



การวิเคราะห์รูปแบบการทำงานที่ปลอดภัยสำหรับผู้ปฏิบัติงาน ซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิลแบตเตอรี่ Analysis of safe working model for maintenance operator in battery recycling industry

ประภารัตน์ แดงสุวรรณ^{1,*} และ จิตรา รุกิจการพานิช^{2,*}

Praparatt Dangsuwan^{1,*} and Jittra Rukijkanpanich^{2,*}

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถ.พญาไท เขตปทุมวัน แขวงวังใหม่ กรุงเทพมหานคร 10330

^{1,2}Department of Industrial Engineering Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

Phayathai Road, Pathumwan, Wang Mai, Bangkok, 10330, Thailand

*E-mail: ¹d.praparat@gmail.com, ²mr_chukiat@yahoo.com, Tel.: 094-440-8666

บทคัดย่อ

ผู้ปฏิบัติงานซ่อมบำรุงในโรงงานรีไซเคิลแบตเตอรี่มีความเสี่ยงอันตรายต่อการได้รับพิษจากตะกั่วในบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงาน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หารูปแบบการทำงานที่ความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานซ่อมบำรุง การดำเนินการวิจัยเริ่มจาก 1) การตรวจวัดสภาพแวดล้อมของการปฏิบัติงาน การสังเกตลักษณะการทำงาน การสังเกตพฤติกรรมการทำงานและช่องทางการสัมผัสสารตะกั่ว 2) การประเมินความเสี่ยงอันตรายโดยใช้ FMEA เป็นแนวทางในการประเมินความเสี่ยงเพื่อวิเคราะห์หารูปแบบการทำงานที่ปลอดภัย ผลการศึกษพบว่า ช่องทางการสัมผัสเข้าสู่ร่างกายได้แก่ 1) ระบบทางเดินหายใจโดยการสูดดมควัน ผุ่น ไอระเหย 2) การสัมผัสทางผิวหนังจากของเหลวที่ปนเปื้อนสารตะกั่ว และ 3) ระบบทางเดินอาหารจากมือและร่างกายที่ปนเปื้อนสารตะกั่ว ปัจจัยที่ส่งผลต่อการสัมผัสสารตะกั่ว เรียงลำดับตามโอกาสในการสัมผัสดังนี้ 1) การฟุ้งกระจายของฝุ่นตะกั่ว 2) แหล่งความร้อนที่ทำให้เกิดไอของตะกั่ว 3) พื้นที่เปียกแฉะจากของเหลวที่ปนเปื้อนสารตะกั่ว 4) พฤติกรรมในการทำงาน 5) ระยะเวลาปฏิบัติงาน และ 6) การรับประทานอาหาร ส่วนรูปแบบการทำงานที่ปลอดภัย ได้แก่ 1) การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นตะกั่ว 2) การทำฉากกันความร้อนจากไอตะกั่ว 3) การใช้อุปกรณ์เสริมเพื่ออำนวยความสะดวกในการทำงานของช่างซ่อม 4) การลดเวลาการทำงานสัมผัสกับความร้อน และ 5) การสวมใส่ชุดป้องกัน นอกจากนี้ยังต้องมีมาตรการการเฝ้าระวังสิ่งที่คุกคาม และมาตรการเฝ้าระวังด้านสุขภาพ หลังการดำเนินการใช้รูปแบบการทำงานที่ปลอดภัยเป็นระยะเวลาสิบเดือนพบว่า ปริมาณตะกั่วในเลือดของช่างซ่อมบำรุงมีค่าลดลงจาก 461.70 µg/L (46.17 µg/dL) เหลือ 157.40 µg/L (15.74 µg/dL) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ปกติ

คำสำคัญ: ความเสี่ยงอันตรายของพนักงานซ่อมบำรุง; อันตรายจากการสัมผัสสารตะกั่ว; อุตสาหกรรมการรีไซเคิลแบตเตอรี่; การสัมผัสสารตะกั่ว

ABSTRACT

Maintenance operators in the battery manufacturing and battery recycling industries are at an increased risk of lead poisoning which also contaminates the atmosphere and workspace. The objective of this research is to analyze the working patterns of safety of maintenance operators. Conducting research starts from 1) Measurement of the operating environment Observing the behavior Observing work behavior and lead exposure channels. 2) Hazard risk assessment using FMEA as a risk assessment guideline to analyze safe working patterns. The results showed that the channels of exposure to the body are 1) the respiratory system through inhalation of fumes, dust, vapors, 2) skin contact from liquids contaminated with lead, and 3) the gastrointestinal tract from lead-contaminated hands and bodies. Factors affecting lead exposure according to chance of exposure are as follows: 1) lead dust dispersion 2) heat sources causing lead vapor, 3) wet area from lead contaminated liquid, 4) work behavior, 5) working period, and 6) meal breaks. Preventive measures include 1) installation of equipment to prevent the spread of lead dust, 2) creation of a heat shield from lead vapor, 3) using accessories to facilitate the work of maintenance operators, 4) scheduling work efficiently to reduce working time exposed to heat, and 5) wearing protective clothing. Surveillance measures are divided into threat surveillance measures and health surveillance measures. After taking measurements for a period of ten months, it was found that lead in the maintenance operator's blood was reduced from 461.70 $\mu\text{g/L}$ (46.17 $\mu\text{g/dL}$) to 157.40 $\mu\text{g/L}$ (15.74 $\mu\text{g/dL}$), which is within the normal range.

Keywords: Hazard risks of maintenance operators; Hazard of exposure to lead; Battery recycling industries; Lead exposure

1. ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

ผู้ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมการรีไซเคิลแบตเตอรี่ ย่อมเกิดโรคจากการทำงานจากพิษตะกั่ว [1] งานวิจัยนี้ได้สนใจการศึกษาการทำงานของพนักงานซ่อมบำรุงของโรงงาน หลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้วซึ่งมีโอกาสสัมผัสสารตะกั่วอยู่ตลอดการทำงาน เมื่อตรวจสอบสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานมักพบว่ามีความเข้มข้นของตะกั่วในเลือด เกินค่ามาตรฐาน จากกรณีศึกษาพบว่าพนักงานซ่อมบำรุง ต้องเข้าไปปฏิบัติงานในส่วนที่มีการหลอมตะกั่ว 1-2 ครั้งต่อเดือน ครั้งละ 1-2 วัน ระยะเวลาทำงานวันละ 8 ชั่วโมง เมื่อทำการตรวจเช็คประวัติสุขภาพของพนักงานทั้งหมด 10 คน หลังจากที่เข้าไปปฏิบัติงานเป็นระยะเวลา 1 ปี จากข้อมูลพบว่ามีความเข้มข้นของตะกั่วในเลือดอยู่ในช่วง 192.50 - 461.70 $\mu\text{g/L}$ (19.50 - 46.17 $\mu\text{g/dL}$) ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ทาง

โรงพยาบาลระบุไว้คือไม่ควรเกิน 200 $\mu\text{g/L}$ (20.00 $\mu\text{g/dL}$) แม้ว่าพนักงานบางคนอาจจะมีค่าความเข้มข้นต่ำกว่าเกณฑ์ แต่มีบางรายสูงกว่าเกณฑ์มาก ดังเช่นพนักงานรายหนึ่งมีความเข้มข้นของตะกั่วเท่ากับ 461.70 $\mu\text{g/L}$ หรือ 46.17 $\mu\text{g/dL}$ ทั้งนี้ค่ามาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานสำหรับประเทศไทยกำหนดค่าระดับตะกั่วในเลือดของคนงานกลุ่มที่สัมผัสตะกั่ว ไม่ควรเกิน 40 $\mu\text{g/dL}$ ถ้าสูงเกินกว่า 60 $\mu\text{g/dL}$ จะถูกวินิจฉัยเป็นโรคพิษตะกั่ว [1]-[2]

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าพนักงานซ่อมบำรุงต้องประสบกับโรคที่เกิดพิษสารตะกั่วซึ่งมีอันตรายขั้นรุนแรงต่อระบบการทำงานต่างๆ ของร่างกาย ลักษณะของโรงงานรีไซเคิลแบตเตอรี่นั้นเป็นการหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่เก่า ซึ่งมีมลพิษของสารตะกั่วในลักษณะต่างๆ ได้แก่ ไอควันของตะกั่ว

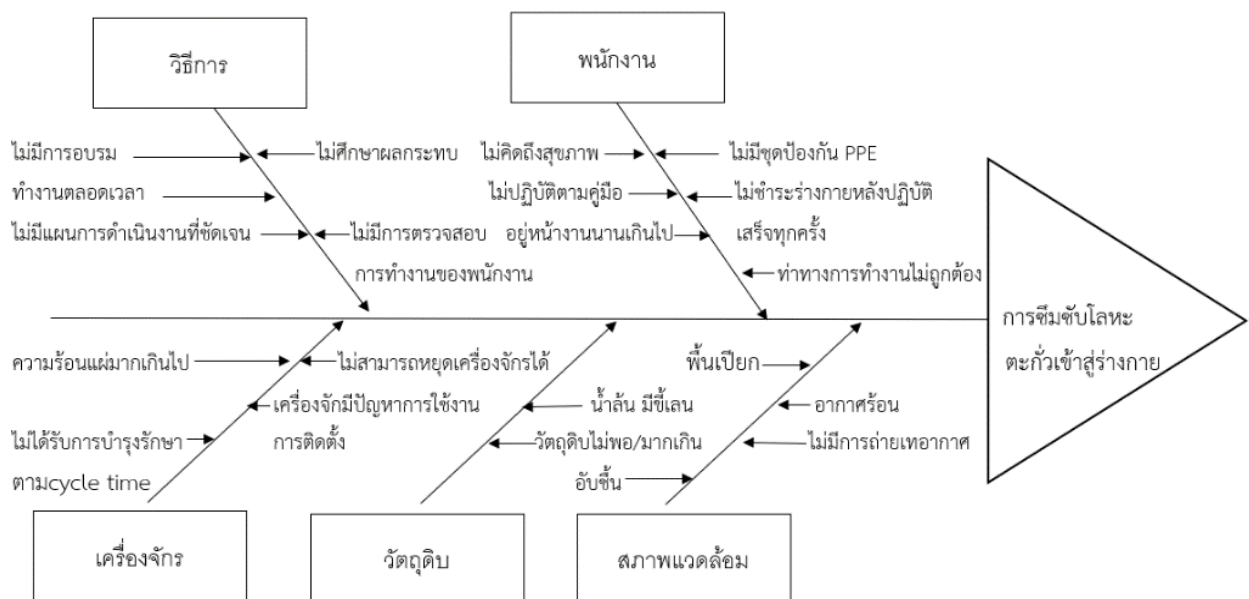
ที่มีโมเลกุลขนาดเล็กที่ดูดซึมผ่านปอดได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ ผู้ปฏิบัติงานยังอาจได้รับฝุ่นตะกั่วที่มีการฟุ้งกระจายติดตามตัว มือ ผิวน้ำแข็ง เสื้อผ้าและภาชนะใส่อาหารและเข้าสู่ร่างกายโดยการกิน [4]-[5]

