

การประเมินความเสี่ยงและประสิทธิภาพของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้

Risk Assessment and Efficiency of Fire Detectors in Wood Furniture Industry

คำนำ

การพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทยในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในภาคอุตสาหกรรมได้มีการขยายตัวของอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ เพิ่มขึ้น โดยมีการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่ตลอดจนสารเคมีชนิดต่าง ๆ เข้ามาใช้ในกระบวนการผลิตและเก็บรักษาไว้ในสถานประกอบการ ซึ่งการดำเนินการเหล่านี้หากไม่มีมาตรการป้องกันที่ดีพอหรือขาดการควบคุมดูแลเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการทำงาน ก็อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่น่าไปสู่การเกิดอุบัติเหตุหรืออุบัติภัยร้ายแรงในสถานประกอบการได้ ไม่ว่าจะเป็นการเกิดอัคคีภัยหรือการระเบิดขึ้นในสถานประกอบการประเภทต่าง ๆ เหตุการณ์เหล่านี้ นอกจากจะส่งผลกระทบต่อทรัพย์สินของนายจ้างและชีวิตของลูกจ้างแล้วยังอาจมีผลกระทบต่อประชาชนและอาคารที่อยู่ใกล้เคียงด้วยซึ่งนับเป็นความสูญเสียที่มีมูลค่ามหาศาล และผลของการเกิดเหตุการณ์ดังกล่าวยังก่อให้เกิดภาพลักษณ์ที่ไม่ดีในเรื่องความปลอดภัยในการทำงานต่อประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก

อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ถือว่าเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดเหตุเพลิงไหม้ เนื่องจากในกระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ได้ก่อให้เกิดฝุ่นไม้จำนวนมากฟุ้งกระจายอยู่ทั่วภายในสายการผลิต โดยฝุ่นเกิดจากการขัดผิวไม้ทำให้ฝุ่นมีขนาดอนุภาคที่เล็กลง มีพื้นที่ผิวในสัมผัสที่มากขึ้น ซึ่งสามารถติดไฟได้ง่ายมากเมื่อสัมผัสกับความร้อนและออกซิเจนในอากาศ โดยส่วนใหญ่สาเหตุหลักของการเกิดเพลิงไหม้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้มาจากการเสียดสีกันระหว่างเครื่องจักรงานไม้กับชิ้นงานที่ป้อนเข้าสู่เครื่องจักร เช่นเครื่องขัดกระดาษทราย เครื่องซอยไม้ โดยในขณะที่ทำงานเครื่องจักรจะเกิดการเสียดสีกับชิ้นงานทำให้เกิดความร้อนขึ้น และไปติดไฟกับฝุ่นไม้ที่สะสมอยู่ภายในบริเวณเครื่องจักรเกิดเป็นลูกไฟขึ้น ลูกไฟนี้จะถูกดูดเข้าสู่ท่อดูดฝุ่นและไปติดไฟกับฝุ่นที่สะสมอยู่ในท่อดูดฝุ่นและในถังเก็บฝุ่นไม้ ทางบริษัทได้เพิ่มมาตรการป้องกัน

โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ชนิดตรวจจับความร้อนซึ่งติดตั้งอยู่ภายในถังเก็บฝุ่นไม้ แต่ไม่สามารถตรวจจับเพลิงไหม้ได้ จึงทำให้เกิดเหตุเพลิงไหม้ของถังเก็บฝุ่นไม้ขึ้นบ่อยครั้งมาก เมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ขึ้นได้ก่อให้เกิดความสูญเสียต่อทรัพย์สินจำนวนมาก ในเรื่องของการสูญเสียเวลา ในการผลิตสินค้า เนื่องจากกระบวนการผลิตหยุดชะงัก ค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมถังเก็บฝุ่นไม้ ค่าจ้างแรงงานที่สูญเสียระหว่างการหยุดสายการผลิต และการเสียชื่อเสียงในด้านระบบความปลอดภัย ในสถานประกอบการต่อบริษัทคู่ค้าอีกด้วยซึ่งนับเป็นมูลค่าความเสียหายอย่างมากมายมหาศาล (ดูตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 แสดงมูลค่าความเสียหายด้านทรัพย์สินจากการเกิดเหตุเพลิงไหม้ของถังเก็บฝุ่นไม้ ภายในบริษัท ดราคอนไทย ลัมเบอร์ จำกัดประจำปี 2545 – 2547

ปีงบประมาณ	มูลค่าความเสียหายด้านทรัพย์สิน(บาท)
2545	8,107,820
2546	1,924,820
2547	2,076,724
รวม	12,109,364

ที่มา: บริษัท ดราคอนไทย ลัมเบอร์ จำกัด (2547)

ดังนั้นจึงเป็นมูลเหตุจูงใจที่จะทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการประเมินความเสี่ยงของการเกิดเพลิงไหม้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้จากการใช้อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ และศึกษาถึงประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ในเรื่องความสามารถในการตรวจจับเพลิงไหม้ เพื่อนำมาใช้ในการป้องกันการเกิดปัญหาเพลิงไหม้ของถังเก็บฝุ่นไม้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อประเมินความเสี่ยงของการเกิดเพลิงไหม้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้จากการใช้อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้

2. เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ในเรื่องความสามารถในการตรวจจับเพลิงไหม้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถทำให้ผู้บริหารตัดสินใจเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดเดิมและอนุมัติงบประมาณในการดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ เพื่อป้องกันปัญหาการเกิดเพลิงไหม้ภายในถังเก็บฝุ่นไม้
2. สามารถทราบถึงประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ในเรื่องความสามารถในการตรวจจับเพลิงไหม้
3. สามารถควบคุมและลดความเสี่ยงต่อการสูญเสียชีวิตทรัพย์สินจากการเกิดเพลิงไหม้ของถังเก็บฝุ่นไม้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้
4. เพื่อเป็นแบบอย่างให้กับอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ เพื่อป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ภายในถังเก็บฝุ่นไม้

ขอบเขตการวิจัย

1. ทำการศึกษาการประเมินความเสี่ยงของการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้จากการใช้อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ 2 ชนิด ได้แก่ อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน [Heat Detector] และอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ [Spark Detector] โดยใช้กรณีศึกษาของบริษัท ดราคอนไทย ลัมเบอร์ จำกัด
2. ทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟโดยพิจารณาเฉพาะในเรื่องดังนี้

2.1 ลักษณะการติดตั้ง

2.2 การซ่อมบำรุงและอายุการใช้งาน

2.3 ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและดูแลรักษา

2.4 ความรวดเร็วและแม่นยำในการตรวจจับเพลิงไหม้

3. ทำการศึกษาถึงการชำรุดเสียหายของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้โดยพิจารณาเฉพาะการชำรุดเสียหายของตัวอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้เท่านั้น ไม่รวมอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ เช่นการชำรุดเสียหายของสายไฟฟ้าที่ส่งสัญญาณไปยังตู้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ และการชำรุดเสียหายของอุปกรณ์ภายในตู้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้

สมมติฐานการวิจัย

1. ประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟอยู่ในระดับที่ดีสามารถป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ของถังเก็บฝุ่นไม้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ได้
2. ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีลักษณะส่วนบุคคลที่แตกต่างกันมีความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

การตรวจเอกสาร

ในการศึกษาวิจัยเรื่องการประเมินความเสี่ยงและประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้สำหรับป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ของถังเก็บฝุ่นไม้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ ผู้วิจัยได้ทำการทบทวนเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และรวบรวมงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นพื้นฐานความรู้และใช้ในการอ้างอิงในการวิจัยครั้งนี้นำเสนอตามลำดับดังนี้

1. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการการเกิดเพลิงไหม้และการดับเพลิง
2. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการระเบิดของฝุ่นและการป้องกันการระเบิด
3. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับระบบตรวจจับเพลิงไหม้
4. หลักการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ
5. การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)
6. การประเมินความเสี่ยงด้วยแผนภูมิต้นไม้ (Fault Tree Analysis)
7. การหาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (Benefit to Cost Ratio)
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับการเกิดเพลิงไหม้

วิฑูรย์ และ วีรพงษ์ (2545) ได้อธิบายว่า ปัจจัยสำคัญของการสันดาปและเกิดเพลิงไหม้เกิดจากปัจจัยสำคัญ 4 ตัว ดังภาพที่ 1

1. เชื้อเพลิง (ทั้งของแข็ง ของเหลว และแก๊ส)
2. ออกซิเจน
3. อุณหภูมิที่เหมาะสม
4. ปฏิกิริยาลูกโซ่



ภาพที่ 1 แสดงสามเหลี่ยมของเพลิงไหม้ ซึ่งประกอบจากชิ้นส่วนสำคัญคือ เชื้อเพลิง ออกซิเจน อุณหภูมิที่เหมาะสมและปฏิกิริยาลูกโซ่

ที่มา: วิฑูรย์ และ วีรพงษ์ (2545)

วิฑูรย์ และ วีรพงษ์ (2545) อธิบายเกี่ยวกับสารเชื้อเพลิงที่พบบ่อยในโรงงานอุตสาหกรรม โดยกล่าวว่าสารเชื้อเพลิงที่พบบ่อยที่สุดในงานอุตสาหกรรมได้แก่

1. น้ำมันเตา น้ำมันเชื้อเพลิงใช้กับเครื่องยนต์ต่าง ๆ
2. สารละลายต่าง ๆ เช่น ทินเนอร์ แอลกอฮอล์
3. น้ำมันหล่อลื่น
4. จารบี

5. สีฟัน สีน้ำมันต่าง ๆ
6. สารเคมีบางชนิด
7. น้ำยาทำความสะอาด เช่นแอมโมเนียม เมทิลคลอไรด์
8. ขาฆ่าแมลง
9. พลาสติกและสารโพลีเมอร์ (Polymer)
10. น้ำมันไฮดรอลิกและท่อไฮดรอลิก (ชนิดท่อยาง)
11. ไม้และผลิตภัณฑ์ไม้
12. กระดาษแบบต่าง ๆ
13. เสื้อผ้าและเส้นใยต่าง ๆ
14. ผลิตภัณฑ์ยาง
15. โลหะไวไฟหลายชนิดได้แก่ แมกนีเซียม ไทตาเนียม เซอร์โคเนียม (Zirconium)
โซเดียมโปแตสเซียม ซีเซียม (Cesium) รูบิเดียม (Rubidium)
16. ฝุ่นละออง ผงต่าง ๆ ที่สะสมอยู่ในที่ต่าง ๆ

วิฑูรย์ และวีรพงษ์ (2545) ได้อธิบายถึงจุดหรือแหล่งกำเนิดประกายไฟในโรงงานประกอบด้วย

1. ประกายไฟจากระบบไฟฟ้า เป็นต้นเหตุสำคัญประการหนึ่งของเพลิงไหม้ ได้แก่ ประกายไฟจากสิ่งต่อไปนี้

- มอเตอร์ เจนเนอเรเตอร์ หรือเครื่องจักรไฟฟ้าอื่น ๆ ที่หมุนส่งกำลัง
- ประกายไฟระหว่างขั้วไฟฟ้าที่สวิตช์หรือรีเลย์ (relay)
- การกระโดดของประจุไฟฟ้าสถิตจากระบบต่าง ๆ
- การปล่อยกระแสออกจากขั้วของคาปาซิเตอร์
- ประกายไฟจากบริเวณรอยต่อและขั้วไฟฟ้าต่าง ๆ
- ประกายไฟจากเปลวเชื่อมไฟฟ้า

2. **ประกายไฟจากผิวร้อน** ผิวร้อนเป็นส่วนที่ทำให้โมเลกุลของสารเชื้อเพลิงที่มีขนาดใหญ่ได้แตกตัวออกเป็นโมเลกุลขนาดเล็กลง และมีจุลควาไฟฟ้าต่ำกว่าอุณหภูมิในขณะนั้น จึงเป็นผลให้เกิดการลุกไหม้ขึ้นได้ แหล่งผิวร้อนได้แก่

- เตาไฟฟ้า
- ท่อไอเสียของเครื่องยนต์, เครื่องดันกำลัง
- เตาเผา หม้อไอน้ำ ท่อลมร้อน ปล่องไฟ
- อุปกรณ์ หรือเครื่องจักรที่ได้รับการเสียดสี เกิดความร้อน
- แผ่นโลหะที่ร้อนเนื่องจากการถูกตัด หรือเชื่อมไฟฟ้า
- อุปกรณ์หม้อต้ม หรือระบบท่อน้ำร้อนต่าง ๆ

3. ประกายไฟจากงานกลทั่วไป ในงานใช้เครื่องมือต่าง ๆ มีโอกาสจะเกิดประกายไฟขึ้นในลักษณะต่อไปนี้

- การหล่นของ ค้อน คีม สกัด ฯลฯ ไปกระทบพื้นผิวโลหะที่มีความแข็งหรือกระทบกับหินของพื้นซีเมนต์

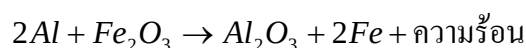
- การเจียรในชิ้นงาน เช่น เหล็ก

- ท่อไอเสียที่มีส่วนท่อเปลือยยาว และหลวมคลอน

- การทุบตอกด้วยค้อนเหล็กที่หัวสกัด ฯลฯ

- ประกายไฟเนื่องจากการเผาไหม้ของโลหะบางชนิด เช่น cerium ซึ่งผสมทำเป็นแท่งสำหรับทำถ่านไฟแช็ค และเนื่องจากวัสดุที่มีค่าความร้อนจำเพาะต่ำ ๆ อาทิ เบอริเลียม (Beryllium) และไททานเนียม (Titanium) มีค่าความร้อนจำเพาะต่ำมาก เมื่อได้รับความร้อนไม่มาก ก็จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นมาก

4. ประกายไฟจากปฏิกิริยาเคมี สารเคมีหลายชนิดจะเกิดปฏิกิริยาเคมีกับอากาศหรือสิ่งแวดล้อม ตลอดเวลา ทำให้เกิดอุณหภูมิสูงขึ้น ๆ จนอาจถึงจุดเกิดประกายไฟลุกไหม้ขึ้นได้ นอกจากนี้โลหะบางชนิดเมื่อกระทบกันก็ก่ออันตรายได้ อาทิ อะลูมิเนียมกับเหล็กออกไซด์ ดังสมการ



ซึ่งจะก่อความร้อนให้แก่ผิวสัมผัสมากกว่าความร้อนจากการเสียดสีโดยตรง

วิทยุ และ วีรพงษ์ (2545) อธิบายว่าประเภท หรือชนิดของเพลิงไหม้ในโรงงานอุตสาหกรรม ถูกแบ่งประเภทของเพลิงไหม้ตามชนิดของเชื้อเพลิงเป็น 4 ชนิด คือ

1. **เพลิงไหม้ประเภท เอ (Class A) :** เป็นเพลิงไหม้จากเชื้อเพลิงที่เป็นของแข็งทั่วไป เช่น ไม้ ถ่าน ฟืน กระดาษ ขยะ ผลของการเผาไหม้จะเกิดกองถ่าน กุ ระอุ ร้อนอยู่
2. **เพลิงไหม้ประเภท บี (Class B) :** เป็นเพลิงไหม้จากของเหลวหรือแก๊สที่เป็นสารไวไฟ เพลิงจะดับมอดลงเมื่อหมดน้ำมันหรือแก๊สเชื้อเพลิงนั้น
3. **เพลิงไหม้ประเภท ซี (Class C) :** เป็นเพลิงไหม้ที่เกิดกับอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมด รวมทั้ง เพลิงไหม้วัสดุอื่นที่อยู่ใกล้กับแหล่งพลังงานไฟฟ้า
4. **เพลิงไหม้ประเภท ดี (Class D) :** เป็นเพลิงไหม้ที่เกิดจากโลหะที่ไวปฏิกิริยากับน้ำ และถูกติดไฟได้ อาทิ แมกนีเซียม ไทตาเนียม เซอร์โคเนียม และอื่น ๆ ซึ่งไวต่อปฏิกิริยา และเพลิงไหม้จาดังกล่าวนี้นี้ มีความรุนแรง และอุณหภูมิสูงกว่าเพลิงไหม้ประเภทเพลิงไหม้ ประเภทบีเสียอีก

สัญลักษณ์	สารดับเพลิงที่เหมาะสม
 พื้นที่เขียว อัศวินขี่ช้าง บนพื้นสีเขียวสามเหลี่ยม	ชนิดน้ำ ชนิดโฟม ชนิดผงเคมีแบบประจุ
 พื้นที่แดง อัศวินขี่ช้างบนพื้น สีแดงรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส	โบรมไตรฟลูออไรมีเทน (1301) (Bromotrifluoromethane (1301) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ผงเคมีแห้ง ชนิดโฟม
 พื้นที่น้ำเงิน อัศวินขี่ช้างบนพื้น สีน้ำเงินรูปวงกลม	โบรมไตรฟลูออไรมีเทน (1301) (Bromotrifluoromethane (1301) คาร์บอนไดออกไซด์ (หัวฉีดทำจากพลาสติก) ผงเคมีแห้ง
 พื้นที่เหลือง อัศวินขี่ช้างบนพื้น สีเหลืองรูปดาวห้าแฉก	การเลือกชนิดของสารดับเพลิงขอให้ทางผู้เชี่ยวชาญ ได้ทำงานสำรวจหาปริมาณของโลหะไวไฟ และชนิดของโลหะที่มีอยู่

ภาพที่ 2 แสดงสัญลักษณ์แทนเพลิงไหม้ทั้ง 4 ประเภท

ที่มา: วิทยุ และ วีรพงษ์ (2545)

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับสาเหตุการระเบิดและการป้องกันการระเบิด

การระเบิด (Explosion)

ยური (2547) ได้อธิบายถึงความหมายของการระเบิดไว้ดังนี้

การระเบิดเกิดจากปฏิกิริยาเคมีที่นำไปสู่การเพิ่มความดัน หรือแรงดันอย่างมหาศาลแล้วปลดปล่อยพลังงานจำนวนมากออกมาทันทีทันใด และมีการแบ่งการระเบิดออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. การระเบิดแบบ detonation เมื่อความเร็วของเปลวไฟมีค่ามากกว่าความเร็วเสียงซึ่งมีอำนาจทำลายล้างสูงกว่า
2. การระเบิดแบบ deflagration เมื่อความเร็วของเปลวไฟมีค่าน้อยกว่าความเร็วเสียง (มักพบในฝุ่นระเบิด)

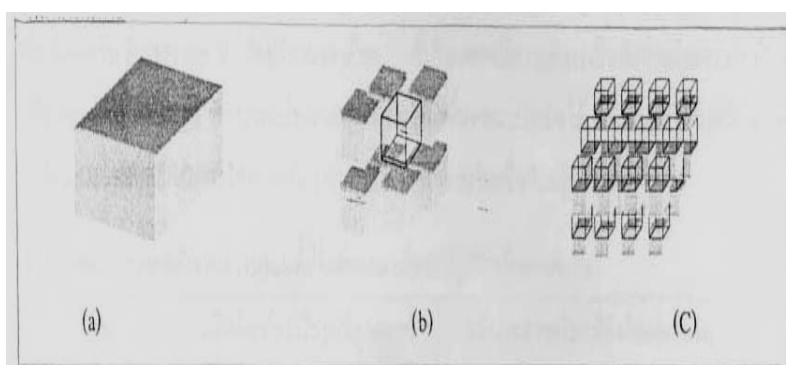
ฝุ่นระเบิด (Dust Explosion)

ยური (2547) อธิบายถึงความหมายของฝุ่นระเบิดไว้ดังนี้

ฝุ่นระเบิดเหมือนกับไอระเหยของสารไวไฟที่เกิดการระเบิดขึ้น เช่น เมื่อปริมาตรของสารผสมไวไฟลุกไหม้ขึ้นจะทำให้แรงดันหรือความดันเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และเกิดการเคลื่อนที่ของเปลวไฟพุ่งตรงขึ้นสู่ท้องฟ้า การระเบิดของฝุ่นจะเกิดขึ้นได้เมื่อสารที่ลุกติดไฟได้มีการก่อตัวของไอระเหยที่ไวไฟ แล้วเกิดการแพร่กระจายไปในอากาศ และท้ายที่สุดเมื่อไฟพบกับเปลวไฟ สิ่งนี้มักจะขึ้นกับปริมาณการใช้ออกซิเจนกับไฟ และความเข้มข้นของเชื้อเพลิง ถ้ามีมากหรือน้อยเกินไปก็จะไม่สามารถเกิดการระเบิดจากฝุ่นได้

ของแข็งที่สามารถเผาไหม้ในอากาศได้นั้นพบว่า อัตราการเผาไหม้จะเพิ่มขึ้นตามพื้นที่ผิว ถ้ามีพื้นที่ผิวมากพอที่จะเกิดการลุกไหม้ เปลวไฟจะสามารถเคลื่อนที่ผ่านการผสมลุกติดไฟได้ในอัตราที่สูง ถ้าปริมาณของพลังงานความร้อนที่ถูกปลดปล่อยออกมามีมากพอที่จะก่อให้เกิด

การลุกไหม้ต่อไป ปฏิกิริยาที่จะดำเนินต่อไปเรื่อย ๆ ถ้าการปลดปล่อยพลังงานความร้อนทำให้การเผาไหม้ที่มีอยู่มากขึ้นกว่าเดิม มันจะก่อให้เกิดไฟที่ลุกลามเผาไหม้อย่างรวดเร็ว ถ้าการลุกไหม้เร็วมากพอที่จะกลายมาเป็นการระเบิด ตามมาตรฐานความดันสูงสุดในการระเบิดของฝุ่นจะอยู่ที่ประมาณ 5-12 บาร์ การระเบิดจะเกิดขึ้นได้คือ เกิดไอระเหยของอนุภาคหรืออนุภาคเกิดการระเหยแล้วเกิดการรวมตัวกับก๊าซที่ติดไฟ



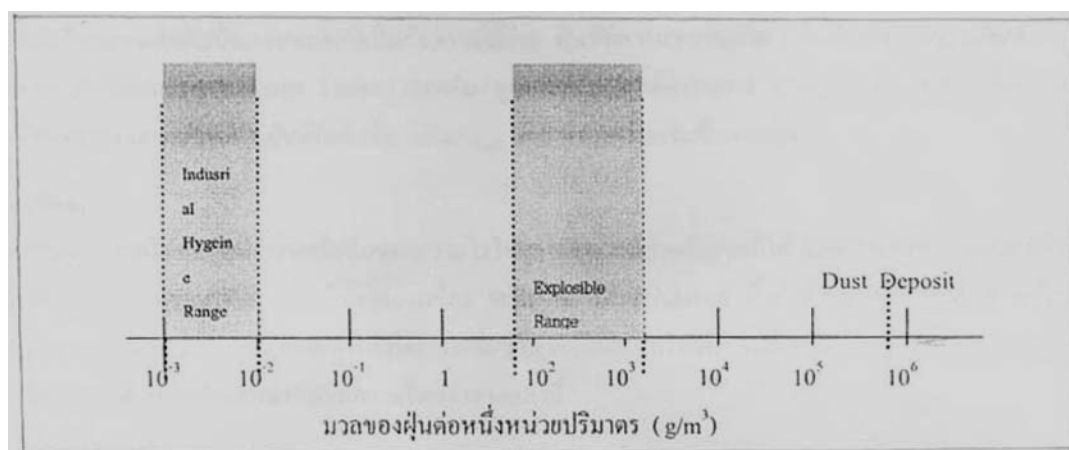
ภาพที่ 3 แสดงพื้นที่ผิวเฉพาะของฝุ่น

ที่มา: ยูรี (2547)

ความเข้มข้นในช่วงที่อาจทำให้เกิดการระเบิดของฝุ่นได้

ยูรี (2547) อธิบายถึงความเข้มข้นในช่วงที่อาจทำให้เกิดการระเบิดของฝุ่นไว้ดังนี้

การระเบิดของฝุ่นสามารถเกิดขึ้นได้ ถ้าความเข้มข้นของฝุ่นอยู่ภายในช่วงของความเข้มข้นที่กำหนด เมื่อเปรียบเทียบกับแนวความคิดของขีดจำกัดสูงสุดและขีดจำกัดต่ำสุดของการลุกติดไฟของก๊าซหรือไอผสมของอากาศ โดยทั่วไปความเข้มข้นต่ำสุดของฝุ่นที่สามารถทำให้เกิดการระเบิดได้คือประมาณ 50-100 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร และสูงสุดคือ 2-3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขีดจำกัดเหล่านี้ขึ้นกับสารเคมีเฉพาะแต่ละตัวและการกระจายตัวของขนาดอนุภาค รวมถึงระดับขนาดที่เกี่ยวข้องอยู่ด้วย



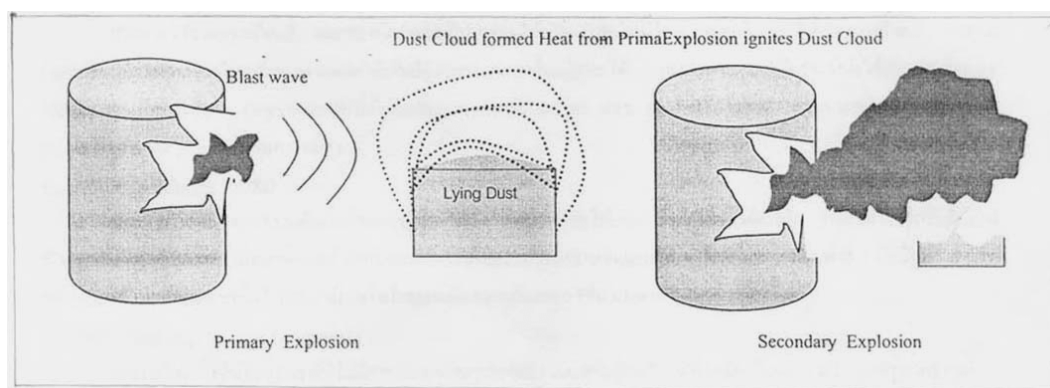
ภาพที่ 4 แสดงช่วงความเข้มข้นการระเบิดของฝุ่น

ที่มา:ยูวรี (2547)

การระเบิดขั้นปฐมภูมิและขั้นทุติยภูมิ

ยูวรี(2547) อธิบายถึงความหมายการระเบิดของฝุ่นขั้นปฐมภูมิและการระเบิดขั้นทุติยภูมิไว้ดังนี้

ความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการระเบิดของฝุ่นค่อนข้างพบได้ยาก ถ้าอยู่นอกภาชนะบรรจุ (pressure vessel) การระเบิดของฝุ่นขั้นรุนแรงทั้งหมดเริ่มต้นจากชิ้นส่วนของอุปกรณ์ (เช่น เครื่องมือ เครื่องสี เครื่องผสม เครื่องเป่าแห้ง ไซโคลน hopper ไซโล ท่อดูดอากาศ และระบบการส่งด้วยลม เป็นต้น) ซึ่งรู้จักกันในนาม “การระเบิดขั้นปฐมภูมิ” พบว่า ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างการระเบิดของฝุ่นและอันตรายจากก๊าซไวไฟ เป็นการระเบิดของก๊าซ / ไอ ที่เกิดขึ้นในภาชนะบรรจุ (vessel) ได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากเป็นภาวการณ์ขาดอากาศทั่วไปจึงไม่ส่งเสริมให้เกิดการระเบิด แต่โดยทั่วไป ฝุ่นยังคงแขวนลอยอยู่ในอากาศ (ถ้าภาชนะบรรจุไม่ถูกใช้งานในบรรยากาศที่เป็นไนโตรเจนบริสุทธิ์ ก็ยังสามารถก่อให้เกิดปัญหากับผงโลหะได้ เพราะสามารถทำให้สภาวะการระเบิดของฝุ่นเกิดขึ้นได้ และเป็นเหตุให้ถึง vessel แตกได้ถ้าอุปกรณ์ระบายความดันที่เกิดขึ้นมีไม่เพียงพอ หรือการออกแบบทนต่อการรับแรงดันต่ำเกินไป



ภาพที่ 5 แสดงการระเบิดขั้นปฐมภูมิและขั้นทุติยภูมิ

ที่มา: ยური (2547)

การลุกติดไฟ (Ignition)

ยური (2547) ได้อธิบายถึงการลุกติดไฟของฝุ่นโดยระบุแหล่งกำเนิดความร้อนดังนี้ไว้ดังนี้

1. เปลวไฟเปิด (Open flames)

เปลวไฟเปิดจากการเชื่อม หรือการตัดมีความร้อนมากพอที่จะทำให้ฝุ่นเกิดการระเบิดได้ ตะเกียงที่ใช้ก๊าซอะเซทิลีนจะมีอันตรายเป็นพิเศษเมื่อมีออกซิเจนเข้าไปในพื้นที่ และเมื่อออกซิเจนมีมากพอแม้ว่ามีความร้อนเพียงเล็กน้อยก็สามารถจุดระเบิดได้ ดังนั้นจึงไม่ควรมีการเชื่อมหรือตัดในกระบวนการทำงานในพื้นที่ที่มีฝุ่น ควรห้ามไม่ให้มีการสูบบุหรี่ในทุก ๆ ที่ในโรงงานที่มีความเสี่ยงจากฝุ่นระเบิด เพราะเปลวไฟจากไม้ขีดสามารถให้กำเนิดพลังงานความร้อนถึง 100 วัตต์ ซึ่งมากพอที่จะทำให้เกิดการระเบิดของฝุ่นได้

2. พื้นผิวร้อน (Hot surfaces)

พื้นผิวร้อนสามารถทำให้เกิดการระเบิดของฝุ่นได้ 2 ทางคือ ทางแรกโดยทำให้ฝุ่นที่จับหรือเกาะสะสมอยู่ตามที่แตกต่างกัน ถูกเผาไหม้ และทางที่สองคือการสัมผัสโดยตรงกับฝุ่นที่ฟุ้งกระจายอยู่ในอากาศ โอกาสของการลุกติดไฟของฝุ่นจะน้อยเพราะต้องให้อุณหภูมิของพื้นผิวมีมากกว่า 400°C จึงจะเพียงพอต่อการลุกไหม้

3. ความร้อนจากเครื่องกล (Heat from mechanical impacts)

ประกายไฟจากการเสียดสี ผลกระทบทางกลเป็นสาเหตุให้เกิดการลุกไหม้ได้ การลุกไหม้ที่เกิดจากการเสียดสี การรวมกันของอะลูมิเนียมและสนิมเหล็กสามารถก่อให้เกิดปฏิกิริยาจากการเชื่อมโลหะได้ เพราะสามารถให้ความร้อนได้เพียงพอที่จะทำให้เกิดการระเบิดของฝุ่น เหตุการณ์เหล่านี้มักเกิดจากการตกหล่นของวัตถุ (เช่น ตะปู หรือไขควง) หรือจากการเคลื่อนไหวของอุปกรณ์สัมผัสต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต)

4. ประกายไฟ (Electric sparks)

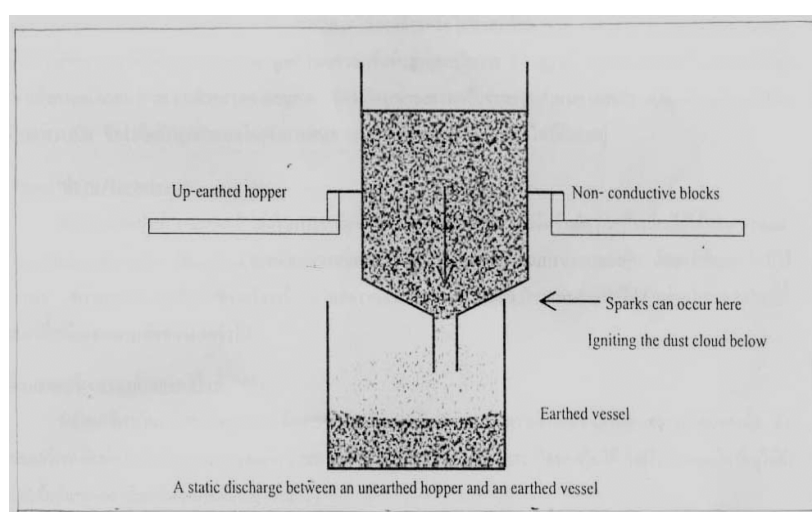
ประกายไฟที่เกิดจากความผิดปกติของอุปกรณ์ไฟฟ้า บางครั้งก็ก่อให้เกิดการระเบิดของฝุ่นได้ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีศักย์ไฟฟ้าสูง ๆ หรือสายโทรเลข เมื่อเกิดความล้มเหลวจะมีก่อให้เกิดประกายไฟจำนวนมากได้ ประกายไฟที่มีขนาด 1 มิลลิจูล สามารถจุดระเบิดได้และจะจ่ายมากขึ้นถ้าอุปกรณ์ภายในโรงงานเกิดความล้มเหลว เช่น มอเตอร์

5. ไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic Discharges)

การระเบิดของฝุ่นในอุปกรณ์ที่ไม่มีการต่อสายดิน หรือไม่มีระบบการป้องกันไฟฟ้าสถิตย์ที่เหมาะสม ไฟฟ้าสถิตย์ที่ถูกสร้างขึ้นในกระบวนการผลิตที่มีฝุ่นอาจมีปริมาณมากพอ ๆ กับประจุที่ถูกถ่ายเทจากอนุภาคไปยังภาชนะบรรจุ การปล่อยประจุของไฟฟ้าสถิตย์ มีหลาย ๆ ชนิด (เช่นประกายไฟ พื้นผิว การปล่อยประจุจากฟ้าแลบ Corona Propagating brush) แต่ชนิดที่รุนแรงที่สุดคือ การปล่อยประจุออกมาในรูปของประกายไฟ ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อประจุถูกสร้างขึ้นในตัวนำส่วนที่ไม่ได้ต่อสายดินและมันจะปล่อยประจุลงสู่พื้นโลกโดยผ่านช่องว่างเล็ก ๆ ของอากาศในรูปของประกายไฟ

6. การระอุหรือการลุกไหม้ของฝุ่นจากความร้อนสะสม (Smouldering or burning dust)

เมื่อฝุ่นถูกสะสมอยู่ในกอง หรือชั้นฝุ่นภายใต้ภาวะพิเศษใด ๆ การเผาไหม้ภายในจะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ จากความร้อนต่ำ ๆ ทำให้อุณหภูมิในกองฝุ่นเพิ่มขึ้น เมื่อเกิดการเผาไหม้นาน ๆ อย่างต่อเนื่องและมีออกซิเจนเพียงพออาจกลายเป็นอันตรายจากการระเบิดของฝุ่นได้ บางครั้งอาจเหมือนสารใน hopper หรือในไซโลที่ถูกปล่อยสู่ถังเก็บ ที่มักต้องการเผาไหม้ด้วยตัวเองจากบางสิ่ง เช่นการทึงกันบูหรืหรือไม้ขีดไฟ



ภาพที่ 6 แสดงการลุกไหม้ของฝุ่นจากความร้อนสะสม

ที่มา: ชูวรี (2547)

การป้องกันการระเบิดจากฝุ่น

ชูวรี (2547) อธิบายถึงการป้องกันการระเบิดของฝุ่นไว้ดังนี้

การป้องกันแหล่งกำเนิดความร้อน

กระบวนการผลิตส่วนใหญ่ลดประกายไฟของไฟฟ้าที่เกิดจากการทำงานให้มีต่ำที่สุด เพื่อป้องกันการลุกไหม้ของฝุ่นเพราะการกำจัดแหล่งความร้อนเป็นวิธีการป้องกันฝุ่นระเบิด

ได้อย่างน่าพอใจ แหล่งกำเนิดความร้อนแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกประกอบด้วย สิ่งที่เกิดจากการทำงานในโรงงาน เช่น ควัน เปลวไฟเปิด ดวงไฟ การเชื่อม การตัด การบด แหล่งกำเนิดความร้อนเหล่านี้ถูกควบคุมได้ผ่านบุคลากรได้รับการอบรมและควบคุมให้อยู่ภายใต้กฎการทำงานอย่างเคร่งครัด กลุ่มที่ 2 ความร้อนเกิดจากแหล่งกำเนิดความร้อนจากภายในกระบวนการผลิตโดยตัวเอง เช่น เปลวไฟเปิด พื้นผิวร้อน การเพิ่มความร้อนด้วยตัวเอง ดาข่ายความร้อน และความร้อนที่ถูกปล่อยออกมาเนื่องจากการสลายตัว ความร้อนที่ถูกปล่อยออกมาโดยเป็นผลกระทบทางกลประกายไฟจากไฟฟ้า และไฟฟ้าสถิตย์ สถานะการลุกติดไฟเหล่านี้ถูกเสนอให้มีความจำเป็น ต้องแก้ไขไปตามแนวทาง

ตารางที่ 2 แสดงแนวทางในการป้องกัน และบรรเทา (ลดความเสียหายจากแรงระเบิดของฝุ่น)

การป้องกันแหล่งกำเนิดความร้อน	การป้องกันการระเบิด จากกลุ่มหมอกฝุ่น	การบรรเทาความรุนแรง
ความร้อนจากการลุกไหม้ของฝุ่น	การทำให้เชื้อต้อปฏิกิริยาโดย ก๊าซไนโตรเจน, คาร์บอนไดออกไซด์	การทำให้บางส่วนมีความเฉื่อย โดยการใช้ก๊าซเฉื่อย
เปลวไฟเปิดอื่นๆ	หรือก๊าซเฉื่อยอื่นๆ	การตัดแยกระบบ
พื้นผิวร้อน	ความเฉื่อยภายใน	การระบายอากาศ
ประกายไฟจากกระแสไฟฟ้า / ไฟฟ้าสถิตย์	ความเฉื่อยจากการเพิ่มฝุ่นเฉื่อย ความเข้มข้นของฝุ่น นอกเหนือจากช่วงที่สามารถ ลุกติดไฟได้ (เผาไหม้)	โครงสร้างที่ทนต่อแรงดัน การระงับเหตุแบบอัตโนมัติ การทำความสะอาดและกำจัดฝุ่น ออกให้หมด เช่น 5ส.

