INARCRU III
ราชภัฏวิจัย ครั้งที่ 3

รวมบทความวิจัย (Proceeding)
เล่ม 2 ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ

"ราชภัฏวิจัย ครั้งที่ 3"

" ลหวิทยาการ งานวิจัย และนวัตกรรมอุดมศึกษาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่นไทย ก้าวไกลสู่อาเซียน "

(International Academic & Research Conference of Rajabhat University : INARCRU III)

วันที่ 20 - 22 พฤษภาคม 2558

ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.)
มหาวิทยาลัยราชภัฏ 40 แห่งทั่วประเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)
เครือข่ายวิจัยสถาบันอุดมศึกษา ภาคใต้ตอนบน

ภาคบรรยาย (Oral Presentation)

การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ
“ราชภัฏวิจัย ครั้งที่ 3”
เล่ม 2 ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการพัฒนาวัสดุจากงานประดับยนต์สำหรับทำเสื้อเกราะกันกระสุนระดับ 2 ที่มีค่าแบล็คเฟซซิกเนเจอร์ต่ำ

A Study of Optimal Factor in Development of Car Accessories Materials for the Ballistic Vests Level 2 to Reduced the Backface Signature.

ธรรม์ณชาติ วันแต่ง*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการพัฒนาแผ่นเกราะกันกระสุนจากวัสดุงานประดับยนต์สำหรับทำเสื้อเกราะกันกระสุนป้องกันภัยคุกคาม ระดับ 2 ตามมาตรฐาน NIJ Standard–0101.06 ที่มีค่าแบล็คเฟซซิกเนเจอร์ต่ำ ซึ่งจะเป็นงานวิจัยต่อเนื่องจากแผ่นเกราะกันกระสุนต้นแบบ โดยทำการออกแบบการทดลอง*แบบปัจจัยเดียว*ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลอง ทำการศึกษาอิทธิพลของการเสริมแผ่นอีพ็อกซี่ผสมคาร์บอนไฟเบอร์ 3 ระดับ 0, 10 และ 20 ชั้น ที่มีผลต่อการป้องกันการเกิดค่าแบล็คเฟซซิกเนเจอร์ต่อผู้สวมใส่ ในการทดสอบจะนำวัสดุทดสอบแต่ละปัจจัยใส่ในเสื้อเกราะกันกระสุนแบบเปิด-ปิดได้ จำนวน 3 ตัว ทำการทดสอบด้วยกระสุนจริง ขนาด .357 Magnum ทดลองซ้ำ 6 ครั้งต่อการทดลอง จากผลการทดลองพบว่าในทุกการทดลองสามารถหยุดการทะลุของกระสุนได้และปัจจัยด้านการเสริมแผ่นอีพ็อกซี่ผสม*เส้นใย*คาร์บอนมีผลต่อการป้องกันการเกิดค่าแบล็คเฟซซิกเนเจอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้านปัจจัยที่เหมาะสมในการป้องกันการเกิดค่าแบล็คเฟซซิกเนเจอร์ได้ดีที่สุดคือ*วัสดุทด*สอบในเสื้อเกราะกันกระสุนตัวที่ 3 และ 2 ตามลำดับ มีค่าแบล็คเฟซซิกเนเจอร์ 8.67 และ 11.17 มม.ตามลำดับ ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาสู่การใช้งานจริงได้

คำสำคัญ : เสื้อเกราะกันกระสุน แผ่นเกราะกันกระสุนจากวัสดุงานประดับยนต์ ค่าแบล็คเฟซซิกเนเจอร์

*อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ABSTRACT

This work was aimed to study optimal factor in develop ins the properties of car accessory materials for the ballistic armor threat level 2 to reduced the backface signature (referred to the standard of the NIJ Standard–0101.) This research is a development of the ballistic armor prototype. A statistical experimental design called

single factorial design was systematically used to investigate the efficiency improvement of the material properties used in the ballistic armor. Three levels of the material layer of epoxy putty carbon fiber plate (0, 10 and 20 layers) were experimentally conducted using .357 Magnum with six replications for each treatment. The result indicates that the all factors can penetrations of bullet and the epoxy putty carbon fiber plate used in all treatments them are significant statistically can penetrations of bullet and also significantly reduced the backface signature. The optimal factor indicated the used of materials in 3 and 2 test, the backface signature of 8.67 and 11.17 mm. It will be able to resist the penetration of bullet as will, which can be practically used.

Keywords: Ballistic vests, Car accessory materials for the ballistic armor, Backface signature.

