

คู่มือชุดความรู้

## การอนุรักษ์พลังงาน สำหรับอุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน



กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

กระทรวงพลังงาน

พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ เราใช้พลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้า การคมนาคมขนส่ง การบริการ และการผลิต ทั้งในภาคเกษตรกรรมและภาคอุตสาหกรรม การใช้พลังงานในประเทศ โดยเฉพาะน้ำมันเชื้อเพลิงนับวันมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกที ในขณะที่ประเทศของเราไม่มีแหล่งน้ำมันเพียงพอับความต้องการใช้ในประเทศ ในแต่ละปีรัฐจึงต้องสูญเสียงบประมาณในการนำเข้าน้ำมันดิบเป็นจำนวนมหาศาล

แหล่งน้ำมันในโลกมีจำนวนจำกัดและต้องหมดไปในวันหนึ่งอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ แนวโน้มราคาน้ำมันจึงมีแต่จะสูงขึ้น ประเทศผู้นำเข้าน้ำมันอย่างประเทศไทยจึงมีความจำเป็นต้องรณรงค์สร้างความร่วมมือร่วมใจกันอนุรักษ์พลังงาน เพื่อให้สามารถใช้พลังงานที่เราต้องซื้อมาด้วยราคาแพงให้คุ้มค่าที่สุด การรณรงค์อนุรักษ์พลังงานต้องทำในทุกส่วนของสังคม ทั้งภาครัฐและเอกชน

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน ได้ตระหนักถึงปัญหาเร่งด่วนดังกล่าว และเล็งเห็นความสำคัญของปัญหาด้านพลังงานที่ทุกคนควรมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องการอนุรักษ์พลังงาน จึงได้จัดทำเอกสารขึ้น 2 ชุด ได้แก่ เอกสารเผยแพร่ชุด **รู้ อนุรักษ์พลังงาน จำนวน 16 เล่ม** สำหรับประชาชนทั่วไป และกลุ่มโรงงานและอาคารควบคุม เพื่อให้เกิดความตระหนักรู้เท่าทัน รู้วิธีประหยัดพลังงานอย่างเป็นรูปธรรม

นอกจากนี้ยังได้จัดทำ **คู่มือชุดความรู้ จำนวน 8 เล่ม** เพื่อใช้เป็นแนวทางการอนุรักษ์พลังงานสำหรับภาคอุตสาหกรรมและภาคการบริการ ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนการผลิตและบริการ และเป็นการลดการใช้พลังงานของประเทศได้อีกด้วย

พพ. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าเอกสารทั้งสองชุดจะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ใช้งานและประชาชนทั่วไป และก่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานจนปรากฏผลลัพท์จริง พร้อมทั้งจะเป็นแรงจูงใจให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมอนุรักษ์พลังงานเร็วยิ่งขึ้น

หากต้องการข้อมูลเพิ่มเติมหรือต้องการคำปรึกษา ข้อเสนอแนะ และการแก้ปัญหาการอนุรักษ์พลังงานด้านต่างๆ สามารถติดต่อที่หน่วยลูกค้าสัมพันธ์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน หมายเลขโทรศัพท์ 0-2226-2311 หรือ [www.dede.go.th](http://www.dede.go.th) E-mail: [dedeoss@dede.go.th](mailto:dedeoss@dede.go.th)

## รายชื่อเอกสารเผยแพร่ชุด รั้ว 'รักษ์พลังงาน' จำนวน 16 เล่ม

1. รู้เท่าทันสถานการณ์พลังงาน
2. การเลือกใช้วัสดุเพื่ออนุรักษ์พลังงาน
3. กฎหมายอนุรักษ์พลังงานสำหรับโรงงาน  
และอาคารควบคุม
4. การจัดองค์กรเพื่ออนุรักษ์พลังงาน
5. การจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า
6. ระบบทำความเย็น
7. ระบบแสงสว่าง
8. ระบบไอน้ำ
9. ระบบอากาศอัด
10. มอเตอร์
11. ตู้เย็นพาณิชย์
12. เครื่องปรับอากาศในบ้าน
13. ไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับบ้านพักอาศัย
14. เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน
15. บั๊มน้ำในบ้าน
16. การใช้รถยนต์อย่างประหยัด

### หมายเหตุ

- เอกสารที่มีสันสีน้ำเงิน ส้ม เขียว      เหมาะสำหรับประชาชนทั่วไป
- เอกสารที่มีสันสีน้ำเงิน ส้ม      เหมาะสำหรับอาคารและโรงงาน
- เอกสารที่มีสันสีน้ำเงิน      เหมาะสำหรับโรงงาน
- เอกสารที่มีสันสีส้ม      เหมาะสำหรับอาคาร
- เอกสารที่มีสันสีเขียว      เหมาะสำหรับบ้านพักอาศัย

## รายชื่อคู่มือชุดความรู้ จำนวน 8 เล่ม

1. โรงแรม
2. อาคารสำนักงาน
3. ห้างสรรพสินค้า
4. โรงพยาบาล
5. อุตสาหกรรมสิ่งทอ
6. อุตสาหกรรมกระดาษ
7. อุตสาหกรรมอาหาร
8. อุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน

อุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน จัดว่าเป็นอุตสาหกรรมขั้นกลางของอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์โลหะทั้งหลาย กล่าวโดยสรุป กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมโลหะมูลฐานที่สำคัญ ได้แก่ การหลอมโลหะ การหล่อโลหะ การให้ความร้อนแก่โลหะซ้ำ (Reheating) เพื่อให้โลหะมีสภาพอ่อนนุ่มเพียงพอที่จะทำการรีดเป็นแผ่นหรือรูปหน้าตัดต่างๆ โดยกระบวนการรีดร้อน หรือการรีดเย็น ตลอดจนการรีด / ดึง (Drawing) เป็นเส้นลวดต่อไป

สำหรับอุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน ระบบอุปกรณ์ใช้พลังงานที่สำคัญที่สุดคือ ระบบเตาหลอม เตาอบ และเตาเผา ซึ่งจะมีสัดส่วนการใช้พลังงานสูงสุด รองลงมาได้แก่ ระบบมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนปั๊มน้ำ พัดลมที่ใช้งานการหล่อเย็น และอุปกรณ์อื่นๆ เช่น เครื่องรีด เครื่องตัด เครื่องตกแต่งผิวโลหะและระบบขนถ่ายลำเลียง ส่วนระบบอากาศอัด ระบบทำความเย็นและปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง จะมีสัดส่วนการใช้พลังงานไม่มากเมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมประเภทอื่นๆ

โอกาสการอนุรักษ์พลังงาน จะมีทั้งมาตรการที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย และมาตรการที่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

- มาตรการที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย**
1. การจัดการเดินเครื่องระบบอุปกรณ์ใช้พลังงาน เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้ไฟฟ้าในช่วง On Peak เท่าที่จะทำได้จะช่วยลดความต้องการพลังงานไฟฟ้า และเป็นการช่วยลดค่าไฟฟ้า
  2. การวางแผนการผลิต เพื่อหลีกเลี่ยงการเสียเวลารอคอยระหว่างขั้นตอนการผลิต ซึ่งมักจะทำให้ต้องสูญเสียพลังงานโดยไม่จำเป็น เช่น ระหว่างขั้นตอนการหลอมโลหะ กับการหล่อโลหะ หรือระหว่างขั้นตอนการให้ความร้อนโลหะ (การอบแบบการเผาร้อน) กับการรีด เป็นต้น
  3. การวางแผนการเดินเครื่องให้สอดคล้องกับปริมาณงาน หลีกเลี่ยงการใช้เครื่องจักรอุปกรณ์ที่ภาวะโหลดต่ำ จะช่วยทำให้อุปกรณ์ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูง หรือหยุดเดินเครื่องและปิดเครื่องทันทีที่ไม่ต้องใช้งาน การปรับการเดินเครื่องภายใต้สภาวะที่เหมาะสม อาทิ การปรับอัตราส่วนอากาศและเชื้อเพลิงที่เหมาะสม การปรับอัตราการเผาไหม้ของหัวเผาเพื่อรักษาอุณหภูมิและความดันภายในห้องเตาอบ หรือเตาเผาให้อยู่ในเกณฑ์เหมาะสมอยู่เสมอ
  4. หมั่นทำการตรวจสภาพและดำเนินการบำรุงรักษาอุปกรณ์ตามวาระที่แนะนำโดยผู้ผลิตอุปกรณ์ จะช่วยทำให้อุปกรณ์ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและยืดอายุการใช้งาน ป้องกันการเสียเวลาการผลิตเนื่องจากเครื่องจักรอุปกรณ์ขัดข้อง

## มาตรการที่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

1. การเสริมฉนวนหุ้มผิวด้านนอกของหม้อไอน้ำ เตาหลอม เตาอบ เตาเผา เพื่อป้องกันการถ่ายเทความร้อนสู่ภายนอกให้ดียิ่งขึ้น ตลอดจนการเปลี่ยนระบบอิฐทนไฟ (Refractory) ชนิดกันความร้อนได้ดีและทนทานต่อการสึกกร่อน จะช่วยลดการสูญเสียพลังงานได้มาก
2. การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการเดินเครื่อง เพื่อให้การเดินเครื่องสอดคล้องกับภาระงาน อาทิ การติดตั้งระบบ VSD (Variable Speed Drives) สำหรับปั๊มน้ำและพัดลม และการติดตั้งระบบจัดการเดินเครื่องอัตโนมัติ เป็นต้น
3. การติดตั้งอุปกรณ์นำความร้อนจากไอเสียหรือจากน้ำหล่อเย็นที่มีอุณหภูมิสูงกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ เช่น การอุ่นอากาศก่อนเข้าหัวเผาของเตาอบ เตาเผา หรือน้ำป้อนของหม้อไอน้ำ เป็นต้น
4. การติดตั้งระบบนำน้ำเสียหรือคอนเดนเสทที่ใช้งานแล้วกลับมาใช้ใหม่
5. การปรับปรุงหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ใช้งานมานาน เป็นอุปกรณ์ใหม่ชนิดที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูง ซึ่งอาจรวมถึงมอเตอร์ทั่วไป เครื่องอัดอากาศ ตลอดจนเตาหลอมและเตาเผาด้วย

บทที่ 1	7
บทนำ	
บทที่ 2	15
การวางแผนจัดการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า	
บทที่ 3	24
ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	
บทที่ 4	32
ระบบทำความเย็นและปรับอากาศ	
บทที่ 5	45
ระบบขับเคลื่อนโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้า	
บทที่ 6	57
ระบบทำความร้อน	
เอกสารอ้างอิง	70

อุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน จัดว่าเป็นอุตสาหกรรมขั้นกลาง (Intermediate Stream) และเป็นอุตสาหกรรมหนักประเภทหนึ่ง กล่าวคือเป็นอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์โลหะกึ่งสำเร็จรูปขั้นปลาย ซึ่งใช้ในการผลิต แปรรูป หรือประกอบเป็นผลิตภัณฑ์จากโลหะพร้อมใช้ หรือใช้ในงานก่อสร้างต่าง ๆ ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน ได้แก่ โลหะรูปพรรณต่าง ๆ เช่น โลหะที่เป็นเส้น โลหะรูปหน้าตัด ทั้งที่ทำจากเหล็กและอลูมิเนียม ได้แก่ ฉาก รางน้ำรูปตัวไอ รูปตัวเอช โลหะแผ่น โลหะหล่อรูปต่าง ๆ เส้น ลวดโลหะ ฯลฯ

กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมโลหะมูลฐานในประเทศไทย สามารถแบ่งเป็นประเภทหลัก ๆ 4 ประเภทได้ดังนี้

1. การผลิตโลหะรูปพรรณหรือโลหะแผ่น โดยกระบวนการรีดร้อน
2. การผลิตโลหะรูปพรรณหรือโลหะแผ่น โดยกระบวนการรีดเย็น
3. การผลิตชิ้นส่วนโลหะ
4. การผลิตเส้นลวดโลหะ

## 1.1 กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน

โดยทั่วไปอุตสาหกรรมโลหะจะเริ่มต้นจากการถลุงสินแร่ชนิดต่าง ๆ เพื่อผลิตโลหะชนิดต่าง ๆ เช่น เหล็ก ทองเหลือง อะลูมิเนียม ในรูปต่าง ๆ เช่น เป็นก้อน (Ingot) เป็นแท่ง (Billets) หรือเป็นแผ่นหนา (Slab) ก่อน แล้วจึงนำไปหล่อหรือรีดเป็นแผ่น เส้น ลวด เป็นชิ้นส่วน หรือรูปพรรณหน้าตัดรูปต่าง ๆ ต่อไป

แต่เนื่องจากอุตสาหกรรมถลุงสินแร่ถูกจัดอยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมประเภท ดิน กรวด หิน ทราย จึงอยู่นอกขอบเขตการนำเสนอในเอกสารชุดนี้

กลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

- **กลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมโลหะมูลฐานขั้นต้น** เป็นผู้ผลิตผลิตภัณฑ์โลหะกึ่งสำเร็จรูปขั้นต้นในรูปเป็นก้อน (Ingots) แท่ง (Billets) หรือแผ่นหนา (Blooms or Slabs) โดยการนำเศษโลหะมาหลอมแล้วหล่อเป็นรูปที่ต้องการ หรืออาจหลอมเป็นก้อน (Ingot) ก่อน แล้วจึงนำไปเผาและรีดเป็นรูปแท่งหรือแผ่นหนาตามต้องการ เพื่อจำหน่ายให้แก่โรงงานในกลุ่มโรงงานโลหะมูลฐานขั้นต่อไปหรือในบางโรงงานอาจรีดเป็นโลหะรูปพรรณต่าง ๆ ต่อไป

- กลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมโลหะมูลฐานขั้นปลาย เป็นโรงงานที่รับผลิตภัณฑ์โลหะมูลฐานขั้นต้นจากโรงงานกลุ่มแรก แล้วมาผ่านกระบวนการผลิตซ้ำอีกครั้ง กลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมโลหะมูลฐานขั้นปลาย ยังสามารถแบ่งประเภทโรงงานเป็นกลุ่มย่อยๆ ตามกระบวนการผลิตดังนี้

### 1.1.1 การผลิตโลหะรูปพรรณหรือโลหะแผ่นโดยกระบวนการรีดร้อน

กระบวนการผลิตที่สำคัญประกอบด้วย

- (1) เตรียมวัตถุดิบ เช่น โลหะแท่ง (Billet) หรือแผ่น (Slab) โดยตัดให้ได้ขนาดพร้อมส่งเข้าเตาเผา
- (2) นำไปเผาซ้ำในเตาเผา (Reheating Furnace) โดยใช้ความร้อนในระดับสูงเพียงพอต่อการปรับสภาพวัตถุดิบให้อ่อนตัวเหมาะต่อการรีด
- (3) ตัดให้ได้ขนาดที่ต้องการ
- (4) ทำการรีดให้ได้รูปที่ต้องการ อาจต้องรีดกลับไปกลับมาหลายครั้ง
- (5) ทำการขจัดคราบสนิมผิวแผ่นโลหะ (Descaling)
- (6) ตัดให้ได้ขนาดที่ต้องการ
- (7) รีดปรับเรียบ
- (8) ลดอุณหภูมิด้วยอากาศหรือน้ำ
- (9) ตัดแต่งขนาดขั้นสุดท้าย
- (10) บรรจุหีบห่อพร้อมขาย

### 1.1.2 การผลิตโลหะรูปพรรณหรือโลหะแผ่นโดยกระบวนการรีดเย็น

กระบวนการผลิตจะคล้ายกับกระบวนการผลิตแบบรีดร้อนแต่ใช้อุณหภูมิในการรีดที่ต่ำกว่า โดยทำการเพิ่มอุณหภูมิโลหะก่อนรีดในเตาอบ (Annealing Furnace) แทนเตาเผา (Reheating Furnace) เพื่อปรับโครงสร้างโลหะก่อนรีด และจะทำความสะอาดผิวโลหะก่อนรีด (Pickling) โดยอาจใช้ไอน้ำ

กระบวนการผลิตที่สำคัญประกอบด้วย

- (1) เตรียมวัตถุดิบซึ่งส่วนใหญ่จะใช้แผ่นโลหะหนา (Slab) ให้ได้ขนาดที่ต้องการ
- (2) ทำการอบในเตาอบ (Annealing Furnace) เพื่อปรับโครงสร้างโลหะ
- (3) ทำความสะอาดผิวโลหะและลดอุณหภูมิด้วยไอน้ำ (Pickling)
- (4) ทำการรีดเย็น อาจทำซ้ำโดยการอบรีดซ้ำมากกว่า 1 ครั้งจนได้ขนาดและความหนาที่ต้องการ
- (5) จัดแต่งผิวก่อนนำไปอบหรือรีดซ้ำ
- (6) รีดปรับเรียบ
- (7) ตัดให้ได้ขนาด
- (8) บรรจุหีบห่อพร้อมขาย

### 1.1.3 การผลิตชิ้นส่วนโลหะ

ผลผลิตที่ได้ส่วนใหญ่เป็นประเภทผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนโลหะ ได้แก่ ชิ้นส่วนเครื่องจักร เครื่องยนต์ ส่วนประกอบอะไหล่รถยนต์และข้อต่อต่างๆ ฯลฯ

กระบวนการผลิตที่สำคัญประกอบด้วย

- (1) เตรียมวัตถุดิบ ทำความสะอาดและจัดให้ส่วนผสมวัตถุดิบได้สัดส่วนที่ต้องการ เช่น อัตราส่วนเศษโลหะ (Scrap) และโลหะแท่ง (Billet) ที่ใช้ หรือใช้เหล็ก ทองเหลือง โลหะผสม (Alloys) เป็นต้น ในขณะเดียวกันได้เตรียมทำแบบหล่อไว้ด้วย
- (2) การหลอมโลหะในเตาหลอมหลัก
- (3) การถ่ายโลหะเหลวลงในเตาอุ่น (Holding Furnace) และปรับส่วนผสมตามต้องการ
- (4) การเทโลหะลงในแบบหล่อ
- (5) การเคาะชิ้นส่วนโลหะออกจากแบบ
- (6) การทำความสะอาด
- (7) การตัดแต่งชิ้นส่วน
- (8) การตรวจสอบคุณภาพ
- (9) ชุบผิวโลหะหรือชุบสีตามต้องการ
- (10) การบรรจุหีบห่อพร้อมขาย

### 1.1.4 การผลิตโลหะเส้นลวด

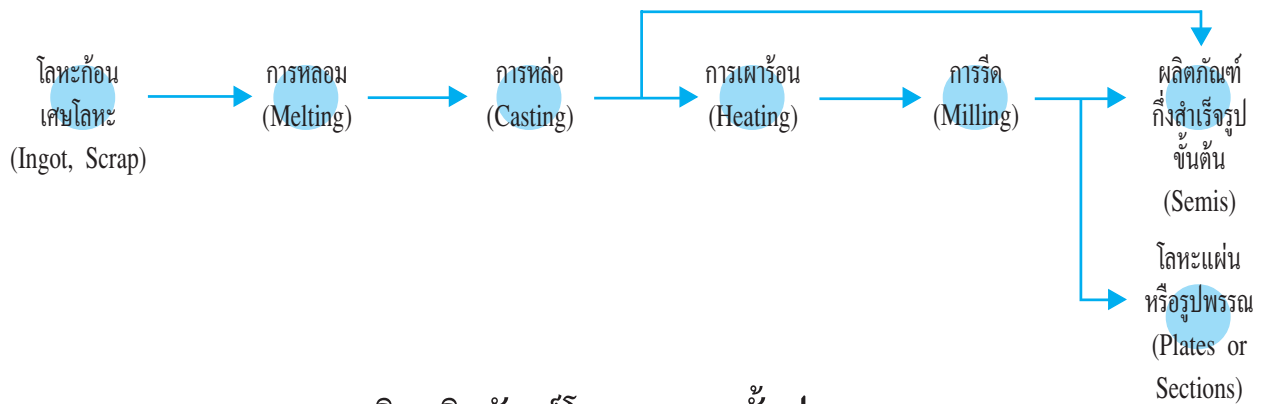
โลหะเส้นลวด จะผลิตโดยการนำโลหะเส้น (Wire Rod) ที่มีคุณสมบัติเฉพาะต่างๆ มารีดเย็นให้ได้โลหะเส้นลวดคุณภาพต่างๆ ตามต้องการ

