ต้นแบบน้ำยาทำความสะอาดคราบเขม่าดินปืนและคราบทองแดงในลำกล้องปืน

อานนท์ เดชะศิริพงษ์ [1*]

วันที่รับ 27 ตุลาคม 2565 วันที่แก้ไข 13 มกราคม 2566 วันตอบรับ 16 กุมภาพันธ์ 2566

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาต้นแบบน้ำยาทำความสะอาดลำกล้องปืน โดยเฉพาะคราบทองแดงที่อุดตันตามเกลียวของลำกล้อง คราบทองแดงจะทำให้ความสามารถในการหมุนหัวกระสุนของลำกล้องลดลง ส่งผลให้ความแม่นยำลดลง นอกจากนี้ หากคราบทองแดงสะสมมากจะทำให้เกิดการยิงติดขัด จนถึงลำกล้องปืนระเบิดได้ เนื่องจากแรงดันที่เพิ่มขึ้นจากการอุดตันของคราบทองแดง นอกจากคราบทองแดงจากหัวกระสุนแล้ว ยังมีคราบเขม่าดินปืนที่เกิดจากการเผาไหม้ดินขับที่ส่งผลต่อระบบปฏิบัติการของอาวุธปืน ฉะนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นหาสารเคมีสำหรับทำความสะอาดคราบเขม่าดินปืนโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ ได้แก่ เบนซีน เฮกเซน และเมทานอล ในการล้างคราบเขม่าดินปืน ส่วนคราบทองแดงจากหัวกระสุน ทีมวิจัยได้ใช้สารจำพวก กรด เบส และสารออกซิไดซ์ ในการชะล้างคราบทองแดง ได้แก่ กรดแอซีติก กรดไฮโดรคลอริก กรดซัลฟิวริก กรดไนตริก แอมโมเนีย โพแทสเซียมไดโครเมต และโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ในการละลายคราบโลหะทองแดง ผลการทดลองพบว่า เบนซีนสามารถชะล้างคราบเขม่าดินปืนได้ดีที่สุด และสารละลายแอมโมเนียที่ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 โดยปริมาตร เหมาะสมที่สุดในการกำจัดคราบทองแดงภายในลำกล้องปืน

คำสำคัญ : ปฏิกิริยารีดอกซ์, ออกซิเดชัน, รีดักชัน

[1] กองวิชาฟิสิกส์และเคมี ฝ่ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ

* ผู้แต่ง, อีเมล: anon_cu@hotmail.com

A prototype of chemical substances to clean gunpowder and copper fouling in gun barrels

Anon Dachasiripong [1*]

Received 27 October 2022, Revised 13 January 2023, Accepted 16 February 2023

Abstract

In this study, we aim to find a gun barrel cleaner prototype that removes copper fouling from barrel threads. Copper fouling will degrade the barrel's ability to rotate bullets, resulting in reduced accuracy. Additionally, too much copper fouling may cause the shot to jam until it explodes because it clogs the barrel under increasing pressure. In addition to the copper fouling from the bullet, there are also gunpowder fouling caused by the combustion of the propellants that affect the firearm's operating system. Consequently, this study aims to find chemical solutions for cleaning gunpowder fouling using organic solvents such as benzene, hexane, and methanol. The copper fouling from the bullet head was leached using acids, bases, and oxidizing agents: acetic acid, hydrochloric acid, sulfuric acid, nitric acid, ammonia, potassium dichromate, and potassium permanganate were used to dissolve the copper fouling. The experimental results revealed that benzene was most effective for cleaning gunpowder fouling, while ammonia solution at a concentration of 2.5% by volume was most effective for cleaning copper fouling inside the gun barrel.

Keywords : Redox reaction, Oxidation, Reduction

[1] Physics and Chemistry Department, Education Branch, Royal Thai Naval Academy

* Corresponding author, E-mail: anon_cu@hotmail.com

1. บทนำ

ในการยิงปืนแต่ละครั้งจะก่อให้เกิดคราบสกปรกภายในตัวปืนและลำกล้องปืน คราบสกปรกต่าง ๆ เกิดจากการเผาไหม้ของดินขับและเศษโลหะจากหัวกระสุนเข้าไปสะสมในเกลียวลำกล้อง ซึ่งลำกล้องทำหน้าที่กักเก็บแรงดัน สร้างแรงดันจากการเผาไหม้ของดินขับ ส่วนเกลียวลำกล้องจะทำหน้าที่หมุนหัวกระสุนเมื่อหัวกระสุนเคลื่อนที่ผ่านเกลียวออกไป เพื่อให้เกิดเสถียรภาพขณะหัวกระสุนวิ่งในอากาศ ทำให้หัวกระสุนมีวิถีที่แน่นอน เกิดความแม่นยำ [1] - [2] แต่การเสียดสีระหว่างลำกล้องและหัวกระสุนทองแดงจะทำให้โลหะทองแดงบางส่วนเกิดการหลอมเหลว เมื่อลำกล้องเย็นตัวลงจะเกิดการยึดเกาะระหว่างเกลียวลำกล้องและโลหะทองแดง ทำให้ประสิทธิภาพของเกลียวลำกล้องลดลง ส่งผลให้ความแม่นยำลดลงและอาจก่อให้เกิดการติดขัดของอาวุธปืนหรือทำความเสียหายรุนแรงให้อาวุธปืนและเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติการได้ นอกจากนี้ คราบสกปรกต่าง ๆ ที่สะสมส่งผลต่ออายุการใช้งานของอาวุธให้สั้นลง

