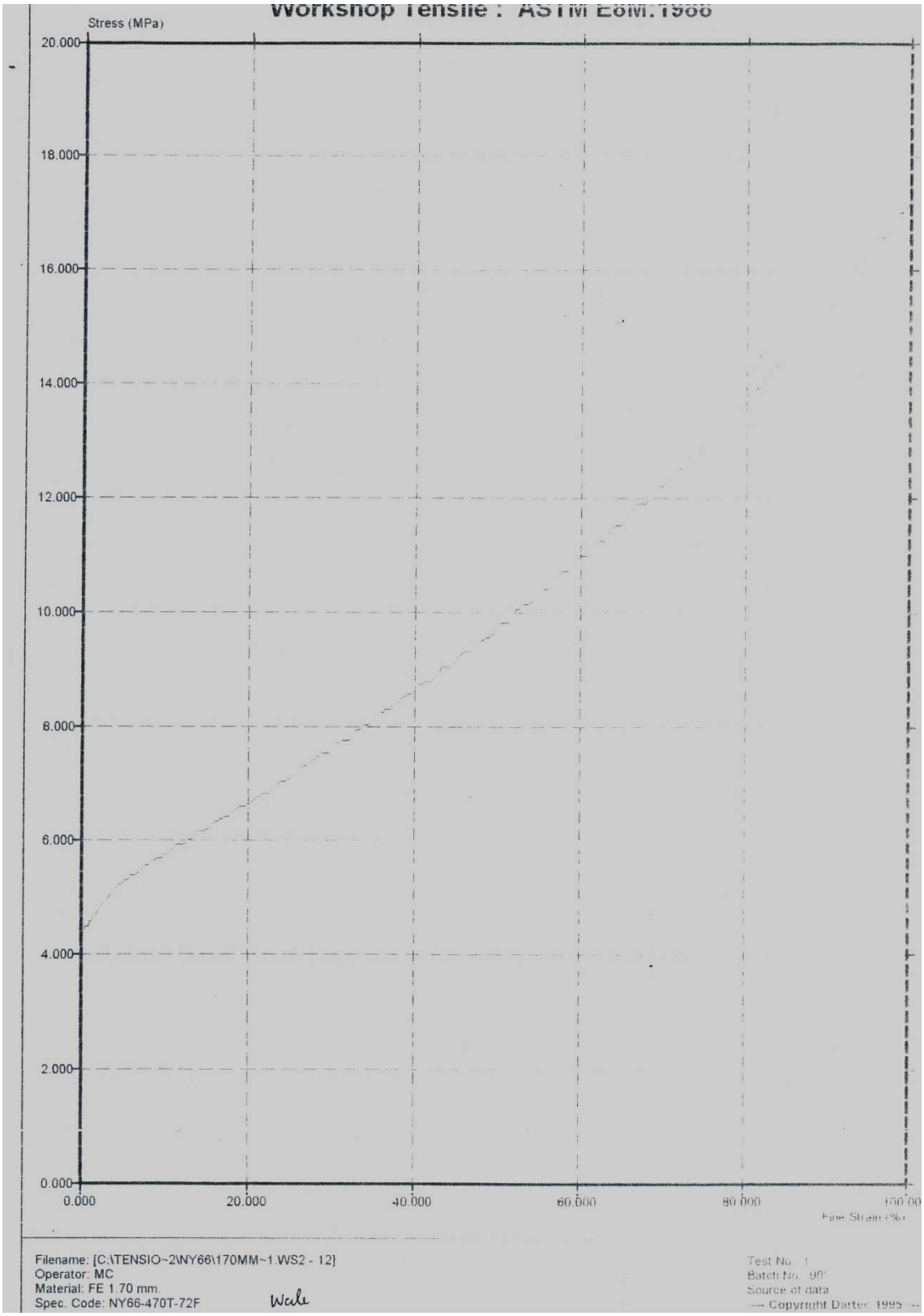
Test Data					ASTM E8M:1988
Result File	C:\TENSIO~2\NY66\170MM~1 90\1 MDB				
Data file	C:\TENSIO~2\NY66\170MM~1.WS2				
Time of Test	21:18:50	Date of Test	10/10/10		
Type of Test	Proof Test	Subfile No.	12	Test No.	1

Specimen Data					
Thickness	1.7	mm	Initial GL	50	mm
Width	50	mm			
Area	85	mm²	Operator	MC	
ParallelLength	50	mm	Material	FE 1.70 mm	
			Spec. Code	NY66-4701-72r	
			Test No.	1	
			Batch No	90'	

Test Results							
Fm	1.461	kN				FRp0.2	374 kN
Rm	17	MPa					
Rp0.2	4	MPa					
			Ag	100	%		
			Agt	100	%		
E	(207)	GPa					

Stop Reason	Test Stopped
Comments:	

Wale


Workshop Tensile : ASTM E8M:1988
Stress (MPa)
20.000
18.000
16.000
14.000
12.000
10.000
8.000
6.000
4.000
2.000
0.000
0.000
20.000
40.000
60.000
80.000
Filename: [C:\TENSIO~2\NY66\170MM~1.WS2 - 12]
Operator: MC
Material: FE 1.70 mm
Spec. Code: NY66-470T-72F
Wale
Test No. 1
Batch No. 90
Source of data
--- Copyright Dartec 1995 ---

ชื่อ : ผ้าสามมิติ **ทางแนวขวาง(นอน)ของผืนผ้า** **วันที่**

หมายเลข ตัวอย่าง : Ny66 -700T-108F Courses **เลขที่ใบส่งตัวอย่าง**

ขนาดชิ้นตัวอย่าง : 5 cm. x 25 cm. **ชนิดผ้า : nylon 66**

ชิ้นที่ 1			ชิ้นที่ 2			ชิ้นที่ 3		
Fm	6.024	kN.	Fm	4,936	kN.	Fm	4.603	kN.
Rm	60	N/mm²	Rm	49	N/mm²	Rm	46	N/mm²
ReH	60	N/mm²	ReH	43	N/mm²	ReH	46	N/mm²
		%			%			%

ชิ้นที่ 4			ชิ้นที่ 5			ชิ้นที่ 6		
Fm	4.475	kN.	Fm	4,433	kN.	Fm	3.977	kN.
Rm	45	N/mm²	Rm	44	N/mm²	Rm	79	N/mm²
ReH	44	N/mm²	ReH	44	N/mm²	ReH	39	N/mm²
		%			%			%

ชิ้นที่ 7			ชิ้นที่ 8			ชิ้นที่ 9		
Fm	5.169	kN.	Fm	5,497	kN.	Fm	4.798	kN.
Rm	52	N/mm²	Rm	55	N/mm²	Rm	48	N/mm²
ReH	51	N/mm²	ReH	54	N/mm²	ReH	47	N/mm²
		%			%			%

ชิ้นที่ 10			ชิ้นที่ 11			ชิ้นที่ 12		
Fm	4.348	kN.	Fm		kN.	Fm		kN.
Rm	43	N/mm²	Rm		N/mm²	Rm		N/mm²
ReH	43	N/mm²	ReH		N/mm²	ReH		N/mm²
		%			%			%

TENSILE TEST REPORT

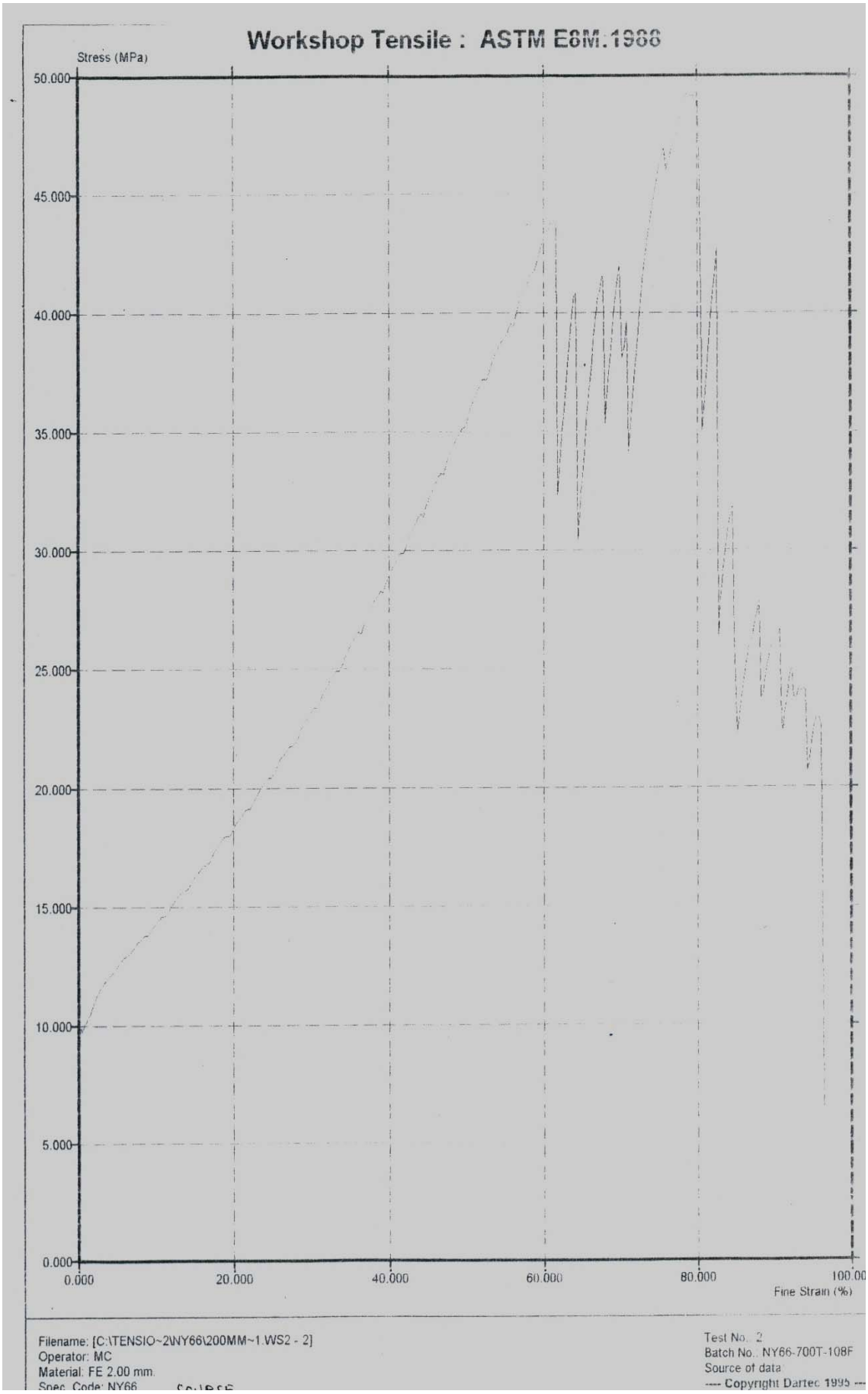
DARTEC

Test Data					ASTM E8M:1988
Result File	C:\TENSIO~2\NY66\200MM~1.0\1 MDB				
Data file	C:\TENSIO~2\NY66\200MM~1.WS2				
Time of Test	04:43:21	Date of Test	10/15/10		
Type of Test	Proof Test	Subfile No.	1	Test No.	1

Specimen Data					
Thickness	2	mm	Initial GL:	50	mm
Width	50	mm			
Area	100	mm^2	Operator	MC	
ParallelLength	50	mm	Material	FE 2.00 mm	
			Spec. Code	NY66	
			Test No.	1	
			Batch No	NY66-700T-108F	

Test Results								
Fm	6.024	kN	A50	47	%	FRp0.2	2.54	kN
Rm	60,	MPa						
			A5.65	46	%			
Rp0.2	25	MPa	At	47	%			
			Ag	47	%			
			Agt	47	%			
E	(207)	GPa						

Stop Reason	Test Stopped
Comments:	COURSE


Workshop Tensile : ASTM E8M:1988
Stress (MPa)
50.000
45.000
40.000
35.000
30.000
25.000
20.000
15.000
10.000
5.000
0.000
0.000
20.000
40.000
60.000
80.000
100.00
Fine Strain (%)
Filename: [C:\TENSIO~2\NY66\200MM~1.WS2 - 2]
Operator: MC
Material: FE 2.00 mm.
Test No.: 2
Batch No.: NY66-700T-108F
Source of data:
---- Copyright Dartec 1995 ---

ชื่อ : ผ้าสามมิติ **ทางแนวตั้ง(ยืน)ของผืนผ้า** **วันที่** 10/16/10

หมายเลข ตัวอย่าง : Ny66 -700T-108F Wale **เลขที่ใบส่งตัวอย่าง**

ขนาดชิ้นตัวอย่าง : 5 cm. x 25 cm. **ชนิดผ้า : nylon 66**

ชิ้นที่ 1			ชิ้นที่ 2			ชิ้นที่ 3		
Fm	2,102	kN.	Fm	2,136	kN.	Fm	1,915	kN.
Rm	21	N/mm²	Rm	21	N/mm²	Rm	19	N/mm²
ReH	21	N/mm²	ReH	21	N/mm²	ReH	19	N/mm²
		%			%			%

ชิ้นที่ 4			ชิ้นที่ 5			ชิ้นที่ 6		
Fm	2,327	kN.	Fm	1,831	kN.	Fm	1,755	kN.
Rm	23	N/mm²	Rm	18	N/mm²	Rm	18	N/mm²
ReH	23	N/mm²	ReH	18	N/mm²	ReH	17	N/mm²
		%			%			%

ชิ้นที่ 7			ชิ้นที่ 8			ชิ้นที่ 9		
Fm	1,877	kN.	Fm	1953	kN.	Fm	1,751	kN.
Rm	19	N/mm²	Rm	20	N/mm²	Rm	18	N/mm²
ReH	18	N/mm²	ReH	19	N/mm²	ReH	17	N/mm²
		%			%			%

ชิ้นที่ 10			ชิ้นที่ 11			ชิ้นที่ 12		
Fm	1,705	kN.	Fm		kN.	Fm		kN.
Rm	17	N/mm²	Rm		N/mm²	Rm		N/mm²
ReH	16	N/mm²	ReH		N/mm²	ReH		N/mm²
		%			%			%