บทนำ

เสื้อเกราะกันกระสุนเป็นอุปกรณ์ป้องกันตัวส่วนบุคคลของทหาร ตำรวจ และเจ้าหน้าที่ของรัฐ การใส่เสื้อเกราะกันกระสุนขณะปฏิบัติหน้าที่นั้นจะช่วยลดอันตรายจากกระสุนปืนหรือของมีคมอื่นๆ ที่มาทำร้ายบริเวณลำตัวของผู้ที่สวมใส่ได้เป็นอย่างดี และนอกจากนั้นแล้วจะต้องลดการ**เกิดอาการ**บลันท์ทรอมา (Blunt trauma) หรืออาการฟกช้ำจากแรงกระแทกของกระสุนด้วย เสื้อเกราะกันกระสุนคุณภาพดีจะมีน้ำหนักเบา มีราคาสูงมาก แลนำเข้ามาจากต่างประเทศ ราคาประมาณ 30,000 บาทขึ้นไป ส่วนใหญ่จะมีเฉพาะเจ้าหน้าที่ระดับสัญญาบัตรเท่านั้น ส่วนเจ้าหน้าที่ระดับปฏิบัติการหรือชั้นประทวนจะใช้เสื้อเกราะกันกระสุนจากการแจกของหน่วยงานต้นสังกัดซึ่งจะมีน้ำหนักมากประมาณ 10 กิโลกรัมขึ้นไป ด้วยเหตุจากน้ำหนักที่มากเกินไปนี้จึงทำให้เจ้าหน้าที่ไม่นิยมใส่กัน ดังนั้นจึงจะเห็นได้ว่าเสื้อเกราะกันกระสุนที่มี**การเกิด**บลันท์ทรอมาที่ต่ำ มีน้ำหนักที่เบา และมีราคาถูก จะเป็นส่วนสำคัญในการตัดสินใจใช้เสื้อเกราะกันกระสุนของเจ้าหน้าที่ **ในปัจจุบันได้มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับวัสดุ**เสื้อเกราะกันกระสุน**ที่มีประสิทธิภาพที่ดีและมีราคาถูกกันอย่างกว้างขวาง เช่น** เสื้อเกราะกันกระสุนจากฟิล์มเอกซเรย์ จากใยแก้ว จากเส้นใยประดิษฐ์ จาก**แผ่นเหล็กบวกกับผ้าทรายอัดกับยาง***และ***จากวัสดุ**ในงานประดับ*ยนต์* เป็นต้น ซึ่งในแต่ละชนิดก็ควรจะมีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพที่**สูงขึ้นและพัฒนา**สู่การใช้งานจริงได้ต่อไป ในงานวิจัยนี้จึงมุ่งที่จะพัฒนาเสื้อเกราะกันกระสุนจาก**วัสดุ**ในงานประดับยนต์ อนุสิทธิบัตรไทย เลขที่ 9250 ซึ่งสามารถป้องกันภัยคุกคาม ระดับ 2 หรือกระสุนขนาด 9 มม., 11 มม. และ .45 ACP ซึ่งเป็นมาตรฐานของเสื้อเกราะอ่อนที่ใช้กันอย่างกว้างขวางทั่วโลกและเป็นมาตรฐานเดียวกันกับเสื้อเกราะของตำรวจสหรัฐที่ใส่ปฏิบัติหน้าที่ สามารถกันกระสุนได้เกือบทุกชนิดยกเว้นกระสุนปืนพกที่มีอำนาจการทะลุทะลวงสูง โดยจะทำการพัฒนาวัสดุต้นแบบให้สามารถ**ป้องกันการเกิด**ค่าแบล็คเฟซซิกเนเจอร์**ได้ดีขึ้น ซึ่ง**ค่าแบล็คเฟซซิกเนเจอร์คือค่าการยุบตัวของเสื้อเกราะเข้าไปด้านในจากแรงกระแทกของกระสุน**ส่งผลให้เกิดอาการ**บลันท์ทรอมากับผู้สวมใส่ ดังนั้นวัตถุประสงค์ในงานวิจัยนี้จึงจะทำการศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการพัฒนาวัสดุจากงานประดับยนต์สำหรับทำเสื้อเกราะกันกระสุน ระดับ 2 ที่มีค่าแบล็คเฟซซิกเนเจอร์ต่ำ โดยจะทำการทดสอบกับกระสุนขนาด .357 **Magnum** ซึ่งเป็นขนาดของกระสุนที่มีอำนาจการทะลุทะลวงสูงขึ้น เพื่อจะสามารถ*ใช้เป็น*พื้นฐานในการสร้างเสื้อเกราะกันกระสุนที่มีราคาถูกและมีประสิทธิภาพในการใช้งานต่อไป

