การศึกษาคุณสมบัติโครงสร้างผ้าทอต่อการลดเจาะทะลุของกระสุนปืน

A STUDY PROPERTY OF THE STRUCTURAL WEAVED TEXTILE RESISTING PENETRATION OF BULLET

เฉลิมพล พุดศรี

CHALEAMPOL POODSRI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสิ่งทอ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

พ.ศ. 2554

การศึกษาคุณสมบัติโครงสร้างผ้าทอต่อการลดเจาะทะลุของกระสุนปืน

เฉลิมพล พุดศรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสิ่งทอ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
พ.ศ. 2554

A STUDY PROPERTY OF THE STRUCTURAL WEAVED TEXTILE RESISTING PENETRATION OF BULLET

CHALEAMPOL POODSRI

A THESIS SUMITTED IN 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 TECHNOLOGY THANYABURI

2011

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นงานวิจัยที่เกิดจากการค้นคว้าและวิจัยขณะที่ข้าพเจ้าศึกษาอยู่ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ดังนั้นงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีและข้อความต่างๆ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ข้าพเจ้าขอรับรองว่าไม่มีการคัดลอกหรือนำงานวิจัยของผู้อื่นมานำเสนอในชื่อของข้าพเจ้า

เรืออากาศโทเฉลิมพล พุดศรี

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

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาคุณสมบัติโครงสร้างผ้าทอต่อการลดเจาะทะลุของกระสุนปืน A STUDY PROPERTY OF THE STRUCTURAL WEAVED TEXTILE RESISTING PENETRATION OF BULLET
ชื่อนักศึกษา	เรืออากาศโทเฉลิมพล พุดศรี
รหัสประจำตัว	115160450101-5
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
(รองศาสตราจารย์ธีรพงษ์ ไชยเฉลิมวงศ์)

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

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมนึก สังข์หนู)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์สุจิระ ขอจิตต์เมตต์)

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

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาคุณสมบัติโครงสร้างผ้าทอต่อการลดเจาะทะลุของกระสุนปืน
นักศึกษา	เรืออากาศโทเฉลิมพล พุดศรี
รหัสประจำตัว	115160450101-5
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สิ่งทอ
ปีการศึกษา	2553
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ สุจิระ ขอจิตต์เมตต์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติโครงสร้างผ้าทอต่อการลดเจาะทะลุของกระสุนปืนขนาด 9 มม. โดยที่นำเส้นด้ายไนลอน 6 ขนาด 840 ดีเนียร์ 192 ฟิลาเมนท์ มาทอเป็นผืนผ้าทอลาย 2/2 Basket และผืนผ้าทอลายทแยง 2/2 S-Twill ที่ความหนาแน่นของผืนผ้าทอแตกต่างกัน แล้วนำไปทดสอบการเจาะทะลุของกระสุนปืนขนาด 9 มม.

ผืนผ้าทอลาย 2/2 Basket มีความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 23 เส้น:นิ้ว ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเท่ากับ 20 15 และ 10 เส้น:นิ้ว และผืนผ้าทอลายทแยง 2/2 S-Twill มีความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 42 เส้น:นิ้ว ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเท่ากับ 40 30 และ 20 เส้น:นิ้ว นำผืนผ้าทอทั้ง 2 ลายมาทดสอบสมบัติกายภาพ และนำผืนผ้าทอทั้ง 2 ลายมาตัดชิ้นทดสอบการเจาะทะลุของกระสุนปืน ขนาด 10 x 10 นิ้ว หลังจากนั้นนำมาวางซ้อนทับกันโดยที่การวางชิ้นทดสอบนั้นแนวเส้นด้ายยืนจะวางสลับกับแนวเส้นด้ายพุ่ง 90 องศา วางซ้อนกันทั้งหมด 120 ชั้น โดยที่แบ่งชิ้นทดสอบออกมา 60 ชั้น มาเย็บตามแนวฝีเข็มแบบที่ 1 และอีก 60 ชั้นหลังมาเย็บตามแนวฝีเข็มแบบที่ 2 และนำไปทดสอบการเจาะทะลุของกระสุนปืนตามมาตรฐานยุทโธปกรณ์กระทรวงกลาโหมว่าด้วยเสื้อเกราะกันกระสุน ระดับ 2A

ผลการทดสอบพบว่าโครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket และลายทแยง 2/2 S-Twill เมื่อความหนาแน่นของผืนผ้าทอมีค่ามากขึ้น ทำให้ค่าน้ำหนักผืนผ้าทอ , ค่า Tensile และ ค่า Tearing ของผืนผ้าทอนั้นๆ มีค่ามากขึ้น และเมื่อนำผืนผ้าทอไปทดสอบการเจาะทะลุของกระสุนปืนขนาด 9 มม. พบว่าโครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-Twill ที่มีความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 42 เส้น : นิ้ว ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเท่ากับ 40 เส้น : นิ้ว สามารถลดการเจาะทะลุขนาด 9 มม.ได้ดีที่สุด สำหรับ 2 แนวฝีเข็มในการเย็บยึดติดชิ้นทดสอบนั้นมีความแตกต่างกันในการลดการเจาะทะลุของกระสุนค่อนข้างน้อย

คำสำคัญ : ไนลอน 6 /โครงสร้างผ้าลาย 2/2 Basket ลายทแยง 2/2 S-Twill
/ มาตราฐานยุทโธปกรณ์กระทรวงกลาโหมว่าด้วยเสื้อเกราะกันกระสุน

Thesis Title : A STUDY PROPERTY OF THE STRUCTURAL WEAVED TEXTILE RESISTING PENETRATION OF BULLET

Student name : Pilot Officer Chaleampol Poodsri

Student ID : 115160450101-5

Degree Award : Master of Engineering

Study Program : Textiles

Academic Year : 2010

Thesis Advisor : Associate Professor Sujira Khojitmate

ABSTRACT

This research is to study the structural properties of woven fabrics to reduce the penetration of 9 mm ammunition used by Nylon 6 yarn size 840 diner 192 filament weaving into 2/2 Basket structure fabric and 2/2 S-Twill structure fabric density of different woven fabrics. Then test the penetration of 9 mm ammunition.

Fabrics woven 2/2 Basket density of yarn warp 23 Line/inch density of yarn weft was 20 15 and 10 lines/inch and fabric 2/2 S-Twill density of yarn warp 42 lines/inch density of yarn weft was 40, 30 and 20 lines/inch. After testing the physical properties, cut both fabrics for samples into 10x10 inch size and overlay samples by laying warp and weft by 90 degrees to each other. 120 layers of overlay are divided by first-type-stitch for 60 layers and second-type-stitch for 60 layers. The penetration experiments are held according to the Ministry of Defense's standard equipments on the bullet-proof vest level 2A.

The result is that, the structure woven 2/2 Basket and 2/2 S-Twill on the density of woven fabrics more valuable. The weight of woven fabric, the Tensile and Tearing of weaving them more valuable, and when the woven fabric to test the penetration of 9 mm ammunition was found that the structural fabric twill 2/2 S-Twill density of yarn warp 42 lines/inch density of yarn weft 40 lines/inch to reduce the penetration 9 mm for the best The 2 types of stitch also influence the penetration of the bullet little different.

Keywords : Nylon 6, 2/2 Basket structure fabric, 2/2 S-Twill structure fabric,
Ministry of Defense's standard equipments on the bullet-proof vest

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้อย่างสมบูรณ์นั้น เป็นเพราะได้รับความช่วยเหลือและคำชี้แนะต่างๆ จาก รศ.สุจิระ ขอจิตต์เมตต์ ที่ได้รับกรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้วิจัยขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.มนสิช สิทธิสมบูรณ์ รศ. ธีรพงษ์ ไชยเฉลิมวงศ์ และ ผศ.ดร. สมนึก สังข์หนู ที่ได้กรุณารับเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณสมศักดิ์ ชัยวิไล กรรมการผู้จัดการบริษัท ไทยแทฟฟิต้า จำกัด ที่ให้การสนับสนุน ใช้วัตถุดิบและอนุญาตให้ใช้เครื่องทอผ้า Water jet ยี่ห้อ TSUDAKOMA รุ่น ZW 408 และเครื่องมือต่างๆเพื่อใช้ในการทดสอบ คุณทศพร แก้วกระจ่าง ผู้จัดการแผนก QC และ คุณวรชัย รัตนจิตธรรม ผู้จัดการแผนก QC และเจ้าหน้าที่แผนก QC ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องทดสอบแรงดึง (Tensile Strength) ยี่ห้อ Zwick รุ่น Z010 ในการทดสอบความแข็งแรงของผืนผ้า และเครื่อง USTER TENSORAPID 3 ทำการทดลองคุณสมบัติทางกายภาพของตัวอย่างเส้นด้าย ในห้องปฏิบัติการของทางบริษัท คุณสุทัศน์ วิเศษดี (ผู้จัดการแผนกโรงทอ) ที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการเตรียมเส้นด้ายในการทดลอง

นาวาอากาศโท ศิวัฒม์ พันธุเวทย์ หัวหน้าแผนกวิจัยและตรวจทดลอง ผู้ควบคุมสนามทดสอบอาวุธปืนและกระสุนปืน กองวิทยาการ กรมสรรพาวุธทหารอากาศ ที่ให้ความช่วยเหลือสนามทดสอบยิงปืน

และอีกสองท่านที่ต้องกล่าวถึงมากที่สุดคือ คุณพ่อคุณแม่บังเกิดกล้าของผู้วิจัย ซึ่งท่านทั้งสองเป็นแรงบันดาลใจและเป็นกำลังใจที่สำคัญที่สุด ที่ทำให้ผู้วิจัยมีความมุมานะในการศึกษาปริญญาโทครั้งนี้ และพากเพียรทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงตามที่ประสงค์ไว้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมายังท่านทั้งสอง ณ ที่นี้

เรืออากาศโท เฉลิมพล พุดศรี

18 เมษายน 2554

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	
ความเป็นมาและสาเหตุของปัญหา	1
1.1 วัตถุประสงค์	2
1.2 สมมติฐานของการศึกษา	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.4 ขอบเขตการศึกษา	3
1.5 ขั้นตอนการศึกษา	3
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ไนลอน	5
2.2 รูปร่างหน้าตัดขวางของเส้นใย	6
2.3 คุณสมบัติของเส้นด้ายไนลอน 6	7
2.4 การนำไปใช้งาน	10
2.5 โครงสร้างผ้าทอ	10
2.6 สมบัติของผ้า	14
2.7 ผลของโครงสร้างผ้าทอต่อสมบัติผ้า	17
2.8 กระสุน	18
2.9 ชนิดกระสุนใช้ทดสอบเสื้อเกราะกันกระสุน	21
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	27
3.1 วิธีที่ใช้ศึกษาค้นคว้าวิจัย	27
3.2 วัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	29
3.3 วิธีการทดลอง	34

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง	45
4.1 ผลการทดสอบหาสมบัติทางกายภาพของเส้นด้าย	45
4.2 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของโครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket และโครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-twill 2x2	45
4.3 ผลการทดสอบการเจาะทะลุของกระสุนปืนขนาด 9 มม.	50
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	53
5.1 สรุปผลการทดสอบ	53
5.2 ข้อเสนอแนะ	54
เอกสารอ้างอิง	55
ภาคผนวก	
ก ผลการหาค่าความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของเส้นด้ายไนลอน 6	55
ข ผลการทดสอบค่า Tensile และค่า Tearing ของโครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket และโครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-twill	57
ค ผลการทดสอบยิงแผ่นเกราะป้องกันกระสุนปืนด้วยกระสุนขนาด 9 มม.	70
ง มาตรฐานเสื้อเกราะกันกระสุนและมาตรฐานแผ่นเกราะป้องกันกระสุนปืน	83
จ มาตรฐานการทดสอบค่า Tensile ผืนผ้า (ASTM D 5034) และ มาตรฐานการทดสอบ Tearing ผืนผ้า (ASTM D 2261)	99
ฉ ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่	113
ประวัติผู้เขียน	119

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงคุณสมบัติของเส้นใยไนลอน 6	9
2.2 ลักษณะของหัวกระสุนแบบต่างๆ	22
3.1 โครงสร้างผ้าทอที่ใช้ในการทดสอบทั้ง 6 รูปแบบ	27
4.1 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายไนลอน 6	45
4.2 ผลการทดสอบน้ำหนักผืนผ้า	46
4.3 ผลการทดสอบค่า Tearing ของผืน	47
4.4 ผลการทดสอบค่า Tensile ของผืนผ้า	48
4.5 ผลการทดสอบยิงแผ่นเกราะ ค่าเฉลี่ยจำนวนชั้นทะลุ มุม 0 องศา	50
4.6 ผลการทดสอบยิงแผ่นเกราะ ค่าเฉลี่ยจำนวนชั้นทะลุ มุม 30 องศา	51

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 สมการไนลอน 6	5
2.2 รูปร่างหน้าตัดขวางและหน้าตามยาวของเส้นใยไนลอน	6
2.3 รูปร่างหน้าตัดขวางเส้นใยต่างๆ	7
2.4 โครงสร้างผ้าลายขัด	11
2.5 โครงสร้างผ้าลาย 2/2 (Z- twill)	12
2.6 โครงสร้างผ้าลาย 2/2 (S- twill)	12
2.7 โครงสร้างผ้าลายต่วนด้ายพุ่ง	13
2.8 โครงสร้างผ้าลายต่วนด้ายยืน	14
2.9 การทดสอบแรงดึง	15
2.10 หลักการฉีกขาดของผ้า	16
2.11 ลักษณะการยืด	17
2.12 ส่วนประกอบของกระสุนปืนเล็ก	20
3.1 ลักษณะการเย็บรูปสามเหลี่ยมยึดติดมุมทั้ง 4 มุมของชิ้นทดสอบ มีขนาด 2x2 ตารางนิ้ว เย็บห่างออกจากมุมชิ้นทดสอบ 2 นิ้ว. ทั้ง 4 มุม	28
3.2 ลักษณะการเย็บรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีขนาด กว้าง 1 นิ้ว ยาว 6 นิ้ว มีระยะการเย็บห่างออกจากมุม 2 นิ้ว. ทั้ง 4 มุมของชิ้นทดสอบ	28
3.3 เส้นด้ายไนลอน 6 ขนาด 840 ดีเนียร์ 192 ฟิลาเมนท์	29
3.4 กระสุนปืนขนาด 9 มม.	29
3.5 เครื่องทอผ้า Water jet ยี่ห้อ TSUDAKOMA รุ่น ZW 408	30
3.6 เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์แบบดิจิตอล	30
3.7 เครื่องทดสอบค่าความแข็งแรงของเส้นด้าย (Tenacity) และค่าความยืดหยุ่นของเส้นด้าย (Elongation) ยี่ห้อ USTER TENSORAPID 3	31
3.8 เครื่องทดสอบแรงดึง (Tensile strength) ยี่ห้อ Zwick รุ่น Z010	31
3.9 เครื่องชั่งน้ำหนักไฟฟ้าขนาด 6000 กรัม ยี่ห้อ Vibra รุ่น AJ	32
3.10 เครื่องวัดความเร็วกระสุนปืนของกรมสรรพาวุธทหารอากาศ	32
3.11 เครื่องประมวลผลความเร็ว กรมสรรพาวุธทหารอากาศ	33
3.12 จักรเย็บผ้าอุตสาหกรรม	33
3.13 ปืนพกสั้น ขนาด 9 มม.	34

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.14 นำเส้นด้ายไนลอน 6 ทดสอบความแข็งแรงของเส้นด้าย	34
3.15 นำเส้นด้ายไนลอน 6 มาทอด้วยเครื่อง Water jet ยี่ห้อ TSUDAKOMA รุ่น ZW 408	35
3.16 รูปลายโครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket	35
3.17 รูปลายโครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-twill	36
3.18 ชิ้นผืนผ้าทอที่นำมาตัดเป็นชิ้นทดสอบ ขนาด 10x10 ตารางนิ้ว	36
3.19 ชิ้นทดสอบขนาด 10x10 ตารางนิ้ว มาวางเรียงซ้อนกัน โดยที่ให้แนวเส้นด้ายพุ่งและแนวเส้นด้ายยืนสลับกัน 90 องศา จำนวน 120 ชิ้นทดสอบ	37
3.20 การเตรียมชิ้นทดสอบจำนวน 10 ชิ้นทดสอบ ที่จะทำการเย็บตามแบบที่1	38
3.21 การเตรียมชิ้นทดสอบจำนวน 10 ชิ้นทดสอบ ที่จะทำการเย็บตามแบบที่ 2	38
3.22 รูปแบบติดตั้งวางอุปกรณ์เครื่องจับความเร็ว มีระยะห่างจากปลายกระบอกปืน ถึงเสื้อเกราะ5 เมตร	39
3.23 ติดตั้งวางอุปกรณ์เครื่องจับความเร็ว ชุดที่ 1 กับชุดที่ 2 มีระยะห่างกัน 1.5 เมตร ± 6 เมตร	39
3.24 ติดตั้งฉากจับความเร็วพร้อมเครื่องวัดความเร็วกระสุน	40
3.25 เตรียมหัวกระสุนขนาด 9 มม.ประกอบกับปลอกกระสุนพร้อมดินปืน	41
3.26 เตรียมปืนขนาด 9 มม.ใช้สำหรับการทดสอบ	41
3.27 กำหนดจุดยิงบนตัวอย่างแผ่นเกราะ จำนวน 6 จุด จุดที่ 1,2,3 และ 6 มุมยิง 0 องศา จุดที่ 4 และ 5 มุมยิง 30 องศา	42
3.28 กำหนดจุดยิงบนตัวอย่างแผ่นเกราะจุดที่ 1 มุมยิง 0 องศา	42
3.29 แผ่นเกราะแบบเย็บ กำลังทดสอบยิงด้วยกระสุนปืน 9 มม. ครบ 6 นัดแล้ว	43
3.30 เลาะด้ายที่เย็บแผ่นเกราะแบบเย็บก่อน จึงสามารถนับจำนวนชั้นทะลุได้	43
3.31 วัดขนาดรอยยุบตัวของวัสดุหนุนหลังยิงทดสอบครบ 6 นัด	44
4.1 ผลการทดสอบน้ำหนักผืนผ้าทอ	46
4.2 ผลการทดสอบค่า Tearing ของผืนผ้าทอ	47
4.3 ผลการทดสอบค่า Tensile ของผืนผ้าทอ	49
4.4 ผลการทดสอบยิงแผ่นเกราะ ค่าเฉลี่ยจำนวนชั้นทะลุ มุม 0 องศา	50
4.5 ผลการทดสอบยิงแผ่นเกราะ ค่าเฉลี่ยจำนวนชั้นทะลุ มุม 30 องศา	51

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ACP	ปืนพกกึ่งอัตโนมัติ
AP	กระสุนเจาะเกราะ
Denier	ขนาดของเส้นด้าย 1 ดีเนียร์ คือ ด้ายที่มีน้ำหนัก 1 กรัม ยาว 9,000 เมตร ใช้ตัวย่อว่า den หรือ d
FMJ	กระสุนชนิดเปลือกแข็ง
JHP	กระสุนเปลือกแข็งหัวรู
JSP	กระสุนชนิดเปลือกแข็งหัวอ่อน
Lbf	1 lbf =1 lbm x 9.8 m/s^2 = 4.41 N (1 lbm คือ 0.45 กิโลกรัม)
LR	ปืนเล็กยาว
LRN	กระสุนชนิดตะกั่วหัวกลม
N	หน่วยนิวตัน ในระบบ SI , 1 N = 1 $Kg.m/s^2$
NIJ	(National institute of justice) มาตรฐานสถาบันเพื่อความยุติธรรมแห่งชาติ อเมริกา
S & W	สมิทและเวสสัน
SAAMI	สถาบันอุตสาหกรรมเกี่ยวกับกีฬายิงปืนและผลิตกระสุนปืน
SJHP	กระสุนเปลือกแข็งหัวรู
SJSP	กระสุนเปลือกแข็งหัวอ่อน

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและสาเหตุของปัญหา

ในปัจจุบันนี้วัสดุทางด้านเส้นใยหรือกระบวนการทางสิ่งทอนั้น มีการพัฒนาก้าวหน้าไปอย่างกว้างขว้าง สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมากมายหลายด้าน เช่น สิ่งทอทางด้านการแพทย์ สิ่งทอทางด้านการเกษตร สิ่งทอทางด้านการทหาร เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นการนำกระบวนการผลิตทางสิ่งทอไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ สำหรับในการศึกษาวิจัยนี้จะศึกษาการนำเอาประโยชน์ของโครงสร้างผ้าทอมาประยุกต์ใช้กับด้านการทหาร กล่าวคือการนำเอาสมบัติแต่ละโครงสร้างของผ้าทอมาประยุกต์ใช้เพื่อที่จะลดการเจาะทะลุของกระสุนปืน เพื่อนำไปเป็นส่วนประกอบในการผลิตเสื้อเกราะกันกระสุนทั้งแบบเกราะอ่อนและแบบเกราะแข็งต่อไป

เสื้อเกราะกันกระสุน เมื่อมีการทดสอบการยิงด้วยกระสุนนั้นจะมีการเกิดปฏิกริยาระหว่างกระสุนกับผ้าหรือโครงสร้างผ้า จะทำให้เกิดพลังงานจลน์และค่าความจุความร้อนจำเพาะขึ้น และถ้ายิ่งเกิดพลังงานจลน์สูงก็จะทำให้เกิดการบิดเบี้ยวผิดรูปของโครงสร้างผ้าและเส้นใยมากขึ้น กรณีผ้าทอหรือโครงสร้างผ้าทอมีแรงปะทะของวิถีกระสุนเข้ากระทบ ก็จะทำให้เส้นใยมีการผิดรูปได้ทั้งในแนวนอน และแนวตั้งการบิดเบี้ยวหรือขาดของเส้นใยบนผ้าทอนั้น โครงสร้างผ้ามีการขยายตัวออกจะส่งผลให้กระสุนสามารถมีอำนาจในการเจาะทะลุผ่านผ้าทอหรือโครงสร้างผ้าทอได้ ไม่มากก็น้อยตามความเร็วของหัวกระสุนเข้ากระทบกับชิ้นงานผ้า [1] ดังนั้นจำเป็นต้องมีการพัฒนา การออกแบบโครงสร้างผ้าทอลายต่างๆ และการจัดเรียงชั้นของชิ้นทดสอบ เพื่อที่จะยับยั้งการเจาะทะลุของวิถีกระสุนให้ความเร็วลดลงเมื่อหัวกระสุนเข้ากระทบกับชิ้นงานหรือผ้า ซึ่งโครงสร้างผ้าทอมีด้วยกันหลายแบบโครงสร้างและสมบัติทางกายภาพก็มีความแตกต่างด้วย ดังนั้นโครงสร้างผ้าทอที่จะนำมาทำการวิจัยในครั้งนี้คือ โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket และ โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 S-Twill ซึ่งสมบัติผ้าที่ทอด้วยโครงสร้างลาย Basket จะมีเป็นโครงสร้างผ้าที่แน่น ทนต่อแรงดึง (Tensile strength) ได้มากแต่ทนต่อแรงฉีกขาด (Tearing strength) ได้น้อยกว่าผ้าทอลายโครงสร้างอื่นเนื่องจากผ้าชนิดนี้เส้นด้ายลอยน้อย เมื่อทำการฉีกผ้า เส้นด้ายแต่ละเส้นจะขาดทันที ถ้าเป็นผ้าลาย Twill หรือ Satin เส้นด้ายจะเคลื่อนตัวชิดกันเป็นกลุ่มในขณะฉีก (เนื่องจากมีเส้นด้ายลอยมาก) ดังนั้นทำให้เส้นด้ายแต่ละเส้นไม่ขาดทันที แต่ขาดเป็นกลุ่ม สังเกตได้ว่าระหว่างการฉีก แรงจะกระทำต่อเส้นด้ายพุ่งแต่ละเส้น ผลก็คือการทนแรงฉีกขาดของผ้าก็จะน้อยกว่าการทนต่อแรงดึง(เพราะเส้นด้ายหลายเส้นขาดออกจากกัน)ถ้าในระหว่างการฉีกมีเส้นด้ายเลื่อนไถล เส้นด้ายเหล่านั้นก็จะรวมตัวชิดกันและแรงต้านซึ่งกันและกัน ดังนั้นการที่เส้นด้ายลื่นไถลได้มากกว่าก็จะทำให้การทนแรงฉีกขาดมีมากกว่าด้วย ในผ้าลาย Basket (จำนวนการขัดของเส้นด้ายสูง) จะทำให้การเลื่อนของเส้นด้ายถูกจำกัด

ในขณะที่ลาย Twill หรือ Satin (เส้นด้ายลอยมากกว่า) จะทำให้เส้นด้ายส่วนที่ลอยเลื่อนไถลได้ อีกทางหนึ่งผ้าที่ทอแน่นอาจจะทำให้เส้นด้ายเคลื่อนย้ายไม่ได้ ด้วยเหตุผลนี้ผ้าทอลาย Basket ที่ทอแน่นสามารถทนแรงฉีกขาดน้อย ในขณะที่ผ้าทอด้วยลาย Twill และผ้ามีโครงสร้างหลวม โดยเฉพาะอย่างยิ่งผ้าทอด้วยลายที่มีการข้ามของด้ายมากพบว่ามีการทนแรงฉีกขาดได้สูง [2]

จากเหตุผลข้างต้นจึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ผู้วิจัยมีการศึกษาพัฒนาเปรียบเทียบสมบัติของโครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket และโครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-twill จากวัสดุเส้นใยไนลอน 6 ขนาด 840 ดีเนียร์ 192 ฟิลาเมนท์ นำมาใช้ในการลดการเจาะทะลุของกระสุนปืน เพื่อที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในทางราชการทหาร ตำรวจ ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของโครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket และโครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-twill ผลิตจากเส้นใยไนลอน 6 ขนาด 840 ดีเนียร์ 192 ฟิลาเมนท์ ที่มีต่อการลดการเจาะทะลุของกระสุนปืน

1.2.2 เพื่อศึกษาการลดการเจาะทะลุของกระสุนปืน ทั้ง 2 แบบแนวฝีเข็มในการเย็บยึดติดชิ้นทดสอบ ที่มีต่อโครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket และโครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-twill ผลิตจากเส้นใยไนลอน 6 ขนาด 840 ดีเนียร์ 192 ฟิลาเมนท์

1.3 สมมติฐาน

1.3.1 สมบัติทางกายภาพของโครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket และโครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-twill ที่ทอจากวัสดุเส้นใยไนลอน 6 ขนาด 840 ดีเนียร์ 192 ฟิลาเมนท์ ที่มีความหนาแน่นของผืนผ้าแตกต่างกัน จะทำให้สมบัติทางกายภาพของโครงสร้างผ้าทอนั้นๆมีความแตกต่างกัน

1.3.2 การทะลุของกระสุนปืนผ่านโครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket และโครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-twill ที่ทอจากวัสดุเส้นใยไนลอน 6 ขนาด 840 ดีเนียร์ 192 ฟิลาเมนท์ ที่มีความหนาแน่นของผืนผ้าแตกต่างกัน จะทำให้การลดการเจาะทะลุต่อโตรงสร้างผ้านั้นๆ มีความแตกต่างกัน

1.3.3 2 แนวฝีเข็มในการเย็บยึดติดแต่ละโครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket และโครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-twill ที่ทอจากวัสดุเส้นใยไนลอน 6 ขนาด 840 ดีเนียร์ 192 ฟิลาเมนท์ ที่มีความหนาแน่นของผืนผ้าแตกต่างกัน จะทำให้การยับยั้งการลดการเจาะทะลุของกระสุนปืนต่อโครงสร้างผ้าทอนั้นๆมีความแตกต่างกัน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้แนวความคิดใหม่ในการลดแรงเจาะทะลุของกระสุนปืนที่จะวิ่งผ่านผืนผ้าทอ

1.4.2 ทราบถึงประโยชน์ของวัสดุเส้นใยและโครงสร้างผ้าทอลายต่างๆ

1.4.3 ได้ทราบสมบัติโครงสร้างผ้าทอที่สามารถลดการเจาะทะลุของกระสุนปืนได้

1.5 ขอบเขตการศึกษา

1.5.1 ใช้วัสดุเส้นใยไนลอน 6 ขนาด 840 ดีเนียร์ 192 ฟิลาเมนท์ ทั้งเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งในการทอผ้า

1.5.2 ใช้โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket และโครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-twill ในการทดสอบ

1.5.3 โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket ใช้เส้นด้ายพุ่งที่มีความหนาแน่นเท่ากับ 23 เส้นต่อนิ้ว และใช้เส้นด้ายพุ่งที่มีความหนาแน่นเท่ากับ 20,15,10 เส้นต่อนิ้ว ตามลำดับ

1.5.4 โครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-twill ใช้เส้นด้ายพุ่งที่มีความหนาแน่นเท่ากับ 42 เส้นต่อนิ้ว และใช้เส้นด้ายพุ่งที่มีความหนาแน่นเท่ากับ 40, 30 ,20 เส้นต่อนิ้ว ตามลำดับ

1.5.5 จำนวนชิ้นงานทดสอบมีการจัดวางเรียงชิ้นทดสอบ 60 ชั้น เท่ากับ 1 ชุดการทดสอบ

1.5.6 ขนาดชิ้นทดสอบ 10x10 ตารางนิ้ว

1.5.7 ใช้กระสุนปืนทดสอบขนาด 9 มม. ตามมาตรฐานยุทโธปกรณ์กระทรวงกลาโหมระดับ 2A ในการทดสอบ

1.6 ขั้นตอนการศึกษา

ขั้นตอนการทำวิจัยมีดังนี้

1.6.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.6.2 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นใยไนลอน 6 โครงสร้างผ้าทอ ขนาดปืนและขนาดกระสุนที่ใช้ในการทดสอบ ที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย

1.6.3 ทำการจัดหาเส้นใยไนลอน 6 ขนาด 840 ดีเนียร์ 192 ฟิลาเมนท์

1.6.4 ทำการทดสอบสมบัติเส้นด้ายไนลอน 6 เพื่อทดสอบหาค่า Tensile strength และ Elongation at break (%) ของเส้นด้าย

1.6.5 นำเส้นด้ายไนลอน 6 ขนาด 840 ดีเนียร์ 192 ฟิลาเมนท์ นำมาทอลายโครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket และโครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-twill ที่กำหนด ด้วยเครื่องทอ Water jet ยี่ห้อ TSUDAKOMA รุ่น ZW 408

1.6.6 ทำการทดสอบค่าสมบัติต่างๆของผืนผ้าโครงสร้างผ้าทอลายลาย 2/2 Basket และโครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-twill เช่นทดสอบหาค่า Tensile strength และ Tearing strength

1.6.7 ทำการออกแบบจำนวนชั้นในการวางชิ้นงานทดสอบ ตัดชิ้นงานทดสอบตามแบบ กำหนดทิศทางการวางผ้า ,กำหนดฝีเข็มและลายในการเย็บยึดติด ที่กำหนดในการทดสอบ

1.6.8 นำชิ้นผืนผ้าวางเรียงกันตามจำนวนชั้นที่จะทำการทดสอบ และนำไปเย็บ ทั้ง 2 แนวฝีเข็มในการเย็บยึดติดชิ้นทดสอบ

1.6.9 ทำการทดสอบการเจาะทะลุของวิถีกระสุนที่มีต่อโครงสร้างผ้าทอนั้นๆ

1.6.10 ทำการตรวจสอบจำนวนของชิ้นงานที่มีการเจาะทะลุของกระสุนปืน รอยยุบของวัสดุหนุนหลังที่จัดไว้ และบันทึกวิเคราะห์ผล

1.6.11 สรุปผลการทดสอบ

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการนำกระบวนการทางสิ่งทอมาประยุกต์ใช้ในด้านการทหาร โดยนำเอาเส้นด้ายไนลอน 6 ขนาด 840 ดีเนียร์ 192 ฟิลาเมนท์ มาทอเป็นผืนผ้าทอลายโครงสร้าง 2/2 Basket และ ลายทแยง 2/2 S-twill หลังจากนั้นนำผืนผ้าทอดังกล่าวไปทดสอบยิงด้วนกระสุนขนาด 9 มม. ตามมาตรฐานยุทธโธปกณ์ กระทรวงกลาโหมว่าด้วยเสื้อเกราะกันกระสุน ระดับ 2A ซึ่งจะได้ผลการทดสอบในบทที่ 4 ต่อไป และบทที่ 2 นี้จะกล่าวถึงสมบัติของเส้นด้ายไนลอน 6 สมบัติโครงสร้างผ้าทอลายต่างๆ ลักษณะการทดสอบทางกระบวนการสิ่งทอ อาทิเช่น การทดสอบค่า Elongation ค่า Tensile และค่า Tearing เป็นต้น ลักษณะการทดสอบเสื้อเกราะกันกระสุน กล่าวถึงตั้งแต่ขนาดกระสุน การทดสอบขนาดต่างๆและระดับการป้องกันของเสื้อเกราะกันกระสุน และสุดท้ายของบทที่ 2 นี้จะกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในเรื่องโครงสร้างผ้าทอและเสื้อเกราะกันกระสุน

2.1 ไนลอน [3]

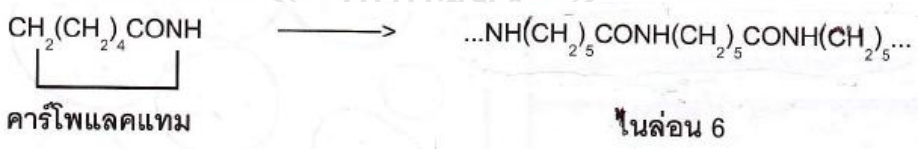
ไนลอนเป็นใยพอลิอะไมด์ซึ่งเป็นเส้นใยสังเคราะห์จากสารเคมีชนิดแรก ค้นพบที่บริษัทดูปองท์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ตั้งแต่ พ.ศ. 2470 โดยนักวิทยาศาสตร์ชื่อ Dr. W.H.Carothers และได้ทำการศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานต่างๆของเส้นใยไนลอนต่อ ซึ่งพบว่ามีโครงสร้างโมเลกุลต่อกันเป็นลูกโซ่และมีน้ำหนักโมเลกุลสูง ที่เรียกกันว่า พอลิเมอร์ เหมือนกันในโครงสร้างของเส้นใยธรรมชาติ

ไนลอนมีด้วยกันหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับวัตถุดิบ เช่น

ไนลอน 66 ผลิตจากกรดอะดิปิค และเฮกซาเมทิลีนไดเอมีน

ไนลอน 6,10 ผลิตจากกรดเซเบสิค

ไนลอน 6 ผลิตจากคาโปแลคตรัม แสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 สมการไนลอน 6 [4]

ไนลอน 4 ผลิตด้วย Polymerizing 2 – pyrrolidone เพิ่มคุณสมบัติของใยธรรมชาติเข้าไปด้วย ดูดซึมได้ดี ทนความร้อนได้ดีกว่าไนลอน 6

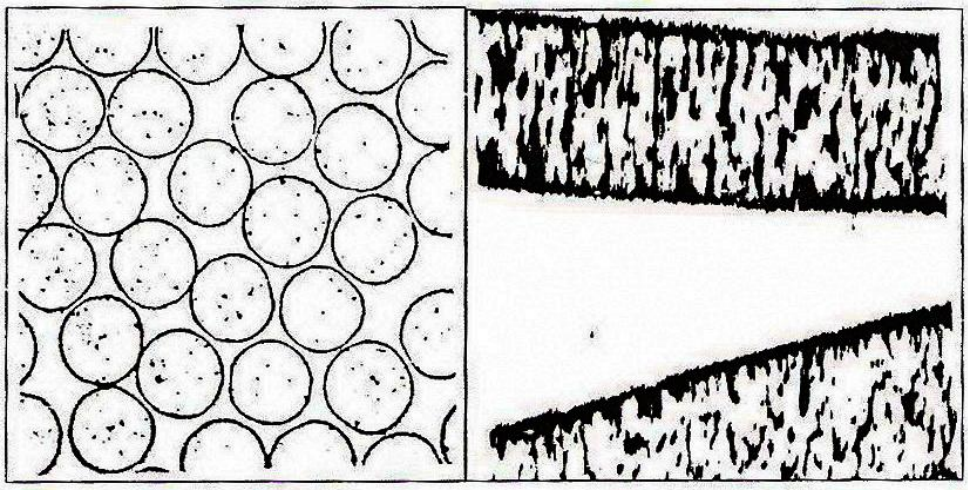
ไนลอน 5 หรือ Polyvalerolactum โรงงานอุตสาหกรรมทั้งในประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศอื่นๆ ได้ลงทุนผลิตเส้นใยไนลอน 5 นี้แล้วจัดเป็นเส้นใยที่ใช้ได้ดีอีกชนิดหนึ่ง มีคุณสมบัติคล้ายกับไนลอน 66

ไนลอน 7 หรือ Polyheptanoamide ผลิตในประเทศสหภาพโซเวียตรัสเซีย โดยมีชื่อการค้าว่า Enant มีคุณสมบัติคล้ายไนลอน 66 และ ไนลอน 6 แต่ทนความร้อนหรือมีจุดหลอมละลายสูงกว่าแต่ดูดซึมความชื้นได้น้อยกว่า

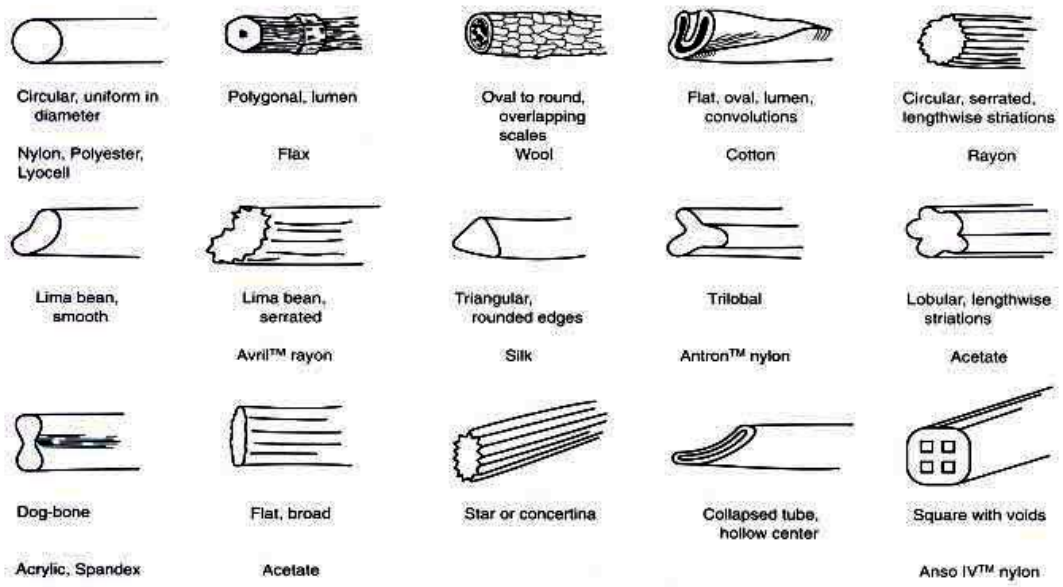
จะเห็นได้ว่าเมื่อวัตถุดิบตั้งต้นของการผลิตไนลอนนั้นมีความแตกต่างกัน ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ออกมาก็จะมีรูปแบบคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นการเลือกใช้ไนลอนชนิดใดชนิดหนึ่งควรจะต้องคำนึงถึงการนำไปใช้งานเป็นหลักในการเลือกใช้วัสดุ

2.2 รูปร่างหน้าตัดขวางของเส้นใย [3]

ไนลอนเป็นใยยาวเส้นใยจะเรียบเป็นมัน และเมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบว่าภาพทางด้านหน้าตัดขวางของเส้นใยไนลอนทั่วๆ ไป จะเป็นรูปทรงกลม ยกเว้นแต่ไนลอนแอนทรอนเคดอนและคิวมูลอฟ ที่มีรูปร่างด้านภาพตัดขวางเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมมน ส่วนภาพตามยาวของเส้นใยไนลอนจะมีลักษณะเรียบใส มีขนาดเท่ากันตลอดเส้นเหมือนแท่งแก้ว แสดงดังรูปที่ 2.2 สำหรับความแตกต่างของรูปร่างหน้าตัดขวางของเส้นใยมีผลต่อความเป็นมันวาว ลักษณะเนื้อผ้า และสมบัติต่อผิวสัมผัส ซึ่งทำให้คุณสมบัติของผ้าต่างกัน โดยที่เส้นใยทั่วๆไปมีรูปร่างหน้าตัดที่หลากหลายกัน เช่น วงกลม สามเหลี่ยม ทรงคล้ายกระดูก (Dog bone) ทรงรูปถั่ว (Bean-shaped) เป็นต้น แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.2 รูปร่างหน้าตัดขวางและหน้าตามยาวของเส้นใยไนลอน [3]



รูปที่ 2.3 รูปร่างหน้าตัดขวางเส้นใยชนิดต่างๆ [3]

2.3 คุณสมบัติของเส้นด้ายไนลอน 6 [4,5]

2.3.1 คุณสมบัติฟิสิกส์

เมื่อถูกดึงให้ยืดและคงอยู่ในลักษณะนั้นเป็นเวลานาน จะไม่คืนตัวทันทีที่ปล่อยออกแต่จะคืนตัวทีละน้อย จะให้คืนเข้ารูปเดิมนั้นอาจนานถึงสองสัปดาห์ จะคืนตัวในระยะ 2–3 ชั่วโมงแรกร้อยละ 50 ใน 24 ชั่วโมงจะคืนตัวร้อยละ 85 ที่เหลือช้ามาก ถ้ามีความชื้นเพิ่มขึ้นจะดึงยืดได้ง่ายขึ้น ซึ่งความสามารถในการดึงยืดของเส้นด้ายไนลอน 6 โดยปกติมีค่า 23-42.5% (แห้ง) 27-34% (เปียก)

ค่าความแข็งแรง ของเส้นใยไนลอน 6 จะมีค่าความแข็งแรงเท่ากับ 73,000-84,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

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

การดูดความชื้น ที่ภาวะอากาศมาตรฐานไนลอนดูดความชื้นได้ค่อนข้างต่ำ ประมาณร้อยละ 4-4.5% ค่าความเหนียวจะลดลงประมาณ 10-20% เมื่อเปียกน้ำ เมื่ออยู่ในน้ำจะพองตัวน้อยมาก ดังนั้นความยาวไม่เปลี่ยนแปลง

ความคงทนต่อความร้อน ไนลอน 6 มีจุดหลอมเหลว 215 $^{\circ}$C

ความถ่วงจำเพาะ ไนลอนมีความถ่วงจำเพาะต่ำ ค่าประมาณ 1.14 ทำให้เสื้อผ้าที่ผลิตจากใยชนิดนี้เบากว่าใยชนิดอื่น กระจายตัวได้ดี ทอได้ผ้าเนื้อแน่น

ความมัน ก่อนดึงยืดเส้นใยไนลอนจะขุ่นเล็กน้อย เมื่อดึงยืดให้โมเลกุลเรียงตัวกันดีขึ้น จะเพิ่มความมันขึ้นมาก ไนลอนธรรมดาใสและโปร่งแสง

2.3.2 คุณสมบัติทางเคมี

ความทนต่อสารเคมี ไนลอนเป็นใยที่ทนต่อสารเคมีต่างๆได้ดี โดยเฉพาะสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ช่วยให้ทำความสะอาดได้ง่ายขึ้น ละลายในกรดฟอมิคและฟีนอล

ความทนแสง ไนลอนถูกแสงสว่างโดยตรงจะเสื่อมคุณภาพ ถ้าตากแสงแดดอยู่นานจะทำให้เหนียวน้อยลง ดึงยืดได้น้อยลงและยังทำให้คุณสมบัติอื่นๆ ลดน้อยลงด้วยใยไนลอนชนิดผ้ามันใสจะทนแสงแดดได้ดีเท่ากับฝ้าย ถ้าเปรียบเทียบระหว่างไนลอนและใยกล้วยของฟิลิปปินส์ ที่ตากแดดไว้พร้อมกัน ใยจะลดความเหนียวเท่ากันทั้งสองอย่าง มีสิ่งแวดล้อมหลายอย่างที่เป็นสาเหตุให้ใยไนลอนเสื่อมคุณภาพไม่เท่ากัน เมื่อตากแดดไว้นาน เช่น

ก. ชนิดของเส้นใยหรือด้ายไนลอน ชนิดเป็นมันใสทนแสงแดดได้ดีกว่าไนล่อนขุ่น อาจเป็นเพราะสารที่ทำให้ขุ่นทำเป็นเช่นนี้

ข. ขนาดของเส้นใย เส้นใยยาวทนได้ดีกว่าเส้นใยสั้น เส้นใยเส้นโตดีกว่าเส้นใยเส้นเล็ก

ค. สีย้อมสารตกแต่งและวัตถุอื่นๆ ที่ใช้ตกแต่งผ้าก่อนจำหน่าย ทำให้ทนทานได้ไม่เท่ากัน อาจเป็นเพราะส่วนประกอบเคมีของสารนั้น

ง. ปริมาณแสงแดดที่ได้รับ ถ้าได้รับแสงโดยตรงจะเสื่อมเร็วกว่าเมื่อได้รับแสงทางอ้อมผ่านกระจกหรืออยู่ในอาคาร

จ. สภาพภูมิประเทศ สถานที่ใช้ไนลอนเป็นสาเหตุอีกอย่างหนึ่ง เช่น ในสหรัฐอเมริกา ถ้าตากไนลอนที่ฟลอริดาจะเสื่อมคุณภาพเร็วกว่าตากที่เดลลาแวร์ ระยะเวลาในหนึ่งปีแต่ละเดือนความร้อนแรงของแสงอาทิตย์ที่ส่องมายังโลกไม่เท่ากัน ถูกแสงในเดือนหนึ่งอาจเสื่อมคุณภาพเร็ว แต่อีกเดือนหนึ่งอาจช้าได้

การย้อมสี คุณสมบัติการติดสีของเส้นใยและการย้อมได้สม่ำเสมอ ขึ้นอยู่กับการดึงโมเลกุลเรียงตัวกันได้เป็นระเบียบดีขึ้น ซึ่งมีสาเหตุ 2 ประการ ที่ทำให้คุณสมบัติการย้อมตามภาวะที่กำหนดเปลี่ยนแปลง คือ

1) อัตราการเรียงตัวของโมเลกุลภายในเส้นใย ถ้าโมเลกุลเรียงตัวสูงจะดูดสีได้น้อยลง

2) จำนวนหมู่อะมิโนที่ปลายโซ่โมเลกุล คุณสมบัติการดูดติดสีของเส้นใยปรับปรุงให้ดีขึ้นได้โดยทำให้โมเลกุลคงตัว การใช้สารประเภทกรดทำให้ไนลอนโพลิเมอร์คงตัว จะย้อมสีเอซิดได้ยากมากขึ้น เพราะว่าหมู่กรดอะมิโนอิสระอยู่ตอนปลายของสารโมเลกุลเพียง 0.04 มิลลิกรัมสมบูรณ์ จึงไม่พอต่อการจะย้อมให้มีสีเข้มด้วยสีแอซิดได้ ยิ่งกว่านั้นถ้าใช้สีสองตัวผสมกันจะเกิดการแข่งขันกันเข้าไปเกาะติดเส้นใย และอาจเป็นไปได้ว่า สีตัวหนึ่งเกาะติดได้ดีกว่าอีกตัวหนึ่ง ตัวสีซึ่งรวมกับเส้นใยโดยไม่มีปฏิกิริยาเคมี จะย้อมได้ง่ายกว่าการใช้สีดีสเพอร์สย้อมใยไนลอน ได้ผลดีกว่าสีกระจายตัวได้ดี สม่ำเสมอมากกว่า และมีความคงทนดีกว่า

2.3.3 คุณสมบัติทางจุลชีพ

ความทนต่อเห็ดรา แมลง และแบคทีเรีย ไนลอนทนต่อแมลงได้ดีไม่เป็นอาหารของแมลงที่แมลงทำลายเสื้อผ้าล้วนเนื่องมาจากสาเหตุอื่น เช่นรอยเปื้อนสกปรก สารตกแต่งหรือมีความชื้นมากเกินไป ไม่ขึ้นรา

จากข้อมูลข้างต้นที่กล่าวมาแล้วสามารถสรุปสมบัติทั่วไปของเส้นใยไนลอน 6 ได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของเส้นใยไนลอน 6 [3]

ข้อดี	ข้อเสีย	คุณสมบัติอื่น ๆ
- เหนียวมาก - ยืดหยุ่นและคืนตัวได้ดี - คงรูปได้ดี - ทนต่อด่าง - ทดต่อราและแมงไม่ทำลาย - เพิ่มความเหนียวเมื่อเปียก - ด้านทานการขัดสีได้ดีเยี่ยม - ใช้ความร้อนอัดกลีบถาวรได้ - ไม่เปื้อยสารที่มีไขมันง่าย - ซักง่ายแห้งเร็ว - ผสมกับใยชนิดอื่นได้ดีเพื่อเพิ่มความเหนียว - ไวต่อความร้อน - ไม่ดูดความร้อน	- ไม่ทนต่อแสงแดด ชนิดสีสดใสทนกว่าสีที่ทึบด้าน ต้องตกแต่งให้ทนต่อแสงแดด - เกิดไฟฟ้าสถิตย์ง่าย - ไม่ทดต่อกรดอย่างเข้มข้น - ดูดซึมสิ่งสกปรกและเหงื่อได้ค่อนข้างง่ายถ้าผ้านั้นทอด้วยใยยาว - จะละลายแทนไหม้ไฟ - ผ้าเนื้อบางหรือเป็นขนจะติดไฟง่าย - ผ้าที่ทอจากใยชนิดสั้น ผ้าจะเกิดเป็นเม็ดเป็นขุยบนผิวผ้า - เมื่อเวลาซักผ้าไนลอนสีขาวจะดูดสิ่งสกปรกจากน้ำซักเข้าไว้ในเนื้อผ้าได้ง่าย	- การซักจะซักแห้งหรือซักน้ำก็ได้ขึ้นอยู่กับสีที่ใช้ย้อม การตกแต่ง การตัดเก็บและแบบของเสื้อผ้า - ผ้าไนลอนสีขาวควรฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์หรือโซเดียมเพอร์บอเรท หรือสารฟอกขาว

