ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับอัคคีภัย

(Basic Knowledge about Fire)

กิจจา จิตรภิรมย์*

*สาขาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา 1061 ถนนอิสรภาพ แขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี กรุงเทพฯ 10600

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอความรู้และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับไฟซึ่งมีความสำคัญในการควบคุม ป้องกัน ตลอดจนการระงับภัยจากเพลิงไหม้หรืออัคคีภัยได้อย่างมีประสิทธิผลมากขึ้น ไฟเป็นผลที่เกิดจากกระบวนการของการเกิดปฏิกิริยาการสันดาป (Combustion) ทั้งนี้ในการเกิดไฟต้องประกอบด้วยองค์ประกอบทั้ง 4 ของการเกิดไฟที่เรียกว่าทรงสี่หน้าของไฟ (Fire tetrahedron) และสามารถอธิบายการเกิดเพลิงไหม้ตามช่วงของการเกิดเป็น 4 ช่วงได้แก่ ช่วงลุกไหม้ ช่วงขยายตัวของไฟ ช่วงลุกติดไฟเต็มที่ ในช่วงนี้จะเกิดปรากฏการณ์ของการลุกไหม้รุนแรงหรือ Flashover และช่วงสุดท้ายคือ ช่วงไฟมอดดับ อย่างไรก็ตามในขั้นนี้อาจส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ระเบิดควันหรือ Back draft ในขณะเดียวกันการเกิดไฟไหม้ภายในห้องหรืออาคารจะเกิดชั้นความร้อนจากการเผาไหม้ที่แตกต่างกันแบ่งเป็น 3 ชั้นคือ ชั้นความร้อนสูงสุด ชั้นความร้อนปานกลาง และชั้นความร้อนต่ำ โดยมีผลผลิตหลักที่เกิดจากการเผาไหม้ได้แก่ เปลวไฟ ความร้อน ควัน และแก๊สต่างๆ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ แก๊สติดไฟที่สำคัญได้แก่แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ และแก๊สไม่ติดไฟรวมทั้งแก๊สพิษ ทั้งนี้ชนิดของแก๊สที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อเพลิง ถึงแม้ว่าในปัจจุบันมีความพยายามที่จะค้นหาสารและวิธีการดับเพลิงที่มีประสิทธิภาพและมีความปลอดภัยเพิ่มขึ้น แต่หลักการในการดับเพลิงยังคงอาศัยกลไกเพื่อตัดปัจจัยในการลุกไหม้ของไฟ ได้แก่ การดับไฟโดยการลดอุณหภูมิ การกำจัดออกซิเจน การกำจัดเชื้อเพลิง และการดับไฟโดยการตัดปฏิกิริยาลูกโซ่นั่นเอง

คำสำคัญ: ไฟ/ ทรงสี่หน้าของไฟ/ ผลผลิตจากการเผาไหม้

Abstract

The purposes of this article were to review and present the knowledge of fire and fire-related theories. This is advantage for fire prevention and control as well as suppression with efficiently. Fire is the visible effect of the process of combustion. However, the fire must include all four elements of fire, called the fire tetrahedron. The fire tetrahedron is a four-sided figure representing the four components needed to sustain combustion and can be explained by the occurrence of fire into 4 phases including; the ignition or initial phase, growth or developing phase and fully developed phase. This phase will be occurred a flashover phenomenon. The final phase is decay. It may result in a phenomenal of smoke explosion or back draft. The burning inside the room or building, causing the different thermal layers divided into three layers; extreme heat, moderate heat and low heat layers. The main products of combustion including; burning flames, heat, smoke and gases that divided into 2 categories; combustible gases as carbon monoxide and non-flammable gas, and also toxic gases those depending on the type of fuel. Although there are currently attempting to find substances and methods for fire extinguish with more efficacy and safety but the principle mechanisms of fire extinguish by reducing temperature, excluding oxygen, fuel removal and a inhibiting chain reaction.

Keywords: Fire/ Fire tetrahedron/ Products of combustion

บทนำ

สาเหตุของการสูญเสียในการปฏิบัติงานในโรงงานอุตสาหกรรมสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทหลักๆ ได้แก่ การระเบิด (explosion) เป็นอันตรายที่มีโอกาสเกิดได้สูงในโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น การระเบิดของฝุ่นในโรงงานผลิตน้ำตาล ในสหรัฐอเมริกา (สุเมธ บุญเกิด, 2556) ความเป็นพิษ (toxicity) เป็นอันตรายที่เกิดจากสารเคมีที่สัมผัสร่างกายโดยการสูดดมการสัมผัสกับอวัยวะ ตลอดจนการรับประทานหรือกลืนกินโดยมิได้ตั้งใจหรือปนเปื้อนไปกับอาหารหรือน้ำดื่ม และประการสุดท้ายคือการเกิดอัคคีภัย ซึ่งถือเป็นอันตรายที่สามารถเกิดขึ้นได้ในโรงงานอุตสาหกรรมทุกประเภท

การเกิดอัคคีภัยมีสาเหตุที่สำคัญมาจากความประมาท ขาดความระมัดระวังหรือพลั้งเผลอ การเกิดไฟฟ้าลัดวงจร การลุกไหม้จากการระเบิดจากการปรุงอาหารหรือจากการลอบวางเพลิง รวมถึงการขาดมาตรการที่เหมาะสมในการป้องกัน จากรายงานด้านอัคคีภัยของฮ่องกงพบว่าสถานที่ที่เป็นที่อยู่อาศัย สามารถเกิดเพลิงไหม้ได้สูงที่สุด

เช่นเดียวกับประเทศสหรัฐอเมริกาที่เพลิงไหม้ส่วนใหญ่เกิดภายในบ้านเรือน สำหรับในประเทศไทยมีรายงานสถิติการเกิดเพลิงไหม้ในช่วงปี พ.ศ 2532-2552 พบว่ามีการเกิดอัคคีภัยมาแล้วกว่า 46,000 ครั้ง ส่งผลให้มีผู้บาดเจ็บมากกว่า 37,000 ราย โดยมีผู้เสียชีวิตกว่า 1,600 ราย และมูลค่าความเสียหายกว่า 28,000 ล้านบาท (กรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข, 2556) หรือเฉลี่ยเกิดอัคคีภัยกว่า 2,000 ครั้งต่อปี มูลค่าความเสียหายกว่า 1,300 ล้านบาทต่อปี จากสถิติอุบัติเหตุในโรงงานอุตสาหกรรมที่เกิดจากอัคคีภัยและการระเบิดในช่วงปี พ.ศ. 2544-2554 พบว่ามีการเกิดอัคคีภัยและการระเบิดจากจำนวนการเกิดอุบัติภัยทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 63.16, 73.91, 59.32, 64.15, 66.67, 58.82, 59.52, 26.09, 70.83, 52.17 และ 64.71 ในแต่ละปีตามลำดับ ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับการเกิดอุบัติภัยทั้งหมด (สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย, 2556)

ดังนั้นการเรียนรู้รวมถึงทบทวนถึงธรรมชาติของการเกิดไฟจึงมีความสำคัญในการควบคุม ป้องกัน ตลอดจนการระงับภัยจากเพลิงไหม้หรืออัคคีภัยได้ดีอย่างมีประสิทธิผล

