การพัฒนาเครื่องดับเพลิงแบบมือถือชนิดละอองน้ำแรงดันต่ำ

Development of Portable Fire Extinguisher using Low Pressure Water Spray

กันตพัฒน์ ภัทรเศรษฐวัฒน์[1*] และ สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ[2]

Kantapat Pattrasethawat[1*] and Supat Patvichaichod [2]

ABSTRACT

The portable fire extinguishers in present are expensive and use chemical major of extinguishing agent as more effect to environment in future. Assent to portable fire extinguisher by low pressure water spray use the water as low price and less impact to environment. This suitable for study and develop them under NFPA 750 (NFPA, 2015) condition exposed to pressures of 175 psi or less and consistent on NFPA 10 (NFPA, 2013) meaning portable device carried and operated by hand. The testing performances apply CEN European System Class A (The American University in Cairo, 2014) rating 5A assembly by wooden curds length 50 cm overlap to 16 levels. The flammable is Benzene burning wooden curds in 2 min and continuous in 6 min before start extinguishing. After the fire extinguishing, we waiting 3 min for make sure not fire back again. We did to repeat testing 3 times and result completes extinguishing all time.

Keywords: Portable fire extinguisher, Water Mist, Low Pressure

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเครื่องดับเพลิงมีราคาสูงและส่วนมากใช้สารเคมีเป็นหลัก ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรุนแรงในอนาคต จึงเห็นว่าเครื่องดับเพลิงชนิดละอองน้ำแรงดันต่ำ ซึ่งใช้น้ำเป็นสารดับเพลิงที่มีราคาถูกที่สุด มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด เหมาะสมที่นำมาศึกษาและพัฒนา โดยคงหลักการตามมาตรฐาน NFPA 750 (NFPA, 2015) กำหนดว่าระบบความดันต่ำทำงาน ณ ความดัน 175 psi หรือใช้ความดันน้อยกว่า และตามมาตรฐาน NFPA 10 (NFPA, 2013) สำหรับเครื่องดับเพลิงเป็นอุปกรณ์พกพาที่สามารถทำงานได้ด้วยมือ การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องตามมาตรฐาน CEN European System Class A (The American University in Cairo, 2014) โดยการดับเพลิง เกณฑ์ 5A ประกอบด้วย แผงไม้ยาว 50 ซ.ม. วางเรียงกันจำนวน 16 ชั้น ใช้น้ำมันเบนซิน (Benzene) สารติดไฟง่ายเผาใต้แผงไม้เป็นเวลา 2 นาที และให้ติดไฟต่ออีก 6 นาที จึงเริ่มใช้เครื่องเพลิงดับไฟ หลังจากไฟดับต้องไม่ปะทุเป็นเวลาอย่างน้อย 3 นาที ทำการทดสอบจำนวน 3 ครั้ง เครื่องดับเพลิงที่พัฒนาขึ้นสามารถดับไฟได้ทุกครั้ง

คำสำคัญ: เครื่องดับเพลิงแบบมือถือ หมอกน้ำ ความดันต่ำ

[1*]สาขาวิชาวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน จ.กรุงเทพ 10900

Fire Protection Engineering, Faculty of Engineering Program, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

[2] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีรราชา จ.ชลบุรี 20230

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University Sriracha Campus, Chonburi 20230, Thailand.

