การศึกษาหลอดลดเสียงสำหรับติดตั้งกับลำกล้องของปืนเอ็ม 16 เอ 4
The Study of the Suppressor for Mounting on the Caliber of M16 A4 Rifles

พันเอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บุญอนันต์ อนันต์เสาวภาคย์[1*]
Colonel Assistant Professor Boonanan Anansauwapak[1*]
พันเอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อโณทัย สุขแสงพนมรุ้ง[1]
Colonel Assistant Professor Dr. Anotai Suksangpanomrung[1]
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ อยู่เย็น[2]
Assistant Professor Dr. Soemsak Yooyen[2]

[1]กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า นครนายก 26001 ประเทศไทย
[1]Department of Mechanical Engineering, Academic Division,
Chulachomklao Royal Military Academy, Nakhon Nayok 26001, Thailand
[2]ภาควิชาวิศวกรรมการบิน วิทยาลัยอุตสาหกรรมการบินนานาชาติ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 ประเทศไทย
[2]Department of Aerospace Engineering, International Academy of Aviation Industry,
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Lat Krabang, Bangkok 10520, ประเทศไทย
**Corresponding Author. E-mail : boonanan03@gmail.com*
(Received: March 21, 2022, Revised: August 26, 2022, Accepted: August 29, 2022)

บทคัดย่อ : หลอดลดเสียงเป็นอุปกรณ์ช่วยลดเสียงดังที่เกิดจากการยิงปืนซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อประสาทการได้ยิน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหลอดลดเสียงที่ทำจากวัสดุที่หาง่ายและราคาถูกโดยนำมาติดกับลำกล้องปืนเอ็ม 16 เอ 4 ซึ่งกระสุนมีความเร็วระดับซูเปอร์โซนิคหรือมากกว่า 330 เมตรต่อวินาที เมื่อยิงปืนโดยไม่ติดหลอดลดเสียงจะมีความดังของเสียงปืนเฉลี่ย 126.52 เดซิเบล วัดความดังเสียงใกล้จุดทดสอบ 5 เมตร หลอดลดเสียงที่ศึกษาแบ่งออกได้เป็น 4 แบบ แบบที่ 1 หลอดลดเสียงแบบขวางวิถีกระสุน แบบที่ 2 หลอดลดเสียงแบบขนานวิถีกระสุนชนิดไส้กรองน้ำมัน แบบที่ 3 หลอดลดเสียงแบบขนานวิถีกระสุนชนิดท่อไอเสีย และแบบที่ 4 หลอดลดเสียงแบบผสมระหว่างขวางและขนานวิถีกระสุน การศึกษาได้ทดสอบและดูผลของปัจจัยที่มีผลต่อความดังและสามารถใช้ลดเสียงดังของปืน ได้แก่ วัสดุซับเสียง ท่อแกนกลางเจาะรู แผ่นยาง และการกั้นห้องรับเสียงด้วยการเจาะช่อง การทดสอบทำโดยการยิงปืนเข้าสู่เป้ามาตรฐานที่ระยะ 23 เมตร (25 หลา) ทดสอบครั้งละ 5 นัด ทำการวัดความดังของเสียงที่ระยะ 5, 25, 50 และ 100 เมตร ห่างจากจุดกำเนิดเสียง ผลการทดสอบพบว่า หลอดลดเสียงแบบที่ 4 สามารถลดความดังของเสียงได้ดีที่สุดที่ 103.86 เดซิเบล หรือลดความดังเสียงได้ 17.20 เปอร์เซ็นต์ที่ระยะ 5 เมตร และจากการทดสอบพบว่าการกั้นผนังห้องรับเสียงที่ดีจะมีอิทธิพลต่อการลดความดังของเสียงได้มากกว่าวัสดุซับเสียง

คำสำคัญ: หลอดลดเสียง ซูเปอร์โซนิค วัสดุซับเสียง ผนังกั้นห้อง ความดังเดซิเบล

Abstract : A suppressor is a device for reducing loud noise from firearm shooting, which can damage the auditory system. The objective of this research was to study different types of suppressors made of affordable and available materials, attached to the caliber of M16 A4 rifles, with supersonic-speed bullets (greater than 330 meters per second). Firing without suppressors generated the average sound intensity of 126.52 decibels when measured at 5 meters from the test point. The studies focused on 4 types of suppressors; 1) a blocked trajectory suppressor, 2) a fuel-filter parallel trajectory suppressor, 3) an exhaust-pipe parallel trajectory suppressor, and 4) a combination of blocked and parallel trajectory suppressor. The results were considered according to various factors that affected the loudness and the ability to reduce sound, including sound-absorbing materials, core tubes, wipes (rubber sheets), and perforated sound baffles partition. The test was performed by firing into a standard target at a distance of 23 meters (25 yards), five rounds at a time, measuring the sound intensity at 5, 25, 50 and 100 meters away from the sound source. The results showed that the “type 4” suppressor could achieve the best sound reduction at 103.86 decibels or 17.20 percent at a distance of 5 meters. The test also showed that good sound baffles affected more on the sound lowering than the sound-absorbing materials.