TENSILE TEST REPORT

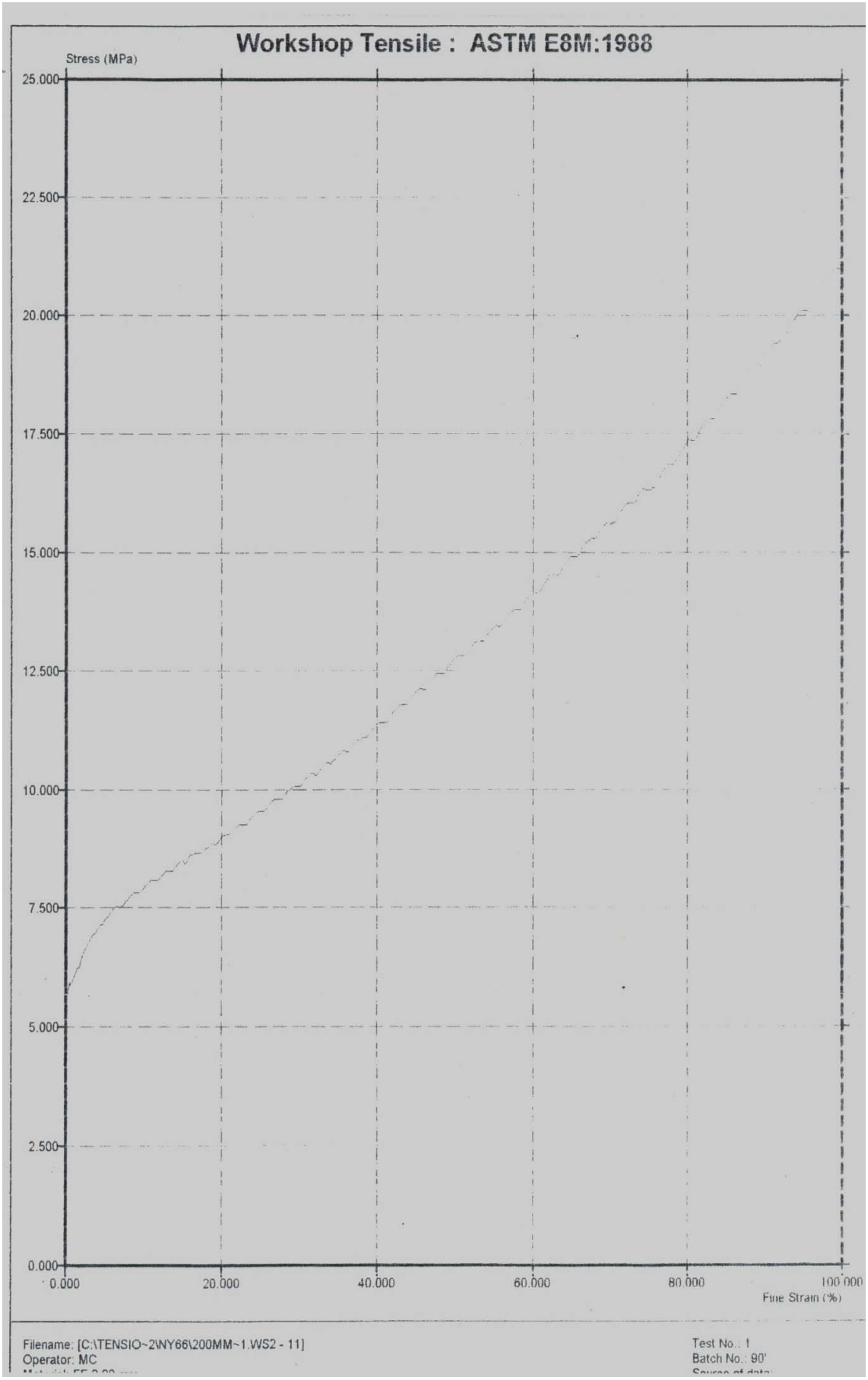
DARTEC

Test Data					ASTM E8M:1988
Result File	C:\TENSIO~2\NY66\200MM~1 90\1 MDB				
Data file	C:\TENSIO~2\NY66\200MM~1.WS2				
Time of Test	04:17:30	Date of Test	10/16/10		
Type of Test	Proof Test	Subfile No.	11	Test No.	1

Specimen Data					
Thickness	2	mm	Initial GL.	50	mm
Width	50	mm			
Area	100	mm²	Operator	MC	
ParallelLength	50	mm	Material	FE 2.00 mm	
			Spec. Code	NY66-700T-108F	
			Test No.	1	
			Batch No	90	

Test Results							
Fm	2.102	kN				FRp0.2	567 kN
Rm	21	MPa					
Rp0.2	6	MPa					
			Ag	100	%		
			Agt	100	%		
E	(207)	GPa					

Stop Reason	Test Stopped
Comments:	Wale


Workshop Tensile : ASTM E8M:1988
Stress (MPa)
25.000
22.500
20.000
17.500
15.000
12.500
10.000
7.500
5.000
2.500
0.000
0.000
20.000
40.000
60.000
80.000
100.000
Fine Strain (%)
Filename: [C:\TENSIO~2\NY66\200MM~1.WS2 - 11]
Operator: MC
Test No.: 1
Batch No.: 90'

ใบรายงานผลการทดสอบ BS EN 388

CTC ASIA

TEST REPORT

RM 1801-02, TOWER B, REGENT CENTRE,
63 WO YI HOP ROAD, KWAI CHUNG,
NEW TERRITORIES, HONG KONG
TEL: (852) 2429 7022 FAX: (852) 2429 7266
ctcasia@ctcgroupe.com

Report No.: 06506-10 **November 29, 2010**

APPLICANT:
Wattanaporn meesaeng

MR. WATTANAPORN MEESAENG
DEPT: KNITTING
216 M. 5 SUWANNASORN RD. NONTREE
KABINBUREE PRAJEENBUREE 25110

Test(s) requested : EN 388 TESTS **Product Category :** -- **Product Type :** --
Sample description: --

Style / Article no.	:	Three-dimension Fabric: Ny 470T-72F HT	**Buyer**	:	--
Ref no.	:	Nylon 470T-72F HT	**Exported to**	:	--
Order no.	:	--	**Date of receipt of application form**	:	Nov 22, 2010
			Date of receipt of sample	:	Nov 22, 2010
Supplier	:	--	**Testing period**	:	November 22, 2010 – November 29, 2010
Number of sample(s)	:	4 PIECES OF RAW MATERIALS	**Service required**	:	REGULAR

1. Conclusion:

Testing	Result	Combine / Separate Test Item(s)	Failed Test Item(s)
Abrasion resistance of Raw Material	Level 4	(S01)	---
Blade cut resistance of Raw Material	Level 3	(S01)	---
Tear resistance of Raw Material	Level 4	(S01)	---
Puncture resistance of Raw Material	Level 4	(S01)	---

The abrasion, tear and puncture resistances all got level 4; the blade cut resistance got level 3.

Approved by

John Cheung Fai Cheong
Assistant Laboratory Supervisor

This report is issued by CTC Asia Ltd. under its General Conditions printed overleaf. The results shown in this report refer only to the sample(s) tested. Except by special arrangement, the test items will not be retained by CTC Asia Ltd. for more than 2 months. The test report shall not be reproduced, except in full, without the written approval of the testing laboratory.

Asia
Room 1801-2, TOWER B, REGENT CENTRE,
63 WO YI HOP ROAD, KWAI CHUNG,
NEW TERRITORIES, HONG KONG
TEL: (852) 2429 7022 FAX: (852) 2429 7266
ctcasia@ctcgroupe.com

TEST REPORT

Report No.: 06506-10 **November 29, 2010**

APPLICANT:
Wattanaporn meesaeng

MR. WATTANAPORN MEESAENG
DEPT: KNITTING
216 M. 5 SUWANNASORN RD. NONTREE
KABINBUREE PRAJEENBUREE 25110

Test(s) requested : EN 388 TESTS **Product Category :** -- **Product Type :** --
Sample description: --

Style / Article no.	:	Three-dimension Fabric: Ny 470T-72F HT	**Buyer**	:	--
Ref no.	:	Nylon 470T-72F HT	**Exported to**	:	--
Order no.	:	--	**Date of receipt of application form**	:	Nov 22, 2010
			Date of receipt of sample	:	Nov 22, 2010
Supplier	:	--	**Testing period**	:	November 22, 2010 – November 29, 2010
Number of sample(s)	:	4 PIECES OF RAW MATERIALS	**Service required**	:	REGULAR

1. Conclusion:

Testing	Result	Combine / Separate Test Item(s)	Failed Test Item(s)
Abrasion resistance of Raw Material	**Level 4**	**(S01)**	**---**
Blade cut resistance of Raw Material	**Level 3**	**(S01)**	**---**
Tear resistance of Raw Material	**Level 4**	**(S01)**	**---**
Puncture resistance of Raw Material	**Level 4**	**(S01)**	**---**

The abrasion, tear and puncture resistances all got level 4; the blade cut resistance got level 3.

Approved by

Original signed

John Cheung Fai Cheong
Assistant Laboratory Supervisor

The report is issued by CTC Asia Ltd. under its General Conditions printed overleaf. The Results shown in this report refer only to the sample(s) tested. Except by special arrangement, the test items will not be retained by CTC Asia Ltd. for more than 2 months.
The test report shall not be reproduced, except in full, without the written approval of the testing laboratory.

Asia
Room 1801-2, TOWER B, REGENT CENTRE,
63 WO YI HOP ROAD, KWAI CHUNG,
NEW TERRITORIES, HONG KONG
TEL: (852) 2429 7022 FAX: (852) 2429 7266
ctcasia@ctcgroupe.com

TEST REPORT

Report No.: 06506-10 **November 29, 2010**

APPLICANT:
Wattanaporn meesaeng

2. Label(s) on the sample(s):

Sample(s)	ID	Size	Style/Art. No.	Sub-sample(s)	Component(s)	Colour
(01)	i	--	Three-dimension Fabric: Ny 470T-72F HT	(a)	Raw Material	White
(01)	ii	--	Three-dimension Fabric: Ny 470T-72F HT	(a)	Raw Material	White
(01)	iii	--	Three-dimension Fabric: Ny 470T-72F HT	(a)	Raw Material	White
(01)	iv	--	Three-dimension Fabric: Ny 470T-72F HT	(a)	Raw Material	White

Remarks: (1) ID is used for identification in which the numbers of sample received are of the same article, ref. no., colour, etc.

3. Sample(s) description assigned by laboratory:

Test item	Sample(s)	Combine / Separate sub-sample(s)
(S01)	(01)-i+ii+iii	(a)

The report is issued by CTC Asia Ltd. under its General Conditions printed overleaf. The Results shown in this report refer only to the sample(s) tested. Except by special arrangement, the test items will not be retained by CTC Asia Ltd. for more than 2 months.
The test report shall not be reproduced, except in full, without the written approval of the testing laboratory.

Asia
Room 1801-2, TOWER B, REGENT CENTRE,
63 WO YI HOP ROAD, KWAI CHUNG,
NEW TERRITORIES, HONG KONG
TEL: (852) 2429 7022 FAX: (852) 2429 7266
ctcasia@ctcgroupe.com

TEST REPORT

Report No.: 06506-10 **November 29, 2010**

APPLICANT:
Wattanaporn meesaeng

4. Test Results :

	TEST METHOD	Test item(s) (S01)	Requirement	P/F
1	**Abrasion resistance of Raw Material#** **(NF EN 388:2004 §6.1)**			
	Lowest value of four tests :	>8,000	---	---
	Performance Level :	4	---	---
2	**Blade cut resistance of Raw Material#** **(NF EN 388:2004 §6.2)**	Index (I)		
	Sequence	Test 1 / Test 2		
	1	9.2 / 7.7	---	
	2	8.6 / 5.5	---	
	3	8.6 / 6.6	---	
	4	9.2 / 6.4	---	
	5	10.5 / 6.4	---	
	Average (I):	9.2 / 6.5	---	
	Lowest average value (I) :	6.5	---	---
	Performance Level :	3	---	---
3	**Tear resistance of Raw Material#** **(NF EN 388:2004 §6.3)**			
	Lowest value of four tests (N):	>200	---	---
	Performance Level :	4	---	---
4	**Puncture resistance of Raw Material#** **(NF EN 388:2004 §6.4)**			
	Lowest value of four tests (N):	>250	---	---
	Performance Level :	4	---	---

Table of Performance Level for Glove

Test Item	Performance Level					
	0##	1	2	3	4	5
Abrasion Resistance (NF EN 388:2004 §6.1) Number of cycles (minimum)	< 100	100	500	2000	8000	---
Blade Cut Resistance (NF EN 388:2004 §6.2) Index (I) (minimum)	< 1.2	1.2	2.5	5.0	10.0	20.0
Tear Resistance (NF EN 388:2004 §6.3) Force (N) (minimum)	< 10	10	25	50	75	---
Puncture Resistance (NF EN 388:2004 §6.4) Force (N) (minimum)	< 20	20	60	100	150	---

Performance level 0 means the glove falls below the minimum performance level for the given individual hazard.

- End of report -

The report is issued by CTC Asia Ltd. under its General Conditions printed overleaf. The Results shown in this report refer only to the sample(s) tested. Except by special arrangement, the test items will not be retained by CTC Asia Ltd. for more than 2 months.
The test report shall not be reproduced, except in full, without the written approval of the testing laboratory.

ASIA

RM 1801-02, TOWER B, REGENT CENTRE,
63 WO YI HOP ROAD, KWAI CHUNG,
NEW TERRITORIES, HONG KONG
TEL: (852) 2429 7022 FAX: (852) 2429 7266
ctcasia@ctcgroupe.com

TEST REPORT

Report No.: 06507-10 **November 29, 2010**

APPLICANT:
Wattanaporn meesaeng

MR. WATTANAPORN MEESAENG
DEPT: KNITTING
216 M. 5 SUWANNASORN RD. NONTREE
KABINBUREE PRAJEENBUREE 25110

Test(s) requested : EN 388 TESTS **Product Category :** -- **Product Type :** --
Sample description: --

Style / Article no.	:	Three-dimension Fabric: Ny 700T-102F HT	**Buyer**	:	--
Ref no.	:	Nylon 700T-102F HT	**Exported to**	:	--
Order no.	:	--	**Date of receipt of application form**	:	Nov 22, 2010
			Date of receipt of sample	:	Nov 22, 2010
Supplier	:	--	**Testing period**	:	November 22, 2010 – November 29, 2010
Number of sample(s)	:	4 PIECES OF RAW MATERIALS	**Service required**	:	REGULAR

1. Conclusion:

Testing	Result	Combine / Separate Test Item(s)	Failed Test Item(s)
Abrasion resistance of Raw Material	Level 4	(S01)	---
Blade cut resistance of Raw Material	Level 4	(S01)	---
Tear resistance of Raw Material	Level 4	(S01)	---
Puncture resistance of Raw Material	Level 4	(S01)	---

The abrasion, blade cut, tear and puncture resistances all got level 4.

Approved by

John Cheung Fai Cheong
Assistant Laboratory Supervisor

This report is issued by CTC Asia Ltd. under its General Conditions printed overleaf. The results shown in this report refer only to the sample(s) tested. Except by special arrangement, the test items will not be retained by CTC Asia Ltd. for more than 2 months. The test report shall not be reproduced, except in full, without the written approval of the testing laboratory.