เส้นใยไนลอนนั้นมีหลายชนิด ซึ่งในแต่ละชนิดก็จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป ทำให้การนำไปใช้ของเส้นใยไนลอนก็แตกต่างกันออกไปด้วย โดยการนำไปใช้งานของเส้นใยไนลอนจะกล่าวไปในหัวข้อต่อไป

2.4 การนำไปใช้งาน [3,5]

ไนลอนมีประโยชน์มากและได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขว้าง ซึ่งจะเป็นเส้นใยที่ได้รับเลือกเป็นผ้าตกแต่งบ้าน ซึ่งใช้ทำพรมมากที่สุด รองลงมาใช้เป็นผ้าตัดชุดชั้นใน ถุงเท้า ชุดกีฬา ชุดนอน และใช้ในงานอุตสาหกรรม คือ ด้าย เชือก เต้นท์ และทำยางรถยนต์ สำหรับผ้าที่นำไปตัดชุดต่างๆ นิยมทอเส้นใยไนลอนผสมกับใยอื่น เพื่อเพิ่มคุณสมบัติอันได้แก่ ความเหนียว ความคงรูป ความยืดหยุ่นและความคงทนต่อการเสียดสี ให้กับผ้าใยผสมนั้นๆ

ผ้าไนลอนนั้นสามารถซักง่ายและแห้งเร็ว สามารถซักด้วยเครื่องซักผ้าได้ อบให้แห้งด้วยเครื่องอบผ้าก็ได้ ใช้ความร้อนได้ทุกระดับ บางกรณีไม่จำเป็นต้องรีดเพียงซักและอบให้แห้งก็เป็นได้ ผ้าไนลอนสามารถฟอกขาวได้สบู่และสารซักฟอกธรรมดาไม่เป็นอันตรายต่อไนลอน

ปัญหาของการซักผ้าไนลอน ที่ควรระวังคือผ้าไนลอนจะดูดสีและสิ่งสกปรกจากน้ำที่ซักเอาไว้ในเนื้อผ้า ถ้าซักรวมกับผ้าสีหรือผ้าสกปรกจะทำให้ผ้าไนลอนสีขาวมีสีดำคล้ำลง หรืออาจเปลี่ยนสีของผงซักฟอกหรือน้ำที่ซัก จึงควรแยกผ้าสีขาวต่างหาก ละล้างผ้าให้สะอาดด้วยน้ำสะอาด

เส้นใยไนลอน 6 นั้นเป็นวัตถุดิบในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ จากข้อมูลข้างต้นทำให้ทราบถึงลักษณะการเกิดเส้นใยไนลอน 6 สมบัติทั่วๆ ไป การนำไปใช้งานของเส้นใยไนลอน 6 และลักษณะการนำไปใช้งานของเส้นใยไนลอน 6 แล้ว ซึ่งในหัวข้อต่อไปจะกล่าวถึงลักษณะโครงสร้างผ้าทอ

2.5 โครงสร้างผ้าทอ (Simple Woven Structures) [2]

ผ้าทอที่มีโครงสร้างหรือลายไม่ซับซ้อนเป็นผ้าที่มีเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งขัดกันเป็นมุม 90 องศา เส้นด้ายยืนแต่ละเส้นในผ้าขนานกันและในทำนองเดียวกันกับเส้นด้ายพุ่ง ผ้าทอโครงสร้างไม่ซับซ้อนมีเส้นด้ายยืนและส้นด้ายพุ่งอย่างละหนึ่งชุดเท่านั้น เส้นด้ายทุกเส้นมีผลต่อทั้งลักษณะการใช้ประโยชน์หรือการใช้งานในผ้านั้นๆ และมีผลต่อลักษณะความสวยงามเมื่อทำเป็นเครื่องนุ่งห่ม

โครงสร้างหรือลายผ้าทอพื้นฐานมีหลายชนิด ซึ่งอาจจะแบ่งได้ดังนี้ คือ ลายพื้นฐาน ลายพื้นฐานดัดแปลง เป็นต้น ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงลายพื้นฐานเท่านั้น

2.5.1 ลายพื้นฐาน (Basic Weaves)

ลายพื้นฐานมี 3 ลายที่จะกล่าวถึง คือ ลายขัด (Plain weave) ลายทแยง (Twill weave) และลายต่วน (Satin)

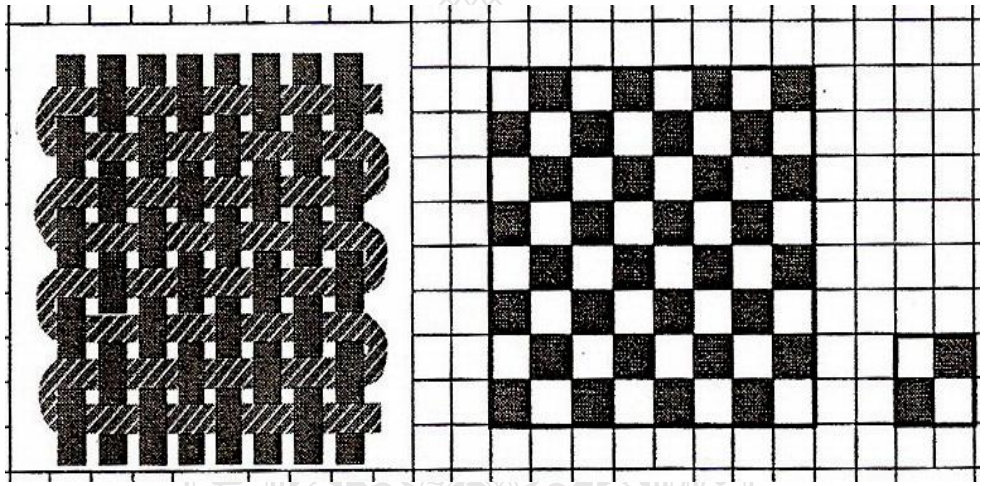
ก. ลายขัด (Plain weave)

ลายขัดบางทีเรียกว่า Taffeta หรือ tabby ผ้าลายขัดใช้มากที่สุดหรือประมาณ 80% ของผ้าทอทั้งหมด ผ้าที่ทอด้วยลายขัดเป็นโครงสร้างที่แน่น ทนต่อแรงดึง (Tensile strength) ได้มาก แต่ทนต่อแรงฉีกขาด (Tearing strength) ได้น้อยกว่าผ้าทอลายอื่น เนื่องจากผ้าชนิดนี้เส้นด้ายลอยน้อย เมื่อทำการฉีกผ้า เส้นด้ายแต่ละเส้นจะขาดทันที ถ้าเป็นผ้าลายทะแยงหรือลายต่วนเส้นด้ายจะเคลื่อนตัว

ชิดกันเป็นกลุ่มในขณะฉีก (เนื่องจากมีเส้นด้ายลอยมาก) ดังนั้นทำให้เส้นด้ายแต่ละเส้นไม่ขาดทันที แต่ขาดเป็นกลุ่ม

เส้นด้ายในผ้าทอลายขัดไม่ค่อยหลุดลุ่ยเมื่อเทียบกับลายอื่น ผ้าลายขัดสกปรกได้ง่ายแม้ว่าสามารถทำความสะอาดได้ง่ายก็ตาม นอกจากนั้นผ้าค่อนข้างที่จะยับง่ายกว่าผ้าทอลายอื่น เนื่องจากการขัดกัน (Interlacing) มีมากทำให้เส้นด้ายในผ้าไม่สามารถเคลื่อนตัวเพื่อที่จะปล่อยความเค้น (Stress) จากการที่เส้นใยโค้งงอ และเพราะการขัดกันมีมากจึงทำให้การยืดตัวในแนวทแยงมีน้อย ผิวของผ้าลายขัดไม่ค่อยเป็นที่น่าสนใจหรือไม่เด่น ยกเว้นใช้เส้นด้ายสีเพื่อลวดลายหรือใช้เส้นด้ายพิเศษ หรือตกแต่งเพื่อให้มีผิวสัมผัสดี

ในลายขัดเส้นยืนจะข้ามเส้นพุ่งหนึ่งเส้นและลอดเส้นพุ่งหนึ่งเส้นสลับกันตลอดความยาวผ้า เส้นยืนสองเส้นที่ติดกันจะขัดกับเส้นพุ่งตรงข้ามกัน ในทำนองเดียวกันกับเส้นพุ่งที่ติดกัน แสดงดังรูปที่ 2.4 แสดงการขัดของเส้นด้ายทั้งสองแนว



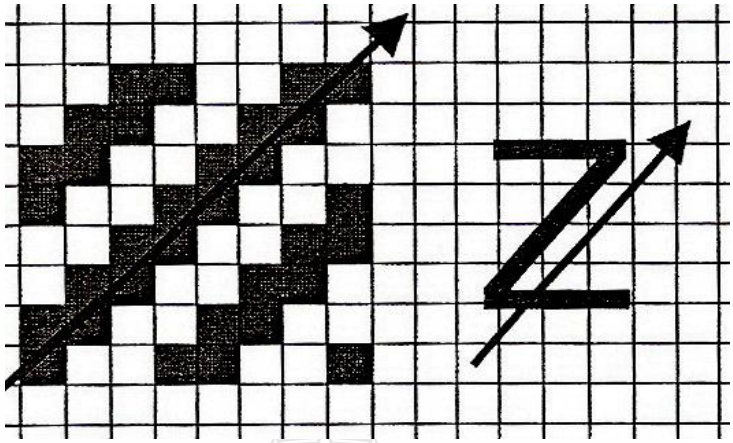
รูปที่ 2.4 โครงสร้างผ้าลายขัด [2]

ข. ลายทแยง (Twill weave)

ลายทแยงหรือบางครั้งเรียกว่าลายสองนั้นเป็นลายที่บอกลักษณะ โดยแนวทแยงของเส้นด้ายยืนที่ข้ามเส้นด้ายพุ่งพร้อมกับแนวทแยงของเส้นด้ายพุ่งที่ข้ามเส้นด้ายยืนซึ่งปรากฏอยู่ทั้งด้านหน้าและด้านหลังผ้า ทิศทางแนวทแยงบนด้านหน้าผ้าจะตรงข้ามกับแนวทแยงขนด้านหลังผ้า ในหนึ่งลายซ้ำของลายทแยงจะมีจำนวนเส้นด้ายยืนเท่ากับเส้นด้ายพุ่ง ลายทแยงที่เล็กที่สุดอย่างน้อยต้องประกอบด้วยเส้นด้ายยืน 3 เส้น และเส้นด้ายพุ่ง 3 เส้น ผ้าลายทแยงใช้ทำทั้งเครื่องนุ่งห่มและใช้ทำเครื่องเรือน

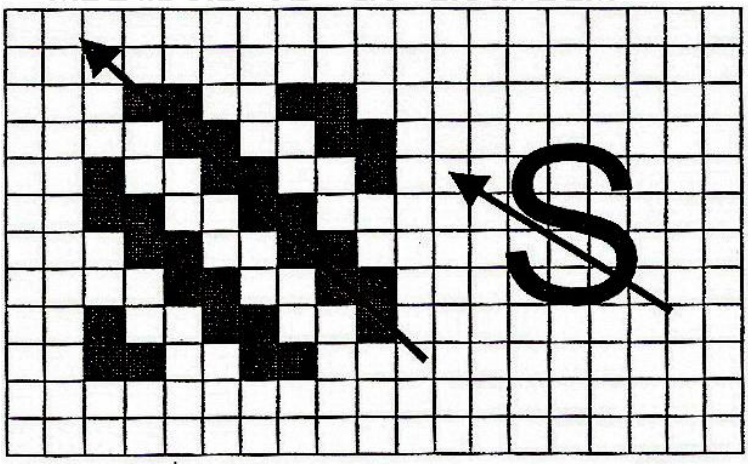
แนวลายทแยง (Twill direction) แบ่งได้ 2 แนวคือ

1) แนวทแยงขวา ทิศทางของแนวทแยงขึ้นไปทางขวา หรือเรียกว่า Z-twill ซึ่งทิศทางของแนวทแยงจะขนานกับส่วนตรงกลางของตัวอักษร Z แสดงดังรูปที่ 2.5 คือลาย 2/2 Z- twill (อาจจะอ่านว่าลายสองทับสองทแยงขวา) โดยทั่วไปแล้วผ้าทแยงจะทอด้วยลายทแยงขวา



รูปที่ 2.5 โครงสร้างผ้าลาย 2/2 Z-twill [2]

2) แนวทแยงซ้าย ทิศทางของแนวทแยงขึ้นไปทางซ้ายหรือเรียกว่า S-twill ซึ่งทิศทางของแนวทแยงจะขนานกับส่วนตรงกลางของตัวอักษร S แสดงดังรูปที่ 2.6 คือลาย 2/2 S- twill (อาจจะอ่านว่าลายสองทับสองทแยงซ้าย)

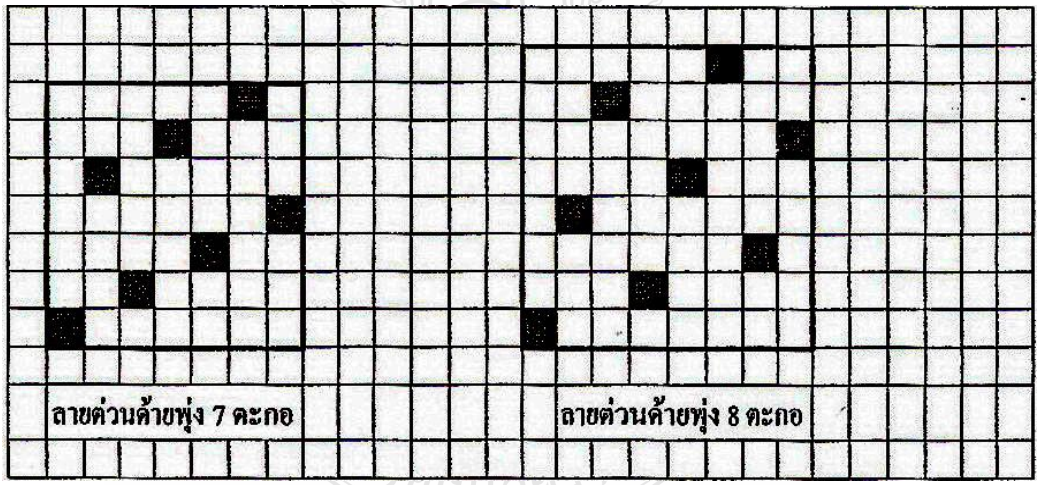


รูปที่ 2.6 โครงสร้างลาย 2/2 S-twill [2]

3) ลายต่วน (Satin weaves) เป็นลายทแยงที่ไม่สมดุล กล่าวคือเป็นลายที่ผลิตเพื่อให้ผิวของผ้าไม่มีลวดลายหรือแนวทแยงเส้นด้ายจะข้ามหรือลอยอย่างน้อย 4 เส้น ลายต่วนมี 2 ชนิด คือลายต่วนด้ายพุ่ง (Sateen or weft sateen) และลายต่วนด้ายยืน (Satin or warp satin) ความแตกต่างระหว่างสองลายชนิดนี้ อาจจะเนื่องมากจากจำนวนเส้นด้ายต่อหน่วยความยาว (ได้แก่จำนวนเส้นด้ายต่อนิ้วหรือต่อซม.) เช่น ลายต่วนด้ายพุ่งเป็นผ้าที่ทอ โดยใช้จำนวนเส้นด้ายพุ่งต่อเซ็นติเมตรมากกว่าเส้นด้ายยืนต่อเซนติเมตร จึงทำให้เส้นด้ายพุ่งปรากฏบนด้านหน้าของผ้า เส้นด้ายพุ่งจะปิดบังเส้นด้ายยืนจึงทำให้ผ้าผิวเรียบ ในทางกลับกันลายต่วนด้ายยืนเป็นผ้าทอซึ่งใช้จำนวนเส้นด้ายยืนต่อเซ็นติเมตรมากกว่าเส้นด้ายพุ่งต่อเซนติเมตร จึงทำให้เส้นด้ายยืนจะปรากฏบนด้านหน้าของผ้า เส้นด้ายยืนจะปิดบังเส้นด้ายพุ่งจึงทำให้ผ้าผิวเรียบ

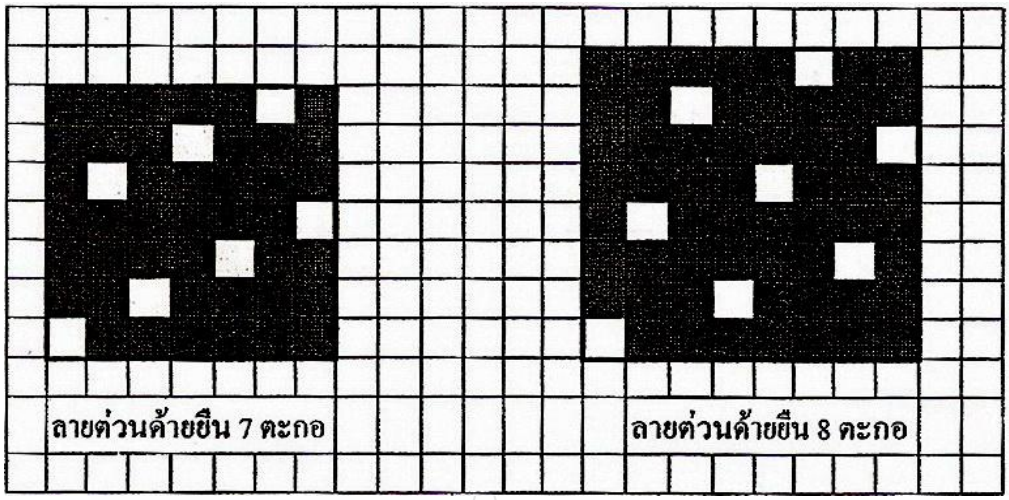
ผ้าลายต่วนมีผิวสัมผัสนุ่ม ทนยับได้ดี ทิ้งตัวได้ดี ผ้าลายต่วนนิยมใช้ทำผ้าซับในเพราะว่าผิวเรียบ ใช้ทำชุดกลางคืนและชุดแต่งงาน เป็นต้น นอกจากนี้ลายต่วนสามารถแบ่งเป็นลายต่วนธรรมดา (Regular sateen and satin weaves) และลายต่วนดัดแปลง (Derivative sateen and satin weaves) ซึ่งจะกล่าวต่อไป

- ลายต่วนด้ายพุ่ง ลักษณะการขัดของลายจะเป็น 1/x เมื่อ x=จำนวนเส้นด้ายพุ่งในลายซ้ำ 1 และ move number ต้องมากกว่า 1 ตัวอย่าง แสดงดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 โครงสร้างผ้าลายต่วนด้ายพุ่ง [2]

- ลายต่วนด้ายยืน ลักษณะการขัดของลายจะเป็น x/1 เมื่อ x=จำนวนเส้นด้ายพุ่งในลายซ้ำ 1 และ move number ต้องมากกว่า 1 ตัวอย่าง แสดงดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 โครงสร้างผ้าลายต่วนด้ายยืน [2]

ในหัวข้อ 2.5 นั้น ทำให้ทราบว่าโครงสร้างผ้าทอพื้นฐานมีกี่แบบและลักษณะของโครงสร้างผ้าทอในแต่ละแบบเป็นอย่างไรแล้ว ต่อไปในหัวข้อ 2.6 จะกล่าวถึงคุณสมบัติโครงสร้างผ้าทอและลักษณะการทดสอบทางด้านสิ่งทอของโครงสร้างผ้าทอ

2.6 สมบัติของผ้า (Properties of Fabric) [2]

ความแข็งแรง หมายถึงความสามารถของวัสดุสิ่งทอที่จะทนต่อแรงต่างๆที่มากระทำ เช่น แรงดึง (Tensile strength) และแรงฉีกขาด (Tensile strength)

2.6.1 การทนแรงดึง (Tensile Strength)

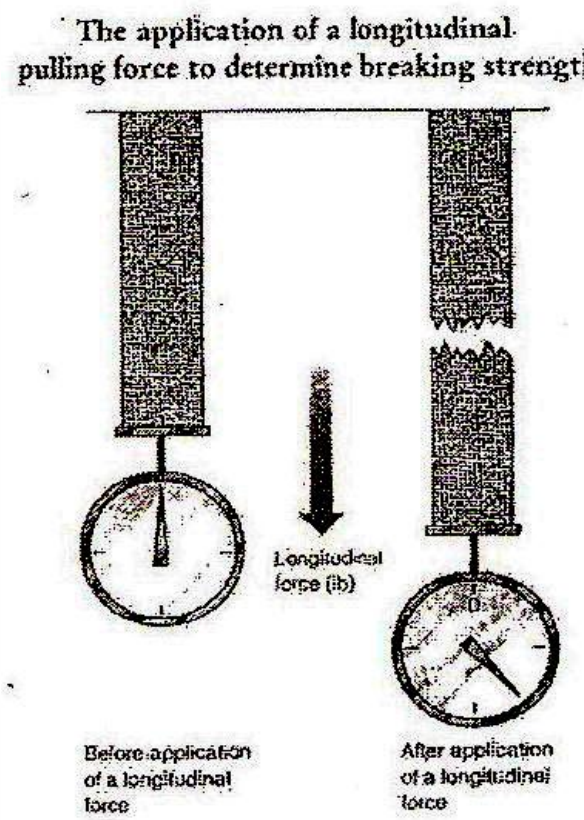
การทนแรงดึงของผ้าคือความสามารถในการทนแรงดึงตามยาวผ้า การทนแรงดึงในผ้าทอมี 2 แนว คือ แนวเส้นยืนและเส้นพุ่ง ถ้าผ้ามีความแข็งแรงไม่เพียงพอขณะใช้งานผ้าอาจจะมีคุณค่าน้อย ผ้าที่ใช้งานอาจจะเกิดการขาดเมื่อมีการดึงตรงๆต่อผ้า การวัดการทนแรงดึงของผ้าจะกระทำกันในห้องทดลองและปกติแล้วการทดสอบก็จะทำกับผ้าที่ไม่ได้อยู่ในสถานะที่กำลังใช้งานอยู่ แต่จะทำกับผ้าที่เพิ่งได้รับมาจากผู้ผลิตซึ่งเรียกว่า “As received”

เมื่อผ้าถูกใช้งานไปในหลายสภาวะ(เช่น ในกระบวนการซัก การกระทบต่อแสงและสารอื่นๆ) สมบัติในการใช้ก็จะลดลง ดังนั้นมีความจำเป็นที่จะกำหนดระดับของความแข็งแรงเพื่อที่จะให้ผ้านั้นมีความพอใจตลอดอายุของเสื้อผ้าหรือผลิตภัณฑ์สิ่งทออื่นๆ

การทนต่อแรงดึงของผ้า(นั่นคือความแข็งแรงของผ้าเมื่อมีแรงมากระทำต่อแนวเส้นยืนหรือเส้นพุ่ง) มีผลกระทบระดับหนึ่งต่อการผลิตหรือตกแต่ง ดังนั้นระดับความแข็งแรงต่ำสุดของผลิตภัณฑ์แต่ละอย่างถูกกำหนด และการทดสอบและตรวจสอบของวัสดุที่ผลิตขึ้นใหม่ก็จะถูกตัดสิน

ว่าตรงกับค่าที่กำหนดไว้หรือเปล่า ถ้ามีสัญญาณว่าความเหนียวลดลง ก็อาจจะเป็นไปได้ที่ต้องเปลี่ยนโครงสร้างผ้าเปลี่ยนปริมาณการผสมของเส้นใยหรือการตกแต่ง

การทนต่อแรงดึงของผ้าวัดได้โดยการเอาชิ้นผ้า(ปกติขนาดกว้าง 5 ซม. ความยาวขนานไปกับเส้นด้ายยืนหรือพุ่ง) มาหาแรงที่สามารถทำให้มันขาด แสดงดังรูปที่ 2.9 โดยพื้นฐานแล้วความเหนียวของชิ้นถูกกำหนดโดยความเหนียวของเส้นด้ายแต่ละเส้นและจำนวนของเส้นด้ายต่อ ซม. อย่างไรก็ตามการคำนวณโดยวิธีนี้อาจจะคลาดเคลื่อนมากถึง 20 %



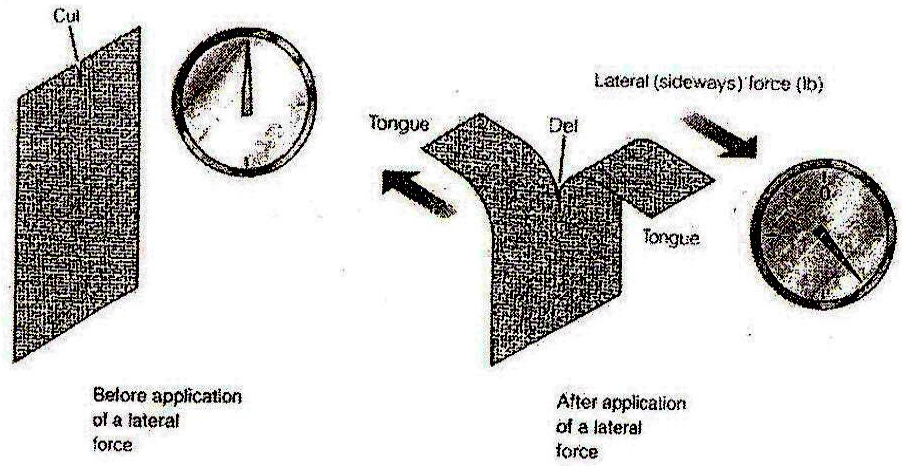
รูปที่ 2.9 การทดสอบแรงดึง [2]

การหาแรงดึงทำได้โดยการยึดปลายทั้งสองข้างของชิ้นผ้า แล้วดึงผ้าให้ขาดจากกัน แรง ณ จุดขาดเรียกว่า “Breaking strength” เครื่องทดสอบที่ใช้เรียกว่า “Tensile tester” เครื่องนี้สามารถบันทึกค่าแรงได้ ปกติแล้ว Breaking strength แสดงเป็นแรงต่อหน่วยพื้นที่หรือแรงต่อหน่วยความกว้าง ถ้าเป็นเส้นใยหรือเส้นด้าย ค่าของแรง ณ จุดขาดจะแสดงเป็น Grams per denier(g/den) หรือ newtons per tex (n/tex) ในกรณีของผ้าจะแสดง Breaking Strength เป็นแรงพร้อมกับบอกความกว้างผ้าที่ทดสอบ (เช่นความกว้างผ้าเท่ากับ 1 นิ้ว)

การทดสอบแรงดึงจะใช้กับผ้าทอ การทดสอบกระทำได้สองทิศทางคือแรงดึงตามเส้นยืน และตามแนวเส้นพุ่ง แรงดึงยิ่งมากค่า Breaking strength ยิ่งมาก ถ้าผ้าที่ต้องการใช้งานมีการกำหนดค่า Breaking strength ต่ำผู้ผลิตก็สามารถใช้เส้นใยหรือเส้นด้ายที่มีคุณภาพต่ำ ค่าความเหนียวต่ำสุดสำหรับเสื้อผ้าสามารถมีตั้งแต่ 12 กิโลกรัม สำหรับผ้าตัดเสื้อกีฬาจะใช้ที่ 30 กิโลกรัม สภาวะการทดสอบและขนาดตัวอย่างก็ถูกทำให้เป็นมาตรฐานเพื่อที่จะมั่นใจในการประเมินเปรียบเทียบ วิธีทดสอบเพื่อหาแรงดึงขาดและการยืดขาดของผ้าทอได้บอกไว้ในมาตรฐานทดสอบ BS 2576 และ ASTM D 5034 ซึ่งระบุมาตรฐานการทดสอบไว้ที่ ภาคผนวก จ

2.6.2 การทนแรงฉีกขาด (Tearing Strength)

ความสามารถในการทนแรงฉีกขาดของผ้าจะสัมพันธ์กับการใช้งานของผ้ามากกว่าการทนแรงดึง เพราะว่าการทนแรงฉีกขาดเป็นการสะท้อนความเหนียวของเส้นด้ายแต่ละเส้น แรงที่วัดอาจเป็น grams , newtons หรือ pounds ถ้าแรงยิ่งมากการทนแรงฉีกขาดก็ยิ่งสูง แสดงดังรูปที่ 2.10 สังเกตได้ว่าระหว่างการฉีก แรงจะกระทำต่อเส้นด้ายพุ่งแต่ละเส้น ผลก็คือการทนแรงฉีกขาดของผ้าก็จะน้อยกว่าการทนต่อแรงดึง(เพราะเส้นด้ายหลายเส้นขาดออกจากกัน)ถ้าในระหว่างการฉีกมีเส้นด้ายเลื่อนไถล เส้นด้ายเหล่านั้นก็จะรวมตัวชิดกันและแรงต้านซึ่งกันและกัน ดังนั้นการที่เส้นด้ายลื่นไถลได้มากกว่าก็จะทำให้การทนแรงฉีกขาดมีมากกว่าด้วย ในผ้าลายขัด(จำนวนการขัดของเส้นด้ายสูง) จะทำให้การเลื่อนของเส้นด้ายถูกจำกัด ในขณะที่ลายทแยง ลายต่วนด้ายยืน ลายต่วนด้ายพุ่ง(เส้นด้ายลอยมากกว่า) จะทำให้เส้นด้ายส่วนที่ลอยเลื่อนไถลได้ อีกทางหนึ่งผ้าที่ทอแน่นอาจจะทำให้เส้นด้ายเคลื่อนย้ายไม่ได้ ด้วยเหตุผลนี้ผ้าทอลายขัดที่ทอแน่นสามารถทนแรงฉีกขาดน้อย ในขณะที่ผ้าทอด้วยลายทแยงและผ้ามีโครงสร้างหลวม โดยเฉพาะอย่างยิ่งผ้าทอด้วยลายที่มีการข้ามของด้ายมากพบว่ามีการทนแรงฉีกขาดได้สูง

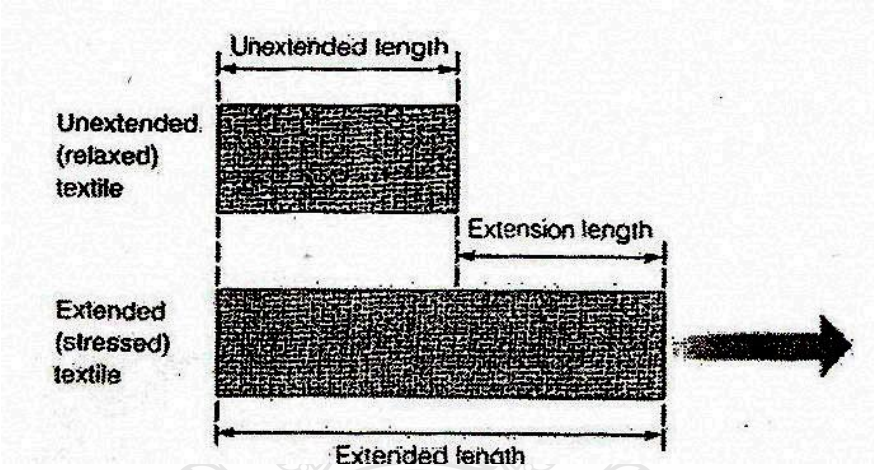


รูปที่ 2.10 หลักการฉีกขาดของผ้า [2]

วิธีต่างๆ ที่ใช้วัดการทนต่อแรงฉีกขาดของผ้าทอ ซึ่งสามารถศึกษาได้จากมาตรฐานทดสอบ ASTM D 2261 ซึ่งระบุมาตรฐานการทดสอบไว้ที่ ภาคผนวก จ

2.6.3 การยืดตัว (Elongation)

การยืดคือความสามารถในการยืดของวัสดุสิ่งทอเมื่อมีแรงเชิงกลมากระทำ โดยเฉพาะแรงดึง (Tensile strength) แรงฉีกขาด (Tensile strength) และแรงดันทะลุ (Bursting strength) ระหว่างการยืดตัวของวัสดุเป็นการซับแรงที่มาทำให้มันขาด ในช่วงที่วัสดุกำลังยืดออกมันจะไม่ขาด ถ้าหยุดใส่แรงก่อนที่จะถึงตำแหน่งการยืดตัวสูงสุด วัสดุสิ่งทอก็จะไม่ขาด แต่ถ้าการยืดตัวสูงสุดเกิดขึ้นและแรงก็ยังคงใส่เข้าไปก็ทำให้วัสดุสิ่งทอขาดได้ การยืดตัวอาจกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ แสดงดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.11 ลักษณะการยืด [2]

ถ้าแรงมากพอที่จะดึงยืดผ้าจนขาด เปอร์เซ็นต์การยืดตัวตรงนั้นจะถูกเรียกว่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาด (% Elongation at break)

เมื่อทราบลักษณะการทดสอบของผ้าทอทางสิ่งทอว่าเป็นอย่างไรแล้ว ในหัวข้อต่อไปจะกล่าวถึงผลของโครงสร้างผ้าทอในแต่ละแบบจะมีผลทางคุณสมบัติของผ้าทออย่างไร

2.7 ผลของโครงสร้างผ้าทอต่อสมบัติผ้า [2]

ความถาวร ตัวแปรที่มีผลต่อความแข็งแรงของผ้าทอคือลายผ้า และจำนวนเส้นด้ายต่อหน่วยความยาว ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงจำนวนเส้นด้ายต่อเซนติเมตร

ผ้าที่ทอด้วยลายขัด (มีจำนวนการขัดของเส้นด้ายมาก) สามารถถ่ายเทแรงและแบ่งปันแรงดึงตรงจุดที่ขัดกัน ดังนั้นถ้าเปรียบเทียบกับผ้าลายต่วน (มีจำนวนการขัดของเส้นด้ายน้อย) ซึ่งใช้เส้นใยและเส้นด้ายที่มีความเหนียวเท่าๆ กัน พบว่าผ้าทอลายขัดมีความแข็งแรง ณ จุดขาด (Breaking strength) มากกว่า ในอีกทางหนึ่งการทนแรงฉีกขาดของผ้าทอลายขัดจะน้อยกว่าผ้าทอลายต่วน ลาย

ทแยง เนื่องจากเส้นด้ายในผ้าทอขัดไม่เคลื่อนที่ไปรวมกันตัวกันเป็นกลุ่ม เพื่อที่จะแบ่งปันความเค้นด้วยกันจึงทำให้เส้นด้ายขาดที่ละเส้น ขณะที่เส้นด้ายในผ้าทอลายทแยงและลายต่วนสามารถเคลื่อนตัวเข้าหากันเป็นกลุ่มทำให้เส้นด้ายแบ่งปันความเค้นจึงทนแรงฉีกขาดได้ดีกว่า (เส้นด้ายไม่ขาดที่ละเส้น)

ในผ้าทอลายขัดด้วยกัน ผ้าที่มีจำนวนเส้นด้ายต่อเซนติเมตรมากจะทนแรงดึงได้มากกว่าผ้าที่มีจำนวนเส้นด้ายต่อเซนติเมตรน้อย แต่ผ้าที่มีจำนวนเส้นด้ายต่อเซนติเมตรมากจะสามารถทนแรงฉีกขาดได้น้อยกว่า

เส้นด้ายและโครงสร้างผ้ามีผลต่อการยืดตัวและการคืนตัวของผ้า การงอ(Crimp) ตัวที่ใส่เข้าไปในเส้นด้าย (เช่น เส้นด้ายผิวสัมผัส) และการงอตัวที่เกิดจากการขัดของเส้นด้ายมีความสัมพันธ์กับการยืดตัว เส้นด้ายในผ้างอตัวมากจะทำให้ผ้ายืดตัวได้มาก ขณะทอผ้า เส้นด้ายยืนอยู่ภายใต้ความตึงมากปกติแล้วจึงทำให้มีการงอตัวและยืดตัวในแนวเส้นด้ายพุ่งมากกว่า

การกระจายตัวของ Crimp ในผ้าทอมีผลต่อความถาวร เช่น ในผ้าทอที่มีเส้นด้ายนูนขึ้นบนผิวผ้าเพราะการงอตัวไม่เท่ากันระหว่างเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งทำให้ตรงที่นูนได้รับแรงกดของการขัดถู ด้วยเหตุนี้ทำให้ตรงที่นูนสึกได้ง่าย

ลายผ้าก็มีผลต่อการขัดถู เช่นผ้าลายทแยง ลายต่วน ซึ่งมีเส้นด้ายลอยมากมันจึงมีความอิสระที่จะเคลื่อนตัวเพื่อรับแรงมากกว่าและทนการขัดถูได้ดีกว่าถ้าเปรียบเทียบกับผ้าทอลายขัด

ในการทำงานวิจัยครั้งนี้ นอกจากต้องทราบถึงกระบวนการทางสิ่งทอ อาทิเช่น เส้นใยไนลอน 6 คุณสมบัติโครงสร้างผ้าทอในแต่ละแบบแล้ว จะต้องทำการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องกระสุนปืนและระดับมาตรฐานการทดสอบเสื้อเกราะกันกระสุนด้วย ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

2.8 กระสุน (Cartridges) [6]

กระสุนเป็นวัตถุที่ใช้ทดสอบการป้องกันกระสุนสำหรับเสื้อเกราะตามมาตรฐาน NIJ Standard และมาตรฐานยุทโธปกรณ์ กระทรวงกลาโหมว่าด้วยเสื้อเกราะกันกระสุน ซึ่งระบุมาตรฐานการทดสอบไว้ที่ภาคผนวก ง เสื้อเกราะเมื่อถูกยิงด้วยปืนหรือเครื่องยิงแล้ว เสื้อเกราะสามารถป้องกันไม่ให้กระสุนทะลุผ่านได้ รวมถึงการยุบตัวของวัสดุหนุนเสื้อเกราะ ต้องไม่เกิน 44 มิลลิเมตร จึงถือว่าผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน

กระสุนเป็นวัตถุที่ถูกยิงออกจากปืน โดยกระสุนปืนส่วนใหญ่หัวกระสุนจะทำจากโลหะตะกั่วผสมโลหะพลวง เล็กน้อย และหุ้มหัวกระสุนด้วยโลหะทองแดงเพื่อลดการเสียรูปทรงของหัวกระสุนและเพื่อความสะดวกในการป้อนเข้าสู่รังเพลิงของปืน โดยทั่วไปคำว่ากระสุนปืนมักจะเรียกรวมถึงส่วนของปลอกกระสุนและดินปืน

ลักษณะของกระสุนสามารถแบ่งได้ดังนี้

ก. กระสุนปืนเล็ก กระสุนที่ใช้ยิงจากปืน ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางปากลำกล้องปืน .60 นิ้วหรือต่ำกว่า

ข. กระสุนปืนใหญ่ กระสุนที่ใช้ยิงจากปืน ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางปากลำกล้องปืนโตกว่า .60 นิ้ว (15.24 มิลิเมตร)

ขนาดดังกล่าวเกี่ยวกับกระสุนปืนเล็กและกระสุนปืนใหญ่ห้ามนำมาใช้กับปืนลูกซอง (Shot gun) และกระสุนปืนลูกซอง (Shot gun shell)

ค. ส่วนประกอบของกระสุนปืนเล็ก (Componments small-arm ammunition) กระสุนปืนเล็กครบนัด ประกอบด้วนส่วนใหญ่ๆ ดังนี้

1) ปลอกกระสุน (Cartridge case) ตัวปลอกกระสุนทำด้วยทองเหลือง หรือเหล็ก ซึ่งเป็นที่บรรจุของชนวน (Primer) ดินส่งกระสุน (Propellant) และการประกอบเข้ากับกระสุน เพื่อทำให้เกิดเป็นนัดที่สมบูรณ์ (Complete round)

2) ลูกกระสุน (Bullet) ส่วนต่างๆ ของลูกกระสุนมีดังนี้ แสดงดังรูปที่ 2.12

- JACKET ทำด้วยโลหะเคลือบ (Gilding metal) หุ้มอยู่รอบลูกกระสุนทำหน้าที่กันแก๊สที่จะเข้าไปในด้านท้ายของลูกกระสุน ขณะที่ฝังอยู่ในลำกล้องปืน ขณะยิงจึงฝังตัวไปตามร่องเกลียวในลำกล้อง ทำให้เกิดการหมุนของหัวกระสุน

- CANELURE เป็นร่องรอยรอบลูกกระสุน เป็นที่ซึ่งปลอดกระสุนยึดติดกับลูกกระสุน

- CORE เป็นแกนของลูกกระสุน ซึ่งอาจทำขึ้นหลายแบบ เช่น ตะกั่ว เหล็กอ่อน เหล็กแข็ง

- POINT FILLER บรรจุอยู่ในส่วนหน้าของลูกกระสุน ซึ่งอาจบรรจุตะกั่ว Antimony lead alloy หรือ Incendiary mixture ก็ได้ ทั้งนี้แล้วแต่ชนิดกระสุน

- CONICAL TAPER OR BOATTALL เป็นการออกแบบของท้ายลูกกระสุนเพื่อช่วยในการเพรียวลม (Steam line) ของลูกกระสุน ส่วนลูกกระสุนที่มีรูปร่างท้ายตัดเรียกว่า (Square base)

- OGIVE เป็นส่วนโค้งด้านหน้าของลูกกระสุน เป็นการช่วยให้ลูกกระสุนเพรียวลมและช่วยในการทะลุทะลวงเป้าหมาย

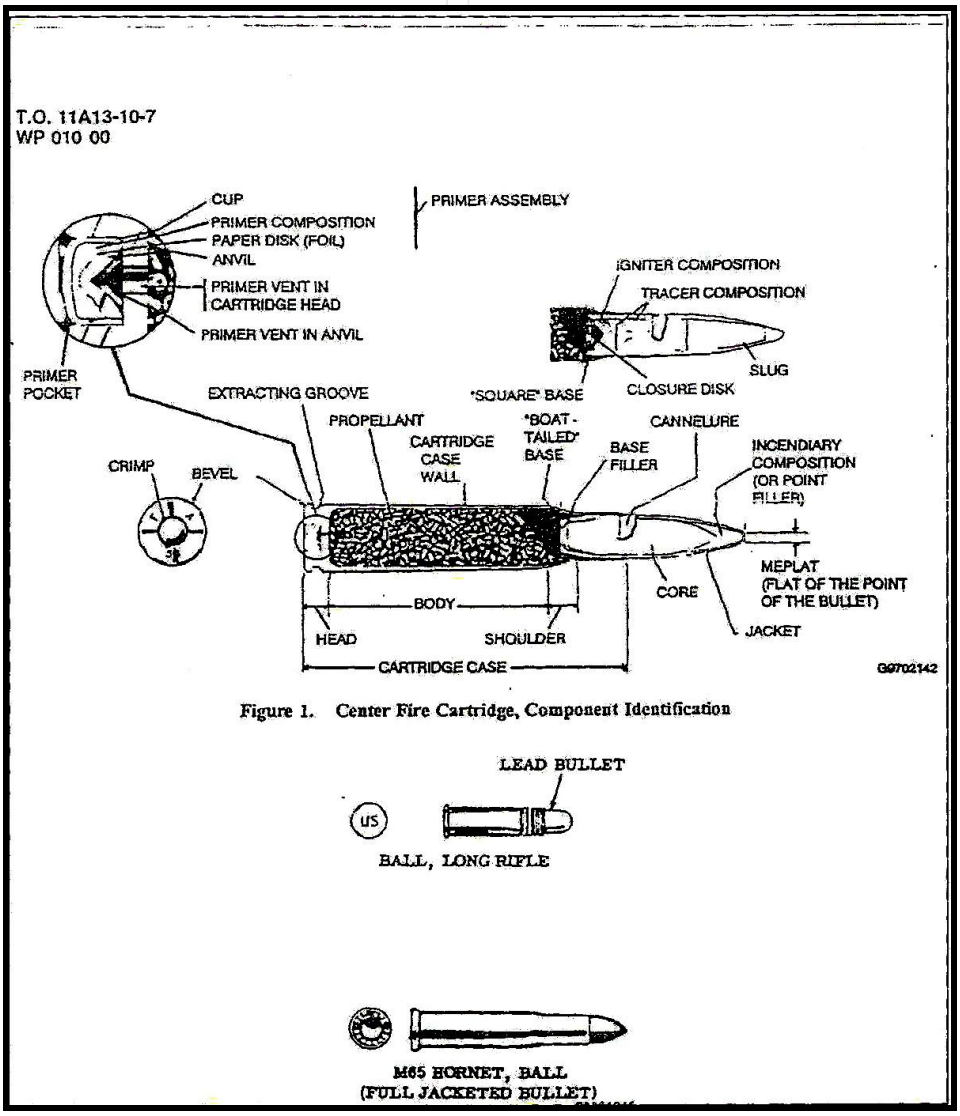
- MEPLAT เป็นส่วนมนของลูกกระสุน เพื่อให้ลดอาการแฉลบ Ricochet ของลูกกระสุนอย่างไรก็ดีมันไม่อาจป้องกันอาการ Ricochet ได้ทั้งหมด อาการ Ricochet เป็นอาการแฉลบของลูกกระสุนออกจากพื้นผิวหน้าของเป้าหมาย

- BASE FILLER เป็นแผ่นปิดท้ายของลูกกระสุนปืนเล็ก และอาจทำด้วยส่วนผสมของ Lead antimony หรือ Tracer composition เป็นต้น

3) ชนวนท้าย (Primer) คือใช้เป็นตัวจุด จะจุดตัวด้วยการกระแทกจากเข้มแทงชนวนดินเริ่มนี้จะมีความไวอย่างสูงสุด จุดตัวด้วยแรงเสียดสี หรือการกระแทกได้ง่าย Percussion primer มีส่วนประกอบ 4 ส่วน แสดงดังรูปที่ 2.12

- Cup (จอก)
- Primer composition paper disc (กระดาษ)
- Anvil (ทั่ง)
- Primer high explosive (ดินเริ่ม)

4) ดินส่งกระสุน (Propelling charge) ดินส่งกระสุนในกระสุนปืนเล็กตามธรรมดาใช้ Smokeless powder ซึ่งเป็นวัตถุระเบิดแรงต่ำ (Low explosive) แสดงดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 ส่วนประกอบของกระสุนปืนเล็ก [6]

กระสุนเป็นส่วนหนึ่งของการทดสอบและเป็นหัวใจสำคัญของการทดสอบการป้องกันกระสุน ดังนั้นการทดลองเสื้อเกราะกันกระสุน อย่างน้อยควรที่จะทราบว่ากระสุนปืนมีส่วนประกอบอย่างไร และการทำงานอย่างไร ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการทดสอบการป้องกันกระสุน

2.9 ชนิดกระสุนใช้ทดสอบเสื้อเกราะกันกระสุน [7]

กระสุนที่ใช้ในการทดสอบเสื้อเกราะ ได้ถูกจำแนกตามระดับในการป้องกันกระสุนของเสื้อเกราะ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 6 ระดับการทดสอบดังนี้

ก. ระดับ 1 คือ เสื้อที่สามารถป้องกันกระสุนได้ดังนี้

ขนาดกระสุน .22 LR ที่มีหัวกระสุนหนัก 40 เกรนและมีความเร็วไม่เกิน 1,080 ฟุต/วินาที หรือ 329 เมตร/วินาที

ขนาดกระสุน .380 ACP ที่มีหัวกระสุนหนัก 95 เกรนและมีความเร็วไม่เกิน 1,055 ฟุต/วินาที หรือ 322 เมตร/วินาที

ขนาดกระสุน .38 RNL ที่มีหัวกระสุนหนัก 158 เกรนและความเร็วไม่เกิน 880 ฟุต/วินาที หรือ 268 เมตร/วินาที

ข. ระดับ 2A คือ เสื้อที่สามารถป้องกันกระสุนได้ดังนี้

ขนาดกระสุน 9 มม. พาราเบลลั่ม แบบ FMJ ที่มีหัวกระสุนหนัก 124 เกรนและมีความเร็วไม่เกิน 1,120 ฟุต/วินาที หรือ 341 เมตร/วินาที

ขนาดกระสุน .40 S&W แบบ FMJ ทีมีหัวกระสุนหนัก 180 เกรนและมีความเร็วไม่เกิน 1,055 ฟุต/วินาที หรือ 322 เมตร/วินาที

ค. ระดับ 2 คือ เสื้อที่สามารถป้องกันกระสุนได้ดังนี้

ขนาดกระสุน 9 มม. พาราเบลลั่ม แบบ FMJ ที่มีหัวกระสุนหนัก 124 เกรนและมีความเร็วไม่เกิน 1,205 ฟุต/วินาที หรือ 367 เมตร/วินาที

ขนาดกระสุน .357 แม็กนั่ม แบบ Jacketed Soft Point (JSP) ที่มีหัวกระสุนหนัก 158 เกรนและมีความเร็วไม่เกิน 1,430 ฟุต/วินาที หรือ 436 เมตร/วินาที

ง. ระดับ 3A คือ เสื้อที่สามารถป้องกันกระสุนได้ดังนี้

ขนาดกระสุน 9 มม. พาราเบลลั่ม แบบ FMJ ที่มีหัวกระสุนหนัก 124 เกรนและมีความเร็วไม่เกิน 1,430 ฟุต/วินาที หรือ 436 เมตร/วินาที

ขนาดกระสุน .44 แม็กนั่ม แบบ SJHP ที่มีหัวกระสุนหนัก 240 เกรนและมีความเร็วไม่เกิน 1,430 ฟุต/วินาที หรือ 436 เมตร/วินาที

จ. ระดับ 3 คือ เสื้อที่สามารถป้องกันกระสุนได้ดังนี้

ปืนเล็กยาวในขนาด 7.62 มม. แบบ FMJ หรือแบบ M 80 ของกองทัพอเมริกา ที่มีหัวกระสุนหนัก 148 เกรนและมีความเร็วไม่เกิน 2,780 ฟุต/วินาที หรือ 847 เมตร/วินาที

ฉ. ระดับ 4 คือ เสื้อที่สามารถป้องกันกระสุนได้ดังนี้

กระสุนแบบเจาะเกราะขนาด .30-06 แบบ M 2 AP ของกองทัพอเมริกา ที่มีหัวกระสุนหนัก 166 เกรนและมีความเร็วไม่เกิน 2,880 ฟุต/วินาที หรือ 878 เมตร/วินาที

ลักษณะหัวกระสุนมีด้วยกันหลายแบบ แสดงดังตารางที่ 2.2 สามารถเลือกใช้ได้ตามลักษณะการใช้งาน ซึ่งในการทดสอบการทำงานวิจัยในครั้งนี้ได้เลือกหัวกระสุนแบบ FMJ ขนาด 9 มม. ตามที่มาตรฐานการทดสอบระดับ 2A ได้ระบุไว้

ตารางที่ 2.2 ลักษณะของหัวกระสุนแบบต่างๆ [8]

รูป หัวกระสุน	**อักษรย่อ**	**ความหมาย**	**ข้อจำกัดความ**
	LRN	Lead Round Nose	Plain lead bullet . Can also be called “Ball” or “Hardball”
	SWC	Semi-Wad Cutter	Plain lead bullet with the nose cut off. Target revolver ammo.
	FMJ	Full Metal Jacket	Standard bullet completely encased in copper. Probably the most common.
	SJHP	Semi-Jacketed Hollow Point	Like regular HP but with a copper sheath covering part of the bullet to control expansion on impact.
	JHP	Jacketed Hollow Point	Like HP but with a copper sheath covering the whole bullet to control expansion on impact.

