บทความวิจัย
การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 7
Proceedings of the 7th RMUTP Conference on Engineering and Technology

แนวทางการตรวจสอบและบำรุงรักษาเพื่อควบคุมปัจจัยเสี่ยงของการเกิดเหตุเครื่องจักรหม้อน้ำระเบิด

Guidelines for inspection and maintenance to control the risk factors of boiler explosion

สุรัตน์ อินทรเพชร* นันท์นภัสร อินยิ้ม เลิศเลขา ศรีรัตนะ และบุญธรรม หาญพาณิชย์
สาขาวิชาการตรวจสอบและกฎหมายวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง 10240
อีเมล 6314770003@rumail.ru.ac.th*

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สาเหตุการระเบิดของเครื่องจักรหม้อน้ำ และกำหนดแนวทางการควบคุมปัจจัยที่มีความเสี่ยงสูงสุดต่อการเกิดเหตุเครื่องจักรหม้อน้ำระเบิด โดยอาศัยข้อมูลสถิติการระเบิดของเครื่องจักรหม้อน้ำในประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ.2557 ถึง พ.ศ. 2564 นำมาวิเคราะห์หาสาเหตุของการระเบิดด้วยแผนผังก้างปลา และจัดลำดับความเสี่ยงด้วยกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น ผลจากการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีบทบาทมากที่สุดต่อการเกิดเหตุเครื่องจักรหม้อน้ำระเบิด ได้แก่ ปัจจัยด้านเครื่องจักร โดยคิดเป็นร้อยละ 38.83 ของสาเหตุการระเบิดทั้งหมด ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าแนวทางสำคัญที่สุดในการป้องกันการเกิดเหตุเครื่องจักรหม้อน้ำระเบิด ได้แก่ การตรวจสอบและบำรุงรักษาเครื่องจักรหม้อน้ำ ซึ่งควรให้ความสำคัญใน 3 ส่วน ได้แก่ 1) อุปกรณ์ส่วนควบของเครื่องจักรหม้อน้ำ 2) โครงสร้างของหม้อน้ำส่วนที่สัมผัสกับน้ำและไฟ และ 3) อุปกรณ์ในการเฝ้าระวังตรวจวัดและควบคุมเครื่องจักรหม้อน้ำแบบออนไลน์ เช่น เครื่องวัดอุณหภูมิของไอเสียและอุปกรณ์ตัดการทำงานของระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบทันทีเมื่ออุณหภูมิของไอเสียสูงเกิน

คำสำคัญ : เครื่องจักรหม้อน้ำระเบิด ปัจจัยป้องกันการระเบิด การตรวจสอบเครื่องจักรหม้อน้ำ แนวทางการบำรุงรักษา

Abstract

This study aimed to analyze the causes of boiler explosions and determine guidelines for controlling the factor causing the highest risk of explosion. Fishbone diagram and analytic hierarchy process were applied for the risk analysis based on the occurrence of boiler explosions in Thailand during the years 2014 to 2021. The study found that the major factor of boiler explosions was machine, accounting for 38.83% of all cases of explosions. Therefore, the most important way of preventing boiler explosions was the inspection and maintenance of machine which the emphasis should be on 3 parts: 1) the equipment of boiler machinery; 2) the parts of boiler exposing to water and fire; and 3) on-line measurement and control equipment such as thermometer and interlock to cut off immediately in case of excessive temperature.

Keywords: Boiler explosion; Factors of explosion; Boiler inspection; Maintenance guideline

1. บทนำ

ระบบไอน้ำเป็นระบบผลิตพลังงานความร้อนที่ถูกนำมาใช้แพร่หลายในภาคอุตสาหกรรม โดยในระบบดังกล่าวจะอาศัยเครื่องจักรหม้อน้ำเป็นแหล่งกำเนิดของไอน้ำ ซึ่งต้องทำงานภายใต้สภาวะที่มีอุณหภูมิและความดันสูง จึงนับเป็นเครื่องจักรที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดเหตุระเบิด ทั้งนี้ ในการกำกับดูแลและติดตามการใช้งานเครื่องจักรหม้อน้ำในโรงงานอุตสาหกรรมของประเทศไทยอยู่ในความรับผิดชอบของหน่วยงานของรัฐ ได้แก่ กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน โดยมีกฎหมายที่บังคับใช้กับโรงงานที่มีการใช้งานเครื่องจักรหม้อน้ำ ได้แก่ พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ.2548 เรื่อง หลักเกณฑ์การตรวจทดสอบความปลอดภัยหม้อไอน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนที่มีความดันต่างจากบรรยากาศ กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักร ปั้นจั่น และหม้อน้ำ พ.ศ.2564[1] รวมถึงมีการกำหนดมาตรฐานในการใช้งานและการตรวจสอบ เช่น มาตรฐานการตรวจสอบหม้อน้ำชนิดท่อไฟของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย เป็นต้น อย่างไรก็ตาม แม้จะมีข้อกำหนดตามกฎหมายและมาตรฐานเฉพาะเกี่ยวกับการใช้งานเครื่องจักรหม้อน้ำเพื่อให้โรงงานยึดถือปฏิบัติ แต่ที่ผ่านมายังพบรายงานการเกิดอุบัติเหตุจากเครื่องจักรหม้อน้ำ โดยเฉพาะการระเบิดซึ่งมักสร้างความเสียหายรุนแรง ดังจะเห็นได้จากข้อมูลที่ปรากฏในเอกสารประกอบการบรรยายของกองส่งเสริมเทคโนโลยีความปลอดภัยในโรงงานซึ่งเผยแพร่ในงานเสวนาประจำปีของสมาคมหม้อน้ำและภาชนะรับความดันไทย เมื่อวันศุกร์ที่ 19 พฤศจิกายน พ.ศ.2564[2] แสดงตัวเลขอุบัติเหตุที่เกิดจากเครื่องจักรหม้อน้ำในช่วงระหว่างปี พ.ศ.2521 ถึง พ.ศ. 2564 มีจำนวนทั้งสิ้น 59 ครั้ง มีผู้ได้รับบาดเจ็บและเสียชีวิตรวม 240 ราย และมีมูลค่าความเสียหายของทรัพย์สินประมาณ 356 ล้านบาท โดยมีลักษณะของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งที่สุดได้แก่การระเบิดของหม้อน้ำประเภทท่อไฟ

