วิทยานิพนธ์

การวิเคราะห์การระเบิดของเตาหลอมอะลูมิเนียมที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงด้วย HAZOP

HAZOP ANALYSIS ON THE EXPLOSION OF ALUMINIUM FURNACE USING NATURAL GAS AS A FUEL

นางสาวชุลีพร บุญตา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)

ปริญญา

วิศวกรรมความปลอดภัย | โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง การวิเคราะห์การระเบิดของเตาหลอมอะลูมิเนียมที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง ด้วย HAZOP

HAZOP Analysis on the Explosion of Aluminium Furnace Using Natural Gas as a Fuel

นามผู้วิจัย นางสาวชุลีพร บุญตา

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์กานดิส สุดสาคร, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์ธงไชย ศรีนพคุณ, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อนนต์ วงษ์เกษม, M.S.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 4 **เดือน** มี.ค. **พ.ศ.** 2551

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การวิเคราะห์การระเบิดของเตาหลอมอะลูมิเนียมที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงด้วย HAZOP

HAZOP Analysis on the Explosion of Aluminium Furnace Using Natural Gas as a Fuel

โดย

นางสาวชุลีพร บุญตา

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)
พ.ศ. 2551

ชุลีพร บุญตา 2551: การวิเคราะห์การระเบิดของเตาหลอมอะลูมิเนียมที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงด้วย HAZOP ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย) สาขาวิศวกรรมความปลอดภัย โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์กานดิส สุดสาคร, Ph.D. 89 หน้า

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์แนวทางที่เหมาะสมในการกำหนดมาตรการป้องกันการระเบิดโดยวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการระเบิดของเตาหลอมอะลูมิเนียมรุ่น SER-700S โดยได้ดำเนินการศึกษาด้วยการใช้ Hazard and Operability Study (HAZOP) พบว่าเตาหลอมระเบิดด้วยหลายสาเหตุด้วยกัน คือ สาเหตุจากเครื่องจักรอุปกรณ์เอง ทำให้เกิดการระเบิด และมีสาเหตุมาจากวิธีการทำงาน การกระทำที่ไม่ปลอดภัยในงานซ่อมบำรุง รวมทั้งพฤติกรรมการทำงานของพนักงานเองทำให้เกิดการระเบิดได้ สาเหตุเหล่านี้มีแนวทางในการแก้ไขป้องกัน โดยใช้หลักวิศวกรรม เช่น การออกแบบ ติดตั้ง Solenoid Valve เพื่อเพิ่มความปลอดภัย การตั้ง Password ในโปรแกรม PLC เพื่อป้องกันการปรับเวลาในการทำงานของเตาหลอมโดยช่างซ่อมที่เร่งรีบในการทำงาน รวมถึงจัดทำวิธีการทำงานหรือขั้นตอนการปฏิบัติที่ถูกต้อง กำหนดวิธีการทดสอบ ตรวจสอบ และการซ่อมบำรุง เครื่องจักร อุปกรณ์ และจัดให้มีการฝึกอบรมแก่พนักงาน

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก 28 / พ.ค. / 2551

Chuleeporn Boonta 2008: HAZOP Analysis on the Explosion of Aluminium Furnace Using Natural Gas as a Fuel. Master of Engineering (Safety Engineering), Major Field: Safety Engineering, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Assistant Professor Kandis Sudsakorn, Ph.D. 89 pages.

The objective of this thesis is to analyse the countermeasures by analyzing the factors which will be affected to the explosion of Aluminium melting furnace model SER-700S. Hazard and Operability Study (HAZOP) technic is used for studying and it was found that the causes of explosion are Mal-function equipment, Mis-operation, Unsafe maintenance and behavior of employees. The corrective preventive action is advised by using the engineering principle i.e. Engineering design, Solenoid valve installation, PLC password setting to prevent the self-adjust by employee, working method, inspection, testing, maintenance and training.

Chuleeporn Boonta
Student's signature

Thesis Advisor's signature

28 / May / 2008

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาเอาใจใส่ ชี้แนะแนวทางต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งเพื่อที่จะทำให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์ จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานดิส สุดสาคร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร.ธงไชย ศรีนพคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษา ให้กำลังใจตลอดจนให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณคุณไทยรัฐ กุศลธรรมรัตน์ ผู้จัดการทั่วไปฝ่ายซ่อมบำรุง คุณทองหล่อ ได้ระเบียบ ผู้ปฏิบัติหน้าที่แทนหัวหน้าแผนกหลอมอะลูมิเนียม ช่างซ่อม และพนักงานหลอมอะลูมิเนียมทุกคน จากบริษัทผลิตภัณฑ์วิศวไทย จำกัด รวมทั้งเพื่อนๆ ที่สละเวลาให้ความช่วยเหลือสนับสนุนข้อมูล และให้กำลังใจเสมอมา

ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัยนี้ขอมอบให้แก่มารดา บิดาและญาติๆ ทุกคน ที่คอยให้กำลังใจและมีส่วนสนับสนุนให้ทุนการศึกษา

ชุลีพร บุญตา

พฤษภาคม 2551

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	55
อุปกรณ์	55
วิธีการ	55
ผลและวิจารณ์	57
สรุปและข้อเสนอแนะ	71
สรุป	71
ข้อเสนอแนะ	73
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	74
ภาคผนวก	76

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การจัดระดับโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ต่างๆ	38
2	การจัดลำดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อบุคคล	39
3	การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อชุมชน	39
4	การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	40
5	การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อทรัพย์สิน	40
6	การจัดระดับความเสี่ยงอันตราย	41
7	HAZOP Guide Word	48
8	แสดง HAZOP Guide Words and Design Parameter	50
9	การจัดระดับความรุนแรงในการประเมิน	51
10	การจัดระดับโอกาสในการประเมิน	52
11	การจัดระดับความเสี่ยงอันตรายจากการประเมิน	52
12	ประวัติการเกิดระเบิดของเตาหลอมอะลูมิเนียมในช่วง พ.ศ. 2549 และ พ.ศ. 2550	55
13	บัญชีรายการสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตรายในงานหลอมอะลูมิเนียม	57
14	การชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP , Node ที่ 1	61
15	การชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP , Node ที่ 2	62
16	การชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP , Node ที่ 3	63
17	การชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP , Node ที่ 4	66

ตารางผนวกที่

ข1	แสดงการกำหนดการบำรุงรักษาอุปกรณ์ของเตาหลอมอะลูมิเนียม พ.ศ. 2551	83

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กระบวนการหลอมอะลูมิเนียม	9
2	Tower ของเตาหลอม	10
3	เตาหลอมด้าน Tap น้ำอะลูมิเนียม	11
4	ส่วนต่างๆในเตาหลอม	12
5	ส่วนประกอบของเตาหลอม (มุมมองด้านข้าง)	13
6	ส่วนประกอบของเตาหลอม (มุมมองดานบน)	14
7	Diagram ของเตาหลอมอะลูมิเนียม	14
8	Main Supply Gas Pipe	16
9	ส่วนประกอบของ Burner	18
10	Main Burner (2 Units Type)	20
11	ส่วนประกอบของ Pilot Burner	21
12	แผนผังการทำงานโดยรวมของเตาหลอม	27
13	แผนผังการทำงานเมื่อจุดไฟไม่ติด	28
14	สามเหลี่ยมไฟ (Fire Triangle)	29
15	ขั้นตอนการแบ่งระบบที่จะศึกษาออกเป็น Node	47
16	การกำหนด Node	58
17	HAZOP AND OPERABILITY STUDY ACTION REPORT	69
18	การออกแบบการติดตั้ง Solenoid Valve เพิ่มเติม	72

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

คำอธิบายคำย่อ

E.C.	Electrical Conductor
FMEA	Failure Modes and Effect Analysis
HAZOP	Hazard and Operability Study
IACS	International Association of Classification Societies
LEL	Lower Explosive Limit
LFL	Lower Flammable Limit
LPG	Liquefied Petroleum Gas
LNG	Liquefied Natural Gas
P&ID	Piping and Instrumentation Diagram
PLC	Programmable Logic Controller
PV	Point Value
SV	Set Value
UEL	Upper Explosive Limit
UFL	Upper Flammable Limit
UV	Ultraviolet

การวิเคราะห์การระเบิดของเตาหลอมอะลูมิเนียมที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงด้วย HAZOP

HAZOP Analysis on the Explosion of Aluminium Furnace Using Natural Gas as a Fuel

คำนำ

งานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์โดยใช้อะลูมิเนียมเป็นวัตถุดิบหลัก จำเป็นต้องใช้เตาหลอมในกระบวนการผลิต ซึ่งปัจจุบันการทำงานของเตาหลอมอะลูมิเนียมในขอบเขตที่ศึกษานี้เป็นเตาหลอมที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงรุ่น SER-700S อัตราการหลอมของเตา 700 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ในการทำงานพบว่าบ่อยครั้งที่เกิดอุบัติเหตุเตาหลอมระเบิดโดยที่ไม่รู้สาเหตุ เมื่อเกิดการระเบิดแต่ละครั้ง ทำให้เกิดอันตรายต่อพนักงานที่ทำงานหน้าเตา หรือพนักงานซ่อมบำรุง บางครั้งก็เป็นการระเบิดภายในตัวเตาหลอมเอง อาจจะส่งผลให้น้ำอะลูมิเนียมระเบิดออกมาหรือไม่ก็ได้ และการระเบิดแต่ละครั้งทำให้เกิดผลกระทบต่อชีวิต และทรัพย์สินซึ่งคิดเป็นเงินในการรักษาพยาบาลแต่ละครั้งไม่ต่ำกว่า 10,000 บาท และทรัพย์สินเสียหาย ทั้งยังส่งผลให้ผลผลิตไม่ได้ตามเป้าหมาย สูญเสียเป็นจำนวนเงินไม่ต่ำกว่า 100,000 บาท ทั้งยังส่งผลทางอ้อมสูญเสียขวัญและกำลังใจในการทำงาน

ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันการระเบิดของเตาหลอม ที่อาจจะทำให้เกิดความสูญเสียทั้งทางด้านร่างกายและทรัพย์สิน จึงต้องมีการศึกษาในกระบวนการหลอมอะลูมิเนียม โดยทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของการระเบิดที่เคยเกิดขึ้น โดยใช้เทคนิคการประเมินความเสี่ยงเพื่อที่จะได้นำสาเหตุต่างๆ มาพิจารณาหาแนวทางการป้องกันการระเบิดจากเตาหลอมต่อไป

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการระเบิดของเตาหลอมอะลูมิเนียม จะศึกษาโดยใช้เครื่องมือ HAZOP ในการวิเคราะห์โดยวาดแผนภูมิกระบวนการผลิตมาพิจารณา เน้นกระบวนการเป็นตอนๆ แล้วเอามาวิเคราะห์ เมื่อทำการศึกษา HAZOP และได้ทำการปรับปรุงแก้ไขแล้ว ระบบจะมีความเสี่ยงน้อยกว่าก่อนการศึกษา HAZOP

วัตถุประสงค์

การวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการไปตามความสำคัญของประเด็นปัญหาข้างต้น โดยโครงการวิจัยนี้กำหนดวัตถุประสงค์ไว้ 2 ประการ ได้แก่

1. เพื่อศึกษา และวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการระเบิดของเตาหลอมอะลูมิเนียม

2. เพื่อวิเคราะห์หาแนวทางในการกำหนดมาตรการป้องกันการระเบิด

ขอบเขตของงานวิจัย

วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการระเบิดของเตาหลอมอะลูมิเนียมรุ่น SER-700S อัตราการหลอมของเตา 700 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ทราบปัจจัยการเกิดระเบิดของเตาหลอมอะลูมิเนียม

2. มีแนวทางในการป้องกัน และลดโอกาสการระเบิด

การตรวจเอกสาร

การวิเคราะห์การระเบิดของเตาหลอมอะลูมิเนียมที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงนั้น จำเป็นต้องใช้ความรู้ด้านเทคนิค และความรู้เฉพาะทางจากผู้เชี่ยวชาญด้านเตาหลอมอะลูมิเนียม โดยเฉพาะ นั่นคือ ผู้ผลิต ผู้ใช้งานจริง และผู้ที่ปฏิบัติหน้างานจริงไม่ว่าจะเป็นฝ่ายผลิต หรือฝ่ายซ่อมบำรุง รวมทั้งความรู้ด้านความปลอดภัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องที่ศึกษาจากเอกสาร หนังสือ หรือบทความต่างๆ ซึ่งสามารถแบ่งหัวข้อที่จะศึกษาได้เป็น ดังนี้

1. คุณสมบัติของก๊าซธรรมชาติ
2. คุณสมบัติของอะลูมิเนียมที่ใช้ในกระบวนการผลิต
3. กระบวนการหลอมอะลูมิเนียม
4. ส่วนประกอบ และระบบการทำงานของเตาหลอมอะลูมิเนียม
5. การติดไฟและการระเบิด
6. การวิเคราะห์ความเสี่ยงจากอันตราย
7. Hazard and Operability Study (HAZOP)

1. คุณสมบัติของก๊าซธรรมชาติ

ก๊าซธรรมชาติเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีสารสำคัญ 2 ชนิด คือ ไฮโดรเจน (H) กับคาร์บอน (C) รวมตัวกันในสัดส่วนของอะตอมที่ต่าง ๆ กัน โดยเริ่มตั้งแต่สารประกอบไฮโดรคาร์บอนอันดับแรก ที่มีคาร์บอนเพียง 1 อะตอม กับ ไฮโดรเจน 4 อะตอม มีชื่อเรียกโดยเฉพาะว่า “ก๊าซมีเทน” จนกระทั่งมีคาร์บอนเพิ่มมากขึ้น ๆ ถึง 8 อะตอม ซึ่งมีสูตรทางเคมีและจุดเดือดต่างกัน ก๊าซธรรมชาติ ที่ได้จากแหล่งอาจจะประกอบด้วยก๊าซมีเทนล้วน ๆ หรืออาจจะมีก๊าซไฮโดรคาร์บอนชนิดอื่น ๆ ปนอยู่บ้าง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของแหล่งก๊าซ

ธรรมชาติแต่ละแห่งเป็นสำคัญ แต่โดยทั่ว ๆ ไปแล้วก๊าซธรรมชาติจะประกอบด้วยก๊าซมีเทน ตั้งแต่ 70 เปอร์เซนต์ขึ้นไป และมีก๊าซไฮโดรคาร์บอน ชนิดอื่นปนอยู่บ้าง นอกจากนี้อาจจะมีก๊าซประเภทอื่นเจือปนอยู่ด้วย เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และไนโตรเจน (N_2) เป็นต้น

ก๊าซธรรมชาติที่ประกอบด้วยมีเทนเกือบทั้งหมด เรียกว่า ก๊าซแห้ง (Dry gas) แต่ถ้าก๊าซธรรมชาติใดมีพวกโพรเพน บิวเทน และพวกไฮโดรคาร์บอนเหลว หรือ ก๊าซโซลีนธรรมชาติ เช่น เพนเทน เฮกเทน ฯลฯ ปนอยู่ในอัตราที่ค่อนข้างสูงเราเรียกก๊าซธรรมชาตินี้ว่า ก๊าซชื้น (Wet gas) ก๊าซธรรมชาติที่ประกอบด้วยมีเทน หรือ อีเทน หรือที่เรียกว่า ก๊าซแห้งนั้นจะมีสถานะเป็นก๊าซที่อุณหภูมิ และความดันบรรยากาศ ดังนั้น การขนส่งจึงจำเป็นต้องวางท่อส่งก๊าซ นอกเสียจากว่ามีปริมาณมากมาย ก็สามารถทำก๊าซแห้งให้เป็นของเหลว (LNG = Liquefied Natural Gas) โดยทำให้เย็นกว่าจุดน้ำแข็งมากถึง -160 องศาเซลเซียส ก็สามารถบรรทุกใส่เรือซึ่งมีถังอะลูมิเนียมควบคุมความเย็นเป็นพิเศษได้ แต่ก็ต้องใช้เงินลงทุนมหาศาล ส่วนก๊าซชื้นที่มีโพรเพน และ บิวเทน ซึ่งโดยทั่วไปมีปนอยู่เพียงประมาณ 4-8 % เท่านั้น จะมีสถานะเป็นก๊าซที่อุณหภูมิ และ ความดันบรรยากาศเช่นกัน เราสามารถแยกโพรเพน และ บิวเทน ออกจากก๊าซธรรมชาติได้ แล้วอัดใส่ถังเป็นก๊าซปิโตรเลียมเหลว หรือ แอลพีจี (LPG = Liquefied Petroleum Gas) ส่วนก๊าซธรรมชาติเหลว หรือ ก๊าซโซลีนธรรมชาติ ซึ่งเรียกกันว่า “คอนเดนเซท” (Condensate) นั้นคือพวกไฮโดรคาร์บอนเหลว ได้แก่ พวก เพนเทน เฮกเซน เฮปเทน และอ๊อกเทน ซึ่งจะมีสภาพเป็นของเหลวเมื่อผลิตขึ้นมาถึงปากบ่อบนแท่นผลิต การขนส่งอาจลำเลียงทางเรือหรือส่งไปตามท่อได้

1.1 คุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของก๊าซธรรมชาติ

1) สถานะ : ก๊าซ

2) ลักษณะทั่วไป : ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น

3) ความถ่วงจำเพาะ : 0.53 - 0.80

4) ขีดจำกัดการติดไฟ : 5% - 15% In volume

5) อุณหภูมิที่สามารถติดไฟได้เอง : 537 - 540 องศาเซลเซียส

1.2 ส่วนประกอบของก๊าซธรรมชาติ

1) องค์ประกอบหลัก : มีเทน (CH_4) 70.79%

2) องค์ประกอบอื่นๆ :

อีเทน (C_2H_6) 2.92 %

โพรเพน (C_3H_8) 0.86 %

คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 5.76 %

ไนโตรเจน (N_2) 18.2 %

3) การจำแนกสารเคมีอันตราย

UN Number 1971

ไม่ใช่สารก่อมะเร็ง

4) เกี่ยวกับสุขภาพ

อันตรายเรื่องการหายใจเนื่องจาก ขาดออกซิเจน

5) ด้านความปลอดภัย

ทำงานในที่อากาศถ่ายเทสะดวก

6) การใช้สารดับเพลิง : ผงเคมีแห้ง โฟม CO_2

1.3 ข้อดีของก๊าซธรรมชาติ

1) สะอาด ผลิตภัณฑ์ปราศจากการปนเปื้อน

2) เผาไหม้สมบูรณ์ ปราศจากเขม่าขี้เถ้าและกำมะถัน

3) ลดการกัดกร่อนของอุปกรณ์ ยืดอายุการใช้งาน

4) เบากว่าอากาศจึงลอยไปในอากาศเมื่อเกิดการรั่ว

5) อยู่ในสภาวะก๊าซจึงนำไปใช้ได้เลย

6) ประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้า

7) ไม่ต้องมีการสำรองเชื้อเพลิง ลดพื้นที่จัดเก็บเชื้อเพลิง

2. คุณสมบัติของอะลูมิเนียมที่ใช้ในกระบวนการผลิต

2.1 คุณสมบัติทางเคมี (Chemical Properties)

ออกซิเจน	เมื่ออะลูมิเนียม ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน จะทำให้เกิดชั้นฟิล์มบางๆเรียกว่าอะลูมิเนียมออกไซด์ อยู่ที่ชั้นผิวของ อะลูมิเนียม ซึ่งจะทำให้ไม่เกิดปฏิกิริยาต่อไป
ไนโตรเจน	เมื่ออะลูมิเนียม ทำปฏิกิริยา กับไนโตรเจน จะทำให้เกิดไนไตรด์ที่อุณหภูมิสูง
กำมะถัน	เมื่ออะลูมิเนียม ทำปฏิกิริยา กับกำมะถัน จะไม่มีปฏิกิริยาเกิดขึ้น
ไฮโดรเจน	เมื่ออะลูมิเนียมทำปฏิกิริยา กับไฮโดรเจน ละลายแทรกซึม เข้าในอะลูมิเนียมได้ และในการหล่ออะลูมิเนียมถือ ว่าไฮโดรเจนเป็นก๊าซ ที่จะต้องกำจัดออกให้หมดมากที่สุด

กรดอนินทรีย์ (เข้มข้น) เมื่อเกิดปฏิกิริยากับกรดอนินทรีย์ ซึ่งอะลูมิเนียมสามารถทนได้บ้าง

กรดอนินทรีย์ (เจือจาง) เมื่อเกิดปฏิกิริยากับกรดอนินทรีย์เจือจาง ซึ่งจะทำให้เกิดปฏิกิริยาทันที

ด่าง เมื่อเกิดปฏิกิริยา กับด่าง ซึ่งสามารถ ละลายอะลูมิเนียมได้

เกลือ เมื่อเกิดปฏิกิริยา กับเกลือ ซึ่งสามารถ กัดกร่อนอะลูมิเนียมได้

กรดอินทรีย์ เมื่อเกิดปฏิกิริยา กับกรดอินทรีย์ ซึ่งสามารถละลาย ในอะลูมิเนียมได้ทันที (ยกเว้นกรดน้ำส้ม)

กรดอินทรีย์รวมกับน้ำ จะไม่เกิดปฏิกิริยากับอะลูมิเนียม

ฮาโลเจน เมื่อเกิดปฏิกิริยา กับฮาโลเจน ซึ่งทำให้เกิด ปฏิกิริยาทันที

2.2 คุณสมบัติทางไฟฟ้า (Electrical Properties)

การต้านทานไฟฟ้าที่ 20ºC	2.6548 uΩ-cm
การนำไฟฟ้า	64.94 %IACS

2.3 คุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

หมายเลขอะตอม	13
น้ำหนักอะตอม	26.97
วาเลนซี่	3
โครงสร้างผลึก	f.c.c.
มิติของแลตทิส	4.049 ºA
ความหนาแน่นที่ 20 ºC	2.6989 g/mm^3
จุดหลอมเหลว	660.2 ºC
จุดเดือด	2450 ºC
การหดขณะแข็งตัว	6.6 %
ความร้อนแฝงของการหลอมละลาย	94.5 cal/g
ความร้อนแฝงของการเป็นไอ	2260 cal/g
ความร้อนจำเพาะที่ 100 ºC	0.224 cal/g

การนำความร้อนที่ 20 ºC	0.57 cal/g
การสะท้อนแสง	
แสงจากหลอดทังสเตน	90 %
แสง 2000 – 2500 ºA	86-87 %
แสง 10000 ºA	96 %
สี	ขาวเงิน

2.4 ประโยชน์ของอะลูมิเนียม

1) จากคุณสมบัติที่มีความหนาแน่นน้อย น้ำหนักเบา และมีกำลังวัสดุต่อน้ำหนักสูง จึงนิยมใช้ทำเครื่องใช้ไม้สอย ตลอดจนชิ้นส่วนบางอย่าง ในเครื่องบิน จรวด ขีปนาวุธ และอุปกรณ์ในรถยนต์ เพื่อลดน้ำหนักของรถให้น้อยลง จะได้ประหยัดเชื้อเพลิงตลอดจนชิ้นส่วนอากาศยาน

2) มีความเหนียวมาก สามารถขึ้นรูปด้วยกรรมวิธีต่างๆ ได้ง่ายโดยไม่เสี่ยงต่อการแตกหัก

3) จุดหลอมเหลวต่ำ หล่อหลอมง่าย และมีอัตราการไหลตัวสูง

4) ค่าการนำไฟฟ้า คิดเป็น 64.94 % IACS (International Association of Classification Societies) ซึ่งไม่สูงนัก แต่เนื่องจากมีน้ำหนักเบา ดังนั้นจึงใช้เป็นตัวนำไฟฟ้า ในกรณีที่คำนึงถึง เรื่องน้ำหนักเป็นสำคัญ

5) เป็นโลหะที่ไม่มีพิษต่อร่างกาย และไม่มีค่าการนำความร้อนสูง ใช้ทำภาชนะหุงต้มอาหาร และห่อรองรับอาหาร

6) ผิวหน้าของ อะลูมิเนียมบริสุทธิ์ มีดัชนีการสะท้อนแสงสูงมาก จึงใช้ทำแผ่นสะท้อนในแฟลชถ่ายรูป , จานสะท้อนแสงในโคมไฟ และไฟหน้ารถยนต์