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิชัย เพ็ชร์ทองคำ [9] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของโครงสร้างผ้าทอต่อสมบัติทางกายภาพของผ้า จากการศึกษางานวิจัยเรื่อง ความสัมพันธ์ของโครงสร้างผ้าทอต่อสมบัติทางกายภาพของผ้านั้นผู้วิจัยได้ทำการทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพต่างๆของโครงสร้างผ้าทอทั้งหมด 10 แบบ โดยที่ใช้วัสดุเส้นด้ายพอลิเอสเตอร์ (Polyester texture yarn 150/1) เป็นทั้งเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่ง ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบคุณสมบัติต่างๆของโครงสร้างผ้าทอทั้ง 10 แบบ อาทิเช่นทดสอบน้ำหนักของผืนผ้า ค่าความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึงและค่าความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดันทะลุ เป็นต้น

ผลการทดสอบ พบว่า คุณสมบัติทางกายภาพของโครงสร้างผ้าทอในแต่ละลายโครงสร้างจะมีค่าที่แตกต่างกันออกไป เช่น ค่าค่าน้ำหนักของผ้า(g/m^2), ค่าความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึง (N) และค่าความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดันทะลุ(Psi) เป็นต้น

ค่าน้ำหนักของผ้า(g/m^2) นั้น โครงสร้างผ้าลายขัด 1x1 จะมีน้ำหนักน้อยที่สุดใน 10 ลายโครงสร้างผ้า เนื่องจากเส้นด้ายมีการขัดตัวในการทอมากที่สุด ส่วนโครงสร้างผ้าลายต่วนดัดแปลง (หลัก 10) นั้นจะมีน้ำหนักผ้ามากที่สุด เนื่องจากเส้นด้ายในการขัดมีจำนวนน้อยหรือเส้นด้ายลอยมากที่สุดใน 10 ลายโครงสร้างผ้าทอ

ค่าความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึง(N) โครงสร้างผ้าลายทแยงดัดแปลง (S-twill 2/2) มีค่าความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึงน้อยที่สุด ส่วนโครงสร้างผ้าลายทแยงดัดแปลง จะมีค่าความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึงมากที่สุด สำหรับในเรื่องค่าความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึงแต่ละลายโครงสร้างผ้าทอนั้นจะมีค่าใกล้เคียงกันมาก

ค่าความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดันทะลุ (Psi)จากตารางพบว่า โครงสร้างผ้าลายขัด 1x1 จะมีค่าความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดันทะลุน้อยที่สุด ส่วนโครงสร้างผ้าลายทแยงดัดแปลงลายที่ 5 จะมีค่าความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดันทะลุมากที่สุดในโครงสร้างผ้าทั้ง 10 ลายโครงสร้างผ้า

จากงานวิจัยดังกล่าวทำให้ทราบว่า โครงสร้างผ้าทอในแต่ละลายโครงสร้างผ้านั้นที่ผลิตจากวัสดุเส้นด้ายเบอร์เดียวกัน เส้นด้ายชนิดเดียวกันและความหนาแน่นเส้นด้ายยืน เส้นด้ายพุ่งเท่ากัน สมบัติทางกายภาพไม่ว่าจะเป็นน้ำหนักของผืนผ้า ค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงและค่าความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดันทะลุ จะมีค่าการทดสอบที่แตกต่างกัน คุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไปนี้จึงทำให้ผู้ที่จะนำไปใช้งานควรที่จะใช้คุณสมบัติให้เหมาะสมกับงานที่จะนำไปใช้

Mehmet Karahan, Abdil Kus, Recep Eren. [1] ได้ทำการศึกษาการกระทำของวิถีกระสุนและศักยภาพในการรองรับแรงอัดของผ้าทออะรามิด

รายงานนี้ได้นำเสนอผลงานวิจัยถึง การค้นคว้าที่พิจารณาถึงการกระทำของวิถีกระสุนต่อแผ่นเกราะซึ่งมีการเรียงซ้อนของผืนผ้าทอเป็นจำนวนหลายชั้น โดยที่ใช้ผ้าชนิดต่างๆ ผ้า Twaron CT710 ในจำนวนชั้นต่างๆ ได้ทำการออกแบบแนวฝีเข็มในการเย็บยึดติดชิ้นงานจำนวน 3 แนวฝีเข็ม นำมาทำการเย็บยึดติดในการประกอบเป็นแผ่นหรือชิ้นทดสอบ หลังจากนั้นได้ถูกนำมาทดสอบการยิง ตาม

มาตรฐาน NIJ Standard การศึกษาการกระทำของวิถีกระสุนถูกกำหนดโดยการวัดจากร่องรอยความลึก และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง แรงหัวกระสุนจะถูกรองรับไว้โดยชั้นต่างๆ ของผ้าและจะส่งผ่านต่อไปยัง ชั้นผ้าด้านหลัง หลังจาการทดสอบก็จะต้องถูกพิจารณาถึงค่าความลึกและเส้นผ่านศูนย์กลางของร่องรอยความเสียหายจากการยิง ซึ่งมีการใช้วิธีต่างๆ เป็นการแสดงถึงว่าจำนวนการเรียงซ้อนของผืนผ้า และชนิดของการเย็บประกอบแผ่นเกราะมีผลกระทบที่สำคัญกับคุณสมบัติการเคลื่อนที่ของกระสุนและผลจากการจำกัดเงื่อนไขสภาวะต่างๆ ผ้าที่ทอและไม่ทอต่างก็ผลิตจากเส้นใยที่มีความเหนียวสูง และถูกนำมาใช้ในการป้องกันกระสุน เนื่องจากความสามารถในการรองรับกำลังแรงอัดสูงและน้ำหนักเบา คุณสมบัติของเส้นใยของสิ่งทอมีการศึกษาทดลองเรื่อยมา มีการนำวิธีการทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยในการคาดคะเนเนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างกระสุนและผ้าเป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่พิสูจน์ได้แต่ซับซ้อนมากการคาดคะเนคุณสมบัติของผ้าจากคุณสมบัติของเส้นใยก็ไม่สามารถทำได้หากกระสุนมีขนาดเล็กเป็นที่ทราบแล้วว่ากระสุนมีขนาดใหญ่และแรง ทำให้เกิดพลังงานจลน์ และยิ่งหากพลังงานจลน์สูงก็ยิ่งทำให้เกิดการบิดเบี้ยวผิดรูปมากขึ้น เมื่อผ้าทอขึ้นอยู่กับแรงปะทะของวิถีกระสุนก็ทำให้เกิดการผิดรูปได้ทั้งแนวตั้งและแนวนอนการบิดเบี้ยวผิดรูปบนผ้ามีการขยายออกเมื่อความเร็วของกระสุนอยู่ภายใต้ที่จำกัด ชั้นของผ้าเองก็มีความสามารถในการรองรับแรงอัดที่จำกัดเช่นกัน จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนา การออกแบบต่างๆ เพื่อหยุดแรงของกระสุน ค่าตัวแปรต่างๆ มีผลต่อการต้านทานวิถีกระสุน เช่น คุณสมบัติของเส้นใยและเส้นด้าย โครงสร้างเส้นใย น้ำหนักผ้าและจำนวนการเรียงซ้อนของผืนผ้า ที่นำมาใช้ทำการศึกษา นอกจากนั้น ความเร็วของกระสุน มุมการยิง รูปทรงกระสุน และแนวการยิงก็เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อแรงปะทะที่จะเกิดขึ้นระหว่างกระสุนกับผืนผ้าหรือแผ่นเกราะ ผ้าที่นำมาใช้ประกอบศึกษามีจำนวนเส้นด้ายพุ่งและด้ายยืนที่ต่างกันขึ้นอยู่กับกระบวนการทอโดยทั่วไปด้ายพุ่งจะน้อยกว่าด้ายยืน ซึ่งเมื่อโดนแรงปะทะจากกระสุนด้ายพุ่งและแยกตัวจากกันก่อนด้ายยืน ซึ่งปัจจุบันนี้มีการนำเส้นใยใหม่ๆ มาใช้ทอและใช้ความหนาแน่นที่เท่ากันทั้งด้านพุ่งและด้านยืน ก็จะทำให้เกิดการบิดเบี้ยวผิดรูปที่เท่าๆ กันทั้งด้ายพุ่งและด้ายยืน โครงสร้างนี้ทำให้ระดับของการรองรับแรงอัดมีสูง

ตัวแปรอีกตัวแปรที่มีผลต่อคุณสมบัติของเกราะคือ การเสียดสี (ขัดกัน) ของด้าย เมื่อกระสุนทะลุผ่านโครงสร้างผ้า กระสุนนี้จะทำให้เส้นด้ายแตกตัวเพื่อที่จะแทรกตัวผ่านไป แต่ขณะที่จะทะลุผ่านเส้นด้ายที่มีความเหนียวสูง กระสุนจะเสียกำลังมากเป็นผลให้ลดแรงลง เช่นเดียวกันหากด้ายมีการขัดกันต่ำก็ทำให้ประสิทธิภาพในลดแรงกระสุนต่ำลงไปด้วย

จากงานวิจัยดังกล่าวให้ทราบว่า การรองรับแรงอัดและความสามารถในการถ่ายทอดแรงของชั้นผ้าขึ้นอยู่กับความยืดหยุ่นของเส้นใยและการรวมตัวของด้าย หากความเหนียวและความยืดหยุ่นของเส้นใยสูง จะสามารถรับแรงของกระสุนที่กระทำได้ดี เป็นข้อมูลในการเลือกเส้นใยในการผลิตแผ่นเกราะ นอกจากนี้คุณสมบัติแรงดึงของด้ายและโครงสร้างเส้นใย ก็มีส่วนสำคัญในการทำแผ่น

เกราะเช่นกัน และอีกประการหนึ่งโครงสร้างของผ้า ที่เกิดการเสียดสีขัดกันของด้าย มีผลต่อการป้องกันกระสุนด้วย

สุจิระ ขอจิตต์เมตต์, สมประสงค์ ภาษาประเทศ และอภิชาติ สนธิสมบัติ. [10] ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเส้นใยไหมมาใช้ในการผลิตเสื้อเกราะกันกระสุน เสื้อเกราะกันกระสุนที่ใช้ในปัจจุบัน เป็นผลิตภัณฑ์นำเข้ามาจากต่างประเทศซึ่งมีราคาสูง การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเส้นใยไหมมาใช้ในการผลิตเสื้อเกราะกันกระสุน จากผลการศึกษาสามารถทำการผลิตเสื้อเกราะโดยใช้วัตถุดิบจากเส้นใยไหม นำมาทอเป็นผืนผ้าตามโครงสร้างลายผ้าแบบ Basket 2x2 กำหนดให้เส้นด้ายยืนมีจำนวน 32 เส้นต่อนิ้ว และเส้นด้ายพุ่งมีจำนวน 64 เส้นต่อนิ้ว ขนาดของเส้นด้ายยืนที่นำมาใช้ขนาด 455 ดีเนียร์ ขนาดของเส้นด้ายพุ่ง 490 ดีเนียร์ นำมาทอตามที่กำหนด หลังจากนั้นนำผ้าทอไปตัดทำชิ้นทดสอบขนาด 6x6 ตารางนิ้ว แล้วนำมาเรียงชิ้นทดสอบตามความหนา 30 ชั้น และ 35 ชั้น โดยที่ลักษณะการวางเรียงชั้นผ้าไหมวางแนวเส้นด้ายยืนสลับแนวเส้นด้ายพุ่ง 90 องศา และทำการเย็บยึดติดชิ้นทดสอบแต่ละชั้น โดยที่ลักษณะการเย็บยึดติดเป็นแบบลายตารางหมากรุกและลายเย็บซิกแซ็กจนครบ 15 ชั้น การเย็บแบบนี้จะทำให้ลดช่องว่างและเพิ่มความแข็งแรงชิ้นทดสอบ จึงนำมารวมกันจนครบ 30 ชั้น แล้วเย็บติดรวมกัน หลังจากนั้นนำไปทดลองยิงที่ระยะหวังผล ที่ระยะต่างกัน3 ระดับ คือ 3 หลา 7 หลา และ 15 หลา ผลการทดสอบการยิงสามารถป้องกันกระสุนขนาด .22 แอลอาร์ .38 สเปเชียล .45 แมกนั่ม และปืนลูกซองได้

สรุปผลการศึกษาวิจัยได้ดังนี้ ใช้ผ้าไหมโครงสร้างผ้าลายแบบ Basket 2x2 กำหนดให้เส้นด้ายยืนมีจำนวน 32 เส้นต่อนิ้ว และเส้นด้ายพุ่งมีจำนวน 64 เส้นต่อนิ้ว ขนาดของเส้นด้ายยืนที่นำมาใช้ขนาด 455 ดีเนียร์ ขนาดของเส้นด้ายพุ่ง 490 ดีเนียร์ นำผืนผ้าไหมมาเรียงจำนวน 30 ชั้น ทำเป็นเสื้อเกราะชั้นกลางและใช้ผ้าไนล่อนหรือโพลิเอสเตอร์ทำเสื้อเกราะชั้นนอก และชั้นใน

จะเห็นได้ว่า นี่เป็นจุดเริ่มต้นในการคิดค้นเสื้อเกราะกันกระสุนแบบไทยๆหรือภูมิปัญญาชาวบ้านนั้นเอง โดยการนำเอาเส้นใยธรรมชาติมาทำการทอ และทำการทดสอบการป้องกันกระสุนปืน ซึ่งหลังจากนั้นได้มีนักวิจัยคิดค้นและพัฒนาต่อไปเรื่อยๆ ไม่ว่าจะปรับปรุงด้านเส้นด้าย โครงสร้างผ้า แนวฝีเข็มในการเย็บยึดติด เป็นต้น ซึ่งต่อมาได้มีการพัฒนาด้านวัสดุที่นำไปใช้ในการผลิตเสื้อเกราะกันกระสุนเพื่อที่จะมาทดแทนเส้นใยไหม ดังนั้นนักวิจัยได้นำเส้นใยสังเคราะห์มาทดแทน อาทิเช่น เส้นใยโพลีเอสเตอร์ เส้นใยไนลอน6 ไนลอน 66 เคฟลาร์ ซึ่งเส้นใยเหล่านี้มีความแข็งแรงสูงและดูแลรักษาง่าย

ชูพงศ์ ไชยหลาก [11] ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของแรงอัดบนผืนผ้าทอไนลอน ต่อการเจาะทะลุของกระสุนปืน โดยการนำเอาเส้นด้ายไนลอน 66 มาทอโครงสร้างลายขัด 2x2 ที่ความหนาแน่นเส้นด้ายยืนเท่ากับ 32 เส้นต่อนิ้ว ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเท่ากับ 64 เส้นต่อนิ้ว และนำเอาผืนผ้าทอมาเพิ่มแรงอัดที่ 0 200 400 600 800 และ1000 กิโลกรัมแรง หลังจากนั้นแบ่งชิ้นทดสอบแบบเย็บติดกับแบบไม่เย็บ และนำไปทดสอบการป้องกระสุน ซึ่งผลการทดสอบพบว่า เมื่อทำการเพิ่มแรงอัดต่อ

ผืนผ้าทอให้มากขึ้นจะสามารถลดการเจาะทะลุของกระสุนปืนได้ดีขึ้น และเมื่อนำผืนผ้าทอที่แรงอัดขนาดเท่ากัน ชิ้นทดสอบแบบเย็บจะสามารถลดการเจาะทะลุของกระสุนได้ดีกว่าแบบไม่เย็บติด

จากงานวิจัยชิ้นนี้ทำให้ทราบว่า เมื่อโครงสร้างผ้าถูกทำให้แน่นด้วยแรงอัดมากขึ้นจะสามารถลดการเจาะทะลุของกระสุนปืนได้ดีขึ้น และเมื่อชิ้นทดสอบที่ถูกแรงอัดต่อผืนผ้าขนาดเท่ากัน ชิ้นทดสอบที่มีการเย็บติดจะลดการเจาะทะลุของกระสุนปืนได้ดีกว่าแบบไม่เย็บติด เนื่องจาก โครงสร้างผ้าที่ทำการเย็บติดนั้นเมื่อทำการทดสอบยิงแล้วชิ้นทดสอบไม่เคลื่อนตัวมาก ซึ่งต่างกับชิ้นทดสอบที่ไม่ทำการเย็บ เมื่อทำการทดสอบยิงชิ้นทดสอบมีการเคลื่อนตัวที่มาก การเจาะทะลุของกระสุนก็จะมากตามด้วย

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 วิธีที่ใช้ศึกษาค้นคว้าวิจัย

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างผ้าทอ และงานวิจัยที่เกี่ยวกับเสื้อเกราะกันกระสุน

2. ศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายไนลอน 6 ลายโครงสร้างผ้าทอ ขนาดปืนและขนาดกระสุนที่ใช้ในการทดสอบ ที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยครั้งนี้

3. ทำการจัดหาเส้นด้ายไนลอน 6 ขนาด 840 ดีเนียร์ 192 ฟิลาเมนท์ เพื่อใช้ในการทอผ้า

4. ทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายไนลอน 6 เช่น ค่า Tensile strength, Elongation at break (%), น้ำหนักเส้นด้าย เป็นต้น

5. นำเส้นด้ายไนลอน 6 ขนาด 840 ดีเนียร์ 192 ฟิลาเมนท์ มาทอลายโครงสร้างผ้าทอที่กำหนด แสดงดังตารางที่ 3.1 ด้วยเครื่องทอ Water jet ยี่ห้อ TSUDAKOMA รุ่น ZW 408

ตารางที่ 3.1 โครงสร้างผ้าทอที่ใช้ในการทดสอบทั้ง 6 รูปแบบ

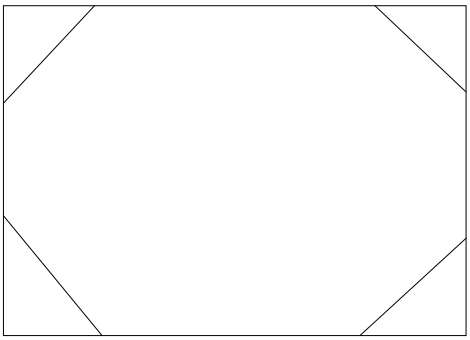
No.	Design	Density 1 inch	
		Warp	Weft
1	2/2 Basket	23	10
2	2/2 Basket	23	15
3	2/2 Basket	23	20
4	2/2 S-Twill	42	20
5	2/2 S-Twill	42	30
6	2/2 S-Twill	42	40

6. ทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพของโครงสร้างผ้าทอในแต่ละรูปแบบโครงสร้าง เช่น ทดสอบค่าน้ำหนักของผืนผ้าค่า ,ค่าความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึง(Tensile strength)และค่าความแข็งแรงต่อการฉีกขาด (Tearing strength) ของผืนผ้าโครงสร้างผ้าทอทั้ง 6 รูปแบบ ที่กำหนด

7. ทำการออกแบบการจัดเรียงจำนวนชั้นของการทดสอบ

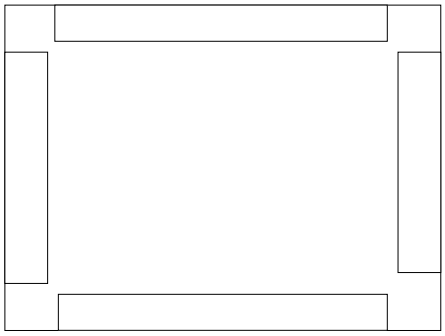
8. จัดทำชิ้นงานทดสอบ ขนาด 10x10 ตารางนิ้ว นำผ้ามาประกอบเป็นชิ้นทดสอบกันกระสุน 2 แบบ

- แบบแนวฝีเข็มลายเย็บยึดติดที่ 1 เป็นลักษณะการเย็บรูปสามเหลี่ยมยึดติดมุมทั้ง 4 มุม ของชิ้นทดสอบ มีขนาด 2x2 ตารางนิ้ว เย็บห่างออกจากมุมชิ้นทดสอบ 2 นิ้ว. ทั้ง 4 มุม แสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ลักษณะการเย็บรูปสามเหลี่ยมยึดติดมุมทั้ง 4 มุมของชิ้นทดสอบ มีขนาด 2x2 ตารางนิ้ว เย็บห่างออกจากมุมชิ้นทดสอบ 2 นิ้ว. ทั้ง 4 มุม

- แบบแนวฝีเข็มลายเย็บยึดติดที่ 2 เป็นลักษณะการเย็บรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีขนาด กว้าง 1 นิ้ว ยาว 6 นิ้ว มีระยะการเย็บห่างออกจากมุม 2 นิ้ว. ทั้ง 4 มุมของชิ้นทดสอบ แสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ลักษณะการเย็บรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีขนาด กว้าง 1 นิ้ว ยาว 6 นิ้ว มีระยะการเย็บห่างออกจากมุม 2 นิ้ว. ทั้ง 4 มุมของชิ้นทดสอบ

9. ทำการทดสอบชิ้นทดสอบ ด้วยการยิงกระสุนขนาด 9 มม. ตามมาตรฐานยุทโธปกรณ์ กระทรวงกลาโหมว่าด้วยเสื้อเกราะกันกระสุน ว่ามีการเจาะทะลุของกระสุนปืนที่มีต่อโครงสร้างผ้าทออย่างไร

10. ทำการตรวจสอบจำนวนของชิ้นงานที่มีการเจาะทะลุของกระสุนปืน รอยยุบของวัสดุหนุนหลังที่จัดไว้ และบันทึก วิเคราะห์ผล

11. สรุปผลการทดสอบ

3.2 วัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

ก. เส้นด้ายไนลอน 6 ขนาด 840 ดีเนียร์ 192 ฟิลาเมนท์ แสดงดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 เส้นด้ายไนลอน 6 ขนาด 840 ดีเนียร์ 192 ฟิลาเมนท์

ข. กระสุนปืนขนาด 9 มม. ใช้ในการทดสอบ แสดงดังรูปที่ 3.4

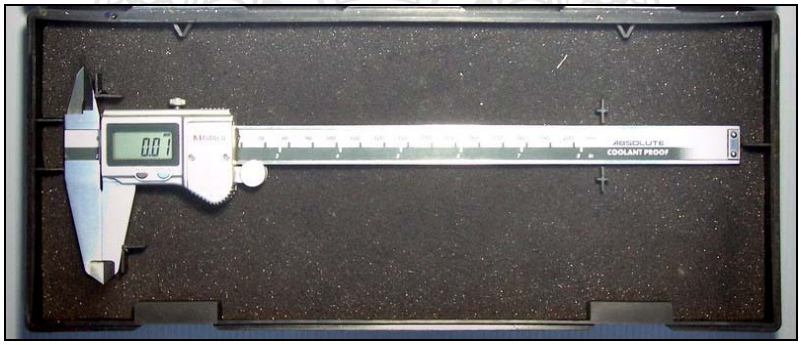
รูปที่ 3.4 กระสุนปืนขนาด 9 มม.

3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ก. เครื่องทอผ้า Water jet ยี่ห้อ TSUDAKOMA รุ่น ZW 408 แสดงดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 เครื่องทอผ้า Water jet ยี่ห้อ TSUDAKOMA รุ่น ZW 408
ของ บริษัท ไทยแทฟฟี่ต้า จำกัด

ข. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์แบบดิจิตอล ใช้สำหรับการวัดระยะความลึกอย่างละเอียด สามารถอ่านค่าได้ละเอียดถึงทศนิยม 2 ตำแหน่ง แสดงดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์แบบดิจิตอล

ค. เครื่องทดสอบค่าความแข็งแรงของเส้นด้าย (Tenacity) และค่าความยืดหยุ่นของเส้นด้าย (Elongation) ยี่ห้อ USTER TENSORAPID 3 แสดงดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 เครื่องทดสอบค่าความแข็งแรงของเส้นด้าย (Tenacity) และค่าความยืดหยุ่นของเส้นด้าย (Elongation) ยี่ห้อ USTER TENSORAPID 3 ของ บริษัท ไทยแทฟฟิต้า จำกัด

ง. เครื่องทดสอบความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึง (Tensile strength) และทดสอบความแข็งแรงของผ้าต่อแรงฉีกขาด (Tearing strength) ยี่ห้อ Zwick รุ่น Z010 เป็นเครื่องทดสอบความแข็งแรงของวัสดุต่างๆ ต่อแรงดึงและแรงกดระบบดิจิตอล แสดงดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 เครื่องทดสอบแรงดึงยี่ห้อ Zwick รุ่น Z010 ของ บริษัท ไทย แทฟฟิต้า จำกัด

จ. เครื่องชั่งน้ำหนักขนาด 6000 กรัม ยี่ห้อ Vibra รุ่น AJ ชั่งน้ำหนักได้ตั้งแต่ 0 - 6,200 กรัม ความละเอียด 0.01 กรัม ค่า Linearity ± 0.2 กรัม แสดงดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 เครื่องชั่งน้ำหนักไฟฟ้าขนาด 6000 กรัม ยี่ห้อ Vibra รุ่น AJ

ฉ. เครื่องวัดความเร็วกระสุนปืน กรมสรรพาวุธทหารอากาศ ยี่ห้อ INLOG 2020 เป็นเครื่องวัดความเร็วกระสุนปืน ด้วยระบบแสง เป็น 1 ใน 4 แบบที่มาตราฐานกำหนดให้ใช้ ผลของการวัดความเร็วกระสุนที่เป็นอิสระต่อกัน สามารถกระทำได้โดยการใช้เครื่องวัดความเร็วกระสุนปืนได้ไม่ต่ำกว่า 0.3 เมตร/วินาที แสดงดังรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 เครื่องวัดความเร็วกระสุนปืนของกรมสรรพาวุธทหารอากาศ เป็นเครื่องวัดความเร็วกระสุนปืน ด้วยระบบแสง (Photo electric light screens) เป็น 1 ใน 4 แบบที่มาตรฐานกำหนด

รูปที่ 3.11 เครื่องประมวลผลความเร็ว กรมสรรพาวุธทหารอากาศใช้ประกอบกับเครื่องวัดความเร็ว

ช. จักรเย็บผ้าอุตสาหกรรม ยี่ห้อ VENUS เป็นจักรอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ตัวจักรมีตีนผีตะกุยจำนวน 2 ตัว สามารถเย็บผ้าที่มีความหนาได้ 2 เซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 3.12

รูปที่ 3.12 จักรเย็บผ้าอุตสาหกรรมสำหรับเย็บชิ้นงานแบบเย็บผืนผ้าติดกัน ครั้งละ 10 ผืน

ซ. ปืนพกสั้น ขนาด 9 มม. แสดงในรูปที่ 3.13

รูปที่ 3.13 ปืนพกสั้น ขนาด 9 มม. และกระสุนปืนขนาด 9 มม. FMJ น้ำหนัก 124 เกรน ความเร็ว 341 เมตร/วินาที ± 9.1 เมตร/วินาที สำหรับใช้ทดสองยิงแผ่นเกราะ

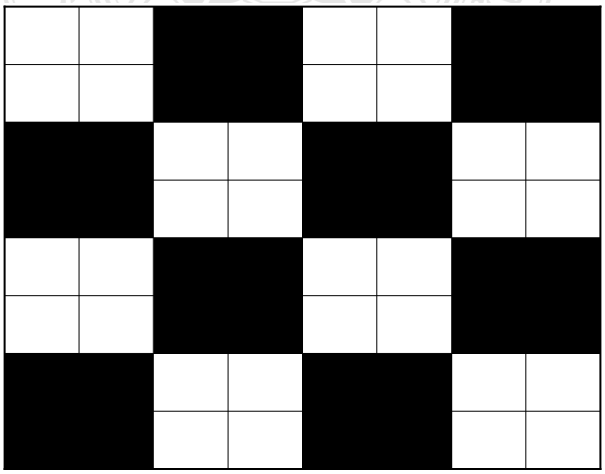
3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 นำเส้นด้ายไนลอน 6 ขนาด 840 ดีเนียร์ 192 ฟิลาเมนท์ ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ คือ ทดสอบความแข็งแรงเส้นด้าย (Tenacity) ทดสอบค่าความยืดหยุ่นของเส้นด้าย (Elongation) และน้ำหนักเส้นด้าย ด้วยเครื่องทดสอบ USTER TENSORAPID 3 แสดงดังรูปที่ 3.14

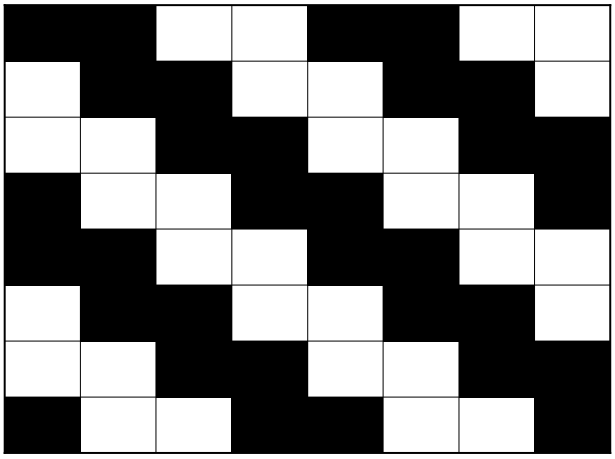
รูปที่ 3.14 นำเส้นด้ายไนลอน 6 ขนาด 840 ดีเนียร์ 192 ฟิลาเมนท์ ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ด้วยเครื่องทดสอบ USTER TENSORAPID 3 ของ บริษัท ไทยแทฟฟีต้า จำกัด

3.2.2 นำเส้นด้ายไนลอน 6 ขนาด 840 ดีเนียร์ 192 ฟิลาเมนท์ มาทอเป็นผืนผ้าทอที่กำหนดตามโครงสร้างผ้าทอที่กำหนดดังตารางที่ 3.1 คือ โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket และโครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-twill ซึ่งโครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket ใช้เส้นด้ายยืนที่มีความหนาแน่นเท่ากับ 23 เส้นต่อนิ้ว ใช้เส้นด้ายพุ่งที่มีความหนาแน่นเท่ากับ 20, 15 ,10 เส้นต่อนิ้ว ส่วนโครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-twill ใช้เส้นด้ายยืนที่มีความหนาแน่นเท่ากับ 42 เส้นต่อนิ้วเท่ากัน เส้นด้ายพุ่งที่มีความหนาแน่นเท่ากับ 40, 30 ,20 เส้นต่อนิ้ว ซึ่งทอจากวัสดุเส้นใยไนลอน 6 ขนาด 840 ดีเนียร์ ที่กำหนดด้วยเครื่องทอ Water jet ยี่ห้อ TSUDAKOMA รุ่น ZW 408 ตามรูปที่ 3.15 ,3.16 และ 3.17

รูปที่ 3.15 นำเส้นด้ายไนลอน 6 ขนาด 840 ดีเนียร์ 192 ฟิลาเมนท์ มาทอเป็นผืนผ้าทอลายต่างๆ ด้วยเครื่องทอ Water jet ยี่ห้อ TSUDAKOMA รุ่น ZW 408 ของ บริษัท ไทยแทฟฟิต้า จำกัด



รูปที่ 3.16 รูปลายโครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket



รูปที่ 3.17 รูปลายโครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-twill

3.3.3 นำผ้าที่ได้จากการทอ ทดสอบหาสมบัติทางกายภาพของโครงสร้างผ้าทอในแต่ละแบบลายโครงสร้างผ้า คือ ทดสอบค่าน้ำหนักของผืนผ้า ค่าความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึง (Tensile strength) และค่าความแข็งแรงต่อการฉีกขาด (Tearing strength) ของผืนผ้าโครงสร้างผ้าทอทั้ง 6 รูปแบบด้วยเครื่องทดสอบหาค่าความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึง (Tensile strength)และค่าความแข็งแรงต่อการฉีกขาด (Tearing strength) ยี่ห้อ Zwick รุ่น Z010 ตามรูปที่ 3.8

3.3.4 นำผ้าที่ได้จากการทอมาตัดเพื่อทำแบบชิ้นทดสอบรูปสี่เหลี่ยม ขนาด 10x10 ตารางนิ้ว แสดงในรูปที่ 3.18

รูปที่ 3.18 ชิ้นผืนผ้าทอที่นำมาตัดเป็นชิ้นทดสอบ ขนาด 10x10 ตารางนิ้ว

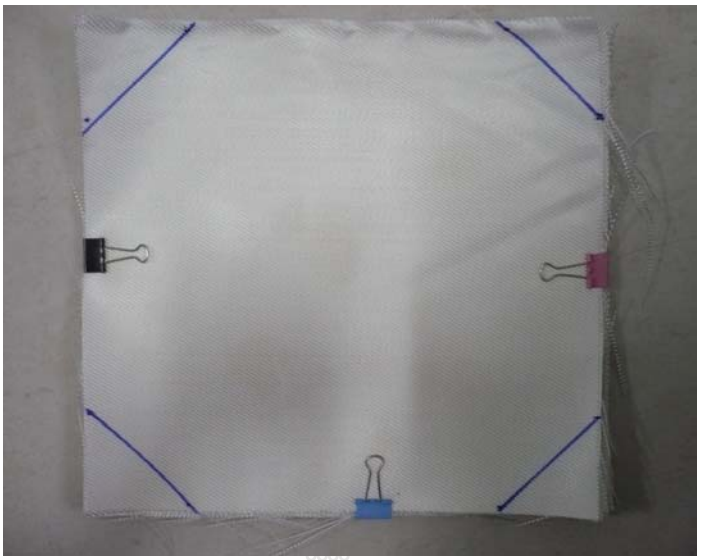
3.3.5 นำชิ้นทดสอบขนาด 10x10 ตารางนิ้ว มาวางเรียงซ้อนกันโดยที่ให้แนวเส้นด้ายพุ่งและแนวเส้นด้ายยืนสลับกัน 90 องศา จนครบ 120 ผืน ตามที่กำหนด แสดงในรูปที่ 3.19

รูปที่ 3.19 ชิ้นทดสอบขนาด 10x10 ตารางนิ้ว มาวางเรียงซ้อนกันโดยที่ให้แนวเส้นด้ายพุ่ง และแนวเส้นด้ายยืนสลับกัน90 องศา จำนวน 120 ชิ้นทดสอบ

3.3.6 ทำซ้ำตามขั้นตอนที่ 3.3.4 และ 3.3.5 ในผืนผ้าทอทั้ง 6 รูปแบบที่กำหนด

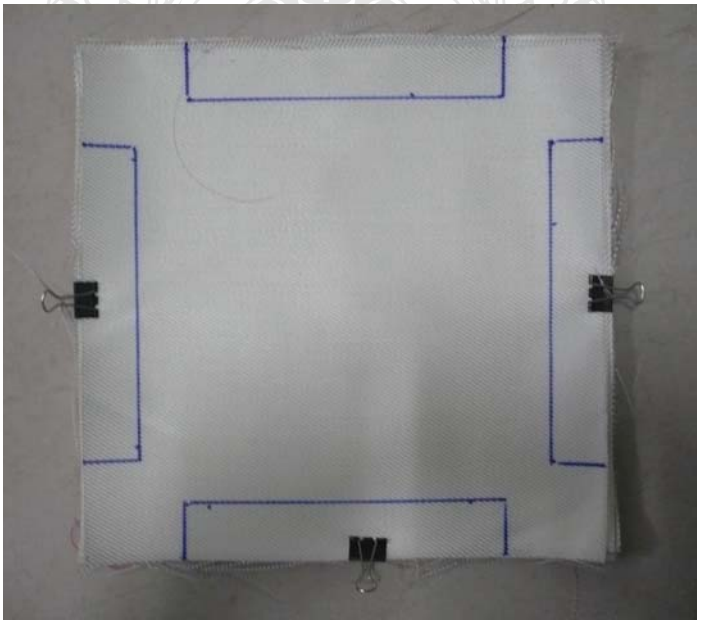
3.3.7 นำชิ้นทดสอบ 120 ชิ้นทดสอบ ที่ได้จากการทำขั้นตอนที่ 3.3.6 มาเย็บประกอบเป็นแผ่นเกราะกันกระสุน 2 แบบแนวฝีเข็ม โดยแบ่งชิ้นทดสอบออกเป็น แบบละ 60 ชิ้นทดสอบ เท่ากับ 1 ชุดการยิงทดสอบ โดยที่ 1 ชุดการยิงทดสอบนั้น จะมี 60 ชิ้นทดสอบหรือ 60 ผืนผ้าทอ ที่ทำการวางแนวเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งสลับกัน 90 องศา แล้วทำการเย็บยึดติด และแบ่งจำนวนชั้นออกมา ครั้งละ 10 ผืนผ้า ทำการเย็บยึดติดตามแนวฝีเข็มที่กำหนด ทำจนครบ 60 ผืน จะได้เท่ากับ 1 ชุดการทดสอบ แล้วทำการเจาะรูทั้ง 4 มุมของผืนผ้าแล้วไขน็อตเพื่อทำการรวมชิ้นทดสอบทั้ง 60 ผืนเป็น 1 ชุดการทดสอบ ทำแบบนี้จนครบทั้ง 6 รูปแบบโครงสร้างผ้าทอ และ 2 แบบแนวฝีเข็มเย็บยึดติด

ก. แบบแนวฝีเข็มลายเย็บยึดติดที่ 1 เป็นลักษณะการเย็บรูปสามเหลี่ยมยึดติดมุมทั้ง 4 มุมของชิ้นทดสอบ มีขนาด 2x2 ตารางนิ้ว เย็บห่างออกจากมุมชิ้นทดสอบ 2 นิ้ว. ทั้ง 4 มุม ตามรูปที่ 3.1 ในการเย็บประกอบชิ้นเกราะนั้นจะทำการเย็บที่ละ 10 ผืน ทำการเย็บทั้งหมด 6 ชุด เท่ากับ 60 ผืน หรือ 1 ชุดชิ้นทดสอบ



รูปที่ 3.20 ลักษณะการเตรียมชิ้นทดสอบจำนวน 10 ชิ้นทดสอบ ที่จะทำการเย็บตามแนวฝีเข็มแบบที่1 เพื่อที่จะให้เป็นเกราะต่อไป

ข. แบบแนวฝีเข็มลายเย็บยึดติดที่ 2 เป็นลักษณะการเย็บรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีขนาดกว้าง 1 นิ้วยาว 6 นิ้ว มีระยะการเย็บห่างออกจากมุม 2 ซม. ทั้ง 4 มุมของชิ้นทดสอบ ตามรูปที่ 3.2 ในการเย็บประกอบชิ้นเกราะนั้นจะทำการเย็บที่ละ 10 ผืน ทำการเย็บทั้งหมด 6 ชุด เท่ากับ 60 ผืน หรือ 1 ชุดชิ้นทดสอบ

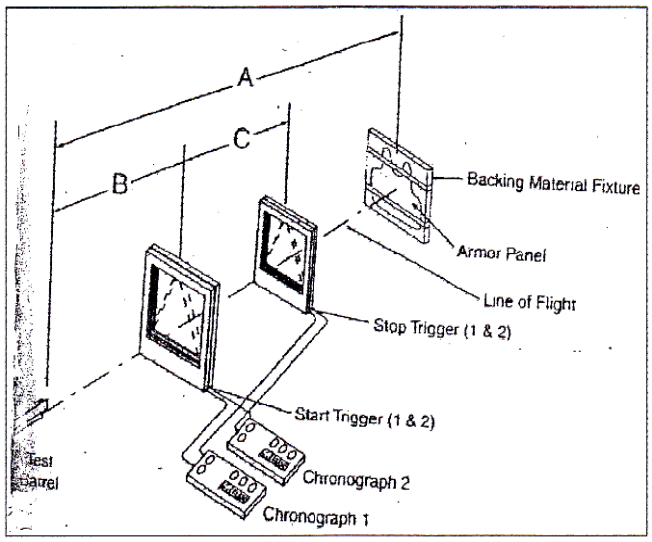


รูปที่ 3.21 ลักษณะการเตรียมชิ้นทดสอบจำนวน 10 ชิ้นทดสอบ ที่จะทำการเย็บตามแนวฝีเข็มแบบที่ 2 เพื่อที่จะให้เป็นเกราะต่อไป

3.3.8 นำแผ่นเกราะ 2 แบบแนวฝีเข็มการเย็บ ทั้ง 6 รูปแบบโครงสร้างผ้าทอ ไปทดสอบการป้องกันกระสุนปืนตามมาตรฐานยุทธโธปกรณ์กระทรวงกลาโหมว่าด้วยเสื้อเกราะกันกระสุนดังนี้

ก. เตรียมอุปกรณ์การทดสอบการยิง

- จัดวางอุปกรณ์เครื่องวัดความเร็ว และอุปกรณ์ต่างๆ ตามรูปที่ 3.22 มีระยะห่างจากปลายกระบอกปืนถึงเสื้อเกราะ 5 เมตร (ระยะ A) แสดงดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 รูปแบบติดตั้งวางอุปกรณ์เครื่องจับความเร็ว มีระยะห่างจากปลายกระบอกปืนถึงเสื้อเกราะ 5 เมตร

- ติดตั้งฉากจับความเร็วให้อยู่ในแนวตั้งกับแนววิถีกระสุน แสดงดังรูปที่ 3.23

รูปที่ 3.23 ติดตั้งวางอุปกรณ์เครื่องจับความเร็ว ชุดที่ 1 กับชุดที่ 2 มีระยะห่างกัน 1.5 เมตร ± 6 เมตร

- เตรียมวัสดุหนุนดินน้ำมัน ใส่กระบะขนาด 610 x 610 x 120 มม. ทดสอบความหนาแน่นใช้ลูกตุ้มเหล็กกล้ารูปทรงกลม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 63.5 มม. ± 0.05 มม. มีน้ำหนัก 1,043 กรัม ± 5 กรัม ทิ้งที่ความสูง 2 เมตร ปล่อยลูกเหล็กทิ้งอย่างอิสระบนวัสดุหนุน ให้ทิ้งห่างจากขอบกระบะ 76 มม. และห่างจากจุดศูนย์กลางตำแหน่งที่ทิ้งเดิมไม่น้อยกว่า 156 มม. ทำการทิ้งลูกตุ้มเพื่อทดสอบความหนาแน่นของวัสดุหนุน จำนวน 5 ครั้ง นำรอยยุบตัว 5 ครั้ง นั้นมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย ซึ่งค่าเฉลี่ยต้องได้ตามเกณฑ์ 19 มม.±2 มม. หากวัสดุหนุนรอยยุบตัวไม่ได้ตามเกณฑ์จะต้องนำวัสดุหนุนมาปรับสภาพโดยการนวดให้แข็งหรือเข้าตู้อบความร้อนให้อ่อนตัว

- เตรียมเครื่องวัดความเร็วกระสุนให้พร้อมยิง แสดงดังรูปที่ 3.24

รูปที่ 3.24 ติดตั้งฉากจับความเร็วพร้อมเครื่องวัดความเร็วกระสุน

ข. เตรียมกระสุนและปืนที่จะทดสอบ

- กระสุน ขนาด 9 มม. FMJ น้ำหนัก 124 เกรน ความเร็ว 341 เมตร/วินาที ± 9.1 เมตร/วินาที แสดงดังรูปที่ 3.25

รูปที่ 3.25 เตรียมหัวกระสุนขนาด 9 มม. ประกอบกับปลอกกระสุนพร้อมดินปืน ให้ได้ความเร็วตามกำหนด

- ปืนขนาด 9 มม. แสดงดังรูปที่ 3.26

รูปที่ 3.26 เตรียมปืนขนาด 9 มม.ใช้สำหรับการทดสอบ

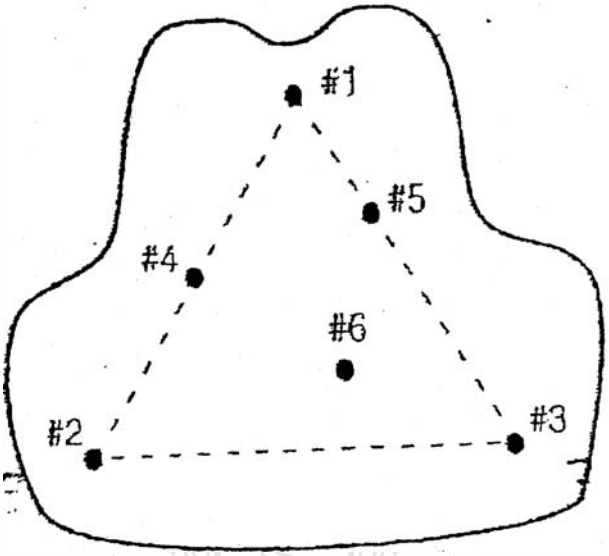
ง. การเตรียมการยิงทดสอบ

- การเตรียมปืนทดสอบ ขนาด 9 มม. บรรจุกระสุนพร้อมยิง
- ตั้งระยะห่างจากปลายกระบอกปืนถึงแผ่นเกราะทดสอบ ระยะห่าง 5 เมตร
- ยิงอุ่นลำกล้องปืนกับกระสุนใช้ทดสอบ จำนวน 6 นัด เพื่อให้ลำกล้องปืนมีอุณหภูมิพอเหมาะ

- ยิงทดสอบความเร็วของกระสุน ขนาด 9 มม.ให้ได้ตามกำหนด ในระดับ 2A ตามมาตรฐานยุทโธปกรณ์กระทรวงกลาโหม 341 เมตร/วินาที ± 9.1 เมตร/วินาที

- ทำการยึดชิ้นตัวอย่างให้แน่นกับวัสดุหนุน

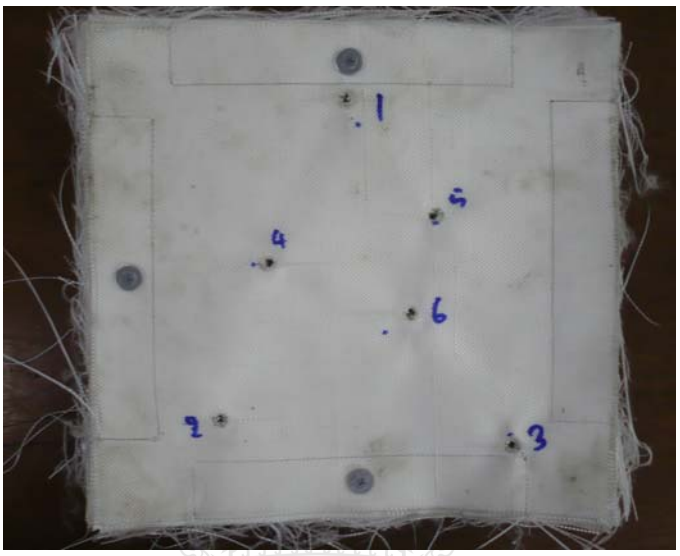
- กำหนดจุดยิงบนชิ้นทดสอบ จำนวน 6 จุด มุม 0 องศา จำนวน 4 จุด และมุม 30 องศา จำนวน 2 จุด ตามรูปที่ 3.27 และ 3.28



รูปที่ 3.27 กำหนดจุดยิงบนตัวอย่างแผ่นเกราะ จำนวน 6 จุด จุดที่ 1,2,3 และ 6 มุมยิง 0 องศา จุดที่ 4 และ 5 มุมยิง 30 องศา