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย

1) การออกแบบการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลองเพื่อทำการศึกษาและพัฒนาแผ่นเกราะกันกระสุนต้นแบบจากแผ่นอีพ๊อกซี่ผสมเส้นใยคาร์บอน โดยจะออกแบบการทดลองเป็นการทดลองปัจจัยเดี่ยว (Single factor) และวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบอโนวาทางเดียว (One-Way ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรม Minitab R17 ประกอบกับการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของวัสดุหลังการทดสอบ ซึ่งสมมติฐานในการทดลองนี้ที่ $\square_0$ คือการทดลองทุกระดับไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนสมมติฐานที่ $\square_1$ จะปฏิเสธ $\square_0$ เพราะว่าจะมีการทดลองอย่างน้อย 1 คู่ที่มีต่างกันดังสมการที่ 1

$$\square_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$
$$\square_1 : \mu_{\square} \neq \mu_{\square} \text{ อย่างน้อย 1 คู่ที่ต่างกัน} \quad \ldots 1$$

โดยที่ μ คือ ค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากร

ระดับของปัจจัยคือจำนวนชั้นอีพ๊อกซี่ผสมเส้นใยคาร์บอน 3 ระดับ การทดลองใน 1 เรพลิเคต (Replicate) ประกอบด้วยการทดลองซ้ำ 6 ครั้งต่อการทดลอง ตัวแปรที่ตรวจวัด คือ ค่าแบล็คเฟซซิกเนเจอร์ซึ่งเป็นค่าการยุบตัวของเสื้อเกราะหลังยิงทดสอบว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยหรือไม่ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน NIJ Standard–0101.06 จะกำหนดการยุบตัวเข้าไปไม่เกินกว่า 44 มิลลิเมตร กำหนดตัวแปรควบคุมได้แก่ ขนาดกระสุน อาวุธปืน และระยะทดสอบ

2) วิธีการดำเนินการทดลอง

จากข้อมูลการออกแบบการทดลองนำมาจัดทำแผ่นเกราะกันกระสุนตามปัจจัย โดยกำหนดขอบเขตที่น้ำหนักรวมของเสื้อเกราะกันกระสุนในการทดลองเมื่อประกอบแล้วไม่ควรเกิน 10 กิโลกรัม/ตัว เพราะถ้าน้ำหนักมากกว่านี้จะไม่เหมาะสมในการปฏิบัติงานจริง และการใช้วัสดุในการทดลองจะใช้วัสดุจากงานประดับยนต์ที่สามารถหาซื้อได้ในท้องตลาดทั่วไป รายละเอียดของแผ่นเกราะกันกระสุนจำนวน 3 ระดับ มีดังนี้ ตัวที่ 1 แผ่นคาร์บอนอะรามิดไฮบริดฟาบริค (Carbon aramid hybrid fabric) หรือ คาร์บอนเคฟล่าร์ ลาย 2 น้ำหนัก 200 กรัมต่อตารางเมตร (g/m^2) ค่าความหนาแน่น 1.82 กรัมต่อตารางเซนติเมตร (g/cm^2) ค่ามอดูลัสของยัง 187 กิกะปาสคาล (GPa) จำนวน 48 ชั้น และแผ่นแผ่นอะรามิดฟาบริค (Aramid fabric) หรือแผ่นเคฟล่าร์ น้ำหนัก 460 g/m^2 ค่าความหนาแน่น 1.44 g/cm^2 ค่ามอดูลัสของยัง 102 GPa จำนวน 30 ชั้น น้ำหนักรวม 1.25 กิโลกรัม เมื่อประกอบไว้ในเสื้อเกราะกันกระสุนทั้งด้านหน้าและหลังมีน้ำหนักรวมทั้งชุดประมาณ 3.50 กิโลกรัม/ตัว ตัวที่ 2 เสริมแผ่นอีพ๊อกซี่ผสมเส้นใยคาร์บอน (Carbon fiber) จำนวน 10 ชั้น ซึ่งเส้นใยคาร์บอนมีน้ำหนัก 240 g/m^2 ค่าความหนาแน่น 1.76 g/cm^2 ค่ามอดูลัสของยัง 230 GPa ประกอบเข้ากับแผ่นคาร์บอนเคฟล่าร์ 48 ชั้น และแผ่นเคฟล่าร์ 30 ชั้น น้ำหนักรวม 2.80 กิโลกรัม น้ำหนักรวมทั้งชุดประมาณ 6.60 กิโลกรัม/ตัว และตัวที่ 3 เสริมแผ่นอีพ๊อกซี่ผสมเส้นใยคาร์บอน จำนวน 20 ชั้น แผ่นคาร์บอนเคฟล่าร์ 48 ชั้น และแผ่นเคฟล่าร์ 30 ชั้น น้ำหนักรวม 3.90 กิโลกรัม/แผ่น น้ำหนักรวมทั้งชุดประมาณ 8.80 กิโลกรัม/ตัว

