

## นิพนธ์ต้นฉบับ

## ฝุ่นระเบิดปัญหาสาเหตุและแนวทางป้องกันในประเทศไทย

พจน์ ภาควิชา<sup>(1)</sup>

วันที่ได้รับต้นฉบับ: 23 ตุลาคม 2561

วันที่แก้ไขบทความ: 15 กุมภาพันธ์ 2562

วันที่ตอบรับการตีพิมพ์: 20 มีนาคม 2562

(1) ผู้รับผิดชอบบทความ: อาจารย์สาขาวิชา  
อนามัยสิ่งแวดล้อม อาชีวอนามัยและความ  
ปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
(โทรศัพท์: 097-141 9350,  
e-mail: photp@kku.ac.th)

## บทคัดย่อ

ฝุ่นระเบิด หรือ dust explosion คือปรากฏการณ์ที่สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ หรือโลหะที่มีขนาดเล็กกว่า 420 ไมครอนฟุ้งกระจายตัวในอากาศที่ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม และถ้าได้รับความร้อนจะสามารถติดไฟและเกิดการระเบิดได้ ฝุ่นระเบิดเกิดขึ้นได้ทั้งในโรงงานอุตสาหกรรมและกิจกรรมต่างๆ เช่น เหตุระเบิดที่สวนน้ำในประเทศไต้หวันเมื่อปี 2558 ทำให้มีผู้บาดเจ็บเป็นจำนวนหลายร้อยคน ปรากฏการณ์ฝุ่นระเบิดเกิดขึ้นในหลายๆ ประเทศทั่วโลก ได้แก่ สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น สาธารณรัฐประชาชนจีน แคนาดา และอินเดีย สำหรับประเทศไทยเองก็มีเหตุระเบิดฝุ่นหลายครั้งในสถานประกอบการต่างๆ ก่อให้เกิดสูญเสียชีวิตของพนักงานและทรัพย์สินเสียหายเป็นจำนวนมากหลายล้านบาท ซึ่งแนวทางในการป้องกันฝุ่นระเบิดคือ ป้องกันที่ตัวเชื้อเพลิง(ฝุ่น) จัดแหล่งความร้อน ลดก๊าซออกซิเจนในพื้นที่ และป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่น ดังนั้นจึงควรมีวิธีการที่เหมาะสมเพื่อป้องกันฝุ่นระเบิดในประเทศไทย

คำสำคัญ: ฝุ่นระเบิด, แนวทางการป้องกัน, Dust Explosion

**บทนำ**

ฝุ่นระเบิด หรือ dust explosion คือ ปรากฏการณ์ ที่วัตถุใดๆ ที่เป็นสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ หรือโลหะที่มีขนาดเล็กเพียงพอ เมื่อฟุ้งกระจายตัวในอากาศและมีความเข้มข้นที่เหมาะสมหากได้รับความร้อน จะลุกติดไฟและเกิดการระเบิด ทั้งนี้ความรุนแรงที่เกิดจากฝุ่นระเบิดมีความรุนแรงและก่อให้เกิดความเสียหาย เช่นเดียวกับการระเบิดของแก๊ส (Hassan et al., 2014) เช่น เหตุระเบิดที่สวนน้ำในประเทศไต้หวันเมื่อวันที่ 27 มิถุนายน 2558 ทำให้มีผู้บาดเจ็บถึง 498 ราย มีอาการสาหัสถึง 202 ราย (สถาบันส่งเสริมความปลอดภัยอาชีวอนามัย, 2559) นอกจากนี้ฝุ่นระเบิดยังก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินต่างๆ จากการศึกษาฝุ่นระเบิดที่เกิดขึ้นทั่วโลกในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2328 ถึง พ.ศ. 2555 พบว่าอันดับหนึ่งคือสหรัฐอเมริกา (1,611 ครั้ง) รองลงมาเป็นยุโรป (857 ครั้ง) อันดับสามญี่ปุ่น (195 ครั้ง) อันดับสี่สาธารณรัฐ ประชาชนจีน (140 ครั้ง) อันดับห้าแคนาดา (57 ครั้ง) ดังแสดงในภาพที่ 1 ประเภทอุตสาหกรรมที่เกิดฝุ่นระเบิดบ่อยๆ ได้แก่ การผลิตไม้ (ร้อยละ 17) การผลิตเหล็ก (ร้อยละ 10) การผลิตถ่านหิน (ร้อยละ 9) การผลิตพลาสติกและยาง (ร้อยละ 7) (Yuana et al., 2015) สำหรับประเทศไทยเกิดฝุ่นหลายครั้งแต่การเก็บข้อมูลเหตุการณ์ระเบิดที่เกิดจากฝุ่นยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร สามารถระบุอย่างแน่ชัดว่าเป็นระเบิดฝุ่นจำนวน 5 ครั้ง คือในช่วงปี พ.ศ. 2545 ถึง 2552 มีผู้บาดเจ็บจำนวน 16 ราย และเสียชีวิต 2 ราย คิดเป็นมูลค่าทรัพย์สินเสียหาย 34.2 ล้านบาท (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2523)