รูปที่ 3.28 กำหนดจุดยิงบนตัวอย่างแผ่นเกราะจุดที่ 1 มุมยิง 0 องศา

- ทำการยิงตัวอย่างทดสอบ ด้วยกระสุน 9 มม. มุม 0 องศา จำนวน 4 นัด โดยกำหนดให้ยิงนัดที่ 1,2,3 และ 6 และมุมเอียง 30 องศา จำนวน 2 นัด ยิงนัดที่ 4 และ 5 ตามรูปที่ 3.29 ต่อ 1 ตัวอย่าง โดยที่รอยยิงของกระสุนแต่ละนัด ต้องห่างกันไม่น้อยกว่า 2 นิ้ว และห่างจากขอบเกราะไม่น้อยกว่า 3 นิ้ว



รูปที่ 3.29 แผ่นเกราะแบบเย็บ กำลังทดสอบยิงด้วยกระสุนปืน 9 มม. ครบ 6 นัดแล้ว

4. ตรวจสอบบันทึกผลการยิงทดสอบ รอยยุบของวัสดุหนุนและตรวจนับจำนวนชั้นทะลุของกระสุน เฉลี่ยจำนวนชั้นทะลุ มุมยิง 0 องศาและ 30 องศา ทุกตัวอย่างทดสอบ วิเคราะห์ผลการทดสอบแสดงในรูปที่ 3.30,3.31

รูปที่.3.30 เลาะด้ายที่เย็บแผ่นเกราะแบบเย็บก่อน จึงสามารถนับจำนวนชั้นทะลุได้

รูปที่ 3.31 วัดขนาดรอยยุบตัวของวัสดุหนุนหลังยิงทดสอบครบ 6 นัด

3.3.9 สรุปผลการทดลอง

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดสอบหาสมบัติทางกายภาพของเส้นด้าย

ในการทดลองโดยทดสอบค่าความแข็งแรงของเส้นด้าย ไนลอน 6 เบอร์ 840 ดีเนียร์ 192 ฟิลาเมนท์ และความยืดหยุ่นของเส้นด้าย (Elongation) ด้วยเครื่อง TENSORAPID 3 ได้นำเส้นด้ายมาทดสอบหาค่าความแข็งแรงของเส้นด้าย จำนวน 6 ครั้ง

ผลการทดสอบหาค่าความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของเส้นด้ายตามใบรายงานผลการทดสอบเส้นด้ายไนลอน 6 ในภาคผนวก ก พบว่าค่าเฉลี่ยความแข็งแรง (Tenacity) ได้ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.17 กรัม/ดีเนียร์ และความยืดหยุ่นของเส้นด้าย (Elongation) ได้ค่าเฉลี่ย 39.88 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายไนลอน 6

Test No.	Time to Br.(s)	B-Force(N)	Elongation(%)	Tenacity(gf/den)
1	32.2	36.45	42.78	4.42
2	27.8	33.0	37.04	4.01
3	26.1	31.5	34.74	3.82
4	29.8	33.78	39.66	4.1
5	29.6	33.81	39.34	4.1
6	34.4	37.47	45.73	4.55
Average	29.9	34.34	39.88	4.17

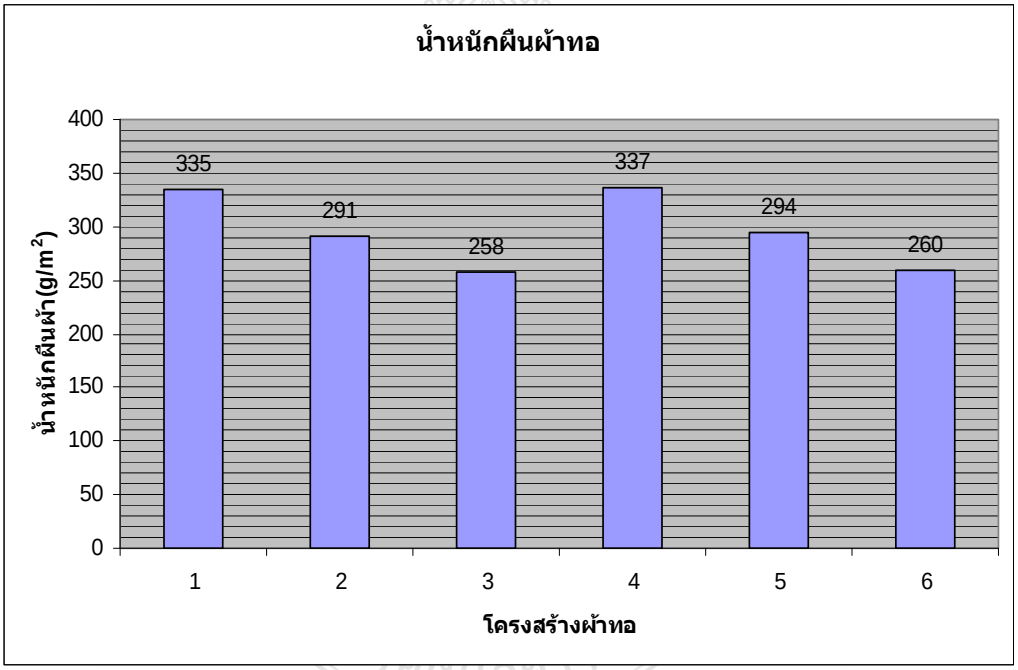
4.2 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของโครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket และโครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-Twill

ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของผืนผ้าโครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket ที่มีความหนาแน่นเส้นด้ายยืน เท่ากับ 23 เส้นต่อนิ้ว และมีความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่ง 3 ระดับ เท่ากับ 10 15 20 เส้นต่อนิ้ว และโครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-twill ที่มีความหนาแน่นเส้นด้ายยืน เท่ากับ 42 เส้นต่อนิ้ว และมีความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่ง 3 ระดับ เท่ากับ 20 30 40 เส้นต่อนิ้ว มีดังนี้

4.2.1 ผลการทดสอบน้ำหนักผืนผ้าทอ

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบน้ำหนักผืนผ้าทอ

No.	Design	Density 1 inch		Fabric cover factor	Weight (g/m^2)
		Warp	Weft		
1	2/2 Basket	23	10	0.45	258.00
2	2/2 Basket	23	15	0.5	291.37
3	2/2 Basket	23	20	0.55	334.58
4	2/2 S-twill	42	20	0.75	259.53
5	2/2 S-twill	42	30	0.8	293.93
6	2/2 S-twill	42	40	0.85	337.13



รูปที่ 4.1 ผลการทดสอบน้ำหนักผืนผ้าทอ

ผลการทดสอบค่าน้ำหนักของผืนผ้าทอ (หน่วย g/m^2) พบว่า

ก. โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket นั้น เมื่อความหนาแน่นเส้นด้ายยืนเท่ากันแต่ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งแตกต่างกันนั้นจะเห็นว่า ค่าของน้ำหนักผืนผ้ามีค่าที่แตกต่างกัน จากตารางที่ 4.2 พบว่าที่ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเท่ากับ 20 เส้นต่อนิ้ว จะมีค่าน้ำหนักของผืนผ้ามากที่สุดและความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งที่ 10 เส้นต่อนิ้ว จะมีค่าน้ำหนักของผืนผ้าน้อยที่สุด

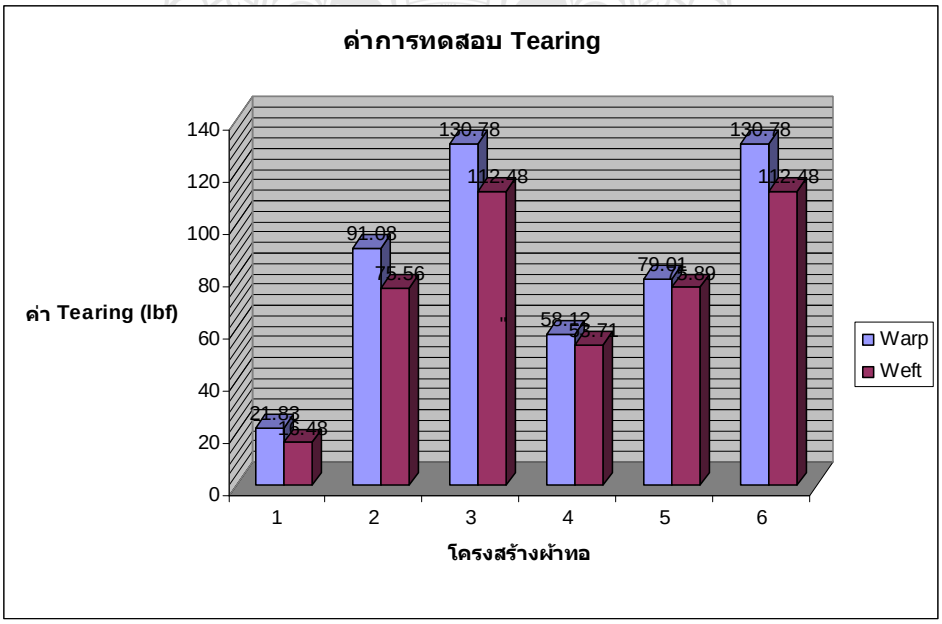
ข. โครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-twill นั้น เมื่อความหนาแน่นเส้นด้ายยืนเท่ากันแต่ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งแตกต่างกันนั้นจะเห็นว่า ค่าของน้ำหนักผืนผ้ามีค่าที่แตกต่างกัน จากตารางที่ 4.2 พบว่าที่ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเท่ากับ 40 เส้นต่อนิ้ว จะมีค่าน้ำหนักของผืนผ้ามากที่สุดและความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งที่ 20 เส้นต่อนิ้ว จะมีค่าน้ำหนักของผืนผ้าน้อยที่สุด

จะสังเกตเห็นได้ว่าเมื่อโครงสร้างผ้าทอชนิดเดียวกัน ความหนาแน่นเส้นด้ายยืนเท่ากันแต่ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งไม่เท่ากัน ค่าน้ำหนักจะแปรผันตรงกับค่าความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งของโครงสร้างผ้าทอนั้นๆ

4.2.2 ผลการทดสอบค่า Tearing ของผืนผ้าทอ

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบค่า Tearing ของผืนผ้าทอ

No.	Design	Density 1 inch		Tearing(lbf)	
		Warp	Weft	Warp direction	Weft direction
1	2/2 Basket	23	10	21.83	16.48
2	2/2 Basket	23	15	91.08	75.56
3	2/2 Basket	23	20	130.78	112.48
4	2/2 S-twill	42	20	58.12	53.71
5	2/2 S-twill	42	30	79.01	75.89
6	2/2 S-twill	42	40	86.36	81.06



รูปที่ 4.2 ผลการทดสอบค่า Tearing ของผืนผ้าทอ

จากผลการทดสอบค่า Tearing ด้วยเครื่อง Zwick รุ่น Z010 .ของผืนผ้าทอโครงสร้างผ้าทอลาย2/2 Basket และโครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-twill ตามใบรายงานผลการทดสอบในภาคผนวก ข พบว่า

ก. โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket ที่มีความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 23 เส้นต่อนิ้ว ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเท่ากับ 10 เส้นต่อนิ้ว จะมีค่า Tearing ของผืนผ้าเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่ง มีค่าน้อยที่สุด ส่วนโครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket ที่มีความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 23 เส้นต่อนิ้ว ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเท่ากับ 20 เส้นต่อนิ้ว จะมีค่า Tearing ของผืนผ้าเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่ง มีค่ามากที่สุด จะสังเกตเห็นว่า เมื่อเส้นด้ายยืนมีความหนาแน่นคงที่ ส่วนความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งมีค่าเปลี่ยนแปลง ค่า Tearing ของผืนผ้าทอ เส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งจะมีค่าแปรผันตรงกับเส้นด้ายพุ่ง ค่าความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งมากค่า Tearing ของเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งก็จะมีค่ามากตามด้วย

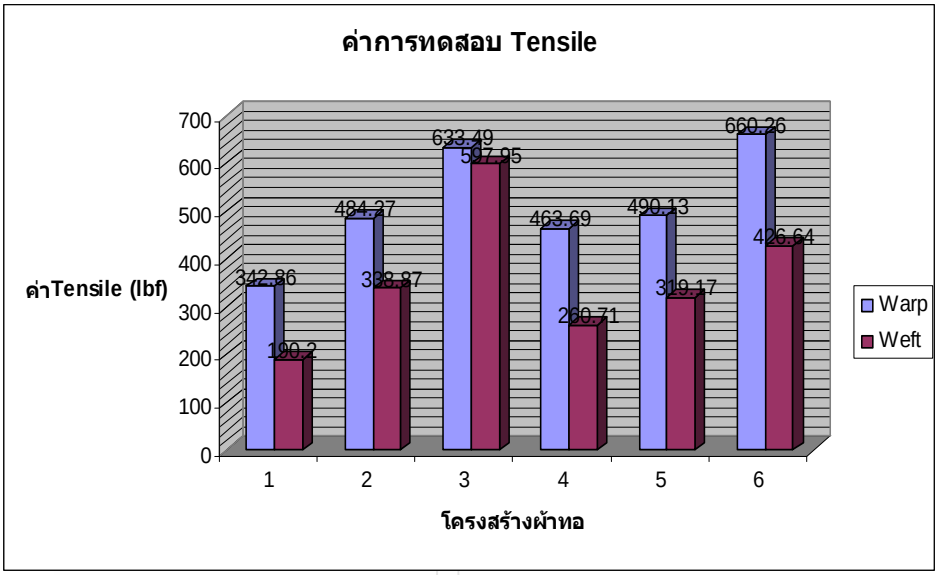
ข. โครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-twill ที่มีความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 42 เส้นต่อนิ้ว มีความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเท่ากับ 20 เส้นต่อนิ้ว จะมีค่า Tearing ของผืนผ้าเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่ง มีค่าน้อยที่สุด ส่วน โครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-twill ที่มีความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 42 เส้นต่อนิ้ว ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเท่ากับ 40 เส้นต่อนิ้ว จะมีค่า Tearing ของผืนผ้าเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่ง มีค่ามากที่สุด จะสังเกตเห็นว่า เมื่อเส้นด้ายยืนมีความหนาแน่นคงที่ ส่วนความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งมีค่าเปลี่ยนแปลง ค่า Tearing ของผืนผ้าทอ เส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งจะมีค่าแปรผันตรงกับเส้นด้ายพุ่ง ค่าความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งมากค่า Tearing ของเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งก็จะมีค่ามากตามด้วย

จะสังเกตเห็นได้ว่าเมื่อโครงสร้างผ้าทอชนิดเดียวกัน ความหนาแน่นเส้นด้ายยืนเท่ากัน แต่ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งไม่เท่ากัน ค่า Tearing จะแปรผันตรงกับค่าความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งของโครงสร้างผ้านั้นๆ

4.2.3 ผลการทดสอบค่า Tensile ของผืนผ้าทอ

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบค่า Tensile ของผืนผ้าทอ

No.	Design	Density 1 inch		Tearing(lbf)	
		Warp	Weft	Warp direction	Weft direction
1	2/2 Basket	23	10	342.86	190.20
2	2/2 Basket	23	15	484.27	338.87
3	2/2 Basket	23	20	633.49	597.95
4	2/2 S-twill	42	20	463.69	260.71
5	2/2 S-twill	42	30	490.13	319.17
6	2/2 S-twill	42	40	660.26	426.64



รูปที่ 4.3 ผลการทดสอบค่า Tensile ของผืนผ้าทอ

จากผลการทดสอบค่า Tensile ด้วยเครื่อง. Zwick รุ่น Z010 ของผืนผ้าทอโครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket และโครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-twill ตามใบรายงานผลการทดสอบในภาคผนวก ข พบว่า

ก. โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket ที่มีความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 23 เส้นต่อนิ้ว ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเท่ากับ 10 เส้นต่อนิ้ว จะมีค่า Tensile ของผืนผ้าเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่ง มีค่าน้อยที่สุด ส่วนโครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket ที่มีความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 23 เส้นต่อนิ้ว ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเท่ากับ 20 เส้นต่อนิ้ว จะมีค่า Tensile ของผืนผ้าเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่ง มีค่ามากที่สุด จะสังเกตเห็นว่า เมื่อเส้นด้ายยืนมีความหนาแน่นคงที่ ส่วนความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งมีค่าเปลี่ยนแปลง ค่า Tensile ของผืนผ้าทอ เส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งจะมีค่าแปรผันตรงกับเส้นด้ายพุ่ง ค่าความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งมาก ค่า Tensile ของเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งก็จะมีค่ามากตามด้วย

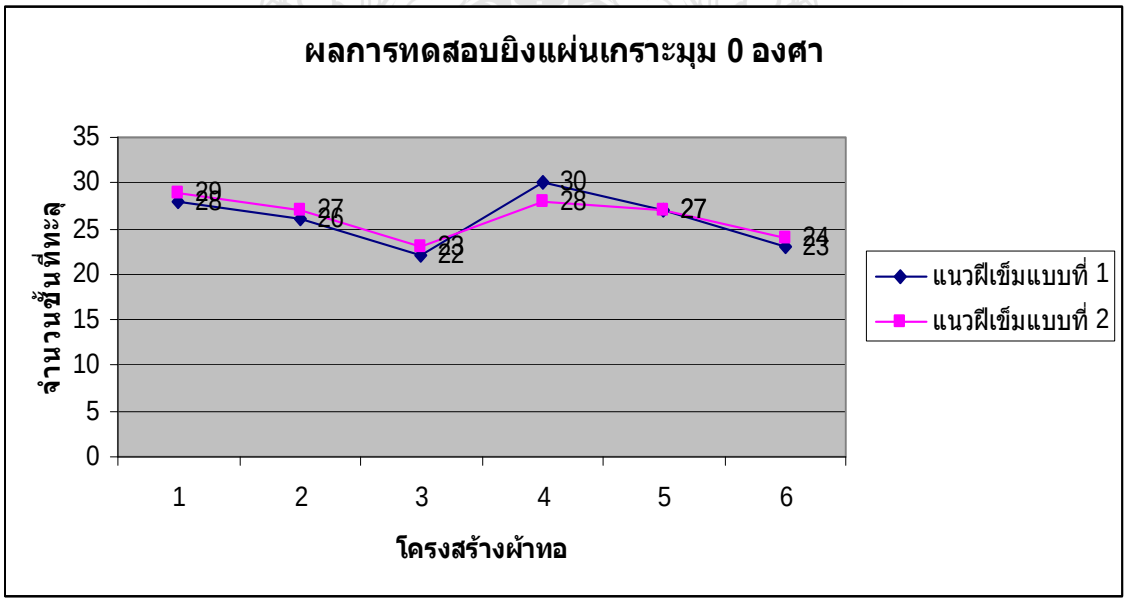
ข. โครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-twill ที่มีความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 42 เส้นต่อนิ้ว มีความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเท่ากับ 20 เส้นต่อนิ้ว จะมีค่า Tensile ของผืนผ้าเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่ง มีค่าน้อยที่สุด ส่วน โครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-twill ที่มีความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 42 เส้นต่อนิ้ว ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเท่ากับ 40 เส้นต่อนิ้ว จะมีค่า Tensile ของผืนผ้าเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่ง มีค่ามากที่สุด จะสังเกตเห็นว่า เมื่อเส้นด้ายยืนมีความหนาแน่นคงที่ ส่วนความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งมีค่าเปลี่ยนแปลง ค่า Tensile ของผืนผ้าทอ เส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งจะมีค่าแปรผันตรงกับเส้นด้ายพุ่ง ค่าความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งมาก ค่า Tensile ของเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งก็จะมีค่ามากตามด้วย

4.3 ผลการทดสอบการเจาะทะลุของกระสุนปืน

4.3.1 ผลการทดสอบยิงแผ่นเกราะ ค่าเฉลี่ยจำนวนชั้นทะลุ มุม 0 องศา

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบยิงแผ่นเกราะ ค่าเฉลี่ยจำนวนชั้นทะลุ มุม 0 องศา

No.	Design	Density 1 inch		น้ำหนักเฉลี่ยชิ้นทดสอบจำนวน 60 ชั้น (kg)	แนวฝีเข็มการเย็บแบบที่ 1		แนวฝีเข็มการเย็บแบบที่ 2	
		Warp	Weft		จำนวนชั้นทะลุ	รอยยุบตัวของดินน้ำมัน (มม.)	จำนวนชั้นทะลุ	รอยยุบตัวของดินน้ำมัน (มม.)
1	2/2 Basket	23	10	1.22	28	20	29	21
2	2/2 Basket	23	15	1.35	26	23	27	23
3	2/2 Basket	23	20	1.52	22	22	23	23
4	2/2 S-twill	42	20	1.17	30	23	28	22
5	2/2 S-twill	42	30	1.33	27	22	27	22
6	2/2 S-twill	42	40	1.54	23	20	24	20

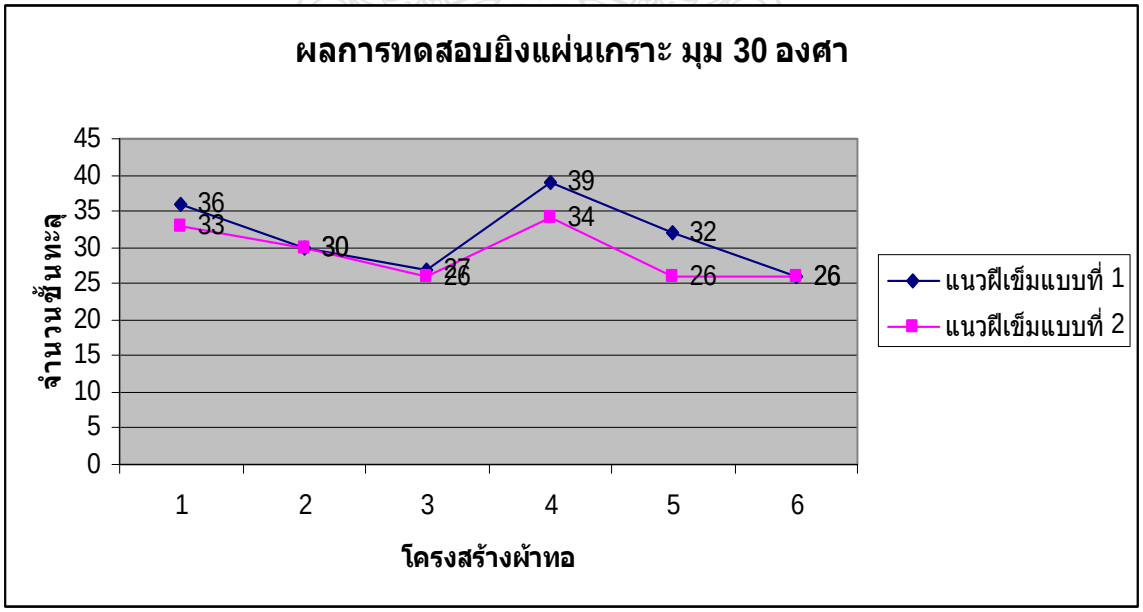


รูปที่ 4.4 ผลการทดสอบยิงแผ่นเกราะ ค่าเฉลี่ยจำนวนชั้นทะลุ มุม 0 องศา

4.3.2 ผลการทดสอบยิงแผ่นเกราะ ค่าเฉลี่ยจำนวนชั้นทะลุ มุม 30 องศา

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบยิงแผ่นเกราะ ค่าเฉลี่ยจำนวนชั้นทะลุ มุม 30 องศา

No.	Design	Density 1 inch		น้ำหนักเฉลี่ยชิ้นทดสอบจำนวน 60 ชั้น (kg)	แนวฝีเข็มการเย็บแบบที่ 1		แนวฝีเข็มการเย็บแบบที่ 2	
		Warp	Weft		จำนวนชั้นทะลุ	รอยยุบตัวของดินน้ำมัน (มม.)	จำนวนชั้นทะลุ	รอยยุบตัวของดินน้ำมัน (มม.)
1	2/2 Basket	23	10	1.22	36	26	33	24
2	2/2 Basket	23	15	1.34	30	27	30	25
3	2/2 Basket	23	20	1.53	27	27	26	26
4	2/2 S-twill	42	20	1.18	39	26	34	25
5	2/2 S-twill	42	30	1.28	32	26	26	26
6	2/2 S-twill	42	40	1.49	26	24	26	25



รูปที่ 4.5 ผลการทดสอบยิงแผ่นเกราะ ค่าเฉลี่ยจำนวนชั้นทะลุ มุม 30 องศา

จากตารางที่ 4.5 ตารางที่ 4.6 และตามใบรายงานผลการทดสอบในภาคผนวก ค พบว่า ผลการทดสอบการเจาะทะลุของกระสุนปืน ขนาด 9 มม. ที่มีต่อโครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket และโครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-twill มีผลดังนี้

ก. โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket ที่มีความหนาแน่นส้นด้ายยืน 23 เส้นต่อนิ้วเท่ากัน แต่ ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งแตกต่างกัน 3 ระดับ เมื่อทำการทดสอบยิง ชิ้นทดสอบที่มุมยิง 0 องศา และ 30 องศา พบว่าโครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket ที่มีความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่ง 20 เส้นต่อนิ้ว จะสามารถลดการเจาะทะลุได้ดีที่สุดในโครงสร้างผ้าทอนั้นๆ เนื่องจากมีค่าการทดสอบ Tearing และค่าการทดสอบ Tensile ของผืนผ้าทอมากที่สุด จากตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4 ตามลำดับ

ข. โครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-twill ที่มีความหนาแน่นส้นด้ายยืน 42 เส้นต่อนิ้วเท่ากัน แต่ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งแตกต่างกัน 3 ระดับ เมื่อทำการทดสอบยิง ชิ้นทดสอบที่มุมยิง 0 องศาและ 30 องศา พบว่าโครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-twill ที่มีความหนาแน่นส้นด้ายพุ่ง 40 เส้นต่อนิ้ว จะสามารถลดการจะทะลุได้ดีที่สุด เนื่องจากมีค่าการทดสอบ Tearing และค่าการทดสอบ Tensile ของผืนผ้าทอมากที่สุด จากตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4 ตามลำดับ

ค. แนวฝีเข็มในการเย็บยึดติดชิ้นทดสอบทั้ง 2 แนว นั้นพบว่า แนวฝีเข็มในการเย็บยึดติดชิ้นทดสอบ 2 แนวนี้ ส่งผลต่อการเจาะทะลุของกระสุนปืนแตกต่างกันค่อนข้างน้อยเนื่องจาก การเจาะทะลุของกระสุนปืนที่มีต่อชิ้นทดสอบนั้นมี การเจาะทะลุที่ใกล้เคียงกันมาก

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดสอบ

จากงานวิจัยนี้ ผลการทดสอบสามารถสรุปได้ดังนี้

โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket และโครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-twill เมื่อความหนาแน่นของผืนผ้าทอมีค่ามากขึ้น จะส่งผลทำให้ค่าน้ำหนักผืนผ้าทอ , ค่าทดสอบ Tensile และ ค่าทดสอบ Tearing ของผืนผ้าทอนั้นๆ มีค่ามากขึ้นด้วย เนื่องจากโครงสร้างผ้าทอ มีลักษณะการขัดหรือการทอของเส้นด้ายแน่นชิดกันจึงทำให้ช่องว่างระหว่างเส้นด้ายน้อยลง ส่งผลให้ผืนผ้าทอมีความแข็งแรงมากขึ้น และเมื่อนำผืนผ้าทอดังกล่าวไปทดสอบการเจาะทะลุของกระสุนปืนขนาด 9 มม. ตามมาตรฐานยุทโธปกรณ์ กระทรวงกลาโหมว่าด้วยเสื้อเกราะกันกระสุน ระดับ 2A พบว่า โครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-twill ที่มีความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 42 เส้น : นิ้ว ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเท่ากับ 40 เส้น : นิ้ว สามารถลดการเจาะทะลุขนาด 9 มม. ได้ดีที่สุด เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างโครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket และโครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-twill สำหรับ 2 แนวฝีเข็มในการเย็บยึดติดชิ้นทดสอบนั้นมีความแตกต่างกันในการลดการเจาะทะลุของกระสุนค่อนข้างน้อย กล่าวคือ การเจาะทะลุแต่ละแนวฝีเข็ม แต่ละโครงสร้างผ้าทอ มีการเจาะทะลุจำนวนชั้นของชิ้นทดสอบใกล้เคียงกัน เนื่องจากทั้ง 2 แนวฝีเข็มเย็บยึดติดมีลักษณะการเย็บที่มีการยึดชิ้นทดสอบค่อนข้างมั่นคง ซึ่งชิ้นทดสอบไม่สามารถเคลื่อนตัวเมื่อกระสุนเข้ากระแทกชิ้นทดสอบ จึงทำให้ลดการเจาะทะลุของกระสุนปืนได้ดี

5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรที่จะมีการพัฒนาและออกแบบเส้นด้าย โครงสร้างผ้าให้มีรูปแบบแตกต่างกันออกไปซึ่งจะทำให้สมบัติทางกายภาพ อาทิ ค่า Tensile และ ค่า Tearing จะมีค่าที่หลากหลายและแตกต่างกัน เพื่อที่จะได้ปรับปรุงและพัฒนาการยับยั้งการเจาะทะลุของกระสุนปืนได้ดีขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] Mehmet Karahan,Addil Kus and Recep Eren,(Abstract of "An investigation into ballistic Performance and energy absorption capabilities of woven aramid fabrics", **International Journal of Impact Engineering** (Electronic), vol.35, 2008. pp.499- 510), Available: Elsevier Ltd./ScienceDirect (30 May 2009)

[2] สมนึก สังข์หนู,**โครงสร้างและสมบัติผ้า**.คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

[3] นวลแข ปาลิวนิช, **ความรู้เรื่องผ้าและเส้นใย.** ครั้งที่ 3, 2536

[4] อภิชาต สนธิสมบัติ,**กระบวนการทางเคมีสิ่งทอ**. พิมพ์ครั้งที่ 1,2545.หน้า 40-42

[5] อัจฉราพร ไศละสูต, **ความรู้การศึกษาสมรรถนะผ้า**. พิมพ์ครั้งที่ 2, คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ, 2545.

[6] กองวิทยาการ กรมสรรพาวุธทหารอากาศ,**กระสุน**.กรุงเทพฯ.หน้า 1-6

[7] คำสั่งกระทรวงกลาโหม, "มาตรฐานเสื้อเกราะกันกระสุน และมาตรฐานแผ่นเกราะกันกระสุน", **มาตรฐานยุทโธปกรณ์กระทรวงกลาโหม**. กรุงเทพฯ. หน้า 1-8

[8] www.weekendhobby.com/gun/webboard/picture%5C3 สืบค้นเมื่อ 1 ส.ค. 52

[9] วิชัย เพ็ชร์ทองคำ, "ความสัมพันธ์ของโครงสร้างผ้าทอต่อสมบัติทางกายภาพของผ้า", **สัมมนาทางวิชาการสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม**, 15 กรกฎาคม 2552 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, หน้า 128-131.

[10] สำนักงานวิจัยและพัฒนาการทหารกลาโหม สำนักงานปลัดกระทรวงกลาโหม, รายงานโครงการวิจัยและพัฒนาเส้นใยไหมมาใช้ในการผลิตเสื้อเกราะ, สุจิระ ขอจิตต์เมตต์, สมประสงค์ ภาษาประเทศและอภิชาต สนธิสมบัติ. **การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเส้นใยไหมมาใช้ในการผลิตเสื้อเกราะกันกระสุน**, วิจัยเมื่อ 1 เมษายน 2542- 31 ธันวาคม 2544

[11] ชูพงศ์ ไชยหลาก, **"**การศึกษาอิทธิพลของแรงอัดบนผืนผ้าทอไนลอนต่อการเจาะทะลุของกระสุนปืน**", การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยรังสิต**, 2 เมษายน 2552 มหาวิทยาลัยรังสิต, หน้า 232-238.

[12] http://61.19.145.8/student/m5year2006-2/502/group13/rooms.html สืบค้นเมื่อ 1 ก.ย. 52

[13] มอก.,มอก 121 เล่ม 9 แรงดึงและการยืดตัวที่ทำให้ผ้าทอขาด, กรุงเทพฯ.2518.

[14] Standard Test Method for Breaking Strength and Elongation of Fabrics (Grap Test) ASTM D5034 : http://www.astm.org

[15] Standard Test Method for Tearing Strength of Fabrics ASTM D2261: http://www.astm.org

ภาคผนวก ก

ผลการหาค่าความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของเส้นด้ายไนลอน 6 ขนาด 840 ดีเนียร์ 192 ฟิลาเมนท์ ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบ UNTER TENSORAPID 3 ของ บริษัท ไทยแทฟฟิต้า จำกัด

USTER TENSORAPID 3 V6.1 MO 26-09-09 15:35 Operator: APAR Page: 1

Article number:FDY Test number: 840/192 Mean count: 840.00 den
TEST
Tests: 1/6 v = 400 mm/min. FV = 10.0 cN LH = 500 mm p_{c1} = 225 N/cm² (30%)
Limits: F: 15.00 / 40.00 N E: 20.00 / 50.00 %

SINGLE VALUES =

Test No.	Time to Br. (s)	B-Force (N)	Elongation (%)	Tenacity (gf/den)	B-Work (N.cm)
1/1	32.2	36.45	42.78	4.42	463.17
1/2	27.8	33.00	37.04	4.01	364.34
1/3	26.1	31.50	34.74	3.82	328.79
1/4	29.8	33.78	39.66	4.10	403.55
1/5	29.6	33.81	39.34	4.10	400.55
1/6	34.4	37.47	45.73	4.55	511.76

USTER TENSORAPID 3 V6.1 MO 26-09-09 15:35 Operator: APAR Page: 1

Article number:FDY Test number: 840/192 Mean count: 840.00 den
TEST
Tests: 1/6 v = 400 mm/min. FV = 10.0 cN LH = 500 mm p_{c1} = 225 N/cm² (30%)
Limits: F: 15.00 / 40.00 N E: 20.00 / 50.00 %

OVERALL REPORT =

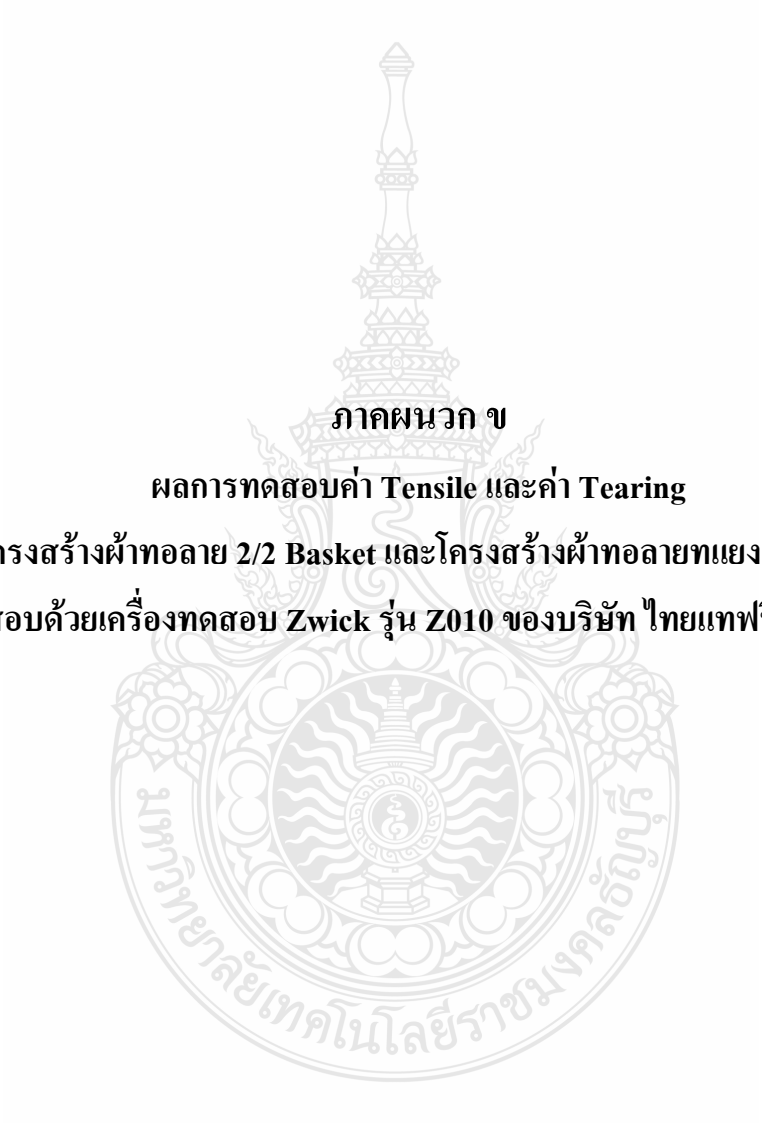
	Time to Br. (s)	B-Force (N)	Elongation (%)	Tenacity (gf/den)	B-Work (N.cm)
Test 1:	6 Single test(s)		(Outside limit values:		0)
Mean value	30.0	34.34	39.80	4.17	412.03
s +/-		2.22	3.93	0.27	66.27
CV%		6.48	9.86	6.48	16.09
Q95% +/-		2.33	4.13	0.28	69.50
Min. value		31.50	34.74	3.82	328.79
Max. value		37.47	45.73	4.55	511.76
Weak values (3)		32.76			
Overall results: (total)					
1 Test(s)/	6 Single test(s)		(Outside limit values:		0)
Mean value	30.0	34.34	39.80	4.17	412.03
s +/-		2.22	3.93	0.27	66.27
CV%		6.48	9.86	6.48	16.07
Q95% +/-		2.33	4.13	0.28	69.50
Min. value		31.50	34.74	3.82	328.79
Max. value		37.47	45.73	4.55	511.76
Weak values (3)		32.76			
Overall results: (between)					
1 Test(s)					
Mean value	30.0	34.34	39.80	4.17	412.03

ภาคผนวก ข

ผลการทดสอบค่า Tensile และค่า Tearing

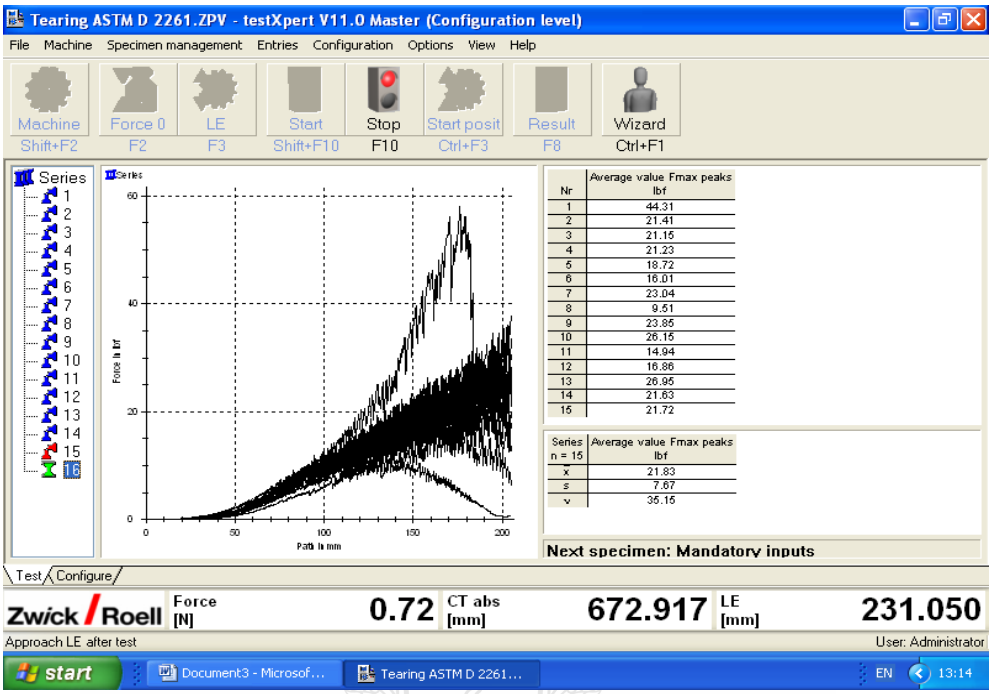
ของโครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket และโครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-Twill

ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบ Zwick รุ่น Z010 ของบริษัท ไทยแทฟฟิต้า จำกัด



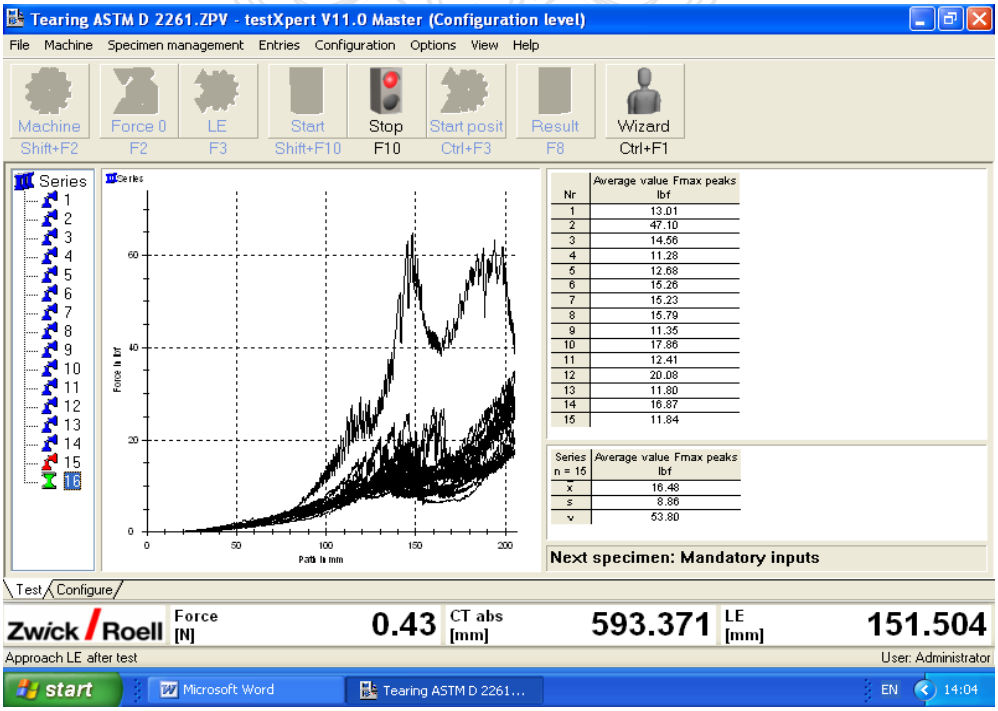
ผลการทดสอบ ค่า Tearing ของ โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket

ที่ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 23 เส้นต่อนิ้ว และความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่ง 10 เส้นต่อนิ้ว



ผลการทดสอบ ค่า Tearing ของ โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket

ที่ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 23 เส้นต่อนิ้ว

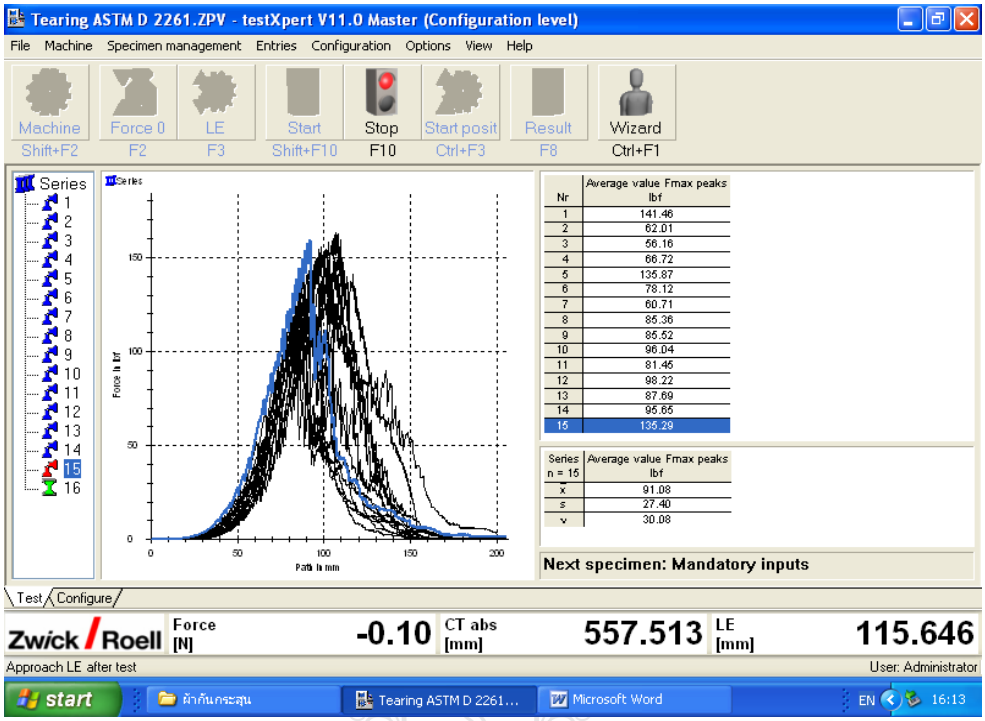


ผลการทดสอบ ค่า Tearing ของ โครงสร้างผ้าทอลาย2/2 Basket

ที่ความหนาแน่น เส้นด้ายพุ่ง 10 เส้นต่อนิ้ว

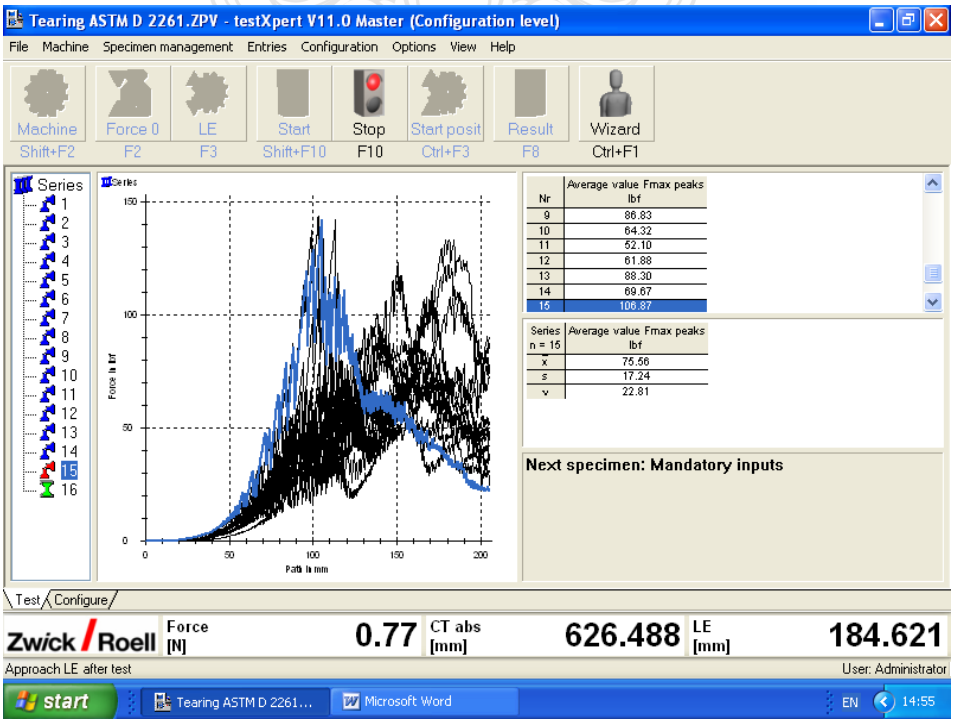
ผลการทดสอบ ค่า Tearing ของ โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket

ที่ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 23 เส้นต่อนิ้ว ที่ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่ง 15 เส้นต่อนิ้ว



