รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาการผลิตเสื้อเกราะกันกระสุน

The Development of Bulletproof Vest Production

นายสมชาย อุดร

นายมนูญ จิตต์ใจฉ่ำ

นางสาวบุญศรี คู่สุขธรรม

นายโอภาส เชาวนานนท์

กันยายน พ.ศ. 2550

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาการผลิตเสื้อเกราะกันกระสุน

The Development of Bulletproof Vest Production

คณะผู้วิจัย	สังกัด
นายสมชาย อุดร	สาขาวิชาวิศวกรรมเคมีสิ่งทอ
นายมนูญ จิตต์ใจฉ่ำ	สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งทอ
นางสาวบุญศรี คู่สุขธรรม	สาขาวิชาวิศวกรรมเคมีสิ่งทอ
นายโอภาส เชาวนานนท์	สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งทอ
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

สนับสนุนโดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบประมาณผลประโยชน์ 2550

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการผลิตเสื้อเกราะกันกระสุน เพื่อพัฒนาการผลิตเสื้อเกราะกันกระสุนจากเส้นใยเคฟลาร์ชนิดเส้นใยสั้น

เส้นด้ายเคฟลาร์ชนิดเส้นใยสั้นถูกนำมาทอเป็นผ้าลายสอง ผ้าเคฟลาร์และแผ่นตะแกรงเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมถูกนำมาซ้อนทับกัน และทดสอบความคงทนของวัสดุด้วยกระสุนปืน

ผลจากการศึกษาพบว่า ความคงทนของวัสดุขึ้นอยู่กับชนิดของกระสุน และจำนวนชั้นของวัสดุ นอกจากนี้ ชั้นของตะแกรงเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมไม่มีผลต่อความคงทนของวัสดุ การซ้อนทับกันของวัสดุตั้งแต่ 30 ชั้นขึ้นไป ทำให้วัสดุมีความคงทนต่อกระสุนขนาด .44 แมกนัม

เสื้อเกราะกันกระสุนที่ประกอบด้วยผ้าเคฟลาร์จำนวน 32 ชั้น มีประสิทธิภาพในการป้องกันกระสุนขนาด .44 แมกนัมได้ดี ดังนั้น การใช้เส้นใยเคฟลาร์ชนิดเส้นใยสั้นในการผลิตเสื้อเกราะกันกระสุน จึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกัน

ABSTRACT

This research was to study the development of bulletproof vest production from spun kevlar.

Spun kevlar was weaved to the plain weave fabrics. Kevlar fabric and wire stainless stell were overlaped and tested its resistance with bullet.

The results showed that the resistance of materials depended on type of bullets and the stage of materials. In addition, the stage of wire stainless stell did not have effect on the resistance of materials. The overlay of materials at thirty stages or over caused its resistance with .44 magnum.

The bulletproof vest consisting of thirty two stage of kevlar fabrics had a good efficiency in resistance with .44 magnum. Therefore, the use of spun kevlar for the production of bulletproof vest helped to increase the efficiency of protection.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	
สารบัญ	
สารบัญตาราง	
สารบัญภาพ	
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 เสื้อเกราะกันกระสุน	3
2.1.1 ความหมายของเสื้อเกราะกันกระสุนและแผ่นเกราะ	3
2.1.2 ระดับของเสื้อเกราะ	3
2.1.3 ส่วนประกอบของเสื้อเกราะ	4
2.1.4 ชนิดของเสื้อเกราะกันกระสุน	4
2.2 กลไกการป้องกันกระสุนของเสื้อเกราะ	5
2.3 ปัจจัยที่ทำให้เสื้อเกราะกันกระสุนได้	6
2.4 เส้นใยอะรามิด	7
2.5 การวิจัยเกี่ยวกับเสื้อเกราะกันกระสุน	7
2.6 ทฤษฎี สมมุติฐาน หรือกรอบแนวความคิดของโครงการ	9
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	10
3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง	10
3.2 การวัดความต้านแรงดึงของเส้นด้ายเคฟลาร์	10
3.3 การทอผ้าเคฟลาร์	11
3.4 การคำนวณน้ำหนักของผ้าเคฟลาร์	13
3.5 การทดสอบความคงทนของวัสดุต่อการยิงด้วยกระสุนปืน	14
3.5.1 การทดสอบความคงทนของผ้าเคฟลาร์ร่วมกับแผ่นตะแกรงเหล็กกล้าไม่เป็นสนิม	14
3.5.2 การทดสอบความคงทนของผ้าเคฟลาร์	16
3.6 การทดสอบการยิงเสื้อเกราะกันกระสุน	16

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล 19
4.1 การวัดความต้านแรงดึงของเส้นด้ายเคฟลาร์ 19
4.2 การทอผ้าเคฟลาร์ 19
4.3 ความคงทนของวัสดุต่อการยิงด้วยกระสุนปืน 20
4.3.1 ความคงทนของการใช้ผ้าเคฟลาร์ร่วมกับแผ่นตะแกรงเหล็กไม่เป็นสนิม 20
4.3.1.1 อิทธิพลของจำนวนชั้นของผ้าเคฟลาร์ร่วมกับแผ่นตะแกรงเหล็กไม่เป็นสนิม 20
4.3.1.2 อิทธิพลของตะแกรงเหล็กต่อความคงทน 21
4.3.2 ความคงทนของผ้าเคฟลาร์ 22
4.4 การยิงเสื้อเกราะกันกระสุน 23
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย 26
เอกสารอ้างอิง 27
ภาคผนวก ก 28
ภาคผนวก ข 30
ภาคผนวก ค 32

สารบัญภาพประกอบ

ภาพประกอบที่		หน้า
2.1	ลักษณะจำนวนชั้นในเสื้อเกราะกันกระสุน	5
2.2	การเจาะของกระสุนบนเสื้อเกราะ	6
2.3	การเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนนาโนทิวบ์เมื่อได้รับแรงกระทำ	9
3.1	ลักษณะของเครื่องวัดความต้านแรงดึง	11
3.2	การปักหลอดด้าย	12
3.3	การลงบีมสีบ	12
3.4	การร้อยตะกรอลายขัด	13
3.5	การประกบวัสดุที่ต้องการทดสอบการยิงกับกระบะวัสดุหนุน	14
3.6	ลักษณะเสื้อเกราะกันกระสุนด้านหน้า	16
3.7	ลักษณะเสื้อเกราะกันกระสุนด้านหลัง	17
3.8	การประกบเสื้อเกราะด้านหน้ากับวัสดุหนุน	17
3.9	การประกบเสื้อเกราะด้านหลังกับวัสดุหนุน	18
4.1	การยิงผ้าเคฟลาร์	22
4.2	การยุบตัวของวัสดุหนุนภายหลังจากการยิง	23
4.3	การยุบตัวของวัสดุหนุนภายหลังจากการยิงเสื้อเกราะด้านหน้า	25
4.4	การยุบตัวของวัสดุหนุนภายหลังจากการยิงเสื้อเกราะด้านหลัง	25

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	การทดสอบการยิงผ้าเคฟลาร์ร่วมกับแผ่นตะแกรงเหล็กกล้าไม่เป็นสนิม	15
3.2	การทดสอบการยิงผ้าเคฟลาร์	16
3.3	การทดสอบการยิงเสื้อเกราะกันกระสุน	18
4.1	ความต้านแรงดึงของเส้นด้ายเคฟลาร์	19
4.2	การทดสอบการยิงผ้าเคฟลาร์ซ้อนทับกับแผ่นตะแกรงเหล็กกล้าไม่เป็นสนิม	20
4.3	การทดสอบการยิงผ้าเคฟลาร์ซ้อนทับกับแผ่นตะแกรงเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมและการยุบตัวของวัสดุหนุน	21
4.4	การทดสอบการยิงผ้าเคฟลาร์และการยุบตัวของวัสดุหนุน	22
4.5	การทดสอบการยิงเสื้อเกราะ	23

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำวิจัย

ในปัจจุบันรัฐบาลได้กำหนดยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ (พ.ศ. 2551 - 2553) โดยมียุทธศาสตร์การสร้างศักยภาพและความสามารถเพื่อการพัฒนาทางสังคมเป็น 1 ใน 5 ยุทธศาสตร์ที่รัฐบาลให้ความสำคัญ (สถาบันวิจัยและพัฒนา ฝ่ายวิจัยและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ 2550 : 98) ในยุทธศาสตร์นี้รัฐบาลให้ความสำคัญกับการสร้างความเข้มแข็งและการสร้างภูมิคุ้มกันของท้องถิ่นและสังคม

การป้องกันประเทศเป็นภาระกิจหลักสำคัญของทหารและตำรวจ อาวุธยุทโธปกรณ์และเครื่องป้องกันต่างๆเป็นปัจจัยสำคัญที่จะทำให้ทหารและตำรวจมีความปลอดภัยต่อชีวิตในระหว่างการปฏิบัติหน้าที่ ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการปราบปราม เช่น การปราบปรามยาเสพติดของภาครัฐ ปัญหาที่สำคัญประการหนึ่ง คือ การขาดแคลนอุปกรณ์สำคัญในการดำเนินงานด้านการปราบปราม เช่น เครื่องดักฟัง กล้องส่องทางไกล และเสื้อเกราะกันกระสุน (ปัญหาอุปสรรคในการดำเนินงานปราบปราม. 2549 : 1)