ที่มา:ยูวรี (2547)

เปลวไฟในภาชนะเปิด (open flames)

เปลวไฟในภาชนะเปิดส่วนใหญ่สามารถหลีกเลี่ยงได้ง่าย โดยกำหนดนโยบายห้ามสูบบุหรี่ภายในกระบวนการผลิตอย่างเคร่งครัด โดยพื้นที่นั้นต้องได้รับผลทั้งทางตรงและทางอ้อมจากฝุ่น สิ่งสำคัญคือ พื้นที่ต่าง ๆ ควรต้องปราศจากฝุ่น ควรต้องหลีกเลี่ยงการใช้ก๊าซในการตัดหรือเชื่อมที่ใช้ออกซิเจนมากเกินไป เนื่องจากทำให้ฝุ่นลุกไหม้ได้ง่ายกว่าฝุ่นที่อยู่ในอากาศปกติ

พื้นผิวร้อน

พื้นผิวร้อนที่เกิดขึ้นในอุปกรณ์ต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต เช่นฮีทเตอร์ เครื่องเป่า ท่อไอน้ำ อุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นต้นพื้นผิวร้อนในอุปกรณ์ในกระบวนการผลิตบางชนิดเห็นไม่เด่นชัดนัก เช่นเครื่องยนต์ สายพานกล เครื่องบด เครื่องผสม เพลา ดวงไฟที่ไม่มีตัวป้องกันความร้อน พื้นผิวร้อนที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำงานสามารถให้ร้อนเพียงพอต่อการลุกไหม้ จึงสามารถนำไปสู่การเกิดฝุ่นระเบิดได้เช่นกัน ฝุ่นที่สะสมอยู่บนพื้นผิวร้อนยังทำหน้าที่เป็นชั้นฉนวนซึ่งอาจทำให้อุปกรณ์ล้มเหลวได้ มาตรการที่สามารถช่วยลดโอกาสในการติดไฟจากพื้นผิวร้อนคือ ก่อนที่จะทำงานร้อนควรขจัดฝุ่นทั้งหมดออก ป้องกันและกำจัดฝุ่นหรือทำความสะอาดฝุ่นบนพื้นผิวร้อน ควรกันแยก (ตัดระบบ) พื้นผิวร้อนที่ใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าซึ่งได้รับรองตามมาตรฐานสำหรับใช้กับสถานที่ที่มีฝุ่นติดไฟได้ออกจากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่สามารถใช้ในลักษณะนั้นได้ ใช้อุปกรณ์ที่ลดโอกาสในการเกิดความร้อนเกิน ควรควบคุมและตรวจสอบระบบการซ่อมบำรุง

การก่อความร้อนด้วยตัวเองและฝุ่นที่กำลังคุกรุ่น

ความร้อนในตัวเอง มักถูกนิยามโดยลักษณะทางเคมีของฝุ่นมากกว่า แต่มีหลายแนวทางในการลดโอกาสไม่ให้เกิดสิ่งเหล่านี้เกิดขึ้น เช่น ควบคุมอุณหภูมิของฝุ่น และองค์ประกอบความร้อน ก่อนทำการจัดเก็บควรให้แน่ใจว่าไม่มีความร้อนเกิดขึ้นเมื่อสัมผัสกับฝุ่นที่ถูกเก็บไว้ด้วย ติดตามตรวจสอบอุณหภูมิของฝุ่นที่ถูกเก็บอย่างระมัดระวัง ติดตามตรวจสอบฝุ่นที่ถูกเก็บไว้พร้อมกับก๊าซติดไฟในภาชนะกักเก็บ แต่ไม่แนะนำให้เติมน้ำลงไป เพราะอาจก่อให้เกิดปัญหาทางกลศาสตร์และเกิดการเคลื่อนย้ายฝุ่นได้ก๊าซในโตรเจนเป็นทางที่ดีที่สุดในการหลีกเลี่ยงการสะสมความร้อน แต่อาจทำให้มีอันตรายจากการขาดอากาศ ถ้ามวลใด ๆ เกิดการสะสมความร้อนขึ้น สิ่งแรกที่ต้องทำคือ หยุดทุกปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน จากนั้นลดอุณหภูมิของฝุ่นที่เหลือ โดยตรวจสอบ

จากการเผาไหม้ผลิตภัณฑ์เป็นพิษต่าง ๆ อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต ถ้ามีการสะสมความร้อนควรได้รับการตรวจสอบทั้งหมดเพราะสิ่งเหล่านี้สามารถทำให้ภาชนะบรรจุลดความแข็งแรงลงได้

ผลกระทบจากเครื่องจักร

เครื่องจักรสามารถก่อประกายไฟและจุดร้อนขึ้นได้ ประกายไฟเหล่านี้อาจมีพลังงานไม่พอที่จะเกิดการลุกไหม้ แต่ถ้าผลกระทบเกิดขึ้นซ้ำ ๆ หรือเมื่อใช้โลหะต่างชนิดกันจะเกิดความเสี่ยงจากการลุกไหม้ของฝุ่นได้ แนวทางที่ดีที่สุด คือ หลีกเลี่ยงการเกิดประกายไฟ โดยกำจัดวัสดุแปลกปลอมจากกระบวนการในทันทีที่เป็นไปได้ หลีกเลี่ยงการใช้วัสดุโครงสร้างที่ก่อให้เกิดประกายไฟหรือเปลวไฟ หมั่นตรวจสอบหาเสียงซึ่งแสดงถึงความผิดปกติที่เกิดจากผลกระทบ และทำการซ่อมบำรุงให้มีปลอดภัยสูงสุด

ประกายไฟจากกระแสไฟฟ้า / ไฟฟ้าสถิตย์

ประกายไฟจากกระแสไฟฟ้าสามารถลดลงได้โดยการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในพื้นที่ที่มีฝุ่นมาก เพื่อให้แน่ใจว่ามีการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าอย่างถูกต้อง และคนงานมีการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยความปลอดภัยอย่างมีทักษะ และมีความพยายามหลายวิธีที่จะลดการเกิดประกายไฟจากไฟฟ้าสถิตย์ดังต่อไปนี้ คือ การใช้วัตถุที่เป็นตัวนำลงสู่พื้นโลกต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้าในโรงงาน เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดประกายไฟฟ้า

แนวคิดและทฤษฎีระบบตรวจจับเพลิงไหม้

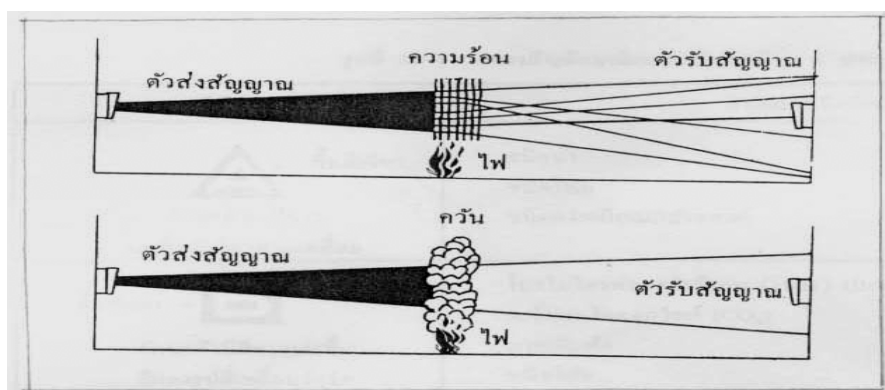
วิฑูรย์ และ วีรพงษ์ (2545) ได้ให้ความหมายของระบบตรวจจับเพลิงไหม้ไว้ดังนี้

ระบบตรวจจับเพลิงไหม้ คือ ระบบที่สร้างขึ้นเพื่อทำหน้าที่แจ้งการเกิดเพลิงไหม้ในบริเวณจุดที่ระบบตรวจจับอัคคีภัยนั้นทำงานครอบคลุมไปถึง โดยแจ้งให้ทราบล่วงหน้าก่อนที่ผู้รับทราบสัญญาณจะมีเวลาที่จะแก้ไขหรือหลบหลีกได้ทัน

ระบบตรวจจับอัคคีภัยที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมี 5 ระบบใหญ่ ๆ คือ

1. ระบบตรวจจับโดยอาศัยการขยายตัว เพราะความร้อน (Thermal Expansion Detectors) มี 2 ลักษณะ คือ ใช้ชุดสวิตช์แบบโลหะแผ่นคู่ (bimetallic) และแบบของเหลว (confined-fluid) ชุดโลหะแผ่นคู่ทำงานเมื่อได้รับความร้อน โลหะ 2 ชนิด มีอัตราการขยายตัวต่างกัน ทำให้เกิดโค้งงอและไปกดสวิตช์ต่อวงจรให้ระบบผลิตสัญญาณทำงานแจ้งเตือนไฟไหม้ที่ ส่วนสวิตช์แบบของเหลวอาศัยความร้อนจากเพลิงไหม้ทำให้ของเหลวในท่อหรือหลอดจำกัดเกิดการเดือด ขยายตัวเพิ่มความดันทำให้ไปกดคันสวิตช์ทำงานต่อไป
2. ระบบตรวจจับโดยเทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric Sensitive Devices) หลักการทำงาน คือ ใช้ขั้วต่อแบบเทอร์โมอิเล็กทริก เมื่อได้รับความร้อนเพิ่มสูงขึ้นจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร ซึ่งจะไปทำให้ระบบแจ้งเพลิงไหม้ทำงาน
3. ระบบตรวจจับโดยเทอร์โมคอนดักทีฟ (Thermo conductive Detectors) หลักการทำงาน คือ จัดทำขั้วต่อที่เป็นส่วนหนึ่งของวงจรแจ้งเพลิงไหม้ ที่ขั้วต่อมีตัวนำ 2 ตัววางใกล้กันและกัน ด้วยวัสดุฉนวนที่มีอุณหภูมิจุดหลอมละลายต่ำตามที่ต้องการ เมื่อขั้วต่อดังกล่าวนี้ได้รับความร้อนจากบริเวณที่มีเพลิงไหม้ วัสดุฉนวนจะละลายออกไปทำให้ขั้วต่อนั้นกลายเป็นตัวนำไฟฟ้า จึงต่อวงจรเข้าด้วยกันทำให้วงจรแจ้งเพลิงไหม้ทำงานทันที
4. ระบบตรวจจับโดยจับการแผ่รังสี (Radiantenergy Detectors) หลักการทำงานคือ ใช้เซลล์ไฟฟ้าที่ผลิตกระแสไฟฟ้าจากแสงสว่างโดยผ่าน photoelectric cell ขั้วจับอันนี้จะติดอยู่ยังจุดต่าง ๆ และเมื่อเกิดเพลิงไหม้แสงสว่างจากเปลวไฟ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ ซึ่งจะไปบังคับให้วงจรแจ้งเพลิงไหม้ทำงาน
5. ระบบตรวจจับโดยการบังลำแสง (Light-Interference Detectors) หลักการทำงานคือ ใช้ลำแสงส่องผ่านตลอดแนวบริเวณที่อาจเกิดเพลิงไหม้ไปยังตัวรับแสงเมื่อลำแสงถูกเบี่ยงเบนหรือถูกบดบัง ตัวรับแสงจะส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ ซึ่งจะแจ้งการเกิดเพลิงไหม้ให้ทราบในทันที

นอกจากแบบลำแสงถูกบังแล้วยังมีอีกระบบหนึ่ง ซึ่งทำงานคล้ายกัน แต่ต่างกันคือ จุดลำแสงตกกระทบในเวลาปกติจะอยู่ใกล้ตัวรับแสง เมื่อเกิดความร้อนหรือควันทไฟลอยตัวไปตัดแสงจะก่อให้เกิดลำแสงพัว และแตกตัวออกทำให้จุดตกกระทบของลำแสงเบนไปจากเดิม และอาจเข้าไปกระทบกับตัวรับแสง ซึ่งเมื่อรับแสงเพิ่มจากระดับปกติแล้วจะทำงานและแจ้งเพลิงไหม้ขึ้น

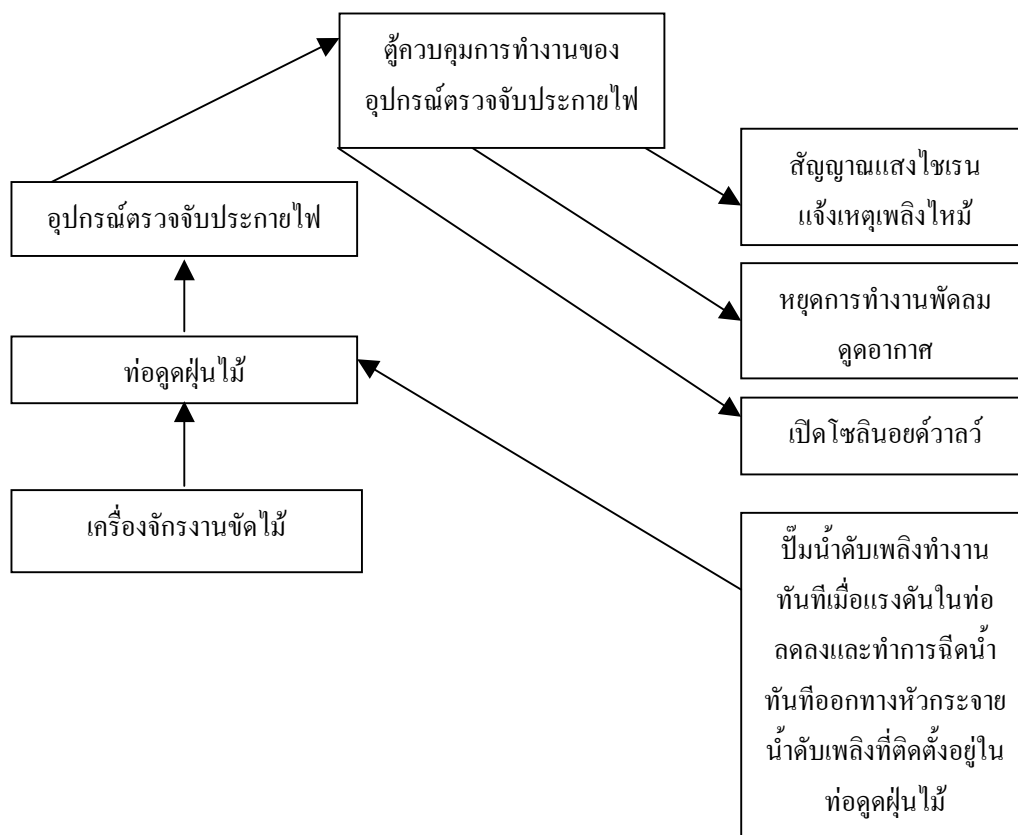


ภาพที่ 7 แสดงระบบตรวจจับเพลิงไหม้ โดยอาศัยลำแสงส่องไปยังตัวจับ
ซึ่งเมื่อลำแสงถูกเบี่ยงเบนหรือบดบัง วงจรแจ้งเหตุเพลิงไหม้จะทำงานทันที

ที่มา: วิฑูรย์ และ วีรพงษ์ (2545)

หลักการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ

อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ ที่มีขายในท้องตลาดมีอยู่จำนวนมากหลายยี่ห้อ แต่มีหลักการทำงานในการตรวจจับเพลิงไหม้เป็นแบบเดียวกันทั้งหมด ดังนั้นในการศึกษาและวิจัยในครั้งนี้จึงใช้อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟยี่ห้อ Grecon เนื่องจากมีคุณสมบัติในการตรวจจับเพลิงไหม้ได้ดีมากและยังมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ ดังนั้นจึงได้นำอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟนี้มาเพื่อศึกษาถึงหลักการทำงานในการตรวจจับเพลิงไหม้ที่เกิดจากฝุ่นไม้ เพื่อป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ของถังเก็บฝุ่นในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้



ภาพที่ 8 อธิบายระบบการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ

เทคนิคและวิธีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟยี่ห้อ Grecon นี้ จะทำการติดตั้งในส่วนของท่อนูดฟืนไม้ ซึ่งเป็นส่วนก่อนที่ฟืนไม้จะเข้าสู่ถังเก็บฟืนไม้และเป็นตำแหน่งที่มีโอกาสตรวจจับประกายไฟได้มากที่สุด เนื่องจากฟืนไม้ที่มีการเกิดลูกไฟและประกายไฟต่าง ๆ ที่มาจากเครื่องจักรต่าง ๆ จะถูกดูดเข้าสู่ท่อนูดฟืนก่อนเข้าสู่ตัวถังเก็บฟืนไม้ ซึ่งจะติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟไว้ภายในท่อนูดฟืนจำนวน 2 ตัว ซึ่งทำได้โดยการเจาะรูที่ท่อนูดฟืนจำนวน 2 ด้าน และใส่แหวนรองยึดตัวอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟเข้าภายในท่อนูดฟืน และทำการเดินสายนำสัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟไปยังผู้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ และเดินสายไฟอีกส่วนหนึ่งไปยังพัดลมดูดอากาศ สัญญาณแสงไซเรน และโซลินอยด์วาล์ว เมื่ออุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟตรวจพบว่ามิลูกไฟหรือประกายไฟต่าง ๆ เข้าสู่ภายในท่อนูดฟืน อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟจะส่งกระแสไฟฟ้าไปยังผู้ควบคุมการทำงานเพื่อสั่งการให้หยุดการทำงานของพัดลมดูดอากาศ เพื่อป้องกันไม่ให้ฟืนไม้เข้าสู่ถังเก็บฟืนไม้เพิ่มมากขึ้น และส่งกระแสไฟฟ้าไปให้สัญญาณแสงไซเรนแจ้งเหตุเพลิงไหม้ทำงานเพื่อเตือนให้ทราบว่ามีเหตุเพลิงไหม้ และยังส่ง

กระแสไฟฟ้าไปเปิดโซลินอยด์วาล์วให้ทำการเปิดน้ำทำให้น้ำไหลผ่านออกทางหัวกระจายน้ำ
ดับเพลิงดับเพลิงไหม้ที่เกิดขึ้นภายในท่ออุดฝุ่นในทันที

ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟจะมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์
ค่อนข้างสูงมาก ซึ่งจะมีรายละเอียดค่าใช้จ่ายดังต่อไปนี้

ค่าอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ ยี่ห้อ Grecon	1,200,000	บาท
ค่าวาล์วโซลินอยด์ดับเพลิง	480,000	บาท
ค่าระบบชุดสายไฟเข้าสู่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ ตรวจจับประกายไฟ	27,000	บาท
ค่าตู้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ	90,000	บาท
ค่าสัญญาณไซเรนแจ้งเหตุเพลิงไหม้	5,000	บาท
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด	<u>1,802,000</u>	บาท

การซ่อมบำรุงหรืออายุการใช้งานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟยี่ห้อ Grecon นี้
ทำได้โดยถอดอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟออกจากภายในท่ออุดฝุ่นไม้ และนำมาทำความสะอาด
บริเวณตัวเซ็นเซอร์รับแสง โดยถอดมาทำความสะอาดเดือนละ 1 ครั้ง เนื่องจากตัวเซ็นเซอร์รับแสง
ทำหน้าที่ในการส่งสัญญาณไปยังตู้ควบคุมการทำงานให้ทำการแจ้งเหตุเพลิงไหม้เมื่อตรวจพบ
จ่อประกายไฟ หรือแสงทุกชนิดที่เข้ามาภายในท่ออุดฝุ่น อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟจะมีอายุ
การใช้งานนานประมาณ 10 ปี ชำรุดยากเนื่องจากตัวเซ็นเซอร์รับแสงจะมีฝาปิดป้องกันการกระแทก
ของเศษไม้ที่เข้ามาในท่อ

การตรวจเช็คความพร้อมในการใช้งานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟทำได้ง่ายมาก
โดยสามารถตรวจเช็คความพร้อมของอุปกรณ์ได้จากตู้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับ
ประกายไฟ โดยตู้ควบคุมจะแสดงการความพร้อมในการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ
โดยมีรายงานแจ้งแสดงภาพปฏิกิริยาของการใช้งาน และเมื่อทำการตรวจประกายไฟได้ภายในท่ออุดฝุ่น
จะมีการรายงานการตรวจจับบอกถึงจำนวนครั้งในการเกิดประกายไฟภายในท่ออุดฝุ่น ดังนั้น
จึงมีความพร้อมในการใช้งานค่อนข้างสมบูรณ์ในการป้องกันเหตุอัคคีภัยและการระเบิดของฝุ่นได้

การดูแลรักษาอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟสามารถทำได้โดยทำการถอดตัวอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟที่ถูกติดตั้งไว้ภายในท่อชุดฝุ่นออกมาทำความสะอาดด้วยเชนเซอร์รับแสง ให้ปราศจากฝุ่นละอองโดยดูแลรักษาเดือนละ 1 ครั้ง และตรวจเช็คการทำงานของตู้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ ซึ่งสามารถจะบอกถึงความปกติและผิดปกติในการใช้งานของอุปกรณ์ได้ตลอดเวลา โดยดูรายงานความปกติและผิดปกติ ในการทำงานจากตู้ควบคุมได้ ไม่จำเป็นต้องผู้ชำนาญงานในการควบคุม ทำให้ง่ายและสะดวกในการควบคุมดูแลรักษาอุปกรณ์

การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ตรวจประกายไฟสามารถทำได้โดยการทดสอบจากผู้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟที่ติดตั้งอยู่ภายในท่อชุดฝุ่นออกมาจากภายในท่อเมื่อตัวเซ็นเซอร์รับแสงเจอแสงจากภายนอกท่อหรือทำให้เกิดมีประกายไฟต่าง ๆ อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ ก็จะไปส่งกระแสไฟไปยังตู้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟหยุดการทำงานของพัดลมดูดอากาศ เพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นถูกดูดเข้าภายในท่อมานั้น และส่งสัญญาณแสงไซเรนแจ้งเหตุเพลิงไหม้ และเปิดโซลินอยด์วาล์วน้ำจะไหลออกทางหัวกระจายน้ำดับเพลิงและฉีดลงในท่อชุดฝุ่นโดยทันที ในการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟต้องทำการถอดหัวกระจายน้ำที่อยู่ภายในท่อชุดฝุ่นออกมาภายนอกเพื่อป้องกันน้ำเข้าสู่ภายในท่อชุดฝุ่น และเพื่อทดสอบอัตราการไหลของน้ำดับเพลิงในการควบคุมเพลิงไหม้ และต้องมีการทดสอบการอุดตันของหัวกระจายน้ำดับเพลิง ในการทดสอบควรทำการทดสอบเดือนละ 1 ครั้ง เพื่อให้เกิดความพร้อมในการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ

ประสิทธิภาพและความรวดเร็วในการตรวจจับเพลิงไหม้ของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟที่ทำการติดตั้งอยู่ภายในท่อชุดฝุ่น มีประสิทธิภาพในการตรวจจับเพลิงไหม้ที่เร็วมาก ๆ โดยจากการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ จากการถอดตัวเซ็นเซอร์รับแสงให้เจอแสงไฟภายนอกท่อหรือทำให้ประกายไฟต่าง ๆ จะทำการแจ้งเหตุเพลิงไหม้ไปให้ผู้ควบคุมการทำงานโดยทันทีเพื่อสั่งการให้ทำการฉีดน้ำดับเพลิงที่เกิดขึ้นในท่อชุดฝุ่น โดยทันทีใช้เวลาในการสั่งการ 0.3 วินาที และมีรัศมีในการตรวจจับประกายไฟครอบคลุมในทั้ง 2 ด้าน ภายในท่อชุดฝุ่นในระยะ 120 องศา ซึ่งทำให้สามารถตรวจจับเจอประกายไฟหรือลูกไฟต่าง ๆ ที่จะหลุดเข้าภายในถังเก็บฝุ่นไม่ ดังนั้นจึงทำให้มีความสามารถในการป้องกันการเกิดอัคคีภัยและการระเบิด ได้ดีเยี่ยมก่อนที่จะเป็นไฟขนาดใหญ่เกิดขึ้นในตัวถังเก็บฝุ่นไม่ ซึ่งจะก่อให้เกิดความสูญเสียอย่างมากมาย

การประเมินความเสี่ยง

กระทรวงอุตสาหกรรม ได้ออกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 3 (2542) อธิบายความหมายของการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงไว้ดังนี้

การชี้บ่งอันตราย (Hazard Identification) หมายถึงการแจกแจงอันตรายต่าง ๆ ที่มีและที่แอบแฝงอยู่ ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากการประกอบกิจการทุกขั้นตอนตั้งแต่การรับจ่าย การเก็บ การขนถ่ายหรือย้าย การใช้ การขนส่งวัตถุดิบ เชื้อเพลิง สารเคมีหรือวัตถุอันตราย ผลิตภัณฑ์ และวัตถุพลอยได้ กระบวนการผลิต วิธีการปฏิบัติการ เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต และกิจกรรม หรือสภาพการณ์ต่าง ๆ ภายในโรงงาน เป็นต้น

การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) หมายถึง ประเมินกระบวนการวิเคราะห์ถึงปัจจัยหรือสภาพการณ์ต่าง ๆ ที่เป็นสาเหตุทำให้อันตรายที่มีและที่แอบแฝงอยู่ ก่อให้เกิดอุบัติเหตุ และอาจก่อให้เกิดเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ เช่นการเกิดเพลิงไหม้ การระเบิด การรั่วไหลของสารเคมี และวัตถุอันตราย เป็นต้นโดยพิจารณาถึงโอกาสและความรุนแรงของเหตุการณ์เหล่านั้น ซึ่งอาจส่งผลให้อันตรายหรือความเสียหาย ทรัพย์สิน และสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

การประเมินความเสี่ยงด้วยแผนภูมิต้นไม้

กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2543) ได้ออกระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรม ว่าด้วยหลักเกณฑ์การชี้บ่งอันตราย การประเมินความเสี่ยงและการจัดทำแผนงานบริหารจัดการความปลอดภัย พ.ศ. 2543 ได้อธิบายถึงการประเมินความเสี่ยงโดยการวิเคราะห์ความผิดพลาดแบบแผนภูมิต้นไม้ไว้ดังนี้

การวิเคราะห์ความผิดพลาดแบบแผนภูมิต้นไม้ เป็นเทคนิคการชี้บ่งอันตรายที่เน้นถึงอุบัติเหตุหรืออุบัติเหตุร้ายแรงที่เกิดขึ้นหรือคาดว่าจะเกิดขึ้น เพื่อนำไปวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดเหตุ ซึ่งเป็นเทคนิคในการคิดย้อนกลับที่อาศัยหลักการทางตรรกวิทยาในการใช้หลักการเหตุและผลเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุหรืออุบัติเหตุร้ายแรง โดยเริ่มวิเคราะห์จากอุบัติเหตุหรืออุบัติเหตุร้ายแรงที่เกิดขึ้นหรือคาดว่าจะเกิดขึ้น เพื่อพิจารณาหาเหตุการณ์แรกที่เกิดขึ้นก่อนแล้วนำมาแจกแจงขั้นตอนการเกิดเหตุการณ์ย่อยอะไรได้บ้างและเหตุการณ์ย่อยเหล่านั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร

การสิ้นสุดการวิเคราะห์เมื่อพบว่าสาเหตุของการเกิดเหตุการณ์ย่อยเป็นผลเนื่องจากความบกพร่องของเครื่องจักรอุปกรณ์หรือความผิดพลาดจากการปฏิบัติงาน

Louvar and Louvar (1998) กล่าวถึงขั้นตอนการศึกษา วิเคราะห์ ทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อชี้บ่งอันตรายด้วยวิธี Fault tree analysis ให้ปฏิบัติดังนี้

1. ให้พิจารณาเลือกจำลองเหตุการณ์แรก (Top event) ที่เกิดขึ้นหรืออาจเกิดขึ้นได้ ซึ่งจะส่งผลกระทบทำให้เกิดอุบัติเหตุร้ายแรงตามมา
2. วิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดเหตุการณ์แรกว่าเกิดได้จากเหตุการณ์ย่อย (Fault tree event) อะไรได้บ้าง
3. วิเคราะห์หาสาเหตุของเหตุการณ์ย่อยเหล่านั้นอีกจนการวิเคราะห์หาสาเหตุจะสิ้นสุด เมื่อพบว่าสาเหตุต่าง ๆ เหตุการณ์ย่อยที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากความบกพร่องของเครื่องจักร อุปกรณ์เครื่องมือ ระบบความปลอดภัย ความผิดพลาดของผู้ปฏิบัติงานและหรือระบบการบริหารจัดการ ซึ่งสิ่งเหล่านี้จัดเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้โดยปกติ (Basic event)
4. แสดงผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนเพื่อชี้บ่งอันตรายในรูปแผนภูมิโดยใช้เครื่องหมายในตารางที่ 2
5. สรุปผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อชี้บ่งอันตราย และประเมินความเสี่ยงลงในแบบชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง
6. จัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยงตามระดับความเสี่ยงที่ประเมินได้

ตารางที่ 3 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์การขึ้นอันตรายโดยการวิเคราะห์ความผิดพลาดแบบแผนภูมิต้นไม้

สัญลักษณ์	ชื่อ	ความหมาย
	And gate	เหตุการณ์จะเกิดขึ้นได้เนื่องจากสาเหตุหลายสาเหตุ สาเหตุหลายสาเหตุ ของเหตุการณ์ย่อย
	Or gate	เหตุการณ์จะเกิดขึ้นได้เนื่องจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่ง สาเหตุใด สาเหตุหนึ่ง ของเหตุการณ์ย่อย
	Basic event เหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ได้โดยปกติ	เหตุการณ์ย่อยที่เกิดขึ้นได้ตามปกติซึ่งทราบถึงสาเหตุที่ เห็นได้ชัดเจนโดยไม่ต้องทำการวิเคราะห์หาสาเหตุต่อไป ถือเป็นสาเหตุแรกของการเกิดอุบัติเหตุ
	Fault tree event เหตุการณ์ย่อย	เหตุการณ์ย่อยที่ส่งผลให้เกิดเหตุการณ์ต่อเนื่อง จนเป็นเหตุให้เกิดอุบัติเหตุ
	Undeveloped event เหตุการณ์ที่ วิเคราะห์ต่อไปไม่ได้	เหตุการณ์ย่อยที่ไม่ต้องการวิเคราะห์หาสาเหตุต่อไป เนื่องจากไม่มีข้อมูลสนับสนุน
	External event เหตุการณ์ภายนอก	เหตุการณ์ภายนอกหรือปัจจัยภายนอกที่เป็นสาเหตุ ที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ

ที่มา: ระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรมว่าด้วยหลักเกณฑ์การขึ้นอันตราย การประเมินความเสี่ยง และการจัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง พ.ศ. 2543

วิชัย (2544) ได้อธิบายถึงการใช้ Fault tree analysis ในการประเมินความเสี่ยงไว้ดังนี้

Fault Tree Analysis (FTA) เป็นการวิเคราะห์ความปลอดภัย โดยการนำเอาเหตุการณ์ที่อาจเกิดอันตรายหรือเหตุการณ์ที่ไม่พึงปรารถนาจะเกิดขึ้นมาวิเคราะห์โดยพิจารณาว่า เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นมาจากสาเหตุหรือเหตุการณ์ใดบ้าง มีลักษณะเป็น And gate, Or gate หรือลักษณะอื่น ๆ โดยแสดงเป็นแผนภูมิต้นไม้ ระบุถึงสาเหตุและขั้นตอนที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงหรือความเกี่ยวข้องภายในระบบ (Intermediate event) ซึ่งอาจเกิดจากสาเหตุย่อยหลาย ๆ สาเหตุ และสาเหตุพื้นฐาน (Basic event) ที่สนับสนุนให้เกิดสาเหตุย่อย โดยอาศัยหลักพีชคณิตบูลีน (Boolean algebra) และข้อมูลเกี่ยวกับอันตรายของการล้มเหลวจากการทำงาน (Failure rate) มาเป็นพื้นฐานในการคำนวณ

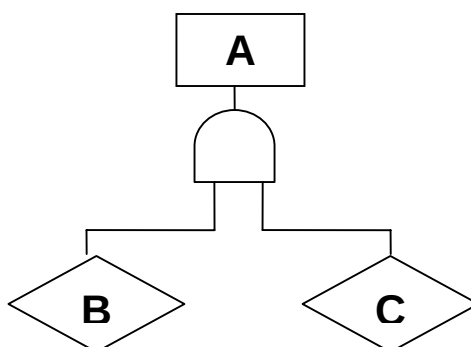
Crowl and Louvar (2002) แสดงสัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแผนภูมิต้นไม้ (Fault tree analysis) ไว้ดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้กับ Event เหตุการณ์ของเทคนิค Fault tree analysis มีสัญลักษณ์พื้นฐานที่ใช้ 4 รูปแบบ ดังนี้

1.1 Fault event ใช้สัญลักษณ์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangle)  ส่วนมากใช้เป็นเหตุการณ์ที่อยู่ระหว่างกลาง (Intermediate event) ไม่ใช่เหตุการณ์เริ่มต้นหรือเหตุการณ์สุดท้ายของกิ่งก้านสาขาในแผนภูมิต้นไม้ Fault event จะต้องอธิบายในลักษณะสาเหตุที่ก่อให้เกิดเหตุการณ์ที่เป็นสาเหตุหรือเป็นผลมาจากเหตุการณ์ผิดปกติต่าง ๆ ในการวิเคราะห์ด้านปริมาณ Fault event จะไม่ระบุเป็นตัวเลข เพราะไม่ใช่สาเหตุหรือเหตุการณ์สุดท้ายของปัญหา ซึ่งจะต้องถูกทำการวิเคราะห์ต่อไปอีกเสมอ ซึ่งต่างจาก Basic event ที่จะต้องระบุตัวเลขอัตราการเกิดเหตุการณ์ด้วยทุกครั้ง

1.2 Basic event ใช้สัญลักษณ์รูปวงกลม (Circle)  ใช้เป็นตัวแทนของเหตุการณ์ที่เกิดจากความบกพร่องหรือความผิดปกติ ซึ่งสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา เหตุการณ์นี้จะอยู่ในส่วนล่างสุดของทุก ๆ เหตุการณ์เสมอไม่สามารถวิเคราะห์ต่อไปได้อีก เช่น เหตุการณ์ของดวงไฟที่ติดตั้งไว้เพื่อแสดงสัญญาณเตือนภัยไม่ทำงาน อันมีสาเหตุมาจากความเสื่อมสภาพของไส้หลอด เป็นต้น

1.3 intermediate event (Diamond) ใช้สัญลักษณ์รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนหรือรูปเพชร  ใช้เป็นตัวแทนเหตุการณ์ที่ไม่มีข้อมูลเพียงพอหรือยุ่งยากซับซ้อนหรือเป็นข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องกับ Top event หรือไม่ใช่เหตุการณ์สำคัญจึงไม่กระทำการวิเคราะห์ต่อไป แต่เมื่อใดที่มีข้อมูลเพิ่มเติมหรือสนับสนุนในภายหลัง ก็สามารถวิเคราะห์ต่อไปได้ (Fault event) จากภาพที่ 1 จะเห็นเหตุการณ์ B และ C เป็นสาเหตุทำให้เกิดเหตุการณ์ A ขึ้น



ภาพที่ ๑ แสดงสัญลักษณ์รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน

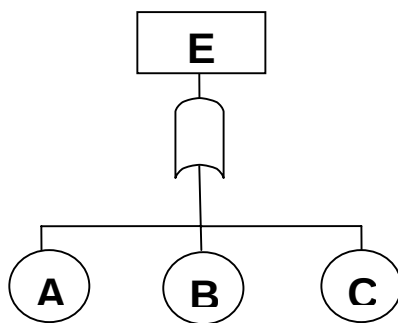
1.4 House event ใช้สัญลักษณ์รูปบ้าน (House)  บางครั้งเรียกว่า Switch event หรือ Normal event เพราะเหตุการณ์นี้ต้องพิจารณาว่าจะเกิดเหตุการณ์หรือไม่เกิดเหตุการณ์ ขึ้นใช้แทนด้วยสวิตช์ปิด – เปิด

1.5 Tree transfer หรือ Transfer gate ใช้สัญลักษณ์รูปสามเหลี่ยม  เป็นสัญลักษณ์ที่ไม่ได้ใช้แทนเหตุการณ์ แต่ใช้แทนการอ้างถึงเหตุการณ์อีกเหตุการณ์หนึ่งซึ่งอยู่ในกิ่งก้านอื่นของแผนภูมิต้นไม้แต่เป็นเหตุการณ์ที่ซ้ำกัน เพราะฉะนั้นในเทคนิค Fault Tree ถ้าพบว่า มีเหตุการณ์ซ้ำกัน ก็ไม่ต้องเขียนเพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงการวิเคราะห์นั้น ๆ ที่ได้ทำการวิเคราะห์แล้วแต่จะใช้สัญลักษณ์สามเหลี่ยม อ้างไปถึงเหตุการณ์เดิมที่เคยวิเคราะห์แล้วในกิ่งก้านอื่น ๆ ของ Top event เดียวกัน

2. สัญลักษณ์ที่ใช้แสดงความสัมพันธ์เป็นผลกัน (Logic gate)

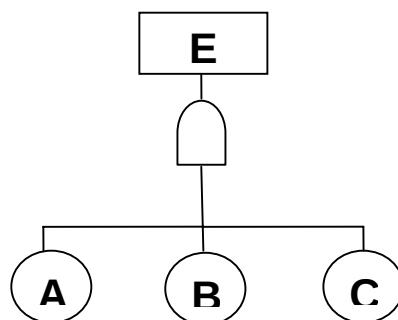
Fault tree analysis เป็นเทคนิคที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์ต่าง ๆ ของระบบความเชื่อมโยงของแต่ละเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องหรือไม่นั้น สามารถใช้สัญลักษณ์ได้ดังต่อไปนี้

2.1 OR gate ใช้สัญลักษณ์รูป  เป็นสัญลักษณ์ที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์อย่างน้อยหนึ่งเหตุการณ์ หรือมากกว่าหนึ่งเหตุการณ์ ซึ่งเกิดภายในเวลาเดียวกัน หรือมีผลต่อเหตุการณ์เดียวกัน ซึ่งเหตุการณ์หนึ่งจะเกิดขึ้นได้นั้น ต้องมีสาเหตุมาจากเหตุการณ์นั้น ๆ อย่างน้อยหนึ่งเหตุการณ์ หรือมากกว่าหนึ่งเหตุการณ์ เช่นเหตุการณ์ A, B, C เป็น Input ที่มีความสัมพันธ์กันแบบ OR gate แสดงว่า เหตุการณ์ E จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีสาเหตุมาจากเหตุการณ์ A หรือ B หรือ C ขึ้นอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือเกิดขึ้นพร้อม ๆ กันก็ได้



ภาพที่ 10 แสดงการใช้สัญลักษณ์ OR gate ของสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุ

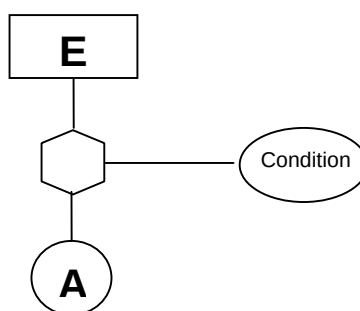
2.2 And gate ใช้สัญลักษณ์  เป็นสัญลักษณ์ที่ใช้แสดงให้เห็นว่าเหตุการณ์หนึ่งจะเกิดขึ้นได้ (Output) จะต้องมีความสาเหตุมาจากทุก ๆ เหตุการณ์ (Input) ซึ่งจะต้องเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน เช่นเหตุการณ์ E จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีสาเหตุมาจากเหตุการณ์ A, B และ C เกิดพร้อม ๆ กันทั้งหมด แต่เมื่อใดก็ตามที่เกิดเหตุการณ์ A หรือ B หรือ C เกิดเหตุการณ์ A หรือ B, A หรือ C, B หรือ C อย่างใดอย่างหนึ่งก็จะไม่ทำให้เกิดเหตุการณ์ E ขึ้นมาได้



ภาพที่ 11 แสดงการใช้สัญลักษณ์ And gate ของสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุ

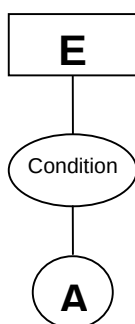
หมายเหตุ Or gate และ And gate เป็นสัญลักษณ์ที่ใช้อธิบายความเป็นเหตุเป็นผลของแต่ละเหตุการณ์ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ดีและง่ายต่อการวิเคราะห์ จึงนิยมใช้มากกว่าสัญลักษณ์อื่น ๆ

2.3 Inhibit gate ใช้สัญลักษณ์ รูป  เป็นสัญลักษณ์ที่ใช้แสดงไว้ในแผนภูมิรูปต้นไม้ในกรณีที่เหตุการณ์ใด ๆ (Output) จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีเงื่อนไข (Condition) หรือข้อจำกัด (Restriction) หรือองค์ประกอบอื่น ๆ ครบ เช่นสถานที่ อุณหภูมิ ความดัน เป็นต้นซึ่งจะเป็นองค์ประกอบเสริมที่จะทำให้เกิดเหตุการณ์นั้น ๆ ได้ เช่นถ้าอุณหภูมิสูงกว่าค่าที่ระบุไว้ต้องมีสาเหตุมาจากเหตุการณ์ A (Input) จึงจะสามารถทำให้เกิด High Pressure (เหตุการณ์ E หรือ Output)



ภาพที่ 12 แสดงการใช้ Inhibit gate

2.4 Delay time (Condition event) สามารถทำให้เกิดเหตุการณ์ผิดปกติ (Fault event, E) ได้ก็ต่อเมื่อมีเหตุการณ์ A และมีเงื่อนไขของระยะเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องมีลักษณะเฉพาะ เช่น Report มีอุณหภูมิสูง 120 องศาเซลเซียสนานเกิน 2 นาที วาล์วจะถูกเปิดออกเพื่อลดความดันและอุณหภูมิ



ภาพที่ 13 แสดงภาพการเขียนเงื่อนไขของระยะเวลา

American Institute of Chemical Engineers (1985) ได้สรุปประโยชน์ของการทำ Fault tree analysis ดังนี้

1. ใช้วิเคราะห์หาสาเหตุของอันตรายที่เกี่ยวข้องกับงานวิธีการทำงานเครื่องจักรกระบวนการผลิตได้
2. ใช้วางแผนป้องกันอุบัติเหตุเพราะจะทราบเหตุการณ์สำคัญที่มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุสูง
3. สามารถนำมาใช้ในการสอบสวนอุบัติเหตุที่ซับซ้อนได้
4. โครงสร้างการวิเคราะห์จะแสดงความสัมพันธ์ต่าง ๆ ของเหตุการณ์ด้วย Logic gate ทำให้เข้าใจง่าย

Crowl and Louvar (2002) ได้แสดงอัตราความเสียหายต่อปีของอุปกรณ์ต่าง ๆ ไว้
ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงอัตราความเสียหายต่อปีของอุปกรณ์ต่างๆ

Instrument	Failures/yr
Controller	0.29
Control valve	0.60
Flow measurement (fluids)	1.14
Flow measurement (solids)	3.75
Flow switch	1.12
Gas-liquid chromatograph	30.6
Hand valve	0.13
Indicator lamp	0.044
Level measurement (liquids)	1.70
Level measurement (solids)	6.86
Oxygen analyzer	5.65
pH meter	5.88
Pressure measurement	1.41
Pressure relief valve	0.022
Pressure switch	0.14
Solenoid valve	0.42
Stepper motor	0.044
Strip chart recorder	0.22
Thermocouple measurement	0.52
Thermometer measurement	0.027
Value positioner	0.44
Pump failure	0.026
Motor-operated	0.36
Solenoid	0.36

ตารางที่ 3 (ต่อ)

Mechanical hardware	Failures/yr
Air-operated	0.036
Check, failure to open	0.036
Relief, failure to open	0.0036
Electrical hardware	Failures/yr
Motor failure	0.0086
Transformers, open/shorts	0.0086
Relays, failure to energize	0.011
Circuit breakers, failure to transfer	0.36
Electrical hardware	Failures/yr
Limit switch failure	0.036
Torque switches, failure to operate	0.036
Pressure switch, failure to operate	0.036
Manual switch, failure to operate	0.011
Battery power supply failure	0.0026
Solid state device failure	0.0086
Diesels, failure to start	10.8
Instrument	Failures/yr
Diesels, Failure to run	8.6
Human error	Failures/demand
Instrument, failure to operate	0.0086
Selection of key-operate switch	10^{-4}
Selection of hand switch	10^{-3}
Reading of labels	3×10^{-3}
Correct action under stress	0.2
Correct action under stress in 30 min	0.1
Correct action under stress in several hours	0.01

ที่มา: Crowl and Louvar (2002)

Crowl and Louvar (2002) ได้แสดงถึงวิธีที่ใช้ในการคำนวณค่าของโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุเป็นสมการ exponential ดังนี้

$$R(t) = e^{-\mu t}$$

โดยที่ R คือ โอกาสของการไม่เกิดอุบัติเหตุ
 t คือ เวลาที่มีหน่วยเป็นปี
 μ คือ อัตราของการเกิดความผิดพลาดต่อปี

$$F(t) = 1 - R(t) = 1 - e^{-\mu t}$$

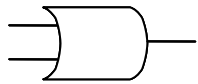
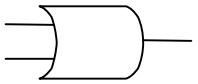
โดยที่ $F(t)$ คือ โอกาสของความผิดพลาดในช่วงเวลาหนึ่ง

การหาค่าของช่วงเวลาก่อนเกิดการผิดพลาดของอุปกรณ์หรือความเสียหายของอุปกรณ์ (mean time between failure (MTBF))

$$MTBF = \int_0^{\infty} t \left(\frac{dR}{dT} \right) dt = \frac{1}{\mu} \text{ ปี}$$

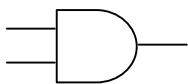
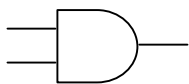
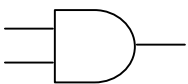
Crowl and Louvar (2002) ได้แสดงสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าของโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุและความน่าเชื่อถือ โดยแสดงความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ด้วย Logic gate ด้วยวิธี Fault Tree Analysis ไว้ดังตารางที่ 5 และ ตารางที่ 6

ตารางที่ 5 แสดงสมการทางคณิตศาสตร์จากการเขียนความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ด้วย Or gate

Failure probability	Reliability	Failure rate
		
$F = 1 - (1 - F_1)(1 - F_2)$	$R = R_1 R_2$	$\mu = \mu_1 + \mu_2$
$F = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - F_i)$	$R = \prod_{i=1}^n R_i$	$\mu = \sum_{i=1}^n \mu_i$

ที่มา: Crowl and Louvar (2002)

ตารางที่ 6 แสดงสมการทางคณิตศาสตร์จากการเขียนความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ด้วย And gate

Failure probability	Reliability	Failure rate
		
$F = F_1 F_2$	$R = 1 - (1 - R_1)(1 - R_2)$	$\mu = \mu_1 - \mu_2$
$F = \prod_{i=1}^n F_i$	$R = \prod_{i=1}^n (1 - R_i)$	$\mu = \frac{-\ln R}{t}$

ที่มา: Crowl and Louvar (2002)

ค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (Benefit to Cost Ratio)

Louvar and Louvar (1998) กล่าวว่าค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน เป็นปัจจัยหนึ่งที่ใช้ในการตัดสินใจของผู้บริหารในการเลือกดำเนินโครงการ โดยทำการเลือกค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนที่มากที่สุด

การคำนวณค่าผลประโยชน์ (Benefit) หาได้จาก

$$R_B = \sum R_i^{\text{befor}} - \sum R_i^{\text{after}}$$

$$\begin{aligned} R_B &= \text{ผลประโยชน์ที่ได้} \\ R_i^{\text{befor}} &= \text{ค่าความเสียหายก่อนทำการปรับปรุง} \\ R_i^{\text{after}} &= \text{ค่าความเสียหายหลังทำการปรับปรุง} \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$\text{ค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (Benefit/Cost) = } R_B / \text{Project Cost}$$

ถ้าค่า (Benefit/Cost) ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่า 1 จะทำการปฏิเสธโครงการนั้น เนื่องจากมีผลประโยชน์สุทธิน้อยกว่าเงินลงทุนที่ต้องจ่ายไป

ถ้าค่า (Benefit/Cost) ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า 1 จะยอมรับโครงการนั้น เนื่องจากมีผลประโยชน์สุทธินอกจากเงินลงทุนที่ต้องจ่ายไป

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Alpert (1972) ได้ศึกษาถึงรูปแบบลักษณะของเพลิงไหม้ โดยพิจารณาจากพฤติกรรมของอุณหภูมิ และความเร็วของกลุ่มก๊าซร้อนที่เคลื่อนที่จากตำแหน่งของจุดกำเนิดเพลิงไหม้ไปยังระดับของเพดาน เมื่อพิจารณาเพดานในแนวระดับ คุณสมบัติทางอุณหภูมิและความเร็วของกลุ่มก๊าซร้อนสามารถอธิบายได้ดังความสัมพันธ์ดังนี้