ในการทดสอบเสื้อเกราะกันกระสุนตามปัจจัยข้างต้นจะดำเนินการทดสอบด้วยกระสุนจริง ณ กองพันทหารม้าที่ 18 กองพลทหารม้าที่ 1 ค่ายพ่อขุนผาเมือง จ.เพชรบูรณ์ ตามมาตรฐาน NIJ Standard–0101.06 ใช้กระสุนขนาด .357 Magnum JHP ยี่ห้อ FEDERAL น้ำหนักหัวกระสุน 10.2 กรัม (158 เกรน) จำนวน 6 นัดต่อการทดลอง ที่ระยะยิง 5 เมตร โดยมีลำดับการยิงทดสอบดังนี้ ครั้งที่ 1 มุม 0 องศา จำนวน 3 นัด ลำดับการยิงครั้งที่ 2 มุม 30 องศา จำนวน 1 นัด ลำดับการยิงครั้งที่ 3 มุม -30 องศา จำนวน 1 นัด ลำดับการยิงครั้งที่ 4 กลับมาที่มุม 0 องศา จำนวน 1 นัด เสื้อเกราะกันกระสุนที่นำมายิงทดสอบจะต้องอยู่ในสภาพที่เปียกชื้นโดยจะทำการพ่นฝอยน้ำให้มีลักษณะคล้ายฝนตกและมีชุดทดสอบการยุบตัวของเสื้อเกราะกันกระสุนติดไว้ด้านหลังเพื่อใช้ตรวจวัดค่าแบล็คเฟซซิกเนเจอร์ ด้านผู้ทำหน้าที่ยิงทดสอบ คือ ดาบตำรวจศิริชัย วิฤทธิ์ จากสถานีตำรวจภูธรเมืองเพชรบูรณ์ และจ่าสิบเอกประภาศ ประติโก จากกองพันทหารม้าที่ 18 เป็นผู้ควบคุมสนามยิงปืน

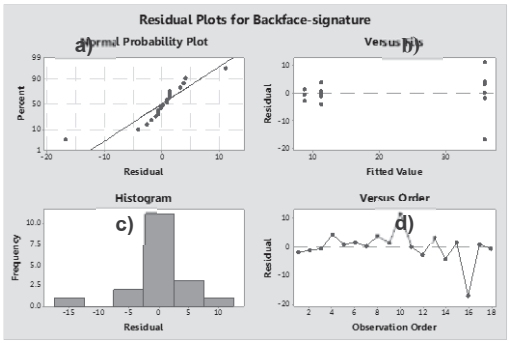
ผลการวิจัย

จากผลการทดลองค่าเฉลี่ยแบล็คเฟซซิกเนเจอร์ที่ได้มีค่าเฉลี่ย 35.83, 11.17 และ 8.67 มม. ตามลำดับ ดังตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ย*ใน*การทดลองวัสดุเสื้อเกราะกันกระสุนตัวที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยแบล็คเฟซซิกเนเจอร์ที่สูงที่สุด ส่วนวัสดุในเสื้อเกราะกันกระสุนตัวที่ 2 และ 3 จะมีค่าเฉลี่ยแบล็คเฟซซิกเนเจอร์ที่ต่ำลงมาตามลำดับ

ตารางที่ 1 ผลการทดลองค่าแบล็คเฟซซิกเนเจอร์

เสื้อเกราะกันกระสุน	ค่าแบล็คเฟซซิกเนเจอร์ (มิลลิเมตร)						
	1	2	3	4	5	6	เฉลี่ย
ตัวที่ 1	34	40	36	47	39	19	35.83
ตัวที่ 2	10	12	15	11	7	12	11.17
ตัวที่ 3	8	10	10	6	10	8	8.67