กระบวนการผลิตที่สำคัญประกอบด้วย

- (1) การเตรียมวัตถุดิบ ได้แก่ ม้วนโลหะเส้น
- (2) การปรับสภาพด้วยความร้อน (Heat Treatment) แล้วทำให้เย็นลงในเตาอบ (Patenting Furnace)
- (3) การทำความสะอาด (Pickling) ก่อนนำไปรีด
- (4) การรีดหรือดึงเส้นลวด (Drawing)
- (5) การอบเพื่อคลายความเครียด (Stress Releasing)
- (6) บรรจุหีบห่อพร้อมขาย

## 1.2 แผนผังการไหลของกระบวนการผลิตโลหะมวลฐานประเภทต่าง ๆ

### 1.2.1 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์โลหะมวลฐานขั้นต้น

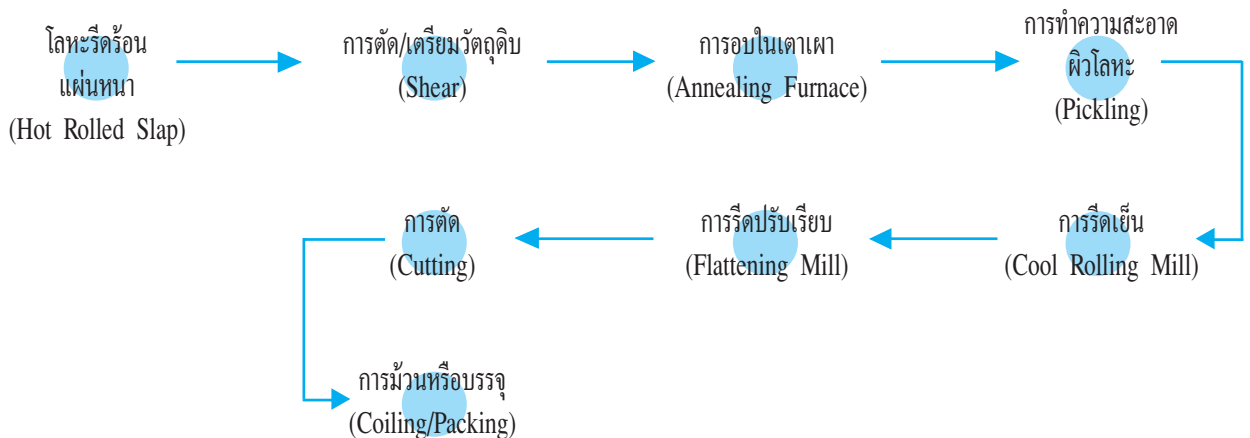


### 1.2.2 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์โลหะมวลฐานขั้นปลาย

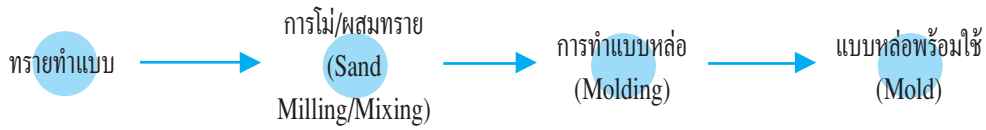
#### กระบวนการผลิตโลหะรูปพรรณแบบรีดร้อน



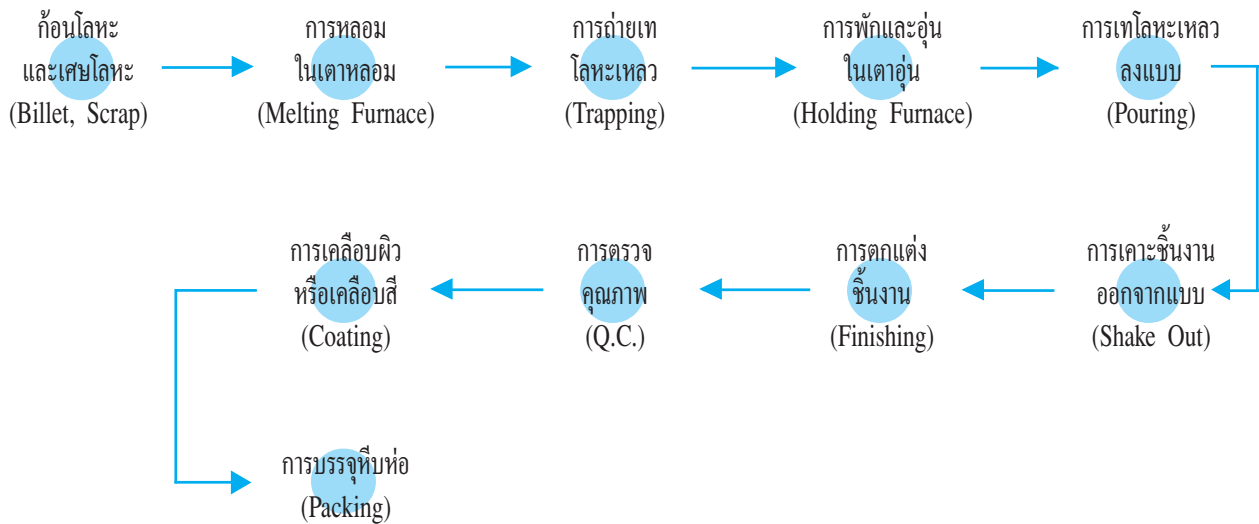
#### กระบวนการผลิตโลหะรูปพรรณแบบรีดเย็น



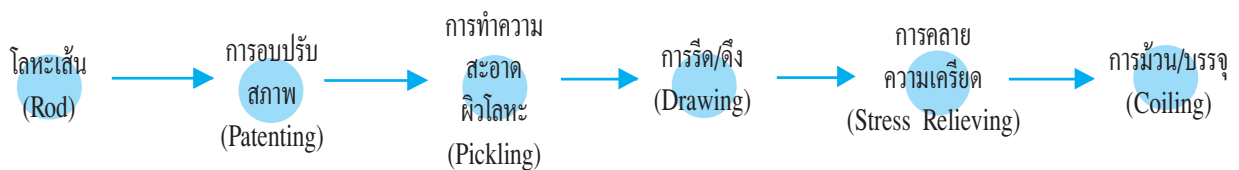
## กระบวนการผลิตชิ้นส่วนโลหะ



### 1.2.3 การหลอมและหล่อชิ้นงานโลหะ



## กระบวนการผลิตเส้นลวดโลหะ



## 1.3 การใช้พลังงานในระบบการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมโลหะ-เบา

### 1.3.1 ชนิดของพลังงานที่ใช้

พลังงานที่ใช้ในอุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่ เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ และพลังงานไฟฟ้า

เชื้อเพลิงที่ใช้ในอุตสาหกรรมโลหะมูลฐานในประเทศไทยมีหลายชนิดมีทั้งเชื้อเพลิงชนิดแข็ง ได้แก่ ถ่านโค้ก เป็นหลัก เชื้อเพลิงเหลว ได้แก่ น้ำมันเตาเกรดต่างๆ น้ำมันดีเซล น้ำมันก๊าด และเชื้อเพลิงก๊าซ ได้แก่ ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) และก๊าซธรรมชาติ (NGV)

ส่วนพลังงานไฟฟ้า โรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะซื้อจากระบบเครือข่ายไฟฟ้า และอาจมีเครื่องสำรองผลิตกระแสไฟฟ้าใช้เองในเวลาฉุกเฉิน

### 1.3.2 การใช้พลังงานของระบบต่างๆ

สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน กระบวนการผลิตจะมีสัดส่วนการใช้พลังงานสูงมากกล่าวคือ การใช้พลังงานมากกว่าร้อยละ 80 จะใช้ในกระบวนการผลิต ได้แก่ เตาหลอม เตาเผา เตาอบ มอเตอร์ขับเคลื่อน เครื่องรีด ระบบลำเลียง ยกและขนถ่ายต่างๆ

อีกประมาณไม่เกินร้อยละ 20 จะใช้กับระบบสาธารณูปโภค ซึ่งใช้บริการสนับสนุนระบบการผลิตเช่นกัน ได้แก่ ระบบอากาศอัด ระบบเครื่องสูบน้ำ และพัดลมดูดอากาศ ที่ช่วยทำหน้าที่หล่อเย็นและถ่ายเทอากาศ

ส่วนที่เหลือซึ่งส่วนใหญ่จะใช้เป็นพลังงานไฟฟ้ารวมกันไม่เกินร้อยละ 5 จะใช้กับระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบปรับอากาศ ซึ่งมีทั้งส่วนที่ใช้ภายในโรงงานและสำนักงาน โดยระบบปรับอากาศจะใช้กับสำนักงาน ห้องประชุม ห้องควบคุมต่างๆ เป็นหลัก (ตามตารางที่ 1 - 1 หน้า 14)

### 1.3.3 มาตรการอนุรักษ์พลังงาน

โดยทั่วไปมาตรการอนุรักษ์พลังงาน จะมีทั้งประเภทที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย โดยวิธีบริหารจัดการการใช้พลังงานให้สอดคล้องกับงานอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งการบำรุงรักษาตามวาระอย่างสม่ำเสมอ และมาตรการที่ต้องเสียค่าใช้จ่าย ซึ่งมีทั้งมาตรการที่เสียค่าใช้จ่ายไม่สูงนัก เพื่อทำการปรับปรุงอุปกรณ์ที่มีอยู่ให้อยู่ในสภาพลดความสูญเสียพลังงานได้ดียิ่งขึ้น ตลอดจนมาตรการที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง เพื่อติดตั้งอุปกรณ์อนุรักษ์พลังงานเพิ่มเติม หรือเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้น



## การวางแผนจัดการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า

การใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมโลหะมูลฐานส่วนใหญ่ (มากกว่าร้อยละ 90 ของพลังงานไฟฟ้าทั้งโรงงาน) จะใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งจะรวมทั้งระบบเตาหลอมไฟฟ้า เตาอบไฟฟ้า ระบบมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องจักรกลต่างๆ ได้แก่ ระบบขนส่งลำเลียง ระบบน้ำหรืออากาศหล่อเย็น เครื่องดูดฝุ่น ระบบอากาศอัดที่ใช้กับอุปกรณ์ทำแบบหล่อ เครื่องมือตกแต่งชิ้นงานต่างๆ ซึ่งมีทั้งแบบใช้อากาศอัดไฟฟ้า และระบบควบคุมอัตโนมัติต่างๆ

ส่วนเครื่องปรับอากาศจะใช้ไม่มากกล่าวคือ นอกจากใช้กับห้องสำนักงาน ห้องประชุมต่างๆ ส่วนใหญ่จะใช้กับห้องควบคุม ห้องปฏิบัติการและระบบไฟฟ้าแสงสว่างจะมีใช้ตามสถานที่ทั่วไป

สำหรับอุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงจะแปรผันตามกระบวนการผลิตและชนิดของอุปกรณ์ให้ความร้อน กล่าวคือถ้าเป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนขนาดเล็ก เช่น เตาหลอมขนาด 1 - 2 ตัน หรือเตาอบ มักนิยมใช้พลังงานไฟฟ้าในการให้ความร้อน แต่หากเป็นเตาเผาหรือเตาอบขนาดใหญ่ มักนิยมใช้ความร้อนจากเชื้อเพลิงโดยตรงมากกว่า

ฉะนั้น การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน จึงควรเริ่มต้นที่การวางแผนจัดการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นหน้าที่ของผู้จัดการโรงงานหรือผู้ได้รับมอบหมาย เช่น ผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน

### 2.1 ส่วนประกอบของค่าไฟฟ้า

การวางแผนจัดการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า หมายถึง การพิจารณาวางแผนจัดการและควบคุมการใช้เครื่องจักร อุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดและอื่นๆ ซึ่งอยู่ในวิสัยและหน้าที่ของผู้จัดการพลังงาน หรือผู้รับผิดชอบด้านพลังงานสามารถทำได้ เพื่อให้การใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และนำไปสู่การลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในที่สุด

ฉะนั้น ผู้เกี่ยวข้องจึงควรทำความเข้าใจเกี่ยวกับส่วนประกอบต่างๆ ที่นำมาใช้ในการคิดคำนวณค่าไฟฟ้าก่อน โดยสามารถพิจารณาตามรายการที่ปรากฏในใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้า จะเห็นว่าค่าไฟฟ้ายรวมจะประกอบด้วย ค่าพลังงานไฟฟ้า ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ค่าบริการ ค่า FT (ค่าไฟฟ้าผันแปรซึ่งจะปรับตามต้นทุนการผลิตไฟฟ้าส่วนที่ผันแปรตามค่าเชื้อเพลิง หรือต้นทุนแหล่งพลังงานเป็นหลัก) ส่วนลด (ถ้ามี) และค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม

ส่วนประกอบของค่าไฟฟ้าดังกล่าวข้างต้น จะมีทั้งส่วนที่โรงงานสามารถควบคุมได้ ได้แก่ ค่าพลังงานไฟฟ้า ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า และส่วนที่โรงงานไม่สามารถควบคุมได้ ได้แก่ ค่าบริการ ค่า FT ส่วนลด (ขึ้นกับหลักเกณฑ์ของการไฟฟ้า) และภาษีมูลค่าเพิ่ม

ดังนั้น การวางแผนจัดการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า จึงควรเน้นที่ทำอะไรจึงจะลดค่าใช้จ่ายส่วนที่โรงงานควบคุมได้ โดยไม่ส่งผลเสียต่อการผลิตของโรงงานเป็นสำคัญ (ตัวอย่างการคิดค่าไฟฟ้าในหน้า 19)

## 2.2 การจัดการใช้พลังงานไฟฟ้า

### 2.2.1 การลดปริมาณพลังงานไฟฟ้า

การลดปริมาณพลังงานไฟฟ้า ทำได้โดยการลดใช้พลังงานไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ การลดความสูญเสียต่างๆ ในระบบพลังงานไฟฟ้า อาทิ การปิดเครื่องจักรในขณะไม่ใช้งาน การวางแผนใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีขนาดเหมาะสมกับภาระงาน (โหลด) การเปลี่ยนเครื่องจักรอุปกรณ์ไฟฟ้าใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง การติดตั้งระบบอัตโนมัติจัดการวางแผนควบคุมการเปิด - ปิดไฟฟ้าอย่างเหมาะสม โดยต้องพิจารณาความคุ้มค่าในการลงทุน (ถ้ามี) ประกอบการตัดสินใจด้วย

### 2.2.2 การลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด

ในการพิจารณาเพื่อลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด จำเป็นต้องทำความเข้าใจกับเรื่องต่อไปนี้

(1) ตัวประกอบโหลด (Load Factor หรือ LF) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงความเหมาะสมของการใช้ไฟฟ้าของโรงงานว่ามีค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดที่เหมาะสมเพียงใด กล่าวคือ ค่าตัวประกอบโหลดที่สูงจะหมายถึงโรงงานมีความต้องการพลังไฟฟ้าสม่ำเสมอ ค่าตัวประกอบโหลดคำนวณได้จากสูตรดังนี้

#### สูตรคำนวณตัวประกอบโหลด

$$\text{ตัวประกอบโหลด (\%)} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 เดือน (kW)}}{\text{กำลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบเดือนนั้นๆ (kW)}} \times 100$$

หรือ

$$\text{ตัวประกอบโหลด (\%)} = \frac{\text{จำนวนหน่วยที่ใช้ทั้งหมดใน 1 เดือน (kWh)}}{\text{กำลังไฟฟ้าสูงสุดในเดือนนั้น (kW) x จำนวนชั่วโมงในเดือนนั้น (h)}} \times 100$$

(2) อัตราค่าไฟฟ้าในส่วนของค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดของแต่ละประเภทผู้ใช้ โดยเฉพาะที่โรงงานเลือกใช้ในแต่ละช่วงเวลา เช่น อัตรา On Peak, Partial Peak และ Off Peak

โดยข้อมูลเหล่านี้โรงงานสามารถทราบได้โดยการจดบันทึกข้อมูลการใช้ไฟฟ้าแต่ละเดือนอย่างสม่ำเสมอ (ตามตารางที่ 2 - 1 หน้า 20) แล้วนำมาคำนวณตามสูตรตามตัวอย่างในหน้า 21

ส่วนอัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด ศึกษาได้จากใบเสร็จรับเงินของการไฟฟ้า หรือขอคำแนะนำจากเจ้าหน้าที่การไฟฟ้า ซึ่งโดยทั่วไป อัตราค่าไฟฟ้าในส่วนของค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดช่วง On Peak จะแพงที่สุด และช่วง Off Peak ถูกที่สุด

เมื่อทราบข้อมูลทั้งสองเรื่องดังกล่าวแล้ว แนวทางการลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน สามารถดำเนินการดังนี้

- ตรวจสอบและปิดเครื่องจักรที่ไม่จำเป็นหรือไม่มีโหลด หรือลดการใช้งาน หรือย้ายงาน หรือ โหลดในช่วง On Peak ไปทำในช่วง Off Peak หรือ Partial Peak เท่าที่ทำได้
- หลีกเลี่ยงการใช้เครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้งานหนัก หรือใช้พลังไฟฟ้าสูงหลาย ๆ ตัวพร้อมกัน ในเวลาเดียวกันในช่วง On Peak เท่าที่ทำได้
- หลีกเลี่ยงการเริ่มเดินเครื่อง (Start Up) เครื่องจักรไฟฟ้าที่ใช้พลังไฟฟ้าสูงในช่วง On Peak
- หากปรากฏว่ามีการใช้เครื่องจักรที่มีขนาดใหญ่ที่ภาวะโหลดต่ำมากอย่างสม่ำเสมอ ควรพิจารณาเปลี่ยนไปใช้เครื่องที่ขนาดเล็กลง มีความเหมาะสมกับโหลด
- พิจารณาเปลี่ยนใช้เครื่องจักรอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงโดยเฉพาะเครื่องจักรอุปกรณ์ที่มีชั่วโมง ใช้งานนานอย่างสม่ำเสมอทั้งปี หรือกรณีเครื่องจักรอุปกรณ์นั้นเก่าหรือชำรุดต้องการซ่อมใหญ่
- ติดตั้ง Peak Demand Controller (PLC) เพื่อช่วยควบคุมการทำงานของเครื่องจักรอุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่อลดค่ากำลังไฟฟ้าให้มากที่สุด โดยไม่กระทบต่อประสิทธิภาพการผลิต
- ประการสุดท้ายให้พิจารณาลดโหลดช่วง Partial Peak และ Off Peak เท่าที่ทำได้ โดยการพิจารณาเพิ่มค่า LF ประกอบ แล้วพยายามควบคุมค่า LF ของทุกๆ เดือนให้อยู่ใน ระดับใกล้เคียงกันตลอดอย่างต่อเนื่อง จนกว่าจะมีการปรับปรุงหรือขยายระบบการผลิตครั้งใหญ่