ทั้งนี้ โดยทั่วไป การควบคุมระบบการผลิตให้มีประสิทธิภาพได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามเป้าหมาย รวมถึงการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุและความสูญเสียจะต้องควบคุมปัจจัยหลักที่สำคัญในขั้นตอนการผลิต ได้แก่ คนงาน (Man) เครื่องจักร (Machine) วัตถุดิบ (Material) วิธีการ (Method) และสิ่งแวดล้อม (Environment) หรือที่เรียกว่า "4M1E" ดังนั้น ในกรณีของเครื่องจักรหม้อน้ำซึ่งต้องการความมีประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการทำงานเช่นกันจึงเกี่ยวข้องกับปัจจัยทั้ง 5 ด้านข้างต้นด้วย

ในการศึกษาเพื่อกำหนดแนวทางป้องกันการเกิดเหตุหม้อน้ำระเบิดครั้งนี้จึงเริ่มจากการค้นหาสาเหตุของเครื่องจักรหม้อน้ำระเบิดภายใต้ปัจจัย 4M1E เพื่อนำมาวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงในการระเบิดของหม้อน้ำ โดยอ้างอิงข้อมูลจากเอกสารประกอบการบรรยายในงานเสวนาประจำปี พ.ศ.2564 ของกองส่งเสริมเทคโนโลยีความปลอดภัยในโรงงาน และกรณีศึกษาเครื่องจักรหม้อน้ำระเบิดที่เกิดขึ้นในประเทศไทยในช่วงเวลา 7 ปี (ปี พ.ศ.2557 – พ.ศ.2564) โดยในการกำหนดแนวทางการป้องกันการเกิดเหตุหม้อน้ำระเบิดจะเน้นการควบคุมปัจจัยที่มีความเสี่ยงสูงสุด และนำข้อกำหนดในกฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรหม้อน้ำมาใช้เป็นกรอบในการกำหนดแนวทางต่อไป

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเหตุเครื่องจักรหม้อน้ำระเบิด และจัดลำดับความเสี่ยง

2. เพื่อกำหนดแนวทางการป้องกันการเกิดเหตุเครื่องจักรหม้อน้ำระเบิด ตามลำดับความเสี่ยง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการ 4E หลักการ 4M1E และการวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย (Job Safety Analysis)

การควบคุมระบบผลิตให้มีประสิทธิภาพและมีความปลอดภัยในการทำงาน มีหลักการที่เกี่ยวข้องที่นำมาพิจารณาในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ หลัก 4E ที่มีองค์ประกอบคือ Engineering (หลักวิศวกรรม) Education (การศึกษา) Enforcement (กฎข้อบังคับ) และ Encouragement (การสนับสนุนกระตุ้นเตือน) เมื่อนำหลัก 4E มาพิจารณาในประเด็นปัจจัยนำเข้าของกระบวนการผลิตพบว่าโดยทั่วไปจะมีปัจจัยที่ต้องควบคุมจัดการอยู่ 5 ปัจจัยหลัก แบ่งเป็น คนงาน (Man) เครื่องจักร (Machine) วัตถุดิบ (Material) วิธีการทำงาน (Method) และสภาพแวดล้อม (Environment) หรือที่เรียกว่า 4M1E ซึ่งในที่นี้ให้นิยามของแต่ละปัจจัยดังนี้

M_1- Man หมายถึง คนงาน พนักงานหรือบุคลากรทั้งจากภายในและภายนอกที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรหม้อน้ำ

M_2- Machine หมายถึง เครื่องจักรหม้อน้ำและอุปกรณ์อำนวยความสะดวก อุปกรณ์ส่วนควบเครื่องจักรหม้อน้ำ

M_3- Material หมายถึง วัตถุดิบ วัสดุและอะไหล่อุปกรณ์อื่นๆของเครื่องจักรหม้อน้ำ

M_4- Method หมายถึง กระบวนการทำงาน วิธีการใช้งานและการบำรุงรักษาตรวจสอบ เครื่องจักรหม้อน้ำ

E-Environment หมายถึง องค์ประกอบด้านสภาพแวดล้อม เช่น อากาศ ความสว่าง สถานที่ และบรรยากาศในการทำงาน

ทั้งนี้ ในการทำงานที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรหม้อน้ำอาจแบ่งเป็น 3 กิจกรรมหลัก คือ กิจกรรมการใช้งาน กิจกรรมการตรวจสอบและบำรุงรักษา และกิจกรรมการตรวจทดสอบภายหลังจากที่มีการซ่อมแซม พบว่า การวิเคราะห์หาอันตรายเพื่อควบคุมความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุต้องกระทำตั้งแต่ก่อนกิจกรรมการใช้งาน กล่าวคือ ต้องมีการวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย (Job Safety Analysis) โดยเน้นวิเคราะห์หาอันตรายที่ยังไม่ถูกควบคุมจากปัจจัย 4M1E เพื่อนำไปสู่การขจัดหรือลดความเสี่ยงของอุบัติเหตุในการทำงาน ทำให้เกิดสภาพการทำงานที่ปลอดภัยที่สุด