ซึ่งก่อนการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าส่วนตกค้าง (Residual) ของข้อมูลที่ได้จากการทดลองจำเป็นต้องตรวจสอบผลการทดลองให้เป็นไปตามสมมติฐานทั้งหมด 3 ข้อ ตามทฤษฎีของมอนโกเมอร์รี่ *ซึ่งมีรายละเอียด* ดังนี้ การตรวจสอบการกระจายตัวแบบปกติของข้อมูล (Normal distribution) ของส่วนตกค้างในภาพที่ 1a พบว่าค่าของส่วนตกค้างมีการกระจายตัวของข้อมูล ไม่มีข้อมูลที่ซ้ำกัน และข้อมูลที่ได้มีแนวโน้มอยู่ในแนวเส้นตรง จึงประมาณได้ว่าค่าของส่วนตกค้างมีการแจกแจงแบบปกติ และต่อมาคือการตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน (Variance stability) โดยเมื่อเทียบกับค่าที่ได้จากแบบจำลองการถดถอย (Fitted value) ในภาพที่ 1b จะพบว่ามีการกระจายตัวของค่าเศษเหลือในแต่ละย่านของข้อมูล ไม่พบรูปแบบการกระจายตัวที่ผิดปกติ และมีการกระจายตัวแบบสุ่มรูปลำโพง และข้อที่ 3 คือการตรวจสอบความเป็นอิสระต่อกันของข้อมูล (Independent) ในภาพที่ 1c พบว่าการกระจายตัวของส่วนตกค้างมีแนวโน้มความเป็นอิสระต่อกันและไม่สามารถทำนายรูปแบบได้อย่างแน่นอน ซึ่งจากการตรวจสอบผลการทดลองตามทฤษฎีของมอนโกเมอร์รี่ทั้งหมด 3 ข้อ ปรากฏว่าข้อมูลในการทดลองเป็นไปตามสมมติฐานทั้งหมด นั้นหมายความว่าข้อมูลที่ได้มาทั้งหมดมีการกระจายตัวของข้อมูลแบบปกติ มีความเสถียรของความแปรปรวน ไม่พบรูปแบบการกระจายตัวที่ผิดปกติ และข้อมูลของค่าส่วนตกค้างเป็นอิสระต่อกัน



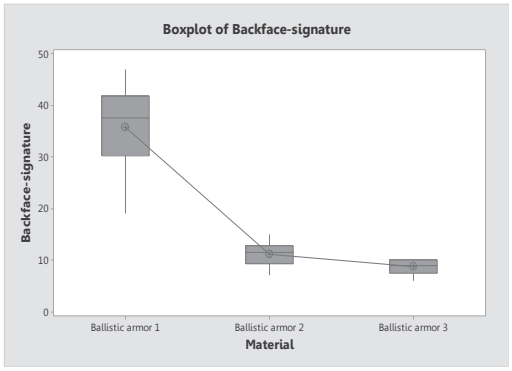
ภาพที่ 1 กราฟค่าความผิดพลาดจากผลการทดลอง

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of Squares	Mean Squares	F-Statistic	P-Value
Material	2	2705.4	1352.72	41.66	*0.000*
Error	15	487.0	32.47		

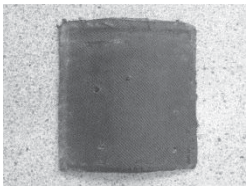
Total	17	3192.4				S = 5.6979

5 R-sq = 84.75% R-sq(adj) = 82.71%

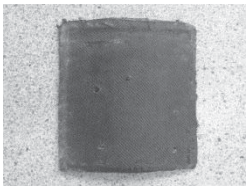


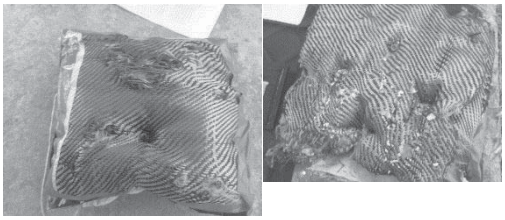
ภาพที่ 2 แผนภาพกล่องแสดงผลของปัจจัยด้านวัสดุต่อค่าแบล็คเฟซซิกเนเจอร์

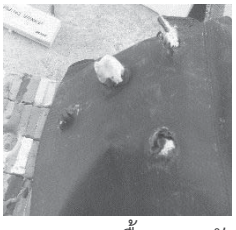
จากการเปรียบเทียบค่า P-Value กับค่าระดับนัยสำคัญของการทดลองเท่ากับ 0.05 ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยค่า P-Value ของปัจจัยจะต้องมีค่าน้อยกว่าค่านัยสำคัญและจากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนจากการทดลองพบว่าค่า P-Value = 0 มีค่าน้อยกว่า 0.05 ดังตารางที่ 2 จึงทำให้ปฏิเสธ $\square_0$ จึงแปลความหมายว่าการเสริมแผ่นอีพ๊อกซี่ผสมคาร์บอนไฟเบอร์มีผลต่อการต้านทานการทะลุของกระสุนระดับ 3A อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และนอกจากนั้นแล้วค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (Coefficient of Determination) R-sq = 84.75% ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์ที่สูงแสดงว่าสมการความสัมพันธ์ดังกล่าวมีความแม่นยำและสามารถอธิบายค่าความผันแปรของค่าตัวแปรตอบสนองต่างๆที่กระจายรอบค่าเฉลี่ยในการทดลองนี้ได้ และจากข้อมูลในแผนภาพกล่อง (Box Plot) ในภาพที่ 2 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลเสื้อเกราะกันกระสุนตัวที่ 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยการเกิดแบล็คเฟซซิกเนเจอร์ที่ต่ำกว่าเสื้อเกราะกันกระสุนตัวที่ 1 และมีความแปรปรวนที่น้อยกว่า