## 2.3 วิธีแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

โดยทั่วไป โรงงานอุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรงงานที่มีกระบวนการหลอมโลหะ โดยใช้เตาไฟฟ้าประเภทเตาไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Induction Furnace) จะมีโหลดประเภตรีแอกทีฟ (Reactive Load) ค่อนข้างสูง หรือมีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor) ต่ำกว่าเกณฑ์กำหนดของการใช้ไฟฟ้า ทำให้ต้องเสียค่าปรับเนื่องจากมีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำ จึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการแก้ไขให้ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้สูงขึ้น ซึ่งนอกจากจะช่วยลดการสูญเสียในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าภายในโรงงานและระบบเครือข่ายของการไฟฟ้าแล้ว ยังทำให้โรงงานสามารถลดค่าปรับเรื่องตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำจนอาจไม่ต้องเสียค่าปรับในท้ายสุด

การแก้ไขหรือเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้านี้ ทำได้โดยการติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้า (Capacitor) ที่อุปกรณ์ไฟฟ้าหรือมอเตอร์ที่มีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำ หรือที่หม้อแปลงไฟฟ้า (รายละเอียดเพิ่มเติมดูจากเอกสารเผยแพร่ชุด ฐู 'รักษัพลังงาน เรื่อง "การจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า")

## 2.4 การจัดการระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าหรือหม้อแปลงไฟฟ้า

### 2.4.1 แนวทางการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า

แนวทางการอนุรักษ์พลังงานของหม้อแปลงไฟฟ้า สามารถทำได้ดังนี้

- ถ้าค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำเกินไป ควรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้สูงขึ้นโดยการติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้า (Capacitor) ที่ด้านทุติยภูมิ (Secondary) ช่วยลดความสูญเสียพลังงานในหม้อแปลงไฟฟ้านั้น ๆ
- ตรวจสอบโหลดและจัดโหลดให้สมดุลทุกเฟส
- หลีกเลี่ยงการใช้หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีโหลดต่ำมาก โดยให้จัดโหลดควบรวมกับหม้อแปลงไฟฟ้าที่อยู่ใกล้เคียงกัน และยังใช้งานไม่เต็มที่ แต่ต้องระวังปัญหาแบกรับโหลดเกินพิกัด (Overload) และควรเลือกใช้หม้อแปลงไฟฟ้าลูกที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า ซึ่งจะสามารถลดความสูญเสียรวมได้ตลอดจนเลิกใช้หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีค่าสูญเสียสูงกว่า
- ตรวจสอบและปรับแรงดันของหม้อแปลงไฟฟ้าให้อยู่ในระดับใช้งานอย่างเหมาะสม โดยต้องปรับที่ TAP ของหม้อแปลงไฟฟ้า
- พิจารณาเปลี่ยนไปใช้หม้อแปลงประสิทธิภาพสูง ในโอกาสที่เหมาะสม

### 2.4.2 การเก็บข้อมูลหม้อแปลงไฟฟ้า

เพื่อประโยชน์การวิเคราะห์กำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงาน ควรเก็บข้อมูลเกี่ยวกับขนาดพิกัด ข้อกำหนดที่สำคัญ และข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้า (ตามตารางที่ 2 - 2 และ 2 - 3 หน้า 22)

ตัวอย่างการคิดค่าไฟฟ้าประเภท 4 กิจการขนาดใหญ่ อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff : TOU Tariff) แสดงให้เห็นถึงส่วนประกอบของค่าไฟฟ้าที่สามารถควบคุมได้

ค่าพลังงานไฟฟ้า  
 = (จำนวนพลังงานไฟฟ้าช่วง On Peak x อัตราค่าไฟฟ้าช่วง On Peak) + (จำนวนพลังงานไฟฟ้าช่วง Off Peak x อัตราค่าไฟฟ้าช่วง Off Peak)  
 = (1,801,000 x 2.695) + (3,005,000 x 1.1914) = 8,433,852 บาท

**การไฟฟ้านครหลวง**  
**รายละเอียดเพิ่มเติม (เดือนปัจจุบัน)**

ประเภท 4.2.2 **ตัวคูณ 1000**  
 กWh ค่าพลังงานไฟฟ้า 8,433,851.94 บาท

ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า  
**\*\* 61.97% OF**  
 เพจด้วยแฟคเตอร์ 7,552 kW

ค่าบริการ (รวมค่าไฟฟ้าและค่าบริการ) 228.17  
 ค่า FT (เพิ่มค่า) 9,437,967.11

ส่วนลด ค่าไฟฟ้ารวม 10,492,884.11  
 ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7% 734,501.89  
 รวมเงิน 11,227,386.00

**รวมเงินที่ต้องชำระสุทธิ 11,227,386.00 บาท**

30002570007070134711227386000745

อัตราค่าไฟฟ้าผันแปร (ฟ.ท) 21.95 สต./หน่วย

จำนวน	1*	1,801,000	หน่วย
จำนวน	2*	3,005,000	
จำนวน	1*	7,552	กิโลวัตต์
จำนวน	2*	7,468	
จำนวน		3,923	กิโลวัตต์

6749725

ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft)  
 ค่า Ft ช่วง On Peak = จำนวนพลังงานไฟฟ้าช่วง On Peak x ค่า Ft = 1,801,000 x 0.2195 = 395,919.50  
 ค่า Ft ช่วง Off Peak = จำนวนพลังงานไฟฟ้าช่วง Off Peak x ค่า Ft = 3,005,000 x 0.2195 = 659,597.50  
 ค่าไฟฟ้าผันแปร Ft = ค่า Ft ช่วง On Peak + ค่า Ft ช่วง Off Peak = 1,054,917 บาท

ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (Demand)  
 ช่วง On Peak = (ความต้องการพลังงานไฟฟ้าช่วง On Peak x อัตราค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าช่วง On Peak)  
 = 7,552 x 132.93 = 1,003,887 บาท

ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า = จำนวน kVar ที่เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของ ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด x อัตราค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า  
 จำนวน kVar ที่ต้องเสียค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า = 0.6197 x 7,552 = 4,679.98 kVar  
 ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าจริงที่ใช้ = 3,923 kVar < 4,679.98 kVar (ไม่ต้องเสียค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า)

การจดข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในรอบปีเพื่อหาค่าไฟฟ้ารวมและค่าตัวประกอบโหลด

เดือน	หมายเลขมิเตอร์ xxxxxxxx		ประเภทผู้ใช้ xxxxxxxx				Load Factor (%)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)	
	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	อัตราปกติ	ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (kW)		TOU Tariff				
			TOD Tariff		On Peak	Off Peak			
			On Peak	Partial Peak		1*			2**
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
รวม									
เฉลี่ย									

\* Off Peak 1 เวลา 22.00 - 09.00 น. ของวันจันทร์ - ศุกร์

\*\* Off Peak 2 ตลอดทั้งวันของวันเสาร์, อาทิตย์ และวันหยุดราชการประจำปีตามปฏิทิน ไม่รวมวันหยุดชดเชย

$$\text{ตัวประกอบโหลด (Load Factor)} = \frac{\text{จำนวนหน่วยที่ใช้ทั้งหมดใน 1 เดือน (kWh)}}{\text{กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้ใน 1 เดือน (kW)} \times \text{จำนวนชั่วโมงใน 1 เดือน (h)}} \times 100$$

ตัวอย่างการคิดค่าไฟฟ้าประเภท 4 กิจการขนาดใหญ่ อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของวัน (Time of Day Tariff : TOD Tariff)

โรงงานโลหะมูลฐานแห่งหนึ่งมีระดับแรงดัน 22 kV ใช้พลังงานไฟฟ้าในเดือนมกราคม เป็นจำนวน 11,939,400 kWh ความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ 10,960 kVar ช่วงห้วงที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด 18,480 kW ช่วงวันมีความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด 19,580 kW ช่วงตอนกลางคืนมีความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด 18,200 kW เสียอัตราค่าไฟฟ้าประเภท 4.1.2

- ช่วงตอนหัวค่ำ (On Peak) เวลา 18.30 - 21.30 = 285.05 บาท/kWh • พลังงานไฟฟ้า = 1.7034 บาท/kWh
- ช่วงตอนกลางวัน (Partial Peak) เวลา 08.00 - 18.30 = 58.88 บาท/kWh • ค่า Ft = 0.3828 บาท/หน่วย

วิธีคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภท 4.1.2 (อัตรา TOD)

ส่วนที่ 1 ค่าไฟฟ้าฐาน

1. ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า = (ความต้องการพลังไฟฟ้าช่วง On Peak x อัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้าช่วง On Peak) + (ความต้องการพลังไฟฟ้าช่วง Partial Peak เฉพาะส่วนที่เกิน On Peak x อัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้าช่วง Partial Peak) = (18,480 x 285.05) + ((19,580 - 18,480) x 58.88) = 5,332,492.00 บาท
  2. ค่าพลังงานไฟฟ้า = จำนวนพลังงานไฟฟ้า x อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า = 11,939,400 x 1.7034 = 20,337,573.96 บาท
  3. ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า จำนวน kVar ที่เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของ kW จำนวนกิโลวัตต์ที่คิดเงิน จำนวนเงิน = 10,960 - (19,580 x 0.6197) = 1,174 kVar (แสดงว่าค่า PF สูงกว่า 0.85 ซึ่งไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในส่วนนี้) จำนวนเงิน = 0.00 บาท
- รวมค่าไฟฟ้าฐาน = 5,332,492.00 + 20,337,573.96 = 25,670,065.96 บาท
- ส่วนที่ 2 ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) จำนวนพลังงานไฟฟ้า x ค่า Ft = 11,939,400 x 0.3828 = 4,570,402.32 บาท
- ส่วนที่ 3 ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม 7% (ค่าไฟฟ้าฐาน + ค่า Ft) x 7/100 = (25,670,065.96 + 4,570,402.32) x 7/100 = 2,116,832.78 บาท
- รวมเงินค่าไฟฟ้า = 25,670,065.96 + 4,570,402.32 + 2,116,832.78 = 32,357,301.06 บาท

เดือน	หมายเลขมิเตอร์ XXXXXXXX				ประเภทผู้ใช้ 4.1.2			
	ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (kW)				TOU Tariff		Load Factor (%)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)
	อัตราปกติ		อัตราพิเศษ		On Peak	Off Peak		
1	11,939,400	18,480	19,580	18,200	On Peak	Off Peak	82	32,357,301.06

การเก็บข้อมูลหม้อแปลงไฟฟ้า

ชื่อสถานประกอบการ.....

รายละเอียด	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ชุดที่ 4
ประเภทหม้อแปลงไฟฟ้า	[ ] แบบแห้ง [ ] แบบเปียก	[ ] แบบแห้ง [ ] แบบเปียก	[ ] แบบแห้ง [ ] แบบเปียก	[ ] แบบแห้ง [ ] แบบเปียก
ขนาดพิกัด (kVA)				
พิกัดแรงดันสูง (kV)				
พิกัดแรงดันต่ำ (V)				
พิกัดกระแสด้านแรงดันสูง (A)				
พิกัดกระแสด้านแรงดันต่ำ (A)				
ระบบระบายความร้อน				
กลุ่มเวกเตอร์ (Vector Group)				
ผู้ผลิต				
ชั่วโมงการทำงาน/ปี				
เดือน/ปี ที่ติดตั้งใช้งาน				
สถานที่ติดตั้ง				

ตารางที่ 2 - 3

การตรวจวัดหม้อแปลงไฟฟ้าและระบบจ่ายย่อย

ชื่อสถานประกอบการ.....

ลำดับ	ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัด	พิกัดหม้อแปลง (kVA)	ผลการตรวจวัด					% ภาระการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้า	
			แรงดัน (V)	กระแสในแต่ละเฟส			ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (PF)		กำลังไฟฟ้า (kW)
				เฟส R	เฟส S	เฟส T			

ตัวอย่าง

การเก็บข้อมูลหม้อแปลงไฟฟ้า

ชื่อสถานประกอบการ โรงงานผลิตโลหะมูลฐานเป็นสุข

รายละเอียด	ชุดที่ 1
ประเภทหม้อแปลงไฟฟ้า	[ ] แบบแห้ง [ / ] แบบเปียก
ขนาดพิกัด (kVA)	1,000
พิกัดแรงดันสูง (kV)	22
พิกัดแรงดันต่ำ (V)	400/230
พิกัดกระแสด้านแรงดันสูง (A)	26.2
พิกัดกระแสด้านแรงดันต่ำ (A)	1,463.4
ระบบระบายความร้อน	อากาศ
กลุ่มเวกเตอร์ (Vector Group)	Dy 11
ผู้ผลิต	xxx
ชั่วโมงการทำงาน/ปี	8,760
เดือน/ปี ที่ติดตั้งใช้งาน	May 1995
สถานที่ติดตั้ง	ภายนอกโรงงาน

หมายเหตุ: กลุ่มเวกเตอร์ (Vector Group) เป็นลักษณะการต่อหม้อแปลงในรูปแบบต่างๆ เช่น Dd 6, Dy 11 เป็นต้น

ตัวอย่าง

การตรวจวัดหม้อแปลงไฟฟ้าและระบบจ่ายย่อย

ชื่อสถานประกอบการ โรงงานผลิตโลหะมูลฐานเป็นสุข

ลำดับ	ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัด	พิกัดหม้อแปลง (kVA)	ผลการตรวจวัด					% ภาระการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้า	
			แรงดัน (V)	กระแสในแต่ละเฟส			ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (PF)		กำลังไฟฟ้า (kW)
				เฟส R	เฟส S	เฟส T			
1	ตู้ไฟฟ้าหลักภายในโรงงาน	1,000	380	1,120	1,005	1,150	0.83	596.3	71.84

หมายเหตุ : ศึกษาเพิ่มเติมการใช้งานของหม้อแปลงได้จากเอกสารเผยแพร่ชุด รู้ รั กษ์พลังงาน เรื่อง “การจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า”

## ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

แสงสว่างเป็นสิ่งจำเป็นในการประกอบกิจกรรมต่างๆ และในทุกๆ พื้นที่ของโรงงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน ที่จะทำงานวันละ 24 ชั่วโมง อย่างไรก็ดีเมื่อเทียบกับการใช้พลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิต การใช้พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่างนับว่ามีสัดส่วนน้อยมากเพียงประมาณร้อยละ 2 เท่านั้น แต่เนื่องจากการอนุรักษ์พลังงานสำหรับระบบไฟฟ้าแสงสว่างนับว่ามีความสะดวกและง่ายต่อการดำเนินการมากที่สุด จึงเป็นระบบแรกที่ได้รับพิชิตชอบงานอนุรักษ์พลังงานควรให้ความสนใจเป็นประการแรก

### 3.1 ข้อกำหนดค่าแสงสว่างสำหรับพื้นที่ต่าง ๆ

เนื่องจากระดับความส่องสว่างมีความสำคัญต่อสุขอนามัยและความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานในโรงงาน ฉะนั้นไม่ว่าก่อนหรือหลังดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน จึงมีความจำเป็นต้องรักษาระดับความส่องสว่างในพื้นที่ต่างๆ อย่างเพียงพอตามมาตรฐานที่กำหนดโดยสถาบันที่เป็นที่ยอมรับ เช่น CIE (Commission International de l'Eclairage)

ค่ามาตรฐานระดับความส่องสว่างในพื้นที่ต่าง ๆ ภายในโรงงานอุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน ดังแสดงในตารางที่ 3 - 1 หน้า 25

### 3.2 การเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างที่เหมาะสม

ส่วนประกอบที่สำคัญของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง ได้แก่ หลอดไฟ บัลลาสต์และโคมไฟ ประเภทหลอดไฟที่ใช้ในโรงงานทั่วไป ได้แก่ หลอดไส้ หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ หลอดฟลูออเรสเซนต์ หลอดแสงจันทร์ (หลอดไอปรอทความดันสูง) หลอดโซเดียมความดันสูง หลอดเมทัลฮาไลด์ ส่วนหลอดชนิดอื่นๆ อาจมีใช้บ้างสำหรับงานเฉพาะอย่าง

อุปกรณ์ประกอบอื่นๆ ได้แก่ บัลลาสต์ ซึ่งมีทั้งบัลลาสต์แกนเหล็กธรรมดา บัลลาสต์แกนเหล็กกำลังสูญเสียต่ำ และบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (กำลังสูญเสียต่ำมาก)

โคมไฟซึ่งมีทั้งประเภทใช้กับหลอดไส้ หลอดฟลูออเรสเซนต์ และหลอดก๊าซดิสชาร์จความดันสูง (หลอดแสงจันทร์ หลอดโซเดียมความดันสูง หลอดเมทัลฮาไลด์ ฯลฯ)

คุณลักษณะเฉพาะและข้อดีของหลอดไฟแต่ละชนิดดังแสดงในตารางที่ 3 - 2 หน้า 26

ระดับความส่องสว่างภายในโรงงานอุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน

ประเภทของพื้นที่หรือกิจกรรม	ระดับความส่องสว่าง (Lux) ต่ำสุด-ปานกลาง-สูงสุด	หมายเหตุ
1. พื้นที่ทางเดินทั่วไป	50 - 100 - 150	
2. บันไดและพื้นที่ขนถ่ายสินค้า	50 - 150 - 200	
3. อุโมงค์ใต้พื้น	20 - 50	
4. แทนขนถ่ายโลหะ	50 - 100 - 150	
5. พื้นที่ผสมทรายและทำแบบหล่อ	150 - 200 - 300	
6. พื้นที่ทำแม่แบบ	300 - 500 - 750	ขึ้นอยู่กับความละเอียดของชิ้นงาน
7. พื้นที่หลอมและหล่อโลหะ	150 - 200 - 300	เป็นงานทำด้วยมือจะต้องการความสว่าง 300
8. พื้นที่เตาเผาและเตาอบ	150 - 200 - 300	
9. พื้นที่รีดและตัดโลหะ	200 - 300 - 500	
10. พื้นที่ชุบสังกะสี	200 - 300 - 500	
11. พื้นที่ตกแต่งเคลือบสี	500 - 750 - 1,000	
12. พื้นที่คัดเลือกชิ้นงาน	300 - 500 - 750	
13. พื้นที่ตกแต่งชิ้นงาน	300 - 500 - 750	ขึ้นอยู่กับความละเอียดของชิ้นงาน
14. พื้นที่ตรวจสอบคุณภาพ	300 - 500 - 750	ขึ้นอยู่กับความละเอียดของชิ้นงาน
15. พื้นที่ห้องเก็บวัตถุดิบและผลิตผลโลหะ	50 - 100 - 150	
16. พื้นที่หม้อไอน้ำ	100 - 150 - 200	
17. พื้นที่เครื่องจักร	100 - 150 - 200	เป็นบริเวณที่มีผู้คนเดินผ่านมากหรือน้อย
18. ห้องควบคุม	150 - 200 - 300	

