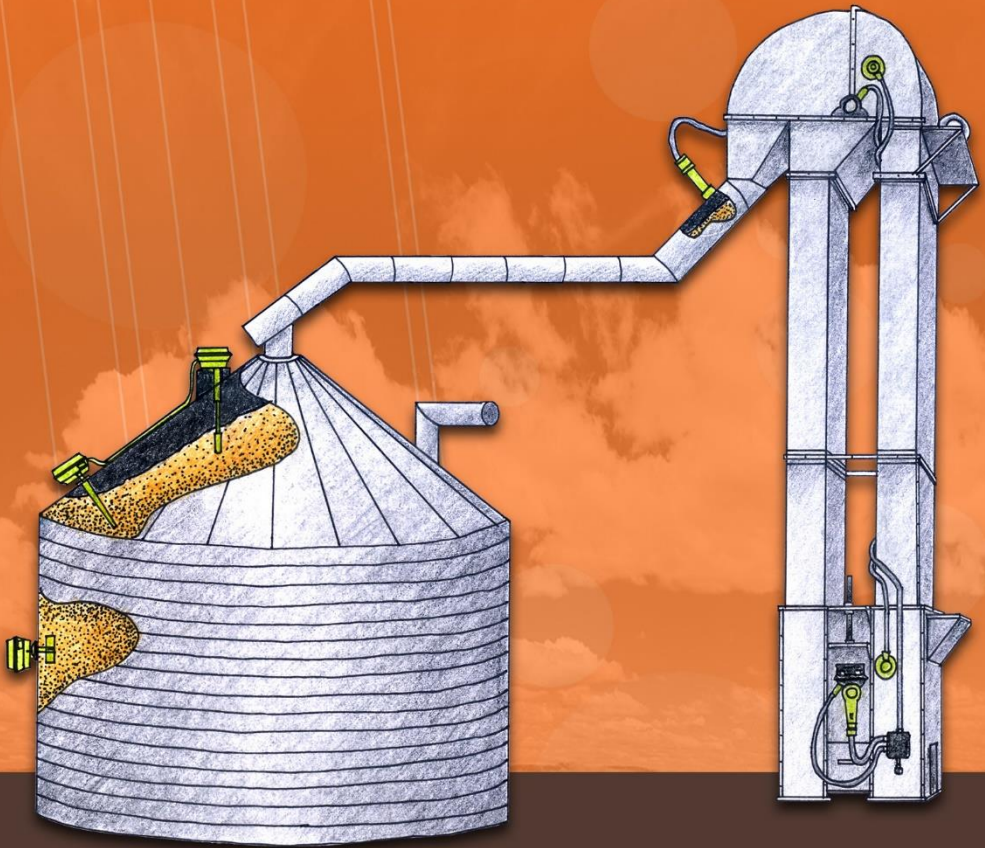


ข้อปฏิบัติเกี่ยวกับความปลอดภัยสำหรับ โรงงานที่มีฝุ่นจากการเกษตรที่ระเบิดได้



กรมโรงงานอุตสาหกรรม
Department of Occupational Safety and Health

สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย
กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

ข้อปฏิบัติเกี่ยวกับความปลอดภัย สำหรับโรงงานที่มีฝุ่นจากการเกษตรที่ระบเปิดได้

โครงการการถ่ายทอดเทคโนโลยีความปลอดภัยแก่สถานประกอบการ

: การจัดการความปลอดภัยโรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิต เก็บ ใช้ผลผลิตการเกษตรที่มีฝุ่น
ที่ระบเปิดได้

การผลิตและการลอกเลียนหนังสือเล่มนี้ ไม่ว่ารูปแบบใดทั้งสิ้น ต้องได้รับอนุญาต
เป็นลายลักษณ์อักษรจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม

พิมพ์ครั้งที่ 1 :

กันยายน พ.ศ. 2556 จำนวน 100 เล่ม

พิมพ์ที่ :

บริษัท ธวิพัฒน์ จำกัด

904/92-93, 906/92 ซอยสุขุมวิท 101/1 แขวงบางนา เขตบางนา กรุงเทพมหานคร

10260 โทรศัพท์ 0-2743-2234-5 แฟกซ์ 0-2393-2757

คำนำ

• • •

ประเทศไทยมีผลผลิตทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก และเป็นประเทศผู้ส่งออกผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญของโลก ในการแปรรูป การจัดเก็บ และการลำเลียงผลผลิตทางการเกษตร จะก่อให้เกิดฝุ่นขนาดเล็กขึ้น ซึ่งพบว่าธัญพืชหลายชนิดทั้งข้าว ข้าวโพด ถั่วเหลือง และกระเทียมแห้งจัดเป็นธัญพืชที่ระเบิดได้เมื่อมีขนาดเล็กๆ ซึ่งในต่างประเทศได้มีการเกิดการระเบิดของฝุ่นธัญพืชหลายครั้ง นำมาซึ่งการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สิน

กรมโรงงานอุตสาหกรรม ตระหนักถึงปัญหาดังกล่าวที่อาจจะเกิดขึ้นได้ จึงได้จัดทำโครงการการถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านความปลอดภัยแก่สถานประกอบการ : การจัดการความปลอดภัยโรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิต เก็บ ใช้ผลผลิตการเกษตรที่มีฝุ่นที่ระเบิดได้ ขึ้นในปีงบประมาณ 2556 โดยเน้นไปที่โรงสีข้าว อบข้าว ปรับปรุงคุณภาพข้าว โรงงานอาหารสัตว์ และกลุ่มโรงงานที่มีการเก็บรักษาและลำเลียงธัญพืชที่ใช้ไซโลและกะพ้อลำเลียง โดยเข้าศึกษาสภาพการทำงานจริงในโรงงานและมาตรการความปลอดภัยเกี่ยวกับการระเบิดของฝุ่น เปรียบเทียบกับมาตรฐาน NFPA ของประเทศสหรัฐอเมริกา และได้พัฒนาขึ้นมาเป็น “ข้อปฏิบัติเกี่ยวกับความปลอดภัยสำหรับโรงงานที่มีฝุ่นจากการเกษตรที่ระเบิดได้”

กรมโรงงานอุตสาหกรรมหวังเป็นอย่างยิ่งว่า “ข้อปฏิบัติเกี่ยวกับความปลอดภัยสำหรับโรงงานที่มีฝุ่นจากการเกษตรที่ระเบิดได้” เล่มนี้ จะเป็นประโยชน์สำหรับโรงงานที่ผลิต เก็บ ใช้ผลผลิตการเกษตรที่มีฝุ่นที่ระเบิดได้ นำไปเป็นแนวทางปฏิบัติในการป้องกันการเกิดระเบิดของฝุ่น เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สิน หากมีข้อคิดเห็นประการใด กรมโรงงานอุตสาหกรรมยินดีน้อมรับ เพื่อนำมาประกอบการพิจารณาปรับปรุงแก้ไขต่อไป

กรมโรงงานอุตสาหกรรม

กันยายน 2556

สารบัญ

• • •

หน้า

คำนำ

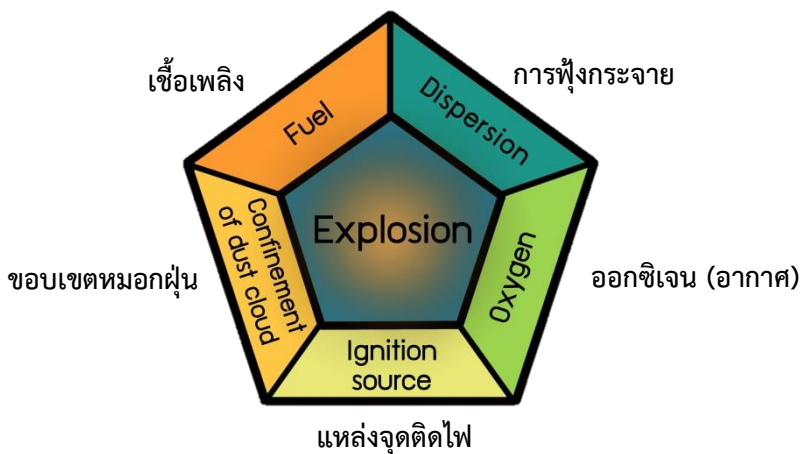
ทฤษฎีการระเบิดของฝุ่น	1
ลักษณะการระเบิดของฝุ่น	4
ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการระเบิดของฝุ่น	5
สถิติการเกิดระเบิดของฝุ่นธัญพืชในประเทศสหรัฐอเมริกา	7
ชนิดของฝุ่นธัญพืชที่ระเบิดได้ในประเทศไทยและต่างประเทศ	8
จุดที่เกิดการระเบิดและแหล่งจุดติดไฟ	10
กระบวนการผลิตและจุดเสี่ยงในการระเบิดของฝุ่น	13
1. กลุ่มโรงสีข้าว อบข้าว หรือปรับปรุงคุณภาพข้าว	13
2. กลุ่มโรงงานผลิตอาหารสัตว์	16
3. กลุ่มโรงงานที่มีการเก็บรักษาและลำเลียงธัญพืชอื่นๆ ที่ใช้ไซโลและ กะพ้อลำเลียง	19
ข้อกำหนดทั่วไป	21
ข้อปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยของอุปกรณ์ชนิดต่างๆ	22
1. กะพ้อลำเลียง	22
2. ไซโล ถัง ภาชนะบรรจุ	29
3. ระบบลำเลียง	30
4. เครื่องอบแห้ง	32
5. เครื่องตักฝุ่น	34
6. อุปกรณ์กำจัดวัสดุแปลกปลอม	37
7. ตลับลูกปืน	37

	หน้า
การจัดการความปลอดภัย	39
1. การทำงานที่มีความร้อนหรือประกายไฟ	39
2. การป้องกันและระงับอัคคีภัย	40
3. การฝึกอบรม	41
4. การบำรุงรักษา	42
5. การป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่น	43
ภาคผนวก	44
บรรณานุกรม	48

ทฤษฎีการระเบิดของฝุ่น

• • •

การเกิดการระเบิดของฝุ่น จะเกิดขึ้นได้ต้องมีองค์ประกอบครบทั้ง 5 องค์ประกอบ ซึ่งนอกจากประกอบด้วยองค์ประกอบพื้นฐานการเกิดไฟ คือ เชื้อเพลิง ออกซิเจน และ ความร้อน แล้วยังเพิ่มอีกสององค์ประกอบ คือ การฟุ้งกระจาย และขอบเขตหมอกฝุ่น รวมกันเรียกว่า ห้าเหลี่ยมการระเบิดของฝุ่น โดยมีรายละเอียดดังนี้



1. เชื้อเพลิง (Fuel)

เชื้อเพลิงที่สามารถเกิดการระเบิดได้นั้นจะต้องเป็นฝุ่นที่สามารถติดไฟได้ มีขนาดเล็กกว่า 420 ไมครอน (microns) โดยทั่วไปฝุ่นที่ติดไฟจะแบ่งออกเป็น

☛ ฝุ่นสารอินทรีย์ ได้แก่ ฝุ่นข้าวโพด ฝุ่นข้าวสาลี ฝุ่นข้าว ฝุ่นถั่วเหลือง ฝุ่นแป้งมันสำปะหลัง ฝุ่นน้ำตาล

☛ ฝุ่นสารอินทรีย์สังเคราะห์ ได้แก่ ฝุ่นพลาสติก ฝุ่นเรซิน (Resin) ฝุ่นยา ฝุ่นยาฆ่าแมลง

• • •

 ผุํนถํานและถํานหิน ได้แกํ ผุํนถํานไม้ ผุํนถํานหินชนิดลิกไนต์ (Lignite) ผุํนถํานหินชนิดบิทูมินัส (Bituminous) ผุํนถํานไค้ก

 ผุํนโลหะ ได้แกํ ผุํนอะลูมิเนียม ผุํนสังกะสี ผุํนบรอนซ์ (Bronze) ผุํนแมกนีเซียม ผุํนเหล็ก

2. ออกซิเจน (Oxygen)

อากาศที่มีปริมาณออกซิเจนมากกว่า 21% ทำให้ผุํนลุกติดไฟได้อย่างรวดเร็ว แต่ถํ้าปริมาณออกซิเจนลดลง ความเร็วในการเผาไหม้ก็จะลดลงตาม ปริมาณออกซิเจนต่ำสุดในบรรยากาศที่ต้องการเพื่อให้เกิดการลุกไหม้คือ 14 – 16%

3. แหล่งจุดติดไฟ (Ignition source)

แหล่งจุดติดไฟ ต้องมีพลังงานที่เพียงพอในการเกิดการเผาไหม้ของผุํน และ กระตุ้นการแพร่ขยายของเปลวไฟออกไปเป็นวงกว้างและสัมผัสกับผุํนที่แขวนลอยอยู่ในบรรยากาศ พลังงานต่ำสุดที่ใช้ในการจุดติดไฟจะเปลี่ยนแปลงตามขนาดและชนิดของผุํน เช่น ขนาดผุํนเท่ากัน ค่าพลังงานต่ำสุดในการจุดติดไฟของผุํนโพลีเอทิลีนจะมีค่าสูงกว่า พลังงานต่ำสุดในการจุดติดไฟของผุํนอะลูมิเนียม

แหล่งจุดติดไฟที่พบเห็นทั่วไป ได้แกํ

(1) เปลวไฟทั่วไป เช่น บุหรี่ เปลวไฟจากเตา สะเก็ดไฟที่เกิดจากการเชื่อม และการตัดโลหะ เป็นต้น

(2) ประกายไฟและความร้อนจากเครื่องมือหรืออุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น ประกายไฟที่เกิดจากมอเตอร์ไฟฟ้า การเปิดปิดสวิตช์ไฟฟ้า การลัดวงจร ฟิวส์ สายไฟ และ เต้าเสียบ สะเก็ดไฟที่เกิดจากการแตกกระเบิดของหลอดไฟ ส่วนที่ร้อนจัดของมอเตอร์และ อุปกรณ์ให้แสงสว่าง และการลุกไหม้ของไอนํ้ามันที่บรรจุอยู่ในหม้อแปลงไฟฟ้า เป็นต้น

(3) ไฟฟ้าสถิต เกิดจากการเสียดสีระหว่างผุํนกับโลหะและระหว่างผุํนกับอากาศ กระบวนการผลิตที่มักก่อให้เกิดไฟฟ้าสถิตได้นั้น คือ การบดย่อย การคัดแยก

ขนาด การชนย้ายโดยใช้ระบบลม เพื่อป้องกันอันตราย ต้องต่อฝากระหว่างบริเวณที่เป็นโลหะของส่วนและเครื่องจักรอุปกรณ์เข้าด้วยกัน และมีการต่อลงดิน สำหรับอุปกรณ์ที่มีโอกาสเกิดการสะสมประจุไฟฟ้าสถิตได้ง่าย เช่น ท่อขนส่ง สายพานลำเลียง เครื่องดักฝุ่น และถังบรรจุ เป็นต้น