Keywords: Suppressor, Supersonic, Sound-absorbing material, Baffle, Decibels

1. บทนำ

หลอดลดเสียงเป็นอุปกรณ์เสริมที่ใช้ติดกับอาวุธประจำกายของเจ้าหน้าที่ทหาร สามารถลดแสงสว่างจ้าที่ปากกระบอกปืนทำให้ไม่เปิดเผยที่ตั้ง เสียงที่ลดลงทำให้เจ้าหน้าที่สื่อสารกันได้ตามปกติและไม่ทำลายระบบประสาทหูของผู้ยิงปืน ในอดีตอุปกรณ์ลดเสียงดังของอาวุธปืนจะเรียกว่า หลอดเก็บเสียง หลอดเก็บเสียงได้เกิดขึ้นในปี 1909 โดยนักประดิษฐ์ชาวอเมริกันคือ ไฮแรม แม็กซิม ผลิตขึ้นเพื่อการพาณิชย์และการกีฬา หลอดลดเสียงได้ถูกนำมาใช้ในราชการสงครามโดยทหารกองพันจู่โจมและหน่วยลาดตระเวนหาข่าว จนกระทั่งถึงยุคปัจจุบันหลอดลดเสียงยังถูกนำมาใช้งานอย่างต่อเนื่อง [1] หลอดลดเสียงที่ติดตั้งกับปืน เอ็ม 16 หรือปืน เออาร์-15 จะต้องแข็งแรงมากเป็นพิเศษเพราะต้องรองรับแรงดันที่สูงมาก เพื่อป้องกันแรงสะท้อนกลับภายในเปลือกหุ้มของหลอดลดเสียงซึ่งเป็นเหตุทำให้กลุ่มกระสุนเปลี่ยนไป แต่สามารถแก้ไขด้วยการปรับระยะเล็งเผื่อเป้าหมายเดิมไม่เกิน 10 เซนติเมตร วิธีนี้ใช้ได้ในการยิงหวังผลที่ระยะ 100 เมตร แต่ไม่ควรแก้ไขด้วยการใส่กระสุนซับโซนิค ที่มีความเร็วต่ำกว่า 330 เมตรต่อวินาที เพราะจะทำให้พลังงานของกระสุนลดต่ำลงและปืนไม่สามารถทำการป้อนกระสุนอัตโนมัติต่อได้ นอกจากนี้หลอดลดเสียงเป็นอุปกรณ์ที่มีใช้ในหน่วยงานราชการบางหน่วยเท่านั้น แต่เนื่องด้วยหลอดลดเสียงนั้นมีราคาแพง การสั่งซื้อจะต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศและต้องชำระค่าภาษี การวิจัยและพัฒนายุทโธปกรณ์ในการป้องกันประเทศอย่างหลอดลดเสียงนี้ จึงเกิดขึ้นเพื่อลดภาระงบประมาณของประเทศและสามารถพึ่งพาตนเองได้

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาหลอดลดเสียงที่ทำจากวัสดุที่หาง่ายและราคาถูกโดยนำมาติดกับลำกล้องปืนเอ็ม 16 เอ 4

2.2 เพื่อศึกษาการวางตัวของโครงสร้างภายในหลอดลดเสียงแบบขวางวิถีกระสุน แบบขนานวิถีกระสุน และแบบผสม

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 ทฤษฎี

ระดับความดังของเสียง [2] มีสูตรคำนวณดังนี้

ระดับความดัง = $20 \log[X/X_0]$ (1)

โดยที่ ระดับความดัง มีหน่วยเป็นเดซิเบล (dB)

X คือ ความดังเสียง (N/m^2)

X_0 คือ ความดังเสียงที่มนุษย์ได้ยินคือ 0.00002 N/m^2

การรวมความดังของเสียงตามความสัมพันธ์แบบลอการิทึมจึงใช้วิธีการคำนวณระดับความดังรวมจากความสัมพันธ์ ดังสมการที่ (2)

$$L_s = 10\text{Log}(10^{L1/10} + 10^{L2/10} + 10^{L3/10} + \dots) \quad (2)$$

โดยที่ L_s คือ ระดับความเข้มเสียง (Sound intensity level) มีหน่วยเป็นเดซิเบล และ $L_i = L_1, L_2, L_3, \dots$ คือ ความดังเสียงจากแหล่งอื่นซึ่งมีหน่วยเป็นเดซิเบลเช่นกัน

