

บทนำ

โลกเราในปัจจุบันได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เกิดโรงงานอุตสาหกรรมขึ้นมากมาย ในการผลิตสิ่งของเครื่องใช้ สิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ต้องใช้สารเคมีเพิ่มมากขึ้นทุกวัน ซึ่งต้องมีการจัดเก็บ ขนส่ง เคลื่อนย้าย ถ่ายเท ทั้งทางบก ทางเรือ และ ทางเครื่องบิน เป็นเหตุให้อาจเกิดอุบัติเหตุต่างๆ ได้ทั้งสิ้น โดยที่ผ่านคนหลายคน และ หลายแผนก กว่าที่จะมาถึงจุดหมาย ไม่ว่าจะเป็น นักเคมี กรรมกร คนขับรถ พนักงานบริษัท หรือ แม้แต่ประชาชน ธรรมดา แล้วสิ่งที่ตามมากับอุบัติเหตุก็คือ ไฟ ทุกวันนี้วิธีการเกิดไฟ การดับไฟ นั้นมีมากมายหลายอย่าง ซึ่ง แตกต่างกันไป บางอย่างไม่ควรใช้น้ำดับไฟ บางอย่างไม่ควรใช้โฟม ซึ่งสาเหตุต่างๆ นั้น ก็คือ การเกิดไฟที่แตกต่างกันนั่นเอง

ความสำคัญ ของการศึกษา เรื่องของไฟนั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมากที่ต้องเรียนรู้และเข้าใจวิธีการต่างๆ ในการเกิดไฟ , ดับวิธีการดับไฟ และ อันตรายเมื่อสารเคมีไหม้ไฟ เพราะเป็นสิ่งใกล้ตัวของเรามากที่สุด เมื่อเกิดไฟไหม้ขึ้นควรทำอะไร ? อย่างไร ? ที่ไหน ? เมื่อไร ? ฉะนั้นการเรียนรู้เรื่องไฟนั้น จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมากซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่างๆ

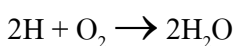
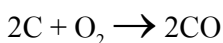
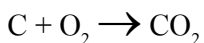
เรื่อง CHEMISTRY AND EXTINGUISHMENT OF FIRE

คำนิยามของไฟ

ไฟ เป็นผลที่เกิดจากขบวนการทางเคมี เมื่อองค์ประกอบ 3 ประการ คือ เชื้อเพลิง ความร้อน และออกซิเจน รวมตัวกันในอัตราส่วนที่เหมาะสมที่จะเกิดการสันดาปอย่างต่อเนื่อง แล้วปล่อยความร้อนออกมา

ตัวอย่างปฏิกิริยาของการเกิดไฟ

ต้นกำเนิดของตัวไวไฟ เช่น ไม้ กระดาษ ซึ่งเป็นพวกที่มีโครงสร้างมี H และ C เป็นส่วนประกอบ ต่อกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ เมื่อได้รับความร้อนจะทำให้พันธะโคเวเลนต์แตกออก เรียกกระบวนการนี้ว่า pyrolysis ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยา Oxidation ของ C และ H ให้ $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$ เมื่อปฏิกิริยาเกิดไม่สมบูรณ์จะเกิดก๊าซ CO เขม่า คาร์บอน ถ้ามีสิ่งอื่น ๆ ที่มีธาตุ N_2, S_2 เมื่อถูกเผาไหม้แล้วจะกลายเป็นก๊าซพิษ



ประเภทของไฟ

มีการแยกประเภทของไฟ ตามชนิดของเชื้อเพลิงและแหล่งเกิดพลังงานสำหรับการติดไฟนั้นๆ ซึ่งโดยทั่วไปจะแบ่งเป็น

1. **ประเภท A** หรือ ก เกิดจากเชื้อเพลิง ซึ่งประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน เป็นส่วนใหญ่ เช่น กระดาษ ไม้ และฟาง



2. **ประเภท B** หรือ ข เกิดจากเชื้อเพลิง ซึ่งประกอบด้วย คาร์บอน และไฮโดรเจน เป็นส่วนใหญ่ เช่น น้ำมัน เชื้อเพลิง ก๊าซหุงต้ม



