

การพัฒนาชุดลดอันตรายจากสะเก็ดระเบิดสังหารบุคคล
Development of Protective Body-Shield Against Explosive Fractions and Shrapnel
of Small Bomb

สุจิระ ขอบจิตต์เมตต์¹ จิระชัย เกียรติประจักษ์² ดำรง เรืองฤทธิ์² และ อภิชาติ ทิมสุวรรณ²

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์หลักของการวิจัยเรื่องนี้เป็น เพื่อพัฒนาและผลิตเกราะอ่อนที่สามารถป้องกันร่างกายจากสะเก็ดระเบิดสังหารบุคคล โดยเส้นใยสังเคราะห์ที่จัดซื้อได้ง่ายและผลิตภายในประเทศเป็นหลัก ได้แก่ เส้นใยสังเคราะห์ชนิด TWARON FABRIC T-750 และ UHMWPE ซึ่งเส้นใยสังเคราะห์ทั้งสองชนิดมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน คือ เส้นใยสังเคราะห์ TWARON FABRIC T-750 มีความต้านทานแรงดึงได้ดีและคงทน เมื่อใช้งานที่อุณหภูมิสูง สำหรับเส้นใยสังเคราะห์ UHMWPE มีความต้านทานแรงดึงต่อน้ำหนักต่ำกว่า แต่สามารถดูดกลืนพลังงานจนนี้ได้ดีกว่า TWARON FABRIC T-750 ในการวิจัย คือ การออกแบบทางวิศวกรรม โดยการนำแผ่นเส้นใยสังเคราะห์ทั้งสองชนิดมาออกแบบและคำนวณหาจำนวนชั้นที่จะนำมาเรียงซ้อนกัน (Hybridization) เพื่อจะได้วัสดุที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับตัดชุดลดอันตรายจากสะเก็ดระเบิด โดยนำแผ่นเกราะอ่อนแต่ละแบบที่ออกแบบไว้ทดลองยิงด้วยกระสุนขนาด 0.22 นิ้ว น้ำหนัก 40 เกรน ที่ความเร็วปะทะเฉลี่ย 330 เมตรต่อวินาที ที่ระยะการยิง 5 เมตร เพื่อวิเคราะห์หาต้นแบบเกราะอ่อนที่ดีมาเป็นต้นแบบสำหรับตัดเย็บเป็นชุดปฏิบัติการของเจ้าหน้าที่ ผลการทดลองพบว่าแบบของแผ่นเกราะอ่อนที่ออกแบบโดยจัดแผ่นเกราะอ่อนเรียงตัวกันจำนวน 17 ชั้น คือใช้ TWARON FABRIC T-750 จำนวน 5 ชั้น อยู่ด้านนอกและใช้ UHMWPE จำนวน 12 ชั้น อยู่ด้านในทำให้แผ่นเกราะอ่อนมีประสิทธิภาพในการป้องกันสะเก็ดระเบิดได้ดีกว่าทุกแบบที่ทำการทดลอง

คำสำคัญ: วัสดุเกราะ, เกราะอ่อน

Abstract

The major objective of this research was to develop and produce flexible textile shield in order to prevent the body from the explosive fractions and shrapnel of small bomb. The fibers used were produced domestically from TWARON FABRIC T-750 and UHMWPE. The properties such as tensile strength, strain, and heat durability of the two materials were tested and evaluated. The hybridization and amount of layer of the sliver of each material were designed and calculated, with a set of different combinations. The designated sheets were then shot-test with 0.22 inches, 40 grains of weight, 330 meters per second of impact speed, and at 5 meter shooting range. The shot-tests affirmed that the designated combined sheet with 17 layers: 5 layers of TWARON FABRIC T-750 as outer shell and 12 layers of UHMWPE as inner filling was the foremost suitable and protective body-shield against explosive fractions and shrapnel of small bomb of all the designated sheets.

Keywords: Armor Materials, Soft Armor

¹ รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

² กรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกลาโหม (วท.กท.)

1. บทนำ

ประเทศไทยต้องต่อสู้เพื่อการเอาชนะคอมมิวนิสต์และการพิทักษ์ผืนแผ่นดิน เพื่อธำรงไว้ซึ่งอธิปไตยของชาติและบูรณาการแห่งดินแดน การปกป้องและรักษาผลประโยชน์ของชาติการต่อสู้กับขบวนการโจรก่อการร้ายและแบ่งแยกดินแดน ตลอดจนการปกป้องและรักษาความมั่นคงบริเวณแนวชายแดนที่มีอาณาเขตติดต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน ปัจจุบันภัยคุกคามความมั่นคงของชาติที่เกิดจากการกระทำของผู้ก่อความไม่สงบในพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคใต้ได้ทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ระเบิดแสวงเครื่องจุดชนวนระเบิดด้วยโทรศัพท์มือถือรีโมทคอนโทรล แบตเตอรี่และนาฬิกาปลุก แล้วนำระเบิดดังกล่าวไปติดตั้งวางไว้ตามสถานที่และชุมชนสำคัญ ก่อให้เกิดการบาดเจ็บสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินจำนวนมาก เจ้าหน้าที่ทหารและตำรวจที่ทำหน้าที่ในการกิจพิสูจน์ตรวจค้น เก็บกู้และทำลาย วัตถุระเบิดในพื้นที่ดังกล่าวยังขาดแคลนชุดลดอันตรายจากสะเก็ดระเบิดที่มีความเหมาะสมสำหรับสรีระร่างกายของคนไทยและมีประสิทธิภาพ

ที่ผ่านมากรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ศึกษาวิจัยผลิตชุดลดอันตราย ฯ โดยใช้วัสดุเส้นใยสังเคราะห์ 2 ชนิด คือ KEVLAR หนา 5 ชั้น และ SPECTRA หนา 9 ชั้น รวม 14 ชั้น น้ำหนักรวม 11.15 กิโลกรัม และได้มอบผลงาน การวิจัยดังกล่าวให้กับกองทัพภาคที่ 4 ส่วนหน้า ค่ายสิรินธร อ.ยะรัง จ.ปัตตานี จำนวน 5 ชุด เมื่อวันที่ 5 กันยายน 2548 ผลการใช้งานปรากฏว่าใช้ได้ผลเป็นอย่างดีและได้เสนอแนะให้ปรับปรุงโดยขอให้เพิ่มพื้นที่ลดอันตรายในส่วนของแขนทั้ง 2 ข้างให้มีความยาวครอบคลุมถึงฝ่ามือและให้มีความกระชับ คล่องตัวขณะสวมใส่ปฏิบัติงาน พร้อมทั้งยังมีความต้องการ ชุดลดอันตราย ฯ เพิ่มขึ้นอีกด้วย