คุณลักษณะของหลอดไฟฟ้านิตต่าง ๆ

ชนิดหลอดไฟ	ความสว่าง (lumen)	ประสิทธิภาพ (lumen/Watt)	อายุการใช้งาน (ช.ม.)	ราคา (บาท/หลอด)	เงินลงทุนเฉลี่ย (บาท/lm-ช.ม.)
<u>หลอดไฟกำลังส่องสว่างธรรมดา</u> หลอดไส้ธรรมดา	730 - 1,380	12 - 14 (ต่ำสุด)	1,000 (ต่ำสุด)	16 - 17 (ถูกสุด)	$1.535 \times 10^{-5}$
หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์	730 - 1,380	50 - 60	8,000 - 12,000	120 - 530	$3.086 \times 10^{-5}$ (สูงสุด)
หลอดฟลูออเรสเซนต์ (ซูเปอร์)	1,300 - 3,250	45 - 70 (สูง)	13,000 (สูงสุด)	60 - 70	$2.1978 \times 10^{-6}$
<u>หลอดไฟกำลังส่องสว่างสูงมาก</u> หลอดแสงจันทร์ (หลอดไอปรอทแรงดันสูง)	3,700 - 22,000	40 - 55	15,000 - 20,000	200 - 700	$1.9566 \times 10^{-6}$ (ต่ำสุด)
หลอดโซเดียมแรงดันสูง	5,000 - 48,000 (มากที่สุด)	50 - 120 (สูงสุด)	10,000 - 20,000	720 - 2,000	$3.4528 \times 10^{-6}$
หลอดเมทัลฮาไลด์	5,700 - 35,000	70 - 85	9,000 - 20,000	1,530 - 1,800	$7.750 \times 10^{-6}$ (สูงสุด)

หมายเหตุ: ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นตัวเลขโดยประมาณ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบเบื้องต้นเท่านั้น

หลักการเลือกหลอดไฟ นอกจากเรื่องลักษณะสี (สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมนิยมเลือกสีขาว (Warm)) ควรพิจารณาถึงองค์ประกอบต่างๆ ได้แก่ ประสิทธิภาพการส่องสว่าง (lumen/W) ขนาดกำลังส่องสว่าง (lumen) อายุการใช้งานและราคา สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน ควรถือหลักดังต่อไปนี้

1. ระดับความส่องสว่างที่ต้องการ ขึ้นกับกิจกรรมในพื้นที่นั้นๆ

2. ระดับความสูงของเพดาน หรือระยะระหว่างโคมไฟกับจุดทำงาน เช่น งานสำนักงานในอาคารทั่วไป ห้องโถงหรือโรงงาน ซึ่งจะเป็นองค์ประกอบที่มีส่วนสำคัญในการกำหนดกำลังส่องสว่างของหลอดไฟที่จะเลือกใช้ ฉะนั้นจากข้อมูลในตารางที่ 3 - 2 ข้างต้น อาจสรุปได้ว่า สำหรับพื้นที่สำนักงาน หรือพื้นที่ที่มีเพดานต่ำ หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบซูเปอร์จะมีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีราคาปานกลาง แต่มีประสิทธิภาพและอายุใช้งานสูง ยกเว้นพื้นที่ที่ต้องการแสงสว่างน้อยและชั่วโมงใช้งานน้อยมาก อาจเลือกใช้หลอดไส้ธรรมดาจะประหยัดกว่า ส่วนหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์จะเหมาะกับพื้นที่ที่ต้องการระดับส่องสว่างน้อย แต่ชั่วโมงใช้งานในแต่ละวันค่อนข้างมาก ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้แทนหลอดไส้ได้ดี แม้ว่าหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์จะมีราคาแพงกว่าหลอดไส้มาก แต่จะประหยัดค่าไฟฟ้ามากกว่าและมีอายุการใช้งานยาวนานกว่า

สำหรับห้องโถงหรือโรงงานที่มีเพดานสูง หลอดโซเดียมแรงดันสูงจะมีความเหมาะสม เนื่องจากมี ประสิทธิภาพสูงสุดแต่ราคาปานกลาง

เมื่อได้เลือกชนิดของหลอดไฟแล้ว ขั้นตอนต่อไปจึงเป็นการเลือกใช้อุปกรณ์ประกอบให้สอดคล้องกับ สภาพการใช้งาน เช่น โคมไฟที่มีแผ่นสะท้อนแสงจะให้แสงสว่างแก่พื้นที่ที่ใช้งานมากกว่าโคมไฟที่ไม่มี แผ่นสะท้อนแสง ทั้ง ๆ ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากัน และบัลลาสต์ที่มีกำลังสูญเสียต่ำจะประหยัดกว่าบัลลาสต์ ชนิดธรรมดา ทั้งนี้ให้ยึดหลักว่าสภาพใช้งานที่มีชั่วโมงใช้งานติดต่อกันอย่างยาวนานควรใช้โคมไฟ หลอดไฟ และบัลลาสต์ประสิทธิภาพสูงจะประหยัดและคุ้มค่ากว่า

### 3.3 มาตรการอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

โดยทั่วไปมาตรการอนุรักษ์พลังงานจะมีทั้งแบบที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายและแบบที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใน การติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่ ระบบไฟฟ้าแสงสว่างก็เช่นเดียวกัน

#### 3.3.1 มาตรการที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

- พยายามใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติให้มากที่สุด
- หมั่นบำรุงรักษา ทำความสะอาดหลอดไฟและโคมไฟอยู่เสมอ
- ปิดไฟทุกครั้งที่ไม่จำเป็นต้องใช้
- หนีความสว่างของแสงจากหลอดไฟ (หากทำได้) เช่น เมื่อเวลามีแสงธรรมชาติหรือเวลาไม่ จำเป็นต้องใช้แสงสว่างมาก
- ทำการปลดหลอดไฟที่เกินความจำเป็นออก

#### 3.3.2 มาตรการที่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

- ปรับปรุงวงจรควบคุมการเปิด - ปิดไฟฟ้าแสงสว่าง เพื่อให้สามารถควบคุมการเปิด - ปิดไฟฟ้า แสงสว่างในแต่ละพื้นที่ตามต้องการได้
- ติดตั้งระบบควบคุมการเปิด - ปิดไฟฟ้าอัตโนมัติ ซึ่งมีทั้งระบบควบคุมตามระดับความสว่าง จากแสงธรรมชาติ (Daylight Linking) ระบบควบคุมตามความเคลื่อนไหวของคน (Occu-pancy Linking) หรือระบบควบคุมตามช่วงเวลา (Time Linking)
- ติดตั้งสวิตซ์หรี่ไฟหรืออุปกรณ์ลดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ เช่น Voltage Regulator ตามความเหมาะสม
- เปลี่ยนไปใช้หลอดไฟ บัลลาสต์ และโคมไฟประสิทธิภาพสูง

สรุปแนวทางการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน (ตามตารางที่ 3 - 3 หน้า 28)

สรุปมาตรการอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

มาตรการอนุรักษ์พลังงาน	แนวทางปฏิบัติ
<ul style="list-style-type: none"> <li>บำรุงรักษาทำความสะอาดหลอดไฟและโคมไฟ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>จัดทำกำหนดการการบำรุงรักษาของแต่ละพื้นที่ทุกพื้นที่ในโรงงานและดำเนินการอย่างสม่ำเสมอ</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>ปิดไฟเมื่อไม่ต้องการใช้</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>กำหนดและประกาศใช้ระเบียบโรงงานและรณรงค์ให้พนักงานปฏิบัติตามระเบียบอย่างสม่ำเสมอ</li> <li>ปรับปรุงวงจรควบคุมการเปิด - ปิดไฟแต่ละพื้นที่</li> <li>ติดตั้งระบบควบคุมการเปิด - ปิด หรือหรีไฟอัตโนมัติ</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>ใช้แสงธรรมชาติให้เป็นประโยชน์สูงสุด</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ออกแบบหรือปรับปรุงอาคารสำนักงาน อาคารปฏิบัติการของโรงงานให้สามารถรับแสงสว่างจากแสงธรรมชาติอย่างเหมาะสม</li> <li>ปรับปรุงวงจรควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างแต่ละพื้นที่อย่างเหมาะสม</li> <li>ติดตั้งระบบควบคุมการเปิด-ปิด หรือหรีไฟอัตโนมัติที่อาศัยการรับแสงธรรมชาติเป็นหลักอ้างอิง</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>ปลดหลอดไฟที่เกินจำเป็นออก</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ตรวจสอบระดับความส่องสว่างในแต่ละพื้นที่ที่เปิดไฟ หากสว่างเกินให้ทำการปลดหลอดไฟไม่จำเป็นออกแล้วตรวจสอบความสว่างใหม่อีกครั้ง เพื่อให้แน่ใจว่าไม่ต่ำกว่ามาตรฐาน</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>เลือกหรือเปลี่ยนไปใช้หลอดไฟประสิทธิภาพสูง</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดาเป็นหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงในพื้นที่สำนักงานหรือเพดานต่ำ (Low Bay)</li> <li>เปลี่ยนหลอดไส้เป็นหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์</li> <li>เปลี่ยนไปใช้หลอดโซเดียมแรงดันสูงหรือเมทัลฮาไลด์ ในพื้นที่ที่มีเพดานสูง (High-Bay) เช่น พื้นที่โรงงาน</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>เลือกหรือเปลี่ยนไปใช้บัลลาสต์ชนิดกำลังความสูญเสียต่ำ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>สำรวจดูบัลลาสต์ที่ใช้กับหลอดไฟที่ใช้อยู่เป็นบัลลาสต์ชนิดใด หากเป็นบัลลาสต์ชนิดธรรมดา ให้พิจารณาเปลี่ยนไปใช้บัลลาสต์กำลังสูญเสียต่ำ ซึ่งอาจจะเป็นบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็กหรือบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีราคาแพงกว่า โดยควรวิเคราะห์ความคุ้มค่าประกอบการตัดสินใจเลือก</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>ปรับปรุงโคมไฟโดยติดแผ่นสะท้อนแสงประสิทธิภาพสูง หรือเปลี่ยนใช้โคมไฟประสิทธิภาพสูงแทน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>สำรวจการติดตั้งหลอดไฟ หากหลอดใดยังไม่ได้ใช้โคมไฟสะท้อนแสงประสิทธิภาพสูง ควรปรับปรุงโดยติดแผ่นสะท้อนแสงประสิทธิภาพสูงหรือเปลี่ยนเป็นโคมไฟสะท้อนแสงประสิทธิภาพสูงแทน ซึ่งจะทำได้ 1/3 - 1/2 ของจำนวนหลอดไฟเดิม โดยให้ความสว่างเท่าเดิม ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดและประสิทธิภาพของแผ่นหรือโคมไฟสะท้อนแสง</li> </ul>

### 3.4 ระบบควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างอัตโนมัติ

ระบบควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างอัตโนมัติ มีทั้งระบบควบคุมการหรี่ไฟ และระบบควบคุมการเปิด - ปิดไฟฟ้าแสงสว่าง มีส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่

- อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ (Sensor) แล้วนำไปประเมินผลและส่งสัญญาณ ซึ่งมีทั้งแบบตรวจจับการเคลื่อนไหว (Presence Detector) และแบบตรวจวัดระดับแสงสว่าง (Photocell) เป็นต้น
- ชุดควบคุมแสงสว่าง (Light Controller) ซึ่งมีทั้งแบบควบคุมการหรี่แสงของหลอดไฟ และแบบควบคุมการเปิด - ปิดวงจรไฟฟ้า

### 3.5 การدابับที่กรรวบรวมข้อมูล

เพื่อประโยชน์ในการตรวจสอบ วิเคราะห์ และกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง โรงงานควรดำเนินการจดบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้ตรวจและบันทึกค่าความส่องสว่างของแต่ละพื้นที่ ทั้งก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง เพื่อรู้สถานการณ์อนุรักษ์พลังงานของโรงงานปีละครั้ง หรืออย่างน้อยสามปีครั้ง (ตามตารางที่ 3 - 4 หน้า 30)



## ตัวอย่าง

### ตารางการเก็บข้อมูลระบบแสงสว่าง

### ชื่อสถานประกอบการ โรงงานผลิตโลหะมูลฐานประหยัดพลังงาน

ลำดับ	บริเวณที่ตรวจวัด	โคมไฟที่มีอยู่ในปัจจุบัน				ความเข้มการส่องสว่างมาตรฐาน (Lux)	ความเข้มการส่องสว่างที่วัดได้ (Lux)	ปรับปรุง	ไม่ปรับปรุง	แนวทางการปรับปรุง	ผลหลังปรับปรุง						
		ชนิดหลอด	จำนวนโคม	หลอดต่อโคม	กำลังไฟฟ้ต่อหลอด (W)						กำลังไฟฟ้รวม (kW)	จำนวนโคม	หลอดต่อโคม	กำลังไฟฟ้ต่อหลอด (W)	กำลังไฟฟ้รวม (kW)	ความเข้มการส่องสว่างที่วัดได้ (Lux)	ผลต่าง (kW)
1	พื้นที่เตาหลอม	FL	52	3	46	220	220		●								
2	พื้นที่ผสมโลหะ	FL	30	3	46	200	100	●		เปลี่ยนแผ่นสะท้อนแสงจากแบบโลหะสีขาว เป็นแบบแผ่นเงินสะท้อนแสง	FL	30	3	46	4.14	200	

กำลังไฟฟ้รวม = กำลังไฟฟ้ต่อหลอด (W) x จำนวนหลอด

การคิดกำลังไฟฟ้ต่อหลอดของหลอด FL ให้รวมการสูญเสียที่บัลลาสต์ (Ballast) ด้วย

บัลลาสต์แกนเหล็กธรรมดา มีกำลังสูญเสียประมาณ 10 วัตต์

บัลลาสต์แกนเหล็กประสิทธิภาพสูง มีกำลังสูญเสียประมาณ 6 วัตต์

## ระบบทำความเย็นและปรับอากาศ

สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน การปรับอากาศจะใช้กับพื้นที่สำนักงาน ห้องประชุม ห้องควบคุม ห้องตรวจสอบคุณภาพ ห้องทดลอง (Lab) ส่วนพื้นที่โรงงานส่วนใหญ่ไม่ใช้ระบบปรับอากาศ แต่มีความต้องการใช้การหล่อเย็นหรือการระบายความร้อนสำหรับเครื่องจักรกลบางชนิด เช่น เครื่องอัดอากาศ เต้าหลอม เตาอบ เตาเผา เครื่องรีด ซึ่งมีทั้งประเภทระบายความร้อนด้วยอากาศ ระบายความร้อนหรือหล่อเย็นด้วยน้ำ เป็นต้น

### 4.1 หลักการคัดเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสม

ในการคัดเลือกอุปกรณ์ปรับอากาศ มีประเด็นหลักที่ต้องพิจารณาดังนี้

(1) ขนาดของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งนอกจากจะขึ้นกับขนาดของพื้นที่ (ความกว้าง ความยาว และความสูง) ยังขึ้นกับกิจกรรมที่ทำในแต่ละพื้นที่ และวัสดุก่อสร้างผนังกันห้องของพื้นที่นั้น ๆ มีคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนมากน้อยเพียงใด ทิศทางที่ตั้งห้องได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ในตอนเช้า ตอนเย็น เป็นอย่างไรด้วย

(2) ชนิดและประเภทของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน ส่วนใหญ่เป็นแบบหน่วยเดียว (Unitary Unit) ได้แก่ แบบติดหน้าต่าง (Window Type) แบบแยกส่วน (Split Type) และแบบเป็นชุด (Package Unit) ขนาดตั้งแต่ 9,000 - 70,000 บีทียู/ชั่วโมง ส่วนแบบรวมศูนย์ (Central Unit) ได้แก่ ระบบเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ซึ่งมีขนาดเครื่องค่อนข้างใหญ่จึงไม่นิยมใช้ เนื่องจากพื้นที่ที่ต้องการปรับอากาศในโรงงานจะอยู่แยกกัน

อย่างไรก็ดี ในโรงงานอุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน อาจมีความจำเป็นต้องใช้เครื่องทำน้ำเย็นสำหรับการหล่อเย็นในขั้นตอนบางอย่างของกระบวนการผลิต เช่น การทำความเย็นน้ำกรดที่ใช้ในกระบวนการชุบสี เป็นต้น

### 4.2 ระบบทำความเย็นและปรับอากาศ

สำหรับอาคารใหม่ ควรออกแบบห้องที่ต้องการปรับอากาศให้มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมที่เหมาะสม โดยอาจยึดตามหลักเกณฑ์การอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุมเป็นหลัก การเลือกใช้ขนาดและประเภทเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสม และควรเลือกใช้เครื่องปรับอากาศชนิดประสิทธิภาพสูงด้วย

สำหรับอาคารที่มีอยู่แล้ว มาตรการอนุรักษ์พลังงานสามารถทำได้ทั้งวิธีที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย และวิธีที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายดังต่อไปนี้

#### 4.2.1 มาตรการที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

- ลดโอกาสที่ทำให้อากาศร้อนภายนอกรั่วไหลเข้าสู่ห้องปรับอากาศให้น้อยลง เช่น ปิดประตูหน้าต่างให้สนิท หากพบช่องหรือรูรั่วไหลอากาศ ควรดำเนินการอุดให้เรียบร้อย
- ควบคุมการถ่ายเทอากาศดีจากภายนอกให้อยู่ในเกณฑ์พอเหมาะไม่มากจนเกินไป
- เปิดใช้เครื่องปรับอากาศเท่าที่จำเป็นเท่านั้น และควรปิดเครื่องปรับอากาศประมาณ 10 - 30 นาทีก่อนถึงเวลาเลิกใช้งาน ตลอดจนปรับตั้งตัวควบคุมอุณหภูมิห้องให้อยู่ในเกณฑ์ 25 °C
- ห้องปรับอากาศที่กว้าง หากใช้พื้นที่เพียงบางส่วนควรปิดผนังกันห้องหรือม่านกันห้องที่มีอยู่แล้ว และปิดใช้เครื่องปรับอากาศพื้นที่ส่วนที่ไม่ใช้งาน
- บำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศอย่างสม่ำเสมอ กล่าวคือ
  - ล้างทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศอย่างน้อยเดือนละครั้ง
  - ตรวจสอบและทำความสะอาดและบำรุงรักษาเป็นประจำอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

#### 4.2.2 มาตรการที่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

- ปรับลดค่าการถ่ายเทความร้อนของอาคารให้อยู่ในเกณฑ์เหมาะสม อาทิ การติดตั้งแผ่นฉนวนใต้หลังคา ฟิล์มกรองแสงที่กระจกหน้าต่าง ประตู และติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารเท่าที่สามารถทำได้
- ปรับเปลี่ยนเทอร์โมสแตทควบคุมอุณหภูมิห้องที่มีความละเอียดแม่นยำยิ่งขึ้น
- ติดตั้งสวิตช์ควบคุมการเปิด - ปิดเครื่องปรับอากาศชนิดอัตโนมัติหากจำเป็น
- กรณีเครื่องปรับอากาศที่มีอยู่มีสภาพเก่าชำรุดใช้งานนาน และผลตรวจวัดปรากฏว่ามีประสิทธิภาพต่ำกว่าที่ควรจะเป็น ควรพิจารณาเปลี่ยนเครื่องใหม่เป็นชนิดเครื่องประสิทธิภาพสูง
- ในโอกาสจะทำการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศใหม่ ควรพิจารณากำหนดขนาดและจำนวนเครื่องปรับอากาศที่จะติดตั้งใหม่ให้เหมาะสม เช่นอาจใช้เครื่องปรับอากาศขนาดเล็กลง หรือเครื่องปรับอากาศขนาด 50% ของเครื่องปรับอากาศเดิม จำนวน 2 เครื่อง หรือปรับจำนวนเครื่องปรับอากาศเก่า 2 เครื่อง แต่เลือกใช้เครื่องปรับอากาศใหม่ 1 เครื่องที่มีกำลังติดตั้งลดลงก็ได้
- สำหรับห้องกว้าง ควรพิจารณาติดตั้งแผงกันห้องชั่วคราวแบบเลื่อนเก็บได้ เพื่อให้สามารถกันห้องเป็นส่วนๆ ในเวลาที่ต้องการ โดยแต่ละพื้นที่ให้มีเครื่องปรับอากาศแยกจากกัน
- พิจารณาติดตั้งอุปกรณ์นำความร้อนที่ระบายจากหน่วยระบายความร้อนมาใช้ประโยชน์ เช่น อุ้มน้ำใช้ในโรงงานหรืออาคารสำนักงาน เป็นต้น

