การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการใช้วัสดุในงานประดับยนต์สำหรับทำแผ่นเกราะกันกระสุน ระดับ 2 โดยออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 2^2 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ธรรม์ณชาติ วันแต่ง

A Study of Optimal Factor in Utilization Car Accessories Materials for the Ballistic Armor Level 2 Using a 2^2 Factorial Design at 95% Confidence Level

Tannachart Wantang

สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000
Department of Production Engineering, Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology, Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun 67000, Thailand
* Corresponding author. E-mail address: tannachart@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดของวัสดุในงานประดับยนต์สำหรับทำแผ่นเกราะกันกระสุน โดยออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 2^2 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลอง เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่ส่งผลต่อการป้องกันการทะลุทะลวงของคมกระสุน ระดับ 2 อ้างอิงตามมาตรฐาน NIJ Standard-0101.06 ปัจจัยที่ทำการศึกษาประกอบด้วยปัจจัยด้านชนิดของวัสดุ และปัจจัยด้านการเสริมชั้นกาวอีพ็อกซี่พัตตี้ ในการทดสอบจะนำวัสดุแต่ละปัจจัยบรรจุในซองทดสอบผ้าแบบเปิด-ปิดได้ จำนวน 4 ซองทดสอบ ทำการทดสอบด้วยกระสุนจริง ระดับ 2 ทดลองซ้ำ 6 ครั้ง จากผลการศึกษาพบว่าทุกปัจจัยมีผลต่อการป้องกันการทะลุทะลวงของคมกระสุน ระดับ 2 ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และปัจจัยที่เหมาะสมชี้ให้เห็นว่าการใช้วัสดุในซองทดสอบที่ 3 จะสามารถต้านทานการทะลุผ่านของกระสุนได้ดีที่สุด

คำสำคัญ: เสื้อเกราะกันกระสุน แผ่นเกราะกันกระสุน คาร์บอนเคฟล่าร์ เส้นใยคาร์บอน อีพ็อกซี่พัตตี้ งานประดับยนต์

Abstract

The purpose of this research is to study the materials in the car accessories to make a bullet proof vests. The research uses a 2^2 factorial designed at 95% confident level and analysis of variances. That can stop a bullet through the level 2 (NIJ Standard-0101.06.). The first factor is the materials type and second factor is material layer is epoxy putty plate. The test material in each of the factors contained in the cloth bag open - closed. The material to test 4 type. The testing with bullet level 2 in NIJ Standard-0101.06. was repeated fired six times. The result indicates found that, the all factors, It has affecting penetrations of bullet in level 2 them are significant statistically and the factors indicated the used of materials in 3 envelope test. It will be able to resist the penetration of bullet as will.

Keywords: Bullet Proof Vests, Ballistic Armor, Carbon-Kevlar, Carbon-fiber, Epoxy Putty, Car Accessory