1. ลักษณะการกระจายของอุณหภูมิ

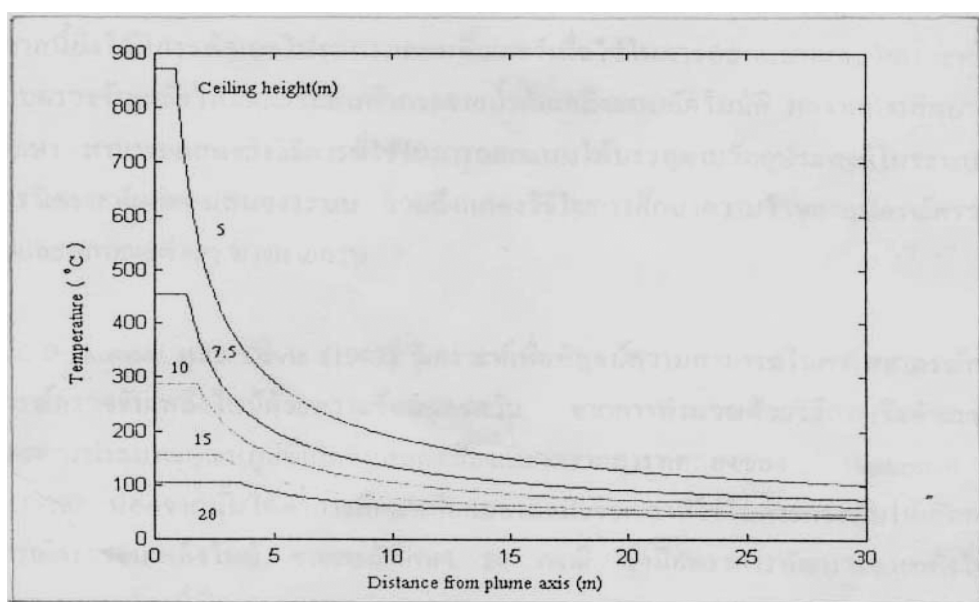
เมื่ออัตราส่วนระหว่างรัศมีจากแนวแกนของจุดกำเนิดเชื้อเพลิงไหม้กับความสูง (r/H) มากกว่า 0.18

$$T_m - T_\infty = \frac{5.38 \cdot [Q/r]^{2/3}}{H} \quad \text{if } r/H > 0.18$$

เมื่ออัตราส่วนระหว่างรัศมีกับความสูง (r/H) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.18

$$T_m - T_\infty = \frac{16.9 \cdot Q^{2/3}}{H^{5/3}} \quad \text{if } r/H \leq 0.18$$

จากความสัมพันธ์ของการกระจายของอุณหภูมิ เมื่อกำหนดให้อัตราการถ่ายเทความร้อนมีค่าเท่ากับ 20 เมกกะวัตต์ อุณหภูมิบริเวณใกล้เพดานในตำแหน่งรัศมีต่าง ๆ จากแนวแกนของเปลวเพลิง ที่ระดับความสูงของห้องต่าง ๆ กันแสดงดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและระยะห่างจากแนวแกนของแหล่งกำเนิดเพลิงไหม้ ที่ระดับความสูงห้องขนาดต่าง ๆ

ที่มา: Drydale (1998)

2. ลักษณะการกระจายความเร็ว

เมื่ออัตราส่วนระหว่างรัศมีกับความสูง (r/H) มากกว่า 0.15

$$U = \frac{0.195 \cdot Q^{1/3} H^{1/2}}{r^{5/6}} \quad \text{if } r/H > 0.15$$

เมื่ออัตราส่วนระหว่างรัศมีกับความสูง (r/H) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.15

$$U = 0.96 \left(\frac{Q}{H} \right)^{1/3} \quad \text{if } r/H \leq 0.15$$

โดยที่ผลจากการวิเคราะห์เป็นการประมาณผลกระทบเนื่องจากเพลิงไหม้ในภาวะอยู่ตัวภายในระบบขนาดใหญ่ซึ่งกำหนดให้เพดานมีพื้นที่ผิวเรียบและมีอุณหภูมิเริ่มต้นคงที่สม่ำเสมอตามแนวระดับ

Schifiliti (1986) ได้ทำการศึกษาเพื่อแสดงถึงวิธีในการออกแบบและวิเคราะห์ผลตอบสนองของระบบตรวจจับเพลิงไหม้และระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงแบบอัตโนมัติ โดยงานวิจัยนี้อาศัยทฤษฎีพื้นฐานจากการพัฒนาความสัมพันธ์ ของ Heskestad และ Delichatsios (1978) ในการวิเคราะห์ความเร็วและอุณหภูมิในการเคลื่อนที่ของกลุ่มก๊าซร้อนตามแนวเพดานจากแหล่งกำเนิดเพลิงไหม้ที่สัมพันธ์กับค่ากำลังสองของเวลา ซึ่งมีสัดส่วนในการถ่ายเทความร้อนด้วยวิธีการความร้อนประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์

นอกจากนี้ยังได้มีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการออกแบบและวิเคราะห์ผลตอบสนองของระบบตรวจจับเพลิงไหม้และระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงแบบอัตโนมัติ ผลการศึกษาตัวอย่างใน 6 กรณีศึกษา สามารถแสดงถึงวิธีการที่ใช้ในการออกแบบให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ในระบบป้องกันเพลิงไหม้ การวิเคราะห์ผลตอบสนองระบบ รวมถึงวิธีในการศึกษาความไวของอุปกรณ์ตรวจจับต่อสภาพแวดล้อมและลักษณะต่าง ๆ ทางกายภาพ

Forney et al. (1993) วิเคราะห์เพื่อพิสูจน์ความสามารถในการพยากรณ์การตอบสนองของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ด้วยความร้อนและควัน จากการคำนวณด้วยวิธีการเชิงตัวเลข ซึ่งสามารถแสดงผลการประมาณอุณหภูมิที่เกิดขึ้นสอดคล้องกับผลจากการทดลองของ Heskestad and Delichatsios (1978) นอกจากนั้นได้ทำการศึกษาเพื่อแสดงปัจจัยเวลาที่ใช้ในการกระตุ้นให้เกิดการตอบสนองของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ จากกรณีศึกษา 20 กรณี ซึ่งมีอัตราการพัฒนาของเพลิงไหม้และลักษณะทางกายภาพของห้องที่พิจารณาขนาดต่าง ๆ

Budnick et al. (1995) ได้ทำการศึกษาเพื่อการอธิบายและการประมาณผลกระทบจากเพลิงไหม้ ด้วยความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ โดยผลการศึกษาได้แสดงถึงความสัมพันธ์ของคุณลักษณะต่าง ๆ ของเพลิงไหม้ ดังตัวอย่าง คือ ความสูงของเปลวเพลิง ความเร็วและอุณหภูมิของกลุ่มก๊าซร้อนลักษณะการแผ่รังสีความร้อน การประมาณอุณหภูมิก่อนและหลังการวาบไฟและอัตราการเกิดควันไฟ นอกจากนี้ยังได้มีการแสดงการประยุกต์ใช้ความสัมพันธ์ของ Alpert (1972) ในการคำนวณผลตอบสนองของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน สำหรับเพลิงไหม้ในสถานะอยู่ตัวซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$t_{operation} = \frac{RTI}{\sqrt{U_m}} \cdot \log_e \left(\frac{T_m - T_\infty}{T_m - T_{operation}} \right)$$

เพื่อความแม่นยำในการพยากรณ์การตอบสนองของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนทั้งชนิดจุดต่อเชื่อมและกระเปาะแก้ว Heskestad และ Bill ได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมโดยพิจารณาถึงผลจากความสูญเสียเนื่องจากการนำความร้อนไปยังส่วนประกอบต่างๆ เช่น ในส่วนของโครงของหัวกระจายน้ำดับเพลิง และในระบบท่อ เป็นต้นสามารถเขียนใหม่ได้คือ

$$t_{operation} = \frac{RTI}{\sqrt{U_m} \left(1 + \frac{C}{\sqrt{U_m}} \right)} \cdot \log_e \left(\frac{T_m - T_\infty}{T_m - T_{operation} - \frac{C}{\sqrt{U_m}} (T_{operation} - T_\infty)} \right)$$

เมื่อ C เป็นปัจจัยจากผลของความสูญเสียเนื่องจากการนำความร้อนมีหน่วยเป็น $(m/s)^{1/2}$ โดยทั่วไปมีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง $1.6 (m/s)^{1/2}$ ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงผลจากความสูญเสียจากการนำความร้อนจะทำให้เวลาที่ใช้ในการตอบสนองอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนมีค่าสูงมากขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. คอมพิวเตอร์ส่วนตัว (Personal Computer)
2. โปรแกรม Microsoft Word 2000
3. เครื่องพิมพ์
4. กล้องถ่ายรูป
5. แบบสอบถาม (Questionnaires)
6. โปรแกรม SPSS for Windows Version 6.1 ของภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ Serial Number 962472

วิธีการ

ในการศึกษาวิจัยการประเมินความเสี่ยงและประสิทธิภาพของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้สำหรับป้องกันเพลิงไหม้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ ได้ทำการศึกษาโดยใช้แนวทางการศึกษาวิจัยดังต่อไปนี้

1. ศึกษาโดยใช้การประเมินความเสี่ยงของการเกิดเพลิงไหม้ของถังเก็บฝุ่นไม้จากการใช้อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้เพื่อหาค่าโอกาสการเกิดเหตุเพลิงไหม้ ของถังเก็บฝุ่นไม้ และค่าโอกาสเกิดความผิดพลาดของการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ โดยทำการวิเคราะห์ความผิดพลาดแบบแผนภูมิต้นไม้ โดยรวบรวมข้อมูลสถิติการเกิดเหตุเพลิงไหม้ที่เกิดขึ้นภายในบริษัทรากอนไทย ลัมเบอร์จำกัดโดยจัดเก็บข้อมูลย้อนหลัง 3 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2545 – 2547

2. ศึกษาโดยใช้แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้เฉพาะที่มีการใช้งานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ ซึ่งมีจำนวน 139 โรงงาน จากโรงงานทั้งหมด 3,611 โรงงาน เพื่อศึกษาถึงความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพในการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟในการป้องกันเหตุเพลิงไหม้ของถังเก็บฝุ่น ไม้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้

3. ศึกษาโดยคำนวณค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (Benefit to Cost Ratio) มาสรุปโครงการวิจัย โดยใช้การเปรียบเทียบเพื่อสรุปผลในการเลือกใช้นิคมอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ในเรื่องค่าใช้จ่ายและความคุ้มค่าในการเลือกเปลี่ยนชนิดของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้

ถ้าค่า (Benefit/Cost) ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่า 1 จะทำการปฏิเสธโครงการนั้น เนื่องจากมีผลประโยชน์สุทธิน้อยกว่าเงินลงทุนที่ต้องจ่ายไป

ถ้าค่า (Benefit/Cost) ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า 1 จะยอมรับโครงการนั้น เนื่องจากมีผลประโยชน์สุทธินอกจากเงินลงทุนที่ต้องจ่ายไป

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ศึกษาในครั้งนี้ คือ โรงงานอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ ที่มีการใช้งานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟซึ่งจากข้อมูลที่รวบรวมได้มีจำนวนทั้งสิ้น 200 โรงงาน โดยขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย จะทำการคำนวณด้วยสูตรด้านล่าง (สิน,2547)

$$n = \frac{N}{1 + N(e)^2}$$

โดยที่

n = จำนวนของกลุ่มตัวอย่าง

N = จำนวนรวมทั้งหมดของประชากรที่ใช้ในการศึกษา

e = ความผิดพลาดที่ยอมรับได้(การวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดไว้ 0.05)

คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง

$$n = \frac{200}{1+200(0.05)^2}$$

$$n = 132 \text{ โรงงาน}$$

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบสอบถาม (Questionnaires) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการศึกษาเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนแนวคิด ทฤษฎีต่าง ๆ เป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือ โดยแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล ซึ่งจะประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 6 ข้อ โดยจะเป็นข้อคำถามเกี่ยวกับข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม คือ จำนวนของพนักงาน เพศ อายุ ระดับการศึกษา ประสบการณ์การทำงาน ตำแหน่งหน้าที่งาน

ส่วนที่ 2 ความคิดเห็นที่มีต่อประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ ซึ่งมีทั้งหมด 4 ด้าน มีข้อคำถามรวมทั้งสิ้น 20 ข้อ โดยใช้มาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 7 จำนวนข้อคำถามของประสิทธิภาพของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟในแต่ละด้าน

ลำดับ	รายละเอียด	จำนวนข้อ	ข้อที่
1	การติดตั้ง	5	1 - 5
2	การซ่อมบำรุงและดูแลรักษา	5	6 - 10
3	ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและบำรุงรักษา	5	11 - 15
4	ความรวดเร็วและความแม่นยำในการตรวจจับเพลิงไหม้	5	15 - 20

ข้อคำถามทั้งสิ้น 20 ข้อ มีข้อคำถามที่เป็นเชิงบวกทั้งสิ้น 19 ข้อ และข้อคำถามที่เป็นเชิงลบ
ทั้งสิ้น 1 ข้อ ได้แก่ ข้อคำถามที่ 11

เกณฑ์การให้คะแนน

กรณีที่ 1 ข้อคำถามเชิงบวก กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

มากที่สุด	เท่ากับ	5	คะแนน
มาก	เท่ากับ	4	คะแนน
ปานกลาง	เท่ากับ	3	คะแนน
น้อย	เท่ากับ	2	คะแนน
น้อยที่สุด	เท่ากับ	1	คะแนน

กรณีที่ 2 ข้อคำถามเชิงลบ กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

มากที่สุด	เท่ากับ	1	คะแนน
มาก	เท่ากับ	2	คะแนน
ปานกลาง	เท่ากับ	3	คะแนน
น้อย	เท่ากับ	4	คะแนน
น้อยที่สุด	เท่ากับ	5	คะแนน

เกณฑ์การประเมินค่าความคิดเห็นผู้วิจัยตั้งกำหนดเกณฑ์ไว้ 5 ระดับ ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.50 คะแนน หมายถึง มีความคิดเห็นอยู่ในระดับที่ไม่ดีมาก
คะแนนเฉลี่ย 1.51 – 2.50 คะแนน หมายถึง มีความคิดเห็นอยู่ในระดับที่ไม่ดี
คะแนนเฉลี่ย 2.51 – 3.50 คะแนน หมายถึง มีความคิดเห็นอยู่ในระดับปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย 3.51 – 4.50 คะแนน หมายถึง มีความคิดเห็นอยู่ในระดับที่ดี
คะแนนเฉลี่ย 4.51 – 5.00 คะแนน หมายถึง มีความคิดเห็นอยู่ในระดับที่ดีมาก

ส่วนที่ 3 ข้อมูลการซ่อมบำรุงและการดูแลรักษาอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟประกอบด้วย
ข้อคำถามจำนวน 4 ข้อ เกี่ยวกับระยะเวลาการใช้งานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ ข้อมูลการทำงาน
ของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟในเรื่องความบกพร่องในการตรวจจับเพลิงไหม้และการชำรุด
เสียหายของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ และการตรวจสอบและบำรุงรักษาของอุปกรณ์ตรวจจับ
ประกายไฟ

การเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถาม

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการรวบรวมข้อมูลรายชื่อบริษัท อุตสาหกรรม
เฟอร์นิเจอร์ที่มีอยู่ครอบคลุมทั่วประเทศ และได้มีการส่งแบบสอบถามไปในแต่ละบริษัท
ที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ โดยส่งแบบสอบถามไปยังผู้จัดการโรงงานของแต่ละบริษัท
เพื่อให้ช่วยประสานงานในการดำเนินการแจกแบบสอบถามและส่งคืน ซึ่งจำนวนแบบสอบถาม
ที่ส่งไปทั้งหมดเท่ากับ 200 ฉบับ ได้รับกลับคืน 139 ฉบับ รวมแบบสอบถามที่จะนำไปวิเคราะห์
ทางสถิติจำนวน 139 ฉบับ

การวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามแล้ว ได้นำข้อมูลมาลงรหัสและทำการวิเคราะห์
ข้อมูลและประมวลผล โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows
Version 11.5 เพื่อทำการวิเคราะห์เชิงสถิติ ตามสมมติฐานของการวิจัยครั้งนี้ การทดสอบสมมติฐาน
ในการวิจัยได้กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติไว้ที่ระดับ 0.05 การวิเคราะห์เชิงสถิติในการวิจัย
ได้ทดสอบข้อสมมติ (Assumption) ตามแต่ละตัวแบบ (Model) ด้วยค่าสถิติที่ทำการวิเคราะห์
ข้อมูลมีดังต่อไปนี้

1. ค่าร้อยละ (Percentage) ใช้วิเคราะห์ข้อมูลลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง
2. ค่าเฉลี่ย (Mean) ใช้แปลความหมายของข้อมูลต่าง ๆ
3. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้คู่กับค่าเฉลี่ยเพื่อแสดงลักษณะ
การกระจายของข้อมูล

4. F - test และ T – test ใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างประชากรตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไป โดยเปรียบเทียบความถี่สังเกต กับความถี่ที่คาดหวัง ซึ่งสอดคล้องกับความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ ที่ข้อมูลถูกจัดแบ่งตามกลุ่ม

โดยกำหนดให้มีการตั้งสมมติฐานดังนี้

H_0 : ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีลักษณะส่วนบุคคลที่แตกต่างกันมีความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

H_1 : ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีลักษณะส่วนบุคคลที่แตกต่างกันมีความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

สรุปผลการทดสอบสมมติฐานดังนี้

P – value < α สามารถปฏิเสธ H_0

P – value > α สามารถยอมรับ H_0

สถานที่และระยะเวลาการทำการวิจัย

สถานที่

บริษัท ทรากอนไทย ลัมเบอร์ จำกัด ประกอบกิจการ ผลิตเฟอร์นิเจอร์และชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์จากไม้ยางพาราเพื่อการส่งออก เลขที่ 32/2 หมู่ 7 ถนนบางนา – ตราด (กม. 25.5) ต. บางเสาธง กิ่งอำเภอบางเสาธง จังหวัดสมุทรปราการ รหัสไปรษณีย์ 10540

ระยะเวลาการทำการวิจัย

ลำดับ	เนื้อหาและงานที่ทำ	ระยะเวลาการทำการวิจัย						
		ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1	ศึกษาที่มาและสาเหตุของปัญหา	↔						
2	ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	↔	↔					
3	เตรียมการต่าง ๆ เพื่อการทดสอบ		↔	↔				
4	ทำการทดลองและเก็บข้อมูล			↔	↔	↔		
5	วิเคราะห์ข้อมูล					↔	↔	
6	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ					↔	↔	
7	ทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์						↔	↔

ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์

ผลการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยเรื่องการประเมินความเสี่ยงและประสิทธิภาพของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้สำหรับป้องกันเพลิงไหม้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ศึกษาถึงการประเมินความเสี่ยงของการเกิดเพลิงไหม้ถึงเก็บฝุ่นไม้ในบริษัท ทรายคอนไทย ลัมเบอร์ จำกัด โดยใช้การศึกษาการประเมินความเสี่ยงโดยวิธีการวิเคราะห์ความผิดพลาดแบบแผนภูมิต้นไม้ เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุที่ของการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ของถังเก็บฝุ่นไม้ ตลอดจนเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงเพื่อลดความเสี่ยง โดยคำนึงค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนของแนวทางการปรับปรุง

ส่วนที่ 2 ศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อประสิทธิภาพของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ โดยเก็บข้อมูลจากการส่งแบบสอบถามความคิดเห็นไปยังบริษัทที่มีการใช้งานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟจำนวน 139 บริษัท เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการยืนยันผลจากการประเมินความเสี่ยงเมื่อใช้อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ ในการตรวจจับเพลิงไหม้ สำหรับป้องกันเหตุการณ์เพลิงไหม้ภายในถังเก็บฝุ่นไม้ในบริษัท ทรายคอนไทย ลัมเบอร์ จำกัด โดยเสนอผลการวิเคราะห์ดังนี้

ส่วนที่ 1 การประเมินความเสี่ยงของการเกิดเพลิงไหม้ถึงเก็บฝุ่นไม้ใน บริษัท ทรายคอนไทย ลัมเบอร์ จำกัด โดยใช้การศึกษาการประเมินความเสี่ยงโดยวิธีการวิเคราะห์ความผิดพลาดแบบแผนภูมิต้นไม้

1. การวิเคราะห์เหตุการณ์อันตรายด้วยแผนภูมิต้นไม้

เนื่องจากการวิเคราะห์เหตุการณ์อันตรายและการหาค่าโอกาสการเกิดอันตรายด้วยแผนภูมิต้นไม้มีความจำเป็นที่ผู้ทำการศึกษาต้องทราบเกี่ยวกับขั้นตอนและกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ ข้อมูลอัตราแสดงความเสี่ยงต่อปีของอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งในที่นี้ผู้วิจัยได้ทำการแสดงผลการศึกษาไว้ดังนี้

2. ข้อมูลการซ่อมบำรุงเครื่องจักร

การสำรวจข้อมูลการซ่อมบำรุงเครื่องจักรในบริษัท ทรากอนไทย ลัมเบอร์ จำกัดแห่งนี้พบว่า ไม่มีการบันทึกความเสียหายของเครื่องจักรอุปกรณ์ไว้เป็นหลักฐาน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้อัตราแสดงความเสียหายต่อปีของอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3 เพื่อเป็นฐานในการคำนวณหาโอกาสของการเกิดเพลิงไหม้และความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้

3. ข้อมูลการจัดทำคู่มือการปฏิบัติงานและการอบรมพนักงาน

การสำรวจข้อมูลของการจัดทำคู่มือการปฏิบัติงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์แต่ละเครื่องในบริษัท ทรากอนไทย ลัมเบอร์ จำกัดแห่งนี้ พบว่ายังไม่มีการจัดทำคู่มือการปฏิบัติงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์แต่ละเครื่อง นอกจากนี้ยังไม่มีคู่มือการอบรมการใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในแก่งพนักงานทั้งพนักงานเก่าและพนักงานใหม่อย่างเป็นลายลักษณ์อักษร ซึ่งสภาพการณ์ปัจจุบันคือพนักงานเก่าจะทำการถ่ายทอดความรู้แก่พนักงานใหม่ระหว่างการปฏิบัติงาน (on the job training) เท่านั้น

ผู้วิจัยได้เลือกอัตราความผิดพลาดของพนักงานจาก ตารางที่ 3 เนื่องจากการทำงานภายใต้ความเครียด จึงเกิดผลให้มีความผิดพลาด (μ) เท่ากับ 0.2 ครั้งต่อปี เมื่อคำนวณเป็นโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุได้ดังนี้ $P = 1 - e^{-\mu t} = 1 - e^{-(0.2)(1)} = 0.2$

4. ข้อมูลโอกาสในการตรวจจับเพลิงไหม้ผิดพลาดของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน

จากการเก็บข้อมูลหลังจากที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับตรวจจับความร้อนภายในถังเก็บฝุ่นไม้ พบว่าเมื่อมีการเกิดเพลิงไหม้ภายในถังเก็บฝุ่นไม้ในบริษัท ทรากอนไทย ลัมเบอร์ จำกัด อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนไม่สามารถตรวจจับเพลิงไหม้ได้เลย ทำให้บริษัทเกิดเหตุเพลิงไหม้ขึ้นบ่อยครั้งมาก

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้ค่าโอกาสในการตรวจจับเพลิงไหม้ผิดพลาดเท่ากับ 0.95 เป็นฐานในการคำนวณหาโอกาสของการตรวจจับผิดพลาดและความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้

5. ความรุนแรงของการเกิดเพลิงไหม้ภายในถังเก็บฝุ่นไม้ในบริษัทครากอนไทย ลัมเบอร์ จำกัด

ความรุนแรงและความเสียหายที่เกิดขึ้นในการเกิดเหตุเพลิงไหม้ในแต่ละครั้งได้ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของบริษัทอย่างมากมา อาทิเช่น ถังผ้าดักฝุ่นไม้ได้รับความเสียหาย โครงสร้างถังเก็บฝุ่นบึงอ ประตก ระบบไฟฟ้าที่ควบคุมการทำงานของระบบกำจัดฝุ่นได้รับความเสียหาย ดังแสดงค่าความเสียหายในการเกิดเหตุเพลิงไหม้ได้ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 8 แสดงมูลค่าความเสียหายด้านทรัพย์สินจากการเกิดเพลิงไหม้โดยแยกตามจำนวนครั้ง

ปีงบประมาณ	รวมมูลค่าความเสียหายด้านทรัพย์สิน (บาท)
2545	8,107,820
2546	1,924,820
2547	2,076,724
รวม	12,109,364

6. ข้อมูลการซ่อมบำรุงของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ

เนื่องจากบริษัท ครากอนไทย ลัมเบอร์ จำกัด ยังไม่ได้มีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟขึ้น ดังนั้นในการวิจัยในครั้งนี้ใช้การเก็บรวบรวมข้อมูลการซ่อมบำรุงของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟจากการเก็บข้อมูลโดยส่งแบบสอบถามไปยังผู้รับผิดชอบในการดูแลรักษาอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟจำนวน 139 บริษัท ที่มีการใช้งานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟในการป้องกันการเกิดเหตุเพลิงไหม้ภายในถังเก็บฝุ่นไม้ เกี่ยวกับข้อมูลการชำรุดเสียหายของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ในหลังจากติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ และยังทำการสอบถามข้อมูลไปยังตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ เพื่อให้ได้ข้อมูลค่าอัตราของการเกิดความเสียหายต่อปี Failure /Year ของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ และค่าโอกาสการตรวจจับเพลิงไหม้ผิดพลาด โดยสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงข้อมูลจำนวนครั้งการตรวจจับเพลิงไหม้ผิดพลาดของอุปกรณ์ตรวจจับ
ประกายไฟต่อปี

จำนวนครั้ง ของการตรวจจับผิดพลาด	จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม	เปอร์เซ็นต์
ไม่เคยเกิดตรวจจับผิดพลาด	4	2.88
1 ครั้ง	135	97.12
2 ครั้ง	0	0
3 ครั้ง	0	0
มากกว่า 3 ครั้งขึ้นไป	0	0
รวม	139	100 %

$$\begin{aligned}
 \text{อัตราการตรวจจับผิดพลาดของ} &= \text{จำนวนครั้งการเกิดการตรวจจับผิดพลาด} \\
 \text{อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ} &= \text{ของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ/จำนวนชั่วโมง} \\
 &= \text{การทำงาน} \\
 &= 1 \text{ ครั้ง} / [(8 \text{ ชั่วโมง/วัน}) * (6 \text{ วัน/สัปดาห์}) \\
 &= \text{* (4 สัปดาห์/เดือน) * (12 เดือน)} \\
 &= 0.00043 \text{ ครั้ง/ชั่วโมงการทำงาน/ปี}
 \end{aligned}$$

ตารางที่ 10 แสดงข้อมูลการชำรุดเสียหายและการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟต่อปี

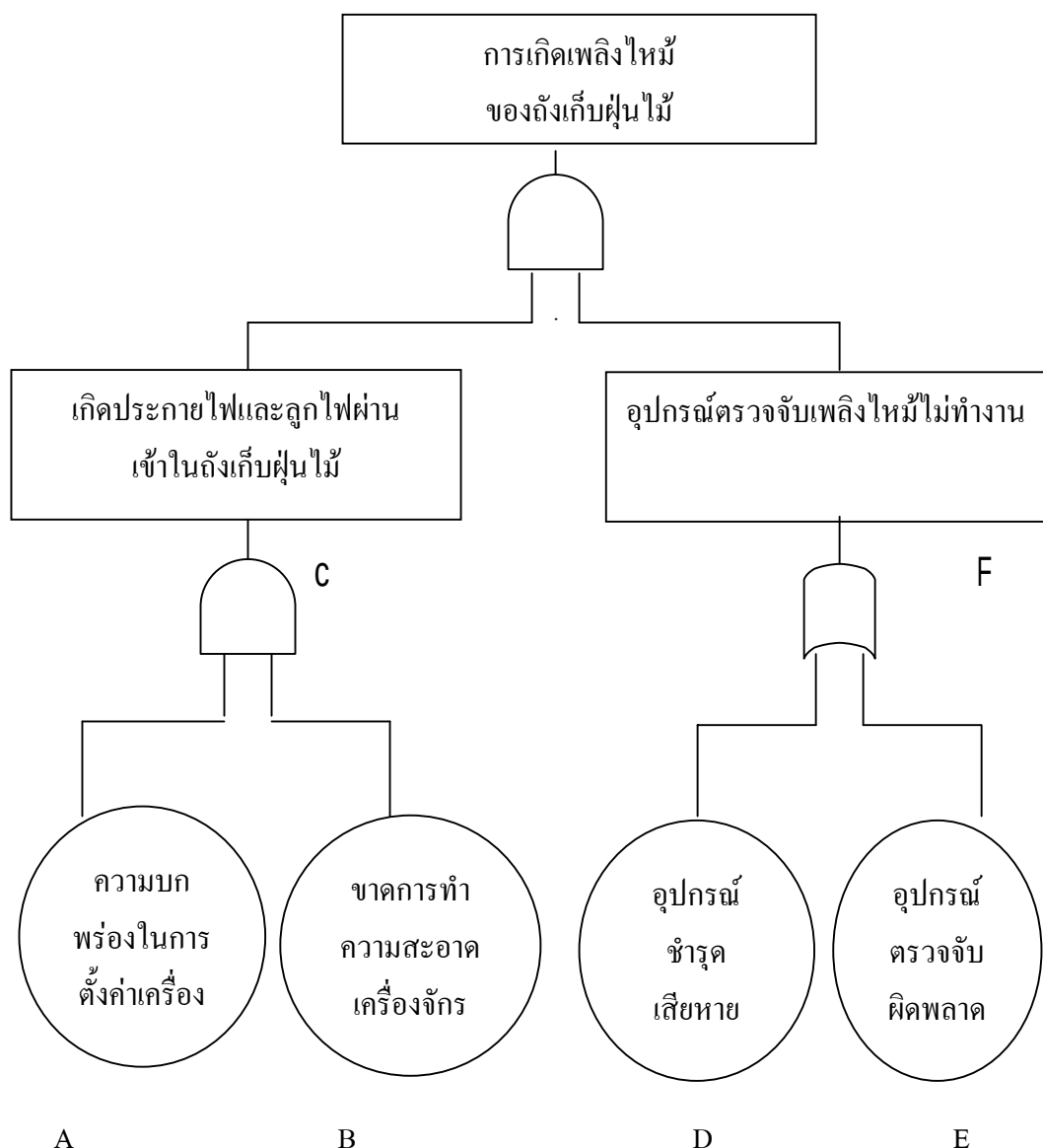
จำนวนครั้งการชำรุดเสียหาย	จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม	เปอร์เซ็นต์
ไม่มีการเสียหาย	137	98.56
1 ครั้ง	2	1.44
2 ครั้ง	0	0
3 ครั้ง	0	0
มากกว่า 3 ครั้งขึ้นไป	0	0
รวม	139	100

สืบเนื่องจากการสอบถามข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามไปยังผู้ใช้งานอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟและคำนวณหาค่าอัตราความเสียหายต่อปีพบว่าอัตราความเสียหายต่อปีของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟเท่ากับ 0 จึงไม่สามารถนำไปคำนวณหาค่าอัตราความเสียหายต่อปีของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟดังนั้นจึงใช้ค่าโอกาสการเกิดความเสียหายต่อปีเท่ากับ 0.1 โดยค่านี้ได้มาจากการสอบถามไปยังตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟและสอบถามผู้ใช้งานบางท่านที่มีการใช้งานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ

7. การวิเคราะห์การเกิดเหตุเพลิงไหม้ภายในถังเก็บฝุ่นไม้และโอกาสเกิดความผิดพลาดของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้โดยใช้แผนภูมิต้นไม้

จากข้อมูลสถิติเหตุการณ์เกิดเพลิงไหม้ถังเก็บฝุ่นไม้บริษัท ดรากอนไทย ลัมเบอร์ จำกัด พบว่ามีสถิติการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ถังเก็บฝุ่นไม้จำนวน 2 ครั้ง/ปี ซึ่งนับว่าเป็นสถิติที่สูงมากและเมื่อเกิดเหตุการณ์ดังกล่าวขึ้นแล้วยังก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของบริษัทและกระบวนการผลิตเป็นอย่างมาก ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์เหตุการณ์เพลิงไหม้ภายในถังเก็บฝุ่นไม้เพื่อหาเหตุการณ์พื้นฐานของปัญหาและโอกาสการเกิดอันตรายของแต่ละเหตุการณ์ โดยใช้แผนภูมิต้นไม้ ซึ่งในที่นี้จะทำการวิเคราะห์การเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ของถังเก็บฝุ่นไม้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ โดยมีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังนี้

เหตุการณ์ การเกิดเพลิงไหม้ภายในถังเก็บฝุ่นไม้จากการใช้อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน



ภาพที่ 15 แสดงการเขียนความสัมพันธ์ของสาเหตุที่ทำให้เกิดเพลิงไหม้ภายในถังเก็บฝุ่นไม้

จากการเขียนความสัมพันธ์ของสาเหตุที่ทำให้เกิดเพลิงไหม้ภายในถังเก็บฝุ่นไม้ ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ด้วยวิธีวิเคราะห์ความผิดพลาดโดยแผนภูมิต้นไม้ สามารถอธิบายได้ว่าการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ในถังเก็บฝุ่นไม้ต้องเกิดเหตุการณ์มีประกายไฟและลูกไฟผ่านเข้าในถังเก็บฝุ่นไม้ และเกิดเหตุการณ์อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ไม่ทำงาน ซึ่งทั้ง 2 เหตุการณ์ต้องเกิดขึ้นทุก ๆ เหตุการณ์พร้อมกันจึงจะทำให้เกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ภายในถังเก็บฝุ่นไม้

ในเหตุการณ์การเกิดประกายไฟและลูกไฟผ่านเข้าไปในถังเก็บฝุ่น ฝุ่นนั้นต้องเกิดเหตุการณ์ความบกพร่องของพนักงานในการตั้งค่าเครื่องจักรไม่เหมาะสมกับชิ้นงานที่เข้าสู่เครื่องจักรเป็นเหตุให้เกิดการเสียดสีขึ้นระหว่างชิ้นงานกับเครื่องจักรทำให้เกิดความร้อนขึ้น และเกิดเหตุการณ์ความบกพร่องของพนักงานในการขาดการดูแลและทำความสะอาดเครื่องจักรเป็นเหตุให้มีฝุ่นไม่สะสมในปริมาณมากพอที่จะติดไฟได้เมื่อได้รับความร้อนมาสัมผัสกับฝุ่นที่สะสมอยู่ภายในเครื่องจักร และพร้อมที่จะเกิดประกายไฟและลูกไฟทันทีซึ่งทั้ง 2 เหตุการณ์ต้องเกิดขึ้นทุก ๆ เหตุการณ์พร้อมกันจึงจะทำให้เกิดเหตุการณ์การเกิดประกายไฟและลูกไฟผ่านเข้าไปในถังเก็บฝุ่นได้

ในเหตุการณ์อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ไม่ทำงานนั้นต้องเกิดเหตุการณ์อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ชำรุดเสียหายในเรื่องของตัวอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ไม่รวมการชำรุดเสียหายจากอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ เช่น สายไฟ, ตัวควบคุมการทำงาน, ระบบไฟฟ้าสำรอง หรือเกิดเหตุการณ์อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ทำงานบกพร่องในเรื่องการเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งานของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ตามกำหนดระยะเวลาการใช้งานของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดความบกพร่องในการตรวจจับเพลิงไหม้ ซึ่งถ้ามีการเกิดเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่งก็จะทำให้เกิดเหตุการณ์อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ไม่ทำงาน

การคำนวณหาค่าโอกาสเกิดอุบัติเหตุจากใช้อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน

การคำนวณตามสมการ

เหตุการณ์ A ความบกพร่องของพนักงานในการตั้งค่าเครื่องจักรไม่เหมาะสมกับขนาดของชิ้นงานที่เข้าสู่เครื่องจักรทำให้เกิดความร้อนขึ้นจากการเสียดสีระหว่างเครื่องจักรกับชิ้นงาน ทำให้เป็นสาเหตุให้มีประกายไฟและลูกไฟเข้าสู่ภายในถังเก็บฝุ่นได้

จากตารางที่ 4 ซึ่งมีค่าโอกาสเกิดความบกพร่องของพนักงานในการตั้งค่าเครื่องจักรไม่เหมาะสมกับขนาดของชิ้นงานที่เข้าสู่เครื่องจักร

$$F_A(t) = 0.2$$

ดังนั้นค่าของความเชื่อมั่น (Reliability) จากสมการ

$$\begin{aligned} R_A &= 1 - F_A \\ &= 1 - 0.2 \\ &= 0.8 \end{aligned}$$

เหตุการณ์ B ความบกพร่องของพนักงานในการขาดการทำความสะอาดฝุ่นละอองของเครื่องจักรเป็นเหตุให้มีฝุ่นไม่สะสมในปริมาณมากพอที่จะติดไฟได้เมื่อได้รับความร้อนมาสัมผัสกับฝุ่นที่สะสมอยู่ภายในเครื่องจักรและพร้อมที่จะเกิดประกายไฟและลุกลามไฟทันที

จากตารางที่ 4 ซึ่งมีค่าโอกาสเกิดความบกพร่องของพนักงานในการขาดการทำความสะอาดฝุ่นละอองของเครื่องจักร

$$F_B = 0.2$$

ดังนั้นค่าของความเชื่อมั่น (Reliability) จากสมการ

$$\begin{aligned} R_B &= 1 - F_B \\ R_B &= 1 - 0.2 \\ &= 0.8 \end{aligned}$$

จากตารางที่ 5 และ 6 แสดงสมการทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวจึงนำมาหาค่าโอกาสของการเกิดเหตุการณ์ C ได้ดังนี้

โอกาสของการเกิดเหตุการณ์ C = (โอกาสการเกิดเหตุการณ์ A) * (โอกาสการเกิดเหตุการณ์ B)

$$\begin{aligned} F_C &= (F_A)(F_B) \\ &= (0.2)(0.2) \\ &= 0.04 \end{aligned}$$

และสามารถหาความน่าเชื่อถือของการเกิดเหตุการณ์ C หาได้จาก

$$\begin{aligned} R_c &= 1 - F_c \\ &= 1 - 0.04 \\ &= 0.96 \end{aligned}$$

จากการคำนวณทำให้ทราบถึงโอกาสของการเกิดเหตุการณ์ C คือ 0.04 และความน่าเชื่อถือของการเกิดประกายไฟและลัดวงจรไฟเข้าตู้ดูดฝุ่นเท่ากับ 0.96 แต่จากการเขียนความสัมพันธ์ของการเกิดเหตุเพลิงไหม้ยังมีสาเหตุอื่นที่เกี่ยวข้องอีกดังจะวิเคราะห์ต่อไปดังนี้

เหตุการณ์ D อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชำรุดเสียหาย

จากตารางที่ 4 ซึ่งมีค่าของ Failures/Year = 0.52

ดังนั้นค่าของความเชื่อมั่น (Reliability) จากสมการ

$$\begin{aligned} R_D(t) &= e^{-\lambda t} = e^{-(0.52)(1)} \\ R_D &= 0.594 \end{aligned}$$

โอกาสที่จะเกิดอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชำรุดเสียหายจากสมการ

$$\begin{aligned} F_D &= 1 - R_D \\ &= 1 - 0.594 \\ &= 0.406 \end{aligned}$$

เหตุการณ์ E อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนทำงานบกพร่องและผิดพลาด

มีค่าโอกาสที่จะเกิดอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนทำงานบกพร่องและทำงานผิดพลาด

$$F_E(t) = 0.95$$

เนื่องจากข้อมูลรายงานการตรวจจับเพลิงไหม้ในบริษัทราคอนไทยลัมเบอร์อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน ไม่สามารถตรวจจับเพลิงไหม้ได้เลยสักครั้งเมื่อเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ขึ้นภายในถึงเก็บฝุ่นจึงให้ค่าโอกาสที่อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนจะทำงานบกพร่อง = 0.95

ดังนั้นค่าของความเชื่อมั่น (Reliability) จากสมการ

$$\begin{aligned} R_E &= 1 - F_E \\ R_E &= 1 - 0.95 \\ &= 0.05 \end{aligned}$$

จากตารางที่ 5 และ 6 แสดงสมการทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวจึงนำมาหาค่าโอกาสของการเกิดเหตุการณ์ F และความน่าเชื่อถือ ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} R_F &= (R_D)(R_E) \\ &= (0.594)(0.05) \\ &= 0.029 \end{aligned}$$

และสามารถหาโอกาสการเกิดเหตุการณ์ F หาได้จาก

$$\begin{aligned} F_F &= 1 - R_F \\ &= 1 - 0.029 \\ &= 0.971 \end{aligned}$$

จากการคำนวณทำให้ทราบถึงโอกาสของการเกิดเหตุการณ์ F คือ 0.971 และความน่าเชื่อถือของการที่อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้จะไม่ทำงานเท่ากับ 0.029 แต่จากการเขียนความสัมพันธ์ของการเกิดเหตุเพลิงไหม้ยังมีสาเหตุอื่นที่เกี่ยวข้องอีกดังจะวิเคราะห์ดังนี้

เมื่อนำเหตุการณ์ทั้ง 2 เหตุการณ์ คือ เหตุการณ์ c และเหตุการณ์ F มาแสดงความสัมพันธ์ด้วย Logic gate ได้ดังนี้

โอกาสของการเกิดเพลิงไหม้ภายในถังเก็บฝุ่นไม้ = (โอกาสของการเกิดเหตุการณ์ C) x (โอกาสของ การเกิดเหตุการณ์ F)

$$\begin{aligned} F_{\text{รวม}} &= (F_C)(F_F) \\ &= (0.04)(0.971) \\ &= 0.038 \end{aligned}$$

และความน่าเชื่อถือของการเกิดเพลิงไหม้ภายในถังเก็บฝุ่นไม้หาได้จาก

$$\begin{aligned} R &= 1 - F_{\text{รวม}} \\ &= 1 - 0.038 \\ &= 0.962 \end{aligned}$$

จากผลการวิเคราะห์การเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ถังเก็บฝุ่นไม้ด้วยแผนภูมิต้นไม้สามารถอธิบายได้ว่า ในการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ถังเก็บฝุ่นไม้นั้นต้องเกิดเหตุการณ์ C และ F พร้อมกัน จึงจะทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้ ซึ่งกล่าวโดยสรุปโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุเพลิงไหม้ภายในถังเก็บฝุ่นไม้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้มีค่าเท่ากับ 0.038 และความน่าเชื่อถือที่จะไม่เกิดเหตุเพลิงไหม้มีค่าเท่ากับ 0.962

สรุปผลของการประเมินความเสี่ยงด้วยแผนภูมิต้นไม้

ตารางที่ 11 แสดงผลการคำนวณโอกาสการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ถึงเก็บฝุ่นไม้
และความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ จากการประเมิน
ความเสี่ยงด้วยแผนภูมิต้นไม้

