การศึกษาการผลิตเสื้อเกราะกันกระสุนจากผ้าใยประดิษฐ์ เพื่อนำไปใช้ผลิตในเชิงพาณิชย์

A Study of Producing Bullet Proof Vest from Man Made Fiber for Commercial Purposes

สมประสงค์ ภาษาประเทศ[1] ทวีชัย อมรศักดิ์ชัย[2] สมนึก สังข์หนู[1]
ฉัตรชัย ศุภพิทักษ์สกุล[3] บิณฑสันต์ ขวัญข้าว[1] ชูพงศ์ ไชยหลาก[4]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาโครงสร้างผ้าที่เหมาะสมในการผลิตเสื้อเกราะกันกระสุนจากผ้าใยประดิษฐ์ไปใช้ในเชิงพาณิชย์โดยอ้างอิงผลการทดสอบตามมาตรฐาน NIJ ขั้น 3A [4] นอกจากนั้นมีการศึกษาสร้างชุดตรวจวัดแรงกระแทกสำหรับทดสอบเสื้อเกราะกันกระสุน เส้นใยที่ใช้ศึกษาได้แก่ พอลิเอสเทอร์และพอลิเอทิลีนชนิดความแข็งแรงสูง โครงสร้างผ้าที่ใช้ศึกษาได้แก่ผ้าทอ ผ้าถักแนวเส้นยืนแบบมีเส้นพุ่ง และผ้าไม่ทอ

ในการดำเนินงาน มีการผลิตผ้าทอลาย 2x2 Basket ใช้เส้นด้ายพอลิเอสเทอร์ ทั้งเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่ง จำนวนเส้นด้ายยืนเท่ากับ 32 เส้น/นิ้ว จำนวนเส้นด้ายพุ่งเท่ากับ 64 เส้น/นิ้ว ผ้าทอนี้ถูกนำไปผลิตแผ่นเกราะที่มีน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ประมาณ 22.79 กิโลกรัม/ตารางเมตร เพื่อทดสอบยิงในสภาวะเปียกตามมาตรฐาน NIJ ระดับ 3A[4] สำหรับชุดตรวจวัดแรงกระแทกสำหรับทดสอบเสื้อเกราะกันกระสุนถูกออกแบบให้ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ 1. ส่วนรับแรงกระแทก 2. ทรานสดิวเซอร์วัดแรง 3. ส่วนรับสัญญาณไฟฟ้าจากทรานสดิวเซอร์ และ 4. ส่วนบันทึกค่า ประมวลผล และแสดงผลในการทดสอบนั้นใช้เครื่องมือนี้เป็นวัสดุหนุนแทนดินน้ำมันตามมาตรฐาน NIJ เพื่อทดสอบการยิง ระดับ 2A[4] กับแผ่นเกราะที่ผลิตจากผ้าทอ ผ้าถักแนวเส้นยืนแบบมีเส้นพุ่ง และผ้าไม่ทอ โดยแผ่นเกราะทั้ง 3 ชนิดมีน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ประมาณ 13.88 กิโลกรัม/ตารางเมตร สำหรับผ้าถักแนวเส้นด้ายยืนแบบมีเส้นพุ่งนั้นผลิตโดยใช้เส้นด้ายยืนและพุ่งพอลิเอสเทอร์สร้างห่วงเพื่อยึดเส้นด้ายยืนและพุ่งไว้ ผ้าทอ 3 มิติ ใช้เส้นด้ายยืนและพุ่งพอลิเอสเทอร์ ในขณะที่ผ้าไม่ทอนั้นใช้เส้นด้ายพอลิเอทิลีน ผลิตแผ่นเส้นใย

จากการทดสอบยิงเสื้อเกราะกันกระสุนที่ผลิตจากผ้าทอ2x2 Basket ตามมาตรฐาน NIJ นั้น พบว่าเสื้อเกราะสามารถทนการทะลุทะลวงของกระสุน ระดับ 3A[4] ได้ ผลการทดสอบชุดวัดแรงกระแทกกับแผ่นเกราะผ้าทอ ผ้าถัก ผ้าทอ 3 มิติ และผ้าไม่ทอ พบว่าชุดวัดแรงสามารถแสดงกราฟิกการกระจายแรงแบบ 2 มิติและ รอยยุบตัว 3 มิติได้ และแผ่นเกราะทั้ง 3 ชนิดสามารถทนการทะลุทะลวงของกระสุนระดับ 2A [4]ได้ ยกเว้นผ้าทอ 3 มิติ ไม่สามารถทนกระสุนระดับ 2A[4] แต่สามารถทนกระสุนระดับ 1 (.38 Special LRN) จากการวิจัยนี้มีการนำผลการทดสอบไปใช้งานกล่าวคือผลิตเสื้อเกราะกันกระสุนจากผ้าทอ ระดับ 3A [4] จำนวน 50 ตัว ให้กับสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ เพื่อส่งมอบให้แก่กองทัพอากาศซึ่งเป็นหน่วยงานที่ควบคุมการผลิตยุทธภัณฑ์ในการวิจัยครั้งนี้ต่อไป

Abstract

The main objective of the study was to investigate suitable fabric structures that use for making the bullet proof vest. The vest should be made from the fabric producing from synthetic fiber and it should be withstand the bullet level 3A according to NIJ standard. Three fabric structures were examined i.e., woven, knitted and non-woven. Another aim of the study was to build a device that use to detect an impact force of the bullet.