[*]Corresponding author: Tel. 081-830-9315, E-mail address: kyenying@gmail.com

คำนำ

การป้องกันอัคคีภัย ภายในอาคารขนาดเล็กหรืออาคารขนาดใหญ่ มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีเครื่องดับเพลิงแบบมือถือ ในการระงับเหตุเพลิงไหม้เบื้องต้น เครื่องดับเพลิงแบบมือถือตามมาตรฐาน NFPA 10 (NFPA, 2013) นำสารทำงานมาใช้ในการดับเพลิง เช่น ผงเคมีแห้ง (Dry Chemical) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide) โฟม (Foam) น้ำยาเหลวระเหยฮาโลตรอน (Halocarbon Clean Agent) และน้ำสะสมแรงดัน (Stored-Pressure) เป็นต้น ซึ่งสารแต่ละชนิดมีคุณสมบัติในการดับเพลิงที่แตกต่างกันโดยขึ้นกับอุณหภูมิและชนิดของสาร ดัง Figure 1 (Ragnar and Petter, 1995) การดับเพลิงชนิดหมอกน้ำ มีข้อดีคือช่วยลดอุณหภูมิและสารทำงานยังคงอยู่ในสถานะของเหลวไม่กลายเป็นไอ น้ำที่ใช้เป็นสารดับเพลิงบนเครื่องดับเพลิงที่สร้างขึ้นนี้ใช้อุณหภูมิปกติ และความดันทำงานที่ 100 psi ถึง 150 psi หากเปรียบเทียบกับ ผงเคมีแห้ง (Dry Chemical) สารทำงานจะฟุ้งเป็นฝุ่นละอองกระจาย ทำให้เกิดความสกปรก และเสียหายต่อทรัพย์สิน อีกทั้งยังมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide) เป็นสารประกอบซึ่งมีอุณหภูมิต่ำจนอาจเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ที่ขาดความชำนาญ นอกจากนี้ สารระเหยที่มีอยู่ในผงเคมีแห้ง (Halocarbon Clean Agent) ที่ใช้ในการดับเพลิงเพื่อตัดอากาศ มีผลกระทบด้านสุขภาพต่อผู้ใช้งานและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นน้ำจึงเป็นสารทำงานในการดับเพลิงที่มีผู้นำมาใช้มากที่สุดในระบบป้องกันอัคคีภัย และไม่กระทบต่อสุขภาพและไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาและพัฒนาเครื่องดับเพลิงแบบหมอกน้ำโดยแรงดันต่ำ (Water mist by Low pressure) นำแรงอัดก๊าซซึ่งมีประสิทธิภาพ มาสร้างแรงอัดของเหลวในระบบให้เกิดเป็นละอองน้ำในการดับเพลิง ในย่านความดันต่ำตามมาตรฐาน NFPA 750 (NFPA, 2015) ที่ความดันน้อยกว่า 175 psi หรือ 12.5 Bar โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดข้อด้อยของถังดับเพลิงระบบละอองน้ำแรงดันต่ำที่มีจำหน่าย

