

## การวิเคราะห์รอยแตกของกระบอกกลาமிเนตที่เกิดจากกระสุนปืนขนาด .22 Long Rifle ในมูมยิงที่ต่างกัน

มาศฤติ หนูแป้น<sup>1</sup> วรดา สโมสรรสุข<sup>2</sup> เสกสรรค์ สโมสรรสุข<sup>3</sup>\*

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

และ ธีรนันต์ นคินทร์พงษ์<sup>4</sup>

ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 10 ตำบลสะเตง อำเภอเมืองยะลา จังหวัดยะลา 95000

\* Corresponding Author: seksun@hotmail.com

<sup>1</sup> นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ คณะสหเวชศาสตร์

<sup>2</sup> รองศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคนิคการแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์

<sup>3</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคนิคการแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์

<sup>4</sup> พันตำรวจเอก, นวท (สบ.4) กลุ่มงานตรวจอาวุธปืนและเครื่องกระสุน ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 10

### ข้อมูลบทความ

### บทคัดย่อ

#### ประวัติบทความ :

รับเพื่อพิจารณา : 27 พฤศจิกายน 2563

แก้ไข : 30 พฤษภาคม 2564

ตอบรับ : 28 มิถุนายน 2564

DOI : 10.14456/kmuttrd.2021.2

#### คำสำคัญ :

กระบอกกลาமிเนต /

กระสุนปืนขนาด .22 Long Rifle /

รอยแตก / รอยฉลอบ / มูมยิง

งานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ลักษณะรอยแตกบนกระบอกกลาமிเนต พลังงานจลน์ของกระสุนปืนที่กระทำกับกระบอกกลาไมเนต และลักษณะการเสียหายของกระสุนปืนหลังปะทะกระบอกกลาไมเนต โดยจำลองยิงกระบอกกลาไมเนตที่มีความหนา 6 มิลลิเมตร และเคลือบด้วยฟิล์มติดกระบอกหนา 2 มิลลิเมตร ด้วยกระสุนปืนขนาด .22 Long Rifle ที่มีความเร็วเทียบเท่ากับการยิงห่างจากกระบอกเป้าหมายในระยะยิงช่วง 550 ถึง 650 หลา จากมูมยิงที่แตกต่างกัน ได้แก่ มูมยิง 90, 60, 45 และ 30 องศา จากผลการวิจัย พบว่า เมื่อยิงที่มุม 90 องศา จะพบรูกระสุนปืนทางเข้าปรากฏบนกระบอกกลาไมเนต พบรอยแตกแบบ concentric fracture และรอยแตกแบบ radial fracture โดยที่กระบอกไม่ทะลุ ส่วนที่มูมยิง 60, 45 และ 30 องศา รอยกระสุนปืนที่ปรากฏบนกระบอกกลาไมเนตมีเพียงรอยฉลอบ ไม่พบรอยแตก ทั้งนี้ สามารถนำอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของรูกระสุนปืนทางเข้าและของรอยฉลอบมาคำนวณกลับหามูมยิงได้ นอกจากนี้ ยังสามารถใช้ลักษณะการเสียหายของกระสุนปืนหลังปะทะกระบอกกลาไมเนตที่มูมยิง 90, 60, 45 และ 30 องศา เพื่อหามูมยิงโดยใช้กล้องจุลทรรศน์เปรียบเทียบ ซึ่งแม่นยำกว่าการคำนวณมูมยิงจากขนาดของรูกระสุนปืนทางเข้า ขนาดรอยแตกแบบ concentric fracture และขนาดรอยฉลอบ เนื่องจากกระสุนปืนกับกระบอกกลาไมเนตเกิดการปะทะกัน ส่งผลให้เกิดแรงกระทำซึ่งกันและกัน โดยแรงกระทำจากกระบอกต่อกระสุนปืนทำให้หัวกระสุนสูญเสียพลังงานจลน์ เสียสภาพและเกิดการเปลี่ยนทิศทาง ในขณะที่เดียวกันแรงกระทำจากหัวกระสุนปืนก็ส่งผลให้เกิดรอยแตกบนแผ่นกระบอก ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับหัวกระสุนปืนและแผ่นกระบอกเป็นไปตามมูมยิงที่ใช้ในการทดลอง

---

## Analysis of Laminated Glass Fractures Caused by .22 Long Rifle at Different Angles

Matruedee Nupaen<sup>1</sup>, Worada Samosornsuk<sup>2</sup>, Seksun Samosornsuk<sup>3\*</sup>

Thammasat University, Klong Nueng, Klong Luang, Pathumthani 12121

and Teeranant Nakinpong<sup>4</sup>

Police Forensic Science Center 10, Sateng, Mueang Yala, Yala 95000

\* Corresponding Author: [seksun@hotmail.com](mailto:seksun@hotmail.com)

<sup>1</sup> Master's Student, Department of Forensic Science.

<sup>2</sup> Associate Professor, Department of Medical Technology.

<sup>3</sup> Assistant Professor, Department of Medical Technology.

<sup>4</sup> Police Colonel, Scientist (Level 4), Firearms and Ammunition Identification Sub-Division, Police Forensic Science Center 10.

---

### Article Info

#### Article History:

Received: November 27, 2020

Revised: May 30, 2021

Accepted: June 28, 2021

DOI : 10.14456/kmuttrd.2021.2

---

#### Keywords:

Laminated Glass /

.22 Long Rifle / Crack Mark /

Ricochet Mark / Firing Angle

### Abstract

This research analyzed fractures on a laminated glass, kinetic energy of the projectile exerted on the laminated glass and characteristics of bullets after hitting the laminated glass when firing from different angles through the simulation of firing a .22 long rifle at the same bullet velocity. Six-mm thick laminated glass coated with 2-mm thick window film was shot from distances between 550 and 650 yards at various angles, including 90, 60, 45, and 30 degrees. The results revealed that at a firing angle of 90 degrees, bullet marks appeared on the laminated glass, forming concentric and radial fractures without penetrating into the glass. At angles of 60, 45, and 30 degrees, the bullets resulted in ricochet marks on the laminated glass, but not in crack. The width to length (W/L) ratio of ricochet mark and bullet hole could be used to calculate the angle of firing. In addition, bullet breakdown after hitting the laminated glass could be used to calculate the firing angle. Microscopic comparison procedure is more accurate than the calculation procedure when it comes to the estimation of the firing angle from the size of the bullet entrance hole and concentric fracture or size of ricochet marks. Contact between the bullet and laminated glass led to kinetic energy change; kinetic energy loss of the bullet can cause the bullet to change its direction and also made fractures on the laminated glass, which would vary according to the firing angle.

---

## 1. บทนำ

นิติวิทยาศาสตร์ (Forensic Science) [1] คือการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์แขนงต่างๆ มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการยุติธรรม เพื่อพิสูจน์ข้อเท็จจริงให้เกิดความเป็นธรรมในการตัดสินคดีความ โดยใช้วัตถุพยานที่เก็บได้จากสถานที่เกิดเหตุหรือจากผู้ต้องสงสัยมาทำการตรวจพิสูจน์ เพื่อประโยชน์ในการสืบสวนสอบสวน และจับกุมผู้กระทำความผิดตามดำเนินคดีทางกฎหมายอันจะก่อให้เกิดความเป็นธรรมและความน่าเชื่อถือของกระบวนการยุติธรรมในสังคมต่อไป ทั้งนี้ ผลที่ได้ต้องเป็นที่ยอมรับทั้งสองฝ่ายด้วย