7) ซื้อหาได้ง่าย ในท้องตลาด และราคาไม่แพงนัก

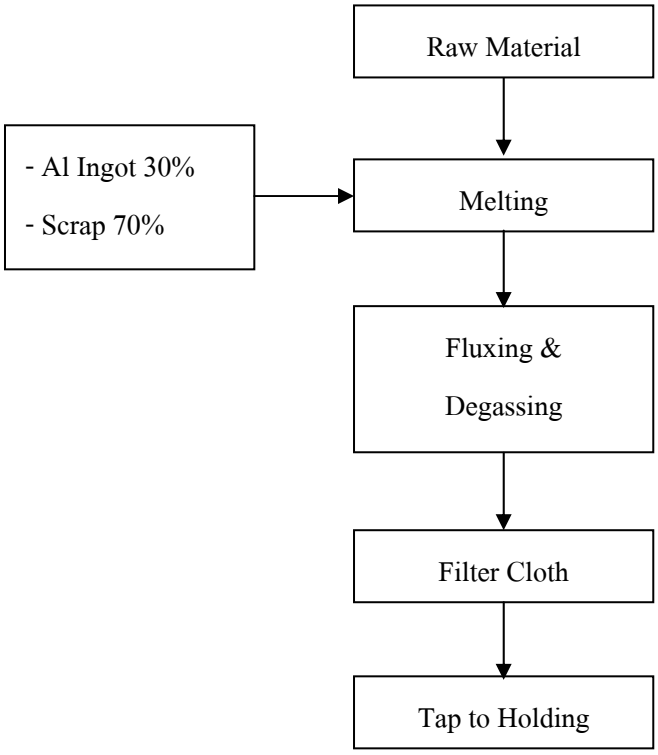
8) ทนทานต่อการเกิดเป็นสนิม และการผุกร่อน ในบรรยากาศที่ใช้งานโดยทั่วไป ได้ดีมาก แต่ไม่ทนทาน ต่อการกัดกร่อนของกรดแก่ และด่างทั่วๆไป

9) ใช้ในการตกแต่ง ในงานเฟอร์นิเจอร์ ตลอดจนใช้เป็น อุปกรณ์ตกแต่งบ้าน

10) เป็นโลหะที่ยังมีการพัฒนาอย่างไม่หยุดยั้ง

3. กระบวนการหลอมอะลูมิเนียม

การผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ซึ่งมีอะลูมิเนียมเป็นวัสดุหลักในการผลิตชิ้นส่วนเหล่านี้ ในขบวนการผลิตจะประกอบไปด้วย กระบวนการหลอมอะลูมิเนียมซึ่งใช้เตาหลอมที่ใช้เชื้อเพลิงเป็นก๊าซธรรมชาติ หลังจากนั้นจะเข้าสู่ขบวนการฉีดขึ้นรูปเพื่อให้เป็นชิ้นงาน และนำไปตกแต่งผิว หรือขึ้นรูปกัดกลึง (Machining) ตามที่ลูกค้ากำหนด สำหรับการทำวิจัยในครั้งนี้ จะพิจารณาที่กระบวนการหลอมอะลูมิเนียม



ภาพที่ 1 กระบวนการหลอมอะลูมิเนียม

ตามภาพที่ 1 แสดงให้เห็นกระบวนการหลอมทั้งหมดเริ่มจากการเตรียม Ingot อะลูมิเนียม และ Scrap อะลูมิเนียมจัดลงกระบะเพื่อส่งขึ้นสู่ Tower ของเตาหลอม ปล่อยลงสู่เตาหลอมต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 2 แสดง Tower ที่ส่ง Ingot เข้าสู่ภายในเตาหลอม (Charge Al) เมื่อหลอมอะลูมิเนียมได้ปริมาณตามต้องการจะเข้าสู่ขั้นตอนการทำความสะอาดอะลูมิเนียมเหลวโดยการใช้ฟลักซ์ (Fluxing) จะช่วยให้น้ำอะลูมิเนียมสะอาดและป้องกันความสกปรกจากบรรยากาศ พร้อมทั้งใช้ก๊าซไนโตรเจนเข้าไปจับไฮโดรเจนในน้ำอะลูมิเนียมเรียกว่ากระบวนการ Degassing จากนั้นต้องตักสิ่งสกปรกออก และส่งน้ำอะลูมิเนียมออกมาทางด้าน Tap น้ำอะลูมิเนียม ดังแสดงในภาพที่ 3 จากนั้นน้ำอะลูมิเนียมจะถูกกรองสิ่งสกปรกออกอีกครั้งเรียกว่ากระบวนการ Filter Cloth สุดท้ายน้ำอะลูมิเนียมที่พร้อมใช้งานจะถูกส่งไปยังกระบวนการฉีดขึ้นรูปต่อไป

ภาพที่ 2 Tower ของเตาหลอม

ภาพที่ 3 เตาหลอมด้าน Tap น้ำอะลูมิเนียม

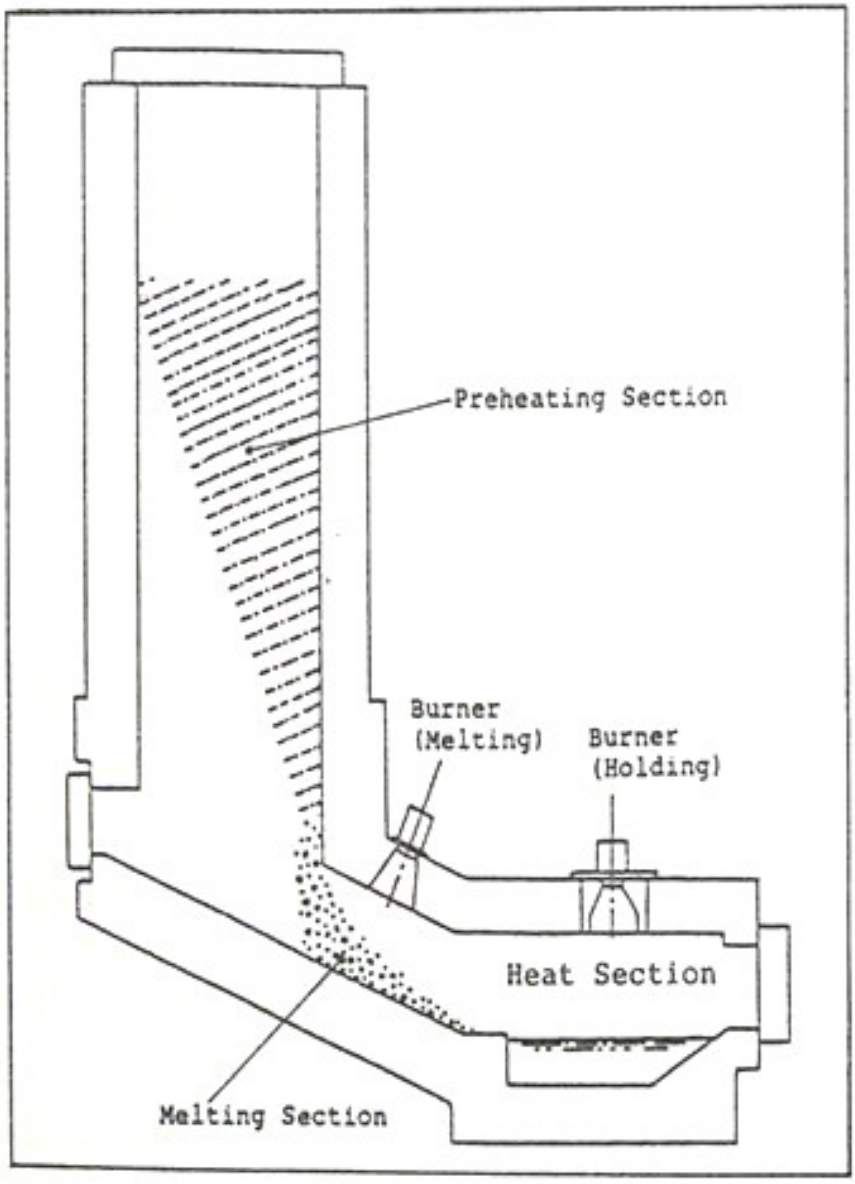
4. ส่วนประกอบ และระบบการทำงานของเตาหลอมอะลูมิเนียม

เตาหลอมประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ดังแสดงในภาพที่ 4 คือ

1) ส่วนเตรียมก่อนหลอม (Pre-Heat) ความร้อนจะถูกแผ่มาจากส่วนหลอม

2) ส่วนหลอม (Melting section) ใช้หัว Burner พ่นเปลวไฟใส่แท่งอะลูมิเนียมโดยใช้อุณหภูมิ 680-700 องศาเซลเซียส เพื่อทำหลอมแท่งอะลูมิเนียมให้เป็นของเหลวและให้น้ำอะลูมิเนียมเหลวไหลเข้าสู่ส่วนพักน้ำอะลูมิเนียม

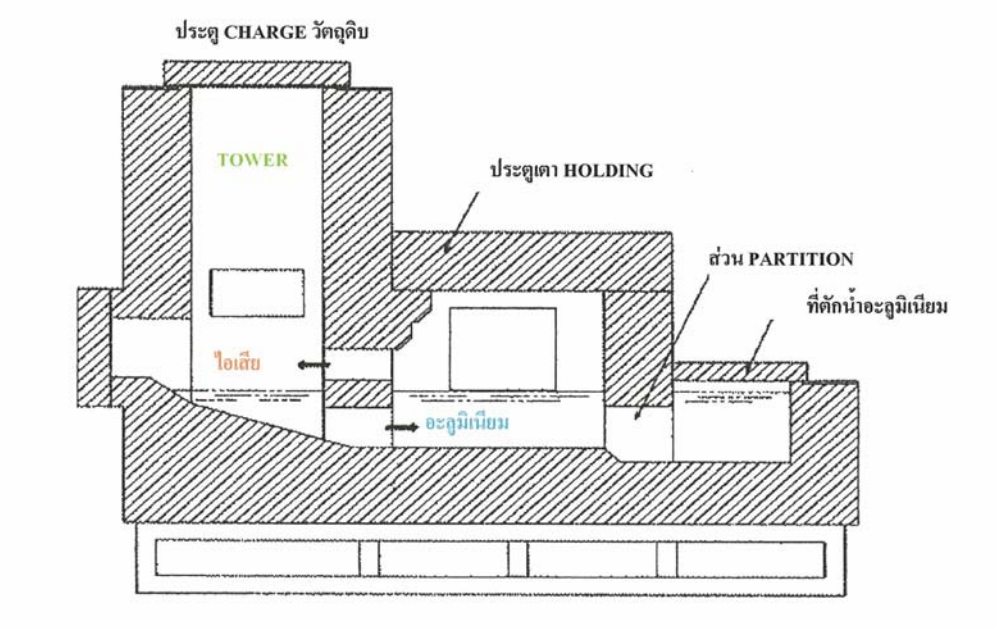
3) ส่วนพักน้ำอะลูมิเนียม (Holding section / Heat section) ใช้หัว Burner ทำความร้อนที่ 670 – 680 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4 ส่วนต่างๆในเตาหลอม

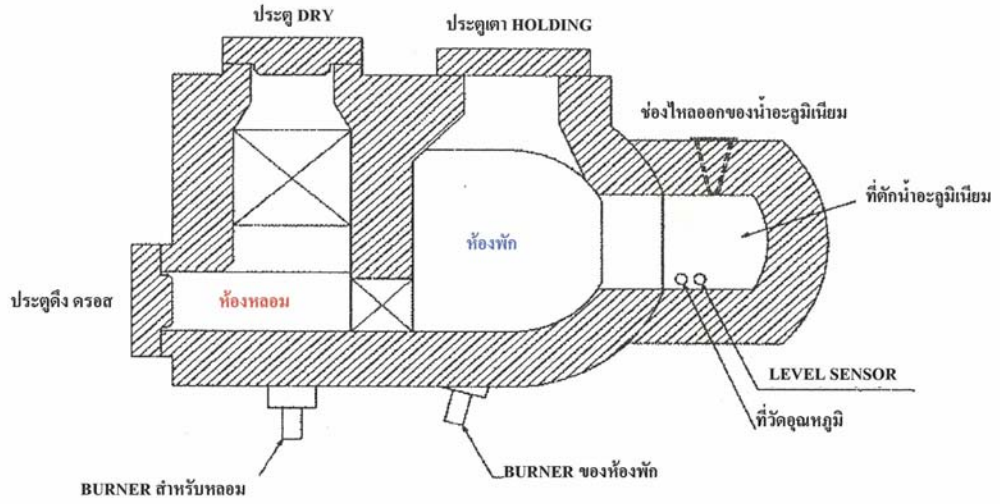
ที่มา: Introduction Manual SER 700S (2004)

ส่วนประกอบต่างๆ ภายในเตาหลอม ดังแสดงในภาพที่ 5 และภาพที่ 6



ภาพที่ 5 ส่วนประกอบของเตาหลอม (มุมมองด้านข้าง)

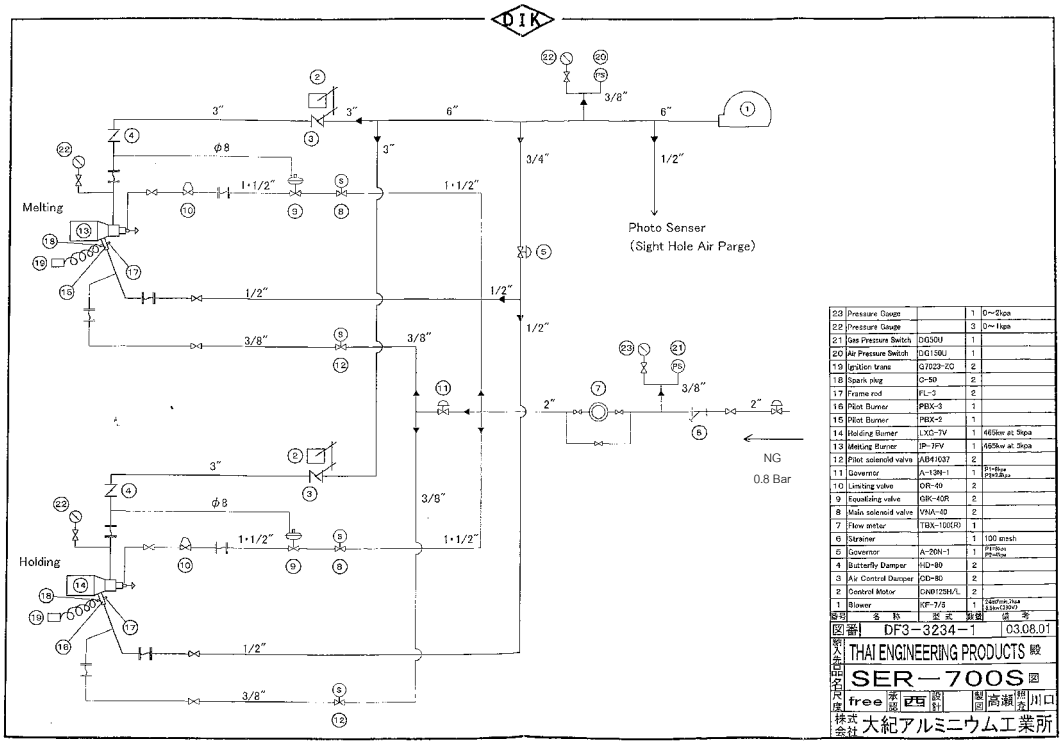
ที่มา: Introduction Manual SER 700S (2004)



ภาพที่ 6 ส่วนประกอบของเตาหลอม (มุมมองด้านบน)

ที่มา: Introduction Manual SER 700S (2004)

เตาหลอมอะลูมิเนียมที่ในโรงงานนี้ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง โดยมีระบบท่อและอุปกรณ์แสดงใน Diagram ตามภาพที่ 7



ภาพที่ 7 Diagram ของเตาหลอมอะลูมิเนียม

ที่มา: Introduction Manual SER 700S (2004)

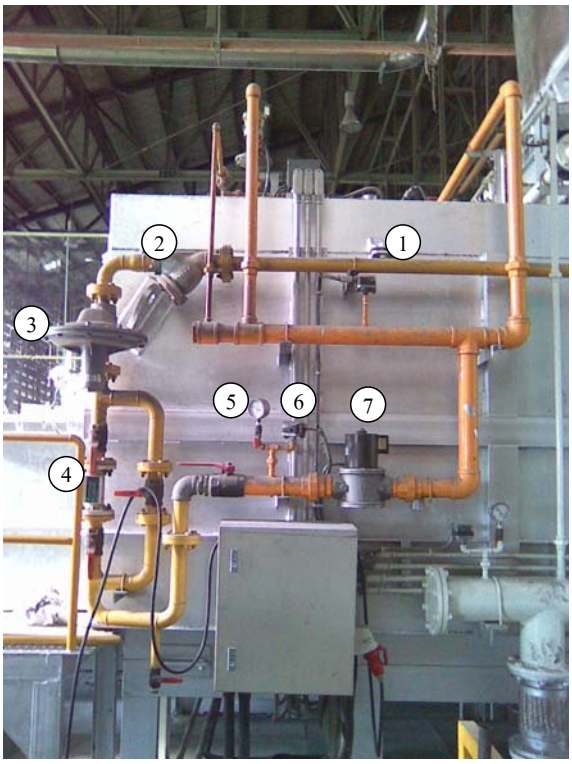
ตามภาพที่ 7 แสดง Diagram ของท่อและอุปกรณ์ต่างๆ ในกระบวนการหลอมอะลูมิเนียมของเตารุ่น SER-700S ทางด้าน Supply ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ Blower เป็นอุปกรณ์สร้างลมเพื่อใช้เป็นส่วนผสมกับก๊าซธรรมชาติ และยังนำไปใช้ในการเป่าไล่ก๊าซธรรมชาติที่ค้างในเตาขณะเริ่มสตาร์ทเตา ก่อนที่จะเริ่มจุดหัว Burner เพื่อป้องกันการสะสมของก๊าซธรรมชาติที่มีมากเกินไป (Air purge) ซึ่งเมื่อสั่งในมีการจุด (Ignition) จะทำให้มีการระเบิดในเตาขึ้นได้ หรือเมื่อมีการเปิดฝาเตาเพื่อตรวจสอบดูเปลวไฟในเตา แล้วมีการสั่งจุด ก็อาจจะระเบิดออกมาไหม้คนหรือสิ่งของภายนอกได้ อย่างไรก็ตามผู้ออกแบบเตาจะคำนึงถึงจุดนี้เสมอ แต่ช่างซ่อมหรือผู้ใช้งานมักจะมีการลดเวลาในการเป่า(Purge) ก๊าซทิ้ง เพื่อที่จะลองจุดหลังจากเข้าไปแก้ไขอุปกรณ์บางตัว ทำให้มีก๊าซสะสมและอาจเกิดการระเบิดตามมา ความรุนแรงขึ้นอยู่กับปริมาณก๊าซที่สะสมอยู่ อาจทำให้น้ำอะลูมิเนียมที่หลอมอยู่กระเด็นขึ้นมาโดนคนหรือสิ่งของรอบ ๆ เตาอาจทำให้ลุกไหม้ได้ หรืออาจ

ทำให้โครงสร้างเตาชำรุดเร็วขึ้น หรือ อาจเกิด Flash back เข้ามาที่หัว Burner ทำให้อุปกรณ์ต่าง ๆ เสียหายได้ นอกจากนี้ลมจาก Blower ยังจ่ายไปเพื่อเป่าทำความสะอาด หัว UV Sensor เพื่อป้องกันการสกปรก จะมีผลทำให้เตาดับได้ แนวท่อจาก Blower จะจ่ายลมให้กับหัว Burner ทั้ง 2 หัว มี Pressure Switch ส่งสัญญาณให้ชุดควบคุมทางไฟฟ้าทราบถึงแรงดันลมหรือมีลมจ่ายให้ระบบเพื่อให้ขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ ดำเนินต่อไปได้ ถ้าแรงดันลมต่ำหรือไม่มี จะสั่งตัดการทำงานของอุปกรณ์ทั้งหมดทำให้ไม่สามารถหลอมได้ นอกจากนี้ยังมี Pressure Gauge ที่ติดตั้งให้พนักงานสามารถมองเห็นได้ง่าย และเพื่อบันทึกการตรวจเช็คประจำวัน

ทางด้าน Supply ส่วนที่ 2 คือ ก๊าซธรรมชาติ ที่จ่ายเข้ามาที่แรงดัน 0.8 Bar ผ่าน Strainer เพื่อกรองสิ่งสกปรกที่อาจจะปะปนมากับก๊าซ เช่น เศษสนิมในท่อ เป็นต้น ที่ท่อส่งหลักนี้จะมี Pressure Switch เป็นตัวเช็คว่ามีก๊าซเข้ามาเพียงพอต่อการเผาไหม้หรือไม่ ถ้าไม่เพียงพอจะส่งสัญญาณให้ชุดควบคุมทางด้านไฟฟ้าสั่งตัดการทำงานทั้งระบบเช่นกัน นอกจากนี้ยังมี Pressure Gauge เพื่อเช็คแรงดันด้วยตา และเพื่อใช้ปรับค่าของ Pressure Switch ด้วยว่ามีค่าเท่าไหร่ถึงจะทำงาน และในท่อจ่ายหลักนี้ยังมี Flow Meter เป็นตัววัดปริมาณการใช้ก๊าซเพื่อบันทึกควบคุม เช็คปริมาณการหลอมได้ด้วย ซึ่งท่อหลักก๊าซจะจ่ายก๊าซให้หัว Burner ทั้ง 2 หัวต่อไป ในผังจะเห็นว่ามี Governor Valve ซึ่งเป็นแบบหมุนด้วยมือเพื่อหรี่ลดปริมาณก๊าซที่จะเข้า Pilot Burner อย่างไรก็ตาม ทั้ง Burner หลัก และ Pilot Burner ก่อนเข้าจะมี Shut Off Solenoid Valve เป็นตัวควบคุมการจ่ายเข้าอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งถ้าหาก Solenoid Valve สั่งปิดแล้วไม่ปิด (ค้าง) หรือ ปิดไม่สนิท จะมีผลให้เกิดการสะสมปริมาณก๊าซในเตาได้เช่นกัน และอาจเกิดการระเบิดตามมาได้สำหรับ Melting Burner และ Holding Burner จะมีหลักการทำงานเหมือนกัน ในที่นี้จะขออธิบายเพียงหัวเดียว คือหัว Melting Burner เนื่องจากเป็นหัวที่สัมผัสกับ แท่งอะลูมิเนียม (Ingot) หรือบางครั้งอาจจะมีพวกเศษอะลูมิเนียม (Scrap) บางครั้งจะมีความสกปรก เมื่อมีการให้ความร้อนจนเผาไหม้ก็จะมีเขม่าควันเกิดขึ้นในห้องหลอม หรือ การใช้เคมีทำความสะอาดผนังเตา หรือเคมีไล่สิ่งสกปรกในน้ำอะลูมิเนียม จะมีเขม่าควัน ฝุ่นผงลอยขึ้นมามาก ทำให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จับสัญญาณเปลวไฟ (UV Sensor) ทำงานผิดพลาด หรือไปอุดตันในหัวเทียนจุดไฟ(Ignitor) ทำให้เมื่อ สตาร์ท Burner อีกครั้งจะจุดไม่ติด ทำให้มีก๊าซเข้ามาสะสมทีละน้อย เมื่อสั่งจุดบ่อย ๆ แต่มีการปรับลดเวลา ในการทำ Air Purge จะทำให้มีการสะสมก๊าซในเตามากขึ้นจนถึงจุดหนึ่งความร้อนในเตาสูงพอทำให้ก๊าซเหล่านั้นจุดติดและเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ที่รุนแรงจนระเบิดในเตาได้ หรือเมื่อทำความสะอาดหัวเทียนจุดไฟแล้วลองจุดใหม่ ก็อาจทำให้เกิดการระเบิดได้เช่นกัน ทำให้เกิดความเสียหายตามมา ส่วนห้อง Holding จะเป็นห้องที่ค่อนข้างสะอาด เพราะรับน้ำอะลูมิเนียมมาอย่างเดียวจึงไม่ค่อยมีปัญหาใน

ส่วนนี้ Melting Burner จะเริ่มจากการจุดไฟที่ Pilot Burner โดยมี Shut Off Solenoid Valve เป็นตัวปิดเปิดก๊าซเข้า ส่วนลมที่จะเข้ามาผสมจะมีการปล่อยเข้ามาตลอดเวลาในท่อขนาด 0.5 นิ้ว

ตาม Diagram ของเตาหลอมอะลูมิเนียม สามารถแบ่งส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานหลักของเตาได้เป็น 4 ส่วน ได้แก่ Main Supply Gas , Burner , Main Burner และ Pilot Burner ซึ่งจะแสดงตามภาพที่ 8 , 9 , 10 และ 11 ตามลำดับ



ภาพที่ 8 Main Supply Gas Pipe

หมายเลข 1 คือ Main Gas Pipe

หมายเลข 2 คือ Strainer

หมายเลข 3 คือ Regulator

หมายเลข 4 คือ Flow Meter

หมายเลข 5 คือ Pressure Gauge

หมายเลข 6 คือ Pressure Switch

หมายเลข 7 คือ Solenoid Valve

ในส่วนของระบบจ่ายก๊าซหลักตามภาพที่ 8 นี้จะมีหน้าที่ลดแรงดันก๊าซเพื่อใช้งานที่ 0.5-0.8 บาร์ เพื่อให้เหมาะกับ Burner ที่ใช้งาน โดย มี Solenoid Valve เป็นวาล์วควบคุมการจ่ายก๊าซเข้า Burner ซึ่งตัว Burner จะมีทั้ง Burner หลัก และ Pilot Burner อยู่ในตัวเดียวกัน ดังนั้นท่อก๊าซจะแยกกันเข้าทั้ง Burner หลัก และ Pilot Burner แต่ขนาดท่อจะแตกต่างกัน