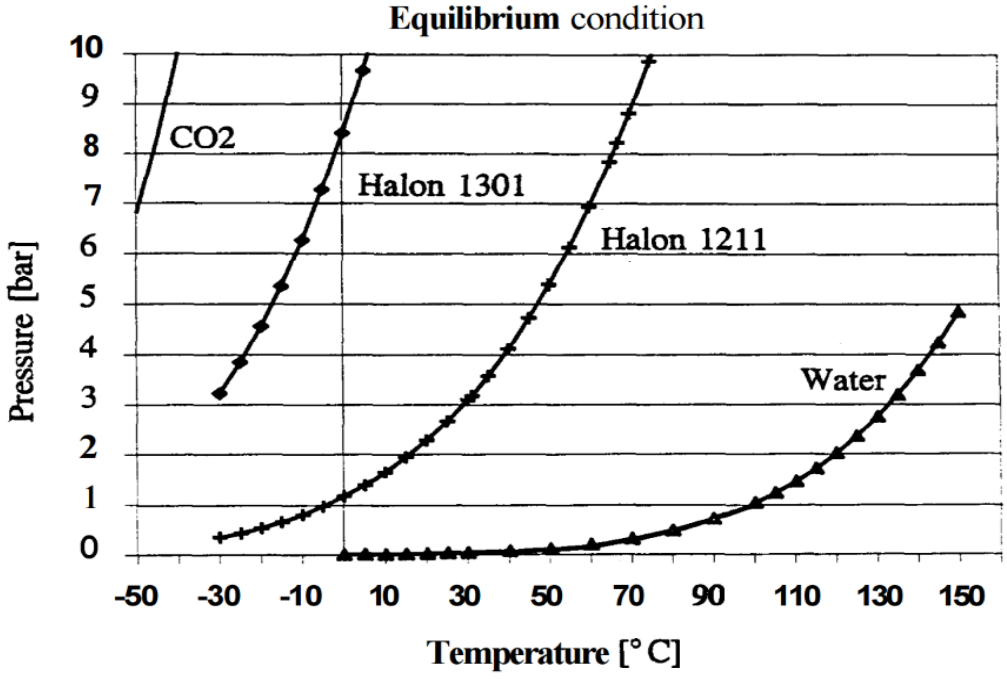

Figure 1 Equilibrium condition between extinguishing agent different type

ที่มา: Ragnar and Petter, 1995

อุปกรณ์และวิธีการ

การบรรจุความดันและหลักการทำงานของเครื่องดับเพลิง เพื่อออกแบบและค้นหาอุปกรณ์สร้างเครื่องดับเพลิงแบบมือถือชนิดละอองน้ำแรงดันต่ำ ดัง Figure 2 ซึ่งการทำงานของเครื่องดับเพลิง เริ่มจากถังก๊าซส่งความดันให้กับถังบรรจุน้ำ โดยมีการลดทอนแรงดันจากอุปกรณ์ Regulator จากความดัน 1,500 psi ลดเหลือ 150 psi ด้วยเหตุนี้ ถังบรรจุน้ำจะต้องไม่มีการรั่วหรือช่องเปิดนอกจากหัวฉีดน้ำเท่านั้นในขณะทำงาน เมื่อเปิดหัวฉีดละอองน้ำ ถังก๊าซก็จะสูญเสียความดันให้กับถังน้ำอย่างต่อเนื่องตามปริมาณถังที่ความดัน 150 psi และทำให้ความดันของละอองน้ำที่ถูกฉีดออกในความดัน 150 psi เช่นกัน

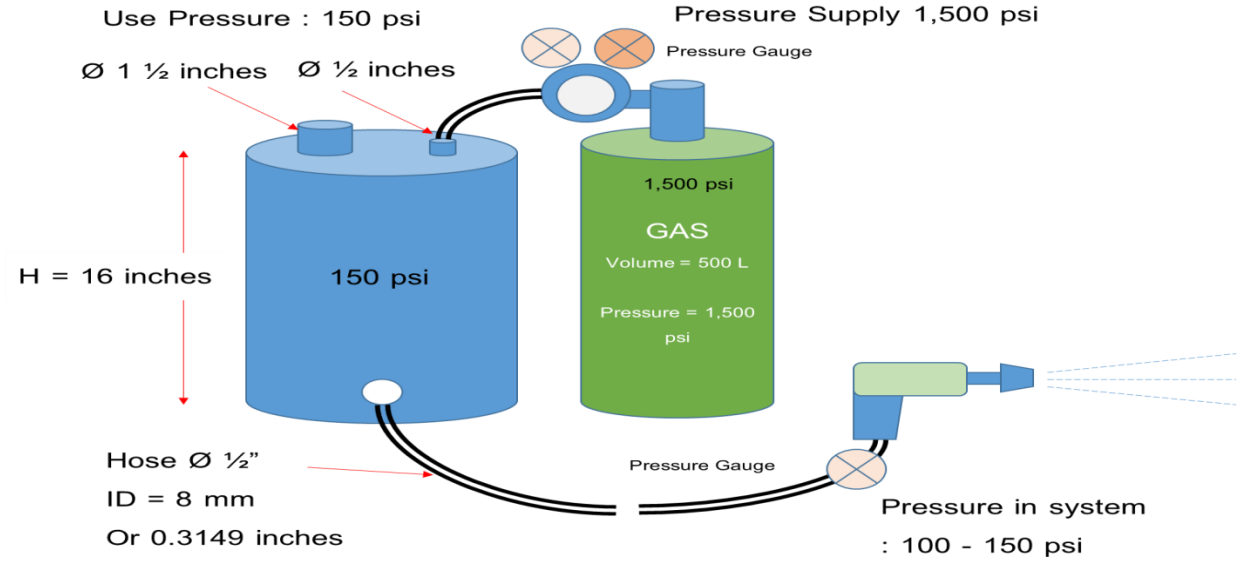

Figure 2 Conceptual design of portable fire extinguishers.

เนื่องจากเครื่องดับเพลิงใช้น้ำ เป็นสารทำงาน ถังบรรจุน้ำต้องไม่เกิดสนิมเหล็ก เพราะสนิมและสิ่งสกปรก จะอุดตันการฉีดขณะใช้งาน และต้องทนทานต่อแรงดันสูง จึงใช้โลหะสเตนเลส (Stainless steel) สร้างถังบรรจุน้ำ ดังใน Figure 3 และแสดงการเปรียบเทียบกับเครื่องที่จำหน่ายปัจจุบัน ดัง Table 1