โดยทั่วไปการทำความสะอาดปืนและลำกล้องปืนหลังจากการใช้งานนิยมใช้น้ำมันดีเซลในการล้างร่วมกับการใช้ขัดด้วยแส้ทองแดง ซึ่งพบว่ายังคงมีคราบทองแดงเหลืออยู่ ปัจจุบันน้ำยาล้างเฉพาะคราบโลหะทองแดงภายในลำกล้องปืนยังไม่สามารถผลิตได้ในประเทศไทย ร้านค้าและช่อมอาวุธปืนจะนำเข้าน้ำยาจากต่างประเทศ ซึ่งมีราคาสูง และสารเคมีที่ใช้จะเป็นประเภทผงขัดจำพวกอะลูมิเนียมออกไซด์หรือซิลิคอนคาร์ไบด์ เมื่อใช้บ่อยครั้งจะทำให้เกลียวลำกล้องสึกหรอ ทำให้ความแม่นยำลดลง ฉะนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการสังเคราะห์ต้นแบบน้ำยาทำความสะอาดคราบสกปรกและคราบทองแดงในลำกล้องปืน โดยสังเคราะห์จากสารเคมีที่มีความจำเพาะเจาะจงกับโลหะทองแดงเท่านั้น ซึ่งยังมีราคาที่ถูกเมื่อเทียบกับการนำเข้าจากต่างประเทศ และยังคงประสิทธิภาพที่ดีกว่าการใช้น้ำมันดีเซลในการทำความสะอาดแบบเดิม ทำให้อาวุธปืนทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ มีความแม่นยำ ลดการติดขัด และมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาลด้านการพึ่งพาตนเอง และยังสนับสนุนอุตสาหกรรมการป้องกันประเทศอีกด้วย

2. ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

2.1 สารเคมีตั้งต้นสำหรับน้ำยาทำความสะอาดลำกล้องปืน

ปฏิกิริยารีดอกซ์ คือ ปฏิกิริยารวมออกของปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน เป็นปฏิกิริยาที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอน หรือเป็นปฏิกิริยาที่มีเลขออกซิเดชันของธาตุเปลี่ยนแปลง ซึ่งเขียนแยกเป็นสองส่วนได้ และแต่ละส่วนของปฏิกิริยามีชื่อเรียกแตกต่างกัน ซึ่งประกอบด้วย 2 ปฏิกิริยา ดังนี้

1. ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation Reaction) คือ ปฏิกิริยาที่มีการให้อิเล็กตรอนเกิดขึ้น โดยเรียกสารที่ให้อิเล็กตรอนว่า ตัวรีดิวซ์ (Reducing agent)

2. ปฏิกิริยารีดักชัน (Reduction reaction) คือ ปฏิกิริยาที่มีการรับอิเล็กตรอนเกิดขึ้น โดยเรียกสารที่รับอิเล็กตรอนว่า ตัวออกซิไดซ์ (Oxidizing agent)

งานวิจัยนำความรู้เรื่องปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีมาเป็นแนวทางในการพัฒนาน้ำยาล้างคราบทองแดง ดังสมการที่ (1)

$$Cu(s) + agent \longrightarrow Cu^{2+} + \text{อนุพันธ์} \quad (1)$$

Cu(s) คือ โลหะทองแดงที่ติดตามเกลียวลำกล้อง

agent คือ สารจำพวกออกซิไดซ์ สารประเภทกรด-เบส และสารจำเพาะในการสร้างสารประกอบเชิงซ้อนกับทองแดง

Cu^{2+} คือ ไอออนบวกของทองแดง ซึ่งสามารถละลายน้ำได้ดี

อนุพันธ์ คือ สารอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา

2.1.1 สารละลายกรด

เป็นสารละลายที่มี pH น้อยกว่า 7 สามารถเปลี่ยนกระดาษลิตมัสสีน้ำเงินเป็นสีแดง โดยทั่วไปกรดจะมีรสเปรี้ยว เป็นสสารซึ่งทำปฏิกิริยาได้ดีกับเบสและโลหะเกือบทุกชนิด โดยที่กรดจะแรงขึ้นตามค่า pH ที่ลดลง กรดสามารถเป็นได้ทั้งสารละลายของเหลวหรือของแข็งสำหรับแก๊ส [3] - [4]

2.1.2 สารละลายเบส (Basic solution) เป็นสารละลายที่มี pH มากกว่า 7 สามารถเปลี่ยนกระดาษลิตมัสจากแดงเป็นน้ำเงิน มีรสขมฝาด ทำปฏิกิริยาได้ดีกับกรดและโลหะบางประเภท ได้แก่ อะลูมิเนียม (Al) และสังกะสี (Zn) ความแรงของเบสจะขึ้นตามค่า pH ที่มากขึ้น เบสสามารถเป็นได้ทั้งสารละลาย ของเหลว ของแข็ง หรือก๊าซ