ปัจจุบันคดีอาชญากรรมส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้น ผู้ก่อเหตุมักนำอาวุธปืนมาใช้ในการก่อเหตุ เนื่องจากสามารถจัดหาและครอบครองได้ง่าย อีกทั้งมีการนำเข้าอาวุธปืนมาจากต่างประเทศมาจำหน่ายเพิ่มขึ้น รวมถึงมีการประกอบอาวุธปืนขึ้นมาใช้นเองนำมาซึ่งการซื้อขายอาวุธปืนอย่างแพร่หลาย ทำให้ในปัจจุบันมีจำนวนผู้ครอบครองอาวุธปืนเป็นจำนวนมาก โดยอาวุธปืนที่ได้รับความนิยมมีไว้ในครอบครองนั้น ผู้ใช้อาวุธปืนส่วนใหญ่จะพิจารณาจากประสิทธิภาพของอาวุธปืนและเครื่องกระสุนปืน รวมถึงราคาของกระสุนปืนขนาดนั้นๆ เป็นหลัก ปัจจุบันมีกระสุนปืนที่นิยมใช้ในประเทศไทย ได้แก่ กระสุนปืนขนาด .38 Special, 9 mm. LUGER, .45 ACP และ .22 Long Rifle ซึ่งงานวิจัยนี้สนใจศึกษากระสุนปืนขนาด .22 Long Rifle เนื่องจากเป็นกระสุนปืนที่ออกแบบมาให้ใช้ได้กับทั้งปืนยาวและปืนสั้นกระสุนปืนมีขนาดเล็ก มีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่ต่างกัน และมีราคาถูก มักนิยมใช้ในการล่าสัตว์ เกมกีฬา รวมถึงการป้องกันตัว จนกล่าวได้ว่าผู้ผลิตอาวุธปืนแทบทุกบริษัทล้วนผลิตอาวุธปืนที่ใช้กับกระสุนปืนขนาดนี้ออกมาทั้งสิ้น [2]

จากการที่กระสุนปืน .22 Long Rifle เป็นที่นิยมใช้ เนื่องจากมีขนาดเล็ก ทำให้ผู้ใช้มักขาดความระมัดระวังในการใช้ เช่น มีรายงานบ่อยครั้งว่า ลูกกระสุนปืน .22 Long Rifle ที่ยิงมาจากอาวุธปืนไปกระทบเป้าหมาย เช่น กระจกอาคาร หรือกระจกรถยนต์ ทำให้เกิดร่องรอยการแตกของกระจก เนื่องจากกระสุนปืนดังกล่าวมีระยะหวังผลในการยิงในระยะไกล ทำให้การวิเคราะห์และพิจารณาตำแหน่งที่มาของจุดยิงได้ยาก เนื่องจากพื้นที่หน้าตัดของกระสุนปืนนี้มีขนาดเล็กและกระสุนปืนมีความอ่อนตัว บางครั้งร่องรอยบนกระจกที่เกิดขึ้นมีลักษณะคล้ายกับลูกกระสุนหรือวัตถุชนิดอื่นๆ มากกระทบ เช่น ปืนอัดลม

ตะกั่ว ลูกเหล็กทรงกลมจากปืนอัดลม ลูกแก้วหรือหัวน็อตที่ยิงจากหนังสติ๊ก หากผู้ตรวจพิสูจน์มีความรู้และประสบการณ์ด้านร่องรอยที่เกิดจากการปะทะกันระหว่างกระสุนปืนกับพื้นผิวของกระจกไม่มากพอ อาจทำให้การตรวจพิสูจน์เกิดความผิดพลาดขึ้นได้ง่าย ทำให้ไม่สามารถระบุชนิดของกระสุนปืนและทิศทางของการยิงได้ ทั้งนี้ นอกจากชนิดของอาวุธปืนและกระสุนปืนแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่อาจจะทำให้เกิดร่องรอยที่แตกต่างกัน เช่น ตำแหน่งของจุดยิง หรือ ทิศทางการตกกระทบของกระสุนปืน ซึ่งหากมีฐานข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะร่องรอยกระสุนปืนบนกระจกมากขึ้น ก็จะช่วยในการตรวจพิสูจน์ดังกล่าวข้างต้นได้ จากปัญหาที่เกิดขึ้นและเพื่อให้มีฐานข้อมูลของลักษณะร่องรอยการตกกระทบของกระสุนปืน ที่สามารถนำมาใช้อ้างอิงในการวิเคราะห์ลักษณะรอยแตกบนกระจกและทิศทางการตกกระทบของกระสุนปืน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษา ลักษณะรอยแตกของกระจกลามิเนต หลังงานจลน์ของกระสุนปืนที่กระทำกับกระจก ลามิเนต รวมถึงลักษณะของกระสุนปืน .22 Long Rifle หลังปะทะกระจกลามิเนตที่มุมยิงต่างกัน โดยจำลองการยิงให้กระสุนปืนมีความเร็วเทียบเท่ากับการยิงห่างจากกระจกเป้าหมายในระยะยิงช่วง 550 ถึง 650 หลา ซึ่งเป็นระยะที่อยู่ในช่วงระยะหวังผลในการยิงของกระสุนปืน .22 Long Rifle [2]

## 2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 2.1 เพื่อศึกษาลักษณะรอยแตกของกระจกลามิเนตที่กระสุนปืนเข้ากระทำที่มุมยิงต่างกัน
- 2.2 เพื่อศึกษาพลังงานจลน์ของกระสุนปืนที่กระทำต่อกระจกลามิเนตที่มุมยิงต่างกัน
- 2.3 เพื่อศึกษาลักษณะของกระสุนปืนหลังปะทะกระจกลามิเนตที่มุมยิงต่างกัน

## 3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การตรวจวิเคราะห์วัตถุพยานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องมีการตรวจพิสูจน์การกระทำ หรือ ร่องรอยที่เกิดขึ้นด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นมาตรฐาน และนำผลการวิเคราะห์มารวบรวม เพื่อบอกถึงสาเหตุหรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น รอยแตกที่เกิดจากการเจาะและการทะลุผ่านของกระสุนปืนบนกระจกก็เป็นหลักฐานทางวัตถุพยานที่ตรวจพบได้บ่อย

Matwejeff [3] นักอาชญาวิทยา ชาวรัสเซีย ได้ทำการศึกษา การแตกของกระจก และได้ตั้งทฤษฎีรอยแตกของกระจกอันเกิด จากวัตถุไม่มีคม ไว้ดังนี้ คือ

1. พื้นผิวของกระจกด้านที่อยู่ตรงข้ามกับแรงที่เข้ากระทบ จะมีความตึง ส่วนอีกด้านหนึ่งซึ่งเป็นด้านที่แรงเข้ากระทบจะ อยู่ภายใต้แรงกด

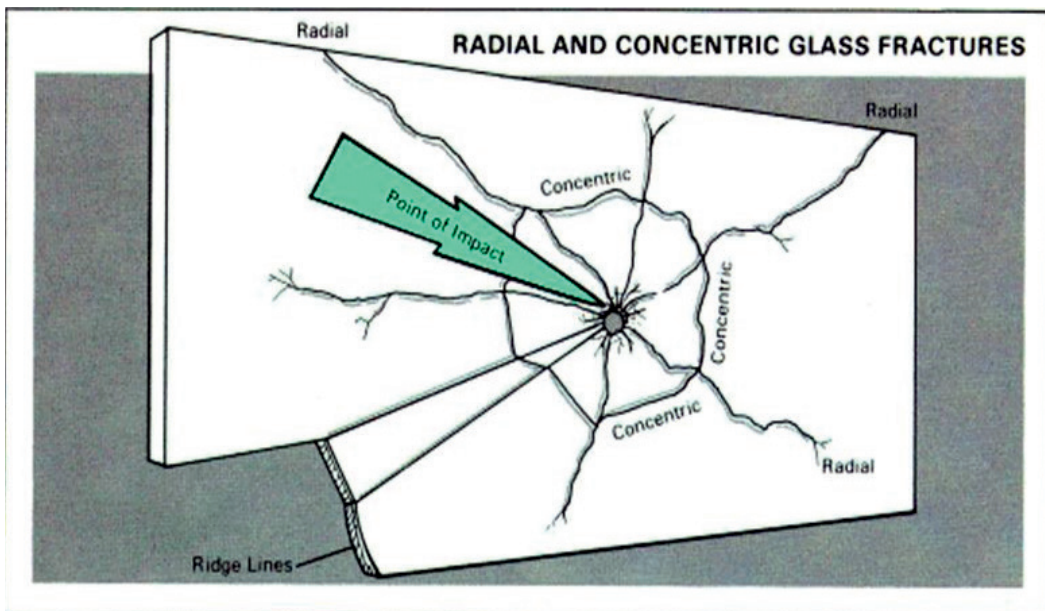
2. รอยแตกจะเกิดขึ้นที่ด้านซึ่งเกิดความตึง และรัศมีจะ แผ่จากจุดศูนย์กลางของรอยแตกชนิดนี้ เรียกว่า Radial Fracture รูปที่ 1