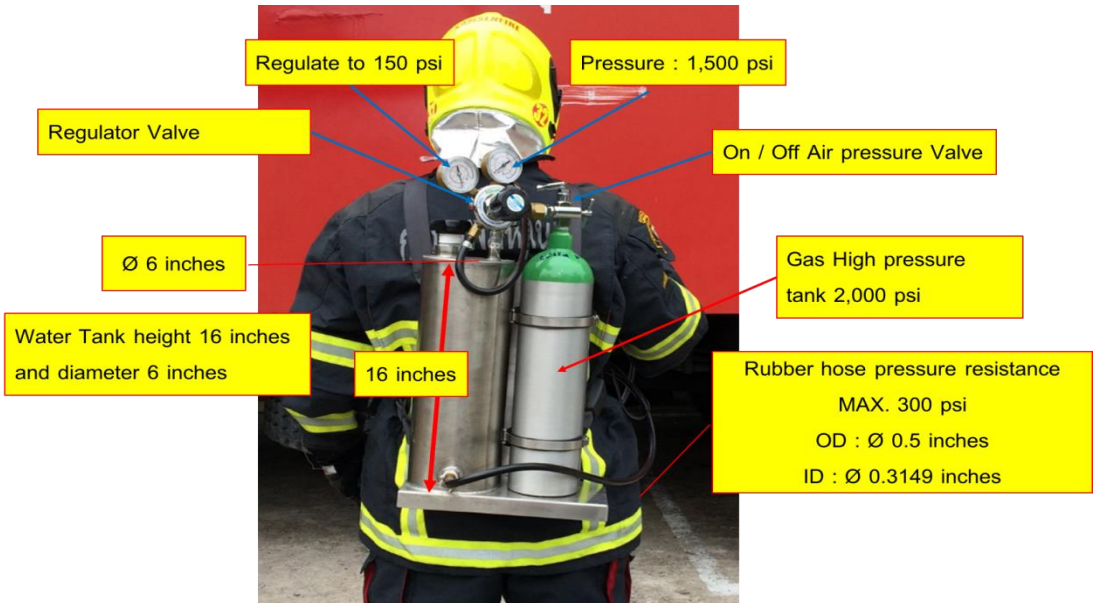

Figure 3 Complete unit of portable fire extinguishers.

Table 1 Benchmark between Market unit and Develop unit

ข้อเปรียบเทียบเครื่องดับเพลิง	เครื่องที่จำหน่ายในปัจจุบัน	เครื่องที่ศึกษาและพัฒนา
1. วัสดุโครงสร้าง	ถังโลหะสเตนเลส (SUS-304)	ถังโลหะสเตนเลส (SUS-304)
2. ลักษณะการใช้งาน	บรรจุก๊าซรวมอยู่ในถังพร้อมกันกับน้ำ ทำให้ปริมาณน้ำเสียให้กับก๊าซ และหัวฉีดปรับระยะและขนาดไม่ได้	บรรจุก๊าซแยกออกจากน้ำ ทำให้ถังน้ำบรรจุได้เต็ม และหัวฉีดสามารถปรับระยะการฉีดได้ตามต้องการ
3. ปริมาณน้ำ	6.9 ลิตร	7 ลิตร
4. ระยะเวลาในการฉีด	50 ถึง 55 วินาที	50 ถึง 60 วินาที
5. การบรรจุซ้ำ	ต้องส่งกลับโรงงานเพื่อบรรจุซ้ำ	สามารถบรรจุได้เอง ก๊าซสามารถบรรจุได้ตามร้านค้าก๊าซทั่วไป มีค่าใช้จ่ายน้อยกว่า
6. ระยะฉีด	4 ถึง 8 เมตร	3 ถึง 10 เมตร
7. การประยุกต์การใช้งาน	ใช้ได้กับน้ำชนิดเดียวเท่านั้น	สามารถเติมสารชนิดอื่นได้เช่น โฟม
8. ราคา	3,500 ถึง 10,500 บาท	7,500 บาท

รูปทรงของถังบรรจุน้ำสำคัญต่อความแข็งแรงในสภาวะความดันสูง และความหนาของโลหะเพิ่มน้ำหนักมากขึ้น ส่งผลต่อผู้ใช้งานเครื่องดับเพลิง เป็นภาระต่อการผจญเพลิงได้ยากขึ้น รูปทรงกระบอกช่วยให้ทนต่อแรงอัดและการขยายตัวของความดันสูงได้ดี ดัง Figure 4

Figure 4 The water storage in cylinder shape.