## 4.3 ทอระบายความร้อน

ทอระบายความร้อน (Cooling Tower) นับเป็นอุปกรณ์ทำความเย็นที่สำคัญในโรงงานอุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน โดยปกติทอระบายความร้อนจะใช้ร่วมกับเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประเภทระบายความร้อนด้วยน้ำ อย่างไรก็ตามในโรงงานอุตสาหกรรมโลหะมูลฐานจะไม่ใช้เครื่องทำน้ำเย็นกับระบบปรับอากาศ เนื่องจากอาคารโรงงานเป็นโรงงานแบบเปิด จึงไม่นิยมใช้เครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ที่มีขนาดใหญ่ แต่ก็มีความต้องการหล่อเย็นหรือระบายความร้อนด้วยน้ำค่อนข้างสูง ไม่ว่าจะเตาหลอม เตาเผา เตาอบ และเครื่องรีด ล้วนเป็นอุปกรณ์ที่ทำงานภายใต้อุณหภูมิสูงมาก และต้องการการหล่อเย็นและระบายความร้อนมาก รวมทั้งเครื่องอัดอากาศและเครื่องปรับอากาศแบบหน่วยเดี่ยวชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ โรงงานเหล่านี้จึงจำเป็นต้องมีระบบระบายความร้อนด้วยทอระบายความร้อน

โดยทั่วไป ในโรงงานอุตสาหกรรมโลหะมูลฐานแต่ละโรงงานจะใช้ทอระบายความร้อนมากกว่า 1 เครื่องเสมอ โดยสามารถเชื่อมต่อท่อน้ำร้อนที่รับความร้อนจากเครื่องจักรอุปกรณ์ที่ต้องการระบายความร้อนหลายเครื่องเข้าสู่ทอรวมก่อนแยกไประบายความร้อนผ่านทอระบายความร้อนแต่ละเครื่องได้ทุกเครื่อง ทำให้สามารถเลือกเดินเครื่องทอระบายความร้อนเครื่องหนึ่งเครื่องใดหรือทุกเครื่องพร้อมกันได้ตามต้องการ

แนวทางการอนุรักษ์พลังงานสำหรับระบบหล่อเย็นสามารถดำเนินการได้ดังนี้

- เลือกเดินเครื่องทอระบายความร้อนเครื่องใดเครื่องหนึ่ง ซึ่งอาจมีขีดความสามารถระบายความร้อนไม่เท่ากัน หรือเดินทุกเครื่อง เพื่อให้สามารถระบายความร้อนตามต้องการ และอย่างประหยัดพลังงานที่สุด
- ในกรณีที่มีความต้องการระบายความร้อนน้อยกว่าขนาดพิกัดติดตั้งของทอระบายความร้อนใด ๆ มาก เช่นในฤดูหนาว หรือกรณีโรงงานทำการผลิตน้อย ควรพิจารณาควบคุมการไหลของน้ำหล่อเย็นและความเร็วลมให้อยู่ในเกณฑ์เหมาะสม เช่น ควบคุมความเร็วรอบของเครื่องสูบน้ำ และพัดลมดูดอากาศของระบบทอระบายความร้อนให้ทำงานที่ความเร็วรอบที่เหมาะสม เพื่อให้สามารถประหยัดพลังงานสูงสุด (ดูบทที่ 5 ระบบขับเคลื่อนโดยมอเตอร์ไฟฟ้า)
- ทำการบำรุงรักษาอุปกรณ์ ในระบบหล่อเย็น เช่น บั๊มน้ำ พัดลมดูดอากาศ และทอระบายความร้อนอย่างสม่ำเสมอและหมั่นตรวจสอบสภาพน้ำและถ่ายเทน้ำหล่อเย็นที่ใช้หมุนเวียนอยู่ในระบบระบายความร้อน (Blow Down) เพื่อลดการสะสมของสารแขวนลอยต่างๆ ในน้ำหมุนเวียนและหมั่นตรวจทำความสะอาดแผ่นช่วยระเหยน้ำ (Fill) ของทอระบายความร้อนตามคำแนะนำของผู้ผลิต (ตามคู่มือการใช้งานและการบำรุงรักษาของผู้ผลิตตารางที่ 4 - 1 ถึง 4 - 2 หน้า 36 - 37)
- เนื่องจากน้ำที่ผ่านการหล่อเย็นแล้วของโรงงานอุตสาหกรรมโลหะมูลฐานจะมีอุณหภูมิค่อนข้างสูง จึงควรพิจารณาติดตั้งอุปกรณ์นำความร้อนจากน้ำผ่านการหล่อเย็นไปใช้ประโยชน์ก่อนส่งไปยังทอระบายความร้อน เช่น ใช้อุ่นน้ำป้อนหม้อไอน้ำ เป็นต้น

## 4.4 การจดบันทึก รวบรวมข้อมูลระบบทำความเย็นและปรับอากาศ

โรงงานควรทำการตรวจสภาพการทำงานและวิเคราะห์สมรรถภาพการทำงานของระบบทำความเย็นและปรับอากาศของระบบหล่อเย็น ซึ่งมีทั้งปั๊มน้ำ พัดลมดูดอากาศ และทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพหอบายความร้อนอย่างน้อยทุกๆ 3 ปี หรือทุกครั้งที่เครื่องใช้งานนานหรือเกาต้องการพิจารณาเปลี่ยนเครื่องใหม่

การจดบันทึกข้อมูลการตรวจวัดสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบหน่วยเดี่ยว (Unitary Unit) และแบบรวมศูนย์ (Central Unit) ควรเป็นไปตามตารางที่ 4 - 3 ถึง 4 - 5 หน้า 42

ส่วนข้อมูลการตรวจวัดสำหรับหอบายความร้อน ตามตารางที่ 4 - 6 ถึง 4 - 7 หน้า 44

การบำรุงรักษาเครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

ประจำทุก  3 เดือน  1 ปี

วันที่.....เดือน.....ปี.....

ยี่ห้อเครื่องทำความเย็น.....รุ่น.....หมายเลขเครื่อง.....

ชื่อผู้ทำการบำรุงรักษา..... ชื่อหัวหน้าผู้ควบคุม.....

รายการที่ต้องบำรุงรักษา	ผลการบำรุงรักษาและการแก้ไข				หมายเหตุ
	ปกติ	ผิดปกติ	สาเหตุ	การแก้ไข	
<input type="checkbox"/> ตรวจสอบทุก 3 เดือน					
1. ตรวจสอบและทำความสะอาดโซลินอยด์วาล์วของ ออยล์คูลเลอร์					
<input type="checkbox"/> ตรวจสอบประจำปี					
1. ตรวจสอบค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า					
2. ตรวจสอบการรั่วซึม					
3. ตรวจสอบสวิตช์และหน้าสัมผัสทุกตัว					
4. ตรวจสอบจุดต่อที่ขันด้วยน็อตให้แน่น					
5. ตรวจสอบและทำความสะอาดตู้ควบคุม					
6. ตรวจสอบค่าความสะอาดของคอยล์ของท่อคอนเดน- เซอร์ในซิลเลอร์โดยใช้สารเคมี					
7. ตรวจสอบอุปกรณ์หลัก ๆ ของซิลเลอร์					
8. เปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่องอัดน้ำยาพร้อมไส้กรองน้ำมัน					
9. เปลี่ยนตัวไส้กรองน้ำยาหรือสารทำความเย็น					
10. ตรวจสอบเสียงที่ดังผิดปกติเนื่องจากการสันสะเทือน					
11. ตรวจสอบการทำงานของเกจวัดความดันต่างๆ					

ตารางที่ 4 - 2

การตรวจวัดเครื่องทำความเย็นชนิดระเหยความร้อนด้วยน้ำ

ชื่อสถานประกอบการ .....

ลำดับ	อุปกรณ์	พิกัด (kw)	ผลการตรวจวัดไฟฟ้า				การใช้งาน			การแก้ไขปรับปรุง		วิธีปรับปรุง	กำลังไฟฟ้าที่คาดหวังหลังการปรับปรุง (kW)
			แรงดัน (V)	กระแส (A)	ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (PF)	กำลังไฟฟ้า (kW)	ชม./วัน	วัน/เดือน	ภาระ (%)	ไม่ปรับปรุง	ปรับปรุง		
			เฟส R	เฟส S	เฟส T								
1	เครื่องที่ 1												
	- เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)												
	- บังน้ำเย็น (Chilled Water Pump)												
	- บังน้ำระเหยความร้อน (Condenser Water Pump)												
	- หอระเหยความร้อน (Cooling Tower)												
	- ชุดจ่ายลมเย็น (Air Handling Unit)												
	<b>รวม</b>												

## การตรวจวัดเครื่องทำความเย็นชนิดระเหยความร้อนด้วยน้ำ

## ชื่อสถานประกอบการ โรงงานอุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน

ลำดับ	อุปกรณ์	พิกัด (kw)	แรงดัน (V)	ผลการตรวจวัดไฟฟ้า						กำลังไฟฟ้า (kW)	การใช้งาน วัน/เดือน ชม. /วัน	การแก้ไขปรับปรุง	วิธีปรับปรุง	กำลังไฟฟ้าที่วัดได้ หลังการปรับปรุง (kW)
				กระแส (A)	เฟส		ตัวประกอบ กำลังไฟฟ้า (PF)	การแก้ไขปรับปรุง	ปรับปรุง					
				R	S	T		การแก้ไขปรับปรุง	ปรับปรุง					
1	เครื่องที่ 1													
	- เครื่องทำงานเย็น (Chiller)	250	380	480	465	485	0.78	244.7	24	30	95	●		
	- บิมน้ำเย็น (Chilled Water Pump)	11	380	21	21	21	0.75	10.37	24	30	95	●		
	- บิมน้ำระบายความร้อน (Condenser Water Pump)	15	380	25	25	25	0.82	13.49	24	30	95	●		
	- หอระเหยความเย็น (Cooling Tower)	15	380	24	24	24	0.77	12.16	24	30	95	●		
	- ชุดจ่ายลมเย็น (Air Handling Unit)	0.75	0.75	371	1.5	1.6	1.5	0.75	24	30	95	●		
	<b>รวม</b>													

ตารางที่ 4 - 3

การเก็บข้อมูลและตรวจวัดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนและแบบติดหน้าต่าง

ชื่อสถานประกอบการ .....

ลำดับที่		1	2	3	4	5	6	7	8
อาคาร									
ชื่อห้อง									
เครื่องส่งลมเย็น	ยี่ห้อ								
	รุ่น (Model)								
หมายเลขเครื่อง									
พิกัดขนาดทำความเย็นติดตั้ง (BTU/hr)									
พื้นที่ช่องจ่ายลม	กว้าง (cm)								
	ยาว (cm)								
ด้านลมจ่าย	ความเร็วลม (m/s)	จุดที่ 1							
		จุดที่ 2							
		จุดที่ 3							
	อุณหภูมิ (°C)	จุดที่ 1							
		จุดที่ 2							
		จุดที่ 3							
	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	จุดที่ 1							
		จุดที่ 2							
		จุดที่ 3							
ด้านลมกลับ	ความเร็วลม (m/s)	จุดที่ 1							
		จุดที่ 2							
		จุดที่ 3							
	อุณหภูมิ (°C)	จุดที่ 1							
		จุดที่ 2							
		จุดที่ 3							
	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	จุดที่ 1							
		จุดที่ 2							
		จุดที่ 3							
คอนเดนซิ่งยูนิท	ยี่ห้อ								
	รุ่น								

ลำดับที่	รุ่น	1	2	3	4	5	6	7	8
อุณหภูมิ ภายนอกอาคาร	อุณหภูมิ (°C)								
	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)								
อุณหภูมิ คอนเดนซิ่งยูนิต	เข้า (°C)								
อุณหภูมิห้อง	อุณหภูมิ (°C)								
	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)								
พิกัดทางไฟฟ้า	แรงดันไฟฟ้า (V)								
	กระแสไฟฟ้า (A)								
	กำลังไฟฟ้า (kW)								
การตรวจวัด ทางไฟฟ้า	แรงดันไฟฟ้า (V)								
	กระแสไฟฟ้า (A)								
	เฟส R								
	เฟส S								
	เฟส T								
	กำลังไฟฟ้า (kW)								
	ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า								
● ประเภท									
● ลักษณะการติดตั้ง									
● ชนิดของเทอร์โมสแตท									
● อายุการใช้งาน									
● การบำรุงรักษา									
● สภาพของ Filter									
● เวลาเปิด - ปิด หรือชั่วโมงการใช้/วัน									
● จำนวนวันทำงาน/ปี									

- ประเภท (1) แบบแยกส่วน (2) แบบติดตั้งต่าง
- ลักษณะการติดตั้ง (1) แขนงเพดาน (2) ติดผนัง (3) ตั้งพื้น (4) ติดหน้าต่าง (5) ซ่อนในฝ้า (6) ฝังฝ้า
- ชนิดของเทอร์โมสแตท (1) โลหะผสม (2) อิเล็กทรอนิกส์
- การบำรุงรักษา (1) ทุก 1 เดือน (2) ทุก 3 เดือน (3) ทุก 6 เดือน (4) ทุก 1 ปี (5) อื่นๆ
- สภาพของ Filter (1) สะอาด (2) สกปรก (3) สกปรกมาก (4) ไม่มี Filter

ตารางที่ 4 - 4

บันทึกการทำงานประจำวันของเครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

เวลา	คอยล์ร้อน		คอยล์เย็น		น้ำมัน		มอเตอร์เครื่องอัดสารทำความเย็น		น้ำเข้าคอยล์เย็น		น้ำออกคอยล์เย็น		น้ำเข้าคอยล์ร้อน		น้ำออกคอยล์ร้อน	
	ความดัน (Psig)	อุณหภูมิ (°C)	ความดัน (Psig)	อุณหภูมิ (°C)	ความดัน (Psig)	อุณหภูมิ (°C)	กระแส (A)	แรงดัน (V)	ความดัน (Psig)	อุณหภูมิ (°C)	ความดัน (Psig)	อุณหภูมิ (°C)	ความดัน (Psig)	อุณหภูมิ (°C)	ความดัน (Psig)	อุณหภูมิ (°C)
00:00																
02:00																
04:00																
06:00																
08:00																
10:00																
12:00																
14:00																
16:00																
18:00																
20:00																
22:00																

การบำรุงรักษาหอระบายความร้อน

ประจำทุก  1 เดือน  3 เดือน  6 เดือน  1 ปี

วันที่.....เดือน.....ปี.....

ยี่ห้อหอระบายความร้อน.....รุ่น.....หมายเลขเครื่อง.....

ชื่อผู้ทำการบำรุงรักษา.....ชื่อหัวหน้าผู้ควบคุม.....

รายการที่ต้องบำรุงรักษา	ผลการบำรุงรักษาและการแก้ไข				หมายเหตุ
	ปกติ	ผิดปกติ	สาเหตุ	การแก้ไข	
<input type="checkbox"/> ตรวจสอบทุก 1 เดือน					
1. กระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์					
2. การทำงานของลูกลอยและระดับน้ำ					
3. ตรวจสอบระบบไฟฟ้าที่ควบคุมมอเตอร์					
4. ตรวจสอบสายพานหรือพูลเลย์ (Pulley)					
5. ตรวจสอบระดับของน้ำมันเกียร์ (ถ้ามี)					
6. ตรวจสอบการรั่วซึมของน้ำมันเกียร์ (ถ้ามี)					
7. ตรวจสอบถาดรองน้ำ					
8. ตรวจสอบลูกลอย					
9. ตรวจสอบเสียงที่ดังผิดปกติ					
10. ตรวจสอบการสั่นสะเทือนที่ผิดปกติ					
<input type="checkbox"/> ตรวจสอบทุก 3 เดือน					
1. ตรวจสอบขั้วสายไฟฟ้าและข้อต่อต่างๆ					
2. ตรวจสอบความตึงของลวดยึดโยงท่อน้ำ					
3. ตรวจสอบและล้างตัวกรองสเตรนเนอร์					
4. ตรวจสอบและหล่อลื่นแบร์ริงมอเตอร์					
5. ตรวจสอบการทำงานของหัวฉีดว่าอุดตันหรือไม่					
<input type="checkbox"/> ตรวจสอบทุก 6 เดือน					
1. ตรวจสอบและทำความสะอาดพัดลม					
2. ตรวจสอบและทำความสะอาดมอเตอร์และเกียร์ (ถ้ามี)					
3. ตรวจสอบและทำความสะอาดตัวกรองและถาดรองน้ำ					
<input type="checkbox"/> ตรวจสอบทุก 1 ปี					
1. ตรวจสอบการทำงานและเปลี่ยนน้ำมันเกียร์ (ถ้ามี)					



การตรวจสอบคุณภาพน้ำสำหรับหอยความร้อน

ค่าความเป็นกรด-ต่าง (pH)		ค่าความกระด้าง		ค่าสารคลอไรด์		ค่าความเป็นกรด-ต่าง (pH)		ค่าความกระด้าง		ค่าสารคลอไรด์		รอบการทำงาน *	ความสะอาดของน้ำ **
มาตรฐาน	วัดได้	มาตรฐาน	วัดได้	มาตรฐาน	วัดได้	มาตรฐาน	วัดได้	มาตรฐาน	วัดได้	มาตรฐาน	วัดได้		

\* รอบการทำงาน =  $\frac{\text{ค่าสารคลอไรด์ในน้ำเย็นที่ได้}}{\text{ค่าสารคลอไรด์ในน้ำเดิม}}$

\*\* ความสะอาดของน้ำ = (จำนวนรอบการทำงาน x ค่าความกระด้างของน้ำเดิม) - ค่าความกระด้างของน้ำเย็นที่ได้

## ระบบขับเคลื่อนโดยใช้อิเล็กทรอนิกส์

ในโรงงานอุตสาหกรรมโลหะมูลฐานสมัยใหม่ เครื่องจักรกลต่างๆ (ไม่รวมระบบเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ) นับว่าเป็นระบบที่มีการใช้พลังงานมากที่สุดอีกระบบหนึ่ง โดยพลังงานที่ใช้เกือบทั้งหมดจะเป็นประเภทพลังงานไฟฟ้า กล่าวคือ นอกจากระบบผลิตไฟฟ้า ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ผลิตไฟฟ้าในกรณีฉุกเฉินเท่านั้น ที่จำเป็นต้องใช้ระบบขับเคลื่อนเป็นเครื่องยนต์ดีเซล ส่วนเครื่องจักรกลอื่นๆ ล้วนใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นตัวขับเคลื่อนทั้งสิ้น โดยมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้จะมีทั้งระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) และระบบไฟฟ้ากระแสตรง (DC)

มอเตอร์กระแสสลับจะใช้กับงานทั่วไป ส่วนมอเตอร์กระแสตรงส่วนใหญ่จะใช้กับงานที่ต้องการควบคุมความเร็วรอบอย่างละเอียดเป็นสำคัญ เช่น งานหล่อ งานรีด งานยกของหนัก (Crane) โต๊ะหมุน (Turn Table) เป็นต้น

อย่างไรก็ดี ผลจากการพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมความเร็วประเภท VSD (Variable Speed Drives) ในปัจจุบัน ทำให้สามารถนำระบบ VSD มาใช้กับมอเตอร์กระแสสลับแทนการใช้มอเตอร์กระแสตรงได้ในงานหลายประเภทมากยิ่งขึ้น

