

การพัฒนาแบบจำลองสามมิติต้นแบบสำหรับชิ้นส่วนของ ของชนวนหัวสำหรับลูกปืนประเภทแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ในการปลดล็อกชนวนพร้อมทำงานสำหรับลูกปืนขนาด 30 x 165 มม.

ทวี ดีจะมาลา^{1*}

วันที่รับ 16 พฤษภาคม 2565 วันที่แก้ไข 10 กรกฎาคม 2565 วันที่ตอบรับ 7 กันยายน 2565

บทคัดย่อ

การศึกษาเรียบเรียงในครั้งนี้ 1) เพื่อออกแบบจำลองสามมิติต้นแบบสำหรับชิ้นส่วนของชนวนหัวลูกปืนขนาด 30x165 มม. โดยใช้หลักการแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางในการปลดล็อกให้ชนวนพร้อมทำงาน (อาร์ม) และทำลายตัวเองด้วยแรงสปริง ซึ่งเป็นหลักการที่ใช้กับลูกปืนต่อสู้อากาศยานทั่วไป 2) เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาวิเคราะห์ข้อมูลวิศวกรรมเฉพาะทางสำหรับเป็นแนวทางนำไปขยายผลต่อยอดในการสร้างต้นแบบชิ้นส่วนของชนวนหัวลูกปืนขนาด 30x165 มม. ดังนั้น หากใช้เทคนิควิธีการนี้จะช่วยยืดอายุการทำงานของชนวนได้มากกว่าแบบโฟโตรีเทคนิค ชนวนลูกปืนขนาด 30x165 มม. ที่ออกแบบมีอุปกรณ์กลไกการทำงานหลักอยู่ 2 ส่วน ส่วนแรกทำหน้าที่ด้านความปลอดภัย ซึ่งจะป้องกันการทำงานของชนวนก่อนเวลาอันควร เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้งาน หรือความปลอดภัยในการเก็บรักษา รวมถึงความปลอดภัยในการขนส่ง ซึ่งกลไกจะเป็นลักษณะประเภทเชิงกล ส่วนที่สองทำหน้าที่จุดระเบิดให้ทำงาน โดยชนวนจะพร้อมทำงานเมื่อลูกปืนถูกยิงออกจากลำกล้องปืน และหัวลูกปืนหมุนรอบตัวเองที่ความเร็วรอบ 14,000 รอบต่อนาที โดยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่เกิดจากการหมุนรอบตัวเองของลูกปืนจะทำให้สปริงเคลื่อนที่ขึ้นไปยังส่วนปลายชนวน และปลดล็อกกลไกชุดชิ้นส่วนกลไกภายในชนวนให้อยู่ในตำแหน่งพร้อมทำงาน เรียกตำแหน่งนี้ว่า ตำแหน่งอาร์ม และจะทำลายตัวเอง (Self-Destruction) เมื่อหัวลูกปืนหมุนรอบตัวเองช้าลงทำให้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางน้อยกว่าแรงสปริงส่งผลให้เข็มแทงชนวนเคลื่อนที่กลับไปกระแทกดินเริ่มจุดการระเบิด

คำสำคัญ : ชนวนหัวลูกปืน 30 มม., ชนวนหัวลูกปืน 30x165 มม., ชนวนพร้อมทำงานด้วยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง, ชนวนทำลายตัวเองด้วยแรงสปริง, ชนวนแบบกระแทกแตกทำลายตัวเอง

¹ กองวิชาฟิสิกส์และเคมี, ฝ้ายศึกษา, โรงเรียนนายเรือ

* ผู้แต่ง, อีเมล: taweemala@hotmail.com

Developing a prototype 3D model of fuze parts for the centrifugal force type to unlock the fuze at armed for the 30x165 mm cartridges

Thawee Deejamala^{1*}

Received 16 May 2022, Revised 10 July 2022, Accepted 7 September 2022

Abstract

The objectives of this research are 1) designing a 3D prototype model for the fuze part which is 30x165 mm cartridges that work on centrifugal force to unlock the fuze at armed and on spring force for self-destruction this is a principle that applies to general anti-aircraft cartridges 2) using to develop specialized engineering data analysis and, then, use the acquired knowledge for prototyping the fuze for 30x165 mm cartridges in the future. The applied technique could extend the lifetime of the fuze to be longer than the pyrotechnical method could. The proposed fuze design consisted of two parts. The first part was a mechanical system which prevented premature or accidental detonation in order to protect users as well as to ensure safety in shipping and storage. The second part of the design was a detonation system. The fuze was ready when the cartridge was fired. While the projectile rotated at the speed of 14,000 rpm, the centrifugal force caused the spring to move to the tip of the fuze. As a result, mechanical parts inside the fuze were unlocked and put in a ready-to-work position, which was known as the armed position. The self-destruction began when the centrifugal force was less than that of the spring as the projectile rotation slowed down, causing the firing pin to move back and impact the primer to initiate detonation.

Keywords : 30 mm. cartridge fuze, 30x165 mm cartridge fuze, Centrifugal fuze, Self-destruction spring fuze, Self-destruction impact fuze

¹ Department of Physics and Chemistry, Academic Branch, Royal Thai Naval Academy

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

1. บทนำ

ขนวนเป็นอุปกรณ์หรืออาวุธยุทธโธปกรณ์ที่บรรจุวัตถุระเบิดไว้ภายใน เพื่อใช้สำหรับจุดวัตถุระเบิดตามเงื่อนไขที่กำหนด นอกจากนี้ขนวนยังมีอุปกรณ์นิรภัยที่มีกลไกด้านความปลอดภัยปกป้องผู้ใช้งานจากการระเบิดก่อนเวลาอันควร หรือโดยไม่ได้ตั้งใจ ตัวอย่าง เช่น ลูกปืนใหญ่ ขนวนพร้อมทำงานโดยอาศัยความเร่งของลูกปืนใหญ่และการหมุนรอบตัวเองเพื่อปลดล็อกกลไกภายในขนวนที่แยกตัวจุดระเบิดออกจากส่วนบรรจุหลักจนกระทั่งลูกปืนถูกยิง [1], [2]