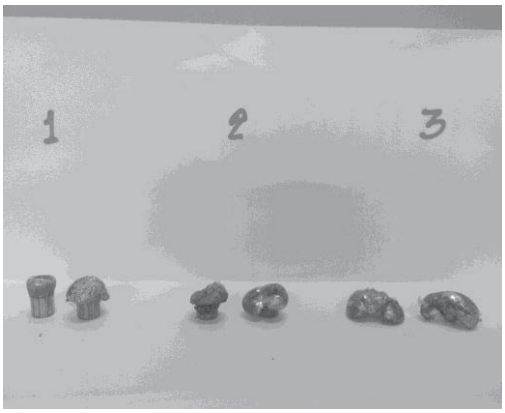
ภาพที่ 3 ผลการทดสอบเสื้อเกราะกันกระสุนตัวที่ 1



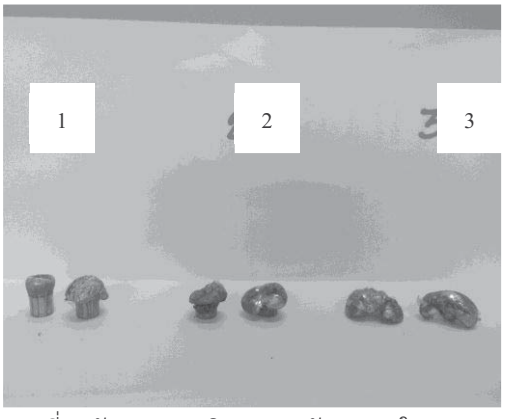




ภาพที่ 4 ผลการทดสอบเสื้อเกราะกันกระสุนตัวที่ 2



ภาพที่ 5 ผลการทดสอบเสื้อเกราะกันกระสุนตัวที่ 3



ภาพที่ 6 ลักษณะการผิดรูปของหัวกระสุนในการทดลอง

จากผลการวิเคราะห์ทางกายภาพวัสดุทดสอบในเสื้อเกราะกันกระสุนตัวที่ 1 ดังภาพที่ 3 มีค่าเฉลี่ยแบล็คเฟซซิกเนเจอร์ที่สูงถึง 35.83 มม. แม้ว่าจะไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ในมาตรฐานแต่กระสุนจะทะลุผ่านแผ่นหน้าที่ทำด้วยคาร์บอนเคฟล่าร์ทั้งหมด 48 ชั้น และเข้าไปค้างอยู่ในแผ่นหลังที่ทำจากวัสดุเคฟล่าร์ทั้งหมดทุกนัดและผลทางกายภาพก็ยังชี้ให้เห็นว่าแรงกระแทกของกระสุนจะทำให้เกิดแรงดันมากจนเสื้อเกราะกันกระสุนขาดตามแนวแรงดันของกระสุนที่บริเวณด้านหลัง ดังภาพที่ 3 ซึ่งจากผลดังกล่าวนับว่าเป็นอันตรายอย่างยิ่ง ส่วนวัสดุทดสอบในเสื้อเกราะกันกระสุนตัวที่ 2 ดังภาพที่ 4 มีค่าเฉลี่ยแบล็คเฟซซิกเนเจอร์ 11.17 มม. ค่าที่ได้ไม่เกินมาตรฐานกำหนด และพบว่าลูกกระสุนมีการทะลุแผ่นหน้าที่ทำด้วยวัสดุอีพ๊อกซี่ผสมคาร์บอนไฟเบอร์เข้าไปค้างอยู่ที่แผ่นคาร์บอนเคฟล่าร์ชั้นกลางเท่านั้นโดยจะไม่ทะลุถึงแผ่นหลังและไม่มีรอยขาดจากแรงดัน ส่วนวัสดุทดสอบในเสื้อเกราะกันกระสุนตัวที่ 3 ดังภาพที่ 5 มีค่าเฉลี่ยแบล็คเฟซซิกเนเจอร์ 8.67 มม. ซึ่งค่าที่ได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดเช่นกันและผลการทดลองเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับวัสดุในเสื้อเกราะกันกระสุนตัวที่ 2 แต่จะมีค่าแบล็คเฟซซิกเนเจอร์ที่น้อยที่สุดในการทดลองนี้