(4) ความร้อนเฉพาะจุดของเครื่องจักรอุปกรณ์และประกายไฟที่เกิดจากการกระแทกหรือเสียดสี เช่น การร่อนจัดของตลับลูกปืนโลหะ การหลุดเข้ามาของวัตถุหรือชิ้นส่วนแปลกปลอมในกะพ้อลำเลียง เครื่องบดย่อย และเครื่องคัดขนาด การสัมผัสระหว่างใบพัดหรือชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ของเครื่องจักรกับอุปกรณ์ป้องกันอันตราย (Guard) หรือการใช้เครื่องมืออุปกรณ์จำพวกค้อน และไขควง เป็นต้น

4. การฟุ้งกระจาย (Dispersion)

ฝุ่นที่ฟุ้งกระจายต้องมีความเข้มข้นประมาณตั้งแต่ 25 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ที่มา: งานวิจัยของ Murray Jacobson และคณะ University of Michigan, 1961) จึงจะเกิดการระเบิดได้ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการฟุ้งกระจายของฝุ่น ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะเฉพาะตัวของฝุ่นแต่ละชนิด และขนาดอนุภาค ความรุนแรงของการระเบิดจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของฝุ่น ถ้าความเข้มข้นฝุ่นยิ่งมาก จะให้ค่าความรุนแรงของการเกิดฝุ่นระเบิดมากตามไปด้วย แต่ถ้ามีความชื้นสูงจะทำให้การฟุ้งกระจายของฝุ่นลดลงได้

5. ขอบเขตหมอกฝุ่น (Confinement of dust cloud)

ขอบเขตหมอกฝุ่นในที่นี้หมายถึง เครื่องจักรและอุปกรณ์ในกระบวนการผลิตที่มีฝุ่นแขวนลอยอยู่ภายใน เช่น เครื่องบด เครื่องผสม ตะแกรงคัดขนาด เครื่องอบ ไซโคลน ถังกรอง สายพานลำเลียง ไซโล กะพ้อลำเลียง และห้องที่ปิดจะช่วยเพิ่มแรงดันของการระเบิด หรือพื้นที่เปิดโล่งที่มองเห็นเป็นกลุ่มของฝุ่นฟุ้งกระจายอยู่ ก็เป็นขอบเขตหมอกฝุ่นเช่นกัน

ลักษณะการระเบิดของฝุ่น

การระเบิดแบบปฐมภูมิ (Primary explosion) เป็นการเกิดระเบิดครั้งแรกภายในอุปกรณ์หรือภาชนะบรรจุ ความดันจากการระเบิด ทำให้กองฝุ่นที่อยู่ตามพื้นเพดาน คาน หรือส่วนบนของเครื่องจักรฟุ้งกระจายขึ้นเป็นหมอกฝุ่น



การเกิดระเบิดแบบทุติยภูมิ (Secondary explosion) เป็นการเกิดระเบิดครั้งที่สอง ต่อเนื่องมาจากการระเบิดแบบปฐมภูมิ ความดันทำให้ฝุ่นที่ฟุ้งกระจายเมื่อมีเปลวไฟหรือความร้อนก่อให้เกิดการระเบิดครั้งที่สองขึ้น ซึ่งจะรุนแรงกว่าการระเบิดครั้งแรก และอาจเกิดระเบิดต่อเนื่องไปได้อีก



ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการระเบิดของฝุ่น แบ่งออกเป็น 2 ปัจจัย คือ

1. ความไวในการจุดติดไฟหรือความยากง่ายในการระเบิด ขึ้นอยู่กับสิ่งต่อไปนี้

✚ ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ระเบิดได้ (Minimum explosion concentration; MEC) หมายถึง ค่าปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นที่ลอยอยู่ในอากาศจนมีสภาพเป็นกลุ่มหมอกฝุ่น (Dust cloud) ต่ำสุดที่ก่อให้เกิดการระเบิดได้ โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 25 กรัมต่อลูกบาศก์เมตรขึ้นไป

✚ ค่าพลังงานต่ำสุดในการจุดติดไฟ (Minimum ignition energy; MIE) หมายถึง ค่าพลังงานต่ำที่สุดที่จะจุดระเบิดฝุ่น ถ้าความชื้นของฝุ่นมากต้องใช้พลังงานในการจุดติดไฟมาก

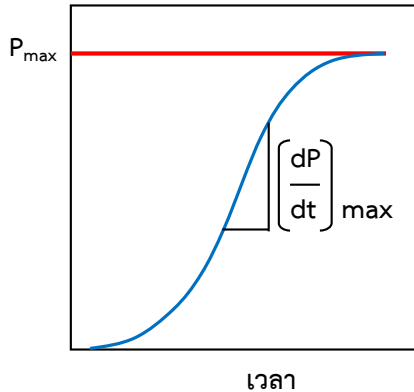
✚ ค่าอุณหภูมิต่ำสุดในการจุดติดไฟ (Minimum ignition temperature; MIT) หมายถึง ค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่ฝุ่นสามารถติดไฟได้ ปกติจะมี 2 ค่าคือ อุณหภูมิต่ำสุดในการจุดติดไฟที่เป็นหมอกฝุ่น (Dust cloud) กับเป็นกองฝุ่น (Layer)

2. ความรุนแรงในการระเบิด ขึ้นอยู่กับสิ่งต่อไปนี้

✚ ค่าความดันสูงสุดที่เกิดการระเบิด (Maximum explosion pressure; P_{max}) หมายถึง ความดันสูงสุดที่ทำให้ฝุ่นในภาชนะปิดขนาด 20 ลิตร หรือ 1,000 ลิตร เกิดการระเบิด มีหน่วยเป็นบาร์หรือปอนด์ต่อตารางนิ้ว

✚ ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงสูงสุดของความดันเทียบกับเวลา $\left(\frac{dP}{dt}\right)_{max}$ หมายถึง ค่าความดันเริ่มต้นการระเบิดจนถึงค่าความดันสูงสุดของการระเบิดในเวลาอย่างน้อยความรุนแรงจากการระเบิดยิ่งมาก

ความดันจากการระเบิด



สถิติการเกิดระเบิดของฝุ่นธัญพืชในประเทศสหรัฐอเมริกา

• • •

ตั้งแต่ ค.ศ.1996 – 2005 (พ.ศ.2539 – 2548) เกิดการระเบิดของฝุ่นธัญพืชในสหรัฐอเมริกา 106 ครั้ง หรือเฉลี่ยปีละ 10 ครั้ง มีผู้เสียชีวิต 16 คน บาดเจ็บ 126 คน ทรัพย์สินเสียหายกว่า 160.1 ล้านดอลลาร์สหรัฐ สำหรับในประเทศไทยพบว่าการระเบิดของฝุ่นธัญพืชแต่ไม่มีการรายงานอย่างเป็นทางการ

ตารางที่ 1 แสดงสถิติการเกิดระเบิดฝุ่นธัญพืชในประเทศสหรัฐอเมริกา

ปี ค.ศ.	จำนวนการเกิด (ครั้ง)	ผู้เสียชีวิต (ราย)	ผู้บาดเจ็บ (ราย)	ทรัพย์สินเสียหาย (Million, \$)
1996	13	1	19	29.6
1997	16	1	14	11.4
1998	18	7	24	29.8
1999	7	0	19	4.4
2000	8	1	12	8.2
2001	9	1	7	5.3
2002	8	1	8	5.1
2003	8	2	8	10.1
2004	6	0	4	2.7
2005	13	2	11	56.2
รวม	106	16	126	162.8

ที่มา : Robert W. Schoeff, Kansas state university, USA (2006)

• • •

ชนิดของฝู่นัณพีชที่ระเบดได้ในประเทศไทยและต่างประเทศ

• • •

ฝู่นัณพีชที่ระเบดได้โดยทั่วไต้ต้องเป็นัณพีชที่ติดไฟได้และมีขนาดเล้กกว่า 420 ไมโครเมตร สำหรับในประเทศไทยมีัณพีชจำนวนมาก แต่จะมีขนาดใหญ่มากว่า 420 ไมโครเมตร จึงมีความเสี่ยงในการระเบดของฝู่น้อยลง แต่หากในอนาคตมีการแปรรูป ด้วยการลดขนาดของัณพีชลง ความเสี่ยงในการระเบดของฝู่นก็จะเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 2 แสดงชนิดของฝู่นที่ระเบดได้ ความไวในการจุดติดไฟ และความรุนแรงในการระเบด

ตารางที่ 2 ชนิดของฝู่นที่ระเบดได้ พร้อมกับความไวในการจุดติดไฟและความรุนแรงในการระเบด

ชนิดของฝู่น	ความไวในการจุดติดไฟ				ความรุนแรงในการระเบด	
	MEC (g/m ³)	MIE (mJ)	MIT (°C)		Pmax (bar)	Max. rate of pressure rise(bar/s)
			Cloud	Layer		
กาแฟ (Coffee)	85	160	410	350	3.03	34.45
โกโก้ (Cocoa)	45	100	420	200	4.34	82.68
กระเทียม (Garlic)	100	240	360	-	3.92	89.57
ข้าว (Rice)	45	40	440	-	6.41	248.04
ข้าวโพด (Corn)	45	40	400	250	6.54	413.40
ข้าวสาลี (Wheat)	55	60	480	220	7.09	248.04
ซังข้าวโพด (Corncob)	30	40	400	190	7.58	344.50

• • •

ตารางที่ 2 ชนิดของฝุ่นที่ระเบิดได้ พร้อมกับความไวในการจุดติดไฟและความรุนแรงในการระเบิด (ต่อ)

ชนิดของฝุ่น	ความไวในการจุดติดไฟ				ความรุนแรงในการระเบิด	
	MEC (g/m ³)	MIE (mJ)	MIT (°C)		Pmax (bar)	Max. rate of pressure rise(bar/s)
			Cloud	Layer		
ถั่วเหลือง (Soy bean)	35	50	520	-	6.82	447.85
เปลือกถั่ว (Nut shells)	30	30	420	210	7.30	323.38
แป้งข้าวโพด (Cornstarch)	40	20	380	300	7.92	620.10
แป้งข้าวสาลี (Wheat starch)	25	20	380	210	7.23	585.65
แป้งมันฝรั่ง (Potato starch)	45	20	440	210	6.68	551.20
มอลต์ (Malt) ทำเบียร์	55	30	400	250	6.34	303.16
เมล็ดฝ้าย (Cotton seed)	50	60	470	210	7.17	206.70
เมล็ดหญ้า (Grass seed)	60	80	470	180	5.24	68.90
หัวหอม (Onion)	132	>8,320	410	-	1.24	6.89
อบเชย (Cinnamon)	60	30	440	230	7.85	268.71

ที่มา : งานวิจัยของ Murray Jacobson และคณะ (University of Michigan), (1961)

จุดที่เกิดการระเบิดและแหล่งจุดติดไฟ

• • •

1. จุดที่เกิดการระเบิด

จากผลการสอบสวนอุบัติเหตุการระเบิดของฝุ่นทั้ง 106 ครั้ง ตามตารางที่ 1 พบว่าจุดเริ่มของการระเบิดของฝุ่นครั้งแรก เกิดที่กะพ้อลำเลียงถึง 51 ครั้งหรือ 48% และเครื่องโม่อาหารสัตว์ 25 ครั้งหรือประมาณ 24% ที่เหลือส่วนใหญ่จะเกิดที่เครื่องโม่ ธัญพืชต่าง ๆ ไชโล หรือถังเก็บ เครื่องบด เครื่องอบและถุงกรองฝุ่น รายละเอียดดังใน ตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงจุดที่เกิดระเบิดครั้งแรกและจำนวนครั้งในการระเบิด

จุดที่เกิดการระเบิดครั้งแรก	จำนวนการระเบิด (ครั้ง)
กะพ้อลำเลียง (Bucket or grain elevator)	51
เครื่องโม่อาหารสัตว์ (Feed mill)	25
เครื่องโม่แป้ง (Flour mill)	4
เครื่องโม่ข้าวโพด แบบเปียก (Corn milling, wet)	3
ถังเก็บ (Storage bin) / ไชโลเก็บธัญพืช (Grain storage silo)	2
เครื่องสีข้าว (Rice mill)	1
เครื่องโม่ข้าวโพด แบบแห้ง (Corn milling, dry)	1
อื่นๆ เช่น - ถุงกรอง (Bag filter) / อุปกรณ์ดักฝุ่น (Dust collector) - ตะแกรง (Sifter)	19

• • •

ตารางที่ 3 แสดงจุดที่เกิดระเบิดครั้งแรกและจำนวนครั้งในการระเบิด (ต่อ)

จุดที่เกิดการระเบิดครั้งแรก	จำนวนการระเบิด (ครั้ง)
อื่นๆ เช่น - บริเวณผสม (Mixing area) - เครื่องบด (Grinder) - ระบบการชั่งน้ำหนัก (Scale system) - ห้องที่มีกระบวนการขัดฉัณูพืช [Polishing (grain) room] - ที่กองเก็บฉัณูพืชในโกดัง (Warehouse basement) - เครื่องอบเม็ด (Pellet dryer) - เครื่องผสม (Mixer) - สายพานลำเลียง (Conveyor) - ราง (Spout) - อาคารคลุมไซโล (Head house)	

ที่มา : Robert W. Schoeff, Kansas state university, USA (2005)

2. แหล่งจุดติดไฟ (Ignition source)

จากผลการสอบสวนอุบัติเหตุการระเบิดของฝุ่นทั้ง 106 ครั้ง ตามตารางที่ 1 สันนิษฐานว่าแหล่งจุดติดไฟที่สำคัญ เรียงตามลำดับความถี่ในการเกิดคือ

- 1) งานเชื่อม งานตัด โดยใช้เครื่องเชื่อมไฟฟ้าหรือเครื่องเชื่อมก๊าซ
- 2) เตาเผาหรือสะเก็ดไฟ กรณีที่ใช้ตู้อบโดยใช้ความร้อนจากเตาเผา หรือสะเก็ดไฟจากท่อไอเสียรถยนต์

- 3) ความร้อนจากการชำรุดของตลับลูกปืน โดยเฉพาะตลับลูกปืนของกะพ้อ ลำเลียง สายพานลำเลียง สกรูลำเลียง หรือพัดลมดูดอากาศ
- 4) ไฟฟ้าสถิต เกิดจากการที่ฝุ่นธัญพืชเคลื่อนที่เสียดสีกันเอง หรือเสียดสีกับผนังโลหะในท่อลำเลียง
- 5) ประกายไฟจากโลหะ เกิดจากเศษโลหะปนเข้ามาพร้อมกับธัญพืช ทำให้เศษโลหะกระทบกับโครงสร้างระบบลำเลียงที่เป็นโลหะ หรือการหลุดของลูกกะพ้อที่เป็นโลหะทำให้กระทบกับโครงสร้างกะพ้อ
- 6) โลหะร้อน อาจเกิดจากผิวของอุปกรณ์ มอเตอร์ไฟฟ้า คอมไฟ ท่อจ่ายไอน้ำ หรือท่อน้ำมันร้อน เครื่องยนต์ ท่อไอเสียรถยนต์
- 7) ประกายไฟจากไฟฟ้า ชั่วไฟฟ้าที่หลวมหรือต่อไม่แน่น
- 8) การสูบบุหรี่ ทั้งจากคนงานหรือผู้เข้ามาทำงาน