แหล่งกำเนิดมลพิษสารตะกั่วเริ่มตั้งแต่กระบวนการหลอมตะกั่วจากเตาหลอมจนกระทั่งขั้นตอนการหล่อตะกั่วเป็นแท่ง ซึ่งเป็นกระบวนการสุดท้าย มลพิษที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตนั้นไม่ได้เกิดขึ้นแต่เพียงฝุ่นตะกั่วชนิดเดียว แต่ยังมีฝุ่นละอองรวม (TSP), ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO), ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂), ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) เป็นต้น ปะปนอยู่ด้วย ซึ่งจัดว่าเป็นมลพิษเช่นกัน ดังนั้นการจัดการควบคุมมลพิษทางอากาศของโรงงานย่อมมีความซับซ้อนมากขึ้น

โดยทั่วไปแล้วมีวิธีการทางวิศวกรรมเพื่อการควบคุมมลพิษของตะกั่วในอากาศ เช่น ระบบระบายอากาศ การปิดคลุมพื้นที่ การใช้ระบบเปียก ระบบดูดควันหรือฝุ่น

ไม่เพียงแต่จัดให้มี แต่ต้องคำนึงถึงประสิทธิผลของระบบต่างๆ อย่างใดก็ตามควรต้องสอดคล้องลักษณะการปฏิบัติงานและตำแหน่งที่ปฏิบัติงานของพนักงานที่เกี่ยวข้องในบริเวณนั้นและปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องเป็นสำคัญ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์งานดังแสดงในรูปที่ 1 เพื่อให้ได้รูปแบบการทำงานที่ปลอดภัยซึ่งสัมพันธ์กับปัจจัยต่างๆ เช่น ฝุ่น ไอ ควันและของเหลวของสารตะกั่ว ความร้อนของสภาพแวดล้อมในการทำงาน ลักษณะท่าทางการทำงานของพนักงานซ่อมบำรุงซึ่งมีลักษณะการทำงานที่แตกต่างไปจากพนักงานฝ่ายผลิตทั่วไป เช่น มีท่าทางที่ยากลำบากในการเข้าถึงเครื่องจักร อาจต้องมีการมุด การหมอบ การเอี้ยวตัว และพนักงานซ่อมมักไม่อยู่ประจำที่ใดที่หนึ่ง แต่ต้องเดินไปมาทั่วทั้งบริเวณของกระบวนการ ดังนั้นในการวิเคราะห์หารูปแบบการทำงานที่ปลอดภัยจำเป็นต้องศึกษาถึงแหล่งกำเนิดมลพิษและการวางผังเครื่องจักรในโรงงาน



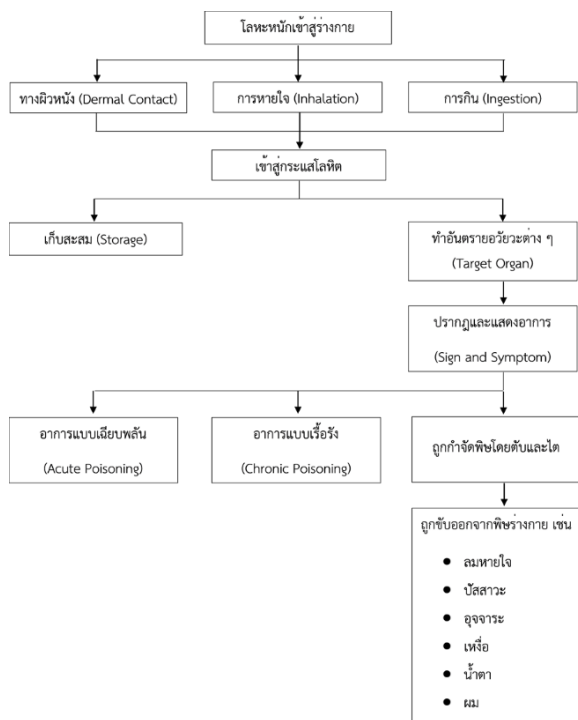
รูปที่ 1 การวิเคราะห์สาเหตุการซึมซับโลหะตะกั่วเข้าสู่ร่างกาย

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โลหะหนัก

ระดับความเป็นพิษของโลหะหนักจะขึ้นอยู่กับลักษณะสมบัติความเป็นพิษของโลหะหนักแต่ละชนิด ขนาด หรือ

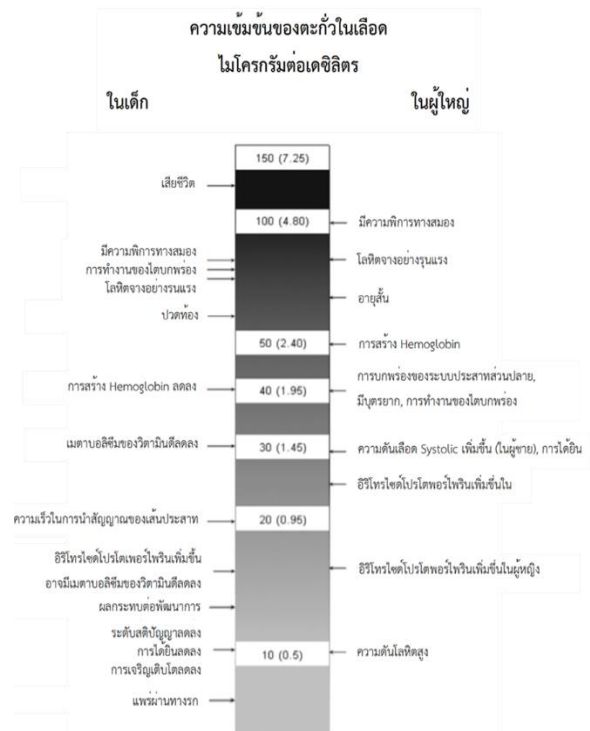
ปริมาณที่ได้รับ อายุ น้ำหนัก และความต้านทานของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด [4] ดังแสดงในรูปที่ 2 และ รูปที่ 3



รูปที่ 2 แผนผังโลหะหนักเข้าสู่ร่างกาย และการกำจัดโลหะหนักออกจากร่างกาย

ตะกั่วทำให้เกิดอันตรายอย่างรุนแรง มีผลต่อหลายระบบของร่างกาย โดยจะมีผลต่อการสร้างเม็ดเลือดในร่างกาย การทำงานของระบบประสาท ไต ระบบทางเดินอาหาร ระบบสืบพันธุ์ และระบบหมุนเวียนโลหิต ตะกั่วจะเข้าสู่ร่างกายได้ 2 ทาง คือ การหายใจ และการกินเข้าทางปาก ส่วนใหญ่การได้รับตะกั่วโดยเกิดจากการหายใจเอาควันและไอระเหยของตะกั่วเข้าไปในร่างกาย ไอควันของตะกั่วมีโมเลกุลเล็กจึงดูดซึมผ่านปอดได้อย่างรวดเร็ว การได้รับตะกั่วจากการกินจากการทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม [5]-[6] แต่เกิดจากฝุ่นตะกั่วที่ติดตามตัวและเสื้อผ้าของผู้ปฏิบัติงานซึ่งทำให้อาหารที่รับประทานอาจมีตะกั่วปนเปื้อน

ประเภทของอุตสาหกรรมที่ผู้ปฏิบัติงานอาจสัมผัสสารตะกั่ว ได้แก่ อุตสาหกรรมผลิตแบตเตอรี่ อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ผลิตภัณฑ์จากแบตเตอรี่ และอาหารที่มีตะกั่วปนเปื้อน เป็นต้น [7]



รูปที่ 3 ระดับความรุนแรงของตะกั่วส่งผลต่อร่างกาย

การป้องกันอันตรายจากสภาพแวดล้อม เช่น ลดปริมาณตะกั่วที่ฟุ้งกระจายในบริเวณทำงาน โดยติดตั้งระบบระบายอากาศเฉพาะที่ เก็บรวบรวมฝุ่น ไอควัน (Fumes) และกำจัดให้ถูกวิธี การรักษาความสะอาดของบริเวณทำงานจะช่วยลดปริมาณการสัมผัสของพนักงาน การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) เมื่อต้องทำงานสัมผัสกับตะกั่วในรูปแบบต่างๆ จัดให้มีห้องน้ำทำความสะอาดร่างกายให้คนงานรักษานามัยส่วนบุคคล มีการตรวจวัดปริมาณตะกั่วในบรรยากาศการทำงานเป็นประจำ และมีการตรวจสุขภาพประจำปี หรือคนที่เสี่ยงมากต้องตรวจสุขภาพทุกๆ 6 เดือน รวมถึงต้องมีการตรวจหาปริมาณตะกั่วในเลือดและในปัสสาวะ [6]-[8]

กระบวนการสกัดตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว จะแบ่งขั้นตอนออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1.) ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ โดยทำการผ่าแบตเตอรี่ จะได้แผ่นธาตุแบตเตอรี่ซึ่งจะถูกแยกออกจากเปลือกแบตเตอรี่ แล้วตวงผสมวัตถุดิบเพื่อเตรียมป้อนเข้าเตาหลอม

2.) ขั้นตอนการหลอม โดยการป้อนวัตถุดิบที่เตรียมไว้
เทลงเตา

3.) ขั้นตอนการทำความสะอาด และการผสม โดยการ
ทำให้น้ำโลหะตะกั่วมีความบริสุทธิ์ขึ้น โดยการให้ความร้อน
หลอมซ้ำที่กระทำทำความสะอาดในอุณหภูมิที่เหมาะสม

4.) ขั้นตอนการหล่อแท่ง น้ำตะกั่วที่ผ่านการทำความสะอาด
แล้วจะถูกส่งมายังเบ้าพิมพ์ เพื่อหล่อเป็นตะกั่ว
แท่ง แล้วนำไปเก็บไว้ในห้องเก็บตะกั่วแท่ง

ไอควันของตะกั่วเกิดขึ้นตั้งแต่กระบวนการหลอม
ตะกั่วจากเตาหลอม การลำเลียงตะกั่วหลอมเหลวจากเตา
หลอมจนถึงขั้นตอนการทำความสะอาดบริเวณกระทำ
ทำความสะอาด และผสมพลวงหรือสารเติมแต่งอื่นๆ ในกระ
ผสมจนถึงขั้นตอนการหล่อตะกั่วเป็นแท่ง

2.2 การประเมินความเสี่ยง

ในระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรมว่าด้วยหลักเกณฑ์
การชี้บ่งอันตราย การประเมินความเสี่ยง และการจัดทำ
แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง พ.ศ. 2543 ได้มีการ
นำเสนอวิธีการต่างๆ ในการดำเนินการศึกษา วิเคราะห์และ
ทบทวนการดำเนินงานโดยทีมงานของโรงงาน พร้อมทั้ง
กำหนดผู้มีความรับผิดชอบของทีมงานของโรงงานที่
ดำเนินการวิธีการจัดทำรายงาน [9]