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแผ่นเกราะกันกระสุนที่ทำการเสริมชั้นอีพ๊อกซี่ผสมคาร์บอนไฟเบอร์จะมีค่าเฉลี่ยแบล็คเฟซซิกเนเจอร์ที่ต่ำกว่าไม่ทำการเสริมชัดเจน ซึ่งชั้นอีพ๊อกซี่ผสมคาร์บอนไฟเบอร์ในเสื้อเกราะกันกระสุนตัวที่ 2 และ 3 จะทำให้ลดแรงปะทะได้ดี โดยพบว่าลูกกระสุนส่วนใหญ่จะทะลุแค่แผ่นหน้าที่เป็นแผ่นอีพ๊อกซี่ผสมคาร์บอนไฟเบอร์เท่านั้นไม่ทะลุเข้าไปในแผ่นหลังที่ทำด้วยคาร์บอนเคฟล่าร์และเคฟล่าร์ อีกทั้งไม่ก่อให้เกิดรอยทะลุและการห่อตัวจากแรงกระแทกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะการผิดรูปของหัวกระสุนเมื่อผ่านการยิงทดสอบ ดังภาพที่ 6 โดยหัวกระสุนจะมีลักษณะบิดเบี้ยวผิดรูปไปมากตามจำนวนชั้นแผ่นอีพ๊อกซี่ผสมคาร์บอนไฟเบอร์ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากแผ่นดังกล่าวนี้จะมีลักษณะที่แข็งและเหนียวจึงทำให้หัวกระสุนเกิดการผิดรูป และยิ่งมีชั้นอีพ๊อกซี่ผสมคาร์บอนไฟเบอร์มากขึ้นประสิทธิภาพในการต้านทานการทะลุได้ดีและการดูดซับพลังงานจากแรงกระแทกก็จะมีมากขึ้นแต่ก็จะมีน้ำหนักที่เพิ่มมากขึ้นเช่นกัน

การอภิปรายผลและสรุป

จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าการพัฒนาแผ่นเกราะกันกระสุนต้นแบบจากวัสดุงานประดับยนต์ในครั้งนี้สามารถป้องกันภัยคุกคามในระดับ 2 ได้จริงตามมาตรฐาน NIJ Standard–0101.06 และจากการวิเคราะห์ผลการทดลองพบว่าปัจจัยด้านการเสริมแผ่นอิพ๊อกซี่ผสมคาร์บอนไฟเบอร์ไว้ด้านหน้าสามารถต้านทานการทะลุผ่านของกระสุนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 สอดคล้องตรงกันกับผลการทดลองด้านกายภาพที่เสื้อเกราะกันกระสุนตัวที่ 2 และ 3 ที่มีการเสริมชั้นหน้าด้วยแผ่นอีพ๊อกซี่ผสมคาร์บอนไฟเบอร์จำนวน 10 และ 20 ชั้นตามลำดับ จะเกิดค่าแบล็คเฟซซิกเนเจอร์น้อยกว่าชัดเจน อันเนื่องจากความแข็งและเหนียวของแผ่นดังกล่าวนี้จะทำหน้าที่ในการรับแรงปะทะและหยุดหัวกระสุนได้ดี นอกจากนั้นแล้วจากผลการทดลองยังชี้ให้เห็นว่าปัจจัยที่เหมาะสมของวัสดุในการต้านทานการเกิดค่าแบล็คเฟซซิกเนเจอร์ได้ดีที่สุดคือวัสดุทดสอบในเสื้อเกราะกันกระสุนตัวที่ 3 และ 2 โดยมีค่าการเกิดแบล็คเฟซซิกเนเจอร์ 8.67 และ 11.17 มม. ซึ่งต่ำกว่าเสื้อเกราะกันกระสุนต้นแบบที่มีการเกิดแบล็คเฟซซิกเนเจอร์ที่ประมาณ 25 มม. แต่ในทางปฏิบัติเสื้อเกราะกันกระสุนตัวที่ 3 อาจจะมีน้ำหนักที่มากประมาณ 8.80 กิโลกรัม/ตัว ดังนั้นเมื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่เหมาะสมในทางปฏิบัติลองลงมาเสื้อเกราะกันกระสุนตัวที่ 2 ที่มีน้ำหนักรวมทั้งชุดที่เบากว่า

ประมาณ 6.60 กิโลกรัม/ตัว ก็สามารถป้องกันการเกิดค่าแบล็คเฟซซิกเนเจอร์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเช่นกัน จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานจริงได้ เพราะมีน้ำหนักที่เบากว่า