[1] อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[2] อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
[3] อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[4] กองวิทยาการ กรมพลาธิการทหารอากาศ กองทัพอากาศ

Woven fabric was made with 100 denier high tenacity polyester both warp and weft yarn. Ends and picks per inch were 32 and 64, respectively. This fabric was brought to make the bullet proof vests. The weight per unit area of the vest was about 22.79 kg/m^2. These panels, in wet state, were tested with the bullet level 3A according to NIJ standard. The detected impact force device was designed consisting of four parts: (1) impact force part (2) measuring force transducer (3) electrical detector and (4) data acquisition. To test this device, three bullet proof panels were used to test by shooting with the bullet level 2A. Each panel weight per unit area was 13.88 kg/m^2. The first panel was made from the woven fabric mentioned above. The second panel was built from weft insertion warp knitted fabric producing from high tenacity polyester of warp and weft yarn. While the loop forming yarn of this fabric was the polyester. Another panel was made from three dimensional woven fabrics weaving from high tenacity polyester both warp and weft yarn. The last one was the panel from a sheet of non-woven fabric which produced from polyethylene.

From the testing, it was found that the bullet proof vests made from 2x2 basket woven fabric could withstand the bullet by level 3A. The result of testing the detected impact force device with three bullet proof panels showed that two and three dimensional graphics could be obtained. Three panels could also withstand the bullet level 2A except the one made from three dimensional woven fabrics. However, it could resist the bullet level 1 (.38 special LRN). Since the bullet proof vest making from woven fabric could be reach the NIJ standard level 3A, fifty bullet proof vests were produced. These bullet proof vests were given to Thailand Textile Institute in order to contribute to Thai Air Force Army who have right of controlling the production of the vests.

1. บทนำ

จากการที่คณะนักวิจัย [1] ได้ศึกษาการผลิตเสื้อเกราะกันกระสุนจากผ้าใยประดิษฐ์เพื่อนำไปใช้ผลิตในเชิงพาณิชย์ ระยะที่ 1 ศึกษาเส้นใยและโครงสร้างที่เหมาะสมในการผลิตเสื้อเกราะกันกระสุน ในปี พ.ศ. 2551 นั้น มีการใช้เส้นใยในการศึกษาดังกล่าว 3 ชนิด ได้แก่ พอลิเอทิลีน ไนลอน 66 และพอลิเอสเทอร์ และมีการผลิตผ้า 2 ชนิด คือ ผ้าไม่ทอและผ้าทอ การผลิตผ้าไม่ทอใช้เส้นใยพอลิเอทิลีนและเส้นใยไนลอน ในขณะที่ผ้าทอลาย Basket 2 x 2 ใช้เส้นใย ไนลอน 66 และพอลิเอสเทอร์ นอกจากนั้นได้มีการทดลองสังเคราะห์สาร Shear Thickening Fluids โดยนำสารที่สังเคราะห์ได้มาทดลองใช้บนผ้าตัวอย่าง จากผลการทดสอบยิงชิ้นตัวอย่างพบว่าแผ่นเกราะที่ทำจากผ้าทอใยพอลิเอสเทอร์ น้ำหนัก 803 ± 50 กรัม (จำนวน 40 ชั้น) ยิงด้วยกระสุนทดสอบชนิด .45 ACP FMJ และยิงในสภาวะเปียก สามารถทนแรงทะลุของกระสุนดังกล่าวได้ นั่นคือไม่มีการทะลุของกระสุนและมีรอยยุบตัวของวัสดุหนุนหรือดินน้ำมันไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งผ่านมาตรฐาน NIJ ระดับ 2A[4] สำหรับผลการทดสอบยิงแผ่นเกราะที่ทำจากผ้าไม่ทอใยพอลิเอทิลีนและใยไนลอน และแผ่นเกราะที่ทำจากผ้าทอใยพอลิเอสเทอร์และใยไนลอนซึ่งถูกเคลือบสารShear Thickening Fluids นั้น พบว่าไม่สามารถทนแรงทะลุของกระสุนชนิดดังกล่าว ได้

จากการศึกษาในระยะที่ 1 ดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าเส้นใยพอลิเอสเทอร์และพอลิเอทิลีนชนิดความแข็งแรงสูงเป็นเส้นใยที่เหมาะสมจะนำมาทำการศึกษาต่อในระยะที่ 2 เพื่อทำการผลิตให้ได้เสื้อเกราะกันกระสุนสำหรับใช้งานจริง จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่าโครงสร้างผ้าถักแนวเส้นยืนแบบมีเส้นด้ายพุ่ง (Warp Insertion Warp Knitted Fabric) โดยใช้ใยพอลิเอสเทอร์ควรจะได้ทำการศึกษาด้วย นอกจากนั้นการสร้างชุดรับแรงกระแทกของกระสุนก็เป็นแนวคิดที่ทำการศึกษาเพื่อนำแผ่นเกราะจากโครงสร้างผ้าทั้ง 3 ชนิดมาทดสอบยิงโดยใช้ชุดดังกล่าวเป็นวัสดุหนุนแทนดินน้ำมันและดูการกระจายแรงต่อไป

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การทดสอบยิงระดับ 3A ตามมาตรฐาน NIJ [4]

การทดสอบยิงระดับ 3A ตามมาตรฐาน NIJ [4] ครั้งที่ 1 แบ่งการดำเนินงานเป็น 2 ขั้นตอนคือ การเตรียมเสื้อเกราะและการทดสอบยิง

การเตรียมเสื้อเกราะ

ขั้นตอนการเตรียมเสื้อเกราะสำหรับทดสอบยิงมีดังนี้

1. การผลิตผ้าทอ

บริษัท ไทยฟาร์อีสต์ จำกัด เป็นผู้ดำเนินการผลิตผ้า มีขั้นตอนผลิตดังนี้

การกำหนดรายละเอียดผ้า

ลายผ้าที่กำหนดเป็น 2X2 Basket จำนวนเส้นด้ายยืนเท่ากับ 32 เส้น/นิ้ว จำนวนเส้นด้ายพุ่งเท่ากับ 64 เส้น/นิ้ว