ความหมายของไฟ และอัคคีภัย

อัคคีภัยหมายถึง ภยันตรายอันเกิดจากไฟซึ่งไฟจัดเป็นแหล่งพลังงานอย่างหนึ่งที่ให้ความร้อน จากความร้อนของไฟที่ขาดการควบคุมดูแลทำให้เกิดการติดต่อลุกลามไปตามบริเวณที่มีเชื้อเพลิงเกิดการลุกไหม้ต่อเนื่อง การปล่อยเวลาของการลุกไหม้ให้นานเกินไปทำให้เกิดการติดต่อลุกลามมากยิ่งขึ้น สภาวะของไฟจะรุนแรงมากขึ้นถ้าการลุกไหม้ที่มีเชื้อเพลิงหนุนเนื่องหรือมีไอของเชื้อเพลิงถูกขับออกมามากความร้อนแรงก็จะมากยิ่งขึ้น สร้างความสูญเสียให้ทรัพย์สินและชีวิตเป็นทวีคูณตามสภาพสิ่งแวดล้อมและพฤติกรรมของมนุษย์ (สมาคมส่งเสริมความปลอดภัยและอนามัยในการทำงานแห่งประเทศไทย, 2557) ไฟเป็นผลที่เกิดขึ้นในกระบวนการของปฏิกิริยาการสันดาป (combustion) ซึ่งหมายถึงกระบวนการที่สารจำพวกเชื้อเพลิงทำปฏิกิริยากับออกซิเจนจนเกิดเป็นออกไซด์ โดยมีเปลวไฟ (flame) และมีพลังงานความร้อน (heat energy) เกิดขึ้น ซึ่งความร้อนที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้นี้จะเป็นแหล่งความร้อนอันเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้การลุกไหม้ของไฟดำเนินไปอย่างต่อเนื่องเมื่อเปรียบเทียบความเร็วในการเกิดปฏิกิริยาการสันดาปกับปฏิกิริยาออกซิเดชัน(oxidation reaction) อื่นๆ ได้แก่ การกัดกร่อน (corrosion) การหายใจระดับเซลล์ (cellular respiration) และการระเบิด (explosion) พบว่าการสันดาปมีความเร็วของการเกิดปฏิกิริยาอยู่ในระดับกลาง (mid-range reaction) ในขณะที่ความเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มีความรวดเร็วสูงคือการระเบิด และปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มีความเร็วต่ำ คือปฏิกิริยาที่เกิดในกระบวนการกัดกร่อน

$$C_6H_{12}O_6\ (l) + 6O_2\ (g) \rightarrow 6CO_2\ (g) + 6H_2O\ (l) + \text{พลังงาน}\ \textbf{(A)}$$

$$CH_4\ (g) + 2O_2\ (g) \rightarrow CO_2\ (g) + 2H_2O\ (l) + \text{พลังงาน}\ \textbf{(B)}$$

$$Fe^{2+}\ (aq) + 2OH^-\ (aq) \rightarrow Fe(OH)_2(s) \rightarrow 4Fe(OH)_2(s) + O_2 + 2H_2O\ (l) \rightarrow 4Fe(OH)_3(s)\quad \textbf{(C)}$$

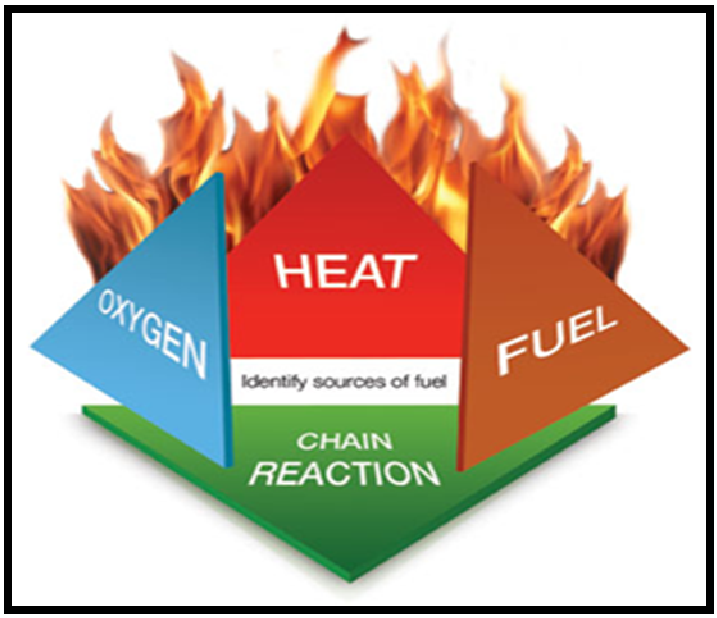
ภาพที่ 1 สมการปฏิกิริยาออกซิเดชัน ของการหายใจระดับเซลล์ (A) การสันดาปของแก๊สมีเทน (B) และการกัดกร่อน (C)

ที่มา: ปรับปรุงจาก Neville, 2008

องค์ประกอบของการเกิดเพลิงไหม้

องค์ประกอบพื้นฐานของการเกิดไฟมีด้วยกัน 3 องค์ประกอบได้แก่ ออกซิเจน เชื้อเพลิง และความร้อน ทั้งนี้ปริมาณขององค์ประกอบในการเกิดเพลิงไหม้แต่ละชนิดจะไม่แน่นอนโดยมีความแตกต่างกันไปตามสภาวะของการเกิดเพลิงไหม้และสมบัติเชื้อเพลิง โดยพบว่าปริมาณขององค์ประกอบในการเกิดเพลิงไหม้แต่ละองค์ประกอบจะมีความสัมพันธ์กันโดยตรง ส่วนสิ่งที่ทำให้ไฟนั้นลุกติดได้อย่างต่อเนื่องคือการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ (Nicolas & Tatyana, 1988) ทั้งนี้นิยมใช้ทฤษฎีทรงสี่หน้าของไฟ (Fire tetrahedron theory) เป็นทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้อธิบายหลักการเกิดของไฟ (Marchetti, 2012) ดังนี้ ปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ในอากาศตามปกติ (ร้อยละ 21 ของอากาศ) จะทำปฏิกิริยากับเชื้อเพลิงซึ่งโดยมากจะเป็นสารที่มีธาตุคาร์บอน (C) หรือไฮโดรเจน (H) เป็นองค์ประกอบหลัก โดยเชื้อเพลิงที่เกิดการเผาไหม้มีการเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอของเชื้อเพลิง ดังนั้นในแหล่งของเชื้อเพลิงที่เป็นของแข็งจะมีปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องคือปฏิกิริยาการแยกสลายด้วยความร้อนหรือไพโรไลซีส (pyrolysis, cracking reaction) เช่นไม้หรือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง (VTT virtual project pages, 2010) ได้ผลผลิตจากการแยกสลายด้วยความร้อนเป็นแก๊สที่ไม่ติดไฟ ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide, CO_2) ไอน้ำ (water, H_2O) แก๊สติดไฟ ได้แก่ แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ (carbon monoxide, CO) เขม่า (soot, carbon particles) ในขณะที่แหล่งเชื้อเพลิงที่เป็นของเหลวจะเกิดกระบวนการกลายเป็นไอหรือ vaporization จนเกิดเป็นแก๊สเชื้อเพลิง (fuel gas) ส่วนแหล่งเชื้อเพลิงที่มีสถานะเป็นไอหรือแก๊สจะเกิดการเผาไหม้ได้โดยตรงเกิดเป็นการเผาไหม้ติดไฟขึ้นมาได้เมื่อมีการทำปฏิกิริยากันที่อุณหภูมิสูงจนถึงจุดวาบไฟ (flash point) โดยต้องมีความหนาแน่นของไอเชื้อเพลิงในอากาศที่พอเหมาะ ดังนั้นจึงต้องอาศัยความร้อนหรือแหล่งกำเนิดความร้อนเพื่อทำให้เกิดเป็นไฟที่

สมบูรณ์ สำหรับปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะสามารถกระตุ้นตัวเองหรือเกิดได้ต่อเนื่องโดยปราศจากแหล่งความร้อนจากภายนอกเพิ่มเติมซึ่งต้องมีปริมาณเชื้อเพลิงและออกซิเจนอย่างเหมาะสมและทำปฏิกิริยาในอัตราที่สามารถให้พลังงานความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้มากระตุ้นปฏิกิริยาของตัวมันเองอย่างต่อเนื่องได้จึงเรียกปฏิกิริยาแบบนี้ว่าปฏิกิริยาลูกโซ่ แหล่งกำเนิดความร้อนที่ทำให้เกิดการลุกไหม้ได้แก่ แหล่งความร้อนที่เกิดจากกระบวนการเชิงกล ซึ่งเกิดจากการเสียดสีหรืออัดกันของวัตถุ จนทำให้เกิดความร้อนและประกายไฟ แหล่งความร้อนที่เกิดจากกระแสไฟฟ้า ซึ่งเกิดจากการเกิดความต้านทานในวงจรไฟฟ้า รวมถึงการเกิดไฟฟ้าสถิตและฟ้าผ่า นอกจากนี้แหล่งความร้อนเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีจากปฏิกิริยานิวเคลียร์(nuclear reaction) แบ่งเป็น 2 ประเภท คือปฏิกิริยาการแบ่งแยกนิวเคลียสหรือปฏิกิริยาฟิสชัน (fission) และปฏิกิริยาหลอมนิวเคลียส หรือฟิวชัน (fusion reaction)