การวิเคราะห์และจัดลำดับความเสี่ยง โดยประเมิน
จากโอกาสที่จะเกิดความเสี่ยง (Likelihood) และความ
รุนแรงของผลกระทบจากเหตุ การณ์ ความเสี ยง
(Consequences) ต่อการบรรลุวัตถุประสงค์ของ
กระบวนการทำงานของหน่วยงานหรือองค์กร

การจัดลำดับความสำคัญความเสี่ยง (Risk Matrix) มี
ส่วนที่ทำให้การบริหารจัดการความเสี่ยงสามารถทำได้
มีประสิทธิภาพ และประสิทธิผล เนื่องจากทำให้สามารถ
แก้ไขปัญหาได้อย่างตรงจุด และทำให้การแก้ปัญหาไม่มี
มากเกินไป เนื่องมาจากได้มีการจัดลำดับความสำคัญ
ของปัญหา [10]

ทั้งนี้ ความเสี่ยง = โอกาส (L) x ความรุนแรง (C)

2.3 อันตรายจากความร้อน

การทำงานอย่างหนักภายใต้สภาพอากาศที่มีความ
ร้อนย่อมก่อให้เกิดอันตรายได้ง่าย เช่น การทำงานใกล้เตา

หลอม ถ้าวางกายไม่สามารถจัดความร้อนออกไปได้ทันจะ
มีผลต่อร่างกายหลายอย่าง เช่น อ่อนเพลีย เป็นลม เป็น
ตะคริว โรคจิต ประสาท ฯลฯ และความร้อนที่มากเกินไป
ยังส่งผลกระทบต่อความสามารถในการทำงาน ก่อให้เกิด
ความเครียด เพิ่มความเหนื่อยล้า นอกจากนี้ อาจทำให้
ผลผลิตลดลง เกิดความผิดพลาดมากขึ้นและก่อให้เกิด
อุบัติเหตุได้

นอกจากนี้ การทำงานบริเวณหน้าเตาหลอม
ยังก่อให้เกิดควัน ไอ และฝุ่นละอองของสารตะกั่ว การได้รับ
ควัน ไอ หรือฝุ่นละอองเหล่านี้จะทำให้เกิดการสะสมของ
ตะกั่วภายในร่างกาย และหากได้รับในปริมาณมากอาจ
ก่อให้เกิดโรคพิษตะกั่วได้

การจัดทำระดับความร้อน (Heat Contour) ในการ
ออกแบบการทำงานเกี่ยวกับความร้อนนั้น โดยให้นำทฤษฎี
บริการจัดทำแผนที่เสียง (Noise Contour) มาประยุกต์ใช้
ในการจัดทำระดับความร้อน โดยทำเป็นแผนที่ระดับความ
ร้อน ช่วยทำให้เราเข้าใจและเห็นภาพรวมของระดับความ
ร้อนที่เกิดขึ้นทั้งพื้นที่ที่มีการจัดทำ ทำให้เข้าใจสภาพปัญหา
ที่เกิดขึ้น และนำข้อมูล Heat contour ที่ได้ไปวางแผนและ
บริหารจัดการกับปัญหาความร้อนที่เกิดขึ้นได้ต่อไป โดยมี
การนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตที่ก่อให้เกิดความร้อนสูง
ได้ เพื่อลดความเสี่ยงด้านสมรรถภาพการทำงานของ
พนักงาน รวมถึงปัญหาสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นได้จากความ
ร้อน [11]

2.4 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis: FMEA)

เป็นเทคนิคการชี้บ่งอันตรายที่ใช้ในการวิเคราะห์
ในรูปแบบความล้มเหลวและผลกระทบที่เกิดขึ้นก่อนการ
เกิดเพื่อป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เป็นเครื่องมือ
สำหรับประเมินผลกระทบและบ่งชี้ข้อบกพร่องของ
ส่วนประกอบ หรือฟังก์ชัน ซึ่งสามารถนำไปสู่การหาสาเหตุ
และแก้ไขปัญหา อันตรายหรือข้อบกพร่องก่อนการเกิด เป็น
การอุดช่องโหว่ของอันตรายที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้า หลักการ
ของ FMEA คือระบุอันตรายที่น่าจะเกิดขึ้น หาผลกระทบที่
เป็นไปได้ หาสาเหตุที่น่าจะเป็นไปได้ เพื่อนำไปสู่การ

วางแผนป้องกัน และมีจุดประสงค์หลักก็เพื่อลดโอกาสการเกิดข้อบกพร่องในการออกแบบหรือฟังก์ชัน [12]

2.5 การวิเคราะห์อันตรายในงาน (Job Hazard Analysis: JHA)

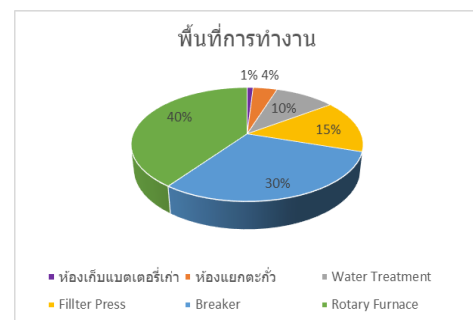
การวิเคราะห์อันตรายในงาน คือ กระบวนการหรือเทคนิคเชิงรุกที่จะพุ่งเป้าไปยังงานที่มีลักษณะพิเศษ (Special Tasks) เพื่อที่จะค้นหาหรือแจกแจง (Identification) อันตราย ก่อนที่จะเกิดเหตุการณ์ขึ้น โดยมองถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวผู้ปฏิบัติงาน งานที่ทำ กระบวนการ/ปฏิบัติการหรือระบบ เครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ต่าง ๆ และสภาพแวดล้อมในการทำงาน เมื่อแจกแจงอันตรายต่าง ๆ แล้ว ก็จะนำไปประเมินลำดับความสำคัญและพิจารณาแก้ไข หรือจัดสรรมาตรการที่เหมาะสมและเพียงพอในการขจัด ลด ป้องกัน หรือควบคุมอันตรายในงานเหล่านั้น ให้มีความเสี่ยง (Risks) ที่จะเกิดอุบัติเหตุน้อยที่สุด หรืออยู่ในระดับที่ยอมรับได้ [12]-[14]

3. ระเบียบวิธีวิจัย (Methodology)

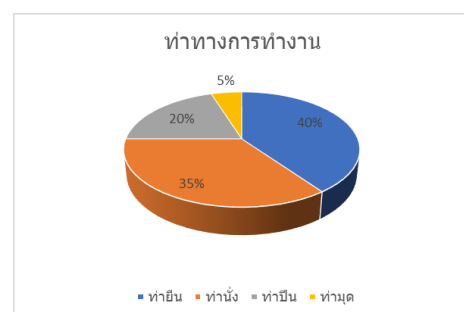
งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการทำงานของพนักงานซ่อมบำรุงที่ปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในเลือดที่เกินค่ามาตรฐาน โดยค่ามาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานสำหรับประเทศไทยกำหนดค่าระดับตะกั่วในเลือดของพนักงานกลุ่มที่สัมผัสตะกั่วไม่ควรเกิน 40 µg/dL จากการเข้าไปดูผลงานในส่วนของฝ่ายซ่อมบำรุงของโครงการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว รวมถึงการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการสัมผัสตะกั่ว และการออกแบบการทำงานของพนักงานซ่อม

ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย มีรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 6 โดยเริ่มต้นจากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม และทำการวัดพื้นที่ปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุงดังแสดงในรูปที่ 4 โดยเฉพาะอย่างยิ่ง

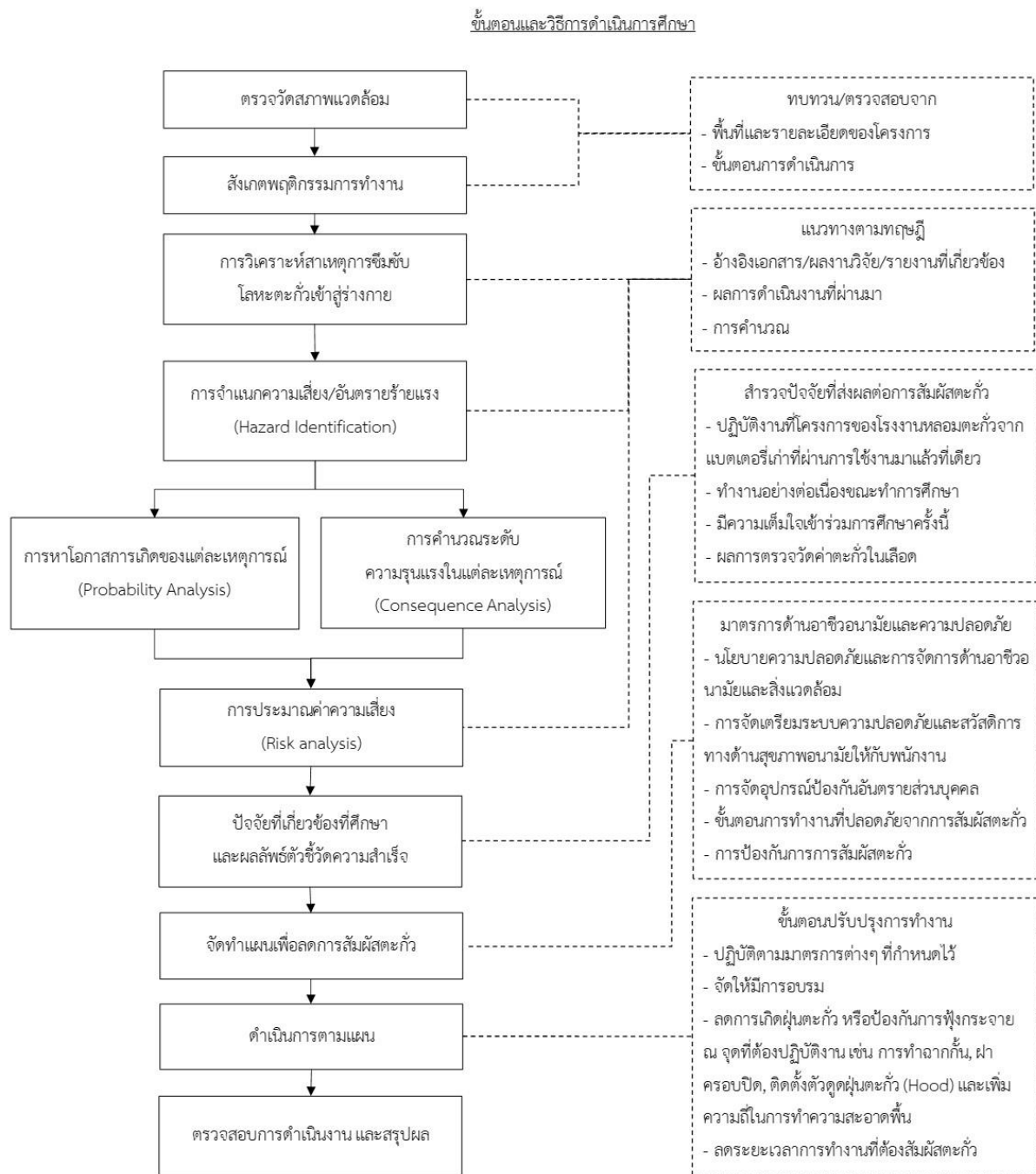
ระดับความร้อนของพื้นที่การทำงานดังแสดงในรูปที่ 7 จากนั้นทำการวิเคราะห์กิจกรรมในการปฏิบัติงานดังแสดงในตารางที่ 1 เพื่อนำมาวิเคราะห์ร่วมกับค่าความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศและระดับความร้อนบริเวณพื้นที่การทำงานดังแสดงในตารางที่ 2 และตารางที่ 3 ตามลำดับ โดยพิจารณาเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานในแต่ละบริเวณที่ปฏิบัติงาน ลักษณะท่าทางการทำงานดังแสดงในรูปที่ 5 ทำการประเมินความเสี่ยงดังตารางที่ 4 และตารางที่ 5 โดยใช้ FMEA เป็นแนวทางเพื่อวิเคราะห์หารูปแบบการทำงานที่ปลอดภัยเพื่อป้องกันและลดการสัมผัสสารตะกั่ว จากนั้นวางแผนร่วมกับผู้บริหารโรงงานและ เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพ เพื่ออนุมัติให้ดำเนินการปรับปรุงรูปแบบการทำงานของช่างซ่อมบำรุง ทำการดำเนินการตามแผนการปรับปรุงรูปแบบการทำงานที่ปลอดภัยและทำการวัดผลการปรับปรุง



