



วิทยานิพนธ์

การออกแบบระบบโฟมดับเพลิงภายในห้องเครื่องยนต์
ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล

**DESIGN OF A FIRE FIGHTING FOAM SYSTEM FOR
AUTOMOBILE ENGINE COMPARTMENTS**

นายกীরติ ศรีประไพหม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย)

ปริญญา

วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย

โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การออกแบบระบบโฟมดับเพลิงภายในห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล

Design of a Fire Fighting Foam System for Automobile Engine Compartments

นามผู้วิจัย นายกীরติ ศรีประไหม

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์อภิชาติ แจ้งบำรุง, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์ปกรณ์ อากาศพันธุ์, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา

(รองศาสตราจารย์สุรชัย รดาการ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ๕ เดือน มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๕๑

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การออกแบบระบบโฟมดับเพลิงภายในห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล

Design of a Fire Fighting Foam System for Automobile Engine Compartments

โดย

นายกิริติ ศรีประไพหม

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย)

พ.ศ. 2551

กิริติ ศรีประไพหม 2551: การออกแบบระบบโฟมดับเพลิงภายในห้องเครื่องยนต์ของ
รถยนต์นั่งส่วนบุคคล ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย)
สาขาวิชาวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์อภิชิต แจ้งบำรุง, Ph.D. 129 หน้า

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบระบบโฟมดับเพลิงภายในห้องเครื่องยนต์
ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล โดยได้ทำการออกแบบและทดลองระบบดับเพลิงด้วยโฟมชนิดฟิล์มน้ำ
(Aqueous Film-Forming Foam, AFFF) ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อที่จะให้โฟมสามารถดับเพลิงบริเวณ
พื้นที่ต้นเพลิงภายในห้องเครื่องยนต์ส่วนหน้า กลไกการทำงานของโฟมชนิดนี้เกิดขึ้น โดยการแผ่
กระจายแบบฝอยทั่วห้องเครื่องยนต์อย่างต่อเนื่อง ซึ่งทำให้ไฟดับสนิท ดังนั้น การออกแบบระบบ
โฟมดับเพลิงจึงเป็นประโยชน์ต่อการดับเพลิงที่เกิดภายในห้องเครื่องยนต์ โฟมดับเพลิงสามารถ
ดับเพลิงที่ลุกไหม้ตั้งแต่เริ่มปล่อยสาร โฟมดับเพลิงออกมาก็ ทั้งยังสามารถเคลือบผิวเครื่องยนต์
ไม่ให้เกิดการลุกติดได้

การทดลองดับเพลิงนี้ใช้สาร โฟมดับเพลิงทั้งสิ้นประมาณ 3.2-3.4 กิโลกรัมภายในเวลา
ประมาณ 30-40 วินาที สำหรับดับเพลิงที่ใช้ปริมาณน้ำมันแก๊ส โซลีน (gasoline) ขนาด 200 ml
(มิลลิลิตร) บริเวณพื้นที่ต้นเพลิงในภาชนะทดลองขนาดพื้นที่ 0.11 ตารางเมตร ดังนั้นการวิจัยนี้
แสดงให้เห็นว่าการทำงานของระบบแผ่กระจาย โฟมชนิดฟิล์มน้ำสามารถระงับการเกิดเพลิงไหม้
ภายในห้องเครื่องยนต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและการติดตั้งระบบโฟมดับเพลิงภายใน
ห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลมีค่าใช้จ่ายของการติดตั้งระบบประมาณ 7,000 - 8,000
บาท

ลายมือชื่อนิสิต

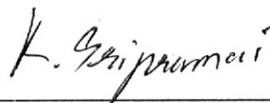
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

22 / 10 / 51

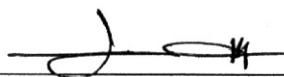
Keerati Sripramai 2008: Design of a Fire Fighting Foam System for Automobile Engine Compartments. Master of Engineering (Fire Protection Engineering), Major Field: Fire Protection Engineering, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Mr. Apichart Chaengbamrung, Ph.D. 129 pages.

This research studied about the Design of a Fire Fighting Foam System for Automobile Engine Compartments which focuses on the development and testing of an Aqueous Film Forming Foam (AFFF) fire suppression system. The purpose of the system is to extinguish fires originating within automobile engine compartments at the front. The AFFF creates a scattered environment within the engine compartments until it can completely extinguish fires. Therefore, the Design of a Fire Fighting Foam System is useful for extinguishing fires for automobile engine compartments. This foam not only helps extinguish fires as soon as it is sprayed but it also prevents the engine compartments from ignition.

Testing showed that 3.2-3.4 kilograms of the Aqueous Film-Forming Foam (AFFF) was up to 30-40 seconds for extinguishing fires with 200 ml of gasoline on square pan of cross-sectional area of 0.11 m^2 . Moreover, it showed that the Design of a Fire Fighting Foam system is capable of extinguishing fires that originate within the engine compartments. This installation of a Fire Fighting Foam System for Automobile Engine Compartments totally costs 7,000 - 8,000 baht.



Student's signature



Thesis Advisor's signature

23 / May / 2008

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ดร.อภิชาติ แจ่มบำรุง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอกราบขอบพระคุณ ดร.ปกรณ์ อากาศพันธ์ ที่กรุณาตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง และ ชี้นำการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณสมโภช คุณนิภาภรณ์ คุณอภิรดี คุณศิริมา ศรีประไพหม (ภรรยา) พันตำรวจโท วิชัย จงถาวร อดีตตำรวจดับเพลิงผู้มีประสบการณ์ด้านการดับเพลิงมากกว่า 30 ปี คุณชัชชัย ศรีสวาท, คุณวุฒิชัย เชนา, คุณเอนก ชัดบง เจ้าหน้าที่ดับเพลิง สดอ. โสม เงิน ไม้ ครูฝึกดับเพลิงประจำกองวิชาการและแผนงาน คุณศิษย์พันธ์ เฟื่องเพ็ชร ผู้ให้การสนับสนุนด้านสื่อ คุณชญญา มณีโชติ ผู้เรียบเรียง คุณศุภรัตน์ กลั่นเลี้ยง, คุณโชคดี หนูเอียด, คุณบุญศักดิ์ ทรัพย์เชียวชาญ ผู้แนะนำด้านเทคนิค และพี่ ๆ น้อง ๆ กองวิชาการและแผนงาน สำนักป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยทุกท่านที่ให้ความสนใจสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงได้

กิริติ ศรีประไพหม

เมษายน 2551

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	45
อุปกรณ์	45
วิธีการ	45
ผลการวิจัย	48
วิจารณ์ผลการวิจัย	59
สรุปผลการวิจัย	60
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	61
ภาคผนวก	63
ภาคผนวก ก วิธีการออกแบบระบบดับเพลิงแบบ Performance - Based Fire Protection Design	64
ภาคผนวก ข การออกแบบโฟมดับเพลิงภายในห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์ที่นั่งส่วนบุคคล	81
ภาคผนวก ค การออกแบบการทดลองในงานวิจัย	91
ภาคผนวก ง การคำนวณอัตราการเผาไหม้และอัตราการปล่อยพลังงานความร้อนของน้ำมันแก๊สโซลีนในถาดน้ำมันทดลอง	104
ภาคผนวก จ การคำนวณหาค่าอัตราการไหลของหัวฉีดโฟมดับเพลิง	107
ภาคผนวก ฉ การคำนวณ Hydraulic Calculation ของการออกแบบระบบท่อจ่ายสารโฟมดับเพลิง	111
ภาคผนวก ช ตารางและกราฟที่ใช้ประกอบการคำนวณ	114
ภาคผนวก ซ เอกสารแนบ	120
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	129

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าความร้อนของการกลายเป็นไอ (Heat of vaporization)	12
2	อัตราการเผาไหม้สูงสุดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (Maximum burning flux)	13
3	ค่าคงที่สำหรับอัตราการเผาไหม้ของอ่างไฟ (Pool fire)	17
4	สัมประสิทธิ์การลามไฟและอัตราการปล่อยพลังงานความร้อนสูงสุดของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ	18
5	ตารางแสดงการเกิดเพลิงไหม้รถยนต์ในเขตกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2548 ระหว่างเดือน มกราคม - ธันวาคม	25
6	ตารางแสดงการเกิดเพลิงไหม้รถยนต์ในเขตกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2549 ระหว่างเดือน มกราคม - ธันวาคม	29
7	ตารางแสดงการเกิดเพลิงไหม้รถยนต์ในเขตกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2550 ระหว่างเดือน มกราคม - ธันวาคม	33
8	ตารางแสดงการเกิดเพลิงไหม้รถยนต์ในเขตกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2551 ระหว่างเดือน มกราคม - กุมภาพันธ์	37
9	สถิติการเกิดเพลิงไหม้รถยนต์ในเขตกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2548 - เดือน กุมภาพันธ์ 2551	38
10	ตารางแสดงระยะเวลาการทำงานขั้นตอนต่าง ๆ ของระบบโฟมดับเพลิง	51
11	ตารางแสดงปริมาณสาร โฟมดับเพลิงและเวลาที่ใช้ในการดับเพลิง	55
12	ตารางแสดงผลการดับเพลิงเมื่อกำหนดปริมาณเวลาที่ใช้ในการดับเพลิง	57
ตารางผนวกที่		
ข1	รายการวัสดุอุปกรณ์และงบประมาณที่ใช้ในการติดตั้งระบบโฟมดับเพลิง	90
จ1	ตารางผลการทดสอบหาค่าเฉลี่ยคงที่ของหัวฉีดสาร โฟมดับเพลิง	109
ฉ1	ตารางการคำนวณหาค่าความดันสูญเสียต่าง ๆ ของท่อทองแดง โดยวิธี Hydraulic Calculation ของงานวิจัยนี้	112

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงองค์ประกอบของการเกิดเพลิงไหม้	7
2	ประเภทของไฟ	7
3	อัตราการเผาไหม้ของน้ำมันเบนซิน (Gasoline) ของกองเพลิงขนาดต่างๆ	14
4	ภาพแสดงการดับเพลิงด้วยละอองน้ำ	20
5	ปฏิกิริยาของโฟมดับเพลิงกับเชื้อเพลิง	24
6	แผนผังขั้นตอนการทำงานของระบบโฟมดับเพลิง	52
7	การลุกไหม้ของน้ำมันแก๊สโซลีน (Gasoline) ภายในห้องเครื่องยนต์แบบทดลองเปิดฝากระโปรงรถยนต์	53
8	การฉีดสารโฟมดับเพลิงไปยังพื้นที่ต้นเพลิง	54
9	สารโฟมดับเพลิงที่เกาะอยู่ภายในห้องเครื่องยนต์หลังจากไฟดับลง	54
10	การลุกไหม้ของน้ำมันแก๊สโซลีน (Gasoline) หลังทำการปิดฝากระโปรงรถยนต์	56
11	สภาพภายในห้องเครื่องยนต์ของแบบทดลองปิดฝากระโปรงรถยนต์หลังดับลง	57
12	แสดงปริมาณสาร โฟมดับเพลิงบริเวณพื้นที่ผิวของห้องเครื่องยนต์และฝากระโปรงรถยนต์หลังจากหยุดการฉีดสารโฟมดับเพลิง	58
13	คณะเจ้าหน้าที่และชุดอุปกรณ์ป้องกันระหว่างการทดสอบระบบโฟมดับเพลิงภายในห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล	58
ภาพผนวกที่		
ก1	แผนผังแสดงขั้นตอนในการออกแบบ โดยวิธี Performance - Based Fire Protection Design	66
ก2	แผนผังแสดงขั้นตอนในการออกแบบ โดยวิธี Performance - Based Fire Protection Design (ต่อ)	67
ก3	ด้านหน้าของรถยนต์ ทะเบียน 6 ข 2181 กรุงเทพมหานคร	69
ก4	ด้านข้างของรถยนต์ ทะเบียน 6 ข 2181 กรุงเทพมหานคร	69
ก5	ด้านหลังของรถยนต์ ทะเบียน 6 ข 2181 กรุงเทพมหานคร	70

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ก6	บริเวณห้องเครื่องยนต์ที่อยู่ด้านหน้าของรถยนต์ ทะเบียน 6 ข 2181 กรุงเทพมหานคร	70
ก7	บริเวณกระบะท้ายของรถยนต์ ทะเบียน 6 ข 2181 กรุงเทพมหานคร	71
ก8	การวัดอุณหภูมิภายในห้องเครื่องยนต์ขณะเครื่องยนต์ยังติดอยู่	72
ก9	การวัดอุณหภูมิห้องเครื่องยนต์ขณะรถยนต์วิ่งด้วยความเร็วโดยประมาณ 60 กิโลเมตร/ชั่วโมง	72
ก10	การวัดอุณหภูมิสูงสุดบริเวณตัวเครื่องยนต์ภายหลังจากดับเครื่องยนต์และใบพัดลมหยุดทำงาน	73
ก11	อุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิห้องเครื่องยนต์	73
ก12	ฝาครอบวาล์วติดกับท่อจ่ายน้ำมัน	74
ก13	ท่อจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง	74
ก14	บริเวณพื้นที่ห้องโดยสาร	75
ข1	หัวฉีด และรูปแบบการฉีดโฟมดับเพลิงของหัวฉีดทองเหลืองขนาด ½ นิ้วแบบละอองน้ำฝอย	83
ข2	ตำแหน่งติดตั้งหัวฉีดตัวที่ 1 และทิศทางการฉีด	84
ข3	ตำแหน่งติดตั้งหัวฉีดตัวที่ 2 และทิศทางการฉีด	85
ข4	ตำแหน่งติดตั้งหัวฉีดตัวที่ 3 และทิศทางการฉีด	86
ข5	ตำแหน่งติดตั้งหัวฉีดตัวที่ 4 และทิศทางการฉีด	87
ค1	ด้านหน้าบริเวณภายในห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์ทดลอง	93
ค2	ด้านข้างบริเวณภายในห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์ทดลอง	93
ค3	ด้านท้ายของรถยนต์ทดลอง	94
ค4	บริเวณห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์ทดลอง	94
ค5	ถังโฟมดับเพลิงขนาด 10 ลิตร (น้ำหนักรวมถังและสารโฟมดับเพลิง 14 กิโลกรัม)	95
ค6	ท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ ½ นิ้ว	96
ค7	ข้อต่อแบบตัวทีหรือข้อต่อแยกสามทาง	96
ค8	ข้อต่อแบบข้องอฉาก 90°	97

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ค9	ลักษณะหัวฉีดสาร โฟมดับเพลิงที่ติดตั้ง	97
ค10	หัวฉีดสาร โฟมดับเพลิงแบบหัวฉีดละอองน้ำฝอยรูปตัววี	98
ค11	อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ (Thermocouple)	98
ค12	ถาดใส่น้ำมันสำหรับการทดลอง	99
ค13	หัวฉีดปล่อยสาร โฟมดับเพลิง	100
ค14	ท่อจ่ายสาร โฟมดับเพลิงต่อกับถัง โฟมดับเพลิงบริเวณกระบะท้ายรถยนต์	100
ค15	การติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิภายในห้องโดยสาร	101
ค16	ตำแหน่งวางถาดใส่น้ำมันบริเวณห้องเครื่องยนต์	101
ค17	ภาพการลุกไหม้ของน้ำมันแก๊ส โซลิน(Gasoline)ภายในห้องเครื่องยนต์	102
ค18	ทำการฉีดสารดับเพลิง	102
ช1	ผลการทดสอบวัดหาค่าอุณหภูมิความร้อนสูงสุดภายในห้องเครื่องยนต์ โดยเครื่องวัด Thermocouple	115
ช2	ผลการทดสอบวัดหาค่าอุณหภูมิความร้อนสูงสุดภายในเครื่องยนต์ บริเวณฝาครอบวาล์ว หลังจากดับเครื่องยนต์และใบพัดลมหยุดทำงาน ภายใน 3 นาที โดยเครื่องวัด Thermocouple	116
ช3	ความดันลดสำหรับระบบท่อน้ำเปิดหรือปิดของท่อทองแดง	117
ช4	แสดงคุณสมบัติของท่อทองแดงชนิด M	118
ช5	แสดงความดันลดของข้อต่อชนิดต่าง ๆ ของท่อทองแดง	119

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

คำอธิบายสัญลักษณ์

A	=	พื้นที่หน้าตัดเชื้อเพลิง (m^2)
A	=	พื้นที่ป้องกัน (m^2, ft^2)
C	=	สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของท่อ
D	=	เส้นผ่านศูนย์กลางของกองเพลิง (m)
D	=	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อ (in , mm)
d	=	ความยาว (m , ft)
ΔH_c	=	ความร้อนจริงของการเผาไหม้ (kJ/g)
h	=	ระยะความสูง (ft , m)
K	=	สัมประสิทธิ์ K-factor ของอุปกรณ์ในระบบหรือระบบท่อใด ๆ
$k\beta$	=	ค่าพารามิเตอร์ของกองเพลิงขึ้นกับชนิดของเชื้อเพลิง (m^{-1})
L	=	ความร้อนของการกลายเป็นไอ (Heat of gasification , kJ/g)
L	=	ความยาวรวมของระบบท่อ (ft, m)
l	=	ความกว้าง (m , ft)
\dot{m}'_f	=	อัตราการเผาไหม้ต่อพื้นที่ ($g/m^2.s$)
$\dot{m}'_{f,\infty}$	=	อัตราการเผาไหม้ Asymptotic ของกองเพลิง ($g/m^2.s$)
m_f	=	มวลของเชื้อเพลิง (kg)
P_e	=	ความดันสูญเสียในท่อเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงระดับความสูง (psi, bar)
P_f	=	ความดันสูญเสียในท่อ เนื่องจากแรงเสียดทาน (psi, bar)
P_t	=	ความดันสูญเสียในระบบท่อ (psi, bar)
\dot{Q}	=	อัตราการปล่อยพลังงานความร้อน (kW)
Q	=	อัตราการไหล (gpm , L / min)
\dot{Q}''	=	ฟลักซ์ความร้อนสุทธิที่ผิวของเชื้อเพลิง (Net heat flux , kW/m ²)
SG	=	ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)
t	=	ระยะเวลาของการเผาไหม้เชื้อเพลิง (s)
V	=	ปริมาณของเชื้อเพลิง (m^3)
v	=	ความเร็วของของไหลในท่อ (ft/s , m/s)

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

χ	=	ประสิทธิภาพการเผาไหม้
ρ	=	ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง (kg/m ³)

คำอธิบายคำย่อ

AFFF	=	Aqueous Film – Forming Foam
AR - AFFF	=	Alcohol-Resistant Aqueous Film – Forming Foam
AR - FFFP	=	Alcohol-Resistant Fluoroprotein Film – Forming Foam
FFFP	=	Fluoroprotein Film – Forming Foam
LEL	=	Lower Explosive Limit
UEL	=	Upper Explosive Limit

การออกแบบระบบโฟมดับเพลิงภายในห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล

Design of a Fire Fighting Foam System for Automobile Engine Compartments

คำนำ

จากสถิติเพลิงไหม้ของสำนักป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2548-2551 พบว่ามีอัตราการเกิดไฟไหม้ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง ในปี พ.ศ. 2548 จำนวน 22 ครั้ง ในปีพ.ศ. 2549 จำนวน 61 ครั้ง ในปีพ.ศ. 2550 จำนวน 48 ครั้ง และในปี พ.ศ. 2551 ระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ จำนวน 19 ครั้ง ซึ่งเมื่อเทียบกับอุบัติเหตุการเกิดไฟไหม้ของรถยนต์ทุกประเภทที่เกิดเพลิงไหม้ โดยในปี พ.ศ. 2548 มีจำนวน 98 ครั้ง ในปีพ.ศ. 2549 จำนวน 365 ครั้ง ในปีพ.ศ. 2550 จำนวน 198 ครั้ง และในปีพ.ศ. 2551 ระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ จำนวน 30 ครั้ง โดยจากข้อมูลดังกล่าวสรุปได้ว่าจำนวนของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงมีอัตราการเกิดไฟไหม้คิดเป็นร้อยละ 22 ในปี 2548 , ร้อยละ 17 ในปี 2549 ร้อยละ 24.2 ในปี 2550 และร้อยละ 15 ในปี 2551 จึงทำให้เกิดความพยายามที่จะนำเทคโนโลยีความรู้และหลักการออกแบบความปลอดภัยของยานพาหนะของผู้ขับขี่รถยนต์

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงมุ่งเน้นที่จะพัฒนาการออกแบบระบบดับเพลิงด้วยโฟม สำหรับรถยนต์นั่งส่วนบุคคล โดยสามารถดับเพลิงที่ไหม้ภายในห้องเครื่องยนต์ของยานพาหนะ เพื่อป้องกันการติดต่อลุกลามของไฟไปยังห้องผู้โดยสาร โดยการออกแบบดังกล่าวจะต้องมีความถูกต้องปลอดภัยและสอดคล้องกับมาตรฐานของ NFPA

การออกแบบระบบดับเพลิงด้วยโฟมในห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ใช้หลักการทำงานแบบดึงตัวบังคับและสามารถควบคุมระบบดับเพลิงในห้องเครื่องยนต์จากหัวฉีดซึ่งถูกออกแบบไว้ภายในห้องเครื่องยนต์บริเวณด้านหน้าของรถยนต์ โดยปริมาณสารโฟมดับเพลิงจะถูกฉีดออกมาจากถังดับเพลิงชนิดโฟมและผ่านมายังท่อส่งไปยังหัวฉีดที่บริเวณห้องเครื่องยนต์และปล่อยสาร โฟมดับเพลิงเพื่อดับเพลิงที่เกิดขึ้น

การออกแบบระบบดับเพลิงภายในห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลนั้น จะติดตั้งระบบดับเพลิงด้วยโฟมกับแบบจำลองรถยนต์ทดสอบเพื่อที่จะหาปริมาณความเข้มข้นของน้ำมันเชื้อเพลิงกับเวลา และปริมาณของสาร โฟมดับเพลิงที่ใช้ในการดับเพลิงเพื่อให้ถูกต้องเหมาะสมกับระบบดับเพลิงที่ได้ออกแบบ โดยข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำมาวิเคราะห์แก้ไขและออกแบบให้มีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับการออกแบบระบบโฟมดับเพลิงภายในห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระบบโฟมดับเพลิงสำหรับรถยนต์นั่งส่วนบุคคล
2. เพื่อออกแบบและติดตั้งระบบโฟมดับเพลิงที่ใช้กับรถยนต์นั่งส่วนบุคคล
3. หาคความเหมาะสมของปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงกับเวลา และปริมาณของสารโฟมดับเพลิงที่ใช้ในการดับเพลิง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบพฤติกรรมของระบบโฟมดับเพลิงที่มีต่อการเกิดเพลิงไหม้ในห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล
2. สามารถนำงานวิจัยชิ้นนี้มาประยุกต์ใช้กับรถยนต์นั่งส่วนบุคคล เพื่อให้เกิดความปลอดภัยกับผู้ใช้รถยนต์นั่งส่วนบุคคล
3. สามารถนำงานวิจัยนี้ไปพัฒนาเพื่อประยุกต์ใช้กับการออกแบบระบบความปลอดภัยของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล

ขอบเขตของการวิจัย

1. ออกแบบระบบโฟมดับเพลิงภายในห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล
2. ทดสอบหาค่าอุณหภูมิต่างๆ ภายในห้องเครื่องยนต์และทดสอบหาเวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มสังเกตเห็นควันจนกระทั่งสามารถดับเครื่องยนต์เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการวิจัยนี้
3. นำผลของการออกแบบมาติดตั้งระบบต่างๆ และทดสอบกับแบบจำลองรถยนต์โดยกำหนดให้ท่อจ่ายน้ำมันภายในห้องเครื่องยนต์เกิดการแตกรั่วและเกิดเพลิงไหม้บริเวณฝาครอบวาล์ว

4. กำหนดปริมาณน้ำมันและปริมาณสารโพลีเมอร์ที่ใช้ในการดับเพลิงเทียบกับเวลาที่ใช้

5. นำผลการวิเคราะห์มาปรับปรุงแก้ไขโดยให้ระบบโพลีเมอร์ดับเพลิงภายในห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การตรวจเอกสาร

การออกแบบระบบโคมดับเพลิงภายในห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลได้ ทำการศึกษาค้นคว้าจากงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น เอกสาร วารสาร บทความ และหนังสือ ทั้งใน และต่างประเทศ ซึ่งสามารถแบ่งเป็นประเภทหัวข้อที่จะศึกษาได้ ดังนี้

1. ทฤษฎีการเกิดเพลิงไหม้
2. การแบ่งประเภทของไฟ
3. คุณสมบัติของของเหลวไวไฟและของเหลวติดไฟ
4. อัตราความไวไฟของเชื้อเพลิง
5. อัตราการเผาไหม้และอัตราการปล่อยพลังงานความร้อน
6. กลไกในการดับเพลิง
7. ลักษณะทั่วไปของระบบโคมดับเพลิงและประเภทของโคมดับเพลิง
8. ข้อมูลสถิติการเกิดเพลิงไหม้รถยนต์ในเขตกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ.2548-2551
9. การคำนวณระบบท่อที่ใช้ในการออกแบบระบบโคมดับเพลิงในรถยนต์นั่งส่วนบุคคล

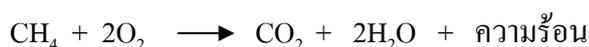
1. ทฤษฎีการเกิดเพลิงไหม้

1.1 ความหมายของเพลิงไหม้

เพลิงไหม้เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) ซึ่งหมายความว่าเพลิงไหม้จะเป็นกระบวนการทางเคมีที่มีการสลายตัวอย่างรวดเร็วของเชื้อเพลิง และมีผลผลิตออกมาเป็นความร้อน

นิยามของปฏิกิริยาออกซิเดชัน คือ ปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดระหว่างสารใดๆ กับออกซิเจน และทำให้มีความร้อนเกิดขึ้น โดยความร้อนที่เกิดขึ้นปัจจัยสำคัญที่ทำให้การลุกไหม้ไปอย่างต่อเนื่อง

Ladwig (1991) แสดงปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่มีมีเทน (CH₄) เป็นเชื้อเพลิง

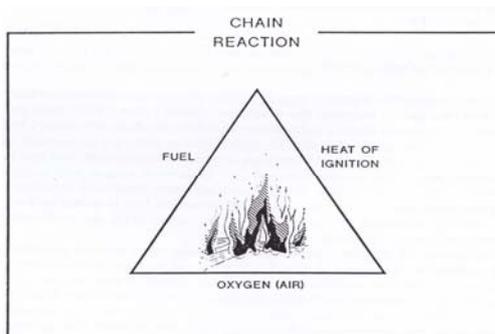


1.2 องค์ประกอบของการเกิดเพลิงไหม้

องค์ประกอบพื้นฐานของการเกิดเพลิงไหม้มี 3 องค์ประกอบ

1. เชื้อเพลิง
2. ความร้อน
3. ออกซิเจน

การที่ไฟสามารถลุกลามได้นั้น จะประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วนที่สำคัญ ก็คือ เชื้อเพลิงออกซิเจน และความร้อน นอกจากนี้องค์ประกอบอีกอย่างหนึ่งซึ่งมีความสำคัญในการที่จะทำให้ไฟนั้นลุกลามได้อย่างต่อเนื่องต่อไป คือ ปฏิกิริยาลูกโซ่ (Chain Reaction) ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ ซึ่งองค์ประกอบทั้งหมดนี้รวมกันเป็นปริซึมสามเหลี่ยมของไฟ (Fire Tetrahedron)



ภาพที่ 1 แสดงองค์ประกอบของการเกิดเพลิงไหม้

ที่มา: Ladwig (1991)

2. การแบ่งประเภทของไฟ (Classes of Fire)

การแบ่งประเภทของไฟ จะแบ่งตามประเภทของเชื้อเพลิง เพื่อความสะดวกในการใช้สารเคมีที่จะใช้ดับเพลิงนั้นแบ่งออกเป็น 5 ประเภท

	Class A fires are fires that involve ordinary combustible materials such as cloth, wood, paper, rubber, and many plastics.	 A Ordinary Combustibles
	Class B fires are fires that involve flammable and combustible liquids such as gasoline, alcohol, diesel oil, oil-based paints, lacquers, etc., and flammable gases.	 B Flammable Liquids
	Class C fires are fires that involve energized electrical equipment.	 C Electrical Equipment
	Class D fires are fires that involve combustible metals such as magnesium, titanium and sodium.	 D Combustible Metals
	Class K fires are fires that involve vegetable oils, animal oils, or fats in cooking appliances. This is for commercial kitchens, including those found in restaurants, cafeterias, and caterers.	 K Combustible Cooking

ภาพที่ 2 ประเภทของไฟ

ที่มา: Craig (2000)