อุบัติเหตุ	โอกาสการเกิดอุบัติเหตุ	ความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ ตรวจจับเพลิงไหม้
การเกิดเพลิงไหม้ถึงเก็บฝุ่นไม้ ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้	0.038	0.962

การประเมินความเสี่ยงด้วยแผนภูมิต้นไม้ ของการเกิดอุบัติเหตุเพลิงไหม้ถึงเก็บฝุ่นไม้
ในบริษัท ดราคอนไทย ลัมเบอร์ จำกัด ปัจจัยที่สำคัญในการเกิดอุบัติเหตุคือความบกพร่อง
ในการตรวจสอบและดูแลรักษาเครื่องจักรของพนักงานในเรื่องการตั้งค่าเครื่องจักรไม่เหมาะสม
กับชิ้นงานที่เข้าสู่เครื่องจักรและการตรวจสอบและดูแลรักษาความสะอาดของเครื่องจักรอย่าง
สม่ำเสมอซึ่งทำให้เกิดฝุ่นไม้สะสมอยู่มากในบริเวณเครื่องจักรซึ่งพร้อมที่จะติดไฟได้ทันที
เมื่อได้รับความร้อนจากการเสียดสีระหว่างเครื่องจักรกับชิ้นงาน จึงเป็นสาเหตุให้มีการเกิด
ประกายไฟและถูกไฟผ่านเข้าสู่ในถังเก็บฝุ่นไม้และสาเหตุที่สำคัญอีกอย่างที่ทำให้เกิดเหตุการณ์
เพลิงไหม้ถึงเก็บฝุ่นก็คืออุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ไม่ทำงานเนื่องมาจากสาเหตุที่อุปกรณ์ตรวจจับ
เพลิงไหม้เกิดการชำรุดหรือเกิดการเสียหายจากการใช้งานในเรื่องอายุการใช้งานของอุปกรณ์หรือ
อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้มีความบกพร่องในการตรวจจับเพลิงไหม้ที่สูงมาก เนื่องจาก
อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ที่ติดตั้งอยู่ในปัจจุบันไม่สามารถตรวจจับเพลิงไหม้ได้เลยเมื่อเกิด
เหตุการณ์เพลิงไหม้ขึ้นในถังเก็บฝุ่นไม้ทำให้ไม่สามารถป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ภายในถังเก็บ
ฝุ่นไม้ได้ แนวทางป้องกันไม่ให้เกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ถึงเก็บฝุ่นไม้ คือ การจัดให้มีการบำรุง
รักษาเชิงป้องกันของเครื่องจักรที่ทำให้เกิดความร้อน ในเรื่องการทำความสะอาดเครื่องจักรเป็น
ประจำอย่างสม่ำเสมอ การหมั่นตรวจสอบการทำงานของเครื่องจักรให้มีสภาพพร้อมในการใช้งาน
และการสอบเทียบค่าในการตั้งค่าเครื่องจักรให้อยู่ในค่ามาตรฐานที่กำหนดขึ้น เพื่อป้องกันการตั้งค่า
เครื่องจักรไม่เหมาะสมกับชิ้นงานที่เข้าเครื่องจักร และควรมีการจัดทำคู่มือการปฏิบัติงานกับ
เครื่องจักรที่มีความเสี่ยงในการเกิดเพลิงไหม้ในเรื่องการตรวจสอบและการตรวจเช็คการทำงาน
ของเครื่องจักร ระยะเวลาการทำความสะอาดเครื่องจักรและวิธีการในการตั้งค่าเครื่องจักร และ
เพิ่มเติมในเรื่องการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟทดแทนอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนในการ
ป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้

แนวทางการปรับปรุงเพื่อลดความเสี่ยง

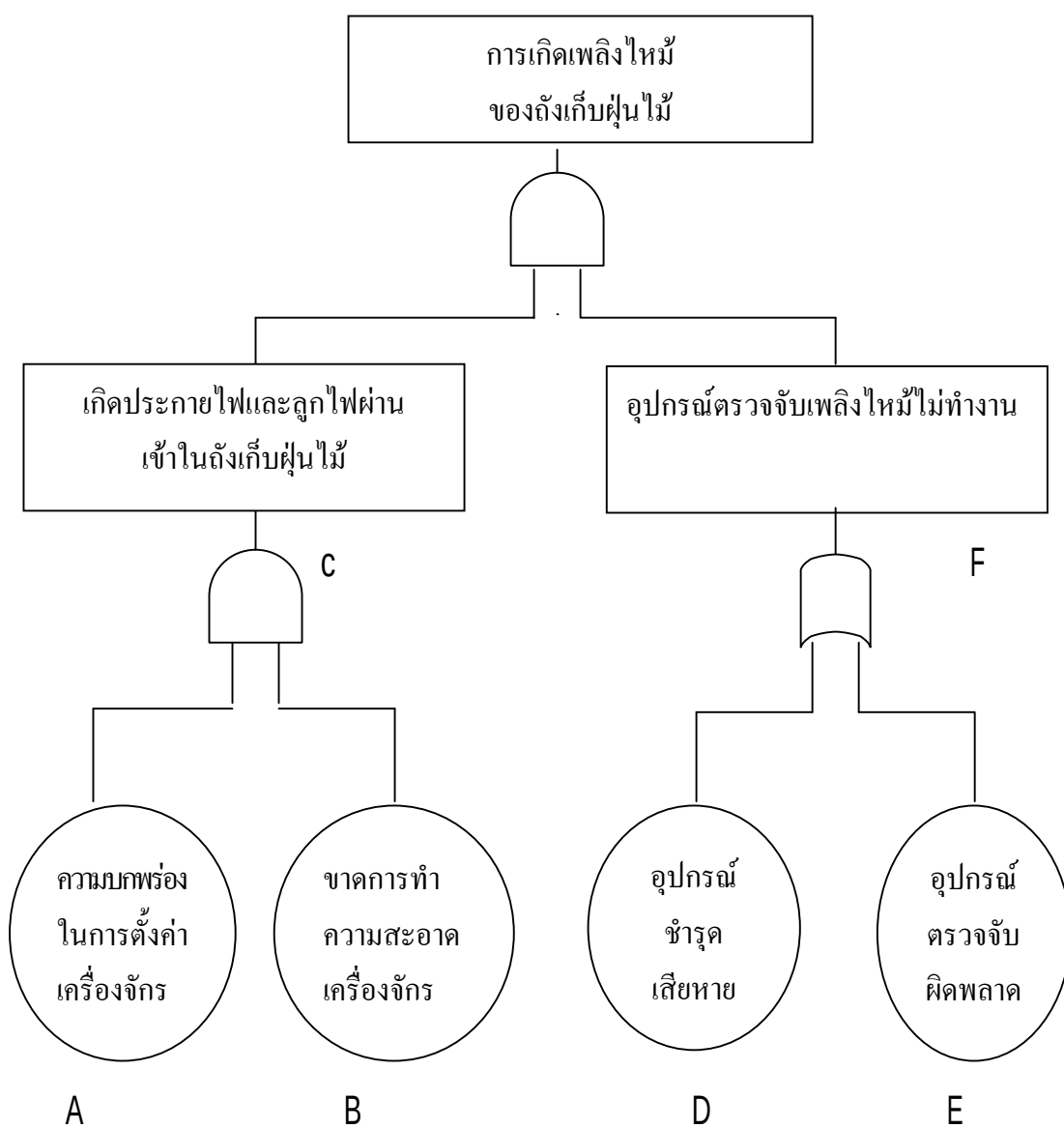
จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาเหตุการณ์พื้นฐานของการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ภายในถังเก็บฝุ่นไม้ด้วยวิธีแผนภูมิต้นไม้และจากตารางแสดงโอกาสของการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ภายในถังเก็บฝุ่นไม้พบว่า โอกาสของการเกิดเหตุเพลิงไหม้จากการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธีแผนภูมิต้นไม้จะมีค่าเท่ากับ 0.038 ค่าความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดเดิมเท่ากับ 0.962 ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์เพื่อเสนอแนวทางการปรับปรุงเพื่อลดความเสี่ยงและโอกาสการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ โดยทำการคำนวณค่าโอกาสการเกิดอันตรายหลังจากดำเนินการปรับปรุง

พบว่า แนวทางการปรับปรุงเพื่อลดความเสี่ยงเป็นดังนี้

ทำการการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟทดแทนอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนที่มีอยู่เดิม จากนั้นทำการคำนวณหาโอกาสการเกิดอันตรายของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟดังนี้

การประเมินความเสี่ยงด้วยแผนภูมิต้นไม้หลังจากได้มีการเสนอแนวทางการปรับปรุงเพื่อลดความเสี่ยงโดยคำนวณหาโอกาสการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ถังเก็บฝุ่นไม้จากการใช้อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟในการป้องกันเพลิงไหม้ในถังเก็บฝุ่นไม้ เพื่อทำการเปรียบเทียบค่าโอกาสการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ถังเก็บฝุ่นไม้จากการใช้อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน

เหตุการณ์ การเกิดเพลิงไหม้ภายในถังเก็บฝุ่นไม้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้
จากการใช้อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ



ภาพที่ 16 แสดงการเขียนความสัมพันธ์ของสาเหตุที่ทำให้เกิดเพลิงไหม้ภายในถังเก็บฝุ่นไม้

จากการเขียนความสัมพันธ์ของสาเหตุที่ทำให้เกิดเพลิงไหม้ภายในถังเก็บฝุ่นไม้ ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ด้วยวิธีวิเคราะห์ความผิดพลาดโดยแผนภูมิต้นไม้ สามารถอธิบายได้ว่าการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ในถังเก็บฝุ่นไม้ต้องเกิดเหตุการณ์มีประกายไฟและลูกไฟผ่านเข้าไปในถังเก็บฝุ่นไม้ และเกิดเหตุการณ์อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไม่ทำงาน ซึ่งทั้ง 2 เหตุการณ์ต้องเกิดขึ้นทุก ๆ เหตุการณ์พร้อมกันจึงจะทำให้เกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ภายในถังเก็บฝุ่นไม้

ในเหตุการณ์การเกิดประกายไฟและลูกไฟผ่านเข้าไปในถังเก็บฝุ่นไม้นั้นต้องเกิดเหตุการณ์ความบกพร่องของพนักงานในการตั้งค่าเครื่องจักรไม่เหมาะสมกับชิ้นงานที่เข้าสู่เครื่องจักร เป็นเหตุให้เกิดการเสียดสีขึ้นระหว่างชิ้นงานกับเครื่องจักรทำให้เกิดความร้อนขึ้น และเกิดเหตุการณ์ความบกพร่องของพนักงานในการขาดการดูแลและทำความสะอาดเครื่องจักรเป็นเหตุให้มีฝุ่นไม้สะสมในปริมาณมากพอที่จะติดไฟได้เมื่อได้รับความร้อนมาสัมผัสกับฝุ่นที่สะสมอยู่ภายในเครื่องจักร และพร้อมที่จะเกิดประกายไฟและลูกไฟทันทีซึ่งทั้ง 2 เหตุการณ์ต้องเกิดขึ้นทุก ๆ เหตุการณ์พร้อมกันจึงจะทำให้เกิดเหตุการณ์การเกิดประกายไฟและลูกไฟผ่านเข้าไปในถังเก็บฝุ่นไม้

ในเหตุการณ์อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ไม่ทำงานนั้นต้องเกิดเหตุการณ์อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ชำรุดเสียหายในเรื่องของตัวอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ไม่รวมการชำรุดเสียหายจากอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ เช่น สายไฟ, ผู้ควบคุมการทำงาน, ระบบไฟฟ้าสำรอง หรือเกิดเหตุการณ์อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ทำงานบกพร่องในเรื่องการเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งานของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ตามกำหนดระยะเวลาการใช้งานของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดความบกพร่องในการตรวจจับเพลิงไหม้ ซึ่งถ้ามีการเกิดเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่งขึ้นก็จะทำให้เกิดเหตุการณ์อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ไม่ทำงานในการตรวจจับเพลิงไหม้ที่เกิดขึ้นในถังเก็บฝุ่นไม้

การคำนวณหาค่าโอกาสเกิดอุบัติเหตุจากใช้อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ

การคำนวณตามสมการ

เหตุการณ์ A ความบกพร่องของพนักงานในการตั้งค่าเครื่องจักร ไม่เหมาะสมกับขนาดของชิ้นงานที่เข้าสู่เครื่องจักรทำให้เกิดความร้อนขึ้นจากการเสียดสีระหว่างเครื่องจักรกับชิ้นงานทำให้เกิดเป็นสาเหตุให้มีประกายไฟและลูกไฟเข้าสู่ภายในถังเก็บฝุ่นไม้

จากตารางที่ 4 ซึ่งมีค่าโอกาสเกิดความบกพร่องของพนักงานในการตั้งค่าเครื่องจักร ไม่เหมาะสมกับขนาดของชิ้นงานที่เข้าสู่เครื่องจักร

$$F_A(t) = 0.2$$

ดังนั้นค่าของความเชื่อมั่น (Reliability) จากสมการ

$$\begin{aligned} R_A(t) &= 1 - F_A \\ &= 1 - 0.2 \\ &= 0.8 \end{aligned}$$

เหตุการณ์ B ความบกพร่องของพนักงานในการขาดการทำความสะอาดฝุ่นละอองของ เครื่องจักรเป็นเหตุให้มีฝุ่นไม่สะสมในปริมาณมากพอที่จะติดไฟได้เมื่อได้รับความร้อนมาสัมผัส กับฝุ่นที่สะสมอยู่ภายในเครื่องจักรและพร้อมที่จะเกิดเกิดประกายไฟและลุกลามไหม้ทันที

จากตารางที่ 4 ซึ่งมีค่าโอกาสเกิดความบกพร่องของพนักงานในการขาดการทำความสะอาดฝุ่นละอองของเครื่องจักร

$$F_B(t) = 0.2$$

ดังนั้นค่าของความเชื่อมั่น (Reliability) จากสมการ

$$\begin{aligned} R_B(t) &= 1 - F_B(t) \\ R_B &= 1 - 0.2 \\ &= 0.8 \end{aligned}$$

จากตารางที่ 5 และ 6 แสดงสมการทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวจึงนำมาหาค่าโอกาสของการเกิดเหตุการณ์ C ได้ดังนี้

โอกาสของการเกิดเหตุการณ์ C = (โอกาสการเกิดเหตุการณ์ A) * (โอกาสการเกิดเหตุการณ์ B)

$$\begin{aligned} F_C &= (F_A)(F_B) \\ &= (0.2)(0.2) \\ &= 0.04 \end{aligned}$$

และสามารถหาความน่าเชื่อถือของการเกิดเหตุการณ์ C หาได้จาก

$$\begin{aligned} R_C &= 1 - F_C \\ &= 1 - 0.04 \\ &= 0.96 \end{aligned}$$

จากการคำนวณทำให้ทราบถึงโอกาสของการเกิดเหตุการณ์ C คือ 0.04 และความน่าเชื่อถือของการเกิดประกายไฟและลูกไฟเข้าท่อดูดฝุ่นเท่ากับ 0.96 แต่จากการเขียนความสัมพันธ์ของการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ยังมีสาเหตุอื่นที่เกี่ยวข้องอีกดังจะวิเคราะห์ต่อไปดังนี้

เหตุการณ์ D อุปกรณ์ตรวจจับตรวจจับประกายไฟชำรุดเสียหาย

จากค่า Failures/year ของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ = 0.1 โดยค่านี้ได้มาจากการสอบถามไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟในประเทศไทย

ดังนั้นค่าของความเชื่อมั่น (Reliability) จากสมการ

$$\begin{aligned} R_D(t) &= e^{-\mu t} = e^{-(0.1)(1)} \\ R_D &= 0.905 \end{aligned}$$

โอกาสที่จะเกิดอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟชำรุดเสียหาย จากสมการ

$$\begin{aligned} F_D(t) &= 1 - R_D \\ &= 1 - 0.905 \\ &= 0.095 \end{aligned}$$

เหตุการณ์ E อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟทำงานบกพร่องและผิดพลาด

จากค่า Failure /Year ของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ = 0.00043 โดยค่านี้ได้มาจากการสอบถามไปโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ที่มีการใช้งานอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟจำนวน 139 โรงงาน

ดังนั้นค่าของความเชื่อมั่น (Reliability) จากสมการ

$$\begin{aligned} R_E(t) &= e^{-\mu t} = e^{-(0.00043)(1)} \\ R_E &= 0.9995 \end{aligned}$$

และสามารถหาค่าโอกาสของความผิดพลาดของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟได้จากสมการ

$$\begin{aligned} F_E(t) &= 1 - R_E \\ &= 1 - 0.9995 \\ &= 0.0005 \end{aligned}$$

จากตารางที่ 5 และ 6 แสดงสมการทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวจึงนำมาหาค่าโอกาสของการเกิดเหตุการณ์ F และค่าความน่าเชื่อถือของเหตุการณ์ F ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} R_F &= (R_D)(R_E) \\ &= (0.905)(0.9995) \\ &= 0.9045 \end{aligned}$$

และสามารถหาโอกาสการเกิดเหตุการณ์ F หาได้จาก

$$\begin{aligned} F_F &= 1 - R_F \\ &= 1 - 0.9045 \\ &= 0.0955 \end{aligned}$$

จากการคำนวณทำให้ทราบถึงโอกาสของการเกิดเหตุการณ์ F คือ 0.0955 และความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟเท่ากับ 0.9045 แต่จากการเขียนความสัมพันธ์ของการเกิดเหตุเพลิงไหม้ยังมีสาเหตุอื่นที่เกี่ยวข้องอีกดังจะวิเคราะห์ดังนี้

เมื่อนำเหตุการณ์ทั้ง 2 เหตุการณ์ คือ เหตุการณ์ C และเหตุการณ์ F มาแสดงความสัมพันธ์ด้วย Logic gate ได้ดังนี้

โอกาสของการเกิดเพลิงไหม้ = โอกาสของการเกิดเหตุการณ์ C) x
ภายในถังเก็บฝุ่นไม้ (โอกาสของการเกิดเหตุการณ์ F)

$$\begin{aligned} F_{รวม} &= (F_C) \cdot (F_F) \\ &= 0.04 \cdot 0.0955 \\ &= 0.00382 \end{aligned}$$

และความน่าเชื่อถือของการเกิดเพลิงไหม้ภายในถังเก็บฝุ่นไม้หาได้จาก

$$\begin{aligned} R &= 1 - F_{รวม} \\ &= 1 - 0.00382 \\ &= 0.99618 \end{aligned}$$

จากผลการวิเคราะห์การเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ถึงเก็บฝุ่นไม้ด้วยแผนภูมิต้นไม้สามารถอธิบายได้ว่า ในการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ถึงเก็บฝุ่นไม้นั้นต้องเกิดเหตุการณ์ C และ F พร้อมกัน จึงจะทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้ ซึ่งกล่าวโดยสรุปโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุเพลิงไหม้ภายในถึงเก็บฝุ่นไม้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม่จากการใช้อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟในการป้องกันการเกิดเพลิงไหม้มีค่าเท่ากับ 0.00382 และความน่าเชื่อถือที่จะไม่เกิดเหตุเพลิงไหม้มีค่าเท่ากับ 0.99618

สรุปผลของการประเมินความเสี่ยงด้วยแผนภูมิต้นไม้

ตารางที่ 12 แสดงผลการคำนวณโอกาสการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ถึงเก็บฝุ่นไม้ และความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ จากการประเมินความเสี่ยงด้วยแผนภูมิต้นไม้

อุบัติเหตุ	โอกาสการเกิดอุบัติเหตุ	ความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้
การเกิดเพลิงไหม้ถึงเก็บฝุ่นไม้จากการใช้อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ	0.00382	0.99618

จากตารางผลการคำนวณโอกาสการเกิดเหตุเพลิงไหม้ถึงเก็บฝุ่นไม้และความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟโดย พบว่าโอกาสของการเกิดเหตุเพลิงไหม้จากการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธีแผนภูมิต้นไม้จะมีค่าเท่ากับ 0.00382 และค่าความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟมีค่าเท่ากับ 0.99618 ดังนั้นจะเห็นได้ว่าค่าโอกาสของการเกิดเพลิงไหม้ลดลงและมีค่าความน่าเชื่อถือเพิ่มขึ้นเนื่องจากการได้มีการนำค่าโอกาสการทำงานผิดพลาดของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟมาใช้ในการคำนวณโอกาสการเกิดเหตุเพลิงไหม้เพื่อลดความเสี่ยงและโอกาสการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ แสดงดังตาราง 13

ตารางที่ 13 แสดงผลการคำนวณโอกาสการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ถึงเก็บฝุ่นไม้และความน่าเชื่อถือจากอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้แต่ละชนิด โดยการประเมินความเสี่ยงด้วยแผนภูมิต้นไม้

เหตุการณ์	อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน		อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ	
	โอกาสการเกิด	ค่าความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์	โอกาสการเกิด	ค่าความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์
	อุบัติเหตุ		อุบัติเหตุ	
การเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ถึงเก็บฝุ่นไม้	0.038	0.962	0.00382	0.99618

จากตารางแสดงโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุโดยการวิเคราะห์ความผิดพลาดแบบแผนภูมิต้นไม้ของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ทั้ง 2 ชนิด พบว่า โอกาสของการเกิดอุบัติเหตุลดลงและค่าความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้เพิ่มขึ้นดังนี้

1. ค่าโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุหลังจากมีการใช้อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟลดลง 0.03618
2. ค่าความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้หลังจากมีการใช้ของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟเพิ่มขึ้น 0.03618

จากการวิเคราะห์ผลแสดงโอกาสการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ภายในถังเก็บฝุ่นไม้จากการใช้อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้แต่ละชนิด โดยการวิเคราะห์ความผิดพลาดแบบแผนภูมิต้นไม้พบว่าโอกาสการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ภายในถังเก็บฝุ่นไม้ลดลงอาจเนื่องจากสาเหตุดังนี้

1. ค่าความผิดพลาดจากอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนที่ใช้ในการคำนวณโอกาสการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ถึงเก็บฝุ่นไม้มีค่าเท่ากับ 0.95 แต่หลังจากนำค่าความผิดพลาดของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟและทำการคำนวณพบว่าค่าโอกาสการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้มีค่าลดลงและมีค่าความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟเพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ค่าโอกาสการเกิดเพลิงไหม้ลดลง

2. ค่าอัตราความเสียหายต่อปีของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนที่ใช้ในการคำนวณโอกาสการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้มีค่าเท่ากับ 0.52 แต่หลังจากนำอัตราความเสียหายต่อปีของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟและทำการคำนวณพบว่าค่าโอกาสการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้มีค่าลดลงและมีค่าความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟเพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ค่าโอกาสการเกิดเพลิงไหม้ลดลง

การคำนวณความเสี่ยงของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน

เมื่อนำข้อมูลสถิติการเกิดเพลิงไหม้ข้างต้นที่ได้มีการรวบรวมข้อมูล เช่น โอกาสเกิดเพลิงไหม้ต่อปี โอกาสเกิดความผิดพลาดของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ และความรุนแรงของการเกิดเพลิงไหม้มาใช้ในการประเมินความเสี่ยงของการเกิดเพลิงไหม้จากการใช้อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนสามารถคำนวณได้จาก

$$\begin{aligned}
 \text{ความเสี่ยงของอุปกรณ์ตรวจจับ} &= \text{โอกาสเกิดเพลิงไหม้ ครั้ง / ปี} * \text{โอกาสที่อุปกรณ์} \\
 \text{ความร้อนชนิดเดิม} &\quad \text{ตรวจจับความร้อนไม่ทำงาน} * \text{ความรุนแรงของ} \\
 &\quad \text{การเกิดเพลิงไหม้ บาท/ครั้ง} \\
 &= 2 \text{ ครั้ง / ปี} * 0.038 * 2,018,227.33 \text{ บาท / ครั้ง} \\
 &= 153,385.27 \text{ บาท / ปี}
 \end{aligned}$$

การคำนวณความเสี่ยงของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ

เมื่อนำข้อมูลสถิติการเกิดเพลิงไหม้ข้างต้นที่ได้มีการรวบรวมข้อมูล เช่น โอกาสเกิดเพลิงไหม้ต่อปี โอกาสเกิดเพลิงไหม้ของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ และความรุนแรงของการเกิดเพลิงไหม้ในแต่ละครั้งมาใช้ในการประเมินความเสี่ยงของการเกิดเพลิงไหม้จากการใช้อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟสามารถคำนวณได้จาก

$$\begin{aligned}
 \text{ความเสี่ยงของอุปกรณ์ตรวจจับ} &= \text{โอกาสเกิดเพลิงไหม้ ครั้ง / ปี} * \text{โอกาสที่อุปกรณ์} \\
 \text{ประกายไฟ} &\quad \text{ตรวจจับประกายไฟไม่ทำงาน} * \text{ความรุนแรงของ} \\
 &\quad \text{การเกิดเพลิงไหม้ บาท/ครั้ง} \\
 &= 2 \text{ ครั้ง/ปี} * 0.00382 * 2,018,227.33 \text{ บาท / ครั้ง} \\
 &= 15,419.25 \text{ บาท / ปี}
 \end{aligned}$$

ดังนั้นจากการคำนวณตามสมการหาความค่าเสี่ยงของการเกิดเพลิงไหม้จากอุปกรณ์
 ตรวจจับความร้อนชนิดเดิมที่ติดตั้งอยู่ในปัจจุบันพบว่ามีความเสี่ยงของการเกิดเพลิงไหม้
 $= 153,385.27$ บาท/ปี และจากการคำนวณตามสมการหาความเสี่ยงของการเกิดเพลิงไหม้จาก
 อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟพบว่ามีความเสี่ยงของการเกิดเหตุเพลิงไหม้ $= 15,419.25$ บาท/ปี
 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าความเสี่ยงของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟมีความเสี่ยงต่อการเกิดเหตุ
 เพลิงไหม้ภายในถังเก็บฝุ่นไม่น้อยกว่าอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนที่ติดตั้งอยู่ในปัจจุบันในบริษัท
 ดราคอนไทย ลัมเบอร์ จำกัด ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 14 แสดงค่าความเสี่ยงต่อการเกิดเพลิงไหม้จากการใช้อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้

เหตุการณ์	อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน	อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ
	ความเสี่ยง บาท / ปี	ความเสี่ยง บาท / ปี
การเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ ถังเก็บฝุ่น ไม้	153,385.27	15,419.25

ดังนั้นจากค่าความเสี่ยงต่อการเกิดเพลิงไหม้จากการใช้อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ที่จะเกิด
 ความเสี่ยงในการเกิดเพลิงไหม้เป็นค่าบาท / ปี จึงเป็นแนวทางในการนำเสนอให้ทางบริษัท
 ดราคอนไทย ลัมเบอร์ จำกัด ทำการเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนที่ติดตั้งอยู่ใน
 ปัจจุบันให้เป็นอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ เนื่องจากค่าความเสี่ยงต่อการเกิดเพลิงไหม้ในถัง
 เก็บฝุ่นน้อยกว่าอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดเดิม ซึ่งจะช่วยให้ช่วยสำหรับป้องกันความสูญเสียต่อ
 ทรัพย์สินเมื่อเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ถังเก็บฝุ่น ไม้

การปรับปรุงเพื่อลดความเสี่ยงของการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ถังเก็บฝุ่น ไม้ในบริษัท
 ดราคอนไทย ลัมเบอร์ จำกัด พบว่าการปรับปรุงเพื่อลดความเสี่ยงทำได้โดย การติดตั้งอุปกรณ์
 ตรวจจับประกายไฟทดแทนอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดเดิมที่ติดตั้งอยู่ เพื่อสำหรับป้องกัน
 การเกิดปัญหาเพลิงไหม้ถังเก็บฝุ่น ไม้ของบริษัท ดราคอนไทย ลัมเบอร์ จำกัด

ศึกษาโดยคำนวณค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (Benefit to Cost Ratio)

มาตรฐานโครงการวิจัย โดยใช้การเปรียบเทียบเพื่อสรุปผลในการเลือกใช้ชนิดอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ในเรื่องค่าใช้จ่ายและความคุ้มค่าในการเลือกเปลี่ยนชนิดของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้

ถ้าค่า (Benefit/Cost) ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่า 1 จะทำการปฏิเสธโครงการนั้น เนื่องจากมีผลประโยชน์สุทธิน้อยกว่าเงินลงทุนที่ต้องจ่ายไป

ถ้าค่า (Benefit/Cost) ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า 1 จะยอมรับโครงการนั้น เนื่องจากมีผลประโยชน์สุทธินอกจากเงินลงทุนที่ต้องจ่ายไป

การคำนวณตามสมการ

การลงทุนในการติดตั้ง (Investment)

อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน	(Heat Detector)	229,900	บาท
อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ	(Spark Detector)	1,802,000	บาท

ค่าความรุนแรงเมื่อเกิดเพลิงไหม้ (Consequence)

อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน	(Heat Detector)	2,018,227.33 (ค่าเฉลี่ย) บาท / ครั้ง
อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ	(Spark Detector)	2,018,227.33 (ค่าเฉลี่ย) บาท / ครั้ง

ค่าโอกาสความเป็นไปได้ในการไม่ทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้และค่าความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ (probability/ reliability)

อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน	(Heat Detector)	2	ครั้ง / ปี
อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ	(Spark Detector)	0.00043	ครั้ง / ปี

การคำนวณค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (Benefit to Cost Ratio)

ผลประโยชน์ (Benefit) = ความรุนแรง x โอกาสการเกิดความผิดพลาดของอุปกรณ์ = บาท / ปี

ค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน

$$\text{ผลประโยชน์ (Benefit)} = 2,018,227.33 \text{ บาท / ครั้ง} \times 2 \text{ ครั้ง / ปี} = 4,036,454.66 \text{ บาท / ปี}$$

ค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ

$$\text{ผลประโยชน์ (Benefit)} = 2,018,227.33 \text{ บาท / ครั้ง} \times 0.00043 \text{ ครั้ง / ปี} = 1009.11 \text{ บาท / ปี}$$

ค่าผลประโยชน์ของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้

$$\text{ผลประโยชน์ที่เพิ่มขึ้น} = 4,036,454.66 \text{ บาท / ปี} - 1009.11 \text{ บาท / ปี} = 4,035,445.55 \text{ บาท / ปี}$$

ค่าเงินการลงทุนที่เพิ่มขึ้นในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้

$$\text{การลงทุนเพิ่มขึ้น} = 1,802,000 \text{ บาท} - 229,900 \text{ บาท} = 1,572,100 \text{ บาท}$$

$$\text{ค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน} = 4,035,445.55 / 1,572,100 = 2.56$$

ค่า (Benefit/Cost) ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า 1 ดังนั้นผู้บริหารยอมรับในการเปลี่ยนแปลงชนิดอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ เนื่องจากมีผลประโยชน์สุทธิมากกว่าเงินลงทุนที่ต้องจ่ายไป

ตารางที่ 15 แสดงค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนของแนวทางการปรับปรุง เพื่อลดความเสี่ยง

เหตุการณ์	แนวทางการปรับปรุง	อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน
การเกิดเพลิงไหม้ภายใน ถังเก็บฝุ่นไม้	การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ	2.56

ส่วนที่ 2 การศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อประสิทธิภาพของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ

การศึกษาและยืนยันผลการศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ จำนวน 139 บริษัท โดยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการวิจัยครั้งนี้เป็นส่วน ๆ ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล ได้แก่ จำนวนพนักงาน เพศ อายุ การศึกษา ประสบการณ์ในการทำงาน ตำแหน่งหน้าที่งาน

ส่วนที่ 2 ข้อมูลทางด้านการคิดเห็นต่อประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟในการตรวจจับเพลิงไหม้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล ได้แก่ จำนวนพนักงาน เพศ อายุ การศึกษา ประสบการณ์ทำงาน ตำแหน่งหน้าที่งาน ดังตาราง

ตารางที่ 16 จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามจำนวนพนักงานภายในบริษัท

จำนวนพนักงาน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
น้อยกว่า 50 คน	11	7.9
50 คน – 100 คน	18	12.9
100 คน - 500 คน	31	22.3
500 คนขึ้นไป	79	56.8
รวม	139	100

จากตารางที่ 16 ผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามจำนวนพนักงานภายในบริษัทมีจำนวน 139 คน พบว่าส่วนใหญ่มีช่วงจำนวนพนักงาน 50 คนขึ้นไปมากที่สุด จำนวน 79 คิดเป็นร้อยละ 56.8 รองลงมาได้แก่ช่วงจำนวนพนักงาน 100 – 500 คน จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 22.3 ช่วงจำนวนพนักงาน 50 – 100 คน จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 12.9 และช่วงจำนวนพนักงานที่มีจำนวนน้อยที่สุดคือมีจำนวนน้อยกว่า 50 คน คิดเป็นร้อยละ 7.9

ตารางที่ 17 จำนวนร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามเพศ

เพศ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ชาย	126	90.6
หญิง	13	9.4
รวม	139	100

จากตารางที่ 17 ผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามเพศมีจำนวน 139 คน พบว่าเป็นเพศชาย 126 คน คิดเป็นร้อยละ 90.6 และเพศหญิง 13 คน คิดเป็นร้อยละ 9.4

ตารางที่ 18 จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามอายุ

อายุ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
น้อยกว่า 25 ปี	0	0
25 - 35 ปี	65	46.8
35 – 45 ปี	48	34.5
มากกว่า 45 ปีขึ้นไป	26	18.7
รวม	139	100

จากตารางที่ 18 ผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามอายุมีจำนวน 139 คน พบว่าส่วนใหญ่มีช่วงอายุระหว่าง 25 – 35 ปี มากที่สุด จำนวน 65 คน คิดเป็นร้อยละ 46.8 รองลงมาได้แก่ ช่วงอายุระหว่าง 35 – 45 ปี จำนวน 48 คน คิดเป็นร้อยละ 34.5 ช่วงอายุระหว่างมากกว่า 45 ปีขึ้นไป จำนวน 26 คิดเป็นร้อยละ 18.7 และช่วงอายุที่มีจำนวนน้อยที่สุดคือช่วงอายุน้อยกว่า 25 ปีขึ้นไปมีจำนวน 0 คน คิดเป็นร้อยละ 0

ตารางที่ 19 จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามระดับการศึกษา

ระดับการศึกษา	จำนวน(คน)	ร้อยละ
มัธยมศึกษา	0	0
ปริญญาตรี	110	79.1
สูงกว่าปริญญาตรี	29	20.9
รวม	139	100

จากตารางที่ 19 ผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามระดับการศึกษามีจำนวน 139 คน พบว่าส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาในระดับปริญญาตรีมากที่สุด จำนวน 110 คน คิดเป็นร้อยละ 79.1. รองลงมาได้แก่ ระดับการศึกษาสูงกว่าปริญญาตรีจำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 20.9 ขึ้นไป และระดับการศึกษาที่มีจำนวนน้อยที่สุดคือมัธยมศึกษาจำนวน 0 คน คิดเป็นร้อยละ 0

ตารางที่ 20 จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามประสบการณ์การทำงาน

ประสบการณ์การทำงาน	จำนวน(คน)	ร้อยละ
น้อยกว่า1ปี	0	0
1 ปี – 5 ปี	60	43.2
5 – 10 ปี	46	33.1
10 ปีขึ้นไป	33	23.7
รวม	139	100

จากตารางที่ 20 ผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามประสบการณ์การทำงานมีจำนวน 139 คน พบว่าส่วนใหญ่มีช่วงประสบการณ์การทำงาน 1 ปี – 5 ปี มากที่สุด จำนวน 60 คน คิดเป็นร้อยละ 43.2 รองลงมาได้แก่ ช่วงประสบการณ์การทำงาน 5 – 10 ปีจำนวน 46 คน คิดเป็นร้อยละ 33.1 ช่วงประสบการณ์การทำงาน 10 ปีขึ้นไป จำนวน 33 คน คิดเป็นร้อยละ 23.7 และช่วงประสบการณ์การทำงานที่มีจำนวนน้อยที่สุดคือประสบการณ์การทำงานน้อยกว่า 1 ปี มีจำนวน 0 คน คิดเป็นร้อยละ 0

ตารางที่ 21 จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามตำแหน่งหน้าที่งาน

ตำแหน่งหน้าที่งาน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ผู้จัดการโรงงาน	20	14.4
วิศวกร	51	36.7
เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย	21	15.1
หัวหน้าฝ่ายซ่อมบำรุง	47	33.8
รวม	139	100

จากตารางที่ 21 ผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามตำแหน่งหน้าที่งานมีจำนวน 139 คน พบว่าส่วนใหญ่มีตำแหน่งหน้าที่งานวิศวกรมากที่สุดจำนวน 51 คน คิดเป็นร้อยละ 36.7 รองลงมาได้แก่ ตำแหน่งหัวหน้าฝ่ายซ่อมบำรุงจำนวน 47 คน คิดเป็นร้อยละ 33.8 ตำแหน่งเจ้าหน้าที่ความปลอดภัย จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 15.1 และตำแหน่งที่มีจำนวนน้อยที่สุดคือผู้จัดการโรงงานมีจำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 14.4

ผลจากตารางที่ 16-21 แสดงให้เห็นว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีจำนวนพนักงานในบริษัทจำนวน 500 คนขึ้นไป มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 56.8 ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 90.6 และมีช่วงอายุระหว่างมากกว่า 25 – 35 ปี มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 46.8 มีระดับการศึกษาชั้นปริญญาตรีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 79.1 มีช่วงประสบการณ์การทำงานระหว่าง 1 ปี – 5 ปี มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 43.2 โดยส่วนใหญ่ปฏิบัติตำแหน่งงานหน้าที่วิศวกร คิดเป็นร้อยละ 36.7 ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากผู้ที่ตอบแบบสอบถามที่เป็นตัวแทนของบริษัทในการให้ข้อมูลด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟล้วนเป็นโรงงานอุตสาหกรรมที่มีจำนวนพนักงานมากกว่า 500 คน เนื่องจากมีกำลังทรัพย์ในการจัดซื้ออุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟมากกว่าโรงงานอุตสาหกรรมที่มีจำนวนพนักงานน้อยกว่า 500 คน และผู้ที่ตอบแบบสอบถามส่วนมากเป็นผู้ชาย เนื่องจากบริษัทส่วนใหญ่จะมอบหมายให้ผู้ชายเป็นคนดูแลในเรื่องการติดตั้งของอุปกรณ์ การซ่อมบำรุง การประเมินค่าใช้จ่ายการติดตั้งและดูแลรักษา และการตรวจทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ โดยผู้ที่ให้ข้อมูลส่วนใหญ่อายุระหว่าง 25 – 35 ปี และปฏิบัติงานในตำแหน่งวิศวกรและมีประสบการณ์การทำงานอยู่ระหว่าง 1 – 5 ปี

ส่วนที่ 2 ข้อมูลด้านความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟในการตรวจจับเพลิงไหม้

ตารางที่ 22 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของความคิดเห็นด้านประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ในการตรวจจับเพลิงไหม้

รายละเอียด	ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D.	ระดับ
1. การติดตั้ง N = 139	4.0806	0.20532	ดี
2. การซ่อมบำรุงและดูแลรักษา N = 139	4.1094	0.22743	ดี
3. ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและดูแลรักษา N = 139	3.6288	0.31352	ดี

ตารางที่ 22 (ต่อ)

รายละเอียด	ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D.	ระดับ
4. ความรวดเร็วและแม่นยำในการตรวจ จับเพลิงไหม้ N = 139	4.3496	0.26165	ดี
ผลความคิดเห็นรวมทั้ง 4 ด้านในเรื่อง ประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ ตรวจจับประกายไฟ N = 139	4.0421	0.1222	ดี

จากตารางที่ 22 ผลการศึกษาความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพในการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟในเรื่องความสามารถในการตรวจจับเพลิงไหม้สำหรับการป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ พบว่า ระดับด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุด คือ ด้านค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและดูแลรักษาอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟโดยมีค่า 3.6288 รองลงมาได้แก่ การติดตั้งการซ่อมบำรุงและดูแลรักษา และความรวดเร็วและแม่นยำในการตรวจจับเพลิงไหม้ของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ ตามลำดับ ซึ่งผลการศึกษาทั้ง 4 ด้าน มีดังนี้

1. การติดตั้ง

ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นต่อการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟอยู่ในระดับที่ดี มีคะแนนเฉลี่ย 4.0806 เป็นผลเนื่องมาจากอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟมีการติดตั้งที่ง่ายไม่ยุ่งยากซับซ้อนมีความสะดวกในการติดตั้งเนื่องจากไม่ต้องใช้อุปกรณ์จำนวนมากในการติดตั้งสามารถติดตั้งได้ง่ายโดยไม่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญ ใช้เวลาในการติดตั้งไม่นานและในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟแลมีตำแหน่งในการติดตั้งที่เหมาะสมในการตรวจจับเพลิงไหม้เมื่อเกิดประกายไฟเข้ามาภายในท่อชุดฝุ่น

2. การซ่อมบำรุงและดูแลรักษา

ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นต่อการซ่อมบำรุงและการดูแลรักษาอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟอยู่ในระดับที่ดี มีคะแนนเฉลี่ย 4.1094 เป็นผลเนื่องมาจากอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟมีการซ่อมบำรุงและดูแลรักษาที่ง่ายไม่ยุ่งยากซับซ้อนไม่ต้องใช้ผู้ชำนาญงานในการดูแลรักษา มีความทนทานในการใช้งานของอุปกรณ์ และสามารถทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟได้ตลอดเวลาจากผู้ควบคุมการทำงาน รวมทั้งมีระบบป้องกันการทำงานผิดพลาด มีระบบการรายงานทุกครั้งเมื่อมีการตรวจจับเจอประกายไฟ และยังมีความทนทานของอุปกรณ์ต่อสภาพแวดล้อมภายนอก

3. ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและดูแลรักษา

ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นต่อค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและการดูแลรักษาอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟอยู่ในระดับที่ดี มีคะแนนเฉลี่ย 3.6288 เป็นผลเนื่องมาจากอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งที่ค่อนข้างสูงมากเมื่อเทียบกับอุปกรณ์ชนิดอื่น ซึ่งทำให้ผู้ตอบแบบสอบถามต้องใช้เวลาตัดสินใจในการเลือกที่จะติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ แต่เมื่อติดตั้งเรียบร้อยแล้วจะมีค่าใช้จ่ายต่ำในการดูแลรักษาอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ ราคาของอุปกรณ์ที่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงตามอายุการใช้งานก็มีราคาต่ำ และไม่เกิดความเสียหายต่อระบบกำจัดฝุ่นหรือทรัพย์สินของบริษัท เมื่อมีการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟในการฉีดน้ำเข้าไปภายในท่อชุดฝุ่น