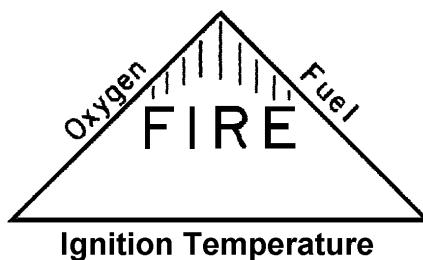
3. **ประเภท C** หรือ ค เกิดจากพลังงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทำงานหรือกำลังทำงาน ทำให้ ส่วนประกอบของมันและสิ่งอื่นที่เป็นเชื้อเพลิงรอบข้างติดไฟได้



4. **ประเภท D** หรือ ง เกิดจากโลหะที่มีสมบัติติดไฟได้หรือกำเนิดแก๊สติดไฟได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับอากาศและ ความชื้นในอากาศ เช่น โลหะโซเดียม อะลูมิเนียมที่เป็นผงเป็นต้น เครื่องดับเพลิงที่ใช้อยู่ทั่วไปจะกำหนดอย่างชัดเจนที่ฉลาดกว่าสามารถใช้กับไฟประเภทใดบ้าง

ปัจจัยในการเกิดไฟ

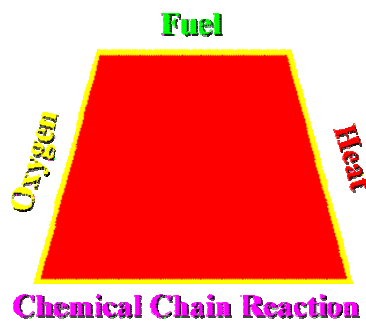
การเกิดการสันดาป หรือการเกิดไฟต้องมียุทธปัจจัยประกอบ 3 สิ่งคือ เชื้อเพลิง ออกซิเจน และความร้อน สามารถเขียนเป็น สามเหลี่ยมของการเกิดไฟดังรูป



- 1 **เชื้อเพลิง** เป็นสิ่งแรกที่ต้องตรวจสอบเมื่อเกิดเพลิงไหม้ว่ามีคุณสมบัติเป็นอย่างไร เพราะบ่อยครั้งที่เชื้อเพลิงเป็น สารเคมี เชื้อเพลิงเป็นได้ทั้งของแข็ง ของเหลว และก๊าซ แต่สถานะที่เกิดการลุกไหม้คือก๊าซ ดังนั้นเชื้อเพลิงที่เป็น ของแข็งและของเหลว ต้องสามารถแปรสภาพเป็นก๊าซได้

- 2 **ออกซิเจน** เป็นตัวออกซิไดซ์เชื้อเพลิง ในปฏิกิริยาการเกิดไฟ เชื้อเพลิงต้องการออกซิเจนอย่างน้อยที่สุด 12% ในการเกิดไฟ ยิ่ง% ของออกซิเจนมีมากการเผาไหม้ก็จะรุนแรงยิ่งขึ้น แหล่งของออกซิเจนนอกจากในสิ่งแวดล้อมแล้วยังสามารถเกิดจากปฏิกิริยาเคมีที่เร่งด้วยความร้อน
- 3 **ความร้อน** ความร้อนเป็นสิ่งจำเป็นในการเกิดไฟ เพราะช่วยให้ถึงจุดวาบไฟของเชื้อเพลิง และช่วยจุดก๊าซหรือไอที่ไวไฟให้ติดไฟ แหล่งของความร้อนที่สามารถจุดไฟได้แก่ กระแสไฟ ไฟฟ้าสถิตย์ การสันดาป ปฏิกิริยาเคมี การเสียดสี เป็นต้น

นอกจากสามเหลี่ยมของไฟแล้ว ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดไฟที่สำคัญอีกปัจจัยหนึ่งคืออนุมูลอิสระหรือ free radical ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาลูกโซ่ของการสันดาป ซึ่งสามารถเขียนเป็น 4 เหลี่ยมของไฟได้ดังรูป

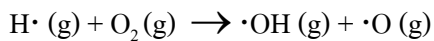


ตัวอย่างการเกิด Free radicals

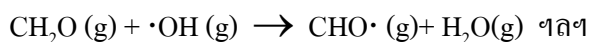
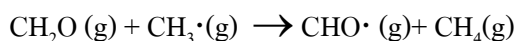
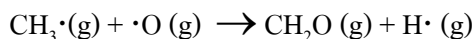
First production of free radical step



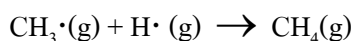
Chain branching step



Propagation steps



Termination step



ทฤษฎีการดับไฟ

การดับไฟสามารถทำได้โดยการกำจัดหรือลดปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งใน 4 อย่างดังนี้