กระบวนการผลิตและจุดเสี่ยงในการระเบิดของฝุ่น

• • •

กลุ่มอุตสาหกรรมหลักที่มีฝุ่นจากการเกษตรที่ระเบิดได้มี 3 กลุ่ม ได้แก่

1. กลุ่มโรงสีข้าว อบข้าว หรือปรับปรุงคุณภาพข้าว
2. กลุ่มโรงงานผลิตอาหารสัตว์
3. โรงงานที่มีการเก็บรักษาและลำเลียงธัญพืชอื่นๆ ที่ใช้ไซโลและกะพ้อลำเลียง

ซึ่งแต่ละกลุ่มมีกระบวนการผลิตและจุดเสี่ยง ดังต่อไปนี้

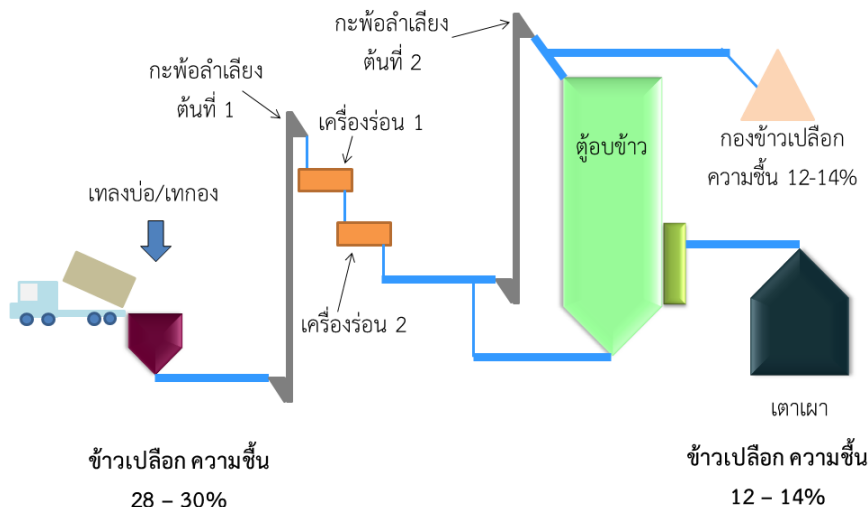
1. กลุ่มโรงสีข้าว อบข้าว หรือปรับปรุงคุณภาพข้าว

1.1 กระบวนการผลิต

1) กระบวนการอบข้าว

ข้าวเปลือกที่มีความชื้นประมาณ 28-30% จะถูกเทลงบ่อรับข้าวเปลือก แล้วป้อนด้วยสายพานลำเลียงไปยังกะพ้อลำเลียงต้นที่ 1 ข้าวเปลือกจะถูกลำเลียงขึ้นด้านบนแล้วผ่านตะแกรงร่อน 2 ชุด เพื่อคัดสิ่งสกปรกหรือสิ่งปนเปื้อนออก ข้าวเปลือกที่สะอาดจะถูกป้อนเข้ากะพ้อลำเลียงต้นที่ 2 เพื่อลำเลียงขึ้นด้านบน แล้วปล่อยเข้าไปในตูบข้าว ด้านข้างตูบจะมีเตาเผาให้ความร้อนซึ่งส่วนใหญ่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง เมื่อเตาเผาเกิดความร้อนจากการเผาไหม้ ได้อุณหภูมิที่กำหนด ความร้อนจะถูกป้อนเข้ามาในตูบข้าว ข้าวในตูบจะไหลจากด้านบนลงสู่ด้านล่าง แล้วจะหมุนเวียนขึ้นไปที่ด้านบนใหม่ด้วยกะพ้อลำเลียง เวลาในการอบประมาณ 14 - 18 ชั่วโมง เมื่อข้าวเปลือกมีความชื้นเหลือ 12% จะหมุนเวียนข้าวเปลือกต่ออีกประมาณ 1 ชั่วโมง โดยหยุดจ่ายลมร้อนจากเตาเผาให้ความร้อน เมื่อข้าวมีอุณหภูมิปกติก็就会被ป้อนจากตูบไปกองเก็บไว้ ดังแสดงในรูปที่ 1

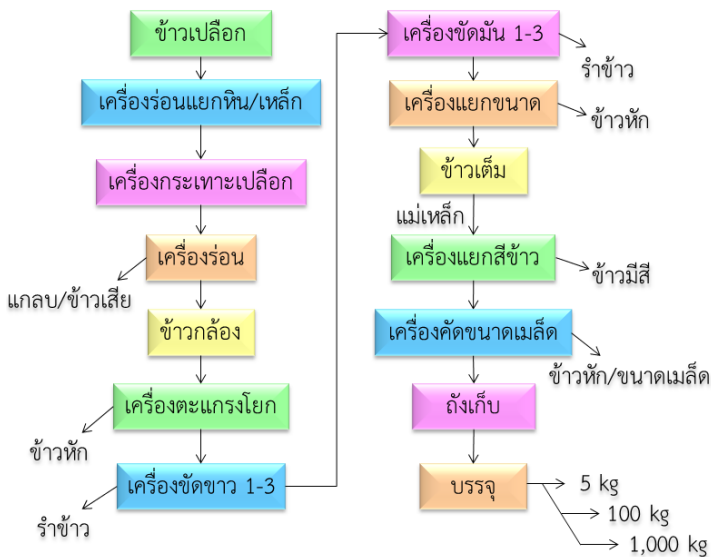
• • •



รูปที่ 1 กระบวนการอบข้าว

2) กระบวนการสีข้าวและปรับปรุงคุณภาพข้าว

ข้าวเปลือกที่ผ่านการอบหรือข้าวเปลือกที่มีความชื้นประมาณ 12 - 14% ถูกส่งเข้าเครื่องร่อนเพื่อคัดแยกสิ่งสกปรกจำพวกเศษหิน โลหะ ฟางข้าวและอื่นๆ จากนั้นส่งเข้าเครื่องกระเทาะเปลือก แล้วเข้าเครื่องร่อน เพื่อแยกแกลบกับข้าวลีบหรือไม่ได้ขนาดออกไป เหลือเป็นข้าวกล้อง ผ่านเข้าตะแกรงโยกเพื่อแยกข้าวหักออก จากนั้นเข้าเครื่องขัดข้าวครั้งที่ 1, 2 และ 3 ช่วงนี้จะได้รำข้าวเรียกว่ารำสด และข้าวขาวที่ขัดมันแล้ว ผ่านเข้าเครื่องแยกขนาดเพื่อแยกข้าวที่หักออก ก่อนบ่อนเข้าเครื่องแยกสีข้าว (Color sorter) ที่มีสีผิดเพี้ยนออกไป โดยที่เครื่องแยกสีข้าวจะมีแผงแม่เหล็กดูดจับโลหะ จากนั้นข้าวจะถูกส่งไปยังเครื่องคัดขนาดอีกครั้งเพื่อแยกข้าวหักหรือข้าวที่ไม่ได้ขนาดออก ข้าวที่ปรับปรุงคุณภาพแล้ว จะถูกส่งเข้าถังเก็บและบรรจุข้าวตามน้ำหนักต่างๆ ที่ต้องการต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 กระบวนการสีข้าวและปรับปรุงคุณภาพข้าว

1.2 จุดเสี่ยงที่จะเกิดไฟไหม้หรือการระเบิดของฝุ่น ได้แก่

✚ ตูบข้าว ขณะที่มีการอบข้าว หากข้าวในตูบไม่เคลื่อนที่แต่ยังมีความร้อนจากเตาเผาป้อนเข้ามา ทำให้ข้าวเปลือกได้รับความร้อนเฉพาะจุดสูง เกิดการลุกไหม้ขึ้นได้ หรือกรณีที่เกิดไฟหรือลูกไฟจากเตาเผาถูกกำจัดไม่หมด จะทำให้ตูบข้าวเกิดการลุกไหม้ได้

✚ กะพ้อลำเลียง ขณะลำเลียงข้าว เกิดฝุ่นข้าวฟุ้งกระจายอยู่ภายในกะพ้อลำเลียง เมื่อเกิดความร้อนหรือประกายไฟ จากเศษโลหะที่ติดเข้ามา สายพานกะพ้อสั้น ลูกกะพ้อเหล็กหลุดเสียดสีกับโครงกะพ้อ สายพานกะพ้อตั้งไม่ตรงแนว ทำให้เอียงเสียดสีกับผนังกะพ้อ ทำให้เกิดไฟไหม้หรือระเบิดในกะพ้อลำเลียง

✚ ไซโลหรือถังบรรจุ (Bin) ขณะที่มีการเติมข้าวเข้ามาในไซโลหรือถังบรรจุจะทำให้ฝุ่นฟุ้งกระจายจำนวนมาก และหากเกิดการระเบิดแบบปฏิกิริยาลูกโซ่

กะพ้อลำเลียงหรือสายพานลำเลียง ความร้อนก็จะเข้ามาในไซโลหรือถังบรรจุ ทำให้เกิดไฟไหม้หรือการระเบิดแบบทุติยภูมิได้

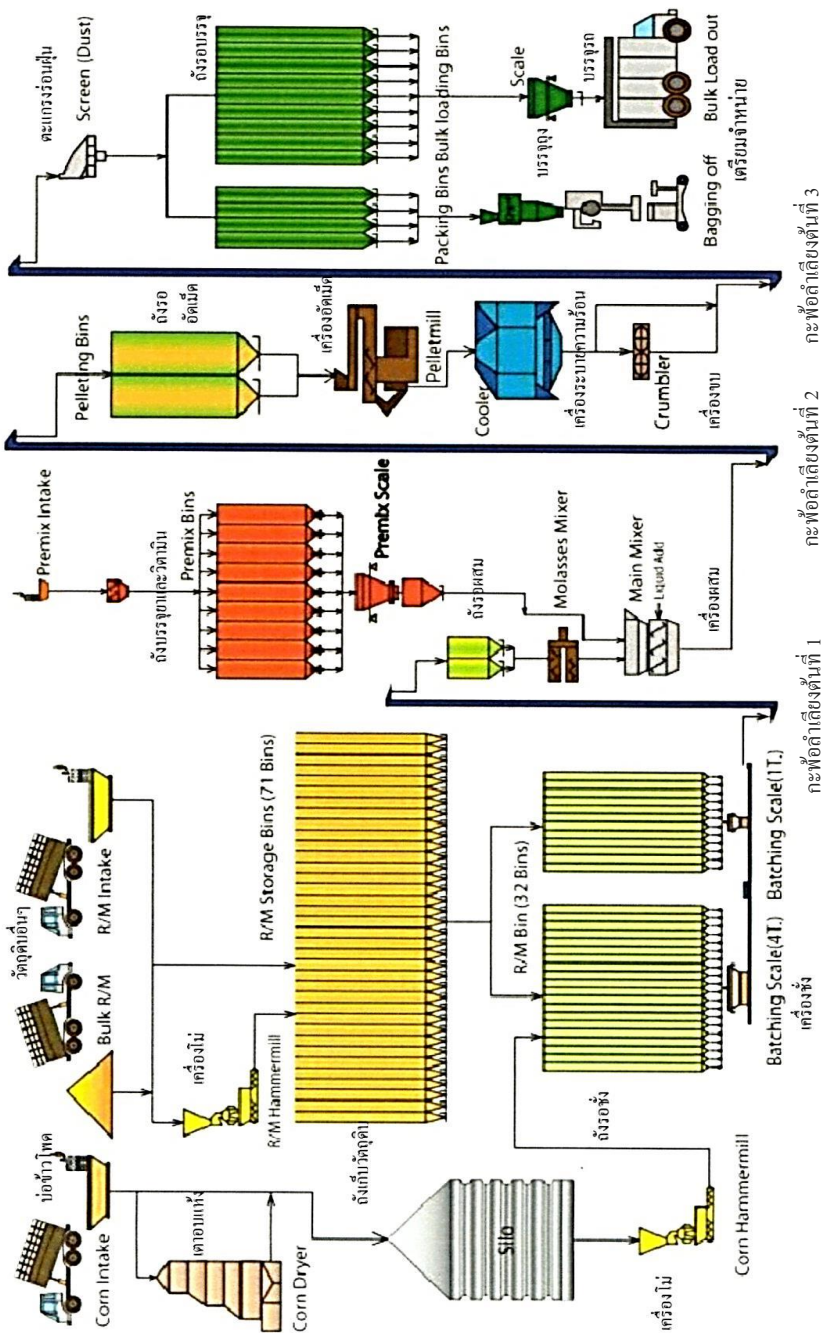


ถุงกรอง (Bag filter) / ไซโคลน ขณะที่ถุงกรองหรือไซโคลนรวบรวมฝุ่นข้าวและถั่วมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง MEC เมื่อมีความร้อนหรือประกายไฟจากเศษโลหะที่ติดเข้ามา หรือการระเบิดแบบปฐมภูมิจากกะพ้อลำเลียง ทำให้เกิดการระเบิดแบบปฐมภูมิหรือทุติยภูมิขึ้นมาได้

2. กลุ่มโรงงานผลิตอาหารสัตว์

2.1 กระบวนการผลิต

การผลิตอาหารสัตว์ ทั้งสัตว์บกและสัตว์น้ำมีกระบวนการผลิตคล้ายกัน แตกต่างกันที่วัตถุดิบ กระบวนการผลิตเริ่มต้นจากการเทเมล็ดข้าวโพดจากการถบรททุกลบ่อ เมล็ดข้าวโพดที่มีความชื้นสูงจะถูกลำเลียงเข้าเตาอบเพื่อลดความชื้น ก่อนลำเลียงไปเก็บในไซโล จากนั้นจะถูกลำเลียงเข้าเครื่องโม่ ให้ได้ขนาดตามต้องการแล้วส่งไปยังรอซัง สำหรับวัตถุดิบอื่น ได้แก่ กากถั่วเหลือง ข้าวสาลี รำสด มันเม็ด และปลาป่น กรณีที่ยังไม่ได้ขนาดตามต้องการจะผ่านเครื่องโม่ก่อน แต่ถ้าได้ขนาดแล้วจะส่งไปเก็บในถังเก็บวัตถุดิบ ส่วน โมลาส (Molasses) ยาและวิตามินจะเก็บไว้ในถังบรรจุ จากนั้นป้อนวัตถุดิบแต่ละชนิดเข้าเครื่องชั่งตามสูตรของอาหารสัตว์แต่ละชนิด ทั้งอาหารสุกร ไก่ เป็ด กุ้ง และปลา แล้วลำเลียงด้วยกะพ้อลำเลียงต้นที่ 1 ไปยังถังผสมผ่านแม่เหล็กเพื่อดักเศษโลหะ แล้วเข้าเครื่องผสม ส่วนอีกด้านก็จะผสมยา วิตามิน โมลาสเข้าด้วยกัน จากนั้นจะถูกป้อนเข้าเครื่องผสมข้าวโพดกับวัตถุดิบอื่นๆ เมื่อเครื่องผสมทำงานจนวัตถุดิบต่างๆ คลุกเคล้ากันดีแล้วจะถูกส่งไปยังถังรออัดเม็ดด้วยกะพ้อลำเลียงต้นที่ 2 แล้วเข้าเครื่องอัดเม็ด ผ่านเครื่องระบายความร้อน เครื่องขบ แล้วขึ้นกะพ้อลำเลียงต้นที่ 3 เข้าตะแกรงร่อนฝุ่น เข้าถังรอบรรจุ ผ่านตาชั่งแล้วบรรจุถุงขนาดต่างๆ หรือลงถังบรรจุบนรถบรรทุก ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 กระบวนการผลิตอาหารสัตว์

