การปรับปรุงการทำงานของพนักงานซ่อมบำรุงเพื่อลดการสัมผัสสารตะกั่วในโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว

น.ส.ประภารัตน์ แดงสุวรรณ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Improving the work of maintenance operator to reduce lead exposure in battery recycling industry.

Miss Praparat Dangsuwan

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
FACULTY OF ENGINEERING
Chulalongkorn University
Academic Year 2021

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงการทำงานของพนักงานซ่อมบำรุงเพื่อลดการสัมผัสสารตะกั่วในโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว
โดย	น.ส.ประภารัตน์ แดงสุวรรณ
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.จิตรา รู้กิจการพานิช

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

---------- คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

---------- ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล)

---------- อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.จิตรา รู้กิจการพานิช)

---------- กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐ์ ลีละวัฒน์)

---------- กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์สมชาย พวงเพิกศึก)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประภารัตน์ แดงสุวรรณ : การปรับปรุงการทำงานของพนักงานซ่อมบำรุงเพื่อลดการสัมผัสสารตะกั่วในโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว. (Improving the work of maintenance operator to reduce lead exposure in battery recycling industry.) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ดร.จิตรา รู้กิจการพานิช

พนักงานซ่อมบำรุงในโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้วมีความเสี่ยงอันตรายต่อการได้รับพิษจากตะกั่วในบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงาน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงการทำงานของพนักงานซ่อมบำรุงเพื่อลดการสัมผัสสารตะกั่วในโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว การดำเนินการวิจัยเริ่มจาก 1) การตรวจวัดสภาพแวดล้อมของการปฏิบัติงาน การสังเกตลักษณะการทำงาน การสังเกตพฤติกรรมการทำงานและช่องทางการสัมผัสสารตะกั่ว 2) การประเมินความเสี่ยงอันตรายโด้ใช้ FMEA เป็นแนวทางในการวิเคราะห์หาสาเหตุ ระดับความเสี่ยง และการป้องกัน ผลการศึกษาพบว่า ช่องทางการสัมผัสเข้าสู่ร่างกายได้แก่ 1) ระบบทางเดินหายใจโดยการสูดดมไอควัน ฝุ่น ไอสารตะกั่ว 2) การสัมผัสทางผิวหนังจากของเหลวที่ปนเปื้อนสารตะกั่ว และ 3) ระบบทางเดินอาหารจากมือและร่างกายที่เปื้อนสารตะกั่ว ปัจจัยที่ส่งผลต่อการสัมผัสสารตะกั่ว เรียงลำดับตามโอกาสในการสัมผัสดังนี้ 1) การฟุ้งกระจายของฝุ่นตะกั่ว 2) แหล่งความร้อนที่ทำให้เกิดไอของตะกั่ว 3) พื้นที่เปียกแฉะจากของเหลวที่ปนเปื้อนสารตะกั่ว 4) พฤติกรรมในการทำงาน 5) ระยะเวลาปฏิบัติงาน และ 6) การพักรับประทานอาหาร ส่วนการปรับปรุงการทำงาน ได้แก่ 1) การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นตะกั่ว 2) การทำฉากกันความร้อนจากไอตะกั่ว 3) การใช้อุปกรณ์เสริมเพื่ออำนวยความสะดวกในการทำงานของพนักงานซ่อมบำรุง 4) การลดเวลาการทำงานสัมผัสกับความร้อน และ5) การสวมใส่ชุดป้องกัน นอกจากนี้ยังต้องมีมาตรการการเฝ้าระวังสิ่งที่คุกคาม และมาตรการเฝ้าระวังด้านสุขภาพ หลังการดำเนินการปรับปรุงการทำงานเป็นระยะเวลาสิบเดือนพบว่า สามารถลดโอกาสในการสัมผัสสารตะกั่วได้ชัดเจนในขั้นตอนการหลอมซึ่งลดลงจาก 12 คะแนน เหลือ 4 คะแนน เป็นค่าที่ยอมรับได้ และปริมาณตะกั่วในเลือดของพนักงานซ่อมบำรุงมีค่าลดลงจาก 461.70 µg/L (46.17 µg/dL) เหลือ 157.40 µg/L (15.74 µg/dL) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ปกติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา	2564	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6270153221 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORD: Hazard risks of maintenance operators, Hazard of exposure to lead, Battery recycling industries, Lead exposure

Praparat Dangsuwan : Improving the work of maintenance operator to reduce lead exposure in battery recycling industry.. Advisor: Assoc. Prof. JITTRA RUKIJKANPANICH, Ph.D.

Maintenance operators worked in lead production factory are at risk of lead poisoning on site. The purpose of this research is improving the work of maintenance operator to reduce lead exposure in battery recycling industry. The research proceedings started from 1) measuring the operating environment by observing the behavior with work station and lead exposure channels, 2) using FMEA as a guideline for analysis risk level and prevention. The results showed that the channels of exposure to the body which are: 1)the respiratory tract through inhalation of fume, dust, lead vapor, 2)skin contact from liquids contaminated with lead, and 3)the gastrointestinal tract from lead-contaminated hands and bodies. Factors affecting lead exposure are sorted by chance of exposure as follows: 1)the spread of lead dust 2)the heat source from process produces lead vapor 3)wet area from liquid contaminated with lead 4)work behavior 5)working period and 6)breaking time period. The improvement are as follows: 1)installation the protective devices to prevent the spread of lead dust 2)making a heat shield from lead vapor 3)using accessories to facilitate the work of the repairer 4)reducing the working time exposed to heat and 5)wearing protective clothing(PPE). There must also be measures to monitor the threat surveillance measures and health surveillance measures. After ten months of work improvement, it was found that there was a significant reduction in the likelihood of lead exposure can be significantly reduced in the melting process, which is reduced from 12 points to 4 points to an acceptable value. And the blood lead test results of maintenance operators decreased from 461.70 µg/L (46.17 µg/dL) to 157.40 µg/L (15.74 µg/dL), which was within the normal control range.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Industrial Engineering	Student's Signature .....
Academic Year:	2021	Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. จิตรา รู้กิจพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์ ทำให้การทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี และขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล ประธานกรรมการสอบ รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐ์ ลีละวัฒน์ และ รองศาสตราจารย์ สมชาย พวงเพิกศึก กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาเสียสละเวลาในการสอบวิทยานิพนธ์และให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณโรงงานกรณีศึกษา หัวหน้างาน รวมทั้งพนักงานในฝ่ายซ่อมบำรุงที่ให้ความอนุเคราะห์และความสะดวกในการค้นคว้า ทดลอง และให้คาแนะนำมาโดยตลอดด้วยดีจนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณบิดา มารดา ครอบครัว และเพื่อนทุกคนที่สนับสนุน ให้กำลังใจและเป็นแรงผลักดันให้งานวิจัยสำเร็จ

นอกจากนี้ยังมีผู้ที่ให้ความร่วมมือช่วยเหลืออีก หลายท่าน ซึ่งผู้เขียนไม่สามารถกล่าวนามในที่นี้ได้หมด ขอขอบคุณทุกท่านเหล่านั้นไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ประภารัตน์ แดงสุวรรณ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

.....ค

บทคัดย่อภาษาไทย.....ค

.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ง

กิตติกรรมประกาศ.....จ

สารบัญ.....ฉ

สารบัญตาราง.....ญ

สารบัญภาพ.....ฑ

บทที่ 1.....1

บทนำ.....1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์.....4

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....4

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....5

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....6

1.6 กรอบแนววิจัย.....6

1.7 ข้อจำกัดของงานวิจัย.....7

1.8 นิยาม 7

บทที่ 2.....8

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....8

2.1 โลหะหนัก.....9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2 ตะกั่ว (Lead) 11
2.3 ของเสียอันตราย (Hazardous Waste) 15
2.4 สารเคมีอันตราย 16
2.5 ข้อมูลความปลอดภัยของวัตถุอันตราย 17
2.6 การประเมินความเสี่ยง 17
2.7 อันตรายจากความร้อน 20
2.8 การวิเคราะห์อันตรายในงาน (Job Hazard Analysis: JHA) 22
2.9 รายการตรวจสอบ (Checklist) 23
2.10 การวิเคราะห์ด้วยแผนผังเหตุและผล Cause-Consequence Analysis 23
2.11 การชี้บ่งอันตรายของกระบวนการและการปฏิบัติงาน (Hazard and Operability Study : HAZOP) 24
2.12 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis : FMEA) 25
2.13 กระบวนการศึกษาความเสี่ยง การชี้บ่งความอันตราย (Hazard and Effect Management Process : HEMP) 25
2.14 การยศาสตร์กับความปลอดภัย 26
2.15 ทฤษฎีความล้า 28
2.16 ทฤษฎีมาสโลว์ (Maslow) 28
2.17 การประเมินความเสี่ยงโดยวิธี RULA 30
2.18 การประเมินความเสี่ยงโดยวิธี REBA 40
2.19 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 50
2.19.1 การศึกษาเกี่ยวกับโรคพิษตะกั่วและการสัมผัสสารเคมี 50
2.19.2 การศึกษาเกี่ยวกับการทำงานที่ไม่ปลอดภัย 52
2.19.3 การศึกษาเกี่ยวกับการประเมินความเสี่ยง 53
2.19.4 การศึกษาเกี่ยวกับข้อผิดพลาดของมนุษย์ในการบำรุงรักษา 54

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3 56
วิธีดำเนินงานวิจัย 56
3.1 ข้อมูลทั่วไปของบริษัทกรณีศึกษา 56
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 57
3.2.1 การสำรวจพื้นที่ที่ทำการศึกษา 60
3.2.2 กระบวนการผลิต 60
3.2.3 การเก็บข้อมูล 64
3.3 การกำหนดเกณฑ์ความเสี่ยง 83
3.3.1 การกำหนดระดับโอกาสที่เกิดความเสี่ยง (Likelihood) 83
3.3.2 การกำหนดระดับความรุนแรงของผลกระทบ (Consequences) 84
3.3.3 การกำหนดระดับของความเสี่ยง (Level of Risk) 85
3.3.4 การวิเคราะห์ความเสี่ยง (Risk Analysis) 86
3.3.5 การประเมินความเสี่ยง (Risk evaluation) 87
บทที่ 4 90
ข้อมูลของโรงงานหลอมตะกั่ว และผลการศึกษาเบื้องต้น 90
4.1 รายละเอียดทั่วไปของโรงงานหลอมตะกั่ว 90
4.1.1 ขอบเขตพื้นที่โครงการ 90
4.1.2 เครื่องจักร 91
4.1.3 กำลังการผลิต 91
4.1.4 การจัดเก็บวัตถุดิบ 91
4.1.5 ผลิตภัณฑ์และผลพลอยได้ 91
4.1.6 พนักงาน 92
4.2 ผลการศึกษาเบื้องต้น 92
4.2.1 การวิเคราะห์มลพิษและการควบคุม 92

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.2 การวิเคราะห์แนวทางการควบคุมสภาพความร้อนจากสิ่งแวดล้อมในการทำงาน 104
4.2.3 การวิเคราะห์พฤติกรรมการทำงานและการป้องกันอันตรายด้านการยศาสตร์ 112
4.2.4 การวิเคราะห์ความเสี่ยงหลังจากการดำเนินการตามมาตรการ 119
บทที่ 5 127
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 127
5.1 สรุปผลการวิจัย 127
5.1.1 การเปรียบเทียบผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศ 129
5.1.2 การเปรียบเทียบผลการผลการตรวจวัดอุณหภูมิในบรรยากาศการทำงาน 131
5.1.3 การเปรียบเทียบพฤติกรรมการทำงานและการป้องกันอันตรายด้านการยศาสตร์ 132
5.1.4 การเปรียบเทียบความเสี่ยงหลังจากการดำเนินการตามมาตรการ 133
5.2 ข้อเสนอแนะ 134
บรรณานุกรม 135
ภาคผนวก ก. 139
เหตุผลการให้คะแนนการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากการทำงานของพนักงานซ่อมบำรุงก่อนปรับปรุง 139
ภาคผนวก ข. 148
เหตุผลการให้คะแนนการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากการทำงานของพนักงานซ่อมบำรุงหลังปรับปรุง 148
ภาคผนวก ค. 158
เปรียบเทียบวิธีปฏิบัติงานและการป้องกันการสัมผัสตะกั่วของพนักงานทั่วไปกับพนักงานซ่อมบำรุง 158
ภาคผนวก ง. 172
ตัวอย่างวิธีการเก็บข้อมูล วิธีการเก็บตัวอย่าง และมาตรฐานวิธีวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม 172
ประวัติผู้เขียน 179

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์อันตรายโดยเทคนิค Hazard and Operability analysis.....24

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์อันตรายโดยเทคนิค Failure Mode and Effects Analysis.....25

ตารางที่ 3 คะแนนการประเมินแขนส่วนบนในวิธี RULA *(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)* 30

ตารางที่ 4 คะแนนการประเมินแขนส่วนล่างในวิธี RULA *(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)* 31

ตารางที่ 5 คะแนนการประเมินข้อมือในวิธี RULA *(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)* 32

ตารางที่ 6 คะแนนการประเมินการหมุนของข้อมือ *(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)* 33

ตารางที่ 7 คะแนนประเมินกลุ่ม A *(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)*.....33

ตารางที่ 8 คะแนนการประเมินการใช้กล้ามเนื้อแขนหรือมือในวิธี RULA *(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)* 34

ตารางที่ 9 คะแนนประเมินการใช้แรงหรือภาระงานในวิธี RULA *(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)* 34

ตารางที่ 10 คะแนนประเมินส่วนคอ ในวิธี RULA *(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)*.....35

ตารางที่ 11 คะแนนประเมินในส่วนลำตัวในวิธี RULA *(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)*.36

ตารางที่ 12 คะแนนประเมินส่วนขาในวิธี RULA *(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)*.....37

ตารางที่ 13 การประเมินคะแนนท่าทางในกลุ่ม B ในวิธี RULA *(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)* 37

ตารางที่ 14 คะแนนการประเมินการใช้กล้ามเนื้อขาหรือเท้าในวิธี RULA *(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)* 38

ตารางที่ 15 คะแนนประเมินแรงหรือภาระงานในส่วนขาหรือเท้าในวิธี RULA *(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)*.....38

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 16 คะแนนประเมินตามเสี่ยงรวมโดยวิธี RULA ตาราง C *(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)* 39

ตารางที่ 17 การแปลผลคะแนนความเสี่ยงรวมในวิธี RULA *(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)* 39

ตารางที่ 18 คะแนนประเมินส่วนคอในวิธี REBA *(ที่มา: Hignett and McAtamney, 2000)* 40

ตารางที่ 19 คะแนนประเมินในส่วนลำตัวในวิธี REBA *(ที่มา: Hignett and McAtamney, 2000)* .41

ตารางที่ 20 คะแนนประเมินส่วนขาในวิธี REBA *(ที่มา: Hignett and McAtamney, 2000)*.....42

ตารางที่ 21 การประเมินคะแนนท่าทางในกลุ่ม A ในวิธี REBA *(ที่มา: Hignett and McAtamney, 2000)* 43

ตารางที่ 22 คะแนนการประเมินเป็นแรงและภาระงานโดยวิธี REBA *(ที่มา: Hignett and McAtamney, 2000)*.....43

ตารางที่ 23 คะแนนการประเมินแขนส่วนบนในวิธี REBA *(ที่มา: Hignett and McAtamney, 2000)* 44

ตารางที่ 24 คะแนนการประเมินแขนส่วนล่างในวิธี REBA *(ที่มา: Hignett and McAtamney, 2000)* 45

ตารางที่ 25 คะแนนการประเมินข้อมือในวิธี REBA *(ที่มา: Hignett and McAtamney, 2000)* 46

ตารางที่ 26 การประเมินคะแนนท่าทางในกลุ่ม B วิธี REBA *(ที่มา: Hignett and McAtamney, 2000)* 47

ตารางที่ 27 คะแนนการประเมินการจับยึดวัตถุในวิธี REBA *(ที่มา: Hignett and McAtamney, 2000)* 47

ตารางที่ 28 การเคลื่อนไหวและกิจกรรมของงานในวิธี REBA *(ที่มา: Hignett and McAtamney, 2000)* 48

ตารางที่ 29 การหาค่าคะแนน C ในวิธี REBA *(ที่มา: Hignett and McAtamney, 2000)*.....49

ตารางที่ 30 การแปลผลคะแนนความเสี่ยงรวมในวิธี REBA *(ที่มา: Hignett and McAtamney, 2000)* 49

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 31 ปริมาณความเข้มในอากาศของปริมาณฝุ่นบริเวณโครงการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว ณ จุดปฏิบัติงานต่างๆ 65

ตารางที่ 32 ความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศบริเวณโครงการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว ณ จุดปฏิบัติงานต่างๆ 66

ตารางที่ 33 ผลการตรวจวัดระดับความร้อนภายในสถานประกอบการในสภาพปัจจุบัน.....68

ตารางที่ 34 การประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์โดยใช้ RULA (ท่าที่1).....69

ตารางที่ 35 การประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์โดยใช้ RULA (ท่าที่2).....72

ตารางที่ 36 การประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์โดยใช้ REBA (ท่าที่1).....76

ตารางที่ 37 การประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์โดยใช้ REBA (ท่าที่2).....79

ตารางที่ 38 ระดับโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ต่างๆ (Likelihood) 84

ตารางที่ 39 ระดับความรุนแรงของผลกระทบของความเสี่ยง (Consequences) และคำอธิบายถึงการสัมผัสสารตะกั่ว 85

ตารางที่ 40 ระดับของความเสี่ยง (Level of Risk).....85

ตารางที่ 41 ระดับของความเสี่ยง (Level of Risk) แสดงเป็น Risk matrix.....86

ตารางที่ 42 ผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงก่อนปรับปรุง 87

ตารางที่ 43 ผลการประเมินความเสี่ยงและการจัดลำดับความเสี่ยง.....88

ตารางที่ 44 ระดับความเสี่ยง (Risk matrix) ก่อนปรับปรุง.....88

ตารางที่ 45 สรุปแหล่งกำเนิด ชนิด ปริมาณ และวิธีการจัดการมลพิษที่เกิดขึ้นจากโครงการ.....93

ตารางที่ 46 การจัดลำดับความเสี่ยง 96

ตารางที่ 47 ปริมาณความเข้มในอากาศของปริมาณฝุ่นบริเวณโครงการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว ณ จุดปฏิบัติงานต่างๆ หลังจากมีการปรับปรุงกระบวนการ และได้มีการติดตั้งระบบรวบรวมฝุ่นตะกั่วเพิ่มเติม..... 102

ตารางที่ 48 ความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศบริเวณโครงการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว ณ จุดปฏิบัติงานต่างๆ หลังจากมีการปรับปรุงกระบวนการ และได้มีการติดตั้งระบบรวบรวมฝุ่นตะกั่วเพิ่มเติม 103

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 49 ค่าที่ยอมให้สัมผัสความร้อนได้ซ้ำแล้วซ้ำอีก (Permissible Heat Exposure Threshold Limit Values : TLV)..... 110

ตารางที่ 50 ผลการตรวจวัดระดับความร้อนภายในสถานประกอบการในสภาพปัจจุบัน หลังจากมีการปรับปรุงกระบวนการ และได้มีการติดตั้งฉากกั้นป้องกันรังสีความร้อน..... 111

ตารางที่ 51 การประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์โดยใช้ RULA หลังปรับปรุง..... 112

ตารางที่ 52 การประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์โดยใช้ REBA หลังปรับปรุง 116

ตารางที่ 53 ระดับความเสี่ยง (Risk matrix) หลังปรับปรุง..... 120

ตารางที่ 54 ผลการศึกษา ผลการวิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโครงการเพื่อการบ่งชี้อันตราย และการประเมินความเสี่ยงหลังปรับปรุง..... 121

ตารางที่ 55 เปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นในอากาศโดยพิจารณาจากค่าTWA..... 130

ตารางที่ 56 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารตะกั่วในอากาศ (มก./ลบ.ม)..... 131

ตารางที่ 57 เหตุผลการให้คะแนนในการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากการทำงานของพนักงานซ่อมบำรุงก่อนปรับปรุง 140

ตารางที่ 58 เหตุผลการให้คะแนนในการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากการทำงานของพนักงานซ่อมบำรุงหลังมีการปรับปรุง 149

ตารางที่ 59 เปรียบเทียบวิธีปฏิบัติงานและการป้องกันการสัมผัสตะกั่วของพนักงานทั่วไปกับพนักงานซ่อมบำรุง..... 159

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ผลการตรวจเลือดของพนักงานซ่อมบำรุงในโครงการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว 2
ภาพที่ 2 การวิเคราะห์สาเหตุการซึมซับโลหะตะกั่วเข้าสู่ร่างกาย 3
ภาพที่ 3 กรอบแนววิจัยของพนักงานซ่อมบำรุงที่เกี่ยวข้องกับงานหลอมตะกั่ว 6
ภาพที่ 4 สรุปขั้นตอนการดำเนินการในการประเมินความเสี่ยง 8
ภาพที่ 5 แผนผังโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายและการกำจัดโลหะหนักออกสู่ร่างกาย 10
ภาพที่ 6 ระดับความรุนแรงของระดับตะกั่วที่ส่งผลกระทบต่อร่างกาย 13
ภาพที่ 7 การจัดลำดับความสำคัญความเสี่ยง (Risk Matrix) 19
ภาพที่ 8 การประเมินอันตรายจากการกระทำที่ไม่ปลอดภัย 19
ภาพที่ 9 ขั้นตอนการวิเคราะห์อันตรายในงาน 23
ภาพที่ 10 Cause-Consequent Diagram (CCD) 24
ภาพที่ 11 สภาพการทำงานที่มีความสัมพันธ์ระหว่างผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อม 26
ภาพที่ 12 แนวทางการศึกษาการยศาสตร์ 28
ภาพที่ 13 ความต้องการ 5 ขั้น ของทฤษฎีจูงใจของมาสโลว์ 29
ภาพที่ 14 ลักษณะการประเมินแขนส่วนบนในวิธี RULA 31
ภาพที่ 15 ลักษณะการประเมินแขนส่วนล่างในวิธี RULA 31
ภาพที่ 16 ลักษณะการประเมินข้อมือในวิธี RULA 32
ภาพที่ 17 การประเมินส่วนคอในวิธี RULA 35
ภาพที่ 18 การประเมินในส่วนลำตัวในวิธี RULA 36
ภาพที่ 19 ลักษณะการประเมินส่วนคอในวิธี REBA 41
ภาพที่ 20 การประเมินส่วนลำตัวในวิธี REBA 42

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 21 ลักษณะการประเมินส่วนขาในวิธี REBA....42
ภาพที่ 22 ลักษณะท่าทางการประเมินแขนส่วนบนในวิธี REBA....45
ภาพที่ 23 ลักษณะการประเมินแขนส่วนล่างในวิธี REBA....45
ภาพที่ 24 ลักษณะการประเมินข้อมือในวิธี REBA....46
ภาพที่ 25 แผนผังการทำงานของโครงการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว....57
ภาพที่ 26 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการศึกษา....58
ภาพที่ 27 FLOW DIAGRAM MODEL....59
ภาพที่ 28 กระบวนการผลิตตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว....63
ภาพที่ 29 เส้นระดับความร้อนที่ได้จากการสำรวจความร้อน....67
ภาพที่ 30 ติดตั้งรวบรวมฝุ่นตะกั่วและไอกรดไปบำบัดยังระบบบำบัดอากาศเสีย....95
ภาพที่ 31 การติดตั้งระบบรวบรวมฝุ่นตะกั่วบริเวณหัวและท้ายสายพานแต่ละสาย....96
ภาพที่ 32 การติดตั้ง Hood ที่เตาหลอม Rotary....97
ภาพที่ 33 เปลี่ยน Burner แบบธรรมดา เป็นแบบ Oxygen burner....98
ภาพที่ 34 ลดขนาดช่องเปิดปากเตาให้เล็กลง....98
ภาพที่ 35 ปรับลดฝากระทะลงเหลือ 1ใน4 ของฝา....99
ภาพที่ 36 จัดทำฝาครอบ และฉากกั้นเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นตะกั่ว....99
ภาพที่ 37 จัดให้มีการสเปรย์น้ำบริเวณสายพานลำเลียงเปลือก....100
ภาพที่ 38 การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล....100
ภาพที่ 39 ติดประกาศเตือน และจัดทำมาตรการที่เคร่งครัดในการปฏิบัติงาน....101
ภาพที่ 40 ฉากอลูมิเนียมกั้นบริเวณเตาหลอม....105
ภาพที่ 41 การปรับลดการเปิดฝากระทะลงเหลือเพียง 1 ใน 4 ของฝา....105
ภาพที่ 42 Hood ป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นขณะเทบริเวณเบ้าหล่อแท่งตะกั่ว....106
ภาพที่ 43 ชุดควบคุมหัว Burner และฉากกั้นป้องกันรังสีความร้อน....106
ภาพที่ 44 ฝาครอบรางลำเลียงตะกั่วจากเตาหลอมไปยังกระทะทำความสะอาด....107

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 45 เปิด-ปิด Damper อัตโนมัติที่บริเวณ Dust filter 107
ภาพที่ 46 ติดตั้งพัดลมเพื่อช่วยระบายอากาศบริเวณพื้นที่การทำงาน 108
ภาพที่ 47 จัดทำบริเวณที่พักผ่อนของพนักงาน 108
ภาพที่ 48 ชุดและอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล 109
ภาพที่ 49 ติดประกาศเตือน และจัดทำมาตรการที่เคร่งครัดในการปฏิบัติงาน 109
ภาพที่ 50 ผลการตรวจเลือดของพนักงานซ่อมบำรุงในโครงการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้วหลังมีการปรับปรุง 129
ภาพที่ 51 วิธีการเก็บตัวอย่าง วิธีการวิเคราะห์ และมาตรฐานวิธีวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม 173
ภาพที่ 52 วิธีการเก็บตัวอย่าง วิธีการวิเคราะห์ และมาตรฐานวิธีวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม (ต่อ) 174
ภาพที่ 53 วิธีการเก็บข้อมูลความร้อนบริเวณต่างๆ 174
ภาพที่ 54 การจดบันทึกค่าความร้อนที่วัดได้บริเวณต่างๆ 175
ภาพที่ 55 ข้อมูลสถานีที่ตรวจวัดระดับความร้อน 175
ภาพที่ 56 ตัวอย่างจุดตรวจวัดคุณภาพอากาศจากปล่องโรงงาน 176
ภาพที่ 58 ตัวอย่างการเก็บข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศ (1) 176
ภาพที่ 59 ตัวอย่างการเก็บข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศ (2) 177
ภาพที่ 60 ตัวอย่างการวิเคราะห์ด้วยวิธี Grab sampling โดย flame atomic absorption spectroscopy (3111-B) 177
ภาพที่ 61 ห้องปฏิบัติการที่ใช้ในการตรวจวัดค่า 178

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับสารตะกั่ว อาจเกิดฝุ่น ควัน และไอระเหย ของตะกั่วปนเปื้อนในบรรยากาศ และสิ่งแวดล้อม ส่งผลให้ผู้ที่ต้องปฏิบัติงานและประชาชนที่อยู่บริเวณใกล้เคียง เกิดอาการแพ้พิษตะกั่วได้ โดยตะกั่วสามารถเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้ทางปาก จมูก และผิวหนัง ตะกั่วจะถูกดูดซึมและลำเลียงไปยังอวัยวะต่างๆผ่านระบบการไหลเวียนของเลือด บางส่วนจะถูกสะสมอยู่ในร่างกาย และบางส่วนจะถูกขับออกทางปัสสาวะ อุจจาระ เหงื่อ และน้ำนม หากร่างกายรับตะกั่วเป็นปริมาณมาก และเป็นระยะเวลาติดต่อกันนานๆจะแสดงอาการของโรค ทำให้ส่งผลกระทบต่อระบบต่างๆของร่างกายที่สำคัญ ได้แก่ สมอง ระบบประสาท ระบบหัวใจ หลอดเลือด กล้ามเนื้อ กระดูก ฟัน ระบบทางเดินอาหาร ระบบสืบพันธุ์ และเนื้อเยื่ออ่อนของอวัยวะต่างๆ รวมไปถึงการก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์ และเป็นอันตรายต่อชีวิตได้ (Dumková et al., 2017) จึงต้องมีระบบการบริหารจัดการกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับตะกั่วทั้งหมดให้ถูกต้อง ตามหลักความปลอดภัยในการทำงาน และการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม โดยต้องปรับปรุงและติดตามเฝ้าระวังกระบวนการผลิต ตลอดจนระบบการป้องกันการฟุ้งกระจายและการปนเปื้อนของตะกั่ว รวมถึงระบบการแก้ไขปัญหาผลกระทบให้มีประสิทธิภาพอยู่เสมอ มีอุปกรณ์ด้านความปลอดภัยและกฎระเบียบ เพื่อลดการสัมผัสตะกั่ว ตลอดจนจัดให้มีการฝึกอบรมและตรวจสุขภาพอนามัยของผู้ที่ต้องปฏิบัติงานตลอดจนสภาพแวดล้อมอยู่เป็นประจำ

จากข้อมูลสถานการณ์การดำเนินงานเฝ้าระวัง ป้องกัน ควบคุมโรคพิษตะกั่วในกลุ่มผู้ประกอบอาชีพวัยแรงงานที่ผ่านมา ยังไม่ครอบคลุมทั้งในกลุ่มแรงงานในระบบและแรงงานนอกระบบที่มีโอกาสเสี่ยงต่อการสัมผัสสารตะกั่วจากการทำงาน โดยพบว่าอัตราป่วยโรคพิษตะกั่วในกลุ่มวัยแรงงาน ปี 2557 – 2559 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, 2563)

การเก็บข้อมูลของบริษัทในอุตสาหกรรมผลิตโลหะตะกั่วที่ใช้สำหรับผลิตแบตเตอรี่รถยนต์ ของโครงการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว มีด้วยกันอยู่ 3 ส่วนหลักๆในการนำเอาแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว หรือของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ ได้แก่ 1.กระบวนการผ่าแบตเตอรี่ (Breaker) เพื่อแยก PP, PE, Metallic และ Fine Metallic 2. กระบวนการถลุงหลอม (Rotary) 3.กระบวนการผลิตตะกั่วบริสุทธิ์เพื่อนำไปทำแบตเตอรี่ใหม่ ในการทำงานของพนักงานซ่อมบำรุงเกี่ยวกับเครื่องจักรของโครงการที่ทำให้คนที่ต้องทำงานบริเวณนั้นมีความเสี่ยงอันตรายจากการสัมผัสสารตะกั่ว โดยตรง ไม่ว่าจะเป็นการสูดดม ทางผิวหนัง การสัมผัส

ล้วนส่งผลต่อสุขภาพ และอาชีวอนามัยในระยะยาว เนื่องจากสารตะกั่ว เป็นโลหะหนักที่มีพิษและไม่มีประโยชน์ใดๆต่อร่างกาย ปัจจุบันมีองค์ความรู้ทางการแพทย์มากขึ้น ชี้ชัดว่า สารตะกั่วเป็นภัยต่อสุขภาพ แม้ได้รับในปริมาณเล็กน้อย

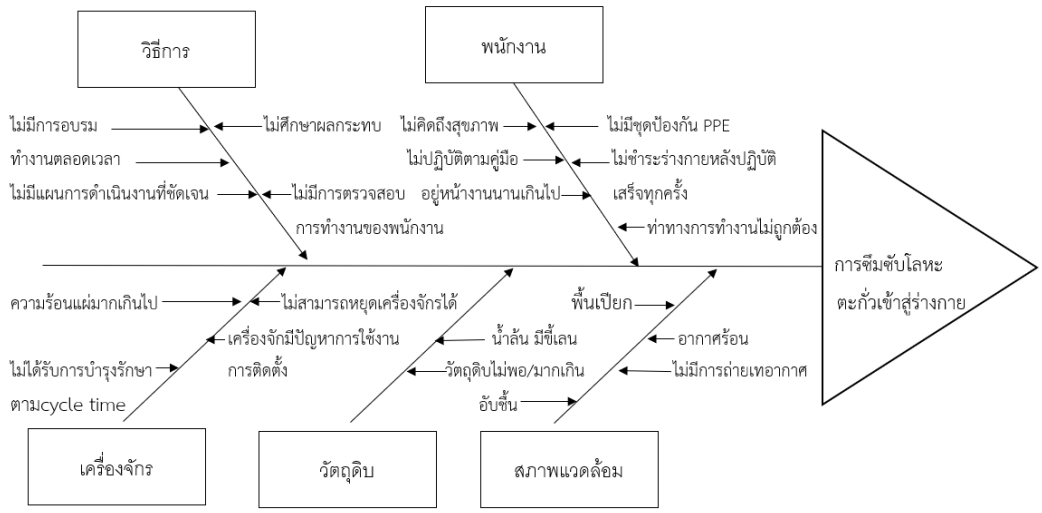
จากปัญหาพบว่า พนักงานซ่อมบำรุงที่เข้าไปทำงานที่โรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้วเกี่ยวกับการซ่อมบำรุงเครื่องจักร โดยความถี่ในการเข้าไป Service อยู่ที่ประมาณเดือนละ 1-2 ครั้ง ครั้งละ 1-2 วัน โดยทำงานวันละ 8 ชั่วโมง เมื่อพิจรณาจากการทำงานจะเห็นว่าแม้ไม่ได้เข้าทำงานทุกวัน แต่ปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในเลือดกลับเกินค่ามาตรฐาน ซึ่งเป็นผลมาจากการสัมผัสสารตะกั่วโดยตรงจากการสูดดมไอตะกั่วและฝุ่นตะกั่วเข้าทางระบบทางเดินหายใจ และสัมผัสตะกั่วทางผิวหนังจากพื้นที่ที่เปียกและมีขี้เลน จะเห็นได้ว่าพนักงานที่เข้าไปทำงานบริเวณโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้วมีความเสี่ยงต่อการสัมผัสตะกั่วได้มากที่สุดทั้งทางปากและทางการหายใจ เนื่องจากตะกั่วเป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ในทุกกระบวนการทำงาน ทำให้มีการสัมผัสสารตะกั่วอยู่ตลอดเป็นเวลานาน จนเกิดการสะสมอยู่ในกระแสเลือด และส่งผลกระทบต่อร่างกาย เมื่อพิจารณาการทำงานของบุคคลหนึ่งคนนั้นต้องเผชิญปัญหาหลายอย่างในเวลาเดียวกัน เช่น การสัมผัสโลหะหนักอย่างตะกั่ว สารเคมี ความร้อน ท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม และอื่นๆ ซึ่งเป็นงานที่มีความอันตราย

จากผลการตรวจสุขภาพของพนักงานซ่อมบำรุงตรวจพบปริมาณตะกั่วในเลือด 461.70 µg/L ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ทางโรงพยาบาลระบุไว้คือไม่ควรเกิน 200 µg/L ดังแสดงในภาพที่ 1 และค่ามาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานสำหรับประเทศไทย ซึ่งกำหนดค่าระดับตะกั่วในเลือดของคนงานกลุ่มที่สัมผัสตะกั่วในผู้ใหญ่ ไม่ควรเกิน 40 µg/dl ถ้าสูงเกินกว่า 60 µg/dl จะถูกวินิจฉัยเป็นโรคพิษตะกั่ว และองค์กรบริหารสุขภาพและความปลอดภัยในการทำงานแห่งชาติสหรัฐอเมริกา Occupational Safety and Health Administration (OSHA) และแนวปฏิบัติการเฝ้าระวังโรคพิษตะกั่วของสาธารณสุข ซึ่งกำหนดค่าระดับตะกั่วในเลือดของคนงาน ไม่ควรเกิน 40 µg/dl (Levin et al., 1997)

TEST NAME	METHOD	RESULT	UNIT	REFERENCE RANGE
Lead in Blood (lead) #	GF-AAS	H 461.70	µg/L	<200
COMMENT		***Repeated Result***		
		*** End of Report ***		

ภาพที่ 1 ผลการตรวจเลือดของพนักงานซ่อมบำรุงในโครงการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว

จากการสำรวจการทำงานของพนักงานซ่อมบำรุงเพื่อวิเคราะห์ถึงสาเหตุในการซึมซับโลหะตะกั่วและทำให้เกิดการสะสมของตะกั่วในเลือดที่เพิ่มขึ้นว่ามีสาเหตุมาจากปัจจัยใดบ้าง โดยวิเคราะห์ด้วยแผนผังเหตุและผล ดังแสดงในภาพที่ 2 และสามารถนำไปวิเคราะห์ความเสี่ยงจากการทำงานในแต่ละด้านต่อไป ดังแสดงในตารางที่ 42 เพื่อจะได้วางแผนและหาวิธีควบคุมป้องกันให้พนักงานสัมผัสตะกั่วให้น้อยที่สุด



ภาพที่ 2 การวิเคราะห์สาเหตุการซึมซับโลหะตะกั่วเข้าสู่ร่างกาย

โลหะหนักเมื่อเข้าสู่ร่างกายของมนุษย์จะส่งผลต่อสุขภาพแตกต่างกันออกไป สารพิษเหล่านี้เมื่อสะสมอยู่ในร่างกายจนถึงระดับหนึ่งก็จะแสดงอาการออกมาให้เห็น เช่น ตะกั่วหากได้รับตะกั่วสะสมเรื้อรังจะส่งผลต่อระบบประสาทส่วนกลางและสมอง ตะกั่วจะไปสะสมที่กระดูกแคดเมียมถูกจัดว่าเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ ทำให้เกิดโรคระบบทางเดินหายใจ ระยะยาวจะไปสะสมที่กระดูกทำให้กระดูกผุ ถ้าได้รับเป็นเวลานานๆ จะทำให้เป็นมะเร็งผิวหนัง (Orawan Phuphisut and Suleeporn Sangrajang, 2010)

และจากการศึกษางานวิจัยของ (Dhillon and Liu, 2006) เกี่ยวกับความผิดพลาดของมนุษย์ในการทำงานของฝ่ายซ่อมบำรุง โดยกล่าวว่า ไม่มีสิ่งใดที่มนุษย์สร้างขึ้นแล้วทำลายไม่ได้ แต่จะมีการซ่อมแซมเป็นช่วงๆเพื่อยืดอายุการใช้งาน เรียกว่าการบำรุงรักษา นอกจากนี้ยังเป็นที่ทราบกันดีว่าความผิดพลาดของมนุษย์ทั้งหมดในสัดส่วนที่มากอย่างมีนัยสำคัญเกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการบำรุงรักษา และยังมีงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับบุคคลากรฝ่ายซ่อมบำรุง พบว่างานซ่อมบำรุงเป็นงานที่มีความอันตรายโดยพื้นเดิมอยู่แล้ว และยิ่งมาอยู่ในส่วนของงานบำรุงรักษาที่มีความเกี่ยวข้องกับสารตะกั่วโดยตรงก็จะทำให้มีความอันตรายมากขึ้นไปอีก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การควบคุมป้องกันไม่ให้พนักงานมีการสัมผัสตะกั่ว แบ่งเป็น 4 ด้าน คือ 1.) ด้านวิศวกรรม (Engineering) เครื่องจักรควรเป็นระบบปิด และแยกบริเวณกระบวนการผลิตที่ทำให้พนักงานสัมผัสตะกั่วออกไปต่างหากเพื่อให้เกิดการสัมผัสตะกั่วให้น้อยที่สุด จัดระบบระบายอากาศและระบบการจัดไอและฝุ่นตะกั่ว 2.) ด้านการบริหารจัดการ (Administrative) คือ การลดเวลาการสัมผัสตะกั่ว การสับเปลี่ยนหน้าที่การทำงานเป็นระยะๆ การจัดการเรื่องความสะอาดในโรงงาน การจัดสถานที่รับประทานอาหาร น้ำดื่ม พื้นที่สูบบุหรี่ การจัดอุปกรณ์และสถานที่ในการทำความสะอาดร่างกาย และการจัดอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลให้เพียงพอและเหมาะสม 3.) ด้านการปฏิบัติงาน (Work practice) และ 4.) ด้านการป้องกันส่วนบุคคล (Personal protective) คือ การปฏิบัติงานอย่างถูกต้องตามระเบียบขั้นตอนที่กำหนดไว้ การใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล และการดูแลสุขลักษณะของตนเองให้ถูกต้องเหมาะสม (Rogers, 1994) การลดการสัมผัสสารตะกั่วได้ดีที่สุดคือการควบคุมทางวิศวกรรม แต่ค่อนข้างนำไปปฏิบัติได้ยากเนื่องจากมีปัญหาในด้านค่าใช้จ่ายของผู้ประกอบการซึ่งมักจะไม่ได้ให้การสนับสนุน ส่วนด้านการควบคุมทางการบริหารจัดการยังไม่สามารถลดการสัมผัสตะกั่วได้ทั้งหมด ถ้าพนักงานไม่ปฏิบัติงานตามขั้นตอนวิธีการปฏิบัติงาน และยังมีพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากตะกั่วไม่ดีพอ ดังนั้นในทางปฏิบัติจริงนั้น การควบคุมด้านการบริหารร่วมกับการควบคุมด้านการปฏิบัติงานและการควบคุมด้านการป้องกันส่วนบุคคล จะช่วยให้ลดการสัมผัสตะกั่วได้

ดังนั้นในปัจจุบันจึงต้องคำนึงถึงการบริหารเพื่อลดการสูญเสียทั้งในเรื่องของสุขภาพและความปลอดภัยของผู้ที่ปฏิบัติงานรวมไปถึงครอบครัวของผู้ปฏิบัติงานอีกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อลดความเสี่ยงอันตรายจากการทำงานของพนักงานซ่อมบำรุงที่เกี่ยวข้องกับงานหลอมตะกั่ว

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาเฉพาะกรณีศึกษา1โครงการที่ทำเกี่ยวกับโครงการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว

1.3.2 การนำค่าดัชนีต่างๆในงานวิจัยนี้มาจากรายงานผลการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของโครงการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว

1.3.3 การปรับเปลี่ยนวิธีการทำงาน เช่น ลดระยะเวลาการทำงาน

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1.4.1 ศึกษาทฤษฎี บทความทางวิชาการ งานวิจัย รวมทั้งเครื่องมือที่เกี่ยวข้องในการทำวิจัย ได้แก่

- การประเมินความเสี่ยง
- อันตรายจากความร้อน
- การวิเคราะห์อันตรายในงาน (Job Hazard Analysis: JHA)
- รายการตรวจสอบ (Checklist)
- Cause-Consequence Analysis
- การชี้บ่งอันตรายของกระบวนการ และการปฏิบัติงาน (Hazard and Operability Study : HAZOP)
- การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis : FMEA)
- กระบวนการศึกษาความเสี่ยง การชี้บ่งความอันตราย (Hazard and Effect Management Process : HEMP)
- การยศาสตร์กับความปลอดภัย
- ทฤษฎีความล้า
- ทฤษฎีมาสโลว์ (Maslow)

1.4.2 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลของโครงการกรณีศึกษา

1.4.3 กำหนดวัตถุประสงค์ และวิเคราะห์การทำงานตามทฤษฎี เพื่อระบุความเสี่ยงในแต่ละกิจกรรมของงาน

1.4.4 ระบุความเสี่ยง โดยทำการวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยงของแต่ละกิจกรรมของงาน

1.4.5 จัดทำแผนการบริหารความเสี่ยงของโครงการ เพื่อกำหนดเป็นมาตรการสำหรับการทำงาน โดยจัดให้มีอุปกรณ์ป้องกันทางวิศวกรรม และกำหนดเวลาการทำงานในบริเวณต่างๆ ให้เหมาะสม

1.4.6 ดำเนินการตามแผนที่จัดทำขึ้น

1.4.7 ตรวจสอบและทบทวนผลการดำเนินงาน โดยการเปรียบเทียบค่าตะกั่วในเลือดก่อนและหลัง

1.4.8 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ รวมถึงการจัดทำคู่มือการปฏิบัติงาน

1.4.9 จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถดำเนินงานโครงการด้วยความน่าเชื่อถือและดูเป็นมืออาชีพสำหรับการเข้าไปดำเนินงานของผู้ประกอบการภายนอกที่เข้าไปดูแลในส่วนงานซ่อมบำรุง

1.5.2 เป็นกรณีศึกษาเพื่อจัดทำแนวทางการบริหารความเสี่ยง และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโครงการอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานใกล้ชิดกับสารจำพวกโลหะหนัก

1.5.3 สามารถนำผลการศึกษาที่ได้รับมาวางแผนป้องกันหรือปรับปรุงตำแหน่งที่ปฏิบัติงานของคนคนงานเพื่อลดการสัมผัสตะกั่ว และคนงานในโรงงานอุตสาหกรรมอื่นๆที่มีภาวะเสี่ยงคล้ายคลึงกัน

1.5.4 ทำให้พนักงานที่เข้าไปทำงานรู้สึกปลอดภัย และช่วยลดความเครียดจากการทำงาน

1.6 กรอบแนววิจัย

ภาพที่ 3 กรอบแนววิจัยของพนักงานซ่อมบำรุงที่เกี่ยวข้องกับงานหลอมตะกั่ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.7 ข้อจำกัดของงานวิจัย

ในส่วนของค่าครึ่งชีวิต (Half-life) ของตะกั่ว ไม่สามารถทำได้เนื่องจากค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงและใช้ระยะเวลานาน

1.8 นิยาม

1.8.1 สภาวะการทำงาน

สภาวะแวดล้อมซึ่งปรากฏอยู่ในบริเวิณที่ทำงานของลูกจ้าง ซึ่งรวมถึงสภาพต่างๆในบริเวรณที่ทำงาน เครื่องจักร อาคาร สถานที่ การระบายอากาศ ความร้อน แสงสว่าง เสียง ตลอดจนสภาพและลักษณะการทำงานของลูกจ้างด้วย

1.8.2 การยศาสตร์

กฎของงาน ซึ่งเป็นศาสตร์ หรือวิชาการที่เป็นการปรับเปลี่ยนสภาพงานให้เหมาะสมกับผู้ปฏิบัติงาน หรือเป็นการปรับปรุงสภาพการทำงานอย่างเป็นระบบ ครอบคลุมถึงการออกแบบสถานีทำงาน และการออกแบบงาน รวมทั้งการออกแบบการทำงานให้มีความปลอดภัย

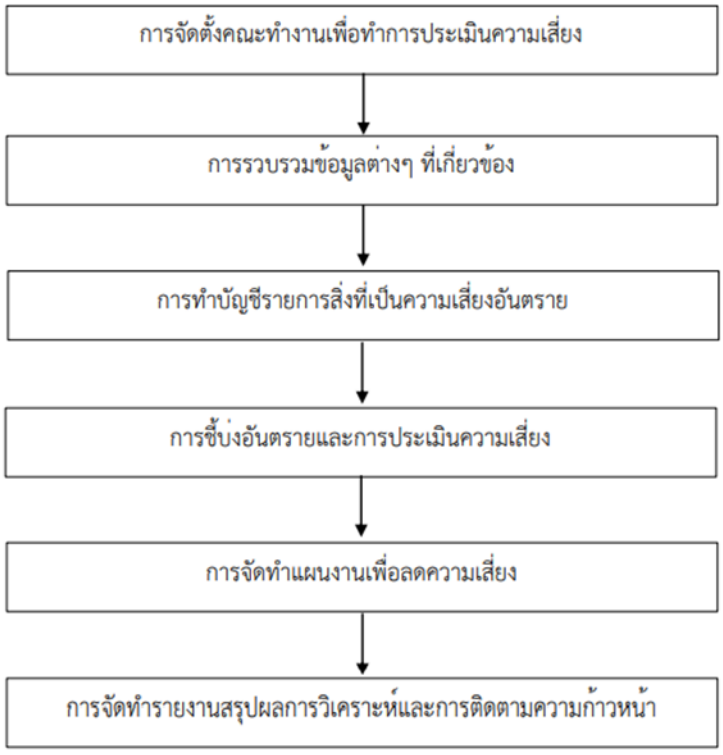
1.8.3 Turnkey Project

การจ้างเหมาแบบเบ็ดเสร็จ หมายความว่า โครงการที่ผู้ผลิตทำการผลิตหรือพัฒนาตามที่ตกลงว่าจ้างกันไว้ จนเสร็จเรียบร้อยอยู่ในสภาพพร้อมใช้งานแล้วส่งมอบโครงการนั้นให้แก่ผู้ซื้อ ตัวอย่างเช่น การสร้างรถไฟฟ้า เขื่อน โรงงานไฟฟ้า และโครงสร้างพื้นฐานอื่นๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรมว่าด้วยหลักเกณฑ์การชี้บ่งอันตราย การประเมินความเสี่ยง และการจัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง พ.ศ. 2543 ได้มีการนำเสนอวิธีการต่างๆในการดำเนินการศึกษา วิเคราะห์และทบทวนการดำเนินงานโดยทีมงานของโรงงาน พร้อมทั้งกำหนดผู้มีคุณสมบัติบุคลากรของทีมงานของโรงงานที่ดำเนินการวิธีการจัดทำรายงาน ดังแสดงในภาพที่ 4 (จิตรา รู้กิจการพานิช, 2561)



ภาพที่ 4 สรุปขั้นตอนการดำเนินการในการประเมินความเสี่ยง

(ที่มา: จิตรา รู้กิจการพานิช, 2561)

ได้มีข้อแนะนำในการเลือกใช้วิธีการในการบ่งชี้อันตรายซึ่งมีหลายวิธี จะเลือกวิธีใดวิธีหนึ่งก็ได้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของลักษณะงาน ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้จึงขอเลือกวิธีการที่เหมาะสมกับงานวิจัยฉบับนี้โดยจะมีรายละเอียดที่กล่าวโดยสรุปได้ดังนี้

2.1 โลหะหนัก

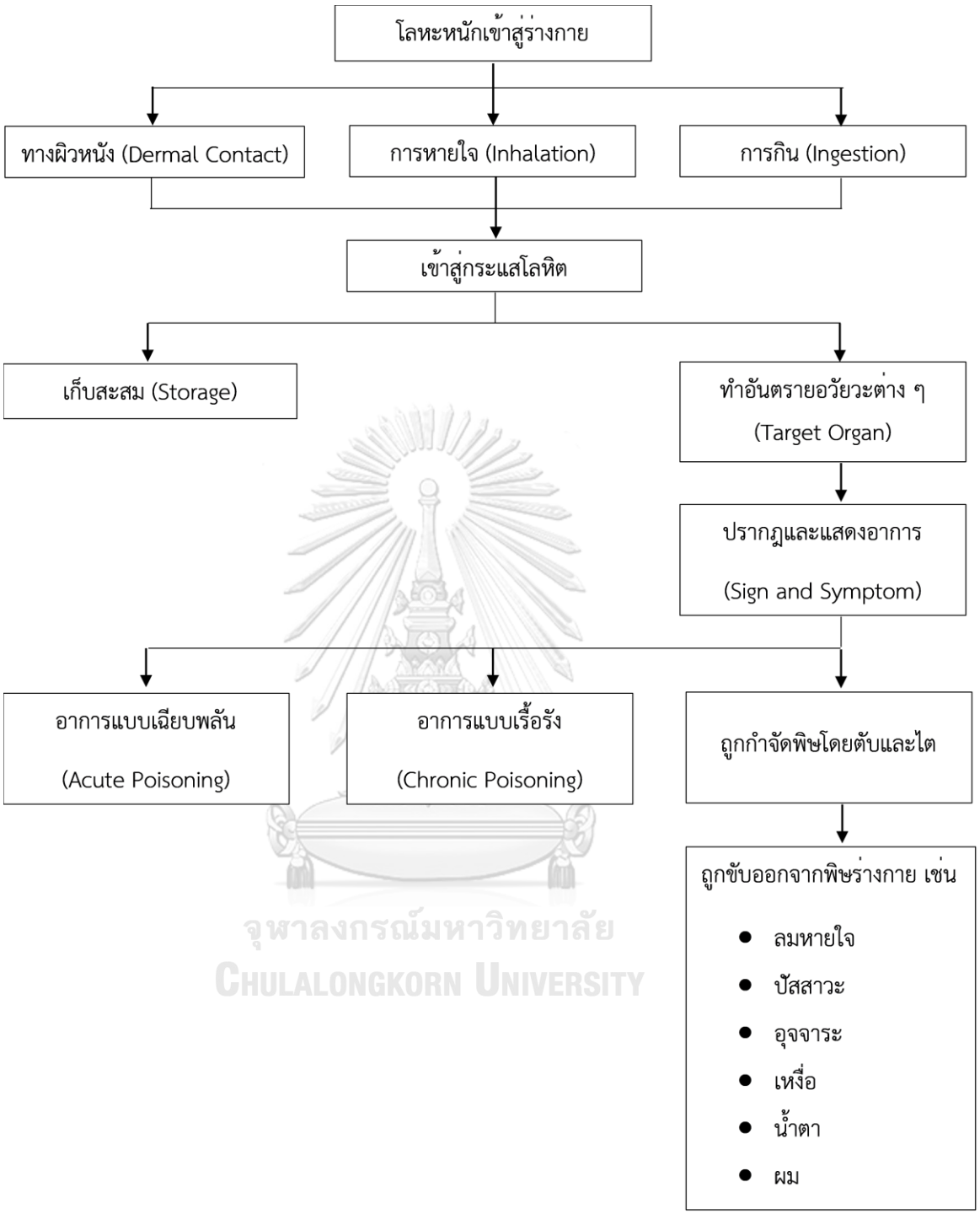
โลหะหนัก คือ กลุ่มธาตุที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 4 ขึ้นไป ส่วนใหญ่เป็นธาตุอยู่ในกลุ่ม Transition metals ซึ่งเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต โลหะหนักเป็นสารที่คงตัว ไม่สามารถสลายตัวได้ในกระบวนการธรรมชาติ แต่ลักษณะทางเคมีจะเปลี่ยนไป ความเป็นพิษของโลหะหนักจะขึ้นอยู่กับรูปแบบของโลหะ โลหะหนักมีทั้งหมด 22 ชนิด ได้แก่ ทองแดง เงิน ทองคำ ทองคำขาว สังกะสี ตะกั่ว ดีบุก โครเมียม ทังสเตน แคดเมียม ปรอท บิสมัส พลวง ไททาเนียม แทนทาลัม โคบอลต์ ยูเรเนียม นิเกิล แมงกานีส โมลีเดียม อาร์เซนิก และเบอร์มัสเนียม ส่วนใหญ่โลหะหนักจะมีประโยชน์ต่อกิจกรรมของมนุษย์เพราะถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรม เกษตรกรรม และยารักษาโรค เป็นต้น (Soto-Jiménez and Flegal, 2011)

โลหะหนักเป็นสารพิษเนื่องจากร่างกายไม่สามารถเผาผลาญ และสะสมตัวในเนื้อเยื่ออ่อนได้ โลหะหนักแม้ว่าจะมีปริมาณในร่างกายเพียงเล็กน้อยในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดพิษ แต่ก็ก่อให้เกิดผลเสียหายต่อร่างกายหลายประการ เพราะโลหะหนักจะเข้าไปรบกวนการทำงานของแร่ธาตุต่างๆในร่างกายปกติแร่ธาตุเหล่านี้จะช่วยเร่งปฏิกิริยาการทำงานของระบบต่างๆ ในร่างกาย เช่น การสร้างพลังงาน การใช้สารอาหาร และการสร้างฮอร์โมน เป็นต้น ส่งผลให้ระบบการทำงานต่างๆ ของร่างกายหยุดชะงักไป นอกจากนั้นโลหะหนักก็ยังเป็นอันตรายต่อผนังเซลล์ เมื่ออยู่บนผนังเซลล์ทำให้เกิดเสียสมดุลของประจุไฟฟ้า เกิดการทำลายผนังเซลล์ เซลล์จึงถูกทำลายก่อให้เกิดความผิดปกติในการแบ่งตัวของเซลล์ เป็นตัวการก่อให้เกิดอนุมูลอิสระทำให้หลอดเลือดอักเสบ ผนังหลอดเลือดขรุขระ เกิดความไม่เรียบของพื้นผิวทำให้เกิดหลอดเลือดแข็ง หรือลิ่มเลือดอุดตันตามมา เป็นต้น

โลหะหนักจะเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ผ่านทางอาหาร น้ำ อากาศ หรือผ่านทางการดูดซึมทางผิวหนังจากการสัมผัสในกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม กระบวนการผลิตทางเภสัชกรรมการทำเกษตรกรรม หรือทำเลที่ตั้งที่อยู่อาศัย โลหะหนักส่วนใหญ่จะถูกขับออกทางปัสสาวะ โลหะหนักบางชนิดในรูปสารประกอบอินทรีย์ เช่น Methylmercury จะถูกดูดซึมกลับได้อีกโดยผ่านตับเข้าสู่น้ำดีไปยังลำไส้ (Enterohepatic circulation) จึงทำให้สามารถอยู่ในร่างกายได้นานขึ้น นอกจากนี้

โลหะหนักยังอาจถูกขับออกทางน้ำนม ผม เล็บ และการหลุดลอกของผิวหนัง (มธุรส รุจิรวัฒน์ & จุฑามาศ สัตยาวิวัฒน์, 2549) ดังแสดงในภาพที่ 5

โลหะหนักก่อให้เกิดปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากไม่สลายตัวโดยกระบวนการทางธรรมชาติได้ ทำให้สามารถรวมตัวกับสารประกอบอินทรีย์ และเข้าสู่สิ่งมีชีวิตต่างๆเมื่อเข้าไปสะสมจำนวนมากๆ สิ่งมีชีวิตจะตอบสนองต่อโลหะหนักได้แตกต่างกันไป ระดับความเป็นพิษของโลหะหนักจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติความเป็นพิษของโลหะหนักแต่ละชนิด ขนาด หรือปริมาณที่ได้รับ อายุ น้ำหนัก และความต้านทานของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด (กมลพรรณ ไชยทอง, 2552)



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 5 แผนผังโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายและการกำจัดโลหะหนักออกสู่ร่างกาย

(ที่มา: สภาวิศวกรแห่งประเทศไทย, 2545)

2.2 ตะกั่ว (Lead)