- Main Supply Gas Pipe ต่อมาจากท่อในโรงงานที่รับมาจากสถานีจ่ายก๊าซ ที่ลดแรงดันก๊าซจาก ปตท. เหลือ 1.5 บาร์ เพื่อจ่ายเข้าโรงงาน

- Strainer ทำหน้าที่กรองเศษเหล็ก หรือ สนิมในท่อที่จะหลุดเข้ามาพร้อมก๊าซ ก่อนเข้าในระบบ Burner

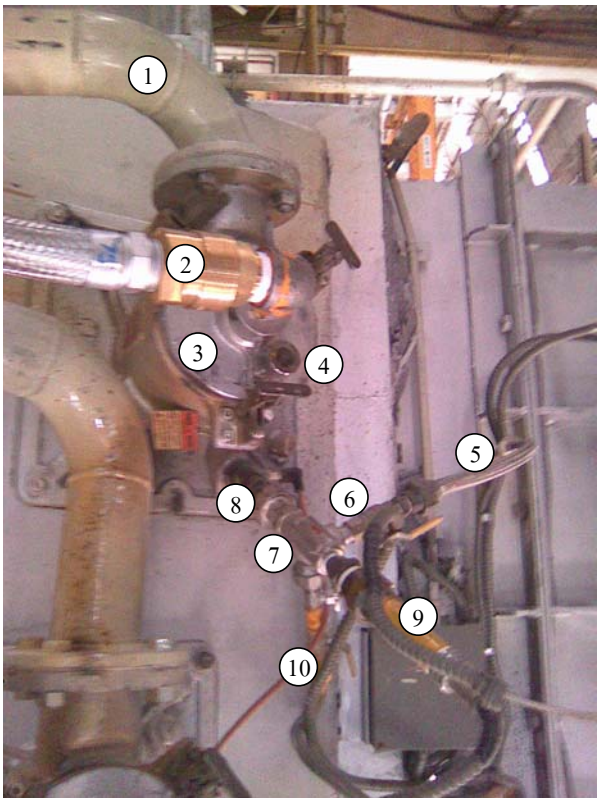
- Regulator ทำหน้าที่ลดแรงดันก๊าซก่อนเข้า Burner ซึ่งปกติจะใช้แรงดัน 0.5-0.8 บาร์ และยังทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันให้คงที่

- Flow meter & by pass pipe ใช้ตรวจวัดปริมาณการใช้ก๊าซ เพื่อควบคุมและวัดปริมาณการหลอม กรณีที่ Flow meter เสีย สามารถถอดออกมาตรวจเช็ค ทำความสะอาด หรือเปลี่ยนโดยไม่ต้องหยุด Burner โดยเปิดท่อ Bypass แทนในช่วงทำการบำรุงรักษา

- Pressure switch & Pressure gauge เกจวัดแรงดันใช้แสดงแรงดันเข้าของก๊าซ สามารถมองเห็นได้ด้วยตา และไว้ใช้สำหรับตั้งแรงดันใช้งานของ Pressure Switch โดยหมุนปรับค่าได้ ถ้าแรงดันสูงหรือต่ำกว่า 0.5-0.8 บาร์ ให้ส่งสัญญาณให้ชุดควบคุมสั่งปิด Solenoid Valve ทางเข้า

- Solenoid Valve ทำหน้าที่ปิด-เปิดวาล์วเพื่อควบคุมก๊าซเข้า โดยรับสัญญาณจากชุดควบคุม

อย่างไรก็ตามในที่นี้ไม่ได้กล่าวถึงส่วนของลมอัด หรืออากาศ ที่จะใช้ในการผสมเพื่อจุดติด Burner ปกติเตาขนาดใหญ่จะมี Blower ขนาดใหญ่เป็นตัวสร้างลมอัด จ่ายไปตามท่อเพื่อเข้าผสมกับก๊าซ อย่างไรก็ดีลมอัดนี้จะต้องผ่านตัวกรองความสกปรก ตัวลดแรงดันและรักษาระดับแรงดัน และมี Pressure Switch & Gauge เพื่อตรวจเช็คว่าอยู่ในระดับแรงดันใช้งานแล้ว จึงจะปล่อยลมผ่าน Solenoid Valve



ภาพที่ 9 ส่วนประกอบของ Burner

หมายเลข 1 คือ Air Pipe for Main Burner

หมายเลข 2 คือ Gas Pipe for Main Burner

หมายเลข 3 คือ Main Burner

หมายเลข 4 คือ Flame Checking Window

หมายเลข 5 คือ Pilot Air Pipe

หมายเลข 6 คือ Ignitor

หมายเลข 7 คือ Air – Gas Mixer

หมายเลข 8 คือ Pilot Burner

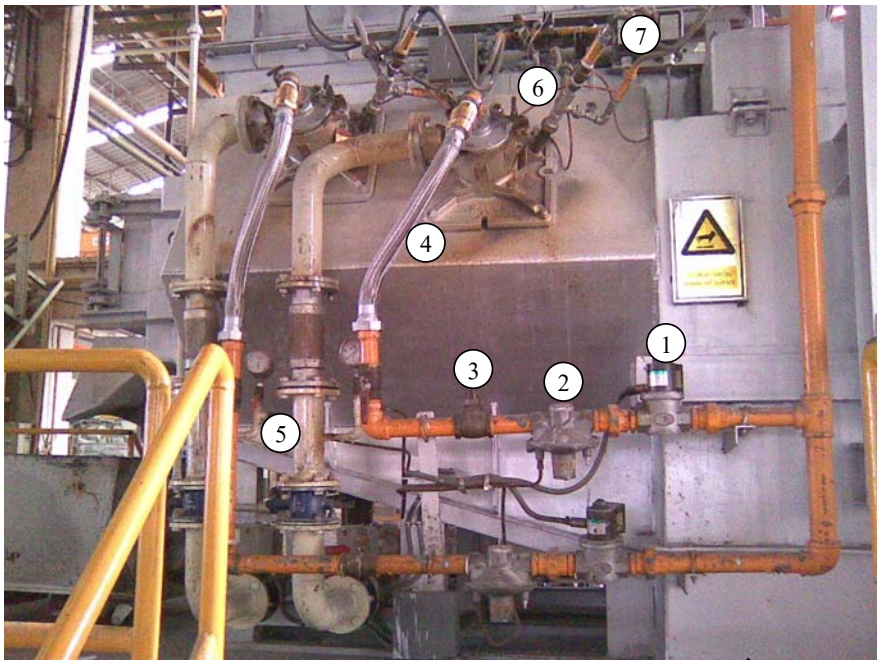
หมายเลข 9 คือ UV Flame sensor

หมายเลข 10 คือ Pilot gas pipe

ตามภาพที่ 9 แสดงส่วนประกอบ Burner ซึ่งประกอบด้วย Main Burner และ Pilot Burner โดยการจุดไฟจะเริ่มจาก Pilot Burner ก่อน เมื่อได้เปลวไฟที่นิ่งแล้วจึงจะเริ่มจุดไฟที่ Main Burner ซึ่งทั้งสองมี Solenoid Valve ควบคุมการจ่ายลม และ ก๊าซเหมือนกัน

- Pilot Burner เริ่มจากแรงดันลมและก๊าซของท่อจ่ายเข้ามาแรงดันได้ตามต้องการแล้ว Solenoid Valve ของชุดนี้จะเปิดลมและก๊าซเข้ามาผสมกัน (Air-Gas Mixer) จากนั้นตัวจุดประกายไฟ (Ignitor หรือที่เรียกกันว่า หัวเทียน) จะถูกจุดด้วย IgnitorTransformer ที่รับคำสั่งมาจากชุดควบคุมในตู้ เมื่อได้เปลวไฟแล้ว UV Flame Sensor จะแปลงค่าเปลวไฟเป็นสัญญาณให้ชุดควบคุมรับทราบว่าขณะนี้เปลวไฟจุดติดหรือไม่ หรือจุดติดแล้วลักษณะของเปลวไฟเป็นอย่างไร เช่น ลมมากไป หรือ ก๊าซมากไป ซึ่งจะไปแสดงค่า เป็นไมโครแอมแปร์ที่หน้าตู้ปฏิบัติการ เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถปรับปริมาณลมหรือก๊าซได้โดยปรับบอลวาล์วที่ติดตั้งไว้ที่ Pilot Gas Pipe และ Pilot Air Pipe หลังจากที่ Pilot Burner จุดติดแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็จะเริ่มจุด Main Burner ต่อไป

- Flame Checking Window ไว้สำหรับส่องเช็คเปลวไฟในเตาด้วยตาได้ โดยดูผ่านช่องกระจกนี้



ภาพที่ 10 Main Burner (2 Units Type)

หมายเลข 1 คือ Solenoid Valve for Gas

หมายเลข 2 คือ Equalizing Valve

หมายเลข 3 คือ Limiting Valve

หมายเลข 4 คือ Main Gas Hose

หมายเลข 5 คือ Main Air Pipe

หมายเลข 6 คือ Pilot Pipe

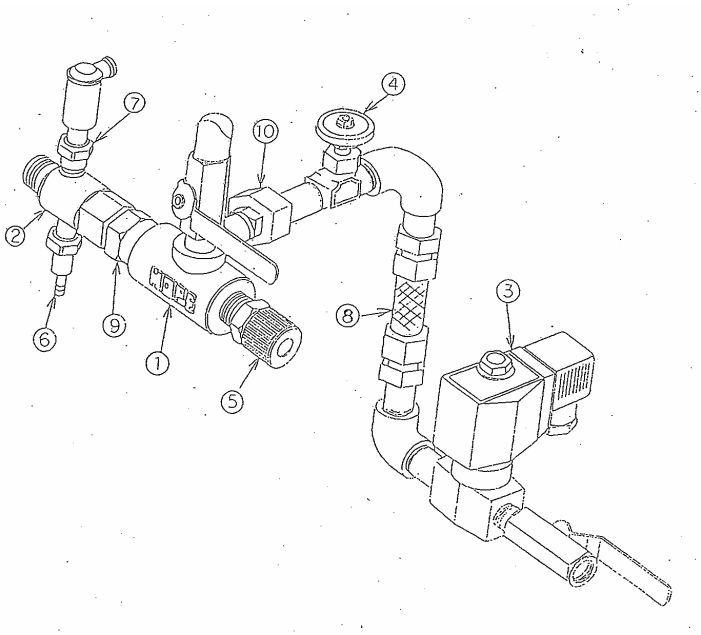
หมายเลข 7 คือ Ignitor Transformer

หลังจาก Pilot Burner จุดติดแล้ว ขั้นตอนถัดมาจะต้องจุด Main Burner ตามภาพที่ 9 โดย Solenoid Valve สั่งเปิดลมและก๊าซเข้ามา แต่ละขั้นตอนของก๊าซ มีดังนี้

- Equalizing Valve ทำหน้าที่รักษาอัตราการผสมของก๊าซกับลมเพื่อให้การเผาไหม้สมบูรณ์ ตัววาล์วนี้จะมีท่อลมและก๊าซเข้ามาผสมกัน ถ้าค่าอัตราการผสมไม่ได้ ชุดควบคุมจะสั่งให้มอเตอร์ไปหมุน Butterfly Valve ของท่อก๊าซก่อนเข้า Main Burner ทำการหรี่หรือเปิดวาล์วให้มากขึ้นเพื่อให้อัตราส่วนผสมของลมกับก๊าซได้ตามที่ต้องการ

- Limiting Valve ใช้ควบคุมปริมาณก๊าซไม่ให้เข้า Burner สูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ สามารถตั้งได้ด้วยการหมุนปรับด้านบนของวาล์ว เพื่อป้องกันปริมาณก๊าซที่สูงเกินไป อาจจะทำให้มีปริมาณก๊าซสะสมในตัวเตาได้

- Main Gas Hose ติดตั้งเพื่อให้มีความยืดหยุ่นของท่อ เนื่องจากขณะ Burner ทำงาน จะมีแรงสั่นสะเทือน และบางครั้งถ้ามีการระเบิดในเตาจะมีแรงสะเทือนสูง ถ้าเดินเป็นท่อแข็ง อาจทำให้ท่อก๊าซเสียหาย แตกหักหรือร้าวได้ ซึ่งจะนำมาซึ่งความเสียหายสูงต่อไปทั้งนี้แสดงส่วนประกอบของ Pilot Burner ดังแสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ส่วนประกอบของ Pilot Burner

หมายเลข 1 คือ Mixer

หมายเลข 2 คือ Pilot Burner

หมายเลข 3 คือ Solenoid Valve

หมายเลข 4 คือ Needle Valve

หมายเลข 5 คือ Flame Checking Window

หมายเลข 6 คือ Flame Rod (UV Sensor)

หมายเลข 7 คือ Ignitor

หมายเลข 8 คือ Flex Hose

หมายเลข 9 คือ Union

หมายเลข 10 คือ Union

Pilot Burner จะเริ่มทำงานหลังจาก Main Blower ทำงานแล้ว 30 วินาทีเพื่อไล่ก๊าซในเตาออกก่อน หลังจากนั้น Shut Off Solenoid Valve หมายเลข 3 จะปล่อยก๊าซเข้ามาผ่าน Needle Valve หมายเลข 4 เพื่อหรี่ปริมาณก๊าซให้น้อยลง เพื่อเข้าไปผสมกับลมหรืออากาศ ที่หัว Mixer หมายเลข 1 อากาศและก๊าซที่ผสมกันจะผ่านเข้ามาที่ Pilot Burner หมายเลข 2 ซึ่งมี หัวเทียนจุดไฟ (Ignitor) หมายเลข 7 จะทำการจุดต่อเนื่อง (Spark) เป็นเวลา 5 วินาที หลังจากนั้น UV Sensor หมายเลข 6 จะตรวจจับ (Detect) เปลวไฟ ว่าจุดติดหรือไม่ จะส่งสัญญาณเป็นค่ากระแสไมโครแอมแปร์ ไปให้ชุดควบคุม Protect Relay เพื่อสั่งปิดเปิด Shut Off Solenoid Valve และยังส่งค่าไปแสดงบนมอนิเตอร์ที่หน้าตู้ควบคุม ถ้าเปลวไฟมีส่วนผสมดีระหว่างอากาศกับก๊าซ ค่าจะอยู่ระหว่าง 3.5-4 ไมโครแอมแปร์ จะได้เปลวสีขาวนวล

4.1 การทำงานของหัวเผาไหม้ (Burner Operation)

1) การเตรียมสำหรับการติดไฟ

- ตรวจสอบแสงไฟ Power สว่างขึ้น

- เปิดเบรคเกอร์ (Breaker) ทั้งหมดในแผงควบคุม (Control Panel)

- ตรวจสอบให้แน่ใจว่าวาล์วก๊าซและวาล์วการอัดอากาศถูกเปิดอยู่สำหรับแต่ละหัวเผาไหม้

- เปิดวาล์วก๊าซหลักตรวจสอบแสงไฟของระดับความดันก๊าซต่ำ (Gas Pressure Lower) ดับลง

- กดปุ่มเปิด (กดเบาๆ) พัดลมเครื่องเป่าลม (Blower) ตรวจสอบแสงไฟสว่างขึ้น ตรวจสอบแสงไฟของระดับความดันอากาศต่ำ (Air Pressure Lower) ดับลง

- รอประมาณ 30 วินาที จนกระทั่งกระบวนการไล่ก๊าซที่ค้างในท่อ (Pre-Purging) เสร็จเรียบร้อย

2) การติดไฟหัวเผาไหม้สำหรับการเก็บรักษา (Holding Burner)

- ตั้งค่าการเลือกกระแสไฟของหัวเผาไหม้ (Burner Detection Current) ไปที่การเก็บรักษา (Holding)

- กดปุ่มเปิด (กดเบาๆ) หัวเผาไหม้สำหรับการเก็บรักษาตรวจสอบว่าแสงไฟสว่างขึ้น

- ตรวจสอบมิเตอร์กระแสไฟของหัวเผาไหม้ให้ชี้ไปที่ประมาณ 4.0 μA

- ถ้าหัวเผาไหม้ไม่สามารถติดไฟได้หรือเปลวไฟใช้การไม่ได้ เสียงเตือนจะดังขึ้น (Alarm Buzzer Sound) และแสงไฟแสดงว่า “เปลวไฟในห้องเก็บรักษาบกพร่อง (Holding Burner Failure)” สว่างขึ้นและแสงไฟหวอสีแดง (Red Pato-Lamp) สว่างขึ้น วาล์วขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า (Solenoid Valve) ของก๊าซถูกปิดด้วยกระบวนการย้อนกลับ (Recovery Procedure) กดปุ่มหยุดสัญญาณเตือนเพื่อตั้งค่าใหม่กับเสียงสัญญาณเตือน และแสงไฟแสดงว่า “เปลวไฟหัวเผาไหม้สำหรับเก็บรักษา” และแสงไฟหวอสีแดงดับลง กดเปิด (กดเบาๆ) หัวเผาไหม้สำหรับการเก็บรักษาอีกครั้ง และตรวจสอบว่าแสงไฟสว่างขึ้น

- ถ้าการเปิดหัวเผาไหม้อีกครั้งยังไม่สามารถทำงานได้อีก ให้ใช้การตรวจสอบข้อมูลสำหรับความบกพร่องของเปลวไฟ (Flow Sheet for Flame Failure) และคู่มือการบำรุงรักษาสำหรับเปลวไฟที่บกพร่อง (Unsuccessful Pilot Burner Ignition or Flame Failure)

- หัวเผาไหม้ของการเก็บรักษาให้ค่าที่วัดของเครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature) ที่บ่อตักน้ำอะลูมิเนียม (Ladling Well) เพื่อควบคุมอุณหภูมิโลหะหลอม และควบคุมอุณหภูมิสูงหรือต่ำขึ้นกับค่าที่ตั้งไว้สำหรับเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Controller 2)

PV : ค่าที่แสดง (Point Value)
SV : ค่าที่ตั้งไว้ (Set Value)

4.2 การติดไฟหัวเผาไหม้สำหรับหลอม (Ignition Melting Burner)

1) ตั้งค่าการเลือกกระแสไฟของหัวเผาไหม้ (Burner Detection Current) ไปที่การหลอม (Melting)

2) กดปุ่มเปิด (กดเบาๆ) หัวเผาไหม้สำหรับการหลอม ตรวจสอบว่าแสงไฟสว่างขึ้น

3) ตรวจสอบมิเตอร์กระแสไฟของหัวเผาไหม้ให้ชี้ไปที่ 4.0 μA

- วิธีการย้อนกลับสำหรับการติดไฟหรือเปลวไฟที่บกพร่องให้ทำวิธีการดังกล่าว

เหมือนกับหัวเผาไหม้สำหรับการเก็บรักษาพร้อมทำงาน (Ready, OK) ถูกยกเลิก

- วาล์วหลักของหัวเผาไหม้หลักเกี่ยวข้องกับการควบคุมระดับการหลอมโลหะและควบคุมอุณหภูมิที่ปล่อยออกมาบริเวณทาวเวอร์ ซึ่งอธิบายไว้ ดังนี้ การควบคุมระดับการหลอมโลหะ เมื่อระดับของเหลวสูงถึงระดับที่ตั้งตรวจสอบ (Electrod 1 และ 2) ไว้ที่บ่อตักน้ำอะลูมิเนียม (Upper Level) แสงไฟสว่างขึ้นแสดงระดับการเก็บรักษาสูงขึ้นและวาล์วหลักจะถูกปิด ถ้าระดับของเหลวลดลง วาล์วจะทำงานโดยอัตโนมัติ

การควบคุมอุณหภูมิที่ห้องโดยปกติในการหลอมให้เปิดสวิตซ์ควบคุมอุณหภูมิติดตั้งที่ห้องหลอม(Exhaust Control “ON”)

ควบคุมอุณหภูมิที่ห้องหลอมด้วยการปรับที่เครื่องควบคุมอุณหภูมิตัวที่ 1 (Temperature Controller 1) ค่าที่วัดของเครื่องวัดอุณหภูมิติดตั้งที่ทาวเวอร์ ทำการควบคุมอุณหภูมิสูงหรือต่ำขึ้นกับค่าที่ตั้งไว้ในกรณีที่ฝาด้านบนปิดขณะที่หลอมอะลูมิเนียม ให้ตั้งค่าอุณหภูมิไว้ที่ 300-200 ºC

PV : ค่าที่แสดง (Point Value)
SV : ค่าที่ตั้งไว้ (Set Value)

เมื่ออุณหภูมิถึงระดับที่ตั้งไว้ ระบบจะตัดการทำงานของหัวเผาไหม้ของการหลอมถ้าอุณหภูมิลดระดับลงกว่าที่ตั้งไว้ หัวเผาไหม้ของการหลอมจะทำงานโดยอัตโนมัติ

4.3 การดับหัวเผาไหม้ (Extinguishing Burner)

1) การดับหัวเผาไหม้สำหรับการหลอม
กดปุ่มปิดหัวเผาไหม้สำหรับการเก็บรักษา
ตรวจสอบว่าแสงไฟดับลง

2) การดับหัวเผาไหม้สำหรับการเก็บรักษา

กดปุ่มปิดหัวเผาไหม้สำหรับการเก็บรักษา

ตรวจสอบว่าแสงไฟดับลง

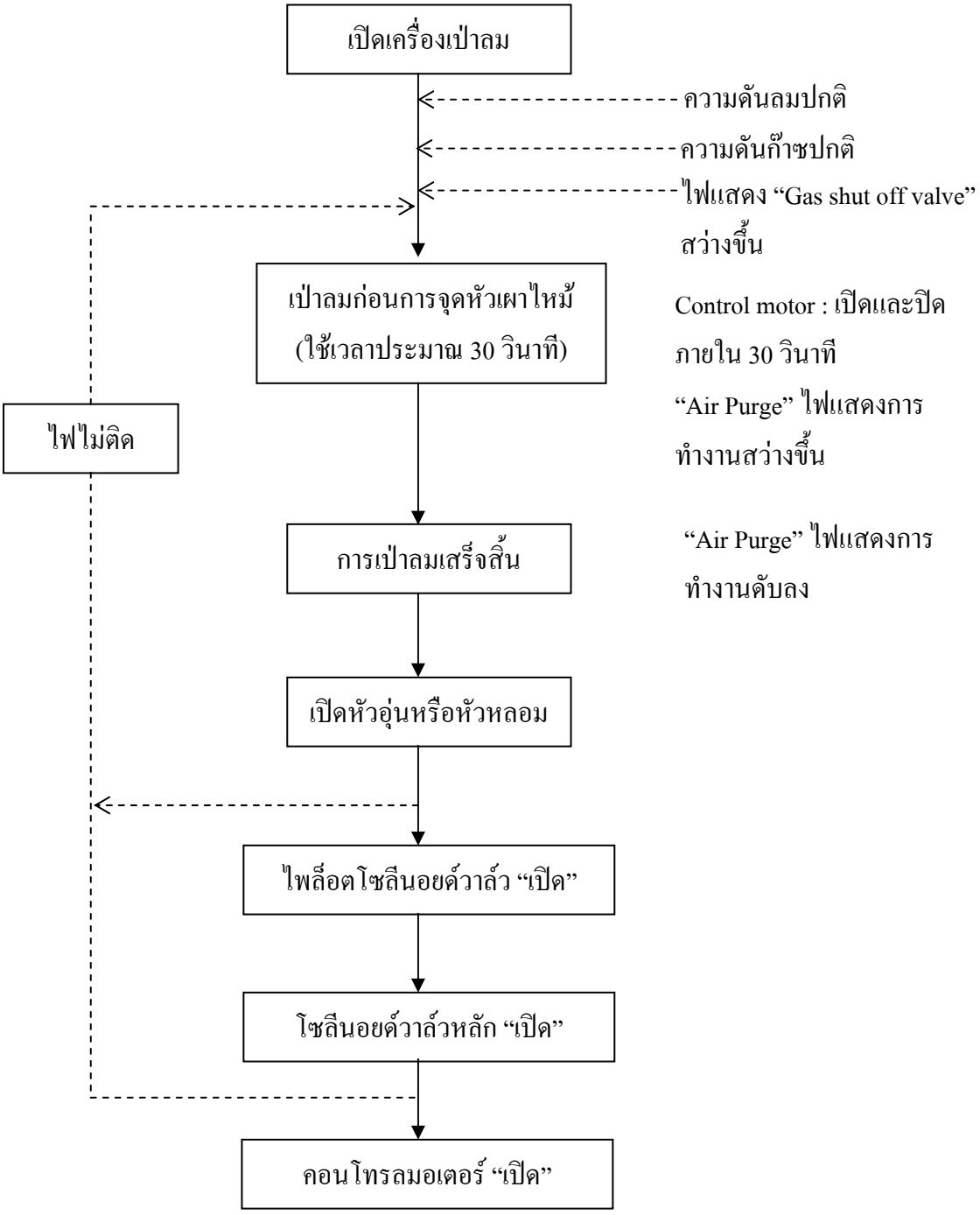
3) หยุดการทำงานของการเผาไหม้ (Combustion Curcuit)