2.2 แผนผังก้างปลา (Cause & Effect Diagram)

แผนผังก้างปลาเป็นเครื่องมือหนึ่งในการค้นหาและประเมินสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหา มีลักษณะเป็นแผนภาพที่เลียนแบบกระดูกของปลา เริ่มจากด้านขวาคือหัวของปลา แสดงถึงปัญหาและความผิดพลาดหลัก ขยายออกไปด้านข้างทางซ้ายคล้ายลักษณะของก้างปลาที่แตกแขนงออกมาเพื่อแสดงถึงสาเหตุหลักต่าง ๆ ของปัญหา แต่ละชิ้นของก้างปลาจะแตกแขนงย่อยออกไปอีกเพื่อแสดงสาเหตุย่อยของสาเหตุหลักนั้น วิธีนี้คิดค้นขึ้นโดย ดร.คาโอรุ อิชิกาว่า เพื่อใช้ในการค้นหาปัญหาย่อย ๆ ในการทำงาน ซึ่งจะทำให้พนักงานสามารถแก้ปัญหาได้อย่างตรงจุด

2.3 กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analysis Hierarchy Process: AHP)

เป็นเทคนิคที่ใช้แบ่งองค์ประกอบของปัญหาออกเป็นส่วน ๆ ในรูปของแผนภูมิตามลำดับชั้นแล้วนำข้อคิดเห็นที่เป็นนามธรรมมาให้ค่าน้ำหนักของแต่ละองค์ประกอบด้วยตัวเลข จากนั้นจึงคำนวณค่าน้ำหนักเพื่อนำไปสู่การจัดลำดับความสำคัญของแต่ละองค์ประกอบ โดยการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Pair wise comparison) ในรูปแบบตารางเมตริกซึ่งสามารถใช้ประโยชน์ในการอธิบายการเปรียบเทียบและใช้ทดสอบความสอดคล้องกันของเหตุผลและความอ่อนไหวของลำดับความสำคัญด้วยรูปแบบทางคณิตศาสตร์

2.4 การบำรุงรักษา

เป็นการดำเนินการใด ๆ โดยมีแผนงานเป็นกรอบกำหนดทิศทางในการทำงานเพื่อให้เกิดผลในการดำรงรักษาสภาพของสิ่งนั้น ๆ เช่น อาคาร เครื่องมือ เครื่องมือกล เครื่องจักร อุปกรณ์ และเครื่องใช้ต่าง ๆ ให้พร้อมใช้งานตลอดเวลาและสามารถใช้งานได้ดีเช่นเดียวกับตอนเริ่มต้น ประโยชน์ของการบำรุงรักษา (Maintenance) และการซ่อมบำรุง (Repair) คือ ช่วยยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักรให้ทำงานได้เต็มสมรรถนะ ขจัดหรือลดโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุ ทำให้มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน เครื่องมือเครื่องจักรที่ทำงานได้เป็นปกติและเต็มกำลังยังช่วยลดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและประหยัดพลังงาน ส่งผลให้สามารถลดต้นทุนและการสูญเสียทั้งทางตรงและทางอ้อมได้

2.5 เครื่องจักรหม้อน้ำ

หมายถึง เครื่องกำเนิดไอน้ำชนิดภาชนะปิดทำด้วยเหล็กกล้าหรือวัสดุอื่นที่มีคุณสมบัติคล้ายกันซึ่งได้รับการออกแบบและสร้างให้มีความแข็งแรงตามหลักวิศวกรรม ภายในภาชนะปิดดังกล่าวมีพื้นที่บรรจุน้ำและไอน้ำ พบคำเรียกเครื่องจักรหม้อน้ำแตกต่างกันบ้าง เช่น กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานใช้คำว่า "หม้อไอน้ำ" (Steam Boiler) สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมใช้คำว่า "หม้อไอน้ำ" (Boiler) หรือพระราชบัญญัติวิศวกร พ.ศ.2542 ข้อบังคับสภาวิศวกรใช้คำว่า "เครื่องกำเนิดไอน้ำ" (Steam Generator) เป็นต้น ในบทความนี้ใช้คำว่า "เครื่องจักรหม้อน้ำ" (Boiler Machinery) เครื่องจักรหม้อน้ำที่มีใช้ในประเทศไทยสามารถแบ่งเป็น 3 ประเภทหลักตามลักษณะโครงสร้าง คือ เครื่องจักรหม้อน้ำแบบท่อไฟ เครื่องจักรหม้อน้ำแบบท่อน้ำ และเครื่องจักรหม้อน้ำแบบไฟฟ้า ซึ่งประเภทที่มีการใช้งานและเกิดการระบิดมากสุด คือ แบบท่อไฟ[3]

2.6 กฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรหม้อน้ำ

ในประเทศไทยมีกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานเครื่องจักรหม้อน้ำ ได้แก่ กฎหมายผังเมือง กฎหมายควบคุมอาคาร พระราชบัญญัติโรงงาน กฎหมายสิ่งแวดล้อม ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม และกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักร ปั้นจั่น และหม้อน้ำ โดยปัจจุบันการใช้งานเครื่องจักรหม้อน้ำในภาคอุตสาหกรรมอยู่ภายใต้การกำกับดูแลเพื่อความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักรหม้อน้ำ ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม และกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน

2.7 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศุภวัฒน์ ธาดาจารุมงคล (2564) [4] กล่าวถึงกรณีศึกษาของการเกิดอุบัติเหตุจากหม้อน้ำและภาชนะรับความดันซึ่งเป็นเหตุการณ์ระเบิดของหม้อน้ำท่อไฟ ในช่วงปี พ.ศ.2546 ถึง พ.ศ.2557 ในโรงงานหลายประเภท เช่น โรงงานฟอก ย้อม และพิมพ์ผ้า โรงงานอาหารทะเลแช่แข็งและบรรจุกระป๋อง โรงงานผลิตถุงมือยางถุงมือแพทย์ โรงงานซักแห้ง โรงกลั่นสุรา เป็นต้น พบว่ามีสาเหตุของการระเบิดแตกต่างกันไปตามปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น 1) สาเหตุ น้ำแห้ง เนื่องจากการชำรุดของระบบควบคุมระดับน้ำแบบอีเลคโทรด 2)โครงสร้างรับความดันของหม้อน้ำไม่ได้มาตรฐาน 3) ท่อไฟใหญ่มีการผุกร่อน 4) มีตะกรันสะสมหนาและมีโคลนตะกอนสะสมอยู่ใต้ท่อไฟใหญ่มาก 5) ความบกพร่องในการออกแบบและการตรวจสอบความปลอดภัยโดยวิศวกร 6) เครื่องควบคุมความดันชำรุด 7) การควบคุมการใช้งานหม้อน้ำ บันทึกรายงานไม่เป็นจริง 8) ท่อไฟใหญ่ทนแรงกดดันจากไอน้ำได้ไม่เพียงพอ 9) การซ่อมแซมท่อไฟใหญ่โดยผู้ซ่อมที่ขาดมาตรฐานการซ่อมและขาดการตรวจสอบ 10) การใช้วัสดุในการซ่อมท่อไฟใหญ่ผิดประเภทและติดตั้งไม่ถูกต้องตามหลักวิศวกรรม 11) ผู้ประกอบการไม่ได้จัดให้มีการตรวจหม้อน้ำอย่างถูกต้องตามหลักวิศวกรรม ซึ่งผลกระทบจากการระเบิดดังกล่าวสามารถประเมินค่าเสียหายสูงสุดถึงประมาณ 30 ล้านบาท รวมถึงมีผลกระทบทางอ้อม เช่น ภาพลักษณ์ของธุรกิจ และความรู้สึกของผู้ได้รับการสูญเสีย ด้วย

ในงานวิจัยของมานพ นิลรัตน์ และคณะ(2560) [6] ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบและบำรุงรักษาหม้อไอน้ำ ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์ค่าการสูญเสียความร้อนของหม้อไอน้ำของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน ขนาด 340 เมกะวัตต์ โดยเปรียบเทียบระหว่างการใช้งานหม้อไอน้ำที่ใช้ฉนวนเสื่อมสภาพ กับสภาวะภายหลังจากที่มีการเปลี่ยนฉนวนใหม่ พบว่าการเปลี่ยนฉนวนของหม้อไอน้ำช่วยลดค่าการสูญเสียความร้อนได้สูงสุดถึงร้อยละ 85.15 ที่สภาวะตัวประกอบใช้งาน 100% จากงานวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของงานตรวจสอบและบำรุงรักษา รวมถึงการนำหลักการวิศวกรรมคุณค่ามาช่วยในการวางแผนการดำเนินงานเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติที่เป็นระบบและช่วยให้ผู้เกี่ยวข้องปฏิบัติงานได้ง่ายขึ้น

3.วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้อาศัยข้อมูล 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากเอกสารประกอบการบรรยายในงานเสวนาประจำปี พ.ศ.2564 ของกองส่งเสริมเทคโนโลยีความปลอดภัยในโรงงาน และข้อมูลเหตุการณ์ระเบิดของเครื่องจักรหม้อน้ำในประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ.2557 ถึง พ.ศ. 2564 นำมาวิเคราะห์หาสาเหตุของการระเบิดตามหลักปัจจัย 4M1E โดยใช้แผนผังก้างปลา และส่วนที่ 2 เป็นข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จากแบบสอบถามในการรวบรวมความคิดเห็นจากคณะผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องจักรหม้อน้ำซึ่งเป็นวิศวกรเครื่องกลในระดับวุฒิวิศวกร จำนวน 3 ท่าน ผ่านแบบประเมินAHP ในการตอบแบบสอบถาม แล้วนำผลการประเมินจากแบบสอบถามมาวิเคราะห์จัดลำดับปัจจัยเสี่ยงในการเกิดเหตุหม้อน้ำระเบิดด้วยกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น เพื่อพิจารณากำหนดแนวทางการควบคุมปัจจัยเสี่ยงตามมาตรฐานและกฎหมายที่บังคับใช้ในประเทศไทย สามารถสรุปขั้นตอนของการดำเนินการวิจัยได้ดังนี้