4. ความเร็วแม่นยำในการตรวจจับเพลิงไหม้

ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นต่อความเร็วแม่นยำในการตรวจจับเพลิงไหม้ของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟอยู่ในระดับที่ดี มีคะแนนเฉลี่ย 4.3496 เป็นผลเนื่องมาจากอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟมีความรวดเร็วและแม่นยำในการตรวจจับเพลิงไหม้สูงมากเมื่อมีแสงไฟหรือประกายไฟผ่านเข้ามาภายในท่อชุดฝุ่น อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟจะสั่งการให้หัวกระจายน้ำดับเพลิงฉีดน้ำดับเพลิงในท่อชุดฝุ่นในทันที เพื่อระงับเพลิงไหม้นั้นโดยใช้เวลาเร็วมาก และไม่พบว่ามีการทำงานขัดข้องหรือการตรวจจับเพลิงไหม้ผิดพลาดของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ มีปริมาณน้ำที่มากพอในการระงับเหตุเพลิงไหม้ภายในท่อชุดฝุ่นได้ และไม่มีปัญหาในเรื่อง

การไม่ทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟจากการมีเศษวัสดุหรือฝุ่นมาปิดบังบริเวณตัวรับแสงของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ

ส่วนที่ 3 การทดสอบสมมติฐาน โดยเปรียบเทียบความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามที่มาจากข้อมูลส่วนบุคคล เพื่อต้องการทราบความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ เพื่อหาค่าความแตกต่างของความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามที่ทำการศึกษา

ตารางที่ 23 แสดงการเปรียบเทียบความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามที่มีจำนวนพนักงานต่างกัน

หัวข้อ	X (S.D.)				F test P - value
	น้อยกว่า 50 คน	50 –100	100- 500	500 ขึ้นไป	
1. การติดตั้ง	4.0545	4.1333	4.0387	4.08886	0.923
N = 139	0.22074	0.19403	0.26036	0.18045	0.431
2. การซ่อมบำรุงและดูแลรักษา.	4.1818	4.1444	4.1290	4.0835	0.923
N = 139	0.24421	0.27273	0.25059	0.20408	0.428
3. ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและดูแลรักษา	3.6182	3.5889	3.6387	3.6354	0.121
N = 139	0.35162	0.30271	0.36668	0.29310	0.947
4. ความรวดเร็วและความแม่นยำในการตรวจจับเพลิงไหม้	4.4364	4.2556	4.3806	4.3468	1.336
N = 139	0.26560	0.28947	0.30705	0.23251	0.265
5. ประสิทธิภาพรวมทั้งหมด	4.0727	4.0306	4.0468	4.0386	0.316
N = 139	0.12321	0.08426	0.15755	0.11490	0.814

จากตารางที่ 23 สามารถอธิบายความสัมพันธ์การเปรียบเทียบความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟที่มีขนาดจำนวนพนักงานต่างกัน พบว่าในจำนวนพนักงานที่ต่างกันมีความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 24 แสดงการเปรียบเทียบความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามที่มีเพศต่างกัน

หัวข้อ	$\bar{X}$ S.D.		t - test P - value
	ชาย	หญิง	
1.การติดตั้ง	4.0810	4.0769	0.043
N = 139	0.18962	0.33205	0.966
2. การซ่อมบำรุงและ	4.1095	4.1077	0.028
ดูแลรักษา	0.22430	0.26602	0.978
N = 139			
3. ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง	3.6286	3.6308	0.024
และดูแลรักษา	0.32071	0.24285	0.981
N = 139			
4. ความรวดเร็วและแม่นยำ	4.3460	4.3846	0.505
ในการตรวจจับเพลิงไหม้	0.26219	0.26409	0.614
N = 139			
5. ประสิทธิภาพรวมทั้งหมด	4.0413	4.0500	0.244
	0.11594	0.17795	0.807

จากตารางที่ 24 สามารถอธิบายความสัมพันธ์การเปรียบเทียบความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟที่มีเพศต่างกัน พบว่าในเพศที่ต่างกันมีความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 25 แสดงการเปรียบเทียบความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามที่มีอายุต่างกัน

หัวข้อ	$\bar{X}$ S.D.			F test
	25-35ปี	35 – 45 ปี	45ปีขึ้นไป	P - value
1. การติดตั้ง	4.0862	4.0458	4.1308	1.499
N = 139	0.18698	0.23786	0.17837	0.227
2. การซ่อมบำรุง	4.0677	4.1333	4.1692	2.301
และดูแลรักษา	0.19773	0.24524	0.25103	0.104
N = 139				
3. ค่าใช้จ่ายใน	3.6031	3.6333	3.6846	0.632
การติดตั้งและ	0.28830	0.35330	0.30026	0.533
ดูแลรักษา				
N = 139				
4. ความรวดเร็ว	4.3723	4.3583	4.2769	1.280
และความแม่นยำ	0.21470	0.31679	0.25347	0.281
ในการตรวจจับ				
เพลิงไหม้				
N = 139				
ประสิทธิภาพ	4.0323	4.0427	4.0654	0.678
รวมทั้งหมด	0.11334	0.14875	0.08458	0.509

จากตารางที่ 25 สามารถอธิบายความสัมพันธ์การเปรียบเทียบความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟที่มีอายุต่างกัน พบว่าในอายุที่ต่างกันมีความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 26 แสดงการเปรียบเทียบความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามจากระดับการศึกษาต่างกัน

หัวข้อ	$\bar{X}$ S.D.		t - test P - value
	ปริญญาตรี	สูงกว่าปริญญาตรี	
1. การติดตั้ง	4.0909	4.0414	1.157
N = 139	0.20388	0.20962	0.249
2. การซ่อมบำรุงและดูแลรักษา	4.1145	4.0897	0.523
N = 139	0.22901	0.22416	0.602
3. ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและดูแลรักษา	3.6127	3.6897	1.177
N = 139	0.30922	0.32770	0.241
4. ความรวดเร็วและแม่นยำในการตรวจจับเพลิงไหม้	4.3400	4.3862	0.845
N = 139	0.25637	0.28249	0.400
5. ประสิทธิภาพ	4.0395	4.0517	0.476
รวมทั้งหมด	0.12117	0.12781	0.635

จากตารางที่ 26 สามารถอธิบายความสัมพันธ์การเปรียบเทียบความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟที่มีระดับการศึกษาต่างกัน พบว่าในระดับการศึกษาที่ต่างกันในมีความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 27 แสดงการเปรียบเทียบความคิดเห็นผู้ตอบแบบสอบถามที่มีประสบการณ์
การทำงานต่างกัน

หัวข้อ	$\bar{X}$ S.D.			F test P - value
	1 ปี – 5 ปี	5 – 10 ปี	10 ปีขึ้นไป	
1. การติดตั้ง	4.0633	4.0652	4.1333	1.439
N = 139	0.18953	0.24241	0.17078	0.227
2. การซ่อมบำรุง	4.0900	4.1261	4.1212	0.383
และดูแลรักษา	0.21605	0.24352	0.22880	0.682
N = 139				
3. ค่าใช้จ่ายใน	3.6233	3.6043	3.6727	0.469
การติดตั้งและ	0.27823	0.36876	0.29503	0.626
ดูแลรักษา				
N = 139				
4. ความรวดเร็ว	4.3567	4.3435	4.3455	0.38
และความแม่นยำ	0.24172	0.29413	0.25628	0.963
ในการตรวจจับ				
เพลิงไหม้				
N = 139				
ประสิทธิภาพ	4.0333	4.0348	4.0682	0.988
รวมทั้งหมด	0.11300	0.15161	0.08734	0.375

จากตารางที่ 27 สามารถอธิบายความสัมพันธ์การเปรียบเทียบความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟจากประสบการณ์การทำงานต่างกัน พบว่าในประสบการณ์การทำงานที่ต่างกันมีความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 28 แสดงการเปรียบเทียบความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามจากตำแหน่งหน้าที่งานต่างกัน

หัวข้อ	$\bar{X}$ (S.D.)				F test P - value
	ผู้จัดการโรงงาน	วิศวกร	จป.	หัวหน้าช่าง	
1. การติดตั้ง	4.0000	4.0863	4.0381	4.1277	2.221
N = 139	0.23396	0.18002	0.26547	0.17901	0.089
2. การซ่อมบำรุงและดูแลรักษา.	4.1500	4.0902	4.1238	4.1064	0.359
N = 139	0.24170	0.22023	0.26440	0.21610	0.782
3. ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและดูแลรักษา	3.5200	3.6353	3.6667	3.6511	0.991
N = 139	0.29308	0.28763	0.39665	0.30778	0.399
4. ความรวดเร็วและความแม่นยำในการตรวจจับเพลิงไหม้	4.2700	4.3725	4.3333	4.3660	0.833
N = 139	0.25361	0.24337	0.32455	0.25476	0.478
5. ประสิทธิภาพรวมทั้งหมด	3.9850	4.0461	4.0405	4.0628	1.963
N = 139	0.11932	0.11173	0.16630	0.10707	0.123

จากตารางที่ 28 สามารถอธิบายความสัมพันธ์การเปรียบเทียบความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟจากตำแหน่งหน้าที่งานต่างกัน พบว่าในตำแหน่งหน้าที่งานที่ต่างกัน มีความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากผลการวิจัยสามารถแยกมุมมองด้านต่าง ๆ ได้ดังนี้

การวิเคราะห์เหตุการณ์อันตรายคว้นแผนภูมิต้นไม้

พบว่าเหตุการณ์พื้นฐานของปัญหาโดยทั่วไปแล้วเกิดจากความบกพร่องของพนักงานในการปฏิบัติงานและอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ชำรุดเสียหายและทำงานบกพร่อง ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าความน่าเชื่อถือและโอกาสในการเกิดอันตรายได้

โดยค่าโอกาสเกิดอันตรายของเหตุการณ์อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนไม่ทำงานมีค่าสูง อาจเนื่องมาจากอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนมีค่าโอกาสการเกิดการชำรุดเสียหายสูง และค่าโอกาสการเกิดการตรวจจับเพลิงไหม้ผิดพลาดที่ค่อนข้างสูง ทำให้เมื่อนำมาคำนวณตามสมการจึงทำให้โอกาสการเกิดอันตรายของเหตุการณ์อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนไม่ทำงานมีค่าที่สูง

ส่วนค่าโอกาสการเกิดอันตรายของเหตุการณ์อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟไม่ทำงานมีค่าต่ำ อาจเนื่องมาจากอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟมีค่าโอกาสการชำรุดเสียหายต่ำ และค่าโอกาสการเกิดการตรวจจับเพลิงไหม้ผิดพลาดที่ต่ำ ทำให้เมื่อนำมาคำนวณตามสมการจึงทำให้โอกาสการเกิดอันตรายของเหตุการณ์อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟไม่ทำงานมีค่าต่ำ

การเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงเพื่อลดความเสี่ยง

พบว่าแนวทางการปรับปรุงที่เสนอแล้วเพื่อมุ่งเน้นในการแก้ไขปัญหาก็พบจากการประเมินความเสี่ยง ซึ่งก็คือการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟทดแทนอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดเดิม รวมทั้งการจัดทำคู่มือการปฏิบัติงานและการทำบำรุงรักษาเชิงป้องกัน แสดงให้เห็นว่าต้องมีการปรับปรุงด้านระบบเอกสารในการดำเนินการจัดทำคู่มือการปฏิบัติงานในการดูแลรักษาอุปกรณ์เครื่องจักร เช่น คู่มือการตั้งค่าเครื่องจักรให้เหมาะสมกับการใช้งานในการจัดคิวไม้เพื่อป้องกันการตั้งค่าผิดพลาดกับชิ้นงานที่เข้าสู่เครื่องจักรทำให้เกิดการเสียดสีกันและเกิดความร้อนขึ้น และเพิ่มเติมระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันในเรื่องการตรวจสอบการทำงานและดูแลรักษาเครื่องจักรให้มีความพร้อมในการใช้งาน รวมทั้งจัดตารางการทำความสะอาดเครื่องจักรอย่างสม่ำเสมอเพื่อป้องกันฝุ่นไม้สะสมในบริเวณเครื่องจักรซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดประกายไฟและลุกลไฟได้เมื่อได้รับการสัมผัสกับความร้อนจากการเสียดสีกันระหว่างเครื่องจักรและชิ้นงานที่เข้าสู่เครื่องจักร

การเลือกดำเนินการตามแนวทางการปรับปรุงที่เสนอแนะโดยคำนึงค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนเป็นดังนี้

เหตุการณ์การเกิดเหตุเพลิงไหม้ถึงเก็บฝุ่นไม้

พบว่า การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟทดแทนอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดเดิม จะได้ค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน เท่ากับ 2.56 ซึ่งจะช่วยในการป้องกันปัญหาการที่อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ทำงานเมื่อเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ยังป้องกันปัญหาการชำรุดเสียหายของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้และการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ ซึ่งทำให้มีความสามารถในการป้องกันการเกิดปัญหาเหตุการณ์เพลิงไหม้ถึงเก็บฝุ่นไม้ที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งของบริษัท ครากอนไทย ลัมเบอร์ จำกัด และยังช่วยลดความเสี่ยงต่อการสูญเสียของทรัพย์สินจากการเกิดเพลิงไหม้ แต่ในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟยังไม่มีเพียงพอในการป้องกันเพลิงไหม้ต้องมีการจัดทำคู่มือการปฏิบัติงานกับอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟและการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟซึ่งจะทำให้มีประสิทธิภาพและมีความพร้อมในการตรวจจับเพลิงไหม้มากที่สุด

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยการประเมินความเสี่ยงและประสิทธิภาพของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ สำหรับป้องกันปัญหาการเกิดเพลิงไหม้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาวิจัย เพื่อต้องการประเมินความเสี่ยงของการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้จากการใช้ อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ และเพื่อต้องการทราบความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพการทำงานของ อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟในเรื่องความสามารถในการตรวจจับเพลิงไหม้ เพื่อนำมาติดตั้ง สำหรับป้องกันเพลิงไหม้ในบริษัท ดราคอนไทย ลัมเบอร์ จำกัด สืบเนื่องมาจากบริษัท ดราคอนไทย ลัมเบอร์ จำกัด ได้ประสบปัญหาการเกิดเพลิงไหม้ขึ้นบ่อยครั้งภายในถังเก็บฝุ่นไม้ โดยที่อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนที่ติดตั้งอยู่ในปัจจุบันไม่สามารถตรวจจับเพลิงไหม้ได้เลย เมื่อเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ขึ้นภายในถังเก็บฝุ่นไม้ซึ่งได้ก่อให้เกิดความสูญเสียต่อทรัพย์สินของบริษัทฯ อย่างมากมาย ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาการประเมินความเสี่ยงของการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุพื้นฐานของการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ ความผิดพลาดแบบแผนภูมิต้นไม้ เพื่อหาค่าโอกาสการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้จากการใช้งาน ของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนและอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟในการป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ แล้วเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงเพื่อลดความเสี่ยงของการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ โดยคำนึง ค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน และจากการประเมินความเสี่ยงของเหตุการณ์เพลิงไหม้ ของถังเก็บฝุ่นไม้ มีโอกาสการเกิดเหตุการณ์ดังนี้

การเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ถังเก็บฝุ่นไม้มีเหตุการณ์พื้นฐานดังนี้

สาเหตุที่เกิดจากผู้ปฏิบัติงานในการทำงานกับเครื่องจักรกระดาษทรายหน้ากว้าง

1. ความบกพร่องของพนักงานในการตั้งค่าเครื่องจักร ไม่เหมาะสมกับชิ้นงานที่เข้าสู่เครื่องจักร

2. ความบกพร่องของพนักงานในการขาดการบำรุงรักษาและทำความสะอาดเครื่องจักร

สาเหตุที่เกิดจากอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้

1. อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ชำรุดเสียหาย
2. อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ทำงานบกพร่อง
3. อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน

พบว่า ค่าโอกาสของการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ถึงเก็บฝุ่นไหม้จากการใช้อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนเท่ากับ 0.038

พบว่า ค่าโอกาสของการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้จากความบกพร่องของพนักงานในการตั้งค่าเครื่องจักรไม่เหมาะสมกับขนาดชิ้นงานที่เข้าสู่เครื่องจักรเท่ากับ 0.2

พบว่า ค่าโอกาสของการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้จากความบกพร่องของพนักงานในการขาดการบำรุงรักษาและทำความสะอาดเครื่องจักรมีค่าเท่ากับ 0.2

พบว่า ค่าโอกาสของการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้จากอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชำรุดเสียหายเท่ากับ 0.406

พบว่า ค่าโอกาสของการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้จากอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนทำงานบกพร่องเท่ากับ 0.95

4. อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ

พบว่า ค่าโอกาสของการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ถึงเก็บฝุ่นไหม้จากการใช้อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟเท่ากับ 0.00382

พบว่า ค่าโอกาสของการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้จากความบกพร่องของพนักงาน ในการตั้งค่าเครื่องจักรไม่เหมาะสมกับขนาดชิ้นงานที่เข้าสู่เครื่องจักรเท่ากับ 0.2

พบว่า ค่าโอกาสของการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้จากความบกพร่องของพนักงาน ในการขาดการบำรุงรักษาและทำความสะอาดเครื่องจักรมีค่าเท่ากับ 0.2

พบว่า ค่าโอกาสของการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้จากอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ ชำรุดเสียหายเท่ากับ 0.095

พบว่า ค่าโอกาสของการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้จากอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ ทำงานบกพร่องเท่ากับ 0.0005

เมื่อทราบถึงค่าโอกาสของการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้จากการใช้งานของอุปกรณ์ ตรวจจับเพลิงไหม้จากการประเมินความเสี่ยงโดยใช้การวิเคราะห์ความผิดพลาดแบบแผนภูมิ ดันไม้ สามารถสรุปได้ว่าค่าโอกาสการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้จากการใช้อุปกรณ์ตรวจจับ ประกายไฟในป้องกันการเกิดเพลิงไหม้มีค่าโอกาสการเกิดเพลิงไหม้ที่ต่ำกว่าค่าโอกาสการเกิด เหตุการณ์เพลิงไหม้จากการใช้อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน ผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่าผู้บริหารควร ตัดสินใจดำเนินการแก้ไขเหตุการณ์เพลิงไหม้ตามแนวทางการปรับปรุงที่ผู้วิจัยได้นำเสนอโดยให้ ทางบริษัท ดรากอนไทย ลัมเบอร์ ทำการพิจารณาดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ เนื่องจากมีค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนสูงสุดเท่ากับ 2.56

และจากการศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อประสิทธิภาพของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ ของอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ที่มีการใช้อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟในการป้องกันเพลิงไหม้ โดยทำการศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อประสิทธิภาพในด้านต่าง ๆ จำนวน 4 ด้าน คือ เทคนิคและ วิธีการติดตั้ง การซ่อมบำรุงและดูแลรักษา ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและดูแลรักษา ความรวดเร็ว และแม่นยำในการตรวจจับเพลิงไหม้ รวมทั้งศึกษาความแตกต่างด้านความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพ ของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟตามข้อมูลส่วนบุคคลที่แตกต่างกัน ได้แก่ ขนาดของจำนวน พนักงาน เพศ อายุ ระดับการศึกษา ประสบการณ์ในการทำงาน ตำแหน่งหน้าที่งาน โดยกลุ่ม ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเป็นตัวแทนบริษัทต่าง ๆ ที่มีการใช้งานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ ในการป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ จำนวนทั้งสิ้น 139 คน โดยผลจากการศึกษาวิจัยมีดังนี้

จากข้อมูลส่วนบุคคล กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษามีขนาดจำนวนพนักงานในบริษัท จำนวน 500 คนขึ้นไป มากที่สุด ส่วนใหญ่เป็นเพศชายมีอายุระหว่าง 25 – 35 ปี ระดับการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรีมีประสบการณ์ในการทำงานอยู่ในช่วง 1 ปี – 5 ปี ส่วนใหญ่ปฏิบัติหน้าที่ตำแหน่งงานวิศวกรมากที่สุด

สรุปผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นที่มีต่อประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟใน จำนวน 4 ด้าน ดังแสดงในตารางที่ 29 เรียงลำดับตามค่าเฉลี่ยของคะแนนต่ำสุดไปสูงสุด

ตารางที่ 29 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็นที่มีต่อประสิทธิภาพของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟในด้านต่าง จำนวน 4 ด้าน ดังแสดงในตารางเรียงลำดับตามค่าเฉลี่ยของคะแนนต่ำสุดไปสูงสุด

ลำดับ	รายละเอียด	ค่าเฉลี่ย	ระดับ
1	ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและดูแลรักษา	3.6288	ดี
2	เทคนิคการติดตั้ง	4.0806	ดี
3	การซ่อมบำรุงและการดูแลรักษา	4.1094	ดี
4	ความรวดเร็วและแม่นยำในการตรวจจับเพลิงไหม้	4.3496	ดี

จากการทดสอบสมมติฐานในการวิจัยผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานไว้ทั้งหมด 2 สมมติฐาน ซึ่งผลการทดสอบ พบว่า

ระดับความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.0421 โดยมีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับที่ดี ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

ข้อมูลส่วนบุคคล 6 ข้อมูล คือ ขนาดของจำนวนพนักงาน เพศ อายุ ระดับการศึกษา ประสบการณ์การทำงาน และตำแหน่งหน้าที่งาน ในแต่ละกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาไม่มีระดับความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

ดังนั้นจากผลการศึกษาการประเมินความเสี่ยงและประสิทธิภาพของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ ในการป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ สรุปได้ว่าอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ สามารถนำไปใช้งานในการป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ได้ เนื่องจากมีโอกาสการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ต่ำ มีค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนที่มีค่ามากกว่า 1 และยังมีความคิดเห็นจากผู้ใช้งานต่อประสิทธิภาพของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟในการป้องกันเพลิงไหม้อยู่ในระดับที่ดี ทั้งนี้จึงเป็นแนวทางให้ผู้บริหารตัดสินใจในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ เพื่อป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ในถังเก็บฝุ่นไม้

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัย ผู้วิจัยได้แบ่งข้อเสนอแนะออกเป็น 2 ส่วน คือ ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย และข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

1. ในการประเมินความเสี่ยงของเหตุการณ์เพลิงไหม้จากการใช้งานของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ควรเพิ่มเติมการวิเคราะห์รายละเอียดของสาเหตุพื้นฐานในการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ให้มีรายละเอียดเพิ่มขึ้น โดยการระดมความคิดเห็นจากพนักงานที่ปฏิบัติงานกับเครื่องจักรหัวทำงาน แผนกซ่อมบำรุงและเจ้าหน้าที่ความปลอดภัย เพื่อให้เกิดมุมมองในการประเมินหาค่าความเสี่ยงที่มากยิ่งขึ้นและเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงและลดความเสี่ยงจากการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้
2. ควรมีการเก็บสถิติข้อมูลการเกิดเพลิงไหม้และความรุนแรงของการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้อย่างต่อเนื่อง เพื่อนำมาใช้ในการหาโอกาสในการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้และกำหนดมาตรการป้องกันการเกิดเหตุการณ์ดังกล่าวมิให้เกิดเหตุการณ์ซ้ำอีกในหลาย ๆ ครั้ง
3. ควรมีการจัดเก็บข้อมูลสถิติความเสียหายของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟหลังจากที่ได้มีการติดตั้งอุปกรณ์ เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณโอกาสการเกิดเพลิงไหม้จากการใช้งานและวางแผนงานในการซ่อมบำรุงรักษาอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟให้มีความพร้อมในการใช้งานมากที่สุด

4. ควรมีการเก็บข้อมูลสถิติความเสียหายของเครื่องจักรและอุปกรณ์ และข้อมูลการซ่อมบำรุงของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้เพื่อนำมาวิเคราะห์ให้ได้ค่าโอกาสการเกิดอันตรายที่แม่นยำและน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

5. ควรมีการเก็บข้อมูลความผิดพลาดที่เกิดจากผู้ปฏิบัติงานที่เป็นข้อมูลการทำงานผิดพลาดจริง เพื่อนำมาวิเคราะห์ให้ได้ค่าโอกาสการเกิดอันตรายที่แม่นยำและน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

6. ควรมีการนำการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธีแผนภูมิต้นไม้ไปใช้ในการประเมินความเสี่ยงจากการเกิดเหตุการณ์อุบัติเหตุอื่นที่เกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ในการวิจัยได้ทำการศึกษาการประเมินความเสี่ยงจากใช้งานของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้จำนวน 2 ชนิดเท่านั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ชนิดอื่น ๆ ด้วย

2. ในการวิจัยได้ศึกษาการตรวจจับการเกิดเพลิงไหม้ที่เกิดจากฝุ่นไม้เท่านั้นเพื่อป้องกันเหตุเพลิงไหม้ในถังเก็บฝุ่นควรมีการศึกษาวิจัยในการตรวจจับเพลิงไหม้จากฝุ่นประเภทอื่น ๆ

3. การศึกษาในครั้งนี้ไม่ได้มีการทดลองจริงควรมีการทดลองจริงในห้องปฏิบัติการหรือจำลองโปรแกรมแสดงการเกิดเหตุเพลิงไหม้ภายในถังเก็บฝุ่นไม้เพื่อดูการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้

4. ในการวิจัยได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟในเรื่องความสามารถในการตรวจจับเพลิงไหม้เท่านั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องประสิทธิภาพของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ชนิดอื่น ๆ ด้วย

5. ในการวิจัยด้านประสิทธิภาพของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟได้ทำการศึกษาเฉพาะในด้านเทคนิคการติดตั้ง การซ่อมบำรุงรักษา ค่าใช้จ่ายและการบำรุงรักษา ความรวดเร็วและแม่นยำในการตรวจจับเพลิงไหม้ ควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในด้านสาเหตุการบกพร่องหรือการไม่ทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟเพิ่มเติม เพื่อเป็นการยืนยันผลในเรื่องประสิทธิภาพที่ดีพอในการเลือกใช้งานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟในการป้องกันเพลิงไหม้ในโรงงานอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้

6. แนวทางป้องกันการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ถึงเก็บฝุ่นไม้นอกเหนือจากการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟทดแทนอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแล้วควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องจักรที่ทำให้เกิดความร้อน ในเรื่องการทำความสะอาดเครื่องจักรเป็นประจำอย่างสม่ำเสมอ การตรวจสอบการทำงานของเครื่องจักรให้มีสภาพพร้อมในการใช้งาน และการสอบเทียบค่าในการตั้งค่าเครื่องจักรให้อยู่ในค่ามาตรฐานที่กำหนดขึ้น และการจัดทำคู่มือการปฏิบัติงานกับเครื่องจักรที่มีความเสี่ยงในการเกิดเพลิงไหม้ในเรื่องการตรวจสอบและการตรวจเช็คการทำงานของเครื่องจักร ระยะเวลาการทำความสะดวกเครื่องจักร และวิธีการในการตั้งค่าเครื่องจักร และควรเพิ่มเติมในเรื่องการติดตั้งระบบ Grounding ของถังเก็บฝุ่นไม้ การระบายอากาศและการป้องกันฝุ่นเข้าสู่ระบบเมื่อเกิดการระเบิดขึ้นในถังเก็บฝุ่นไม้ เพื่อป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2543. หลักเกณฑ์การชี้ป่งอันตราย การประเมินความเสี่ยงและการจัดทำแผนงานบริการจัดการความปลอดภัย พ.ศ. 2543. ม.ป.ท.
- กระทรวงอุตสาหกรรม. 2542. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3 (พ.ศ.2542) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่องมาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการดำเนินงาน. ม.ป.ท.
- วิชัย พงษ์ธารากุล. 2544. เอกสารการบรรยายเรื่องการประเมินความเสี่ยง, กรุงเทพฯ.
- วิฑูรย์ สิมะโชคดี และ วีรพงษ์ เกลิมจิระวัฒน์. 2545. วิศวกรรมและการบริหารความปลอดภัยในโรงงาน. พิมพ์ครั้งที่ 15. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ.
- ยุวรี ชื่นทองอร่าม. 2547. เอกสารบรรยายเรื่องฝุ่นระเบิด, กรุงเทพฯ.
- สิน พันธุ์พินิจ. 2547. เทคนิคการวิจัยทางสังคมศาสตร์. บริษัท วิทย์พัฒน์ จำกัด, กรุงเทพฯ
- Alpert, R.L. 1972. Calculation of response time of Ceiling – Mounted Fire Detectors. **Fire Technology** 8: 181 – 195
- American Institute of Chemical Engineers. 1985. **Guidelines for Hazard Evaluation Procedures**, New York.
- Crowl, D.A. and J.F. Louvar. 2002. **Chemical Process Safety 2nd edition**. Prentice Hall PTR, New Jersey.
- Drysdale, D. 1998. **An introduction to fire dynamics**. 2nd ed., John Wiley & Sons, University of Edinburgh.

Forney, R.W. Bukowski and D.D. William. 1993. **Field Modeling: Effect of Flat Beamed Ceiling on Detector and Sprinkler Response. International Fire Detection Research Project.** National Fire Protection Research Foundation (NFPRF). 43 p.

Heskestad, G. and M.A. Delichatsios. 1978. **The Initial Convective Flow in Fire, 17th International.** Symposium on Combustion, Combustion Institute, Pittsburgh

Louvar, J.F. and B.D.Louvar. 1998. **Health and Environmental Risk Analysis.** Prentice Hall PTR, New York.

Schifiliti, R.P. 1986. **Use of fire Plume Theory in the Design and Analysis of Fire Detector And Sprinkler Response.** Faculty of the Worcester Polytechnic Institute, Fire Protection Engineering

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาพของถังเก็บฝุ่นไม้และอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้



ภาพผนวกที่ ก1 แสดงถังเก็บฝุ่นไม้ที่ทำการวิจัยการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้



ภาพผนวกที่ ก2 แสดงถังเก็บฝุ่นไม้ที่เกิดเพลิงไหม้และการระบิดของฝุ่น



ภาพผนวกที่ ก3 แสดงอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน



ภาพผนวกที่ ก4 แสดงรุ่นของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน



ภาพผนวกที่ ก5 แสดงตำแหน่งสายไฟที่ออกจากอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนไปยังตู้ควบคุมการทำงาน



ภาพผนวกที่ ก6 แสดงขนาดรูที่เจาะตัวถังเก็บฝุ่นไม้เพื่อติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน



ภาพผนวกที่ ก7 แสดงตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนในถังเก็บฝุ่นไม้



ภาพผนวกที่ ก8 แสดงตู้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน



ภาพผนวกที่ ก9 แสดงโซลินอยด์วาล์วขนาด 3 นิ้ว



ภาพผนวกที่ ก10 แสดงขนาดท่อน้ำดับเพลิงที่เข้าสู่ถังเก็บฝุ่นไม้ในการระงับเหตุเพลิงไหม้



ภาพผนวกที่ ก11 แสดงอุปกรณ์ตรวจจับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในการวิจัย



ภาพผนวกที่ ก12 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับสนามแม่เหล็กไฟฟ้า



ภาพผนวกที่ ก13 แสดงหัวกระจายน้ำดับเพลิงของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ



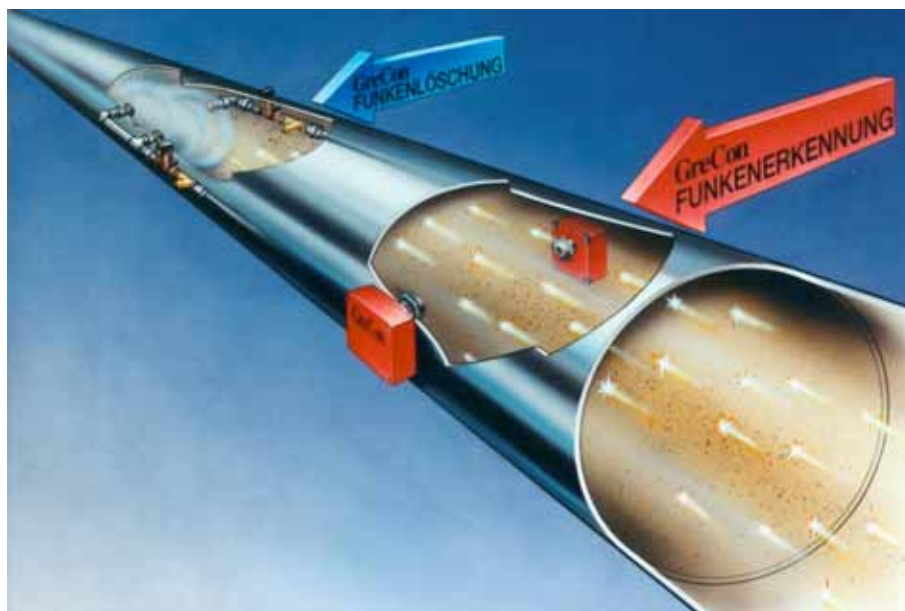
ภาพผนวกที่ ก14 แสดงท่อน้ำดับเพลิงที่ต่อเข้าไปในท่อดูดฝุ่นเพื่อทำการดับเพลิง



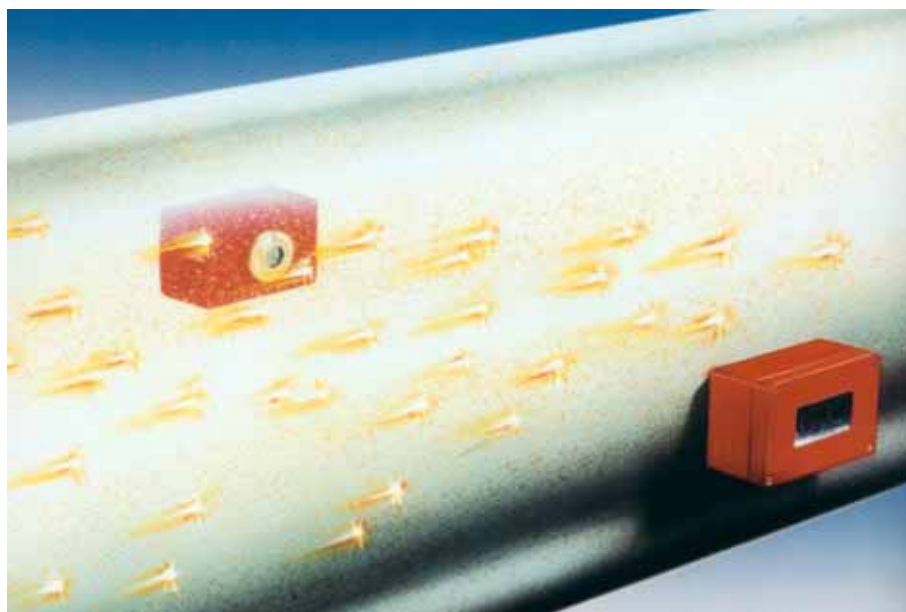
ภาพผนวกที่ ก15 แสดงตู้ควบคุมการทำงานอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ



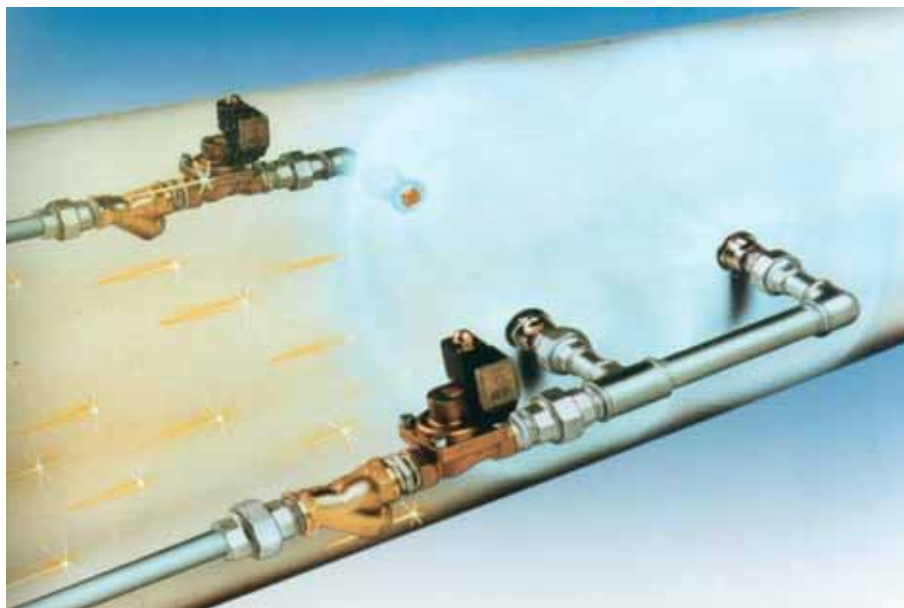
ภาพผนวกที่ ก16 แสดงรายงานการตรวจจับประกายไฟ จากตู้ควบคุมการทำงาน



ภาพผนวกที่ ก17 แสดงระยะการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟกับหัวกระจายน้ำดับเพลิง



ภาพผนวกที่ ก18 แสดงประกายไฟและลูกไฟที่มาจากเครื่องจักรและดูดผ่านเข้าสู่ท่อดูดฝุ่น



ภาพผนวกที่ ก19 แสดงการลัดน้ำดับเพลิงในท่อดูดฝุ่นเมื่อตรวจจับเจอประกายไฟ



ภาพผนวกที่ ก20 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟและท่อน้ำดับเพลิงในท่อดูดฝุ่น

ภาคผนวก ข

แบบสอบถามความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ

แบบสอบถามความคิดเห็นโครงการวิจัย
การประเมินความเสี่ยงและประสิทธิภาพของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้
ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้

คำชี้แจง

แบบสอบถามความคิดเห็นฉบับนี้ มีจุดประสงค์เพื่อสอบถามความคิดเห็นของผู้ที่เกี่ยวข้องกับใช้งานและติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการสมบูรณ์เป็นประโยชน์ในการเลือกชนิดของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ที่เหมาะสม เพื่อป้องกันการเกิดเหตุเพลิงไหม้ของถังเก็บฝุ่นไม้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ ข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบสอบถามนี้จะเป็นความลับและไม่มีผลใด ๆ ต่อผู้ตอบแบบสอบถาม ซึ่งข้อมูลที่ได้จะนำไปใช้ประโยชน์ในการวิจัยผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการกรอกแบบสอบถาม

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคำตอบ ☐

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. จำนวนพนักงานในพนักงานทั้งหมด

- ☐ น้อยกว่า 50 คน
- ☐ 50 คน - 100 คน
- ☐ 100 คน – 500 คน
- ☐ 500 ขึ้นไป

2. เพศ

- ☐ ชาย
- ☐ หญิง

3. อายุ

- ☐ น้อยกว่า หรือเท่ากับ 25 ปี
- ☐ มากกว่า 25 – 35 ปี
- ☐ มากกว่า 35 – 45 ปี
- ☐ มากกว่า 45 ปีขึ้นไป

4. การศึกษา

- ☐ มัธยมศึกษา
- ☐ ปริญญาตรี
- ☐ สูงกว่าปริญญาตรี

5. ประสบการณ์ในการทำงาน

- ☐ น้อยกว่า 1 ปี
- ☐ 1 ปี – 5 ปี
- ☐ 5 – 10 ปี
- ☐ 10 ปี ขึ้นไป

6. ตำแหน่งหน้าที่งาน

- ☐ ผู้จัดการโรงงาน
- ☐ วิศวกร
- ☐ เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงาน
- ☐ ช่างซ่อมบำรุง
- ☐ อื่น ๆ โปรดระบุ.....

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเพื่อใช้ในการวิจัย

ท่านมีความคิดเห็นอย่างไรเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการตรวจจับเพลิงไหม้ที่เกิดจาก
ฝุ่นไม้ของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ชนิดตรวจจับชนิดตรวจจับประกายไฟในเรื่องต่อไปนี้

คำถาม	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
<u>การติดตั้ง</u>					
1. อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟมีวิธีการติดตั้งที่ง่าย ไม่ซับซ้อน ใช้เวลาน้อยในการติดตั้ง					
2. อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟมีตำแหน่งการติดตั้งที่เหมาะสมในการตรวจจับการเกิดเพลิงไหม้					
3. อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟใช้อุปกรณ์ในการติดตั้งที่น้อย ในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ					
4. อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟไม่จำเป็นต้องใช้ผู้ชำนาญงานในการติดตั้ง					
5. ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟกับหัวกระจายน้ำดับเพลิงมีความเหมาะสม					
<u>การซ่อมบำรุงและการดูแลรักษา</u>					
1. อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟมีความทนทานในการใช้งานค่อนข้างมาก					
2. อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟสามารถทำการซ่อมบำรุงและดูแลรักษาได้ง่าย					
3. อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟสามารถทดสอบการทำงานได้จากผู้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟซึ่งไม่ต้องใช้ผู้ชำนาญงาน					
4. อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟมีระบบป้องกันการทำงานผิดพลาดโดยตรวจสอบจากผู้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ					
5. อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมภายนอก					

คำถาม	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
<u>ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและดูแลรักษา</u>					
1. อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งที่ค่อนข้างสูงมาก					
2. อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟมีค่าใช้จ่ายในการดูแลและซ่อมบำรุงต่ำเมื่อเกิดความเสียหาย					
3. อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟไม่มีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาประจำปี					
4. อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาจากผู้ชำนาญงานในการตรวจสอบอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ					
5. เมื่อเกิดการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟจะก่อให้เกิดความเสียหายของระบบการทำงานของระบบกำจัดฝุ่นไม้					
<u>ประสิทธิภาพและความรวดเร็วในการตรวจจับเพลิงไหม้ของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ</u>					
1. อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟสามารถตรวจจับเพลิงได้ในทันทีเมื่อเจอแสงหรือลูกไฟผ่านเข้ามาภายในท่อดูดฝุ่น					
2. อุปกรณ์ตรวจประกายไฟไม่พบปัญหาทำงานหรือขัดข้องบ่อยครั้งเมื่อมีการเกิดเหตุเพลิงไหม้จากฝุ่นไม้					
3. อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟไม่พบปัญหาทำการตรวจจับเพลิงไหม้ผิดพลาดบ่อยครั้ง					
4. ปริมาณน้ำในการควบคุมเพลิงไหม้มีความเพียงพอในการดับไฟหรือประกายไฟที่เข้ามาในท่อดูดฝุ่น					
5. ฝุ่นไม้หรือเศษไม้ที่มาปิดบังที่บริเวณตัวรับแสงของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟไม่มีผลต่อการตรวจจับเพลิงไหม้ของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ					

ส่วนที่ 3 ข้อมูลการซ่อมบำรุงและบำรุงรักษาของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ

เป็นรายละเอียดข้อมูลในการซ่อมบำรุงรักษาอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟเรื่องต่าง ๆ ต่อไปนี้ เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาอัตราการเกิดความเสียหายต่อปีและอัตราการทำงานผิดพลาดต่อปี โดยใช้ในการคำนวณหาค่าโอกาสการเกิดเพลิงไหม้จากการใช้งานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ

1. ระยะเวลาที่ใช้มีการใช้งานของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ

- ☐ น้อยกว่า 1 ปี
- ☐ 1 ปี – 5 ปี
- ☐ 5 – 10 ปี
- ☐ 10 ปี ขึ้นไป

2. จำนวนครั้งที่การชำรุดเสียหายของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟใน 1 ปี

- ☐ ไม่มี
- ☐ 1 ครั้ง
- ☐ 2 ครั้ง
- ☐ 3 ครั้ง
- ☐ มากกว่า 3 ครั้งขึ้นไป

3. จำนวนครั้งของการตรวจจับเพลิงไหม้ผิดพลาดของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟใน 1 ปี

- ☐ ไม่มี
- ☐ 1 ครั้ง
- ☐ 2 ครั้ง
- ☐ 3 ครั้ง
- ☐ มากกว่า 3 ครั้งขึ้นไป

4. ระยะเวลาการตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ

- ☐ สัปดาห์ / ครั้ง
- ☐ เดือน / ครั้ง
- ☐ 6 เดือน ครั้ง
- ☐ ปี / ครั้ง

ภาคผนวก ค

ข้อมูลทั่วไปของบริษัท ดราคอนไทย ลัมเบอร์ จำกัด

ข้อมูลบริษัท ทรากอนไทย ลัมเบอร์ จำกัด

ข้อมูลทั่วไป

บริษัท ทรากอนไทย ลัมเบอร์ จำกัด ตั้งอยู่เลขที่ 32/2 หมู่ที่ 7 ถนน บางนา – ตราด (กม.25.5) ตำบล บางเสาธง กิ่งอำเภอ บางเสาธง จังหวัด สมุทรปราการ 10540 ประกอบกิจการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราและชิ้นส่วนไม้ยางพารา เพื่อการส่งออกมีพนักงานทั้งหมด 2,000 คน ทำงาน สัปดาห์ละ 6 วัน คือ วันจันทร์ ถึง วันเสาร์ เวลาทำงานปกติ 08.00 น. – 17.00 น. งานกะ 2 กะ

กะที่ 1 เวลา 08.00 น. - 17.00 น.