ประมุข โอศิริ [3] ได้แบ่งเสียงออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

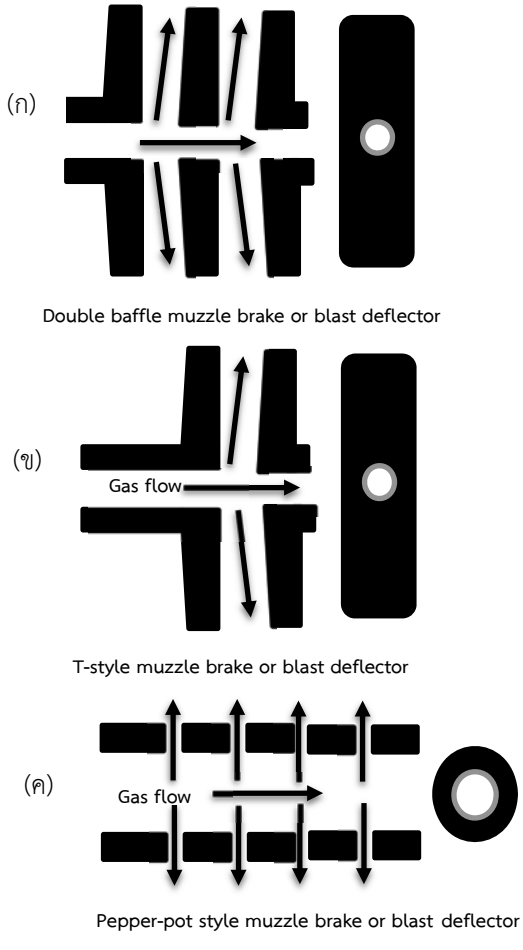
1. เสียงที่ดังต่อเนื่อง (Continuous noise) คือ เสียงดังที่มีระดับเสียงเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 3 เดซิเบล เช่น เสียงพัดลม เป็นต้น

2. เสียงที่ดังเป็นช่วง ๆ (Intermittent noise) คือ เสียงที่ดังไม่ต่อเนื่อง เช่น เสียงประแจลม เป็นต้น

3. เสียงที่ดังกระแทก (Impact noise) คือเสียงที่มีการเปลี่ยนแปลงมากกว่า 40 เดซิเบล ในเวลาน้อยกว่า 1 วินาที เช่น เสียงระเบิด เป็นต้น

ความดังของเสียงต้องใช้เครื่องมือในการวัดเสียงซึ่งมีสเกลปกติตั้งแต่ 40-140 เดซิเบล สเกลที่ใช้คือ เดซิเบลเอ เป็นหน่วยที่ตอบสนองและคล้ายคลึงกับเสียงที่หูมนุษย์ได้ยิน เครื่องมือวัดเสียงต้องสอดคล้องกับมาตรฐาน IEC61672 Type 2

การใช้อุปกรณ์ปลอกลดแสง [4] มีเหตุผลหลักสามประการ ได้แก่ การช่วยลดแรงสะท้อนถอยหลัง การช่วยลดแสงสว่างจ้าทำให้ไม่เปิดเผยที่ตั้ง และการช่วยลดความเสียหายให้กับอาวุธปืน การออกแบบอุปกรณ์ปลอกลดแสงเพื่อพยายามเปลี่ยนทิศทางแรงดันของก๊าซไปที่ด้านข้างของอาวุธปืนแทนที่จะสะท้อนกลับทางด้านหลัง โดยทั่วไปอุปกรณ์ปลอกลดแสงมีสองประเภท คือ แบบปิดและเปิด แบบปิดจะกั้นก๊าซที่มีอยู่ผ่านช่องเปิดคงที่และโดยปกติจะมีแผ่นกั้นหรือช่องระบายหลายช่อง ส่วนแบบเปิดโดยทั่วไปจะมีแผ่นกั้นเพียงชิ้นเดียวและควบคุมการไหลของก๊าซให้น้อยกว่าแบบปิด การออกแบบผนังระบายก๊าซมี 3 ประเภท ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 (ก) ปลอกลดแสงด้วยผนังกั้น 2 ชั้น, (ข) ปลอกลดแสงด้วยผนังกั้นรูปตัวที และ (ค) ปลอกลดแสงด้วยช่องลดแสงหลายชั้น [4]