ตะกั่วเป็นโลหะสีเทาเงิน มีความอ่อนตัว เหนียว ตะกั่วมีจุดหลอมเหลวอยู่ที่ 327.5 °C และ จุดเดือดอยู่ที่ 1,749 °C สามารถดัดหรือขึ้นรูปง่าย ตะกั่วได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์มากมาย เนื่องจากเป็นสารที่นำมาทำให้บริสุทธิ์ได้ง่าย และมีสมบัติที่อ่อน ทนต่อการผุกร่อนได้ดี ตะกั่วมีกระจายอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ ที่เปลือกโลกมีเฉลี่ยประมาณ 10-15 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตะกั่วที่ปรากฏเป็นธาตุอิสระในธรรมชาติมีน้อยมาก (Sobolev, 2007)

ตะกั่วที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมมี 2 ประเภท คือ

ตะกั่วอนินทรีย์ (Inorganic Lead) อยู่ในรูปเกลือและออกไซด์ ได้แก่ (1) ตะกั่วออกไซด์ (Lead Oxide) ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตสีอุตสาหกรรมหม้อแบตเตอรี่ และอุตสาหกรรมผลิตยาง เป็นต้น (2) ตะกั่วคาร์บอเนต (Lead Carbonate) ตะกั่วซัลเฟตและตะกั่วโครเมตใช้ในอุตสาหกรรมผลิตสีในผงฝุ่นสีขาวสีน้ำมัน หมึกพิมพ์และสีพลาสติกเป็นต้น (3) ตะกั่วอะซิเตต เป็นเกลือของตะกั่วที่ละลายในน้ำได้ดีใช้ในทางอุตสาหกรรมผลิตเครื่องสำอางครีมใส่ผม เป็นต้น (4) ตะกั่วไนเตรตใช้ในอุตสาหกรรมผลิตยางและพลาสติก (5) ตะกั่วอะซิเนต ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตสารฆ่าแมลงและสารกำจัดศัตรูพืช และ (6) ตะกั่วซิลิเกตใช้ผสมในกระเบื้อง เครื่องเคลือบเซรามิกเพื่อให้เกิดความเงางามและมีผิวเรียบ

ตะกั่วอินทรีย์ (Organic Lead) ได้แก่ (1) ตะกั่วสเตียเรตใช้ในอุตสาหกรรมผลิตแลคเกอร์ น้ำมันหล่อลื่น และจารบีเป็นต้น (2) ตะกั่วเตตราเอทธิลใช้ผสมในน้ำมันเบนซิน เพื่อเพิ่มค่าออกเทนของน้ำมันให้สูงขึ้น ป้องกันการกระตุกของเครื่องยนต์(ปัจจุบันยกเลิกใช้แล้ว) และ (3) ตะกั่วเตตราเมทธิลใช้เติมร่วมกับตะกั่วเตตราเอทธิลในน้ำมันเบนซิน เพื่อเพิ่มค่าออกเทนของน้ำมันให้สูงขึ้น ป้องกันการกระตุกของเครื่องยนต์ (ปัจจุบันยกเลิกใช้แล้ว)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กลไกการก่อโรคของตะกั่ว

ตะกั่วทำให้เกิดอันตรายอย่างรุนแรง มีผลต่อหลายระบบของร่างกาย โดยจะมีผลต่อการสร้างเม็ดเลือดในร่างกาย การทำงานของระบบประสาท ไต ระบบทางเดินอาหาร ระบบสืบพันธุ์ และระบบหมุนเวียนโลหิต ตะกั่วจะเข้าสู่ร่างกายได้ 2 ทาง คือ การหายใจ และการกินเข้าทางปาก ส่วนใหญ่การได้รับตะกั่วทางการหายใจ มักพบได้บ่อยในโรงงานอุตสาหกรรมโดยเกิดจากการหายใจเอาไอควัน (Fumes) ของตะกั่วเข้าไป เนื่องจากไอควันของตะกั่วมีโมเลกุลเล็กจึงดูดซึมผ่านปอดได้อย่างรวดเร็ว การได้รับตะกั่วจากการกินมักจะไม่ได้เกิดจากการทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม แต่พบได้บ่อยในเด็ก ซึ่งเด็กจะดูดซึมตะกั่วได้ดีกว่าผู้ใหญ่ (Patrick, 2006)

หลังจากเข้าสู่ร่างกายตะกั่วจะเข้าไปในกระแสเลือด โดยร้อยละ 99 จะเข้าไปเกาะกับเม็ดเลือดแดง ตะกั่วยังสามารถผ่านรกเข้าสู่ทารกในครรภ์มารดา และผ่าน Blood brain barrier ผ่านเข้าสู่

สมองได้ด้วย เมื่อมีระดับตะกั่วในกระแสเลือดจำนวนมาก ตะกั่วจะเข้าไปสะสมในกระดูก เมื่อระดับตะกั่วในกระแสเลือดต่ำลงตะกั่วก็จะสามารถออกจากกระดูกเข้าสู่กระแสเลือดอีกครั้ง ในคนที่มีตะกั่วเก็บสะสมในกระดูกปริมาณมากเมื่อร่างกายเกิดภาวะบางอย่าง เช่น ภาวะไทรอยด์สูง หรือเริ่มมีภาวะกระดูกพรุนทำให้เกิดการปล่อยตะกั่วออกมาจากกระดูกเป็นปริมาณมากทำให้เกิดภาวะพิษตะกั่วได้ ค่าครึ่งชีวิตของตะกั่วในเนื้อเยื่อมีระยะเวลาประมาณ 1–2 เดือน แต่ค่าครึ่งชีวิตของตะกั่วในกระดูกกลับมีระยะเวลาถึง 1–10 ปี ส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 70 ของตะกั่วจะถูกขับทางปัสสาวะ ส่วนน้อยจะถูกขับทางอุจจาระ และส่วนที่เหลือมีการขับออกทางเส้นผม เล็บ และขับทางเหงื่อเล็กน้อย

อาการแบบเรื้อรัง (Chronic poisoning)

อาการทั่วไปของผู้ที่ได้รับตะกั่วสะสมมาเป็นระยะเวลานาน ได้แก่ อ่อนเพลีย ไม่มีแรง เบื่ออาหาร นอนไม่หลับ น้ำหนักลด ปวดตามกล้ามเนื้อตามข้อ อาการทางระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ ปวดเกร็งท้อง ท้องผูก อาการทางระบบประสาทส่วนกลาง ได้แก่ สมาธิไม่ดี ปวดหัว สั่น เดินเซ ซึม ชัก โคม่า พฤติกรรมเปลี่ยนไป อาการทางระบบประสาทส่วนปลาย ได้แก่ปลายประสาทอักเสบ ทำให้เกิดข้อมือตก (Wrist drop) อาการทางระบบโลหิต ได้แก่ ภาวะโลหิตจาง และอาการทางระบบสืบพันธุ์ ได้แก่ ทำให้เป็นหมัน ทำให้คลอดก่อนกำหนด และพัฒนาการของสมองเด็กไม่ดี นอกจากนี้ตะกั่วยังทำให้ท่อกรวยไตอักเสบ และเกิดพังผืดที่ไต (Staudinger and Roth, 1998)

อาการแบบเฉียบพลัน (Acute poisoning)

เกิดจากการได้รับตะกั่วเข้าไปในร่างกายปริมาณมาก (ส่วนใหญ่เกิดจากการกิน) อาการที่เกิดขึ้นจากการได้รับตะกั่ว ได้แก่ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้องรุนแรง เลือดจาง ตับอักเสบเฉียบพลัน และมีอาการสมองอักเสบฉับพลัน (Staudinger and Roth, 1998)

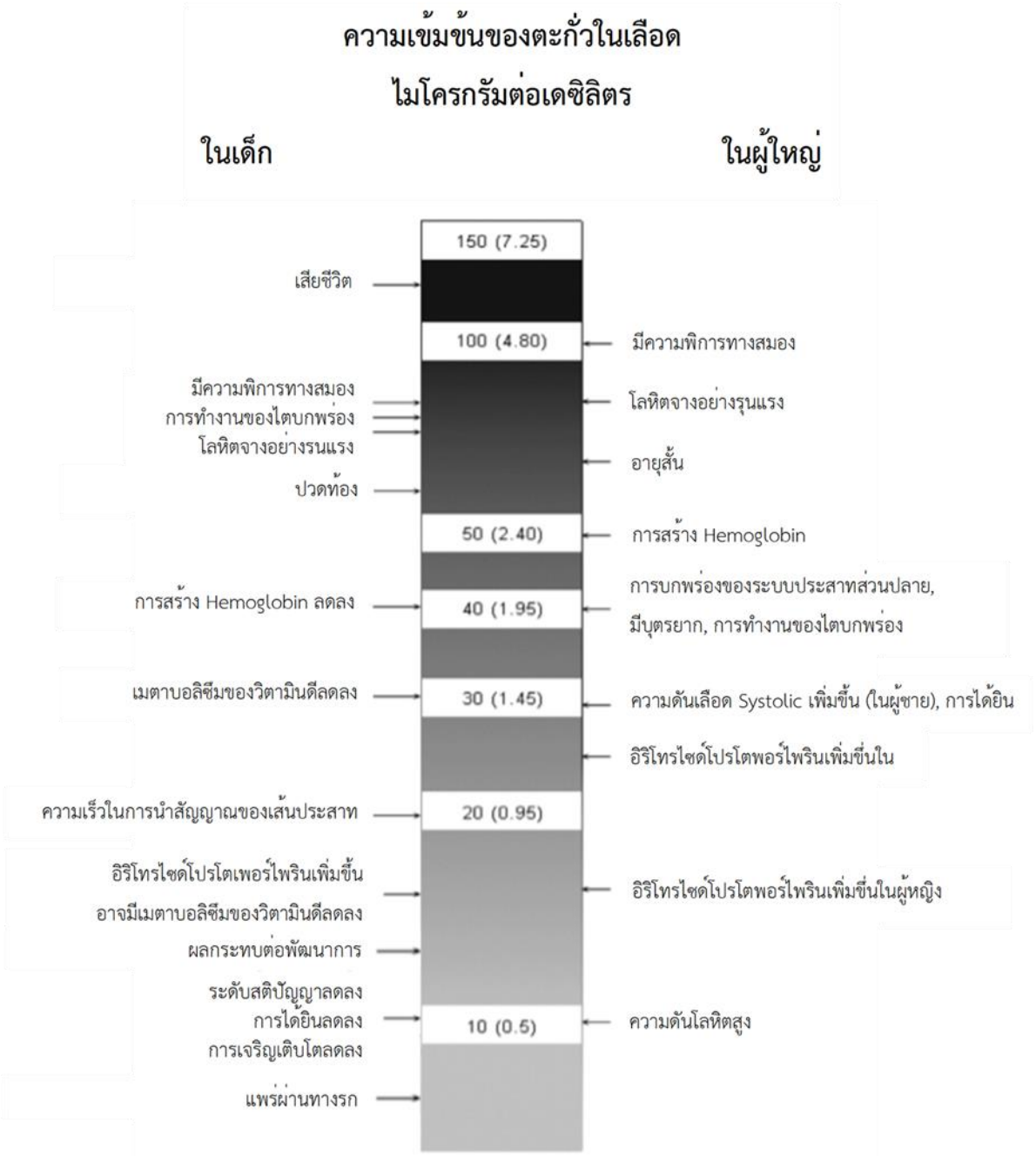
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิธีการป้องกัน

การป้องกันอันตรายจากสภาพแวดล้อม เช่น ลดปริมาณตะกั่วที่ฟุ้งกระจาย

ในบริเวณทำงาน โดยติดตั้งระบบระบายอากาศเฉพาะที่ เก็บรวบรวมฝุ่น ไอควัน (Fumes) และกำจัดให้ถูกวิธี การรักษาความสะอาดของบริเวณทำงานจะช่วยลดปริมาณการสัมผัสของคนงาน การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) เมื่อต้องทำงานสัมผัสกับตะกั่วในรูปแบบต่างๆ จัดให้มีห้องน้ำทำความสะอาดร่างกายให้คนงานรักษาอนามัยส่วนบุคคล เช่น ล้างมือก่อนกินอาหาร ห้ามดื่มน้ำและสูบบุหรี่ในสถานที่ทำงาน มีการตรวจวัดปริมาณตะกั่วในบรรยากาศการทำงานเป็นประจำ

และมีการตรวจสุขภาพประจำปี หรือคนที่เสี่ยงมากต้องตรวจสุขภาพทุกๆ 6 เดือน รวมถึงต้องมีการตรวจหาปริมาณตะกั่วในเลือดและในปัสสาวะ (วิทยา อยู่สุข, 2552)



ภาพที่ 6 ระดับความรุนแรงของระดับตะกั่วที่ส่งผลกระทบต่อร่างกาย

(ที่มา: Staudinger and Roth, 1998)

การตรวจติดตามผู้ที่สงสัยโรคพิษตะกั่ว

ถ้าตรวจวัดระดับตะกั่วในเลือดแล้วพบว่ามีค่าน้อยกว่า 40 µg/dl ถ้าไม่มีอาการของโรค ควรเฝ้าระวังและเจาะเลือดวัดระดับสารตะกั่วทุก 6 เดือน ถ้ามีอาการแสดงเฉพาะกับพิษสารตะกั่ว ให้ตรวจวัดผลกระทบของสารตะกั่ว ในระบบการสร้างเลือดหรือ ภาวะแทรกซ้อนทางไต ได้แก่ การตรวจ CBC (การตรวจนับเม็ดเลือด) และการตรวจ Bun, Cr เพื่อดูการทำงานของไต และการตรวจเพื่อช่วยสนับสนุนและ/ หรือแยกโรคตามแต่อาการ และอาการแสดง เช่นการตรวจการนำกระแสไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ (Electromyogram) ถ้าผลการตรวจที่กล่าวมาผิดปกติ ให้ทำการทดสอบ EDTA provocation test (การตรวจวัดระดับสารตะกั่วในปัสสาวะหลังการให้ Chelating agants (ยาขับพิษ)

ผลการตรวจวัดระดับตะกั่วในเลือดอยู่ระหว่าง 40- 60 µg/dl ถ้าไม่มีอาการควรเฝ้าระวังอย่างใกล้ชิดเจาะเลือดหาระดับตะกั่วทุก 3 เดือน ถ้ามีอาการแสดงเฉพาะกับพิษสารตะกั่ว ให้ ทำการทดสอบ EDTA provocation test ถ้าได้ผลบวกเป็นLead poisioning ให้ย้ายออกจากหน้าที่เดิมและทำการรักษา

ผลการตรวจวัดระดับตะกั่วในเลือดมากกว่า 60 µg/dl ถ้าไม่มีอาการให้ย้ายออกจากหน้าที่เดิมจนกว่า ระดับตะกั่วในเลือดลดลงมาต่ำกว่า 40 µg/dl ทดสอบEDTA provocation test ถ้าได้ผลบวกให้การรักษา ถ้ามีอาการแสดงเฉพาะกับพิษสารตะกั่ว เป็น Lead poisioning ให้ผู้ป่วยย้ายออกจากงานหน้าที่เดิมทันที และให้การรักษา

มาตรฐานทางด้านสภาพแวดล้อมการทำงาน

ตามประกาศของกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) ตามประกาศของคณะปฏิวัติ ฉบับที่ 103 ลงวันที่ 16 มีนาคม 2515 กำหนดให้ความเข้มข้นเฉลี่ย ตลอดระยะเวลาการทำงานไม่เกิน 0.2 mg/m3

มาตรฐานทางชีวภาพของสารตะกั่ว

มาตรฐานที่ใช้อยู่ในประเทศไทยคือ ระดับตะกั่วในเลือดของคนทั่วไปไม่ควรเกิน 40 µg/dl ค่าที่ยอมให้มีไว้ชั่วคราวในคนทำงานสัมผัสกับสารตะกั่ว ไม่เกิน 60 µg/dl (กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, 2563)

แหล่งที่สำคัญที่ทำให้เกิดพิษสำหรับผู้ใหญ่คือจากอุตสาหกรรมได้แก่ โรงงานทำ battery และโรงงานอื่นๆ ที่มีการใช้ตะกั่วอย่างกว้างขวาง เช่น อุตสาหกรรม electronics ผลิตภัณฑ์จากแบตเตอรี่และอาหารที่มีตะกั่วปนเปื้อน เป็นต้น

ค่ามาตรฐานความเข้มข้นของตะกั่วในสถานประกอบการ (สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน กรมแรงงาน, 2530)

มาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานสำหรับประเทศไทย ปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในสถานประกอบการเป็นไปตามประกาศของกระทรวงมหาดไทยซึ่งได้กำหนดปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TWA) ไว้ไม่เกิน 0.20 mg/m3

การกำาหนดค่ามาตรฐานปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในสถานประกอบการในหน่วยงานต่างประเทศ

- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) ได้กำหนดปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TWA) เท่ากับ 0.05 mg/m^3
- The Occupational Safety and Health Administration (OSHA) ได้กำหนดปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TWA) ไม่เกิน 0.05 mg/m^3 และกำหนดให้มีการเฝ้าระวังสุขภาพในบุคคลที่รับสัมผัสและตรวจพบปริมาณตะกั่วในเลือดสูงกว่า 40 µg/dl ขึ้นไป
- American Conference of Governmental Industrial Hygiene (ACGIH) ได้กำหนดปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TWA) ไม่เกิน 0.05 mg/m^3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3 ของเสียอันตราย (Hazardous Waste)

“ของเสียอันตราย” เป็นวัสดุที่ไม่ได้ใช้แล้วที่มีคุณสมบัติเป็นสารไวไฟ กัดกร่อน เกิดปฏิกิริยายาได้ง่าย มีสารพิษปะปนหรือมีตัวทำละลาย เสื่อมคุณภาพตามรายชื่อที่ระบุไว้ หรือกากตะกอนที่เกิดจากการผลิต หรือเกิดจากระบบบำบัดน้ำเสีย จากกิจกรรมตามรายชื่อที่ระบุ [ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 25 (พ.ศ.2531)] ของเสียอันตรายจึงเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “กากของเสียอุตสาหกรรม”(กระทรวงอุตสาหกรรม, 2548)

- กากตะกอนจากการละลายเกลือและกากตะกอนจากโรงผลิตโซดาไฟด้วยวิธีใช้เซลปรอท
- กากวัตถุมีพิษและกากตะกอนจากโรงงานผลิตและบรรจุยาฆ่าแมลง
- ฝุ่นจากระบบกำจัดตะกั่วในอากาศและกากตะกอนจากโรงงานหลอมตะกั่ว
- ชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเลคโทรนิกส์ที่เสื่อมหรือไม่ได้คุณภาพ

- น้ำยาเคมีจากถังชุบโลหะกากที่เหลือจากการชุบโลหะรวมทั้งกากตะกอนจากโรงงานชุบโลหะ
- ของเสียจากโรงงานผลิตวัตถุระเบิด
- ปลายขั้วหลอดที่ผลิตไม่ได้คุณภาพที่ปนเปื้อนสารปรอทจากโรงงานผลิตหลอดฟูออเรสเซนต์
- ถ่านไฟฉายที่ผลิตไม่ได้คุณภาพฝุ่นจากระบบกำจัดอากาศกากตะกอนจากโรงงานผลิตถ่านไฟฉาย
- กากสีจากห้องพ่นสีของโรงงานที่ประกอบกิจการเกียวกับรถยนต์และจักรยานยนต์

การกำจัดหรือบำบัดของเสียอันตรายเป็นสิ่งจำเป็นที่ผู้ก่อกำเนิดต้องตระหนัก เพราะหากกำจัดหรือบำบัดไม่ถูกวิธี หรือไม่เหมาะสมกับของเสียอันตรายชนิด นั้นๆ จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555)

2.4 สารเคมีอันตราย

กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับสารเคมีอันตราย พ.ศ. ๒๕๕๖ ให้คำนิยามต่างๆดังนี้ (กฎกระทรวง, 2556)

“สารเคมีอันตราย” หมายความว่า ธาตุ สารประกอบ หรือสารผสม ตามบัญชีรายชื่อที่อธิบดีประกาศกำหนด ซึ่งมีสถานะเป็นของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซ ไม่ว่าจะอยู่ในรูปของเส้นใย ฝุ่น ละออง ไอ หรือฟูม ที่มีคุณสมบัติอย่างหนึ่งอย่างใดหรือหลายอย่างรวมกัน ดังต่อไปนี้

(๑) มีพิษ กัดกร่อน ระคายเคือง ซึ่งอาจทำให้เกิดอาการแพ้ การก่อมะเร็ง การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม เป็นอันตรายต่อทารกในครรภ์หรือสุขภาพอนามัย หรือทำให้ถึงแก่ความตาย

(๒) เป็นตัวทำปฏิกิริยาที่รุนแรง เป็นตัวเพิ่มออกซิเจนหรือไวไฟ ซึ่งอาจทำให้เกิดการระเบิดหรือไฟไหม้

“ขีดจำกัดความเข้มข้นของสารเคมีอันตราย” หมายความว่า ระดับความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายที่กำหนดให้มีอยู่ได้ในบรรยากาศแวดล้อมในการทำงานที่ลูกจ้างซึ่งมีสุขภาพปกติสามารถสัมผัส หรือได้รับเข้าสู่ร่างกายได้ทุกวันตลอดเวลาที่ทำงานโดยไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ

“การทำงานเกี่ยวกับสารเคมีอันตราย” หมายความว่า การกระทำใด ๆ ซึ่งอาจทำให้ลูกจ้างได้รับสารเคมีอันตราย เช่น การผลิต การติดฉลาก การห่อหุ้ม การเคลื่อนย้าย การเก็บรักษา การถ่ายเท การขนถ่าย การขนส่ง การกำจัด การทำลาย การเก็บสารเคมีอันตรายที่ไม่ใช้แล้ว รวมทั้งการ

บำรุงรักษา การซ่อมแซม และการทำความสะอาดเครื่องมือ เครื่องใช้ ตลอดจนภาชนะบรรจุสารเคมีอันตราย

“ฝุ่น” หมายความว่า อนุภาคของของแข็งที่สามารถฟุ้ง กระจาย ปลิวหรือลอยอยู่ในอากาศได้

“ละออง” หมายความว่า อนุภาคของของเหลวที่สามารถลอยอยู่ในอากาศได้

“ไอ” หมายความว่า ก๊าซที่เกิดขึ้นจากของเหลวหรือของแข็งในสภาวะปกติ

“ฟูม” หมายความว่า อนุภาคของของแข็งที่เกิดจากการรวมตัวของไอสามารถลอยตัวอยู่ในอากาศได้

2.5 ข้อมูลความปลอดภัยของวัตถุอันตราย

Safety Data Sheet (SDS) หรือในบางครั้งเรียกว่า Material Safety Data Sheet (MSDS) นั้น หมายถึง เอกสารที่แสดงข้อมูลของสารเคมีที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของสาร ซึ่งเป็นเอกสารที่แสดงข้อมูลของสารเคมีหรือเคมีภัณฑ์เกี่ยวกับลักษณะความเป็นอันตราย พิษ วิธีใช้ การเก็บรักษา การขนส่ง การจัดและการจัดการอื่นๆ เพื่อให้การดำเนินการเกี่ยวกับสารเคมีนั้นเป็นไปอย่างถูกต้องและปลอดภัย (จิตรา รู้กิจการพานิช, 2561)

ตะกั่ว :

ค่าความเข้มข้นของสารเคมี 0.2 mg/m^3 ในอากาศที่ปลอดภัยสำหรับผู้ปฏิบัติงานจะได้รับในระยะเวลาไม่เกิน 8 ชั่วโมงทำงานติดต่อกันใน 1 วัน เป็นเวลา 5 วันต่อสัปดาห์

การรับสัมผัสไอระเหยหรือไอที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานอาจก่อให้เกิดการระคายเคืองที่ระบบทางเดินหายใจและการเป็นพิษจากตะกั่วที่เป็นระบบอาการของตะกั่วเป็นพิษ ได้แก่ ปวดศีรษะ คลื่นไส้ ปวดท้อง ปวดตามกล้ามเนื้อและข้อต่อ และทำลายระบบประสาท ระบบเลือด และไต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.6 การประเมินความเสี่ยง

ความเสี่ยง (Risk) หมายถึง การกระทำ หรือลักษณะของสถานการณ์ ที่มีผลลัพธ์มากกว่า 1 อย่าง โดยไม่สามารถบอกได้แน่นอนว่าจะเกิดขึ้นหรือไม่ และอย่างน้อยหนึ่งในผลลัพธ์นั้นไม่พึงประสงค์ ดังนั้นความเสี่ยงจึงจะต้องประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ คือ “ไม่แน่นอน” และ “ไม่พึงประสงค์” สิ่งต่างๆหรือเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ที่เกิดขึ้นแล้วส่งผลกระทบต่อวัตถุประสงค์ หรือเป้าหมาย ที่จะเบี่ยงเบนไปจนไม่อาจบรรลุได้ มีความไม่แน่นอน และสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา

การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) หมายถึง การวิเคราะห์และจัดลำดับความเสี่ยง โดยประเมินจากโอกาสที่จะเกิดความเสี่ยง (Likelihood) และความรุนแรงของผลกระทบจากเหตุการณ์ความเสี่ยง (Consequences) ต่อการบรรลุวัตถุประสงค์ของกระบวนการทำงานของหน่วยงานหรือขององค์กร

การจัดลำดับความสำคัญความเสี่ยง (Risk Matrix) มีส่วนที่ทำให้การบริหารจัดการความเสี่ยงสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ และประสิทธิผล เนื่องจากทำให้เราสามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างตรงจุด และทำให้การแก้ปัญหาไม่มีมากเกินไป เนื่องมาจากเราได้มีการจัดลำดับความสำคัญของปัญหาในส่วนที่สำคัญเพื่อที่จะเลือกในการทำการจัดการ และเรียงตามลำดับลงมา

การประเมินความเสี่ยงดังกล่าวเพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจถึงความสำคัญของการจัดการความเสี่ยงแต่ละเรื่อง และเพื่อให้ผู้บริหารสามารถจัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยง (Prioritization) ที่จำเป็นต้องได้รับการจัดการอย่างเป็นลำดับ รวมไปถึงใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกวิธีที่เหมาะสมในการจัดการกับความเสี่ยง การจัดระดับความเสี่ยงมีหลายแบบเช่น

การจัดระดับความเสี่ยง (Risk Ratings)

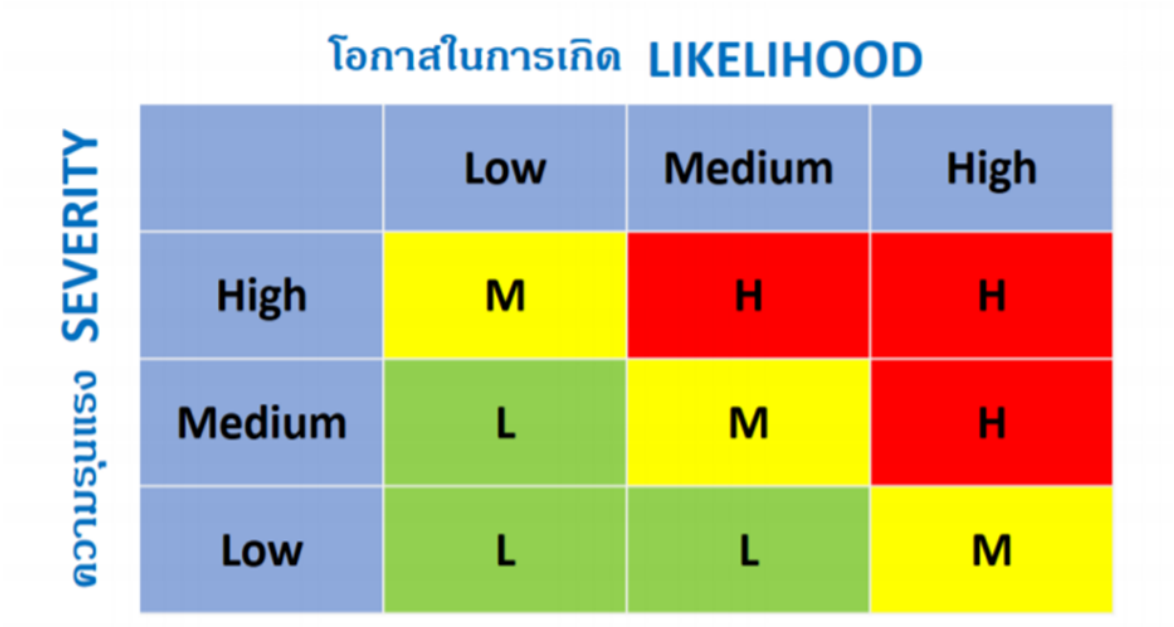
- H-High Risk ความเสี่ยงระดับสูง ต้องมีการเตรียมแผนการจัดการไว้รองรับ
- M-Medium Risk ความเสี่ยงระดับกลาง ควรติดตามความเสี่ยงเป็นระยะ เพื่อวางแผนการจัดการ
- L-Low Risk ความเสี่ยงระดับต่ำ อาจยอมรับความเสี่ยงไว้ได้ หรือคอยติดตามระบุระดับความเสี่ยงเป็นระยะ เพราะความเสี่ยงระดับต่ำอาจเพิ่มระดับความรุนแรงกลายเป็นความเสี่ยงระดับกลางหรือสูงได้

ดังนั้น ความเสี่ยง = โอกาส x ความรุนแรง

โอกาสที่จะเกิด (Likelihood) หมายถึง ความถี่หรือโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ความเสี่ยง

ผลกระทบ (Consequences/Impact/Severity) หมายถึง ขนาดความรุนแรงของความเสียหายที่จะเกิดขึ้น หากเกิดเหตุการณ์ความเสี่ยง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 7 การจัดลำดับความสำคัญความเสี่ยง (Risk Matrix)

(ที่มา: Anon., System Safety Program Requirements, MIL-STD-882C, OSD, Washington, DC, Jan 93.)

การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ (health risk assessment; HRA) หมายถึงการศึกษา “โอกาส” หรือ “ความน่าจะเป็น” ของผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมต่อสุขภาพของมนุษย์ ซึ่งสิ่งแวดล้อมในที่นี่ก็หมายถึงสิ่งคุกคาม (hazard) นั่นเอง การประเมินความเสี่ยงจัดเป็น “กระบวนการ” ของความคิดที่ทำเพื่อจะให้ได้รู้ว่าความเสี่ยงนั้นมากน้อยเพียงใด

ภาพที่ 8 การประเมินอันตรายจากการกระทำที่ไม่ปลอดภัย

(ที่มา: จิตรา รู้กิจการพานิช, 2561)

กระบวนการในการประเมินความเสี่ยง มี 4 ขั้นตอน คือ

1.) การบ่งชี้สิ่งคุกคาม (Hazard identification) คือการบ่งชี้ว่าภาวะใดหรือสิ่งใดเป็นปัจจัยคุกคาม หากมนุษย์สัมผัสสิ่งนั้นหรือภาวะนั้นอาจก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพขึ้นได้ การบ่งชี้สิ่งคุกคามเป็น

การตอบคำถามว่า ในสถานที่หรือสภาพการณ์หนึ่งนั้น มีสิ่งคุกคามอยู่จริงหรือไม่ หรือมีอะไรบ้างที่เป็นสิ่งคุกคาม ซึ่งจะเป็นการพิจารณาประเมินความเสี่ยงเชิงคุณภาพ

2.) การประเมินการสัมผัส (Exposure assessment) คือการประเมินระดับการสัมผัสที่แต่ละบุคคล ประชากร หรือระบบนิเวศน์ ได้รับว่ามากน้อยเพียงใด โดยคำนึงถึงขนาดการสัมผัส (dose) ระยะเวลาที่สัมผัส (duration) และช่องทางการสัมผัส (routes of exposure) รวมถึงเส้นทางการฟุ้งกระจายของสิ่งคุกคามจากในสิ่งแวดล้อมผ่านตัวกลาง (medias) มาสู่คนด้วย ซึ่งจะเป็นการพิจารณาประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณ

3.) การประเมินขนาดสัมผัสกับผลกระทบที่เกิดขึ้น (Dose-response assessment) เป็นการประเมินว่าขนาดของการสัมผัสระดับใดจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพมากน้อยเพียงใด ซึ่งกระบวนการนี้จะทำให้สามารถแบ่งระดับการสัมผัส เป็นระดับปลอดภัย กับระดับที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ ตัวอย่างที่ชัดเจน เช่น การประเมินการตอบสนองต่อสารเคมีในวิชาพิษวิทยา สารพิษชนิดเดียวกันแต่มี “ปริมาณการสัมผัส” ต่างกัน จะทำให้ร่างกายตอบสนองต่างกัน สำหรับสิ่งคุกคามประเภทอื่น ทั้งสิ่งคุกคามทางกายภาพ ชีวภาพ และการยศาสตร์ ระดับการสัมผัสที่ต่างกันนั้นก็จะทำให้ร่างกายมนุษย์เกิดผลตอบสนองต่างกันด้วยเช่นเดียวกัน ซึ่งจะเป็นการพิจารณาประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณ

4.) การอธิบายลักษณะของความเสี่ยง (Risk characterization) คือการวิเคราะห์ข้อมูลที่ต้องอาศัยองค์ความรู้ที่ได้จาก 3 ขั้นตอนข้างต้น เพื่อนำมาประเมินว่า การสัมผัสสิ่งคุกคามในสภาพที่เป็นอยู่นั้น ถือเป็นความเสี่ยงหรือไม่ รายละเอียดที่ต้องพิจารณาในขั้นตอนนี้คือ ต้องบอกให้ได้ว่าความเสี่ยงต่อปัจจัยคุกคามที่สนใจนั้น ระดับของความเสี่ยงมีมากน้อยแค่ไหน มีความเสี่ยงอย่างไร ใครเป็นผู้ที่มีความเสี่ยงสูงสุด ลักษณะงานหรือกิจกรรมแบบใดที่ทำให้เกิดความเสี่ยงสูงสุด ดังนี้เป็นต้น ซึ่งจะเป็นการพิจารณาประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.7 อันตรายจากความร้อน

ระดับความร้อน หมายความว่า อุณหภูมิเวตบัลบ์โกลบในบริเวณที่ลูกจ้างทำงาน ตรวจวัดโดยค่าเฉลี่ยในช่วงเวลาสองชั่วโมงที่มีอุณหภูมิเวตบัลบ์โกลบสูงสุดของการทำงานปกติ (ตามกฎกระทรวงฯ เกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2549)

อุณหภูมิเวตบัลบ์โกลบ (Wet Bulb Globe Temperature : WBGT) เป็นดัชนีวัดสภาพความร้อนในสิ่งแวดล้อมการทำงาน (มีหน่วยวัดเป็นองศาเซลเซียส หรือ องศาฟาเรนไฮท์) ซึ่งได้นำปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความร้อนที่สะสมในร่างกายมาพิจารณา ได้แก่ ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในร่างกายขณะทำงาน และความร้อนจากสิ่งแวดล้อมการทำงาน ซึ่งความร้อนจากสิ่งแวดล้อมการทำงานถูกถ่ายเทมายังร่างกายได้ 3 วิธี คือ การนำ การพา และการแผ่รังสีความร้อน

ปริมาณงาน หรือ ภาระงาน (Work Load) เป็นพลังงานความร้อนที่เกิดจากการเผาผลาญอาหารเพื่อให้ร่างกายใช้ปฏิบัติงานต่างๆ ผู้ที่ทำงานหนักย่อมมีความร้อนเกิดขึ้นในร่างกายสูงกว่าผู้ที่ทำงานเบา และค่ามาตรฐานระดับความร้อนได้นำปัจจัยนี้มาพิจารณา โดยจำแนกตามความหนักเบาของงานกับระดับความร้อนที่ได้รับ

ความหนักเบาของงาน หมายความว่า การใช้พลังงานของร่างกายหรือใช้กำลังงานที่ทำให้เกิดการเผาผลาญอาหารในร่างกายเพื่อใช้ปฏิบัติงาน การจำแนกความหนัก-เบาของลักษณะการทำงานออกเป็น 3 ระดับ โดยคำนวณการใช้พลังงาน ดังนี้

* งานเบา หมายความว่า ลักษณะงานที่ใช้แรงน้อยหรือใช้กำลังงานที่ทำให้เกิดการเผาผลาญอาหารในร่างกายไม่เกิน 200 กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง

* งานปานกลาง หมายความว่า ลักษณะงานที่ใช้แรงปานกลางหรือใช้กำลังงานที่ทำให้เกิดการเผาผลาญอาหารในร่างกายเกิน 200 กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง ถึง 350 กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง

* งานหนัก หมายความว่า ลักษณะงานที่ใช้แรงมากหรือใช้กำลังงานที่ทำให้เกิดการเผาผลาญอาหารในร่างกายเกิน 350 กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง

การทำงานอย่างหนักภายใต้สภาพอากาศที่มีความร้อนย่อมก่อให้เกิดอันตรายได้ง่าย เพราะร่างกายของมนุษย์มีการเผาผลาญอาหารเพื่อให้ได้พลังงานจึงเกิดความร้อนภายในร่างกาย และเมื่อต้องทำงานในสภาพที่มีความร้อนสูง เช่น การทำงานใกล้เตาหลอม เตาอุ่น เตาอบ ไอน้ำ จึงทำให้ร่างกายได้รับความร้อนทั้งจากสิ่งแวดล้อมและจากการเผาผลาญอาหาร ร่างกายจึงจำเป็นที่จะต้องกำจัดความร้อนออกมาในรูปแบบของการขับเหงื่อเพื่อปรับอุณหภูมิร่างกายให้อยู่ในระดับปกติตลอดเวลา ถ้าร่างกายไม่สามารถขจัดความร้อนออกไปได้ทันจะมีผลต่อร่างกายหลายอย่าง เช่น อ่อนเพลีย เป็นลม เป็นตะคริว โรคจิต ประสาท ฯลฯ (จิตรา รู้กิจการพานิช, 2561) และความร้อนที่มากเกินควร ยังมีผลกระทบต่อความสามารถในการทำงาน ก่อให้เกิดความเครียด เพิ่มความเหนื่อยล้า นอกจากนี้ อาจทำให้ผลผลิตลดลง เพิ่มความผิดพลาด และก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้

นอกจากนี้การทำงานบริเวณหน้าเตาหลอมยังก่อให้เกิดควัน ไอ ฟูม และฝุ่นละออง ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ในการหลอมตะกั่วที่เตา Rotary หากคนงานได้รับควัน ไอ ฟูม หรือฝุ่นละอองเหล่านี้จะทำให้เกิดการสะสมของตะกั่วภายในร่างกาย และหากได้รับในปริมาณมากอาจก่อให้เกิดโรคพิษตะกั่วได้

การจัดทำระดับความร้อน (Heat Contour) ในการออกแบบการทำงานเกี่ยวกับความร้อนนั้น ถ้าบริเวณนั้นไม่มีคนอยู่อาจไม่จำเป็นต้องให้ความสำคัญกับการออกแบบเพื่อควบคุมความร้อนมากนัก แต่ในทางปฏิบัติจะพบว่าในการทำงานควบคุมเครื่องจักรยังจำเป็นต้องมีคนคุม และคนตรวจตราความผิดปกติของงาน จึงยังต้องให้ความสำคัญกับการควบคุมความร้อน แนวทางในการออกแบบการทำงานเป็นดังนี้ ขั้นแรกทำการออกแบบแยก หรือกั้นแหล่งกำเนิดความร้อนออกจากบริเวณที่

คนทำงาน แต่แม้ว่าจะมีการแยกบริเวณแล้วก็ตาม ถ้าความร้อนยังคงผ่านไปยังบริเวณที่คนทำงานได้ และระดับความร้อนยังคงร้อนอยู่ อาจต้องทำการจัดเวลาการทำงานที่คนสัมผัสความร้อน ให้มีระยะเวลาทำงานลดน้อยลง รวมทั้งป้องกันที่ตัวบุคคลโดยจัดให้มีการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันความร้อน

การสำรวจความร้อนทำให้สามารถรู้ว่าบริเวณใดมีความร้อนเท่าใด ทำโดยการวัดระดับความร้อนด้วยเครื่องวัดความร้อนที่ตำแหน่งต่าง ๆ แล้วทำการบันทึกลงในแผนผังบริเวณ ส่วนใหญ่จะตีเป็นตารางช่องละเท่าๆกัน แล้วลากเส้นเชื่อมตำแหน่งที่มีระดับความร้อนเท่ากัน (Heat Contour) บริเวณที่ไม่ได้ทำการวัดความร้อนจะสามารถประมาณการได้จากผังแสดงเส้นระดับความร้อนเท่ากันนี้ โดยการนำทฤษฎีบริการจัดทำแผนที่เสียง (Noise Contour) มาประยุกต์ใช้ในการจัดทำระดับความร้อน (จิตรา รู้กิจการพานิช, 2557)

แนวทางการควบคุมสภาพความร้อนจากสิ่งแวดล้อมในการทำงานโดยทั่วไป สามารถดำเนินการได้หลายวิธี ได้แก่

• การใช้ฉนวนหุ้ม (Insulator) แหล่งกำเนิดความร้อน เช่น ใช้ฉนวนบุท่อน้ำร้อน หม้อไอน้ำเพื่อเป็นการลดการแผ่รังสีและการพาความร้อนลง

• การใช้ฉากกั้นป้องกันรังสีความร้อน (Radiation Shielding) เช่น การใช้ฉากอลูมิเนียมกั้นระหว่างแหล่งกำเนิดความร้อนและพนักงาน

• การจัดระบบการระบายอากาศแบบทั่วไป หรือการติดตั้งระบบการระบายอากาศเฉพาะที่ในการระบายความร้อนจากแหล่งกำเนิดความร้อนออกไป

• การแยกแหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดความร้อนออกจากบริเวณการทำงานอื่น

• การติดประกาศเตือน

• การจัดอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล

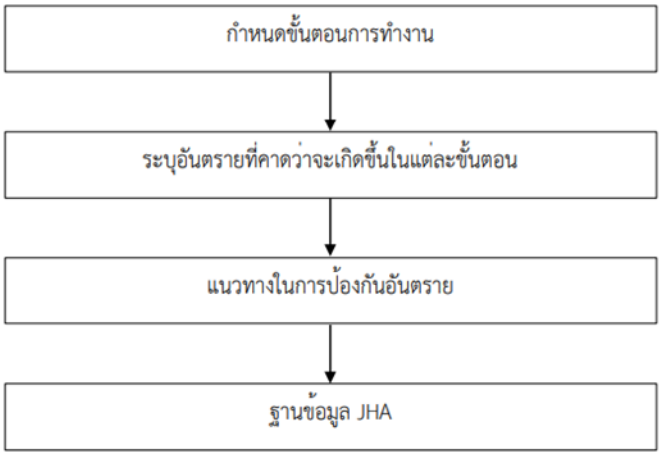
• การลดเวลาการทำงานสัมผัสกับความร้อนและเพิ่มเวลาการพัก

• การจัดน้ำดื่ม –น้ำเกลือแร่ เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.8 การวิเคราะห์อันตรายในงาน (Job Hazard Analysis: JHA)

กระบวนการหรือเทคนิคเชิงรุกที่จะพุ่งเป้าไปยังงานที่มีลักษณะพิเศษ (Special Tasks) เพื่อที่จะค้นหาหรือแจกแจง (Identification) อันตราย ก่อนที่จะเกิดเหตุการณ์ขึ้น โดยมองถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวผู้ปฏิบัติงาน งานที่ทำ กระบวนการ/ปฏิบัติการหรือระบบ เครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ต่าง ๆ และสภาพแวดล้อมในการทำงาน เมื่อแจกแจงอันตรายต่าง ๆ แล้ว ก็จะนำไปประเมินและพิจารณาแก้ไข หรือจัดสรรมาตรการที่เหมาะสมและเพียงพอในการขจัด ลด ป้องกัน หรือควบคุมอันตรายในงานเหล่านั้น ให้มีความเสี่ยง (Risks) ที่จะเกิดอุบัติเหตุน้อยที่สุด หรืออยู่ในระดับที่ยอมรับได้



ภาพที่ 9 ขั้นตอนการวิเคราะห์อันตรายในงาน

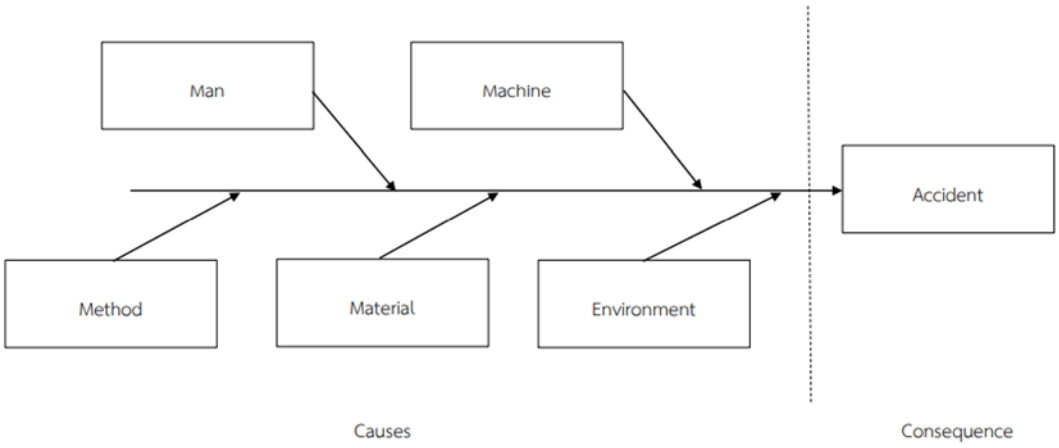
(ที่มา: จิตรา รู้กิจการพานิช, 2561)

2.9 รายการตรวจสอบ (Checklist)

แบบสำหรับตรวจสอบรายการใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบ ควบคุม ประเมินความเสี่ยง โดยการนำเอากฎหมายหรือมาตรฐาน มาประยุกต์เป็นรายการตรวจสอบความเสี่ยงหรือเป็นแนวทางปฏิบัติเพื่อให้เกิดความปลอดภัย ใช้ในการตรวจสอบการทำงานเพื่อให้เกิดความปลอดภัย ซึ่งง่ายในการประเมินความเสี่ยง แต่ก็มีข้อเสียของรายการตรวจสอบคือต้องใช้ผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญโดยเฉพาะเรื่องกฎหมายหรือมาตรฐานมาประยุกต์เป็นรายการตรวจสอบ (Ericson, 2005)

2.10 การวิเคราะห์ด้วยแผนผังเหตุและผล Cause-Consequence Analysis

การวิเคราะห์ผลกระทบไปหาสาเหตุ ซึ่งสาเหตุของอันตรายหรืออุบัติเหตุประกอบด้วยสาเหตุหลักและสาเหตุย่อย เทคนิคนี้เป็นวิธีการวิเคราะห์เพื่อระบุและประเมินลำดับผลลัพธ์ของเหตุการณ์เบื้องต้นที่เกิดขึ้นเพื่อค้นหาสาเหตุ นอกจากนี้ Cause-Consequence Analysis (CCA) ยังได้ถูกนำไปใช้ใน Cause-Consequent Diagram (CCD) ซึ่ง CCA สามารถนำไปใช้ในแบบจำลองอุบัติเหตุและใช้ประเมินผลลัพธ์ของความเสี่ยงในเหตุการณ์เบื้องต้น ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล (Ericson, 2005)



ภาพที่ 10 Cause-Consequent Diagram (CCD)

(ที่มา: Ericson, 2005)

2.11 การชี้บ่งอันตรายของกระบวนการและการปฏิบัติงาน (Hazard and Operability Study : HAZOP)

เป็นเทคนิคการศึกษาที่วิเคราะห์และทบทวนเพื่อศึกษาอันตรายและข้อผิดพลาดในการทำงานด้วยการตั้งสมมติฐานมีวัตถุประสงค์เพื่อระบุสาเหตุ โดยการวิเคราะห์อันตรายและปัญหาของระบบต่างๆ โดยใช้ HAZOP Guide Words คือ ผลลัพธ์ของประสิทธิภาพ เช่น None, More, Less, Part of/As well as Other เพื่อหาอันตรายและดูผลลัพธ์จากการระบุที่น่าจะเกิดขึ้น นำไปสู่การแก้ไขปัญหานั้นๆได้อย่างเหมาะสมซึ่งการวิเคราะห์นั้นต้องการผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ (Ericson, 2005)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์อันตรายโดยเทคนิค Hazard and Operability analysis

Guideword	เหตุการณ์	ผลกระทบ	การป้องกัน	ระดับความสาคัญ	
				โอกาสเกิด	ความรุนแรง
ไม่ (None)					
น้อยกว่า (Less)					
มากกว่า (More)					
ปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้อง (Part of/As well as Other)					

2.12 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis : FMEA)

เป็นเทคนิคการชี้บ่งอันตรายที่ใช้ในการวิเคราะห์ในรูปแบบความล้มเหลวและผลกระทบที่เกิดขึ้นก่อนการเกิดเพื่อป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เป็นเครื่องมือสำหรับประเมินผลกระทบและบ่งชี้ข้อบกพร่องของส่วนประกอบ หรือฟังก์ชัน ซึ่งสามารถนำไปสู่การหาสาเหตุ และแก้ไขปัญหา อันตรายหรือข้อบกพร่องก่อนการเกิด เป็นการอุดช่องโหว่ของอันตรายที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้า หลักการของ FMEA คือระบุอันตรายที่น่าจะเกิดขึ้น หาผลกระทบที่เป็นไปได้ หาสาเหตุที่น่าจะเป็นไปได้ เพื่อนำไปสู่การวางแผนป้องกัน และมีจุดประสงค์หลักก็เพื่อลดโอกาสการเกิดข้อบกพร่องในการออกแบบหรือฟังก์ชัน (Ericson, 2005)

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์อันตรายโดยเทคนิค Failure Mode and Effects Analysis

Item	Function	Failure Mode	Failure Cause	Failure Effect	Remark

2.13 กระบวนการศึกษาความเสี่ยง การชี้บ่งความอันตราย (Hazard and Effect Management Process : HEMP)

กระบวนการศึกษาความเสี่ยง การชี้บ่งความอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้น และการจัดการความเสี่ยงในโรงงานอุตสากรรม ซึ่งในกระบวนการทำงานของ HEMP นั้นใช้วิธีการประเมินหรือระบุถึงอันตรายจากการประชุมของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง และตัดสินถึงอันตรายของความรุนแรง (Consequence) และความถี่ (Likelihood) ในการเกิดผ่านการใช้ตารางเมททริตความเสี่ยง (Risk Assessment Matrix) โดยระดับของควมเสี่ยงจะถูกแบ่งออกเป็น ความเสี่ยงระดับต่ำ (Low Risk) ความเสี่ยงระดับกลาง (Medium Risk) และความเสี่ยงระดับสูง (High Risk) โดยจะถูกระบุอยู่ในบัญชีความเสี่ยง หรือ บัญชีความอันตราย (Hazard Register)

การจัดการความเสี่ยงด้วยวิธี HEMP ที่เป็นที่นิยมของโรงงานอุตสาหรรม คือรูปแบบที่ถูกพัฒนามาจากบริษัท Shell เพื่อใช้ในการระบุความเสี่ยง ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความเสี่ยงแบบ HEMP ก็จะได้งานหรือกิจกรรมที่มีความเสี่ยงสูง (critical tasks) พร้อมถึงแผนงานในการควบคุมจัดการความเสี่ยง (Salter, 2005)

ขั้นตอนกระบวนการทำ HEMP มีประกอบด้วยกันหลักๆ 4 ขั้นตอน

1.) การระบุหรือชี้บ่งความเสี่ยง (Identify) มีโอกาสความเป็นไปได้แค่ไหนที่คน สิ่งแวดล้อม หรือเครื่องจักรจะก่อให้เกิดหรือตกอยู่ในอันตราย

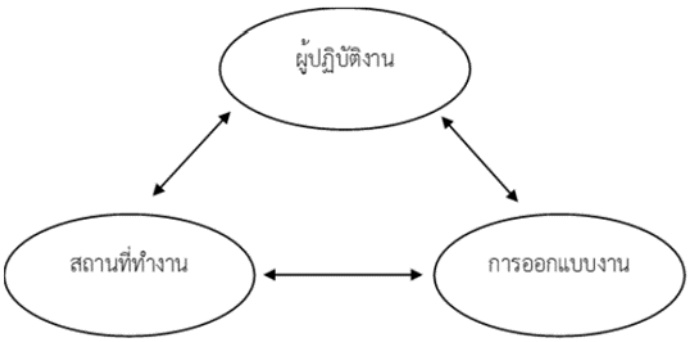
2.) การเข้าใจถึงลักษณะของความเสี่ยง (Assess) อันตรายที่ว่ามีสาเหตุมาจากอะไร มีความรุนแรงมากแค่ไหน เกิดบ่อยอย่างไร

3.) การควบคุมความเสี่ยง (Control) มีวิธีการหรือเครื่องมือในการลดความอันตรายไหม นี่คือในส่วนการควบคุมความอันตรายที่อาจจะเกิด

4.) การลดความเสี่ยงหรือการจัดการกับความเสี่ยง (Recovery) ถ้าต้องการลดความรุนแรงที่จะมีหรือถ้าเกิดอันตรายขึ้นมาจะควบคุมไม่ให้ขยายวงกว้างออกไป

2.14 การยศาสตร์กับความปลอดภัย

การยศาสตร์ เป็นเรื่องการศึกษาสภาพการทำงานที่มีความสัมพันธ์ระหว่างผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อม การทำงานเป็นการพิจารณาว่าสถานที่ทำงานดังกล่าว ได้มีการออกแบบหรือปรับปรุงให้มีความเหมาะสมกับผู้ปฏิบัติงานอย่างไร เพื่อป้องกันปัญหาต่าง ๆ ที่อาจมีผลกระทบต่อความปลอดภัยและสุขภาพอนามัยในการทำงาน และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้ด้วย หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า เพื่อทำให้งานที่ต้องปฏิบัติดังกล่าว มีความเหมาะสมกับผู้ปฏิบัติงาน แทนที่จะบังคับให้ผู้ปฏิบัติงานต้องทนฝืนปฏิบัติงานนั้น ๆ ตัวอย่างง่าย ๆ ตัวอย่างหนึ่งได้แก่การเพิ่มระดับความสูงของโต๊ะทำงานให้สูงขึ้น เพื่อพนักงานจะได้ไม่ต้องก้มโน้มตัวเข้าใกล้ชิ้นงาน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการยศาสตร์ หรือนักการยศาสตร์ (Ergonomist) จึงเป็นผู้ที่ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างผู้ปฏิบัติงาน สถานที่ทำงาน และการออกแบบงาน



ภาพที่ 11 สภาพการทำงานที่มีความสัมพันธ์ระหว่างผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อม
(ที่มา: รัตนาภรณ์ อมรรัตนไพจิตร & สุดธิดา กรุงไกรวงศ์, 2544)

ในการนำการยศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในสถานที่ทำงานนั้น ย่อมก่อให้เกิดประโยชน์ที่สามารถเห็นได้อย่างเด่นชัดมากมาย อาทิ ทำให้พนักงานมีสุขภาพอนามัยที่ดีขึ้น และสภาพการทำงานมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น ส่วนนายจ้างก็จะได้รับประโยชน์อย่างเด่นชัดจากผลผลิตที่เพิ่มมากขึ้น

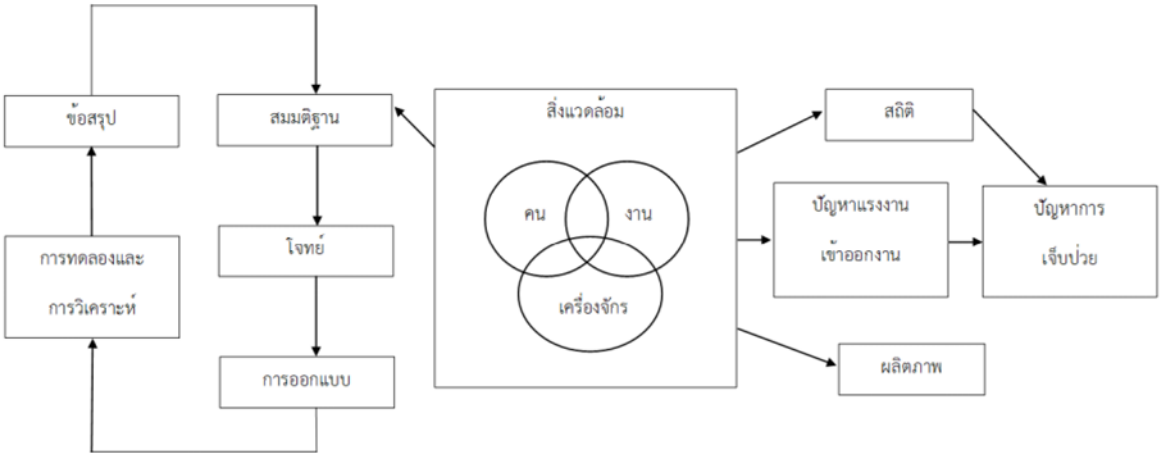
การยศาสตร์ จึงเป็นแขนงวิชาที่มีเนื้อหาสาระครอบคลุมกว้างขวาง โดยได้รวมเนื้อหาวิชาหลาย ๆ สาขาที่เกี่ยวกับสภาพการทำงานที่สามารถทำให้พนักงานมีความสะดวกสบายและมีสุขภาพอนามัยดี รวมไปถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น แสงสว่าง เสียงดัง อุณหภูมิ ความสั่นสะเทือน การออกแบบหน่วยที่ทำงาน การออกแบบเครื่องมือ การออกแบบเครื่องจักร การออกแบบเก้าอี้ และการออกแบบงาน