การผลิตชุดลดอันตราย ฯ ดังกล่าว ต้องประสบกับอุปสรรคทางด้านวัสดุเส้นใยสังเคราะห์ที่ใช้ผลิตชุดลดอันตราย ฯ ทั้ง KEVLAR และ SPECTRA จัดซื้อยากเนื่องจากประเทศสหรัฐอเมริกาผู้ผลิตจำกัดการจำหน่ายให้

ตลาดต่างประเทศในแถบเอเชีย ซึ่งเกรงว่าผู้ก่อการร้ายสากลจะนำไปใช้ในการก่อการร้ายและความไม่สงบ ทั้งยังมีราคาสูง กรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีฯ ได้วิจัยและพัฒนาชุดดังกล่าวร่วมกับภาคอุตสาหกรรมเอกชน คือ บริษัท ยูไนเต็ดอาร์เมอร์ จำกัด และ บริษัท คอบร้า จำกัด ซึ่งมีขีดความสามารถในการผลิตเส้นใยสังเคราะห์ชนิด Ultra High Molecular Weight Polyethylene (UHMWPE) ที่มีคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีทัดเทียมกับเส้นใยสังเคราะห์ SPECTRA ได้และจะใช้เส้นใยสังเคราะห์ชนิด TWARON FABRIC T-750 แทนเส้นใยสังเคราะห์ชนิด KEVLAR ซึ่งจะช่วยให้ชุดลดอันตราย ฯ ที่วิจัยและพัฒนาผลิตมีประสิทธิภาพเหมาะสมตรงตามความต้องการของผู้ใช้ที่มีราคาถูกและสามารถผลิตได้เองภายในประเทศ

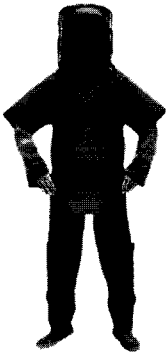
2. กระบวนการวิจัยและพัฒนา

2.1 การศึกษาเบื้องต้นและแนวคิดในการพัฒนาใหม่

กรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีฯ ได้ศึกษาวิจัยผลิตชุดลดอันตราย ฯ ที่มีคุณสมบัติในการป้องกันสะเก็ดระเบิดได้ตามมาตรฐาน NIJ ของประเทศสหรัฐอเมริกา และได้มอบผลงานวิจัยดังกล่าวให้หน่วยเก็บกู้และทำลายวัตถุระเบิดของกองทัพภาคที่ 4 ส่วนหน้าใช้งานแล้วจำนวน 5 ชุด เมื่อวันที่ 5 กันยายน 2548 ซึ่งนวัตกรรมนี้เป็นการวิจัยพัฒนาเพิ่มเติมและปรับปรุงทางด้านารออกแบบชุดให้ครอบคลุมส่วนต่าง ๆ ของร่างกายทั้งหมด โดยไม่เป็นอุปสรรคต่อการปฏิบัติงานเก็บกู้และทำลายวัตถุระเบิดของเจ้าหน้าที่ผู้สวมใส่

2.1.1 เปรียบเทียบด้านเทคโนโลยีระหว่างแนวคิดใหม่กับสิ่งที่มีอยู่แล้วในอดีต

ชุดลดอันตราย ฯ ที่ใช้ในการเก็บกู้และทำลายวัตถุระเบิดในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้โดยกองทัพภาคที่ 4 ส่วนหน้า 1 ชุดมีน้ำหนักรวม 11.15 กิโลกรัม และส่วนประกอบต่าง ๆ ตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 ชุดลดอันตราย ๑ ที่มอบให้ ทก.4 สน.จำนวน 5 ชุด ใช้งานและเป็นต้นแบบที่จะวิจัยพัฒนาผลิตเพิ่มอีก 15 ชุด

- ส่วนป้องกันลำตัวด้านหน้าและด้านหลัง

ภายในชุดประกอบด้วยเส้นใยสังเคราะห์ 2 ชนิด ได้แก่ เส้นใยสังเคราะห์ KEVLAR ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านทานต่อการทะลุทะลวงของสะเก็ดระเบิดและมีความทนทานต่อการใช้งานที่อุณหภูมิสูงมากกับเส้นใยสังเคราะห์ SPECTRA ที่มีค่าความต้านทานแรงดึงต่อน้ำหนักสูงกว่า และสามารถดูดกลืนพลังงานจลน์ได้ดีกว่าเส้นใยสังเคราะห์ KEVLAR ทำให้สามารถช่วยลดน้ำหนักของวัสดุเคราะห์ได้ โดยการนำเอาแผ่นเส้นใยสังเคราะห์ทั้ง 2 ชนิดนี้มาเรียงซ้อนผสมกันในรูปที่แน่นอน (Hybridization) ทำให้ได้วัสดุที่มีน้ำหนักเบาเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เส้นใยสังเคราะห์ KEVLAR เพียงอย่างเดียวที่เคยใช้ในอดีต วัสดุเส้นใยสังเคราะห์ KEVLAR และ SPECTRA มีการเรียงซ้อนกัน รวม 14 ชั้น น้ำหนักรวม 3.3 กิโลกรัม

- ส่วนป้องกันคอ

ภายในประกอบด้วยเส้นใยสังเคราะห์ KEVLAR และ SPECTRA รวม 14 ชั้น น้ำหนักรวม 0.50 กิโลกรัม

- ส่วนประกอบหน้าขาส่วนบนและส่วนล่าง ทั้งสองข้าง

ภายในประกอบด้วยเส้นใยสังเคราะห์ KEVLAR และ SPECTRA รวม 14 ชั้น น้ำหนักรวม 2.6 กิโลกรัม

- ส่วนป้องกันแขนทั้งสองข้างถึงข้อศอก

ภายในประกอบด้วยเส้นใยสังเคราะห์ KEVLAR

และ SPECTRA รวม 14 ชั้น น้ำหนักรวม 1.8 กิโลกรัม

- หมวกป้องกันสะเก็ดระเบิด

ทำจากวัสดุเส้นใยสังเคราะห์ KEVLAR พร้อมอุปกรณ์ประกอบหมวก น้ำหนัก 1.5 กิโลกรัม ส่วนแผงป้องกันใบหน้าทำจากพอลิคาร์บอเนต น้ำหนัก 1.3 กิโลกรัม รวมน้ำหนัก 2.8 กิโลกรัม