- Class A - ไฟที่ไหม้วัสดุที่ลุกติดไฟได้ทั่วไป เช่น เสื้อผ้า ไม้ กระดาษ ยาง และพลาสติก
- Class B - ไฟที่ไหม้ของเหลวไวไฟ ของเหลวติดไฟ (Flammable and Combustible liquids) ควรใช้ โฟมหรือสารเคมีแบบแห้งในการดับไฟประเภทนี้
- Class C - ไฟที่ไหม้อุปกรณ์ไฟฟ้า หรืออุปกรณ์ไฟฟ้านั้นจะมีกระแสไฟฟ้าอยู่
- Class D - ไฟที่ไหม้พวกโลหะติดไฟ เช่น Magnesium, Titanium และ Sodium เวลาเกิดการลุกไหม้แล้วจะให้ความร้อนออกมามาก ควรใช้ก๊าซเฉื่อยในการดับไฟประเภทนี้
- Class K - ไฟที่ไหม้น้ำมันพืช น้ำมันสัตว์ หรือไขมันต่าง ๆ ที่ใช้ในการประกอบอาหารควรใช้ สารเคมีแห้ง และสารเคมีเปียกในการดับไฟประเภทนี้

Deep-Seated Fires คือ ไฟไหม้ประเภทที่มีการไหม้อยู่ข้างในผิวของเชื้อเพลิง เป็นการเผาไหม้แบบ Smoldering คือเป็นการเผาไหม้แบบไม่มีเปลวไฟเกิดขึ้น แต่จะมีควันในปริมาณมากให้ความร้อนจากการเผาไหม้ไม่สูง การเผาไหม้ประเภทนี้จะเกิดขึ้นในการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีรูพรุน โดยการดับไฟประเภทนี้จะดับได้ยาก วิธีการดับคือต้องฉีดสารดับเพลิงแทรกเข้าไปในเนื้อเชื้อเพลิงหรืออัดก๊าซเฉื่อยเข้าไปในห้องที่เกิดไฟไหม้และกักก๊าซเฉื่อยไว้ในห้องไว้สักระยะเวลาหนึ่งเพื่อให้ไฟประเภทนี้ดับลง

3. คุณสมบัติของของเหลวไวไฟและของเหลวติดไฟ

3.1 ลักษณะทั่วไป

ของเหลวไวไฟจะหมายถึงของเหลวที่มีจุดวาบไฟ (Flashpoint) ต่ำกว่า 37.8 องศาเซลเซียส (100 องศาฟาเรนไฮต์) ของเหลวไวไฟจะสามารถกลายเป็นไอได้ที่อุณหภูมิห้องในสภาวะปกติ ไอของสารไวไฟโดยส่วนใหญ่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าและหนักกว่าอากาศ

เมื่อของเหลวติดไฟใดๆ ได้รับความร้อนจนมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดวาบไฟ (Flashpoint) ก็ทำให้เกิดไอระเหยจากของเหลวไวไฟนั้นในปริมาณที่เพียงพอที่จะทำให้เกิดการลุกติดไฟได้ ของเหลวติด

ไฟที่ได้รับความร้อนจนมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดวาบไฟ (Flashpoint) ก็จะมีอันตรายเช่นเดียวกับของเหลวไวไฟ

1. ของเหลวไวไฟ (Flammable Liquid) ของเหลวไวไฟจะมีจุดวาบไฟ (Flashpoint) ต่ำกว่า 37.8 องศาเซลเซียสและมีความดันไอไม่เกิน 276 กิโลปาสกาล โดยที่อุณหภูมิ 37.8 องศาเซลเซียส ของเหลวไวไฟ สามารถแบ่งแยกได้เป็นแต่ละประเภท ดังต่อไปนี้คือ

1.1. ประเภท IA (Class IA) ของเหลวจะมีจุดวาบไฟ (Flashpoint) ต่ำกว่า 22.8 องศาเซลเซียส (73 องศาฟาเรนไฮต์) และมีจุดเดือด (Boiling Point) ต่ำกว่า 37.8 องศาเซลเซียส (100 องศาฟาเรนไฮต์)

1.2. ประเภท IB (Class IB) ของเหลวจะมีจุดวาบไฟ (Flashpoint) ต่ำกว่า 22.8 องศาเซลเซียส และมีจุดเดือด (Boiling Point) สูงกว่า 37.8 องศาเซลเซียส (100 องศาฟาเรนไฮต์)

1.3 ประเภท IC (Class IC) ของเหลวจะมีจุดวาบไฟ (Flashpoint) เท่ากับหรือสูงกว่า 22.8 องศาเซลเซียส (73 องศาฟาเรนไฮต์) แต่ไม่เกิน 37.8 องศาเซลเซียส (100 องศาฟาเรนไฮต์)

2. ของเหลวติดไฟ (Combustible Liquid) ของเหลวที่มีจุดวาบไฟ (Flashpoint) เท่ากับหรือมากกว่า 37.8 องศาเซลเซียส (100 องศาฟาเรนไฮต์) โดยสามารถแบ่งเป็นประเภทย่อยๆ ได้ ดังต่อไปนี้คือ

2.1 ประเภท II (Class II) ของเหลวที่มีจุดวาบไฟ (Flashpoint) เท่ากับหรือมากกว่า 37.8 องศาเซลเซียส (100 องศาฟาเรนไฮต์) และสูงไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส (140 องศาฟาเรนไฮต์)

2.2 ประเภท IIIA (Class IIIA) ของเหลวที่มีจุดวาบไฟ (Flashpoint) เท่ากับหรือมากกว่า 60 องศาเซลเซียส (140 องศาฟาเรนไฮต์) และสูงไม่เกิน 93.3 องศาเซลเซียส (200 องศาฟาเรนไฮต์)

2.3 ประเภท IIIB (Class IIIB) ของเหลวที่มีจุดวาบไฟ (Flashpoint) เท่ากับหรือมากกว่า 93.3 องศาเซลเซียส (200 องศาฟาเรนไฮต์)

4. อัตราความไวไฟของเชื้อเพลิง

4.1 จุดวาบไฟ (Flashpoint)

จุดวาบไฟ คือ อุณหภูมิที่เชื้อเพลิงซึ่งมีสถานะเป็นของเหลว เกิดไอเชื้อเพลิงในปริมาณที่มากเพียงพอที่จะทำให้เกิดเปลวไฟวาบขึ้นที่ผิวของของเหลว เมื่อมีแหล่งความร้อนที่ทำให้เกิดการลุกติดไฟภายนอกเข้าไปที่ผิวของของเหลว และเมื่อนำแหล่งความร้อนที่ทำให้เกิดการลุกติดไฟออกจากบริเวณนั้น เปลวไฟก็จะดับลง เนื่องจากอุณหภูมิต่ำกว่าไม่สูงเพียงพอที่จะทำให้กระบวนการเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Self-Sustained Combustion) จุดวาบไฟนี้จะเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่ใช้ในการพิจารณาถึงความอันตรายด้านอัคคีภัยของเชื้อเพลิงที่มีสถานะเป็นของเหลว เนื่องจากจุดวาบไฟจะเป็นอุณหภูมิต่ำสุดที่เชื้อเพลิงเหลวมีโอกาสลุกติดไฟขึ้น

4.2 จุดติดไฟ (Ignition Temperature หรือ Fire Point)

จุดติดไฟจะเป็นอุณหภูมิที่เชื้อเพลิงสามารถลุกไหม้ได้อย่างต่อเนื่อง เมื่อใช้แหล่งความร้อนจากภายนอก เฉพาะในตอนจะเริ่มกระบวนการ โดยทั่วไปจุดติดไฟจะมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดวาบไฟอยู่เล็กน้อย

4.3 จุดลุกติดไฟได้เอง (Autoignition Temperature)

จุดลุกติดไฟได้เองจะเป็นอุณหภูมิที่เชื้อเพลิงสามารถลุกติดไฟขึ้นได้ โดยไม่ต้องอาศัยแหล่งความร้อนจากภายนอก

4.4 ช่วงของการไวไฟหรือช่วงของการระเบิด (Flammable Range or Explosion Range)

ช่วงของการไวไฟหรือช่วงของการระเบิดจะถูกกำหนดให้อยู่ในรูปของอัตราส่วนร้อยละของไอของสารไวไฟ (Flammable Vapor) หรือ ก๊าซไวไฟ (Flammable Gas) ที่อยู่ในอากาศที่สามารถเกิดการลุกติดไฟได้ ช่วงของการไวไฟของเชื้อเพลิงคือพื้นที่ระหว่างค่าจุดสูงสุดในช่วงของความหนาแน่นที่ทำให้เกิดการลุกติดไฟ (Upper Flammable Limit) และค่าจุดต่ำสุดของ

ช่วงหนาแน่นของไอเชื้อเพลิงที่ทำให้เกิดการลุกติดไฟ (Lower Flammable Limit) หรือบางที่จะเรียกว่าค่า Upper Explosive Limit (UEL) และค่า Lower Explosive Limit (LEL) ตามลำดับ

Craig (2000) อธิบายว่า น้ำมันเบนซิน จะมีค่าจุดต่ำสุดของช่วงหนาแน่นของไอเชื้อเพลิงที่ทำให้เกิดการลุกติดไฟ (LFL) ประมาณ 1.5 และมีค่า จุดสูงสุดในช่วงหนาแน่นของไอเชื้อเพลิงที่ทำให้เกิดการลุกติดไฟ (UFL) ประมาณ 7.5 ซึ่งหมายความว่า ถ้าไอของน้ำมันเบนซินผสมอยู่ในอากาศระหว่าง ร้อยละ 1.5 และ 7.5 ในขณะที่เดียวกันกับที่มีการนำแหล่งความร้อนที่ทำให้เกิดการ ลุกติดไฟเข้ามาในบริเวณดังกล่าว ใอน้ำมันเบนซินนั้นจะสามารถลุกติดไฟ หรือระเบิดขึ้นได้ แต่ถ้าปริมาณของไอน้ำมันเบนซินในอากาศมีค่าประมาณร้อยละ 1 ก็จะไม่สามารถลุกติดไฟได้ เนื่องจากส่วนผสมเจือจางเกินไป แต่ถ้าปริมาณของไอน้ำมันเบนซินมีค่ามากกว่าร้อยละ 10 ส่วนผสมดังกล่าวก็จะหนาแน่นเกินกว่าที่จะเกิดการลุกไหม้ เนื่องจากว่าอัตราส่วนของไอเชื้อเพลิงในอากาศ จะแปรผกผันกับปริมาณออกซิเจน

5. อัตราการเผาไหม้และอัตราการปล่อยพลังงานความร้อน (Burning Rate and Heat Release Rate)

อัตราการเผาไหม้และอัตราการปล่อยพลังงานความร้อนสามารถแสดงถึงระดับความรุนแรงของเพลิงไหม้ พลังงานความร้อนที่ปล่อยออกมาจากกองเพลิง และทำให้มีผลโดยตรงต่ออุณหภูมิ ความเร็วของควัน รวมทั้งความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างอาคารที่เกิดเพลิงไหม้ด้วย

อัตราการเผาไหม้ (Burning rate) คือ การที่อัตราของเชื้อเพลิงที่อาจอยู่ในสถานะของแข็งของเหลวหรือแก๊ส “เผาไหม้” (ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศต่อหนึ่งหน่วยเวลา) โดยที่สามารถคำนวณหาอัตราการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงได้จากสมการ

$$\dot{Q}_y = \frac{\dot{Q}}{L} \quad (1)$$

\dot{Q}_y คือ อัตราการเผาไหม้ต่อพื้นที่ ($\text{g} / \text{m}^2 \cdot \text{s}$)

\dot{Q} คือ ฟลักซ์ความร้อนสุทธิที่ผิวของเชื้อเพลิง (Net heat flux, kW/m^2)

L คือ ความร้อนของการกลายเป็นไอ (Heat of gasification, kJ/g)

ความร้อนของการกลายเป็นไอ (Heat of gasification, L) คือ พลังงาน ของแข็งหรือของเหลว ใช้เปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ โดยค่าที่ L สูงจะเผาไหม้ได้ยากกว่าที่มีค่า L ต่ำ

ตารางที่ 1 ค่าความร้อนของการกลายเป็นไอ (Heat of vaporization)

เชื้อเพลิง	ความร้อนของการกลายเป็นไอ $L(\text{kJ/g})$
เชื้อเพลิงของเหลว	
Gasoline	0.33
Hexane	0.45
Heptane	0.50
Kerosene	0.67
Ethanol	1.00
Methanol	1.23
พลาสติก	
Polyethylene	1.8-3.6
Polypropylene	2.0-3.1
Polymeth methacrylate	1.6-2.8
Nylon 6/6	2.4-3.8
Polystyrene foam	1.3-1.9
Flexible Polyurethane foam	1.2-2.7
เชื้อเพลิงของแข็งเป็นถ่านได้ (Solid Char Formation)	
Polyvinyl chloride	1.7-2.5
Rigid polyurethane foam	1.2-5.3
กระดาษ	2.2
ไม้	4-6.5

ที่มา: Quintiere (1997)

โดยทั่วไปอัตราการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจะมีค่าอยู่ระหว่าง 5-50 g/m².s แต่ถ้าอัตราการเผาไหม้มีค่าต่ำกว่า 5 g/m².s จะทำให้การเผาไหม้อาจจะไม่สามารถดำเนินต่อไปได้ ทำให้ไฟดับลง ในบางกรณีอัตราการเผาไหม้ดับลงโดยที่อัตราการเผาไหม้มีค่ามากกว่า 5 g/m².s ซึ่งสาเหตุเกิดจากการเผาไหม้มีออกซิเจนไม่เพียงพอ (ณัฐศักดิ์ บุญมี, 2007)

ตารางที่ 2 อัตราการเผาไหม้สูงสุดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (Maximum burning flux)

เชื้อเพลิง	ฟลักซ์การเผาไหม้สูงสุด $m\dot{w}f$ (g/m ² .s)
Liquefied propane	100-130
Liquefied natural gas	80-100
Benzene	90
Butane	80
Hexane	70-80
JP-4	50-70
Heptane	65-75
Gasoline	50-60
Acetone	40
Methanol	22
Polymethyl methacrylate	28
Polyethylene	26
Flexible polyurethane foam	21-27
Rigid polyurethane foam	22-25
Polyvinyl chloride	16
Polystyrene	38
Polypropylene	24
Wood crib	11

ที่มา: Quintiere (1997)

อัตราการเผาไหม้ที่เกิดจากเชื้อเพลิงของเหลวหกกระจายบนพื้นในลักษณะอ่างไฟ (Pool Fire) สามารถหาฟลักซ์การเผาไหม้จากสมการจากการทดลอง โดย

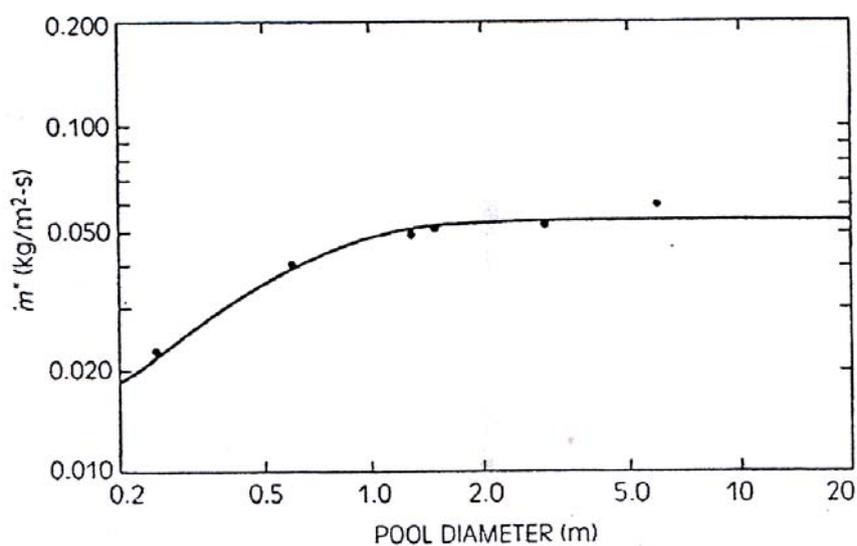
$$\dot{m}'' = \dot{m}''_{,\infty} (1 - e^{-k\beta D}) \quad (2)$$

\dot{m}'' คือ อัตราการเผาไหม้ของกองเพลิง Pool fire burning rate ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$)

$\dot{m}''_{,\infty}$ คือ อัตราการเผาไหม้ Asymptotic ของกองเพลิง ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$)

$k\beta$ คือ ค่าพารามิเตอร์ของกองเพลิงขึ้นกับชนิดของเชื้อเพลิง (m^{-1})

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของกองเพลิง (m)



ภาพที่ 3 อัตราการเผาไหม้ของน้ำมันเบนซิน (Gasoline) ของกองเพลิงขนาดต่างๆ

ที่มา: Babrauskas (1995)

อัตราการปล่อยพลังงานความร้อน (Heat Release Rate) ของการเผาไหม้เป็นพลังงานความร้อนที่ถูกปล่อยออกมาจากการลุกไหม้ โดยขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาเคมีระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศที่เติมเข้ากองเพลิง สมการของอัตราการปล่อยพลังงานความร้อน (Heat Release Rate) คือ

$$\dot{Q} = \dot{m}_f \chi \Delta H_C \quad (3)$$

- \dot{Q} = อัตราการปล่อยพลังงานความร้อน (kW)
 \dot{m}_f = อัตราการเผาไหม้ต่อพื้นที่สูงสุด (g / m².s)
 χ = ประสิทธิภาพการเผาไหม้ ประมาณ 60-70%
 ΔH_C = ความร้อนจริงของการเผาไหม้ (kJ / g)
 A = พื้นที่หน้าตัดเชื้อเพลิง (m²)

ในการคำนวณหาอัตราการปล่อยพลังงานความร้อน (Heat Release Rate) ในงานวิจัยนี้อาศัยข้อมูลจากการทดลองเผาวัสดุเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ โดยงานวิจัยของ Quintiere (1997) จากห้องทดลองเพื่อเก็บข้อมูลของค่าอัตราการเผาไหม้สูงสุดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (Maximum burning flux) ดังแสดงในตารางที่ 2

สำหรับในงานวิจัยนี้ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน (Gasoline) ในการทดลอง ซึ่งมีอัตราการเผาไหม้สูงสุดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (Maximum burning flux) มีค่าเท่ากับ 50-60 g/m².s แต่การทดลองนี้ใช้ค่าจากตารางที่ 3 ซึ่งค่าอัตราการเผาไหม้ของอ่างไฟ (Pool Fire) คือ 55 g/m².s และค่าความร้อนจากการเผาไหม้ (Heat of combustion, kJ/g) คือ 43,700 kJ/g

อัตราการเผาไหม้ของกองเพลิงหาได้จากสมการ

$$\dot{m}_f = A \dot{m}_f' \quad (4)$$

- \dot{m}_f = อัตราการเผาไหม้ทั้งหมดของกองเพลิง (kg/s)
 A = พื้นที่ครอบคลุมของการเผาไหม้ (m²)
 \dot{m}_f' = อัตราการเผาไหม้ต่อพื้นที่สูงสุด (kg / m².s)

มวลของเชื้อเพลิงหาได้จากสมการ

$$m_f = \rho V \quad (5)$$

m_f = มวลของเชื้อเพลิง (kg)

ρ = ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง (kg/m³)

V = ปริมาณของเชื้อเพลิง (m³)

ระยะเวลาของการเผาไหม้เชื้อเพลิงหาได้จากสมการ

$$t = \frac{m_f}{\dot{m}_f} \quad (6)$$

t = ระยะเวลาของการเผาไหม้เชื้อเพลิง (s)

m_f = มวลของเชื้อเพลิง (kg)

\dot{m}_f = อัตราการเผาไหม้ทั้งหมดของกองเพลิง (kg/s)

ตารางที่ 3 ค่าคงที่สำหรับอัตราการเผาไหม้ของอ่างไฟ (Pool fire)

เชื้อเพลิง	ความหนาแน่น (kg/m ³)	$n_{f,\infty}^*$ (kg/m ² .s)	ΔH_C (MJ/kg)	$k\beta$ (m ⁻¹)
Liquid H ₂	70	0.017	120.0	6.1
LNG (mostly CH ₄)	415	0.078	50.0	1.1
LPG (mostly C ₃ H ₈)	585	0.099	46.0	1.4
Methanol (CH ₃ OH)	796	0.017	20.0	-
Ethanol (C ₂ H ₅ OH)	794	0.015	26.8	-
Butane (C ₄ H ₁₀)	573	0.078	45.7	2.7
Benzene (C ₆ H ₆)	874	0.085	40.1	2.7
Hexane (C ₆ H ₁₄)	650	0.074	44.7	1.9
Heptane (C ₇ H ₁₆)	675	0.101	44.6	1.1
Xylene (C ₈ H ₁₀)	870	0.09	40.8	1.4
Acetone (C ₃ H ₆ O)	791	0.041	25.8	1.9
Dioxane (C ₄ H ₈ O ₂)	1035	0.018	26.2	5.4
Gasoline	740	0.055	43.7	2.1
Kerosene	820	0.039	43.2	3.5
Transformer oil	760	0.039	46.4	0.7
Fuel Oil	940-1000	0.035	39.7	1.7
Crude Oil	830-880	0.022-0.045	42.5-42.7	2.8
Polypropylene	905	0.018	43.2	-
Polymethyl methacrylate	1184	0.020	24.9	3.3
Polystyrene	1050	0.034	39.7	-

ที่มา: Babrauskas (1995)

ตารางที่ 4 สัมประสิทธิ์การลามไฟและอัตราการปล่อยพลังงานความร้อนสูงสุดของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ

เชื้อเพลิง	สัมประสิทธิ์การลามไฟ	อัตราการปล่อยพลังงานความร้อนสูงสุดต่อพื้นที่ (kW/m ²)
ที่นอนทำจากวัสดุป้องกันการลามไฟ Fire retarded material	S	17
โซฟาหุ้มเบาะ ขนาดเล็ก	M	170
โซฟาหุ้มเบาะ ขนาดกลาง	S	400
โซฟาหุ้มเบาะ ขนาดใหญ่	S	795
เบาะที่นอนทำจากฝ้ายและ Polyester พร้อมชุดเครื่องนอน	M	656
กล่องกระดาษเปล่า สูง 15 ฟุต	F	1700
กล่องกระดาษบรรจุด้วย ขวดพลาสติก สูง 15 ฟุต	UF	1985
ถุงบรรจุด้วยซองจดหมาย สูง 5 ฟุต	F	400
อ่างไฟน้ำมันดีเซลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 3 ft (Diesel pool fire)	F	1985
อ่างไฟน้ำมันเบนซินขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 3 ft (Gasoline pool fire)	UF	3290
อ่างไฟเมทิลแอลกอฮอล์ (Methyl alcohol pool fire)	UF	740
ฐานรองไม้สำหรับวางของ (wooded pallet) สูง 1½ ft	M	1420
ฐานรองไม้สำหรับวางของ (wooded pallet) สูง 5 ft	F	3970
ฐานรองไม้สำหรับวางของ (wooded pallet) สูง 10 ft	F	6800
ฐานรองไม้สำหรับวางของ (wooded pallet) สูง 16 ft	F	10200
ตู้เสื้อผ้าทำจาก particle board	F	2550
ตู้เสื้อผ้าทำจาก ไม้อัดบาง ฟันสากันการลามไฟโดยรอบ	UF	3855

หมายเหตุ S = Slow, M = Medium, F = Fast, UF = Ultra-fast

ที่มา: Karlsson and Quintiere (1999)

6. กลไกในการดับเพลิง (Fire Extinguishment Mechanisms)

วิธีการดับไฟ คือ การพยายามที่ต้องตัดองค์ประกอบของสามเหลี่ยมของไฟ (Fire Tetrahedron) ออกไป โดยมีกลไกในการดับเพลิงอยู่ 4 กลไกด้วยกัน คือ

6.1 การกำจัดเชื้อเพลิง (Physically separating the combustible substance from the flame)

การกำจัดสามารถทำได้โดยการใช้สารดับเพลิงไฟเคลื่อนที่ผิวของเชื้อเพลิงและกันไม่ให้ไอเชื้อเพลิงที่ลอยขึ้นมาไปยังบริเวณที่มีการลุกไหม้ ตัวอย่างของวิธีการดับเพลิงที่ใช้กลไกในการกำจัดเชื้อเพลิงที่เห็นได้ทั่วไป คือ การระบายเชื้อเพลิงที่เป็นของเหลวออกจากถังบรรจุก๊าซที่เกิดเพลิงไหม้ หรือการใช้โฟมการดับไฟ

6.2 การตัดปฏิกิริยาเคมี (Introducing chemicals that modify the combustion chemistry)

เป็นการควบคุมปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการเผาไหม้ซึ่งก็คือปฏิกิริยาเคมี การดับไฟโดยการตัดปฏิกิริยาเคมีจะเกิดจากการที่สารเคมีที่เป็นส่วนประกอบของสารดับเพลิงเข้าไปจับอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น จากกระบวนการเผาไหม้ซึ่งก็คือปฏิกิริยาเคมี การดับไฟโดยการตัดปฏิกิริยาเคมีจะเกิดจากการที่สารเคมีที่เป็นส่วนประกอบของสารดับเพลิงเข้าไปจับอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเผาไหม้และยับยั้งไม่ให้กระบวนการเผาไหม้สามารถดำเนินการต่อไปได้ เช่น การดับเพลิงโดยสารดับเพลิงเคมีแห้ง

6.3 การลดอุณหภูมิของเชื้อเพลิง (Reducing the temperature of the combustible)

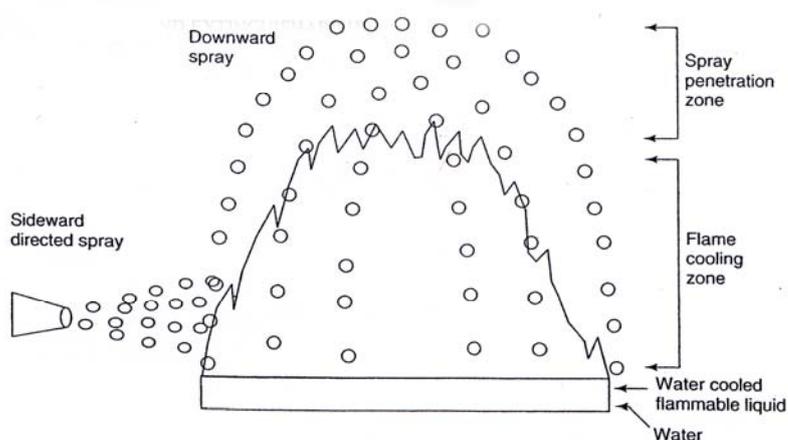
การลดอุณหภูมิจะสามารถหรือหยุดอัตราการเกิดของไอเชื้อเพลิง และในกรณีที่เชื้อเพลิงเป็นของแข็ง กระบวนการสลายตัวจะถูกยับยั้ง ส่วนเชื้อเพลิงที่เป็นของเหลวไวไฟและของเหลวที่ติดไฟได้ การลดอุณหภูมิต่ำกว่าจุดวาบไฟ (Flashpoint) ก็จะสามารถดับไฟได้ การลดอุณหภูมิของเชื้อเพลิงทำได้โดยการใช้ น้ำหรือสารดับเพลิงเข้าไปดูดซับความร้อนจากเชื้อเพลิง ในบริเวณที่มีการลุกไหม้ จนกระทั่งอุณหภูมิของเชื้อเพลิงนั้นต่ำลงจนไม่สามารถทำให้เกิดไอเชื้อเพลิงในปริมาณที่เพียงพอที่ทำให้เกิดการลุกไหม้ต่อไป ตัวอย่างของวิธีการดับเพลิงที่อาศัยกลไกในการลดอุณหภูมิที่เห็นได้ทั่วไปคือการใช้ น้ำในการดับเพลิง

6.4 การกำจัดออกซิเจน (Removing the oxygen supply)

การกำจัดออกซิเจนเพื่อดับไฟจะสามารถทำได้ 2 วิธี คือ เจือจางออกซิเจนและการปิดกั้นออกซิเจน

วิธีการดับเพลิงที่ใช้กลไกในการเจือจางออกซิเจนที่เห็นได้ทั่วไปคือการใช้ก๊าซเฉื่อยหรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการดับไฟ

การปิดกั้นออกซิเจนทำได้โดยใช้สารดับเพลิงที่มีความเหมาะสมไปปิดกั้นที่ผิวหน้าของเชื้อเพลิงไม่ให้ไอเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นสัมผัสกับอากาศ ทำให้ออกซิเจนที่อยู่ในอากาศไม่สามารถเข้าไปทำปฏิกิริยาในกระบวนการเผาไหม้ในบริเวณที่มีการลุกไหม้ได้ จึงทำให้ไฟดับลง ตัวอย่างของวิธีการดับเพลิงที่ใช้กลไกในการปิดกั้นออกซิเจนที่เห็นได้ทั่วไปคือการใช้โฟมในการดับไฟ