บทนำ

จากการปฏิบัติหน้าที่ของทหารและตำรวจในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ หรือในพื้นที่ชายแดนอื่น ๆ ที่มีความเสี่ยงสูง มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่เจ้าหน้าที่ต้องใส่เสื้อเกราะกันกระสุนเป็นเครื่องป้องกันตัวส่วนบุคคล เพื่อรักษาชีวิตหรือลดความรุนแรงจากการถูกทำร้าย นอกจากนั้นแล้วการทำงานภายในประเทศด้านการปราบปรามยาเสพติดในปัจจุบันก็ยิ่งจำเป็นที่ต้องมีเสื้อเกราะกันกระสุนเป็นเครื่องป้องกันส่วนบุคคลให้กับเจ้าหน้าที่ เพราะในปัจจุบันคนร้ายมักจะใช้อาวุธต่อสู้ขัดขืนเจ้าหน้าที่เป็นประจำ การใส่เสื้อเกราะกันกระสุนขณะปฏิบัติหน้าที่จะช่วยลดอันตรายจากกระสุนปืนหรือของมีคมอื่น ๆ ที่มาทำร้ายบริเวณลำตัวของผู้ที่สวมใส่ได้เป็นอย่างดี ส่วนประกอบของเสื้อเกราะจะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ 1. เกราะนอกเป็นส่วนที่ใช้สำหรับรับแรงกระแทกอาจจะใช้แผ่นเหล็กหรือเซรามิกเพื่อเพิ่มความสามารถในการรับแรงกระแทก 2. แผ่นรับแรงกระแทกด้านในลักษณะเป็นใยสังเคราะห์เมื่อถูกแรงกระแทกจะเกิดการยืดตัวช่วยดูดซับพลังงานเพื่อลดความเร็วของกระสุนที่ผ่านเข้ามา 3. ส่วนยึดรั้ง ใช้ยึดเสื้อเกราะกับร่างกายทำให้เกิดความกระชับ (สุพินท์, 2550) เสื้อเกราะกันกระสุนคุณภาพดีจะมีน้ำหนักเบาและมีราคาสูง ส่วนใหญ่จะมีเฉพาะเจ้าหน้าที่ระดับสัญญาบัตรเท่านั้น ส่วนเจ้าหน้าที่ระดับปฏิบัติการจะใช้เสื้อเกราะกันกระสุนจากการแจกของหน่วยงานต้นสังกัดซึ่งจะมีน้ำหนักมากจึงทำให้ไม่นิยมที่จะใส่กัน ในปัจจุบันมีงานวิจัยที่ศึกษาถึงวัสดุที่ใช้ทำเสื้อเกราะกันกระสุนอย่างกว้างขวาง ได้แก่ การใช้เคฟล่าร์-129 เย็บด้านหน้าด้วยไนล่อน, เคฟลาร์-29 ผสมไฟเบอร์, ยางสังเคราะห์คลอโรพรีน, อีพ็อกซี่เสริมใยเคฟล่าร์, ตาข่ายสแตนเลสผสมกับใยสังเคราะห์, แผ่นโลหะหุ้มด้วยยางสังเคราะห์ (อนุสิทธิบัตรไทย เลขที่ 1806, 2548), จากใยแก้ว (อนุสิทธิบัตรไทย เลขที่ 4263, 2551), แผ่นเหล็กบวกกับแผ่นซับแรงต้านการหมุนของกระสุนจากเม็ดทรายอัดกับยาง (อนุสิทธิบัตรไทย เลขที่ 7274, 2555), แผ่นเหล็กในเสื้อเกราะบางระจัน, แผ่นสเตนเลสและอะลูมิเนียมในเสื้อเกราะรักแผ่นดิน, เส้นใยโพลีเอสเตอร์ไนลอน 66 และพอลีเอทิลีนในเสื้อเกราะราชมงคลธัญบุรี, เซรามิกส์ชนิดอะลูมินาหุ้มอะลูมิเนียมและเส้นใยเคฟลาร์ความหนาแน่นสูงในเสื้อเกราะของเอ็มเท็ค และฟิล์มเอกซ์เรย์ในเสื้อเกราะพระเจ้าตาก จากทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้น ได้กล่าวถึงตัวแปรหลายอย่างที่มีอิทธิพลต่อการหยุดยั้งกระสุนปืน ส่วนในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้วัสดุในงานประดับยนต์เพื่อใช้ทำแผ่นเกราะในเสื้อเกราะกันกระสุนที่มีราคาถูกกว่าเคฟล่าร์แท้ มีน้ำหนักเบาและหาซื้อได้ง่าย โดยทำการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรด้านชนิดของวัสดุและด้านการเสริมแผ่นรับแรงด้วยกาวอีพ็อกซี่พัตตี้ที่ส่งผลต่อการต้านทานการทะลุของคมกระสุน