ตามทฤษฎี กรด-เบส อาร์เรเนียส นักเคมีชาวสวีเดนได้ให้นิยามไว้ว่า กรด คือ สารอิเล็กโทรไลต์ที่ละลายน้ำแล้วจะแตกตัวให้ไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) เบส คือ เป็นสารอิเล็กโทรไลต์ที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) เบรินสเตดลาวรี ได้ให้นิยามว่า กรด คือสารที่มีสมบัติในการให้โปรตอน (Proton donator) ส่วนเบส คือ สารที่มีสมบัติรับโปรตอน (Proton accepter) จากสารอื่น ลิวอิสให้นิยาม กรด-เบส โดยอาศัยการรับและการให้คู่อิเล็กตรอน โดยกล่าวไว้ว่า เบส คือ สารที่สามารถให้คู่อิเล็กตรอน (Electron pair donor) กับกรด แล้วเกิดพันธะโคเวเลนต์ [3] - [4]

จากนิยามข้างต้นจะเห็นได้ว่ากรดและเบสสามารถรับหรือดึงอิเล็กตรอนได้ ฉะนั้นในงานวิจัยนี้จะใช้กรดและเบสในการดึงอิเล็กตรอนจากโลหะทองแดงจากเกลียวลำกล้อง ทำให้โลหะทองแดงสูญเสียอิเล็กตรอนและอยู่ในรูปของไอออนซึ่งสามารถละลายน้ำได้เป็นอย่างดี โดยจะใช้กรดและเบส ดังนี้

1. กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4)
2. กรดไนตริก (HNO_3)
3. กรดไฮโดรคลอริก (HCl)
4. กรดแอซีติก (CH_3COOH)
5. แอมโมเนีย (NH_3)

2.1.3 สารประเภทออกซิไดซ์ (Oxidizing agent)

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) หมายถึงปฏิกิริยาที่โมเลกุลหรืออะตอมมีการสูญเสียอิเล็กตรอนจากวงโคจรให้กับโมเลกุลที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชัน (reduction) จะเกิดคู่กัน สารที่ทำหน้าที่เป็นตัวให้อิเล็กตรอนเรียกว่า ตัวรีดิวซ์ (Reducing agent) และเรียกสารที่ทำหน้าที่รับอิเล็กตรอนนี้ว่า ตัวออกซิไดซ์ (Oxidizing agent) โดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน มักจะเกี่ยวข้องกับออกซิเจน

นอกจากนี้ ออกซิเดชันยังหมายถึงการเสียไฮโดรเจนอะตอมออกจากโมเลกุลอีกด้วย ปฏิกิริยาออกซิเดชันและอนุมูลอิสระนั้นมีความเกี่ยวข้องกัน เนื่องจากปฏิกิริยานี้ทำให้เกิดอนุมูลอิสระของสารต่าง ๆ

ได้มากมายหลายชนิด และอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารอื่น ๆ เป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อไป [3] - [4]

อะตอมที่ทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์ได้ดี เป็นอะตอมที่มีขนาดใหญ่ จึงมีระยะห่างระหว่างนิวเคลียสกับอิเล็กตรอนวงนอกสุดมาก จึงมีแรงดึงดูดอิเล็กตรอน (Electronegativity) ต่ำ ทำให้สูญเสียอิเล็กตรอนง่าย

ในงานวิจัยนี้จะใช้ตัวออกซิไดซ์ในการดึงอิเล็กตรอนของทองแดงออก ทำให้โลหะทองแดงเสียอิเล็กตรอนอยู่ในรูปของไอออน ซึ่งละลายน้ำได้ดี จะทำให้ง่ายต่อการชะล้างออกจากเกลียวลำกล้องได้ง่าย

2.2 ตัวทำละลายอินทรีย์สำหรับล้างคราบเขม่า

เขม่าสีดำที่เกิดจากยิงกระสุนปืน เกิดจากดินขับ ดินขับจะมีองค์ประกอบหลัก ได้แก่ โพแทสเซียมไนเตรต ผงถ่านคาร์บอน และกำมะถัน เมื่อดินขับเผาไหม้จะเกิดผลิตภัณฑ์ที่เป็นก๊าซ ซึ่งก๊าซขยายตัวอย่างรวดเร็วจนเกิดแรงดันภายในลังเพลิง เพื่อใช้ในการขับเคลื่อนหัวกระสุน นอกจากก๊าซแล้วยังมีผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ดังสมการที่ (2)

$$10KNO_3+8C+3S \longrightarrow 2K_2CO_3+3K_2SO_4+6CO_2+5N_2 \quad (2)$$

สารทำละลายอินทรีย์หรือตัวทำละลายอินทรีย์ เป็นสารประกอบที่มีไฮโดรเจนและคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก โดยสารอินทรีย์จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ อะลิฟาติก และ อะโรมาติก โดยสารอะลิฟาติกมีทั้ง โซ่ตรง โซ่กิ่ง มีขั้ว ไม่มีขั้ว มีขั้วแรง มีขั้วอ่อน จึงนิยมนำมาใช้เป็นตัวทำละลายได้ดี ในงานวิจัยนี้จึงเลือกตัวทำละลายอินทรีย์มาชะล้างคราบเขม่าดินปืน เนื่องจากเขม่าดินปืนเป็นสารจำพวกไฮโดรคาร์บอนและมีสารประเภทไอออนิกเล็กน้อย ฉะนั้นตัวทำละลายอินทรีย์จึงมีความน่าจะเป็นที่จะสามารถชะล้างคราบเขม่าได้ดี ทีมวิจัยเลือกสารอินทรีย์ 3 ชนิด ดังต่อไปนี้ [3] - [4]