ภาพที่ 4 ภาพแสดงการดับเพลิงด้วยละอองน้ำ

ที่มา: Zalash (2003)

จากภาพที่ 4 แสดงถึงวิธีการดับไฟ โดยใช้ละอองน้ำพุ่งไปยังบริเวณส่วนบนของเปลวไฟ โดยหยดน้ำบางส่วนจะถูกระเหยไปกับเปลวไฟ ส่วนอีกจำนวนหนึ่งจะเข้าถึงเปลวไฟทำให้สามารถลดอัตราการแผ่รังสีของเปลวไฟของเชื้อเพลิงบริเวณผิวด้านบน จากภาพดังกล่าวแสดงถึงการลดอุณหภูมิของเชื้อเพลิง โดยวิธีการใช้ละอองน้ำพุ่งไปบริเวณด้านข้างของเปลวไฟ ซึ่งในกรณีที่ถ้าเชื้อเพลิงเป็นของเหลวนี้สามารถจะละลายน้ำได้ หยดน้ำสามารถเจือจางของเหลวไวไฟให้เป็นสารประกอบที่ไม่ติดไฟได้ และทำให้ไฟดับลง ดังนั้น ละอองน้ำ มีความสามารถในการควบคุมและระงับไฟที่เกิดจากของเหลวไวไฟได้อย่างมีประสิทธิภาพ

7. ลักษณะทั่วไปของระบบไฟมดับเพลิง (Foam Fire Extinguishing System) และประเภทของไฟมดับเพลิง (Fire Fighting Foam)

ไฟมดับเพลิงสามารถใช้ดับไฟประเภท A และไฟประเภท B แต่ไม่สามารถใช้ดับไฟประเภท C ประเภท D และไฟที่เกิดภายในถังบรรจุความดัน (Pressure Tank) ได้ ไฟมดับเพลิงจะใช้ในการดับเพลิงไหม้ที่เกิดขึ้นกับของเหลวติดไฟและของเหลวไวไฟ

ไฟมคือกลไกในการดับเพลิง ประกอบด้วย ส่วนผสมของน้ำ 90% ผงไฟม 1-6% และที่เหลือคืออากาศมีลักษณะเป็นฟองน้ำ (Bubble) ซึ่งมีความหนาแน่นน้อยกว่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงของเหลวโดยหน้าที่กลไกของไฟมคือ

1. เมื่อน้ำไฟมลงไปบนเชื้อเพลิง น้ำไฟมจะลอยอยู่บนผิวของเชื้อเพลิง และคลุมผิวของเชื้อเพลิงของเหลวเอาไว้ เป็นการแยกเชื้อเพลิงออกจากเปลวไฟ
2. น้ำไฟมจะทำหน้าที่ป้องกัน Heat Feedback ที่ย้อนกลับมาที่เชื้อเพลิง โดยน้ำในไฟมส่วนหนึ่งจะดูด Heat Feedback ที่ย้อนกลับมาที่เชื้อเพลิงเอาไว้ก่อนที่ความร้อนจะถ่ายเทไปยังเชื้อเพลิง และน้ำจะระเหยกลายเป็นไอน้ำ
3. ไอน้ำที่ระเหยจะขยายจนมีปริมาตรมากกว่าเดิมถึง 1,700 เท่าและไปแทนที่ออกซิเจนไม่ให้เข้าบริเวณที่มีการเผาไหม้

4. ในกรณีที่เชื้อเพลิงไม่สามารถผสมเข้ากับน้ำได้ และเชื้อเพลิงมีจุดวาบไฟ (Flashpoint) น้อยกว่าอุณหภูมิของโฟม น้ำโฟมสามารถลดอุณหภูมิของเชื้อเพลิงให้ต่ำกว่าจุดวาบไฟ (Flashpoint) ของเชื้อเพลิงได้ทำให้เชื้อเพลิงไม่สามารถปลดปล่อยไอออกมาและไฟสามารถดับลงได้

5. ในกรณีที่เชื้อเพลิงไม่สามารถผสมเข้ากับน้ำได้ และเชื้อเพลิงมีจุดวาบไฟ (Flashpoint) สูงกว่าอุณหภูมิของน้ำโฟม น้ำโฟมก็สามารถลดอุณหภูมิของเชื้อเพลิงให้ต่ำลงเท่ากับอุณหภูมิของน้ำโฟม ทำให้เชื้อเพลิงสามารถปลดปล่อยไอได้น้อยลง

6. ในกรณีที่เชื้อเพลิงสามารถผสมเข้ากับน้ำได้ น้ำโฟมก็จะละลายลงไปเชื้อเพลิงและทำให้เชื้อเพลิงเจือจาง และทำให้เชื้อเพลิงของเหลวนั้นมีอุณหภูมิของจุดเดือดของเชื้อเพลิงสูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อจุดเดือดสูงขึ้น ความดันไอ (Vapor Pressure) จะลดลง ทำให้เชื้อเพลิงของเหลวนั้นสามารถปลดปล่อยไอ (Vaporization) ออกมาได้น้อยลง

ประเภทของโฟมดับเพลิง (Fire Fighting Foam)

โฟมดับเพลิงจะมีคุณสมบัติในการสร้างฟองโฟม (Finished Foam) โดยโฟมมีความหนาแน่นต่ำกว่าน้ำมันหรือน้ำ และใช้เพื่อครอบคลุมพื้นผิว โดยฟองโฟมจะเกิดจากสารละลายโฟม (โฟมเข้มข้นผสมกับน้ำ) ผสมกับอากาศ ตามสัดส่วนการผสมที่ได้กำหนด

Gangnon (1998) อธิบายถึงลักษณะของโฟมที่ใช้ในการดับเพลิงออกตามอัตราการขยายตัวเป็น 3 ระดับ ดังนี้

อัตราโฟมขยายตัวต่ำ (Low Expansion Foam) ขยายตัวที่อัตราต่ำกว่า 20 ต่อ 1

อัตราโฟมขยายตัวปานกลาง (Medium Expansion Foam) ขยายตัวที่อัตราระหว่าง 20 ต่อ 1 ถึง 200 ต่อ 1

อัตราโฟมขยายตัวสูง (High Expansion Foam) ขยายตัวที่อัตราระหว่าง 200 ต่อ 1 ถึง 1,000 ต่อ 1

น้ำยาโฟมเข้มข้น (Foam Concentrate) ที่ยังไม่ได้มีการผสมกับน้ำและอากาศเพื่อการใช้งาน โดยน้ำยาโฟมเข้มข้นสามารถแบ่งได้เป็นประเภทดังต่อไปนี้

1. โฟมชนิดโปรตีน (Protein Foam)

เป็นโฟมเข้มข้นที่ผลิตมาจากการหมักซากพืชและซากสัตว์ โดยปกติจะมีความสามารถในการดับเพลิงที่เกิดจากน้ำมันเชื้อเพลิงประเภทไฮโดรคาร์บอน และไม่มีสารกัดกร่อนจึงไม่มีปัญหาในการเลือกวัสดุบรรจุโฟมเข้มข้น เมื่อทำการผสมกับน้ำและอากาศจะสามารถใช้ดับเพลิงได้

2. โฟมชนิดฟลูออโรโปรตีน (Fluoroprotein Foam)

มีลักษณะคล้ายกับโฟมชนิดโปรตีน แต่มีการผสมสังเคราะห์ฟลูออรีน เพื่อให้อากาศแยกออกจากสารละลายโฟมและไอเชื้อเพลิงที่ปกคลุมผิวน้ำมันเพลิง เมื่อผสมกับน้ำและอากาศจะสามารถใช้ดับเพลิงได้

3. โฟมชนิดสังเคราะห์ (Synthetic Foam)

โดยโฟมชนิดนี้สามารถแบ่งได้เป็นประเภทย่อยๆ ดังต่อไปนี้คือ

3.1 โฟมแบบฟิล์มน้ำ (Aqueous Film-Forming Foam, AFFF)

เป็นโฟมที่มีการผสมสารสังเคราะห์ฟลูออรีนและสารสังเคราะห์อื่นๆ เพื่อให้ฟองโฟมมีความคงทน โฟมประเภทนี้สามารถใช้ในการดับเพลิงร่วมกับผงเคมีแห้งดับเพลิงได้

3.2 โฟมแบบการขยายตัวปานกลางและการขยายตัวสูง (Medium and High Expansion Foam)

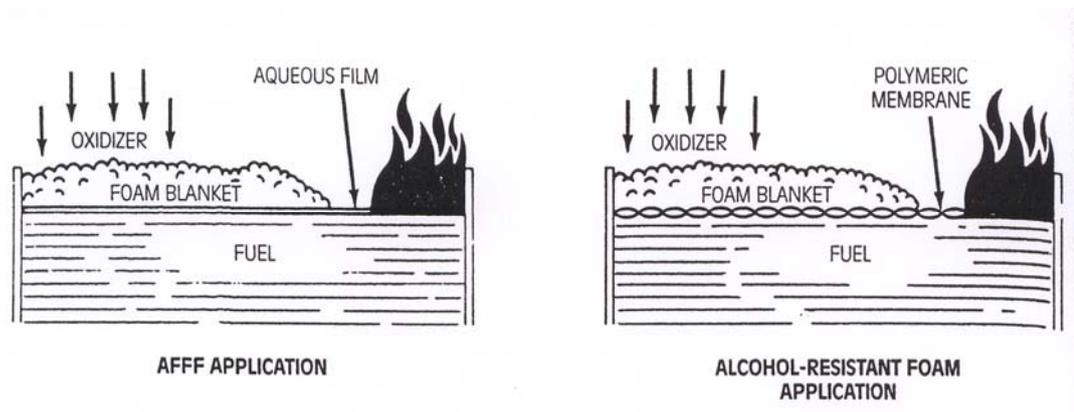
โฟมประเภทนี้จะต้องใช้กับเครื่องกำเนิดโฟมเพื่อผลิตฟองโฟมออกมาปกคลุมพื้นที่ที่ต้องการป้องกันหรือดับเพลิงเท่านั้น

4. โฟมชนิดฟิล์มชนิดฟลูออโรโปรตีน (Fluoroprotein Film-Forming Foam, FFFP)

โฟมประเภทนี้มีส่วนผสมของสารฟลูออรีนเพื่อสร้างเป็นแผ่นฟิล์มดับเพลิงกับเชื้อเพลิงที่เป็นไฮโดรคาร์บอนเท่านั้น โฟมประเภทนี้สามารถใช้ฉีดดับเพลิงร่วมกับผงเคมีแห้งดับเพลิงได้อีกด้วย

5. โฟมชนิดทนแอลกอฮอล์ (Alcohol-Resistant Foam)

ใช้ในการดับเพลิงกับเชื้อเพลิงที่สามารถผสมกับน้ำได้และเชื้อเพลิงประเภทไฮโดรคาร์บอน โดยทั่วไปมีทั้งที่เป็นแบบฟิล์มน้ำ (Alcohol-Resistant Aqueous Film-Forming Foam, AR-AFFF) และแบบฟิล์มฟลูออโรโปรตีน (Alcohol-Resistant Fluoroprotein Film-Forming Foam, AR-FFFP)



ภาพที่ 5 ปฏิกริยาของโฟมดับเพลิงกับเชื้อเพลิง

ที่มา: Woodworth and Frank (1994)

8. ข้อมูลสถิติการเกิดเพลิงไหม้รถยนต์ในเขตกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ.2548-2551

ตารางที่ 5 ตารางแสดงการเกิดเพลิงไหม้รถยนต์ในเขตกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2548 ระหว่างเดือน มกราคม - ธันวาคม

เดือน	รถยนต์			ประเภทเชื้อเพลิง (จำนวนคัน)					ผู้ได้รับบาดเจ็บ			
	ประเภท	รวมประเภทรถ	ขนาดที่นั่ง	น้ำมัน	แก๊ส		ใช้ทั้ง 2 ระบบ	รวม	เล็กน้อย	สาหัส	ตาย	รวม
					LPG	NGV						
มกราคม	รถส่วนบุคคล	4	7 คนลงมา	1	1	-	-	2	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	2	-	-	-	2	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	3	7 คนลงมา	3	-	-	-	3	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	-	-	-	-	-	-	-	-	-
กุมภาพันธ์	รถส่วนบุคคล	2	7 คนลงมา	2	-	-	-	2	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	2	7 คนลงมา	1	-	-	-	1	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	1	-	-	-	1	-	-	-	-
มีนาคม	รถส่วนบุคคล	6	7 คนลงมา	2	1	-	1	4	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	2	-	-	-	2	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	5	7 คนลงมา	2	1	-	-	3	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	2	-	-	-	2	-	-	-	-

ตารางที่ 5 (ต่อ)

เดือน	รถยนต์			ประเภทเชื้อเพลิง (จำนวนคัน)					ผู้ได้รับบาดเจ็บ			
	ประเภท	รวมประเภทรถ	ขนาดที่นั่ง	น้ำมัน	แก๊ส		ใช้ทั้ง 2 ระบบ	รวม	เล็กน้อย	สาหัส	ตาย	รวม
					LPG	NGV						
เมษายน	รถส่วนบุคคล	4	7 คนลงมา	1	1	-	-	2	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	1	1	-	-	2	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	3	7 คนลงมา	1	1	-	-	2	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	-	1	-	-	1	-	-	-	-
พฤษภาคม	รถส่วนบุคคล	4	7 คนลงมา	1	2	-	-	3	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	-	1	-	-	1	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	3	7 คนลงมา	1	1	-	1	3	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	-	-	-	-	-	-	-	-	-
มิถุนายน	รถส่วนบุคคล	6	7 คนลงมา	3	2	-	-	5	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	-	1	-	-	1	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	4	7 คนลงมา	2	2	-	-	4	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 5 (ต่อ)

เดือน	รถยนต์			ประเภทเชื้อเพลิง (จำนวนคัน)					ผู้ได้รับบาดเจ็บ			
	ประเภท	รวมประเภทรถ	ขนาดที่นั่ง	น้ำมัน	แก๊ส		ใช้ทั้ง 2 ระบบ	รวม	เล็กน้อย	สาหัส	ตาย	รวม
					LPG	NGV						
กรกฎาคม	รถส่วนบุคคล	1	7 คนลงมา	1	-	-	-	1	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	1	7 คนลงมา	1	-	-	-	1	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	-	-	-	-	-	-	-	-	-
สิงหาคม	รถส่วนบุคคล	2	7 คนลงมา	2	-	-	-	2	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	4	7 คนลงมา	1	3	-	-	4	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	-	-	-	-	-	-	-	-	-
กันยายน	รถส่วนบุคคล	5	7 คนลงมา	2	2	-	1	5	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	3	7 คนลงมา	1	2	-	-	3	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 5 (ต่อ)

เดือน	รถยนต์			ประเภทเชื้อเพลิง (จำนวนคัน)					ผู้ได้รับบาดเจ็บ			
	ประเภท	รวมประเภทรถ	ขนาดที่นั่ง	น้ำมัน	แก๊ส		ใช้ทั้ง 2 ระบบ	รวม	เล็กน้อย	สาหัส	ตาย	รวม
					LPG	NGV						
ตุลาคม	รถส่วนบุคคล	11	7 คนลงมา	3	4	-	1	8	1	-	-	1
			มากกว่า 7 คน	1	2	-		3	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	9	7 คนลงมา	3	4	-	-	7	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	1	1	-	-	2	-	-	-	-
พฤศจิกายน	รถส่วนบุคคล	9	7 คนลงมา	3	4	-	-	7	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	1	1	-	-	2	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	4	7 คนลงมา	1	3	-	-	4	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ธันวาคม	รถส่วนบุคคล	2	7 คนลงมา	1	1	-	-	2	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	1	7 คนลงมา	-	1	-	-	1	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ที่มา: สำนักป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กรุงเทพมหานคร

ตารางที่ 6 ตารางแสดงการเกิดเพลิงไหม้รถยนต์ในเขตกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2549 ระหว่างเดือน มกราคม - ธันวาคม

เดือน	รถยนต์			ประเภทเชื้อเพลิง (จำนวนคัน)					ผู้ได้รับบาดเจ็บ			
	ประเภท	รวมประเภทรถ	ขนาดที่นั่ง	น้ำมัน	แก๊ส		ใช้ทั้ง 2 ระบบ	รวม	เล็กน้อย	สาหัส	ตาย	รวม
					LPG	NGV						
มกราคม	รถส่วนบุคคล	16	7 คนลงมา	5	6	-	1	12	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	2	2	-	-	4	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	13	7 คนลงมา	3	7	-	-	10	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	3		-	-	3	-	-	-	-
กุมภาพันธ์	รถส่วนบุคคล	11	7 คนลงมา	5	4	-	-	9	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	1	1	-	-	2	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	10	7 คนลงมา	2	3	-	-	5	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	4	1	-	-	5	-	-	-	-
มีนาคม	รถส่วนบุคคล	11	7 คนลงมา	4	4	-	1	9	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	-	2	-	-	2	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	13	7 คนลงมา	3	5	-	-	8	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	3	2	-	-	5	-	-	-	-

ตารางที่ 6 (ต่อ)

เดือน	รถยนต์			ประเภทเชื้อเพลิง (จำนวนคัน)					ผู้ได้รับบาดเจ็บ			
	ประเภท	รวมประเภทรถ	ขนาดที่นั่ง	น้ำมัน	แก๊ส		ใช้ทั้ง 2 ระบบ	รวม	เล็กน้อย	สาหัส	ตาย	รวม
					LPG	NGV						
เมษายน	รถส่วนบุคคล	20	7 คนลงมา	8	4	-	-	12	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	7	1	-	-	8	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	14	7 คนลงมา	2	9	-	-	11	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	2	1	-	-	3	-	-	-	-
พฤษภาคม	รถส่วนบุคคล	12	7 คนลงมา	5	4	-	-	9	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	-	3	-	-	3	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	9	7 คนลงมา	3	4	-	-	7	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	1	1	-	-	2	-	-	-	-
มิถุนายน	รถส่วนบุคคล	18	7 คนลงมา	5	6	-	1	12	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	2	4	-	-	6	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	22	7 คนลงมา	7	11	-	-	18	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	3	1	-	-	4	-	-	-	-

ตารางที่ 6 (ต่อ)

เดือน	รถยนต์			ประเภทเชื้อเพลิง (จำนวนคัน)					ผู้ได้รับบาดเจ็บ			
	ประเภท	รวมประเภทรถ	ขนาดที่นั่ง	น้ำมัน	แก๊ส		ใช้ทั้ง 2 ระบบ	รวม	เล็กน้อย	สาหัส	ตาย	รวม
					LPG	NGV						
กรกฎาคม	รถส่วนบุคคล	9	7 คนลงมา	4	3	-	-	7	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	1	1	-	-	2	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	8	7 คนลงมา	2	6	-	-	8	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	-	-	-	-	-	-	-	-	-
สิงหาคม	รถส่วนบุคคล	9	7 คนลงมา	3	3	-	1	7	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	1	1	-	-	2	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	14	7 คนลงมา	4	7	-	1	12	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	1	1	-	-	2	-	-	-	-
กันยายน	รถส่วนบุคคล	17	7 คนลงมา	6	7	-	-	13	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	2	2	-	-	4	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	23	7 คนลงมา	8	13	-	-	21	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	2	-	-	-	2	-	-	-	-

ตารางที่ 6 (ต่อ)

เดือน	รถยนต์			ประเภทเชื้อเพลิง (จำนวนคัน)					ผู้ได้รับบาดเจ็บ			
	ประเภท	รวมประเภทรถ	ขนาดที่นั่ง	น้ำมัน	แก๊ส		ใช้ทั้ง 2 ระบบ	รวม	เล็กน้อย	สาหัส	ตาย	รวม
					LPG	NGV						
ตุลาคม	รถส่วนบุคคล	15	7 คนลงมา	4	6	-	1	11	2	-	-	2
			มากกว่า 7 คน	-	4	-	-	4	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	23	7 คนลงมา	6	14	-	-	20	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	2	1	-	-	3	-	-	-	-
พฤศจิกายน	รถส่วนบุคคล	20	7 คนลงมา	8	7	-	1	16	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	1	3	-	-	4	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	31	7 คนลงมา	9	15	-	-	24	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	2	5	-	-	7	-	-	-	-
ธันวาคม	รถส่วนบุคคล	9	7 คนลงมา	4	4	-	-	8	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	-	1	-	-	1	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	18	7 คนลงมา	8	9	-	-	17	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	-	1	-	-	1	-	-	-	-

ที่มา: สำนักป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กรุงเทพมหานคร

ตารางที่ 7 ตารางแสดงการเกิดเพลิงไหม้รถยนต์ในเขตกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2550 ระหว่างเดือน มกราคม – ธันวาคม

เดือน	รถยนต์			ประเภทเชื้อเพลิง (จำนวนคัน)					ผู้ได้รับบาดเจ็บ			
	ประเภท	รวมประเภทรถ	ขนาดที่นั่ง	น้ำมัน	แก๊ส		ใช้ทั้ง 2 ระบบ	รวม	เล็กน้อย	สาหัส	ตาย	รวม
					LPG	NGV						
มกราคม	รถส่วนบุคคล	11	7 คนลงมา	4	3	-	-	7	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	2	2	-	-	4	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	13	7 คนลงมา	3	7	-	-	10	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	2	1	-	-	3	-	-	-	-
กุมภาพันธ์	รถส่วนบุคคล	8	7 คนลงมา	3	3	-	1	7	1	-	-	1
			มากกว่า 7 คน	1	-	-	-	1	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	14	7 คนลงมา	3	8	-	-	11	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	2	1	-	-	3	-	-	-	-
มีนาคม	รถส่วนบุคคล	7	7 คนลงมา	2	4	-	-	6	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	-	1	-	-	1	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	9	7 คนลงมา	2	5	-	-	7	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	1	1	-	-	2	-	-	-	-

ตารางที่ 7 (ต่อ)

เดือน	รถยนต์			ประเภทเชื้อเพลิง (จำนวนคัน)					ผู้ได้รับบาดเจ็บ			
	ประเภท	รวมประเภทรถ	ขนาดที่นั่ง	น้ำมัน	แก๊ส		ใช้ทั้ง 2 ระบบ	รวม	เล็กน้อย	สาหัส	ตาย	รวม
					LPG	NGV						
เมษายน	รถส่วนบุคคล	10	7 คนลงมา	3	3	-	1	7	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	2	1	-		3	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	11	7 คนลงมา	3	6	-	-	9	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	1	1	-	-	2	-	-	-	-
พฤษภาคม	รถส่วนบุคคล	6	7 คนลงมา	1	3	-	-	4	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	1	1	-	-	2	-	-	1	1
	รถรับจ้าง สาธารณะ	8	7 คนลงมา	3	4	-	-	7	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	1	-	-	-	1	-	-	-	-
มิถุนายน	รถส่วนบุคคล	6	7 คนลงมา	2	2	-	-	4	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	-	2	-	-	2	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	6	7 คนลงมา	2	4	-	-	6	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 7 (ต่อ)

เดือน	รถยนต์			ประเภทเชื้อเพลิง (จำนวนคัน)					ผู้ได้รับบาดเจ็บ			
	ประเภท	รวมประเภทรถ	ขนาดที่นั่ง	น้ำมัน	แก๊ส		ใช้ทั้ง 2 ระบบ	รวม	เล็กน้อย	สาหัส	ตาย	รวม
					LPG	NGV						
กรกฎาคม	รถส่วนบุคคล	7	7 คนลงมา	4	-	-	2	6	1	-	-	1
			มากกว่า 7 คน	1	-	-	-	1	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	11	7 คนลงมา	7	2	-	1	10	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	1	-	-	-	1	-	-	-	-
สิงหาคม	รถส่วนบุคคล	10	7 คนลงมา	6	1	-	2	9	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	1	-	-	-	1	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	5	7 คนลงมา	2	2	-	-	4	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	1	-	-	-	1	-	-	-	-
กันยายน	รถส่วนบุคคล	5	7 คนลงมา	1	2	-	1	4	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	1	-	-	-	1	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	6	7 คนลงมา	1	3	-	1	5	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	1	-	-	-	1	-	-	-	-

ตารางที่ 7 (ต่อ)

เดือน	รถยนต์			ประเภทเชื้อเพลิง (จำนวนคัน)					ผู้ได้รับบาดเจ็บ			
	ประเภท	รวมประเภทรถ	ขนาดที่นั่ง	น้ำมัน	แก๊ส		ใช้ทั้ง 2 ระบบ	รวม	เล็กน้อย	สาหัส	ตาย	รวม
					LPG	NGV						
ตุลาคม	รถส่วนบุคคล	8	7 คนลงมา	6	-	-	1	7	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	1	-	-	-	1	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	6	7 คนลงมา	1	1	-	-	2	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	3	1	-	-	4	-	-	-	-
พฤศจิกายน	รถส่วนบุคคล	9	7 คนลงมา	7	-	-	-	7	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	2	-	-	-	2	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	5	7 คนลงมา	-	1	-	-	1	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	3	-	1	-	4	-	-	-	-
ธันวาคม	รถส่วนบุคคล	13	7 คนลงมา	9	2	-	1	12	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	1	-	-	-	1	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	4	7 คนลงมา	-	1	-	-	1	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	3	-	-	-	3	-	-	-	-

ที่มา: สำนักป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กรุงเทพมหานคร

ตารางที่ 8 ตารางแสดงการเกิดเพลิงไหม้รถยนต์ในเขตกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2551 ระหว่างเดือน มกราคม – กุมภาพันธ์

เดือน	รถยนต์			ประเภทเชื้อเพลิง (จำนวนคัน)					ผู้ได้รับบาดเจ็บ			
	ประเภท	รวมประเภทรถ	ขนาดที่นั่ง	น้ำมัน	แก๊ส		ใช้ทั้ง 2 ระบบ	รวม	เล็กน้อย	สาหัส	ตาย	รวม
					LPG	NGV						
มกราคม	รถส่วนบุคคล	13	7 คนลงมา	9	1	-	3	13	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	2	7 คนลงมา	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	2	-	-	-	2	-	-	-	-
กุมภาพันธ์	รถส่วนบุคคล	12	7 คนลงมา	10	-	-	1	11	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	1	-	-	-	1	-	-	-	-
	รถรับจ้าง สาธารณะ	3	7 คนลงมา	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			มากกว่า 7 คน	1	2	-	-	3	-	-	-	-

ที่มา: สำนักป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กรุงเทพมหานคร

ตารางที่ 9 สถิติการเกิดเพลิงไหม้รถยนต์ในเขตกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2548 - เดือน กุมภาพันธ์ 2551

เดือน ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม	ค่าเฉลี่ย
2548	7	4	11	7	7	10	2	6	8	20	13	3	98	8
2549	29	21	24	34	21	40	17	23	40	38	51	27	365	30
2550	24	22	16	21	14	12	18	15	11	14	14	17	198	17
2551	15	15											30	15

- หมายเหตุ ปี 2548 เฉลี่ยแล้วเกิดอัคคีภัยประมาณ 8 ครั้ง / เดือน
 ปี 2549 เฉลี่ยแล้วเกิดอัคคีภัยประมาณ 30 ครั้ง / เดือน
 ปี 2550 เฉลี่ยแล้วเกิดอัคคีภัยประมาณ 17 ครั้ง / เดือน
 ปี 2551 เฉลี่ยแล้วเกิดอัคคีภัยประมาณ 15 ครั้ง / เดือน (ตั้งแต่ มกราคม – กุมภาพันธ์)

ที่มา: สำนักป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กรุงเทพมหานคร

พบว่าเมื่ออัตราการเกิดไฟไหม้ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง ในปีพ.ศ. 2548 จำนวน 22 ครั้ง ในปีพ.ศ. 2549 จำนวน 61 ครั้ง ในปีพ.ศ. 2550 จำนวน 48 ครั้ง และในปีพ.ศ. 2551 ระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ จำนวน 19 ครั้ง ซึ่งเมื่อเทียบกับอุบัติเหตุการเกิดไฟไหม้ของรถยนต์ทุกประเภทที่เกิดเพลิงไหม้ โดยในปี พ.ศ. 2548 มีจำนวน 98 ครั้ง ในปีพ.ศ. 2549 จำนวน 365 ครั้ง ในปีพ.ศ. 2550 จำนวน 198 ครั้ง และในปีพ.ศ. 2551 ระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ จำนวน 30 ครั้ง โดยจากข้อมูลดังกล่าวสรุปได้ว่าจำนวนของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงเมื่ออัตราการเกิดไฟไหม้คิดเป็นร้อยละ 22 ในปี 2548 , ร้อยละ 17 ในปี 2549 ร้อยละ 24.2 ในปี 2550 และร้อยละ 15 ในปี 2551 จากการประมวลผลข้อมูล พบว่า มีอัตราการเกิดเพลิงไหม้สูงสำหรับรถยนต์นั่งส่วนบุคคล ดังนั้นการออกแบบระบบดับเพลิงด้วยโฟมจึงเป็นวิธีการดับไฟเพื่อไม่ให้ไฟลามไปสู่ชั้นรุนแรง