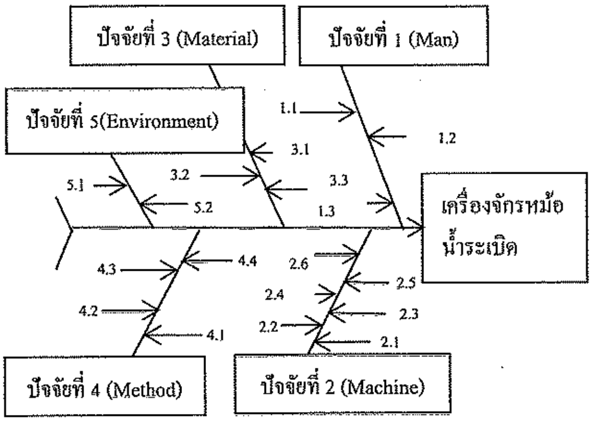
1. ศึกษาทฤษฎี หลักการและเอกสารที่เกี่ยวข้อง
2. เก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ด้วยแผนผังก้างปลา
3. สร้างเครื่องมือแบบสอบถามและรวบรวมข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ
4. จัดลำดับปัจจัยเสี่ยงในการเกิดเหตุหม้อน้ำระเบิดด้วยกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น
5. กำหนดแนวทางการควบคุมปัจจัยเสี่ยงเพื่อป้องกันการเกิดเหตุหม้อน้ำระเบิด

4. ผลการวิจัย

การนำเสนอผลการวิจัยจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นผลการวิเคราะห์หาสาเหตุของการระเบิดของหม้อน้ำตามหลัก 4M1E ส่วนที่ 2 เป็นผลการจัดลำดับปัจจัยเสี่ยง และส่วนที่ 3 เป็นการนำเสนอแนวทางการควบคุมปัจจัยเสี่ยง มีรายละเอียดดังนี้

4.1 สาเหตุของการระเบิดของหม้อน้ำตามปัจจัย 4M1E

จากการวิเคราะห์เหตุการณ์หม้อน้ำระเบิดตามปัจจัย 4M1E จากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงจำนวน 9 เหตุการณ์ และ 4 กรณีศึกษา[4] นำมาวิเคราะห์สาเหตุและผลด้วยแผนผังก้างปลา ได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การวิเคราะห์สาเหตุ ตามปัจจัย 4M1E ด้วยแผนผังก้างปลา

จากภาพที่ 1 สามารถสรุปสาเหตุของหม้อน้ำระเบิดจำแนกตามปัจจัย 4M1E ได้ 18 สาเหตุ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับแต่ละปัจจัย ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 (M_1- Man) มี 3 สาเหตุ คือ 1.1) ผู้ประกอบการไม่จัดให้มีการตรวจสอบเครื่องจักรหม้อน้ำ 1.2) ผู้ปฏิบัติงานขาดความรู้ ทักษะในการทำงาน 1.3) วิศวกรตรวจรับรองความปลอดภัยมีความบกพร่องในการทำงานตามหลักวิศวกรรม สาเหตุจากปัจจัยที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 16.67

ปัจจัยที่ 2 (M_2- Machine) มี 6 สาเหตุ คือ 2.1) หัวเผาทำงานในตำแหน่ง High Fire เนื่องจากเกจวัดความดันแสดงความดันต่ำตลอดเวลา 2.2) ท่อไฟใหญ่มีอุณหภูมิสูงผิดปกติ 2.3) ท่อไฟใหญ่ทนแรงดันจากไอน้ำไม่เพียงพอ 2.4) อุปกรณ์ชุดวาล์วควบคุมการจ่ายน้ำมัน (Solenoid Valve) สกปรก 2.5) เกจวัดความดันและสวิตช์ควบคุมความดันไม่ทำงาน 2.6) ความดันสูงเกิน (Over Pressure) เนื่องจากลิ้นนิรภัยไม่เปิดระบายไอเมื่อความดันเกิน สาเหตุจากปัจจัยที่ 2 นี้ คิดเป็นร้อยละ 38.83

ปัจจัยที่ 3 (M_3- Material) มี 3 สาเหตุ คือ 3.1) การใช้วัสดุในการซ่อมแซมท่อไฟใหญ่ผิดประเภท 3.2) มีเชื้อเพลิงที่ติดไฟง่ายสะสมอยู่ในห้องเผาไหม้ 3.3) น้ำมีคุณภาพไม่ดี สาเหตุจากปัจจัยที่ 3 คิดเป็นร้อยละ 16.67

ปัจจัยที่ 4 (M_4- Method) มี 4 สาเหตุ คือ 4.1) มีตะกรันหนาในท่อไฟใหญ่ 4.2) การควบคุมและปรับปรุงคุณภาพน้ำไม่ดีพอ 4.3) ท่อเข้าเกจวัดความดันและสวิตช์ควบคุมความดันอุดตันเนื่องจากตะกอน 4.4) กระแสไฟฟ้าตก เกิดการกระพริบและเครื่องจักรหม้อน้ำหยุดการทำงาน สาเหตุจากปัจจัยที่ 4 คิดเป็นร้อยละ22.22

ปัจจัยที่ 5 (Environment) มี 2 สาเหตุ คือ 5.1) มีแสงจากสปอร์ตไลท์ที่ใช้ส่องดูตะกรันที่เกิดจากปฏิกิริยาของกรดเกลือกับเหล็ก 5.2) ห้องเผาไหม้อยู่ในสภาวะอับอากาศ สาเหตุจากปัจจัยที่ 5 คิดเป็นร้อยละ 11.11

จากการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนที่ 1 พบว่าปัจจัยที่มีความเสี่ยงสูงสุด คือ ปัจจัยที่ 2 ได้แก่ ส่วนของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์อำนวยความสะดวก อุปกรณ์ส่วนควบเครื่องจักรหม้อน้ำ แสดงให้เห็นว่าสาเหตุส่วนใหญ่ของอุบัติเหตุเครื่องจักรหม้อน้ำระเบิดเกิดจากความบกพร่องในส่วนของอุปกรณ์ของเครื่องจักรที่ซ่อนอยู่ในปัจจัยหลักของเครื่องจักร