- แว่นตา

ทำจากพอลิคาร์บอเนต น้ำหนัก 0.15 กิโลกรัม

2.1.2 แนวความคิดในการพัฒนาใหม่

ชุดลดอันตราย ๑ จำนวน 15 ชุดใหม่ที่จะส่งให้กับผู้ปฏิบัติงานเก็บกู้และทำลายวัตถุระเบิดในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้โดย พ.อ.ทวีศักดิ์ จันทร์วาสินธุ์ ผู้บังคับหน่วย เก็บกู้และทำลายวัตถุระเบิดกองทัพอากาศที่ 4 ส่วนหน้า ค่ายอิงคยุทธบริหาร อ.หนองจิก จ.ปัตตานี ได้ให้ข้อคิดเห็น และข้อเสนอแนะให้ทางสำนักวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกลาโหม ปรับปรุงชุดลดอันตราย ๑ จากเดิมซึ่งเป็นแบบที่ 2 ตามรูป



รูปที่ 2 ชุดลดอันตราย ๑ ที่พัฒนาแบบที่ 2

- เพิ่มส่วนป้องกันแขนทั้งสองข้างให้มีความยาว ปกปิดครอบคลุมถึงฝ่ามือ

- ส่วนป้องกันบริเวณเป้ากางเกงจะขยายแผ่นปิดบริเวณเป้าให้มีขนาดใหญ่ขึ้น แต่มีความกระชับ มิดชิดและมีความสะดวกต่อผู้สวมใส่ขณะปฏิบัติงาน

- ส่วนป้องกันหน้าขาส่วนบนและส่วนล่าง ตัดเย็บเป็นชุดแบบกางเกงขายาวทั่วไปเพื่อสะดวก รวดเร็วต่อการสวมใส่ก่อนออกปฏิบัติงาน

2.1.3 แนวความคิดในการพัฒนาเพิ่มเติมจาก แบบที่ 2

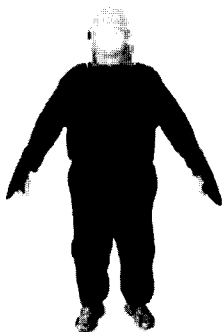
ชุดลดอันตราย ๑ จำนวน 74 ชุดใหม่ที่จะส่งไป ให้ผู้ปฏิบัติงานเก็บกู้ได้มีการพัฒนา ตามรูปที่ 3 คือ

- เพิ่มปกด้านข้างลำตัวเพื่อป้องกันสะเก็ดระเบิด ที่เข้าบริเวณซอกแขน

- มีแผงป้องกันส่วนหน้าเพื่อใช้กับหน้ากากใน การเก็บกู้แบบทำนั่ง

- คอปกมีลักษณะเป็นปีกสูง มีความกว้างพอที่ จะสวมทางศีรษะได้ สามารถป้องกันในบริเวณลำคอ โดยรอบ ท้ายทอย ไบหน้า โดยใช้ประกบกับหมวกและ หน้ากาก

- ตัวเสื้อด้านหน้ามีกระเป๋าหรือช่องสำหรับใส่ เอกสารอุปกรณ์และเครื่องมือสื่อสาร



รูปที่ 3 ชุดลดอันตราย ๑ ที่พัฒนาแบบที่ 3

2.1.4 กำหนดความต้องการของชุดลดอันตราย ๑ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การกำหนดความต้องการของชุดลดอันตราย ๑

ความต้องการ	หัวข้อย่อย	ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	เป้าหมายที่คาดหวัง
ทางด้าน ยุทธการ	ความปลอดภัย	การต้านทานการทะลุทะลวง การดูดกลืนพลังงานปะทะ	สูง สูง
	ความเชื่อมั่น	ผลสำเร็จในการใช้งาน อัตราการเสียหาย	100 % 0 %
	ความคล่องตัว	น้ำหนัก ความอ่อนตัว	เบา ปานกลางถึงสูง
ทางด้าน ส่งกำลังบำรุง	การรักษา	ราคา แหล่งวัตถุดิบของวัสดุหลัก	ถูกกว่าต่างประเทศ ภายในประเทศ
	การซ่อมบำรุง	การซ่อมบำรุงในภาคสนาม	ง่าย
	ความทนทาน	ทนต่อสภาพแวดล้อม ทนต่อการใช้งาน	ดี ดี

2.1.5 กำหนดลักษณะเฉพาะ ดังแสดงในตาราง ที่ 2

ตารางที่ 2 การกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของเกราะอ่อน

ลักษณะเฉพาะ	รายละเอียด	รายละเอียดที่มา
ความสามารถ ในการป้องกัน	กระสุนขนาด 0.22 นิ้ว หัวตะกั่ว น้ำหนัก 40 gr. ความเร็ว 329 m/s	มาตรฐาน NIJ 0101.04 U.S.A
ระยะบุบตัว	44 มิลลิเมตร	มาตรฐาน NIJ 0101.04 U.S.A
ความทนทานต่อ สารเคมี	ผงซักฟอก น้ำมันเครื่อง น้ำมันเชื้อเพลิง	สารเคมีที่ใช้งานทั่วๆ ไป
ความทนทานต่อ สภาพแวดล้อม	แสงแดด ความชื้น น้ำทะเล	สภาพแวดล้อมในประเทศไทย
อุณหภูมิใช้งาน	5 - 42 องศาเซลเซียส	อุณหภูมิค่าสุด-สูงสุดของไทย
อุณหภูมิเก็บรักษา	5 - 60 องศาเซลเซียส	อุณหภูมิค่าสุดตามสถิติของ ไทยและอุณหภูมิสูงสุดในห้อง ขับเข็ญานพาหนะ เมื่อจอดในที่ แห้ง
การติดไฟ	ไม่ติดไฟหรือติดแล้วดับเอง	มาตรฐานการทดสอบที่กำหนด โดยมาตรฐานระดับชาติหรือนานาชาติ

2.2 กระบวนการผลิตแผ่นเส้นใยสังเคราะห์ชนิด

UHMWPE

2.2.1 เครื่องมือ อุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในกระบวนการผลิต UHMWPE

- เครื่องจักรอัดซ้อน (Laminating Machine)

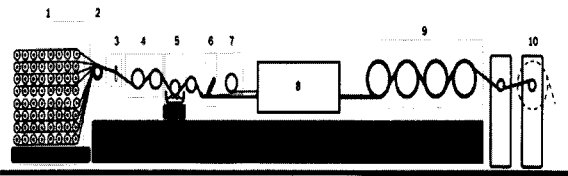
- เส้นใยสังเคราะห์ Polyethylene ที่มีคุณสมบัติ

ดังนี้

1. เบอร์และขนาด 1,300 Denier 300 Filament
 2. ความหนาแน่น (Density) = 0.97 g/cm^3
 3. ความเหนียว (Tenacity) = 35 g/D
 4. การทนต่อแรงดึง (Modulus) = $1,100 \text{ g/D}$
 5. การยืด (Elongation) = น้อยกว่า 3%
- แผ่นฟิล์ม PE (Polyethylene) หนา 1.2 ไมครอน
 - กาวเรซิน (Synthetic Copolymer Resins 307)
 - ตัวทำละลาย (Solvent Poulenc)