ขนวนปืนใหญ่ (Artillery fuze) [3], [4] เป็นขนวนหัวที่ใช้กับลูกระเบิดยิงจากเครื่องยิงลูกระเบิด (ลย/ค.) หรือปืนใหญ่ ขนวนบางชนิดอาจมีเฉพาะองค์ประกอบทางอิเล็กทรอนิกส์ หรือทางกลที่จำเป็นในการส่งสัญญาณ หรือกระตุ้นการระเบิด แต่มีขนวนบางตัวที่มีวัตถุระเบิดปฐมภูมิจำพวกดินเริ่มจำนวนเล็กน้อยเพื่อเริ่มต้นการระเบิด ขนวนสำหรับลูกปืนขนาดใหญ่อาจมีดินระเบิดที่เป็นตัวขยายการระเบิดรวมอยู่ด้วยเพื่อสนับสนุนการระเบิดให้สมบูรณ์

ขนวนปืนใหญ่ [5], [6], [7] เป็นอุปกรณ์กลไกประกอบเข้ากับเรือนหัวลูกปืนเพื่อให้ทำงานตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยทั่วไปแล้วจะจำแนกขนวนตามเงื่อนไขการจุดระเบิดดังนี้ 1) เมื่อกระทบเป้า (Impact fuze) จะทำการจุดระเบิดซึ่งจะมี 2 ตำแหน่งคือ จุดที่ส่วนปลายหัวลูกปืน (Point Detonating: PD) หรือจุดที่ส่วนท้ายหัวลูกปืน (Base Detonating: BD) เรียกขนวนแบบนี้ว่าขนวนกระทบแตก 2) เมื่อถึงเวลาที่กำหนดไว้หลังจากการยิง ซึ่งจะมีกลไกแบบลานนาฬิกาหรือมีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เรียกว่าขนวนเวลา (Time fuze) 3) จุดระเบิดเมื่อส่งสัญญาณตรวจพบเป้าในระยะใกล้กับพื้น โครงสร้าง หรือเป้าหมายอื่น ๆ เรียกว่า ขนวนคลื่นวิทยุ (Proximity fuze) [8], [9] ขนวนทุกประเภทจะมีการออกแบบ

ให้มีอุปกรณ์นิรภัยเพื่อความปลอดภัยในการเก็บรักษาหรือนำไปใช้งาน ซึ่งคุณลักษณะด้านความปลอดภัยของขนวนจะเป็นดังนี้ 1) เป็นลักษณะลดนิรภัยเสียบขัดกับอุปกรณ์ภายในขนวนไม่ให้เกิดการเคลื่อนที่ 2) เป็นลักษณะกลไกการทำงานขัดขวางหรือเอียงหลบขบวนการวัตถุระเบิดไม่ให้อยู่ในแนวเดียวกัน โดยทั่วไปขนวนที่ผลิตสำหรับใช้กับลูกปืนจะปลดล็อกเพื่อให้ขนวนพร้อมทำงาน (Arms) ตามคุณลักษณะของอาวุธปืนที่ใช้ทำการยิงมี 2 ประเภทดังนี้

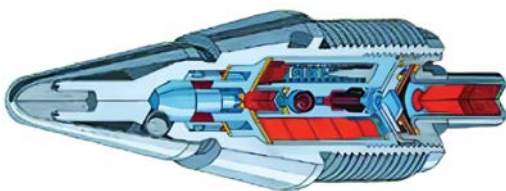
1. ขนวนที่ใช้กับปืนที่ไม่มีเกลียวในลำกล้อง เช่น เครื่องยิงลูกระเบิด (Mortars) ขนวนชนิดนี้จะอาศัยหลักการปลดล็อกเพื่อให้ขนวนพร้อมทำงานโดยอาศัยแรงเฉื่อยถอยหลัง (Set back forces) ที่เกิดจากความเร่งในการเคลื่อนที่ของลูกปืนภายในลำกล้องปืน

2. ขนวนที่ใช้กับปืนที่มีเกลียวในลำกล้องปืน เช่น ปืนใหญ่ (Artillery) ขนวนชนิดนี้จะอาศัยหลักการปลดล็อกเพื่อให้ขนวนพร้อมทำงานโดยอาศัยแรงเฉื่อยถอยหลังที่เกิดจากความเร่งในการเคลื่อนที่ของลูกปืนภายในลำกล้องปืน และแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Rotational forces) ที่เกิดจากการหมุนรอบตัวเองเมื่อหัวลูกปืนเคลื่อนที่ตามเกลียวลำกล้องปืน

ปัจจุบันไทยสามารถผลิตลูกปืนต่อสู้อากาศยานระยะใกล้ ชนิดลูกฝึก (Target Practice Tracer: TP-T) และกำลังดำเนินการขยายขีดความสามารถให้สามารถผลิตลูกปืนชนิดหัวระเบิด (High Explosive: HE) ในการผลิตลูกปืนชนิดหัวระเบิด ส่วนประกอบหลัก เช่น ไพรเมอร์ ลองลูกปืน ดินขับ สามารถผลิตได้เองภายในประเทศ ยกเว้น ขนวนหัวลูกปืน (Fuze) สำหรับขนวนลูกปืน 30x165 มม. ที่มีใช้อยู่ตามเหล่าทัพของไทย ทั้งกองทัพบกและกองทัพอากาศเป็นขนวนรุ่น A-670M

ขนาด 30x165 A-670M [10] เป็นขนาดชนิดกระแทกแตกทำลายตัวเอง มีกลไกหน่วงเวลาที่ปลดล็อกให้ชนวนพร้อมที่ระยะ 20-100 เมตรห่างจากปากลำกล้องปืน ด้วยหลักการของแรงถอยหลังและแรงที่เกิดจากการหมุนของลูกปืน และหน่วงเวลาทำลายตัวเองด้วยสารไพโรเทคนิค โดยทำลายตัวเองที่เวลา 9-14 วินาที ภายหลังทำการยิงลูกปืน กำหนดอายุการใช้งาน (lifetime) ที่ 15 ปี แสดงรูปผ่าเห็นองค์ประกอบภายในของชนวนตามรูปที่ 1

ขนาด 30x165 A-670M สามารถใช้ได้กับลูกปืนชนิดระเบิดสองวิถี (HE-T) และระเบิดเพลิงสองวิถี (HE-IT) ใช้กับปืนอัตโนมัติ 2A42, 2A38, 2A72 และ ZTM1 ที่ติดตั้งบนยานเกราะอย่างของทหารราบทั่วไป เช่น BMP-2, BMP-3, BMD-2, BMD-3 และ BTR-80A



รูปที่ ๑ ขนาด 30 x 165 A-670M [10]