3. การเคลื่อนตัวในลักษณะต่อเนื่องของแรง (การตีตัว กลับ) บนส่วนระหว่าง Radial Fracture ทำให้เกิดความตึงบน พื้นผิวด้านหน้าของกระจก

4. จะเกิดรอยแตกขึ้นระหว่าง Radial Fracture ที่อยู่ ชิดกัน โดยจะเริ่มเกิดขึ้นก่อนที่บริเวณที่อยู่ใกล้จุดที่แรงกระทบ และจะแผ่ขยายออกไปเป็นวงกลมซ้อนกัน จึงเรียกรอยแตก ชนิดนี้ว่า Concentric Fracture รูปที่ 1

ซึ่งลักษณะการแตกดังกล่าว ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย เช่น ใน ค.ศ. 2016 ชูชาติ โชคสถาพร [4] ได้ศึกษาอิทธิพลของ วิธียิงที่มีผลต่อรอยแตกของกระจกรถยนต์รอบคัน ทั้งกระจก

ด้านหน้า ด้านหลัง และด้านข้าง และศึกษาเปรียบเทียบร่องรอย แตกของกระจกที่เกิดจากระยะยิงที่แตกต่างกัน โดยใช้อาวุธปืน พกอัตโนมัติ ขนาด 9 มม. และใช้กระสุนปืนแบบทองแดงหุ้ม ตะกั่ว ทดลองยิงในแนวระดับ ที่ระยะยิง 1 เมตร ยิงที่มุม 30 องศา 45 องศา และ 90 องศา เทียบกับผิวกระจก สำหรับการ เปรียบเทียบระยะยิง ได้เปรียบเทียบกับระยะยิง 3 เมตร มุมยิง 30 องศา 45 องศา และ 90 องศา โดยยิงเข้ากระจกด้านหลัง งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อรอยแตกของ กระจก ได้แก่ วิธียิง ระยะยิง และกระจกรถยนต์ที่แตกต่างกัน และใน ค.ศ. 2017 Harshey และคณะ [5] ได้ศึกษารูปแบบ การแตกของกระจกบานหน้าต่างที่มีขนาด 1 ฟุต x 1 ฟุต ที่มี ความหนา 3 มม. 5 มม. ไม่ติดฟิล์มกรองแสง และกระจก ความหนา 4 มม. ไม่ติดฟิล์มกรองแสงและติดฟิล์มกรองแสง ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้ปืนลมบรรจุลูกตะกั่วขนาด .177 ยิงกระจก ที่ระยะห่าง 12 ฟุตจากปากลำกล้องปืน ผู้วิจัยได้วัดเส้นผ่าน ศูนย์กลางของรูกระสุนปืน ความหนาของพื้นที่หมอก (บั้น) และ เส้นผ่านศูนย์กลางของพื้นที่หมอก เพื่อแยกรูปแบบความเสียหาย ที่เกิดจากปืนลมและอาวุธปืนมาตรฐานที่ใช้กระสุนดินปืน



รูปที่ 1 ลักษณะ Radial Fracture และ Concentric Fracture [3]

#### 4. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง โดยทำการยิงกระจก ลามิเนตความกว้าง x ความยาว 20 x 20 เซนติเมตร ความหนา 6 มิลลิเมตร และติดฟิล์มกรองแสงชนิดใส ความหนา 2 มิลลิเมตร ด้วยอาวุธปืนพกกึ่งอัตโนมัติ ยี่ห้อ RUGER ขนาด .22 Long Rifle โดยทำการลดดินส่งกระสุนปืนให้มีความเร็วของกระสุนปืนลดลง เทียบเท่ากับการยิงที่ระยะห่าง 600 หลา กำหนดให้มุมยิงของ ปืนทำมุม 30, 45, 60 และ 90 องศา กับผิวกระจก ทำการ ทดลองซ้ำ จำนวน 3 ครั้ง ในทุกมุมยิง

##### 4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

- 1) ปืนพกกึ่งอัตโนมัติ ยี่ห้อ RUGER ขนาด .22 Long Rifle รุ่น MARK III TARGET ความยาวลำกล้อง 5.5 นิ้ว
- 2) กระสุนปืนลูกกรดขนาด .22 Long Rifle ยี่ห้อ CCI รุ่น STANDARD VELOCITY กระสุนปืนมีน้ำหนัก 40 เกรน แบบ Lead Round Nose (LRN) ความเร็วมาตรฐาน 1070 ฟุต ต่อวินาที
- 3) กระจกลามิเนต ความกว้าง x ความยาว 20 x 20 เซนติเมตร ความหนา 6 มิลลิเมตร ติดฟิล์มกรองแสงยี่ห้อ 3M Window Films – Night Vision Series (NV 25) ความหนา 2 มิลลิเมตร

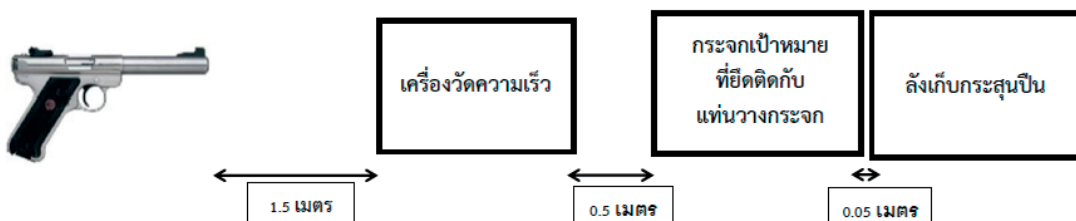
##### 4.2 ขั้นตอนการวิจัย

- 1) คำนวณหาปริมาณดินปืนของกระสุนปืนขนาด .22 Long Rifle เพื่อให้ได้ที่ระยะยิง 600 หลา เมื่อยิงที่ระยะห่างจริง 2.0 เมตร โดยใช้โปรแกรม Ballistics Calculators – Hornady จาก website <https://www.hornady.com> [6] โดยทดสอบ