2.2.2 การอัดซ้อน (Lamination) เส้นใยสังเคราะห์

PE และแผ่นฟิล์ม PE



รูปที่ 4 กระบวนการผลิตแผ่นเส้นใยสังเคราะห์ชนิด UHMWPE

การทำงานของเครื่องจักรอัดซ้อน ในรูปที่ 4 คือ ตำแหน่งที่ 1 เป็นส่วนที่จัดเตรียมเส้นใยสังเคราะห์ Polyethylene ที่มีคุณสมบัติตามที่กำหนด จำนวนหลอดของเส้นใยจะขึ้นอยู่กับหน้ากว้างของแผ่นเส้นใยสังเคราะห์ที่ต้องการ เช่น ถ้าต้องการหน้ากว้าง 150 เซนติเมตรจะต้องใช้เส้นใยสังเคราะห์จำนวน 420 หลอด หรือจำนวน 420 เส้น เป็นต้น

ตำแหน่งที่ 2 เป็นการเรียงเส้นใยให้อยู่ตำแหน่งเดียวกัน โดยเส้นใยจะพาดผ่านบนลูกกลิ้งกลม

ตำแหน่งที่ 3 เป็นที่อยู่ของฟันหวีซึ่งจะทำหน้าที่เมื่อเส้นใยสังเคราะห์ถูกป้อนจากตำแหน่งที่ 2 ซึ่งฟันหวีจะทำให้เส้นใยเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบไม่พันติดกันและเรียงตัวอยู่ในแนวระนาบ เพื่อรอการเคลือบเส้นใยด้วยกาวต่อไป ฟันหวีที่ใช้จะมี 2 ชั้นวางเหลื่อมกันเพื่อลดช่องว่างระหว่างเส้นใยแต่ละเส้นและให้เส้นใยเรียงตัวเต็มพื้นที่

ตำแหน่งที่ 4 เป็นที่อยู่ของลูกกลิ้ง 2 ลูก ในลักษณะตัว S ลูกกลิ้งทั้ง 2 ลูกนี้ทำหน้าที่ดึงเส้นใยทั้ง 420 เส้นให้ตึงโดยใช้แรงดึง 100 กิโลกรัม

ตำแหน่งที่ 5 เป็นอ่างสารเคมี (กาวและส่วนผสม) และลูกกลิ้งซึ่งวางจมอยู่ในสารเคมีลึกไม่เกิน 1 เซนติเมตร ในขั้นนี้เส้นใยที่ถูกแรงดึงจนตึงได้ที่แล้วจะถูกลำเลียงผ่านลูกกลิ้งที่จมอยู่ในสารเคมีในอ่างสารเคมีดังกล่าวจะเคลือบเส้นใยพร้อมที่จะติดกับแผ่นฟิล์ม PE ในขั้นต่อไป การควบคุมปริมาณของสารเคมีจะใช้ระบบลูกลอยและปั๊ม เพื่อให้ปริมาณของสารเคมีคงที่ตลอดเวลา

สำหรับสารเคมีประกอบด้วยกาวเรซินและสารเหนียวทำหน้าที่ยึดเกาะ โดยมีสารพอลูอินเป็นตัวทำละลายในอัตราส่วน 4 : 1 เช่น ถ้าจะนำแผ่นใยสังเคราะห์ที่ผ่านกระบวนการอัดซ้อน แล้วไปผลิตเป็นแผ่นกระดาษอ่อนจะต้องใช้กาวเรซินจำนวน 100 ส่วนต่อตัวทำละลาย 10.50 ส่วน แต่ถ้าต้องการผลิตเป็นกระดาษแข็งจะต้องใช้กาวเรซินจำนวน 100 ส่วนต่อตัวทำละลาย 22 ส่วน เนื่องจากกระดาษแข็งต้องการการยึดเกาะผิวมากกว่าอีกทั้งยังต้องผ่านกระบวนการอัดแผ่นกระดาษด้วยแรงดันสูงอีกด้วย

ตำแหน่งที่ 6 เป็นแท่งพลาสติกที่ทำหน้าที่กั้นหรือปาดสารเคมีให้เสมอกันตามแนวระนาบหน้ากว้างของแผ่นใยสังเคราะห์ โดยจะมีถาดรองรับสารเคมีที่ถูกปาดล้นเกินออกมา เพื่อนำเข้าถังสารเคมีและนำกลับไปใช้ในตำแหน่งที่ 5 ต่อไป

ตำแหน่งที่ 7 เป็นที่อยู่ของลูกกลิ้ง 2 ลูกวางขนานกัน ในขั้นตอนนี้เส้นใยสังเคราะห์ที่ผ่านการเคลือบสารเคมีในตำแหน่งที่ 6 แล้วจะป้อนผ่านลูกกลิ้งทั้ง 2 ลูกพร้อมกับแผ่นฟิล์ม PE ที่ผ่านการ Corona Treatment แล้ว (การ Corona Treatment คือ การยิงโมเลกุลของแผ่นฟิล์ม PE ให้ผิวขรุขระเพื่อให้เกิดการยึดเกาะที่เหนียวแน่น) ความหนา 1.2 ไมครอน การวนผ่านลูกกลิ้งทั้ง 2 ลูกพร้อมกันจะทำให้ทั้งเส้นใยสังเคราะห์ PE และแผ่นฟิล์ม PE ตึงและติดแนบแน่นไปด้วยกัน

ตำแหน่งที่ 8 เป็นที่อยู่ของตู้อบความร้อนและเครื่องเป่าลมเย็นในขั้นตอนนี้เส้นใยสังเคราะห์ PE และแผ่นฟิล์ม PE ที่ดึงตึงแน่นจากตำแหน่งที่ 7 จะป้อนผ่านตู้อบความร้อนที่อุณหภูมิ 70 - 80 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็ว 20 เมตร/ชั่วโมง เพื่อให้เส้นใยสังเคราะห์ PE ติด

แน่นกับแผ่นฟิล์ม PE อย่างสมบูรณ์ โดยไม่ทำลายคุณสมบัติทางเคมีของแผ่นโพลีเอทิลีนและจะมีการเป่าด้วยลมเย็น เพื่อให้แผ่นโพลีเอทิลีนที่แห้งสนิทก่อนออกจากตู้อบดังกล่าว ขั้นตอนนี้ถือว่าการอัดขึ้นที่สมบูรณ์แล้ว

ตำแหน่งที่ 9 เป็นชุดลูกกลิ้ง 4 ลูก ทำหน้าที่ในการให้แผ่นโพลีเอทิลีนที่ผ่านการอัดขึ้นที่แล้วในตำแหน่งที่ 8 ป้อนผ่านพร้อมกับดึงแผ่นโพลีเอทิลีนด้วยแรงที่สม่ำเสมอ ในระหว่างที่ลดอุณหภูมิลงให้เหลือเท่ากับอุณหภูมิห้องก่อนม้วนเก็บเข้าแกนในตำแหน่งที่ 10 ต่อไป