เสื้อเกราะกันกระสุนเป็นเครื่องป้องกันที่สำคัญที่ทหารและตำรวจใช้ในการปฏิบัติงาน โดยเสื้อเกราะจะป้องกันการกระทบกระแทกของกระสุน ซึ่งอาจทำให้เกิดรอยฟกช้ำ การบาดเจ็บ หรือทำให้เกิดการเสียชีวิตได้ เนื่องจากการทำลายอวัยวะสำคัญ (สุรวรรณ ลิ้มสัมพันธ์ 2546 : 50 - 60) จำนวนชั้นของเสื้อเกราะกันกระสุนและชนิดของวัสดุที่ใช้เป็นปัจจัยสำคัญที่จะทำให้เกิดความปลอดภัยต่อการใช้งาน (Horrocks and Anand 2000 : 452 - 457) ปัญหาการใช้งานของเสื้อเกราะกันกระสุน คือ มีราคาแพง ซึ่งทำให้ไม่เพียงพอต่อการใช้งานของ เจ้าหน้าที่ และมีน้ำหนักมาก จึงไม่สะดวกในการปฏิบัติงานของทหารและตำรวจ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงจะทำการศึกษาเพื่อพัฒนาการผลิตเสื้อเกราะกันกระสุนภายในประเทศ ซึ่งจะทำให้ลดการสูญเสียงบประมาณในการสั่งซื้อจากต่างประเทศ และเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันของเสื้อเกราะกันกระสุนให้มีคุณภาพเพิ่มขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาการผลิตเสื้อเกราะกันกระสุนจากเส้นใยเคฟลาร์ชนิดเส้นใยสั้น

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

การวิจัยนี้ทำการศึกษาการพัฒนาการผลิตเสื้อเกราะกันกระสุน โดยมีขอบเขตการวิจัยดังนี้

1. ศึกษาความต้านแรงดึงของเส้นด้ายเคฟลาร์ที่นำมาทอเป็นผืนผ้า
2. ศึกษาการทอผ้าจากเส้นใยเคฟลาร์ชนิดเส้นใยสั้น
3. การตรวจสอบสมบัติของผ้าที่ผลิตจากเส้นใยเคฟลาร์ชนิดเส้นใยสั้น โดยตรวจสอบสมบัติ ดังนี้
    3.1 การหาน้ำหนัก/พื้นที่ของผ้าที่ได้จากการทอ
    3.2 การทดสอบการยิงด้วยกระสุนตามมาตรฐานของเอ็นไอเจ (U.S. National Institute of Justice)
    3.3 การศึกษาความคงทนของวัสดุต่อการยิงด้วยกระสุนปืน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นเสื้อเกราะกันกระสุนที่คุณภาพเพิ่มมากขึ้น และเหมาะสมต่อการใช้งาน
2. ลดการเสียดุลทางการค้าระหว่างประเทศ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เสื้อเกราะกันกระสุน (กระทรวงกลาโหม 2547 : 1)

2.1.1 ความหมายของเสื้อเกราะกันกระสุนและแผ่นเกราะ

เสื้อเกราะกันกระสุน หรือเสื้อเกราะป้องกันกระสุน หรือ เสื้อเกราะ หมายถึง เสื้อหรือสิ่งใด ๆ ที่ผลิตหรือประกอบรวมด้วยแผ่นเกราะ ที่ผู้ผลิตเจตนาจัดทำขึ้นเพื่อป้องกันหรือลดอันตรายจากกระสุนปืนที่ยิงบริเวณลำตัวของผู้ที่สวมใส่

แผ่นเกราะ หรือแผ่นเกราะกันกระสุน หรือแผ่นป้องกันกระสุน หมายถึง แผ่นวัสดุทุกชนิดที่มีความสามารถในการป้องกันหรือลดอันตรายจากการยิงด้วยกระสุนปืนที่ผู้ผลิตเจตนาจัดทำขึ้นเพื่อการนี้ไม่ว่าจะเป็นเกราะ (หรือวัสดุป้องกันกระสุน) ที่ทำด้วยเหล็ก โลหะใด ๆ เซรามิก ใยสังเคราะห์ หรือใยธรรมชาติ แผ่นเกราะนี้เป็นส่วนหลักที่ใช้ในการกันกระสุนของเสื้อเกราะ

2.1.2 ระดับของเสื้อเกราะ

การจำแนกระดับของเสื้อเกราะ จำแนกตามความสามารถในการกันกระสุนปืนได้เป็น 6 ระดับ (ตามระดับภัยคุกคามของกระสุนจากต่ำไปสูง) ดังนี้

1. เสื้อเกราะระดับ ๑ เป็นระดับที่สามารถกันกระสุนที่เป็นภัยคุกคามในระดับ ๑ (ชนิดของกระสุนทดสอบ .22 .38)

2. เสื้อเกราะระดับ ๒A เป็นระดับที่สามารถกันกระสุนที่เป็นภัยคุกคามในระดับ ๒A (ชนิดของกระสุนทดสอบ 9 มม .40) และระดับ ๑ ได้

3. เสื้อเกราะระดับ ๒ เป็นระดับที่สามารถกันกระสุนที่เป็นภัยคุกคามในระดับ ๒ (ชนิดของกระสุนทดสอบ 9 มม .357 แมกนัม) และระดับ ๒A ได้

4. เสื้อเกราะระดับ ๓A เป็นระดับที่สามารถกันกระสุนปืนพกโดยทั่วไปได้ ซึ่งเป็นระดับที่สามารถกันกระสุนปืนที่เป็นภัยคุกคามในระดับ ๓A (ชนิดของกระสุนทดสอบ 9 มม .44) และระดับ ๑ ๒A กับ ๒ ได้

5. เสื้อเกราะระดับ ๓ เป็นระดับที่สามารถกันกระสุนปืนเล็กยาวได้ ซึ่งเป็นระดับที่สามารถกันกระสุนปืนที่เป็นภัยคุกคามในระดับ ๓ และระดับ ๑ ๒A ๒ กับ ๓A ได้

6. เสื้อเกราะระดับ ๔ เป็นระดับที่สามารถกันกระสุนปืนเล็กยาวชนิดเจาะเกราะได้ ซึ่งเป็นระดับที่สามารถกันกระสุนปืนที่เป็นภัยคุกคามในระดับ ๔ และระดับ ๑ ๒A ๒ ๓A และ ๓ ได้

2.1.3 ส่วนประกอบของเสื้อเกราะ (สุรวรรณ ลิ้มสัมพันธ์ 2546 : 53 - 54)

เสื้อเกราะกันกระสุนโดยทั่วไปจะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่

1. เสื้อนอก (outside shell carrier) เป็นส่วนที่ใช้สำหรับรับแรงกระแทก อาจจะมีส่วนที่ใช้แผ่นเหล็ก หรือเซรามิก เพื่อความสามารถในการรับแรงกระแทก

2. ส่วนยึดรั้ง (fastening system) เป็นส่วนที่ใช้ยึดเสื้อเกราะกับร่างกายทำให้เกิดความกระชับ

3. แผ่นรับแรงกระแทก (ballistic panel) เป็นส่วนที่มีลักษณะเป็นใย ทอจากใยสังเคราะห์ เมื่อถูกแรงกระแทกจะเกิดการยืดตัว ช่วยดูดซับพลังงาน เพื่อลดความเร็วของกระสุนที่ผ่านเข้ามา มีการนำวัสดุประเภทใยสังเคราะห์มาผลิตเสื้อเกราะเพิ่มมากขึ้น เพราะมีน้ำหนักเบาและมีความแข็งแรงกว่าโลหะ วัสดุที่ใช้ได้แก่ เส้นใยอะรามิด เส้นใยพอลิเอทิลีน

2.1.4 ชนิดของเสื้อเกราะกันกระสุน

2.1.4.1 ชนิดของเสื้อเกราะกันกระสุนแบ่งตามระดับความสามารถในการป้องกัน (สุรวรรณ ลิ้มสัมพันธ์ 2546 : 56)

1. แบบสำหรับสวมภายใน (covert) เสื้อเกราะชนิดนี้มีระดับการป้องกันที่ระดับ 1 2-A 2 และ 3-A (ระดับ 1 ในปัจจุบันถือว่าไม่เพียงพอที่จะกันกระสุนได้) ใช้สวมใต้เสื้อผ้า

2. แบบสำหรับสวมทับภายนอก (overt) เสื้อเกราะชนิดนี้มีระดับการป้องกันที่ระดับ 3-A 3 และ 4 ลักษณะเสื้อเกราะมีแผ่นเสริมเป็นเกราะแข็ง และมีส่วนป้องกันบริเวณขาหนีบ

3. แบบ V50 กันสะเก็ดระเบิด เสื้อเกราะชนิดนี้ใช้กันสะเก็ดระเบิด แต่ไม่กันกระสุน ซึ่งใช้ในภารกิจทางทหาร

2.1.4.2 ชนิดของเสื้อเกราะกันกระสุนแบ่งตามชนิดของวัสดุ (เสื้อเกราะพระเจ้าตาก. 2550 : 2)

1. เกราะโลหะ เป็นเกราะที่ทำมาจากโลหะ อาจจะใช้โลหะชนิดเดียว หรือหลายชนิดผสมเข้าด้วยกัน สามารถป้องกันกระสุนปืนได้ แต่มีน้ำหนักมาก

2. เกราะเส้นใย เป็นเกราะอ่อน น้ำหนักเบา ทำจากเส้นใยซึ่งนำมาถักแล้วอัดเข้าด้วยกันหลายชั้น สามารถป้องกันกระสุนปืนได้ แต่ไม่สามารถรับแรงกระแทกและกระสุนที่หมุนด้วยความเร็วสูง ไม่ทนต่อความชื้นทำให้คุณภาพเส้นใยด้อยลง

3. เกราะเซรามิค เป็นเกราะที่ทำจากเซรามิค สามารถรับแรงกระแทกได้เป็นอย่างดี เนื่องจากเซรามิคค่อนข้างแข็งมาก สามารถป้องกันกระสุนปืนได้ แต่เซรามิคมักแตกร้าวได้ง่ายคล้ายแก้วหรือกระเบื้องทั่วไป

