การออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุน

Design and Development Extrusion Machine for Propellant Powder

สุพจน์ อนุพงษ์ภิชาติ คอ.บ. (Supoj Anupongpichart, B.S.Tech.Ed.)[1]

สุเทพ บุตรดี ปร.ด. (Suthep Butdee, Ph.D. Manu. Eng.)[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการออกแบบและสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุน มีการใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า VE (Value Engineering) ประยุกต์ใช้ในขั้นตอนของการออกแบบ และวิเคราะห์เครื่องจักรต้นแบบเพื่อคำนวณค่าความปลอดภัยด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method) ผลของการดำเนินการวิจัยแสดงให้เห็นว่า เครื่องต้นแบบสามารถอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุนได้ตามมาตรฐานนาโต้ (NATO) นอกจากนี้เครื่องต้นแบบสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัยและมีนัยสำคัญในการลดต้นทุนสำหรับการวิจัยของกองทัพไทย

คำสำคัญ: ออกแบบ เครื่องอัดขึ้นรูป เม็ดดินส่งกระสุน

Abstract

The purpose of this study was to manufacture and develop the design of the extrusion propellant powder machine. In this study, the prototype machine was developed by using the value engineering (VE) technique and the finite element method (FEM). The value engineering technique was used in the design process while the finite element method was used to analyze and calculate the safety factor. The experimental results showed that the prototype machine could provide the size and density of the propellant matches with NATO standards. Furthermore, it could be used safely and it was significant for the cost reduction for Royal Thai Military research conducting.

Keywords : Design, Extrusion Machine, Propellant Powder

[1] นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[2] รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

บทนำ

ในปัจจุบันการพัฒนาคุณภาพเม็ดดินส่งกระสุนของโรงงานวัตถุระเบิดทหาร กรมการอุตสาหกรรมทหาร ศูนย์การอุตสาหกรรมประเทศและพลังงานทหาร ยังต้องอาศัยการวิจัยพัฒนาคุณภาพเม็ดดินส่งกระสุนอีกเป็นจำนวนมาก อาทิเช่น การเปลี่ยนแปลงส่วนผสมหรือขนาดรูปทรงและความหนาแน่นของเม็ดดินส่งกระสุน จะมีผลต่อประสิทธิภาพของพลังงานในการขับเคลื่อนหัวกระสุน โดยอาศัยเครื่องจักรเพื่อใช้ในการทดลองผลิต จากการศึกษากระบวนการผลิตพบว่า การขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุนใช้วิธีการอัดเพิ่มความหนาแน่นดินส่งกระสุนก่อนแล้วจึงนำไปอัดขึ้นรูป แต่ทางโรงงานวัตถุระเบิดทหารมีเพียงเครื่องอัดบล็อกและเครื่องอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุนขนาดใหญ่ในการปฏิบัติงานเท่านั้น ซึ่งไม่เหมาะสมกับการทำงานวิจัยพัฒนาคุณภาพเม็ดดินส่งกระสุนของโรงงานวัตถุระเบิดทหารที่ยังขาดเครื่องอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุนเพื่อใช้ในงานทดลองวิจัยและสามารถใช้งานได้เสมือนเครื่องอัดขนาดใหญ่ที่ใช้งานในลักษณะผลิตเป็นจำนวนมาก เนื่องจากเครื่องอัดขนาดใหญ่ต้องใช้ดินส่งกระสุน 30-60 กิโลกรัม ทำให้เกิดความสิ้นเปลืองในการวิจัยต้องใช้งบประมาณในการทดลองสูง

จากปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้นกับโรงงานวัตถุระเบิดทหาร กรมการอุตสาหกรรมทหารงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุน โดยใช้องค์ความรู้ทางด้านวิศวกรรมคุณค่ามาวิเคราะห์หาหน้าที่หลักและหน้าที่รองมาประกอบการออกแบบ และวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อที่จะให้ได้เครื่องอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุนที่มีประสิทธิภาพ และมีความปลอดภัยในการใช้งาน เพื่อเป็นการแก้ปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้นให้กับโรงงานวัตถุระเบิดทหาร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อการออกแบบเชิงปรับปรุงพัฒนา และสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุน เพื่อใช้ในการพัฒนาคุณภาพเม็ดดินส่งกระสุน ให้กับกองทัพไทย