Asia
Room 1801-2, TOWER B, REGENT CENTRE,
63 WO YI HOP ROAD, KWAI CHUNG,
NEW TERRITORIES, HONG KONG
TEL: (852) 2429 7022 FAX: (852) 2429 7266
ctcasia@ctcgroupe.com

TEST REPORT

Report No.: 06507-10 **November 29, 2010**

APPLICANT:
Wattanaporn meesaeng

MR. WATTANAPORN MEESAENG
DEPT: KNITTING
216 M. 5 SUWANNASORN RD. NONTREE
KABINBUREE PRAJEENBUREE 25110

Test(s) requested : EN 388 TESTS **Product Category :** -- **Product Type :** --
Sample description: --

Style / Article no.	:	Three-dimension Fabric: Ny 700T-102F HT	**Buyer**	:	--
Ref no.	:	Nylon 700T-102F HT	**Exported to**	:	--
Order no.	:	--	**Date of receipt of application form**	:	Nov 22, 2010
			Date of receipt of sample	:	Nov 22, 2010
Supplier	:	--	**Testing period**	:	November 22, 2010 – November 29, 2010
Number of sample(s)	:	4 PIECES OF RAW MATERIALS	**Service required**	:	REGULAR

1. Conclusion:

Testing	Result	Combine / Separate Test Item(s)	Failed Test Item(s)
Abrasion resistance of Raw Material	**Level 4**	**(S01)**	**---**
Blade cut resistance of Raw Material	**Level 4**	**(S01)**	**---**
Tear resistance of Raw Material	**Level 4**	**(S01)**	**---**
Puncture resistance of Raw Material	**Level 4**	**(S01)**	**---**

The abrasion, blade cut, tear and puncture resistances all got level 4.

Approved by

Original signed

John Cheung Fai Cheong
Assistant Laboratory Supervisor

The report is issued by CTC Asia Ltd. under its General Conditions printed overleaf. The Results shown in this report refer only to the sample(s) tested. Except by special arrangement, the test items will not be retained by CTC Asia Ltd. for more than 2 months.
The test report shall not be reproduced, except in full, without the written approval of the testing laboratory.

Asia
Room 1801-2, TOWER B, REGENT CENTRE,
63 WO YI HOP ROAD, KWAI CHUNG,
NEW TERRITORIES, HONG KONG
TEL: (852) 2429 7022 FAX: (852) 2429 7266
ctcasia@ctcgroupe.com

TEST REPORT

Report No.: 06507-10 **November 29, 2010**

APPLICANT:
Wattanaporn meesaeng

2. Label(s) on the sample(s):

Sample(s)	ID	Size	Style/Art. No.	Sub-sample(s)	Component(s)	Colour
(01)	i	--	Three-dimension Fabric: Ny 700T-102F HT	(a)	Raw Material	White
(01)	ii	--	Three-dimension Fabric: Ny 700T-102F HT	(a)	Raw Material	White
(01)	iii	--	Three-dimension Fabric: Ny 700T-102F HT	(a)	Raw Material	White
(01)	iv	--	Three-dimension Fabric: Ny 700T-102F HT	(a)	Raw Material	White

Remarks: (1) ID is used for identification in which the numbers of sample received are of the same article, ref. no., colour, etc.

3. Sample(s) description assigned by laboratory:

Test item	Sample(s)	Combine / Separate sub-sample(s)
(S01)	(01)-i+ii+iii	(a)

The report is issued by CTC Asia Ltd. under its General Conditions printed overleaf. The Results shown in this report refer only to the sample(s) tested. Except by special arrangement, the test items will not be retained by CTC Asia Ltd. for more than 2 months.
The test report shall not be reproduced, except in full, without the written approval of the testing laboratory.

Asia
Room 1801-2, TOWER B, REGENT CENTRE,
63 WO YI HOP ROAD, KWAI CHUNG,
NEW TERRITORIES, HONG KONG
TEL: (852) 2429 7022 FAX: (852) 2429 7266
ctcasia@ctcgroupe.com

TEST REPORT

Report No.: 06507-10 **November 29, 2010**

APPLICANT:
Wattanaporn meesaeng

4. Test Results :

	TEST METHOD	Test item(s) (S01)		Requirement	P/F
1	**Abrasion resistance of Raw Material #** **(NF EN 388:2004 §6.1)**				
	Lowest value of four tests :	>8,000		---	---
	Performance Level :	4		---	---
2	**Blade cut resistance of Raw Material #** **(NF EN 388:2004 §6.2)**	Index (I)			
	Sequence	Test 1	Test 2		
	1	16.6	10.6	---	
	2	14.7	10.0	---	
	3	16.4	9.6	---	
	4	15.4	10.0	---	
	5	15.2	11.0	---	
	Average (I):	15.6	10.2	---	
	Lowest average value (I) :	10.2		---	---
	Performance Level :	4		---	---
3	**Tear resistance of Raw Material #** **(NF EN 388:2004 §6.3)**				
	Lowest value of four tests (N):	>200		---	---
	Performance Level :	4		---	---
4	**Puncture resistance of Raw Material #** **(NF EN 388:2004 §6.4)**				
	Lowest value of four tests (N):	>250		---	---
	Performance Level :	4		---	---

 # Table of Performance Level for Glove

Test Item	Performance Level					
	0 ##	1	2	3	4	5
Abrasion Resistance (NF EN 388:2004 §6.1) Number of cycles (minimum)	< 100	100	500	2000	8000	---
Blade Cut Resistance (NF EN 388:2004 §6.2) Index (I) (minimum)	< 1.2	1.2	2.5	5.0	10.0	20.0
Tear Resistance (NF EN 388:2004 §6.3) Force (N) (minimum)	< 10	10	25	50	75	---
Puncture Resistance (NF EN 388:2004 §6.4) Force (N) (minimum)	< 20	20	60	100	150	---

Performance level 0 means the glove falls below the minimum performance level for the given individual hazard.

- End of report -

The report is issued by CTC Asia Ltd. under its General Conditions printed overleaf. The Results shown in this report refer only to the sample(s) tested. Except by special arrangement, the test items will not be retained by CTC Asia Ltd. for more than 2 months.
The test report shall not be reproduced, except in full, without the written approval of the testing laboratory.

ภาคผนวก ข

มาตรฐานการทดสอบ

Designation: D 1777 – 96 (Reapproved 2002)

An American National Standard

Standard Test Method for Thickness of Textile Materials[1]

This standard is issued under the fixed designation D 1777; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ε) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This test method covers the measurement of the thickness of most textile materials.

1.2 This test method applies to most fabrics including woven fabrics, air bag fabrics, blankets, napped fabrics, knitted fabrics, layered fabrics, and pile fabrics. The fabrics may be untreated, heavily sized, coated, resin-treated, or otherwise treated. Instructions are provided for testing thickness, except as provided for in another standard such as listed in Section 2.

1.3 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. The values stated in inch-pound may be approximate.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards:*

D 123 Terminology Relating to Textiles[2]

D 374 Test Methods for Thickness of Solid Electrical Insulation[2]

D 418 Test Methods for Testing Pile Yarn Floor Covering Construction[2]

D 461 Test Methods for Felt[2]

D 579 Specification for Greige Woven Glass Fabrics[2]

D 1776 Practice for Conditioning Textiles for Testing[2]

D 2475 Specification for Wool Felt[2]

D 2904 Practice for Interlaboratory Testing of a Textile Test Method That Produces Normally Distributed Data[2]

D 2906 Practice for Statements on Precision and Bias for Textiles[2]

D 3218 Specification for Polyolefin Monofilaments[2]

2.2 *ASTM Adjuncts:*

TEX-PAC[3]

3. Terminology

3.1 Definitions—For definitions of other textile terms used in this test method, see Terminology D 123.

3.2 *Definitions of Terms Specific to This Standard:*

3.2.1 *cross-machine direction, CD, n*—the direction in the plane of the fabric perpendicular to the direction of manufacture.

3.2.1.1 *Discussion*—This term is used to refer to the direction analogous to coursewise or filling direction in knitted or woven fabrics, respectively.

3.2.2 *machine direction, MD, n*—the direction in the plane of the fabric parallel to the direction of manufacture.

3.2.2.1 *Discussion*—This term is used to refer to the direction analogous to walewise or warp direction in knitted or woven fabrics, respectively.

3.2.3 *pressure, n*—the force exerted to a surface per unit area.

3.2.3.1 *Discussion*—Pressure may be expressed in any appropriate or specified units, such as pascals (Pa), newtons per square metre (N/m^2), or pounds-force per square inch (psi).

3.2.4 *thickness, n*—the distance between one surface of a material and its opposite.

3.2.4.1 *Discussion*—In textiles, thickness is the distance between the upper and lower surfaces of the material as measured under a specified pressure. It is usually determined as the distance between an anvil or base and a presser foot used to apply the specified pressure.

4. Summary of Test Method

4.1 A specimen is placed on the base of a thickness gage and a weighted presser foot lowered. The displacement between the base and the presser foot is measured as the thickness of the specimen.

5. Significance and Use

5.1 This test method is considered satisfactory for acceptance testing of commercial shipments since current estimates of between-laboratory precision are acceptable, and this test method is used extensively in the trade for acceptance testing.

[1] This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D13 on Textiles and is the direct responsibility of Subcommittee D13.59 on Fabric Test Methods, General.

Current edition approved Feb. 10, 1996. Published April 1996. Originally published as D 1777 – 60 T to replace in part D 39 – 59. Discontinued in November 1995 and reinstated as D 1777 – 96.

[2] *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 07.01.

[3] A PC program on floppy disk for analyzing Committee D-13 interlaboratory data are available from ASTM Headquarters. For a 3½-in. disk, request PCN:12-429040-18. For a 5¼-in. disk, request PCN:12-429041-18.

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.

5.1.1 In case of a dispute arising from differences in reported test results when using this test method for acceptance testing of commercial shipments, the purchaser and the supplier should conduct comparative tests to determine if there is a statistical bias between their laboratories. Competent statistical assistance is recommended for the investigation of bias. As a minimum, the two parties should take a group of test specimens that are as homogeneous as possible and that are from a lot of material of the type in question. Test specimens then should be randomly assigned in equal numbers to each laboratory for testing. The average results from the two laboratories should be compared using the appropriate statistical analysis and an acceptable probability level chosen by the two parties before testing is begun. If a bias is found, either its cause must be found and corrected, or the purchaser and the supplier must agree to interpret future test results with consideration to the known bias.

5.2 Thickness is one of the basic physical properties of textile materials. In certain industrial applications, the thickness may require rigid control within specified limits. Bulk and warmth properties of textile materials are often estimated from their thickness values, and thickness is also useful in measuring some performance characteristics, such as before and after abrasion and shrinkage.

5.3 The thickness value of most textile materials will vary considerably depending on the pressure applied to the specimen at the time the thickness measurement is taken. In all cases, the apparent thickness varies inversely with the pressure applied. For this reason, it is essential that the pressure be specified when discussing or listing any thickness value.

5.4 When using this test method for measuring the thickness of textile materials, the primary method for the specific material such as listed in the Referenced Document section shall take precedence over the directions described in this test method, unless specifically provided for in that test method. This test method is used in its entirety when no test method for measuring thickness is available for the specific material to be tested or unless otherwise specified in a material specification or contract order.

6. Apparatus

6.1 *Thickness Gage*, having dimensions appropriate to the material to be tested as specified in Table 1, unless otherwise specified in a material specification or contract order. A circular presser foot commonly is used for most materials; however, for certain materials, such as narrow tapes, a rectangular foot is more appropriate when agreed upon between the purchaser and the supplier.

6.1.1 *Automatic Microprocessor Data Gathering Systems*, optional.

6.1.2 *Spring Force or Compression Test Apparatus*, may be substituted for the dead-weight-type thickness gage providing they meet the specified conditions cited in Table 1.

6.2 *Cutting Dies or Templates*, to cut specimens having minimum dimensions at least 20 % greater than any dimension of the presser foot to be used in measuring the thickness (optional).

7. Sampling and Test Specimens

7.1 *Lot Sample*—As a lot sample for acceptance testing, randomly select the number of rolls or pieces of fabric directed in an applicable material specification or other agreement between the purchaser and the supplier. Consider the rolls or pieces of fabric to be the primary sampling units. In the absence of such an agreement, take the number of fabric rolls specifed in Table 2.

NOTE 1—An adequate specification or other agreement between the purchaser and the supplier requires taking into account the variability between rolls or pieces of fabric and between specimens from a swatch from a roll or piece of fabric to provide a sampling plan with a meaningful producer's risk, consumer's risk, acceptable quality level, and limiting quality level.

7.2 *Laboratory Sample*—For acceptance testing, take a swatch extending the width of the fabric and approximately 1 m (1 yd) along the machine direction from each roll or piece in the lot sample. For rolls of fabric, take a sample that will exclude fabric from the outer wrap of the roll or the inner wrap

TABLE 1 Designated Gages and Gage Specifications for Measuring Thickness of Textiles

Testing Option[A]	Material Type	Gage Type[B]	Presser Foot Diameter	Anvil	Anvil/Foot Parallelism	Foot to Anvil Surface Parallelism	Applied Pressure	Readability
1	Woven fabrics Knitted fabrics Textured fabrics	dead-weight	28.7 ± 0.02 mm (1.129 ± 0.001 in.)	38 mm D, or greater (1.629 in. D, or greater)	0.01 mm (0.0005 in.)	0.002 mm (0.0001 in.)	4.14 ± 0.21 kPa (0.60 ± 0.03 psi)	0.02 mm (0.001 in.)
2	Coated fabrics Narrow fabrics Webbings Tapes Ribbons Braids	dead-weight	9.5 ± 0.02 mm (0.375 ± 0.001 in.)	38 mm D, or greater (1.629 in. D, or greater)	0.01 mm (0.0005 in.)	0.002 mm (0.0001 in.)	23.4 ± 0.7 kPa (3.4± 0.1 psi)	0.02 mm (0.001 in.)
3	Films Glass cloths Glass tapes	dead-weight	6.3 ± 0.02 mm (0.250 ± 0.001 in.)	19 mm D, or greater (0.750 in. D, or greater)	0.002 mm (0.0001 in.)	0.002 mm (0.0001 in.)	172 ± 14 kPa (25 ± 2 psi)	0.002 mm (0.0001 in.)
4	Glass fiber mat	dead-weight	(2.25 ± 0.001 in.)	(2.75 in. D, or greater)	0.01 mm (0.0005 in.)	0.002 mm (0.0001 in.)	18.9 ± 0.7 kPa (2.75 ± 0.1 psi)	0.02 mm (0.001 in.)
5	Blankets Pile fabrics Napped fabrics	dead-weight	28.7 ± 0.02 mm (1.129 ± 0.001 in.)	38 mm D, or greater (1.629 in. D, or greater)	0.01 mm (0.0005 in.)	0.002 mm (0.0001 in.)	0.7 ± 0.07 kPa (0.1 ± 0.01 psi) also 7.58 ± 0.21 kPa (1.1 ± 0.03 psi)	0.02 mm (0.001 in.)