กดปุ่มของพัดลมเครื่องเป่าลม

ตรวจสอบว่าแสงไฟดับลง

ปิดวาล์วก๊าซหลัก

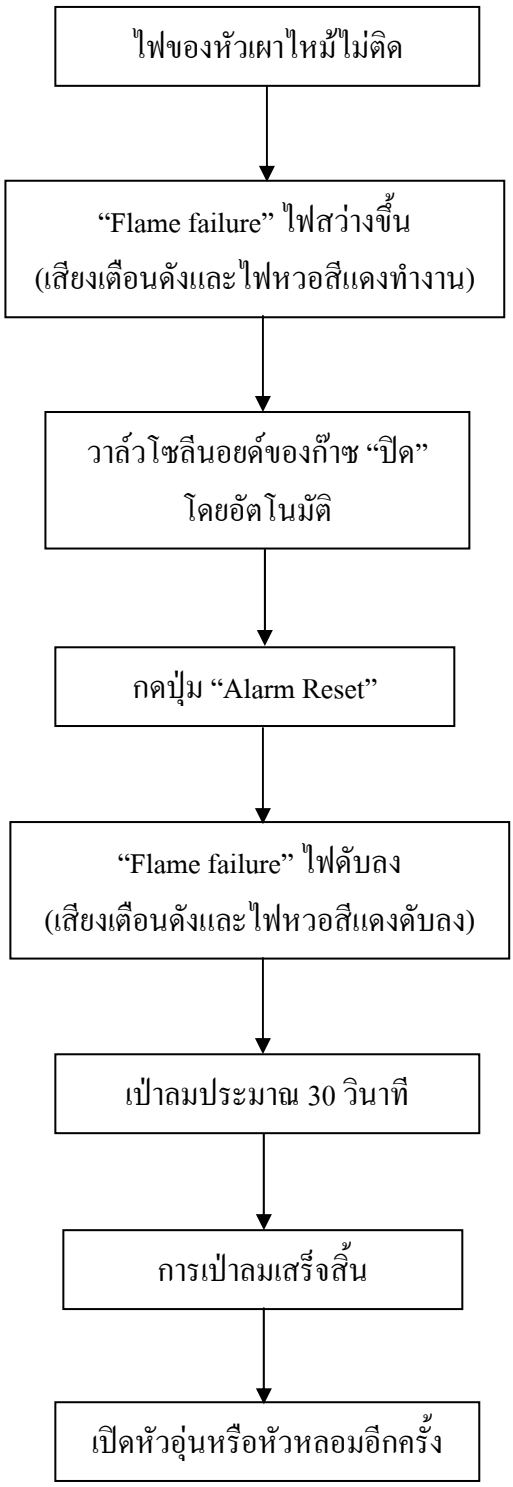
การทำงานโดยทั่วไปของเตาหลอมอะลูมิเนียม ดังแสดงในภาพที่ 12



ภาพที่ 12 แผนผังการทำงานโดยรวมของเตาหลอมอะลูมิเนียม

ที่มา: Introduction Manual SER 700S (2004)

ในกรณีที่ไฟของหัวเผาไหม้ไม่ติด จะมีการทำงานดังแสดงในภาพที่ 13

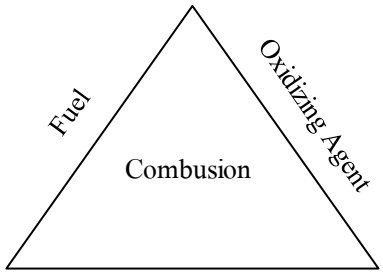


ภาพที่ 13 แผนผังการทำงานเมื่อจุดไฟไม่ติด

ที่มา: Introduction Manual SER 700S (2004)

5. การติดไฟและการระเบิด

ขันทอง (2549) กล่าวว่าการติดไฟต้องมีองค์ประกอบร่วมกัน 3 องค์ประกอบ ซึ่ง องค์ประกอบทั้ง 3 นี้ต้องมีอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในแต่ละองค์ประกอบจึงจะสามารถทำให้เกิดการติดไฟขึ้นได้ถ้าขาดองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่ง หรืออัตราส่วนผสมในแต่ละ องค์ประกอบไม่เหมาะสม ก็ไม่สามารถทำให้ไฟเกิดขึ้นได้ องค์ประกอบทั้ง 3 ดังแสดงในภาพที่ 14



ภาพที่ 14 สามเหลี่ยมไฟ (Fire Triangle)
ที่มา: ขันทอง (2549)

เชื้อเพลิง (Fuel) แบ่งออกเป็นเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ดังนี้

เชื้อเพลิงแข็ง ได้แก่ ไม้ กระดาษ พลาสติก ยาง และผ้า
เชื้อเพลิงเหลว ได้แก่ ผลิตภัณฑ์สารไฮโดรคาร์บอนชนิดต่างๆ
เชื้อเพลิงก๊าซ ได้แก่ ก๊าซปิโตรเลียมเหลว และก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น

ออกซิเจน (Oxygen)

ความร้อน (Heat) คือ อุณหภูมิที่สูงพอที่จะก่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีในการเผาไหม้เชื้อเพลิงแต่ละชนิดซึ่งจะลุกไหม้ที่อุณหภูมิต่างกัน

5.1 แหล่งความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมี

แหล่งความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมี จะเกิดขึ้นได้ 4 ลักษณะ ดังต่อไปนี้

1) กระบวนการเผาไหม้

กระบวนการเผาไหม้จะเกิดเมื่อมีการลุกไหม้เกิดขึ้น และในการลุกไหม้ก็ย่อมมีความร้อนเกิดขึ้นความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้การลุกไหม้ดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง

2) กระบวนการสลายตัว

ในกระบวนการสลายตัว ความร้อนจะเกิดขึ้นจากวัตถุที่กำลังสลายตัว กระบวนการสลายตัวจะเหมือนกระบวนการเผาไหม้ที่ต้องอาศัยความร้อนในการเริ่มต้นกระบวนการ แต่กระบวนการนี้จะเกิดช้ากว่ากระบวนการเผาไหม้มาก แหล่งความร้อนที่เกิดขึ้นในลักษณะนี้จะสร้างปัญหาเฉพาะกับวัตถุที่จัดเก็บในลักษณะที่เป็นกองขนาดใหญ่

3) กระบวนการย่อยสลาย

ความร้อนที่เกิดจากการทับถมจะมีลักษณะใกล้เคียงกับความร้อนที่เกิดจากการสลายตัวอย่างมากแต่จะต่างกันคือ การย่อยสลายไม่ต้องอาศัยความร้อนจากภายนอก สำหรับวัตถุบางชนิดที่อุณหภูมิห้องจะมีอัตราการออกซิเดชั่นที่รวดเร็วเพียงพอที่จะทำให้เกิดเพลิงไหม้ขึ้น

5.2 การวัดอัตราความไวไฟของเชื้อเพลิง

เมื่อพิจารณาถึงความไวไฟของสารจะต้องใช้คุณสมบัติของสารนั้นๆ หลายตัวในการพิจารณา

1) จุดวาบไฟ (Flashpoint)

จุดวาบไฟ คือ อุณหภูมิที่เชื้อเพลิงซึ่งมีสถานะเป็นของเหลว เกิดไอเชื้อเพลิงในปริมาณที่มากเพียงพอที่จะทำให้เกิดเปลวไฟวาบขึ้นที่ผิวของของเหลว เมื่อมีแหล่งความร้อนที่ทำให้เกิดการลุกติดไฟภายนอกเข้าไปที่ผิวของของเหลว และเมื่อนำแหล่งความร้อนที่ทำให้เกิดการลุกติดไฟออกจากบริเวณนั้น เปลวไฟก็จะดับลงเนื่องจากอุณหภูมินี้ยังไม่สูงเพียงพอที่จะทำให้กระบวนการเผาไหม้เกิดขึ้นอย่าง ต่อเนื่อง (Self-Sustained Combustion) จุดวาบไฟนี้จะเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่ใช้ในการพิจารณาถึงความอันตรายด้านอัคคีภัยของเชื้อเพลิงที่มีสถานะเป็นของเหลว เนื่องจากจุดวาบไฟจะเป็นอุณหภูมิต่ำสุดที่เชื้อเพลิงเหลวมีโอกาสลุกติดไฟขึ้น

2) จุดติดไฟ (Ignition Temperature หรือ Fire Point)

จุดติดไฟจะเป็นอุณหภูมิที่เชื้อเพลิงสามารถลุกไหม้ได้อย่างต่อเนื่อง เมื่อใช้แหล่งความร้อนจากภายนอก เฉพาะในตอนที่เริ่มกระบวนการ โดยทั่วไปจุดติดไฟจะมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดวาบไฟอยู่เล็กน้อย

3) จุดลุกติดไฟได้เอง (Auto-Ignition Temperature)

จุดลุกติดไฟได้เองจะเป็นอุณหภูมิที่เชื้อเพลิงสามารถลุกติดไฟขึ้นได้ โดยไม่ต้องอาศัยแหล่งความร้อนจากภายนอก

4) ช่วงของการไวไฟหรือช่วงของการระเบิด (Flammable Range or Explosion Range)

ช่วงของการไวไฟหรือช่วงของการระเบิดจะถูกกำหนดให้อยู่ในรูปของอัตราส่วนร้อยละของไอของสารไวไฟ (Flammable Vapour) หรือ ก๊าซไวไฟ (Flammable Gas) ที่อยู่ในอากาศที่สามารถเกิดการลุกติดไฟได้ ช่วงของการไวไฟของเชื้อเพลิง คือ พื้นที่ระหว่างค่า จุดสูงสุดในช่วงของความหนาแน่นที่ทำให้เกิดการลุกติดไฟ (Upper Flammable Limit) และค่าจุดต่ำสุดของช่วงหนาแน่นของไอเชื้อเพลิงที่ทำให้เกิดการลุกติดไฟ (Lower Flammable Limit) หรือบางที่จะเรียกว่าค่า Upper Explosive Limit (UEL) และค่า Lower Explosive Limit (LEL) ตามลำดับตัวอย่าง เช่น

น้ำมันเบนซิน จะมีค่าจุดต่ำสุดของช่วงหนาแน่นของไอเชื้อเพลิงที่ทำให้เกิดการลุกติดไฟ (LFL) ประมาณ 1.5 และมีค่า จุดสูงสุดในช่วงของความหนาแน่นที่ทำให้เกิดการลุกติดไฟ (UFL) ประมาณ 7.5 ซึ่งหมายความว่า ถ้าไอของน้ำมันเบนซินผสมอยู่ในอากาศระหว่าง ร้อยละ 1.5 และ 7.5 และ ในขณะเดียวกันกับที่มีการนำแหล่งความร้อนที่ทำให้เกิดการลุกติดไฟเข้ามาในบริเวณดังกล่าว ไอน้ำมันเบนซินนั้นจะสามารถลุกติดไฟ หรือระเบิดขึ้นได้ แต่ถ้าปริมาณของไอน้ำมันเบนซินในอากาศมีค่าประมาณร้อยละ 1 ก็จะไม่สามารถลุกติดไฟได้เนื่องจากส่วนผสมเจือจางเกินไป แต่ถ้าปริมาณของไอน้ำมันเบนซินมีค่ามากกว่าร้อยละ 10 ส่วนผสมดังกล่าวก็จะหนาแน่นเกินกว่าที่จะเกิดการลุกไหม้ เนื่องจากว่าอัตราส่วนของไอเชื้อเพลิงในอากาศจะแปรผกผันกับปริมาณออกซิเจน

5.3 ปรากฏการณ์ Flashover

ปรากฏการณ์ Flashover เป็นปรากฏการณ์ของการลุกไหม้ที่เกิดขึ้นอย่างรุนแรงมาก โดยจะเกิดจากการลุกไหม้ในพื้นที่ที่มีการปิดล้อม (Enclosed Space) เช่น ห้อง ความร้อนที่เกิดในห้องจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยจนถึงจุดทำให้วัตถุแทบทุกอย่างที่อยู่ในห้องเกิดการลุกติดไฟขึ้น โดยวัตถุเหล่านั้นจะลุกติดไฟและเริ่มลุกไหม้พร้อมๆ กันและไฟก็จะลุกไหม้ทั่วทั้งห้อง

5.4 ปรากฏการณ์ Backdraft

ปรากฏการณ์ Back Draft หรือ การระเบิดควัน (Smoke Explosion) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดจากการเกิดเพลิงไหม้ในพื้นที่ปิดล้อม ปฏิกิริยาการเผาไหม้ได้ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่อยู่ในห้องอยู่ในระดับต่ำและทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนน๊อกไซด์ (CO) และความร้อน โดยที่ก๊าซคาร์บอนมอนน๊อกไซด์เป็นก๊าซไวไฟ การเผาไหม้ในลักษณะนี้จะทำให้องค์ประกอบในการเกิดเพลิงไหม้ในสามเหลี่ยมของไฟ 2 องค์ประกอบ ซึ่งคือ ความร้อนจากการเผาไหม้ และเชื้อเพลิง คือ ก๊าซคาร์บอนมอนน๊อกไซด์มีปริมาณที่สูงมาก ถ้าหากมีการเติมอากาศเข้าไปในการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นในลักษณะนี้ ก๊าซคาร์บอนมอนน๊อกไซด์จะลุกไหม้อย่างรวดเร็ว และทำให้เกิดการระเบิดขึ้น การควบคุมไม่ให้เกิดปรากฏการณ์ Backdraft ต้องใช้วิธีการที่เหมาะสม และเป็นหน้าที่ของเจ้าหน้าที่ดับเพลิงที่มีความชำนาญในการดับเพลิง

5.5 การระเบิด (Explosion)

การระเบิดมีลักษณะที่เกิดจากคลื่นสั้น (Short wave) ซึ่งมีเสียงดัง เกิดเป็นความดันเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว กระแทกออกโดยรอบ ทำความเสียหายต่อคน อาคาร กระจกที่อยู่โดยรอบ และมีการกระเด็นของเศษวัตถุเป็นระยะทางหลายร้อยเมตร บ่อยครั้งการระเบิดทำให้เกิดเปลวไฟ และสะเก็ดระเบิดไปไกล ทำให้เกิดไฟไหม้หรือระเบิดโรงงานข้างเคียงได้ ซึ่งเรียกว่า “Domino effect” โดยปกติ สิ่งมีชีวิต เช่น คน สามารถได้รับบาดเจ็บที่ความดัน 5-10 กิโลปาสคาล

พฤติกรรมการระเบิดขึ้นกับหลายพารามิเตอร์ โดยมีพารามิเตอร์หลัก ดังนี้

1) อุณหภูมิบรรยากาศ

2) ความดันบรรยากาศ

3) องค์ประกอบของวัตถุระเบิด

4) สมบัติกายภาพของวัตถุระเบิด

5) ลักษณะของแหล่งกำเนิดความร้อน (Ignition source) ได้แก่ ประเภท ระดับพลังงาน และช่วงเวลา

6) ลักษณะบริเวณโดยรอบ เช่น มีการปิดล้อม หรือไม่ปิดล้อม

7) ปริมาณของสารเผาไหม้ได้ (Combustible material)

8) ความปั่นป่วนของสารเผาไหม้ได้ (Turbulence of combustible material)

9) เวลาก่อนมีการจุดติดไฟ (Time before ignition)

10) อัตราการปล่อนสารเผาไหม้ได้ (Rate at which combustible is released)

การระเบิดมีหลายลักษณะ ได้แก่

1). การระเบิดแบบ Detonation คือ การระเบิดที่อยู่ในลักษณะที่มีความดันสูงถึง 200 ปาสคาล และมีความเร็วในการเผาไหม้สูงถึง 2,000 – 3,000 เมตร/วินาที

2) การะเบิดแบบ Deflagration คือ การระเบิดที่อยู่ในรูปของไฟที่มีความร้อนสูงมี ความเร็วในการเผาไหม้ช้าประมาณ 1 เมตร/วินาที และความดันสูงสุดประมาณ 70-80 กิโลปาสคาล

5.6 การระเบิดจากก๊าซ และฝุ่น

การระเบิดจากก๊าซ เกิดจากสารไวไฟรั่วไหลออกสู่บรรยากาศที่อยู่ในรูปของกลุ่มไอที่พร้อมลุกไหม้รวดเร็วเมื่อเกิดประกายไฟ หรือความร้อน เช่น กลุ่มก๊าซ LPG ก๊าซธรรมชาติการระเบิดฝุ่น เกิดจากวัสดุไวไฟที่เป็นของแข็งที่มีขนาดเล็กฟุ้งกระจายออกมาผสมกับอากาศจนได้ปริมาณความเข้มข้นที่เหมาะสม เมื่อเกิดประกายไฟ หรือความร้อน แล้วเกิดการลุกไหม้อย่างรวดเร็วได้เป็นความดันออกมาในลักษณะระเบิดครั้งที่ 2 , 3 และ 4 เรื่อยๆ

5.7 การเกิดระเบิดในที่จำกัด และไม่จำกัด

การระเบิดในที่จำกัดทั้งก๊าซและฝุ่นมีความรุนแรงมากกว่าการระเบิดในที่โล่ง เช่น การระเบิดในท่อ ในภาชนะ หรือในอาคาร ทำให้มีความดันสูงถึง 100 กิโลปาสคาล แต่ถ้าเป็นที่โล่งทำให้เกิดความดันเพียง 2-3 กิโลปาสคาล

6. การวิเคราะห์ความเสี่ยงจากอันตราย

วิชัย (2550) กล่าวว่าเมื่อสถานประกอบการมีความเสี่ยงที่จะเกิดอุบัติภัยร้ายแรง การจัดการเพื่อให้เกิดความปลอดภัยคงไม่ใช้วิธีการทั่วๆไป แต่ควรเลือกวิธีการที่เหมาะสม นั่นก็คือ การวิเคราะห์ความเสี่ยงจากอันตราย แต่คนส่วนใหญ่มักจะคุ้นเคยและเรียกว่าการประเมินความเสี่ยง แต่แท้จริงแล้วเรียกว่าการทำรายงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากอันตรายจากการประกอบการ ซึ่งจะครอบคลุมกว่า การประเมินความเสี่ยงซึ่งเป็นแค่ส่วนย่อยของการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากอันตราย

กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2543) โดยระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรม ว่าด้วยหลักเกณฑ์การชี้บ่งอันตราย การประเมินความเสี่ยง และการจัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยงได้กำหนดคำนิยามที่ควรทราบ ดังนี้

“ความเสี่ยง” หมายความว่า ผลลัพธ์ของความน่าจะเกิดอันตราย และผลจากอันตรายนั้น

“ระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้” หมายความว่าระดับความเสี่ยงที่ยอมรับโดยไม่จำเป็นต้องเพิ่มมาตรการการควบคุมอีก หรือเป็นผลจากการมีมาตรการที่เหมาะสมในการลดหรือควบคุมความเสี่ยง

“อันตราย” หมายความว่าสิ่งหรือเหตุการณ์ที่ก่อให้เกิดการบาดเจ็บหรือความเจ็บป่วยจากการทำงาน ความเสียหายต่อทรัพย์สิน ความเสียหายต่อสภาพแวดล้อม ครวามเสียหายต่อสาธารณชน หรือสิ่งต่างๆเหล่านี้รวมกัน

“อุบัติภัยร้ายแรง” หมายความว่าการเกิดเพลิงไหม้ การระเบิด หรือการรั่วไหลของสารเคมีหรือวัตถุอันตรายที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อสุขภาพอนามัย ชีวิต ทรัพย์สิน ชุมชน หรือสิ่งแวดล้อม

“ขั้นตอนการปฏิบัติ” หมายความว่าเอกสารที่อธิบายถึงขั้นตอนการทำงานหรือขั้นตอนดำเนินงานในเรื่องใดเรื่องหนึ่งเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการปฏิบัติงานหรือเพื่อเป็นการลดหรือควบคุมความเสี่ยง

“การดำเนินงาน” หมายความว่าการออกแบบ กระบวนการผลิต การรับจ่าย การเก็บ การขนถ่ายหรือขนย้าย การใช้ การขนส่งเกี่ยวกับวัตถุดิบ เชื้อเพลิง สารเคมีหรือวัตถุอันตราย ผลิตภัณฑ์และวัตถุผลพลอยได้และรวมไปถึงวิธีการปฏิบัติงาน เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต และกิจกรรมหรือสภาพการณ์ต่างๆ ภายในโรงงาน เป็นต้น

6.1 วิธีและขั้นตอนในการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากอันตราย

วิชัย (2550) กล่าวไว้ว่าเพื่อให้การทำรายงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากอันตราย เป็นระบบหรือระเบียบที่ชัดเจน จะแบ่งขั้นตอนในการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากอันตรายเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 จัดทำข้อมูลรายละเอียดการประกอบการ
ขั้นตอนที่ 2 จัดทำบัญชีสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย
ขั้นตอนที่ 3 ชี้บ่งอันตราย
ขั้นตอนที่ 4 การประเมินความเสี่ยงและการจัดระดับความเสี่ยง
ขั้นตอนที่ 5 การบริหารจัดการความเสี่ยง

การวิเคราะห์ความเสี่ยงจากอันตราย ควรกระทำโดยกลุ่มบุคคลที่มีความรู้เกี่ยวกับเครื่องมือในการชี้บ่งอันตราย การประเมินความเสี่ยง นอกจากนั้นควรต้องมีคนที่มีความรู้เกี่ยวกับกระบวนการผลิต เครื่องจักร กิจกรรม ที่จะประเมินความเสี่ยงด้วย และควรต้องมีคนที่มีความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยอาชีวอนามัย และสิ่งแวดล้อมด้วย

6.2 รายละเอียดและวิธีการทำ

1) จัดทำข้อมูลรายละเอียดการประกอบกิจการ เพื่อที่เราจะได้ทราบว่าโรงงานตั้งอยู่ที่ไหน มีทางเข้าออกอย่างไร มีสถานที่สำคัญอะไรบ้าง แผนผังโรงงานพร้อมขั้นตอนการผลิต จำนวนผู้ปฏิบัติงานและสถิติอุบัติเหตุเป็นอย่างไร เป็นต้น ถือว่าเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ต้องจัดเตรียมไว้ สำหรับข้อมูลที่สำคัญ ควรมีดังนี้

- แผนที่แสดงที่ตั้งโรงงาน รวมถึงที่พักอาศัย โรงเรียน โรงงาน วัด โรงพยาบาล เส้นทางการจราจร ในระยะ 500 เมตรโดยรอบโรงงาน เป็นต้น

- แผนผังโรงงาน แสดงตำแหน่งที่ตั้งโรงงาน เครื่องจักร สถานที่เก็บวัตถุดิบ เชื้อเพลิง สารเคมี กากอุตสาหกรรม โรงอาหาร อุปกรณ์เครื่องมือเกี่ยวกับความปลอดภัย เช่น การป้องกันหรือควบคุมเชื้อเพลิง การระเบิด การรั่วไหลของสารเคมี เป็นต้น

- ขั้นตอนการผลิตพร้อมภูมิการผลิต โดยแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับอุณหภูมิ ความดัน ชนิดและปริมาณวัตถุดิบ เชื้อเพลิง สารเคมี และปริมาณผลิตต่อปี

- จำนวนคนงาน และการจัดช่วงเวลาทำงาน

- สถิติการเกิดอุบัติเหตุ การบาดเจ็บ การเจ็บป่วย รายงานการสอบสวนอุบัติเหตุ รายงานการตรวจประเมินความปลอดภัย เป็นต้น

2) การจัดทำบัญชีรายการสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย โดยต้องจัดทำให้ครอบคลุมทุกกิจกรรม ทุกพื้นที่ ทุกคน ทุกกระบวนการผลิต ดังนั้นถ้าบัญชีรายการสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย ไม่ครอบคลุมก็จะทำให้การวิเคราะห์ความเสี่ยงจากอันตรายไม่สมบูรณ์ ดังนั้น บัญชีรายการฯ จึงเป็นส่วนสำคัญต้องระดมความคิดเห็นจากทุกหน่วยงานภายในองค์กรมาร่วมกันทำ ก็จะทำให้ได้บัญชีที่ครอบคลุมการดำเนินการในโรงงานทั้งหมด จากนั้นก็พิจารณาว่ามีความเสี่ยงหรืออันตรายอะไร แล้วพิจารณาถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นตามลำดับ