3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Hiram P.M. [5] ได้ทดสอบเสียงดังจากการยิงปืน พบว่ามีการเกิดคลื่น 2 แนวคลื่น โดยคลื่นแรกเกิดขึ้นเร็วมากเป็นคลื่นจากพลังงานความเร็วต้นของกระสุนปืน และคลื่นแนวที่ 2 เป็นคลื่นรูปคันธนูเข้ามาสมทบ ดังภาพที่ 2 กระสุนปืนที่ยิงโดยไม่ติดหลอดเก็บเสียงจะมีความเร็วสูงและวิ่งแซงคลื่นรูปคันธนูจนเกิดเสียงที่ดังมาก ภาพที่ 3 กระสุนปืนที่ยิงออกไปจากปืนที่ติดหลอดเก็บเสียงจะมีความเร็วลดลงและมีความเร็วเท่ากับคลื่นรูปคันธนู จึงทำให้ลดเสียงลงได้ถ้าความเร็วของกระสุนต่ำกว่าความเร็วเสียงไม่เกิน 1,085 ฟุตต่อวินาที หรือเมื่อเปลี่ยนมาใช้กระสุนที่มีน้ำหนักหัวกระสุนมากขึ้นจะช่วยให้อุปกรณ์เก็บเสียงทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ภาพที่ 2 การยิงปืนโดยไม่ติดหลอดเก็บเสียง [5]

ภาพที่ 3 การยิงปืนโดยติดหลอดเก็บเสียง [5]

บุญอนันต์ อนันต์เสาวภาคย์ [6] ได้ศึกษาการเลือกใช้หลอดลดเสียงโดยพิจารณาจากตัวแปรไร้หน่วย คือ ความ

ยาวของหลอดลดเสียงต่อความยาวเส้นรอบวง ซึ่งได้ตัวเลขที่สามารถนำมาใช้ประกอบในการเลือกหลอดลดเสียงและมีค่าความยาวต่อเส้นรอบวงมากกว่า 2 ขึ้นไป

บุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์ [7] ได้แบ่งท่อเก็บเสียงได้เป็น 3 แบบ ดังนี้

1. แบบแห้ง (Dry) โครงสร้างภายในช่องขยาย (Expansion Chamber) หลัก 1 ช่อง ถัดจากช่องขยายหลักเป็นครีบหลายอันเรียงต่อกันเป็นแนว

2. แบบไวพ์แอนด์เมช (Wipe and Mesh) ท่อเก็บเสียงที่มีการใส่วัสดุแผ่นไวพ์มีลักษณะเป็นแผ่นกลมแบนมีรอยกรีดตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลางเพื่อให้หัวกระสุนทะลุผ่านรอยกรีด

3. แบบเปียก (Wet Technology) เป็นท่อเก็บเสียงที่ต้องเติมตัวกลางบางชนิด เช่น น้ำ หรือ จาระบี (Grease) ลงไปเพื่อดูดซับเสียง

4. วิธีดำเนินการศึกษา

บุญอนันต์ อนันต์เสาวภาคย์ [5] ได้ศึกษาและพบว่าการลดเสียงดังได้อย่างมีประสิทธิภาพกระทำได้ 2 วิธี ได้แก่ การหน่วงเวลาให้ก๊าซไหลเวียนในหลอดลดเสียงให้นานที่สุด การไหลเวียนนั้นอาจจะเป็นแบบหมุนวนภายในหลอดลดเสียงหรือเป็นแบบห้องรับเสียงหลาย ๆ ห้อง และการใช้วัสดุซับเสียงลดการไหลย้อนกลับออกสู่บรรยากาศภายนอก

4.1 การออกแบบหลอดลดเสียง

สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ได้ออกแบบอุปกรณ์สำหรับการทดสอบออกเป็น 4 แบบการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 4-7

ภาพที่ 4 หลอดลดเสียงแบบที่ 1

ภาพที่ 5 หลอดลดเสียงแบบที่ 2

ภาพที่ 6 หลอดลดเสียงแบบที่ 3

ภาพที่ 7 หลอดลดเสียงแบบที่ 4

แบบที่ 1 แบบขวางวิถีกระสุน ภายในทำจากวัสดุอะลูมิเนียมเจาะเป็นผนังกั้น 8 ห้อง เส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร ยาว 150 มิลลิเมตร ผนังกั้นห้องใช้กักและขวางทางออกของก๊าซ โดยมีเปลือกนอกปิดช่องว่างด้านข้าง

แบบที่ 2 แบบขนานวิถีกระสุนโดยใช้แท่งไส้กรองน้ำมันเครื่องที่มีโครงเหล็กประคองและมีช่องว่างไว้

ซับเสียงเป็นจำนวนมาก ยาว 250 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 50 มิลลิเมตร