2. การตัดเย็บชิ้นทดสอบ

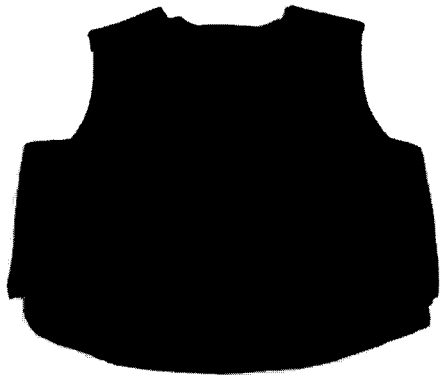
2.1. สร้างแบบชิ้นทดสอบด้านหน้าและชิ้นทดสอบด้านหลัง

2.2. วางแบบชิ้นทดสอบด้านหน้าตามแนวด้านหน้าและด้านหลัง ตัวอย่างชิ้นทดสอบทั้งด้านหน้าและด้านหลังแสดงดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 ตัวอย่างชิ้นทดสอบด้านหน้าและหลัง

2.3. ตัดเสื้อที่มีช่องสำหรับบรรจุชิ้นทดสอบด้านหน้าและด้านหลัง

2.4. บรรจุชิ้นทดสอบหน้าและหลังในเสื้อ ดังรูปที่ 2 เพื่อรอการทดสอบตาม NIJ ต่อไป

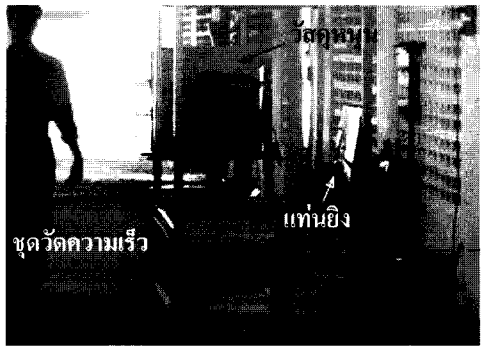


รูปที่ 2 เสื้อเกราะที่บรรจุชิ้นทดสอบหน้าและหลังสำหรับทดสอบยิง

การทดสอบยิง

การเตรียมความพร้อมในการทดสอบยิงแต่ละครั้งเป็นภาระกิจของหน่วยงานผู้ให้บริการทดสอบดังได้กล่าวแล้ว ขั้นตอนการเตรียมการยิงมีดังนี้

1. ติดตั้งอุปกรณ์จับเวลาให้อยู่ในแนวเดียวกันกับแนววิถีกระสุน กำหนดระยะยิงเท่ากับ 5 เมตร ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ตำแหน่งแท่นยิง ชุดวัดความเร็วและวัสดุหนุน

2. เตรียมกระบะวัสดุหนุนที่ผ่านการทดสอบความหนาแน่น โดยวัสดุหนุนให้ใช้ดินน้ำมันยี่ห้อ Roma Plastilina No. 1

3. เตรียมเครื่องวัดความเร็วกระสุน

4. เตรียมกระสุนปืนที่จะทดสอบ

4.1 เตรียมกระสุนขนาด 9 mm. FMJ RN น้ำหนัก 120 เกรน (ความเร็วสูง)

4.2 เตรียมกระสุนขนาด .44 Mag SJHP น้ำหนัก 240 เกรน

5. การเตรียมการยิงทดสอบ

5.1 การเตรียมลำกล้องปืนทดสอบ

ตั้งระยะห่างจากปลายกระบอกปืนถึงเสื้อเกราะ ระยะห่าง 5 เมตร

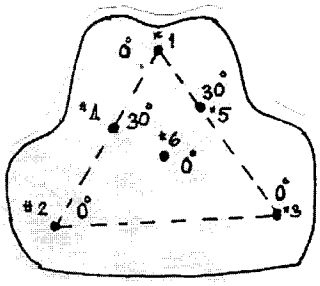
ยิงอุ่นลำกล้องปืนกับกระสุนใช้ทดสอบ จำนวน 6 นัด

5.2 การตรวจความเรียบร้อยของกระสุนยิงทดสอบความเร็วของกระสุนให้ได้ตามกำหนด

5.3 นำชิ้นตัวอย่างรองรับน้ำเพื่อให้อยู่ในสภาวะเปียก

5.4 ทำการยึดตรึงชิ้นตัวอย่างที่ผ่านสภาวะเปียกให้แน่นกับวัสดุหนุน

5.5 การกำหนดจุดยิงบนเสื้อเกราะ จุดยิงบนเกราะมีจำนวน 6 จุด โดยยิงที่มุม 0 องศา 4 จุด และมุม 30 องศา 2 จุด โดยจุดที่ 1, 2, 3 และ 6 ยิงที่ 0 องศา และจุดที่ 4 และ 5 ยิงที่ 30 องศา ดังรูปที่ 4



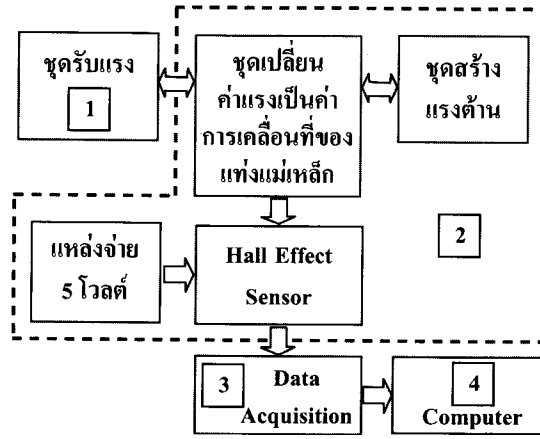
รูปที่ 4 การกำหนดจุดยิงบนตัวอย่าง

5.6 ทดสอบยิงเสื้อเกราะแต่ละตัว ทั้งชิ้นหน้าและชิ้นหลังตามลำดับจุดที่กล่าวไว้ในข้อที่ 5.5 จนครบ 6 จุด โดยในแต่ละจุดจะต้องอ่านและบันทึกค่าความเร็วของกระสุนที่อ่านได้จากเครื่องวัดความเร็ว