1. เบนซีน (Benzene) เป็นสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัวที่มีคาร์บอนต่อกันเป็นวง เป็นสารไม่มีขั้ว โดยทั่วไปนิยมใช้เบนซีนเป็นตัวทำละลายชะล้างคราบเขม่าในเครื่องยนต์

2. เฮกเซน (Hexane) เป็นสารประกอบอัลเคนโซ่ตรงที่มีจำนวนคาร์บอน 6 อะตอม สารไม่มีขั้ว เป็นตัวทำละลายอินทรีย์ที่พบบ่อยในห้องปฏิบัติการและในอุตสาหกรรม

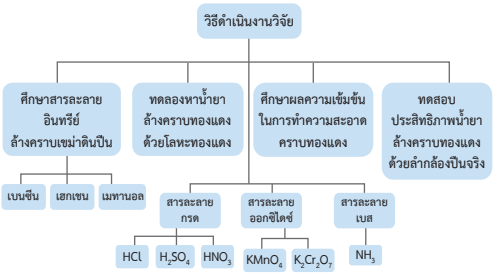
3. เมทานอล (Methanol) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (–OH) อย่างน้อยหนึ่งหมู่ที่จับกับอะตอมของคาร์บอนอิ่มตัว จำพวกมีขั้วอ่อน มีขั้วน้อยกว่าน้ำ มีความสามารถละลายสารได้กว้างขวาง และค่อนข้างปลอดภัยกว่าตัวทำละลายชนิดอื่น จึงนิยมใช้เป็นตัวทำละลาย นำไปผสมกับเชื้อเพลิงเพื่อเพิ่มค่าออกเทนและชะล้างคราบเขม่าในเครื่องยนต์

3. วัตถุประสงค์ของการวิจัยและประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อหาสารเคมีสำหรับชะล้างคราบเขม่าดินปืนและคราบทองแดงที่ติดตามเกลียวลำกล้องปืนด้วยสารเคมีที่มีความจำเพาะกับโลหะทองแดง เพื่อให้ลำกล้องปืนมีความสะอาด มีประสิทธิภาพสูงสุด ยืดอายุการใช้งาน และลดโอกาสการเกิดอันตรายต่อผู้ใช้อาวุธปืน

4. วิธีดำเนินงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้นักวิจัยมีความสนใจเพื่อหาสารเคมีสำหรับชะล้างคราบเขม่าดินปืนและคราบทองแดงที่ติดตามเกลียวลำกล้องปืน ด้วยสารเคมีที่มีความจำเพาะกับโลหะทองแดงโดยมีขอบเขตการดำเนินงานวิจัยแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 *ขอบเขตในการดำเนินงานวิจัย*

4.1 การศึกษาผลของสารละลายอินทรีย์สำหรับการล้างคราบเขม่าดินปืน

นำอาวุธปืนที่ยิงแล้วจำนวน 100 นัด มาล้างด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ 3 ชนิด ได้แก่

1. เบนซีน
2. เฮกเซน
3. เมทานอล

4.2 การทดลองหาน้ำยาล้างคราบทองแดงด้วยโลหะทองแดง

โดยนำแผ่นโลหะทองแดงบริสุทธิ์ลงไปแช่ในสารละลาย 3 ประเภท คือ

4.2.1 สารละลายกรด ได้แก่

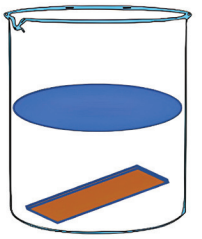
- สารละลายกรดไฮดรอคลอริก (HCl)
- สารละลายกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4)
- สารละลายกรดไนตริก (HNO_3)

4.2.2 สารละลายออกซิไดซ์ ได้แก่

- สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$)
- สารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$)

4.2.3 สารละลายเบส คือ แอมโมเนีย (NH_3)

ตัดแผ่นทองแดงแผ่นละประมาณ 2 กรัม ลงไปแช่ในสารละลายต่าง ๆ เข้มข้น 0.5 โมลต่อลิตร ดังแสดงในรูปที่ 2 และสังเกตการเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 2 *การทดลองใส่แผ่นทองแดงบริสุทธิ์ลงในสารละลายกรด สารละลายเบส และสารละลายออกซิไดซ์*

4.3 การศึกษาผลความเข้มข้นในการทำความสะอาดคราบทองแดง

โดยนำสารละลายจากการทดลองที่ 4.2 ที่เหมาะสมที่สุด มาปรับความเข้มข้นให้เหมาะสม โดยปรับความเข้มข้นของสารละลายนั้นเป็นร้อยละ 0.5, 1.0, 2.5, 5.0, และ 10.0 โดยปริมาตร ตามลำดับ หลังจากนั้นนำแผ่นทองแดงน้ำหนัก 2.0 กรัม แช่ลงในสารละลายที่เตรียมไว้

4.4 ทดสอบประสิทธิภาพน้ำยาล้างคราบทองแดงด้วยลำกล้องปืนจริง

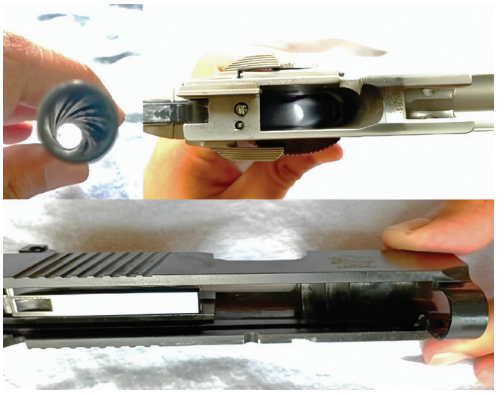
ทดลองยิงกระสุนขนาด .45 นิ้ว ด้วยหัวกระสุนหนัก 230 เกรน ชนิดหุ้มด้วยโลหะทองแดง จำนวน 200 นัด แล้วนำมาทำความสะอาดด้วยน้ำยา