การทำให้แผ่นโพลีเอทิลีนที่ผ่านการอัดขึ้นที่แล้วมีประสิทธิภาพในการรับแรงกระแทกหรือการทะลุทะลวงดียิ่งขึ้นจะต้องนำแผ่นโพลีเอทิลีนดังกล่าวไปเข้าสู่กระบวนการอัดขึ้นที่อีกครั้งในตำแหน่งที่ 7 โดยใช้แผ่นโพลีเอทิลีนที่ผ่านการอัดขึ้นที่แล้วแทนแผ่นฟิล์ม PE แต่ให้แผ่นโพลีเอทิลีนทั้ง 2 แผ่นทำมุมกัน 90 องศาแล้วดำเนินการตามกรรมวิธีต่อไปจนจบกระบวนการอัดขึ้นที่

2.3 การทดสอบหาค่าของแผ่นโพลีเอทิลีนชนิด

UHMWPE

ผลทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D5034 ได้ตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าทดสอบแผ่นเส้นโพลีเอทิลีนชนิด

UHMWPE

ค่าความถ่วงจำเพาะ (-)	ค่าแรงโมดูลัส (GPa)	ค่าความต้านแรงดึง (GPa)	ความเครียดเสียหาย (%)	ค่ากำลังของวัสดุ (lb/in ²)	อุณหภูมิจุดหลอมเหลว (°C)
0.97	125	3	2.8	425,000	150

3. การเตรียมการทดสอบ

3.1 สนามทดสอบ

สนามทดสอบเป็นพื้นที่ที่ใช้ในการยิงทดสอบ โดยจะต้องมีลักษณะเป็นห้องปิดและจะต้องมีการควบคุม

สภาพแวดล้อมไม่ให้มีสิ่งรบกวนจากภายนอกส่งผลกระทบต่อกับการทดสอบ เช่น กระแสลมและจะต้องมีความปลอดภัยสามารถป้องกันอันตรายในขณะที่ทดสอบด้วย

3.2 อุปกรณ์วัดความเร็ว

การวัดความเร็วของกระสุนและการคำนวณค่าต่าง ๆ สามารถหาได้โดยใช้ชุดทดสอบความเร็วกระสุนที่ผลิตโดยบริษัท Saber Ballistics ซึ่งแต่ละชุดประกอบด้วย

3.2.1 ส่วนประมวลผล เป็นอุปกรณ์คอมพิวเตอร์

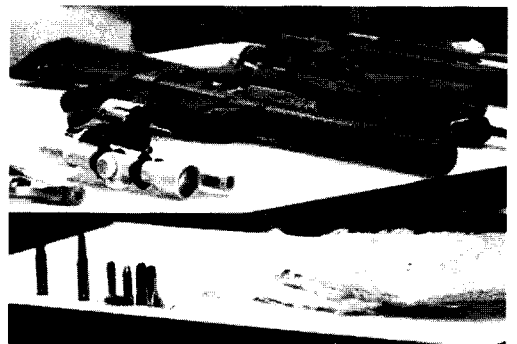
ส่วนบุคคลเชื่อมต่อกับระบบเซ็นเซอร์ต่าง ๆ มีหน้าที่บันทึกค่าและประมวลผลข้อมูลระหว่างที่มีการยิง ทำให้ทราบค่าต่าง ๆ จากผลการยิง คือ ความเร็วเฉลี่ย ความแม่นยำ พลังงานที่ได้และความดันในรังเพลิง

3.2.2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เป็นชุดโปรแกรมที่

รับข้อมูลจากระบบเซ็นเซอร์ต่าง ๆ และคำนวณค่าที่ได้โดยโปรแกรมที่ใช้ คือ SABRE IRIS Rev 2.0 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ถูกพัฒนาโดยบริษัท Saber Ballistics เพื่อใช้กับงานทดสอบการยิงโดยเฉพาะ โดยผลที่ได้จะอยู่ในรูปของความเร็วจลี่ย ความแม่นยำ พลังงานที่ได้ ความดันในรังเพลิงและค่าทางสถิติ

3.2.3 อาวุธปืนและกระสุนที่ใช้ทดสอบ(รูปที่ 5)

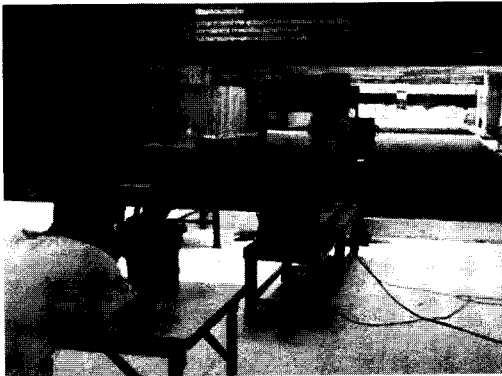
เป็นปืนเล็กยาวขนาด .22 นิ้ว ขนาดลำกล้องยาว 24 นิ้ว ยี่ห้อ REMINGTON และกระสุนขนาด 0.22 นิ้ว LR (หัวตะกั่ว) มีน้ำหนัก 40 เกรน (2.6 กรัม)



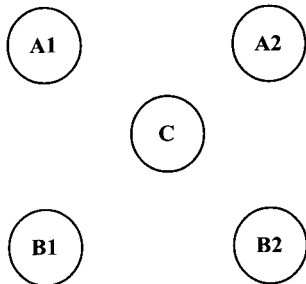
รูปที่ 5 อาวุธปืนและกระสุนที่ใช้ในการทดสอบ

3.2.4 อุปกรณ์วัดความเร็ว เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วของกระสุน ประกอบด้วยฉากวัดความเร็วจำนวน 2 ชุด ซึ่งแต่ละชุดประกอบด้วยอุปกรณ์ตรวจจับแสง ทำให้ทราบค่าเวลา 2 ตำแหน่ง (เวลาเริ่มและเวลาหยุด) เพื่อส่งข้อมูลให้ส่วนประมวลผลนำไปคำนวณหาความเร็วเฉลี่ยต่อไป

การเตรียมการทดสอบให้จัดวางอุปกรณ์ต่าง ๆ ตาม รูปที่ 6 ติดตั้งฉากจับเวลาให้อยู่ในแนวตั้งฉากกับวิถีกระสุนและเตรียมกระบะวัสดุหนูนที่ผ่านการทดสอบความแน่น เตรียมเครื่องวัดความเร็วกระสุน กระสุนและปืนที่จะทดสอบ การเตรียมการยิงทดสอบ ได้แก่ การเตรียมปืนและกระสุนทดสอบ การตรวจความเร็วเรียบร้อยของกระสุนที่บรรจุดินขับตามความเร็วที่กำหนดและการกำหนดจุดยิง (Marking) ตามรูปที่ 7