การยศาสตร์เป็นเรื่องของการประยุกต์ใช้หลักการทางด้านชีววิทยา จิตวิทยา กายวิภาคศาสตร์ และสรีรวิทยา เพื่อขจัดสิ่งที่อาจเป็นสาเหตุทำให้พนักงานเกิดความไม่สะดวกสบาย ปวดเมื่อย หรือมีสุขภาพอนามัยที่ไม่ดี เนื่องจากการทำงานในสภาพแวดล้อมนั้น ๆ การยศาสตร์จึงสามารถนำไปใช้ในการป้องกันมิให้มีการออกแบบงานที่ไม่เหมาะสมที่อาจเกิดมีขึ้นในสถานที่ทำงาน โดยให้มีการนำการยศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบงาน เครื่องมือ หรือหน่วยที่ทำงาน ดังตัวอย่าง พนักงานที่ต้องใช้เครื่องมือในการทำงาน ความเสี่ยงในการเกิดอันตรายต่อระบบกล้ามเนื้อ-กระดูกจะสามารถลดลงได้ ถ้าพนักงานใช้เครื่องมือที่ได้มีการออกแบบอย่างถูกต้องเหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ตั้งแต่เริ่มแรก (รัตนาภรณ์ อมรรัตนไพจิตร และ สุดธิดา กรุงไกรวงศ์, 2544)

ในระบบการทำงานปัญหาต่างๆจะเกิดขึ้นเมื่อสภาพของระบบนั้นไม่สามารถทำให้บุคคลปฏิบัติงานร่วมกับปัจจัยอื่นอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้เกิดความเครียด ความล้า การบาดเจ็บ หรือการเจ็บป่วยต่อบุคคล ผลร้ายต่างๆเหล่านี้อาจเกิดขึ้นไม่ฉับพลันทันที แต่จะสะสมเป็นเวลานาน และส่งผลร้ายให้เกิดขึ้นได้หลายอย่าง จากภาพที่ 12 แสดงแนวทางในการยศาสตร์ โดยเริ่มพิจารณาจากผลกระทบต่างๆที่เกิดขึ้น ซึ่งดูได้จากสถิติการเกิดอุบัติเหตุ การเรียกร้อง การบาดเจ็บ การลาป่วย รวมไปถึงการหมุนเวียนเข้าออกของพนักงาน และในที่สุดก็ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดน้อยลง

เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคน เครื่องจักร งาน และสิ่งแวดล้อมไม่เหมาะสมแล้วย่อมทำให้เกิดผลกระทบดังกล่าวข้างต้น แต่การวิเคราะห์หาสาเหตุจะทำให้ได้มาซึ่งสมมติฐานหรือข้อสงสัยว่าควรมีแนวทางในการแก้ไขปัญหาเช่นไร มีกระบวนการออกแบบทดลองและการทำทดลองเพื่อพิสูจน์และหาข้อสรุปในการสรุปผลนั้นต้องทำการติดตามผลกระทบต่างๆ ที่เกิดขึ้น ได้แก่ สถิติเกิดอุบัติเหตุ การเรียกร้อง การบาดเจ็บและอื่น ๆ รวมทั้งประสิทธิภาพในการทำงาน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ 12 แนวทางการศึกษาการยศาสตร์

(ที่มา: จิตรา รู้กิจการพานิช, 2561)

2.15 ทฤษฎีความล้า

เป็นทฤษฎีหนึ่งที่อธิบายถึงพฤติกรรมของมนุษย์ เมื่อมีการสะสมความล้าเกิดขึ้นจนถึงระดับหนึ่งที่ร่างกายไม่สามารถทนได้ ย่อมทำให้เกิดความผิดปกติของร่างกายและจิตใจ สาเหตุของความล้า เช่น สัดส่วนของระยะเวลาการทำงานเมื่อเทียบกับระยะเวลาพักแล้วไม่เหมาะสม การเจ็บป่วย ความเมื่อยล้า ความเครียด ความวิตกกังวลจากความยากของงาน ความขัดแย้งของเพื่อนร่วมงาน สภาพการทำงานที่ไม่เหมาะสม อาหารที่รับประทานไม่เพียงพอ สภาพร่างกายประจำวันมีความเหนื่อยล้าจากการทำงาน ซึ่งทำให้การทำงานไม่มีประสิทธิภาพ และทำให้มีโอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุมากขึ้น (จิตรา รู้กิจการพานิช, 2561)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.16 ทฤษฎีมาสโลว์ (Maslow)

ได้นำเสนอทฤษฎีซึ่งเป็นพฤติกรรมศาสตร์ที่กล่าวไว้ว่า ความต้องการของมนุษย์มี 5 ขั้น ซึ่งบางครั้งแสดงในรูปของพีระมิด ดังภาพที่ 14 ได้แก่

ขั้นที่ 1 ความต้องการขั้นพื้นฐาน ได้แก่ อาหาร เครื่องนุ่งห่ม ยารักษาโรค ที่อยู่อาศัย

ขั้นที่ 2 ความต้องการด้านความปลอดภัย ไม่ว่าจะเป็นชีวิตหรือทรัพย์สิน

ขั้นที่ 3 ความต้องการการยอมรับจากบุคคลอื่น ทั้งครอบครัว เพื่อน และสังคม

ขั้นที่ 4 ความต้องการเด่นดังในสังคม เช่น การเลื่อนตำแหน่ง การได้ชัยชนะในการแข่งขัน

ขั้นที่ 5 ความต้องการขั้นสุดยอด เช่นต้องการเป็นแชมป์โลก

ภาพที่ 13 ความต้องการ 5 ขั้น ของทฤษฎีจูงใจของมาสโลว์
(ที่มา: จิตรา รู้กิจการพานิช, 2561)

ในการออกแบบการทำงานจะต้องเข้าใจสถานะของคนทำงานนั้น ว่าอยู่ในความต้องการขั้นใด ตัวอย่างเช่น คนงานที่ยังมีความต้องการในปัจจัย 4 ได้รับค่าแรงงานรายวัน มักยังไม่คิดถึงสภาพการทำงานที่ดี ในขณะที่คนทำงานที่ประสบความสำเร็จในขั้นแรกแล้ว ย่อมมีความต้องการ ถึงขั้นที่ต่อไปนั่นคือต้องการความปลอดภัยในการทำงาน ดังนั้น จึงต้องให้ความสำคัญกับการออกแบบการทำงานโดยคำนึงถึงความเป็นปกติสุขของมนุษย์

ในทำนองเดียวกัน การออกแบบแรงจูงใจในการทำงานก็ต้องสอดคล้องกับความต้องการของมนุษย์แต่ละขั้นด้วย ถ้าคุณภาพชีวิตยังไม่ดียังมีความต้องการขั้นพื้นฐานอยู่ เงินค่าจ้างมีอิทธิพลต่อการจูงใจให้ทำงาน แม้ว่างานนั้นจะมีความเสี่ยงต่อความไม่ปลอดภัยก็ตาม แต่เมื่อมีความต้องการถึงขั้นที่สูงขึ้นไปแล้ว อิทธิพลของค่าจ้างจะลดลง

ที่ทำงานใดที่ขาดการออกแบบการทำงานที่ดี มักได้คนที่ทำงานคุณภาพชีวิตที่ไม่ดีเช่นกัน ดังนั้น อิทธิพลของค่าจ้างจะสูงเมื่อคนทำงานได้รับเงินมากกว่าพร้อมที่จะเปลี่ยนงานทันที มีอัตราการเข้าและออกจากงานสูง และจะทำให้ขาดโอกาสเกี่ยวกับการสร้างคน ในทางตรงข้ามที่ทำงานใดมีการออกแบบการทำงานที่ดี คำนึงถึงความปกติสุขของมนุษย์แล้วย่อมเกิดการพัฒนาการ ร่วมแรงร่วมใจในการทำงานให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน องค์กรเกิดความเจริญก้าวหน้า (Maslow, 1954)

2.17 การประเมินความเสี่ยงโดยวิธี RULA

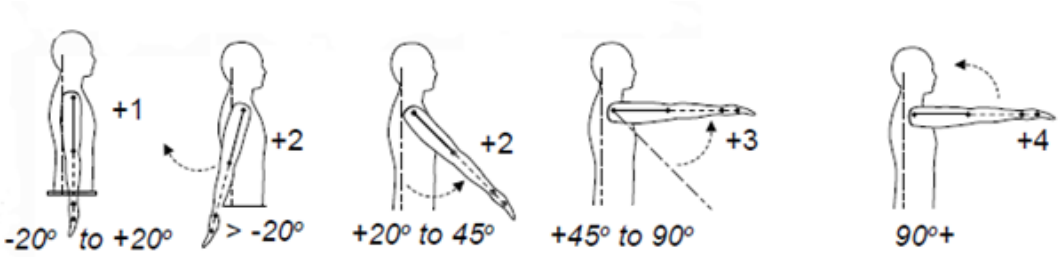
การประเมินด้วยวิธี RULA (Rapid Upper Limp Assessment) เป็นการประเมินท่าทางการทำงานในท่านั่ง หรือมุ่งเน้นการประเมินท่าทางการเคลื่อนไหวของร่างกายส่วนบน สามารถใช้ในการชี้บ่งระดับความเสี่ยงหรือระดับอันตรายของการทำงานของพนักงานได้เป็นอย่างดี การประเมินนี้แบ่งการประเมินเป็น 2 กลุ่มหลัก คือ กลุ่ม A ประกอบด้วย การประเมินส่วนแขนและข้อมือ และกลุ่ม B ประกอบด้วยการประเมินในส่วน คอ ลำตัว และขา โดยการประเมินจะแบ่งเป็นขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การประเมินแขนส่วนบน (Upper arm)

การประเมินแขนส่วนบนจะพิจารณาระดับของแขนตั้งแต่หัวไหล่จนถึงข้อศอก ถ้าระดับของแขนส่วนบนยกสูงขึ้นจะมีคะแนนประเมินมากขึ้น ระดับแขนที่อยู่ในแนวระดับแนวดิ่งจะมีค่าคะแนนประเมินต่ำลง นั่นคือ มีความเสี่ยงต่อการปวดเมื่อยน้อยกว่าเมื่อแขนถูกยกให้สูงขึ้น ในกรณีที่ผู้ปฏิบัติงานมีท่าทางการยกหัวไหล่หรือไหล่กางออก ก็จะทำให้เพิ่มความเสี่ยงในการปวดเมื่อยมากขึ้น ในทางกลับกันถ้าผู้ปฏิบัติงานสามารถพาดแขนหรือวางแขนไว้กับอุปกรณ์ หรือส่วนต่างๆในสถานีงานได้ก็จะทำให้มีความเสี่ยงในการปวดเมื่อยน้อยลง รายละเอียดคะแนนการประเมินในส่วนแขนส่วนบนแสดงดังตารางที่ 3 และภาพที่ 14 ในการประเมินจะพิจารณาส่วนของคะแนนหลักก่อน แล้วจึงพิจารณาปรับเพิ่ม/ลด จากท่าทางที่มีลักษณะเฉพาะ เช่น มีการยกหัวไหล่ (ปรับเพิ่ม 1 คะแนน) หัวไหล่กางออก (ปรับเพิ่ม 1 คะแนน) มีที่วางแขน (ลบ 1 คะแนน) ดังนั้นคะแนนของส่วนนี้จะมีค่าสูงสุดไม่เกิน 6 คะแนน

ตารางที่ 3 คะแนนการประเมินแขนส่วนบนในวิธี RULA *(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)*

ส่วน	คะแนน	ท่าทาง
คะแนนหลัก	1	แขนอยู่ในตำแหน่งไปข้างหน้า-หลังไม่เกิน 20°
	2	แขนอยู่ด้านหลัง เกิน 20°
	2	แขนอยู่ด้านหน้า 20-45°
	3	แขนอยู่ด้านหน้า 45-90°
	4	แขนอยู่ในตำแหน่งเหนือไหล่ (มีมุมเกิน 90° เมื่อเทียบกับลำตัว)
คะแนนปรับเพิ่ม	+1	มีการยกหัวไหล่
	+1	หัวไหล่กางออก
	-1	ถ้ามีที่วางแขน หรือสามารถพาดแขนได้



ภาพที่ 14 ลักษณะการประเมินแขนส่วนบนในวิธี RULA

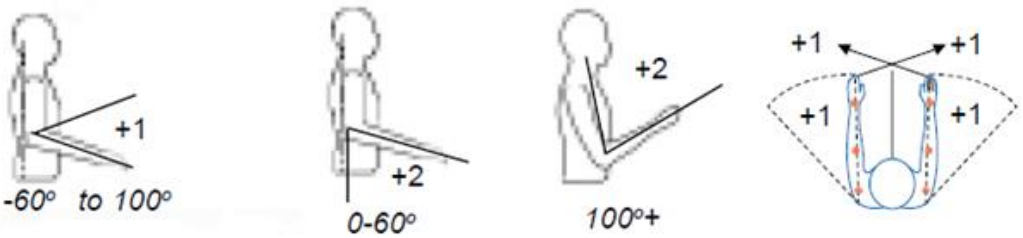
(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)

ขั้นตอนที่ 2 การประเมินแขนส่วนล่าง (Lower arm หรือ forearm)

การประเมินแขนส่วนล่างจะเป็นการประเมินลักษณะของแขนตั้งแต่ข้อศอกไปจนถึงข้อมือ โดยจะพิจารณามุมของแขนส่วนล่างว่า อยู่ในแนวใดเมื่อเทียบกับแกนแนวดิ่ง ตำแหน่งของแขนที่ทำมุมกับแกนแนวดิ่งมากก็จะยิ่งมีความเสี่ยงมากขึ้น นอกจากนั้น ถ้าผู้ปฏิบัติงานมีการทำงานไขว้แขนเลยแกนกลางของลำตัว หรือทำงานในลักษณะกางแขนออกไปด้านข้างของลำตัว จะทำให้มีความเสี่ยงต่อการปวดเมื่อยมากขึ้นจึงทำให้ค่าคะแนนมีการปรับเพิ่มขึ้น +1 คะแนนด้วย รายละเอียดของคะแนนการประเมินแขนส่วนล่างแสดงดังตารางที่ 4 และภาพที่ 15 ค่าคะแนนสูงสุดในขั้นตอนนี้มีค่าไม่เกิน 3 คะแนน

ตารางที่ 4 คะแนนการประเมินแขนส่วนล่างในวิธี RULA *(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)*

ส่วน	คะแนน	ท่าทาง
คะแนนหลัก	1	แขนส่วนล่างอยู่ในระดับที่มีมุมระหว่าง 60-100° เมื่อเทียบกับแนวดิ่ง
	2	แขนส่วนล่างตกลงมาด้านล่างโดยมีมุมน้อยกว่า 60° หรือแขนอยู่ในตำแหน่งยกขึ้นด้านบนทำมุมมากกว่า 100° เมื่อเทียบกับแนวดิ่ง
คะแนนปรับเพิ่ม	+1	แขนไขว้เลยแกนกลางของลำตัว หรือแขนกางออกไปด้านข้างของลำตัว



ภาพที่ 15 ลักษณะการประเมินแขนส่วนล่างในวิธี RULA

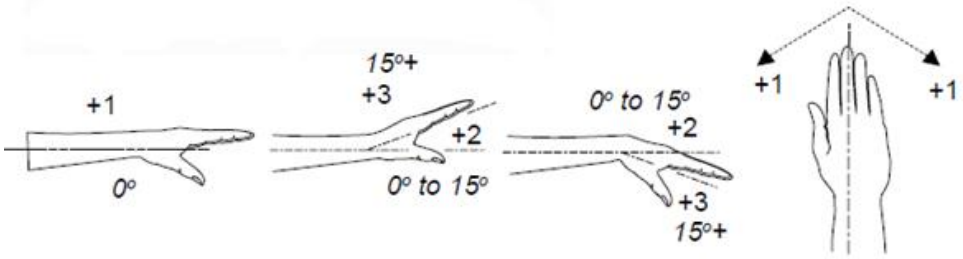
(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)

ขั้นตอนที่ 3 การประเมินข้อมือ (Wrist)

การประเมินลักษณะของข้อมือให้สังเกตแนวระหว่างกระดูกฝ่ามือกับกระดูกแขนส่วนล่าง ลักษณะท่าทางของข้อมือที่เหมาะสม จะต้องอยู่ในแนวเดียวกันกับแนวแขนส่วนล่าง และไม่เบี่ยงไปทางซ้าย หรือขวา ถ้ามีการงอของข้อมือจะทำให้มีโอกาสเสี่ยงต่อการปวดเมื่อยได้ รายละเอียดการประเมินท่าทางของข้อมือแสดงดังตารางที่ 5 และภาพที่ 16 คะแนนสูงสุดในขั้นตอนนี้มีค่าไม่เกิน 4 คะแนน

ตารางที่ 5 คะแนนการประเมินข้อมือในวิธี RULA *(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)*

ส่วน	คะแนน	ท่าทาง
คะแนนหลัก	1	ตำแหน่งของข้อมือ (แนวกระดูกฝ่ามือ) อยู่ในแนวเดียวกับแขนส่วนล่าง
	2	ตำแหน่งของข้อมือ (แนวกระดูกฝ่ามือ) ทำมุมขึ้นหรือลงไม่เกิน 15 ° เมื่อเทียบกับแนวแขนส่วนล่าง
	3	ตำแหน่งของข้อมือ (แนวกระดูกฝ่ามือ) ทำมุมขึ้นหรือลงมากกว่า 15 ° เมื่อเทียบกับแนวแขนส่วนล่าง
คะแนนปรับเพิ่ม	+1	มีการเอียงข้อมือเบี่ยงไปด้านข้าง (ซ้าย–ขวา)



ภาพที่ 16 ลักษณะการประเมินข้อมือในวิธี RULA

(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินการหมุนของข้อมือ (Wrist twist)

การใช้งานข้อมือของผู้ปฏิบัติงานไม่ควรจะมีการหมุนข้อมือมากขึ้นเกินไป ผู้ปฏิบัติงานที่ต้องทำงานที่มีลักษณะการหมุนของข้อมือมากจนเกือบสุดจะทำให้ยิ่งมีความเสี่ยงต่อการปวดเมื่อยได้สูงขึ้น รายละเอียดคะแนนของการประเมินการหมุนของข้อมือ แสดงในตารางที่ 6 โดยคะแนนสูงสุดในขั้นตอนนี้มีค่าไม่เกิน 2 คะแนน

ตารางที่ 6 คะแนนการประเมินการหมุนของข้อมือ *(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)*

ส่วน	คะแนน	ท่าทาง
คะแนนหลัก	1	ไม่มีการบิดหรือหมุนข้อมือ หรือหมุนบิดข้อมือเล็กน้อยไม่เกินครึ่ง
	2	มีการหมุนบิดของข้อมือตั้งแต่ครึ่งถึงเกือบสุด

ขั้นตอนที่ 5 การประเมินคะแนนกลุ่ม A

นำคะแนนที่ได้จากขั้นตอนที่ 1-4 มาอ่านค่าในตารางการประเมินคะแนนกลุ่ม A ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 คะแนนประเมินกลุ่ม A *(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)*

แขนส่วนบน	แขนส่วนล่าง	คะแนนท่าทางของมือ และข้อมือ							
		1		2		3		4	
		การบิดของข้อมือ		การบิดของข้อมือ		การบิดของข้อมือ		การบิดของข้อมือ	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	6	7	7
	3	6	6	7	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนที่ 6 การประเมินการใช้กล้ามเนื้อแขนหรือมือในการทำงาน

ลักษณะการใช้กล้ามเนื้อในการทำงานที่จะมีความเสี่ยงต่อการปวดเมื่อย อาจจะเป็นการใช้แรงจากกล้ามเนื้อแบบสถิต คือ มีการใช้แรงโดยเกร็งกล้ามเนื้อต่อเนื่อง นานกว่า 1 นาที หรือมีการทำงานเป็นแบบซ้ำๆ โดยมีการเคลื่อนไหวกลับไป กลับมา ตั้งแต่ 4 ครั้งต่อนาที ขึ้นไป รายละเอียดคะแนนการประเมินการใช้กล้ามเนื้อในการทำงานแสดงดังตารางที่ 8 กรณีที่ลักษณะการใช้แรงไม่อยู่ในภาวะเสี่ยงตามที่ระบุในตาราง จะทำให้คะแนนการประเมินเป็นศูนย์ ส่วนคะแนนสูงสุดในขั้นตอนนี้จะมีค่าเพียง 1 เท่านั้น

ตารางที่ 8 คะแนนการประเมินการใช้กล้ามเนื้อแขนหรือมือในวิธี RULA *(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)*

ส่วน	คะแนน	ท่าทาง
คะแนนหลัก	1	แขนหรือมือใช้แรงอยู่นิ่งนานเกิน 1 นาที
	1	แขนหรือมือมีการเคลื่อนไหวซ้ำไปมาตั้งแต่ 4 ครั้งต่อนาทีขึ้นไป

ขั้นตอนที่ 7 การประเมินแรงหรือภาระงานในส่วนแขนหรือมือ

การประเมินแรงที่ใช้หรือภาระงานที่กล้ามเนื้อต้องรับภาระสามารถประเมินได้จากน้ำหนักของวัตถุที่ถือ ซึ่งผู้ปฏิบัติงานที่รับภาระงานที่มากจะมีผลต่อการปวดเมื่อยมากยิ่งขึ้น รายละเอียดการประเมินแรงหรือภาระงานมีรายละเอียดดังตารางที่ 9 โดยคะแนนสูงสุดในขั้นตอนนี้คือ 3 คะแนน

ตารางที่ 9 คะแนนประเมินการใช้แรงหรือภาระงานในวิธี RULA *(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ส่วน	คะแนน	ท่าทาง
คะแนนหลัก	0	แรงที่ใช้หรือน้ำหนักที่ถือน้อยกว่า 2 กก. (ทำงานไม่ต่อเนื่อง)
	1	แรงที่ใช้หรือน้ำหนักที่ถืออยู่ระหว่าง 2–10 กก. (ทำงานไม่ต่อเนื่อง)
	2	แรงที่ใช้หรือน้ำหนักที่ถืออยู่ระหว่าง 2–10 กก. โดยมีการใช้แรงหรือจับถือน้ำหนักอยู่ตลอดเวลา หรือมีการออกแรงซ้ำไปมาบ่อยๆ
	3	แรงที่ใช้หรือน้ำหนักที่ถือ มากกว่า 10 กก. ไม่ว่าจะเป็นการใช้แรงแบบสถิตหรือเคลื่อนที่ซ้ำไปมาบ่อยๆ หรือมีการใช้แรงแบบกระแทกเป็นครั้งคราว

ขั้นตอนที่ 8 การสรุปคะแนนรวมของส่วนแขนและข้อมือ

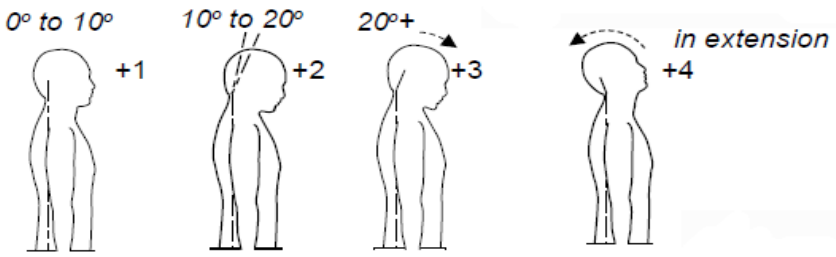
การสรุปคะแนนรวมของส่วนแขนและข้อมือจะเป็นการนำคะแนนประเมินของกลุ่ม A (Score A) ที่ได้จากขั้นตอนที่ 5 มารวมกับคะแนนการใช้กล้ามเนื้อ (ขั้นตอนที่ 6) และคะแนนการใช้แรงและภาระงาน (ขั้นตอนที่ 7) โดยคะแนนที่ได้จะนำไปใช้ในการเปิดตารางสุดท้ายในขั้นตอนที่ 16 ต่อไป

ขั้นตอนที่ 9 การประเมินส่วนคอ

การประเมินในส่วนของกลุ่ม B ประกอบด้วยการประเมินส่วนคอ ลำตัว และขา โดยในขั้นตอนนี้จะเป็นการประเมินในส่วนคอ ว่าผู้ปฏิบัติงานมีท่าทางของคอเหมาะสมหรือไม่ ลักษณะของศีรษะและคอที่เหมาะสมจะต้องอยู่ในลักษณะศีรษะตรงหรือก้มไปข้างหน้าเล็กน้อย ถ้าผู้ปฏิบัติงานมีการก้มมากเกินไป หรือมีการเงยศีรษะจะทำให้อยู่ในท่าทางที่มีความเสี่ยงต่อการปวดเมื่อยได้ รายละเอียดของการประเมินท่าทางของศีรษะและคอ แสดงดังตารางที่ 10 และภาพที่ 17 โดยคะแนนในการประเมินส่วนนี้อาจจะมีการปรับเพิ่มในกรณีที่มีการหมุนคอหรือมีการเอียงคอด้วย ซึ่งคะแนนสูงสุดในขั้นตอนนี้จะมีค่าไม่เกิน 6 คะแนน

ตารางที่ 10 คะแนนประเมินส่วนคอ ในวิธี RULA *(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)*

ส่วน	คะแนน	ท่าทาง
คะแนนหลัก	1	ศีรษะตรงหรือก้มไปข้างหน้าเล็กน้อย (แนวของศีรษะทำมุมกับแนวดิ่งหรือแนวแกนของคอไม่เกิน 10°)
	2	ศีรษะก้มไปข้างหน้าทำมุมกับแนวดิ่งอยู่ระหว่าง 10-20°
	3	ศีรษะก้มไปข้างหน้า ทำมุมกับแนวดิ่ง มากกว่า 20°
	4	ศีรษะเงยไปด้านหลัง
คะแนนปรับเพิ่ม	+1	มีการหมุนศีรษะด้วย
	+1	มีการเอียงศีรษะไปด้านข้าง



ภาพที่ 17 การประเมินส่วนคอในวิธี RULA

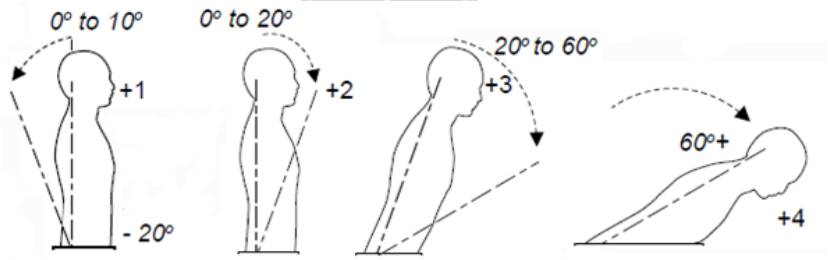
(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)

ขั้นตอนที่ 10 การประเมินส่วนลำตัว

การประเมินส่วนของลำตัวจะพิจารณามุมของลำตัวเมื่อเทียบกับแนวดิ่งลักษณะของลำตัวที่เหมาะสมควรอยู่ในลักษณะตั้งตรง หรือเอนตัวไปด้านหน้าเล็กน้อย ท่าทางการทำงานที่ต้องเองตัวไปจากแนวดิ่งมากเกินไปจะทำให้มีความเสี่ยงต่อการปวดเมื่อยได้ และถ้ามีการหมุนตัวและเอียงตัวไปทางด้านข้างก็ยิ่งทำให้เพิ่มระดับความเสี่ยงมากขึ้นด้วยรายละเอียดการประเมินในขั้นตอนนี้แสดงดังตารางที่ 11 และภาพที่ 18 โดยมีคะแนนสูงสุดไม่เกิน 6 คะแนน

ตารางที่ 11 คะแนนประเมินในส่วนลำตัวในวิธี RULA *(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)*

ส่วน	คะแนน	ท่าทาง
คะแนนหลัก	1	ลำตัวตั้งตรง
	2	ลำตัวเอนไปด้านหน้า 0-20°
	3	ลำตัวเอนไปด้านหน้า 20-60°
	4	ลำตัวเอนไปด้านหน้า มากกว่า 60°
คะแนนปรับเพิ่ม	+1	มีการหมุนตัว
	+1	มีการเอนตัวไปด้านข้าง



ภาพที่ 18 การประเมินในส่วนลำตัวในวิธี RULA

(*ที่มา:* McAtamney and Corlett, 1993)

ขั้นตอนที่ 11 การประเมินส่วนขา

การประเมินในส่วนของขาจะพิจารณาท่าทางของขาทั้ง 2 ข้างและการมีอุปกรณ์รองรับเท้าที่เหมาะสม โดยรายละเอียดของการประเมินในส่วนนี้แสดงในตารางที่ 12 ซึ่งคะแนนสูงสุดของการประเมินไม่เกิน 2 คะแนน

ตารางที่ 12 คะแนนประเมินส่วนขาในวิธี RULA *(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)*

ส่วน	คะแนน	ท่าทาง
คะแนนหลัก	1	ขาและเท้าทั้ง 2 ข้างอยู่ในท่าทางสมดุลและมีที่รองรับอย่างเหมาะสม
	2	ขาและเท้าทั้ง 2 ข้างอยู่ในท่าทางไม่เหมาะสมหรือไม่มีที่รองรับเท้า

ขั้นตอนที่ 12 การประเมินคะแนนท่าทางกลุ่ม B

นำคะแนนในขั้นตอนที่ 9-11 มาเปิดตาราง B เพื่อหาคะแนนท่าทางของกลุ่ม B ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 การประเมินคะแนนท่าทางในกลุ่ม B ในวิธี RULA *(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)*

ลำตัว												
คอ	1		2		3		4		5		6	
	ขา		ขา		ขา		ขา		ขา		ขา	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	7	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนที่ 13 การประเมินกล้ามเนื้อขาหรือเท้าในการทำงาน

การประเมินการใช้แรงจากกล้ามเนื้อขาเป็นการประเมินลักษณะการใช้แรงจากกล้าเนื้อขาหรือเท้า ในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ เช่น จักรเย็บผ้า การเหยียบคันเร่ง หรือคันเบรก ในการขับรถหรือควบคุมเครื่องจักร เป็นต้น โดยการพิจารณาว่า การออกแรงเป็นไปในลักษณะใดเป็นแบบสถิต หรือแบบพลวัติ ด้วยความถี่มากน้อยเพียงใด รายละเอียดคะแนนการประเมินการใช้แรงจากกล้ามเนื้อขาหรือเท้า แสดงดังตารางที่ 14 การประเมินในขั้นตอนนี้มีคะแนนสูงสุดไม่เกิน 1 คะแนน ถ้ามีการใช้แรงจากกล้ามเนื้อในสภาพปกติจะได้คะแนนประเมินในขั้นตอนนี้เป็นศูนย์

ตารางที่ 14 คะแนนการประเมินการใช้กล้ามเนื้อขาหรือเท้าในวิธี RULA *(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)*

ส่วน	คะแนน	ท่าทาง
คะแนนหลัก	1	ขาหรือเท้าอยู่ในท่านิ่งนานเกิน 1 นาที
	1	ขาหรือเท้ามีการเคลื่อนไหวหรือใช้แรงแบบซ้ำๆไปมา ตั้งแต่ 4 ครั้งต่อนาทีขึ้นไป

ขั้นตอนที่ 14 การประเมินแรงหรือภาระงานในส่วนของขาหรือเท้า

การประเมินระดับภาระงาน น้ำหนักสิ่งของ หรือแรงที่ใช้ในการทำงาน เช่น แรงที่ใช้ในการเหยียบคันเร่งรถยนต์ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ว่า คันเร่งนั้นมีแรงต้านกี่กิโลกรัม หรือกี่นิวตัน และลักษณะของการออกแรงเป็นแบบสถิต หรือแบบพลวัต ทำเป็นครั้งคราว หรือทำซ้ำๆบ่อยๆ ซึ่งจะมีผลต่อการปวดเมื่อยของผู้ปฏิบัติงานแตกต่างกันไป รายละเอียดการประเมินระดับภาระงาน น้ำหนักสิ่งของ หรือแรงที่ใช้ในการทำงานในส่วนของขา หรือเท้า แสดงดังตารางที่ 15 โดยในการประเมินขั้นตอนนี้จะมีคะแนนสูงสุดไม่เกิน 3 คะแนน

ตารางที่ 15 คะแนนประเมินแรงหรือภาระงานในส่วนขาหรือเท้าในวิธี RULA *(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)*

ส่วน	คะแนน	ท่าทาง
คะแนนหลัก	0	ภาระงานที่ใช้มีค่าน้อยกว่า 2 กก. อย่างไม่ต่อเนื่อง
	1	ภาระงานที่ใช้มีค่าระหว่าง 2-10 กก.อย่างไม่ต่อเนื่อง
	2	ภาระงานที่ใช้มีค่าระหว่าง 2-10 กก.โดยออกแรงแบบสถิต หรือเกิดขึ้นซ้ำๆตั้งแต่ 4 ครั้งต่อนาทีขึ้นไป
	3	ภาระงานที่ใช้มีค่ามากกกว่า 10 กก. โดยออกแรงแบบสถิต หรือ เกิดขึ้นซ้ำๆ หรือมีการออกแรงแบบกระแทก หรือกระชาก

ขั้นตอนที่ 15 สรุปคะแนนรวมของส่วนขาและเท้า

การสรุปคะแนนรวมส่วนของขาและเท้าจะเป็นการนำเอาคะแนนของกลุ่ม B ที่ได้จากขั้นตอนที่ 12 มารวมกับคะแนนการใช้กล้ามเนื้อ (ขั้นตอนที่ 13) และคะแนนประเมินแรงหรือภาระงาน (ขั้นตอนที่ 14) โดยคะแนนรวมที่ได้จะนำไปใช้ในการเปิดตารางสุดท้ายของการประเมินโดยวิธี RULA ในขั้นตอนถัดไป

ขั้นตอนที่ 16 การสรุปผลคะแนนความเสี่ยงโดยรวม

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการประเมินด้วยวิธี RULA ผู้ประเมินนำคะแนนสรุปรวมของส่วนแขนและข้อมือ (ขั้นตอนที่ 8) และคะแนนรวมของการประเมินส่วนขาและเท้า (ขั้นตอนที่ 15) มาอ่านค่าคะแนนความเสี่ยงโดยรวมจากตารางสุดท้าย (ตาราง C ในแบบฟอร์ม RULA) ซึ่งมีรายละเอียดคะแนนดังตารางที่ 16 โดยค่าความเสี่ยงที่อ่านได้จากตารางสุดท้ายจะนำมาแปลผลได้ดังตารางแปลผลตารางที่ 17

ตารางที่ 16 คะแนนประเมินตามเสี่ยงรวมโดยวิธี RULA ตาราง C *(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)*

คะแนนสรุป (แขน ข้อมือ)	คะแนนสรุป (คอ ลำตัว ขา)						
	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 17 การแปลผลคะแนนความเสี่ยงรวมในวิธี RULA *(ที่มา: McAtamney and Corlett, 1993)*

คะแนน	การแปลผล
1-2	ยอมรับได้ แต่อาจจะมีปัญหาทางการยศาสตร์ได้ถ้ามีการทำงานดังกล่าวซ้ำๆ ต่อเนื่องเป็นเวลานานกว่าเดิม
3-4	ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมและติดตามวัดผลอย่างต่อเนื่องอาจจะจำเป็นที่จะต้องมีการออกแบบงานใหม่
5-6	งานนั้นเริ่มเป็นปัญหา ควรทำการศึกษาเพิ่มเติม และควรรีบปรับปรุง
7	งานนั้นมีปัญหาทางการยศาสตร์ และต้องมีการปรับปรุงทันที

2.18 การประเมินความเสี่ยงโดยวิธี REBA

วิธีการประเมินทั่วทั้งร่างกาย (Rapid Entire Body Assessment, REBA) เป็นการประเมินท่าทางการทำงานที่เป็นการประเมิน ตั้งแต่ส่วนของ คอ ลำตัว ขา แขน และมือ การประเมินด้วยวิธี REBA จะเหมาะสำหรับการประเมินส่วนต่างๆของร่างกายสำหรับงานที่มีลักษณะเปลี่ยนท่าทางอย่างรวดเร็วหรืองานที่ไม่อยู่กับที่ งานที่ไม่นั่งหรือยืนปฏิบัติงานในท่าทางเดิมๆซ้ำๆตลอดเวลา รวมถึงงานที่มีท่าทางการทำงานที่ไม่สามารถคาดเดาได้ เช่นงานบริการ เป็นต้น วิธี REBA ได้ถูกนำมาใช้ในการประเมินท่าทางการทำงานของพนักงานในภาคอุตสาหกรรมด้วย การประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี REBA ควรมีการดำเนินการตามลำดับดังนี้

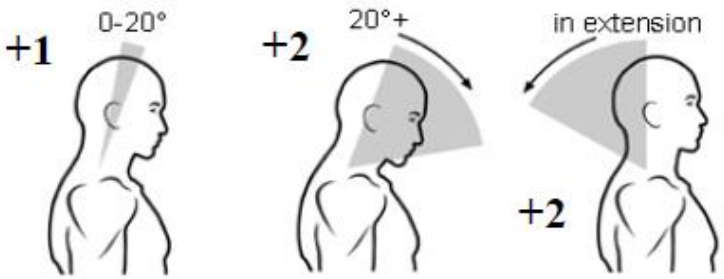
ขั้นตอนที่ 1 การประเมินส่วนคอ (Neck)

การประเมินส่วนคอจะพิจารณาจากมุมของคอที่เทียบกับแนวตั้งของร่างกาย ท่าทางการทำงานของผู้ปฏิบัติงานที่มีมุมของคอที่ก้มหรือเงยมากเกินไปจะทำให้อาจจะมีอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อบริเวณคอได้ นอกจากนั้น ลักษณะของคอที่มีการบิด หรือเอียงก็ทำให้เกิดความเสี่ยงต่ออาการปวดเมื่อยได้เช่นกัน การให้คะแนนการประเมินส่วนคอมีการให้คะแนนแสดงดังตารางที่ 18 และภาพที่ 19 โดยมีวิธีการคิดคะแนนเช่นเดียวกับวิธี RULA คือ การให้คะแนนหลักก่อนโดยเลือกคะแนนหลักได้เพียงข้อเดียวที่มีความสอดคล้องกับท่าการทำงานมากที่สุด จากนั้นจะพิจารณาให้คะแนนเพิ่มเติมจากท่าทางที่มีความเสี่ยงโดยสามารถเพิ่มได้มากกว่า 1 ข้อ ในขั้นตอนนี้มีคะแนนสูงสุดไม่เกิน 4 คะแนน

ตารางที่ 18 คะแนนประเมินส่วนคอในวิธี REBA *(ที่มา: Hignett and McAtamney, 2000)*

ส่วน	คะแนน	ท่าทาง
คะแนนหลัก	1	ก้มคอ โดยมีมุม 0-20°
	2	ก้มคอ โดยมีมุม มากกว่า 20°
	2	เงยหน้า (คอเอนไปด้านหลัง) มากกว่า 20°
คะแนนปรับเพิ่ม	+1	มีการหมุนคอ
	+1	มีการเอียงคอไปด้านข้าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 19 ลักษณะการประเมินส่วนคอในวิธี REBA

(ที่มา: Hignett and McAtamney, 2000)

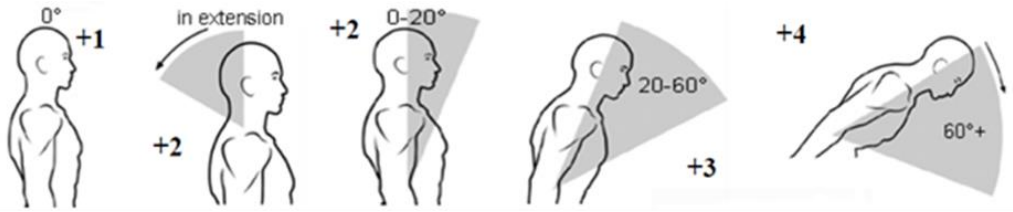
ขั้นตอนที่ 2 การประเมินส่วนลำตัว (Trunk)

การประเมินส่วนลำตัวจะเป็นการประเมินมุมการเอียงของลำตัว ทั้งการเอียงไปด้านหน้าและด้านหลัง ตำแหน่งของลำตัวที่มีความเหมาะสมคือการที่ลำตัวอยู่ในตำแหน่งตั้งตรง ผู้ปฏิบัติงานที่มีท่าทางการเอียงตัวด้านหน้าและด้านหลังมากเกินไปจะทำให้มีโอกาสในการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อบริเวณลำตัวได้ นอกจากนั้นถ้าลำตัวของผู้ปฏิบัติงานจำเป็นที่จะต้องมีการบิดหรือเอี้ยวตัว หรือเอียงตัวไปด้านข้างด้านใดด้านหนึ่ง ก็จะทำให้ยิ่งมีความเสี่ยงต่อการปวดเมื่อยร่างกายมากขึ้นด้วย การประเมินคะแนนในส่วนของลำตัว มีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 19 และภาพที่ 20 โดยมีคะแนนสูงสุดได้ไม่เกิน 6 คะแนน

ตารางที่ 19 คะแนนประเมินในส่วนลำตัวในวิธี REBA *(ที่มา: Hignett and McAtamney, 2000)*

ส่วน	คะแนน	ท่าทาง
คะแนนหลัก	1	ลำตัวตั้งตรง
	2	เอนตัวไปด้านหลัง
	2	เอนตัวไปด้านหน้า 0-20°
	3	เอนตัวไปด้านหน้า 20-60°
	4	เอนตัวไปด้านหน้า มากกว่า 60°
คะแนนปรับเพิ่ม	+1	มีการหมุนตัว
	+1	มีการเอนตัวไปด้านข้าง

Chulalongkorn University



ภาพที่ 20 การประเมินส่วนลำตัวในวิธี REBA

(ที่มา: Hignett and McAtamney, 2000)

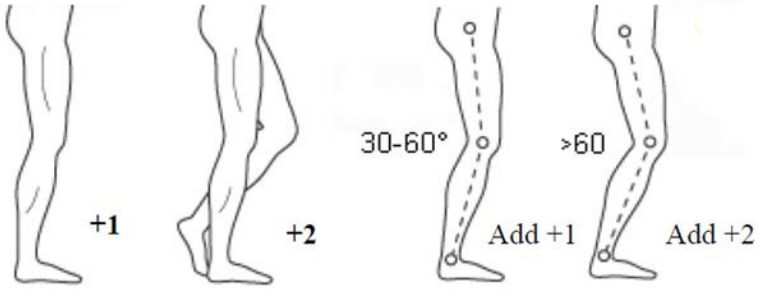
ขั้นตอนที่ 3 การประเมินส่วนขา (Legs)

ในส่วนของการประเมินขาของผู้ปฏิบัติงาน ถ้าผู้ปฏิบัติงานยืนขาตรงอยู่เสมอและอยู่ในลักษณะสมดุล จะถือว่าเป็นท่าทางที่เหมาะสม แต่ในการปฏิบัติงานอาจจะมีการเคลื่อนไหวส่วนขาซึ่งจะทำให้มีความเสี่ยงในการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อบริเวณขาได้ และในกรณีที่มีการย่อเข่าก็จะทำให้ความเสี่ยงเพิ่มมากขึ้น การประเมินส่วนของขามีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 20 และภาพที่ 21 โดยมีคะแนนสูงสุดได้ไม่เกิน 4 คะแนน

ตารางที่ 20 คะแนนประเมินส่วนขาในวิธี REBA *(ที่มา: Hignett and McAtamney, 2000)*

ส่วน	คะแนน	ท่าทาง
คะแนนหลัก	1	ลักษณะขายืนอยู่ในแนวดิ่งตรงและสมดุลทั้ง 2 ข้าง
	2	ขายืนไม่สมดุล
คะแนนปรับเพิ่ม	+1	มีการย่อเข่าระหว่าง 30-60°
	+2	มีการย่อเข่า มากกว่า 60°

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ 21 ลักษณะการประเมินส่วนขาในวิธี REBA

(ที่มา: Hignett and McAtamney, 2000)

ขั้นตอนที่ 4 ประเมินคะแนนของท่าทางในกลุ่ม A

จากคะแนนที่ได้ในขั้นตอนที่ 1-3 นำค่าที่ได้มาอ่านค่าในตารางการประเมินท่าทางในกลุ่ม A ดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 การประเมินคะแนนท่าทางในกลุ่ม A ในวิธี REBA *(ที่มา: Hignett and McAtamney, 2000)*

ลำตัว		คอ											
		1				2				3			
	ขา	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1		1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
2		2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
3		2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
4		3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
5		4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

ขั้นตอนที่ 5 แรงที่ใช้หรือภาระงาน (Force/Load)

ภาระงานหรือแรงที่ใช้ในการปฏิบัติงานเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดความเมื่อยล้ามากยิ่งขึ้น และจะยิ่งมีความเสี่ยงต่อการปวดเมื่อย หรือทำให้เกิดความล้ามากขึ้นถ้าเป็นการใช้แรงแบบกระแทก หรือกระชากเร็วๆ รายละเอียดของการประเมินภาระงาน หรือแรงที่ใช้ แสดงในตารางที่ 22 โดยมีคะแนนสูงสุดไม่เกิน 3 คะแนน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 22 คะแนนการประเมินเป็นแรงและภาระงานโดยวิธี REBA *(ที่มา: Hignett and McAtamney, 2000)*

ส่วน	คะแนน	ท่าทาง
คะแนนหลัก	0	แรงหรือภาระงานที่ใช้น้อยกว่า 11 ปอนด์
	1	แรงหรือภาระงานที่ใช้อยู่ระหว่าง 11-22 ปอนด์
	2	แรงหรือภาระงานที่ใช้มากกว่า 22 ปอนด์
คะแนนปรับเพิ่ม	+1	ถ้าแรงเป็นแบบกระแทกหรือกระชากเร็วๆ

ขั้นตอนที่ 6 การสรุปคะแนนรวมในกลุ่ม A

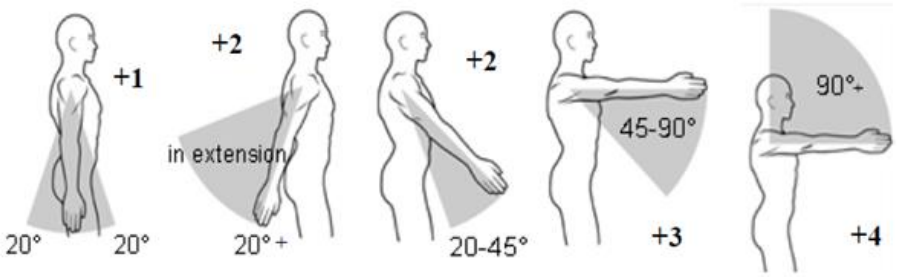
จากคะแนนการประเมินท่าทางในกลุ่ม A ซึ่งได้มาจากขั้นตอนที่ 4 นำมารวมกับคะแนนในขั้นตอนที่ 5 จะได้เป็นคะแนนรวมของการประเมินในกลุ่ม A ซึ่งจะนำมาใช้ในการประเมินคะแนนรวมของวิธี REBA

ขั้นตอนที่ 7 การประเมินแขนส่วนบน (Upper arm)

ในขั้นตอนที่ 7-11 จะเป็นการประเมินในกลุ่ม B ซึ่งประกอบด้วยแขน และข้อมือ โดยการประเมินในส่วนนี้สามารถประเมินด้านซ้ายและด้านขวา แยกกันหรือประเมินด้านที่มีความเสี่ยงมากกว่าก็ได้ ในขั้นตอนที่ 7 จะประเมินเฉพาะในส่วนของแขนส่วนบน นั่นคือการพิจารณาเฉพาะแขนตั้งแต่หัวไหล่ จนถึงข้อศอกว่ามีมุมอย่างไรเมื่อเทียบกับระดับแนวดิ่งของลำตัว โดยระดับมุมที่มีความเสี่ยงน้อยคือ ท่าทางที่มีมุมอยู่ระหว่าง 20° ทั้งด้านหน้าและด้านหลังของลำตัว แต่ถ้าผู้ปฏิบัติงานมีการยกแขนทั้งด้านหน้าและด้านหลัง มากกว่า 20° จะมีความเสี่ยงมากต่อการปวดเมื่อย โดยระดับมุมที่มากขึ้นจะทำให้มีความเสี่ยงมากขึ้นตามลำดับ รายละเอียดของคะแนนการประเมินในส่วนแขนส่วนบน แสดงดังตารางที่ 23 และภาพที่ 22 คะแนนของการประเมินในส่วนนี้มีค่าสูงสุดได้ไม่เกิน 6 คะแนน

ตารางที่ 23 คะแนนการประเมินแขนส่วนบนในวิธี REBA *(ที่มา: Hignett and McAtamney, 2000)*

ส่วน	คะแนน	ท่าทาง
คะแนนหลัก	1	แขนอยู่ในตำแหน่งไปข้างหน้า-หลังไม่เกิน 20°
	2	แขนอยู่ด้านหลัง เกิน 20°
	2	แขนอยู่ด้านหน้า 20-45°
	3	แขนอยู่ด้านหน้า 45-90°
	4	แขนอยู่ในตำแหน่งเหนือไหล่ (มีมุมเกิน 90° เมื่อเทียบกับลำตัว)
คะแนนปรับเพิ่ม	+1	มีการยกหัวไหล่
	+1	หัวไหล่กางออก
	-1	ถ้ามีที่วางแขน หรือสามารถพาดแขนได้



ภาพที่ 22 ลักษณะท่าทางการประเมินแขนส่วนบนในวิธี REBA

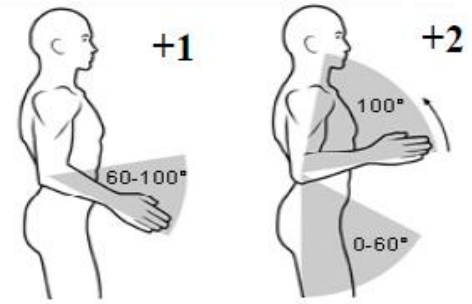
(ที่มา: Hignett and McAtamney, 2000)

ขั้นตอนที่ 8 การประเมินแขนส่วนล่าง (Lower arm หรือ forearm)

แขนส่วนล่างคือบริเวณตั้งแต่ข้อศอกไปจนถึงข้อมือของผู้ปฏิบัติงาน ลักษณะตำแหน่งของแขนส่วนล่างที่มีความเสี่ยงต่ออาการปวดเมื่อยมากถ้าแขนไม่ได้อยู่ในแนวระดับ หรือตั้งฉากกับร่างกาย ถ้าแขนงอขึ้นข้างบน หรือแขนตกลงต่ำมากเกินไปจะทำให้มีโอกาสปวดเมื่อยมากยิ่งขึ้น รายละเอียดของคะแนนการประเมินแขนส่วนล่าง แสดงดังตารางที่ 24 และภาพที่ 23 คะแนนสูงสุดของขั้นนี้ไม่เกิน 2 คะแนน

ตารางที่ 24 คะแนนการประเมินแขนส่วนล่างในวิธี REBA *(ที่มา: Hignett and McAtamney, 2000)*

ส่วน	คะแนน	ท่าทาง
คะแนนหลัก	1	แขนส่วนล่างอยู่ในระดับที่มีมุมระหว่าง 60-100° เมื่อเทียบกับแนวดิ่ง
	2	แขนส่วนล่างตกลงมาด้านล่างโดยมีมุมน้อยกว่า 60° หรือแขนอยู่ในตำแหน่งยกขึ้นด้านบนทำมุมมากกว่า 100° เมื่อเทียบกับแนวดิ่ง



ภาพที่ 23 ลักษณะการประเมินแขนส่วนล่างในวิธี REBA

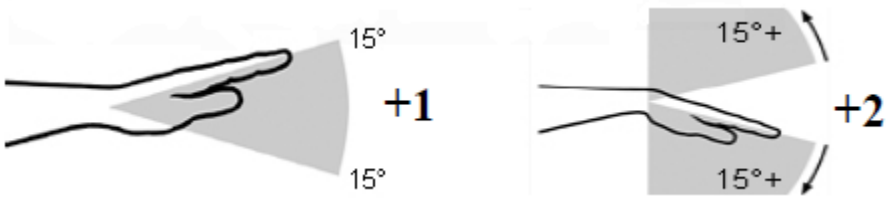
(ที่มา: Hignett and McAtamney, 2000)

ขั้นตอนที่ 9 การประเมินข้อมือ (Wrist)

การประเมินลักษณะท่าทางของข้อมือจะดูจากท่าทางการใช้มือของผู้ปฏิบัติงานในระหว่างการทำงาน ลักษณะของข้อมือที่เคลื่อนไหวถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ควรจะอยู่ในแนวระดับเดียวกับแขนส่วนล่างนั่นคือ อยู่ในลักษณะข้อมือตรง หรืออาจจะมีการบิดงอได้ประมาณ ±15° ขึ้นหรือลงเมื่อเทียบกับแนวแขนส่วนล่าง ถ้าข้อมือไม่ได้อยู่ในระดับดังกล่าว จะทำให้มีความเสี่ยงต่อการเกิดการปวดเมื่อยได้ รายละเอียดการประเมินท่าทางของข้อมือ แสดงดังตารางที่ 25 และภาพที่ 24 คะแนนสูงสุดของการประเมินในขั้นตอนนี้มีค่าไม่เกิน 4 คะแนน

ตารางที่ 25 คะแนนการประเมินข้อมือในวิธี REBA *(ที่มา: Hignett and McAtamney, 2000)*

ส่วน	คะแนน	ท่าทาง
คะแนนหลัก	1	ตำแหน่งของข้อมือ (แนวกระดูกฝ่ามือ) อยู่ในแนวเดียวกับแขนส่วนล่างหรืองอขึ้น หรือลงได้ไม่เกิน 15°
	2	ตำแหน่งของข้อมือ (แนวกระดูกฝ่ามือ) หรือลงมากกว่า 15° เมื่อเทียบกับแนวแขนส่วนล่าง
คะแนนปรับเพิ่ม	+1	มีการหมุนข้อมือ
	+1	มีการเอียงข้อมือไปด้านข้าง (ซ้าย-ขวา)



ภาพที่ 24 ลักษณะการประเมินข้อมือในวิธี REBA
(ที่มา: Hignett and McAtamney, 2000)

ขั้นตอนที่ 10 การประเมินคะแนนของท่าทางในกลุ่ม B

จากคะแนนที่ได้ในขั้นตอนที่ 7-9 นำค่าที่ได้มาอ่านค่าในตารางการประเมินท่าทางในกลุ่ม B ดังภาพที่ 25 ในกรณีที่มีการประเมินแขนและข้อมือ ทั้งซ้ายและขวา ก็ให้อ่านค่าทั้ง 2 ค่า

ตารางที่ 26 การประเมินคะแนนท่าทางในกลุ่ม B วิธี REBA *(ที่มา: Hignett and McAtamney, 2000)*

แขนส่วนบน	ข้อมือ	แขนส่วนล่าง					
		1			2		
		1	2	3	1	2	3
1		1	2	3	1	2	3
2		1	2	3	2	3	4
3		3	4	5	4	5	5
4		4	5	5	5	6	7
5		6	7	8	7	8	8
6		7	8	8	8	9	9

ขั้นตอนที่ 11 การประเมินการจับยึดวัตถุ (Coupling)

ในกรณีที่ผู้ปฏิบัติงานมีการจับยึดวัตถุ เช่น เครื่องมืออุปกรณ์ชิ้นงาน หรือชิ้นส่วนต่างๆ จะต้องมีการประเมินลักษณะการจัดยึดวัตถุนั้นๆ กรณีที่วัตถุที่มีมือจับที่สามารถยึดกำได้รอบอย่างถนัดมือจะทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถทำงานได้สะดวกและใช้แรงในการจับยึดค่อนข้างน้อย ซึ่งจะทำให้มีโอกาสในการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อน้อย แต่ถ้าวัตถุที่จับยึดไม่มีมือจับ กำได้ไม่รอบ มีลักษณะของมือจับไม่เหมาะสม หรือวัตถุมีลักษณะที่จับยึดได้ลำบาก จะทำให้ผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องออกแรงในการจับยึดมากขึ้นก็จะทำให้มีโอกาสในการปวดเมื่อยมากขึ้นเช่นกัน รายละเอียดของการประเมินการจับยึดวัตถุแสดงดังตารางที่ 27 คะแนนสูงสุดไม่เกิน 3 คะแนน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 27 คะแนนการประเมินการจับยึดวัตถุในวิธี REBA *(ที่มา: Hignett and McAtamney, 2000)*

ส่วน	คะแนน	ท่าทาง
คะแนนหลัก	0	วัตถุจับยึดมีมือจับ ผู้ปฏิบัติสามารถจับยึดได้ถนัดมือสามารถกำได้รอบมือ
	1	วัตถุจับยึดมีมือจับ แต่ไม่เหมาะสม ผู้ปฏิบัติไม่สามารถกำได้รอบมือ
	2	ไม่มีมือจับแต่มีจุดที่สามารถสอดนิ้วมือหรืองอนิ้วมือเพื่อจับยึดได้
	3	ไม่มีมือจับและวัตถุจับยึดได้ยากเช่น เปลี่ยนรูปร่างได้เป็นก้อนกลมใหญ่ ผิวลื่นมัน เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 12 การสรุปคะแนนรวมในกลุ่ม B

จากคะแนนการประเมินท่าทางในกลุ่ม B จะได้มาจากการรวมคะแนนของขั้นตอนที่ 10 และ 11 เข้าด้วยกัน เพื่อนำไปใช้ในการเปิดตารางรวมคะแนนสุดท้าย

ขั้นตอนที่ 13 การประเมินการเคลื่อนไหวและกิจกรรมของงาน

การประเมินในขั้นตอนนี้จะเป็นการพิจารณาถึงลักษณะของงานที่ผู้ปฏิบัติงานดำเนินการว่ามีการเคลื่อนไหวร่างกายอย่างไร หรือมีลักษณะงานเป็นอย่างไร ในกรณีที่งานดังกล่าวมีการเคลื่อนไหวซ้ำๆ มากกว่า 4 ครั้งต่อนาที หรือมีร่างกายส่วนใดส่วนหนึ่งอยู่กับที่นานกว่า 1 นาที หรือมีกาเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของร่างกายมากและเร็ว หรือมีการทรงตัวที่ไม่ดี ลักษณะดังกล่าวจะส่งผลให้มีโอกาสที่ผู้ปฏิบัติงานจะมีอาการปวดเมื่อยได้ การประเมินในส่วนของการเคลื่อนไหวหรือกิจกรรมของงานมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 28 ในกรณีที่งานไม่ได้มีลักษณะดังกล่าวก็ไม่มีคะแนนในส่วนนี้ คะแนนในขั้นตอนนี้มีค่าสูงสุดไม่เกิน 1 คะแนน

ตารางที่ 28 การเคลื่อนไหวและกิจกรรมของงานในวิธี REBA *(ที่มา: Hignett and McAtamney, 2000)*