ผลการทดสอบ ค่า Tearing ของ โครงสร้างผ้าทอลายลาย 2/2 Basket

ที่ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 23 เส้นต่อนิ้ว

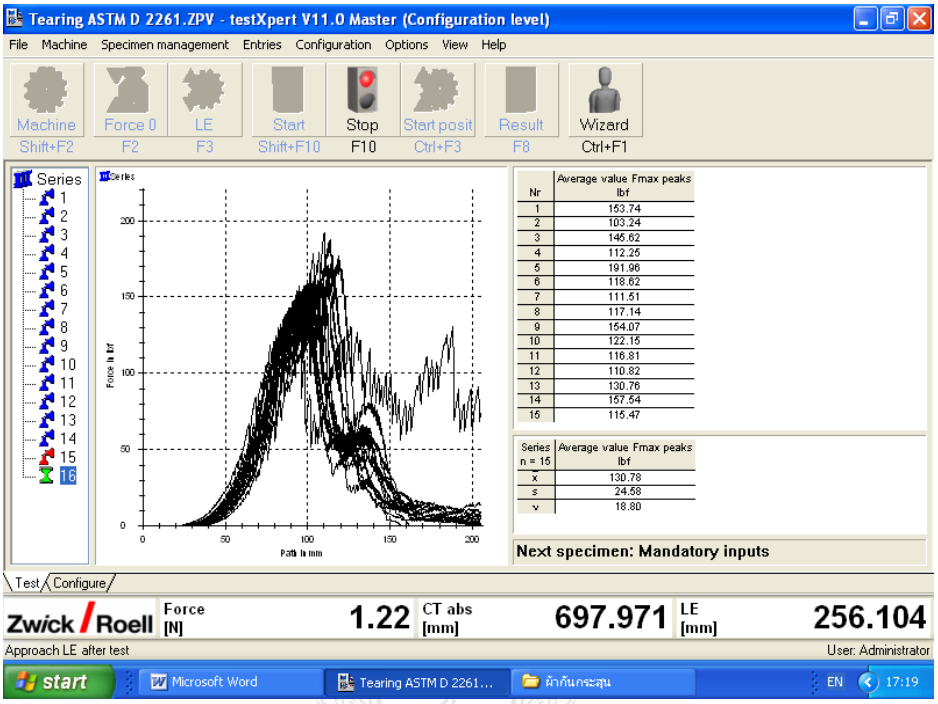


ผลการทดสอบ ค่า Tearing ของ โครงสร้างผ้าทอทอลาย 2/2 Basket

ที่ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่ง 15 เส้นต่อนิ้ว

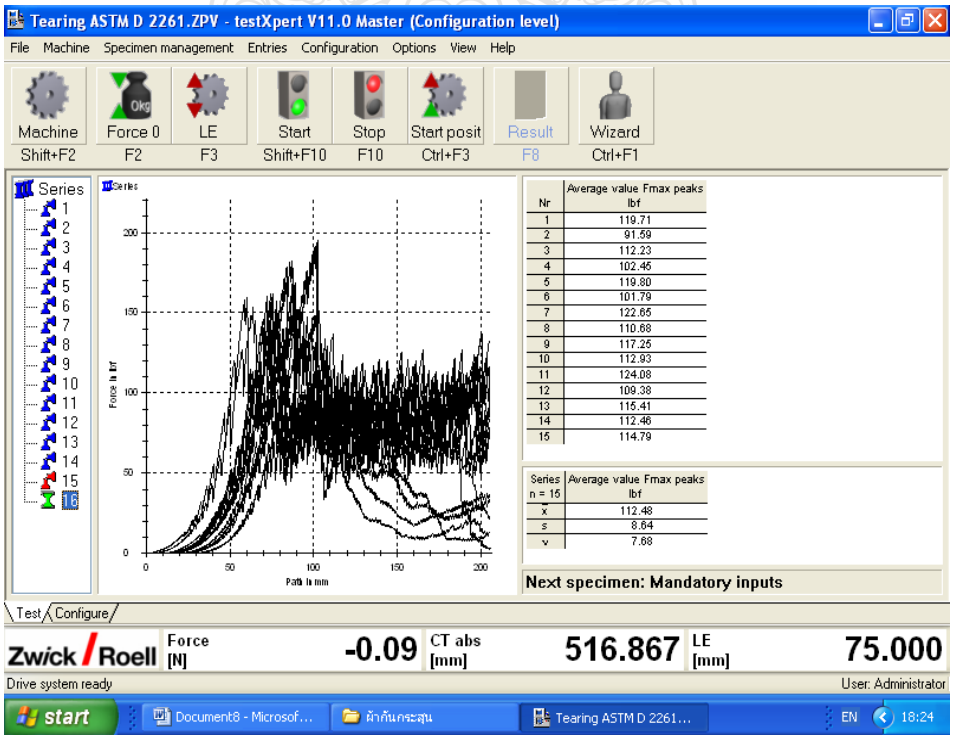
ผลการทดสอบ ค่า Tearing ของ โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket

ที่ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 23 เส้นต่อนิ้ว ที่ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่ง 20 เส้นต่อนิ้ว



ผลการทดสอบ ค่า Tearing ของ โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket

ที่ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 23 เส้นต่อนิ้ว

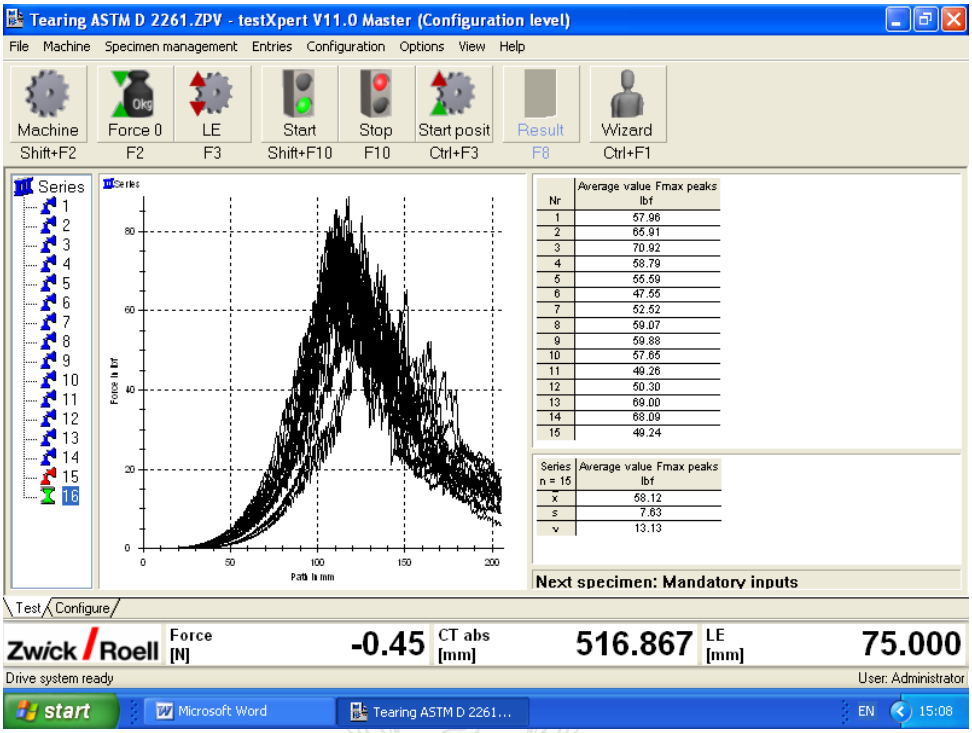


ผลการทดสอบ ค่า Tearing ของ โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket

ที่ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่ง 20 เส้นต่อนิ้ว

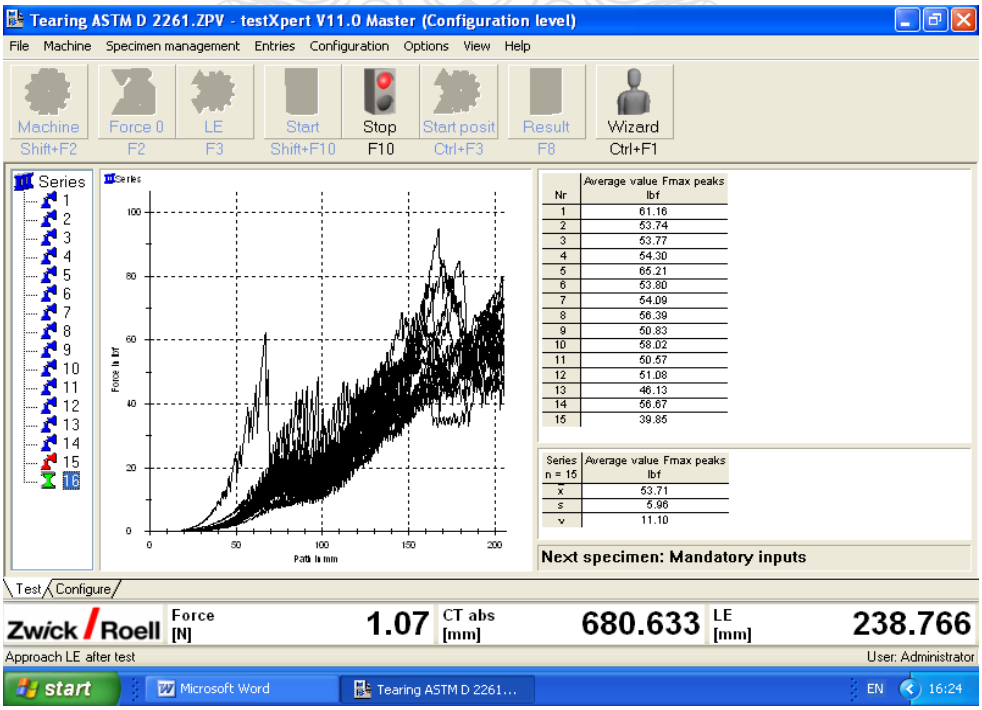
ผลการทดสอบ ค่า Tearing ของ โครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-Twill

ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 42 เส้นต่อนิ้ว และความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่ง 20 เส้นต่อนิ้ว



ผลการทดสอบ ค่า Tearing ของ โครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-Twill

ที่ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 42 เส้นต่อนิ้ว

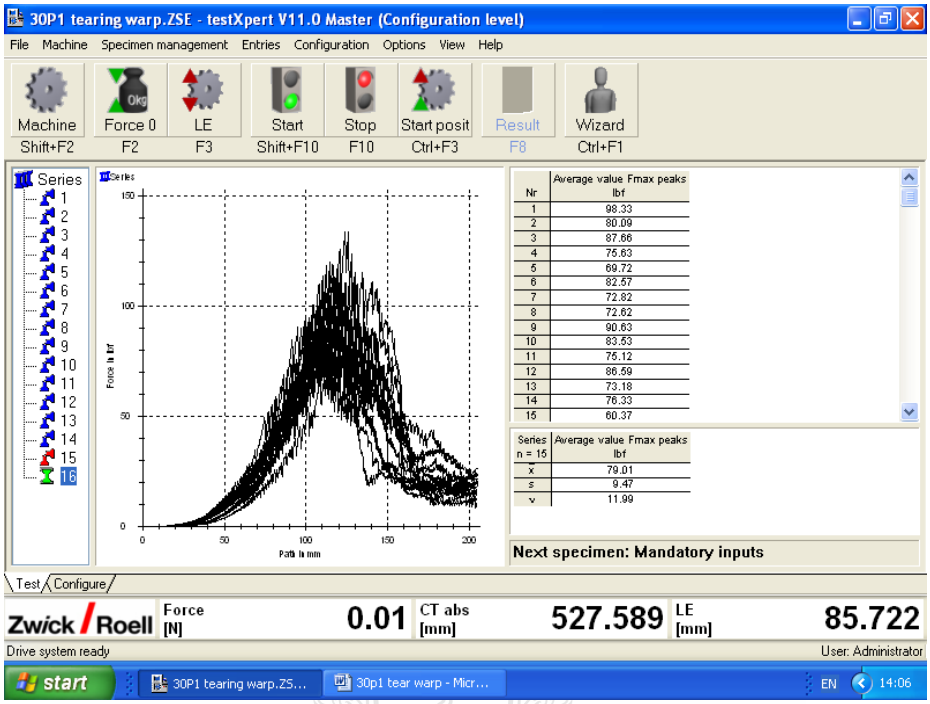


ผลการทดสอบ ค่า Tearing ของ โครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-Twill

ที่ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่ง 20 เส้นต่อนิ้ว

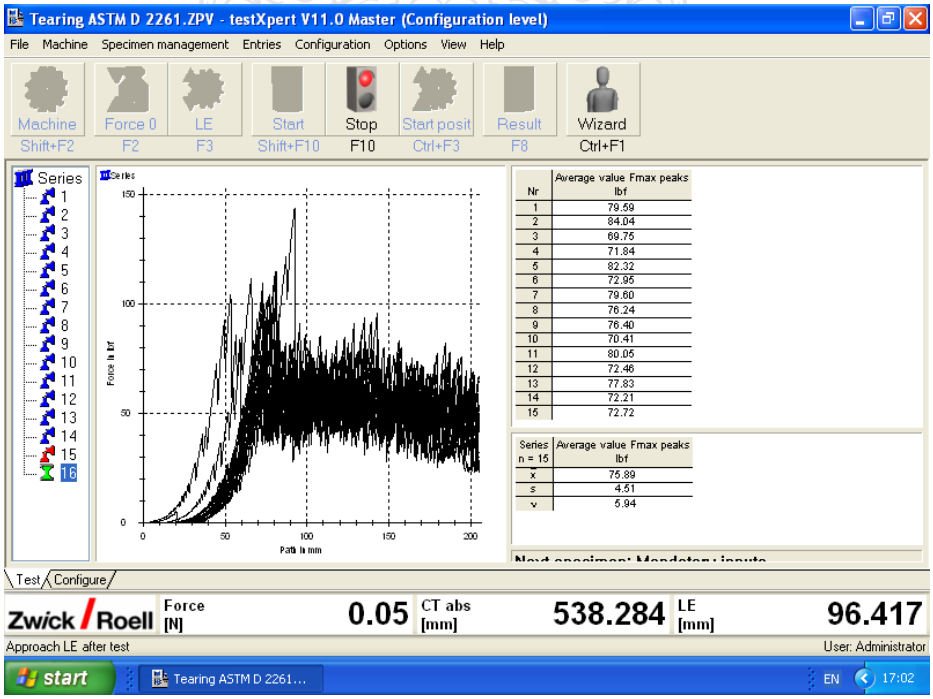
ผลการทดสอบ ค่า Tearing ของ โครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-Twill

ที่ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 42 เส้นต่อนิ้ว และความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่ง 30 เส้นต่อนิ้ว



ผลการทดสอบ ค่า Tearing ของ โครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-Twill

ที่ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 42 เส้นต่อนิ้ว

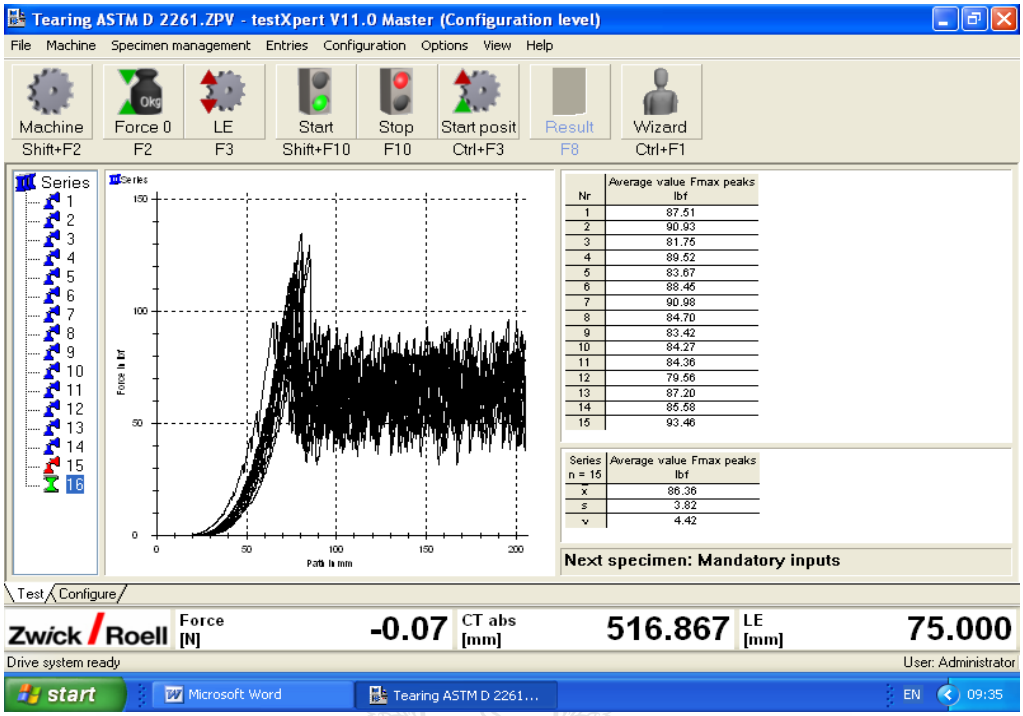


ผลการทดสอบ ค่า Tearing ของ โครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-twill

ที่ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่ง 30 เส้นต่อนิ้ว

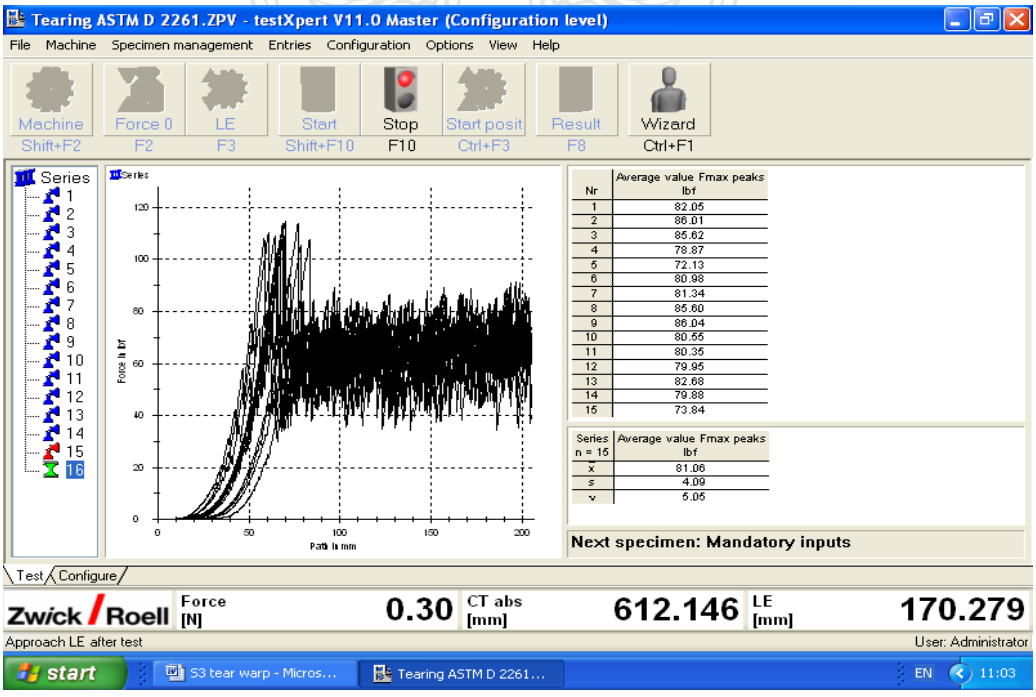
ผลการทดสอบ ค่า Tearing ของ โครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-Twill

ที่ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 42 เส้นต่อนิ้ว ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่ง 40 เส้นต่อนิ้ว



ผลการทดสอบ ค่า Tearing ของ โครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-Twill

ที่ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 42 เส้นต่อนิ้ว

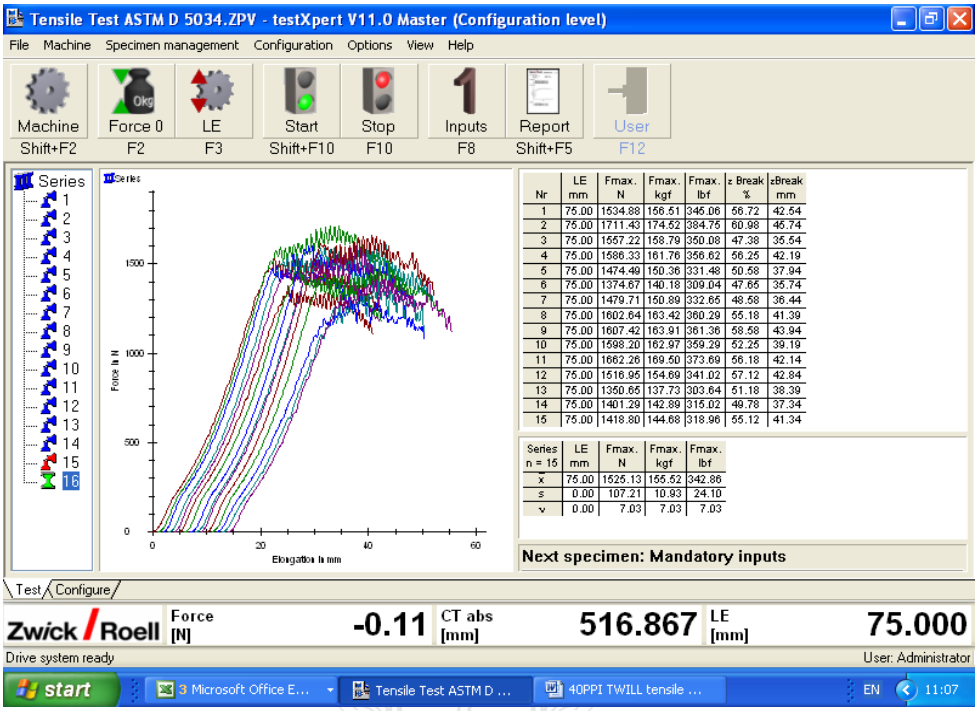


ผลการทดสอบ ค่า Tearing ของ โครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-Twill

ที่ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่ง 40 เส้นต่อนิ้ว

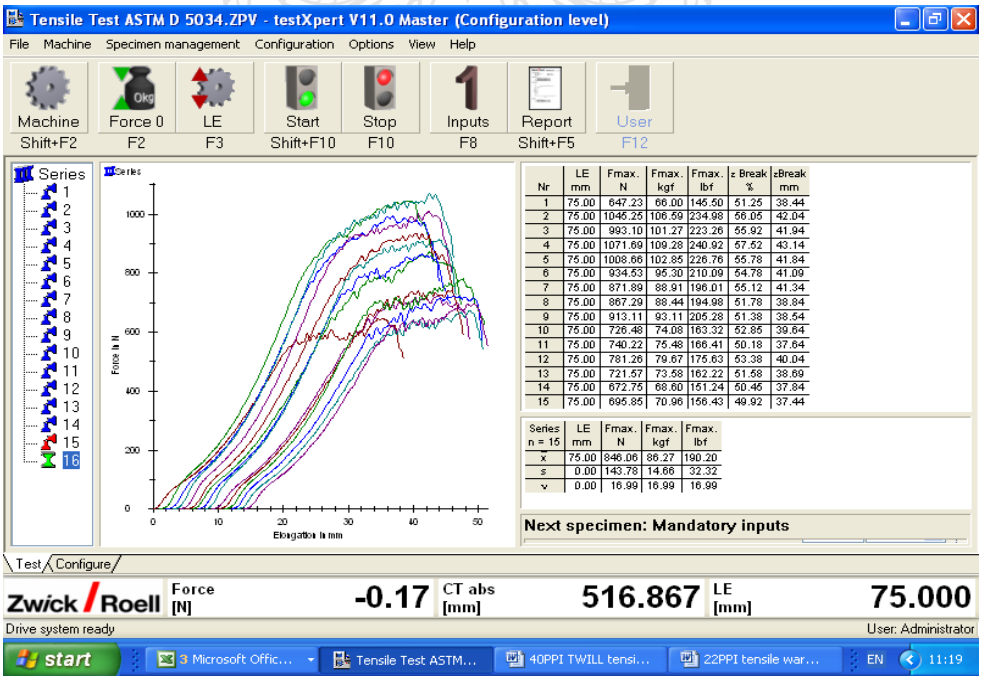
ผลการทดสอบ ค่า Tensile ของ โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket

ที่ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 23 เส้นต่อนิ้ว และความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่ง 10 เส้นต่อนิ้ว



ผลการทดสอบ ค่า Tensile ของ โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket

ที่ความหนาแน่น เส้นด้ายยืน 23 เส้นต่อนิ้ว

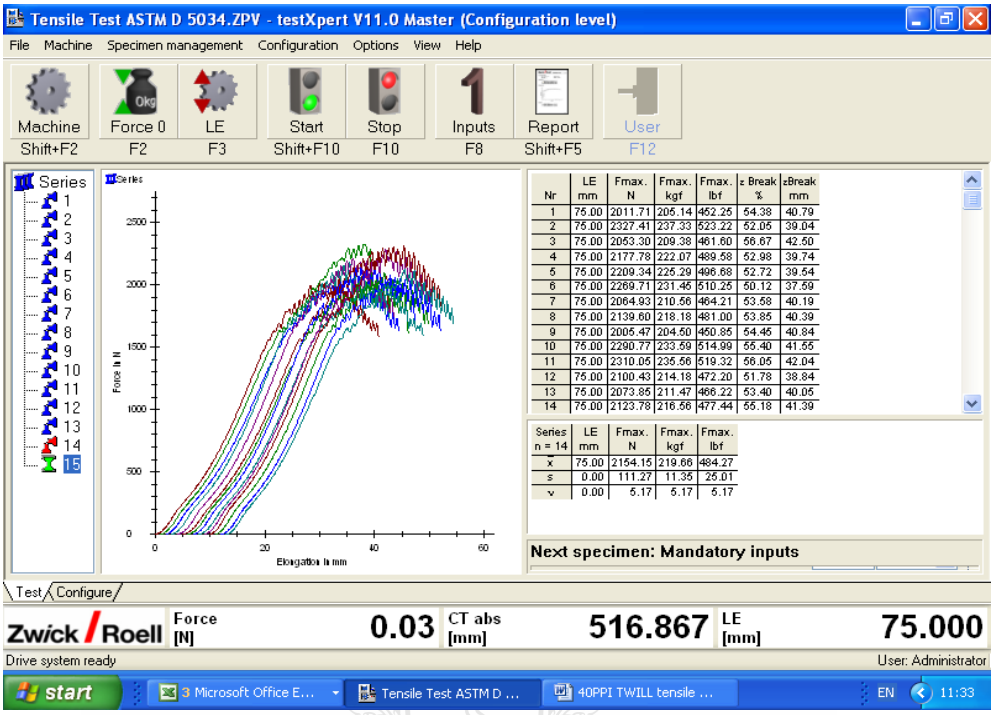


ผลการทดสอบ ค่า Tensile ของ โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket

ที่ความหนาแน่น เส้นด้ายพุ่ง 10 เส้นต่อนิ้ว

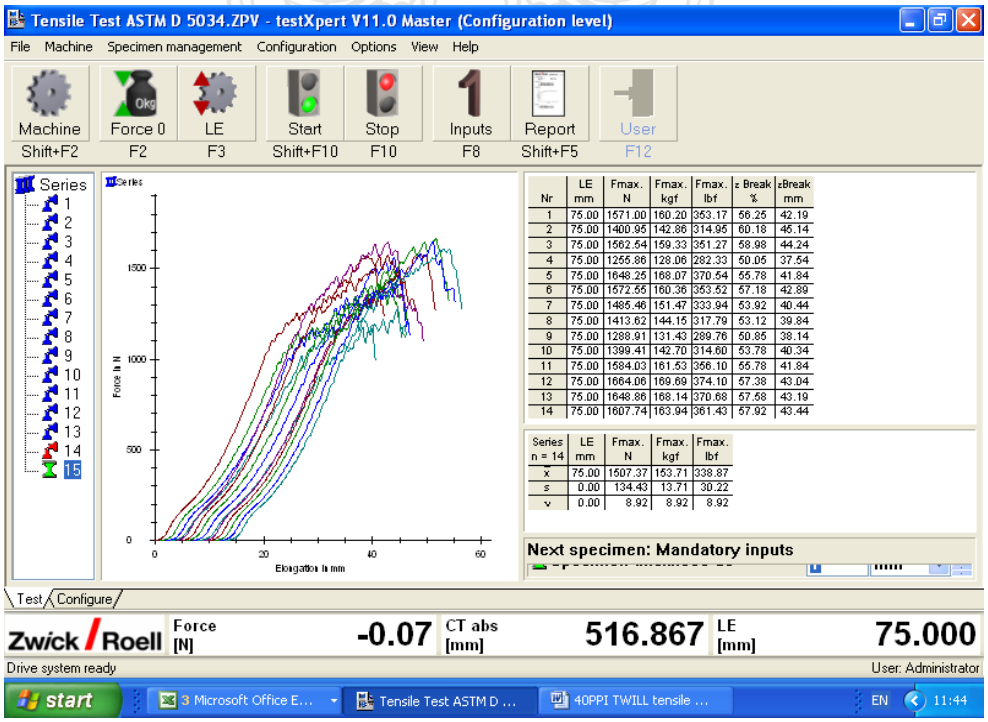
ผลการทดสอบ ค่า Tensile ของ โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket

ที่ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 23 เส้นต่อนิ้ว ที่ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่ง 15 เส้นต่อนิ้ว



ผลการทดสอบ ค่า Tensile ของ โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket

ที่ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 23 เส้นต่อนิ้ว

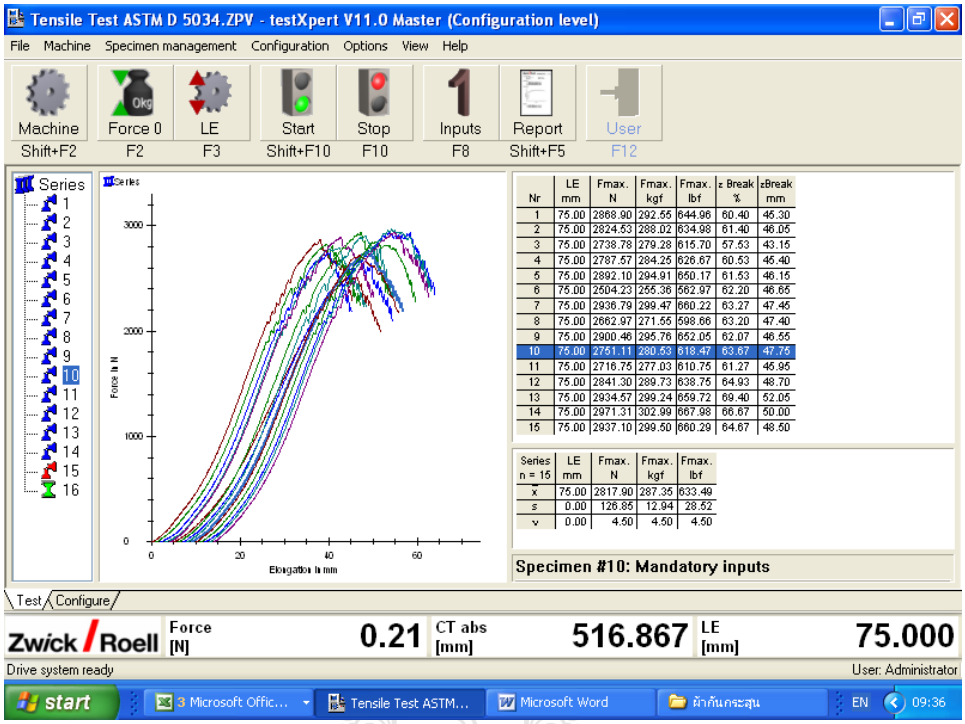


ผลการทดสอบ ค่า Tensile ของ โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket

ที่ความหนาแน่น เส้นด้ายพุ่ง 15 เส้นต่อนิ้ว

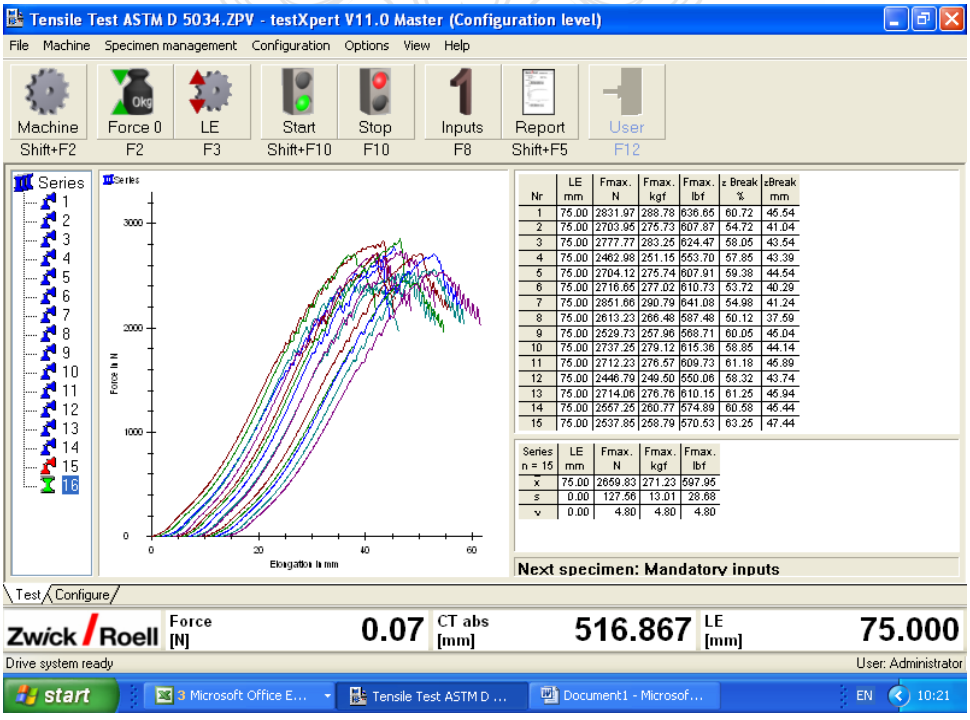
ผลการทดสอบ ค่า Tensile ของ โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket

ที่ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 23 เส้นต่อนิ้ว และความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่ง 20 เส้นต่อนิ้ว



ผลการทดสอบ ค่า Tensile ของ โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket

ที่ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 23 เส้นต่อนิ้ว

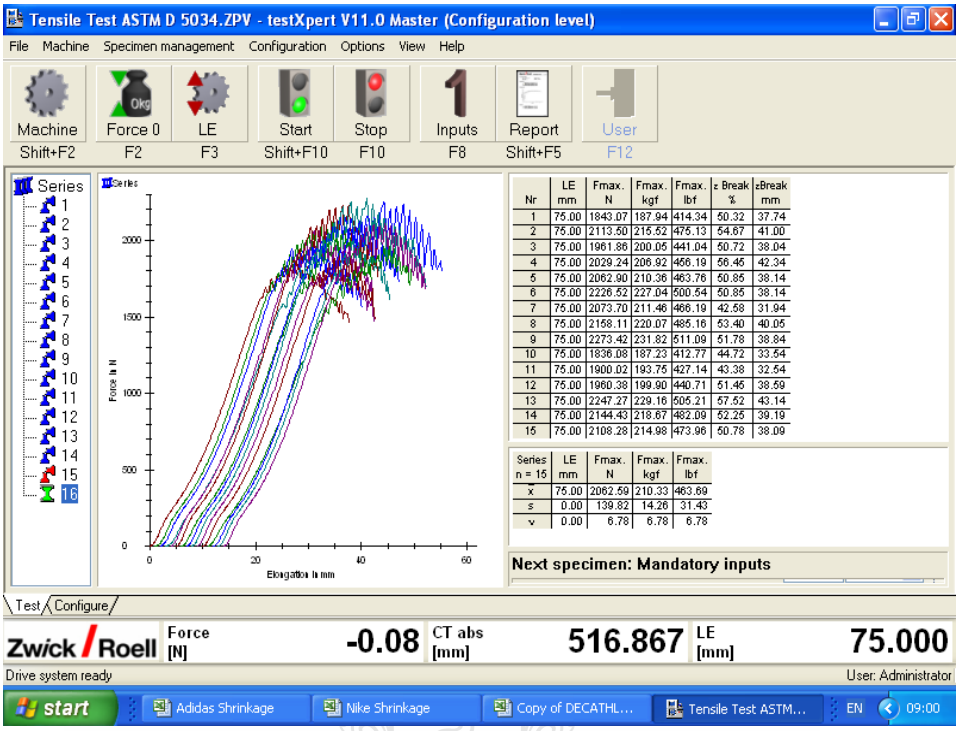


ผลการทดสอบ ค่า Tensile ของ โครงสร้างผ้าทอลาย2/2 Basket

ที่ความหนาแน่น เส้นด้ายพุ่ง 20 เส้นต่อนิ้ว

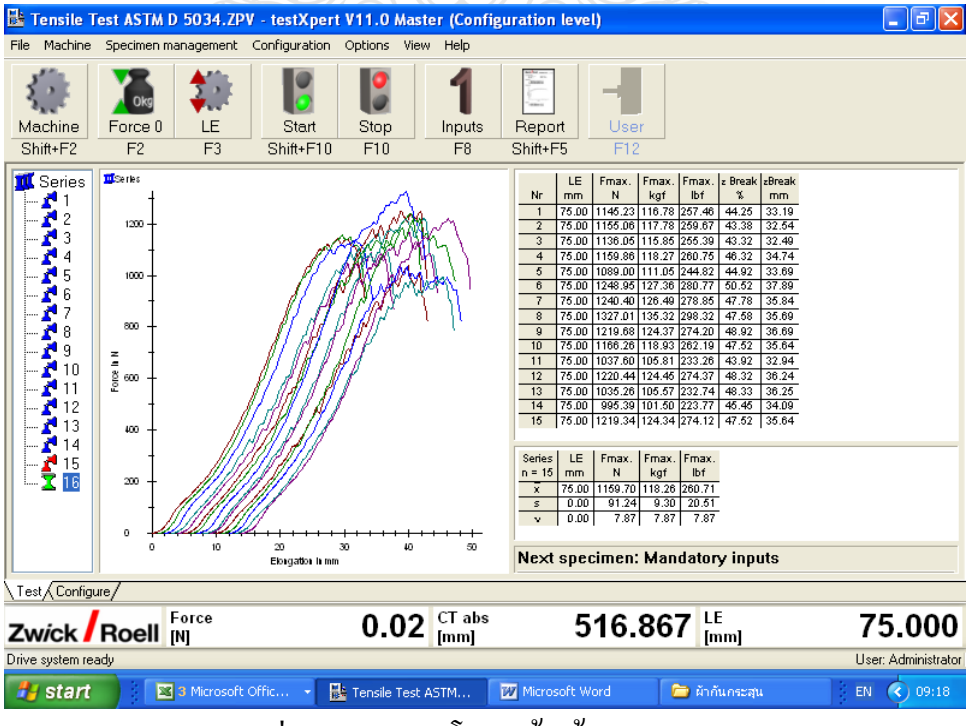
ผลการทดสอบ ค่า Tensile ของ โครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-Twill

ที่ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 42 เส้นต่อนิ้ว และความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่ง 20 เส้นต่อนิ้ว



ผลการทดสอบ ค่า Tensile ของ โครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-Twill

ที่ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 42 เส้นต่อนิ้ว

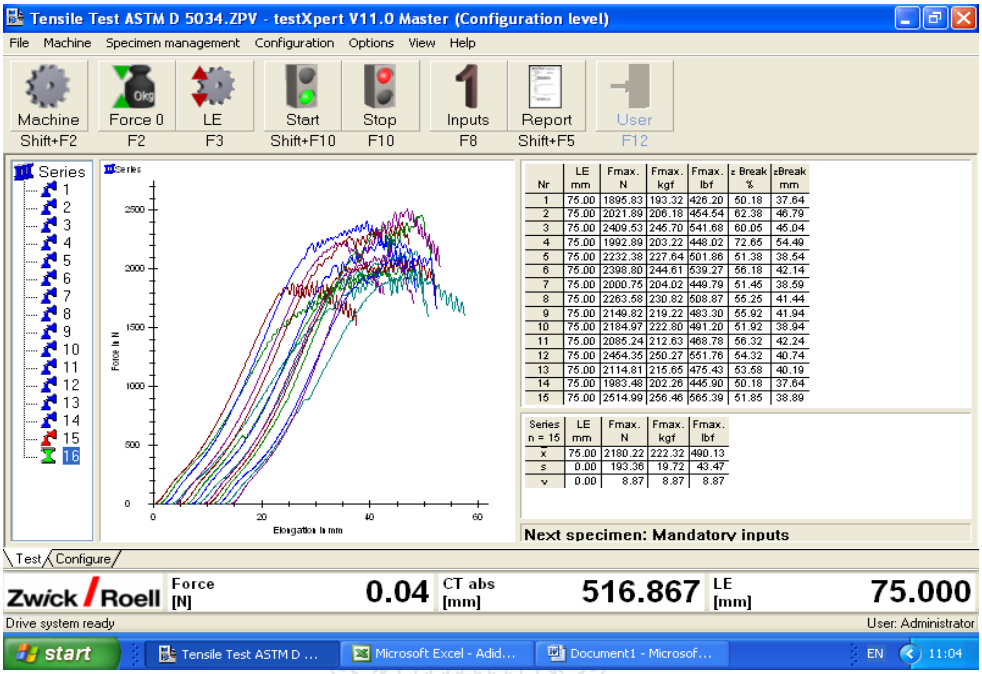


ผลการทดสอบ ค่า Tensile ของ โครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-Twill

ที่ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่ง 20 เส้นต่อนิ้ว

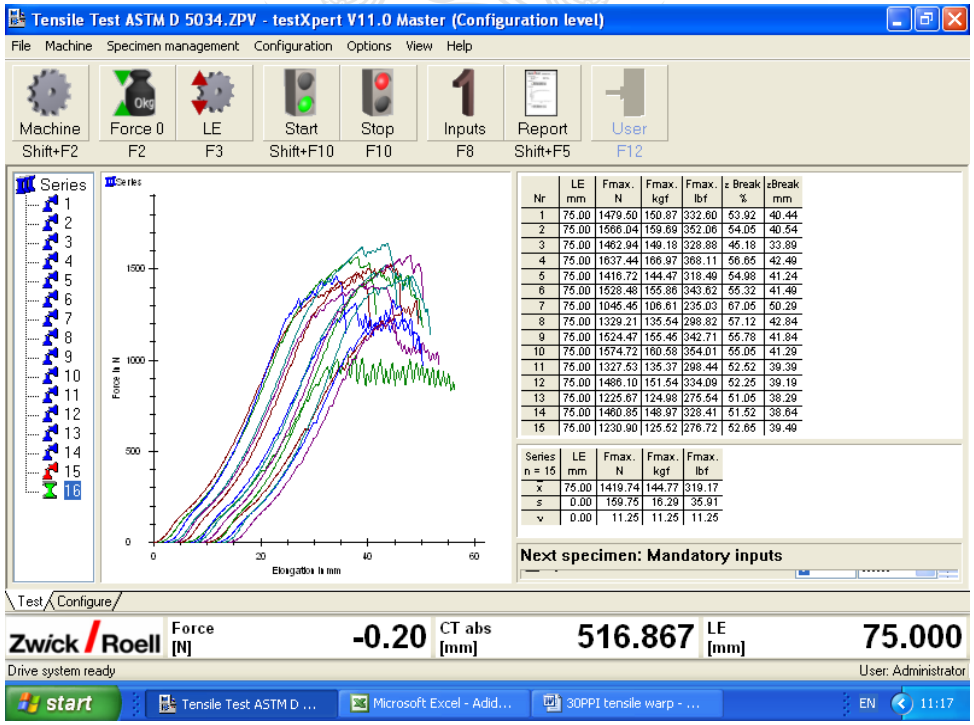
ผลการทดสอบ ค่า Tensile ของ โครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-Twill

ที่ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 42 เส้นต่อนิ้ว ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่ง 30 เส้นต่อนิ้ว



ผลการทดสอบ ค่า Tensile ของ โครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-Twill

ที่ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 42 เส้นต่อนิ้ว

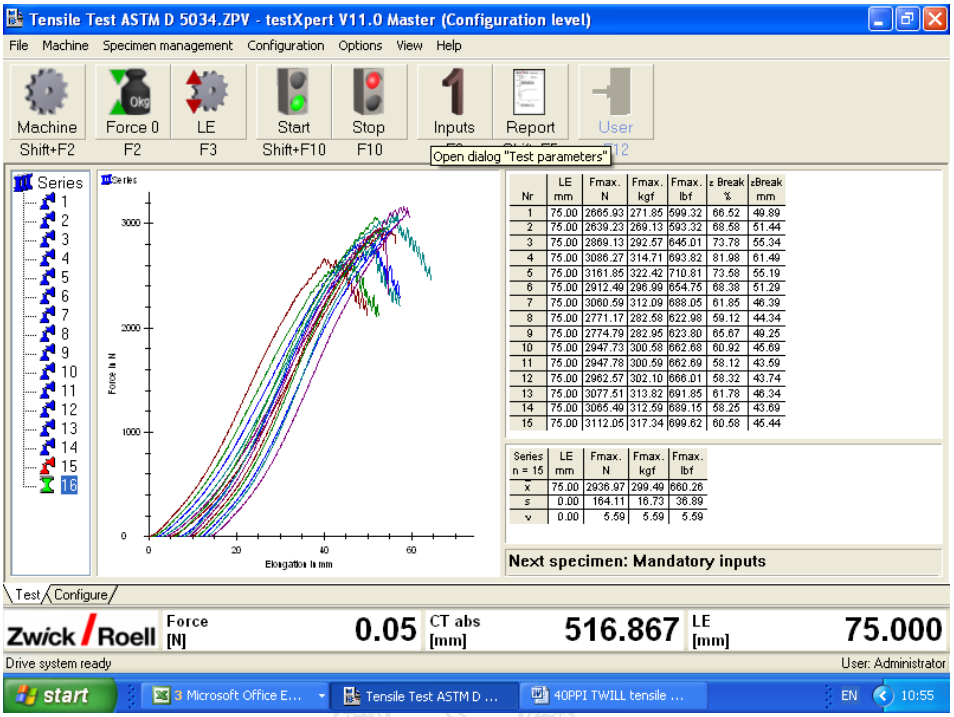


ผลการทดสอบ ค่า Tensile ของ โครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-Twill

ที่ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่ง 30 เส้นต่อนิ้ว

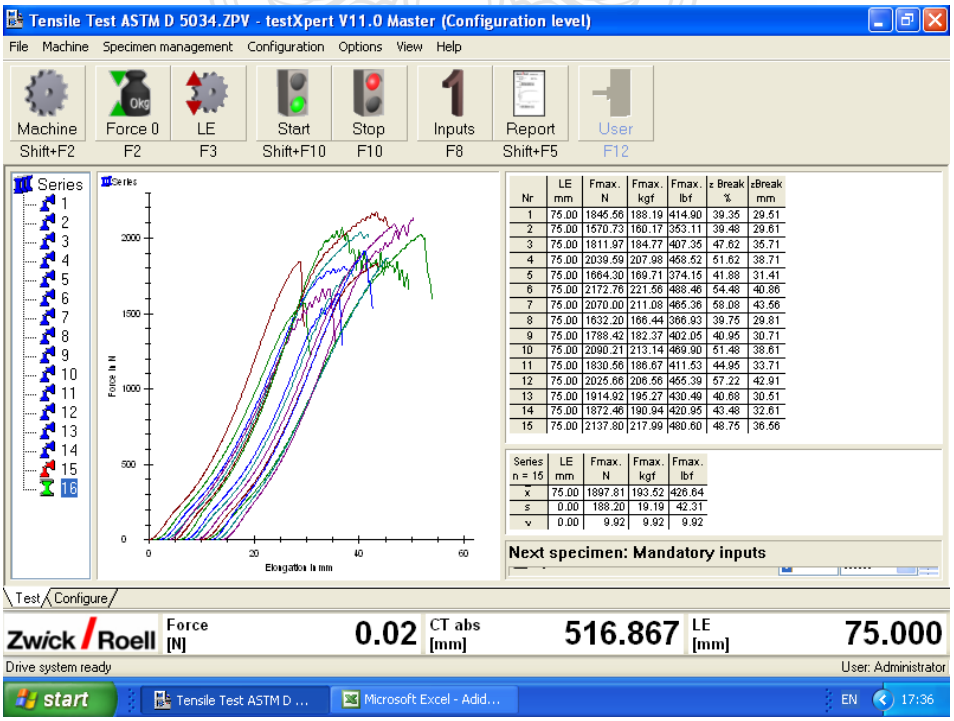
ผลการทดสอบ ค่า Tensile ของ โครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-Twill

ที่ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 42 เส้นต่อนิ้ว ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่ง 40 เส้นต่อนิ้ว



ผลการทดสอบ ค่า Tensile ของ โครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-Twill

ที่ความหนาแน่น เส้นด้ายยืน 42 เส้นต่อนิ้ว



ผลการทดสอบ ค่า Tensile ของ โครงสร้างผ้าทอลายทแยง 2/2 S-Twill

ที่ความหนาแน่น เส้นด้ายพุ่ง 40 เส้นต่อนิ้ว

ภาคผนวก ค

ผลการทดสอบยิงแผ่นเกราะป้องกันกระสุนปืน ด้วยกระสุนขนาด 9 มม. ตามมาตรฐานยุทโธปกรณ์กระทรวงกลาโหมว่าด้วยเสื้อเกราะกันกระสุน ระดับ 2A

แบบบันทึกผลการยิงทดสอบเสื้อเกราะ (Nylon 6 จำนวน ๖๐ ชั้น)

ชื่อตัวอย่าง 1. โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket แบบแนวฝีเข็มการเย็บแบบที่ 1 วันที่ทดสอบ 15 ธ.ค. 53

ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน เท่ากับ 23 เส้นต่อนิ้ว ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเท่ากับ 10 เส้นต่อนิ้ว

ชนิดกระสุนทดสอบ			นน. ของลูกกระสุน		ความเร็วกระสุน 341 เมตร/วินาที (1,120 ฟุต/วินาที)		
9 mm.FMJ			124 Gr.		(±9.1 เมตร/วินาที หรือ ± 30 ฟุต/วินาที)		
กำหนดเกณฑ์รอยยุบตัว ไม่เกิน 44 มม.			เปียก แห้ง		ด้านหน้า ด้านหลัง		
นัดที่	มุมยิง	ความเร็ว	ผลการทดสอบ		รอยยุบ	นน. หัวกระสุน	หมายเหตุ
		(เมตร/วินาที)	ทะลุ	ไม่ทะลุ	(มม.)		
1	0	353	30		20		
2	0	341	28		23		
3	0	343	27		22		
4	30	353	37		27		
5	30	345	34		28		
6	0	331	25		20		

เจ้าหน้าที่ทดสอบ

พ.อ.อ.

(....ไกรวุฒิ คุณนาม.....)

(ตำแหน่ง)...หน.ช่างเทคนิค ฝอส.ผวต.กวก. สพ.ทอ....

ธ.ค. 53

ผู้ควบคุมการทดสอบ

ร.ต.

(...วราวุธ บุญเกิด....)

(ตำแหน่ง).....รอง หน.ฝอส.ผวต.กวก.สพ.ทอ.....