[A] When testing fabrics made with textured yarns or open-end spun yarns, primary consideration should be given to the pressure applied in Option 1, with respect to the size of the presser foot used.

[B] Other spring force or compression test apparatus that meet the stated specifications can be used.

TABLE 2 Number of Rolls or Pieces of Fabric in the Lot Sample

Number of Rolls or Pieces in Lot, Inclusive	Number of Rolls or Pieces in Lot Sample
1 to 3	all
4 to 24	4
25 to 50	5
over 50	10 % to a maximum of 10 rolls or pieces

around the core of the roll of fabric. For finished garments, take a piece of sufficient size to provide the number of specimens required in 7.3.

7.3 *Test Specimens*—From each laboratory sampling unit, take ten specimens. Use the cutting die or template described in 6.2. It is permissible to make thickness tests of a textile material without cutting, providing it can be maintained without distortion in a plane parallel to the presser foot and anvil while making measurements.

7.3.1 *Cutting Test Specimens*—When cutting specimens, cut having minimum dimensions at least 20 % greater than any dimension of the presser foot to be used. Label to maintain specimen identity.

7.3.1.1 Take specimens, representing a broad distribution across the width and length, and preferably along the diagonal, of the laboratory sample and no nearer the edge than one tenth its width. Ensure specimens are free of folds, creases, or wrinkles. Avoid getting oil, water, grease, and so forth, on the specimens when handling.

8. Preparation of Test Apparatus and Calibration

8.1 Use Table 1 to select the thickness gage designated for the material to be tested.

8.2 Verify calibration of the thickness gage as directed in the manufacturer's instructions.

8.3 When using microprocessor automatic data gathering systems, set the appropriate parameters as defined in the manufacturer's instructions.

9. Conditioning

9.1 Precondition the specimens by bringing them to approximate moisture equilibrium in the standard atmosphere for preconditioning textiles as specified in Practice D 1776, unless otherwise specified in a material specification or contract order.

9.2 After preconditioning, bring the test specimens to moisture equilibrium for testing in the standard atmosphere for testing textiles as specified in Practice D 1776 or, if applicable, in the specified atmosphere in which the testing is to be performed, unless otherwise specified in a material specification or contract order.

10. Procedure

10.1 Test the conditioned specimens in the standard atmosphere for testing textiles, which is 21 ± 1°C (70 ± 2°F) and 65 ± 2 % relative humidity, unless otherwise specified in a material specification or contract order.

10.2 Handle the test specimens carefully to avoid altering the natural state of the material.

10.3 Place the specimen face side up, or otherwise as specified, on the anvil of the thickness gage. Gradually lower the presser foot into contact with the specimen, taking 5 to 6 s to apply full pressure for most textiles and 3 to 4 s for glass material textiles.

10.4 Read and record the thickness value to a readability shown in Table 1.

10.5 Continue as directed in 10.2-10.4 until ten specimens have been tested from each laboratory sampling unit.

TABLE 3 Thickness of Fabrics, mils

Test Options and Materials	Grand Average	Components of Variance Expressed as Standard Deviations[A]		
		Single-Operator Component	Within-Laboratory Component	Between-Laboratory Component
Option 1				
Mat 6, S/0002H	7.13	0.19	0.17	0.66
Mat 7, S/28305	11.49	1.46	0.55	0.02
Mat 9, S/Denim	38.65	0.75	0.41	1.54
Option 2				
Mat 6, S/0002H	7.04	0.23	0.00	0.72
Mat 7, S/28305	11.84	0.23	0.27	0.48
Mat 9, S/Denim	38.33	0.64	0.00	1.64
Option 3				
Mat 6, S/0002H	6.68	0.32	0.18	0.58
Mat 7, S/28305	11.50	0.37	0.13	0.49
Mat 9, S/Denim	36.50	0.60	0.19	2.41
Option 4				
Mat 6, S/0002H	10.20	0.40	0.00	...
Mat 7, S/28305	12.85	0.36	0.00	...
Mat 9, S/Denim	43.95	1.08	0.54	...
Option 5 (0.1 psi)				
Mat 10, Pile	178.08	8.79	0.00	3.30
Mat 14, Pile	46.91	1.15	0.16	0.69
Option 5 (1.1 psi)				
Mat 10, Pile	101.67	4.63	0.00	10.08
Mat 14, Pile	38.37	1.51	0.33	0.28

[A] The square roots of the components of variance are being reported to express the variability in the appropriate units of measure rather than as the squares of those units of measure.

11. Calculation

11.1 *Thickness, Individual Specimens*—The thickness for individual specimens using the readability column of Table 1 is read directly from the thickness gage or data collection system, unless otherwise specified in a material specification or contract order.

11.2 *Thickness Average*—Calculate the average thickness for each laboratory sampling unit and for the lot.

11.3 *Standard Deviation, Coefficient of Variation*—Calculate when requested.

11.4 *Computer-Processed Data*—When data are automatically computer-processed, calculations generally are contained in the associated software. Record values as read from the direct-reading scale designated in the readability column of Table 1, unless otherwise specified. In any event, it is recommended that computer-processed data be verified against known property values and its software described in the report.

12. Report

12.1 Report that the thickness was determined in accordance with Test Method D 1777. Describe the material or product sampled and the method of sampling used.

12.2 Report the following information for each laboratory sampling unit and for the lot as applicable to a material specification or contract order:

12.2.1 Thickness.

12.2.2 Testing option selected from Table 1.

12.2.3 When calculated, the standard deviation or the coefficient of variation.

TABLE 4 Thickness of Fabrics, mils

Test Options and Materials	Critical Differences for the Conditions Noted[A]			
	Number of Observations in Each Average	Single-Operator Precision	Within-Laboratory Precision	Between-Laboratory Precision
Option 1				
Mat 6, S/0002H	1	0.53	0.72	1.96
	2	0.37	0.61	1.93
	5	0.24	0.54	1.91
	10	0.17	0.51	1.90
Mat 7, S/28305	1	4.05	4.33	4.33
	2	2.86	3.25	3.25
	5	1.81	2.37	2.37
	10	1.28	2.00	2.00
Mat 9, S/Denim	1	2.10	2.39	4.89
	2	1.48	1.88	4.66
	5	0.94	1.48	4.52
	10	0.66	1.32	4.47
Option 2				
Mat 6, S/0002H	1	0.63	0.63	2.10
	2	0.44	0.44	2.05
	5	0.28	0.28	2.02
	10	0.20	0.20	2.01
Mat 7, S/28305	1	0.63	0.99	1.65
	2	0.45	0.88	1.59
	5	0.28	0.81	1.55
	10	0.20	0.79	1.54
Mat 9, S/Denim	1	1.76	1.76	4.88
	2	1.25	1.25	4.72
	5	0.79	0.79	4.62
	10	0.56	0.56	4.59
Option 3				
Mat 6, S/0002H	1	0.90	1.03	1.91
	2	0.64	0.81	1.80
	5	0.40	0.64	1.73
	10	0.29	0.58	1.71
Mat 7, S/28305	1	1.04	1.10	1.74
	2	0.73	0.82	1.58
	5	0.46	0.58	1.47
	10	0.33	0.48	1.43
Mat 9, S/Denim	1	1.67	1.75	6.90
	2	1.18	1.29	6.79
	5	0.75	0.91	6.73
	10	0.53	0.74	6.71
Option 4				
Mat 6, S/0002H	1	1.12	1.12	...
	2	0.79	0.79	...
	5	0.50	0.50	...
	10	0.36	0.36	...
Mat 7, S/28305	1	1.00	1.00	...
	2	0.71	0.71	...
	5	0.45	0.45	...
	10	0.32	0.32	...
Mat 9, S/Denim	1	2.99	3.34	...
	2	2.11	2.58	...
	5	1.34	2.00	...
	10	0.94	1.76	...
Option 5 (0.1 psi)				
Mat 10, Pile	1	24.37	24.37	26.03
	2	17.23	17.23	19.50
	5	10.90	10.90	14.22
	10	9.71	7.71	11.95
Mat 14, Pile	1	3.18	3.21	3.75
	2	2.25	2.30	3.00
	5	1.42	1.49	2.44
	10	1.01	1.10	2.22
Option 5 (1.1 psi)				
Mat 10, Pile	1	12.84	12.84	30.75
	2	9.08	9.08	29.38
	5	5.74	5.74	28.52
	10	4.06	4.06	28.23
Mat 14, Pile	1	4.18	4.28	4.35
	2	2.95	3.09	3.19
	5	1.87	2.08	2.23
	10	1.32	1.61	1.79

[A] The critical differences were calculated using $t = 1.960$, which is based on infinite degrees of freedom.

12.2.4 For computer-processed data, identify the program (software) used.

12.2.5 Any modification of this test method.

13. Precision and Bias

13.1 *Summary*—In comparing two averages, the differences should not exceed the single-operator precision values shown in Table 3 for the respective number of tests and for materials having averages similar to those shown in Table 1 in 95 out of 100 cases when all the observations are taken by the same well-trained operator using the same piece of equipment and specimens randomly drawn from the sample of material. Larger differences are likely to occur under all other circumstances.

13.2 *Interlaboratory Test Data*—An interlaboratory test was run in 1994–1995 in which randomly drawn samples were tested as specified in the five options of this test method. Two operators in each laboratory each tested ten specimens of each material. Five of the ten specimens were tested on one day, and five specimens were tested on a second day. Analysis of the data was conducted in accordance with Practices D 2904 and D 2906, as well as the adjunct Tex-Pac. The components of variance for thickness, expressed as standard deviations, were calculated to be the values listed in Table 3. The fabric types are shown in Tables 3 and 4. The designated options and number of participating laboratories are shown as follows:

Option	Number of Laboratories
1	6
2	4
3	3
4	1
5	2

13.3 *Precision*—For the components of variance reported in Table 3, two averages of observed values should be considered significantly different at the 95 % probability level if the difference equals or exceeds the critical differences listed in Table 4. There were sufficient differences related to the material type and structure to warrant listing the components of variance and the critical differences separately. Consequently, no multi-material comparisons were made.

NOTE 2—Since the interlaboratory tests for Options 2, 3, 4, and 5 included less than five laboratories, estimates of between-laboratory precision should be used with special caution.

NOTE 3—The tabulated values of the critical differences should be

considered to be a general statement, particularly with respect to between-laboratory precision. Before a meaningful statement can be made about two specific laboratories, the amount of statistical bias, if any, between them must be established, with each comparison being based on recent data obtained on specimens taken from a lot of material to the type being evaluated so as to be as nearly homogeneous as possible, and then randomly assigned in equal numbers to each of the laboratories.

13.4 *Bias*—The value of thickness of fabrics only can be defined in terms of a test method. Within this limitation, this test method has no known bias.

14. Keywords

14.1 fabric; thickness

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).

Designation: D 3776 – 96 (Reapproved 2002)

Standard Test Method for Mass Per Unit Area (Weight) of Fabric[1]

This standard is issued under the fixed designation D 3776; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ε) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This test method covers the measurement of fabric mass per unit area (weight) and is applicable to most fabrics.

1.2 There are four approved options:

1.2.1 *Option A*—Full Piece, Roll, Bolt or Cut (Section 7).

1.2.2 *Option B*—Full Width Sample (Section 8).

1.2.3 *Option C*—Small Swatch of Fabric (Section 9).

1.2.4 *Option D*—Narrow Fabrics (Section 10).

1.3 The values either in SI units or U.S. customary units are regarded as standard. U.S. customary units may be approximate.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards:* [2]

D 123 Terminology Relating to Textiles

D 1776 Practice for Conditioning Textiles for Testing

D 3773 Test Methods for Length of Woven Fabric

D 3774 Test Methods for Width of Woven Fabric

2.2 *Other Standard:*

ANSI/ASQC Z1.4 Inspection by Attributes[3]

3. Terminology

3.1 *Definitions:*

3.1.1 *weight, n—as used with fabrics*, mass per unit area.

3.1.1.1 *Discussion*—Fabric mass per unit area is expressed either as grams per square metre (ounces per square yard), or grams per linear metre (ounces per linear yard). Fabric mass is also sometimes expressed inversely as linear metres per kilograms (yards per pound) with the fabric width stated.

3.2 For definitions of other textile terms used in these test methods, refer to Terminology D 123.

4. Summary of Test Methods

4.1 Fabric mass is calculated from the mass of a specimen the length and width of which have been measured as directed in one of the procedures in Test Method D 3773 and D 3774.

5. Apparatus

5.1 *Scale*, with a capacity and sensitivity sufficient to weigh the full piece, roll, bolt, or cut units to within ±0.1 % of their gross mass. The accuracy of the scale should be certified by a recognized authority.

5.2 *Balance*, having a capacity and sensitivity to weigh within ±0.1 % of the mass of the specimens being tested.

5.3 *Cutting Die*, either square or round with an area of at least 13 cm^2 or 4 $in.^2$

6. Conditioning

6.1 Condition test specimens as directed in Practice D 1776.

6.2 All weighing tests should be made in the standard atmosphere for testing textiles (20 ± 1°C (70 ± 2°F), 65 ± 2 % RH), after the specimens have been conditioned in the same atmosphere. It may be impractical to condition the specimens in Option A or nonconditioned testing may be agreed upon by the purchaser and supplier. When the full rolls or bolts of fabric cannot be properly conditioned in a reasonable time with available facilities, perform the tests without conditioning and report the actual conditions prevailing at the time of the test. Such results may not correspond with the results obtained after testing adequately conditioned specimens in the standard atmosphere for testing textiles.

7. Option A—Full Piece, Roll, Bolt, or Cut

7.1 *Significance and Use*

7.1.1 Option A for the determination of mass per unit area of woven fabrics may be used for acceptance testing of commercial shipments since it has been used extensively in the trade.

7.1.2 In case of a dispute arising from differences in reported test values when using Test Methods D 3776 for acceptance testing of commercial shipments, the purchaser and the supplier should conduct comparative tests to determine if

[1] These test methods are under the jurisdiction of ASTM Committee D13 on Textiles and are the direct responsibility of Subcommittee D13.60 on Fabric Test Methods, Specific.

Current edition approved April 10, 1996. Published June 1996. Replaces Sections 35 to 41 of Methods D 1910 – 64 (1975). Originally published as D 3776 – 79. Last previous edition D 3776 – 85(1990).

[2] For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

[3] Available from American National Standards Institute, 11 W. 42nd St., 13th Floor, New York, NY 10036.