4.2 การจัดลำดับปัจจัยเสี่ยง

เมื่อนำปัจจัย 4M1E มาจัดลำดับความเสี่ยงโดยอาศัยผลประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ใช้วิธีการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (AHP) หาค่าเฉลี่ยน้ำหนักการเปรียบเทียบของปัจจัยหลัก (ตารางที่ 1) ค่าเฉลี่ยน้ำหนักการเปรียบเทียบของกิจกรรม (ตารางที่ 2) และสรุปข้อมูลผลการวิเคราะห์ได้ดังแสดงในภาพที่ 2

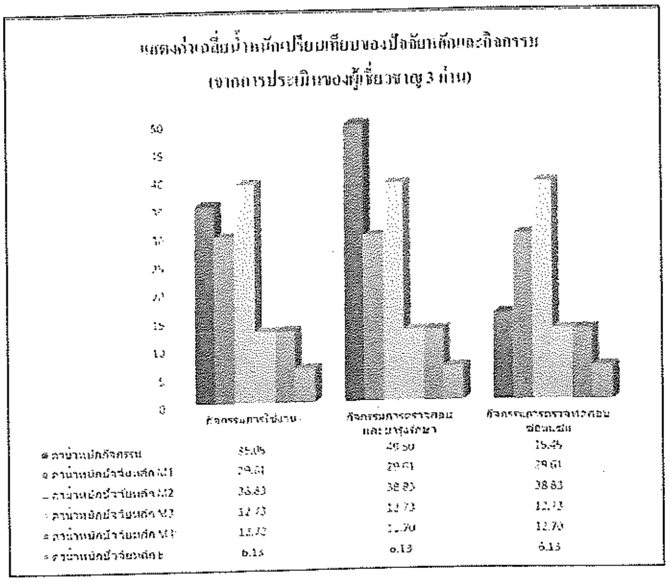
ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักการเปรียบเทียบของปัจจัยหลัก

ผู้เชี่ยวชาญ	ค่าน้ำหนักของปัจจัยจาก AHP					ค่าน้ำหนักรวม (%)	ค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล
	M_1	M_2	M_3	M_4	E		
ท่านที่ 1	36.24	18.36	12.95	22.81	9.64	100.00	0.097
ท่านที่ 2	24.64	46.32	15.34	9.00	4.70	100.00	0.069
ท่านที่ 3	27.94	51.80	9.91	6.30	4.05	100.00	0.094
รวมค่าน้ำหนักของปัจจัย	**88.82**	**116.48**	**38.20**	**38.11**	**18.39**	**300.00**	**0.260**
ค่าน้ำหนักเฉลี่ย	**29.61**	**38.83**	**12.73**	**12.70**	**6.13**	**100.00**	**0.087**

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักการเปรียบเทียบของกิจกรรม

ผู้เชี่ยวชาญ	ค่าน้ำหนักของกิจกรรมจาก AHP			ค่าน้ำหนักรวม (%)	ค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล
	กิจกรรมที่ 1	กิจกรรมที่ 2	กิจกรรมที่ 3		
ท่านที่ 1	49.05	31.19	19.76	100.00	0.046
ท่านที่ 2	30.00	54.00	16.00	100.00	0.008
ท่านที่ 3	26.10	63.30	10.60	100.00	0.033
รวมค่าน้ำหนักของปัจจัย	**105.15**	**148.49**	**46.36**	**300.00**	**0.087**
ค่าน้ำหนักเฉลี่ย	**35.05**	**49.50**	**15.45**	**100.00**	**0.029**

กิจกรรมที่ 1 คือ กิจกรรมการใช้งานเครื่องจักรหม้อน้ำ
กิจกรรมที่ 2 คือ กิจกรรมการตรวจสอบและบำรุงรักษา
กิจกรรมที่ 3 คือ กิจกรรมการตรวจทดสอบซ่อมแซม



ภาพที่ 2 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเปรียบเทียบปัจจัยหลักและกิจกรรม

จากภาพที่ 2 แสดงให้เห็นว่าปัจจัย 4M1E มีความเกี่ยวข้องกับกิจกรรมทั้ง 3 กิจกรรมซึ่งมีผลทำให้เกิดความเสี่ยงทั้งสิ้น และเมื่อพิจารณาความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง พบว่า ในการจัดการความเสี่ยงจะต้องให้ความสำคัญกับกิจกรรมการตรวจสอบและบำรุงรักษาเครื่องจักรหม้อน้ำเป็นลำดับแรก โดยเน้นที่ปัจจัยด้านเครื่องจักรหม้อน้ำ (M_2- Machine) เป็นหลัก

4.3 แนวทางการควบคุมปัจจัยเสี่ยง

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนที่ 1 และ 2 นำมากำหนดแนวทางในการควบคุมปัจจัยเสี่ยงในส่วนของปัจจัยที่มีความเสี่ยงสูงสุดได้แก่ ปัจจัยที่ 2 เครื่องจักรหม้อน้ำ โดยสามารถกำหนดแนวทางการแก้ไขและป้องกันการเกิดเหตุเครื่องจักรหม้อน้ำระเบิดจากเครื่องจักร ได้เป็น 3 แนวทาง คือ