ขนาดหัวลูกปืนที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้เป็นขนาดหัวชนิดกระแทกแตกทำลายตัวเอง (Self-Destruction) โดยอาศัยหลักการพื้นฐานทางฟิสิกส์แบบง่ายๆ ในส่วนของอุปกรณ์ด้านความปลอดภัยใช้หลักการแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal force) ของมวลต็มน้ำหนัก และเข็มรับแรงกระแทกที่แข็งแรงแตกหักง่าย ให้ชนวนทำงานเมื่อไปกระทบเป้าหมาย และทำลายตัวเองเมื่อไม่กระทบเป้าหมายเนื่องจากความเร็วการหมุนรอบตัวเองลดลงตามเงื่อนไขที่กำหนด สำหรับการสร้างชนวนหัวจะเริ่ม

จากการทำความเข้าใจหน้าที่ของแต่ละชิ้นส่วนซึ่งจะมีหน้าที่หลักอยู่ 2 ส่วน คือ 1) ส่วนที่ทำหน้าที่ด้านความปลอดภัย ซึ่งจะป้องกันการทำงานก่อนเวลาอันควร 2) ส่วนที่ทำหน้าที่จุดวัตถุระเบิด เมื่อลูกปืนกระทบเป้าหมายหรือเมื่อถึงเวลาที่กำหนดไว้ ชิ้นส่วนอุปกรณ์ทั้งหมดจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานด้านสรรพาวุธ ดังนั้น จะต้องมีเครื่องทดสอบเพื่อทำการทดสอบชนวนหัวให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด [11], [12]

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อออกแบบจำลองสามมิติต้นแบบสำหรับชิ้นส่วนของชนวนหัวลูกปืนขนาด 30x165 มม. โดยใช้หลักการแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางในการปลดล็อกให้ชนวนพร้อมทำงาน (อาร์ม) และทำลายตัวเองด้วยแรงสปริง ซึ่งเป็นหลักการที่ใช้กับลูกปืนต่อสู้อากาศยานทั่วไป

2.2 เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาวิเคราะห์ข้อมูลวิศวกรรมเฉพาะทางสำหรับเป็นแนวทางนำไปขยายผลต่อยอดในการสร้างต้นแบบชิ้นส่วนของชนวนหัวลูกปืนขนาด 30x165 มม.

3. ขอบเขตของเรื่อง

ระยะที่ 1 ศึกษาวิเคราะห์แนวคิด ทฤษฎี และหลักการทำงานของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของชนวนหัวลูกปืนต่อสู้อากาศยานที่ใช้ตามเหล่าทัพต่าง ๆ ในประเทศไทย

ระยะที่ 2 ออกแบบและเขียนแบบ 3 มิติ ชิ้นส่วนชนวนหัวสำหรับลูกปืนขนาด 30x165 มม. โดยใช้หลักการแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางในการปลดล็อกให้ชนวนพร้อมทำงาน และทำลายตัวเองด้วยแรงของสปริง

4. คำนิยาม

อาร์ม (Arms) [13], [14] หมายถึง กลไกการทำงานทางกลของส่วนประกอบขบวนเคลื่อนที่มาอยู่ในตำแหน่งพร้อมทำงาน

ขบวนการวัดระเบิด (Explosive Train) [15] หมายถึง ลำดับการทำงานของวัดระเบิด โดยเริ่มจากวัดระเบิดที่มีความไวในการจุดตัวมาก ไปยังวัดระเบิดที่มีความไวในการจุดตัวน้อย

5. เนื้อเรื่อง

ในทางการทหาร ขบวนเป็นส่วนหนึ่งของอาวุธ ที่มีอุปกรณ์กลไกการทำงานหลักอยู่ 2 ส่วน คือ 1) ส่วนที่ทำหน้าที่ด้านความปลอดภัย ซึ่งจะป้องกันการทำงานของขบวนก่อนเวลาอันควร เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้งาน หรือความปลอดภัยในการเก็บรักษา รวมถึงความปลอดภัยในการขนส่ง ซึ่งกลไกจะเป็นลักษณะประเภทเชิงกล หรือไฟฟ้า หรือทั้งสองอย่างรวมกัน โดยผู้เรียบเรียงจะทำการออกแบบขบวนเป็นลักษณะประเภทเชิงกลอย่างเดียว เนื่องจากระบบการทำงานแบบเชิงกลมีความเสถียรมีอายุการใช้งานได้เป็น 100 ปี และมีความปลอดภัยในการเก็บรักษาสูงกว่าแบบอื่น ๆ 2) ส่วนที่ทำหน้าที่จุดระเบิดให้ทำงาน จะมีเงื่อนไขการทำงานอยู่ 2 แบบ ดังนี้ [16], [17]

1) แบบกระแทกแตก (Point Detonating: PD) ขบวนจะทำงานเมื่อขบวนหัวกระแทกเป้าหมาย พลังงานจลน์ที่ได้เกิดจากการกระแทก จะถูกส่งไปยังเข็มแทงขบวน พลังงานจากเข็มแทงขบวนจะส่งต่อไปให้กับวัดระเบิดประเภทดินเริ่มที่ไวต่อการเสียดสี เช่น Lead Styphnate [18] ซึ่งประเทศไทยสามารถผลิตได้เอง เกิดการจุดตัวขึ้น ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นจะได้ในรูปของแรงดันและความร้อนส่งต่อไปตามขบวนการวัดระเบิด

2) แบบทำลายตัวเอง (Self-Destruction: SD) ขบวนจะทำงานเมื่อถึงเวลาที่ตั้งไว้หรือถึงระยะทางที่กำหนด พลังงานที่ส่งให้เข็มแทงขบวนจะเป็นพลังงานศักย์จากสปริงที่อยู่ในขบวนไปทำให้ดินเริ่มทำงาน หรือพลังงานความร้อนที่ได้จากดินถ่วงเวลา (ไพโรเทคนิค) หรือพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ โดยผู้เรียบเรียงได้เลือกใช้การทำลายตัวเองด้วยพลังงานศักย์จากสปริง ซึ่งมีความเสถียรและเที่ยงตรงกว่าแบบสารไพโรเทคนิคที่ใช้ในขบวน A-670M

5.1 หลักการทำงาน :

ขบวนหัวลูกปืน 30x165 มม. แบบกระแทกแตก ทำลายตัวเองจะพร้อมทำงานเมื่อลูกปืนถูกยิงออกจากลำกล้องปืนด้วยความเร่งและการหมุนรอบตัวเองของหัวลูกปืน โดยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่เกิดจากการหมุนรอบตัวเองของลูกปืนจะทำให้สปริงเคลื่อนที่ขึ้นไปยังส่วนปลายขบวนและปลดล็อกชุดชิ้นส่วนกลไกภายในขบวนให้อยู่ในตำแหน่งพร้อมทำงาน เรียกตำแหน่งนี้ว่าตำแหน่ง อาร์ม โดยมีอุปกรณ์ดังนี้