3) การชี้บ่งอันตราย หมายถึงการแจกแจงอันตรายต่างๆ ที่มี และที่แอบแฝงอยู่ทุกขั้นตอนทุกกิจกรรมที่มีอยู่ โดยจะต้องชี้บ่งอันตรายทุกหัวข้อที่มีอยู่ในบัญชีรายการสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย การชี้บ่งอันตรายที่นิยมใช้มีหลายวิธี ทั้งที่ง่ายและยาก แต่ที่กฎหมายกำหนดไว้มี 6 วิธี ดังนี้

- Check list
- What-If Analysis
- Hazard and Operability Studied (HAZOP)
- Fault-Tree Analysis
- Failure Modes and Effect Analysis (FMEA)
- Event-Tree Analysis

4) วิชัย (2550) กล่าวว่าการประเมินความเสี่ยง หมายถึง กระบวนการวิเคราะห์ถึงปัจจัยหรือสถานการณ์ต่างๆ ที่เป็นสาเหตุทำให้อันตรายที่มีและที่แอบแฝงอยู่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุหรืออันตรายจากการเกิดไฟไหม้ การระเบิด สารเคมีที่เป็นพิษรั่วไหล เป็นต้น โดยพิจารณาถึงโอกาสและความรุนแรงของเหตุการณ์เหล่านั้น ซึ่งอาจจะเกิดอันตรายต่อชีวิต ทรัพย์สิน ชุมชน และสิ่งแวดล้อม เป็นต้น สำหรับการชี้บ่งอันตรายทั้ง 6 วิธี ต่างก็มีวิธีการประเมินความเสี่ยงและการจัดระดับความเสี่ยงต่างหาก แต่ให้ผลการประเมินความเสี่ยงเหมือนกัน จึงมีแนวทางการประเมินความเสี่ยงตามกฎหมายกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2543) โดยระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรมว่าด้วยหลักเกณฑ์การชี้บ่งอันตราย การประเมินความเสี่ยง และการจัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง ได้กำหนดหลักเกณฑ์ในการพิจารณาถึงโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ต่างๆ ว่ามากน้อยเพียงใดโดยจัดระดับโอกาสเป็น 4 ระดับ ดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การจัดระดับโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ต่างๆ

ระดับ	รายละเอียด
1	มีโอกาสเกิดยาก เช่น ไม่เคยเกิดเลยในช่วงเวลาตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไป
2	มีโอกาสในการเกิดน้อย เช่น ความถี่ในการเกิด เกิดขึ้น 1 ครั้ง ในช่วง 5-10 ปี
3	มีโอกาสในการเกิดปานกลาง เช่น ความถี่ในการเกิด เกิดขึ้น 1 ครั้ง ในช่วง 1-5 ปี
4	มีโอกาสในการเกิดสูง เช่น ความถี่ในการเกิด เกิดขึ้น 1 ครั้ง ใน 1 ปี

ที่มา: ระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2543)

กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2543) โดยระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรมว่าด้วยหลักเกณฑ์การชี้บ่งอันตราย การประเมินความเสี่ยง และการจัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง ได้กำหนดหลักเกณฑ์ในการพิจารณาถึงความรุนแรงของเหตุการณ์ โดยคำนึงถึงผลกระทบที่อาจเกิดต่อบุคคล ชุมชน ทรัพย์สิน หรือสิ่งแวดล้อม โดยจัดระดับความรุนแรงเป็น 4 ระดับ รายละเอียดต่างๆ แสดงในตารางที่ 2 ,3, 4,5 และ 6

ตารางที่ 2 การจัดลำดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อบุคคล

ระดับ	ความรุนแรง	รายละเอียด
1	เล็กน้อย	มีการบาดเจ็บเล็กน้อยในการปฐมพยาบาล
2	ปานกลาง	มีการบาดเจ็บที่ต้องได้รับการรักษาทางแพทย์
3	สูง	มีการบาดเจ็บหรือเจ็บป่วยที่รุนแรง
4	สูงมาก	ทุพพลภาพหรือเสียชีวิต

ที่มา: ระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2543)

ตารางที่ 3 การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อชุมชน

ระดับ	ความรุนแรง	รายละเอียด
1	เล็กน้อย	ไม่มีผลกระทบต่อชุมชนรอบโรงงาน หรือมีผลกระทบเล็กน้อย
2	ปานกลาง	มีผลกระทบต่อชุมชนรอบโรงงาน และแก้ไขได้ในระยะเวลาสั้น
3	สูง	มีผลกระทบต่อชุมชนรอบโรงงาน และต้องใช้เวลาในการแก้ไข
4	สูงมาก	มีผลกระทบรุนแรงต่อชุมชนเป็นบริเวณกว้าง หรือหน่วยงานของรัฐต้องเข้าดำเนินการแก้ไข

หมายเหตุ : ผลกระทบต่อชุมชน หมายถึงเหตุรำคาญต่อชุมชน การบาดเจ็บ เจ็บป่วยของประชาชน ความเสียหายต่อทรัพย์สินของชุมชนและประชาชน

ที่มา: ระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2543)

ตารางที่ 4 การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ระดับ	ความรุนแรง	รายละเอียด
1	เล็กน้อย	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเล็กน้อย สามารถควบคุมหรือแก้ไขได้
2	ปานกลาง	มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมปานกลาง สามารถแก้ไขได้ในระยะเวลาสั้น
3	สูง	มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรุนแรง ต้องใช้เวลาในการแก้ไข
4	สูงมาก	มีผลกระทบรุนแรงต่อสิ่งแวดล้อมรุนแรงมาก ต้องใช้ทรัพยากรและเวลานานในการแก้ไข

หมายเหตุ : ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหมายถึง การเสื่อมโทรมและเสียหายของสิ่งแวดล้อม เช่น อากาศ ดิน แหล่งน้ำ เป็นต้น

ที่มา: ระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2543)

ตารางที่ 5 การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อทรัพย์สิน

ระดับ	ความรุนแรง	รายละเอียด
1	เล็กน้อย	ทรัพย์สินเสียหายน้อยมาก หรือไม่เสียหายเลย
2	ปานกลาง	ทรัพย์สินเสียหายปานกลาง และสามารถดำเนินการผลิตต่อไปได้
3	สูง	ทรัพย์สินเสียหายมากและต้องหยุดการผลิตบางส่วน
4	สูงมาก	ทรัพย์สินเสียหายมากและต้องหยุดผลิตทั้งหมด

ที่มา: ระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2543)

ตารางที่ 6 การจัดระดับความเสี่ยงอันตราย

ระดับ	ความรุนแรง	รายละเอียด
1	1-2	ความเสี่ยงเล็กน้อย
2	3-6	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้ ต้องมีการทบทวนมาตรการควบคุม
3	8-9	ความเสี่ยงสูง ต้องมีการดำเนินงานเพื่อลดความเสี่ยง
4	12-16	ความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ ต้องหยุดดำเนินการและปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดความเสี่ยงลงทันที

ที่มา: ระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2543)

5) การบริหารจัดการความเสี่ยง หมายถึง การวางแผนงานลดและแผนงานควบคุมความเสี่ยงนอกจากนั้นควรจะรวมไปถึงการระงับและฟื้นฟูเหตุการณ์ด้วย โดยวิธีการดำเนินการ ดังนี้

มาตรการหรือกิจกรรมลดความเสี่ยง ได้แก่

มาตรการป้องกันและควบคุมสาเหตุของการเกิดอันตราย

- ลดหรือกำจัดอันตรายด้วยวิธีวิศวกรรม เช่น การออกแบบ สร้าง ติดตั้งเครื่องจักร หรืออุปกรณ์ความปลอดภัย

- กำหนดวิธีการทำงานหรือขั้นตอนการปฏิบัติที่ถูกต้อง

- กำหนดวิธีการทดสอบ ตรวจสอบ และการซ่อมบำรุง เครื่องจักร อุปกรณ์ และระบบความปลอดภัย

- จัดให้มีการฝึกอบรมแก่ผู้ปฏิบัติงาน

- จัดให้มีการตรวจประเมินความปลอดภัย (Safety Audit)

- การเปลี่ยนแปลงต่างๆ เช่น กระบวนการผลิตวัตถุดิบ และเครื่องจักร

- การปฏิบัติตามข้อกำหนด (Code of Practice)

- อื่นๆ

มาตรการระงับและฟื้นฟูเหตุการณ์

- จัดทำและจัดให้มีการซ้อมแผนฉุกเฉิน

- จัดให้มีการสอบสวนอุบัติเหตุและอุบัติการณ์

- จัดให้มีแผนฟื้นฟูโรงงาน ชุมชน และสิ่งแวดล้อม

แผนงานควบคุมความเสี่ยง เป็นแผนงานในการควบคุมและตรวจสอบมาตรการป้องกันและควบคุมสาเหตุการเกิดอันตราย ให้รวมถึงมาตรการระงับและฟื้นฟูเหตุการณ์ให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการป้องกัน ลด และควบคุมความเสี่ยง โดยต้องกำหนดผู้รับผิดชอบ หัวข้อที่ต้องควบคุม เกณฑ์หรือค่ามาตรฐานที่ใช้ควบคุม และผู้ตรวจติดตาม

7. Hazard and Operability Study (HAZOP)

กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2543) ได้ออกระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรม ว่าด้วยหลักเกณฑ์การชี้บ่งอันตราย การประเมินความเสี่ยง และการจัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง ได้อธิบายว่า HAZOP เป็นเทคนิคการศึกษา วิเคราะห์และทบทวนเพื่อชี้บ่งอันตรายและค้นหาปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากการดำเนินงานโรงงาน โดยการวิเคราะห์หาอันตรายและปัญหาของระบบต่าง ๆ ซึ่งอาจจะเกิดจากความไม่สมบูรณ์ในการออกแบบที่เกิดขึ้นโดยไม่ได้ตั้งใจด้วยการตั้งคำถามที่สมมติสถานการณ์ของการผลิตในภาวะต่าง ๆ โดยการใช้ HAZOP Guide Words ในตารางที่ 8 มาประกอบกับปัจจัยการผลิตที่ได้ออกแบบไว้ หรือความบกพร่องและความผิดปกติในการทำงาน เช่น อัตราการไหล อุณหภูมิ ความดัน เป็นต้น เพื่อนำมาชี้บ่งอันตรายหรือค้นหาปัญหาในกระบวนการ

ผลิตซึ่งอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุหรืออุบัติภัยร้ายแรงขึ้นได้

วิชัย (2550) กล่าวว่า HAZOP จะทำการศึกษารายละเอียดของกระบวนการอย่างเป็นระบบ เพื่อพิจารณาถึงความเป็นไปได้ของการเกิดอันตรายหรือปัญหาในการทำงาน ซึ่งจะเป็นอันตรายหรือความเสี่ยงที่แฝงอยู่ที่เครื่องจักรอุปกรณ์ อันอาจเป็นสาเหตุของทางตรงและทางอ้อมของการเกิดอุบัติเหตุ การศึกษากระทำโดยทีมของผู้เชี่ยวชาญในการออกแบบหรือการใช้งาน และผู้เกี่ยวข้องอื่นในกระบวนการทำงาน โดยมีการกำหนด Parameter ที่จะศึกษา เช่น ความดัน อุณหภูมิ อัตราการไหล และใช้ Guide word ในการควบคุมตรวจสอบ ทีมศึกษาจะประกอบไปด้วยคนที่มีพื้นฐานความรู้เกี่ยวข้องกับ การออกแบบ การสร้าง การติดตั้ง การใช้งานเครื่องจักร และอุปกรณ์ที่จะศึกษา เพื่อที่จะได้ตอบคำถามของ Guide word ได้ถูกต้องตรงประเด็น แล้วนำไปวิเคราะห์ต่อได้ว่า ปัจจัยของสภาพอันตรายต่างๆ คืออะไร ทำอย่างไร จึงจะจำกัดศักยภาพที่จะทำให้เกิดอันตรายนั้นได้ ถ้าจำกัดไม่ได้ก็สามารถลดศักยภาพอันตรายเหล่านั้นให้อยู่ในพิกัดที่ปลอดภัยได้หรือไม่ ถ้าไม่ได้แล้วควรจะส่งเสริมความปลอดภัยด้วยอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลอย่างไร

HAZOP สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์อันตรายขณะดำเนินการหรือจะกระทำในขั้นตอนต่างๆ ของการออกแบบได้ ซึ่งถ้าทำการศึกษาในขั้นตอนแรกๆ จะนำไปสู่ความปลอดภัยและการออกแบบที่มีประสิทธิภาพมากกว่า

เมื่อทำการศึกษา HAZOP และได้ทำการปรับปรุงแก้ไขแล้ว ระบบจะมีความเสี่ยงน้อยกว่าก่อนการศึกษา HAZOP อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ไม่ได้รับประกันว่าจะไม่มีความเสี่ยงหรือเหตุการณ์ที่เป็นอันตรายที่เกิดขึ้น

7.1 หลักการทำงานของ HAZOP

1) ศึกษารายละเอียดของกระบวนการผลิต กำหนดวางกรอบทั้งระบบ แยกแยะแต่ละจุด แต่ละตำแหน่ง เพื่อให้เห็นอันตรายที่จะเกิดขึ้นได้

2) นำรายละเอียดทุกจุด ทุกตำแหน่งที่สงสัยว่าจะเป็นสาเหตุมาบันทึกไว้ แล้วนำมาเขียน Flow sheet

3) กำหนด Parameter ที่จะศึกษาและใช้ Guide word ในการควบคุมการตรวจสอบ

4) พัฒนาและปรับปรุงแก้ไขเครื่องจักร อุปกรณ์ ตามจุดที่วิเคราะห์พบว่ามีปัญหา

สุรชัย (2550) กล่าวว่า คำชี้นำ (Guide Word) ที่ใช้โดยทั่วไป มีดังต่อไปนี้

1) “ไม่” เช่น ไม่มีการไหล ไม่มีความดัน

2) “มากกว่า หรือ สูงกว่า” เช่น อัตราการไหลสูงกว่าที่ออกแบบ ความดันสูงกว่าที่ออกแบบอุณหภูมิสูงกว่าที่ออกแบบ

3) “น้อยกว่า หรือ ต่ำกว่า” เช่น อัตราการไหลต่ำกว่าที่ออกแบบ ความดันต่ำกว่าที่ออกแบบ อุณหภูมิต่ำกว่าที่ออกแบบ

4) “การย้อนกลับ” เช่น การไหลย้อนกลับ ความดันย้อนกลับ

นอกจากคำชี้นำหลักๆ ข้างต้นแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่นำมาพิจารณาการเบี่ยงเบนในกระบวนการและมีผลต่ออันตรายที่จะเกิดขึ้น เช่น

- การมีส่วนประกอบของวัตถุดิบเปลี่ยนไป มีส่วนประกอบบางชนิดมากไปหรือน้อยไป

- การที่มีสภาวะที่แตกต่างไปจากสภาวะที่ได้ออกแบบไว้ เช่น การทดสอบเครื่องและเริ่มเดินเครื่อง การหยุดเครื่อง การซ่อมบำรุง เป็นต้น ซึ่งสภาวะเหล่านี้ แตกต่างจากสภาวะที่ได้ออกแบบไว้ โดยปกติสภาวะที่ออกแบบจะเป็นสภาวะที่เดินเครื่องปกติ (Normal Operation)

ทั้งสองกรณีก็จะมีผลทำให้คุณสมบัติ ปริมาณ ในกระบวนการเปลี่ยนไป ซึ่งต้องนำมาพิจารณาอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นด้วย

สุรชัย (2550) กล่าวว่า HAZOP สามารถนำไปใช้กับทุกขั้นตอนของการสร้างโรงงานใหม่ หรือเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงในโรงงานที่เดินเครื่องใช้งานแล้ว โดยมีจุดประสงค์ในแต่ละขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1) เมื่อเริ่มดำเนินการโครงการในช่วงของการออกแบบ เพื่อระบุมาตรการด้านความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม ทบทวนการออกแบบการไหลของของไหลในกระบวนการทบทวนการออกแบบระบบท่อและเครื่องมือวัด

2) ในระหว่างการก่อสร้างและทดสอบการเริ่มเดินเครื่อง มีจุดประสงค์เพื่อตรวจสอบการดัดแปลง ปรับปรุง ระบบตรวจสอบ ความถูกต้อง ของคู่มือที่ใช้ ในการทดสอบการเริ่มเดินเครื่องจักรอุปกรณ์ และการเดินเครื่องจักรอุปกรณ์ปกติ

3) ใช้ตรวจสอบระบบหรือกระบวนการในกรณีที่เกิดเหตุการณ์ เกือบเกิดอุบัติเหตุหรือเกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้ง หรือเมื่อตรวจพบว่ามีแนวโน้มที่จะเกิดความไม่ปลอดภัยในระบบหรือกระบวนการจากผลของการตรวจประเมินด้านความปลอดภัย

4) ใช้ตรวจสอบระบบหรือกระบวนการในกรณีที่มีความประสงค์ที่จะไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานหรือ Code of Practice ที่กำหนด

7.2 ขั้นตอนในการทำ HAZOP

ขั้นตอนที่ 1

ตั้งวัตถุประสงค์และกำหนดขอบเขตการศึกษา

ขั้นตอนที่ 2

จัดตั้งทีมงาน ซึ่งประกอบด้วย

1) หัวหน้าทีม รับผิดชอบในการนำและควบคุมการประชุม ตรวจสอบ อนุมัติรายงาน และข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการประชุม ข้อมูลเหล่านี้ได้แก่ แบบทางวิศวกรรมต่างๆ คุณสมบัติของสารเคมี ข้อกำหนดในการออกแบบ รายละเอียดของอุปกรณ์ขั้นตอนการปฏิบัติงาน และข้อมูลด้านความปลอดภัย เป็นต้น หัวหน้าทีมนี้จะต้องมีความเข้าใจกระบวนการในภาพรวม มีความสนใจในรายละเอียด และมีความไวต่อความรู้สึกคน เพื่อที่จะสามารถกระตุ้น และควบคุมการระดมความคิดเห็นให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการประชุมได้

2) ตัวแทนหน่วยงานผลิต เป็นผู้มีความรู้และประสบการณ์ในการผลิต และเป็นผู้จะต้องดูแลควบคุม การใช้งานระบบและอุปกรณ์

3) ตัวแทนหน่วยงานด้านเทคนิค เป็นผู้มีความรู้ในเรื่องกระบวนการผลิต มีความเชี่ยวชาญด้านเทคนิค เพื่อเป็นหลักในการค้นหาสาเหตุ และผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเบี่ยงเบน

4) ตัวแทนหน่วยงานด้านความปลอดภัย เป็นผู้ให้ความเห็นด้านการใช้อุปกรณ์ความปลอดภัย การชี้บ่งพื้นที่อันตราย และให้ความเห็นในด้านความปลอดภัย

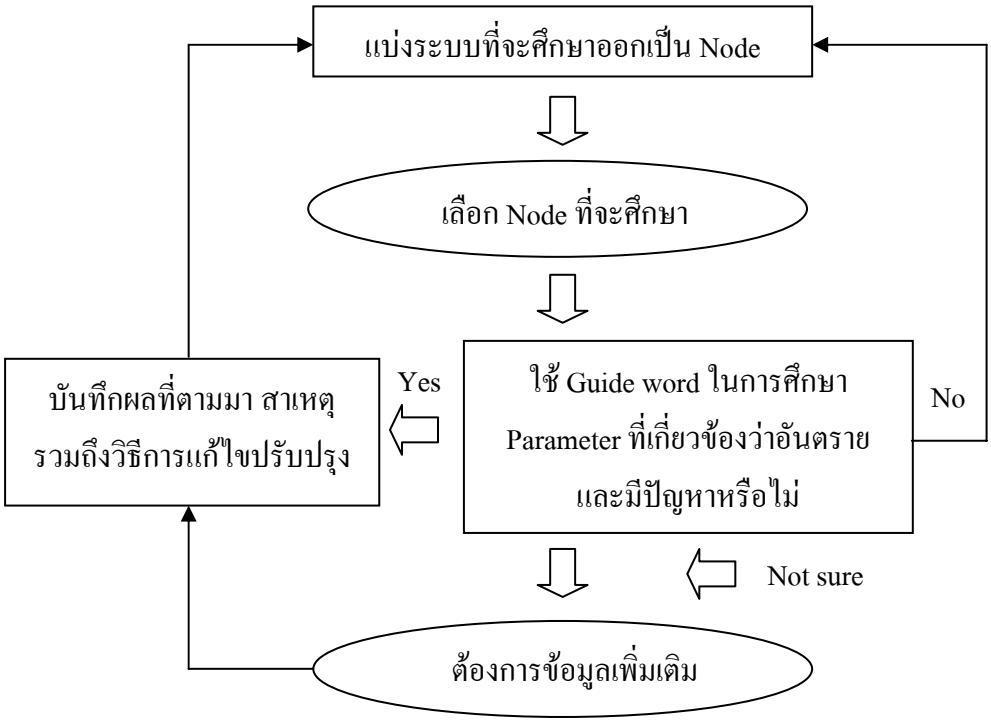
ขั้นตอนที่ 3

รวบรวมข้อมูล ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลต่อไปนี้

- ข้อมูลเกี่ยวกับการผลิต และผลิตภัณฑ์
- Flow sheet ของกระบวนการผลิต
- Diagram เกี่ยวกับระบบท่อ และอุปกรณ์ต่างๆ
- Diagram เกี่ยวกับการควบคุมในขั้นตอนการผลิต
- Layout drawing ของโรงงาน และเครื่องจักร อุปกรณ์
- ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพ เคมี และความเป็นพิษของวัตถุดิบ
- วิธีการบำรุงรักษา
- ขั้นตอนการปฏิบัติเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน

ขั้นตอนที่ 4

ศึกษารายละเอียดของกระบวนการผลิต นำรายละเอียดทุกจุด ทุกตำแหน่ง ที่สงสัยว่าจะเป็นอันตรายจดบันทึกไว้ แล้วนำมาเขียน Flow sheet โดยแบ่งระบบที่จะศึกษาออกเป็น Node



ภาพที่ 15 ขั้นตอนการแบ่งระบบที่จะศึกษาออกเป็น Node
ที่มา: วิชัย (2550)

ขั้นตอนที่ 5

กำหนด Parameter ที่จะศึกษา โดยใช้ Guide word ในการควบคุมการตรวจสอบ ดังตารางที่ 7 และ 8 ประกอบ

ขั้นตอนที่ 6

ประเมินความเสี่ยงโดยใช้การจัดระดับความรุนแรงในการประเมินและการจัดระดับโอกาสในการประเมินแล้วเทียบกับการจัดระดับความเสี่ยงอันตรายจากการประเมิน ดังในตารางที่ 9,10 , และ 11 ตามลำดับ

ขั้นตอนที่ 7

สรุป การจัดระดับความเสี่ยง ตามตารางที่ พร้อมจัดทำรายงานเพื่อทำการพัฒนาและดำเนินการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการผลิตที่เป็นปัญหาเรียงตามระดับคะแนนความเสี่ยง

ตารางที่ 7 HAZOP Guide Word

HAZOP Guide Word	ความบกพร่องหรือผิดปกติในการทำงาน (Operating Deviation)
ไม่ (None)	- ไม่มีการไหล (No Flow) - ไหลย้อนกลับ (Reverse Flow) - ไม่เกิดปฏิกิริยา (No Reaction)
มากกว่า (More)	- อัตราการไหลเพิ่มขึ้น (Increase Flow) - ความดันเพิ่มขึ้น (Increase Pressure) - อุณหภูมิเพิ่มขึ้น (Increase Temperature) - อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น (Increase Reaction Rate) - pH เพิ่มขึ้น - ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น - ส่วนผสมเพิ่มขึ้น - ค่าควบคุม (Control Parameter) อื่นๆ เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 7 (ต่อ)

HAZOP Guide Word	ความบกพร่องหรือผิดปกติในการทำงาน (Operating Deviation)
น้อยกว่า (Less)	- อัตราการไหลลดลง (Reduced Flow) - ความดันลดลง (Reduced Pressure) - อุณหภูมิลดลง (Reduced Temperature) - อัตราการเกิดปฏิกิริยาลดลง (Reduced Reaction Rate) - ระดับลดลง - pH ลดลง - ความเข้มข้นลดลง - ส่วนผสมลดลง - ค่าควบคุม (Control Parameter) อื่นๆ ลดลง
ปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง (Part of, as well as other)	- การเปลี่ยนแปลงส่วนผสมของวัตถุดิบ (Change of Ratio of Material Present) - การเปลี่ยนวัตถุดิบ (Different Material Present) - สภาวะโรงงานที่แตกต่างจากการปฏิบัติอย่างปกติ (Different Plant Condition from Normal Operate) - การเดินเครื่องจักร (Start Up) - การหยุดเครื่องจักร (Shutdown) - การปล่อยสารเคมี, ความดัน ฯลฯ (Relief) - การใช้เครื่องมือ (Instrumentation) - ความบกพร่องของระบบน้ำ, ไฟฟ้า เป็นต้น (Utility Failure) - การกัดกร่อน (Corrosion) - การซ่อมบำรุง (Maintenance) - การกัดเซาะ (Erosion) - ไฟฟ้าสถิตย์ (Grounding Static)

ที่มา: วิชัย (2550)

ตารางที่ 8 HAZOP Guide Words and Design Parameter

Guide Words **Design Parameter**	**More** **(มากกว่า)**	**Less** **(น้อยกว่า)**	**None** **(ไม่)**	**Reverse** **(กลับ,ย้อน)**	**Part Of**	**As Well As**	**Other Than** **(อื่นๆ)**
Flow	High flow	Low flow	No flow	Back flow	Wrong percentage	Contaminant	Wrong material
Pressure	High pressure	Vacuum					
Temperature	High temperature	Low temperature					
Mixing	Excessive mixing	Poor mixing	No mixing				
Level	High level	Low level	No level				
Reaction	High reaction rate	Low reaction rate	No reaction	Reverse reaction	Incomplete reaction	Side reactions	Wrong reaction
Time	Too long	Too short					
Sequence	Step to late	Step to early	Step left out	Step backwards	Part of step left out	Extra action included	Wrong action taken

Other Parameter : Vapor pressure : pH ; heat capacity ; number of phases ; flash point ; viscosity ; static charge ; specific concentration ; etc.