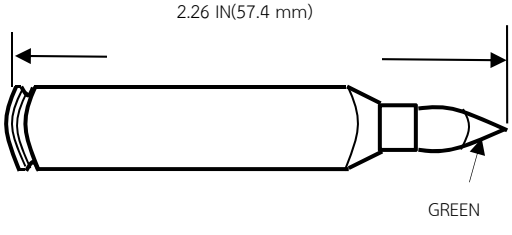
แบบที่ 3 แบบขนานวิถีกระสุน ทำจากท่อเหล็กขนาด 1 นิ้ว เจาะรูโดยรอบและหุ้มด้วยใยแก้วซับเสียงยาว 250 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 50 มิลลิเมตร

แบบที่ 4 แบบขวางและขนานผสมกัน ชั้นในสุดเป็นแท่งอะลูมิเนียมตามแบบที่ 1 และหุ้มด้วยผนังหลอดลดเสียงอีก 2 ชั้นโดยมีท่อเชื่อมต่อระหว่างแกนท่อแบบที่ 1 กับผนังท่อด้านข้างยาว 250 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 50 มิลลิเมตร ผนังชั้นกลางยาว 220 มิลลิเมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกยาว 43 มิลลิเมตร

4.2 ปืนและกระสุนที่ใช้ทดสอบ

ปืนเอ็ม 16 เอ 4 เป็นปืนรุ่นใหม่ที่มีความสะดวกในการถอดประกอบสามารถติดตั้งกับอุปกรณ์เสริมได้ และใช้กับกระสุนปืนขนาด 5.56 มิลลิเมตร รหัสเอ็ม 855 ดังภาพที่ 8 และ 9

ภาพที่ 8 ปืนเล็กยาว เอ็ม 16 เอ 4 [8]



ภาพที่ 9 กระสุนขนาด 5.56 มิลลิเมตร รหัสเอ็ม 855 [9]

4.3 เครื่องมือวัดความดังเสียง

เสียงปืนเป็นเสียงดังแบบกระแทก (Impact noise) [3] เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในเวลา 1 วินาที มีการเปลี่ยนแปลงของเสียงมากกว่า 40 เดซิเบล จึงต้องใช้เครื่องวัดเสียงที่มีมาตรฐาน IEC61672 โดยปรับย่านการตอบสนองแบบเร็ว (Fast) และกำหนดช่วงการวัดไว้ที่ค่าสูง ดังภาพที่ 10

ภาพที่ 10 เครื่องวัดเสียงมาตรฐาน IEC61672

เนื่องจากเสียงเป็นคลื่นเชิงกลที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ เมื่อวัตถุสั่นสะเทือนก็จะเกิดเป็นแหล่งกำเนิดเสียงขึ้น [3] การวัดเสียงปืนสำหรับงานวิจัยนี้ได้ตั้งเครื่องวัดเสียงห่างจากจุดกำเนิดเสียงไปทางด้านขวาที่ระยะ 5, 25, 50 และ 100 เมตร โดยเรียงตามลำดับของแนวยิงในสนาม

4.4 วิธีการทดสอบ

การทดสอบได้ดำเนินการที่สนามยิงปืน กสฝ.สบร.รร.จปร. ระยะยิง 23 เมตร (25 หลา) สภาวะอุณหภูมิที่ 27-28 องศาเซลเซียส ทดสอบห้วงเวลา 10:00-14:00 นาฬิกา ยิงด้วยกระสุนปืนขนาด 5.56 มิลลิเมตร จำนวน 5 นัดต่อกรณีศึกษา จุดทดสอบได้ตั้งออกมาในที่โล่งนอกแนวยิงเพื่อป้องกันเสียงสะท้อน และวางจุดเครื่องวัดเสียงพร้อมกับบันทึกค่าความดัง 4 จุด ที่ระยะ 5 25 50 และ 100 เมตร

5. ผลการศึกษา

การยิงทดสอบหลอดลดเสียงแบบต่าง ๆ นั้น เริ่มด้วยการยิงปืนโดยไม่ติดตั้งหลอดลดเสียง ซึ่งได้แสดงผลดังตารางที่ 1 และแสดงผลแบบติดตั้งหลอดลดเสียงดังตารางที่ 2 ถึงตารางที่ 4

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างความดังเสียงที่จุดต่าง ๆ เมื่อไม่ติดตั้งหลอดลดเสียง

จุดวัดเสียง (m)	ความดังเสียง (dB)	ความเร็วต้น (m/s)
5	126.52	950
25	121.28	955
50	120.74	953
100	104.34	954

5.1 หลอดลดเสียงแบบที่ 1 ผลการทดสอบดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความดังเสียงที่จุดต่าง ๆ ของหลอดลดเสียงแบบที่ 1

จุดวัดเสียง (m)	ความดังเสียง (dB)	ความเร็วต้น (m/s)
5	117.72	954
25	111.40	950
50	106.26	953
100	94.66	945

5.2 หลอดลดเสียงแบบที่ 2 ผลการทดสอบดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความดังเสียงที่จุดต่าง ๆ ของหลอดลดเสียงแบบที่ 2