2.2 จุดเสี่ยงที่จะเกิดไฟไหม้หรือการระเบิดของฝุ่น ได้แก่

 กะป้อลำเลียง ขณะลำเลียงข้าวสารี จะเกิดฝุ่นข้าวสารีฟุ้งกระจายอยู่ภายในกะป้อลำเลียง เมื่อเกิดความร้อนหรือประกายไฟ จากเศษโลหะที่ติดเข้ามาสายพานกะป้อสั้น ลูกกะป้อเหล็กหลุดเสียดสีกับโครงกะป้อ สายพานกะป้อตั้งไม่ตรงแนว ทำให้เอียงเสียดสีกับผนังกะป้อ ทำให้เกิดไฟไหม้หรือระเบิดในกะป้อลำเลียง

 ไซโลหรือถังบรรจุ (Bin) ขณะที่มีการเติมข้าวสารีเข้ามาในไซโลหรือถังบรรจุจะทำให้ฝุ่นฟุ้งกระจายจำนวนมาก และหากเกิดการระเบิดแบบปฏิกิริยาจากกะป้อลำเลียงหรือสายพานลำเลียง ความร้อนก็จะเข้ามาในไซโลหรือถังบรรจุ ทำให้เกิดไฟไหม้หรือการระเบิดแบบทุติยภูมิได้

 ถุงกรอง (Bag filter) / ไซโคลน ขณะที่ถุงกรองหรือไซโคลนรวบรวมฝุ่นข้าวสารีและถ้ามีความเข้มข้นอยู่ในช่วง MEC เมื่อมีความร้อนหรือประกายไฟจากเศษโลหะที่ติดเข้ามา หรือการระเบิดแบบปฏิกิริยาจากกะป้อลำเลียง ทำให้เกิดการระเบิดแบบปฏิกิริยาหรือทุติยภูมิขึ้นมาได้

 เครื่องโมเมลัดพีช เมื่อป้อนธัญพืชเข้าเครื่องโม ในเครื่องโมจะทำหน้าที่ย่อยหรือลดขนาดของธัญพืชโดยวิธีการกระแทก ตี หรือเสียดสี ทำให้ขนาดของธัญพืชเล็กลง และมีบางส่วนเล็กกว่า 420 ไมโครเมตร ฟุ้งกระจายเป็นจำนวนมาก เมื่อมีเศษโลหะติดเข้ามาในเครื่องโมเมลัดพีช เกิดการเสียดสีหรือกระแทก ก่อให้เกิดความร้อน ประกายไฟ ทำให้ฝุ่นที่ฟุ้งกระจายเกิดไฟไหม้หรือระเบิดได้

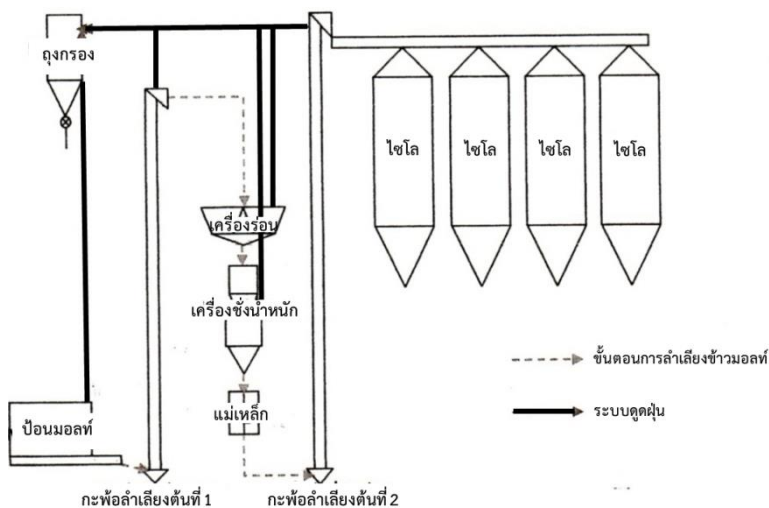
 บ่อเวท็ดทุติบ ขณะเทธัญพืชลงในบ่อทำให้ฝุ่นธัญพืชขนาดเล็กจำนวนมากฟุ้งกระจาย เมื่อมีความร้อนหรือประกายไฟ จากเศษโลหะหรืออุปกรณ์ไฟฟ้า ทำให้เกิดไฟไหม้หรือระเบิดได้

3. กลุ่มโรงงานที่มีการเก็บรักษาและลำเลียงธัญพืชอื่นๆ ที่ใช้ไซโล และกะพ้อลำเลียง

กลุ่มโรงงานที่มีการเก็บรักษาและลำเลียงธัญพืชอื่นๆ ที่ใช้ไซโล และกะพ้อลำเลียง ลำเลียง เช่น โรงงานผลิตเบียร์ โรงงานผลิตเมล็ดพันธุ์ โรงงานผลิตน้ำมันรำ และ โรงงานผลิตนมถั่วเหลือง เป็นต้น ซึ่งโรงงานเหล่านี้มีการเก็บรักษาและการลำเลียง ธัญพืชที่คล้ายกัน แต่จะแตกต่างกันที่ชนิดของธัญพืชที่เก็บรักษาหรือลำเลียงเท่านั้น

3.1 กระบวนการผลิต

รถบรรทุกธัญพืชจะเทธัญพืชลงในบ่อ ผ่านสายพานลำเลียงเข้าสู่กะพ้อ ลำเลียงต้นที่ 1 เพื่อลำเลียงธัญพืชขึ้นด้านบน จากนั้นจะป้อนเข้าเครื่องร่อนเพื่อกำจัด สิ่งแปลกปลอมหรือสิ่งสกปรก ธัญพืชที่สะอาดถูกส่งเข้าเครื่องชั่งน้ำหนัก เพื่อให้ทราบ ปริมาณธัญพืช ก่อนจะผ่านแม่เหล็กเพื่อกำจัดเศษโลหะ แล้วป้อนเข้ากะพ้อลำเลียงต้นที่ 2 ขึ้นด้านบน ส่งไปเก็บไซโลต่างๆ ที่จัดเตรียมไว้สำหรับธัญพืชแต่ละชนิด ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงกระบวนการเก็บรักษาและลำเลียงธัญพืช

3.2 จุดเสี่ยงที่จะเกิดไฟไหม้และการระเบิดของฝุ่น ได้แก่

 กะป้อลำเลียง ขณะลำเลียงธัญพืช เกิดฝุ่นข้าวฟุ้งกระจายอยู่ภายในกะป้อลำเลียง เมื่อเกิดความร้อนหรือประกายไฟ จากเศษโลหะที่ติดเข้ามา สายพานกะป้อสั้น ลูกกะป้อเหล็กหลุดเสียดสีกับโครงกะป้อ สายพานกะป้อตั้งไม่ตรงแนว ทำให้เอียงเสียดสีกับผนังกะป้อ ทำให้เกิดไฟไหม้หรือระเบิดในกะป้อลำเลียง

 ไซโลหรือถังบรรจุ (Bin) ขณะที่มีการเติมธัญพืชเข้ามาในไซโลหรือถังบรรจุจะทำให้ฝุ่นฟุ้งกระจายจำนวนมาก และหากเกิดการระเบิดแบบปฏิกิริยาลูกโซ่จากกะป้อลำเลียงหรือสายพานลำเลียง ความร้อนก็จะเข้ามาในไซโลหรือถังบรรจุ ทำให้เกิดไฟไหม้หรือการระเบิดแบบทุติยภูมิได้

 ถุงกรอง (Bag filter) / ไซโคลน ขณะที่ถุงกรองหรือไซโคลนรวบรวมฝุ่นธัญพืชและถ้ามีความเข้มข้นอยู่ในช่วง MEC เมื่อมีความร้อนหรือประกายไฟจากเศษโลหะที่ติดเข้ามา หรือการระเบิดแบบปฏิกิริยาลูกโซ่จากกะป้อลำเลียง ทำให้เกิดการระเบิดแบบปฏิกิริยาลูกโซ่หรือทุติยภูมิขึ้นมาได้

 เครื่องร่อนคัดแยก ขณะร่อนคัดแยกจะมีฝุ่นธัญพืชฟุ้งกระจาย ถ้ามีระบบปิดคลุมแต่ไม่มีการดูดอากาศ ความเข้มข้นฝุ่นอาจสูงถึง MEC ที่เสี่ยงต่อการเกิดระเบิดของฝุ่น กรณีเครื่องร่อนใช้ตะแกรงโลหะ เมื่อมีเศษโลหะเข้ามาจะเกิดการเสียดสีก่อให้เกิดความร้อนหรือประกายไฟ ทำให้เกิดไฟไหม้หรือระเบิดได้

 บ่อเทวดูดิบ เทวดูดิบ ขณะเทธัญพืชลงในบ่อทำให้ฝุ่นธัญพืชขนาดเล็กจำนวนมากฟุ้งกระจาย เมื่อมีความร้อนหรือประกายไฟ จากเศษโลหะหรืออุปกรณ์ไฟฟ้า ทำให้เกิดไฟไหม้หรือระเบิดได้

ข้อกำหนดทั่วไป

• • •

1. บริเวณที่มีการรับ การขนย้าย การเคลื่อนย้าย และการจัดเก็บวัตถุดิบทางการเกษตรที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ ต้องแยกจากกระบวนการผลิต และดำเนินการดังนี้

1.1 อาคารหรือสถานที่ที่มีคนหนาแน่นที่ไม่ได้เกี่ยวข้องโดยตรงกับกระบวนการผลิต เช่น งานสำนักงาน งานตรวจสอบเมล็ดพืชและการชั่งน้ำหนัก หรืองานในห้องควบคุม อาคารหรือสถานที่นั้นต้องสร้างให้ห่างจากไซโลและอาคารที่ปิดคลุมไซโล

1.2 ไซโลที่มีผนังเสริมแรงและอาคารปิดคลุมไซโลกับบริเวณที่มีคนหนาแน่นต้องมีระยะห่างระหว่างกันไม่น้อยกว่า 30 เมตร

1.3 อาคารปิดคลุมไซโลที่มีโครงสร้างเป็นเหล็กหรือคอนกรีตเสริมแรงที่ผนังเป็นแบบผนังเบากับบริเวณที่มีคนหนาแน่นต้องมีระยะห่างระหว่างกันไม่น้อยกว่า 15 เมตร

2. พื้นผิวภายในของไซโลและอาคารปิดคลุม ต้องมีพื้นผิวแนวราบหรือแนวนอนให้น้อยที่สุด เพื่อป้องกันการสะสมของฝุ่นในพื้นที่ภายในโครงสร้าง

3. การก่อสร้างผนังภายในอาคาร

3.1 พื้นที่ยึดเก็บสินค้าที่มีขนาดใหญ่กว่า 465 ตารางเมตร และมีอุปกรณ์ในการบรรจุ ต้องกันแยกออกจากส่วนอื่นของอาคารด้วยวัสดุทนไฟที่สามารถทนไฟได้ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง

3.2 ผนังทนไฟของอาคารต้องมีจำนวนช่องเปิดเท่าที่จำเป็นให้น้อยที่สุด และมีขนาดเล็กที่สุดเท่าที่ทำได้ ช่องเปิดต้องปิดด้วยประตูทนไฟ แผ่นทนไฟ บานปิดทนไฟที่ปิดได้เอง หรือวัสดุอุดกันไฟ

4. เส้นทางหนีไฟ ต้องจัดเส้นทางหนีไฟที่อพยพคนงานทั้งหมดออกจากบริเวณที่ทำงานสู่บริเวณที่ปลอดภัยได้ภายใน 5 นาที

• • •

ข้อปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยของอุปกรณ์ชนิดต่างๆ

• • •

สำหรับอุปกรณ์ที่สำคัญในกระบวนการผลิต เก็บ และใช้ผลผลิตการเกษตรที่มีฝุ่นที่ระเบิดได้ จะกล่าวถึงการออกแบบ การติดตั้ง และอุปกรณ์ความปลอดภัยแต่ละชนิด สำหรับอุปกรณ์บางชนิดที่มีความสำคัญมาก จะอธิบายถึงโครงสร้างและส่วนประกอบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

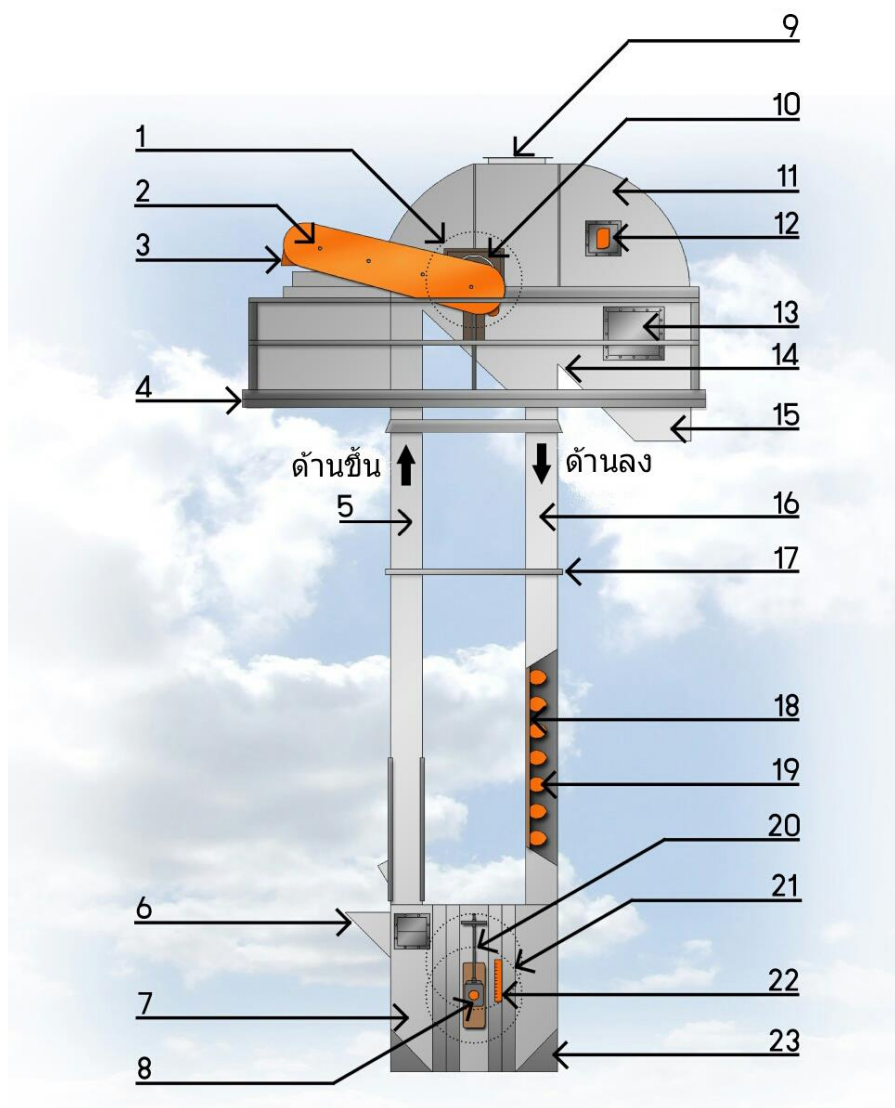
1. กะพ้อลำเลียง (Bucket elevator)