ทำความสะอาดลำกล้องปืน แล้วนำข้อมูลที่ได้มาปรับปรุงน้ำยาเพื่อให้ได้น้ำยาที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด

5. ผลการทดลองและวิเคราะห์

5.1 ผลการหาสารสำหรับชะล้างคราบเขม่าดินปืน

จากการทดลอง 4.1 ผลการทดลองการหาสารทำความสะอาดคราบเขม่าดินปืน หลังจากยิงทดสอบด้วยกระสุนหัวทองแดง กระบอกละ 200 นัด และนำมาทำความสะอาดคราบดินปืน



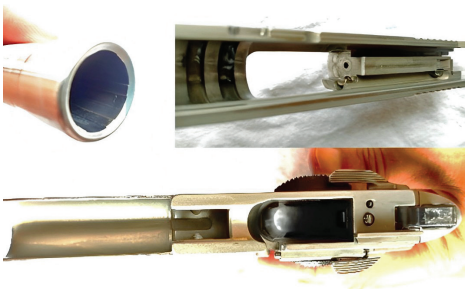
รูปที่ 3 *คราบเขม่าหลังจากการทดสอบยิง*

เขม่าดินปืนที่เกิดจากการเผาไหม้ของดินปืนหลังจากการยิงทดสอบจะเห็นได้ว่าหลังจากการยิงทดสอบจะมีคราบเขม่าสีดำติดตามโครงปืน ลำเลื่อนปืน ชุดลั่นไก และลำกล้อง ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยในส่วนของโครงปืนและลำเลื่อนปืนนั้นคราบเขม่าติดไม่แน่นเท่าภายในลำกล้อง สามารถทำความสะอาดได้ง่าย แต่ภายในลำกล้องจะติดแน่น เนื่องจากการเสียดสีของหัวกระสุนและลำกล้อง ทำให้คราบเขม่าที่เกิดถูกกระสุนนัดถัดไปกดอัดให้ติดแน่นกับตัวลำกล้องปืน ทำให้ทำความสะอาดได้ยาก ในการทดลองจะใช้สาร 3 ประเภท ในการชะล้างคราบเขม่าดินปืน คือ สารประเภทอะโรมาติก (Aromatic) สารไม่มีขั้ว (Nonpolar solvent) และสารมีขั้วเล็กน้อย (Polar solvent) ในการทดลองจะเน้นไปใช้สารเคมีไม่มีขั้วหรือขั้วน้อย เนื่องจากคราบเขม่าเป็นสารจำนวนคาร์บอนที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ซึ่งเป็นสารไม่มีขั้ว ฉะนั้นจึงเหมาะกับการชะล้างด้วยสารไม่มีขั้วหรือมีขั้วเล็กน้อย จากการทดลองหาสารเคมีสำหรับล้างคราบเขม่าได้ใช้สารละลาย 3 ชนิด ได้แก่ เบนซีน (Benzene) เฮกเซน (Hexane) และเมทานอล (Methanol) สารละลายทั้ง 3 ชนิด เป็นสารละลายใสไม่มีสี

รูปที่ 4 *หลังจากนำปืนยิงทดสอบมาล้างคราบเขม่าด้วยน้ำยาสารอินทรีย์*

ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการเผาไหม้ของดินปืนจะมีก๊าซเป็นหลัก ก๊าซจะสร้างแรงดันและผลักหัวกระสุนออกจากรังเพลิง การเผาไหม้ของดินขับในพื้นที่จำกัดทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์จึงมีคราบเขม่าจำนวนมาก เขม่ามีสีดำมาจากคาร์บอนและผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาเผาไหม้ของดินขับ ฉะนั้นงานวิจัยนี้จึงใช้สาร 3 ประเภท ได้แก่ อะโรมาติก (เบนซีน) สารไม่มีขั้ว (เฮกเซน) และสารมีขั้วเล็กน้อย (เมทานอล) ในการทดสอบ จากผลการทดสอบพบว่าสารประเภทอะโรมาติกสามารถทำความสะอาดได้ดีที่สุด จากผลการทดลองรูปที่ 4 เบนซีนสามารถดึงคราบเขม่า

ลงมาอยู่ในสารละลายได้มากที่สุด ทำให้สารละลายใส ไม่มีสีเปลี่ยนเป็นสีดำ ดังแสดงในรูปที่ 4 และทดลองความสะอาดภายในตัวปืน ดังแสดงในรูปที่ 5