ส่วน	คะแนน	ท่าทาง
คะแนนหลัก	1	ร่างกายส่วนใดส่วนหนึ่งอยู่กับที่นานกว่า 1 นาที
	1	มีการเคลื่อนไหวร่างกายส่วนใดส่วนหนึ่งซ้ำๆ มากกว่า 4 ครั้งต่อนาที
	1	มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งท่าทางของร่างกายมากและเร็ว หรือมีการทรงตัวไม่ดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนที่ 14 การหาค่าคะแนน C

การหาค่าคะแนน C จะได้มาจากการเปิดตาราง C โดยนำค่าคะแนนประเมินรวมของกลุ่ม A (จากขั้นตอนที่ 6) และคะแนนประเมินรวมของกลุ่ม B (จากขั้นตอนที่ 12) มาอ่านค่าจากตาราง C ดังแสดงในตารางที่ 29

ตารางที่ 29 การหาค่าคะแนน C ในวิธี REBA *(ที่มา: Hignett and McAtamney, 2000)*

		คะแนนกลุ่ม B											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
คะแนนกลุ่ม A	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
	2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
	3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
	4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
	5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
	6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
	7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
	8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

ขั้นตอนที่ 15 การหาค่าคะแนนความเสี่ยงรวมและการสรุปผลคะแนน

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการประเมินด้วยวิธี REBA ผู้ประเมินนำคะแนนจากตาราง C (จากขั้นตอนที่ 14) มารวมกับคะแนนที่ได้จากการประเมินการเคลื่อนไหว และกิจกรรมของงาน (จากขั้นตอนที่ 13) ก็จะได้คะแนนความเสี่ยงรวม โดยการแปลผลค่าคะแนนความเสี่ยงรวม แสดงดังตารางที่ 30

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 30 การแปลผลคะแนนความเสี่ยงรวมในวิธี REBA *(ที่มา: Hignett and McAtamney, 2000)*

คะแนน	การแปลผล
1	ความเสี่ยงน้อยมาก
2-3	ความเสี่ยงน้อย ยังต้องมีการปรับปรุง
4-7	ความเสี่ยงปานกลาง ควรวิเคราะห์เพิ่มเติมและควรได้รับการปรับปรุง
8-10	ความเสี่ยงสูง ควรวิเคราะห์เพิ่มเติมและควรรีบปรับปรุง
≥11	ความเสี่ยงสูงมาก ควรปรับปรุงทันที

2.19 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.19.1 การศึกษาเกี่ยวกับโรคพิษตะกั่วและการสัมผัสสารเคมี

จำนงค์ ธนะภพ และคณะ (2016) การศึกษาครั้งนี้ เพื่อเปรียบเทียบระดับความรู้ พฤติกรรมการป้องกันการสัมผัสสารตะกั่ว ขนาดการสัมผัสสารตะกั่วที่ตัวบุคคลและการปนเปื้อนบริเวณที่พักอาศัยของช่างหมัน ก่อนและหลังการให้กิจกรรมอาชีวสุขศึกษาเพื่อลดการสัมผัสสารตะกั่วจากการทำงาน การรวบรวมข้อมูล ได้แก่ ประวัติการทำงาน แหล่งปนเปื้อน ความรู้และพฤติกรรม การป้องกันการสัมผัสสารตะกั่ว โดยใช้ แบบสัมภาษณ์ พร้อมเก็บตัวอย่างเลือด เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารตะกั่วก่อนและหลังดำเนินกิจกรรม ผลการศึกษาพบว่าหลังจากจัดกิจกรรมอาชีวสุขศึกษา ประมาณ 8 เดือน กลุ่มตัวอย่างมีระดับ ความรู้เกี่ยวกับการป้องกันและผลกระทบจากสารตะกั่วเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 70.9 เป็น 74.4 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$) ได้ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการทำงานและป้องกัน การปนเปื้อนสารตะกั่วบริเวณที่พักอาศัย ได้แก่ ล้างมือก่อนดื่มน้ำและรับประทานอาหารว่างในระหว่างการทำงาน เปลี่ยนชุดทำงานก่อนกลับบ้าน หรือเข้าบ้านพัก ระดับสารตะกั่วในเลือดมีค่าเฉลี่ยลดลงจาก 48.4 เป็น 26.0 µg/dl ปริมาณสารตะกั่ว บริเวณพื้นบ้านมีค่ามัธยฐานลดลงทุกตำแหน่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) หากเปรียบเทียบกับมาตรฐานขององค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมและกระทรวงการเคหะและพัฒนาเขตเมืองของสหรัฐอเมริกา ซึ่งกำหนดปริมาณตะกั่วบริเวณพื้นบ้าน ไม่ควรเกิน 430.4 µg/m^2 พบว่ามีจำนวนบ้านตัวอย่างเกิน ค่ามาตรฐานดังกล่าวอย่างน้อยหนึ่งตำแหน่ง ลดลงจาก 78.6 เป็น 53.6 เปอร์เซ็นต์ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมอาชีวสุขศึกษา ส่งผลให้ช่างหมันปรับเปลี่ยนพฤติกรรมเพื่อลดการสัมผัส สารตะกั่วขณะทำงานและบริเวณที่พักอาศัยของตนเองได้

วารุณี พันธ์วงศ์ (2015) ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปริมาณสารตะกั่วในเลือดของพนักงานโรงงานผลิตอะไหล่รถยนต์แห่งหนึ่งจังหวัดสมุทรปราการ เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม และผลการตรวจปริมาณสารตะกั่วในเลือดในรายงานผลการตรวจสุขภาพประจำปีรายบุคคลของพนักงานฝ่ายผลิต ผลการศึกษา พบว่าพนักงานส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุ 31-40 ปี มีอายุงาน 1 – 5 ปี มีความรู้เกี่ยวกับโรคพิษตะกั่วอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อทดสอบความแตกต่างพบว่า เพศชายและเพศหญิงมีปริมาณสารตะกั่วในเลือดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนอายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา และอายุงาน มีปริมาณสารตะกั่วในเลือด ไม่แตกต่างกัน เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เกี่ยวกับโรคพิษตะกั่วกับปริมาณสารตะกั่วในเลือด พบว่าไม่มีความสัมพันธ์ ส่วนการจัดการนโยบายด้านความปลอดภัย พบว่า การที่บริษัทมีแนวทางในการคัดเลือกและจัดหาคนทำงานให้เหมาะสมกับงาน การจัดการทำงานตามความถนัดของพนักงาน ทำให้พนักงานมีปริมาณสารตะกั่วในเลือดแตกต่างกัน และการที่พนักงานเคยได้รับความรู้เรื่องโรคพิษ

ตะกั่วจากการประชาสัมพันธ์ทำให้พนักงานมีปริมาณสารตะกั่วในเลือดแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

วิชาญ เกี่ยวการค้า และคณะ (2536) ได้สำรวจข้อมูลจากแบบสอบถามที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพและความเสี่ยงต่อการได้รับสารพิษขณะทำงานของช่างเชื่อมโลหะ ช่างทาสี/พ่นสี และพนักงานในไนต์คลับในเขตอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา พบว่าช่างเชื่อมโลหะ ช่างทาสี/พ่นสี มีปัญหาทางระบบทางเดินหายใจ ทางโลหิต ตา และกระดูกกล้ามเนื้อ ซึ่งการที่คนงานยังขาดความรู้ความตระหนักต่ออันตรายจากการได้รับสารพิษในที่ทำงานทำให้มีความเสี่ยงสูงต่อการได้รับสารพิษขณะทำงาน

Dickerson และคณะ (2019) ใช้รูปแบบของ JEM (Job Exposure Matrix) โดยมีข้อมูลเกี่ยวกับการสัมผัส อาชีพ และระยะเวลาการรับสัมผัส ระดับเฉลี่ยประจำปีของการรับสัมผัสสำหรับ JEM ดั้งเดิมอิงตามข้อมูลการตรวจสอบทางชีวภาพ และการตรวจวัดสิ่งแวดล้อมเพื่อประเมินการสัมผัสสารเคมี28 ระดับเฉลี่ยของการรับสัมผัสสารเคมีต่อปี เราจำกัดการคำนวณการสัมผัสเฉพาะกับอาชีพที่มีโอกาสสัมผัส 50% หรือมากกว่า สำหรับตัวชี้วัดนี้ เราได้คำนวณความเสี่ยงจากการคูณความเสี่ยงที่คาดหวังด้วยระยะเวลาของการจ้างงานในแต่ละอาชีพ และไม่ได้พิจารณาความน่าจะเป็นที่เจาะจงของการสัมผัสที่สูงกว่าเกณฑ์ 50% ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปได้ในการเชื่อมโยงเนื่องจากเวลาและบรรเทาอคติของผู้ปฏิบัติงานที่มีสุขภาพดีที่อาจเกิดขึ้น กระบวนการปรับเปลี่ยน JEM ของฟินแลนด์เพื่อสร้าง JEM ของเดนมาร์ก การจัดลำดับความสำคัญสำหรับการประกอบอาชีพที่มีความเสี่ยงสูงซึ่งอาจช่วยลดอคตินี้ได้ นอกจากนี้ยังมีข้อเสนอแนะว่าการเน้นการวิเคราะห์ในอาชีพที่มีโอกาสได้รับสัมผัสมากขึ้นควรลดความเสี่ยงของการจัดประเภทที่ไม่ถูกต้อง

Thomson and Parry (2006) การสัมผัสกับสารตะกั่วเป็นปัญหาที่แพร่หลายในยุคปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคระบบประสาทจากสารตะกั่ว เป็นผลมาจากการสัมผัสทางอุตสาหกรรม โดยทั่วไปมักมีโรคระบบประสาทที่เป็นพิษมากกว่าปกติ มีแนวโน้มที่จะพัฒนามากขึ้นหลังจากการสัมผัสกับความเข้มข้นของตะกั่วในระยะสั้นและพัฒนาในรูปแบบกึ่งเฉียบพลัน การพยากรณ์โรคสำหรับการกู้คืนนั้นดีตราบใดที่การได้รับสารนั้นสิ้นสุดลงทันที อาการทางประสาทสัมผัสส่วนปลายและโรคระบบประสาทสั่งการจะพัฒนาหลังจากสัมผัสเป็นเวลานานหลายปี วิวัฒนาการช้ากว่า และการฟื้นตัวก็ไม่ค่อยแน่นอน มันควรจะเป็นไปได้ที่จะป้องกันไม่ให้เกิดโรคประสาทตะกั่วด้วยสุขอนามัยอุตสาหกรรมที่ดี การตรวจสอบอย่างใกล้ชิดควรระบุการได้รับสารตะกั่วมากเกินไปก่อนที่จะทำให้เกิดโรคระบบประสาทที่เปิดเผย หากพบหลักฐานของการได้รับสารมากเกินไปหรือหากมีการพัฒนาของเส้นประสาทส่วนปลายที่ชัดเจน การสัมผัสจะต้องยุติทันที บทบาทของคีเลชั่นบำบัดในการรักษาโรคประสาทอักเสบจากสารตะกั่ว

Sarawut Sangkham and Chumlong Arunlertaree (2019) ทำการสำรวจพนักงานเก็บขนมูลฝอยเป็นอาชีพที่มีความเสี่ยงต่อการได้รับสัมผัสสิ่งคุกคามทางสุขภาพจากสภาพแวดล้อมการ

ทำงานที่หลากหลาย ทั้งปัจจัยเสี่ยงสุขภาพทางด้านกายภาพ เคมี ชีวภาพ ชีวกลศาสตร์ การบาดเจ็บและจิตวิทยาสังคม เนื่องจากลักษณะงานที่ต้องเก็บขนและสัมผัสมูลฝอยเป็นประจำในแต่ละวัน หากพนักงานเก็บขนมูลฝอยทำงานต่อเนื่องติดต่อกันเกินวันทำงานปกติ ไม่สวมใส่อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล ขาดความตระหนัก และความระมัดระวังในขณะปฏิบัติงาน อาจเป็นสาเหตุของการบาดเจ็บและอาการทางสุขภาพได้ ดังนั้นข้อมูลจากบทความฟื้นฟูวิชาการนี้จะเป็นการอธิบายสิ่งคุกคามสุขภาพจากสภาพแวดล้อมการทำงาน และการป้องกันตนเองของพนักงานเก็บขนมูลฝอย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานราชการท้องถิ่นที่เกี่ยวข้อง สำหรับใช้เป็นแนวทางการป้องกันและลดความเสี่ยงทางสุขภาพ เพื่อให้พนักงานเก็บขนมูลฝอยมีความปลอดภัยสูงสุดในการทำงาน

2.19.2 การศึกษาเกี่ยวกับการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

ณัฏฐนันท์ ยอดวงศ์ (2554) ได้ศึกษาสิ่งแวดล้อมในการทำงาน สภาพการทำงาน และพฤติกรรมการทำงานที่ปลอดภัยของคนงานในสถานประกอบการเคาะพ่นสีรถยนต์ขนาดเล็กในจังหวัดพะเยา ผลการศึกษาพบว่า คนงานมีพฤติกรรมในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย เช่น การไม่สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (ร้อยละ 17.52), การไม่ได้รับการอบรมการใช้อุปกรณ์ (ร้อยละ23.91) และการไม่ปฏิบัติตามกฎระเบียบความปลอดภัยในการทำงาน (ร้อยละ 6.52)

ปิยะณัฐ วงศ์ประเทศ (2557) งานวิจัยนี้เลือกศึกษางานเสาเข็ม ซึ่งเป็นงานที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุสูง โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความปลอดภัยในการทำงาน (Job Safety Analysis, JSA) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ระบุอุบัติเหตุในแต่ละขั้นตอนการทำงาน และเสนอแนวทางการลดอุบัติเหตุ เพื่อเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกแนวทางลดอุบัติเหตุที่มีระดับความเสี่ยงสูงไปปรับปรุงเป็นรายการตรวจสอบความปลอดภัย ผลการศึกษาพบว่า การค้นหาอุบัติเหตุแต่ละขั้นตอนจะส่งผลต่อการลดอุบัติเหตุได้ รายการตรวจสอบความปลอดภัยเป็นประโยชน์อย่างยิ่งเกี่ยวกับการลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการทำงาน

Lingard and Rowlinson (2004) ได้อธิบายหลักการของวิธีระบาดวิทยาเปรียบอันตรายหรืออุบัติเหตุคล้ายกับการติดเชื้อโรค และวิธีการป้องกันอุบัติเหตุก็เช่นเดียวกับการควบคุมโรคไม่ให้ระบาด โดยสาเหตุอุบัติเหตุมี 3 ปัจจัยคือ (1) ผู้ที่ได้รับอุบัติเหตุ การบาดเจ็บ ลักษณะที่มีผลต่อการบาดเจ็บ เช่น อายุ เพศ ความแข็งแรง ความสามารถ พฤติกรรม และแรงจูงใจ เป็นต้น (2) ตัวนำพา คือสิ่งที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บ เช่นเครื่องมือ เครื่องจักร สารเคมี เป็นต้น (3) สิ่งแวดล้อม คือ สภาพแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อการทำงานทั้งทางกายภาพ ชีวภาพ และทางสังคม เป็นต้น

2.19.3 การศึกษาเกี่ยวกับการประเมินความเสี่ยง

สุพรรณิการ์ ธรรมนิทัศนา (2550) การประยุกต์ใช้มาตรฐานการบริหารความเสี่ยงโดยทำการพัฒนามาตรฐานการบริหารความเสี่ยงสำหรับนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิต เพื่อให้สามารถนำรูปแบบมาตรฐานการบริหารความเสี่ยงที่สร้างขึ้นไปประยุกต์ใช้กับองค์กรของตนเพื่อช่วยลดโอกาสและผลกระทบในการเกิดความเสี่ยง และได้ยกตัวอย่างความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นในอุตสาหกรรมการผลิต การวิเคราะห์ความเสี่ยง การประเมินความเสี่ยง และการจัดการความเสี่ยง จากการนำมาตรฐานการบริหารความเสี่ยงนี้ไปทดสอบกับอุตสาหกรรมการผลิตตัวอย่าง พบว่าอุตสาหกรรมการผลิตนั้นสามารถลดความสูญเสียอันเนื่องมาจากสิ่งที่ไม่คาดหวังจากการดำเนินการ มีการจัดการความเสี่ยงทั้งหมดภายในองค์กรอย่างมีประสิทธิภาพ และมีการจัดการความเสี่ยงให้อยู่ระดับที่สามารถยอมรับได้

Hallikas (2004) ศึกษาเรื่องการจัดการความเสี่ยงในเครือข่ายผู้จัดจำหน่าย โดยการศึกษาตั้งคำถาม 2 ข้อ คือ

1.) ความเสี่ยงชนิดใดที่เกิดจากการร่วมมือกัน โดยแบ่งความเสี่ยงตามแหล่งที่มาได้ 4 ประเภท คือความต้องการต่ำเกินไปหรือไม่, ปัญหาในการส่งสินค้าให้ลูกค้า, การกำหนดราคา และการจัดการค่าใช้จ่าย, ความยืดหยุ่น และการพัฒนา

2.) กระบวนการจัดการความเสี่ยงมีวิธีจัดการอย่างไร โดยนำเสนอกระบวนการบริหารความเสี่ยงดังนี้ Risk identification: การระบุความเสี่ยง, Risk assessment: การประเมินความเสี่ยงและการจัดลำดับ, Risk management actions: แผนการจัดการความเสี่ยง และ Risk monitoring: การควบคุมติดตาม

Heinrich และคณะ (1980) กล่าวถึงสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุในการทำงาน คือ เกิดจากการกระทำที่ไม่ปลอดภัย และเกิดจากสภาพงานที่ไม่ปลอดภัย สามารถสรุปแนวทางการปรับปรุงอุบัติเหตุออกเป็น 3 ปัจจัยคือ (1) นโยบายการจัดการและการตัดสินใจ เช่น การฝึกอบรม การจัดการด้านความปลอดภัย เป้าหมายด้านความปลอดภัย เป็นต้น (2) ปัจจัยที่เกี่ยวกับคน ได้แก่ สรีระ พฤติกรรม แรงจูงใจ ประสบการณ์ สภาพจิตใจ และทัศนคติ (3) สภาพแวดล้อม ได้แก่ การออกแบบงานที่ปลอดภัย การบำรุงรักษาเครื่องมือและอุปกรณ์ เป็นต้น โดยจำเป็นต้องมีการศึกษาสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุและอธิบายถึงสาเหตุเพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้น

Ward (1999) เสนอเทคนิคการประเมินความเสี่ยงเพื่อคัดเลือกความเสี่ยง โดยนำเสนอในรูปแบบของตารางโอกาส และความรุนแรงของผลกระทบ อีกทั้งยังชี้ให้เห็นว่าความเสี่ยงมีข้อจำกัด ดังนั้นจึงควรพิจารณาปัจจัยด้านอื่นๆ เช่น ต้นทุน เวลา และผลกระทบด้านคุณภาพ นอกจากนี้ยังได้เสนอจุดสำคัญในแต่ละขั้นตอนของการจัดการความเสี่ยง เช่น การระบุความเสี่ยงต้องทำการระบุถึงแหล่งที่มาและข้อมูลที่เกี่ยวข้องให้หมด, การประเมินและวางแผนการจัดการความเสี่ยงควรรวบรวม

และวิเคราะห์จากข้อมูลในขั้นการระบุความเสี่ยง และการวางแผนต้องจัดทำสำหรับจัดการความเสี่ยงที่มีความสำคัญน้อยแต่มีความเกี่ยวเนื่องกันด้วย และการจัดการความเสี่ยงต้องพิจารณาปัจจัยด้านเวลาด้วย

Zuijderduijn (2000) เชลล์ได้พัฒนา HEMP เป็นวิธีการ4ขั้นตอน ขั้นตอนแรกคือการระบุอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากกิจกรรม ในขั้นตอนที่สองความเสี่ยงของแต่ละอันตรายจะได้รับการประเมินสำหรับผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นโดยใช้เมทริกซ์การประเมินความเสี่ยง ขั้นตอนที่สามและสี่เป็นการศึกษาเพื่อระบุว่ามีมาตรการควบคุมและกู้คืนหรือไม่ เพื่อตรวจสอบและแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของ HSE-MS จะมีการวิเคราะห์ช่องว่าง ซึ่งหมายความว่าสำหรับอันตรายที่สำคัญหกประการจะมีการศึกษาเชิงลึกโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เรียกว่า THESIS (The Health, Environmental Safety Information System) เนื่องจากความรู้เกี่ยวกับอันตรายและการควบคุมอยู่กับผู้ปฏิบัติงานในการติดตั้ง การศึกษาเหล่านี้ดำเนินการโดยทีมงานซึ่งประกอบด้วยหัวหน้างานกะ หัวหน้างานซ่อมบำรุง ผู้ตรวจสอบโรงงาน และเจ้าหน้าที่ HSE โดยผลการศึกษาเหล่านี้นำมาเป็นเอกสารควบคุมในระบบการจัดการ HSE ของโรงงาน

2.19.4 การศึกษาเกี่ยวกับข้อผิดพลาดของมนุษย์ในการบำรุงรักษา

Balkey (1996) แสดงให้เห็นว่าขั้นตอนพื้นฐานในการตรวจสอบความเสี่ยงในโรงงานเชื้อเพลิงฟอสซิลจะต้องมีขั้นตอนที่ผิดพลาดจากการกระทำของมนุษย์ และผลลัพธ์จากขั้นตอนความผิดพลาดของมนุษย์จะต้องถูกป้อนกลับไปยังขั้นตอนพื้นฐานในการตรวจสอบความเสี่ยง

Dhillon and Yang (1995) ได้นำเสนอแบบจำลองสุ่มที่พัฒนาขึ้นใหม่สำหรับการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือ และความพร้อมใช้งานของระบบเพื่อรองรับการใช้งานระหว่างมนุษย์กับเครื่องจักรที่สามารถซ่อมแซมได้ พร้อมอัตราความผิดพลาดของมนุษย์ที่เพิ่มขึ้นและอัตราการซ่อมแซมระบบที่ล้มเหลวโดยพลการ ในบทความอื่นพวกเขาได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือและความพร้อมใช้งานของระบบสแตนด์บายทั่วไปที่มีข้อผิดพลาดของมนุษย์อย่างต่อเนื่องและอัตราความล้มเหลวของสาเหตุทั่วไปและเวลาในการซ่อมแซมระบบโดยพลการ

Ford (1997) พิจารณาความปลอดภัยด้านการบินและอวกาศใน 3 ด้าน ได้แก่ อุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการบินสู่ภูมิประเทศ การพัฒนาและการฝึกอบรมที่แนะนำเพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยงที่เกี่ยวข้อง กฎระเบียบที่เกี่ยวข้องกับทางเดินในห้องโดยสารและการเข้าถึงทางออกฉุกเฉิน และปัจจัยมนุษย์ในการบำรุงรักษาสายการบิน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการกำกับดูแลการบำรุงรักษาแบบง่ายๆ ที่เห็นได้ชัดสามารถนำไปสู่ภัยพิบัติครั้งใหญ่ได้อย่างไร ได้อภิปรายถึงความจำเป็นในการลดความไม่เพียงพอด้านความปลอดภัยในแต่ละด้าน

Latorella and Prabhu (2017) ทบทวนแนวทางในการระบุรายงานและจัดการข้อผิดพลาดของมนุษย์ในการบำรุงรักษาและการตรวจสอบการบิน พวกเขามุ่งเน้นไปที่วิธีการตรวจจับข้อผิดพลาดเชิงรุกและกลยุทธ์การแทรกแซง เพื่อควบคุมความผิดพลาดของมนุษย์ในการบำรุงรักษาการบิน โดยเสนอแนวทางการจัดการข้อผิดพลาดของมนุษย์ในการบิน การบำรุงรักษาและการตรวจสอบ ไว้ 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1.) การฝึกอบรม 2.) การออกแบบงานและการพิจารณาองค์กร 3.) การออกแบบพื้นที่ทำงานและสภาพแวดล้อม 4.) อุปกรณ์งานและการออกแบบข้อมูล 5.) ระบบอัตโนมัติ 6.) วิธีการที่ครอบคลุมและบูรณาการในการจัดการข้อผิดพลาด

Nelson และคณะ (1998) นำเสนอวิธีการวิเคราะห์ข้อผิดพลาดของมนุษย์ในการพัฒนาและประยุกต์ใช้ในห้องปฏิบัติการวิศวกรรมและสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (INEEL) ที่รัฐไอดาโฮ เพื่อระบุข้อผิดพลาดของมนุษย์ที่อาจเกิดขึ้นเพื่อประเมินผลกระทบต่อประสิทธิภาพของระบบ และพัฒนากลยุทธ์เพื่อป้องกันการเกิดข้อผิดพลาดหรือบรรเทาผลที่ตามมา ซึ่งการบำรุงรักษาถือเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบการขนส่งทางอากาศและปัจจัยอุบัติเหตุที่ส่งผลต่อการสูญเสียชีวิตของมนุษย์

Raman และคณะ (1991) ให้กรอบการใช้เทคนิค Hazop กับขั้นตอนการบำรุงรักษาในแท่นขุดเจาะน้ำมันและก๊าซนอกชายฝั่ง เพื่อเน้นความสำคัญของระบบที่ปลอดภัยสำหรับการบำรุงรักษาในอุตสาหกรรมเคมี

Rankin และคณะ (2000) กล่าวถึงเครื่องมือ Maintenance Error Decision Aid (MEDA) และการประเมินผลการทดสอบภาคสนาม เกี่ยวกับข้อผิดพลาดของมนุษญ์ในการทำงานของการบำรุงรักษาและการตรวจสอบการบิน โดยการพัฒนากระบวนการตรวจสอบข้อผิดพลาดในการบำรุงรักษาประกอบด้วย ข้อมูล อุปกรณ์ การออกแบบ ทักษะการทำงาน สิ่งอำนวยความสะดวก และปัจจัยอื่นๆร่วมด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Taylor (2000) การจัดการทรัพยากรการบำรุงรักษา (MRM) ในบทความนี้เขากล่าวถึงการคิดเชิงระบบและการเปลี่ยนแปลงวัฒนธรรมซึ่งเป็นวิชาปัจจุบันเกี่ยวกับปัจจัยมนุษย์ด้านการบิน ได้อธิบายการทดสอบประสิทธิภาพของ MRM / TOQ (แบบสอบถามการจัดการทรัพยากรการบำรุงรักษา / การดำเนินการทางเทคนิค) สำหรับวัตถุประสงค์ที่ตั้งใจไว้เพื่อเป็นการวัดผล

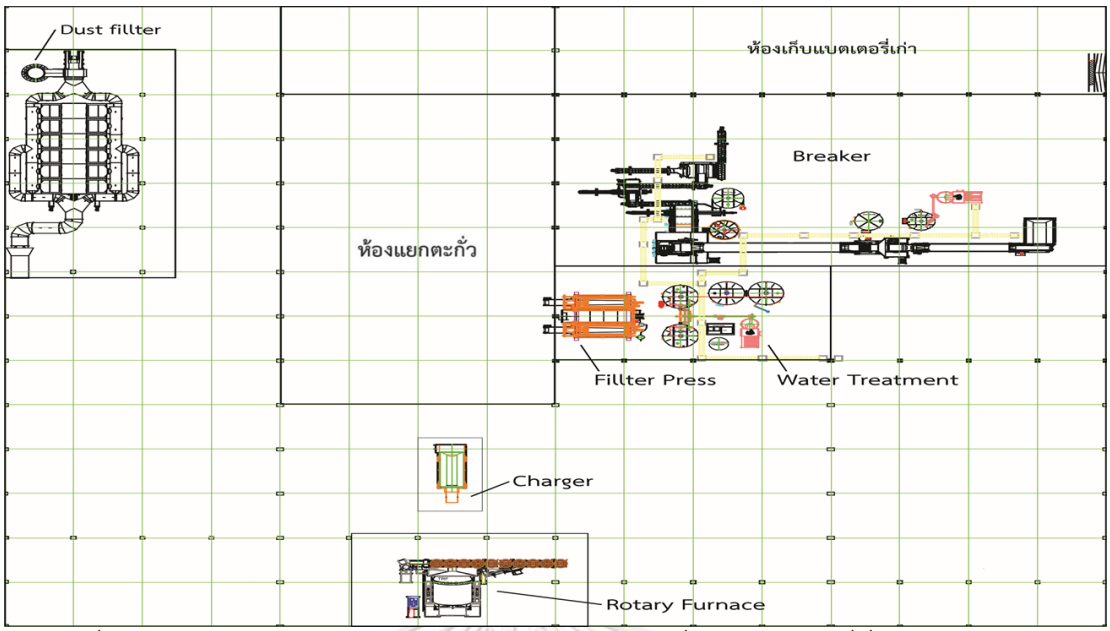
การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกียวข้อง ทำให้สามารถนำกรอบแนวคิดและวิธีดำเนินการวิจัยมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับงานวิจัยฉบับนี้

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 ข้อมูลทั่วไปของบริษัทกรณีศึกษา

บริษัทกรณีศึกษาได้ดำเนินการประกอบกิจการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่เก่าที่ผ่านการใช้งานมาแล้วโดยผลิตตะกั่วแท่งผสมแอนติโมนีและเซลีเนียม ส่งให้โรงงานผลิตแบตเตอรี่ แต่เนื่องจากในปัจจุบันมีปริมาณรถยนต์เพิ่มขึ้นจำนวนมาก ซึ่งรถยนต์แต่ละคันต้องมีการใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งไฟสำรอง โดยปกติแบตเตอรี่แต่ละลูกจะมีอายุการใช้งานประมาณ 1-3 ปีจากนั้นต้องเปลี่ยนลูกใหม่ ทำให้มีปริมาณการใช้ตะกั่วเพื่อผลิตเป็นแบตเตอรี่รถยนต์เพิ่มมากขึ้น ตามปริมาณรถยนต์ที่เพิ่มมากขึ้นในทุกๆ ปี ทำให้ผลิตภัณฑ์ของบริษัทเป็นที่ต้องการของตลาดมากขึ้นในการขยายกำลังการผลิตของบริษัทฯ ในครั้งนี้ จะมีการเพิ่มสายการผลิตขึ้นอีก 1 สายการผลิตภายในบริเวณที่ว่างของอาคารโรงหลอมเดิม โดยมีการนำเข้าเครื่องจักรและเทคโนโลยีใหม่เข้ามาใช้ โดยมีการจัดจ้างผู้ประกอบการภายนอก (Outsource) เข้ามาดูแลงานเกี่ยวกับการติดตั้งเครื่องจักรและงานซ่อมบำรุงเพื่อดูแลเครื่องจักรในส่วนของโครงการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว ในลักษณะการทำงานแบบ Turnkey เป็นโครงการที่ลูกค้าทำสัญญามอบให้ผู้รับเหมามีบทบาทเป็นผู้รับผิดชอบโครงการรายเดียว โดยเป็นผู้รับผิดชอบทั้งโครงการตั้งแต่การออกแบบ การจัดหาวัสดุและอุปกรณ์ รวมไปจนถึงงานก่อสร้าง ติดตั้ง ทดสอบประสิทธิภาพ อบรมการใช้งาน การแก้ปัญหาเบื้องต้น และการบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้กับลูกค้า

ดังนั้นเพื่อให้ผู้ศึกษาได้เข้าใจถึงโครงการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว ในบทนี้เป็นการอธิบายถึงลักษณะทั่วไปของโครงการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว อันได้แก่ โครงสร้างของโครงการ กระบวนการดำเนินโครงการ จากนั้นจึงอธิบายงานวิศวกรรมของโครงการในส่วนการทำงานของโครงการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้วของบริษัทลูกค้าที่จะต้องเข้าไปดูแลอยู่เป็นประจำนั้นมีด้วยกันอยู่ 3 ส่วนหลักๆ คือ Main Breaker, Rotary Furnace และ Dust filter ดังแสดงในภาพที่ 25

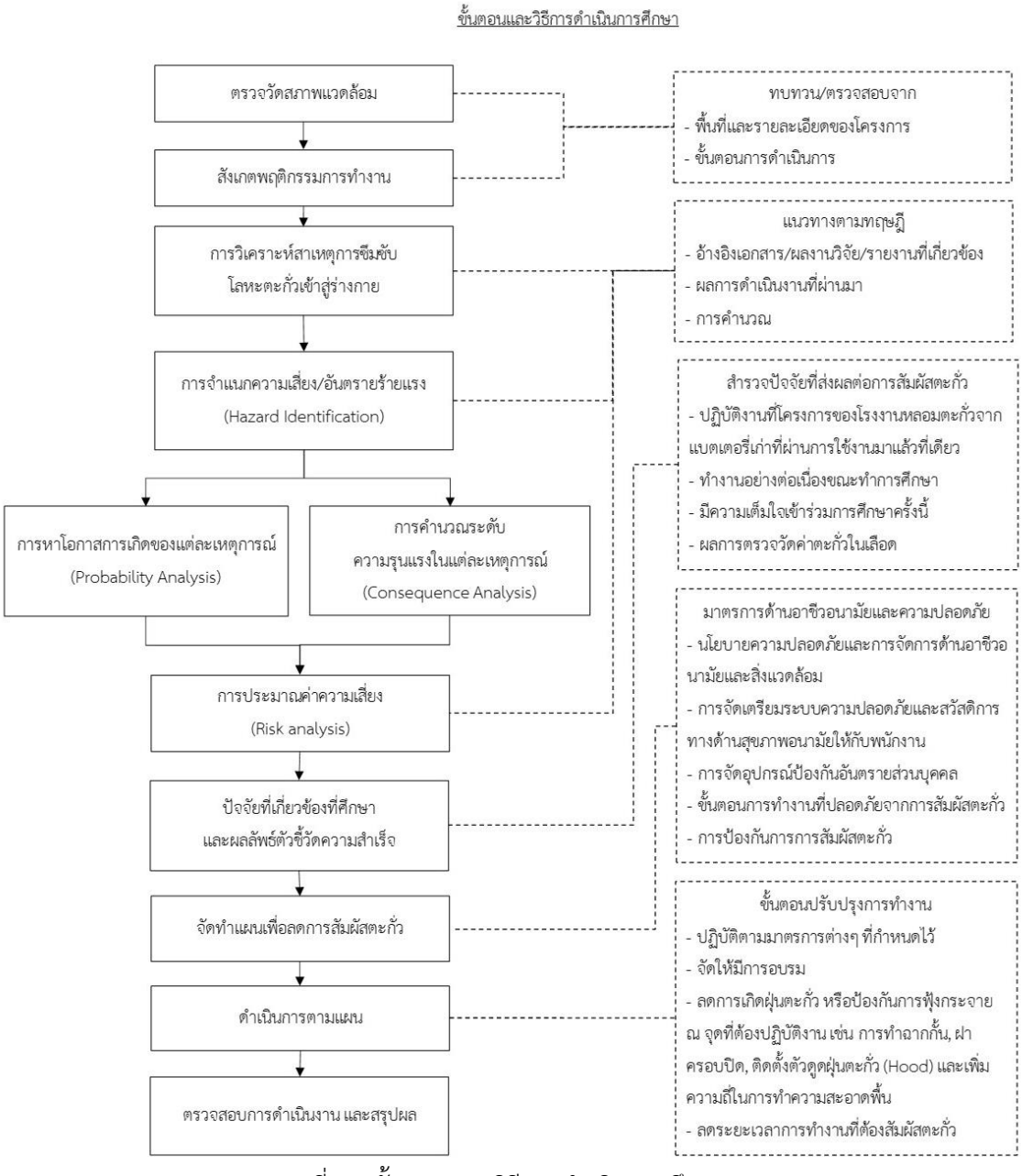


ภาพที่ 25 แผนผังการทำงานของโครงการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว

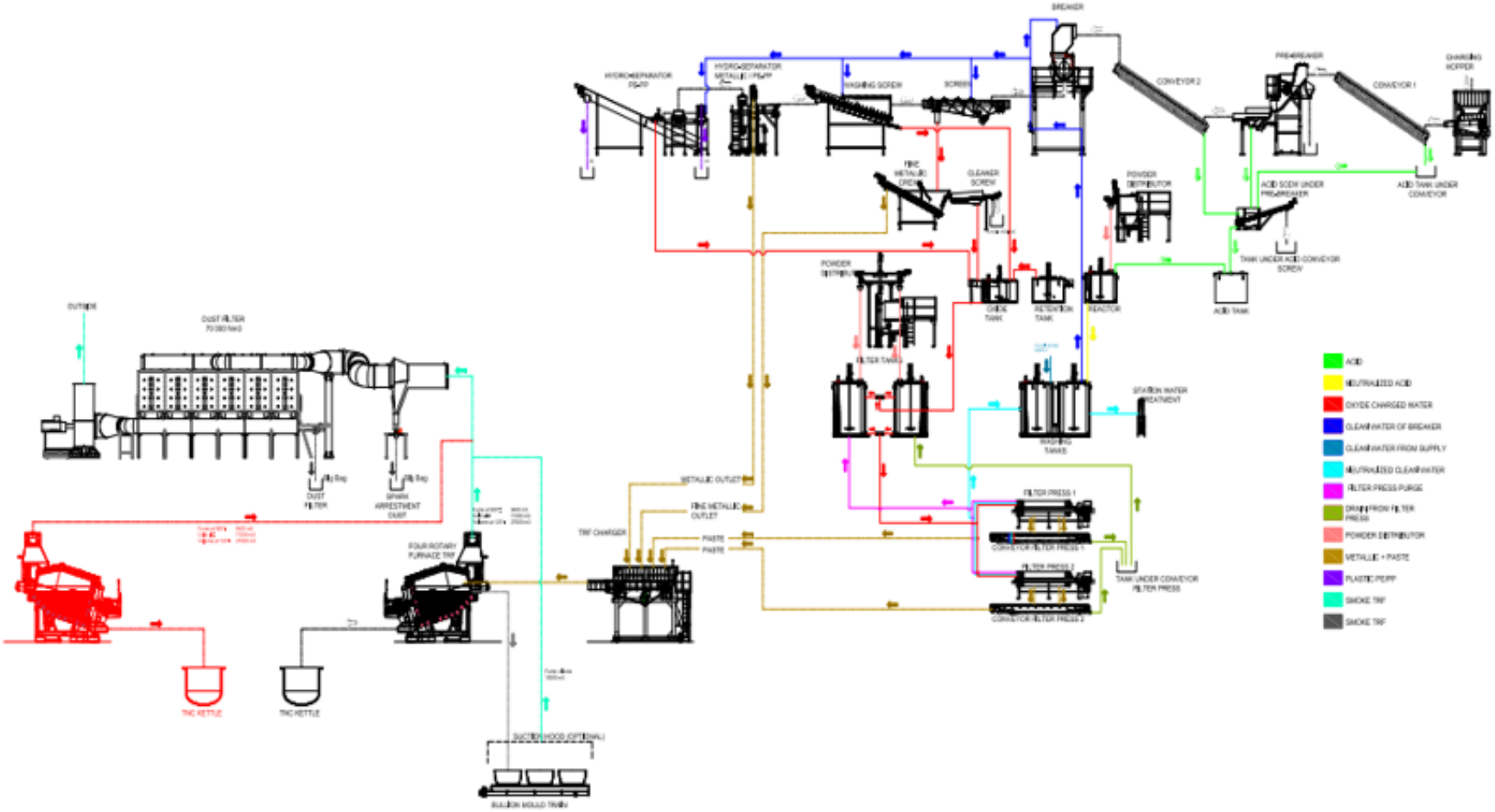
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการทำงานของพนักงานซ่อมบำรุงที่ปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในเลือดที่เกินค่ามาตรฐาน จากการเข้าไปดูแลงานในส่วนของฝ่ายซ่อมบำรุงของโครงการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว รวมถึงการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการสัมผัสตะกั่ว และการออกแบบการทำงานของพนักงานซ่อมบำรุง ซึ่งได้กำหนดขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยดังมีรายละเอียดดังภาพที่ 26

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ 26 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการศึกษา



ภาพที่ 27 FLOW DIAGRAM MODEL

3.2.1 การสำรวจพื้นที่ที่ทำการศึกษา

อาคารโรงงาน เป็นอาคารชั้นเดียว ภายในอาคารประกอบด้วยกิจกรรมการผ่าซากแบตเตอรี่เก่า การล้างและแยกพลาสติก การหลอมและผสมตะกั่ว มีการแบ่งพื้นที่ใช้สอยเป็นส่วนต่างๆ ได้แก่ ส่วนจัดเก็บวัตถุดิบ ส่วนเตรียมวัตถุดิบ ส่วนการหลอมและหล่อแท่งตะกั่ว ส่วนการควบคุมและซ่อมบำรุง

เครื่องจักรภายในโรงงานมีเครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตและระบบบำบัดมลสารหลักๆ ได้แก่ เตาหลอม, กระทะผสมและทำความสะอาด, เครื่องหล่อแท่ง, เครื่องผ่าแบตเตอรี่, ชุดระบบบำบัดอากาศ และระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น

3.2.2 กระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตตะกั่วแท่งจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้วของโครงการ จะแบ่งขั้นตอนออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

3.2.2.1 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ (Preparation Process)

วัตถุดิบหลักของโรงงาน คือ แผ่นธาตุตะกั่วจากแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดที่ผ่านการใช้งานแล้ว ซึ่งโรงงานจะรับซื้อแบตเตอรี่เก่าที่ยังไม่มีการแยกส่วนหรือแปรรูปใดๆ ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบขั้นแรกจะเป็นการผ่าหม้อแบตเตอรี่ ขั้นตอนต่อไปเป็นการผสมและตวงวัตถุดิบกับส่วนผสม ได้แก่ หินปูน เศษเหล็ก และถ่านโค้ก เพื่อนำเข้าเตาหลอม โดยมีรายละเอียดแต่ละขั้นตอนดังนี้

1.) การผ่าแบตเตอรี่ : แบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว จะถูกลำเลียงจากห้องเก็บแบตเตอรี่มายังเครื่องตัดโดยใช้รถตัก จากนั้นพนักงานประจำเครื่องตัดจะทำการป้อนแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว วางบนสายพานลำเลียงเพื่อไหลเข้าสู่เครื่องตัด (Pre Breaker) โดยเครื่องตัดจะตัดผ่าส่วนฝาของแบตเตอรี่ออก แบตเตอรี่ที่ถูกตัดเปิดฝาแล้ว จะถูกลำเลียงโดยสายพานเข้าสู่เครื่องแยกแผ่นธาตุตะกั่ว โดยแผ่นธาตุแบตเตอรี่จะถูกแยกออกจากเปลือกแบตเตอรี่ โดยเครื่องจะจับแบตเตอรี่คว่ำลง แล้วให้แผ่นเซลล์ ตะกั่วตกลงบนสายพานอีกเส้นหนึ่ง เพื่อลำเลียงแผ่นธาตุไปยังห้องเก็บแผ่นธาตุ ส่วนน้ำกรดในแบตเตอรี่ที่ไหลออกมา บริเวณเครื่องตัดแบตเตอรี่จะมีภาชนะรองรับที่ใต้เครื่อง เพื่อไหลไปรวมกันในรางน้ำกรดภายในอาคาร จากนั้นจะส่งเข้าเครื่อง Filter Press เพื่อกรองแยกกรดออกจากสิ่งปนเปื้อนอื่นๆ

ส่วนเปลือกแบตเตอรี่จะถูกลำเลียงด้วยระบบสายพานเข้าสู่เครื่องฉีดล้าง เปลือกแบตเตอรี่ที่ผ่านการล้างแล้วจะไหลเข้าสู่เครื่องบดพลาสติกเป็นชิ้นเล็กๆ (Breaker) และถูกล้างอีกครั้งให้สะอาด จากนั้นจะนำเข้าเครื่องปั่นแห้ง ได้เป็นชิ้นพลาสติก (Plastic Chip) ซึ่งจะส่งขายให้กับโรงงานหลอมและฉีดพลาสติกสำหรับผลิตเป็นชิ้นส่วน และหม้อแบตเตอรี่ต่อไป น้ำเสียจากการล้างชิ้นพลาสติกจะส่งเข้าระบบบำบัดน้ำเสียแบบเคมี (Water Treatment) ต่อไป

2.) การตวงผสมวัตถุดิบเพื่อป้อนเข้าเตาหลอม : แผ่นธาตุตะกั่วจากแบตเตอรี่จะมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นโลหะตะกั่ว (Pb), ตะกั่วออกไซด์ (PbO) และตะกั่วซัลเฟต (PbSO4) จะนำมาผสมกับถ่านโค้ก หินปูน และเศษเหล็กในอัตราส่วนที่เหมาะสม ประมาณ 1 : 0.09 : 0.035 : 0.035 (แผ่นธาตุ : ถ่านโค้ก : หินปูน : เศษเหล็ก) เพื่อให้ตะกั่วถูกถลุงน้ำ และแยกออกจากตะกรัน (Slag)

การเตรียมผสมวัตถุดิบลงใน TRF Charger จะใช้รถตักทำการตักถ่านโค้ก หินปูน และเศษเหล็กจากพื้นที่เก็บกองวัตถุดิบแต่ละประเภทมาเตรียมรอไว้ในห้องเก็บแผ่นธาตุ ในปริมาณที่จะป้อนเข้าเตาหลอมในแต่ละ Batch ซึ่งในการป้อนเข้าสู่เตาหลอมจะใช้รถตักวัตถุดิบตักแผ่นธาตุ, ฝุ่นที่หลอมเป็นก้อน, เศษเหล็ก, หินปูน และถ่านโค้ก ลงในแท่น TRF Charger ตามลำดับ เพื่อเตรียม Feed เข้าเตาหลอม

3.2.2.2 ขั้นตอนการหลอม (Smelting Process)

ในการหลอมตะกั่วของโครงการจะใช้เตาหลอมแบบหมุน (Rotary Furnace) การป้อนวัตถุดิบที่เตรียมไว้เทลงเตา เมื่อทำการเปิดฝาเตาแล้ว TRF Charger จะเคลื่อนที่ขึ้นไปบริเวณปากเตาหลอมเพื่อเทวัตถุดิบลงในเตา เมื่อเทวัตถุดิบเสร็จ TRF Charger จะเลื่อนกลับมาที่เดิม และพนักงานทำการปิดฝาเตา การเติมวัตถุดิบลงในเตาจะเติมทุกๆ 10-15 นาที วัตถุดิบภายในเตาจะยุบตัวลงหลังจากถูกความร้อนภายในเตาที่อุณหภูมิประมาณ 800-1,000°C ตะกั่วจากเซลล์แบตเตอรี่จะถูกหลอมเหลวเป็นน้ำโลหะตะกั่วไหลออกจากทางช่องด้านข้างของเตาลงเบ้ารองรับและราง ไหลไปสู่กระทะทำความสะอาด (Refining Kettle) เพื่อทำความสะอาดตะกั่วในขั้นต่อไป ส่วนเศษเหล็กและหินปูนจะกลายเป็น Slag สะสมอยู่ในเตา จนเมื่อระดับของ Slag มีมาก พนักงานจะใช้เหล็กตอกรูด้านข้างเตาที่ถูกอุดไว้ด้วยปูนทนไฟ เพื่อให้น้ำ Slag ไหลออกมาลงในถ้วยเหล็กสำหรับรองรับ Slag ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น แล้วรวบรวมส่งไปกำจัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

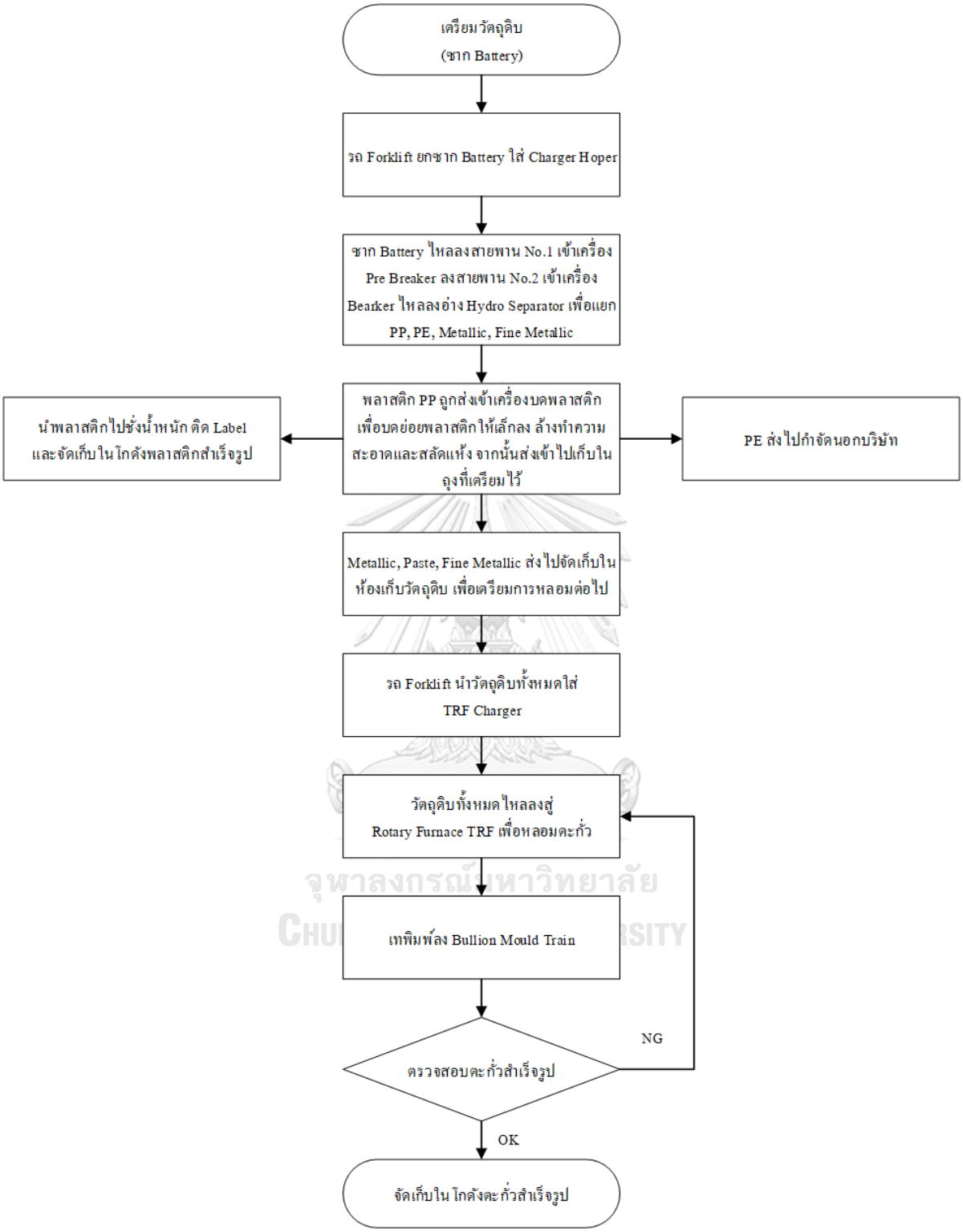
3.2.2.3 ขั้นตอนการทำความสะอาด และการผสม (Refining and Mixing Process)

น้ำตะกั่วหลอมเหลวจากเตาหลอม จะยังมีสิ่งเจือปนต่างๆ เช่น ตะกั่วออกไซด์ และบางส่วนของ Slag จึงต้องนำมาผ่านขั้นตอน ที่ทำให้น้ำโลหะตะกั่วมีความบริสุทธิ์ขึ้น โดยการให้ความร้อนหลอมซ้ำที่กระทะทำความสะอาดในอุณหภูมิที่เหมาะสม ประมาณ 350-500 °C โดยใช้ LPG เป็นเชื้อเพลิง สิ่งเจือปนต่างๆ จะแยกตัวออกมาจากน้ำโลหะตะกั่ว แล้วลอยขึ้นมาอยู่บริเวณผิวหน้า เนื่องจากมีน้ำหนักเบากว่าน้ำโลหะตะกั่ว เรียกว่า Dross จะทำการตักออกใส่กระบะที่มีฝาปิดแล้วใช้รถตักยกไปเก็บไว้ยังห้องเก็บแผ่นธาตุเพื่อนำกลับเข้าเตาหลอมพร้อมกับวัตถุดิบอื่นๆต่อไป ตะกั่วที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วจะถูกปั๊มส่งไปหล่อเป็นแท่ง

3.2.2.4 ขั้นตอนการหล่อแท่ง (Casting Process)

น้ำตะกั่วที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วจะถูกสูบส่งมายังเบ้าพิมพ์ (Molding Ingot) เพื่อหล่อเป็นตะกั่วแท่ง จะได้ผลิตภัณฑ์ตะกั่วแท่งชนิดตะกั่วบริสุทธิ์ หรือตะกั่วผสม แล้วนำไปเก็บไว้ในห้องเก็บตะกั่วแท่ง เพื่อรอการจำหน่ายต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ 28 กระบวนการผลิตตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว

3.2.3 การเก็บข้อมูล

3.2.3.1 ข้อมูลทั่วไปของพนักงานซ่อมบำรุง

พนักงานที่ถูกส่งเข้าไปทำงานในฝ่ายซ่อมบำรุง เป็นพนักงานชาย อายุ 34 ปี โดยจะถูกส่งเข้าไปตรวจสอบดูงานเดือนละ1-2 ครั้ง ครั้งละ 1-2 วัน ในการเข้าไปปฏิบัติงานแต่ละครั้งจะไปทำงานและคอยตรวจสอบทั้งกระบวนการผลิตเนื่องจากอยู่ในกรอบการทำงานที่ต้องควบคุมให้การทำงานของเครื่องจักรมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยระยะเวลาการทำงานจะอยู่ที่ 8 ชั่วโมงต่อวัน เพื่อควบคุมการผลิต เนื่องจากการติดตั้งเครื่องจักรเป็นการทำงานในลักษณะ Turnkey Project

การทำงานของพนักงานประจำในโครงการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว ในแต่ละวันจะแบ่งการทำงานออกเป็น 3 กะ โดยกะแรกเริ่มตั้งแต่เวลา 8.00-16.00 น. กะที่สองเริ่มตั้งแต่เวลา16.00-24.00 น. กะที่สามเริ่มตั้งแต่เวลา 24.00-8.00 น. กะละ 8 ชั่วโมง (ทำงาน 7 ชั่วโมง พัก 1 ชั่วโมง)

หลังจากที่พนักงานซ่อมบำรุงได้เข้าไปทำงานในโครงการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว ผลการตรวจสุขภาพของช่างตรวจพบปริมาณตะกั่วในเลือด 461.70 µg/L ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ทางโรงพยาบาลระบุไว้คือไม่ควรเกิน 200 µg/L ดังแสดงในภาพที่ 1 และค่ามาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานสำหรับประเทศไทย , องค์กรบริหารสุขภาพและความปลอดภัยในการทำงานแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (OSHA) และแนวปฏิบัติการเฝ้าระวังโรคพิษตะกั่วของสาธารณสุข ซึ่งกำหนดค่าระดับตะกั่วในเลือดของคนงาน ไม่ควรเกิน 40 µg/dl

จากการสำรวจลักษณะการทำงานและอุปกรณ์ป้องกันของพนักงานซ่อมบำรุง พบว่า ขาดความตะหนักรู้ในเรื่องของตะกั่ว และใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลไม่เหมาะสม รวมไปถึงการทำงานในบริเวณที่ฝุ่นและไอตะกั่วเป็นเวลานาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.3.2 สภาพแวดล้อมในการทำงาน

1.) แหล่งกำเนิดมลสารทางอากาศ

มลพิษด้านอากาศ ได้แก่ ไออากาศเสีย, ฝุ่นตะกั่ว, ฝุ่นละออง โดยแหล่งกำเนิดมลสารทางอากาศที่สำคัญของโครงการ จะเกิดขึ้นในขั้นตอนกระบวนการหลอมตะกั่วจากเตาหลอม (Rotary Furnace) การลำเลียงตะกั่วหลอมเหลวจากเตาหลอมจนถึงขั้นตอนการทำความสะอาดบริเวณกระทะทำความสะอาด (Refining Kettle) และผสมพลวงหรือสารเติมแต่งอื่นๆในกระทะผสม(Mixing Kettle) จนถึงขั้นตอนการหล่อตะกั่วเป็นแท่ง (Molding Ingot) แล้วจะระบายออกสู่ภายนอกทางปล่องระบาย รายละเอียดปริมาณความเข้มในอากาศของปริมาณฝุ่นในโครงการจะแสดงในตารางที่ 31 และ ในตารางที่ 32 จะแสดงความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศบริเวณโครงการ ณ จุด

ปฏิบัติงานต่างๆ และพิจารณาเวลาการทำงานของแต่ละกิจกรรมใน 1 รอบการทำงานของกระบวนการ เมื่อวันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2563 ซึ่งเป็นบริษัทจากภายนอกที่เข้ามาดูแลตรวจวัดหรือติดตามตรวจสอบด้านสิ่งแวดล้อม อาชีวอนามัย และความปลอดภัย

ตารางที่ 31 ปริมาณความเข้มในอากาศของปริมาณฝุ่นบริเวณโครงการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว ณ จุดปฏิบัติงานต่างๆ

กิจกรรม	เวลาของแต่ละกิจกรรม	ปริมาณความเข้มข้นในอากาศ(มก./ลบ.ม)			
		ฝุ่นทุกขนาด		ฝุ่นที่หายใจเข้าปอดได้	
	(นาที)	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด
การผ่าและแยกแบตเตอรี่เก่า	60	0.086	0.379	0.047	0.094
การผสมวัตถุดิบ	30	1.074	1.904	0.133	0.313
การตักวัตถุดิบที่ผสมแล้วป้อนเข้าเตาหลอม	30	1.057	1.907	0.207	0.374
การกวาดพื้นโรงผสมตะกั่ว	40	0.134	1.374	0.019	0.249
การป้อนวัตถุดิบเข้าเตาหลอม	40	0.303	1.047	0.067	0.356
การหลอมตะกั่วในเตา	60	0.040	0.936	0.020	0.256
การเทตะกั่วที่หลอมละลายและเทขี้ตะกรัน	40	0.126	0.294	0.010	0.136
การปฏิบัติงานในห้องควบคุม	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		72.33	226.17	16.32	58.72

* มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปกำหนดค่ามาตรฐานไว้ ไม่เกิน 0.33 mg/m^3

* มาตรฐานค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงานกำหนดค่ามาตรฐานไว้ ไม่เกิน 320 mg/m^3