ใช้สำหรับลำเลียงธัญพืชในแนวตั้ง จากด้านล่างขึ้นไปด้านบน และไปเก็บในไซโลหรือถังเก็บธัญพืช หรือลำเลียงไปยังจุดอื่นๆ ต่อไป เป็นอุปกรณ์ที่เป็นจุดเริ่มต้นของการเกิดเพลิงไหม้หรือการระเบิดมากที่สุด

โครงสร้างและส่วนประกอบสำคัญของกะพ้อลำเลียงมีดังนี้ ดังรูปที่ 5

- | | |
|------------------------|----------------------------------|
| 1. ปูลาด้านบน | 13. ช่องทางเข้าตรวจสอบ |
| 2. การ์ด | 14. ที่ปรับขนาดทางออก |
| 3. มอเตอร์ | 15. ทางออกวัตถุ |
| 4. แท่นไวยบริการ | 16. ด้านลง |
| 5. ด้านขึ้น | 17. แผ่นตามหรือแผ่นประกบ |
| 6. ทางเข้าวัสดุ | 18. สายพาน |
| 7. ส่วนล่าง | 19. ลูกกะพ้อ |
| 8. ตลับลูกปืนด้านล่าง | 20. แกนปรับระดับปูลาด |
| 9. ประตูละบายการระเบิด | 21. ปูลาด้านล่าง |
| 10. เพลาชับ | 22. สเกลปรับระดับปูลาด |
| 11. ส่วนหัว | 23. ประตูเลื่อนสำหรับทำความสะอาด |
| 12. แผงระบายการระเบิด | |

• • •



รูปที่ 5 โครงสร้างและอุปกรณ์สำคัญของกะพ้อลำเลียง

ข้อปฏิบัติเพื่อความปลอดภัย

- 1) ออกแบบโครงสร้างให้แข็งแรง ทำจากวัสดุไม่ติดไฟและมีการป้องกันการรั่วของฝุ่น
- 2) ออกแบบให้ด้านล่างมีช่องเปิดเพื่อเข้าไปตรวจสอบและทำความสะอาด
- 3) ออกแบบให้ด้านบนมีช่องเปิดเพื่อเข้าไปตรวจสอบปลั๊ก สายพานลำเลียง
- 4) ออกแบบให้ตัดกระแสไฟของมอเตอร์และมีสัญญาณเตือน พร้อมหยุดการป้อนวัสดุเข้า เมื่อความเร็วกะพ้อลำเลียงลดลงเหลือ 80% ของความเร็วการใช้งานปกติ (ยกเว้นความเร็วสายพานต่ำกว่า 2.5 เมตร/วินาที หรือขนถ่ายวัสดุต่ำกว่า 106 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง)
- 5) กะพ้อลำเลียงขาใดที่มีมอเตอร์ขับเคลื่อนหลายตัว ต้องออกแบบให้ทำงานประสานกัน เมื่อมอเตอร์ตัวใดชำรุด ตัวอื่นต้องทำงานเพื่อการเคลื่อนย้ายวัสดุต่อเนื่อง
- 6) ใช้ลูกกะพ้อที่ทำจากพลาสติก แทนลูกกะพ้อที่ทำจากโลหะ
- 7) พื้นผิวที่มีการกระแทกมากและสึกหรอ อาจปูพื้นผิวบริเวณนั้นด้วยพลาสติกยาง หรือวัสดุที่สึกตดไฟยาก
- 8) ลูกกรอก (Pulley) ของกะพ้อลำเลียงควรหุ้มด้วยยางเพื่อลดการสั่นไถล โดยยางหุ้มนั้นต้องทนไฟและน้ำมันได้
- 9) ควรติดตั้งกะพ้อลำเลียงไว้ภายนอกอาคาร แต่ถ้าติดตั้งไว้ในอาคารต้องทำตามข้อใดข้อหนึ่งดังนี้

 ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิหรือการสั่นสะเทือน อุปกรณ์ตรวจวัดแนวตรงของลูกกรอกและสายพาน

 ติดตั้งกะพ้อห่างจากผนังภายนอกไม่เกิน 3 เมตร และมีช่องระบายความดันจากการระเบิดที่ต่อไปยังภายนอกอาคาร หรือมีการติดตั้งระบบระงับการระเบิด หรือให้มีความเร็วสายพานต่ำกว่า 2.5 เมตร/วินาที หรือขนถ่ายวัสดุได้ต่ำกว่า 106 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

10) ติดตั้งเซ็นเซอร์ (Sensor) ที่กะพ้อลำเลียงที่จุดต่างๆ เพื่อตรวจจับสิ่งผิดปกติ
ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 จุดติดตั้งเซ็นเซอร์

1. Bearing temperature sensor โดย Sensor จะสอดเข้าไปที่จารบีในตลับ ลูกปืน เพื่อตรวจจับอุณหภูมิของตลับ ลูกปืนทั้งด้านบนและด้านล่าง
2. Surface temperature sensor ติดตั้งหัววัดที่เปลือกของตลับลูกปืน เปลือกมอเตอร์ เปลือก gear box หรือ เปลือกเครื่องจักรอื่นๆ เพื่อตรวจจับ อุณหภูมิอย่างต่อเนื่อง
3. Belt misalignment sensor ติดไว้ ที่กะพ้อลำเลียง หรือสายพานลำเลียง เพื่อตรวจจับแนวการเคลื่อนที่และแนว ตรงของกะพ้อลำเลียงหรือสายพาน ลำเลียง
4. Speed switch sensor เพื่อ ตรวจจับความเร็วของเพลา ที่ต่ำกว่า ความเร็วปกติ
5. Plug/Choke sensor เพื่อใช้วัด ระดับหรือการอุดตันของธัญพืช บริเวณ ทางออกของกะพ้อลำเลียง

11) ติดตั้งแผงระบายการระเบิด

ขนาดช่องระบายและจุดติดตั้งของแผงระบายการระเบิดที่กะพ้อลำเลียง แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนหัวและส่วนขา โดยชนิดขาเดี่ยวดังรูปที่ 7 และขาคู่ดังรูปที่ 8 มีรายละเอียดดังนี้

1. การติดตั้งแผงระบายการระเบิดที่ส่วนหัว (Head section)



ติดตั้งด้านบนสุดหรือด้านข้างของ Head section



มีขนาดไม่น้อยกว่า 0.14 ตารางเมตรต่อปริมาตรส่วนหัว 2.9 ลูกบาศก์เมตร

2. การติดตั้งแผงระบายการระเบิดที่ส่วนขา (ชนิดขาเดี่ยวและขาคู่)



จุดแรกสูงจากพื้น 2.5 – 3.5 เมตร จุดต่อไปห่างไม่เกิน 6 เมตร ห่างจาก หลังคา 0.3 – 1.0 เมตร



ติดตั้งทั้งฝั่งซ้าย - ขวา ยกเว้นถ้ามีโครงสร้างหรือบันไดขวางอยู่ หรือมีการระบายไปยังพนักงาน ให้ติดข้างเดียวได้ แต่ต้องมีพื้นที่ระบาย $\frac{4}{3}$ ของพื้นที่หน้าตัดกะพ้อ ดังตัวอย่างการคำนวณพื้นที่ที่ระบาย (1)

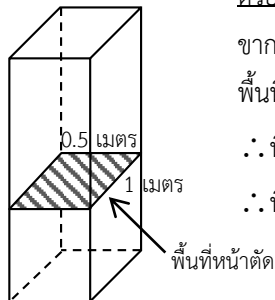


แต่ละด้านมีพื้นที่ระบาย $\frac{2}{3}$ ของพื้นที่หน้าตัดกะพ้อ ดังตัวอย่างการคำนวณพื้นที่ที่ระบาย (2)



กรณีขาคู่ห้ามระบายเข้าหากัน

ซากะพ้อลำเลียง



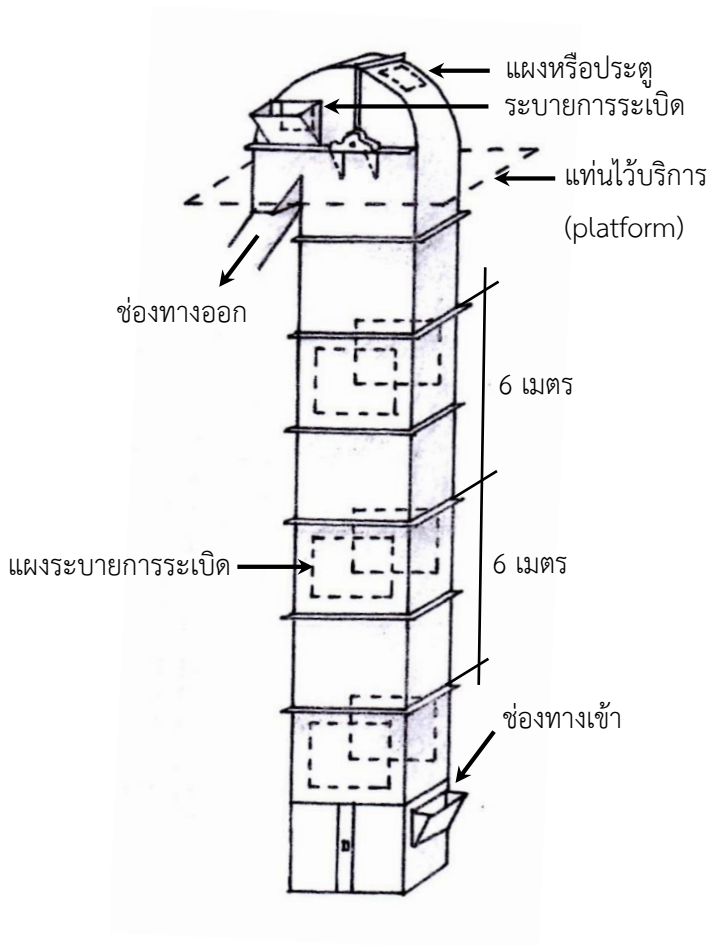
ตัวอย่างการคำนวณ

ซากะพ้อลำเลียงมีขนาดกว้าง 1 เมตร และยาว 0.5 เมตร

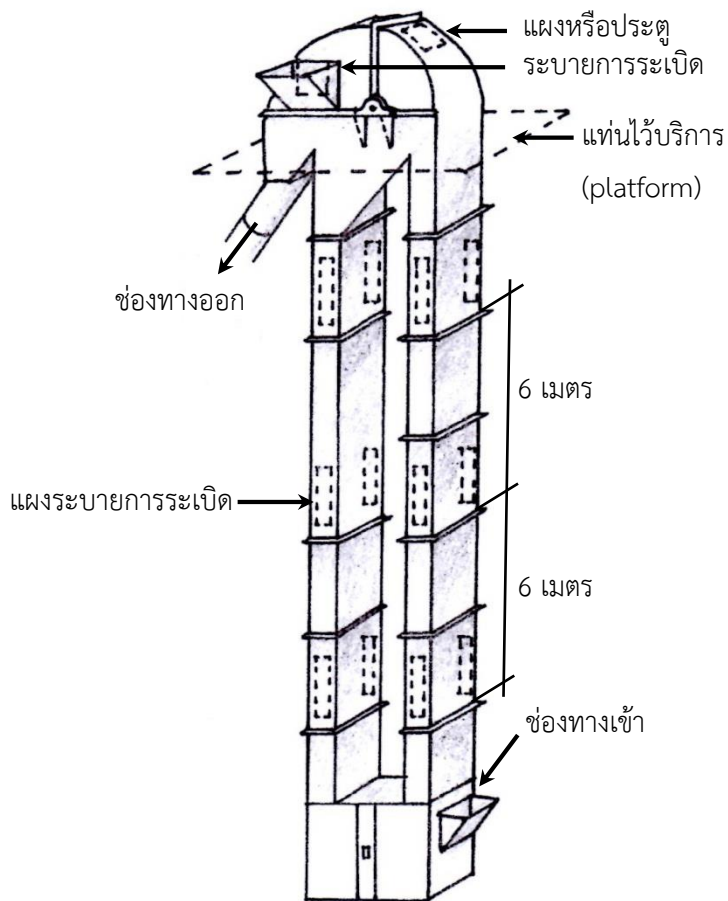
พื้นที่หน้าตัดกะพ้อ = $1 \times 0.5 = 0.5$ ตารางเมตร

∴ พื้นที่ระบาย (1) = $(\frac{4}{3}) \times 0.5 = 0.667$ ตารางเมตร

∴ พื้นที่ระบาย (2) = $(\frac{2}{3}) \times 0.5 = 0.333$ ตารางเมตร



รูปที่ 7 การติดตั้งแผงระบายนํ้าของกะพ้อลำเลียงชนิดขาเดียว



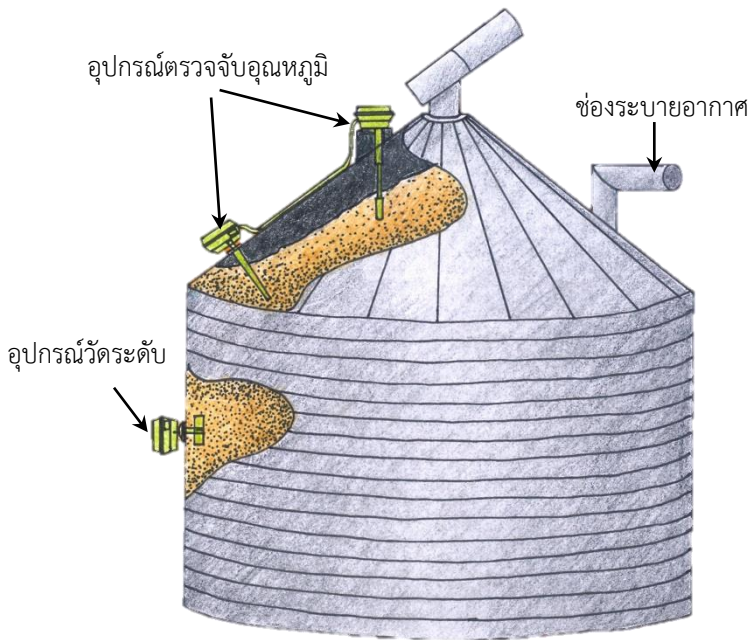
รูปที่ 8 การติดตั้งแผงระบายการระเบิดของกะพ้อลำเลียงชนิดขาคู่