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^2 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่ส่งผลต่อการป้องกันการทะลุทะลวงของคมกระสุน ระดับ 2 อ้างอิงตามมาตรฐาน NIJ Standard-0101.06 ซึ่งเป็นเสื้อเกราะแบบมาตรฐานใช้กันอย่างกว้างขวางทั่วโลก เป็นเสื้อเกราะมาตรฐานของเจ้าหน้าที่ตำรวจสหรัฐ กันกระสุนได้เกือบทุกชนิดยกเว้นกระสุนปืนพกที่มีอำนาจการทะลุทะลวงสูง (สุรวรรณ, 2546) โดยปัจจัยในการทดลองมีรายละเอียด ดังนี้ ปัจจัยแรกเป็นปัจจัยด้านชนิดของวัสดุมี 2 ระดับ ประกอบด้วยวัสดุคาร์บอนอะรามิดไฮบริดฟาบริค (Carbon Aramid Hybrid Fabric) หรือคาร์บอนเคฟล่าร์ น้ำหนัก 200 กรัมต่อตารางเมตร หรือ g/m^2 ค่าความหนาแน่น 1.82 กรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือ g/cm^2 ค่ามอดูลัสของยัง 187 กิกะปาสคาล หรือ GPa และเส้นใยคาร์บอน (Carbon Fiber) น้ำหนัก 240 g/m^2 ค่าความหนาแน่น 1.76 g/cm^2 ค่ามอดูลัสของยัง 230 GPa ปัจจัยที่สองเป็นปัจจัยด้านการเสริมและไม่เสริมชั้นหน้าด้วยแผ่นกาวอีพ็อกซี่พัตตี้ (Epoxy Putty Stick) ในการทดลองจะนำแผ่นอะรามิดฟาบริค (Aramid Fabric) หรือแผ่นเคฟล่าร์ น้ำหนัก 460 g/m^2 ค่าความหนาแน่น 1.44 g/cm^2 ค่ามอดูลัสของยัง 102 GPa ประกบด้านหลังเพื่อป้องกันการทะลุในทุกการทดลอง การทดลองใน 1 เรพลิเคต ประกอบด้วยการทดลองซ้ำ 6 ครั้ง (จำนวนกระสุนทดสอบ 6 นัด) โดยนำวัสดุในแต่ละปัจจัยบรรจุลง

ในซองทดสอบแบบเปิด-ปิดได้ทำด้วยผ้าลายพรางทหาร ขนาด 32x32 เซนติเมตร จำนวน 4 ซองทดสอบมีรายละเอียด ดังนี้

ซองทดสอบที่ 1 ใช้วัสดุคาร์บอนเคฟล่าร์ จำนวน 40 ชั้น+แผ่นเคฟล่าร์ จำนวน 36 ชั้น น้ำหนักรวม 1.2 กิโลกรัม

ซองทดสอบที่ 2 ใช้วัสดุเส้นใยคาร์บอน จำนวน 40 ชั้น+แผ่นเคฟล่าร์ จำนวน 36 ชั้น น้ำหนักรวม 1.3 กิโลกรัม

ซองทดสอบที่ 3 เสริมแผ่นอีพ๊อกซี่พัตตี้ด้านหน้า+คาร์บอนเคฟล่าร์ จำนวน 40 ชั้น+แผ่นเคฟล่าร์ จำนวน 36 ชั้น น้ำหนักรวม 2.6 กิโลกรัม

ซองทดสอบที่ 4 เสริมแผ่นอีพ๊อกซี่พัตตี้ด้านหน้า+เส้นใย คาร์บอน จำนวน 40 ชั้น แผ่นเคฟล่าร์ จำนวน 36 ชั้น น้ำหนักรวม 2.7 กิโลกรัม

ในการสร้างแผ่นอีพ๊อกซี่พัตตี้เพื่อประกบไว้ด้านหน้าในซองทดสอบที่ 3 และ 4 นั้น จะทำมาจากกาวอีพ๊อกซี่พัตตี้ผสมแผ่นเส้นใยคาร์บอนโดยวิธีการทำจะทากาว อีพ๊อกซี่พัตตี้ลงบนแผ่นเส้นใยคาร์บอน ขนาด 30 x 30 เซนติเมตร จนทั่วแผ่นแล้วนำแผ่นเส้นใยคาร์บอนอีกแผ่นมาปิดทับในลักษณะขวางแนวกัน 90 องศา รอจนแห้งหมาด ๆ ที่ประมาณ 30 นาที แล้วเริ่มทากาวอีพ๊อกซี่พัตตี้ลงบนแผ่นที่ 2 นำมาประกบสลับแนวขวางกัน สลับกันไปในทุกๆ แผ่นจนครบ 8 แผ่นโดยไม่ทำการอัดแน่น ทิ้งระยะให้แห้งสนิทเป็นเวลา 1 วัน แล้วจึงนำไปทดสอบ ในขั้นตอนการเตรียมก่อนการยิงทดสอบแผ่นเกราะทดสอบจะต้องอยู่ในสภาพที่เปียกชื้น โดยจะทำการพ่นฝอยน้ำให้มีลักษณะคล้ายฝนตกตามมาตรฐาน ทำการทดสอบด้วยกระสุนปืนขนาด .45 ACP (FMJ) น้ำหนักหัวกระสุน 230 เกรน หรือ 15 กรัม ระยะยิง 5 เมตร จำนวน 6 นัดต่อแผ่นทดสอบ โดยมีลำดับการยิงครั้งที่ 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 และบันทึกผลการทดลอง