* ที่มา: หน่วยงานกลาง (Third Party) ในการจัดทำรายงานผล ระยะดำเนินการ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2563

จากตาราง พบว่าปริมาณฝุ่นทุกขนาดและฝุ่นขนาดที่สามารถเข้าถึงและสะสมในถุงลมของปอดได้จากผลการตรวจวิเคราะห์พบว่า มีค่าสูงสุด 1.907 และ 0.374 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ ตามลำดับ โดยพบในขณะการตักวัตถุดิบที่ผสมแล้วป้อนเข้าเตาหลอม ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารมลพิษที่คิดตามน้ำหนักเวลาสัมผัสมีค่าสูงสุด 0.746 และ 0.194 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานแล้วมีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐาน บ่งชี้ได้ว่าบริเวณพื้นที่การทำงานนั้นไม่ปลอดภัยต้องดำเนินการแก้ไขอย่างเร่งด่วน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 32 ความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศบริเวณโครงการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว ณ จุดปฏิบัติงานต่างๆ

บริเวณปฏิบัติงาน	ความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศ(มก./ลบ.ม)			
	Pb		SO_2	
	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด
การผ่าและแยกแบตเตอรี่เก่า	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

* ตามประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) กำหนดปริมาณสารตะกั่วอนินทรีย์ในบรรยากาศการทำงาน มีความเข้มข้นเฉลี่ยต้องไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

* มาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการประกอบกิจการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่เก่า ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2544 กำหนดให้ไม่เกิน 0.15 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

* การกำหนดค่ามาตรฐานปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในสถานประกอบการในหน่วยงานต่างประเทศ ได้แก่ Occupational Safety and Health Administration (OSHA), National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) และ American Conference of Governmental Industrial Hygiene (ACGIH) กำหนดปริมาณสารตะกั่วอนินทรีย์ในบรรยากาศการทำงาน มีความเข้มข้นเฉลี่ยต้องไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

* มาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) ตามประกาศกระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2520 ที่กำหนดให้ในบรรยากาศของการทำงานมีปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีค่าได้ไม่เกิน 13 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร

* ที่มา: หน่วยงานกลาง (Third Party) ในการจัดทำรายงานผล ระยะดำเนินการ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2563

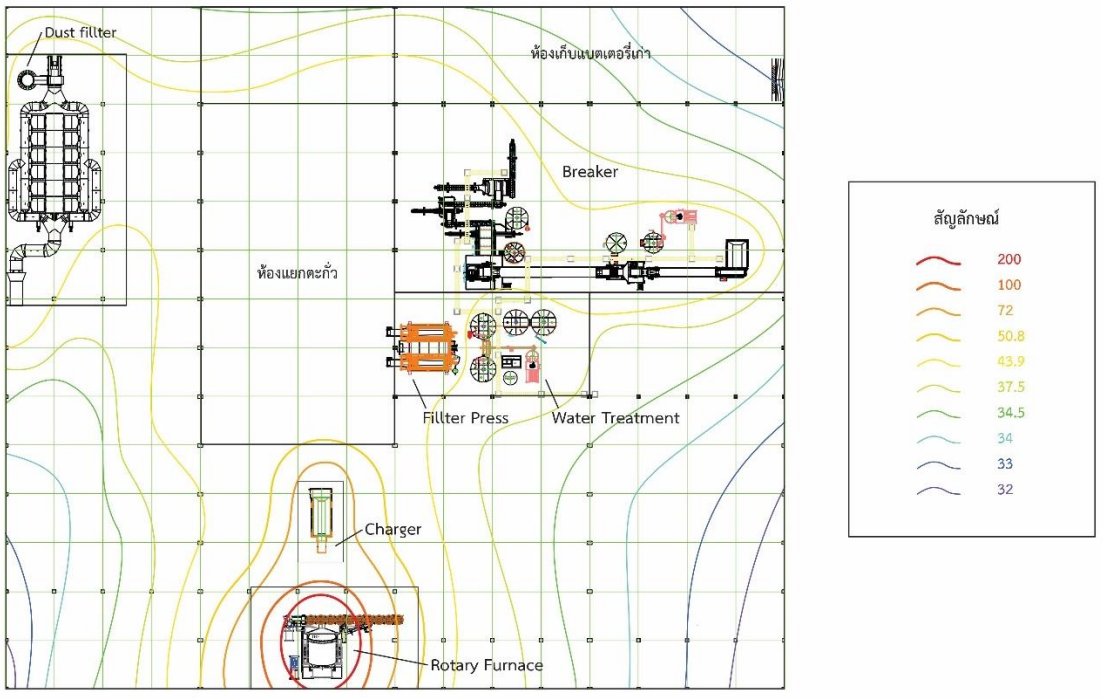
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากตาราง พบว่ายังมีปริมาณความเข้มข้นของสารตะกั่วในบรรยากาศการทำงานที่เกินค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) คือ บริเวณหน้าเตาหลอม ในด้านของมาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการประกอบกิจการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่เก่าจะเกินค่ามาตรฐานอยู่ 2 บริเวณ คือ บริเวณหน้าเตาหลอม และบริเวณเตาทำความสะอาดโลหะตะกั่ว มีค่า 0.216 และ 0.193 ตามลำดับ

ดังนั้น การจัดการเพื่อป้องกันและลดมลภาวะทางอากาศทางโครงการจัดระบบการจัดการเพื่อป้องกันและลดมลภาวะทางอากาศโครงการ ควรจัดให้มีระบบการป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นบริเวณพื้นที่ทำงานต่างๆ เช่น การสเปรย์น้ำบริเวณสายพานลำเลียงเปลือก และมีฝาครอบรางลำเลียงในแต่ละบริเวณภายในโรงงานมีการติดป้ายเตือนให้สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลตามความเหมาะสมกับลักษณะกิจกรรมและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในพื้นที่นั้นๆ และช่างซ่อมบำรุงรับผิดชอบในการตรวจสอบและซ่อมบำรุงระบบควบคุมมลสารเพื่อให้ทำงานได้ดีอยู่เสมอ

2.) ความร้อน

พนักงานต้องทำงานบริเวณเตาหลอมและส่วนที่ต้องสัมผัสกับความร้อน ดังนั้นการสำรวจความร้อนทำให้รู้ว่าบริเวณใดมีระดับความร้อนเท่าใด โดยทำการวัดระดับความร้อนด้วยเครื่องวัดความร้อนที่ตำแหน่งต่างๆ แล้วทำการบันทึกลงในแผนผังบริเวณ ดังแสดงในภาพที่ 29 ซึ่งการอยู่ในพื้นที่ที่มีความร้อนสูงอาจทำให้ต้องสูดดมอากาศที่มีไอตะกั่วจากความร้อนเข้าสู่ร่างกาย ทำให้เกิดปริมาณตะกั่วในเลือดเกินค่ามาตรฐานที่กำหนด



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 29 เส้นระดับความร้อนที่ได้จากการสำรวจความร้อน

และจากผลการตรวจวัดระดับความร้อนในโครงการ จำนวน 5 สถานี ได้แก่ บริเวณเตาหลอม บริเวณระบบหล่อเย็น บริเวณกระทะผสมพลวง บริเวณเบ้าหล่อแท่งตะกั่วและบริเวณ After Burner เมื่อวันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2563 ซึ่งเป็นบริษัทจากภายนอกที่เข้ามาดูแลตรวจวัดหรือติดตามตรวจสอบด้านสิ่งแวดล้อม อาชีวอนามัย และความปลอดภัย โดยสภาพบรรยากาศภายนอกท้องฟ้าโปร่งไม่มีฝนตกโดยอุณหภูมิอยู่ที่ 34 องศาเซลเซียส พบว่า อุณหภูมิอากาศ (DB) มีค่าอยู่ในช่วง 35.0-43.0 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (ความร้อน) ตามประกาศกระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2519 ส่วนค่าความร้อนในรูป WBGT บริเวณเตาหลอม มีค่า 36.8 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าสูงเกินเกณฑ์มาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการประกอบกิจการโรงงานเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อมในการทำงาน (หมวด 1, ความร้อน, ลักษณะงาน

หนัก) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ.2546 ที่กำหนดให้มีค่าไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส ดังตารางที่ 33

ส่วนค่าความร้อนในรูป WBGT บริเวณกระทะผสมพลวง และบริเวณเบ้าหลอมแท่งตะกั่ว มีค่า 37.0 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าสูงเกินเกณฑ์มาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการประกอบกิจการโรงงาน เกี่ยวกับสภาวะแวดล้อมในการทำงาน (หมวด 1:ความร้อน, ลักษณะงานปานกลาง) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2546 ที่กำหนดให้มีค่าไม่เกิน 32 องศาเซลเซียส

และค่าความร้อนในรูป WBGT บริเวณระบบหล่อเย็น และบริเวณ After Burner มีค่า 35.0 และ 43.0 ก็มีค่าสูงเกินเกณฑ์มาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการประกอบกิจการโรงงานเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อมในการทำงาน (หมวด 1: ความร้อน, ลักษณะงานเบา) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2546 ที่กำหนดให้มีค่าไม่เกิน 34 องศาเซลเซียสเช่นกัน

ตารางที่ 33 ผลการตรวจวัดระดับความร้อนภายในสถานประกอบการในสภาพปัจจุบัน

ดัชนีที่ตรวจวัด	สถานีที่ตรวจวัดระดับความร้อน (°C)				
	เตาหลอม	ระบบหล่อเย็น	กระทะผสม	เบ้าหล่อแท่งตะกั่ว	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

* ที่มา: หน่วยงานกลาง (Third Party) ในการจัดทำรายงานผล ระยะดำเนินการ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2563

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.2.3.3 พฤติกรรมการทำงานที่มีความเสี่ยง

พบว่าไม่สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยที่เหมาะสมในขณะทำงาน การอยู่ในพื้นที่ที่มีความร้อนสูงทำให้ต้องสูดดมอากาศที่มีไอตะกั่วจากความร้อนเข้าไป รวมถึงการทำงานที่ไม่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ซึ่งอาจทำให้เกิดความเมื่อยล้า และต้องทำงานในบริเวณที่มีสารตะกั่วนานขึ้น ดังนั้นการสัมผัสสารอันตรายโดยเฉพาะตะกั่วซึ่งเป็นโลหะหนักผ่านทางผิวหนังอาจก่อให้เกิดความ

เสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานได้ หากมีการสัมผัสผ่านผิวหนังมีโอกาสเกิดอาการแพ้ และเมื่อตะกั่วถูกดูดซึมผ่านผิวหนังแล้วอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพในระยะยาวหรือแบบเฉียบพลันได้

โดยจะใช้วิธีการประเมินความเสี่ยงโดยวิธี RULA และการประเมินความเสี่ยงโดยวิธี REBA โดยเริ่มต้นจากการศึกษาท่าทางจากรูปถ่าย แล้วเลือกพิจารณาท่าทางที่มีความถี่มากและท่าทางที่ไม่เหมาะสม โดยในที่นี้ได้เลือกศึกษาวิธี RURA 2 ท่า ดังแสดงในตารางที่ 34 และตารางที่ 35 และ วิธี REBA 2 ท่า ดังแสดงในตารางที่ 36 และตารางที่ 37 ซึ่งเป็นท่าทางที่พบบ่อย

ตารางที่ 34 การประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์โดยใช้ RULA (ท่าที่1)

ขั้นตอนการประเมิน RULA	คะแนนการประเมิน
ขั้นตอนที่ 1 การประเมินแขนส่วนบน (Upper arm) 	คะแนนหลัก : แขนอยู่ด้านหน้า 45-90° เท่ากับ 4 คะแนน คะแนนปรับเพิ่ม : +1 มีการยกหัวไหล่, +1 หัวไหล่กางออก เท่ากับ 2 คะแนน คะแนนการประเมินแขนส่วนบน <u>เท่ากับ 6 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 2 การประเมินแขนส่วนล่าง (Lower arm หรือ forearm) 	คะแนนหลัก : แขนส่วนล่างอยู่ในระดับที่มีมุมระหว่าง 60-100° เมื่อเทียบกับแนวดิ่ง เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนปรับเพิ่ม : ไม่มี คะแนนการประเมินแขนส่วนล่าง <u>เท่ากับ 1 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 3 การประเมินข้อมือ (Wrist)	คะแนนหลัก : ตำแหน่งของข้อมือ (แนวกระดูกฝ่ามือ) อยู่ในแนวเดียวกับแขนส่วนล่าง เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนปรับเพิ่ม : ไม่มี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการประเมิน RULA	คะแนนการประเมิน
	คะแนนการประเมินข้อมือ เท่ากับ 1 คะแนน
ขั้นตอนที่ 4 การประเมินการหมุนของข้อมือ (Wrist twist)	คะแนนหลัก : ไม่มีการบิดหรือหมุนข้อมือ หรือหมุนบิดข้อมือเล็กน้อยไม่เกินครึ่ง เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนการประเมินการหมุนของข้อมือ เท่ากับ 1 คะแนน
ขั้นตอนที่ 5 การประเมินคะแนนกลุ่ม A	นำคะแนนที่ได้จากขั้นตอนที่ 1-4 มาอ่านค่าในตารางการประเมินคะแนนกลุ่ม A ในแบบฟอร์ม RULA คะแนนการประเมินกลุ่ม A เท่ากับ 7 คะแนน
ขั้นตอนที่ 6 การประเมินการใช้กล้ามเนื้อแขนหรือมือในการทำงาน	คะแนนหลัก : แขนหรือมือใช้แรงอยู่นิ่งนานเกิน 1 นาที เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนการประเมินการใช้กล้ามเนื้อแขนหรือมือในการทำงาน เท่ากับ 1 คะแนน
ขั้นตอนที่ 7 การประเมินแรงหรือภาระงานในส่วนแขนหรือมือ	คะแนนหลัก : แรงที่ใช้หรือน้ำหนักที่ถือน้อยกว่า 2 กก. (ทำงานไม่ต่อเนื่อง) เท่ากับ 0 คะแนน คะแนนการประเมินแรงหรือภาระงานในส่วนแขนหรือมือ เท่ากับ 0 คะแนน
ขั้นตอนที่ 8 การสรุปคะแนนรวมของส่วนแขนและข้อมือ	คะแนนการสรุปคะแนนรวมของส่วนแขนและข้อมือ เท่ากับ 8 คะแนน
ขั้นตอนที่ 9 การประเมินส่วนคอ	คะแนนหลัก : ศีรษะเงยไปด้านหลัง เท่ากับ 4 คะแนน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการประเมิน RULA	คะแนนการประเมิน
	คะแนนปรับเพิ่ม : +1 มีการเอียงศีรษะไปด้านข้าง เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนการประเมินส่วนคอ เท่ากับ 5 คะแนน
ขั้นตอนที่ 10 การประเมินส่วนลำตัว 	คะแนนหลัก : ลำตัวเอนไปด้านหน้า 20-60° เท่ากับ 3 คะแนน คะแนนปรับเพิ่ม : +1 มีการเอนตัวไปด้านข้าง เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนการประเมินส่วนลำตัว เท่ากับ 4 คะแนน
ขั้นตอนที่ 11 การประเมินส่วนขา	คะแนนหลัก : ขาและเท้าทั้ง 2 ข้างอยู่ในท่าทางไม่เหมาะสมหรือไม่มีที่รองรับเท้า เท่ากับ 2 คะแนน คะแนนการประเมินส่วนขา เท่ากับ 2 คะแนน
ขั้นตอนที่ 12 การประเมินคะแนนท่าทางกลุ่ม B	นำคะแนนที่ได้จากขั้นตอนที่ 9-11 มาอ่านค่าในตารางการประเมินคะแนนกลุ่ม B ในแบบฟอร์ม RULA คะแนนการประเมินกลุ่ม B เท่ากับ 8 คะแนน
ขั้นตอนที่ 13 การประเมินกล้ามเนื้อขาหรือเท้าในการทำงาน	คะแนนหลัก : ขาหรือเท้าอยู่ในท่านิ่งนานเกิน 1 นาที เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนการประเมินกล้ามเนื้อขาหรือเท้าในการทำงาน เท่ากับ 1 คะแนน
ขั้นตอนที่ 14 การประเมินแรงหรือภาระงานในส่วนของขาหรือเท้า	คะแนนหลัก : ภาระงานที่ใช้มีค่าน้อยกว่า 2 กก. อย่างไม่ต่อเนื่อง เท่ากับ 0 คะแนน คะแนนการประเมินแรงหรือภาระงานในส่วน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการประเมิน RULA	คะแนนการประเมิน
	ของขาหรือเท้า <u>เท่ากับ 0 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 15 การสรุปคะแนนรวมของส่วนขาและเท้า	คะแนนการสรุปคะแนนรวมของส่วนขาและเท้า <u>เท่ากับ 9 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 16 การสรุปผลคะแนนความเสี่ยงโดยรวม	ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการประเมินด้วยวิธี RULA ผู้ประเมินนำคะแนนสรุปรวมของส่วนแขนและข้อมือ (ขั้นตอนที่ 8) และคะแนนรวมของการประเมินส่วนขาและเท้า (ขั้นตอนที่ 15) มาอ่านค่าคะแนนความเสี่ยงโดยรวมจากตาราง C ในแบบฟอร์ม RULA คะแนนการสรุปผลคะแนนความเสี่ยงโดยรวม <u>เท่ากับ 7 คะแนน</u>
<u>สรุป</u> 7 คะแนน แปลผลได้ว่า งานนี้มีปัญหาทางการยศาสตร์ และต้องมีการปรับปรุงทันที	

ตารางที่ 35 การประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์โดยใช้ RULA (ท่าที่2)

ขั้นตอนการประเมิน RULA	คะแนนการประเมิน
ขั้นตอนที่ 1 การประเมินแขนส่วนบน (Upper arm) 	คะแนนหลัก : แขนอยู่ด้านหลัง เกิน 20° เท่ากับ 2 คะแนน คะแนนปรับเพิ่ม : +1 มีการยกหัวไหล่, +1 หัวไหล่กางออก เท่ากับ 2 คะแนน คะแนนการประเมินแขนส่วนบน <u>เท่ากับ 4 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 2 การประเมินแขนส่วนล่าง (Lower arm หรือ forearm)	คะแนนหลัก : แขนส่วนล่างอยู่ในระดับที่มีมุมระหว่าง 60-100° เมื่อเทียบกับแนวดิ่ง เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนปรับเพิ่ม : ไม่มี คะแนนการประเมินแขนส่วนล่าง <u>เท่ากับ 1</u>

ขั้นตอนการประเมิน RULA	คะแนนการประเมิน
	<u>คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 3 การประเมินข้อมือ (Wrist) 	คะแนนหลัก : ตำแหน่งของข้อมือ (แนวกระดูกฝ่ามือ) ทำมุมขึ้นหรือลงมากกว่า15° เมื่อเทียบกับแนวแขนส่วนล่างเท่ากับ 3 คะแนน คะแนนปรับเพิ่ม : +1 มีการเอียงข้อมือเบี่ยงไปด้านข้าง (ซ้าย–ขวา) คะแนนการประเมินข้อมือ <u>เท่ากับ 4 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 4 การประเมินการหมุนของข้อมือ (Wrist twist)	คะแนนหลัก : ไม่มีการบิดหรือหมุนข้อมือหรือหมุนบิดข้อมือเล็กน้อยไม่เกินครึ่ง เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนการประเมินการหมุนของข้อมือ <u>เท่ากับ 1 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 5 การประเมินคะแนนกลุ่ม A	นำคะแนนที่ได้จากขั้นตอนที่ 1-4 มาอ่านค่าในตารางการประเมินคะแนนกลุ่ม A ในแบบฟอร์ม RULA คะแนนการประเมินกลุ่ม A <u>เท่ากับ 5 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 6 การประเมินการใช้กล้ามเนื้อแขนหรือมือในการทำงาน	คะแนนหลัก : แขนหรือมือมีการเคลื่อนไหวซ้ำไปมาตั้งแต่ 4 ครั้งต่อนาทีขึ้นไป เท่ากับ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการประเมิน RULA	คะแนนการประเมิน
	คะแนน คะแนนการประเมินการใช้กล้ามเนื้อแขนหรือมือในการทำงาน เท่ากับ 1 คะแนน
ขั้นตอนที่ 7 การประเมินแรงหรือภาระงานในส่วนแขนหรือมือ	คะแนนหลัก : แรงที่ใช้หรือน้ำหนักที่ถือน้อยกว่า 2 กก. (ทำงานไม่ต่อเนื่อง) เท่ากับ 0 คะแนน คะแนนการประเมินแรงหรือภาระงานในส่วนแขนหรือมือ เท่ากับ 0 คะแนน
ขั้นตอนที่ 8 การสรุปคะแนนรวมของส่วนแขนและข้อมือ	คะแนนการสรุปคะแนนรวมของส่วนแขนและข้อมือ เท่ากับ 6 คะแนน
ขั้นตอนที่ 9 การประเมินส่วนคอ 	คะแนนหลัก : ศีรษะก้มไปข้างหน้า ทำมุมกับแนวดิ่ง มากกว่า 20๐ เท่ากับ 3 คะแนน คะแนนปรับเพิ่ม : +1 มีการเอียงศีรษะไปด้านข้าง เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนการประเมินส่วนคอ เท่ากับ 4 คะแนน
ขั้นตอนที่ 10 การประเมินส่วนลำตัว 	คะแนนหลัก : ลำตัวเอนไปด้านหน้า 0-20๐ เท่ากับ 2 คะแนน คะแนนปรับเพิ่ม : +1 มีการเอนตัวไปด้านข้าง เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนการประเมินส่วนลำตัว เท่ากับ 3 คะแนน
ขั้นตอนที่ 11 การประเมินส่วนขา	คะแนนหลัก : ขาและเท้าทั้ง 2 ข้างอยู่ในท่าทางไม่เหมาะสมหรือไม่มีที่รองรับเท้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

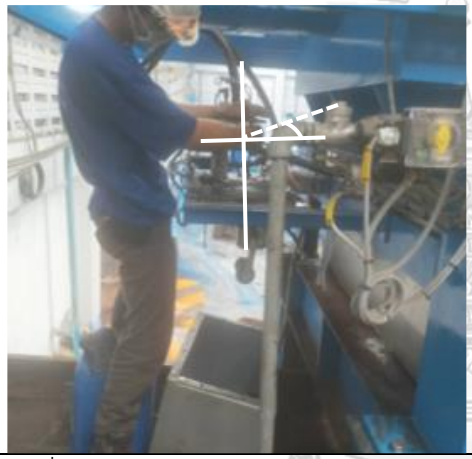
ขั้นตอนการประเมิน RULA	คะแนนการประเมิน
	เท่ากับ 2 คะแนน คะแนนการประเมินส่วนขา <u>เท่ากับ 2 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 12 การประเมินคะแนนท่าทางกลุ่ม B	นำคะแนนที่ได้จากขั้นตอนที่ 9-11 มาอ่านค่าในตารางการประเมินคะแนนกลุ่ม B ในแบบฟอร์ม RULA คะแนนการประเมินกลุ่ม B <u>เท่ากับ 7 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 13 การประเมินกล้ามเนื้อขาหรือเท้าในการทำงาน	คะแนนหลัก : ขาหรือเท้าอยู่ในท่านิ่งนานเกิน 1 นาที เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนการประเมินกล้ามเนื้อขาหรือเท้าในการทำงาน <u>เท่ากับ 1 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 14 การประเมินแรงหรือภาระงานในส่วนของขาหรือเท้า	คะแนนหลัก : ภาระงานที่ใช้มีค่าน้อยกว่า 2 กก. อย่างไม่ต่อเนื่อง เท่ากับ 0 คะแนน คะแนนการประเมินแรงหรือภาระงานในส่วนของขาหรือเท้า <u>เท่ากับ 0 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 15 การสรุปคะแนนรวมของส่วนขาและเท้า	คะแนนการสรุปคะแนนรวมของส่วนขาและเท้า <u>เท่ากับ 8 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 16 การสรุปผลคะแนนความเสี่ยงโดยรวม	ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการประเมินด้วยวิธี RULA ผู้ประเมินนำคะแนนสรุปรวมของส่วนแขนและข้อมือ (ขั้นตอนที่ 8) และคะแนนรวมของการประเมินส่วนขาและเท้า (ขั้นตอนที่ 15) มาอ่านค่าคะแนนความเสี่ยงโดยรวมจากตาราง C ในแบบฟอร์ม RULA คะแนนการสรุปผลคะแนนความเสี่ยงโดยรวม <u>เท่ากับ 7 คะแนน</u>
<u>สรุป</u> 7 คะแนน แปลผลได้ว่า งานนี้มีปัญหาทางการยศาสตร์ และต้องมีการปรับปรุงทันที	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 36 การประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์โดยใช้ REBA (ท่าที่1)

ขั้นตอนการประเมิน REBA	คะแนนการประเมิน
ขั้นตอนที่ 1 การประเมินส่วนคอ (Neck) 	คะแนนหลัก : ก้มคอ โดยมีมุม มากกว่า 20° เท่ากับ 2 คะแนน คะแนนปรับเพิ่ม : +1 มีมีการเอียงคอไปด้านข้าง เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนการประเมินส่วนคอ <u>เท่ากับ 3 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 2 การประเมินส่วนลำตัว (Trunk) 	คะแนนหลัก : เอนตัวไปด้านหลัง เท่ากับ 2 คะแนน คะแนนปรับเพิ่ม : +1 มีการเอนตัวไปด้านข้าง เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนการประเมินส่วนลำตัว <u>เท่ากับ 3 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 3 การประเมินส่วนขา (Legs) 	คะแนนหลัก : ลักษณะขายืนอยู่ในแนวดิ่งตรงและสมดุลทั้ง 2 ข้าง เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนปรับเพิ่ม : +2 มีการย่อเข่า มากกว่า 60๐ เท่ากับ 2 คะแนน คะแนนการประเมินส่วนขา <u>เท่ากับ 3 คะแนน</u>

ขั้นตอนการประเมิน REBA	คะแนนการประเมิน
ขั้นตอนที่ 4 ประเมินคะแนนของท่าทางในกลุ่ม A	นำคะแนนที่ได้จากขั้นตอนที่ 1-3 มาอ่านค่าในตารางการประเมินคะแนนกลุ่ม A ในแบบฟอร์ม REBA คะแนนการประเมินกลุ่ม A เท่ากับ 7 คะแนน
ขั้นตอนที่ 5 แรงที่ใช้หรือภาระงาน (Force/Load)	คะแนนหลัก : แรงหรือภาระงานที่ใช้น้อยกว่า 11 ปอนด์ หรือ 5 กก. เท่ากับ 0 คะแนน คะแนนปรับเพิ่ม : ไม่มี คะแนนแรงที่ใช้หรือภาระงาน เท่ากับ 0 คะแนน
ขั้นตอนที่ 6 การสรุปคะแนนรวมในกลุ่ม A	มาจากคะแนนในขั้นตอนที่ 4 นำมารวมกับคะแนนในขั้นตอนที่ 5 คะแนนรวมในกลุ่ม A เท่ากับ 7 คะแนน
ขั้นตอนที่ 7 การประเมินแขนส่วนบน (Upper arm) 	คะแนนหลัก : แขนอยู่ด้านหน้า 20-45° เท่ากับ 2 คะแนน คะแนนปรับเพิ่ม : +1 หัวไหล่กางออก เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนการประเมินแขนส่วนบน เท่ากับ 3 คะแนน
ขั้นตอนที่ 8 การประเมินแขนส่วนล่าง (Lower arm หรือ forearm)	คะแนนหลัก : แขนส่วนล่างอยู่ในระดับที่มีมุมระหว่าง 60-100° เมื่อเทียบกับแนวดิ่ง เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนการประเมินแขนส่วนล่าง เท่ากับ 1 คะแนน

ขั้นตอนการประเมิน REBA	คะแนนการประเมิน
ขั้นตอนที่ 9 การประเมินข้อมือ (Wrist) 	คะแนนหลัก : ตำแหน่งของข้อมือ (แนวกระดูกฝ่ามือ) ขึ้นหรือลงมากกว่า 15° เมื่อเทียบกับแนวแขนส่วนล่าง เท่ากับ 2 คะแนน คะแนนปรับเพิ่ม : +1 มีการหมุนข้อมือ เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนการประเมินข้อมือ <u>เท่ากับ 3 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 10 การประเมินคะแนนของท่าทางในกลุ่ม B	นำคะแนนที่ได้จากขั้นตอนที่ 7-9 มาอ่านค่าในตารางการประเมินคะแนนกลุ่ม B ในแบบฟอร์ม REBA คะแนนการประเมินกลุ่ม B <u>เท่ากับ 5 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 11 การประเมินการจับยึดวัตถุ (Coupling)	คะแนนหลัก : ไม่มีมือจับแต่มีจุดที่สามารถสอดนิ้วมือหรืองอนิ้วมือเพื่อจับยึดได้ เท่ากับ 2 คะแนน คะแนนการประเมินการจับยึดวัตถุ <u>เท่ากับ 2 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 12 การสรุปคะแนนรวมในกลุ่ม B	นำคะแนนที่ได้จากขั้นตอนที่ 10-11 มารวมเข้าด้วยกัน เพื่อนำไปใช้ในการเปิดตารางรวมคะแนนสุดท้าย คะแนนการประเมินกลุ่ม B <u>เท่ากับ 7 คะแนน</u>

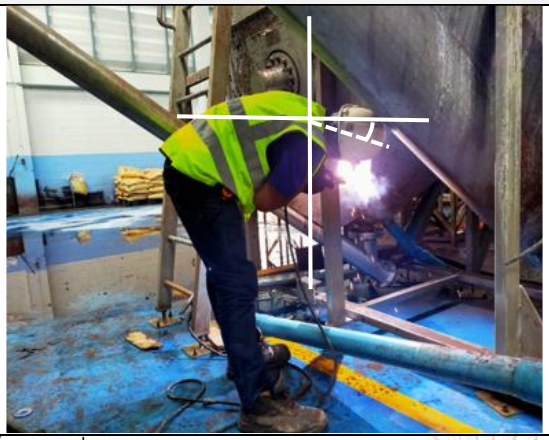
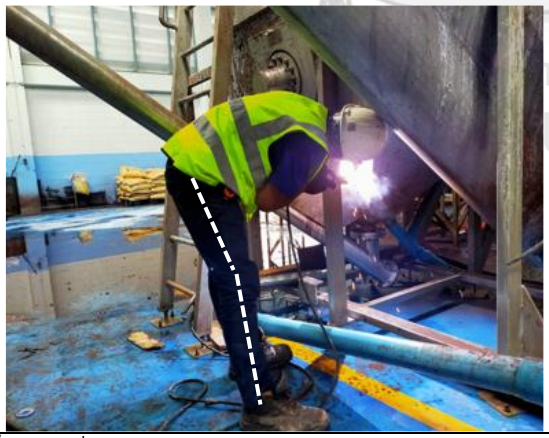
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการประเมิน REBA	คะแนนการประเมิน
ขั้นตอนที่ 13 การประเมินการเคลื่อนไหวและกิจกรรมของงาน	คะแนนหลัก : ร่างกายส่วนใดส่วนหนึ่งอยู่กับที่นานกว่า 1 นาที เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนการประเมินการเคลื่อนไหวและกิจกรรมของงาน <u>เท่ากับ 1 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 14 การหาค่าคะแนน C	นำคะแนนที่ได้จากค่าคะแนนประเมินรวมของกลุ่ม A (จากขั้นตอนที่ 6) และคะแนนประเมินรวมของกลุ่ม B (จากขั้นตอนที่ 12) มาอ่านค่าในตารางการประเมินคะแนนกลุ่ม C ในแบบฟอร์ม REBA คะแนนการประเมินกลุ่ม C <u>เท่ากับ 9 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 15 การหาค่าคะแนนความเสี่ยงรวมและการสรุปผลคะแนน	ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการประเมินด้วยวิธี REBA ผู้ประเมินนำคะแนนการประเมินกลุ่ม C (จากขั้นตอนที่ 14) มารวมกับคะแนนที่ได้จากการประเมินการเคลื่อนไหวและกิจกรรมของงาน (จากขั้นตอนที่ 13) ก็จะได้คะแนนความเสี่ยงรวม คะแนนการหาค่าคะแนนความเสี่ยงรวม <u>เท่ากับ 10 คะแนน</u>
<u>สรุป</u> 10 คะแนน แปลผลได้ว่า ความเสี่ยงสูง ควรวิเคราะห์เพิ่มเติมและควรรีบปรับปรุง	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

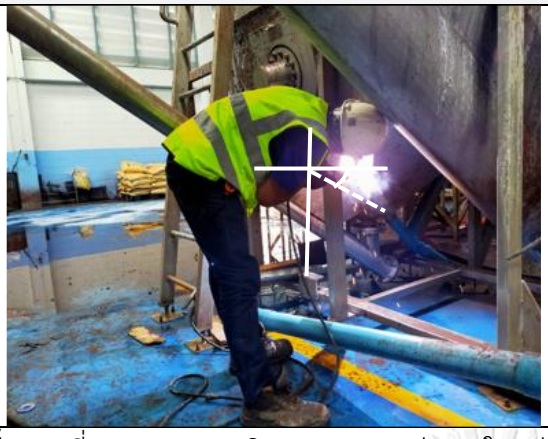
ตารางที่ 37 การประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์โดยใช้ REBA (ท่าที่2)

ขั้นตอนการประเมิน REBA	คะแนนการประเมิน
ขั้นตอนที่ 1 การประเมินส่วนคอ (Neck)	คะแนนหลัก : ก้มคอ โดยมีมุม 0-20°เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนปรับเพิ่ม : +1 มีมีการเอียงคอไปด้านข้าง เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนการประเมินส่วนคอ <u>เท่ากับ 2 คะแนน</u>

ขั้นตอนการประเมิน REBA	คะแนนการประเมิน
	
ขั้นตอนที่ 2 การประเมินส่วนลำตัว (Trunk) 	คะแนนหลัก : เอนตัวไปด้านหน้า มากกว่า 60°เท่ากับ 4 คะแนน คะแนนปรับเพิ่ม : +1 มีการเอนตัวไปด้านข้าง เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนการประเมินส่วนลำตัว <u>เท่ากับ 5 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 3 การประเมินส่วนขา (Legs) 	คะแนนหลัก : ขายืนไม่สมดุล เท่ากับ 2 คะแนน คะแนนปรับเพิ่ม : +1 มีการย่อเข่าระหว่าง 30-60°เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนการประเมินส่วนขา <u>เท่ากับ 3 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 4 ประเมินคะแนนของท่าทางในกลุ่ม A	นำคะแนนที่ได้จากขั้นตอนที่ 1-3 มาอ่านค่าในตารางการประเมินคะแนนกลุ่ม A ในแบบฟอร์ม REBA คะแนนการประเมินกลุ่ม A <u>เท่ากับ 8 คะแนน</u>

ขั้นตอนการประเมิน REBA	คะแนนการประเมิน
ขั้นตอนที่ 5 แรงที่ใช้หรือภาระงาน (Force/Load)	คะแนนหลัก : แรงหรือภาระงานที่ใช้น้อยกว่า 11 ปอนด์ หรือ 5 กก. เท่ากับ 0 คะแนน คะแนนปรับเพิ่ม : ไม่มี คะแนนแรงที่ใช้หรือภาระงาน เท่ากับ 0 คะแนน
ขั้นตอนที่ 6 การสรุปคะแนนรวมในกลุ่ม A	มาจากคะแนนในขั้นตอนที่ 4 นำมารวมกับคะแนนในขั้นตอนที่ 5 คะแนนรวมในกลุ่ม A เท่ากับ 8 คะแนน
ขั้นตอนที่ 7 การประเมินแขนส่วนบน (Upper arm) 	คะแนนหลัก : แขนอยู่ด้านหลัง เกิน 20° เท่ากับ 2 คะแนน คะแนนปรับเพิ่ม : ไม่มี คะแนนการประเมินแขนส่วนบน เท่ากับ 2 คะแนน
ขั้นตอนที่ 8 การประเมินแขนส่วนล่าง (Lower arm หรือ forearm) 	คะแนนหลัก : แขนอยู่ในตำแหน่งยกขึ้นด้านบนทำมุมมากกว่า 100° เมื่อเทียบกับแนวดิ่ง เท่ากับ 2 คะแนน คะแนนการประเมินแขนส่วนล่าง เท่ากับ 2 คะแนน
ขั้นตอนที่ 9 การประเมินข้อมือ (Wrist)	คะแนนหลัก : ตำแหน่งของข้อมือ (แนวกระดูกฝ่ามือ) ขึ้นหรือลงมากกว่า 15° เมื่อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการประเมิน REBA	คะแนนการประเมิน
	เทียบกับแนวแขนส่วนล่าง เท่ากับ 2 คะแนน คะแนนปรับเพิ่ม : +1 มีการเอียงข้อมือไปด้านข้าง (ซ้าย-ขวา) เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนการประเมินข้อมือ <u>เท่ากับ 3 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 10 การประเมินคะแนนของท่าทางในกลุ่ม B	นำคะแนนที่ได้จากขั้นตอนที่ 7-9 มาอ่านค่าในตารางการประเมินคะแนนกลุ่ม B ในแบบฟอร์ม REBA คะแนนการประเมินกลุ่ม B <u>เท่ากับ 4 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 11 การประเมินการจับยึดวัตถุ (Coupling)	คะแนนหลัก : วัตถุจับยึดมีมือจับ ผู้ปฏิบัติสามารถจับยึดได้ถนัดมือสามารถกำได้รอบมือ เท่ากับ 0 คะแนน คะแนนการประเมินการจับยึดวัตถุ <u>เท่ากับ 0 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 12 การสรุปคะแนนรวมในกลุ่ม B	นำคะแนนที่ได้จากขั้นตอนที่ 10-11 มารวมเข้าด้วยกัน เพื่อนำไปใช้ในการเปิดตารางรวมคะแนนสุดท้าย คะแนนการประเมินกลุ่ม B <u>เท่ากับ 4 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 13 การประเมินการเคลื่อนไหวและกิจกรรมของงาน	คะแนนหลัก : ร่างกายส่วนใดส่วนหนึ่งอยู่กับที่นานกว่า 1 นาที เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนการประเมินการเคลื่อนไหวและกิจกรรมของงาน <u>เท่ากับ 1 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 14 การหาค่าคะแนน C	นำคะแนนที่ได้จากค่าคะแนนประเมินรวมของกลุ่ม A (จากขั้นตอนที่ 6) และคะแนนประเมินรวมของกลุ่ม B (จากขั้นตอนที่ 12)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการประเมิน REBA	คะแนนการประเมิน
	มาอ่านค่าในตารางการประเมินคะแนนกลุ่ม C ในแบบฟอร์ม REBA คะแนนการประเมินกลุ่ม C เท่ากับ 9 คะแนน
ขั้นตอนที่ 15 การหาค่าคะแนนความเสี่ยงรวมและการสรุปผลคะแนน	ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการประเมินด้วยวิธี REBA ผู้ประเมินนำคะแนนการประเมินกลุ่ม C (จากขั้นตอนที่ 14) มารวมกับคะแนนที่ได้จากการประเมินการเคลื่อนไหว และกิจกรรมของงาน (จากขั้นตอนที่ 13) ก็จะได้คะแนนความเสี่ยงรวม คะแนนการหาค่าคะแนนความเสี่ยงรวม เท่ากับ 10 คะแนน
สรุป 10 คะแนน แปลผลได้ว่า ความเสี่ยงสูง ควรวิเคราะห์เพิ่มเติมและควรรีบปรับปรุง	

จะเห็นได้ว่าในการทำงานของพนักงานซ่อมบำรุงคนนึงนั้นต้องเผชิญปัญหาหลายอย่างในเวลาเดียวกัน ทั้งภาระงานที่หนัก สารเคมี ความร้อน ท่าทางการทำงานที่ยากลำบาก และอื่นๆ ตลอดจนการรับสารจากการสัมผัสตะกั่วล้วนแล้วแต่เกี่ยวเนื่องกันในการทำงานหนึ่งงานของพนักงานซ่อมบำรุง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.3 การกำหนดเกณฑ์ความเสี่ยง

เป็นการกำหนดเกณฑ์ที่จะใช้ในการประเมินความเสี่ยงได้แก่ ระดับโอกาสที่จะเกิดความเสี่ยง (Likelihood) ระดับความรุนแรงของผลกระทบ (Consequences) และระดับของความเสี่ยง (Level of Risk) โดยกำหนดเป็นเกณฑ์ ระดับโอกาสที่จะเกิดความเสี่ยงและระดับความรุนแรงของผลกระทบโดยจะกำหนดเกณฑ์ เป็น 4 ระดับ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อมูลสภาพแวดล้อมและดุลยพินิจในการตัดสินใจ

3.3.1 การกำหนดระดับโอกาสที่เกิดความเสี่ยง (Likelihood)

เป็นการกำหนดระดับโอกาสที่จะเกิดความเสี่ยงโดยพิจารณาจากบริเวณการทำงานที่ก่อให้เกิดความเสี่ยง พิจารณาจากการทำงานและอุปกรณ์ป้องกันการทำงานในปัจจุบัน ซึ่งแสดงในตารางที่ 38 โดยพิจารณาจากเกณฑ์ตามการกำหนดค่ามาตรฐานปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วใน

สถานประกอบการในหน่วยงานต่างประเทศ ได้แก่ Occupational Safety and Health Administration (OSHA), National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) และAmerican Conference of Governmental Industrial Hygiene (ACGIH) กำหนดปริมาณสารตะกั่วอนินทรีย์ในบรรยากาศการทำงาน มีความเข้มข้นเฉลี่ยต้องไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการประกอบกิจการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่เก่า ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ.2544 กำหนดให้ไม่เกิน 0.15 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) กำหนดปริมาณสารตะกั่วอนินทรีย์ในบรรยากาศการทำงาน มีความเข้มข้นเฉลี่ยต้องไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 38 ระดับโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ต่างๆ (Likelihood)

ระดับ	โอกาสที่จะเกิด	คำอธิบาย
1	น้อย	1 ครั้งต่อปี
2	ปานกลาง	1 ครั้งต่อเดือน
3	สูง	1 ครั้งต่อสัปดาห์
4	สูงมาก	1 ครั้งต่อวัน

3.3.2 การกำหนดระดับความรุนแรงของผลกระทบ (Consequences)

เป็นการกำหนดระดับโอกาสที่เกิดความเสี่ยงโดยพิจารณาจากผลกระทบ ด้านความปลอดภัยของพนักงานซ่อมบำรุง ซึ่งแสดงในตารางที่ 39

ตารางที่ 39 ระดับความรุนแรงของผลกระทบของความเสี่ยง (Consequences) และคำอธิบายถึงการสัมผัสสารตะกั่ว

ระดับ	ความรุนแรง	คำอธิบาย
1	น้อย	พื้นที่นั้นมีความเข้มข้นของไอควันของตะกั่วเฉลี่ยไม่เกิน 0.05 mg/m^3
2	ปานกลาง	พื้นที่นั้นมีความเข้มข้นของไอควันของตะกั่วความเข้มข้นเฉลี่ยกว่า 0.05 mg/m^3 แต่ไม่เกิน 0.15 mg/m^3
3	สูง	พื้นที่นั้นมีความเข้มข้นของไอควันของตะกั่วความเข้มข้นเฉลี่ยกว่า 0.15 mg/m^3 แต่ไม่เกิน 0.2 mg/m^3
4	สูงมาก	พื้นที่นั้นมีความเข้มข้นของไอควันของตะกั่วความเข้มข้นเฉลี่ยเกินกว่า 0.2 mg/m^3

3.3.3 การกำหนดระดับของความเสี่ยง (Level of Risk)

ระดับของความเสี่ยงหมายถึง สถานะของความเสี่ยงที่ได้จากการประเมินโอกาสและผลกระทบของแต่ละปัจจัยเสี่ยง ซึ่งระดับความเสี่ยงจะเท่ากับผลคูณระหว่างระดับโอกาสการเกิดความเสี่ยงกับระดับความรุนแรงของผลกระทบ หรือ Level of Risk = Likelihood x Consequences

กรณีศึกษานี้ได้กำหนดระดับของความเสี่ยงไว้ 4 ระดับดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 40 ระดับของความเสี่ยง (Level of Risk)

ระดับความเสี่ยง	อักษรย่อ	คะแนนความเสี่ยง
1. ระดับสูงมาก (Extreme)	E	12-16
2. ระดับสูง (High)	H	8-11
3. ระดับปานกลาง (Medium)	M	4-7
4. ระดับต่ำ (Low)	L	1-3

เพื่อให้เข้าใจระดับของความเสี่ยงมากขึ้นจึงแสดงเป็นตาราง Risk matrix ดังนี้

ตารางที่ 41 ระดับของความเสี่ยง (Level of Risk) แสดงเป็น Risk matrix

Likelihood	Consequences			
	Low	Medium	High	Extreme
Extreme	4	8	12	16
High	3	6	9	12
Medium	2	4	6	8
Low	1	2	3	4

ซึ่งในงานวิจัยนี้กำหนดขอบเขตของงานวิจัยไว้ว่า การสร้างแผนการจัดการความเสี่ยงขององค์กรกรณีศึกษา จะดำเนินการทั้งหมดโดยเริ่มจากความเสี่ยงที่มีระดับสูงสุดไปจนถึงต่ำสุด เนื่องจากตะกั่วไม่มีประโยชน์ต่อร่างกายแต่อย่างใด หากได้รับสารตะกั่วมาก ผลกระทบรุนแรงมาก หากได้รับสารตะกั่วน้อย ผลกระทบรุนแรงน้อย ซึ่งจากการศึกษาบ่งชี้ว่า “ไม่มีความเข้มข้นต่ำสุดที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบ หรือการรับสัมผัสที่ปลอดภัย”

3.3.4 การวิเคราะห์ความเสี่ยง (Risk Analysis)

หลังจากที่ได้วิเคราะห์ความเสี่ยงในแต่ละขั้นตอนแล้ว จะทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงโดยการวิเคราะห์คะแนนโอกาสในการเกิดความเสี่ยง และความรุนแรงของผลกระทบตามเกณฑ์การประเมินความเสี่ยงที่ได้กำหนดไว้

จากนั้นจึงนำคะแนนที่วิเคราะห์มาพิจารณาใช้ในการประเมินความเสี่ยงต่อไป โดยผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงแสดงในตารางที่ 42 และเหตุผลการให้คะแนนในการวิเคราะห์ความเสี่ยงแสดงในภาคผนวก ก

ตารางที่ 42 ผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงก่อนปรับปรุง

No.	ความเสี่ยงในแต่ละขั้นตอน	โอกาสสัมผัสตะกั่ว (L)	ความรุนแรง (C)	คะแนนความเสี่ยง (L x C)
1.	ผ่าและแยกแบตเตอรี่เก่า	3	2	6
2.	การหลอม (รวมขั้นตอนการเทวัตถุดิบ/การเจาะ Slag และน้ำตะกั่วออกจากเตา)	3	4	12
3.	การทำความสะอาดน้ำตะกั่ว และการผสมตะกั่ว	3	3	9
4.	การหล่อแท่ง	3	3	9
5.	การโยกย้ายตะกั่วแท่ง, Slag, ขี้ตะกั่ว และฝุ่น ไปเก็บยังสถานที่จัดเก็บ	3	3	9

3.3.5 การประเมินความเสี่ยง (Risk evaluation)

จากการวิเคราะห์ความเสี่ยงโดยการให้คะแนนโอกาสในการเกิดความเสี่ยงและความรุนแรงของผลกระทบตามเกณฑ์การประเมินความเสี่ยง จะได้ระดับความเสี่ยงของแต่ละรายการ ซึ่งในหัวข้อที่ 3.3.3 ได้กำหนดระดับความเสี่ยงไว้ 4 ระดับด้วยกันคือระดับสูง ระดับปานกลาง และระดับต่ำ ตามคะแนนผลคูณของระดับความรุนแรงและระดับโอกาสการเกิด ดังนั้นในการประเมินความเสี่ยงจะใช้อักษรย่อแทนความเสี่ยงระดับต่างๆคือ E, H, M, L ตามลำดับ จากนั้นก็ทำการจัดลำดับความเสี่ยงจากความเสี่ยงที่มีระดับสูงไปหาความเสี่ยงที่มีระดับต่ำ โดยผลการประเมินความเสี่ยงและการจัดลำดับความเสี่ยง แสดงดังตารางที่ 43 ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 43 ผลการประเมินความเสี่ยงและการจัดลำดับความเสี่ยง

No.	ความเสี่ยงในแต่ละขั้นตอน	คะแนนความเสี่ยง (L x C)	ระดับความเสี่ยง
1.	ผ่าและแยกแบตเตอรี่เก่า	6	M
2.	การหลอม (รวมขั้นตอนการเทวัตถุดิบ/การเจาะ Slag และน้ำตะกั่วออกจากเตา)	12	E
3.	การทำความสะอาดน้ำตะกั่ว และการผสมตะกั่ว	9	H
4.	การหล่อแท่ง	9	H
5.	การโยกย้ายตะกั่วแท่ง, Slag, ขี้ตะกั่ว และฝุ่น ไปเก็บยังสถานที่จัดเก็บ	9	H

จากการประเมินและจัดลำดับความเสี่ยงโดยใช้ระดับคะแนนดังที่แสดงไปข้างต้น เพื่อให้เข้าใจและมองเห็นระดับความเสี่ยงได้ชัดเจนขึ้นสามารถแสดงใน Risk matrix ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 44 ระดับความเสี่ยง (Risk matrix) ก่อนปรับปรุง

Likelihood	Consequences			
	Low	Medium	High	Extreme
Extreme			No.2	
High			No.3, 4, 5	
Medium			No.1	
Low				

จากการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่กล่าวมาข้างต้นนี้ ทำให้เห็นว่าลักษณะการทำงานส่วนใหญ่พนักงานจะมีการสัมผัสทางการหายใจโดยการสูดดมฝุ่นตะกั่ว เมื่อสัมผัสเป็นระยะเวลานานจะมีผลกระทบต่อสุขภาพ คือ เกิดการสะสมของปริมาณตะกั่วในเลือด ซึ่งการศึกษาของ (จินตนา ศิริวราศัย et al., 2544) เกี่ยวกับระดับตะกั่วในเลือดของกลุ่มคนงานอาชีพเสี่ยงสูงต่อการสัมผัสสารตะกั่ว พบว่า ค่าเฉลี่ยระดับตะกั่วในเลือดของคนงานต่ำสุด เท่ากับ 37.6 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร และสูงสุด

เท่ากับ 43.8 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะงานที่สัมผัสตะกั่วโดยตรงเป็นปัจจัยที่มีผลต่อระดับตะกั่วในเลือด

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า กลุ่มงานอาชีพเสี่ยงสูงต่อการสัมผัสตะกั่วมีระดับตะกั่วในเลือดค่อนข้างสูง นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะงานมีความสัมพันธ์กับระดับตะกั่วในเลือด ดังนั้นพนักงานที่ทำงานในโครงการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้วเป็นกลุ่มพนักงานที่มีลักษณะงานสัมผัสตะกั่วตลอดเวลา จึงทำให้มีความเสี่ยงต่อการมีระดับตะกั่วในเลือดสูงและเป็นโรคพิษตะกั่วได้ จึงควรมีมาตรการในการควบคุม ป้องกันการสัมผัสตะกั่วในกลุ่มพนักงานเหล่านี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ข้อมูลของโรงงานหลอมตะกั่ว และผลการศึกษาเบื้องต้น

4.1 รายละเอียดทั่วไปของโรงงานหลอมตะกั่ว

4.1.1 ขอบเขตพื้นที่โครงการ

โครงการโรงงานอุตสาหกรรมหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว มีเนื้อที่ทั้งหมด 30.27 ไร่ หรือ 48,429.2 ตารางเมตร ตั้งอยู่ในเขตอุตสาหกรรมทั่วไป (General Industrial Zone)

ก) อาคารโรงงาน เป็นอาคารชั้นเดียว มีขนาดพื้นที่ประมาณ 9,540 ตารางเมตร ภายในอาคารประกอบด้วยกิจกรรมการผ่าซากแบตเตอรี่เก่า การล้างและแยกพลาสติก การหลอมและผสมตะกั่ว มีการแบ่งพื้นที่ใช้สอยเป็นส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ส่วนจัดเก็บวัตถุดิบ ส่วนเตรียมวัตถุดิบ ส่วนการหลอมและหล่อแท่งตะกั่ว ส่วนการควบคุมและซ่อมบำรุง

ข) อาคารเก็บถ่านโค้กและการตะกรัน (Slag) พื้นที่ประมาณ 775 ตารางเมตร

ค) อาคารสำนักงาน โรงอาหาร และป้อมยาม รวมพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 550 ตารางเมตร

ง) พื้นที่ตั้งระบบบำบัดอากาศ ห้องควบคุม ระบบบำบัดน้ำเสียและบ่อพักน้ำทิ้ง บ่อล้างล้อที่ชั่งน้ำหนักรถบรรทุก ที่จอด พื้นที่ตั้งถัง LPG และพื้นที่ว่างประมาณ 14,440 ตารางเมตร

จ) พื้นที่สีเขียว เป็นพื้นที่ที่มีการปลูกหญ้าและต้นไม้ต่าง พื้นที่ประมาณ 4,412 ตารางเมตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อขยายกำลังการผลิตจะมีการก่อสร้างและติดตั้งเครื่องจักรอุปกรณ์ในพื้นที่ส่วนต่างๆ ดังนี้

1) ขยายอาคารโรงงานในส่วนของห้องเก็บแบตเตอรี่เก่าเพิ่มเติม 1 ห้อง พื้นที่ 2,000 ตารางเมตร เชื่อมต่อกับห้องเก็บแบตเตอรี่เดิม รวมมีพื้นที่อาคารโรงงาน 11,540 ตารางเมตร

2) ก่อสร้างอาคารสำนักงานเพิ่ม 1 หลัง พื้นที่ 35 ตารางเมตร

3) ติดตั้งเครื่องจักรที่ใช้ในการหลอม ผสม และหล่อแท่งตะกั่ว เพิ่มขึ้นอีก 1 ชุด ประกอบด้วย เตาหลอม กระทะผสมและทำความสะอาด และเครื่องหล่อแท่งตะกั่ว ซึ่งจะทำการติดตั้งภายในพื้นที่ว่างของส่วนการหลอมและหล่อแท่งตะกั่วของอาคารโรงงานเดิม

4) ติดตั้งระบบบำบัดอากาศเสียจากชุดเตาหลอมใหม่ เพิ่ม 1 ชุด ประกอบด้วย Cyclone, Dust collector และ Wet Scrubber โดยติดตั้งบริเวณพื้นที่ว่างข้างระบบบำบัดอากาศชุดเดิม

5) ขุดบ่อเก็บกักน้ำฝนขนาด 22.5x28.5x3.0 เมตร ความจุ 1,000 ลูกบาศก์เมตร เพิ่ม 1 บ่อ บริเวณพื้นที่ว่างข้างบ่อพักน้ำทิ้งเดิม

4.1.2 เครื่องจักร

ภายในโรงงานมีเครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตและระบบบำบัดมลสารหลัก ได้แก่ เตาหลอม, กระทะผสมและทำความสะอาด, เครื่องหล่อแท่ง, เครื่องผ่าแบตเตอรี่, ชุดระบบบำบัดอากาศ และระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น

4.1.3 กำลังการผลิต

ปัจจุบันโรงงานมีกำลังการผลิต Lead Alloy 17,880 ตัน/ปี และในครั้งนี้จะขอขยายกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นอีก 18,000 ตัน/ปี รวมเป็น 35,880 ตัน/ปี

4.1.4 การจัดเก็บวัตถุดิบ

การจัดเก็บวัตถุดิบของโครงการ จะมีการจัดเตรียมห้องเก็บวัตถุดิบแต่ละประเภทไว้เป็นสัดส่วน วัตถุดิบที่ต้องมีข้อระมัดระวังในการจัดเก็บ คือ ซากแบตเตอรี่ ถ่านโค้ก และถังเก็บกักก๊าซ LPG เนื่องจากซากแบตเตอรี่จะมีส่วนประกอบที่เป็นอันตราย คือ ฝุ่นตะกั่วและน้ำกรด ซึ่งเป็นพิษและมีฤทธิ์กัดกร่อน หากเกิดการรั่วไหลจะเป็นอันตรายได้ส่วนถ่านโค้กและก๊าซแอลพีจีอาจทำให้เกิดอัคคีภัยได้ซึ่งทางโรงงานได้จัดเตรียมห้องที่ใช้จัดเก็บไว้จำเพาะ

พื้นที่ที่ใช้ในการจัดเก็บแบตเตอรี่เก่าจะจัดให้อยู่ใกล้กับบริเวณที่ใช้เป็นที่ผ่าเปลือกแบตเตอรี่

4.1.5 ผลิตภัณฑ์และผลพลอยได้

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการผลิตของโรงงาน คือ ตะกั่วผสม (Lead Alloy) หรือตะกั่วบริสุทธิ์ (Pure Lead) โดยหล่อเป็นแท่งสี่เหลี่ยมผืนผ้ารูปคางหมู ปัจจุบันมีการผลิต 17,880 ตัน/ปี หลังขยายกำลังการผลิตจะมีอัตราการผลิตรวม 35,880 ตัน/ปี (คำนวณบนฐานการทำงาน 24 ชั่วโมง/วัน และ365 วัน/ปี)

ผลิตภัณฑ์พลอยได้จากกระบวนการผลิต คือ เศษพลาสติก P.P (Polypropylene Chip) จากเปลือกแบตเตอรี่ที่ทำการบดและล้าง ซึ่งหลังขยายกำลังการผลิตแล้วจะมีปริมาณเฉลี่ยประมาณ 2,100 ตัน/ปี เศษพลาสติกที่ได้จากกระบวนการผลิตนี้จะขายส่งเพื่อนำไปหลอมและฉีดพลาสติก เพื่อนำมาทำชิ้นส่วนแบตเตอรี่ต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.1.6 พนักงาน