รูปที่ 6 การจัดวางอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดสอบ



รูปที่ 7 การกำหนดจุดยิง

3.3 แผ่นรองหนูน

แผ่นรองหนูน หมายถึง วัสดุชนิดอ่อน ดินน้ำมัน หรือดินเหนียวที่ผ่านการทดสอบความแน่นตามที่กำหนด ขึ้นรูปเป็นเนื้อเดียวสำหรับวางแผ่นกระาะอ่อนที่ใช้เป็นเป้ารับการตกกระทบของกระสุนทดสอบ การเตรียมกระบะวัสดุหนูน มีการกำหนดค่าเริ่มต้นของวัสดุหนูนดังนี้

3.3.1 โครงกระบะมีขนาด 610 x 610 x 140 มิลลิเมตร (24.0 x 24.0 x 5.5 นิ้ว) ทุกมิติ ± 2 มิลลิเมตร (± 0.06 นิ้ว) ฝาด้านหลังของกระบะควรทำด้วยไม้หรือไม้อัดที่มีความหนา 19.1 มิลลิเมตร (0.75 นิ้ว) สามารถถอดเปลี่ยนได้โดยง่าย

3.3.2 การเตรียมวัสดุหนูนเพื่อบรรจุในกระบะ โดยนวดวัสดุหนูนด้วยมือเพื่อให้การวัดความลึกของรอยยุบตัวสามารถกระทำได้อย่างเที่ยงตรงและแม่นยำ ใช้อุปกรณ์ตีดินที่มีความยาวเพียงพอที่จะทำให้ผิวหน้าดินเรียบเป็นระนาบเดียวกันทั้งกระบะพร้อมทั้งอัดดินให้แน่น เพื่อให้เกิดช่องว่างน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ ปาดผิวหน้าให้เรียบราบเสมอกัน โดยใช้ขอบกระบะเป็นระนาบอ้างอิง แล้วจึงทำการทดสอบความแน่น

3.3.3 การทดสอบความแน่นของวัสดุหนูนจะต้องปฏิบัติก่อนการยิงทดสอบกระสุนทุกชุดเสมอ ดินที่ไม่ผ่านการทดสอบจะทำให้ผลการยิงทดสอบ ไม่ถูกต้อง ในการทดสอบควรใช้อุปกรณ์และเทคนิค ดังนี้

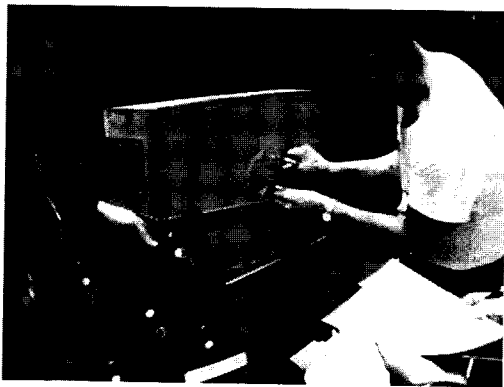
- ใช้ลูกตุ้มเหล็กกล้ำรูปร่างทรงกลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 63.5 มิลลิเมตร ± 0.05 มิลลิเมตร (2.5 นิ้ว ± 0.001 นิ้ว) และมีน้ำหนัก 1,043 กรัม ± 5 กรัม (2.29 ปอนด์ ± 0.01 ปอนด์)

- ความสูงของการทิ้งลูกตุ้ม 2.0 เมตร (6.56 ฟุต) ลูกตุ้มทิ้งลงมาอย่างอิสระ

- ระยะห่างของจุดที่ทิ้งลูกตุ้มบนวัสดุหนูนให้ทิ้งห่างจากขอบกระบะอย่างน้อย 76 มิลลิเมตร (3.0 นิ้ว) และห่างจากจุดศูนย์กลางของตำแหน่งที่ทิ้งเดิมไม่น้อยกว่า 156 มิลลิเมตร (6.0 นิ้ว)

3.3.4 การทดสอบความแน่นมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความแน่นของเนื้อวัสดุหนูนที่พอเหมาะแก่การ

ใช้งานยิงทดสอบวัสดุเกราะอ่อน กระทำโดยการยิงลูกค้อน เพื่อสอบเทียบจำนวน 5 ครั้ง โดยในแต่ละครั้งควรให้ลูกค้อนตกลงบนตำแหน่งเป้าหมายที่กำหนดไว้ (รูปที่ 8) นำรอยยุบตัวทั้ง 5 ครั้งนั้นมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย ซึ่งค่าเฉลี่ยนี้ต้องได้ตามเกณฑ์ 19 มิลลิเมตร \pm 2 มิลลิเมตร (ควรเตรียมตัวอย่างขนาดที่สามารถบรรจุกระสุนทดสอบได้ สำหรับใช้ในการปรับสภาพวัสดุหุ้ให้สามารถสอบซ่อมการทดสอบความแน่นอนจนได้ตามเกณฑ์) ทั้งนี้ควรใช้อุปกรณ์ช่วยยิงเป้าหมาย เช่น Pointing Laser หรืออื่น ๆ เพื่อชี้จุดที่ต้องการให้ลูกค้อนตกลงมา



รูปที่ 8 การวัดรอยยุบตัวของวัสดุหุ้

4. วิธีการทดสอบ

วิธีการทดสอบชุดลดอันตราย ๑ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาข้อยุติเกี่ยวกับการกำหนดการจัดเรียงชั้นวัสดุที่เหมาะสมของวัสดุเส้นใยสังเคราะห์ที่จะนำมาเป็นต้นแบบเพื่อผลิตชุดลดอันตราย ๑ ซึ่งแบ่งการทดสอบเป็น 2 ขั้นตอน คือ

4.1 การทดสอบขั้นต้น

เป็นการยิงทดสอบเพื่อหาข้อมูลและความเหมาะสมของวัสดุเส้นใยสังเคราะห์ที่จะนำมาผลิตชุดลดอันตราย ๑ วัสดุที่ใช้ในการทดสอบในครั้งนี้ ได้แก่ เส้นใยสังเคราะห์ TWARON FABRIC T-750 และเส้นใยสังเคราะห์ UHMWPE ที่ผลิตในประเทศไทยโดย บริษัท ยูไนเต็คอาร์เมอร์ จำกัด นำเส้นใยสังเคราะห์ทั้ง 2 ชนิด มาวางเรียงซ้อนกัน