เมื่อนำผลการทดลองในปัจจัยที่เหมาะสมในการทดลองนี้มาทำการเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ จะมีผลดังนี้ ด้านประสิทธิภาพการป้องกันภัยคุกคามจะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าเสื้อเกราะกันกระสุนจากใยประดิษฐ์ที่ป้องกันกระสุนได้ใน ระดับ 2A และมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นดีกว่าเสื้อเกราะกันกระสุนที่ใช้วัสดุเคฟล่าร์อย่างเดียวที่สามารถป้องกันกระสุน .357 ได้เพียง ร้อยละ15 เท่านั้น ส่วนด้านน้ำหนักนั้นจะมีค่าน้ำหนักที่เบากว่าเสื้อเกราะกันกระสุนจากโลหะอย่างชัดเจน และยังคงมีน้ำหนักที่เบากว่าเสื้อเกราะกันกระสุนจากฟิล์มเอกซเรย์ประมาณ 2-3 กิโลกรัม เพราะเสื้อเกราะกันกระสุนดังกล่าวถ้าต้องการป้องกันกระสุนขนาด .357 Magnum จะต้องนำแผ่นอะลูมิเนียมมาเพิ่มไว้ด้านหน้าอีกชั้น ส่วนในด้านต้นทุนวัสดุจะถูกกว่าเสื้อเกราะกันกระสุนน้ำหนักเบาสมรรถนะสูง ประมาณ 3 เท่า และมีราคาใกล้เคียงกับเสื้อเกราะกันกระสุนจากใยประดิษฐ์ประมาณ 10,000 บาท ดังนั้นจากผลการพัฒนาดังกล่าวนี้สามารถนำข้อมูลด้านวัสดุไปเป็นพื้นฐานในการสร้างเสื้อเกราะกันกระสุนหรือแผ่นกำบังกันกระสุนที่มีประสิทธิภาพและมีราคาถูกสำหรับบุคลากรภาครัฐต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กฤษฎากร เชวงศักดิ์โสภาคย์. (2552, กันยายน 15). เสื้อเกราะกันกระสุน. **เดลินิวส์**, หน้า 12.

ทรงพล เอี่ยมบุญฤทธิ์. (2548). **อนุสิทธิบัตรไทย เลขที่ 1806** .กรุงเทพมหานคร : กรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์.

ทัศน์ชัย ผองผาย และทวีภัทร์ บูรณธิติ. (2551). **การจำลองสถานการณ์การกระแทกของกระสุนปืนโดยแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์**. ใน การประชุมวิชาการด้านการสร้างแบบจำลองและการจำลองสถานการณ์ประจำปี 2551 (หน้า126-133). กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธรรม์ณชาติ วันแต่ง. (2556, มกราคม-เมษายน). การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการใช้วัสดุในงานประดับยนต์สำหรับทำแผ่นเกราะกันกระสุน ระดับ 2 โดยออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 2^2 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%. **วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร**. 21(1), 1-8.

ธรรม์ณชาติ วันแต่ง. (2557). **อนุสิทธิบัตรไทย เลขที่ 9250**. กรุงเทพมหานคร: กรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์.

พรชัย คล้ายยา. (2551). **อนุสิทธิบัตรไทย เลขที่ 4263**. กรุงเทพมหานคร : กรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์.

พลาม พรมจำปา. (2555). **อนุสิทธิบัตรไทย เลขที่ 7274**. กรุงเทพมหานคร : กรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์.

สมประสงค์ ภาษาประเทศ, ทวีชัย อมรศักดิ์ชัย, สมนึก สังขหนู, ฉัตรชัย ศุภพิทักษ์สกุล, บิณฑสันต์ ขวัญข้าว และชูพงศ์ ไชยหลาก**. (2553,** มกราคม-มิถุนายน**).** การศึกษาการผลิตเสื้อเกราะกันกระสุนจากผ้าใยประดิษฐ์เพื่อนำไปใช้ผลิตในเชิงพาณิชย์. **วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี. 8**(1), **19-27.**

Chocron, S., Figueroa, E., King, N., Kirchoerfer, T., Nicholls, A. E., Sagebiel, E., Weiss, C. and Freitas, C. J. (2010, November). Modeling and validation of full fabric targets under ballistic impact.**Composites Science and Technology**. 70(13), 2012-2022.

Grujicic M., Glomski P. S., He T., Arakere G., Bell W. C. and Cheeseman B. A. (2009, December), Material Modeling and Ballistic-Resistance Analysis of Armor-Grade Composites

Reinforced with High-Performance Fibers. **Journal of Materials Engineering and Performance**. 18(9), 1169-1182.

Michael B. Mukasey, Jeffrey L. Sedgwick and David W. Hagy. (2015). **Ballistic Resistance of Body Armor NIJ Standard–0101.0**. Retrieved March16, 2015, from: https://www.ncjrs.gov/pdffiles1/nij/223054.pdf.

Montgomery, D.C. (2001). **Design and Analysis of Experiments**. (5th ed). New York: John Wiley& Sons.

Rimdusit, S., Pathomsap S., Kasemsiri P., Jubsilp, C. and Tiptipakorn S. (2011, October-December). Kevlar™ Fiber-Reinforced Polybenzoxazine Alloys for Ballistic Impact Applications. **Engineering Journal**. 15(4), 23-39.