**องค์ประกอบที่ทำให้เกิดฝุ่นระเบิด**

การเกิดฝุ่นระเบิดสามารถอธิบายได้โดยใช้ทฤษฎีห้าเหลี่ยมของการระเบิดของฝุ่น (Amyotte & Eckhoff, 2010) ดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- เชื้อเพลิงหรือฝุ่นซึ่งมีขนาดเล็กกว่า 420 ไมครอนที่สามารถสันดาปได้ ได้แก่ ฝุ่นอินทรีย์สาร เช่น ฝุ่นแป้ง ผงน้ำตาล ฝุ่นไม้ ฝุ่นอินทรีย์ ฝุ่นพลาสติก ผงอะลูมิเนียม ถ่านหิน แมกนีเซียม สังกะสี จากการศึกษาของ Frank (2004) พบว่าอุตสาหกรรมที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดฝุ่นระเบิดมากที่สุดคือ อุตสาหกรรมอาหาร

(40%) รองลงมาคืออุตสาหกรรมผลิตไม้ (17%) และอันดับสามคืออุตสาหกรรมเหล็ก (10%) ดังแสดงในภาพที่ 3

- ปริมาณออกซิเจนในอากาศมีผลต่อการติดไฟ ฝุ่นจะลุกไหม้ได้อย่างรวดเร็วเมื่อมีปริมาณออกซิเจนในอากาศมากกว่า 21% และอัตราการลุกไหม้จะลดลงเมื่อปริมาณออกซิเจนลดลง (Chanthaphasouk, 2015)

- แหล่งจุดติดไฟหรือแหล่งความร้อนที่มีพลังงานเพียงพอ สามารถกระตุ้นเปลวไฟให้แผ่ขยายออกไปยังฝุ่นที่ฟุ้งกระจายแขวนลอยในอากาศที่อยู่บริเวณใกล้เคียง ทั้งนี้ความยากง่ายในการเกิดฝุ่นระเบิดจะแตกต่างกันไปตาม ชนิดของอนุภาค ขนาด และความเข้มข้นของฝุ่น แหล่งจุดติดไฟสำหรับการระเบิดของฝุ่นแบ่งออกเป็น 8 ประเภทได้แก่ 1) ไฟฟ้าสถิต 2) วัตถุที่มีผิวร้อน 3) เปลวไฟและความร้อน 4) งานที่ทำให้เกิดความร้อน 5) การกระแทกของวัตถุ 6) กระแสไฟฟ้า 7) วัตถุที่ลุกติดไฟได้เอง และ 8) แรงเสียดทานของวัตถุ ทั้งนี้พบว่าแหล่งจุดติดไฟที่มีอันดับสูงสุดคือเปลวไฟและความร้อน (22%) อันดับสองคือการกระแทกของวัตถุ คิดเป็น (20%) และอันดับสามคือการเสียดสี (12%) (Abbasi T. & Abbasi S.A., 2007) ดังแสดงภาพที่ 4