แบบผสม (Hybrid) จำนวน 4 แบบ แล้วทำการยิงทดสอบด้วยปืนยาวขนาด 0.22 นิ้ว ลำกล้องยาว 24 นิ้ว ยี่ห้อ REMINGTON และกระสุนขนาด 0.22 นิ้ว LR (หัวตะกั่ว) น้ำหนัก 40 เกรน (2.6 กรัม) ระยะยิง 5 เมตร ด้วยความเร็วปะทะเฉลี่ย 331 เมตร/วินาที พบว่า แผ่นเกราะอ่อนแต่ละแบบมีการตอบสนองต่อการปะทะของโพรเจกไทล์ (Projectile) แตกต่างกันในด้านการต้านทานต่อการทะลุทะลวงและการดูดกลืนพลังปะทะ โดยผลการทดสอบยิงแผ่นเกราะอ่อนทั้ง 4 แบบ มีดังนี้

4.1.1 แบบที่ 1 ใช้วัสดุเส้นใยสังเคราะห์ TWARON FABRIC T-750 และเส้นใยสังเคราะห์ UHMWPE ตัดขนาดให้มีความกว้าง x ยาว คือ 1 x 1 ฟุต นำมาเรียงซ้อนกันแบบผสม โดยนำเส้นใยสังเคราะห์ TWARON FABRIC T-750 เป็นแผ่นปะทะหน้าจำนวน 5 ชั้น และเส้นใยสังเคราะห์ UHMWPE เป็นแผ่นรองหลังจำนวน 22 ชั้น นำมาเย็บติดกันที่มุมทั้ง 4 ด้านของแผ่นเกราะอ่อน น้ำหนักรวม 0.575 กิโลกรัม ผลการยิงทดสอบตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการยิงทดสอบแผ่นเกราะอ่อน แบบที่ 1

กระสุน ชนิดที่	จุด ยิง	ความเร็ว (m/s)	รอยยุบตัว (mm)	กระสุนหยุดที่ชั้น	หมายเหตุ
1	C	336.20	4	3 ของ TWARON	ความเร็วมาตรฐาน 329 เมตร/วินาที
2	A1	322.04	6	3 ของ TWARON	
3	A2	319.64	8	4 ของ TWARON	ความเร็วเฉลี่ย 326 เมตร/วินาที
4	B1	328.46	-	3 ของ TWARON	
5	B2	324.45	8	3 ของ TWARON	

4.1.2 แบบที่ 2 ใช้เส้นใยสังเคราะห์เช่นเดียวกับแบบที่ 1 ต่างกันที่ใช้เส้นใยสังเคราะห์ TWARON FABRIC T-750 จำนวน 8 ชั้น และเส้นใยสังเคราะห์ UHMWPE จำนวน 15 ชั้น น้ำหนักรวม 0.565 กิโลกรัม ผลการยิงทดสอบตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการยิงทดสอบแผ่นเกราะอ่อน แบบที่ 2

กระสุน ชนิดที่	จุด ยิง	ความเร็ว (m/s)	รอยยุบตัว (mm)	กระสุนหยุดที่ชั้น	หมายเหตุ
1	C	333.81	9	4 ของ TWARON	ความเร็วมาตรฐาน 329 เมตร/วินาที
2	A1	332.38	9	3 ของ TWARON	
3	A2	337.69	10.5	3 ของ TWARON	ความเร็วเฉลี่ย 336 เมตร/วินาที
4	B1	335.47	10	4 ของ TWARON	
5	B2	314.88	11	4 ของ TWARON	

4.1.3 แบบที่ 3 ใช้เส้นใยสังเคราะห์เช่นเดียวกับแบบที่ 1 ต่างกันที่ใช้เส้นใยสังเคราะห์ TWARON FABRIC T-750 จำนวน 5 ชั้น และเส้นใยสังเคราะห์ UHMWPE จำนวน 15 ชั้น น้ำหนักรวม 0.556 กิโลกรัม ผลการยิงทดสอบตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการยิงทดสอบแผ่นเกราะอ่อน แบบที่ 3

กระสุน ชนิดที่	จุด ยิง	ความเร็ว (m/s)	รอยยุบตัว (mm)	กระสุนหยุดที่ชั้น	หมายเหตุ
1	C	330.62	12	5 ของ TWARON	ความเร็วมาตรฐาน 329 เมตร/วินาที
2	A1	331.46	13.5	5 ของ TWARON	
3	A2	329.51	13	3 ของ TWARON	ความเร็วเฉลี่ย 332 เมตร/วินาที
4	B1	332.67	14	4 ของ TWARON	
5	B2	335.34	12.5	4 ของ TWARON	

4.1.4 แบบที่ 4 ใช้เส้นใยสังเคราะห์เช่นเดียวกับแบบที่ 1 ต่างกันที่ใช้เส้นใยสังเคราะห์ TWARON FABRIC T-750 จำนวน 5 ชั้น และเส้นใยสังเคราะห์ UHMWPE จำนวน 12 ชั้น น้ำหนักรวม 0.546 กิโลกรัม ผลการยิงทดสอบตามตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการยิงทดสอบแผ่นเกราะอ่อน แบบที่ 4

กระสุน ชนิดที่	จุด ยิง	ความเร็ว (m/s)	รอยยุบตัว (mm)	กระสุนหยุดที่ชั้น	หมายเหตุ
1	C	328.31	14.5	4 ของ TWARON	ความเร็วมาตรฐาน 329 เมตร/วินาที
2	A1	330.62	16	5 ของ TWARON	
3	A2	331.57	17.5	5 ของ TWARON	ความเร็วเฉลี่ย 330 เมตร/วินาที
4	B1	330.81	15.5	4 ของ TWARON	
5	B2	329.65	16.5	4 ของ TWARON	

จากผลการทดสอบทั้ง 4 แบบข้างต้น ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้น คือ ระยะยุบตัวของแผ่นรองรับแผ่นเกราะทดสอบและจำนวนชั้นที่กระสุนทะลุของแผ่นเกราะอ่อน ซึ่งระยะยุบตัวของแผ่นดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติในการดูดกลืนพลังงานปะทะของแผ่นเกราะอ่อน ส่วนจำนวนชั้นที่แผ่นเกราะอ่อนทะลุแสดงถึงความสามารถในการต้านทานการทะลุทะลวงของ Projectile ดังนั้นจึงนำแบบที่ 4 มาเป็นต้นแบบในการผลิตชุดลดอันตราย ฯ เพื่อสนับสนุนเจ้าหน้าที่เก็บกู้และทำลายวัตถุระเบิดที่ปฏิบัติงานอยู่ในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยต่อไป