5.7 นำเสื้อเกราะออกจากการตรึงที่วัสดุหนุนแล้ววัดและบันทึกค่าของรอยยุบตรงจุดที่ 1-6 จนครบ

2.2 ศึกษาและออกแบบสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อวัดตรวจวัดแรงกระแทก การยุบตัว และการกระจายแรงของแผ่นเกราะ

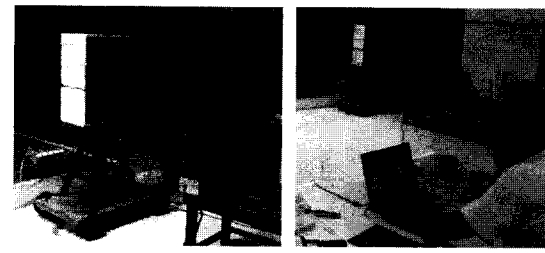
ซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วน คือ 1. ส่วนรับแรงกระแทก 2.ทรานสดิวเซอร์วัดแรง 3.ส่วนรับสัญญาณไฟฟ้าจากทรานสดิวเซอร์ และ 4. ส่วนบันทึกค่า ประมวลผล และแสดงผล [2, 3] ดังบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 5



รูปที่ 5 บล็อกไดอะแกรมของชุดวัดการกระจายแรง

2.3 การทดสอบชุดวัดการกระจายแรงทั้งระบบ

แผ่นเกราะที่ทดสอบเป็นผ้า ใช้กระสุนขนาด 9 มม. ความเร็วต่ำ สถานที่ทดสอบได้แก่ กองสรรพาวุธ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ รูปที่ 6 แสดงชุดทดสอบทั้งระบบที่พร้อมทดสอบ



รูปที่ 6 การทดสอบชุดวัดการกระจายแรงทั้งระบบ

แผ่นเกราะที่ใช้ทดสอบ ได้แก่ แผ่นเกราะจากผ้าทอ แผ่นเกราะจากผ้าถักแนวเส้นยืน แผ่นเกราะจากผ้าทอ 3 มิติ และแผ่นเกราะจากผ้าไม่ทอ โดยมีวิธีการเตรียมแผ่นเกราะและการทดสอบยิง ดังต่อไปนี้

2.3.1. การเตรียมแผ่นเกราะผ้าทอ

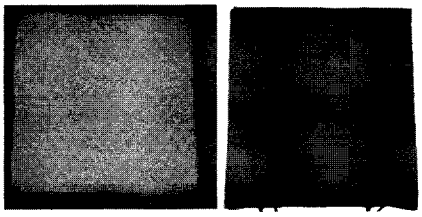
กำหนดขนาดแผ่นเกราะพอลีเอสเทอร์เป็นความกว้าง 12 นิ้ว ยาว 12 นิ้วโดยมีน้ำหนักของแผ่นเกราะกำหนดไว้ที่ 1,290 กรัม ตัดผ้าขนาดดังกล่าวเท่ากับ 60 ชิ้น

นำผ้าจำนวน 20 ชิ้นเย็บเป็นแผ่นเกราะ 1 แผ่น และเย็บแผ่นเกราะอีก 2 แผ่น รวมเป็น 3 แผ่น นำแผ่นเกราะ 3 แผ่นซ้อนกัน แล้วบรรจุในถุงผ้าสำหรับนำไปทดสอบยิง

2.3.2. การเตรียมแผ่นเกราะผ้าถัก

กำหนดขนาดแผ่นเกราะพอลีเอสเทอร์เป็นความกว้าง 12 นิ้ว ยาว 12 นิ้ว โดยมี น้ำหนักของแผ่นเกราะกำหนดไว้ที่ 1,290 กรัม ตัดผ้าขนาดดังกล่าวเท่ากับ 57 ชิ้น

นำผ้าจำนวน 19 ชิ้นเย็บเป็นแผ่นเกราะ 1 แผ่น และเย็บแผ่นเกราะอีก 2 แผ่น รวมเป็น 3 แผ่น นำแผ่นเกราะ 3 แผ่นซ้อนกัน แล้วบรรจุในถุงผ้าสำหรับนำไปทดสอบยิง ดังรูปที่ 7

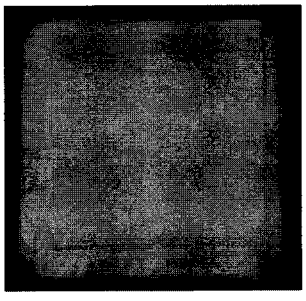


รูปที่ 7 แผ่นเกราะผ้าถักแนวเส้นยืนแบบมีเส้นพุ่งสำหรับทดสอบยิง

2.3.3. การเตรียมแผ่นเกราะผ้าทอ 3 มิติ

กำหนดขนาดแผ่นเกราะพอลีเอสเทอร์เป็นความกว้าง 12 นิ้ว ยาว 12 นิ้ว น้ำหนักของแผ่นเกราะกำหนดไว้ที่ 1,290 กรัม ตัดผ้าขนาดดังกล่าวเท่ากับ 13 ชิ้น

นำผ้าจำนวน 13 ชิ้นเย็บให้ติดกันทั้ง 4 ด้าน และเย็บให้ติดกันตรงกลางจำนวน 4 จุด ได้แผ่นเกราะ 1 แผ่น สำหรับนำไปทดสอบยิง ดังรูปที่ 8