1. การขจัดเชื้อเพลิงออก

โดยถ้าขาดเชื้อเพลิงแล้วไฟก็จะไม่สามารถเกิดขึ้นได้ แต่ถึงอย่างไรบ่อยครั้งที่เราไม่สามารถกำจัดเชื้อเพลิงออกจากการเกิดเพลิงได้

ตัวอย่างสิ่งที่เราสามารถทำได้คือ

- ทำการตัดการนำเชื้อเพลิง โดยการปิดวาล์วของแก๊สหรือน้ำมัน
- การบ่มเชื้อเพลิงที่เป็นของเหลวจากส่วนล่างของแท็งก์เก็บเชื้อเพลิงไปไว้ยังถังเก็บเพื่อรอการนำไปใช้

- การทำให้เชื้อเพลิงกระจายตัวออก เช่นเพลิงจากท่อที่ไม่สามารถดับได้ง่ายเมื่อท่อน้ำมันแตก (กระจายตัว) ออก

2. การขจัดออกซิเจนออก

ส่วนใหญ่แล้วการดับเพลิงสามารถทำได้เองเมื่อระดับออกซิเจนลดลงต่ำกว่า 14 % การทำการขจัดขวางอากาศหรือก๊าซออกซิเจนออกจากปฏิกิริยาก็จะสามารถดับไฟได้ หนึ่งในทางที่สามารถทำได้คือการแทนที่อากาศด้วยก๊าซเฉื่อย เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, ไอน้ำหรือก๊าซไนโตรเจน ซึ่งวิธีนี้จะใช้ได้กับเชื้อเพลิงเหลวที่มีจำนวนน้อยๆ ส่วนวิธีอื่น เช่น วิธี Suffocation คือการทำโดยการตัดการนำก๊าซออกซิเจนที่ทำให้เกิดเพลิงออก

ตัวอย่างของการป้องกันก๊าซออกซิเจน

- การนำฝาปิดบริเวณที่มีการเกิดเพลิง หรือการทำให้เป็นระบบปิดนั่นเอง
- การดับไฟโดยการใช้ Foam หรือ Powder ซึ่งเป็นการป้องกันการเกิดของเปลวควันไฟจะสามารถป้องกันการแพร่กระจายของเปลวไฟ ซึ่งวิธีนี้เรียกว่าการทำให้เกิดความหน่วงของการเกิดไฟ

3. การขจัดออกของพลังงานความร้อน และการทำให้เย็นลง

วิธีที่ใช้ส่วนใหญ่ คือการลดอุณหภูมิของเชื้อเพลิงให้ต่ำกว่าอุณหภูมิของการจุดระเบิด ถ้าทำได้ก็จะสามารถลดการเกิดเพลิงได้ ซึ่งน้ำก็เป็นสิ่งที่นำมาใช้ในการทำให้เชื้อเย็นลง โดยวิธีที่ใช้คือ การพ่นละอองน้ำเหนือไฟ ซึ่งจะมีประสิทธิภาพดีกว่าการปล่อยให้ไหม้ไหลเองอย่างคงที่

4. การลดความรุนแรงของห่วงโซ่ปฏิกิริยา

ในทุกครั้งของการเกิดไฟจะต้องมีการเข้าไปเกี่ยวข้องกับห่วงโซ่ปฏิกิริยา ซึ่งในการเกิดปฏิกิริยาเคมีหลากหลายนั้นจะสามารถทำให้เกิดสารประกอบเคมีหรือธาตุ ที่เป็นตัวสนับสนุนการเกิดกระบวนการต่างๆ โดยที่ธาตุต่างๆ เหล่านี้ที่เกิดขึ้นรวมเรียกว่า “Free radicals”

วิธีการดับไฟ

1.น้ำ

โดยน้ำจะไปควบคุมเพลิงไหม้ให้เย็นตัวลงและซึมเข้าไปในเชื้อเพลิงที่กำลังลุกไหม้ และถ่ายเทความร้อนจากเชื้อเพลิงจนอุณหภูมิต่ำกว่าจุดติดไฟ ไฟจึงดับลง

นอกจากนี้ น้ำยังคลุมเชื้อเพลิงไม่ให้สัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ ทำให้ไฟขาดปัจจัยในการเผาไหม้ ไฟจึงดับลง

2.ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO₂)