- การฟุ้งกระจายของฝุ่น ฝุ่นที่ลุกไหม้หรือระเบิดได้ต้องมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 50-100 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร ถึง 2-3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Chanthaphasouk, 2015) โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการฟุ้งกระจายของฝุ่นขึ้นอยู่กับคุณลักษณะเฉพาะตัวของฝุ่นแต่ละชนิด (Ebadat, 2010) เช่น ความหนาแน่น ขนาด และความชื้นของฝุ่น ซึ่งการฟุ้งกระจายของฝุ่นจะมากขึ้นขึ้นกับกิจกรรมต่างๆ ทำให้ฝุ่นมีการสะสมและฟุ้งกระจายออกไป

- ขอบเขตของหมอกฝุ่น มีความผันแปรไปตามชนิดของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในกระบวนการผลิต แต่ละประเภทที่ทำให้เกิดฝุ่นแขวนลอยในอากาศ เช่น เครื่องอบแป้ง เครื่องบด ไซโคลน และสายพานลำเลียง (สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย, 2553)

**มาตรการในการป้องกันฝุ่นระเบิด**

หลักสำคัญในการป้องกันการเกิดฝุ่นระเบิดคือ หนึ่งค้นหาและกำจัดสิ่งที่เป็นอันตรายที่แฝงอยู่ในวัตถุดิบ และกระบวนการผลิต สองควบคุมด้านวิศวกรรมโดยการออกแบบระบบป้องกันฝุ่นระเบิดที่แยกออกจากระบบ

ความปลอดภัยพื้นฐานทั่วไป และสามารถควบคุมโดยการบริหารจัดการ เช่น การฝึกอบรมพนักงานในเรื่องความปลอดภัยในการทำงาน การจัดทำคู่มือความปลอดภัยในการทำงานเพื่อลดความเสี่ยงต่างๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การป้องกันที่ฝุ่น (เชื้อเพลิง) ต้องมีมาตรการป้องกันฝุ่นที่สามารถถูกไหม้ได้เองเป็นพิเศษ เช่น การควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น การผสมฝุ่นกับสิ่งอื่นที่มีความเฉื่อยเพื่อลดการเกิดปฏิกิริยา เช่น การพ่นของแข็งหรือของเหลวที่มีความเฉื่อยมาป้องกันการเกิดฝุ่นระเบิดได้ เช่น ฝุ่นแป้งที่มีความชื้นมากกว่า 30% จะช่วยป้องกันการเกิดระเบิดฝุ่นได้ (Abbasi T. & Abbasi S.A., 2007)

2. การป้องกันที่ความร้อนหรือประกายไฟ กำหนดพื้นที่ควบคุมภายในกระบวนการผลิตที่อาจมีการสะสมของฝุ่น การกำจัดสิ่งแปลกปลอมที่เข้าไปในกระบวนการผลิต หลีกเลี่ยงการทำงานที่มีความร้อน การป้องกันประกายไฟจากกระแสไฟฟ้าและไฟฟ้าสถิต เลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ป้องกันการระเบิดได้ และซ่อมบำรุงเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ ให้อยู่ในสภาพดี (Nifuku, 2006)

3. การป้องกันที่ก๊าซออกซิเจน โดยการเติมก๊าซเฉื่อยเข้าไปในกระบวนการผลิตเพื่อขัดขวางไม่ให้เชื้อเพลิงทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. การป้องกันเกี่ยวกับพื้นที่ จำกัดขอบเขตของการระเบิดไม่ให้ขยายไปยังส่วนการผลิตอื่นๆ (Yuan et al., 2016) ด้วยการระบายอากาศเพื่อลดความดันจากการระเบิดที่เกิดขึ้น