4. เกราะวัสดุสังเคราะห์ จัดเป็นเกราะวัสดุสังเคราะห์ประเภทหนึ่งที่นำวัสดุหลายชนิดมาประกอบเข้าด้วยกัน เช่น นำแผ่นฟิล์มมาประกอบกับวัสดุอื่น ๆ ที่มีคุณสมบัติต่าง ๆ กัน สามารถป้องกันกระสุนปืนได้ แต่ไม่ทนความร้อน

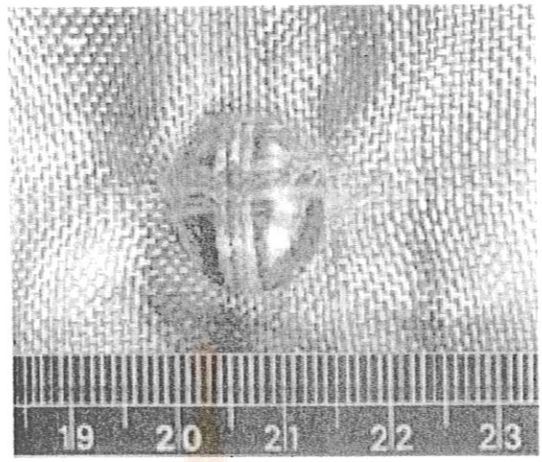
2.2 กลไกการป้องกันกระสุนของเสื้อเกราะ (Horrock and Anand 2000 : 366)

เสื้อเกราะที่ผลิตจากเส้นใยอะรามิด มีกลไกการป้องกันกระสุน คือ เมื่อกระสุนกระทบที่โครงสร้างของเกราะอ่อน เส้นใยที่ประกอบเป็นผ้าจะมีความสามารถที่จะกระจายพลังงานไปโดยรอบผ่านไปยังเส้นถัดไปเรื่อย ๆ เป็นวงกว้าง การส่งผ่านพลังงานนี้จะเกิดขึ้นที่จุดตัด (cross-over) ของเส้นใย

การกระจายพลังงาน ถ้าเกิดขึ้นเร็วเท่าใด ระบบการป้องกันของแผ่นเกราะจะมีประสิทธิภาพมากขึ้นเท่านั้น ความเร็วของการกระจายพลังงานนี้ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความแข็งแรง และความเหนียวของผ้า ซึ่งเป็นสมบัติที่โดดเด่นที่สุดของเส้นใยอะรามิด

ลักษณะการทอผ้าที่ให้ระยะห่างระหว่างจุดตัด (cross point) ที่เหมาะสมเป็นสิ่งที่จะต้องพิจารณาถึงประสิทธิภาพการกระจายพลังงาน สำหรับหัวกระสุนที่แหลม น้ำหนักมาก และมีความเร็วสูง เช่น เอ็ม-16 ไรเฟิล จะมีการใช้แผ่นเซรามิกกั้นไว้ข้างหน้าโครงสร้างของผ้า ทั้งนี้เพื่อลดความคมของหัวกระสุนและลดความเร็วที่ตกกระทบ ทำให้ชั้นของผ้าที่อยู่ด้านหลังสามารถกระจายพลังงานที่รวดเร็วพอในการต้านทาน ลักษณะจำนวนชั้นในเสื้อเกราะกันกระสุน และการเจาะของกระสุนบนเสื้อเกราะ แสดงดังในภาพประกอบที่ 2.1 - 2.2

ภาพประกอบที่ 2.1 ลักษณะจำนวนชั้นในเสื้อเกราะกันกระสุน (Adanur 1995 : 366)



ภาพประกอบที่ 2.2 การเจาะของกระสุนบนเสื้อเกราะ (Horrocks and Anand 2000 : 457)

2.3 ปัจจัยที่ทำให้เสื้อเกราะกันกระสุนได้ (บุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์ 2548 : 47-48 ; เสื้อเกราะพระเจ้าตาก. 2550 : 2)

เสื้อเกราะที่ดีควรป้องกันกระสุนเจาะทะลุได้ และต้องมีการกระจายแรงกระแทกจากหัวกระสุนให้แผ่ออกไปทั่วเสื้อเกราะ เพื่อลดแรงปะทะที่เกิดขึ้น พลังงานของกระสุนปืนเป็นพลังงานศักย์ จากการระเบิดของดินขับกระสุนจากรังเพลิงเคลื่อนที่ผ่านลำกล้องถูกบังคับให้หมุนไปตามร่องเกลียวด้วยความเร็วจนเกิดพลังงานจลน์ของการเคลื่อนที่และการหมุน เมื่อหัวกระสุนกระทบเป้าจะเกิดการแลกเปลี่ยนพลังงานระหว่างหัวกระสุนกับเป้าเกิดเป็นความร้อนและแรงดัน ทำให้เป้าเปลี่ยนสถานะทางโครงสร้างเกิดการยืดขยายตัวตามแนวแรงและผิววัตถุ เมื่อไม่สามารถหน่วงรั้งกระสุนได้จนเกิดอาการบุบยุบหรือฉีก ทำให้กระสุนผ่านเป้าไปได้ ดังนั้นปัจจัยที่ทำให้เสื้อเกราะกันกระสุนได้ จึงขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้

1. ชนิดของแผ่นเกราะ การป้องกันการเจาะของกระสุน จะขึ้นอยู่กับชนิดของแผ่นเกราะ แผ่นเกราะสามารถใช้วัสดุได้หลายชนิด ได้แก่ เซรามิค เหล็ก และพลาสติก

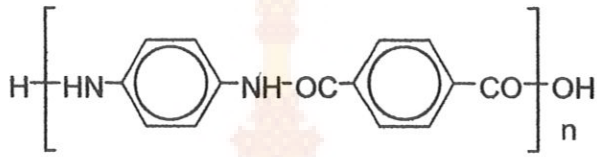
2. จำนวนชั้นของแผ่นเกราะ การประกบแผ่นเกราะที่ทำจากวัสดุประเภทต่าง ๆ เข้าด้วยกันหลาย ๆ ชั้น มีจุดประสงค์เพื่อให้วัสดุแต่ละชั้นทำหน้าที่ชะลอความเร็วของลูกกระสุนที่เจาะทะลุชั้นวัสดุเข้ามา จนกระทั่งลูกกระสุนถูกทำให้หยุด

3. ชนิดของปืนและความเร็วที่ใช้ในการยิง ปัจจุบันมีการผลิตปืนชนิดต่าง ๆ ความสามารถในการเจาะทะลุของลูกกระสุนขึ้นอยู่กับขนาดของลูกกระสุน กรณีลูกกระสุน 2 ชนิดมีพลังงานเท่ากัน ลูกกระสุนที่มีขนาดเล็กกว่าสามารถทำความเสียหายให้แก่เสื้อเกราะได้มากกว่าลูกกระสุนที่มีขนาดใหญ่กว่า เนื่องจากกระสุนที่มีขนาดใหญ่มีน้ำหนักมากกว่า วิ่งได้ช้ากว่า และมีพื้นที่กระจายแรงมากกว่า เช่น กระสุน .357 แมกนัม จะเจาะทะลุผนังเสื้อเกราะได้ต่ำกว่ากระสุน .22 แม็กนั่มไรเฟิล เนื่องจากกระสุน .357 มีขนาดใหญ่กว่า

ปัจจัยจากความเร็ว เมื่อกระสุนวิ่งออกจากปากกระบอกปืนด้วยความเร็วจำนวนหนึ่ง ยิ่งมีความเร็วมากจะมีแรงปะทะมาก ซึ่งลูกปืนจะหมุนด้วยความเร็วสูงมาก เพิ่มอำนาจทะลุทะลวงมากขึ้น จนเกิดเป็นพลังงานความร้อน

2.4 เส้นใยอะรามิด (วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา 2543 : 242-250)

วัสดุที่ใช้ในการผลิตเสื้อเกราะมีหลายชนิด เช่น โลหะ เซรามิก เส้นใยสังเคราะห์ เส้นใยเคฟลาร์ เป็นเส้นใยสังเคราะห์ชนิดหนึ่งที่นำมาใช้เป็นวัสดุในการผลิตเสื้อเกราะกันกระสุน เส้นใยชนิดนี้จัดเป็นเส้นใยอะรามิดที่ผลิตขึ้นโดยบริษัทดูปองท์ (DuPont) โครงสร้างทางเคมีของเส้นใยเคฟลาร์มีลักษณะ ดังนี้



เส้นใยเคฟลาร์เป็นพาราอะรามิด (para-aramid) สังเคราะห์โดยอาศัยปฏิกิริยาควบแน่นของเทเรฟธาลออิลคลอไรด์ (terephthaloyl chloride) กับพาราฟีนิลีนไดเอมีน (p-phenylene diamine) เส้นใยเคฟลาร์เป็นเส้นใยสังเคราะห์ที่มีสมบัติแข็งแรง น้ำหนักเบา ทนทานต่อสารเคมี การฉีกขาด และเปลวไฟ ไม่หลอมละลาย หรืออ่อนตัว รวมทั้งไม่ดูดซับน้ำ

เส้นใยเคฟลาร์มักเน้นการใช้งานเพื่ออุตสาหกรรม กรณีของเคฟลาร์ที่เป็นเส้นใยยาวใช้ทำผ้าใบยางรถยนต์ ท่อ และสายพานในอุตสาหกรรม เคฟลาร์ 29 ใช้ทำสายเคบิ้ล ร่มชูชีพ และเทปเสริมแรง ส่วนเคฟลาร์ 49 ซึ่งอยู่ในรูปของเส้นใยยาวและเส้นใยสั้นที่ทำเป็นแผ่น ใช้งานส่วนใหญ่ในด้านของพลาสติกเสริมแรงด้วยเส้นใย งานด้านอวกาศ ลำเรือ และงานก่อสร้างที่เกี่ยวข้อง