รูปที่ 4 สัดส่วนพื้นที่การทำงานของพนักงานซ่อมบำรุง



รูปที่ 5 สัดส่วนท่าทางการทำงานของพนักงานซ่อมบำรุง



รูปที่ 6 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการศึกษา

ตารางที่ 1 ปริมาณความเข้มข้นในอากาศของปริมาณฝุ่นบริเวณโครงการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้วของแต่ละกิจกรรม

กิจกรรม	เวลาของแต่ละกิจกรรม (นาท)	ปริมาณความเข้มข้นในอากาศ (mg/m ³)			
		ฝุ่นทุกขนาด		ฝุ่นที่หายใจเข้าปอดได้	
		ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด
- ผ่าและแยกแบตเตอรี่เก่า	60	0.086	0.379	0.047	0.094
- ผสมวัตถุดิบ	30	1.074	1.904	0.133	0.313
- ตักวัตถุดิบที่ผสมแล้ว	30	1.057	1.907	0.207	0.374
- ป้อนเข้าเตาหลอม					
- กวาดพื้นโรงผสมตะกั่ว	40	0.134	1.374	0.019	0.249
- ป้อนวัตถุดิบเข้าเตาหลอม	40	0.303	1.047	0.067	0.356
- หลอมตะกั่วในเตาหลอม	60	0.040	0.936	0.020	0.256
- เทตะกั่วที่หลอมละลายและเทขึ้นตะกรัน	40	0.126	0.294	0.010	0.136
- ปฏิบัติงานในห้องควบคุม	120	0.052	0.097	0.038	0.083
- ปล่องปล่อยสู่อากาศ	-	34.8	242.5	-	-
TWA ที่คำนวณได้		0.239	0.746	0.054	0.194
จำนวนร้อยละเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน		72.3	226.2	16.3	58.7

* มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปกำหนดค่ามาตรฐานไว้ ไม่เกิน 0.33 mg/m³

* มาตรฐานค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงานกำหนดค่ามาตรฐานไว้ ไม่เกิน 320 mg/m³

ตารางที่ 2 ความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศบริเวณโครงการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว ณ จุดปฏิบัติงานต่างๆ

บริเวณปฏิบัติงาน	ปริมาณความเข้มข้นในอากาศ (mg/m ³)			
	Pb		SO ₂	
	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด
- ผ่าและแยกแบตเตอรี่เก่า	0.029	0.113	-	-
- หน้าเตาหลอม	0.091	0.216	0.048	0.355
- เตาทำความสะอาดโลหะตะกั่ว	0.076	0.193	0.096	0.425
- ห้องควบคุม	0.010	0.076	0.011	0.042
- ปล่องปล่อยสู่อากาศ	2.71	32	6.2	180.7

* มาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการประกอบกิจการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่เก่า ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2544 กำหนดให้ไม่เกิน 0.15 mg/m³

* การกำหนดค่ามาตรฐานปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในสถานประกอบการในหน่วยงานต่างประเทศ ได้แก่ OSHA, NIOSH และ ACGIH กำหนดปริมาณสารตะกั่วในบรรยากาศการทำงาน มีความเข้มข้นเฉลี่ยต้องไม่เกิน 0.05 mg/m³

ตารางที่ 3 ผลการตรวจวัดระดับความร้อนภายในสถานประกอบการในสภาพปัจจุบัน

ดัชนีที่ตรวจวัด	สถานที่ตรวจวัดระดับความร้อน (°C)				
	เตาหลอม	ระบบหล่อเย็น	กระทะผสม	เข้าหล่อแท่งตะกั่ว	After Burner
DB	36.0	35.0	37.0	37.0	43.0
WBGT	36.8	35.0	34.6	34.3	47.4
มาตรฐาน DB	45.0				
มาตรฐาน WBGT	30.0	34.0	32.0	32.0	34.0

* มาตรฐาน: มาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (ความร้อน) ประกาศกระทรวงมหาดไทย พ.ศ.2519

* มาตรฐาน: มาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการประกอบกิจการโรงงานเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อมในการทำงาน (หมวด 1: ความร้อน: ลักษณะงานเบา, ลักษณะงานปานกลาง, ลักษณะงานหนัก) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2546

ตารางที่ 4 ผลการประเมินความเสี่ยงและระดับการจัดลำดับความเสี่ยง

No.	ความเสี่ยงในแต่ละขั้นตอน	โอกาสสัมผัสตัว (L)	ความรุนแรง (C)	คะแนนความเสี่ยง (L x C)	ระดับความเสี่ยง
1.	รับแบตเตอรี่เก่า	1	1	1	L
2.	ผ่าและแยกแบตเตอรี่เก่า	2	4	8	H
3.	การหลอม (รวมขั้นตอนการเทวัตถุดิบ/การเจาะ Slag และน้ำตะกั่วออกจากเตา)	4	4	16	E
4.	การทำความสะอาดน้ำตะกั่วและการผสมตะกั่ว	4	4	16	E
5.	การหล่อแท่ง	3	4	12	E
6.	การโยกย้ายตะกั่วแท่ง, Slag, ชีตะกั่ว และฝุ่นไปเก็บยังสถานที่จัดเก็บ	3	4	12	E
7.	การพักรับประทานอาหาร	1	1	1	L

*E (Extreme) คือ ระดับสูงมาก อยู่ช่วง 12-16 คะแนน

* H (High) คือ ระดับสูง ช่วงคะแนน 8-11 คะแนน

* M (Medium) คือ ระดับปานกลาง ช่วงคะแนน 4-7 คะแนน

* L (Low) คือ ระดับต่ำ ช่วงคะแนน 1-3 คะแนน

ตารางที่ 5 ระดับความเสี่ยง (Level of Risk) แสดงเป็น Risk matrix

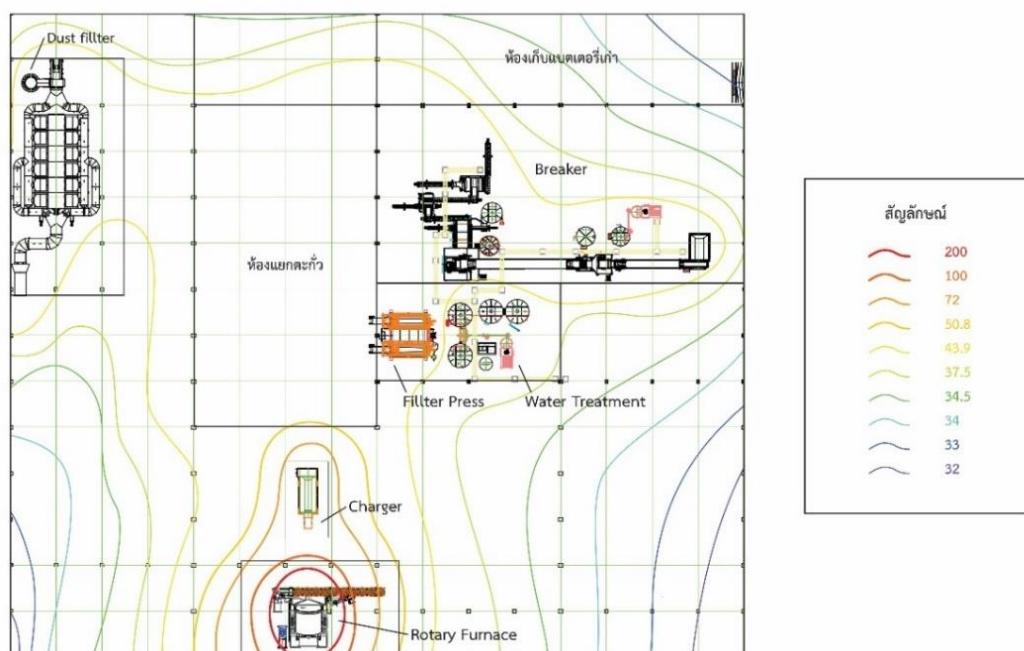
Likelihood (L)	Consequences (C)			
	Low (L)	Medium (M)	High (H)	Extreme (E)
Extreme (E)	4	8	12	16
High (H)	3	6	9	12
Medium (M)	2	4	6	8
Low (L)	1	2	3	4

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับโรงงานที่เข้าไปทำการศึกษา เพื่อวางแผนการชี้แจงให้ทราบถึงผลประโยชน์ที่จะได้รับจากการดำเนินงานในครั้งนี้อย่างแสดงในตารางที่ 9 เพื่อเข้าพบผู้บริหารโรงงาน เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพ เพื่อแจ้งวัตถุประสงค์ในการศึกษาและชักชวนให้ทางผู้บริหารโรงงานให้ความร่วมมือ นอกจากเพื่อประโยชน์ของผู้รับเหมางานซ่อมบำรุงแล้วยังรวมถึงประโยชน์ของพนักงาน และสภาพแวดล้อมของโรงงานได้อีกด้วย โดยจะดำเนินการจัดการในด้านต่างๆดังนี้

4.1 มลพิษและการควบคุม

แหล่งกำเนิดมลสารทางอากาศที่สำคัญของโครงการจะเกิดขึ้นในขั้นตอนกระบวนการหลอมตะกั่วจากเตาหลอม การลำเลียงตะกั่วหลอมเหลวจากเตาหลอมจนถึงขั้นตอนการทำความสะอาดบริเวณกระแทกทำความสะอาด และผสมพลวงหรือสารเติมแต่งอื่นๆในกระแทกผสมจนถึงขั้นตอนการหล่อตะกั่วเป็นแท่ง มลสารที่เกิดขึ้นจะประกอบไปด้วยฝุ่นละอองรวม (TSP), ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO), ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂), ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) และตะกั่ว (Pb) ดังแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ตามลำดับ