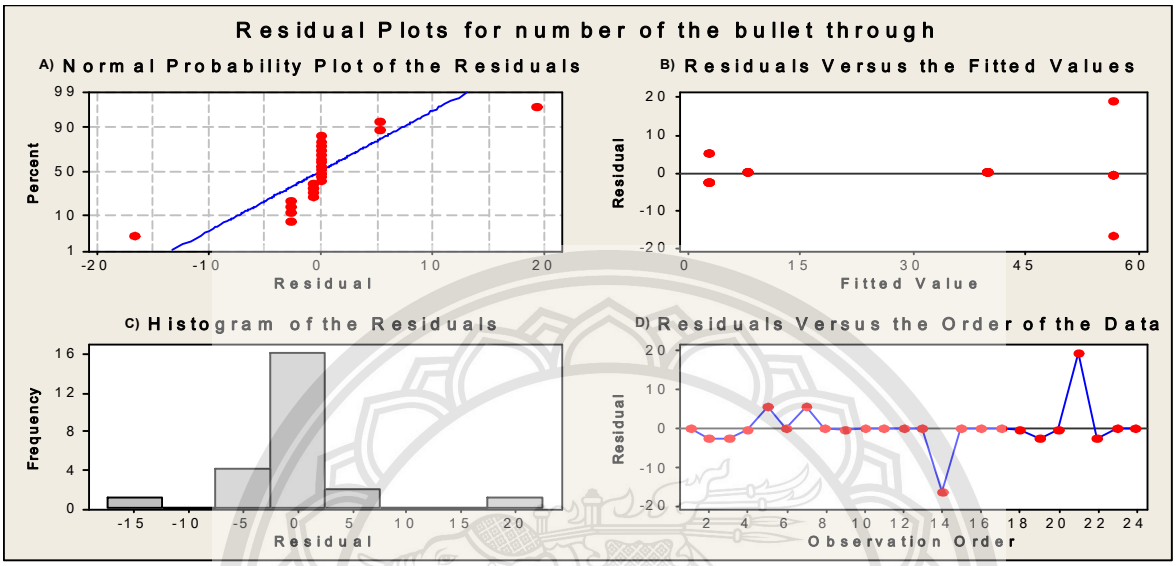
ผลการศึกษา

จากผลการทดลองด้วยกระสุนปืนที่ได้ในตารางที่ 1 เพื่อนำผลการทดลองไปวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองแบบสองทาง (Two-Way ANOVA: Analysis of Variances) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปกำหนดให้ชนิดของวัสดุเป็นปัจจัยที่ระดับต่างกัน (Treatment) และการเสริมและไม่เสริมชั้นหน้าด้วยแผ่นอีพ๊อกซี่พัตตี้เป็นปัจจัยกลุ่ม (Block) ก่อนการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าส่วนตกค้าง (Residual) ของข้อมูลที่ได้จากการทดลองจะต้องตรวจสอบให้เป็นไปตามสมมติฐานทั้งหมด 3 ข้อ ได้แก่ การกระจายตัวแบบปกติ ตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน และตรวจสอบความเป็นอิสระของค่าส่วนตกค้าง (Montgomery, 2001) ซึ่งข้อมูลที่ได้เป็นไปตามสมมติฐานทั้ง 3 ข้อ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 จำนวนชั้นของวัสดุที่เกิดการทะลุจากกระสุนปืน

การเสริมชั้นอีพ๊อกซี่พัตตี้	ชนิดของวัสดุ					
	คาร์บอนเคฟล่าร์ (ชั้น)			เส้นใยคาร์บอน (ชั้น)		
ไม่เสริม	40	40	40	56	56	40
	40	40	40	64	40	76
ค่าเฉลี่ยการทะลุ		40			55.33	
เสริม	0	0	8	8	8	8
	8	0	0	8	8	8
ค่าเฉลี่ยการทะลุ		2.66			8	