ที่มา: วิชัย (2550)

ตารางที่ 9 การจัดระดับความรุนแรงในการประเมิน

ระดับ	ระดับความรุนแรง	รายละเอียด
1	เล็กน้อย	- บาดเจ็บเล็กน้อยในระดับปฐมพยาบาล - มีการทำลายและผลผลิตเสียหายมีมูลค่าน้อยกว่า 1,000 บาท - ไม่มีผลกระทบต่อชุมชนรอบโรงงาน หรือมีผลกระทบเล็กน้อย - ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเล็กน้อย สามารถควบคุมหรือแก้ไขได้
2	ปานกลาง	- มีการบาดเจ็บต้องได้รับการรักษาทางการแพทย์ - มีการทำลายและผลผลิตเสียหายมีมูลค่าอยู่ระหว่าง 10,000 บาท ถึง 100,000 บาท - มีผลกระทบต่อชุมชนรอบโรงงาน และแก้ไขได้ในระยะเวลาสั้น - มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมปานกลาง สามารถแก้ไขได้ในระยะเวลาอันสั้น
3	สูง	- มีการบาดเจ็บหรือเจ็บป่วยที่รุนแรง - มีการทำลายและผลผลิตเสียหาย มีมูลค่า 100,000 บาท ถึง 1,000,000 บาท - มีผลกระทบต่อชุมชนรอบโรงงาน และต้องใช้เวลาในการแก้ไข - มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรุนแรง ต้องใช้เวลาในการแก้ไข
4	สูงมาก	- ทุพพลภาพหรือเสียชีวิต - มีการทำลายและผลผลิตเสียหายมีมูลค่ามากกว่า1,000,000 บาท - มีผลกระทบรุนแรงต่อชุมชนเป็นบริเวณกว้าง หรือหน่วยงานของรัฐต้องเข้าดำเนินการแก้ไข - มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรุนแรงมาก ต้องใช้ทรัพยากรและเวลาในการแก้ไข

ที่มา: ดัดแปลงมาจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2543)

ตารางที่ 10 การจัดระดับโอกาสในการประเมิน

ระดับ	รายละเอียด
1	โอกาสในการเกิดยาก ไม่เคยเกิดเลยในช่วงเวลาตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไป
2	โอกาสในการเกิดน้อย ความถี่ในการเกิด เกิดขึ้น 1 ครั้ง ในช่วง 5-10 ปี
3	โอกาสในการเกิดปานกลาง ความถี่ในการเกิดเกิดขึ้น 1 ครั้ง ในช่วง 1-5 ปี
4	โอกาสในการเกิดสูง ความถี่ในการเกิด เกิดมากกว่า 1 ครั้ง ใน 1 ปี

ที่มา: ระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2543)

ตารางที่ 11 การจัดระดับความเสี่ยงอันตรายจากการประเมิน

ระดับ	ความรุนแรง	รายละเอียด
1	1-2	ความเสี่ยงเล็กน้อย
2	3-6	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้ ต้องมีการทบทวนมาตรการควบคุม
3	8-9	ความเสี่ยงสูง ต้องมีการดำเนินงานเพื่อลดความเสี่ยง
4	12-16	ความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ ต้องหยุดดำเนินการและปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดความเสี่ยงทันที

ที่มา : ระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2543)

วิชัย (2550) ได้ให้ความหมายของคำที่ใช้ใน HAZOP ดังนี้

- Node : ตำแหน่งหนึ่งใน Process diagram ที่กำลังหา Deviation ใน Process diagram หนึ่งๆ อาจตัดออกได้เป็นหลาย Node จึงควรให้หมายเลขกำกับไว้ด้วย

- Parameter : ค่าที่ใช้บอกลักษณะของกระบวนการ เช่น Flow , Pressure , Temperature , Level , Reaction , Other than ฯลฯ

- Guide word : คำที่ใช้หาส่วนเบี่ยงเบนจากเป้าหมายที่ต้องการ เช่น ค่าที่ใช้บอกลักษณะของกระบวนการ เช่น More , Less , None , Reverse , Part of ฯลฯ

- Deviation : การหาส่วนที่เบี่ยงเบนจากเป้าหมายที่ต้องการของจุดนั้น โดยใช้คำถามที่รวม Guide Word กับ Parameter

- Causes : สาเหตุที่ทำให้เกิดการเบี่ยงเบนจากเป้าหมายที่ต้องการ

- Consequence : ผลที่เกิดขึ้นจากการเบี่ยงเบนจากเป้าหมายที่ต้องการ

- Safeguards : การป้องกัน / ระบบบริหารที่ทำให้ลดโอกาสเกิดการเบี่ยงเบนจากเป้าหมายที่ต้องการ

- Action items : การดำเนินการป้องกันผลที่เกิดจากการเบี่ยงเบนจากเป้าหมาย

- Recommendation : ข้อเสนอแนะจากทีม ในการปฏิบัติเพื่อป้องกันผลที่เกิดจากการเบี่ยงเบนจากเป้าหมาย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เชาวลิต (2550) กล่าวว่าสาเหตุหลักของการเกิดอุบัติเหตุในโรงหลอมอะลูมิเนียมมาจากบุคลากรซึ่งรู้ว่าอันตรายแต่ยังทำ หรือไม่รู้ว่าอันตราย จึงทำ รวมทั้งการที่มีน้ำหรือความชื้นอยู่ในกระบวนการผลิต เครื่องมือวัดต่างๆ ชำรุดหรือทำงานผิดพลาด เป็นสาเหตุของอุบัติเหตุ ซึ่งหากพนักงานไม่ทราบจะทำอย่างไรเมื่อเกิดอุบัติเหตุ จะทำให้ระดับความรุนแรงของอุบัติเหตุเพิ่มขึ้น

ประพันธ์ (2547) ศึกษาการประยุกต์ใช้การประเมินความเสี่ยงเชิงกึ่งปริมาณเพื่อชี้บ่งงานวิกฤติและกำหนดมาตรการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกในกระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติ ซึ่งในการประเมินความเสี่ยงประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลักในการกำหนดระดับความเสี่ยง คือความรุนแรง (Severity) ความน่าจะเป็น (Probability) และความถี่ของการปฏิบัติงาน (Frequency) มาทำการชี้บ่งงานวิกฤต และกำหนดมาตรการป้องกันอุบัติเหตุและลดการสูญเสียจากการทำงานวิกฤติ

Louvar (1998) กล่าวถึงเรื่องการประเมินความเสี่ยงนั้นเริ่มต้นจากการค้นหาอันตรายที่มีอยู่ทั้งหมด แล้วทำการจัดเรียงลำดับของอันตรายที่จะเกิดขึ้น โดยใช้องค์ประกอบสองอย่างคือโอกาสที่จะเกิด และความรุนแรงของอันตราย เพื่อใช้ในการคำนวณจากนั้นดำเนินการจัดลำดับความเสี่ยงหรืออันตรายที่จะเกิดขึ้นเพื่อหาว่าความเสี่ยงใดยอมรับได้หรือยอมรับไม่ได้ ถ้าความเสี่ยงนั้นๆ ยอมรับได้ก็ให้ดำเนินการกิจกรรมนั้น ๆ ต่อไป แต่ถ้าความเสี่ยงนั้น ๆ ยอมรับไม่ได้ให้ทำการปรับปรุงระบบ วางแผนใหม่ หรือทำระบบเตือนต่าง ๆ ฯลฯ

ภัทระ (2544) การพัฒนาโปรแกรม HAZOP โดยใช้ระบบฐานความรู้ มีการใช้ HAZOP แพร่หลาย นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมซึ่งใช้วิเคราะห์อันตรายของกระบวนการผลิต อย่างไรก็ตาม การใช้ HAZOP จำเป็นต้องใช้บุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญ และใช้เวลาค่อนข้างสูง จึงสร้าง Expert System ขึ้นมาซึ่งประกอบด้วยเกณฑ์ต่างๆ ในกระบวนการทั่วไป และกระบวนการที่จำเพาะเจาะจง โดยทดสอบในกระบวนการ Textile Auxiliary ผลออกมาเป็นที่น่าพอใจ อย่างไรก็ตามต้องนำมาปรับปรุงให้เหมาะกับอุตสาหกรรมเคมีต่อไป

จะเห็นได้ว่าการประยุกต์ HAZOP เพื่อวิเคราะห์อันตรายของกระบวนการผลิตได้มีการนำมาใช้ในหลายสาขา จึงทำให้เห็นว่าการประยุกต์ HAZOP วิเคราะห์การระเบิดของเตาหลอมอะลูมิเนียมน่าจะเป็นประโยชน์ และสามารถใช้งานได้จริง

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

การทำวิจัยในครั้งนี้ มีการใช้อุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

1. คอมพิวเตอร์

2. เครื่องพิมพ์

3. แบบการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP

วิธีการ

1. นำเหตุการณ์การเกิดระเบิดจากการหลอมอะลูมิเนียมย้อนหลัง 2 ปี มาเป็นข้อมูลการวิเคราะห์ ซึ่งเป็นข้อมูลใน พ.ศ. 2549 และ พ.ศ. 2550 มีรายละเอียดดังตารางที่ 13

ตารางที่ 12 ประวัติการเกิดระเบิดของเตาหลอมอะลูมิเนียมในช่วง พ.ศ.2549 และ พ.ศ.2550

วัน เดือน ปี ที่เกิดการระเบิด	สาเหตุ
11 มกราคม 2549	ไม่ทราบสาเหตุการระเบิด
12 ตุลาคม 2549	คาดว่าเกิดระเบิดจาก UV Sensor สกปรก
27 มีนาคม 2550	คาดว่าเกิดระเบิดจากหัวเทียนสกปรก
2 ตุลาคม 2550	คาดว่าเกิดจากก๊าซและอากาศผสมกันในอัตราส่วนที่ไม่เหมาะสม

2. ศึกษากระบวนการทำงานของเตาหลอม และศึกษา Diagram ของเตาหลอม โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น Node

3. ดำเนินการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP โดยจัดทีมร่วมกับฝ่ายซ่อมบำรุง ฝ่ายผลิต และ แผนกความปลอดภัย ซึ่งประกอบไปด้วย ผู้จัดการฝ่ายซ่อมบำรุง หัวหน้าแผนกหลอมอะลูมิเนียม วิศวกร หัวหน้างานซ่อม หัวหน้างานหลอมอะลูมิเนียม ช่างซ่อม พนักงานหลอมอะลูมิเนียม และเจ้าหน้าที่ความปลอดภัย ระดับวิชาชีพ โดยใช้เกณฑ์การประเมินต่างๆ ตามตารางที่ 7 – 11

4. วิเคราะห์ข้อมูลและจัดทำรายงานสรุปผลการวิเคราะห์ออกมาเป็นระดับความเสี่ยง สาเหตุการเกิดระเบิด และข้อเสนอแนะในการแก้ไขป้องกัน

ผลและวิจารณ์

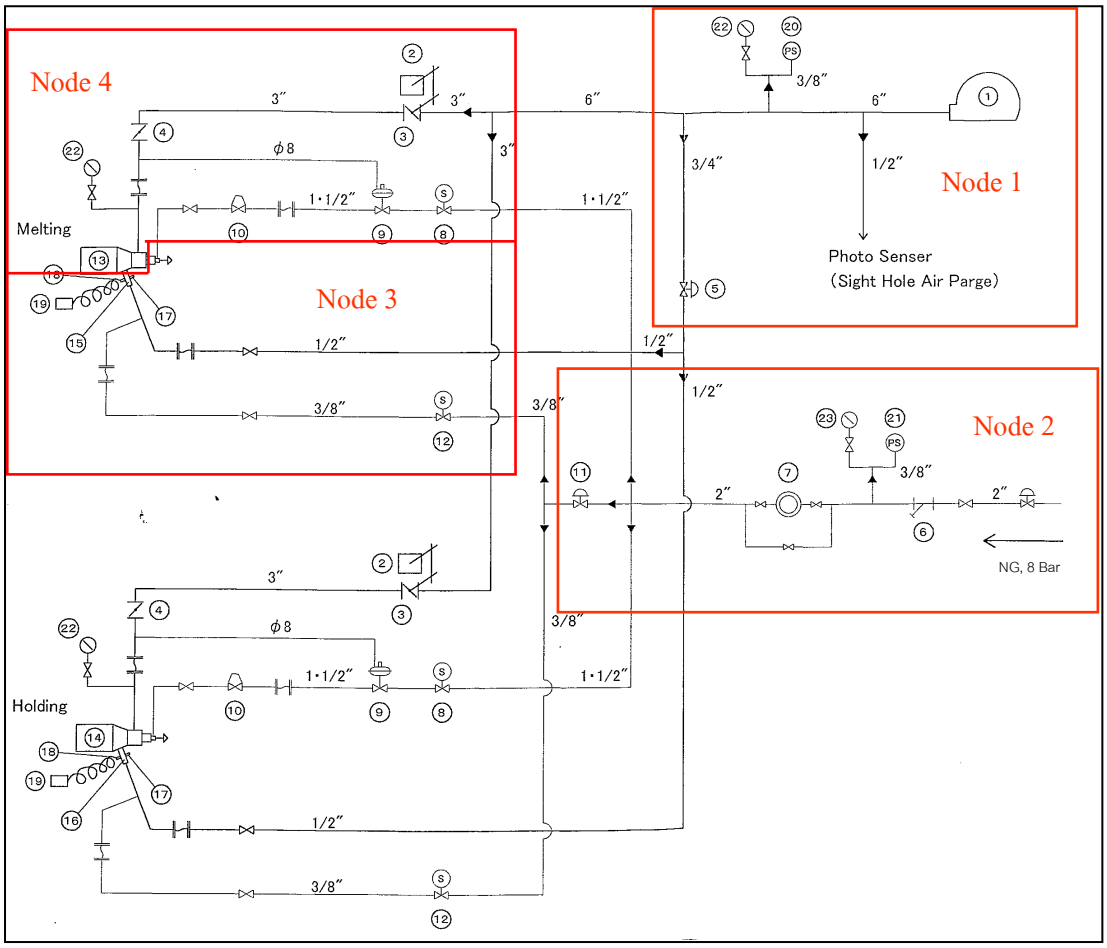
จากกระบวนการหลอมดังแสดงตามภาพที่ 1 สามารถทำบัญชีรายการสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตรายในงานหลอมอะลูมิเนียม ได้ตามตารางที่ 13

ตารางที่ 13 บัญชีรายการสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตรายในงานหลอมอะลูมิเนียม

วันที่ทำการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงาน วันที่ 15 มกราคม 2551

การดำเนินงานในงานหลอมอะลูมิเนียม	สิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น	หมายเหตุ
1. การเตรียม Ingot ลงกระบะเพื่อส่งขึ้น Tower	- Ingot หล่นกระแทกเท้าขณะจัดลงกระบะ ทำให้ฟกช้ำ - วาง Ingot ล้นกระบะหล่นกระแทกมือ ทำให้ฟกช้ำ	- พนักงานได้รับบาดเจ็บ	What If
2. หลอมอะลูมิเนียมในเตาหลอม	- ขณะที่หลอมอยู่อะลูมิเนียมระเบิดทำให้อะลูมิเนียมเหลวกระเด็นมาโดนพนักงานหรือทำให้อุปกรณ์ภายในเตาหลอมเสียหาย	- พนักงานได้รับบาดเจ็บ - ทรัพย์สินเสียหาย พร้อมทั้งส่งผลต่อผลผลิต	HAZOP
3. งาน Fluxing , Filter Cloth , Degassing	- ความร้อนแผ่มาจากเตาหลอมมายังพนักงาน - อะลูมิเนียมระเบิดกรณีอุปกรณ์ที่ใช้มีความชื้น	- พนักงานเกิดความอ่อนเพลีย - พนักงานได้รับบาดเจ็บ	Checklist
4. งานซ่อมเตาหลอม	- ความร้อนแผ่มาจากเตาหลอมมายังพนักงาน - เตาหลอมระเบิดขณะทำการซ่อมเตาหลอม	- พนักงานเกิดความอ่อนเพลีย - พนักงานได้รับบาดเจ็บ - ทรัพย์สินเสียหาย พร้อมทั้งส่งผลต่อผลผลิต	Checklist HAZOP

ตามตารางที่ 13 แสดงบัญชีรายการสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตรายในงานหลอมอะลูมิเนียม จะทำวิเคราะห์การระเบิดของเตาหลอมอะลูมิเนียมโดยการใช้ HAZOP และมีการกำหนด Node การวิเคราะห์ดังแสดงในภาพที่ 16



ภาพที่ 16 การกำหนด Node

ตามภาพที่ 16 ได้แสดงการกำหนด Node สำหรับการวิเคราะห์ในกระบวนการหลอมอะลูมิเนียมของเตาหลอม พบว่าจะมีBurner 2 ชุด คือชุด Melt และ Hold ซึ่งมีการทำงานเหมือนกัน ผู้วิจัยจะนำชุด Melt มาวิเคราะห์โดยใน Diagram จะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 4 Node มีรายละเอียดดังนี้

Node ที่1 เป็นการแสดง Diagram ในการทำงานของการผลิตลมเข้าระบบโดยใช้ Blower ลมจะถูกส่งมามายัง Strainer เพื่อกรองสิ่งสกปรก และเข้าสู่ Pressure Gauge และ Pressure Switch เมื่อได้ระดับความดันที่เหมาะสมจะส่งสัญญาณไปยังชุดควบคุมทางไฟฟ้าทราบถึงแรงดันลมหรือมีลมจ่ายให้ระบบ เพื่อให้ขั้นตอนการทำงานต่างๆดำเนินต่อไปได้ ถ้าแรงดันลมต่ำหรือไม่มี จะสั่งยกเลิกการทำงานของอุปกรณ์ทั้งหมดทำให้ไม่สามารถหลอมได้ นอกจากนั้นยังมี Pressure Gauge ที่ติดตั้งให้พนักงานสามารถมองเห็นระดับความดันลม และเพื่อบันทึกการตรวจเช็คประจำวัน

Node ที่ 2 เป็นการแสดง Diagram ของก๊าซธรรมชาติที่เข้าสู่ระบบ ด้วยแรงดัน 0.8 Bar ผ่านการกรองสิ่งสกปรกที่อาจจะปนมากับก๊าซด้วย Strainer ในท่อส่งก๊าซหลักนี้จะมี Pressure Switch เช็คว่ามีก๊าซเข้ามาเพียงพอต่อการเผาไหม้หรือไม่ โดยจะใช้แรงดันที่ 0.5-0.8 Bar ถ้าไม่อยู่ในระดับนี้จะส่งสัญญาณให้ชุดควบคุมทางไฟฟ้าสั่งยกเลิกการทำงานทั้งระบบ นอกจากนี้ยังมี Pressure Gauge เพื่อตรวจสอบแรงดันด้วยตา และเพื่อใช้ปรับค่าของ Pressure Switch ด้วยว่าต้องกำหนดค่าเท่าไรจึงจะทำงาน และในท่อจ่ายหลักนี้ยังมี Flow Meter เป็นตัววัดปริมาณการใช้ก๊าซเพื่อบันทึกควบคุมปริมาณที่ใช้ในการหลอม ซึ่งท่อหลักจะจ่ายก๊าซให้หัว Burner ทั้ง 2 หัวต่อไป โดยจะมี Governor Valve ที่เป็นแบบหมุนได้ด้วยมือเพื่อจะลดปริมาณก๊าซที่จะเข้า Pilot Burner

Node ที่ 3 แสดง Diagram การทำงานของ Pilot Burner โดย Pilot Burner จะเริ่มทำงานหลังจาก Blower ทำงานแล้ว 30 วินาทีเพื่อไล่ก๊าซในเตาออกก่อน หลังจากนั้น Shut Off Solenoid Valve จะปล่อยก๊าซเข้ามาผ่าน Needle Valve เพื่อหรี่ปริมาณก๊าซให้น้อยลง เพื่อเข้าไปผสมกับลมหรืออากาศ ที่หัว Mixer อากาศและก๊าซที่ผสมกันจะผ่านเข้ามาที่ Pilot Burner ซึ่งมี หัวเทียนจุดไฟ (Ignitor) จะทำการจุดต่อเนื่อง (Spark) เป็นเวลา 5 วินาที หลังจากนั้น UV Sensor จะตรวจจับ (Detect) เปลวไฟ ว่าจุดติดหรือไม่จะส่งสัญญาณเป็นค่ากระแสไมโครแอมแปร์ ไปให้ชุดควบคุม Protect Relay เพื่อสั่งปิดเปิด Shut Off Solenoid Valve และยังส่งค่าไปแสดงบนมอนิเตอร์ที่หน้าตู้ควบคุม ถ้าเปลวไฟมีส่วนผสมดีระหว่างอากาศกับก๊าซ ค่าจะอยู่ระหว่าง 3.5-4 ไมโครแอมแปร์ หากหัวเทียนและ UV Sensor สกปรก อาจทำให้การจุดไฟไม่ติด และทำให้เกิดก๊าซสะสมอยู่ภายในเตา

Node ที่ 4 แสดง Diagram การทำงานของ Main Burner หลังจาก Pilot Burner จุดติดแล้ว ขั้นตอนถัดมาจะต้องจุด Main Burner โดย Solenoid Valve สั่งเปิดลมและก๊าซเข้ามา แล้ว Equalizing Valve ทำหน้าที่รักษาอัตราการผสมของก๊าซเพื่อให้การเผาไหม้สมบูรณ์ ตัววาล์วนี้จะมีท่อเล็กๆ Tap เข้ามาเพื่อปรับการเปิดของวาล์วเพื่อให้ก๊าซไหลไปผสมกับลม ถ้าค่าอัตราการผสมไม่ได้ ชุดควบคุมจะสั่งให้มอเตอร์ไปหมุน Butterfly Valve ของท่อลมก่อนเข้า Main Burner ทำการหรี่หรือเปิดวาล์วให้มากขึ้นเพื่อให้อัตราส่วนผสมของลมกับก๊าซได้ตามที่ต้องการ และมี Limiting Valves ใช้ควบคุมปริมาณก๊าซไม่ให้เข้า Burner สูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ สามารถตั้งได้ด้วยการหมุนปรับด้านบนของวาล์ว เพื่อป้องกันปริมาณก๊าซที่สูงเกินไป อาจจะทำให้มีปริมาณก๊าซสะสมในตัวเตาได้ และในส่วนของ Main Burner นี้จะใช้ Main Gas Hose ติดตั้งเพื่อให้มีความยืดหยุ่นของท่อเนื่องจากขณะ Burner ทำงาน จะมีแรงสั่นสะเทือน และบางครั้งถ้ามีการระเบิดในเตาจะมีแรง

สะเทือนสูง ถ้าเดินเป็น Rigid Pipe อาจทำให้ท่อก๊าซเสียหาย แตกหักหรือร้าวได้ ซึ่งจะนำมาซึ่งความเสียหายสูงต่อไป

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ในแต่ละ Node ว่าส่งผลให้เกิดอะไรได้บ้าง ซึ่งผลการวิเคราะห์ของ Node ที่ 1 , 2 , 3 และ 4 แสดงในตารางที่ 14 , 15 , 16 และ 17 ตามลำดับโดยใช้หลักเกณฑ์ตามตารางที่ 7 – 11 ที่กำหนดขึ้นให้เหมาะสมกับองค์กร และอ้างอิงจากระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรมว่าด้วยหลักเกณฑ์การชี้บ่งอันตรายการประเมินความเสี่ยง และกการจัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง พ.ศ. 2543