แนวทางที่ 1 การตรวจสอบและบำรุงรักษาที่รายการอุปกรณ์ส่วนควบของเครื่องจักรหม้อน้ำ

ตามมาตรฐานการตรวจสอบหม้อน้ำชนิดท่อไฟ ของ วสท. (มาตรฐาน วสท.32005-19)[5] ได้ให้รายละเอียดและความสำคัญของอุปกรณ์ส่วนควบของเครื่องจักรหม้อน้ำไว้อย่างชัดเจน ได้แก่ อุปกรณ์ด้านความปลอดภัย (Safety Devices) ประเด็นสำคัญ คือ อุปกรณ์แต่ละส่วนดังกล่าวเปรียบเสมือนอวัยวะต่าง ๆ ภายในร่างกายที่ทำหน้าที่สัมพันธ์กัน ความผิดพลาดที่เกิดจากอุปกรณ์ส่วนหนึ่งย่อมส่งผลต่ออุปกรณ์ส่วนต่อเนื่องอื่น ๆ ดังนั้น การรับรู้สภาวะภายในเครื่องจักรหม้อน้ำ เช่น การสะสมความร้อนภายในท่อและหม้อไอน้ำ จึงเป็นสิ่งจำเป็น การตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์ส่วนควบของเครื่องจักรหม้อน้ำเป็นสิ่งสำคัญลำดับแรกเพื่อให้อุปกรณ์ทุกรายการรับรู้ แจ้งผล ทำตามหน้าที่ และพร้อมใช้งาน หากมีจุดบกพร่องต้องได้รับการแก้ไขให้พร้อมใช้งาน

แนวทางที่ 2 การตรวจสอบและบำรุงรักษาที่ตัวเครื่องจักรหม้อน้ำ เช่น โครงสร้างภายนอก โครงสร้างภายในทั้งส่วนที่สัมผัสน้ำและสัมผัสไฟ ผนังหน้า-หลัง

ตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนดให้มีการบันทึกภาพถ่ายในการตรวจทดสอบเครื่องจักรหม้อน้ำไว้ การพิจารณาตรวจสอบและบำรุงรักษาที่ตัวเครื่องจักรหม้อน้ำ เช่น โครงสร้างภายนอก โครงสร้างภายในทั้งส่วนที่สัมผัสน้ำและสัมผัสไฟ ผนังหน้า-หลัง จึงเป็นแนวทางรองลงมาจากแนวทางที่ 1 ถึงแม้ตัวเครื่องจักรหม้อน้ำจะเป็นตัวหลักที่เป็นส่วนรับความดัน ก็ยังมีเหตุผลหนึ่งที่สามารถอธิบายถึงที่มาของแนวทางที่ 2 คือ วงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์เครื่องจักรหม้อน้ำก่อนจะมาถึงส่วนการเริ่มใช้งาน ได้มีกระบวนการดำเนินงานตามหลักวิศวกรรมทุกขั้นตอน และมีกฎหมายกำกับ อีกทั้งอายุการใช้งานของตัวเครื่องจักรหม้อน้ำจะมีมากกว่ารายการอุปกรณ์ส่วนควบของเครื่องจักรหม้อน้ำ แนวทางที่ 2 จึงเป็นการควบคุมและจัดการกับความเสี่ยงในลำดับรองลงมา เพื่อให้เครื่องจักรส่วนที่รับความดันโดยตรงได้ทำตามหน้าที่ที่พร้อมใช้งาน หากมีจุดบกพร่องต้องได้รับการตรวจเชิงลึกจากผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางเพื่อให้ได้รับการแก้ไขจนเครื่องจักรหม้อน้ำมีสภาพที่ดี และเป็นไปตามมาตรฐาน

แนวทางที่ 3 การเพิ่มเติมอุปกรณ์เฝ้าระวังเครื่องจักรหม้อน้ำในส่วนพารามิเตอร์ที่สำคัญแบบออนไลน์

แนวทางที่ 3 เป็นส่วนที่เพิ่มเติมจากแนวทางที่ 1 และแนวทางที่ 2 เพื่อส่งเสริมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้ได้รับการแก้ไขข้อบกพร่องได้รวดเร็วขึ้น เช่น ติดตั้งกล้องวงจรปิดไว้ดูค่าอุณหภูมิที่ปล่องไอเสียเพิ่มเติมจากเครื่องวัดที่ไม่สามารถบอกค่าได้แบบเรียลไทม์ ติดตั้งอุปกรณ์อินเตอร์ล็อคเมื่ออุณหภูมิสูงผิดปกติให้สั่งตัดการทำงานทันที การเพิ่มเติมอุปกรณ์ในการเฝ้าระวังให้กับเครื่องจักรหม้อน้ำในส่วนพารามิเตอร์ที่สำคัญแบบออนไลน์ เช่น คุณภาพน้ำ ความดัน ค่าความร้อนของปล่องไอเสีย เป็นต้น จะช่วยป้องกันการทำงานเกินกำลังของเครื่องจักรหม้อน้ำและอุปกรณ์ส่วนควบเครื่องจักรหม้อน้ำ เป็นการลดความเสี่ยงและป้องกันการเกิดเหตุระเบิดได้ในอีกชั้นหนึ่ง

5. สรุป

ผลจากการวิจัยสามารถสรุป ได้ดังนี้

1. ปัจจัยที่ทำให้เกิดความเสี่ยงสูงสุดต่อการเกิดเหตุเครื่องจักรหม้อน้ำระเบิด ได้แก่ ปัจจัยที่ 2 คือ ส่วนของเครื่องจักรหม้อน้ำหรืออุปกรณ์อำนวยความสะดวก อุปกรณ์ส่วนควบเครื่องจักรหม้อน้ำ โดยมีจุดที่ต้องให้ความสำคัญเป็นพิเศษเนื่องจากเป็นสาเหตุหลักของการระเบิด คือ การทำงานของหัวเผา ท่อไฟใหญ่ อุปกรณ์ชุดวาล์วควบคุมการจ่าย