1. การตรวจสอบการกระจายตัวแบบปรกติ (Normal Distributed) ของส่วนตกค้าง ในรูปที่ 1A พบว่าค่าของส่วนตกค้างมีการกระจายไปตามแนวเส้นตรง แต่จะมีจุดจะมีข้อมูลซ้ำกันอยู่ในชั้นที่ 8 40 และ 56 ดังข้อมูลในตารางที่ 1 เนื่องจากแผ่นวัสดุที่ใช้ในการทดสอบจะถูกรวมชั้นไว้เป็นชุด ๆ ชุดละ 8 แผ่น ทำให้ข้อมูลเกิดซ้ำกันมาก แต่ข้อมูลที่ได้มีแนวโน้มอยู่ในแนวเส้นตรงจึงประมาณได้ว่าค่าของส่วนตกค้างมีการแจกแจงแบบปกติ



รูปที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าส่วนตกค้างของจำนวนชั้นในการต้านทานการทะลุทะลวงของคมกระสุน

2. การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวนเมื่อเทียบกับค่าที่ได้จากแบบจำลองการถดถอย (Fitted Value) ในรูปที่ 1B จะพบว่ามีการกระจายตัวของค่าเศษเหลือในแต่ละย่านของข้อมูล และมีการกระจายแบบสุ่มรอบค่าศูนย์

3. จากการตรวจสอบความเป็นอิสระของค่าส่วนตกค้างในรูปที่ 1D พบว่า การกระจายตัวของส่วนตกค้างมีแนวโน้มความเป็นอิสระต่อกัน (Independent) ต่อมาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่ส่งผลต่อการป้องกันการทะลุทะลวงของคมกระสุน ระดับ 2 โดยการเปรียบเทียบค่า P-Value กับค่านัยสำคัญของการทดลองเท่ากับ 0.05 โดยค่า P-Value ของแต่ละปัจจัยจะต้องมีค่าน้อยกว่าค่านัยสำคัญจึงจะถือว่าปัจจัยที่กำหนดขึ้นมีผลต่อการต้านทานการทะลุของกระสุนอย่างมีนัยสำคัญ

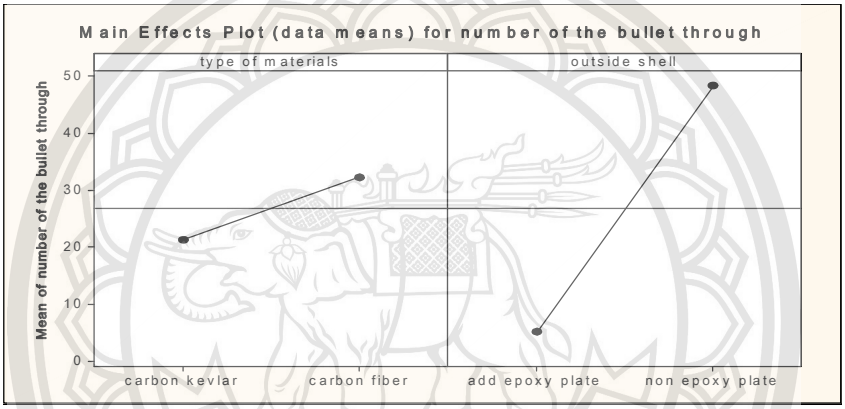
ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน

ปัจจัย	P-Value	ค่าสัมประสิทธิ์
ชนิดของวัสดุ	0.000	5.500
การเสริมชั้นอีพ๊อกซี่พัตตี้	0.000	21.500
ชนิดของวัสดุ*การเสริมชั้น อีพ๊อกซี่พัตตี้	0.033	2.833