จุดวัดเสียง (m)	ความดังเสียง (dB)	ความเร็วต้น (m/s)
5	110.10	937
25	101.20	938
50	95.20	940
100	74.94	938

5.3 หลอดลดเสียงแบบที่ 3 ผลการทดสอบดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความดังเสียงที่จุดต่าง ๆ ของหลอดลดเสียงแบบที่ 3

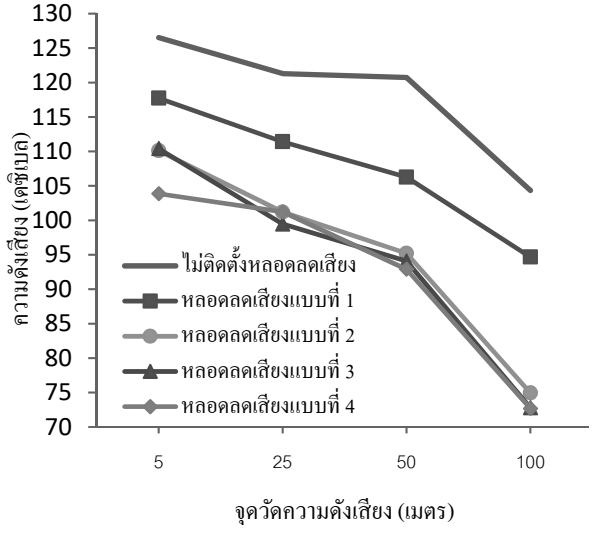
จุดวัดเสียง (m)	ความดังเสียง (dB)	ความเร็วต้น (m/s)
5	110.40	931
25	99.46	945
50	94.08	942
100	72.80	946

5.4 หลอดลดเสียงแบบที่ 4 ผลการทดสอบดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความดังเสียงที่จุดต่าง ๆ ของหลอดลดเสียงแบบที่ 4

จุดวัดเสียง (m)	ความดังเสียง (dB)	ความเร็วต้น (m/s)
5	103.86	939
25	101.22	943
50	92.90	940
100	72.68	949

จากการวิจัยได้นำผลการทดสอบจากตารางที่ 1-5 นำมาเปรียบเทียบและแสดงผลดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 การเปรียบเทียบระดับความดังของเสียงกรณีไม่ติดตั้งและติดตั้งหลอดลดเสียงแบบต่าง ๆ

6. สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการลดเสียงดังของปืน เอ็ม 16 เอ 4 ซึ่งใช้กระสุนปืนขนาด 5.56 มิลลิเมตร รหัส M 855 สรุปผลและอภิปรายการทดสอบได้ดังนี้

การทดสอบหลอดลดเสียงแบบที่ 1 เป็นหลอดลดเสียงปืนแบบขวางวิถีกระสุน บันทึกเสียงดังเฉลี่ย 107.51 เดซิเบล ลดเสียงลงได้ 9.06 เปอร์เซ็นต์ และมีความเร็วต้นเฉลี่ย 949.80 เมตรต่อวินาที เนื่องจากมีปริมาตรจำกัด จึงทำให้ความดันที่แยกไหลไปยังห้องต่าง ๆ สะท้อนกลับเข้ามาที่แกนกลางเร็วเกินไปจึงทำให้ลดเสียงดังไม่มากนัก

การทดสอบหลอดลดเสียงแบบที่ 2 หลอดลดเสียงปืนแบบขนานวิถีกระสุน บันทึกเสียงดังเฉลี่ย 95.36 เดซิเบล ลดเสียงลงได้ 19.34 เปอร์เซ็นต์และมีความเร็วต้นเฉลี่ย 939.20 เมตรต่อวินาที การรับเสียงที่กระจายไปยังส่วนต่าง ๆ ของไส้กรองน้ำมันซึ่งมีช่องว่างเล็ก ๆ ทั้ง 2 ด้าน ความดันสูงของก๊าซเกิดการกระจายตัวจึงลดความดังของเสียงลงได้ดี แต่มีข้อเสีย คือ ไส้กรองเกิดการบิดและยุบตัวไปตามวิถีกระสุนทำให้ไม่สามารถยิงครั้งต่อไปได้ ซึ่งสามารถยิงได้มากสุด 3 ครั้ง ก็ต้องเปลี่ยนไส้กรองใหม่