วัสดุหลักเป็นโลหะสเตนเลส (SUS-304) เป็นการเชื่อมโลหะและกลึงขึ้นรูปและทำเกลียวข้อต่อท่อเพื่อนำแรงดันจากอากาศอัดสู่ถังบรรจุน้ำ และอีกด้านเป็นสายยางท่อน้ำสำหรับหัวฉีด จากนั้นขึ้นโครงโลหะถังบรรจุน้ำ โดยการพับและเชื่อมโลหะ นำมาประกอบรวมกันจนได้ดัง Figure 4

การคำนวณความหนาถังน้ำทนความดัน

การทำถังน้ำทนแรงดัน ถังบรรจุน้ำเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญมาก เพราะต้องสามารถทนต่อความดันสูงของก๊าซที่ใช้ขับเคลื่อนน้ำที่ฉีดออกไปได้ ซึ่งความสามารถทนต่อความดันต้องไม่น้อยกว่า 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ต้องคำนวณหาความหนาต่ำสุดของวัสดุเพื่อสามารถรองรับแรงดันสูง Calculation sheet for minimum thickness)

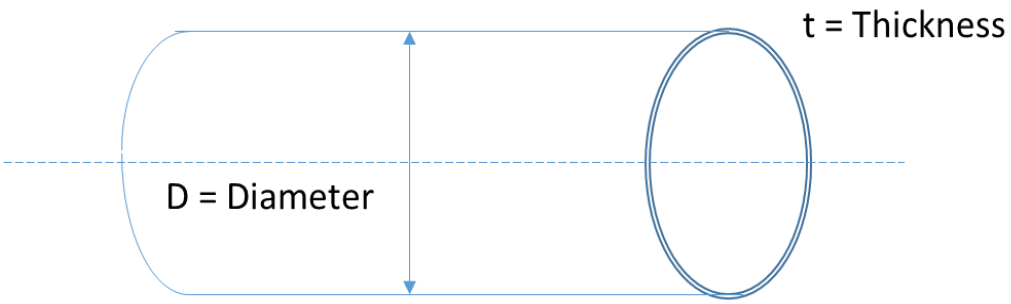

Figure 5 Diagram for calculation thinness of high pressure cylinder tank.

สมการการหาความเค้นในถังรูปทรงกระบอกกลวงผนังบาง ตาม Figure 5

$\sigma_H = PD / 2t$

พิจารณาความหนาที่ต้องการของตัวถัง (t) ความหนาของถังบรรจุน้ำ สเตนเลส

$t = PD / 2\sigma_H$

โดยที่ P = 300 psi หรือ 2.06843 N/mm^2 (ความดันภายในถัง)

D = 6 in หรือ 152.400 mm (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางถัง)

σ_H = 175 N/mm^2 (ค่าความเค้นพิสูจน์ของโลหะสเตนเลส)

t = (2.06843 X 152.400) / (2 X 175) N/mm^3 / N/mm^2

= 0.900 mm

ในการสร้างถังบรรจุน้ำทนแรงดันใช้สเตนเลสความหนาขนาด 3 mm เนื่องจากเชื่อมโลหะได้สะดวกยิ่งขึ้น

การทดสอบเครื่องดับเพลิงตามมาตรฐาน CEN European System Class A

มาตรฐานการทดสอบ อุปกรณ์ดับเพลิง สำหรับไฟ Class A (The American University in Cairo, 2014)

1. จัดเตรียมไม้ยางท่อน ขนาด 38 X 38 X 500 mm จำนวน 80 ท่อน (5 ท่อน X 16 ชั้น)

2. วางท่อนไม้ตามแบบ ดัง Figure 6 โดยให้มีความสูง 0.56 เมตร และกว้าง 0.5 เมตร ซึ่งความยาวของไม้ ความกว้าง และความสูง ปรับเปลี่ยนตาม ขนาดของมาตรฐาน ตาม Table 2 ยกตัวอย่างเช่น ความยาวไม้ 0.3 เมตร สำหรับ ขนาดเพลิง 3A หรือ ความยาวไม้ 5.5 เมตร สำหรับ ขนาดเพลิง 5A