### 5.1 หลักการคัดเลือกมอเตอร์ไฟฟ้าที่เหมาะสม

การคัดเลือกมอเตอร์ไฟฟ้าจะต้องพิจารณาควบคู่ไปกับอุปกรณ์ที่ขับเคลื่อนโดยมอเตอร์นั้นๆ โดยต้องพิจารณาดังต่อไปนี้

- ขนาดหรือความต้องการกำลังขับเคลื่อนสูงสุด
- ความเร็วรอบที่ต้องการ
- ความจำเป็นในการควบคุมความเร็ว
- ความจำเป็นในการเปิด - ปิดการใช้งานบ่อยเพียงใด
- ประสิทธิภาพของมอเตอร์ (พิจารณาจุดที่ใช้งานมากที่สุด) โดยทั่วไปหากเป็นงานที่มีชั่วโมงใช้งานมาก ควรเลือกใช้มอเตอร์ชนิดประสิทธิภาพสูง (High Efficiency Motors)
- ประเภทของงานและสิ่งแวดล้อมของสถานที่ที่มอเตอร์ติดตั้งใช้งาน ฯลฯ

## 5.2 การอนุรักษ์พลังงานในระบบขับเคลื่อนโดยใช้ออเตอร์ไฟฟ้า

การอนุรักษ์พลังงานในระบบขับเคลื่อนโดยใช้ออเตอร์ไฟฟ้า สามารถพิจารณาเป็นสองส่วน โดยพิจารณาควบคู่กันไป ได้แก่

- มอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งเป็นตัวขับเคลื่อนหรือต้นกำลัง
- เครื่องจักรกลที่ถูกขับเคลื่อนโดยมอเตอร์ไฟฟ้านั้นๆ อาทิ สายพานขนส่งลำเลียง (Conveyer) เครื่องอัดอากาศ เครื่องสูบน้ำ พัดลม เครื่องดูดอากาศ เครื่องดูดฝุ่น เครื่องรีด (Rolling Mill) เครื่องจักรกล และเครื่องมือกลอื่น ๆ

เนื่องจากหากเครื่องจักรกลที่ขับเคลื่อนโดยมอเตอร์ไฟฟ้าเหล่านี้ทำงานที่ประสิทธิภาพต่ำ หรือมีความสูญเสียสูง จะทำให้ออเตอร์ต้องแบกรับภาระโหลดที่ไม่พึงประสงค์เพิ่มขึ้น และกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบขับเคลื่อนโดยมอเตอร์ไฟฟ้าทั้งระบบด้วย ฉะนั้น การพิจารณาอนุรักษ์พลังงานของระบบขับเคลื่อนโดยมอเตอร์ไฟฟ้า จึงต้องพิจารณาทั้งสิ่งที่ถูกขับเคลื่อน (เครื่องจักรกล) และตัวขับเคลื่อน (มอเตอร์) ควบคู่กัน

## 5.3 มาตรการอนุรักษ์พลังงานในระบบมอเตอร์ไฟฟ้า

### 5.3.1 มาตรการที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

- ปิดมอเตอร์ที่ไม่ใช้งาน อย่าให้ออเตอร์วิ่งอยู่ภายใต้สภาวะที่ไม่มีโหลดเป็นเวลานาน
- วางแผนการใช้ออเตอร์ที่โหลดใกล้เคียงกับพิกัดอยู่เสมอ และหยุดให้งานเมื่อโหลดต่ำมากเท่าที่สามารถทำได้ เช่น ระบบมอเตอร์ปั้มน้ำประปา หรือปั้มน้ำเสีย เป็นต้น
- บำรุงรักษาและทำความสะอาดมอเตอร์ไฟฟ้าอย่างสม่ำเสมอ

### 5.3.2 มาตรการที่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

- ติดตั้งระบบ Soft Starter สำหรับมอเตอร์ขนาดค่อนข้างใหญ่ (ขนาดใหญ่กว่า 5.5 กิโลวัตต์) ที่มีลักษณะโหลดไม่สม่ำเสมอ จะช่วยให้สามารถเปิด - ปิดมอเตอร์ได้บ่อยขึ้น โดยไม่ทำให้ออเตอร์เสียหายง่าย
- ติดตั้งระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์ สำหรับมอเตอร์ที่ทำงานภายใต้โหลดต่ำเป็นเวลานาน กับทำงานภายใต้โหลดสูงเป็นครั้งคราว โดยระบบควบคุมความเร็วอาจเป็นได้ทั้งแบบ Voltage Regulator หรือ Electronic Inverter ที่เรียกว่า VSD (Variable Speed Drives) ก็ได้
- ติดตั้งตัวเก็บประจุเพื่อแก้ไขค่าประกอบกำลังไฟฟ้า (PF) สำหรับมอเตอร์ที่มีค่าประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำ
- ติดตั้งระบบจัดการการทำงานของระบบมอเตอร์แบบอัตโนมัติ

- พิจารณาเปลี่ยนไปใช้มอเตอร์ตัวใหม่ที่ใช้พลังงานน้อยลงในสภาวะเหมาะสม เช่น มอเตอร์ที่ใช้กับโหลดน้อยกว่าพิกัดมาก ควรเปลี่ยนใหม่ และเมื่อมอเตอร์ชำรุดหรือเก่ามาก (ใช้งานแล้ว มากกว่า 15 ปี) โดยใช้หลักการเลือกมอเตอร์ใหม่ ดังนี้
  - เลือกขนาดมอเตอร์ที่มีพิกัดสอดคล้องใกล้เคียงกับโหลดมากที่สุด
  - ควรเลือกใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง (High Efficiency Motor) เท่านั้น
  - เลือกใช้มอเตอร์ที่มีระบบ Soft Starter หรือ VSD ตามความต้องการของลักษณะการใช้งาน

## 5.4 ระบบอากาศอัด

โดยทั่วไปโรงงานอุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน จะมีการใช้อากาศอัดสำหรับเครื่องมือกล ระบบควบคุมอัตโนมัติเช่นเดียวกับโรงงานทั่วไป นอกจากนี้สำหรับโรงงานหล่อโลหะจะมีการใช้อากาศอัดสำหรับอุปกรณ์ช่วยทำแบบหล่อ (Mold) และงานทำความสะอาดแบบหล่อด้วย

ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบอากาศอัด ได้แก่ เครื่องอัดอากาศ ซึ่งเป็นตัวอัดอากาศ อุปกรณ์กรองอากาศให้ได้คุณภาพ (ระดับความชื้นและฝุ่นละออง) ที่ต้องการ และระบบท่อส่งจ่ายอากาศอัดไปใช้งานในที่ต่างๆ มาตรการอนุรักษ์พลังงานของระบบอากาศอัด สามารถแบ่งเป็นประเภทไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย และประเภทที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายดังต่อไปนี้

### 5.4.1 มาตรการที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

- ทำการตรวจสอบ บำรุงรักษาเครื่องอัดอากาศ อุปกรณ์กรองอากาศ และระบบท่อตามคำแนะนำผู้ผลิตเป็นประจำวันหรือตามวาระกำหนดเวลาอย่างสม่ำเสมอ และควรปรับปรุงแก้ไข หากตรวจพบสิ่งผิดปกติทันที โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับรูรั่ว หรือการรั่วไหลของอากาศอัดตามข้อต่อต่างๆ (ตามตารางที่ 5 - 1 ถึง 5 - 2 หน้า 51 - 52)
- ตรวจสอบและปรับความดันอากาศอัดด้านออกให้อยู่ในระดับเพียงพอกับการใช้งานโดยไม่ให้สูงเกินจำเป็น
- วางแผนและควบคุมการเดินเครื่องอัดอากาศเพื่อให้สามารถเดินเครื่องอัดอากาศที่มีลักษณะประหยัดพลังงานที่สุด อาทิ พยายามเดินเครื่องที่โหลดใกล้เคียงกับพิกัด และหลีกเลี่ยงการเดินเครื่องที่ไม่มีโหลดให้มากที่สุด

### 5.4.2 มาตรการที่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

- ปรับปรุงระบบส่ง - จ่ายอากาศอัดให้สาขาต่างๆ ให้มีลักษณะสมดุลหรือโหลดใกล้เคียงกัน
- ปรับปรุงระบบท่อส่ง - จ่ายที่ตรวจสอบแล้วเห็นว่ามีความดันสูญเสียในระบบท่อสูงเกินไป อาจเนื่องจากขนาดท่อเล็กไป หรือมีข้อต่อ ท่อคดงอมาก

- พิจารณาต่ออุปกรณ์กรองอากาศ (Filter และ Dryers) แบบขนาน หรือปรับลดอุปกรณ์กรองอากาศที่ไม่จำเป็นออก เพื่อลดการสูญเสียแรงดันผ่านระบบกรองอากาศ
- พิจารณาติดตั้งเครื่องอัดอากาศขนาดเล็กสำหรับให้บริการช่วงเวลาโหลดต่ำมาก
- พิจารณาเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงและทั้งระบบ ประกอบด้วย ขนาด จำนวน เครื่องที่เหมาะสมคือใกล้เคียงกับโหลดในช่วงเวลาแต่ละช่วง โดยพิจารณาจากช่วงเวลาที่มีความต้องการอย่างสม่ำเสมอเป็นหลัก
- พิจารณาปรับปรุงห้องเครื่องอัดอากาศให้มีการถ่ายเทอากาศดี เพื่อให้เครื่องอัดอากาศสามารถรับอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำเท่าที่ทำได้โดยไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย
- พิจารณาเปลี่ยนถังเก็บลมที่มีขนาดตามความเหมาะสม
- ติดตั้งระบบควบคุมการเดินเครื่องอัตโนมัติ

## 5.5 ระบบเครื่องสูบน้ำและพัดลม

ในโรงงานอุตสาหกรรมโลหะมูลฐานมีความต้องการใช้ระบบเครื่องสูบน้ำมากที่สุด สำหรับการหล่อเย็น การทำความสะอาดผิวโลหะก่อนหรือหลังผ่านเครื่องรีด (Descaling) การทำความสะอาดทั่วไปในโรงงาน ฯลฯ ส่วนระบบพัดลม มีการใช้มากในการป้อนอากาศใช้ในการเผาไหม้ในเตาอบ เตาเผา งานระบายความร้อนต่างๆ งานดูดฝุ่นและงานถ่ายเทอากาศเป็นสำคัญ

หลักการทำงานของระบบเครื่องสูบน้ำและพัดลมมีความคล้ายคลึงกัน ซึ่งต่างก็เป็นระบบที่เพิ่มความดันให้กับของไหล (น้ำและอากาศ) ที่ต้นทาง เพื่อให้ของไหลสามารถไหลไปตามท่อทางในปริมาณตามต้องการ และมีความดันปลายท่อทางหรือจุดที่ต้องใช้งานตามต้องการได้ แต่ต่างกันเพียงว่าน้ำเป็นของเหลว ส่วนอากาศเป็นก๊าซ เท่านั้น

### 5.5.1 มาตรการอนุรักษ์พลังงานในระบบเครื่องสูบน้ำ

#### (1) มาตรการที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

- ทำการตรวจสภาพและบำรุงรักษาระบบเครื่องสูบน้ำ รวมทั้งอุปกรณ์ส่งกำลังสายพานหรือเกียร์หรือประกับเฟลา (Coupling) ท่อทางดูดและส่งน้ำ ตามวาระอย่างสม่ำเสมอ โดยควรปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ผลิต และควรจัดการซ่อมแซมทันทีสำหรับเครื่องที่สึกหรือชำรุดมาก (ตามตารางที่ 5 - 3 หน้า 53)
- ศึกษาวิเคราะห์กำหนดแนวทางลดการใช้ไฟฟ้าที่เกินความจำเป็นและพิจารณาปิดเครื่องสูบน้ำบางเครื่องในช่วงเวลาที่ความต้องการใช้น้ำน้อย เช่น จากที่เคยเดินเครื่องสูบน้ำขนาด 2 - 3 เครื่อง เป็นการเดินเครื่องสูบน้ำ 1 - 2 เครื่อง เป็นต้น

## (2) มาตรการที่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

- พิจารณาควบคุมอัตราการไหลด้วยวิธีลดความเร็วรอบของเครื่องสูบน้ำแทนการปรับวาล์วควบคุมการไหล อาทิ พิจารณาติดตั้งระบบควบคุมความเร็วรอบแบบ VSD หรือแบบอื่นให้มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องสูบน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องสูบน้ำชนิดแรงเหวี่ยง (Centrifugal Pump) ในกรณีที่เครื่องสูบน้ำนั้นๆ ส่วนใหญ่ทำงานที่อัตราการไหลน้อยกว่าปกติ
- พิจารณาเปลี่ยนเครื่องสูบน้ำใหม่ที่มีขนาดเล็กลง หรือปรับปรุง หรือเปลี่ยนขนาดใบพัดของเครื่องสูบน้ำให้เล็กลง ในกรณีเครื่องสูบน้ำทำงานที่โหลดต่ำกว่าปกติมากอยู่เสมอ หรือในกรณีเครื่องสูบน้ำที่ใช้กับระบบขจัดคราบสนิมแผ่นเหล็ก (Descaling) ของโรงรีดเหล็ก ซึ่งทำงานในลักษณะเดินๆ หยุดๆ (Intermittent) อาจเปลี่ยนเครื่องสูบน้ำบางตัว ซึ่งทำงานที่แรงดันสูงตลอดเวลา เป็นเครื่องสูบน้ำแรงดันต่ำสำหรับการทำงานช่วง Unloaded
- ปรับปรุงระบบท่อทางคูดน้ำ และส่งน้ำเพื่อลดความสูญเสียแรงดันน้ำ
- ติดตั้งเครื่องวัด สำหรับเครื่องสูบน้ำทุกเครื่อง เครื่องวัดที่สำคัญควรประกอบด้วย เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า เครื่องวัดแรงดันด้านน้ำออก และเครื่องวัดแรงดันน้ำด้านเข้าเครื่องสูบน้ำ และอัตราการไหลของน้ำ
- พิจารณาติดตั้งระบบเปิด - ปิดเครื่องอัตโนมัติ

### 5.5.2 มาตรการอนุรักษ์พลังงานในระบบพัดลม

มาตรการต่างๆ จะคล้ายคลึงกับที่ใช้กับเครื่องสูบน้ำ กล่าวคือ มาตรการที่สำคัญได้แก่ การตรวจสภาพ ทำความสะอาดระบบพัดลม ตรวจสภาพระบบส่งกำลัง โดยเฉพาะชนิดสายพาน (Belt Drive) และทำการบำรุงรักษาตามวาระให้อยู่ในสภาพดีอยู่เสมอ

หากตรวจพบว่ามีการใช้พัดลมเกินความจำเป็น ควรพิจารณาติดตั้งระบบควบคุมความเร็วรอบแบบ VSD หรือแบบอื่น และติดตั้งระบบควบคุมเดินเครื่องอัตโนมัติ ตลอดจนการเปลี่ยนเครื่องใหม่ที่มีขนาดเหมาะสม และมีประสิทธิภาพสูง

## 5.6 ระบบเครื่องรีด (Rolling Mill)

เครื่องรีดเป็นอุปกรณ์การผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมโลหะมูลฐานที่สำคัญที่สุด ยกเว้นการผลิตชิ้นส่วนโลหะด้วยวิธีการหล่อ และเป็นส่วนที่ต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุดของโรงงาน โดยพลังงานไฟฟ้าจะใช้กับมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องรีด ซึ่งต้องการการควบคุมความเร็วที่ละเอียด ประเภทมอเตอร์ขับเคลื่อนเครื่องรีดส่วนใหญ่จึงเป็นมอเตอร์กระแสตรง นอกจากนี้คือการใช้ไฟฟ้ากับระบบสูบน้ำหล่อเย็นที่ใช้กับเครื่องรีด และการขจัดคราบสนิมแผ่นโลหะ (Descaling) ที่ผ่านการรีด

ฉะนั้น การประหยัดพลังงานไฟฟ้าของระบบเครื่องรีด จึงต้องใช้มาตรการต่าง ๆ ที่ใช้กับระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า มาตรการอนุรักษ์พลังงานของระบบไฟฟ้า และมาตรการอนุรักษ์พลังงานของระบบเครื่องสูบน้ำ พัดลม และหอระบายความร้อน ผสมกันอย่างเหมาะสม ได้แก่

- การบำรุงรักษาเครื่องรีดตามวาระอย่างสม่ำเสมอ
- การวางแผนการผลิตที่ทำให้เวลาเครื่องว่างน้อยสุด หลีกเลี่ยงการทำงานที่ชั่วโมง On Peak เท่าที่ไม่เป็นการทำให้สูญเสียพลังงานความร้อนมากเกินไป โดยต้องสอดคล้องกับการทำงานของระบบเตาเผา และระบบการตกแต่งชิ้นงานด้วย เพื่อให้ได้ตัวประกอบโหลด (LF) สูงพอควร
- การใช้และควบคุมมอเตอร์เครื่องรีดเพื่อให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด
- การใช้น้ำอย่างประหยัด
- การควบคุมการเดินเครื่องระบบเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น รวมทั้งหอระบายความร้อนอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด
- การใช้และควบคุมการทำงานของระบบพัดลมเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด
- สำหรับโรงงานที่มีอายุใช้งานนาน ควรตรวจสอบวิเคราะห์สมรรถภาพการทำงานของระบบเครื่องรีดทั้งระบบ โดยพิจารณาค่าการใช้พลังงานจำเพาะของเครื่องรีด (Specific Energy Consumption หรือ SEC) โดยพิจารณาค่าการใช้พลังงานจำเพาะของเครื่องรีดของโรงงาน เปรียบเทียบกับเครื่องรีดสมัยใหม่ที่ให้ผลงานอย่างเดียวกัน หากปรากฏว่าค่า SEC ของโรงงานสูงกว่ามาก ควรพิจารณาถึงความเป็นไปได้ทางเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ (ความคุ้มค่าในการลงทุน) ในการปรับปรุงใหญ่หรือเปลี่ยนเครื่องใหม่ด้วย

## 5.7 การตรวจวัดและบันทึกข้อมูล

ตัวอย่างการตรวจวัดระบบเครื่องสูบน้ำ (ตามตารางที่ 5 - 4 หน้า 54)

ส่วนระบบพัดลม บันทึกข้อมูลประจำวัน ส่วนใหญ่จะตรวจวัดเพียงด้านมอเตอร์ไฟฟ้า (ตามตารางที่ 5 -5 หน้า 55)

อย่างไรก็ดี สำหรับเครื่องสูบน้ำและพัดลมขนาดใหญ่กว่า 10 กิโลวัตต์ ควรทำการตรวจและวิเคราะห์ประสิทธิภาพเพื่อพิจารณาแนวทางอนุรักษ์พลังงานอย่างน้อย 1 ครั้งในช่วงสามปี

การตรวจสอบระบบอากาศอัด (ประจำวัน)

วันที่.....เดือน.....ปี.....

ยี่ห้อเครื่องอัดอากาศ.....รุ่น.....หมายเลขเครื่อง.....

ชื่อผู้ทำการตรวจสอบ.....ชื่อหัวหน้าผู้ควบคุม.....

รายการการตรวจสอบ	ผลการตรวจสอบและการแก้ไข				หมายเหตุ
	ปกติ	ผิดปกติ	สาเหตุ	การแก้ไข	
1. ระดับน้ำมันหล่อลื่น					
2. ความดันน้ำมันหล่อลื่น					
3. ระบบควบคุมการทำงาน					
4. เครื่องตัดไอก้อนตัว					
5. อินเตอร์คูลเลอร์					
6. ออฟเตอร์คูลเลอร์					
7. วาล์วนิรภัย					
8. การทำงานของวาล์วควบคุมต่างๆ					
9. เกจวัดความดันทุกจุด					
10. อื่นๆ .....					