2. ซิโล (Silo) ถัง (Tank) ภาชนะบรรจุ (Bin)

ใช้สำหรับเก็บรักษาธัญพืชให้คงสภาพเดิมด้วยการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น อีกทั้งยังป้องกันแมลงและสัตว์แทะต่างๆ

ข้อปฏิบัติเพื่อความปลอดภัย

- 1) ออกแบบให้มีประตูหรือทางเข้าเพื่อทำความสะอาดภายใน ขนาดไม่เล็กกว่า 24 นิ้ว และมีการป้องกันฝุ่นรั่วสู่ภายนอก
- 2) ออกแบบให้มีช่องระบายอากาศ ขนาดเพียงพอให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก ขณะเติมหรือถ่ายธัญพืช ไม่ให้อุดตันง่าย และมีครอบป้องกันฝน
- 3) ออกแบบพื้นผิวภายใน ให้มีพื้นผิวราบน้อยสุด เพื่อป้องกันการสะสมฝุ่น
- 4) ติดตั้งแผงระบายหรือประตูระบายความดันจากการระเบิด
 -  มีแผงระบายหรือประตูระบายความดันจากการระเบิดกระจายโดยรอบ และให้ระบายความดันไปยังที่ปลอดภัย
 -  การติดตั้งแผงระบายหรือประตูระบายความดัน ให้ติดตั้งที่ด้านบนหรือด้านข้างของส่วนบนไซโลโดยอยู่ที่เหนือระดับสูงสุดของวัสดุที่บรรจุ
- 5) ติดตั้งไซโลที่มีผนังเสริมแรงและอาคารปิดคลุมไซโล ห่างจากอาคารสำนักงานหรือบริเวณที่มีคนหนาแน่น ไม่น้อยกว่า 30 เมตร
- 6) การติดตั้งเซ็นเซอร์ (Sensor) และอุปกรณ์สำคัญที่ไซโล ควรติดตั้งที่จุดต่างๆ ดังรูปที่ 9
 1. ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ เพื่อทราบอุณหภูมิภายในไซโล ถ้าอุณหภูมิสูงกว่าภายนอก 10 องศาเซลเซียส ควรมีการระบายอากาศ
 2. ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดระดับปริมาณธัญพืช เพื่อทราบปริมาณธัญพืชในไซโลตลอดเวลา



รูปที่ 9 การติดตั้งเซ็นเซอร์และอุปกรณ์สำคัญที่ไซโล

3. ระบบลำเลียง (Conveyors system)

ใช้สำหรับลำเลียงธัญพืชทั้งในแนวนอน แนวเอียง และแนวตั้ง เนื่องจากธัญพืชมีลักษณะและขนาดที่ต่างกัน การเลือกใช้ระบบลำเลียงที่เหมาะสมเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับธัญพืชที่เป็นเมล็ด การลำเลียงในแนวเอียงหรือแนวราบนิยมใช้การลำเลียงด้วยสายพานลำเลียง รวงลำเลียงแบบโซ่ลาก (Drag conveyor) สกรูลำเลียง ส่วนธัญพืชที่มีขนาดเล็กหรือเป็นผง นิยมใช้การลำเลียงด้วยลม ระบบลำเลียงที่สำคัญ คือ ระบบลำเลียงด้วยสายพานและระบบลำเลียงด้วยลม

3.1 ข้อปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยระบบลำเลียงด้วยสายพาน

- 1) ออกแบบให้หยุดการทำงานเมื่อปลายทางสุดตัน
- 2) ออกแบบให้มีครอปป้องกันฝุ่นฟุ้งกระจายตลอดแนวสายพาน โดยเฉพาะจุดที่มีการเปลี่ยนระดับ และติดตั้งระบบดูดอากาศเฉพาะจุด
- 3) สายพานลำเลียงขนาดใหญ่ ต้องจัดแนวตรงของสายพาน (Belt alignment) และติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนของตลับลูกปืน ถ้าความเร็วลดลงเกิน 20% ให้ตัดกระแสไฟเข้ามอเตอร์ พร้อมส่งสัญญาณแจ้งเตือน
- 4) สายพานลำเลียงที่ใช้ยางหุ้มต้องมีค่าความต้านทานที่ผิว (Surface resistivity) ไม่เกิน 100 เมกกะโอห์มต่อพื้นที่ และเป็นชนิดทนไฟและทนน้ำมันได้
- 5) ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิตลับลูกปืนของเพลาด้านหัวและท้าย
- 6) ติดตั้งอุปกรณ์กำจัดสิ่งแปลกปลอม เช่น ตะแกรงกรอง แม่เหล็ก เครื่องเป่าลม และอื่นๆ และสามารถเข้าไปทำความสะอาดอุปกรณ์กำจัดสิ่งแปลกปลอมได้

3.2 ข้อปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยระบบลำเลียงด้วยลม

- 1) ทุกส่วนประกอบของระบบต้องใช้วัสดุที่นำไฟฟ้าได้
- 2) มีการต่อสายดินและต่อฝากกับทุกส่วนประกอบของระบบ รวมถึงช่องตาแมว และหน้าแปลนต่างๆ
- 3) สำหรับเครื่องเป่า (Blower) วาล์ว และท่อ
 -  ออกแบบตามมาตรฐาน ASME โดยเฉพาะในกรณีที่มีความดันทางออกเครื่องเป่าและท่อลำเลียงสูงกว่าความดันบรรยากาศ
 -  ออกแบบระบบท่อให้รับน้ำหนักเมื่อวัสดุเต็มท่อได้ และไม่มีอากาศหรือฝุ่นรั่ว
- 4) สำหรับเครื่องแยกวัสดุและอากาศ เมื่อเชื่อมต่อกับเครื่องบด เครื่องอบแบบสัมผัสเปลวไฟโดยตรง ให้มีมาตรการดังนี้

 กรณีติดตั้งภายในอาคาร ต้องมีแผนระบายการระเบิดและท่อระบายไปภายนอกอาคารไม่เกิน 6 เมตร

 กรณีเป็นแบบไซโคลน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 0.76 เมตร ติดตั้งไว้ในอาคารได้โดยไม่ต้องมีระบบป้องกันการระเบิด ตามเงื่อนไขต่อไปนี้

- วัสดุที่เคลื่อนย้ายมีพลังงานต่ำสุดในการจุดติดไฟมากกว่า 10 mJ
- เป็นระบบปิด
- วัสดุเคลื่อนย้ายมีค่า k_{st} น้อยกว่า 200 bar-m/s

4. เครื่องอบแห้ง (Dryers)

ใช้สำหรับลดความชื้นของธัญพืช ให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับธัญพืชแต่ละชนิด ก่อนจะทำให้เย็นแล้วส่งไปเก็บในไซโลหรือถังต่อไป

ข้อปฏิบัติเพื่อความปลอดภัย

- 1) ออกแบบให้มีการสะสมของฝุ่นภายในน้อยที่สุด สามารถทำความสะอาดและบำรุงรักษาภายในได้ง่าย
- 2) ออกแบบให้มีการฟุ้งกระจายของฝุ่นออกมาน้อยที่สุด
- 3) ออกแบบให้มีประตูหรือช่องเปิด สามารถเข้าไปทำความสะอาด ตรวจสอบและเข้าไปดับเพลิงด้วยเครื่องดับเพลิงแบบมือถือ หรือสายฉีดน้ำดับเพลิงได้ทุกส่วนของเครื่อง
- 4) ออกแบบให้มีช่องทางถ่ายเทเมล็ดพืชออกไปภายนอกได้กรณีเกิดเพลิงไหม้
- 5) ไม่ติดตั้งไว้ในบริเวณที่เก็บธัญพืช
- 6) วัสดุที่ใช้สร้างทำจากวัสดุไม่ติดไฟ

7) ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิเกิน บริเวณระหว่างเตาเผากับเครื่องอบ และระหว่างอากาศส่วนทำความเย็นและทำความร้อน เมื่อตรวจพบจะหยุดทำงานอัตโนมัติ พร้อมส่งสัญญาณแจ้ง และมีที่หยุดฉุกเฉินที่ทำงานได้ด้วยมือ

8) ในห้องอบติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงที่กำหนด

9) มีการกำจัดเศษวัสดุที่ติดไฟได้และวัสดุแปลกปลอมเข้ามากับธัญพืชที่อบ

10) ติดตั้งระบบตรวจจับเพลิงไหม้ในเครื่องอบแห้ง เมื่อเครื่องอบแห้งทำงานเป็นช่วง ๆ หรือเป็นรอบการทำงาน และมีธัญพืชอยู่ภายในเครื่องอบหากไม่มีการเก็บธัญพืชไว้ในเครื่องอบ อาจไม่จำเป็นต้องมีระบบตรวจจับเพลิงไหม้ได้

11) เครื่องอบแห้งแบบสัมผัสสเปลวไฟโดยตรง ต้องติดตั้งแผ่นกรองอากาศที่กักอนุภาคที่อาจติดไฟ

12) เครื่องอบแห้งแต่ละเครื่องที่ติดตั้งในอาคาร ควรมีระบบป้องกันอัคคีภัยและหรือระบบระงับการระเบิด

13) มีอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้หรือการระเบิด เมื่อพบให้ส่งสัญญาณเตือนและหยุดการทำงานของเครื่องอบ

14) ระบบดับเพลิงสามารถสั่งการทำงานด้วยมือจากสถานที่เข้าถึงได้ กรณีเกิดเพลิงไหม้ในเครื่องอบ

15) สำหรับระบบทำความร้อนอากาศ



ออกแบบให้ทนอุณหภูมิทำงานได้ ของเชื้อเพลิงที่ใช้



ระบบและอุปกรณ์ประกอบ ต้องเหมาะสมและได้มาตรฐานกับเชื้อเพลิงที่ใช้
ทั้งน้ำมันเตา ก๊าซธรรมชาติ หรือเชื้อเพลิงแข็ง

5. เครื่องดักฝุ่น

ใช้สำหรับกำจัดฝุ่นที่ฟุ้งกระจาย ส่วนใหญ่จะเลือกใช้เครื่องดักฝุ่นชนิดดูดกรอง เนื่องจากมีความสามารถในการดักฝุ่นได้ดี อีกทั้งสามารถนำฝุ่นที่ดักได้กลับมาใช้อีก ไม่ต้องสูญเสียหรือก่อปัญหามลภาวะ

ข้อปฏิบัติเพื่อความปลอดภัย

1) ออกแบบให้โครงสร้างแข็งแรง ทนการระเบิดได้มากกว่าแผงหรือประตูระบายการระเบิด

2) เลือกใช้วัสดุที่ไม่ลุกติดไฟได้ง่าย ส่วนใหญ่เลือกทำจากโลหะ

3) เครื่องดักฝุ่นที่ดูดอากาศจากเครื่องบดแบบค้อนเหวี่ยง (Hammer mill) หรือเครื่องบด (Grinder) ให้ติดตั้งนอกอาคาร ยกเว้นมีระบบระบายการระเบิดไปภายนอก แต่ต้องห่างผนังไม่เกิน 6 เมตร

4) ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความดัน เพื่อแสดงความดันแตกต่างขณะถุงยังไม่ได้กรองฝุ่น และเมื่อกรองฝุ่นแล้วจะมีความดันเพิ่มขึ้น ถ้ามีค่าเกินกว่าที่กำหนด ให้เขย่าหรือเป่าทำความสะอาดโดยอัตโนมัติ หรือเปลี่ยนใหม่

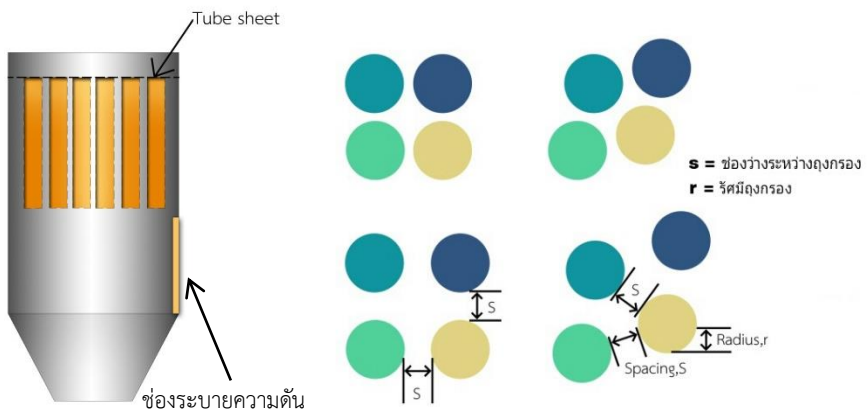
5) การหาขนาดของประตูหรือแผงระบายการระเบิด จะมีวิธีการคำนวณตาม NFPA 68 Standard on explosion protection by deflagration venting โดยพิจารณาจากชนิดของฝุ่นธัญพืช เพื่อจะได้ทราบค่าดัชนีการระเบิด (K_{st}) ความดันสูงสุด (P_{max}) ความดันกระตุ้นคงที่ (P_{stat}) ความดันลดหลังทำการระบาย (P_{red}) นอกจากนั้นต้องทราบปริมาตรและสัดส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกรองฝุ่นด้วย

6) ติดตั้งแผงระบายการระเบิดของเครื่องดักฝุ่น ทำได้ 3 แบบ คือ

แบบที่ 1 ติดตั้งให้ช่องระบายให้พื้นที่ทั้งหมดอยู่ต่ำกว่าด้านล่างของถุงกรองแผ่นกรอง ดังรูปที่ 10

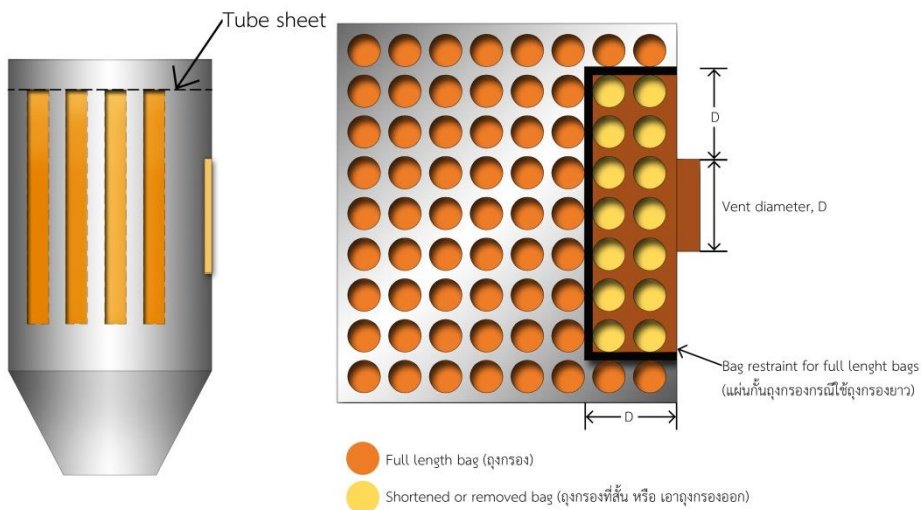
✚ ระยะห่างระหว่างถุ่กรอง (s) น้อยกว่าหรือเท่ากับรัศมีถุ่กรองหรือแผ่นกรอง การคำนวณพื้นที่ช่องระบายให้ใช้ปริมาตรส่วนที่ต่ำกว่าด้านล่างของถุ่กรอง ดังตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก

✚ ระยะห่างระหว่างถุ่กรอง (s) มากกว่ารัศมีถุ่กรอง (r) หรือแผ่นกรอง ให้คำนวณพื้นที่ช่องระบายโดยใช้ด้านที่สกปรกเท่านั้น นั่นคือปริมาณด้านล่างแผ่นท่อ (Tube sheet) ลบออกด้วยปริมาตรของถุ่กรอง ดังตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก



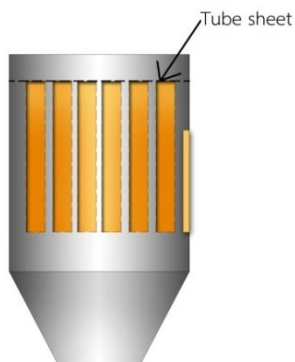
รูปที่ 10 การติดตั้งช่องระบายความดันจากการระเบิดแบบที่ 1

แบบที่ 2 ติดตั้งช่องระบายความดันตามรูปที่ 11 หรือทำให้สั้นลงไม่ให้ยื่นลงไปต่ำกว่าด้านบนของช่องระบายความดันในระยะอย่างน้อยเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) ห่างจากช่องระบายและต้องควบคุมถุ่กรองที่เหลือไม่ให้ผ่านช่องระบาย กรณีนี้การคำนวณพื้นที่ช่องระบายให้ใช้ปริมาตรที่อยู่ด้านล่างแผ่นท่อ (Tube sheet) ลบออกด้วยปริมาตรถุ่กรอง ดังตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก



รูปที่ 11 การติดตั้งช่องระบายความดันจากการระเบิดแบบที่ 2

แบบที่ 3 ติดตั้งช่องระบายความดัน ให้ด้านล่างของช่องระบายอยู่สูงกว่าด้านล่างของถุงกรอง ดังรูปที่ 12 และต้องควบคุมถุงกรองที่เหลือไม่ให้ผ่านช่องระบาย กรณีนี้การคำนวณต้องใช้ปริมาตรทั้งหมด ทั้งส่วนสะอาดและสกปรกที่ต่ำกว่าแผ่นท่อ ในการคำนวณหาพื้นที่ช่องระบาย ดังตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก



รูปที่ 12 การติดตั้งช่องระบายความดันจากการระเบิดแบบที่ 3

6. อุปกรณ์กำจัดวัสดุแปลกปลอม

ใช้สำหรับกำจัดวัสดุแปลกปลอม เช่น เศษโลหะ ที่อาจก่อให้เกิดความร้อนหรือประกายไฟ อันจะนำไปสู่การเกิดไฟไหม้หรือระเบิดได้ วิธีการกำจัดสามารถทำได้วิธีใดวิธีหนึ่งดังนี้

- 1) ใช้เครื่องแยกโลหะที่เป็นแม่เหล็กถาวรหรือแม่เหล็กไฟฟ้า
- 2) ใช้เครื่องแยกด้วยลม
- 3) ใช้ตะแกรงหรืออุปกรณ์แยกชนิดอื่น

ข้อปฏิบัติเพื่อความปลอดภัย

ติดตั้งอุปกรณ์กำจัดวัสดุแปลกปลอมที่ทางเข้าของอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น เครื่องบด เครื่องแยกสี กะป้อลำเลียง เครื่องขัดข้าว เครื่องบดผง เครื่องรีด

7. ตลับลูกปืน (Bearing)

ใช้สำหรับลดความเสียดทานของเพลาลูกและส่งผ่านแรงกดจากเพลาลงสู่โครงสร้างที่รองรับ มีการติดตั้งตลับลูกปืนหลายๆ จุดของระบบลำเลียงธัญพืช เช่น กะป้อลำเลียง สกรูลำเลียง สายพานลำเลียง และรางลำเลียงแบบโซ่ลาก เป็นต้น

ข้อปฏิบัติเพื่อความปลอดภัย

- 1) ออกแบบให้ลูกปืนที่ใช้ในตลับลูกปืนเป็นชนิดต้านความเสียดทาน
- 2) ตลับลูกปืนชนิดต้านแรงเสียดทานให้ใช้กับอุปกรณ์ที่มีความเร็วรอบไม่เกิน 150 รอบ/นาที
- 3) ใช้ตลับลูกปืนแบบทรงหมอน (Pillow block) ที่ลูกรอกหัว-ท้าย และจุดที่มีการหักเลี้ยว
- 4) ติดตั้งตลับลูกปืนไว้ภายนอกสิ่งปิดครอบ

- 5) ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิผิวของตลับลูกปืน กรณีติดตั้งบริเวณที่มีการ
ฟุ้งกระจายของฝุ่น
- 6) จัดให้มีการหล่อลื่นตลับลูกปืนทุกสัปดาห์หรือตามคำแนะนำของผู้ผลิต

การจัดการความปลอดภัย

• • •

นอกจากมีข้อปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยของอุปกรณ์ชนิดต่างๆ แล้ว ควรมีการจัดการความปลอดภัยเรื่องอื่นๆ เพิ่มเติมดังนี้

1. การทำงานที่มีความร้อนหรือประกายไฟ

1.1 อนุญาตให้ทำงานที่มีความร้อนหรือประกายไฟได้เฉพาะบริเวณที่ปลอดภัยที่กำหนดไว้ และไม่ให้ทำงานขณะเครื่องจักร อุปกรณ์ที่อาจเกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นบริเวณนั้นยังทำงาน

1.2 กรณีจำเป็นต้องทำงานที่มีความร้อนหรือประกายไฟ เช่น ตัดหรือเชื่อมภายนอกบริเวณที่ปลอดภัยที่กำหนดไว้ ต้องปฏิบัติดังนี้

1) ต้องขออนุญาตให้ทำงานที่มีความร้อน (Hot work permit)

2) ระบุอนุญาตให้ทำงานที่มีความร้อนหรือประกายไฟ ต้องประกอบด้วยเงื่อนไขดังนี้



ช่วงเวลาการอนุญาตให้ทำงานต้องไม่เกิน 1 กะของการทำงาน



ไม่อนุญาตให้ทำงานที่มีความร้อนหรือประกายไฟบนอุปกรณ์ที่อาจเกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่น



ไม่อนุญาตให้ทำงานที่มีความร้อนหรือประกายไฟในบริเวณที่มีเครื่องจักรที่ก่อให้เกิดฝุ่นหรือไอที่ลุกติดไฟได้ภายในพื้นที่ทำงาน



ภายในพื้นที่ 11 เมตร จากงานที่มีความร้อน ต้องทำความสะอาดไม่ให้มีฝุ่นที่ลุกติดไฟ ช่องเปิดหรือรางลำเลียงแบบเปิดต้องถูกปิด/ปิดคลุม หากมีวัสดุลุกติดไฟอื่นให้ย้ายออกหรือใช้สิ่งปกคลุม

• • •

 พื้นที่ลุกติดไฟหรืออุปกรณ์ที่อยู่ภายในหรือต่ำกว่าพื้นที่ทำงานต้องทำให้เปียก คลุมด้วยทรายเปียก คลุมด้วยฝาครอบโลหะ หรือคลุมด้วยผ้าคลุมทนไฟ

 ทำความสะอาดวัสดุที่ลุกติดไฟได้และคราบน้ำมันบนอุปกรณ์ทุกชิ้น

 กรณีติดตั้งระบบป้องกันอัคคีภัยและระบบตรวจจับเพลิงไหม้แล้วระบบต้องอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน

 ต้องมีผู้เฝ้าระวังอัคคีภัย พร้อมเครื่องดับเพลิงแบบมือถือหรือหัวฉีดน้ำดับเพลิงขณะทำงานที่มีความร้อน และต้องอยู่เฝ้าระวังต่อเนื่องอีกอย่างน้อย 60 นาทีหลังจากเสร็จงาน

3) ผู้รับผิดชอบอนุญาตให้ทำงานที่มีความร้อนได้ ต้องมีหน้าที่ดังนี้

 เมื่อทำงานที่มีความร้อนเสร็จแล้วและภายหลังที่ลดอุณหภูมิของชิ้นงานที่ร้อน จนอยู่ระดับปกติแล้ว จึงอนุญาตให้ใช้พื้นที่นั้น

 ขณะทำงานร้อน ต้องตรวจตราพื้นที่สม่ำเสมอ เพื่อให้มั่นใจว่าไม่มีไฟไหม้คุ (Smoldering fire) เกิดขึ้น และเพิ่มการตรวจก่อนปิดพื้นที่นั้นในแต่ละวันหรือเมื่อสิ้นสุดสัปดาห์

1.3 รถยก หรือรถยนต์ หรือเครื่องยนต์ที่ใช้งานบริเวณที่มีการฟุ้งกระจายของฝุ่น ต้องติดตั้งอุปกรณ์ดักกลูไฟที่ท่อไอเสีย

1.4 จุดที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดไฟฟ้าสถิต เช่น ภายในท่อที่ใช้ลมเคลื่อนย้ายธัญพืช ควรมีการต่อฝากและต่อลงดิน

2. การป้องกันและระงับอัคคีภัย

1) พื้นที่เก็บเมล็ดพืช ตั้งแต่ 1,000 ตารางเมตร มีระบบดับเพลิงอัตโนมัติ

2) มีอุปกรณ์ตรวจจับและแจ้งเหตุเพลิงไหม้บริเวณเก็บวัตถุดิบ หรือวัตถุดิบติดไฟได้ และไม่มีคนทำงานประจำ

- 3) มีเครื่องดับเพลิงแบบมือถือ ติดตั้งห่างไม่เกิน 20 เมตร
- 4) จัดเตรียมน้ำสำรองเพียงพอให้อุปกรณ์ดับเพลิงไม่น้อยกว่า 30 นาที
- 5) อาคารโรงงานชั้นเดียว โครงสร้างเป็นหลัก มีการปิดหุ้มโครงสร้างด้วยวัสดุทนไฟที่ทนไฟอย่างน้อย 1 ชั่วโมง (ยกเว้นติดตั้งระบบดับเพลิงอัตโนมัติ)
- 6) การจัดเก็บวัตถุติดไฟได้ กองสูงไม่เกิน 6 เมตร และห่างโคมไฟไม่น้อยกว่า 60 เซนติเมตร
- 7) จัดให้มีบุคลากรตรวจสอบความปลอดภัยด้านอัคคีภัยเดือนละ 1 ครั้ง พร้อมมีเอกสารหลักฐานให้เจ้าหน้าที่ตรวจสอบได้
- 8) จัดทำแผนป้องกันและระงับอัคคีภัยประกอบด้วย
 -  แผนตรวจสอบความปลอดภัยด้านอัคคีภัย
 -  แผนอบรมเรื่องการป้องกันและระงับอัคคีภัย
 -  แผนดับเพลิง
 -  แผนการอพยพหนีไฟ

3. การฝึกอบรม

ต้องมีการอบรมพนักงานที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตที่มีผู้ผ่านการเกษตรที่ระบได้ รวมถึงพนักงานที่ทำหน้าที่บำรุงรักษา พร้อมกับการอบรมซ้ำหรือทบทวนเป็นระยะ สำหรับหัวข้อการอบรมมีดังนี้

- 1) อันตรายที่มีอยู่ในสถานที่ทำงาน
- 2) กฎความปลอดภัยของโรงงาน
- 3) กระบวนการผลิต
- 4) ทฤษฎีการระเบิดของฝุ่น

- 5) การใช้อุปกรณ์ การเดินเครื่องและปิดเครื่องที่ปลอดภัย พร้อมการปฏิบัติเมื่อเกิดสถานะผิดปกติ
- 6) การทำงานที่เหมาะสมของระบบป้องกันอัคคีภัยและการระเบิด
- 7) กฎข้อบังคับและการซ่อมบำรุงอุปกรณ์
- 8) กฎข้อบังคับในการดูแลความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อย
- 9) แผนฉุกเฉิน

4. การบำรุงรักษา

ต้องจัดทำโครงการหรือแผนงานบำรุงรักษา โดยมีการกำหนดเกี่ยวกับการตรวจสอบ การทดสอบ และการซ่อมบำรุงเกี่ยวกับระบบการป้องกันอัคคีภัยและการระเบิด กระบวนการผลิต และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน มีการมอบหมายผู้รับผิดชอบ และระยะเวลาดำเนินการ

สิ่งที่ต้องบำรุงรักษา มีการเขียนขั้นตอนการบำรุงรักษาที่ปลอดภัยทุกกิจกรรมที่ทำ ดังนี้

- 1) อุปกรณ์ป้องกันและระงับอัคคีภัยและการระเบิด
- 2) อุปกรณ์ควบคุมฝุ่น
- 3) การรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อย
- 4) แหล่งที่มีโอกาสก่อให้เกิดการติดไฟ
- 5) อุปกรณ์ไฟฟ้า กระบวนการผลิต และเครื่องจักร
- 6) การเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต
- 7) การหล่อลื่นตลับลูกปืน

5. การป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่น

1) การกำจัดการกองหรือชั้นของฝุ่นธัญพืช

 กำจัดฝุ่นที่อยู่บนพื้น บนโครงสร้าง และพื้นผิวอื่น สม่ำเสมอ

 การใช้ลมเป่าหรือวิธีอื่นที่ทำให้ฝุ่นฟุ้งกระจายในอากาศ กระทำได้หลังจากหยุดเดินเครื่องจักร

 ถ้าใช้เครื่องดูดฝุ่นทำความสะอาด เครื่องดูดฝุ่นต้องเป็นชนิดป้องกันการระเบิด (Explosion proof)

2) การแพร่กระจายฝุ่น ให้ใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งในการควบคุมฝุ่นไม่ให้ฟุ้งกระจาย

 ใช้สารดับเพลิงในการควบคุมฝุ่น

 ติดตั้งระบบดูดอากาศ ที่จุดต่างๆ ได้แก่ ในถัง จุดที่เคลื่อนย้ายธัญพืช ด้านล่างกะพ้อลำเลียง จุดป้อนเข้า จุดต่างระดับ จุดหักเลี้ยวและทางออกของสายพานลำเลียง

 จุดที่บรรจุ ชั่งน้ำหนัก ถังรูปกรวย (Hopper) ด้านล่างและด้านบนของถังเก็บธัญพืช ควรออกแบบให้ปิดสนิท พร้อมติดตั้งระบบดูดอากาศ

 ใช้น้ำมัน Mineral เกรดอาหาร (Food grade) พ่นขณะเคลื่อนย้ายก่อนถึงจุดที่ฟุ้งกระจาย (สำหรับอุตสาหกรรมบางประเภท)

3) ระบบเก็บฝุ่น

 พัดลมและเครื่องเป่า ต้องเป็นประเภทที่ออกแบบมาให้ใช้ขนถ่ายฝุ่นที่ลุกติดไฟได้และมีโครงสร้างด้านการลุกติดไฟ