ธ.ค. 53

แบบบันทึกผลการยิงทดสอบเสื้อเกราะ (Nylon 6 จำนวน ๖๐ ชั้น)

ชื่อตัวอย่าง 2. โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket แบบแนวฝีเข็มการเย็บแบบที่ 2 วันที่ทดสอบ 15 ธ.ค. 53

ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน เท่ากับ 23 เส้นต่อนิ้ว ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเท่ากับ 10 เส้นต่อนิ้ว

ชนิดกระสุนทดสอบ			นน. ของลูกกระสุน		ความเร็วกระสุน 341 เมตร/วินาที (1,120 ฟุต/วินาที)		
9 mm.FMJ			124 Gr.		(±9.1 เมตร/วินาที หรือ ± 30 ฟุต/วินาที)		
กำหนดเกณฑ์รอยยุบตัว ไม่เกิน 44 มม.			เปียก แห้ง		ด้านหน้า ด้านหลัง		
นัดที่	มุมยิง	ความเร็ว	ผลการทดสอบ		รอยยุบ	นน. หัว	หมายเหตุ
		(เมตร/วินาที)	ทะลุ	ไม่ทะลุ	(มม.)	กระสุน	
1	0	353	31		21		
2	0	342	29		23		
3	0	348	28		23		
4	30	350	34		26		
5	30	348	32		29		
6	0	341	27		21		

เจ้าหน้าที่ทดสอบ

พ.อ.อ.

(....ไกรวุฒิ คุณนาม.....)

(ตำแหน่ง)...หน.ช่างเทคนิค ฝอส.ผวต.กวก. สพ.ทอ....

ธ.ค. 53

ผู้ควบคุมการทดสอบ

ร.ต.

(...วราวุธ บุญเกิด....)

(ตำแหน่ง).....รอง หน.ฝอส.ผวต.กวก.สพ.ทอ.....

ธ.ค. 53

แบบบันทึกผลการยิงทดสอบเสื้อเกราะ (Nylon 6 จำนวน ๖๐ ชั้น)

ชื่อตัวอย่าง 3. โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket แบบแนวฝีเข็มการเย็บแบบที่ 1 วันที่ทดสอบ 15 ธ.ค. 53

ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน เท่ากับ 23 เส้นต่อนิ้ว ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเท่ากับ 15 เส้นต่อนิ้ว

ชนิดกระสุนทดสอบ			นน. ของลูกกระสุน		ความเร็วกระสุน 341 เมตร/วินาที (1,120 ฟุต/วินาที)		
9 mm.FMJ			124 Gr.		(±9.1 เมตร/วินาที หรือ ± 30 ฟุต/วินาที)		
กำหนดเกณฑ์รอยยุบตัว ไม่เกิน 44 มม.			เปียก แห้ง		ด้านหน้า ด้านหลัง		
นัดที่	มุมยิง	ความเร็ว	ผลการทดสอบ		รอยยุบ	นน. หัวกระสุน	หมายเหตุ
		(เมตร/วินาที)	ทะลุ	ไม่ทะลุ	(มม.)		
1	0	337	25		21		
2	0	334	27		20		
3	0	336	26		21		
4	30	344	32		26		
5	30	335	28		25		
6	0	345	25		20		

เจ้าหน้าที่ทดสอบ ผู้ควบคุมการทดสอบ

พ.อ.อ. ร.ต.

(....ไกรวุฒิ คุณนาม.....) (...วราวุธ บุญเกิด....)

(ตำแหน่ง)...หน.ช่างเทคนิค ฝอส.ผวต.กวก. สพ.ทอ.... (ตำแหน่ง).....รอง หน.ฝอส.ผวต.กวก.สพ.ทอ.....

ธ.ค. 53 ธ.ค. 53

แบบบันทึกผลการยิงทดสอบเสื้อเกราะ (Nylon 6 จำนวน ๖๐ ชั้น)

ชื่อตัวอย่าง 4. โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket แบบแนวฝีเข็มการเย็บแบบที่ 2 วันที่ทดสอบ 15 ธ.ค. 53

ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน เท่ากับ 23 เส้นต่อนิ้ว ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเท่ากับ 15 เส้นต่อนิ้ว

ชนิดกระสุนทดสอบ			นน. ของลูกกระสุน		ความเร็วกระสุน 341 เมตร/วินาที (1,120 ฟุต/วินาที)		
9 mm.FMJ			124 Gr.		(±9.1 เมตร/วินาที หรือ ± 30 ฟุต/วินาที)		
กำหนดเกณฑ์รอยยุบตัว ไม่เกิน 44 มม.			เปียก แห้ง		ด้านหน้า ด้านหลัง		
นัดที่	มุมยิง	ความเร็ว	ผลการทดสอบ		รอยยุบ	นน. หัว	หมายเหตุ
		(เมตร/วินาที)	ทะลุ	ไม่ทะลุ	(มม.)	กระสุน	
1	0	351	28		21		
2	0	349	26		22		
3	0	351	26		20		
4	30	348	31		27		
5	30	346	30		25		
6	0	347	26		21		

เจ้าหน้าที่ทดสอบ

พ.อ.อ.

(....ไกรวุฒิ คุณนาม.....)

(ตำแหน่ง)...หน.ช่างเทคนิค ฝอส.ผวต.กวก. สพ.ทอ....

ธ.ค. 53

ผู้ควบคุมการทดสอบ

ร.ต.

(...วราวุธ บุญเกิด....)

(ตำแหน่ง).....รอง หน.ฝอส.ผวต.กวก.สพ.ทอ.....

ธ.ค. 53

แบบบันทึกผลการยิงทดสอบเสื้อเกราะ (Nylon 6 จำนวน ๖๐ ชั้น)

ชื่อตัวอย่าง 5. โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket แบบแนวฝีเข็มการเย็บแบบที่ 1 วันที่ทดสอบ 15 ธ.ค. 53

ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน เท่ากับ 23 เส้นต่อนิ้ว ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเท่ากับ 20 เส้นต่อนิ้ว

ชนิดกระสุนทดสอบ			นน. ของลูกกระสุน		ความเร็วกระสุน 341 เมตร/วินาที (1,120 ฟุต/วินาที)		
9 mm.FMJ			124 Gr.		(±9.1 เมตร/วินาที หรือ ± 30 ฟุต/วินาที)		
กำหนดเกณฑ์รอยยุบตัว ไม่เกิน 44 มม.			เปียก แห้ง		ด้านหน้า ด้านหลัง		
นัดที่	มุมยิง	ความเร็ว	ผลการทดสอบ		รอยยุบ	นน. หัว	หมายเหตุ
		(เมตร/วินาที)	ทะลุ	ไม่ทะลุ	(มม.)	กระสุน	
1	0	339	20		19		
2	0	351	23		19		
3	0	351	22		21		
4	30	336	26		24		
5	30	334	28		25		
6	0	344	23		21		

เจ้าหน้าที่ทดสอบ
พ.อ.อ.
(....ไกรวุฒิ คุณนาม.....)
(ตำแหน่ง)...หน.ช่างเทคนิค ฝอส.ผวต.กวก. สพ.ทอ....
ธ.ค. 53

ผู้ควบคุมการทดสอบ
ร.ต.
(...วราวุธ บุญเกิด....)
(ตำแหน่ง).....รอง หน.ฝอส.ผวต.กวก.สพ.ทอ.....
ธ.ค. 53

แบบบันทึกผลการยิงทดสอบเสื้อเกราะ (Nylon 6 จำนวน ๖๐ ชั้น)

ชื่อตัวอย่าง 6. โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 Basket แบบแนวฝีเข็มการเย็บแบบที่ 2 วันที่ทดสอบ 15 ธ.ค. 53

ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน เท่ากับ 23 เส้นต่อนิ้ว ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเท่ากับ 20 เส้นต่อนิ้ว

ชนิดกระสุนทดสอบ			นน. ของลูกกระสุน		ความเร็วกระสุน 341 เมตร/วินาที (1,120 ฟุต/วินาที)		
9 mm.FMJ			124 Gr.		(±9.1 เมตร/วินาที หรือ ± 30 ฟุต/วินาที)		
กำหนดเกณฑ์รอยยุบตัว ไม่เกิน 44 มม.			เปียก แห้ง		ด้านหน้า ด้านหลัง		
นัดที่	มุมยิง	ความเร็ว	ผลการทดสอบ		รอยยุบ	นน. หัว	หมายเหตุ
		(เมตร/วินาที)	ทะลุ	ไม่ทะลุ	(มม.)	กระสุน	
1	0	351	22		19		
2	0	346	24		20		
3	0	351	24		22		
4	30	340	26		23		
5	30	335	26		25		
6	0	339	22		20		

เจ้าหน้าที่ทดสอบ

พ.อ.อ.

(....ไกรวุฒิ คุณนาม.....)

(ตำแหน่ง)...หน.ช่างเทคนิค ฝอส.ผวต.กวก. สพ.ทอ....

ธ.ค. 53

ผู้ควบคุมการทดสอบ

ร.ต.

(...วราวุธ บุญเกิด....)

(ตำแหน่ง).....รอง หน.ฝอส.ผวต.กวก.สพ.ทอ.....

ธ.ค. 53

แบบบันทึกผลการยิงทดสอบเสื้อเกราะ (Nylon 6 จำนวน ๖๐ ชั้น)

ชื่อตัวอย่าง 7. โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 S-Twill แบบแนวฝีเข็มการเย็บแบบที่ 1 วันที่ทดสอบ 16 ธ.ค. 53

ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน เท่ากับ 42 เส้นต่อนิ้ว ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเท่ากับ 20 เส้นต่อนิ้ว

ชนิดกระสุนทดสอบ			นน. ของลูกกระสุน		ความเร็วกระสุน 341 เมตร/วินาที (1,120 ฟุต/วินาที)		
9 mm.FMJ			124 Gr.		(±9.1 เมตร/วินาที หรือ ± 30 ฟุต/วินาที)		
กำหนดเกณฑ์รอยยุบตัว ไม่เกิน 44 มม.			เปียก แห้ง		ด้านหน้า ด้านหลัง		
นัดที่	มุมยิง	ความเร็ว	ผลการทดสอบ		รอยยุบ	นน. หัว	หมายเหตุ
		(เมตร/วินาที)	ทะลุ	ไม่ทะลุ	(มม.)	กระสุน	
1	0	347	32		22		
2	0	338	27		22		
3	0	341	29		23		
4	30	344	37		26		
5	30	348	40		26		
6	0	345	32		24		

เจ้าหน้าที่ทดสอบ

พ.อ.อ.

(....ไกรวุฒิ คุณนาม.....)

(ตำแหน่ง)...หน.ช่างเทคนิค ฝอส.ผวต.กวก. สพ.ทอ....

ธ.ค. 53

ผู้ควบคุมการทดสอบ

ร.ต.

(...วราวุธ บุญเกิด....)

(ตำแหน่ง).....รอง หน.ฝอส.ผวต.กวก.สพ.ทอ.....

ธ.ค. 53

แบบบันทึกผลการยิงทดสอบเสื้อเกราะ (Nylon 6 จำนวน ๖๐ ชั้น)

ชื่อตัวอย่าง 8. โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 S-Twill แบบแนวฝีเข็มการเย็บแบบที่ 2 วันที่ทดสอบ 16 ธ.ค. 53

ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน เท่ากับ 42 เส้นต่อนิ้ว ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเท่ากับ 20 เส้นต่อนิ้ว

ชนิดกระสุนทดสอบ			นน. ของลูกกระสุน		ความเร็วกระสุน 341 เมตร/วินาที (1,120 ฟุต/วินาที)		
9 mm.FMJ			124 Gr.		(±9.1 เมตร/วินาที หรือ ± 30 ฟุต/วินาที)		
กำหนดเกณฑ์รอยยุบตัว ไม่เกิน 44 มม.			เปียก แห้ง		ด้านหน้า ด้านหลัง		
นัดที่	มุมยิง	ความเร็ว	ผลการทดสอบ		รอยยุบ	นน. หัว	หมายเหตุ
		(เมตร/วินาที)	ทะลุ	ไม่ทะลุ	(มม.)	กระสุน	
1	0	338	28		21		
2	0	344	30		22		
3	0	335	27		22		
4	30	347	35		26		
5	30	351	33		29		
6	0	337	27		22		

เจ้าหน้าที่ทดสอบ

พ.อ.อ.

(....ไกรวุฒิ คุณนาม.....)

(ตำแหน่ง)...หน.ช่างเทคนิค ฝอส.ผวต.กวก. สพ.ทอ....

ธ.ค. 53

ผู้ควบคุมการทดสอบ

ร.ต.

(...วราวุธ บุญเกิด....)

(ตำแหน่ง).....รอง หน.ฝอส.ผวต.กวก.สพ.ทอ.....

ธ.ค. 53

แบบบันทึกผลการยิงทดสอบเสื้อเกราะ (Nylon 6 จำนวน ๖๐ ชั้น)

ชื่อตัวอย่าง 9. โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 S-Twill แบบแนวฝีเข็มการเย็บแบบที่ 1 วันที่ทดสอบ 16 ธ.ค. 53

ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน เท่ากับ 42 เส้นต่อนิ้ว ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเท่ากับ 30 เส้นต่อนิ้ว

ชนิดกระสุนทดสอบ			นน. ของลูกกระสุน		ความเร็วกระสุน 341 เมตร/วินาที (1,120 ฟุต/วินาที)		
9 mm.FMJ			124 Gr.		(±9.1 เมตร/วินาที หรือ ± 30 ฟุต/วินาที)		
กำหนดเกณฑ์รอยยุบตัว ไม่เกิน 44 มม.			เปียก แห้ง		ด้านหน้า ด้านหลัง		
นัดที่	มุมยิง	ความเร็ว	ผลการทดสอบ		รอยยุบ	นน. หัว	หมายเหตุ
		(เมตร/วินาที)	ทะลุ	ไม่ทะลุ	(มม.)	กระสุน	
1	0	335	23		20		
2	0	338	27		21		
3	0	338	27		21		
4	30	342	32		25		
5	30	340	32		24		
6	0	343	30		21		

เจ้าหน้าที่ทดสอบ

พ.อ.อ.

(....ไกรวุฒิ คุณนาม.....)

(ตำแหน่ง)...หน.ช่างเทคนิค ฝอส.ผวต.กวก. สพ.ทอ....

ธ.ค. 53

ผู้ควบคุมการทดสอบ

ร.ต.

(...วราวุธ บุญเกิด....)

(ตำแหน่ง).....รอง หน.ฝอส.ผวต.กวก.สพ.ทอ.....

ธ.ค. 53

แบบบันทึกผลการยิงทดสอบเสื้อเกราะ (Nylon 6 จำนวน ๖๐ ชั้น)

ชื่อตัวอย่าง 10. โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 S-Twill แบบแนวฝีเข็มการเย็บแบบที่ 2 วันที่ทดสอบ 16 ธ.ค. 53

ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน เท่ากับ 42 เส้นต่อนิ้ว ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเท่ากับ 30 เส้นต่อนิ้ว

ชนิดกระสุนทดสอบ			นน. ของลูกกระสุน		ความเร็วกระสุน 341 เมตร/วินาที (1,120 ฟุต/วินาที)		
9 mm.FMJ			124 Gr.		(±9.1 เมตร/วินาที หรือ ± 30 ฟุต/วินาที)		
กำหนดเกณฑ์รอยยุบตัว ไม่เกิน 44 มม.			เปียก แห้ง		ด้านหน้า ด้านหลัง		
นัดที่	มุมยิง	ความเร็ว	ผลการทดสอบ		รอยยุบ	นน. หัว	หมายเหตุ
		(เมตร/วินาที)	ทะลุ	ไม่ทะลุ	(มม.)	กระสุน	
1	0	349	29		22		
2	0	341	27		21		
3	0	339	26		20		
4	30	331	25		24		
5	30	338	26		25		
6	0	340	26		20		

เจ้าหน้าที่ทดสอบ

พ.อ.อ.

(....ไกรวุฒิ คุณนาม.....)

(ตำแหน่ง)...หน.ช่างเทคนิค ฝอส.ผวต.กวก. สพ.ทอ....

ธ.ค. 53

ผู้ควบคุมการทดสอบ

ร.ต.

(...วราวุธ บุญเกิด....)

(ตำแหน่ง).....รอง หน.ฝอส.ผวต.กวก.สพ.ทอ.....

ธ.ค. 53

แบบบันทึกผลการยิงทดสอบเสื้อเกราะ (Nylon 6 จำนวน ๖๐ ชั้น)

ชื่อตัวอย่าง 11. โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 S-Twill แบบแนวฝีเข็มการเย็บแบบที่ 1 วันที่ทดสอบ 17 ธ.ค. 53

ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน เท่ากับ 42 เส้นต่อนิ้ว ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเท่ากับ 40 เส้นต่อนิ้ว

ชนิดกระสุนทดสอบ			นน. ของลูกกระสุน		ความเร็วกระสุน 341 เมตร/วินาที (1,120 ฟุต/วินาที)		
9 mm.FMJ			124 Gr.		(±9.1 เมตร/วินาที หรือ ± 30 ฟุต/วินาที)		
กำหนดเกณฑ์รอยยุบตัว ไม่เกิน 44 มม.			เปียก แห้ง		ด้านหน้า ด้านหลัง		
นัดที่	มุมยิง	ความเร็ว	ผลการทดสอบ		รอยยุบ	นน. หัวกระสุน	หมายเหตุ
		(เมตร/วินาที)	ทะลุ	ไม่ทะลุ	(มม.)		
1	0	351	24		19		
2	0	346	22		19		
3	0	341	25		20		
4	30	346	24		23		
5	30	356	27		23		
6	0	334	23		20		

เจ้าหน้าที่ทดสอบ
พ.อ.อ.
(....ไกรวุฒิ คุณนาม.....)
(ตำแหน่ง)...หน.ช่างเทคนิค ฝอส.ผวต.กวก. สพ.ทอ....
ธ.ค. 53

ผู้ควบคุมการทดสอบ
ร.ต.
(...วราวุธ บุญเกิด....)
(ตำแหน่ง).....รอง หน.ฝอส.ผวต.กวก.สพ.ทอ.....
ธ.ค. 53

แบบบันทึกผลการยิงทดสอบเสื้อเกราะ (Nylon 6 จำนวน ๖๐ ชั้น)

ชื่อตัวอย่าง 12. โครงสร้างผ้าทอลาย 2/2 S-Twill แบบแนวฝีเข็มการเย็บแบบที่ 2 วันที่ทดสอบ 17 ธ.ค. 53

ความหนาแน่นเส้นด้ายยืน เท่ากับ 42 เส้นต่อนิ้ว ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเท่ากับ 40 เส้นต่อนิ้ว

ชนิดกระสุนทดสอบ			นน. ของลูกกระสุน		ความเร็วกระสุน341 เมตร/วินาที (1,120 ฟุต/วินาที)		
9 mm.FMJ			124 Gr.		(±9.1 เมตร/วินาที หรือ ± 30 ฟุต/วินาที)		
กำหนดเกณฑ์รอยยุบตัว ไม่เกิน 44 มม.			เปียก แห้ง		ด้านหน้า ด้านหลัง		
นัดที่	มุมยิง	ความเร็ว	ผลการทดสอบ		รอยยุบ	นน. หัวกระสุน	หมายเหตุ
		(เมตร/วินาที)	ทะลุ	ไม่ทะลุ	(มม.)		
1	0	345	22		20		
2	0	342	23		21		
3	0	350	25		21		
4	30	350	28		23		
5	30	348	24		24		
6	0	349	22		21		

เจ้าหน้าที่ทดสอบ
พ.อ.อ.
(....ไกรวุฒิ คุณนาม.....)
(ตำแหน่ง)...หน.ช่างเทคนิค ฝอส.ผวต.กวก. สพ.ทอ....
ธ.ค. 53

ผู้ควบคุมการทดสอบ
ร.ต.
(...วราวุธ บุญเกิด....)
(ตำแหน่ง).....รอง หน.ฝอส.ผวต.กวก.สพ.ทอ.....
ธ.ค. 53

ภาคผนวก ง

มาตรฐานเสื้อเกราะกันกระสุนและมาตรฐานแผ่นเกราะป้องกันกระสุนปืนตามมาตรฐานยุทโธปกรณ์กระทรวงกลาโหมว่าด้วยเสื้อเกราะกันกระสุน

ครุฑ

คำสั่งกระทรวงกลาโหม

(เฉพาะ)

ที่ ๓๑๒/๔๗

เรื่อง มาตรฐานเสื้อเกราะกันกระสุน และมาตรฐานแผ่นเกราะกันกระสุน

.....

ด้วยคณะกรรมการกำหนดมาตรฐานยุทโธปกรณ์กระทรวงกลาโหม (กมย.กห.) ได้มีมติเห็นชอบให้กำหนดมาตรฐานยุทโธปกรณ์กระทรวงกลาโหมว่าด้วยเสื้อเกราะกันกระสุน (มีรายละเอียดตามผนวก ก.ประกอบคำสั่งนี้) และมาตรฐานยุทโธปกรณ์กระทรวงกลาโหมว่าด้วยแผ่นเกราะกันกระสุน (มีรายละเอียดตามผนวก ข. ประกอบคำสั่งนี้) สำหรับใช้ในราชการ

ดังนั้นเพื่อให้การดำเนินงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเรื่องข้างต้นเป็นไปด้วยความเรียบร้อย และมีประสิทธิภาพ จึงให้ นขต.กห.และเหล่าทัพ ใช้มาตรฐานยุทโธปกรณ์ตามคำสั่งนี้เป็นแนวทางในการจัดหา การผลิต และการวิจัยพัฒนา

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๑๕ กันยายน พ.ศ. ๒๕๔๗

(ลงชื่อ) พลเอก เชษฐา ฐานะจาโร

(เชษฐา ฐานะจาโร)

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงกลาโหม

<u>การแจกจ่าย</u>

- สงป.กห., สนผ.กห., ศอพท., อท.ศอพท., รวท.อท.ศอพท. และ นขต.สวพ.กห.
- รอ.,บก.ทหารสูงสุด, ทบ., ทร. และ ทอ.
- ศวพท.บก.ทหารสูงสุด, กบ.ทหาร และ ศรภ.บก.ทหารสูงสุด
- ยก.ทบ., กบ.ทบ., พธ.ทบ., สวพ.ทบ., สพ.ทบ. และ กช.
- ยก.ทร., กบ.ทร., พธ.ทร., สวพ.ทร. และ สพ.ทร.
- ยก.ทอ., กบ.ทอ., พธ.ทอ.บนอ., ศวอ.ทอ. และ สพ.ทอ.บนอ.
- กมย.กห. และ อกมย.กห. เกราะกันกระสุน

สำเนาถูกต้อง

น.อ.หญิง ร.น.

(มณฑา สงวนศักดิ์โยธิน)

นวพ.สวพ.กห.

๒๖ ก.ย.๔๗

คำสั่งกระทรวงกลาโหม

(เฉพาะ)

ที่ ๓๑๒ /๔๗

เรื่อง มาตรฐานเสื้อเกราะกันกระสุน และมาตรฐานแผ่นเกราะกันกระสุน

ด้วยคณะกรรมการกำหนดมาตรฐานยุทโธปกรณ์กระทรวงกลาโหม (กมย.กห.) ได้มีมติเห็นชอบให้กำหนดมาตรฐานยุทโธปกรณ์กระทรวงกลาโหมว่าด้วยเสื้อเกราะกันกระสุน (มีรายละเอียดตามผนวก ก.ประกอบคำสั่งนี้) และมาตรฐานยุทโธปกรณ์กระทรวงกลาโหมว่าด้วยแผ่นเกราะกันกระสุน (มีรายละเอียดตามผนวก ข. ประกอบคำสั่งนี้) สำหรับใช้ในราชการ

ดังนั้นเพื่อให้การดำเนินงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเรื่องข้างต้นเป็นไปด้วยความเรียบร้อย และมีประสิทธิภาพ จึงให้ นขต.กห.และเหล่าทัพ ใช้มาตรฐานยุทโธปกรณ์ตามคำสั่งนี้เป็นแนวทางในการจัดหา การผลิต และการวิจัยพัฒนา

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๑๕ กันยายน พ.ศ. ๒๕๔๗

พลเอก

(เชษฐา ฐานะจาโร)

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงกลาโหม

ครุฑ

คำสั่งกระทรวงกลาโหม

(เฉพาะ)

ที่ ๓๑๒/๔๗

เรื่อง มาตรฐานเสื้อเกราะกันกระสุน และมาตรฐานแผ่นเกราะกันกระสุน

.....

ด้วยคณะกรรมการกำหนดมาตรฐานยุทโธปกรณ์กระทรวงกลาโหม (กมย.กห.) ได้มีมติเห็นชอบให้กำหนดมาตรฐานยุทโธปกรณ์กระทรวงกลาโหมว่าด้วยเสื้อเกราะกันกระสุน (มีรายละเอียดตามผนวก ก.ประกอบคำสั่งนี้) และมาตรฐานยุทโธปกรณ์กระทรวงกลาโหมว่าด้วยแผ่นเกราะกันกระสุน (มีรายละเอียดตามผนวก ข. ประกอบคำสั่งนี้) สำหรับใช้ในราชการ

ดังนั้นเพื่อให้การดำเนินงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเรื่องข้างต้นเป็นไปด้วยความเรียบร้อย และมีประสิทธิภาพ จึงให้ นขต.กห.และเหล่าทัพ ใช้มาตรฐานยุทโธปกรณ์ตามคำสั่งนี้เป็นแนวทางในการจัดหา การผลิต และการวิจัยพัฒนา

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๑๕ กันยายน พ.ศ. ๒๕๔๗

(ลงชื่อ) พลเอก เชษฐา ฐานะจาโร

(เชษฐา ฐานะจาโร)

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงกลาโหม

การแจกจ่าย

- สงป.กห., สนผ.กห., ศอพท., อท.ศอพท., รวท.อท.ศอพท. และ นขต.สวพ.กห.
- รอ.,บก.ทหารสูงสุด, ทบ., ทร. และ ทอ.
- ศวพท.บก.ทหารสูงสุด, กบ.ทหาร และ ศรภ.บก.ทหารสูงสุด
- ยก.ทบ., กบ.ทบ., พธ.ทบ., สวพ.ทบ., สพ.ทบ. และ กช.
- ยก.ทร., [illegible] และ ผก.ทร.
- ยก.ทอ., กบ.ทอ., พธ.ทอ.บนอ., ศวอ.ทอ. และ สพ.ทอ.บนอ.
- กมข.กห. และ อกมย.กห. เกราะกันกระสุน

สำเนาถูกต้อง

น.อ.หญิง ร.น.

(มณฑา สงวนศักดิ์โยธิน)

นวพ.สวพ.กห.

๑๖ ก.ย.๔๗

มาตรฐานยุทโธปกรณ์ กระทรวงกลาโหม
ว่าด้วย เสื้อเกราะกันกระสุน (กมย.กห. ๑/๒๕๔๗)

๑. **ขอบข่าย** มาตรฐานยุทโธปกรณ์นี้กำหนด การจำแนกระดับของเสื้อเกราะ นิยาม คุณลักษณะที่ต้องการ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบ ซึ่งครอบคลุมถึงเสื้อเกราะที่ใช้ในการป้องกันหรือลดอันตรายจากการยิงด้วยกระสุนปืนที่บริเวณลำตัวของผู้ที่สวมใส่ แต่ไม่รวมถึงการป้องกันอันตรายจากมีดและวัตถุมีคม

๒. <u>การจำแนกระดับของเสื้อเกราะ</u> จำแนกตามระดับความสามารถในการกันกระสุนปืนได้เป็น ๖ ระดับ (ตามลำดับของระดับภัยคุกคามของกระสุนตามตารางที่ ๑ จากต่ำไปสูง) ดังนี้

๒.๑ เสื้อเกราะ**ระดับ 1** เป็นระดับที่สามารถกันกระสุนที่เป็นภัยคุกคามในระดับ 1(Type I: 22 LR; 380 ACP)ได้

๒.๒ เสื้อเกราะ**ระดับ 2A** เป็นระดับที่สามารถกันกระสุนที่เป็นภัยคุกคามในระดับ 2A (Type IIA : 9 mm. ; .40 S&W) และระดับ 1 ได้

๒.๓ เสื้อเกราะ**ระดับ 2** เป็นระดับที่สามารถกันกระสุนที่เป็นภัยคุกคามในระดับ 2(Type II : 9 mm. ; .357 Magnum) และ ระดับ 1 กับ 2A ได้

๒.๔ เสื้อเกราะ<u>**ระดับ 3A** เป็นระดับที่สามารถกันกระสุนปืนพกโดยทั่วไปได้</u> ซึ่งเป็นระดับที่สามารถกันกระสุนที่เป็นภัยคุกคามในระดับ 3A (Type IIIA : High Velocity 9 mm. ; .44 Magnum) และ ระดับ 1, 2A กับ 2 ได้

๒.๕ เสื้อเกราะ<u>**ระดับ 3** เป็นระดับที่สามารถกันกระสุนปืนเล็กยาวได้</u> ซึ่งเป็นระดับที่สามารถกันกระสุนที่เป็นภัยคุกคามในระดับ 3 (Type III ; Rifle) และระดับ 1, 2A, 2 กับ 3A ได้

๒.๖ เสื้อเกราะ<u>**ระดับ 4** เป็นระดับที่สามารถกันกระสุนปืนเล็กยาวชนิดเจาะเกราะได้</u> ซึ่งเป็นระดับที่สามารถกันกระสุนที่เป็นภัยคุกคามในระดับ 4(Type IV ; Armor Piercing Rifle) และระดับ 1, 2A, 2, 3A และ 3 ได้

ในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการเสื้อเกราะพิเศษ (Special Type) ที่สามารถกันกระสุนที่นอกเหนือไปจากที่กล่าวไว้ข้างต้น โดยจะกำหนดทั้งขนาดและชนิดของกระสุนทดสอบ กับความเร็วขั้นต่ำของกระสุนที่จะเผชิญก็ได้

๓. **บทนิยาม**

๓.๑ <u>**เสื้อเกราะกันกระสุน หรือเสื้อเกราะป้องกันกระสุน หรือเสื้อเกราะ** หมายถึง "เสื้อหรือสิ่งใด ๆ ที่ผลิตหรือประกอบรวมขึ้นด้วยแผ่นเกราะ ที่ผู้ผลิตเจตนาจัดทำขึ้นเพื่อป้องกันหรือลดอันตรายจากกระสุนปืนที่ยิงบริเวณลำตัวของผู้ที่สวมใส่"</u> ซึ่งต่อไปในมาตรฐานฉบับนี้จะเรียกย่อว่า "**เสื้อเกราะ**"

๓.๒ <u>**แผ่นเกราะ หรือแผ่นเกราะกันกระสุน หรือแผ่นป้องกันกระสุน** หมายถึง "แผ่นวัสดุทุกชนิดที่มีความสามารถในการป้องกันหรือลดอันตรายจากการยิงด้วยกระสุนปืน ที่ผู้ผลิตเจตนาจัดทำขึ้นเพื่อการนี้</u> ไม่ว่าจะเป็นเกราะ(หรือวัสดุป้องกันกระสุน)ที่ทำด้วยเหล็ก โลหะใด ๆ เซรามิก ใยสังเคราะห์ หรือใยธรรมชาติ ฯลฯ แผ่นเกราะนี้เป็นส่วนหลักที่ใช้ในการกันกระสุนของเสื้อเกราะ

ตารางที่ ๑ ตารางภัยคุกคามและการยิงทดสอบความสามารถกันกระสุนของเสื้อเกราะ

ระดับภัยคุกคาม	ขนาด/ชนิดกระสุนทดสอบ	น้ำหนักของลูกกระสุนเกรน (กรัม)	ความเร็วกระสุน ±30 ฟุต/วินาที (±9.1 เมตร/วินาที)	จำนวนนัดที่ยิงผ่านเกณฑ์				
				ต่อแผ่นเกราะ		รวม ๑ ชุดตัวอย่าง	รวม ๒ ชุดตัวอย่าง	รวมทั้งสิ้น
				0°	30°			
1	.22 caliber LR LRN	40 เกรน (2.6 กรัม)	1,080 ฟุต/วินาที (329 เมตร/วินาที)	4	2	12 (6)	24 (12)	48 (24)
	.380 ACP FMJ RN หรือ .38 Special LRN	95 เกรน (6.2 กรัม) 158 เกรน (10.2 กรัม)	1,055 ฟุต/วินาที (322 เมตร/วินาที) 880 ฟุต/วินาที (268 เมตร/วินาที)	4	2	12 (6)	24 (12)	
2A	9 mm. FMJ RN	124 เกรน (8.0 กรัม)	1,120 ฟุต/วินาที (341 เมตร/วินาที)	4	2	12 (6)	24 (12)	48 (24)
	.40 S&W FMJ หรือ .45 ACP FMJ	180 เกรน (11.7 กรัม) 230 เกรน (15.0 กรัม)	1,055 ฟุต/วินาที (322 เมตร/วินาที) 840 ฟุต/วินาที (256 เมตร/วินาที)	4	2	12 (6)	24 (12)	
2	9 mm. FMJ RN	124 เกรน (8.0 กรัม)	1,205 ฟุต/วินาที (367 เมตร/วินาที)	4	2	12 (6)	24 (12)	48 (24)
	.357 Mag JSP	158 เกรน (10.2 กรัม)	1,430 ฟุต/วินาที (436 เมตร/วินาที)	4	2	12 (6)	24 (12)	
3A	9 mm. FMJ RN	124 เกรน (8.0 กรัม)	1,430 ฟุต/วินาที (436 เมตร/วินาที)	4	2	12 (6)	24 (12)	48 (24)
	.44 Mag SJHP	240 เกรน (15.6 กรัม)	1,430 ฟุต/วินาที (436 เมตร/วินาที)	4	2	12 (6)	24 (12)	
3	7.62 mm. NATO FMJ	148 เกรน (9.6 กรัม)	2,780 ฟุต/วินาที (847 เมตร/วินาที)	6	0	6	12	12
4	.30 caliber M2 AP	166 เกรน (10.8 กรัม)	2,880 ฟุต/วินาที (878 เมตร/วินาที)	1	0	1	2	2

หมายเหตุ ๑. ทุกระดับฯ ต้องไม่มีการทะลุผ่านอย่างสมบูรณ์ และมีรอยยุบตัวไม่เกิน ๔๔ มม. (๑.๗๓ นิ้ว)

๒. ในกรณีที่เสื้อเกราะเป็นแบบที่มีแผ่นเกราะเพียงด้านเดียว คือ ด้านหน้า หรือด้านหลัง ด้านใดด้านหนึ่งเท่านั้น จำนวนนัดที่ยิงผ่านเกณฑ์ได้จะมีจำนวนลดลงกึ่งหนึ่งตามวงเล็บ

๓. สำหรับขนาดของปืนที่ไม่สามารถหาลำกล้องทดสอบได้ อนุโลมให้ใช้อาวุธปืนยิงทดสอบแทนได้ เช่น .44 Mag และ .30 – 06 เป็นต้น

๓.๓ แผ่นเกราะเสริม หรือแผ่นกันซ้ำ หมายถึง แผ่นเกราะที่ใช้เสริมกับแผ่นเกราะหลัก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกันกระสุนของเสื้อเกราะเฉพาะบริเวณ

๓.๔ แผ่นเกราะเพิ่มเติม หมายถึง แผ่นเกราะที่สามารถดึงออกจากเสื้อเกราะหรือเปลี่ยนได้ ซึ่งมีไว้เพื่อกันกระสุนที่บริเวณอื่น เช่น แผ่นเกราะบริเวณท้องน้อย–ต้นขา–ก้นกบ และแผ่นเกราะด้านข้างลำตัว

๓.๕ วัสดุหนุน หมายถึง แท่งวัสดุอ่อน, ดินน้ำมัน หรือดินเหนียวที่ผ่านการทดสอบความแน่น ตามที่กำหนด ขึ้นรูปเป็นเนื้อเดียวกัน สำหรับวางประกบไว้ด้านหลังของแผ่นเกราะในระหว่างการยิงทดสอบ

๓.๖ **กระบะวัสดุหนุน** หมายถึง กรอบบรรจุวัสดุหนุนที่แข็งแรง ทำด้วยไม้หรือโลหะ มีฝาไม้ปิดด้านหลัง ในกรณีที่จะยิงประเมินขีดจำกัดทางขีปนวิธีจึงจะถอดฝาปิดด้านหลังนี้ออก

๓.๗ **รอยยุบตัว** (Backface Signature: BFS) หมายถึง <u>รอยที่ลึกที่สุดที่เกิดขึ้นในวัสดุหนุน</u> จากการที่กระสุนตกกระทบแล้วไม่ทะลุผ่าน วัดจากระนาบอ้างอิงคือจากขอบหน้าของกระบะวัสดุหนุน โดยปาดวัสดุหนุนบริเวณขอบรอยนูนของรอยลูกกระสุน แล้ววัดความลึกรอยยุบตัว ในกรณีที่ผลการยิงทำให้วัสดุหนุนเกิดเป็นผิวโค้ง หรือมีขอบนูนสูงขึ้น ให้ปาดวัสดุหนุนเฉพาะรอยนูนบนผิวโค้งเท่านั้น แล้วจึงทำการวัดรอยยุบตัว กำหนดเกณฑ์รอยยุบตัวไม่เกิน ๔๔ มม. (๑.๗๓ นิ้ว)

๓.๘ **การทะลุผ่านอย่างสมบูรณ์** หมายถึง การที่กระสุนเจาะทะลุผ่านแผ่นเกราะทุกชั้น จนปรากฏเศษชิ้นส่วนของลูกกระสุน หรือเศษชิ้นส่วนของแผ่นเกราะ (ไม่นับรวมวัสดุที่เป็นเสื้อหรือซองหุ้มแผ่นเกราะ) ติดอยู่ในวัสดุหนุนนั้น หรือปรากฏเป็นรูทะลุผ่านเสื้อเกราะหรือแผ่นเกราะ และ/หรือวัสดุหนุน

๓.๙ <u>การยิงทดสอบการทะลุผ่านและรอยยุบตัว</u> (Penetration – Backface Signature : P–BFS) เรียกย่อว่า "การยิงทดสอบ P–BFS" <u>คือการยิงทดสอบเสื้อเกราะตามตารางที่ ๑</u> เพื่อพิสูจน์การไม่ทะลุผ่านอย่างสมบูรณ์ และวัดรอยยุบตัว ซึ่งเป็นการยิงทดสอบเพื่อจำแนกระดับความสามารถในการกันกระสุนของเสื้อเกราะ

๓.๑๐ **ระยะห่างของรอยยิง** หมายถึง ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของจุดที่ยิงบนแผ่นเกราะ ไปถึงจุดศูนย์กลางของจุดยิงอื่นบนเกราะนั้น หรือไปถึงริมขอบของเกราะนั้น <u>กำหนดระยะห่างของรอยยิงปกติ</u> ควรมีระยะห่างจากกันเองไม่น้อยกว่า ๒ นิ้ว (๕ ซม.) และห่างจากขอบเกราะไม่น้อยกว่า ๓ นิ้ว (๗.๕ ซม.)

๓.๑๑ ปัจจัยคุกคาม หมายถึง ตัวแปรหลักที่มีผลบั่นทอนต่อขีดความสามารถในการกันกระสุนของเกราะในการยิงทดสอบ ซึ่งเมื่อยิงกระสุนในแต่ละนัดแล้วยังปรากฏหลักฐานให้สามารถตรวจสอบ/วัดค่าตัวแปรหลักนี้ได้ คือ **ความเร็วกระสุน** (<u>ความเร็วที่สูงกว่าปกติ ย่อมเป็นปัจจัยคุกคามที่สูงกว่าปกติ , ความเร็วที่ต่ำกว่าปกติ ย่อมเป็นปัจจัยคุกคามที่ต่ำกว่าปกติ</u>) กับ**ระยะห่างของรอยยิง** (<u>ระยะห่างที่น้อยกว่าปกติ ย่อมเป็นปัจจัยคุกคามที่สูงกว่าปกติ</u>)

๓.๑๒ <u>นัดที่ยิงผ่านเกณฑ์</u> หมายถึง ผลการยิงในกระสุนนัดที่ถือว่า<u>ผ่านเกณฑ์</u>การยอมรับสำหรับการยิงทดสอบP-BFS ตามตารางที่ ๑ ซึ่งจักต้องเกิดขึ้นจากการ<u>ยิงด้วยความเร็วกระสุนตามที่กำหนดหรือสูงกว่าที่กำหนด แล้วไม่เกิดการทะลุผ่านอย่างสมบูรณ์ และมีรอยยุบตัวได้ตามเกณฑ์ โดยไม่ต้องคำนึงถึงระยะห่างของรอยยิง</u> ซึ่งเป็นไปตามตรรกที่ว่า " ในสถานการณ์ปัจจัยคุกคามตามปกติหรือปัจจัยคุกคามที่สูงกว่าปกติ เกราะนี้สามารถเผชิญได้ "

๓.๑๓ นัดที่ยิงไม่ผ่านเกณฑ์ หมายถึง ผลการยิงในกระสุนนัดที่ถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์การยอมรับสำหรับการยิงทดสอบ P-BFS ตามตารางที่ ๑ ซึ่งจักต้องเกิดขึ้นจากกรณีที่ยิงด้วยความเร็วกระสุนตามที่กำหนดหรือต่ำกว่าที่กำหนด และมีระยะห่างของรอยยิง (ทั้งห่างจากกัน และห่างจากขอบเกราะ) ได้ระยะตามที่กำหนด แล้วเกิดการทะลุผ่านอย่างสมบูรณ์ หรือมีรอยยุบตัวเกินเกณฑ์ ซึ่งเป็นไปตามตรรกที่ว่า " ในสถานการณ์ปัจจัยคุกคามตามปกติหรือปัจจัยคุกคามที่ต่ำกว่าปกติ เกราะนี้เผชิญไม่ได้ " ทั้งนี้หากปรากฏว่ามีนัดที่ยิงไม่ผ่านเกณฑ์ตั้งแต่ ๑ นัดขึ้นไป ก็ให้ยุติการยิงทดสอบในขั้นต่อไปได้ และสรุปได้ว่าเสื้อเกราะนี้ไม่ผ่านการรับรองมาตรฐาน

๓.๑๔ นัดที่ยิงพลาด หมายถึง ผลการยิงในกระสุนนัดที่ถือว่าเป็นการยิงพลาด มิสามารถวินิจฉัยการผ่านหรือไม่ผ่านเกณฑ์การยอมรับสำหรับการยิงทดสอบ P-BFS ตามตารางที่ ๑ ได้ ซึ่งเป็นไปตามตรรกที่ว่า " ในสถานการณ์ปัจจัยคุกคามที่สูงกว่าปกติ เกราะนี้เผชิญไม่ได้ หรือในสถานการณ์ปัจจัยคุกคามที่ต่ำกว่าปกติ เกราะนี้สามารถเผชิญได้ " จำต้องให้ยิงทดสอบแก้มือในนัดนั้นใหม่ ในการยิงแก้มือใหม่นั้นให้ยิงใกล้บริเวณเดิมที่มีระยะห่างของรอยยิงได้ระยะตามที่กำหนด หรืออาจไปเริ่มต้นกระบวนการยิงทดสอบแผ่นเกราะอันใหม่ก็ได้

๓.๑๕ สรุปการวินิจฉัยการปฏิบัติต่อผลการยิงทดสอบ P-BFS ได้ตามตารางที่ ๒

ตารางที่ ๒ ตารางสรุปการวินิจฉัยการปฏิบัติต่อผลการยิงทดสอบ P-BFS

คำนิยาม	กรณีที่	ระยะห่างของรอยยิง	ความเร็วกระสุน	ทะลุผ่านสมบูรณ์	รอยยุบตัว	ผลการวินิจฉัย
นัดที่ยิงผ่านเกณฑ์	-	ไม่คำนึง	ปกติ/สูง	ไม่ทะลุ	ได้	ดำเนินต่อไปได้ปกติ
นัดที่ยิงไม่ผ่านเกณฑ์	1	ได้	ปกติ/ต่ำ	ทะลุ	-	ให้ยุติการยิงทดสอบ
	2	ได้	ปกติ/ต่ำ	ไม่ทะลุ	เกิน	
นัดที่ยิงพลาด	1	ไม่ได้	ไม่คำนึง	ทะลุ	-	ให้ยิงทดสอบแก้มือ
	2	ไม่ได้	ไม่คำนึง	ไม่ทะลุ	เกิน	
	3	ได้	สูง	ทะลุ	-	
	4	ได้	สูง	ไม่ทะลุ	เกิน	
	5	ได้	ต่ำ	ไม่ทะลุ	ได้	
	6	ไม่ได้	ต่ำ	ไม่ทะลุ	ไม่คำนึง	

๔. คุณลักษณะที่ต้องการ

๔.๑ ลักษณะทั่วไป ต้องเป็นเสื้อเกราะแบบใดแบบหนึ่ง คือ แบบเสื้อแจ็คเก็ต (เป็นแบบที่มีแผ่นเกราะชิ้นเดียวหุ้มรอบลำตัว) หรือเป็นแบบที่มีแผ่นเกราะทั้งด้านหน้าและด้านหลังของลำตัว หรือเป็นแบบที่มีแผ่นเกราะด้านหน้าหรือด้านหลังของลำตัวเพียงด้านเดียว โดยเสื้อเกราะต้องมีขนาดของแผ่นเกราะที่เหมาะสมสำหรับป้องกันหรือลดอันตรายจากกระสุนปืนที่ยิงบริเวณลำตัวของผู้ที่สวมใส่ ทั้งนี้เสื้อเกราะ

อาจได้รับการออกแบบใช้งานสำหรับบุรุษ, ทั้งสองเพศ หรือใช้เฉพาะสตรีก็ได้ ซึ่งเสื้อเกราะแต่ละแบบอาจมีแผ่นเกราะเพิ่มเติมหรือแผ่นเกราะเสริมด้วยก็ได้

๔.๒ <u>ความเรียบร้อยทั่วไป</u> เสื้อเกราะจะต้องไม่มีรอยย่นพอง รอยแตกหรือฉีกขาด ริมขอบต้องไม่บิ่นหรือมีคม หรือขาดความประณีตในการผลิต

๔.๓ <u>ความสามารถในการกันกระสุน</u> เมื่อทำการทดสอบเสื้อเกราะด้วยวิธีการยิงทดสอบ P-BFS ตามตารางที่ ๑ และข้อ ๘ เสื้อเกราะจักต้องสามารถกันกระสุนได้ตามระดับที่ระบุไว้ที่ฉลาก โดยมีจำนวนนัดที่ยิงผ่านเกณฑ์ได้ครบจำนวนตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ ๑

๕. <u>เครื่องหมายและฉลาก</u>

๕.๑ ที่เสื้อเกราะทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน และไม่ลบเลือนง่าย

(๑) คำว่า "เสื้อเกราะ" หรือ "เสื้อเกราะกันกระสุน" หรือ "เสื้อเกราะป้องกันกระสุน"

(๒) ระดับการกันกระสุนของเสื้อเกราะ

(๓) เดือนปีที่ทำ หรือรหัสรุ่น

(๔) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

๕.๒ ในกรณีเสื้อหุ้มหรือซองหุ้มแผ่นเกราะชนิดที่ถอดแผ่นเกราะออกได้ จักต้องมีฉลากกำกับทั้งที่ตัวเสื้อหุ้มหรือซองหุ้ม กับที่แผ่นเกราะด้วย

๖. <u>การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน</u>

๖.๑ รุ่น ในที่นี้ หมายถึง เสื้อเกราะแบบและระดับเดียวกัน ทำจากวัสดุและกรรมวิธีผลิตเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน

๖.๒ การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสินให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

๖.๒.๑ ให้ผู้ยื่นคำขอการรับรองเสื้อเกราะส่งมอบเสื้อเกราะรุ่นเดียวกัน<u>จำนวนอย่างน้อย ๓ ชุดตัวอย่างต่อชนิดกระสุน</u> ซึ่งคือ พวกเสื้อเกราะระดับ 1, 2A, 2 และ 3A ใช้จำนวนเสื้อเกราะระดับละอย่างน้อย ๖ ชุดตัวอย่าง (ใช้เสื้อเกราะที่มีขนาดรอบอกบุรุษ ๔๖ – ๔๘ นิ้ว(๑๑๗-๑๒๒ ซม.) ; สตรี ๔๒ – ๔๔ นิ้ว (๑๐๗-๑๑๒ ซม.) พวกเสื้อเกราะระดับ ๓ ใช้จำนวนเสื้อเกราะอย่างน้อย ๓ ชุดตัวอย่าง (ใช้เสื้อเกราะหรือแผ่นเกราะที่มีขนาดอย่างน้อย ๑๐.๐ x ๑๒.๐ นิ้ว (๒๕๔ x ๓๐๕ มม.) พวกเสื้อเกราะระดับ ๔ ใช้จำนวนเสื้อเกราะอย่างน้อย ๓ ชุดตัวอย่าง (ใช้เสื้อเกราะหรือแผ่นเกราะที่มีขนาดอย่างน้อย ๘.๐ x ๑๐.๐ นิ้ว(๒๐๓ x ๒๕๔ มม.))