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.

there is a statistical bias between their laboratories. Competent statistical assistance is recommended for the investigation of bias. As a minimum, the two parties should take a group of test specimens which are as homogeneous as possible and which are from a lot of material of the type in question. The test specimens should then be randomly assigned in equal numbers to each laboratory for testing. The average results from the two laboratories should be compared using student's *t*-test for unpaired data and an acceptable probability level chosen by the two parties before testing is begun. If a bias is found, either its cause must be found and corrected or the purchaser and the supplier must agree to interpret future test results in the light of the known bias.

7.2 *Sampling*—As a lot sample for acceptance testing, take at random the number of rolls of fabric as directed in an applicable material specification or other agreement between the purchaser and the supplier. Consider rolls of fabric to be the primary sampling units. Consider the rolls of fabric in the lot sample as the laboratory sample and as the test specimens.

7.3 *Procedure*:

7.3.1 Measure the length of the full piece, roll, bolt, or cut by the hand procedure in Test Method D 3773.

7.3.2 Measure the width by the tension-free alternative of Option A of Test Method D 3774.

7.3.3 Weigh the fabric, with shell and holder, if any, to the nearest 0.1 % of its mass.

7.3.4 Weigh the holder, if any, to the nearest 0.1 % of its mass.

7.4 *Calculations*:

7.4.1 Determine the net weight of the fabric by subtracting the weight of the holder from the total weight.

7.4.2 Dimensions and mass may all be determined in SI units and mass per unit area calculated using Eq 1, Eq 2, or Eq 3, as follows:

$$g/m^2 = 10^3 M/LW \quad (1)$$

$$g/m = 10^3 M/L \quad (2)$$

$$m/kg = L/M \quad (3)$$

where:

M = mass of fabric, in kilograms,
L = length of fabric, in metres, and
W = width of fabric, in metres.

7.4.3 Calculate the mass per unit area, mass per linear yard, or linear yards per pound to three significant figures, unless otherwise specified, using Eq 4, Eq 5, Eq 6, or Eq 7, as follows:

Mass per unit area:

$$oz/yd^2 = 576M/LW \quad (4)$$

Mass per yard:

$$oz/yd = 16M/L \quad (5)$$

Linear yards per pound:

$$yd/lb = L/M \quad (6)$$

$$yd/lb = 16 \text{ oz/yd} \quad (7)$$

where:

M = mass of fabric, in pounds,
L = length of fabric, in yards, and
W = width of fabric, in inches.

7.4.4 If preferred, convert the U.S. customary units to SI units using Eq 8, Eq 9, or Eq 10, as follows:

$$\text{Mass, g/m}^2 = \text{oz/yd}^2 \times 33.906 \quad (8)$$

$$\text{Mass, g/m} = \text{oz/yd} \times 31.000 \quad (9)$$

$$\text{m/kg} = \text{yd/lb} \times 2.016 \quad (10)$$

8. Option B—Full Width Sample

8.1 *Significance and Use*:

8.1.1 This procedure is applicable to a full-width sample cut from a full piece, roll, bolt, or cut. Unless otherwise specified, these results will include selvages and will be on the basis of conditioned fabric.

8.1.2 Option B is not recommended for the acceptance testing of commercial shipments, since Option A is regularly used for that purpose.

8.2 *Sampling*:

8.2.1 *Lot Sample*—As a lot sample for acceptance testing, take at random the number of rolls of fabric as directed in an applicable material specification or other agreement between the purchaser and the supplier. Consider the roll of fabric to be the primary sampling units.

8.2.2 *Laboratory Sample*—From each roll or piece in the lot sample, cut—don't tear—at least one laboratory sample the full width of the fabric and at least 250 mm (10 in.) in length. The cut edges must be a straight line, free of indentations or bulges, unless both edges have been made to trace parallel filling yarns. In this procedure the complete laboratory sample is used as the specimen.

8.3 *Procedure*:

8.3.1 Measure the length of the conditioned specimen by the hand procedure of Test Method D 3773.

8.3.2 Measure the width by the tension-free alternative of Option A of Test Method D 3774.

8.3.3 Weigh the specimen in grams on a scale or balance to the nearest 0.1 % of its mass (weight).

8.4 *Calculations*:

8.4.1 Calculate the mass per unit area, mass per linear yard, or linear yards per pound to three significant figures, unless otherwise specified, using Eq 11, Eq 12, Eq 13, or Eq 14, as follows:

Mass per unit area:

$$oz/yd^2 = 45.72G/L_sW \quad (11)$$

Mass per linear yard:

$$oz/yd = 1.27G/L_s \quad (12)$$

Linear yards per pound:

$$yd/lb = 16/\text{oz per linear yd} \quad (13)$$

$$yd/lb = 12.6L_s/G \quad (14)$$

where:

G = mass of specimen, in grams,
L_s = length of specimen, in inches, and
W = width of specimen, in inches.

8.4.2 If preferred, convert the U.S. customary units to SI units using Eq 4, Eq 5, or Eq 6 in 7.4.3.

8.4.3 Alternatively, dimensions and mass may all be determined in SI units and calculated using Eq 15, Eq 16, or Eq 17, as follows:

Mass per unit area:

$$g/m^2 = 10^6 G/L_s W \quad (15)$$

Mass per linear metre:

$$g/m = 10^3 G/L_s \quad (16)$$

Linear metres per kilogram:

$$m/kg = L_s/G \quad (17)$$

where:

G = mass of specimen, g
L_s = length of specimen, mm, and
W = width of specimen, mm.

9. Option C—Small Swatch of Fabric

9.1 *Significance and Use*:

9.1.1 This procedure is applicable when a small swatch of fabric is sent to the laboratory to be used as the test specimen. The results are considered to be applicable to the sample only and not necessarily to the lot from which the sample was taken.

9.1.2 Measurements by this method do not include selvages and should be reported as such, unless a selvage allowance is specified.

9.1.3 Option C is not recommended for acceptance testing of commercial shipments since Option A is regularly used for that purpose.

9.2 *Sampling*—Option C is used only when limited fabric is available and should not be used for acceptance sampling. Prepare such specimens from small swatches as is possible.

9.3 *Preparation of Specimens*—Prepare a conditioned specimen having an area of at least 130 cm^2 (20 $in.^2$) or a number of smaller die cut specimens taken from different locations in the sample and having a total area of at least 130 cm^2 (20 $in.^2$) Do not take these specimens closer than one tenth of the fabric width to a selvage or cut edge. If insufficient fabric is available to meet these criteria, note that fact in the report.

9.4 *Procedure*:

9.4.1 Determine the area of the specimen(s) used. For die-cut specimens, the area of the die is normally given. For other specimens, multiply the length by the width.

9.4.2 Weigh the specimen(s) to within ±0.1 % of mass (weight) on a balance. Specimens of a fabric may be weighed together.

9.5 *Calculations*:

9.5.1 Dimensions and mass may be determined in SI units and calculated using Eq 15 (8.4.3), Eq 18, or Eq 19, as follows:

Mass per linear metre:

$$g/m = 10^3 GW/L_s W_s \quad (18)$$

Linear metre per kilogram:

$$m/kg = L_s W_s/GW \quad (19)$$

where:

G = mass of specimen, g
W = width of fabric, mm
L_s = length of specimen, mm, and
W_s = width of specimen mm.

9.5.2 Calculate the mass in ounces per square yard, ounces per linear yard, or linear yards per pound to three significant figures using Eq 11 (8.4.1), Eq 19, or Eq 20, as follows:

Mass per linear yard:

$$oz/yd = 1.27 GW/L_s W_s \quad (20)$$

Linear yards per pound:

$$yd/lb = 12.6 L_s W_s/GW \quad (21)$$

where:

G = mass of specimen, g,
W = width of fabric, in.
W_s = width of specimen, in., and
L_s = length of specimen, in.

9.5.3 If preferred convert the U.S. customary units to SI units by using Eq 8, Eq 9, or Eq 10 in 7.4.4.

10. Option D—Narrow Fabrics

10.1 *Significance and Use*:

10.1.1 This procedure is intended for use with narrow fabrics as so designated by the trade. These fabrics are usually 300 mm (12 in.) in width or less, have a selvage on both sides and are woven on multishuttle looms.

10.1.2 Option D is not recommended for acceptance testing of commercial shipments since Option A is regularly used for that purpose.

10.2 *Sampling*:

10.2.1 *Lot Sample*—As a lot sample for acceptance testing, take at random the number of rolls of fabric as directed in an applicable material specification or other agreement between the purchaser and the supplier. Consider the rolls of fabric to be the primary sampling units.

10.2.2 *Laboratory Sample*—From each roll or piece in the lot sample, cut a conditioned laboratory sample 1 m ± 3 mm (36.0 ± 0.10 in.) long perpendicular to the selvages. Take a minimum of three such laboratory samples from different places, distributed as evenly as practicable along the length of the roll or piece. In this procedure a complete laboratory sample is used as a specimen.

10.3 *Procedure*:

10.3.1 Measure the width of the fabric to the nearest 1 mm (0.125 in.) by the tension-free alternative of Option A of Test Methods D 3774.

10.3.2 Weigh each specimen to within ±0.1 % of its weight on a scale or balance.

10.4 *Calculations*:

10.4.1 If all measurements are made in SI units, use Eq 15, Eq 16 or Eq 17 in 8.4.3.

10.4.2 Calculate the average mass as ounces per linear yard or linear yards per pound using Eq 12, Eq 13, or Eq 14 from 8.4.1.

10.4.3 If preferred, convert the U.S. customary units to SI units using Eq 9 or Eq 10 in 7.4.4.

11. Report

11.1 State that the tests were made as directed in Option A (or B or C or D) in Test Methods D 3776. Describe the material or product sampled and the method of sampling used.

11.2 Report the following information:

11.2.1 Option used to measure fabric mass per unit area.

11.2.2 Fabric mass in ounces per square yard, or ounces per linear yard, or in yards per pound, to three significant figures.

11.2.3 Fabric mass in grams per square metre, or grams per linear metre, or metres per kilogram, to three significant figures.

11.2.4 Fabric width if mass is reported as mass per linear metre (yard) or metres per kilogram (yards per pound).

11.2.5 State whether the fabric weight includes or does not include selvages, and

11.2.6 Atmospheric conditions under which the tests were conducted and whether the specimens were conditioned as directed in Practice D 1776.

12. Precision and Bias

12.1 *Summary*—In comparing two averages of four observations when using Option B of Test Methods D 3776, the difference should not exceed the following amounts in 95 out of 100 cases when all of the observations were taken by the same well-trained operator using the same piece of equipment and specimens randomly drawn from the same sample of material:

Seersucker	0.125 oz/yd^2
Gingham	0.080 oz/yd^2
Corduroy	0.330 oz/yd^2
Denim	0.105 oz/yd^2

Larger differences are likely under all other circumstances. The procedure in Option B of Test Methods D 3776 has no known bias and is used as a referee method.

12.2 *Interlaboratory Test Data*—An interlaboratory test was run in 1981 in which randomly drawn specimens of four materials were tested in each of four laboratories using Option B of Test Methods D 3776. Two operators in each laboratory each tested two specimens of each material for mass per unit area. The first fabric was a 65 % polyester and 35 % cotton seersucker type basket weave. The second fabric was a 65 % polyester and 35 % cotton gingham check. The third fabric was an 88 % cotton and 12 % polyester corduroy. The fourth fabric was a 100 % cotton denim. The components of variance for fabric mass per unit area expressed as standard deviations were calculated to be as follows:

	Average Mass per Unit Area	Single-Operator Component	Within-Laboratory Component	Between-Laboratory Component
Seersucker	6.11 oz/yd^2	0.091	0.000	0.023
Gingham	2.90 oz/yd^2	0.029	0.000	0.031
Corduroy	10.42 oz/yd^2	0.119	0.073	0.082
Denim	7.45 oz/yd^2	0.038	0.000	0.066

NOTE 1—The square roots of the components are being reported to express the variability in the appropriate unit of measure rather than as the square of those units of measure.

12.3 *Precision*—For the components of variance reported in 12.2, two averages of observed values should be considered significantly different at the 95 % probability level if the difference equals or exceeds the critical differences in Table 1.

NOTE 2—The tabulated values of the critical differences should be considered to be a general statement, particularly with respect to between-laboratory precision. Before a meaningful statement can be made about two specific laboratories, the amount of statistical bias, if any, between them must be established with each comparison being based on recent data obtained on specimens taken from a lot of material of the type being evaluated so as to be as nearly homogeneous as possible and then randomly assigned in equal numbers to each of the laboratories.

12.4 *Bias*—Option B in Test Method D 3776 for measuring mass per unit area (weight) of full width samples has no known bias and is accepted as a referee procedure. The accuracy of the other procedures in Test Method D 3776 has not been established. Weights of unconditioned fabric will be affected by the past history of the product.

13. Keywords

13.1 fabric; mass per unit area; weight

TABLE 1 Critical Differences for the Conditions Noted, 95 % Probability Level, Option B, Mass per Unit Area[A]

Fabric	Number of Observations in Each Average	Single-Operator Precision	Within-Laboratory Precision	Between-Laboratory Precision
Seersucker (6.11 oz/yd^2)	1	0.249	0.249	0.257
	4	0.125	0.125	0.140
	8	0.088	0.088	0.109
	16	0.062	0.062	0.089
Gingham (2.90 oz/yd^2)	1	0.080	0.080	0.118
	4	0.040	0.040	0.095
	8	0.028	0.028	0.090
	16	0.020	0.020	0.088
Corduroy (10.42 oz/yd^2)	1	0.330	0.387	0.449
	4	0.165	0.261	0.346
	8	0.117	0.234	0.326
	16	0.082	0.218	0.315
Denim (7.45 oz/yd^2)	1	0.105	0.105	0.211
	4	0.053	0.053	0.190
	8	0.037	0.037	0.187
	16	0.026	0.026	0.185

[A] The critical differences were calculated using $t = 1.960$ which is based on infinite degrees of freedom.

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).

ภาคผนวก ค

มาตรฐานการทดสอบ BS EN 388

GLOVE STANDARDS

To conform with European legislation, all gloves supplied as personal protective equipment must comply with the Personal Protective Equipment Directive [implemented into UK law by The Personal Protective Equipment (EC Directive) Regulations 1992] and be CE marked.

Products such as gardening gloves, of "simple design", protecting from minor risk of injury can be self-certified by the manufacturer or importer. Gloves worn to protect the user from potentially life threatening risks must be independently tested by an approved test house to an appropriate European Standard. A summary of the main glove standards is given below:

BS EN 420	General requirements for all gloves (Sizing, product and packaging information and marking, etc.)
BS EN 374-2	Resistance to penetration by micro-organisms
BS EN 374-3	Resistance to chemical hazards
BS EN 381	Chainsaw hazards
BS EN 388	Protect against mechanical hazards
BS EN 407	Protect against heat and fire
BS EN 421	Protect against ionising radiation
BS EN 511	Protect against low temperature
BS EN 659	Firefighters' gloves

One of the important benefits of the standards is marking, which reduces the possibility of gloves being used incorrectly.