5. การป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่น โดยลดความเข้มข้นฝุ่นให้อยู่ในช่วงที่ไม่ก่อให้เกิดการระเบิด การดูแลรักษาทำความสะอาดพื้นที่เพื่อป้องกันการสะสมของฝุ่น การติดตั้งระบบบำบัดฝุ่น การติดตั้งระบบดับเพลิงอัตโนมัติเพื่อดับไฟที่เกิดขึ้นก่อนที่จะเพลิงจะลุกลามและเกิดฝุ่นระเบิดตามมา

6. ลดความเสี่ยงไม่ให้เกิดฝุ่นระเบิด โดยการประเมินความสามารถในการติดไฟของฝุ่น เช่น การศึกษาเอกสารข้อมูลความปลอดภัยสารเคมี (MSDS) ที่มีในพื้นที่หรือกระบวนการผลิตหรือกิจกรรมต่างๆ ในโรงงาน บางชนิดทำให้เกิดการสะสมของฝุ่นในที่ต่างๆ กิจกรรมที่ทำให้เกิดความร้อนหรือประกายไฟซึ่งจะทำให้เพิ่มความเสี่ยง การประเมินความเสี่ยงจึงเป็นการค้นหาสิ่งที่เป็น

อันตรายแล้วกำจัดออกทั้งในส่วนที่เป็นวัตถุดิบและกระบวนการผลิต (CSB, 2006)

### การนำมาตรการต่างๆ มาประยุกต์ใช้เพื่อป้องกันฝุ่นระเบิดในประเทศไทย

ฝุ่นระเบิดในประเทศไทยที่ผ่านมาพบในสถานประกอบการที่เกี่ยวข้องกับธัญพืชต่างๆ ได้แก่ แป้ง ข้าว ถั่ว เหลือง กาแฟ เช่น โรงงานที่เก็บรักษาธัญพืช โรงงานที่เกี่ยวข้องกับการอบข้าว การสีข้าว โรงงานที่ผลิตอาหารสัตว์ โรงงานผลิตเบียร์ โรงงานต่างๆ เหล่านี้จะมีความเสี่ยงที่คล้ายกัน เช่น ความเสี่ยงจากการล้าสมัยวัตถุดิบที่เป็นธัญพืชที่จัดรับสินค้า ระบบกระพ้อล้าสมัยเสียสกับโครงกระพ้อทำให้เกิดความร้อนและเกิดฝุ่นระเบิด โซลิตที่ใช้บรรจุเก็บธัญพืชมีความเสี่ยงจากการฟุ้งกระจายของฝุ่นขณะล้าสมัยธัญพืชลงในถัง บ่อที่ใช้เก็บธัญพืชซึ่งจะเกิดฝุ่นจากเหตุธัญพืชลงในบ่อ ถังกรองฝุ่นมีความเสี่ยงในการระเบิดหากฝุ่นสัมผัสกับแหล่งความร้อน จากความรู้ในเรื่อง 5 องค์ประกอบของการเกิดระเบิดฝุ่น สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการป้องกันฝุ่นระเบิดในประเทศไทยได้ ดังนี้

1. ประเมินความเสี่ยงหรือโอกาสในการเกิดระเบิดฝุ่น เช่น เลือกใช้กระพ้อที่ทำจากพลาสติกแทนกระพ้อที่ทำจากเหล็กเพื่อลดความเสี่ยงจากความร้อนที่อาจเกิดขึ้นการเสียดสีของกะพ้อเหล็ก ออกแบบระบบการทำงานของกะพ้อให้มีความมั่นคงแข็งแรง บริเวณที่มีการกระแทกบ่อยๆ ควรใช้ยางหรือวัสดุที่ทนความร้อนได้ดี และควรมีระบบตรวจวัดความเร็วและอุณหภูมิของสายพานให้อยู่ในช่วงที่ปลอดภัย