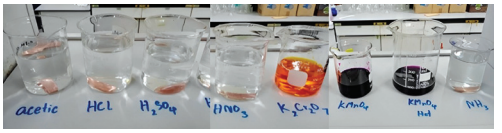


รูปที่ 5 *หลังจากทำความสะอาดคราบเขม่าดินปืน*

5.2 ผลการทดลองหาน้ำยาล้างคราบทองแดงด้วยโลหะทองแดง

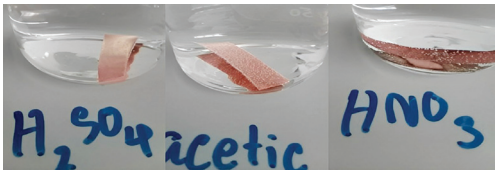
ปืนมีความแม่นยำสูงเกิดจากความพอดีของขนาดลำกล้องและหัวกระสุน ถ้าหากลำกล้องกว้างเกินไปจะไม่สามารถบังคับวิถีกระสุนได้ ทำให้ไม่มีความแม่นยำ และกระสุนไปได้ไม่ไกลเนื่องจากมีแรงดันบางส่วนเล็ดลอดระหว่างหัวกระสุนและลำกล้องได้ แต่หากลำกล้องแคบเกินไปจะทำให้กระสุนผ่านไปได้ยาก เกิดแรงดันสะสมสูง อาจเกิดอันตรายต่อตัวปืนและผู้ใช้งานได้ เกลียวภายในลำกล้องจะรีดและหมุนหัวกระสุน รวมทั้งบังคับทิศทางหัวกระสุน ทำให้วิถีกระสุนมีความแม่นยำ ฉะนั้นทุกการยิงกระสุนทุกนัดจะมีการเสียดสีระหว่างลำกล้องและหัวกระสุน ทำให้เกิดความร้อน ทำให้โลหะทองแดงบางส่วนที่เคลือบหัวกระสุนยึดติดอยู่กับลำกล้อง ทำให้เกลียวลำกล้องตื้นเขิน ทำให้ประสิทธิภาพเกลียวลำกล้องลดลง ทำให้ความแม่นยำลดลง นอกจากนี้ หากเกิดการสะสมที่มากเกินไปจนภายในลำกล้องแคบมากเกินไป จะเกิดแรงดันสะสมที่สูงขึ้นและทำให้ลำกล้องบวมเสียหายหรืออาจระเบิด เป็นเหตุให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้อาวุธปืน

ในการทดสอบจะทดสอบหาน้ำยาล้างคราบทองแดง โดยใช้โลหะทองแดงบริสุทธิ์ร้อยละ 99.9 ในเบื้องต้นแทนการใช้คราบทองแดงในลำกล้องโดยตรง เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับลำกล้องปืนได้ เริ่มจากตัดแผ่นโลหะทองแดงให้มีน้ำหนักประมาณ 2 กรัม และนำลงไปแช่ในสารละลายต่าง ๆ ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 *การแช่แผ่นโลหะทองแดงลงในสารละลายชนิดต่าง ๆ ได้แก่ กรดแอซีติก กรดไฮโดรคลอริก กรดซัลฟิวริก กรดไนตริก โพแทสเซียมไดโครเมต โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต และแอมโมเนีย*

ชนิดของสารละลายมีดังต่อไปนี้ 1. กรดแอซีติก 2. กรดไฮโดรคลอริก 3. กรดซัลฟิวริก 4. กรดไนตริก 5. โพแทสเซียมไดโครเมต 6. โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต และ 7. แอมโมเนีย สารละลายแต่ละชนิดเข้มข้นเท่ากัน 0.5 โมลต่อลิตร หลังจากนั้นดูการเปลี่ยนแปลงของสารละลายทุก ๆ 30 นาที



รูปที่ 7 *ฟองก๊าซที่เกิดขึ้นบนแผ่นโลหะทองแดงที่แช่ในสารละลายกรดซัลฟิวริก กรดแอซีติก และกรดไนตริก ขณะเริ่มต้นการทดลอง*

หลังจากใส่แผ่นทองแดงลงในสารละลายจะเกิดฟองก๊าซขึ้นทันที เนื่องมาจากปฏิกิริยาระหว่างกรดและโลหะ จะได้เกลือและก๊าซไฮโดรเจนเป็นผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในสมการที่ (3)

โลหะ + กรด ⟶ เกลือของโลหะ + $H_2(g)$ (3)

โดยกรดแอซีติกจะมีฟองก๊าซมากที่สุด กรดซัลฟิวริกเป็นอันดับ 2 และกรดไนตริกเป็นอันดับ 3 ดังแสดงในรูปที่ 7 ส่วนสารละลายที่เหลือไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ขณะเริ่มต้นปฏิกิริยา

รูปที่ 8 *ผลการทดลองแช่แผ่นทองแดงลงในสารละลายต่าง ๆ เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง*

หลังจากเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 8 ได้ผลการทดลองดังนี้

1. สารละลายกรดแอซีติก มีฟองก๊าซเกิดขึ้นที่ผิวของโลหะทองแดง เป็นฟองขนาดเล็กทั่วพื้นผิวของโลหะ

2. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก มีฟองก๊าซเกิดขึ้นบนผิวโลหะเล็กน้อย

3. สารละลายกรดซัลฟิวริก มีฟองก๊าซเกิดขึ้นที่ผิวโลหะทองแดง เป็นฟองขนาดใหญ่และเล็กไม่สม่ำเสมอทั่วทั้งผิวของโลหะทองแดง

4. สารละลายกรดไนตริก จากสารละลายใสไม่มีสีเปลี่ยนเป็นสีฟ้าอ่อน แสดงว่าในสารละลายมีไอออนของทองแดงผสมอยู่ [5]