ปัจจุบันมีพนักงานจำนวน 154 คน แบ่งเป็นพนักงานในส่วนโรงงาน 129 คน (3 กะ กะละ 43 คน) และพนักงานในสำนักงาน 25 คน ภายในแต่ละวันแบ่งการทำงานออกเป็น 3 กะ โดยกะแรกเริ่มตั้งแต่เวลา 8.00-16.00 น. กะที่สองเริ่มตั้งแต่เวลา 16.00-24.00 น. กะที่สามเริ่มตั้งแต่เวลา 24.00-8.00 น. กะละ 8 ชั่วโมง (ทำงาน 7 ชั่วโมง พัก 1 ชั่วโมง)

4.2 ผลการศึกษาเบื้องต้น

จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับโรงงานที่เข้าไปทำการศึกษา เพื่อวางแผนการชี้แจงให้ทราบถึงผลประโยชน์ที่จะได้รับจากการดำเนินงานในครั้งนี้ เพื่อเข้าพบผู้บริหารโรงงาน เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพ เพื่อแจ้งวัตถุประสงค์ในการศึกษาและชักชวนให้ทางผู้บริหารโรงงานให้ความร่วมมือ นอกจากเพื่อประโยชน์ของผู้รับเหมางานซ่อมบำรุงแล้วยังรวมไปถึงประโยชน์ของพนักงาน และสภาพแวดล้อมของโรงงานได้อีกด้วย โดยจะดำเนินการจัดการในด้านต่างๆ ดังนี้

4.2.1 การวิเคราะห์มลพิษและการควบคุม

แหล่งกำเนิดมลพิษ ชนิด ปริมาณ และการจัดการมลพิษที่เกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการทั้งหมด แสดงดังตารางที่ 45

มลสารทางอากาศและการควบคุม

4.2.1.1. แหล่งกำเนิดมลสารทางอากาศ

แหล่งกำเนิดมลสารทางอากาศที่สำคัญของโครงการ จะเกิดขึ้นในขั้นตอนกระบวนการหลอมตะกั่วจากเตาหลอม การลำเลียงตะกั่วหลอมเหลวจากเตาหลอมจนถึงขั้นตอนการทำความสะอาดบริเวณกระทะทำความสะอาด และผสมพลวงหรือสารเติมแต่งอื่นๆในกระทะผสมจนถึงขั้นตอนการหล่อตะกั่วเป็นแท่ง มลสารที่เกิดขึ้นจะประกอบไปด้วยฝุ่นละอองรวม (TSP), ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO), ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO2), ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO2) และตะกั่ว (Pb) ซึ่งหลังผ่านการบำบัดแล้วจะระบายออกสู่ภายนอกทางปล่องระบาย ในปัจจุบันมีปล่องที่ระบายออกสู่ภายนอกจำนวน 1 ปล่อง และเมื่อขยายกำลังการผลิตจะมีปล่องระบายออกสู่ภายนอกเพิ่มขึ้นอีก 1 ปล่อง จากสายการผลิตของเตาหลอมใหม่

ตารางที่ 45 สรุปแหล่งกำเนิด ชนิด ปริมาณ และวิธีการจัดการมลพิษที่เกิดขึ้นจากโครงการ

ประเภทมลพิษ	ปริมาณ	แหล่งกำเนิด	วิธีการจัดการ
• มลพิษด้านอากาศ			
1. ไออากาศเสีย, ฝุ่นตะกั่ว, ฝุ่นละออง	16,265 T/Y	- เตาหลอม, กระทะทำความสะอาด, กระทะผสม, หล่อแท่ง, เตาหลอมฝุ่น	- รวบรวมไปบำบัดยังระบบบำบัดอากาศ จำนวน 2 ชุด
• กากของเสีย			
1. Slag	3,850 T/Y	- เตาหลอม	- ส่งบริษัทที่ได้รับอนุญาตนำไปกำจัด
2. Dross	1,585 T/Y	- กระทะทำความสะอาด	- นำกลับเข้าเตาหลอมใหม่
3. Dust	4,920 T/Y	- ระบบดักฝุ่นจากพื้นโรงงาน	- นำไปหลอมเป็นก้อนในเตาหลอมฝุ่นก่อนนำเข้าเตาหลอมใหม่
4. เปลือกแบตเตอรี่	2,100 T/Y	- เปลือกหม้อแบตเตอรี่เก่าที่ผ่าแยกเอาแผ่นธาตุออกไปแล้ว	- ส่งขายให้บริษัทที่นำไปผลิตเป็นหม้อแบตเตอรี่ใหม่
5. กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย	8 T/Y	- จากระบบบำบัดน้ำเสีย	- นำกลับเข้าเตาหลอมใหม่
• น้ำเสีย			
1. น้ำกรด	21.5 m^3/d	- น้ำกรดที่ติดมากับแบตเตอรี่เก่า	- นำมาผ่านการกรองด้วย Nano filtration แล้วส่งกลับไปยังบริษัทผลิตแบตเตอรี่ ส่วนน้ำเสียจะรวบรวมเข้าระบบบำบัดน้ำเสียเคมีของโรงงาน
2. น้ำล้างเปลือกแบตเตอรี่	18 m^3/d	- ขั้นตอนการล้างเปลือกและชั้นพลาสติก	
3. น้ำล้างพื้นโรงงาน	8 m^3/d	- การล้างพื้นภายในโรงงาน	
4. น้ำล้างตัวและซักชุดพนักงาน	18 m^3/d	- น้ำเพื่อล้างตัวและซักชุดของพนักงาน	- รวบรวมเข้าระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน
5. น้ำล้างและรถบรรทุกแบตเตอรี่	8 m^3/d	- น้ำล้างรถและล้อก่อนออกจากโรงงาน	
6. น้ำจาก Wet Scrubber	2 m^3/d	- น้ำที่ Drain ทิ้งจากระบบบำบัดอากาศ	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.2.1.2. ระบบรวบรวมมลสารทางอากาศ และการจัดลำดับความเสี่ยงของการดำเนินงาน

การรวบรวมอากาศเสีย จากกระบวนการผลิต เพื่อนำไปบำบัด จะเริ่มตั้งแต่บริเวณเตาหลอม รางลำเลียงตะกั่วหลอมเหลวระบบปิด กระทะทำความสะอาด และกระทะผสมพลวง ซึ่งจะถูกรวบรวมด้วยระบบท่อดูดโดยตรง และระบบ Hood ดูดอากาศ โดยมีตำแหน่งที่ติดตั้งและการรวบรวมดังนี้

1. บริเวณเตาหลอม : ระบบรวบรวมอากาศเสียจากเตาหลอมทั้ง 2 เตา จะเป็นแบบ Direct Suction และรักษาความดันภายในเตาให้เป็น Negative Pressure (ประมาณ -15 mmAq) เพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองและอากาศเสียจากเตาออกสู่ภายนอก

2. บริเวณจุด Feed วัตถุดิบ (Material Charging) : ซึ่งแต่ละเตาจะมีอยู่ 2 จุด คือ

- Hood Charging#1 จะเป็น Hood ที่ติดตั้งอยู่บริเวณด้านข้างส่วนบนของเตา เพื่อรวบรวมฝุ่นที่เกิดจากการเทวัตถุดิบลงเตา และฝุ่นที่จะฟุ้งจากเตาขณะเปิดฝาเตา

- Hood Charging#2 เป็น Hood ที่รวบรวมฝุ่นตะกั่วที่เกิดจากการตักวัตถุดิบเทลง Bucket จะติดตั้งอยู่บริเวณด้านข้างในระดับเดียวกับปาก Bucket โดยมีระยะห่าง 20 มิลลิเมตร ตามทิศทางการไหลของฝุ่นจากการเทวัตถุดิบเข้า Bucket

3. บริเวณช่องเจาะ Slag ออกจากเตา (Slag Outlet) : แต่ละเตาจะมี 1 จุด เป็น Hood ที่ติดตั้งอยู่ในระดับเหนือเบ้ารองรับ Slag เพื่อรวบรวม Fume ตะกั่วไปบำบัด

4. บริเวณจุดเทตะกั่วจาก Port ของเตาหลอมลงราง (Lead Outlet) : เป็น Hood ที่ติดตั้งอยู่เหนือ Tapping Port คลุมไปจนถึงจุดตะกั่วไหลลงราง เพื่อรวบรวม Fume ตะกั่วไปบำบัด

5. บริเวณรางลำเลียงตะกั่ว (Lead Fume) : รางลำเลียงตะกั่วจากเตาหลอมไปยังกระทะทำความสะอาดจะมีฝาครอบตลอดความยาวของราง ส่วน Hood รวบรวม Fume จะทำการติดตั้งที่บริเวณกึ่งกลางของรางลำเลียงตะกั่วเพื่อรวบรวม Fume ตะกั่วไปบำบัดยังระบบบำบัดอากาศ

6. บริเวณกระทะทำความสะอาดและกระทะผสม (Kettle) : สายการผลิตของเตาหลอม 1 มี 3 กระทะ และสายการผลิตของเตาหลอม 2 มี 5 กระทะ จะทำการติดตั้ง Hood เพื่อรวบรวมไอตะกั่วจากการเปิดฝากระทะเพื่อตัก Dross และเติมสารปรุงแต่ง

7. บริเวณจุดเทพิมพ์ : จะติดตั้ง Hood เหนืออ่างรับน้ำตะกั่ว โดยมีความสูงจากขอบอ่างน้ำตะกั่ว 50 มิลลิเมตร เพื่อรวบรวมไอตะกั่วไปบำบัดยังระบบบำบัดอากาศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

8. บริเวณห้องเก็บแผ่นธาตุและผสมวัตถุดิบ (Cell Room): จะทำการติดตั้งไว้ 2 จุด คือ

- ตรงบริเวณพื้นที่กองแผ่นธาตุ โดยจะติดตั้งอยู่ข้างกำแพงเหนือกองแผ่นธาตุสูงจากพื้น 2 เมตร เป็น Hood ที่ทำหน้าที่รวบรวมฝุ่นตะกั่วที่ฟุ้งกระจายจากการตักแผ่นธาตุ

- ตรงบริเวณพื้นที่กองถ่านโค้ก โดยจะติดตั้งอยู่ข้างกำแพงเหนือกองถ่านโค้กสูงจากพื้น 2.5 เมตร เป็น Hood ที่ทำหน้าที่รวบรวมฝุ่นที่ฟุ้งกระจายจากการตักถ่านโค้ก

9. บริเวณเตาหลอมฝุ่น : จะทำการติดตั้งระบบรวบรวมอากาศเสีย เพื่อรวบรวมอากาศเสียเข้าสู่ระบบบำบัดอากาศ

นอกจากนี้ทางโครงการได้มีการติดตั้งระบบรวบรวมฝุ่นตะกั่วที่บริเวณเครื่องผ่าแบตเตอรี่และบริเวณสายพานลำเลียงแผ่นธาตุจากเครื่องแยกแบตเตอรี่ไปยังห้องเก็บแผ่นธาตุ (ห้องเซลล์) เพิ่มเติมด้วย ซึ่งได้มีการปรับปรุงในส่วนของเตาหลอม, บริเวณจุด Feed วัตถุดิบเข้าเตาหลอม และบริเวณกระทะทำความสะอาดและกระทะผสมทั้ง 3 กระทะ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- บริเวณเครื่องผ่าแบตเตอรี่ : ซึ่งมีอยู่ 3 เครื่อง แต่ละเครื่องจะติดตั้งระบบรวบรวม เพื่อรวบรวมฝุ่นตะกั่วและไอกรดไปบำบัดยังระบบบำบัดอากาศเสีย

ภาพที่ 30 ติดตั้งรวบรวมฝุ่นตะกั่วและไอกรดไปบำบัดยังระบบบำบัดอากาศเสีย

- บริเวณสายพานลำเลียงแผ่นธาตุ : จะมีอยู่ 3 สาย ซึ่งจะลำเลียงแผ่นธาตุจากเครื่องแยกแบตเตอรี่แต่ละเครื่องไปยังห้องเก็บแผ่นธาตุ (ห้องเซลล์) โดยที่ตัวสายพานจะมีฝาปิดครอบมิดชิดตลอดแนวสายพาน ยกเว้นบริเวณหัวสายพานและท้ายสายพานแต่ละสาย จึงได้ทำการติดตั้งระบบรวบรวมฝุ่นตะกั่ว Hood ที่บริเวณหัวสายพานและท้ายสายพานของแต่ละสาย

ภาพที่ 31 การติดตั้งระบบรวบรวมฝุ่นตะกั่วบริเวณหัวและท้ายสายพานแต่ละสาย

การวิเคราะห์การดำเนินงาน และการจัดลำดับความเสี่ยงดังแสดงในตารางที่ 46 เพื่อให้เข้าใจและมองเห็นระดับความเสี่ยงได้ชัดเจนขึ้น เพื่อดำเนินการปรับปรุงแก้ไข โดยเริ่มจากขั้นตอนการการหลอม, ขั้นตอนการทำความสะอาดน้ำตะกั่ว และการผสมตะกั่ว, ขั้นตอนการหล่อแท่ง และขั้นตอนการผ่าและแยกแบตเตอรี่เก่า ตามลำดับ ซึ่งเป็นกระบวนการทำงานหลักของโครงการ

ตารางที่ 46 การจัดลำดับความเสี่ยง

No.	ความเสี่ยงในแต่ละขั้นตอน	คะแนนความเสี่ยง (L x C)	ระดับความเสี่ยง
1.	การหลอม (รวมขั้นตอนการเทวัตถุดิบ/การเจาะ Slag และน้ำตะกั่วออกจากเตา)	12	E
2.	การทำความสะอาดน้ำตะกั่ว และการผสมตะกั่ว	9	H
3.	การหล่อแท่ง	9	H
4.	การโยกย้ายตะกั่วแท่ง, Slag, ขี้ตะกั่ว และฝุ่น ไปเก็บยังสถานที่จัดเก็บ	9	H
5.	ผ่าและแยกแบตเตอรี่เก่า	6	M

4.2.1.3. การจัดการเพื่อป้องกันและลดมลภาวะทางอากาศ

โครงการจัดระบบการจัดการเพื่อป้องกันและลดมลภาวะทางอากาศโรงงาน โดยมีระบบการเพื่อป้องกันและลดมลภาวะทางอากาศ จัดให้มีระบบการป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นบริเวณพื้นที่

ทำงานต่างๆ เช่น การสเปรย์น้ำบริเวณสายพานลำเลียงเปลือก และมีฝาครอบรางลำเลียง ในแต่ละบริเวณภายในโรงงานมีการติดป้ายเตือนให้สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลตามความเหมาะสมกับลักษณะกิจกรรมและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในพื้นที่นั้นๆ และจัดให้มีเครื่องดูดฝุ่นบริเวณพื้นและถนนภายในโรงงานขนาด 200 ลิตร นอกจากนี้ได้จัดให้ผู้ควบคุมระบบบำบัดมลพิษและช่างซ่อมบำรุงรับผิดชอบในการตรวจสอบและซ่อมบำรุงระบบควบคุมมลสารเพื่อให้ทำงานได้ดีอยู่เสมอ

- บริเวณเตาหลอม Furnace Pressure เป็น -27.0 mmAq. มากกว่า Pressure ภายในเตาที่เหมาะสม (– 5 mmAq ถึง – 15.0 mmAq) และความร้อนภายในเตาสูญเสียอย่างมาก ดังนั้น จึงทำการปรับFurnace Pressure เป็น -15.0 mmAq. และมีการติดตั้ง Hood ที่บริเวณด้านข้างส่วนบนของเตา เพื่อรวบรวมฝุ่นที่จะฟุ้งจากเตาขณะเปิดฝาเตา ดังแสดงในภาพที่ 32 และบริเวณปากเตาที่เทน้ำอลูมิเนียม ดังแสดงในภาพที่ 33 เปลี่ยนฝาเตาจาก Burner แบบธรรมดา เป็นแบบ Oxygen burner เพื่อหลอมให้เร็วและแรงขึ้น แต่ป้องกันความร้อนไหลออกสู่ภายนอกได้ดีกว่าแบบธรรมดา

ภาพที่ 32 การติดตั้ง Hood ที่เตาหลอม Rotary

ภาพที่ 33 เปลี่ยน Burner แบบธรรมดา เป็นแบบ Oxygen burner

- บริเวณจุด Feed วัตถุดิบเข้าเตาหลอม ที่ขนาดช่องเปิดปากเตาเส้นผ่านศูนย์กลาง 1,200 mm ยังคงมีฝุ่นฟุ้งกระจายออกมาจากช่องเปิด ดังนั้นจึงได้ลดขนาดช่องเปิดปากเตาเหลือ 1,000 mm และให้ Bucket ยังค้างอยู่ที่ปากช่องเปิด จะทำให้ช่องเปิดเล็กลง เพื่อลดการฟุ้งกระจาย

ภาพที่ 34 ลดขนาดช่องเปิดปากเตาให้เล็กลง
เพื่อลดการฟุ้งกระจายของ Bucket ยังค้างอยู่ที่ปากช่องเปิด

- บริเวณกระทะทำความสะอาดและกระทะผสมทั้ง 3 กระทะ ที่สำหรับการเปิดฝากระทะครึ่งฝาเพื่อตักขี้ตะกั่วและเติมสารปรุงแต่ง แต่ภายหลังได้มีการปรับลดการเปิดฝากระทะลงเหลือเพียง 1ใน4 ของฝา และมีการปรับค่าความเร็วลมที่ใช้ในการออกแบบเพิ่มขึ้น

ภาพที่ 35 ปรับลดฝากระทะลงเหลือ 1ใน4 ของฝา

- บริเวณรางถ่ายน้ำอลูมิเนียมจากเตาหลอมไปยังกระทะทำความสะอาดและกระทะผสม ได้มีการจัดทำฝาครอบเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นตะกั่ว

ภาพที่ 36 จัดทำฝาครอบ และฉากกั้นเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นตะกั่ว

- บริเวณสายพานลำเลียงเปลือกจัดให้มีการสเปรย์น้ำ และมีฝาครอบรางลำเลียงในแต่ละบริเวณภายในโรงงานมีการติดป้ายเตือนให้สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลตามความเหมาะสมกับลักษณะกิจกรรมและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในพื้นที่นั้นๆ ทางเข้าออกอาคารมีระบบทำความสะอาดล้างล้อรถยนต์ที่จะออกจากอาคาร เพื่อป้องกันมิให้ฝุ่นตะกั่วติดล้อรถยนต์ออกนอกโครงการ จัดให้มีเครื่องดูดฝุ่นบริเวณพื้นและถนนภายในโรงงานขนาด 200 ลิตร เพื่อป้องกันและลดมลภาวะทางอากาศโรงงาน โดยมีระบบการป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นบริเวณพื้นที่ทำงานต่างๆ

ภาพที่ 37 จัดให้มีการสเปรย์น้ำบริเวณสายพานลำเลียงเปลือก

- การจัดเตรียมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล เช่น ถุงมือ หน้ากากกันฝุ่น และแว่นตานิรภัย เป็นต้น โดยจัดเตรียมให้เพียงพอ และกำชับให้พนักงานสวมใส่ทุกครั้งที่ปฏิบัติงานอย่างเคร่งครัด โดยหน้ากากันฝุ่นที่จัดให้เป็นรุ่น 3M 7500 SERIES HALF FACEPIECE REUSABLE RESPIRATOR with 3M 6001 Organic Vapor/ 3M 502 and 3M 5N11/ 2091 Particulate Filter P100

ภาพที่ 38 การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

- การติดประกาศเตือน และจัดทำมาตรการที่เคร่งครัดในการปฏิบัติงาน

ภาพที่ 39 ติดประกาศเตือน และจัดทำมาตรการที่เคร่งครัดในการปฏิบัติงาน

โดยแหล่งกำเนิดมลสารทางอากาศที่สำคัญของโครงการซึ่งหลังจากมีการปรับปรุงกระบวนการ และได้มีการติดตั้งระบบรวบรวมฝุ่นตะกั่วเพิ่มเติม เพื่อบำบัดแล้วจะระบายออกสู่ภายนอกทางปล่องระบาย รายละเอียดปริมาณความเข้มในอากาศของปริมาณฝุ่นในโครงการจะแสดงในตารางที่ 47 และ ในตารางที่ 48 จะแสดงความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศบริเวณโครงการ ณ จุดปฏิบัติงานต่างๆ เมื่อวันที่ 14 ตุลาคม พ.ศ. 2564 ซึ่งเป็นบริษัทจากภายนอกที่เข้ามาดูแลตรวจวัดหรือติดตามตรวจสอบด้านสิ่งแวดล้อม อาชีวอนามัย และความปลอดภัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 47 ปริมาณความเข้มในอากาศของปริมาณฝุ่นบริเวณโครงการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว ณ จุดปฏิบัติงานต่างๆ หลังจากมีการปรับปรุงกระบวนการ และได้มีการติดตั้งระบบรวบรวมฝุ่นตะกั่วเพิ่มเติม

กิจกรรม	เวลาของแต่ละกิจกรรม	ปริมาณความเข้มข้นในอากาศ(มก./ลบ.ม)			
		ฝุ่นทุกขนาด		ฝุ่นที่หายใจเข้าปอดได้	
	(นาที)	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด
การผ่าและแยกแบตเตอรี่เก่า	60	0.055	0.132	0.021	0.032
การผสมวัตถุดิบ	30	0.326	0.645	0.086	0.109
การตักวัตถุดิบที่ผสมแล้วป้อนเข้าเตาหลอม	30	0.487	0.698	0.114	0.134
การกวาดพื้นโรงผสมตะกั่ว	40	0.087	0.408	0.012	0.087
การป้อนวัตถุดิบเข้าเตาหลอม	40	0.197	0.361	0.043	0.131
การหลอมตะกั่วในเตา	60	0.026	0.327	0.013	0.089
การเทตะกั่วที่หลอมละลายและเทขี้ตะกรัน	40	0.082	0.103	0.007	0.048
การปฏิบัติงานในห้องควบคุม	120	0.034	0.034	0.025	0.029
ปล่องปล่อยสู่อากาศ	-	31	211	-	-
TWA ที่คำนวณได้		0.114	0.254	0.032	0.068
จำนวนร้อยละเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน		34.61	77.04	9.75	20.68

* มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปกำหนดค่ามาตรฐานไว้ ไม่เกิน 0.33 mg/m^3

* มาตรฐานค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงานกำหนดค่ามาตรฐานไว้ ไม่เกิน 320 mg/m^3

* ที่มา: หน่วยงานกลาง (Third Party) ในการจัดทำรายงานผล ระยะดำเนินการ 14 ตุลาคม พ.ศ. 2564

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากตารางที่ 47 พบว่าปริมาณฝุ่นทุกขนาดและฝุ่นขนาดที่สามารถเข้าถึงและสะสมในถุงลมของปอดได้จากผลการตรวจวิเคราะห์หลังการปรับปรุงพบว่า มีค่าสูงสุด 0.698 และ 0.134 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ ตามลำดับ โดยพบในขณะการตักวัตถุดิบที่ผสมแล้วป้อนเข้าเตาหลอม ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารมลพิษที่คิดตามน้ำหนักเวลาสัมผัสมีค่าสูงสุด 0.254 และ 0.068 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศแล้วมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน บ่งชี้ได้ว่าบริเวณพื้นที่การทำงานนั้นมีความปลอดภัย

จากผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นที่ตัวพนักงานในช่วงที่ผ่านมา ซึ่งจุดตรวจวัดเป็นจุดเดียวกันกับจุดตรวจวัดคุณภาพอากาศในสถานประกอบการ โดยดัชนีที่ทำการตรวจวัด ได้แก่ ปริมาณฝุ่นทุกขนาด (Total Dust) พบว่า ปริมาณฝุ่นทุกขนาด (Total Dust) ที่ตรวจวัดได้ในทุกครั้ง มีค่าอยู่ใน

เกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) ตามประกาศกระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2520 ทุกสถานีที่ทำการตรวจวัด โดยกำหนดให้ในบรรยากาศของการทำงานมีปริมาณฝุ่นทุกขนาดมีค่าไม่เกิน 15 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตรอากาศ

ตารางที่ 48 ความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศบริเวณโครงการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว ณ จุดปฏิบัติงานต่างๆ หลังจากมีการปรับปรุงกระบวนการ และได้มีการติดตั้งระบบรวบรวมฝุ่นตะกั่วเพิ่มเติม

บริเวณปฏิบัติงาน	ความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศ(มก./ลบ.ม)			
	Pb		SO_2	
	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด
การผ่าและแยกแบตเตอรี่เก่า	0.009	0.050	-	-
หน้าเตาหลอม	0.068	0.100	0.052	0.286
เตาทำความสะอาดโลหะตะกั่ว	0.056	0.112	0.086	0.374
ห้องควบคุม	0.005	0.071	0.010	0.022
ปล่องปล่อยสู่อากาศ	0.89	18.3	4.9	155

* ตามประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) กำหนดปริมาณสารตะกั่วอนินทรีย์ในบรรยากาศการทำงาน มีความเข้มข้นเฉลี่ยต้องไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

* มาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการประกอบกิจการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่เก่า ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2544 กำหนดให้ไม่เกิน 0.15 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

* การกำหนดค่ามาตรฐานปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในสถานประกอบการในหน่วยงานต่างประเทศ ได้แก่ Occupational Safety and Health Administration (OSHA), National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) และ American Conference of Governmental Industrial Hygiene (ACGIH) กำหนดปริมาณสารตะกั่วอนินทรีย์ในบรรยากาศการทำงาน มีความเข้มข้นเฉลี่ยต้องไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

* มาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) ตามประกาศกระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2520 ที่กำหนดให้ในบรรยากาศของการทำงานมีปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีค่าได้ไม่เกิน 13 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร

* ที่มา: หน่วยงานกลาง (Third Party) ในการจัดทำรายงานผล ระยะดำเนินการ 14 ตุลาคม พ.ศ. 2564

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

และจากผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงงานหลังจากมีการปรับปรุงกระบวนการและได้มีการติดตั้งระบบรวบรวมฝุ่นตะกั่วเพิ่มเติม จำนวน 5 สถานี ได้แก่ การผ่าและแยกแบตเตอรี่เก่า หน้าเตาหลอม เตาทำความสะอาดโลหะตะกั่ว ห้องควบคุม และปล่องปล่อยสู่อากาศ เมื่อวันที่ 14 ตุลาคม พ.ศ. 2564 มีผลการตรวจวัดดังแสดงในตารางที่ 48 และเมื่อนำค่าที่ตรวจวัดได้ทั้ง 5 สถานี ไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) ตามประกาศกระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2520 ที่กำหนดให้ในบรรยากาศของการทำงานมีปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีค่าได้ไม่เกิน 13 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร และเปรียบเทียบกับ

มาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการประกอบกิจการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่เก่า ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2544 ซึ่งมาตรฐานกำหนดให้ต้องควบคุมปริมาณสารตะกั่วที่เกิดขึ้นในพื้นที่ทำงานให้มีปริมาณไม่เกินกว่า 0.15 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร พบว่า ค่าดัชนีคุณภาพอากาศที่ตรวจวัดได้มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้ทุกดัชนี และมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี)ตามประกาศกระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2520 และมาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการประกอบกิจการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่เก่าตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ.2544 ทุกสถานีที่ตรวจวัด แต่อย่างไรก็ตาม ทางโครงการให้พนักงานสวมใส่ชุดอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล ขณะปฏิบัติงานทุกครั้ง และตรวจสอบวิธีการปฏิบัติงานบริเวณดังกล่าวเพื่อดำเนินการปรับปรุงแก้ไขและเป็นการควบคุม และลดปริมาณฝุ่นตะกั่วที่อาจเกิดขึ้นต่อไป

4.2.2 การวิเคราะห์แนวทางการควบคุมสภาพความร้อนจากสิ่งแวดล้อมในการทำงาน

จากผลการตรวจวัดอุณหภูมิในบรรยากาศการทำงาน และการคำนวณค่าดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ เพื่อประเมินผลกระทบจากความร้อนต่อสุขภาพขอพนักงานที่ปฏิบัติงานในบริเวณแหล่งที่ก่อให้เกิดความร้อนที่สำคัญของโครงการ ได้แก่ เตาหลอม ระบบหล่อเย็น กระทะผสม เบ้าหล่อแท่งตะกั่ว และบริเวณ After Burner สรุปโดยรวมทั้ง 5 สถานี โดยประเมินเป็นภาพรวมทั้งโรงงาน จากการตรวจติดตามตั้งแต่วันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2563 จนถึงปัจจุบัน พบว่า ระดับอุณหภูมิในบรรยากาศการทำงานมีค่าต่ำกว่า 45 องศาเซลเซียสทุกครั้งที่ทำการตรวจวัด ในส่วนของค่าดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ บริเวณที่มักมีค่าเกินมาตรฐานอยู่บ่อยครั้งทั้ง 5 สถานี จึงได้ดำเนินการปรับปรุง ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. บริเวณเตาหลอม : จัดให้มีฉากกั้นป้องกันรังสีความร้อน (Radiation Shielding) โดยการใช้ฉากอลูมิเนียมกั้นระหว่างแหล่งกำเนิดความร้อนเพื่อไม่ให้ความร้อนแผ่ไปยังบริเวณรอบข้างมากเกินไป

ภาพที่ 40 ฉากอลูมิเนียมกั้นบริเวณเตาหลอม

2. บริเวณกระทะทำความสะอาดและกระทะผสม : ปรับลดการเปิดฝากระทะลงเหลือเพียง 1 ใน 4 ของฝา และมีการปรับค่าความเร็วลมที่ใช้ในการออกแบบเพิ่มขึ้น

ภาพที่ 41 การปรับลดการเปิดฝากระทะลงเหลือเพียง 1 ใน 4 ของฝา

3. บริเวณเบ้าหล่อแท่งตะกั่ว : ใส่ Hood ป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นขณะเท

ภาพที่ 42 Hood ป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นขณะเทบริเวณเบ้าหล่อแท่งตะกั่ว

4. บริเวณ After Burner : ติดตั้งชุดควบคุมหัว Burner จัดให้มีฉากกั้นป้องกันรังสีความร้อน (Radiation Shielding) โดยการใช้ฉากอลูมิเนียมกั้นระหว่างแหล่งกำเนิดความร้อนเพื่อไม่ให้ความร้อนแผ่ไปยังบริเวณรอบข้างมากเกินไปเช่นเดียวกับบริเวณเตาหลอม

ภาพที่ 43 ชุดควบคุมหัว Burner และฉากกั้นป้องกันรังสีความร้อน

5. บริเวณรางลำเลียงตะกั่ว : รางลำเลียงตะกั่วจากเตาหลอมไปยังกระทะทำความสะอาดโดยจัดให้มีฝาครอบตลอดความยาวของรางลำเลียงตะกั่ว (เพื่อป้องกันฝุ่นตะกั่วออกนอกอากาศ)

ภาพที่ 44 ฝาครอบรางลำเลียงตะกั่วจากเตาหลอมไปยังกระทะทำความสะอาด

6. บริเวณเตาหลอมฝุ่น : จัดให้มีที่เปิด-ปิด Damper อัตโนมัติที่บริเวณ Dust filter เพื่อช่วยระบายอากาศและอุณหภูมิภายในท่อ Dust (กรณีอีกอันเสีย จะได้มีการปิดระบบเพื่อป้องกันฝุ่นตะกั่วออกนอกอากาศ)

ภาพที่ 45 เปิด-ปิด Damper อัตโนมัติที่บริเวณ Dust filter

7. บริเวณพื้นที่การทำงาน : ติดตั้งพัดลมในการระบายความร้อนจากแหล่งกำเนิดความร้อนออกไปจากบริเวณพื้นที่การทำงาน

ภาพที่ 46 ติดตั้งพัดลมเพื่อช่วยระบายอากาศบริเวณพื้นที่การทำงาน

8. จัดหาห้องพักให้กับพนักงาน : จัดหาห้องพักของพนักงานให้มีระบบปรับอากาศ และจัดทำจุดพักผ่อนให้พนักงาน เพื่อลดอุณหภูมิในตัวของพนักงานหรือจัดระบบระบายอากาศของอาคารที่พักพนักงานให้สามารถถ่ายเทอากาศได้ดี จัดให้มีน้ำดื่ม และน้ำเกลือแร่ เพื่อลดอุณหภูมิภายในร่างกายและทดแทนการที่ร่างกายขาดน้ำและเกลือแร่

ภาพที่ 47 จัดทำบริเวณที่พักผ่อนของพนักงาน

9. การจัดเตรียมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลให้กับพนักงานที่ต้องทำงานบริเวณเตาหลอมและส่วนที่ต้องสัมผัสกับความร้อน เช่น บริเวณกระทะทำความสะอาด และกระทะผสมพลวง โดยได้จัดเตรียมชุดป้องกันอันตรายส่วนบุคคลจากความร้อน ให้พนักงานได้สวมใส่ ได้แก่ ชุดป้องกันความ

ร้อน หน้ากากหรือแว่นตาลดแสง ถุงมือ และรองเท้าป้องกันความร้อน เป็นต้น โดยจัดเตรียมให้เพียงพอ และกำชับให้พนักงานสวมใส่ทุกครั้งที่ปฏิบัติงานอย่างเคร่งครัด

ภาพที่ 48 ชุดและอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

10. การติดประกาศเตือน และจัดทำมาตรการที่เคร่งครัดในการปฏิบัติงาน

ภาพที่ 49 ติดประกาศเตือน และจัดทำมาตรการที่เคร่งครัดในการปฏิบัติงาน

11. จัดเวลาการทำงาน เพื่อลดเวลาการทำงานสัมผัสกับความร้อนและเพิ่มเวลาการพัก โดยพิจารณาตามลักษณะงาน (Work Load) ดังแสดงในตารางที่ 49

ตารางที่ 49 ค่าที่ยอมให้สัมผัสความร้อนได้ซ้ำแล้วซ้ำอีก (Permissible Heat Exposure Threshold Limit Values : TLV)

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

(ที่มา: "Physical hazards Dr Majid Golabadi. OCCUPATIONAL HEALTH HAZARDS Physical Chemical Biological Ergonomic Psychosocial." 2016)

ผลการตรวจวัดอุณหภูมิในบรรยากาศการทำงาน และการคำนวณค่าดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ ซึ่งสภาพบรรยากาศภายนอกท้องฟ้าโปร่งไม่มีฝนตกโดยอุณหภูมิอยู่ที่ 32 องศาเซลเซียส ที่แสดงผลการตรวจวัดระดับความร้อนภายในสถานประกอบการในสภาพปัจจุบัน หลังจากมีการปรับปรุงกระบวนการ และได้มีการติดตั้งฉากกั้นป้องกันรังสีความร้อน ดังแสดงในตารางที่ 50 เพื่อประเมินผลกระทบจากความร้อนต่อสุขภาพของพนักงานที่ปฏิบัติงานในบริเวณแหล่งที่ก่อให้เกิดความร้อนที่สำคัญของโครงการ ได้แก่ เตาหลอม ระบบหล่อเย็น กระทะผสม เบ้าหล่อแท่งตะกั่ว และบริเวณ After Burner สรุปโดยรวมทั้ง 5 สถานี โดยประเมินเป็นภาพรวมทั้งโรงงาน จากการตรวจติดตาม พบว่า ระดับอุณหภูมิในบรรยากาศการทำงานมีค่าต่ำกว่า 45 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (ความร้อน) ตามประกาศกระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2519

ในส่วนของค่าดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ พบว่า ความร้อนบริเวณในบริเวณการทำงานมีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานการคุ้มครองความปลอดภัยในการประกอบกิจการโรงงานเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อมในการทำงาน (หมวด 1: ความร้อน, ลักษณะงานเบา, งานปานกลาง, งานหนัก) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2546

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 50 ผลการตรวจวัดระดับความร้อนภายในสถานประกอบการในสภาพปัจจุบัน หลังจากมีการปรับปรุงกระบวนการ และได้มีการติดตั้งฉากกั้นป้องกันรังสีความร้อน

ดัชนีที่ตรวจวัด	สถานีที่ตรวจวัดระดับความร้อน (°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

* ที่มา: หน่วยงานกลาง (Third Party) ในการจัดทำรายงานผล ระยะดำเนินการ 14 ตุลาคม พ.ศ. 2564

ซึ่งในลักษณะการทำงานในระบบการผลิตของโรงงานเป็นงานเบา โดยทำงานในระบบ 25% พัก 75% ใน 1 ชั่วโมง รวมแล้วต่อ 1 วัน พนักงาน 1 คนจะทำงานไม่เกิน 2 ชั่วโมง แต่พนักงานไม่ได้ทำงานประจำอยู่บริเวณหน้างานตลอดเวลา ดังนั้นผลกระทบเนื่องจากความร้อนต่อสุขภาพของพนักงานจึงอยู่ในระดับที่ไม่รุนแรงและสามารถป้องกันได้

ส่วนในการทำงานของพนักงานซ่อมบำรุงนั้นจัดเป็นงานปานกลาง จึงควรจัดให้ลักษณะการทำงานเป็นแบบเดียวกับการทำงานในระบบการผลิตของโรงงาน พิจารณาตามลักษณะงาน (Work Load) ดังแสดงในตารางที่ 49 โดยจัดการทำงานในระบบ 25% พัก 75% ใน 1 ชั่วโมง รวมแล้วต่อ 1 วัน พนักงาน 1 คนจะทำงานไม่เกิน 2 ชั่วโมง โดยมีการวางแผนงานเพื่อจัดการทำงานในแต่ละวันว่าเป็นงานประเภทใด ต้องทำงานที่บริเวณใด และควรใช้เวลาเท่าไหร่ในลักษณะงานประเภทนั้น ซึ่งในการทำงานแต่ละวันแผนการทำงานก็จะแตกต่างกันอกไป เพื่อให้เป็นไปตามแนวทางที่วางไว้และการจัดการเวลาที่เหมาะสมกับการทำงาน ส่วนช่วงเวลาพักที่เป็น 75% ก็จัดให้พนักงานซ่อมบำรุงได้มีการพักผ่อนในห้องพัก และเสริมกิจกรรมเบาๆระหว่างการพักผ่อน เช่น การอบรมเพื่อป้องกันอันตราย หรือการอบรมเพื่อให้ตะหนักถึงอันตรายของสารตะกั่ว เป็นต้น และพนักงานไม่ได้ทำงานประจำอยู่บริเวณหน้างานตลอดเวลา ดังนั้นผลกระทบเนื่องจากความร้อนต่อสุขภาพของพนักงานจึงอยู่ในระดับที่ไม่รุนแรงและสามารถป้องกันได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.2.3 การวิเคราะห์พฤติกรรมการทำงานและการป้องกันอันตรายด้านการยศาสตร์

ปัญหาทางด้านการยศาสตร์ในสถานที่ทำงานมักเกิดจากการออกแบบสถานที่ปฏิบัติงานที่ไม่เหมาะสม เช่น ต้องมีการใช้กล้ามเนื้อจนเกิดขีดความสามารถของร่างกาย เนื่องจากมีการทำงานในลักษณะท่าทางที่ฝืนธรรมชาติ โดยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อมากเกินไป การบิดเอี้ยวตัวที่ฝืนธรรมชาติ การปฏิบัติงานในท่าทางเดิมๆ ซ้ำๆ เป็นเวลานานๆตลอดการปฏิบัติงาน เนื่องจากการทำงานแต่ละสถานีงานไม่เหมาะสม ส่งผลให้เกิดความเมื่อยล้าจากการปฏิบัติงาน

ในการประเมินความเสี่ยงโดยวิธี RULA และ REBA ภายหลังการใช้อุปกรณ์เสริมในการทำงานให้เหมาะสมและง่ายต่อการปฏิบัติงานของพนักงาน เช่น จุดที่พนักงานต้องปีนต้องเสริมราวบันไดเพื่อสะดวกต่อการทำงาน พนักงานต้องนั่งคุกเข่าควรหาเก้าอี้เสริมให้เพื่อลดการเมื่อยล้า ส่วนท่ามุดหรือคลาน ควรหาแผ่นรองสไลด์เพื่อง่ายต่อการทำงาน จะเห็นได้ว่าคะแนนการประเมินความเสี่ยงโดยวิธี RULA ภายหลังการใช้อุปกรณ์เสริมที่เหมาะสมและง่ายต่อการปฏิบัติงานของพนักงาน มีคะแนนอยู่ที่ 3 คะแนน แปลผลได้ว่า ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมและติดตามวัดผลอย่างต่อเนื่องอาจจะจำเป็นที่จะต้องมีการออกแบบงานใหม่ และการประเมินความเสี่ยงโดยวิธี REBA ภายหลังการใช้อุปกรณ์เสริมที่เหมาะสมและง่ายต่อการปฏิบัติงานของพนักงาน มีคะแนนอยู่ที่ 6 คะแนน แปลผลได้ว่า ความเสี่ยงปานกลาง ควรวิเคราะห์เพิ่มเติมและควรได้รับการปรับปรุง ดังแสดงในตารางที่ 51 และตารางที่ 52 ซึ่งท่าทางที่เลือกพิจารณาเป็นท่าทางที่พบบ่อย และการปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุงเพื่อลดการสัมผัสสารตะกั่วนั้น พนักงานอื่นๆสามารถนำไปใช้ได้

ตารางที่ 51 การประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์โดยใช้ RULA หลังปรับปรุง

ขั้นตอนการประเมิน RULA	คะแนนการประเมิน
ขั้นตอนที่ 1 การประเมินแขนส่วนบน (Upper arm)	คะแนนหลัก : แขนอยู่ด้านหน้า 20-45° เท่ากับ 2 คะแนน คะแนนปรับเพิ่ม : ไม่มี คะแนนการประเมินแขนส่วนบน เท่ากับ 2 คะแนน
ขั้นตอนที่ 2 การประเมินแขนส่วนล่าง (Lower arm หรือ forearm)	คะแนนหลัก : แขนส่วนล่างอยู่ในระดับที่มีมุมระหว่าง 60-100° เมื่อเทียบกับแนวดิ่ง เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนปรับเพิ่ม : ไม่มี

ขั้นตอนการประเมิน RULA	คะแนนการประเมิน
	คะแนนการประเมินแขนส่วนล่าง เท่ากับ 1 คะแนน
ขั้นตอนที่ 3 การประเมินข้อมือ (Wrist)	คะแนนหลัก : ตำแหน่งของข้อมือ (แนวกระดูกฝ่ามือ) ทำมุมขึ้นหรือลงไม่เกิน 15° เมื่อเทียบกับแขนส่วนล่างนล่าง เท่ากับ 2 คะแนน คะแนนปรับเพิ่ม : ไม่มี คะแนนการประเมินข้อมือ เท่ากับ 2 คะแนน
ขั้นตอนที่ 4 การประเมินการหมุนของข้อมือ (Wrist twist)	คะแนนหลัก : ไม่มีการบิดหรือหมุนข้อมือหรือหมุนบิดข้อมือเล็กน้อยไม่เกินครึ่ง เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนการประเมินการหมุนของข้อมือ เท่ากับ 1 คะแนน
ขั้นตอนที่ 5 การประเมินคะแนนกลุ่ม A	นำคะแนนที่ได้จากขั้นตอนที่ 1-4 มาอ่านค่าในตารางการประเมินคะแนนกลุ่ม A ในแบบฟอร์ม RULA คะแนนการประเมินกลุ่ม A เท่ากับ 3 คะแนน
ขั้นตอนที่ 6 การประเมินการใช้กล้ามเนื้อแขนหรือมือในการทำงาน	คะแนนหลัก : แขนหรือมือมีการเคลื่อนไหวซ้ำไปมาตั้งแต่4ครั้งติอนาทีขึ้นไป เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนการประเมินการใช้กล้ามเนื้อแขนหรือมือในการทำงาน เท่ากับ 1 คะแนน
ขั้นตอนที่ 7 การประเมินแรงหรือภาระงานในส่วนแขนหรือมือ	คะแนนหลัก : แรงที่ใช้หรือน้ำหนักที่ถือน้อยกว่า 2 กก. (ทำงานไม่ต่อเนื่อง) เท่ากับ 0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการประเมิน RULA	คะแนนการประเมิน
	คะแนน คะแนนการประเมินแรงหรือภาระงานในส่วนแขนหรือมือ เท่ากับ 0 คะแนน
ขั้นตอนที่ 8 การสรุปคะแนนรวมของส่วนแขนและข้อมือ	คะแนนการสรุปคะแนนรวมของส่วนแขนและข้อมือ เท่ากับ 4 คะแนน
ขั้นตอนที่ 9 การประเมินส่วนคอ 	คะแนนหลัก : ศีรษะเงยไปด้านหลัง เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนปรับเพิ่ม : ไม่มี คะแนนการประเมินส่วนคอ เท่ากับ 1 คะแนน
ขั้นตอนที่ 10 การประเมินส่วนลำตัว 	คะแนนหลัก : ลำตัวตรง เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนปรับเพิ่ม : ไม่มี คะแนนการประเมินส่วนลำตัว เท่ากับ 1 คะแนน
ขั้นตอนที่ 11 การประเมินส่วนขา	คะแนนหลัก : ขาและเท้าทั้ง 2 ข้างอยู่ในท่าทางสมดุลและมีที่รองรับอย่างเหมาะสม เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนการประเมินส่วนขา เท่ากับ 1 คะแนน
ขั้นตอนที่ 12 การประเมินคะแนนท่าทางกลุ่ม B	นำคะแนนที่ได้จากขั้นตอนที่ 9-11 มาอ่านค่าในตารางการประเมินคะแนนกลุ่ม B ในแบบฟอร์ม RULA คะแนนการประเมินกลุ่ม B เท่ากับ 1 คะแนน
ขั้นตอนที่ 13 การประเมินกล้ามเนื้อขาหรือเท้าในการทำงาน	คะแนนหลัก : ขาหรือเท้าอยู่ในท่านิ่งนานเกิน 1 นาที เท่ากับ 1 คะแนน

รณ์มหาวิทยาลัย
GKORN UNIVERSITY

ขั้นตอนการประเมิน RULA	คะแนนการประเมิน
	คะแนนการประเมินกล้ามเนื้อขาหรือเท้าในการทำงาน เท่ากับ 1 คะแนน
ขั้นตอนที่ 14 การประเมินแรงหรือภาระงานในส่วนของขาหรือเท้า	คะแนนหลัก : ภาระงานที่ใช้มีค่าน้อยกว่า 2 กก. อย่างไม่ต่อเนื่อง เท่ากับ 0 คะแนน คะแนนการประเมินแรงหรือภาระงานในส่วนของขาหรือเท้า เท่ากับ 0 คะแนน
ขั้นตอนที่ 15 การสรุปคะแนนรวมของส่วนขาและเท้า	คะแนนการสรุปคะแนนรวมของส่วนขาและเท้า เท่ากับ 2 คะแนน
ขั้นตอนที่ 16 การสรุปผลคะแนนความเสี่ยงโดยรวม	ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการประเมินด้วยวิธี RULA ผู้ประเมินนำคะแนนสรุปรวมของส่วนแขนและข้อมือ (ขั้นตอนที่ 8) และคะแนนรวมของการประเมินส่วนขาและเท้า (ขั้นตอนที่ 15) มาอ่านค่าคะแนนความเสี่ยงโดยรวมจากตาราง C ในแบบฟอร์ม RULA คะแนนการสรุปผลคะแนนความเสี่ยงโดยรวม <u>เท่ากับ 3 คะแนน</u>
<u>สรุป</u> 3 คะแนน แปลผลได้ว่า ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมและติดตามวัดผลอย่างต่อเนื่องอาจจะจำเป็นที่จะต้องมีการออกแบบงานใหม่	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 52 การประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์โดยใช้ REBA หลังปรับปรุง

ขั้นตอนการประเมิน REBA	คะแนนการประเมิน
ขั้นตอนที่ 1 การประเมินส่วนคอ (Neck) 	คะแนนหลัก : เงยหน้า (คอเอนไปด้านหลัง) มากกว่า 20° เท่ากับ 2 คะแนน คะแนนปรับเพิ่ม : ไม่มี คะแนนการประเมินส่วนคอ <u>เท่ากับ 2 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 2 การประเมินส่วนลำตัว (Trunk) 	คะแนนหลัก : ลำตัวตั้งตรง เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนปรับเพิ่ม : ไม่มี คะแนนการประเมินส่วนลำตัว <u>เท่ากับ 1 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 3 การประเมินส่วนขา (Legs) 	คะแนนหลัก : ขายืนไม่สมดุล เท่ากับ 2 คะแนน คะแนนปรับเพิ่ม : +2 มีการย่อเข่า มากกว่า 60 ° เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนการประเมินส่วนขา <u>เท่ากับ 4 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 4 ประเมินคะแนนของท่าทางในกลุ่ม A	นำคะแนนที่ได้จากขั้นตอนที่ 1-3 มาอ่านค่าใน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการประเมิน REBA	คะแนนการประเมิน
	ตารางการประเมินคะแนนกลุ่ม A ในแบบฟอร์ม REBA คะแนนการประเมินกลุ่ม A เท่ากับ 4 คะแนน
ขั้นตอนที่ 5 แรงที่ใช้หรือภาระงาน (Force/Load)	คะแนนหลัก : แรงหรือภาระงานที่ใช้น้อยกว่า 11 ปอนด์ หรือ 5 กก. เท่ากับ 0 คะแนน คะแนนปรับเพิ่ม : ไม่มี คะแนนแรงที่ใช้หรือภาระงาน เท่ากับ 0 คะแนน
ขั้นตอนที่ 6 การสรุปคะแนนรวมในกลุ่ม A	มาจากคะแนนในขั้นตอนที่ 4 นำมารวมกับคะแนนในขั้นตอนที่ 5 คะแนนรวมในกลุ่ม A เท่ากับ 4 คะแนน
ขั้นตอนที่ 7 การประเมินแขนส่วนบน (Upper arm) 	คะแนนหลัก : แขนอยู่ในตำแหน่งเหนือไหล่ (มีมุมเกิน 90° เมื่อเทียบกับลำตัว) เท่ากับ 4 คะแนน คะแนนปรับเพิ่ม : ไม่มี คะแนนการประเมินแขนส่วนบน เท่ากับ 4 คะแนน
ขั้นตอนที่ 8 การประเมินแขนส่วนล่าง (Lower arm หรือ forearm)	คะแนนหลัก : แขนอยู่ในตำแหน่งยกขึ้นด้านบนทำมุมมากกว่า 100° เมื่อเทียบกับแนวดิ่ง เท่ากับ 2 คะแนน คะแนนการประเมินแขนส่วนล่าง เท่ากับ 2 คะแนน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการประเมิน REBA	คะแนนการประเมิน
ขั้นตอนที่ 9 การประเมินข้อมือ (Wrist) 	คะแนนหลัก : ตำแหน่งของข้อมือ (แนวกระดูกฝ่ามือ) อยู่แนวเดียวกับแขนส่วนล่างหรืองอขึ้นหรือลงได้ไม่เกิน 15° เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนปรับเพิ่ม : ไม่มี คะแนนการประเมินข้อมือ <u>เท่ากับ 1 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 10 การประเมินคะแนนของท่าทางในกลุ่ม B	นำคะแนนที่ได้จากขั้นตอนที่ 7-9 มาอ่านค่าในตารางการประเมินคะแนนกลุ่ม B ในแบบฟอร์ม REBA คะแนนการประเมินกลุ่ม B <u>เท่ากับ 5 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 11 การประเมินการจับยึดวัตถุ (Coupling)	คะแนนหลัก : วัตถุจับยึดมีมือจับ ผู้ปฏิบัติสามารถจับยึดได้ถนัดมือสามารถกำได้รอบมือ เท่ากับ 0 คะแนน คะแนนการประเมินการจับยึดวัตถุ <u>เท่ากับ 0 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 12 การสรุปคะแนนรวมในกลุ่ม B	นำคะแนนที่ได้จากขั้นตอนที่ 10-11 มารวมเข้าด้วยกัน เพื่อนำไปใช้ในการเปิดตารางรวมคะแนนสุดท้าย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้นตอนการประเมิน REBA	คะแนนการประเมิน
	คะแนนการประเมินกลุ่ม B <u>เท่ากับ 5 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 13 การประเมินการเคลื่อนไหวและกิจกรรมของงาน	คะแนนหลัก : มีการเคลื่อนไหวร่างกายส่วนใดส่วนหนึ่งซ้ำๆ มากกว่า 4 ครั้งต่อนาที เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนการประเมินการเคลื่อนไหวและกิจกรรมของงาน <u>เท่ากับ 1 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 14 การหาค่าคะแนน C	นำคะแนนที่ได้จากค่าคะแนนประเมินรวมของกลุ่ม A (จากขั้นตอนที่ 6) และคะแนนประเมินรวมของกลุ่ม B (จากขั้นตอนที่ 12) มาอ่านค่าในตารางการประเมินคะแนนกลุ่ม C ในแบบฟอร์ม REBA คะแนนการประเมินกลุ่ม C <u>เท่ากับ 5 คะแนน</u>
ขั้นตอนที่ 15 การหาค่าคะแนนความเสี่ยงรวมและการสรุปผลคะแนน	ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการประเมินด้วยวิธี REBA ผู้ประเมินนำคะแนนการประเมินกลุ่ม C (จากขั้นตอนที่ 14) มารวมกับคะแนนที่ได้จากการประเมินการเคลื่อนไหว และกิจกรรมของงาน (จากขั้นตอนที่ 13) ก็จะได้คะแนนความเสี่ยงรวม คะแนนการหาค่าคะแนนความเสี่ยงรวม <u>เท่ากับ 6 คะแนน</u>
<u>สรุป</u> 6 คะแนน แปลผลได้ว่า ความเสี่ยงปานกลาง ควรวิเคราะห์เพิ่มเติมและควรได้รับการปรับปรุง	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.4 การวิเคราะห์ความเสี่ยงหลังจากการดำเนินการตามมาตรการ

จากการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่กล่าวมาข้างต้นนี้ ทำให้เห็นว่าลักษณะการทำงานส่วนใหญ่พนักงานจะมีการสัมผัสทางการหายใจโดยการสูดดมฟูมตะกั่ว เมื่อสัมผัสเป็นระยะเวลานานจะมีผลกระทบต่อสุขภาพ คือ เกิดการสะสมของปริมาณตะกั่วในเลือด จึงควรมีมาตรการในการควบคุมป้องกันการสัมผัสตะกั่วของพนักงาน และจากผลการควบคุมป้องกันการสัมผัสตะกั่วโดยเริ่มปรับปรุงจากจุดที่มีความเสี่ยงมาก ได้แก่ การหลอม, การทำความสะอาดและการผสมตะกั่ว, การหล่อแท่ง, การย้ายตะกั่วแท่ง, ผ่าและแยกแบตเตอรี่เก่า ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการทำงานในแต่ละขั้นตอนมี

ความเสี่ยงอยู่ในระดับที่ยอมรับได้เมื่อเทียบกับการประเมินความเสี่ยงก่อนเริ่มดำเนินการดังแสดงในตารางที่ 53 และตารางที่ 54 จะเป็นการแสดงผลการวิเคราะห์และการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี FMEA มาเป็นแนวทาง และการดำเนินการตามมาตรการป้องกัน เพื่อประเมินความเสี่ยงหลังปรับปรุง โดยระดับความเสี่ยงมากหรือน้อยจะอิงตามโอกาส แต่โอกาสจะมากน้อยอาจขึ้นกับอุณหภูมิ กรณีที่มีสภาพการทำงานที่ร้อนมีผลให้เกิดฟูม ควัน บางขั้นตอนมีโอกาสเกิดฝุ่น ดังนี้หลังจากมีการปรับปรุง เช่น ติดตั้งฉากกันความร้อนจากไอตะกั่วและความร้อน ถ้าประเมินความเสี่ยง โอกาสจะลดลง ดังนั้นความเสี่ยงจะลดลงด้วย การลดเวลาทำงานลง จะทำให้โอกาสลดลง และการลด workload ลงทำให้โอกาสลดลงด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 53 ระดับความเสี่ยง (Risk matrix) หลังปรับปรุง

Likelihood	Consequences			
	Low	Medium	High	Extreme
Extreme				
High				
Medium	No.1	No.2, 3, 4, 5		
Low				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 54 ผลการศึกษา ผลการวิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโครงการเพื่อการบ่งชี้อันตราย และการประเมินความเสี่ยงหลังปรับปรุง

ขั้นตอน	ความล้มเหลว	สาเหตุของความล้มเหลว	ผลที่เกิดขึ้น	มาตรการป้องกัน	การประเมินความเสี่ยง			
					โอกาส (L)	ความรุนแรง (C)	ผลลัพธ์ (L x C)	ระดับความเสี่ยง
1. ผ่าและแยกแบตเตอรี่เก่า	- มีการสูดดมฟูม ฝุ่นตะกั่วเนื่องจากมีฝุ่นตะกั่วเกิดขึ้นขณะแยกและลำเลียงแผ่นธาตุ - มีการสัมผัสขี้เลนที่มีส่วนผสมของตะกั่ว และน้ำในถังบำบัด	- แผ่นเซลล์จะมีความชื้น - พนักงานสวมใส่ชุดและอุปกรณ์ป้องกันสารเคมีไม่เหมาะสม - การระบายอากาศไม่เพียงพอ	- ทำให้เกิดการสะสมของตะกั่วในร่างกายและเกิดโรคพิษตะกั่วได้ - ทำให้เกิดอาการแพ้ ผิวหนังเป็นผื่นคัน - ทำให้เสียเหงื่อมากและอ่อนเพลียได้ - พนักงานยืนทำงานหน้าเครื่องตลอด	1. สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลตามที่กำหนดจะต้องใส่ชุดกรองฝุ่นพิเศษ 2. ใช้เครื่องผ่าและเครื่องแยกเซลล์แทนการใช้พนักงานโดยลำเลียงผ่านสายพาน เพื่อลดการสัมผัสตะกั่วและน้ำกรดของพนักงาน จัดให้มีถาด Stainless รองรับน้ำกรดบริเวณใต้เครื่อง เพื่อป้องกันน้ำกรดหกลงพื้นและแห้งกลายเป็นฝุ่นฟุ้งกระจายได้ 3. น้ำกรดที่เกิดขึ้นจะรวบรวมไปบำบัดด้วยระบบ Nanofiltration 4. ทำความสะอาดพื้นหลังจากสิ้นสุดการผ่าแบตเตอรี่ในแต่ละครั้ง 7. ขณะปฏิบัติงานพนักงานควรหลีกเลี่ยง	2	1	2	L