2. หมั่นดูแลถังบรรจุธัญพืชให้สามารถถ่ายเทอากาศได้สะดวก มีระบบตรวจวัดอุณหภูมิและปริมาณของธัญพืชที่อยู่ในถังตลอดเวลา กรณีที่โซลิตที่เก็บธัญพืชมีอุณหภูมิสูงกว่าภายนอก 10 องศาเซลเซียส ต้องจัดทำระบบระบายอากาศ ถังโซลิตต้องห่างจากอาคารสำนักงานอย่างน้อย 30 เมตร (สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย, 2556)

3. ระบบล้าสมัยจะต้องมีการออกแบบที่ดีเพื่อป้องกันฝุ่นระเบิด ได้แก่ การป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นโดยมีการติดตั้งจุดระบายอากาศเป็นระยะๆ การตรวจจับความร้อนของระบบลูกป็น การกำจัดสิ่งแปลกปลอมออกจากธัญพืชที่ล้าสมัย

4. ใช้อุปกรณ์ดักจับฝุ่นที่มีโครงสร้างที่แข็งแรง ทนทานต่อแรงระเบิด ติดตั้งเครื่องวัดความดันที่ดักจับฝุ่น เพื่อป้องกันการระเบิดที่เกิดจากความดันที่สูงๆ เปลี่ยน ดักจับฝุ่นใหม่เพื่อป้องกันความดันที่สูงขึ้น และควรมี มาตรการในการดูแลพื้นที่ต่างๆ เพื่อป้องกันการสะสม ของฝุ่นตามบริเวณต่างๆ

5. จัดให้มีมาตรการบริหารจัดการความปลอดภัย ในการทำงาน มาตรการควบคุมการจุดติดไฟ เช่น การ ขออนุญาตทำงาน(Work permit) กับการทำงานที่ ก่อให้เกิดความร้อน การดูแลความสะอาดพื้นที่เพื่อลด การสะสมของฝุ่น การจัดหาอุปกรณ์ดับเพลิงตามที่ กฎหมายกำหนด ควบคุมการสูบบุหรี่ ประกายไฟ และ เปลวไฟ โดยใช้ป้ายหรือข้อความเตือน

6. ฝึกอบรมพนักงานให้เข้าใจถึงวิธีการปฏิบัติงาน ที่ปลอดภัย โดยเฉพาะผู้ที่ทำงานในหน่วยงานที่ใกล้กับ จุดที่มีอันตรายให้ทราบถึงสาเหตุและอันตรายของฝุ่น ระเบิด รวมถึงมาตรการป้องกันไม่ให้เกิดฝุ่นระเบิดขึ้น