5. โพแทสเซียมไดโครเมต ไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ

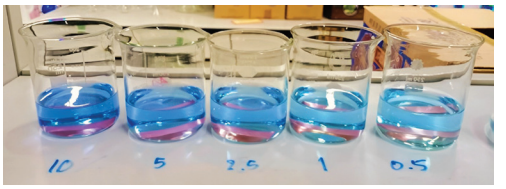
6. โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ

7. สารละลายแอมโมเนีย จากสารละลายใสไม่มีสีเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินเข้ม แสดงว่าในสารละลายมีไอออนของโลหะทองแดงผสมอยู่ [5]

จากการทดลองพบว่า สารละลายที่สามารถสลายโลหะทองแดงให้เป็นไอออนทองแดงได้มีอยู่ 2 ชนิด คือ สารละลายกรดไนตริกและแอมโมเนียเท่านั้น เนื่องจากสารละลายใสเปลี่ยนเป็นสีฟ้า ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีไอออนบวกของทองแดง (Cu^{2+}) [5] อยู่ในสารละลาย และจากสีของสารละลายจะเห็นได้ว่าสารละลายแอมโมเนียมีสีที่เข้มกว่า แสดงว่า สารละลายแอมโมเนียสามารถเปลี่ยนโลหะทองแดงให้เป็นไอออนได้มากกว่า หรือในอีกแง่หนึ่งคือ สามารถชะล้างโลหะทองแดงได้ดีกว่า ฉะนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกสารละลายแอมโมเนียเป็นน้ำยาล้างคราบทองแดงในลำกล้องปืน

5.3 ผลการทดลองหาความเข้มข้นน้ำยาล้างคราบทองแดงที่เหมาะสม

จากผลการทดลองที่ 5.2 ขั้นตอนต่อไปคือการหาความเข้มข้นของน้ำยาที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด ลดการสิ้นเปลือง หรือโอกาสในการสร้างความเสียหายต่อลำกล้อง ในการทดลองจะตัดแผ่นทองแดงให้ได้น้ำหนัก 2 กรัม นำไปแช่ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง ในสารละลายแอมโมเนียที่มีความเข้มข้นดังนี้ 0.5, 1.0, 2.5, 5.0, และ 10 ร้อยละโดยปริมาตร



รูปที่ 9 *ผลการทดลองการแช่โลหะทองแดงลงในสารละลายแอมโมเนียที่มีความเข้มข้นต่างกัน*

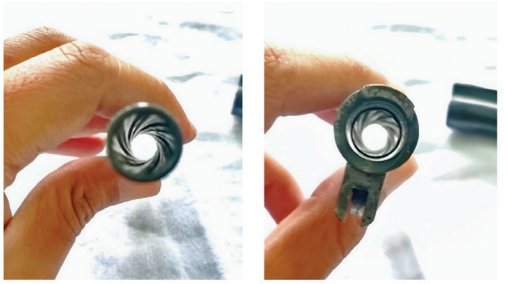
จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 9 พบว่าความเข้มของสีน้ำเงินจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของ

สารละลายแอมโมเนียเพิ่มขึ้น แต่เมื่อความเข้มข้นมากกว่าร้อยละ 2.5 โดยปริมาตร สีจะไม่แตกต่างอย่างมีนัยยะ ฉะนั้น ทีมวิจัยจึงเลือกความเข้มข้นร้อยละ 2.5 โดยปริมาตร เนื่องจากลดการสิ้นเปลืองในการใช้สารเคมีและลดโอกาสที่จะสร้างความเสียหายต่อลำกล้องปืน แต่ยังคงประสิทธิภาพเป็นที่น่าพอใจ

5.4 ทดสอบประสิทธิภาพน้ำยาล้างคราบทองแดงด้วยอาวุธปืน

หลังจากได้สารที่นำมาทำน้ำยาและความเข้มข้นที่เหมาะสมแล้ว จึงต้องทดลองด้วยอาวุธปืนจริง เพื่อศึกษาว่าน้ำยาสามารถทำงานได้จริงหรือไม่ ทำงานได้ดีเพียงใด ทีมวิจัยจึงได้ทดสอบด้วยอาวุธปืนประจำตัวนายทหารเวรของโรงเรียนนายเรือ ดังแสดงในรูปที่ 10 โดยนำอาวุธปืนไปยิงทดสอบด้วยหัวกระสุนจริง จำนวน 200 นัด หลังจากนั้นนำมาทำความสะอาดคราบเขม่าและล้างคราบทองแดงต่อไป

รูปที่ 10 *อาวุธปืนประจำนายทหารเวรของโรงเรียนนายเรือที่ใช้เป็นปืนหลักในการทดสอบหาน้ำยาล้างคราบทองแดง*



รูปที่ 11 *ลำกล้องปืนหลังจากยิงทดสอบด้วยกระสุนหัวทองแดงจำนวน 200 นัด*

จากรูปที่ 11 แสดงให้เห็นสภาพของลำกล้องปืนที่ยิงทดสอบด้วยกระสุนหัวทองแดงจำนวน 200 นัด ซึ่งเห็นได้ว่ามีคราบเขม่าสะสมอยู่เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะตามร่องเกลียว หลังจากนั้นทดสอบการล้างด้วยน้ำยาล้างคราบเขม่า ได้ผลดังรูปที่ 12