ส่วนแก๊ส LPG และ NGV จากสถิติพบว่า แก๊ส LPG มีอัตราการเกิดเพลิงไหม้มากกว่าแก๊ส NGV เนื่องจากระบบการติดตั้งของแก๊ส LPG มีราคาถูกกว่าแก๊ส NGV ประมาณ 4 เท่า ทำให้แก๊ส LPG มีจำนวนผู้ใช้มากกว่าแก๊ส NGV จึงทำให้สถิติการเกิดเพลิงไหม้มีมากกว่า แต่ในปัจจุบันราคาน้ำมันมีราคาสูงขึ้นเรื่อยๆ ทำให้ผู้ใช้รถยนต์เปลี่ยนมาใช้แก๊ส LPG และ NGV เป็นจำนวนมาก ดังนั้นโอกาสการเกิดเพลิงไหม้จากแก๊ส LPG และแก๊ส NGV จะมีอัตราที่เพิ่มสูงขึ้น

9. การคำนวณระบบท่อที่ใช้ในการออกแบบระบบโฟมดับเพลิงภายในห้องเครื่องยนต์

การคำนวณระบบท่อ คือ การคำนวณหาการเปลี่ยนแปลงความดันและอัตราการไหล ณ จุดต่างๆ เพื่อให้ได้ความดันและอัตราการไหล โดยการออกแบบงานวิจัยนี้จะมีการติดตั้งอุปกรณ์หัวฉีดดับเพลิงไว้ที่ปลายท่อและช่วงกลางท่อ ดังนั้นจึงต้องมีการคำนวณหาอัตราการไหลที่หัวฉีดเพื่อให้สัมพันธ์กับแรงดันของถังบรรจุโฟมดับเพลิงที่กำหนด

การคำนวณหาพื้นที่ป้องกัน (Protected Area) ที่จะทำการติดตั้งระบบ ดังนี้

$$A = l \times d \quad (7)$$

$$A = \text{พื้นที่ป้องกัน (m}^2, \text{ft}^2)$$

$$d = \text{ความยาว (m,ft)}$$

l = ความกว้าง (m,ft)

ความดันสูญเสียในระบบท่อ (P_t) หาได้จาก

$$P_t = P_f + P_e \quad (8)$$

P_t = ความดันสูญเสียในระบบท่อ (psi, bar)

P_f = ความดันสูญเสียในท่อ เนื่องจากแรงเสียดทาน (psi, bar)

P_e = ความดันสูญเสียในท่อเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงระดับความสูง (psi, bar)

การคำนวณหา Head Loss หรือ ความดันสูญเสียในเส้นท่อเนื่องจากการเปลี่ยนระดับความสูง สามารถหาได้จาก

$$\text{Head Loss (psi)} = 0.433 \times h \times SG \quad (9)$$

$$P_e = 0.433 \times h \times SG$$

h = ระยะความสูง (ft)

SG = ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)

$$\text{Head Loss (Bars)} = 0.098 \times h \times SG \quad (10)$$

$$P_e = 0.098 \times h \times SG$$

h = ระยะความสูง (m)

SG = ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)

ความดันสูญเสียในท่อเนื่องจากแรงเสียดทาน สามารถคำนวณหาได้จาก

$$p_f = p \times L \quad (11)$$

p = ความดันสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานต่อหนึ่งหน่วยความยาว (psi/ft, bar/m)

L = ความยาวรวมของระบบท่อ (ft, m)

$$L = \text{length} + \text{length}_{\text{Equivalent}} \quad (12)$$

length = ความยาวของท่อ (ft, m)

length_{Equivalent} = ความยาวเทียบเท่าของอุปกรณ์ในระบบท่อ (ft, m)

หาได้จากภาพผนวกที่ ๕5

ความดันสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานต่อหนึ่งหน่วยความยาว หาได้จาก

$$p = \frac{4.52 \times Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} \quad (13)$$

p = ความดันสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานต่อหนึ่งหน่วยความยาว (psi/ft)

C = สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของท่อ (ค่า C เท่ากับ 150 สำหรับท่อทองแดง)

Q = อัตราการไหล (gpm)

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อ (in)

$$p = \frac{6.05 \times Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} \times 10^5 \quad (14)$$

p = ความดันสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานต่อหนึ่งหน่วยความยาว (bar/m)

C = สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของท่อ (ค่า C เท่ากับ 150 สำหรับท่อทองแดง)

Q = อัตราการไหล (L/min)

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อ (mm)

การคำนวณหาอัตราการไหล (Flow Rate) จากความสัมพันธ์กับความดัน ได้ดังนี้

$$Q = K \times \sqrt{p} \quad (15)$$

$$p = \left(\frac{Q}{K} \right)^2 \quad (16)$$

$$K = \frac{Q}{\sqrt{p}} \quad (17)$$

Q = อัตราการไหล (gpm, L/min)

K = สัมประสิทธิ์ K-Factor ของอุปกรณ์ในระบบ หรือ ระบบท่อใดๆ

p = ความดัน (psi, bar)

และ ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและความดันระหว่าง 2 จุด ใดๆ

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{p_1}{p_2}} \quad (18)$$

การคำนวณหาความเร็วของของไหลในเส้นท่อ หาได้จาก

$$v = \frac{0.4085 \times Q}{d^2} \quad (19)$$

v = ความเร็วของของไหลในท่อ (ft/s)

Q = อัตราการไหล (gpm)

d = ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (in)

$$v = \frac{21.22 \times Q}{d^2} \quad (20)$$

v = ความเร็วของของไหลในท่อ (m/s)

Q = อัตราการไหล (L/min)

d = ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (mm)

และ สามารถหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อจากความเร็วและอัตราการไหลได้ คือ

$$d = \sqrt{\frac{0.4085 \times Q}{v}} \quad (21)$$

v = ความเร็วของของไหลในท่อ (ft/s)

Q = อัตราการไหล (gpm)

d = ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (in)

$$d = \sqrt{\frac{21.22 \times Q}{v}} \quad (22)$$

v = ความเร็วของของไหลในท่อ (m/s)

Q = อัตราการไหล (L/min)

d = ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (mm)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ยุทธนา (2542) ได้ศึกษาการออกแบบระบบโคมดับเพลิงสำหรับถังเก็บของเหลวไวไฟและของเหลวติดไฟ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณหาระบบท่อและการเปลี่ยนวิธีการฉีดโคมดับเพลิง เพื่อลดความผิดพลาดในการออกแบบ แต่ข้อจำกัดของโปรแกรมคือต้องคำนวณใช้ข้อกำหนดตามวิธีที่โปรแกรมกำหนดไว้ ดังนั้นหากจะพัฒนาโปรแกรมต่อไปต้องปรับปรุงโปรแกรมให้มีความยืดหยุ่นและตรงกับความต้องการของแต่ละระบบ

ชโย (2548) ได้ศึกษาการออกแบบระบบดับเพลิงในห้องเครื่องยนต์โดยสารโดยใช้ระบบสารดับเพลิงเคมีแห้ง โดยมีการเดินท่อหัวฉีดและอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้อัตโนมัติ พบว่าเวลาที่ใช้ในการตรวจจับและเริ่มดับเพลิงของระบบดับเพลิงที่ออกแบบในงานวิจัยนี้เท่ากับ 29 วินาที เมื่อใช้สารดับเพลิงประมาณ 3.8 กิโลกรัม

Vaivads (1996) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการคำนวณการลุกไหม้ของเชื้อเพลิงเมทานอลและน้ำมันเบนซินกรณีหกรั่วไหลในท่อเครื่องยนต์ (A Computational Study of the Flammability of Methanol and Gasoline Fuel Spills on Engine Manifold, 1996) จากการศึกษาพบว่าเมทานอลและน้ำมันเบนซินโดยคุณสมบัติของเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดทั้งทางกายภาพและทางเคมีนั้นมีลักษณะที่มีความแตกต่างกัน ซึ่งเมื่อหาส่วนผสมของไอระเหยที่แพร่ออกมาเปรียบเทียบกับระหว่างเกิดเพลิงไหม้ หรือเชื้อเพลิงรั่วไหลโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Computational Fire Dynamics) พบว่าที่พื้นผิวอุณหภูมิ 700 K (เคลวิน) เชื้อเพลิงทั้งสองไม่ลุกติดไฟ ถึงแม้ว่าอุณหภูมิที่พื้นผิวดังกล่าวจะสูงกว่าอุณหภูมิที่ลุกติดไฟได้เอง ณ อุณหภูมิ 700 K (เคลวิน) และ 1,000 K (เคลวิน) ของเชื้อเพลิงทั้งสองและจากงานวิจัยพบว่าเชื้อเพลิงทั้งสองสามารถลุกติดไฟได้เองที่พื้นผิว 1000 K (เคลวิน) โดยอุณหภูมิที่ผิวเกิดจากพื้นผิวร้อนของวัสดุดังกล่าว โดยเป็นค่าประมาณต่ำสุดสำหรับการลุกติดไฟได้เอง จึงสรุปได้ว่าการลุกติดไฟจากน้ำมันเชื้อเพลิงเมทานอลและน้ำมันเบนซินขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่พื้นผิวที่ร้อนเท่านั้น

Prasad *et al.* (1998) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการดับเพลิงที่เกิดจากการเผาไหม้ของเมทานอลโดยใช้ละอองน้ำ (Numerical Modeling of Water Mist Suppression of Methanol-Air Diffusion Flame; 1998) โดยแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ระยะเวลาที่เป็นแก๊ส และระยะเวลาที่เป็นละอองน้ำ เพื่อศึกษาถึงกระบวนการทางกายภาพของปฏิกิริยาระหว่างละอองน้ำและเปลวไฟ โดยผลการทดลองพบว่า ขนาดของละอองน้ำจากการฉีด ความหนาแน่นของน้ำในการฉีดและความเร็วละอองน้ำที่เข้าสัมผัสกับเปลวไฟมีผลต่อการดับเพลิง โดยจากการศึกษาความสัมพันธ์ของความเหมาะสมของการฉีดละอองน้ำลงบนเปลวไฟ จากการทดลองทั้ง 2 แบบ สรุปได้ว่า ละอองน้ำขนาดเล็กสามารถดับเพลิงได้อย่างเหมาะสมภายใต้สภาวะที่ทำการฉีดน้ำไปในตำแหน่งที่บริเวณฐานของเปลวไฟ ในขณะที่ละอองน้ำขนาดใหญ่จะสามารถดับเพลิงได้ดีหากฉีดไปในตำแหน่งด้านข้างของเปลวไฟ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. โฟมดับเพลิงชนิด AFFF ขนาด 10 ลิตร
2. หัวฉีดสารโฟมดับเพลิงแบบฝอย (Nozzle) จำนวน 4 หัว
3. เครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Thermocouple) ที่ 0 – 300 องศาเซลเซียส
4. เครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Thermocouple) ที่ 0 – 1,000 องศาเซลเซียส ใช้วัดอุณหภูมิของเครื่องยนต์เพื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบ
5. ท่อทองแดงและข้อต่อทางแยก สำหรับเดินท่อจ่ายสารโฟมดับเพลิงจากถังดับเพลิงชนิดโฟม
6. แบบจำลองรถยนต์ยี่ห้อ NISSAN รุ่น DATSUN ขนาด 1,500 ซีซี
7. กล้องถ่ายภาพดิจิทัล และกล้องบันทึกภาพเพื่อทำการบันทึกภาพการทดสอบงานวิจัย
8. คอมพิวเตอร์ แบบชนิดพกพา 512 MB of RAM, 80 GB of HDD

วิธีการ

1. การตรวจเอกสาร (Literature Review) เพื่อศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับการเกิดเพลิงไหม้
3. ศึกษาข้อมูลการเกิดเพลิงไหม้กับรถยนต์จากเอกสารและงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ

4. นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์สาเหตุของเพลิงไหม้ในรถยนต์นั่งส่วนบุคคลเพื่อศึกษาปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดการติดไฟและเพลิงไหม้ภายในห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล
5. ทำการสรุปสาเหตุและประมวผล เพื่อนำข้อมูลมาออกแบบระบบที่เหมาะสมกับการเกิดเพลิงไหม้ภายในห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล ตามมาตรฐานของการออกแบบระบบดับเพลิง
6. นำวิธีการที่ได้ออกแบบทำการติดตั้งระบบดับเพลิงกับรถยนต์จำลองเพื่อใช้ในการทดสอบกับระดับเพลิงที่ได้ออกแบบไว้
7. ทำการตรวจสอบการทำงานของระบบดับเพลิงโดยสมมติให้เกิดเพลิงไหม้ภายในเครื่องยนต์เนื่องจากการรั่วของท่อจ่ายน้ำมันแก๊ส โซลีนบริเวณเครื่องยนต์และการเกิดประกายไฟ
8. เก็บข้อมูลจากการทดสอบและนำผลที่ได้มาทำการสรุปผลการวิจัยของการออกแบบระบบดับเพลิงที่ได้ออกแบบไว้
9. จัดทำรายงานและเสนอรายงานวิจัย

ผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้แบ่งผลการวิจัยออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของผลการออกแบบระบบดับเพลิง และส่วนของผลการทดสอบระบบดับเพลิงที่ได้ออกแบบ

ผลการออกแบบระบบดับเพลิง

1. รูปแบบของระบบดับเพลิงที่ได้ออกแบบ

การออกแบบระบบโฟมดับเพลิงภายในห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์ที่นั่งส่วนบุคคลในงานวิจัยนี้ ได้ใช้หลักการออกแบบ Performance – Based Fire Protection Design ซึ่งการออกแบบด้วยวิธีนี้มี ความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพเมื่อนำไปใช้งานจริงในการดับเพลิง ส่วนการออกแบบระบบท่อจ่ายสาร โฟมดับเพลิงในงานวิจัยนี้ใช้หลักการของมาตรฐาน NFPA 11 Standard for Low- Expansion Foam 1998 Edition และ NFPA 13 Standard for the Installation of Sprinkler Systems 1999 Edition ในการออกแบบ

ระบบดับเพลิงที่ได้ออกแบบในงานวิจัยนี้กำหนดให้มีหัวฉีดสาร โฟมดับเพลิง 4 หัวและ มีการออกแบบท่อจ่ายสาร โฟมดับเพลิงบริเวณ โดยรอบของห้องเครื่องยนต์ซึ่ง ได้ถูกกำหนดให้เป็น พื้นที่ดับเพลิงโดยเป็นบริเวณที่มีโอกาสเสี่ยงสูงในการเกิดเพลิงไหม้มากที่สุดของงานวิจัยนี้

ปริมาณสาร โฟมดับเพลิงของงานวิจัยนี้กำหนดให้มีสาร โฟมดับเพลิงขนาด 10 กิโลกรัม บรรจุอยู่ในถังบรรจุ โฟมดับเพลิงขนาดน้ำหนักรวม 14 กิโลกรัม ซึ่งเป็นสาร โฟมดับเพลิงที่ใช้ ในการดับเพลิง สามารถหาได้จากการทดลองจริงในงานวิจัยนี้

2. วัตถุประสงค์ของการออกแบบระบบโคมดับเพลิงภายในห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล

2.1 ถังบรรจุโคมดับเพลิง

ถังบรรจุโคมดับเพลิงทำหน้าที่เก็บสารโคมดับเพลิง และภายในถังจะมีการบรรจุก๊าซออกซิเจนอัดความดันไว้ เพื่อเป็นตัวนำสารโคมดับเพลิงจากถังบรรจุชนิดไปยังตำแหน่งของพื้นที่เกิดเพลิงไหม้

2.2 ท่อจ่ายสารโคมดับเพลิง

ท่อจ่ายสารโคมดับเพลิงทำหน้าที่ลำเลียงสารโคมดับเพลิงที่ถูกปล่อยออกมาจากถังบรรจุไปยังหัวฉีดเพื่อทำการดับเพลิง

2.3 หัวฉีดสารโคมดับเพลิง

หัวฉีดสารโคมดับเพลิงทำหน้าที่ปล่อยสารโคมดับเพลิงไปตามทิศทางและตำแหน่งที่ออกแบบ เพื่อให้สารโคมดับเพลิงกระจายไปยังพื้นที่เสี่ยงภายในห้องเครื่องยนต์และยังสามารถลดอุณหภูมิความร้อนของเปลวไฟที่เกิดจากวัสดุติดไฟภายในห้องเครื่องยนต์

2.4 เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermocouple ขนาด 0-300 องศาเซลเซียส)

เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermocouple) ถูกติดตั้งไว้ภายในห้องโดยสารเพื่อสามารถตรวจสอบความผิดปกติของอุณหภูมิภายในห้องเครื่องยนต์กรณีเกิดเพลิงไหม้ภายในห้องเครื่องยนต์ จะมีการเปลี่ยนแปลงของ (Thermocouple) ที่ได้ออกแบบและติดตั้งไว้

3. การสั่งงานของระบบโคมดับเพลิง

วิธีการสั่งงานของระบบโคมดับเพลิงคือใช้มือดึงคันบังคับ โดยสามารถแบ่งเป็น 2 วิธีคือ สั่งกดคัตวไฟ และกลิ่นไหม้แล้วทำการดึงคันบังคับฉีดสารโคมดับเพลิง หรือสั่งกดอุณหภูมิที่สูงขึ้นเร็วผิดปกติของเครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermocouple) ที่ติดตั้งไว้บริเวณปุ่มเปิดแอร์รถยนต์ ภายในห้องโดยสาร

การสั่งงานฉีดสารโคมดับเพลิงด้วยมือโดยการสั่งกดคัตวไฟและกลิ่นไหม้โดยผู้ขับขี่รถยนต์สามารถทำการดึงคันบังคับบริเวณที่นั่งผู้ขับขี่รถยนต์โดยในเหตุการณ์จริง ผู้ขับขี่รถยนต์ตรวจพบกลุ่มควันไฟและกลิ่นไหม้ออกมาจากภายในห้องเครื่องยนต์ หรืออาจจะเข้ามาในห้องโดยสาร ผู้ขับขี่จะต้องทำการจอดรถและดับเครื่องยนต์

การสั่งงานฉีดสารโคมดับเพลิงด้วยมือโดยการสั่งกดอุณหภูมิที่สูงขึ้นเร็วผิดปกติของเครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermocouple) ที่ติดตั้งไว้บริเวณปุ่มเปิดแอร์รถยนต์ภายในห้องโดยสาร โดยผู้ขับขี่รถยนต์อาจไม่สังเกตเห็นกลุ่มควันไฟ หรือได้กลิ่นไหม้เนื่องจากผู้ขับขี่รถยนต์ในเวลากลางคืน ดังนั้นการสั่งกดอุณหภูมิที่สูงขึ้นผิดปกติอย่างรวดเร็วในเวลาอันสั้นของเครื่องวัดอุณหภูมิสามารถที่จะระบุถึงการเกิดเพลิงไหม้ภายในห้องเครื่องยนต์ได้ เมื่อผู้ขับขี่รถยนต์สังเกตเห็นความผิดปกติดังกล่าวให้ผู้ขับขี่ทำการจอดรถและดับเครื่องยนต์ หลังจากนั้นทำการดึงคันบังคับเพื่อเริ่มสารฉีดสารโคมดับเพลิง เมื่อสารโคมดับเพลิงเริ่มทำงานให้ผู้ขับขี่รถยนต์ออกมาจากภายในห้องโดยสารรถยนต์ และให้อยู่ในระยะที่ปลอดภัย

4. ขั้นตอนการทำงานของระบบโคมดับเพลิงเมื่อมีการสั่งงานด้วยมือดึงคันบังคับบริเวณที่นั่งผู้ขับขี่รถยนต์

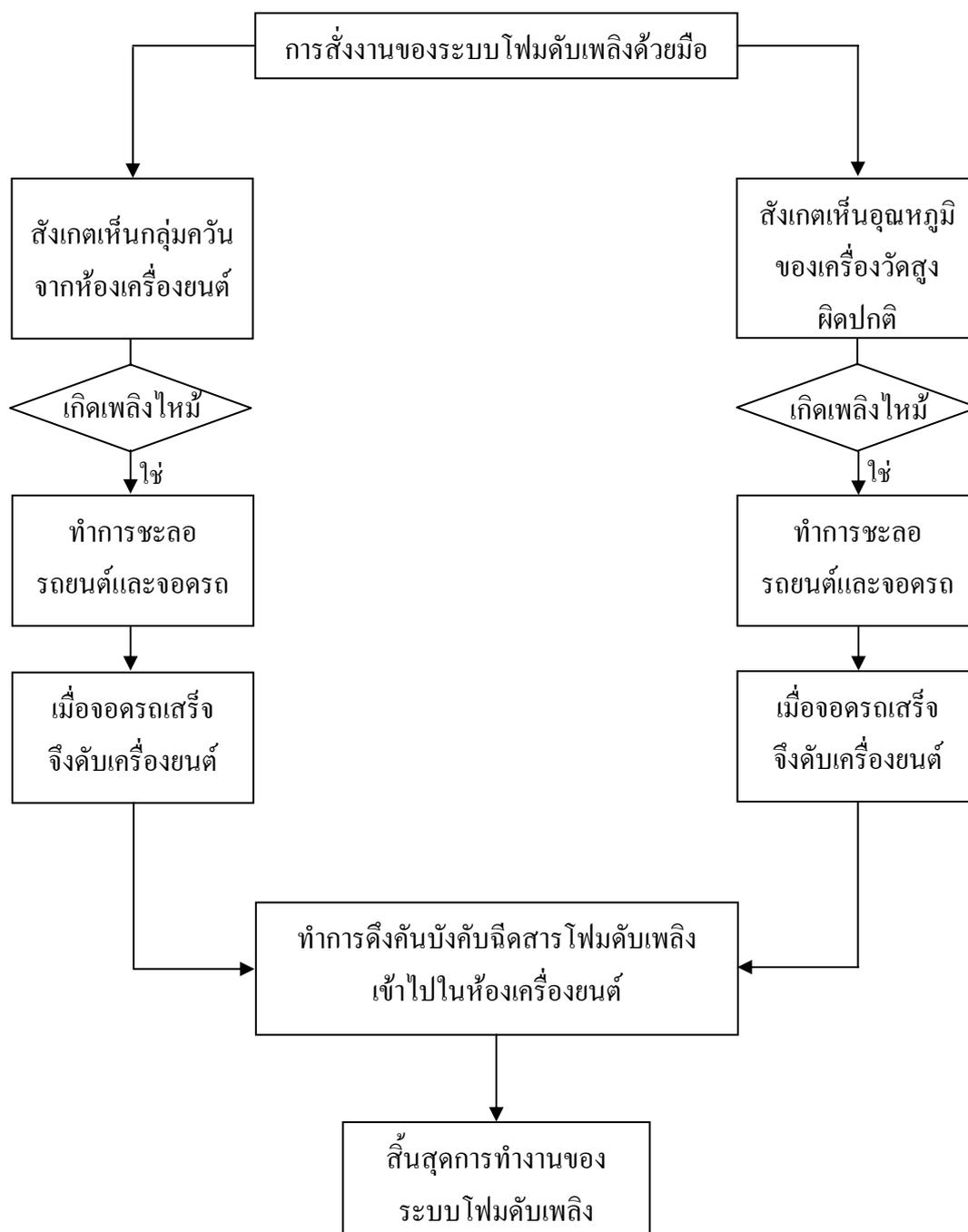
- 1) เกิดเพลิงไหม้บริเวณภายในห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์
- 2) สั่งกดอุณหภูมิของเครื่องวัดสูงขึ้นผิดปกติหรือสั่งกดจากคัตวไฟและกลิ่นไหม้
- 3) ทำการจอดรถและดับเครื่องยนต์
- 4) ดึงคันบังคับฉีดสารโคมดับเพลิงบริเวณที่นั่งผู้ขับขี่รถยนต์
- 5) สารโคมดับเพลิงจะถูกฉีดเข้าไปยังบริเวณภายในห้องเครื่องยนต์
- 6) ผู้ขับขี่รถยนต์และผู้ร่วมโดยสารออกมาจากภายในห้องโดยสารอย่างปลอดภัย

5. ระยะเวลาการทำงานของระบบสั่งงานด้วยมือ

จากการทดสอบหาเวลาที่ใช้ของผู้ขับจี้รถยนต์ตั้งแต่สังเกตเห็นกลุ่มควันไฟและกลิ่นไหม้หรืออุณหภูมิที่สูงผิดปกติของเครื่องวัดอุณหภูมิ จนกระทั่งผู้ขับจี้รถยนต์ทำการจอดรถและดับเครื่องยนต์ แล้วดึงคันบังคับทิศทางโฟมดับเพลิงเป็นเวลาทั้งสิ้นประมาณ 40 วินาทีดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 10 ตารางแสดงระยะเวลาการทำงานขั้นตอนต่างๆ ของระบบโฟมดับเพลิง

วินาทีที่	เหตุการณ์
1	- เกิดเพลิงไหม้และอุณหภูมิสูงขึ้นผิดปกติภายในห้องเครื่องยนต์
10	- สังเกตเห็นกลุ่มควันไฟ และกลิ่นไหม้
15	- ทำการชะลอรถยนต์เพื่อทำการจอดรถยนต์
30	- สามารถจอดรถยนต์และดับเพลิงเครื่องยนต์ - ดึงคันบังคับทิศทางโฟมดับเพลิง



ภาพที่ 6 แผนผังขั้นตอนการทำงานของระบบโคมดับเพลิง

ผลการทดสอบระบบโฝมดับเพลิง

ผลการทดสอบระบบโฝมดับเพลิงในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบทดลองเปิดฝากระโปรงรถยนต์และแบบทดลองปิดฝากระโปรงรถยนต์

1. ลักษณะระบบของการดับเพลิงโดยสารโฝมดับเพลิงแบบทดลองเปิดฝากระโปรงรถยนต์

1.1 เมื่อทำการจุดไฟไปยังบริเวณถาดน้ำมันแก๊สโซลีน (Gasoline) ซึ่งวางอยู่บริเวณฝากรอบวาล์ว เกิดการลุกติดไฟอย่างรวดเร็วและเปลวไฟมีความสูงถึงปลายฝากระโปรงรถยนต์ที่เปิดได้ เปิดไว้เมื่อปล่อยให้เปลวไฟลุกไหม้ประมาณ 30 วินาทีพบว่าเกิดกลุ่มควันดำและเกิดการลุกติดไฟของสิรยนต์บริเวณตรงกลางด้านในของฝากระโปรงรถยนต์ เมื่อทำการฉีดสารโฝมดับเพลิงเข้าไปยังต้นเพลิงซึ่งหัวฉีดทั้ง 4 หัว ได้ถูกฉีดออกมาพร้อมกันเป็นลักษณะแบบฝอยตัววิ ทำมุมประมาณ 120 องศาของแต่ละหัวฉีด ทำให้ครอบคลุมบริเวณห้องเครื่องยนต์ทั้งหมด และหัวฉีดแบบฝอยสามารถจำกัดเปลวไฟไม่ให้สูงขึ้นและลุกไหม้ฝากระโปรงที่เปิดไว้



ภาพที่ 7 การลุกไหม้ของน้ำมันแก๊สโซลีน (Gasoline) ภายในห้องเครื่องยนต์แบบทดลองเปิดฝากระโปรงรถยนต์



ภาพที่ 8 การฉีดสาร โฟมดับเพลิงไปยังพื้นที่ต้นเพลิง

1.2 เมื่อทำการฉีดสาร โฟมดับเพลิงเข้าไปยังภายในห้องเครื่องยนต์ที่เพลิงกำลังลุกไหม้อยู่ สารโฟมดับเพลิงจากหัวฉีดแบบฝอยได้กระจายครอบคลุมไปที่พื้นที่ต้นเพลิงและสังเกตได้ว่า สารโฟมดับเพลิงสามารถกำจัดเชื้อเพลิงโดยกั้นไม่ให้ไอเชื้อเพลิงและออกซิเจนทำปฏิกิริยากัน หลังจากนั้นเปลวไฟค่อย ๆ ดับลง



ภาพที่ 9 สาร โฟมดับเพลิงที่เกาะอยู่ภายในห้องเครื่องยนต์หลังจากไฟดับลง

1.3 หลังจากการลูกใหม่ได้ถูกค้ำลง พบว่า บริเวณถาดน้ำมันแก๊สโซลีน (Gasoline) มีสารโพลีเมอร์เคลือบอยู่และบริเวณพื้นผิวของห้องเครื่องยนต์รวมทั้งพื้นที่ผิวตัวถังรถยนต์ด้านในมีสารโพลีเมอร์เคลือบอยู่

1.4 ปริมาณสารโพลีเมอร์ที่ใช้ในการค้ำเพลิง

จากการทดลองฉีดสารโพลีเมอร์ค้ำเพลิงและได้ทำการชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณสารโพลีเมอร์ค้ำเพลิงที่ถูกใช้ในการค้ำเพลิงของแต่ละครั้งบริเวณพื้นที่ค้ำเพลิงที่ได้ถูกกำหนดไว้ในงานวิจัยนี้ รวมทั้งหาเวลาที่ใช้ในการค้ำเพลิงของการฉีดสารโพลีเมอร์ค้ำเพลิงในแต่ละครั้งดังตารางด้านล่างนี้

ตารางที่ 11 ตารางแสดงปริมาณสารโพลีเมอร์ค้ำเพลิงและเวลาที่ใช้ในการค้ำเพลิง

การทดสอบ ครั้งที่	ปริมาณน้ำหนัก		ปริมาณ สารโพลีเมอร์ค้ำเพลิงที่ใช้ (กิโลกรัม)	เวลาที่ใช้ฉีด สารโพลีเมอร์ค้ำเพลิง (วินาที)
	ถังบรรจุสารโพลีเมอร์ค้ำเพลิง (กิโลกรัม)			
	ก่อนฉีด	หลังฉีด		
1	14	11.2	2.8	34
2	14	11.3	2.7	32
3	14	11.4	2.6	31
4	14	11.4	2.5	30
5	14	11.2	2.8	33

หมายเหตุ ปริมาณสารโพลีเมอร์ค้ำเพลิงที่ใช้เป็นปริมาณสารโพลีเมอร์ค้ำเพลิงที่ผสมกับน้ำและก๊าซออกซิเจนที่อัดเข้าไปในถังบรรจุสารโพลีเมอร์ค้ำเพลิงขนาดน้ำหนัก 14 กิโลกรัมเพื่อใช้ในการค้ำเพลิง

2. ลักษณะระบบของการดับเพลิงโดยสารโฟมดับเพลิงแบบทดลองเปิดฝากระโปรงรถยนต์

2.1 จากการทดลองในการฉีดสารโฟมดับเพลิงแบบทดลองเปิดฝากระโปรงรถยนต์ทำให้เราสามารถหาเวลาที่สารโฟมดับเพลิงทำการดับเพลิงที่เกิดจากการลุกไหม้บริเวณพื้นที่ต้นเพลิงที่ได้ถูกกำหนดในงานวิจัยนี้ด้วยเวลาประมาณ 30-34 วินาที ซึ่งเป็นการเผาไหม้ที่สมบูรณ์เนื่องจากมีปริมาณออกซิเจนที่มากพอจากการทดลองเปิดฝากระโปรงรถยนต์ แต่ในสภาพความเป็นจริงของอุบัติเหตุเพลิงไหม้รถยนต์ที่เกิดขึ้นภายในห้องเครื่องยนต์ฝากระโปรงรถยนต์จะอยู่ในสภาพปิด ดังนั้นในการทดสอบนี้จึงต้องทำการจุดไฟและปิดกระโปรงรถยนต์ โดยปล่อยให้เปลวไฟลุกไหม้ภายในห้องเครื่องยนต์เป็นเวลา 30 วินาที หลังจากนั้นปล่อยสารโฟมดับเพลิงเป็นเวลาประมาณ 40 วินาที



ภาพที่ 10 การลุกไหม้ของน้ำมันแก๊สโซลีน (Gasoline) หลังทำการเปิดฝากระโปรงรถยนต์

2.2 เมื่อทำการจุดไฟไปยังถาดน้ำมันแก๊สโซลีน (Gasoline) ซึ่งวางอยู่บริเวณฝาครอบวาล์ว และทำการปิดฝากระโปรงรถยนต์ทันทีโดยปล่อยให้เปลวไฟลุกไหม้จะสังเกตเห็นกลุ่มควันและเปลวไฟกระจายออกตามช่องว่างทุกด้านบริเวณด้านหน้าของรถยนต์ เมื่อปล่อยเปลวไฟลุกไหม้ภายในห้องเครื่องยนต์เป็นเวลาประมาณ 30 วินาที แล้วจึงทำการปล่อยสารโฟมดับเพลิงประมาณ 40 วินาทีแล้วสังเกตผลการทดลอง



ภาพที่ 11 สภาพภายในห้องเครื่องยนต์ของแบบทดลองเปิดฝากระโปรงรถยนต์หลังดับลง

2.3 ผลการทดลองเมื่อใช้สาร โฟมดับเพลิงปริมาณเวลาที่กำหนด

จากการทดลองในการฉีดสาร โฟมดับเพลิงแบบทดลองเปิดฝากระโปรงรถยนต์สามารถหาได้ว่าระบบดับเพลิงทำการดับไฟในเวลา 30-34 วินาที โดยการสังเกตจากการที่เปลวไฟ ดับลงแล้ว จึงหยุดฉีดสาร โฟมดับเพลิง ส่วนการทดสอบแบบปิดฝากระโปรงรถยนต์จึงกำหนดเวลาในการปล่อยสาร โฟมดับเพลิงประมาณ 40 วินาที หลังจากปล่อยให้เปลวไฟลุกไหม้ภายในห้องเครื่องยนต์เป็นเวลา 30 วินาที และได้ผลการทดลองตามตารางด้านล่างนี้

ตารางที่ 12 ตารางแสดงผลการดับเพลิงเมื่อกำหนดปริมาณเวลาที่ใช้ในการดับเพลิง

การทดลอง ครั้งที่	ปริมาณสาร โฟมดับเพลิงที่ใช้ (กิโลกรัม)	ผลการทดลอง
1	3.3	สามารถดับเพลิงได้
2	3.4	สามารถดับเพลิงได้
3	3.2	สามารถดับเพลิงได้

หมายเหตุ การดับเพลิงได้นั้นพิจารณาจากการเปิดฝากระโปรงรถยนต์โดยสังเกตไม่มีเปลวไฟเกิดขึ้น และกลุ่มควันไฟเหลืออยู่ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการลุกไหม้ซ้ำได้



ภาพที่ 12 แสดงปริมาณสารโฟมดับเพลิงบริเวณพื้นที่ผิวของห้องเครื่องยนต์และฝากระโปรงรถยนต์หลังจากหยุดการฉีดสารโฟมดับเพลิง



ภาพที่ 13 คณะเจ้าหน้าที่และชุดอุปกรณ์ป้องกันระหว่างการทดสอบระบบโฟมดับเพลิงภายในห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการออกแบบระบบโม่ดับเพลิงภายในห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลและทำการทดลองระบบดับเพลิงทั้งกรณีแบบทดลองเปิดฝากระโปรงรถยนต์และแบบทดลองแบบปิดฝากระโปรงรถยนต์ พบว่าสามารถทำการดับเพลิงได้ดีและมีประสิทธิภาพ ตามที่ได้ออกแบบไว้

การจัดวางตำแหน่งของหัวฉีดสารโม่ดับเพลิงมีความเหมาะสมกับสภาพภายในห้องเครื่องยนต์ เพราะสามารถฉีดสารโม่ดับเพลิงให้กระจายไปยังพื้นที่ผิวบริเวณจุดเสี่ยงไม่ว่าจะเป็นท่อจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง กรองน้ำมันเชื้อเพลิง ตัวถังรถยนต์และสีที่เคลือบภายในห้องเครื่องยนต์ โดยเฉพาะเมื่อทดลองแบบปิดฝากระโปรงรถยนต์ พบว่าเกิดฟองโม่จำนวนมากไปเคลือบผิวบริเวณจุดเสี่ยงต่างๆ ภายในห้องเครื่องยนต์ อีกทั้งฟองโม่สามารถช่วยลดอุณหภูมิความร้อนบริเวณโลหะเหล็กของตัวถังรถยนต์ด้วย

ปริมาณของสารโม่ดับเพลิงในถังบรรจุโม่ดับเพลิงที่ได้กำหนดไว้ในงานวิจัยมีขนาดน้ำหนักของสารโม่ดับเพลิงประมาณ 10 กิโลกรัม ในงานวิจัยนี้ใช้สารโม่ดับเพลิงประมาณ 3.2-3.4 กิโลกรัม และใช้เวลาดับเพลิงได้ประมาณ 30-40 วินาที ในปริมาณเชื้อเพลิงที่ลุกไหม้บนพื้นที่ผิวของต้นเพลิงขนาด 0.11 ตารางเมตร และมีปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงประมาณ 200 ml ซึ่งเป็นปริมาณ ที่มากสำหรับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ดังนั้น การออกแบบปริมาณสารโม่ดับเพลิงที่บรรจุในถังโม่ดับเพลิงขนาด 14 กิโลกรัม จึงถือว่าปริมาณสารโม่ดับเพลิงเพียงพอในการดับเพลิงสำหรับเหตุการณ์อุบัติเหตุเพลิงไหม้ภายในห้องเครื่องยนต์ที่อาจเกิดขึ้นได้ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความปลอดภัยสูงสุดต่อผู้ขับขี่รถยนต์ และผู้โดยสารสามารถหนีออกมาจากรถยนต์ได้ จึงต้องทำการฉีดสารโม่ดับเพลิงเพียงครั้งเดียวที่ขนาดสารโม่ดับเพลิง 10 กิโลกรัม เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าจะไม่มีการลุกไหม้ซ้ำอีก

ดังนั้น การออกแบบระบบโม่ดับเพลิงภายในห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลสามารถนำไปใช้งานได้จริงในปัจจุบัน และสามารถใช้ได้กับรถยนต์ทุกประเภท ซึ่งอาจจะต้องเปลี่ยนตำแหน่งหัวฉีด ปริมาณสารโม่ดับเพลิงและแรงดันของถังบรรจุสารโม่ดับเพลิงกรณีห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์ที่จะติดตั้งระบบมีขนาดใหญ่ เพื่อให้เกิดความเหมาะสมในการกระจายตัวของสารโม่ดับเพลิงแบบปล่อยให้ทั่วครอบคลุมห้องเครื่องยนต์เพื่อสามารถดับเพลิงภายในห้องเครื่องยนต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปผลการวิจัย

ระบบ โฟมดับเพลิงภายในห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลที่ได้ออกแบบกับรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง โดยมีห้องเครื่องยนต์อยู่ด้านหน้าของรถยนต์เป็นตู้เครื่องยนต์นิสสันขนาด 1,500 ซีซี ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน (Gasoline) ในการขับเคลื่อน ในงานวิจัยนี้พื้นที่ดับเพลิงถูกกำหนดที่บริเวณฝาครอบวาล์วซึ่งเป็นพื้นที่ผิวโลหะขนาดพื้นที่ 0.11 ตารางเมตร มีน้ำมันเชื้อเพลิงประมาณ 200 ml เกิดความร้อนที่ผิวโลหะมีอุณหภูมิสูงประมาณ 94 องศาเซลเซียส เกิดมีการแตกตัวของท่อจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแล้วเกิดประกายไฟ ทำให้บริเวณฝาครอบวาล์วเกิดลุกติดไฟ จึงทำการใช้สารโฟมดับเพลิงที่ได้ออกแบบทำการดับเพลิงใหม่ที่พื้นที่ที่กำหนดขึ้นได้ อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้สารโฟมดับเพลิงประมาณ 3.2-3.4 กิโลกรัม สามารถดับเพลิงได้ภายใน 30-40 วินาที จึงจะปลอดภัย ซึ่งปริมาณสาร โฟมดับเพลิงนี้ได้มาจากการทดลองของงานวิจัยนี้ ส่วนปริมาณสาร โฟมดับเพลิงที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดจะมีขนาดเท่ากับ 10 กิโลกรัม ซึ่งจะบรรจุอยู่ในถังโฟมดับเพลิงโดยมีน้ำหนักของสาร โฟมดับเพลิงรวมกับถังบรรจุโฟมดับเพลิงประมาณ 14 กิโลกรัม ดังนั้นในงานวิจัยนี้ปริมาณสาร โฟมดับเพลิงที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณสาร โฟมดับเพลิงสำรองอีก 3 เท่าของปริมาณสาร โฟมที่ใช้ในการทดลองจึงมีความปลอดภัยเพิ่มขึ้น

ข้อจำกัดในงานวิจัยของระบบ โฟมดับเพลิงภายในห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลคือระบบดับเพลิงสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพกับกรณีเกิดเพลิงไหม้ภายในห้องเครื่องยนต์ แต่ถ้าหากเกิดเพลิงไหม้บริเวณตำแหน่งอื่น ๆ เช่น เกิดเพลิงไหม้เบาะรถยนต์ภายในห้องโดยสาร ระบบเบรก ระบบล้อ หรือเกิดเพลิงไหม้ภายในฝากระบะท้ายของรถยนต์ระบบ โฟมดับเพลิงที่ได้ออกแบบไว้ของงานวิจัยนี้ไม่สามารถที่จะทำการดับเพลิงได้ ดังนั้นในการวิจัยและพัฒนาระบบดับเพลิงขั้นต่อไปควรจะศึกษาและออกแบบระบบดับเพลิงที่สามารถครอบคลุมพื้นที่จุดเสี่ยงต่างๆ ของรถยนต์โดยอาจจะไม่ต้องออกแบบท่อจ่ายสาร โฟมดับเพลิง เนื่องจากการเดินท่อจ่ายสาร โฟมดับเพลิงภายในห้องเครื่องยนต์ไม่สามารถทำได้ถ้ารถยนต์มีการวางเครื่องยนต์ที่หนาแน่นและซับซ้อน ซึ่งหมายความว่า การพัฒนาระบบดับเพลิงภายในห้องเครื่องยนต์ต่อไปควรเป็นระบบดับเพลิงแบบที่ติดตั้งบริเวณจุดเสี่ยงและมีตัวตรวจจับความร้อนหรือตรวจจับกลุ่มควันในตัวของระบบดับเพลิง จึงจะสามารถพัฒนาระบบดับเพลิงภายในห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- ชโย คุณาไทย. 2548. การออกแบบระบบดับเพลิงในห้องเครื่องยนต์โดยสาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ณัฐศักดิ์ บุญมี. 2549. เอกสารการสอน อัตราการเผาไหม้และอัตราการปล่อยพลังงานความร้อน. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ยุทธนา โนนศรีชัย. 2550. โปรแกรมออกแบบระบบโฟมดับเพลิงสำหรับถังเก็บของเหลวไวไฟ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศักดิ์ชัย ทักขิณเสถียร. 2546. การออกแบบระบบท่อ ตอน 2 ออกแบบระบบท่อน้ำ, น.34-41. ใน บริษัท เอ็มแอนดีอี จำกัด, ผู้รวบรวม. ระบบท่อ วาล์ว ป้อน. บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ.
- สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย. 2548. คู่มือการป้องกันและระงับอัคคีภัยในโรงงานอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรมโรงงานอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.
- Babrauskas, V. 1995. Burning rate, pp. 1-15. In P.J.DiNenno. **SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 2nd ed. Section 3 Hazard Calculations.** Society of Fire Protection Engineers, Boston, Massachusetts.
- Copper Development Association. 2008. **Copper Tube Handbook.** Available Source: <http://www.Copper.org>, March 19, 2008
- Friedman, R. 1992. Theory of fire extinguishment, pp. 72-82. In A.E. Cote. **Fire Protection Handbook of 17th edition, Section 1 Basic of Fire and Fire Science.** National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts.
- Gangnon, R.M. 1998. **Design of Special Hazard and Fire Alarm Systems.** Delmar Publishers, Albany, New York.

- Karlsson, B., and J.G. Quintiere, 1999. Chapter 3. **Energy Release Rates**. Enclosure Fire Dynamics. CRC Press LLC, New York.
- Ladwig, T.H. 1991. **Industrial Fire Prevention and Protection**. Van Nostrand Reinhold, New York, New York.
- National Fire Protection Association. 1998. **NFPA 11 Standard for Low-Expansion Foam 1998 Edition**. National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts.
- National Fire Protection Association. 1999. **NFPA 13 Standard for the Installation of Sprinkler Systems 1999 Edition**. National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts.
- Prasad. K., C. Li, K. Kailasanath, C. Ndubizu, and R. Ananth. 1998. **Numerical Modeling of Methanol Liquid Pool Fire Suppression**. Annual Conference on Fire Research 1998.
- Schroll, R. Craig. 2002. **Industrial Fire Protection Handbook(2nd ed)**. CRC Press LLC, New York.
- Vaivads, R.H., M.F. Bardon and V.Battista. 1996. **A Computational Study of the Flammability of Methanol and Gasoline Fuel Spills on Hot Engine Manifolds**. Department of Mechanical Engineering, Canada
- Woodworth, S.P. and J. A. Frank. 1994. **Fighting Fire with Foam**. Van Nostrand Reinhold, New York, New York. 228 p.
- Zalosh., R.G. 2003. **Industrial Fire Protection Engineering**. Center for Firesafety Studies, Worecester Polytechnic Institute, Wiley.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

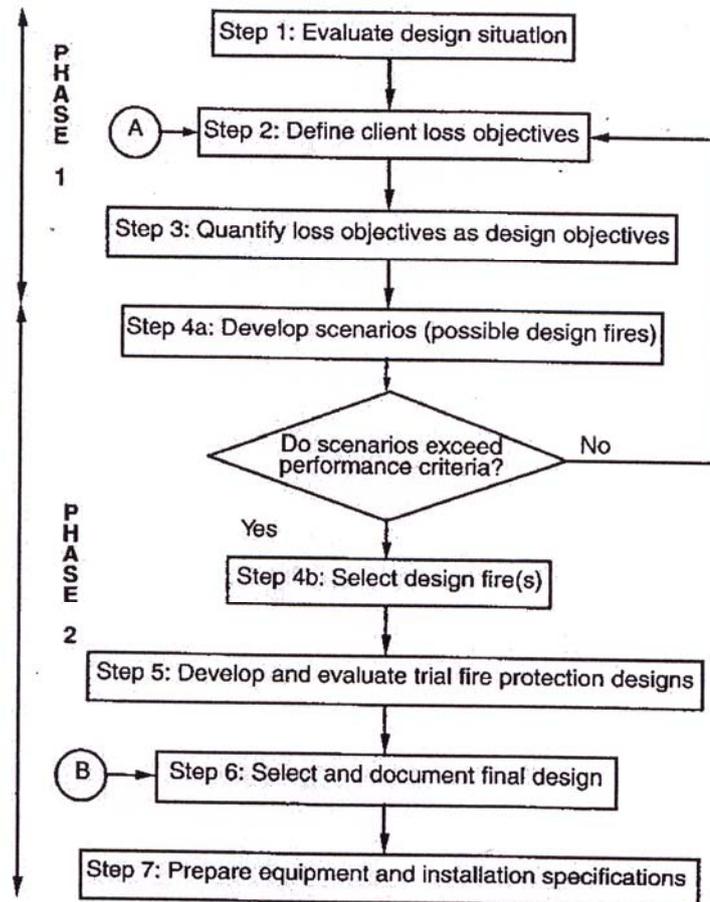
วิธีการออกแบบระบบดับเพลิงแบบ Performance - Based Fire Protection Design

วิธีการออกแบบระบบดับเพลิงแบบ Performance - Based Fire Protection Design

ในการออกแบบโดยวิธี Performance - Based Fire Protection Design เหมาะสำหรับงานวิจัยนี้เพราะสามารถที่จะออกแบบระบบป้องกันอัคคีภัย โดยกำหนดเป้าหมาย ลักษณะเฉพาะ หรือพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูง ซึ่งการออกแบบโดยวิธี Performance - Based Fire Protection Design จะต้องนำองค์ประกอบและสาเหตุที่เกี่ยวกับการเกิดเพลิงไหม้มาประกอบการพิจารณาและประมวลผลของ การออกแบบ ทำให้วิธีนี้มีความเหมาะสมตรงกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้

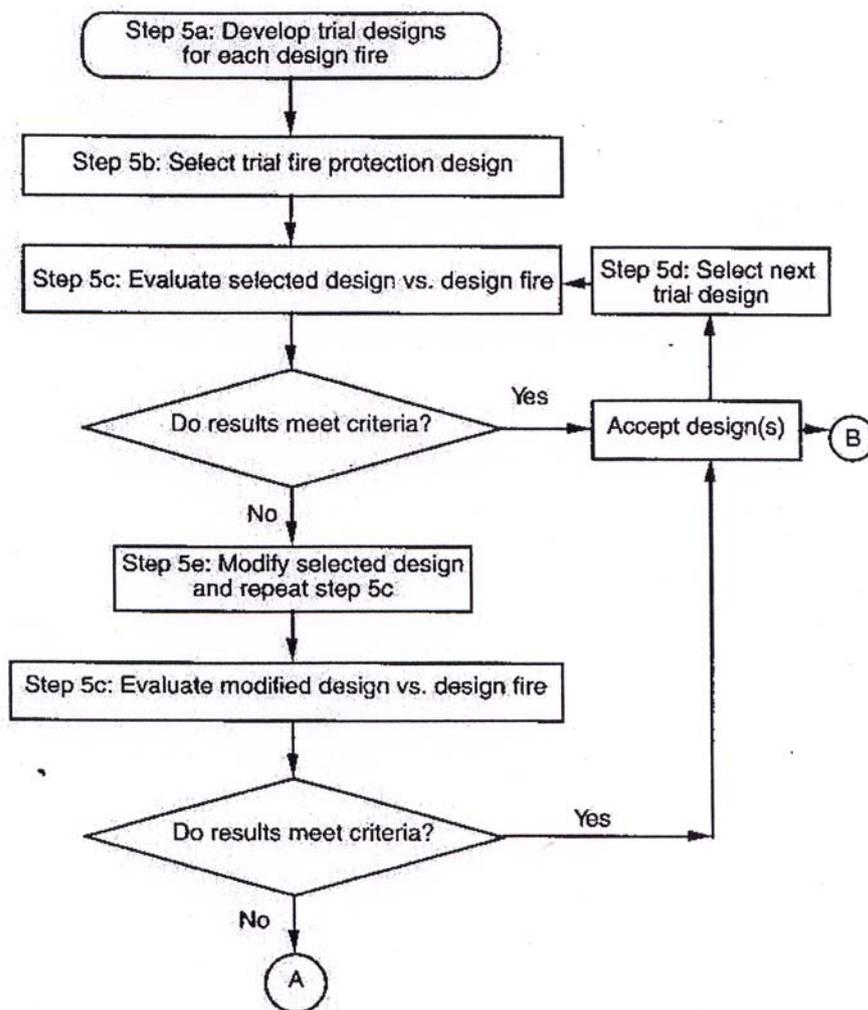
แผนผังขั้นตอนต่างๆ ในการออกแบบระบบดับเพลิงโดยวิธี

Performance - Based Fire Protection Design



ภาพผนวกที่ ก1 แผนผังแสดงขั้นตอนในการออกแบบ โดยวิธี Performance - Based Fire Protection Design

ที่มา: Custer and Meacham (1997)



Evaluation of Trial Fire Protection Designs.

ภาพผนวกที่ ก2 แผนผังแสดงขั้นตอนในการออกแบบ โดยวิธี Performance - Based Fire Protection Design (ต่อ)

ที่มา: Custer and Meacham (1997)

1. การประเมินความเป็นไปได้ของการออกแบบ (Evaluate Design Situation)

ปัจจุบันปัญหาการเกิดเพลิงไหม้รถยนต์ที่นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง มีอัตราการเกิดเพลิงไหม้บ่อยครั้งในเขตกรุงเทพมหานคร จากสถิติของสำนักป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยกรุงเทพมหานคร ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 ถึง ปี พ.ศ. 2551 พบว่ามีจำนวนมากกว่า 100 ครั้ง ในบางครั้งมีผู้เสียชีวิต เพราะในเขตกรุงเทพมหานครมีจำนวนประชากรที่ใช้รถยนต์ที่นั่งส่วนบุคคลเป็นยานพาหนะเป็นจำนวนมาก และในบางครั้งขาดการดูแลรักษาเครื่องยนต์ ทำให้เครื่องยนต์ต้องทำงานหนักโดยปราศจากการตรวจเช็คความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ ซึ่งบางครั้งทำให้เกิดเพลิงไหม้ระบบของเครื่องยนต์ขึ้นมาได้ อีกทั้งการจราจรในเขตกรุงเทพมหานครมีลักษณะหนาแน่นและติดขัดตลอดเวลาในถนนบางพื้นที่ สาเหตุดังกล่าวนี้โอกาสที่เจ้าหน้าที่ดับเพลิงของสำนักป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กรุงเทพมหานคร จะมาระงับเหตุเพลิงไหม้รถยนต์ได้ทัน ทำให้โอกาสที่เพลิงลุกไหม้และลุกลามไปยังส่วนต่าง ๆ ของรถยนต์เกิดความเสียหายอย่างรุนแรง ดังนั้นการหาวิธีการป้องกันอัคคีภัยที่เกิดจากเพลิงไหม้รถยนต์ที่นั่งส่วนบุคคลในระยะแรกของการเกิดเพลิงไหม้เป็นวิธีการที่ดีที่สุด เพื่อไม่ให้เกิดการลุกลามไปขั้นรุนแรง ซึ่งผู้ขับขี่ยานพาหนะดังกล่าวควรจะต้องศึกษาและเรียนรู้วิธีการดับเพลิงไหม้ของรถยนต์ เพื่อรักษาชีวิตของตนเองและผู้ร่วมโดยสารอีกด้วย

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้เพื่อให้ผลการวิจัยมีลักษณะใกล้เคียงกับการเกิดเพลิงไหม้รถยนต์มากที่สุด จึงได้นำรถยนต์ที่นั่งส่วนบุคคลทะเบียน 6 ข 2181 กรุงเทพมหานคร มาใช้ในการทดลอง โดยรถยนต์ดังกล่าวมีเครื่องยนต์ตั้งอยู่ที่ด้านหน้าของตัวรถ ยี่ห้อนิสสัน รุ่นดีส์สัน เครื่องยนต์ 1,500 ซีซี อายุการใช้งานประมาณ 20 ปี เป็นเครื่องยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยน้ำมันแก๊สโซลีน (Gasoline)



ภาพผนวกที่ ก3 ด้านหน้าของรถยนต์ ทะเบียน 6 ข 2181 กรุงเทพมหานคร



ภาพผนวกที่ ก4 ด้านข้างของรถยนต์ ทะเบียน 6 ข 2181 กรุงเทพมหานคร



ภาพผนวกที่ ก5 ด้านหลังของรถยนต์ ทะเบียน 6 ข 2181 กรุงเทพมหานคร



ภาพผนวกที่ ก6 บริเวณห้องเครื่องยนต์ที่อยู่ด้านหน้าของรถยนต์ ทะเบียน 6 ข 2181 กรุงเทพมหานคร



ภาพผนวกที่ ก7 บริเวณกระบะท้ายของรถยนต์ ทะเบียน 6 ข 2181 กรุงเทพมหานคร

ลักษณะของรถยนต์ที่นำมาใช้ทดลองประกอบด้วย

- 1) ขนาดของตัวรถยนต์ คือ กว้าง 1.40 เมตร ยาว 3.50 เมตร สูง 1.30 เมตร
- 2) ขนาดของห้องเครื่องยนต์ คือ กว้าง 1.10 เมตร ยาว 1.40 เมตร สูง 0.90 เมตร
- 3) ขนาดของกระบะด้านท้าย คือ กว้าง 0.60 เมตร ยาว 1.40 เมตร สูง 0.70 เมตร
- 4) พื้นที่จำลองต้นเพลิงเหตุเกิดเพลิงไหม้ คือ ห้องเครื่องยนต์บริเวณฝาครอบวาล์วดูดอยู่กับท่อจ่ายน้ำมัน
- 5) อุณหภูมิภายในบริเวณห้องเครื่องยนต์ในสภาวะปกติเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส (ผลการทดสอบตามภาพผนวกที่ ข1)
- 6) อุณหภูมิภายในห้องเครื่องยนต์ในสภาวะปกติขณะรถยนต์วิ่งด้วยความเร็วโดยประมาณ 60 กิโลเมตร/ชั่วโมง ประมาณ 60 องศาเซลเซียส (ผลการทดสอบตามภาพผนวกที่ ข1)

7) อุณหภูมิสูงสุดบริเวณตัวเครื่องยนต์หลังจากดับเครื่องยนต์และใบพัดลมหยุดทำงาน ภายใน 3 นาทีประมาณ 94 องศาเซลเซียส (ผลการทดสอบตามภาพผนวกที่ ข2)



ภาพผนวกที่ ก8 การวัดอุณหภูมิภายในห้องเครื่องยนต์ขณะเครื่องยนต์ยังติดอยู่



ภาพผนวกที่ ก9 การวัดอุณหภูมิห้องเครื่องยนต์ขณะรถยนต์วิ่งด้วยความเร็ว โดยประมาณ 60 กิโลเมตร/ชั่วโมง



ภาพผนวกที่ ก10 การวัดอุณหภูมิสูงสุดบริเวณตัวเครื่องยนต์ภายหลังจากดับเครื่องยนต์
และใบพัดลมหยุดทำงาน



ภาพผนวกที่ ก11 อุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิห้องเครื่องยนต์

8) บริเวณที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดการลุดติดไฟ (Ignition) คือ ฝาครอบวาล์วติดกับท่อจ่ายน้ำมัน



ภาพผนวกที่ ก12 ฝาครอบวาล์วติดกับท่อจ่ายน้ำมัน

9) บริเวณแหล่งเชื้อเพลิงที่เป็นจุดเริ่มต้นไฟไหม้ คือ น้ำมันแก๊สโซลีน (Gasoline)



ภาพผนวกที่ ก13 ท่อจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง

10) บริเวณที่มีโอกาสเกิดเพลิงไหม้ คือ บริเวณสายไฟ กรองน้ำมันเชื้อเพลิง สีที่ติดกับตัวถังรถยนต์และวัสดุที่ติดไฟต่าง ๆ ที่เป็นส่วนประกอบของห้องเครื่องยนต์

11) พื้นที่บริเวณห้องโดยสารที่ต้องป้องกันไม่ให้เกิดเพลิงไหม้ลุกลามเข้าไป



ภาพผนวกที่ ก14 บริเวณพื้นที่ห้องโดยสาร

2. กำหนดขอบเขตที่สามารถยอมรับได้จากความเสียหายที่เกิดขึ้น (Define Client Loss Objective)

ขอบเขตที่สามารถยอมรับได้จากความเสียหายที่เกิดขึ้นของการออกแบบระบบดับเพลิงด้วยโฟมของงานวิจัยคือเกิดเพลิงไหม้เฉพาะบริเวณห้องเครื่องยนต์ด้านหน้าของรถยนต์ที่นั่งส่วนบุคคลเท่านั้น โดยที่เพลิงไหม้จะไม่ลุกลามเข้าไปในห้องผู้โดยสาร

สถานการณ์จำลองเหตุการณ์เพลิงไหม้ภายในห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์ที่นั่งส่วนบุคคล

1. สมมติให้รถยนต์ที่ใช้ในการทดลองมีอายุมากกว่า 20 ปี ทำให้เครื่องยนต์บางส่วนมีการชำรุดและเกิดความเสียหายจากความล้าของวัสดุที่มีการใช้งานมาเป็นเวลานานและไม่ได้บำรุงรักษา
2. ความล้าของวัสดุอุปกรณ์ภายในห้องเครื่องยนต์ที่เกิดความเสียหายและชำรุดในการจำลองเหตุการณ์เพลิงไหม้นั้นคือท่อส่งจ่ายน้ำมันที่ใช้จ่ายน้ำมันแก๊สโซลีน (Gasoline) ไปยังเครื่องยนต์เกิดการแตกร้าว
3. ทำให้เกิดน้ำมันรั่วไหลออกมาตามรอยแตกของท่อส่งจ่ายน้ำมัน ซึ่งทำให้น้ำมันเกิดการกระจายไปสัมผัสกับบริเวณฝาครอบวาล์วเครื่องยนต์ที่เป็นผิวโลหะเหล็กมีอุณหภูมิสูงและเกิดประกายไฟทำให้เชื้อเพลิงลุกติดไฟ
4. จากการทดลองวัดอุณหภูมิฝาครอบวาล์วของเครื่องยนต์ที่เป็นผิวโลหะเหล็กพบว่า มีอุณหภูมิประมาณ 94 องศาเซลเซียส จากการทดสอบตามภาพผนวกที่ ข2 ซึ่งอุณหภูมิดังกล่าวนี้สามารถทำให้เกิดการลุกติดไฟขึ้นจากการสัมผัสของน้ำมันแก๊สโซลีน (Gasoline) ซึ่งมีจุดวาบไฟ (Flash Point) ประมาณ -43 องศาเซลเซียส หรือ -46 องศาฟาเรนไฮต์ มีจุดติดไฟอยู่ระหว่าง 40-200 องศาเซลเซียส และมีจุดติดไฟได้เองที่ 370 องศาเซลเซียส
5. น้ำมันแก๊สโซลีน (Gasoline) ที่ไหลออกมาทำให้เกิดการลุกไหม้บริเวณห้องเครื่องยนต์และทำให้อุณหภูมิภายในห้องเครื่องเพิ่มสูงขึ้น
6. เมื่ออุณหภูมิภายในห้องเครื่องยนต์เพิ่มสูงขึ้นได้สังเกตเห็นควันไฟและมีกลิ่นไหม้เข้ามาภายในห้องโดยสารตามช่องที่เกิดรอยร้าว เนื่องจากความเก่าของรถยนต์ทดลอง
7. ผู้ขับขี่รถยนต์ สังเกตควันไฟที่เกิดจากการลุกไหม้จากห้องเครื่องยนต์ จึงทำการจอดรถและดับเครื่องยนต์ ซึ่งจากการทดสอบใช้เวลาประมาณ 30 วินาที ที่อัตราความเร็วของรถยนต์ทดสอบขณะวิ่งด้วยความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

8. การทดลองวิจัยนี้สมมติให้แบตเตอรี่รถยนต์ไม่มีการจ่ายกระแสไฟ เนื่องจากมีการออกแบบปุ่มกดตัดสายไฟของขั้วแบตเตอรี่ออกจากระบบไฟภายในห้องเครื่องยนต์

9. ระบบโคมดับเพลิงถูกสั่งการ โดยผู้ขับขี่รถยนต์ดึงคันบังคับการทำงานของระบบโคมทำการดับเพลิงพื้นที่ต้นเพลิง ผู้ขับขี่สามารถออกมาจากรถยนต์โดยปลอดภัย

4. ขอบเขตของเชื้อเพลิงในขณะเกิดเพลิงไหม้ (Select Design Fire)

ลักษณะของเชื้อเพลิงที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือน้ำมันแก๊สโซลีน (Gasoline) ซึ่งสัมผัสกับพื้นที่ฝาครอบวาล์วของเครื่องยนต์ที่เป็นโลหะเหล็กติดกับท่อส่งจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นจุดเริ่มต้นของการติดไฟขึ้นมา ดังนั้นพื้นที่บริเวณดังกล่าวนี้จึงถูกกำหนดอัตราการเผาไหม้เป็นแบบอ่างไฟ (Pool Fire) ของการเกิดเพลิงไหม้ในงานวิจัยนี้

จากข้อมูลของตารางที่ 4 ระบุว่าอัตราการปล่อยความร้อนของ Pool Fire ของน้ำมันแก๊สโซลีน (Gasoline) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 3 ฟุต มีค่าอัตราการปล่อยพลังงานขนาดความร้อนสูงสุดต่อพื้นที่ผิวเท่ากับ 3290 kW/m^2 ส่วนพื้นที่ต้นเพลิงของงานวิจัยนี้บริเวณพื้นที่ผิวโลหะเหล็กติดกับท่อส่งจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงมีพื้นที่เท่ากับ 0.11 ตารางเมตร ดังนั้นอัตราการปล่อยพลังงานความร้อนของเพลิงไหม้ที่เกิดขึ้นภายในห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลนี้จะเท่ากับ 100.88 กิโลวัตต์ โดยหาได้จากรายการแสดงการคำนวณในภาคผนวก ง

ถึงแม้ว่าอัตราการปล่อยพลังงานของวัตถุต่างๆ สามารถแบ่งเป็น 3 ระยะ คือ Growth Phase, Steady Phase (Fully Developed Fire) และ Decay Phase แต่ลักษณะเชื้อเพลิงของงานวิจัยนี้ คือน้ำมันแก๊สโซลีน (Gasoline) ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่มีช่วงของเพลิงไหม้ช่วงต้น (Growth Phase) ที่สั้นมากเนื่องจากน้ำมันแก๊สโซลีน (Gasoline) มีจุดวาบไฟ (Flash Point) ที่ต่ำ จึงทำให้เวลาการเข้าสู่ช่วง Steady Phase (Fully Developed Fire) เกิดขึ้นในเวลาอันสั้น ดังนั้นอัตราการปล่อยพลังงานของเพลิงไหม้ในงานวิจัยนี้จึงเป็น Steady Phase Fire

5. การพัฒนาออกแบบระบบป้องกันอัคคีภัยของเพลิงไหม้ตามขอบเขตที่กำหนด (Develop and evaluate trial fire protection designs)

แนวทางการพิจารณาในการพัฒนาออกแบบระบบป้องกันอัคคีภัยโดยใช้โฟมดับเพลิงมีดังต่อไปนี้

- 1) ต้นเพลิงของเพลิงไหม้ถูกกำหนดในงานวิจัยนี้ คือ น้ำมันแก๊ส โซลีน (Gasoline) เป็นของเหลวที่ติดไฟ
- 2) ตัวเครื่องยนต์มีความร้อนที่เกิดจากการทำงานของเครื่องยนต์ จึงมีพลังงานความร้อนอยู่ ดังนั้นการใช้โฟมดับเพลิงนั้นสามารถอยู่ลดอุณหภูมิ (Cooling) ของเครื่องยนต์
- 3) โฟมดับเพลิงมีสารที่สามารถเคลือบบริเวณผิวของเครื่องยนต์เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการลุกไหม้ขึ้นมาอีก
- 4) มีข้อจำกัดของพื้นที่ใช้ติดตั้งระบบดับเพลิง
- 5) ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและวัสดุที่ใช้มีราคาถูกกว่าการติดตั้งระบบดับเพลิงภายในรถยนต์ของระบบอื่น
- 6) สารโฟมไม่เป็นอันตรายต่อผู้ขับขี่และผู้โดยสาร

ดังนั้น เหตุผลทั้งหมดนี้จึงได้นำมาพิจารณาเป็นหลักการออกแบบระบบป้องกันอัคคีภัยที่มีสาเหตุเกิดจากท่อจ่ายน้ำมันรั่วกระจายภายในห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์ที่นั่งส่วนบุคคลด้วยโฟมดับเพลิง ซึ่งสารโฟมดับเพลิงมีคุณสมบัติในการช่วยลดอุณหภูมิของเพลิงไหม้ และเป็นการตัดปฏิกิริยาลูกโซ่ (Chain Reaction) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของสามเหลี่ยมไฟ (Fire Tetrahedron) ออกจากกันทำให้ไฟสามารถดับลงได้ ส่วนอุปกรณ์การติดตั้งและสารโฟมดับเพลิงสามารถหาซื้อและติดตั้งได้เองโดยไม่ต้องเข้าศูนย์ติดตั้งสารโฟมดับเพลิง นอกจากนี้ยังสามารถเติมสารโฟมและอัดความดันอากาศตามสถานีบริการปั้มน้ำมันที่ให้บริการทั่วไปได้

สำหรับการออกแบบระบบโพลีเมอร์ดับเพลิงในงานวิจัยนี้ใช้มาตรฐาน NFPA 11 และ NFPA 13 ในการศึกษาคุณสมบัติเฉพาะของสาร โพลีเมอร์ และการคำนวณเกี่ยวกับโพลีเมอร์ ด้านการออกแบบท่อ และออกแบบหัวฉีดใช้หลักการคำนวณ Hydraulic Calculation เมื่อออกแบบเสร็จเรียบร้อยแล้วตามที่กำหนดแล้วจึงนำไปติดตั้งและทดสอบประสิทธิภาพการทำงานกับรถยนต์ทดลองเพื่อความเหมาะสมในการใช้งานจริงต่อไป

6. ประเมินผลการออกแบบและเลือกวิธีที่ดีที่สุด (Select and Document Final Design)

นำผลทดสอบที่ได้มาประเมินและหาข้อบกพร่องของการทดลองวิจัยเพื่อหาวิธีการออกแบบระบบโพลีเมอร์ดับเพลิงที่เหมาะสมกับรถยนต์ที่นั่งส่วนบุคคลให้มีความปลอดภัยในการนำไปใช้งานจริง

7. เตรียมรายละเอียดของอุปกรณ์และการติดตั้งของระบบ (Prepare Equipment and Installation Specifications)

ทำการทดสอบอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งให้เหมาะสมกับระบบโพลีเมอร์ดับเพลิง โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ให้สามารถใช้งานได้และมีความปลอดภัย

ภาคผนวก ข

การออกแบบโฟมดับเพลิงภายในห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์ที่นั่งส่วนบุคคล

การออกแบบระบบโฟมดับเพลิงภายในห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์ที่นั่งส่วนบุคคล

ลักษณะของสารโฟมดับเพลิง

สารโฟมดับเพลิงโดยทั่วไปมีอยู่หลายประเภทตามที่กล่าวไว้ข้างต้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ที่เลือกเป็นสารโฟมดับเพลิงประเภท AFFF เพราะว่าเป็นสารโฟมที่มีความรวดเร็วในการดับไฟ (Fast Knockdown) โดยที่โฟมมีความหนืดและแรงตึงผิวต่ำทำให้สามารถขยายตัวออกไปได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ดับเพลิงไหม้ที่เกิดจากเชื้อเพลิงที่มีสถานะเป็นของเหลวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีการปล่อยสารโฟมดับเพลิง

การปล่อยสารโฟมดับเพลิงใช้ Local application เพราะว่าภายในห้องเครื่องยนต์มีส่วนที่เป็นพื้นที่เปิดอยู่ประมาณร้อยละ 25% ของพื้นที่ส่วนที่ปิดล้อม ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้วิธี Total Flooding ได้นอกจากนี้การเลือกปล่อยสารโฟมดับเพลิงด้วยวิธี Local application ยังสามารถเลือกปล่อยสารโฟมดับเพลิงยังบริเวณที่เป็นตำแหน่งของจุดเสี่ยงภายในห้องเครื่องยนต์โดยตรงเพื่อสามารถดับเพลิงบริเวณพื้นที่ต้นเพลิงได้อย่างรวดเร็วก่อนลุกลามไปขึ้นรุนแรง

อุปกรณ์การปล่อยสารโพลีเมอร์ดับเพลิง

1. ประเภทของอุปกรณ์ปล่อยสารโพลีเมอร์ดับเพลิง

การปล่อยสารโพลีเมอร์ดับเพลิงเข้าไปภายในห้องเครื่องยนต์บริเวณพื้นที่ดับเพลิง หรือจุดเสี่ยงอันตรายภายในห้องเครื่องยนต์นั้นจะเลือกใช้หัวฉีด ลักษณะในงานวิจัยนี้ โดยเป็นหัวฉีดทองเหลืองขนาด ½ นิ้ว มีขนาดรูหัวฉีดปล่อยสารโพลีเมอร์ดับเพลิงเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 มิลลิเมตร สารโพลีเมอร์ดับเพลิงที่ปล่อยออกมาจะมีลักษณะเป็นละอองน้ำแบบฝอยรูปตัววีฉีดคумไปยังพื้นที่ได้ฝากระโปรงรถและภายในบริเวณห้องเครื่องเพื่อลดอุณหภูมิความร้อนและป้องกันการลุกลามไฟ



ภาพผนวกที่ ข1 หัวฉีด และรูปแบบการฉีดโพลีเมอร์ดับเพลิงของหัวฉีดทองเหลืองขนาด ½ นิ้ว แบบละอองน้ำฝอย

2. บริเวณจุดตำแหน่ง และจำนวนของหัวฉีดที่ติดตั้งเพื่อปล่อยสารโฟมดับเพลิง

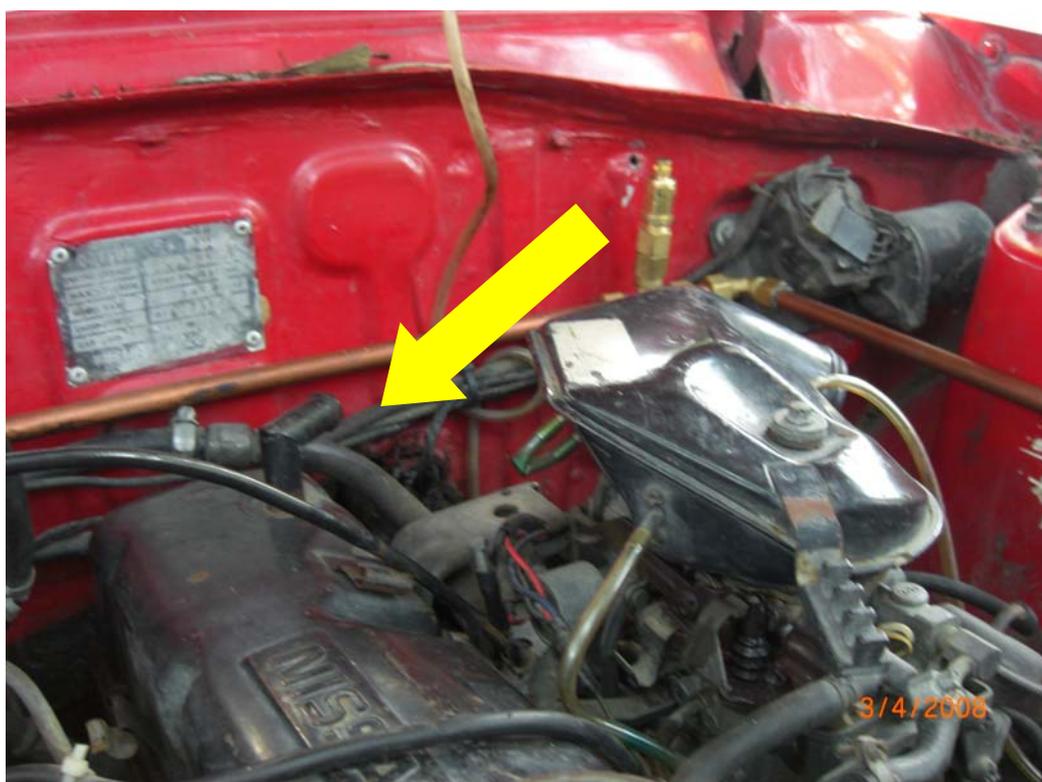
การติดตั้งหัวฉีด โฟมดับเพลิงทั้ง 4 หัว ถูกติดตั้งไปยังตำแหน่งในลักษณะทิศทางครอบคลุม และตรงตำแหน่งที่มีโอกาสและเสี่ยงต่อการเกิดเพลิงไหม้ที่สุดภายในห้องเครื่องยนต์โดยเฉพาะ บริเวณฝาครอบวาล์วโลหะเหล็กใกล้ท่อส่งจ่ายน้ำมัน



ภาพผนวกที่ ข2 ตำแหน่งติดตั้งหัวฉีดตัวที่ 1 และทิศทางการฉีด

2.1 ตำแหน่งหัวฉีดตัวที่ 1 (สีเหลือง หมายถึง ทิศทางการฉีดของสารโพลีดับเพลิง)

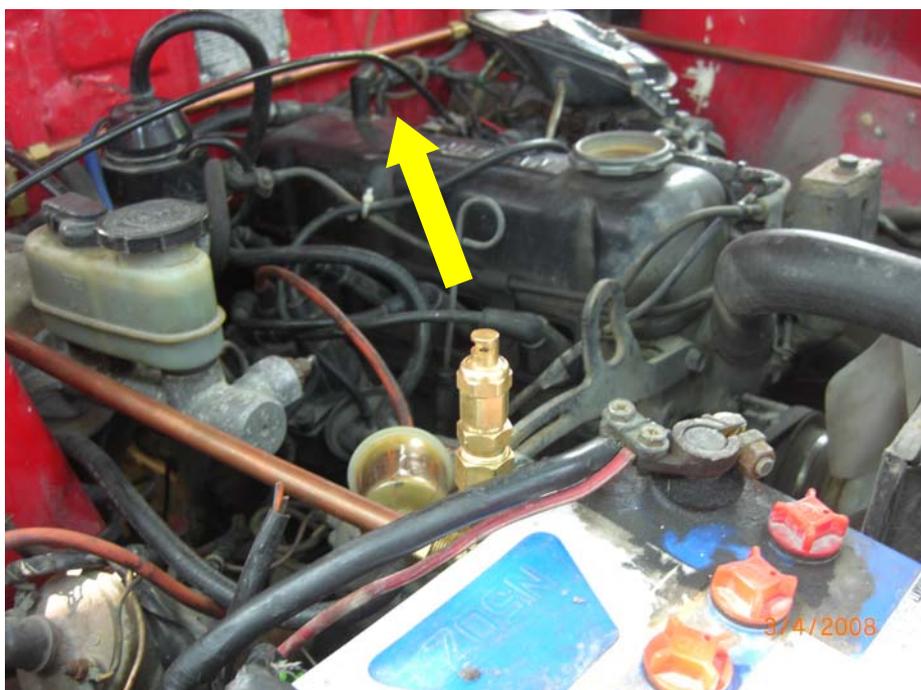
ตำแหน่งหัวฉีดตัวที่ 1 จะติดตั้งอยู่ด้านซ้ายของเครื่องยนต์ติดกับตัวถังรถยนต์ โดยทิศทางของสารโพลีดับเพลิงที่ฉีดจะพุ่งออกมาเป็นแบบละอองน้ำโพลีฝอยกระจายไปยังบริเวณฝาครอบวาล์วเครื่องยนต์ ท่อจ่ายน้ำมันและกรองน้ำมัน ด้านบนของเครื่องยนต์



ภาพผนวกที่ ข3 ตำแหน่งติดตั้งหัวฉีดตัวที่ 2 และทิศทางการฉีด

2.2 ตำแหน่งหัวฉีดตัวที่ 2 (สีเหลือง หมายถึง ทิศทางการฉีดของสารโพลีเมอร์)

ตำแหน่งหัวฉีดตัวที่ 2 จะติดตั้งอยู่ด้านขวาของเครื่องยนต์ติดกับตัวถังรถยนต์โดยทิศทางของสารโพลีเมอร์ที่ฉีดจะพุ่งออกมาเป็นแบบละอองน้ำโพลีเมอร์กระจายไปยังบริเวณฝาครอบวาล์วเครื่องยนต์และบริเวณท่อจ่ายน้ำมัน



ภาพผนวกที่ ข4 ตำแหน่งติดตั้งหัวฉีดตัวที่ 3 และทิศทางการฉีด

2.3 ตำแหน่งหัวฉีดตัวที่ 3 (สีเหลือง หมายถึง ทิศทางการฉีดของสารโฟมดับเพลิง)

ตำแหน่งหัวฉีดตัวที่ 3 จะติดตั้งบริเวณติดกับแบตเตอรี่รถยนต์ โดยทิศทางของสารโฟมดับเพลิงที่ฉีดจะพุ่งออกมาเป็นละอองน้ำโฟมฝอยครอบคลุมบริเวณเครื่องยนต์ด้านหน้าซ้าย และฝากระโปรงรถยนต์ด้านบนเพื่อลดอุณหภูมิความร้อน



ภาพผนวกที่ ข5 ตำแหน่งติดตั้งหัวฉีดตัวที่ 4 และทิศทางการฉีด

2.4 ตำแหน่งหัวฉีดตัวที่ 4 (สี่เหลี่ยม หมายถึง ทิศทางการฉีดของสารโฟมดับเพลิง)

ตำแหน่งหัวฉีดตัวที่ 4 จะติดตั้งบริเวณติดกับหม้อน้ำรถยนต์ด้านขวา โดยทิศทางของสารโฟมดับเพลิงที่ฉีดจะพุ่งออกมาเป็นละอองน้ำโฟมฝอยครอบคลุมบริเวณเครื่องยนต์ด้านหน้าขวา และฝากระโปรงรถยนต์ด้านบนเพื่อลดอุณหภูมิความร้อน

ปริมาณสารโฟมดับเพลิงในงานวิจัยนี้

ปริมาณของสารโฟมดับเพลิงที่ใช้ในงานวิจัยนี้ กำหนดให้ใช้ที่ขนาดประมาณ 10 ลิตร บรรจุอยู่ในถังโฟมสแตนเลสโดยทนแรงดันได้ไม่เกิน 200 psi (ปอนด์ต่อนิ้ว) แต่ในงานวิจัยนี้กำหนดให้ใช้ 100 psi (ปอนด์ต่อนิ้ว) น้ำหนักรวมขนาด 14 กิโลกรัม เป็นสารโฟมดับเพลิงชนิดโฟมแบบฟิล์มน้ำ (Aqueous Film-Forming Foam) ซึ่งถังบรรจุโฟมดับเพลิงขนาดดังกล่าวสามารถหาได้ง่ายทั่วไป

พื้นที่ของห้องเครื่องยนต์

1. พื้นที่ส่วนปิดล้อมของเครื่องยนต์ = 6.04 ตารางเมตร
2. พื้นที่เปิดของห้องเครื่องยนต์ด้านล่าง = 1.54 ตารางเมตร
3. ปริมาตรของพื้นที่ = 1.386 ลูกบาศก์เมตร

ระบบท่อจ่ายสารโฟมดับเพลิง

การออกแบบท่อในงานวิจัยนี้จะสอดคล้องตามข้อกำหนดมาตรฐาน NFPA 11 Standard for Low-Expansion Foam 1998 Edition และข้อกำหนดมาตรฐาน NFPA 13 the Installation of Sprinkler systems 1999 Edition

ท่อจ่ายสารโฟมดับเพลิงของระบบดับเพลิงงานวิจัยนี้จะเลือกวิธีเดินท่อโดยใช้ท่อทองแดงชนิด M ขนาด ½ นิ้ว ส่วนหัวฉีดสารโฟมดับเพลิงได้ออกแบบเป็นแบบหัวฉีดฝอยขนาด ½ นิ้ว และมีขนาดรูหัวฉีดปล่อยสารโฟมดับเพลิงเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 มิลลิเมตร จำนวน 4 หัวฉีด

โดยรายละเอียดการเดินทางที่ต่อจ่ายสารโพลีเมอร์ได้จากระบบเปลี่ยนการติดตั้งระบบสารโพลีเมอร์ซึ่งอยู่ในภาคผนวก ข เอกสารแนบ

การออกแบบระบบพลังงานของระบบสารโพลีเมอร์

การออกแบบระบบพลังงานของระบบสารโพลีเมอร์จะใช้ระบบการทำงานด้วยมือเมื่อผู้ขับขี่สังเกตเห็นกลุ่มควัน หรือ ได้กลิ่นไหม้จากบริเวณห้องเครื่องยนต์ จึงทำการจอดรถและดับเครื่องยนต์ หลังจากนั้นจึงค้นบั้งค้ำผ่านลวดสลิงไปยังบริเวณถังบรรจุโพลีเมอร์เพื่อเปิดท่อจ่ายสารโพลีเมอร์ไปตามท่อทองแดงที่ได้ออกแบบไว้ ไปยังหัวฉีดแต่ละจุดบริเวณจุดเสียบอันตรายภายในห้องเครื่องยนต์ หลังจากนั้นระบบโพลีเมอร์จะทำงานและทำการดับเพลิงที่เป็นต้นเหตุของการเกิดเพลิงไหม้ นอกจากการสั่งงานโดยวิธีสังเกตกลุ่มควันหรือ ได้กลิ่นไหม้จากบริเวณห้องเครื่องยนต์แล้ว ยังสามารถสังเกตจาก Thermocouple ที่ติดตั้งไว้ในห้องเครื่องยนต์และสามารถอ่านอุณหภูมิได้ภายในห้องโดยสารขณะขับขี่ในกรณีที่อุณหภูมิภายในห้องเครื่องยนต์สูงผิดปกติในเวลาอันรวดเร็ว เนื่องจากอุณหภูมิจากการทดสอบเดินเครื่องยนต์เป็นเวลา 40 วินาที แล้วดับเครื่องยนต์ โดยที่พัดลมไม่ทำงาน สามารถบันทึกค่าอุณหภูมิสูงสุดได้ 94 องศาเซลเซียส ในกรณีที่เกจวัดความร้อนเครื่องยนต์ที่หน้าปัดมัลติเมตริกยังทำงานปกติ ซึ่งเป็นอุณหภูมิค่าสูงสุดภายในห้องเครื่องยนต์ ดังนั้นถ้าอุณหภูมิภายในห้องเครื่องยนต์สูงผิดปกติในเวลาอันรวดเร็ว จากการสังเกต Thermocouple ที่ติดตั้งไว้ ผู้ขับขี่สามารถค้นบั้งค้ำระบบโพลีเมอร์ให้ทำงานได้ เนื่องจากอาจเกิดความร้อนจากการลุกไหม้บริเวณด้านล่างของเครื่องยนต์ ทำให้บางครั้งอาจไม่ได้สังเกตเห็นกลุ่มควัน หรือ ได้กลิ่นไหม้ได้

งบประมาณที่ใช้ในการวิจัย
ออกแบบระบบโฟมดับเพลิงภายในห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล

ตารางผนวกที่ ข1 รายการวัสดุอุปกรณ์และงบประมาณที่ใช้ในการติดตั้งระบบโฟมดับเพลิง

รายการวัสดุอุปกรณ์	จำนวน	ราคาต่อหน่วย (บาท)	รวมราคา (บาท)
1. ถังโฟมดับเพลิง - ชนิด โฟม AFFF - ดับเพลิงประเภทน้ำมัน - อัตราสาร โฟมดับเพลิง ขนาด 10 ลิตร (14 กิโลกรัม)	1 ถัง	3,000	3,000
2. ท่อทองแดง - ขนาด ½ นิ้ว - ชนิด M	6 เมตร	100	600
3. หัวฉีดโฟมดับเพลิง - ทองเหลืองขนาด ½ นิ้ว - คันบังคับและลวดสลิง	4 หัว 1 ชุด	120 200	480 200
4. ข้อต่อ - แบบฉาก 90° - แบบตัวที (ข้อต่อแยกสามทาง)	6 ตัว 3 ตัว	120 120	720 360
5. เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิขนาด 0-300 °C	1 ตัว	250	250
6. ค่าแรงติดตั้ง	เหมา	2,000	2,000
รวมงบประมาณที่ใช้ในการติดตั้ง			7,610

ภาคผนวก ค
การออกแบบการทดลองในงานวิจัย

การออกแบบการทดลองในงานวิจัย

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

1. เพื่อทดสอบหาค่าอัตราการไหลของหัวฉีดสาร โฟมดับเพลิง
2. เพื่อทดสอบหาความเหมาะสมของการวางตำแหน่งหัวฉีดโฟมดับเพลิงให้มีประสิทธิภาพ
3. เพื่อใช้ทดสอบหาปริมาณสาร โฟมดับเพลิงที่สามารถดับเพลิงบริเวณพื้นที่ต้นเพลิงที่ถูกกำหนดไว้ของงานวิจัยรวมทั้งเวลาที่ใช้ในการดับเพลิงของสาร โฟมดับเพลิง
4. เพื่อใช้ทดสอบความถูกต้องและสมบูรณ์แบบของการออกแบบระบบ โฟมดับเพลิงก่อนนำไปใช้จริง

ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง

1. การออกแบบระบบท่อจ่าย โฟมดับเพลิงภายในห้องเครื่องยนต์

ทำการศึกษาคุณสมบัติของท่อชนิดต่างๆ ที่จะนำมาใช้ในการทดลองวิจัยนี้ โดยเปรียบเทียบคุณลักษณะต่างๆ ของท่อ เพื่อหาความเหมาะสมในการออกแบบจากการค้นคว้างานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ รวมทั้งคุณสมบัติของสาร โฟมดับเพลิงแต่ละชนิดกับระบบท่อจ่าย โฟมดับเพลิงที่ได้ ออกแบบโดยหลักการออกแบบท่อตามมาตรฐาน NFPA 13 (Standard for the Installation of Sprinkler Systems) และออกแบบหัวฉีด โฟมดับเพลิงของระบบ โดยการทดสอบกับการฉีดสาร โฟมดับเพลิง จากถังบรรจุ โฟมเพื่อหาค่าอัตราการไหลของสาร โฟมดับเพลิงที่ไหลผ่านหัวฉีดที่ได้ออกแบบในงานวิจัยนี้ โดยดูรายละเอียดการออกแบบท่อจ่ายสาร โฟมดับเพลิงและหัวฉีดในภาคผนวกที่ ๗ เอกสารแนบ



ภาพผนวกที่ ค1 ด้านหน้าบริเวณภายในห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์ทดลอง



ภาพผนวกที่ ค2 ด้านข้างบริเวณภายในห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์ทดลอง



ภาพผนวกที่ ค3 ด้านท้ายของรถยนต์ทดลอง



ภาพผนวกที่ ค4 บริเวณห้องเครื่องยนต์ของรถยนต์ทดลอง

2. ส่วนประกอบต่างๆ ของการออกแบบระบบโฟมดับเพลิง

การออกแบบระบบโฟมดับเพลิงประกอบด้วยส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้

2.1 ถังบรรจุสาร โฟมดับเพลิง

ในการทดสอบงานวิจัยนี้ จะใช้ถังบรรจุสาร โฟมดับเพลิงชนิดมือถือขนาด 10 ลิตร (น้ำหนักรวมถังและสารโฟมดับเพลิง 14 กิโลกรัม) โดยมีสารโฟมดับเพลิงบรรจุอยู่ภายในเป็นสาร โฟมดับเพลิง ชนิดโฟมแบบฟิล์มน้ำ (Aqueous Film-Forming Foam, AFFF) และถังบรรจุโฟมดับเพลิงมีความดันที่เก้จ้วัดความดันขนาด 100 psi โดยถังดังกล่าวสามารถทนแรงดันได้ไม่เกิน 200 psi ซึ่งถังบรรจุโฟมดับเพลิงนี้สามารถหาได้โดยทั่วไป



ภาพผนวกที่ ค5 ถังโฟมดับเพลิงขนาด 10 ลิตร (น้ำหนักรวมถังและสาร โฟมดับเพลิง 14 กิโลกรัม)

2.2 ท่อจ่ายสารโฟมดับเพลิง

ท่อจ่ายสารโฟมดับเพลิงที่ใช้ในการติดตั้งระบบโฟมดับเพลิงในงานวิจัยเป็นท่อทองแดงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ ½ นิ้ว



ภาพผนวกที่ ๓6 ท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ ½ นิ้ว

2.3 ข้อต่อชนิดต่าง ๆ

ข้อต่อแบบตัวทีหรือข้อต่อแยกสามทางที่ใช้ในการติดตั้งสำหรับเดินท่อทองแดงของระบบโฟมดับเพลิงเป็นข้อต่อทองเหลืองที่มีขนาดผ่านศูนย์กลางประมาณ ½ นิ้ว



ภาพผนวกที่ ๓7 ข้อต่อแบบตัวทีหรือข้อต่อแยกสามทาง

ข้อต่อแบบข้องอฉาก 90° ที่ใช้ในการติดตั้งสำหรับเดินท่อทองแดงของระบบโฝมดับเพลิงเป็นข้อต่อทองเหลืองที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ ½ นิ้ว



ภาพผนวกที่ ค8 ข้อต่อแบบข้องอฉาก 90°

2.4 หัวฉีดสารโฝมดับเพลิง

หัวฉีดสารโฝมดับเพลิงที่ใช้ในการติดตั้งสำหรับปล่อยสารโฝมดับเพลิงเป็นแบบหัวฉีดแบบละอองน้ำฝอยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1mm (มิลลิเมตร) ที่หัวฉีดทำด้วยทองเหลือง



ภาพผนวกที่ ค9 ลักษณะหัวฉีดสารโฝมดับเพลิงที่ติดตั้ง



ภาพผนวกที่ ค10 หัววัดสารโพลีเมตแบบหัววัดละอองน้ำฝอยรูปตัววี

2.5 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ

อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ (Thermocouple) ขนาด 0-1000 °C ใช้ในการตรวจจับความร้อนของห้องเครื่องยนต์ภายในรถยนต์ของงานวิจัย



ภาพผนวกที่ ค11 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ (Thermocouple)

2.6 ถาดใส่น้ำมันสำหรับการทดลอง

ถาดใส่น้ำมันที่ใช้ในการจำลองเพลิงไหม้จะเป็นปริมาณพื้นที่ที่ใกล้เคียงกับปริมาณเพลิงไหม้ที่มีโอกาสเกิดกันจริง ซึ่งกำหนดให้เป็นถาดอลูมิเนียมรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าใส่น้ำมันมีขนาดกว้าง 0.275 เมตร และยาว 0.4 เมตร คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 0.11 ตารางเมตร โดยจะมีขนาดพื้นที่เท่ากับพื้นที่หน้าตัดบริเวณฝากรอบวาล์วโลหะเหล็กที่มีพื้นที่หน้าตัดกว้าง 0.1 เมตร ยาว 0.38 เมตร และสูง 0.075 เมตร จำนวน 5 ด้าน คิดเป็นพื้นที่ทั้งหมด 0.11 ตารางเมตร ซึ่งจะเป็นพื้นที่ที่มีขนาดเท่ากับพื้นที่ของถาดอลูมิเนียมผืนผ้าที่ได้ถูกกำหนดให้เป็นพื้นที่ต้นเพลิงของการออกแบบวิจัยนี้



ภาพผนวกที่ ค12 ถาดใส่น้ำมันสำหรับการทดลอง

วิธีการทดลองระบบการทำงานของโฝมดับเพลิงภายในห้องเครื่องยนต์

1. ทำการต่อหัวฉีดปล่อยสารโฝมดับเพลิงเข้ากับท่อจ่ายสายโฝมดับเพลิงในแต่ละจุดภายในห้องเครื่องยนต์ เดินท่อจ่ายสาร โฝมดับเพลิงบริเวณใต้ท้องรถไปยังถังโฝมดับเพลิงที่ถูกติดตั้งไว้ท้ายของรถยนต์



ภาพผนวกที่ ค13 หัวฉีดปล่อยสาร โฟมดับเพลิง



ภาพผนวกที่ ค14 ท่อจ่ายสาร โฟมดับเพลิงต่อกับถัง โฟมดับเพลิงบริเวณกระบะท้ายรถยนต์

2. ติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ (Thermocouple) ไว้บริเวณภายในห้องโดยสารบริเวณปุ่มเปิดแอร์รถยนต์ เพื่อให้แท่งวัดอุณหภูมิสามารถวัดอุณหภูมิภายในห้องเครื่องยนต์กรณีเกิดอุณหภูมิสูงผิดปกติในเวลาอันรวดเร็ว



ภาพผนวกที่ ค15 การติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิภายในห้องโดยสาร

3. เติมน้ำมันแก๊สโซลีน (Gasoline) ในปริมาณที่กำหนดในงานวิจัยลงในถาดน้ำมันเพื่อจำลองสถานการณ์บริเวณตำแหน่งที่กำหนดให้เป็นพื้นที่ต้นเพลิงหรือจุดเริ่มต้นเพลิงไหม้



ภาพผนวกที่ ค16 ตำแหน่งวางถาดใส่น้ำมันบริเวณห้องเครื่องยนต์

4. ทำการจุดไฟบริเวณถาดน้ำมันแก๊สโซลีน (Gasoline) ภายในห้องเครื่องยนต์โดยกำหนดปริมาณน้ำมันในถาดอลูมิเนียมมีพื้นที่ผิว 0.11 ตารางเมตร ที่ปริมาณน้ำมันแก๊สโซลีนขนาด 200 ml



ภาพผนวกที่ ค17 ภาพการลุกไหม้ของน้ำมันแก๊สโซลีน(Gasoline)ภายในห้องเครื่องยนต์

5. ทำการจับเวลาหลังจากจุดไฟในถาดน้ำมันภายในห้องเครื่องยนต์โดยเปิดฝากระโปรงรถยนต์เป็นเวลา 30 วินาที



ภาพผนวกที่ ค18 ทำการฉีดสารดับเพลิง

6. ทำการปล่อยสาร โฟมดับเพลิงครั้งที่ 1 เมื่อเวลาที่ 30 วินาที ที่ถาดน้ำมันขนาดปริมาตร 200 ml บันทึกค่าเวลาที่ใช้หลังจากปล่อยสาร โฟมดับเพลิง หลังจากไฟดับลงทำการบันทึกปริมาณ น้ำหนักของสาร โฟมดับเพลิงที่ใช้และเวลาที่ใช้นิรภัยสาร โฟมดับเพลิงภายในห้องเครื่องยนต์จนไฟดับ ไม่มีการลุกไหม้ซ้ำ
7. ทำการทดลองแบบขั้นตอนที่ 6 ซ้ำ เป็นจำนวนทั้งหมด 5 ครั้ง แล้วทำการจดบันทึก เวลาที่ใช้และสาร โฟมดับเพลิงที่ใช้
8. ทำการจับเวลาเป็นเวลา 30 วินาทีหลังจากจุดไฟในถาดน้ำมันภายในห้องเครื่องยนต์ โดยปิดฝากระโปรงรถยนต์
9. ทำการปล่อยสาร โฟมดับเพลิงเป็นเวลานาน 40 วินาที เมื่อเวลา 30 วินาทีผ่านไปหลังจาก จุดไฟและปิดฝากระโปรงรถยนต์
10. หลังจากเวลาผ่านไป 40 วินาที ทำการหยุดฉีดสาร โฟมดับเพลิงแล้วเปิดฝากระโปรง รถยนต์ บันทึกสภาพภายในห้องเครื่องยนต์ และปริมาณสาร โฟมดับเพลิงที่ใช้
11. ทำการทดลองแบบขั้นตอนที่ 10 ซ้ำเป็นจำนวนรวมทั้งหมด 3 ครั้ง แล้วทำการจดบันทึก ปริมาณสาร โฟมดับเพลิงที่ใช้ และสภาพภายในห้องเครื่องยนต์

ภาคผนวก ง

การคำนวณอัตราการเผาไหม้และอัตราการปล่อยพลังงานความร้อนของน้ำมันแก๊สโซลีน
ในถาดน้ำมันทดลอง

น้ำมันแก๊สโซลีน (Gasoline) จำนวน 200 ml (มิลลิลิตร) สำหรับหาค่าอัตราการเผาไหม้ของ
อ่างไฟ (Pool Fire) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $D = 0.375$ m โดยเทียบกับปริมาณขนาดพื้นที่ต้นเพลิง
ของงานวิจัยเท่ากับ 0.11 ตารางเมตร

$$\begin{aligned}\rho &= 740 \text{ kg/m}^3 \\ \dot{m}''_{f,\infty} &= 0.055 \text{ kg/m}^2\text{-s} \\ k\alpha &= 2.1 \text{ m}^{-1} \\ \Delta H_c &= 43.7 \text{ MJ/kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A &= \frac{\pi D^2}{4} \\ &= \frac{\pi (0.375)^2}{4} \\ &= 0.11 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\dot{m}''_f &= \dot{m}''_{f,\infty} (1 - e^{-k\alpha D}) \\ &= 0.055 (1 - e^{-2.1(0.375)}) \\ &= 0.02998 \text{ kg/m}^2\text{-s} \\ \dot{Q} &= \dot{m}''_f A \chi \Delta H_c \\ &= 0.02998 \times 0.11 \times 0.7 \times 43.7 \\ \dot{Q} &= 100.88 \text{ kW}\end{aligned}$$

อัตราการเผาไหม้ทั้งหมดของกองเพลิง

$$\begin{aligned}\dot{m}''_f &= A \dot{m}''_f \\ &= 0.11 \times 0.02998 \\ &= 3.2968 \times 10^{-3} \text{ kg/s}\end{aligned}$$

มวลของน้ำมันที่หก

$$m_f = 740 \times 0.2 \times 10^{-3} = 0.148 \text{ kg}$$

ระยะเวลาการเผาไหม้น้ำมันขนาด 200 ml

$$\begin{aligned} t &= \frac{m_f}{\dot{m}_f} \\ &= \frac{0.148}{3.2968 \times 10^{-3}} \\ &= 45 \text{ วินาที} \end{aligned}$$

ภาคผนวก จ

การคำนวณหาค่าอัตราการใช้ของหัวฉีดโฟมดับเพลิง

การทดสอบหาค่าอัตราการไหลและค่า K ของหัวฉีดโฟมดับเพลิง

ข้อกำหนด 1

ถังโฟมดับเพลิงที่ใช้ทดสอบขนาด 10 ลิตร (น้ำหนักสาร โฟมดับเพลิงที่ใช้ประมาณ 10 กิโลกรัม) จำนวน 5 ถัง มีขนาดแรงดันแต่ละถังที่ 100 psi

ข้อกำหนด 2

ถังโฟมดับเพลิงประเภท 3% (AFFF) ขนาดประมาณ 10 ลิตร (น้ำหนักสาร โฟมดับเพลิงที่ใช้ประมาณ 10 กิโลกรัม) น้ำหนักรวมถังและสาร โฟมดับเพลิง 14 กิโลกรัมแรงดันถังเฉลี่ยใบละ 100 psi จำนวน 5 ถัง หัวฉีดแบบฝอยขนาด ½ นิ้ว และรูหัวฉีดปล่อยสาร โฟมดับเพลิงเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 mm (มิลลิเมตร)

รายการคำนวณ

$$Q \text{ (อัตราการไหลเฉลี่ย)} = \frac{\text{ปริมาณสาร โฟมดับเพลิง}}{\text{เวลาที่ฉีดสาร โฟมดับเพลิง}}$$

$$\text{แรงดันที่ใช้} = \text{แรงดันก่อนฉีด} - \text{แรงดันหลังฉีด}$$

ตารางผนวกที่ จ1 ตารางผลการทดสอบหาค่าเฉลี่ยคงที่ของหัวฉีดสารโพนัดดับเพลิง

ครั้งที่	แรงดัน ก่อนฉีด (psi)	แรงดัน หลังฉีด (psi)	แรงดัน ที่ใช้ (psi)	ปริมาณ สารดับเพลิง (liter)	เวลา ที่ใช้ฉีด (sec)	อัตราการไหล (ลิตรต่อวินาที)	(ค่า K)
1	100	0	100	10	600	0.01666	0.001666
2	100	0	100	10	595	0.01680	0.001680
3	100	0	100	10	600	0.01666	0.001666
4	100	0	100	10	596	0.01677	0.001677
5	100	0	100	10	594	0.01683	0.001683

$$\text{เวลาที่ใช้ในการฉีด} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}{5} = 597 \text{ วินาที}$$

$$\text{อัตราการไหลเฉลี่ย} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5}{5} = 0.01675 \text{ ลิตร/วินาที}$$

$$\text{หาค่า K เฉลี่ย} = \frac{K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5}{5} = 0.001675$$

ค่าเฉลี่ยของค่าคงที่ของหัวฉีดสารโพนัดดับเพลิง (K)

$$\begin{aligned} K &= \frac{Q}{\sqrt{p}} \\ &= \frac{0.01675}{\sqrt{100 \text{ psi}}} \\ K &= 0.00168 \end{aligned}$$

การหาปริมาณสารโพลีเมอร์ดับเพลิงที่ต้องการฉีดของแต่ละหัวฉีดโดยทำการทดลองดังนี้

1. กำหนดให้พื้นที่ผิวของต้นเพลิงของการฉีดแต่ละหัวฉีดโดยแบ่งเป็น 4 ส่วนจากพื้นที่ต้นเพลิงที่ 0.11 ตารางเมตร คือ $\frac{0.11}{4}$ เท่ากับ 0.0275 ตารางเมตร

2. ทำการฉีดสารโพลีเมอร์ดับเพลิงเข้ากองเพลิงแล้ววัดปริมาณสารโพลีเมอร์ดับเพลิงที่ใช้

3. กำหนดปริมาณสารโพลีเมอร์ดับเพลิงที่ต้องการฉีดของหัวฉีดต่อ 1 หัว นำค่าไปคำนวณ Hydraulic Calculation เพื่อหาค่าอัตราการไหลของระบบและความดันสูญเสียต่างๆ ของท่อระบบโพลีเมอร์ดับเพลิงในงานวิจัยนี้

จากการทดลองสามารถวัดค่าปริมาณสารโพลีเมอร์ดับเพลิงที่ต้องการฉีดในแต่ละหัวฉีดเท่ากับ 0.25 ลิตร ในเวลา 15 วินาที ทำให้สามารถดับเพลิงไหม้ที่ถูกกำหนดเป็น Pool Fire ขนาดพื้นที่ 0.0275 ตารางเมตร ได้อย่างสนิท

$$\begin{aligned}
 \therefore \text{อัตราการไหลเฉลี่ย} &= \frac{0.25 \text{ ลิตร}}{15 \text{ วินาที}} \\
 &= 0.01666 \text{ ลิตรต่อวินาที} \\
 \text{คิดเป็นปริมาณแกลลอนต่อนาที} &= \frac{0.01666}{3.785} \\
 &= 0.0044 \text{ gpm}
 \end{aligned}$$

\therefore อัตราการไหลของหัวฉีดต่อ 1 หัว ที่สามารถดับเพลิงไหม้ Pool Fire ขนาด 0.0275 ตารางเมตรของการทดลองได้เท่ากับ 0.0044 gpm

ภาคผนวก จ

การคำนวณ Hydraulic Calculation ของการออกแบบระบบท่อจ่ายสารโฝมดับเพลิง

ตารางผนวกที่ ๑1 ตารางการคำนวณหาค่าความดันสูญเสียต่างๆ ของท่อทองแดง โดยวิธี Hydraulic Calculation ของงานวิจัยนี้

Step No.	Nozzle Ident. And Location		Flow in (gpm.)	Pipe size (in.)	Pipe Fitting and devices	Equiv. Pipe Length (ft.)	Friction Loss (psi.) Foot	Pressure Summary (psi.)	Density =	-
									C =	150
									K =	0.00168
1	# I	BL-1		Dia _{sT} 0.5	2 ELB	L= 2.46	C=150	Pt.= 6.85941	q =	
			q= 0	Dia _n 0.569	1 TEE	F= 4.00		Pc.= 0.00000	= 0.00440 gpm.	
			Q= 0.0044			T= 6.46		0.001	Pf.= 0.00646	Pt=(q/k) ² = 6.85941
2	# G	BL-1		Dia _{sT} 0.5	1 TEE	L= 1.64	C=150	Pt.= 6.86587	q = K.Pt ^{1/2}	
			q= 0.0044	Dia _n 0.569		F= 2.00		Pc.= 0.00000	= 0.00440 gpm.	
			Q= 0.0088			T= 3.64		0.001	Pf.= 0.00364	
							Pt.= 6.86951	q = K.Pt ^{1/2}		
									= 0.00440 gpm.	
								Pt.= 6.86951		
3	# J	BL-2		Dia _{sT} 0.5	2 ELB	L= 1.87	C=150	Pt.= 6.85941	q=	
			q= 0.00440	Dia _n 0.569	1 TEE	F= 4.00		Pc.= 0.00000	= 0.00440 gpm.	
			Q= 0.00440			T= 5.87		0.001	Pf.= 0.00587	Pt=(q/k) ² = 6.859410
4	# H	BL-2		Dia _{sT} 0.5	1 TEE	L= 0.26	C=150	Pt.= 6.86528	q = K.Pt ^{1/2}	
			q= 0.00440	Dia _n 0.569		F= 2.00		Pc.= 0.00000	= 0.00440 gpm.	
			Q= 0.00880			T= 2.26		0.001	Pf.= 0.00226	
							Pt.= 6.86754			
									Q _{adj} = Q ₁ (Pt ₂ /Pt ₁) ^{1/2}	
									= 0.00880	
			Q _{adj} 0.00880					Pt.= 6.86754		
5	# A	Input TO # A		Dia _{sT} 0.5	3 ELB	L= 10.82	C=150	Pt.= 6.86951		
			q=	Dia _n 0.569		F= 3.00		Pc.= 0.00000		
			Q= 0.01761			T= 13.82		0.001	Pf.= 0.01382	
								Pt.= 6.88333		

จากตารางผนวกที่ ๑1 สามารถหาค่ารายการคำนวณของค่าอัตราการไหลของระบบและความดันของท่อในระบบ ดังนี้

ท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	= 0.5 นิ้ว (เส้นผ่านศูนย์กลางด้านในเท่ากับ 0.569 นิ้ว)
ความยาวของระบบเดินท่อทั้งหมด	= 5.2 เมตร
∴ อัตราการไหลของระบบโพลีเอทิลีน	= 0.01761 แกลลอนต่อนาที (gpm)
∴ ความดันสูญเสียในเส้นท่อทั้งหมดของระบบโพลีเอทิลีน	= 6.8833 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi)

คำนวณหาความเร็วของสารโพลีเอทิลีนในท่อของระบบจากสมการที่ 19

$$v = \frac{0.4085 \times Q}{d^2}$$

Q = อัตราการไหลของระบบโพลีเอทิลีน 0.01761 แกลลอนต่อนาที (gpm)

d = ท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว

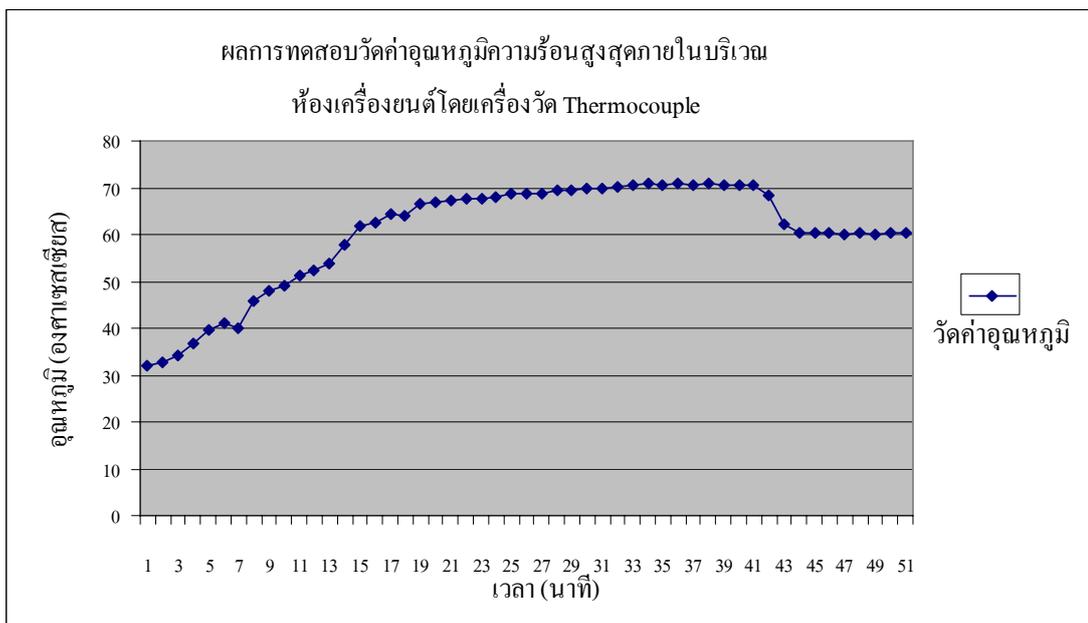
$$v = \frac{0.4085 \times 0.01761}{0.569}$$

$$= 0.01264 \text{ ft/s}$$

∴ อัตราความเร็วของสารโพลีเอทิลีนในงานวิจัยนี้ = 0.01264 ฟุตต่อวินาที

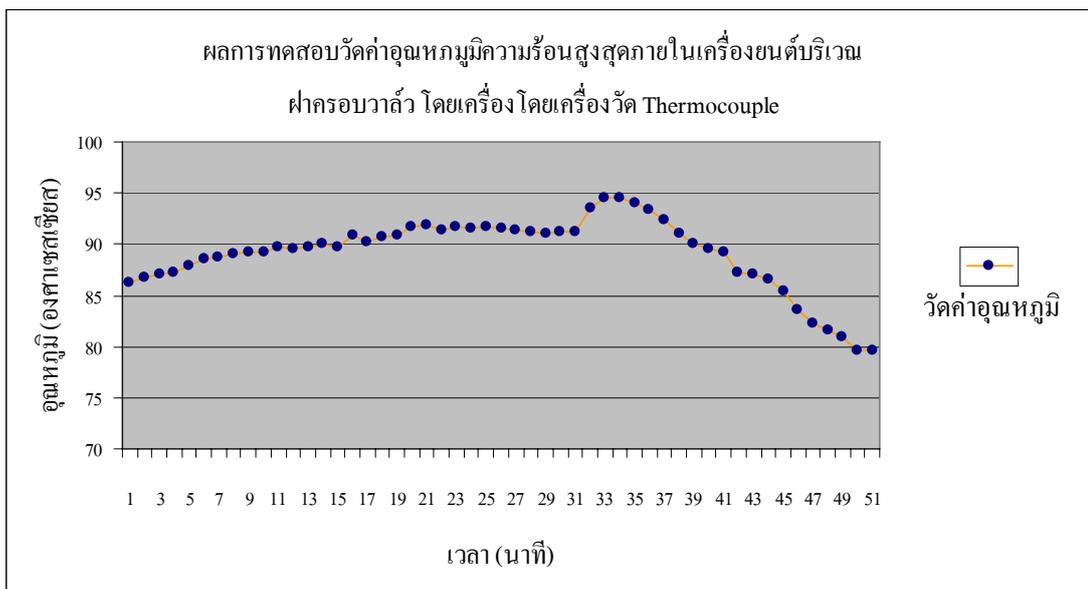
ภาคผนวก ข

ตารางและกราฟที่ใช้ประกอบการคำนวณ



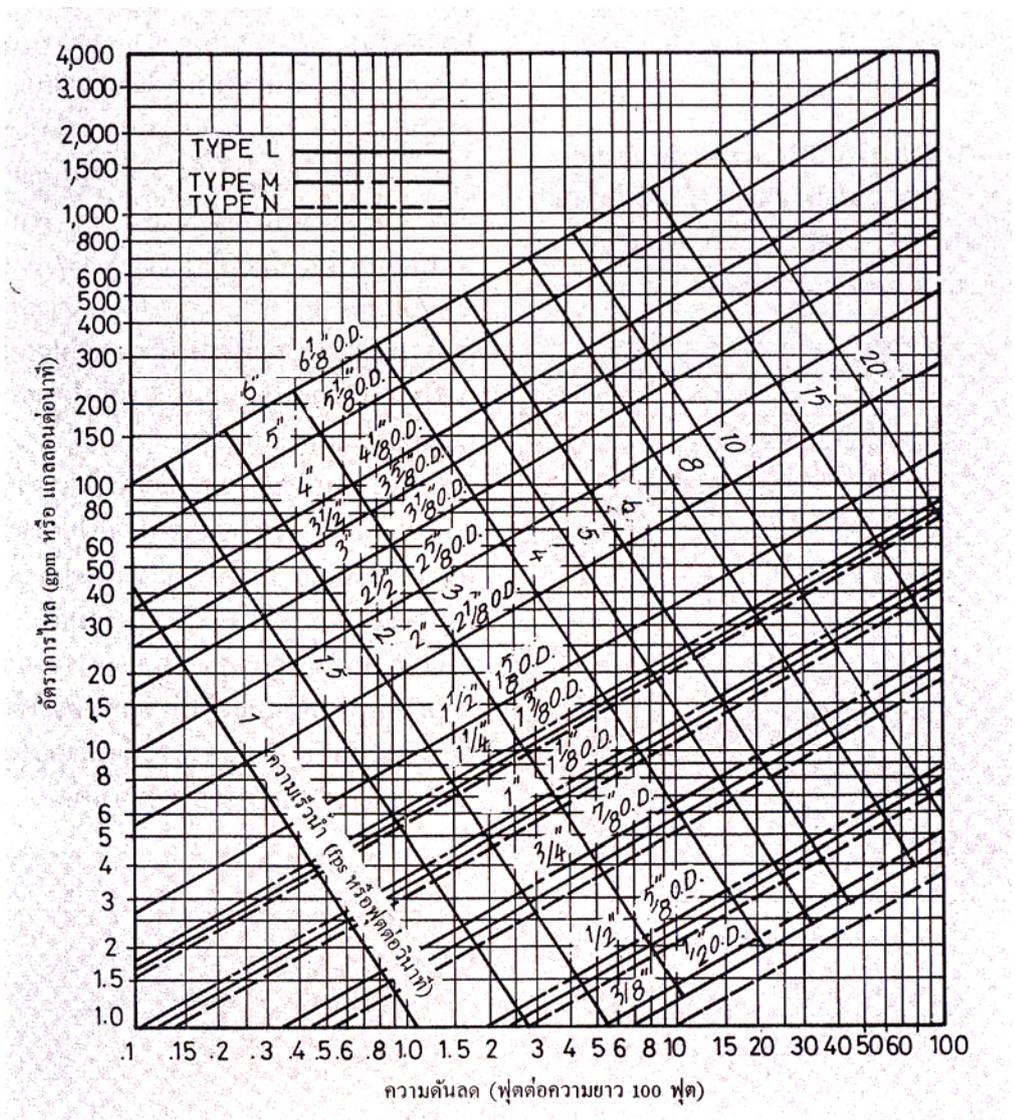
ภาพผนวกที่ ข1 ผลการทดสอบวัดค่าอุณหภูมิความร้อนสูงสุดภายในห้องเครื่องยนต์โดย
เครื่องวัด Thermocouple

ที่มา: สถานีทดสอบการฝึก ศูนย์ฝึกอบรมสำนักป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย



ภาพผนวกที่ ๒ ผลการทดสอบวัดค่าอุณหภูมิความร้อนสูงสุดภายในเครื่องยนต์บริเวณฝาครอบวาล์ว หลังจากดับเครื่องยนต์และใบพัดลมหยุดทำงานภายใน 3 นาที โดยเครื่องวัด Thermocouple

ที่มา: สถานีทดสอบการฝึก ศูนย์ฝึกอบรมสำนักป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย



ภาพผนวกที่ 3 ความดันลดสำหรับระบบท่อน้ำเปิดหรือปิดของท่อทองแดง

ที่มา: ศักดิ์ชัย (2005)

Dimensions and Physical Characteristics of Copper Tube: TYPE M

Nominal or standard size, inches	Nominal dimensions, inches			Calculated values (based on nominal dimensions)				
	Outside diameter	Inside diameter	Wall thickness	Cross sectional area of bore, sq. inches	Weight of tube only, pounds per linear ft.	Weight of tube & water pounds per linear ft.	Contents of tube per linear ft	
							Cu ft.	Gal.
3/8	.500	.450	.025	.159	.145	.214	.00110	.00826
1/2	.625	.569	.028	.254	.204	.314	.00176	.0132
3/4	.875	.811	.032	.517	.328	.551	.00359	.0269
1	1.125	1.055	.035	.874	.465	.843	.00607	.0454
1-1/4	1.375	1.291	.042	1.31	.682	1.25	.00910	.0681
1-1/2	1.625	1.527	.049	1.83	.940	1.73	.0127	.0951
2	2.125	2.009	.058	3.17	1.46	2.83	.0220	.165
2-1/2	2.625	2.495	.065	4.89	2.03	4.14	.0340	.254
3	3.125	2.981	.072	6.98	2.68	5.70	.0485	.363
3-1/2	3.625	3.459	.083	9.40	3.58	7.64	.0653	.488
4	4.125	3.935	.095	12.2	4.66	9.83	.0847	.634
5	5.125	4.907	.109	18.9	6.66	14.8	.131	.982
6	6.125	5.881	.122	27.2	8.92	20.7	.189	1.41
8	8.125	7.785	.170	47.6	16.5	37.1	.331	2.47
10	10.125	9.701	.212	73.9	25.6	57.5	.513	3.84
12	12.125	11.617	.254	106	36.7	82.5	.736	5.51

ภาพผนวกที่ ๔ แสดงคุณสมบัติของท่อทองแดงชนิด M

ที่มา: <http://www.copper.org>

Pressure Loss in Fittings and Valves Expressed as Equivalent Length of Tube, feet

Nominal or standard size, inches	Fittings					Valves			
	Standard Ell		90° Tee		Coupling	Ball	Gate	Butfly	Check
	90°	45°	Side branch	Straight run					
3/8	.5	–	1.5	–	–	–	–	–	1.5
1/2	1	.5	2	–	–	–	–	–	2
5/8	1.5	.5	2	–	–	–	–	–	2.5
3/4	2	.5	3	–	–	–	–	–	3
1	2.5	1	4.5	–	–	.5	–	–	4.5
1-1/4	3	1	5.5	.5	.5	.5	–	–	5.5
1-1/2	4	1.5	7	.5	.5	.5	–	–	6.5
2	5.5	2	9	.5	.5	.5	.5	7.5	9
2-1/2	7	2.5	12	.5	.5	–	1	10	11.5
3	9	3.5	15	1	1	–	1.5	15.5	14.5
3-1/2	9	3.5	14	1	1	–	2	–	12.5
4	12.5	5	21	1	1	–	2	16	18.5
5	16	6	27	1.5	1.5	–	3	11.5	23.5
6	19	7	34	2	2	–	3.5	13.5	26.5
8	29	11	50	3	3	–	5	12.5	39

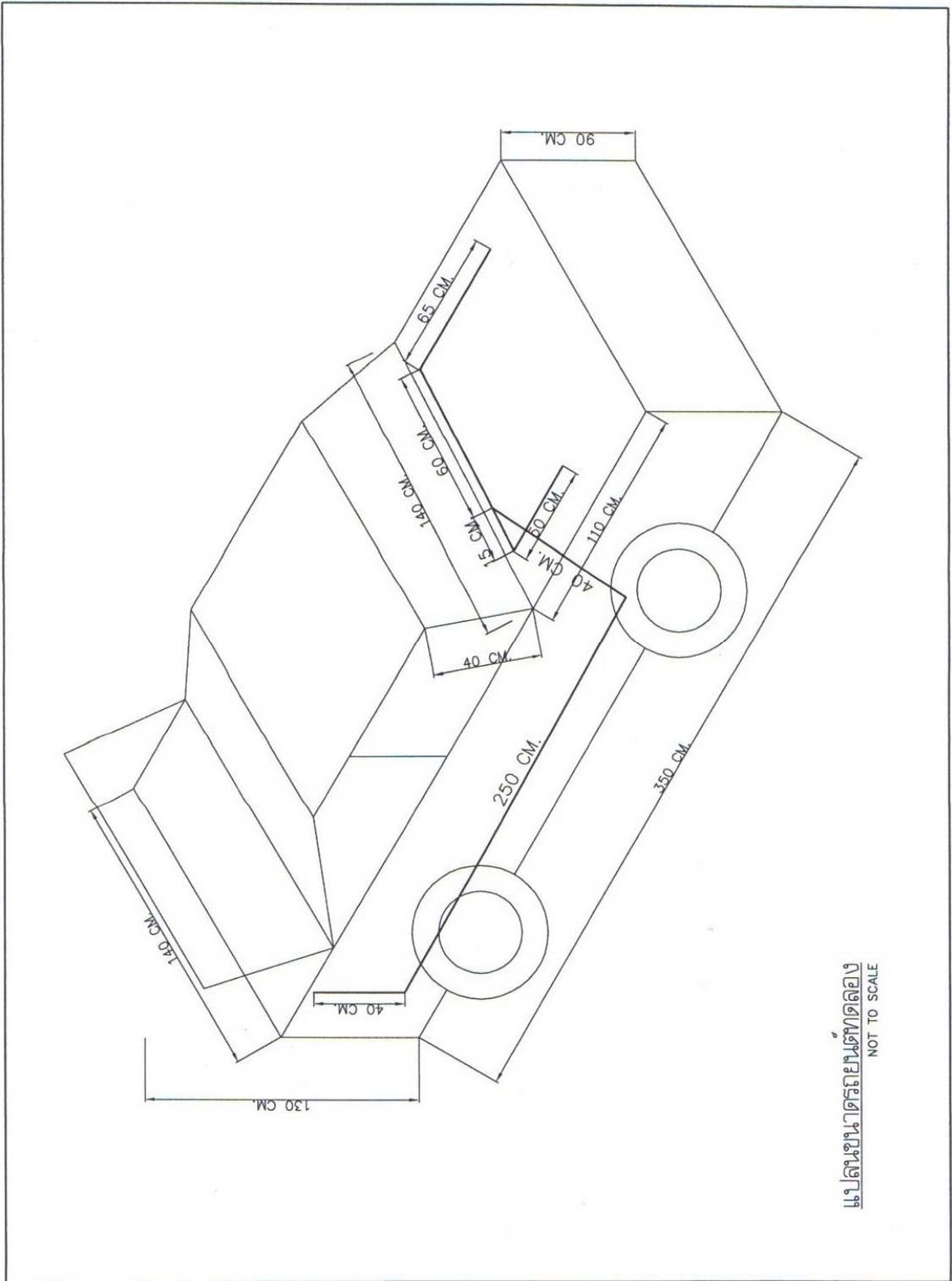
NOTES: Allowances are for streamlined soldered fittings and recessed threaded fittings. For threaded fittings, double the allowances shown in the table. The equivalent lengths presented above are based upon a C factor of 150 in the Hazen-Williams friction loss formula. The lengths shown are rounded to the nearest half foot.

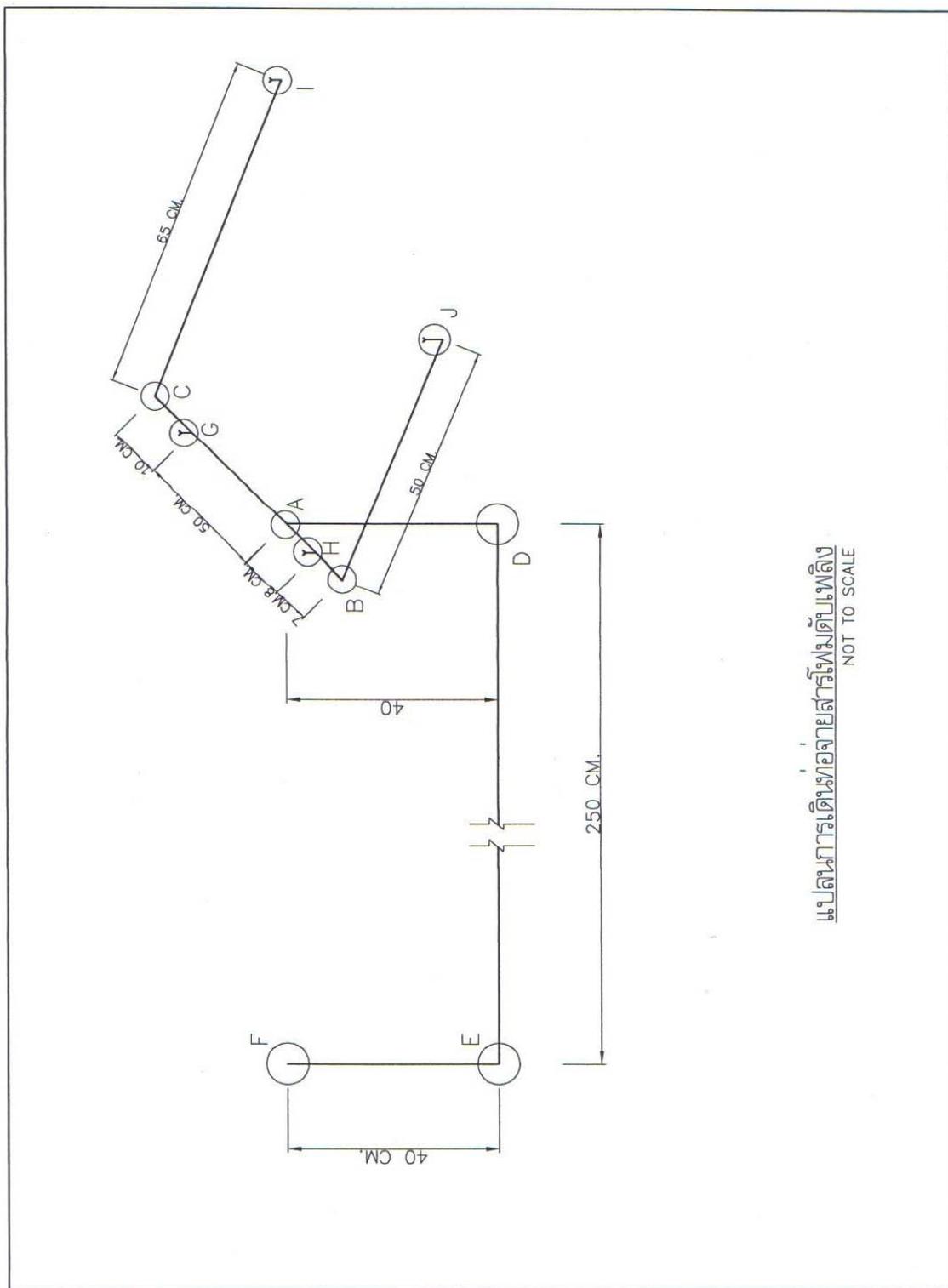
ภาพผนวกที่ ๖ แสดงความดันลดของข้อต่อชนิดต่างๆ ของท่อทองแดง

ที่มา: <http://www.copper.org>

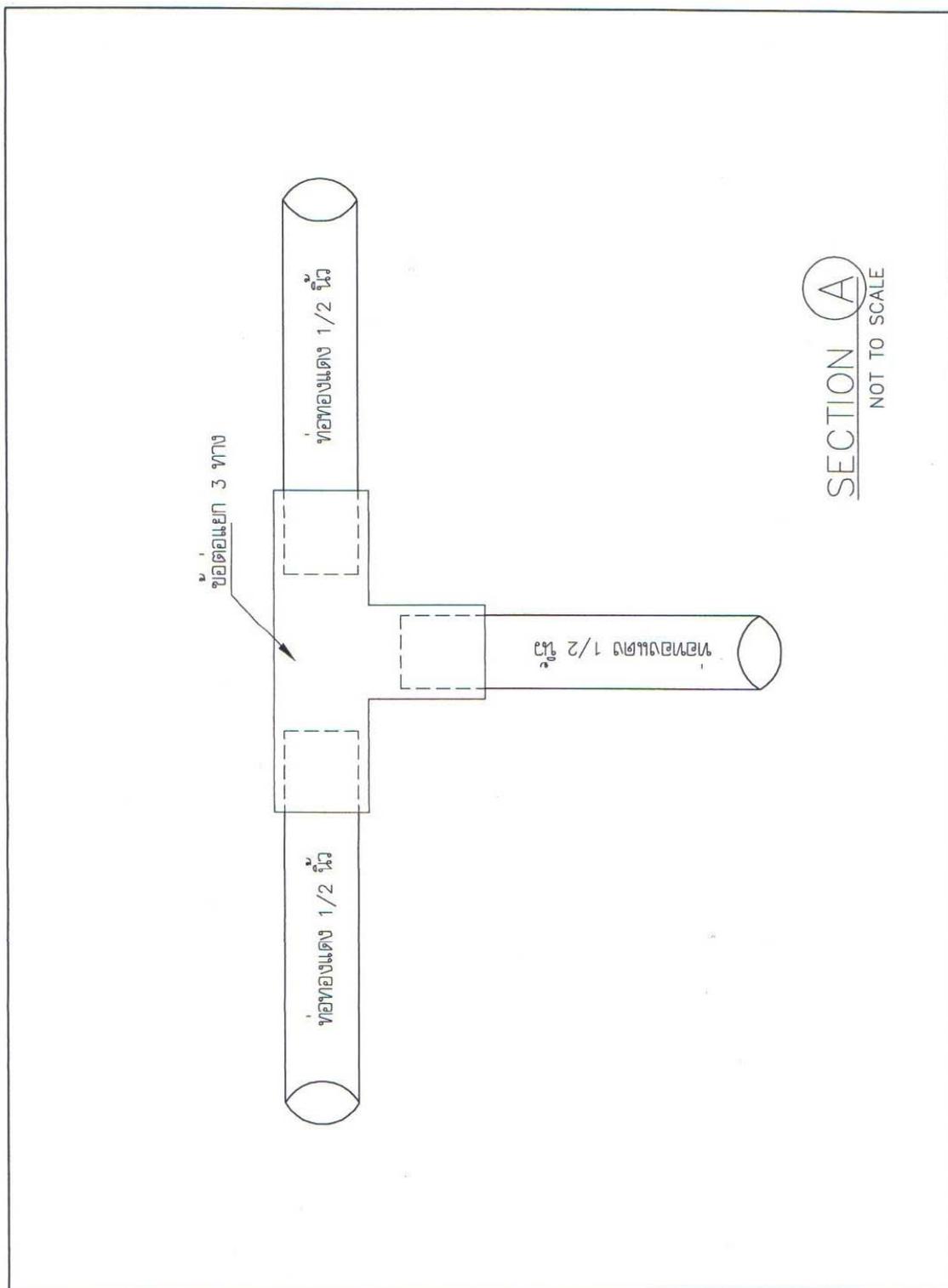
ภาคผนวก ข

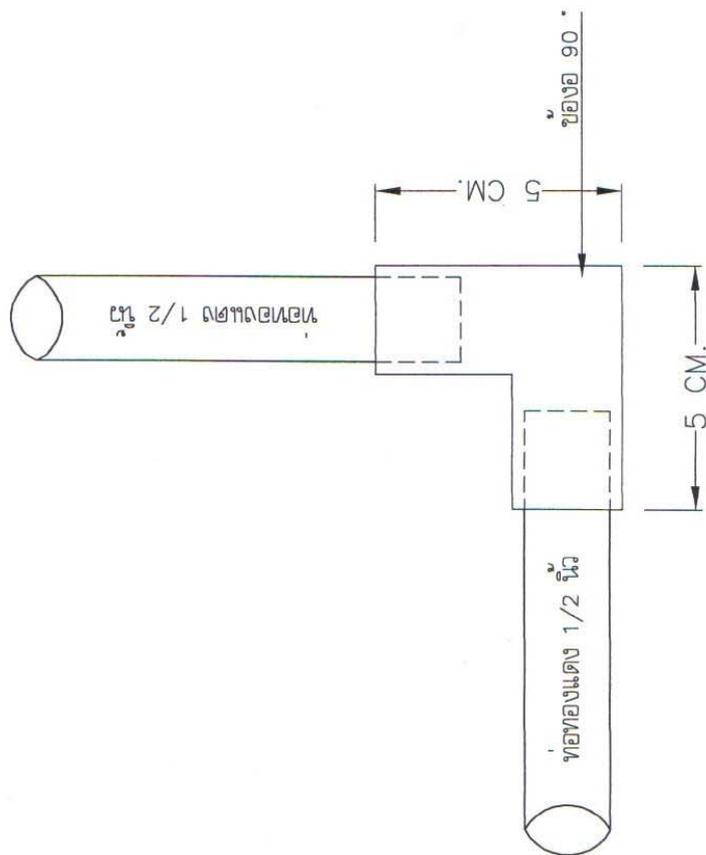
เอกสารแนบ



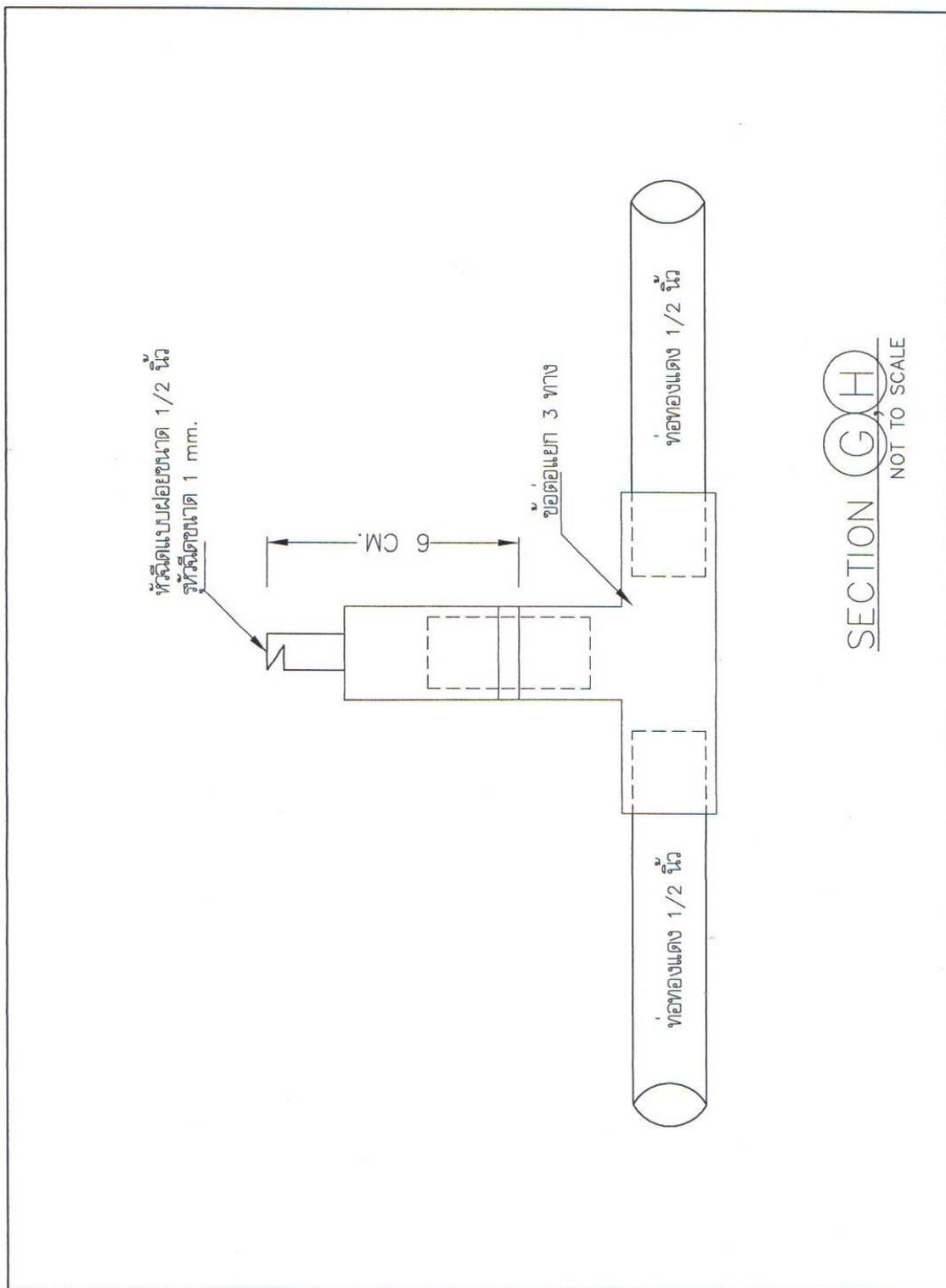


แบบแผนการเดินท่อจ่ายสารพิมพ์แบบเพลิง
NOT TO SCALE

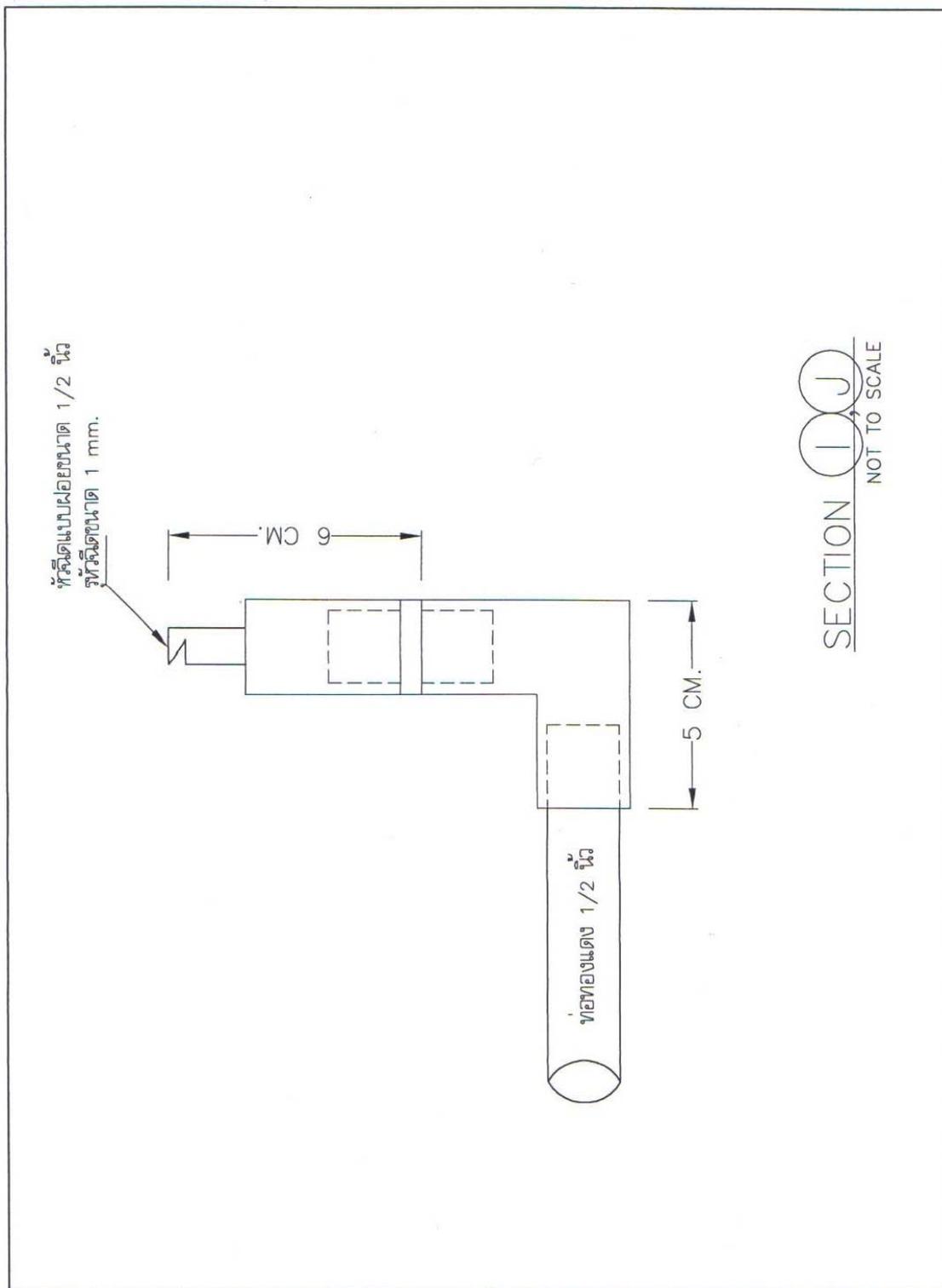




SECTION B C C D E
NOT TO SCALE



SECTION G-H
NOT TO SCALE



ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นายกิริติ ศรีประไหม
เกิดวันที่	19 พฤษภาคม 2515
สถานที่เกิด	เขตพญาไท จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วศ.บ (วิศวกรรมโยธา) มหาวิทยาลัยรังสิต
ตำแหน่งปัจจุบัน	เจ้าพนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย 4
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ฝ่ายตรวจการและวางแผนป้องกันอัคคีภัย กองวิชาการและแผนงาน สำนักป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กรุงเทพมหานคร