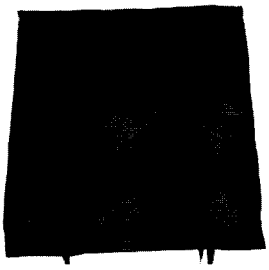


รูปที่ 8 แผ่นเกราะผ้าทอ 3 มิติ สำหรับทดสอบยิง

2.3.4. การเตรียมแผ่นเกราะผ้าไม่ทอ

กำหนดขนาดแผ่นเกราะเป็นความกว้าง 12 นิ้ว ยาว 12 นิ้ว ซ้อนแผ่นผ้าไม่ทอ 20 ชิ้น ได้น้ำหนักของแผ่นเกราะกำหนดไว้ที่ 1,290 กรัม

นำแผ่นเกราะจำนวน 20 ชิ้นบรรจุในถุงผ้าสำหรับนำไปทดสอบยิง ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 แผ่นเกราะผ้าไม่ทอสำหรับทดสอบยิง

2.3.5. ทดสอบยิง

การทดสอบยิงเริ่มต้นด้วยการทดสอบแผ่นเกราะผ้าไม่ทอ ผ้าถัก ผ้าทอ และผ้าทอ 3 มิติ โดยมีวิธีการทดสอบยิงโดยรวมดังนี้

ติดตั้งเครื่องทดสอบการตรวจวัดแรงกระแทก การยุบตัว และการกระจายแรงของแผ่นเกราะ เครื่องวัดความเร็ว แท่นยิง และกระสุน 9 มม. ความเร็วต่ำ ติดแผ่นเกราะผ้าไม่ทอเข้ากับชุดรับแรงกระแทกและกำหนดจุดยิง ยิงชิ้นทดสอบ (จำนวน 1 นัด) จดบันทึกค่าความเร็วกระสุน และอ่านค่าจากเครื่องทดสอบ ตรวจสภาพแผ่นเกราะหลังการยิง ดำเนินการทดสอบยิงแผ่นเกราะผ้าถัก ผ้าทอและผ้าทอ 3 มิติ ตัวอย่างละ 1 นัด ตามวิธีการใน ข้อ 1.2-1.5

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 ผลการทดสอบยิงเสื้อเกราะ ตามมาตรฐาน NIJ

จากผลการทดสอบพบว่าแผ่นเกราะที่ทอโดยใช้ลายผ้าที่กำหนดเป็น 2X2 Basket สามารถกันกระสุนระดับ 3A[4] ได้ และรอยยุบตัวของทุกตัวอยู่ต่ำกว่าเกณฑ์ (44 มม.) ดังนั้นผลการทดสอบในครั้งนี้ผ่านการทดสอบยิงตามมาตรฐาน NIJ ระดับ 3A[4]จากผลการทดสอบในตารางที่1

ผลการทดสอบยิงตามมาตรฐาน NIJ

โรงงานวัตถุระเบิดทหาร กรมการอุตสาหกรรมทหาร	แบบบันทึกผลการยิงทดสอบเสื้อเกราะระดับ 3A	รหัสเอกสาร FM 5-2055

ชื่อตัวอย่าง.....วันที่ทดสอบ.....20 ส.ค. 52.....

ชนิดกระสุนทดสอบ	น.น.ของลูกกระสุน	ความเร็วกระสุน (±9.1 เมตร/วินาที) , ± 30 ฟุต/วินาที
9 mm. FMJ RN	124 Gr.	436 **เมตร/วินาที** (1,430 **ฟุต/วินาที**)
กำหนดเกณฑ์รอยยุบตัวไม่เกิน 44 มม.	☑ เปียก ☐ แห้ง ☑ ด้านหน้า ☐ ด้านหลัง	

นัดที่	มุมยิง	ความเร็ว (เมตร/วินาที)	ผลการทดสอบ ทะลุ	ผลการทดสอบ ไม่ทะลุ	รอยยุบ (มม.)	น.น.หัวกระสุน	หมายเหตุ
1	0°	438.69		√	12.8		
2	0°	443.81		√	16.1		
3	0°	447.93		√	23.1		
4	30°	438.91		√	15.7		
5	30°	434.95		√	6.8		
6	0°	434.71		√	13.3		

ชนิดกระสุนทดสอบ	น.น.ของลูกกระสุน	ความเร็วกระสุน (±9.1 เมตร/วินาที) , ± 30 ฟุต/วินาที
.44 Mag SJHP	240 Gr.	436 **เมตร/วินาที** (1,430 **ฟุต/วินาที**)
กำหนดเกณฑ์รอยยุบตัวไม่เกิน 44 มม.	☑ เปียก ☐ แห้ง ☐ ด้านหน้า ☑ ด้านหลัง	

นัดที่	มุมยิง	ความเร็ว (เมตร/วินาที)	ผลการทดสอบ ทะลุ	ผลการทดสอบ ไม่ทะลุ	รอยยุบ (มม.)	น.น.หัวกระสุน	หมายเหตุ
1	0°	448.06		√	37.4		
2	0°	439.02		√	32.8		
3	0°	458.95		√	31.6		
4	30°	454.35		√	16.9		
5	30°	446.92		√	11.3		
6	0°	451.00		√	31.3		

ตารางที่1 ผลการทดสอบเสื้อเกราะกันกระสุนจากผ้าทอ ตามมาตรฐาน NIJ ระดับ 3A [4]

กองสรรพาวุธ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ	แบบบันทึกผลการยิงทดสอบเสื้อเกราะ ระดับ.....2A....	รหัสเอกสาร .....
ชนิดกระสุนทดสอบ	น.น.ของกระสุน	ความเร็วกระสุน (±9.1 เมตร/วินาที) , ± 30 ฟุต/วินาที
9 มม. FMJ RN	124 Gr. (8.0 g)	341 **เมตร/วินาที** (1,120 **ฟุต/วินาที**)
กำหนดเกณฑ์รอยยุบตัวไม่เกิน 44 มม.	☐ เปียก ☑ แห้ง ☐ ด้านหน้า ☐ ด้านหลัง	

ชื่อตัวอย่าง..**ผ้าไม่ทอ** (Unidirectional Fabric).. น้ำหนัก 1,290 กรัม....