S = 6.07728 R-Sq = 94.21% R-Sq(adj) = 93.34%

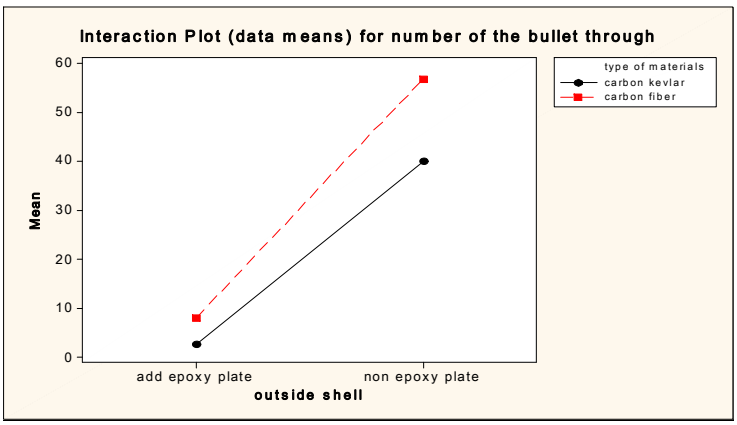
ผลจากการวิเคราะห์ในตารางที่ 2 จากข้อมูล พบว่าปัจจัยด้านชนิดของวัสดุ มีค่า P-Value=0 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 ทำให้สรุปผลได้ว่า ชนิดของวัสดุมีผลต่อการต้านทานการทะลุของกระสุนอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนด้านการเสริมแผ่นอีพ๊อกซี่พัตตี้เพื่อต้านทานการทะลุของกระสุน พบว่าค่า P-Value=0 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 เช่นกัน ทำให้สรุปผลได้ว่าการเสริมแผ่นอีพ๊อกซี่พัตตี้มีผลทำให้วัสดุสามารถต้านทานการทะลุของกระสุนเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญ

และเมื่อพิจารณาผลร่วมด้านชนิดของวัสดุกับการเสริมแผ่นอีพ็อกซี่พัตตี้ ผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ค่า P-Value=0.033 ซึ่งยังคงน้อยกว่า 0.05 จึงสรุปผลได้ว่าข้อมูลทั้งสองมีอันตรกิริยาต่อกัน ดังนั้น ชนิดของวัสดุการเสริมแผ่นอิพ็อกซีพัตตี้และผลร่วมระหว่างชนิดของวัสดุกับการเสริมแผ่นอิพ็อกซีพัตตี้นั้นสามารถต้านทานการทะลุของกระสุนได้อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และมีค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R-Square)=94.21% กับค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจที่ปรับแก้ (R-Square adjusted) =93.34% ซึ่งจะมีค่าสูงกว่า 90% แสดงว่าสมการความสัมพันธ์ดังกล่าวมีความแม่นยำและสามารถอธิบายค่าการต้านทานการทะลุของกระสุนในการทดลองนี้ได้ดี เมื่อพิจารณากราฟอิทธิพลหลัก (Main Effects Plot) จากรูปที่ 2 ซึ่งแสดงผลการต้านทานการทะลุผ่านของกระสุนระหว่างวัสดุคาร์บอนเคฟล่าร์เทียบกับเส้นใยคาร์บอน และการเสริมชั้นอีพ็อกซี่พัตตี้เทียบกับการไม่เสริม จะเห็นได้ว่าปัจจัยด้านชนิดของวัสดุทั้งสองและปัจจัยด้านการเสริมชั้นอีพ็อกซี่พัตตี้ส่งผลกระทบต่อการต้านการทะลุผ่านของกระสุนคล้ายกัน นอกจากนั้นกราฟยังแสดงให้เห็นว่าแผ่นคาร์บอนเคฟล่าร์สามารถต้านการทะลุผ่านของกระสุนได้ดีกว่าและการเสริมชั้นอีพ็อกซี่พัตตี้ก็สามารถต้านการทะลุผ่านของกระสุนได้ดีกว่าเช่นกัน



รูปที่ 2 กราฟอิทธิพลหลัก

จากกราฟอันตรกิริยา (Interaction Plot) ในรูปที่ 3 ซึ่งเป็นผลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย เพื่อหาผลกระทบจากการเปลี่ยนระดับของปัจจัยหนึ่งต่ออีกปัจจัยหนึ่ง ผลจากกราฟแสดงให้เห็นว่าการใช้วัสดุคาร์บอนเคฟล่าร์บวกกับเสริมชั้นอีพ็อกซี่พัตตี้ในชองทดสอบที่ 3 จะสามารถต้านการทะลุผ่านของกระสุนได้ดีที่สุด จึงสามารถสรุปได้ว่าปัจจัยด้านวัสดุและการเสริมชั้นหน้าด้วยแผ่นอีพ็อกซี่พัตตี้จะส่งผลกระทบใกล้เคียงกัน



รูปที่ 3 กราฟอันตรกิริยา

เมื่อทำการวิเคราะห์ผลทางด้านสถิติแล้วจึงได้ทำการวิเคราะห์ผลทางกายภาพโดยพิจารณาจากผลการทดสอบค่าเฉลี่ยจำนวนชั้นที่เกิดการทะลุจากกระสุนดังตารางที่ 1 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยการทะลุ คือ 40, 55.33, 2.66 และ 8 ชั้น ตามลำดับ จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าวัสดุที่ทำการเสริมชั้นอีพ๊อกซี่พัตตี้จะมีผลการต้านทานกระสุนปืนได้ดีกว่าโดยมีรายละเอียด ดังนี้ ในซองทดสอบที่ 1 ดังรูปที่ 4 กระสุนจะทะลุแผ่นหน้าที่ทำด้วยคาร์บอนเคฟล่าร์ทั้งหมดและเข้าไปค้างอยู่ในแผ่นเคฟล่าร์ซึ่งเป็นแผ่นหลัง จะมีค่าเฉลี่ยการทะลุที่ 40 ชั้น แต่ผลจากแรงกระแทกของกระสุนปืนจะทำให้เกิดการห่อตัวของแผ่นทดสอบที่สูงมาก ส่วนซองทดสอบที่ 2 ดังรูปที่ 5 พบว่าลูกกระสุนมีการทะลุแผ่นทดสอบทั้งหมด 1 นัด ส่วนที่เหลือจะทะลุแผ่นหน้าที่ทำด้วยเส้นใยคาร์บอนผ่านไปเข้าไปค้างอยู่ในแผ่นหลังที่ทำด้วยเคฟล่าร์ ประมาณ 16-24 ชั้น มีค่าเฉลี่ยการทะลุที่ 55.33 ชั้น ส่วนในซองทดสอบที่ 3 ดังรูปที่ 6 พบว่าลูกกระสุนส่วนใหญ่จะทะลุแค่แผ่นหน้าอีพ๊อกซี่พัตตี้เท่านั้นไม่ทะลุถึงแผ่นหลังที่ทำด้วยคาร์บอนเคฟล่าร์ มีค่าเฉลี่ยการทะลุที่ 2.66 ชั้น เท่านั้น อีกทั้งไม่เกิดการห่อตัวจากแรงกระแทก ด้านซองทดสอบที่ 4 ดังรูปที่ 7 ผลการทดลองพบว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกับการทดลองในซองทดสอบที่ 3 โดยมีค่าเฉลี่ยการทะลุที่ 8 ชั้น ซึ่งจะเห็นได้ชัดว่าการเสริมชั้นหน้าด้วยแผ่นอีพ๊อกซี่พัตตี้จะมีการลดแรงปะทะได้ดี