3. จัดเตรียมถาดสำหรับใส่เชื้อเพลิง เฮปเทน (Heptane) เพื่อไว้จุดไฟด้านใต้ของชั้นไม้ การทดสอบสำหรับแบบภายในอาคาร (**หมายเหตุ** เนื่องจาก เฮปเทน (Heptane) หาได้ยากเพราะเป็นสารเคมีอุตสาหกรรม จึงใช้เชื้อเพลิงเป็นน้ำมันเบนซินทดแทน เนื่องจากเบนซินมีองค์ประกอบทางเคมี คือ C_6H_6 ใกล้เคียงกันกับเฮปเทน คือ C_7H_{16} และใช้สถานที่ทดสอบภายนอกอาคาร แทนการทดสอบภายในอาคาร เนื่องจากหาสถานที่ทดสอบภายในอาคารได้ยาก สถานที่ทดสอบคือ สถานีดับเพลิงสามเสน ได้ทำการทดสอบวันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2559 ณ เวลา 10:00 น ถึงเวลา 15:00 น)

4. ภายหลังจากจุดไฟแล้วเป็นเวลา 2 นาที ให้นำถาดเชื้อเพลิงออก แล้วปล่อยให้ไฟไหม้ต่อ นานอีก 6 นาที
5. การทดสอบเสร็จลงหลังจากการดับนั้น ไม่มีเปลวไฟเกิดขึ้นและทิ้งระยะเวลาอย่างน้อย 3 นาที ที่เพลิงไม่เกิดปะทุอีกหรือไม่
6. เกณฑ์การทดสอบ ต้องสามารถดับได้ 2 ครั้งใน 3 ครั้งเป็นอย่างน้อย จึงถือว่าผ่านการทดสอบ

Table 2 Fire extinguishing rating with size of wooden curds

เกณฑ์	ความยาวของแท่งไม้
3A	0.3 เมตร
5A	0.5 เมตร
8A	0.8 เมตร
13A	1.3 เมตร
21A	2.1 เมตร
27A	2.7 เมตร
34A	3.4 เมตร
43A	4.3 เมตร
55A	5.5 เมตร

ที่มา : The American University in Cairo, 2014

Figure 6 Preparing wooden curds for fire extinguishing rating test.

การทดสอบเครื่องดับเพลิงแบบมือถือชนิดหมอกน้ำแรงดันต่ำตามมาตรฐาน CEN European System Class A และ UL standard (The American University in Cairo, 2014) เริ่มจากจัดเตรียมสถานที่อย่างเหมาะสม เช่น ห่างสิ่งปลูกสร้างหรือยานพาหนะที่อาจก่อให้เกิดอันตรายจากเปลวไฟได้ จากนั้น นำโครงเหล็ก ขนาดยาว 900 mm กว้าง 500 mm และสูง 250 mm สำหรับวางแผงท่อนไม้ขนาดกว้างและยาว

500 mm ความสูงโดยประมาณ 560 mm กำหนดให้มีจำนวนชั้นของไม้ที่ 16 ชั้น และท่อนไม้หนา 38 mm และท่อนไม้ยาว 500 mm จากนั้นนำกระบะเหล็กขนาดกว้าง 500 mm และยาว 600 mm และขอบสูง 100 mm สำหรับใส่น้ำมันเชื้อเพลิงปริมาณ 3 ลิตร โดยประมาณ ดังใน Figure 7

Figure 7 Preparing the burning area for testing fire extinguishers.

ผลการทดสอบ

เมื่อจัดเตรียมอุปกรณ์พร้อมสำหรับทดสอบให้เริ่มจุดไฟ ณ กระบะเชื้อเพลิงโดยปล่อยให้ไฟลุกไหม้เป็นเวลา 2 นาที ดัง Figure 8 เมื่อครบเวลา 2 นาที ให้นำกระบะเชื้อเพลิงออก และปล่อยให้แผงไม้ลุกไหม้ต่ออีก 6 นาที ดัง Figure 9 จึงเริ่มดับเพลิงได้ดัง Figure 10 จนกระทั่งไฟดับ ใช้เวลาในการดับเพลิง 40 วินาที และให้เริ่มจับเวลาต่ออีก 3 นาที เพื่อดูว่าหลังจากไฟดับเกิดไฟปะทุขึ้นอีกหรือไม่ ทำการทดสอบซ้ำเช่นเดิมจำนวน 3 ครั้ง จากการทดสอบทุกครั้งสามารถดับไฟได้และไม่พบการปะทุไฟกลับมาอีกดัง Figure 11 ในทุกครั้งการทดสอบ

Figure 8 Burning wooden curds in step 4 at testing time 2 min

Figure 9 Continuous burning time is 6 min before extinguishing, at testing time 8 min

Figure 10 Fire extinguisher testing at testing time 8:15 min and complete in 8:55 min