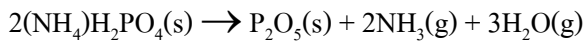
CO₂(g) เป็นก๊าซเฉื่อย(inert gas) ไม่ช่วยในการลุกไหม้ มีความหนาแน่น 1.5 เท่าของอากาศ จึงสามารถคลุมเชื้อเพลิงไม่ให้สัมผัสกับ oxygen ในอากาศ ทำให้อัตราส่วนผสมของไอเชื้อเพลิงกับอากาศไม่พอเหมาะที่จะถึงขั้นจุดติดไฟได้

นอกจากนี้ CO₂(g) ที่กระจายออกไปจะมีความเย็นจากการเป็นน้ำแข็งแห้งประมาณร้อยละ 30 ซึ่งช่วยป้องกันความร้อนที่จะมายังผู้ดับไฟได้ แต่ไม่สามารถดูดกลืนความร้อนได้ดีเท่า น้ำ

3.ผงเคมีแห้ง(Dry chemical)

ผงเคมีแห้งที่ใช้เป็นหลัก คือ ผงโปตัสเซียมไบคาร์บอเนต ผงโซเดียมไบคาร์บอเนต ผงโปตัสเซียมคาบอเนต และ ผงแอมโมเนียฟอสเฟต ผงเคมีแห้งที่กระจายตัวออกมามีความหนาแน่นประมาณ 3-3.8 เท่าของอากาศ จึงสามารถคลุม เชื้อเพลิงไม่ให้สัมผัสกับ oxygen ในอากาศได้ และยังทำปฏิกิริยากับความร้อนแล้วดูดกลืนความร้อนและไม่เกิดก๊าซพิษมากนัก

ตัวอย่างปฏิกิริยา



4. สารเคมีชนิดผงแห้ง (Dry powder)

ที่ใช้กันทั่วไป คือ เกลือแกง แกรไฟท์ แอมโมเนียไดไฮโดรเจนฟอสเฟต โดยสารเคมีชนิดผงแห้ง เป็นผงที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ผงบางส่วนที่ทำปฏิกิริยาแล้วยังดูดกลืนความร้อนพร้อมทั้งละลายเกาะเป็นคราบบนเชื้อเพลิงที่กำลังลุกไหม้ทำให้อากาศเข้าไม่ได้ และดูดซับความร้อนให้ลดลงไปเรื่อยๆ จนอุณหภูมิต่ำลง ไฟดับในที่สุด

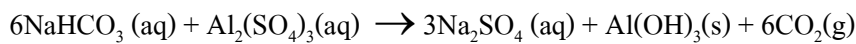
5. น้ำยาเหลวระเหย

ที่นิยมใช้กันคือ น้ำยาเหลวระเหยในตระกูลฮาโลจีเนตไฮโดรคาร์บอน ก็สามารถคลุมดับไฟได้ดี และจะทำปฏิกิริยากับความร้อนในการดูดกลืนความร้อน และยังทำให้ไอเชื้อเพลิงที่ทำปฏิกิริยาถูกโซ่กับก๊าซฟลูออรีน คลอรีน และโบรมีน ไม่มีสภาพของการคายความร้อน และหมดสภาพของการเป็นเชื้อเพลิง

6. โฟม

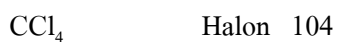
โฟมทำให้เกิดความชื้น เย็น ไม่แตกตัวง่ายและมีอัตราการแทรกซึมดี ฟองโฟมสามารถไหลลื่นไปตามซอกมุม ช่องทางต่างๆ ที่เกิดไฟได้ เมื่อโฟมกระแทกความร้อนจะเกิดไอน้ำเคลือบคลุมไฟ และเป็นฉนวนกั้นการส่งผ่านความร้อนด้วย

ตัวอย่างปฏิกิริยา



7. สารประเภท halon

สามารถดับไฟได้เพราะ หยุดถูกโซ่การเกิดอนุมูลอิสระในไฟได้ ซึ่งมีหลายประเภท เช่น



เลขตัวที่ 1 แสดงจำนวนอะตอมของ C

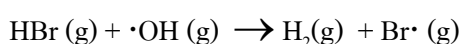
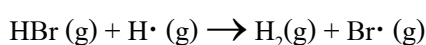
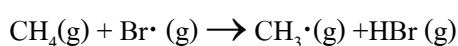
เลขตัวที่ 2 แสดงจำนวนอะตอมของ F