รูปที่ 7 เส้นระดับความร้อนที่ได้จากการสำรวจความร้อน

4.1.1 มาตรการวิเคราะห์หิมพิษและการควบคุม

จากการวิเคราะห์ เมื่อเกิดการฟุ้งกระจายตัวของมลสารเหล่านั้น สิ่งที่สำคัญและจำเป็นต้องเร่งดำเนินการที่สุดคือฝุ่นตะกั่ว เนื่องจากฝุ่นตะกั่วเป็นอันตรายต่อสุขภาพของพนักงานจึงต้องหาทางป้องกัน ดังนี้

1. การใช้ความรู้ด้านวิศวกรรม โดยการออกแบบมาป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้น โดยการ

- การปิดคลุมกระบวนการผลิตหรืออุปกรณ์ ได้แก่ จัดทำฝาครอบและฝาครอบรางลำเลียงในแต่ละบริเวณภายในโรงงาน ทำฉากกันเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นตะกั่ว

- การใช้ระบายอากาศอากาศเฉพาะที่ดูดมลสารออกจากพื้นที่ปฏิบัติงาน ได้แก่ ติดตั้งระบบรวบรวมเพื่อรวบรวมฝุ่นตะกั่วและไอน้ำไปบำบัดด้วยระบบบำบัดอากาศเสีย การติดตั้งระบบรวบรวมฝุ่นตะกั่วบริเวณหัวและท้ายสายพานแต่ละสาย การติดตั้งตัวดูดควันที่บริเวณเตาหลอม

- การใช้ระบบระบายอากาศทั่วไป ได้แก่ พัดลมระบายอากาศ

- การลดปัญหาเรื่องฝุ่นหรืออันตรายจากฝุ่นโดยใช้ระบบเปียก หรือใช้ระบบถูกรอง ได้แก่ การสเปรย์น้ำ

บริเวณสายพานลำเลียงเปลือก การใช้ถุงกรองฝุ่นและทำฝาปิดให้มิดชิด การลดขนาดช่องเปิดปากเตาให้เล็กลงเพื่อลดการฟุ้งกระจาย จัดให้มีเครื่องดูดฝุ่นบริเวณพื้นและถนนภายในโรงงาน

2. การควบคุมทางด้านการบริหารจัดการ

- การฝึกอบรมให้ความรู้ถึงอันตรายจากสารเคมี การใช้งาน การอัดเก็บ และการปฐมพยาบาล เป็นต้น

- จัดช่วงเวลาการทำงาน

- การหมุนเวียนสับเปลี่ยนคนงาน

- การทำความสะอาดสถานที่ทำงาน

- การตรวจสอบสุขภาพก่อนเข้าทำงาน ตรวจสอบสุขภาพประจำปี และตรวจสอบสุขภาพหลังจากทำงาน

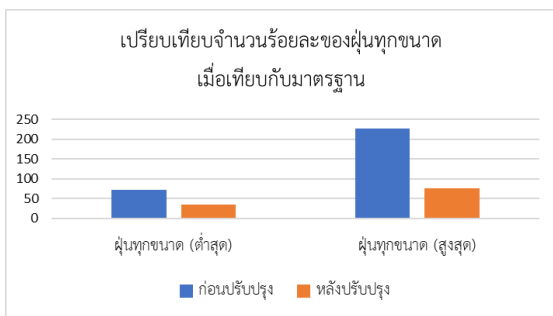
3. ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล Personal Protective Equipment (PPE) มีการติดป้ายเตือนให้สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลตามความเหมาะสมกับลักษณะกิจกรรมและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในพื้นที่นั้นๆ

- ที่กำบังหน้า (Face Shield) หรือแว่นตานิรภัย (Goggles) หรือครอบตานิรภัย (Goggles)

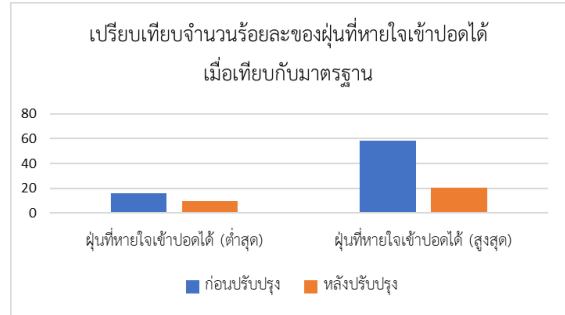
- หน้ากากกันสารเคมี / ชุดป้องกันสารเคมี / ถุงมือป้องกันสารเคมี/รองเท้านิรภัย หรือ รองเท้าบูทกันสารเคมี

จากผลการดำเนินการสามารถวิเคราะห์โดยสรุปผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังดำเนินการ โดยที่ปริมาณฝุ่นทุกขนาด (ต่ำสุด) ลดลงมา 52.15% และปริมาณฝุ่นทุกขนาด (สูงสุด) ลดลงมา 65.94% ดังที่แสดงในรูปที่ 8 และปริมาณฝุ่นที่หายใจเข้าปอดได้ (ต่ำสุด) ลดลงมา 40.26% และปริมาณฝุ่นที่หายใจเข้าปอดได้ (สูงสุด) ลดลงมา 64.78% ดังที่แสดงในรูปที่ 9

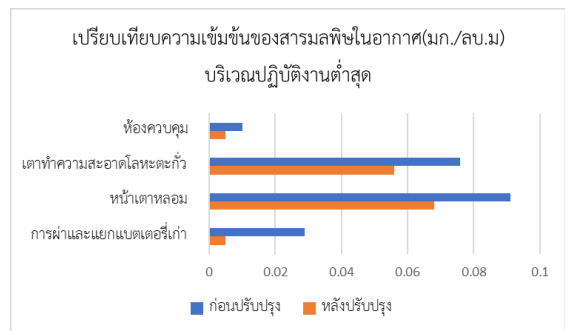
และจากผลการเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศ (มก./ลบ.ม) บริเวณปฏิบัติงานต่ำสุด ได้แก่ บริเวณการผ่าและแยกแบตเตอรี่เก่า บริเวณหน้าเตาหลอม บริเวณเตาทำความสะอาดโลหะตะกั่ว และบริเวณห้องควบคุม ลดลงมา 82.76%, 25.27%, 26.32% และ 50.00% ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 10 ส่วนผลการเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศ (มก./ลบ.ม) บริเวณปฏิบัติงานสูงสุด ได้แก่ บริเวณการผ่าและแยกแบตเตอรี่เก่า บริเวณหน้าเตาหลอม บริเวณเตาทำความสะอาดโลหะตะกั่ว และบริเวณห้องควบคุม ลดลงมา 20.35%, 53.70%, 41.97% และ 6.58% ตามลำดับ ดังที่แสดงในรูปที่ 11



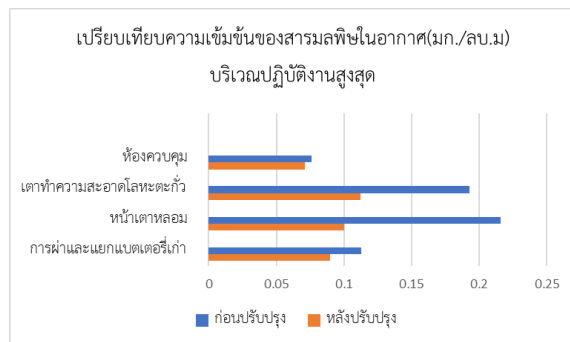
รูปที่ 8 ผลการเปรียบเทียบจำนวนร้อยละของฝุ่นทุกขนาดเมื่อเทียบกับมาตรฐาน



รูปที่ 9 ผลการเปรียบเทียบจำนวนร้อยละของฝุ่นที่หายใจเข้าปอดได้เมื่อเทียบกับมาตรฐาน



รูปที่ 10 ผลการเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศ(มก./ลบ.ม) บริเวณปฏิบัติงานต่ำสุด



รูปที่ 11 ผลการเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศ(มก./ลบ.ม) บริเวณปฏิบัติงานสูงสุด

4.1.2 การวิเคราะห์แนวทางการควบคุมสภาพความร้อนจากสิ่งแวดล้อมในการทำงาน

1.การใช้ความรู้ด้านวิศวกรรม โดยการออกแบบมาป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้น โดยการ

- การใช้ฉนวนหุ้มแหล่งกำเนิดความร้อนและการใช้ฉากกันป้องกันรังสีความร้อนระหว่างตัวผู้ปฏิบัติงานกับแหล่งความร้อน ได้แก่ ทำฉากอลูมิเนียมกันบริเวณ

เตาหลอมและบริเวณที่เป็นแหล่งความร้อน จัดทำฝาครอบ และฉาบกั้นเพื่อป้องกันความร้อนที่แผ่ออกมา

- ปรับลดการเปิดฝาทะลึงเหลือเพียง 1 ใน 4 ของฝา และมีการปรับค่าความเร็วลมที่ใช้ในการออกแบบเพิ่มขึ้น

- เปลี่ยนฝาเตาจาก Burner แบบธรรมดา เป็นแบบ Oxygen burner เพื่อหลอมให้เร็วและแรงขึ้น แต่ป้องกันความร้อนไหลออกสู่ภายนอกได้ดีกว่าแบบธรรมดา

- จัดให้มีที่เปิด-ปิดแฉมเปอร์อัดโนมิติที่บริเวณ Dust filter เพื่อระบายอากาศอุณหภูมิในท่อ และป้องกันฝุ่นตะกั่ว ปิดกั้นอากาศในระบบไม่ให้ไปยังบริเวณที่ไม่มีการใช้งาน

- การจัดระบบระบายอากาศเฉพาะที่ดูดเอาความร้อนที่แหล่งกำเนิดออกนอกพื้นที่การทำงาน ได้แก่การติดตั้ง Hood ในจุดต่างๆที่เป็นแหล่งกำเนิดความร้อน

- การติดตั้งพัดลมระบายอากาศ ทำให้อากาศมีการไหลเวียนจะช่วยทำให้การระบายเหงื่อของผู้ปฏิบัติงานดีขึ้น ทำให้เกิดความปลอดภัยมากขึ้น

- การให้ความเย็นเฉพาะจุด เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานได้รับความเย็น ณ จุดการปฏิบัติงาน

2. การควบคุมทางด้านการบริหารจัดการ

- อบรมให้ความรู้ด้านสุขภาพอนามัยและความปลอดภัย

- จัดช่วงเวลาการทำงาน โดยจำกัดเวลาในการทำงานในที่ร้อน และเพิ่มเวลาพัก โดยใช้ผลการตรวจวัดระดับความร้อนภายในสถานประกอบการในสภาพปัจจุบัน หลังจากมีการปรับปรุงกระบวนการดังตารางที่ 6 เพื่อมาประเมินการจัดช่วงเวลาการทำงานของพนักงานในตารางที่ 7 โดยพิจารณาข้อมูลการทำงาน ลักษณะของงานว่าเป็นงานประเภทใด และมีความคุ้นเคยกับงานหรือไม่ และนำไปเทียบกับค่าความร้อนในรูป Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) และ Dry bulb temperature (DB) เพื่อประเมินเวลาทำงานและเวลาพักที่เหมาะสม