น้ำมัน เกจวัดความดันและสวิตช์ควบคุมความดัน และลิ้นนิรภัยระบายไอน้ำ สาเหตุของการระเบิดที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ 2 นี้ คิดเป็นร้อยละ 38.83

2. กิจกรรมที่สามารถลดความเสี่ยงของการเกิดเหตุเครื่องจักรหม้อน้ำระเบิด ได้แก่ กิจกรรมการตรวจสอบและบำรุงรักษา คิดเป็นร้อยละ 49.50

3. การกำหนดแนวทางเพื่อควบคุมปัจจัยเสี่ยงของการเกิดเหตุเครื่องจักรหม้อน้ำระเบิดพิจารณาให้ความสำคัญกับกิจกรรมและปัจจัยที่ทำให้เกิดความเสี่ยงสูงที่สุด ได้แก่ การบำรุงรักษาและตรวจสอบเครื่องจักร โดยประกอบด้วย 3 แนวทาง คือ แนวทางที่ 1 การตรวจสอบและบำรุงรักษาที่รายการอุปกรณ์ส่วนควบของเครื่องจักรหม้อน้ำ แนวทางที่ 2 การตรวจสอบและบำรุงรักษาตัวเครื่องจักรหม้อน้ำ เช่น โครงสร้างภายนอก โครงสร้างภายในทั้งส่วนที่สัมผัสน้ำและสัมผัสไฟ ผนังหน้า-หลัง และแนวทางที่ 3 การเพิ่มอุปกรณ์เฝ้าระวังเครื่องจักรหม้อน้ำในส่วนพารามิเตอร์ที่สำคัญ แบบออนไลน์ เช่น กล้องวงจรปิด อุปกรณ์ INTER LOCK ที่สามารถสั่งตัดระบบได้ทันทีแบบเรียลไทม์ (Real time)

ผลจากการศึกษาวิจัยนี้สามารถนำไปปรับใช้ในงานตรวจสอบและบำรุงรักษาโดยให้ความสำคัญกับเครื่องจักรหม้อน้ำและกิจกรรมที่มีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดการระเบิด เช่น การปรับปรุงแผนงานและแบบฟอร์มการตรวจสอบและบำรุงรักษา ซึ่งรวมถึงระยะเวลาและความถี่ในการตรวจสอบและบำรุงรักษาด้วย เพื่อให้สามารถลดความเสี่ยงและช่วยป้องกันความเสียหายรุนแรงทั้งทางตรงและทางอ้อม การนำเทคโนโลยีและเครื่องมือตรวจสอบการทำงานมาประยุกต์ใช้เพื่อควบคุมและขจัดปัจจัยที่มีความเสี่ยงให้ได้รับการแจ้งเตือนและรับการแก้ไขอย่างทันท่วงทีจะช่วยให้การป้องกันอุบัติเหตุจากเครื่องจักรหม้อน้ำมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหารและจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักร ปั้นจั่น และหม้อ น้ำ พ.ศ.2564

[2] เอกสารประกอบการบรรยายของกองส่งเสริมเทคโนโลยีความปลอดภัยในโรงงานซึ่งเผยแพร่ในงานเสวนาประจำปีของสมาคมหม้อน้ำและภาชนะรับความดันไทย เมื่อวันศุกร์ที่ 19 พฤศจิกายน พ.ศ.2564

[3] โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านความปลอดภัยแก่สถานประกอบการ,ความปลอดภัยในการใช้งานหม้อน้ำ,คู่มือการใช้งานและดูแลบำรุงรักษาหม้อน้ำ,กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ.2553

[4] ศุภวัฒน์ ธาดาจารุมงคล (2564).*สัมมนาเรื่องกรณีศึกษาอุบัติเหตุจากหม้อน้ำ และภาชนะรับความดัน*.อาคาร วสท.20 พฤศจิกายน 2564

[5] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ สมาคมหม้อน้ำและภาชนะรับความดันไทย.2562.*มาตรฐานการตรวจสอบหม้อน้ำชนิดท่อไฟ*.พิมพ์ครั้งที่1.กรุงเทพฯ.

[6] มานพ นิลรัตน์ และคณะ(2560).*การวิเคราะห์การสูญเสียความร้อนจากฉนวนเสื่อมสภาพโดยประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าสำหรับหม้อไอน้ำของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน*.วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อสกุล นายสุรัตน์ อินทรเพชร
รหัสนักศึกษา 6314770003
ประวัติการศึกษา
สำเร็จการศึกษาระดับ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
แผนกวิชาช่างยนต์
วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่
อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา
ปีการศึกษา 2544
สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ปีการศึกษา 2547
ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน
วิศวกรเครื่องกล แผนกวิศวกรรม
บริษัท ไดนามิค เอ็นยิเนียริ่ง
คอนซัลแตนทส์ จำกัด
งานวิจัยที่สนใจนำเสนอ
บทความวิจัย ME-111: แนวทางการตรวจสอบและบำรุงรักษาเพื่อควบคุมปัจจัยเสี่ยงของการเกิดเหตุเครื่องจักรหม้อน้ำระเบิด
(Guidelines for inspection and maintenance to control the risk factors of boiler explosion)