ทฤษฎีและหลักการ

ทฤษฎีวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering : VE) เป็นวิธีที่มีการนำมาประยุกต์ใช้เป็นเวลานานแล้ว (อัมพิกา ไกรฤทธิ์, 2544) กล่าวว่าวิศวกรรมคุณค่าเป็นวิธีที่จะแบ่งแยกต้นทุนซึ่งอยู่ในหน้าที่ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านการประกอบหรือผลิตชิ้นส่วน เพื่อต้องการหาต้นทุนที่สูงของสิ่งที่มีหน้าที่ต่ำและพยายามลดต้นทุนสิ่งนั้นลง วิธีนี้จึงช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถออกแบบให้มีความผิดพลาดน้อยลงด้วย วิธีการวิเคราะห์คุณค่า (เลิศชัย ระตะนะอาพร, 2550) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้สำหรับการลดต้นทุนที่ได้ผลดีมาก เพราะ VE สามารถประยุกต์ใช้กับลักษณะงานหลากหลาย ตั้งแต่การออกแบบผลิตภัณฑ์ปรับปรุงกระบวนการผลิต ปรับปรุงวิธีการทำงานที่ดีขึ้น ลดการใช้วัสดุลงหรือแม้แต่การปรับปรุงงานด้านบริการก็ได้ โดยมุ่งหมายที่ลดต้นทุนลง โดยที่เทคนิค VE ยังคงรักษาคุณภาพของงานไว้ได้เช่นกัน



ทฤษฎีระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method : FEM) (Dechaumphai P., 2010) ได้กล่าวไว้ว่า หลักการในการวิเคราะห์โดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์อาจแบ่งได้ 7 ขั้นตอนด้วยกัน

ขั้นตอนที่ 1 การแบ่งโดเมนของปัญหาออกเป็นเอลิเมนต์ย่อยๆ ซึ่งเอลิเมนต์เหล่านี้ต่อเชื่อมกันตามจุดต่อ (node) สำหรับปัญหาความยืดหยุ่น ปัญหาความร้อน ปัญหาของไหล และเลือกชนิดของเอลิเมนต์

ขั้นตอนที่ 2 การเลือกฟังก์ชั่นแบบจำลอง ฟังก์ชั่นที่เลือกใช้กันส่วนใหญ่จะเป็นสมการโพลิโนเมียล

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างสมการเอลิเมนต์แต่ละเอลิเมนต์ เขียนในรูปเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$[K]\{W\} = \{F\} \tag{1}$$

ขั้นตอนที่ 4 การรวมระบบสมการเอลิเมนต์เข้าด้วยกัน เขียนในรูปเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$[K]sys\{W\}sys = \{F\}sys \tag{2}$$

ขั้นตอนที่ 5 การประยุกต์เงื่อนไขขอบเขตที่เหมาะสมเพื่อเข้าสู่ระบบสมการรวม

ขั้นตอนที่ 6 การแก้ระบบสมการเพื่อหาค่าของตัวไม่รู้ค่า

ขั้นตอนที่ 7 การคำนวณหาปริมาณอื่นๆ ที่สนใจ

สมการไฟไนต์เอลิเมนต์ของคาน (จุฬาลักษณ์ ค้าไม้, 2552) ได้กล่าวไว้ว่าสมการเชิงอนุพันธ์ซึ่งแสดงความสมดุลของแรงจากการโก่งของคานภายใต้แรงแบบกระจายสามารถเขียนสมการไฟไนต์เอลิเมนต์ของคานได้ดังนี้

$$\underset{(4\times4)}{[K]}\ \underset{(4\times4)}{\{\delta\}} = \underset{(4\times1)}{\{F\}} \tag{3}$$

ซึ่งมีรายละเอียดคือ

$$\frac{2EI}{L^3}\begin{bmatrix} 6 & 3L & -6 & 3L \\ 3L & 2L^2 & -3L & L^2 \\ -6 & -3L & 6 & -3L \\ 3L & L^2 & -3L & 2L^2 \end{bmatrix}\begin{Bmatrix} w_1 \\ \theta_1 \\ w_2 \\ \theta_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} p_oL/2 \\ p_oL^2/12 \\ p_oL/2 \\ -p_oL^2/12 \end{Bmatrix} \tag{4}$$

โดย Po แทนแรงแบบกระจายที่มีค่าที่กระทำในทิศทาง z ตลอดความยาวของเอลิเมนต์

สมการไฟไนต์เอลิเมนต์ของแผ่นระนาบ (Huebner & Thornton,1995) ได้กล่าวไว้ว่า เป็นวัสดุแผ่นบางที่มีรูปร่างพื้นฐานไปจนถึงรูปร่างที่ซับซ้อน สามารถเขียนสมการไฟไนต์เอลิเมนต์ของแต่ละเอลิเมนต์ในรูปแบบเมทริกซ์ตามสมการ (3) ซึ่งอยู่ในรูปแบบดังนี้

$$\underset{(6\times6)}{[K]}\ \underset{(6\times1)}{\{\delta\}} = \underset{(6\times1)}{\{F\}}$$

$$\underset{(6\times6)}{[K]} = \underset{(6\times3)}{[B]^{T}}\ \underset{(3\times3)}{[C]}\ \underset{(3\times6)}{[B]}\ tA \qquad (5)$$

โดยที่ [K] แทนเมทริกซ์ของความแข็งเกร็ง

[B] แทนเมทริกซ์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดและค่าการเคลื่อนตัว