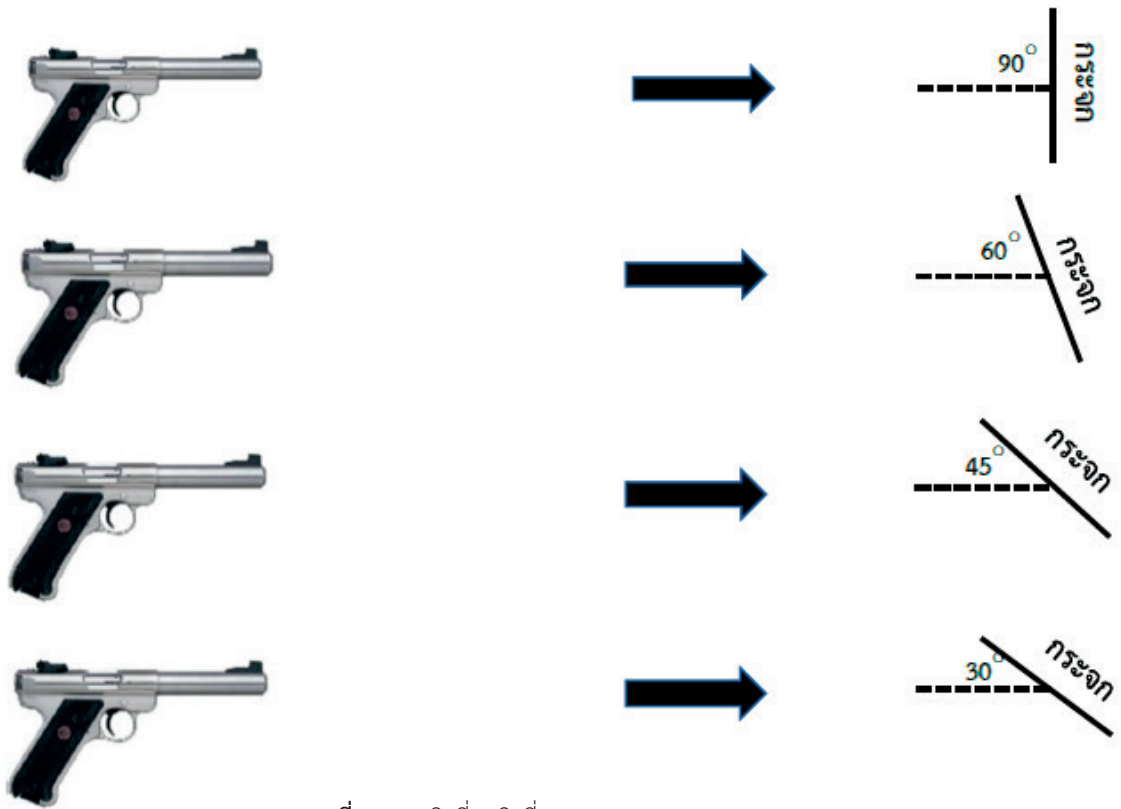
ด้วยปืนพกกึ่งอัตโนมัติ ยี่ห้อ RUGER ขนาด .22 Long Rifle รุ่น MARK III TARGET ความยาวลำกล้อง 5.5 นิ้ว ซึ่งจากการทดลองความเร็วปากลำกล้อง พบว่า ความเร็วปากลำกล้อง เฉลี่ย เท่ากับ 948 ฟุตต่อวินาที สามารถคำนวณหาปริมาณ ดินส่งกระสุนปืนได้ แต่ต้องหาค่าความเร็วกระสุนปืนที่ระยะยิง 600 หลา คิดเป็นสัดส่วนเท่าใดของความเร็วปากลำกล้อง โดย กำหนดให้ความเร็วปากลำกล้องเฉลี่ย 948 ฟุตต่อวินาที = 10 ส่วน และความเร็วที่ระยะยิง 600 หลา 450 ฟุตต่อวินาที = y ส่วน ซึ่งจะได้ว่า ค่า y ส่วน จะเท่ากับ  $(450 \times 10) / 948 = 4.75$  ส่วน ดังนั้น ความเร็วกระสุนปืนที่ระยะยิง 600 หลา มีสัดส่วนเท่ากับ 4.75 ส่วน ของความเร็วปากลำกล้องเฉลี่ย จากนั้นจึงคำนวณหาปริมาณดินส่งกระสุนปืน โดยกำหนดให้ ปริมาณดินส่งกระสุนปืน 0.06 กรัม (เป็นปริมาณทั้งหมด) ที่ ความเร็ว 948 ฟุตต่อวินาที เท่ากับ 10 ส่วน และปริมาณดิน ส่งกระสุนปืน x กรัม ที่ความเร็ว 450 ฟุตต่อวินาที เท่ากับ 4.75 ส่วน จะได้ว่า ปริมาณดินส่งกระสุนปืน x กรัม จะเท่ากับ  $(4.75 \times 0.06) / 10 = 0.03$  กรัม หรือ 0.46 เกรน

- 2) ลดดินส่งกระสุนปืนให้มือน้ำหนักเหลือ 0.46 เกรน ตามที่ได้จากการคำนวณ แล้วบรรจุดินส่งกระสุนปืนกลับเข้าไป ในปลอกกระสุนปืน แล้วใส่กระสุนปืนกลับลงไปปลอกกระสุน ปืน ในระดับเดิม

- 3) ทำการยิงโดยกำหนดให้ปากลำกล้องปืนทำมุมที่ 90, 60, 45 และ 30 องศา กับกระจก ผ่านเครื่องวัดความเร็ว กระสุนปืน โดยให้มีระยะห่างจากกระจกติดฟิล์มกรองแสง เป้าหมายเท่ากับ 2.0 เมตร ดังรูปที่ 2 และ 3 โดยทำการยิง มุมละ 3 ครั้ง



รูปที่ 2 ภาพจำลองการทดลอง

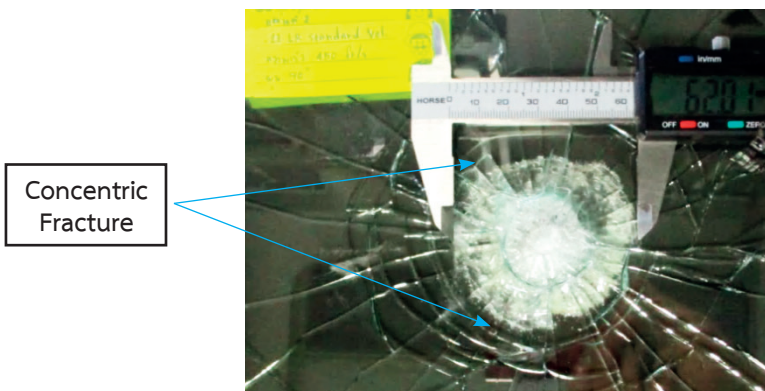


รูปที่ 3 แนวยิงที่มุมยิงที่ 90, 60, 45 และ 30 องศา

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

- 1) ทำการบันทึกผลความเร็วของกระสุนปืนที่กระทำต่อกระจกลามิเนต ด้วยเครื่องวัดความเร็วกระสุนปืน [7]
- 2) เก็บข้อมูลร่องรอยการแตกของกระจกที่เกิดขึ้น และบันทึกภาพด้วยกล้องดิจิทัล

- 3) วัดขนาดของรอยแตกแบบ concentric fracture โดยมีวิธีการวัด คือ วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของขนาดรอยที่เกิดขึ้นบนกระจก ดังรูปที่ 4 ทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง โดยแต่ละครั้งจะเปลี่ยนตำแหน่งการวัด แล้วหาค่าเฉลี่ย [7]



รูปที่ 4 การวัดรอยแตกแบบ concentric fracture

4) นับจำนวนเส้นรอยแตกแบบ radial fracture ที่กระจกแต่ละแผ่น (แผ่นละ 3 ครั้ง) แล้วหาค่าเฉลี่ย [7]



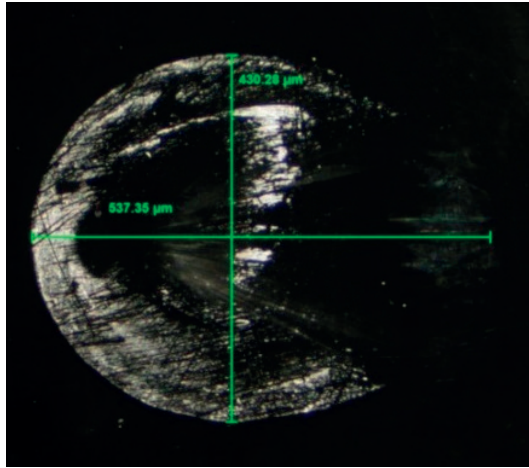
รูปที่ 5 การปรับภาพให้ง่ายต่อการนับ radial fracture

5) วัดขนาดของรูกระสุนปืนที่ขอบของรูกระสุนปืน ดังรูปที่ 6 โดยจะทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง แต่แต่ละครั้งจะเปลี่ยนตำแหน่งการวัด แล้วหาค่าเฉลี่ย [7]



รูปที่ 6 การวัดขนาดของรูกระสุนปืน

6) วัดขนาดรอยแฉลบ [8] โดยวัดความกว้างและความยาวของรอยแฉลบโดยใช้กล้องจุลทรรศน์เปรียบเทียบกับหือ LEEDS และโปรแกรม Stream Start Ver1.9 ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 การวัดขนาดรอยแตกแบบวงกลมบนกระสุนจากลามิเนต

7) วิเคราะห์ขนาดของรูกระสุนปืน/ ขนาดรอยแตกแบบ concentric fracture ที่มุมยิงต่างๆ โดยการคำนวณจากสูตรสัดส่วนทางตรีโกณมิติ [8] ดังนี้

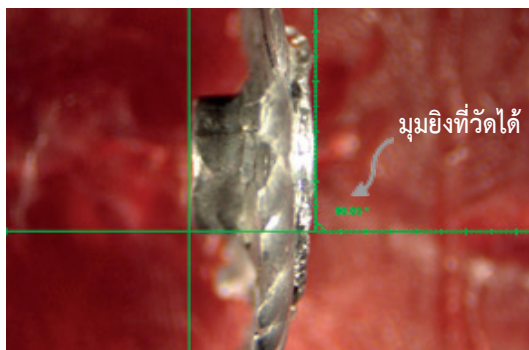
$$\sin\theta = \frac{\text{ความกว้าง}(W)}{\text{ความยาว}(L)}$$