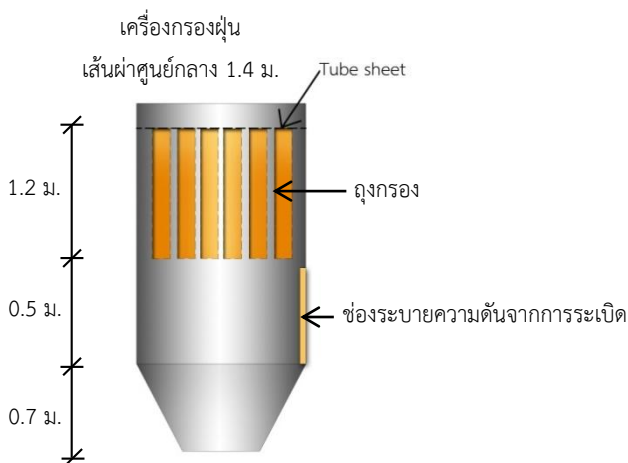
 อุปกรณ์เก็บฝุ่น ถังกรอง ต้องไม่มีฝุ่นรั่วไหล สร้างจากวัสดุที่ไม่ลุกติดไฟ ควรติดตั้งโรตารีวาล์ว เพื่อดึงฝุ่นออกจากถังเก็บ ลดการฟุ้งกระจายของฝุ่น

ภาคผนวก

• • •

แสดงตัวอย่างการคำนวณปริมาตรของสิ่งปิดครอบที่นำไปใช้คำนวณหาขนาดพื้นที่ช่องระบายความดันจากการระเบิดตาม NFPA 68 บทที่ 8 การระบายความดันของการระเบิดแบบ deflagration สำหรับฝุ่นและส่วนผสมไฮบริด ของเครื่องดักฝุ่นที่มีการติดตั้งแผงระบายการระเบิดแบบต่างๆ

แบบที่ 1



ก. เมื่อกำหนดให้ เครื่องกรองฝุ่น (Bag house) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.4 เมตร Tube Sheet มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 เมตร สำหรับติดตั้งถุงกรองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร จึงมีค่า $r = 7.5$ เซนติเมตร จำนวน 32 ถุง ระยะห่างระหว่างถุงกรอง (s) 7 เซนติเมตร [$s < r$]

พื้นที่ช่องระบายความดันจากการระเบิด ต้องนำปริมาตรส่วนที่ต่ำกว่าถุงกรองไปใช้ในการคำนวณตาม NFPA 68 บทที่ 8

$$\begin{aligned} \text{ปริมาตรส่วนที่ต่ำกว่าถุงกรอง} &= \text{ปริมาตรทรงกระบอก} + \text{ปริมาตรทรงกรวย} \\ &= \pi r^2 h + \frac{1}{3} \pi r^2 h \end{aligned}$$

• • •

$$\begin{aligned}
&= \pi \left(\frac{1.2}{2}\right)^2 0.5 + \frac{1}{3} \pi \left(\frac{1.2}{2}\right)^2 0.70 \\
&= 0.5655 + 0.2639 \text{ ม}^3 \\
&= 0.8294 \text{ ม}^3
\end{aligned}$$

$$\therefore \text{ปริมาตรของสิ่งปิดครอบ} = 0.8294 \text{ ม}^3$$

ข. เมื่อกำหนดให้ เครื่องกรองฝุ่น (Bag house) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.4 เมตร Tube Sheet มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 เมตร สำหรับติดตั้งถุงกรองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 เซนติเมตร จึงมีค่า $r = 6$ เซนติเมตร จำนวน 32 ถุง ระยะห่างระหว่างถุงกรอง (s) 8 เซนติเมตร [$s > r$]

พื้นที่ช่องระบายความดันจากการระเบิด ได้มาจากการนำปริมาตรของสิ่งปิดครอบดังนี้

ปริมาตรสิ่งปิดครอบ = ปริมาตรด้านล่างแผ่นท่อ (Tube Sheet) ด้านสกปรก -

ปริมาตรถุงกรองส่วนที่สะอาด

= ปริมาตรทรงกระบอก + ปริมาตรทรงกรวย -

ปริมาตรส่วนที่สะอาด (ปริมาตรถุงกรอง)

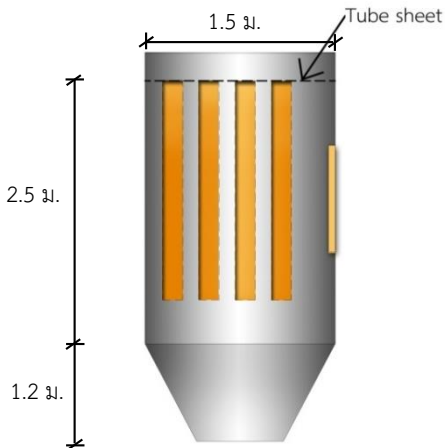
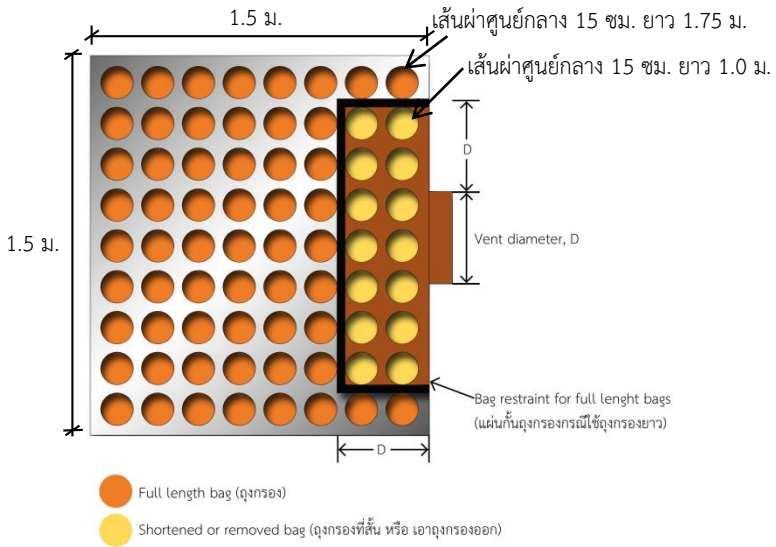
$$\begin{aligned}
&= \pi \left(\frac{1.2}{2}\right)^2 1.7 + \frac{1}{3} \pi \left(\frac{1.2}{2}\right)^2 0.70 - \pi \left(\frac{0.12}{2}\right)^2 1.5(32) \\
&= 1.9226 + 0.2639 - 0.5429 \text{ ม}^3 \\
&= 1.6436 \text{ ม}^3
\end{aligned}$$

$\therefore$ พื้นที่ช่องระบายความดันจากการระเบิด ได้จากการนำปริมาตรของสิ่งปิดครอบ ต่อไปนี้ไปคำนวณต่อ

$$\begin{aligned}
&= 1.6436 - 0.5429 \text{ ม}^3 \\
&= 1.1007 \text{ ม}^3
\end{aligned}$$

แบบที่ 2 ติดตั้งแผงระบายการระเบิดตามรูปที่ 11

พื้นที่ช่องระบายความดันจากการระเบิด ได้จากการนำปริมาตร ดังนี้
 ปริมาตรสิ่งปิดครอบ = ปริมาตรที่อยู่ด้านล่าง Tube Sheet – ปริมาตรถุงกรอง



ปริมาตรที่อยู่ด้านล่าง Tube Sheet

$$\begin{aligned}
 &= (\text{กว้าง} \times \text{ยาว} \times \text{สูง}) + \text{ทรงกรวย} \\
 &= (1.5 \times 1.5 \times 2.5) + \frac{1}{3} \pi \left(\frac{1.5}{2}\right)^2 1.2 \\
 &= 5.6250 + 0.7068 \text{ ม}^3 \\
 &= 6.3318 \text{ ม}^3
 \end{aligned}$$

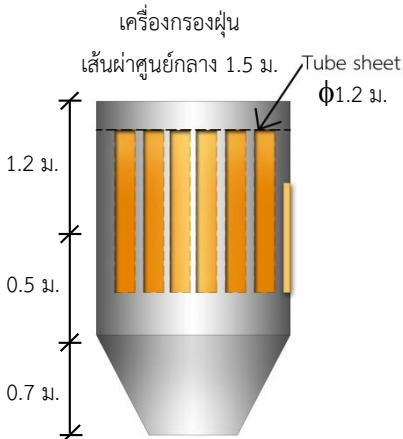
ปริมาตรทรงกรวย

$$\begin{aligned}
 &= \pi r^2 h \times n \\
 &= \left[\pi \left(\frac{0.15}{2}\right)^2 1.75 \times 58 \right] + \pi \left(\frac{0.15}{2}\right)^2 1.0(14) \\
 &= 1.7936 + 0.2474 \text{ ม}^3 \\
 &= 2.0410 \text{ ม}^3
 \end{aligned}$$

∴ พื้นที่ช่องระบายความดันจากการระเบิด ได้จากการนำปริมาตรของสิ่งปิดครอบ ดังนี้ ไปคำนวณต่อ

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาตรสิ่งปิดครอบ} &= 6.3318 - 2.0410 \text{ ม}^3 \\
 &= 4.2908 \text{ ม}^3
 \end{aligned}$$

แบบที่ 3



พื้นที่ช่องระบายความดันจากการระเบิด

ได้จากการนำปริมาตรของสิ่งปิดครอบ ดังนี้ ไปคำนวณต่อ

ปริมาตรสิ่งปิดครอบ

= ปริมาตรใต้ Tube Sheet ทั้งส่วนที่
สะอาดและสกปรก รวมถึงกรวย

$$\begin{aligned}
 &= \pi r^2 h + \frac{1}{3} \pi r^2 h \\
 &= \pi \left(\frac{1.2}{2}\right)^2 1.7 + \frac{1}{3} \pi \left(\frac{1.2}{2}\right)^2 0.70 \\
 &= 1.9226 + 0.2639 = 2.1865 \text{ ม}^3
 \end{aligned}$$

บรรณานุกรม

• • •

National Fire Protection Association; NFPA 61 Standard for the Prevention of Fires and Dust Explosions in Agricultural and Food Processing Facilities, 2008. Edition

National Fire Protection Association; NFPA 68 Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting, 2007. Edition

National Fire Protection Association; NFPA 654 Standard for Prevention of Fire and Dust Explosions from the Manufacturing Processing, and Handling of Combustible Particulate Solids, 2006 Edition

กรมโรงงานอุตสาหกรรม, คู่มือการจัดการความปลอดภัยโรงงานที่มีฝุ่นระเบิดได้, บริษัท ธวิพัฒน์ จำกัด, กรุงเทพมหานคร, 2553

Jacobson, Murray, Explosibility of Agricultural dusts, U.S. Dept. of the interior, Bureau of Mines, 1961

คณะกรรมการประสานและรับมอบงาน

• • •

กรมโรงงานอุตสาหกรรม

นายประสงค์	นรจิตร์	ผู้อำนวยการสำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย
นางสาวรัตนา	รักษัตระกูล	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ
นายประสาท	รักพานิชศิริ	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ
นางสาวอิสราภรณ์	วิจิตรจรรยากุล	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ
นายสนั่น	หาญวุฒิพงศ์	วิศวกรชำนาญการพิเศษ
นางสาวปัทมวรรณ	คุณประเสริฐ	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ
นางสาวปิยะพร	เอียรเจริญ	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

ที่ปรึกษาดำเนินโครงการ

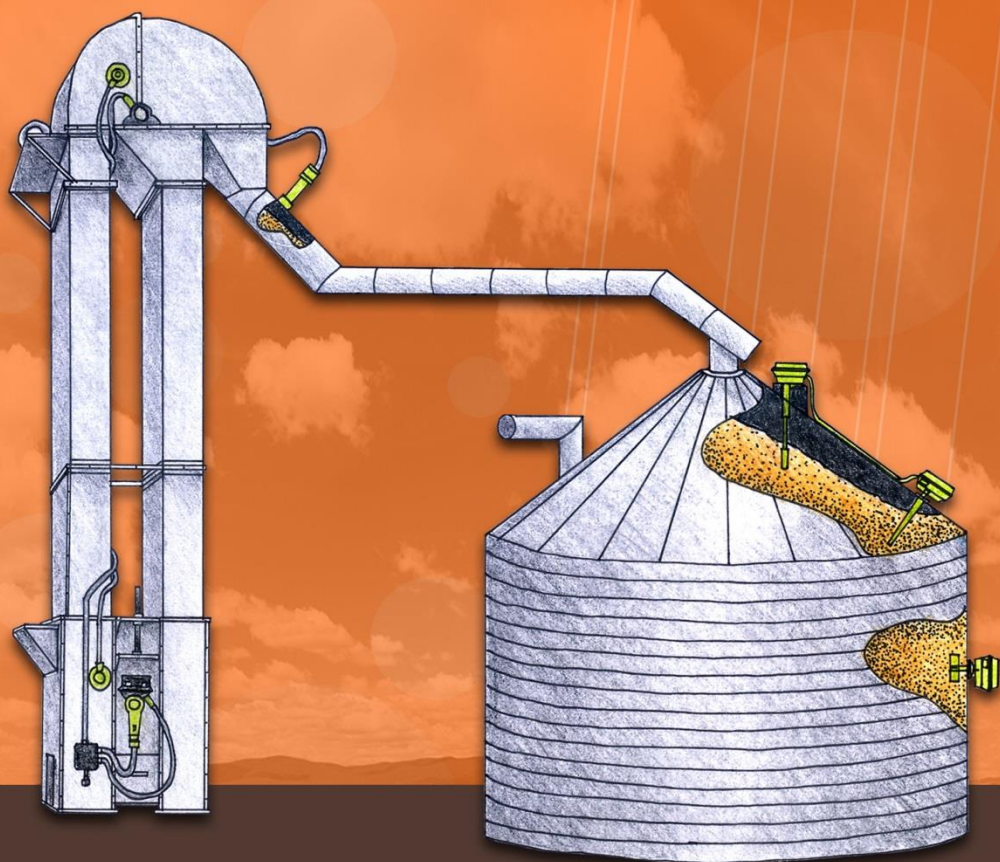
ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยมหิดล

รศ.วิชัย	พฤกษ์ธาราธิกุล	ผู้จัดการโครงการ
รศ.ดร.เฉลิมชัย	ชัยกิตติภรณ์	ผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัย
ดร.อัมรินทร์	คงทวีเลิศ	ผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัย
นางสาวอินทิพร	ทิพย์เนตร	นักวิชาการด้านความปลอดภัย
นางสาวสมรัก	อ่องศรี	นักวิชาการด้านความปลอดภัย
นางสาวพนิตนาฏ	จักรเพชร	ผู้ประสานงานโครงการ

บริษัท ไทยสตีมเซอร์วิส แอนด์ ชีพพลาย จำกัด

นายสิทธิพงษ์ พยุงเกียรติบวร	ผู้เชี่ยวชาญด้านไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์
-----------------------------	--------------------------------------

• • •



สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย
กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
75/6 ถนนพระรามที่ 6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
www.diw.go.th