[C] แทนเมทริกซ์ความแข็งเกร็งของวัสดุ

t แทนค่าความหนา (thickness) ของแผ่นบางนั้น

A แทนค่าพื้นที่หน้าตัดของแผ่นบางของวัสดุนั้น

$$[C] = \frac{E}{1-\nu^2}\begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2} \end{bmatrix} \qquad (6)$$

สมการไฟไนต์เอลิเมนต์ของเอลิเมนต์ทรงตัน (Hutton, 2004) ได้กล่าวไว้ว่าวัตถุทรงตันรูปร่างใดๆใน 3 มิติ คือ x-y-z โคออร์ดิเนต บนผิวบางส่วนของวัสดุนี้อาจถูกจับยึดตรึงแน่น (Fixed) ในขณะที่ผิวบางส่วนอาจถูกแรงภายนอกมากระทำ หรือผิวบางส่วนอาจปล่อยอิสระไว้ (Free Boundary) โดเมนของวัตถุทรงตัน (Hansen, 2008) ได้กล่าวไว้ว่า สามารถแบ่งออกเป็นเอลิเมนต์แบบ 3 มิติทรงสี่หน้า (Tetrahedral Element) ย่อยๆ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นเอลิเมนต์แบบ 3 มิติทรงสี่หน้าที่มีขนาดเล็กเป็นจำนวนมากได้ (ปราโมทย์ เดชะอำไพ, 2552) ได้กล่าวไว้ว่า ค่าของความเค้นย่อยต่างๆมีความสัมพันธ์กับค่าของความเครียดย่อยดังนี้

$$\underset{(6\times1)}{\{\sigma\}} = \underset{(6\times6)}{[C]}\ \underset{(6\times1)}{\{\varepsilon\}} \qquad (7)$$

เวกเตอร์ในสมการประกอบด้วย

$$\{\sigma\} = \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{xz} \end{Bmatrix}; \{\varepsilon\} = \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{xz} \end{Bmatrix} \qquad (8)$$

โดยที่ $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$ แทนค่าความเครียดในแนวแกน x, y, z ตามลำดับ

$\gamma_{xy}, \gamma_{yz}, \gamma_{xz}$ แทนค่าความเครียดเฉือน

เมทริกซ์ [C] แทนเมทริกซ์ความยืดหยุ่นของวัสดุ

ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

$$[C] = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)}\begin{bmatrix} 1-\nu & \nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ \nu & 1-\nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ \nu & \nu & 1-\nu & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & (1-2\nu)/2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & (1-2\nu)/2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & (1-2\nu)/2 \end{bmatrix} \quad (9)$$

โดยที่ E แทนค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น

v แทนค่าอัตราส่วนของปัวส์ซอง

เกี่ยวกับการออกแบบและการดำเนินการทดลอง (Design of Experiment) และการวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดลองเพื่อที่จะหาข้อสรุปที่มีเหตุผล การทดลองทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ ฟิสิกส์ และเคมี สำหรับทางด้านวิศวกรรมศาสตร์นั้นการทดลองจะมีบทบาทที่สำคัญในการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ การพัฒนากระบวนการผลิต และการปรับปรุงกระบวนการผลิตวัตถุประสงค์หลักก็เพื่อที่จะพัฒนากระบวนการที่มีความเข้มแข็ง (Robust process) ซึ่งความแปรผันภายนอกจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการได้น้อยมาก ประไพรศรี สุทัศน์ (2551) ให้นิยามเกี่ยวกับทฤษฎีพื้นฐานสถิติไว้ว่า สถิติเป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการเก็บข้อมูล (Data Collection) การนำเสนอ (Data Presentation) และการวิเคราะห์ผลข้อมูล (Data Analysis) อย่างเป็นระบบ โดยทั่วไปทฤษฎีทางสถิติจะนิยมใช้เป็นเครื่องมือช่วยอธิบายลักษณะต่างๆ อาทิเช่น การประมาณลักษณะที่แท้จริง หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าพารามิเตอร์ (Parameter) ของระบบที่ผู้วิจัยสนใจ โดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลักได้แก่ กลุ่มที่ 1 ค่าแนวโน้มสู่ศูนย์กลางของข้อมูล (Central Tendency) กลุ่มที่ 2 ค่าการกระจาย (Dispersion)

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการดำเนินการวิจัย

1. คุณสมบัติวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้เป็นดินส่งกระสุนซึ่งเป็นสารกึ่งเหลวและวัตถุที่ไวไฟสามารถระเบิดได้

2. อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

- เทคนิควิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering : VE)

- เทคนิคระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method : FEM)

- เทคนิคการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment : DOE)

3. การศึกษาโครงการ

การศึกษาโครงการที่ต้องการพัฒนา จำเป็นสำหรับการใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าเพื่อออกแบบ ซึ่งโครงการที่ต้องการพัฒนาคือการออกแบบและสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุน เพื่อลดต้นทุนสำหรับการวิจัยและพัฒนาเม็ดดินส่งกระสุน สำหรับการวิจัยแบบเดิมจะต้องใช้วัตถุดิบในปริมาณที่มากถึง 60 กิโลกรัมต่อครั้งในการอัดขึ้นรูป ทำให้สิ้นเปลืองงบประมาณการวิจัยในแต่ละครั้ง จึงศึกษาโครงการเพื่อหาวิธีการลดปริมาณการใช้วัตถุดิบสำหรับการวิจัยในแต่ละครั้งให้น้อยลง

4. การสำรวจและรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลหลักที่จำเป็นสำหรับใช้ในการศึกษา แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

4.1 ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ซึ่งทำการวิเคราะห์โดยเทคนิควิศวกรรมคุณค่าคือ เครื่องอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุน

4.2 รายละเอียดชิ้นส่วนประกอบ ซึ่งระบุวัสดุที่ใช้ทำชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

4.3 รายละเอียดข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ได้ตั้งข้อกำหนดไว้ 3 ข้อ ดังนี้

- ปริมาณดินส่งกระสุนในการอัดแต่ครั้งจำนวน 1 กิโลกรัม
- ความหนาแน่นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน
- สามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย

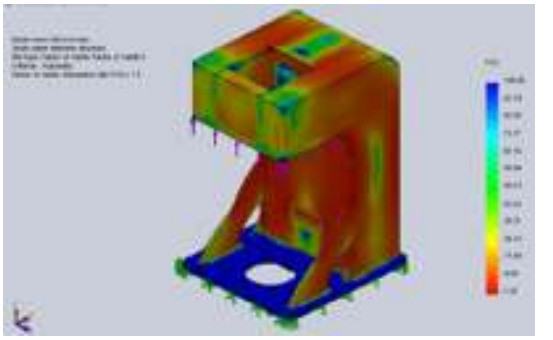
5. การวิเคราะห์หน้าที่ของชิ้นส่วนประกอบ

ทำการวิเคราะห์หาหน้าที่พื้นฐานของชิ้นส่วนประกอบแต่ละชิ้น แล้วจึงพิจารณาการให้คะแนนระดับความสำคัญของหน้าที่ของแต่ละชิ้นส่วนประกอบ ดังตารางที่ 1 จากนั้นจึงนำหน้าที่พื้นฐานของชิ้นส่วนต้นแบบมาจากตารางที่ 1 ทั้งหมดมาแทนด้วยอักษร A,B,C... โดยไม่ได้แสดงถึงลำดับความสำคัญของหน้าที่ของชิ้นส่วน แล้วทำการเปรียบเทียบหน้าที่พื้นฐานแต่ละคู่ และให้คะแนนระดับความสำคัญ เพื่อหาหน้าที่หลักของเครื่องต้นแบบ ดังตารางที่ 2

6. การวิเคราะห์ความแข็งแรงของชิ้นส่วนที่สำคัญ

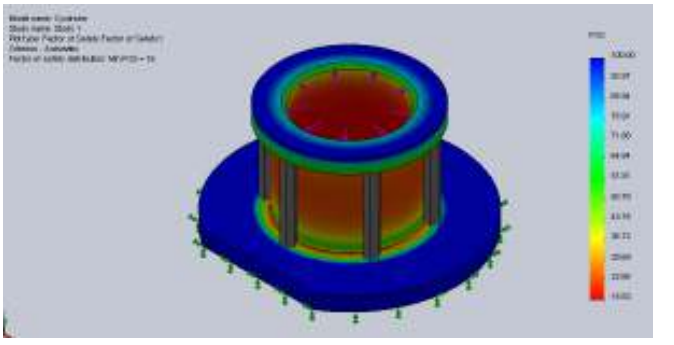
ชิ้นส่วนที่สำคัญซึ่งจำเป็นที่จะต้องทำการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ได้แก่ โครงสร้างครื่องและกระบอกบรรจุดิน เป็นต้น

6.1 โครงสร้างเครื่อง ทำจาก Stainless Steel ประกอบเข้ากันด้วยกระบวนการเชื่อม ซึ่งจำเป็นที่จะต้องทำการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้าง โดยการจำลองแรงที่กระทำด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อแสดงจุดที่ค่าความปลอดภัยต่ำสุด (Safety Factor) ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงการวิเคราะห์โครงสร้างหาค่าความปลอดภัย (Safety Factor)

6.2 กระบอกบรรจุดิน ทำจากทองเหลือง (Brass) จำเป็นที่จะต้องทำการวิเคราะห์ความแข็งแรงของกระบอกบรรจุดินส่งกระสุนเช่นเดียวกัน เพื่อแสดงจุดที่ค่าความปลอดภัยต่ำสุด (Safety Factor) ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงการวิเคราะห์กระบอกบรรจุดินหาค่าความปลอดภัย (Safety Factor)