2.5 การวิจัยเกี่ยวกับเสื้อเกราะกันกระสุน

สุจิระ ขอจิตต์เมตต์, สมประสงค์ ภาษาประเทศ และอภิชาติ สนธิสมบัติ (สุจิระ ขอจิตต์เมตต์, สมประสงค์ ภาษาประเทศ และอภิชาติ สนธิสมบัติ. 2543 : 54-63) ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเส้นใยไหมมาใช้ในการผลิตเสื้อเกราะกันกระสุน ซึ่งจากการศึกษาสามารถทำการผลิตเสื้อเกราะโดยใช้วัตถุดิบจากเส้นใยไหม โดยใช้เส้นด้ายยืนจำนวน 32 เส้นต่อนิ้ว และเส้นด้ายพุ่งจำนวน 64 เส้นต่อนิ้ว นำมาทอเป็นผืนผ้าตามโครงสร้างลายผ้าแบบ Basket 2x2 ขนาดของเส้นด้ายยืนที่นำมาใช้ขนาด 455 ดีเนียร์ (denier) ขนาดของเส้นด้ายพุ่ง 490 ดีเนียร์

จากการนำชิ้นทดสอบ 30 ชั้น และ 35 ชั้น มายิงทดสอบด้วยกระสุนปืนขนาดต่าง ๆ ที่ระยะการยิง 3 7 และ 15 หลา ตรวจนับชั้นที่กระสุนเจาะทะลุ พบว่ากระสุนขนาด .22 แอลอาร์ สามารถทะลุผ่านชั้นทดสอบในระยะการยิง 3 7 และ 15 หลา เพียง 2 ชั้น ของชิ้นทดสอบทั้งหมดขนาด 30 ชั้น และ 35 ชั้น

การทดสอบการยิงด้วยกระสุน .38 สเปเชียล พบว่า การทดสอบการยิงชิ้นทดสอบ 30 ชั้น ลูกกระสุนสามารถเจาะทะลุจำนวนชั้นทดสอบได้ 4 ชั้น ในทุกระยะการยิง ในขณะที่ชิ้นทดสอบ 35 ชั้น ลูกกระสุนสามารถเจาะทะลุได้เพียง 2.4 ชั้น ทุกระยะการยิง เมื่อทดสอบยิงด้วยกระสุนขนาด 0.45 แมกนัม พบว่าลูกกระสุนสามารถเจาะทะลุได้ 14 ชั้น ที่ระยะ 3 หลา และผ่านได้ 15 ชั้น ที่ระยะการยิง 7 และ 15 หลาทั้งชิ้นทดสอบ 30 ชั้น และ 35 ชั้น

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (เสื้อเกราะกันกระสุนฝีมือนักศึกษาอาชีวะ ร่วมโครงการ "คนไทยรักแผ่นดิน" ราไพใต้. 2550 : 1-2) ผลิตเสื้อเกราะกันกระสุน โดยใช้วัสดุ ที่เป็นโลหะสแตนเลส จำนวน 2 ชิ้น ความหนา 2 มิลลิเมตร และความหนา 1 มิลลิเมตร ประกบกัน พบว่าสามารถกันกระสุนได้ดีกว่าโลหะที่มีความหนา 3 มิลลิเมตร ต่อมาได้พัฒนาโดยใช้โลหะ 2 ส่วน คือ โลหะสแตนเลส ความหนา 2 มิลลิเมตร และโลหะอะลูมิเนียม ความหนา 2 มิลลิเมตร รวมความหนา 4 มิลลิเมตร ทำให้กันกระสุนได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังใช้วัสดุที่มีความเหนียวและอ่อนตัวเป็นพิเศษเสริมด้านหลังของโลหะ เพื่อลดแรงกระแทกเวลาโดนกระสุน ทำให้ลดแรงกระแทกของกระสุนได้ดีขึ้น

กฤษฎากร เชวงศักดิ์โสภาคย์ และคณะ (เสื้อเกราะพระเจ้าตาก. 2550 : 2) ผลิตเสื้อเกราะกันกระสุน (เสื้อเกราะพระเจ้าตาก) จากฟิล์มเอกซ์เรย์ร่วมกับวัสดุอื่น ๆ โดยเสื้อเกราะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ดังนี้

1. เกราะกันกระสุน ประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ ดังนี้

ชั้นแรก เป็นวัสดุแผ่นบางซ้อนกัน จะทำหน้าที่ในการรับแรงกระแทกและกระจายแรงไปบนผิววัสดุแต่ละแผ่นระหว่างที่กระสุนผ่านจะถูกดูดซับพลังงานศักย์ พลังงานจลน์ พลังงานความร้อน ของกระสุนจนหมด ทำให้ลูกกระสุนปืนสูญเสียพลังงานและเสียสภาพไป

ชั้นที่สอง วัสดุจะมีความเหนียว จะหน่วงความเร็วของกระสุนปืนจนหยุดในชั้นเกราะ

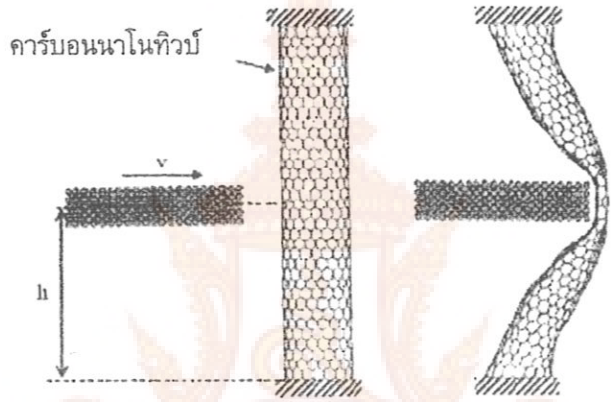
ชั้นที่สาม จะทำหน้าที่ซับความร้อนที่เกิดจากพลังงานจลน์จากการหมุนของลูกปืน

2. ส่วนยึดรั้ง จะยึดรั้งแผ่นเกราะกับร่างกายของผู้สวมใส่มีช่องด้านล่างสำหรับสอดใส่แผ่นฟองน้ำ โดยการออกแบบเสื้อจะออกแบบให้กระจายน้ำหนักและแรงกระแทกของกระสุนไปตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกายทำให้รู้สึกเบาลง

3. แผ่นฟองน้ำ เป็นส่วนที่ลดแรงปะทะระหว่างเกราะกันกระสุนกับร่างกายอันเนื่องจากแรงกระทบจากลูกกระสุนปืน ทำให้เกิดการกดยุบตัวของฟองน้ำรับแรงกระแทก ทำให้ลดความบอบช้ำของร่างกาย

ผลจากการทดสอบพบว่า เสื้อเกราะมีความสามารถในการป้องกันอยู่ในระดับ 2A สามารถป้องกันปืนพกได้ทุกชนิด สำหรับปืนเล็กยาวต้องมีการเสริมแผ่นโลหะ ซึ่งผลการทดสอบสามารถหยุดลูกกระสุนปืนเอ็ม 16 (M 16 A1) ได้ โดยการเสริมแผ่นอะลูมิเนียมด้านหน้าเกราะเพื่อลดแรงปะทะและดูดซับพลังงาน และเสริมแผ่นสแตนเลสด้านหลังเกราะเพื่อรับแรงและเศษสะเก็ดโลหะที่หลอมละลายกับหัวกระสุนปืนไว้ได้

คาร์บอนนาโนทิวบ์ (carbon nanotube) เป็นวัสดุที่มีความแข็งแรง น้ำหนักเบา และมีความยืดหยุ่นสูง ซึ่งสามารถดูดกลืนพลังงานจลน์ได้เป็นจำนวนมาก ทนต่อกระสุนที่มีความเร็ว 2,000 เมตร/นาที ได้แม้จะมีการกระทบหลายครั้ง เส้นใยชนิดนี้จึงอาจจะนำมาผลิตเป็นเสื้อเกราะกันกระสุนได้ เสื้อเกราะชนิดนี้จะดีกว่าเสื้อเกราะในปัจจุบันซึ่งส่วนใหญ่ทำจากเส้นใยเคฟลาร์หลาย ๆ ชั้น การหยุดกระสุนของเสื้อเกราะในปัจจุบันอาศัยการกระจายแรงเป็นบริเวณกว้าง ซึ่งยังสามารถทำให้เกิดอาการบาดเจ็บของอวัยวะภายใน การที่คาร์บอนนาโนทิวบ์สามารถดูดกลืนพลังงานได้เป็นจำนวนมากนั้นสามารถลดอาการบาดเจ็บนี้ได้อย่างมาก (เสื้อเกราะกันกระสุนในอนาคตอาจจะผลิตจาก Nanotube. 2550 : 1-2)



ภาพประกอบที่ 2.3 การเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนนาโนทิวบ์เมื่อได้รับแรงกระทำ

2.6 ทฤษฎี สมมุติฐาน หรือกรอบแนวความคิดของโครงการ

เสื้อเกราะที่ผลิตโดยทั่วไปได้จากการนำวัสดุต่าง ๆ มาขึ้นรูปเป็นแผ่น ซึ่งต้องมีการออกแบบให้สามารถสวมใส่กับร่างกายได้ นอกจากนี้ ถ้าต้องการให้มีประสิทธิภาพในการป้องกันเพิ่มขึ้นอาจต้องมีการเสริมด้วยแผ่นเกราะซึ่งเป็นโลหะชนิดต่าง ๆ การใช้โลหะทำให้เสื้อเกราะมีน้ำหนักมาก เทอะทะ และไม่สะดวกสบายในการสวมใส่

โครงการวิจัยนี้จะพัฒนาการผลิตเสื้อเกราะกันกระสุนจากเส้นด้ายเคฟลาร์ชนิดใยสั้น โดยนำเส้นด้ายมาทอเป็นผืนผ้า การทอทำให้เกิดการขัดสานกันของเส้นด้าย ซึ่งคิดว่าจะช่วยในการดูดซับพลังงานและกระจายแรงจากการปะทะของกระสุนได้ นอกจากนี้ การทอเป็นผืนผ้าจะทำให้มีการเข้ารูปทรงกับร่างกายของผู้สวมใส่ได้ดี และสะดวกต่อการเคลื่อนไหวของร่างกาย ดังนั้น โครงการวิจัยนี้จึงจะพัฒนาการผลิตเสื้อเกราะกันกระสุนจากเส้นด้ายเคฟลาร์ชนิดใยสั้นโดยไม่ต้องใช้แผ่นโลหะร่วมในการผลิต

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1) กระสุนปืน ขนาด 9 มิลลิเมตร .357 แมกนัม (magnum) และ .44 แมกนัม

2) วัสดุหนุน ซึ่งเป็นดินน้ำมัน (No. 1) รองรับวัสดุที่จะทดสอบการยิง

3) แผ่นตะแกรงเหล็กกล้าไม่เป็นสนิม (stainless steel) (Thai Prasit Textile Co.,Ltd.)