5.1.1 อุปกรณ์นิรภัย มีระบบความปลอดภัย 2 เงื่อนไขตามมาตรฐานที่กำหนด โดยมีการทำงาน ดังนี้

เงื่อนไขที่ 1 ขบวนการวัดระเบิดจัดเรียงแนวแบบเยื้องศูนย์กลางกัน

1) อาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางเพื่อปลดล็อกสลัก ซึ่งเป็นระบบป้องกันที่ดีที่สุด เนื่องจากการหมุนของหัวลูกปืนตามความเร็วรอบที่กำหนด เพื่อปลดล็อกสลักจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อลูกปืนเคลื่อนที่ผ่านลำกล้องปืนเท่านั้น ในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุลูกปืนทำงานภายนอกลำกล้องปืนการเคลื่อนที่ของหัวลูกปืนจะเกิดภายนอกไม่ผ่านเกลียวลำกล้อง หัวลูกปืนจะไม่หมุนที่ความเร็วรอบที่ตั้งไว้ สลักที่อยู่ภายในขบวนจะไม่ปลดล็อก ไม่อาร์ม

2) มีโรเตอร์เพื่อหมุนหน่วยเวลาและเอียงเอียงหลบขบวนการวัฏธนะเบิด เมื่อสลักปลดล็อกจะทำให้โรเตอร์เป็นอิสระในการเคลื่อนที่ ซึ่งโรเตอร์จะใช้เวลาในการหมุนเพื่อให้ตำแหน่งแนวของดินเริ่มมาอยู่ในแนวเข็มแทงขบวนเมื่อหัวลูกปืนเคลื่อนที่ห่างจากปากลำกล้องประมาณ 3 เมตร เป็นระยะความปลอดภัยที่กำหนดไว้ ซึ่งดีกว่าการหน่วยเวลาแบบใช้สารไพโรเทคนิคของขบวน A-670M สารไพโรเทคนิคอาจจะเสื่อมสภาพจากอุณหภูมิความชื้นได้ง่ายจากการเก็บรักษาที่ไม่ดี

เงื่อนไขที่ 2 ระบบป้องกันแรง หรือพลังงานที่จะไปทำให้ไพโรเมอร์จุดตัว

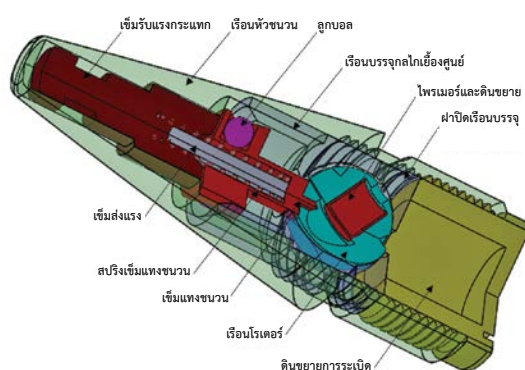
1) เข็มรับแรงกระแทกทำจากวัสดุที่แข็งเปราะเมื่อได้รับแรงกระทำที่ไม่พึงประสงค์ ทำจากแบ็กกาลีท์ (Bakelite) มีคุณสมบัติแข็งเปราะจะแตกหักเมื่อได้รับแรงกระทำก่อนเวลาอันควรเพื่อป้องกันไม่ให้เข็มแทงขบวนไปกระแทกไพโรเมอร์ป้องกันดินเริ่มจุดตัว ในกรณีเกิดอุบัติเหตุขึ้น ลูกปืนได้รับการกระทบกระแทกในขณะการหยิบยกหรือขนย้าย ซึ่งมีความปลอดภัยกว่าขบวน A-670M

2) เข็มแทงขบวนและลูกบอลได้รับการออกแบบคำนวณขนาดและน้ำหนักที่เหมาะสมกับค่า k ของสปริงเข็มแทงขบวน เพื่อป้องกันแรงเฉื่อยที่จะเกิดขึ้นจากอุบัติเหตุต่างๆ โดยจะต้องผ่านเกณฑ์การทดสอบด้วยวิธีการ Drop Test ตามมาตรฐานที่กำหนด

5.1.2 การทำงานเมื่อกระทบเป้า จะเป็นแบบระเบิดเร็ว (Super quick) เมื่อหัวลูกปืนกระทบเป้าจะส่งพลังงานไปยังเข็มแทงขบวนไปกระแทกดินเริ่ม เปลวไฟจากดินเริ่มไปจุดดินนำ ดินขยายการระเบิดและดินระเบิดหลัก ตามลำดับ

5.1.3 การทำงานเมื่อไม่กระทบเป้า จะเป็นแบบทำลายตัวเอง (Self-Destruction) เมื่อหัวลูกปืนหมุนรอบตัวเองช้าลงทำให้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางน้อยกว่าแรงสปริง ส่งผลให้เข็มแทงขบวนเคลื่อนที่กลับไปกระแทกดินเริ่ม เปลวไฟจากดินเริ่มไปจุดดินนำ ดินขยายการระเบิด และดินระเบิดหลักตามลำดับ ซึ่งดีกว่าทำลายตัวเองแบบใช้สารไพโรเทคนิคที่ใช้อยู่ในขบวน A-670M เนื่องจากมีความเสถียรและเที่ยงตรงกว่า และมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าเนื่องจากเมื่อเก็บขบวนไว้นาน ๆ สารไพโรเทคนิคจะเสื่อมสภาพจากการได้รับอุณหภูมิความชื้นที่สูงไม่เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมที่ร้อนชื้นแบบประเทศไทย

ขบวนหัว 30x165 มม. ตามรูปที่ 2 รุ่นนี้เป็นรุ่นแรกที่ยกแบบให้ง่ายต่อการผลิต มีกลไกการทำงานไม่ซับซ้อนมาก เน้นความปลอดภัยในการใช้งานเป็นหลัก ตัวเรือนทำจากอะลูมิเนียมแข็งแบบขึ้นเดียวและมีฐานเกลียวขนาด M18x0.75 เพื่อให้ประกอบเข้ากับส่วนปลายเรือนหัวลูกปืน 30x165 มม. ได้ มีช่องบรรจุชิ้นส่วนชุดนิรภัยกลไกด้านความปลอดภัยและชุดกลไกการจุดระเบิดพร้อมชุดดินขยายการระเบิด

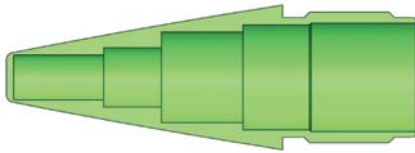


รูปที่ ๒ ขบวนหัวสำหรับลูกปืนขนาด 30x165 มม.