- การจัดเวลาทำงานของพนักงานให้เหมาะสม

- ลดอุณหภูมิจากกระบวนการเผาผลาญของร่างกาย โดยใช้เครื่องพ่นแรง

- จัดให้มีห้องพักผ่อนระหว่างการทำงานปฏิบัติที่มีอุณหภูมิเย็นสบาย

- จัดน้ำดื่มและน้ำเกลือแร่ให้ผู้ปฏิบัติงาน

- การตรวจสุขภาพพนักงานประจำปี

3. ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล มีการติดป้ายเตือนให้สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันตามความเหมาะสมกับลักษณะกิจกรรมและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในพื้นที่นั้นๆ

- ชุดป้องกันความร้อน ป้องกันสะเก็ดไฟ รองเท้านิรภัย และการแผ่รังสีความร้อน

- ถุงมือกันความร้อน โดยใช้ถุงมือหนัง เพราะถุงมือหนังเหมาะสำหรับการป้องกันอันตรายที่อุณหภูมิสูง หรือลักษณะที่มีสะเก็ดไฟ หรือ ใช้ถุงมือผ้าฝ้ายในการป้องกันอุณหภูมิที่ไม่สูงนักประมาณไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส ข้อดีของถุงมือผ้าฝ้ายสามารถระบายเหงื่อได้ดี ลดการอักเสบของผิวหนังได้

ตารางที่ 6 ผลการตรวจวัดระดับความร้อนภายในสถาน

ประกอบการในสภาพปัจจุบัน หลังจากมีการปรับปรุง

ดัชนีที่ตรวจวัด	สถานที่ที่ตรวจวัดระดับความร้อน (°C)				
	เตาหลอม	ระบบหล่อเย็น	กระทะผสม	เบ้าหล่อแท่งตะกั่ว	After Burner
DB	32.5	33.5	33.5	33.0	38.0
WBGT	29.5	28.8	31.2	30.5	33.0
มาตรฐาน DB	45.0				
มาตรฐาน WBGT	30.0	34.0	32.0	32.0	34.0

* มาตรฐาน: มาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (ความร้อน) ประกาศกระทรวงมหาดไทย พ.ศ.2519

* มาตรฐาน: มาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการประกอบกิจการโรงงานเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อมในการทำงาน (หมวด 1: ความร้อน: ลักษณะงานเบา, ลักษณะงานปานกลาง, ลักษณะงานหนัก) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2546

ตารางที่ 7 ค่าที่ยอมให้สัมผัสความร้อนได้ซ้ำแล้วซ้ำอีก (Permissible Heat Exposure Threshold Limit Values)

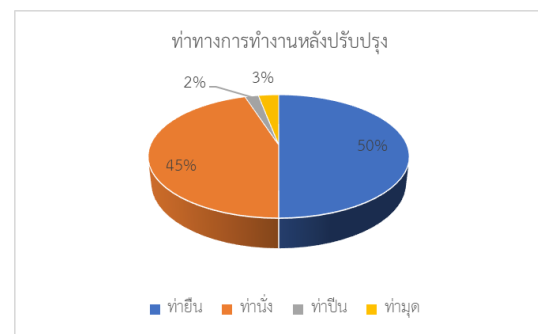
ลักษณะงาน (Work Load)	เวลาทำงาน-เวลาพัก ต่อชั่วโมง	WBGT (°C)	
		ไม่ คั่นเคย	คั่นเคย
งานเบา	ทำงานต่อเนื่อง 100%	27.5	29.5
	ทำงาน 75% พัก 25%	29.0	30.5
	ทำงาน 50% พัก 50%	30.0	31.5
	ทำงาน 25% พัก 75%	31.0	32.5
งานปานกลาง	ทำงานต่อเนื่อง 100%	25.0	27.5
	ทำงาน 75% พัก 25%	26.5	28.5
	ทำงาน 50% พัก 50%	28.0	29.5
	ทำงาน 25% พัก 75%	29.0	31.0
งานหนัก	ทำงานต่อเนื่อง 100%	22.5	26.0
	ทำงาน 75% พัก 25%	24.5	27.5
	ทำงาน 50% พัก 50%	26.5	28.5
	ทำงาน 25% พัก 75%	28.0	30.0
งานหนักมาก	ทำงานต่อเนื่อง 100%	-	-
	ทำงาน 75% พัก 25%	-	-
	ทำงาน 50% พัก 50%	25.0	27.5
	ทำงาน 25% พัก 75%	26.5	29.5

การทำงานของพนักงานซ่อมบำรุงนั้นจัดเป็นงานปานกลาง จึงควรจัดให้ลักษณะการทำงานเป็นแบบเดียวกับการทำงานในระบบการผลิตของโรงงาน พิจารณาตามลักษณะงาน (Work Load) ดังแสดงในตารางที่ 7 โดยจัดการทำงานในระบบ 25% พัก 75% ใน 1 ชั่วโมง รวมแล้วต่อ 1 วัน พนักงาน 1 คนจะทำงานไม่เกิน 2 ชั่วโมง แต่พนักงานไม่ได้ปฏิบัติงานตลอด ดังนั้นผลกระทบเนื่องจากความร้อนต่อสุขภาพของพนักงานจึงอยู่ในระดับที่ไม่รุนแรงและสามารถป้องกันได้

4.2 การวิเคราะห์พฤติกรรมการทำงานและการป้องกันควบคุมอันตรายด้านกายศาสตร์

ปัญหาทางด้านการยศาสตร์ในสถานที่ทำงานมักเกิดจากการออกแบบสถานที่ปฏิบัติงานที่ไม่เหมาะสม เช่น ต้องมีการใช้กล้ามเนื้อจนเกิดขีดความสามารถของร่างกาย เนื่องจากมีการทำงานในลักษณะท่าทางที่ผิดธรรมชาติ โดยการยึดเหยียดกล้ามเนื้อมากเกินไป การบิดเอี้ยวตัวที่ผิด

ธรรมชาติ การปฏิบัติงานในท่าทางเดิมๆ ซ้ำๆ เป็นเวลานานๆตลอดการปฏิบัติงาน เนื่องจากการทำงานแต่ละสถานงานไม่เหมาะสม ส่งผลให้เกิดความเมื่อยล้าจากการปฏิบัติงาน จากรูปที่ 12 จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการดำเนินการตามมาตรการแล้ว พบว่าท่าทางการทำงานของพนักงานมีการเปลี่ยนไปเนื่องจากการเพิ่มรบกวนได้รอบเครื่องจักรและอุปกรณ์เสริมต่างๆ เพื่อช่วยในการทำงานให้ทำงานได้สะดวกยิ่งขึ้น โดยเฉพาะท่าที่ยากลำบากต่อการทำงาน ได้แก่ ท่าป็น และท่ามุด ซึ่งลดลงไปถึง 90% และ 40% ตามลำดับ และใช้ท่าทางการยืนและนั่งทำงานเพิ่มขึ้น 25% และ 28% ตามลำดับ จากข้อมูลแม้มีการเพิ่มขึ้นของท่ายืนและท่านั่ง แต่ก็ช่วยส่งผลให้พนักงานทำงานสะดวกยิ่งขึ้น และช่วยลดความเมื่อยล้าจากการทำงานในท่าทางที่ไม่เหมาะสมได้

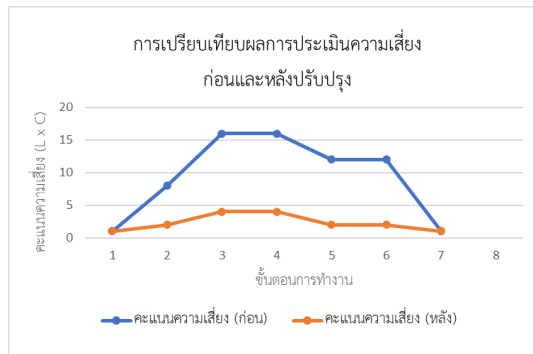


รูปที่ 12 สัดส่วนท่าทางการทำงานของพนักงานซ่อมบำรุงหลังปรับปรุง

4.3 การวิเคราะห์ความเสี่ยงหลังจากการดำเนินการตามมาตรการ

จากการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่กล่าวมาข้างต้นนี้ ทำให้เห็นว่าลักษณะการทำงานส่วนใหญ่ พนักงานจะมีการสัมผัสทางการหายใจโดยการสูดดมฝุ่นตะกั่ว เมื่อสัมผัสเป็นระยะเวลานานจะมีผลกระทบต่อสุขภาพ คือ เกิดการสะสมของปริมาณตะกั่วในเลือด จึงควรมีมาตรการในการควบคุมป้องกันการสัมผัสตะกั่วของพนักงาน และจากผลการควบคุมป้องกันการสัมผัสตะกั่วโดยเริ่มปรับปรุงจากจุดที่มีความเสี่ยงมาก ได้แก่ การหลอม, การทำความสะอาดและการผสมตะกั่ว, การหล่อแท้ง, การย้ายตะกั่วแท้ง, ผ่าและ

แยกแยะเตอร์เกา ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าผลของการประเมินความเสี่ยงหลังปรับปรุงลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนปรับปรุง ดังแสดงในรูปที่ 13



รูปที่ 13 การเปรียบเทียบผลการประเมินความเสี่ยงก่อนและหลังปรับปรุง

จากงาน The Consistency of Using Failure Mode Effect Analysis (FMEA) on Risk Assessment of Information Technology [16] จะเห็นได้ว่าระดับความ

เสี่ยงของ risk level อยู่ใน RPN Scale ต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 8

ทำการประเมิน FMEA โดยวิเคราะห์ S, O และ D ในกระบวนการต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 9

ทำการคำนวณคะแนน RPN ซึ่งพบว่าคะแนน RPN ของข้อบกพร่องในแต่ละกระบวนการ มีค่าอยู่ระหว่าง 16 ถึง 96 ซึ่งเป็นความเสี่ยงที่อยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง จากเกณฑ์ระดับความเสี่ยงดังแสดงในตารางที่ 8 [16]

นอกจากนี้ ค่าระดับความเสี่ยงหลังการปรับปรุงอยู่ในระดับต่ำและปานกลางดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 8 Determinant Risk Level (Source FMEA)

Risk Level	RPN Scale
Low (L)	$X < 80$
Medium (M)	$80 \leq X < 120$
High (H)	$120 \leq X < 200$
Extreme (E)	$X > 200$

ตารางที่ 9 ผลการศึกษา ผลการวิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโครงการเพื่อการป้องกันอันตราย และการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี FMEA