เลขตัวที่ 3 แสดงจำนวนอะตอมของ Cl

เลขตัวที่ 4 แสดงจำนวนอะตอมของ Br

เลขตัวที่ 5 แสดงจำนวนอะตอมของ I

ตัวอย่างการกำจัด free radical ขณะเกิดการเผาไหม้ของ petroleum fuels เช่น CH_4



Bromine atom จะช่วยลด intermediates และ free radicals ที่เกิดจากการเผาไหม้

สารเคมีที่เกิดขึ้นในการเกิดไฟ

(1) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เป็นแก๊สพิษที่มีอันตรายอย่างสูงต่อคนและเกิดขึ้นได้เสมอในการเกิดการเผาไหม้ในบริเวณจำกัด อันตรายต่อคนคือ ถ้าผสมอยู่ในอากาศคิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ถ้าเกิน 0.05% มีอันตราย ถ้ามีอยู่ 0.16% ทำให้หมดสติภายใน 2 ชั่วโมง ถ้ามี 1.28% จะหมดสติภายใน 1-3 นาที ของการหายใจและอาจถึงแก่ชีวิต

นอกจากความเป็นพิษแล้ว ยังเป็นก๊าซเชื้อเพลิงอีกด้วย เมื่อมีความเข้มข้นในอากาศสูงๆจะทำให้เกิดการติดไฟได้ และเกิดการระเบิดอย่างรุนแรง

(2) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เกิดจากการเผาไหม้คาร์บอนอย่างสมบูรณ์แบบ ไม่เป็นเชื้อเพลิงและไม่ก่ออันตรายต่อร่างกายโดยตรง แต่จะทำให้ร่างกายต้องขาดออกซิเจนแก๊สนี้มีความเข้มข้นในอากาศเกินกว่า 5.0% โดยปริมาตรมีอันตรายและทำให้ผู้สูบทหมดสติได้

(3) แก๊สไฮโดรเจนไซยาไนด์ (HCN) เป็นก๊าซพิษที่มีความอันตรายมากกว่าแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มาก ส่วนผสมในอากาศ 100 ppm. มีผลทำให้ผู้สูดหายใจเข้าไปเสียชีวิตได้ในเวลา 30-60 นาที แก๊สนี้เกิดจากการเผาไหม้สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีสารประกอบ คลอรีน เช่น พลาสติก ยาง เส้นใย ขนสัตว์ หนังสัตว์ ไม้ หรือ ผ้าไหม เป็ฯแก๊สที่เบากว่าอากาศจึงมีอันตรายมากในการเผาไหม้ในอาคารหรือในบริเวณที่จำกัดต่างๆ

(4) แก๊สฟอสจีน (COCl₂) เกิดจากการเผาไหม้สารประกอบไฮโดรคาร์บอน เช่น คาร์บอนเตตระคลอไรด์ ฟรีออน (น้ำยาทำความเย็น) หรือเอทิลีนไดคลอไรด์เป็นแก๊สที่เป็นพิษสูงมากได้รับเพียง 25 ppm. ในอากาศในเวลา 30-60 นาที อาจเสียชีวิตได้

(5) แก๊สไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl) เป็นแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้ สารที่มีองค์ประกอบของคลอรีน มีสภาพเป็นกรดและทำอันตรายได้เช่นกัน แม้จะไม่รุนแรงเท่า ฟอสจีน กับ แก๊สไฮโดรเจนไซยาไนด์ก็ตาม

(6) แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S) เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของวัสดุพวกยาง พรม ไม้ ขนสัตว์ หรือ วัสดุอื่นใดที่มี กำมะถันผสมอยู่ เป็นแก๊สที่มีอันตรายมากเพียง 400-700 ppm. ในอากาศได้รับนาน 30-60 นาที ทำให้เสียชีวิต นอกจากนั้นยังเป็นแก๊สเชื้อเพลิงที่ถูกติดไฟได้อีกด้วยแต่ไม่ถึงกับระเบิด มีกลิ่นคล้ายๆ ไข่เน่า จึงมักนิยมเรียกว่า “แก๊สไข่เน่า” มีฤทธิ์ทำร้ายเนื้อเยื่อต่างๆได้มาก

(7) แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) เกิดจากการเผาไหม้สมบูรณ์ของ กำมะถันในอากาศเป็นแก๊สพิษที่มีความเข้มข้นเพียง 150 ppm. ในอากาศใช้สังหารคนได้ในเวลา 30-60 นาทีเมื่อผสมกับน้ำหรือความชื้นที่ผิวหนังจะเกิดกรดกำมะถัน ซึ่งมีฤทธิ์กัดอย่างรุนแรง ทำให้ หายใจไม่ออกอย่างฉับพลัน

(8) ออกไซด์ของแก๊สไนโตรเจน ได้แก่แก๊สไนตริกออกไซด์ ไนตรัสออกไซด์ และ ไนโตรเจนออกไซด์ เกิดจากการเผาไหม้พวก ไม้ขี้เลื่อย พลาสติก ยางที่มีไนโตรเจนผสมสี และ แล็กเกอร์บางชนิด ปริมาณ 100ppm. หรือ 0.01% ในอากาศทำให้เสียชีวิตได้ภายในเวลา 30 นาที

(9) แก๊สแอมโมเนีย (NH₃) เกิดจากการเผาไหม้ไม้ ขนสัตว์ผ้าไหม และน้ำยาทำความเย็นหรือสารอื่นๆที่มี ส่วนประกอบของไนโตรเจนและไฮโดรเจน มีกลิ่นฉุนรุนแรง ทำให้เกิดความรำคาญ และทำร้ายเนื้อเยื่อ แต่ไม่มีตัวเลขแสดงส่วนผสมที่ทำให้เสียชีวิต

(10) แก๊สอะโครลีน เป็นแก๊สที่เกิดจากเผาไหม้สารที่เป็นไขมันที่อุณหภูมิ 600°F และอาจเกิดจากการเผาไหม้สีและไม้บางชนิด เป็นแก๊สที่มีอันตรายสูงประมาณ 150-240 ppm. ในอากาศทำให้ผู้สูดดมเสียชีวิตได้ภายในเวลา 30 นาที เมื่อได้รัยจะทำให้คนเจ็บสูญเสียอวัยวะสัมผัส เช่น ตา และ หายใจไม่ออก ซึ่งจะทำให้ไม่สามารถหลบหนีจากที่เกิดเหตุได้

(11) ไอโลหะ (Metal Fumes) คือไอของโลหะหนักต่างๆที่เกิดขึ้นเมื่อโลหะนั้นได้รับความร้อนสูง อาทิ ไอปรอท ไอตะกั่ว ไอสังกะสี ไอดีบุก และ ไอของโลหะพวง ส่วนใหญ่เพลิงไหม้โรงผลิตหรือเก็บอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์จะเกิดไอโลหะมาก และมีเหล่านี้อันตราย

(12) เขม่าและควันไฟ (Soot and Smoke) เขม่าคือก้อนหรือเศษวัสดุ(มักเป็นคาร์บอน)ที่ยังเผาไหม้ไม่หมด มีลักษณะเป็นผงหรือละออง ส่วนควันไฟเป็นสารผสมระหว่างเขม่า ควัน และ วัสดุต่างๆที่เกิดจากกองเพลิงรวมทั้งก๊าซและไอต่างๆด้วยผลของ มัน คือทำให้ผู้ป่วยสำลักและอาจถูกเผาที่ผิวหนังหรือตามตัว รวมทั้งปิดบังทางออกต่างๆทำให้หนีออกจากบริเวณอันตรายไม่ทัน

ภาพแสดงการดับไฟและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง



สารเคมีแห่งดับไฟ



รถดับไฟ



ชุดสำหรับดับไฟ



หุ่นยนต์ดับไฟ



เจ้าหน้าที่กำลังดับไฟ

เอกสารอ้างอิง

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ. หลักความปลอดภัยในการทำงาน. พิมพ์ครั้งที่3.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.2536

กัญญา พาณิชพันธ์. มหันตภัยจากวัตถุเคมี ความเสี่ยงและอันตราย. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.2544

วิฑูรย์ สิมะโชคดี และวีรพงษ์ เกลิมจิระรัตน์. วิศวกรรมและการบริหารความปลอดภัยในโรงงาน. พิมพ์ครั้งที่13.ส.ส.ท., กรุงเทพฯ.2543

ดร.ชัยยุทธ์ ชวลิตนธิกุล และสุมาลี ชนะชาญมงคล. ความปลอดภัยและสุขภาพอนามัยในการใช้สารเคมีในการทำงาน. พิมพ์ครั้งแรก.บริษัทโปรลาชนมีเดีย จำกัด.2542

<http://www.cgfr.com/phpwilei/index.php/Fire%20chemistry/Fire%20Behavior>

http://www.ehs.umaryland.edu/firesafety/chemistryfire_of.htm

<http://www.guantchem.kuleuven.ac.be/safety/infol.htm>

<http://www.home.vicnet.net.au/~hpfb/firex.htm>

http://www.iit.edu/~smart/pawebar_lesson3.html

<http://www.roswellfire.com/>