กะที่ 2 เวลา 20.00 น. – 05.00 น.

สภาพทั่วไป

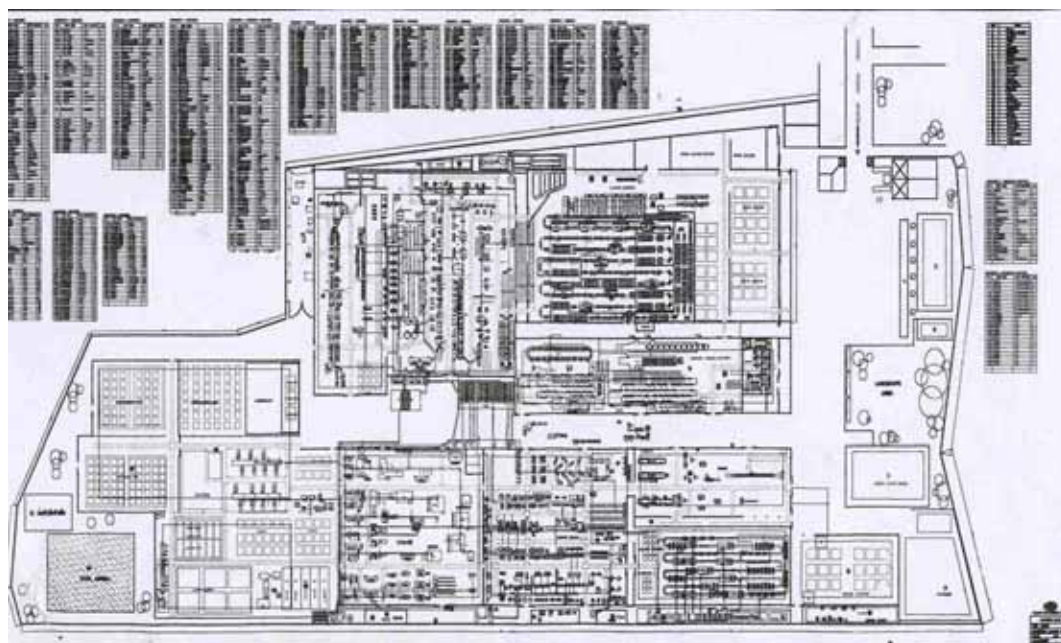
อาคารผลิตมี 2 อาคารใหญ่ ลักษณะหลังคาสูงติดกระเบื้องโปรงแสงเป็นระยะ ระบบระบายอากาศแบบธรรมชาติ ลักษณะงานแต่ละอาคาร มีดังนี้

อาคารที่ 1

พื้นที่ส่วนหนึ่งจัดเก็บไม้ยางพาราที่ยังไม่ได้ตัดแต่งส่วนพื้นที่อีกส่วนหนึ่งวางเครื่องจักรสำหรับตัดไม้ ไม้ ไม้อัดประสานไม้ ฟันสีและแลคเกอร์

อาคารที่ 2

เป็นอาคารที่วางเครื่องจักรประเภทงานขัด – กลึง ผิวชิ้นงาน อาคารนี้มีฝุ่นไม้เป็นจำนวนมาก เครื่องจักรแต่ละเครื่องได้ติดตั้งระบบระบายอากาศเฉพาะที่ ฝุ่นที่เกิดขึ้นส่วนมากฝุ่นขนาดเล็ก ซึ่งเสี่ยงต่อการเกิดเพลิงไหม้และการระเบิดเป็นอย่างมาก และเป็นอาคารที่เกิดเหตุเพลิงไหม้ขึ้นบ่อยครั้ง



ภาพผนวกที่ ค1 แสดงแผนผังบริษัท ทรากอนไทยลัมเบอร์ จำกัด

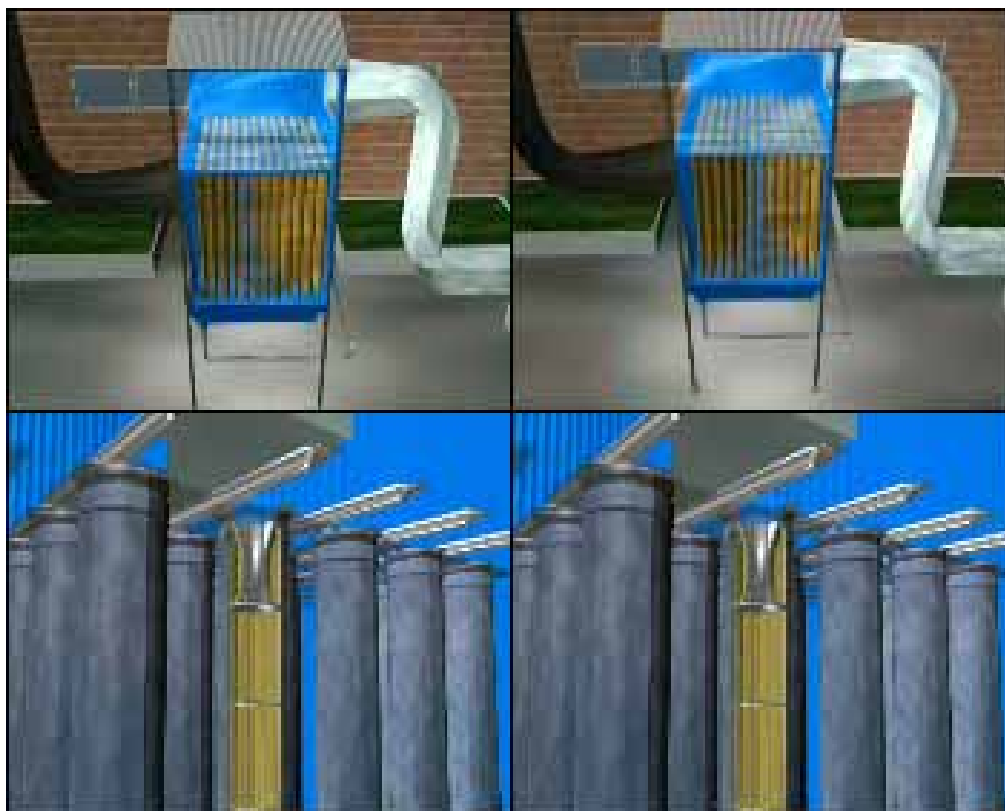
กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้บริษัททรากอนไทยลัมเบอร์ จำกัด



ภาพผนวกที่ ค2 แสดงกระบวนการผลิตเฟอรั้นเจอร์ไม้

ส่วนประกอบของถังเก็บฝุ่นไม้

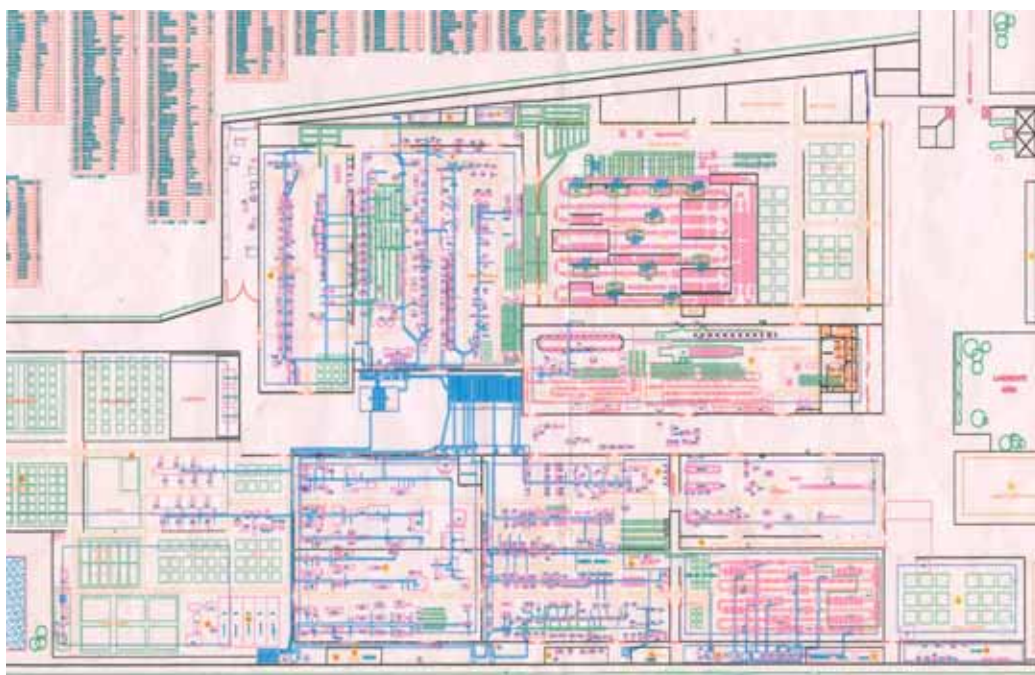
- ขนาด 3000 * 5500 * 10000 มม.
- ถุงผ้ากรองฝุ่นละอียดผ้าโพลีเอสเตอร์ จำนวน 264 ใบ
- วาล์วยิงลมระบบอัตโนมัติ
- ชุดกรองน้ำและน้ำมัน
- ชุดไฟฟ้าควบคุมการทำงานอัตโนมัติของระบบดูดฝุ่น
- ระบบท่อส่งสำหรับระบบคลีนนิ่งอัตโนมัติ



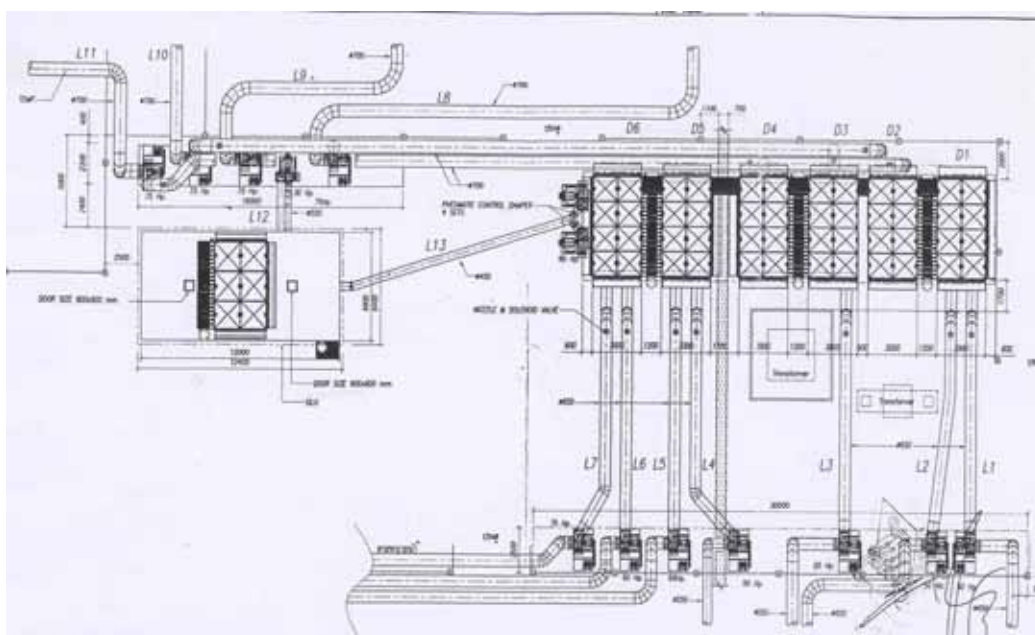
ภาพผนวกที่ ค3 แสดงส่วนประกอบของถังเก็บฝุ่นไม้ระบบดูดกรองฝุ่น

หลักการทำงานของระบบกำจัดฝุ่นไม้ระบบถุงกรองฝุ่น

เครื่องจักรทุกเครื่องภายในบริษัท ทรายคอนไทย ลัมเบอร์ จำกัด ไม่ว่าจะเป็นเครื่องตัด เครื่องไส เครื่องอัด เครื่องขัด เครื่องทำแบบ เครื่องกลึง เครื่องเจาะ นั้นจะก่อให้เกิดฝุ่นไม้ขึ้นเป็นจำนวนมากในกระบวนการผลิต ในแต่ละเครื่องจักรจึงมีท่อดูดฝุ่นเฉพาะทุกเครื่องจักรเพื่อเป็นการลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นไม้ ฝุ่นไม้ที่เกิดขึ้นจะถูกดูดผ่านท่อดูดฝุ่นของแต่ละเครื่องจักรและไปต่อเชื่อมเข้ากับท่อเมนหลัก ฝุ่นไม้จะผ่านเข้าไปยังพัดลมดูดอากาศ (BROWER) ซึ่งจะทำหน้าที่ดูดฝุ่นขึ้นไปตามท่อและไปเข้าทางด้านล่างของตัวถังเก็บฝุ่นไม้ ซึ่งเป็นส่วนของฮอปเปอร์ (HOPPER) ฝุ่นไม้ที่ถูกดูดเข้ามาจะถูกถุงผ้ากรองฝุ่นจับที่ตัวถุงกรองในแต่ละถังเก็บฝุ่นจะประกอบด้วยถุงกรองฝุ่นจำนวน 264 ถุง ซึ่งผลิตจากผ้า โพลีเอสเตอร์ (POLYESTER) ที่เรียงกันเป็นแถวฝุ่นก็จะเกาะกันบริเวณรอบนอกของถุงผ้า อากาศจะผ่านทะลุถุงผ้าและจะมีระบบทำความสะอาด (CLEANING JET SYSTEM) เป่าลมอัดกระแทกโดยจะกระแทกเป็นแถวเดียวกันทุก 15 นาที หรือตามเวลาที่ตั้ง การเลือกใช้ถุงกรองจำเป็นต้องเลือกเส้นใยที่เหมาะสม ต่อก๊าซที่แวดล้อมและโครงสร้างทางกายภาพของเส้นใย และผลของผ้ากรองที่มีผลต่อการกรองจะทำมาจากวัสดุที่มีลักษณะแข็งทนต่อก๊าซที่มีอุณหภูมิสูง และมีความเหมาะสมกับสารเคมีทั้งก๊าซและฝุ่นที่ทำการดักเก็บ ด้านนอกถุงกรองจะถูกทำความสะอาดด้วยลมแรงดันสูง 5.5 BAR อากาศสะอาดจะไหลผ่านถุงกรองและออกทางปากถุงกรองด้านบน การทำความสะอาดถุงผ้ากรองฝุ่นจะทำพร้อมกันทั้งแถวเพียงแถวเดียว ในแต่ละครั้งจะเว้นระยะการทำความสะอาดแต่ละแถว 15 - 30 วินาที และในแถวต่อ ๆ ไป ระบบทำความสะอาดจะไม่รบกวนระบบการกรองฝุ่นของเครื่อง ฝุ่นจะถูกดูดและกำจัดอยู่ตลอดเวลา ฝุ่นที่เกาะอยู่ที่ตัวถุงผ้ากรองฝุ่นจะตกลงสู่ฮอปเปอร์ (HOPPER) ภายหลังการทำความสะอาดและจะถูกถ่ายทิ้งด้วย SCREW CONVEYER และ ROTARY VALVE ณ จุดนี้สามารถนำถังเก็บมารองรับได้ หรือปล่อยให้ฝุ่นตกลงในท่อดูดเพื่อส่งไปขึ้นเก็บที่ถังเก็บฝุ่นถังใหญ่ เพื่อรวบรวมฝุ่นให้ได้มากพอก่อนถ่าย ลงสู่รถเพื่อนำไปกำจัดต่อไป



ภาพผนวกที่ ค4 แสดงแนวเดินท่อดูดฝุ่นจากเครื่องจักรในแผนกต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต



ภาพผนวกที่ ค5 แสดงแผนผังท่อแนวเมนของฝุ่นไม้เข้าถังเก็บฝุ่นไม้ระบบดูดกรองฝุ่น

ระบบดับเพลิงภายในถังเก็บฝุ่นไม้

บริษัท ทรากอนไทย ลัมเบอร์ จำกัด ได้ทำการติดตั้งระบบดับเพลิงภายในถังเก็บฝุ่นไม้ เพื่อเป็นการป้องกันการเกิดเหตุอัคคีภัยและการระเบิดของฝุ่นไม้ โดยเดินท่อน้ำดับเพลิงขนาด 3 นิ้ว เป็นท่อเมนและแยกเป็นท่อน้ำขนาด 2 นิ้ว เข้าไปในแต่ละถังเก็บฝุ่นไม้ และในแต่ละถังจะมีหัวกระจายน้ำดับเพลิงจำนวน 6 ตัว ซึ่งมีรัศมีการกระจายของน้ำขนาด 1.5 เมตร หลักการทำงานของระบบดับเพลิงภายในถังเก็บฝุ่นไม้แบ่งเป็น 2 ระบบ

1. ระบบดับเพลิงชนิดอัตโนมัติ

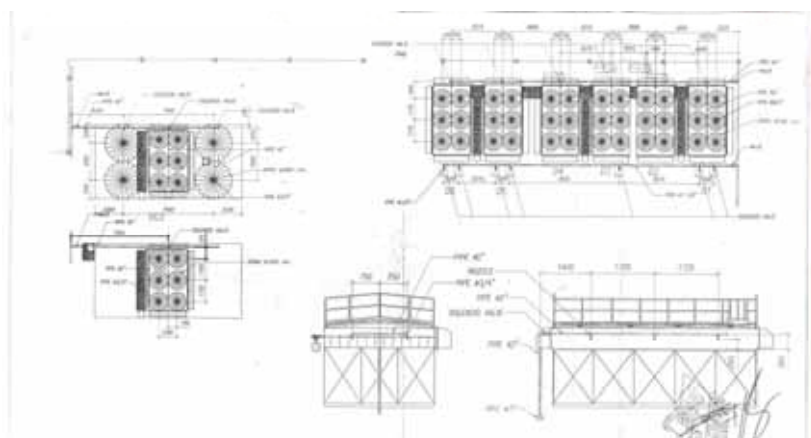
หลักการทำงาน

ทำงานโดยอาศัยการตรวจจับจากอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนที่ติดตั้งอยู่ภายในถังเก็บฝุ่นไม้ เมื่ออุปกรณ์ตรวจจับความร้อนตรวจจับพบว่าภายในถังเก็บฝุ่นไม้มีอุณหภูมิสูงเกิน 50 องศาเซลเซียสจะจ่ายกระแสไฟฟ้ามาทำการเปิดโซลินอยด์วาล์วที่อยู่ด้านล่างของถังเก็บฝุ่นไม้ให้เปิดวาล์วน้ำ และน้ำที่อยู่ภายในท่อก็จะไหลเข้าสู่ภายในถังเก็บฝุ่นไม้เพื่อทำการดับเพลิงโดยทันที

2. ระบบดับเพลิงชนิดปกติ

หลักการทำงาน

ทำงานโดยอาศัยการเปิดวาล์วน้ำดับเพลิงชนิดคันโยกโดยใช้การเปิดวาล์วน้ำ โดยวาล์วน้ำจะอยู่ด้านหลังของถังเก็บฝุ่นไม้ ซึ่งเป็นกำแพงกันไฟ ซึ่งสามารถเข้าไปเปิดวาล์วน้ำทันทีหากมีการเกิดอัคคีภัยหรือการระเบิดของฝุ่นไม้ขึ้นระบบดับเพลิงชนิดนี้จะใช้ในกรณีที่ระบบดับเพลิงชนิดอัตโนมัติไม่สามารถทำการดับเพลิงได้

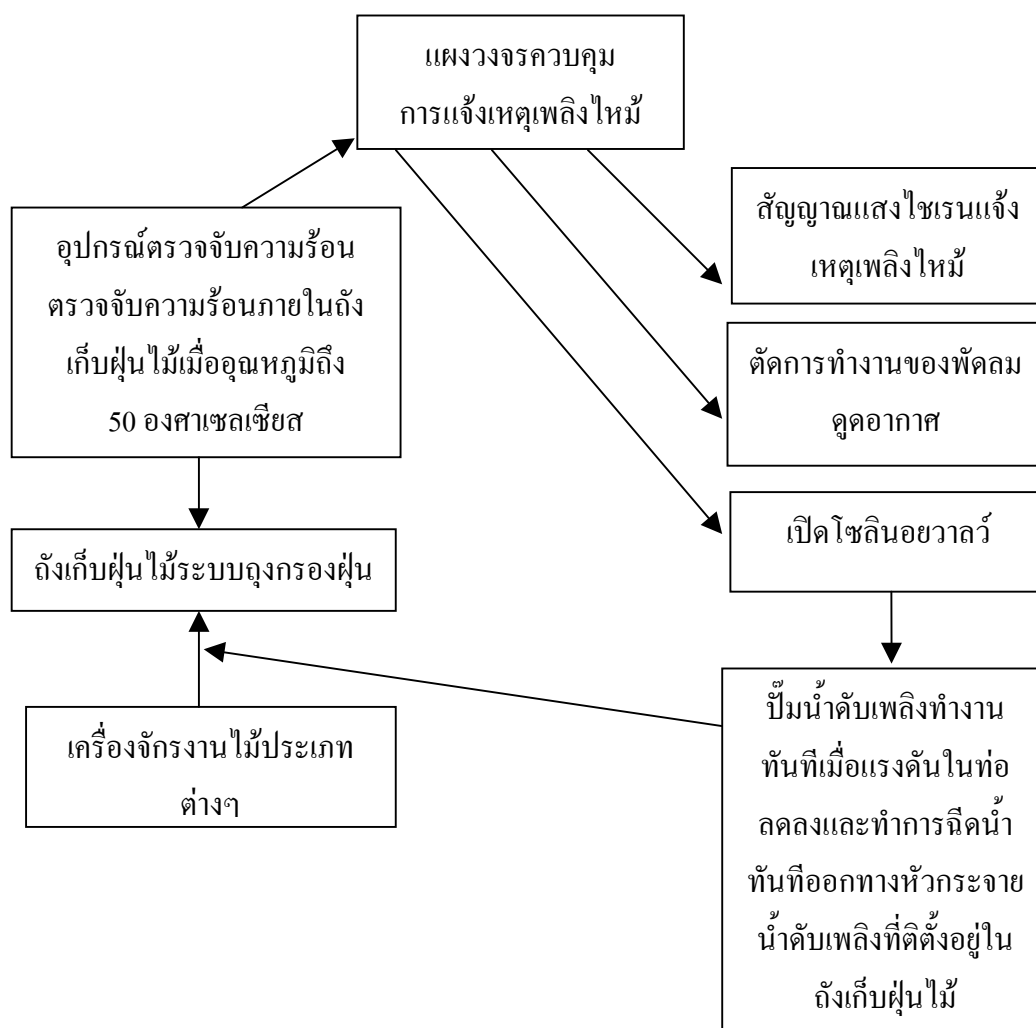


ภาพผนวกที่ ๑๖ แสดงแผนผังการทำงานของระบบดับเพลิงภายในถังเก็บฝุ่นไม้

อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน (Heat Detectors)

อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนที่ติดตั้งอยู่ในปัจจุบันภายในบริษัท ดราคอนไทย ลัมเบอร์ จำกัด เป็นอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดเทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric Sensitive Devices) ยี่ห้อ FW SYSTEM TYPE PT 100

หลักการทำงาน คือ ใช้ขั้วต่อแบบเทอร์โมอิเล็กทริก เมื่อได้รับความร้อนเพิ่มสูงขึ้นภายในถังเก็บฝุ่นไม้จะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร ซึ่งจะไปทำให้ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ทำงาน โดยตั้งอุณหภูมิทำงานไว้ที่ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งจะแจ้งเหตุเพลิงไหม้ภายในถังเก็บฝุ่นไม้โดยสัญญาณแสงไซเรน พร้อมทั้งสั่งงานให้พัดลมดูดอากาศ (BLOWER) หยุดทำงาน เพื่อป้องกันฝุ่นไม้เข้าสู่ถังเก็บฝุ่นไม้เพิ่มมากขึ้น และสั่งงานให้โซลินอยวาล์วเปิดทำงานทำการฉีดน้ำดับเพลิงทันทีเพื่อควบคุมเหตุเพลิงไหม้ภายในถังเก็บฝุ่นไม้ ดังแผนผังดังต่อไปนี้



ภาพผนวกที่ ก7 แสดงการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนในถังเก็บฝู่นไม้

เทคนิคและวิธีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจความร้อนภายในถังเก็บฝู่นไม้

เทคนิควิธีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดเทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric Sensitive Devices) ยี่ห้อ FW SYSTEM TYPE PT 100 นี้ จะทำการติดตั้งภายในส่วนของถังเก็บฝู่นไม้ในบริเวณส่วนที่เรียกว่า สอปเปอร์ ซึ่งเป็นส่วนที่ฝู่นไม้จะถูกดูดผ่านท่อดูดฝู่นเข้าสู่ถังเก็บฝู่นไม้ ซึ่งในถังเก็บฝู่นไม้แต่ละถังจะติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนไว้จำนวน 1 ตัว โดยทำการเจาะรูที่ตัวถังเก็บฝู่นไม้ในบริเวณส่วนของสอปเปอร์ ขนาด 1 นิ้ว เพื่อทำการใส่แท่งเหล็กของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนซึ่งมีความยาวขนาด 12 นิ้ว เข้าไปภายในตัวถังเก็บฝู่นไม้ และทำการ

เดินสายไฟจากอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนไปยังตัวควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน เพื่อบอกค่าของอุณหภูมิภายในถังเก็บฝุ่นไม้ และมีการเดินสายไฟอีกส่วนหนึ่งออกจากตัวควบคุม ไปยังพัดลมดูดอากาศ สัญญาณแสงไซเรน และโซลีนอยด์วาล์ว เมื่ออุปกรณ์ตรวจจับความร้อน ตรวจพบว่าภายในถังเก็บฝุ่นไม้มีอุณหภูมิสูงเกิน 50 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นค่าที่ตั้งไว้จากตัวควบคุม การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนจะส่งกระแสไฟฟ้าไปสั่งการให้หยุดการทำงานของ พัดลมดูดอากาศ เพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นไม้เข้าสู่ถังเก็บฝุ่นเพิ่มมากขึ้น และส่งกระแสไฟฟ้าไปให้ สัญญาณแสงไซเรนแจ้งเหตุเพลิงไหม้ทำงาน เพื่อเตือนให้ทราบว่ามีเหตุเพลิงไหม้ภายในถังเก็บ ฝุ่น และยังส่งกระแสไฟฟ้าไปสเปิดโซลีนอยด์วาล์วให้ทำการเปิดวาล์วน้ำทำให้น้ำไหลผ่านออก ทางหัวกระจายน้ำดับเพลิงดับเพลิงไหม้ที่เกิดขึ้นในทันที

ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง

ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและดูแลรักษาอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน ซึ่งมีรายละเอียดค่าใช้จ่าย ดังนี้

ค่าอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนยี่ห้อ FW SYSTEM TYPE PT 100	30,000	บาท
ค่าวาล์วโซลีนอยด์ขนาด 2 นิ้ว	60,000	บาท
ค่าระบบชุดสายไฟเข้าตัวควบคุมอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน	14,000	บาท
ค่าตัวควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน ยี่ห้อ TYCO	48,000	บาท
ค่าสัญญาณแสงไซเรนแจ้งเหตุเพลิงไหม้	6,000	บาท
ค่าหัวกระจายน้ำดับเพลิงขนาด 1.5 เมตร	63,000	บาท
ค่าท่อน้ำดับเพลิงที่เข้าภายในถังเก็บฝุ่นไม้	8,000	บาท
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด	<u>229,900</u>	บาท

การซ่อมบำรุง หรืออายุการใช้งาน

การซ่อมบำรุงหรืออายุการใช้งานของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดชนิดเทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric Sensitive Devices) ยี่ห้อ FW SYSTEM TYPE PT 100 นี้ ไม่สามารถซ่อมบำรุงตัวอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนได้ เนื่องจากตัวอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนนี้จะมีแท่งเหล็กเป็นตัวนำความร้อนโดยมีสายตัวนำสัญญาณอยู่ภายในแท่งเหล็ก สายสัญญาณนี้จะเป็นตัวส่งกระแสไฟฟ้าไปยังตัวควบคุมการทำงานเพื่อบอกให้ทราบถึงอุณหภูมิภายในถังเก็บฝุ่น ดังนั้นเมื่อมีการชำรุดเสียหายจึงไม่สามารถซ่อมแซมอุปกรณ์ได้ต้องเปลี่ยนตัวอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนใหม่ อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนจะชำรุดและสึกหรอได้ง่าย เมื่อได้รับความร้อนสูงมาสัมผัสที่บริเวณแท่งเหล็กหรือมีโดนกระแทกจากเศษวัสดุชิ้นไม้ที่มีขนาดใหญ่ที่เข้าไปในถังเก็บฝุ่นไม้ ทำให้แท่งเหล็กเกิดการคดงอและหักไม่สามารถนำความร้อนได้ จึงทำให้ไม่สามารถตรวจจับความร้อนได้เมื่อมีการเกิดเหตุเพลิงไหม้และการระเบิดของฝุ่นขึ้นภายในถังเก็บฝุ่นไม้

การตรวจเช็คความพร้อมของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้

การตรวจเช็คความพร้อมในการใช้งานของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนนี้สามารถตรวจเช็คความพร้อมของอุปกรณ์ได้จากตัวควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน โดยตัวควบคุมจะแสดงค่าตัวเลขเป็นแบบดิจิตอลแสดงถึงอุณหภูมิภายในตัวถังเก็บฝุ่นไม้ และแสดงค่าอุณหภูมิที่ได้ทำการตั้งค่าไว้ให้มีการทำงานของระบบดับเพลิงอัตโนมัติ เมื่อทำการตรวจจับความร้อนเกินค่าที่ได้ตั้งไว้ ดังนั้นจึงสามารถตรวจเช็คความพร้อมการใช้งานของอุปกรณ์นี้ได้จากผู้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนเท่านั้น แต่ไม่สามารถตรวจเช็คความพร้อมของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนจากตัวของอุปกรณ์ได้เนื่องจากสายตัวนำสัญญาณอยู่ภายในแท่งเหล็กจึงไม่สามารถนำมาตรวจเช็คได้

ความยาก-ง่ายในการดูแลรักษาอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้

การดูแลรักษาอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนสามารถดูแลและตรวจสอบอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนได้ยาก เนื่องจากในการดูแลรักษาต้องนำสายตัวนำสัญญาณที่อยู่ภายในแท่งเหล็กนำความร้อนออกมาดูสายนำสัญญาณภายในแท่งซึ่งสายสัญญาณนี้จะถูกอัดทับไว้ภายในแท่งเหล็ก ดังนั้นจึงทำให้เกิดความยุ่งยากในการดูแลรักษา

ข้อเสียในเรื่องการการนำสัญญาณของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน คือ ค่าอุณหภูมิที่ตัวนำความร้อนตรวจจับจะไม่แน่นอนค่าจะมีการขึ้นลงอยู่ตลอดเวลา เช่น ในช่วงเวลากลางวันที่มีแสงแดดส่องเข้าภายในบริเวณถังเก็บฝุ่นไม่ทำให้ครั้งมีการทำงานของระบบดับเพลิงอัตโนมัติขึ้นทันที

การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้

การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนทำได้โดยถอดตัวอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนออกจากถังเก็บฝุ่นไม่และทำการให้อุณหภูมิความร้อนแก่อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนโดยการจุดไฟลงที่แท่งเหล็กจนร้อนภายในแท่งเหล็กจะมีสายตัวนำสัญญาณความร้อนจึงทำให้ทราบอุณหภูมิที่เกิดขึ้นเมื่อมีอุณหภูมิสูงถึง 50 องศาเซลเซียส ก็จะทำการทำให้ตัวควบคุมส่งกระแสไฟฟ้าไปหยุดการทำงานของพัดลมดูดอากาศ เพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นถูกดูดเข้าถังเก็บฝุ่น และส่งสัญญาณแจ้งไซเรนแจ้งว่ามีเหตุเพลิงไหม้ขึ้นภายในถัง และเปิดโซลินอยด์วาล์วน้ำก็จะออกจากหัวกระจายน้ำดับเพลิงโดยทันที หากมีการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ต้องทำการถอดหัวกระจายน้ำออกมาภายนอกถังเก็บฝุ่นไม่เพื่อป้องกันน้ำเข้าสู่ภายในถังเก็บฝุ่น

ประสิทธิภาพและความรวดเร็วในการตรวจจับเพลิงไหม้ภายในถังเก็บฝุ่นไม่

ประสิทธิภาพในการตรวจจับเพลิงไหม้ของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนภายในถังเก็บฝุ่นไม่มีประสิทธิภาพในการตรวจจับเพลิงไหม้ที่ช้ามาก ซึ่งในการเกิดเพลิงไหม้ในถังเก็บฝุ่นไม่ ความร้อน และประกายไฟต่าง ๆ จะถูกดูดผ่านท่อดูดฝุ่นเข้าสู่ด้านบนของถังเก็บฝุ่นและประกายไฟจะไปติดไปกับตัวถังกรองฝุ่นและจะถูกลามไหม้ถึงกรองฝุ่นในถังต่อเนื่องมีทั้งหมด 264 ใบ ความร้อนจึงจะมาถึงตัวอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน โดยในหลักการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนต้องมีความร้อนมาสัมผัสที่บริเวณแท่งเหล็กนำความร้อนจึงจะมีนำความร้อนมาที่ยังตัวควบคุมการทำงาน จะทำงานเมื่อมีอุณหภูมิถึง 50 องศาเซลเซียส ซึ่งตำแหน่งในการติดแท่งเหล็กนั้นติดอยู่บริเวณด้านล่างตัวถังเก็บฝุ่น ทำให้ต้องใช้เวลาอย่างมากในแผ่กระจายความร้อนภายในถังเก็บฝุ่นมายังตัวอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน จึงไม่สามารถป้องกันการเกิดอัคคีภัยและการระเบิดของฝุ่นไม่

ตารางผนวกที่ ค1 แสดงการเปรียบเทียบการประสิทธิภาพการทำงานระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับ
ประกายไฟและอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน

รายการเปรียบเทียบ	ชนิดอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้	
	อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ	อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน
1. ตำแหน่งติดตั้งของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้	ติดตั้งภายในท่อคูดฝุ่น ซึ่งตรวจจับได้เร็วกว่า ประกายไฟยังไม่เข้าสู่ ถึงเก็บฝุ่น	ติดตั้งภายในถังเก็บฝุ่นไม้ ตรวจจับได้ช้าและประกายไฟ เข้าสู่ถึงเก็บฝุ่นแล้ว
2. ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์	1,802,000	229,900
3. การซ่อมบำรุงและอายุการใช้งาน	ซ่อมบำรุงง่าย อายุการใช้งานนาน ชำรุดยาก	ซ่อมบำรุงไม่ได้ อายุการใช้งานสั้น ชำรุดง่าย
4. การตรวจเช็คความพร้อมของ อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้	ตรวจเช็คความพร้อมจาก ผู้ควบคุมการทำงานของ อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้	ไม่สามารถตรวจเช็ค ความพร้อมของอุปกรณ์ได้
5. ความยาก-ง่ายในการดูแลรักษา อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้	ดูแลรักษาง่าย มีรายงาน บอกตลอดเวลาเมื่อผิดปกติ หรือเจอประกายไฟ	ดูแลรักษายากเนื่องจาก ค่าอุณหภูมิขึ้นลงไม่คงที่
6. การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ ตรวจจับเพลิงไหม้	ทดสอบจากผู้ควบคุม การทำงานหรือประกายไฟ ทุกชนิดจะตรวจจับโดยทันที	ถอดออกจากถังแล้วนำไฟแช็ค มาลนที่แท่งนำความร้อน จึงจะทำการตรวจจับได้
7. ประสิทธิภาพและความรวดเร็ว ในการตรวจจับเพลิงไหม้ภายใน ถังเก็บฝุ่นไม้	รวดเร็วมาก เมื่อเจอประกายไฟหรือ ลูกไฟทุกชนิดผ่านเข้ามา ภายในท่อคูดฝุ่น จะตรวจจับเพลิงไหม้ทันที	ช้ามากต้องให้มีความร้อน 50 องศาเซลเซียสสัมผัส มีบริเวณแท่งเหล็กนำความ ร้อน จึงจะทำการตรวจจับ เพลิงไหม้

ภาคผนวก ง

ข้อมูลการตอบแบบสอบถาม

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

หัวข้อคำถาม	1	2	3	4	5	$\bar{X}$
	จำนวน (ร้อยละ)					S.D.
8. อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟสามารถทดสอบการทำงานได้ง่ายไม่ต้องใช้ผู้ชำนาญงาน	0 (0)	0 (0.7)	21 (15.1)	74 (53.2)	44 (31.7)	4.1655 0.75754
N=139						
9. อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟมีระบบป้องกันการทำงานผิดพลาดโดยตรวจสอบจากผู้ควบคุมการทำงาน	0 (0)	0 (0)	19 (13.7)	54 (38.8)	66 (47.5)	4.3381 0.70766
N=139						
10. อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟมีความทนต่อสภาพแวดล้อมภายนอก	0 (0)	1 (0.7)	49 (35.3)	59 (42.4)	31 (22.3)	3.8705 0.75021
N=139						
<u>ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและดูแลรักษา</u>						
11. อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งที่ค่อนข้างสูง	0 (0)	0 (0)	50 (36.0)	63 (45.3)	26 (18.7)	2.1727 0.72159
N=139						
12. อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟมีค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาต่ำเมื่อเกิดการเสียหาย	0 (0)	0 (0)	46 (33.1)	68 (48.9)	25 (18.0)	3.8489 0.70107
N=139						
13. อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษารายปี	0 (0)	0 (0)	21 (15.1)	78 (56.1)	40 (28.8)	4.1367 0.65055
N=139						
14. อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟไม่ต้องเสียค่าในการดูแลรักษาจากผู้ชำนาญงาน	0 (0)	0 (0)	27 (19.4)	71 (51.1)	41 (29.5)	4.1007 0.69465
N=139						
15. อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟไม่	0 (0)	0 (0)	47 (33.8)	61 (3.9)	31 (22.3)	3.8849 0.74288
N=139						

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

หัวข้อคำถาม	1	2	3	4	5	$\bar{X}$ S.D.
ความรวดเร็วและแม่นยำในการตรวจจับ						
เพลิงไหม้						
16. อุปกรณ์ตรวจจับประกายสามารถตรวจจับ	0	0	32	57	50	4.1295
เพลิงไหม้ได้ทันทีเมื่อมีประกายไฟผ่านเข้า	(0)	(0)	(23.0)	(41.0)	(36.0)	0.75981
มาในท่ออุดฝุ่นต้ง่าย						
N=139						
17. อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟไม่เกิดความ	0	0	0	29	110	4.5827
ขัดข้องเมื่อมีการเกิดเพลิงไหม้	(0)	(0)	(0)	(20.9)	(79.1)	0.81560
N=139						
18. อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟตรวจจับ	0	0	0	28	111	4.5971
เพลิงไหม้ความผิดพลาดไม่เกิน 1 ครั้ง / ปี	(0)	(0)	(0)	(20.1)	(79.9)	0.80505
N=139						
19. อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ	0	0	18	57	64	4.3309
N=139	(0)	(0)	(12.9)	(41.0)	(46.0)	0.69562
20. อุปกรณ์ตรวจจับประกายจะทำการตรวจ						
หาฝุ่นไหม้หรือเศษไหม้มาปิดบังที่ตัวรับแสง	0	0	30	64	45	4.1079
จับเพลิงไหม้	(0)	(0)	(21.6)	(46.0)	(32.4)	0.72921
N=139						

ภาคผนวก จ

รายละเอียดของอุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ

BS 7

Spark Detection and Extinguishment Systems
Offer Safety for Your Production

GreCon®

Spark detection and extinguishment systems detect sparks and automatically extinguish them - thus reducing the risk of dust fires and explosions.

GreCon spark extinguishing systems are safety devices for ventilation systems in the wood working industry, in particleboard and fibreboard plants, and in all production facilities in which organic dust or chips are processed.

Overheating and mechanical damage are causes of hazardous sparks and glowing embers being transported through the dust extraction system. This places certain areas of the plant, such as filters or silos, in danger. It often may result in fires or even dust explosions.

GreCon spark detection and extinguishment systems are preventive fire protection measures. They are installed in pneumatic or mechanical conveying systems. They detect the ignition sources in the extraction ducts and automatically extinguish them within milliseconds, thus greatly reducing the risk of fires in downstream plant areas.

Thanks to the fast reaction time of the system, only a relatively small distance between spark detector and extinguishing device is required. However, exact planning of the system, carried out by specialists, is a prerequisite.

Patented mounting adapters make it very easy to install spark detectors and extinguishing nozzles. The whole installation is undertaken from the outside while achieving a flush-mount to the inside duct wall so that the material flow is not disturbed. The unparalleled sensitivity of the sensors makes the reliable detection of sparks possible, even through dense material flows.

The extinguishing nozzles are made of stainless steel including sealing cones resulting in a long service life. Blockages are almost non-existent.

A modern control console with a big display, in which all events are shown, makes the operation of the system very easy. All events are stored.

Standard interfaces are available to transfer data or shut down machinery. The control console has a modular design and can be extended at any time.

Only a small amount of water, which has to have a pressure of approximately 7 bars, is required for extinguishment. If this is not possible at the customer's plant, a GreCon pressure increasing unit may be installed which operates fully automatically.

You will find further information in our detailed brochure or on our internet homepage at www.grecon.de.