Gloves in the "simple design" category (protecting against minor risk) will have packaging marked with the words "For minimal risks only". Other gloves will have more information on the packaging, including:

The CE mark – showing it conforms to the appropriate standard, with the approved body identification number

A pictogram indicating the gloves protective properties

A series of numbers accompanying the pictogram, indicating its performance in the various tests applicable to that standard.

GLOVE STANDARDS AND ASSOCIATED MARKINGS

STANDARD	PICTOGRAM	DESCRIPTION	RATING
BS EN 374 – 2 Micro-organisms		Resistance to penetration by micro-organisms	1-6
BS EN 374 – 3 Chemical Hazards		Resistance to chemical permeation	1-3
BS EN 388 Mechanical Hazards		a) Resistance to abrasion b) Blade cut resistance c) Tear resistance d) Puncture resistance	0-4 0-5 0-4 0-4
		Impact Cut	Pass/Fail
		Static Electricity	Pass/Fail
BS EN 407 Thermal Hazards		a) Burning behaviour b) Contact heat c) Convective heat d) Radiant heat e) Small splashes of molten metal f) Large splashes of molten metal	0-4 0-4 0-4 0-4 0-4 0-4 x = test NA
BS EN 511 Protection from Cold		a) Resistance to convective cold b) Resistance to contact cold c) Permeability to water	0-4 0-4 0-1
BS EN 421 Radioactive Contamination		Resistance to ionising radiation (the amount of lead in the glove is marked on it)	

Note: For ratings, the higher the number the higher the level of performance

The Committee for Conformity Assessment of Accreditation and Certification on Functional and Technical Textiles
Specified Requirements of Protective Gloves against Mechanical Risks
Document No. FTTS-FP-105
Last revised date: August 30, 2005

1.Scope：

This standard specifies requirements, test methods and marking for protective gloves against the mechanical risks of abrasion, blade cat, tear and puncture.

2.Terminology：

The protective glove against mechanical risks glove that provides protection against at least on of the following mechanical risks: abrasion, blade cut and puncture

3.Performance specification：

Table 1 – Levels of performance

Test	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
6.1 Abrasion resistance (number of cycles)	100	500	2000	8000	-
6.2 Blade cut resistance(index)	1,2	2,5	5,0	10,0	20,0
6.3 Tear resistance(N)	10	25	50	75	-
6.4 Puncture resistance(N)	20	60	100	150	-

4. Conditioning of samples

– Temperature (23±2)°C;

– Relative Humidity (50±5)%.

The period of conditioning is 24 h. Tests shall preferably be performed in the above mentioned environment. If the test is performed in a different environment, it shall be started within 5 min after removal from the conditioning.

5. Testing Items

5.1 Abrasion resistance

5.2 Blade cut resistance

5.3 Tear resistance

5.4 Puncture resistance

6. Test method（Summary）：

6.1 Abrasion resistance

6.1.1 Apparatus: Refer to CNS 12915 L3233 section 6.17.5

6.1.2 Abradant: Glass Paper, Grade F2，Grit 100(or familiar material)

6.1.3 Test specimen preparing

Four test specimens shall be taken from four individual gloves of the same glove series. The diameter of each specimen is 38.0-38.5 mm.

6.1.4 Test procedure

(1) Place the ring of the specimen holder in position on the mounting plate provided on the base of the testing apparatus. Secure without tension carefully.

(2) Ensure that the ring containing the specimen and metal insert is held firmly in the mounting plate.

(3) Mount the test specimen holders on the top plate under a pressure of (9±0, 2) kPa.

(4) Switch on the testing machine. Begin the test and check the test specimens after 100 cycles. If there is no breakthrough continue the test until reaching 500 cycles (performance level 2). If there is no breakthrough,

(5) If a breakthrough is found when examining the test specimens at a given performance level, the classification shall be at the preceding inferior performance level. When breakthrough occurs at less than 2 mm of the edge of one test specimen or when tearing occurs, this test specimen has to be discarded and the entire test has to be repeated.

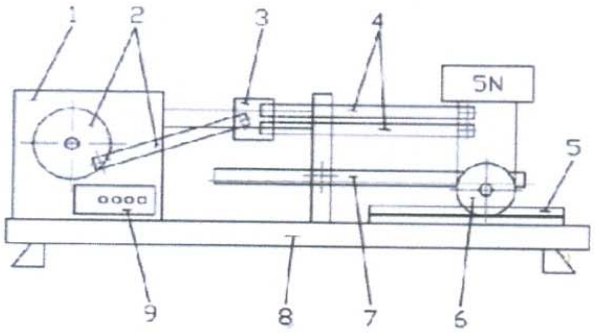
(6) Where the test specimen is made of several un-bonded layers, the test is performed on each layer, and the classification is based on the sum of the number of cycles.

6.1.5 Results and Report

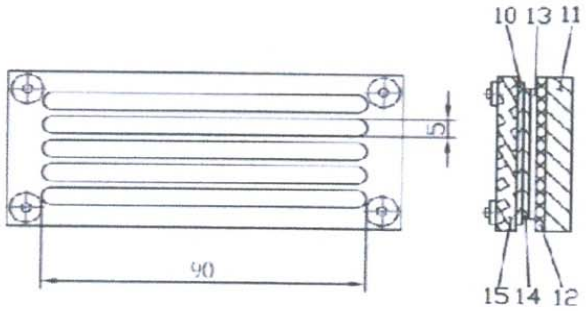
Where the test specimen is made of several unbounded layers, the test is performed on each layer, and the classification is based on the worst of the number of cycles.

6.2.1 Apparatus

Unit: mm



(a) Body of Mechanisms



(b) Specimen holder

Fig1. Apparatus for testing blade cut resistance of protective gloves

Key

1. Compartment of motor and electronic detection
2. Wheel and driving rod
3. Sliding system
4. Rods
5. Test piece device
6. Circular blade
7. Toothed rack
8. Support plate
9. Counter
10. Specimen
11. Insulated support
12. Conductive rubber
13. Aluminum foil
14. Filter paper
15. Upper part

a Alternating motion of the blade

6.2.2 Accessories of Apparatus

(1) a circular blade [2]) with a diameter of (45±0, 5) mm, a thickness of (3±0, 3) mm and a total cutting angle of 30° to 35° (see figure 3). The blade shall be in tungsten steel with a hardness of 740 HV to 800 HV;

Unit: mm

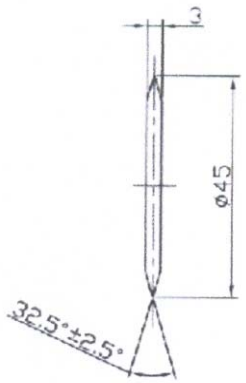


Fig2. Circular blade specifications

(2) a support of conductive rubber (hardness (80±3) 1HRD)

(3) Control specimen (or familiar material)

Table2. The specifications of Control specimen

Canvas	cotton spun from open end fibers
Linear mass warp and weft (tax)	161
Twist warp (t/m)	double twist S 280
Single yarn (t/m)	Z 500
Twist weft (t/m)	double twist S 280
Warp (threads per cm)	18
Weft (threads per cm)	11
Crimp warp (%)	29
Crimp weft (%)	4
Tensile strength in warp (N)	1400
Tensile strength in weft (N)	1000
Mass per unit area (g/m^2)	540
Thickness (mm)	1.2

6.2.3 Test specimen and Control specimen preparing

Each consists of a strip (60±6) mm wide and (100±10) mm long cut on the bias. In the case of a specimen made of several unbounded layers; the complete

specimen shall be tested with all layers together. For each glove series two test specimens shall be taken.

A strip (60±6) mm wide and (100±10) mm long of the control specimen is cut on the bias to the warp.

Unit: mm

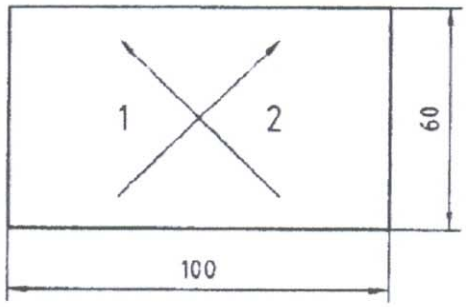


Fig3. Test specimen and Control specimen sampling

Key

1 Warp or longitudinal direction

2 Weft or transversal direction

6.2.4 Test procedure

(1) On the rubber support, place an aluminum foil of about 0.01 mm covered with a filter paper sheet of (65±5) g/m^2 and less than 0, 1 mm thick.

(2) The clamping frame is positioned on the table. The arm holding the blade is lowered onto the control specimen.

(3)Start the machine; at cut-through with the control specimen, the number of cycles (C) is recorded.

(4) The test specimen is subjected to the same test and the number of cycles (T) is recorded.

(5) Five tests shall be made on each test specimen according to the following sequence for each test:

a. Test on control specimen;

b. Test on test specimen;

c. Test on control specimen.

6.2.5 Results and Report

If a result is on the limit between two performance levels, the test is repeated with a new blade. The lowest mean value is recorded. Calculation of the index is made according to Table 3. the final index value (I) is the minimum value of the

Table3. The specifications of Control specimen

Sequence	(C_n) Control specimen	(T_n) Test specimen	(C_{n+1}) Control specimen	(i_n) Index
1	C_1	T_1	C_2	i_1
2	C_2	T_2	C_3	i_2
3	C_3	T_3	C_4	i_3
4	C_4	T_4	C_5	i_4
5	C_5	T_5	C_6	i_5

$$\bar{C}_n = \frac{C_n + C_{n+1}}{2} \quad \text{----- (1)} \qquad i_n = \frac{\bar{C}_n + T_n}{\bar{C}_n} \quad \text{----- (2)}$$

$$I = \frac{1}{5} \sum_{n=1}^{5} i_n \quad \text{----- (3)}$$

6.3 Tear resistance

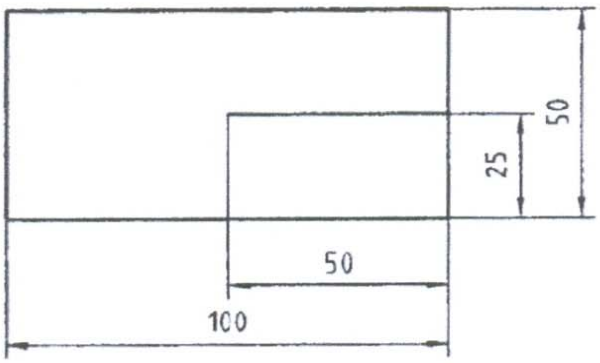
6.3.1 Apparatus : Refer to CNS 12915 L3233 section 6.15.1

6.3.2 Test specimen preparing

The test specimen dimensions are defined in figure 4. Dimensions of the specimen is (100 ± 10) mm x (50 ± 5) mm incision is made in the longitudinal direction of the sample,(25 ± 2.5)mm from the edge.

The last millimeter of the incision is to be made with a sharp unused blade straight and perpendicular to the specimen surface. The 50 mm of each pre-cut defined strip (see figure 4) .

The test shall be performed on one specimen cut from each of four different gloves of the same glove series in case .Two specimens shall be tested in the direction of the glove from cuff to finger tips, and two specimens shall be teste across the palm width (see Figure 5).



Unit: mm

Fig4. Dimension of test specimen

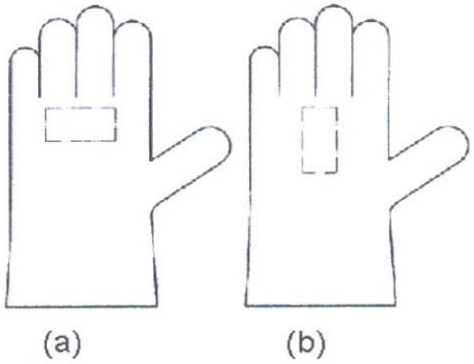


Fig5. The way of sampling

Key

a) in the direction of the glove

b) across the palm width of the glove

6.3.3 Test procedure

(1) Clamping the specimen into machine.

(2) The tearing force is recorded on computer at a tensile test speed of (100 ± 10) mm/min. The specimen shall be torn totally apart.

(3) the test specimen is made of several unbounded layers, the test is performed on each layer, and the classification is based on the highest value obtained.

6.3.5 Results and Report

The tear resistance for each specimen is taken as the highest peak recorded, and the classification is determined by taking the lowest of the four values.

6.4 Puncture resistance

6.4.1 Apparatus :

Key

Unit: mm

1. Steel 60 HRC Rockwell
2. Ra: Average Roughness of centre-line
3. rcc: radiation cure coating

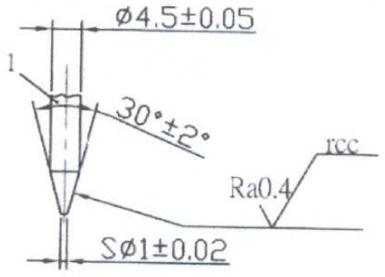
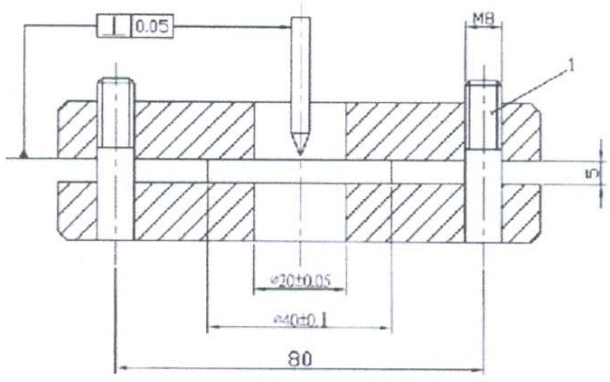


Fig6. Steel stylus



Unit: mm

Fig7. Retaining device

Key

1. Tightening stud

6.4.2 Test specimen preparing

The test shall be performed on four specimens cut from four different gloves of the same glove series. A circular specimen with a minimum diameter of 40.0-40.5 mm is taken in such a way that seams, reinforcements or extra thicknesses are

located outside the clamping area and the point of perforation.

6.4.3 Test procedure

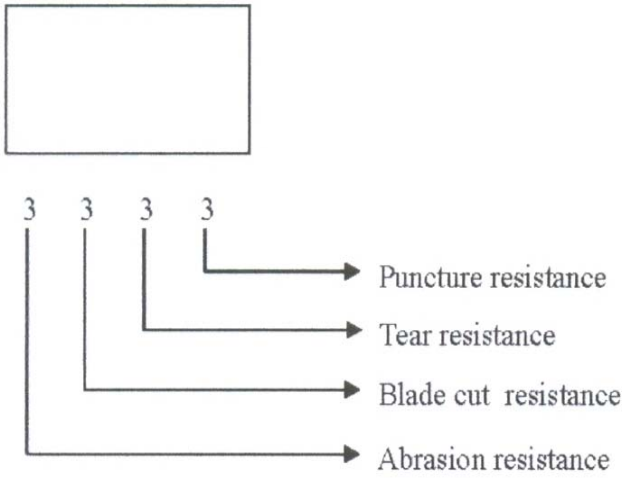
(1) To set gauge about 50.0-50.5mm. Then clamp the specimen into machine and start the machine at a tensile test speed of (100 ± 10) mm/min. After testing record the highest value.