ตารางที่ 14 การชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP , Node ที่ 1

P & ID No. DF3-3234-1

แผนก หลอมอะลูมิเนียม วันที่ 20 มกราคม 2551

Line / อุปกรณ์ Melting Furnace ผู้ทำการวิเคราะห์ ชุลีพร และทีมงาน

ข้อบกพร่อง	สถานการณ์จำลอง	เหตุการณ์ที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกัน/ควบคุม/แก้ไข	Recommendation (ข้อเสนอแนะ)	การประเมินความเสี่ยง			
					โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
No flow (อากาศไม่ไหล)	Motor Blower ชำรุด	1. จุดเตาไม่ติด เนื่องจาก Pressure Switch ไม่ทำงาน 2. ไม่มีลมเป่าทำความสะอาด UV Sensor Detect ทำให้ทำงานผิด	-	เพิ่มสัญญาณเสียงเพื่อเตือน	2	2	4	2
No flow (อากาศไม่ไหล)	Governor Valve ถูกปิดโดยพนักงานและ Pressure Switch ไม่ทำงาน	Motor Overload Trip ส่งผลให้ผลิตไม่ได้	-	ติดป้ายชี้บ่ง “ห้ามปิด Governor Valve สนิท”	2	3	6	2

ตารางที่ 15 การชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP , Node ที่ 2

P & ID No. DF3-3234-1

แผนก หลอมอะลูมิเนียม วันที่ 20 มกราคม 2551

Line / อุปกรณ์ Melting Furnace ผู้ทำการวิเคราะห์ ชุลีพร และทีมงาน

ข้อบกพร่อง	สถานการณ์จำลอง	เหตุการณ์ที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกัน/ควบคุม/แก้ไข	Recommendation (ข้อเสนอแนะ)	การประเมินความเสี่ยง			
					โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
Low Pressure	Strainer อุดตันจากสิ่งสกปรกที่มาจากท่อ เช่น สนิม	เตาจุดไม่ติด ผลผลิตไม่ได้ เนื่องจากอะลูมิเนียมแข็งตัว (สูญเสียอัตราการหลอม)	-	กำหนดให้มีการถอดทำความสะอาด Strainer ทุก 6 เดือน	2	3	6	2
No flow	Governor Valve ถูกปิด เช่นในกรณีทำความสะอาดเตาแล้วลืมเปิด	Pilot Burner ไม่ทำงาน เตาไม่ติด	-	ติดป้ายเตือน	2	3	6	2

ตารางที่ 16 การชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP , Node ที่ 3

P & ID No. DF3-3234-1

แผนก หลอมอะลูมิเนียม วันที่ 20 มกราคม 2551

Line / อุปกรณ์ Melting Furnace ผู้ทำการวิเคราะห์ ชุลีพร และทีมงาน

ข้อบกพร่อง	สถานการณ์จำลอง	เหตุการณ์ที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกัน/ควบคุม/แก้ไข	Recommendation (ข้อเสนอแนะ)	การประเมินความเสี่ยง			
					โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
Gas Increase (ก๊าซสะสมในเตาสูง)	Solenoid Valve Leak ขณะที่จุดไม่ติดเนื่องจากกลไกของวาล์วค้าง หรือชำรุด	เกิดระเบิดในเตา หรือระเบิดในช่วงเปิดฝาเตาเพื่อ Check เปลวไฟ ทำให้พนักงานได้รับบาดเจ็บและสูญเสียการผลิต	-	ติดตั้ง Solenoid Valve ต่อแบบอนุกรมเพิ่มอีก 1 ตัว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ	3	3	9	3

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ข้อบกพร่อง	สถานการณ์จำลอง	เหตุการณ์ที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกัน/ควบคุม/แก้ไข	Recommendation (ข้อเสนอแนะ)	การประเมินความเสี่ยง			
					โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
Gas Increase (ก๊าซสะสมในเตาสูง)	เวลาในการทำ Air Purge น้อยกว่า 30 วินาที และ จุด Pilot Burner ไม่ติดบ่อยครั้ง เนื่องจาก UV Sensor สกปรก	เกิดระเบิดในเตา หรือระเบิดในช่วงเปิดฝาเตาเพื่อ Check เปลวไฟ ทำให้พนักงานได้รับบาดเจ็บ และสูญเสียการผลิต	-	- กำหนดมาตรฐานการทำงานให้ชัดเจน - ตั้ง Timer ไม่ให้ปรับค่าให้น้อยลงกว่า 30 วินาทีได้ - ตั้ง Pass Word ในโปรแกรม PLC (Programmable Logic Controller) ป้องกันการแก้ไขโปรแกรม - กำหนดให้ทำความสะอาด Pilot Burner เดือนละ 1 ครั้ง โดยให้ทำความสะอาดหัวเทียนจุดไฟ และ UV Sensor	4	3	12	4

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ข้อบกพร่อง	สถานการณ์จำลอง	เหตุการณ์ที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกัน/ควบคุม/แก้ไข	Recommendation (ข้อเสนอแนะ)	การประเมินความเสี่ยง			
					โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
Gas Increase (ก๊าซสะสมในเตาสูง)	Ignition Transformer ชำรุดเนื่องจากความร้อน เพราะติดตั้งอยู่ที่ผนังเตา	เกิดระเบิดในเตา หรือระเบิดในช่วงเปิดฝาเตาเพื่อ Check เปลวไฟ ทำให้พนักงานได้รับบาดเจ็บ และสูญเสียการผลิต	-	เปลี่ยนที่ติดตั้ง ให้อยู่ในที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส	3	3	9	3
Low Temperature	Needle Valve อุดตัน	อะลูมิเนียมแข็งตัว ทำให้ผลผลิตไม่ได้	-	กำหนดให้มีการทำความสะอาดทุก 6 เดือน	2	3	6	2
Low Temperature (อุณหภูมิในเตาลดลง)	Solenoid Valve ไม่ทำงาน (ไม่เปิดก๊าซเข้ามา)	อะลูมิเนียมแข็งตัว ทำให้ผลผลิตไม่ได้	-	ติดตั้ง Solenoid Valve ต่อแบบอนุกรมเพิ่มอีก 1 ตัว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ	2	3	6	2
Low Temperature (อุณหภูมิในเตาลดลง)	หัว Mixer ตัน	อะลูมิเนียมแข็งตัว ทำให้ผลผลิตไม่ได้	-	กำหนดให้มีการทำความสะอาดปีละ 1 ครั้ง	2	3	6	2

ตารางที่ 17 การชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี HAZOP , Node ที่ 4

P & ID No. DF3-3234-1

แผนก หลอมอะลูมิเนียม วันที่ 20 มกราคม 2551

Line / อุปกรณ์ Melting Furnace ผู้ทำการวิเคราะห์ ชุลีพร และทีมงาน

ข้อบกพร่อง	สถานการณ์จำลอง	เหตุการณ์ที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกัน/ควบคุม/แก้ไข	Recommendation (ข้อเสนอแนะ)	การประเมินความเสี่ยง			
					โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
Flow ก๊าซไม่สม่ำเสมอ	Limiting valve ถูกปรับขณะซ่อม เนื่องจากความเข้าใจผิดของช่างซ่อม	Equalizing ปรับก๊าซและอากาศ Supply Limiting valve ไม่ทันทำให้เกิดระเบิดภายในเตาเป็นช่วงๆ และอาจมีน้ำอะลูมิเนียมกระเด็นออกมาสัมผัสพนักงานได้รับบาดเจ็บ	-	- ติดป้าย “ห้ามปรับโดยเด็ดขาด” - ทำ One Point Lesson สอนพนักงานฝ่ายซ่อมบำรุง	3	3	9	3
อัตราส่วนผสมระหว่างก๊าซและอากาศไม่เหมาะสม	Air Control Damper ชำรุด และตั้งค่าแบบ Manual ทำให้อัตราผสมผิด	ถ้าก๊าซน้อยกว่าใช้เวลาหลอมนาน ถ้าก๊าซมากกว่าทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน	-	ควรเก็บ Spare ชุด Air Control Damper ไว้ในหน่วยงานอย่างน้อย 1 ชุด	2	3	6	2

ตามผลการวิเคราะห์พบว่ามีสาเหตุที่เกี่ยวข้องในการระเบิด 2 Node คือ Node ที่ 3 และ Node ที่ 4 โดยมีผลดังนี้

จากตารางที่ 16 วิเคราะห์ Node ที่ 3 พบว่ากรณีที่จะเกิดระเบิดในเตาหรือระเบิดในช่วงเปิดฝาเตา เพื่อตรวจสอบเปลวไฟนั้นมีสาเหตุมาจากก๊าซสะสมในเตาสูง จากการวิเคราะห์พบว่ามาจากหลายสาเหตุ คือ

1. Solenoid Valve รั่ว ขณะที่จุดไม่ติดเนื่องจากกลไกของวาล์วค้าง หรือชำรุด ผลการประเมินตามเกณฑ์ตารางที่ 7 - 11 พบว่าระดับความเสี่ยงอยู่ในระดับที่ 3 ข้อเสนอแนะในการป้องกันคือ ให้ติดตั้ง Solenoid Valve แบบอนุกรมเพิ่มอีก 1 อัน เพื่อรองรับเมื่อ Solenoid Valve อันแรกชำรุด

2. เวลาในการทำ Air Purge น้อยกว่า 30 วินาที เนื่องจากพนักงานซ่อมทำงานอย่างเร่งรีบ และจุด Pilot Burner ไม่ติดบ่อยครั้งเนื่องจาก UV Sensor สกปรก ผลการประเมินตามเกณฑ์ตารางที่ 7 – 11 พบว่าระดับความเสี่ยงอยู่ในระดับที่ 4 ข้อเสนอแนะในการป้องกัน คือ

- ตั้ง Timer ไม่ให้ปรับค่าให้น้อยลงกว่า 30 วินาทีได้

- ตั้ง Password ในโปรแกรม PLC (Programmable Logic Controller) ป้องกันการแก้ไขโปรแกรม

- กำหนดให้ทำความสะอาด Pilot Burner เดือนละ 1 ครั้ง โดยให้ทำความสะอาดหัวเทียนจุดไฟ และ UV Sensor

3. Ignition Transformer ชำรุดจากความร้อน เนื่องจากตำแหน่งติดตั้งอยู่ที่ผนังเตา ผลการประเมินตามเกณฑ์ตารางที่ 7 – 11 พบว่าระดับความเสี่ยงอยู่ในระดับที่ 3 ข้อเสนอแนะในการป้องกันคือ เปลี่ยนที่ติดตั้ง ให้อยู่ในที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส

จากตารางที่ 17 วิเคราะห์ Node ที่ 4 พบว่ากรณีที่จะเกิดระเบิดภายในเตาเป็นช่วงๆ อาจทำให้น้ำอะลูมิเนียมกระเด็นออกมาด้วยนั้น มีสาเหตุมาจาก Flow ก๊าซไม่สม่ำเสมอ สาเหตุมาจาก

Limiting Valve ถูกปรับไว้มากเกินไปขณะซ่อม เนื่องจากความเข้าใจผิดของพนักงานซ่อมเอง ทำให้ Equalizing Valve ปรับก๊าซและอากาศ Supply ให้ Limiting Valve ไม่ทัน ผลการประเมินตามเกณฑ์ตารางที่ 7 – 11 พบว่าระดับความเสี่ยงอยู่ในระดับที่ 3 ข้อเสนอแนะในการป้องกันคือ ติดป้ายเตือน “ห้ามปรับวาล์ว” และจัดทำ One Point Lesson สอนพนักงานฝ่ายซ่อมบำรุง

โดยข้อเสนอแนะที่ได้จากการประเมิน นำมาเขียนรายงานได้ ดังภาพที่ 17 โดยจะต้องนำรายงานนี้เสนอต่อผู้บริหารขององค์กรต่อไป เพื่อนำมาปรับปรุงเตาหลอมอะลูมิเนียม และเพื่อเพิ่มความปลอดภัยของเตาหลอมที่จะถูกสั่งทำขึ้นใหม่ที่ใช้ติดตั้งที่โรงงานใหม่ พร้อมทั้งจัดทำมาตรฐานการทำงานที่ปลอดภัย โดยเฉพาะในงานซ่อมเตาหลอมอะลูมิเนียม ที่พนักงานยังมีความเข้าใจผิดในการทำงานอยู่หลายประการ ส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย

HAZOP AND OPERABILITY STUDY ACTION REPORT

P & ID No. DF3-3234-1

แผนก หลอมอะลูมิเนียม วันที่ 20 มกราคม 2551

Line / อุปกรณ์ Melting Furnace ผู้ทำการวิเคราะห์ ชุลีพร และทีมงาน

ข้อบกพร่อง : ก๊าซสะสมในเตาสูง

ความเสี่ยงระดับ 3

สาเหตุ : Solenoid Valve Leak ขณะที่จุดไม่ติดเนื่องจากกลไกของวาล์วค้าง หรือชำรุด

ผลที่เกิดขึ้น : เกิดระเบิดในเตา หรือระเบิดในช่วงเปิดฝาเตาเพื่อ Check เปลวไฟ ทำให้พนักงานได้รับบาดเจ็บ และสูญเสียการผลิต

ข้อเสนอแนะ : ติดตั้ง Solenoid Valve ต่อแบบอนุกรมเพิ่มอีก 1 ตัว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ

ข้อบกพร่อง : ก๊าซสะสมในเตาสูง

ความเสี่ยงระดับ 4

สาเหตุ : เวลาในการทำ Air Purge น้อยกว่า 30 วินาที และ จุด Pilot Burner ไม่ติดบ่อยครั้งเนื่องจาก UV Sensor สกปรก

ผลที่เกิดขึ้น : เกิดระเบิดในเตา หรือระเบิดในช่วงเปิดฝาเตาเพื่อ Check เปลวไฟ ทำให้พนักงานได้รับบาดเจ็บ และสูญเสียการผลิต

ข้อเสนอแนะ : 1. กำหนดมาตรฐานการทำงานให้ชัดเจน

2. ตั้ง Timer ไม่ให้ปรับค่าให้น้อยลงกว่า 30 วินาทีได้

3. ตั้ง Pass Word ในโปรแกรม PLC (Programmable Logic Controller) ป้องกันการแก้ไขโปรแกรม

4. กำหนดให้ทำความสะอาด Pilot Burner เดือนละ 1 ครั้ง โดยให้ทำความสะอาดหัวเทียนจุดไฟ และ UV Sensor

ภาพที่ 17 HAZOP AND OPERABILITY STUDY ACTION REPORT

ข้อบกพร่อง : ก๊าซสะสมในเตาสูง
ความเสี่ยงระดับ 3
สาเหตุ : Ignition Transformer ชำรุด เนื่องจากความร้อน เพราะติดตั้งอยู่ที่ผนังเตา
ผลที่เกิดขึ้น : เกิดระเบิดในเตาหรือระเบิดในช่วงเปิดฝาเตาเพื่อ Check เปลวไฟทำให้พนักงานได้รับบาดเจ็บ และสูญเสียการผลิต
ข้อเสนอแนะ : เปลี่ยนที่ติดตั้ง ให้อยู่ในที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส

ข้อบกพร่อง : Flow ก๊าซไม่สม่ำเสมอ
ความเสี่ยงระดับ 3
สาเหตุ : Limiting valve ถูกปรับขณะซ่อม เนื่องจากความเข้าใจผิดของช่างซ่อม
ผลที่เกิดขึ้น : Equalizing ปรับก๊าซและอากาศ Supply Limiting valve ไม่ทันทำให้เกิดระเบิดภายในเตาเป็นช่วงๆ และอาจมีน้ำอะลูมิเนียมกระเด็นออกมาสัมผัสพนักงานได้รับบาดเจ็บ
ข้อเสนอแนะ : 1. ติดป้าย “ห้ามปรับโดยเด็ดขาด”
2. ทำ One Point Lesson สอนพนักงานฝ่ายซ่อมบำรุง

ภาพที่ 17 (ต่อ)

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการศึกษาและวิเคราะห์การระเบิดของเตาหลอมอะลูมิเนียมที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงโดยใช้ HAZOP ในการวิเคราะห์ พบว่าการระเบิดมีหลายสาเหตุดังนี้

1. สาเหตุจากเครื่องจักรอุปกรณ์ ทำให้เกิดการระเบิดได้จาก

- Solenoid Valve รั่ว ขณะที่จุดไม่ติดเนื่องจากกลไกของวาล์วค้าง หรือชำรุด

- Ignition Transformer ชำรุดจากความร้อน เนื่องจากตำแหน่งติดตั้งอยู่ที่ผนังเตา

- หัวเทียนจุดไฟ และ UV Sensor สกปรก

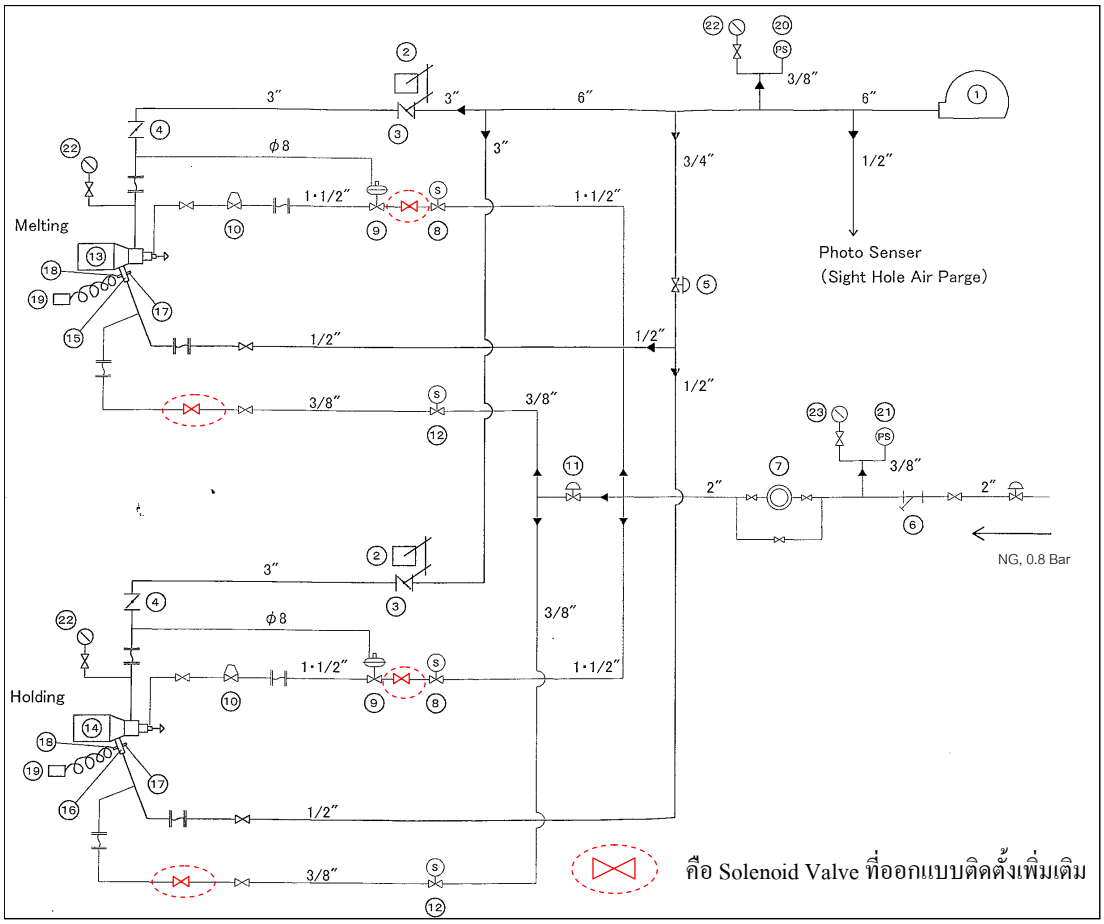
2. สาเหตุจากวิธีการทำงาน ทำให้เกิดการระเบิดได้จาก

- เวลาในการทำ Air Purge น้อยกว่า 30 วินาที เนื่องจากพนักงานซ่อมทำงานด้วยความเร่งรีบจึงทำการปรับแก้โปรแกรมให้เวลาในการทำ Air Purge น้อยลง

- Limiting Valve ถูกปรับไว้มากเกินไปขณะซ่อม เนื่องจากความเข้าใจผิดของพนักงานซ่อมเอง

จากสาเหตุดังกล่าว มีแนวทางแก้ไขคือ

- ติดตั้ง Solenoid Valve แบบอนุกรมเพิ่ม เพื่อรองรับในกรณีที่ Solenoid Valve ตัวแรกค้าง หรือชำรุด โดยตำแหน่งที่ออกแบบให้ติดตั้งเพิ่มเติมนั้นแสดงตามภาพที่ 18



ภาพที่ 18 การออกแบบติดตั้ง Solenoid Valve เพิ่มเติม

1. เปลี่ยนตำแหน่งติดตั้ง Ignition Transformer ให้อยู่ในที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส

2. กำหนดมาตรฐานการทำงานให้ชัดเจน

3. ตั้ง Timer ไม่ให้ปรับค่าให้น้อยลงกว่า 30 วินาทีได้

4. ตั้ง Password ในโปรแกรม PLC (Programmable Logic Controller) ป้องกันการแก้ไขโปรแกรมของพนักงานซ่อมที่เร่งรีบในการทำงาน

5. จัดทำ Preventive Maintenance ของหัวเทียนจุดไฟ และ UV Sensor ทุกเดือน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในอุปกรณ์ Pilot Burner โดยแผนการจัดทำ Preventive Maintenance อุปกรณ์ทั้งหมดแสดงอยู่ในภาคผนวก ข

6. ติดป้ายเตือนห้ามปรับ Limiting Valve

7. จัดทำ One-Point Lesson การซ่อมเตาหลอมอะลูมิเนียม ซึ่งแนวทางการทำ One-Point Lesson สามารถศึกษาข้อมูลได้จากภาคผนวก ก

8. จัดอบรมเพิ่มจิตสำนึกความปลอดภัยในงานซ่อมบำรุง

ทั้งนี้หลังการจากมีการวิเคราะห์หาสาเหตุพบว่ามีเรื่องเครื่องมืออุปกรณ์ไม่พร้อมใช้งาน ทางฝ่ายซ่อมบำรุงจึงได้ร่วม กับผู้ผลิตเตาหลอมในการกำหนดหัวข้อการบำรุงรักษาเตาหลอม และอุปกรณ์ภายในเตา ตามภาคผนวก ข

ข้อเสนอแนะ

ในการวิเคราะห์การระเบิดของเตาหลอมต้องได้ข้อมูลจากพนักงานที่มีประสบการณ์สูง และควรมีพนักงานที่เกี่ยวข้องครบทุกด้าน เช่น ด้านวิศวกรรมกระบวนการผลิต ด้านควบคุมการผลิต ด้านซ่อมบำรุง และด้านความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะทำให้การวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือครอบคลุมทุกปัจจัย

ทั้งนี้หากเพิ่มการประเมินความเสี่ยงระบบวัดคุมนิรภัยของกระบวนการหลอม ก่อนที่จะนำมาวิเคราะห์ในภาพรวมทั้งระบบ จะทำให้ผลการวิเคราะห์น่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น และผลที่ตามมาอาจจะนำไปสู่การออกแบบระบบวัดคุมนิรภัยที่ดียิ่งขึ้น ภายใต้มาตรฐาน IEC 61508

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2543. **ระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรมว่าด้วยหลักเกณฑ์การชี้บ่งอันตรายการประเมินความเสี่ยง และการจัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง พ.ศ. 2543**.

ขันทอง สุนทราภา. 2549. **ความปลอดภัยในกระบวนการเคมี**. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ข้อมูลความปลอดภัยในการใช้ผลิตภัณฑ์. 2551. **ก๊าซธรรมชาติ**. บริษัทผลิตภัณฑ์วิศวไทย จำกัด. ปทุมธานี.

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2551. **อะลูมิเนียม**. The WebPage Assisted Instruction for Aluminium. แหล่งที่มา: http://www.aluminiumlearning.com/html/index_properties.html, 25 เมษายน 2551.

คุณสมบัติของก๊าซธรรมชาติ. **ก๊าซธรรมชาติ**. บริษัทไทยปิโตรเลียม อิควิปเมนท์ แอนด์ คอนสตรัคชั่น จำกัด. แหล่งที่มา: http://www.thaipetroluem.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=442374, 28 กันยายน 2550.

เชาวลิต ลิ้มมณีวิจิตร. 2550. **เอกสารประกอบการสัมมนา เรื่อง ความปลอดภัยสำหรับอุตสาหกรรมหลอมเหลวและหล่ออะลูมิเนียม**.กรุงเทพฯ.

ไทยรัฐ กุศลธรรมรัตน์. 2543. **ONE POINT LESSON**. การบำรุงรักษาด้วยตนเอง.สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น. กรุงเทพฯ.

ประพันธ์ ลิ่มเล็ก. 2547. **การประยุกต์ใช้การประเมินความเสี่ยงเชิงกึ่งปริมาณเพื่อชี้บ่งงานวิกฤติและกำหนดมาตรการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกในกระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภัทระ พฤฒิสุนทร.2544. **การพัฒนาโปรแกรม HAZOP โดยใช้ระบบฐานข้อมูล**.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

วิชัย พฤกษ์ธารากุล. 2550 . **เอกสารประกอบการบรรยายเรื่องการประเมินความเสี่ยงในสถานประกอบการ**. กรุงเทพฯ.

สุรชัย วิวัจนสิรินทร. **การบ่งชี้และการประเมินความเสี่ยง (ตอน 5)**. การประเมินความเสี่ยง. แหล่งที่มา : http://www.thaifactory.com/TM/risk5.pdf, 30 กันยายน 2550.

Daiki Engineering Thai Co.,Ltd. 2004. **Introduction Manual SER 700S**.

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

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ONE - POINT LESSON

ONE - POINT LESSON เป็นบทเรียนที่ใช้ศึกษาด้วยตนเองใช้เวลา 5-10 นาที เป็นบทเรียนที่เขียนโดยสมาชิกในกลุ่ม และครอบคลุมหลักการอันหนึ่งของอุปกรณ์ หรือโครงสร้างเครื่องจักรหรือฟังก์ชันการทำงานของเครื่องจักร หรือวิธีการตรวจเช็ค บ่อยครั้งที่ยากในการทุ่มเทเวลาในการฝึกอบรมอย่างต่อเนื่องนานๆ ในขณะเดียวกัน สิ่งที่เรียนไปมากมายอาจจะลืมได้ เพราะไม่มีโอกาสที่จะฝึกฝนในสิ่งที่เรียนมา การเรียนรู้ในระยะเวลาสั้นๆ ระหว่างการประชุมประจำวันหรือทำกิจกรรมผลผลิตจะมีประสิทธิผลมากกว่า ONE - POINT LESSON เป็นเครื่องมือในการฝึกอบรมที่มีประสิทธิผลควบคู่ไปกับการทำกิจกรรมการบำรุงรักษาด้วยตนเองอย่างไม่หยุดยั้ง

ONE - POINT LESSON เป็นเครื่องมือในการอบรมอย่างต่อเนื่องหัวหน้ากลุ่ม หรือสมาชิกที่ได้รับการอบรมพิเศษ หรือความรู้ เกี่ยวกับเครื่องจักร/อุปกรณ์ จำเป็นที่จะต้องหาทางเผยแพร่ความรู้นั้นให้กลับสมาชิกในกลุ่ม การที่จะต้องมาสอนสิ่งเหล่านี้ซ้ำๆ บ่อยๆ เราจำเป็นต้องทำอยู่ในรูปฟอร์มที่เหมาะสมกับการสอนปฏิบัติที่สถานที่ทำงาน

ONE - POINT LESSON เป็นเครื่องมือที่ใช้สอนที่มีประสิทธิผลสูงสุด เพราะเนื้อหาหรือหัวข้อเน้นที่จุดสนใจ และสั้นกะทัดรัดที่สมาชิกทุกคนจำเป็นต้อง และการสอนลักษณะนี้จะพัฒนาความชำนาญการเป็นผู้นำในทีมอีกด้วยนอกจากจะช่วยในการถ่ายทอดความรู้ให้กับสมาชิกในกลุ่มได้ง่ายแล้วอีกสิ่งหนึ่งที่สำคัญต้องกระทำด้วย คือ หัวหน้ากลุ่ม หรือผู้สอนที่อยู่ในทีมจะต้องติดตามผลเพื่อให้มั่นใจว่าความรู้ที่เรียนมาได้นำมาปฏิบัติเป็นประจำหรือทุกวัน

วัตถุประสงค์ และหลักการ

ONE - POINT LESSON มีวัตถุประสงค์ 3 ข้อ คือ

1. เพื่อเพิ่มพูนความรู้และความชำนาญ เกี่ยวกับเครื่องจักร และใช้เป็นข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาเฉพาะและการปรับปรุงเพื่อใช้ถ่ายทอดต่อไป

2. สามารถนำข้อมูลที่สำคัญไปใช้งานเมื่อเกิดความจำเป็นต้องการ

3. เพื่อปรับปรุงพัฒนาขีดความสามารถของกลุ่มทั้งหมด

หลักการพื้นฐานของ ONE - POINT LESSON

1. พัฒนาและค้นคว้าบทเรียนด้วยตนเอง

2. จัดทำเอกสารบทเรียนด้วยตัวคุณเอง

3. อธิบายบทเรียนเหล่านี้ให้กับสมาชิกให้กลุ่มทุกคน

4. ถกเถียงหรือหารือ อย่างเปิดเผยที่สถานที่หน้างาน

5. ปรับปรุงให้ถูกต้องหรือดีขึ้น

ชนิดของ ONE - POINT LESSONS

ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การใช้งานโดยทั่วไปเอกสาร ONE - POINT LESSON ถูกจัดอยู่หนึ่งในสามประเภท

1. บทเรียนความรู้พื้นฐาน

2. ตัวอย่างปัญหา

3. ตัวอย่างของการปรับปรุงงาน

บทเรียนความรู้พื้นฐาน

เป็นบทเรียนการฝึกอบรมที่ออกแบบมาเพื่อเพิ่มพูนความรู้ที่ขาดหายไป และทำให้มั่นใจว่าสมาชิกในกลุ่มมีความรู้ที่พวกเขาจำเป็นในการผลิตประจำวัน และในการทำกิจกรรม TPM บทเรียนพวกนี้มักจะมุ่งไปที่ระบบย่อยของเครื่องจักร/อุปกรณ์ จุดที่เน้นความปลอดภัย หรือข้อมูลการปฏิบัติงานพื้นฐาน

ตัวอย่างปัญหา

เริ่มจากปัญหาที่เกิดขึ้นจริง บทเรียนพวกนี้ถูกออกแบบเพื่อถ่ายทอดความรู้หรือความชำนาญเพื่อช่วยให้พนักงานปฏิบัติงานป้องกันปัญหาในลักษณะนี้ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

ตัวอย่างของการปรับปรุงงาน

เพื่อให้มั่นใจว่าความคิดการปรับปรุงงานที่ทำสำเร็จจะถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายบทเรียนเหล่านี้จะแสดงถึงอะไรที่จำเป็นต้องทำเพื่อป้องกันหรือแก้ไขความผิดปกติของเครื่องจักร/อุปกรณ์ โดยการอธิบายการค้นพบปัญหา, การแก้ไข และผลลัพธ์ของการปรับปรุงงานนี้

ฟอร์ม ONE - POINT LESSON

แสดงถึงฟอร์มทั่วไปที่สามารถใช้ได้กับทุกชนิดของ ONE - POINT LESSON สามารถออกแบบฟอร์ม ONE - POINT LESSON ของคุณเพื่อช่วยให้คนที่สร้าง/รวบรวมข้อมูลสามารถนำไปใช้ร่วมได้ เช่นฟอร์มสำหรับตัวอย่างปัญหาควรจะมีพื้นที่ในการบันทึกอธิบายปัญหา สาเหตุของปัญหา, การแก้ไขที่กระทำไปแล้ว และขั้นตอนการป้องกัน ส่วนฟอร์มสำหรับตัวอย่างของการปรับปรุงงานควรจะแบ่งพื้นที่เขียนอธิบายปัญหาปัจจุบันที่เป็นอยู่ และรายละเอียดของการปรับปรุงงาน รวมทั้งผลลัพธ์หลังการแก้ไข

ข้อแนะนำในการเขียน ONE - POINT LESSON

- เลือกหัวข้อปัญหาจากปัญหาร่วมกันที่เกิดขึ้นจริงที่สถานที่ทำงาน

- ไม่ควรอธิบายปัญหาด้วยคำพูดเพียงอย่างเดียว เราจะต้องใช้วาดเขียน, รูปถ่าย หรือการ์ตูนที่ทำให้ทุกคนเข้าใจถึงความสำคัญของปัญหานั้นได้

- ถ้าคุณมีฟอร์มในการเขียนที่แตกต่างจากสถานที่ทำงานอื่น หรือกลุ่มอื่นให้ดัดแปลงมาใช้งานเท่าที่จำเป็น

- กรณีตัวอย่างปัญหาให้จัดทำบทเรียนทันทีที่ปัญหาเพิ่งเกิดขึ้นเสร็จและจากนั้นสอนตัวอย่างปัญหานี้ในขณะที่ทุกคนยังไม่ลืมเลือน

บทสรุป

ONE - POINT LESSON เป็นบทเรียนที่สามารถเรียนด้วยตนเองใช้เวลา 5-10 นาทีเป็นบทเรียนที่จัดทำขึ้นโดยสมาชิกกลุ่ม โดยเนื้อหาครอบคลุม จุดที่สนใจในเครื่องจักร / อุปกรณ์ หรือโครงสร้างของเครื่องจักร, การทำงานหรือฟังก์ชันหรือวิธีการตรวจเช็ค การเรียนรู้ในคาบเวลาสั้นของการประชุมประจำวัน หรือขณะทำกิจกรรมการผลิต จะให้ประสิทธิผลในการเรียนรู้บทเรียนเพื่อนำไปฝึกฝนจริง ONE - POINT LESSON เป็นเครื่องมือช่วยในการสอนที่มีประสิทธิผลสำหรับการทำกิจกรรมการบำรุงรักษาด้วยตนเองอย่างไม่หยุดยั้ง ONE - POINT LESSON ให้ประสิทธิผลสูงสุดเพราะบทเรียนเหล่านี้ สั้น และเจาะจงหัวข้อที่สมาชิกกลุ่มจำเป็นต้องรู้ และการสอนยังเป็นการพัฒนาความชำนาญในการเป็นผู้นำทีมด้วย ซึ่งจะต้องติดตามเพื่อให้มั่นใจว่าความรู้นี้ได้ถูกนำไปใช้งานเป็นประจำ

ภาคผนวก ข

กำหนดการบำรุงรักษาอุปกรณ์ของเตาหลอมอะลูมิเนียม พ.ศ. 2551

ตารางผนวกที่ ข1 การกำหนดการบำรุงรักษาอุปกรณ์ของเตาหลอมอะลูมิเนียม พ.ศ. 2551

Detail	Location & Parts	Checking Point	Method	Period
Melting Chamber	Bottom	สะอาด,ไม่ชำรุด	Visual Check	3 Month
	Wall	สะอาด,ไม่ชำรุด	Visual Check	3 Month
	Tower	สะอาด,ไม่ชำรุด	Visual Check	3 Month
	Melting Door	สะอาด,ไม่ชำรุด	Visual Check	3 Month
	Stopper Hold	สะอาด,ไม่ชำรุด	Visual Check	3 Month
	Melting Burner Hole	สะอาด,ไม่ชำรุด	Visual Check	3 Month
	Top Damper	สะอาด,ไม่ชำรุด	Visual Check	3 Month
Holding Chamber	Bottom	สะอาด,ไม่ชำรุด	Visual Check	3 Month
	Wall	สะอาด,ไม่ชำรุด	Visual Check	3 Month
	Holding Door	สะอาด,ไม่ชำรุด	Visual Check	3 Month
	Holding Cover	สะอาด,ไม่ชำรุด	Visual Check	3 Month
	Ladling Well	สะอาด,ไม่ชำรุด	Visual Check	3 Month
	Topping Hole	สะอาด,ไม่ชำรุด	Visual Check	3 Month
	Holding Burner Hole	สะอาด,ไม่ชำรุด	Visual Check	3 Month
Burner	Pilot Holding Burner	สะอาด,ไม่ชำรุด	Cleaning, Adjust	1 Month
	Pilot Melt Burner (M1)	สะอาด,ไม่ชำรุด	Cleaning, Adjust	1 Month
	Pilot Melt Burner (M2)	สะอาด,ไม่ชำรุด	Cleaning, Adjust	1 Month
	Pilot Melt Burner (M3)	สะอาด,ไม่ชำรุด	Cleaning, Adjust	1 Month
	Main Holding Burner	สะอาด,ไม่ชำรุด	Cleaning, Adjust	1 Month
	Main Melt Burner (M1)	สะอาด,ไม่ชำรุด	Cleaning, Adjust	1 Month
	Main Melt Burner (M2)	สะอาด,ไม่ชำรุด	Cleaning, Adjust	1 Month
	Main Melt Burner (M3)	สะอาด,ไม่ชำรุด	Cleaning, Adjust	1 Month

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Detail	Location & Parts	Checking Point	Method	Period
Sensor	Level Sensor	ไม่ชำรุด,ตำแหน่งถูกต้อง	Testing, Adjust	1 Week
	Metal Thermocouple	ไม่ชำรุด,ตำแหน่งถูกต้อง	Testing, Adjust	1 Week
	Exhaust Thermocouple	ไม่ชำรุด,ตำแหน่งถูกต้อง	Testing, Adjust	1 Week
	Atmos. Thermocouple	ไม่ชำรุด,ตำแหน่งถูกต้อง	Testing, Adjust	1 Week
	Photo Sensor	ไม่ชำรุด,ตำแหน่งถูกต้อง	Testing, Adjust	1 Week
Filter / Spark Plug / Ultra Vision	Blower Filter	สะอาด,ไม่ชำรุดอุดตัน	Testing, Cleaning	1 Week
	Spark Plug (H)	สะอาด, Plugเสียบแน่น	Testing, Cleaning	1 Month
	Ultra Vision (H)	สะอาด,ไม่ชำรุด	Testing, Cleaning	1 Month
	Spark Plug (M1)	สะอาด, Plugเสียบแน่น	Testing, Cleaning	1 Month
	Ultra Vision (M1)	สะอาด,ไม่ชำรุด	Testing, Cleaning	1 Month
	Spark Plug (M2)	สะอาด, Plugเสียบแน่น	Testing, Cleaning	1 Month
	Ultra Vision (M2)	สะอาด,ไม่ชำรุด	Testing, Cleaning	1 Month
	Spark Plug (M3)	สะอาด, Plugเสียบแน่น	Testing, Cleaning	1 Month
	Ultra Vision (M3)	สะอาด,ไม่ชำรุด	Testing, Cleaning	1 Month
Control Panel	Control Panel	สะอาด, อุปกรณ์ครบ	Visual Check	1 Month
	Metal Temp. Control	อ่านค่าถูกต้อง, ไม่ชำรุด	Testing Check	1 Month
	Atmos. Temp. Control	อ่านค่าถูกต้อง, ไม่ชำรุด	Testing Check	1 Month
	Exhau. Temp. Control	อ่านค่าถูกต้อง, ไม่ชำรุด	Testing Check	1 Month
	Switch	สภาพไม่ชำรุด, ล็อกแน่น	Testing Check	1 Month
	Lamp	สภาพไม่ชำรุด, ล็อกแน่น	Testing Check	1 Month
	mA Meter (H)	อ่านค่าถูกต้อง, ไม่ชำรุด	Testing Check	1 Month
	mA Meter (M)	อ่านค่าถูกต้อง, ไม่ชำรุด	Testing Check	1 Month

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Detail	Location & Parts	Checking Point	Method	Period
Electric Component	Main Solenoid V. (H)	Coil & Socket Coil ล็อกแน่น	Testing Check	3 Month
	Pilot Solenoid V. (H)	Coil & Socket Coil ล็อกแน่น	Testing Check	3 Month
	Control Motor (H)	สภาพไม่ชำรุด,แกนล็อกแน่น	Testing Check	3 Month
	Ignition TR. (H)	ไม่ชำรุด,สายไฟแน่น	Testing Check	3 Month
	Main Solenoid V.(M1)	Coil & Socket Coil ล็อกแน่น	Testing Check	3 Month
	Pilot Solenoid V. (M1)	Coil & Socket Coil ล็อกแน่น	Testing Check	3 Month
	Control Motor (M1)	สภาพไม่ชำรุด,แกนล็อกแน่น	Testing Check	3 Month
	Ignition TR. (M1)	ไม่ชำรุด,สายไฟแน่น	Testing Check	3 Month
	Main Solenoid V.(M2)	Coil & Socket Coil ล็อกแน่น	Testing Check	3 Month
	Pilot Solenoid V. (M2)	Coil & Socket Coil ล็อกแน่น	Testing Check	3 Month
	Control Motor (M2)	สภาพไม่ชำรุด,แกนล็อกแน่น	Testing Check	3 Month
	Ignition TR. (M2)	ไม่ชำรุด,สายไฟแน่น	Testing Check	3 Month
	Main Solenoid V.(M3)	Coil & Socket Coil ล็อกแน่น	Testing Check	3 Month
	Pilot Solenoid V. (M3)	Coil & Socket Coil ล็อกแน่น	Testing Check	3 Month
	Control Motor (M3)	สภาพไม่ชำรุด,แกนล็อกแน่น	Testing Check	3 Month
	Ignition TR. (M3)	ไม่ชำรุด,สายไฟแน่น	Testing Check	3 Month
	Air Pressure Switch	ไม่ชำรุด,สายไฟเข้าปกติ	Testing Check	3 Month
	Gas Press.Switch (low)	ไม่ชำรุด,สายไฟเข้าปกติ	Testing Check	3 Month
	Gas Press.Switch (high)	ไม่ชำรุด,สายไฟเข้าปกติ	Testing Check	3 Month

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Detail	Location & Parts	Checking Point	Method	Period
Melting Combustion	Limiting Valve	สภาพปกติ,แหวนล็อกแน่น	Testing, Adjust	3 Month
	Ratio Regulator	สภาพใช้งานปกติ	Testing, Adjust	3 Month
	Air Control Damper	สภาพปกติ,แกนล็อกแน่น	Testing, Adjust	3 Month
	Control Motor Linkage	ไม่ชำรุด,ล็อกแน่น	Testing, Adjust	3 Month
	Air Pressure Gauge (M1)	อ่านค่าถูกต้อง, ไม่ชำรุด	Testing Check	1 Week
	Air Pressure Gauge (M2)	อ่านค่าถูกต้อง, ไม่ชำรุด	Testing Check	1 Week
	Air Pressure Gauge (M3)	อ่านค่าถูกต้อง, ไม่ชำรุด	Testing Check	1 Week
	Gas Piping	สภาพปกติ,ไม่มีจุดรั่ว	Leaking Check	3 Month
	Air Piping	สภาพปกติ,ไม่มีจุดรั่ว	Leaking Check	3 Month
Holding Combustion	Limiting Valve	สภาพปกติ,แหวนล็อกแน่น	Testing, Adjust	3 Month
	Ratio Regulator	สภาพใช้งานปกติ	Testing, Adjust	3 Month
	Air Control Damper	สภาพปกติ,แกนล็อกแน่น	Testing, Adjust	3 Month
	Control Motor Linkage	ไม่ชำรุด,ล็อกแน่น	Testing, Adjust	3 Month
	Air Pressure Gauge	อ่านค่าถูกต้อง, ไม่ชำรุด	Testing Check	1 Week
	Gas Piping	สภาพปกติ,ไม่มีจุดรั่ว	Leaking Check	3 Month
	Air Piping	สภาพปกติ,ไม่มีจุดรั่ว	Leaking Check	3 Month

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Detail	Location & Parts	Checking Point	Method	Period
Main Gas & Air	Gas Flow Meter	อ่านค่าถูกต้อง, ไม่ชำรุด	Testing Check	1 Month
	Blower Pressure Gauge	อ่านค่าถูกต้อง, ไม่ชำรุด	Testing Check	1 Week
	Main Gas Pressure Gauge	อ่านค่าถูกต้อง, ไม่ชำรุด	Testing Check	1 Week
	Main Air Pipe	สภาพปกติ,ไม่มีจุดรั่ว	Leaking Check	3 Month
	Main Gas Pipe	สภาพปกติ,ไม่มีจุดรั่ว	Leaking Check	3 Month
Charging Damper (Chain Hoist)	Electric Chain Hoist	สภาพปกติ,ไม่ชำรุด	Testing Check	3 Month
	Limit Switch (upper)	ตำแหน่งถูกต้อง,ไม่ชำรุด	Testing , Adjust	1 Month
	Limit Switch (lower)	ตำแหน่งถูกต้อง,ไม่ชำรุด	Testing , Adjust	1 Month
	Upper & Lower Shaft	ตำแหน่งถูกต้อง, ไม่บิดงอ	Testing , Adjust	3 Month
	Pillow Block	ไม่แตกหัก, ตำแหน่ง ถูกต้อง	Testing , Adjust	3 Month
	Roller Chain	ทำงานปกติ,ไม่ชำรุด	Testing , Adjust	3 Month
	Wiring & Connecting	สภาพไม่ชำรุด, จุดต่อแน่น	Testing Check	3 Month
Charging Damper (Air Cylinder)	Air Cylinder	สภาพปกติ,ไม่มีจุดรั่ว	Testing Check	3 Month
	FRL Unit	ไม่ชำรุด, มีน้ำมันหล่อลื่น	Testing , Adjust	3 Month
	Speed Control	ทำงานปกติ,ไม่ชำรุด	Testing , Adjust	3 Month
	Silencer	ทำงานปกติ,ไม่ชำรุด	Testing Check	3 Month
	Air Pressure Gauge	อ่านค่าถูกต้อง, ไม่ชำรุด	Testing Check	1 Week
	Air Piping	สภาพปกติ,ไม่มีจุดรั่ว	Leaking Check	3 Month
	Damper Weight	สภาพปกติ,ไม่มีแตกหัก	Visual Check	3 Month
	Upper & Lower Shaft	ตำแหน่งเพลาปกติ, ไม่บิดงอ	Testing , Adjust	3 Month
	Pillow Block	ไม่แตกหัก, ตำแหน่ง ถูกต้อง	Testing , Adjust	3 Month
	Roller Chain	ไม่ชำรุด, ตำแหน่งถูกต้อง	Testing , Adjust	3 Month
	Wiring & Connecting	สภาพไม่ชำรุด, จุดต่อแน่น	Testing Check	3 Month

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Detail	Location & Parts	Checking Point	Method	Period
Material Charger	Gear Motor	ทำงานปกติ,ไม่ชำรุด	Testing Check	3 Month
	Limit Switch (Door)	ตำแหน่งถูกต้อง,ไม่ชำรุด	Testing , Adjust	1 Month
	Limit Switch (Lower)	ตำแหน่งถูกต้อง,ไม่ชำรุด	Testing , Adjust	1 Month
	Limit Switch (Mid.)	ตำแหน่งถูกต้อง,ไม่ชำรุด	Testing , Adjust	1 Month
	Limit Switch (Upper)	ตำแหน่งถูกต้อง,ไม่ชำรุด	Testing , Adjust	1 Month
	Charger Body	สภาพไม่ชำรุด	Visual Check	3 Month
	Roller Guide (Rail)	สภาพดี,ไม่มีเสียงดัง,ไม่สึก	Testing, Listen	3 Month
	Carriage	สภาพไม่ชำรุด	Visual Check	3 Month
	Roller	ทำงานปกติ,ไม่สึก	Testing ,Visual	3 Month
	Chain Fitting	ทำงานปกติ,ไม่สึก	Testing ,Visual	3 Month
	Roller Chain	ทำงานปกติ,ไม่ชำรุด	Testing, Adjust	3 Month
	Gear Motor Roller Chain	ทำงานปกติ,ไม่ชำรุด	Testing, Adjust	3 Month
	Roller Shaft	ตำแหน่งถูกต้อง, ไม่บิดงอ	Testing, Adjust	3 Month
	Driving Shaft	ตำแหน่งถูกต้อง, ไม่บิดงอ	Testing, Adjust	3 Month
	Upper Pillow Block	ไม่แตกหัก, ตำแหน่งถูกต้อง	Testing , Adjust	3 Month
	Lower Pillow Block	ไม่แตกหัก, ตำแหน่งถูกต้อง	Testing , Adjust	3 Month
	Charger Control Panel	สภาพปกติ,อุปกรณ์ครบ	Visual Check	3 Month
	Wiring & Connecting	สภาพไม่ชำรุด, จุดต่อแน่น	Testing Check	3 Month
	Selector Switch	สภาพไม่ชำรุด, ล็อกแน่น	Testing Check	3 Month

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวชุลีพร บุญตา
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 8 กรกฎาคม 2524
สถานที่เกิด	อำเภอธาตุพนม จังหวัดนครพนม
ประวัติการศึกษา	ระดับปริญญาตรี คณะสาธารณสุขศาสตร์ ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยมหิดล
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ผู้ปฏิบัติหน้าที่แทนหัวหน้าแผนกความปลอดภัย
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัทผลิตภัณฑ์วิศวไทย จำกัด ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-