D-31042 ALFELD/HANNOVER · P.O. BOX 1243
TEL.: +49 (0) 5181-790 · FAX: +49 (0) 5181-79229
EMAIL: sales@grecon.de · WEB: www.grecon.de

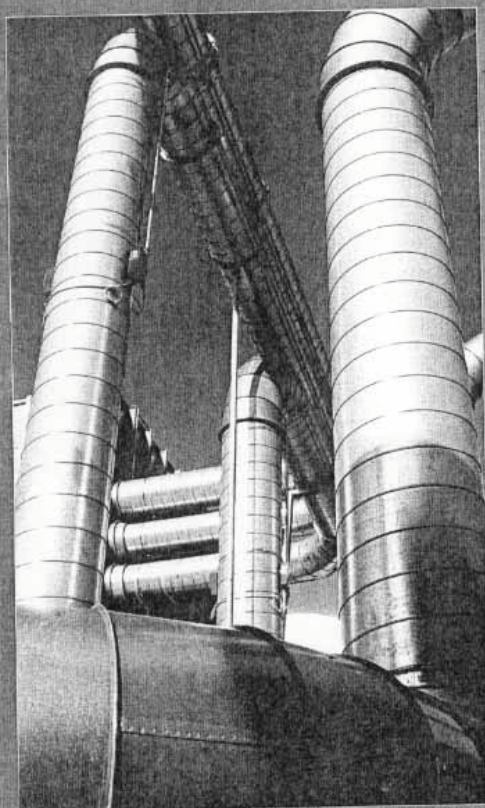
Subject to technical modifications.
© 2003 GreCon
EN «ENGLISH» / 05.2003

Spark Detection/Extinguishment Systems Safety for Your Production

Spark detection and extinguishment systems detect and automatically extinguish sparks. The risk of dust fires and explosions can thus be reduced.

Dust fires and explosions often occur in filters, silos and dryers. They endanger human lives, cause severe property damage and interrupt production operations. The reason can be sparks or burning embers caused when working with or drying combustible material and reaching plant areas at risk through the pneumatic and mechanical conveying systems.

Within the framework of its special technology and its distinct design, the GreCon system was developed to detect and extinguish these ignition sources in pneumatic exhaust systems before they reach filters and silos and cause a fire or explosion in these areas!



Protection of Dust Filters and Silos

Spark sensors are flush-mounted on the walls of the exhaust ducts to detect the infrared radiation emitted by sparks in the transport air stream.

Immediately upon spark detection, a water mist spray is released into the duct and the sparks are extinguished. The extinguishing device consists of a special high-speed solenoid valve with one or more spray nozzles. These are flush-mounted to the duct wall about 4 to 6 meters (12 to 18 feet) downstream of the sensors, depending on the conveying velocity.

Extinguishment is accomplished with water at high flow pressure. Special extinguishing nozzles spray a water mist, which covers the entire cross section of the duct. With a properly planned installation, the ignition sources enter the water mist and are effectively extinguished. The valve closes after a preset and adjustable time frame, normally 5 seconds.

The GreCon system effectively detects and extinguishes ignition sources without machinery shut-down or interruption of the production process. The amount of water released is sufficient to extinguish the sparks, but generally does not adversely affect the filter media.

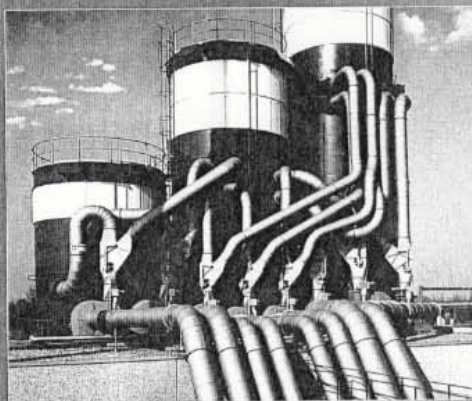


Protection of Dryers

Sparks and burning ambers can occur any time combustible materials are dried. Sources of spark danger can be uncontrolled machinery shut-down, overdried material within the dryer or overheated material build-up in the ducting. Overheated glowing particles leave the dryer, come in contact with oxygen in the air, and may cause a fire or explosion. All plant areas connected by the pneumatic conveyor system and even the dryer itself can be affected. Because temperatures in this area exceed the operating temperature of standard sensors, sensors with fibre optic cables are utilised.

GreCon sensors can detect sparks in pneumatic transport ducts of dryers or in discharge chutes and mechanical conveyors.

Upon detection of sparks, pre-programmed counter-measures are automatically triggered: i.e., release of extinguishing spray, closing or aborting pneumatic pipes, or, in extremely critical cases, shut-down of and deluging the dryer or filters.



Protection of Milling Equipment

With high speed milling equipment, heavy showers of sparks may be generated, when metal or stones enter the mill, or, when mechanical parts are damaged. GreCon sensors detect these showers of sparks and activate the extinguishing devices.

The GreCon system counts each spark as it is detected. The system can be pre-programmed to extinguish individual sparks without interrupting production and additionally shut down machinery upon counting a preset number or shower of sparks. This feature protects machinery from further damage due to mechanical failure or foreign material in the mill.

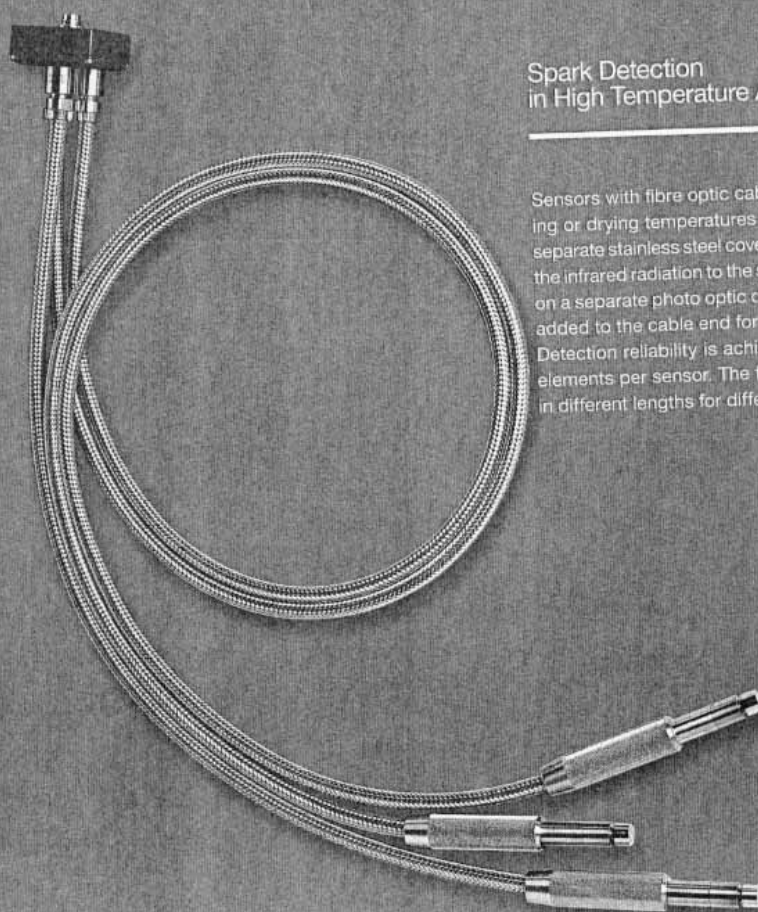
Spark Detection

Spark Detection Preferably in Dark Areas

Preferable location for a GreCon Spark Detection and Extinguishment System is within a pneumatic conveying duct or other areas where ambient light is not present. This ensures the high sensitivity of the sensors, so that the detection of ignition sources can be optimised even in dense material flow. The optics of the sensors are normally kept clean by the air and material flow which makes the system easier to maintain.

Spark Detection in High Temperature Areas

Sensors with fibre optic cables are used where processing or drying temperatures exceed 65° C (149° F). Three separate stainless steel covered glass fibre cables transmit the infrared radiation to the sensor, with each cable ending on a separate photo optic diode. Solid glass adapters are added to the cable and for extremely high temperatures. Detection reliability is achieved by using three detection elements per sensor. The fibre optic cables are available in different lengths for different duct diameters.



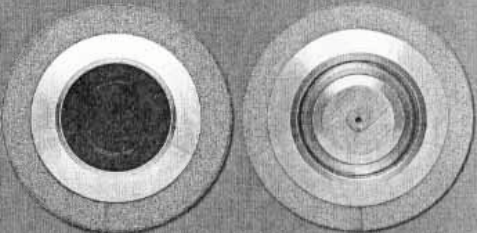
Sensor with fibre optic cables

Spark Detection
under Daylight Conditions

GreCon can detect sparks on conveyor belts, production lines, or at transfer points between conveyor systems. A special sensor is used where ambient light is present.

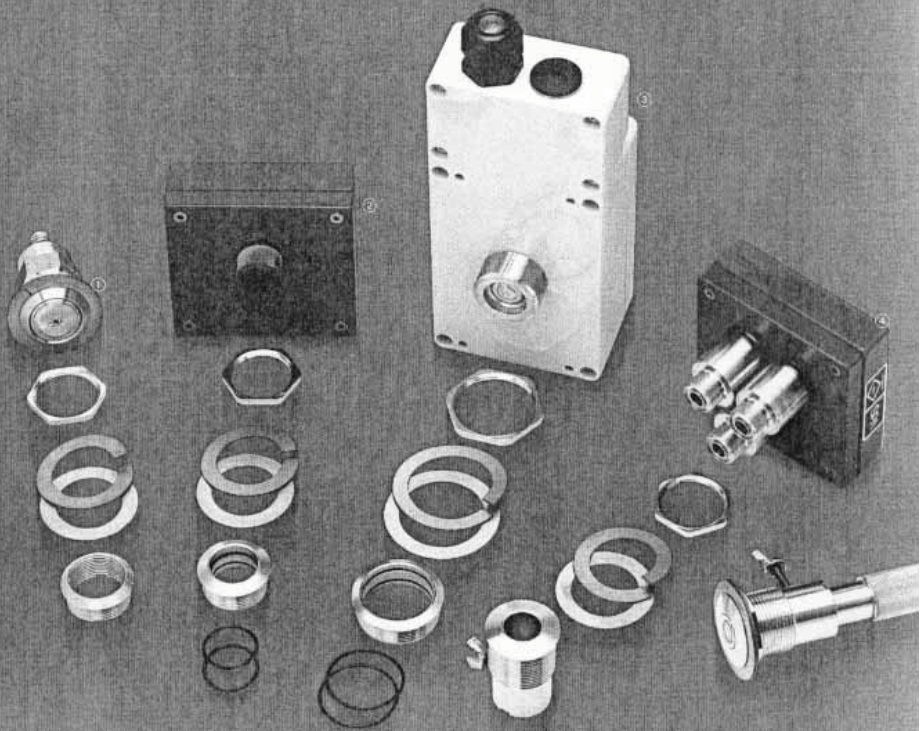
Interference-Free Installation

Sensors and spray nozzles are flush-mounted in the duct walls and do not obstruct the material flow.



Mounted
spark sensor

Mounted
extinguishing nozzle

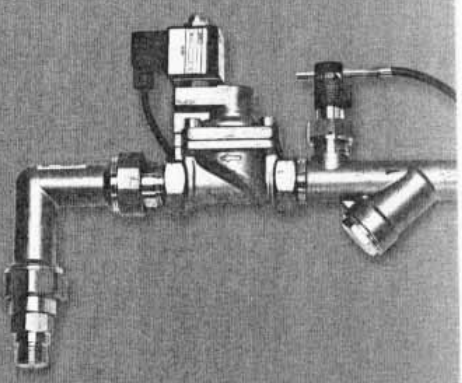


① Extinguishing nozzle* · ② Spark sensor* · ③ Day light spark sensor* · ④ Glass fibre spark sensor*
* with mounting adapter

Spark Extinguishment

Water Extinguishment

A fine water mist spray emerges from the extinguishing nozzles and is used for extinguishment. They are made of high-quality stainless steel, which increases the resistance to wear. After extinguishment, the shutter cone of the nozzle automatically seals it and keeps it free of contamination.



Pressure Increasing Units

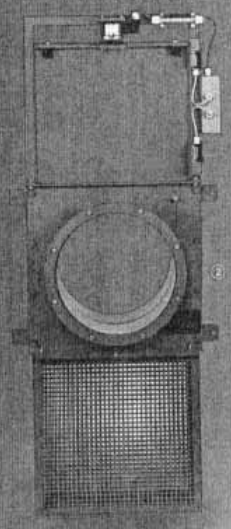
If the available water flow pressure is inadequate, a pressure increasing unit is installed to create the required water pressure. If the water flow rate to the pressure increasing pump is too low, or, if the unit is connected to a drinking water supply, a storage tank must also be installed.

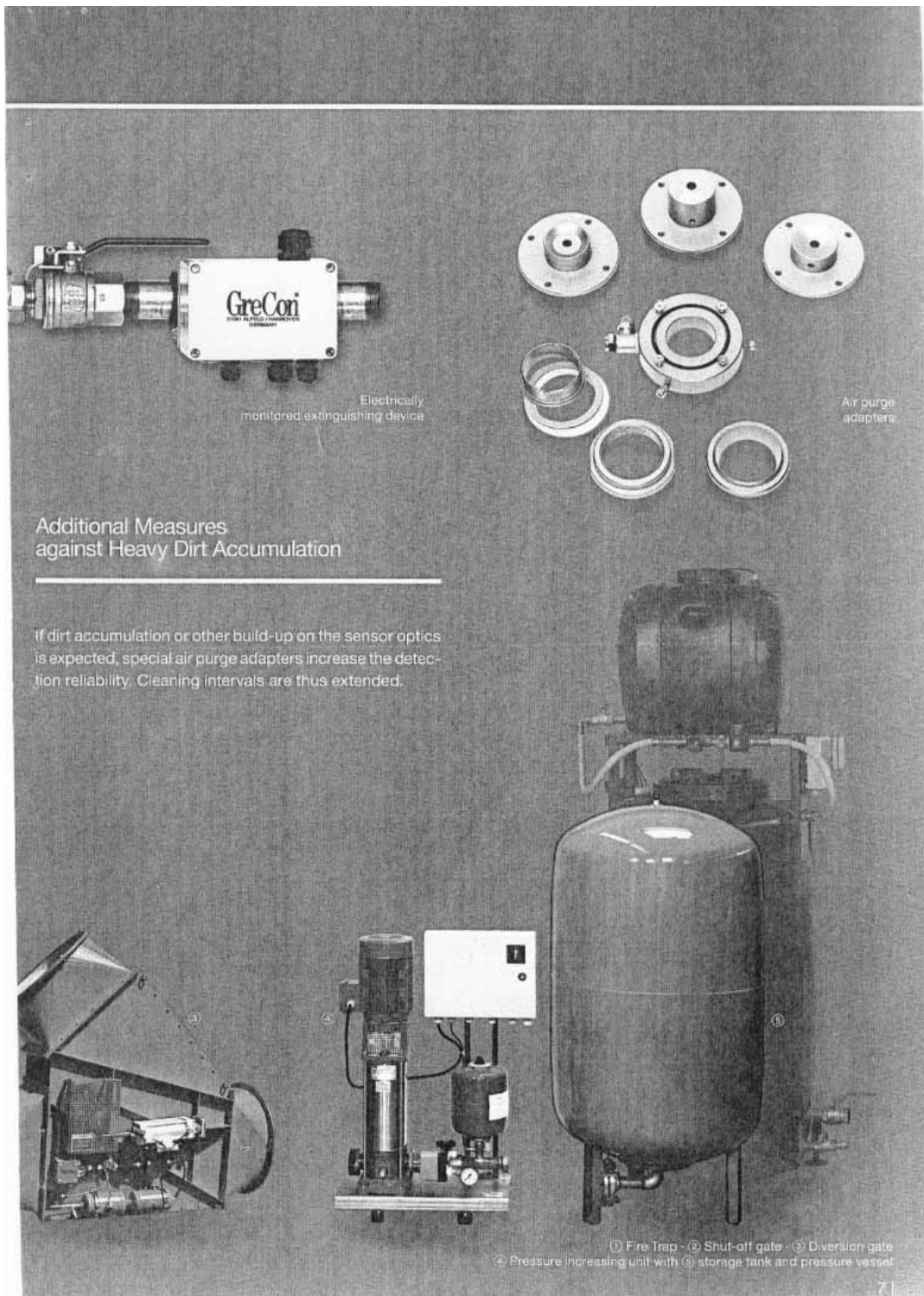
Shut-Down of Material Flow

Different traps, valves and gates are available to interrupt or divert the hazardous material flow. They can counteract the risk of transmission of ignition sources to endangered plant areas.

Anti-Freeze Protection

Heat tape and insulating material can be used to protect water pipes and extinguishing devices from freezing in areas exposed to frost. We offer special insulating bags for the extinguishing devices.





GreCon Control Console

The control console is the core of a spark extinguishing system. It records, analyses and stores all events. In case of alarms or trouble messages, the used extinguishers can be automatically initiated. Robots and production plants use the console in industrial conditions. The operation and connection elements are ergonomically arranged and allow quick and precise system operation. Thanks to maintenance-free batteries, uninterrupted protection is assured.

Ease of Operation

Personnel can easily operate the system. Comfortable user guidance is done via a full-graphic LC display. Up to four operation languages are installed via the firmware and can be changed at any time.

Self-Monitoring

An automatic system testing function checks sensors and extinguishing valves at regular intervals. This substantially reduces manual checks by operating personnel.



Remote control of panel

Alarm Concepts

A variable alarm concept allows for adequate response to individual events, e.g. extinguishing of a single spark and automatic depletion of the material flow or shutdown of machinery during abnormal spark activity.

Repeated spark detection within short intervals can give a clue to a faulty production process. To be notified of this condition or to avoid long extinguishing times, an additional alarm can be initiated on the individual product or process which can be shut down automatically.

Recording of Events

The GreCon console stores up to 2,500 events. All events can be shown in a full-graphic LC display at any time. All recorded events can be transferred to a PC for detailed analysis and evaluation under Windows to determine potentially hazardous areas or malfunctioning processes or equipment.

GreCon Control Console

Central Visualisation on a PC

Events recorded by several consoles, which are installed in different areas of the plant, can be stored on an OPC server. Using a standard visualisation system, an overview of the current condition is ensured at any time. If a suitable visualisation system is not available on site, GreCon can offer project-specific visualisation.

Evaluation of Events and Defence against Danger

The GreCon console displays and records information from each individual occurrence of sparks, i.e., time of occurrence, exact number of sparks, duration of the event, and location of the spark occurrence. Chronological recording of alarms is accomplished for each monitoring zone exactly to the millisecond. Alarms in connected zones can be evaluated in chronological order according to cause, propagation and effect.

Protection against Damage Caused by Water

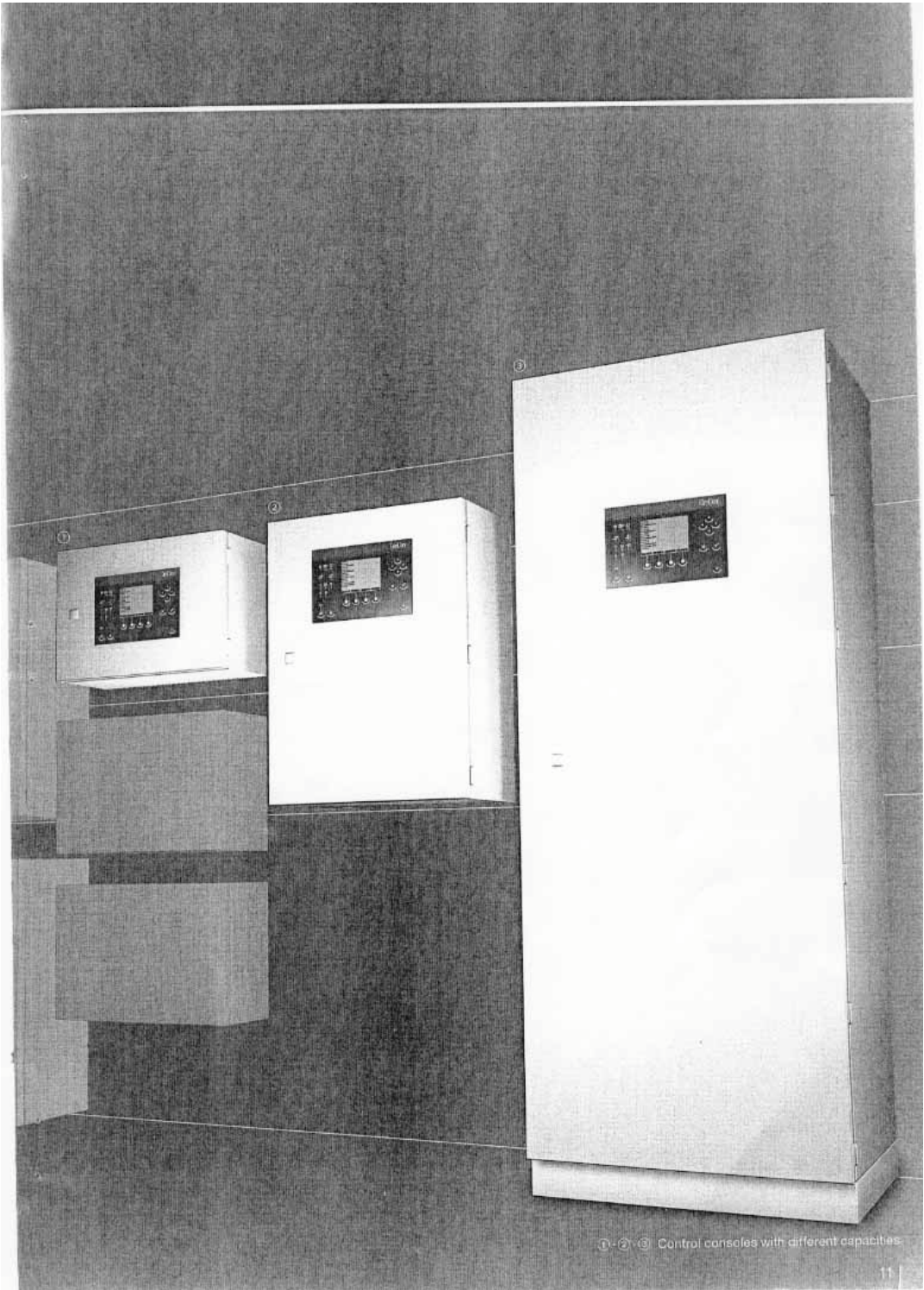
The GreCon system automatically monitors the extinguishing assemblies and immediately triggers an alarm in case of no water flow or water system leakage, considerably reducing the risk of water damage.

Modular Design

The control console consists of modular components so that there is no size limit. The capacity of the console can be adapted to the required application.

Extensions are possible at any later time, also by adding further housings.

A further advantage is the possibility to install several consoles locally and operate them via a remote operation panel centrally, in a control station, for example.



①-②-③ Control consoles with different capacities

Maintenance

High-quality materials with very long wear resistance are used for all components that come in contact with the material flow. This greatly reduces the wear of sensor optics and extinguishing nozzles.

Rapid connections and a modular design make the replacement of components easy. The stand-by batteries of the console are maintenance-free.



Experimental station - permanent development

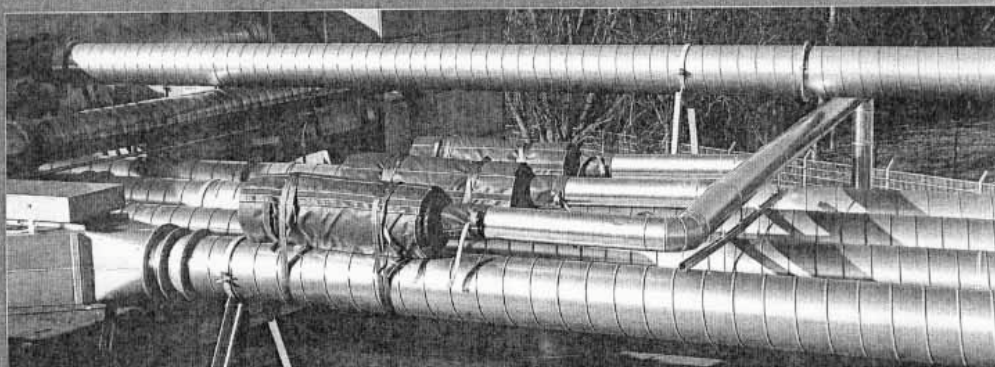
After-Sales Service and Maintenance

The GreCon after-sales service is available at any time. Complete training and instruction of the operating personnel is part of this service. During the maintenance of the system, which is usually carried out once or twice a year, technical improvements or software updates can be implemented. The GreCon after-sales service can give online support via a remote control function.

State-of-the-Art Technology

GreCon Spark Detection and Extinguishment Systems are fully warranted and are approved by Factory Mutual (FM) and the German Association of Property Insurers (VdS). These institutions require stringent manufacturing standards and technical reliability. These standards also apply to planning and after-sales service.

GreCon has their own experimental station to test new applications. GreCon spark detection and extinguishment components can be generally installed in ex zones 20, 21 and 22 in consideration of the valid ex regulations.



Anti-freeze protection with insulating bags

Application Recommendations

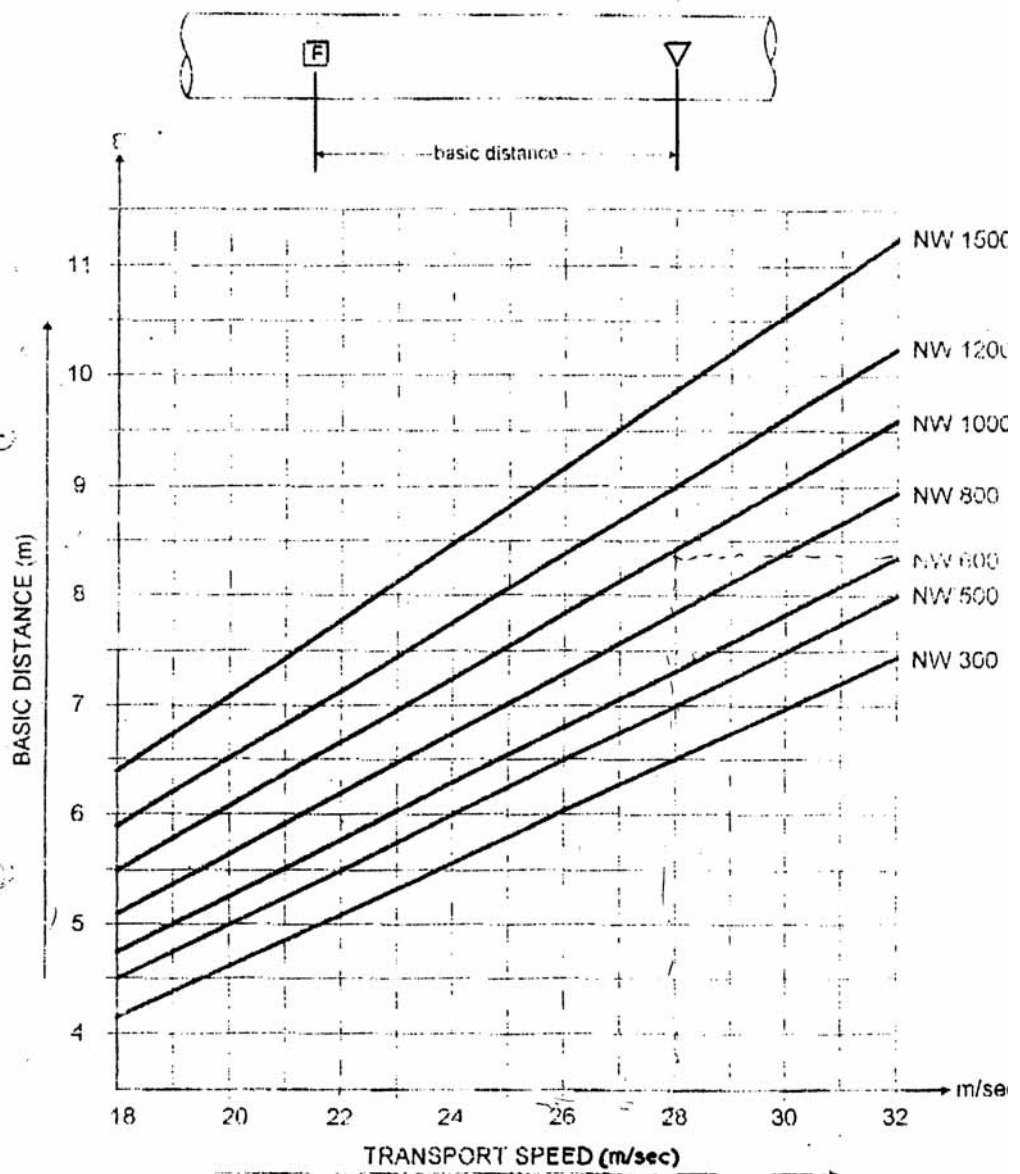
A GreCon Spark Detection and Extinguishment System can easily be installed in existing production plants. However, it is advantageous to take the installation of a spark detection and extinguishment system into account when planning a new plant.

The mounting of sensors and nozzles is very easy. Standard non-shielded wiring may be used for the electrical installation. The installation of the extinguishing system is made with standard water pipes.

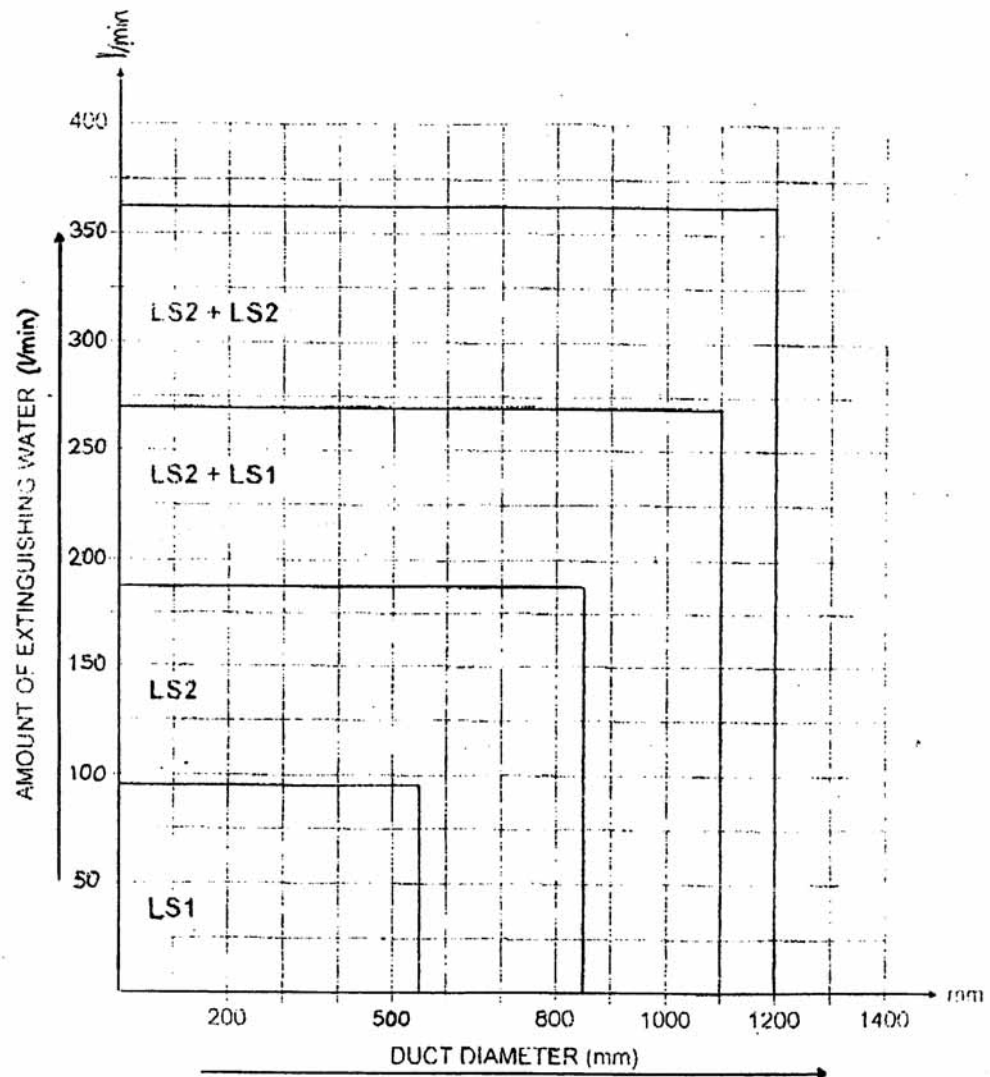
References

GreCon protects more than 100 different industries with over 100.000 applications of the GreCon Spark Detection and Extinguishment System worldwide. Reliable after-sales service is available 24 hours a day to assist you and ensure your plant's safety.

CALCULATION OF THE BASIC DISTANCE

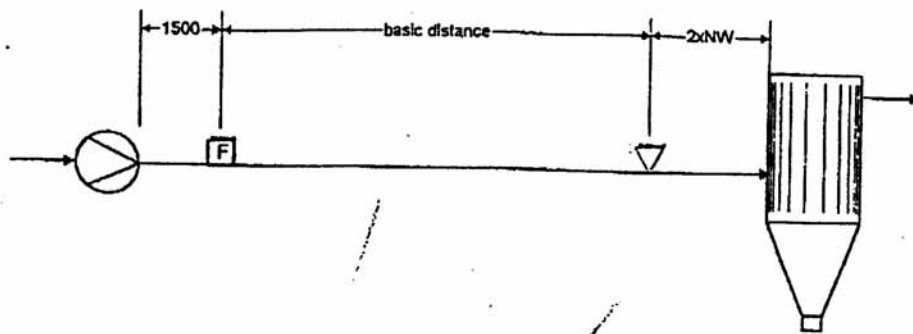


SELECTION OF EXTINGUISHING DEVICES

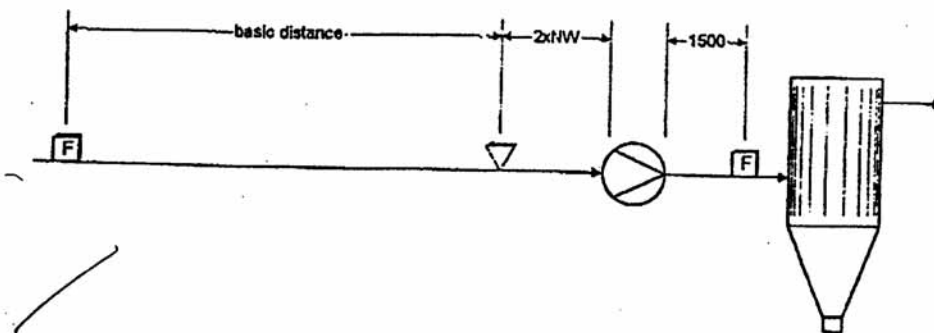


INSTALLATION PLACES SPARK DETECTORS - EXTINGUISHING DEVICES

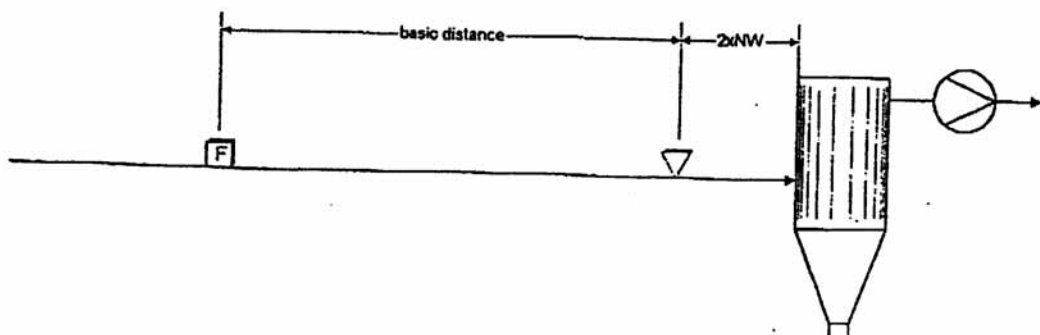
inspection zone installed on the positive pressure side



inspection zone installed on the negative pressure side with after-fan monitoring



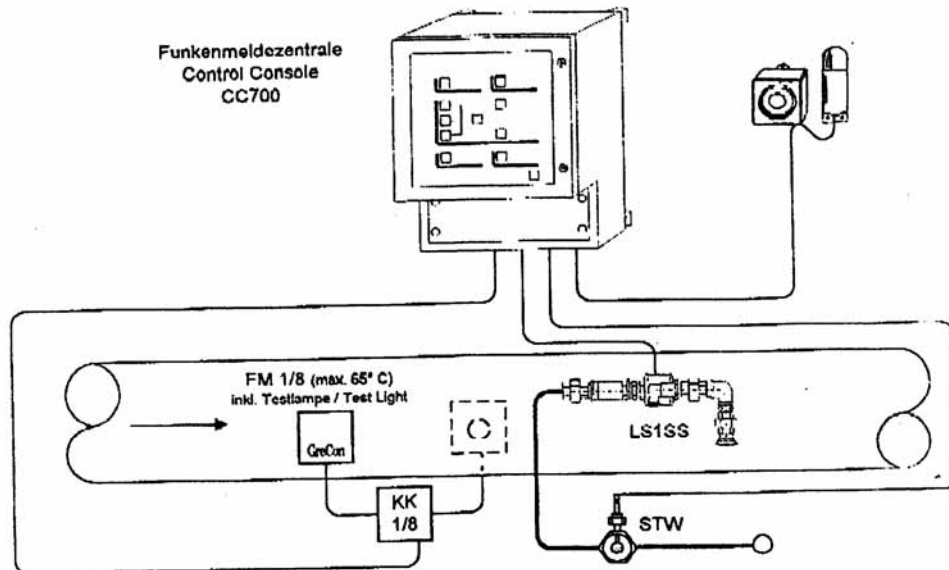
inspection zone installed on the negative pressure side



GreCon

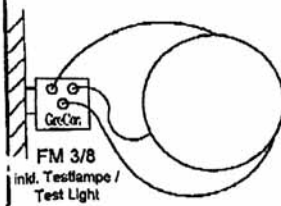
Funkenlöscher - Kompaktanlage **Spark Detection Extinguishment Compact System**

Funkenmeldezentrale
 Control Console
 CC700



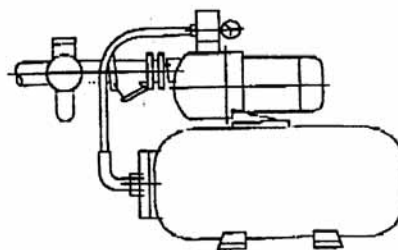
Option "A"

T = 65° C - 300° C



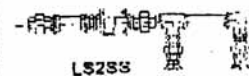
Option "B"

p < 6 bar



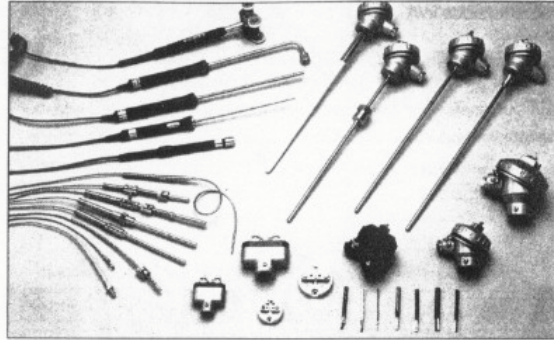
Option "C"

Ø 550 mm - 850 mm



ภาคผนวก จ

รายละเอียดของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน

FW**เทอร์มोकัปเปิล และอาร์ทีดี (Pt100Ω)****THERMOCOUPLE AND RTD (Pt100Ω)****เทอร์มोकัปเปิล คืออะไร?**

ชนิดต่างกันที่นำมาเชื่อมปลายเข้าด้วยกันที่ด้านหนึ่งซึ่งเป็นด้านที่ใช้วัดอุณหภูมิ ส่วนอีกด้านหนึ่งต่อเข้ากับอุปกรณ์ใช้งานเช่น เครื่องควบคุมอุณหภูมิ, เครื่องบันทึกอุณหภูมิ เป็นต้น เทอร์มोकัปเปิลถูกแบ่งออกเป็น Type ต่าง ๆ ตามการจับคู่ของโลหะที่แตกต่างกัน ทำให้มีคุณสมบัติในการใช้งานที่หลากหลายตามความเหมาะสมของงานแต่ละประเภท

อาร์ทีดี คือหัววัดอุณหภูมิที่ใช้หลักการของค่าความต้านทานที่จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ที่นิยมใช้มากที่สุดคือ อาร์ทีดีที่ทำจากแพลตินัม (Platinum) ที่มีค่า 100Ω ที่ 0 °C หรือ Pt100 นั่นเอง อาร์ทีดี (Pt100) จะมีคุณสมบัติดีกว่าเทอร์มोकัปเปิลเกือบทุกด้าน แต่อย่างไรก็ตาม อาร์ทีดี (Pt100) ก็มีราคาสูงกว่าเทอร์มोकัปเปิลพอสมควร

ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติเทอร์มोकัปเปิล และ อาร์ทีดี (Pt100)

หัววัด	เทอร์มोकัปเปิล	อาร์ทีดี (Pt100)
สัญญาณลักษณะ		
ลักษณะกราฟเอาต์พุต		
ข้อดี	■ ไม่ต้องใช้ไฟเลี้ยง ■ ง่าย ■ ไม่แพง ■ ใช้งานได้หลากหลาย ■ ช่วงการวัดอุณหภูมิกว้าง	■ เสถียรภาพสูง ■เที่ยงตรงที่สุด ■ มีความเป็นเส้นตรงมากกว่าเทอร์มोकัปเปิล
ข้อเสีย	■ ไม่มีลักษณะเส้นตรง ■ แรงดันต่ำ ■ ไม่ค่อยเสถียร ■ ความไวต่ำสุด	■ แพง ■ ต้องการไฟเลี้ยง ■ มีความร้อนเกิดขึ้นที่ตัวมันเอง
ช่วงการวัดมากที่สุด	-270 ถึง 1820 °C	-250 ถึง 600 °C
Repeatability	1.1 °C ถึง 8.25 °C	0.0275 °C ถึง 0.055 °C
เสถียรภาพการใช้งานที่อาจเปลี่ยนแปลงได้	0.55 °C ถึง 1.1 °C ต่อปี	น้อยกว่า 0.10% ภายใน 5 ปี
ความไวในการวัด	10-50 μV / °C	0.2 ถึง 10Ω / °C
Interchangability	+ 0.75%	+ 0.5%

FW

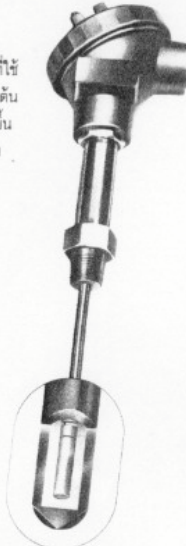
หัววัดเทอร์มोकัปเปิล และอาร์ทีดี (Pt100Ω)

THERMOCOUPLE AND RTD (Pt100Ω)

ข้อมูลที่ควรพิจารณาในการสั่งซื้อเทอร์มोकัปเปิล

เทอร์มोकัปเปิล คือ โลหะ 2 ชนิดต่างกัน ที่นำมาเชื่อมปลายเข้าด้วยกันที่ด้านหนึ่งซึ่งเป็นด้านที่ใช้วัดอุณหภูมิ ส่วนอีกด้านหนึ่งต้องเข้ากับอุปกรณ์ใช้งาน เช่น เครื่องควบคุมอุณหภูมิ, เครื่องบันทึกอุณหภูมิ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิสูงสุดที่ใช้งานได้ นอกจากขึ้นอยู่กับ Type ของเทอร์มोकัปเปิลแล้ว ยังขึ้นอยู่กับชนิดของปลอก (Metal Sheath) และขนาดของลวดเทอร์มोकัปเปิล (Thermocouple Wires) ที่ใช้ด้วย