ขั้นตอน	ความล้มเหลว	สาเหตุของความล้มเหลว	ผลที่เกิดขึ้น	มาตรการป้องกัน	การประเมินความเสี่ยง			
					โอกาส (L)	ความรุนแรง (C)	ผลลัพธ์ (L x C)	ระดับความเสี่ยง
				การปฏิบัติงานบริเวณพื้นที่ที่เปียกเพื่อลดการสัมผัสตะกั่วและน้ำกรด				
2. การหลอม (รวมขั้นตอนการเทวัตถุดิบ/การเจาะ Slag และน้ำตะกั่วออกจากเตา)	- มีการสูดดมฟูม ฝุ่นตะกั่วเนื่องจากมีการฟุ้งกระจายของฝุ่นตะกั่วมากที่สุด - สัมผัสฝุ่นตะกั่วและไอตะกั่ว	- เกิดไอตะกั่วขณะที่เปิดและปิดฝาเตาเพื่อเทวัตถุดิบลงเตา - พนักงานสวมใส่ชุดและอุปกรณ์ป้องกันสารเคมีไม่เหมาะสม - มีการสัมผัสความร้อนจากเตาหลอมตะกั่ว และไม่มีการระบายอากาศ	- ทำให้เกิดการสะสมของตะกั่วในร่างกายและเกิดโรคพิษตะกั่วได้ - ทำให้เกิดอาการแพ้ ผิวหนังเป็นผื่นคัน - ทำให้เสียเหงื่อมากและอ่อนเพลียได้	1. สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลตามที่กำหนดจะต้องใส่ชุดกรองฝุ่นพิเศษ 2. รติดตั้งระบบกรองอากาศ เพื่อป้องกันพนักงานขับรถสัมผัสกับฝุ่นตะกั่ว และไม่ควรออกจากรถ 3. ห้องเก็บแผ่นธาตุจัดให้เป็นห้องปิดมิดชิดและจัดให้มีระบบดูดฝุ่นละอองและฝุ่นตะกั่ว 4. รางลำเลียงแท่น Charger สู่ปากเตา จัดให้มีผ้าใบครอบตลอดแนวราง 5. ระบบควบคุมการทำงานของ Hood ที่ช่อง Feed วัตถุดิบเข้าเตาหลอม 1 จะเป็นแบบอัตโนมัติ	2	2	4	M

ขั้นตอน	ความล้มเหลว	สาเหตุของความล้มเหลว	ผลที่เกิดขึ้น	มาตรการป้องกัน	การประเมินความเสี่ยง			
					โอกาส (L)	ความรุนแรง (C)	ผลลัพธ์ (L x C)	ระดับความเสี่ยง
				6. จัดให้มี Hood ดูดฝุ่นและฟูมตะกั่วจากบริเวณที่จะก่อให้เกิดการฟุ้งกระจาย ได้แก่ จุดเทวัตถุดิบลงเตาหลอม, ไอเสียจากเตาหลอม, จุดเจาะ Slag ออกจากเตาหลอม และจุดตะกั่วไหลจาก Port เตาหลอมลงรางรองรับ 7. หลีกเลี่ยงการปฏิบัติงานบริเวณพื้นที่ที่มีความร้อนสูงเป็นเวลานาน				
3. การทำความสะอาดน้ำตะกั่ว และการผสมตะกั่ว	- มีการสูดดมฟูม ฝุ่นตะกั่วเนื่องจาก - สัมผัสฝุ่นตะกั่วและไอตะกั่ว	- เกิดไอตะกั่วขณะที่มีการเปิดฝากระทะเพื่อตักขี้ตะกั่ว และเติมสารปรุงแต่ง - พนักงานสวมใส่ชุดและอุปกรณ์	- ทำให้เกิดการสะสมของตะกั่วในร่างกายและเกิดโรคพิษตะกั่วได้ - ทำให้เกิดอาการแพ้ ผิวหนังเป็นผื่นคัน	1. สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลตามที่กำหนดจะต้องใส่ชุดกรองฝุ่นพิเศษ 2. จัดให้มีฝาครอบตลอดแนวราง พร้อม Hood ดูดอากาศจากรางลำเลียง 3. ห้ามเปิดฝากระทะในขณะที่มีกวนผสมและให้ความร้อน	2	2	4	M

ขั้นตอน	ความล้มเหลว	สาเหตุของความล้มเหลว	ผลที่เกิดขึ้น	มาตรการป้องกัน	การประเมินความเสี่ยง			
					โอกาส (L)	ความรุนแรง (C)	ผลลัพธ์ (L x C)	ระดับความเสี่ยง
		ป้องกันสารเคมีไม่เหมาะสม	- ทำให้เสียเหงื่อมากและอ่อนเพลียได้	4. เปิดฝากระทะเพียงเล็กน้อยพอที่จะให้วัสดุที่ใช้ในการตักขี้ตะกั่ว และเติมสารปรุงแต่งสอดเข้าไปได้ หรือประมาณ ¼ ของฝา และเปิด Damper ของระบบดูดอากาศ 100% เพื่อลดและควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นและฟูมตะกั่ว 5. การถ่ายตะกั่วจากกระทะใบหนึ่งไปยังกระทะอีกใบหนึ่ง จะใช้ปั๊มดูดตะกั่วผ่านท่อปิด เพื่อลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นและฟูมตะกั่ว 6. ภาชนะที่ใช้บรรจุขี้ตะกั่ว จะเป็นภาชนะที่มีฝาปิดครอบ 7. การเติมพลวง และการเติมสารปรุงแต่งอื่นๆ ต้องค่อยๆ เติม ห้ามโยนเพราะจะทำให้น้ำตะกั่วกระเด็น				

ขั้นตอน	ความล้มเหลว	สาเหตุของความล้มเหลว	ผลที่เกิดขึ้น	มาตรการป้องกัน	การประเมินความเสี่ยง			
					โอกาส (L)	ความรุนแรง (C)	ผลลัพธ์ (L x C)	ระดับความเสี่ยง
				8. หลีกเลี่ยงการปฏิบัติงานบริเวณพื้นที่ที่มีความร้อนสูงเป็นเวลานาน				
4. การหล่อแท่ง	- มีการสูดดมฟูม ฝุ่นตะกั่วเนื่องจากเกิดไอของตะกั่วทในขณะที่เทตะกั่วลงพิมพ์ - สัมผัสฝุ่นตะกั่วและไอตะกั่ว	- เกิดไอตะกั่วขณะที่ทำการหล่อแท่งตะกั่ว - พนักงานสวมใส่ชุดและอุปกรณ์ป้องกันสารเคมีไม่เหมาะสม	- ทำให้เกิดการสะสมของตะกั่วในร่างกายและเกิดโรคพิษตะกั่วได้ - ทำให้เกิดอาการแพ้ ผิวหนังเป็นผื่นคัน - ทำให้เสียเหงื่อมากและอ่อนเพลียได้	1. สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลตามที่กำหนดจะต้องใส่ชุดกรองฝุ่นพิเศษ 2. จัดให้มี Hood ดูดไอตะกั่ว จากเครื่องหล่อแท่งตะกั่ว 3. น้ำตะกั่วที่ปั๊มลงเบ้าเทพิมพ์จะมีความร้อนประมาณ 440 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่จะทำให้เกิดฟูมได้น้อยมาก 4. การเคลื่อนย้ายตะกั่วแท่งไปเก็บยังห้องเก็บ จะใช้รถโฟล์คลิฟท์ในการยก 5. หลีกเลี่ยงการปฏิบัติงานบริเวณพื้นที่ที่มีความร้อนสูงเป็นเวลานาน	2	2	4	M
5. การ	- มีการสัมผัส	- ภาชนะที่ใช้	- ทำให้เกิดการ	1. สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วน	2	2	4	M

ขั้นตอน	ความล้มเหลว	สาเหตุของความล้มเหลว	ผลที่เกิดขึ้น	มาตรการป้องกัน	การประเมินความเสี่ยง			
					โอกาส (L)	ความรุนแรง (C)	ผลลัพธ์ (L x C)	ระดับความเสี่ยง
โยกย้ายตะกั่วแท่ง, Slag, ขี้ตะกั่ว และฝุ่น ไปเก็บยังสถานที่จัดเก็บ	กับฝุ่นตะกั่วและขี้ตะกั่วที่รวบรวบไว้อาจเกิดการฟุ้งกระจายได้	บรรจุปิดไม่มิดชิด - พนักงานสวมใส่ชุดและอุปกรณ์ป้องกันสารเคมีไม่เหมาะสม	สะสมของตะกั่วในร่างกายและเกิดโรคพิษตะกั่วได้ - ทำให้เกิดอาการแพ้ ผิวหนังเป็นผื่นคัน - ทำให้เสียเหงื่อมากและอ่อนเพลียได้	บุคคลตามที่กำหนดจะต้องใส่ชุดกรองฝุ่นพิเศษ 2. รถที่ใช้ในการเคลื่อนย้าย Slag, ขี้ตะกั่ว และฝุ่น จะใช้รถที่มี Cab ภายในมีการติดตั้งระบบกรองอากาศ 3. ให้พนักงานขับรถด้วยความเร็วต่ำ เพื่อลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นตะกั่ว 4. จัดให้มีรถดูดฝุ่น สำหรับทำความสะอาดพื้นถนนอย่างสม่ำเสมอ				

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงการทำงานของพนักงานซ่อมบำรุงเพื่อลดการสัมผัสสารตะกั่วในโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว การดำเนินการวิจัยเริ่มจาก 1) การตรวจวัดสภาพแวดล้อมของการปฏิบัติงาน การสังเกตลักษณะการทำงาน การสังเกตพฤติกรรมการทำงานและช่องทางการสัมผัสสารตะกั่ว 2) การประเมินความเสี่ยงอันตรายโดยใช้ FMEA เป็นแนวทาง เพื่อวิเคราะห์หารูปแบบการทำงานที่ปลอดภัย ผลการศึกษาพบว่า ช่องทางการสัมผัสเข้าสู่ร่างกายได้แก่ 1) ระบบทางเดินหายใจโดยการสูดดมไอควัน ฝุ่น ไอสารตะกั่ว 2) การสัมผัสทางผิวหนังจากของเหลวที่ปนเปื้อนสารตะกั่ว และ 3) ระบบทางเดินอาหารจากมือและร่างกายที่เปื้อนสารตะกั่ว ปัจจัยที่ส่งผลต่อการสัมผัสสารตะกั่ว เรียงลำดับตามโอกาสในการสัมผัสดังนี้ 1) การฟุ้งกระจายของฝุ่นตะกั่ว 2) แหล่งความร้อนที่ทำให้เกิดไอของตะกั่ว 3) พื้นที่เปียกแฉะจากของเหลวที่ปนเปื้อนสารตะกั่ว 4) พฤติกรรมในการทำงาน 5) ระยะเวลาปฏิบัติงาน และ 6) การพักรับประทานอาหาร ส่วนการปรับปรุงการทำงาน ได้แก่ 1) การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นตะกั่ว 2) การทำฉากกันความร้อนจากไอตะกั่ว 3) การใช้อุปกรณ์เสริมเพื่ออำนวยความสะดวกในการทำงานของช่างซ่อม 4) การลดเวลาการทำงานสัมผัสกับความร้อน และ5) การสวมใส่ชุดป้องกัน นอกจากนี้ยังต้องมีมาตรการการเฝ้าระวังสิ่งที่คุกคาม และมาตรการเฝ้าระวังด้านสุขภาพ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์พบว่าพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงสุด ได้แก่ การหลอม การทำความสะอาดและการผสมตะกั่ว การหล่อแท่ง การย้ายตะกั่วแท่ง และผ่าและแยกแบตเตอรี่เก่า ตามลำดับ โดยมีระดับความเสี่ยงอยู่ที่ 12, 9, 9, 9 และ 6 คะแนน ตามลำดับ

ขั้นตอนที่มีการสัมผัสฝุ่นตะกั่วและไอตะกั่วมากสุดได้แก่ การหลอม การทำความสะอาดและการผสมตะกั่ว การหล่อแท่ง ผ่าและแยกแบตเตอรี่เก่า และการย้ายตะกั่วแท่ง ตามลำดับ ดังนั้นจึงต้องทำการปิดครอบกระบวนการผลิต ทำฉากกันความร้อนจากไอตะกั่ว ใช้น้ำลดปริมาณฝุ่น ใช้เครื่องดูดควันเฉพาะที่ ติดตั้งอุปกรณ์เพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นตะกั่ว และทำการติดตั้งระบบรวบรวมอากาศเสีย เพื่อรวบรวมอากาศเสียเข้าสู่ระบบบำบัดอากาศ

ขั้นตอนที่เกิดไอร้อนมากสุดได้แก่ การหลอม การทำความสะอาดและการผสมตะกั่ว และการหล่อแท่ง ตามลำดับ ดังนั้นจึงทำการติดตั้งฉากกั้นความร้อน ติดตั้งพัดลมดูดอากาศทั่วไป และลดเวลา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

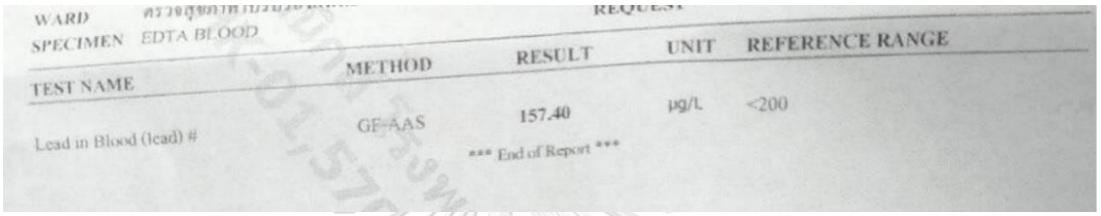
การทำงานให้เหมาะสมกับลักษณะงาน โดยการทำงานของพนักงานซ่อมบำรุงนั้นจัดเป็นงานปานกลาง จึงควรจัดให้ลักษณะการทำงานเป็นแบบเดียวกับการทำงานในระบบการผลิตของโรงงาน พิจารณาตามลักษณะงาน (Work Load) โดยจัดการทำงานในระบบ 25% พัก 75% ใน 1 ชั่วโมง รวมแล้วต่อ 1 วัน พนักงาน 1 คนจะทำงานไม่เกิน 2 ชั่วโมง ซึ่งเป็นไปตามค่าขีดจำกัดสำหรับการสัมผัสในระยะเวลาสั้น ๆ (TLV-STEL) สำหรับการสัมผัสกับสารเคมีสูงสุดในระยะเวลาสั้นๆ ปกติประมาณ 15 นาที โดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย กำหนดขึ้นโดย ACGIH เพื่อเป็นแนวทางหรือข้อแนะนำในการควบคุม และเนื่องจากพนักงานไม่ได้ปฏิบัติงานตลอด ดังนั้นผลกระทบเนื่องจากความร้อนต่อสุขภาพของพนักงานจึงอยู่ในระดับที่ไม่รุนแรงและสามารถป้องกันได้

โดยมีการวางแผนงานเพื่อจัดการทำงานในแต่ละวันว่าเป็นงานประเภทใด ต้องทำงานที่บริเวณใดและควรใช้เวลาเท่าไหร่ในลักษณะงานประเภทนั้น ซึ่งในการทำงานแต่ละวันแผนการทำงานก็จะแตกต่างกันอกไป เพื่อให้เป็นไปตามแนวทางที่วางไว้และการจัดการเวลาที่เหมาะสมกับการทำงานส่วนช่วงเวลาพักที่เป็น 75% ก็จัดให้พนักงานซ่อมบำรุงได้มีการพักผ่อนในห้องพัก และเสริมกิจกรรมเบาๆระหว่างการพักผ่อน เช่น การอบรมเพื่อป้องกันอันตราย หรือการอบรมเพื่อให้ตะหนักถึงอันตรายของสารตะกั่ว เป็นต้น

ดังนี้เพื่อการนำไปดำเนินการให้ไอควันของตะกั่ว ฝุ่นตะกั่ว ไอตะกั่ว และไอร้อนลดลง โดยพิจารณาการทำงานที่ปลอดภัยต่อพนักงาน ได้แก่ 1) การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นตะกั่ว 2) การทำฉากกันความร้อนจากไอตะกั่ว 3) การใช้อุปกรณ์เสริมเพื่ออำนวยความสะดวกในการทำงานของพนักงาน 4) การลดเวลาการทำงานที่ต้องสัมผัสกับความร้อน และ5) การสวมใส่ชุดป้องกัน นอกจากนี้ยังมีขั้นตอนการทำงานที่ชัดเจนตาม Work Instruction ซึ่งสรุปขั้นตอนการทำงานและการป้องกันการสัมผัสตะกั่วในแต่ละขั้นตอนได้ดังตารางที่ 59 และต้องมีมาตรการการเฝ้าระวังสิ่งที่คุกคาม ตลอดจนมีมาตรการเฝ้าระวังด้านสุขภาพ

จากตารางที่ 59 แสดงการเปรียบเทียบวิธีปฏิบัติงานและการป้องกันการสัมผัสตะกั่วของพนักงานทั่วไปกับพนักงานซ่อมบำรุงที่มีการทำงานที่แตกต่างกันแต่ก็มีความจำเป็นที่ต้องมีการป้องกันในลักษณะเดียวกัน และในส่วนของขั้นตอนรับแบตเตอรี่เก่าพนักงานซ่อมบำรุงจะไม่มีหน้าที่ตรงส่วนนี้ซึ่งจะต่างกับพนักงานทั่วไปจึงต้องให้ความสำคัญเพิ่มขึ้น การปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุงเพื่อลดการสัมผัสสารตะกั่วนั้น พนักงานอื่นๆสามารถนำไปใช้ได้

จากผลการตรวจสุขภาพของพนักงานซ่อมบำรุงรายหนึ่งที่มีค่าความเข้มข้นของตะกั่วในเลือดเกินค่าเฝ้าระวัง เมื่อทางโครงการได้ทราบผลดังกล่าว ทางโครงการก็ได้มีมาตรการตรวจสอบ แก้ไขตามขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงอันตรายโดยใช้ FMEA เป็นแนวทางเพื่อวิเคราะห์หารูปแบบการทำงานที่ปลอดภัย และใช้มาตรการป้องกันที่เหมาะสม หลังการดำเนินการปรับปรุงการทำงานเป็นระยะเวลาสิบเดือนพบว่า ปริมาณตะกั่วในเลือดของพนักงานซ่อมบำรุงคนดังกล่าวมีค่าลดลงจาก 461.70 µg/L (46.17 µg/dL) เหลือ 157.40 µg/L (15.74 µg/dL) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ปกติ ดังแสดงในภาพที่ 50 ซึ่งการตรวจวัดจะเป็นวันต่อมาหลังจากพนักงานซ่อมบำรุงกลับมาพักผ่อนที่บ้าน



WARD
SPECIMEN EDTA BLOOD

TEST NAME	METHOD	RESULT	UNIT	REFERENCE RANGE
Lead in Blood (lead) #	GF-AAS	157.40	µg/L	<200

*** End of Report ***

ภาพที่ 50 ผลการตรวจเลือดของพนักงานซ่อมบำรุงในโครงการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้วหลังมีการปรับปรุง

ปัจจัยที่ส่งผลความสำเร็จคือ 1) มีการนำข้อมูลการประเมินความเสี่ยงในทุกด้านมาเป็นข้อมูลประกอบในการค้นหาปัญหา 2) มีแผนการดำเนินงานที่เกิดจากวิเคราะห์สาเหตุ หาแนวทางแก้ไข ร่วมตัดสินใจเลือกแนวทางแก้ไขปัญหา 3) การมีส่วนร่วมในการปรับปรุงสภาพงานตามแผน ซึ่งมีการสื่อสารที่มีศักยภาพ และความสัมพันธ์ที่ดี 4) มีแนวทางปฏิบัติตามคู่มือที่ชัดเจน และ5) มีการติดตามการดำเนินงาน และสรุปผล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.1.1 การเปรียบเทียบผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศ

ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในสถานประกอบการหลังจากมีการดำเนินการตามรูปแบบการทำงานที่ความปลอดภัยของพนักงานซ่อมบำรุง จำนวน 5 สถานี ได้แก่ บริเวณเตาหลอม บริเวณกระทะทำความสะอาด บริเวณกระทะผสม บริเวณเบ้าหล่อแท่งตะกั่ว และบริเวณเครื่องผ่าซากแบตเตอรี่ โดยดัชนีที่ทำการตรวจวัดได้แก่ ปริมาณฝุ่นทุกขนาด (Total Dust) และปริมาณตะกั่ว (Lead) พบว่า ค่าที่ตรวจวัดได้อยู่ในระดับต่ำ และมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) ตามประกาศกระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2520 และมาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการประกอบกิจการโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่เก่า ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ.2544 ทุกสถานีที่ตรวจวัด

จากผลการดำเนินการสามารถวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของปริมาณฝุ่นในอากาศโดยพิจารณาจากค่า TWA ที่คำนวณได้เทียบกับค่ามาตรฐาน (ไม่เกิน 0.33 mg/m^3) ดังแสดงในตารางที่ 55

ค่า TWA ของปริมาณฝุ่นทุกขนาด (ต่ำสุด) จากค่า 0.239 mg/m3 ลดลงเหลือ 0.114 mg/m^3 หรือลดลง 52.30% และ ค่า TWA ของปริมาณฝุ่นทุกขนาด (สูงสุด) จากค่า 0.746 mg/m^3 ลดลงเหลือ 0.254 mg/m3 หรือลดลง 65.95%

ค่า TWA ของปริมาณฝุ่นที่หายใจเข้าปอดได้ (ต่ำสุด) จากค่า 0.054 mg/m^3 ลดลงเหลือ 0.032 mg/m^3 หรือลดลง 40.74% และ ค่า TWA ของปริมาณฝุ่นที่หายใจเข้าปอดได้ (สูงสุด) จากค่า 0.194 mg/m^3 ลดลงเหลือ 0.068 mg/m^3 หรือลดลง 64.95%

ตารางที่ 55 เปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นในอากาศโดยพิจารณาจากค่าTWA

ความเข้มข้นในอากาศ (มก./ลบ.ม)	TWA		อัตราการเปลี่ยนแปลง
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	
ฝุ่นทุกขนาด (ต่ำสุด)	0.239	0.114	-52.30%
ฝุ่นทุกขนาด (สูงสุด)	0.746	0.254	-65.95%
ฝุ่นที่หายใจเข้าปอดได้ (ต่ำสุด)	0.054	0.032	-40.74%
ฝุ่นที่หายใจเข้าปอดได้ (สูงสุด)	0.194	0.068	-64.95%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

และจากผลการเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศ (มก./ลบ.ม) บริเวณที่ปฏิบัติงานค่าความเข้มข้นสารตะกั่วต่ำสุด ได้แก่ บริเวณการผ่าและแยกแบตเตอรี่เก่า บริเวณหน้าเตาหลอม บริเวณเตาทำความสะอาดโลหะตะกั่ว บริเวณห้องควบคุม และปล่องปล่อยสู่อากาศ ลดลงมา 68.97%, 25.27%, 26.32%, 50.00% และ 67.16% ตามลำดับ ส่วนผลการเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศ (มก./ลบ.ม) บริเวณที่ปฏิบัติงานค่าความเข้มข้นสารตะกั่วสูงสุด ได้แก่ บริเวณการผ่าและแยกแบตเตอรี่เก่า บริเวณหน้าเตาหลอม บริเวณเตาทำความสะอาดโลหะตะกั่ว บริเวณห้องควบคุม และปล่องปล่อยสู่อากาศ ลดลงมา 55.75%, 53.70%, 41.97%, 6.58% และ 42.81% ตามลำดับ ดังที่แสดงในตารางที่ 56

ตารางที่ 56 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารตะกั่วในอากาศ (มก./ลบ.ม)

บริเวณปฏิบัติงาน	Pb ต่ำสุด		Pb สูงสุด		อัตราการเปลี่ยนแปลง	
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	Pb ต่ำสุด	Pb สูงสุด
การผ่าและแยกแบตเตอรี่เก่า	0.029	0.009	0.113	0.050	-68.97	-55.75
หน้าเตาหลอม	0.091	0.068	0.216	0.100	-25.27	-53.70
เตาทำความสะอาดโลหะตะกั่ว	0.076	0.056	0.193	0.112	-26.32	-41.97
ห้องควบคุม	0.010	0.005	0.076	0.071	-50.00	-6.58
ปล่องปล่อยสู่อากาศ	2.71	0.89	32	18.3	-67.16	-42.81

5.1.2 การเปรียบเทียบผลการผลการตรวจวัดอุณหภูมิในบรรยากาศการทำงาน

ผลการตรวจวัดอุณหภูมิในบรรยากาศการทำงาน และการคำนวณค่าดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ ซึ่งสภาพบรรยากาศภายนอกท้องฟ้าโปร่งไม่มีฝนตกโดยอุณหภูมิอยู่ที่ 32 องศาเซลเซียส เพื่อประเมินผลกระทบจากความร้อนต่อสุขภาพขอพนักงานที่ปฏิบัติงานในบริเวณแหล่งที่ก่อให้เกิดความร้อนที่สำคัญของโครงการ ได้แก่ เตาหลอม ระบบหล่อเย็น กระทะผสม เบ้าหล่อแท่งตะกั่ว และบริเวณAfter Burner สรุปโดยรวมทั้ง 5 สถานี โดยประเมินเป็นภาพรวมทั้งโรงงาน จากการตรวจพบว่า ระดับอุณหภูมิในบรรยากาศการทำงานมีค่าต่ำกว่า 45องศาเซลเซียสทุกครั้งที่ทำการตรวจวัด ในส่วนของค่าดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ จะมีค่าเกินมาตรฐานอยู่บ่อยครั้ง ซึ่งได้มีการจัดลักษณะการทำงานในระบบการผลิตรวมถึงฝ่ายซ่อมบำรุงของโรงงานเป็นงานเบา โดยทำงานในระบบ 25% พัก 75% ใน 1 ชั่วโมง รวมแล้วต่อ 1 วัน พนักงาน 1 คนจะทำงานไม่เกิน 2 ชั่วโมง แต่พนักงานไม่ได้ทำงานประจำอยู่บริเวณหน้างานตลอดเวลา ดังนั้นผลกระทบเนื่องจากความร้อนต่อสุขภาพของพนักงานจึงอยู่ในระดับที่ไม่รุนแรงและสามารถป้องกันได้ โดยระดับความร้อนในสถานประกอบการจากผลการตรวจวัดระดับอุณหภูมิ DB และ WBGT ในสถานประกอบการช่วงที่ผ่านมาจำนวน 5 สถานี ได้แก่ บริเวณเตาหลอม บริเวณระบบหล่อเย็น บริเวณกระทะผสม บริเวณเบ้าหล่อแท่งตะกั่ว และบริเวณ After Burner พบว่า ระดับอุณหภูมิ DB ที่ตรวจวัดได้มีค่าใกล้เคียงกันกับการตรวจวัดที่ผ่านมาและมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (ความร้อน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตามประกาศกระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2519 สำหรับผลการตรวจวัดระดับอุณหภูมิ WBGT ที่ตรวจวัดได้มีค่าใกล้เคียงกันกับการตรวจวัดที่ผ่านมา และส่วนใหญ่ค่าที่ตรวจวัดได้อยู่ในเกณฑ์มาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการประกอบกิจการโรงงานเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อมในการทำงาน (หมวด 1: ความร้อน, ลักษณะงานเบา, งานปานกลาง, งานหนัก) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2546

5.1.3 การเปรียบเทียบพฤติกรรมการทำงานและการป้องกันอันตรายด้านการยศาสตร์

ในการประเมินความเสี่ยงโดยวิธี RULA และ REBA พบว่า ลักษณะการทำงานที่ไม่เหมาะสมและงานซ้ำซาก ทำให้เกิดอันตรายต่อระบบต่างๆของร่างกาย โดยเฉพาะความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูกโครงร่าง ปัญหาที่พบบ่อย คือ อาการปวดหลัง ปวดคอ และปวดไหล่ การใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ในการทำงานที่ออกแบบไม่เหมาะสม เป็นสาเหตุให้เกิดความล้าและความเจ็บปวดเฉพาะที่ ดังนั้นแนวทางในการแก้ปัญหาตรงส่วนนี้คือ การออกแบบอุปกรณ์เสริมในการทำงานให้เหมาะสมและง่ายต่อการปฏิบัติงานของพนักงาน เช่น จุดที่พนักงานต้องปีนต้องเสริมราวบันไดเพื่อสะดวกต่อการทำงาน พนักงานต้องนั่งคุกเข่าควรหาเก้าอี้เสริมให้เพื่อลดการเมื่อยล้า ส่วนท่ามุดหรือคลาน ควรหาแผ่นรองสไลด์เพื่อง่ายต่อการทำงาน

จากการใช้อุปกรณ์เสริมเพื่ออำนวยความสะดวกในการทำงานของพนักงาน และการลดเวลาการทำงานที่ต้องสัมผัสกับความร้อน ตลอดจนการเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาและจัดกิจกรรมการปรับปรุงสภาพงาน ได้แก่ 1) กิจกรรมอบรมให้ความรู้ 2) กิจกรรมการปรับปรุงสภาพงานและฝึกปฏิบัติท่าทางการทำงานที่ถูกต้อง 3) การออกกำลังกายและกายบริหารสำหรับคนทำงาน 4) คู่มือความปลอดภัยในการทำงาน เมื่อดำเนินตามแผนปฏิบัติการแล้วพบว่า ความเสี่ยงลดลงอยู่ในระดับต่ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการประเมินความเสี่ยงโดยวิธี RULA มีระดับความเสี่ยงอยู่ที่ 7 คะแนน โดยหลังจากที่มีการดำเนินการตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ระดับความเสี่ยงลดลงเหลือ 3 คะแนน แปลผลได้ว่า ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมและติดตามวัดผลอย่างต่อเนื่องอาจจะจำเป็นที่จะต้องมีการออกแบบงานใหม่

จากการประเมินความเสี่ยงโดยวิธี REBA มีระดับความเสี่ยงอยู่ที่ 10 คะแนนโดยหลังจากที่มีการดำเนินการตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ระดับความเสี่ยงลดลงเหลือ 6 คะแนน แปลผลได้ว่า ความเสี่ยงปานกลาง ควรวิเคราะห์เพิ่มเติมและควรได้รับการปรับปรุง

5.1.4 การเปรียบเทียบความเสี่ยงหลังจากการดำเนินการตามมาตรการ

จากมาตรการในการควบคุม ป้องกันการสัมผัสตะกั่วของพนักงาน และจากผลการควบคุมป้องกันการสัมผัสตะกั่วโดยเริ่มปรับปรุงจากจุดที่มีความเสี่ยงมาก ได้แก่ การหลอม, การทำความสะอาดและการผสมตะกั่ว การหล่อแท่ง การย้ายตะกั่วแท่ง และผ่าและแยกแบตเตอรี่เก่า ตามลำดับ

ขั้นตอนการหลอมมีความเสี่ยง เนื่องจากมีการสัมผัสฝุ่นตะกั่ว ไอตะกั่ว ไอร้อน มากที่สุด และไม่มีการระบายอากาศ โดยมีระดับความเสี่ยงอยู่ที่ 12 คะแนน โดยหลังจากที่มีการดำเนินการตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ระดับความเสี่ยงลดลงเหลือ 4 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้

ขั้นตอนการทำความสะอาดและการผสมตะกั่วมีความเสี่ยง เนื่องจากมีการสัมผัสฝุ่นตะกั่ว ไอตะกั่ว และเกิดไอร้อน รองลงมาจากขั้นตอนการหลอม โดยมีระดับความเสี่ยงอยู่ที่ 9 คะแนน โดยหลังจากที่มีการดำเนินการตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ระดับความเสี่ยงลดลงเหลือ 4 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้

ขั้นตอนการหล่อแท่งมีความเสี่ยง เนื่องจากมีการสัมผัสไอตะกั่ว และเกิดไอร้อน โดยมีระดับความเสี่ยงอยู่ที่ 9 คะแนน โดยหลังจากที่มีการดำเนินการตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ระดับความเสี่ยงลดลงเหลือ 4 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้

ขั้นตอนการย้ายตะกั่วแท่งมีความเสี่ยง เนื่องจากมีการสัมผัสฝุ่นตะกั่วและขี้ตะกั่วที่รวบรวบไว้ และอาจเกิดการฟุ้งกระจายได้ โดยมีระดับความเสี่ยงอยู่ที่ 9 คะแนน โดยหลังจากที่มีการดำเนินการตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ระดับความเสี่ยงลดลงเหลือ 4 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้

ขั้นตอนผ่าและแยกแบตเตอรี่เก่ามีความเสี่ยง เนื่องจากมีการสัมผัสตะกั่วจากฝุ่นตะกั่วที่เกิดขึ้นขณะแยกและลำเลียงแผ่นธาตุ โดยมีระดับความเสี่ยงอยู่ที่ 6 คะแนน โดยหลังจากที่มีการดำเนินการตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ระดับความเสี่ยงลดลงเหลือ 2 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้

กรณีที่มีสภาพการทำงานที่ร้อนมีผลให้เกิดฟูม ควัน บางขั้นตอนมีโอกาสเกิดฝุ่น ดังนี้หลังจากมีการปรับปรุง เช่น ติดตั้งฉากกันความร้อนจากไอตะกั่วและความร้อน ถ้าประเมินความเสี่ยง โอกาสจะลดลง ดังนั้นความเสี่ยงจะลดลงด้วย การลดเวลาทำงานลง จะทำให้โอกาสลดลง และการลด workload ลงทำให้โอกาสลดลงด้วยเช่นกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จะเห็นได้ว่าการทำงานในแต่ละขั้นตอนมีความเสี่ยงอยู่ในระดับที่ยอมรับได้เมื่อเทียบกับการประเมินความเสี่ยงก่อนเริ่มดำเนินการ แต่ก็ควรติดตามและเฝ้าระวังอยู่เป็นประจำ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรจัดให้มีการสลับเปลี่ยนพนักงานเข้าไปปฏิบัติงานในบริเวณที่มีความร้อนเป็นช่วงๆ เพื่อลดระยะเวลาการสัมผัสกับความร้อนของพนักงาน

2. ควรมีการเฝ้าระวังอยู่เป็นประจำ และความถี่ในการตรวจสุขภาพ รวมไปถึงการย้ำเตือนถึงอันตรายของสารตะกั่วเพื่อป้องกันการเกิดโรคพิษตะกั่ว และการตรวจสุขภาพพนักงานเข้าใหม่ภายใน 30 วันนับตั้งแต่รับพนักงานเข้าทำงาน

3. การปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุงเพื่อลดการสัมผัสสารตะกั่วนั้น พนักงานอื่นๆสามารถนำไปใช้ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

Balkey, J. P. (1996). Human factors engineering in risk-based inspections. *ASME, NEW YORK, NY,(USA). 6*, 97-106.

Dhillon, B., & Liu, Y. (2006). Human error in maintenance: a review. *Journal of quality in maintenance engineering*.

Dhillon, B., & Yang, N. (1995). Probabilistic analysis of a maintainable system with human error. *Journal of quality in maintenance engineering*.

Dickerson, A. S., Hansen, J., Specht, A. J., Gredal, O., & Weisskopf, M. G. (2019). Population-based study of amyotrophic lateral sclerosis and occupational lead exposure in Denmark. *Occupational and environmental medicine*, *76*(4), 208-214.

Dumková, J., Smutná, T., Vrlíková, L., Le Coustumer, P., Večeřa, Z., Dočekal, B., Mikuška, P., Čapka, L., Fictum, P., & Hampl, A. (2017). Sub-chronic inhalation of lead oxide nanoparticles revealed their broad distribution and tissue-specific subcellular localization in target organs. *Particle and fibre toxicology*, *14*(1), 1-19.

Ericson, C. (2005). Hazard analysis techniques for system safety, Hoboken. In: NJ: Wiley-Interscience. xx.

Ford, T. (1997). Three aspects of aerospace safety. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*.

Hallikas, J., Karvonen, I., Pulkkinen, U., Virolainen, V.-M., & Tuominen, M. (2004). Risk management processes in supplier networks. *International Journal of Production Economics*, *90*(1), 47-58.

Heinrich, H. W., Petersen, D., & Roos, N. (1980). Industrial Accident Prevension: A Safety Management Approach. *New York*.

Latorella, K. A., & Prabhu, P. V. (2017). A review of human error in aviation maintenance and inspection. *Human Error in Aviation*, 521-549.

Levin, S. M., Goldberg, M., & Doucette, J. T. (1997). 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*,

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

31(3), 303-309.

Lingard, H., & Rowlinson, S. (2004). *Occupational health and safety in construction project management*. Routledge.

Maslow, A. H. (1954). The instinctoid nature of basic needs. *Journal of personality*.

Nelson, W. R., Haney, L. N., Ostrom, L. T., & Richards, R. E. (1998). Structured methods for identifying and correcting potential human errors in space operations. *Acta Astronautica*, *43*(3-6), 211-222.

Orawan Phuphisut, & Suleeporn Sangrajang. (2010). Electronic waste and hazardous substances. *Thai Journal of Toxicology*, *25*(1), 67-67.

Patrick, L. (2006). Lead Toxicity, a review of the literature. Part I: Exposure, Evaluation, and treatment. *Alternative medicine review*, *11*(1).

Raman, J., Gargett, A., & Warner, D. (1991). Application of Hazop techniques for maintenance safety on offshore installations. SPE Health, Safety and Environment in Oil and Gas Exploration and Production Conference,

Rankin, W., Hibit, R., Allen, J., & Sargent, R. (2000). Development and evaluation of the maintenance error decision aid (MEDA) process. *International Journal of Industrial Ergonomics*, *26*(2), 261-276.

Rogers, B. (1994). *Occupational health nursing: Concepts and practice*. Saunders.

Salter, N. (2005). Implementation of the Hazards and Effects management Process (HEMP) at Shell Chemical Facilities. 16th Annual Ethylene Producers Conference Alche Annual Meeting New Orleans April2004,

Sarawut Sangkham, & Chumlong Arunlertaree. (2019). Occupational health hazards among solid waste collectors and prevention. *Srinagarind Medical Journal*, *34*(6), 649-657.

Sobolev, V. (2007). Thermophysical properties of lead and lead–bismuth eutectic. *Journal of nuclear materials*, *362*(2-3), 235-247.

Soto-Jiménez, M. F., & Flegal, A. R. (2011). Metal-contaminated indoor and outdoor housedust from a neighborhood Smelter area in Torreón, Mexico. *Procedia Environmental Sciences*, *4*, 134-137.

Staudinger, K. C., & Roth, V. S. (1998). Occupational lead poisoning. *American family physician*, *57*(4), 719.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Taylor, J. C. (2000). The evolution and effectiveness of Maintenance Resource Management (MRM). *International Journal of Industrial Ergonomics*, *26*(2), 201-215.

Thomson, R. M., & Parry, G. J. (2006). Neuropathies associated with excessive exposure to lead. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*, *33*(6), 732-741.

Ward, S. C. (1999). Assessing and managing important risks. *International Journal of Project Management*, *17*(6), 331-336.

Zuijderduijn, C. (2000). Risk management by shell refinery/chemicals at Pernis, The Netherlands. EU Joint Research Centre Conference on Seveso II Safety Cases, Athens,

กฎกระทรวง. (2556). กำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับสารเคมีอันตราย พ.ศ. ๒๕๕๖. http://www3.mol.go.th/sites/default/files/laws/th/chemical2556.pdf

กมลพรรณ ไชยทอง. (2552). ประสิทธิภาพของสาหร่ายไส้ไก่ในการดูดซับโลหะหนักในระบบการเลี้ยงกุ้ง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์].

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2555). ของเสียอันตราย สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม http://bodthai.net/%E0%B8%82%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B9%80%E0%B8%AA%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%AD%E0%B8%B1%E0%B8%99%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%A2-hazardous-waste/

กระทรวงอุตสาหกรรม. (2548). การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม. https://www.diw.go.th/hawk/law/00180774.PDF

กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. (2563). แนวทางการเฝ้าระวัง ป้องกัน ควบคุมโรคพิษตะกั่วในกลุ่มวัยแรงงาน. สำนักพิมพ์อักษรกราฟฟิคแอนด์ดีไซน์.

จำนงค์ ธนะภพ, ศศิธร ธนะภพ, & อุไรวรรณ หมัดอ่าดัม. (2016). ผลของโปรแกรมอาชีว สุขศึกษาต่อการลด การสัมผัสสารตะกั่ว ของช่างหมันในอู่ต่อ เรือจังหวัดนครศรีธรรมราช. วารสารสาธารณสุข มหาวิทยาลัยบูรพา, *10*(2), 77-88.

จิตรา รู้กิจการพานิช. (2557). การออกแบบการทำงาน. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จิตรา รู้กิจการพานิช. (2561). วิศวกรรมความปลอดภัย สำหรับวิศวกรรมอุตสาหการ. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จินตนา ศิริวราศัย, พีระ ศรีสำราญ, วินัย วนากุล, สมิง เก่าเจริญ, อัจฉรา ทองรู, & จารุวรรณ ศรีอาภา. (2544). ระดับตะกั่วในเลือดของกลุ่มคนงานอาชีพเสี่ยงสูงต่อการสัมผัสสารตะกั่ว วารสารเวชศาสตร์สิ่งแวดล้อม.

จุรีพร สุวรรณสา. (2553). การประยุกต์ระบบบริหารความเสี่ยง (*ISO31000)* สำหรับการผลิตตัวเร่งปฏิกิริยาในไส้กรองไอเสียรถยนต์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย].

ณัฏฐนันท์ ยอดวงศ์. (2554). สิ่งแวดล้อมในการทำงาน สภาพการทำงาน และพฤติกรรมการทำงานที่ปลอดภัยของคนงานในสถานประกอบการเคาะพ่นสีรถยนต์.

ปิยะณัฐ วงศ์ประเทศ. (2557). การ วิเคราะห์แนวทางเพื่อลดอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจากการทำงาน : กรณีศึกษางานเสาเข็ม จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย].

มธุรส รุจิรวัฒน์, & จุฑามาศ สัตยาวิวัฒน์. (2549). พิษวิทยาสิ่งแวดล้อม. บริษัท ทรินิตี้ พับลิชชิ่ง จำกัด.

รัตนาภรณ์ อมรรัตนไพจิตร, & สุดธิดา กรุงไกรวงศ์. (2544). การยศาสตร์ในสถานที่ทำงาน. บริษัท เรียงสาม กราฟฟิค ดีไซน์ จำกัด.

วารุณี พันธ์วงศ์. (2015). ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปริมาณสารตะกั่วในเลือด กรณีศึกษา: โรงงานผลิตอะไหล่รถยนต์ จ. สมุทรปราการ. รายงานการประชุม วิชาการ และนำเสนอผลการวิจัยระดับชาติ และนานาชาติกลุ่มระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์, *1*(6), 422-430.

วิชาญ เกี่ยวการ ค้า, พิชญา ตันติเศรณี, & บรรจง วิทยวีร ศักดิ์. (2536). การสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับสุขภาพ และความเสี่ยงต่อการได้รับสารพิษ ขณะทำงานของช่างเชื่อมโลหะ ช่างทาสี/พ่นสี และพนักงานบริการในไนท์คลับในเขตอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.

วิทยา อยู่สุข. (2552). อาชีวอนามัยและความปลอดภัย. ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน กรมแรงงาน. (2530). การกำหนดมาตรฐานความปลอดภัยของตะกั่วในเลือด. กรมแรงงาน กระทรวงมหาดไทย.

สภาวิศวกรแห่งประเทศไทย. (2545). เอกสารวิชาการหมวดที่ *5* ความปลอดภัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน.

สุพรรณิการ์ ธรรมนิทัศนา. (2550). การประยุกต์ใช้มาตรฐานการบริหารความเสี่ยงสำหรับองค์กรอุตสาหกรรมการผลิต กรณีศึกษาอุตสาหกรรมแปรรูปกระดาษ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย].

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก.

เหตุผลการให้คะแนนการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากการทำงานของพนักงานซ่อมบำรุงก่อนปรับปรุง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 57 เหตุผลการให้คะแนนในการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากการทำงานของพนักงานซ่อมบำรุงก่อนปรับปรุง

ขั้นตอน	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานทั่วไป	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุง	โอกาสสัมผัสตะกั่ว	คะแนน (L)	ความรุนแรง	คะแนน (C)	คะแนนความเสี่ยง (LxC)	ระดับความเสี่ยง
1. ผ่าและแยกแบตเตอรี่เก่า	- พนักงานลำเลียงซาก Battery โดยนำใส่ Pallet แล้วใช้รถโฟล์คลิฟท์ตักมาใส่ Charger Hoper ซาก Battery ไหลลงสายพาน No.1 เพื่อลำเรียงซาก Battery เข้าเครื่อง Pre Breaker เพื่อบดแยกน้ำกรดลงสายพาน No.2 เข้าเครื่อง Breaker เพื่อบดพลาสติกให้ละเอียดเพื่อป้อนเข้าเครื่องตัดเอาฝาออก และเครื่อง	- พนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงมีหน้าที่ตรวจเช็คและแก้ไขการแบตเตอรี่ที่ติดขัดกับใบมีดของเครื่องจักรที่ทำให้ไม่สามารถผ่าแยกแบตเตอรี่ได้ และตรวจเช็คการทำงานต่างๆของเครื่องจักรทั้งระบบ - ตรวจเช็ค Screw Conveyer ในการปั่นขี้เลนเพื่อป้องกันการอุดตันและเข้าสู่ Press Filter	- โอกาสที่พนักงานจะสัมผัสตะกั่วในขั้นตอนนี้เนื่องจากในขั้นตอนนี้แผ่นเซลล์จะมีความชื้น แม้จะใช้เครื่องในการผ่าและแยกเป็นหลัก แต่ก็มีการสูดดมฟูม ฝุ่นตะกั่วจากขั้นตอนการผ่าและแยกแบตเตอรี่ มีฝุ่นตะกั่วเกิดขึ้นขณะแยกและลำเลียงแผ่นธาตุ เนื่องจากพนักงานใส่หน้ากากป้องกันสารเคมีไม่เหมาะสม - มีการสัมผัสขี้เลนที่มี	3	- ทำให้เกิดการสะสมของตะกั่วในร่างกายและเกิดโรคพิษตะกั่วได้ - ทำให้เกิดอาการแพ้ผิวหนังเป็นผื่นคัน - ทำให้เสียเหงื่อมากและอ่อนเพลียได้ - ปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ	2	6	M

ขั้นตอน	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานทั่วไป	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุง	โอกาสสัมผัสตะกั่ว	คะแนน (L)	ความรุนแรง	คะแนน (C)	คะแนนความเสี่ยง (LxC)	ระดับความเสี่ยง
	แยกเซลล์แบตเตอรี่แผ่นธาตุที่ถูกแยกจะตกลงบนสายพานลำเลียง และเลื่อนไปตามสายพานเข้าสู่ห้องเก็บเซลล์แบตเตอรี่ ส่วนที่เป็นพลาสติกจะไหลไปตามสายพานเข้าสู่เครื่องฉีดล้าง เปลือก Battery ในอ่างเพื่อปั่นล้างในถัง Filter Press จะทำหน้าที่แยกตะกั่ว ขี้เลน และทำการบำบัดแยกน้ำดีและน้ำเสีย จากนั้นทำการสลัดให้	- ตรวจเช็ค Balance ของน้ำในถังบำบัด - พนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงบางครั้งจะต้องมุดเข้าไปในเครื่องหรือมีการปีนขึ้นไปบนเครื่องเพื่อทำการซ่อมแซมและแก้ไข	ส่วนผสมของตะกั่ว และน้ำในถังบำบัด เนื่องจากพนักงานไม่สวมถุงมือในขณะทำงาน และชุดในการทำงานไม่เหมาะสม - ในการทำงานมีท่าทางการทำงานไม่ถูกต้อง ซึ่งทำให้ต้องทำงานบริเวณนั้นนานขึ้น โอกาสที่จะสัมผัสตะกั่วก็สูงขึ้น เนื่องจากความร้อนจากเครื่องผ่าแบตเตอรี่ รวมทั้งน้ำกรดที่หกตามพื้นที่แห้งกลายเป็นฝุ่น และพนักงานยืนทำงานหน้าเครื่องตลอดและ การ					

ขั้นตอน	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานทั่วไป	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุง	โอกาสสัมผัสตะกั่ว	คะแนน (L)	ความรุนแรง	คะแนน (C)	คะแนนความเสี่ยง (LxC)	ระดับความเสี่ยง
	แห้ง และส่งไปยัง Hydro Separator เพื่อแยก PP, PE, Metallic, Fine Metallic ส่วนฝาจะตกลงบนอ่างพลาสติก เมื่อเต็มอ่าง รถจะตักไปรอเข้าเครื่องบดพลาสติก ส่วนน้ำกรดจะไหลไปสู่รางรวมน้ำกรดที่อยู่บริเวณใต้เครื่องผ่า		ระบายอากาศไม่เพียงพอ					
2. การหลอม (รวมขั้นตอนการเทวัตถุดิบ/การ	- พนักงานจะใช้รถตักวัตถุดิบ เทลงแท่น TRF Charger เพื่อเตรียมเทวัตถุดิบ	- พนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงมีหน้าที่ตรวจเช็คและแก้ไขการทำงานของเตาหลอม	- ในจุดนี้พนักงานมีความเสี่ยงในการสัมผัสฝุ่นตะกั่วและไอตะกั่วได้ในขณะที่มีการเปิดฝาเตาเพื่อเท	3	- ทำให้เกิดการสะสมของตะกั่วในร่างกายและเกิดโรคพิษตะกั่วได้	4	12	E

ขั้นตอน	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานทั่วไป	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุง	โอกาสสัมผัสตะกั่ว	คะแนน (L)	ความรุนแรง	คะแนน (C)	คะแนนความเสี่ยง (LxC)	ระดับความเสี่ยง
เจาะ Slag และน้ำตะกั่วออกจากเตา)	ทั้งหมดลงสู่ Rotary Furnace TRF เพื่อเข้าสู่กระบวนการหลอมตะกั่ว โดยทำการเปิดฝาเตา และเทวัตถุดิบจากแท่น TRF Charger ใส่ลงใน Rotary Furnace TRF เมื่อเทเสร็จแท่น TRF Charger จะเลื่อนถอยออกมา จากนั้นก็ทำการปิดฝาเตา - เมื่อหลอมเสร็จ พนักงานจะใช้เหล็กตอกเข้าไปทางรูที่เตรียมไว้ แล้วดึงเหล็ก	- ตรวจเช็ค Burner และอุปกรณ์ต่างๆของเครื่องจักรให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ - พนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงบางครั้งจะต้องมุดเข้าไปในเครื่องหรือมีการปีนขึ้นไปบนเครื่องเพื่อทำการซ่อมแซมและแก้ไข	วัตถุดิบลงเตา และปิดฝาเตาหลังจากเทเสร็จ เนื่องจากมีการสัมผัสความร้อนจากเตาหลอมตะกั่ว และไม่มีการระบายอากาศ - พนักงานอาจได้รับฝุ่นหรือไอตะกั่วได้มากที่สุด เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีการฟุ้งกระจายของฝุ่นตะกั่วได้มากที่สุด และเนื่องจากพนักงานใส่หน้ากากป้องกันสารเคมีไม่เหมาะสม - ในการทำงานมีท่าทางการทำงานไม่ถูกต้อง ซึ่งทำให้ต้องทำงานบริเวณ		- ทำให้เกิดอาการแพ้ผิวหนังเป็นผื่นคัน - ทำให้เสียเหงื่อมากและอ่อนเพลียได้ - ปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ			

ขั้นตอน	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานทั่วไป	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุง	โอกาสสัมผัสตะกั่ว	คะแนน (L)	ความรุนแรง	คะแนน (C)	คะแนนความเสี่ยง (LxC)	ระดับความเสี่ยง
	ที่เจาะรูระบายเพื่อเปิดรูระบายออกเพื่อให้ Slag และตะกั่วไหลออกไปยังกระทะทำความสะอาดเพื่อแยกตะกั่ว และ Slag ออกจากกัน รอจนหมดจึงใช้ดินเหนียวทนไฟปิดรูระบาย		นั้นนานขึ้น โอกาสที่จะสัมผัสตะกั่วก็สูงขึ้น เนื่องจากความร้อนที่บริเวณเตาหลอมสูง และการระบายอากาศไม่เพียงพอ					
3. การทำความสะอาดน้ำตะกั่ว และการผสมตะกั่ว	- เมื่อน้ำตะกั่วไหลออกจากเตาจะมีเบ้ารับน้ำตะกั่วซึ่งจะไหลลงราง เมื่อน้ำตะกั่วมีจำนวนมากพอพนักงานจะกดสวิทช์ปั่นมอเตอร์กวน	- พนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงมีหน้าที่ตรวจเช็คและแก้ไขการทำงานของเตาหลอมและกระทะทำความสะอาดน้ำตะกั่ว ขณะที่น้ำ	- ในจุดนี้พนักงานมีความเสี่ยงในการสัมผัสฝุ่นตะกั่วและไอตะกั่วได้ในขณะที่มีการเปิดฝากระทะเพื่อตักขี้ตะกั่ว และเติมสารปรุงแต่ง	3	- ทำให้เกิดการสะสมของตะกั่วในร่างกายและเกิดโรคพิษตะกั่วได้ - ทำให้เกิดอาการแพ้ผิวหนังเป็นผื่นคัน	3	9	H

ขั้นตอน	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานทั่วไป	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุง	โอกาสสัมผัสตะกั่ว	คะแนน (L)	ความรุนแรง	คะแนน (C)	คะแนนความเสี่ยง (LxC)	ระดับความเสี่ยง
	และเร่งอุณหภูมิขึ้นที่ 500 °C โดยใช้เวลาประมาณ 30 นาที จึงหยุดกวนเปิด จากนั้นเปิดฝาครอบกระทะเล็กน้อยพอให้ทัพพีเหล็กสอดลงไปได้ จึงตักขี้ตะกั่วออกใส่ลงในภาชนะเหล็กที่มีฝาปิด เมื่อตักจนหมดแล้ว จึงใช้ปั๊มที่ติดตั้งไว้แล้วดูดน้ำตะกั่วมาใส่อีกกระทะหนึ่ง เพื่อรอผสมต่อไป	ตะกั่วไหลไปยังเบ้ารับน้ำตะกั่ว และควบคุมอุณหภูมิของน้ำตะกั่ว - ตรวจเช็ค การทำงานของอุปกรณ์ต่างๆให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ - พนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงบางครั้งจะต้องมุดเข้าไปในเครื่องหรือมีการปีนขึ้นไปบนเครื่องเพื่อทำการซ่อมแซมและแก้ไข			- ทำให้เสียเหงื่อมากและอ่อนเพลียได้ - ปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ			
4. การหล่อแท่ง	- เมื่อผสมเสร็จแล้วพนักงานจะปั๊มน้ำ	- พนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงมีหน้าที่ตรวจเช็ค	- ไอของตะกั่วที่ในขณะที่เทตะกั่วลงพิมพ์	3	- ทำให้เกิดการสะสมของตะกั่วในร่างกาย	3	9	H

ขั้นตอน	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานทั่วไป	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุง	โอกาสสัมผัสตะกั่ว	คะแนน (L)	ความรุนแรง	คะแนน (C)	คะแนนความเสี่ยง (LxC)	ระดับความเสี่ยง
	ตะกั่วสู่เบ้าเทพิมพ์ที่ความร้อนประมาณ 440 °C ที่เครื่องหล่อก้อน และที่ปลายเครื่องตะกั่วที่ถูกหล่อเป็นก้อนจะถูกเรียงเป็น Bundle ซึ่งพนักงานจะใช้แถบลวดเหล็กมัด Bundle เพื่อให้รถโฟล์คลิฟท์ยกไปเก็บเข้าสโตร์ต่อไป	และแก้ไขการทำงานของปั๊ม ในการปั๊มน้ำตะกั่วสู่เบ้าเทพิมพ์และควบคุมอุณหภูมิของน้ำตะกั่ว - ตรวจเช็ค การทำงานของอุปกรณ์ต่างๆให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ - พนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงบางครั้งจะต้องมุดเข้าไปในเครื่องหรือมีการปีนขึ้นไปบนเครื่องเพื่อทำการซ่อมแซมและแก้ไข			และเกิดโรคพิษตะกั่วได้ - ทำให้เกิดอาการแพ้ผิวหนังเป็นผื่นคัน - ทำให้เสียเหงื่อมากและอ่อนเพลียได้ - ปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ			
5. การ	- พนักงานจะถูก	- พนักงานฝ่ายซ่อม	- จุดนี้พนักงานมีโอกาส	3	- ทำให้เกิดการสะสม	3	9	H

ขั้นตอน	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานทั่วไป	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุง	โอกาสสัมผัสตะกั่ว	คะแนน (L)	ความรุนแรง	คะแนน (C)	คะแนนความเสี่ยง (LxC)	ระดับความเสี่ยง
โยกย้ายตะกั่วแท่ง, Slag, ขี้ตะกั่ว และฝุ่นไปเก็บยังสถานที่จัดเก็บ	กำหนดให้ใช้อุปกรณ์ตามความจำเป็นแต่ละประเภท เพราะมีโอกาสสัมผัสตะกั่วได้ไม่เท่ากัน พนักงานที่ทำหน้าที่เคลื่อนย้ายตะกั่วแท่ง, Slag, ขี้ตะกั่ว และฝุ่น จะปฏิบัติงานอยู่ภายในรถเนื่องจากจะใช้รถในการเคลื่อนย้าย	บำรุงบางครั้งจะต้องมุดเข้าไปในเครื่องหรือมีการปีนขึ้นไปบนเครื่องเพื่อทำการซ่อมแซมและแก้ไข	สัมผัสกับฝุ่นตะกั่วและขี้ตะกั่วที่รวบรวบไว้หากภาชนะที่ใช้บรรจุปิดไม่มิดชิด อาจเกิดการฟุ้งกระจายได้		ของตะกั่วในร่างกายและเกิดโรคพิษตะกั่วได้ - ทำให้เกิดอาการแพ้ผิวหนังเป็นผื่นคัน - ทำให้เสียเหงื่อมากและอ่อนเพลียได้ - ปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ			

ภาคผนวก ข.