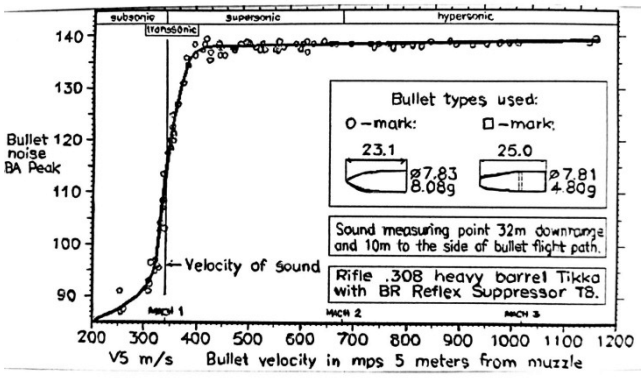
การทดสอบหลอดลดเสียงแบบที่ 3 หลอดลดเสียงปืนแบบขนานวิถีกระสุน บันทึกเสียงดังเฉลี่ย 94.18 เดซิเบล ลดเสียงลงได้ 20.33 เปอร์เซ็นต์และมีความเร็วต้นเฉลี่ย 943.80 เมตรต่อวินาที เนื่องจากมีโครงสร้างที่แข็งแรงและซับเสียงได้ดีกว่าแบบที่ 2 แรงดันของก๊าซถูกดูดซับออกทางด้านข้าง ลดการสะท้อนกลับสู่แกนกลางได้ดีกว่าหลอดลดเสียงแบบที่ 1 การทดสอบสามารถยิงได้ต่อเนื่องโดยไม่ต้องเปลี่ยนไส้กรองน้ำมันเหมือนแบบที่ 2

การทดสอบหลอดลดเสียงแบบที่ 4 หลอดลดเสียงปืนแบบขวางและแบบขนานผสมกัน บันทึกเสียงดังเฉลี่ย 92.66 เดซิเบล ความดังเสียงลดลงได้ 21.62 เปอร์เซ็นต์ และมีความเร็วต้นเฉลี่ย 944.20 เมตรต่อวินาที การระบายความดันของก๊าซแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยก๊าซส่วนแรกจะออกสู่แนวแกนผ่านหลอดลดเสียงที่มีช่องว่าง 8 ช่อง

ก๊าซส่วนที่ 2 จะระบายออกทางด้านข้างผ่านผนังกั้นแนวขนาน 2 ชั้น ทำให้ก๊าซที่มีแรงดันสูงได้ระบายออกเป็น 2 ทางและเกิดการหน่วงเวลาทำให้ความดันลดลงและลดเสียงลงได้ดีมากที่สุดจากทั้ง 4 แบบ

ผู้วิจัยขอเปรียบเทียบผลของการใช้หลอดลดเสียงกับปืนไรเฟิลพลังงานสูง [10] ปืนไรเฟิลใช้กระสุนขนาด .308 ติดตั้งหลอดลดเสียง Reflex Suppressor T8 มีผนังกั้นห้อง 8 ห้อง พบว่าความดังเสียงเพิ่มขึ้นช้ามากในช่วง 700 fps ถึง 1,000 fps (กระสุนมีความเร็ว Subsonic) มีความดังเสียงอยู่ที่ 90 dBA และสูงขึ้นอย่างรวดเร็วถึง 140 dBA ในช่วง 1,000 fps ถึง 1,300 fps (กระสุนมีความเร็ว Supersonic) โดยอุปกรณ์วัดเสียงห่างออกไป 10 เมตร ดังภาพที่ 12

การทดลองหลอดลดเสียงที่ติดตั้งกับปืน เอ็ม 16 เอ 4 นี้ มีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้างเมื่อเทียบกับผลการทดลองของงานวิจัยจากต่างประเทศ ดังภาพที่ 12 เพราะดินขับในกระสุนมีปริมาณไม่เท่ากัน ระยะห่างในการวัดเสียงที่แตกต่างกัน องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมในการวัดเสียงที่ไม่เหมือนกันและประสิทธิภาพของอุปกรณ์วัดเสียงที่งานวิจัยนี้ยังไม่สามารถเทียบได้กับอุปกรณ์วัดเสียงของต่างประเทศเพราะมีราคาสูงมาก แต่ผลการทดลองมีแนวโน้มของการลดเสียงไปในแนวทางเดียวกัน



ภาพที่ 12 ความดังเสียงเทียบกับความเร็วของกระสุนปืนแรงดันสูง

ทั้งนี้ปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ วัสดุในการทำหลอดลดเสียง พบว่า หลอดลดเสียงจากต่างประเทศทำจากโลหะอัลลอยด์เกรดเดียวกับท่อไอพ่นของเครื่องบินขับไล่ [11] ที่มีความแข็งแรง เมื่อร้อนก็จะเย็นลงได้เร็วในขณะที่หลอดลดเสียงของงานวิจัยนี้ทำจากอัลลอยด์เกรด 6063 ที่มีความแข็งแรงน้อยกว่า แต่ไม่ขยายตัวมากนักเมื่อมีความร้อนสะสม เป็นวัสดุที่หาง่าย เมื่อเทียบกับความคุ้มทุน จะพบว่าหลอดลดเสียงสำหรับติดตั้งกับปืนเอ็ม 16 เอ 4 ในต่างประเทศขายอยู่ที่ราคา 1,099 เหรียญ US [12] หรือคิดเป็นเงินไทยเท่ากับ 32,970 บาท ต่อ 1 หลอด ในขณะที่หลอดลดเสียงที่ทำวิจัยนี้มีมูลค่าไม่เกิน 2,000 บาท ต่อ 1 หลอด

การวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ค้นพบขั้นตอนการลดเสียง 3 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 การลดความดันครั้งแรกด้วยผนังกั้นห้องแบบขวางเมื่อกระสุนออกจากปากลำกล้องเข้าสู่หลอดลดเสียง

ขั้นตอนที่ 2 นำพาความดันจากขั้นตอนที่ 1 เข้าสู่ผนังกั้นห้องแบบขนานทำให้ก๊าซไหลเวียนแบบกลับไป-กลับมา เป็นการลดความดันและการหน่วงเวลาในการเดินทางของก๊าซภายในหลอดลดเสียง

ขั้นตอนที่ 3 ระบายก๊าซและความดันจากขั้นตอนที่ 2 ออกที่ปลายหลอดลดเสียงโดยการเจาะรูระบาย

จากการค้นพบขั้นตอนการลดเสียงดังกล่าวทำให้มีข้อเสนอแนะจากการทำวิจัยนี้ คือ การเลือกใช้วัสดุผนังกั้นห้องแบบขวางต้องมีความแข็งแรงเป็นพิเศษเพราะเป็นส่วนที่รับความดันเป็นอันดับแรก ต่อมาควรเลือกใช้วัสดุระบายก๊าซที่มีประสิทธิภาพและหาง่าย เช่น รังผึ้งลดเสียง (จุกลดเสียงของท่อไอเสียรถจักรยานยนต์) แทนการเจาะรูระบายก๊าซธรรมดา ซึ่งสามารถเป็นแนวทางในการทำวิจัยต่อไปในอนาคต

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนสนับสนุนงานวิจัย โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ที่ได้สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัย ขอขอบคุณส่วนบริการ โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ที่ให้การสนับสนุนกระสุนและเอื้อเฟื้อสนามยิงปืน และขอขอบคุณกองวิชาวิศวกรรมเครื่องกล โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ที่เอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับการทำวิจัย

8. บรรณานุกรม

(1) AR-15/M16 Reflex suppressor Manual."Reflex suppressors of M 16/ AR-15," http://guns.connect.fi/rs/ar15supp.html

(2) Singiresu S.Rao "Mechanical Vibrations," Addison- Wesley Publishing Company, 1995, pp. 55.

(3) ประมุข โอศิริ "ทฤษฎีเสียงและการวัด" ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย, คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, https://jorpor.files.wordpress.com. (2555).

(4) Carlucci and Jacobson, *"BALLISTICS Theory and Design of Guns and Ammunition,"* 3rd ed. New York: CRC Press, 2017, pp. 158-162.

(5) Hiram Percy Maxim. "Action of the Maxim Silencer and the Difference Between the Report Noise and Bullet-Flight Noise Explained." *Annual Report Smithsonian Institution*, 1916, pp. 193-198.

(6) บุญอนันต์ อนันต์เสาวภาคย์ "การศึกษาหลอดลดเสียงสำหรับปืนพกขนาด 9 มิลลิเมตร," รายงานวิจัยกองทุนพัฒนา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า, หน้า 1-3, 2562.

(7) บุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์, "ท่อเก็บเสียง (ปืน)," วารสาร M-tec, ฉบับที่ 58, หน้า 17-22, 2553.

(8) Gregg Lee Carter. *Guns in American Society.* 2nd ed. California: ABC-CLIO, 2012.

(9) Technical Manual, *"Army Ammunition data sheets small caliber ammunition FSC 1305,"* Headquaeters Department of the Army, April 1994, pp. 10-19.

(10) David Bower - Silencer Research. "The Use of Sound Suppressors on High-Powered Rifles," www.silencerresearch.com/sound_suppressors_on_high_powered_rifles.htm.

(11) สุรศักดิ์ สุบงกช, "บ่ายวันหนึ่งกับกระบอกเก็บเสียง SUREFIRE" มติชนสุดสัปดาห์, http://tacticalthinker.blogspot.com/2010/07/sure fire.html.

(12) Surefire, "SUPPRESSORS," SOCOM556 RC2 Sound Suppressor, https://otbfirearms.com/surefire-socom556-rc2/