8) วิเคราะห์ค่าพลังงานจลน์ของกระสุนปืนขนาด .22 Long Rifle ที่กระทำต่อกระสุนจากลามิเนตที่มุมยิงต่างๆ โดยนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาคำนวณหาพลังงานจลน์ [9] ของกระสุนปืน จากสูตร

$$E_k = \frac{mv^2}{450240}$$

9) บันทึกสภาพของกระสุนปืนหลังปะทะกระสุนจากลามิเนตที่มุมยิงต่างๆ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์เปรียบเทียบ

10) หามุมยิงของกระสุนปืนหลังปะทะกระสุนจากลามิเนต ที่มุมยิงต่างๆ โดยการวัดมุมยิงด้วยกล้องจุลทรรศน์เปรียบเทียบ และโปรแกรม Stream Start Ver1.9 ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ตัวอย่างการวัดกระสุนปืนหลังยิงที่มุมยิง โดยใช้กล้องจุลทรรศน์เปรียบเทียบ



#### 4.4 สถานที่ทำการทดลอง

กลุ่มงานตรวจอาวุธปืนและเครื่องกระสุน กองพิสูจน์หลักฐานกลาง สำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ

### 5. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

#### 5.1 ความเร็วของกระสุนปืน

จากการศึกษาความเร็วของกระสุนปืน ที่ยังไม่ผ่านการลดดินส่งกระสุนปืน ด้วยอาวุธปืนพกกึ่งอัตโนมัติ ยี่ห้อ RUGER ขนาด .22 Long Rifle รุ่น MARK III TARGET ความยาวลำกล้อง 5.5 นิ้ว บรรจุกระสุนปืน ขนาด .22 Long Rifle ยี่ห้อ CCI รุ่น Standard Velocity จากการทดลองซ้ำ 5 ครั้ง พบว่า ค่าความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 948 ft/s

จากผลการศึกษา พบว่า ความเร็วของกระสุนปืนแต่ละครั้งจะไม่เท่ากับ 1070 ft/s ซึ่งเป็นความเร็วมาตรฐานข้างกล้อง ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับความยาวของลำกล้องปืนที่ใช้ยิง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Clark [10] ซึ่งทำการศึกษาค่าผลของความยาวของลำกล้องปืนกับความเร็วของกระสุนปืน โดยได้ใช้อาวุธปืน Mosin Nagant 7.62x54R Rifle มีความยาวของลำกล้องปืน 28.75 นิ้ว จากนั้นทำการตัดลำกล้องปืนครึ่งละ 2 นิ้ว ลดลงจนเหลือความยาว 16.75 นิ้ว โดยเมื่อทำการทดลองได้ค่าเฉลี่ยของความเร็วที่น้อยที่สุดเท่ากับ 2,521 ฟุตต่อวินาที และได้ค่าเฉลี่ยความเร็วสูงสุดเท่ากับ 2,827 ฟุตต่อวินาที สรุปว่าความเร็วของกระสุนปืนขึ้นอยู่กับความยาวของลำกล้องปืน หากลำกล้องปืนมีความยาวมากจะได้ความเร็วของกระสุนปืนที่เร็วกว่าปืนที่มีความยาวของลำกล้องที่น้อยกว่า

#### 5.2 ความเร็วเมื่อลดดินส่งกระสุนปืน

การคำนวณหาความเร็วกระสุนปืนขนาด .22 Long Rifle ที่ระยะยิง 600 หลา โดยใช้โปรแกรม Ballistics Calculators – Hornady [6] จากการคำนวณโดยป้อนข้อมูลต่างๆ รวมถึงข้อมูลสภาพอากาศจากกรมอุตุนิยมวิทยาในวันที่ทำการทดลองลงในโปรแกรม [11] พบว่า ความเร็วกระสุนปืนขนาด .22 Long Rifle ที่ระยะยิง 600 หลา เท่ากับ 450 ft/s [6] และจากนั้นคำนวณหาหน้าหนักของดินส่งกระสุนปืน พบว่าต้องลดดินส่งกระสุนปืนให้เหลือ 0.46 เกรน เพื่อให้กระสุนปืนมีความเร็วเทียบเท่าระยะ 600 หลา เมื่อยิงที่ระยะ 2.0 เมตร

จากกระจกเป่าหมาย

เมื่อใช้ปริมาณดินส่งกระสุนปืนที่ได้จากการคำนวณเป็นมาตรฐานตั้งต้น เพื่อให้ได้ความเร็วที่ระยะ 600 หลา จากการวัดความเร็วในการทดลองยิงจริง พบว่า กระสุนปืนมีความเร็วเทียบเท่าอยู่ในช่วงระยะ 550 – 650 หลา ซึ่งสอดคล้องกับตารางที่ได้จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรม Ballistics Calculators – Hornady [6]

ในการลดดินส่งกระสุนปืนขนาด .22 Long Rifle ให้เหลือ 0.46 เกรน ทำให้ความเร็วของกระสุนปืนลดลงมากกว่า 50% ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Vinokurov และคณะ [12] ที่ได้ทำการศึกษาผลที่เกิดจากการลดดินส่งกระสุนปืนของกระสุนปืนขนาด 9 มม. Luger และ .32 อัตโนมัติ (7.65 มม.) พบว่าการลดดินปืนลงครึ่งหนึ่ง ทำให้ความเร็วปากลำกล้องปืนลดลงประมาณ 30% จากความเร็วมาตรฐานปกติ

#### 5.3 ลักษณะรอยแตกของกระจกลามิเนต

ในการจำลองยิงกระจกลามิเนตที่มีความหนา 6 มม. เคลือบด้วย Window Films หนา 2 มม.- Night Vision Series (NV 25) ด้วยกระสุนปืนขนาด .22 Long Rifle ซึ่งผ่านการลดดินส่งกระสุนปืนให้มีความเร็วกระสุนปืนเทียบเท่ากับการยิงห่างจากกระจกเป่าหมายในระยะยิงช่วง 550 ถึง 650 หลา จากมุมยิงที่แตกต่างกัน ได้แก่ มุมยิง 30, 45, 60 และ 90 องศา พบว่า ที่มุมยิง 30, 45 และ 60 องศา กระสุนปืนไม่ทะลุกระจก และไม่ปรากฏลักษณะรอยแตกแบบ concentric fracture และ radial fracture แต่จะปรากฏเฉพาะรอยแฉลบเท่านั้น ซึ่งอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของรอยแฉลบ สามารถนำมาคำนวณกลับหามุมยิงได้ โดยใช้สูตรการคำนวณตรีโกณมิติ [8] ส่วนที่มุมยิง 90 องศา จะมีรอยกระสุนทางเข้า ลักษณะร่องรอยที่ปรากฏบนกระจกลามิเนตจะมีทั้งลักษณะรอยแตกแบบ concentric fracture และแบบ radial fracture โดยที่กระจกไม่ทะลุ จำนวน radial crack มีความสม่ำเสมอและจะแปรผันตรงกับความเร็วของกระสุนปืน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Svenson และ Wendel [3] ที่ได้ศึกษาความแตกต่างระหว่างการแตกของกระจกที่เกิดจากกระสุนปืนกับก้อนหินหรือวัตถุที่มีลักษณะกลม พบว่า การแตกที่เกิดจากก้อนหินจะมี radial crack ที่ไม่สม่ำเสมอ ในขณะที่การแตกจากกระสุนปืนจะมี radial crack ที่สม่ำเสมอ และจากงานวิจัยของ Frye [3]

ได้ศึกษาการแตกของกระบอก โดยวัตถุที่มีความเร็วปานกลาง เช่น ปืนลม หนังสติ๊ก หรือวัตถุที่ใช้ขว้างปา เช่น ลูกเหล็ก ลูกแก้ว เป็นต้น พบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ รุกกระสุนปืน ไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของวัตถุ แต่สัมพันธ์กับโมเมนตัม (Momentum) ของวัตถุขณะกระทบ การศึกษานี้เป็นประโยชน์ ในการแยกชนิดของ fracture ที่เกิดจากปืนลม หนังสติ๊ก กับ รุกกระสุนปืน สำหรับในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้กระสุนปืนขนาด .22 Long Rifle แบบ Lead Round Nose (LRN) ซึ่งเป็น หัวตะกั่ว จึงทำให้กระสุนปืนเสียหายไปตามมุมที่ใช้ในการ ทดลอง แต่เนื่องจากจำลองการยิงจากระยะไกล โดยการลด ความเร็วของกระสุนปืน ทำให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ รุกกระสุนปืน ไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดพื้นที่หน้าตัดของ กระสุนปืน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hans-Gross [3] ที่ได้ ศึกษา รอยรอยของกระสุน (Bullets Fracture) พบว่า แรง กระทบที่ทำให้กระบอกแตก ขึ้นกับความเร็วมุมกระทบ หาก กระสุนมีความเร็วสูง กระบอกจะแตกเป็นรูปกลม แต่หากความเร็ว ลดลงหรือยิงในระยะไกล รุกกระสุนปืนจะมีลักษณะไม่เรียบ และ หากความเร็วลดลงถึงจุดหนึ่งกระบอกจะมีรอยแตกแต่ไม่ทะลุ หรืออาจทำให้กระบอกแตกทั้งแผ่น

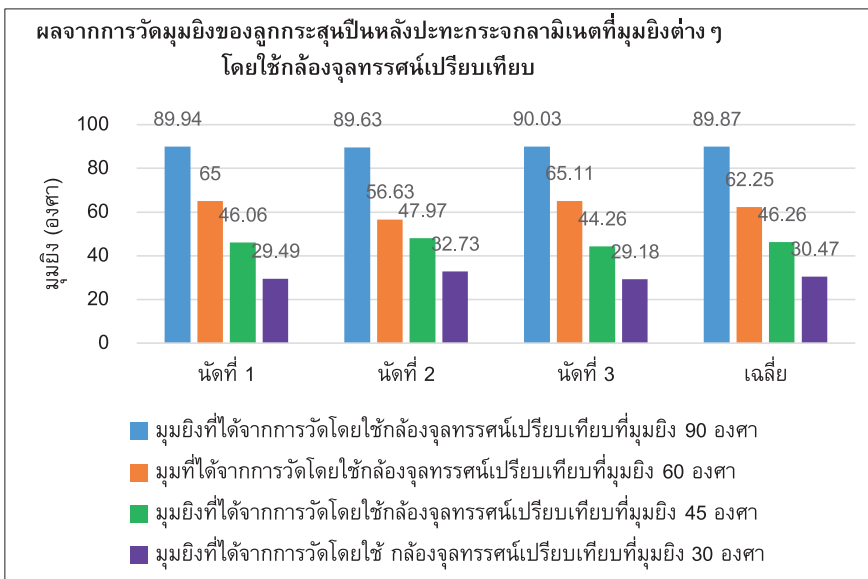
จากรอยกระสุนทางเข้า และลักษณะร่องรอยที่ปรากฏบน กระบอกลามิเนตจากมูมยิง 90 องศา สามารถนำอัตราส่วน ความกว้างต่อความยาวของรุกกระสุนปืนทางเข้า มาคำนวณกลับ หามูมยิงได้ โดยใช้สูตรการคำนวณตรีโกณมิติ [8] แต่อัตราส่วน ความกว้างต่อความยาวของ concentric fracture ไม่สามารถ นำมาคำนวณกลับหามูมยิงได้ เนื่องจากเมื่อกระสุนมีความเร็ว ต่ำลง ขนาด concentric fracture จะมีลักษณะไม่คงที่ ซึ่งจากการวิจัยของ Tryhorn [3] พบว่า แรงกระทบจากวัตถุ

ไม่มีคมหรือวัตถุปลายเรียวยสามารถพบ radial fracture และ concentric fracture แต่ถ้า blunt force ไม่มีแรงพอ ก็อาจ ไม่พบ concentric fracture หรือ concentric fracture มี ลักษณะไม่คงที่ และในกรณีที่เป็นการกระทบของวัตถุปลาย แหลม จะมีแต่รอยแตกของ radial fracture เท่านั้น

#### 5.4 ลักษณะการเสียหายของกระสุนปืน

##### หลังปะทะกระบอกลามิเนต

จากการวิจัยวัดมูมยิงของกระสุนปืนหลังปะทะกระบอก ลามิเนตที่มูมยิงต่างๆ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์เปรียบเทียบ พบว่า มูมยิงที่ได้จากการวัดโดยใช้กล้องจุลทรรศน์เปรียบเทียบ ที่มูมยิง 90, 60, 45 และ 30 องศา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 89.87, 62.25, 46.26 องศา และ 30.47 องศา ตามลำดับ ดังรูปที่ 9 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามูมยิงที่ได้จากการวัดโดยใช้กล้องจุลทรรศน์เปรียบเทียบ มีองศาใกล้เคียงกับมูมยิงจริง เนื่องจากกระสุนปืนกับกระบอก ลามิเนตเกิดการปะทะกัน ส่งผลให้เกิดแรงกระทำซึ่งกันและกัน โดยแรงกระทำจากกระบอกต่อกระสุนปืนทำให้หัวกระสุนสูญเสีย พลังงานจลน์ เสียสภาพและเกิดการเปลี่ยนทิศทาง และใน ขณะเดียวกันแรงกระทำจากหัวกระสุนปืนก็ส่งผลทำให้เกิด รอยแตกบนแผ่นกระบอก ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับหัว กระสุนปืนและแผ่นกระบอกเป็นไปตามมูมยิงที่ใช้ในการทดลอง โดยที่มูมยิง 90, 60, 45 และ 30 องศา กระบอกได้รับความ เสียหายเนื่องจากพลังงานจลน์มากที่สุดไปน้อยสุด ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Haag และ Haag [13] ซึ่งได้อธิบายเกี่ยวกับ ลักษณะการเสียหายของกระสุนปืนแบบ Lead Round Nose (LRN) หลังกระทบเป้าหมายที่มีพื้นผิวเรียบและแข็งว่า สามารถ ประเมินมูมยิงได้จากลักษณะการเสียหายของกระสุนปืน

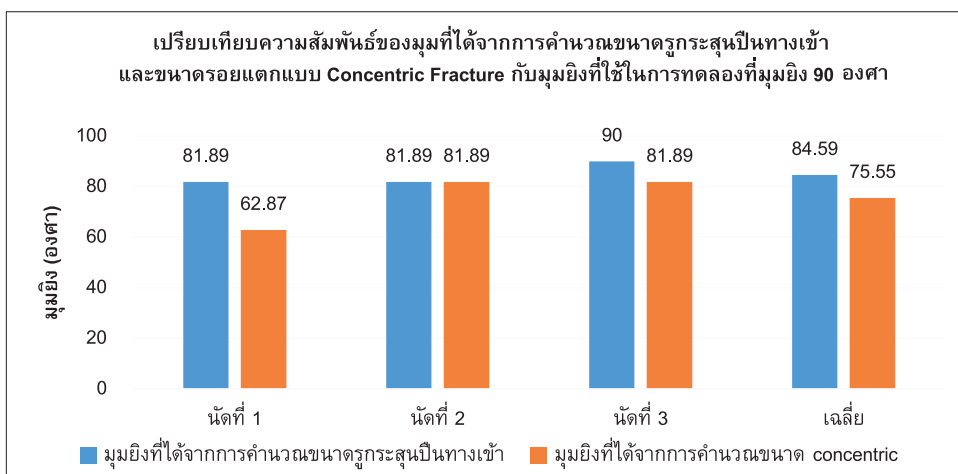


รูปที่ 9 ผลการวัดมูมยิงของกระดูกกระสุนปืนหลังปะทะกระจกلاميเน็ตโดยใช้กล้องจุลทรรศน์เปรียบเทียบ

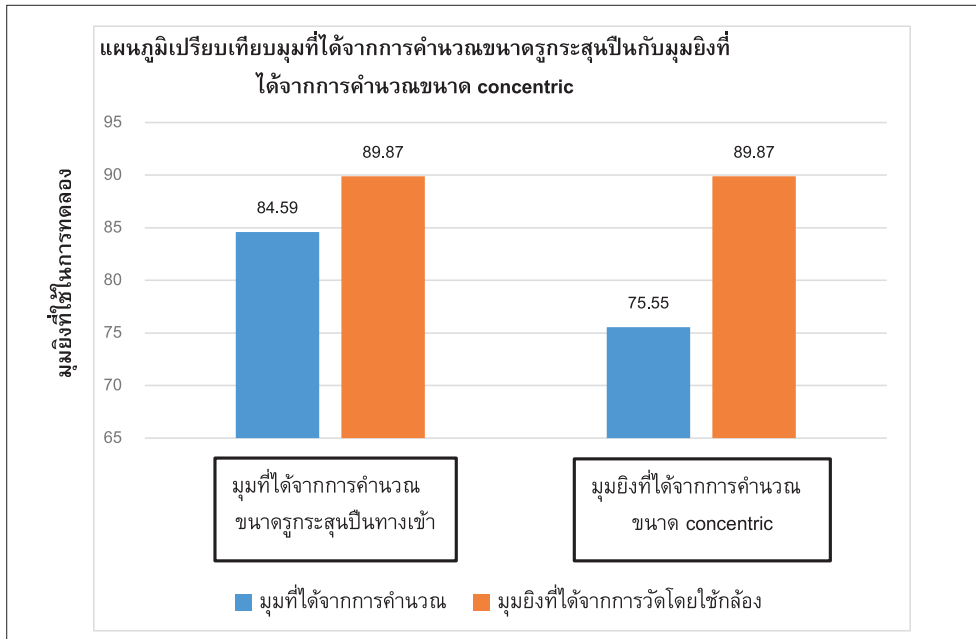
### 5.5 การเปรียบเทียบมูมยิงในองศาต่างๆ

5.5.1 เมื่อเปรียบเทียบมูมยิงที่ได้จากการคำนวณขนาดรูกระสุนปืนทางเข้า และขนาดรอยแตกแบบ concentric fracture กับมูมยิงที่ใช้ในการทดลอง 90 อองศา พบว่า ผลการคำนวณหามูมยิงจากขนาดรูกระสุนปืนทางเข้า มีค่าใกล้เคียงกับมูมยิงที่ใช้ในการทดลอง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 84.59 อองศา ในขณะที่ผลการคำนวณขนาดรอยแตกแบบ concentric fracture มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 75.55 อองศา (รูปที่ 10) และเมื่อเปรียบเทียบมูม

ที่ได้จากการคำนวณขนาดรูกระสุนปืนทางเข้าและขนาดรอยแตกแบบ concentric fracture กับมูมยิงที่ได้จากการวัดหัวกระสุนปืนหลังปะทะกระจกلاميเน็ตโดยใช้กล้องจุลทรรศน์เปรียบเทียบ พบว่า มูมยิงที่ได้จากการวัดหัวกระสุนปืนหลังปะทะกระจกلاميเน็ต โดยใช้กล้องจุลทรรศน์เปรียบเทียบนั้น มีค่าใกล้เคียงกับมูมยิงที่ได้จากการทดลองมากกว่ามูมยิงที่ได้จากการคำนวณขนาดรูกระสุนปืนทางเข้า และขนาดรอยแตกแบบ concentric fracture (รูปที่ 11)

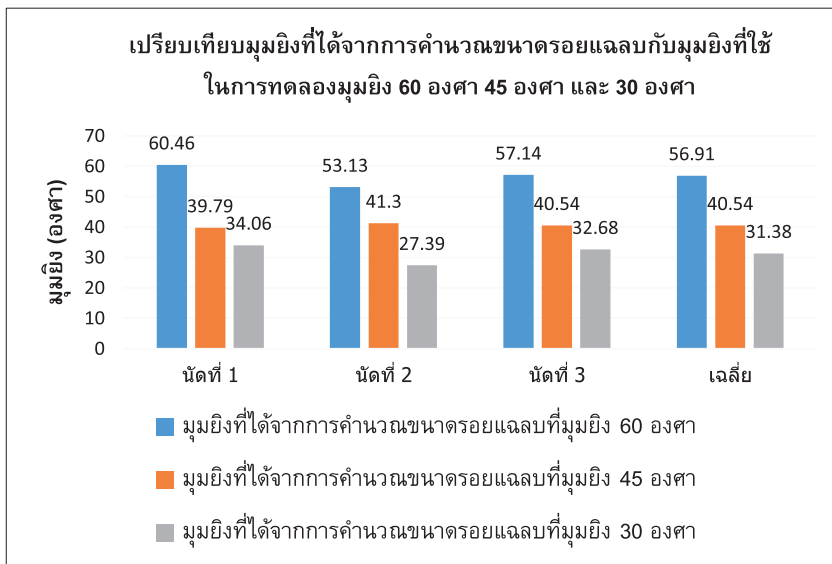


รูปที่ 10 ผลการวัดมูมยิงของกระดูกกระสุนปืนหลังปะทะกระจกلاميเน็ตโดยใช้กล้องจุลทรรศน์เปรียบเทียบ



รูปที่ 11 การเปรียบเทียบมุมที่ได้จากการคำนวณขนาดรูกระสุนปืน และลักษณะรอยแตกแบบ Concentric Fracture กับมุมที่ได้จากการใช้กล้องจุลทรรศน์เปรียบเทียบที่มุมยิง 90 องศา

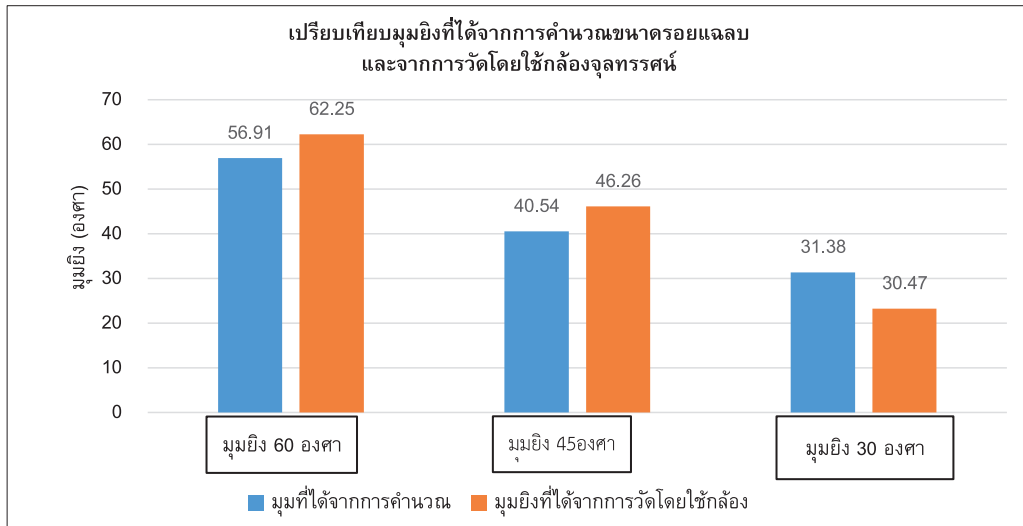
5.5.2 เมื่อเปรียบเทียบมุมที่ได้จากการคำนวณขนาดรอยแตกแบบ Concentric Fracture กับมุมที่ได้จากการใช้กล้องจุลทรรศน์เปรียบเทียบที่มุมยิง 90 องศา พบว่า ผลการคำนวณ หามุมยิงจากขนาดรอยแตกที่มุมยิง 60, 45 และ 30 องศา มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับมุมที่ใช้ในการทดลอง คือ 56.91, 40.54 และ 31.38 องศา ตามลำดับ (รูปที่ 12)



รูปที่ 12 การเปรียบเทียบมุมที่ได้จากการคำนวณขนาดรอยแตกบนกระบอกกับมุมที่ใช้ในการทดลอง

5.5.3 เมื่อเปรียบเทียบมูมยิงที่ได้จากการคำนวณขนาดรอยแฉบบนกระจก กับมูมยิงที่ได้จากการวัดหัวกระสุนหลังปะทะกระจกโดยใช้กล้องจุลทรรศน์เปรียบเทียบ พบว่ามูมยิงที่ได้จากการวัดหัวกระสุนหลังปะทะกระจกโดยใช้กล้อง