ภาพที่ 2 ทรงสี่หน้าของไฟ

ที่มา: Iconsafety, 2012

การถ่ายเทความร้อน

ดังที่กล่าวแล้วองค์ประกอบของการเกิดไฟอย่างต่อเนื่องประกอบไปด้วย 4 ปัจจัยได้แก่ เชื้อเพลิง ออกซิเจน ความร้อนและปฏิกิริยาลูกโซ่ทางเคมี การเกิดความร้อนจะถูกส่งผ่าน (heat transfer) จากจุดเริ่มต้นแล้วลุกลามไปยังบริเวณอื่นๆ โดยอาศัยกลไกที่สำคัญ 4 วิธี (Karlsson & Quintiere, 1999) ได้แก่ การสัมผัสความร้อนหรือเพลิงไหม้โดยตรง (direct flame contact) การนำความร้อน (conduction) การพาความร้อน (convection) และการแผ่รังสี (radiation) ดังนี้

1. การสัมผัสกับเปลวไฟโดยตรงคือการที่เพลิงไหม้สามารถลุกลามจากจุดหนึ่งไปยังพื้นที่ข้างเคียงโดยอาศัยเปลวไฟ การถ่ายเทความร้อนจากการสัมผัสเปลวไฟโดยตรงเป็นวิธีการถ่ายเทความร้อนที่สำคัญในช่วงการเริ่มต้นของการลุกไหม้ (incipient stage)

2. การนำความร้อนเป็นการถ่ายเทความร้อนผ่านวัตถุที่มีสถานะเป็นของแข็งจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่ง (point-to-point) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วการนำความร้อนไม่ใช่สาเหตุหลักของการเกิดไฟลุกลามแต่มีบางกรณีที่การนำความร้อนจะมีผลทำให้ไฟลุกลามได้ เช่นในกรณีของผนังห้องอีกฝั่งหนึ่งเกิดการลุกติดไฟขึ้นจากการถ่ายเทผ่านผนังห้องที่มีเพลิงไหม้ที่ติดไฟอยู่ก่อนแล้ว การนำความร้อนอาจเกิดได้ทั้งแนวดิ่ง (vertical) จากชั้นล่างของจุดต้นกำเนิดไฟไปด้านบน และตามแนวระนาบหรือขนานกับพื้น (horizontal) จากห้องห้องต้นกำเนิดไฟไปห้องด้านข้างในชั้นเดียวกัน

3. การพาความร้อนเป็นการถ่ายเทความร้อนที่ผ่านทางตัวกลางที่มีการเคลื่อนที่ เช่น ของเหลว และอากาศ แต่ส่วนใหญ่หมายถึงอากาศ ซึ่งเป็นวิธีการหลักที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อนหรือทำให้เกิดการลุกลามของไฟ ในช่วงขยายตัวของเพลิงไหม้ (developed stages) การพาความร้อนมีความสามารถถ่ายเทความร้อนไปยังจุดที่อยู่ห่างจากเพลิงไหม้ได้ในปริมาณมากโดยตัวกลางในการพาความร้อน (อากาศ) จะเคลื่อนที่ขึ้นสู่ที่สูงและเมื่อแก๊สร้อนที่เกิดจากการลุกไหม้เคลื่อนที่ไปปกคลุมอยู่เหนือทุกพื้นที่ของอาคาร ทุกพื้นที่นั้นจะได้รับความร้อนที่เกิดจากเพลิงไหม้ทั้งหมด โดยปกติแล้วไฟจะลุกลามในแนวดิ่งได้เร็วกว่าในแนวระนาบ และจะเกิดการลุกลามในบริเวณมุมห้องได้เร็วกว่ากลางห้อง

4. การแผ่รังสีความร้อนเป็นวิธีการถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยคลื่นความร้อน (infrared) การแผ่รังสีความร้อนจะเกิดในปริมาณที่เท่ากันในทุกทิศทางและการเคลื่อนที่ของแก๊สร้อนที่เกิดการลุกไหม้จะไม่มีผลกับการแผ่รังสีความร้อนรวมถึงวัตถุโปร่งแสงเช่นกระจกก็ไม่สามารถปิดกั้นการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีนี้ได้ ดังนั้นการถ่ายเทความร้อนด้วยการแผ่รังสีจะทำให้เพลิงไหม้ลุกลามในลักษณะที่เหมือนกระโดดข้ามจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งที่แยกออกจากกันได้ซึ่งเป็นสาเหตุให้อาคารที่อยู่ข้างเคียง ที่มีช่องว่างระหว่างอาคารกับอาคารที่เกิดเพลิงไหม้แม้ยังไม่มีการลุกลามของไฟเกิดการติดไฟได้ โดยพบว่าแหล่งกำเนิดของการแผ่รังสีความร้อนที่มีลักษณะเป็นจุดจะมีการแผ่รังสีความร้อนที่เท่ากันในทุกทิศทางซึ่งทิศทางของการแผ่รังสีนี้จะช่วยให้รังสีความร้อนไม่ตกกระทบไปที่จุดหนึ่งจุดใดเพียงจุดเดียว ต่างจากในกรณีที่จุดกำเนิดของการแผ่รังสีความร้อนมีลักษณะยาวจะทำให้ความร้อนพุ่งไปยังจุดใดจุดหนึ่งเพียงจุดเดียวทำให้ความเข้มข้นของพลังงานที่พุ่งไปยังจุดนั้นสูงขึ้น (สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย, 2548)

ปรากฏการณ์ที่สำคัญเกี่ยวกับไฟไหม้

การเข้าใจปรากฏการณ์ที่สำคัญบางอย่างขณะเกิดเพลิงไหม้จะช่วยทำให้สามารถระงับสถานการณ์ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย ปรากฏการณ์ที่สำคัญที่ควรทราบมีดังนี้ (Lentini, 2013; NPC S & E, 2555)

1. ปรากฏการณ์ flashover เป็นปรากฏการณ์ของการลุกไหม้ที่เกิดขึ้นอย่างรุนแรง โดยเกิดจากการลุกไหม้ในพื้นที่ที่มีการปิดล้อม (enclosed space) ซึ่งเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ที่เกิด ภายในห้องหรืออาคาร โดยเกิดการแผ่รังสีความร้อนจากจุดที่เกิดไฟด้านล่างขึ้นสู่ด้านบนโดยรอบ พร้อมกับมีปริมาณไอของเชื้อเพลิงผสมพอเหมาะกับปริมาณอากาศหรือออกซิเจนจน ความร้อนที่เกิดในห้องจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ จนทำให้วัตถุที่อยู่ในห้องนั้นมีอุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงอุณหภูมิลุกไหม้ (ignition temperature) และเกิดการลุกติดไฟขึ้นพร้อมๆ กันจนท่วมห้องโดยมีความร้อนปริมาณมหาศาลเกิดขึ้นในชั่วพริบตาซึ่งโดยปกติปรากฏการณ์นี้จะเกิดขึ้นหลังเกิดการลุกไหม้มาแล้วประมาณ 7 – 8 นาทีจนวัสดุเชื้อเพลิงต่างๆ ในห้องได้คายไอออกมาเป็นปริมาณมากเหมาะสมกับสัดส่วนของออกซิเจนและความร้อนที่มีอยู่แล้วในห้องนั้น ทำให้เกิดการลุกไหม้อย่างฉับพลันโดยมีอุณหภูมิประมาณตั้งแต่ 500 จนถึง 1,000 องศาเซลเซียส และแผ่รังสีความร้อนออกมาประมาณ 25 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งในช่วงหลังของปรากฏการณ์นี้ ควันและไอของวัสดุเชื้อเพลิงในห้องจะถูกเผาไหม้เกือบหมด

2. ปรากฏการณ์ back draft หรือการระเบิดควัน smoke explosion) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดจากการเกิดเพลิงไหม้ในพื้นที่ปิดล้อมและเป็นปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่เกิดในสภาวะที่มีปริมาณอากาศ (ออกซิเจน) ในระดับจำกัด ผลที่เกิดขึ้นคือเกิดแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) หรือไอเชื้อเพลิงและความร้อนสูง ซึ่งมีสัดส่วนมากเกินไปไม่พอเหมาะกับอากาศ (too rich mixture) จึงไม่ทำให้เกิดการลุกไหม้ แต่เมื่อมีการเติมอากาศหรือเปิดให้อากาศเข้ามา จนมีส่วนผสมที่พอเหมาะจึงเกิดการลุกไหม้อย่างรวดเร็วจนทำให้เกิดการระเบิดขึ้นได้ ซึ่งนักดับเพลิงต้องระวังในขณะควบคุมเพลิง

พลวัตของไฟและช่วงการพัฒนาของการเกิดเพลิงไหม้

ในวิทยาการด้านการดับเพลิงสมัยใหม่มีทฤษฎีที่พยายามอธิบายช่วงของการเกิดเพลิงไหม้ (phases of fire) ในแต่ละช่วงนักดับเพลิงต้องประเมินว่าควรทำการปฏิบัติอย่างไร ช่วงอันตรายที่จะเกิด flashover และ back draft จะเกิดขึ้นหรือไม่และควรมีการดำเนินการอย่างไร จึงสามารถระงับเหตุได้อย่างรวดเร็วและปลอดภัย โดยมีการแบ่งช่วงการเกิดไฟ หรือการพัฒนาของไฟ (fire development) ซึ่งหมายถึง ช่วงของการเริ่มขยายตัวของไฟจนถึงเกิดการมอดของไฟ โดยจัดเป็นกระบวนการทางปฏิกิริยาเคมีและฟิสิกส์ ทั้งนี้การเกิดไฟเป็นสิ่งที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาหรือมีพลวัต (dynamic) อยู่ตลอดเวลา การพัฒนาของไฟแบ่งออกเป็น 4 ระยะ ที่สำคัญได้แก่ (Karlsson &Quintiere, 1999)

1. ช่วงลุกไหม้ (ignition or initial phase/ period) เป็นช่วงที่เริ่มมีการลุกไหม้ขึ้นที่ต้นกำเนิดของไฟ เป็นระยะแรกเริ่มของไฟที่ลุกติดวัสดุเชื้อเพลิง อยู่ในช่วงตั้งแต่เห็นเปลวไฟ 1 – 4 นาที ความร้อนจะทำให้วัสดุใกล้เคียงเริ่มคายอนุภาคเล็กๆ เนื่องจากผลของความร้อนโดยถ้า

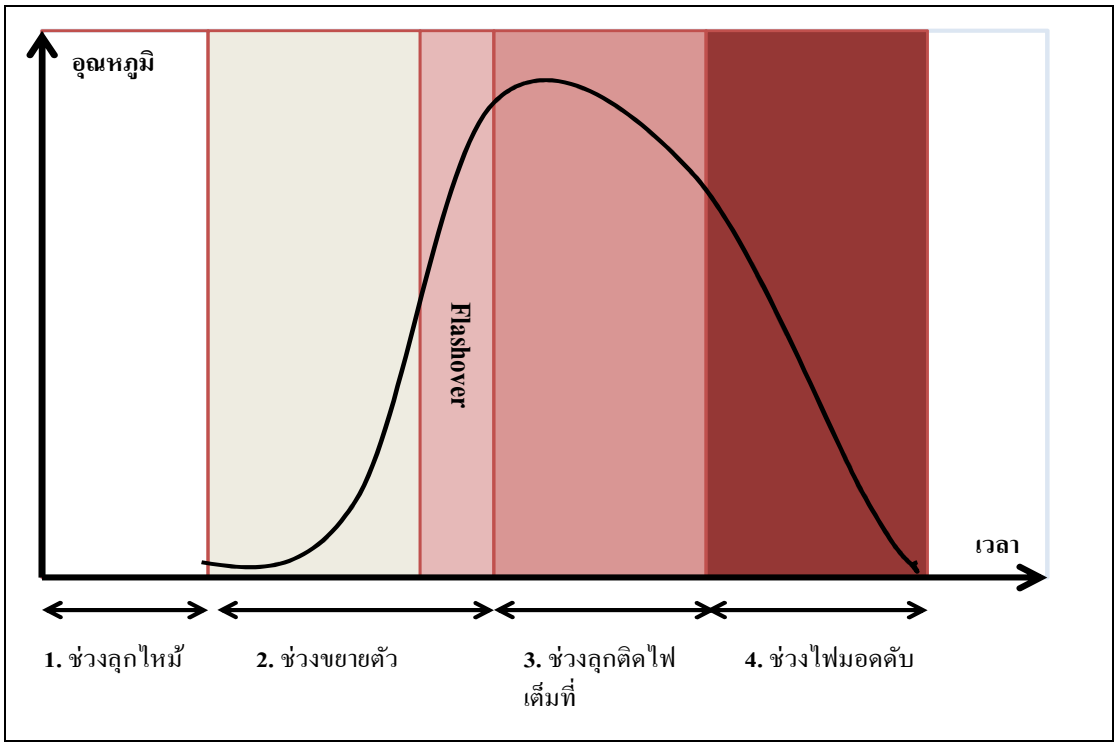
สังเกตจะเห็นเป็นควันสีเทาลอยขึ้นมาจากนั้นจะเกิดเป็นเปลวไฟ โดยมีอุณหภูมิเริ่มต้นตั้งแต่ประมาณ 38 องศาเซลเซียส ในขั้นนี้สามารถดับไฟที่เกิดขึ้นได้ โดยใช้เครื่องดับเพลิงเบื้องต้น

2. ช่วงขยายตัว (growth or developing phase) เป็นช่วงที่ไฟเริ่มขยายตัวมากขึ้น และมีการลุกลามด้วยวิธีการต่างๆ ดังที่ได้กล่าวข้างต้น โดยเกิดหลังจากลุกไหม้ผ่านมาในช่วง 4 – 5 นาที ความร้อนจากการลุกไหม้ของวัสดุในห้องจะลอยขึ้นสู่เพดานเมื่อกระทบเพดานจะไม่มีออกซิเจน โดยบริเวณตอนล่างที่สัมผัสกับอากาศจะเกิดการสันดาปลุกเป็นเปลวไฟม้วนเคลื่อนไปตามฝ้าเพดานในขณะเดียวกันจะเกิดการแผ่รังสีความร้อนไปยังวัสดุอื่นๆ ในห้องจนเกิดไอของเชื้อเพลิงออกมาเรื่อยๆ จนกระทั่งเกิดปรากฏการณ์ flashover โดยมีอุณหภูมิประมาณ 700 องศาเซลเซียส หากใช้เครื่องดับเพลิงเบื้องต้นในการควบคุมเพลิง ผู้ดับเพลิงต้องมีความชำนาญและจำเป็นต้องมีอุปกรณ์จำนวนมากและเพียงพอ ดังนั้นจึงควรใช้ระบบดับเพลิงขั้นสูงจึงจะมีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพมากกว่า

3. ช่วงลุกติดไฟเต็มที่ (fully developed phase) เป็นช่วงที่มีการติดไฟอย่างเต็มที่ ไฟมีขนาดใหญ่และไหม้บริเวณต่างๆ ไปแล้วเกือบทั้งหมดในช่วงนี้มีอุณหภูมิประมาณ 1,300 องศาเซลเซียส โดยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ปริมาณเชื้อเพลิง ความหนาแน่นของไอเชื้อเพลิง รูปร่างและตำแหน่งที่ตั้งของเชื้อเพลิง ปริมาณอากาศ ลักษณะทางสถาปัตยกรรมของห้อง และสมบัติของสิ่งต่างๆ โดยรอบบริเวณนั้น ในการดับเพลิงในขั้นนี้ควรต้องใช้ผู้ที่ได้รับการฝึกพร้อมอุปกรณ์ในการระงับเหตุขั้นรุนแรง

4. ช่วงไฟมอดดับ (decay phase) เป็นช่วงที่เริ่มขาดปัจจัยในการลุกไหม้จึงทำให้ไฟมอดและเริ่มดับลง

ในขณะที่เกิดการติดไฟภายในห้องอยู่ จะเกิดชั้นของความร้อนโดยชั้นของความร้อนนี้จะแยกความร้อนและผลผลิตจากการเผาไหม้ที่แตกต่างกันออกไปเป็นชั้นๆ แบ่งเป็น 3 ชั้นได้แก่ ชั้นความร้อนสูงสุด (extreme heat) ชั้นความร้อนปานกลาง (Moderate heat) และชั้นความร้อนต่ำ (low heat) (National Association of Fire Officers, 2012) เนื่องจากเมื่อเกิดการเผาไหม้ขึ้นจะเกิดการเคลื่อนที่ของอากาศร้อนหรือแก๊สร้อนที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าอากาศที่อยู่รอบข้างเคลื่อนขึ้นไปด้านบนในขณะที่อากาศที่เย็นซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่าเคลื่อนที่เข้ามาแทนที่ ซึ่งเมื่อเกิดชั้นอากาศที่มีความร้อนมากเคลื่อนที่ไปด้านบนและถูกปิดกั้นด้วยฝ้าเพดานขึ้น ดังนั้นชั้นอากาศร้อนนี้จะเกิดการเคลื่อนที่ไปในแนวระนาบตามพื้นเพดานนั้น และหากพื้นระนาบนั้นสิ้นสุดหรือโดนปิดกั้นอีกการเคลื่อนที่ของแก๊สร้อนจะวกกลับลงมาด้านล่างแทนโดยมีความหนาของชั้นแก๊สร้อนจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ



ภาพที่ 3 ช่วงการเกิดเพลิงไหม้

ที่มา: ปรับปรุงจาก Karlsson &Quintiere, 1999

ผลผลิตที่เกิดจากการลุกไหม้

ผลผลิตหลักที่เกิดจากการเผาไหม้จะมี 4 อย่างคือเปลวไฟ ความร้อน ควันและแก๊สที่สามารถลุกติดไฟและไม่ติดไฟ ซึ่งผลผลิตจากการเผาไหม้แต่ละชนิดจะมีอันตรายที่เกิดแก่ชีวิตและทรัพย์สินในลักษณะเฉพาะตัวที่แตกต่างกันไป ยกตัวอย่างดังที่กล่าวไปแล้วว่าการเกิดปฏิกิริยาการแยกสลายด้วยความร้อนของไม้ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ผลผลิตคือแก๊สที่ไม่ติดไฟ ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ ไอน้ำ แก๊สติดไฟ ได้แก่ แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ เขม่า และเกิดแก๊สอื่นๆ เช่น ออกซิเจน และไนโตรเจน (Nicholas & Tatyana, 1998)

เปลวไฟ เป็นผลผลิตของการเกิดเพลิงไหม้ที่สามารถสังเกตเห็นได้ง่ายที่สุดและถูกกำหนดให้เป็นเครื่องหมายที่แสดงถึงการลุกไหม้โดยปกติแล้วเปลวไฟมีผลกระทบต่อความเสียหายที่เกิดขึ้นจากเพลิงไหม้น้อยกว่าความร้อนและควันไฟ ทั้งนี้การสังเกตสีของเปลวไฟสามารถบ่งบอกปริมาณของออกซิเจนที่เหลือจากการเผาไหม้ได้เมื่อมีออกซิเจนในปริมาณที่เหมาะสมเปลวไฟจะมีสีเหลืองสว่าง ถ้าออกซิเจนลดน้อยลงสีของเปลวไฟจะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองส้ม ส้มแก่ และเป็นสีแดงตามลำดับ แต่เมื่อมีปริมาณออกซิเจนต่ำมากไฟจะเริ่มดับได้เองเนื่องจากขาดออกซิเจน

ความร้อนจะเกิดจากเพลิงไหม้ในทุกลักษณะแต่ปริมาณของความร้อนที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อเพลิงที่ลุกไหม้และลักษณะของการลุกไหม้ ในบริเวณที่มีเพลิงไหม้และมีการลุกลามเกิดขึ้น ความร้อนจะเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดอันตรายมากที่สุด ซึ่งการเกิดเพลิงไหม้ในอาคารทั่วไปสามารถทำให้เกิดอุณหภูมิสูงถึงระดับที่ทำให้เกิดการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินได้ นอกจากนี้ความร้อนยังเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความเสียหายขึ้นในบริเวณที่เปลวไฟยังไม่ลุกลามไปถึงได้อีกด้วย

ควันไฟเป็นการรวมกันของอนุภาคชนิดคอลลอยด์ ที่เป็นอนุภาคของของแข็งหรือของเหลว หรือเป็นสารผสมระหว่างเขม่า ขี้เถ้าและวัสดุต่างๆ รวมทั้งพวกแก๊สและไอต่างๆ ที่เกิดมาจากกองเพลิงซึ่งกระจายอยู่ในตัวกลางที่เป็นแก๊สหรือในอากาศมีขนาดต่างๆ ตั้งแต่ 0.001-2.5 ไมโครเมตร (engineering toolbox, 2014) จนมองเห็นได้ เกิดจากเชื้อเพลิงซึ่งเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และลอยไปกับอากาศควันไฟสามารถบดบังทัศนวิสัยและทำให้การอพยพหนีไฟทำได้ยากลำบาก นอกจากนี้ควันไฟยังสามารถสร้างความเสียหายให้กับอาคารเนื่องจากควันไฟที่ลอยตัวจะมีความร้อนสูงและมีคราบเขม่าของการเผาไหม้รวมตัวอยู่ในควันไฟด้วย และพบว่าการสูดควันของผู้ประสบภัยถือเป็นสาเหตุหลักที่สำคัญของการเสียชีวิตจากการเกิดอัคคีภัยในอาคาร (Pryor, 1989)

แก๊สที่เกิดจากการลุกไหม้หมายถึงแก๊สที่เกิดในปฏิกิริยาการเผาไหม้ โดยทั่วไปแล้วแก๊สเหล่านี้จะไม่สามารถตรวจพบด้วยประสาทสัมผัสของมนุษย์ ในขณะเกิดเพลิงไหม้โดยทั่วไปจะมีแก๊สเหล่านี้เกิดขึ้นเป็นจำนวนมากแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ไม่ติดไฟ ได้แก่ ไอน้ำและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งแก๊สนี้จะเกิดจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ไม่ก่ออันตรายแก่ร่างกายโดยตรง แต่ทำให้ร่างกายขาดออกซิเจนส่วนแก๊สที่ติดไฟที่สำคัญคือ แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเสียชีวิตมากที่สุดโดยแก๊สนี้จะเกิดเมื่อวัตถุถูกเผาไหม้ในลักษณะที่ไม่สมบูรณ์ นอกจากนี้ยังสามารถพบแก๊สพิษที่เกิดจากการลุกไหม้ชนิดอื่นๆ เช่น (วิฑูรย์ สิมะโชคดี และวีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์, 2546)

แก๊สไฮโดรเจนไซยาไนด์ (hydrogen cyanide, HCN) เกิดจากการเผาไหม้สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีองค์ประกอบของคลอรีน เช่นพลาสติก ยาง เส้นใย ขนสัตว์ หนังสัตว์ ไม้ หรือผ้าไหม เป็นแก๊สที่เบากว่าอากาศจึงมีอันตรายมากในการเผาไหม้ในอาคารหรือบริเวณจำกัดต่างๆ

แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (sulfer dioxide, SO_2) เกิดจากการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของกำมะถัน แก๊สนี้ในอากาศเมื่อผสมกับน้ำหรือความชื้นที่ผิวหนังหรือความชื้นบริเวณเยื่อเมือกในระบบทางเดินหายใจจะเกิดเป็นกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ซึ่งมีฤทธิ์กัดกร่อนอย่างรุนแรงดังนั้นผู้สัมผัสแก๊สนี้จึงมีอาการ สำลักและหายใจไม่ออกอย่างฉับพลัน

ออกไซด์ของไนโตรเจน (oxide of nitrogen) ได้แก่แก๊สไนโตรเจนมอนอกไซด์ (NO) ไดไนโตรเจนออกไซด์ (N_2O) และไดไนโตรเจนเตตระออกไซด์ (N_2O_4) เกิดจากการเผาไหม้ของไม้ ขี้เลื่อย พลาสติก ยางที่มีไนโตรเจนที่ผสมในสีและแลคเกอร์บางชนิด

แก๊สฟอสจีน (phosgene) หรือคาร์บอนิลไดคลอไรด์ ($COCl_2$) เกิดจากการเผาไหม้ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีส่วนประกอบของคลอรีนจัดเป็นแก๊สที่มีความเป็นพิษสูงมาก

แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (hydrogen sulfide, H_2S) เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของวัสดุจำพวก ยาง พรม ไม้ ขนสัตว์หรือวัสดุอื่นใดที่มีกำมะถันผสมอยู่ แก๊สนี้เมื่อสัมผัสจนมีความเข้มข้นในระดับหนึ่งจะทำให้เสียชีวิตได้และจัดเป็นแก๊สเชื้อเพลิงซึ่งลุกติดไฟได้แต่ไม่ถึงขั้นเกิดระเบิด และมีฤทธิทำลายเนื้อเยื่อต่างๆ ได้มาก

แก๊สไฮโดรเจนคลอไรด์ (hydrogen chloride, HCl) เป็นแก๊สพิษที่เกิดจากการเผาไหม้สารที่มีองค์ประกอบของคลอรีนมีสภาพเป็นกรดและทำอันตรายได้เช่นกันแม้จะไม่รุนแรงเท่ากับแก๊สฟอสจีนหรือแก๊สไฮโดรเจนไซยาไนด์

แก๊สแอมโมเนีย (ammonia, NH_3) เกิดจากการเผาไหม้ไม้ ขนสัตว์ ผ้าไหมน้ำยาทำความเย็น หรือสารอื่นที่มีสารประกอบของไนโตรเจน และไฮโดรเจนมีกลิ่นฉุนรุนแรงทำให้เกิดความรำคาญ และทำลายเนื้อเยื่อ

แก๊สอะโครลีน (acrolein, C_3H_4O) เป็นแก๊สเกิดจากการเผาไหม้สารที่เป็นไขมันที่อุณหภูมิสูง 600 องศาฟาเรนไฮต์ และอาจเกิดจากการเผาไหม้สี และไม้บางชนิด เป็นแก๊สที่มีอันตรายทำให้ผู้สัมผัสเสียชีวิตได้หรือทำให้สูญเสียอวัยวะสัมผัส เช่น ดวงตา และแก๊สพิษที่เกิดขึ้นกลุ่มสุดท้ายคือไอโลหะ (metal fumes) เกิดขึ้นเมื่อโลหะนั้นได้รับความร้อนสูง เช่น ไอปรอท ไอตะกั่ว ไอสังกะสี ไอดีบุก ส่วนใหญ่เพลิงไหม้โรงผลิตหรือโรงเก็บอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์จะเกิดไอโลหะได้มากและไอเหล่านี้มีอันตรายสูง (ชาติชาย ไทยกล้า, 2557)

โดยทั่วไปแล้วแก๊สที่เกิดจากการลุกไหม้ที่กล่าวมามีความเป็นพิษมากกว่าแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ แต่สำหรับการลุกไหม้ของเชื้อเพลิงทั่วๆ ไปจะมีแก๊สเหล่านี้เป็นองค์ประกอบและมีความเข้มข้นน้อยมาก

กลไกในการดับไฟ

ในการลุกไหม้ของไฟและปฏิกิริยาที่เกิดในระหว่างที่มีการลุกไหม้ของไฟจะพบว่าเพลิงไหม้ที่เกิดขึ้นจะดับลงหากปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งของการลุกไหม้ถูกตัดออกไป ดังนั้นกลไกที่ใช้ในการดับไฟนั้นสามารถแบ่งออกเป็น 4 กลไกหลักตามองค์ประกอบของการเกิดไฟ ดังนี้ (สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย, 2548)

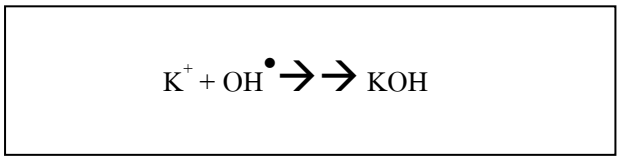
1. การดับไฟโดยการลดอุณหภูมิ สามารถลดหรือหยุดอัตราการเกิดของไอเชื้อเพลิงได้และในกรณีที่เชื้อเพลิงเป็นของแข็งจะทำให้กระบวนการสลายตัวจะถูกยับยั้งสำหรับเชื้อเพลิงชนิดที่เป็นของเหลวไวไฟและของเหลวที่ติดไฟได้การลดอุณหภูมิลงจนต่ำกว่าจุดวาบไฟก็จะสามารถดับไฟได้ การลดอุณหภูมิของเชื้อเพลิงทำได้โดยการใช้น้ำหรือสารดับเพลิงเข้าไปดูดซึมความร้อนจากเชื้อเพลิงในบริเวณที่มีการลุกไหม้จนกระทั่งอุณหภูมิของเชื้อเพลิงนั้นต่ำลงจนไม่สามารถทำให้เกิดไอเชื้อเพลิงในปริมาณที่เพียงพอที่จะลุกไหม้ต่อไป ตัวอย่างวิธีการดับเพลิงที่อาศัยกลไกในการลดอุณหภูมิที่เห็นได้ทั่วไปคือการใช้น้ำในการดับเพลิงโดยน้ำที่เป็นฝอยละเอียดจะมีประสิทธิภาพในการลดความร้อน ได้มากกว่า

2. การดับไฟโดยการกำจัดออกซิเจน เพื่อดับไฟสามารถทำได้ 2 วิธี คือการเจือจางออกซิเจนและการปิดกั้นออกซิเจน การเจือจางออกซิเจนทำได้โดยการปล่อยแก๊สชนิดอื่นเข้าไปในบริเวณที่มีเพลิงไหม้เพื่อทำให้สัดส่วนของออกซิเจนในอากาศลดลง เมื่อสัดส่วนของออกซิเจนในอากาศลดลงไปถึงระดับหนึ่งไฟก็จะดับ ซึ่งระดับของออกซิเจนที่ทำให้ลดลงเพื่อดับไฟจะแตกต่างไปตามชนิดของเชื้อเพลิง ตัวอย่างวิธีการดับไฟที่ใช้กลไกในการเจือจางออกซิเจนที่เห็นได้ทั่วไปคือการใช้แก๊สเฉื่อย สารสะอาดดับเพลิงกลุ่มแฮโลคาร์บอน หรือแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในการดับไฟ ส่วนการปิดกั้นออกซิเจนทำได้โดยใช้สารดับเพลิงที่มีความเหมาะสมไปปิดกั้นที่ผิวหน้าของเชื้อเพลิงไม่ให้ไอเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นสัมผัสกับอากาศทำให้ออกซิเจนที่อยู่ในอากาศไม่สามารถเข้าไปทำปฏิกิริยาในกระบวนการเผาไหม้ในบริเวณที่มีการลุกไหม้ได้จึงทำให้ไฟดับลง ตัวอย่างของวิธีการดับไฟที่ใช้กลไกในการปิดกั้นออกซิเจนคือการใช้โฟมในการดับไฟ นอกจากนี้อาจใช้ผ้ากระสอบหรือผ้าหนาที่เปียกๆ สามารถที่จะดับเพลิงที่เกิดในภาชนะหรือพื้นที่เล็กๆ ได้

3. การดับไฟโดยการกำจัดเชื้อเพลิง สามารถทำได้โดยนำเชื้อเพลิงออกไปจากบริเวณที่มีการลุกไหม้เมื่อไม่มีเชื้อเพลิงให้ลุกไหม้ไฟก็จะดับลง เช่น การระบายเชื้อเพลิงที่เป็นของเหลวออกจากถังบรรจุที่เกิดเพลิงไหม้หรือโดยการถ่ายทิ้ง (blow down) การสูบน้ำมันเชื้อเพลิงออกจากถัง รวมถึงการปิดวาล์วหรือการเปลี่ยนทิศทางการไหลของเชื้อเพลิง เป็นต้น แต่ในกรณีที่ไม่สามารถขนย้ายเชื้อเพลิงได้ให้ใช้วิธีการนำสารอื่นๆ มาเคลือบผิวของเชื้อเพลิงนี้เอาไว้ เช่น การใช้น้ำเกลือ น้ำผงชักฟอก หรือสารอื่นๆ เมื่อฉีดลงบนผิววัสดุแล้วจะปกคลุมอยู่นานตราบเท่าที่น้ำหรือสารเคมีที่ผสมในน้ำไม่สลายตัว หรือการฉีดโฟมดับไฟปิดทับไม่ให้ไอของเชื้อเพลิงเหลวที่ติดไฟอยู่ลอยตัวขึ้นไปสัมผัสกับออกซิเจนและความร้อน

4. การดับไฟโดยการตัดปฏิกิริยาลูกโซ่เป็นการควบคุมปฏิกิริยาที่เกิดระหว่างกระบวนการเผาไหม้ ทั้งนี้การตัดปฏิกิริยาลูกโซ่ ทำได้โดยการใช้สารเคมีที่เป็น

ส่วนประกอบของสารดับเพลิงเข้าไปจับกับอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเผาไหม้ และยับยั้งไม่ให้กระบวนการเผาไหม้สามารถดำเนินต่อไปได้ การจับอนุมูลอิสระของสารเคมีที่เป็นส่วนประกอบของสารดับเพลิงเกิดจากการที่โมเลกุลของสารเคมีนั้นได้รับความร้อนทำให้แตกออกเป็นไอออนและบางไอออนมีแรงดึงดูดที่รุนแรง (highly affinity) กับอนุมูลอิสระ ไอออนดังกล่าวจะจับอนุมูลอิสระที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ไว้เมื่ออนุมูลอิสระทั้งหมดที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ถูกจับไว้ด้วยไอออนของสารเคมีซึ่งเป็นส่วนประกอบในสารดับเพลิง ดังนั้นปฏิกิริยาลูกโซ่จึงไม่สามารถดำเนินต่อไปได้ ส่งผลให้ไฟดับลง ตัวอย่างของการจับอนุมูลอิสระที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้โดยโพแทสเซียมไอออนที่อยู่ในสารดับเพลิงเคมีแห้งดังสมการในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ปฏิกิริยาระหว่างโพแทสเซียมไอออน (K^+) ที่อยู่ในสารดับเพลิงเคมีแห้งกับอนุมูลอิสระ Hydroxyl radical ($OH^\bullet$) ที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้

นอกจากนี้อาจมีการใช้สารบางชนิดที่มีความไวต่อออกซิเจนมากฉีดลงไปเพื่อตัดปฏิกิริยาลูกโซ่ สารดังกล่าวได้แก่สารกลุ่มไฮโดรคาร์บอนที่ถูกเติมด้วยแฮโลเจน (halogenated hydrocarbon) ซึ่งสารแฮโลเจนได้แก่ โบรมีน คลอรีนและฟลูออรีน สารดับเพลิงประเภทนี้เรียกว่าแฮลอน (halon) ปัจจุบันได้ยกเลิกการใช้งานเนื่องจากมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามพิธีสารมอลทรีออล (Montreal protocol) ภายใต้อนุสัญญาเวียนนา (Vienna convention) หลังจากนั้นจึงมีการพัฒนามาใช้สารแฮโลตรอน (halotron) ทดแทนสารในกลุ่มดังกล่าว

เทคโนโลยีการดับเพลิงในปัจจุบัน

ในปัจจุบันมีบริษัทที่เกี่ยวข้องในธุรกิจทางอุปกรณ์ดับเพลิงพยายามคิดค้นและนำเสนอการใช้สารดับเพลิงและวิธีการดับเพลิงใหม่ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดับเพลิงยิ่งขึ้น ตลอดจนนำเสนอว่ามีความปลอดภัยต่อมนุษย์และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่น ระบบดับเพลิงอัตโนมัติสารสะอาดจากประเทศญี่ปุ่นที่มีชื่อทางการค้าว่า NN100 ซึ่งหลักการของระบบคือการฉีดแก๊สไนโตรเจนเพื่อไปลดปริมาณของออกซิเจนให้ลดลงถึงระดับที่ไม่ติดไฟ ซึ่งเหมาะสำหรับห้องต่างๆ ที่ต้องการหลีกเลี่ยงน้ำและสารเคมีเนื่องจาก

ระบบเป็นแก๊สจึงไม่ทำอันตรายต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ และไม่ทำให้เอกสารต่างๆเสียหายจากความเปียกชื้น (บริษัท สยามซินดิเคทเทคโนโลยี จำกัด, 2557)

ระบบดับเพลิงอัตโนมัติที่ใช้สารดับเพลิงแอโรซอล (ไฟโปร®, 2557) ที่ได้จดสิทธิบัตรเรื่องการไม่มีส่วนผสมของสารดินปืน (pyrotechnic) จึงทำให้อุปกรณ์เสถียรในกรณีที่อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงสารข้างในจึงไม่แข็งตัว ทำให้ระบบดับเพลิงอัตโนมัตินี้มีอายุการใช้งานยาวนานและไม่เกิดการล้มเหลวของระบบระหว่างทำงานโดยสารแอโรซอลคือ สารดับเพลิงที่ได้รับการคิดค้นมาจากแนวความคิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ในอากาศยานซึ่งในสภาวะปกติจะมีลักษณะเป็นของแข็งมีองค์ประกอบหลักคือโพแทสเซียมคาร์บอเนต (potassium carbonate) บรรจุอยู่ภายในถังบรรจุที่ไร้แรงดัน เมื่อได้รับการกระตุ้นทางไฟฟ้า หรือความร้อน จะเกิดปฏิกิริยาเคมีกลายเป็นแก๊ส และอนุภาคขนาดเล็ก (1 ไมครอน ถึง 1 นาโนเมตร) มีลักษณะคล้ายควันสีขาวออกมาแพร่กระจายครอบคลุมทั่วพื้นที่ที่ต้องการป้องกัน โดยสามารถดับเพลิงที่เกิดขึ้นได้ทุกชนิดภายในระยะเวลาไม่กี่วินาทีตลอดจนสามารถลอยตัวในอากาศได้ยาวนานจึงป้องกันไม่ให้เกิดกระบวนการเผาไหม้ที่ต่อเนื่อง (re-ignition) และการเกิดการลุกติดซ้ำของเพลิงไหม้

ในปัจจุบันการดับเพลิงมีความซับซ้อนมากขึ้นเนื่องจากการดำเนินชีวิตและสภาพสังคมที่เปลี่ยนไป เช่น มีการใช้ระบบขนส่งที่ทันสมัยเช่นการใช้รถไฟฟ้าใต้ดินภายในอุโมงค์ตามแผนการดับเพลิงรถไฟฟ้าใต้ดินของต่างประเทศ เช่นในยุโรป ญี่ปุ่น หรือในสหรัฐอเมริกา จะกำหนดให้เมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ขึ้นจำเป็นต้องลดความร้อนภายในอุโมงค์ก่อนที่จะส่งนักดับเพลิงเข้าไปดับไฟหรือกู้ภัยดังนั้น อุปกรณ์ฉีดน้ำจะต้องมีขนาดใหญ่ เนื่องจากอัคคีภัยที่เกิดภายในอุโมงค์ของระบบขนส่งเมื่อเกิดอัคคีภัยจะมีลักษณะพิเศษคือจะเกิดความร้อนที่สูงมากและเกิดหมอกควันที่หนามาก ที่สามารถทำลายทัศนวิสัย อีกทั้งยังมีขีดความสามารถในการระบายอากาศต่ำมาก ดังนั้นการช่วยเหลือผู้ประสบภัยต้องอาศัยการใช้กล้องสร้างภาพจากความร้อน (thermal imaging camera) ที่มีระบบส่องสว่างพิเศษที่ผลิตขึ้นมาเฉพาะเท่านั้นจึงจะตัดหมอกควันทำให้มองเห็นข้างหน้าได้

ในประเทศอิตาลีมีโครงการ “โรโบเกท” (Robogat) ซึ่งเป็นการดับเพลิงในอุโมงค์ของระบบรถไฟฟ้าใต้ดินโดยใช้หุ่นยนต์ ซึ่งหุ่นยนต์ดังกล่าวมีสมบัติที่ทนไฟได้ถึง 1,000 องศาเซลเซียส และมีความทนทานและแข็งแกร่ง เนื่องจากประกอบด้วยชั้นเหล็กกล้าไร้สนิม (stainless steel) จำนวน 2 ชั้นโดยมีความสามารถปฏิบัติงานในที่มีพื้นที่จำกัดได้ดีและมีประสิทธิภาพสูง (Hamer, 1999)

บทสรุป

ในแต่ละปีประเทศไทยมีรายงานการเกิดอัคคีภัยและการระเบิดในโรงงานอุตสาหกรรมสูงเมื่อเปรียบเทียบกับการเกิดอุบัติภัยทั้งหมดซึ่งทำให้เกิดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน แต่ทั้งนี้อุบัติภัยดังกล่าวเป็นอุบัติภัยที่สามารถป้องกันได้ ดังนั้นการเรียนรู้รวมถึงทบทวนถึงธรรมชาติของการเกิดไฟจึงมีความสำคัญในการควบคุม ป้องกัน ตลอดจนการระงับภัยจากเพลิงไหม้หรืออัคคีภัยได้อย่างมีประสิทธิผลมากขึ้น การเกิดไฟเกิดจากสารพวกเชื้อเพลิงที่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนจนส่งผลให้เกิดความร้อนและเปร่งแสงออกมาด้วย ซึ่งเรียกปฏิกิริยานี้ว่าการสันดาปหรือการเผาไหม้

ไฟจะเกิดขึ้นได้หรือไม่นั้นต้องประกอบด้วยองค์ประกอบที่จำเป็น 3 องค์ประกอบ คือ ออกซิเจน เชื้อเพลิง และความร้อน ทั้งนี้หากต้องการให้เกิดไฟอย่างต่อเนื่องต้องมีการเกิดปฏิกิริยาอย่างต่อเนื่องหรือเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ จึงเรียกองค์ประกอบของการเกิดไฟทั้งหมดนี้ว่าทรงสี่หน้าของไฟ ในวิทยาการด้านการดับเพลิงสมัยใหม่มีทฤษฎีที่อธิบายการเกิดเพลิงไหม้ตามช่วงของการเกิดเป็น 4 ช่วงได้แก่ ช่วงลุกไหม้เป็นช่วงแรกของการสังเกตการเกิดเพลิงไหม้ช่วงขยายตัวของไฟเป็นช่วงที่ไฟเริ่มขยายตัวมากขึ้นและเริ่มลุกลาม ช่วงลุกติดไฟเต็มที่ ในช่วงนี้อาจเกิดปรากฏการณ์ของการลุกไหม้รุนแรงเนื่องจากมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการติดไฟที่พอเหมาะเป็นช่วงที่ไฟมีขนาดใหญ่ และไหม้บริเวณต่างๆ เกือบหมด เป็นช่วงที่อุณหภูมิสูงมาก และช่วงสุดท้ายคือ ช่วงไฟมอด เป็นช่วงที่เริ่มขาดปัจจัยหรือองค์ประกอบที่ทำให้ไฟติด ทำให้ไฟเริ่มมอบดับลงในที่สุด อย่างไรก็ตามในขั้นนี้อาจส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ระเบิดควันเนื่องจากเกิดการเผาไหม้ที่เกิดในที่ปิดล้อมหรือในที่อับที่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญที่ทำให้ไฟติดคืออากาศ ดังนั้นเมื่อมีสัดส่วนของอากาศเพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดการลุกไหม้อย่างรวดเร็วหรือการระเบิดนี้ขึ้นได้ ในขณะเดียวกันการเกิดไฟไหม้ภายในห้องหรืออาคารจะเกิดชั้นความร้อนจากการเผาไหม้ที่แตกต่างกันแบ่งเป็น 3 ชั้นคือ ชั้นความร้อนสูงสุด ชั้นความร้อนปานกลางและชั้นความร้อนต่ำโดยมีผลผลิตหลักที่เกิดจากการเผาไหม้ได้แก่ เปลวไฟ ความร้อน ควันและแก๊สต่างๆ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ แก๊สติดไฟที่สำคัญได้แก่แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ และแก๊สไม่ติดไฟรวมทั้งแก๊สพิษทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อเพลิง

แม้ในปัจจุบันมีความพยายามที่จะค้นหาสารและวิธีการดับเพลิงที่มีประสิทธิภาพและมีความปลอดภัยเพิ่มขึ้น แต่หลักการในการดับเพลิงยังคงอาศัยกลไกเพื่อตัดปัจจัยในการลุกไหม้ของไฟ ได้แก่ การดับไฟโดยการลดอุณหภูมิ การกำจัดออกซิเจน การกำจัดเชื้อเพลิง และการดับไฟโดยการตัดปฏิกิริยาลูกโซ่นั่นเอง

เอกสารอ้างอิง

กรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข. (2556). **สถิติภัยพิบัติย้อนหลัง 10 ปีของภัยแต่ละประเภทในประเทศ**. กรุงเทพฯ: กรมสุขภาพจิต.

ชาติชาย ไทยกล้า. (2557). **สารพิษต่างๆที่อยู่ในควันไฟที่อาจเกิดขึ้นในขณะที่เกิดเพลิงไหม้ที่สำคัญ**. สืบค้นเมื่อวันที่ 7 มีนาคม 2557 จาก http://www.thaifire.com/Topics/Informations/BuildingSMOKE5.htm

บริษัท สยามซินดิเคทเทคโนโลยี จำกัด (SST). (2557). **ระบบดับเพลิงอัตโนมัติสารสะอาด (ไนโตรเจน).** สืบค้นเมื่อวันที่ 23 มีนาคม 2557 จาก http://www.sst.co.th/th/product_detail.php?id=25

ไฟโปร®. (2557). **ระบบดับเพลิงอัตโนมัติด้วยสารแอโรซอล.** สืบค้นเมื่อวันที่ 23 มีนาคม 2557 จาก http://www.directfire.net/

วิฑูรย์ สิมะโชคดี และวีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์. (2546). **วิศวกรรมและการบริหารความปลอดภัยในโรงงาน**. พิมพ์ครั้งที่ 16. กรุงเทพฯ: ส.ส.ท.

สุเมธ บุญเกิด. (2556). Dust explosion: อันตรายในม่านฝุ่น. **R&D News letter,** 20(1): 11-13.

สมาคมส่งเสริมความปลอดภัยและอนามัยในการทำงาน แห่งประเทศไทย. (2557). **อัคคีภัย**. สืบค้นเมื่อวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2557 จาก http://www.shawpat.or.th/index.php?option=com_content&view=article&id=207%3A%E0%B9%92%E0%B9%95%E0%B9%95%E0%B9%96-%25m-E0%B9%90%E0%B9%93-%E0%B9%90%E0%B9%94-%25M-%25S&catid=47%3A-m---m-s&Itemid=166&lang=th

สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2548). **คู่มือการป้องกัน และระงับอัคคีภัยในโรงงานอุตสาหกรรมโรงงาน ผลิตแป้งจากพืช**. กรุงเทพฯ: ไฟร์เทคอินโนเวชั่นจำกัด.

สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2556). **สรุปรายงานการตรวจสอบและสอบสวนอุบัติเหตุและอุบัติภัยในโรงงานอุตสาหกรรมพ.ศ. 2544-2554**. กรุงเทพฯ: สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย.

Engineering toolbox. (2014). **Particle sizes**. Retrieved February 28, 2014, from http://www.engineeringtoolbox.com/particle-sizes-d_934.html

Hamer, M. (1999). Fealess firefighter A robot on rails could save lives in tunnel fires. **New Scientist**, 2213 (20 November): 23.

Iconsafety. (2012). **BumpIt-easy cost effective bump testing product fory our gas monitors.** Retrieved March 3, 2014, from http://iconsafety.wordpress.com/

Karlsson, B. & Quintiere, J.G. (1999). Enclosure fire dynamics. USA: CRC Press LLC.

Lentini, J.J. (2013). **Scientific Protocols for Fire Investigation.** 2nd Edition**.** USA: CRC Press LLC.

Marchetti, L.J. (2012). **Introduction to Fire Protection Systems**. Retrieved February 27, 2014, from http://www.pdhcenter.com/courses/m110a/Module1.pdf

National Association of Fire Officers. (2012). **Energy & Work Definitions (Chemistry of Fire)**. Retrieved February 27, 2014, from http://nafoindia.org/pdfs/chemistry_fire.pdf

Neville, C.A. (2008). **Excel Revise In A Month :School Certificate Science Year 10** . Australia: Frenches Forest.

Nicholas, P.C & Tatyana, A.D. (1998). **Fire and explosion hazards hand book of industrial chemicals**. USA: Noyes Publication.

NPC Safety and environmental service CO., LTD (NPC S&E). (2555). **การพัฒนาของไฟ**. สืบค้นเมื่อวันที่ 3 มีนาคม 2557 จาก http://www.npc-se.co.th/npc_date/npc_previews.asp?id_head=14&idsub=6&id=867

Pryor, W.A. (1989). Persistent Free Radicals in Wood smoke: An ESR Spin Trapping Study. **Free Radical Biology and Medicine**, 7(1): 17-21.

VTT virtual project pages. (2010). **Burning of wood**. Retrieved February 27, 2014, from http://virtual.vtt.fi/virtual/in:nofirewood/stateoftheart/database/burning/burning.html