ชนิดของปลอก	คุณสมบัติ	อุณหภูมิใช้งานสูงสุด (°C)
SUS304 φ 5, 6 มม.	ใช้งานทั่วไปกับอากาศ, ของเหลว หรือของแข็ง	600
SUS304 φ 9.5, 12.7 มม.		800
SUS304 φ 22 มม.		1000
SUS316	ใช้กับอากาศ หรือของเหลวที่มีลักษณะกัดกร่อน	เหมือน SUS304
เซรามิค Pythagoras	ใช้ในเตาอบ หรือเตาเผาอุณหภูมิสูง	1400
เซรามิค Alnit 99.7		1700
ชีตเทอร์มोकัปเปิล (Sheath Thermocouple)	ใช้ได้กับทั้งงานทั่วไป และสารที่กัดกร่อน (เป็น SUS316)	1200
Inconel 600	ใช้วัดในบรรยากาศที่สกปรก หรือมีเศษโลหะปนอยู่ เช่น เตาเผาขยะ ทนการกระแทก และกัดกร่อนได้ดีที่สุด	1200
กราไฟท์	ใช้ในเตาหลอมอลูมิเนียม, ทองเหลือง	1000



เทอร์มोकัปเปิล Type	เส้นผ่าศูนย์กลาง (มม.)		JIS C 1602		ANSI อุณหภูมิใช้งานสูงสุด (°C)
	JIS (ญี่ปุ่น)	ANSI (อเมริกา)	อุณหภูมิใช้งานสูงสุด ในงานทั่วไป (°C)	อุณหภูมิใช้งานสูงสุดในงาน Overheat (°C)	
B	0.50	0.50	1,500	1,700	1,700
R	0.50	0.50			
S	0.50	0.50	1,400	1,600	1,400
K	3.2	3.2	1000	1200	1260
	2.3	-	900	1100	-
	1.6	1.6	850	1050	1090
	1.0	-	750	950	-
	-	0.8	-	-	980
	0.65	-	650	850	-
	-	0.5	-	-	870
	-	0.32	-	-	870
	3.2	3.2	700	800	870
	2.3	-	600	750	-
E	1.6	1.6	550	650	650
	1.0	-	500	550	-
	-	0.8	-	-	540
	0.65	-	450	550	-
	-	0.5	-	-	430
	-	0.32	-	-	430
	3.2	3.2	600	750	760
J	2.3	-	550	750	-
	1.6	1.6	500	650	590
	1.0	-	450	550	-
	-	0.8	-	-	480
	0.65	-	400	500	-
	-	0.5	-	-	370
	-	0.32	-	-	370
T	1.6	1.6	300	350	370
	1.0	-	250	300	-
	-	0.8	-	-	260
	0.65	-	200	250	-
	-	0.5	-	-	200
	0.32	0.32	450	250	200



หัววัดเทอร์มोकัปเปิล และอาร์ทีดี (Pt100Ω) THERMOCOUPLE AND RTD (Pt100Ω)

FW®

อาร์ทีดี เป็นหัววัดอุณหภูมิที่มีความถูกต้องสูง ให้ผลการวัดที่ละเอียดได้ถึง 0.1 °C โดยอ้างอิงค่าความแม่นยำ (Accuracy) ตามมาตรฐาน IEC 751 ให้เลือกใช้ตามความเหมาะสมของงาน สามารถระบุได้ตอนสั่งซื้อ ดังนี้

Class	ความถูกต้อง	ลักษณะการใช้งาน
Class B	+ (0.3 + 0.005t) °C	งานทั่วไป ความถูกต้องสูง
Class A	+ (0.15 + 0.002t) °C	งานที่ต้องการความถูกต้องสูงพิเศษ
1/10 DIN	+ 0.03 °C ที่ 0 °C	ใช้เป็น Standard Probe สำหรับงานทดสอบ หรือสอบเทียบ

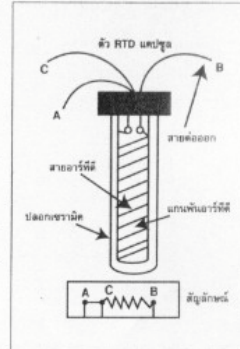
(* กรณีไม่ระบุ ทาง TIC จะผลิตเป็น Class B)

ส่วนย่านอุณหภูมิใช้งานได้ก็ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุอาร์ทีดีภายในด้วย

หัววัดอาร์ทีดี	วัสดุ	ย่านอุณหภูมิ
Pt100	Thin Film Elements	-50 ถึง 400 °C
	Wire Wound Ceramic Elements	-250 ถึง 600 °C
Pt1000	Thin Film Elements	-50 ถึง 550 °C

(* กรณีไม่ระบุ ทาง TIC จะผลิตโดยใช้วัสดุเป็น Thin Film Elements)

นอกจากนี้ ทาง TIC ยังสามารถผลิตอาร์ทีดี Pt100 และ Pt1000 ทั้งแบบ 2 สาย, 3 สาย และ 4 สาย ได้ตามความต้องการ



หัวกระโหลก (Terminal Box)

วัสดุ : Alloy - Aluminum การใช้งาน : ใช้ในงานทั่วไป	วัสดุ : Bakelite การใช้งาน : ทนอุณหภูมิสูงพิเศษ	วัสดุ : Alloy - Aluminum การใช้งาน : ใช้บริเวณที่พื้นที่ติดตั้งจำกัด

ตัวแปลงสัญญาณแบบติดตั้งในหัวกระโหลก (Universal Head Temperature Transmitter)	หน้าแปลนพิเศษในงานอุตสาหกรรมอาหาร (Ferrules)
 รุ่น TM420 เลือกอินพุต, เอาต์พุตและย่านอุณหภูมิได้ตามต้องการ อินพุต : เทอร์มोकัปเปิล Type K, J, B, R, S, T, E, L, N, V, C, D อาร์ทีดี Pt100, Pt500, Pt1000, Ni100, Ni500, Ni1000 เอาต์พุต : 4-20mA, 20-4mA	 เป็นการติดตั้งลักษณะพิเศษ ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารโดยเฉพาะ สามารถสั่งทำได้ทั้งเทอร์มोकัปเปิล และอาร์ทีดี รวมทั้งเทอร์โมเวลด้วย



หัววัดเทอร์มोकัปเปิล และอาร์ทีดี (Pt100Ω) THERMOCOUPLE AND RTD (Pt100Ω)

■ รหัสการสั่งทำ

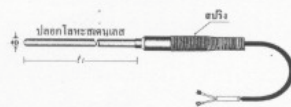
FWK / 2A 6 x 100 + 3M (S4) - - -

① ชนิดของหัววัด

K : เทอร์มोकัปเปิล Type K
J : เทอร์มोकัปเปิล Type J
E : เทอร์มोकัปเปิล Type E
T : เทอร์มोकัปเปิล Type T
B : เทอร์มोकัปเปิล Type B
R : เทอร์มोकัปเปิล Type R
S : เทอร์มोकัปเปิล Type S
P : อาร์ทีดี (Pt100, Pt1000)

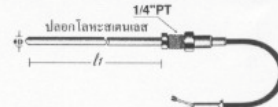
② รูปแบบตามลักษณะการติดตั้ง

FW_/1A, FW_/6A



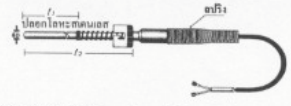
- ชนิดของไส้ (ELEMENT) : Type K (CA), J (IC), T, E, Pt100 Ω
- ขนาดของไส้ : ϕ 0.65 มม.
- ขนาดของปลอก : ϕ 5, 6 มม.
- ชนิดของปลอก : สแตนเลส SUS 304, SUS 316
- ความยาวปลอก : 100, 200, 300, 400, 500, 600 มม.
- ความยาวสาย : 1, 2, 3, 4, 5 ม.
- อุณหภูมิใช้งาน : Type K, J : 600°C, Pt100 : 600°C
- ลักษณะการใช้งาน : สำหรับวัดอุณหภูมิอากาศ และของเหลว มีทั้งปลอกเป็นกันตรง (1A) และก้านงอ 90° (6A)

FW_/2A, FW_/3A



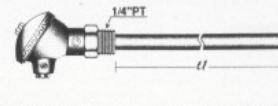
- ชนิดของไส้ (ELEMENT) : Type K (CA), J (IC), T, E, Pt100 Ω
- ขนาดของไส้ : ϕ 0.65 มม.
- ขนาดของปลอก : ϕ 5, 6 มม.
- ชนิดของปลอก : สแตนเลส SUS 304, SUS 316
- ความยาวปลอก : 100, 200, 300, 400, 500, 600 มม.
- ความยาวสาย : 1, 2, 3, 4, 5 ม.
- ขนาดเกลียว : 1/4", 1/2", 3/4"
- อุณหภูมิใช้งาน : Type K, J : 600°C, Pt100 : 600°C
- ลักษณะการใช้งาน : สำหรับวัดอุณหภูมิอากาศ และของเหลว ติดตั้งกับแผ่นยึดด้วยสกรูเกลียวที่ฝัง (3A) หรือใช้กับชิ้นยึด (2A)

FW_/4A, FW_/5A



- ชนิดของไส้ (ELEMENT) : Type K (CA), J (IC), T, E, Pt100 Ω
- ขนาดของไส้ : ϕ 0.65 มม.
- ขนาดของปลอก : ϕ 5, 6 มม.
- ชนิดของปลอก : สแตนเลส SUS 304
- ความยาวปลอก : 100, 200, 300, 400, 500, 600 มม.
- ความยาวสาย : 1, 2, 3, 4, 5 ม.
- อุณหภูมิใช้งาน : Type K, J : 600°C, Pt100 : 600°C
- ลักษณะการใช้งาน : ติดตั้งกับชิ้นงานด้วยเชือตอกและสปริงมีทั้งก้านตรง (4A) และก้านงอ 90° (5A)

FW_/7A



- ชนิดของไส้ (ELEMENT) : Type K (CA), J (IC), T, E, R, S, B, Pt100 Ω
- ขนาดของไส้ : ϕ 0.65, 1.0, 2.3, 3.2 มม.
- ขนาดของปลอก : ϕ 6, 9.5, 12.7, 22 มม.
- ชนิดของปลอก : สแตนเลส SUS 304, SUS 316
- ความยาวปลอก : 100, 200, 300, 400, 500, 600 มม.
- ขนาดเกลียว : 1/4", 1/2", 3/4"
- อุณหภูมิใช้งาน : ϕ 6 มม. = 600°C / 9.5, 12.7 มม. 800°C
 ϕ 22 มม. = 1000°C
- ลักษณะการใช้งาน : สำหรับวัดอุณหภูมิอากาศ และของเหลว มีเกลียวติดตั้ง



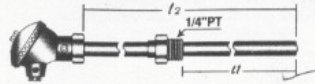
บริษัท เทคโนโลยี อินสตรูเมนต์ จำกัด
TECHNOLOGY INSTRUMENTS CO., LTD.

www.tic.co.th

หัววัดเทอร์มोकัปเปิล และอาร์ทีดี (Pt100Ω) THERMOCOUPLE AND RTD (Pt100Ω)

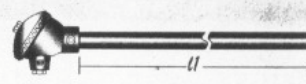
FW

FW_/8A



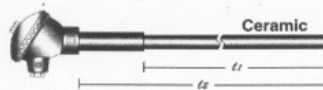
- ชนิดของไส้ (ELEMENT) : Type K (CA), J (C), T, E, R, S, B, PT100 Ω
- ขนาดของไส้ : ϕ 0.65, 1.0, 2.3, 3.2 มม.
- ขนาดของปลอก : ϕ 6, 9.5, 12.7, 22 มม.
- ชนิดของปลอก : สแตนเลส SUS 304, SUS 316
- ความยาวปลอก : 100, 200, 300, 400, 500, 600 มม.
- ขนาดเกลียว : 1/4" , 1/2" , 3/4"
- อุณหภูมิใช้งาน : ϕ 6 มม. = 600 °C/ 9.5, 12.7 มม. 800 °C
 ϕ 22 มม. = 1000 °C
- ลักษณะการใช้งาน : สำหรับวัดอุณหภูมิอากาศ และของเหลว สามารถเปลี่ยนเกลียวขั้วลงได้

FW_/9A



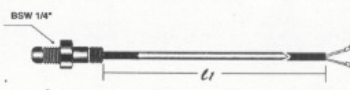
- ชนิดของไส้ (ELEMENT) : Type K (CA), J (C), T, E, R, S, B, PT100 Ω
- ขนาดของไส้ : ϕ 0.65, 1.0, 2.3, 3.2 มม.
- ขนาดของปลอก : ϕ 6, 9.5, 12.7, 22 มม.
- ชนิดของปลอก : สแตนเลส SUS 304, SUS 316
- ความยาวปลอก : 100, 200, 300, 400, 500, 600 มม.
- อุณหภูมิใช้งาน : ϕ 6 มม. = 600 °C/ 9.5, 12.7 มม. 800 °C
 ϕ 22 มม. = 1000 °C
- ลักษณะการใช้งาน : สำหรับวัดอุณหภูมิอากาศ และของเหลว

FW_/11A,



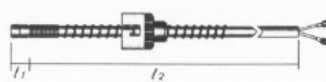
- ชนิดของไส้ (ELEMENT) : Type K(CA), R , S, B
- ขนาดของไส้ : ϕ 0.35, ϕ 0.5 มม.
- ชนิดของปลอก : Ceramic, Alumina (Alsint 99.7)
- ขนาดของปลอก : ϕ 10, 15 มม.
- ความยาวปลอก : 200, 300, 400, 500, 600 ~ 1000 มม.
- อุณหภูมิใช้งาน : Ceramic = 1400 °C , Alumina = 1700 °C
- ลักษณะการใช้งาน : ใช้วัดอุณหภูมิความร้อนสูงในเตาอบ, เตาเผา, เตาหลอม

FW_/14A,



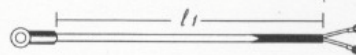
- ชนิดของไส้ (ELEMENT) : Type K (CA), J (C)
- ขนาดของไส้ : ϕ 0.65 มม.
- ขนาดของปลอก : 1/4" , 5/16"
- ความยาวปลอก : 1, 2, 3, 4, 5 ม.
- อุณหภูมิใช้งานสูงสุด : 400 °C
- ลักษณะการใช้งาน : ขั้วยึดติดกับพื้นผิวที่วัดค่าได้แม่นยำแล้ว ไม่เหมาะสมกับการวัดอุณหภูมิของเหลว เพราะขั้วซึมได้

FW_/15A,

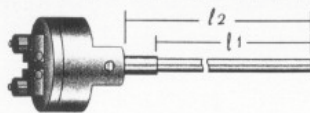


- ชนิดของไส้ (ELEMENT) : Type K (CA), J (C), T, E, PT100 Ω
- ขนาดของไส้ : ϕ 0.65 มม.
- ขนาดของปลอก : ϕ 5 มม.
- ความยาวปลอก : 25 มม.
- ความยาวของสาย : 1, 2, 3, 4, 5, 6 ม.
- อุณหภูมิใช้งานสูงสุด : 400 °C
- ลักษณะการใช้งาน : ติดยึดติดกับชิ้นงาน สามารถเปลี่ยนตำแหน่งขั้วยึดติดกับชิ้นงานได้

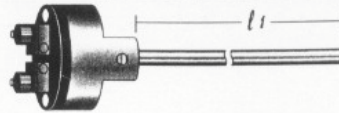
FW_/16A



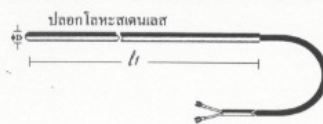
- ชนิดของไส้ (ELEMENT) : Type K (CA), J(C)
- ขนาดของไส้ : ϕ 0.65 มม.
- ขนาดของหางปลอกกลม : ϕ 2.5 - 6 มม.
- ความยาวของสาย : 1, 2, 3, 4, 5, 6 ม.
- อุณหภูมิใช้งานสูงสุด : 400 °C
- ลักษณะการใช้งาน : ขั้วสอดลงในรูทางปลายยึดติดกับพื้นผิว

FW**หัววัดเทอร์มोकัปเปิล และอาร์ทีดี (Pt100Ω)****THERMOCOUPLE AND RTD (Pt100Ω)****FW_/17A**

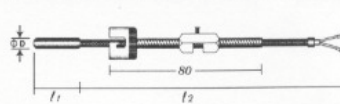
- ชนิดของไส้ : Type K (CA), R, S, B
- ขนาดของไส้ : ϕ 0.5 มม.
- ขนาดของปลอก : ϕ 10, 15 มม.
- ชนิดของปลอก : Ceramic, Alumina (ALSI 99.7)
- ความยาวของปลอก : 200, 300, 400, 500, 600 - 1000 มม.
- อุณหภูมิใช้งาน : Ceramic = 1400°C
Alumina = 1700°C
- ลักษณะการใช้งาน : ใช้วัดอุณหภูมิความร้อนสูงในเตาอบ, เตาเผา, เตาหลอม เหมาะสำหรับการติดตั้งในพื้นที่แคบ

FW_/18A

- ชนิดของไส้ : Type K (CA), J (IC), T, E, R, S, B, Pt100 Ω
- ขนาดของไส้ : ϕ 0.65, 1.0, 2.3, 3.2 มม.
- ขนาดของปลอก : ϕ 6, 9.5, 12.7, 22 มม.
- ชนิดของปลอก : สเตนเลส SUS 304
- ความยาวของปลอก : 100, 200, 300, 400, 500, 600 มม.
- อุณหภูมิใช้งาน : ϕ 6 มม. = 600°C / 9.5, 12.7 มม. = 800°C
 ϕ 22 มม. = 1000°C
- ลักษณะการใช้งาน : สำหรับวัดอุณหภูมิอากาศ และของเหลว เหมาะสำหรับการติดตั้งในพื้นที่แคบ

FW_/19A

- ชนิดของไส้ : Type K (CA), J (IC), T, E, Pt100 Ω
- ขนาดของไส้ : ϕ 0.65 มม.
- ขนาดของปลอก : ϕ 5, 6 มม.
- ชนิดของปลอก : สเตนเลส SUS 304, SUS 316
- ความยาวของปลอก : 100, 200, 300, 400 มม.
- ความยาวสาย : 1, 2, 3, 4, 5 มม.
- อุณหภูมิใช้งาน : 600°C
- ลักษณะการใช้งาน : สำหรับวัดอุณหภูมิอากาศ และของเหลว

FW_/20A

- ชนิดของไส้ (ELEMENT) : Type K (CA), J (IC), T, E, Pt100 Ω
- ขนาดของไส้ : ϕ 0.65 มม.
- ขนาดของปลอก : ϕ 5 มม.
- ชนิดของปลอก : สเตนเลส SUS 304, SUS 316
- ความยาวของปลอก : 25 มม.
- ความยาวสาย : 1, 2, 3, 4, 5 มม.
- อุณหภูมิใช้งาน : 400°C
- ลักษณะการใช้งาน : ติดต่อกับเซ็นเซอร์ด้วยขั้วต่อ

■ อุปกรณ์มาตรฐานสำหรับใช้งาน

- สายต่อเทอร์มोकัปเปิล (Extension Wire)
- สายต่ออาร์ทีดี 3 สาย / 4 สาย
- เทอร์มอเวล (Thermowell)
- เฟอรูล (Ferule)
- หน้าแปลนกลม/เหลี่ยม (Flange)
- ปลั๊กเทอร์มोकัปเปิลตัวผู้/ตัวเมีย
- เกลียวยึดติดตั้งแบบเป็นหมุด
- เกลียวยึดติดตั้งแบบคาโก้
- แหวน
- ขั้วต่อ
- หางปลากลม/แฉก
- ท่อเพลกซิเบล

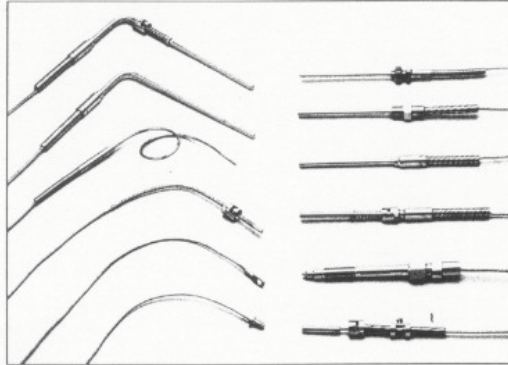
และอุปกรณ์ประกอบเทอร์มोकัปเปิลและอาร์ทีดีทุกชนิด



บริษัท เทคโนโลยี อินสตรูเมนต์ จำกัด
TECHNOLOGY INSTRUMENTS CO., LTD.

www.tic.co.th

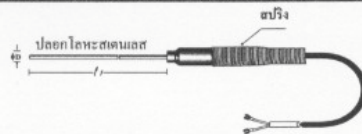
หัววัดเทอร์มोकัปเปิล และอาร์ทีดี (Pt100Ω) THERMOCOUPLE AND RTD (Pt100Ω)

FW


ชีตเทอร์มोकัปเปิล (Sheath Thermocouple) คือ เทอร์มोकัปเปิลที่ตัว Metal Sheath ผลิตสำเร็จรูปมาพร้อมกับตัวสาย เทอร์มोकัปเปิลเลย จึงทนอุณหภูมิได้สูงกว่าแบบธรรมดา เพราะฉนวนไฟฟ้าที่อยู่ระหว่างลวด เทอร์มोकัปเปิล กับ Metal Sheath จะถูกบีบอัดแน่นกว่าปกติหลายเท่า ท่อ Metal Sheath มักทำจากโลหะเหนียวและยืดหยุ่น สามารถดัดโค้งได้ตามความเหมาะสมกับงาน

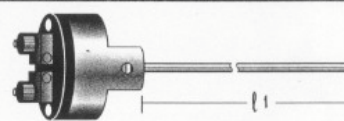
ชีตอาร์ทีดี (Sheath RTD) คือ อาร์ทีดี ที่ในกระบวนการผลิตจะผ่านขั้นตอนการรีด (Reducing) ทำให้ฉนวนไฟฟ้าภายในอัดตัวแน่นเป็นพิเศษ จึงมีความไวในการวัดสูงมาก และสามารถดัดโค้งได้ตามลักษณะงาน

FWK/SH1



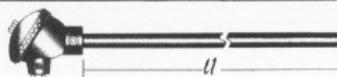
- ชนิดของไส้ (Element) : Type K (CA), J (IC), PT100 Ω
- ขนาดของขั้ว : φ 1.0, 1.6, 2.3, 3.2, 6, 8 มม.
- ชนิดของปลอก : สแตนเลส SUS 316
- ความยาวของขั้ว : 100, 200, 300, 400, 500, 600 มม.
- ความยาวสาย : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ม.
- อุณหภูมิใช้งานสูงสุด : 1,200 °C
- อุณหภูมิใช้งาน : Type K, J : 600 °C, PT100 : 600 °C
- ลักษณะการใช้งาน : ใช้วัดอุณหภูมิอากาศ และของเหลวที่มีความร้อนสูง สามารถดัดโค้งได้

FWK/SH2



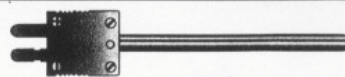
- ชนิดของไส้ (Element) : Type K (CA), J (IC), PT100 Ω
- ขนาดของขั้ว : φ 1.0, 1.6, 2.3, 3.2, 6, 8 มม.
- ชนิดของปลอก : สแตนเลส SUS 316
- ความยาวของขั้ว : 100, 200, 300, 400, 500 มม.
- อุณหภูมิใช้งานสูงสุด : 1,200 °C
- ลักษณะการใช้งาน : ใช้วัดอุณหภูมิอากาศ และของเหลวที่มีความร้อนสูง เหมาะสำหรับการติดตั้งในพื้นที่แคบ

FWK/SH3



- ชนิดของไส้ (Element) : Type K (CA), J (IC), PT100 Ω
- ขนาดของขั้ว : φ 1.0, 1.6, 2.3, 3.2, 6, 8 มม.
- ชนิดของปลอก : สแตนเลส SUS 316
- ความยาวของขั้ว : 100, 200, 300, 400, 500 มม.
- อุณหภูมิใช้งานสูงสุด : 1,200 °C
- ลักษณะการใช้งาน : ใช้วัดอุณหภูมิอากาศ และของเหลวที่มีความร้อนสูง

FW_/SH4



- ชนิดของไส้ (Element) : Type K (CA), J (IC), PT100 Ω
- ขนาดของขั้ว : φ 1.0, 1.6, 2.3, 3.2, 6, 8 มม.
- ชนิดของปลอก : สแตนเลส SUS 316
- ความยาวของขั้ว : 100, 200, 300, 400, 500 มม.
- อุณหภูมิใช้งานสูงสุด : 1,200 °C
- ลักษณะการใช้งาน : ใช้วัดอุณหภูมิอากาศ และของเหลวที่มีความร้อนสูง

FW**หัววัดเทอร์โมคัปเปิล และอาร์ทีดี (Pt100Ω)****THERMOCOUPLE AND RTD (Pt100Ω)**

■ รูปแบบ

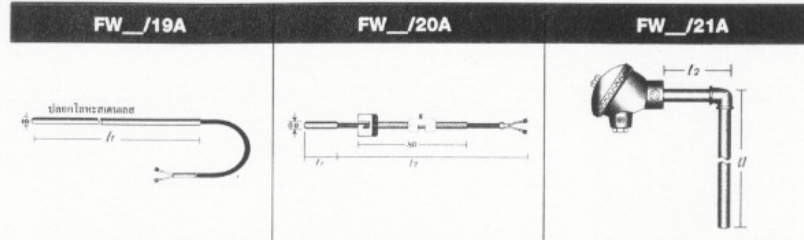
FW_/1A	FW_/2A	FW_/3A
FW_/4A	FW_/5A	FW_/6A
FW_/7A	FW_/8A	FW_/9A
FW_/10A	FW_/11A	FW_/12A
FW_/13A	FW_/14A	FW_/15A
FW_/16A	FW_/17A	FW_/18A



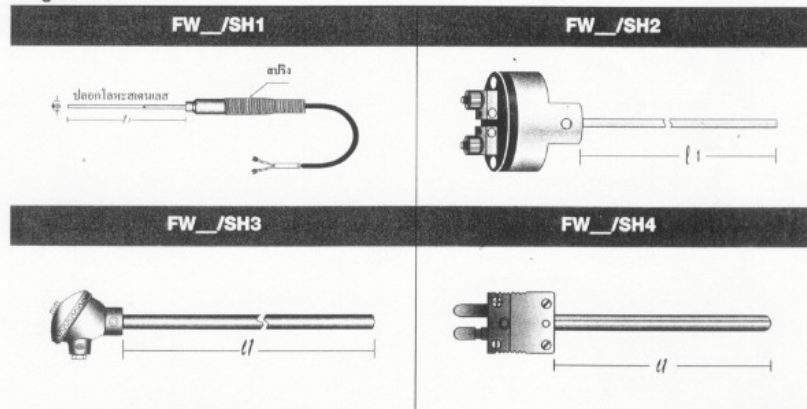
หัววัดเทอร์มोकัปเปิล และอาร์ทีดี (Pt100Ω)
THERMOCOUPLE AND RTD (Pt100Ω)

FW

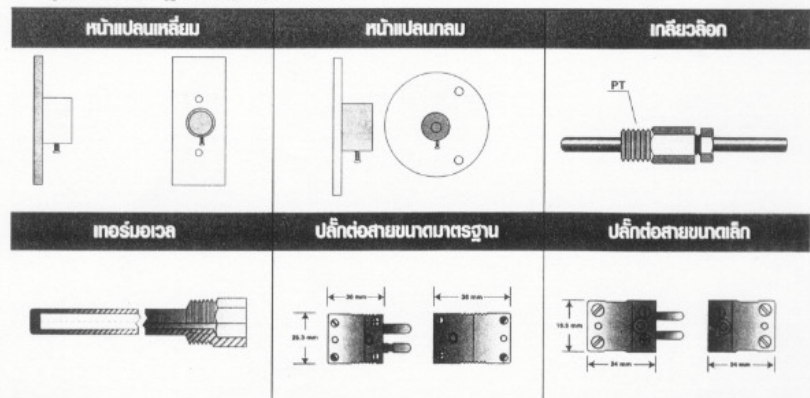
■ รูปแบบ



■ รูปแบบของซีต



■ อุปกรณ์มาตรฐานสำหรับใช้งาน





หัววัดอุณหภูมิสำหรับใช้กับมิเตอร์แบบพกพา HAND-HELD THERMOCOUPLE

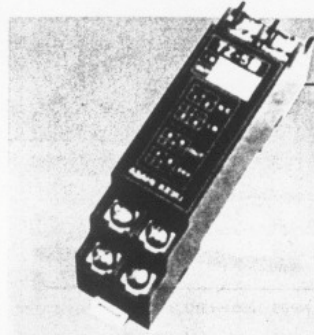
Surface probe หัววัดอุณหภูมิที่ผิวของงาน

	รุ่น : FWK/H1 ช่วงวัดอุณหภูมิ : -50 ถึง 800 °C ลักษณะงาน : สำหรับวัดอุณหภูมิผิวงานที่เรียบหรือมีความนูนไม่มากนัก เช่น ฮีตเพลทหรือโรลเลอร์
	รุ่น : FWK/H2 ช่วงวัดอุณหภูมิ : -50 ถึง 800 °C ลักษณะงาน : สำหรับผิวสัมผัสโรลเลอร์หรือวัสดุที่มีผิวงานเรียบขณะกำลังเคลื่อนที่ไม่หยุดนิ่ง เพื่อการตอบสนองที่ไวและเที่ยงตรง จุดที่เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิเป็นแผ่นโลหะบางทำให้สัมผัสกับชิ้นงานได้แนบสนิท
	รุ่น : FWK/H3 ช่วงวัดอุณหภูมิ : -50 ถึง 800 °C ลักษณะงาน : สำหรับผิวสัมผัสวัสดุงานที่เรียบทั่วไป ด้านปลายของ 90 °C เพื่อให้สะดวกกับงานบางประเภทที่ต้องการความคล่องตัว
	รุ่น : FWK/H4 ช่วงวัดอุณหภูมิ : -50 ถึง 700 °C ลักษณะงาน : สำหรับอากาศหรือก๊าซ หัววัดถูกป้องกันอย่างดีโดยท่อสแตนเลสที่เจาะรูพ่นไว้ที่หัว ไม่ควรใช้จุ่มลงในของเหลว
	รุ่น : FWK/H5 ช่วงวัดอุณหภูมิ : -50 ถึง 1000 °C ลักษณะงาน : สำหรับของเหลวหรือก๊าซใช้สำหรับงานวัดทั่วไป หัววัดถูกป้องกันด้วยปลอกท่อ Inconel และแผงกันซึมยึดแน่นอยู่ระหว่างปลอกกับสว่านเทอร์โมคัปเปิล จึงใช้งานได้ทนทาน
	รุ่น : FWK/H6 ช่วงวัดอุณหภูมิ : -50 ถึง 1000 °C ลักษณะงาน : สำหรับใช้วัดอุณหภูมิเนื้อในของอาหารต่าง ๆ เช่น เนื้อ ฯลฯ โดยการแทงเข้าไปข้างในสามารถใช้วัดอุณหภูมิของเหลวและเยลได้เป็นอย่างดี
	รุ่น : FWK/H7 ช่วงวัดอุณหภูมิ : -50 ถึง 200 °C ลักษณะงาน : ใช้กับงานทั่ว ๆ ไป ราคาประหยัด
	รุ่น : FWK/H8 ช่วงวัดอุณหภูมิ : -50 ถึง 1000 °C ลักษณะงาน : หัววัดถูกออกแบบเป็นพิเศษให้ตรงปลายมีลักษณะแบนคล้ายหัวของตะปู เหมาะสำหรับการวัดอุณหภูมิบนพื้นผิวของชิ้นงานที่เรียบแต่มีพื้นผิวสัมผัสไม่มาก





ตัวแปลงอุณหภูมิเป็นสัญญาณไฟฟ้า TEMPERATURE TRANSMITTER



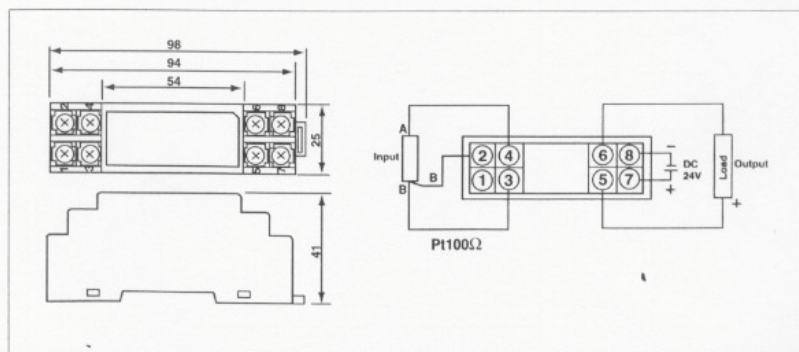
รุ่น TZ5A - Series

- ขนาดเล็ก มีน้ำหนักเพียง 80 กรัม
- ติดราง DIN
- อินพุต, เอาต์พุต, ไฟเลี้ยงไอโซเลตกัน (ไม่ต่อกัน)
- ค่าผิดพลาดเพียง $\pm 0.25\%$ FS.
- เวลาตอบสนอง ไม่เกิน 80 ms (ช่วง 0~90%)
- ไฟเลี้ยง 24 VDC $\pm 10\%$

■ ตารางเลือกรุ่น

ช่วงอุณหภูมิ	เอาต์พุต	0~5 VDC	0~20 mA DC	0~10VDC
Pt100 0~100°C		TZ5A-11	TZ5A-12	TZ5A-13
Pt100 0~200°C		TZ5A-21	TZ5A-22	TZ5A-23
Pt100 0~300°C		TZ5A-31	TZ5A-32	TZ5A-33
Pt100 0~400°C		TZ5A-41	TZ5A-42	TZ5A-43
Pt100 0~500°C		TZ5A-51	TZ5A-52	TZ5A-53
Pt100 0~600°C		TZ5A-61	TZ5A-62	TZ5A-63

ขนาดตัวเครื่อง และการต่อสายใช้งาน



ตัวแปลงอุณหภูมิเป็นสัญญาณไฟฟ้าแบบ Socket
TEMPERATURE TRANSMITTER

ASAHI



รุ่น KT 301A - Series
KT 201A - Series

- ใช้สายช็อกเก็ต 8 ขา
- ติดตั้งสะดวก
- ค่าผิดพลาดเพียง $\pm 0.3\%$ FS.
- ความเป็นเชิงเส้น (LINEARITY) $\pm 0.3\%$ FS.
- เวลาตอบสนองไม่เกิน 0.5 วินาที (ช่วง 0-90%)
- ไฟเลี้ยง 220 VAC
- อุณหภูมิที่ใช้งาน $-5-50^{\circ}\text{C}$
- น้ำหนัก 330 กรัม
- ความต้านทานในสาย Pt100 ต้องไม่เกิน 200Ω

■ ตารางเลือกรุ่น KT301A (สำหรับเทอร์โมคัปเปิล Type K)

ช่วงอุณหภูมิ	มาตรฐาน	0-5VDC	1-5VDC	4-20mA Dc	0-20mA DC
0-300 $^{\circ}\text{C}$		KT301-010-2	KT301-011-2	KT301-01A-2	KT301-01B-2
0-400 $^{\circ}\text{C}$		KT301-020-2	KT301-021-2	KT301-02A-2	KT301-02B-2
0-500 $^{\circ}\text{C}$		KT301-030-2	KT301-031-2	KT301-03A-2	KT301-03B-2
0-600 $^{\circ}\text{C}$		KT301-040-2	KT301-041-2	KT301-04A-2	KT301-04B-2
0-800 $^{\circ}\text{C}$		KT301-050-2	KT301-051-2	KT301-05A-2	KT301-05B-2
0-1000 $^{\circ}\text{C}$		KT301-060-2	KT301-061-2	KT301-06A-2	KT301-06B-2
0-1200 $^{\circ}\text{C}$		KT301-070-2	KT301-071-2	KT301-07A-2	KT301-07B-2

■ ตารางเลือกรุ่น KT201A (สำหรับ Pt100)

ช่วงอุณหภูมิ	มาตรฐาน	0-5VDC	1-5VDC	4-20mA DC	0-20mA DC
0-50 $^{\circ}\text{C}$		KT201A-100-2	KT201A-101-2	KT201A-10A-2	KT201A-10B-2
0-100 $^{\circ}\text{C}$		KT201A-110-2	KT201A-111-2	KT201A-11A-2	KT201A-11B-2
-20-80 $^{\circ}\text{C}$		KT201A-120-2	KT201A-121-2	KT201A-12A-2	KT201A-12B-2
-50-50 $^{\circ}\text{C}$		KT201A-130-2	KT201A-131-2	KT201A-13A-2	KT201A-13B-2
0-150 $^{\circ}\text{C}$		KT201A-140-2	KT201A-141-2	KT201A-14A-2	KT201A-14B-2
-100-50 $^{\circ}\text{C}$		KT201A-150-2	KT201A-151-2	KT201A-15A-2	KT201A-15B-2
0-200 $^{\circ}\text{C}$		KT201A-160-2	KT201A-161-2	KT201A-16A-2	KT201A-16B-2
0-300 $^{\circ}\text{C}$		KT201A-170-2	KT201A-171-2	KT201A-17A-2	KT201A-17B-2
0-400 $^{\circ}\text{C}$		KT201A-180-2	KT201A-181-2	KT201A-18A-2	KT201A-18B-2
-20-50 $^{\circ}\text{C}$		KT201A-190-2	KT201A-191-2	KT201A-19A-2	KT201A-19B-2

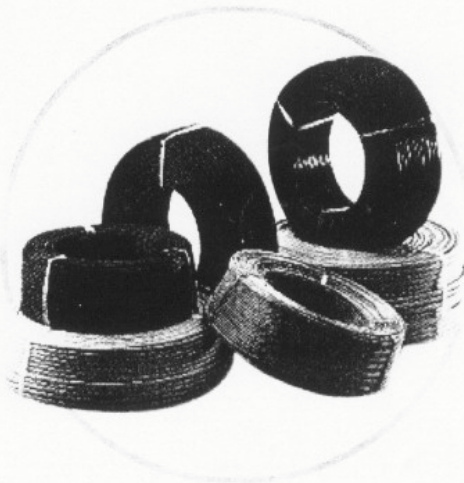


สายสำหรับต่อจากหัววัดเทอร์มोकัปเปิล

THERMOCOUPLE EXTENSION WIRE

สายสำหรับต่อกับหัววัดเทอร์มोकัปเปิลไปยังเครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิ มีหลายชนิดให้เลือกใช้ และให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมบริเวณที่ติดตั้งสายสำหรับต่อ จึงไม่ทำให้ค่าอุณหภูมิที่วัดผิดพลาดไปมาก ห้ามใช้สายไฟธรรมดาต่อเป็นอันตรายทำให้อุณหภูมิที่วัดได้ผิดพลาด

อนึ่งวัสดุที่ใช้ทำลวดของสายต่อกับหัววัดเทอร์มोकัปเปิลจะมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับโลหะของลวดเทอร์มोकัปเปิลมาก



■ คุณสมบัติ

การเลือกใช้ชนิดต่าง ๆ

1. ฉนวนพีวีซี (PVC INSULATION) เหมาะสำหรับใช้ในสถานที่เปียกชื้น และห้องเย็นใช้ในอุณหภูมิต่ำ -20~100 °C
2. ฉนวนไฟเบอร์กลาสทนอุณหภูมิได้สูง 0~270 °C
3. ฉนวนสแตนเลสซิลด์ เป็นฉนวนที่ป้องกันสัญญาณรบกวนได้ เหมาะสำหรับงานหนักและเคลื่อนย้ายบ่อย ๆ สามารถป้องกันการขีดข่วนไม่ให้สายหลุดลอกได้ และทนอุณหภูมิได้สูง 0~270 °C

โครงสร้างภายในของลวดสำหรับต่อจากหัววัดเทอร์มोकัปเปิลและอาร์กิตี

แบบ PVC (-G)	แบบไฟเบอร์กลาส (-H)	แบบซิลด์สแตนเลส (-H (sos))
ฉนวนพีวีซี (PVC) ฉนวนพีวีซี (PVC) สกรีน ตัวบraid	ฉนวนไฟเบอร์กลาส ฉนวนไฟเบอร์กลาส สกรีน	ฉนวนสแตนเลสซิลด์ ฉนวนไฟเบอร์กลาส ฉนวนไฟเบอร์กลาส สกรีน



บริษัท เทคโนโลยี อินสตรูเมนต์ จำกัด
TECHNOLOGY INSTRUMENTS CO., LTD.

www.tic.co.th

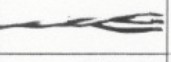
สายต่อเทอร์โมคัปเปิล และอาร์ทีดี (Pt100Ω)
THERMOCOUPLE / RTD EXTENSION WIRE

FW

■ สายต่อเทอร์โมคัปเปิล

รูป	ชนิด	รุ่น	ขนาดสาย ตัวหนา	ขนาดพื้นที่ หน้าตัด	ฉนวน	อุณหภูมิได้
	K (CA)	WCA-G	4/0.32x2	0.3	พี.วี.ซี	-20 - 90 °C
		WCA-G	7/0.32x2	0.5		
		WCA-G	4/0.65x2	1.3		
		WCA-G	7/0.65x2	2.3		
	K (CA)	WCA-H	4/0.32x2	0.3	สายไฟเบอร์กลาส	0 - 270 °C
		WCA-H	7/0.32x2	0.5		
		WCA-H	4/0.65x2	1.3		
		WCA-H	7/0.65x2	2.3		
	K (CA)	WCA-H (SOS)	4/0.32x2	0.3	ข้างใน : สายไฟเบอร์กลาส ข้างนอก : สแตนเลสชีลด์	0 - 270 °C
	K (CA)	TC-CA	1/0.65x2	0.3	สแตนเลสชีลด์	0 - 270 °C
	J (IC)	WIC-G	7/0.32x2	0.3	พี.วี.ซี	-20 - 90 °C
		WIC-G	7/0.65x2	2.3		
	J (IC)	WIC-H	4/0.65x2	0.3	สายไฟเบอร์กลาส	0 - 270 °C
		WIC-H	7/0.65x2	2.3		
		WIC-H	4/0.65x2	1.3		
	J (IC)	WIC-H (SOS)	4/0.65x2	1.3	ข้างใน : สายไฟเบอร์กลาส ข้างนอก : สแตนเลสชีลด์	0 - 270 °C
	J (IC)	TC-IC	1/0.65x2	0.3	สแตนเลสชีลด์	0 - 270 °C
	R/S (PR)	WPR-H	7/0.32x2	0.5	สายไฟเบอร์กลาส	0 - 270 °C
		WPR-H	4/0.65x2	1.3		
		WPR-H	7/0.65x2	2.3		
	R/S (PR)	WPR-H (SOS)	4/0.65x2	1.3	ข้างใน : สายไฟเบอร์กลาส ข้างนอก : สแตนเลสชีลด์	0 - 270 °C

■ สายต่ออาร์ทีดี (Pt100)

รูป	ชนิด	รุ่น	ขนาดสายตัวหนา	ฉนวน	อุณหภูมิได้
	Pt100	PVC (Pt100)	3/0.5 x 3	พี.วี.ซี	-20 - 90 °C
	Pt100	PVC (Pt100)	4/0.5 x 4	พี.วี.ซี	-20 - 90 °C
	Pt100	TEFLON (Pt100)	0.37 x 3	เทฟลอน	0 - 250 °C
	Pt100	TEFLON (Pt100)	0.37 x 3	ข้างใน : สแตนเลสชีลด์ ข้างนอก : เทฟลอน	0 - 250 °C

www.tic.co.th

TEL : 0-2722-2233 (AUTO 40 LINES)
 FAX : 0-2722-2211, 0-2321-1322