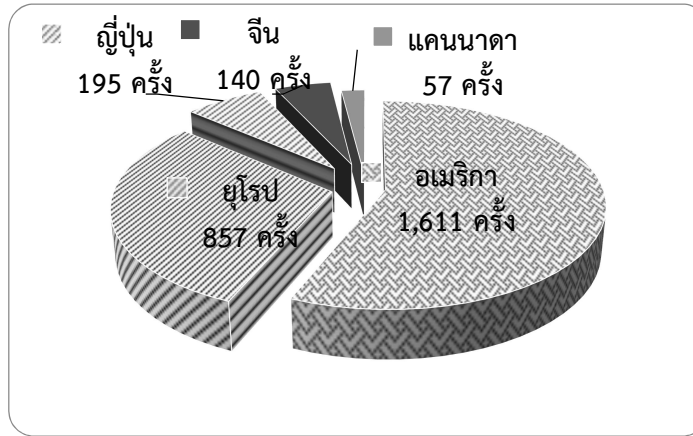
## บทสรุป

ฝุ่นระเบิดก่อให้เกิดความสูญเสียในชีวิตและ ทรัพย์สิน เป็นจำนวนมาก เหตุการณ์เหล่านี้ได้เกิดขึ้นใน หลายๆ ประเทศรวมถึงประเทศไทยซึ่งมีการผลิตและ แปรรูปวัสดุต่างๆ ความแตกต่างกันระหว่างประเทศ ไทยกับต่างประเทศ คือในต่างประเทศมีการศึกษาและ เก็บบันทึกข้อมูลที่ดี จึงทราบสาเหตุและพัฒนาองค์ ความรู้มาใช้ป้องกันและแก้ไขเหตุการณ์ในอนาคต ในขณะที่ประเทศไทยมีการเกิดอัคคีภัยและฝุ่นระเบิด หลายครั้งแต่สามารถระบุสาเหตุจากฝุ่นเพียงไม่กี่ครั้ง นั่น คือตัวเลขการเกิดฝุ่นระเบิดในประเทศไทยน่าจะตัวเลข สูงกว่านี้มาก จำเป็นที่ประเทศไทยต้องเผยแพร่ความรู้ เกี่ยวกับระเบิดฝุ่นและวิธีการป้องกันให้กับสถาน ประกอบการต่างๆ ได้รับทราบและดำเนินการป้องกัน และลดความเสี่ยงของการเกิดฝุ่นระเบิดภายในสถาน ประกอบการ มิฉะนั้นฝุ่นระเบิดในประเทศไทยก็จะยัง เกิดขึ้นต่อไปในอนาคต

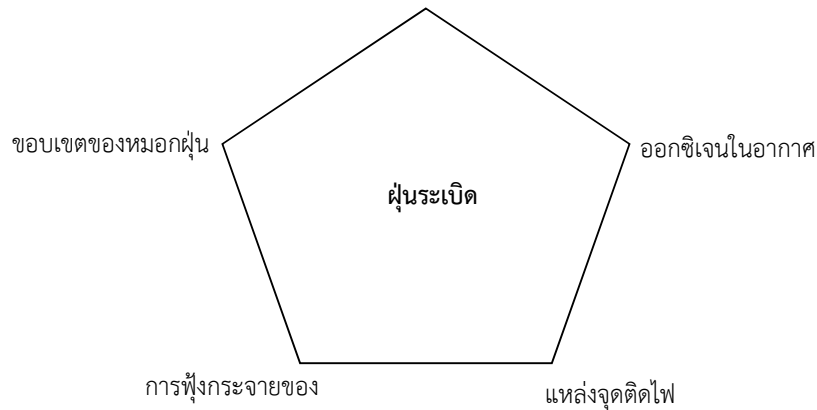
## เอกสารอ้างอิง

- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2553). **คู่มือการจัดการความปลอดภัยโรงงานที่มีฝุ่นระเบิดได้**. กรุงเทพฯ: ธวิพัฒน์.
- สถาบันส่งเสริมความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน. (2559). **เพลิงไหม้ที่สวนสนุกฟอร์โมโซฟีนโคสต์ ประเทศไต้หวัน**. ค้นเมื่อ 1 กันยายน 2561,จาก <https://www.tosh.or.th/index.php/blog/item/76-2017-01-10-04-34-36>
- สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2556). **ข้อปฏิบัติเกี่ยวกับความปลอดภัยสำหรับโรงงานที่มีฝุ่นจากการเกษตรที่ระเบิดได้**. กรุงเทพฯ: ธวิพัฒน์.
- สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย. (2553). **คู่มือการจัดการความปลอดภัยโรงงานที่มีฝุ่นระเบิดได้**. กรุงเทพฯ: ธวิพัฒน์.
- Abbasi, T., & Abbasi, S. A. (2007). Dust explosions: Cases, causes, consequences, and control. *Journal of Hazardous Materials*, 140(1-2), 7-44
- Amyotte, P. R., & Eckhoff, R. K. (2010). Dust explosion causation, prevention and mitigation: An overview. *Journal of Chemical Health and Safety*, 17(1), 15-28.
- Chanthaphasouk, L. (2015). **The study of the risk factors on coal dust explosion in warehouse**. Master of Engineering Thesis in Georesources Engineering, Graduate School, Chulalongkorn University.
- CSB. (2006). Investigation report. **Combustible dust hazard study**. Washington, DC: U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board.
- Ebadat, V. (2010). Dust explosion hazard assessment. *Journal of loss prevention in the process industries*, 23(6), 907-912.
- Frank, W. L. (2004). Dust explosion prevention and the critical importance of housekeeping. *Process Safety Progress*, 23(3), 175-184.
- Hassan, J., Khan, F., Amyotte, P., & Ferdous, R. (2014). A model to assess dust explosion occurrence probability. *Journal of hazardous materials*, 268, 140-149.
- Nifuku, M., Tsujita, H., Fujino, K., Takaichi, K., Barre, C., Paya, E., et al. (2006). Ignitability assessment of shredder dusts of refrigerator and the prevention of the dust explosion. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 19(2-3), 181-186.