นัดที่	มุมยิง	ความเร็ว (เมตร/วินาที)	ผลการทดสอบ ทะลุ	ผลการทดสอบ ไม่ทะลุ	รอยยุบ (มม.)	น.น.หัวกระสุน	หมายเหตุ
1	0°	335.87		√	15.0		ความกว้างรอยยุบ 53.5 มม.

ชื่อตัวอย่าง.**ผ้าถักแนวเส้นยืน**.. (Weft Insertion Warp Knitted Fabric).. น้ำหนัก 1,290 กรัม....

นัดที่	มุมยิง	ความเร็ว (เมตร/วินาที)	ผลการทดสอบ ทะลุ	ผลการทดสอบ ไม่ทะลุ	รอยยุบ (มม.)	น.น.หัวกระสุน	หมายเหตุ
1	0°	346.03		√	22.2		ความกว้างรอยยุบ 55.0 มม.

ชื่อตัวอย่าง.**ผ้าทอ**.. (Woven Fabric).. น้ำหนัก 1,290 กรัม....

นัดที่	มุมยิง	ความเร็ว (เมตร/วินาที)	ผลการทดสอบ ทะลุ	ผลการทดสอบ ไม่ทะลุ	รอยยุบ (มม.)	น.น.หัวกระสุน	หมายเหตุ
1	0°	343.7		√	25.0		ความกว้างรอยยุบ 55.2 มม.

ผลการทดสอบยิงแผ่นเกราะผ้าทอ 3 มิติ (ระดับ 1)

กองสรรพาวุธ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ	แบบบันทึกผลการยิงทดสอบเสื้อเกราะ ระดับ.....1....	รหัสเอกสาร .....
ชนิดกระสุนทดสอบ	น.น.ของกระสุน	ความเร็วกระสุน (±9.1 เมตร/วินาที) , ± 30 ฟุต/วินาที
.38 Special LRN	158 Gr. (10.2 g)	268 **เมตร/วินาที** (880 **ฟุต/วินาที**)
กำหนดเกณฑ์รอยยุบตัวไม่เกิน 44 มม.	☐ เปียก ☑ แห้ง ☐ ด้านหน้า ☐ ด้านหลัง	

ชื่อตัวอย่าง.**ผ้าทอ 3 มิติ** (3D-Woven Fabric).. น้ำหนัก 1,290 กรัม...วันที่ทดสอบ..12 พ.ค. 53...

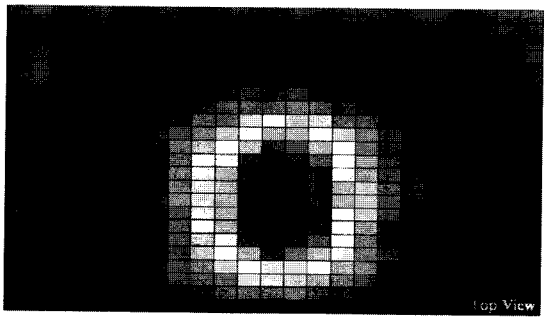
นัดที่	มุมยิง	ความเร็ว (เมตร/วินาที)	ผลการทดสอบ ทะลุ	ผลการทดสอบ ไม่ทะลุ	รอยยุบ (มม.)	น.น.หัวกระสุน	หมายเหตุ
1	0°	265.48		√	26.25		

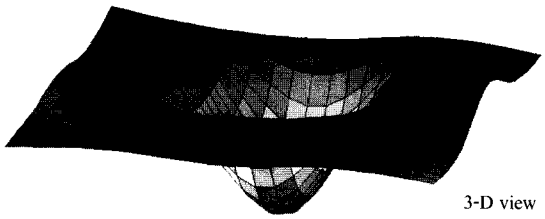
ตารางที่ 2 ผลการทอสอบการยิงแผ่นเกราะผ้าไม่ทอ ผ้าถักแนวเส้นยืน ผ้าทอ และผ้าทอ 3 มิติ

3.2 ผลการทดสอบการตรวจวัดแรงกระแทก การยุบตัว และการกระจายแรงของแผ่นเกราะที่ทำจากผ้าไม่ทอ ผ้าถักแนวด้ายยืน ผ้าทอ และผ้า3มิติ

ผลการทดสอบจากการตรวจวัดการยุบตัวและการกระจายแรงในตารางที่ 2 และจากผลการทดสอบชุดวัดการกระจายแรงทั้งระบบ ด้วยกระสุน 9 มม. กับแผ่นเกราะชนิดทำจากผ้าไม่ทอ ผ้าถักแนวเส้นยืน และผ้าทอ พบว่ากระสุนไม่ทะลุแผ่นเกราะทั้ง 3 ชนิด การกระจายแรงที่ค่อนข้างเป็นวงกลมนั้นจะเกิดขึ้นได้มากในแผ่นเกราะผ้าไม่ทอ แผ่นเกราะผ้าถัก และแผ่นเกราะผ้าทอ ตามลำดับ

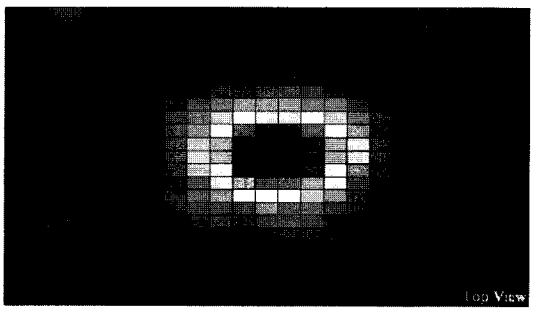
ในรูปที่10จะเห็นได้ว่ารูปการกระจายแรงออกเป็นรูปค่อนข้างกลมและ การยุบตัวของแผ่นเกราะไม่มากเมื่อเทียบกับโครงสร้างผ้าทอและผ้าถัก