4) เวอร์เนียร์คาลิฟเปอร์

5) เส้นด้ายเคฟลาร์ (ผลิตจากเส้นใยสั้นที่มีความยาว 51 มิลลิเมตร) ความโตของเส้นด้าย (เบอร์ด้าย) คือ 10/2 (Ne 10/2) และมีจำนวนเกลียว 50 เกลียว/เมตร (บริษัท เท็กซ์อินโปร จำกัด)

6) เครื่องวัดความต้านแรงดึง (Tensile Testing Machine; JJ Instruments T5K)

7) อุปกรณ์ที่ใช้ในการยิง (The Universal Shooting Rest; Sabre Computers International Ltd.)

3.2 การวัดความต้านแรงดึงของเส้นด้ายเคฟลาร์

การวัดความต้านแรงดึงของเส้นด้ายเคฟลาร์ใช้วิธีมาตรฐาน ASTM D 2101-93 (American Society for Testing and Material 1997 : 558 - 562) เส้นด้ายเคฟลาร์ถูกวัดความต้านแรงดึงโดยใช้เครื่องวัดความต้านแรงดึงที่อัตราเร็ว 300 มิลลิเมตร/นาที และมีระยะห่างระหว่างเส้นด้าย (gauge length) 200 มิลลิเมตร อ่านค่าระยะการยืดและแรงที่ทำให้เส้นด้ายเคฟลาร์ขาด และบันทึกผล โดยใช้เส้นด้ายจำนวน 12 ตัวอย่าง ลักษณะของเครื่องวัดความต้านแรงดึงแสดงดังในภาพประกอบที่ 3.1

ภาพประกอบที่ 3.1 ลักษณะของเครื่องวัดความต้านแรงดึง

3.3 การทอผ้าเคฟลาร์

นำเส้นด้ายเคฟลาร์มาทอเป็นผืนผ้าแบบลายขัด (plain weave) ดังนี้

$$\text{หน้ากว้างผ้า} = \frac{\text{เบอร์ด้ายเส้นด้ายยืน x เบอร์ด้ายเส้นด้ายพุ่ง}}{\text{ความหนาแน่นเส้นด้านยืน (เส้น/นิ้ว) x ความหนาแน่นเส้นด้านพุ่ง (เส้น/นิ้ว)}}$$

$$48 = \frac{\text{เคฟลาร์ 10/2 x เคฟลาร์ 10/2}}{30 \times 30}$$

จากข้อมูลข้างต้นมีความหมาย ดังนี้

ผ้าทอมีหน้ากว้าง 48 นิ้ว ประกอบด้วยเส้นด้ายยืนชนิดเคฟลาร์เบอร์ 10/2 มีความหนาแน่น 30 เส้น/นิ้ว และเส้นด้ายพุ่งชนิดเคฟลาร์เบอร์ 10/2 มีความหนาแน่น 30 เส้น/นิ้ว

วิธีการทอ

1. วัดถุดิบที่ใช้ในการทอ

    1.1 น้ำหนักเส้นด้ายต่อหลอด 0.5 กิโลกรัม

    1.2 จำนวนหลอดด้ายที่ใช้ทอ 360 หลอด

    1.3 จำนวนเกลียวเส้นด้าย/เมตร 50 เกลียว/เมตร

2. เตรียมด้ายยืน

    2.1 ปักหลอดด้ายจำนวน 336 หลอด ดังแสดงในภาพประกอบที่ 3.2

ภาพประกอบที่ 3.2 การปักหลอดด้าย

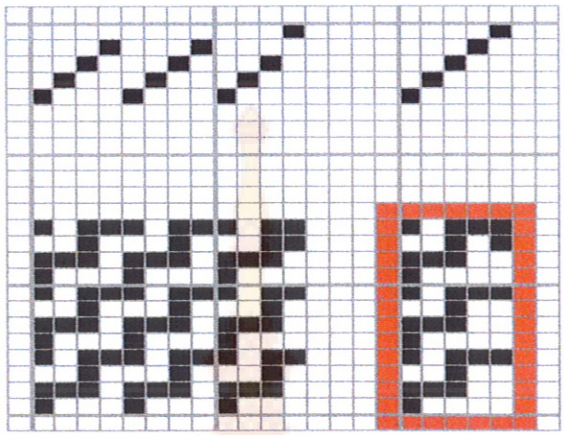
2.2 ลงบีมสีบ 8 บีม บีมละ 336 เส้น ดังแสดงในภาพประกอบที่ 3.3

ภาพประกอบที่ 3.3 การลงบีมสีบ

2.3 เส้นด้ายยืนทั้งหมด 2,688 เส้น

3. ลงแป้งเส้นด้าย จำนวน 2 บีมทอ ความยาวต่อบีมทอ 120 หลา และมีการติดแป้งร้อยละ 4

4. ร้อยตะกอลายขัด ดังแสดงในภาพประกอบที่ 3.4



ภาพประกอบที่ 3.4 การร้อยตะกรอลายขัด

5. เตรียมทอผ้า ด้วยเครื่องทอระบบเรเพียร์ อิชิคาวา รุ่น 725 หน้ากว้าง 150 เซนติเมตร ซึ่งมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

5.1 ฟันหวีเบอร์ 28 ต่อ 2 นิ้ว ยาว 52 นิ้ว จำนวน 2 แผ่น

5.2 ลวดตะกอ 13 นิ้ว หนา 0.5 มิลลิเมตร จำนวน 5,376 เส้น

5.3 แผ่นเบรก 165 มิลลิเมตร หนา 0.5 มิลลิเมตร จำนวน 5,376 ใบ

5.4 เปิดหน้าฟันหวี 48 นิ้ว

5.5 เฟืองด้ายพุ่ง 56 ฟัน

3.4 การคำนวณน้ำหนักของผ้าเคฟลาร์

การคำนวณน้ำหนักของผ้าเคฟลาร์ เป็นการคำนวณเพื่อพิจารณาว่าผ้าที่ได้จากการทอมีน้ำหนักมาก-น้อยเพียงใด ซึ่งจะมีผลต่อน้ำหนักของเสื้อเกราะที่จะทำการผลิต การคำนวณน้ำหนักของผ้าเคฟลาร์มีวิธีการ ดังนี้

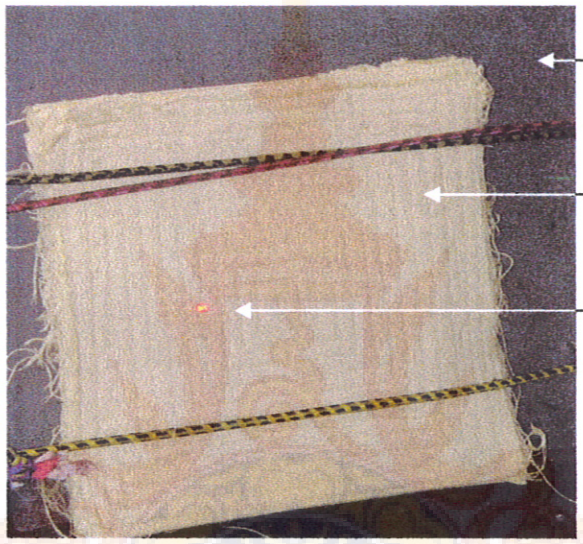
ตัดผ้าเคฟลาร์ขนาดความกว้าง 10 เซนติเมตร และความยาว 10 เซนติเมตร นำไปชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาน้ำหนักของผ้าเคฟลาร์ในหน่วยกรัม/ตารางเมตร

3.5 การทดสอบความคงทนของวัสดุต่อการยิงด้วยกระสุนปืน

3.5.1 การทดสอบความคงทนของผ้าเคฟลาร์ร่วมกับแผ่นตะแกรงเหล็กกล้าไม่เป็นสนิม

วิธีการทดลอง

จัดเรียงผ้าเคฟลาร์และแผ่นตะแกรงเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมซ้อนทับกันตามจำนวนชั้นที่ต้องการ จากนั้นนำวัสดุที่ได้ประกบกับกระบะวัสดุหนุน (กระบะไม้ซึ่งมีดินน้ำมันบรรจุอยู่ในกระบะ) ดังแสดงในภาพประกอบที่ 3.5 และทดสอบการยิงที่ระยะ 5 เมตร ด้วยกระสุนปืนขนาดต่าง ๆ (ตารางที่ 3.1) และวัดรอยยุบตัวของวัสดุหนุนภายหลังจากการยิงด้วยเวอร์เนียร์-คาลิฟเปอร์