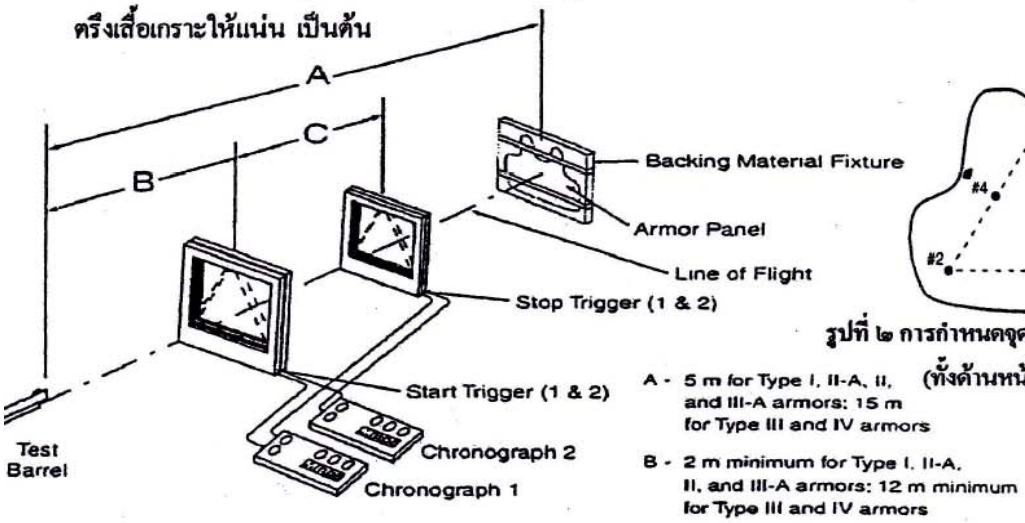
๖.๒.๒ ให้ตรวจสอบตัวอย่างเสื้อเกราะตามข้อ ๖.๒.๑ โดยการตรวจพินิจ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๔.๑, ๔.๒ และ ๕ จึงจะถือว่าเสื้อเกราะรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๖.๒.๓ ให้ชักตัวอย่างเสื้อเกราะตามข้อ ๖.๒.๒ <u>จำนวนอย่างน้อย ๒ ชุดตัวอย่างต่อชนิดกระสุน</u> นำไปทำการยิงทดสอบ P-BFS ตามตารางที่ ๑ และ ข้อ ๗ เมื่อทดสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๔.๓ จึงจะถือว่าเสื้อเกราะรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

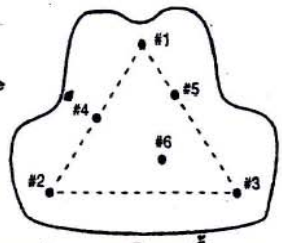
๖.๓ เกณฑ์ตัดสิน ตัวอย่างเสื้อเกราะต้องเป็นไปตามข้อ ๖.๒.๒ และ ๖.๒.๓ ทุกข้อ จึงจะถือว่าเสื้อเกราะรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานยุทโธปกรณ์กระทรวงกลาโหมนี้

๗. <u>การทดสอบ</u>

๗.๑ <u>การเตรียมการทดสอบ</u> (มีรายละเอียดปลีกย่อยในการปฏิบัติเพิ่มเติมตามผนวกที่แนบ) มีสาระสำคัญ คือ ให้จัดวางอุปกรณ์ต่าง ๆ ตามรูปที่ ๑ ติดตั้งฉากจับเวลาให้อยู่ในแนวตั้งฉากกับแนววิถีกระสุน เตรียมกระบะวัสดุหนุนที่ผ่านการทดสอบความแน่นฯ, การทำให้เสื้อเกราะเปียกชื้น, เตรียมเครื่องวัดความเร็วกระสุน,กระสุนและปืนที่จะทดสอบ, การเตรียมการยิงทดสอบ ได้แก่ การเตรียมลำกล้องทดสอบ การตรวจความเรียบร้อยของกระสุนที่อัดพิเศษ การกำหนดจุดยิง(Marking)บนเสื้อเกราะ(ทำตามรูปที่ ๒) และการขึดตรึงเสื้อเกราะให้แน่น เป็นต้น



รูปที่ ๑ การจัดวางอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดสอบ



รูปที่ ๒ การกำหนดจุดยิงบนเสื้อเกราะ (ทั้งด้านหน้า และด้านหลัง)

๗.๒ <u>หลักการทั่วไปในการยิงทดสอบ P-BFS ตามตารางที่ ๑</u>

๗.๒.๑ <u>ในการยิงทดสอบในแต่ละชุดกระสุน</u>หรือแผ่นเกราะ <u>เมื่อยิงนัดที่ ๑ แล้ว ต้องวินิจฉัย</u>ว่าเป็นนัดที่ยิงผ่านเกณฑ์ , ยิงไม่ผ่านเกณฑ์ หรือเป็นนัดที่ยิงพลาด เสมอ โดยวัดระยะห่างของรอยยิง ตรวจความเร็วกระสุน ตรวจการทะลุผ่านอย่างสมบูรณ์ วัดรอยยุบตัว และบันทึกไว้ <u>แล้วพิจารณาปฏิบัติให้สอดคล้องกับผลการยิงนั้นต่อไป</u>(ตามตารางที่ ๒) และในกรณีที่สามารถทำการ<u>ยิงต่อไปจนครบชุดกระสุน</u>หรือแผ่นเกราะนั้นแล้ว <u>ก็ให้วินิจฉัยในทำนองเดียวกัน</u>กับที่กล่าวข้างต้น<u>อีกครั้งหนึ่งด้วย</u>

๗.๒.๒ ก่อนใช้กระบะวัสดุหนุนในการยิงแต่ละชุดกระสุนหรือแผ่นเกราะ ต้องผ่านการทดสอบความแน่นของวัสดุหนุนกับซ่อมแซมผิววัสดุหนุนทุกครั้ง เมื่อจะยิงชุดกระสุนหรือแผ่นเกราะใหม่ ก็ให้เปลี่ยนกระบะฯ ใหม่ด้วย

๗.๒.๓ แผ่นเกราะแต่ละแผ่น ปกติให้ยิงได้ไม่เกิน ๘ นัด/แผ่น

๗.๒.๔ สำหรับเสื้อเกราะสตรี ส่วนที่เป็นหน้าอกจะต้องเสริมวัสดุหนุนที่ปรับสภาพแล้วด้วย และจะต้องยิงบริเวณรอยตะเข็บบนหน้าอก ณ จุดยิงที่ ๔ หรือ ๕ (ตามรูปที่ ๒) อย่างน้อย ๑ นัด

๗.๒.๕ สำหรับเสื้อเกราะแบบเสื้อแจ็กเก็ต ควรเปลี่ยนจุดยิงที่ ๑ เพื่อหลีกเลี่ยงการยิงส่วนที่มีแผ่นเกราะซ้อนทับกัน ส่วนจุดยิงที่ ๔ หรือ ๕ จะต้องปรับให้อยู่ใกล้กับตะเข็บอย่างน้อย ๑ นัด

๗.๓ <u>การยิงทดสอบเสื้อเกราะในระดับ 1, ระดับ 2A, ระดับ 2 และระดับ 3A</u> ยิงตามตารางที่ ๑ โดยทำการยิงทดสอบเสื้อเกราะจำนวน ๔ ชุดตัวอย่าง(<u>ยิง ๒ ชุดตัวอย่าง/ชนิดกระสุน</u>) พวกเสื้อเกราะแบบที่มีแผ่นเกราะด้านหน้าและด้านหลังนั้น ก็จะยิงทดสอบแผ่นเกราะรวมทั้งสิ้น ๘ แผ่น (คือแผ่นเกราะด้านหน้า ๔ แผ่น และแผ่นเกราะด้านหลัง ๔ แผ่น) พวกเสื้อเกราะแบบเสื้อแจ็กเก็ต(Front Opening System) ที่มีแผ่นเกราะรอบตัวนั้น ก็ให้ปฏิบัติเช่นเดียวกันกับที่กล่าวข้างต้น พวกเสื้อเกราะแบบที่มีแผ่นเกราะด้านหน้าหรือด้านหลังเพียงด้านเดียวนั้น ให้ยิงทดสอบแผ่นเกราะรวมทั้งสิ้น ๔ แผ่นเท่านั้น ดังนี้

๗.๓.๑ จัดอุปกรณ์ตามรูปที่ ๑ โดยมีระยะ A ๕ ม.± ๒๕ มม. และมีระยะ B ๒ ม. ±๒๕ มม.

๗.๓.๒ <u>การยิงทดสอบแผ่นเกราะแต่ละแผ่น</u> ปฏิบัติดังนี้

- <u>การยิงนัดที่ ๑ ทำการยิง ณ มุมยิง 0° เมื่อยิงแล้วให้ถอดแผ่นเกราะมาตรวจสอบและวินิจฉัย แล้วปฏิบัติให้สอดคล้องกับผลการยิงนั้นต่อไป</u> (ตามตารางที่ ๒)

- การติดตั้งแผ่นเกราะ(อันเดิม หรืออันใหม่)คืนตำแหน่งเดิม ต้องทำให้แผ่นเกราะอยู่ในสภาพเดิม (คลี่, ลูบ และตบด้วยมือเบา ๆ เพื่อให้เรียบ) วางแผ่นเกราะคืนตำแหน่งเดิมที่ได้ขีดดินสอไว้แล้ว ห้ามซ่อมแซมรอยยุบตัวบนวัสดุหนุน และห้ามแคะลูกกระสุนที่ฝังอยู่ในแผ่นเกราะออก

- การยิงนัดที่ ๒ และ ๓ ทำการยิง ณ มุมยิง 0° ต่อไป

- การยิงนัดที่ ๔ และ ๕ ทำการยิง ณ มุมยิง 30° โดยปรับตำแหน่งกระบะวัสดุหนุนให้เอียงทำมุม 30° กับแนววิถีกระสุน

- การยิงนัดที่ ๖ ทำการยิง ณ มุมยิง 0° โดยเอียงกระบะวัสดุหนุนกลับคืนสู่แนวปกติ

- <u>เมื่อยิงครบ ๖ นัดแล้ว ให้ถอดแผ่นเกราะออกมาตรวจสอบและวินิจฉัยอีกครั้งหนึ่ง</u>

๗.๔ <u>การยิงทดสอบเสื้อเกราะระดับ ๓</u> ยิงตามตารางที่ ๑ โดยจะทำการยิงทดสอบเสื้อเกราะจำนวน ๒ ชุดตัวอย่าง สำหรับเสื้อเกราะแบบที่มีแผ่นเกราะด้านหน้าและด้านหนังนั้น ก็จะทำการยิงแผ่นเกราะรวมทั้งสิ้นเพียง ๒ แผ่นเท่านั้น คือ ตัวอย่างเสื้อเกราะละ ๑ แผ่นเกราะ สำหรับเสื้อเกราะแบบเสื้อแจ็กเก็ตให้ปฏิบัติในทำนองเดียวกันกับที่กล่าวข้างต้น ส่วนเสื้อเกราะแบบที่มีแผ่นเกราะด้านหน้าหรือด้านหลังเพียงด้านเดียว ก็จะทำการยิงแผ่นเกราะรวมทั้งสิ้นเพียง ๒ แผ่น เช่นกัน มีรายละเอียดการยิงทดสอบในทำนองเดียวกันกับข้อ ๗.๓ แต่แตกต่างกันที่

๗.๔.๑ <u>มีระยะ A ๑๕ ม. ±๒๕ มม. ระยะ B ๕ ม. ±๒๕ มม. และมุมยิง 0° ทั้ง ๖ นัด</u>

๗.๔.๒ สำหรับเสื้อเกราะที่ใช้แผ่นเกราะแข็ง ในลักษณะที่แผ่นเกราะแข็งมิได้สัมผัสกับผิวหน้าของวัสดุหนุนอย่างเต็มที่ ก็ให้เสริมวัสดุหนุนที่ปรับสภาพแล้วเพื่อให้วัสดุหนุนสัมผัสแผ่นเกราะนั้นด้วย

๗.๕ การยิงทดสอบเสื้อเกราะระดับ ๔ ยิงตามตารางที่ ๑ โดยปฏิบัติในทำนองเดียวกันกับข้อ ๗.๔ แต่ทำการยิงเพียงแผ่นเกราะละ ๑ นัดเท่านั้น (ยิงที่จุดศูนย์กลางของแผ่นเกราะ)

๗.๖ <u>การยิงทดสอบเสื้อเกราะพิเศษ</u> เสื้อเกราะที่มีแผ่นเกราะเป็นวัสดุเกราะชนิดอ่อน (เช่นพวกเส้นใย) ก็ให้ทดสอบในทำนองเดียวกันกับข้อ ๗.๓ เสื้อเกราะที่มีแผ่นเกราะเป็นวัสดุเกราะชนิดแข็ง (เช่นพวกโลหะ หรือเซรามิก) ก็ให้ทดสอบในทำนองเดียวกันกับข้อ ๗.๔ หรือ ๗.๕

๗.๗ <u>การยิงทดสอบแผ่นเกราะเพิ่มเติม</u> เสื้อเกราะแบบที่มีแผ่นเกราะเพิ่มเติมด้วย ให้ยิงด้วยชนิดกระสุนตามตารางที่ ๑ ซึ่งหากผลการยิงไม่ผ่านเกณฑ์ ก็จะส่งผลให้เสื้อเกราะหลักไม่ผ่านเกณฑ์ด้วย ดังนี้

๗.๗.๑ <u>แผ่นเกราะบริเวณท้องน้อย-ต้นขา-ก้นกบ</u> ยิงแผ่นเกราะ (ที่อยู่ในซองหุ้ม) อย่างน้อย ๘ แผ่น ๆ ละ ๓ นัด ที่มุมยิง 0° โดยแต่ละนัดต้องมีระยะห่างของรอยยิงได้ตามที่กำหนดด้วย

๗.๗.๒ <u>แผ่นเกราะด้านข้างชนิดถอดได้</u> ยิงทดสอบแผ่นเกราะทั้งสิ้น ๑๒ นัด/ชนิดกระสุน ณ มุมยิง 0° และ 30° โดยแต่ละนัดต้องมีระยะห่างของรอยยิงได้ตามที่กำหนดด้วย

๗.๘ <u>การยิงประเมินขีดจำกัดทางขีปนวิถี</u> (Ballistic Limit Test) ในกรณีที่ผู้ใช้ประสงค์ที่จะทราบข้อมูลพิเศษเพิ่มเติมเกี่ยวกับขีดจำกัดทางขีปนวิถี หรือในกรณีที่ผู้ยื่นคำขอการรับรองเสื้อเกราะร้องขอ ก็สามารถที่จะระบุให้มีการยิงประเมินขีดจำกัดทางขีปนวิถีได้ (มีรายละเอียดอยู่ในข้อ ๒ ของผนวกที่แนบ) โดยปฏิบัติภายหลังจากที่ได้ยิงทดสอบ P-BFS ผ่านเกณฑ์เรียบร้อยแล้ว

๗.๙ <u>การแก้ไขรายละเอียดทางเทคนิคในการทดสอบ</u> ให้คณะอนุกรรมการกำหนดมาตรฐานยุทโธปกรณ์ กระทรวงกลาโหม ว่าด้วยเกราะกันกระสุน สามารถแก้ไขเปลี่ยนแปลงรายละเอียดทางเทคนิคในการทดสอบในส่วนที่มิใช่สาระสำคัญได้ โดยใช้ดุลยพินิจพิจารณาให้เหมาะสมกับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไป แล้วรีบรายงานให้คณะกรรมการกำหนดมาตรฐานยุทโธปกรณ์ กระทรวงกลาโหมทราบ

๘. <u>ข้อกำหนดทางทหารอื่น ๆ</u> ตามที่ผู้ใช้จะกำหนดเพิ่มเติม ตามความจำเป็นและเหมาะสม

<u>หมายเหตุ</u> ๑. ร่างมาตรฐานยุทโธปกรณ์ฉบับนี้ จัดทำโดยคณะอนุกรรมการกำหนดมาตรฐานยุทโธปกรณ์ กระทรวงกลาโหม ว่าด้วยเกราะกันกระสุน ซึ่งได้แปล วิเคราะห์ สังเคราะห์ ประยุกต์ และเรียบเรียงให้เหมาะสมกับประเทศไทย โดยอิงมาตรฐาน US. NIJ Standard 0101.04 ตามความจำเป็นและเหมาะสม เพื่อมุ่งส่งเสริมและสนับสนุนกิจการอุตสาหกรรมป้องกันประเทศของไทยเป็นหลัก

๒. กมย.กห. ในคราวประชุมครั้งที่ ๔/๔๗ เมื่อ ๒๕ ส.ค.๔๗ และครั้งที่ ๕/๔๗ เมื่อ ๑ ก.ย.๔๗ ได้พิจารณาแล้ว มีมติเห็นชอบให้การรับรองมาตรฐานยุทโธปกรณ์ฉบับนี้เป็นมาตรฐานยุทโธปกรณ์ กระทรวงกลาโหม และยกเลิกมาตรฐานเสื้อเกราะป้องกันกระสุน กห. ที่กำหนดตาม NIJ Standard 0101.03

ตรวจถูกต้อง

(ลงชื่อ) พล.อ.ต. อุดมศักดิ์ สันติกุล

(อุดมศักดิ์ สันติกุล)

ผช.หน.ฝสธ.ประจำ รอง ปล.กห./ ประธาน อกมย.กห.เกราะกันกระสุน

๑ ก.ย.๔๗

ผนวก ประกอบ กมย.กห. ๑/๒๕๔๗

รายละเอียดปลีกย่อยเพิ่มเติมในการเตรียมการยิงทดสอบ P-BFS และการยิงประเมินขีดจำกัดทางขีปนวิธี

๑. คำแนะนำในการเตรียมการยิงทดสอบ P-BFS

๑.๑ การเตรียมกระบะวัสดุหนุน

๑.๑.๑ เตรียมกระบะวัสดุหนุนอย่างน้อย ๑ กระบะ/ชนิดกระสุน โครงสร้างกระบะควรทำด้วยไม้เนื้อแข็งหรือโลหะ กระบะโลหะมีข้อดีคือช่วยให้การเตรียมผิวหน้าของวัสดุหนุนเรียบได้ง่าย ภายในกระบะมีขนาด ๖๑๐ x ๖๑๐ x ๑๔๐ มม. (๒๔.๐ x ๒๔.๐ x ๕.๕ นิ้ว) ทุกมิติ ± ๒ มม. (± ๐.๐๖ นิ้ว) ฝาด้านหลังของกระบะควรทำด้วยไม้หรือไม้อัดที่มีความหนา ๑๙.๑ มม. (๐.๗๕ นิ้ว)

๑.๑.๒ การเตรียมวัสดุหนุนเพื่อบรรจุในกระบะ โดยนวดวัสดุหนุนด้วยมือเพื่อให้การวัดความลึกของรอยยุบตัวสามารถกระทำได้อย่างเที่ยงตรงและแม่นยำ ใช้อุปกรณ์ตีดินที่มีความยาวเพียงพอที่จะทำให้ผิวหน้าดินเรียบเป็นระนาบเดียวกันทั้งกระบะ พร้อมทั้งอัดดินให้แน่นเพื่อให้เกิดช่องว่างน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ ปาดผิวหน้าให้เรียบราบเสมอกัน โดยใช้ขอบกระบะเป็นระนาบอ้างอิง แล้วจึงทำการทดสอบความแน่นฯ

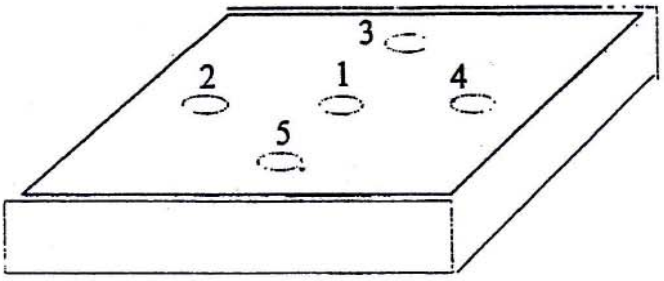
๑.๑.๓ การทดสอบความแน่นของวัสดุหนุน จะต้องปฏิบัติก่อนการยิงทดสอบแผ่นเกราะทุกชุดเสมอ ดินที่ไม่ผ่านการทดสอบฯ จะทำให้ผลการยิงทดสอบไม่ถูกต้อง ในการทดสอบฯ ควรใช้อุปกรณ์ และเทคนิคดังนี้

(ก) ใช้ลูกตุ้มเหล็กกล้ารูปทรงกลม มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ๖๓.๕ มม. ±๐.๐๕ ม. (๒.๕ นิ้ว ±๐.๐๐๑ นิ้ว) และมีน้ำหนัก ๑,๐๔๓ กรัม ± ๕ กรัม (๒.๒๙ ปอนด์ ± ๐.๐๑ ปอนด์)

(ข) ความสูงของการทิ้งลูกตุ้มฯ ๒.๐ ม. (๖.๕๖ ฟุต) (ปล่อยทิ้งลงมาอย่างอิสระ)

(ค) ระยะห่างของจุดที่ทิ้งลูกตุ้มฯ บนวัสดุหนุน ให้ทิ้งห่างจากขอบกระบะอย่างน้อย ๗๖ มม. (๓.๐ นิ้ว) และห่างจากจุดศูนย์กลางของตำแหน่งที่ทิ้งเดิมไม่น้อยกว่า ๑๕๖ มม. (๖.๐ นิ้ว)

๑.๑.๔ การทดสอบความแน่นฯ มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความแน่นของเนื้อวัสดุหนุนที่พอเหมาะแก่การใช้งานยิงทดสอบเสื้อเกราะ กระทำโดยการทิ้งลูกตุ้มฯ เพื่อสอบเทียบจำนวน ๕ ครั้ง โดยในแต่ละครั้งควรจะให้ลูกตุ้มฯ ตกลงบนตำแหน่งเป้าหมายที่กำหนดไว้(ตามรูปที่ ๓) นำรอยยุบตัวห้าครั้งนั้นมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย ซึ่งค่าเฉลี่ยนี้ต้องได้ตามเกณฑ์ ๑๙ มม. ±๒ มม. (ควรเตรียมตู้อบขนาดที่สามารถบรรจุกระบะวัสดุหนุนได้ สำหรับใช้ในการปรับสภาพวัสดุหนุน ให้สามารถสอบซ่อมการทดสอบความแน่น ฯ .จนได้ผ่านเกณฑ์) ทั้งนี้ควรใช้อุปกรณ์ช่วยเล็งเป้าหมาย เช่น Pointing Laser หรืออื่น ๆ เพื่อชี้จุดที่ต้องการให้ลูกตุ้มฯ ตกลงมา



รูปที่ ๓ แสดงตำแหน่งที่จะทิ้งตุ้มน้ำหนักในการทำ Drop Test

๑.๑.๕ การเตรียมวัสดุหนุนสำหรับเสื้อเกราะสตรี จะต้องเสริมวัสดุหนุนในส่วนที่เป็นอกด้วย โดยวัสดุที่นำมาเสริมจะต้องทำการปรับสภาพให้มีอุณหภูมิเดียวกับวัสดุหนุน และห้ามทิ้งลูกตุ้มฯ ลงบนอกที่เสริม

๑.๒ <u>การทำให้เสื้อเกราะเปียกชื้น</u> เสื้อเกราะที่จะนำมายิงทดสอบ P-BFS ต้องอยู่ในสภาพเปียกชื้น

๑.๒.๑ เสื้อเกราะที่จะทดสอบ ควรเก็บไว้ในอุณหภูมิปกติ (Ambient Temp.) และความชื้นสัมพัทธ์ ๗๐ % ± ๕ % อย่างน้อย ๑๒ ชม. หากมีแผ่นเกราะเสริม (Inserts) อยู่ก็ต้องถอดออกทุกครั้งที่จะทดสอบ ทำเสื้อเกราะให้เปียกชื้นโดยฉีดพ่นน้ำที่มีอัตราการไหลกระจายของฝอยน้ำ ๑๐๐ มม./ชม. ± ๒๐ มม./ ชม. (๔.๐ นิ้ว/ ชม. ± ๐.๘ นิ้ว/ ชม.) ซึ่งหาได้จากการคำนวณค่าเฉลี่ยของเครื่องวัดปริมาณน้ำฝน ๕ เครื่องที่วางสมมาตรกัน ทั้งนี้น้ำที่จะใช้ควรมีอุณหภูมิปกติ (Ambient Temp.)

๑.๒.๒ อุปกรณ์พ่นน้ำควรเป็นภาชนะสี่เหลี่ยมที่มีพื้นที่ ๗๖๒ มม. x ๗๖๒ มม. (๓๐ นิ้ว x ๓๐ นิ้ว) ทำด้วยวัสดุที่กระจายน้ำได้ดี ไม่ขังท่วมแผ่นเกราะด้านที่จะรับการพ่น ภาชนะนี้ควรสร้างให้น้ำไหลผ่านได้ไม่มีน้ำขัง เพื่อป้องกันน้ำท่วมแผ่นเกราะ ที่ด้านบนของภาชนะนี้ให้ติดตั้งหัวฉีดน้ำหัวเดียวหรือหลายหัวที่สามารถให้อัตราการไหลกระจายของน้ำ ครอบคลุมบริเวณที่พ่นสม่ำเสมอตามที่กำหนด

๑.๒.๓ การปรับอัตราการพ่นน้ำของหัวพ่นให้ได้มาตรฐาน ควรปรับระบบการพ่นน้ำทุกวันวันละ ๑ ครั้ง และควรกระทำให้เสร็จก่อนที่จะทำการทดสอบ โดยควรใช้วิธีการและอุปกรณ์ดังนี้

(ก) แบ่งพื้นที่ที่จะทำการพ่นน้ำออกเป็น ๔ ส่วนเท่า ๆ กัน กับทำเครื่องหมายอย่างถาวรที่จุดศูนย์กลางของแต่ละ quadrant และที่จุดศูนย์กลางร่วมของทั้ง 4 quadrants ด้วย

(ข) วางเครื่องวัดปริมาณน้ำฝน จำนวน ๕ เครื่อง โดยวางหนึ่งเครื่องที่จุดศูนย์กลาง และอีก ๔ เครื่องวางที่จุดศูนย์กลางของแต่ละ quadrant โดยเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนแต่ละเครื่องควรจะมีความละเอียดในการวัดปริมาณน้ำฝน ๒.๕ มม.(๐.๑ นิ้ว) หรือละเอียดมากกว่า เครื่องวัดปริมาณน้ำฝนทั้ง ๕ เครื่องจะติดตั้งไว้บนโครงโลหะที่สามารถยกเข้าออกได้พร้อมกัน จะทำให้การวัดมีประสิทธิภาพดีขึ้น

(ค) ควรใช้นาฬิกาจับเวลาซึ่งมีความละเอียดในการจับเวลาช่วงละ ๑ วินาที ทำการพ่นน้ำอย่างน้อยช่วงละ ๑๕ นาที แล้วนำเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนทั้ง ๕ เครื่อง มาคำนวณค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำที่พ่น

(ง) ให้ตรวจสอบเครื่องวัดปริมาณน้ำฝน และบันทึกระดับน้ำในเครื่องของแต่ละตำแหน่ง นำระดับน้ำที่วัดได้ทั้ง ๕ ตำแหน่งมาหาค่าเฉลี่ย

(จ) ถ้าค่าระดับน้ำในแต่ละตำแหน่งมีความแตกต่างจากค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ต้องทำการปรับเทียบเครื่องพ่นน้ำจนกว่าจะอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

๑.๒.๔ แผ่นเกราะที่จะทดสอบ (รวมทั้งตัวเสื้อ) จะนำมาทำให้อยู่ในสภาพเปียกชื้น โดยการพ่นฝอยน้ำเป็นวงรอบๆละ ๖ นาที (โดยใช้เครื่องมือและสภาพต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น นำแผ่นเกราะมาวางราบไว้บนพื้นของอุปกรณ์พ่นน้ำ แล้วพ่นน้ำ ด้านละ ๓ นาที โดยให้พ่นด้านที่จะยิงไว้หลังสุด)

๑.๒.๕ หลังจากที่ทำให้เสื้อเกราะมีสภาพเปียกชื้นแล้ว ควรรีบทำการยิงทดสอบจนครบ ๖ นัดภายใน ๓๐ นาที ถ้าแผ่นเกราะมีถุงหรือสิ่งปกคลุมที่ป้องกันน้ำ ห้ามทำการดัดแปลงใด ๆ หรือถอดออก

๑.๓ <u>การเตรียมเครื่องวัดความเร็วกระสุน</u>

๑.๓.๑ เครื่องวัดความเร็ว ฯ ที่แนะนำให้ใช้ ได้แก่ Photo electric light screens., Printed make circuit screens., Printed break circuit screens. หรือ Ballistic radar เป็นต้น

๑.๓.๒ การหาความเร็วกระสุนที่ใช้ในการทดสอบ ควรใช้เครื่องวัดความเร็วจำนวน ๒ เครื่อง แล้วหาค่าเฉลี่ยของความเร็ว

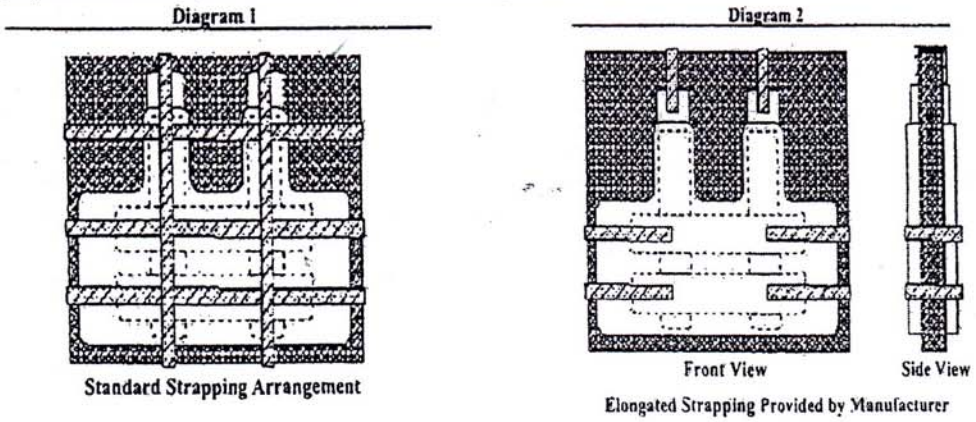
๑.๓.๓ การวางฉากจับเวลาของเครื่องวัดความเร็ว (ตามรูปที่ ๑) พวกเสื้อเกราะระดับ 1, 2A, 2 และ 3A ให้จัดวางฉากตัวแรก (Start trigger Screen) อยู่ห่างจากปากลำกล้องปืนทดสอบ ๒ เมตร (๖.๕ ฟุต) ส่วนพวกระดับ 3 และ 4 ให้จัดวางฉากตัวแรกอยู่ห่างจากปากลำกล้องปืนทดสอบ ๑๒ เมตร (๔๐ ฟุต) วางฉากทุกอันให้ตั้งฉากกับแนววิถีกระสุน และยึดตรึงให้อยู่ในตำแหน่งและระยะที่กำหนด (ความแม่นยำของงานวัดระยะ ± ๑ มม.)

๑.๓.๔ เครื่องวัดความเร็วควรได้รับการปรับเทียบความเที่ยงตรงอยู่เสมอตามที่ผู้สร้างแนะนำ

๑.๔ <u>กระสุนที่อัดพิเศษ</u> อนุโลมให้นำมาใช้ในการยิงทดสอบ P-BFS ได้ (ยกเว้นกระสุน .22 LR) ก่อนที่จะนำกระสุนนั้นไปยิงทดสอบเสื้อเกราะ ต้องยิงหาความเร็วเฉลี่ยของกระสุนแต่ละระดับ ๆ ละ ไม่น้อยกว่า ๓ นัด โดยให้กระทำในครั้งเดียวแล้วได้ประโยชน์ ๓ อย่าง อย่างแรกคือได้ความมั่นใจในค่าความเร็วกระสุน อย่างที่สองคือได้เป็นการอุ่นลำกล้องไปในตัว และอย่างที่สามคือได้เป็นการปรับความแม่นยำในการยิงเป้าด้วย ทั้งนี้ความเร็วเฉลี่ยที่ได้นั้นต้องมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± ๓ เมตร/ วินาที (๑๐ ฟุต/ วินาที) ไปจากความเร็วปกติ ตามตารางที่ ๑ และความเร็วของกระสุนแต่ละนัดนี้มีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± ๙.๑ เมตร/ วินาที (๓๐ ฟุต/ วินาที) ไปจากความเร็วปกติ

๑.๕ <u>อาวุธปืนที่ใช้ในการยิงทดสอบ</u> ปกติให้ใช้ลำกล้องมาตรฐาน ANSI/ SAAMI หรือเทียบเท่า ซึ่งติดตั้งบนแท่น ทั้งนี้อนุโลมให้ใช้อาวุธปืนเพื่อทำการยิงทดสอบได้ สำหรับกรณีที่ทางราชการไม่มีลำกล้องยิง

๑.๖ <u>การเตรียมการยิงทดสอบ</u> สภาพแวดล้อมในการทดสอบ ควรมีอุณหภูมิตามปกติ (Ambient Temp.) มีความชื้นสัมพัทธ์ ๗๐ % ± ๕ % ให้จัดวางติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ตามรูปที่ ๑ โดยสิ่งยึดตรึงวัสดุหนุนต้องสามารถปรับตำแหน่งในแนวราบและแนวดิ่งได้ รวมทั้งปรับให้เอียงทำมุม 30° กับแนวยิงได้ด้วย ทั้งนี้ให้ยึดตรึงเสื้อเกราะไว้กับกระบะวัสดุหนุนโดยใช้สายรัดตามรูปที่ ๓ (รูปซ้ายหรือขวาก็ได้) แต่สายรัดต้องไม่บังจุดที่จะทำการยิงบนเสื้อเกราะ <u>ใช้ดินสอ</u>หรือเครื่องมือที่เหมาะสม <u>ลากเส้นบาง ๆ ตามแนวขอบเสื้อเกราะบนวัสดุหนุน เพื่อเป็นหลักฐานอ้างอิงตำแหน่งเดิมที่ติดตั้งเสื้อเกราะไว้ เพื่อทำการยิงครั้งต่อไป</u>



รูปซ้าย รูปขวา

รูปที่ ๓ วิธีรัดตัวอย่างเสื้อเกราะยึดตรึงกับกระบะวัสดุหนุน

๒. คำแนะนำในการยิงประเมินขีดจำกัดทางขีปนวิธี (Ballistic Limit Test)

๒.๑ หลักการและเหตุผล เพื่อที่จะทราบ " ค่าความเร็วกระสุนที่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของระดับของการกันกระสุน ณ ความเร็วกระสุนเท่าใด ที่เสื้อเกราะยังสามารถกันกระสุนได้ในอัตราที่เท่ากับไม่สามารถกันกระสุนนั้นได้ " (ณ ความเสี่ยงอันตราย ๕๐%) โดยทำการยิงด้วยกระสุนที่ปรับเพิ่มค่าความเร็วกระสุนให้สูงขึ้นไปเรื่อย ๆ จนประสบปรากฏการณ์ที่ว่ามีจำนวนนัดที่ยิงทะลุผ่านเสื้อเกราะอย่างสมบูรณ์ เท่ากับจำนวนนัดที่ยิงไม่ทะลุผ่านอย่างสมบูรณ์ (โดยต้องยิงทดสอบไปเรื่อย ๆ ในลักษณะ Trial & Error จนกว่าจะพบปรากฏการณ์เช่นว่านี้ ทั้งนี้โดยที่มิต้องคำนึงถึงความสิ้นเปลืองของเสื้อเกราะและกระสุน) แล้วจึงนำค่าความเร็วกระสุนทุกนัดที่ร่วมกันก่อให้เกิดปรากฏการณ์เช่นว่านี้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยของความเร็วกระสุนที่ก่อปรากฏการณ์นี้ ซึ่งจะเป็นข้อมูลให้ผู้ใช้เสื้อเกราะได้พึงสังวรณ์ และใช้วิจารณญาณในการใช้งานเสื้อเกราะนั้นตามความเหมาะสมต่อไป

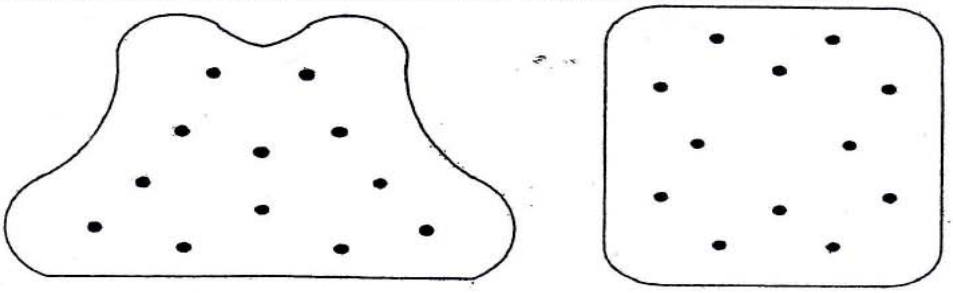
การยิงประเมิน ฯ นี้ จะกระทำก็ต่อเมื่อเสื้อเกราะนั้น ๆ ได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานในระดับของการกันกระสุนที่ระดับนั้น ๆ จากการยิงทดสอบ P-BFS มาแล้วเท่านั้น ซึ่งผลของการยิงประเมิน ฯ นี้ไม่มีผลกระทบใด ๆ ในอันที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับความสามารถในการกันกระสุนของเสื้อเกราะนั้นแต่อย่างใดทั้งสิ้น

๒.๒ การปฏิบัติทั่วไป เตรียมการยิงทดสอบในทำนองเดียวกันกับการยิงทดสอบ P – BFS ต่างกันที่กรณีนี้ให้ใช้เสื้อเกราะในสภาพแห้ง กับกระบะวัสดุหนุนที่ถอดฝาปิดด้านหลังออก และยิงตามตารางข้างล่างนี้ พวกระดับ 3 และ 4 ให้ยิงเฉพาะบนเกราะแข็ง และแผ่นเกราะเสริมเท่านั้น การกำหนดจุดยิงให้เป็นไปตามรูปด้านล่าง โดยระดับ 1, 2A, 2 และ 3A ให้ยิงทดสอบอย่างน้อย ๑๒ นัด ส่วนระดับ 3 และ 4 ให้ยิงอย่างน้อย ๖ นัด

ตารางที่ ๓ ตารางการยิงประเมินขีดจำกัดทางขีปนวิธี

Armor Samples Required	Ballistic Panels Required	Test Threat	Minimum Shots Required	Minimum Penetration Results
Type I through IIIA One Full Armor	Front	9 mm 124 gr. FMJ	12	5 Complete, 5 Partial. Complete at Highest Velocity
	Rear		12	5 Complete, 5 Partial. Complete at Highest Velocity
Type III One Full Armor	2 – 6*	7.62 mm M80 FMJ	6	3 Complete, 3 Partial. Velocity Range of 27 m/s (90 ft/s)
Type IV One Full Armor	2 – 6*	.30 caliber M2 AP	6	3 Complete, 3 Partial. Velocity Range of 27 m/s (90 ft/s)
Special*	TBD*	TBD*	TBD*	TBD Complete, TBD partial. Complete at Highest Velocity

* Quantity determined by section 5.17.2 and panel, plate, or insert size and ability to withstand multiple impacts.



Front/Rear Panel 12 Impacts — 3.0" Edge and 2.0" Impact Spacing — Rear Panel 12 Impacts

รายละเอียดเพิ่มเติมศึกษาได้จาก US. NIJ-Standdard 0101.04

ภาคผนวก จ

มาตรฐานการทดสอบค่า Tensile ผืนผ้า (ASTM D 5034)

และ มาตรฐานการทดสอบ Tearing ผืนผ้า (ASTM D 2261)

Designation: D 5034 – 95 (Reapproved 2001)

Standard Test Method for Breaking Strength and Elongation of Textile Fabrics (Grab Test)[1]

This standard is issued under the fixed designation D 5034; 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 grab and modified grab test procedures for determining the breaking strength and elongation of most textile fabrics. Provisions are made for wet testing.

1.1.1 The grab test procedure is applicable to woven, nonwoven, and felted fabrics, while the modified grab test procedure is used primarily for woven fabrics.

1.2 This test method is not recommended for glass fabrics, or for knitted fabrics and other textile fabrics which have high stretch (more than 11 %).

NOTE 1—For the determination of the breaking force and elongation of textile fabrics using the raveled strip test procedure and the cut strip test procedure, refer to Test Method D 5035.

1.3 This test method provides the values in both inch-pound units and SI units. Inch-pound units is the technically correct name for the customary units used in the United States. SI units is the technically correct name for the system of metric units known as the International System of Units. The values stated in either acceptable metric units or in other units shall be regarded separately as standard. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system must be used independently of the other, without combining in any way.

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 76 Specification for Tensile Testing Machines for Textiles[2]

D 123 Terminology Relating to Textiles[2]

D 629 Test Methods for Quantitative Analysis of Textiles[2]

D 1059 Test Method for Yarn Number on Short-Length Specimens[2]

D 1776 Practice for Conditioning Textiles for Testing[2]

D 5035 Test Method for Breaking Force and Elongation of Textile Fabrics (Strip Force)[3]

3. Terminology

3.1 *Definitions:*

3.1.1 *breaking force*, *n*—the maximum force applied to a material carried to rupture. (Compare *breaking point, breaking strength.* Syn. *force-at-break.*)

3.1.1.1 *Discussion*—Materials that are brittle usually rupture at the maximum force. Materials that are ductile usually experience a maximum force before rupturing.

3.1.2 *breaking load*, *n*—deprecated term. Use *breaking force.*

3.1.3 *constant-rate-of-extension (CRE) tensile testing machine*—a testing machine in which the rate of increase of specimen length is uniform with time.

3.1.4 *constant-rate-of-load (CRL) tensile testing machine*—a testing machine in which the rate of increase of the load being applied to the specimen is uniform with time after the first 3 s.

3.1.5 *constant-rate-of-traverse (CRT) tensile testing machine*—a testing machine in which the pulling clamp moves at a uniform rate and the load is applied through the other clamp which moves appreciably to actuate a weighing mechanism, so that the rate of increase of load or elongation is dependent upon the extension characteristics of the specimen.

3.1.6 *elongation*, *n*—the ratio of the extension of a material to the length of the material prior to stretching, expressed as a percent.

3.1.7 *extension*, *n*—the change in length of a material due to stretching. (Compare *elongation.*)

3.1.8 *grab test*, *n—in fabric testing*, a tensile test in which the central part of the width of the specimen is gripped in the clamps.

3.1.8.1 *Discussion*—For example, if the specimen width is 100 mm (4.0 in.), and the width of the jaw faces 25 mm (1.0 in.), the specimen is gripped in the clamp with approximately 37.5 mm (1.5 in.) of fabric protruding from each side of the jaws.

3.1.9 *modified grab test*, *n*—in fabric testing, a tensile test in

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

Current edition approved May 15, 1995. Published July 1995. Replaces Grab Testing sections of Test Method D 1682 – 90.

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

[3] *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 07.02.

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

which the control part of the width of the specimen is gripped in the clamps and in which lateral slits are made midlength of the specimen severing all yarns bordering that portion of the specimen held between the two clamps.

3.1.9.1 *Discussion*—The slot modification reduces the *fabric assistance* inherent in the grab test procedure to a practical minimum (see Fig. 1).

3.1.10 *tensile test*, *n—in textiles*, a test in which a textile material is stretched in one direction to determine the load-elongation characteristics, the breaking load, or the breaking elongation.

3.1.11 For definitions of other terms used in this test method, refer to Terminology D 123.

4. Summary of Test Method

4.1 A 100-mm (4.0-in.) wide specimen is mounted centrally in clamps of a tensile testing machine and a force applied until the specimen breaks. Values for the breaking force and the elongation of the test specimen are obtained from machine scales, dials, autographic recording charts, or a computer interfaced with the testing machine.

4.2 This test method describes procedures for carrying out fabric grab tensile tests using two types of specimens and three alternative types of testing machines. For reporting, use the following identification system of specific specimen and machine combinations.

4.2.1 *Type of specimen:*

4.2.1.1 G—Grab

4.2.1.2 MG—Modified grab

4.2.2 *Type of tensile testing machine:*

4.2.2.1 E—Constant-rate-of-extension (CRE)

4.2.2.2 L—Constant-rate-of-load (CRL)

4.2.2.3 T—Constant-rate-of -traverse (CRT)

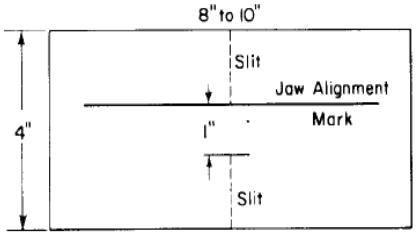
4.2.3 Possible combinations can be identified as follows:

	Type of Tester		
Test Specimen	Constant-Rate-of-Extension	Constant-Rate-of-Load	Constant-Rate-of-Traverse
Grab	G-E	G-L	G-T
Modified Grab	MG-E	MG-L	MG-T

For example, Test Method D 5034, G-E refers to a grab test carried out on a constant rate-of-extension tensile testing machine.

5. Significance and Use

5.1 The grab test procedure in this test method for the determination of breaking force and elongation is considered satisfactory for acceptance testing of commercial shipments of most woven or nonwoven textile fabrics, and the modified grab test procedure is considered satisfactory for acceptance testing of commercial shipments of most woven textile fabrics, since the procedures have been used extensively in the trade for acceptance testing.



Metric Equivalents		
in.	4	8 to 10
mm	100	200 to 250

FIG. 1 Illustration of Modified Grab Test Specimens

5.1.1 In case of disagreement arising from differences in reported test values 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 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 light of the known bias.

5.2 This test method is not recommended for knitted fabrics because of their high stretch.

5.3 Some modification of technique may be necessary for any fabric having a strength in excess of 200-N/cm (1140-lb/in.) width. Special precautionary measures are provided for use when necessary for strong fabrics.

5.4 All of the procedures are applicable for testing fabrics either conditioned or wet.

5.5 Comparison of results from tensile testing machines operating on different principles is not recommended. When different types of machines are used for comparison testing, constant-time-to-break at 20 ± 3 s is the established way of producing data. Even then the data may differ significantly.

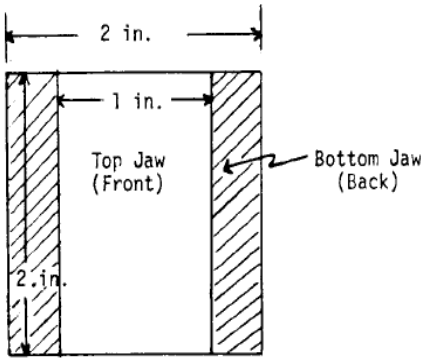
5.6 Although a constant-rate-of-extension is preferred in these procedures, in cases of dispute, unless there is agreement to the contrary between the purchaser and the supplier, a constant-time-to-break (20 ± 3 s) is to be used.

5.7 The grab test procedure is applicable to the determination of the *effective strength* of the fabric; that is, the strength of the yarns in a specific width together with the fabric assistance from the adjacent yarns. The breaking force determined by the grab procedure is not a reflection of the strength of the yarns actually gripped between clamps and cannot be used for direct comparison with yarn strength determinations. Grab test specimens require much less time to prepare although they require more fabric per specimen. There is no simple relationship between grab tests and strip tests since the amount of fabric assistance depends on the type of fabric and construction variables.

5.8 The modified grab test procedure is applicable to the determination of the breaking force of fabrics with constructions in which the application of tensile stress on raveled strip specimens produces further unraveling. This test method is particularly applicable to high-strength fabrics.

6. Apparatus, Reagents, and Materials

6.1 *Tensile Testing Machine*, of the CRE, CRL, or CRT type



Metric Equivalents		
in.	1	2
mm	25	50

FIG. 2 Schematic Illustration of Jaw Faces for Modified Grab Test

conforming to Specification D 76, with respect to force indication, working range, capacity, and elongation indicator, and designed for operation at a speed of 300 ± 10 mm/min (12 ± 0.5 in./min); or, a variable speed drive, change gears, or interchangeable weights as required to obtain the 20 ± 3-s time-to-break (see 5.5 and 5.6).

6.2 *Clamps and Jaw Faces*—Each jaw face shall be smooth, flat, and with a metallic, or other agreed upon, gripping surface. The faces shall be parallel and have matching centers with respect to one another in the same clamp and to the corresponding jaw face of the other clamp.

6.2.1 For grab tests, each clamp shall have a front (or top) jaw face measuring 25 ± 1 mm (1.0 ± 0.02 in.) perpendicular to the direction of the application of the force, and not less than 25 nor more than 50 mm (1.0 nor more than 2.0 in.) parallel to the direction of the application of the force (Note 2). The back, or bottom, jaw face of each clamp shall be at least as large as its mate. Use of a larger face for the second jaw reduces the problem of front and back jaw face misalignment.

NOTE 2—Front (or top) faces measuring 25 by 50 mm (1.0 by 2.0 in.) will not necessarily give the same value as 25 by 25-mm (1.0 by 1.0-in.) faces. For many materials, the former are preferable because of the larger gripping area which tends to reduce slippage. While both sizes of gripping surface are permitted, the face sizes used must be the same for all samples in the test and must be recorded in the report.

6.2.2 For modified grab tests, the top (or front) jaw faces shall measure 25 by 50 mm (1.0 by 2.0 in.) or more, with the longer dimension parallel to the direction of load application. The bottom (or back) jaw faces shall measure 50 by 50 mm (2.0 by 2.0 in.) or more. (See Fig. 2.)

6.3 *Metal Clamp*, auxiliary, 170 g (6 oz) with at least 100-mm (4.0-in.) width anvils.

6.4 *Distilled Water*, for wet testing.

6.5 *Nonionic Wetting Agent*, for wet testing.

6.6 *Container*, for wetting out specimens.

6.7 *Standard Fabrics*, for use in verification of apparatus.[4] (See Annex A1.)

6.8 *Pins*, stainless-steel, 10-mm (3/8-in.) diameter by 125 mm (5 in.) long. Two are required if used.