รูปที่ 4 ผลการทดสอบทางกายภาพในซองทดสอบที่ 1

รูปที่ 5 ผลการทดสอบทางกายภาพในซองทดสอบที่ 2

รูปที่ 6 ผลการทดสอบทางกายภาพในซองทดสอบที่ 3

รูปที่ 7 ผลการทดสอบทางกายภาพในซองทดสอบที่ 4

วิจารณ์และสรุปผลการศึกษา

จากผลการทดลองด้านการต้านทานการทะลุผ่านของกระสุน พบว่า สมมุตฐานเบื้องต้นในการประยุกต์ใช้แผ่นคาร์บอนเคฟล่าร์และเส้นใยคาร์บอนในงานประดับยนต์เพื่อใช้ทำแผ่นเกราะกันกระสุนสามารถหยุดการทะลุของกระสุน ระดับ 2 ได้จริงตามสมมุตฐานและทั้งสองปัจจัย คือ ปัจจัยด้านชนิดของวัสดุ และปัจจัยด้านการเสริมแผ่นอิพ็อกซีพัตตี้สามารถต้านทานการทะลุผ่านของกระสุนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดจนผลร่วมทั้งสองปัจจัยนั้นก็สามารถต้านทานการทะลุผ่านของกระสุนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน กล่าวคือ มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 และในด้านกายภาพการเสริมชั้นหน้าด้วยแผ่นอีพ็อกซี่พัตตี้ในซองทดสอบที่ 3 และ 4 จะมีการต้านทานกระสุนปืนของวัสดุได้ดีกว่าไม่ทำการเสริมได้ชัดเจน เนื่องจากความแข็งของชั้นแผ่นอีพ็อกซี่พัตตี้จะทำหน้าที่รับแรงปะทะด้านชนิดวัสดุและรูปแบบการวางชั้นวัสดุที่มีประสิทธิภาพต้านทานการทะลุทะลวงได้ดีที่สุด คือ วัสดุในซองทดสอบที่ 3 และการใช้วัสดุอีพ็อกซี่พัตตี้ไว้ด้านหน้าแผ่นคาร์บอนเคฟล่าร์จำนวน 40 ชั้น จะสามารถป้องกันการทะลุทะลวงของคมกระสุนระดับ 2 ได้เป็นอย่างดีสามารถนำไปเป็นพื้นฐานในการออกแบบแผ่นเกราะในเสื้อเกราะกันกระสุนหรือแผ่นกำบังกันกระสุนเพื่อใช้ในการทำงานจริงได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์การทดสอบจาก ม.พัน 18 กองพลทหารม้าที่ 1 ค่ายพ่อขุนผาเมือง จ.เพชรบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

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

ปารเมศ ชุติมา. (2545). *การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรมศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

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

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

สุพินท์ สมิตเกษตริน. (2550). เสื้อเกราะกันกระสุน ตอนที่ 1. *นิตยสารยุทธโกษ, 4*, 39-44.

สุรวรรณ ลิ้มสัมพันธ์. (2546). เสื้อเกราะกันกระสุน. *นิตยสารนาวิกศาสตร์, 12*, 8-9.

Ballistic Resistance of Body Armor NIJ Standard-0101.06. (2013). Retrieved September 7, 2013, from http://nist.gov/oles/upload/ballistic.pdf

Bilisik, K., & Korkmaz, M. (2010). Multilayered and Multidirectionally-stitched aramid Woven Fabric Structures: Experimental Characterization of Ballistic Performance by Considering the Yarn Pull-out Test. *Textile Research Journal, 80*, 1697-1720.

Grujicic M., Glomski P. S., He T., Arakere G., Bell W. C., & Cheeseman B. A. (2009). Material Modeling and Ballistic-Resistance Analysis of Armor-Grade Composites Reinforced with High-Performance Fibers. *Journal of Materials Engineering and Performance, 18*, 1169-1182.

Lin Chia-Chang., Huang Chao-Chiung., Chen You-Liang., Lou Ching-Wen., Lin Chin-Mei., Hsu Chan-Hung., et al. (2008). Ballistic-resistant stainless steel mesh compound nonwoven fabric. *Fibers and Polymers, 9*, 761-767.

Lou Ching-Wen., Lin Ching-Wen., Hsu Chan-Hung., Chen Jin-Mao., Lin Jia-Horng., & Meng, Hsien-Hui. (2008). Process and bullet-resistant buffer effect of an elastic cushioning structure made of polyamide non-woven fabric and chloroprene rubber. *Textile Research Journal, 78*, 258-263.

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

Sarawut Rimdusit, Somsiri Pathomsap1, Pornnapa Kasemsiri1, Chanchira Jubsilp, & Sunan Tiptipakorn. (2011). KevlarTM Fiber-Reinforced Polybenzoxazine Alloys for Ballistic Impact Applications. *Engineering Journal, 15*, 23-39.

Somsiri Pathomsap, Tharathon Mongkhonsi, Kuljira Sujirote, & Sarawut Rimdusit. (2006, March). *Development of Light Weight Ballistic Armor from Polybenzoxazine Alloys and Kevlar™ Fiber*. 4th Thailand Materials Science Technology Conference [MS@T], Thailand.

Soykasap, O., & Colakoglu, M. (2010). Ballistic Performance of a Kevlar-29 Woven Fiber Composite Under Varied Temperatures. *Mechanics of Composite Materials, 46*, 35-42.