(2) In the case of several unbounded layers, these layers are tested together.

6.4.5 Results and Report

The classification is determined by the lowest value recorded.

7. Marking



8. Reference standard：

BS EN 388：2003	Protective gloves against mechanical risks
BS EN 420：2003	Protective gloves-General requirements and test methods
CNS 12915 L3233-1991	Method of test for fabrics

ภาคผนวก ง

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่

Thai T&A
Vol.5/March/2011
5th Anniversary
Textile&Apparel
trade magazine for textile & apparel industry
ISSN 1906-0149
จับตาสิ่งทอ 54
38 ปี พิสิษฐ์อินเตอร์กรุ๊ป
ส่งออกสิ่งทอ เตรียมรับมือค่าเงินบาท
Water footprint แนวคิด
ที่กำลังได้รับความสนใจ

บทบรรณาธิการ

คงไม่มีข่าวชิ้นใดที่นับเป็นการสูญเสียของคนไทยในช่วงต้นปีที่ผ่านมา นั่นก็คือข่าวการละสังขารของพระธรรมวิสุทธิมงคล หรือ หลวงตามหาบัวญาณสัมปัณโณ แห่งวัดป่าบ้านตาด จ.อุดรธานี พระสายวัดป่าผู้ปฏิบัติดีปฏิบัติชอบ ซึ่งนับวันจะหาอริยสงฆ์ได้ยากยิ่งในปัจจุบัน

ว่ากันว่าบุคคลที่มีจิตโน้มเอียงมาทางธรรมนั้นเป็นอนุสัยมาแต่ภพชาติในอดีต ไม่ว่าจะเกิดที่ไหนในโลกพรหมลิขิตจะชักจูงดึงเข้าสู่หนทางแห่งความสงบ ดูอย่างหลวงตาบัว ก่อนที่ท่านจะครองเพศบรรพชิตที่ท่านไม่เคยคิดจะบวชเรียนมาก่อน เพราะอยากมีครอบครัวแต่กลับไม่สามารถครองเรือนเพราะมักจะเกิดอุปสรรคให้แคล้วคลาดตลอดเวลา แม้บิดามารดารบเร้าให้บวชหลายต่อหลายครั้งแต่ท่านก็ยังไม่ตอบรับกระทั่งพ่อแม่น้ำตาร่วง เมื่อเห็นเช่นนั้นก็รำพึงว่าตนบาปหนักหนาที่ทำให้พ่อแม่ร้องไห้ ด้วยเหตุนี้ท่านจึงยอมบวชตามประเพณีเพื่อตอบแทนพระคุณพ่อแม่ โดยตั้งใจไว้ว่าจะบวชเพียงระยะสั้นๆ เท่านั้น แต่เมื่อเข้าสู่ร่มกาสาวพัสตร์แล้วก็ซาบซึ้งในรสพระธรรม ความตั้งใจจะสึกเป็นเพศฆราวาสก็ไม่มีอีกเลย แม้บิดามารดาจะขอร้องให้สึกก็ตาม

ตลอดเวลาของการเทศนาอบรมสั่งสอนของหลวงตา ท่านย้ำเตือนให้หมั่นสร้างความดี ละการทำชั่ว ทำจิตให้ผ่องใส ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของพระพุทธศาสนา และการละสังขารของหลวงตาบัว ท่านคงอยากจะอบรมให้เราระลึกถึงมรณานุสติมากกว่าการยึดติดพิธีกรรมเท่านั้น

บรรณาธิการบริหาร: ดาหวัน สว่างอารมย์
บรรณาธิการบทความ: บังอร ไทรเกตุ
กองบรรณาธิการ: ศิริพร แสงแก้ว, กันตินันท์ เพียสุพรรณ
บรรณาธิการศิลปกรรม: สิรัญญา วิศาลศักดิ์
ศิลปกรรม: สมลักษณ์ รามโคกกรวด, ดลฤดี อินทมาตย์
ที่ปรึกษาอาวุโส: คุณมานะ เอื้อธารพิสิฐ
ทีมที่ปรึกษา: วิรัตน์ ตันเดชานุรัตน์, ดร.ไพจิตร วิบูลย์ธนสาร, ดร.จตุพร สิงขรรณ, ดร.สาธิต พุทธชัยยงค์, ดร.พงษ์ศักดิ์ สวัสดิเกียรติ, สำเริง จงดีไพศาล ดร.รุธิร์ พนมยงค์, ดร.จิตติวัฒน์ บุญรุ่ง, อ.สุรพล ตรงต่อศักดิ์, เจน นำชัยศิริ, สมศักดิ์ ศรีสุกรวาณิชย์, ถาวร ตันติศิริวิทย์, เดช พัฒนเศรษฐพงษ์, เศรษฐ วานิชวงศ์, นพดล เปี่ยมกุลวานิช, จิตติคุณ เจียมพิทยานุวัฒน์, วิกร พรหมชนะ, คมสรรค์ วิจิตรวิกรม, กรองยศ นพปราเชญ์, นพดุล เกษจรัล, ถวัลย์ อารีรัตนมาศ, ธีรภาพ เอี่ยวพิทยากุล, อ.ชัชวาลย์ งามศรี, วิชาญ อร่ามวารีกุล, กศิน นิธิธนศักดิ์, พิเชษฐ เกียรติเดชปัญญา, เสริมศักดิ์ วงษ์ชัย, เกียรติชัย โลหชิตรานนท์, สวัสดี ปัญญาศร, วันเพ็ญ จันทร์แก้ว, พิชิต จงคำนึงสุข

Published by
D day Creative Co., Ltd.
105/116 Moo 8, Talingchan-Suphanburi Rd.,
Bangbuathong Nonthaburi 11110
Tel. 0 2597 5893, 0 2597 5894
Fax. 0 2597 5821
ติดต่อโฆษณา
โทร. 08 6024 3913

ออกแบบ
บริษัท สร้างสื่อ จำกัด 17/118 ซอยประดิพัทธ์ 1
ถนนประดิพัทธ์ แขวงสามเสนใน เขตพญาไท
กรุงเทพฯ 10400
โทร. 0 2279 9636, 0 2271 4339
โทรสาร 0 2618 7838

พิมพ์ที่
บริษัท พิมพ์ดี จำกัด

THESIS

การศึกษาสมบัติทางกายภาพผ้าถักสามมิติ

A STUDY ON THE PROPERTY OF NYLON 66 THREE-DIMENSIONAL KNITTED FABRIC

วัฒนพร มีแสง สุจิระ ขอจิตต์เมตต์**

Wattanaporn Meesaeng Sujira Khojitmate**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมบัติของผ้าถักที่ผลิตจากเส้นด้ายไนลอน 66 ชนิดความแข็งแรงสูง เบอร์ 470 ดีเท็กซ์ และเบอร์ 700 ดีเท็กซ์ มาทำการถักด้วยเครื่องถักผ้าวงกลม ซึ่งมีชุดเข็มถักผ้า 2 ชุด มีความหนาแน่นของเข็มถักต่อนิ้ว 18 เข็มและ 14 เข็ม ด้วยโครงสร้างผ้าถักสามมิติ จากนั้นนำผ้าที่ถักจากเส้นด้ายเบอร์ 470 ดีเท็กซ์ เข็มถัก 18 เข็มต่อนิ้วและผ้าที่ถักจากเส้นด้ายเบอร์ 700 ดีเท็กซ์เข็มถัก 14 เข็มต่อนิ้ว ไปทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพ ตามมาตรฐาน BS EN388:2004 เรื่อง 1. การทดสอบความต้านทานต่อการขัดถู ผลการทดสอบพบว่าผ้าทั้งสองชิ้นมีค่าความต้านทานสูงกว่า 8,000 รอบ สูงกว่าระดับค่ามาตรฐานสูงสุด (ระดับ 4) 2. การทดสอบความต้านทานต่อการบาด ผลการทดสอบพบว่าผ้าที่ถักจากเส้นด้ายเบอร์ 470 ดีเท็กซ์ เข็มถัก 18 เข็มต่อนิ้ว มีค่าความต้านทานต่อการบาด ค่าดัชนีเฉลี่ย 6.5 ค่าความต้านทานต่อการบาดระดับ 3 และผ้าที่ถักจากเส้นด้ายเบอร์ 700 ดีเท็กซ์เข็มถัก 14 เข็มต่อนิ้ว มีค่าความต้านทานต่อการบาด ที่ค่าดัชนีเฉลี่ย 10.2 ค่าความต้านทานต่อการบาดที่ระดับ 4 ผ้าที่ถักด้วยเส้นด้ายเบอร์ 700 ดีเท็กซ์ มีความต้านทานต่อการบาดได้สูงกว่าผ้าที่ถักด้วยเส้นด้ายเบอร์ 470 ดีเท็กซ์ 3. การทดสอบความต้านทานต่อการฉีกขาด ผลการทดสอบพบว่าผ้าทั้งสองชิ้น มีค่าความต้านทานต่อการฉีกขาดได้สูงกว่าระดับมาตรฐานที่กำหนดไว้สูงสุด (ระดับ 4 ทนแรงได้มากกว่า 70 นิวตัน) มีความต้านทานต่อการฉีกขาดมากกว่า 200 นิวตัน 4. การทดสอบความต้านทานต่อการเจาะทะลุผลการทดสอบพบว่าผ้าทั้งสองชิ้นมีค่าความต้านทานต่อการเจาะทะลุได้สูงกว่าระดับมาตรฐานสูงสุด (ระดับ 4 ทนแรงได้มากกว่า 150 นิวตัน) มีความต้านทานต่อการเจาะทะลุมากกว่า 250 นิวตัน จากผลการทดสอบผ้าที่ถักด้วยเส้นด้ายเบอร์ 700 ดีเท็กซ์ มีคุณสมบัติด้านการต้านทานต่อการบาดได้ดีกว่าผ้าที่ถักด้วยเส้นด้ายเบอร์ 470 ดีเท็กซ์ คุณสมบัติด้านความต้านทานต่อการขัดถู ความต้านทานต่อการฉีกขาด ความต้านทานต่อการเจาะทะลุไม่มีความแตกต่างกันผลการทดสอบสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ระดับสูงสุด

คำสำคัญ: เส้นด้ายไนลอน 66 ผ้าถักสามมิติ ผ้าถักแนวนอน เครื่องถักผ้าวงกลม

** ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110*
Email: banmeesaeng@hotmail.com, Email: wattanaporn@pg.co.th

** Department of Textile Engineering, Faculty of Engineering, RMUTT, Thanyaburi, Pathumthani 12110*
Email: banmeesaeng@hotmail.com, Email: wattanaporn@pg.co.th

Abstract

The research aims to study the properties of knitted fabrics made from high Tenacity nylon 66 number 470 detex and number 700 detex. The knitted fabric composed of high strength Nylon 66 was knitted using Circular knitting machine having needles per inch 18 gauge and 14 gauge with three-dimensional structure knitted fabrics. This is one type of weft knitted fabric which gives higher fabric thickness and higher fabric weight more thane normal clothes. Then the fabric knitted from yarn number 470 detex needle 18 gauge and knitted fabric from yarn number 700 detex needle 14 gauge and to test the physical properties according to standard BS EN388: 2004 Subject: 1. Test on the Abrasion resistance. The results showed that the two pieces of fabric. The resistance average value> 8,000 cycles performance level 4 (8,000 cycle) 2. Test on the Blade cuts resistance. The results showed that the knitted fabric from yarn number 470 detex The average value 6.5 index and the resistance performance level 3 (5.0 I) The knitted fabrics from yarn number 700 detex the average value 10.2 index and the resistance performance level 4 (10.0 I) The knitted fabrics with yarn number 700 detex the blade cuts resistance was higher than the knitted fabrics with yarn number 470 detex 3. Test on Tear resistance. The results showed that the two pieces of fabric. the resistance to Tear average value >200 newtons and the resistance performance level 4 (75 N) 4. Test on the Puncture resistance. The results showed that the two pieces of fabric. The resistance to Puncture average value >250 Newtons and the resistance performance level 4 (150 N). The result to test knitted fabrics with yarn number 700 detex, The properties of resistance to blade cuts better than knitted fabrics with yarn number 470 detex. The properties of resistance to abrasion, The resistance to tear and The resistance to the puncture with good results similar value no difference was higher thane the standard set at the highest level.

Keywords: Nylon 66 weft knitted fabric three-dimensional fabrics circular knitting machines.