จุลทรรศน์เปรียบเทียบนั้น มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับมูมยิงที่ใช้ในการทดลองมากกว่ามูมยิงที่ได้จากการคำนวณขนาดรอยแฉบบ (รูปที่ 13)



รูปที่ 13 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของมูมยิงที่ได้จากการคำนวณขนาดรอยแฉบบบนกระจกกับมูมยิงที่ได้จากการวัดหัวกระสุนหลังปะทะกระจกโดยใช้กล้องจุลทรรศน์เปรียบเทียบ

## 6. สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองยิงกระจกลามิเน็ต ขนาด 20 x 20 เซนติเมตร ความหนา 6 มิลลิเมตร เคลือบ Window Films – Night Vision Series (NV 25) ความหนา 2 มิลลิเมตร ถูกยิงในแนวระดับด้วยอาวุธปืนพกกึ่งอัตโนมัติยี่ห้อ RUGER ขนาด .22 Long Rifle รุ่น MARK III TARGET ความยาวลำกล้อง 5.5 นิ้ว บรรจุกระสุนปืนขนาด .22 Long Rifle ยี่ห้อ CCI รุ่น Standard Velocity โดยทำการลดปริมาณดินปืนให้กระสุนปืน มีความเร็วลดลงเทียบเท่าระยะช่วง 550 - 650 หลา กำหนดให้ปากลำกล้องปืน ทำมูม 90 องศา 60 องศา 45 องศา และ 30 องศา กับผิวกระจก เพื่อศึกษาลักษณะรอยแตกของกระจกลามิเน็ตที่ถูกกระสุนปืนเข้ากระทำให้มูมยิงต่างกัน พลังงานจลน์ของกระสุนปืนที่กระทำต่อกระจกลามิเน็ต และลักษณะของกระสุนปืนหลังปะทะกระจกลามิเน็ต สามารถสรุปผลการศึกษาได้ ดังนี้

- เมื่อลดดินส่งกระสุนปืนลง ส่งผลให้ความเร็วกระสุนปืน และพลังงานจลน์ของกระสุนปืนลดลง ทั้งนี้ พลังงานจลน์ของกระสุนปืนส่งผลกับกระจกลามิเน็ตในแต่ละมูมยิงจะไม่เท่ากัน เนื่องจากพื้นที่สัมผัสของกระสุนปืนกับกระจกไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับมูมยิง
- มูมยิงที่องศาที่ต่างกัน จะปรากฏร่องรอยที่แตกต่างกันบนกระจกลามิเน็ตที่ติดฟิล์มกรองแสง โดยมูมยิงที่ 60, 45 และ 30 องศา จะปรากฏร่องรอยแฉบบที่ปรากฏจะสามารถนำมูมยิงมาคำนวณหาองศาของมูมยิงได้ ส่วนที่มูมยิง 90 องศา รุกะสุนปืนทางเข้าสามารถคำนวณหาองศาของมูมยิงได้
- ลักษณะการเสียหายของกระสุนปืนหลังปะทะกระจกลามิเน็ตที่มูมยิง 90 องศา 60 องศา 45 องศา และ 30 องศา สามารถนำมาวัดหามูมยิงได้โดยใช้กล้องจุลทรรศน์เปรียบเทียบ ซึ่งใช้แนวระนาบของฐานกระสุนปืนเป็นแนวอ้างอิง ในการวัดมูมที่ใช้ในการทดลอง เนื่องจากมีสภาพใกล้เคียงกับกระสุนปืน

ที่ยังไม่ผ่านการยิง และที่ระนาบของฐานกระสุนปืนได้รับความกระทบกระเทือนน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับบริเวณอื่นๆ ของกระสุนปืน และจากผลที่ใช้กล้องจุลทรรศน์เปรียบเทียบจะมีความแม่นยำมากกว่ามุมที่ได้จากการคำนวณขนาดรูกระสุนปืนทางเข้า ขนาด Concentric Fracture และขนาดรอยแตกบนกระบอก

จากงานวิจัยนี้ ทำให้ทราบถึงลักษณะร่องรอยบนกระบอกกลาไมเนต และลักษณะการเสียหายของกระสุนปืนขนาด .22 Long Rifle หลังปะทะกระบอกกลาไมเนตที่ติดฟิล์มกรองแสง โดยมีความเร็วเทียบเท่ากับระยะการยิงที่ 550 - 650 หลา เข้ากระบอกที่มุมยิงต่างกัน ซึ่งร่องรอยดังกล่าวสามารถนำมาใช้ศึกษาเป็นฐานข้อมูลเพื่อประเมินระยะการยิง และตำแหน่งมุมยิงได้

## 7. ข้อเสนอแนะ

ควรทำการทดลองโดยเพิ่มชนิดหรือขนาดของอาวุธปืนประเภทกระสุนปืน ระยะยิง กระบอกหรือวัสดุชนิดอื่น ให้มีความหลากหลายมากขึ้น

## 8. ปัญหาและอุปสรรค

8.1 เนื่องจากมีความยากในการลดดินปืน เพื่อให้ได้ความเร็วที่เท่ากันในการยิงแต่ละครั้ง จึงทำให้สิ้นเปลืองกระบอกฟิล์มกรองแสง และกระสุนปืนค่อนข้างมาก

8.2 เนื่องจากอาวุธปืนมีอันตรายถึงชีวิตได้ ดังนั้น ในการทดลองจึงต้องมีผู้ชำนาญด้านอาวุธปืนควบคุมในการยิงทดลอง

## 9. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย (กองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ฉบับที่ ทน 35/2561) และขอขอบคุณกลุ่มงานตรวจอาวุธปืนและเครื่องกระสุน กองพิสูจน์หลักฐานกลาง สำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และเครื่องมือในการทำทดลองวิจัย จึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

## 10. เอกสารอ้างอิง

1. Turvey, B.E. and Crowder, S., 2017, *Forensic Investigations: An Introduction*, Academic Press,

London, pp. 1-16

2. Suksomsot, W., 2005, *Guns and Tactics Magazine*, Vol.4, Issue 48, pp. 108-110. (In Thai)

3. Yakumphai, K., 2015, *Teaching Document for Forensic Science Myanmar Police Officers Short-Term Training Course*, Teaching Topics on Firearm and Ammunition Verification, Case Study of Projectile Trajectory, Central Forensic Science Division. (In Thai)

4. Choksataporn, C., 2016, "Influence of Trajectories and Distances of Bullets on Fracture Patterns of Car Glasses," *Veridian E-journal Science and Technology Silpakorn University*, 3 (5), pp. 274-288. (In Thai)

5. Harshey, A., Srivastava, A., Yadav, V.K., Nigam, K., Kumar, A. and Das, T., 2017, "Analysis of Glass Fracture Pattern Made by .177 "(4.5 mm) Caliber Air Rifle," *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 7 (1), pp. 1-8.

6. Ballistics Calculators-Hornady/ [Online], Available: <https://www.hornady.com>. [5 May 2018]

7. Phimonsri, S., 2010, *Study of Cracked Lateral Windshield Car Pattern from Gun Shooting*, Master Thesis, Silpakorn University. (In Thai)

8. Gardner, R.M., 2012, *Practical Crime Scene Processing and Investigation*, CRC Press, London, pp. 19-48

9. Moonviriyakit, N., 2014, *A Study of Bullet Energy with a 9 mm. Luger (FMJ) and 11 mm. (FMJ) Shot on Car Body*, Khon Kaen University. (In Thai)

10. Clark, B.L., 2011, *Effect of Barrel Length on the Muzzle Velocity and Report from a Mosin-Nagant 7.62 x54R Rifle*, Honors College, University of South Florida.

11. Daily Weather Characteristics [Online], Available: <https://www.tmd.go.th>. [5 May 2018]

12. Vinokurov, A., Giverts, P., Weiss, R., Levin, N. and Zeichner, A., 2014, "The Influence of a Reduced Powder Charge in a Cartridge on the Estimation of Shooting Distance," *AFTE Journal*, 46 (3), pp. 205-210.

13. Haag, M.G. and Haag, L.C., 2011, *Shooting Incident Reconstruction*, Academic Press, San Diego, pp. 143-175.