Figure 11 After extinguishes monitoring re-flammable over 3 min

เนื่องจากการทดสอบไม่มีเครื่องมือวัดอัตราการไหลและความเร็ว (V) ของละอองน้ำ และพื้นที่หน้าตัดของปลายท่อ (A) เนื่องจากเครื่องมือวัดทั้งสองชนิดนี้มีราคาสูง จึงต้องใช้การคำนวณโดยสมการคำนวณ อัตราการไหล (Q) (ตารางคู่มืองานโลหะ, 2558) ดัง Figure 2

$$Q = AV$$

$$= \P D^2 / 4 \ . \ V$$

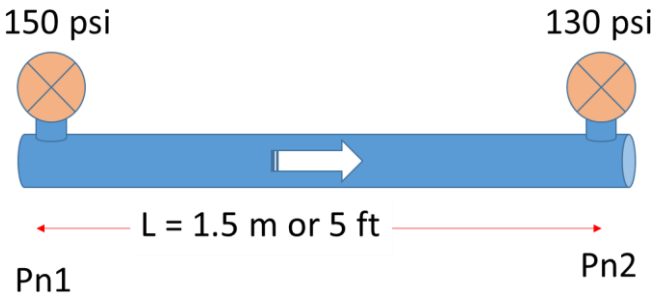

Figure 12 The calculation of Friction loss in hose

โดยสมการคำนวณ หาค่า Friction loss ภายในท่อสายฉีด Figure 12

$$Pn1 = Pn2 + Pf$$

$$150 = 130 + Pf$$

$$Pf = 20 / 5$$ ความยาวท่อเท่ากับ 5 ฟุต

$$= 4$$ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ต่อ ฟุต

สมการ Hazen William (NFPA 750, 2015)

$$Pf = \frac{4.52\ Q^{1.85}}{C^{1.85}\ d^{4.87}}$$ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ต่อ ฟุต

ความหมายตัวย่อในสมการ Hazen William เพื่อประยุกต์ คำนวณหา อัตราการไหล (Q)

Q = อัตราการไหล หน่วย แกลลอนต่อนาที

C = C – Factor (Rubber Lined, C = 135) (Engineering EDGE, 2000)

D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง หน่วย in

Pf = 4 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ต่อ ฟุต

D = 0.3149 in

$$4 = \frac{4.52\ (Q^{1.85})}{135^{1.85}\ (0.3149^{4.87})}$$

Q = 6.0334 แกลลอน ต่อ นาที

= 0.013 ลูกบาศก์ฟุต ต่อ วินาที

เมื่อทราบ อัตราการไหล นำค่าที่ได้มาคำนวณหาความเร็ว (V) ที่ละอองน้ำไหลออกไป จากสมการต่อไปนี้

$Q = AV$

$= \P D^2 / 4 \ . \ V$

$0.013 = \P (0.3149/12)^2 / 4 \ . V$

V = 24.074 ฟุต ต่อ วินาที

สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบได้ว่าเครื่องดับเพลิงมีเกณฑ์การดับเพลิงระดับของเพลิงอย่างน้อยที่ 5A ตามมาตรฐาน CEN European System Class A (The American University in Cairo, 2014) หลังการทดสอบ สามารถดับได้ 3 ครั้งและไม่เกิดการปะทุไฟขึ้นอีก เป็นที่ยอมรับได้ เหตุผลการใช้เกณฑ์ A-5 ในการทดสอบเพราะมาตรฐาน NFPA 10 (NFPA, 2013) กำหนดให้พื้นที่ครอบครองอันตรายมาก Extra (High Hazard Occupancy) ต้องมีเครื่องดับเพลิงแบบมือถือที่มีเกณฑ์ไม่น้อยกว่า 4-A และเมื่อพิจารณาด้านการลงทุนในการผลิต ถังก๊าซและอุปกรณ์ปรับแรงดัน ราคา 5,500 บาท และถังแสตนเลส บรรจุน้ำ ประมาณราคา 1,000 บาท และอุปกรณ์อื่นๆ ราคาเท่ากับ 1,000 บาท เครื่องทดสอบราคารวมทั้งสินเท่ากับ 7,500 บาท เมื่อเปรียบเทียบกับ ถังดับเพลิงในระบบเดียวกัน ราคา 3,500 ถึง 10,500 บาท พบว่าราคาสูงกว่า เมื่อพิจารณาข้อดี พบว่าเครื่องดับเพลิงในการทดสอบสามารถเติมน้ำได้เองอย่างน้อย 4 รอบต่อออกซิเจนความดัน 1 ถัง (1,500 psi) ซึ่งจากการทดสอบทั้ง 3 ครั้ง ประสิทธิภาพในการดับเพลิงไม่แตกต่างกัน จึงช่วยให้ค่าใช้จ่ายต่อครั้งน้อยมาก เพราะราคาเติมออกซิเจนต่อถังเท่ากับ 50 บาท เมื่อคิดเป็นการใช้งานต่อครั้งเท่ากับ 12.5 บาท และสามารถนำสารชนิดอื่น ตัวอย่างเช่น โฟม (Foam) เป็นสารทำงานได้ ข้อเสียของเครื่องคือมีน้ำหนักโดยรวม เท่ากับ 17 กก. ขณะน้ำเต็มถัง และน้ำหนักเท่ากับ 10 กก. เมื่อไม่มีน้ำ จึงเหมาะสำหรับผู้ชายที่ใช้งาน แต่ถ้าปรับปรุงเรื่องของวัสดุให้มีน้ำหนักลดลงก็จะช่วยในเรื่องนี้ได้