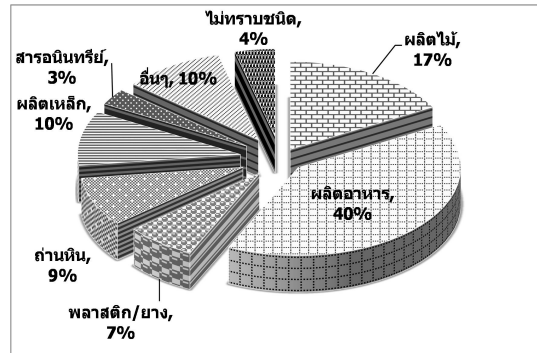
- Yuan, Z., Khakzad, N., Khan, F., & Amyotte, P. (2015). Dust explosions: A threat to the process industries. *Process Safety and Environmental Protection*, 98, 57-71.
- Yuan, Z., Khakzad, N., Khan, F., & Amyotte, P. (2016). Domino effect analysis of dust explosions using Bayesian networks. *Process Safety and Environmental Protection*, 100, 108-116.



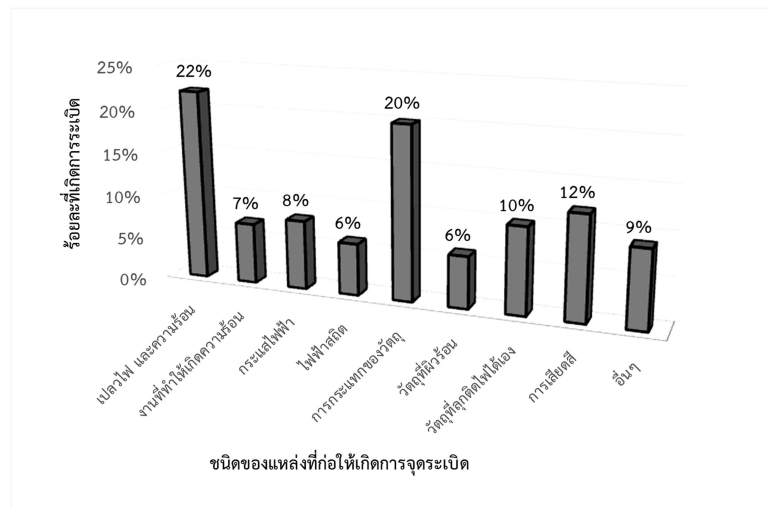
ภาพที่ 1 ระเบิดฝุ่นที่เกิดขึ้นทั่วโลกในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2328-2555  
ที่มา: Yuan et al. (2015)



ภาพที่ 2 องค์ประกอบที่ทำให้เกิดฝุ่นระเบิด  
ที่มา: Amyotte, Rolf, & Eckhoff (2010)



ภาพที่ 3 เชื้อเพลิง(ฝุ่น)ที่เป็นสาเหตุการระเบิดทั่วโลก  
ที่มา: Abbasi T., & Abbasi S.A. (2007)



ภาพที่ 4 แหล่งจุดติดไฟที่ทำให้เกิดการระเบิด  
ที่มา: Abbasi T., & Abbasi S.A. (2007)