เมื่อทำการออกแบบและวิเคราะห์ความแข็งแรงของชิ้นส่วนที่สำคัญเรียบร้อยแล้ว จึงดำเนินการสร้างและทดสอบฟังก์ชั่นการทำงานต่างๆของเครื่อง โดยเฉพาะด้านความปลอดภัย เมื่อใช้งานจะต้องไม่มีการเกิดประกายไฟ งานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุนแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ซึ่งแต่ละกลุ่มมีขนาดรูอากาศที่แตกต่างกัน คือ 1) T_A มีขนาดรูอากาศเท่ากับ 0.25มม. และ 2) T_B มีขนาดรูอากาศเท่ากับ 0.50 มม. เมื่อทำการออกแบบและวิเคราะห์ความแข็งแรงของชิ้นส่วนที่สำคัญเรียบร้อยแล้ว จึงดำเนินการสร้างและทดสอบฟังก์ชั่นการทำงานต่างๆของเครื่อง โดยเฉพาะด้านความปลอดภัย เมื่อใช้งานจะต้องไม่มีการเกิดประกายไฟ งานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุนแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ซึ่งแต่ละกลุ่มมีขนาดรูอากาศที่แตกต่างกัน คือ 1) T_A มีขนาดรูอากาศเท่ากับ 0.25มม. และ 2) T_B มีขนาดรูอากาศเท่ากับ 0.50 มม.

7. การทดสอบคุณสมบัติทางฟิสิกส์ประกอบด้วยการทดสอบดังนี้

7.1 การตรวจวิเคราะห์ขนาดเม็ดดินส่งกระสุน (Grain Dimension Test) โดยใช้อุปกรณ์ในการทดสอบ คือ กล้อง Microscope ที่มีกำลังขยาย 500 เท่า พร้อมสเกลวัดขนาดของเม็ดดินส่งกระสุน

7.2 การทดสอบวัดความหนาแน่นของดินส่งกระสุน (Absolute Density Test) โดยใช้อุปกรณ์ในการทดสอบวิเคราะห์หาค่ามวล Bulk Density คือ เครื่องชั่ง กรวยเทดิน

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์หน้าที่ชิ้นส่วนของเครื่องอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุนแบบเดิม

การวิเคราะห์หน้าที่ชิ้นส่วนของเครื่องอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุนแบบเดิมได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์หน้าที่ชิ้นส่วนเครื่องอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุนแบบเดิม

KMUTNB	วันที่: 01/02/09			หน้า: 01/01
โครงการ : สร้างเครื่องอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุนใช้ในงานวิจัย	ข้อกำหนด 1.ปริมาณดินส่งกระสุนลงในการอัดแต่ครั้ง 1 กิโลกรัม 2.สามารถอัดได้ความหนาแน่นเท่ากับมาตรฐาน 3.สามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย			ทีมงานVE :สุพจน์
ชิ้นส่วน	หน้าที่	ประเภทของหน้าที่		หมายเหตุ
		พื้นฐาน	เสริม	
1. ชุดนัตล็อคตำแหน่งแกนไฮดรอลิกส์	A.กำหนดระยะเคลื่อนที่	/		
	B. ปรับระยะการเคลื่อนที่		/	
	C. บอกตำแหน่ง		/	
2. ชุดไฮดรอลิกส์สำหรับอัดเส้นดิน	A. รับความดันน้ำมันไฮดรอลิกส์		/	
	B. เปลี่ยนความดันเป็นแรงกด		/	
	C. อัดเพิ่มความหนาแน่นดิน	/		
	D. ยึดชิ้นส่วน		/	
3. หัวอัดดิน	A. รับแรงจากชุดไฮดรอลิกส์		/	
	B. กระจายแรงกด	/		
	C. อัดเพิ่มความหนาแน่น		/	
4. กระบอกบรรจุดิน	A. เก็บบรรจุดิน	/		
	B. รับแรงจากการอัด		/	
	C. ยึดชิ้นส่วนอื่น		/	
5. โครงเครื่องอัดเส้นดิน	A. เสริมความแข็งแรง		/	
	B. ยึดชิ้นส่วนอื่นๆ		/	
	C. รับแรงต้นในการอัด	/		
6. ชุดกระบอกไฮดรอลิกส์สำหรับยกแม่พิมพ์	A. ยึดตัวยกแม่พิมพ์		/	
	B. ยกแม่พิมพ์	/		
	C. ดึงให้ฐานแม่พิมพ์ติดกับกระบอกบรรจุดิน		/	
	D. ต้านแรงกด		/	

ตารางที่ 1 (ต่อ) การวิเคราะห์หน้าที่ชิ้นส่วนเครื่องอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุนแบบเดิม

KMUTNB	วันที่: 01/02/09			หน้า: 01/01
โครงการ : สร้างเครื่องอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุนใช้ในงานวิจัย	ข้อกำหนด 1.ปริมาณดินส่งกระสุนลงในการอัดแต่ครั้ง 1 กิโลกรัม 2.สามารถอัดได้ความหนาแน่นเท่ากับมาตรฐาน 3.สามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย			ทีมงานVE :สุพจน์
ชิ้นส่วน	หน้าที่	ประเภทของหน้าที่		หมายเหตุ
		พื้นฐาน	เสริม	
7. ฐานยกแม่พิมพ์	A. ยกแม่พิมพ์		/	
	B. ยึดฐานแม่พิมพ์	/		
	C. ประครองแม่พิมพ์		/	
8. ฐานแม่พิมพ์	A. ยึดหัวแม่พิมพ์	/		
	B. ช่องทางการไหลดิน		/	
	C.ต้านแรงกด		/	
9. ตัวยึดหัวแม่พิมพ์	A. ยึดหัวแม่พิมพ์	/		
	B. ต้านแรงกด		/	
	C. เปลี่ยนแม่พิมพ์		/	
10. แม่พิมพ์	A. เพิ่มความหนาแน่น		/	
	B. ต้านแรงอัดจากดิน		/	
	C. เปลี่ยนรูปทรง	/		

ผลการวิเคราะห์หาหน้าที่หลัก หน้าที่รอง (เครื่องอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุน) ดังแสดงในตารางที่ 2

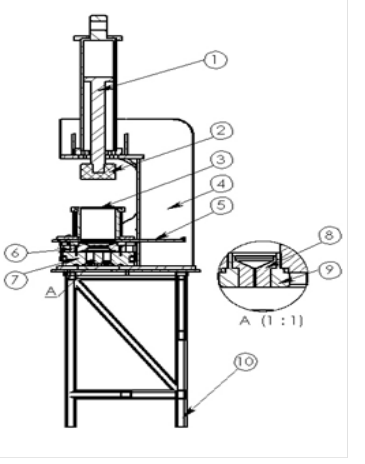
ตารางที่ 2 การวิเคราะห์หาหน้าที่หลัก หน้าที่รอง (เครื่องอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุน)

ผลิตภัณฑ์เครื่องอัดขึ้นรูปเม็ดดิน	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A กำหนดระยะเคลื่อนที่	-	3B	A/C	2A	2A	2A	A/G	A/H	4I
B อัดเพิ่มความหนาแน่นดิน	-	-	2B	B/D	3B	3B	3B	3B	B/I
C กระจายแรงกด	-	-	-	C/D	3C	3C	3C	3C	4I
D เก็บบรรจุดิน	-	-	-	-	3D	3D	3D	3D	4I
E รับแรงต้านในการอัด	-	-	-	-	-	3E	E/G	2E	4I
F ยกแม่พิมพ์	-	-	-	-	-	-	F/G	F/H	4I
G ยึดหัวแม่พิมพ์	-	-	-	-	-	-	-	G/H	4I
H ยึดฐานแม่พิมพ์	-	-	-	-	-	-	-	-	4I
I เปลี่ยนรูปทรง	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รวม	7	19	16	14	6	2	4	3	29

ซึ่งจากการประเมินผลการให้คะแนนระดับความสำคัญแต่ละหน้าที่พื้นฐานของชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์เครื่องอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุน สามารถสรุปหน้าที่หลักและหน้าที่รองตามลำดับคะแนนที่ได้ดังหน้าที่หลักของเครื่องอัดขึ้นรูปเม็ดดินคือ อันดับที่ 1 และหน้าที่รองก็เป็นอันดับที่ 2 เป็นต้นไป

1) เปลี่ยนรูปทรง
2) อัดเพิ่มความหนาแน่นดิน
3) กระจายแรงกด
4) เก็บบรรจุดิน
5) กำหนดระยะเคลื่อนที่
6) รับแรงต้านในการอัด
7) ยึดหัวแม่พิมพ์
8) ยึดฐานแม่พิมพ์
9) ยกแม่พิมพ์

2. ผลการออกแบบเครื่องอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุน



ภาพที่ 3 เครื่องอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุนที่ออกแบบใหม่

จากภาพที่ 3 แสดงเครื่องอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุนที่ออกแบบใหม่และชื่อชิ้นส่วนดังต่อไปนี้

1) ชุดไฮดรอลิกส์สำหรับอัดดินส่งกระสุน
2) หัวอัดดินส่งกระสุน
3) กระบอกบรรจุดินส่งกระสุน
4) โครงเครื่อง
5) แผ่นกันจังหวะอัดดินส่งกระสุน
6) รางสไลด์แผ่นกันจังหวดินส่งกระสุน
7) ฐานแม่พิมพ์
8) แม่พิมพ์
9) ตัวล็อกแม่พิมพ์
10) ขาโต๊ะ

จากผลการวิเคราะห์หาหน้าที่หลักและหน้าที่รองของผลิตภัณฑ์เครื่องอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุนทั้งหมดนี้จะถูกนำไปใช้ประกอบการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ โดยนำผลการวิเคราะห์มาเป็นประเด็นหลักในการออกแบบชิ้นส่วนต่างๆและพัฒนาเครื่องอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุน

การที่จะยอมรับประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องที่สร้างใหม่นั้น นอกจากมีการทดสอบฟังก์ชั่นการทำงานของเครื่องแล้ว ที่สำคัญยิ่งคือ ต้องมีการทดสอบคุณภาพเม็ดดินส่งกระสุนด้วยการทดสอบ 2 แบบคือ การทดสอบคุณสมบัติทางเคมี ฟิสิกส์ โดยนำข้อมูลผลการทดสอบทางเคมี ฟิสิกส์ มาวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นในทางสถิติโดยใช้ T-Test ตั้งข้อสมมุติฐานหลัก $H_0 : \mu_0 = \mu_1$ และสมมุติฐานรอง $H_1 : \mu_0 < \mu_1$ ถ้าผลการทดสอบอยู่ในเกณฑ์เท่ากับหรือมากกว่า ก็สามารถสรุปได้ว่า เครื่องที่สร้างขึ้นมานั้นสามารถใช้งานได้จริง และมีประสิทธิภาพที่สำคัญต้องไม่เกิดการระเบิดในขณะใช้งาน การทดสอบเพื่อยอมรับคุณภาพของเม็ดดินส่งกระสุน

μ_0 : ค่าของเครื่องสร้างขึ้นที่อัดได้

μ_1 : ค่ามาตรฐาน

3. ผลการตรวจสอบทางฟิสิกส์

ผลการตรวจสอบทางฟิสิกส์ โดยการวัดความหนาแน่นของดินส่งกระสุน (Absolute Density Test) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางผลการตรวจสอบค่าความหนาแน่น Absolute Density

ผลการตรวจสอบค่าความหนาแน่น Absolute Density															
ชุดที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Pin Small	1.57	1.54	1.57	1.57	1.60	1.60	1.56	1.60	1.59	1.62	1.63	1.58	1.62	1.56	1.56
Pin Big	1.58	1.59	1.60	1.59	1.60	1.57	1.56	1.58	1.63	1.60	1.57	1.59	1.57	1.62	1.59

เมื่อได้ผลการตรวจสอบทางฟิสิกส์ มาแล้วเริ่มจากตั้งสมมุติฐานที่ว่า เครื่องอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุนที่สร้างขึ้นสามารถอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุน 37 มม. ได้ต่ำกว่ามาตรฐานหรือไม่และค่ามาตรฐานของความหนาแน่น $\mu_1 = 1.58 \pm 0.2$ โดยตั้งสมมุติฐานหลัก $H_0 : \mu_0 = \mu_1$ และสมมุติฐานรอง $H_1 : \mu_0 < \mu_1$ ดังนี้

$H_0 : \mu_0 = \mu_1$ ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของเม็ดดินส่งกระสุนที่ใช้กับปืนต่อสู้อากาศยาน 37 มม. (เรือ) ที่เครื่องอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุนที่สร้างขึ้นอัดได้เท่ากับมาตรฐาน

$H_1 : \mu_0 < \mu_1$ ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของเม็ดดินส่งกระสุนที่ใช้กับปืนต่อสู้อากาศยาน 37 มม. (เรือ) ที่เครื่องอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุนที่สร้างขึ้นอัดได้ต่ำกว่ามาตรฐาน

$$T_0 = \frac{\bar{x} - \mu_0}{S/\sqrt{n}} \qquad (11)$$

$$T_A = \frac{\bar{x} - \mu_0}{S/\sqrt{n}}$$

$$T_A = \frac{1.58791 - 1.58}{0.01797/\sqrt{15}}$$

$$T_A = 1.7048$$

Degree of freedom (γ)

$$\gamma = 15 - 1$$

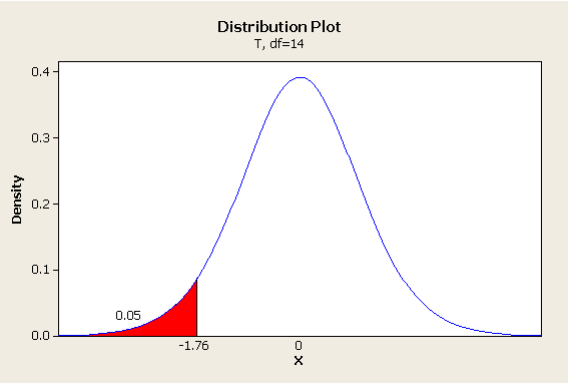
$$T_B = \frac{\bar{x} - \mu_0}{S/\sqrt{n}}$$

$$T_B = \frac{1.58391 - 1.58}{0.02519/\sqrt{15}}$$

$$T_B = 0.6012$$

Degree of freedom (γ)

$$\gamma = 15 - 1$$



ภาพที่ 4 แสดงค่าวิกฤตของการแจกแจงที (t)