1. บทนำ

การทำผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการป้องกัน เช่น ปลอกแขนหรือถุงมือ ส่วนมากต้องใช้ผ้าที่ผลิตจากเส้นใยที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศมาเป็นวัสดุที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์หรือนำเข้าผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีราคาแพง ทำให้ต้นทุนในการผลิตสูง

จากปัญหาดังกล่าวนี้ จึงเกิดแนวคิดที่จะใช้เส้นใย เส้นด้ายหรือวัสดุทางด้านสิ่งทอที่ผลิตภายในประเทศ นำมาผลิตเป็นผืนผ้าถักเพื่อใช้ทำผลิตภัณฑ์ โดยการนำเอาเส้นใยสังเคราะห์ชนิดไนลอน 66 ที่มีความแข็งแรงสูงมาทำการผลิตเป็นผืนผ้าด้วยโครงสร้างผ้าถักสามมิติ โดยใช้เครื่องถักผ้าวงกลม เป็นเครื่องถักสำหรับผลิตผืนผ้า เป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการนำเข้าวัสดุจากต่างประเทศ ตลอดจนถึงการลดต้นทุนการผลิต ทำให้สินค้ามีราคาต่ำลง และผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ในประเทศ สามารถนำไปใช้ในการป้องกันการบาดเจ็บจากการทำงาน ช่วยป้องกันการเกิดอุบัติเหตุ สร้างขวัญและกำลังใจในการทำงาน จึงเป็นเหตุจูงใจให้ผู้วิจัยมุ่งหมายที่จะศึกษาค้นคว้า เรื่องการนำเอาเส้นด้ายจากเส้นใยสังเคราะห์มาผ่านกระบวนการผลิตผ้าถัก ด้วยเครื่องถักผ้าวงกลม และศึกษาคุณสมบัติผ้าทางกายภาพ สำหรับนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพผ้าถักสามมิติจากเส้นด้ายไนลอน 66 ความแข็งแรงสูง

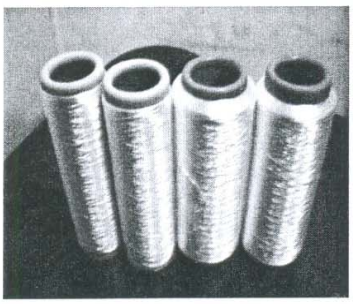
3. การทดลอง

1. นำเส้นด้ายไนลอน 66 ขนาดเบอร์ 470 ดีเท็กซ์ และเบอร์ 700 ดีเท็กซ์ ทดสอบความแข็งแรงของเส้นด้าย (Tenacity) และความยืดหยุ่นของเส้นด้าย (Elongation)

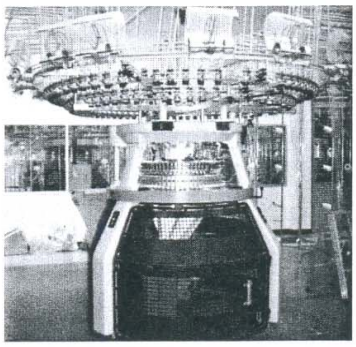
2. นำเส้นด้ายไนลอน 66 เบอร์ 470 ดีเท็กซ์มาถักเป็นผืนผ้าโครงสร้างผ้าสามมิติ [4] ที่ความละเอียดเข็มถัก 18 เข็มต่อนิ้วและนำเส้นด้ายไนลอน 66 เบอร์ 700 ดีเท็กซ์ มาถักเป็นผืนผ้าโครงสร้างผ้าสามมิติ ที่ความละเอียดเข็มถัก 14 เข็มต่อนิ้วด้วยเครื่องถักผ้า Circular Knitting Machine Type Double knitting machine มีชุดเข็มถักผ้า 2 ชุด

3. นำผ้าถักมาทำการซักล้างทำความสะอาดตามกระบวนการที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที อบแห้งแบบ Tumbler Dry ที่อุณหภูมิ 90-95 องศาเซลเซียส เวลา 25 นาที ปรับหน้าผ้าและรีดด้วยเครื่อง Calender

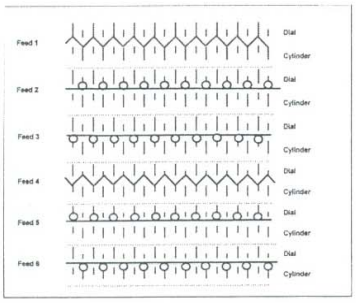
4. นำผ้าถักทั้งสองตัวอย่างที่ถักจากเส้นด้ายเบอร์ 470 ดีเท็กซ์และเบอร์ 700 ดีเท็กซ์ ไปทำการทดสอบตามมาตรฐาน EN 388:2004 เรื่อง ความต้านทานต่อการขัดถู (Abrasion resistance) ความต้านทานต่อการบาด (Blade cut resistance) ความต้านทานต่อแรงฉีกขาด (Tear resistance) และความต้านทานต่อแรงเจาะทะลุ (Puncture resistance)



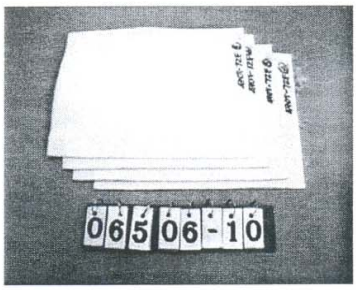
รูปที่ 1 เส้นด้ายไนลอน 66 เบอร์ 470 ดีเท็กซ์ และเบอร์ 700 ดีเท็กซ์



รูปที่ 2 เครื่องถักผ้า Double Knitting Machine ยี่ห้อ Mayer & Cie Model D4-2.2



รูปที่ 3 โครงสร้างผ้าถักสามมิติ



รูปที่ 4 ชิ้นผ้าตัวอย่าง

ผลการทดสอบผ้าถักสามมิติทั้งสองตัวอย่างตามมาตรฐาน EN 388:2004 ได้ผลการทดสอบดังนี้

1. ความคงทนต่อการขัดถู (Abrasion resistance) สูงมากกว่า 8,000 รอบ ค่าความคงทนอยู่ในระดับ 4 ระดับสูงสุด

2. ความคงทนต่อการบาด (Blade cut resistance) ผ้าที่ถักด้วยเส้นด้ายไนลอน 66 เบอร์ 470 ดีเท็กซ์ ได้ค่าเฉลี่ยที่ 6.5 ค่าความคงทนต่อการบาดอยู่ที่ระดับ 3 (5.0)

ผ้าที่ถักด้วยเส้นด้ายไนลอน 66 เบอร์ 700 ดีเท็กซ์ได้ค่าเฉลี่ยที่ 10.2 ค่าความคงทนต่อการบาดอยู่ที่ระดับ 4 (10.0)

3. ความต้านทานต่อแรงฉีกขาด (Tear resistance) ทนต่อแรงเฉือนที่กระทำได้มากกว่า 200 นิวตัน ทั้งสองตัวอย่าง ค่าความคงทนอยู่ในระดับ 4 ระดับสูงสุด (75 นิวตัน)

4. ความต้านทานต่อการเจาะทะลุ (Puncture resistance) แรงเจาะในลักษณะแบบเป็นจุดเดียวที่กระทำต่อตัวอย่าง ทนต่อการเจาะทะลุที่กระทำได้มากกว่า 250 นิวตันทั้งสองตัวอย่าง ค่าความคงทนอยู่ในระดับ 4 ระดับสูงสุด (150 นิวตัน)

ผลการทดสอบพบว่าผ้าทั้งสองตัวอย่างมีความแตกต่างในด้านความคงทนต่อการบาด ผ้าที่มีความหนามากกว่าทนต่อการบาดได้สูงกว่า แต่ยังไม่ถึงระดับที่สูงสุด (ระดับ 5)

4. ผลการทดสอบ

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบผ้าถักสามมิติ ตามมาตรฐาน EN 388:2004

Testing	Result	Result	Combine/ Separate Test Item (s)
	Nylon 66 (470T-72F)	Nylon 66 (700T-102F)	
Abrasion resistance (NF EN 388:2004 §6.1)	Level 4 (> 8000 cycles)	Level 4 (>8000 cycles)	(SO1)
Blade cut resistance (NF EN 388:2004 §6.2)	Level 3 (6.5 I)	Level 4 (10.2 I)	(SO1)
Tear resistance (NF EN 388:2004 §6.3)	Level 4 (>200 N)	Level 4 (>200 N)	(SO1)
Puncture resistance (NF EN 388:2004 §6.4)	Level 4 (>250 N)	Level 4 (>250 N)	(SO1)

ตารางที่ 2 แสดงระดับค่ามาตรฐานการทดสอบ EN 388:2004

Test Item	Performance Level					
	0	1	2	3	4	5
Abrasion Resistance (NF EN 388:2004 §6.1) Number of cycles (minimum)	<100	100	500	2000	8000	---
Blade Cut Resistance (NF EN 388:2004 §6.2) Index (I) (minimum)	<1.2	1.2	2.5	5.0	10.0	20.0
Tear Resistance (NF EN 388:2004 §6.3) Force (N) (minimum)	<10	10	25	50	75	---
Puncture Resistance (NF EN388:2004 §6.4) Force (N) (minimum)	<20	20	60	100	150	---

** Performance level 0 mean the fabric or glove faile below the minimum performance level for the given Individual hazard.*

5. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดสอบพบว่าผ้าที่ถักด้วยโครงสร้างผ้าสามมิติที่จากเส้นไนลอน 66 ที่มีค่าความแข็งแรง (Tenacity) สูงและมีขนาดโต ลักษณะของผืนผ้าคล้ายกับผ้าสองชิ้นวางประกบด้วยกันโดยมีเส้นด้ายเชื่อมต่อระหว่างกลาง มีความคงทนต่อการขัดถูและความคงทนต่อแรงฉีกขาดเหมาะที่จะนำไปใช้งานในลักษณะที่มีการเสียดสีกันได้ดี เช่น ผ้าหุ้มเบาะรถยนต์ เฟอร์นิเจอร์ ส่วนความคงทนต่อการบาดทนได้ในระดับ 3 และระดับ 4 เท่านั้น ระดับที่ดีที่สุด ระดับ 5 และจากการทดสอบพบว่าผ้าที่ถักจากเส้นด้ายทั้งสองขนาดความคงทนต่อการทะลุได้ในระดับ 4 ระดับที่สูงสุด จากคุณสมบัติดังกล่าวนี้ สามารถนำผืนผ้าไปใช้ประโยชน์ ด้านการป้องกันของมี

คมหรือของแหลมได้ ส่วนความคงทนต่อการบาดที่ระดับ 3 และระดับ 4 สามารถพัฒนาต่อไปได้ให้ถึงระดับสูงสุดโดยการใช้โครงสร้างผ้าสามมิติและเลือกใช้วัตถุดิบเส้นใยที่มีคุณสมบัติที่ดีกว่าวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้นั้นอย่างสมบูรณ์นั้นเพราะได้รับความช่วยเหลือและคำชี้แนะต่างๆ จากคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อีกทั้งได้รับความอนุเคราะห์ จากผู้ทรงคุณวุฒิ ดังนี้

คุณสมพร ติยะวิบูลย์ศิริ กรรมการผู้จัดการ บริษัท ประชาอาภรณ์ จำกัด (มหาชน) และคณะกรรมการบริหารทุกท่านที่ให้การสนับสนุนทางด้านทุนการศึกษาเวลาเรียนและการใช้เครื่องจักรและเครื่องมือในการทำงานวิจัย

ร.ศ.สุจิระ ขอจิตต์เมตต์ อาจารย์ที่ปรึกษา ให้ความช่วยเหลือและคำชี้แนะต่างๆ

คุณชิงชัย สุกใส ผู้จัดการ บริษัท Thai Toray Synthetics ที่ให้การสนับสนุนวัตถุดิบ เส้นด้ายไนลอน 66 สำหรับการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

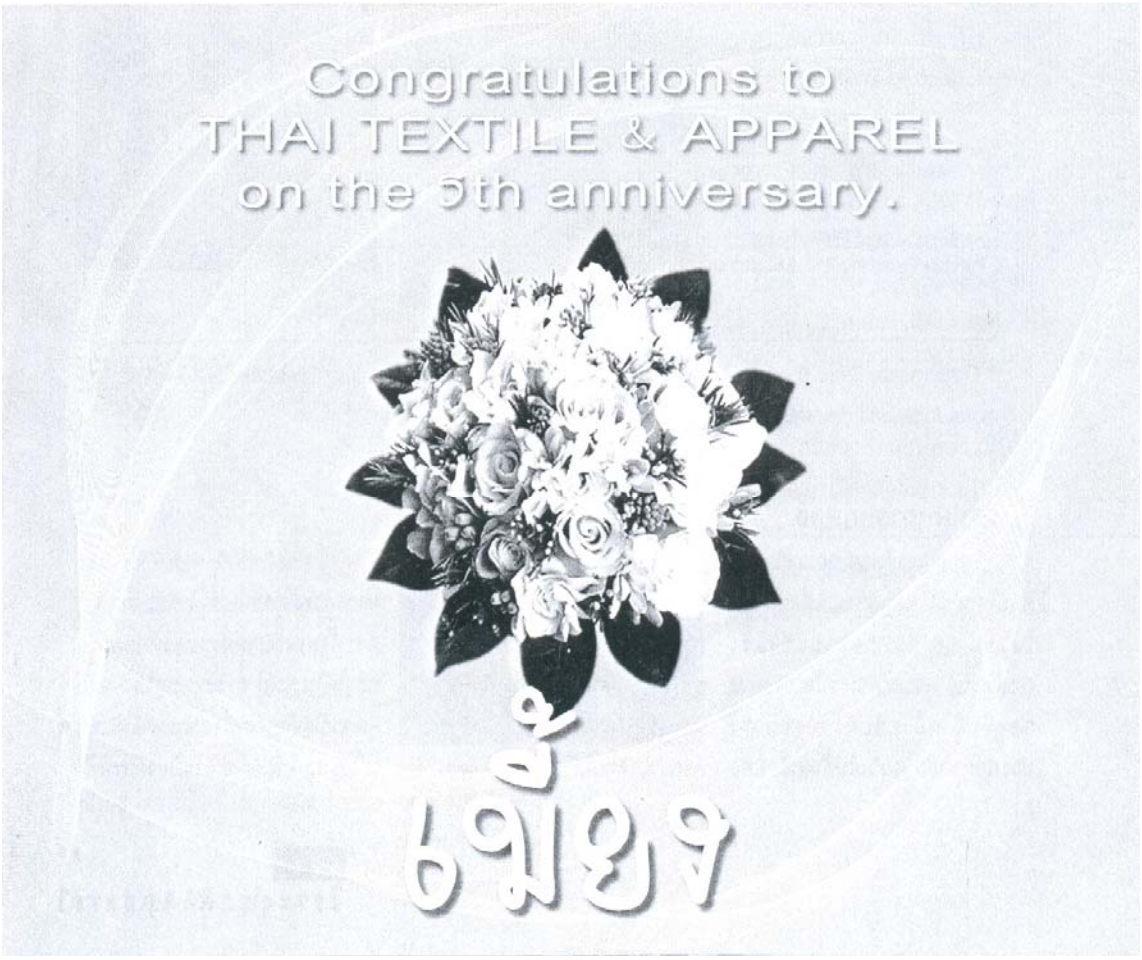
[1] สมภพ นราภิรมย์อนันต์ การถักผ้า (Knitting) ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

[2] สมนึก สังข์หนู โครงสร้างผ้าและสมบัติผ้า ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

[3] David j.Spancer "Knitting Technology" Knosssington Leicestershire July 1982

[4] Bruer, S.m., Powell, N.Smith, G, Three-Dimensionally Knit Spacer Faber A Review of Production Techniques and Application. JTATM, 4(2005) Issue 4

[5] IYER, MAMMEL, SCHACH : CIRCULAR KNITTING Technology Process Structures Yarn Quality 2 rev. and extended ed. by Meisenbach Bamberg. 1995



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายวัฒนพร มีแสง
วัน เดือน ปีเกิด	26 สิงหาคม 2505
ที่อยู่	358 หมู่ 6 ถ.สุวรรณศร ต.กบินทร์
	อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี 25110
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งทอ
	วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา พ.ศ. 2531

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2528 – พ.ศ. 2531	วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพ
พ.ศ. 2531 - ปัจจุบัน	ตำแหน่ง ผู้จัดการแผนกผลิต (ผ้าถัก)
	บริษัท ประชาอาภรณ์ จำกัด (มหาชน)

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่

วัฒนพร มีแสงและสุจิระ ขอจิตต์เมตต์ **“การศึกษาสมบัติทางกายภาพผ้าถักสามมิติ”** Textile & Apparel ISSN 1906 -0149 Vol.5/March/2011.