5.2 ส่วนประกอบ

5.2.1 เรือนหัวชนวน 30x165 มม. (Fuze Body)

ตามรูปที่ 3 ทำจากวัสดุอะลูมิเนียมกลึงขึ้นรูปขึ้นเดียว และมีฐานเกลียวขนาด M18x0.75 สำหรับบรรจุชิ้นส่วนกลไกการทำงานต่าง ๆ ของชนวน รวมถึงวัตถุระเบิดเป็นอะลูมิเนียมเกรดที่ทนต่อการกัดกร่อนเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศอย่างประเทศไทย



รูปที่ ๓ เรือนหัวชนวน 30x165 มม.

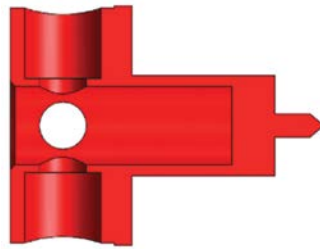
5.2.2 ชุดเข็มแทงชนวน (Firing Unit) ประกอบอยู่ตำแหน่งส่วนปลายของชนวนสำหรับบรรจุชุดวัตถุระเบิด ประกอบด้วยชิ้นส่วน ดังนี้

5.2.2.1 เข็มรับแรงกระแทก (Impact Pin) ตามรูปที่ 4 ทำหน้าที่รับพลังงานจากการที่ชนวนไปกระทบเป้าหมาย แล้วส่งต่อพลังงานไปยังเข็มแทงชนวน ทำจากแบ็กกาลีท์ (Bakelite) มีคุณสมบัติแข็งเปราะ จะแตกหักเมื่อได้รับแรงกระทำก่อนเวลาอันควรในกรณีเกิดอุบัติเหตุ เพื่อป้องกันเข็มแทงชนวนไปกระแทกไพรเมอร์



รูปที่ ๔ เข็มรับแรงกระแทก

5.2.2.2 เข็มแทงชนวน (Firing Pin) ตามรูปที่ 5 ทำจากวัสดุอะลูมิเนียม มีหน้าที่ส่งพลังงานไปยังไพรเมอร์ซึ่งบรรจุวัตถุระเบิดประเภทดินร่วนที่มีความไวต่อการกระแทก เสียดสี



รูปที่ ๕ เข็มแทงชนวน

5.2.2.3 เข็มส่งแรง (Support Pin) ตามรูปที่ 6 ทำจากวัสดุอะลูมิเนียม มีหน้าส่งแรงกระแทก



รูปที่ ๖ เข็มส่งแรง

5.2.2.4 สปริงเข็มแทงชนวน (Firing Pin Spring) ตามรูปที่ 7 ทำหน้าที่ล็อกเข็มแทงชนวนไว้กับโรเตอร์ และส่งพลังไปยังเข็มแทงชนวนในกรณีที่ชนวนทำลายตัวเอง กำหนดคุณสมบัติเฉพาะให้สามารถใช้งานได้ไม่น้อยกว่า 50 ปี



รูปที่ ๗ สปริงเข็มแทงชนวน

5.2.2.5 ลูกบอล (Ball) ตามรูปที่ 8 ทำจากวัสดุสแตนเลส มีหน้าที่สร้างแรงยกให้เข็มแทงชนวนเพื่อปลดล็อกโรเตอร์



รูปที่ ๘ ลูกบอล

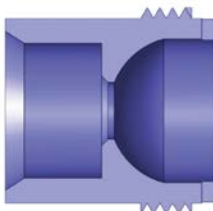
5.2.3 ชุดกลไกเยื้องศูนย์ (Rotor Unit) อยู่ด้านล่างชุดเข็มแทงขนวน เป็นชุดนิรภัยที่ป้องกันการทำงานของขนวนโดยไม่ได้ตั้งใจก่อนการยิง โดยอาศัยหลักการเอียงวัตุระเบิดหนีจากแนวของเข็มแทงขนวน ซึ่งเป็นการหลบหนีขนวนการวัตุระเบิดเพื่อป้องกันไม่ให้เข็มแทงขนวนไปกระแทกไพโรเมอร์ หรือป้องกันเปลวไฟไม่ให้ไปจุดดินขยายในกรณีเกิดความผิดพลาดไพโรเมอร์ทำงาน ซึ่งแนวของขนวนการวัตุระเบิดจะเอียงกันอยู่จนกว่าจะได้ระยะปลอดภัยที่ขนวนพร้อมทำงาน (Arms) เมื่อยิงลูกปืน หัวลูกปืนเคลื่อนที่และหมุนรอบตัวเองที่ความเร็ว 14,000 รอบต่อนาที ชุดตัวล็อกจะเริ่มปลดล็อกให้โรเตอร์เป็นอิสระและโรเตอร์เคลื่อนที่หมุนเพื่อให้แนวของวัตุระเบิดมาตรงกับแนวเข็มแทงขนวน ประกอบด้วยชิ้นส่วน ดังนี้

5.2.3.1 เรือนโรเตอร์ (Rotor Body) ตามรูปที่ 9 ทำจากวัสดุอะลูมิเนียม มีหน้าที่บรรจุดินระเบิดและ Detonator ขัดขวางขนวนการวัตุระเบิดโดยการหมุนเอียงไม่ให้ดินระเบิดอยู่ในแนวเข็มแทงขนวน



รูปที่ ๙ เรือนโรเตอร์

5.2.3.2 เรือนบรรจุชุดกลไกเยื้องศูนย์ (Rotor Holder) ตามรูปที่ 10 ทำจากวัสดุอะลูมิเนียม มีหน้าที่เป็นเรือนบรรจุชิ้นส่วนกลไกเยื้องศูนย์



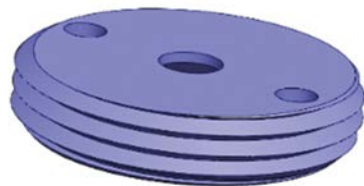
รูปที่ ๑๐ เรือนบรรจุชุดกลไกเยื้องศูนย์

5.2.3.3 ไพโรเมอร์และดินขยาย ตามรูปที่ 11 บรรจุดินระเบิดประเภทดินระเบิด เช่น เลดสตีเฟนเนต (Lead styphnate) และดินขยายการระเบิด (Detonator) [19]