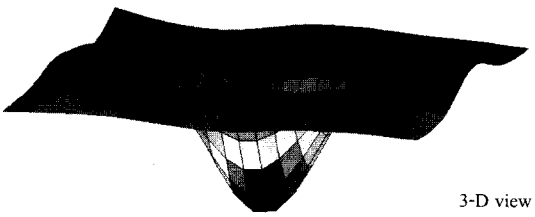




รูปที่ 10 กราฟริก 2 และ 3 มิติ ของการกระจายการยุบตัวจากการยิงแผ่นเกราะชนิดผ้าไม่ทอ

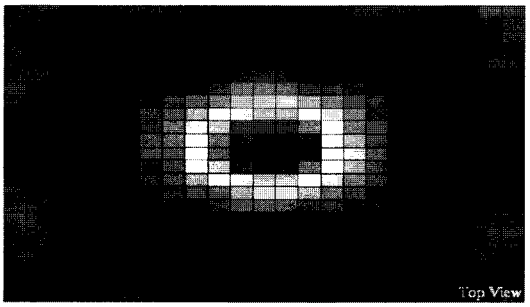
ในรูปที่11 รูปการกระจายแรงเป็นรูปวงรีกระจายออกมาตามแนวของเส้นด้ายพุ่งมากกว่าเส้นด้ายยืน ส่วนการยุบตัวของแผ่นเกราะมากกว่าผ้าไม่ทอ

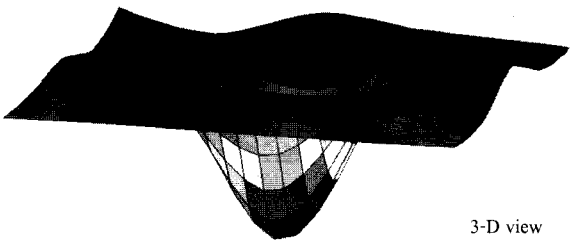




รูปที่ 11 กราฟริก 2 และ 3 มิติ ของการกระจายการยุบตัวจากการยิงแผ่นเกราะชนิดผ้าถักแนวเส้นยืน

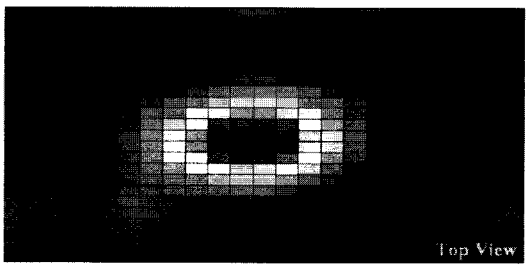
ในรูปที่12 รูปการกระจายตัวของแผ่นเกราะชนิดผ้าทอคล้ายกับผ้าถักคือเป็นรูปวงรีการกระจายตัวของแรงจะกระจายตามแนวเส้นด้ายพุ่งมากกว่าแนวเส้นด้ายยืน ส่วนการยุบตัวจะมากกว่าผ้าถักเล็กน้อย

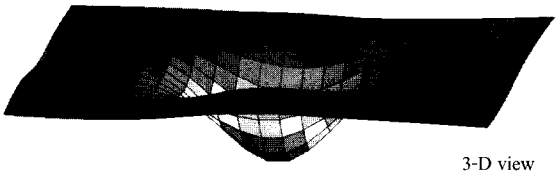




รูปที่ 12 กราฟริก 2 และ 3 มิติ ของการกระจายการยุบตัวจากการยิงแผ่นเกราะชนิดผ้าทอ

ในรูปที่13 รูปการกระจายตัวของแผ่นเกราะของผ้า3มิติเป็นรูปวงรีไปตามแนวเส้นด้ายพุ่งช่นเดียวกับผ้าถักและผ้าทอแต่การยุบตัวน้อยกว่า





รูปที่ 13 กราฟิก 2 และ 3 มิติ ของการกระจายการยุบตัวจากการยิงแผ่นเกราะชนิดผ้าทอ 3 มิติ

จากผลการทดสอบชุดวัดการกระจายแรงทั้งระบบสามารถแสดงผลเป็นรูป 2 มิติ และ 3 มิติได้ อย่างไรก็ตามเครื่องวัดการกระจายแรงและการวัดแรงกระแทกได้ทำการสร้างปืนเครื่องต้นแบบก่อนยังคงต้องพัฒนาต่อไปอย่างต่อเนื่องให้เปรียบเทียบข้อมูลต่างๆได้รวดเร็วและมีความละเอียดสูงขึ้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างสูงมากในการให้ข้อมูลเพื่อพัฒนาโครงสร้างของผ้าให้เหมาะสมกับการป้องกันกระสุนในระดับสูงยิ่งขึ้นได้ต่อไป