ภาพประกอบที่ 3.5 การประกบวัสดุที่ต้องการทดสอบการยิงกับกระบะวัสดุหนุน

ก. ดินน้ำมันในกระบะวัสดุหนุน

ข. ผ้าเคฟลาร์

ค. ตำแหน่งที่จะยิง

ตารางที่ 3.1 การทดสอบการยิงผ้าเคฟลาร์ร่วมกับแผ่นตะแกรงเหล็กกล้าไม่เป็นสนิม

ระดับการทดสอบตามมาตรฐานเอ็นไอเจ*	ชนิดของกระสุน	จำนวนชั้นทั้งหมดของวัสดุ (ชั้น)	การซ้อนทับกันของวัสดุ		
			ลำดับที่ของชั้น	จำนวนชั้น (ชั้น)	ชนิดของวัสดุ
2	9 มม และ .357 แมกนัม	20	1-6	6	ผ้าเคฟลาร์
			7	1	เหล็กกล้า
			8-13	6	ผ้าเคฟลาร์
			14	1	เหล็กกล้า
			15-20	6	ผ้าเคฟลาร์
2	.357 แมกนัม	27	1-6	6	ผ้าเคฟลาร์
			7	1	เหล็กกล้า
			8-13	6	ผ้าเคฟลาร์
			14	1	เหล็กกล้า
			15-20	6	ผ้าเคฟลาร์
			21	1	เหล็กกล้า
			22-27	6	ผ้าเคฟลาร์
3A	.44 แมกนัม	27	1-6	6	ผ้าเคฟลาร์
			7	1	เหล็กกล้า
			8-13	6	ผ้าเคฟลาร์
			14	1	เหล็กกล้า
			15-20	6	ผ้าเคฟลาร์
			21	1	เหล็กกล้า
			22-27	6	ผ้าเคฟลาร์
3A	.44 แมกนัม	30	1-6	6	ผ้าเคฟลาร์
			7-8	2	เหล็กกล้า
			9-14	6	ผ้าเคฟลาร์
			15-16	2	เหล็กกล้า
			17-22	6	ผ้าเคฟลาร์
			23-24	2	เหล็กกล้า
			25-30	6	ผ้าเคฟลาร์

* U.S. National Institue of Justice

3.5.2 การทดสอบความคงทนของผ้าเคฟลาร์

วิธีการทดลอง

จัดเรียงผ้าเคฟลาร์ซ้อนทับกันจำนวนชั้น 30 ชั้น จากนั้นนำวัสดุที่ได้ประกบกับกระบะวัสดุหนุน และทดสอบการยิงที่ระยะ 5 เมตร ด้วยกระสุนปืนขนาด.44 แมกนัม จำนวน 2 นัด และวัดรอยยุบตัวของวัสดุหนุนภายหลังจากการยิงด้วยเวอร์เนียร์คาลิฟเปอร์ รายละเอียดของการทดสอบแสดงดังในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 การทดสอบการยิงผ้าเคฟลาร์

ระดับการทดสอบ ตามมาตรฐานเอ็นไอเจ	ชนิดของกระสุน	จำนวนชั้นของผ้าเคฟลาร์ (ชั้น)
3A	.44 แมกนัม	30

3.6 การทดสอบการยิงเสื้อเกราะกันกระสุน

วิธีการทดลอง

1. นำผ้าเคฟลาร์ซ้อนทับกันจำนวน 32 ชั้น และตัดเย็บเป็นเสื้อเกราะกันกระสุนโดยหุ้มผ้าเคฟลาร์ด้วยผ้าไนลอนสีดำ ดังแสดงในภาพประกอบที่ 3.6-3.7

ภาพประกอบที่ 3.6 ลักษณะเสื้อเกราะกันกระสุนด้านหน้า

ภาพประกอบที่ 3.7 ลักษณะเสื้อเกราะกันกระสุนด้านหลัง

2. นำเสื้อเกราะกันกระสุนประกบกับวัสดุหนุน และทดสอบการยิงที่ระยะ 5 เมตร ด้วยกระสุนปืนขนาด .44 แมกนัม โดยทำการยิงด้าหน้าและด้านหลังของเสื้อเกราะด้วยกระสุนจำนวนด้านละ 5 นัด และวัดรอยยุบตัวของวัสดุหนุนภายหลังจากการยิงด้วยเวอร์เนียร์-คาลิปเปอร์ รายละเอียดของการทดสอบแสดงดังในตารางที่ 3.3

ภาพประกอบที่ 3.8 การประกบเสื้อเกราะด้านหน้ากับวัสดุหนุน

ภาพประกอบที่ 3.9 การประกบเสื้อเกราะด้านหลังกับวัสดุหนุน

ตารางที่ 3.3 การทดสอบการยิงเสื้อเกราะกันกระสุน

ระดับการทดสอบตามมาตรฐานเอ็นไอเจ	ชนิดของกระสุน	จำนวนชั้นของผ้าเคฟลาร์ของเสื้อเกราะกันกระสุน (ชั้น)		จำนวนกระสุนที่ใช้ยิง (นัด)
3A	.44 แมกนัม	ด้านหน้า	32	5
		ด้านหลัง	32	5

บทที่ 4
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 การวัดความต้านแรงดึงของเส้นด้ายเคฟลาร์

เส้นด้ายเคฟลาร์ถูกนำมาวัดความต้านแรงดึง ผลการศึกษาแสดงดังในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ความต้านแรงดึงของเส้นด้ายเคฟลาร์

ตัวอย่างที่	ระยะการยืด (มม)	แรงที่ทำให้ขาด (นิวตัน)
1	41	211.6
2	39	212.7
3	39	198.8
4	31	196.8
5	37	204.6
6	35	218.5
7	32	213.5
8	31	206.9
9	46	214.8
10	31	215.3
11	32	200.6
12	32	207.6
ค่าเฉลี่ย	35.5	208.5

ผลจากการศึกษาพบว่า เส้นด้ายเคฟลาร์มีการยืดตัวน้อย แต่มีความเหนียวมาก เนื่องจากแรงที่ทำให้เส้นด้ายขาดมีค่าสูง ซึ่งเหมาะสมที่จะนำมาทอเป็นผืนผ้าโดยเส้นด้ายไม่ขาดในระหว่างการทอ

4.2 การทอผ้าเคฟลาร์

เส้นด้ายเคฟลาร์ถูกนำมาทอเป็นผืนผ้าโดยทอแบบลายขัด ผ้าเคฟลาร์ที่ได้มีน้ำหนักเท่ากับ 550 กรัม/ตารางเมตร ผ้าเคฟลาร์ที่ได้จากการทอมีน้ำหนักมาก ดังนั้น เมื่อนำผ้าเคฟลาร์มาตัดเป็นเสื้อเกราะ (ด้านหน้าและด้านหลังของเสื้อเกราะประกอบด้วยผ้าเคฟลาร์ด้านละ 32 ชั้น) จึงทำให้เสื้อเกราะมีน้ำหนักมากเช่นเดียวกัน ซึ่งจากการศึกษาพบว่าเสื้อเกราะที่ผลิตขึ้นมีน้ำหนัก 5 กิโลกรัม โดยตามคุณลักษณะของเสื้อเกราะอ่อนป้องกันกระสุนกำหนดว่าเสื้อเกราะจะต้องมีน้ำหนักทั้งตัวไม่เกิน 2.2 กิโลกรัม (คุณลักษณะเฉพาะเสื้อเกราะอ่อนป้องกันกระสุน. ม.ป.ป.: 1)

4.3 ความคงทนของวัสดุต่อการยิงด้วยกระสุนปืน

4.3.1 ความคงทนของการใช้ผ้าเคฟลาร์ร่วมกับแผ่นตะแกรงเหล็กไม่เป็นสนิม

4.3.1.1 อิทธิพลของจำนวนชั้นของผ้าเคฟลาร์ร่วมกับแผ่นตะแกรงเหล็กไม่เป็นสนิม

ผ้าเคฟลาร์และแผ่นตะแกรงเหล็กไม่เป็นสนิม ถูกนำมาซ้อนทับกันตามจำนวนชั้นที่ต้องการ และทดสอบการยิงด้วยกระสุนปืนขนาดต่าง ๆ ผลการศึกษาแสดงดังในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การทดสอบการยิงผ้าเคฟลาร์ซ้อนทับกับแผ่นตะแกรงเหล็กกล้าไม่เป็นสนิม

ระดับการทดสอบตามมาตรฐานเอ็นไอเจ	ชนิดของกระสุน	จำนวนชั้นทั้งหมดของวัสดุ (ชั้น)	จำนวนกระสุน (นัด)	ผลการทดสอบ
2	9 มม	20 (6-1-6-1-6)*	1	กระสุนทะลุผ่านชิ้นทดสอบแต่ไม่ทะลุถึงวัสดุหนุนด้านหลังชิ้นทดสอบ
2	.357 แมกนัม	20 (6-1-6-1-6)	1	กระสุนทะลุผ่านชิ้นทดสอบอย่างสมบูรณ์จนถึงวัสดุหนุน
2	.357 แมกนัม	27 (6-1-6-1-6-1-6)	1	กระสุนทะลุผ่านชิ้นทดสอบแต่ไม่ทะลุถึงวัสดุหนุนด้านหลังชิ้นทดสอบ และวัสดุหนุนมีรอยยุบตัวค่อนข้างลึก

* การซ้อนทับกันของผ้าเคฟลาร์สลับกับแผ่นตะแกรงเหล็ไม่เป็นสนิม

ผลจากการศึกษาพบว่า เมื่อใช้วัสดุจำนวน 20 ชั้น แต่ใช้กระสุนขนาดต่างกัน คือ 9 มม และ .357 แมกนัม จะให้ผลการทดสอบแตกต่างกัน คือ การใช้กระสุนที่มีขนาดเพิ่มขึ้น ชิ้นทดสอบจะถูกทำลายมากขึ้น

เมื่อใช้กระสุนขนาด .357 แมกนัม และเพิ่มจำนวนชั้นของวัสดุจาก 20 ชั้น เป็น 27 ชั้น ชิ้นทดสอบจะมีความคงทนต่อการยิงเพิ่มขึ้น ดังนั้น ความคงทนต่อการยิงของวัสดุจึงขึ้นอยู่กับขนาดของกระสุน ชนิดของกระสุน และจำนวนชั้นของวัสดุที่นำมาซ้อนทับกัน