4.2 การทดสอบขั้นสุดท้าย

เป็นการทดสอบชุดลดอันตราย ฯ ที่ออกแบบและตัดเย็บแล้วเพื่อให้หน่วยที่ใช้มีความมั่นใจในประสิทธิภาพของผลงานดังกล่าวและผู้ดำเนินการทดสอบ คือ เจ้าหน้าที่ชุดทำลายล้างวัตถุระเบิดหน่วยเฉพาะกิจอโณทัย กองอำนวยการรักษาความมั่นคงภายในภาค 4 ส่วนหน้า นำโดย พ.อ.ทวีศักดิ์ จันทร์สินธุ์ โดยใช้สนามทำลายวัตถุระเบิดของแผนกที่ 6 กองคลังแสงที่กรมสรรพาวุธทหารบก อ.เมืองราชบุรี เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2551 มีการปฏิบัติเกี่ยวกับการทดสอบที่สำคัญ คือ

4.2.1 การทดลองสวมใส่ชุดลดอันตราย ฯ โดยเจ้าหน้าที่ชุดทำลายล้างวัตถุระเบิด เพื่อทดสอบความเหมาะสมเกี่ยวกับความคล่องตัวและความกระชับ ผลปรากฏว่ามีความเหมาะสม มีความคล่องตัวดีและเจ้าหน้าที่พอใจกับชุดลดอันตราย ฯ ดังกล่าว

4.2.2 การทดสอบภาคสนาม คณะผู้วิจัยได้นำชุดลดอันตราย ฯ ไปแต่งสวมใส่กับหุ่นยืนแบบเต็มชุดแล้วนำหุ่นยืนดังกล่าวไปติดตั้งที่สนามทดสอบ การทดสอบใช้อุปกรณ์ 2 ชนิด คือ

- ใช้อาวุธปืนยาว ขนาด 0.22 นิ้ว ลำกล้องยาว 24 นิ้ว ยี่ห้อ REMINGTON และกระสุนขนาด 0.22 นิ้ว LR (หัวตะกั่ว) น้ำหนัก 40 เกรน (2.6 กรัม) ความเร็วปะทะเฉลี่ย 331 เมตร/วินาที ที่ระยะ 5 เมตร ยิ่งด้านหลังของหุ่นยืนจำนวน 17 นัดตั้งแต่ หมวก หลัง แขนและขาทั้งสองข้าง

ผลปรากฏว่ากระสุนปืนดังกล่าวไม่สามารถทะลุทะลวง
ทั้งหมดและซัดลั่นครายจากสะเก็ดระเบิดสังหารบุคคลได้
- ใช้ระเบิดแสวงเครื่องที่ออกแบบให้มีรูปร่าง
คล้ายกับระเบิดสังหารบุคคลชนิดสะเก็ดระเบิดกำหนด
ทิศทางหรือที่เรียกว่าระเบิดเคล์โมซึ่งภายในบรรจุเศษ
โลหะชนิดต่างน้ำหนัก 2.8 กิโลกรัมและดินระเบิดชนิด
แอมโมเนียมไนเตรดน้ำหนัก 1.3 กิโลกรัม น้ำหนักรวม 4.1
กิโลกรัม พร้อมทั้งใช้ดินระเบิดชนิด C-4 เป็นดินขยายการ
ระเบิดประกอบติดตั้งกับเชื้อปะทุไฟฟ้า (Electric Cap)
จุดชนวนระเบิดด้วยไฟฟ้าระเบิดแสวงเครื่องนี้มีรัศมี
อันตราย 200 เมตร รัศมีจลรรจ์ 50 เมตร นำไปติดตั้ง
ด้านหน้าของหุ่นยนต์สวมใส่ชุดลั่นครายจากสะเก็ด
ระเบิดสังหารบุคคลห่างจากหุ่นยนต์ 3 เมตร ซึ่งเป็นระยะ
ปฏิบัติการของเจ้าหน้าที่ทำลายล้างวัตถุระเบิดแล้วจุดชนวน
ระเบิด ผลการทดสอบปรากฏว่าชุดลั่นคราย ๑ สามารถ
ป้องกันสะเก็ดระเบิดได้เป็นอย่างดีสร้างความพอใจให้กับ
หน่วยผู้ใช้เป็นอย่างมาก พร้อมทั้งร่วมแสดงความยินดีใน
ความสำเร็จของโครงการนี้ด้วย

5. บทสรุป

การวิจัยเพื่อพัฒนาผลิตชุดลั่นคราย ๑ ตามที่
กรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกลาโหม บริษัท ยูไนเต็ด
อาร์เมอร์จำกัดและบริษัท คอปร้า จำกัด ได้ศึกษาวิจัยและ
พัฒนาโดยได้รับเงินทุนวิจัยจากสำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ
ซึ่งผลการดำเนินงานที่ผ่านมากณะผู้วิจัยได้ดำเนินการและ
บริหารโครงการตามแผนงานที่วางไว้อย่างรอบคอบ เพื่อ
ให้บรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการอย่างมีประสิทธิภาพ
สามารถผลิตชุดลั่นคราย ๑ ที่มีประสิทธิภาพเหมาะสม
ตรงตามความต้องการของผู้ใช้จำนวน 15 ชุด มอบให้
กองทัพภาคที่ 4 ส่วนหน้าพร้อมคู่มือการใช้งานและ
กระบวนการผลิตเส้นใยสังเคราะห์ Ultra High Molecular
Weight Polyethylene (UHMWPE) ที่มีคุณสมบัติทาง
กายภาพและเคมีใกล้เคียงกับเส้นใยสังเคราะห์ SPECTRA
ที่ผลิตจากต่างประเทศและมีราคาสูงกว่ามาก

เอกสารอ้างอิง

- [1]_____, 1993, "Point Blank Body Armor,"
- [2]_____, "Dupont the Second Generation of Ballistic
Protection,"
- [3]_____, "SPECTRA High Performance Fibers for
Reinforced Composites," Allied-Signal.
- [4]_____, 1992. "SPECTRA High Performance Fibers
An Overview of Properties and Applications,"
Allied-Signal, Inc.
- [5]_____, "SPECTRA High Performance Fibers for
Reinforced Composites," Allied-Signal, Inc.
Ballistics (n.d.).
- [6]Greszczuk L.B., 1975. "Response of Isotropic and
Composite Materials to Particle Impact,"
Foreign Object Impact Damage to Composites.
ASTM STP 568 : American Society for Testing
and Materials.
- [7]Zukas J.A. ed., 1990. "High Velocity Impact Dynamics,"
John Wiley and Son Inc.
- [8]National Institute of Justice, 2003. "NIJ Standard
0108.04 Ballistic Resistance of Protective
Materials," U.S.
Department of Justice.
- [9]Teijin – Human Chemistry, 2006. "Human Solutions
Twaron The Power of Aramid," Ballistics
Material Handbook.
- [10]วีระ พลวัฒน์ และคณะ, 2531. "รายงานโครงการวิจัย
และพัฒนาชุดลั่นครายทหารช่าง,"
ศูนย์วิจัยและพัฒนาการทหาร.