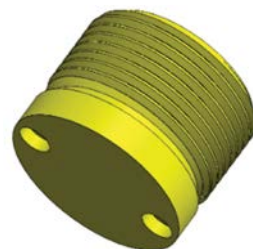
รูปที่ ๑๑ ไพโรเมอร์และดินขยาย

5.2.3.4 ฝาปิดเรือนบรรจุชุดกลไกเยื้องศูนย์ (Cup Holder) ตามรูปที่ 12 ทำจากวัสดุอะลูมิเนียม มีหน้าที่ปิดครอบโรเตอร์



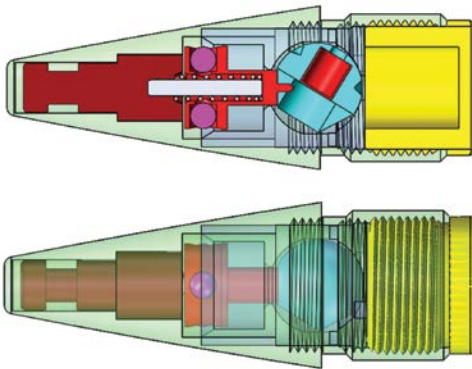
รูปที่ ๑๒ ฝาปิดเรือนบรรจุชุดกลไกเยื้องศูนย์

5.2.4 ดินขยายการระเบิด (Booster) ตามรูปที่ 13 ประกอบอยู่ส่วนล่างสุดของขนวน บรรจุดินระเบิด PETN [19] เพื่อใช้จุดดินระเบิดหลัก



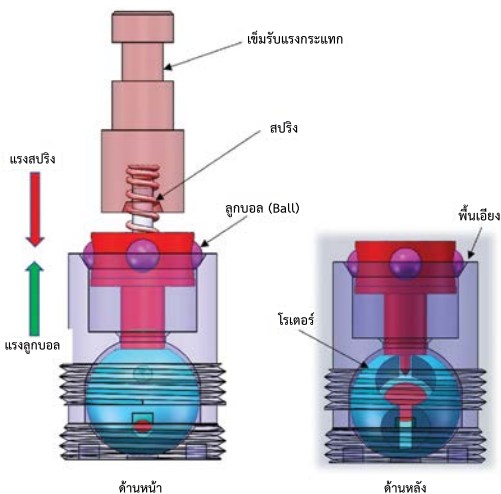
รูปที่ ๑๓ ดินขยายการระเบิด

5.3 ประกอบรวมชิ้นส่วนชนวน ตามรูปที่ 14



รูปที่ ๑๔ ชิ้นส่วนต่าง ๆ ประกอบอยู่ภายในหัวชนวน โดยวางไพโรเมอร์เอียงหลบเข็มแทงชนวน

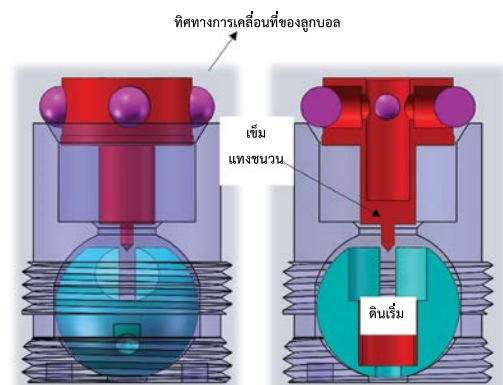
5.4 การทำงานของชนวน



รูปที่ ๑๕ กลไกภายในชนวน สถานะไม่อาร์ม โรเตอร์เอียงเอียงไม่ให้ไพโรเมอร์อยู่ในแนวเข็มแทงชนวน

รูปที่ 15 แสดงตำแหน่งชิ้นส่วนต่าง ๆ ของชนวนที่บรรจุอยู่ในเรือนหัวชนวนวางอยู่ในตำแหน่งสถานะชนวนไม่อาร์ม อุปกรณ์ด้านนิรภัยยังไม่ได้ปลดล็อกมีความปลอดภัยในการหิบบกขนย้าย

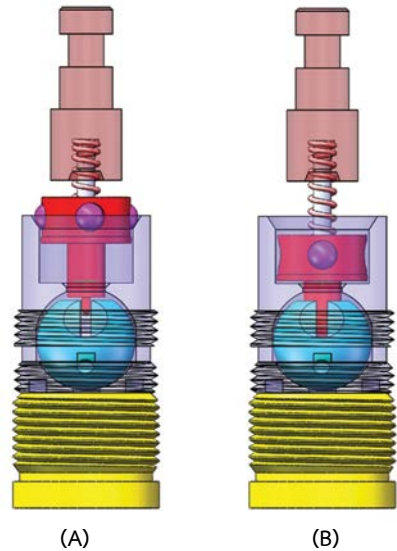
เนื่องจากขบวนการวัดระยะเปิดยังวางเอียงเอียงศูนย์กลางอยู่ โดยไพโรเมอร์ที่บรรจุอยู่ในโรเตอร์ยังวางเอียงไม่อยู่ในแนวของเข็มแทงชนวน และเข็มแทงชนวนยังขัดและกดทับที่ป่าของโรเตอร์โดยมีปลายสปริงด้านหนึ่งดันที่ป่าเข็มแทงชนวน อีกด้านดันอยู่กับเข็มรับแรงกระแทก เพื่อไม่ให้โรเตอร์เคลื่อนที่หรือหมุนได้ ซึ่งค่าแรงกดของสปริงนี้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าคงที่ของสปริง ที่เรือนเข็มแทงชนวนจะมีช่องบรรจุลูกบอลจำนวน 4 ช่อง สำหรับบรรจุลูกบอลช่องละ 1 ลูก โดยลูกบอลที่บรรจุอยู่สามารถเคลื่อนที่ได้ตามป่าของเรือนบรรจุชุดกลไกเอียงศูนย์กลางที่ทำมุมเอียงขึ้นเพื่อยกเข็มแทงชนวนให้เคลื่อนที่ขึ้นจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางของลูกบอลขณะที่ชนวนกำลังหมุนรอบตัวเอง ในการออกแบบได้วางตำแหน่งของเข็มรับแรงกระแทกบนสปริงเข็มแทงชนวน เพื่อลดแรงกระแทกที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของลูกป็นด้วยความเร่งสูงมาก ๆ ป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับเข็มรับแรงกระแทกที่มาจากวัสดุแบ็กกาลีท์ที่มีค่า Compressive Yield Strength ประมาณ 250 MPa



รูปที่ ๑๖ สถานะอาร์มเข็มแทงชนวนเคลื่อนที่ขึ้นปลดล็อกโรเตอร์และโรเตอร์หมุนให้ไพโรเมอร์อยู่ในแนวเข็มแทงชนวน