ขั้นตอน	ความล้มเหลว	สาเหตุของความล้มเหลว	ผลที่เกิดขึ้น	มาตรการป้องกัน	การประเมินความเสี่ยง			
					ความรุนแรง (S)	โอกาส (O)	การป้องกัน (D)	ระดับความเสี่ยง (RPN)
1. รับแบตเตอรี่เก่า	- การฟุ้งกระจายของฝุ่นตะกั่วและการระคายเคืองผิวหนังจากน้ำกรด	- กรดอ่อนรั่วไหลและฝุ่นตะกั่วติดล้อรถ - พนักงานสวมใส่ชุดและอุปกรณ์ป้องกันสารเคมีไม่เหมาะสม	- ทำให้เกิดอาการแพ้ผิวหนังเป็นผื่นคัน - ทำให้เกิดการสะสมของตะกั่วในร่างกายและเกิดโรคพิษตะกั่วได้	1. สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลตามที่กำหนดจะต้องใส่ชุดกรองฝุ่นพิเศษ 2. รถบรรทุก ต้องทำการฉีดล้างล้อก่อนจะออกจากโกดัง และก่อนออกจากโรงงานทุกครั้งเพื่อป้องกันฝุ่นตะกั่วติดล้อรถ 3. กองแบตเตอรี่จะต้องกองให้เรียบร้อย	2	2	5	20

ขั้นตอน	ความ ล้มเหลว	สาเหตุของ ความ ล้มเหลว	ผลที่เกิดขึ้น	มาตรการป้องกัน	การประเมินความเสี่ยง			
					ความ รุนแรง (S)	โอกาส (O)	การ ป้องกัน (D)	ระดับ ความ เสี่ยง (RPN)
2. ผ่าและ แยก แบตเตอรี่ เก่า	- มีการสูด ดมฟุ้ง ฝุ่น ตะกั่ว เนื่องจากมี ฝุ่นตะกั่ว เกิดขึ้น ขณะแยก และ ลำเลียง แผ่นธาตุ - มีการ สัมผัสชิ้น ที่มี ส่วนผสม ของตะกั่ว และน้ำใน ถังบำบัด	- แผ่นเซลล์ จะมี ความชื้น - พนักงาน สวมใส่ชุด และ อุปกรณ์ ป้องกัน สารเคมีไม่ เหมาะสม - การ ระบาย อากาศไม่ เพียงพอ	- ทำให้เกิดการ สะสมของตะกั่ว ในร่างกายและ เกิดโรคพิษ ตะกั่วได้ - ทำให้เกิด อาการแพ้ ผิวหนังเป็นผื่น คัน - ทำให้เสียเหงื่อ มากและ อ่อนเพลียได้ - พนักงานยืน ทำงานหน้า เครื่องตลอด	1. สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตราย ส่วนบุคคลตามที่กำหนดจะต้องใส่ ชุดกรองฝุ่นพิเศษ 2. ใช้เครื่องผ่าและเครื่องแยก เซลล์แทนการใช้พนักงานโดย ลำเลียงผ่านสายพาน เพื่อลดการ สัมผัสตะกั่วและน้ำกรดของ พนักงาน จัดให้มีถาด Stainless รองรับน้ำกรดบริเวณใต้เครื่อง เพื่อป้องกันน้ำกรดหกลงพื้นและ แห้งกลายเป็นฝุ่นฟุ้งกระจายได้ 3. น้ำกรดที่เกิดขึ้นจะรวบรวมไป บำบัดด้วยระบบ Nanofiltration 4. ทำความสะอาดพื้นหลังจาก สิ้นสุดการผ่าแบตเตอรี่ในแต่ละ ครั้ง 7. ขณะปฏิบัติงานพนักงานควร หลีกเลี่ยงการปฏิบัติงานบริเวณ พื้นที่ที่เปียกเพื่อลดการสัมผัส ตะกั่วและน้ำกรด	4	2	4	32
3. การ หลอม (รวม ขั้นตอน การเท วัตถุดิบ/ การเจาะ Slag และ น้ำตะกั่ว ออกจาก เตา)	- มีการสูด ดมฟุ้ง ฝุ่น ตะกั่ว เนื่องจากมี การฟุ้ง กระจาย ของฝุ่น ตะกั่วมาก ที่สุด - สัมผัสฝุ่น ตะกั่วและ ไอตะกั่ว	- เกิดไอ ตะกั่ว ขณะที่เปิด และปิดฝา เตาเพื่อเท วัตถุดิบลง เตา - พนักงาน สวมใส่ชุด และ อุปกรณ์ ป้องกัน	- ทำให้เกิดการ สะสมของตะกั่ว ในร่างกายและ เกิดโรคพิษ ตะกั่วได้ - ทำให้เกิด อาการแพ้ ผิวหนังเป็นผื่น คัน - ทำให้เสียเหงื่อ มากและ อ่อนเพลียได้	1. สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตราย ส่วนบุคคลตามที่กำหนดจะต้องใส่ ชุดกรองฝุ่นพิเศษ 2. รีดติดตั้งระบบกรองอากาศ เพื่อ ป้องกันพนักงานสัมผัสกับ ฝุ่นตะกั่ว และไม่ควรรอออกจาก 3. ห้องเก็บแผ่นธาตุจัดให้เป็นห้อง ปิดมิดชิด และจัดให้มีระบบดูดฝุ่น ละอองและฝุ่นตะกั่ว 4. รางลำเลียงแทน Charger สู่ ปากเตา จัดให้มีผ้าใบครอบตลอด แนวราง 5. ระบบควบคุมการทำงานของ Hood ที่ช่อง Feed วัตถุดิบเข้า เตาหลอม 1 จะเป็นแบบอัตโนมัติ	4	4	6	96

ขั้นตอน	ความ ล้มเหลว	สาเหตุของ ความ ล้มเหลว	ผลที่เกิดขึ้น	มาตรการป้องกัน	การประเมินความเสี่ยง			
					ความ รุนแรง	โอกาส	การ ป้องกัน	ระดับ ความ เสี่ยง
					(S)	(O)	(D)	(RPN)
		สารเคมีไม่ เหมาะสม - มีการ สัมผัสความ ร้อนจาก เตาหลอม ตะกั่ว และ ไม่มีการ ระบาย อากาศ		6. จัดให้มี Hood ดูดฝุ่นและพุ่ม ตะกั่วจากบริเวณที่จะก่อให้เกิด การฟุ้งกระจาย ได้แก่ จุดเท วัตถุดิบลงเตาหลอม, ไอเสียจาก เตาหลอม, จุดเจาะ Slag ออกจากเตาหลอม และจุดตะกั่ว ไหลจาก Port เตาหลอมลงราง รองรับ 7. หลีกเลี่ยงการปฏิบัติงานบริเวณ พื้นที่ที่มีความร้อนสูงเป็น เวลานาน				
4. การทำ ความ สะอาดน้ำ ตะกั่ว และ การผสม ตะกั่ว	- มีการสูด ดมฝุ่น ฝุ่น ตะกั่ว เนื่องจาก - สัมผัสฝุ่น ตะกั่วและ ไอตะกั่ว	- เกิดไอ ตะกั่ว ขณะที่มี การเปิดฝา กระทะเพื่อ ตักขึ้นตะกั่ว และเติม สารปรุง แต่ง - พนักงาน สวมใส่ชุด และ อุปกรณ์ ป้องกัน สารเคมีไม่ เหมาะสม	- ทำให้เกิดการ สะสมของตะกั่ว ในร่างกายและ เกิดโรคพิษ ตะกั่วได้ - ทำให้เกิด อาการแพ้ ผิวหนังเป็นผื่น คัน - ทำให้เสียเหงื่อ มากและ อ่อนเพลียได้	1. สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตราย ส่วนบุคคลตามที่กำหนดจะต้องใส่ ชุดกรองฝุ่นพิเศษ 2. จัดให้มีฝาครอบตลอดแนวราง พร้อม Hood ดูดอากาศจากราง ลำเลียง 3. ห้ามเปิดฝากะทะในขณะที่มี กวนผสมและให้ความร้อน 4. เปิดฝากะทะเพียงเล็กน้อย พอที่จะให้วัสดุที่ใช้ในการตักขึ้น ตะกั่ว และเติมสารปรุงแต่งสอด เข้าไปได้ หรือประมาณ ¼ ของฝา และเปิด Damper ของระบบดูด อากาศ 100% เพื่อลดและ ควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่น และพุ่มตะกั่ว 5. การถ่ายตะกั่วจากกระทะใบ หนึ่งไปยังกระทะอีกใบหนึ่ง จะใช้ ปั๊มดูดตะกั่วผ่านท่อปิด เพื่อลด การฟุ้งกระจายของฝุ่นและพุ่ม ตะกั่ว 6. ภาชนะที่ใช้บรรจุขึ้นตะกั่ว จะ เป็นภาชนะที่มีฝาปิดครอบ	4	4	6	96

ขั้นตอน	ความ ล้มเหลว	สาเหตุของ ความ ล้มเหลว	ผลที่เกิดขึ้น	มาตรการป้องกัน	การประเมินความเสี่ยง			
					ความ รุนแรง (S)	โอกาส (O)	การ ป้องกัน (D)	ระดับ ความ เสี่ยง (RPN)
				7. การเติมพลัง และการเติมสาร ปรุงแต่งอื่นๆ ต้องค่อยๆ เติม ห้าม โยนเพราะจะทำให้หน้าตะกั่ว กระเด็น 8. หลีกเลี่ยงการปฏิบัติงานบริเวณ พื้นที่ที่มีความร้อนสูงเป็น เวลานาน				
5. การหล่อ แท่ง	- มีการสูด ดมฝุ่น ผุ่น ตะกั่ว เนื่องจาก เกิดไอของ ตะกั่วใน ขณะที่เท ตะกั่วลง พิมพ์ - สัมผัสฝุ่น ตะกั่วและ ไอตะกั่ว	- เกิดไอ ตะกั่ว ขณะที่ทำ การหล่อ แท่งตะกั่ว - พนักงาน สวมใส่ชุด และ อุปกรณ์ ป้องกัน สารเคมีไม่ เหมาะสม	- ทำให้เกิดการ สะสมของตะกั่ว ในร่างกายและ เกิดโรคพิษ ตะกั่วได้ - ทำให้เกิด อาการแพ้ ผิวหนังเป็นผื่น คัน - ทำให้เสียเหงื่อ มากและ อ่อนเพลียได้	1. สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตราย ส่วนบุคคลตามที่กำหนดจะต้องใส่ ชุดกรองฝุ่นพิเศษ 2. จัดให้มี Hood ดูดไอตะกั่ว จากเครื่องหล่อแท่งตะกั่ว 3. น้ำตะกั่วที่ป้อนลงเข้าเทพิมพ์จะ มีความร้อนประมาณ 440 °C ซึ่ง เป็นอุณหภูมิที่จะทำให้เกิดฝุ่นได้ น้อยมาก 4. การเคลื่อนย้ายตะกั่วแท่งไป เก็บยังห้องเก็บ จะใช้รถโฟล์ คลิฟท์ในการยก 5. หลีกเลี่ยงการปฏิบัติงานบริเวณ พื้นที่ที่มีความร้อนสูงเป็น เวลานาน	5	2	6	60
6. การ โยกย้าย ตะกั่วแท่ง, Slag, ชี ตะกั่ว และ ฝุ่น ไปเก็บ ยังสถานที่ จัดเก็บ	- มีการ สัมผัสกับ ฝุ่นตะกั่ว และชีตะกั่ว ที่รวบรวม ไว้ อาจเกิด การฟุ้ง กระจายได้	- ภาชนะที่ ใช้บรรจุปิด ไม่มีดichtung - พนักงาน สวมใส่ชุด และ อุปกรณ์ ป้องกัน สารเคมีไม่ เหมาะสม	- ทำให้เกิดการ สะสมของตะกั่ว ในร่างกายและ เกิดโรคพิษ ตะกั่วได้ - ทำให้เกิด อาการแพ้ ผิวหนังเป็นผื่น คัน - ทำให้เสียเหงื่อ มากและ อ่อนเพลียได้	1. สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตราย ส่วนบุคคลตามที่กำหนดจะต้องใส่ ชุดกรองฝุ่นพิเศษ 2. รถที่ใช้ในการเคลื่อนย้าย Slag, ชีตะกั่ว และฝุ่น จะใช้รถที่มี Cab ภายในมีการติดตั้งระบบกรอง อากาศ 3. ให้พนักงานขับรถด้วยความเร็ว ต่ำ เพื่อลดการฟุ้งกระจายของฝุ่น ตะกั่ว 4. จัดให้มีรถดูดฝุ่น สำหรับทำ ความสะอาดพื้นถนนอย่าง สม่ำเสมอ	3	3	5	45