4.3.1.2 อิทธิพลของตะแกรงเหล็กต่อความคงทน

ผ้าเคฟลาร์และแผ่นตะแกรงเหล็กไม่เป็นสนิม ถูกนำมาซ้อนทับกันตามจำนวนชั้นที่ต้องการ และทดสอบการยิงด้วยกระสุนปืนขนาด.44 แมกนัม ผลการศึกษาแสดงดังในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การทดสอบการยิงผ้าเคฟลาร์ซ้อนทับกับแผ่นตะแกรงเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมและการยุบตัวของวัสดุหนุน

ระดับการทดสอบตามมาตรฐานเอ็นไอเจ	ชนิดของกระสุน	จำนวนชั้นทั้งหมดของวัสดุ (ชั้น)	ผลการทดสอบ		
			การยิงครั้งที่	ความเร็วกระสุน (เมตร/วินาที)	การยุบตัวของวัสดุหนุน (มม)
3A	.44 แมกนัม	27 (6-1-6-1-6-1-6)	1	422.40	33.3
			2	411.93	32.0
3A	.44 แมกนัม	30 (6-2-6-2-6-2-6)	1	453.43	31.2
			2	453.98	40.0
			3	451.09	37.3

ผลจากการศึกษาพบว่า เมื่อใช้ผ้าเคฟลาร์ที่มีจำนวนชั้นเท่ากัน คือ 24 ชั้น แต่ใช้ตะแกรงเหล็กที่มีจำนวนชั้นต่างกัน การยุบตัวของวัสดุหนุนมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้น จำนวนชั้นของตะแกรงเหล็กไม่มีผลต่อความคงทนของวัสดุต่อการยิง

จากผลดังกล่าวข้างต้น การยุบของวัสดุหนุนมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดโดยกระทรวงกลาโหม คือ วัสดุที่จะนำมาผลิตเป็นเสื้อเกราะกันกระสุน ภายหลังจากการยิง กระสุนจะต้องไม่มีการทะลุผ่านอย่างสมบูรณ์ และมีรอยยุบตัวของวัสดุหนุนไม่เกิน 44 มิลลิเมตร เมื่อใช้กระสุนขนาด .44 แมกนัม ที่มาตรฐานความเร็วของกระสุนเท่ากับ 436 เมตร/นาที (กระทรวงกลาโหม 2547 : 2) ดังนั้น การซ้อนทับกันของวัสดุตั้งแต่ 30 ชั้น ขึ้นไป วัสดุมีความคงทนต่อกระสุนขนาด .44 แมกนัม การศึกษาในขั้นต่อไปจึงเลือกใช้กระสุนขนาด .44 แมกนัมในการทดสอบ และศึกษาความคงทนต่อการยิงของผ้าเคฟลาร์เพียงชนิดเดียว

4.3.2 ความคงทนของผ้าเคฟลาร์

ผ้าเคฟลาร์ถูกนำมาซ้อนทับกันจำนวน 30 ชั้น และทดสอบการยิงด้วยกระสุนปืนขนาด.44 แมกนัม ผลการศึกษาแสดงดังในตารางที่ 4.4 และภาพประกอบที่ 4.1-4.2

ตารางที่ 4.4 การทดสอบการยิงผ้าเคฟลาร์และการยุบตัวของวัสดุหนุน

ระดับการทดสอบตามมาตรฐานเอ็นไอเจ	ชนิดของกระสุน	จำนวนชั้นทั้งหมดของวัสดุ (ชั้น)	ผลการทดสอบ		
			การยิงครั้งที่	ความเร็วกระสุน (เมตร/วินาที)	การยุบตัวของวัสดุหนุน (มม)
3A	.44 แมกนัม	30	1	413.89	31.4
			2	452.19	36.5

ภาพประกอบที่ 4.1 การยิงผ้าเคฟลาร์

ภาพประกอบที่ 4.2 การยุบตัวของวัสดุหนุนภายหลังจากการยิง

ผลจากการศึกษาพบว่า ผ้าเคฟลาร์มีการยุบตัวน้อยกว่า 44 มม ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานในการทดสอบ ดังนั้น การใช้ผ้าเคฟลาร์ที่มีจำนวนชั้น 30 ชั้น มีความคงทนต่อกระสุนขนาด .44 แมกนัมได้ โดยไม่ต้องใช้ร่วมกับตะแกรงเหล็ก

4.4 การยิงเสื้อเกราะกันกระสุน

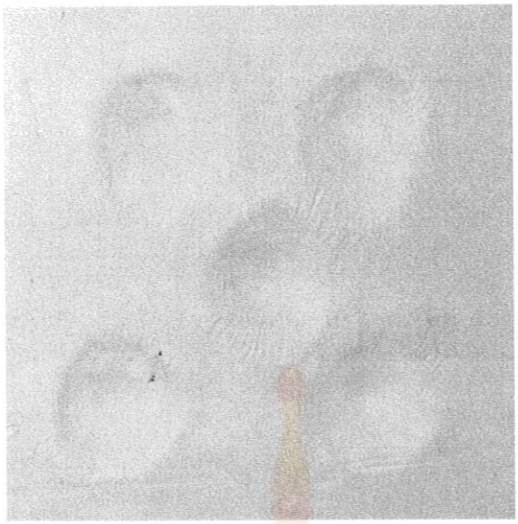
ผ้าเคฟลาร์ถูกนำมาซ้อนทับกันจำนวน 32 ชั้น และตัดเป็นเสื้อเกราะกันกระสุน เมื่อนำมาทดสอบการยิงด้วยกระสุนปืนขนาด.44 แมกนัม ผลการศึกษาแสดงดังในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การทดสอบการยิงเสื้อเกราะ

ระดับการทดสอบตามมาตรฐานเอ็นไอเจ	ชนิดของกระสุน	จำนวนชั้นทั้งหมดของวัสดุ (ชั้น)	ตำแหน่งของเสื้อเกราะ	ผลการทดสอบ		
				การยิงครั้งที่	ความเร็วกระสุน (เมตร/วินาที)	การยุบตัวของวัสดุหนุน (มม)
3A	.44 แมกนัม	32	ด้านหน้า	1	455.76	23.9
				2	444.77	26.8
				3	451.48	25.4
				4	447.08	27.8

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) การทดสอบการยิงเสื้อเกราะ

ระดับการทดสอบตามมาตรฐานเอ็นไอเจ	ชนิดของกระสุน	จำนวนชั้นทั้งหมดของวัสดุ (ชั้น)	ตำแหน่งของเสื้อเกราะ	ผลการทดสอบ		
				การยิงครั้งที่	ความเร็วกระสุน (เมตร/วินาที)	การยุบตัวของวัสดุหนุน (มม)
3A	.44 แมกนัม	32	ด้านหน้า	5	452.31	27.0
3A	.44 แมกนัม	32	ด้านหลัง	1	443.05	26.5
				2	450.35	26.8
				3	454.10	25.0
				4	452.41	29.0
				5	452.94	24.7



ภาพประกอบที่ 4.3 การยุบตัวของวัสดุหนุนภายหลังจากการยิงเสื้อเกราะด้านหน้า

ภาพประกอบที่ 4.4 การยุบตัวของวัสดุหนุนภายหลังจากการยิงเสื้อเกราะด้านหลัง

ผลจากการศึกษาพบว่า ภายหลังจากการยิงเสื้อเกราะด้วยกระสุนขนาด .44 แมกนัม ทั้งบริเวณด้านหน้าและด้านหลังของเสื้อ รอยยุบตัวของวัสดุหนุนมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดโดยกระทรวงกลาโหม เสื้อเกราะที่ผลิตขึ้นมีความสามารถในการป้องกันกระสุนขนาด .44 แมกนัม จึงเป็นเสื้อเกราะระดับ 3A ตามมาตรฐานเอ็น ไอ เจ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการป้องกันดีกว่าเสื้อเกราะแบบเดิมที่มีการผลิตขึ้น โดยเสื้อเกราะแบบเดิมที่มีการผลิตมีประสิทธิภาพในการป้องกันอยู่ในระดับ 2A (เสื้อเกราะพระเจ้าตาก. 2550: 1-2) แต่อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพในการป้องกันของเสื้อเกราะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่ใช้ในการผลิตและจำนวนชั้นของการซ้อนทับกันของวัสดุ ดังนั้น เสื้อเกราะที่ผลิตขึ้นจากผ้าเคฟลาร์โดยใช้เส้นด้ายจากใยสั้น จึงมีประสิทธิภาพในการป้องกันได้ดี

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการผลิตเสื้อเกราะกันกระสุน เพื่อพัฒนาการผลิตเสื้อเกราะกันกระสุนจากเส้นใยเคฟลาร์ชนิดเส้นใยสั้นให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. เส้นด้ายเคฟลาร์มีการยืดตัวน้อย แต่มีความเหนียวมาก ซึ่งเหมาะสมที่จะนำมาทอเป็นผืนผ้า

2. ผ้าเคฟลาร์ที่ได้จากการทอเป็นผ้าลายขัด มีน้ำหนักต่อพื้นที่เท่ากับ 550 กรัม/ตารางเมตร

3. ความคงทนของวัสดุ (ผ้าเคฟลาร์และ/หรือตะแกรงเหล็กกล้าไม่เป็นสนิม) ขึ้นอยู่กับชนิดของกระสุนและจำนวนชั้นของวัสดุ

4. จำนวนชั้นของตะแกรงเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมไม่มีผลต่อความคงทนของวัสดุ

5. การซ้อนทับกันของวัสดุตั้งแต่ 30 ชั้น ขึ้นไป ทำให้วัสดุมีความคงทนต่อกระสุนขนาด .44 แมกนัม

6. เสื้อเกราะกันกระสุนที่ประกอบด้วยผ้าเคฟลาร์ที่มีจำนวนชั้น 32 ชั้น มีความคงทนต่อการยิงด้วยกระสุนขนาด .44 แมกนัม

7. เสื้อเกราะกันกระสุนที่ผลิตจากเส้นด้ายเคฟลาร์ชนิดเส้นใยสั้นมีประสิทธิภาพในการป้องกันได้ดี

ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัยในขั้นต่อไป

1. เสื้อเกราะกันกระสุนที่ผลิตได้จากการวิจัยนี้มีน้ำหนัก 5 กิโลกรัม ดังนั้น การศึกษาในขั้นต่อไป จึงควรศึกษาเพื่อลดน้ำหนักของเสื้อเกราะกันกระสุน แต่ยังมีประสิทธิภาพ ในการป้องกันได้ดี

2. ศึกษาการใช้วัสดุชนิดอื่นร่วมกับผ้าเคฟลาร์ เช่น พอลิเมอร์ เส้นใยธรรมชาติบางชนิด

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงกลาโหม. "มาตรฐานเสื้อเกราะกันกระสุนและมาตรฐานแผ่นเกราะกันกระสุน" ม.ป.ท. 2547.