วิจารณ์ผลการทดลอง

เครื่องดับเพลิงชนิดน้ำแรงดันต่ำ สามารถดับเพลิงตามเกณฑ์มาตรฐาน CEN European System Class A และ UL standard (The American University in Cairo, 2014) ได้และมีแรงดันของน้ำที่เพียงพอที่จะเข้าถึงกองไฟชั้นในได้อย่างดี และถ้าเพิ่มปริมาตรของถังน้ำที่มากขึ้น ควรมีปริมาตร 9.46 ลิตร หรือมากกว่า สำหรับเครื่องดับเพลิงระบบน้ำ ตามมาตรฐาน NFPA 10 (NFPA, 2013) จะทำให้เวลาใช้งานเพิ่มขึ้น แต่ก็จะทำให้น้ำหนักรวมเพิ่มประมาณ 3 กก. หรือเท่ากับ 20 กก. ขณะเติมน้ำเต็ม และจากมาตรฐานการทดสอบกำหนดให้ปฏิบัติภายในอาคาร แต่การหาสถานที่ทดสอบภายในอาคารทำได้โดยยาก จึงเป็นเหตุให้มีผลกระทบจากการทดสอบภายนอกอาคารคือลม เป็นปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้เกิดขึ้นบางส่วน แต่สามารถควบคุมเพลิงได้อย่างดี

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณผู้สนับสนุน บริษัท สยามวู้ดเด้นเวิร์ค จำกัด โดยคุณกิตติพงศ์ และคุณอรัญญา เย็นยิ่ง ช่วยจัดหาและประกอบแผงไม้เชื้อเพลิงเพื่อเผาทดสอบของเครื่องดับเพลิง และบริษัท แอดวานซ์ จีโอ (กรุงเทพฯ) จำกัด ช่วยสร้างและงานเชื่อมโลหะสำหรับถังแสตนเลสบรรจุน้ำทนความดัน ขอขอบคุณ คุณอิทธิกร สถานีดับเพลิงสามเสน สำหรับความอนุเคราะห์สถานที่ทดสอบ และรถดับเพลิงเพื่อป้องกันเหตุเพลิงไหม้ จากการทดสอบการดับเพลิงโดยการเผาจริง

เอกสารอ้างอิง

บรรเลง ศรนิล และ สมนึก วัฒนศรียกุล. 2558. ตารางคู่มืองานโลหะ.ศูนย์ผลิตตำราเรียนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพ. หน้า 340

Engineering EDGE. 2000. Hazen Williams Coefficients Table. http://www.engineersedge.com/fluid_flow/hazenwilliams_coefficients_table_13220.htm

National Fire Protection Association Inc. 2015. NFPA 750 Standard on Water Mist Fire Protection Systems 2015 Edition. Quincy, Massachusetts.

National Fire Protection Association Inc. 2013. NFPA 10 Standard for Portable Fire Extinguishers 2013 Edition. Quincy, Massachusetts.

Ragnar Wighus. and Petter Aune. 1995. Engineering Relations for Water Mist Fire Suppression Systems. Trondheim, Norway. pp. 399 - 400.

The American University in Cairo. 2014. OSHA outreach safety training. Cairo, Egypt.

Received 27 June 2016

Accepted 26 December 2016