รูปที่ 12 *ภาพลำกล้องปืนหลังจากทำความสะอาดด้วยน้ำยาล้างคราบเขม่า*

หลังจากทำความสะอาดด้วยน้ำยาล้างคราบเขม่าพบว่าลำกล้องปืนมีความสะอาดขึ้น เรียบยิ่งขึ้น แต่ตามร่องเกลียวยังคงมีเศษโลหะทองแดงติดอยู่ ดังรูปที่ 12 และ 13

รูปที่ 13 *เศษโลหะทองแดงที่ยังคงเหลืออยู่หลังทำความสะอาดลำกล้องด้วยน้ำยาล้างคราบเขม่า*

ขั้นตอนสุดท้าย คือ การทดสอบน้ำยาล้างคราบทองแดง โดยนำลำกล้องที่ล้างคราบเขม่าเรียบร้อยแล้วมาทดสอบล้างเศษทองแดงด้วยสารละลายแอมโมเนียเข้มข้นร้อยละ 2.5 โดยปริมาตร ด้วยการล้างสลับกับน้ำกลั่น ได้ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 14 และ 15

รูปที่ 14 *ผลการล้างคราบทองแดงด้วยน้ำกลั่นและน้ำยาล้างคราบทองแดง*

เพื่อยืนยันประสิทธิภาพจึงทดสอบการล้างด้วยน้ำกลั่นและน้ำยาล้างคราบทองแดง ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการล้างคราบทองแดงภายในลำกล้องด้วยน้ำกลั่นสลับกับน้ำยาล้างลำกล้องปืน

ครั้งที่	สารที่ใช้	ผลการทดลอง
1	น้ำกลั่น	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
2	น้ำยาล้างลำกล้องปืน	เปลี่ยนสีจากใสเป็นน้ำเงิน
3	น้ำกลั่น	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
4	น้ำยาล้างลำกล้องปืน	เปลี่ยนสีจากใสเป็นน้ำเงิน
5	น้ำยาล้างลำกล้องปืน	เปลี่ยนสีจากใสเป็นน้ำเงิน
6	น้ำยาล้างลำกล้องปืน	เปลี่ยนสีจากใสเป็นน้ำเงิน

รูปที่ 15 *ภาพหลังล้างลำกล้องปืนด้วยน้ำยาล้างคราบทองแดง*

จากการทดลองพบว่า หลังจากล้างลำกล้องที่ผ่านการยิงทดสอบด้วยหัวกระสุนทองแดงจำนวน 200 นัด ด้วยน้ำยาล้างคราบเขม่าและน้ำยาล้างคราบทองแดง จะได้ลำกล้องปืนที่สะอาดเป็นที่น่าพอใจ

6. สรุปและอภิปรายผล/ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองพบว่า สารเบนซีนสามารถชะล้างคราบเขม่าได้ดีที่สุด เนื่องจากสารละลายแอมโมเนียความเข้มข้นร้อยละ 2.5 โดยปริมาตรเหมาะสมสำหรับใช้เป็นสารเคมีสำหรับชะล้างคราบทองแดงภายในลำกล้อง เนื่องจากสารละลายแอมโมเนียสามารถทำปฏิกิริยากับโลหะทองแดงโดยเปลี่ยนโลหะทองแดงให้เป็นไอออนบวก [3] ซึ่งสามารถละลายในน้ำได้ดี เนื่องจากแอมโมเนียและเกลือแอมโมเนียมได้รับการยอมรับว่าเป็นสารชะล้างที่มีประสิทธิภาพในกระบวนการโลหวิทยาสารละลาย (Hydrometallurgical process) เนื่องจากความเป็นพิษและต้นทุนต่ำ การนำกลับคืนได้ง่าย และการนำโลหะกลับคืนสภาพใหม่แบบเลือกได้สูง [6]

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานวิจัยและพัฒนาการทางทหารกองทัพเรือ (สวพ.ทร.) สำหรับงบประมาณในการทำโครงงานวิจัย ขอขอบคุณกองวิชาฟิสิกส์และเคมี ฝ่ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ สำหรับห้องปฏิบัติการในการทำงานวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สนามยิงปืนราชนาวีบางนาสำหรับความร่วมมือในการทดสอบประสิทธิภาพน้ำยา

8. เอกสารอ้างอิง

[1] R. K. Wilson, Textbook of Automatic Pistols. Small-Arms Technical Pub. Co., 1943.

[2] ว. วังอาษา. “ชนิดของลำกล้องและชนิดของปืน.” PUNPEIYNGPANG.com. https://sites.google.com/site/punpeiyngpangcom/chnid-khxng-la-klxng-pun-laea-chnid-khxng-pun (วันที่เข้าถึง มี.ค. 9, 2564).

[3] R. Chang, Chemistry 12/e. Bangkok, Thailand: Mc. Graw Hill, 2018.

[4] R. Chang, Chemistry. Bangkok, Thailand: Mc. Graw Hill, 2018.

[5] J. Clark. “COPPER: Reactions of hexaaquacopper (II) ions with ammonia solution.” CHEMGUIDE.co.uk. https://www.chemguide.co.uk/inorganic/transition/copper.html (accessed Mar. 9, 2020).

[6] V. Radmehr, S. M. J. Koleini, M. R. Khalesi, and M. R. T. Mohammadi, “Ammonia Leaching: A New Approach of Copper Industry in Hydrometallurgical Processes,” *J. Inst. Eng. (India): D,* vol. 94, pp. 95-104, 2013.