การบำรุงรักษาระบบอากาศยาน

ประจำทุก  1 เดือน  6 เดือน  1 ปี

วันที่.....เดือน.....ปี.....

ยี่ห้อเครื่องอากาศยาน.....รุ่น.....หมายเลขเครื่อง.....

ชื่อผู้ทำการบำรุงรักษา.....ชื่อหัวหน้าผู้ควบคุม.....

รายการที่ต้องบำรุงรักษา	ผลการบำรุงรักษาและการแก้ไข				หมายเหตุ
	ปกติ	ผิดปกติ	สาเหตุ	การแก้ไข	
<input type="checkbox"/> การตรวจสอบทุก 1 เดือน 1. การรื้อที่แพกกิ่งที่ด้านคูด 2. การรื้อของน้ำมันหล่อลื่น 3. ตัวกรองอากาศทางด้านเข้า 4. การระบายสิ่งสกปรกที่กรองน้ำมันหล่อลื่น 5. การหล่อลื่นของวาล์วที่ไม่มีภาระ 6. ระบบความปลอดภัย 7. อื่นๆ .....					
<input type="checkbox"/> การตรวจสอบทุก 6 เดือน 1. สภาพวาล์วควบคุมต่างๆ 2. ปลอกของลูกสูบ 3. น้ำมันหล่อลื่นในห้องข้อเหวี่ยง 4. ใ้กรองน้ำมันหล่อลื่น 5. ใ้กรองอากาศ 6. ระบบควบคุมต่างๆ 7. ระบบท่อและจุดต่อต่างๆ 8. อื่นๆ .....					
<input type="checkbox"/> การตรวจสอบทุก 1 ปี 1. การทำงานของแหวนลูกสูบ 2. ระบบกรองน้ำมันหล่อลื่น 3. ตัวจับยึดฐานแทนเครื่องต่างๆ 4. นี้อัดยัดกันสูบ 5. ระบบของน้ำ ระบบความร้อนหรือหล่อเย็น 6. การทำงานของวาล์วรักษา 7. การทำงานของวาล์วควบคุมต่างๆ 8. การทำงานของเกจวัดความดันต่างๆ 9. เครื่องดักไอกัดตัวของอินเตอร์คูลเลอร์และอาฟเตอร์คูลเลอร์ 10. ความดันของเครื่องอินเตอร์คูลเลอร์ และอาฟเตอร์คูลเลอร์ 11. ระบบท่อส่ง จุดต่อต่างๆ และสภาพของฉนวน 12. ซีลต่างๆ 13. อื่นๆ .....					

การบำรุงรักษาปั้มน้ำประเภทแรงเหวี่ยงชนิดเพลานอนในแนวราบ

ประจำทุก  วัน  6 เดือน  1 ปี

วันที่.....เดือน.....ปี.....

ยี่ห้อปั้มน้ำ.....รุ่น.....หมายเลขเครื่อง.....

ชื่อผู้ทำการบำรุงรักษา.....ชื่อหัวหน้าผู้ควบคุม.....

รายการที่ต้องบำรุงรักษา	ผลการบำรุงรักษาและการแก้ไข				หมายเหตุ
	ปกติ	ผิดปกติ	สาเหตุ	การแก้ไข	
<input type="checkbox"/> ตรวจสอบทุกวัน					
1. อุณหภูมิร่อน					
2. ความดันทางท่อดูดและท่อจ่าย					
3. การรั่วจากกันรั้ว					
4. การหล่อลื่นกันรั้ว					
5. โหลด (Load) ของปั้มน้ำ					
6. ระดับเสียงและการสั่นสะเทือน					
7. ระดับน้ำมันหล่อลื่นที่มาหล่อเลี้ยงร่อน					
<input type="checkbox"/> ตรวจสอบทุก 6 เดือน					
1. การได้ศูนย์ระหว่างปั้มน้ำกับต้นกำลัง					
2. การเติมน้ำมันหรือไขให้กับร่อน					
<input type="checkbox"/> ตรวจสอบทุก 1 ปี					
1. การรั้วตามเพลและการซ่อมบำรุงกันรั้ว					
2. การสึกของปลอกเพล					
3. ช่องว่างระหว่างใบพัดและแหวนกันสึก					
4. ทดสอบและปรับแก้เกจวัดต่างๆ ที่ใช้วัดน้ำ และกระแสไฟฟ้า					
5. เปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นและไขที่ร่อน					



ตารางที่ 5 - 5

การตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์

อุปกรณ์	ชนิด (AC/DC)	ชั่วโมงใช้งาน (ชม./วัน)	พิกัดมอเตอร์ (ค่าจากป้ายเครื่อง)			ผลจากการตรวจวัด				ภาวะ (%)	การปรับปรุงแก้ไข		วิธีปรับปรุง	กำลังไฟฟ้าหลังจากการปรับปรุง (kW)	
			กำลังไฟฟ้า (kW)	แรงดัน (V)	กระแส (A)	ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (PF)	กระแส (A)	แรงดัน (V)	กำลังไฟฟ้า (kW)		ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (PF)	ไม่ปรับปรุง			ปรับปรุง

สมการที่ใช้ในการคำนวณ

$$\text{ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้ายกตัวได้}}{\sqrt{3} \times \text{แรงดัน} \times \text{กระแส}} = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times I}$$

$$\text{ภาวะการใช้งาน} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้ายกตัวได้}}{\text{กำลังไฟฟ้ายกจ่ายเครื่อง}} \times 100$$

$$\text{หมายเหตุ : } \sqrt{3} = 1.732$$

## ตัวอย่าง

โรงงานอุตสาหกรรมโद्यะมาตรฐานแห่งหนึ่งติดตั้งมอเตอร์ขนาด 22 kW, 380 V 50 Hz, 43 A เพื่อขับเคลื่อนปั้มน้ำ กำลังของมอเตอร์เมื่อวัดค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏว่าวัดได้ 10.06 kW เมื่อคำนวณหาภาระจะได้

$$\text{ภาระการใช้งาน} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าที่วัดได้}}{\text{กำลังไฟฟ้าที่ป้ายเครื่อง}} \times 100 = \frac{10.06}{22} \times 100 = 45.74 \%$$

เมื่อทำการตรวจวัดปรากฏว่าได้ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

$$\text{ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าที่วัดได้}}{\sqrt{3} \times \text{แรงดัน} \times \text{กระแส}} = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times I} \quad \text{หมายเหตุ : } \sqrt{3} = 1.732$$

$$= \frac{10.06 \times 1,000}{1.732 \times 378 \times \left( \frac{29.7 + 28.7 + 28.6}{3} \right)}$$

$$= 0.53$$

อุปกรณ์	ชนิด (AC/DC)	ชั่วโมงใช้งาน (ชม./วัน)	พิกัดมอเตอร์ (ค่าจากป้ายเครื่อง)			ผลจากการตรวจวัด				ภาระ (%)	การปรับปรุงแก้ไข		วิธีปรับปรุง	กำลังไฟฟ้าหลังดักการปรับปรุง (kW)		
			กำลังไฟฟ้า (kW)	แรงดัน (V)	กระแส (A)	ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (PF)	กระแส (A)	แรงดัน (V)	กำลังไฟฟ้า (kW)		ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (PF)	ไม่ปรับปรุง			ปรับปรุง	
มอเตอร์ปั้มน้ำ	AC	24	22	380	43	0.87	29.7	28.7	28.6	378	10.06	0.53	45.74	●	เปลี่ยนขนาดมอเตอร์เป็นขนาด 11 kW	9.43

จะเห็นว่ามอเตอร์มีขนาดใหญ่เกินไปสามารถทำการเปลี่ยนมอเตอร์ให้เป็นขนาด 11 kW ซึ่งจะใช้งานได้เต็มสมรรถนะมากกว่า

## ระบบทำความร้อน

ระบบทำความร้อนที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน หมายถึง ระบบอุปกรณ์พลังงานที่เปลี่ยนแหล่งพลังงานใดๆ ให้เป็นพลังงานความร้อน แล้วนำความร้อนไปใช้ประโยชน์ อุปกรณ์ที่สำคัญ ได้แก่ หม้อไอน้ำ เตาหลอมโลหะ เตาเผาและเตาอบโลหะ อุปกรณ์เหล่านี้นับว่าเป็นหัวใจของกระบวนการผลิตสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน และเป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานมากที่สุดของโรงงานด้วย กล่าวคือ มากกว่า 60% ของพลังงานที่ใช้ทั้งหมดของโรงงาน โดยพลังงานที่ใช้อาจเป็นพลังงานไฟฟ้า สำหรับเตาหลอมไฟฟ้า หรือเตาอบไฟฟ้า และเชื้อเพลิง เช่น ถ่านโค้ก น้ำมันเตา น้ำมันดีเซล ก๊าซปิโตรเลียมเหลวและก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในเตาหลอม เตาเผา เตาอบและหม้อไอน้ำ

## 6.1 การคัดเลือกอุปกรณ์ทำความร้อนที่เหมาะสม

เนื่องจากอุปกรณ์ทำความร้อนเป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานหรือมีค่าใช้จ่ายดำเนินการสูง ฉะนั้น การคัดเลือกอุปกรณ์จึงต้องอาศัยหลักการวิเคราะห์ทั้งทางด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ หรือเลือกอุปกรณ์ที่มีต้นทุนการผลิตต่ำสุด โดยประเด็นทางด้านเทคนิคยังคงเป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่ต้องคำนึงถึงก่อน ประเด็นที่ต้องพิจารณา ได้แก่

- เตาหลอม เตาเผาและเตาอบ ต้องคำนึงถึงชนิดของวัตถุดิบ ได้แก่ ส่วนประกอบทางโลหะวิทยา ขนาด รูปร่างและประเภทผลิตภัณฑ์ ส่วนหม้อไอน้ำต้องคำนึงถึงอุณหภูมิและความดันของไอน้ำที่ต้องการ
- ความดันและอุณหภูมิการทำงานของอุปกรณ์
- อัตราการผลิต ซึ่งอาจกำหนดเป็นขนาดบรรจุสำหรับการผลิตแต่ละเที่ยว (Batch) และ/หรือ อัตราการผลิตคิดเป็นน้ำหนักต่อชั่วโมงสำหรับแบบผลิตต่อเนื่อง
- ชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้
- ระบบไฟฟ้าที่ใช้
- ขนาดความกว้าง ยาว สูงของอุปกรณ์ (ในกรณีพื้นที่ติดตั้งอุปกรณ์ของโรงงานมีจำกัด)
- ข้อกำหนดอื่นๆ

เมื่อได้กำหนดข้อมูลทางเทคนิคแล้วเราก็จะสามารถดำเนินการเปรียบเทียบคัดเลือกอุปกรณ์ที่สามารถตอบสนองความต้องการทางเทคนิคและมีต้นทุนการผลิตต่ำสุดได้

## 6.2 ระบบเตาหลอม

ชนิดของเตาหลอมที่ใช้ทั่วไปสำหรับโรงงานผลิตชิ้นส่วนโลหะจะมีทั้งประเภทใช้ไฟฟ้า ได้แก่ เตาหลอมไฟฟ้าแบบอาร์ค (Arc Furnaces) เตาหลอมไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ (Induction Furnaces) ซึ่งมีทั้งชนิดเตาหลอมไฟฟ้าแบบเบ้าหลอม (Coreless Induction Furnaces หรือ Crucible Induction Furnace) และเตาหลอมไฟฟ้าแบบซาลแนล (Channel Furnaces) ซึ่งเหมาะกับการใช้หลอมแผ่นโลหะกึ่งสำเร็จที่มีลักษณะเป็นก้อน (Ingot) โดยเตาหลอมแบบอาร์คและเตาหลอมแบบเบ้า นิยมใช้เป็นเตาหลอมหลัก ส่วนเตาหลอมแบบซาลแนลนิยมใช้เป็นเตาอุ่น (Holding Furnaces)

ส่วนเตาหลอมที่ใช้เชื้อเพลิง จะมีทั้งชนิดเตาหลอมแบบเบ้า (Crucible Furnaces) ที่ใช้น้ำมันเตาหรือน้ำมันดีเซลหรือก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง เหมาะสำหรับงานผลิตชิ้นส่วนโลหะที่มีขนาดเล็กและต้องการควบคุมส่วนผสมโลหะอย่างละเอียด และเตาหลอมแบบคิพอล่า (Cupola) เหมาะสำหรับการหลอมเศษโลหะ (Scrap) ที่มีรูปร่างขนาดต่างๆ ผสมกับโลหะที่มาเป็นก้อน (Ingot)

มาตรการอนุรักษ์พลังงานของระบบเตาหลอม มีดังนี้

### 6.2.1 มาตรการที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

- หลีกเลี่ยงการใช้งานเตาหลอมไฟฟ้าที่เป็นเตาหลอมหลักในระหว่างช่วง On Peak แต่ใช้เตาอุ่นแทน โดยต้องระวังอย่าหยุดการทำงานของเตาหลอมหลัก หากโลหะยังหลอมไม่เสร็จ เรียบร้อยตามข้อกำหนดที่ต้องการ
- ดูแลการปิดฝาเตาหลอมให้ดีอยู่เสมอ
- ปรับปรุงระบบควบคุมคุณภาพวัตถุดิบและผลผลิต เพื่อลดชิ้นงานสูญเสีย
- ปรับปรุงวางแผนการหลอมแบบใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ปริมาณโลหะที่หลอม ระยะเวลาการหลอม และการควบคุมอุณหภูมิหลอมให้พอดีไม่สูงเกินจำเป็น (Over Superheat)
- ตรวจสอบบำรุงรักษาเตาหลอมตามวาระ โดยเฉพาะหากตรวจพบอิฐทนไฟหรือฉนวนหุ้มเตาชำรุด ควรซ่อมแซมให้ดีขึ้นทันที

### 6.2.2 มาตรการที่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

- เพิ่มการหุ้มฉนวนฝาและผิวเตาหลอม โดยใช้ฉนวนชนิดที่มีความเหมาะสม เช่น Ceramic Fiber และอุดช่องรั่วไอร้อนเท่าที่ทำได้
- เปลี่ยนอิฐทนไฟ (Refractory) เมื่อชำรุดมาก หรือเมื่อถึงวาระเปลี่ยนใหม่เป็นชนิดมีค่าความร้อนน้อย (Low Thermal Mass Linings) และทนต่อการสึกกร่อน
- พิจารณาดัดตั้งระบบควบคุมการทำงานของเตาหลอมแบบอัตโนมัติ
- พิจารณาเปลี่ยนใช้เตาหลอมแบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น Medium & High Frequency Induction Furnaces หากเตาหลอมเก่าใช้งานมานานมากหรือชำรุด หรือติดตั้งเตาอุ่น (Holding Furnaces) เพิ่ม

## 6.3 ระบบเตาเผาและเตาอบ

สำหรับประเทศไทยโรงงานที่ผลิตผลิตภัณฑ์โลหะแผ่น โลหะรูปพรรณ (โลหะรูปหน้าตัดต่างๆ) โลหะเส้น (Rod) ที่ใช้ในงานก่อสร้าง หรือโลหะเส้นที่ใช้ทำเส้นลวดโลหะ (Wire Rod) ส่วนใหญ่จะใช้วัตถุดิบประเภทผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป (Semis) รูปร่างเป็นแท่งหรือแบนหนา (Billets or Slabs) มาเผาให้ร้อนจนมีอุณหภูมิสูงเพียงพอเหมาะกับการทำการรีดร้อนหรือรีดเย็นแล้วแต่กรณี

เตาให้ความร้อนวัตถุดิบดังกล่าวข้างต้น หากใช้กับกระบวนการรีดร้อน จะเรียกว่า เตาเผา (Reheating Furnaces) ส่วนเตาให้ความร้อนที่ใช้กับกระบวนการรีดเย็น จะเรียกว่า เตาอบ (Annealing Furnaces)

ในประเทศไทยเตาเผาจะใช้เชื้อเพลิงทั้งชนิดเป็นก๊าซและชนิดเชื้อเพลิงเหลวได้แก่ ก๊าซธรรมชาติ และน้ำมันเตาเป็นหลัก ส่วนเตาอบอาจใช้เชื้อเพลิงทั้งก๊าซและน้ำมันเตาเช่นเดียวกันกับเตาเผา แต่สำหรับเตาอบที่ต้องการอุณหภูมิไม่สูงมากนักและมีขนาดค่อนข้างเล็กอาจใช้แบบเตาไฟฟ้า

มาตรการอนุรักษ์พลังงานของระบบเตาเผาและเตาอบ จะมีทั้งมาตรการที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายและมาตรการที่ต้องเสียค่าใช้จ่าย ดังนี้

### 6.3.1 มาตรการที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

- การเรียนรู้สมรรถนะ ข้อกำหนด และการใช้งานของเตานั้นๆ จะช่วยให้สามารถวางแผนการใช้งานเพื่อการหลีกเลี่ยงการสูญเสียพลังงานที่ไม่จำเป็นได้ดียิ่งขึ้น
- วางแผนการผลิตที่เหมาะสม และสอดคล้องกันทั้งกระบวนการผลิต โดยการกำหนดอัตราการผลิต การตั้งช่วงระยะเวลาการควบคุมอุณหภูมิของเตาเผา เตาอบ และพยายามลดเวลาที่เสียไปสำหรับการรอคอยในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิต
- ตรวจสอบและควบคุมอัตราส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิงให้อยู่ในเกณฑ์พอดีที่ทำให้เกิดการเผาไหม้สมบูรณ์ โดยมีอากาศหรือออกซิเจนส่วนเกินไม่มากจนเกินไป
- ควบคุมอัตราการเผาไหม้ให้อยู่ในเกณฑ์เหมาะสม โดยการปรับตั้งหัวเผา แล้วตรวจสอบอุณหภูมิเตาทั้งต้นทางและปลายทางและไม่ให้อิเสียมอุณหภูมิสูงเกินจำเป็น
- ตรวจสอบควบคุมความดันภายในของเตาให้อยู่ในระดับมีค่าสูงกว่าความดันภายนอกเตาเล็กน้อยอยู่เสมอ
- ตรวจสอบการหล่อเย็นของระบบเตา และพิจารณาโอกาสในการลดความต้องการการหล่อเย็นลงเหลือเพียงเท่าที่จำเป็นจริงๆ
- หมั่นตรวจสอบสภาพเตาและทำการบำรุงรักษาตามวาระที่กำหนดในคู่มือของผู้ผลิตอุปกรณ์หรือตามคำแนะนำของผู้ชำนาญการ