เหตุผลการให้คะแนนการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากการทำงานของพนักงานซ่อมบำรุงหลังปรับปรุง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 58 เหตุผลการให้คะแนนในการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากการทำงานของพนักงานซ่อมบำรุงหลังมีการปรับปรุง

ขั้นตอน	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานทั่วไป	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุง	โอกาสสัมผัสตะกั่ว	คะแนน (L)	ความรุนแรง	คะแนน (C)	คะแนนความเสี่ยง (LxC)	ระดับความเสี่ยง
1. ผ่าและแยกแบตเตอรี่เก่า	- พนักงานลำเลียงซาก Battery โดยนำใส่ Pallet แล้วใช้รถโฟล์คลิฟท์ตักมาใส่ Charger Hoper ซาก Battery ไหลลงสายพาน No.1 เพื่อลำเรียงซาก Battery เข้าเครื่อง Pre Breaker เพื่อบดแยกน้ำกรดลงสายพาน No.2 เข้าเครื่อง Breaker เพื่อบดพลาสติกให้ละเอียดเพื่อป้อนเข้าเครื่องตัดเอาฝาออก และเครื่อง	- พนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงมีหน้าที่ตรวจเช็คและแก้ไขการแบตเตอรี่ที่ติดขัดกับใบมีดของเครื่องจักรที่ทำให้ไม่สามารถผ่าแยกแบตเตอรี่ได้ และตรวจเช็คการทำงานต่างๆของเครื่องจักรทั้งระบบ - ตรวจเช็ค Screw Conveyer ในการปั่นขี้เลนเพื่อป้องกันการอุดตันและเข้าสู่ Press Filter	- โอกาสที่พนักงานจะสัมผัสตะกั่วในขั้นตอนนี้จะค่อนข้างน้อยเนื่องจากในขั้นตอนนี้แผ่นเซลล์จะมีความชื้น โดยจะใช้เครื่องในการผ่าและแยกเป็นหลัก และมีการปรับปรุงไม่ให้น้ำที่ผสตะกั่วหกเลอะเทอะบริเวณพื้นที่ทำงาน	2	- ทำให้เกิดการสะสมของตะกั่วในร่างกายและเกิดโรคพิษตะกั่วได้ - ทำให้เกิดอาการแพ้ผิวหนังเป็นผื่นคัน	1	2	L

ขั้นตอน	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานทั่วไป	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุง	โอกาสสัมผัสตะกั่ว	คะแนน (L)	ความรุนแรง	คะแนน (C)	คะแนนความเสี่ยง (LxC)	ระดับความเสี่ยง
	แยกเซลล์แบตเตอรี่แผ่นธาตุที่ถูกแยกจะตกลงบนสายพานลำเลียง และเลื่อนไปตามสายพานเข้าสู่ห้องเก็บเซลล์แบตเตอรี่ ส่วนที่เป็นพลาสติกจะไหลไปตามสายพานเข้าสู่เครื่องฉีดล้าง เปลือก Battery ในอ่างเพื่อปั่นล้างในถัง Filter Press จะทำหน้าที่แยกตะกั่ว ขี้เลน และทำการบำบัดแยกน้ำดีและน้ำเสีย จากนั้นทำการสลัดให้	- ตรวจเช็ค Balance ของน้ำในถังบำบัด - พนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงไม่ต้องมุดเข้าไปในเครื่อง หรือมีการปีนขึ้นไปบนเครื่องเพื่อทำการซ่อมแซมและแก้ไข เนื่องจากมีการติดตั้งบรรไดด้านข้างและด้านใต้ เพื่อช่วยในการทำงานให้สะดวกขึ้น						

ขั้นตอน	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานทั่วไป	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุง	โอกาสสัมผัสตะกั่ว	คะแนน (L)	ความรุนแรง	คะแนน (C)	คะแนนความเสี่ยง (LxC)	ระดับความเสี่ยง
	แห้ง และส่งไปยัง Hydro Separator เพื่อแยก PP, PE, Metallic, Fine Metallic ส่วนฝาจะตกลงบนอ่างพลาสติก เมื่อเต็มอ่าง รถจะตักไปรอเข้าเครื่องบดพลาสติก ส่วนน้ำกรดจะไหลไปสู่รางรวมน้ำกรดที่อยู่บริเวณใต้เครื่องผ่า							
2. การหลอม (รวมขั้นตอนการเทวัตถุดิบ/การ	- พนักงานจะใช้รถตักวัตถุดิบ เทลงแท่น TRF Charger เพื่อเตรียมเทวัตถุดิบ	- พนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงมีหน้าที่ตรวจเช็คและแก้ไขการทำงานของเตาหลอมโดย	- ในจุดนี้พนักงานมีความเสี่ยงในการสัมผัสฝุ่นตะกั่วและไอตะกั่วเล็กน้อยในขณะที่มีการเปิดฝาเตาเพื่อ	2	- ทำให้เกิดการสะสมของตะกั่วในร่างกายและเกิดโรคพิษตะกั่วได้	2	4	M

ขั้นตอน	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานทั่วไป	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุง	โอกาสสัมผัสตะกั่ว	คะแนน (L)	ความรุนแรง	คะแนน (C)	คะแนนความเสี่ยง (LxC)	ระดับความเสี่ยง
เจาะ Slag และน้ำตะกั่วออกจากเตา)	ทั้งหมดลงสู่ Rotary Furnace TRF เพื่อเข้าสู่กระบวนการหลอมตะกั่ว โดยทำการเปิดฝาเตา และเทวัตถุดิบจากแท่น TRF Charger ใส่ลงใน Rotary Furnace TRF เมื่อเทเสร็จแท่น TRF Charger จะเลื่อนถอยออกมา จากนั้นก็ทำการปิดฝาเตา พนักงานไม่ต้องกดสวิทซ์ เพราะมีระบบควบคุมอัตโนมัติไว้ควบคุมแรงดูดด้านบนฝาเตาด้วย	บริเวณนั้นจะมี Hood ดูดควันเพื่อไม่ให้ควันฟุ้งกระจาย - ตรวจเช็ค Burner และอุปกรณ์ต่างๆของเครื่องจักรให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ - พนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงไม่ต้องมุดเข้าไปในเครื่อง หรือมีการปีนขึ้นไปบนเครื่องเพื่อทำการซ่อมแซมและแก้ไข เนื่องจากมีการติดตั้งบรรไดด้านข้างและด้านใต้ เพื่อช่วยในการทำงานให้สะดวกขึ้น	เทวัตถุดิบลงเตา และปิดฝาเตาหลังจากเทเสร็จ เนื่องจากมีการปรับปรุงปากเตาให้เล็กลง และมี Hood ดูดที่ปากเตาและ Charger และมีแผ่นอลูมิเนียมกั้นบริเวณโดยรอบ		- ทำให้เกิดอาการแพ้ผิวหนังเป็นผื่นคัน			

ขั้นตอน	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานทั่วไป	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุง	โอกาสสัมผัสตะกั่ว	คะแนน (L)	ความรุนแรง	คะแนน (C)	คะแนนความเสี่ยง (LxC)	ระดับความเสี่ยง
	โดยที่เหนือฝาเตาจะมี Hood ดูดอากาศเพียงพอที่จะไม่ให้มีฝุ่น หรือไอตะกั่วฟุ้งกระจายออกมา - เมื่อหลอมเสร็จพนักงานจะต้องสวมอุปกรณ์ป้องกันความร้อนแล้วใช้เหล็กตอกเข้าไปทางรูที่เตรียมไว้ แล้วดึงเหล็กที่เจาะรูระบายเพื่อเปิดรูระบายออกเพื่อให้ Slag และตะกั่วไหลออกไปยังกระทะทำความสะอาดเพื่อแยก							

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอน	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานทั่วไป	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุง	โอกาสสัมผัสตะกั่ว	คะแนน (L)	ความรุนแรง	คะแนน (C)	คะแนนความเสี่ยง (LxC)	ระดับความเสี่ยง
	ตะกั่ว และ Slag ออกจากกัน รอจนหมดจึงใช้ดินเหนียวทนไฟปิดรูระบายSlag แล้วจึงปิด Damper ดูดควัน							
3. การทำความสะอาดน้ำตะกั่ว และการผสมตะกั่ว	- เมื่อน้ำตะกั่วไหลออกจากเตาจะมีเบ้ารับน้ำตะกั่วซึ่งจะไหลลงรางที่มีฝาครอบและ Hood ดูดควันปิดไว้ทั้งหมด เมื่อน้ำตะกั่วมีจำนวนมากพอพนักงานจะกดสวิทช์ปั่นมอเตอร์กวนและเร่งอุณหภูมิขึ้นที่ 500 °C	- พนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงมีหน้าที่ตรวจเช็คและแก้ไขการทำงานของเตาหลอม และกระทะทำความสะอาดน้ำตะกั่ว ขณะที่น้ำตะกั่วไหลไปยังเบ้ารับน้ำตะกั่ว และควบคุมอุณหภูมิของน้ำตะกั่วโดยบริเวณนั้นจะมี	- ในจุดนี้พนักงานมีความเสี่ยงในการสัมผัสฝุ่นตะกั่วและไอตะกั่วเล็กน้อยในขณะที่มีการเปิดฝากระทะเพื่อตักขี้ตะกั่ว และเติมสารปรุงแต่ง เนื่องจากตะกั่วที่ไหลลงรางที่มีฝาครอบ และมีฉากกั้นบริเวณเตาหลอมและกระทะทำความสะอาด	2	- ทำให้เกิดการสะสมของตะกั่วในร่างกายและเกิดโรคพิษตะกั่วได้ - ทำให้เกิดอาการแพ้ผิวหนังเป็นผื่นคัน - ทำให้เสียเหงื่อมากและอ่อนเพลียได้		4	M

ขั้นตอน	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานทั่วไป	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุง	โอกาสสัมผัสตะกั่ว	คะแนน (L)	ความรุนแรง	คะแนน (C)	คะแนนความเสี่ยง (LxC)	ระดับความเสี่ยง
	โดยใช้เวลาประมาณ 30 นาที จึงหยุดกวน เปิด Damper ดูดอากาศจากเดิมที่เปิดไว้ 50% เป็น 100% ของท่อดูด จากนั้นเปิดฝาครอบกระทะเล็กน้อยพอให้ทัพพีเหล็กสอดลงไปได้ จึงตักขี้ตะกั่วออกใส่ลงในภาชนะเหล็กที่มีฝาปิด เมื่อตักจนหมดแล้ว จึงใช้ปั๊มที่ติดตั้งไว้แล้วดูดน้ำตะกั่วมาใส่อีกกระทะหนึ่ง เพื่อรอผสมต่อไป	Hood ดูดควันเพื่อไม่ให้ควันฟุ้งกระจาย - ตรวจเช็ค การทำงานของอุปกรณ์ต่างๆให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ						
4. การหล่อ	- เมื่อผสมเสร็จแล้ว	- พนักงานฝ่ายซ่อม	- มีไอของตะกั่วค่อนข้าง	2	- ทำให้เกิดการสะสม	2	4	M

ขั้นตอน	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานทั่วไป	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุง	โอกาสสัมผัสตะกั่ว	คะแนน (L)	ความรุนแรง	คะแนน (C)	คะแนนความเสี่ยง (LxC)	ระดับความเสี่ยง
แท่ง	พนักงานจะปั๊มน้ำตะกั่วสู่เบ้าเทพิมพ์ที่ความร้อนประมาณ 440 °C ที่เครื่องหล่อก้อนจะมี Hood ดูดควันเพื่อไม่ให้ควันฟุ้งกระจาย และที่ปลายเครื่องตะกั่วที่ถูกหล่อเป็นก้อนจะถูกเรียงเป็น Bundle ซึ่งพนักงานจะใช้แถบลวดเหล็กมัด Bundle เพื่อให้รถโฟล์คลิฟท์ยกไปเก็บเข้าสโตร์ต่อไป	บำรุงมีหน้าที่ตรวจเช็คและแก้ไขการทำงานของปั๊ม ในการปั๊มน้ำตะกั่วสู่เบ้าเทพิมพ์และควบคุมอุณหภูมิของน้ำตะกั่ว โดยบริเวณนั้นจะมี Hood ดูดควันเพื่อไม่ให้ควันฟุ้งกระจาย - ตรวจเช็ค การทำงานชองอุปกรณ์ต่างๆให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ	น้อยที่ในขณะที่เทตะกั่วลงพิมพ์ เนื่องจากมี Hood และมีฝาครอบ		ของตะกั่วในร่างกายและเกิดโรคพิษตะกั่วได้ - ทำให้เกิดอาการแพ้ผิวหนังเป็นผื่นคัน - ทำให้เสียเหงื่อมากและอ่อนเพลียได้			
5. การโยกย้ายตะกั่ว	- พนักงานจะถูกกำหนดให้ใช้อุปกรณ์	- พนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงจะถูกกำหนดให้	- จุดนี้พนักงานมีโอกาสสัมผัสกับฝุ่นตะกั่วและขี้	2	- ทำให้เกิดการสะสมของตะกั่วในร่างกาย	2	4	M

ขั้นตอน	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานทั่วไป	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุง	โอกาสสัมผัสตะกั่ว	คะแนน (L)	ความรุนแรง	คะแนน (C)	คะแนนความเสี่ยง (LxC)	ระดับความเสี่ยง
แท่ง, Slag, ขี้ตะกั่ว และฝุ่น ไปเก็บยังสถานที่จัดเก็บ	ตามความจำเป็นแต่ละประเภท เพราะมีโอกาสสัมผัสตะกั่วได้ไม่เท่ากัน พนักงานที่ทำหน้าที่เคลื่อนย้ายตะกั่วแท่ง, Slag, ขี้ตะกั่ว และฝุ่น จะปฏิบัติงานอยู่ภายในรถเนื่องจากจะใช้รถในการเคลื่อนย้าย	ใช้อุปกรณ์ป้องกันการเพื่อลดโอกาสสัมผัสตะกั่วที่เหมาะสมและต้องปฏิบัติโดยเคร่งครัด - ตรวจเช็ค การทำงานชองอุปกรณ์ต่างๆให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ	ตะกั่วที่รวบรวบไว้เล็กน้อยเนื่องจากภาชนะที่ใช้บรรจุปิดมิดชิด		และเกิดโรคพิษตะกั่วได้ - ทำให้เกิดอาการแพ้ผิวหนังเป็นผื่นคัน - ทำให้เสียเหงื่อมากและอ่อนเพลียได้			

ภาคผนวก ค.

เปรียบเทียบวิธีปฏิบัติงานและการป้องกันการสัมผัสตะกั่วของพนักงานทั่วไปกับพนักงานซ่อมบำรุง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 59 เปรียบเทียบวิธีปฏิบัติงานและการป้องกันการสัมผัสตะกั่วของพนักงานทั่วไปกับพนักงานซ่อมบำรุง

ขั้นตอน	โอกาสสัมผัสตะกั่ว	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานทั่วไป	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุง	การป้องกันการสัมผัสตะกั่วขณะปฏิบัติงาน
1. รับแบตเตอรี่เก่า	- โอกาสที่พนักงานในจุดนี้จะได้รับสารตะกั่วมีน้อยมาก เพราะไม่มีไอตะกั่ว จะมีเพียงกรดอ่อนที่อาจรั่วไหลจากแบตเตอรี่	- เมื่อรถมาส่งแบตเตอรี่เก่าจะผ่านการชั่งที่หน้าโรงงาน แล้วรถจะวิ่งเข้าไปในโกดังเก็บแบตเตอรี่เก่า จากนั้นพนักงานจะลำเลียงไปกองเรียบร้อย รถก่อนวิ่งออกจากโกดังจะผ่านที่ฉีดล้างล้อ และก่อนจะออกจากโรงงานจะต้องวิ่งผ่านบ่อล้างล้อที่หน้าโรงงานอีกครั้ง	- พนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงไม่มีหน้าที่ตรงส่วนนี้	1. ขณะปฏิบัติงานพนักงานต้องแต่งกาย และสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลตามที่กำหนดดังนี้ สวมเสื้อแขนยาว, กางเกงขายาว, ผ้าปิดจมูก, ถุงมือยาง, รองเท้าบู๊ทยาง, เอี๊ยมยาง และหมวกนิรภัย 2. รถบรรทุกซากแบตเตอรี่ ต้องทำการฉีดล้างล้อก่อนจะออกจากโกดังเก็บแบตเตอรี่ และผ่านบ่อล้างล้อที่หน้าโรงงานก่อนออกจากโรงงานอีกครั้ง เพื่อป้องกันฝุ่นตะกั่วติดล้อรถออกสู่ภายนอก 3. การเก็บกองแบตเตอรี่จะต้องกองให้เรียบร้อย 4. สำหรับการซ่อมบำรุงกำหนดให้จะต้องใส่ชุดกรองฝุ่นพิเศษ
2. ผ่าและแยก	- โอกาสที่พนักงานจะสัมผัส	- พนักงานลำเลียงซาก Battery	- พนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงมี	1. ขณะปฏิบัติงานพนักงานต้องแต่งกาย และ

ขั้นตอน	โอกาสสัมผัสตะกั่ว	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานทั่วไป	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุง	การป้องกันการสัมผัสตะกั่วขณะปฏิบัติงาน
แบตเตอรี่เก่า	ตะกั่วในขั้นตอนนี้จะค่อนข้างน้อยเนื่องจากในขั้นตอนนี้แผ่นเซลล์จะมีความชื้น โดยจะใช้เครื่องในการผ่าและแยกเป็นหลัก และมีการปรับปรุงไม่ให้น้ำที่ผสมตะกั่วหกเลอะเทอะบริเวณพื้นที่ทำงาน	โดยนำใส่ Pallet แล้วใช้รถโฟล์คลิฟท์ตักมาใส่ Charger Hoper ซาก Battery ไหลลงสายพาน No.1 เพื่อลำเรียงซาก Battery เข้าเครื่อง Pre Breaker เพื่อบดแยกน้ำกรดลงสายพาน No.2 เข้าเครื่อง Breaker เพื่อบดพลาสติกให้ละเอียด เพื่อป้อนเข้าเครื่องตัดเอาฝาออก และเครื่องแยกเซลล์แบตเตอรี่ แผ่นธาตุที่ถูกแยกจะตกลงบนสายพานลำเลียง และเลื่อนไปตามสายพานเข้าสู่ห้องเก็บเซลล์แบตเตอรี่ส่วนที่เป็นพลาสติกจะไหลไปตามสายพานเข้าสู่เครื่องฉีดล้างเปลือก Battery ในอ่างเพื่อปั่นล้างใน	หน้าที่ตรวจเช็คและแก้ไขการแบตเตอรี่ที่ติดขัดกับใบมีดของเครื่องจักรที่ทำให้ไม่สามารถผ่าแยกแบตเตอรี่ได้ และตรวจเช็คการทำงานต่างๆของเครื่องจักรทั้งระบบ - ตรวจเช็ค Screw Conveyer ในการปั่นขี้เลนเพื่อป้องกันการอุดตันและเข้าสู่ Press Filter - ตรวจเช็ค Balance ของน้ำในถังบำบัด	สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลตามที่กำหนดดังนี้ สวมเสื้อแขนยาว, กางเกงขายาว, หน้ากาก ป้องกันฝุ่นและไอกรด, ถุงมือยาง, รองเท้าบู๊ทยาง, เอี๊ยมยาง และหมวกนิรภัย 2. ใช้เครื่องผ่าและเครื่องแยกเซลล์แทนการใช้พนักงาน เพื่อลดการสัมผัสตะกั่วและน้ำกรดของพนักงาน 3. การลำเลียงจะใช้ระบบสายพาน เพื่อลดการสัมผัสตะกั่วและน้ำกรด 4. จัดให้มีถาด Stainless รองรับน้ำกรดบริเวณใต้เครื่องผ่าและเครื่องแยกเซลล์แบตเตอรี่ เพื่อป้องกันน้ำกรดหกลงพื้นและแห้งกลายเป็นฝุ่นฟุ้งกระจายได้ 5. น้ำกรดที่เกิดขึ้นจะรวบรวมไปบำบัดด้วยระบบ Nanofiltration 6. ทำความสะอาดพื้นหลังจากสิ้นสุดการผ่า

ขั้นตอน	โอกาสสัมผัสตะกั่ว	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานทั่วไป	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุง	การป้องกันการสัมผัสตะกั่วขณะปฏิบัติงาน
		ถัง Filter Press จะทำหน้าที่แยกตะกั่ว ขี้เลน และทำการบำบัดแยกน้ำดีและน้ำเสีย จากนั้นทำการสลัดให้แห้ง และส่งไปยัง Hydro Separator เพื่อแยก PP, PE, Metallic, Fine Metallic ส่วนฝาจะตกลงบนอ่างพลาสติก เมื่อเต็มอ่างรถจะตักไปรอเข้าเครื่องบดพลาสติก ส่วนน้ำกรดจะไหลไปสู่รางรวมน้ำกรดที่อยู่บริเวณใต้เครื่องผ่า		แบตเตอรี่ในแต่ละครั้ง เพื่อป้องกันฝุ่นตะกั่วและน้ำกรดที่หกตกหล่นที่พื้นแห้งกลายเป็นฝุ่นฟุ้ง กระจายขึ้นมาได้ 7. ขณะปฏิบัติงานพนักงานควรหลีกเลี่ยงการปฏิบัติงานบริเวณพื้นที่ที่เปียกเพื่อลดการสัมผัสตะกั่วและน้ำกรด 8. สำหรับการซ่อมบำรุงกำหนดให้จะต้องใส่ชุดกรองฝุ่นพิเศษ
3. การหลอม (รวมขั้นตอนการเทวัตถุดิบ/การเจาะ Slag และน้ำตะกั่วออก	- ในจุดนี้พนักงานมีความเสี่ยงในการสัมผัสฝุ่นตะกั่วและไอตะกั่วเล็กน้อยในขณะที่มีการเปิดฝาเตาเพื่อเทวัตถุดิบลงเตา และปิดฝา	- พนักงานจะใช้รถตักวัตถุดิบเทลงแท่น TRF Charger เพื่อเตรียมเทวัตถุดิบทั้งหมดลงสู่ Rotary Furnace TRF เพื่อเข้าสู่กระบวนการหลอมตะกั่ว โดย	- พนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงมีหน้าที่ตรวจเช็คและแก้ไขการทำงานของเตาหลอม โดยบริเวณนั้นจะมี Hood ดูดควันเพื่อไม่ให้ควันฟุ้ง	1. ขณะปฏิบัติงานพนักงานต้องแต่งกาย และสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลตามที่กำหนดดังนี้ สวมเสื้อแขนยาว, กางเกงขายาว, หน้ากาก กรองฝุ่น, ถุงมือหนังกันความร้อน, รองเท้าหนัง

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้นตอน	โอกาสสัมผัสตะกั่ว	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานทั่วไป	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุง	การป้องกันการสัมผัสตะกั่วขณะปฏิบัติงาน
จากเตา)	เตาหลังจากเทเสร็จ เนื่องจากมีการปรับปรุงปากเตาให้เล็กลง และมี Hood ดูดที่ปากเตาและ Charger และมีแผ่นอลูมิเนียมกั้นบริเวณโดยรอบ	ทำการเปิดฝาเตา และเท วัตถุดิบจากแท่น TRF Charger ใส่ลงใน Rotary Furnace TRF เมื่อเทเสร็จแท่น TRF Charger จะเลื่อนถอยออกมา จากนั้นก็ทำการปิดฝาเตา พนักงานไม่ต้องกดสวิทช์ เพราะมีระบบควบคุมอัตโนมัติไว้ควบคุมแรงดูดด้านบนฝาเตาด้วย โดยที่เหนือฝาเตาจะมี Hood ดูดอากาศเพียงพอที่จะไม่ให้มีฝุ่นหรือไอตะกั่วฟุ้งกระจายออกมา - เมื่อหลอมเสร็จพนักงานจะต้องสวมอุปกรณ์ป้องกันความร้อนแล้วใช้เหล็กตอกเข้าไปทางรูที่เตรียมไว้ แล้วดึงเหล็กที่เจาะรู	กระจาย - ตรวจเช็ค Burner และอุปกรณ์ต่างๆของเครื่องจักรให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ	นิรภัย และหมวกนิรภัยแบบมีกระบังหน้ากันความร้อนและแสงจากเตา 2. รถที่ใช้ตักวัตถุดิบเทลงแท่น Charger เพื่อเตรียม Feed เข้าเตาหลอม จะใช้รถตักชนิดที่มี Cab ภายในมีการติดตั้งระบบกรองอากาศเพื่อป้องกันพนักงานขับรถสัมผัสกับฝุ่นตะกั่ว 3. ขณะที่อยู่ในห้องเก็บแผ่นธาตุให้พนักงานอยู่ภายในรถ ไม่ควรออกจากรถถ้าไม่จำเป็น และหากมีความจำเป็นต้องออกนอกรถ ให้ใส่อุปกรณ์ป้องกันให้ครบตามที่กำหนด โดยเฉพาะหน้ากากกรองฝุ่น 4. ห้องเก็บแผ่นธาตุจัดให้เป็นห้องปิดมิดชิด และจัดให้มีระบบดูดฝุ่นละอองและฝุ่นตะกั่วที่ฟุ้งกระจายภายในห้องในขณะปฏิบัติงาน 5. รางลำเลียงแท่น Charger สู่ปากเตา จัดให้มีผ้าใบครอบตลอดแนวราง 6. ระบบควบคุมการทำงานของ Hood ที่ช่อง

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้นตอน	โอกาสสัมผัสตะกั่ว	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานทั่วไป	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุง	การป้องกันการสัมผัสตะกั่วขณะปฏิบัติงาน
		ระบายเพื่อเปิดรูระบายออกเพื่อให้ Slag และตะกั่วไหลออกไปยังกระทะทำความสะอาดเพื่อแยกตะกั่ว และ Slag ออกจากกัน รอจนหมดจึงใช้ดินเหนียวทนไฟปิดรูระบาย Slag แล้วจึงปิด Damper ดูดควัน		Feed วัตถุดิบเข้าเตาหลอม 1 จะเป็นแบบอัตโนมัติที่ใช้ Charger เป็นตัวกดสวิทช์เปิด-ปิด โดยเมื่อ Charger เคลื่อนขึ้นไปตามรางได้ครึ่งทาง Charger จะเป็นตัวกดสวิทช์ให้ Hood เริ่มทำงาน และ Charger จะไม่กดให้พัดลมเป่าอากาศเข้าเตาปิด และฝาเตาจะเปิดออกเมื่อแท่น Charger ถึงบริเวณปากเตาแล้ว ทำให้มีระยะเวลาการเปิดฝาเตาสั้นลง เพื่อไม่ให้เกิดแรงดันภายในเตา 7. จัดให้มี Hood ดูดฝุ่นและฟูมตะกั่วจากบริเวณที่จะก่อให้เกิดการฟุ้งกระจาย ได้แก่ จุดเทวัตถุดิบลงเตาหลอม, ไอเสียจากเตาหลอม, จุดเจาะ Slag ออกจากเตาหลอม และจุดตะกั่วไหลจาก Port เตาหลอมลงรางรองรับ 8. ขณะปฏิบัติงานพนักงานควรหลีกเลี่ยงการปฏิบัติงานบริเวณพื้นที่ที่มีความร้อนสูงเป็น

Chulalongkorn University

ขั้นตอน	โอกาสสัมผัสตะกั่ว	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานทั่วไป	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุง	การป้องกันการสัมผัสตะกั่วขณะปฏิบัติงาน
				เวลานานเพื่อลดการสูดดมฝุ่นและฟูมตะกั่ว 9. สำหรับการซ่อมบำรุงกำหนดให้จะต้องใส่ชุดกรองฝุ่นพิเศษ
4. การทำความสะอาดน้ำตะกั่วและการผสมตะกั่ว	- ในจุดนี้พนักงานมีความเสี่ยงในการสัมผัสฝุ่นตะกั่วและไอตะกั่วเล็กน้อยในขณะที่มีการเปิดฝากระทะเพื่อตักขี้ตะกั่ว และเติมสารปรุงแต่ง เนื่องจากตะกั่วที่ไหลลงรางที่มีฝาครอบ และมีฉากกั้นบริเวณเตาหลอมและกระทะทำความสะอาด	- เมื่อน้ำตะกั่วไหลออกจากเตาจะมีเบ้ารับน้ำตะกั่วซึ่งจะไหลลงรางที่มีฝาครอบและ Hood ดูดควันปิดไว้ทั้งหมด เมื่อน้ำตะกั่วมีจำนวนมากพอพนักงานจะกดสวิทช์ปั่นมอเตอร์กวนและเร่งอุณหภูมิขึ้นที่ 500 °C โดยใช้เวลาประมาณ 30 นาที จึงหยุดกวนเปิด Damper ดูดอากาศจากเดิมที่เปิดไว้ 50% เป็น 100% ของท่อดูด จากนั้นเปิดฝาครอบกระทะเล็กน้อย พอให้ทัพพีเหล็กสอดลงไปได้ จึงตักขี้ตะกั่วออกใส่ลงในภาชนะเหล็ก	- พนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงมีหน้าที่ตรวจเช็คและแก้ไขการทำงานของเตาหลอมและกระทะทำความสะอาดน้ำตะกั่ว ขณะที่น้ำตะกั่วไหลไปยังเบ้ารับน้ำตะกั่วและควบคุมอุณหภูมิของน้ำตะกั่ว โดยบริเวณนั้นจะมี Hood ดูดควันเพื่อไม่ให้ควันฟุ้งกระจาย - ตรวจเช็ค การทำงานของอุปกรณ์ต่างๆให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ	1. ขณะปฏิบัติงานพนักงานต้องแต่งกาย และสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลตามที่กำหนดดังนี้ สวมเสื้อแขนยาว, กางเกงขายาว, หน้ากาก กรองฝุ่น, ถุงมือหนังกันความร้อน, รองเท้าหนังนิรภัย และหมวกนิรภัยแบบมีกระบังหน้ากันความร้อน 2. รางลำเลียงน้ำตะกั่วจากเตาหลอมเข้าสู่กระทะ จัดให้มีฝาครอบตลอดแนวราง พร้อม Hood ดูดอากาศจากรางลำเลียง 3. ห้ามเปิดฝากระทะในขณะที่มีกวนผสมและให้ความร้อน เนื่องจากจะเกิดฟูมตะกั่ว 4. เมื่อจะต้องมีการเปิดฝากระทะเพื่อตักขี้ตะกั่ว หรือเติมสารปรุงแต่ง จะเปิดฝากระทะ

ขั้นตอน	โอกาสสัมผัสตะกั่ว	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานทั่วไป	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุง	การป้องกันการสัมผัสตะกั่วขณะปฏิบัติงาน
		ที่มีฝาปิด เมื่อตักจนหมดแล้ว จึงใช้ปั๊มที่ติดตั้งไว้แล้วดูดน้ำตะกั่วมาใส่อีกกระทะหนึ่ง เพื่อรอผสมต่อไป		เพียงเล็กน้อยพอที่จะให้วัสดุที่ใช้ในการตักขี้ตะกั่ว และเติมสารปรุงแต่งสอดเข้าไปได้ หรือประมาณ ¼ ของฝา และเปิด Damper ของระบบดูดอากาศ 100% เพื่อลดและควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นและฟูมตะกั่ว 5. การถ่ายตะกั่วจากกระทะใบหนึ่งไปยังกระทะอีกใบหนึ่ง จะใช้ปั๊มดูดตะกั่วผ่านท่อปิดเพื่อลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นและฟูมตะกั่ว 6. ภาชนะที่ใช้บรรจุขี้ตะกั่ว จะเป็นภาชนะที่มีฝาปิดครอบ และจะไม่บรรจุจนเต็มภาชนะเพื่อลดการฟุ้งกระจายของขี้ตะกั่ว แล้วนำไปเก็บไว้ในห้อง เซลล์ เพื่อนำไปผสมกับแผ่นเซลล์กลับเข้าเตาหลอมใหม่ 7. การเติมพลวง และการเติมสารปรุงแต่งอื่นๆ ต้องค่อยๆ เติม ห้ามโยนเพราะจะทำให้น้ำตะกั่วกระเด็น

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้นตอน	โอกาสสัมผัสตะกั่ว	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานทั่วไป	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุง	การป้องกันการสัมผัสตะกั่วขณะปฏิบัติงาน
				8. ขณะปฏิบัติงานพนักงานควรหลีกเลี่ยงการปฏิบัติงานบริเวณพื้นที่ที่มีความร้อนสูงเป็นเวลานานเพื่อลดการสูดดมฝุ่นและฟูมตะกั่ว 9. สำหรับการซ่อมบำรุงกำหนดให้จะต้องใส่ชุดกรองฝุ่นพิเศษ
5. การหล่อแท่ง	- มีไอของตะกั่วค่อนข้างน้อยที่ในขณะที่เทตะกั่วลงพิมพ์ เนื่องจากมี Hood และมีฝาครอบ	- เมื่อผสมเสร็จแล้ว พนักงานจะปั๊มน้ำตะกั่วสู่เบ้าเทพิมพ์ที่ความร้อนประมาณ 440 °C ที่เครื่องหล่อก้อนจะมี Hood ดูดควันเพื่อไม่ให้ควันฟุ้งกระจาย และที่ปลายเครื่องตะกั่วที่ถูกหล่อเป็นก้อนจะถูกเรียงเป็น Bundle ซึ่งพนักงานจะใช้แถบลวดเหล็กมัด Bundle เพื่อให้รถโฟล์คลิฟท์ยกไปเก็บเข้าสโตร์ต่อไป	- พนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงมีหน้าที่ตรวจเช็คและแก้ไขการทำงานของปั๊ม ในการปั๊มน้ำตะกั่วสู่เบ้าเทพิมพ์และควบคุมอุณหภูมิของน้ำตะกั่ว โดยบริเวณนั้นจะมี Hood ดูดควันเพื่อไม่ให้ควันฟุ้งกระจาย - ตรวจเช็ค การทำงานของอุปกรณ์ต่างๆให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ	1. ขณะปฏิบัติงานพนักงานต้องแต่งกาย และสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลตามที่กำหนดดังนี้ สวมเสื้อแขนยาว, กางเกงขายาว, หน้ากาก กรองฝุ่น, ถุงมือหนังกันความร้อน, รองเท้าหนังนิรภัย และหมวกนิรภัย 2. จัดให้มี Hood ดูดไอตะกั่ว จากเครื่องหล่อแท่งตะกั่ว เพื่อควบคุมการฟุ้งกระจายของไอตะกั่ว 3. น้ำตะกั่วที่ปั๊มลงเบ้าเทพิมพ์จะมีความร้อนประมาณ 440 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่จะทำให้เกิดฟูมได้น้อยมาก

ขั้นตอน	โอกาสสัมผัสตะกั่ว	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานทั่วไป	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุง	การป้องกันการสัมผัสตะกั่วขณะปฏิบัติงาน
				4. การเคลื่อนย้ายตะกั่วแท่งไปเก็บยังห้องเก็บจะใช้รถโฟล์คลิฟท์ในการยก 5. ขณะปฏิบัติงานพนักงานควรหลีกเลี่ยงการปฏิบัติงานบริเวณพื้นที่ที่มีความร้อนสูงเป็นเวลานานเพื่อลดการสูดดมฝุ่นและฟูมตะกั่ว 6. สำหรับการซ่อมบำรุงกำหนดให้จะต้องใส่ชุดกรองฝุ่นพิเศษ
6. การโยกย้ายตะกั่วแท่ง, Slag, ขี้ตะกั่ว และฝุ่นไปเก็บยังสถานที่จัดเก็บ	- จุดนี้พนักงานมีโอกาสสัมผัสกับฝุ่นตะกั่วและขี้ตะกั่วที่รวบรวบไว้เล็กน้อย เนื่องจากภาชนะที่ใช้บรรจุปิดมิดชิด	- พนักงานจะถูกกำหนดให้ใช้อุปกรณ์ตามความจำเป็นแต่ละประเภท เพราะมีโอกาสสัมผัสตะกั่วได้ไม่เท่ากัน พนักงานที่ทำหน้าที่เคลื่อนย้ายตะกั่วแท่ง, Slag, ขี้ตะกั่ว และฝุ่น จะปฏิบัติงานอยู่ภายในรถเนื่องจากจะใช้รถในการเคลื่อนย้าย	- พนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงจะถูกกำหนดให้ใช้อุปกรณ์ป้องกันการเพื่อลดโอกาสสัมผัสตะกั่วที่เหมาะสมและต้องปฏิบัติโดยเคร่งครัด - ตรวจเช็ค การทำงานของอุปกรณ์ต่างๆให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ	1. ขณะปฏิบัติงานพนักงานต้องแต่งกาย และสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลตามที่กำหนดดังนี้ สวมเสื้อแขนยาว, กางเกงขายาว, หน้ากาก กรองฝุ่นหรือผ้าปิดจมูก, ถุงมือผ้าหรือถุงมือหนัง, รองเท้าหนังนิรภัยและหมวกนิรภัย 2. รถที่ใช้ในการเคลื่อนย้าย Slag, ขี้ตะกั่ว และฝุ่น จะใช้รถที่มี Cab ภายในมีการติดตั้งระบบกรองอากาศ เพื่อป้องกันพนักงานขับรถสัมผัสกับฝุ่น

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้นตอน	โอกาสสัมผัสตะกั่ว	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานทั่วไป	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุง	การป้องกันการสัมผัสตะกั่วขณะปฏิบัติงาน
				ตะกั่วขณะเคลื่อนย้าย 3. ให้พนักงานขับรถด้วยความเร็วต่ำ เพื่อลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นตะกั่วที่ตกอยู่ตามพื้นและในภาชนะที่เคลื่อนย้าย 4. จัดให้มีรถดูดฝุ่น สำหรับทำความสะอาดพื้นถนนอย่างสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของตะกั่วที่ตกอยู่ที่พื้น 5. สำหรับการซ่อมบำรุงกำหนดให้จะต้องใส่ชุดกรองฝุ่นพิเศษ
7. การพักรับประทานอาหาร	- ฝุ่นที่ติดมากับร่างกาย เสื้อผ้าและอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลของพนักงานที่ใช้สวมใส่ขณะปฏิบัติงาน อาจทำ ให้อาหารและน้ำปนเปื้อนได้	- ทางโรงงานจะให้พนักงานปฏิบัติตามระเบียบที่โรงงานกำหนด เพื่อความปลอดภัยจากการสัมผัสตะกั่วขณะรับประทานอาหาร	- จัดหาที่พักรับประทานอาหาร โดยขอความร่วมมือจากทางโรงงานให้กำหนดพื้นที่ให้สำหรับพนักงานซ่อมบำรุงที่ถูกส่งเข้าไปทำงานในส่วนนี้ เพื่อความปลอดภัยจากการสัมผัสตะกั่วขณะรับประทานอาหาร	1. จัดให้มีอ่างล้างมือก่อนรับประทานอาหาร 2. ห้ามพนักงานดื่มน้ำ รับประทานอาหาร และสูบบุหรี่ ภายในโรงงานนอกจากสถานที่ที่จัดเตรียมไว้ให้เฉพาะ ได้แก่ ห้องรับประทานอาหาร ห้องพักผ่อน หรือห้องน้ำ 3. ทางโรงงานจะต้องทำการปรับปรุงโรงอาหารในปัจจุบันให้เป็นห้องปิดมิดชิดพร้อมติดตั้งระบบปรับอากาศภายใน

CHULALONGKORN UNIVERSITY จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอน	โอกาสสัมผัสตะกั่ว	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานทั่วไป	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุง	การป้องกันการสัมผัสตะกั่วขณะปฏิบัติงาน
				4. พนักงานที่จะเข้าไปรับประทานอาหารต้องได้รับการทำความสะอาดชุดที่สวมใส่อยู่เสียก่อน โดยใช้เครื่องดูดฝุ่นที่ติดมาออกก่อน และห้ามนำอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลเข้าไปในห้องรับประทานอาหารเนื่องจากอาจมีฝุ่นตะกั่วติดมา และต้องถอดรองเท้าก่อนเข้า 5. ติดต่อขอใช้พื้นที่ที่เตรียมไว้เฉพาะสำหรับพนักงานทั่วไปที่ปฏิบัติงานที่ต้องสัมผัสตะกั่วที่บริษัทจัดไว้ให้ให้กับพนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงที่ต้องเข้าไปดูแลงานตรงส่วนนี้ และให้พนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงปฏิบัติตามข้อกำหนดการใช้พื้นที่โดยเคร่งครัด
8. หลังเลิกงาน	- ฝุ่นที่ติดมาตัวพนักงานขณะปฏิบัติงาน เสื้อผ้า และอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล	- ทางโรงงานจะจัดชุดทำงานให้พนักงานคนละ 3 ชุด สำหรับเปลี่ยนใส่ทำงานภายในโรงงาน โดยหลังเลิกงานพนักงานต้องถอดเปลี่ยนชุดทำงานออก เพื่อ	- จัดให้มีชุดทำงานเพิ่มคนละ 3 ชุดสำหรับพนักงานซ่อมบำรุงที่ถูกส่งเข้าไปทำงานในส่วนนี้ เพื่อใส่เปลี่ยนในโรงงาน โดยหลัง	1. จัดให้มีห้องอาบน้ำเปลี่ยนเสื้อผ้า และห้องทำความสะอาดเสื้อผ้า/อุปกรณ์หลังใช้งานแล้ว 2. พนักงานที่สัมผัสกับตะกั่วจะต้องอาบน้ำและเปลี่ยนเสื้อผ้าทุกครั้งหลังเลิกงาน 3. ห้ามพนักงานนำชุดทำงานกลับบ้าน โดยชุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอน	โอกาสสัมผัสตะกั่ว	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานทั่วไป	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุง	การป้องกันการสัมผัสตะกั่วขณะปฏิบัติงาน
		ส่งให้แม่บ้านของโรงงานนำไปซัก	เลิกงานต้องถอดเปลี่ยนชุดทำงานออก เพื่อนำไปแยกซักเมื่อปฏิบัติงานเสร็จก็กลับที่พัก	ทำงานที่เปลี่ยนออกจะต้องนำไปใส่ไว้ในภาชนะที่จัดเตรียมไว้ เพื่อทางโรงงานจะนำไปซักให้ 4. การซักชุดพนักงานจะไม่ใช้คนซัก แต่จะใช้เครื่องซักผ้าซัก เพื่อป้องกันไม่ให้คนไปสัมผัส 5. จัดให้มีการทำความสะอาดชุดและอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลทุกครั้งหลังเลิกงาน โดย - ชุดทำงานและหมวกผ้า จะทำความสะอาดด้วยการนำไปซัก - รองเท้าหนัง และถุงมือหนัง จะใช้เครื่องดูดฝุ่นทำการดูดฝุ่นที่ติดมาออก เนื่องจากเป็นหนังไม่สามารถนำไปซักได้ - รองเท้าบู๊ทยาง ถุงมือยาง และเอี๊ยมยาง จะทำการล้างทำความสะอาดด้วยน้ำภายในห้องล้างอุปกรณ์ และน้ำที่เกิดจากการล้างจะรวบรวมไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอน	โอกาสสัมผัสตะกั่ว	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานทั่วไป	วิธีการปฏิบัติงานของพนักงานซ่อมบำรุง	การป้องกันการสัมผัสตะกั่วขณะปฏิบัติงาน
				เข้าระบบบำบัดน้ำเสีย - หมวกนิรภัย จะใช้เครื่องดูดฝุ่นออกก่อน แล้วจึงใช้ผ้าเช็ด 6. ติดต่อขอใช้พื้นที่ที่เตรียมไว้เฉพาะสำหรับพนักงานทั่วไปที่ปฏิบัติงานที่ต้องสัมผัสตะกั่วที่บริษัทจัดไว้ให้ให้กับพนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงที่ต้องเข้าไปดูแลงานตรงส่วนนี้ และให้พนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงปฏิบัติตามข้อกำหนดการใช้พื้นที่โดยเคร่งครัด 7. จัดให้มีเสื้อผ้าสำหรับใส่ปฏิบัติงานอย่างน้อย 1 ชุด และจัดเตรียมให้มีเสื้อผ้าสำหรับเปลี่ยนกลับหลังเลิกงานอีก 1 ชุด และชุดที่ใส่แล้วควรแยกใส่ถุงเฉพาะไม่ปะปนกับกับชุดอื่นๆ การซักต้องแยกซัก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง.

ตัวอย่างวิธีการเก็บข้อมูล วิธีการเก็บตัวอย่าง และมาตรฐานวิธีวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

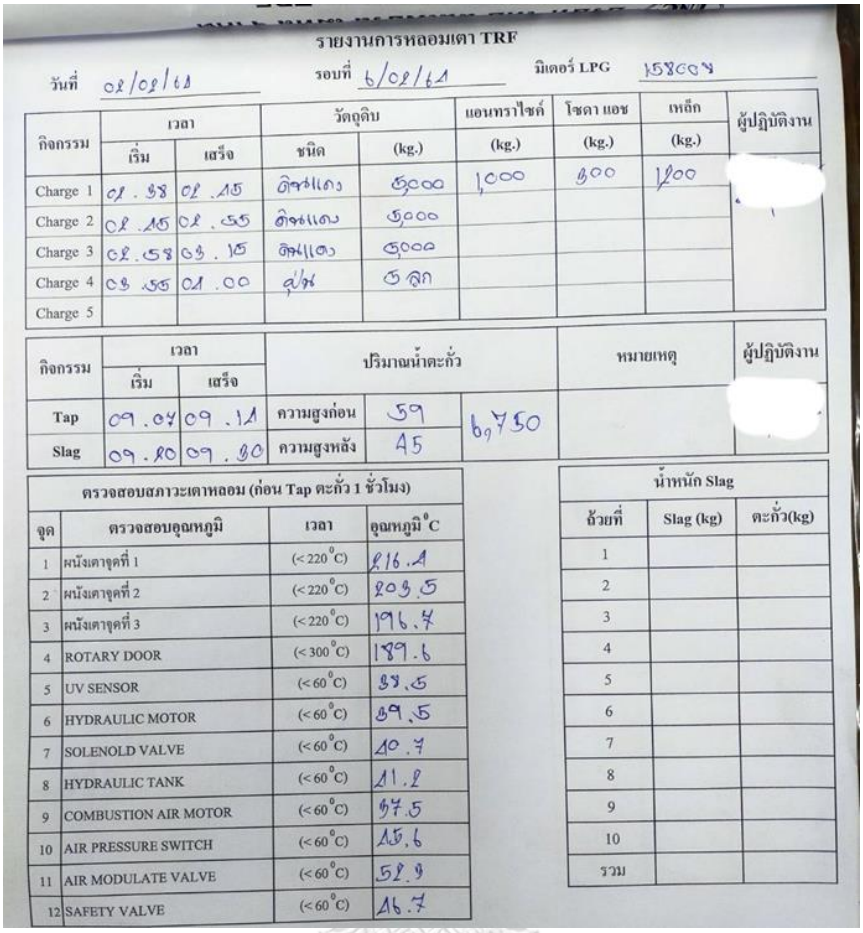
รายการ	วิธีการเก็บตัวอย่าง	วิธีการวิเคราะห์	มาตรฐานวิธีวิเคราะห์
1. คุณภาพอากาศจากปล่อง			
- Particulates	- Isokinetic Stack Sampling Technique	- Gravimetric	- US.EPA Method 5
- Carbon Monoxide	- Gas Bag	- Non-Dispersive Infrared Detection	- US.EPA Method 10
- Oxides of Nitrogen	- Vacuum Flask	- Spectrophotometric	- US.EPA Method 7
- Sulfur Dioxide	- Midget Impinger	- Titrimetric	- US.EPA Method 6
- Lead	- Isokinetic Stack Sampling Technique	- Atomic Absorption Spectrophotometer	- US.EPA Method 12
- Chlorine	- Midget Impinger	- Ion Chromatography	- US.EPA Method 26
2. คุณภาพอากาศในบรรยากาศ			
- Total Suspended Particulates	- High Volume Air Sampler	- Gravimetric	- US.EPA 802
- Particulates Matter <10 Microns	- High Volume PM-10 Air Sampler	- Gravimetric	- US.EPA 076
- Nitrogen Dioxide (1 hr)	- NO_2 Analyzer	- Chemiluminescence	- US.EPA RFNA-194-099
- Sulfur Dioxide (24 hr)	- Midget Impinger	- Pararosaniline	- ASTM D 2914-78
- Lead	- High Volume Air Sampler	- Atomic Absorption Spectrophotometer	- US.EPA 044
- Carbon Monoxide	- Gas Bag	- Non-Dispersive Infrared Detection	- US.EPA 076
3. ระดับเสียงในชุมชน			
- Leq 24 hr	- Integrated Sound Level Meter	- Sound Level Recording	- ISO
- Ldn	- Integrated Sound Level Meter	- Sound Level Recording	- ISO
4. อาชีวอนามัยและความปลอดภัย			
4.1 คุณภาพอากาศในสถานประกอบการ			
- Total Dust	- Filter Personal Pump	- Gravimetric Method	- NIOSH 0500
- Lead	- Filter Personal Pump	- Atomic Absorption Spectrophotometer	- NIOSH 7082
- Sulfur Dioxide	- Midget Impinger	- Titrimetric	- NIOSH P&CAM 163
- Nitrogen Dioxide	- Midget Impinger	- Spectrophotometric	- OSHA S320
- Carbon Monoxide	- Gas Bag	- Non-Dispersive Infrared Detection	- OSHA S340

ภาพที่ 51 วิธีการเก็บตัวอย่าง วิธีการวิเคราะห์ และมาตรฐานวิธีวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม

รายการ	วิธีการเก็บตัวอย่าง	วิธีการวิเคราะห์	มาตรฐานวิธีวิเคราะห์
4.2 ระดับเสียง - Leq 8 hr	- Integrating Sound Level Meter	- Sound Level Recording	- ISO
4.3 ความร้อน - DB, WBGT	- Wet Bulb – Globe Thermometer	- Wet Bulb – Globe Thermometer	- ACGIH
5. คุณภาพน้ำ 1. pH	- On Site Analysis	- Electrometric Method (4500-H^+-B)	- Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, (APHA-AWWA-WEF) 20th Edition, 1998
2. Temperature	- On Site Analysis	- Laboratory and Field Method (2550-B)	
3. Dissolved Oxygen	- Grab Sampling	- Azide Modification Method (4500-O-G)	
4. Suspended Solids	- Grab Sampling	- Total Suspended Solids Dried at 103-105 °C (2540-D)	
5. Dissolved Solids	- Grab Sampling	- Total Dissolved Solids Dried at 180°C (2540-C)	
6. BOD	- Grab Sampling	- 5 Days BOD Test (5210-B)	
7. Lead	- Grab Sampling	- Flame Atomic Absorption Spectrometric (3111-B) Method	
8. Conductivity	- Grab Sampling	- Laboratory (2510-B) Method	

ภาพที่ 52 วิธีการเก็บตัวอย่าง วิธีการวิเคราะห์ และมาตรฐานวิธีวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม (ต่อ)

ภาพที่ 53 วิธีการเก็บข้อมูลความร้อนบริเวณต่างๆ



รายงานการหลอมเตา TRF

วันที่ 02/02/61 รอบที่ 6/02/61 มิเตอร์ LPG 158094

กิจกรรม	เวลา		วัตถุดิบ		แอนทราไซต์	โซดา แอช	เหล็ก	ผู้ปฏิบัติงาน
	เริ่ม	เสร็จ	ชนิด	(kg.)	(kg.)	(kg.)	(kg.)	
Charge 1	01.58	02.15	อิฐแดง	5,000	1,000	800	1,200	
Charge 2	02.15	02.55	อิฐแดง	5,000				
Charge 3	02.58	03.15	อิฐแดง	5,000				
Charge 4	03.55	04.00	ดุ่ม	3 ลูก				
Charge 5								

กิจกรรม	เวลา		ปริมาณน้ำตะกั่ว		หมายเหตุ	ผู้ปฏิบัติงาน
	เริ่ม	เสร็จ				
Tap	09.04	09.11	ความสูงก่อน	59	6,750	
Slag	09.80	09.30	ความสูงหลัง	45		

ตรวจสอบสภาวะเตาหลอม (ก่อน Tap ตะกั่ว 1 ชั่วโมง)

จุด	ตรวจสอบอุณหภูมิ	เวลา	อุณหภูมิ °C
1	ผนังเตาจุดที่ 1	(< 220°C)	216.1
2	ผนังเตาจุดที่ 2	(< 220°C)	203.5
3	ผนังเตาจุดที่ 3	(< 220°C)	196.7
4	ROTARY DOOR	(< 300°C)	189.6
5	UV SENSOR	(< 60°C)	38.5
6	HYDRAULIC MOTOR	(< 60°C)	39.5
7	SOLENOLD VALVE	(< 60°C)	40.7
8	HYDRAULIC TANK	(< 60°C)	41.2
9	COMBUSTION AIR MOTOR	(< 60°C)	37.5
10	AIR PRESSURE SWITCH	(< 60°C)	35.6
11	AIR MODULATE VALVE	(< 60°C)	52.9
12	SAFETY VALVE	(< 60°C)	46.7

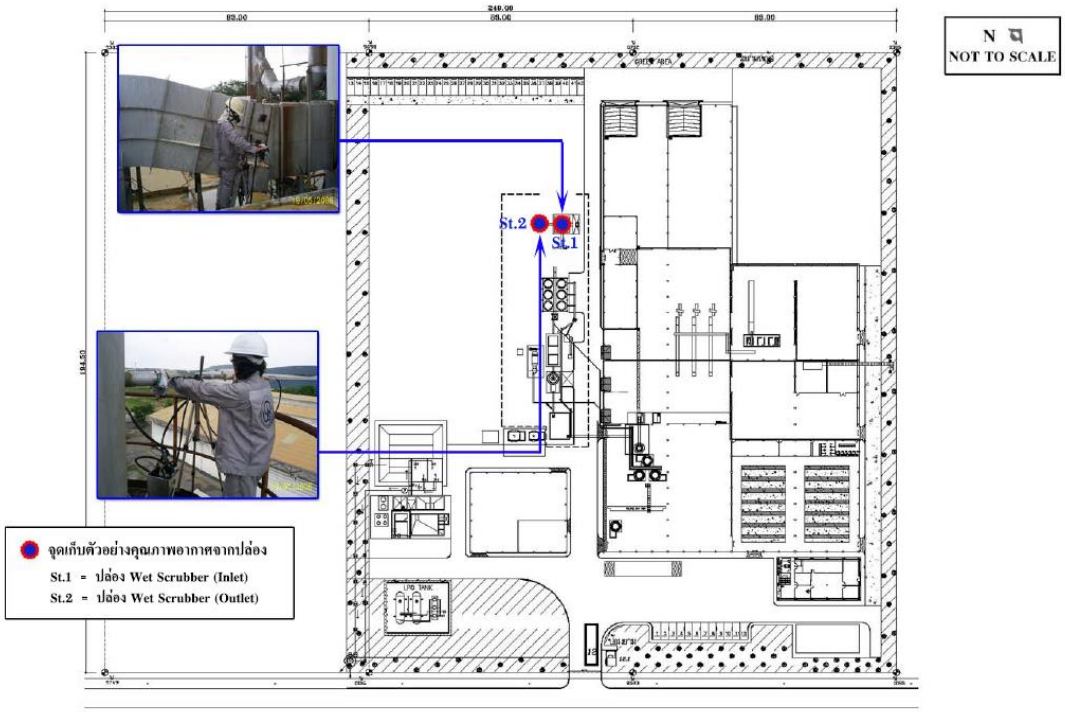
น้ำหนัก Slag

ถ้วยที่	Slag (kg)	ตะกั่ว(kg)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
รวม		

ภาพที่ 54 การจดบันทึกค่าความร้อนที่วัดได้บริเวณต่างๆ

สถานีที่ตรวจวัดระดับความร้อน (°C)									
เตาหลอม		ระบบหล่อเย็น		กระทะผสม		เบ้าหล่อแท่งตะกั่ว		After Burner	
DB	WBGT	DB	WBGT	DB	WBGT	DB	WBGT	DB	WBGT
31.0	36.8	30.0	28.2	31.0	33.6	30.0	34.0	43.0	47.4
31.5	31.7	34.0	35.0	33.0	32.5	34.5	34.3	33.0	33.1
31.0	30.3	32.0	31.3	31.0	31.0	31.0	30.3	32.0	31.3
32.0	31.1	34.0	34.1	33.0	32.7	34.0	33.6	36.5	38.7
33.0	31.6	31.0	30.3	34.0	34.6	32.0	31.2	34.0	33.3
33.0	32.3	33.0	32.0	33.0	33.2	34.0	33.9	36.0	34.5
32.0	32.6	33.0	31.1	31.0	30.9	29.0	27.9	32.0	32.4
36.0	29.5	35.0	29.1	37.0	30.0	36.0	30.0	38.0	31.2
31.0	27.3	29.0	27.5	32.5	28.1	34.0	28.6	28.0	27.8
34.0	27.6	34.0	27.3	35.5	29.0	37.0	29.6	33.0	27.8
36.0	31.4	33.0	30.7	36.0	31.7	33.0*	30.1*	35.0	30.4
32.5	29.5	33.5	28.8	33.5	31.1	33.0	30.5	38.0	33.0
45.0	32.5[1]	45.0	32.5[1]	45.0	32.5[1]	45.0	32.5[1]	45.0	32.5[1]
-	30.0[2]	-	34.0[2]	-	32.0[2]	-	32.0[2]	-	34.0[2]

ภาพที่ 55 ข้อมูลสถานีที่ตรวจวัดระดับความร้อน



ภาพที่ 56 ตัวอย่างจุดตรวจวัดคุณภาพอากาศจากปล่องโรงงาน

ภาพที่ 57 ตัวอย่างการเก็บข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศ (1)

ภาพที่ 58 ตัวอย่างการเก็บข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศ (2)

ภาพที่ 59 ตัวอย่างการวิเคราะห์ด้วยวิธี Grab sampling โดย flame atomic absorption spectroscopy (3111-B)

ICP-OES

Spark Emission ARL

ภาพที่ 60 ห้องปฏิบัติการที่ใช้ในการตรวจวัดค่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ประภารัตน์ แดงสุวรรณ
วัน เดือน ปี เกิด	8 มิถุนายน 2536
สถานที่เกิด	สุราษฎร์ธานี
ที่อยู่ปัจจุบัน	36/1 ม.4 ต.คลองไทร อ.ท่าฉาง จ.สุราษฎร์ธานี 84150

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY