

พลุ พลุ พลุ

เรียบเรียงโดย น.อ.หญิง ธัชพร ฐปะสุด



เมื่อเร็วๆ นี้ มีข่าวโรงงานผลิตดอกไม้เพลิง (Fireworks) เกิดระเบิดขึ้น อุตุสาหกรรมผลิตดอกไม้เพลิง หรือดอกไม้ไฟ หรือที่เรียกสั้นๆ ว่าพลุ เป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้วัตถุระเบิดและสารเคมีอันตรายประเภทต่างๆ จำนวนมาก ในการผลิต จึงทำให้อุตสาหกรรมประเภทนี้มีความเสี่ยงจากอันตรายต่อการเกิดอัคคีภัย การระเบิด และการรั่วไหล ของสารเคมีค่อนข้างสูง ซึ่งนอกจากสร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของคนงานและผู้ประกอบการแล้ว ยัง อาจส่งผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณใกล้เคียง รวมทั้งยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งจากฝุ่นที่มีโลหะหนัก คาร์บอน สารพิษที่เป็นส่วนผสมของดอกไม้เพลิง ดังนั้นความเข้าใจในการปฏิบัติเพื่อให้เกิด ความปลอดภัยในการทำงาน จะช่วยลดความเสี่ยงจากการทำงานรวมถึงช่วยลดอุบัติเหตุร้ายแรงต่างๆ ที่สามารถ เกิดขึ้นได้จากอุตสาหกรรมดังกล่าวด้วย

ดอกไม้เพลิง เป็นสิ่งประดิษฐ์ในประเภท Low Explosive Pyrotechnic เมื่อเกิดการเผาไหม้ (Combustion) หรือจุดระเบิด (Detonation) จะสลายตัวให้ผลผลิตคือ เปลวไฟ แสงสว่าง สี รั้งสีอินฟราเรด เสียง ก๊าซ หรือควัน อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดผลผลิตเหล่านี้เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน ในทาง การทหารดอกไม้เพลิงใช้เพื่อวัตถุประสงค์เป็นสัญญาณให้เห็นหรือได้ยินเสียง ส่องสว่างบนพื้นที่ ซึ่เป้าหมาย หรือฉาก กำบัง เป็นต้น จึงผลิตดอกไม้เพลิงออกมาในรูปแบบกระสุน ลูกระเบิดขวาง ลูกระเบิดยิงจากปืนเล็ก ลูกระเบิดทิ้งจาก เครื่องบิน สำหรับในทางพลเรือนดอกไม้เพลิงถูกใช้ในงานเพื่อการบันเทิงในเทศกาลเฉลิมฉลองทางวัฒนธรรมและ ประเพณีต่างๆ

สารเคมีในการผลิตดอกไม้เพลิง

สารเคมีที่ใช้ในการผลิตดอกไม้เพลิงมีมากมายหลายชนิด เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีลักษณะต่างๆ แต่สารเคมีที่เป็นองค์ประกอบหลักและจำเป็นต้องใช้ในดอกไม้เพลิงเกือบทุกชนิดคือ

1. สารเคมีที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง (Fuel) บางทีอาจเรียกว่าเป็นสารเคมีที่ช่วยในการเผาไหม้ ทำหน้าที่เป็นเชื้อเพลิงในขณะเกิดการเผาไหม้ เช่น ถ่าน กำมะถัน น้ำตาล หรือสารอื่นๆ ที่รวมตัวกับออกซิเจนได้ง่าย

2. สารเคมีที่ให้ออกซิเจน / ตัวเติมออกซิเจน (Oxidizing agent) คุณสมบัติของสารเหล่านี้คือ จะปลดปล่อยก๊าซออกซิเจนเมื่อได้รับความร้อน เช่น โพแทสเซียมไนเตรท (KNO_3) โพแทสเซียมคลอเรต ($KClO_3$) โพแทสเซียมเปอร์คลอเรต ($KClO_4$) สารพวกเปอร์ออกไซด์ (Peroxide) และสารพวกโครเมต (Chromate) เป็นต้น ในการเผาไหม้ธรรมดาต้องใช้ออกซิเจนจากอากาศ แต่ในปฏิกิริยาเผาไหม้ของดอกไม้เพลิงปริมาณออกซิเจนจากอากาศอย่างเดียวไม่เพียงพอ ต้องอาศัยออกซิเจนบางส่วนหรือทั้งหมดจากสารให้ออกซิเจนเหล่านี้ด้วย

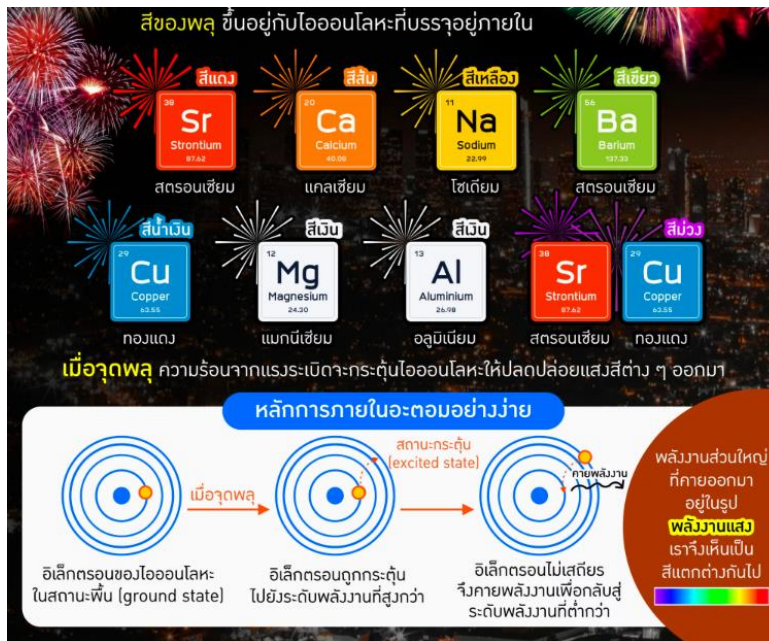
3. สารยึดเกาะและสารป้องกันน้ำ (Binder and Waterproofing agent) เช่น ยางมะตอย ชะแลค น้ำมันลินสีด ยางสน พาราฟิน เป็นต้น มีประโยชน์ที่ช่วยควบคุมให้เกิดรูปร่างต่างๆ ได้ตามต้องการ นอกจากนี้ส่วนผสมบางอย่างถ้าไม่มีสารช่วยยึดเกาะจะไม่สามารถนำมาอัดได้ ไม่ว่าจะใช้แรงอัดมากเท่าใดส่วนผสมก็ยังคงสภาพเป็นผงอยู่ รวมทั้งสารยึดเกาะยังช่วยลดความไวของส่วนผสมที่มีต่อน้ำในอีกทางหนึ่งด้วย

นอกจากองค์ประกอบหลักทั้ง 3 ตัวข้างต้นของดอกไม้เพลิงนั้น หากต้องการให้ดอกไม้เพลิงมีคุณสมบัติต่างๆ หรือมีความสวยงามเพิ่มขึ้น ดอกไม้เพลิงยังต้องมีส่วนผสม ดังนี้

4. สารเคมีที่ใช้เป็นตัวทำให้เกิดสี (Coloring agent) ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นเกลือของโลหะหนักต่างๆ ได้แก่ สตรอนเชียมไนเตรท [$Sr(NO_3)_2$] แบเรียมไนเตรท [$Ba(NO_3)_2$] คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) โซเดียมออกซาลेट ($Na_2C_2O_4$) และ แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) เป็นต้น โดยเมื่อเกลือของโลหะได้รับแรงระเบิดจนกลายเป็นไออะตอมของโลหะจะอยู่ในสถานะตื่นตัว (Excited state) และเมื่ออะตอมของโลหะกลับมาอยู่ในสถานะปกติ (Ground state) อะตอมของโลหะเหล่านี้จะปล่อยพลังงานที่ความยาวคลื่นต่างๆ กันขึ้นกับชนิดของโลหะ ทำให้เกิดเป็นสีที่ต่างกันออกไป



ภาพแสดง การผสมเม็ดสีต่างๆ เข้าด้วยกัน ก่อนป้อนออกมาเป็นก้อนเม็ดสี (Star) แล้วนำไปฝังให้แห้งก่อนใช้งาน



ภาพแสดง สารให้สีของดอกไม้เพลิง

5. ดินดำ (Black powder) เป็นสารผสมของโปแตสเซียมไนเตรท กำมะถัน และผงถ่าน มีลักษณะเด่นที่สำคัญคือ เป็นวัตถุระเบิดแรงต่ำ ลูกติดไฟง่าย แบบให้ความร้อนสูง (Deflagrations) สามารถเกิดการระเบิดได้อย่างรวดเร็ว รุนแรง และไวต่อแรงกระแทกหรือเสียดสี ด้วยคุณสมบัติของดินดำนี้ จึงทำให้ดินดำถูกใช้เป็นส่วนประกอบของดอกไม้เพลิงแทบทุกชนิด เพื่อช่วยในการขับเคลื่อน และช่วยในการจุดตัวของดอกไม้เพลิง กล่าวคือ



ภาพแสดง ดินดำ (Black powder)

5.1 เป็นส่วนผสมของดินเริ่ม ดินส่ง ดินถ่วงเวลา และดินขับ เพื่อช่วยขับเคลื่อนให้ส่วนต่างๆ ของดอกไม้เพลิงเคลื่อนที่



ภาพแสดงชนวนเวลา (Time fuse)

5.2 เป็นส่วนผสมที่ช่วยในการจุดตัว นั่นเพราะส่วนผสมของดอกไม้เพลิงจะถูกบรรจุในตัวเรือน (Case) ซึ่งไม่สามารถลุกติดไฟได้เอง ดินดำจึงถูกบรรจุลงในตัวเรือนเพื่อช่วยให้ส่วนผสมของดอกไม้เพลิงลุกติดไฟ เกิด แสง สี เสียง หรืออื่นๆ ตามชนิดของดอกไม้เพลิง

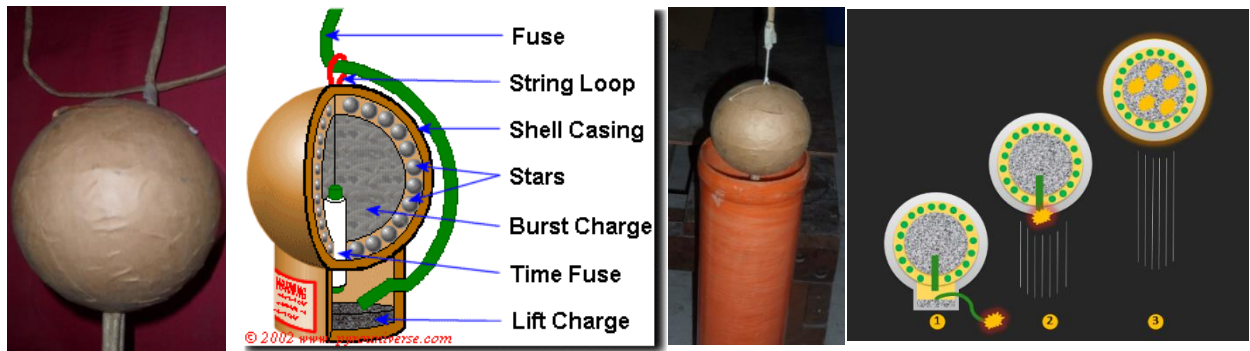


ภาพแสดง การบรรจุเม็ดสีลงในเปลือก (Case)



ภาพแสดงการบรรจุเชื้อปะทุระเบิด (Burst charge)

ส่วนประกอบและกระบวนการทำงานของดอกไม้เพลิง



ภาพแสดง ส่วนประกอบและการทำงานของดอกไม้เพลิง

ไฟที่จุดที่สายชนวนซึ่งทำจากด้ายหรือกระดาษหุ้มดินดำ (Fuse) เมื่อลามไปติดที่ส่วนฐาน (Black powder lifting charge) จะทำให้ตัวของดอกไม้เพลิง พุ่งจากท่อยิงขึ้นสู่ท้องฟ้าในทิศทางเป็นเส้นตรง และส่วนของชนวนหน่วงเวลา (Time fuse) ก็จะถูกจุดให้ติดไฟ ในระหว่างนั้นโดยชนวนหน่วงเวลาจะเป็นตัวกำหนดระดับความสูงของดอกไม้ไฟ และเมื่อชนวนหน่วงเวลาถูกเผาไหม้จนหมดแล้วจะเป็นคิวของการระเบิดของเชื้อปะทุระเบิด (Black powder Burst charge) ที่อยู่ภายในตัวของดอกไม้เพลิง ที่ส่งผลต่อการระเบิดของส่วนผสมสารเคมีที่ให้แสง สี เสียง ตามประเภทของดอกไม้เพลิงต่อไป

ข้อควรระวังเมื่อต้องทำงานกับดอกไม้เพลิง

จากที่กล่าวข้างต้นดอกไม้เพลิง 1 นัด ประกอบด้วย เชื้อเพลิง ตัวเติมออกซิเจน และดินดำ ซึ่งเป็นสารให้ความร้อน เท่ากับว่าในดอกไม้เพลิง 1 นัด มีครบองค์ประกอบของการติดไฟ (Fire triangle) จึงเป็นเหตุผลการทำงานกับดอกไม้เพลิงนั้นง่ายต่อการเกิดไฟไหม้ และการระเบิด เป็นอย่างยิ่ง ตัวอย่างอุบัติเหตุจากดอกไม้เพลิงที่จะกล่าวต่อไปน่าจะช่วยให้ผู้อ่านเข้าใจหรือคาดเดาสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจากดอกไม้เพลิงในกรณีที่เป็นข่าวได้บ้างไม่มากก็น้อย

1. อุบัติภัยจากการระเบิดของดินดำ ซึ่งถือเป็นวัตถุระเบิดแรงต่ำที่มีความไวต่อการระเบิดมาก และดินดำจัดเป็นองค์ประกอบสำคัญ ในการจุดระเบิดดอกไม้เพลิง

2. อุบัติภัยจากสารเคมี ที่เป็นส่วนผสมของดอกไม้เพลิง เช่น

2.1 สารให้ออกซิเจน มักเป็นสารดูดความชื้นที่ดีและสามารถระเบิดได้ด้วยตัวเองถ้ามีประกายไฟ

2.2 สารเคมีที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในดอกไม้เพลิง ส่วนใหญ่มีสมบัติถูกออกซิไดซ์ง่ายเมื่อสัมผัสกับสารให้ออกซิเจนหรือออกซิเจนในอากาศ สามารถเผาไหม้ได้ง่ายโดยใช้ออกซิเจนปริมาณน้อยที่สุด มีความเสถียรที่อุณหภูมิระหว่าง -60 ถึง +60 องศาเซลเซียสเท่านั้น

3. อุบัติภัยจากการจุดดอกไม้เพลิง

3.1 ท่อยิงดอกไม้เพลิงล้ม ในขณะที่จุดดอกไม้เพลิง ทำให้ดอกไม้เพลิงไม่พุ่งไปแตกหรือระเบิดในอากาศ

3.2 ปริมาณดินส่ง (Lifting charge) ไม่สัมพันธ์กับส่วนของชนวนช่วงเวลา (Time fuse) กล่าวคือแรงส่งดอกไม้เพลิงให้พุ่งจากท่อยิงไม่สูงพอที่ชนวนช่วงเวลาจะจุดระเบิดส่วนประกอบของดอกไม้เพลิงได้ เป็นผลให้ดอกไม้เพลิงไม่ระเบิดในอากาศ แต่กลับมาระเบิดในจุดใกล้พื้น หรือบนพื้นแทน ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อผู้จุดดอกไม้เพลิงและผู้อยู่ในบริเวณใกล้เคียง

4. การไม่แยกห้องเก็บ ไม่แยกห้องซั่ง สารตัวเติมออกซิเจน (Oxidizers) ออกจากสารเชื้อเพลิง หรือสารให้สีที่เป็นโลหะต่างๆ เป็นเหตุให้เกิดการระเบิดหรือไฟไหม้ได้ง่ายเนื่องจากสารเหล่านี้บางชนิดลุกติดไฟได้เอง โดยเฉพาะเมื่อมีสภาพอากาศที่ร้อน หรือมีความร้อนสะสมจากการเก็บสารเหล่านี้รวมกันไว้เป็นจำนวนมาก

5. การไล่ความชื้นซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของการลุกไหม้ ต้องไม่ให้สารองค์ประกอบถูกความร้อนโดยตรง ให้ใช้ลมร้อนเป่าผ่านเนื้อสาร และมีช่องระบายลมร้อนออกจากตู้ด้วย

6. การต้องแยกห้องประกอบดอกไม้เพลิงออกจากห้องเก็บส่วนผสม

จากข้อมูลข้างต้น เราคงเข้าใจองค์ประกอบและกลไกการระเบิด การลุกไหม้ ข้อควรระวังของการจุด และการผลิตดอกไม้เพลิงได้บ้าง ทั้งนี้ในความเป็นจริงเราคงไม่สามารถเลิกการผลิตดอกไม้เพลิงได้แม้จะมีอุบัติเหตุเกิดขึ้นบ่อยครั้งก็ตาม โดยเฉพาะการใช้เพื่อวัตถุประสงค์ทางการทหาร และเพื่อความรื่นเริงสวยงามเมื่อมีเทศกาลเฉลิมฉลองต่างๆ แต่ผู้เขียนหวังว่าข้อมูลนี้จะช่วยลดอุบัติเหตุจากการระเบิดของดอกไม้เพลิง ลดความสูญเสีย หากผู้เกี่ยวข้องตระหนักและเข้าใจถึงองค์ประกอบและหลักการทำงานของดอกไม้เพลิงได้บ้างไม่มากก็น้อย