รูปที่ 16 แสดงชนวนพร้อมทำงาน หรืออาร์ม เมื่อลูกปืนถูกยิง ดินซัจะสร้างแรงดันในรังเพลิงเฉลี่ย ประมาณ $3,600 \text{ kg/cm}^2$ ทำให้หัวลูกปืนเคลื่อนที่ตามแนวลำกล้อง และหัวลูกปืนจะถูกบังคับให้หมุนรอบตัวเองตามเกลียวลำกล้องปืน ขณะที่หัวลูกปืนหมุนรอบตัวเองจะเกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal force) กระทำกับลูกบอล โดยทิศของแรงของลูกบอลจะไปตามแนวรัศมีของชนวน แต่เนื่องจากลูกบอลถูกบังคับให้เคลื่อนที่ได้ตามแนวเอียงทำมุมยกไปยังส่วนปลายของชนวน ขณะที่ลูกบอลเคลื่อนที่จะส่งแรงยกไปกระทำกับเข็มแทงชนวนให้เข็มแทงชนวนเคลื่อนที่ขึ้นไปด้านบนและปลดล็อกโรเตอร์ แต่ในขณะที่ลูกปืนเคลื่อนที่ในลำกล้องปืนจะเป็นการเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง ซึ่งจะทำให้เกิดแรงจากมวลของชุดเข็มแทงชนวนติดอยู่กับโรเตอร์ทำให้โรเตอร์ยังเคลื่อนที่ไม่ได้โดยเข็มแทงชนวนจะเริ่มยกตัวขึ้นเมื่อลูกปืนเริ่มเคลื่อนที่ออกจากลำกล้องปืน ซึ่งลูกปืนจะเคลื่อนที่ด้วยความหน่วงเนื่องจากแรงต้านของอากาศทำให้ชุดเข็มแทงชนวนเกิดแรงเฉื่อยเสริมกับแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางของลูกบอล ในการออกแบบชนวนดังกล่าวนี้ได้กำหนดเงื่อนไขที่ความเร็วรอบ 14,000 รอบต่อวินาที จะได้แรงที่เกิดจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางของลูกบอลในแนวตามยาวของชนวนมีค่ามากกว่าแรงของสปริงที่กดอยู่บนเข็มแทงชนวนทำให้เข็มแทงชนวนเคลื่อนที่ปลดล็อกชุดโรเตอร์ ส่งผลให้โรเตอร์เป็นอิสระ สามารถเคลื่อนที่หมุนได้ โดยโรเตอร์นี้ถูกออกแบบรูปร่างให้แนวแกนหมุนอยู่ในแนวที่ทำให้โรเตอร์หมุนไพล์มาตรงกับเข็มแทงชนวน การเคลื่อนที่แบบหมุนของโรเตอร์เป็นไปตามหลักของโมเมนต์ความเฉื่อยจะหมุนให้จุดศูนย์กลางมวลอยู่ในแนวแกนหมุนทำให้ไพล์มาซึ่งบรรจุวัตถุระเบิดประเภทดินเริ่มตั้งตรงอยู่ในแนวเดียวกับเข็มแทงชนวน โดยโรเตอร์จะใช้เวลาในการหมุนให้ขบวนการ

วัตถุระเบิดอยู่ในแนวเดียวกันใช้เวลาประมาณ 0.003 วินาที ซึ่งความเร็วลูกปืน $30 \times 165 \text{ มม.}$ มีความเร็วปากลำกล้องปืนประมาณ 970 เมตรต่อวินาที จะได้ระยะอาร์มห่างจากปากลำกล้องปืนประมาณ 3 เมตร



รูปที่ ๑๗ (A) แรงที่ Bearing มากกว่าแรงสปริง
(B) แรงสปริงมากกว่าแรงที่ Bearing (ทำลายตัวเอง)

รูปที่ 17 แสดงชนวนทำลายตัวเอง (Self-Destruction: SD) เมื่อหัวลูกปืนเคลื่อนที่ออกจากลำกล้องปืนไปในอากาศจะมีแรงเสียดทานระหว่างหัวลูกปืนกับอากาศ เกิดแรงต้านทำให้หัวลูกปืนเคลื่อนที่ด้วยความหน่วง ส่งผลให้ความเร็วในการหมุนของหัวลูกปืนลดลงเรื่อยๆ ในการออกแบบชนวนนี้ได้กำหนดเงื่อนไขเมื่อความเร็วรอบในการหมุนของหัวลูกปืนน้อยกว่า 10,000 รอบต่อวินาที แรงที่เกิดจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางของลูกบอลในแนวตามยาวของชนวนจะมีค่าน้อยกว่าแรงของสปริงที่กดอยู่บนเข็มแทงชนวน ส่งผลให้เข็มแทงชนวนเคลื่อนที่กลับมากดไพล์มา ทำให้ดินเริ่มจุดตัวเกิดเปลวไฟไปจุดดินนำ ดินขยายการระเบิด และดินระเบิดหลักตามลำดับ เรียกการจุดตัวตามลำดับแบบนี้ว่า

ขบวนการวัตถุระเบิด (Explosive Train) ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของลูกปืนจนถึงจุดที่ทำให้ความเร็วของการหมุนรอบตัวเองของหัวลูกปืนตามเงื่อนไขดังกล่าวจะใช้เวลา 12 ± 5 วินาที ภายหลังการยิง เรียกเวลานี้ว่า เวลาทำลายตัวเองของขบวน