อภิปรายผล

จากผลการออกแบบและสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุน สามารถประเมินคุณภาพของเครื่องอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุน โดยผู้เชี่ยวชาญด้านวัตถุระเบิดและเม็ดดินส่งกระสุนของโรงงานวัตถุระเบิดทหาร ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร ผลจากการทำการทดลองเครื่องอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุน พบว่าเครื่องสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดีและมีความปลอดภัยในขณะที่มีการใช้งาน เนื่องจากวัสดุที่ใช้ในการสร้างชิ้นส่วนที่มีการเสียดสี เป็นวัสดุที่ไม่ก่อให้เกิดประกายไฟ และผลของเม็ดดินส่งกระสุนมีความหนาแน่นอยู่ระดับดี เมื่อนำผลจากการทดลองมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน พบว่าเม็ดดินส่งกระสุนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

จากผลการวิเคราะห์ของผู้เชี่ยวชาญ พบว่าเครื่องมีขนาดเล็กกว่า เมื่อนำไปเทียบกับเครื่องแบบเดิมซึ่งมีขนาดใหญ่มาก และเครื่องที่ได้มีการสร้างขึ้นมาใหม่นั้นมีความเหมาะสมสำหรับการใช้ทดลองเพื่อการวิจัยและพัฒนาคุณภาพเม็ดดินส่งกระสุน และการวิจัยในแต่ละครั้งได้มีการใช้ปริมาณดินส่งกระสุนเพียงครั้งละ 1 กิโลกรัมเท่านั้น ทำให้ไม่สิ้นเปลืองวัตถุดิบ ส่วนแบบเดิมจะต้องใช้ปริมาณดินส่งกระสุนครั้งละ 60 กิโลกรัม ซึ่งทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการวิจัยสูง



สรุปผล

ผลจากการใช้ VE ในการวิเคราะห์การออกแบบเครื่องต้นแบบ และการวิเคราะห์ชิ้นส่วนที่สำคัญด้วย FEM สำหรับการพัฒนาและสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุนที่ใช้กับปืนต่อสู้อากาศยาน 37 มม. และผลการทดสอบการอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุน พบว่าความหนาแน่นของเม็ดดินส่งกระสุนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานระหว่าง 1.58$\pm$0.2 กรัม/เดซิเมตร ผลมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ T-Test แสดงในภาพที่ 4 พบว่าผลของความหนาแน่นที่ทำการวิเคราะห์อยู่ทางขวา ซึ่งสามารถยอมรับสมมุติฐานหลัก $H_0 : \mu_0 = \mu_1$ จึงสามารถสรุปได้ว่างานวิจัยนี้ให้ผลการทดลองเป็นที่น่าพอใจ สามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย ไม่เกิดการระเบิดในขณะใช้งาน สามารถผลิตและพัฒนาคุณภาพเม็ดดินส่งกระสุนตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยจริง ดังนั้นการใช้หลักการและทฤษฎีดังกล่าวสามารถใช้ในการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมได้อย่างเหมาะสม

ข้อเสนอแนะ

ในการอัดขึ้นรูปเม็ดดินส่งกระสุนควรเป็นระบบอัตโนมัติ เนื่องจากในการอัดบล็อกจะต้องกดค้างไว้เพื่อเพิ่มความหนาแน่นพร้อมทั้งไล่อากาศออกจากดินส่งกระสุน ในส่วนของชุดสไลด์เพื่อรีดดินส่งกระสุนให้เป็นเส้นจำเป็นต้องใช้ระบบอัตโนมัติเพื่อลดเวลา เนื่องจากดินเกิดการแข็งตัวอย่างรวดเร็ว ซึ่งการใช้มือสไลด์นั้นมีระยะเวลาในการปฏิบัติงานมากกว่าการใช้ระบบอัตโนมัติ

รายการอ้างอิง

จุฬาลักษณ์ ค้าไม้. (2552). **เอกสารประกอบการสอนระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในงานวิศวกรรม.** กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ปราโมทย์ เดชะอำไพ. (2552). **การประยุกต์ไฟไนต์เอลิเมนต์ ด้วย Solid Works Simulation.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ ส.ส.ท..

ประไพรศรี สุทัศน์. (2551). **การออกแบบการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ท๊อป จำกัด.

ปารเมศ ชุติมา. (2545). **การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เลิศชัย ระตะนะอาพร. (2550). **การบริหารวิศวกรรมคุณค่า.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อัมพิกา ไกรฤทธิ์. (2544). **วิศวกรรมคุณค่า Value Engineering เทคนิคการลดต้นทุนอย่างมีระบบ.** พิมพ์ครั้งที่ 6 กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Dechaumphai, P. (2010). **Finite Element Method : Fundamentals and Applications, Alpha Science International.** London.

Hansen, S. (2008). **Learning and Applying Solid Works 2008-2009 Step by Step, Industrial Press, Inc.** New York.

Huebner, K. H., Thornton, E. A. and Byrom, T. G. (1995). **The Finite Element Method for Engineers.** Third Edition, John Wiley & Sons

Hutton, D. V. (2004). **Fundamentals of Finite Element Analysis.** McGraw-Hill International