4. สรุปผลการวิจัย

ในการวิจัยนี้สามารถสรุปผลได้ดังนี้ จากการทดสอบการป้องกันกระสุนของเสื้อเกราะที่ใช้ผ้าทอลายสานผ่านมาตรฐาน NIJ ระดับ 3A[4] ตามตารางที่1และรูปแบบของเสื้อได้รับการปรับรูปแบบให้ปีดานข้างมากขึ้นโดยเพิ่มปีกด้านข้างของเสื้อออกมาทั้งด้านหน้าและหลังทำให้เพิ่มพื้นที่ปกปิดมากขึ้นตามรูปแบบของทหารใช้. การทดสอบยิงผ้าทอและผ้าถักแนวเส้นยืนแบบมีเส้นพุ่งพบว่าผ้าสามารถป้องกันการทะลุทะลวงของกระสุน 9 มม. ได้ สำหรับการทดสอบยิงผ้าไม่ทอปรากฏว่าสามารถทนการทะลุทะลวงของกระสุน 9 มม. ได้เช่นเดียวกันแต่โครงสร้างของผ้ามีความกระด้างมาก ในระยะต่อไปจะต้องทำให้มีความอ่อนตัวลงอีก ส่วนการทดสอบยิงผ้าทอ 3 มิติ ปรากฏว่าไม่สามารถทนการทะลุทะลวงของกระสุน 9มม.ได้ อย่างไรก็ตามแผ่นเกราะดังกล่าวสามารถทนการทะลุทะลวงของกระสุน .38 ได้ ตามตารางที่ 2

จากผลการออกแบบ และทดสอบชุดวัดการกระจายแรง ทำให้ได้เครื่องต้นแบบสำหรับวัดการกระจายแรง และการยุบตัวของเสื้อเกราะกันกระสุน ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์หลัก ซึ่งพบว่าความรู้ที่ใช้ในการออกแบบเครื่องต้นแบบยังสามารถนำไปพัฒนาชุดวัดให้มีความแม่นยำและมีศักยภาพในการวัดได้ในอนาคต อีกทั้งทำให้เกิดประโยชน์ทั้งด้านงานวิจัยทั้งทางด้านการพัฒนาเสื้อเกราะ และการสนับสนุนงานด้านการศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษาในสาขาที่เกี่ยวข้อง

ผลการทดสอบด้วยเครื่องวัดการกระจายแรงและแรงกระแทกกับผ้าทอ ผ้าถัก และผ้าไม่ทอจะสังเกตุได้ว่าการกระจายตัวของแรงรูปวงกลมของผ้าไม่ทอจะส่งผลให้การยุบตัวของเกราะน้อยกว่าผ้าทอและผ้าถัก แต่อาจจะเนื่องมาจากความกระด้างของผ้าไม่ทอด้วย ซึ่งในระยะต่อไปจะต้องทดสอบในการสลับโครงสร้างในเกราะเดียวกันเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบคุณ สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ กระทรวงอุตสาหกรรม ที่สนับสนุนทุนการทำวิจัย นอกจากนี้ขอขอบคุณ คุณวิรัตน์ ตันเดชานุรัตน์ ผู้อำนวยการสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ และ ดร.ชาญชัย สิริเกษมเลิศ ที่ให้คำแนะนำแนวทางในการทำวิจัย

ขอขอบคุณคณะกรรมการตรวจติดตามงานวิจัยของสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ที่ให้คำแนะนำแนวคิดซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัย การจัดทำรายงานความก้าวหน้าและรายงานฉบับสมบูรณ์

ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร.นำยุทธ สงค์-ธนาพิทักษ์ อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร. สมชัย หิรัญวโรดม คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ส่งเสริมบุคลากรสร้างงานวิจัย

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ภาควิชาเคมีคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กองวิทยาการ กรมพลาธิการทหารอากาศ กองทัพอากาศ แผนกทดสอบทางขีปนวิธี โรงงานวัตถุระเบิดทหาร กรมการอุตสาหกรรมทหาร ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร กองสรรพาวุธ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือในการทำวิจัย ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี สถาบันจิตวิทยาความมั่นคง สถาบันวิชาการป้องกันประเทศ กองบัญชาการกองทัพไทย ที่ช่วยให้คำชี้แนะ

ขอขอบคุณ บริษัท เทยิน โพลีเอสเตอร์ สำหรับเส้นด้ายที่ใช้ในการวิจัย บริษัท ไทยฟาร์อีสต์ จำกัด สำหรับการผลิตผ้าทอ บริษัท เอส อาร์ ทวิสติ้ง จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ ในการกรอเส้นด้าย บริษัท ไทยวิฟวิ่งมิลล์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ ในการถักผ้า ร้านตี๋บูติกสำหรับการตัดเย็บ

6. เอกสารอ้างอิง

[1] สมประสงค์ ภาษาประเทศ และคณะ การศึกษาการผลิตเสื้อเกราะกันกระสุนจากผ้าใยประดิษฐ์ เพื่อนำไปใช้ผลิตในเชิงพานิชย์ ระยะที่1 ศึกษาเส้นใยและโครงสร้างที่เหมาะสมในการผลิตเสื้อเกราะกันกระสุน รายงานการวิจัย พัฒนา Technical Textiles สนับสนุนทุนวิจัย โดยสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ประจำปี 2550

[2] นะรา เฉลิมกลิ่น และ ฉัตรชัย ศุภพิทักษ์สกุล, "การออกแบบทรานสดิวเซอร์วัดแรงโดยใช้ฮอลเอ็ฟเฟคทเซ็นเซอร์", การประชุมเครือข่ายวิชาการ วิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี, 19-21 พฤศจิกายน 2551: GEN18.

[3] นะรา เฉลิมกลิ่น และ ฉัตรชัย ศุภพิทักษ์สกุล, "การประยุกต์ใช้ฮอลเอ็ฟเฟคทเซ็นเซอร์ในการออกแบบทรานสดิวเซอร์วัดแรง", การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 7 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา, 21-22 พฤษภาคม 2552: PEG70R 118.

[4] NIJ Standard-0101.06, Ballistic Resistance of Armor, U.S. Department of Justice, 2005.

[5] Hearle J.W.S, Atlas of fibre fracture and damage to textiles, Woodhead Publishing, England, 1998

[6] Wilson, J, Handbook of textile design, Woodhead Publishing, England, 2001.

[7] Lewin, M, Handbook of Fiber Science and Technology, Volume 3, Marcel Dekker, New