### 6.3.2 มาตรการที่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

- ปรับปรุงช่องทางเข้าออกของเตาเพื่อลดโอกาสการรั่วไหลของอากาศเข้า-ออก
- ปรับปรุงเสริมฉนวนกันความร้อนที่ผิวภายนอกของเตาเพื่อลดอุณหภูมิผิวเตาเป็นการลดความสูญเสียพลังงาน
- ปรับปรุงเสริมฉนวนอุปกรณ์และส่วนประกอบอื่นๆ ของระบบเตาในส่วนที่ทำได้ เช่น รถขนถ่ายวัสดุผ่านเตา
- ปรับปรุงเปลี่ยนอิฐทนไฟบุผิวภายในของเตาให้เป็นชนิดกันความร้อนดีขึ้นและทนต่อการกัดกร่อนดีกว่า
- พิจารณาเปลี่ยนขนาดหัวเผาเชื้อเพลิง (Burners) ให้มีขนาดเหมาะสม หากระบบหัวเผาเชื้อเพลิงมีขนาดใหญ่เกินจำเป็นตลอดเวลา
- พิจารณาติดตั้งอุปกรณ์นำความร้อน ไอเสีย กลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ (Flue Gas Waste Heat Recovery System) โดยอาจใช้อุ่นวัตถุดิบก่อนนำเข้าเตา อุ่นอากาศก่อนนำไปเผาไหม้เชื้อเพลิงหรือใช้ผลิตไอน้ำ ฯลฯ
- พิจารณาติดตั้งอุปกรณ์นำความร้อนจากน้ำหล่อเย็นที่มีอุณหภูมิสูงมาใช้ประโยชน์ เช่น การอุ่นน้ำป้อนหม้อไอน้ำ เป็นต้น
- พิจารณาติดตั้งอุปกรณ์บำบัดน้ำเสียหลังจากการใช้น้ำจัดคราบสนิม (Descaling)
- พิจารณาติดตั้งระบบควบคุมการทำงานของเตาแบบอัตโนมัติ
- พิจารณาเปลี่ยนไปใช้ก๊าซธรรมชาติ (หากมีท่อก๊าซหลักผ่านหรืออยู่ไม่ไกลมาก คำนวณค่ากับการลงทุนวางท่อต่อเชื่อม)
- พิจารณาเปลี่ยนไปใช้ระบบเตาอบประสิทธิภาพสูง และมีขนาดเหมาะสมกับอัตราการผลิตของโรงงาน ทั้งนี้ต้องทำการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ และผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตรวมด้วย

## 6.4 ระบบหม้อไอน้ำ

โรงงานอุตสาหกรรมโลหะมูลฐานบางแห่งจะมีความต้องการใช้ไอน้ำบ้าง กล่าวคือ อาจมีการใช้ไอน้ำสำหรับงานทำความสะอาดผิวโลหะในกระบวนการรีดเย็น เป็นต้น

มาตรการอนุรักษ์พลังงานของระบบหม้อไอน้ำ มีทั้งมาตรการที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย และมาตรการที่ต้องเสียค่าใช้จ่าย ดังนี้

### 6.4.1 มาตรการที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

- หมั่นตรวจซ่อมบำรุงรอยรั่วไหลไอน้ำตามท่อไอน้ำและข้อต่อต่างๆ
- วางแผนเดินเครื่องหม้อไอน้ำให้เหมาะสมกับความต้องการใช้งานและอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด
- ตรวจสอบปรับตั้งความดันไอน้ำที่ผลิตได้ให้เหมาะสมกับความต้องการ

- ตรวจสอบและปรับตั้งส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิง เพื่อให้การเผาไหม้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยไม่ให้มีส่วนผสมของอากาศหรือออกซิเจนส่วนเกินมากเกินไป
- ตรวจสอบวิเคราะห์คุณภาพน้ำป้อนและน้ำในหม้อไอน้ำเป็นระยะ และควบคุมความถี่การโบลั่วดาวนัไม่ให้บ่อยเกินไป
- ตรวจสอบอุณหภูมิไอเสีย ปรับตั้งการทำงานของหัวเผาเชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำให้พอดีกับอัตราการผลิตไอน้ำ เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนเกินไปไปกับไอเสีย
- ตรวจสอบและบำรุงรักษาหม้อไอน้ำและท่อส่งไอน้ำอย่างสม่ำเสมอตามวาระ

#### 6.4.2 มาตรการที่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

- ตรวจสอบหุ้มฉนวนของทั้งส่วนหม้อไอน้ำและท่อไอน้ำ หรือทำการเปลี่ยนฉนวนใหม่เป็นฉนวนชนิดดี ความหนาฉนวนพอดีให้ทั่วถึง
- พิจารณาติดตั้งระบบนำความร้อนจากไอเสียมาใช้ประโยชน์ (ทำนองเดียวกับระบบเตาเผาและเตาอบ) เช่น ใช้อุ่นน้ำป้อน หรืออากาศใช้สำหรับเผาไหม้
- ติดตั้งระบบควบคุมส่วนผสมอากาศและเชื้อเพลิงแบบอัตโนมัติ
- ติดตั้งระบบนำคอนเดนเสทและระบบแยกไอน้ำจากโบลั่วดาวนักลับมาใช้ใหม่
- เปลี่ยนหัวเผาใหม่ที่มีขนาดเหมาะสมกับความต้องการผลิตไอน้ำและเป็นแบบประสิทธิภาพสูง

### 6.5 การจดบันทึกและรวบรวมข้อมูล

เพื่อประโยชน์ต่อการซ่อมบำรุงรักษาและการอนุรักษ์พลังงานของระบบทำความร้อน ควรมีการจดบันทึกข้อมูลทั้งข้อกำหนดสำคัญของอุปกรณ์ และสภาวะการเดินเครื่อง ตลอดจนสภาพของอุปกรณ์เป็นประจำดังต่อไปนี้

- การจดบันทึกข้อกำหนดสำคัญของเตาหลอม เตาเผาหรือเตาอบ และหม้อไอน้ำ (ตามตารางที่ 6 - 1 หน้า 63)
- การจดบันทึกเพื่อทราบสภาวะการเดินเครื่องเป็นรายชั่วโมงของเตาหลอม เตาเผาหรือเตาอบ และหม้อไอน้ำ (ตามตารางที่ 6 - 2 หน้า 63) จะเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของอุปกรณ์เมื่อต้องการและเป็นประโยชน์ต่อการบำรุงรักษาอุปกรณ์ กล่าวคือ หากพบมีอะไรผิดปกติหรือแตกต่างจากที่เคยเป็นมาก ควรพิจารณาถึงสาเหตุและทำการหยุดเพื่อการบำรุงรักษาตามจำเป็นทันที
- การตรวจสอบสภาพอุปกรณ์เพื่อการบำรุงรักษาตามวาระเป็นประจำวัน ประจำเดือน ประจำงวด หรือประจำปี ของระบบทำความร้อน ควรทำตามคำแนะนำในคู่มือของผู้ผลิตอุปกรณ์นั้นๆ ในที่นี้ได้แสดงตารางการตรวจสอบสภาพการทำงานของหม้อไอน้ำ (ตามตารางที่ 6 - 4 ถึง 6 - 7 หน้า 65 - 69)

ข้อมูลข้อกำหนดของอุปกรณ์ทำความร้อน

ชื่ออุปกรณ์.....หมายเลขเครื่อง.....

รายละเอียด	หน่วย	ข้อมูลบันทึก	หมายเหตุ
<ul style="list-style-type: none"> <li>ประเภท/ชนิดอุปกรณ์</li> </ul>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>ขนาดตามพิกัด                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- เงื่อนไขพิกัด (เช่น ความดันไอน้ำ)</li> <li>- อัตราการผลิต</li> <li>- ความจุ</li> </ul> </li> </ul>	กก./ชม. <sup>2</sup> ตัน/ชั่วโมง ลูกบาศก์เมตร		
<ul style="list-style-type: none"> <li>ประเภทของอุปกรณ์สำคัญ เช่น                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- หัวเผา (Burners)</li> <li>- อุปกรณ์นำความร้อนกลับมาใช้</li> <li>- อื่นๆ (ระบุ)</li> </ul> </li> </ul>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>รูปร่าง/ขนาดภายนอก                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- กว้าง</li> <li>- ยาว</li> <li>- สูง</li> <li>- เส้นผ่านศูนย์กลาง</li> </ul> </li> </ul>	เมตร เมตร เมตร เมตร		
<ul style="list-style-type: none"> <li>การใช้พลังงาน/เชื้อเพลิง                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- ชนิดเชื้อเพลิง</li> <li>- อัตราการใช้เชื้อเพลิง</li> <li>- อัตราการใช้เชื้อเพลิงจำเพาะ</li> <li>- อื่นๆ</li> </ul> </li> </ul>	ลิตรหรือ กก./ชั่วโมง พันจูล/ตันผลผลิต พันจูล/ตันผลผลิต		
<ul style="list-style-type: none"> <li>ข้อมูลระบบไฟฟ้า                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- ขนาดพิกัด</li> <li>- แรงดันไฟฟ้า</li> <li>- ระบบแรงดัน</li> <li>- พิกัดกระแสไฟฟ้า</li> <li>- ความถี่ใช้งาน</li> </ul> </li> </ul>	กิโลวัตต์ โวลท์ เฟส แอมแปร์ ไซเคิล/วินาที		
<ul style="list-style-type: none"> <li>ข้อมูลอื่นๆ                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- ชื่อผู้ผลิต</li> <li>- วันติดตั้ง/เริ่มใช้งาน</li> <li>- ชนิดงาน/ผลผลิตที่ได้</li> </ul> </li> </ul>			
หมายเหตุ			

ตารางที่ 6 - 2

การบันทึกข้อมูลสถานะการทำงานของอุปกรณ์ทำความร้อน

ประเภท/ชนิดอุปกรณ์อุปกรณ์.....หมายเลขอุปกรณ์.....  
 ประจําวันที่.....

เวลา	ข้อมูลตรวจวัดด้านไฟฟ้า			ระดับน้ำ ในเครื่อง (ซม.) <sup>2</sup>	ข้อมูลตรวจวัดน้ำหมุนเวียน			อุณหภูมิ แวดล้อม (°C)	สถานะการทำงาน				
	Volt	Amp	kW		PF	ความดันน้ำเข้า (กก/ซม.) <sup>2</sup>	อัตราการไหล (ลบ.ม/ช.ม.)		อุณหภูมิเข้า (°C)	อุณหภูมิออก (°C)	แรงดันภายใน (กก/ซม.) <sup>2</sup>	อุณหภูมิภายใน จุดที่ 1	จุดที่ 2
01:00													
02:00													
03:00													
04:00													
05:00													
06:00													
07:00													
08:00													
09:00													
10:00													
11:00													
12:00													
:													
:													
24:00													
ค่าเฉลี่ย													

ตารางที่ 6 - 2

การบันทึกข้อมูลสถานะการทำงานของอุปกรณ์ทำความร้อน (ต่อ)

เวลา	ข้อมูลตัวจุดดับ			ข้อมูลผลผลิต				อัตราสูญเสีย (ระบุชนิด) (ท.ม. <sup>2</sup> )	
	วัดจุดดับ	อุณหภูมิ (°C)	ความดัน (ท.ม. <sup>2</sup> )	อัตราป้อน (ตัน/ช.ม.)	ปริมาณความจุ (ลบ.ม.)	ชนิดผลผลิต	ความดัน (ท.ม. <sup>2</sup> )		อุณหภูมิ (°C)
01:00									
02:00									
03:00									
04:00									
05:00									
06:00									
07:00									
08:00									
09:00									
10:00									
11:00									
12:00									
:									
:									
24:00									
ค่าเฉลี่ย									

หมายเหตุ : อัตราสูญเสีย = อัตราป้อน - อัตราผลิต  
 ภาระระบุชนิดของความสูญเสีย เช่น ขี้ตระกรัน (Slag) เป็นต้น และอื่นๆ (หากทราบ)

การตรวจวัดเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

ประเภท/ชนิดอุปกรณ์.....หมายเลขอุปกรณ์.....

ประจำวันที่.....

วัดเมื่อเวลา..... น. ถึง ..... น.

1. ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ เตาอบหรือเตาเผา

รายการ	ลำดับครั้งที่วัด				หมายเหตุ
	1	2	3	เฉลี่ย	
● ข้อมูลประสิทธิภาพการเผาไหม้					
- อุณหภูมิไอเสีย (°C)					
- อุณหภูมิแวดล้อม (°C)					
- ปริมาณออกซิเจน (%)					
- ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (%)					
- ความดันไอน้ำ (นิวตัน)					
- ผลการคำนวณประสิทธิภาพการเผาไหม้ (%)					

2. การถ่ายเทความร้อนผ่านผิวของอุปกรณ์ทำความร้อน

รายการ	ลำดับจุดที่วัด										หมายเหตุ	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ค่าเฉลี่ย		
● ข้อมูลวัดอุณหภูมิผิวภายนอก (°C)												
- ด้านหน้า												
- ด้านหลัง												
- ด้านข้าง (ซ้าย)												
- ด้านข้าง (ขวา)												
- ด้านบน												

หมายเหตุ : 1) ให้แบ่งพื้นที่ผิวแต่ละด้านออกเป็นอย่างน้อย 9 ช่องเท่าๆ กัน และวัดอุณหภูมิผิวที่จุดกึ่งกลางของแต่ละช่อง  
 2) หากพบอุณหภูมิผิว ณ จุดใดต่างจากที่เคยเป็นมาอย่างผิดปกติ แสดงว่าฉนวนที่จุดนั้นชำรุดเสียหาย ควรทำการซ่อมแซมโดยเร็ว

ตารางการตรวจสอบสภาพการทำงานของหม้อไอน้ำ

ประจำทุก  วัน  สัปดาห์  เดือน

วันที่.....เดือน.....ปี.....

หม้อไอน้ำลำดับที่.....ขนาดของหม้อไอน้ำ..... ตันไอน้ำ/ช.ม.

ชนิดของหัวเผา.....เกรดของน้ำมันเตา.....

ชื่อผู้ทำการตรวจสอบ.....ชื่อหัวหน้าผู้ควบคุม.....

รายการตรวจสอบ	ผลการตรวจสอบและการแก้ไข				หมายเหตุ
	ปกติ	ผิดปกติ	สาเหตุ	การแก้ไข	
<input type="checkbox"/> ตรวจสอบประจำวัน					
1. หลอดแก้วแสดงระดับน้ำในหม้อไอน้ำ					
2. เครื่องควบคุมระดับน้ำ					
3. คุณสมบัติของน้ำที่ป้อนเข้าหม้อไอน้ำ					
4. สัญญาณเตือนภัยหากระดับน้ำผิดปกติ					
5. วาล์วข้อต่อและท่อ					
6. วาล์วถ่าน้ำทิ้ง					
<input type="checkbox"/> ตรวจสอบประจำสัปดาห์					
1. ป้อนน้ำ					
2. เครื่องปรับปรุงคุณภาพน้ำ					
3. วาล์วนิรภัย					
4. ชุดหัวฉีดน้ำมัน					
5. อุปกรณ์อุ่นน้ำมัน					
6. เต้าไฟ					
<input type="checkbox"/> ตรวจสอบประจำเดือน					
1. กระจกส่องตรวจสอบเพื่อดูการเผาไหม้					
2. วาล์วกันกลับ					

ตารางการตรวจสอบสภาพการทำงานของหม้อไอน้ำ

ประจำทุก  3 เดือน  6 เดือน

วันที่.....เดือน.....ปี.....

หม้อไอน้ำลำดับที่.....ขนาดของหม้อไอน้ำ..... ตันไอน้ำ/ชม.

ชนิดของหัวเผา.....เกรดของน้ำมันเตา.....

ชื่อผู้ทำการตรวจสอบ.....ชื่อหัวหน้าผู้ควบคุม.....

รายการการตรวจสอบ	ผลการตรวจสอบและการแก้ไข				หมายเหตุ
	ปกติ	ผิดปกติ	สาเหตุ	การแก้ไข	
1. ท่อน้ำ					
2. ท่อไฟ					
3. เพดานเตาด้านสัมผัสไฟ					
4. อิฐทนไฟ					
5. ฉนวนกันความร้อน					
6. เหล็กยึดโครง					
7. ฝาหอย					
8. ช่องทำความสะอาด					
9. ถังพักไอน้ำ					
10. อุปกรณ์แยกน้ำ					
11. เครื่องตัดไอน้ำ					

ตารางการบำรุงรักษา การปรับปรุงแก้ไขและทำความสะอาดหม้อไอน้ำ

ประจำทุก  3 เดือน  6 เดือน

วันที่.....เดือน.....ปี.....

หม้อไอน้ำลำดับที่.....ขนาดของหม้อไอน้ำ.....ตันไอน้ำ/ช.ม.

ชนิดของหัวเผา.....เกรดของน้ำมันเตา.....

ชื่อผู้ทำการบำรุงรักษา.....ชื่อหัวหน้าผู้ควบคุม.....

รายการที่ต้องบำรุงรักษา	ผลการบำรุงรักษาและการแก้ไข				หมายเหตุ
	ปกติ	ผิดปกติ	สาเหตุ	การแก้ไข	
1. หลอดแก้วแสดงระดับน้ำ					
2. วาล์วและท่อต่างๆ					
3. วาล์วถ่าน้ำทิ้ง					
4. เครื่องควบคุมระดับน้ำ					
5. ป้อนน้ำ					
6. วาล์วกันกลับ					
7. ชุดหัวฉีด					
8. อุปกรณ์อุ่นน้ำมัน					
9. ใส้กรองน้ำมัน					
10. วาล์วนิรภัย					
11. เต้าไฟ					

ตารางการบำรุงรักษา การปรับปรุงแก้ไขและทำความสะอาดหม้อไอน้ำประจำปี

วันที่.....เดือน.....ปี.....

หม้อไอน้ำลำดับที่.....ขนาดของหม้อไอน้ำ..... ตันไอน้ำ/ช.ม.

ชนิดของหัวเผา.....เกรดของน้ำมันเตา.....

ชื่อผู้ทำการบำรุงรักษา.....ชื่อหัวหน้าผู้ควบคุม.....

รายการที่ต้องบำรุงรักษา	ผลการบำรุงรักษาและการแก้ไข				หมายเหตุ
	ปกติ	ผิดปกติ	สาเหตุ	การแก้ไข	
1. สวิตช์ควบคุมความดันไอน้ำ					
2. เกจวัดความดันไอน้ำ					
3. ท่อที่ต่อเข้าเกจวัดความดัน					
4. สัญญาณเตือนภัยหากระดับน้ำผิดปกติ					
5. ถังเก็บน้ำมัน					
6. ท่อน้ำ					
7. ท่อไฟ					
8. เพดานด้านสัมผัสไฟ					
9. อิฐทนไฟ					
10. ฉนวนกันความร้อน					
11. ปลั๊กหลอมละลาย					
12. เหล็กยึดโครง					
13. อุปกรณ์แยกน้ำ					
14. เครื่องดักไอน้ำ					
15. ความปลอดภัยอื่นๆ ของหม้อไอน้ำ					

## เอกสารอ้างอิง

1. ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์, ผศ. การออกแบบระบบแสงสว่าง.
2. หัวเผาและการควบคุม, ศูนย์ทรัพยากรฝึกอบรมเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.
3. Continuous Steel Reheating Furnaces Operation and Maintenance, Best Practice Programme, ETSU.
4. Cupola Melting of Cast Iron in Foundries, Best Practice Programme, ETSU.
5. Efficient Melting in Coreless Induction Furnaces, Best Practice Programme, ETSU.
6. Energy Saving with Motors and Drives, Best Practice Programme, ETSU.
7. Holding Molten Iron in Electric Furnaces, Best Practice Programme, ETSU.
8. Reducting Water Pumping Costs in the Steel Industry, Best Practice Programme, ETSU.
9. Report of the Study on Energy Conservation Project in Thailand, JICA. Chapter III, Art.4 1984.
10. Waste Heat Recovery from Hight Temperator Gas Streams, Best Practice Programme, ETSU.
11. อัตราค่าไฟฟ้า, การไฟฟ้านครหลวง, การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, เริ่มใช้ตั้งแต่ค่าไฟฟ้าประจำเดือนตุลาคม 2543.

- พิมพ์ครั้งที่ 1 จำนวน 2,000 เล่ม พ.ศ. 2548



กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

**กระทรวงพลังงาน**

**พัฒนาพลังงานไทย ลดใช้พลังงานชาติ**