6. สรุป

ขบวนที่ออกแบบเป็นขบวนชนิดกระทบแตกทำลายตัวเอง (PD-SD) สำหรับลูกปืนขนาด 30×165 มม. โดยอาศัยหลักการพื้นฐานทางฟิสิกส์แบบง่าย ๆ ใช้หลักการแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal force) ของมวลตุ่มน้ำหนักในการปลดล็อกให้ขบวนพร้อมทำงาน ขบวนทำการจุดระเบิดเมื่อไปกระทบเป้าหมายและทำลายตัวเองเมื่อไม่กระทบเป้าหมายจากพลังงานศักย์ของสปริง ตัวเรือนทำจากอะลูมิเนียมแข็งแบบขึ้นเดียวและมีฐานเกลียวขนาด $M18 \times 0.75$ ขบวนพร้อมทำงานเมื่อลูกปืนถูกยิงหัวลูกปืนจะเคลื่อนที่ และหมุนรอบตัวเองตามเกลียวลากล่องปืน ทำให้ลูกบอลเกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางเคลื่อนที่ตามพื้นเอียงดันให้เข็มแทงขบวนเคลื่อนที่ขึ้นไปยังส่วนปลายของขบวนที่ความเร็วรอบ 14,000 รอบต่อนาที ที่ระยะความปลอดภัย 3 เมตร ห่างจากปากลากล่องปืนและทำลายตัวเองในเวลา 12 ± 5 วินาที เมื่อความเร็วในการหมุนของหัวลูกปืนลดลงจนแรงที่เกิดจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางของลูกบอลในแนวตามยาวของขบวนจะมีค่าน้อยกว่าแรงของสปริงที่กดอยู่บนเข็มแทงขบวน การนิรภัยใช้หลักการเอียงเอียงไม่ให้ขบวนการวัตถุระเบิดอยู่ในแนวเดียวกัน มีอายุการใช้งานมากกว่า 50 ปี โดยคุณภาพของขบวนหัวลูกปืนและข้อบกพร่องที่จะเกิดขึ้นกับการทำงานของขบวนจะขึ้นอยู่กับสปริงเข็มแทงขบวนเป็นหลัก ดังนั้น วัสดุที่จะนำมาใช้ทำสปริงจะต้องมีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด

7. ข้อเสนอแนะ

1. ในขั้นตอนการคำนวณขนาดและน้ำหนักของเรือนโรเตอร์จะต้องให้ได้โมเมนต์ความเฉื่อยที่จะทำให้โรเตอร์ หมุนให้ขบวนการวัตถุระเบิดอยู่ในแนวของเข็มแทงขบวน

2. ผลรวมของน้ำหนักและตำแหน่งของลูกบอลจะต้องได้โมเมนต์ความเฉื่อยที่ทำให้เกิดแรงยกจากการหมุนของลูกปืนที่จำนวนรอบ 14,000 รอบต่อนาที มากกว่าแรงกดของสปริง โดยสปริงจะต้องไม่ล้าเมื่อเก็บไว้นาน ๆ (มากกว่า 50 ปี)

3. ระยะยุบตัวของสปริงที่รองรับเข็มรับแรงกระแทกจะต้องสามารถลดแรงที่เกิดจากแรงดันของดินขับจะต้องไม่ส่งผลให้เข็มรับแรงกระแทกเสียรูปทรง

8. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาเรียบเรียงในครั้งนี้ ผู้เรียบเรียงได้รับแรงบันดาลใจจากแนวคิดที่จะเห็นการพึ่งพาตนเองในอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ ซึ่งปัจจัยหลักในการผลิตอาวุธ คือ การทำขบวนหัว โดยความรู้ทั้งหมดที่ผู้เรียบเรียงได้รับมาจากประสบการณ์ทำงานในกรมสรรพาวุธทหารเรือ ซึ่งมีบุคลากรที่มีคุณภาพได้ถ่ายทอดผ่านการพูดคุยและการศึกษาเรียนหลักสูตรต่าง ๆ ที่กรมสรรพาวุธทหารเรือเปิดสอน ผู้เรียบเรียงหวังเป็นอย่างยิ่งว่าบทความนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านและขอขอบคุณครู อาจารย์ และผู้บังคับบัญชา ที่ให้คำแนะนำ ตลอดจนผู้ที่ให้การสนับสนุนทุกท่าน

9. เอกสารอ้างอิง

[1] Anonymous. "Fuze." EN.WIKIPEDIA.org. <https://en.wikipedia.org/wiki/fuze> (accessed May. 9, 2022).

- [2] Weapons and Systems Engineering Department-United States Naval Academy. "Fundamentals of Naval Weapons Systems: Chapter 14 Fuzing." FAS.org. <http://www.fas.org/man/dod-101/navy/docs/fun/part14.htm> (accessed May. 9, 2022).
- [3] Anonymous. "Artillery fuze." EN.WIKIPEDIA.org. https://en.wikipedia.org/wiki/Artillery_fuze (accessed May. 9, 2022).
- [4] Anonymous. "Field Artillery Volume 6: Ballistics and Ammunition." https://archive.org/details/Ballistics_and_Ammunition_B-Gl-371-006 (access May. 9, 2022).
- [5] H.A. Bethel, *Modern Artillery in the Field*, 1st ed. London, UK: Macmillan, 1911.
- [6] O. F. G. Hogg, *Artillery: Its Origin, Heyday and Decline*, 1st ed., Hamden, CT, USA: Archon Books, 1970.
- [7] I. V. Hogg and L. F. Thurston, *British Artillery Weapons & Ammunition 1914-1918*, 1st ed., London, UK: Ian Allan, 1972.
- [8] *Ammunition, General*, 5th ed., Department of the Army, Washington, DC, USA, 1969.
- [9] A. Wali. "Delta M137 Mod 3 Next Generation Electronic Fuze." ACADEMIA.edu. https://www.academia.edu/34860350/DELTA_M137_MOD_3_Next_Generation_Electronic_Fuze_Chapter_1_AN_INTRODUCTION_TO_MECHANICAL_AND_ELECTRONIC_FUZES (accessed May. 9, 2022).
- [10] Arcus Co.. "Fuze A-670M." ARCUS.bg. <https://arcus.bg/fuze-a-670m-for-30x165mm-ammunition/> (accessed May. 9, 2022).
- [11] *Department of Defense Test Method Standard: Fuze and Fuze Components, Environmental and Performance Tests for*, MIL-STD-331C, U.S. Department of Defense, 2005.
- [12] *Military Standard: Fuze Design, Safety Criteria for*, MIL-STD-1316D, U.S. Department of Defense, 1991.
- [13] *Army Ammunition Data Sheets Artillery Ammunition Guns, Howitzers, Mortars, Recoilless Rifles, Grenade Launchers, and Artillery Fuzes*, U.S. Dept. Army, Washington, DC, USA, 2003.
- [14] Global Security. "Safing, Arming, Fuzing, and Firing (SAFF)." GLOBALSECURITY.org. <http://www.globalsecurity.org/wmd/intro/safe.htm> (accessed May. 9, 2022).
- [15] *Ordnance Explosive Train Designers' Handbook*, U.S. Nav. Ordnance Lab., White Oak, MD, USA, 1952.
- [16] L. S. Ness and A. G. Williams, *Jane's Ammunition Handbook 2007-2008*. 16th ed. Croydon, UK: Jane's Inf. Group, 2007.
- [17] L. S. Ness and A. G. Williams, *IHS Jane's Weapons Ammunition 2012-2013*, USA: IHS Jane's, 2012.
- [18] *Military Explosive*, 4th ed., Dept. Army, Washington, DC, USA, 1984.