ขั้นตอน	ความล้มเหลว	สาเหตุของความล้มเหลว	ผลที่เกิดขึ้น	มาตรการป้องกัน	การประเมินความเสี่ยง			
					ความรุนแรง (S)	โอกาส (O)	การป้องกัน (D)	ระดับความเสี่ยง (RPN)
7. การพัก รับประทานอาหาร	- สัมผัสฝุ่น ตะกั่วและ ไอตะกั่ว	- ไม่ทำล้าง มือและทำ ความซุกที่ สวมใส่	- ทำให้เกิดการ สะสมของตะกั่ว ในร่างกายและ เกิดโรคพิษ ตะกั่วได้ - ทำให้เกิด อาการแพ้ ผิวหนังเป็นผื่น คัน	1. จัดให้มีอ่างล้างมือ 2. ห้ามพนักงานดื่ม น้ำรับประทานอาหาร และสูบบุหรี่ ภายในโรงงานนอกจากสถานที่ที่ จัดเตรียมไว้โดยเฉพาะ 3. ทางโรงงานจะต้องทำการ ปรับปรุงโรงอาหารในปัจจุบันให้ เป็นห้องปิดมิดชิดพร้อมติดตั้ง ระบบปรับอากาศภายใน 4. พนักงานที่จะเข้าไปรับประทานอาหาร ต้องได้รับการทำความสะอาด สะอาดซุกที่สวมใส่อยู่เสียก่อน โดยใช้เครื่องดูดฝุ่นที่ติดมาออก ก่อน และห้ามนำอุปกรณ์ป้องกัน อันตรายส่วนบุคคลเข้าไปในห้อง รับประทานอาหาร และต้องถอด รองเท้าก่อนเข้า	2	2	4	16

ตารางที่ 10 ระดับความเสี่ยง (Risk matrix) หลังปรับปรุง

Likelihood (L)	Consequences (C)			
	Low (L)	Medium (M)	High (H)	Extreme (E)
Extreme (E)				
High (H)				
Medium (M)		No.3,4		
Low (L)	No.1,7	No.2,5,6		

จะเห็นได้ว่าการทำงานในแต่ละขั้นตอนมีความเสี่ยงอยู่ในระดับที่ยอมรับได้เมื่อเทียบกับการประเมินความเสี่ยงก่อนเริ่มดำเนินการ

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์จากการวิเคราะห์หา
รูปแบบการทำงานที่ความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานซ่อม

บำรุง การดำเนินการวิจัยเริ่มจาก 1) การตรวจวัด
สภาพแวดล้อมของการปฏิบัติงาน การสังเกตลักษณะการ
ทำงาน การสังเกตพฤติกรรมการทำงานและช่องทางการ
สัมผัสสารตะกั่ว 2) การประเมินความเสี่ยงอันตรายโดยใช้
FMEA เพื่อวิเคราะห์หารูปแบบการทำงานที่ปลอดภัย ผล
การศึกษาพบว่า ช่องทางการสัมผัสเข้าสู่ร่างกายได้แก่ 1)
ระบบทางเดินหายใจโดยการสูดดมควัน ฝุ่น ไอระเหย 2)
การสัมผัสทางผิวหนังจากของเหลวที่ปนเปื้อนสารตะกั่ว
และ 3) ระบบทางเดินอาหารจากมือและร่างกายที่เปื้อนสาร
ตะกั่ว ปัจจัยที่ส่งผลต่อการสัมผัสสารตะกั่ว เรียงลำดับตาม
โอกาสในการสัมผัสดังนี้ 1) การฟุ้งกระจายของฝุ่นตะกั่ว 2)
แหล่งความร้อนที่ทำให้เกิดไอของตะกั่ว 3) พื้นที่เปียกแฉะ
จากของเหลวที่ปนเปื้อนสารตะกั่ว 4) พฤติกรรมในการ
ทำงาน 5) ระยะเวลาปฏิบัติงาน และ 6) การพักรับประทาน
อาหาร

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์พบว่าพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงสุด ได้แก่ การหลอม, การทำความสะอาดและการผสมตะกั่ว, การหล่อแท่ง, การย้ายตะกั่วแท่ง, ฝาและแยกแบตเตอรี่เก่า ตามลำดับ ดังนั้นเพื่อการนำไปดำเนินการให้ฝุ่นหรือตะกั่วลดลง โดยพิจารณาการทำงานที่ปลอดภัยต่อพนักงาน ได้แก่ 1) การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นตะกั่ว 2) การทำฉากกันความร้อนจากไอตะกั่ว 3) การใช้อุปกรณ์เสริมเพื่ออำนวยความสะดวกในการทำงานของพนักงาน 4) การลดเวลาการทำงานที่ต้องสัมผัสกับความร้อน และ 5) การสวมใส่ชุดป้องกัน นอกจากนี้ยังต้องมีมาตรการการเฝ้าระวังสิ่งที่คุกคาม และมาตรการเฝ้าระวังด้านสุขภาพ

จากผลการตรวจสุขภาพของพนักงาน แม้ว่าพนักงานบางคนอาจจะมีค่าความเข้มข้นต่ำกว่าเกณฑ์ แต่มีบางราย

สูงกว่าเกณฑ์มาก ดังเช่นพนักงานซ่อมบำรุงรายหนึ่งที่มีค่าความเข้มข้นของตะกั่วเท่ากับ 461.70 µg/dL หรือ 46.17 µg/dL และหลังการดำเนินการใช้รูปแบบการทำงานที่ปลอดภัยเป็นระยะเวลาสิบเดือนพบว่า ปริมาณตะกั่วในเลือดของช่างซ่อมบำรุงมีค่าลดลงจาก 461.70 µg/L (46.17 µg/dL) เหลือ 157.40 µg/L (15.74 µg/dL) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ปกติ

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ควรมีการเฝ้าระวังอยู่เป็นประจำ และความรู้ในการตรวจสุขภาพ รวมไปถึงการย้ายเดือนถึงอันตรายของสารตะกั่วเพื่อป้องกันการเกิดโรคพิษตะกั่ว และการตรวจสุขภาพพนักงานเข้าใหม่ภายใน 30 วันนับตั้งแต่รับพนักงานเข้าทำงาน เพื่อเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นได้ต่อตัวพนักงานและสมาชิกในครอบครัว

เอกสารอ้างอิง

- [1] กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, แนวทางการเฝ้าระวัง ป้องกัน ควบคุมโรคพิษตะกั่วในกลุ่มวัยแรงงาน. กรุงเทพฯ: อักษรกราฟิกแอนดี้ดีไซน์, 2563.
- [2] S. M. Levin, M. Goldberg, J. T. Doucette, "The effect of the OSHA lead exposure in construction standard on blood lead levels among iron workers employed in bridge rehabilitation," American journal of industrial medicine, vol.31, no.3, Mar., pp. 303-309, 1997.
- [3] R. M. Thomson and G. J. Parry, "Neuropathies associated with excessive exposure to lead," Muscle Nerve, vol. 33, no. 6, Jun., pp. 732-741, 2006.
- [4] M. F. Soto-Jiménez and A. R. Flegal, "Metal-contaminated indoor and outdoor housedust from a neighborhood Smelter area in Torreón, Mexico" Procedia Environmental Sciences, vol. 4, Jan., pp. 134-137, 2011.
- [5] มรุส รุจิวัฒน์ และ จุฑามาศ สัตยาวิวัฒน์, พิษวิทยาสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: ทรินิตี้ พับลิชชิ่ง, 2549.
- [6] Patrick, L, "Lead Toxicity, a review of the literature. Part I: Exposure, Evaluation, and treatment," Alternative Medicine Review, vol.11, no.1, pp. 2-22, 2006.
- [7] วิทยา อยู่สุข, อาชีวอนามัยและความปลอดภัย. พิมพ์ครั้งที่ 4, กรุงเทพฯ: ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2552.
- [8] K. C. STAUDINGER and V. S. ROTH, "Occupational Lead Poisoning," Am. Fam. Physician, vol. 57, no. 4, pp. 719-726, 1998.

- [9] S. M. Levin, M. Goldberg and J. T. Doucette, “The effect of the OSHA lead exposure in construction standard on blood lead levels among iron workers employed in bridge rehabilitation,” American journal of industrial medicine, vol. 31, no. 3, pp. 303–309, 1997.
- [10] จิตรา รู้จักการพานิช, วิศวกรรมความปลอดภัย สำหรับวิศวกรรมอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2561.
- [11] จุรีพร สุวรรณสา, “การประยุกต์ระบบบริหารความเสี่ยง (ISO31000) สำหรับการผลิตตัวเร่งปฏิกิริยาในไส้กรองไอเสียรถยนต์,” วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.
- [12] จิตรา รู้จักการพานิช, การออกแบบการทำงาน คู่มือสำหรับนิสิตนักศึกษา วิศวกร หัวหน้างาน เจ้าของกิจการ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2557.
- [13] C. A. Ericson and others, Hazard analysis techniques for system safety. Hoboken. John Wiley & Sons, 2015.
- [14] N. Salter, “Implementation of the Hazards and Effects management Process (HEMP) at Shell Chemical Facilities,” in The 7 th World Congress of Chemical Engineers, 2005, pp. 1-10.
- [15] H.Lingard and S.Rowlinson, Occupational health and safety in construction project management. London: Routledge. 2005.
- [16] A. P. Subriadi, N. F. Najwa, B. D. Cahyabuana and V. Lukitosari, "The Consistency of Using Failure Mode Effect Analysis (FMEA) on Risk Assessment of Information Technology," in 2018 International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI), in 2018, pp. 61-66.