"คุณลักษณะเฉพาะเสื้อเกราะอ่อนป้องกันกระสุน" กรุงเทพฯ : ม.ป.ท., ม.ป.ป. (อัดสำเนา).

บุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์. **รู้รอบ-รอบรู้ เทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์.** ปทุมธานี : ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2548.

"ปัญหาอุปสรรคในการดำเนินงานปราบปราม" [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www. google.com/เสื้อเกราะ.html. สืบค้น 1 มีนาคม 2549.

วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา. **วิทยาศาสตร์เส้นใย.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

สถาบันวิจัยและพัฒนา ฝ่ายวิจัยและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ. **คู่มือนักวิจัย.** กรุงเทพฯ : สปีดเจ็ท, 2550.

สุจิระ ขอจิตต์เมตต์, สมประสงค์ ภาษาประเทศ และอภิชาติ สนธิสมบัติ. "การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเส้นใยไหมมาใช้ในการผลิตเสื้อเกราะกันกระสุน" **วารสารวิจัยและฝึกอบรม.** 3, 3 (พฤษภาคม-สิงหาคม, 2543) : 54 - 63.

สุรวรรณ ลิ้มสัมพันธ์. "เสื้อเกราะกันกระสุน" **นาวิกศาสตร์.** 86, 12 (ธันวาคม, 2546) : 50 - 60.

"เสื้อเกราะกันกระสุนในอนาคตอาจจะผลิตจาก Nanotube" [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.vcharkarn.com/include/vcafe/showkratoo. สืบค้น 8 พฤศจิกายน 2550.

"เสื้อเกราะกันกระสุนฝีมือนักศึกษาอาชีวะ ร่วมโครงการ "คนไทยรักแผ่นดิน" ราไฟได้" [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.siamha.com/content/data/15/0092.html. สืบค้น 8 พฤศจิกายน 2550.

"เสื้อเกราะพระเจ้าตาก" **คมชัดลึก.** (4 ตุลาคม 2550) : 2

American Society for Testing and Materials. **Annual Book of ASTM Standards.** section 7 textile. Volume 07.01. Easton : n.p., 1997.

Adanur, S. **Handbook of Industrial Textiles.** Alabama : Technomic Publishing, 1995.

Horrocks, A.R. and Anand, S.C. **Handbook of Technical Textiles.** Cambridge : Woodhead Publishing, 2000.

ภาคผนวก ก
ข้อมูลเกี่ยวกับดินน้ำมันที่ใช้เป็นวัสดุหนุน

Roma Italian Plastilina, made exclusively by SCULPTURE HOUSE, is available in four degrees of consistency.

No. 1—Soft: For those who prefer an extremely plastic modeling plastilina. Best for large work.

No. 2—Medium: A slightly firmer consistency—the type most generally used by everyone for all average size work. Available in Yellow-Green, and Dove-Grey on special order.

No. 3—Medium Firm: A more consistent degree of firmness, generally used for smaller models and by those who prefer a firmer modeling plastilina. Available in Grey-Green only.

No. 4—Very hard, for small figures—Medallions—Reliefs.

ROMA PLASTILINA

Alex Jon
BEWARE COUNTERS WITHOUT THIS SIGNATURE

LA FAVORITA

Italian
MADE IN U.S.A.

2 libre No. 1
VERDE-GRIGIA

2 POUNDS No. 1
GREY-GREEN

Sculpture House

100 CAMP MEETING AVE.
SKILLMAN, N.J. 08558

ALWAYS PURCHASE SCULPTURE HOUSE MATERIALS

ID-S PLASTELINE
For Industrial Designers

PLIATEX MOLD RUBBER
For Easily Made Flexible Molds
Requires No Heat Curing

DELLA ROBBIA MIRACLE CLAY & LIQUID GLAZE
For Durable Ceramics That Bake In a Kitchen Oven — Odorless

POTTERY CLAY
JOLLY KING PLASTIC CLAY

BONE-WARE SELF-HARDENING CLAY
JOLLY KING
STEEL MODELING STANDS

STONE & WOOD CARVING TOOLS
HANDMADE MODELING TOOLS
HAND FORGED STEEL PLASTER TOOLS
ARMATURES
ARMATURE MATERIALS
CASTING SUPPLIES

Jolly King BRAND
SCULPTURE ACCESSORIES

CONFORMS TO ASTM D-4236.

ARE AVAILABLE AT ART SHOPS EVERYWHERE

Always shellac any surface to which ROMA Italian Plastilina is to be applied.

This assures better adhesion and prevents porous surfaces from absorbing some of its essential oils.

ภาคผนวก ข
ข้อมูลเกี่ยวกับแผ่นตะแกรงเหล็กกล้าไม่เป็นสนิม

::: Thai Prasit Co.,Ltd. :::

Thai Prasit Textile Co.,Ltd.

Home · About Us · Products · News & Promotion · Site Map · Contact Us · FAQ

Products **Wire Mesh**

:: Plain Dutch Weave

Plain Dutch Weave :

The openings slant diagonally through the cloth giving no visible mesh. the main wires are thicker and widely spaced. the cross wires are finer and closely spaced. This construction gives a very compact, firm mesh with great strength and is primarily used as a filter medium with a good flow rate. Mesh is indicated by the number of cross wires between a distacne of 1 inch (25.4mm.)

Standard Specifications :

Wire Cloth Construction	Wire Diameter	Grade (AISI / SUS)	Approximate Filter Rating
warp x weft	warp x weft	warp x weft	(micron)
12 x 72	0.45 x 0.40	304	285
24 x 110	0.36 x 0.26	304	125
30 x 150	0.23 x 0.19	304	100
40 x 200	0.19 x 0.15	304	75
50 x 250	0.15 x 0.11	304	60
80 x 400	0.12 x 0.08	304	45

Product of Thailand

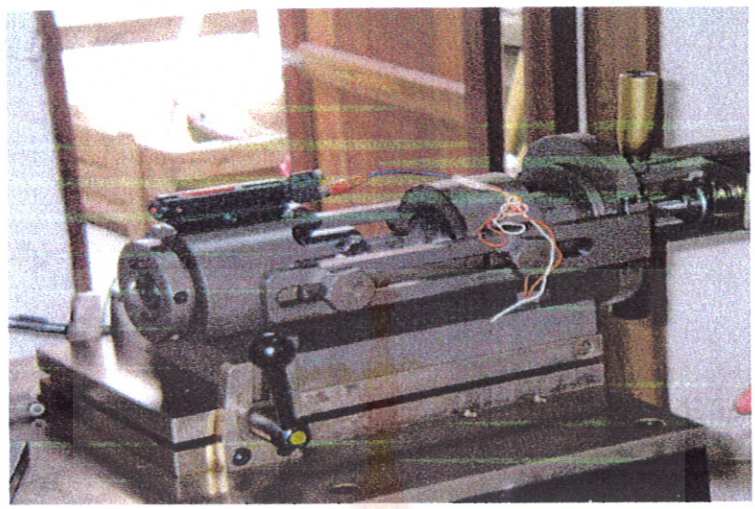
DOLPHIN

SUPERIOR QUALITY

Note : Special specification can be offered upon request.

© 2004 Thai Prasit Textile Co.,Ltd. All rights reserved

ภาคผนวก ค
อุปกรณ์ที่ใช้ในการยิง



ภาพประกอบที่ 1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการยิง

ประวัติคณะผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล นายสมชาย อุดร

ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล (2536 - 2539)
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งทอ)

ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต (2543 - 2547)
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการงานวิศวกรรม)

ประวัติการทำงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมีสิ่งทอ
คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ

ชื่อ-นามสกุล นายมนูญ จิตต์ใจฉ่ำ

ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล (2524 - 2527)
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งทอ)

ปริญญาโท สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (2541 - 2542)
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมการจัดการ-อุตสาหกรรม)

ประวัติการทำงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งทอ
คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ

ชื่อ-นามสกุล นางสาวบุญศรี คู่สุขธรรม

ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน (2525 - 2528)
	การศึกษาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ - เคมี)
ปริญญาโท	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (2528 - 2531)
	การศึกษามหาบัณฑิต (เคมี)
ปริญญาโท	มหาวิทยาลัยมหิดล (2536 - 2539)
	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์)
ปริญญาเอก	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2544 - 2547)
	วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วัสดุศาสตร์)

ประวัติการทำงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมีสิ่งทอ
คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ

ชื่อ-นามสกุล นายโอภาส เชาวนานนท์

ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล (2519 - 2522)
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งทอ)

ประวัติการทำงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งทอ
คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