7. Sampling

7.1 *Lot Sample*—Take a lot sample as directed in the applicable material specification. In the absence of such a specification, randomly take rolls or pieces that constitute the lot sample using the following schedule:

Number of Rolls, 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

NOTE 3—An adequate specification or other agreement between the purchaser and the supplier requires taking into account the variability between rolls of fabric and between specimens from a swatch from a roll 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*—From each roll or piece of fabric taken from the lot sample, cut at least one laboratory sample the full width of the fabric and 1 m (1 yd) along the selvage (machine direction).

NOTE 4—Results obtained on small hand samples (swatches) can only be considered as representative of the sample swatch and cannot be assumed to be representative of the fabric piece from which the hand sample (swatch) was taken.

7.3 *Test Specimens*—From each laboratory sample, take five specimens from the warp (machine) direction and eight specimens from the filling (cross) direction (if tested) for each testing condition.

7.3.1 Testing conditions include the following:

7.3.1.1 *Warp or Machine Direction*—Standard conditions for testing textiles.

7.3.1.2 *Warp or Machine Direction*—Wet at 21°C (70°F).

7.3.1.3 *Filling or Cross Direction*—Standard conditions for testing textiles.

7.3.1.4 *Filling or Cross Direction*—Wet at 21°C (70°F).

7.3.2 When using the constant-time-to-break technique and unfamiliar fabrics, prepare two or three extra specimens to establish the proper rate of loading (or speed for testing).

8. Conditioning

8.1 *For Conditioned Testing*:

8.1.1 If the samples have a higher moisture content than the moisture present when at equilibrium in the standard atmosphere for testing textiles, precondition as directed in Practice D 1776.

8.1.2 Bring samples to moisture equilibrium in the standard atmosphere for testing textiles as directed in Practice D 1776. Equilibrium is considered to have been reached when the increase in mass of the specimen in successive weighings made at intervals of not less than 2 h does not exceed 0.1 % of the mass of the specimen.

NOTE 5—It is recognized that in practice, materials are frequently not weighed to determine when moisture equilibrium has been reached. While conditioning for a fixed time cannot be accepted in cases of dispute, it may be sufficient in routine testing to expose the material to the standard atmosphere for testing textiles for a reasonable period of time before the

[4] Plain weave and sateen standard fabrics are available from Testfabrics, Inc., P.O. Drawer O, Middlesex, NJ 08846.

specimens are tested. As a guide the following conditioning periods are suggested:

Fiber	Minimum Conditioning Period, h[5]
Animal Fibers (for example, wool, and regenerated proteins)	8
Vegetable Fibers (for example, cotton)	6
Viscose	8
Acetate	4
Fibers having a regain less than 5 % at 65 % relative humidity	2

8.2 *For Wet Testing*:

8.2.1 Specimens to be tested in the wet condition shall be immersed in water at room temperature until thoroughly wetted (Note 6). To thoroughly wet a specimen, it may be necessary to add not more than 0.05 % of a nonionic wetting agent to the water. A test of any wet specimen shall be completed within two minutes after its removal from the water.

NOTE 6—The material has been thoroughly wet out when it has been determined that additional immersion time does not produce any additional changes in breaking strength of test specimens. This method of determination must be used in cases of dispute. However, for routine testing in the laboratory, it may be sufficient to immerse the material for 1 h.

8.2.2 The procedures in this test method should be used with caution when testing fabrics that do not wet out uniformly and thoroughly because of the presence of sizing, oil, protective coatings, or water repellents.

8.2.3 When the strength of wet specimens without sizing, water repellents, etc. is required, before preparing the test specimens, treat the material as directed in Test Methods D 629, using appropriate de-sizing or finish removal procedures that will not affect the normal physical properties of the fabric.

9. Preparation of Specimens

9.1 *General*:

9.1.1 Cut specimens with their long dimensions parallel either to the warp (machine) direction or to the filling (cross) direction, or cut specimens for testing both directions if required. Preferably, specimens for a given fabric direction should be spaced along a diagonal of the fabric to allow for representation of different warp and filling yarns, or machine and cross direction areas, in each specimen. When possible, filling specimens should contain yarn from widely separated filling areas. Unless otherwise specified, take specimens no nearer to the selvage, or edge of the fabric, than one tenth of the width of the fabric (see 7.3.2).

9.2 *Grab Test, G*:

9.2.1 Cut each specimen 100 ± 1 mm (4 ± 0.05 in.) wide by at least 150 mm (6 in.) long (Note 7) with the long dimension parallel to the direction of testing and force application.

NOTE 7—The length of the specimen depends on the type of clamps being used. The specimen should be long enough to extend through the clamps and project at least 10 mm (0.5 in.) at each end. The specimen length may be calculated using Eq 1 or Eq 2:

$$\text{Specimen length, mm} = C + 2W \quad (1)$$

$$\text{Specimen length, in.} = K + 2W \quad (2)$$

where:

C = constant based on a gage length of 75 + 20 mm for projections beyond the clamp, 95 mm,

K = constant based on a gage length of 3 + 1 in. for projections beyond the clamps, 4 in., and

W = jaw face width in direction of force, mm (in.).

9.2.2 Draw a line on the specimen which is parallel to the long direction (and along a yarn of woven fabric) and located 37 ± 1 mm (1.5 ± 0.02 in.) in from the edge of one side of the specimen.

9.3 *Modified Grab Test, MG*:

9.3.1 Cut and mark modified grab specimens as directed in 9.2.1 and 9.2.2.

9.3.1.1 For alternative high-strength fabric method of specimen clamping, cut specimens at least 400 mm (16.0 in.) long and mark as directed in 9.2.2.

9.3.2 Cut slits in the sides of each specimen, about midway between the two ends and perpendicular to the yarn component being tested, severing all long yarns except those comprising the central 25 ± 1 mm, (1.0 ± 0.02 in.) as shown in Fig. 1.

9.3.2.1 When the number of yarns per inch is less than 25, the nearest whole number of yarns just less than those comprising 25-mm (1.0-in.) (by physical count) shall be left uncut and the test results shall be adjusted to the 25-mm (1.0-in.) count.

9.4 When the breaking force of wet fabric is required in addition to that of conditioned fabric, cut one set of specimens with each test specimen twice the normal length (Note 8). Number each specimen at both ends and then cut the specimens, in half crosswise, to provide one set for determining the conditioned breaking force, and another set for determining the wet breaking force. This allows for breaks on paired specimens which leads to more direct comparison of conditioned versus wet breaking force because both specimens of a pair contain the same test yarns (channel/cross direction).

NOTE 8—For fabrics which shrink excessively when wet, it will be necessary to cut the test specimens to allow for longer wet breaking force specimens than conditioned breaking force specimens.

10. Preparation, Calibration, and Verification of Apparatus

10.1 *Tensile Testing Machine*:

10.1.1 Prepare the machine according to the manufacturer's instructions and using the conditions given in 10.1.2-10.1.4. (See Annex A1.)

10.1.2 Set the distance between the clamps (gage length) at 75 ± 1 mm (3.0 ± 0.05 in.).

10.1.3 Select the force range of the testing machine for the break to occur between 10 and 90 % of full-scale force. Calibrate or verify the testing machine for this range.

10.1.4 Set the testing machine for a loading rate of 300 ± 10 mm/min (12 ± 0.5 in./min) unless otherwise specified.

10.2 *Clamping System*:

10.2.1 Check the jaw face surfaces for flatness and parallelism.

[5] These periods are approximate and apply only to fabrics, spread out in single thickness, and exposed to freely moving air in the standard atmosphere for testing textiles. Heavy or coated fabrics may require conditioning periods longer than those suggested. If a fabric contains more than one fiber, it should be conditioned for the period required by the fiber component which requires the most time (for example, 8 h for a wool and acetate blend).

10.2.2 Make a four-ply sandwich of white tissue paper, two soft carbon papers placed back-to-back, and a second white paper (or fold the first white paper over the two carbons).

10.2.3 Mount the paper-carbon sandwich in the clamps with normal pressure.

10.2.4 Remove the paper-carbon sandwich and examine the jaw face imprint for uniformity of carbon deposition on the tissue paper.

10.2.5 If the imprint is incomplete or off-size, make appropriate adjustments of the clamp gripping system and recheck the clamping system with a paper and carbon sandwich.

NOTE 9—Some sources of clamping irregularities are surface contact, metal surface, or jaw coating-cover surface, condition, and pressure application.

10.3 *Verification of the Total Operating System of the Apparatus*:

10.3.1 Verify the total operating system (loading, extension, clamping, and recording or data collecting) by testing specimens of standard fabrics for breaking force and elongation by the type of grab test to be used and comparing the data with that given for the standard fabric. Verification of the system on at least a weekly basis is recommended. In addition, the total operating system should be verified whenever there are changes in the loading system (especially an increase) or clamping mechanism.

10.3.2 Select the standard fabric which has breaking force and elongation in the range of interest.

10.3.3 Prepare standard fabric test specimens as directed in Section 9.

10.3.4 Check for adequacy of clamping pressure by mounting a specimen and marking the inner jaw face-to-fabric junctions. Break the specimen and watch for movement of either line away from the junction to indicate slippage. If slippage occurs, adjust the air pressure of pneumatic clamps or be prepared to tighten manual clamps more when testing. If pressures cannot be increased without causing jaw breaks, other techniques for eliminating slippage, such as jaw cushioning or specimen tabbing, will be necessary.

10.3.5 Test the standard fabric specimens as directed in Section 11.

10.3.6 Calculate the breaking force and elongation, the averages and the standard deviations as directed in Section 12.

10.3.7 Compare the data with previous data. If the average is outside the tolerances established, recheck the total system to locate the cause for the deviation.

11. Procedure

11.1 Mount the specimen in the clamp jaws with the previously drawn parallel line (see 9.2.2 and 9.3.1) adjacent to the side of the upper and lower front, or top, jaws which is nearest this edge, and with approximately the same length of fabric extending beyond the jaw at each end. The parallel line serves as a guide to ensure that the same lengthwise yarns of woven fabrics are gripped in both clamps and that the force application is not at an appreciable angle to the test direction of nonwoven fabrics. The tension on the specimen should be uniform across the clamp width.

11.1.1 For high-strength fabrics where the specimen cannot be satisfactorily held in clamps, place each specimen around pins and between jaws as illustrated in Fig. 3, using jaw padding if necessary. Tighten the clamps to distribute the holding pressure along the clamping surface of the top (front) jaw. Clamps which are too tight will produce breaks at the front of the jaws; clamps which are too loose will cause slippage or breaks at the back of the jaws.

11.2 Elongation depends on the initial specimen length which is affected by any pretension applied in mounting the specimen in the testing machine. If measurement of specimen elongation is required, mount the specimen in the upper clamp of the machine, and apply a uniform pretension, not to exceed 0.5 % of the full-scale load, to the bottom end of the specimen before gripping the specimen in the lower clamp.

11.2.1 To achieve uniform and equal tension, attach an auxiliary clamp (6.3) to the bottom of the specimen and at a point below the lower clamp of the testing machine. Tighten the lower clamp and remove the auxiliary clamp.

11.3 Mark across the specimen at the front inner edge of each jaw to check for specimen slippage. When slippage occurs, the mark will move away from the jaw edge.

11.4 Operate the machine and break the specimen.

11.5 Read the breaking force, and elongation if required, from the mechanism provided for such purpose (see 11.2). Record warp and filling (machine and cross) direction results separately.

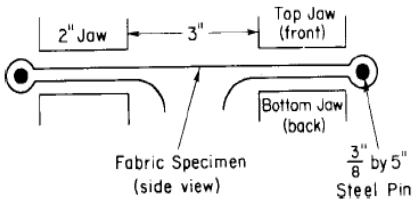
11.5.1 For some testing machines, data may be obtained using an interfaced computer.

11.6 If a specimen slips in the jaws, or breaks at the edge of or in the jaws, or if for any reason the result falls markedly below the average for the set of specimens, discard the result and take another specimen. Continue this until the required number of acceptable breaks have been obtained.

NOTE 10—The decision to discard a break should be based on observation of the specimen during the test and upon the inherent variability of the fabric. In the absence of other criteria for rejecting a *jaw break*, any break occurring within 5 mm (0.25 in.) of the jaws which results in a value below 50 % of the average of all the other breaks should be discarded. No other break should be discarded unless it is known to be faulty.

11.7 If a fabric manifests any slippage in the jaws or if more than 25 % of the specimens break at a point within 5 mm (0.25 in.) of the edge of the jaw, one of the modifications, listed below, may be tried. If any of these modifications are used, state the method of modification in the report.

11.7.1 The jaws may need to be padded.



Metric Equivalents			
in.	2	3	⅜ by 5
mm	50	75	10 by 125

FIG. 3 Illustration of Specimen Placement for Modified Grab Method

11.7.2 The fabric may need to be coated under the jaw face area.

11.7.3 The jaw face may need to be modified.

NOTE 11—It is difficult to determine the precise reason for certain specimens to break near the edge of the jaws. If such a break is caused by damage to the specimen by the jaws, then the results should be discarded. If, however, the break is due merely to randomly distributed weak places, it is a legitimate result. In some cases, it may also be caused by a concentration of stress in the area adjacent to the jaws because the jaws prevent the specimen from contracting in width as the force is applied. In such cases, a break near the edge of the jaw is inevitable and should be accepted as a characteristic of the particular test method. This is often the case when testing fabrics using the grab procedure.

11.8 If the breaking force of wet specimens is to be corrected for shrinkage, determine the yarn number of conditioned yarns and wet yarns after drying and conditioning, using Test Method D 1059.

12. Calculation

12.1 *Breaking Force*—For each laboratory sample and testing condition, calculate the average of the breaking force observed for all acceptable specimens, that is, the maximum force exerted on the specimen as read directly from the testing machine indicating mechanism.

12.2 *Measurement of Apparent Elongation*—Unless some other force is specified, measure the apparent elongation of acceptable specimens at the breaking force. Measure the increase in length from the start of the force-extension curve to a point corresponding with the breaking force, or other specified force, as shown on the autographic record. Calculate the apparent elongation as the percentage increase in length based on the gage length (initial nominal testing length of the specimen).

12.2.1 For each testing situation, calculate the average apparent elongation at the breaking force or other specified force, of acceptable specimens.

NOTE 12—The elongation calculated as a percentage of the gage length for the specimen should be referred to as the *apparent elongation* because the actual length of fabric between the jaws is usually greater than the gage length. This difference in length is frequently due to fabric pull-out from between the jaws. Thus, elongation, calculated on the gage length, has an error which is dependent upon the amount of pull-out.

12.3 *Corrected Breaking Force of Wet Specimens*:

12.3.1 If for any reason it is necessary to make allowances for shrinkage in obtaining wet breaking force by the grab procedure only, calculate the wet breaking force using Eq 3:

$$S = (L \times C)/W \quad (3)$$

where:

S = corrected breaking force of wet specimens,
L = breaking force of conditioned specimens,
C = yarn count of conditioned specimens, and
W = yarn of wet specimens.

12.3.2 A similar correction may be needed when comparing the breaking forces of conditioned specimens of a fabric after a wet finishing treatment with that of the same fabric before finishing if the finishing has caused shrinkage.

13. Report

13.1 State that the specimens were tested as directed in Test Method D 5034. Describe the material or product sampled and the method of sampling used.

13.2 Report the following information for each laboratory sample:

13.2.1 The average breaking force for specimens giving acceptable breaks, for each testing condition,

13.2.2 The average percent apparent breaking elongation of acceptable specimens for each test condition, if requested,

13.2.3 Number of specimens tested for each test condition,

13.2.4 Type of test specimen and testing machine used,

13.2.5 Maximum force obtainable in the range used for testing,

13.2.6 Pretension if used,

13.2.7 Size of jaw faces used,

13.2.8 Type of padding used in the jaws, modification of specimen gripped in the jaws, or modification of jaw faces, if any,

13.2.9 Number of yarns in the clamping area, if less than 25,

13.2.10 Average time required to break, if applicable, for all specimens giving acceptable breaks,

13.2.11 Conditioned or wet testing, or both,

13.2.12 In the case of tests on wet specimens, whether allowance was made for shrinkage, and

13.2.13 Whether sizing or finishes have been removed, and, if so, by what procedure.

14. Precision and Bias

14.1 *Interlaboratory Test Data*—An interlaboratory test was conducted in 1991 in which randomly-drawn samples of three materials were tested in each of three laboratories. Two operators in each laboratory each tested ten specimens of each material using Test Method D 5034. Five of the ten specimens were tested on one day and five specimens were tested on a second day. Tests were separately conducted in laboratories at the standard atmosphere for testing textiles separately using the Constant-Rate-Of-Extension (CRE) and the Constant-Rate-Of-Traverse (CRT) types of tensile testers. In addition, tests were conducted at 72F and 50 % Relative Humidity using the Constant-Rate-Of-Extension (CRE) type tester. The components of variance for breaking strength expressed as standard deviations were transformed to percent coefficient of variation and are listed in Table 1. There were sufficient differences related to the type of tensile tester, material tested, and test conditioning to warrant listing the components of variance and the critical differences separately. The three classes of fabrics were: S/441 cotton filter fabric, S/9407R plain weave standard break fabric, and S/9408R sateen standard break fabric.

14.2 *Precision*—For the components of variance reported in Table 1, 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 2.

NOTE 13—Since the interlaboratory test included only three laboratories, estimates of between-laboratory precision should be used with special caution.

NOTE 14—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

TABLE 1 Breaking Strength Grab Test
Components of Variance, Coefficient of Variation, %

Fabric Type and Test Atmosphere	Type Machine	Grand Average Pounds	Single-Operator Component	Within-Laboratory Component	L
Filter Fabric					
72F, 65 % RH	CRE	61.4	4.1	3.8	0
72F, 50 % RH	CRE	63.4	3.9	1.1	0
72F, 65 % RH	CRT	64.6	2.1	0	0
Plain Weave Fabric					
72F, 65 % RH	CRE	112	3.7	1.4	0
72F, 50 % RH	CRE	116	4.0	2.8	0
72F, 65 % RH	CRT	118	4.0	2.3	0
Sateen Fabric					
72F, 65 % RH	CRE	240	3.1	1.3	2
72F, 50 % RH	CRE	241	4.6	5.6	0
72F, 65 % RH	CRT	247	2.4	0.7	1

TABLE 2 Breaking Strength Grab Test
Critical Difference for Conditions Noted, % of Average

Fabric Type and Test Atmosphere	Type Machine	Number of Observations in Each Average	Single-Operator Precision	Within-Laboratory Precision	Between Laboratory Precision
Filter Fabric					
72F, 65 % RH	CRE	2	8.1	13.3	13.3
		5	5.1	11.7	11.7
		10	3.6	11.2	11.2
72F, 50 % RH	CRE	2	7.6	8.1	8.1
		5	4.8	5.6	5.6
		10	3.4	4.5	4.5
72F, 65 % RH	CRT	2	11.1	11.1	11.1
		5	7.0	7.0	7.0
		10	5.0	5.0	5.0
Plain Weave Fabric					
72F, 65 % RH	CRE	2	7.4	8.3	8.3
		5	4.7	6.0	6.0
		10	3.3	5.0	5.0
72F, 50 % RH	CRE	2	7.9	11.1	11.1
		5	4.5	9.3	9.3
		10	3.5	8.7	8.7
72F, 65 % RH	CRT	2	7.9	7.9	10.1
		5	5.0	5.0	8.1
		10	3.5	3.5	7.3
Sateen Fabric					
72F, 65 % RH	CRE	2	6.0	7.0	9.1
		5	3.8	5.2	7.8
		10	2.7	4.4	7.3
72F, 50 % RH	CRE	2	9.0	17.7	17.7
		5	5.7	16.3	16.3
		10	4.0	15.8	15.8
72F, 65 % RH	CRT	2	4.6	5.0	6.6
		5	2.9	3.5	5.5
		10	2.1	2.8	5.1

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.

14.3 *Bias*—The true values of breaking strength by the grab test can only be defined in terms of a specific test method. Within this limitation, the procedure in Test Method D 5034 for measuring breaking strength by the grab procedure has no known bias.

15. Keywords

15.1 breaking-strength; elongation; fabric; nonwoven fabric; woven fabric

ANNEX

(Mandatory Information)

A1. ERROR AND LOW PRECISION IN TENSILE TESTING

A1.1 Some of the most common sources for error and causes for low precision in tensile testing are given in the following sections.

A1.1.1 Failure to recheck the tester zero after changing load cell or scale.

A1.1.2 Failure to make sure each test is started at the zero point due to application of excessive tension on the specimen as it is mounted and clamped for testing.

A1.2 One of the most serious problems, of which many users are unaware, is faulty clamping mechanisms. Many calibration/verification procedures for tensile testing machines, whether performed by the manufacturer's representative or the user, check for gage length and loading variability, and speed, but do not check out the total operating system which also includes the clamping mechanism.

A1.3 Use of standard fabrics with known breaking strengths serve as a means for verifying the total operating system.

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 2261 – 96

Standard Test Method for Tearing Strength of Fabrics by the Tongue (Single Rip) Procedure (Constant-Rate-of-Extension Tensile Testing Machine)[1]

This standard is issued under the fixed designation D 2261; 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 tearing strength of textile fabrics by the tongue (single rip) procedure using a recording constant-rate-of-extension-type (CRE) tensile testing machine.

1.1.1 The CRE-type tensile testing machine has become the preferred test apparatus for determining tongue tearing strength. It is recognized that some constant-rate-of-traverse-type (CRT) tensile testing machines continue to be used. As a consequence, these test instruments may be used when agreed upon between the purchaser and the supplier. The conditions for use of the CRT-type tensile tester are included in Appendix X1.

1.2 This test method applies to most fabrics including woven fabrics, air bag fabrics, blankets, napped fabrics, knit fabrics, layered fabrics, pile fabrics. The fabrics may be untreated, heavily sized, coated, resin-treated, or otherwise treated. Instructions are provided for testing specimens with or without wetting.

1.3 Tear strength, as measured in this test method, requires that the tear be initiated before testing. The reported value obtained is not directly related to the force required to initiate or start a tear.

1.4 Two calculations for tongue tearing strength are provided: the single-peak force and the average of five highest peak forces.

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

1.6 *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 76 Specification for Tensile Testing Machines for Textiles[2]

D 123 Terminology Relating to Textiles[2]

D 629 Test Methods for Quantitative Analysis of Textiles[2]

D 1776 Practice for Conditioning Textiles for Testing[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 4848 Terminology of Force, Deformation and Related Properties of Textiles[3]

2.2 ASTM Adjuncts:

TEX-PAC[4]

3. Terminology

3.1 *Definitions*—For definitions of other textile terms used in this test method, refer to Terminology D 123. For definitions of other terms related to force and deformation in textiles, refer to Terminology D 4848.

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 crosswise or filling direction in woven fabrics.

3.2.2 *fabric, in textiles*, *n*—a planar structure consisting of yarns or fibers.

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

3.2.3.1 *Discussion*—This term is used to refer to the direction analogous to lengthwise or warp direction in woven fabrics.

3.2.4 *peak force, in tear testing of fabrics*, *n*—the maximum force required to break one or more yarn components in a woven or knitted fabric specimen, or break the fiber, the fiber bonds, or fiber interlocks in other manufactured fabric forms.

---

[1] This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D-13 on Textiles and is the direct responsibility of Subcommittee D13.60 on Fabric Test Methods, Specific.

Current edition approved Feb. 10, 1996. Published April 1996. Originally published as D 2261 – 64 T. Discontinued November 1995 and reinstated as D 2261.

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

[3] *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 07.02.

[4] 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, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.

3.2.4.1 *Discussion*—The peak force may consist of a single peak or a series of peaks depending upon the nature of the fabric. Typically for woven fabrics, if a small decrease in force occurs at a time when the force is increasing, it is not considered to peak unless the indicated force exceeds the force required to break a yarn. Lower shifts corresponding to yarn movement do not qualify as peaks since no yarns are broken.

3.2.5 *tearing force, in fabric*, *n*—the force required to propagate a tear initiated under specified conditions.

3.2.5.1 *Discussion*—The tongue tearing force may be calculated from a single-peak or a multiple-peak force-extension curve.

3.2.6 *tearing strength, in fabrics*, *n*—the capacity of a fabric to withstand the tearing force required to propagate a tear after its initiation.

4. Summary of Test Method

4.1 A rectangular specimen, cut in the center of a short edge to form a two-tongued (trouser shaped) specimen, in which one tongue of the specimen is gripped in the upper jaw and the other tongue is gripped in the lower jaw of a tensile testing machine. The separation of the jaws is continuously increased to apply a force to propagate the tear. At the same time, the force developed is recorded. The force to continue the tear is calculated from autographic chart recorders or microprocessor data collection systems.

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 the test method is used extensively in the trade for acceptance testing.

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 fabric 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 The force registered in a tear test is irregular, and as a consequence, empirical methods have had to be developed to obtain usable values related to tear strength. In spite of the empirical nature of the reported values, the values are considered to reflect comparative performance of similar fabrics tested and measured in the same way. No known procedure is available that can be used with all fabrics to determine the minimum tearing strength.

5.3 Depending on the nature of the specimen, the data recording devices will show the tearing force in the form of a peak or peaks. The highest peaks appear to reflect the strength of the yarn components, fiber bonds, or fiber interlocks, individually or in combination, needed to stop a tear in a fabric of the same construction. The valleys recorded between the peaks have no specific significance. The minimum tearing force, however, is indicated to be above the lowest valleys.

5.4 Most textile fabrics can be tested by this test method. Some modification of clamping techniques may be necessary for a given fabric due to its structure. Strong fabrics or fabrics made from glass fibers usually require special adaptation to prevent them from slipping in the clamps or being damaged as a result of being gripped in the clamps.

5.5 The CRE-type is the preferred tensile testing machine. This test method allows the use of the CRT-type tensile machine when agreed upon between the purchaser and the supplier. There may be no overall correlation, however, between the results obtained with the CRT-type machine and the CRE-type machine. Consequently, these two tensile testers cannot be used interchangeably unless the degree of quantitative correlation has been established between the purchaser and the supplier. In any event, the CRE-type machine shall prevail.

6. Apparatus

6.1 *Tensile Testing Machine*, of the CRE-type conforming to the requirements of Specification D 76 with autographic recorder, or automatic microprocessor data gathering system.

6.2 *Clamps*, having all jaw surfaces parallel, flat, and capable of preventing slipping of the specimen during a test, and measuring at least 25 by 75 mm (1 by 3 in.) with the longer dimension perpendicular to the direction of application of the force.

6.2.1 The use of hydraulic pneumatic clamping systems with a minimum of 50 by 75-mm (2 by 3-in.) serrated or rubber jaw faces having a clamping force at the grip faces of 13 to 14 kN (2900 to 3111 lbf) is recommended. Manual clamping is permitted providing no slippage of the specimen is observed.

6.2.2 For some materials, to prevent slippage when using jaw faces other than serrated, such as rubber-faced jaws, the jaw faces may be covered with a No. 80 to 120 medium-grit emery cloth. Secure the emery cloth to the jaw faces with pressure-sensitive tape.

6.3 *Cutting Die or Template*, having essentially the shape and dimensions shown in Fig. 1.

7. Sampling and Test Specimens

7.1 *Lot Sample*—As a lot sample for acceptance testing,

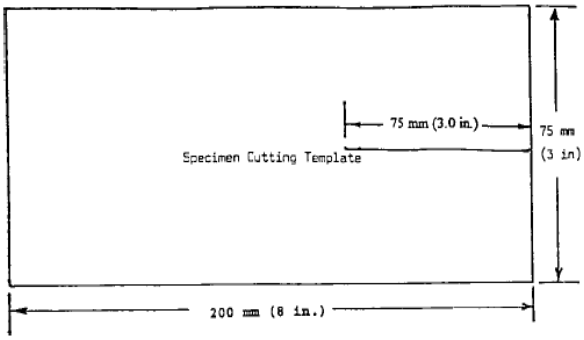


FIG. 1 Template for Marking and Cutting Tongue Tear Specimens, All Tolerances ±0.5 %

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 specified in Table 1.

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 around the core of the roll of fabric.

7.3 *Test Specimens*—From each laboratory sampling unit, take five specimens from the machine direction and five specimens from the cross-machine direction, for each test condition described in 9.1 and 9.2, as applicable to a material specification or contract order.

7.3.1 *Direction of Test*—Consider the short direction as the direction of test.

7.3.2 *Cutting Test Specimens*—Cut rectangular specimens 75 by 200 mm (3 by 8 in.). Use the cutting die or template described in 6.3 and shown in Fig. 1. Take the specimens to be used for the measurement of machine direction with the longer dimension parallel to the cross-machine direction. Take the specimens to be used for the measurement of the cross-machine direction with the longer dimension parallel to the machine direction. Make a preliminary cut 75 mm (3 in.) long at the center of the 75-mm (3-in.) width as shown in Fig. 1. When specimens are to be tested wet, take the specimens from areas adjacent to the dry test specimens. Label to maintain specimen identity.

7.3.2.1 In cutting the specimens, take care to align the yarns running in the long direction parallel with the die such that when the slit is cut, the subsequent tear will take place between these yarns and not across them. This precaution is most important when testing bowed fabrics.

7.3.2.2 Take specimens representing a broad distribution across the width and length, 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 Set the distance between the clamps at the start of the test at 75 ± 1 mm (3.0 ± 0.05 in.).

TABLE 1 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

8.2 Select the full-scale force range of the testing machine such that the maximum force occurs between 10 and 90 % of full-scale force.

8.3 Set the testing speed to 50 ± 2 mm/min (2 ± 0.1 in./min). When agreed upon between the purchaser and the supplier, the testing speed may be set to 300 ± 10 mm/min (12 ± 0.5 in./min).

8.4 Verify calibration of the tensile testing machine as directed in the manufacturer's instructions.

8.5 When using microprocessor automatic data gathering systems, set the appropriate parameters as specified in the manufacturer's instructions and Specification D 76.

9. Conditioning

9.1 *Condition 1, Standard Testing Conditioning*:

9.1.1 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.

9.1.2 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.

9.2 *Condition 2, Wet Specimen Testing Conditioning*:

9.2.1 When desizing treatments are specified prior to wet testing, use desizing treatments that will not affect the normal physical property of the fabric as specified in Test Method D 629.

9.2.2 Submerge the specimens in a container of distilled or deionized water at ambient temperature until thoroughly soaked (see 9.2.2.1).

9.2.2.1 The time of immersion must be sufficient to wet out the specimens as indicated by no significant change in tearing force followed by longer periods of immersion. For most fabrics this time period will be about 1 h. For fabrics not readily wet out with water, such as those treated with water-repellent or water-resistant materials, add a 0.1 % solution of a nonionic wetting agent to the water bath.

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 Secure the specimen in the clamp jaws with the slit edge of each tongue centered in such a manner that the originally adjacent cut edges of the tongues form a straight line joining the centers of the clamps and the two tongues present opposite faces of the fabric to the operator.

10.2.1 For wet testing, remove a specimen from the water, and immediately mount it on the testing machine in the normal setup. Perform the test within 2 min after removal of the specimen from the water. If more than 2 min elapse between taking the wet specimen from the water bath and starting the tensile testing machine, discard the specimen and take another.

10.3 Start the machine and record the tearing force on the

recording device. The tearing force may increase to a simple maximum value, or may show several maxima and minima, as shown in Fig. 2.

10.4 After the crosshead has moved to produce approximately 6 mm (0.25 in.) of fabric tear, record the single-peak force or multiple-peak forces, as indicated for the type fabric and tearing action observed. Stop the crosshead motion after a total tear of approximately 75 mm (3 in.) or the fabric has torn completely, and return the crosshead to its starting position.

10.4.1 If a fabric slips in the jaws or if 25 % or more of the specimens break at a point within 5 mm (0.25 in.) of the edge of the jaw, then (*1*) the jaws may be padded; (*2*) the fabric may be coated under the jaw face area; or (*3*) the jaw face may be modified. If any of the preceding modifications are used, state the method of modification in the report.

10.4.2 If 25 % or more of the specimens break at a point within 5 mm (0.25 in.) of the edge of the jaw or does not tear substantially lengthwise after making the modifications described in 9.9, consider the fabric untearable by this test method.

10.5 Record if the tear occurs crosswise to the direction of applied force.

10.6 Remove the tested specimen and continue as directed in 10.2-10.5 until five specimens have been tested for each testing direction and condition from each laboratory sampling unit.

11. Calculation

11.1 *Tearing Force, Individual Specimens*—Calculate the tongue tearing force for individual specimens to the nearest 0.1 mN (0.1 lbf) using readings directly from the data collection system using Option 1 or Option 2 as indicated by the tearing action of the material, unless otherwise agreed upon between the purchaser and the supplier.

11.1.1 *Option 1, Average of Five Highest Peaks*:

11.1.1.1 For fabrics exhibiting five peaks or more, after the first 6 mm (0.25 in.) of tear, determine the five highest peak forces to the nearest 0.1 mN (0.1 lbf).

11.1.1.2 Calculate the average of these five highest peak forces.

11.1.2 *Option 2 Single-Peak Force*—For fabrics exhibiting less than five peaks, record the highest peak force as the single-peak force to the nearest 0.1 mN (0.1 lbf).

11.2 *Tearing Strength*—Calculate the tongue tearing strength as the average tearing force for each testing direction and condition for each laboratory sampling unit and for the lot.

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

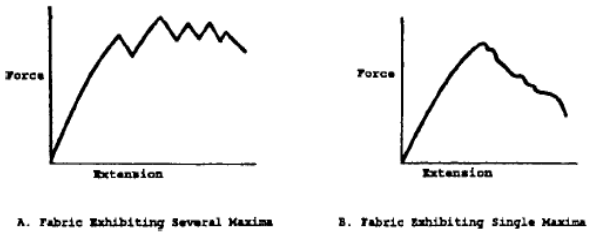


FIG. 2 Typical Tongue Tearing Force-Extension Curves for Individual Specimens

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 to the nearest 0.1 mN (0.1 lbf). 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 tongue tearing strength was determined in accordance with Test Method D 2261. 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 Tongue tearing strength for each testing direction and condition as requested.

12.2.2 Calculation option used, single-peak force or average of five highest peak forces.

12.2.3 Condition of the specimens when tested with or without wetting.

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

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

12.2.6 Make, model, and capacity of testing machine.

12.2.7 Type of clamps used.

12.2.8 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 2 for the respective number of tests in and for materials having averages similar to those shown in Table 3 for the respective number of tests and for fabrics having averages similar to those shown in Table 2 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.

TABLE 2 Tongue Tear Strength, lb Critical Differences for the Conditions Noted[A]

Materials[B]	Number of Observations in Each Average	Single-Operator Precision	Within-Laboratory Precision	Between-Laboratory Precision
S/1016H, Material 2	1	1.85	2.38	2.64
	2	1.31	1.99	2.29
	5	0.83	1.71	2.05
	10	0.59	1.60	1.97
S/28305, Material 7	1	10.55	11.55	19.77
	2	7.46	8.79	18.31
	5	4.72	6.62	17.38
	10	3.34	5.72	17.05
S/9407R, Material 12	1	5.74	5.74	6.43
	2	4.06	4.06	4.99
	5	2.57	2.57	3.88
	10	1.82	1.82	3.43

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

[B] Refer to 13.2 for additional description.

TABLE 3 Tongue Tear Strength, lb

Materials[A]	Grand Average	Components of Variance Expressed as Standard Deviations[B]		
		Single-Operator Component	Within-Laboratory Component	Between-Laboratory Component
Woven Fabrics				
S/1016H, Material 2	5.3	0.41	0.54	0.67
S/28305, Material 7	54.4	3.81	1.68	5.79
S/9407R, Material 12	13.7	2.07	0.00	1.04

[A] Refer to 13.2 for additional description.
[B] 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.

13.2 *Interlaboratory Test Data*—An interlaboratory test was run in 1994–1995 in which randomly drawn samples of three materials were tested in each of five laboratories. Two operators in each laboratory each tested eight specimens of each fabric using this test method. Four of the eight specimens were tested on one day, and four specimens were tested on a second day. Analysis of the data was conducted in accordance with Practices D 2904 and D 2906 and the adjunct Tex-Pac. The components of variance for tongue tear strength expressed as standard deviations were calculated to be the values listed in Table 3. The three fabric types were:

Material 2—S/1016H, 2/1 Basket Plain Weave Sheeting, With Spun Yarns
Material 7—S/28305, Plain Weave, Continuous Filament Yarns
Material 12—S/9407R, Plain Weave

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 2 for tongue tear strength. There were sufficient differences related to the fabric type and structure to warrant listing the components of variance and the critical differences separately. Consequently, no multi-fabric comparisons were made.

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 fabric 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 tongue tear strength can only be defined in terms of a test method. Within this limitation, this test method has no known bias.

14. Keywords

14.1 fabric; strength; tearing tongue

APPENDIX

(Nonmandatory Information)

X1. CONDITIONS WHEN USING CRT-TYPE TENSILE TESTERS

X1.1 General

X1.1.1 The following information is provided for determining tongue tearing strength using the CRT-type tensile tester with this test method. See 1.1.1.

X1.1.2 *Tensile Testing Machine*, of the CRT type conforming to the requirements of Specification D 76 with autographic recorder, or automatic microprocessor data gathering systems.

X1.1.3 Set the testing speed to 300 ± 10 mm/min (12 ± 0.5 in./min). Disengage the pawls from the rachet to render them inoperative.

X1.1.4 Report that the tongue tearing test was determined using a CRT-type tensile tester.

The American Society for Testing and Materials 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 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, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.

This standard is copyrighted by ASTM, 100 Barr Harbor Drive, 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 (http://www.astm.org).

ภาคผนวก ฉ

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่

การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยกรุงเทพ
BANGKOK UNIVERSITY RESEARCH CONFERENCE
PRN
กระบวนทัศน์
มหาวิทยาลัยไทย
บนความท้าทายของ
เอเชียแปซิฟิก
Thai University's Paradigm
on Asia Pacific Challenges
วันศุกร์ที่ 25 มีนาคม 2554
ณ อาคารนิเทศศาสตร์คอมเพล็กซ์
ปองทิพย์ โอสถานุเคราะห์
มหาวิทยาลัยกรุงเทพ วิทยาเขตรังสิต

ภาคบรรยาย (ห้องเรียน อาคาร 12 ชั้น 7)

ประเภท : ผลงานระดับบัณฑิตศึกษา

ห้องบรรยาย : 12706 จำนวน 6 คน (กลุ่มสาขาวิชา 1: วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี)

ประธานกลุ่ม : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐภพ นิ่มปิติวัน

ผู้ประสานงาน : อ.สุดารัตน์ ขำละเอียด

* ผู้ลงทะเบียน

ลำดับที่	ห้องบรรยาย	เวลา	กลุ่มสาขาวิชา	หมายเลขลงทะเบียน	ชื่อผู้วิจัย	หน่วยงาน	ชื่อผลงาน
1	12706	13.30 – 13.50 น.	กลุ่ม 1	86	เฉลิมพล พุดศรี* สุจิระ ขอจิตต์เมตต์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	การศึกษาความสัมพันธ์โครงสร้างผ้าทอต่อการเจาะทะลุของกระสุนปืน
2	12706	13.50 –14.10 น.	กลุ่ม 1	115	ทิภาพร ศุภมิตร* กิตติมา เมฆาบัญชากิจ	มหาวิทยาลัยศรีปทุม	แนวทางการวัดวุฒิภาวะการบริหารโครงการไอซีที
3	12706	14.10 – 14.30 น.	กลุ่ม 1	309	จิตติมา ทิพย์สุขุม* (Jittima Thipsukhum) Montree Wongsri	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	Design of Control Structure of Cumene Process
4	12706	14.30 – 14.50 น.	กลุ่ม 1	340	ณัฐพล วิชาญ* ดามร บัณฑุรัตน์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	การออกแบบช่องคายกากของเครื่องหีบน้ำมันแบบสกรูอัดสำหรับมะแตกและมะเยาหิน
5	12706	14.50 –15.10 น.	กลุ่ม 1	342	พิเชษฐ์ แก้วไทรท้วม* ประจวบ กล่อมจิตร	มหาวิทยาลัยศิลปากร	การประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาด้วยทฤษฎีความน่าเชื่อถือเพื่อลดเวลาสูญเสียในการผลิต กรณีศึกษาโรงงานผลิตกระดาษ
6	12706	15.10 –15.30 น.	กลุ่ม 1	344	พิชญา อยู่อ้น* สุพิชชา รุ่งโรจน์นิมิตชัย	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	การสังเคราะห์ผลึกนาโนของสตรอนเทียมฟลูออไรด์และคุณสมบัติเชิงแสงของวัสดุ

ผลงานระดับบัณฑิตศึกษา
กลุ่มสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

จลนศาสตร์ศึกษาการเกิดอิมัลชั่นโคพอลิเมอร์ไรเซชั่นของสไตรีนมอนอเมอร์กับน้ำยางธรรมชาติ 91
กานต์วดี ส่งสิงห์ และ นันทิยา หาญศุภลักษณ์

การตั้งราคาของสัญญาการประกันภัยต่อกรณีเกิดภัยพิบัติขนาดใหญ่ สำหรับการประกันชีวิต 92
จิราธร อำไพวรรณ

การศึกษาความสัมพันธ์โครงสร้างผ้าทอต่อการเจาะทะลุของกระสุนปืน 93
เฉลิมพล พุดศรี และ สุจิระ ขอจิตต์เมตต์

การออกแบบช่องคายกากของเครื่องหีบน้ำมันแบบสกรูอัดสำหรับมะแตกและมะเยาหิน 95
ณัฐพล วิชาญ และ ดามร บัณฑุรัตน์

แนวทางการวัดวุฒิภาวะการบริหารโครงการไอซีที 96
ทิภาพร ศุภมิตร และ กิตติมา เมฆาบัญชากิจ

การสังเคราะห์ผลึกนาโนของสตรอนเทียมฟลูออไรด์และคุณสมบัติเชิงแสงของวัสดุ 98
พิชญา อยู่อ้น และ สุพิชชา รุ่งโรจน์นิมิตชัย

การประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาด้วยทฤษฎีความน่าเชื่อถือเพื่อลดเวลาสูญเสียในการผลิต
กรณีศึกษาโรงงานผลิตกระดาษ 99
พิเชษฐ์ แก้วไทรท้วม และ ประจวบ กล่อมจิตร

ผลิตภัณฑ์ธัญพืชผสมใบชะพลูอัดแท่ง 100
สุธิดา กิจจาวรเสถียร

Design of Control Structure of Cumene Process 101
Jittima Thipsukhum and Montree Wongsri

กลุ่มสาขาวิชาบริหารธุรกิจ เศรษฐศาสตร์ มนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ ศิลปกรรมศาสตร์ และนิติศาสตร์

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเข้าใจสารสนเทศในงบการเงินของผู้บริหาร ในนิคมอุตสาหกรรมโรจนะ
จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 105
กนกพร บุญทรัพย์

ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้กลยุทธ์การบริหารความเสี่ยงจากอัตราแลกเปลี่ยน
กรณีศึกษา อุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็งและแปรรูป 106
กิติยา ส่องประทีป อรุณี นรินทรกุล ณ อยุธยา และ ลักคณา วรศิลป์ชัย

การศึกษาความสัมพันธ์โครงสร้างผ้าทอต่อการเจาะทะลุของกระสุนปืน

A Study Relation of the Structural Weaved Textile Resisting Penetration of Bullet

เฉลิมพล พุดศรี[1] และ สุจิระ ขอจิตต์เมตต์[2]

[1] นักศึกษา ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

[2] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์โครงสร้างผ้าทอต่อการเจาะทะลุของกระสุนปืนขนาด 9 มม. โดยที่นำเส้นด้ายไนลอน 6 มาทอเป็นผืนผ้าทอลายขัด (Plain 2x2) และผืนผ้าทอลายทแยง (S-twill 2x2) ที่มีความหนาแน่นเส้นด้ายยืน 42 เส้น : นิ้ว เท่ากัน ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งแตกต่างกัน 3 ระดับ โดยที่ผืนผ้าทอลายขัด (Plain 2x2) มีความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเท่ากับ 10 15 และ 20 เส้น : นิ้ว และ ผืนผ้าทอลายทแยง (S-twill 2x2) มีความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเท่ากับ 20 30 และ 40 เส้น : นิ้ว นำผืนผ้าทอทั้ง 2 โครงสร้างผ้ามาทดสอบสมบัติกายภาพต่าง ๆ และนำผืนผ้าทอทั้ง 2 โครงสร้างผ้ามาตัดชิ้นทดสอบการเจาะทะลุของกระสุนปืน ขนาด 10 x 10 นิ้ว หลังจากนั้นนำมาวางซ้อนทับกันโดยที่การวางชิ้นทดสอบนั้นให้แนวเส้นด้ายยืนจะวางสลับกับแนวเส้นด้ายพุ่ง 90 องศา วางซ้อนกันทั้งหมด 120 ชั้น โดยที่แบ่งชิ้นทดสอบออกมา 60 ชั้น มาเย็บตามแนวฝีเข็มแบบที่ 1 และอีก 60 ชั้นหลังมาเย็บตามแนวฝีเข็มแบบที่ 2 และนำไปทดสอบการเจาะทะลุของกระสุนปืนตามมาตรฐานยุทโธปกรณ์ กระทรวงกลาโหมว่าด้วยเสื้อเกราะกันกระสุน ระดับ 2A ผลการทดสอบพบว่าผืนผ้าทอลายขัด (Plain 2x2) และผืนผ้าทอลายทแยง (S-twill 2x2) ที่มีความหนาแน่นเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งเท่ากัน พบว่า ผืนผ้าทอลายขัด (Plain 2x2) จะสามารถยับยั้งการเจาะทะลุของกระสุนปืนได้ดีกว่าผืนผ้าทอลายทแยง (S-twill 2x2) ส่วนผืนผ้าทอลายขัด (Plain 2x2) ที่มีความหนาแน่นเส้นด้ายยืนเท่ากัน ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งแตกต่างกันพบว่า ผืนผ้าทอลายขัด (Plain 2x2) ที่มีความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเท่ากับ 20 เส้น : นิ้ว ลดการเจาะทะลุของกระสุนปืนได้ดีที่สุด สำหรับผืนผ้าทอลายทแยง (S-twill 2x2) ที่มีความหนาแน่นเส้นด้ายยืนเท่ากัน ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งแตกต่างกันพบว่า ผืนผ้าทอลายทแยง (S-twill 2x2) ที่มีความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเท่ากับ 40 เส้น : นิ้ว ลดการเจาะทะลุของกระสุนปืนได้ดีที่สุด ส่วนแนวฝีเข็มในการเย็บยึดติดชิ้นทดสอบทั้ง 2 แบบนั้นมีผลต่อการลดการเจาะทะลุของกระสุนปืนแตกต่างกันค่อนข้างน้อย

คำสำคัญ: ไนลอน 6, ผืนผ้าทอลายขัด (Plain 2x2), ผืนผ้าทอลายทแยง (S-twill 2x2), มาตรฐานยุทโธปกรณ์ กระทรวงกลาโหมว่าด้วยเสื้อเกราะกันกระสุน

Abstract

The purpose of this research is to study the relation of the woven fabric structures on the resistance of the 9mm-bullet's penetration by using Nylon 6 wove into Plain 2x2 structure fabric and S-Twill 2x2 structure fabric. Each structure is woven with warp density of 42 lines/inch and 3 variations of weft density which are as follows; weft density of Plain 2x2 structures are 20, 15 and 10 lines/inch and weft density of S-Twill 2x2 structures are 40, 30 and 20 lines/inch. After testing the physical properties, cut both fabrics for samples into 10x10 inch size and overlay samples by laying warp and weft by 90 degrees to each other. One hundred and twenty layers of overlay are divided by the first-type-stitch for 60 layers and the second-type-stitch for 60 layers. The penetration experiments are held according to the Ministry of Defense's standard equipment on the bullet-proof vest level 2A. The result is that, Plain 2x2 structure fabric can decrease the penetration of the bullet better than the S-Twill 2x2 structure fabric on the same warp and weft density. And on the same warp density, Plain 2x2 structure fabric with the weft density of 20 lines/inch has the best result in decreasing the penetration of the bullet, as well as S-Twill 2x2 structure fabric with the weft density of 40 lines/inch. The 2 types of stitches also influence the penetration of the bullet a little differently.

Keywords: Nylon 6, Plain 2x2 structure fabric, S-Twill 2x2 structure fabric, Ministry of Defense's standard equipments on the bullet-proof vest

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	เรืออากาศโทเฉลิมพล พุดศรี
วัน เดือน ปีเกิด	1 พฤษภาคม 2527
ที่อยู่	เลขที่ 1038 หมู่ 6 แขวงสายไหม เขตสายไหม จังหวัด กรุงเทพ 10220
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ สาขาวัสดุศาสตร์ จากโรงเรียนนายเรืออากาศ เมื่อ พ.ศ. 2549
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ. 2550-ปัจจุบัน	ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ แผนกปฏิบัติการ ฟิสิกส์-วัสดุศาสตร์ กองวิทยาศาสตร์ ศูนย์วิจัยพัฒนาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีการบินและอวกาศ กองทัพอากาศ

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่

เฉลิมพล พุดศรี และสุจิระ ขอจิตต์เมตต์, **การศึกษาความสัมพันธ์ โครงสร้างผ้าทอต่อการเจาะทะลุของกระสุนA STUDY RELATION OF THE STRUCTURALWEAVED TEXTILE RESISTING PENETRATION OF BULLET,** การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยกรุงเทพ (Bangkok University Research Conference), วันศุกร์ที่ 25 มีนาคม 2554 ณ อาคารนิเทศศาสตร์คอมเพล็กซ์ ปองทิพย์ โอสถานุเคราะห์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ วิทยาเขตรังสิต.